Visual Signal Reference Guide

AnCAD, Inc.

2025/06/01

Contents

Document Revision **1**

Release Notes **5**

Function List **7**

Visual Signal 1.6 各版本功能表 7

運算元件（Compute） 7

轉換元件（Conversion） 11

輸入源元件（Source） 11

繪圖元件（Viewers） 12

輸出及其他（Writers） 12

Data Acquisition（DAQ）功能表 13

Sound and Vibration Module（SVM）功能表 13

1 應用程式介面 **15**

1.1 使用者操作介面（GUI） 15

1.2 主選單及工具列 18

1.2.1 File（檔案） 19

1.2.2 Edit（編輯） 22

1.2.3 View（顯示） 23

1.2.4 Layout（版面） 25

1.2.5 Tools（工具） 25

1.2.6 Help（幫助） 26

1.3 元件編輯視窗（Network Window） 26

1.3.1 工具列（Toolbar） 27

1.3.2 元件編輯區 33

1.3.3 運算控制 35

1.3.4 資料瀏覽器（Data Viewer） 36

1.3.5 批次執行（Batch Run）* 44

1.4 參數設定視窗（Properties） 58

1.4.1 Module 項目參數 58

1.4.2 Reporter 61

1.5 偏好設定（Preference） 63

1.5.1 元件（Component） 64

1.5.2 雜項（Misc） . . . 66
1.5.3 輸出（Output） . . . 67
1.5.4 繪圖（Plot） . . . 68
1.5.5 啟動（Startup） . . . 71
1.5.6 文字匯入（Text Importer） . . . 72
1.6 命令列介面（Command-Line Interface） . . . 73

2 視覺化繪圖區 75
2.1 圖軸控制 . . . 76
2.1.1 數值顯示 . . . 79
2.1.2 數值格式 . . . 79
2.1.3 數值抓取模式 . . . 82
2.1.4 複製標籤及註釋元件 . . . 82
2.1.5 量測 . . . 84
2.1.6 倍頻模式 . . . 87
2.2 播放功能 . . . 94
2.3 功能控制 . . . 96
2.3.1 圖形選擇 . . . 96
2.3.2 移動圖形 . . . 100
2.3.3 同步與群組功能 . . . 104
2.3.4 圖形大小控制 . . . 112

3 模組元件（Component ） 117
3.1 模組元件種類 . . . 118
3.1.1 Compute . . . 118
3.1.2 Conversion . . . 118
3.1.3 External . . . 118
3.1.4 Source . . . 118
3.1.5 Viewer . . . 118
3.1.6 Writer . . . 119
3.2 元件圖示組成 . . . 119
3.2.1 輸入埠 . . . 119
3.2.2 輸出埠 . . . 119
3.2.3 元件名稱 . . . 120
3.2.4 控制與運算更新狀態 . . . 120
3.2.5 元件警告表示 . . . 121
3.2.6 元件錯誤表示 . . . 121
3.2.7 模組元件輸出入模式 . . . 122
3.3 元件選取狀態（Select） . . . 122
3.3.1 選取元件 . . . 123
3.3.2 輸出訊號分支 . . . 123
3.3.3 取消選取元件 . . . 123
3.3.4 移動元件 . . . 123

3.4 元件連線狀態（Connect） . . . 123
3.4.1 元件連接線建立方式 . . . 123
3.4.2 元件連接線刪除方式 . . . 127
3.4.3 元件連接線狀態表示 . . . 128
3.5 元件操作還原與重做（Undo/Redo） . . . 129
3.5.1 還原機制 . . . 130
3.5.2 重做機制 . . . 130
3.5.3 還原重做案例 . . . 131
3.6 元件剪貼簿（Clipboard） . . . 135
3.6.1 複製（Copy） . . . 135
3.6.2 貼上（Paste） . . . 135
3.6.3 剪下（Cut） . . . 137
3.6.4 刪除（Delete） . . . 137
3.7 巨集（Macro）* . . . 137
3.8 滾動窗計算（Rolling Window） . . . 141
3.9 參數參照（Property Reference） . . . 144
3.9.1 同元件參數參照 . . . 144
3.9.2 上游連結元件參數參照 . . . 146
3.9.3 控制連結參數參照 . . . 149
3.10 通道名稱編輯器（Channel Names Editor） . . . 158

4 計算模組 (Compute) 161
4.1 Channels . . . 162
4.1.1 Accumulate* . . . 162
4.1.2 Channel Switch . . . 168
4.1.3 Data Merge . . . 172
4.1.4 Data Selection . . . 175
4.1.5 Dup . . . 178
4.1.6 Fill Null Value . . . 181
4.1.7 Least Square Fill Null Value . . . 184
4.1.8 Input Switch . . . 188
4.1.9 Peak Detection . . . 191
4.1.10 Remove Channel . . . 201
4.1.11 Replace Value . . . 204
4.1.12 Resample . . . 208
4.1.13 R-R interval . . . 216
4.1.14 Time Shift . . . 224
4.1.15 Trigger Alignment . . . 227
4.2 Enhanced* . . . 242
4.2.1 Fast Short-Term Fourier Transform* . . . 243
4.2.2 Remove Bump* . . . 250
4.2.3 Fast Trend Estimater* . . . 255

4.2.4 Fast Iterative Gaussian Filter* . . . 257
4.2.5 Fast MSE* . . . 259
4.2.6 Rolling MSE* . . . 261
4.2.7 PCA* . . . 267
4.2.8 ICA* . . . 270
4.2.9 Teager* . . . 274
4.3 External* . . . 277
4.3.1 ExternalDll* . . . 277
4.3.2 ExternalViewer* . . . 282
4.4 Filter . . . 287
4.4.1 FIR Filter . . . 288
4.4.2 Median Filter . . . 295
4.4.3 Moving Average Filter . . . 298
4.4.4 Iterative Gaussian Filter* . . . 303
4.4.5 Trend Estimator* . . . 308
4.4.6 Notch Filter . . . 311
4.4.7 Comb Filter . . . 313
4.4.8 IIR Filter* . . . 316
4.5 HHT (Hilbert-Huang Transform) . . . 318
4.5.1 RCADA EEMD . . . 319
4.5.2 IMF Property . . . 324
4.5.3 AnCAD EMD* . . . 326
4.6 Mathematics . . . 332
4.6.1 Diff . . . 332
4.6.2 DoMatlab . . . 336
4.6.3 Integrate . . . 357
4.6.4 Math . . . 363
4.6.5 Mixer . . . 380
4.6.6 Multiplier . . . 385
4.6.7 Normalize . . . 387
4.6.8 Remove DC . . . 389
4.6.9 RMS . . . 393
4.7 Matrix* . . . 397
4.7.1 Matrix Operation* . . . 397
4.7.2 Inverse Matrix* . . . 399
4.7.3 Transpose* . . . 400
4.7.4 Extract Region of Interest* . . . 401
4.7.5 Extract Vector* . . . 402
4.7.6 Diagonal Vector* . . . 403
4.7.7 Reciprocal Matrix Condition Number* . . . 404
4.8 SVM* . . . 406
4.8.1 Crest Factor* . . . 406

4.8.2 Peak* . . . 409
4.8.3 Digital Tachometer* . . . 411
4.8.4 OrderSpectrogram* . . . 415
4.8.5 OrderInfo* . . . 419
4.8.6 Cepstrum* . . . 422
4.8.7 Envelope* . . . 424
4.8.8 Bearing Defect* . . . 428
4.8.9 Octave* . . . 431
4.8.10 Weighting* . . . 436
4.8.11 Scale* . . . 440
4.8.12 GearBox Creator . . . 442
4.8.13 Rotational Speed . . . 463
4.8.14 Rotational Correction . . . 467
4.8.15 Sound Anomaly Index . . . 472
4.8.16 ISORMS . . . 478
4.9 Statistics* . . . 483
4.9.1 Basic Statistics* . . . 484
4.9.2 Bayesian Inference* . . . 494
4.9.3 Covariance Matrix* . . . 503
4.9.4 Correlation Matrix* . . . 509
4.9.5 Equiphase Statistics* . . . 513
4.9.6 Kernel Smooth Density* . . . 518
4.9.7 Mean Frequency* . . . 522
4.9.8 Orthogonality Matrix* . . . 524
4.9.9 Quartiles and Quantiles* . . . 527
4.9.10 Rolling Statistics* . . . 534
4.9.11 Hypothesis Test* . . . 538
4.9.12 Least Square Fitting* . . . 549
4.10 TFA (Time-Frequency Analysis) . . . 561
4.10.1 Short-Term Fourier Transform . . . 561
4.10.2 Morlet Transform . . . 569
4.10.3 Enhanced Morlet Transform* . . . 572
4.10.4 Hilbert Spectrum . . . 575
4.10.5 Marginal Time / Marginal Frequency . . . 581
4.10.6 Transpose Spectra . . . 585
4.10.7 Secogram . . . 587
4.11 Transform . . . 590
4.11.1 Fourier Transform and Inverse Fourier Transform . . . 591
4.11.2 Discrete Cosine Transform and Inverse Cosine Transform . . . 596
4.11.3 Haar Wavelet Transform . . . 599
4.11.4 Inverse Haar Transform . . . 603
4.11.5 Hilbert Transform . . . 607

4.11.6 Auto Correlation . . . 613
4.11.7 CrossCorrelation . . . 616
4.11.8 MSE . . . 621
4.11.9 Coherence . . . 628
4.11.10 Signal Windowing . . . 630

5 訊號格式轉換模組（Conversion） 641
5.1 Change X-Axis Unit . . . 641
5.2 Convert to Audio . . . 647
5.3 Convert to Regular . . . 651
5.4 Convert to Indexed . . . 660
5.5 Convert From Complex . . . 664
5.6 Merge to Complex . . . 667
5.7 Merge to Multi-Channel . . . 672
5.8 Split Complex . . . 677
5.9 Convert to Matrix* . . . 679
5.10 Convert from Matrix* . . . 681
5.11 Convert from Spectra . . . 684
5.12 Convert to dB . . . 686
5.13 Split . . . 690
5.14 Join . . . 695
5.15 Convert To DateTime . . . 699
5.16 Convert From DateTime . . . 701

6 訊號源模組（Source） 703
6.1 Open Data . . . 703
6.1.1 Text Importer . . . 707
6.1.2 Matlab Importer . . . 718
6.1.3 Import Audio . . . 720
6.1.4 SAC Importer . . . 720
6.1.5 WaveFormDatabase Importer . . . 721
6.1.6 Load Data Dialog . . . 722
6.2 Data Source . . . 724
6.2.1 部分擷取資料源 . . . 726
6.2.2 重讀檔案 . . . 727
6.2.3 額外資訊 . . . 728
6.3 Noise . . . 730
6.4 Sine Wave . . . 735
6.5 Square Wave . . . 737
6.6 Triangle Wave . . . 740
6.7 Custom Wave . . . 742
6.8 Impulse* . . . 744
6.9 Jaehne* . . . 748

6.10 DAQ* . . . 750
6.10.1 Audio-DAQ . . . 750
6.10.2 NI-DAQ . . . 753
6.10.3 ADLINK-DAQ . . . 756
6.10.4 Simulated-DAQ . . . 758

7 繪圖模組（Viewer） 761
7.1 Channel Viewer . . . 761
7.2 Time-Frequency Viewer . . . 778
7.3 XY Plot Viewer . . . 784
7.4 Histogram Viewer* . . . 791
7.5 Bar Plot Viewer* . . . 794
7.6 Box Plot Viewer* . . . 798
7.7 Error Bar Viewer* . . . 800
7.8 Annotation（標註元件）* . . . 802

8 訊號輸出模組（Writer） 817
8.1 Export Data . . . 817
8.2 Export to Excel . . . 820
8.3 Data Writer . . . 822

Document Revision

Last Update: 2025/06/01

- May. 2025
  - Update Compute / Filter / Moving Average filte & TrendEstimator
  - Update Compute / Stats / Least Square Fit
  - Update Compute / Channels / FillNull
  - Add Compute / Channels / LeastSquareFillNull
  - Update Conversion / Change X-Axis Unit
  - Update Conversion / ToRegular & ToIndexed
  - Add Conversion / ToDateTime & FromDateTime
  - Update Reload File section of Source / Data Source
  - Add "Indexed Interval Options" & "Non-Monotonic Increasing Options" properties in Source / Open Data / Text Importer
  - Update OpenData / LoadData
  - Update UI / Preference & Properties
  - Update Viewer / Channel, XYPlot, and TFViewer
  - Update "Active Channel" property in Compute / Channels / ChannelSwitch, InputSwitch, RemoveChannel, and TriggerAlignment
  - Update zoom-related content in Visualization / Toolbar
  - Add Component / Channel Names Editor & Property Reference
  - Update all Source / DAQ chapters
  - Update Writer / Data Writer
  - Update various examples and images
- Oct. 2023
  - Add new chapters in Compute / SVM (Rotational Speed, Rotational Correction, Sound Anomaly Index, ISORMS)
- Sept. 2023
  - Add Compute / Stats / Bayesian Inference Chapter
  - Add Compute / Stats / Mean Frequency Chapter
- Aug. 2023
  - Update Compute / SVM (CrestFactor, Peak, DigitalTacho, OrderSpectrum OrderInfo, Cepstrum, Envelope, Bearing Defect, Gearbox)
  - Minor fixes in Hilbert Transform
- Jul. 2023

  - Update Compute / TFA (STFT, Morlet, Enhance Morlet, Hilbert Spectrum, Marginal Time, Marginal Frequency, Secogram)
  - Update Conversion / Convert To/From Complex
  - Update Source / Noise
  - Update Viewer / Channel Viewer, BoxPlot
- Jun. 2023
  - Update Compute / Statistics (BasicStats, Correlation, Covariance, LeastSquareFit, Orthos, Quantiles, RollingStatistics)
  - Update Compute / SVM / Octave Chapter
  - Update Compute / Transform (AutoCorr, CrossCorr, Coherence, FFT & IFFT, DCT, IDCT, Wavelet, IWavelet, Hilbert, MSE)
  - Update Compute / Enhanced (FastMSE, RollingMSE, Move Teager chapter to the end)
- Apr. 2023
  - Update Compute / Channels (Channel Switch, Data Selection, Dup, Input Switch, Replace Value)
  - Update Compute / Enhanced (FastIG, FastMSE, FastSecogram, FastSTFT, RollingMSE)
  - Update Compute / External (External DLL, ExternalViewer)
  - Update Compute / Filter (FIR, IIR, IG, Median, MovingAverage, Trend)
  - Update Compute / HHT (AnCAD EMD, IMF Property, RCADA EEMD)
  - Update Compute / Math (Diff, RMS)
  - Minor Updates in UI / Properties, Data Viewer
  - Minor Updates in Component / Composition
- Mar. 2023
  - Update Viewer / Annotation
  - Add Component / Property Reference
  - Update Math / DoMatlab
  - Add Viewer / Bar Plot Viewer
  - Update Viewer / Channel Viewer
  - Minor updates and fixes
- Feb. 2023
  - Update Visualization / ShowValue / Harmonics
  - Update Visualization / ShowValue / Measurement
  - Update Viewer / Channel Viewer
  - Update Viewer / TimeFrequency Viewer
  - Minor fixes
- Jan. 2023
  - Update UI / Network / Toolbar
  - Update Source / Open Data
  - Update UI / Properties
  - Add Source / Opendata / Load Data
  - Add Source / DataSource
  - Improve TriggerAlignment Section with expanded content, comprehensive description of

parameters, and detail explanation of various trigger modes
  - Minor fixes
- Nov. 2022
  - Add captions to all tables
  - Fix out-of-bound tables in PDF build by correcting format of all tables
  - Change CJK font to Noto Serif for PDF build
  - Fix Chinese line-break issues for PDF build
  - Fix some image resizing issues for PDF build
  - Minor fixes
- Oct. 2022
  - Add Component / Rolling Window in Chapter 3
  - Update Compute / Math / Integrate in Chapter 4
  - Update Compute / Math / RMS in Chapter 4
  - Minor fixes
- Sept. 2022
  - Minor update
- Aug. 2022
  - Move Visualization into its own chapter apart from the UI chapter. It is now the new Chapter 2, and all subsequent chapter numbers are incremented.
  - Expand and update Visualization sub-sections to include all new functionalities
  - Expand and update related figures
  - Fix PDF format
- July. 2022
  - Update Compute / Channel / Resample in Chapter 3
  - Update Compute / Mathematics / Math & DoMatlab in Chapter 3
  - Update Source / Open Data / Text Importer in Chapter 5
  - Delete the Container section and move the Macros section to Chapter 2
  - Fix content format, table layout, etc.
  - Source file structure reorganization
  - Fix bad characters causing HTML & PDF compilation errors
- Aug. 2020
  - Major update in Chapter 3.
- Jul. 20, 2020
  - Major update in Front Matter and Chapter 1-2.
- Mar. 03, 2018
  - Gearbox Creator content modified.
  - Minor fixes.
- Jan. 30, 2018
  - 1.6 Document Online!!
- Jan. 1, 2017
  - 1.5 Document Updated
  - Document source converted from Docbook to Pandoc Markdown.

  - Equations converted from image to LaTex Math.
  - Both PDF and HTML version generated.
- Jan. 1, 2014
  - 1.5 Document Online!!

Release Notes

Visual Signal 1.6 在資料擷取模組上有重大的躍進，提供對更多廠牌裝置的支援，並納入了 Real-Time 的擷取功能與顯示介面，無論您是生醫、工程或科學領域的使用者能都以最有效率的方式進行資料蒐集與分析。

運算功能方面，在頻率變換、濾波、統計及數學模組內都新增了實用且強大的分析方法，部分既有的模組也增加了許多使用者期待的選項，並支援更多檔案格式。此外，操作介面變得更加直覺、友善、效率，並讓使用者可以自行定義顯示項目，您可以盡情享受行雲流水般的分析過程。

詳細的新增功能請參考下列條目：

- 功能更加強大的 DAQ（Data Acquisition）模組
  - 即時（Real-Time）資料擷取與顯示模組。
  - 即時運算元件模組（部分元件不支援）。
  - 支援凌華科技（ADLINK Tech.）USB-2405 資料擷取模組。
  - 支援神念科技（NeuroSky Inc.）Mindset 腦電耳機。
  - 支援 Desktop PC/Laptop 音訊擷取功能。
  - 增強對 NI 資料擷取硬體的支援與操作。
  - 新增對 NI.tdms 的檔案支援。
- 新增強大的運算與分析功能
  - 新增二次頻譜（Secogram），可用來觀察頻率的強度隨著時間的變化，無論是自然界的聲響或是機械設備的微小撞擊，您都能得到隱藏在訊號中，具週期性的頻率變化。
  - 新增功能去趨勢波動分析（DFA, Detrended Fluctuation Analysis），讓處在生醫領域的您也可以輕鬆進行分析。
  - 新增功能赫斯特指數或稱賀氏指數（Hurst Exponent），讓你可以藉由此指數更了解訊號的統計特性。
  - 在 Replace Value 方法中新增了 Outlier 選項，藉由輸入訊號標準差的倍數來進行資料處理。
  - 時頻圖（Time-Frequency Viewer）新增對數尺度座標，讓您更容易觀察頻譜的細節。
  - 新增 Smooth noise-robust 微分方法。
  - 新增濾波選項於 Notch Filter 與 Median Filter。
- 提供更友善與易懂的操作介面。
  - 當您需要選取特定範圍進行分析時，用您的滑鼠框選便能輕鬆解決。
  - 新的 Visual Signal 將容易混淆的圖示進行更換。
  - 自動幫你分析來源資料並轉換為等間距（Regular）資料格式。
  - 藉由雙點擊元件輕鬆開啟編輯或報表視窗。
  - 全新名稱展現方式，讓您排版、出圖更加輕鬆愜意。
  - 明確的表現被選取的運算元件，減少混淆的狀況發生。
  - 不再有惱人的彈出式警告與錯誤訊息，通通與元件整合，直接顯示於元件。

- 讓您可以一次操作多個 DoMatlab 與 DoScript 編輯視窗，作自己的分析更加有效率。
- 資料瀏覽器（DataViewer）提供資料欄位修改功能，讓您輕鬆的修正數據。
- 支援更多的音訊編碼格式與更高的採樣率。

Function List

Visual Signal 1.6 各版本功能表

運算元件（Compute）

Table 1: **Channel**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Accumulate				✓
Channel Switch	✓	✓	✓	✓
Data Merge		✓	✓	✓
Data Selection	✓	✓	✓	✓
Dup		✓	✓	✓
Fill Null Value	✓	✓	✓	✓
Input Switch	✓	✓	✓	✓
Peak Detection		✓	✓	✓
Remove Channel	✓	✓	✓	✓
Replace Value	✓	✓	✓	✓
Resample	✓	✓	✓	✓
RR Interval		✓	✓	✓
Time Shift	✓	✓	✓	✓
Trigger Alignment		✓	✓	✓

Table 2: **Enhanced**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Fast Iterative Gaussian Filter				✓
Fast MSE				✓
Fast STFT				✓
Fast Trend Estimater				✓
ICA				✓

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
PCA				✓
Rolling MSE				✓
Remove Bump				✓
Teager				✓

Table 3: **External**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
External Dll				✓
External Viewer				✓
WebService				✓

Table 4: **Filters**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Comb Filter			✓	✓
FIR Filter	✓	✓	✓	✓
IIR Filter				✓
Iterative Guassian Filter				✓
Median Filter	✓	✓	✓	✓
Moving Average	✓	✓	✓	✓
Notch Filter	✓	✓	✓	✓
Trend Estimator				✓

Table 5: **HHT**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
AnCAD EMD				✓
HHT ListView Macro				✓
HHT SplitView Macro				✓
IMF Property			✓	✓
RCADA EEMD			✓	✓

Table 6: **Mathematics**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Diff	✓	✓	✓	✓
DoMatlab			✓	✓
Integrate	✓	✓	✓	✓
Math	✓	✓	✓	✓
Mixer	✓	✓	✓	✓
Multiplier	✓	✓	✓	✓
Normalize	✓	✓	✓	✓
Remove DC	✓	✓	✓	✓
RMS	✓	✓	✓	✓

Table 7: **Matrix**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Diagonal Vector				✓
Matrix Inverse				✓
Matrix Operation				✓
Matrix Condition Numbers				✓
Extract Region of Interest				✓
Transpose				✓
Extract Vector				✓

Table 8: **Statistics**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Correlation Matrix				✓
Covariance Matrix				✓
Equiphase Statistics				✓
Hypothesis Test				✓
Kernel Smoothing Density				✓
Least Square Fitting				✓
Orthogonality Matrix				✓
Quartiles and Quantiles				✓
Rolling Statistics				✓

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Basic Statistics				✓

Table 9: **TFA**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Enhanced Morlet Transform				✓
EnMorlet Viewer Macro				✓
Hilbert Spectrum			✓	✓
Marginal Frequency			✓	✓
Marginal Time			✓	✓
Morlet Transform			✓	✓
Short-Term Fourier Transform	✓	✓	✓	✓
Transpose Spectra			✓	✓

Table 10: **Transform**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Auto Correlation			✓	✓
Cross Correlation			✓	✓
Discrete Cosine Transform			✓	✓
Secogram			✓	✓
Fourier Transform	✓	✓	✓	✓
FFT Viewer Macro				✓
Haar Wavelet Transform		✓	✓	✓
Hilbert Transform			✓	✓
Inverse Discrete Cosine Transform			✓	✓
Inverse Fourier Transform	✓	✓	✓	✓
Inverse Haar Transform			✓	✓
Multi Scale Entropy			✓	✓
Coherence			✓	✓

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Signal Windowing			✓	✓

轉換元件（Conversion）

Table 11: **Conversion**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Convert from Matrix				✓
Convert from Spectra	✓	✓	✓	✓
Join			✓	✓
Merge to Complex			✓	✓
Merge to Multi-Channel	✓	✓	✓	✓
Split			✓	✓
Split Complex			✓	✓
Convert to Audio	✓	✓	✓	✓
Convert to dB	✓	✓	✓	✓
Convert to Indexed			✓	✓
Convert to Matrix				✓
Convert to Regular	✓	✓	✓	✓
Change X-axis Unit	✓	✓	✓	✓

輸入源元件（Source）

Table 12: **Sources**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Import Data	✓	✓	✓	✓
Impulse				✓
Jaehne				✓

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Custom Wave	✓	✓	✓	✓
Noise	✓	✓	✓	✓
Sine Wave	✓	✓	✓	✓
Square Wave	✓	✓	✓	✓
Triangle Wave	✓	✓	✓	✓

繪圖元件（Viewers）

Table 13: **Annotations**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Ellipse				✓
HLine				✓
HRegion				✓
Line				✓
Rect				✓
Text				✓
VLine				✓
VRegion				✓
Data Viewer	✓	✓	✓	✓
Box Plot Viewer				✓
Channel Viewer	✓	✓	✓	✓
Error Bar Viewer				✓
Histogram Viewer				✓
Time-Frequency Viewer	✓	✓	✓	✓
XY Plot	✓	✓	✓	✓

輸出及其他（Writers）

Table 14: **Writers & Misc**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Export Data	✓	✓	✓	✓
Export to Excel	✓	✓	✓	✓
Data Writer	✓	✓	✓	✓
Macro				✓
Batch Run				✓

Data Acquisition（DAQ）功能表

Table 15: **DAQ**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Adlink-DAQ	✓		△	✓
Audio-DAQ	✓	✓	△	✓
Mindset-DAQ			△	✓
NI-DAQ		✓	△	✓
Simulated-DaQ		✓	△	✓

Sound and Vibration Module（SVM）功能表

Table 16: **SVM**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Bearing Defect			△	✓
Cepstrum			△	✓
Crest Factor			△	✓
Digital Tacho	✓	✓	△	✓
Envelope			△	✓
Gearbox Creator			△	✓
Order Info			△	✓
Order Spectrogram			△	✓
Peak			△	✓
Scale	✓	✓	△	✓

Table 17: **Sound**

Functions	DAQ Express	Lite (VSNI)	Standard (Std)	Professional (Pro)
Weighting			△	✓
Octave			△	✓

* △ 僅用 STD 版安裝檔無法外加本區模組，需用 PRO 版安裝檔 +STD License 才能滿足” 在 STD 版本下外加模組”

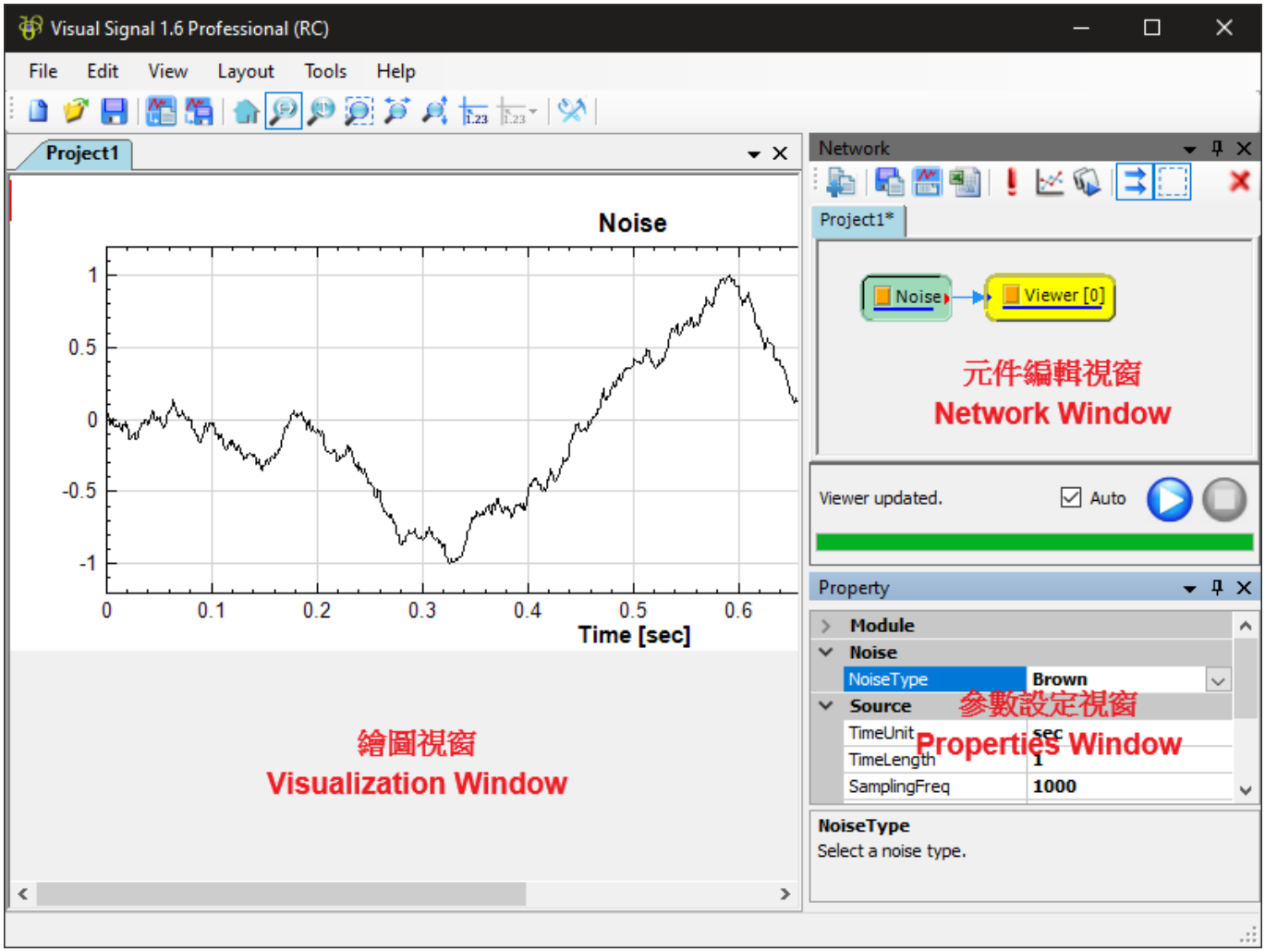
* Adlink-DAQ 以及 Audio-DAQ 包含於 Visual Signal DAQ Express 1.6 版本中。

Chapter 1

應用程式介面

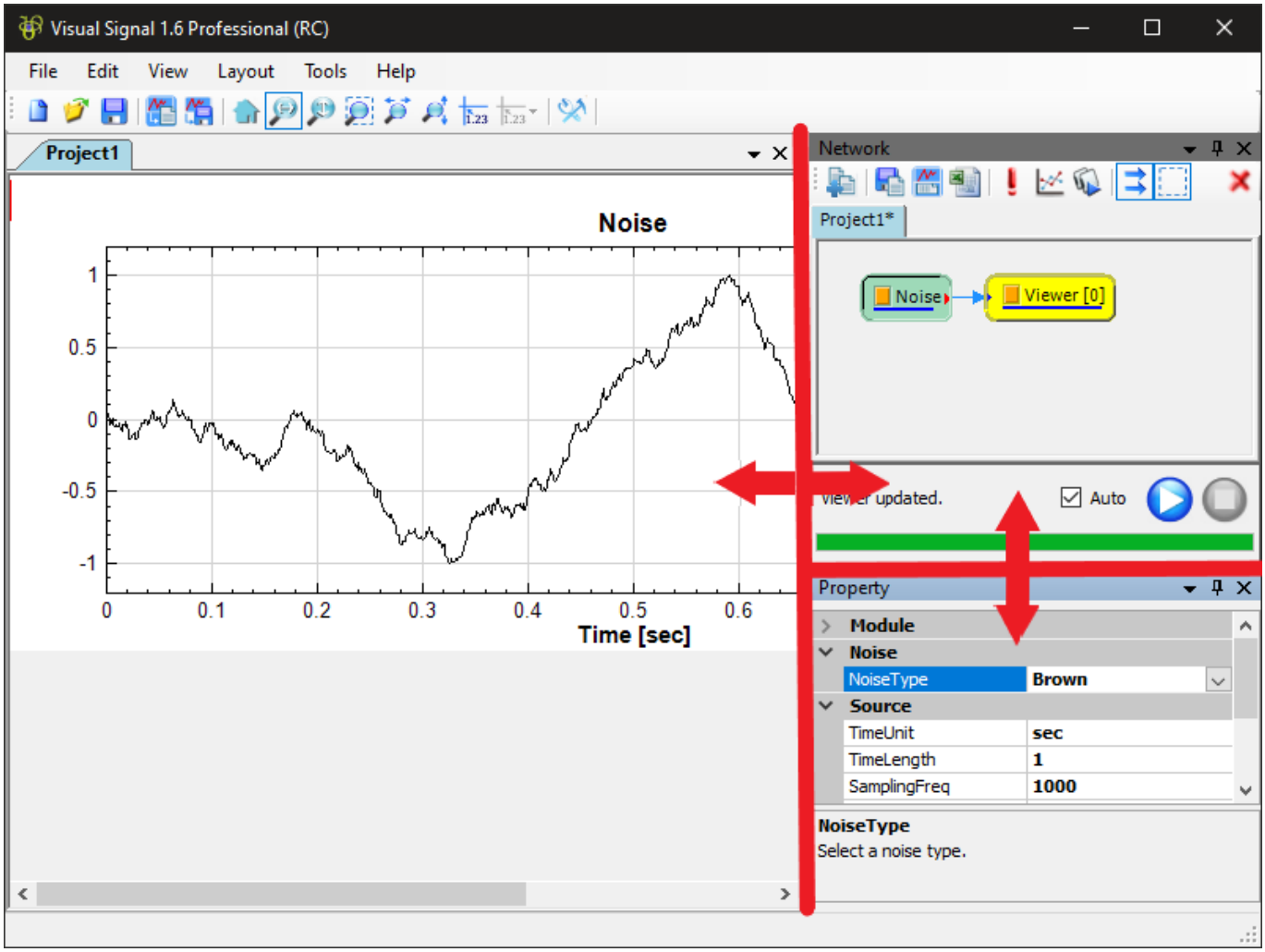
1.1 使用者操作介面（GUI）

Visual Signal 啟動後的畫面如下圖所示：

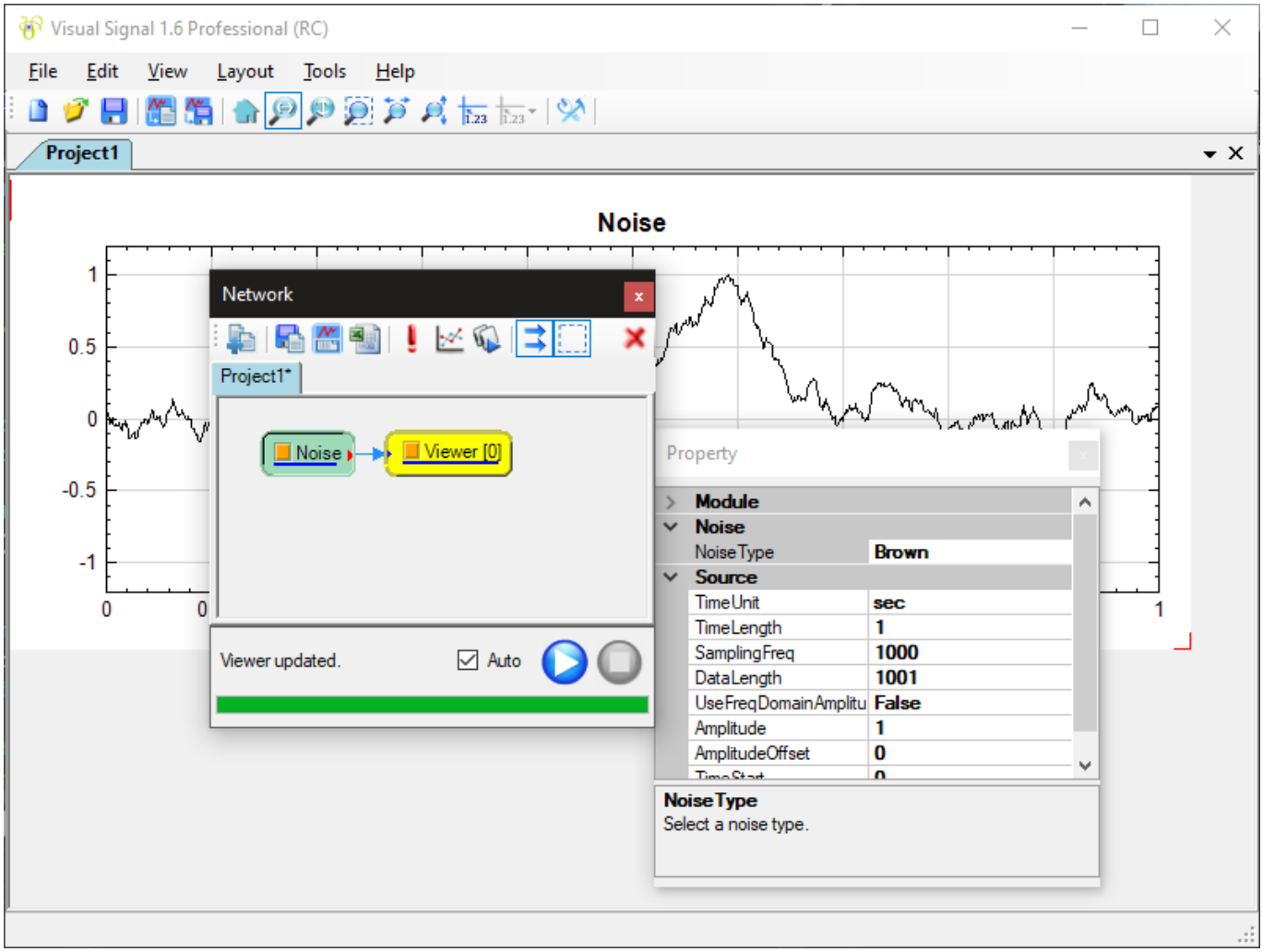


介面主要分成三大部份：元件編輯視窗（Network Window），元件參數設定視窗（Properties Window）與繪圖視窗（Visualization Window），這三個視窗皆可以獨立於 Visual Signal 的桌面上。

此三視窗在停泊狀態時可以用滑鼠在其分界線上拖曳改變視窗大小，如下圖：

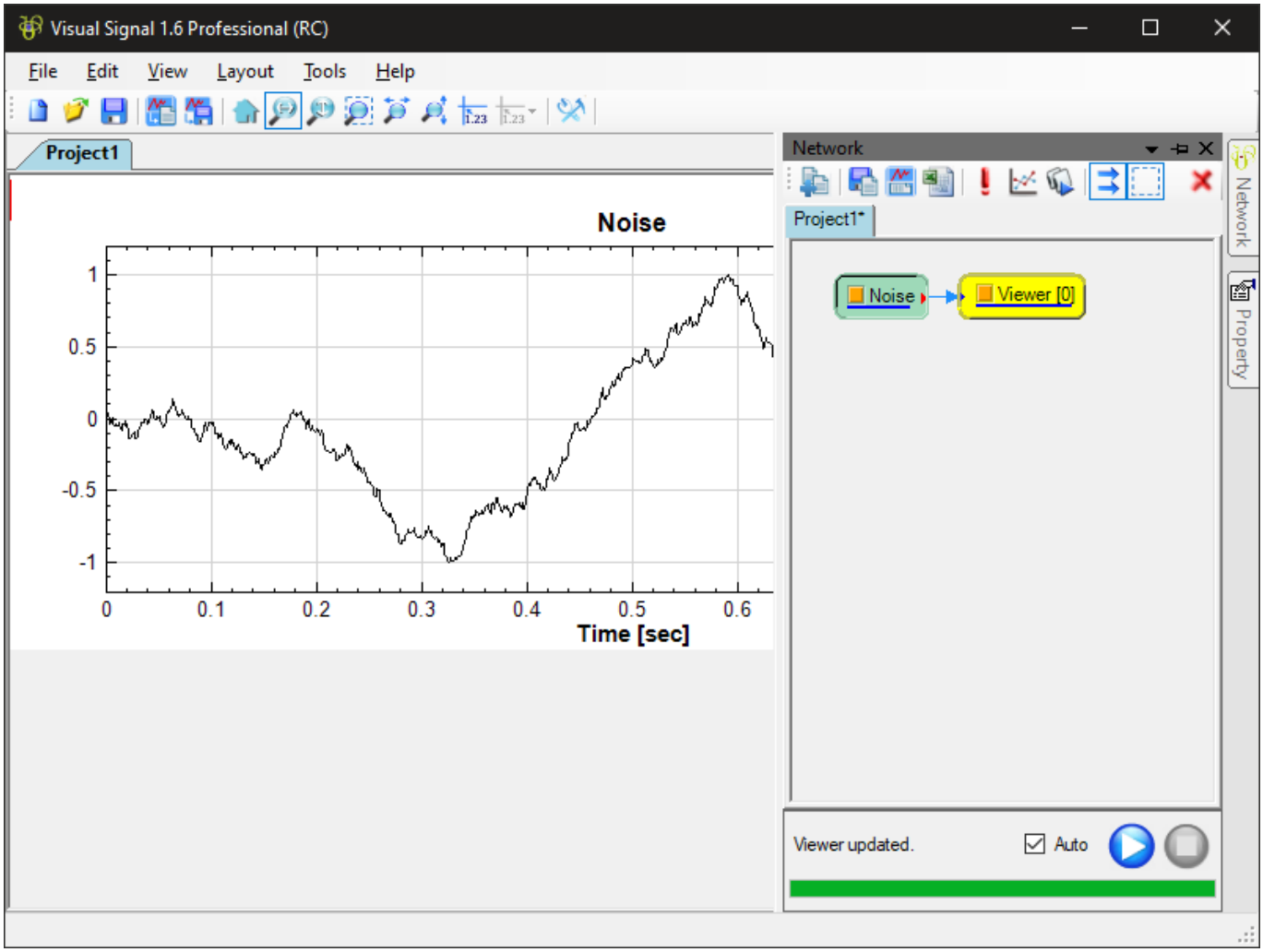


也可雙擊上述各視窗的標題欄，或是用滑鼠由標題欄拖曳，使其離開原視窗停泊處，就能將該視窗獨立分離出來任意放大縮小，如下圖：



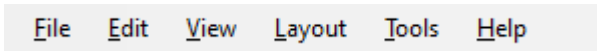
若再雙擊該視窗的標題欄，即可回復原視窗配置。也可以點擊視窗右上角之 X 圖示關閉該視窗。元件編輯視窗與參數設定視窗在關閉後可從主介面之版面選單重新開啟，請參考【主選單／版面】章節；關閉繪圖視窗則會同時關閉該視窗對應之專案，欲重啟則必須重新開啟專案，請參考【主選單／檔案】章節。

視窗介面還支援 Auto Hide 隱藏視窗的表現方式，點擊元件編輯視窗或參數設定視窗的 圖釘圖示，可將視窗設為自動隱藏。在自動隱藏模式下，視窗會自動縮至主介面右方隱藏，只留下一個標籤。此時將滑鼠游標移置任一標籤，所對應之視窗則會彈出，暫時顯示該視窗；若將滑鼠游標移至主介面別處，則目前暫時顯示之視窗會自動縮回。下圖為兩視窗皆設定為 Auto Hide：



可看到兩視窗均隱藏至主畫面右方標籤，參數編輯視窗則是暫時顯示，右上方的圖釘圖示顯示為暫時狀態。再點擊此圖式則可將該視窗切換回原來停泊顯示狀態，圖釘圖示則會回復至。

1.2 主選單及工具列



Visual Signal 的主選單（如上圖所示）即為主介面上方橫列之下拉式選單，選項包括 File（檔案）、Edit（編輯）、View（顯示）、Layout（版面）、Tools（工具）、Help（幫助）等，以下章節會簡單分項介紹。

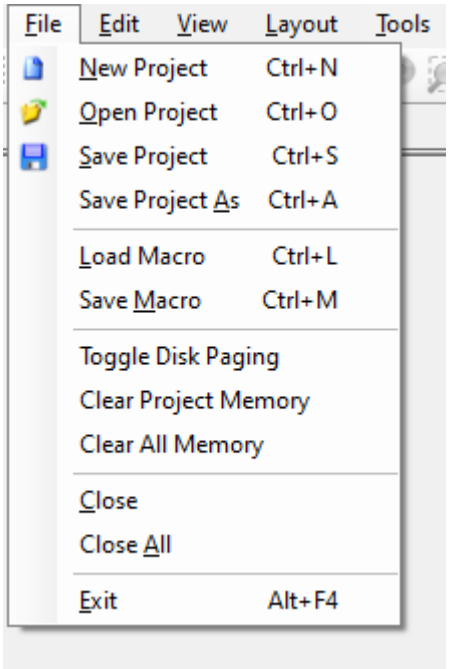
除了主選單之外，主介面還在主選單下方提供了工具列，如下圖。工具列擷取了主選單中常用的一些功能以圖示方式讓使用者可以快速點選使用。

以下為各圖示簡介，詳細說明可參考以下各章節。

Table 1.1: 主介面工具列圖示

圖示	主選單選項
	檔案／新增專案
	檔案／開啟專案
	檔案／儲存專案
	編輯／複製圖至剪貼簿
	編輯／匯出圖至檔案
	顯示／回復圖原狀態
	顯示／水平縮放
	顯示／垂直縮放
	顯示／方框縮放
	顯示／水平平移
	顯示／垂直平移
	顯示／顯示數值
	工具／偏好設定

1.2.1 File（檔案）



本選單提供 New Project（新增專案）、Open Project（開啟專案）、Save Project（儲存專案）、Load Macro（讀入巨集）、Save Macro（儲存巨集）、Toggle Disk Paging（切換硬碟分頁）、Clear Project Memory（情除專案記憶體）、Clear All Memory（清除所有記憶體）、Close（關閉專案）、Close All（關閉所有專案）、Exit（離開）等選項。以下簡單介紹個選項：

New Project（新增專案）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，或是按下 CTRL-N 鍵，可在 Visual Signal 中開啟一個新的專案。新專案默認的名稱為 Project*（* 為從 1 開始之整數）。

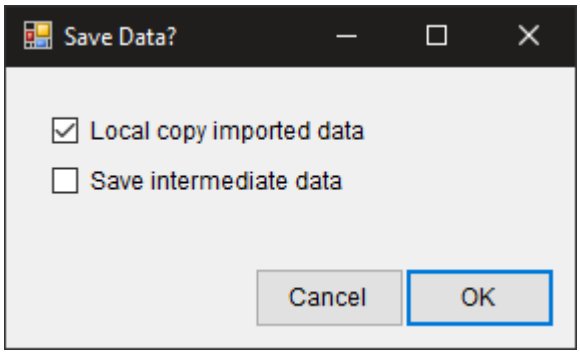
Open Project（開啟專案）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，或是按下 CTRL-O 鍵，可開啟硬碟上現有的專案檔。專案檔儲存了專案內所有模組元件的連結，參數設定，繪圖設定等，檔案副檔名為 .vsn。

Save Project（儲存專案）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，或是按下 CTRL-S 鍵，可儲存目前顯示的專案。若是儲存新專案，則等同選擇【Save Project As】選項，見以下章節說明。若是儲存開啟過之專案，則會直接以原專案檔名覆寫原專案檔。

無倫是 Save Project 或是 Save Project As，儲存前都會出現一個「儲存選項對話窗」，如下圖：

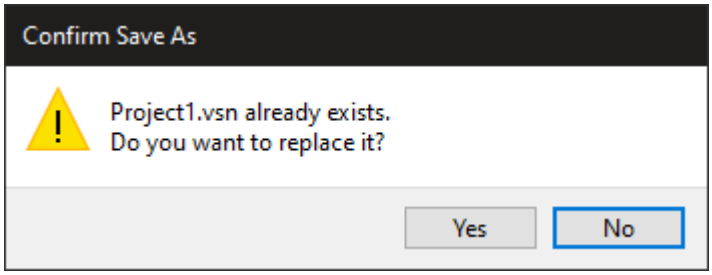


若勾選「Local Copy Imported Data」，則專案從別處匯入的資料檔則會被複製到專案同名並同路徑的資料夾內。若是專案內無匯入資料，則此選項會呈現灰色，無法勾選。

若勾選「Save Intermediate Data」，則下次開啟專案時，無須重新計算可將之前每個元件的計算結果載入並繪圖。

Save Project As（另存專案）

此選項相當於按下 CTRL-A 鍵，功能類似以上【Save Project】，但是會先跳出一個選擇儲存檔案名稱的對話窗，預設的儲存專案檔名為專案名稱加上 .vsn 的副檔名。若選擇之檔名已經存在，則會出現確認覆寫之對話窗：



若選擇「Yes」則會覆寫該檔案，若選擇「No」則會回到選擇儲存檔案名稱的對話窗，另選一個檔案名稱。無論是儲存新檔案或是覆寫舊檔案，儲存前都會出現前一章所述之「儲存選項對話窗」，操作方法同前述。

Load/Save Macro（讀取／儲存巨集）

除了將 .vsn 專案檔以專案形式讀入或儲存之外，File 選單還可以將 .vsn 檔以巨集（Macro）形式讀入（Load Macro）或儲存（Save Macro）。Load Macro 選項相當於按下 CTRL-L 鍵，可讀取巨集；Save Macro 選項相當於按下 CTRL-M 鍵，可儲存巨集。專案與巨集的差別在於，讀取巨集時專案檔內的元件及連結會插入現有的專案內，所有巨集中的元件名稱會附加「_m 」的字樣以區別於原有專案的元件。巨集為 Visual Signal 專業版的功能，可以將常使用到的訊號處理步驟儲存為巨集，讓使用者在不同的專案中快速、方便地建立特定的計算流程與元件設定，無須再重新建立、連結與設定各元件。巨集的操作方法請參閱【巨集】的章節。

Toggle Disk Paging（切換硬碟分頁）

此選項可以將每個元件計算好的資料以暫存檔的形式存在硬碟上，避免佔用系統記憶體。

Clear Project/All Memory（清除專案／所有記憶體）

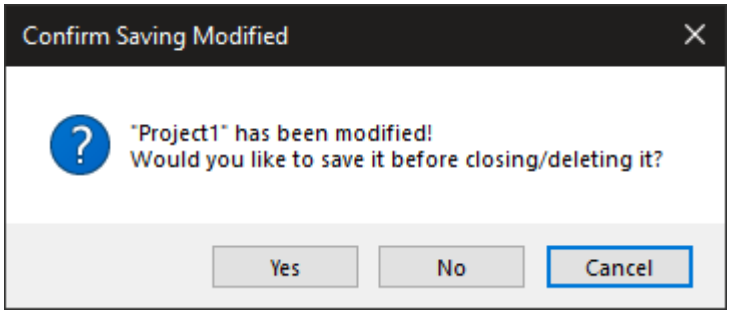
Clear Project Memory（清除專案記憶體）及 Clear All Memory（清除所有記憶體）可強迫系統清除目前開啟或全部專案的記憶體。

Close/Close All（關閉專案／關閉所有專案）

Close（關閉專案）及 Close All（關閉所有專案）可關閉目前開啟或全部的專案。

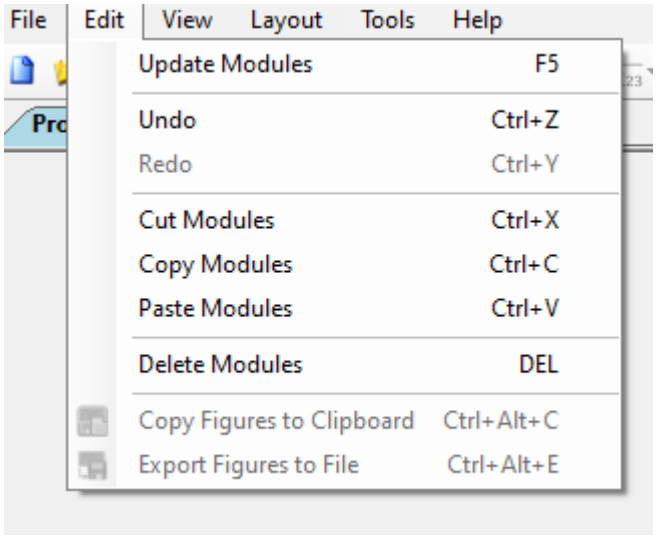
Exit（離開）

此選項相當於按下 ALT-F4 鍵，或是點擊主介面右上角 X 圖示關閉視窗，可關閉 Visual Signal。如果有已修改未儲存的專案，Visual Signal 會詢問使用者是否要儲存該專案，如下圖：



點選「Yes」則相當於執行 Save Project（儲存專案）後再離開程式；點選「No」則忽略未存檔專案而直接離開程式；點選「Cancel」則取消離開程式，回到 Visual Signal 的主介面。

1.2.2 Edit（編輯）



本選單提供了元件編輯窗相關的選項：Update Modules （更新元件）、Undo/Redo（還原／重作）、Cut/Copy/Paste/Delete Modules（剪下／複製／貼上／刪除元件），以及繪圖視窗相關的選項：Copy Figures to Clipboard（複製圖至剪貼簿）、Export Figures to File（匯出圖至檔案）。以下分項介紹：

Update Modules （更新元件）

此選項相當於【元件編輯窗工具列】上 圖示，或是按下 F5 鍵，可強制執行所有模組元件，詳情請參考【元件編輯工具列】章節。

Undo/Redo（還原／重做）

此二選項相當於【元件編輯區】滑鼠右鍵選單上的 Undo/Redo 選項，或是按下對應之 `CTRL-Z/Y` 鍵，可還原或重做模組元件的新增、刪除、剪貼、移動、連結等動作，詳情請參考【模組元件】的【還原與重做】章節。

Cut/Copy/Paste/Delete Modules（剪下／複製／貼上／刪除元件）

此四選項相當於【元件編輯窗】滑鼠右鍵選單上的 Cut/Copy/Paste/Delete 選項，或是按下對應之 `CTRL-X/C/V` 或 `DEL` 鍵，可剪下、貼上、複製、刪除模組元件，詳情請參考【模組元件】的【剪貼簿】章節。

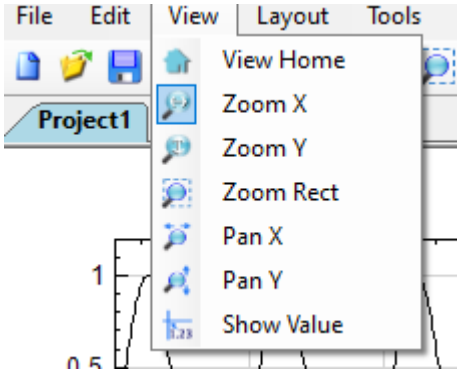
Copy Figures to Clipboard（複製圖至剪貼簿）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，或是按下 `CTRL-ALT-C` 鍵，可將繪圖視窗中所有或選擇的圖在複製到系統剪貼簿上。圖的資料格式為 Windows 向量 Metafile 或 Bitmap 格式（可在【Preference】裡選擇）。使用者可使用支援此兩個格式的應用程式將圖貼入。

Export Figures to File（匯出圖至檔案）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，或是按下 `CTRL-ALT-E` 鍵，可將繪圖視窗中所有或選擇的圖匯出至檔案。匯出時會開啟檔案選擇對話窗，此時可以輸入欲匯出之檔案名稱與路徑，以及選擇支援的圖檔格式，目前支援 `.png`、`.jpg`、`.bmp`、`.tif`、`.wmf`、`.emf` 等格式。

1.2.3 View（顯示）



本選單提供了繪圖視窗相關的選項：View Home（回復圖原狀態）、Zoom X（水平縮放）、Zoom Y（垂直縮放）、Zoom Rect（方框縮放）、Pan X（水平平移）、Pan Y（垂直平移）、Show Value（顯示數值）。以下分項介紹：

View Home（回復圖原狀態）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，可將所有繪圖視窗的圖回復至原始狀態（無縮放也無平移，但不影響顯示數值的狀態）。

Zoom X（水平縮放）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，可將所有繪圖視窗的圖進入「水平縮放」狀態。進入水平縮放狀態後，可用以下三種方式將任一圖在水平方向縮放：

- 使用滑鼠選擇一水平範圍，
- 使用滑鼠滾輪，
- 使用 +/− 鍵。

Zoom Y（垂直縮放）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，可將所有繪圖視窗的圖進入「垂直縮放」狀態。進入水平縮放狀態後，可用以下三種方式將任一圖在垂直方向縮放：

- 使用滑鼠選擇一垂直範圍，
- 使用滑鼠滾輪，
- 使用 +/− 鍵。

Zoom Rect（方框縮放）

此選項相當於【主介面工具列】上圖示，可將所有繪圖視窗的圖進入「方框縮放」的狀態。進入方框縮放狀態後，可用以下三種方式將任一圖同時在水平或垂直方向縮放：

- 使用滑鼠選擇一方框範圍，
- 使用滑鼠滾輪（同時控制水平及垂直的縮放），
- 使用 +/− 鍵（同時控制水平及垂直的縮放）。

Pan X/Y（水平／垂直平移）

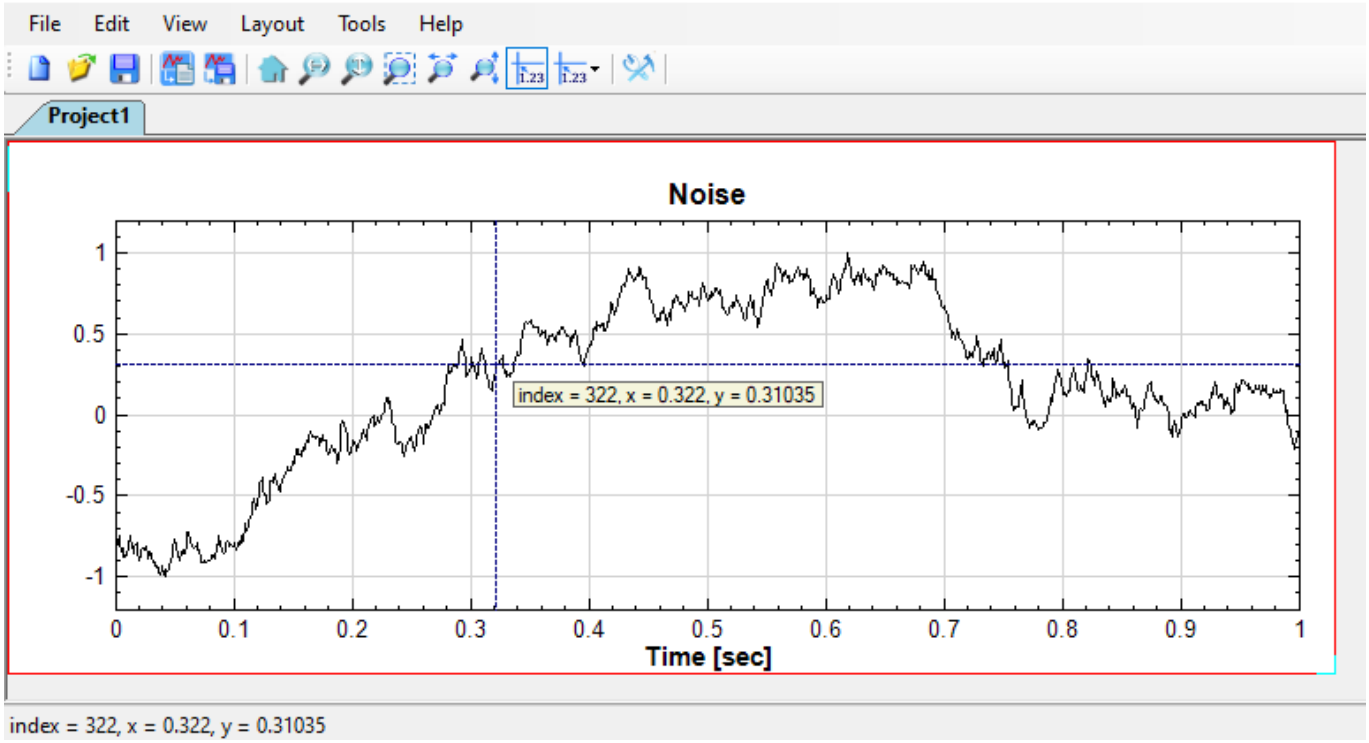
此選項相當於【主介面工具列】上 及 圖示，可將所有繪圖視窗的圖進入「水平或垂直平移」狀態。水平與垂直平移圖示可同時按下（再按一次則取消按下），因此進入平移狀態後，可用滑鼠在以下三種模式在任一圖中拖拉平移：

- 水平模式：此時工具列之水平平移圖示會呈現按下狀態，如圖
- 垂直模式：此時工具列之垂直平移圖示會呈現按下狀態，如圖
- 任一方向模式：此時工具列之水平及垂直平移圖示會同時呈現按下狀態，如圖

若解除平移狀態（水平及垂直平移圖示都取消按下），則會回到進入平移之前的縮放狀態。在平移狀態中，為了方便能夠同時進行縮放平移操作，仍然保留了滑鼠滾輪與 +/- 鍵的縮放功能。縮放的方向與平移的模式相同（水平、垂直、或任一方向）。

Show Value（顯示數值）

此選項相當於【主介面工具列】上 圖示，可將所有繪圖視窗的圖進入「顯示數值」的狀態。進入顯示數值狀態後，點選任一圖可以開啟滑鼠控制之十字線，在圖的資料點上移動，十字線中心的資料點之數值同時會顯示在中心旁的文字框內及主介面下方的狀態列上，如圖：



十字線在圖資料點上移動的方式可以在 圖示旁的下拉選單中選擇 Pick 模式：

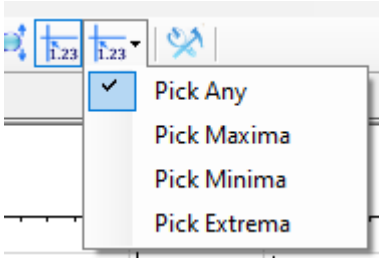
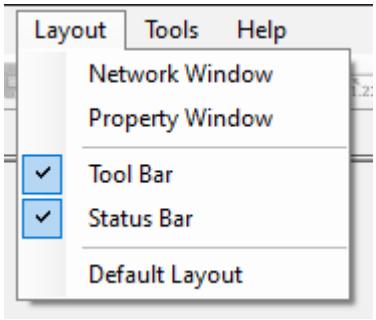


Table 1.2: Pick 模式

Pick 模式	說明
Pick Any	移動十字線時選擇每一個資料點
Pick Maxima	移動十字線時選擇周圍最大資料點
Pick Minima	移動十字線時選擇周圍最小資料點
Pick Extrema	移動十字線時選擇周圍最大或最小資料點

1.2.4 Layout（版面）



本選單提供了版面控制的選項：Network Window（元件編輯視窗）、Property Window（參數設定視窗）、Tool Bar（工具列）、Status Bar（狀態列）、Default Layout（預設版面）。以下分項介紹：

Network/Property Window（元件編輯視窗與參數設定視窗）

前面在介紹【程式主介面】時提過元件編輯視窗及參數設定視窗可以被關閉，此二選項可以在關閉元件編輯視窗後重新打開元件編輯視窗或是參數設定視窗。

Tool Bar（工具列）

此選項可以關閉或打開主介面上方之工具列。

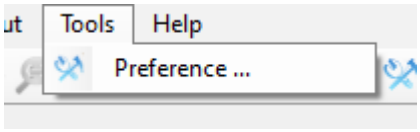
Status Bar（狀態列）

此選項可以關閉或打開主介面下方之狀態列。

Default Layout（預設版面）

前面在介紹【程式主介面】時提過元件編輯視窗、參數設定視窗、及繪圖視窗可以被獨立拉出、移動、改變大小、或關閉，此選項可以在改變版面後將主介面所有視窗回復至原預設版面。

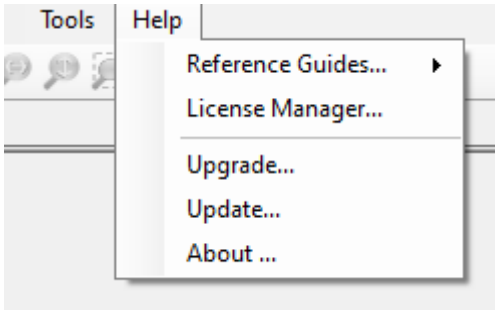
1.2.5 Tools（工具）



本選單之 Preference （偏好）設定可讓使用者設定 Visual Signal 的各項執行預設值，其中詳細內容請參考【偏好設定】。

本選單另有隱藏之選項，可以由 Visual Signal 命令列介面開啟，例如 Language Editor （語言編輯器），提供使用者自行新增或編輯語言檔的功能。詳情參考【命令列介面】。

1.2.6 Help（幫助）



本選單提供了 Reference Guides（參考指南）、License Manager（授權管理）、Update （更新）、About（關於）等選項：

Reference Guides（參考指南）

此選項提供了 Visual Signal 的相關使用文件，其中 Online Reference Guide 直接用系統默認網頁瀏覽器開啟【Visual Signal 線上使用說明的網頁】。網頁上除了有本文件的連結，還有 External API 文件，包括 API XML Protocol 及 ExternalBase Class Library：API XML Protocol 提供 Visual Signal 與外部 DLL 的溝通協定，ExternalBase Class Library 解說這個 Library 中各種函數屬性、回傳資料型態等，幫助使用者開發 External DLL （詳情請參考【外接元件（External）】章節）。

License Manager（授權管理）

此選項提供使用者管理、移除、匯入 license 的各項功能。同時，使用者註冊時所需要的系統 HostID 也顯示在 License Manager 的介面上。

Update（更新）

通常啟動 Visual Signal 時會自動上網檢查是否主程式或模組可以更新，若可以更新則進入自動更新的流程。若是使用者時常在無網路的環境下工作，或是不想每次開機都花時間上網檢查更新，則可以在偏好設定（請參考【偏好（Preference）】）中關閉此功能。此時若是需要更新，則可以用 Help 選單的 Update 選項手動執行這個流程。

About（關於）

此選項提供 Visual Signal 各項版本、授權類別、及安裝模組等訊息。

1.3 元件編輯視窗（Network Window）

元件編輯視窗（Network Window）為連接各種元件的區域，在這裡可以用滑鼠拖曳的方式連結各元件，形成一元件網路，可快速且直覺地組合出訊號處理所需的計算分析流程。

上圖為視覺化元件編輯視窗外觀，主要分成三大部份：工具列、元件編輯區以及運算控制。分別說明如下。

1.3.1 工具列（Toolbar）

元件編輯視窗的工具列負責處理數據部份以及運算的控制，如下圖：

以下為各圖示簡介，詳細說明可參考以下各章節。

Table 1.3: 元件編輯視窗工具列圖示

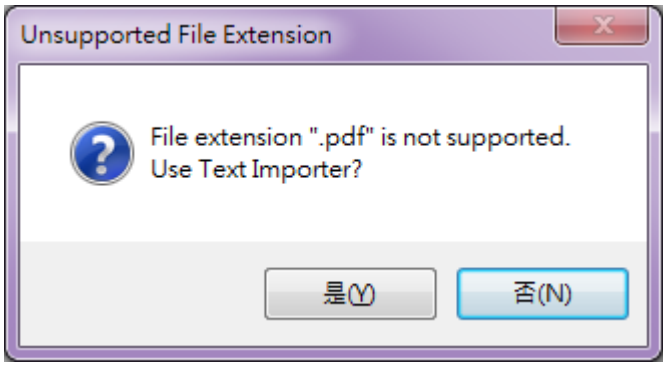
圖示	功能
	匯入資料檔
	連續重讀
	單次後退重讀
	單次前進重讀
	儲存資料至檔案
DataViewer	資料瀏覽器
	匯出資料至 Excel
	強制執行
	自動生圖
	批次執行
	顯示連結

圖示	功能
	選擇框模式

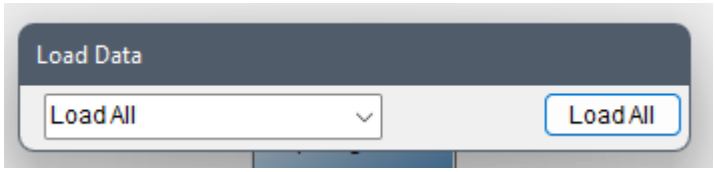
匯入資料檔

從外部讀取資料檔。接受的檔案格式眾多，依照副檔名自動判斷格式，並啟動相應之檔案匯入對話窗設定匯入之各種參數。本功能在【Open Data】中有詳細的解說，包括其他匯入資料的方法。

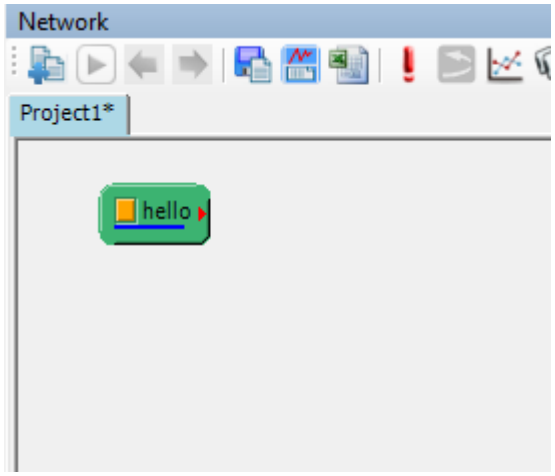
如果欲匯入的檔案副檔名不在支援格式中，則程式會出現警告訊息（如下圖），詢問使用者是否將此檔案以純文字的格式讀取，選擇是則會跳出對應純文字之資料匯入對話窗，繼續以純文字格式讀檔。



成功讀取檔案後，Visual Signal 會開啟 Load Data 對話窗，如下：



使用者可以選擇匯入完整的資料或是擷取部分資料（詳情請參閱【Load Data】對話窗），資料匯入後則會自動在元件編輯區產生一個資料源元件（元件解說請參閱【Data Source】），如下圖：



連續重讀

當匯入檔案模式為「部分擷取」時（詳情請參閱【Load Data】對話窗），點選對應資料源元件後可點選此按鍵自動連續讀取下一個擷取窗的資料並重新執行所有下游連結之元件，直到擷取窗移動至資料尾端。下一個擷取窗的位置

由部分擷取設定中之 Overlap 欄位決定。

單次後退重讀

當匯入檔案模式為「部分擷取」時（詳情請參閱【Load Data】對話窗），點選對應資料源元件後可點選此按鍵單次讀取前一個擷取窗的資料並重新執行所有下游連結之元件。前一個擷取窗的位置由部分擷取設定中之 Overlap 欄位決定。

單次前進重讀

當匯入檔案模式為「部分擷取」時（詳情請參閱【Load Data】對話窗），點選對應資料源元件後可點選此按鍵單次讀取下一個擷取窗的資料並重新執行所有下游連結之元件。下一個擷取窗的位置由部分擷取設定中之 Overlap 欄位決定。

儲存資料至檔案

將所點選元件☒的計算結果輸出為檔案，這兩項功能也可以在元件 Writer 中找到，在本程式所有元件中，除群組 Viewer 外，每個元件的輸出訊號皆可藉由本功能將資料儲存為檔案。檔案格式可選擇儲存為 mat、tfa、txt、csv 等檔，而屬於聲音訊號的資料則可儲存為 wav、mp3 等檔。這兩個功能是截取自群組 Writer 下的元件，因此請參考【訊號輸出元件】的說明。

DataViewer 資料瀏覽器

可以直接點選元件，以資料瀏覽器檢視元件的計算結果，資料瀏覽器會偵測輸出資料類型，自動調整數據展示方式，以圖形搭配數據的方式呈現元件的輸出結果。此功能在【資料瀏覽器】章節中另作說明。

輸出資料至 Excel

將所點選元件☒的計算結果輸出為 csv 格式資料，然後開啟作業系統中 csv 檔案對應的應用程式並讀取該資料。作業系統中對應 csv 檔案的應用程式跟安裝在系統的 Office 套裝軟體有關，若安裝的是微軟 Office 則為 Excel，若安裝的是 LibreOffice 則為 Calc。

強制執行

此功能相當於主選單／編輯選單之【更新元件】選項。點擊強制執行（或按 F5 鍵）後，專案會從頭到尾重新計算、執行所有模組元件。

強制執行並自動生圖

此功能等同於先執行上面強制執行功能，然後將所有輸出埠未連結其他元件的運算元件自動加上繪圖元件，自動生圖時會依照強制執行後各元件的輸出資料格式自動匹配適合的繪圖元件（Viewer），如下表：

Table 1.4: 自動生圖支援表

資料格式	繪圖元件
Signal, Audio	Channel Viewer

資料格式	繪圖元件
Spectra	TFA Viewer
Image	Image Viewer

繪圖元件詳情請參考【繪圖元件】章節。圖像格式（Image）與圖像顯示元件（Image Viewer）只有安裝圖像處理模組才有支援。

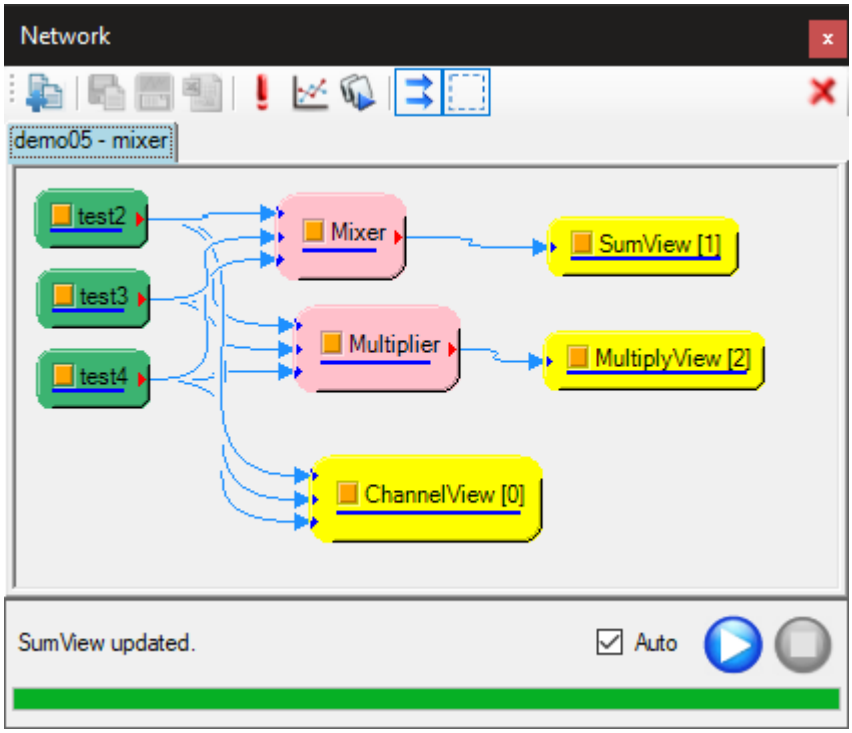
批次執行

*Only in Professional

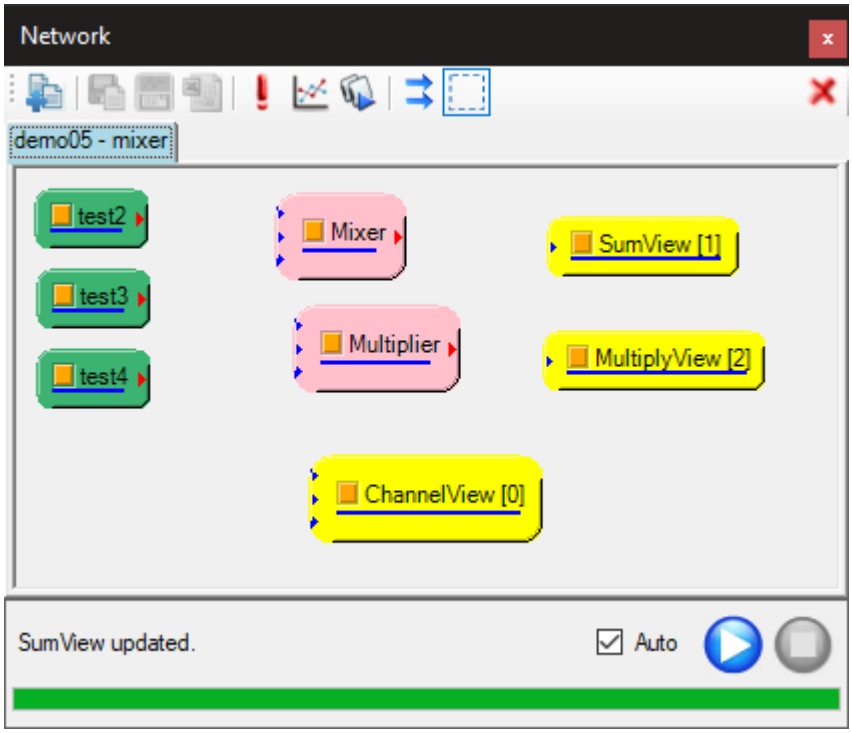
如果已經建立好一套訊號處理流程，現在需要輸入不同的資料檔執行這個程序，或者需要對其中某些元件改變參數以計算出不同的結果，就可以利用 Batch Run 功能批次處理。此功能將在【批次執行】章節中介紹操作介面與用法。

顯示連結

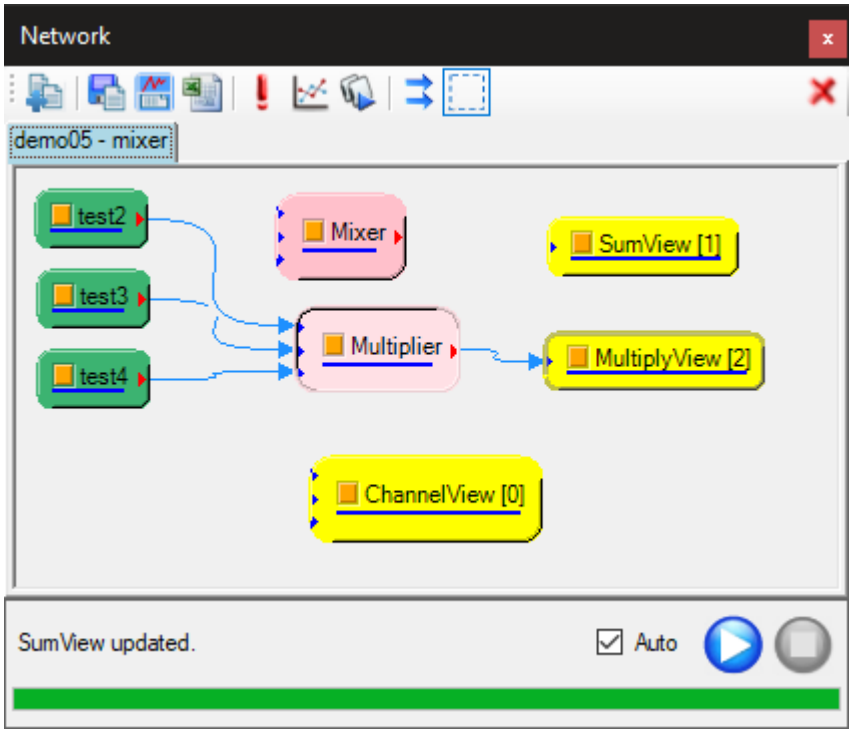
按下此圖示可切換顯示或隱藏元件之間的連結箭頭，以便在元件編輯區內元件繁多時可以隱藏眾多的連結箭頭以保持畫面清爽。顯示模式如下圖（注意顯示連結圖示 的狀態為「已選」）：



隱藏模式則如下圖（注意顯示連結圖示 的狀態為「未選」）：

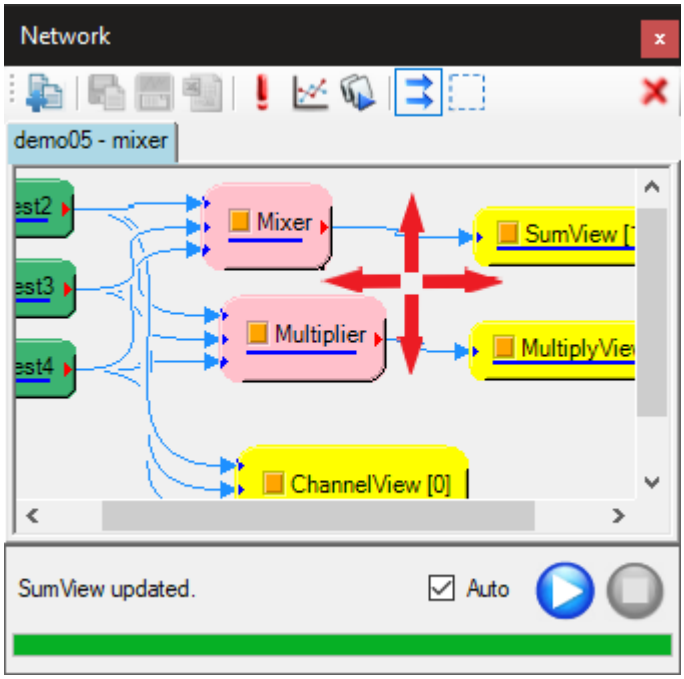


在隱藏模式下，如果選擇了一個或多個元件，則會顯示被選擇元件之輸入及輸出連接箭頭，如下圖：

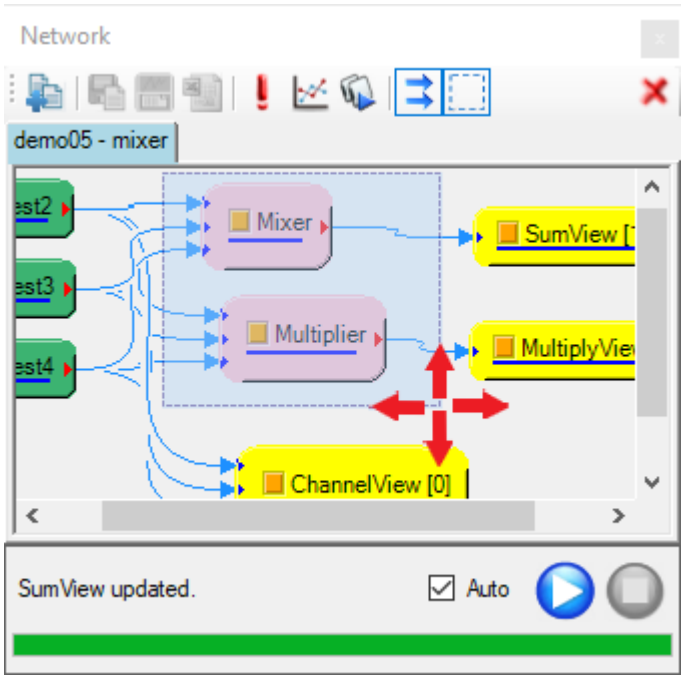


選擇框模式

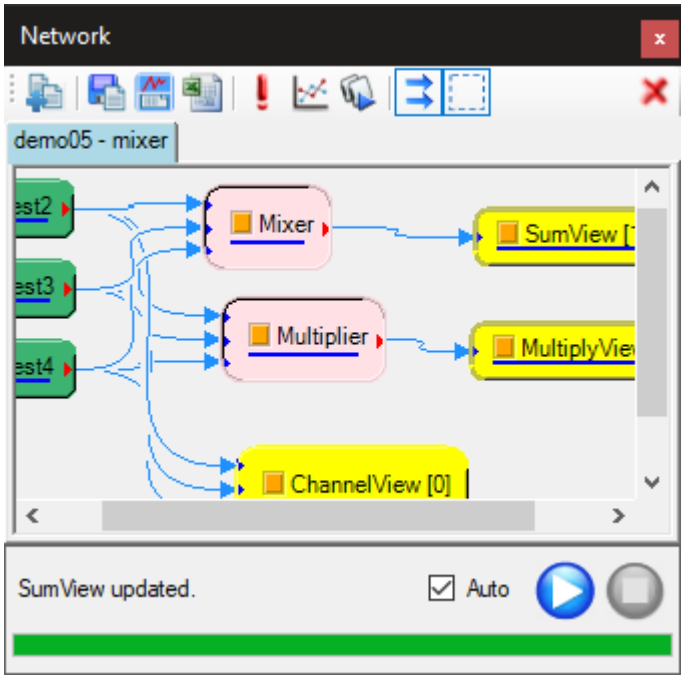
按下此圖示可切換滑鼠在元件編輯區拖曳時捲動畫面或是啟動選擇框之模式。在拖曳捲動模式下，當滑鼠游標在元件編輯區空白處拖曳時，會將整個編輯區上下左右捲動，如下圖（注意選擇框圖示 的狀態為「未選」）：



在選擇框模式下，當滑鼠游標在元件編輯區空白處按住滑鼠左鍵拖曳時，會啟動選擇框，隨游標的移動而縮放，如下圖（注意選擇框圖示 的狀態為「已選」）：



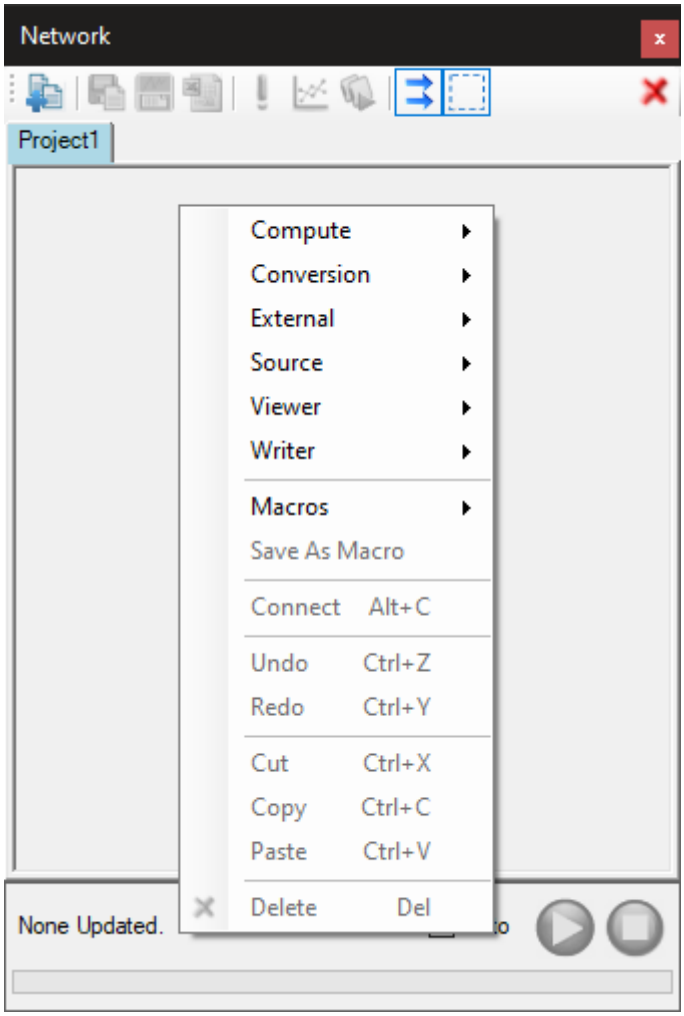
當放開滑鼠左鍵結束拖曳後，選擇框內的元件則會進入被選擇狀態，如下圖：



1.3.2 元件編輯區

元件編輯區為 Visual Signal 的核心，提供一個簡單的操作環境，以視覺化與直覺的操作編輯訊號處理流程，在操作上就像是畫訊號處理的流程圖，Visual Signal 提供了各種訊號處理的方法，從訊號前端處理、訊號分析演算、到視覺化繪圖呈現，使用者僅需要從選單中建立出這些方法，並且連接它們，就能夠以簡單的步驟執行複雜的訊號分析。

元件編輯區最重要的操作方式為按下滑鼠右鍵出現的元件功能選單，如下圖：



以下簡單說明選單中各分隔區之選項。

模組元件選單

可以看到選單第一個分隔區內分為六大群組【Compute】、【Conversion】、【External】、【Source】、【Viewer】、【Writer】，所有 Visual Signal 提供的模組元件都分門別類放在這六個群組中。模組元件的簡單介紹與操作方法請參考【模組元件】章節，而各個運算模組元件內容在本手冊後各章節中有詳細介紹。

Macros（巨集）相關選單

選單上還有巨集相關選項。Macros 選項列出所有存在使用者文件資料夾下 `AnCAD\VisualSignal\Macros` 資料夾下的巨集檔案。SaveAsMacro 選項則可以將所有選擇的元件以及其連結儲存成一個巨集。詳情請參考本手冊【巨集】。

Connect（連結）選項

除了用滑鼠連接元件之外，還可以用此選項（或是按下對應的 `ALT-C` 鍵）選擇欲連接的兩個元件。此功能是為了方便在龐大複雜的專案中可以快速連接兩個距離較遠的元件而不必用滑鼠拖拉連結線。操作詳情請參考【模組元件】的【連結】章節。

Undo/Redo（還原／重做）選項

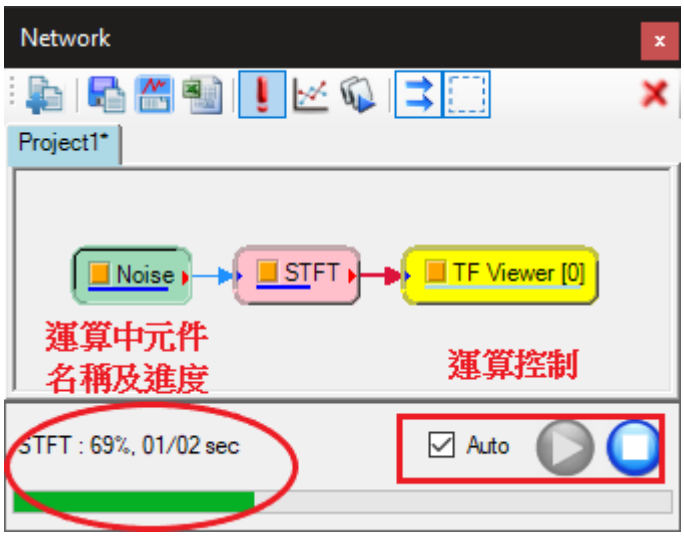
此二選項相當於【主選單／編輯】上的 Undo/Redo 選項，或是按下對應之 CTRL-Z/Y 鍵，可還原或重做模組元件的新增、刪除、剪貼、移動、連結等動作，詳情請參考【模組元件】的【還原與重做】章節。

Cut/Copy/Paste/Delete（剪下／複製／貼上／刪除元件）選項

此四選項相當於【主選單／編輯】上的 Cut/Copy/Paste/Delete 選項，或是按下對應之 CTRL-X/C/V 或 DEL 鍵，可剪下、貼上、複製、刪除模組元件，詳情請看【模組元件】的【剪貼簿】章節。

1.3.3 運算控制

運算控制位於元件編輯區下方，用以顯示以及控制計算過程。如下圖所示，位在左邊的文字在計算過程中，會即時顯示目前程式正在處理的元件名稱與執行進度的百分比，文字下方的進度條會即時顯示該元件計算的進度。而右邊有三個控制項提供使用者控制運算過程，其說明如下：



Auto

此功能可決定程式是否會即時更新計算。當 Auto 被勾選時，使用者改變元件參數後，程式會馬上重新計算該元件以及接於該元件輸出埠以下的所有元件。而使用者常碰到一種狀況是不只修改一個元件的參數，此時可取消勾選 Auto，等到各個元件都修改完畢後，再按下 ，或者再次回復勾選 Auto，都可以重新計算修改後的元件。

執行運算

當 Auto 的狀況為沒有勾選時，按下 可以命令程式執行剛修改過的元件，相較於「Auto」，此功能可以說是「手動」執行運算。

中止運算

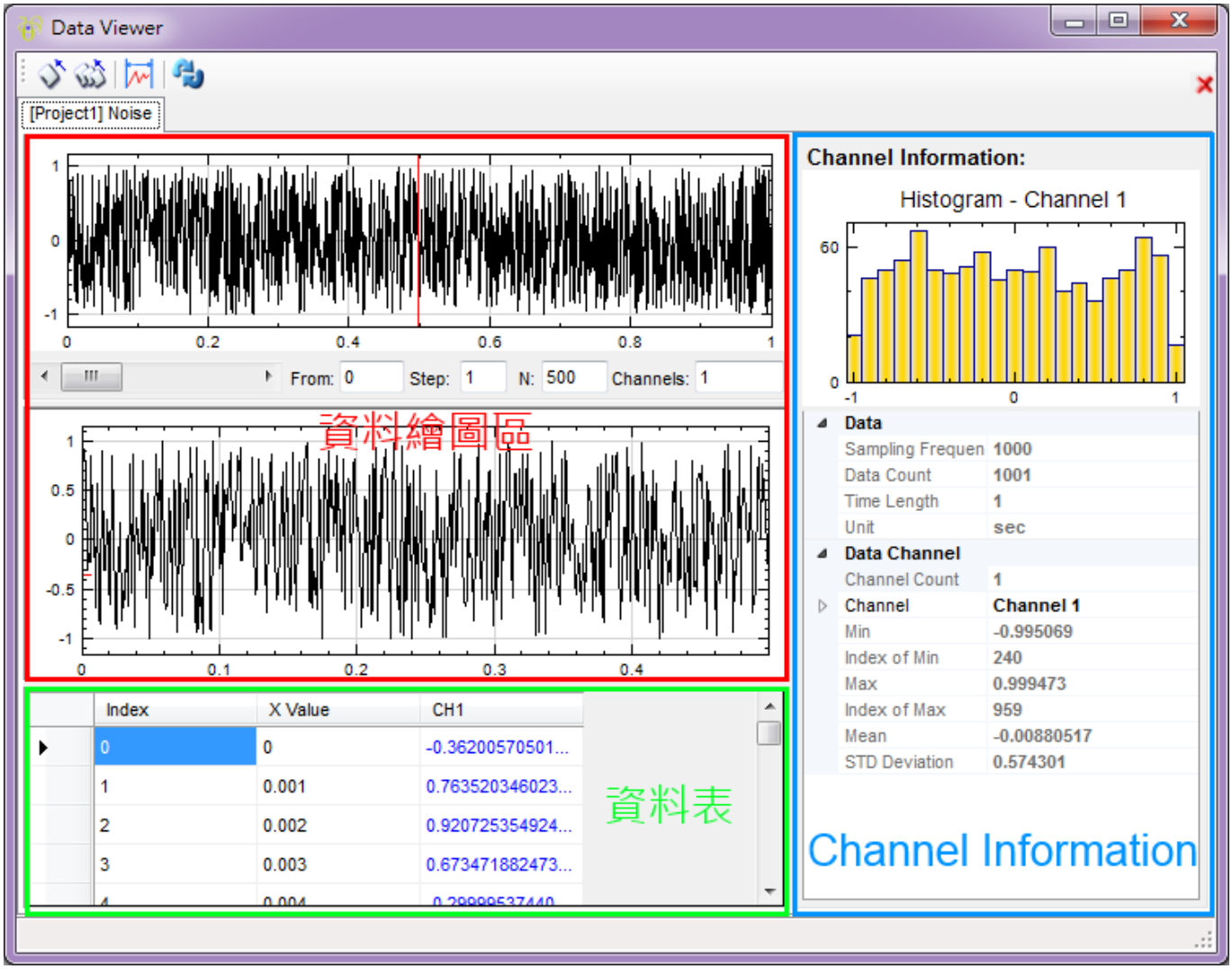
在程式運算過程中，若想終止計算，可藉由按下 鈕終止目前正在處理的元件計算。使用時須注意此功能僅終止單一的、正在處理中的元件計算，所以如果只按一次，則僅有一個元件以及其後方的元件會被終止，其它的元件仍

然會接續執行。

1.3.4 資料瀏覽器（Data Viewer）

對於元件輸出的結果，常需要臨時性地快速瀏覽資料類型，查詢訊號的相關資訊，因此我們提供一項快速檢視資料的工具 — 資料瀏覽器。資料瀏覽器以視窗化介面展示資料的數值、波形以及相關訊號資訊，只要在元件編輯區點選元件，再按下本按鈕，瀏覽器就會依照不同的訊號類型（如訊號、頻譜分析結果、數值資料亦或是時頻分析結果）展示相關資訊。以下先簡單介紹資料瀏覽器的視窗介面，再依照不同的訊號類型說明資料瀏覽器的展示內容。

首先介紹資料瀏覽器的視窗介面如下圖；主要分作三個部份，左上半部為資料繪圖區，以圖形檢視訊號內容，左邊下半部顯示資料表格，列出訊號的數據資料，右半部 Channel Information 則呈現此訊號的相關資訊（如訊號通道數、取樣頻率、時間單位等），上述每塊區域都會按照不同的資料類型改變展示內容。

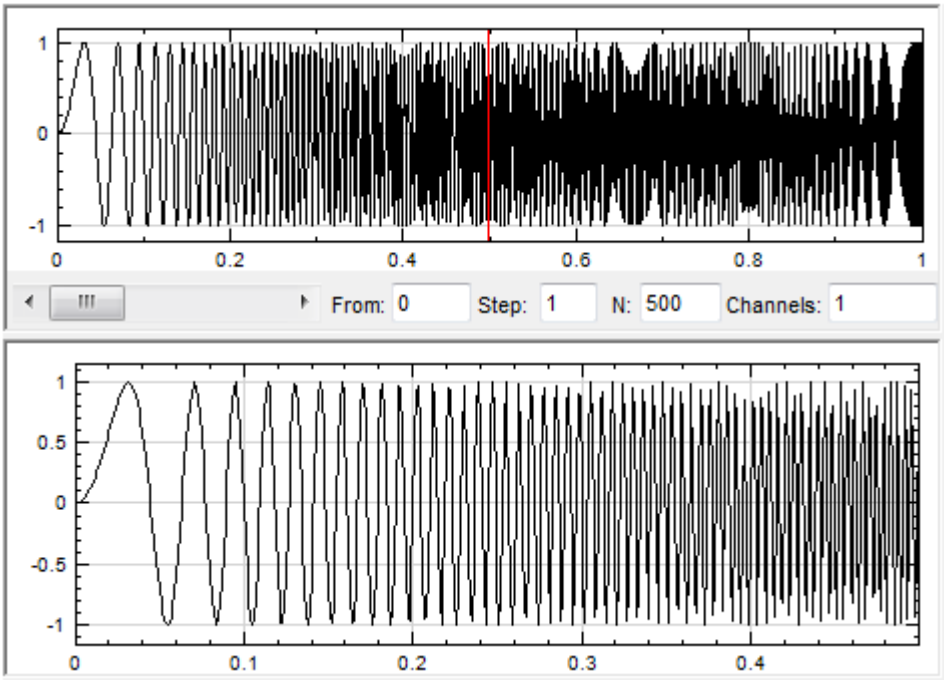


此視窗上方共同都有的控制項為 ，當使用者開啟許多個 Data Viewer，程式會將資料以不同分頁展示在同一視窗。按下 可關掉目前的分頁內容，按下 則為關閉所有的 Data Viewer 分頁內容。使用 Data Viewer 時需注意，Data Viewer 之內容並不會隨著 Network 中元件參數的改變自動更新，因此必須按下 才可以檢視元件運算過後的內容，。

下面依照不同資料類型說明 Data Viewer 介面。

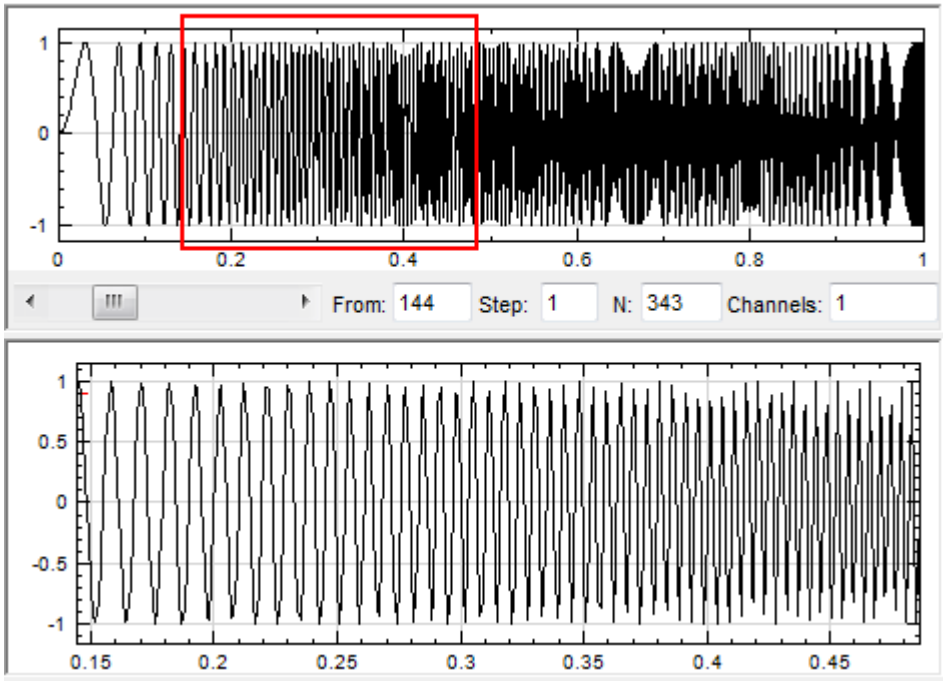
時序訊號資料（Signal）

上圖為時序訊號的 Data Viewer 內容，以下依照 Data Viewer 的三大部份作說明。首先是繪圖區。左上半部的繪圖區是以時間為 X 軸，訊號值為 Y 軸繪製，繪圖區分為上下兩張圖，上圖是繪出訊號的全部內容，下圖則依照使用者所設定的範圍，繪出該範圍下的訊號時域圖，範圍是在兩圖中間的部份設定。參數 From 是設定調整範圍的起始點，須注意訊號第一點的編號為「0」，Step 是設定放大的取樣間隔，預設為「1」，「N」設定調整範圍的長度，「Channels」為設定需要被顯示通道，預設為輸入所有通道，例如「1-16」，在 Data Viewer 中最多一次可以顯示 16 個通道訊號，使用者可以自行輸入想要顯示通道，例如「1-3,4,7-9」。

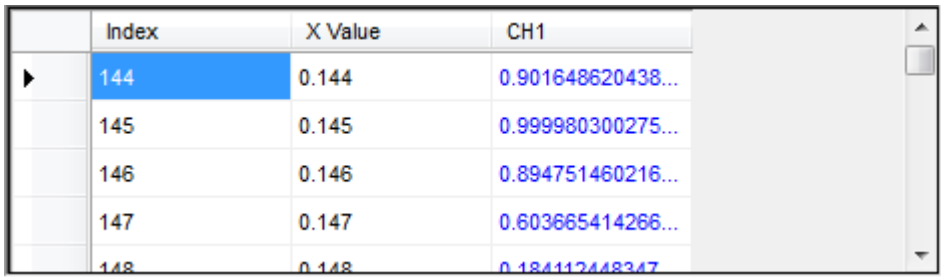


以上圖為例，繪圖區第二張圖是從訊號第 1 點（編號為 0）開始算，總共 500 點的訊號，而且沒有 down-sample。

使用者利用訊號的位置精確指定放大範圍後，可以在圖上看到紅色線，紅色線內的範圍即為剛選擇的區域，使用者選擇範圍可以利用時域圖下方的捲軸，或在時域圖上利用按下滑鼠左鍵拖拉方式選擇，就能夠調整放大範圍的位置。若是按下 則會自動在【Network Editor】中產生對應的【Data Selection】元件，將紅色區域資料擷取出來（請參考【Data Selection】章節說明）。

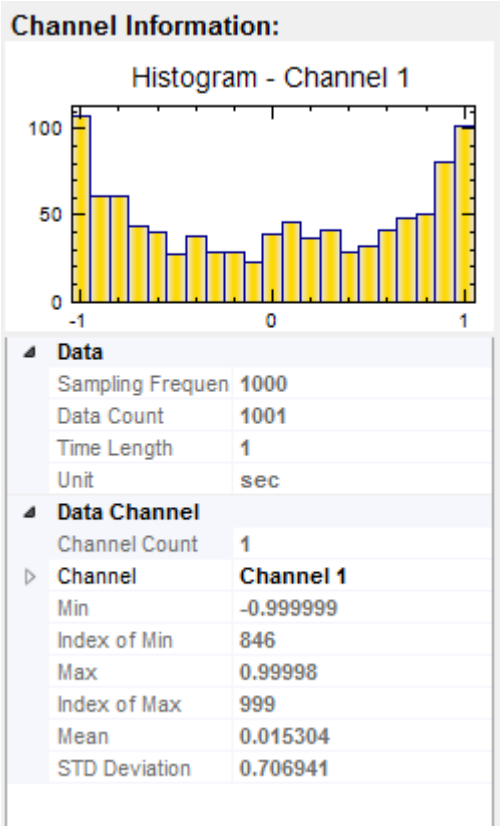


Data Viewer 左下半部的表格部份顯示訊號的內容，訊號資料依時序排列為一行，不同列（row）代表不同的時間。第一行標題為 Index，是訊號每個資料點的編號，再來是 X Value，是訊號每個資料點所對應的時間點；之後每行代表各通道訊號的資料，以上圖為例，此訊號是單通道訊號，因此資料只有 CH1 一組，若訊號為多通道，則會依照通道編號 CH1、CH2...依序排列。訊號資料的個數、位置與在繪圖區設定的放大範圍一致，當使用者調整範圍或是改變捲軸的位置，表格內容都會即時的更新，讓使用者在看圖之餘，能馬上比對圖上的數據。若資料顯示的顏色為藍色（如下圖）代表該筆資料可供編輯，編輯完的資料會改為以紅色顯示；若資料顯示為黑色，則代表資料是不可編輯的。



Index	X Value	CH1
144	0.144	0.901648620438...
145	0.145	0.999980300275...
146	0.146	0.894751460216...
147	0.147	0.603665414266...
148	0.148	0.184112448347...

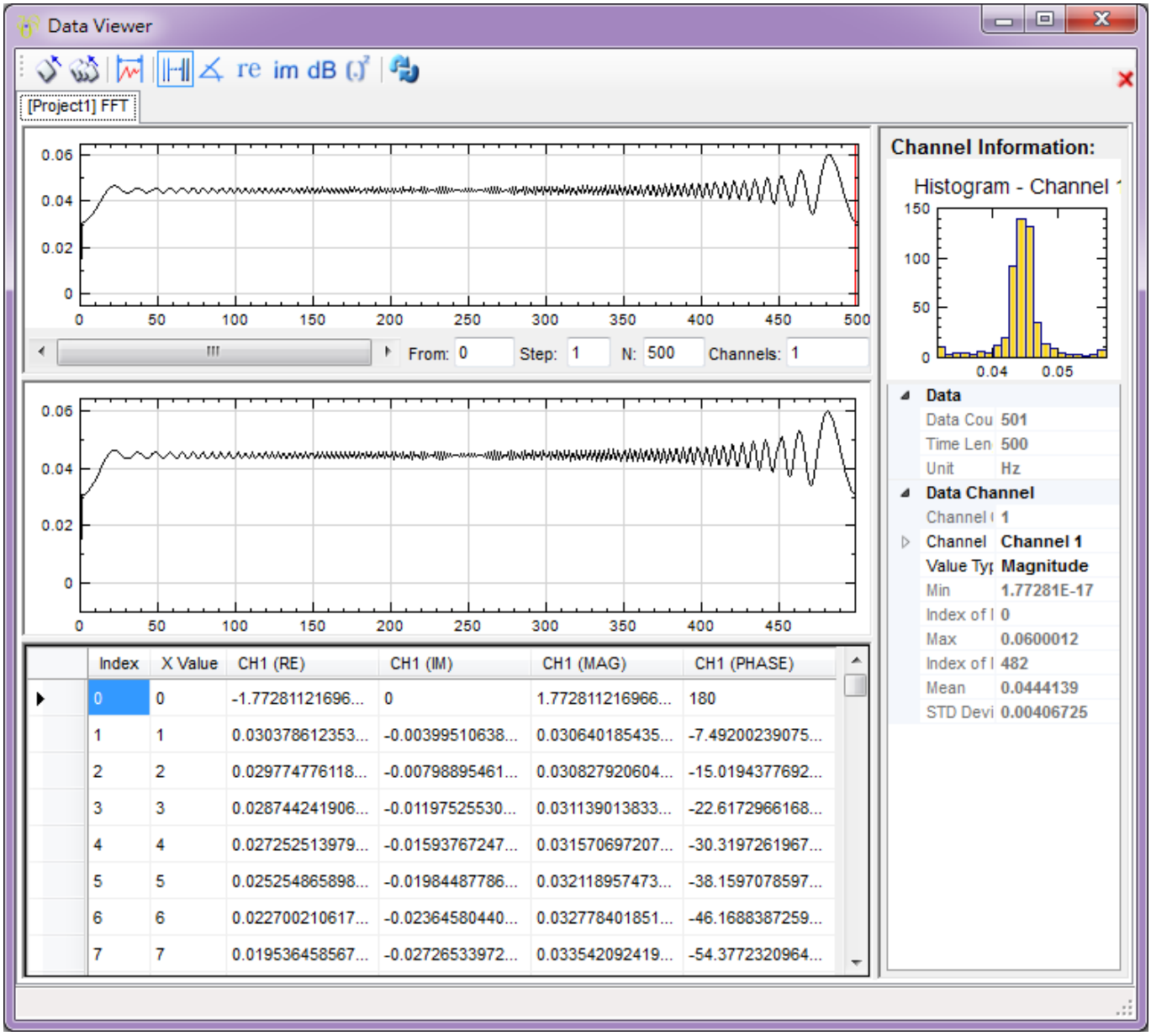
Data Viewer 右邊即是 Channel Information 視窗，會顯示資料的相關資訊。Histogram 是簡單的統計直方圖，橫軸為訊號資料值的範圍，程式會將訊號資料值分作 21 等分，縱軸是資料數量，每一個長條柱就代表資料值落在該區間的資料點個數。



Histogram 下方是 Data Table 以及 Data Channel Table，顯示訊號的時序與統計資訊，須注意這邊僅單純顯示訊號格式，使用者無法在此編輯或修改欄位。此處簡單說明每個欄位的意義：Sampling Frequency 為訊號取樣頻率；Data Count 顯示訊號資料點數；Time Length 顯示此段訊號的時間長度；Unit 為時間單位。Data Channel 下的欄位則針對不同通道的訊號資料，計算基本的統計值如訊號最小、最大值、平均值以及標準差，Data Channel 下的統計值均以單一通道內的資料計算，預設計算訊號第一個通道（1st Channel ）之資料，使用者可在 Channel 欄位切換訊號的不同通道。

頻譜訊號（Spectrum）

頻譜訊號為時序訊號經過轉換後，由時域訊號變為頻率域的訊號。其視窗介面如下圖所示，可以看到主視窗的工具列增加了六個按鈕， ，這些控制按鈕等於選擇繪製不同的圖形。這些按鈕由左到右依序為示 Magnitude、Phase、Real Part、Imaginary Part、Gain 、Power Spectrum。使用者可藉由點選這些按鈕改變頻譜訊號的繪圖，另外 Channel Information 內 Data Channel 的內容也會因選擇不同的表現方式跟著改變。預設值為 Magnitude，圖面橫軸為頻率，縱軸則依照不上述設定繪製不同的值。



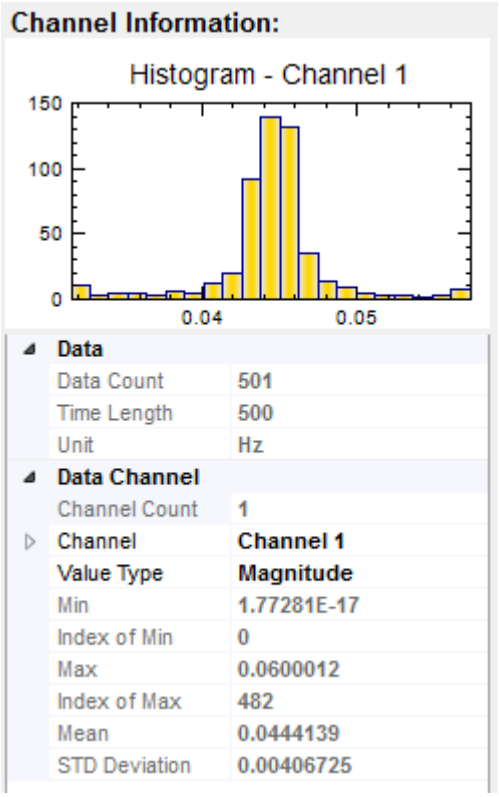
Index	X Value	CH1 (RE)	CH1 (IM)	CH1 (MAG)	CH1 (PHASE)
0	0	-1.77281121696...	0	1.772811216966...	180
1	1	0.030378612353...	-0.00399510638...	0.030640185435...	-7.49200239075...
2	2	0.029774776118...	-0.00798895461...	0.030827920604...	-15.0194377692...
3	3	0.028744241906...	-0.01197525530...	0.031139013833...	-22.6172966168...
4	4	0.027252513979...	-0.01593767247...	0.031570697207...	-30.3197261967...
5	5	0.025254865898...	-0.01984487786...	0.032118957473...	-38.1597078597...
6	6	0.022700210617...	-0.02364580440...	0.032778401851...	-46.1688387259...
7	7	0.019536458567...	-0.02726533972...	0.033542092419...	-54.3772320964...

下方表格顯示頻譜訊號的內容，X Value 在這裡儲存圖上橫軸，也就是頻率的值，每一個 Channel 的頻譜訊號包括四個行向量：分別是訊號實部（RE）、虛部（IM）、振幅（MAG）、相位角（PHASE）等。

Index	X Value	CH1 (RE)	CH1 (IM)	CH1 (MAG)	CH1 (PHASE)
0	0	-1.77281121696...	0	1.772811216966...	180
1	1	0.030378612353...	-0.00399510638...	0.030640185435...	-7.49200239075...
2	2	0.029774776118...	-0.00798895461...	0.030827920604...	-15.0194377692...
3	3	0.028744241906...	-0.01197525530...	0.031139013833...	-22.6172966168...
4	4	0.027252513979...	-0.01593767247...	0.031570697207...	-30.3197261967...
5	5	0.025254865898...	-0.01984487786...	0.032118957473...	-38.1597078597...
6	6	0.022700210617...	-0.02364580440...	0.032778401851...	-46.1688387259...
7	7	0.019536458567...	-0.02726533972...	0.033542092419...	-54.3772320964...

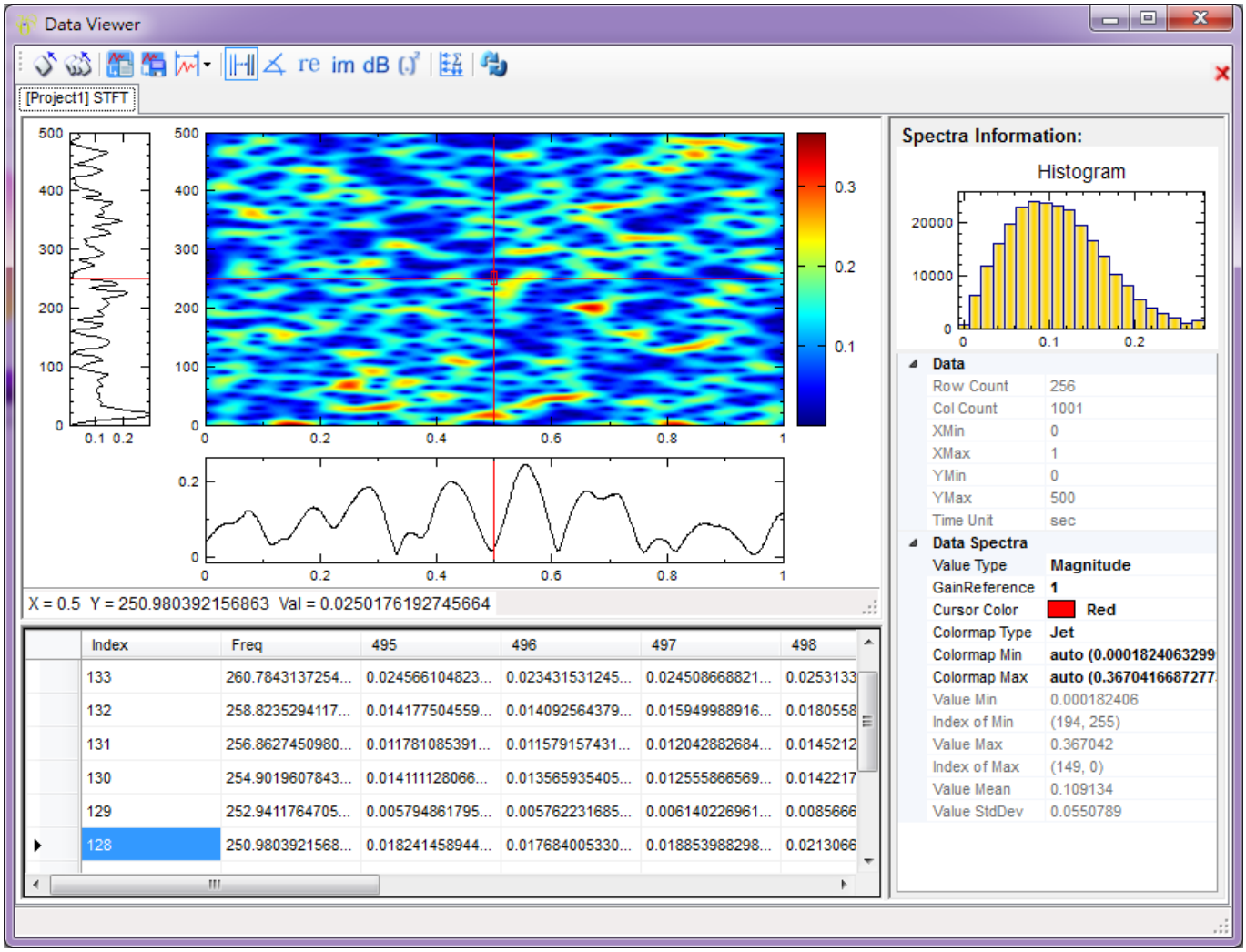
Histogram 顯示統計的直方圖，X 軸為資料數值的範圍；縱軸為單一區間下資料出現的個數。由於頻譜訊號能夠以

多通道訊號儲存，所以可調整參數 Channel 計算訊號不同通道的統計值。下圖為頻譜訊號的 Histogram 與相關統計值。



時頻訊號（Spectra）

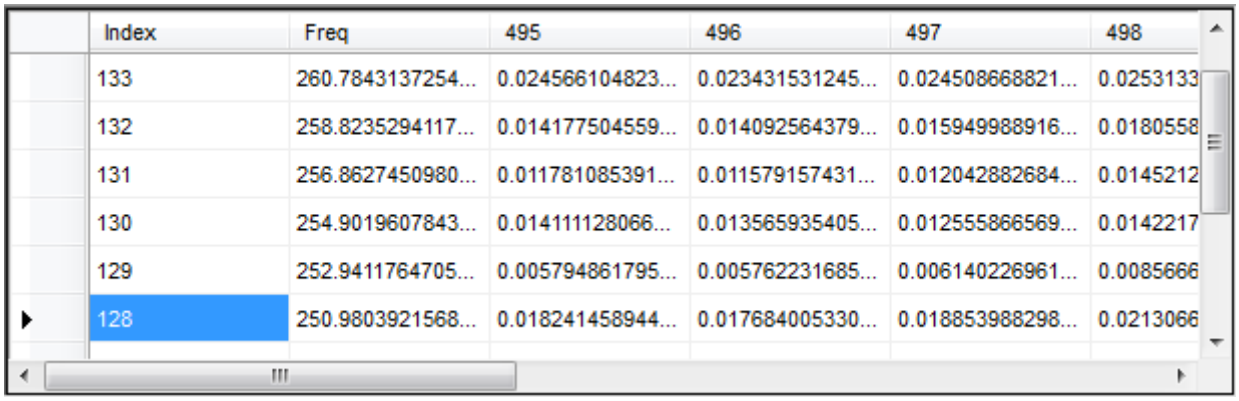
時頻訊號為時序訊號經過小波法等時頻分析方法（Time-Frequency Analysis）計算後的結果，其視窗介面如下圖，主視窗工具列與頻譜分析相同的部分不再贅述，其中 為 Marginal Freq Time 按鈕，功用將在繪圖區說明， 分為 ExtractRow 及 ExtractColumn，將在下面介紹。



視窗左上半部的繪圖區顯示出時頻圖（即位於中央的彩色圖），此圖橫軸為時間，縱軸則依照不同設定（如 Magnitude、Phase 等），可以用滑鼠左鍵指定紅色十字游標位置，在圖左下方會顯示此點的 X（時間）、Y（頻率）與計算值，並可以用鍵盤上的 W、A、S、Z 或上、下、左、右鍵來進行上下左右移動紅色十字游標位置。時頻圖的左邊圖形表示紅色游標上鉛錘線的切面，即為在某一固定時間內的頻率分佈情形，時頻圖的下面圖形表示紅色游標上水平線的切面，即為在某一固定頻率振幅隨著時間變化。

中的 ExtractRow 可以將紅色游標上水平切線萃取出來，在 Network 中利用 Convert from Spectra 擷取出 Time Signal，ExtractColumn 可以將紅色游標上鉛錘線萃取出來，在 Network 中利用 Convert from Spectra 擷取出 Spectrum Signal。

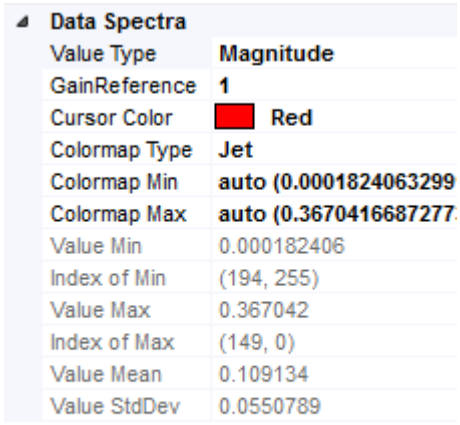
Marginal Freq Time 按鈕的功能可參考模組 Marginal Frequency / Marginal Frequency 的說明文件。



	Index	Freq	495	496	497	498
	133	260.7843137254...	0.024566104823...	0.023431531245...	0.024508668821...	0.0253133
	132	258.8235294117...	0.014177504559...	0.014092564379...	0.015949988916...	0.0180558
	131	256.8627450980...	0.011781085391...	0.011579157431...	0.012042882684...	0.0145212
	130	254.9019607843...	0.014111128066...	0.013565935405...	0.012555866569...	0.0142217
	129	252.9411764705...	0.005794861795...	0.005762231685...	0.006140226961...	0.0085666
▶	128	250.9803921568...	0.018241458944...	0.017684005330...	0.018853988298...	0.0213066

上方表格顯示時頻訊號值，預設為 Magnitude，其中行向量（Column Vector）代表同一時間，不同頻率的值，列向量代表同一頻率，不同時間的值。時間軸由左至右變大，頻率軸由上而下向小。

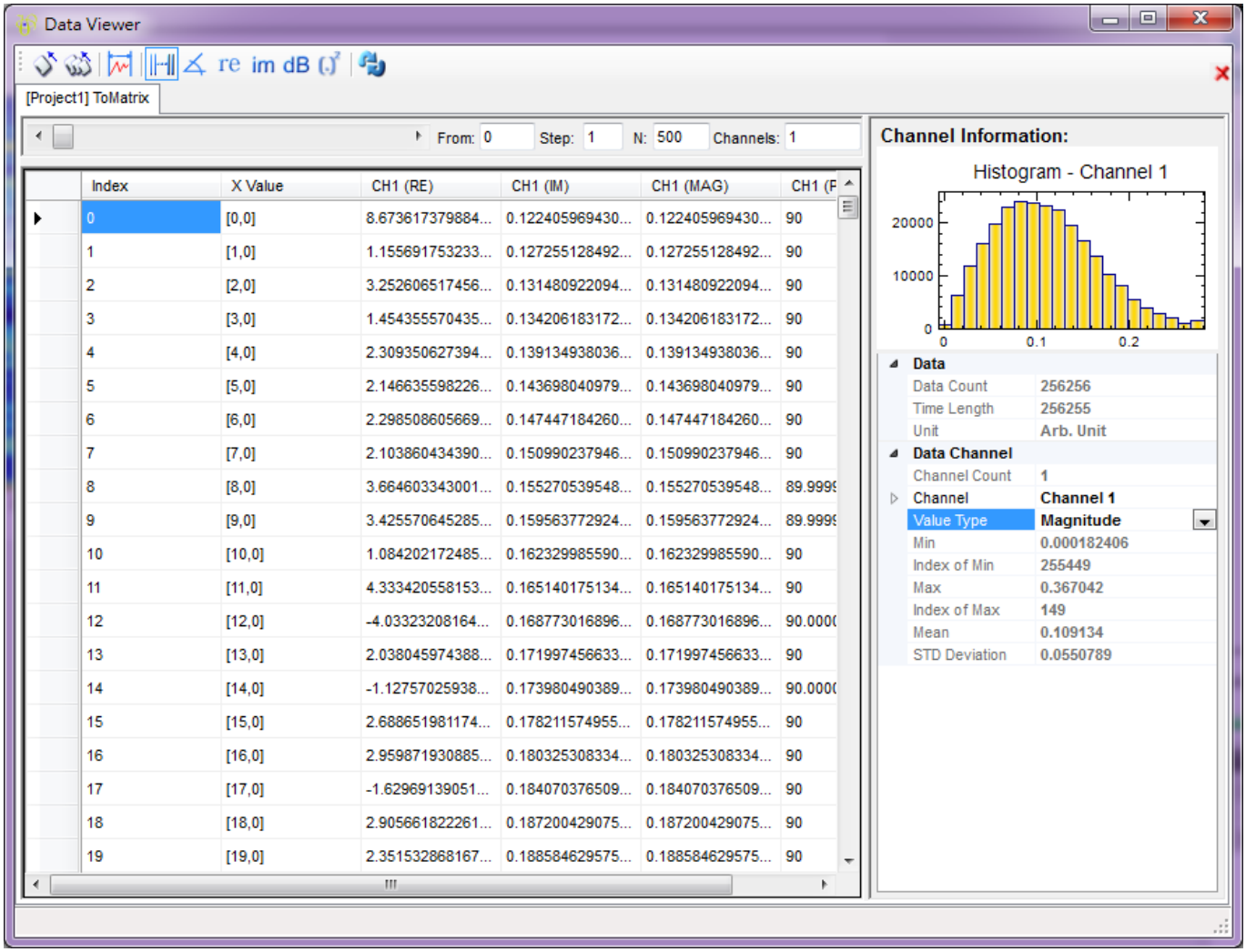
Histogram 直方圖與其它訊號相同，在直方圖下方有控制繪圖顏色的參數如 ColorMap Type 、ColorMap Min、ColorMap Max 等，這些參數設定可以參考 Viewer / Time- Frequency Viewer 的說明。



Data Spectra	
Value Type	**Magnitude**
GainReference	**1**
Cursor Color	**Red**
Colormap Type	**Jet**
Colormap Min	**auto (0.0001824063299**
Colormap Max	**auto (0.3670416687277**
Value Min	0.000182406
Index of Min	(194, 255)
Value Max	0.367042
Index of Max	(149, 0)
Value Mean	0.109134
Value StdDev	0.0550789

數值資料（Numeric）

Visual Signal 有部份模組輸出的資料類型為數值，譬如說矩陣、標準差、相關係數矩陣等，這些數值資料在 Data Viewer 上僅會以表列的方式呈現，如下圖是用 Data Viewer 檢視時頻圖的矩陣資料，X Value 表示矩陣中的位置，CH1（RE）、CH1（IM）、CH1（MAG ）等代表該位置的值。



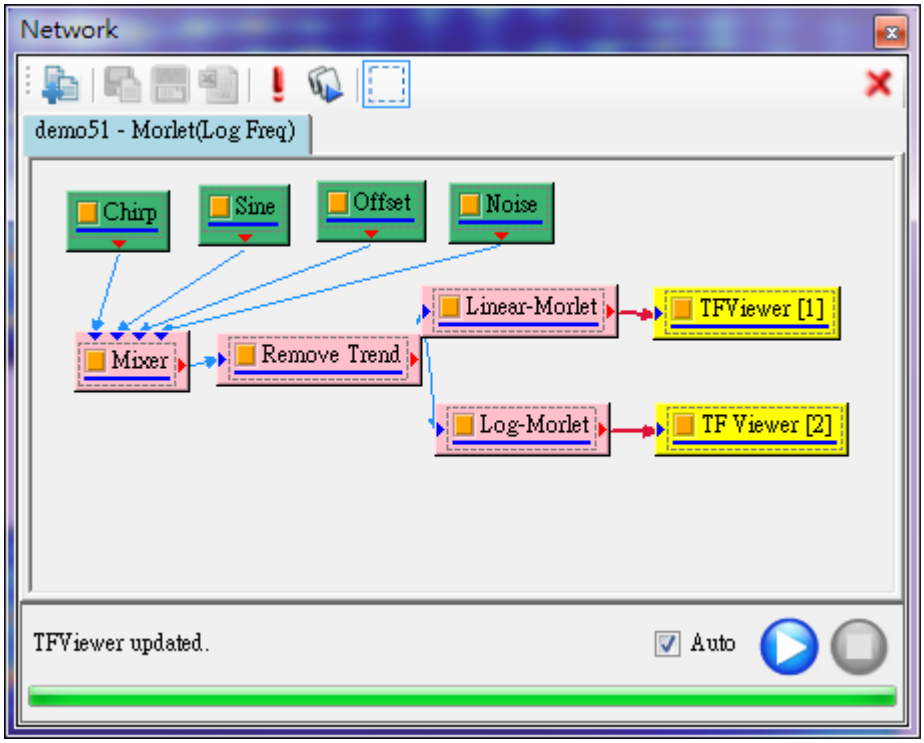
1.3.5 批次執行（Batch Run）*

Only in Professional

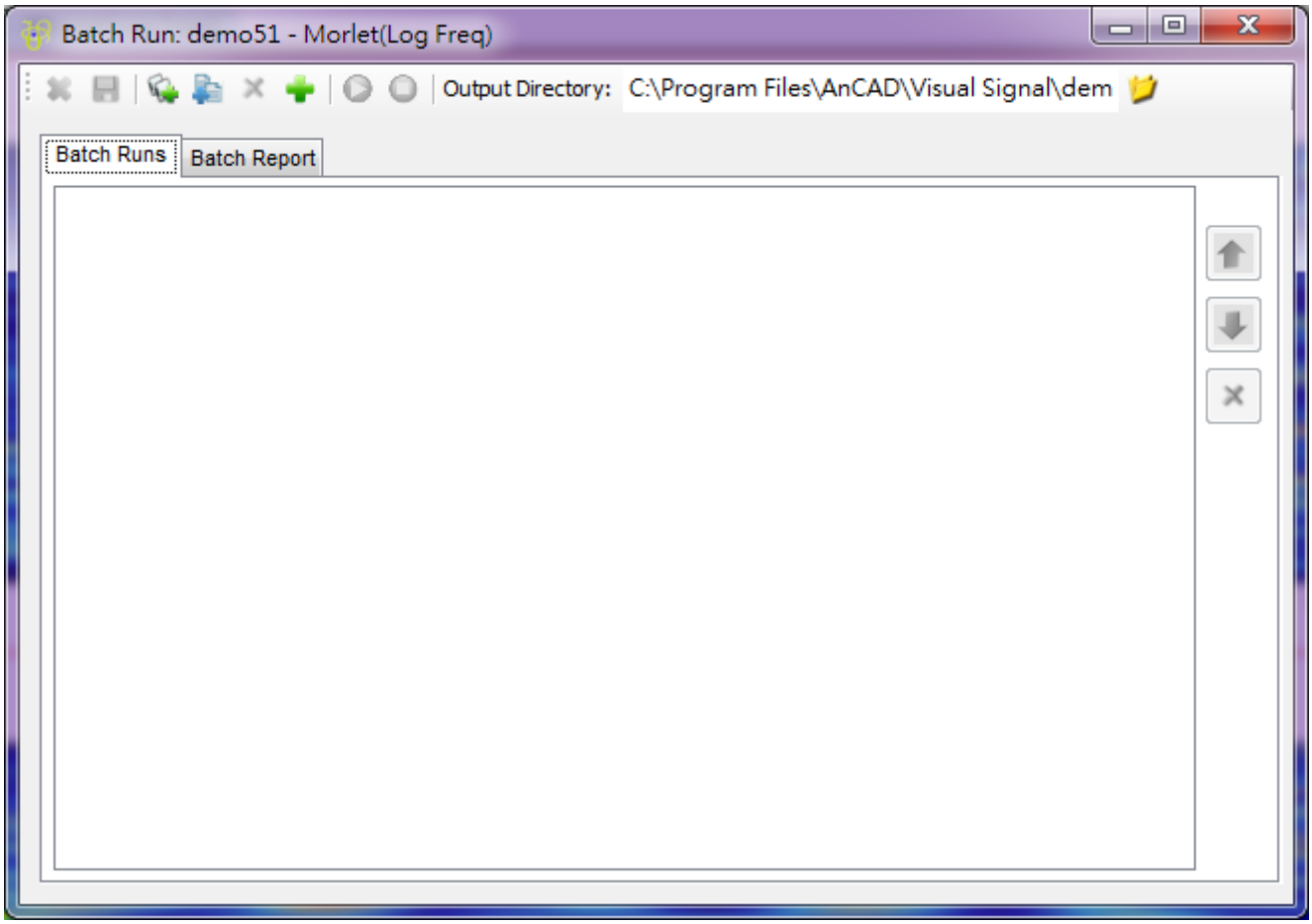
Batch Run（批次執行），是為節省時間，可重複執行同一流程的功能。類似於 for 迴圈的概念，使用者可設定在每次執行時更換匯入之檔案，或是改變元件中的參數，並讓結果存於指定的資料夾中。若有多筆的數據需要處理，利用此功能就不需要隨時待在電腦前面操控，設定完成後便可去做其他的事情，等電腦跑完再來觀看結果。

Batch 按鈕在 Network 工具列的最右方，圖示為 。以下以 demo 51 為例，介紹 Batch Run 的介面與用法。

首先由主視窗工具列上 Open Project 開啟 `C:\Program Files\Ancad\Visual Signal\demo\Extended` 中的 demo 51，然後再按下 Batch Run 按鈕，視窗如下圖：



按下 Batch Run 之後，顯示介面如下圖。



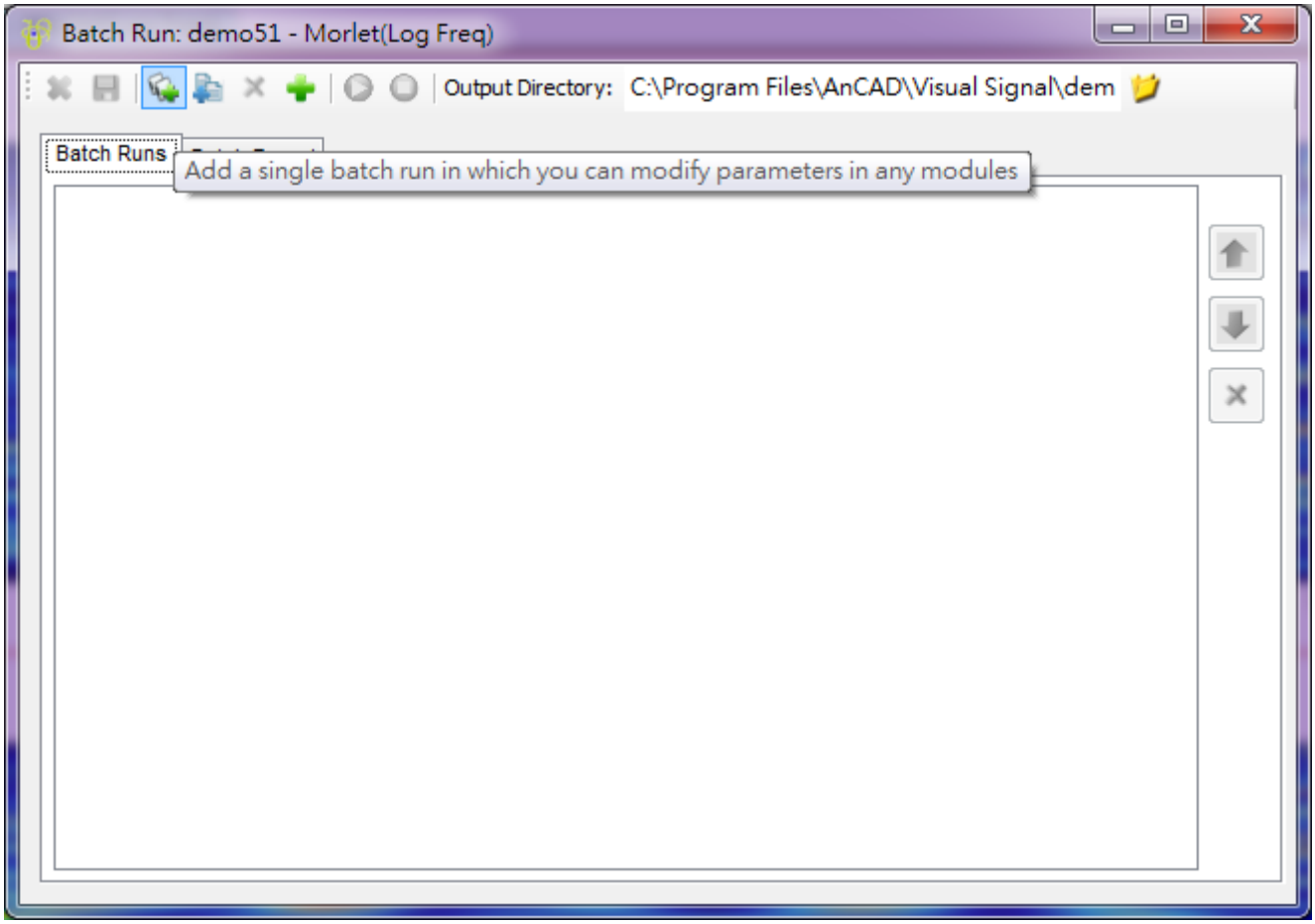
工具列上的圖示：分別是清除以及儲存 Batch Run 的設定內容；為新增一個 Run，為從檔案增加 Run 的快捷鍵。選擇 可新增一個 Run 並改變其中任意的參數，而為改變匯入檔案之快捷選項，可直接

由資料夾中選取檔案，不必透過手動輸入檔案名稱。 是刪除已存在的 Run；可打開參數欄位，用來新增要加以改變的參數； 是執行設定完成的 Batch Run 而 可中斷正在執行的 Batch Run。最後 Output Directory 可設定輸出結果的位置，Batch Run 會輸出結果包含所有專案下 Viewer 的結果並轉為圖片檔以及用 Writer 元件所匯出的檔案。

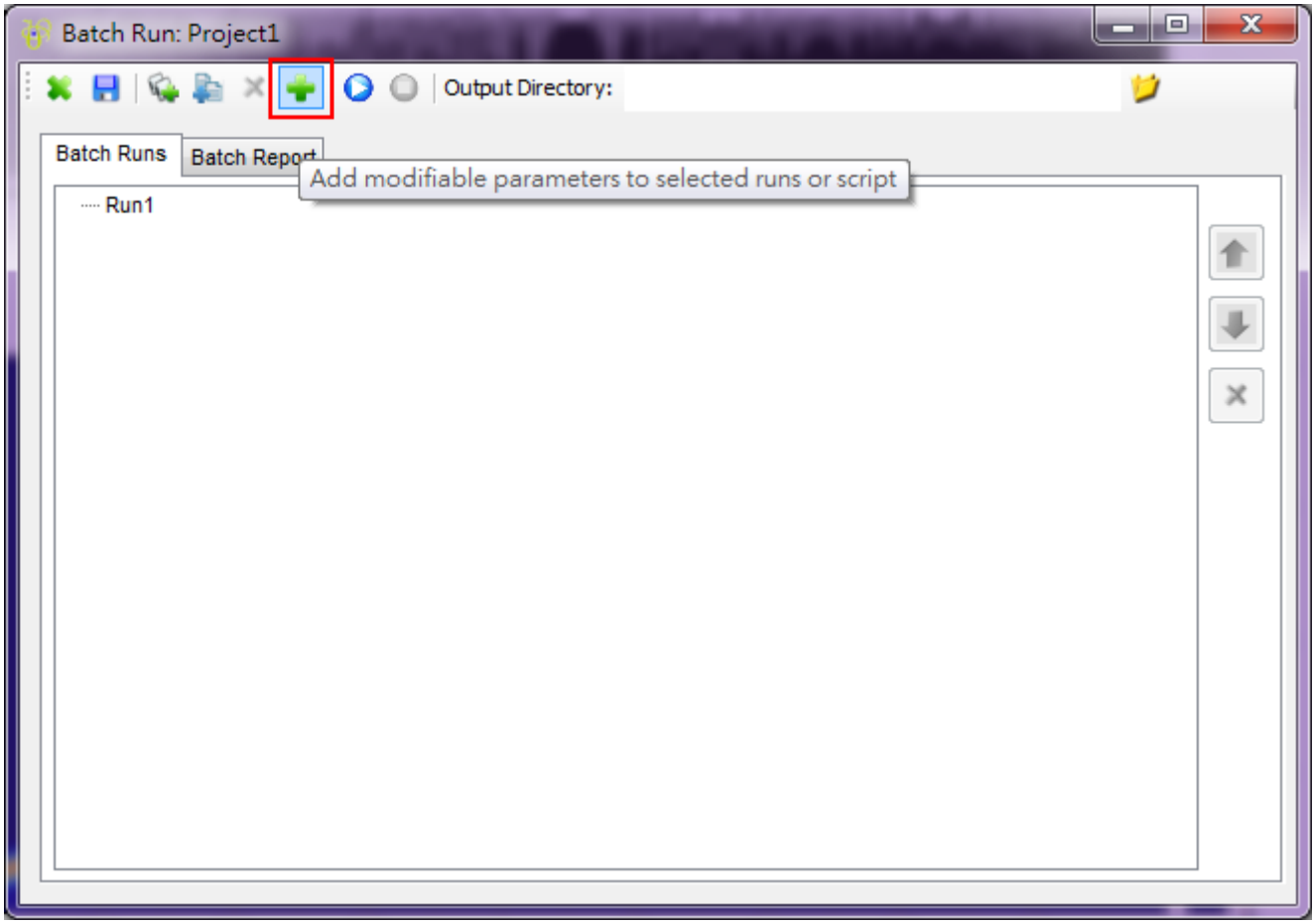
下面透過實作說明 Batch Run 的使用方法。

批次改變不同的參數值

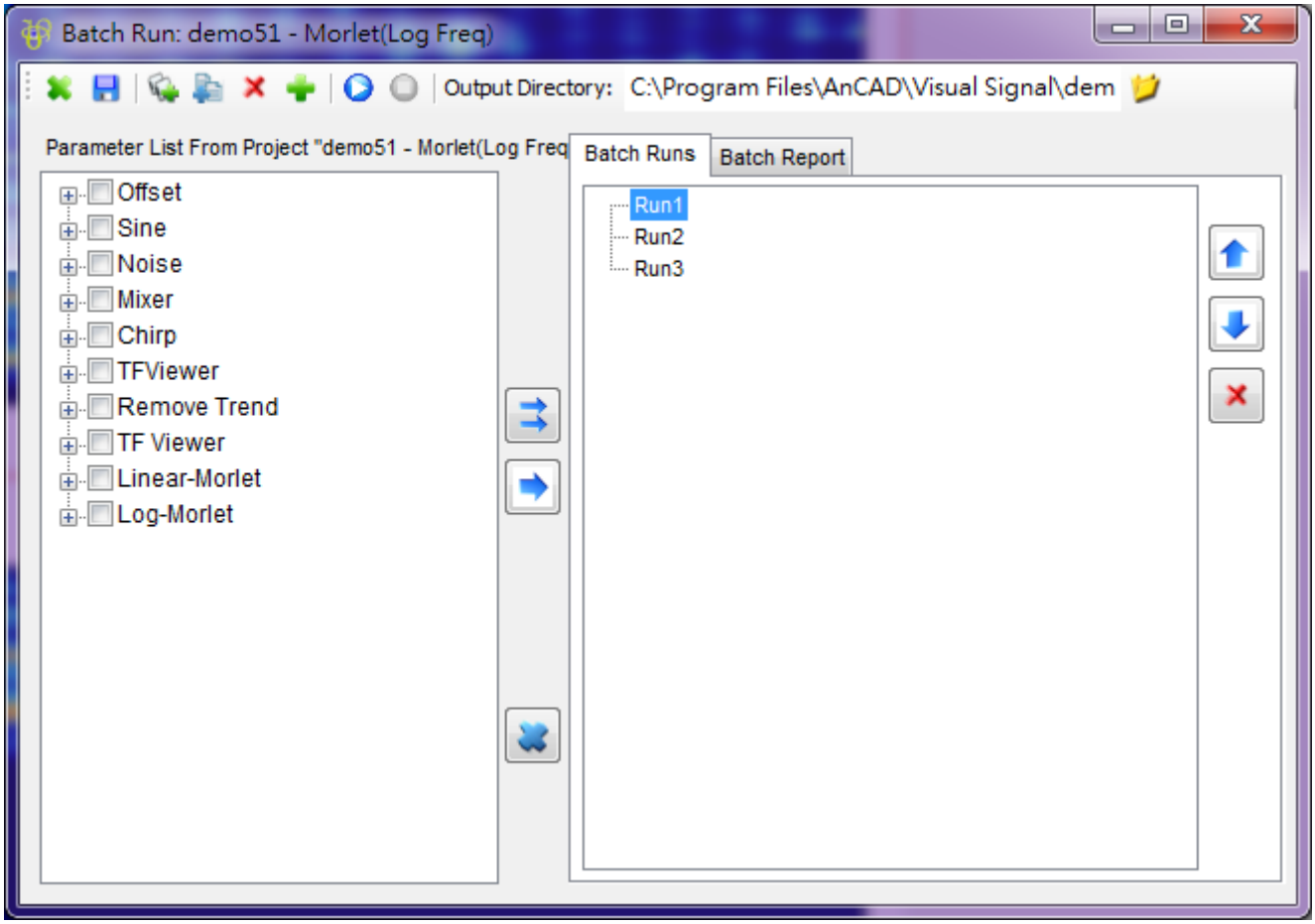
第一步先點擊按鈕 ，可以在下面新增 Run。



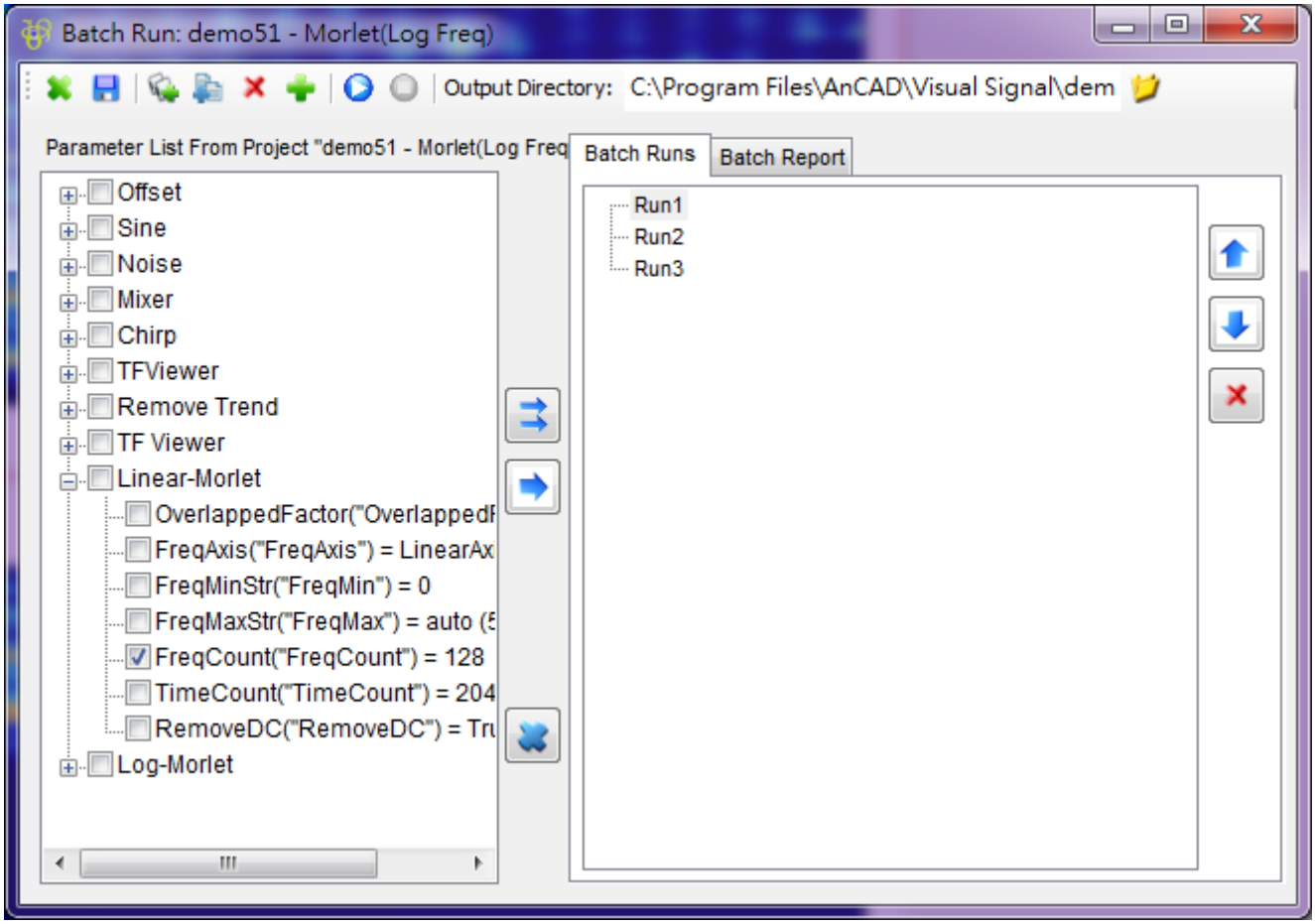
第二步是要點擊工具列上的 Add Parameters，也可在滑鼠右鍵選單中找到此功能，如下圖。



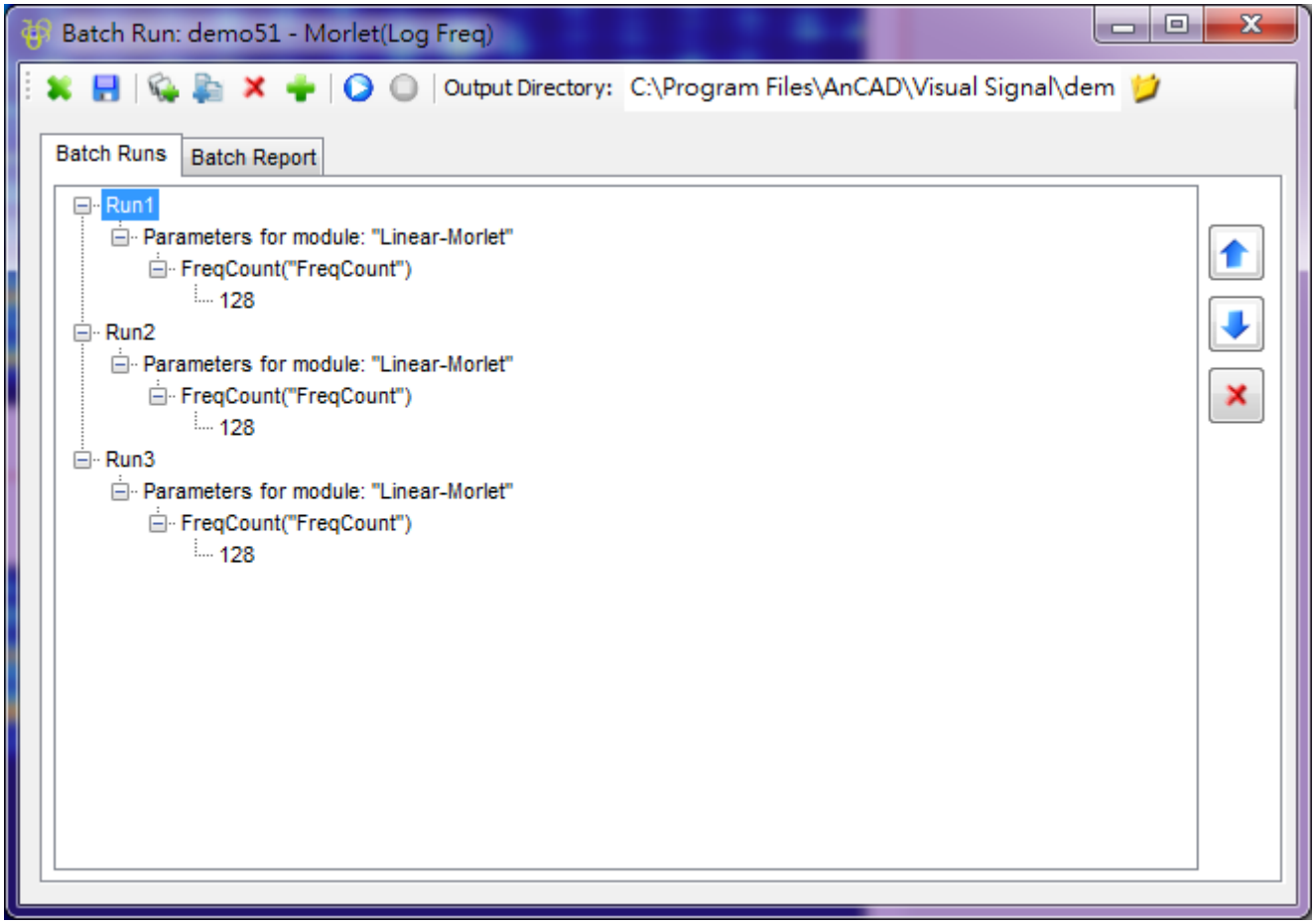
點擊後介面會分隔為兩區，左邊的區域列出專案內所有元件，右邊視窗則放置新增的 Run ，並在右邊視窗下，利用滑鼠右鍵增加多個 Run，結果如下圖。



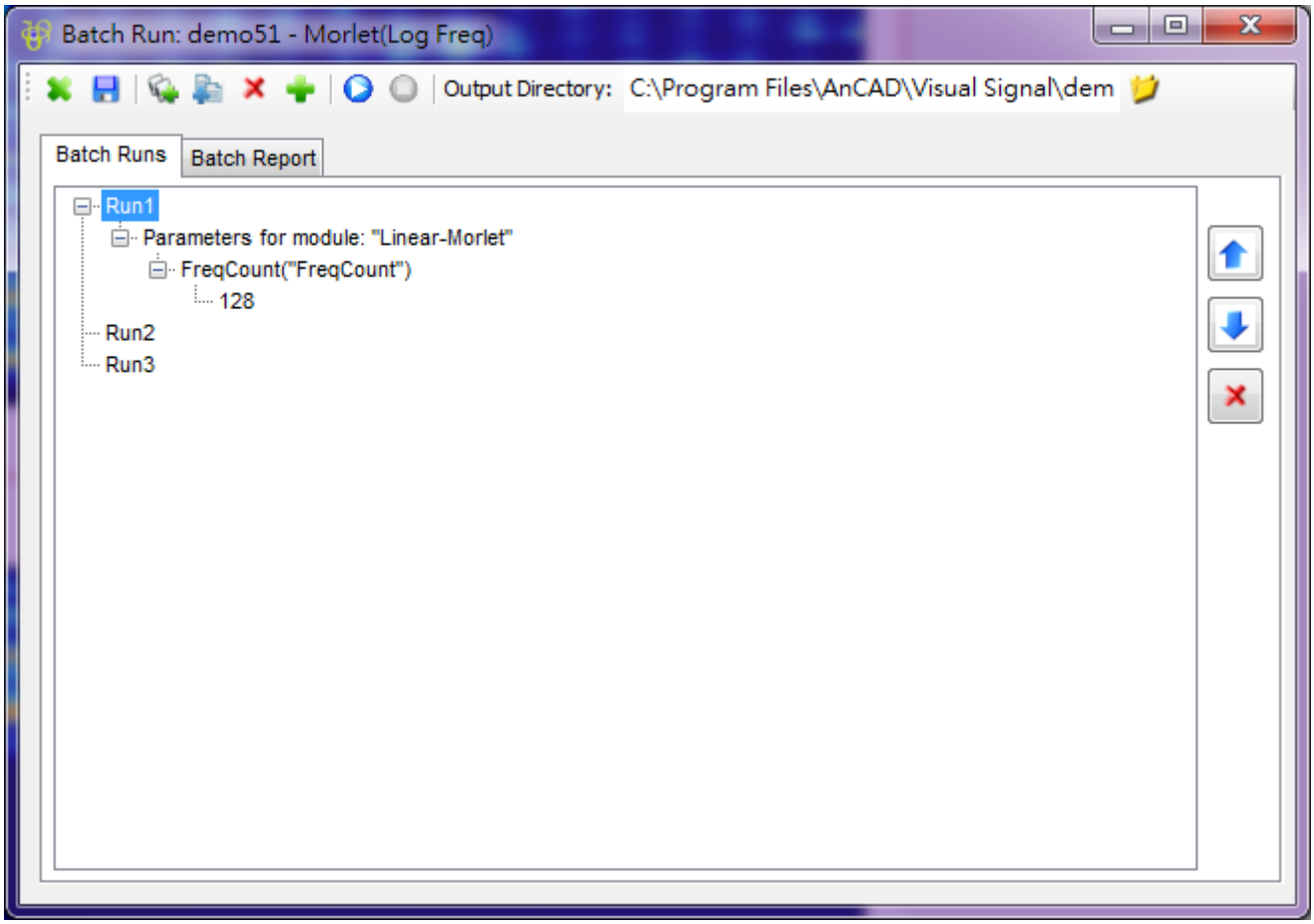
接著在右邊就是改變參數，在左邊視窗選擇 EnhancedMorlet（Linear-Morlet），點擊樹狀圖的加號 + 即可以看到該元件下所有的參數，並勾選將要改變的參數，例如現在選擇 FreqCount，然後再按下 或 ，左邊的視窗會再度隱藏，且此參數會新增至 Run 中。



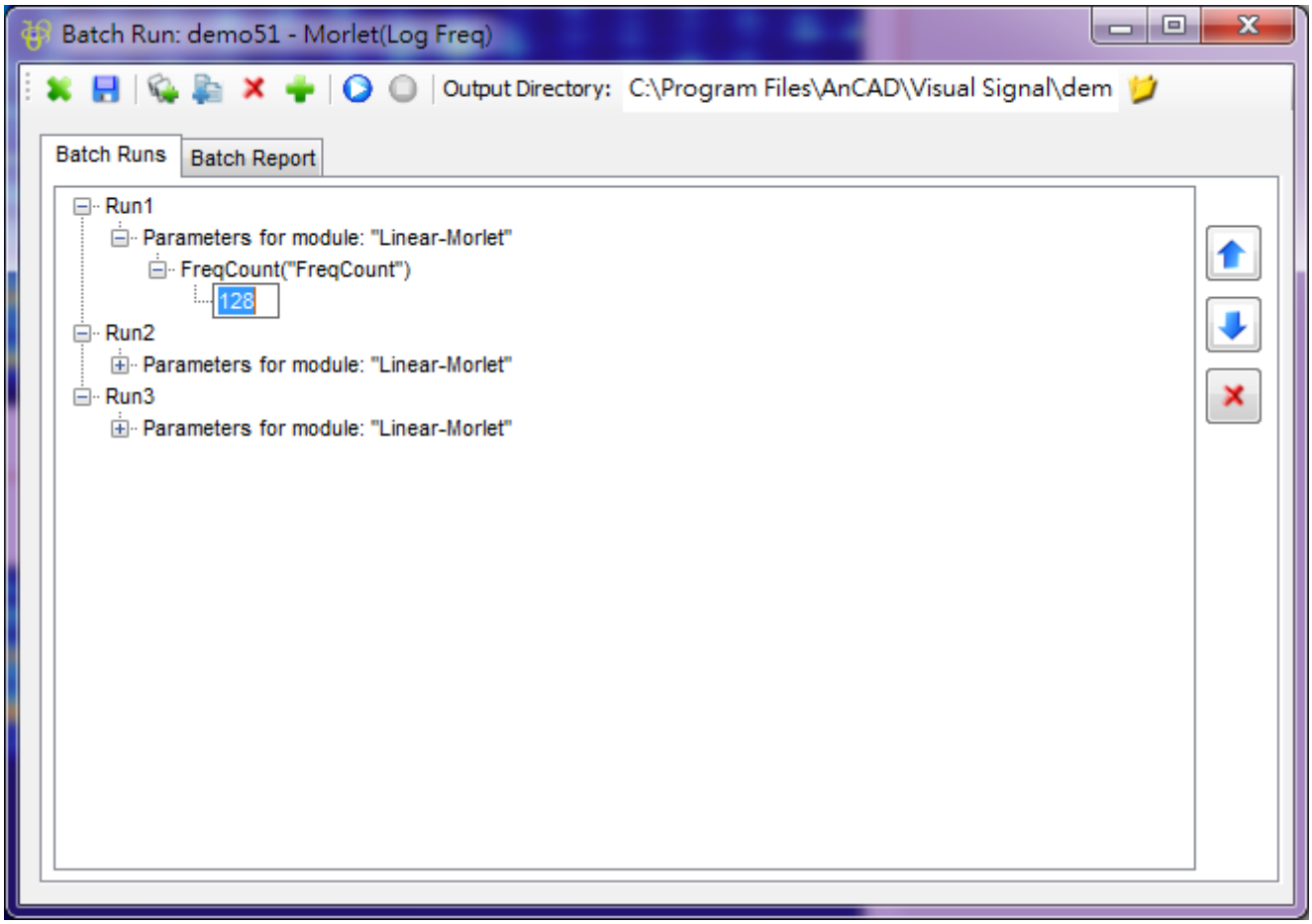
功能 與 的差別在於， 會把勾選的參數新增至右邊區域所有的 Run，使全部的 Run 都可以修改此參數，如下圖。



➧僅會將勾選的參數新增至被選取的 Run 中，如下圖只有一個 Run 有可以改變的參數。



把 Run1 的樹狀圖全都點開就能看到 FreqCount 為 128。若要改變參數值 128，先點選參數值，於參數值上再點擊一次（操作上比較像速度較慢的雙擊），就可以進入編輯模式，修改此參數值。所有的參數都可依上述步驟修改至 Batch Run 中，而且一個 Run 可以改變多個參數值。完成設定之後，點擊執行鈕 就開始批次計算。

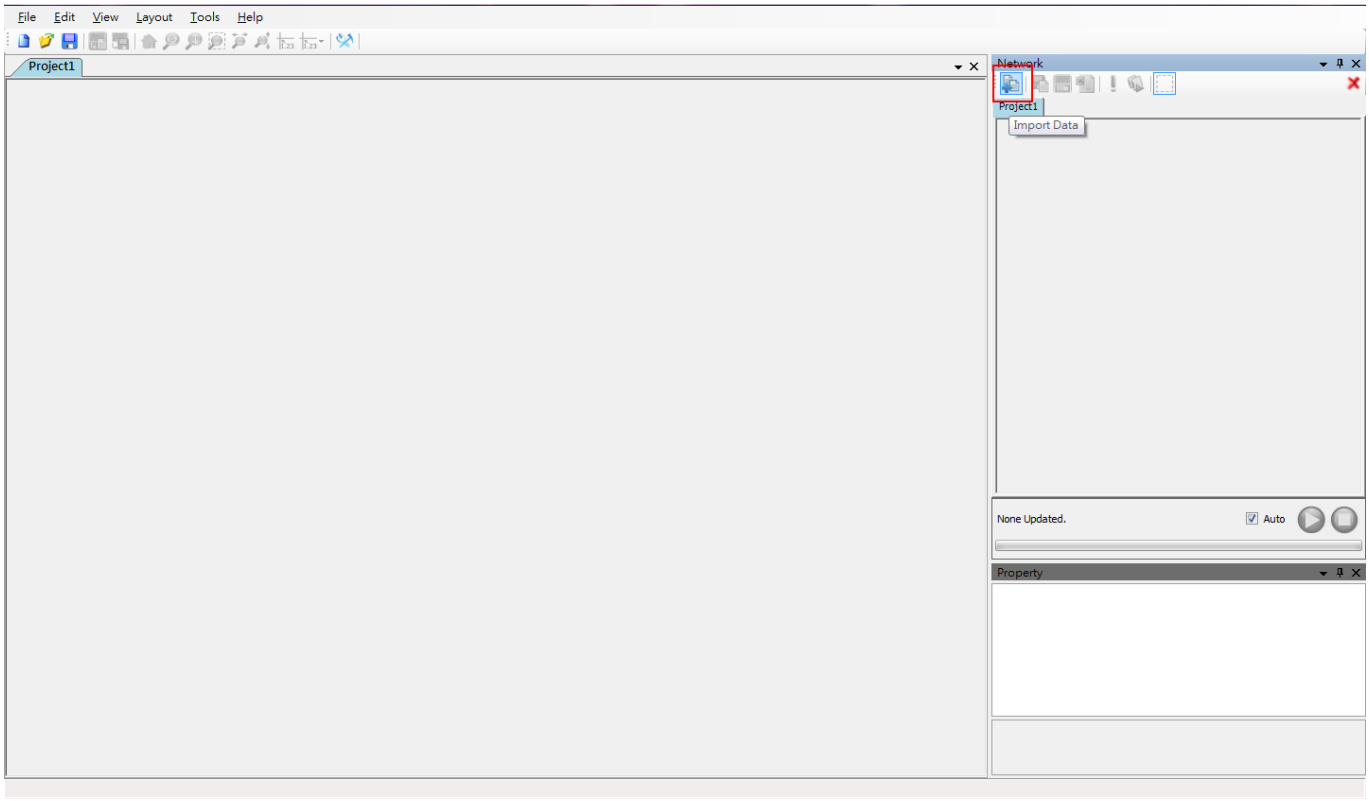


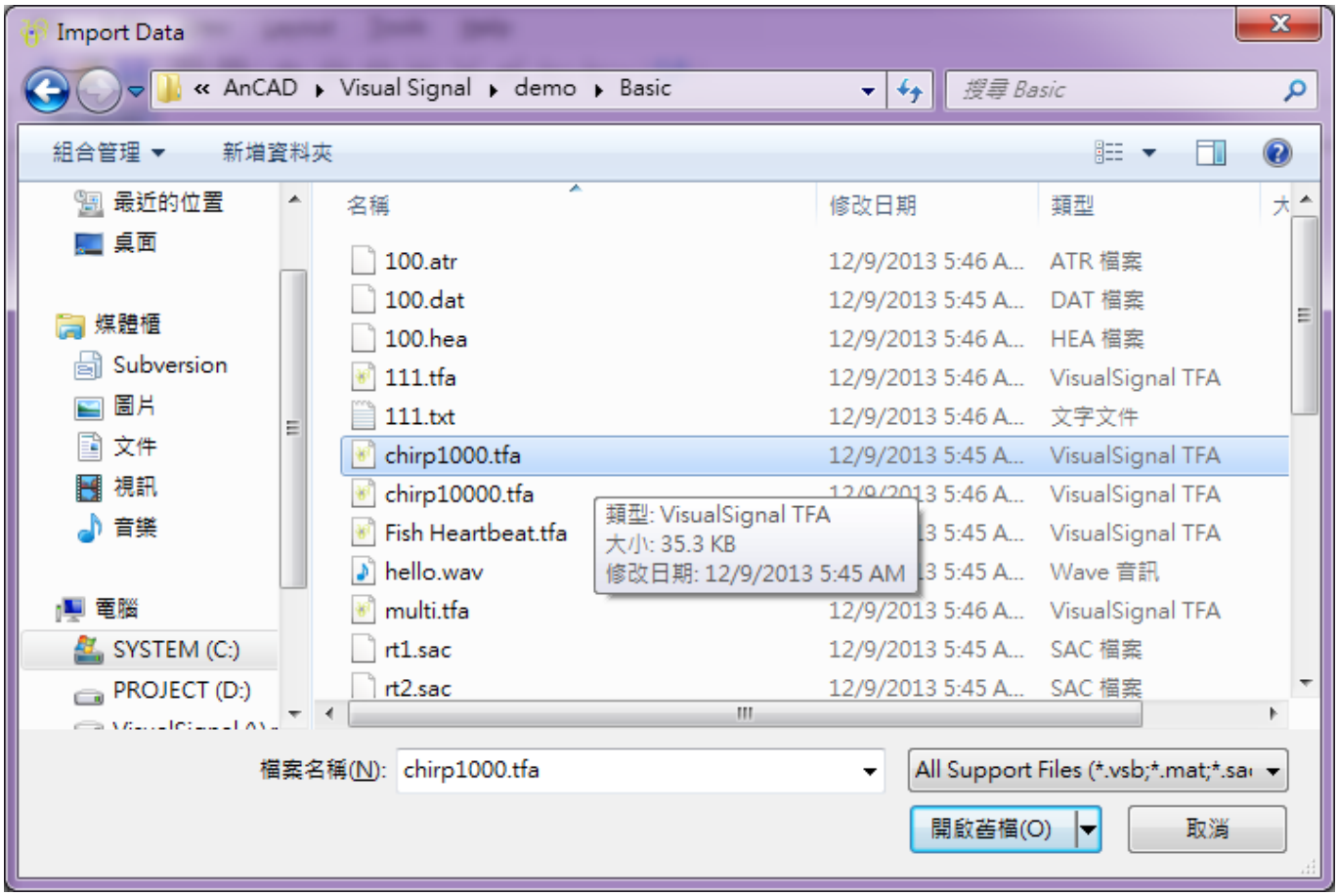
執行 Batch Run 後，如需中止計算，可點擊按鈕 停止批次計算。計算過程中每個 Run 都會將專案中 Viewer 的結果（如果專案中有 Writer 模組，則包括 Writer 匯出的資料）以圖檔的形式輸出至 Output Directory (路徑預設為專案檔的目錄下，也可以在 Batch Run 的欄位 Output Directory 作設定)，如需改變圖檔處儲存格式可在主視窗中 Tool / Preference 中設定。

批次計算多個訊號資料檔

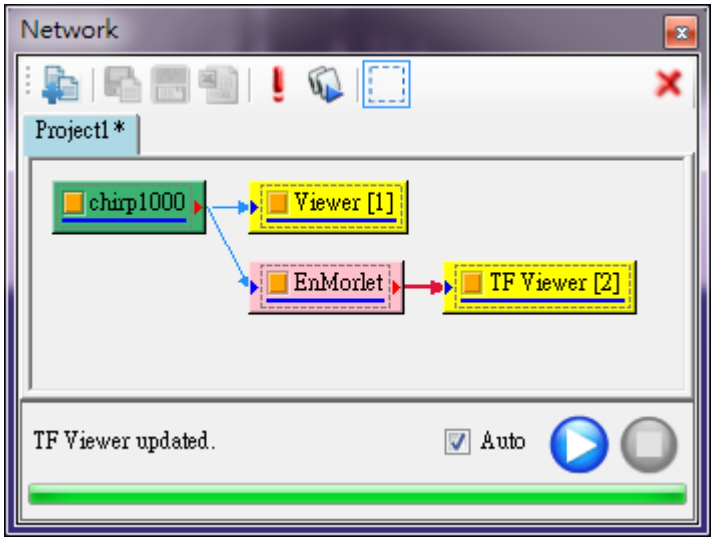
用同一個.vsn 檔或專案來批次計算多個訊號資料檔。下面將先建立一個訊號處理流程，並且示範讀取多個資料檔進行批次計算。

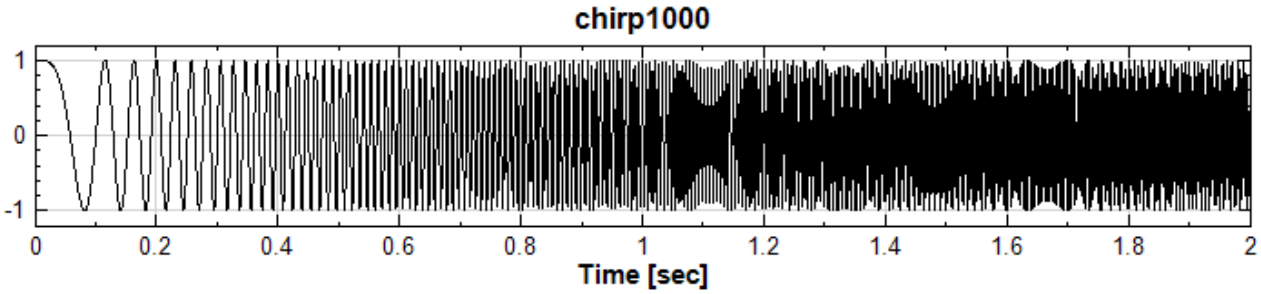
首先點擊 Network 工具列的 Import Data，至 Visual Signal 安裝目錄下（預設為 `C:\ Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Basic`），選取檔案 Chirp1000.tfa。

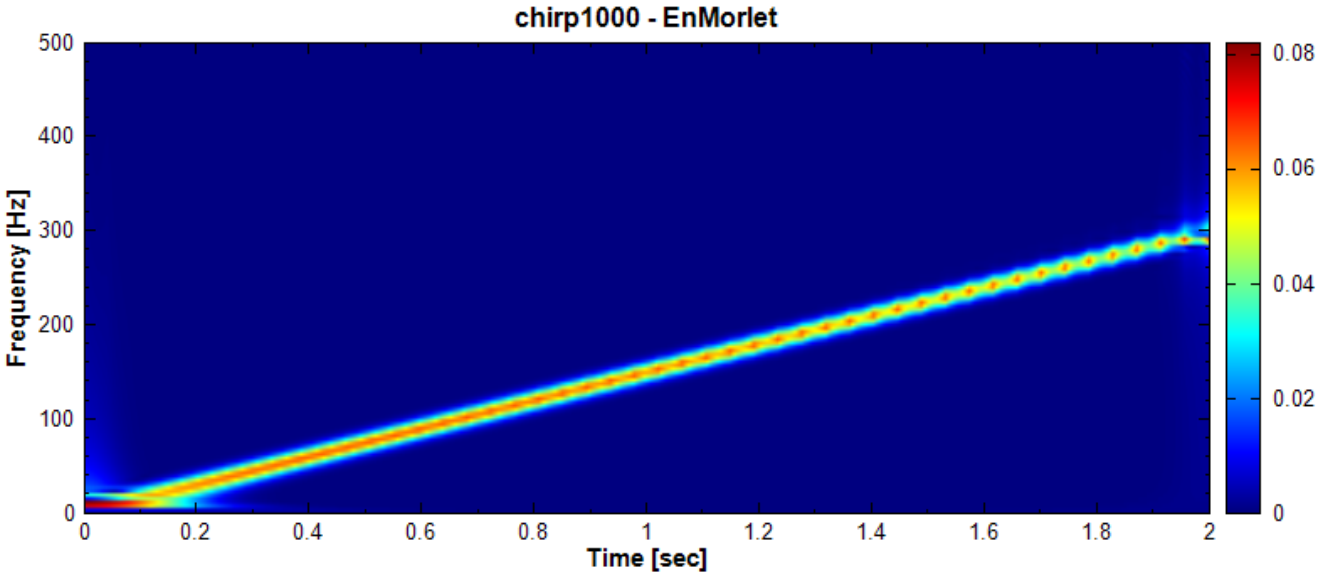




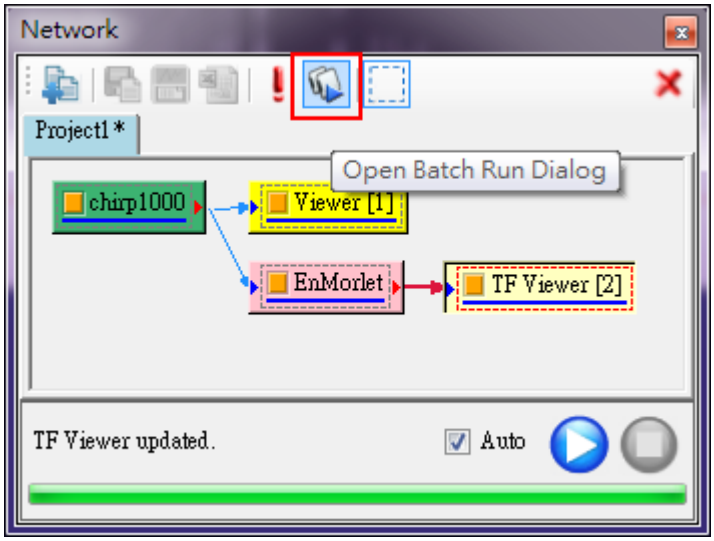
讀進資料檔後，以 Viewer / Channel Viewer 繪出訊號圖，並且對訊號作 Compute / TFA / Enhanced Morlet Transform，轉換之後以 Viewer / Time-Frequency Viewer 繪圖。



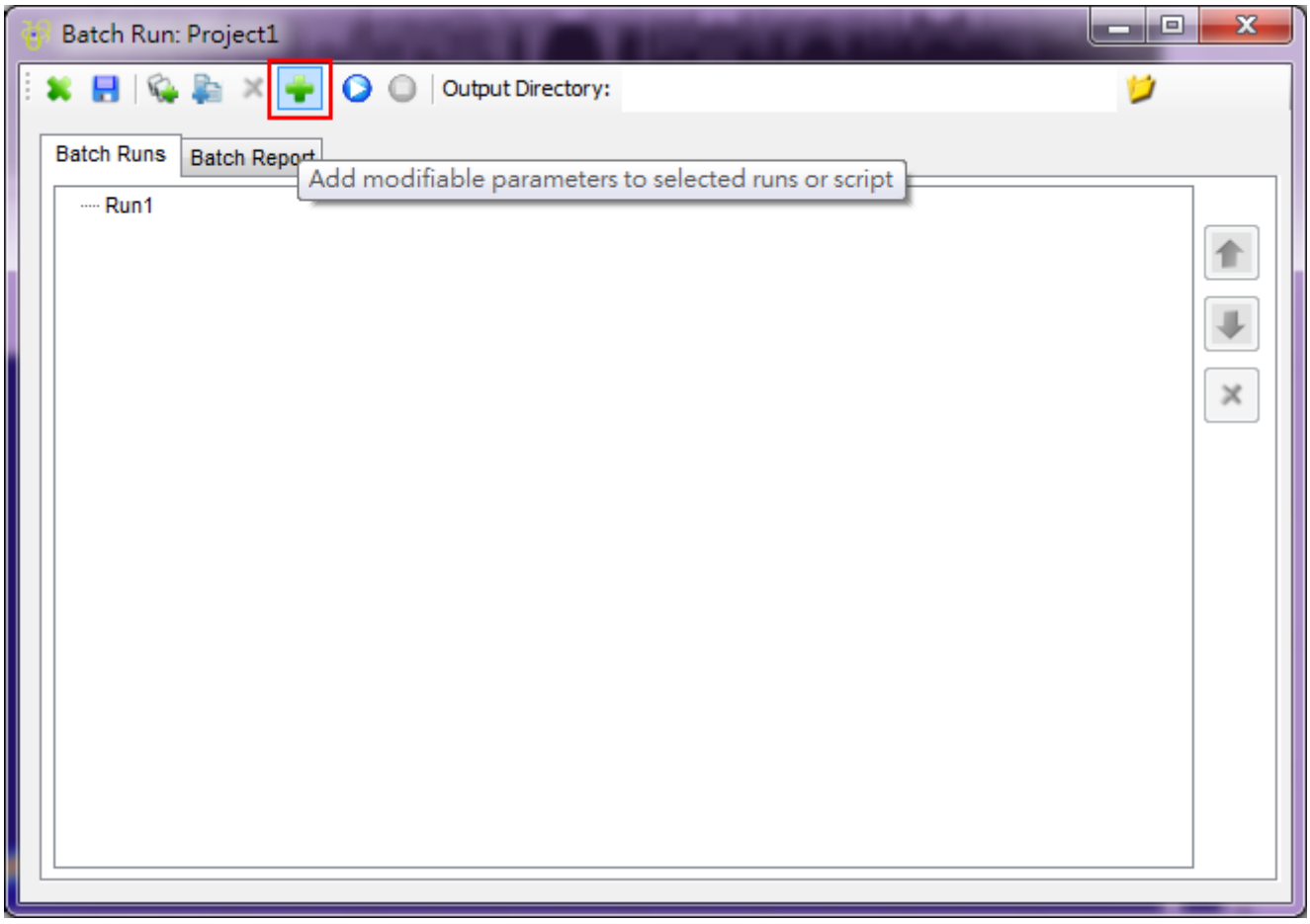




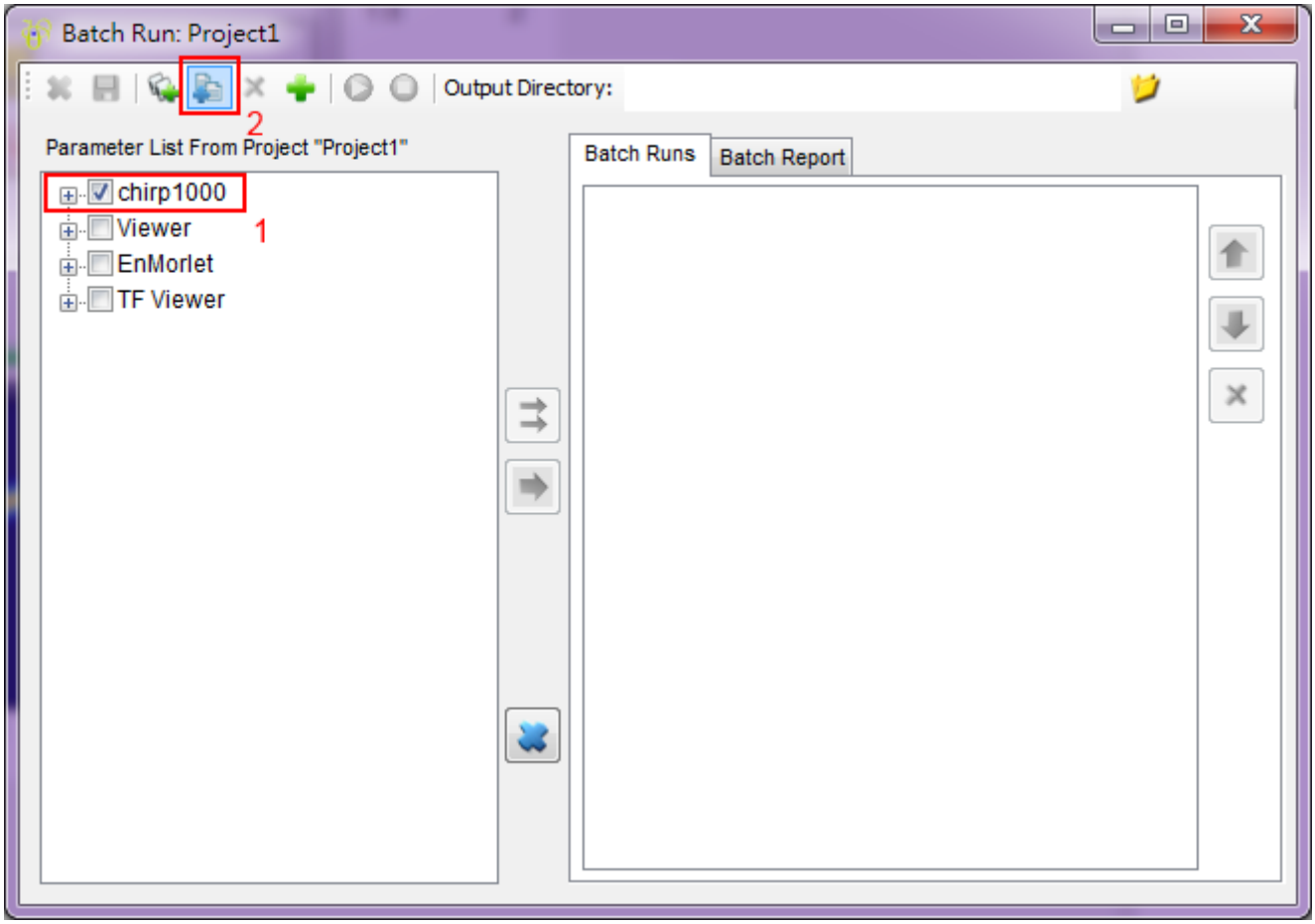
建立好這個處理程序後，就可以操作 Batch Run 用一樣的處理程序批次計算不同的資料檔。點擊 Batch Run 按鈕進入 Batch Run 操作介面。



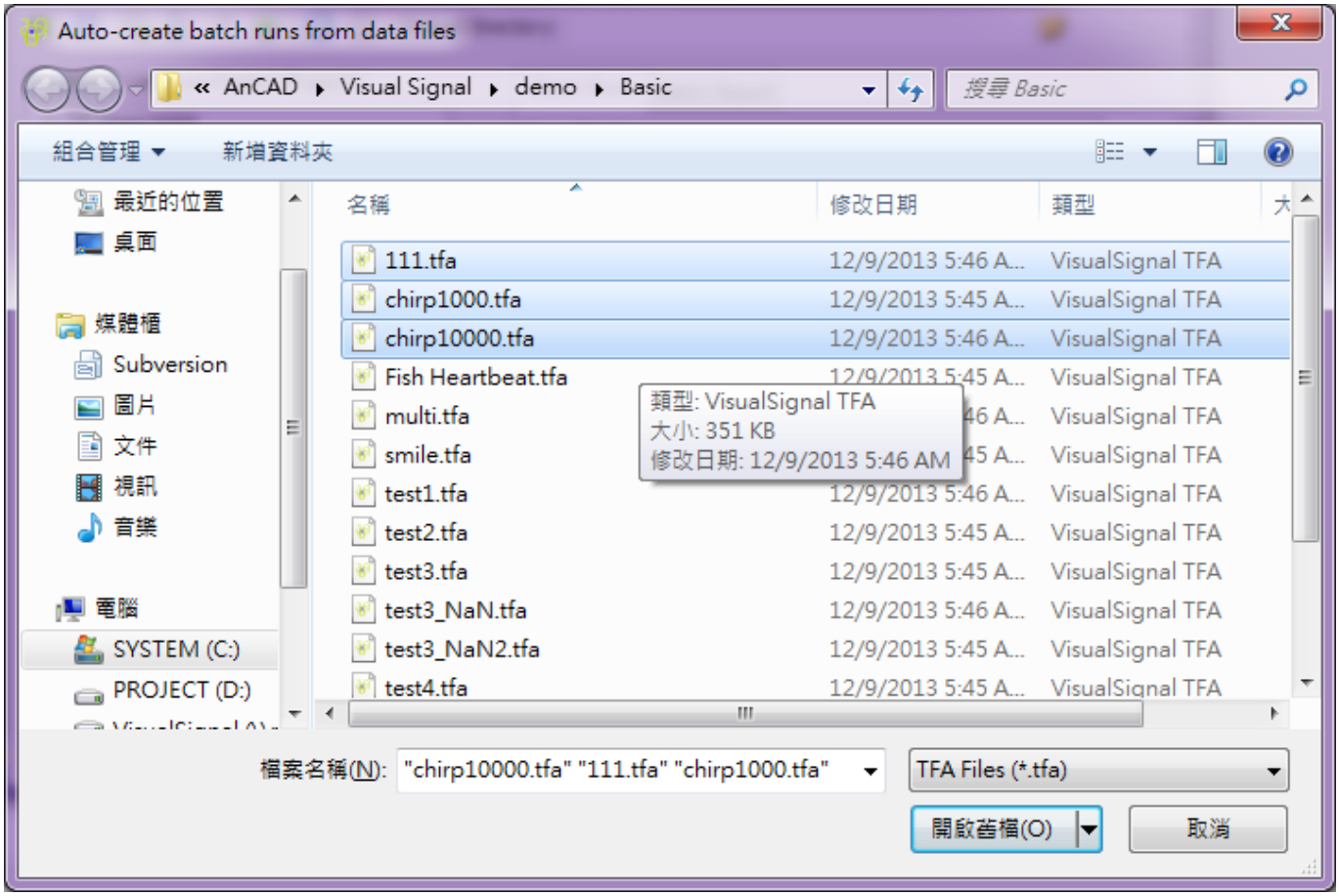
進入 Batch Run 操作介面後，第一步也是要點擊 Add Parameters。



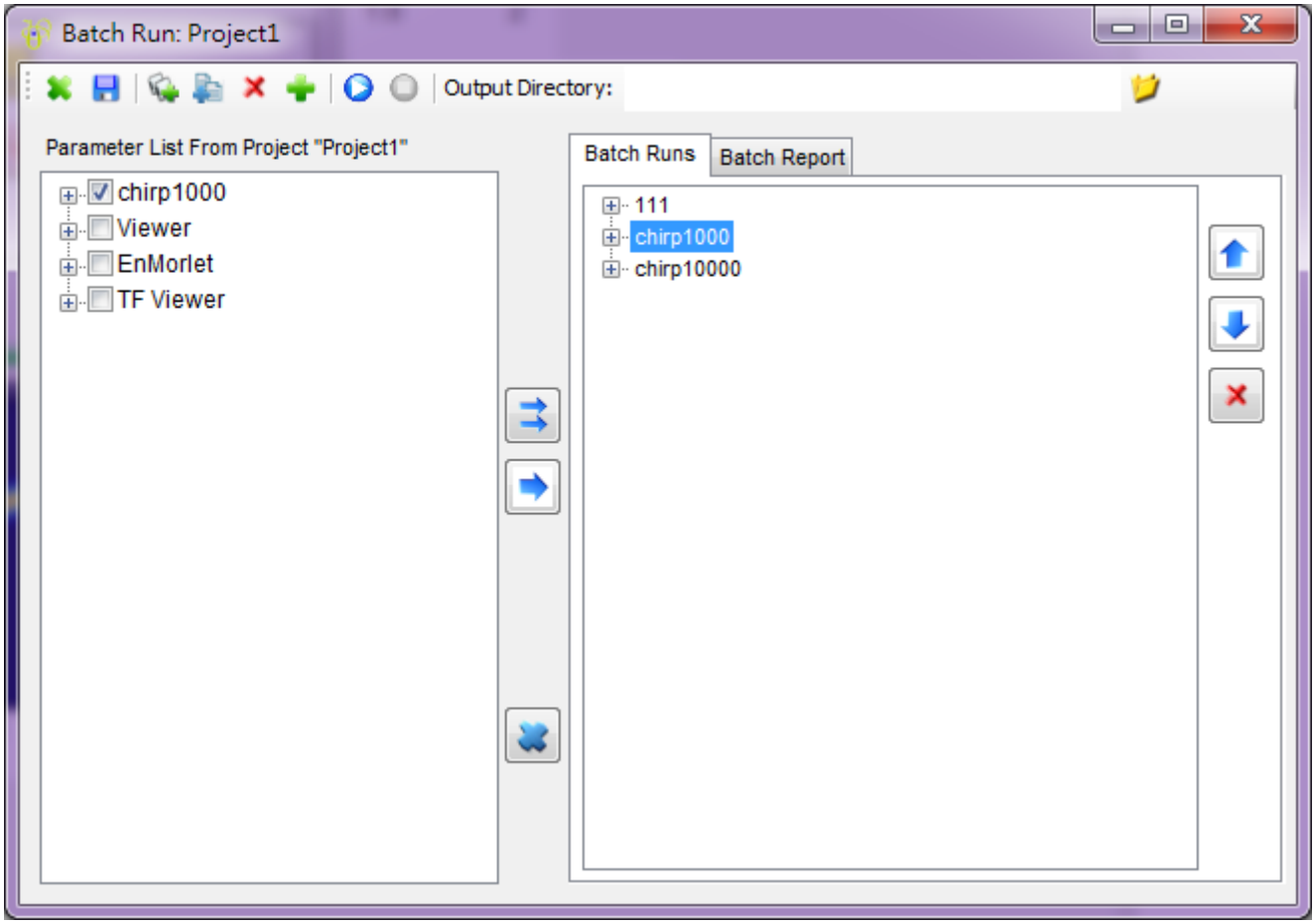
先在左邊的 Parameter 視窗勾選 DataSource，若專案檔內有多個訊號資料，則需點開 DataSource 的樹狀顯示，選擇要變更的訊號資料。第二步是按下 ，就會跳出選取檔案的視窗，選擇要批次計算的訊號資料檔。

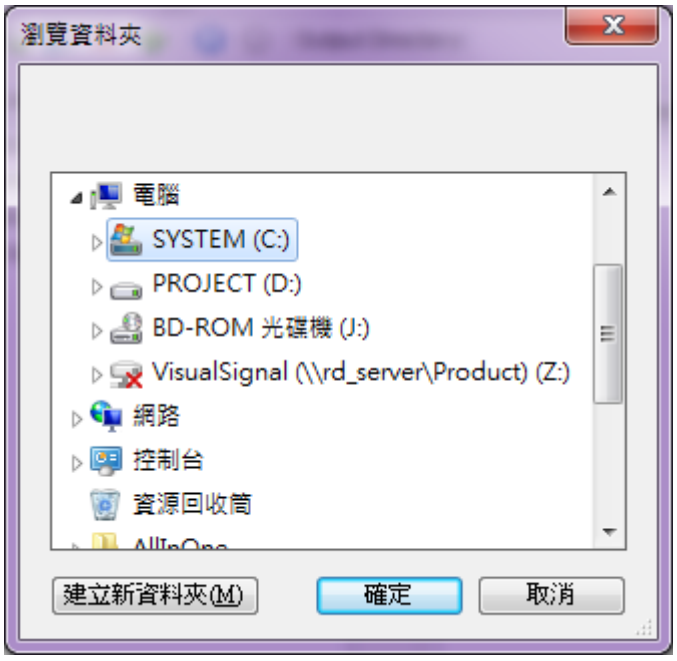


本例選取 `111.tfa`、`chirp1000.tfa` 與 `chirp10000.tfa` 作為批次計算的資料檔再按下開啟。這時候在 Batch Runs 區會自動新增三個 Runs，如要再加資料檔，只要用 功能並重覆後序步驟即可。

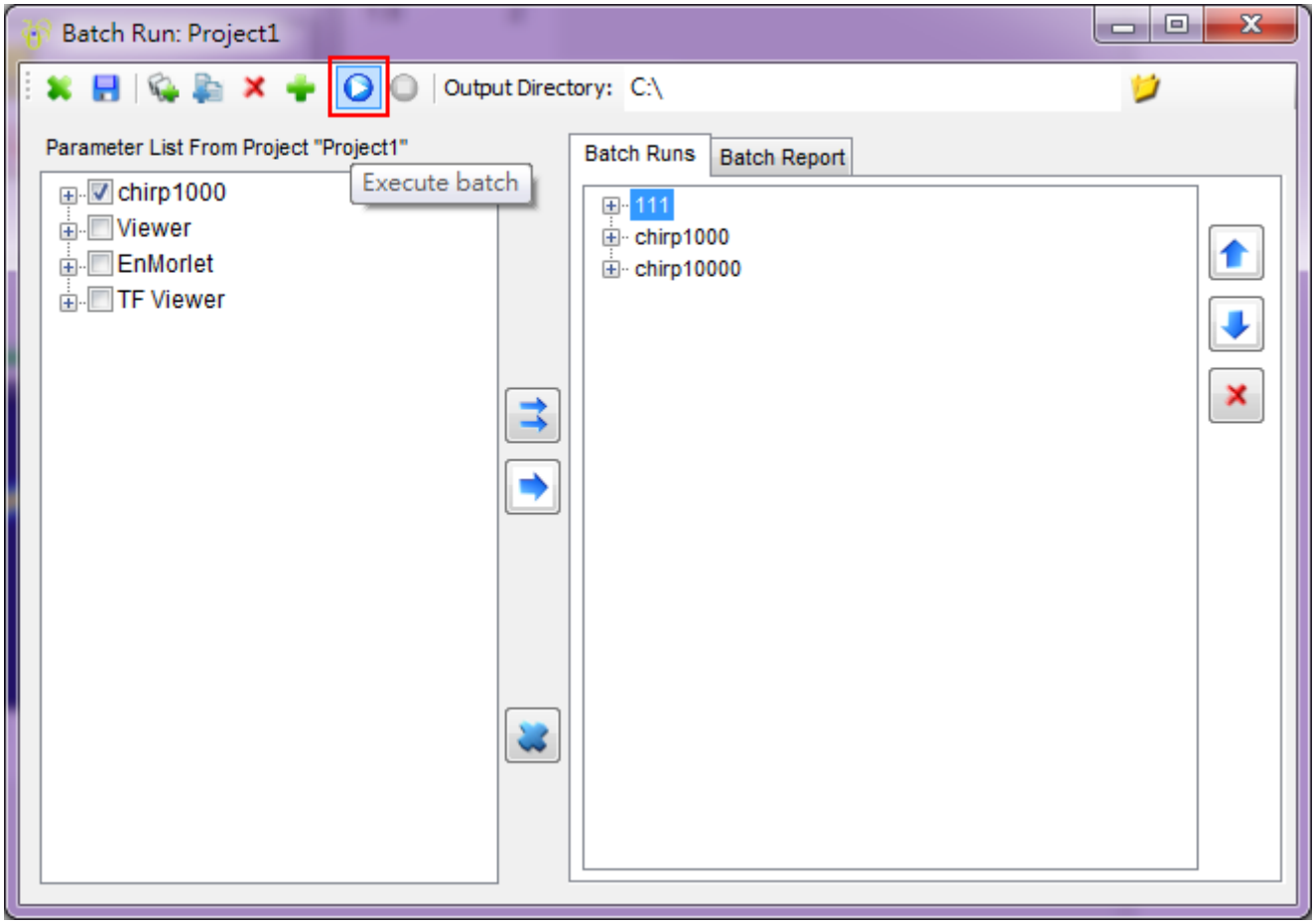


假設訊號資料檔已經選取完畢，在執行 Batch Run 之前要再檢查輸出檔路徑（Output Directory）。Output Directory 預設是與.vsn 專案檔的目錄相同，由於本專案尚未存檔，因此要自行設定輸出檔的路徑，點下按鈕 就能選擇（如下圖），本例將路徑設在 `C:\` 下。





最後按下執行鈕 啟動 Batch Run，運算過程中無論是成功還是失敗，執行過程的訊息都會在 Batch Run Status Report 中記錄下來。



1.4 參數設定視窗（Properties）

顯示與調整元件參數的視窗，此視窗位置預設在畫面的右下角。

元件編輯區中所有的元件，參數調整都是在參數設定視窗內控制。雖然 Properties 的內容因不同元件而異，不過項目 Module 是所有元件都有，此項目下之參數可控制視覺化元件的各項參數，下面就以正弦波 Sine Wave 元件的 Properties 當作例子說明。

1.4.1 Module 項目參數

點選 Source 下面的 Sine Wave，觀看其參數設定視窗，並點擊 Module 前方的箭頭來展開其內容：

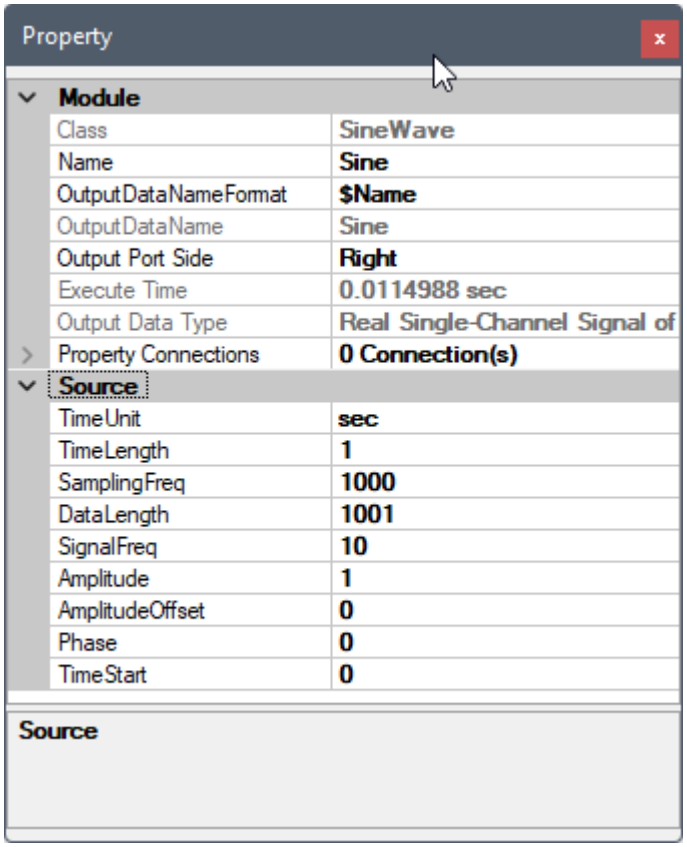
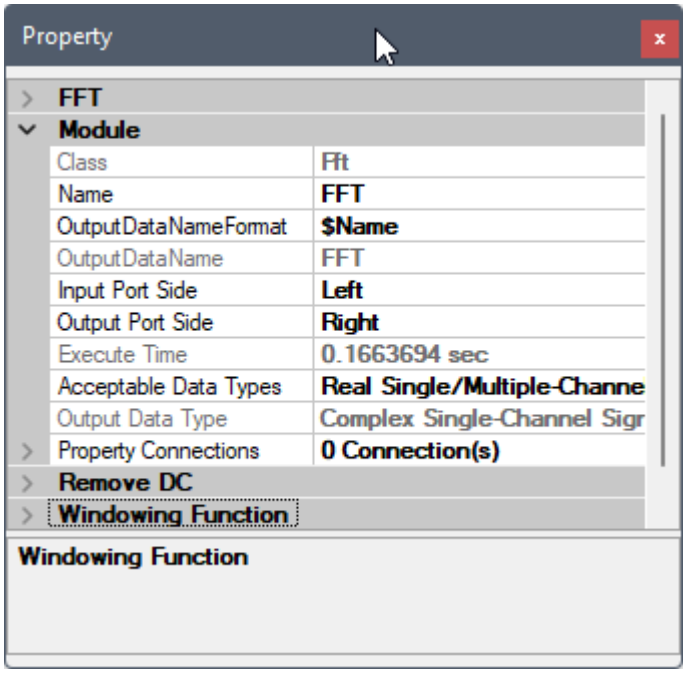


Table 1.5: Module 項目參數

參數名稱	說明
Class	列出該元件名稱
Name	設定元件圖示上的顯示文字，使用者可自行輸入想要的元件名稱
OutputDataNameFormat	設定輸出資料名稱之格式。當元件輸出最終接至 Viewer 或 DataWriter 元件時，Viewer 繪圖顯示之標題及 DataWriter 寫出之之檔案名稱會抓取上游所連接之元件輸出資料名稱。此參數預設為 `$Name`，此為參數參照語法，亦即本參數預設值為元件名稱。詳情請見【參數參照】章節說明
OutputDataName	顯示經過 `OutputDataNameFormat` 格式化之輸出資料名稱
Output Port Side	是調整輸出埠在元件上下左右的哪一邊，可由使用者調整
Execute Time	顯示產生或計算此元件所花費的時間
Output Data Type	顯示此元件輸出的資料格式做為參考
Property Connections	設定【參數參照】連結

若元件同時具有輸入與輸出的功能，如 Compute 與 Conversion 下的元件，則 Module 會顯示更多欄位，譬如下圖是傅立葉轉換元件的 Properties / Module，



比 Sine Wave 多出幾個欄位：

Table 1.6: Module 項目參數（輸入相關）

參數名稱	說明
Input Port Side	可調整輸入埠在元件圖示上面的位置
Acceptable Data Types	是以下拉式選單的方式呈現此元件接受的訊號或資料格式，供使用者查詢用。元件可以接受不同的資料格式，譬如 Real Multi-Channel Signal of Rank-1（Regular）Data，代表實數、多通道、等間距的一維時序資料。資料格式的分類請參閱下表

Table 1.7: 輸入資料格式分類

資料種類	參數意義
依數值區分	Real：實數 Complex：虛數
依通道（Channel）區分	Single-Channel：單通道 Multi-Channel：多通道
依資料格式區分	Signal：時序訊號或頻譜訊號 Audio：聲音訊號 Numeric：數值資料 Spectra :: 時頻分析輸出資料
依資料離散情況區分	Regular：等時間間距 Indexed：非等時間間距

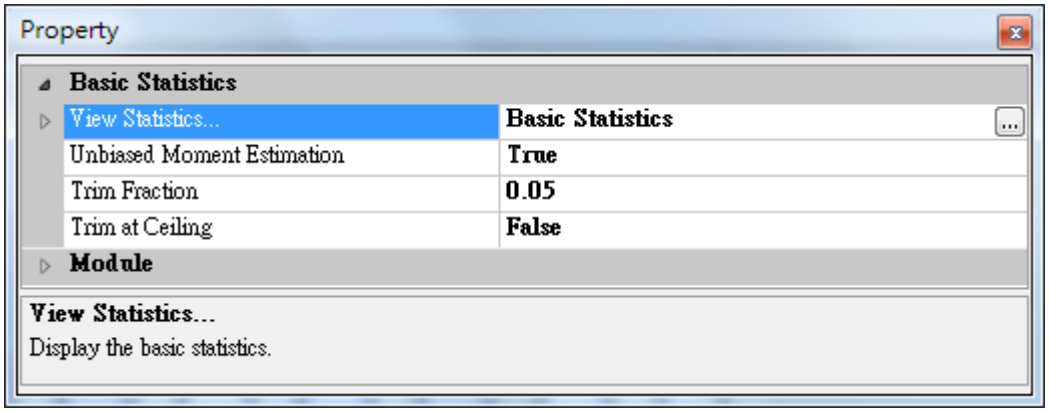
若為 Viewer 元件，則不會有 `Output Port Side` 參數，但會多出以下參數：

Table 1.8: Module 項目參數（匯出相關）

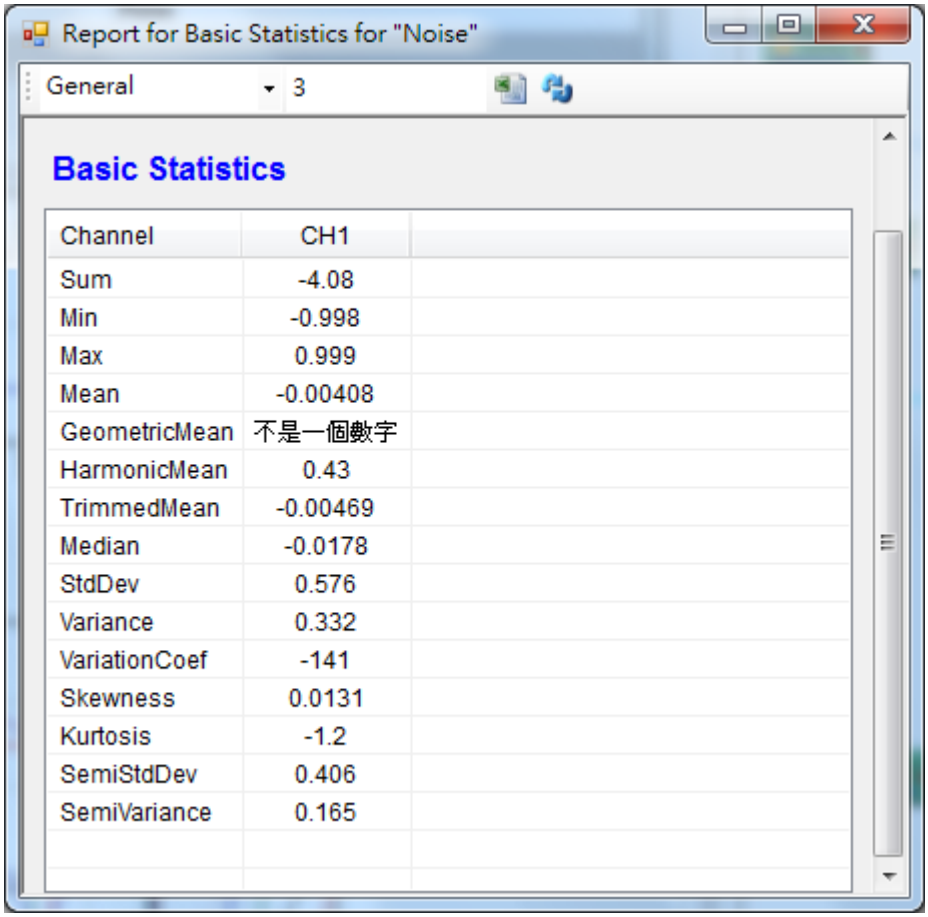
參數名稱	說明
EnableExport	選擇 True 則開啟將 Viewer 繪圖匯出成檔案的功能。每次元件更新（亦即 Viewer 輸入資料更新）時，會 將 Viewer 繪出的圖案匯出至所指定的檔案。若檔案已存在則覆寫之
ExportPath	`EnableExport` 為 True 時，可設定匯出檔案路徑

1.4.2 Reporter

許多元件有內建 Reporter 視窗，用來展現計算結果。例如 Basic Statistics、Correlation Matrix、Covariance Matrix、Orthogonal Matrix、Quartiles and Quantiles、RCADA EEMD、AnCAD EMD 、IMF Property 等，都有 Reporter 視窗的設計。以模組元件 Basic Statistics 為例，其 Properties 如下圖所示：



Reporter 在 Properties 中都稱為「View 元件名...」，點選欄位右邊的 按鈕，或雙擊支援的元件圖示，即可開啟 Reporter 視窗，如下圖：



工具列可決定下方表格中數值的表現方式。第一欄可改變小數位數的展示方式，預設為 General，其他參數選項詳列如下表；第二欄的數字可控制顯示小數點以下第幾位，預設為 3；變更設定後需要點擊右方藍色 Refresh 鈕，才可生效。

Table 1.9: 數值表現方式

參數名稱	參數定義
General	程式自動產生的預設表示形式
Scientific	以科學記號顯示數值，如 1.234E-001
Fixed	固定小數點後的顯示個數

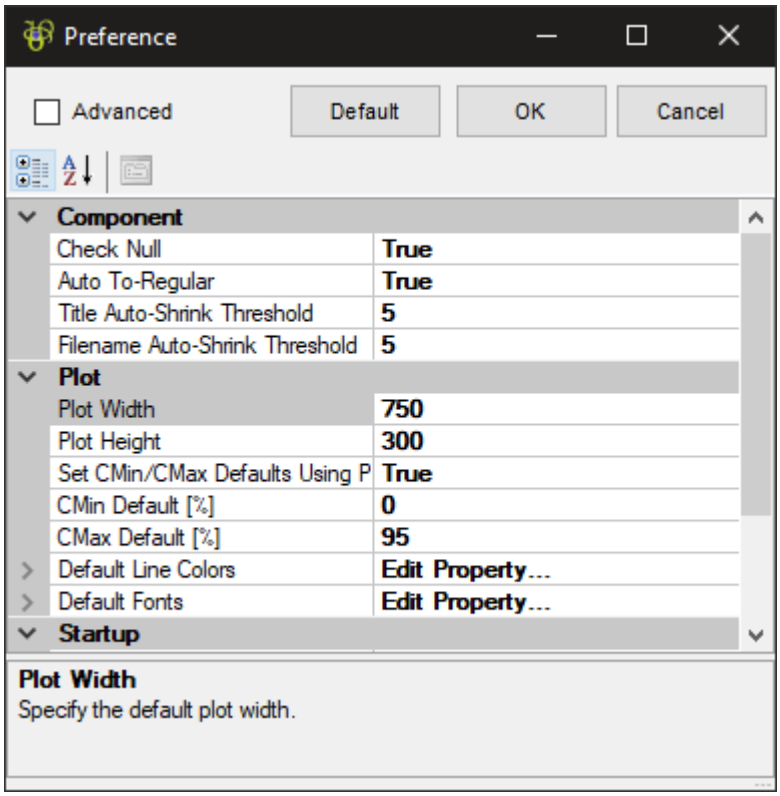
除了點選參數欄位按鈕之外，使用者還可以直接雙擊元件圖示開啟 Reporter 。有些元件除了 Reporter 之外還有其他主要功能（例如 Data Source 的重新讀檔功能），此時雙擊元件圖示只會開啟該功能，如欲開啟 Reporter 則只能用點選 按鈕的方法。

相關指令

Sine Wave、FFT、Data Source、Basic Stats

1.5 偏好設定（Preference）

偏好設定（Preference）是設定系統預設參數的工具，可以由主介面之主選單上的【工具選單】內的 Preference 選項，或是主介面之工具列上的 圖示啟動，啟動後如下圖：



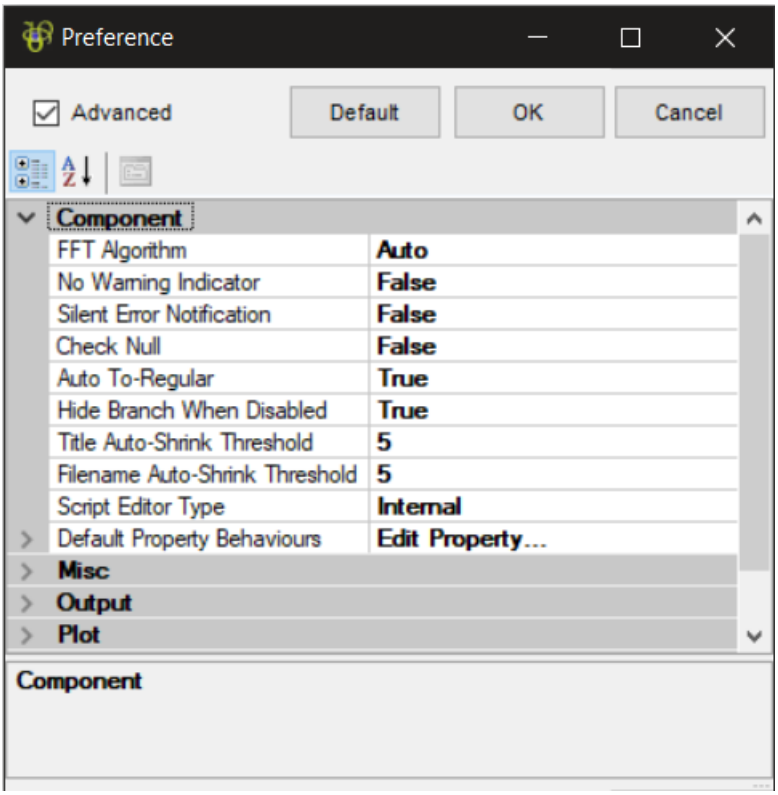
此介面與前章所描述之【參數設定視窗】是同類型參數設定介面，只是所設定之參數為系統偏好參數，而且多出了一些控制元件，說明如下：

Table 1.10: 偏好設定介面控制

控制元件	說明
Cancel	取消所有新的設定，並關閉介面
OK	確認所有新的設定，並關閉介面
Default	回復所有偏好參數至預設值
Advanced	選取時顯示所有進階偏好參數

偏好參數包含六大類別：元件（Component）、雜項（Misc）、輸出（Output）、繪圖（Plot）、啟動（Startup），文字匯入（Text Importer）。以下章節分別簡單說明各類偏好參數設定。

1.5.1 元件（Component）



本類別提供與元件運算或介面操作相關之偏好設定。以下說明元件類的非進階偏好設定：

Table 1.11: 元件類偏好設定

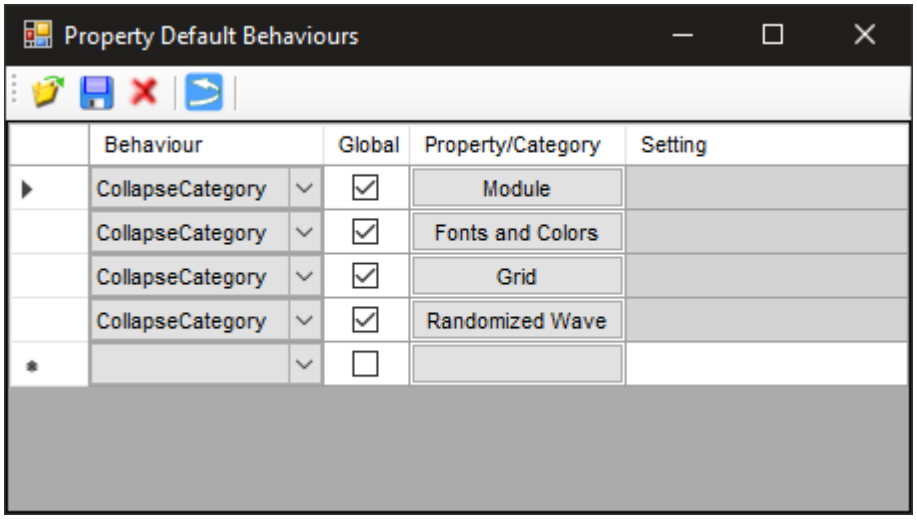
偏好設定	說明
Check Null	會檢查載入的檔案是否有空值，若有空值則會出現警告訊息
Auto To-Regular	在 Visual Signal 中大部分的運算元件都需要 Regular 的資料格式，設定此偏好則會在使用 Regular 格式的運算元件前自動產生 ToRegular 元件將 Indexed 資料格式轉換為 Regular 格式
Title Auto-Shrink Threshold	設定繪圖元件的標題格式的自動縮減門檻，詳細設定可參閱【繪圖模組】
Filename Auto-Shrink Threshold	設定使用輸出元件時的輸出檔名格式的自動縮減門檻，其功用與以上 Title Auto-Shrink Threshold 相同，詳細設定請參閱【輸出元件】

以下說明元件類的進階偏好設定：

Table 1.12: 進階元件類偏好設定

偏好設定	說明
FFT Algorithm	選擇 FFT 的演算法： • Auto（預設）：程式會依據硬體的使用狀況來選擇演算法 • IPP：使用 IPP 演算法（最快） • MKL：使用 MKL 演算法（中等） • FFTW：使用 FFTW 演算法（最慢）
No Warning	關閉元件運算中出現的閃動黃色警告標誌
Silent Error	關閉所有錯誤訊息
Hide Branch When Disabled	禁用（disable）元件時隱藏元件後連接之整個分支
Script Editor Type	設定 DoMatlab 或 DoScript 元件中預設之編輯器： • Internal：使用內建編輯器 • MATLAB：使用 MATLAB 內建編輯器 • Custom：使用自選編輯器
Custom Editor	Script Editor 選擇 Custom 時可以指定編輯器的程式路徑
Default Property Behaviours	開啟元件參數預設行為設定介面，見以下說明

元件參數預設行為設定介面啟動時如下圖：

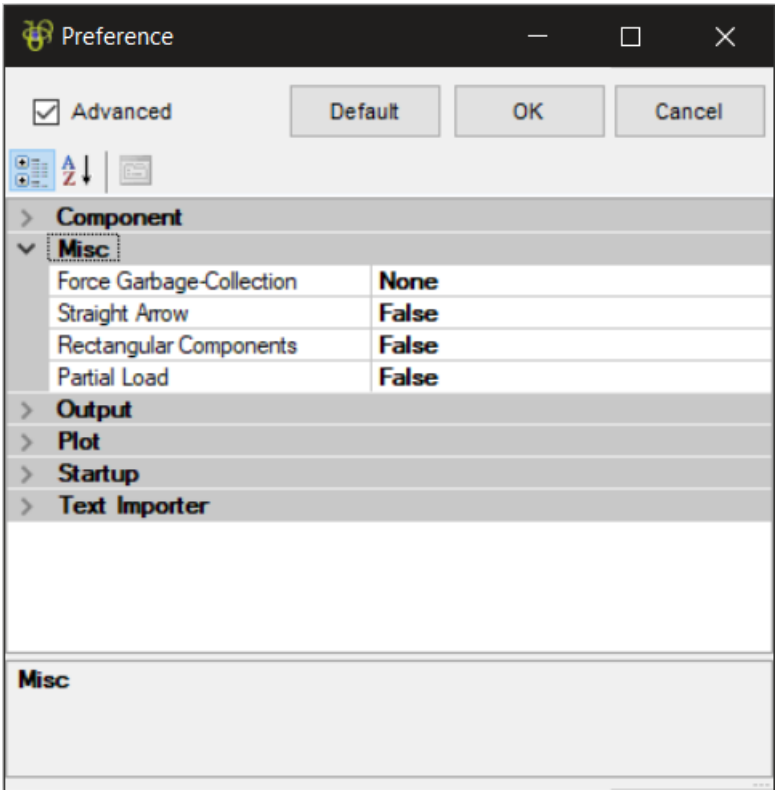


此介面提供以下兩種預設行為設定：

- 任何元件參數之預設值
- 參數設定視窗內任何類別是否預設隱藏

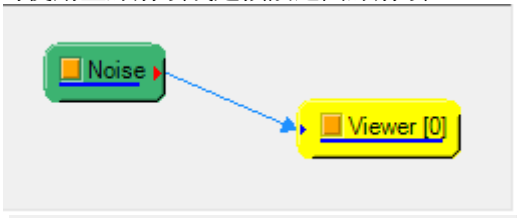
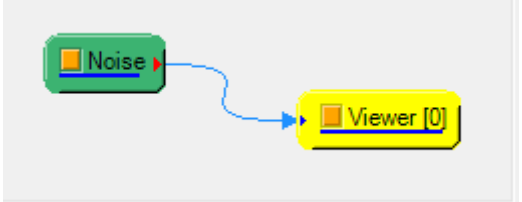
同時可以利用工具列儲存或匯入不同組的設定，以便在不同應用領域中使用不同的預設行為。

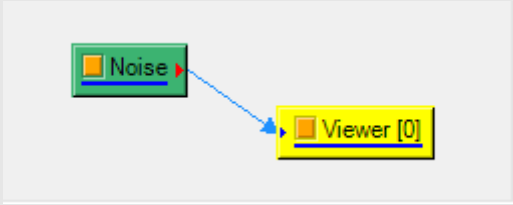
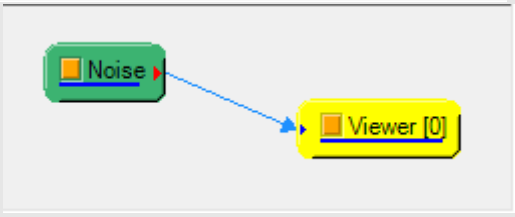
1.5.2 雜項（Misc）



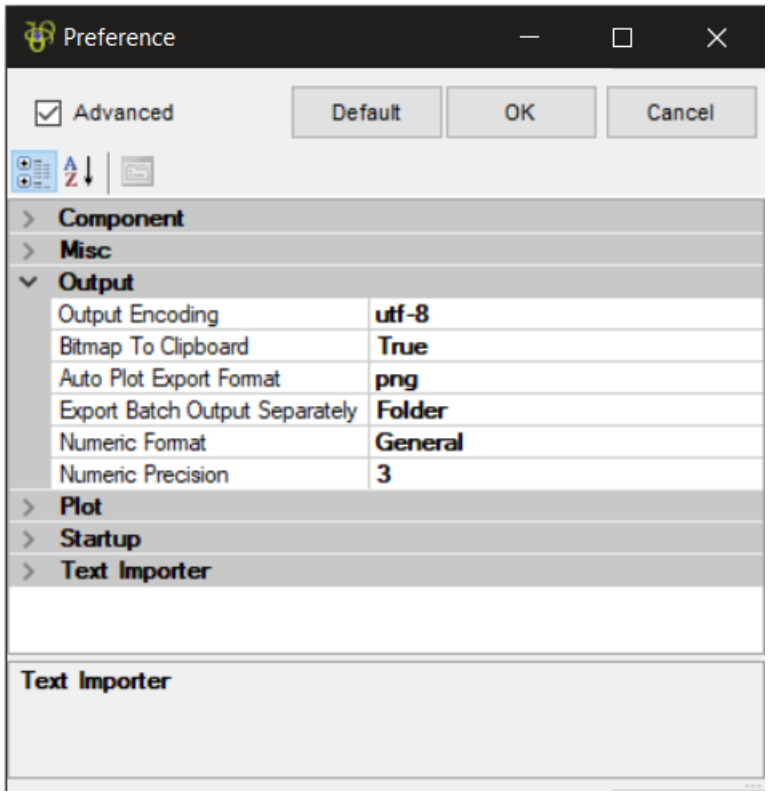
本類別只有選取進階設定才會出現，提供一些雜項的偏好設定。

Table 1.13: 進階雜項類偏好設定

偏好設定	說明
Forced Garbage Collection	可以選擇強制何時進行記憶體回收，可以幫助釋放記憶體空間： • None：不強制記憶體回收 • PerProject：每次專案更新 • PerModule：每次元件更新
Straight Arrow	選擇連接元件時使用直線箭頭或是預設之曲線箭頭： • True:  • False: 

偏好設定	說明
Rectangular Components	選擇顯示方塊元件或是預設之圓角元件： • True:  • False: 
Partial Load	選擇是否啟用在匯入資料時開啟【部分讀取對話窗】的功能 同時也在【重新匯入資料】時啟用「讀取全部／部分讀取」的選項。

1.5.3 輸出（Output）



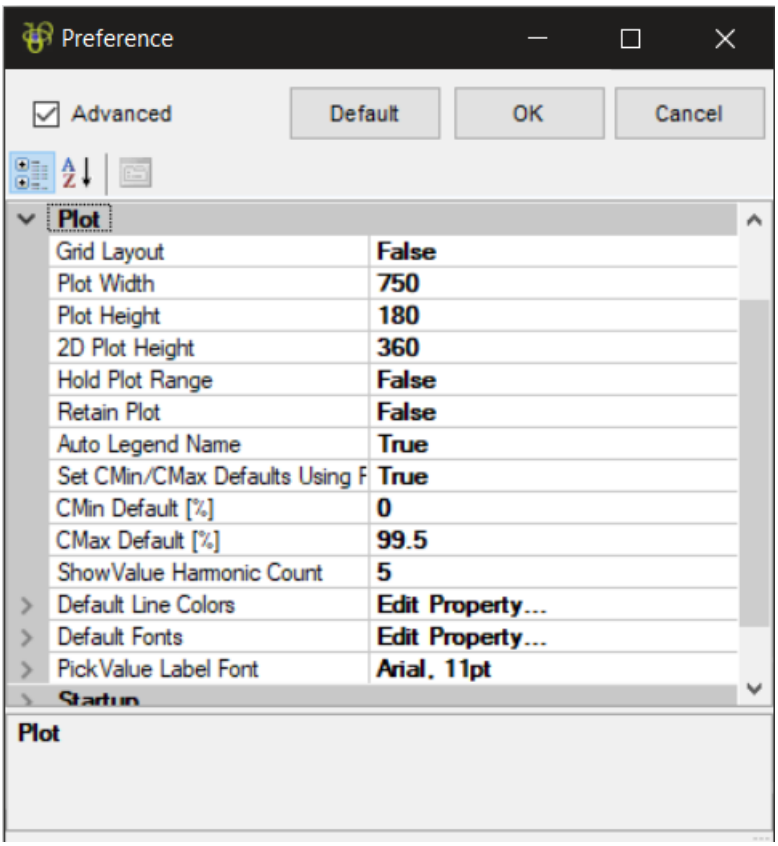
本類別除了 Bitmap To Clipboard 之外，其他都為選取進階設定才會出現，提供輸出相關功能的偏好設定。

Table 1.14: 輸出類偏好設定

偏好設定	說明
Output Encoding	設定以文字格式輸出時的編碼格式，預設為 us-ascii 格式

偏好設定	說明
Bitmap To Clipboard	選擇「True」時複製圖表至剪貼簿時使用 bitmap 格式，否則使用 metafile 格式。
Auto Plot Export Format	設定在批次執行時自動輸出之圖檔格式，預設為 png 檔
Export Batch Output Separately	設定在批次執行時是否將輸出檔分開儲存在各批次資料夾下
Numeric Format	選擇 Reporter 的結果顯示中小數點的顯示格式： • General：自動格式，會依照數值選擇是否使用科學記號 • Fixed：固定小數點格式 • Scientific：科學記號格式
Numeric Precision	設定 Reporter 的結果顯示中小數點的精確位數，如為空值則為最高精度

1.5.4 繪圖（Plot）

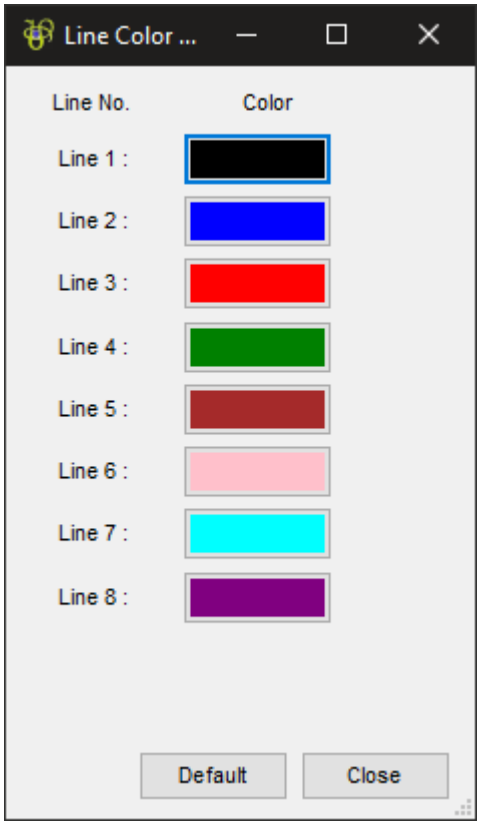


本類別提供繪圖相關功能的偏好設定。以下說明元件類的非進階偏好設定：

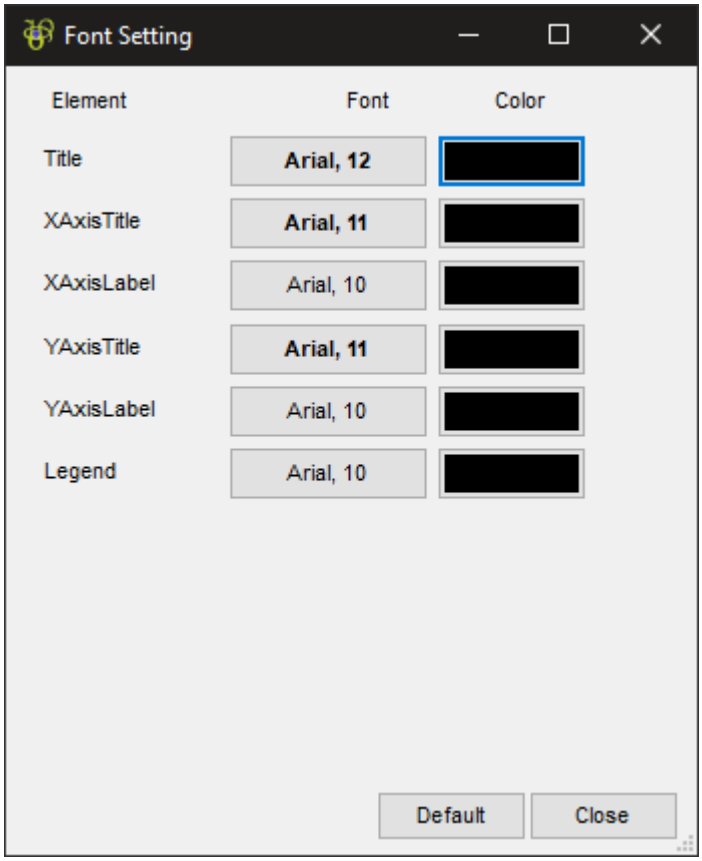
Table 1.15: 繪圖類非進階偏好設定

偏好設定	說明
Plot Width/Height	設定繪圖元件同名參數之預設，決定繪圖區圖面的預設寬度及高度（像素設定）
2D Plot Height	設定二維繪圖元件（例如 TFViewer）之預設高度
Set CMin/CMax Defaults Using Percentile	決定在設定時頻圖元件中 CMin 及 CMax 的預設偏好設定時是否用時頻資料最大值的百分比或者所有時頻資料的百分位數： • True：用百分位值設定 • False：用最大值百分比設定
CMin/CMax Default [%]	設定時頻圖元件中 CMin 及 CMax 參數的預設（根據以上的設定可以用最大值百分比或所有資料之百分位值設定）
Default Line Colors	開啟顏色設定介面，可設定繪圖時各通道訊號的預設顏色
Default Fonts	開啟字型設定介面，可設定繪圖時使用的預設字型

顏色設定介面啟動時如下圖，可以設定繪圖時通道 1 至 8 的預設顏色：



字型設定介面啟動時如下圖，可以設定繪圖時標題（Title）、X/Y 軸標題（X/Y Axis Title）及標籤（X/Y Axis Label）、及圖例（Legend）的字型及顏色：

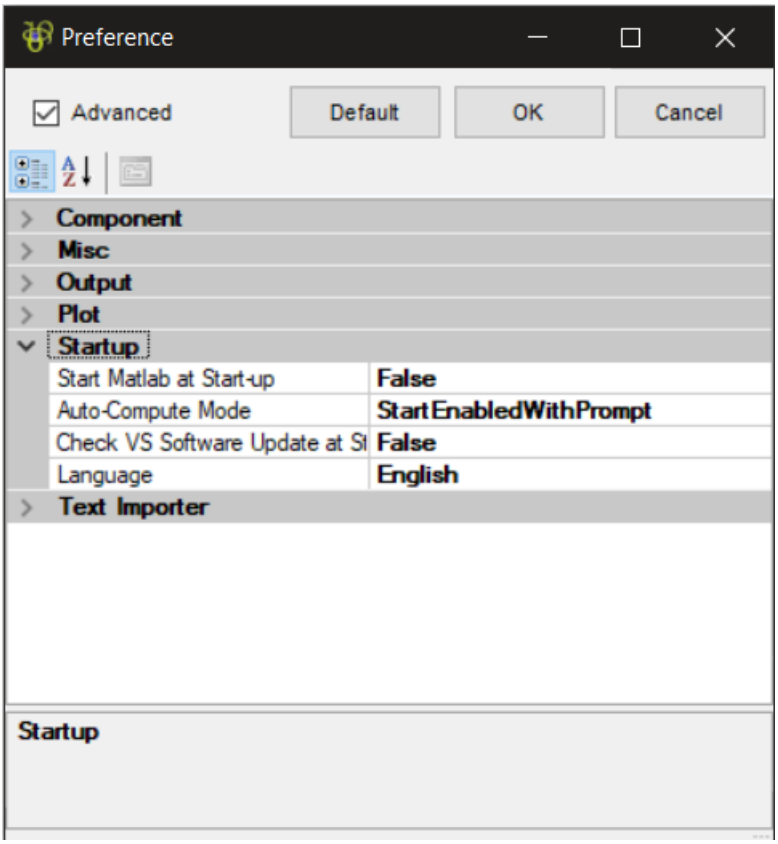


以下說明繪圖類的進階偏好設定：

Table 1.16: 繪圖類進階偏好設定

偏好設定	說明
Grid Layout	決定設定繪圖區圖面寬度及高度時是否用格數或像素設定： • True：使用格數設定 • False：使用像素設定
Grid Cell Size	設定格數設定時的方格大小
Hold Plot Range	設定繪圖元件同名參數之預設，決定圖形垂直與水平範圍是否要保持不變
Retain Plot	設定繪圖元件同名參數之預設，決定元件沒有被連接時，是否要保留原圖形
Auto Legend Name	設定繪圖元件同名參數之預設，決定是否自動顯示圖例說明
ShowValue Harmonic Count	設定在「顯示數值模式」下按 Ctrl 或 Alt 鍵時顯示倍頻或次頻線的數目(不包括基礎頻率)。本參數只在頻譜圖或時頻圖中有效。
PickValue Label Font	設定顯示數值模式中十字標籤的字型。

1.5.5 啟動（Startup）



本類別提供啟動 Visual Signal 時相關功能的偏好設定。以下說明啟動類的非進階偏好設定：

Table 1.17: 啟動類非進階偏好設定

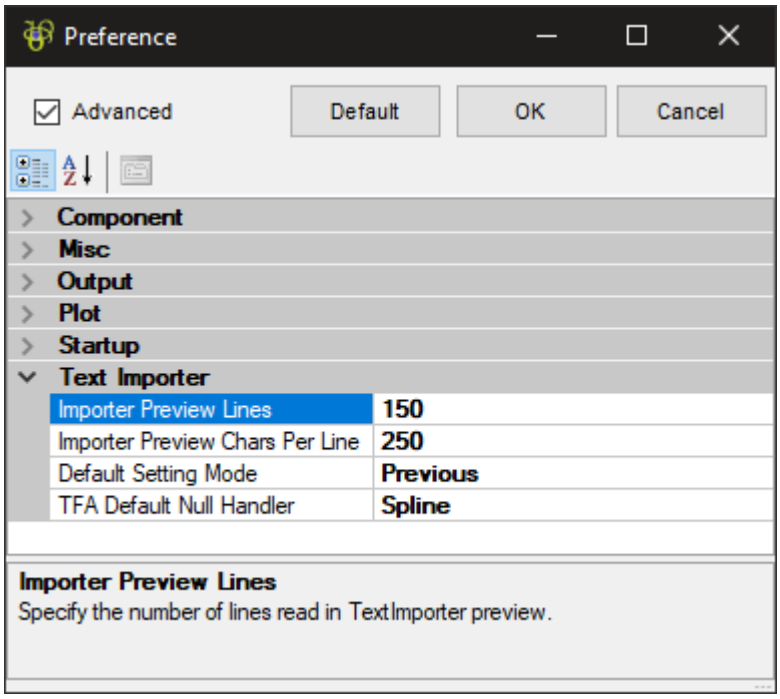
偏好設定	說明
Auto Compute Mode	選擇自動計算模式： • StartDisabled：開啟 Visual Signal 時關閉自動計算功能 • StartEnabled：開啟 Visual Signal 時開啟自動計算功能 • StartEnabledWithPrompt：開啟 Visual Signal 時開啟自動計算功能，但是在開啟專案時會要求使用者確認是否執行自動計算專案
Check VS Software Update at Startup	選擇啟動 Visual Signal 時是否檢查是否有程式更新， 若有則會自動更新程式（必須連接網路）
Language	讓使用者選擇 Visual Signal 介面的使用語言，目前僅支援以下語言： • 英文（English） • 正體中文（Traditional Chinese） • 簡體中文（Simplified Chinese） 語言選擇之後必須重新啟動 Visual Signal

以下說明啟動類的進階偏好設定：

Table 1.18: 啟動類進階偏好設定

偏好設定	說明
Start Matlab at Startup	選擇啟動 Visual Signal 時也啟動 Matlab Engine（使用者系統中必須安裝 Matlab ）

1.5.6 文字匯入（Text Importer）



本類別提供文字匯入相關功能的偏好設定，皆為文字匯入器介面內特定參數之預設，詳情請參考後面【文字匯入器】相關章節。以下說明文字匯入類的非進階偏好設定：

Table 1.19: 文字匯入類非進階偏好設定

偏好設定	說明
TFA Default Null Handler	選擇在匯入 TFA 格式檔案時預設的空值處理方式，請參考【FillNull 元件】的設定

以下說明文字匯入類的進階偏好設定：

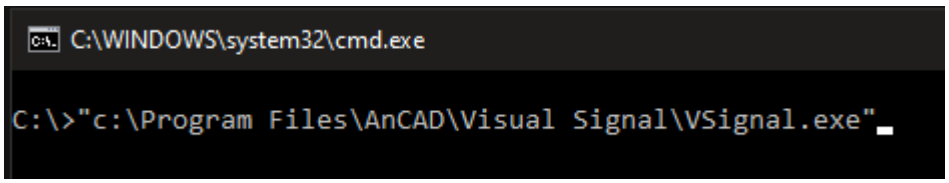
Table 1.20: 文字匯入類進階偏好設定

偏好設定	說明
Importer Preview Lines	設定文字匯入介面中預覽窗的預設行數
Importer Preview Char Per Line	設定文字匯入介面中預覽窗的每行的預設字元數

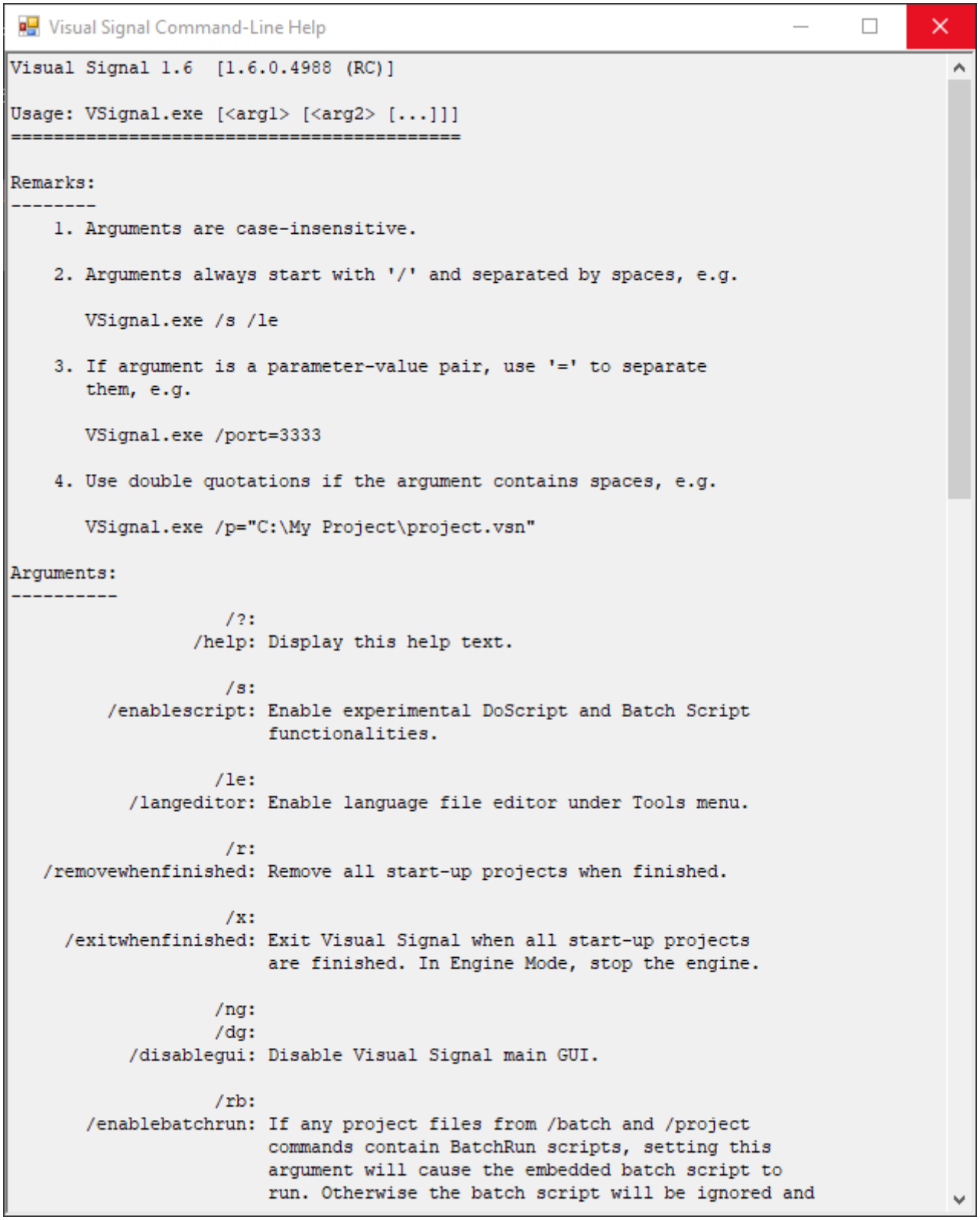
偏好設定	說明
Default Setting Mode	選擇文字匯入的預設設定檔模式

1.6 命令列介面（Command-Line Interface）

Visual Signal 也可以在 Windows cmd.exe 環境下開啟。如果未將 Visual Signal 的安裝資料夾加入系統路徑環境變數，則開啟時必須附上 Visual Signal 執行檔的全路徑，如下圖：



否則直接在命令提示輸入 `VSignal.exe` 即可啟動 Visual Signal。此時還可在命令後加上各種以「/」開頭的命令列參數，啟動 Visual Signal 內建的一些特殊功能。輸入 `VSignal.exe /?` 可以列出所有支援的命令列參數以及簡單說明，如下圖：

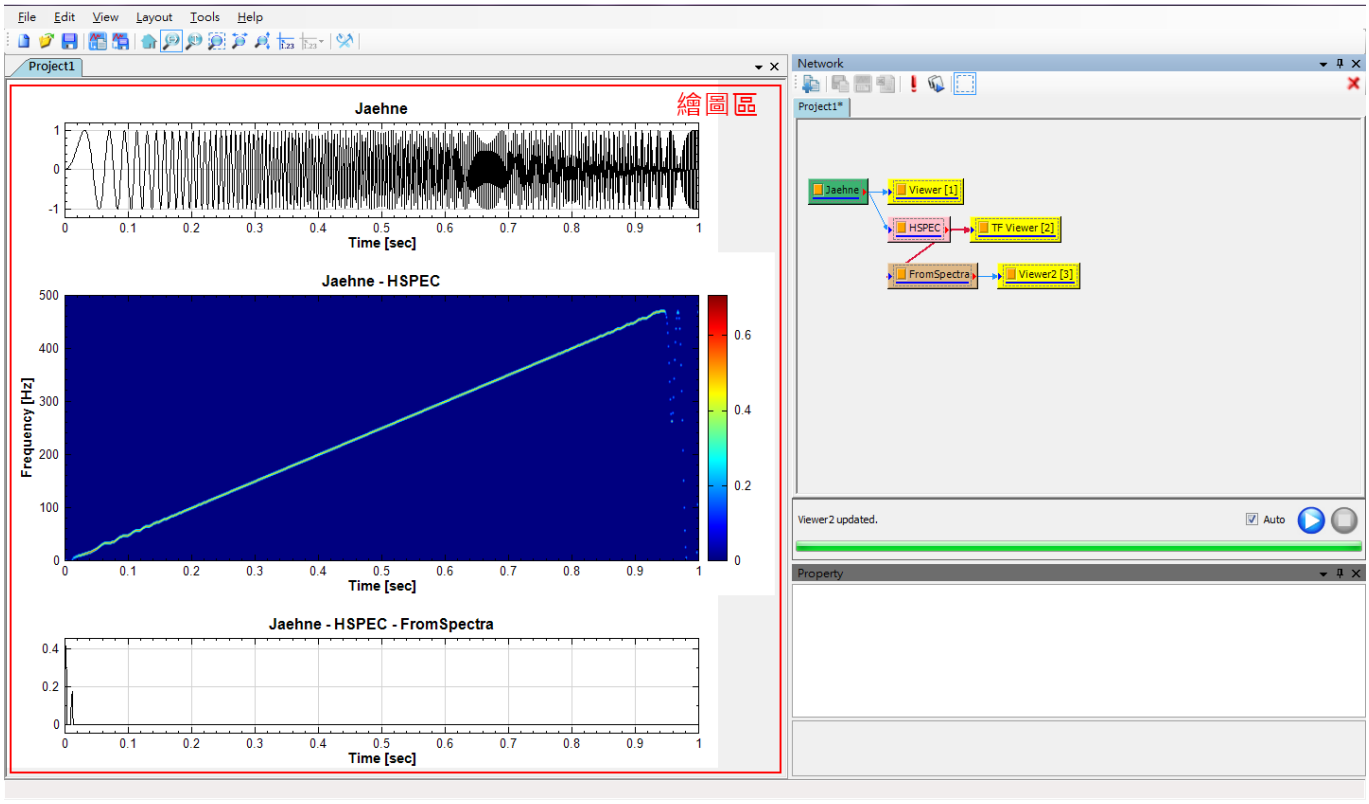


因為參數繁多，請參考說明內容，這裡不一一詳述。

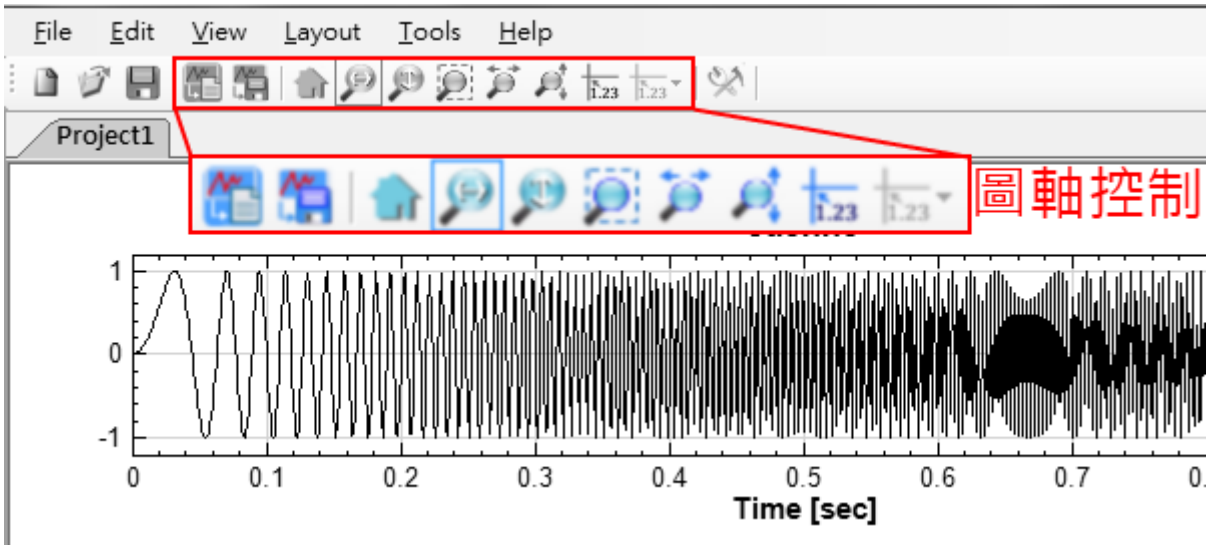
Chapter 2

視覺化繪圖區

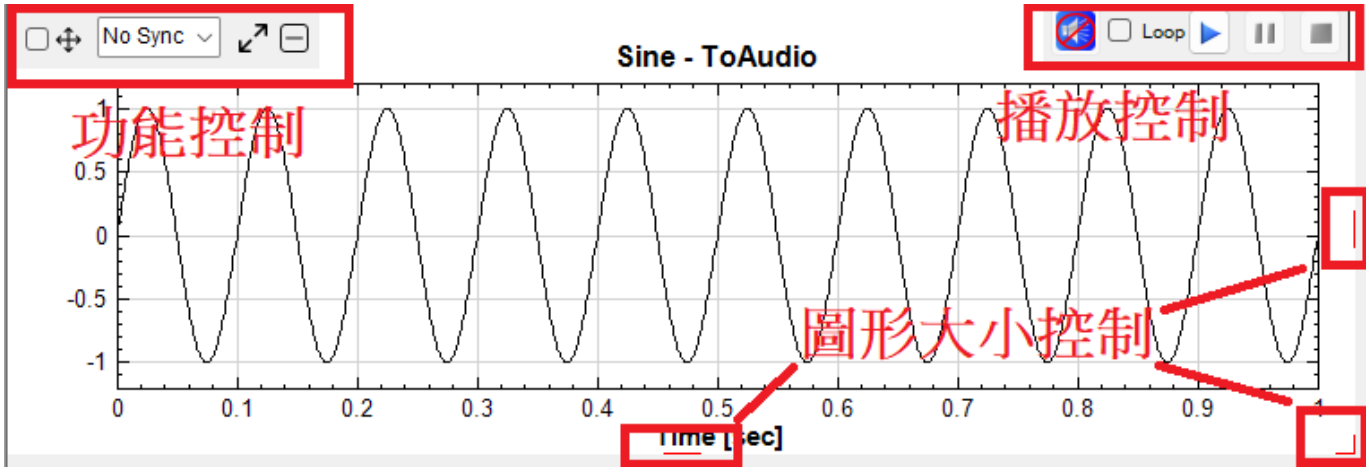
當使用者利用 Viewer 群組內的模組元件展示訊號與計算結果時，在繪圖區就會產生一個圖形，圖形依照產生的順序，由上而下排列。Visual Signal 提供了一系列觀察訊號分析圖形時常用的功能，諸如控制圖面、瀏覽、繪圖、匯出圖片等方面的工具，以利於使用者可作直覺且方便的操作。



繪圖區控制功能可分為三部份。第一如下圖所示，是繪圖區上方的工具列右半部份的圖軸控制工具，詳情請參閱【圖軸控制】。



另外則是在圖面上緣的功能控制以及播放控制，如下圖：



播放控制只會在顯示音頻訊號時才會出現，點擊播放狀態圖示 可縮放此控制。詳情請參閱【播放功能】。

功能控制提供圖形選擇、移動、同步群組設定、最大化、及關閉等功能。此控制通常是縮入圖面左側邊緣的狀態，滑鼠游標移動到圖面上緣時會如上圖自動伸展出來。詳情請參閱【功能控制】。

此外，圖形的大小除了可以在 Viewer 元件中的參數設定之外，還可以使用圖面右側、下側、及右下角的控制以滑鼠調整。

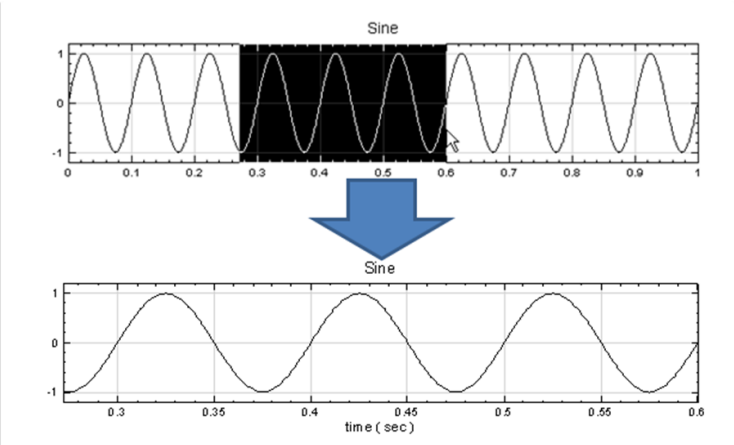
相關指令

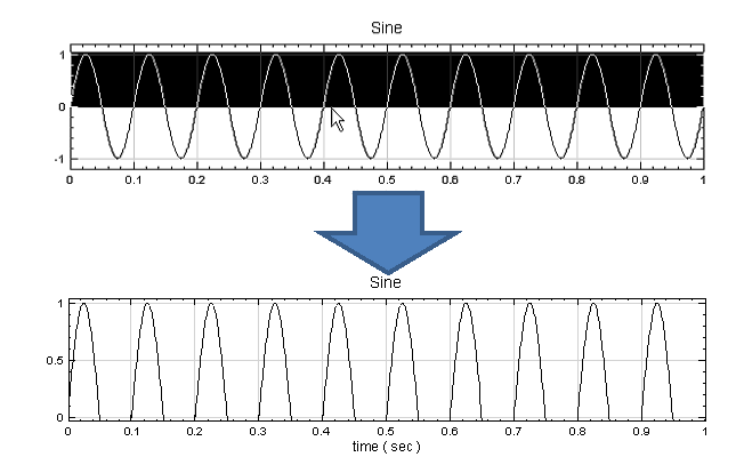
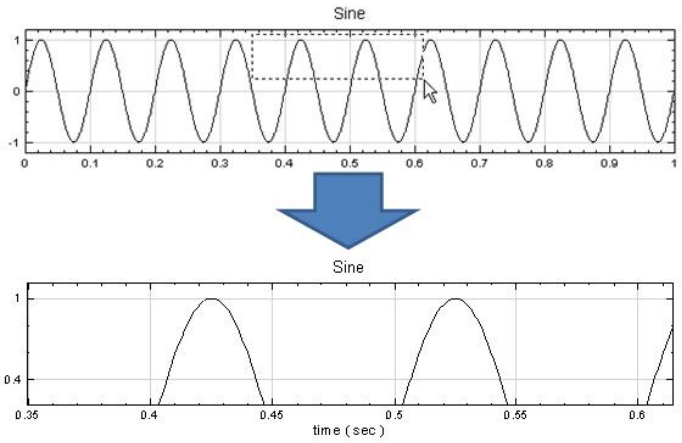
Channel Viewer、Time-Frequency Viewer、Box Plot Viewer、Error Bar Viewer、Histogram Viewer、XY Plot

2.1 圖軸控制

與繪圖相關的功能按鈕如上圖，分項來看各按鈕的功能。

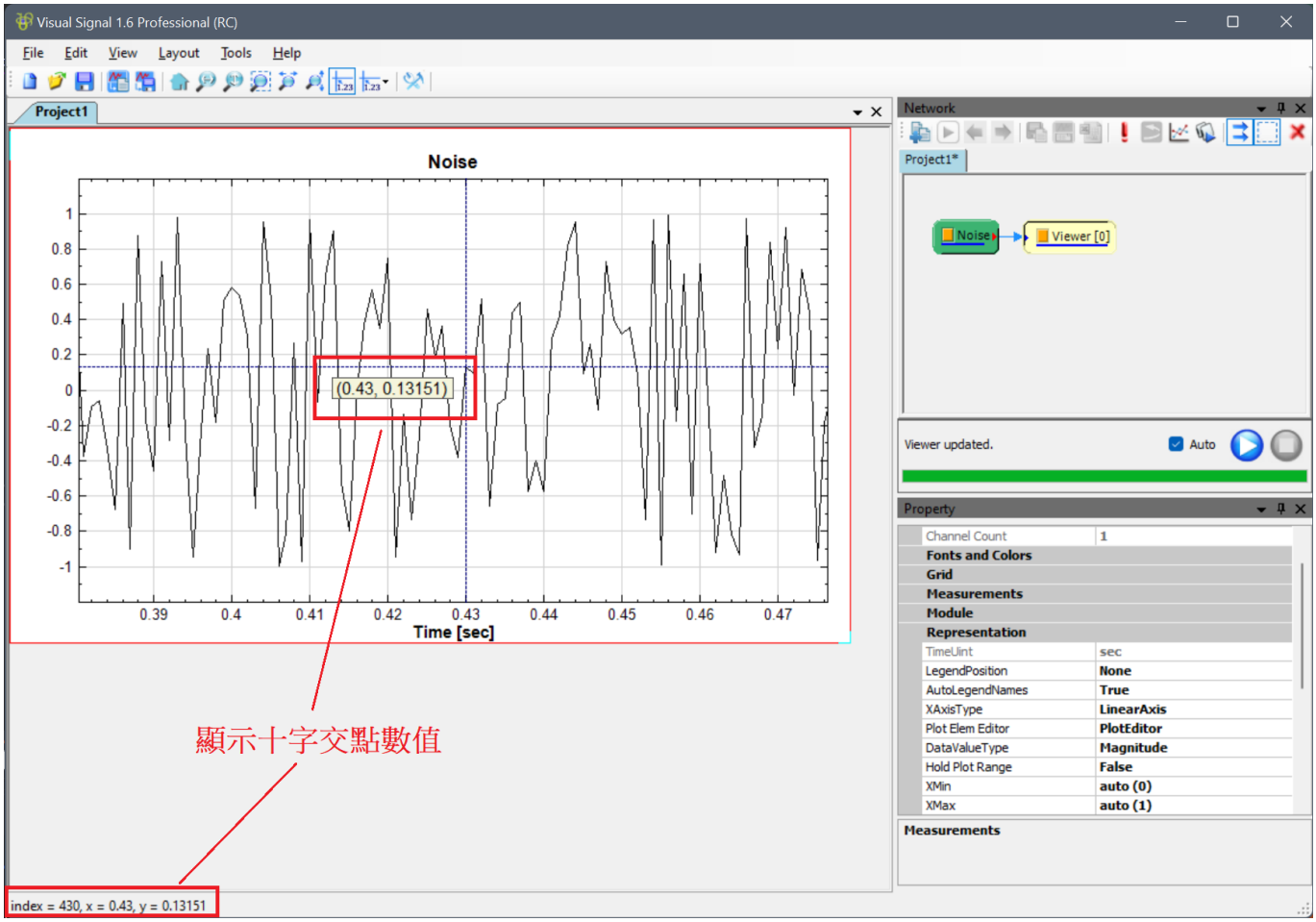
Table 2.1: 繪圖相關按鈕

圖示	功能	說明
	Copy To Clipboard	請參閱前面章節【複製圖至剪貼簿】。
	Export To File	請參閱前面章節【匯出圖至檔案】。
	Home	功能是將圖面回到預設的圖軸範圍。每張圖在被繪出時，皆預設繪出全部的資料範圍，當圖面經過放大，平移，想再回復原始的圖軸範圍，就可以點擊
	Zoom X	將圖在 X 軸方向上的放大。使用方法有二： 1. **滑鼠拖曳**：按下滑鼠左鍵並沿 X 軸方向拖曳至您想放大的範圍（如下圖所示），鬆開滑鼠左鍵後，即可將選取範圍內的圖形沿 X 軸方向放大至整個圖面。  2. **滑鼠滾輪**：滾動滑鼠滾輪時，圖形會沿著 X 軸方向從圖形中間左右對稱放大。

圖示	功能	說明
	Zoom Y	將圖在 Y 軸方向放大。使用方法有二： 1. **滑鼠拖曳**：按下滑鼠左鍵並沿 Y 軸方向拖曳至您想放大的範圍（如下圖所示），鬆開滑鼠左鍵後，即可將選取範圍內的圖形沿 Y 軸方向放大至整個圖面。  2. **滑鼠滾輪**：滾動滑鼠滾輪時，圖形會沿著 Y 軸方向從圖形中間上下對稱放大。
	ZoomRect	將矩形區域內的圖形放大。使用方法有二： 1. **滑鼠拖曳**：按下滑鼠左鍵並拖曳一個想放大的矩形範圍（如下圖所示），鬆開滑鼠左鍵後，即可將選取範圍內的圖形放大至整個圖面。  2. **滑鼠滾輪**：滾動滑鼠滾輪時，圖形會從圖形中心點上下左右對稱放大。
	Pan X/Y	即 X 方向與 Y 方向的平移，使用上直接以按住滑鼠左鍵，然後進行圖面拖曳。滑鼠滾輪在此模式下無作用。
	Show Value	請參閱下面章節【數值顯示】。
	Preference	請參閱前面章節【偏好設定】。

2.1.1 數值顯示

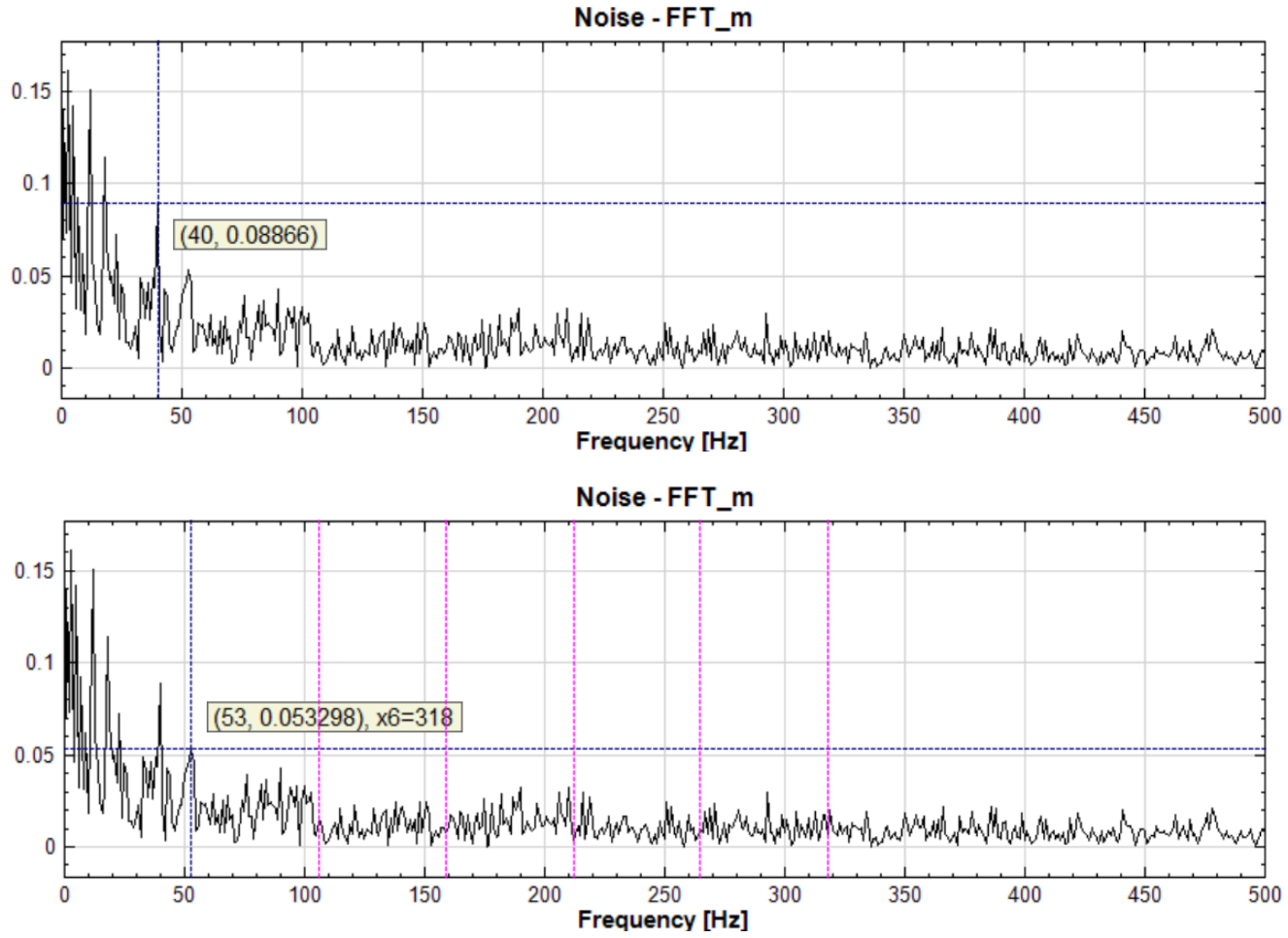
本功能有兩個按鍵： 左邊為啟用功能開關，右邊的含有下拉選單可選取模式。啟用功能後，點選一張圖（圖周邊會出現紅框），將滑鼠游標移至圖面便可見藍色十字線游標隨著移動，十字線交點為數據點所在，其數值會顯示於交點旁的標籤內，同時也會顯示在整個視窗最左下角的狀態欄，如下圖：



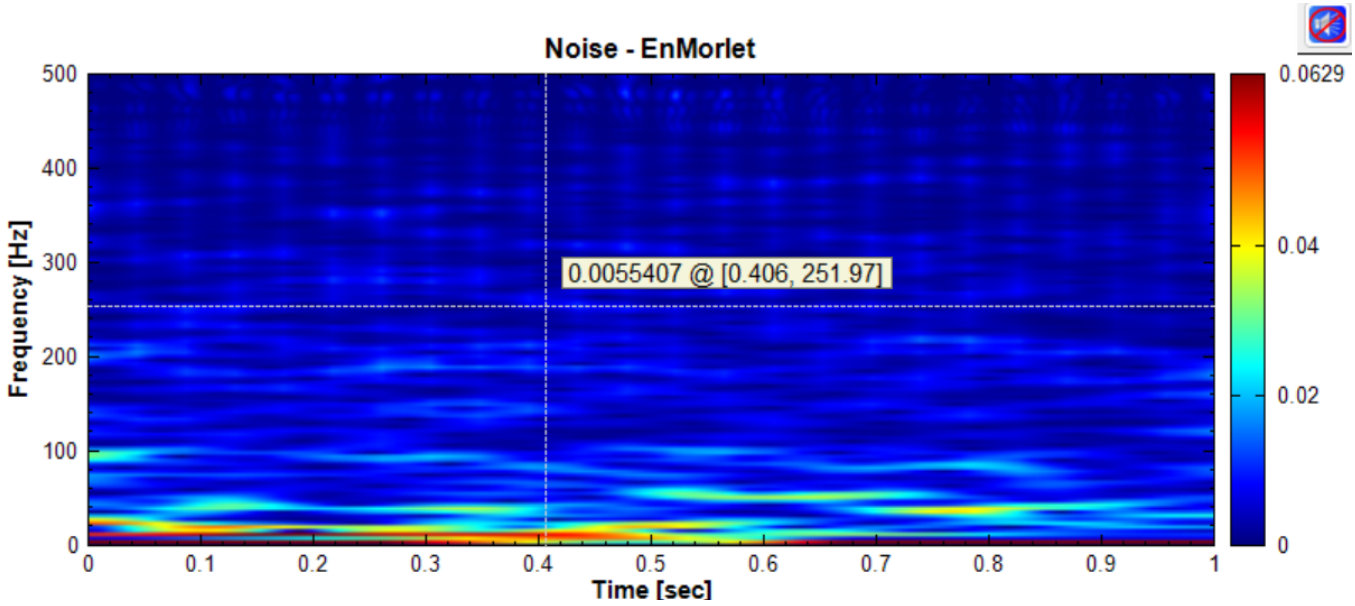
另一種開啟本功能的方式為直接在一張圖上雙擊滑鼠左鍵，即可開啟該圖的十字線游標。選取模式仍須在 右側的下拉選單中選取。

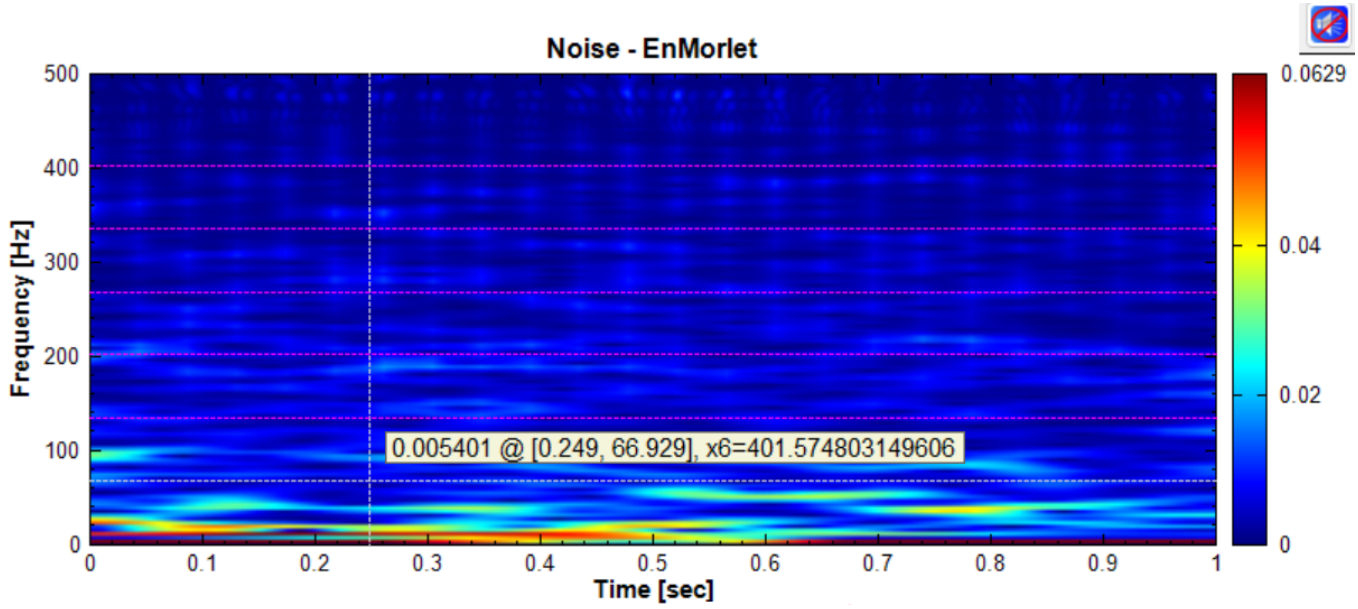
2.1.2 數值格式

標籤及狀態欄所顯示的資訊及格式會根據訊號類別、Viewer、模式等而有所改變。例如頻譜即頻譜之倍頻模式時如下圖：



時頻圖及時頻圖之倍頻模式時如下圖：





各種可能之格式如下表所詳列：

Table 2.2: 標籤及狀態欄格式

Viewer	訊號／模式	標籤格式	狀態欄格式
Channel Viewer	時間序列	`(t, v)`	`index = i, x = t, y = v`
Channel Viewer	頻譜	`(f, v)`	`index = i, x = f, y = v`
Channel Viewer	頻譜（倍頻模式）	`(f, v){倍頻資訊}`	`index = i, x = f, y = v`
XY Plot	時間序列（X）＋時間序列（Y）	`(vx, vy)`	`x = xv, y = yv`
Time-Frequency Viewer	時頻資料	`v @ [t, f]`	`x = t, y = f, val = v`
Time-Frequency Viewer	時頻資料（倍頻模式）	`v @ [t, f]{倍頻資訊}`	`x = t, y = f, val = v`

格式中數值說明如下：

- t：時間值
- f：頻率值
- v：資料值。
  - 在 Channel Viewer 時此值為 x 座標對應的 y 軸數值；
  - 在 Time-Frequency Viewer 時此值為 x, y 座標對應的數值，以顏色分佈顯示
- xv：與 y 軸時間序列同一時間點對應的的 x 軸時間序列數值

- *yv*：與 x 軸時間序列同一時間點對應的的 y 軸時間序列數值
- {倍頻資訊}：通常為最指標性的倍頻數及頻率。詳情請參閱下面章節【倍頻模式】。

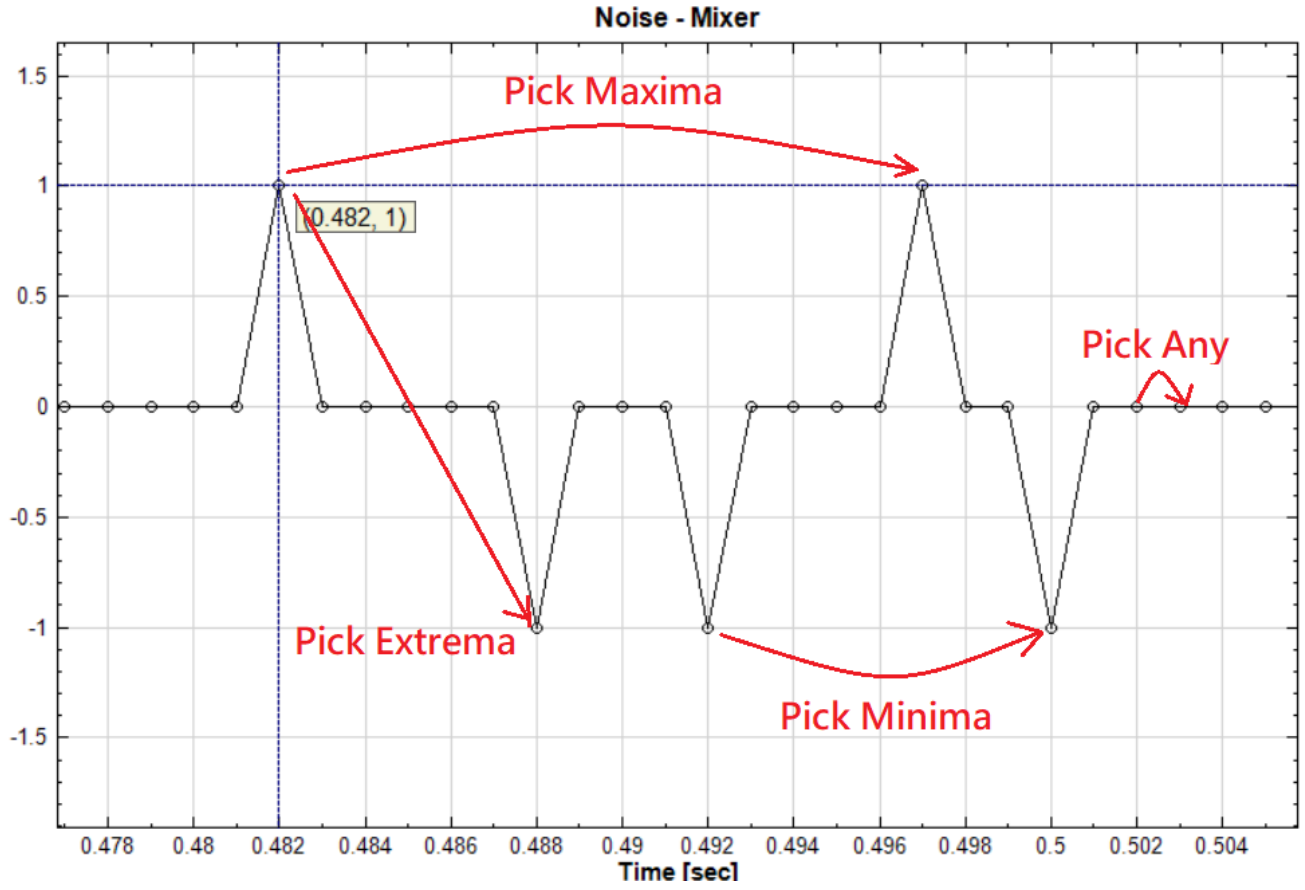
2.1.3 數值抓取模式

移動十字線時，十字線交點會由一個資料點移動到下一個資料點。Visual Signal 提供四種模式抓取下一個資料點的數值：

Table 2.3: 抓取數值模式

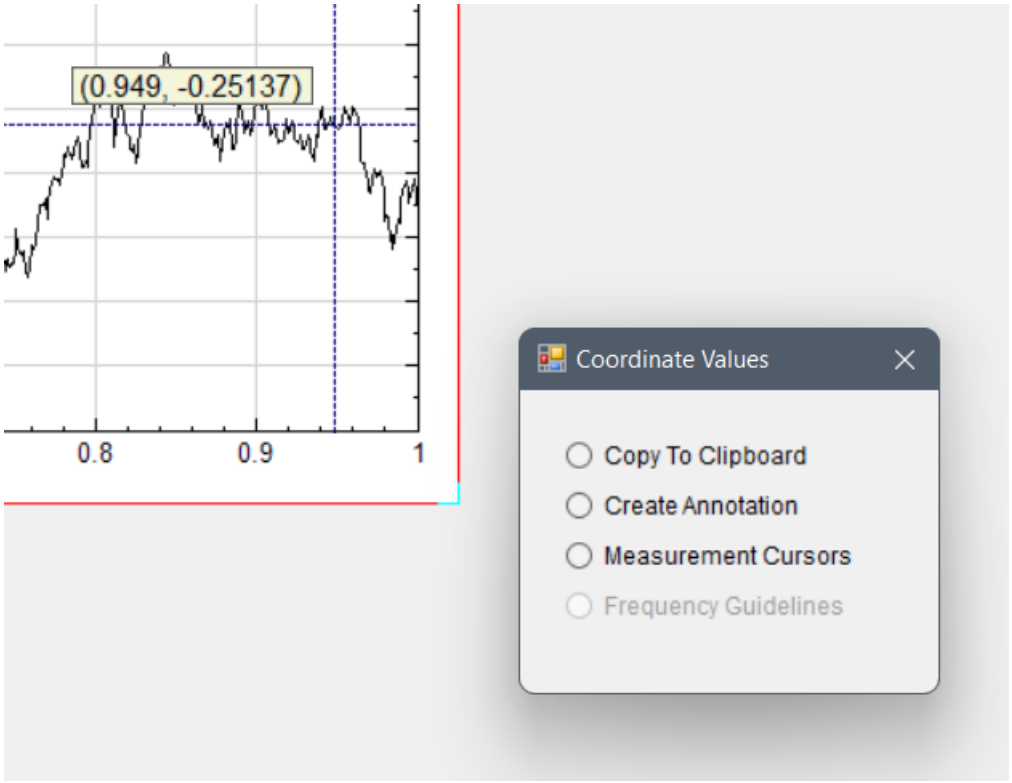
模式	說明
Pick Any	在任何資料點之間移動
Pick Maxima	只抓取一定範圍內之最大值在其間移動
Pick Minima	只抓取一定範圍內之最小值在其間移動
Pick Extrema	只抓取一定範圍內之極值在其間移動

可以透過右邊按鍵的下拉選單切換所需模式。下圖示意上述各模式：



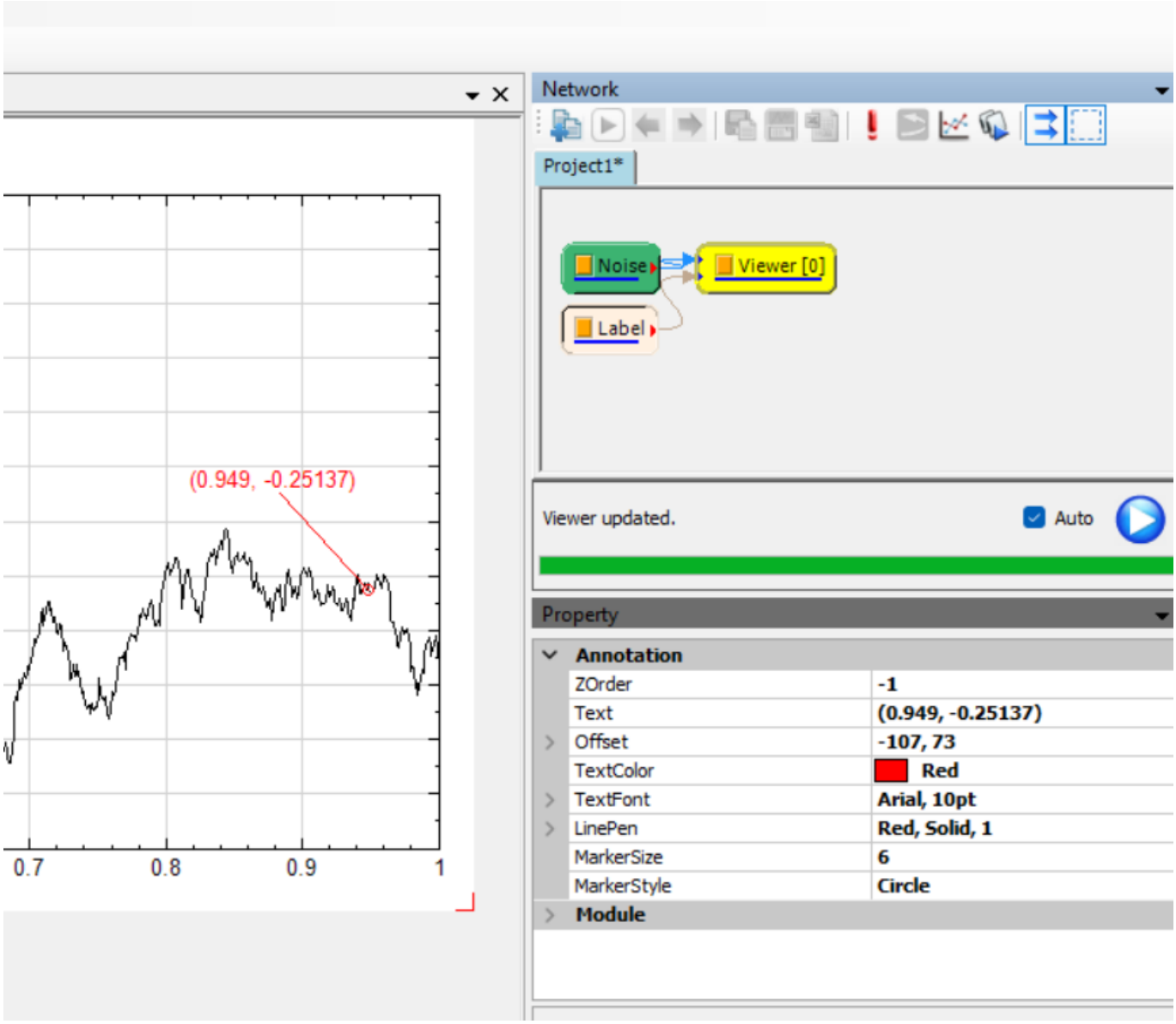
2.1.4 複製標籤及註釋元件

在移動十字交點時可以雙擊滑鼠左鍵或按下 Ctrl-C 鍵，則會啟動一個 Coordinate Values 多功能選擇對話窗，如下圖：



選擇第一個選項 Copy To Clipboard 則可將標籤文字複製到剪貼簿裡。之後便可以在可編輯文字的任何地方使用標準 Windows 快捷鍵 Ctrl-V 貼上剪貼簿內容。

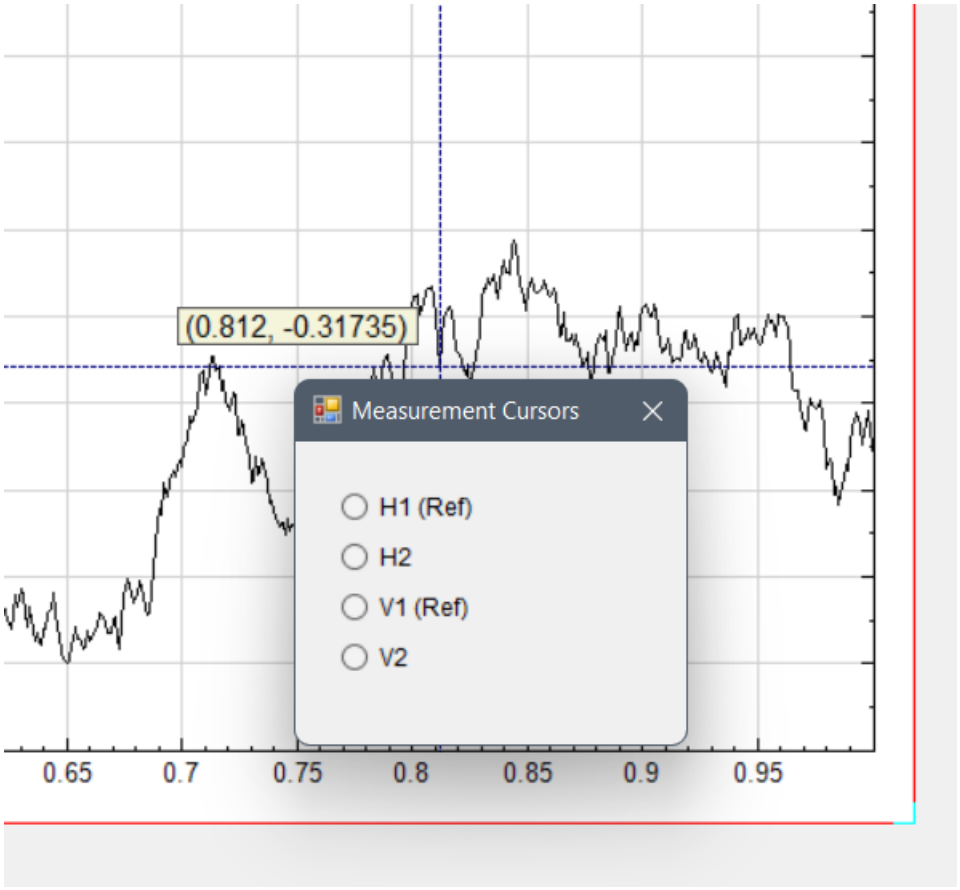
選擇第二個選項 Create Annotation 會自動由目前的 Viewer 元件產生一個標籤標註元件，如下圖：



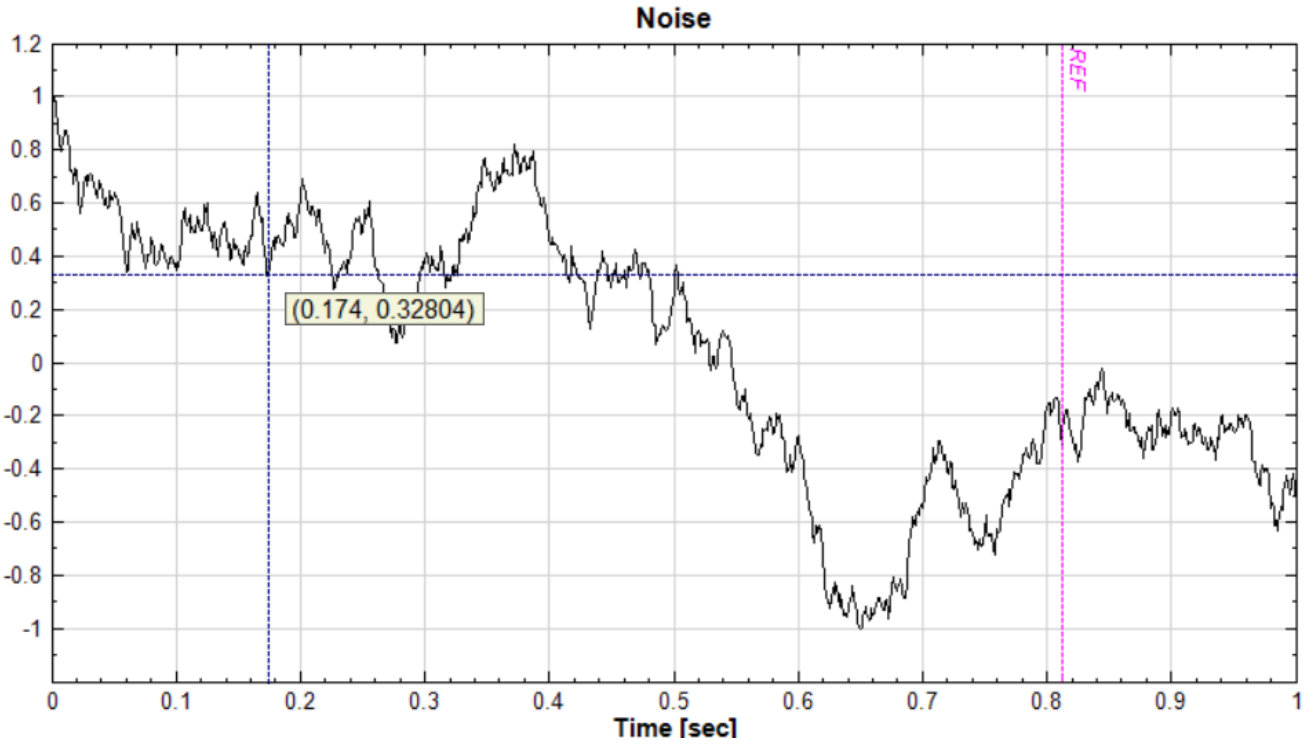
標籤標註與文字標註相似（請參閱【標註元件】），只是多了一個資料點標記及與文字標籤的連接線。如文字標註一樣，如果標籤位置不理想，可以在元件參數欄位裡修改位置，或是直接用滑鼠拖曳標籤至理想的位置。資料點標記則無法移動。標籤標註整體的顏色、文字的字形、連接線的粗細及線條類別，以及資料點標記的類別及大小等都可以在元件的參數欄位裡設定。

2.1.5 量測

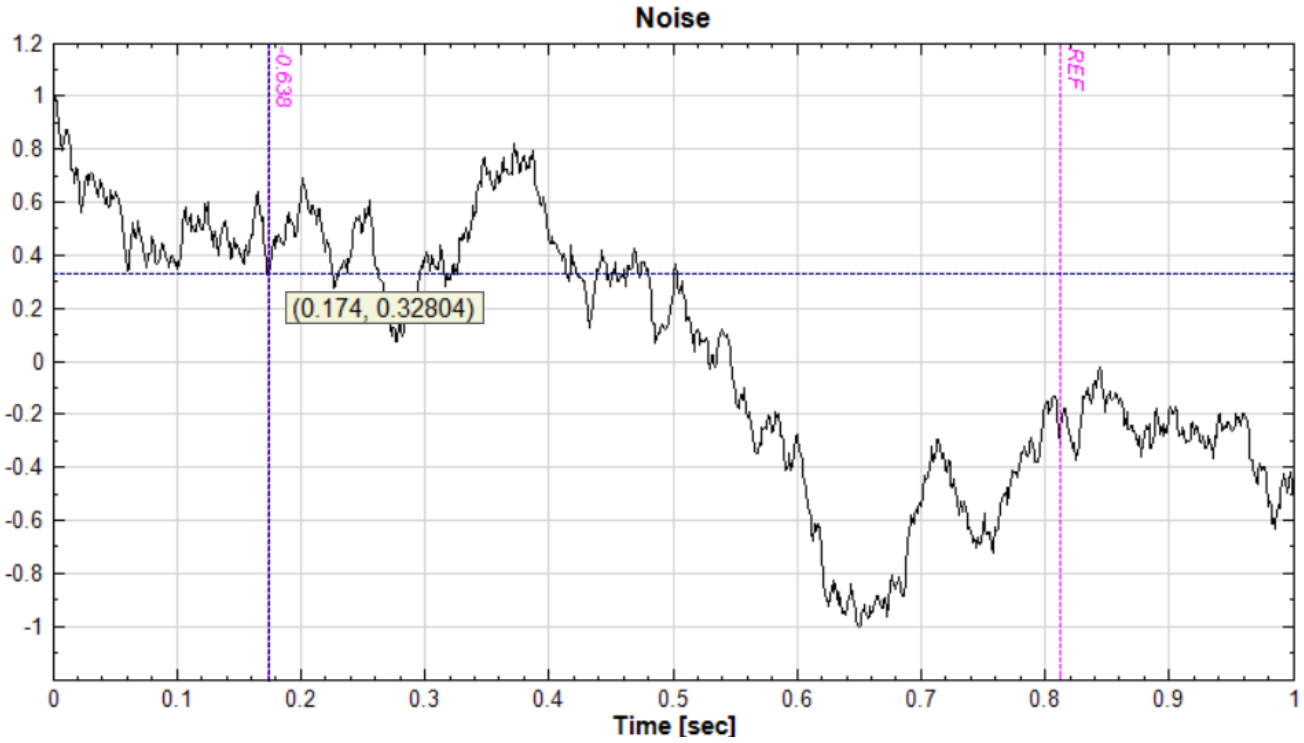
在【Coordinate Values 對話窗】中選擇第三個選項 Measurement 則會開啟 Measurement Cursors 選擇對話窗，如下圖：



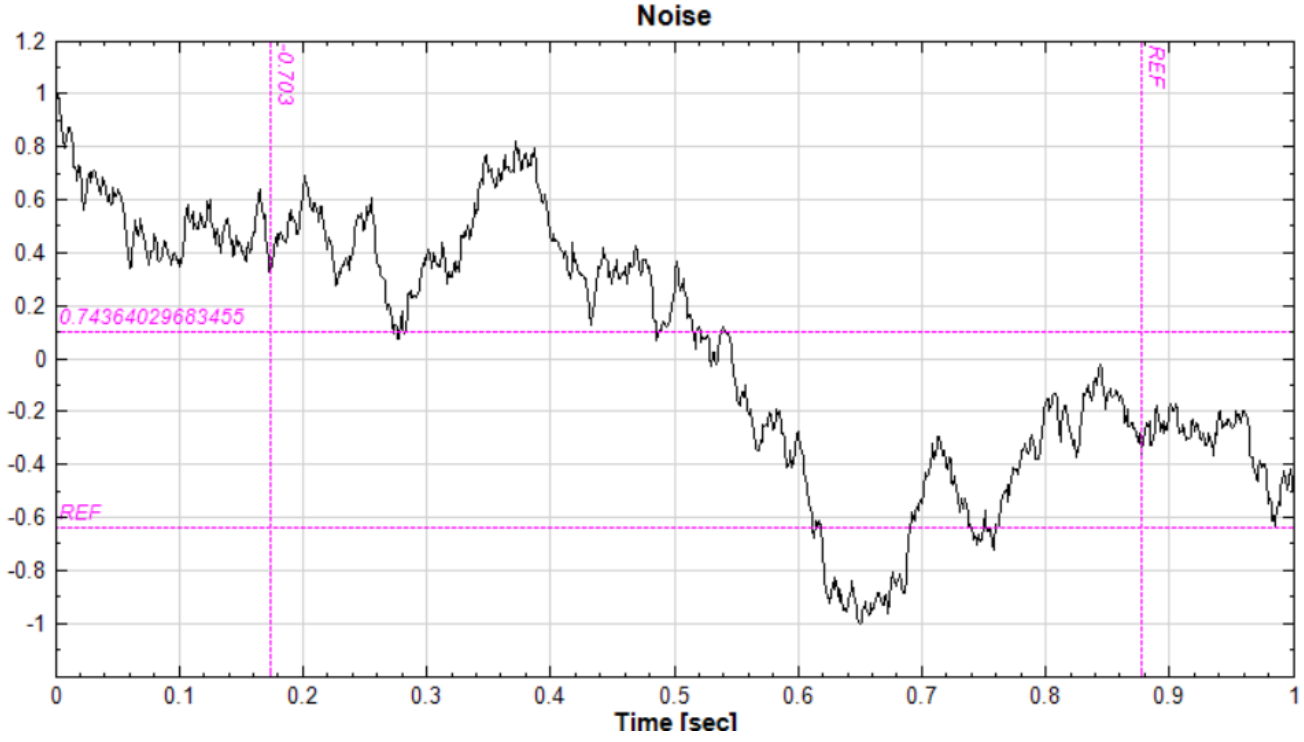
此對話窗運作類似示波器的量測功能，可以選擇將十字交點的座標設定為兩個水平游標（H1 (Ref) 或 H2）或兩個垂直游標（V1 (Ref) 或 V2）其中之一。下圖示範設定第一個水平游標：



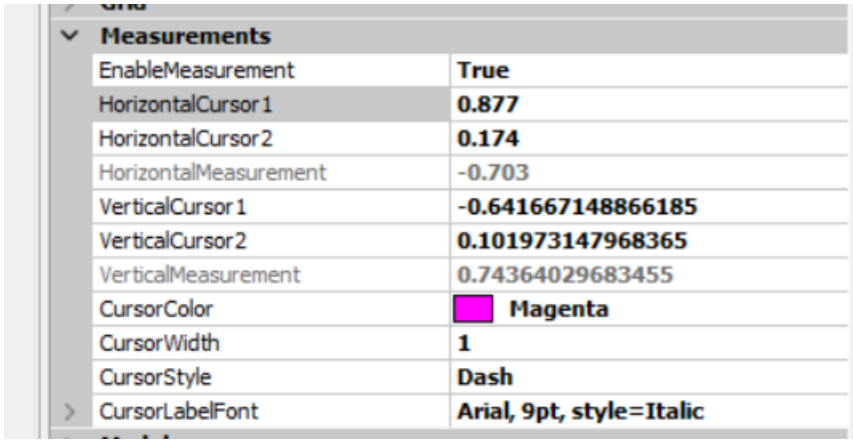
如圖所示，圖上會產生一條標記「Ref」的垂直線，此為第一個水平游標（H1），水平量測將會以這個位置為基準值 (Ref)。下圖示範設定第二個水平游標：



如圖所示，圖上會產生一條標記「-0.638」的垂直線，此為第二個水平游標（H2），水平量測將會計算 $H2 - H1$ 的距離並標記在第二游標上。下圖示範設定垂直游標 V1 (Ref) 及 V2：



設定游標後，Viewer 元件的參數欄位中會開啟一個 Measurement 類別的參數組，如下圖：



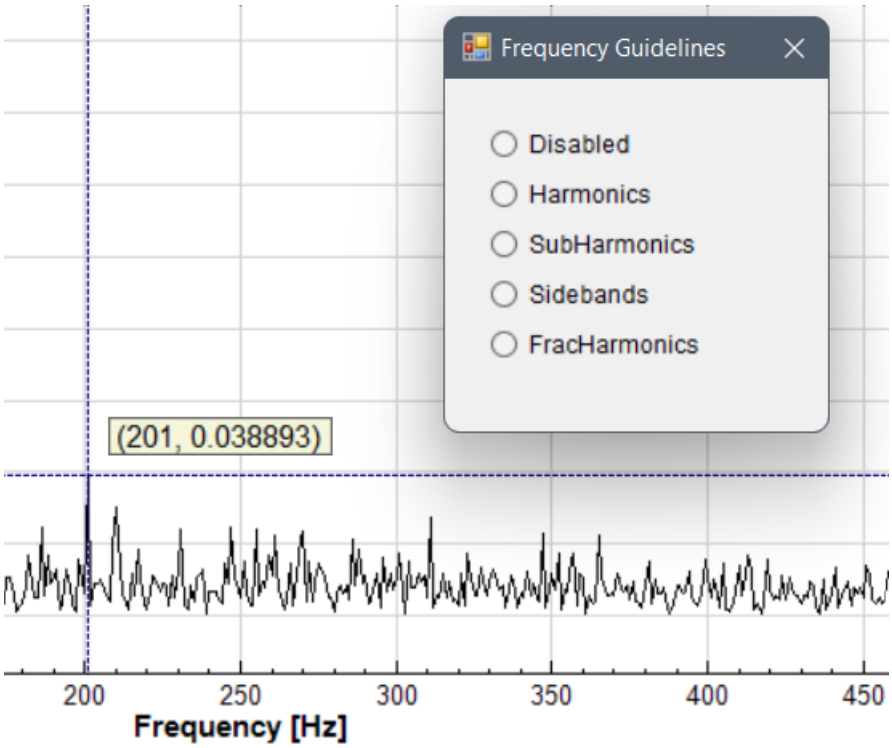
游標整體的顏色、線條的粗細類別、以及標記文字的字形等都可以在此設定。

此功能目前只支援【Channel Viewer】及【Time Frequency Viewer】。其他 Viewer 相關參數設定請參考對應 Viewer 章節之說明。

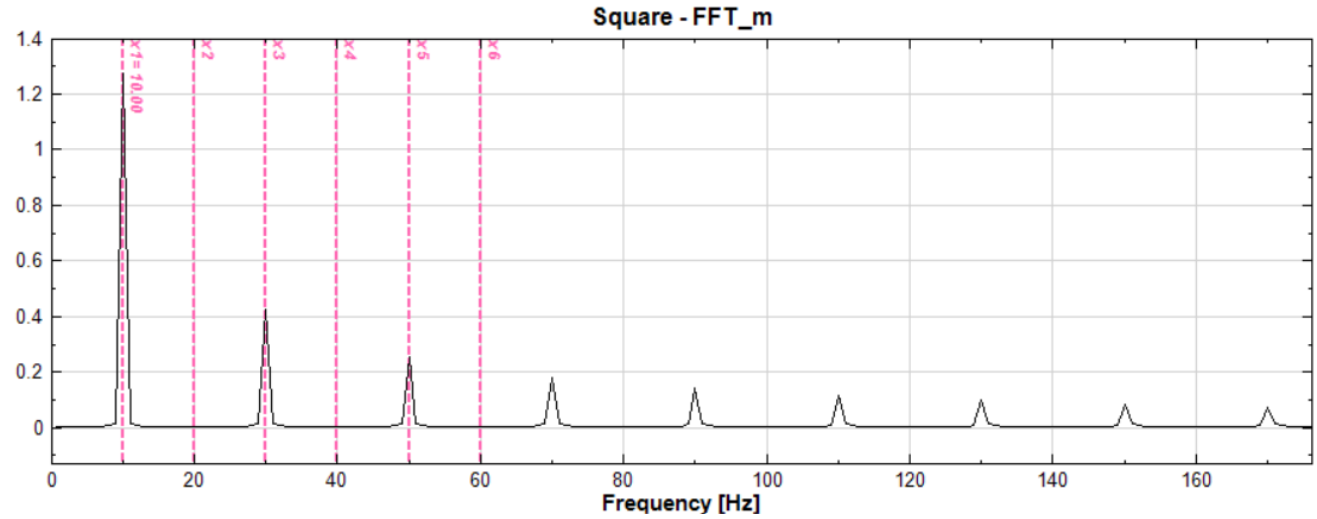
2.1.6 倍頻模式

Frequency Guidelines 對話窗

【Coordinate Values 對話窗】的最後一個選項是 Frequency Guidelines。如果 Viewer 顯示的資訊沒有任何頻率軸，則此選項無法使用。當 Viewer 顯示某種頻譜時（頻譜資料或是時頻資料），選擇此選項則會開啟 Frequency Guidelines 選擇對話窗，如下圖：



選擇任一倍頻類別則會在圖中畫上對應的倍頻線，以開啟【Coordinate Values 對話窗】時十字交點的座標為基頻。下圖示範在顯示方形波頻譜中開啟以 10 Hz 為基頻的倍頻線（預設為不包括基頻線 5 條倍頻線）：



同時 Viewer 元件參數欄位裡會開啟 Harmonics 類別的參數組，如下圖：

Harmonics	
Harmonics Type	Harmonics
Range Mode	Count
Fundamental	10
Last Frequency	60
Count	5
Unit	Hz
Color	HotPink
Line Width	2
Line Style	Dash
Label Mode	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	0.00
Label Font	Arial, 8pt, style=Bold, Italic

倍頻線整體的顏色、線條的粗細類別、標記文字的字形等等都可以在此設定。

此功能目前只支援【Channel Viewer】及【Time Frequency Viewer】。其他 Viewer 相關參數設定請參考對應 Viewer 章節之說明。

下表詳細解釋各種倍頻類別及倍頻線之標記文字（F 為十字交點所在之基頻, N 目前設定之最大倍頻數）：

Table 2.4: 倍頻類別及線條標記

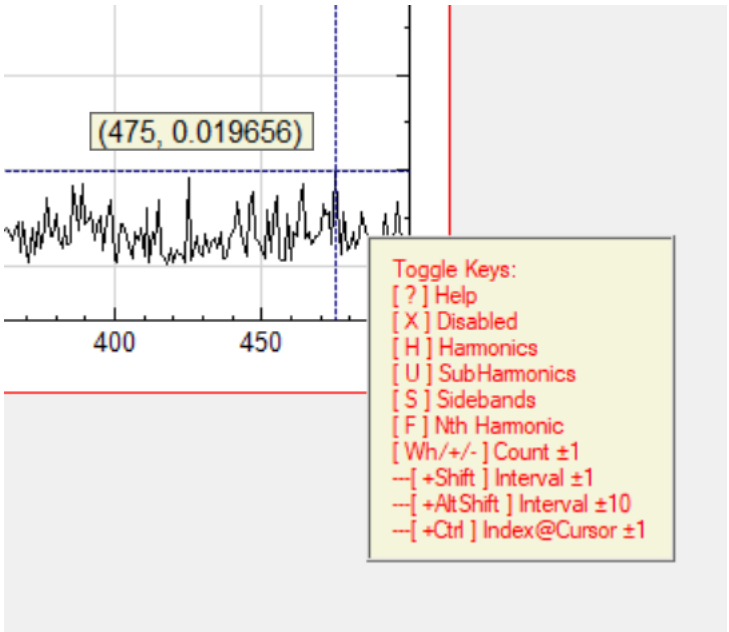
倍頻模式	說明	標記意義
倍頻	第 n 倍頻為 nF。 因預設倍頻數為 5 ，也就是基頻線除外有 5 條倍頻線，因此最高倍頻為 $6F$。	×1（基頻） ×2（第二倍頻） ×3（第三倍頻） … ×6（第六倍頻）
次頻	第 n 次頻為 F/n。 因預設次頻數為 5 ，也就是基頻線除外有 5 條次頻線，因此最小次頻為 $F/6$。	×1（基頻） ×1/2（第二次頻） ×1/3（第三次頻） … ×1/6（第六次頻）

倍頻模式	說明	標記意義
邊頻	第 n 邊頻為 $F \pm n\Delta$，Δ 為邊頻間隔 (interval)。 因預設邊頻數為 5 ，也就是基頻除外有正負各 5 條邊頻線，因此最高邊頻為 $F \pm 5\Delta$。	+5Δ（第五邊頻） … +1Δ（第一邊頻） ×1（基頻） −1Δ（第一邊頻） … −5Δ（第五邊頻）
分頻	將 F 等分為 N 份，第 n 分頻為 $(N-n+1)/NF$；亦可視為倍頻的相反，即十字交點頻率為第 N 倍頻 F_N，而基頻則為 F_N/N。	×6/6（基頻／第六倍頻） ×5/6（第一分頻／第五倍頻） … ×2/6（第五分頻／第一倍頻） ×1/6（第六分頻／基頻）

動態倍頻線模式

除了使用【Coordinate Values 對話窗】設定倍頻線之外，Visual Signal 還提供了另一種更直覺的方式。Viewer 在顯示頻譜資訊時可以在【顯示數值】模式中進入「動態倍頻線模式」，動態顯示以十字交點之頻率為基頻之所有倍頻線，並隨著十字交點移動。此時選好基頻的位置，再按下滑鼠左鍵則會固定倍頻線，此時功能等同上述在 Frequency Guidelines 對話窗中選擇同類別的倍頻線。以下詳細說明操作方法。

當第一次在頻譜圖中進入顯示數值模式時，會自動出現一個提示窗，顯示可用的控制鍵：



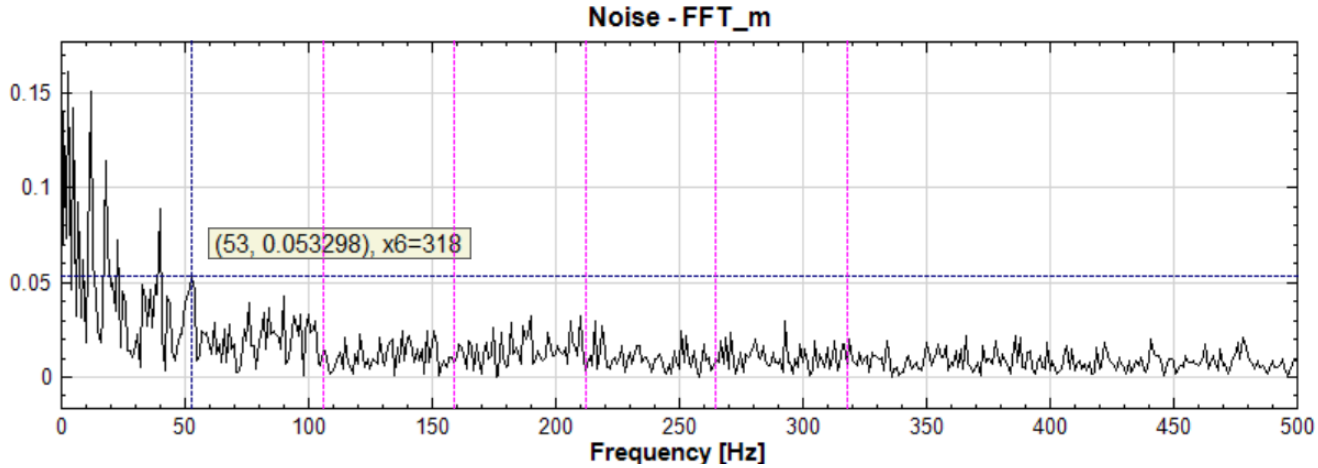
提示視窗會在十秒後自動消失。如要再開啟，可按「?」鍵。以下詳細解說各控制鍵：

Table 2.5: 倍頻模式控制鍵

切換鍵	功能	說明
?	提示視窗	開啟／關閉上圖之提示視窗。

切換鍵	功能	說明
X	關閉 Viewer 倍頻線	關閉 Viewer 中設定好之倍頻線。
H	倍頻	開啟／關閉倍頻線。基頻 F 為十字交點之頻率。
U	次頻	開啟／關閉次頻線。基頻 F 為十字交點之頻率。
S	邊頻	開啟／關閉邊頻線。基頻 F 為十字交點之頻率。
F	分頻 （第 N 倍頻）	開啟／關閉分頻線。基頻 F 為十字交點之頻率（或十字交點為第 N 倍頻，基頻為 F/N）。
滑鼠滾輪	控制頻率線數目	滾輪向上遞增頻率線數目，向下則遞減。
Shift+ 滾輪	控制邊頻間隔	Shift+ 滾輪向上遞增間隔 Δ，向下則遞減。預設 $\Delta = F/10$。
Alt-Shift + 滾輪	控制邊頻間隔	Alt+Shift+ 滾輪向上間隔加 10，向下則減 10。
Ctrl + 滾輪	控制偏移	Ctrl+ 滾輪向上時遞增偏移量 m，向下則遞減。偏移量為十字交點向基頻左或右側移至第 m 條倍頻線： • 當偏移量 $m = 0$ 時，十字交點在基頻上，移動時基頻隨著十字交點移動。 • 當偏移量 $m \neq 0$ 時，十字交點不在基頻，而是在其他倍頻上，基頻及其他倍頻會根據十字交點的位置及偏移數計算出來，並隨著十字交點移動。此時偏移數會顯示在十字交點標籤中。

按下倍頻類別的切換鍵（H、U、S、或 F）即可開啟倍頻線。下圖以「倍頻」（H）為例：



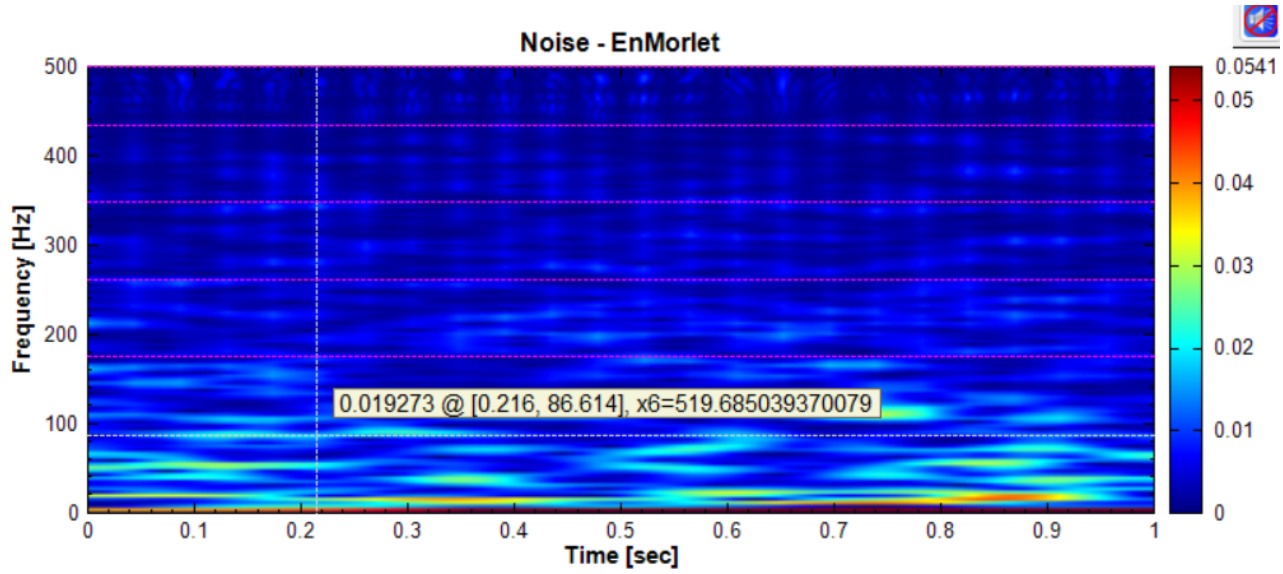
可以看到以十字交點為基頻，另外又畫了預設之 5 條與十字線不同顏色之倍頻線。這些線會跟著十字交點移動，方便使用者根據頻譜內容對齊倍頻。十字交點之標籤內容會增加倍頻資訊，不同倍頻模式下十字交點的標籤所顯示的資訊也不同，如下表（參數皆為預設值）：

Table 2.6: 倍頻模式標籤

倍頻模式	標籤格式中之倍頻資訊	備註
倍頻	×6=6F 偏移時： [×m],×6=6F	顯示目前設定之最高倍頻。 因預設倍頻數為 5 ，也就是基頻線除外有 5 條倍頻線，因此最高倍頻為六倍基頻 (×6=...)。
次頻	×1/6=F/6 偏移時： [×1/m],×1/6=F/6	顯示目前設定之最小次頻。 因預設次頻數為 5 ，也就是基頻線除外有 5 條次頻線，因此最小次頻為 1/6 基頻 (×1/6=...)。
邊頻	N=5,Δ=F/10 偏移時： [±mΔ], N=5,Δ=F/10	顯示目前設定之邊頻數以及邊頻間隔。
分頻	×1/6=F/6 偏移時： [×m/6],×1/6=F/6	顯示目前設定之最小分頻。 因預設分頻數為 5 ，也就是基頻線除外有 5 條分頻線，因此最小分頻為 1/6 基頻 (×1/6=...)。亦或視 F/6 為基頻，十字交點頻率則為該基頻之第 6 倍頻。

【Time-Frequency Viewer】也有同樣功能，依照所顯示的二維資訊類別，所顯示的倍頻線會有不同的方向：

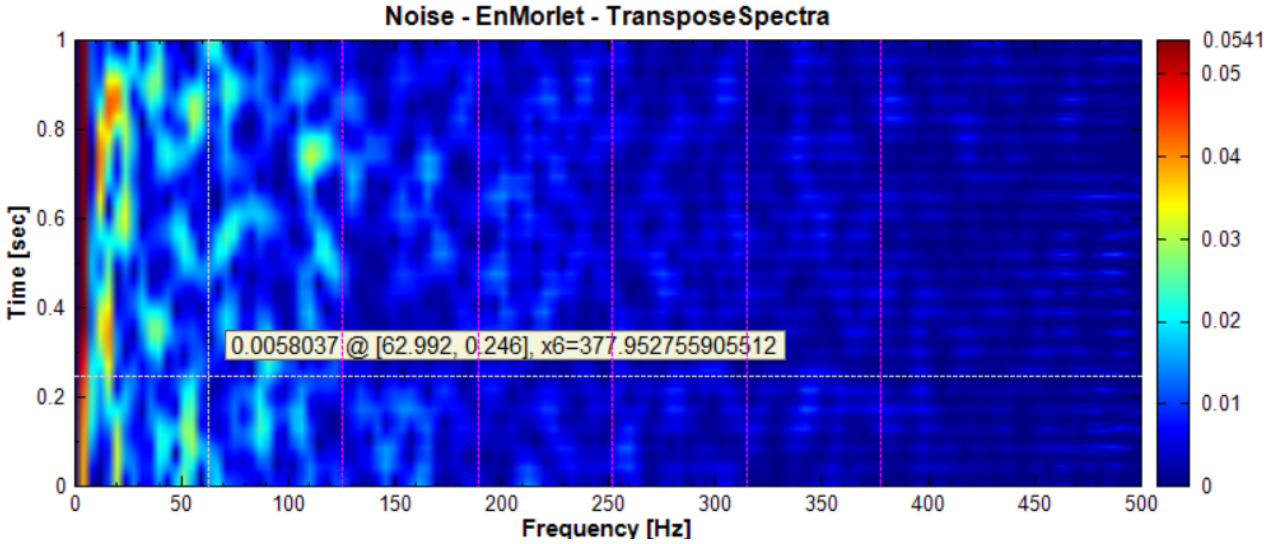
- 正常的時頻圖（即 Y 軸為頻率軸）— 水平倍頻線，如下圖：



Viewer 元件中對應的參數欄位如下圖：

Y-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	**Harmonics**
Range Mode	**Count**
Fundamental	**0**
Last Frequency	**0**
Count	**5**
Unit	**Hz**
Color	**Yellow**
Line Width	**2**
Line Style	**Dash**
Label Mode	**Show Fundamental Frequency**
Frequency Label Format	**0.00**
Label Font	**Arial, 8pt, style=Bold, Italic**

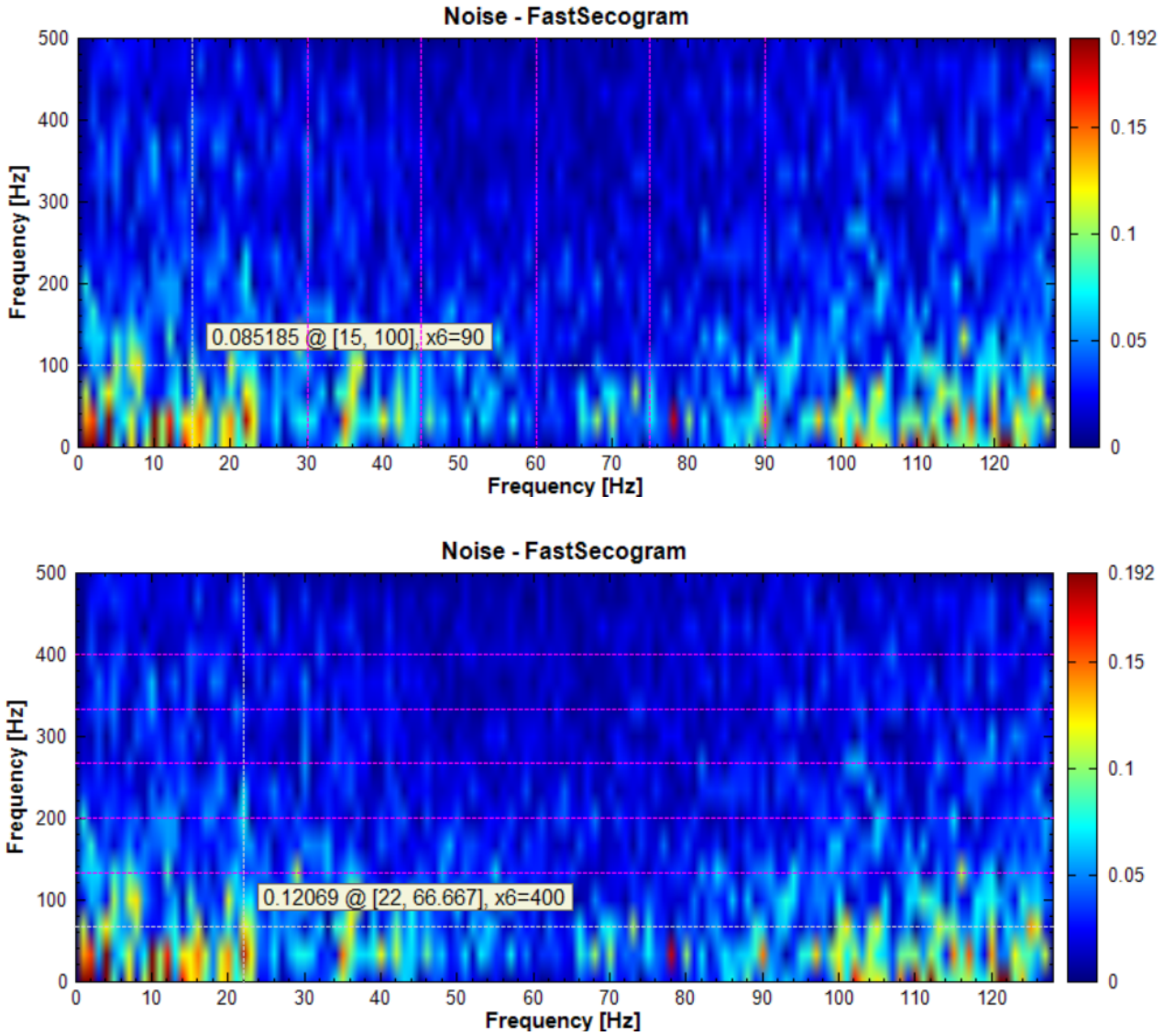
- 經過【Transpose Spectra】的時頻圖（X 軸為頻率軸）— 垂直倍頻線，如下圖：



Viewer 元件中對應的參數欄位如下圖：

X-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	**Harmonics**
Range Mode	**Count**
Fundamental	**0**
Last Frequency	**0**
Count	**5**
Unit	**Hz**
Color	**Yellow**
Line Width	**2**
Line Style	**Dash**
Label Mode	**Show Fundamental Frequency**
Frequency Label Format	**0.00**
Label Font	**Arial, 8pt, style=Bold, Italic**

- 【Secogram】（X、Y 軸皆為頻率軸）— 可重複按下同一個倍頻模式的切換鍵（H、U、S、或 F）依次切換「X 軸垂直線」→「Y 軸水平線」→「關閉」，如下圖：

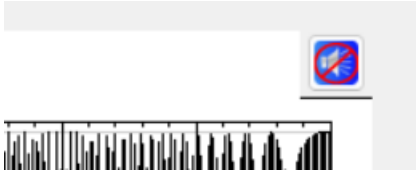


Viewer 元件中對應的參數欄位如下圖：

X-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	Harmonics
Range Mode	Count
Fundamental	0
Last Frequency	0
Count	5
Unit	Hz
Color	Yellow
Line Width	2
Line Style	Dash
Label Mode	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	0.00
Label Font	Arial, 8pt, style=Bold, Italic
Y-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	Harmonics
Range Mode	Count
Fundamental	0
Last Frequency	0
Count	5
Unit	Hz
Color	Yellow
Line Width	2
Line Style	Dash
Label Mode	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	0.00
Label Font	Arial, 8pt, style=Bold, Italic

2.2 播放功能

若【Channel Viewer】繪出的資料為音源訊號，則在圖面的右上角可以見到播放功能狀態圖示 （一開始為停止撥放狀態），如下圖：



點擊 則打開撥放功能控制項，如下圖：

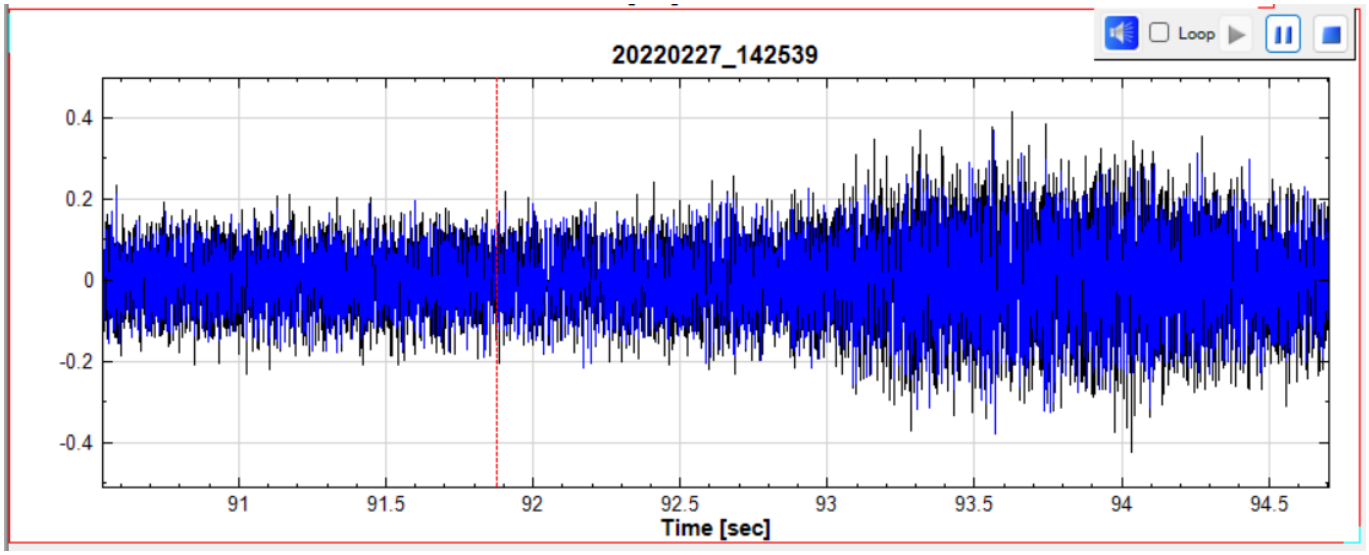
下表說明控制項中各圖示功能：

Table 2.7: 播放控制項功能

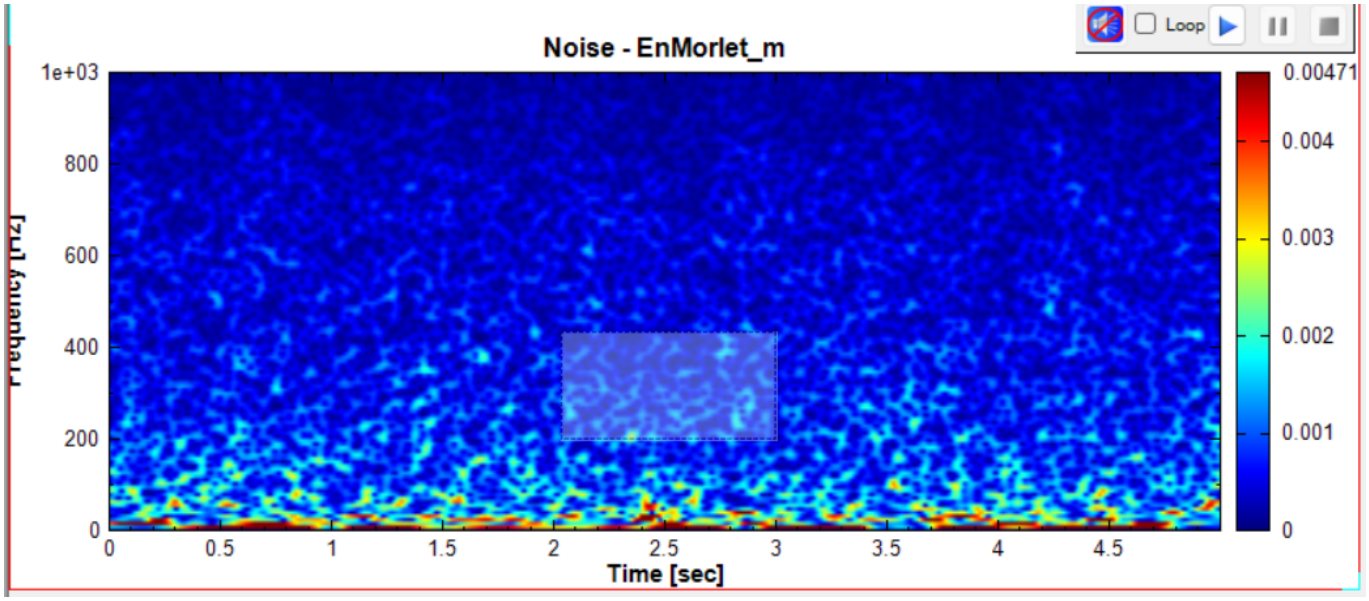
圖示	說明
	播放狀態指示燈。
	為重複播放鍵，勾選後訊號會重複播放。

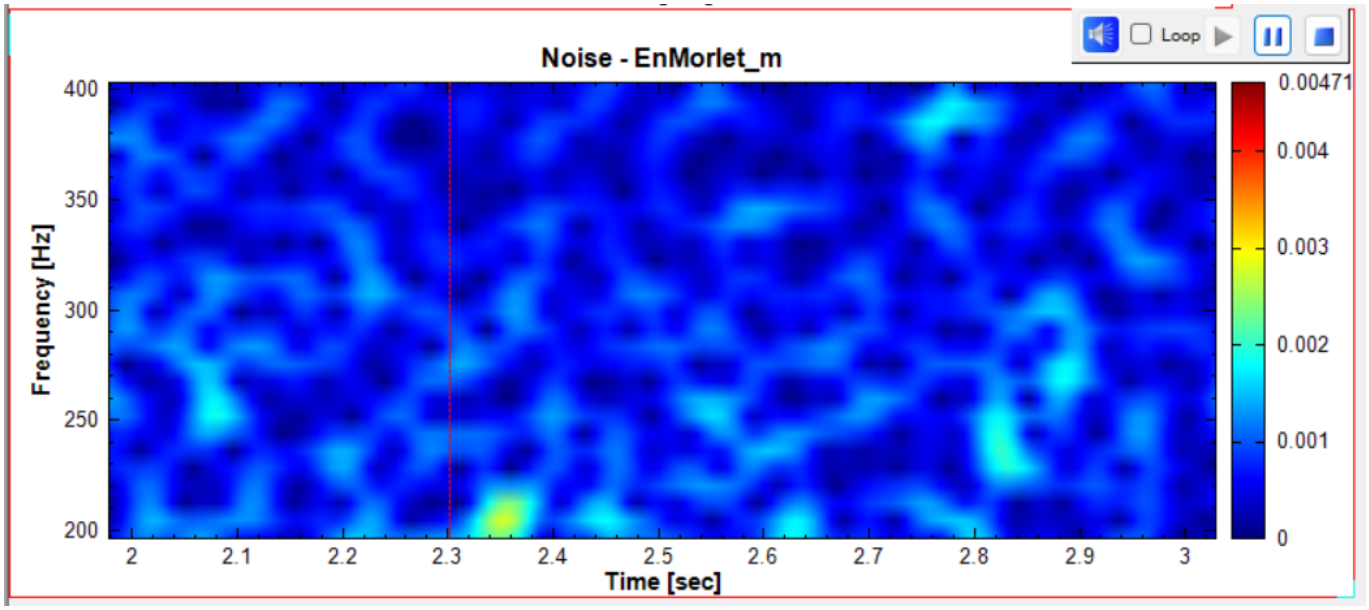
圖示	說明
	為開始鍵，按下後即可開始播放音源資料。
	為暫停鍵，開始播放後可以使用此鍵暫時停止播放。
	為停止鍵，開始播放後可用此鍵中止播放程序。

在【Channel Viewer】中可利用 的功能取一時段，撥放時則只會撥放該時段的音頻資料。撥放音頻時，會有一條紅色的撥放線隨著撥放時間進行在資料上捲動，如下圖：



若【TF Viewer】繪出的時頻資料之時間軸不是時間日期軸，單位為秒，然後頻率軸最高頻率在 192KHz 以下，則也有同樣播放的功能。【TF Viewer】還有額外的功能，即可利用 、 、 功能取任何時段及頻段來撥放，頻段以外的資訊則會經過內建的濾波器濾掉。此功能可讓使用者快速的檢視聆聽特定頻段資訊而不必連接濾波器元件重新計算。下圖示範使用 將 Pink Noise 的時頻圖取一段 1 秒 200 ~ 400 Hz 的音頻來撥放：





2.3 功能控制

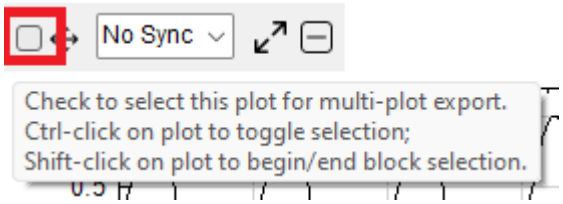
Visual Signal 擁有控制圖形各項功能的的工具，當滑鼠移至每張圖的上緣，就會出現一組控制項，這組控制項包括多個功能：選擇、移動、同步／群組、最大化、關閉。以下章節詳細說明各項功能。

2.3.1 圖形選擇

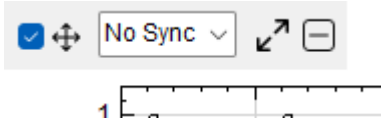
由主選單或工具列執行【複製圖至剪貼簿】與【匯出圖至檔案】功能時，預設行為是複製或是匯出繪圖視窗中列出之所有圖。Visual Signal 提供兩種方法可以選擇一個或多個欲輸出之圖形。

圖形選擇核取方塊（Checkbox）

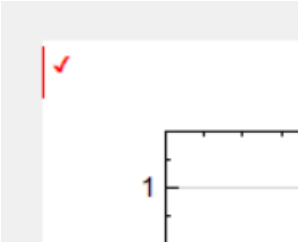
如本章節【功能控制】開頭所述，每張圖上緣的控制項中有一個圖形選擇核取方塊（Checkbox），如將滑鼠游標移至核取方塊上停留數秒，則會出現一說明方塊，如下圖：



將之核取（打勾）之後則如下圖：



控制項縮回圖左緣後會留下一個打勾的標記，表示該圖已被選擇，如下圖：



當有一個或多個圖形被選擇後，只有被選擇的圖才會被複製或匯出。如果再用控制項將所有被選擇的圖之核取方塊清除後，則又會開始複製或匯出所有的圖。

此外，按下 Esc 鍵也可以清除繪圖區中所有被選擇的圖。

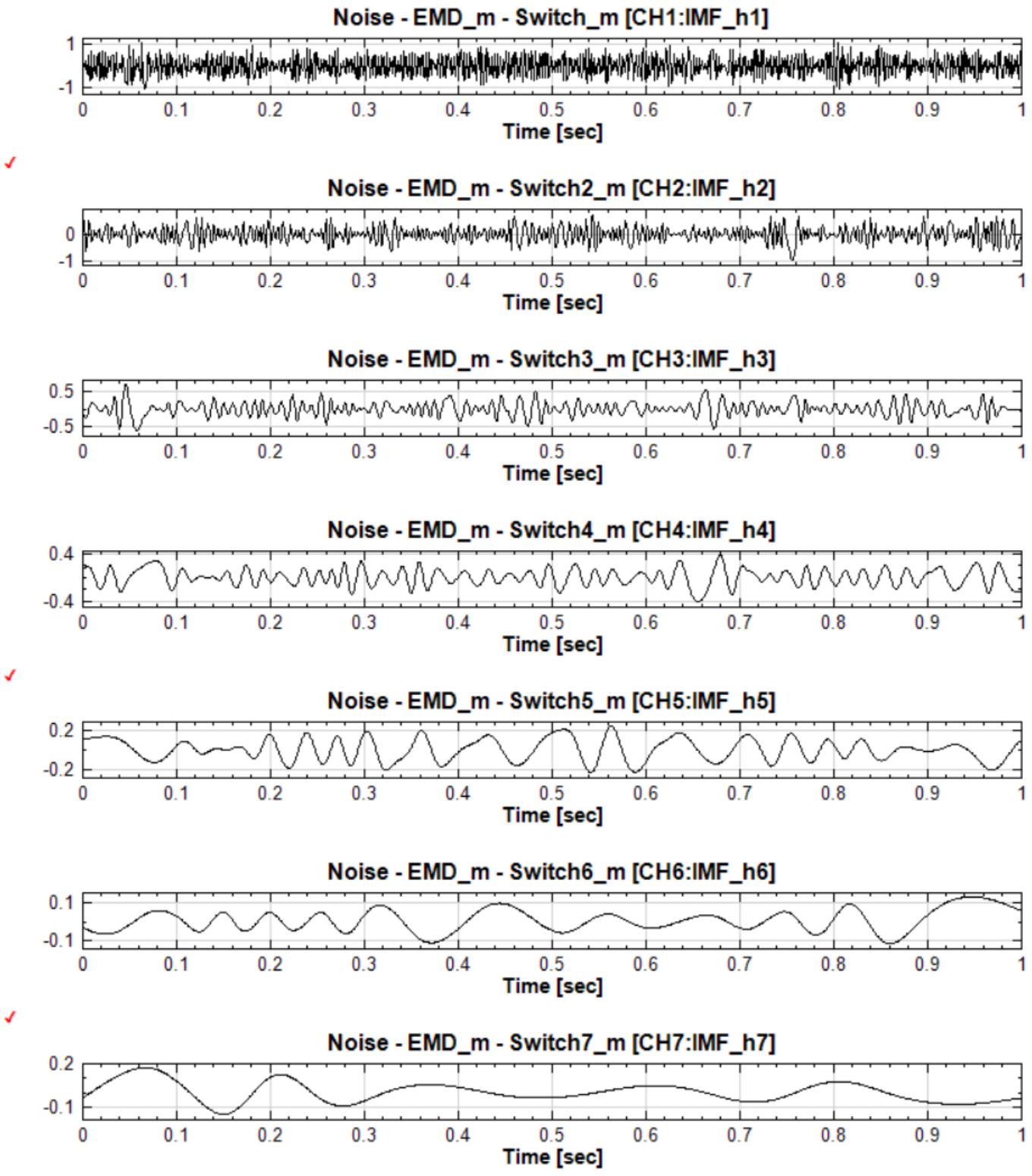
滑鼠左鍵點選

Visual Signal 還提供另一種更直覺的方式使用滑鼠點選／清除欲複製或匯出的圖形。

如說明方塊所述，使用滑鼠點選圖形有以下兩種模式：

* 單圖切換點選／清除

按下 Ctrl 鍵不放，同時使用滑鼠左鍵點擊欲選擇之圖任何一處，則等同上述使用核取方塊，可切換該圖被選擇或清除選擇的狀態。選擇後圖之左上角會顯示打勾圖示。下圖示範勾遠圖二（IMF_h2）、圖五（IMF_h5）、圖七（IMF_h7）：



同上，按下 Esc 鍵也可以直接清除繪圖區中所有被選擇的圖。

* 區塊選擇

如果想要選擇一連串的圖（以下稱為區塊），則必須設定區塊的「起始」與「結束」；

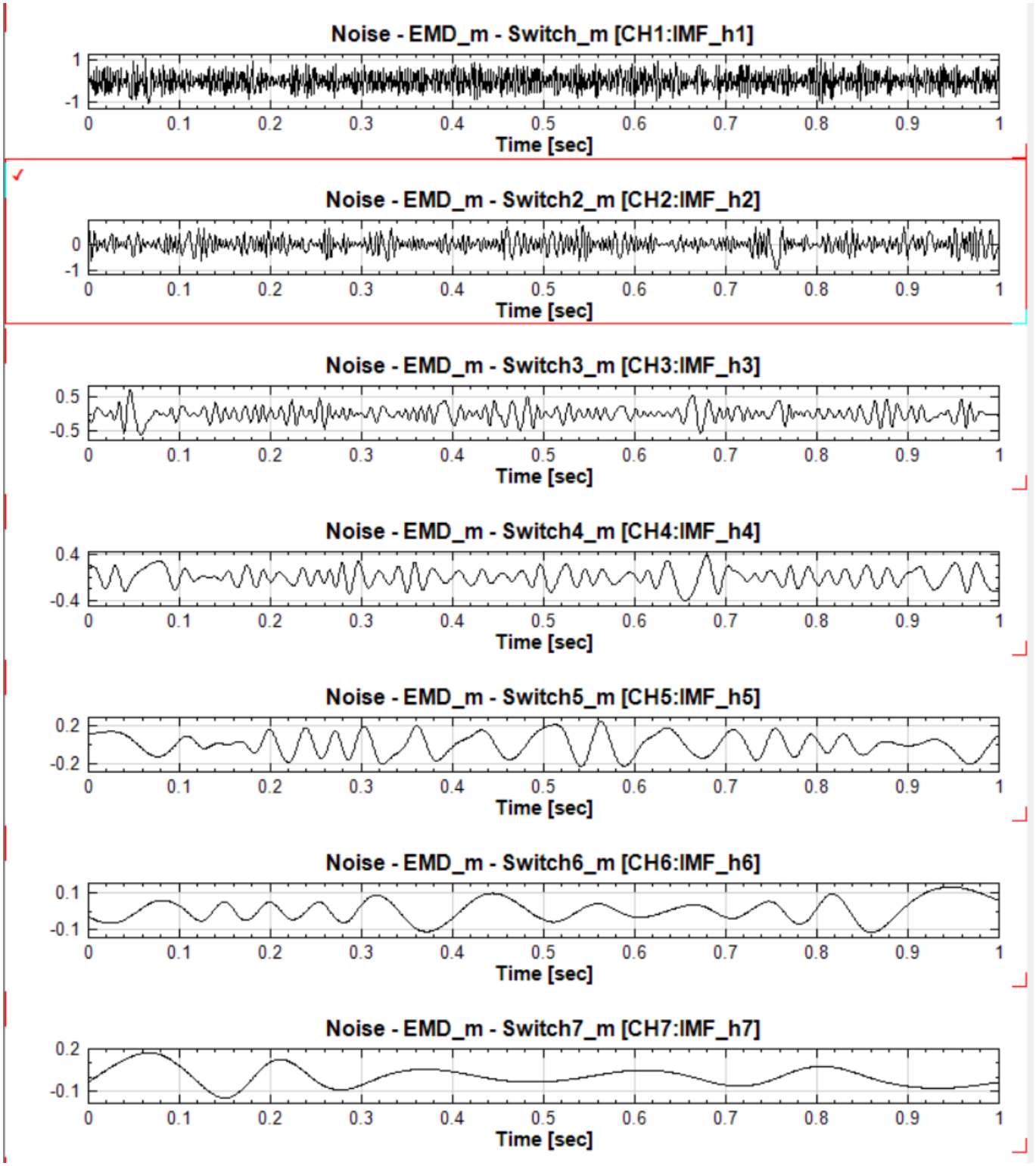
設定區塊起始有以下三種方法：

- 任何時候使用如上述使用 Ctrl + 滑鼠左鍵點選的方式選擇／清除圖時，該圖則會被設定為區塊起始。
- 第一次使用滑鼠左鍵點選方式選擇圖時，按下 Shift 不放用滑鼠左鍵點選圖，則該圖會被設定為區塊起始。

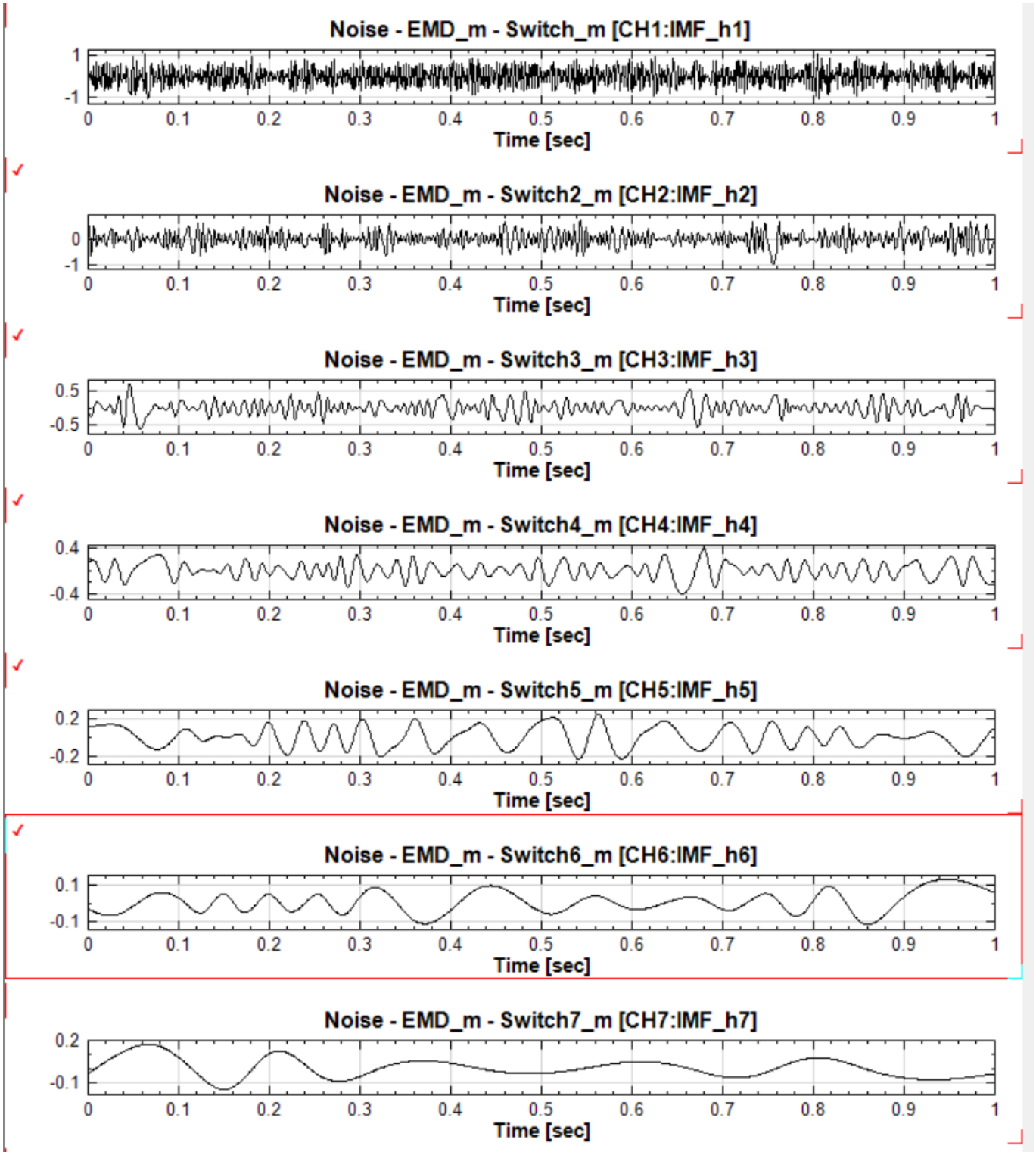
- 按下 Esc 鍵清除所有選擇後，使用 Shift + 滑鼠左鍵點選圖，則該圖會被設定為區塊起始。

區塊起始設定好後，接下來用 Shift + 滑鼠左鍵點選任何圖則會將該圖設定為區塊結束（不分前後順序），直到區塊起始被上述三種方式之一重設。設定好區塊起始與結束後，區塊內所有的圖都會被選取，並清除區塊以外所有圖的選取狀態。因此，如欲選擇一個區塊的圖加上零星其他個別的圖，則必須先選擇區塊再用 Ctrl + 點選選擇其他圖。

下圖示範在圖二（IMF_h2）設定區塊起始：



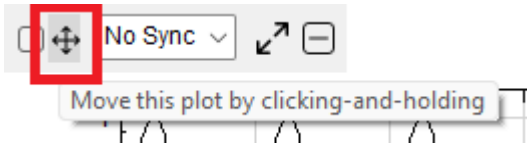
下圖示範在圖六（IMF_h6）設定區塊結束，勾選圖二～圖六所有的圖：



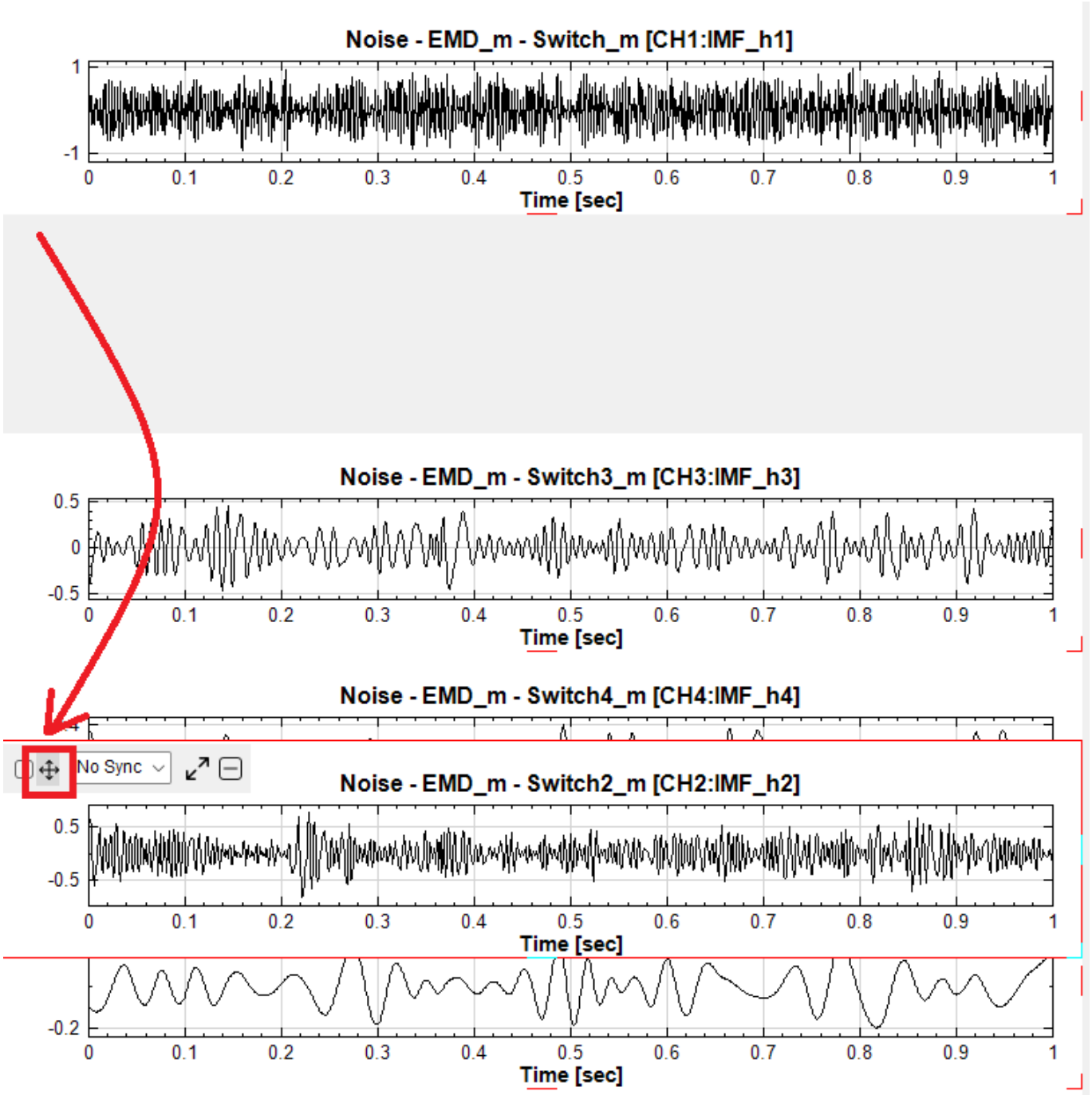
2.3.2 移動圖形

Visual Signal 提供兩種方法可以改變圖的順序。第一種方法是在 Viewer 的參數欄位裡面改變 ListOrder 參數，繪圖區會依照各圖 List Order 參數裡面設定的數目大小排序。詳情請看【繪圖元件】章節。

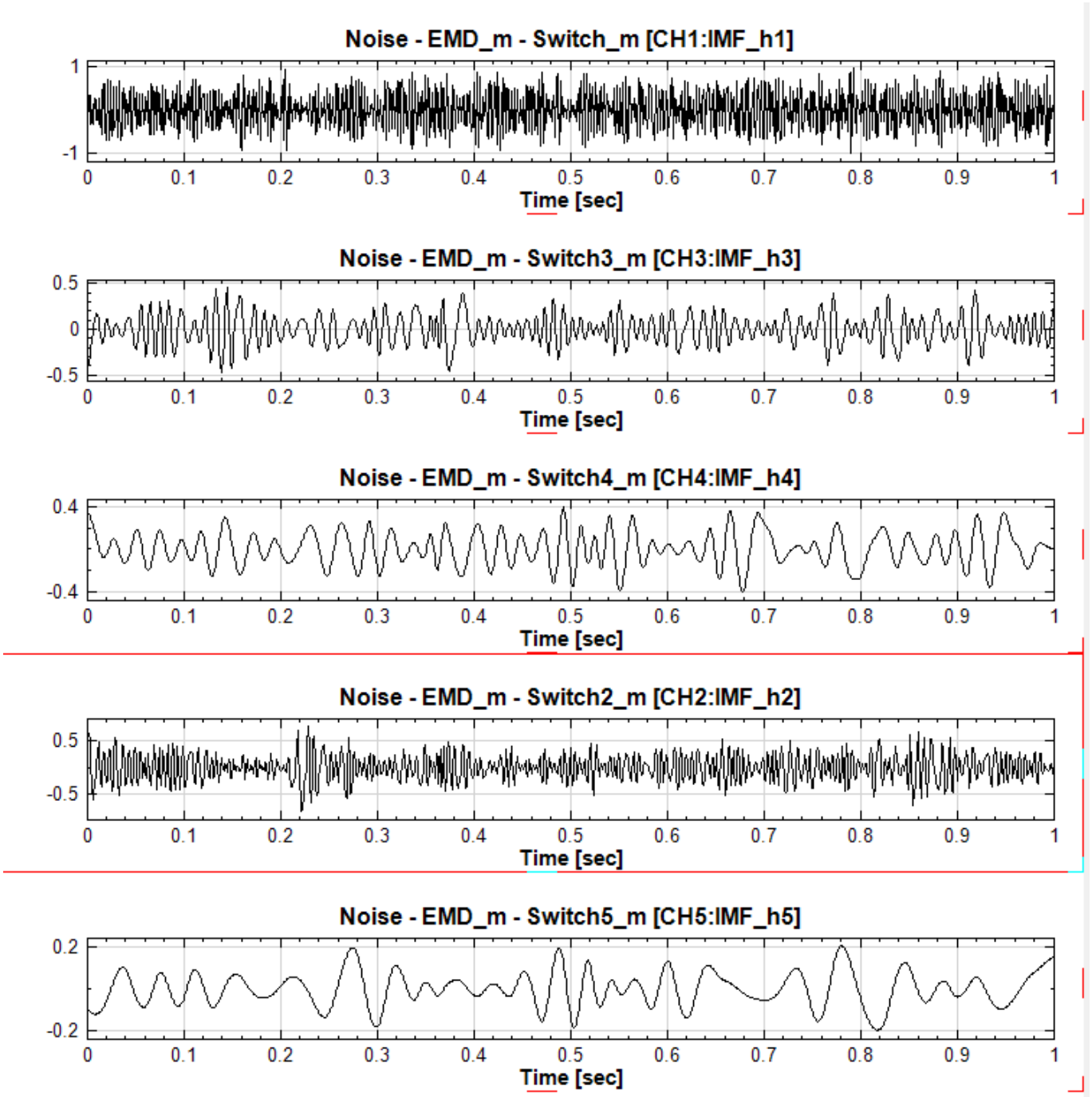
其二如本章節【功能控制】開頭所提，每張圖上緣的控制項中有一個四方箭頭圖示! Move，使用者把游標置於並按下滑鼠左鍵，往上或往下拉就能使圖向上或者向下移動，改變圖的上下順序，見下圖：



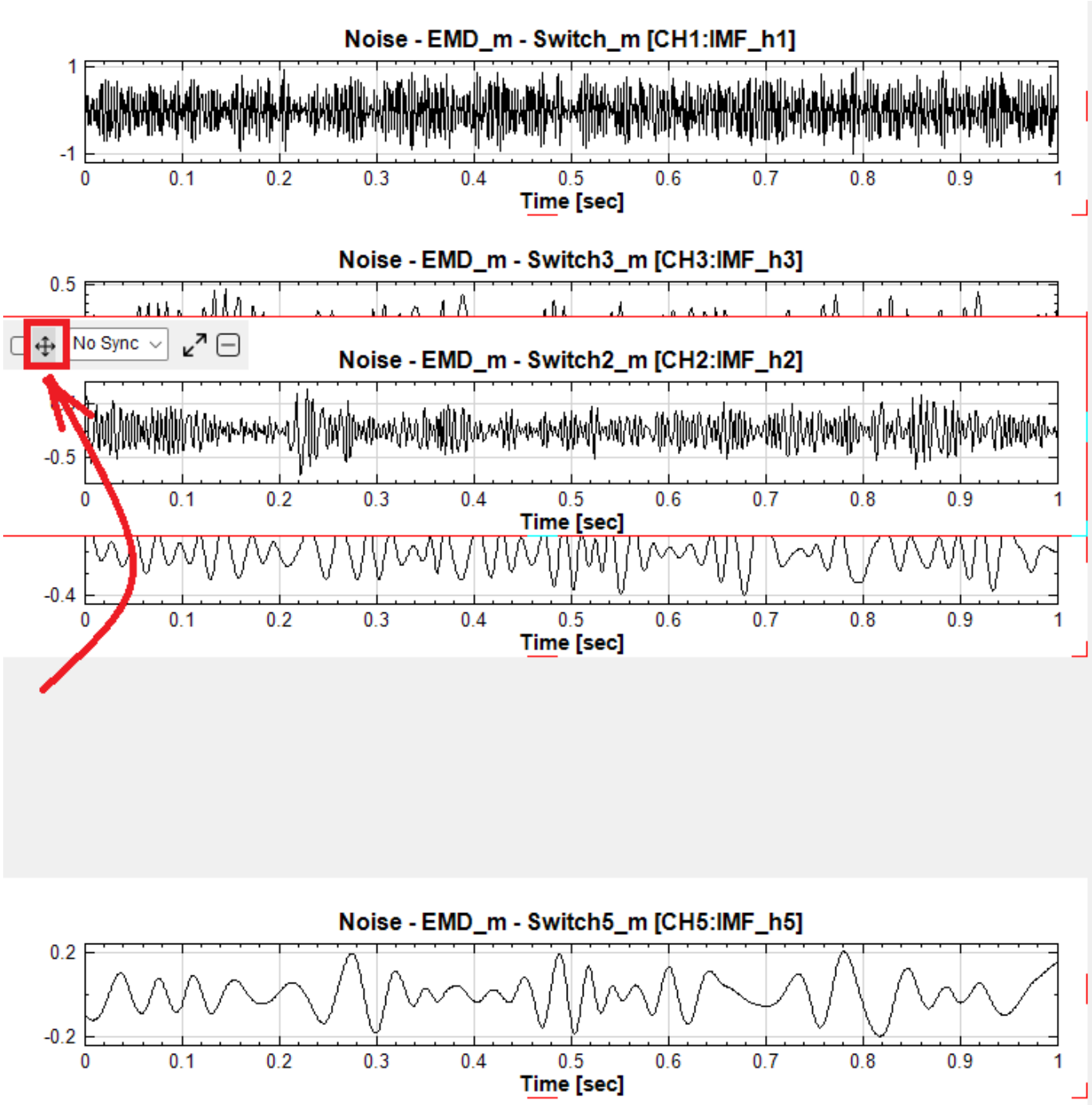
往下移圖時，將移動圖之上緣移至別圖的範圍內，則會將移動圖插入該圖之下，也就是說會代替該圖的位置，將之上推。下圖示範將圖二（圖標題含 IMF_h2）向下移至圖四（IMF_h4）範圍內：



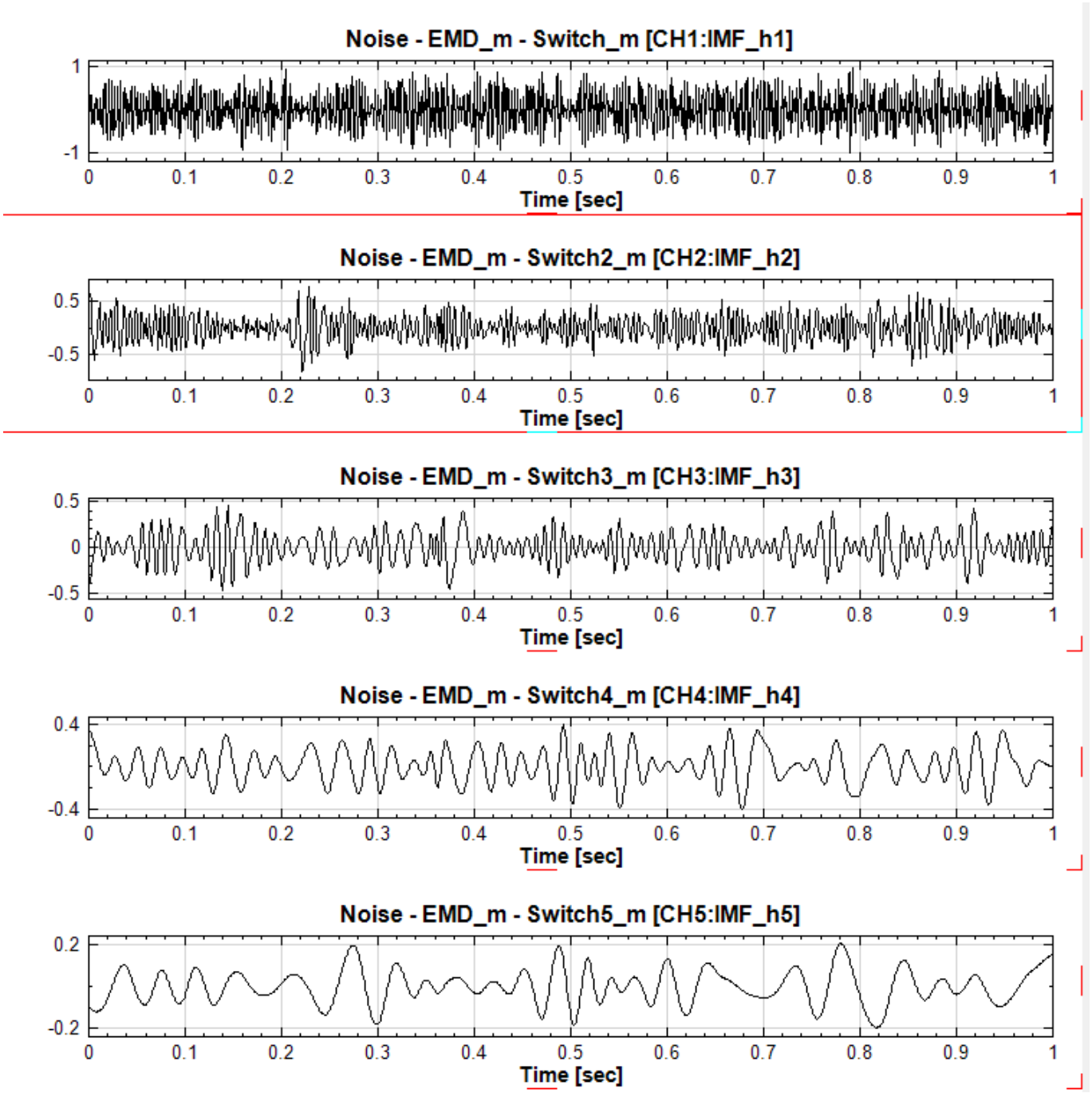
放掉滑鼠左鍵後，圖二則插入圖四與與圖五（IMF_h5）之間，如下圖；



往上移圖時，將移動圖之上緣移至別圖的範圍內，則會將移動圖插入該圖之上，也就是說會代替該圖的位置，將之下推。呈上圖狀態，下圖示範將圖二（IMF_h2）向上移至圖二（IMF_h3）範圍內：

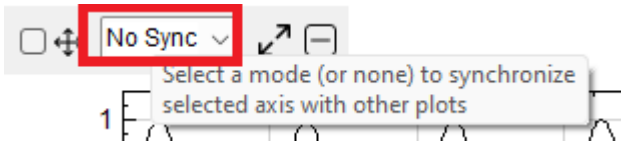


放掉滑鼠左鍵後，圖二則插入圖一（IMF_h1）與圖三之間；

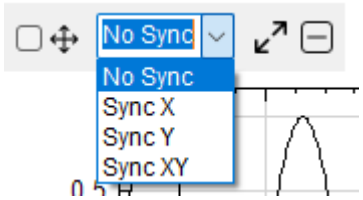


2.3.3 同步與群組功能

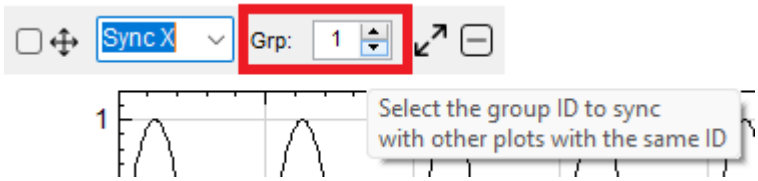
作訊號分析時，常會有多張圖需要在同一個範圍縮放或者同時平移的情況。控制項上提供了同步的工具，可以完成這樣的操作行為，如下圖：



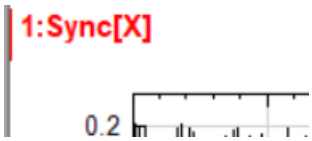
一開始是「No Sync」狀態，表示該圖並未與其他圖同步（未在任何同步群組中）。首先將此下拉選單打開，如下圖：



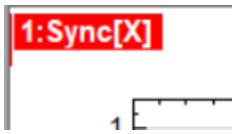
選擇欲同步的軸，例如 X 軸，則控制項會多出一個群組的選項，如下圖：



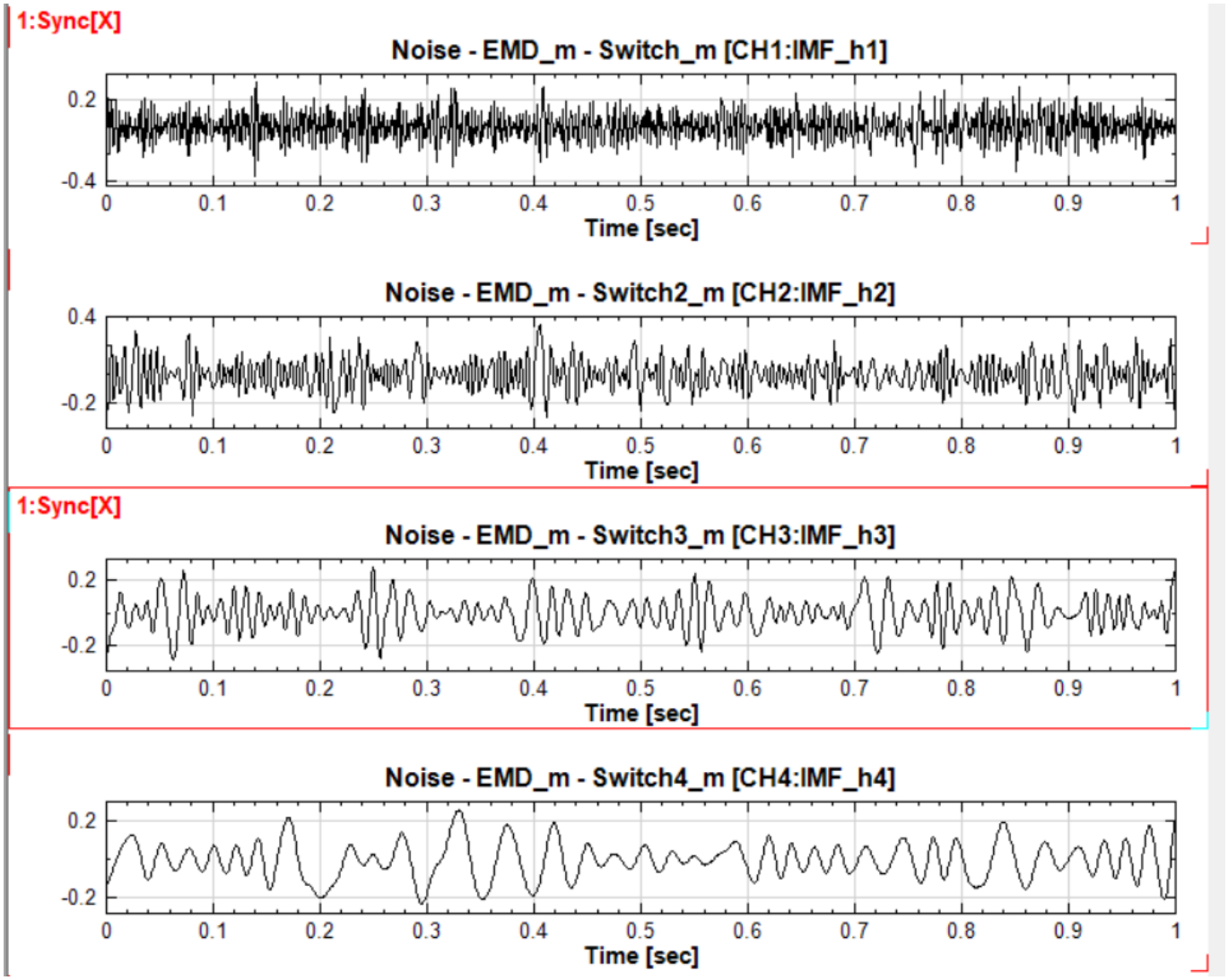
可設定任何群組編號，或是使用預設之編號（1），表示該圖的 X 軸會與其他設定同組圖的 X 軸同步。當控制項縮回圖形左緣後，圖左上角會有一個標籤顯示該圖的同步狀態與群組編號，方便使用者檢視每個圖形的同步群組設定，如下圖：



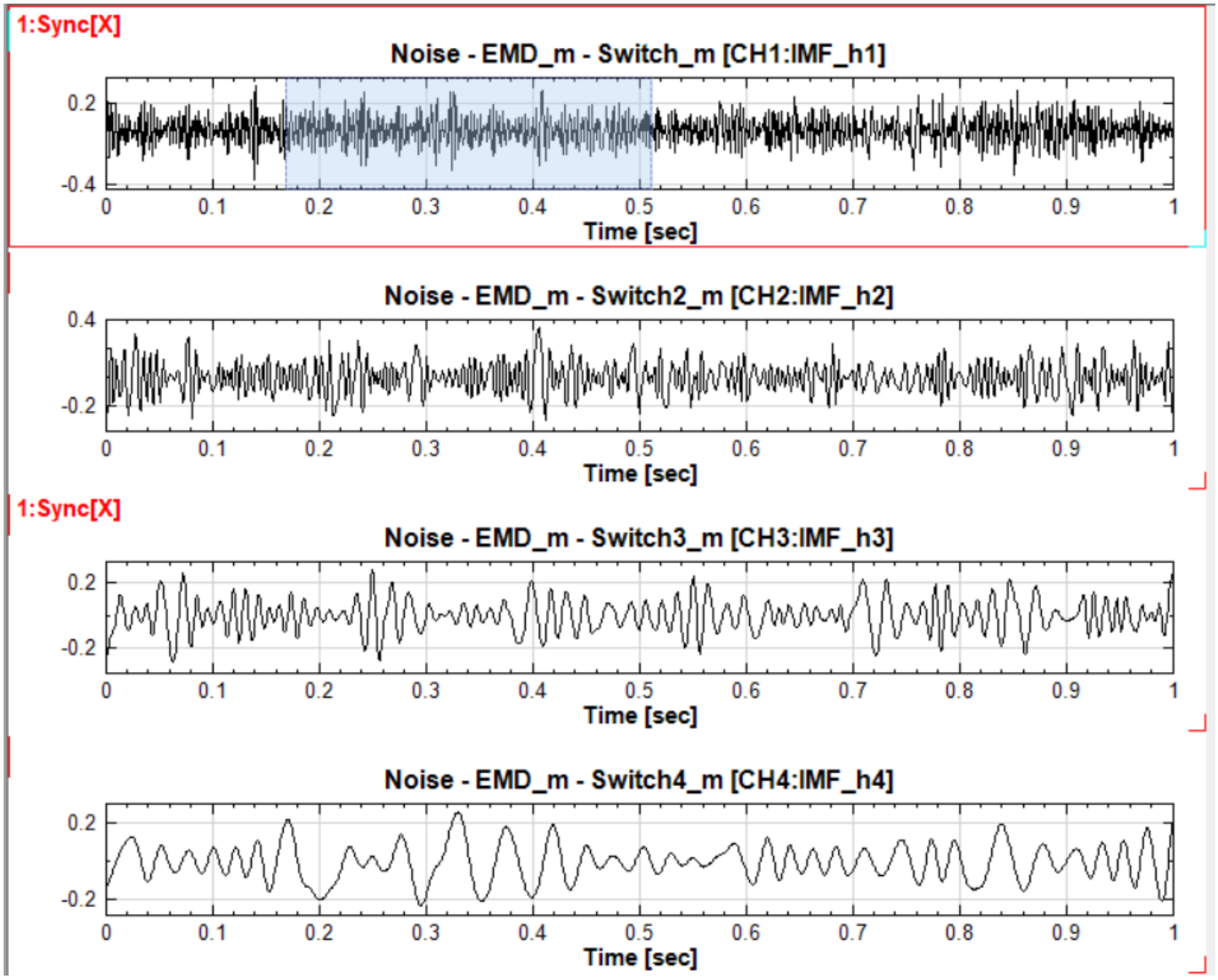
若是在設定時出現任何錯誤，例如嘗試在同一群組內同步不同的軸，則群組內所有圖的標籤都會以反白顯示，如下圖：



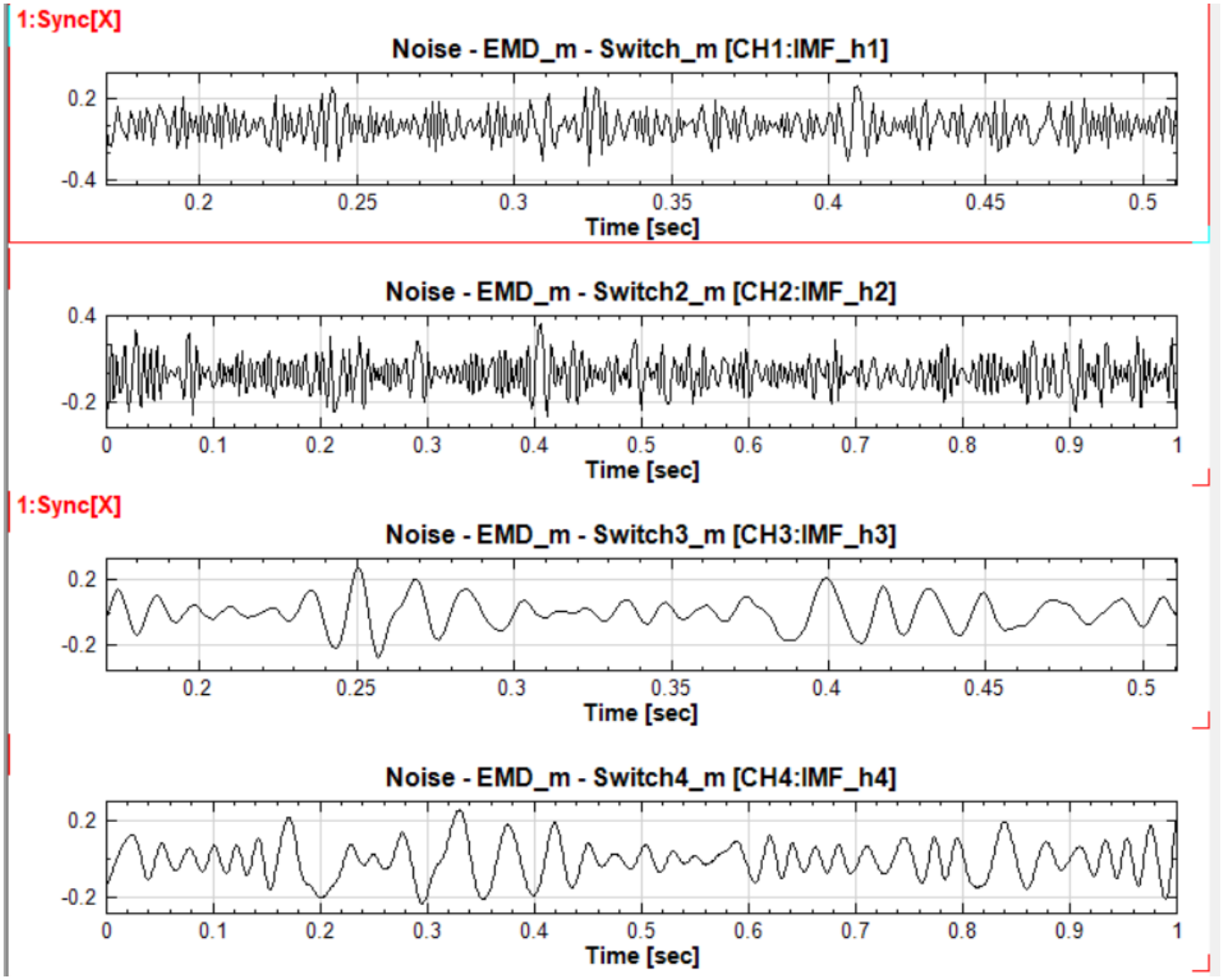
下圖示範將圖一（IMF_h1）與圖三（IMF_h3）設定為同步 X 軸第一群組，如下圖：



此時圖一將與圖三之 X 軸連動。例如使用 功能將圖一的 X 軸放大 0.17 秒至 0.51 秒的區間時：



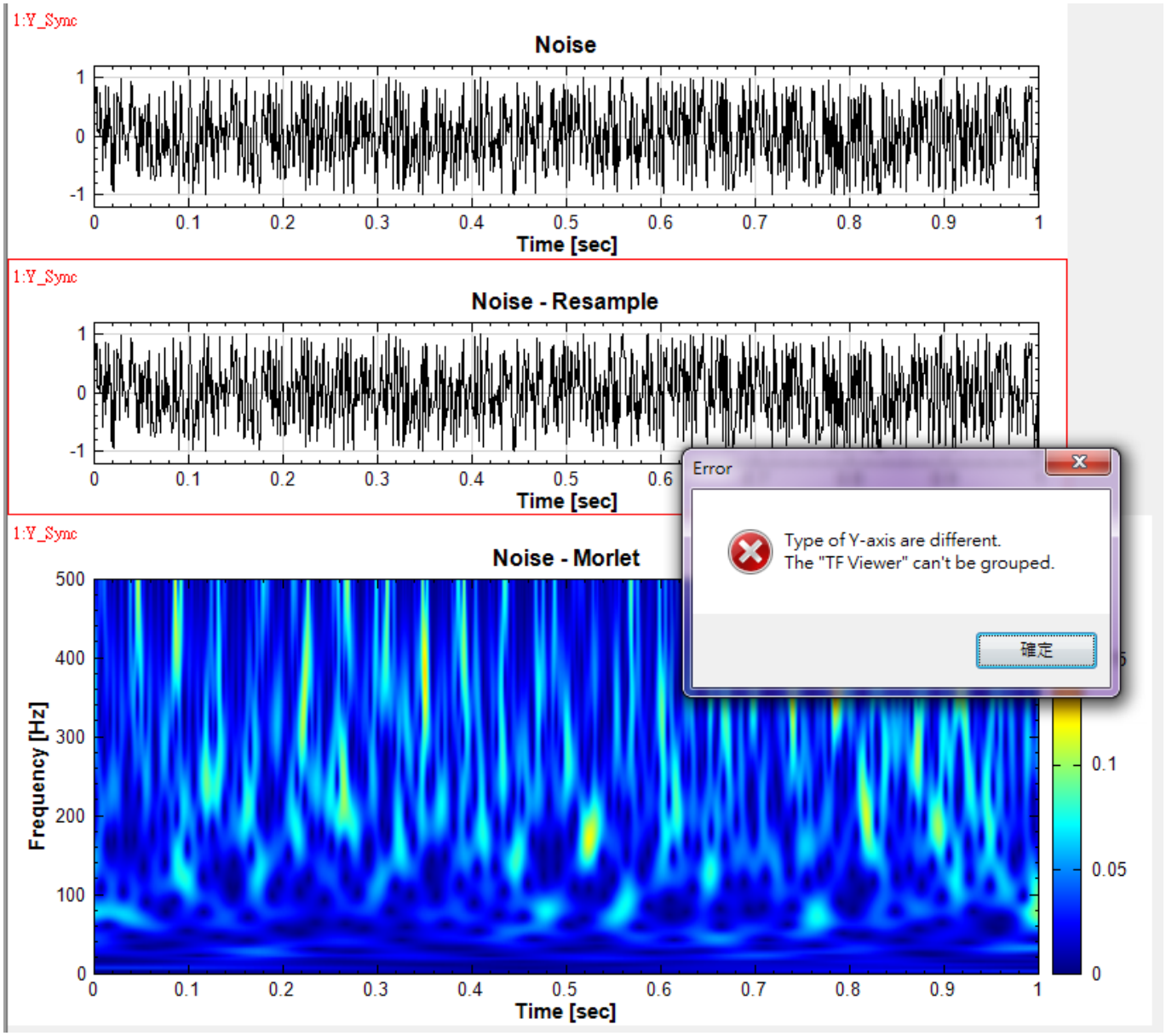
圖三的 X 軸也會同步放大至相同的範圍，如下圖：



若使用Pan X 功能也一樣會對群組下所有的圖連動 X 軸。由於同步的設定是 X 軸，因此若圖二用工具Zoom Y 放大 Y 軸，同群組下的其它繪圖並不會連動放大。Sync Y 與 Sync XY 分別為連動 Y 軸與連動 XY 矩型區域，在操作上與 Sync X 相同。

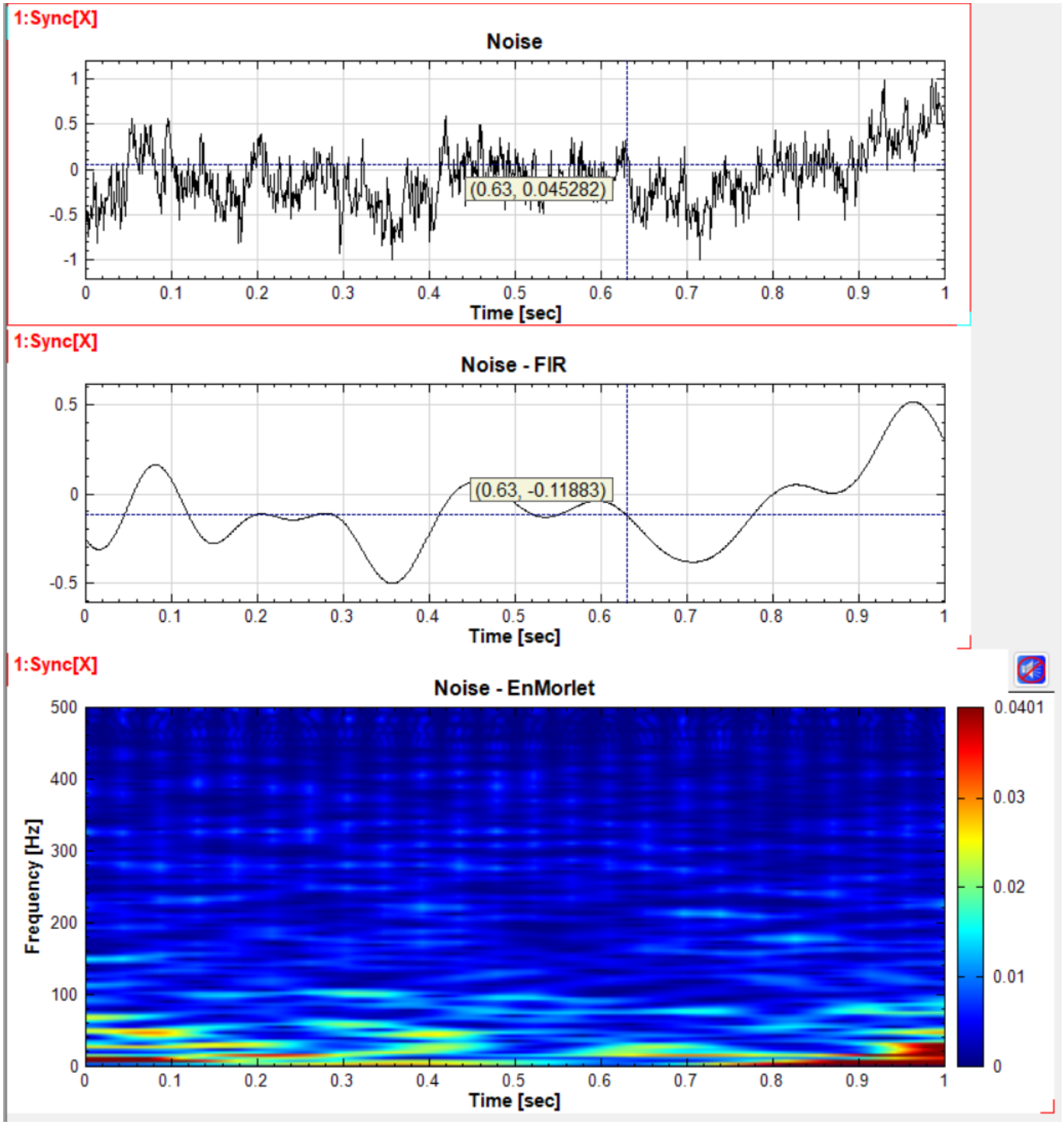
同步限制

同群組內圖之 X 或 Y 軸的範圍、取樣率等參數不相同時，同步縮放或平移時會取可以同步的部分盡量滿足使用者的需求。但如果 X 或 Y 軸的型態差異太大，例如一個軸是時間日期軸，另一個軸是數字軸，則將無法同步放大、縮小等，此時會取消同一個群組中無法同步的 Viewer，例如下圖，【TF Viewer】的 Y 軸型態（頻率軸）不同於上面兩個【Channel Viewer】的 Y 軸（無單位數字軸），在設定好同步群組後嘗試放大或平移時會出現錯誤訊息，並自動被取消群組。

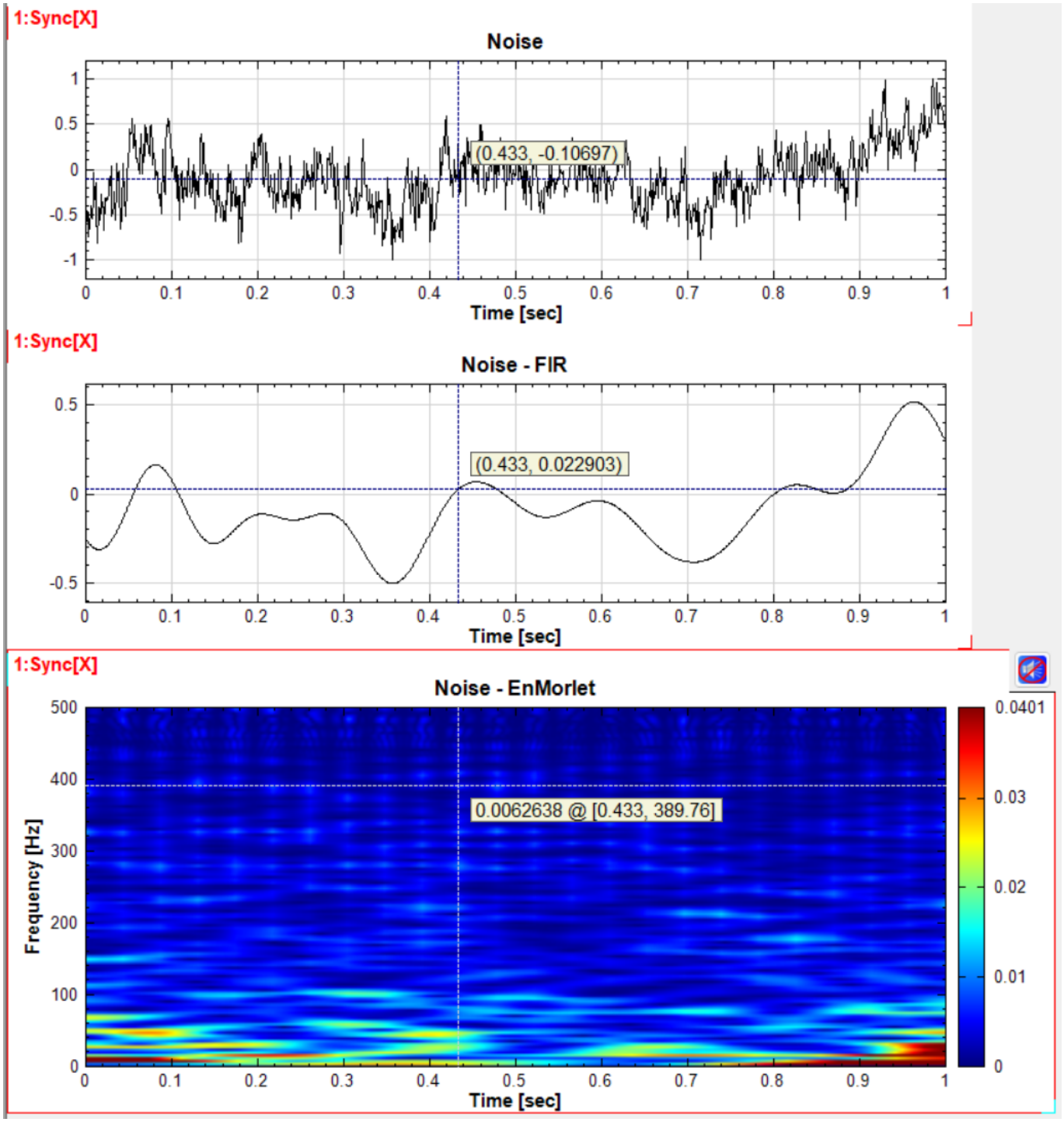


同步顯示數值模式

在一張圖上進入前述之【顯示數值】 模式下，其他同步群組內的圖也會同步顯示十字線及數值標籤，並會同步隨著滑鼠移動。下圖示範三張同步 X 軸的圖，在圖一開啟顯示數值功能，可見圖二也同步顯示數值：

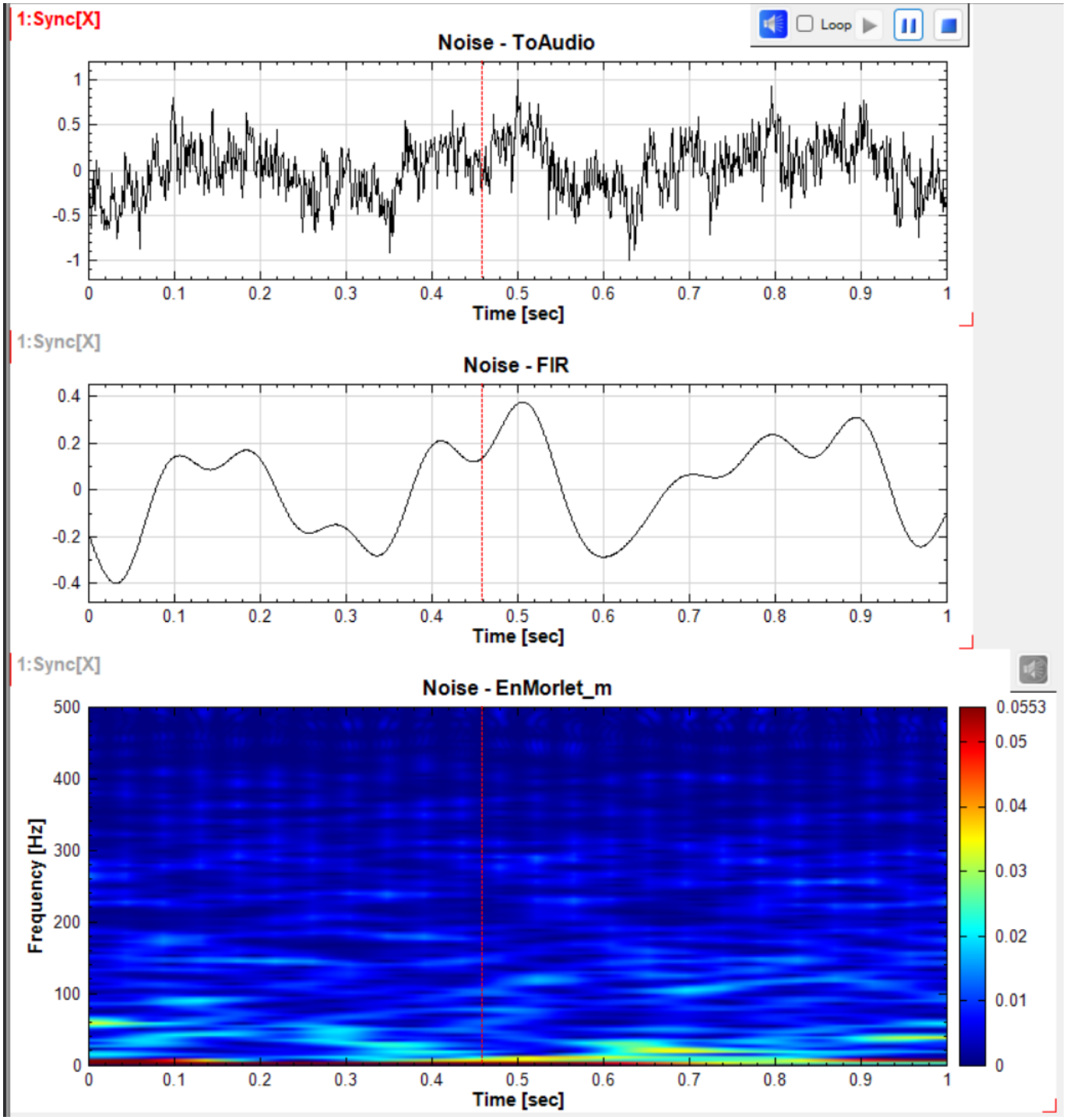


如上圖所示，圖三雖然也同步 X 軸，並在同一群組內，但是並未顯示數值。這是因為十字線在前兩圖【[Channel Value]】中真正隨著滑鼠移動的只有 X 軸，Y 軸的橫線只是隨著資料點數值在動，所以傳到圖三【TF Viewer】時並無 Y 軸的移動資訊所以無法顯示。如果是反過來的情況，滑鼠移到圖三上顯示數值，這時十字游標的 XY 軸都隨著滑鼠在移動，因此其他二張 Channel Viewer 的圖可以接收其中 X 軸的資訊，便可以同步顯示十字線，如下圖：



同步顯示撥放時間線

在一張圖上使用前述之【播放功能】播放音頻訊號時，其他同步 X 軸群組內的圖也會同時顯示滾動的時間線，如下圖：



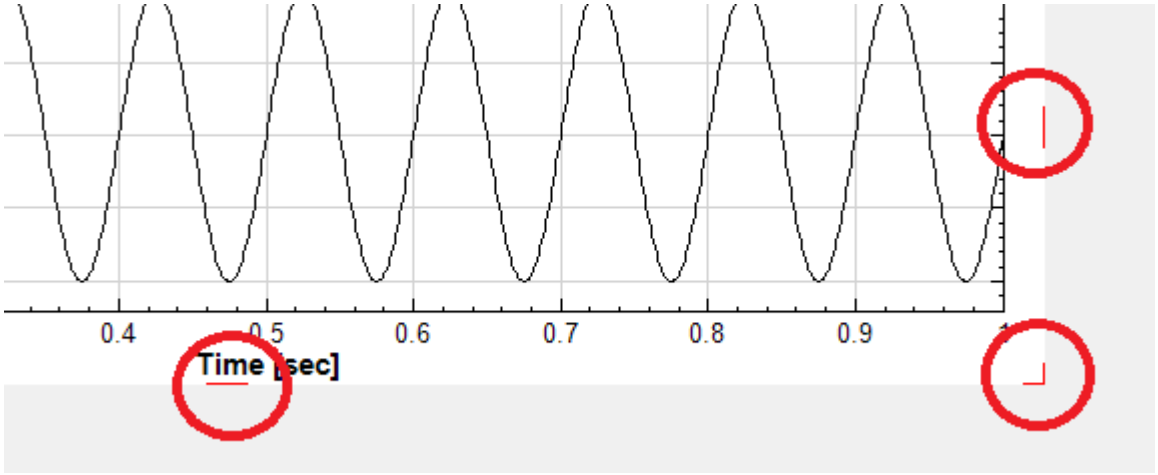
2.3.4 圖形大小控制

Visual Signal 提供兩種方法可以改變圖的大小。第一種方法是在 Viewer 的參數欄位裡面修改 ViewerWidth 與 ViewerHeight 參數，詳情請看【繪圖元件】章節。

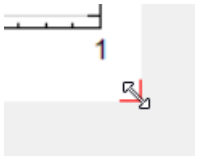
第二種方法是在 Preference 裡面修改 Plot Width 與 Plot Height 偏好，這裡改的是 Viewer 的預設大小，改動後，所有還是預設大小的 Viewer （即尚未改動 ViewerWidth 以及 ViewerHeight 參數）會自動改成偏好設定的大小，詳情請看【Preference】章節。

圖形大小控制

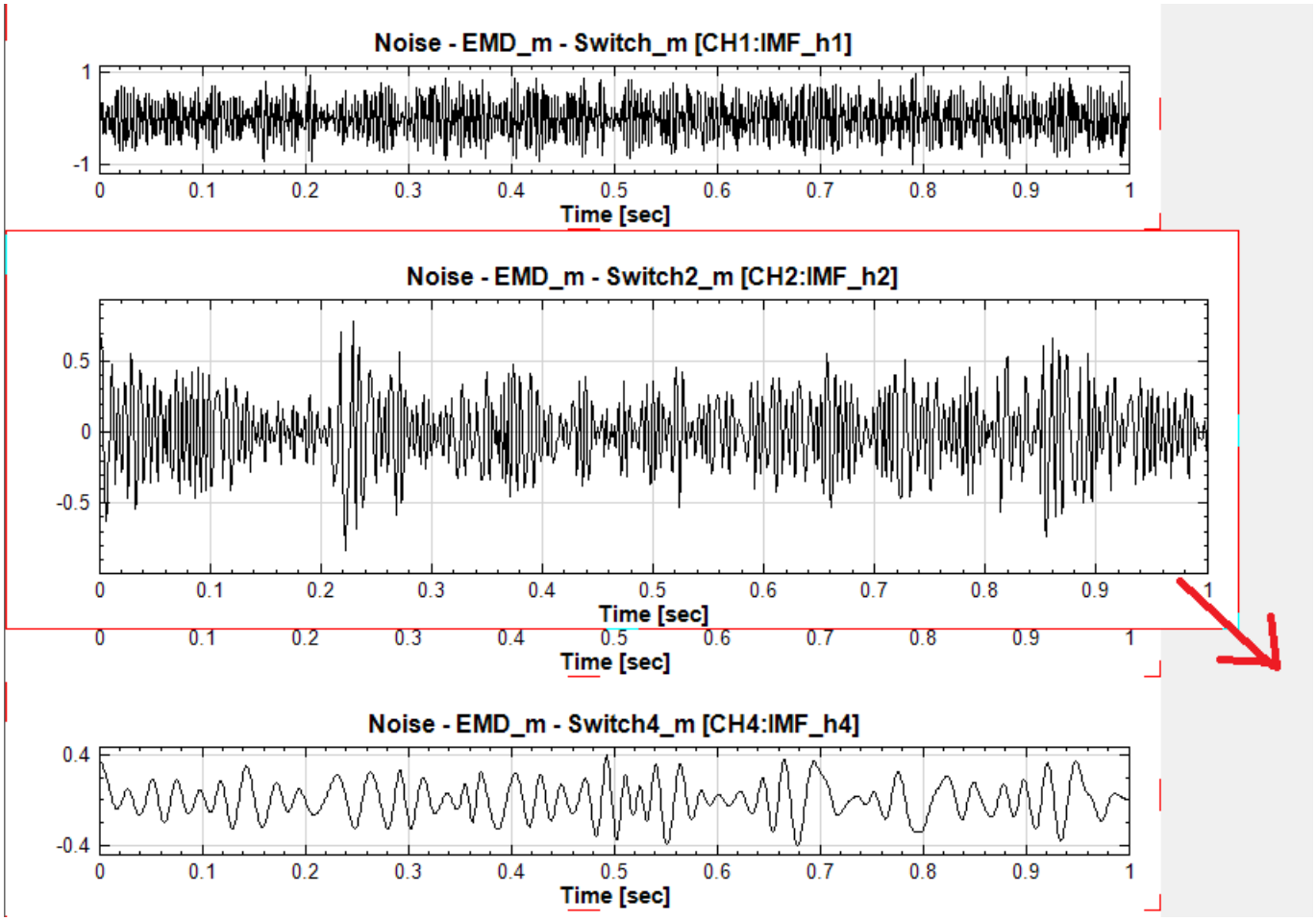
第三種方法如本章節【功能控制】開頭所提，每張圖右側、下側、及右下角有圖形大小控制，如下圖；



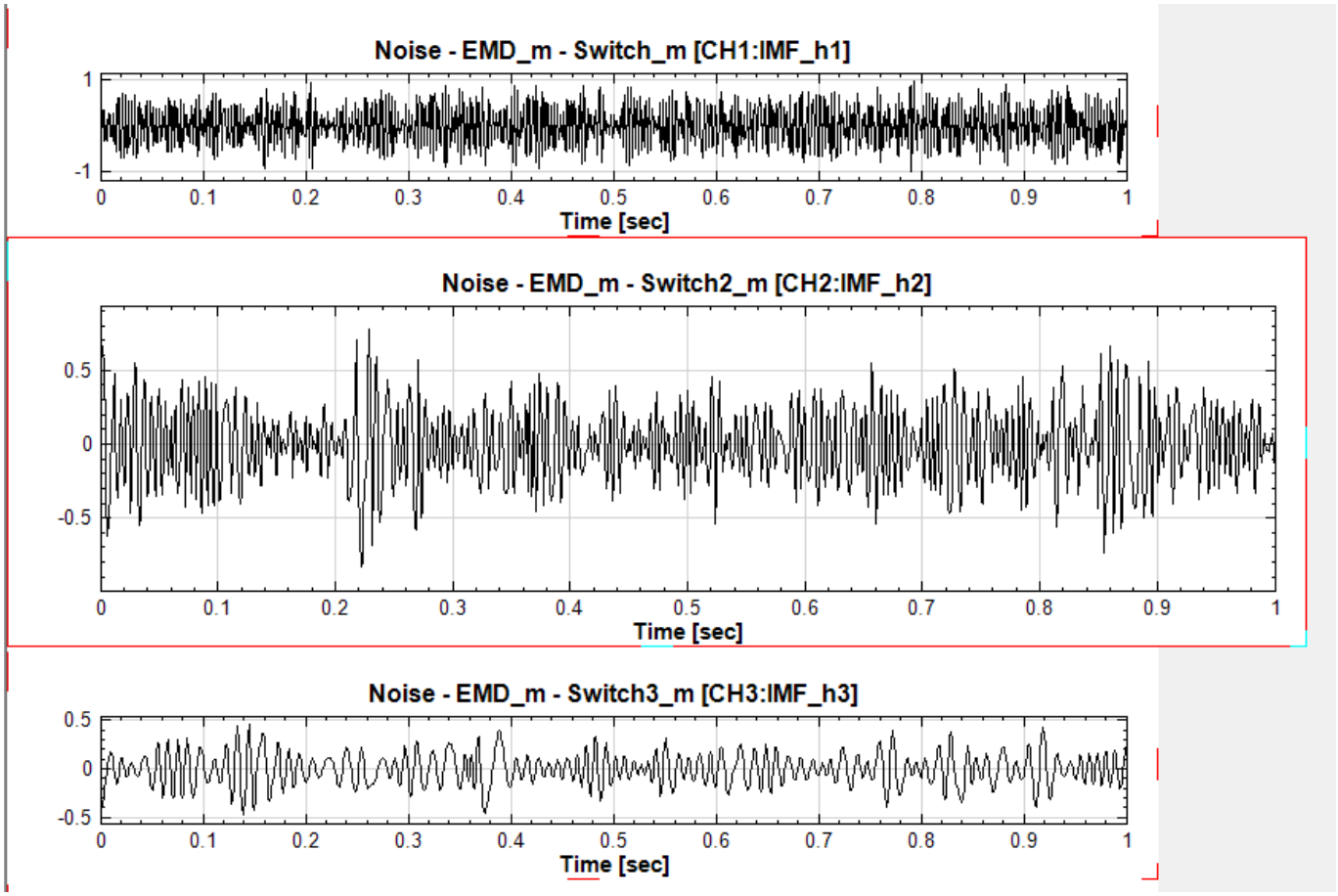
將滑鼠游標移動到控制上方，游標會換成 Resize 的箭頭，如下圖：



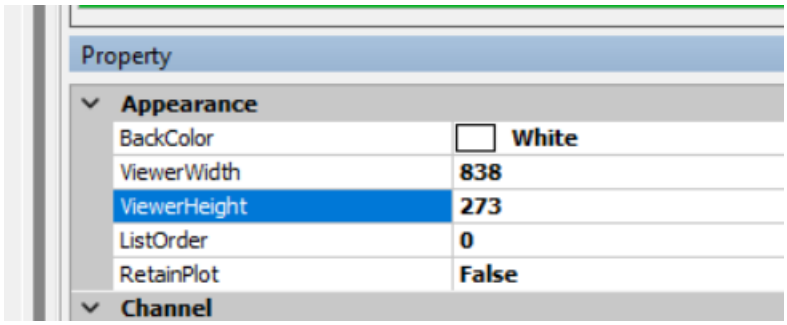
此時按住滑鼠左鍵不放，開始移動滑鼠，便可改變圖的大小。右側的控制只改變圖形長度（水平大小），下側的控制只改變圖形寬度（垂直大小），右下角的控制則可同時改變圖形長寬。下圖示範修改圖二（IMF_h2）大小：



放開滑鼠後圖的大小便會固定，該圖下方的圖會自動下移挪出空位，如下圖：

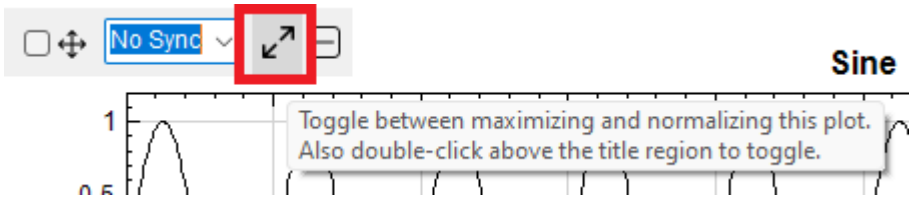


同時，圖的大小會自動設定在 ViewerWidth 與 ViewerHeight 參數中，等同手動修改這兩個參數，如下圖：

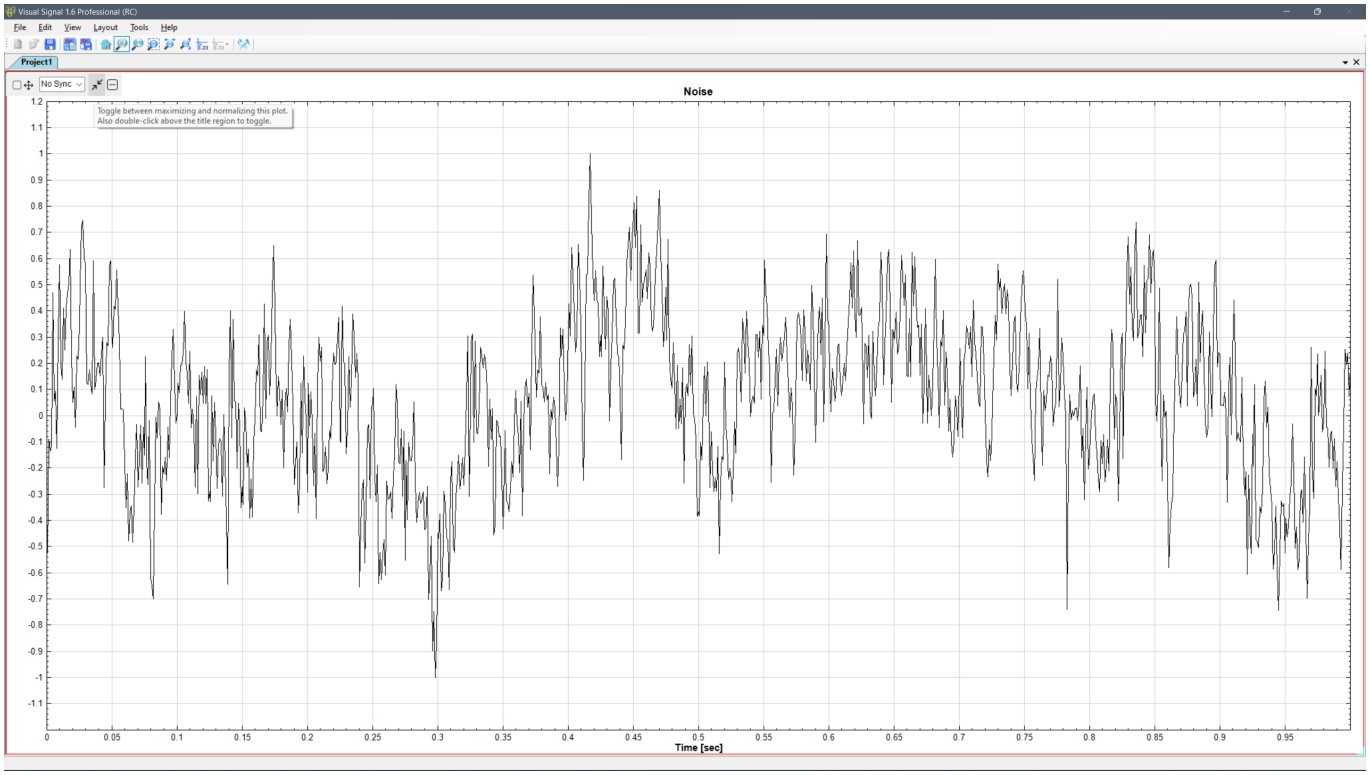


圖形最大化按鈕

第四種方法如本章節【功能控制】開頭所提，每張圖上緣的控制項中有一個按鈕 ↙↗，如下圖：



點擊此按鈕便可將圖形最大化，如下圖；



如上圖，在此最大化狀態時圖形會占用整個繪圖區，同時暫時關閉介面右側的元件編輯區及參數欄位。此時所有的圖形操作（放大、平移、數值顯示十字游標、量測模式、倍頻模式等）都可正常使用。不過此最大化是暫時的狀態，並不影響 Viewer 的 ViewerWidth 與 ViewerHeight 參數設定。此時原來的↙↗按鈕會變成↗↙，點擊該按鈕便可將圖形恢復原來大小。

最後，在圖形上緣雙擊兩次也可以切換圖形的最大化與正常模式，功能等同點擊單次 ↙↗或↗↙按鍵。

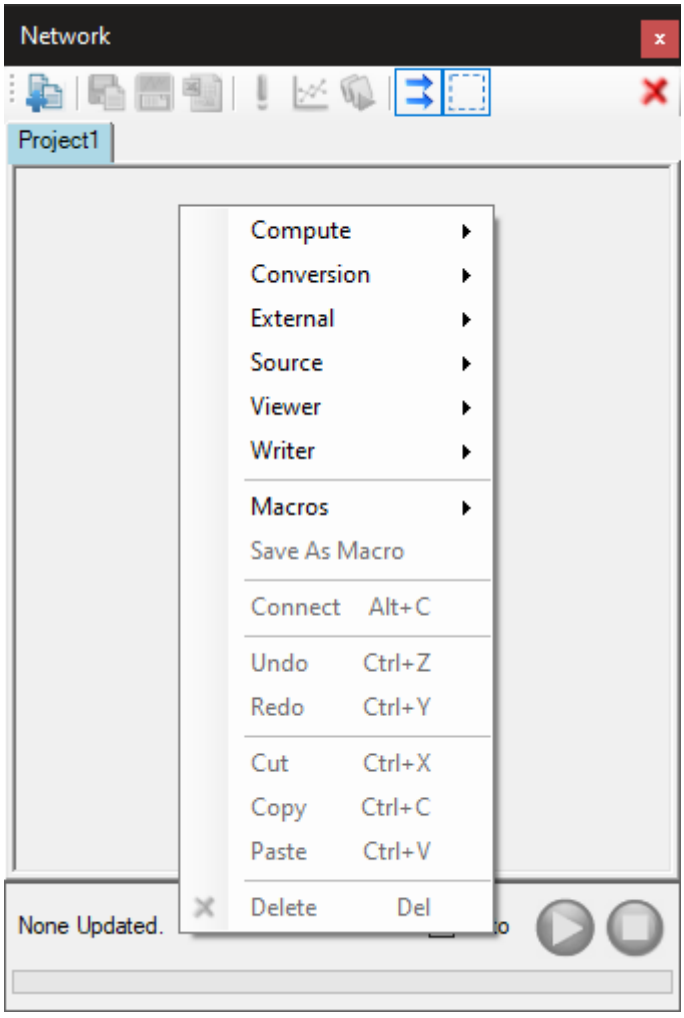
圖形最小化（關閉）按鈕

控制項最右方還有一個按鈕⊖。按下此按鈕可關閉圖形，等同用相關 Viewer 元件的【控制開關】將該元件關閉(Disable)。重開圖形的唯一方法為用 Viewer 元件的【控制開關】重新開啟（Enable）該元件。

Chapter 3

模組元件（Component ）

在元件編輯視窗中點擊右鍵會跳出模組元件的功能選單，所有模組元件都必須由此選單中叫出。模組依照功能與運算內容細分為六大類，分別是 Compute 計算群組、Conversion 轉換群組、External 外掛模組、Source 訊號源群組、Viewer 展示群組與 Writer 資料輸出群組等，其中 Compute 計算群組下又依照計算方法細分為 Channel、Filter、Mathematics、TFA、Transform 等模組以及外掛的特殊模組（DAQ、SVM 等模組）。除了元件選單之外，功能選單還有巨集、連結、還原與重做、以及剪貼簿等選項，以下分別詳細說明。



3.1 模組元件種類

3.1.1 Compute

本群組下模組元件的顏色為粉紅色，可對輸入訊號提供不同的訊號處理方法與運算，Channel 針對輸入之多通道訊號作資料截取、改變取樣頻率方面的處理；Filter 提供多種濾波器；Math 提供多種數學運算模組；Statistics 的內容包括基本的統計運算模組；Transform 中包含數值訊號處理常見的分析轉換方法；TFA 則為時頻分析運算，詳細各種模組介紹請參閱 Chapter 3。

3.1.2 Conversion

本群組提供訊號的格式轉換，譬如實數、複數換算，轉換為聲音檔，時序訊號時間單位換算等。模組元件的顏色均為棕色。

3.1.3 External

本群組提供 Visual Signal 內建的自定義函式範例，主要利用 External Dll / External Viewer。詳細介紹可參閱External。

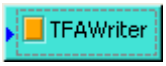
3.1.4 Source

本群組提供正弦波、方波、三角波、雜訊（Noise）以及自訂波型產生器等不同的訊號源模組。模組元件的顏色為綠色。

3.1.5 Viewer

本群組對於不同的訊號處理運算（如統計、頻率域轉換、時頻分析的結果等），提供相對應的繪圖展示模組，以圖形呈現結果。模組元件的顏色為黃色。

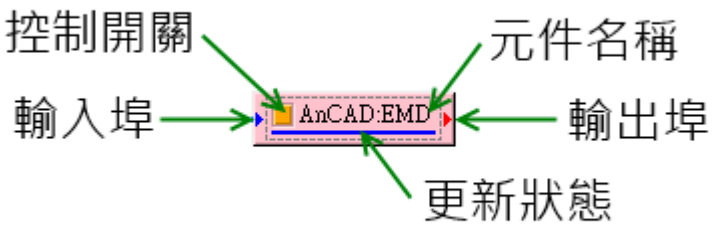
3.1.6 Writer



本群組提供將訊號資料與頻率分析之運算結果輸出為不同格式之文字檔的方法，模組元件的顏色為藍色。

3.2 元件圖示組成

元件組成單元如下圖所示，以下章節說明各單元之功用。

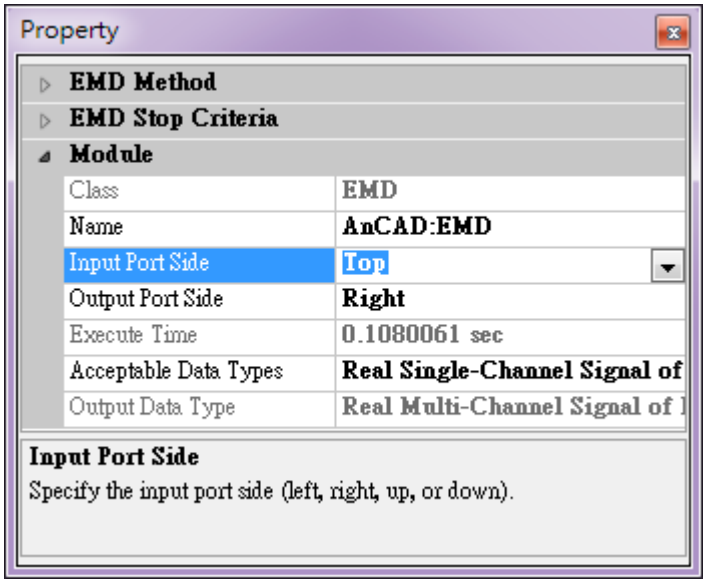


3.2.1 輸入埠

功能為接收資料進入元件。上圖為 EMD 模組元件圖示，元件左邊藍色三角形是模組輸入埠，接收其它的模組輸出資料，輸入埠數量可能因不同模組之需求而有所不同，譬如 Merge To Complex 模組有兩個輸入埠。

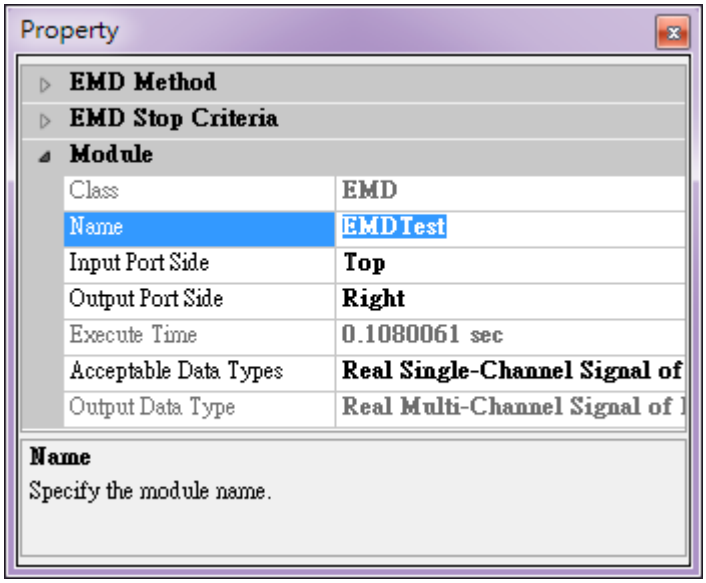
3.2.2 輸出埠

元件右邊紅色三角形為輸出埠，是將 EMD 計算結果輸出的位置，需注意只要有輸出埠的模組，都只有一個輸出埠，不過可將一個輸出訊號資料連至多個模組元件作為輸入訊號。輸入與輸出埠在圖示上的位置都可以在模組的 Properties/Module 中調整，如下圖 InputPortSide 調整為 Top，元件的輸入埠就移至元件頂位置。



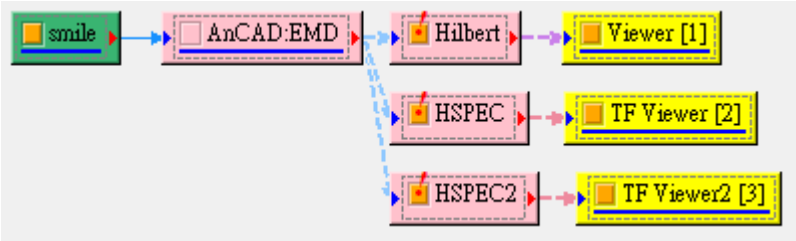
3.2.3 元件名稱

圖示上的文字 EMD 顯示此模組的名稱，也可以在 Properties/Name 欄自行設定，直接在 Name 後方欄位鍵入，即可改變模組元件上的文字，如下圖。

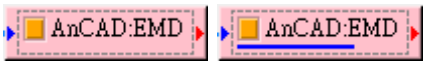


3.2.4 控制與運算更新狀態

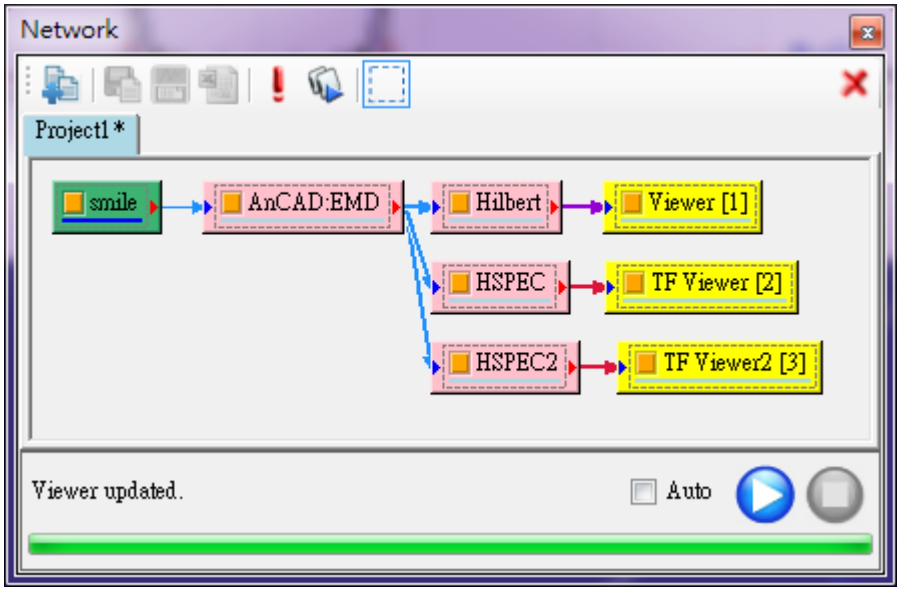
文字左邊的橘色方塊是控制該模組輸入及輸出資料的開關，預設橘色代表打開，若滑鼠再點擊一次則關閉此模組，橘色方塊會變成底色（如下圖之 EMD 元件），此時模組將不會接受資料並進行計算，且也沒有結果輸出，輸出埠後方所連接的模組將無法計算，於此模組後方的連接線也會變成虛線。



文字下方藍色的橫條代表模組元件運算過程的更新狀態，在計算過程中，若資料尚未傳至此模組，則計算進度為 0，如左下圖藍色條是空的。當該模組開始計算後，如右下圖藍條會隨計算進度增加。



如果模組操作視窗中的自動更新 Auto 被取消勾選，然後變更模組參數，此模組元件與連接在它後方的所有模組元件之底部會變為青色的底線，提醒使用者這些元件計算結果將會有所更動。

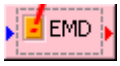


3.2.5 元件警告表示

當模組元件輸入的訊號資料不完備，或是是運算發生問題，但是運算仍可以正常結束時，在元件的橘色方塊上會產生黃色三角號誌，若將鼠標移至三角警告號誌則可進一步觀看詳細的警告訊息，使用者可以依此判斷運算結果是否可被接受。

3.2.6 元件錯誤表示

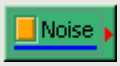
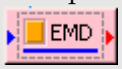
當模組元件接收埠沒有資料傳入，或是輸入的訊號資料不完備，甚至是運算發生問題時，在元件的橘色方塊上會產生紅色驚嘆號，若將鼠標移至紅色驚嘆號則可進一步觀看詳細的錯誤訊息，以提醒使用者該元件的接收埠或者在或算過程中有問題產生。



3.2.7 模組元件輸出入模式

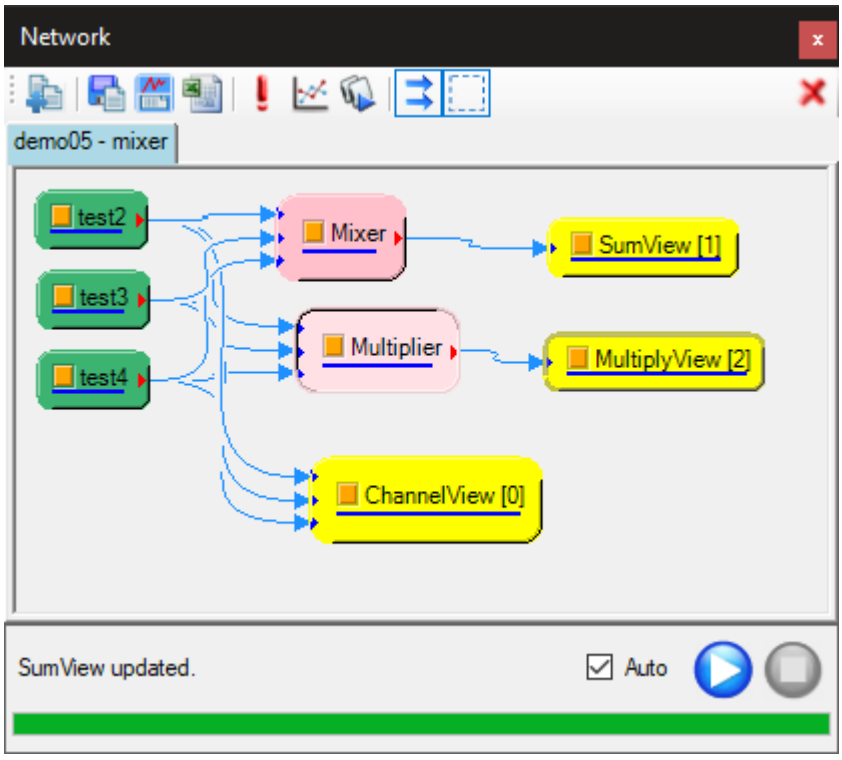
模組元件之接收、輸出模式會因模組本身之功能而異，主要區分為單方向輸出、單方向接收、與輸出入兼備等三種模式：

Table 3.1: 元件輸入輸出模式

元件輸出入模式	說明
單方向輸出模組	此類模組僅有輸出埠，如訊號源 Source 下的模組與 Viewer 下之 Annotation 模組均是輸出模組。 
單方向輸入模組	此類模組僅有輸入埠，不需要輸出，如 Viewer 下的模組與 Writer 下的模組。
輸出入兼備模組	只要與運算過程相關的模組都必須能夠接收資料與輸出運算結果，因此如 Compute 下的所有模組，與 Conversion 下之所有模組都備輸入埠與輸出埠。 

3.3 元件選取狀態（Select）

下圖為簡單的訊號處理流程，我們可以由模組元件的視覺變化判斷模組被選取的狀態，在 Network 中突起的方塊代表沒有被選取，如圖中的 Sine、HSPEC、Channel Viewer、Time-Frequency Viewer 等模組，而被按下的方塊代表被選取的模組，如圖的 EMD 模組，此時 Properties 的內容即為 EMD 模組的參數。



3.3.1 選取元件

選取元件有兩種方式，第一種方式為直接在欲選取的元件圖示上用滑鼠左鍵點擊。如欲選擇多個元件，可以在點擊時同時按住 CTRL 或 SHIFT 鍵。

第二種方式為圈選方式，元件編輯區在選擇框模式下用滑鼠左鍵拖曳方式框選欲選取之元件（詳情請參考【選擇框模式】章節）。此方法可以方便一次選取一個或多個元件。

3.3.2 輸出訊號分支

選取元件後，除了被選取元件會顯示按下狀態之外，其輸出連結分支的所有元件都會以灰色框標示出來，如上圖 MultiplyView 元件所示。

3.3.3 取消選取元件

欲取消選取元件有兩種方式，第一種方式為在元件編輯區空白處用滑鼠左鍵點擊一下即可取消所有被選取元件。如欲在眾多被選取元件中取消個別元件，則可以用第二種方式，按住 CTRL 或 SHIFT 鍵的同時用滑鼠左鍵點擊欲取消之元件。

3.3.4 移動元件

如欲移動元件在元件編輯區內的位置，可以直接在任何元件圖示上用滑鼠左鍵按住拖曳。如果被移動的元件是未選取之元件，則只有該元件移動位置。如果被移動的元件是多個被選取的元件之一，則所有被選取的元件會一起移動。

3.4 元件連線狀態（Connect）

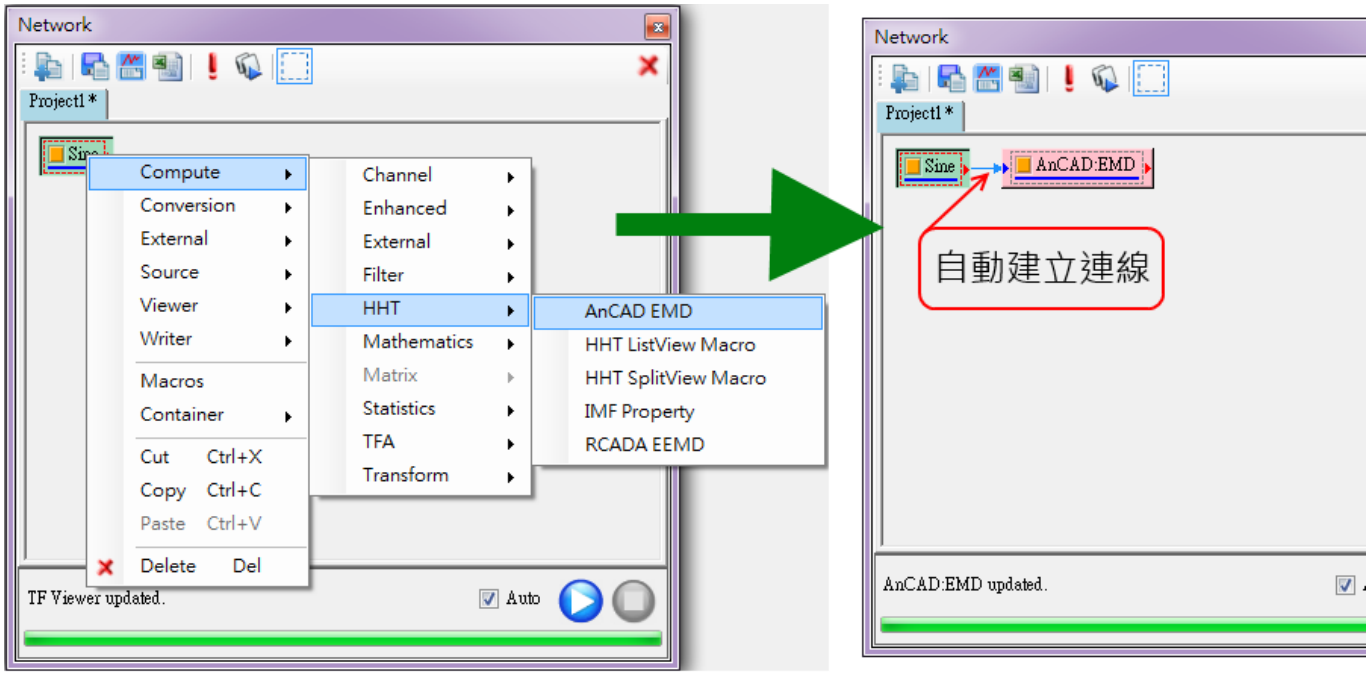
簡單說使用 Visual Signal 分析就像是在畫訊號處理的流程圖，Visual Signal 已經準備好了各種訊號處理的方法，使用者僅需要呼叫出這些方法，並且連接它們，便能夠以簡單的步驟實現複雜的訊號分析。

3.4.1 元件連接線建立方式

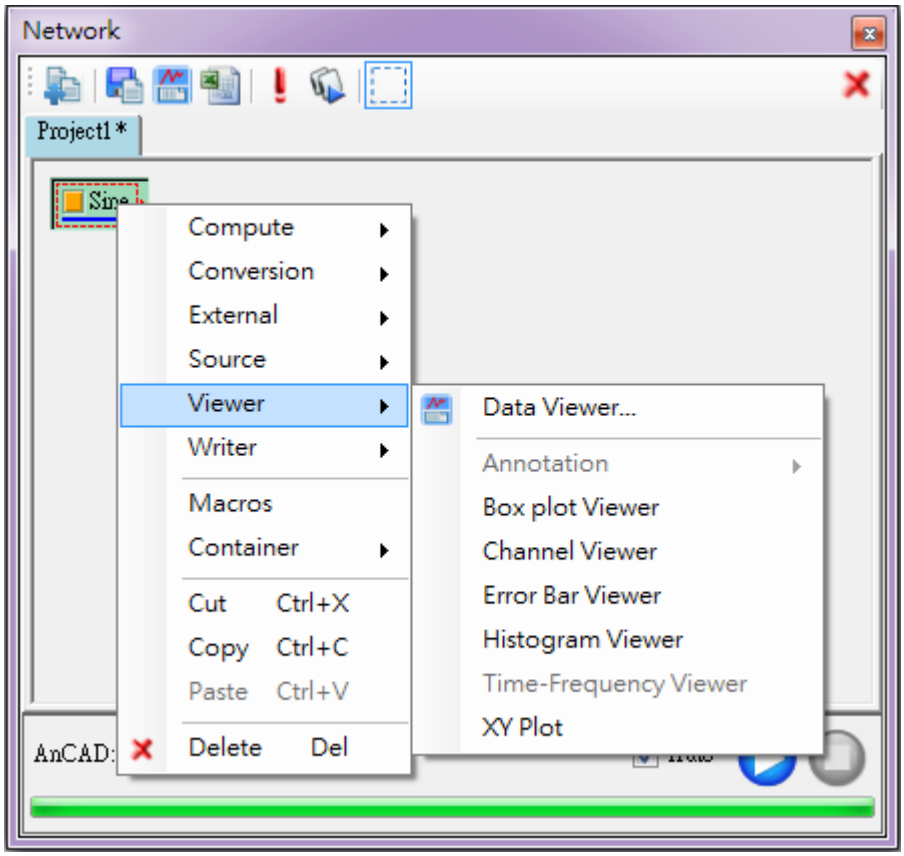
建立模組元件之間的連線有幾種方式：新增元件時自動連線、手動以拖拉的方式連接兩元件間的輸出及輸入埠、以及設定連線起訖方式。方法詳細說明如下。

新增元件時自動連線

如下圖，欲在 Sine 元件後面接上一個 EMD 元件，可在 Sine 元件圖示上按滑鼠右鍵，叫出元件功能選單，在選單中點選要連接的 EMD 元件（在 Compute/HHT 分類中），如此在新增模組的同時，會自動從 Sine 元件的輸出埠建立連接線至 EMD 的輸入埠。

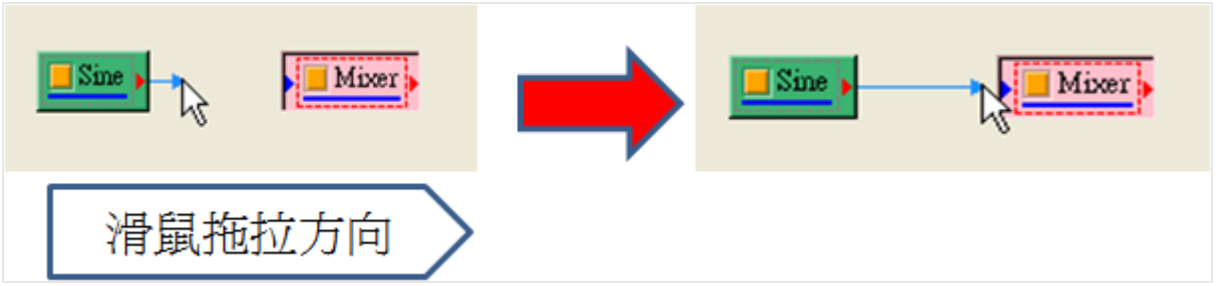


上述做法的好處是，在模組功能選單出現時，程式會偵測各元件之輸入資料格式限制，自動判斷將資料格式不符的元件功能反白。以下圖為例，因為 Sine 元件的輸出是訊號，而非時頻分析結果，因此在 Viewer 下的 Time-Frequency Viewer 會自動的反白且無法選取，避免模組元件之間連接錯誤的機會發生。

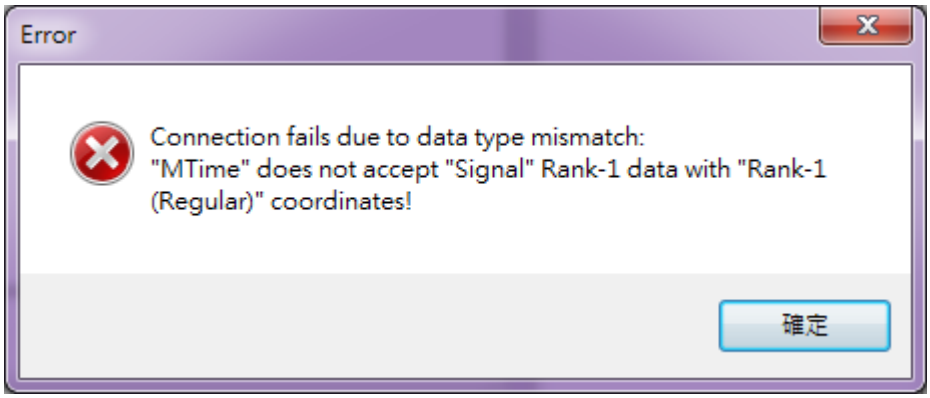


手動拖拉連線

使用者也可先行建立需要的元件，再以滑鼠直接拖曳建立連接線。如下圖已經在元件編譯區建立了 Sine 與 Mixer 元件。先點選 Sine 模組元件輸出埠（紅色三角型處），再拖拉至下個元件 Mixer 的輸入埠（藍色三角型處），即可成功建立連接線。

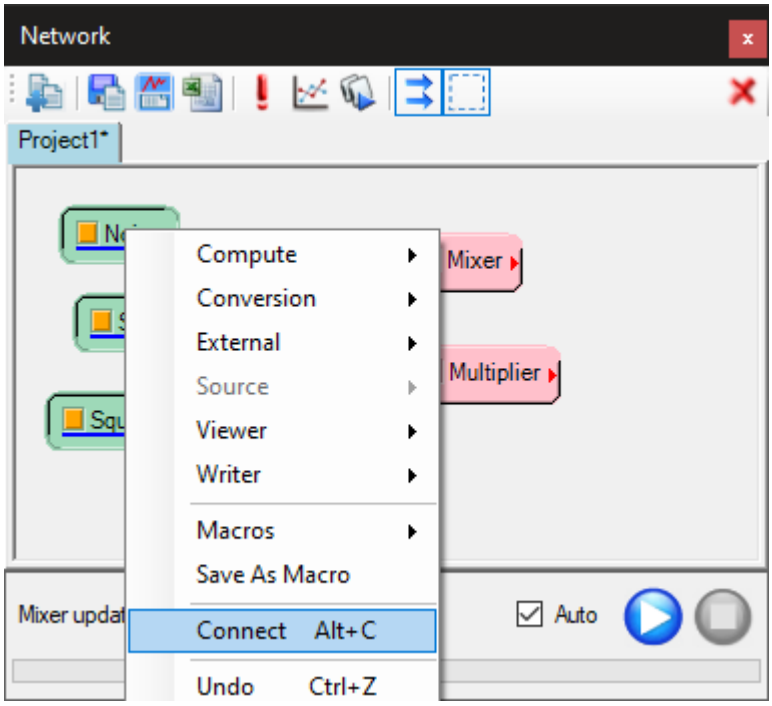


上述作法的優點是十分直覺，藉由輸入、輸出埠之間的拖拉即可建立連線，缺點為可能造成輸入資料格式不符該元件要求的狀況，若出現上述狀況，程式出現錯誤訊息提醒使用者連線發生錯誤。

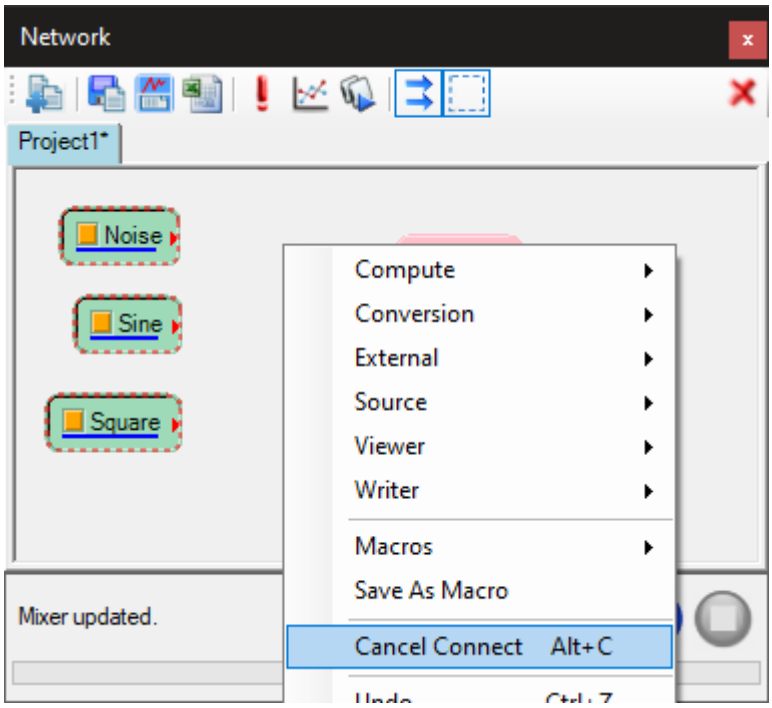


設定連線起訖

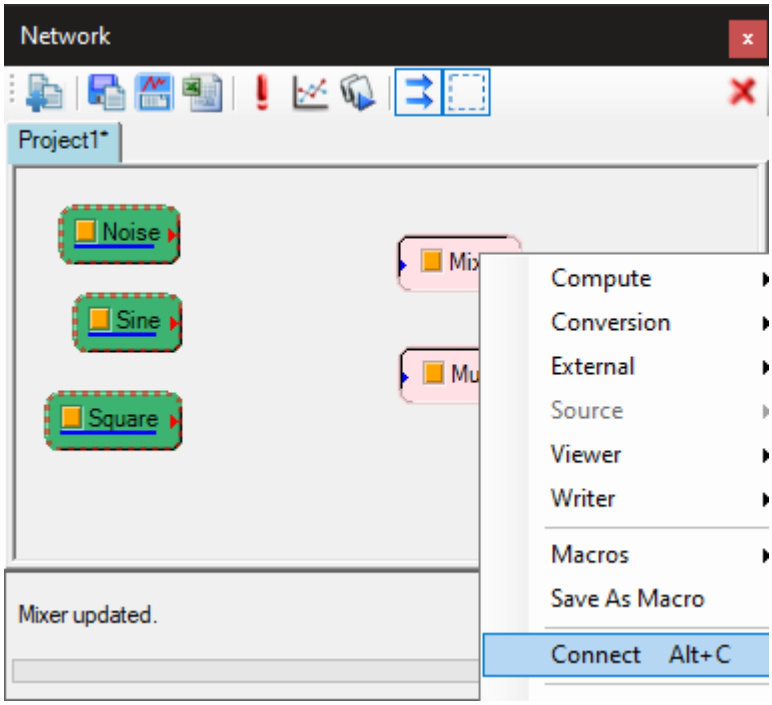
第三種方法是直接設定連線的起訖元件，方法如下。首先選擇一個或多個元件，在其中一個元件圖示上用滑鼠右鍵叫出選單選擇 Connect （或按下 `ALT-C` 鍵）設定選則的元件為連接起點，如下圖範例一次設定三個連線起點：



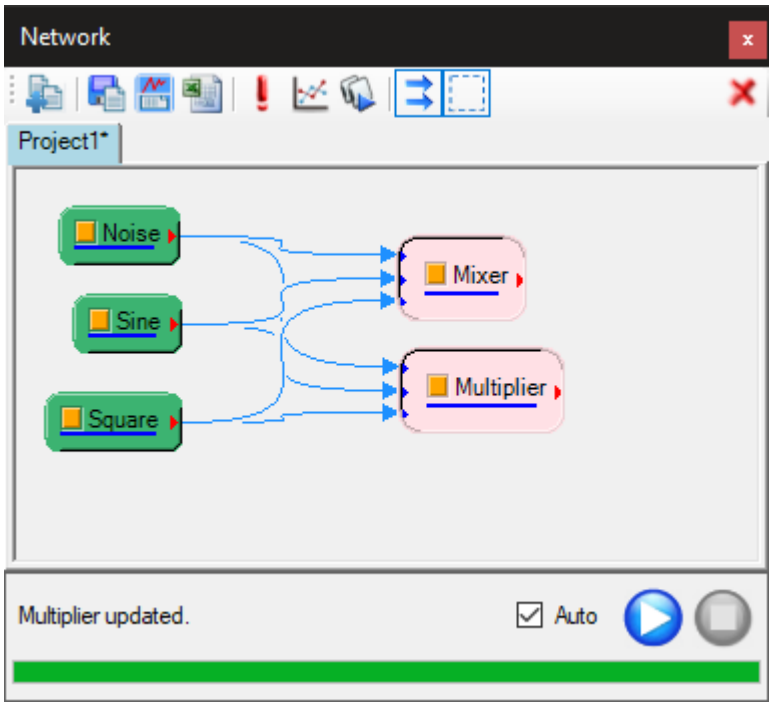
設定後，該元件圖示的周圍會出現紅色的虛線框，表示該元件已設定為連線起點元件，若要取消連線起點設定，則在空白處用滑鼠右鍵叫出選單，選取原先 Connect 選項變成的 Cancel Connect 選項，如下圖：



接著再另選一個或多個元件，用樣在元件圖示上用右鍵叫出選單選擇 Connect （或按下 ALT-C 鍵）設定連接訖點，如下圖範例一次設定兩個連線訖點：



如此可將由設定的連線起點元件的輸出埠建立連線至設定的連線訖點元件的輸入埠，如下圖：

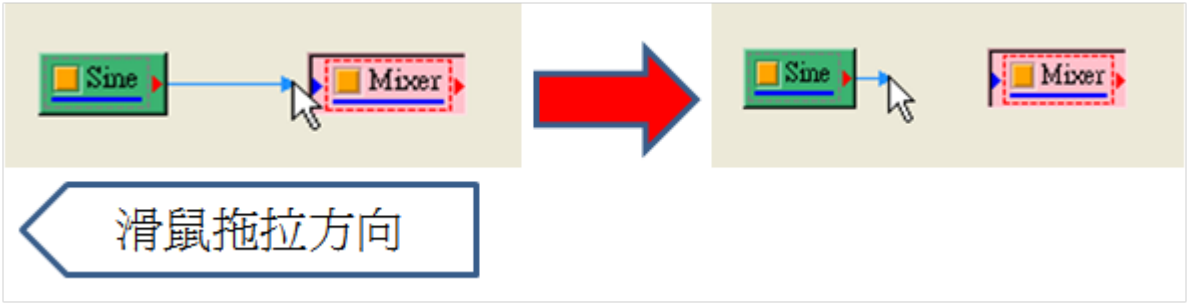


上述做法有兩個好處：一如上圖所示可以快速在多個元件之間建立連線，一則可以在複雜的大型專案中在距離較遠（例如需要捲動元件編輯區）的元件之間簡便建立連線而不需要用滑鼠拖拉並同時捲動元件編輯區。

注意，此方法也可以不用事先選取元件，直接在任一元件上用右鍵選單使用 Connect 選項設定起訖元件，但是這樣就只能選擇一個連線起點元件與一個連線訖點元件，而且因為沒有選取的目標元件而無法使用鍵盤熱鍵 ALT-C。

3.4.2 元件連接線刪除方式

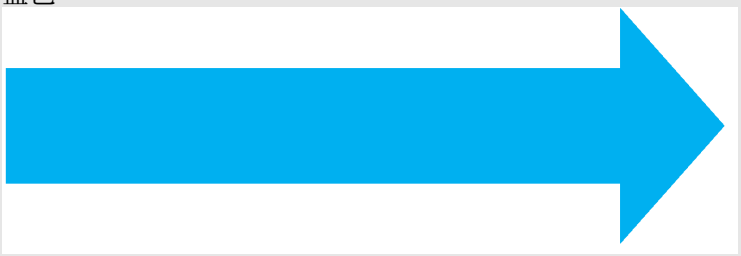
刪除元件連接線目前只有一種方式，即利用滑鼠點選元件之輸入埠，反向拖拉連接線至前一元件的輸出埠，即可刪除連接線。



3.4.3 元件連接線狀態表示

各模組元件間的連接線，會按照不同顏色、不同類型（實線、虛線、寬實線）來表示各模組元件間使用、執行的狀態，各類型詳見下表說明。

Table 3.2: 元件連接線條顏色

線條顏色	對應資料格式說明
藍色 	實數形態的訊號
紫色	複數形態的訊號
紅色	時頻分析結果的訊號
黑色	矩陣形式的訊號

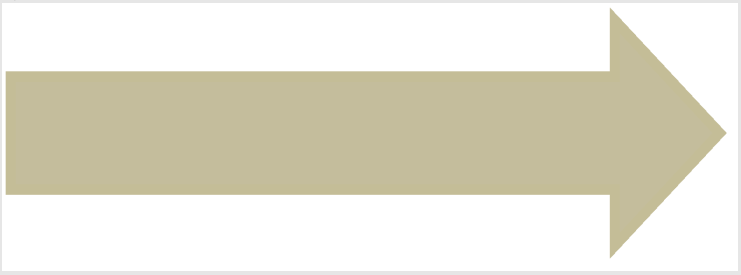
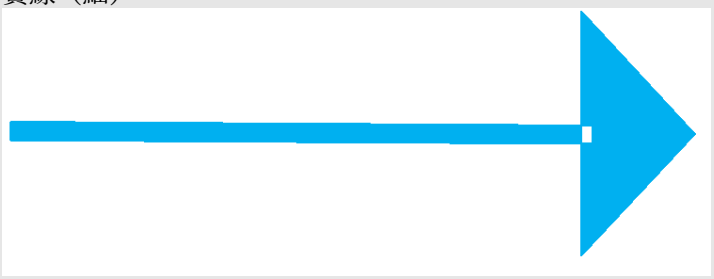
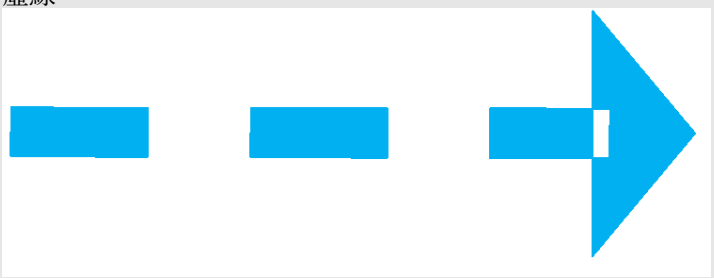
線條顏色	對應資料格式說明
米色 	註解（Annotation）元件的連接線

Table 3.3: 元件連接線條型態

線條型態	對應資料格式說明
實線（細） 	單通道訊號格式（Single-Channel）
實線（寬）	多通道訊號格式（Multi-Channel） 與時頻分析結果（Spectra）
虛線 	尚未執行計算，或模組沒有 輸出運算結果（Unavailable）

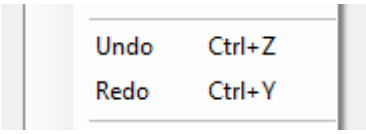
3.5 元件操作還原與重做（Undo/Redo）

除了參數設定之外，元件在元件編輯區上大多數的操作都可以還原（Undo）以及重做（Redo），以下歸納出可還原的元件操作：

- 新增元件（包括【自動生圖】功能及【剪貼簿】功能的貼上操作）
- 刪除元件（包括剪貼簿功能的剪下及刪除操作）
- 移動元件

- 新增連線
- 刪除連線

如【元件編輯區】所述，還原與重做的操作有兩種方式：一為在元件編輯區空白處按下滑鼠右鍵叫出元件功能選單選擇上面的 Undo/Redo 選項，或是用鍵盤熱鍵 `CTRL-Z/Y`，如下圖：



還原與重做利用了堆疊器（Stack）的概念，可以想像有兩個堆疊器：一個儲存曾經做過的元件操作，可用來還原，另一個儲存曾經還原過的元件操作，可用來重做。每個專案都有其專屬的兩個堆疊器，因此各專案可以獨立個別進行還原與重做。以下說明這兩種機制。

3.5.1 還原機制

當進行了上面表格某一項元件操作時，該操作以及其操作的參數（以移動元件為例，移動的元件名稱以及移動起訖位置）會被推入（push）還原堆疊器上，當使用者執行「還原」時，以先入後出的順序（即最近執行的操作會先被還原）將還原堆疊器上儲存的操作彈出（pop），並用一起存入之操作參數反執行其操作，使其還原為執行操作前之狀態，如下：

Table 3.4: 元件操作的還原

元件操作	操作參數	還原後狀態
新增元件	• 元件名稱 • 連線參數（見下）	• 無連線：刪除新增元件 • 自動連線：刪除新增元件以及自動產生之連線
刪除元件	• 元件名稱 • 連線參數（見下）	• 無連線：加回刪除之元件 • 有連線：加回刪除之元件以及輸出入的連線
移動元件	• 元件名稱 • 移動起訖位置	還原元件的位置
新增連線	連線起訖元件名稱	刪除連線
刪除連線	連線起訖元件名稱	加回刪除之連線

3.5.2 重做機制

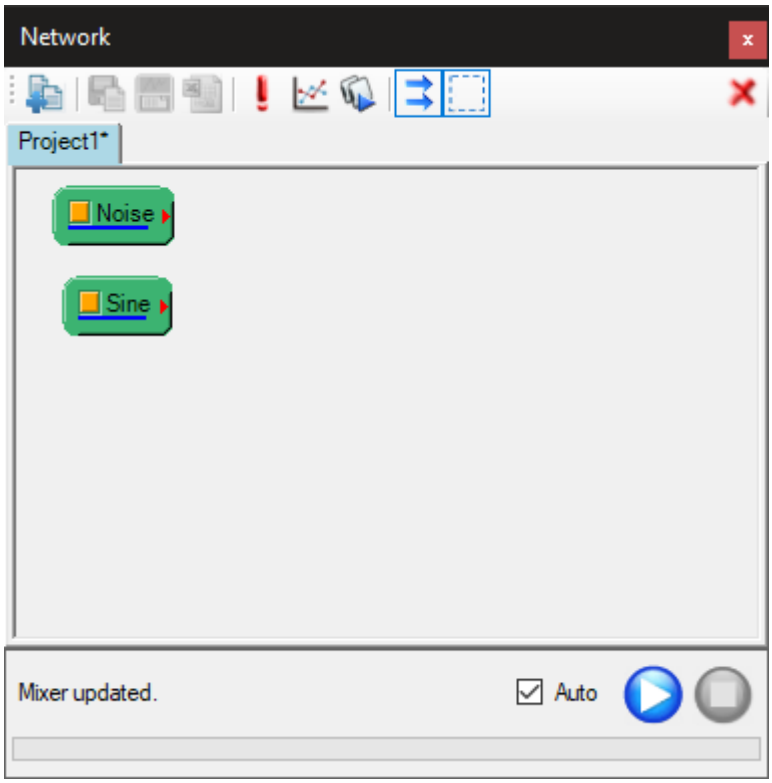
當一個操作被還原後，該操作以及操作參數則會被推入重做堆疊器上，當使用者執行「重做時，以先入後出的順序（即最近執行的還原會先被重做）將重做堆疊器上儲存的操作彈出，並用一起存入之操作參數執行該操作，如下：

Table 3.5: 元件操作的重做

元件操作	還原後狀態	重做後狀態
新增元件	• 無連線：刪除新增元件 • 自動連線：刪除新增元件以及自動產生之連線	• 新增回元件 • 新增回元件及連線
刪除元件	• 無連線：加回刪除之元件 • 有連線：加回刪除之元件以及輸出入的連線	• 再刪除元件 • 再刪除元件及連線
移動元件	還原元件的位置	再移動元件
新增連線	刪除連線	再增回連線
刪除連線	加回刪除之連線	再刪除連線

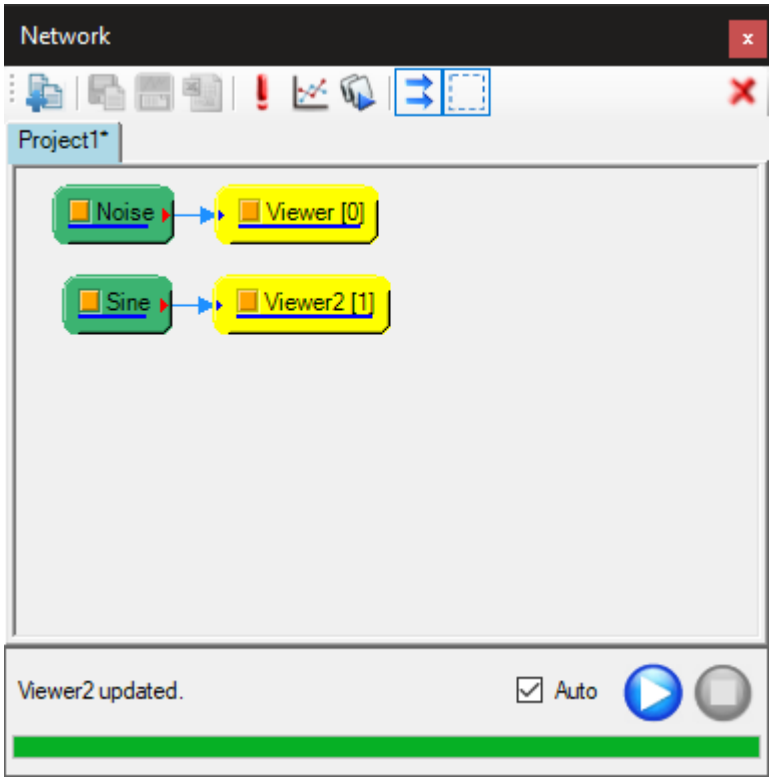
3.5.3 還原重做案例

以下說明一系列還原及重做的範例。首先在元件編輯區空白處用滑鼠右鍵叫出選單新增兩個 Source 分類下的內建訊號源元件 Noise 及 Sine，如下圖：



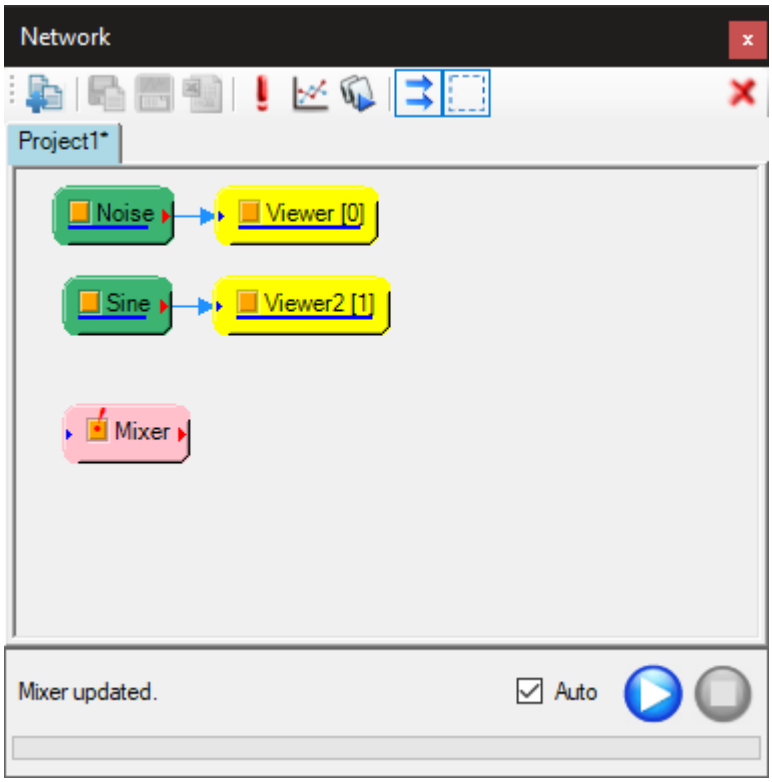
此時可以試著用還原功能（選單或是按下 CTRL-Z）**兩次**，讓元件編輯區回到尚未新增元件的空白狀態，接著再用重做功能（選單或是按下 CTRL-Y）**兩次**將兩個訊號源元件叫回來。以下每一個步驟都可以如此操作。

接著用工具列上的自動生圖功能產生兩個 Viewer 元件以及相關連接線，如下圖：

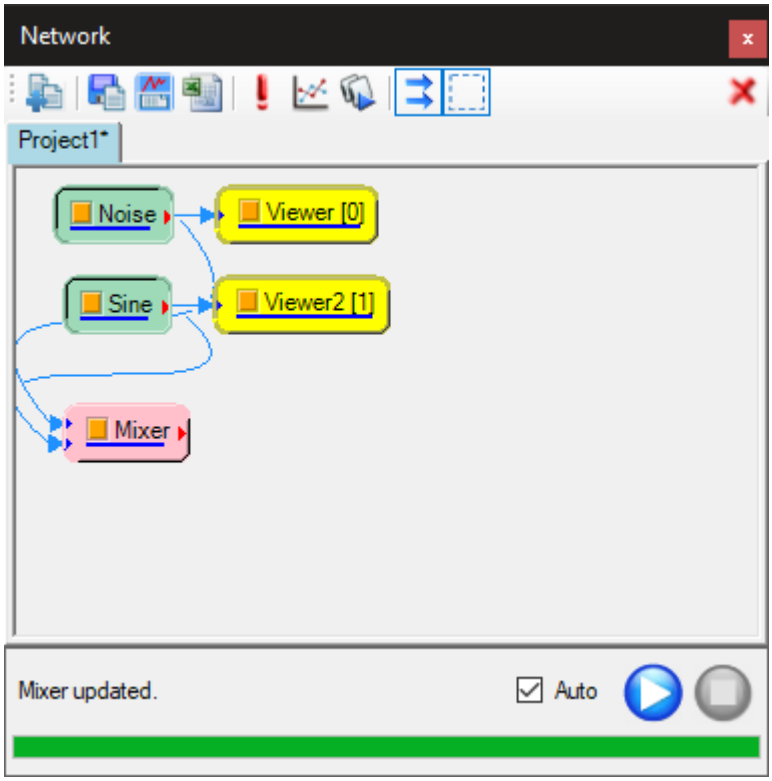


因為用了自動生圖功能同時新增兩個元件及連接線，此時嘗試用還原或重做功能時，會發現只需執行一**次**就可以還原或重做。如果是用正常方式（即在 Noise 及 Sine 元件圖示上用滑鼠右鍵叫出選單新增 Viewer 分類下的 Channel Viewer 元件），則需要執行**兩次**還原及**兩次**重做才能完全還原新增或重做這兩個 Viewer 以及其相關連接線。

接下來在元件編輯區空白處用滑鼠右鍵叫出選單新增一個 Compute/Mathematics 分類下的 Mixer 元件，如下圖：



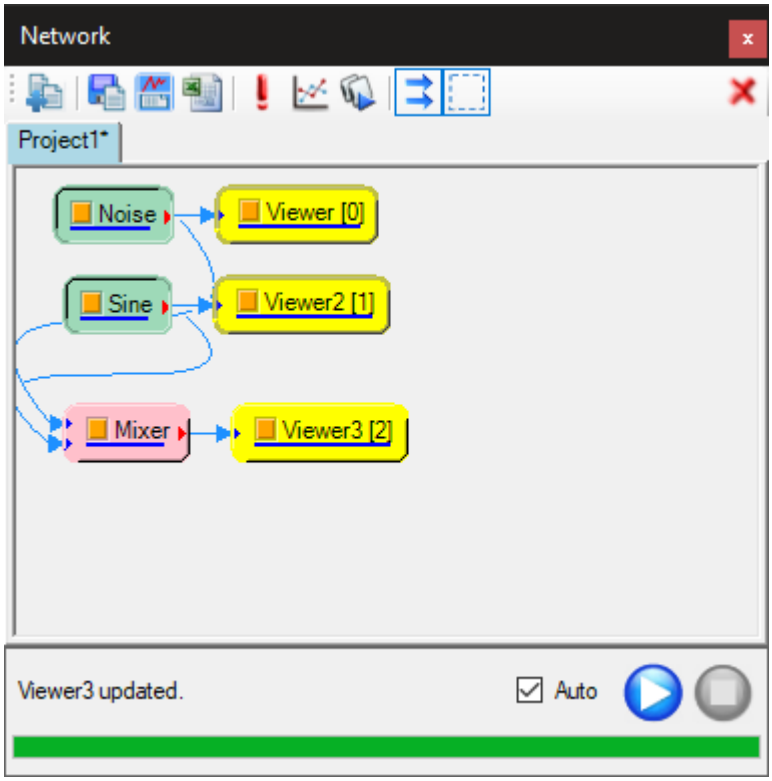
然後再將兩個訊號源連接到 Mixer，如下圖：



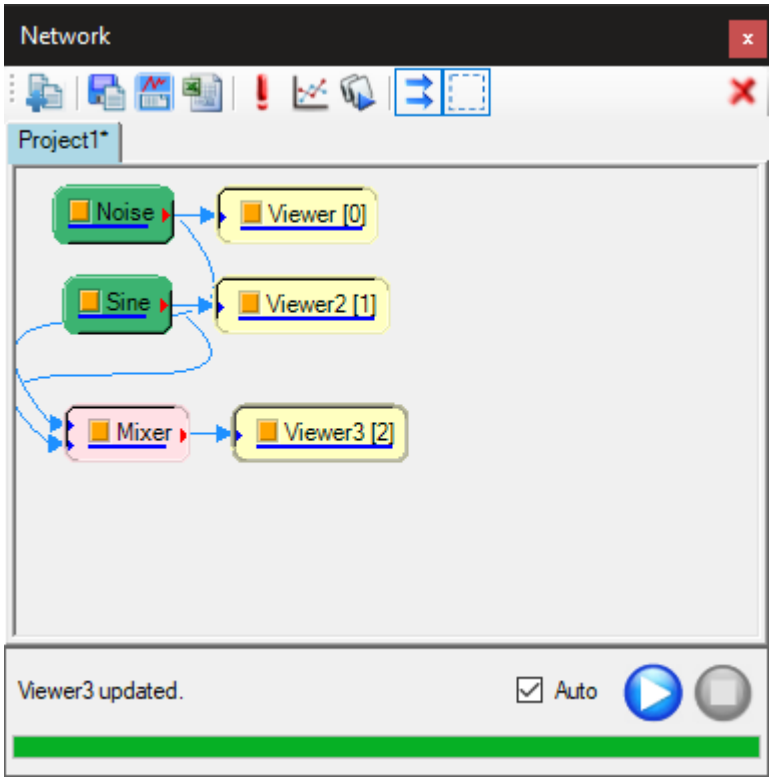
連接時可用手動拖拉連線方式，即用滑鼠將訊號源輸出埠分別拉出連接線拖曳到 Mixer 的輸入埠，此時則跟上述用正常方式新增繪圖元件一樣，因為分兩次操作，所以做**兩次**還原及**兩次**重做才能完全還原或重做新增連接線。

連接時也可以用設定連線起訖方式，用滑鼠先框選兩個訊號源，再其中一個元件圖示上用滑鼠右鍵叫出選單選擇 Connect（或按下 `ALT-C` 鍵）設定框選的兩個訊號源為連接起點，然後在 Mixer 元件圖示上再用右鍵叫出選單選擇 Connect （或按下 `ALT-C` 鍵）設定連接訖點，將兩個訊號源同時連接到 Mixer。因為只有一次操作，所以只需做一**次**還原及重做就能完全還原或重做新增連接線。

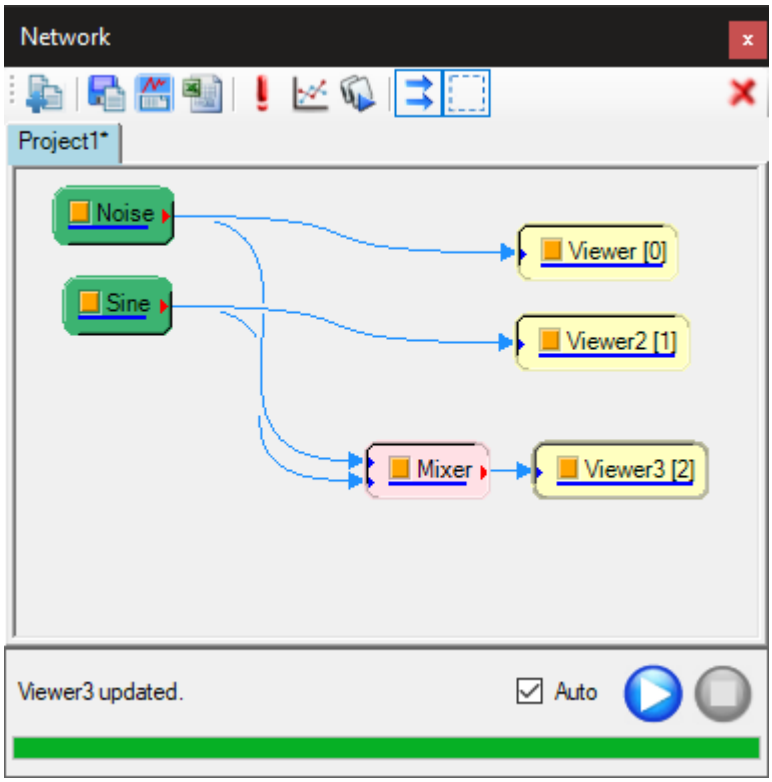
接著再新增一個 Viewer 元件，如下圖：



用框選或 CTRL 或 SHIFT 複選元件的方式選擇 Mixer 及三個 Viewer，如下圖：



用滑鼠移動被選元件其中一個元件圖示，所有被選的元件會一起跟著移動，如下圖:



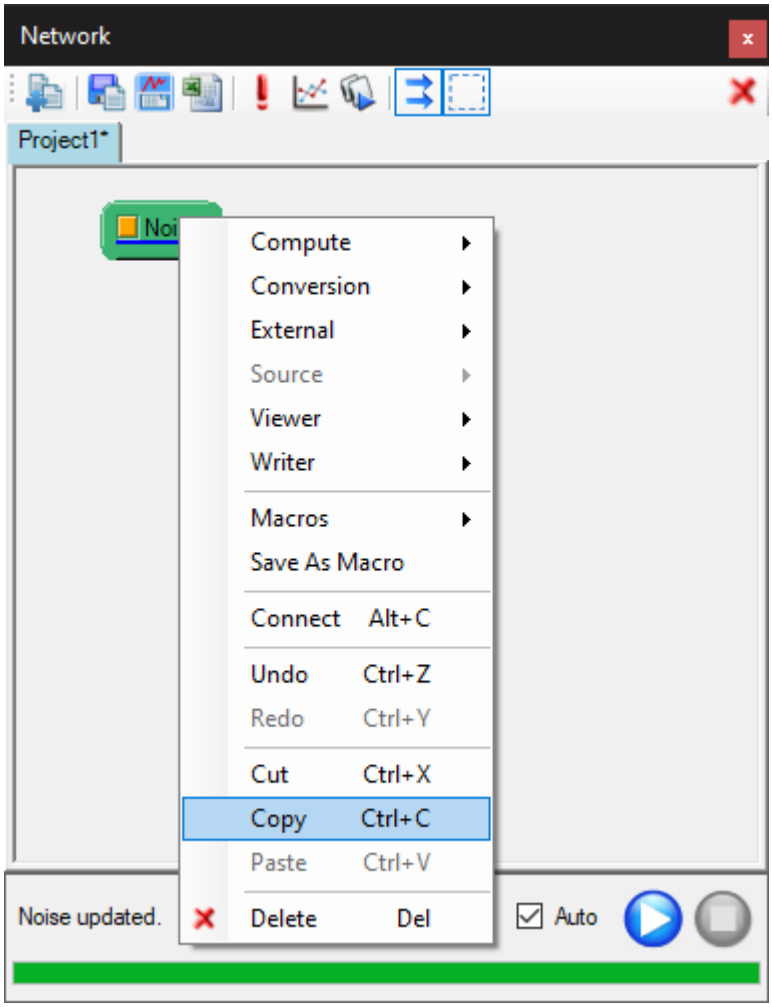
此時執行一次還原功能時會發現四個被移動的元件會一起回到原來位置，再執行一次重做功能則會回到移動後的位置。如果連續執行還原功能，則元件編輯區會依次回到之前的狀態，直到回到完全空白的起始狀態。此時連續執行重做功能，則元件編輯區會依次回到還原之前的狀態，直到回到上圖的最終狀態。如果在連續還原的中途又進行新的操作，則重做用的堆疊器會清空（也就是之前還原的操作無法再重做），而還原用的堆疊器則會從最後一次還原開始推入新操作，使用者可以還原新操作以及之前的操作。

3.6 元件剪貼簿（Clipboard）

Visual Signal 設有一個剪貼簿，可以將各專案的元件編輯區內一個或多個元件執行複製、貼上、剪下、刪除等操作。以下詳細說明操作方法。

3.6.1 複製（Copy）

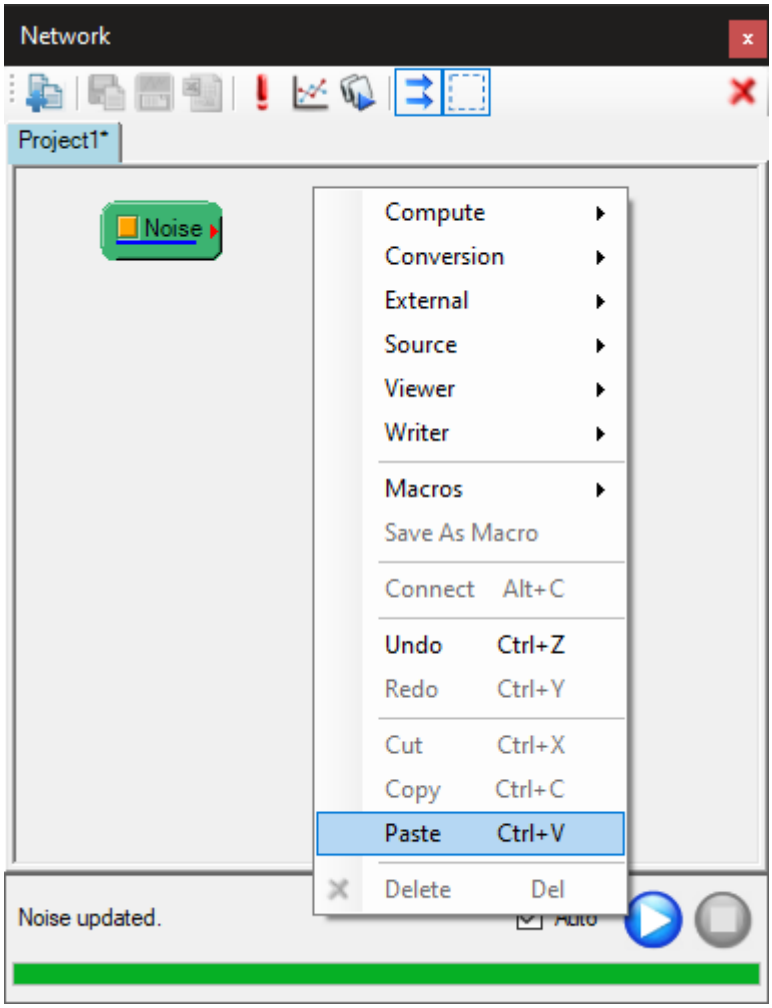
在任一元件圖示上，或是在一組選取元件（一個或多個）中的任一元件圖示上使用滑鼠右鍵元件功能選單選取 Copy 選項（或是按下 CTRL-C），如下圖：



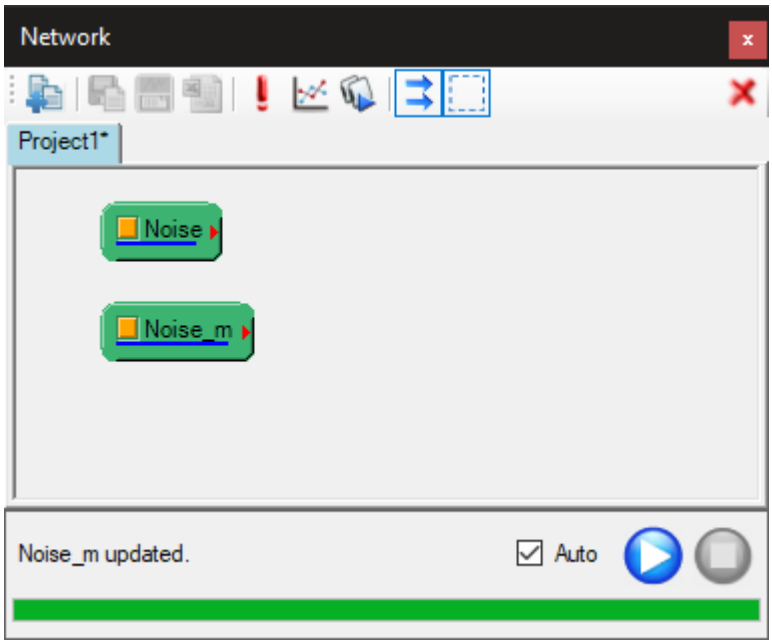
目標元件則會連同元件參數一起存入剪貼簿。剪貼簿的內容會一直保存，直到下一個複製或剪下的操作將內容蓋過，或是 Visual Signal 關閉。

3.6.2 貼上（Paste）

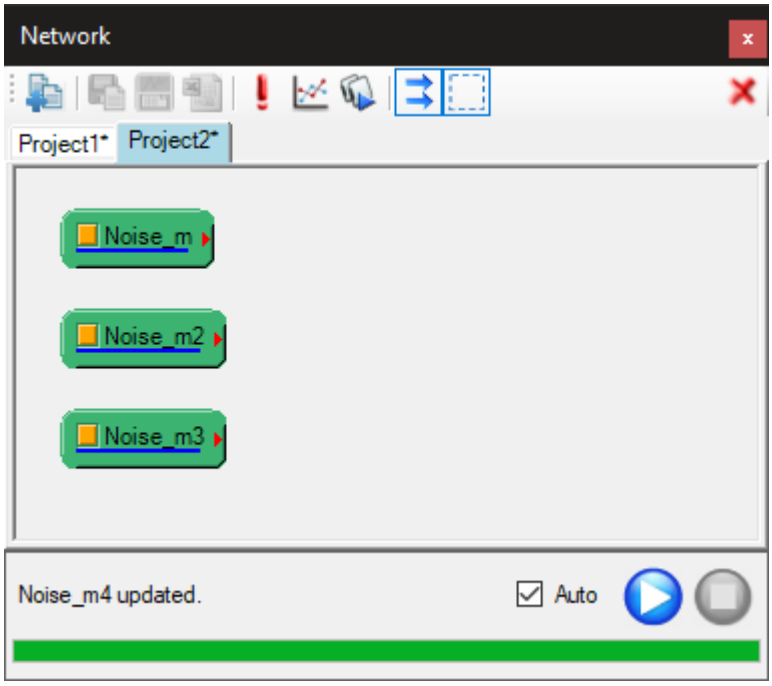
貼上功能將存在剪貼簿的一個或多個元件重新加入元件編輯區內，保留複製時選取元件的所有參數。操作方法為在元件編輯區空白處用滑鼠右鍵選單執行 Paste（或按下 CTRL-Z ），如下圖：



剪貼簿內部儲存形式與【巨集】相同，因此貼上的元件名稱後面跟巨集一樣都會加上「_m」的字樣，防止貼上元件名稱與現有元件名稱重複，如下圖：



剪貼簿的內容會一直保存，因此可以重複執行貼上（複製元件名稱後的「_m」會增加數字防止重複），而且因為 Visual Signal 只有一個剪貼簿，所以在一個專案中複製或剪下的元件可以在另一個專案貼上，如下圖：



前章所述之【還原與重做】功能支援上述貼上元件的操作（等同新增元件）。

3.6.3 剪下（Cut）

剪下功能與複製一樣將一個或多個元件存入剪貼簿。不同之處在於存入剪貼簿後之後會將目標元件刪除。前述之【還原與重做】功能支援剪下元件的操作（等同移除元件）。還原回來的元件跟貼上的元件不同，元件名稱為原始名稱，不會加上「_m」字樣。

3.6.4 刪除（Delete）

顧名思義，刪除功能直接刪除元件，剪貼簿內容不受影響。換句話說，如果先複製或剪下一組元件，然後再刪除另一組元件，用貼上時會仍然會貼上之前複製或剪下的元件。欲救回刪除的元件只能使用前述的【還原】功能。

3.7 巨集（Macro）*

Only in Professional

將元件編譯區中的訊號處理程序建立巨集，在不同專案中快速建立同樣的程序。

說明

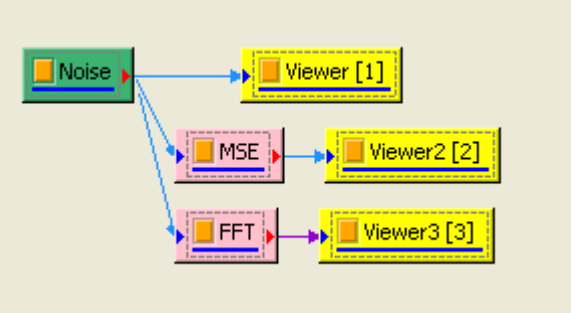
巨集（Macro）主要用於儲存標準化之訊號處理流程，日後在應用上無需重新設定流程。

Macro 跟 Project 檔其實都是.vsn 檔，是一樣的東西，只是用 Load Project 讀取.vsn 檔時，會新開啟一個 Project，而用 Load Macro 讀取.vsn 檔，則會在目前的 Project 下匯入 Macro 所儲存的運算程序。

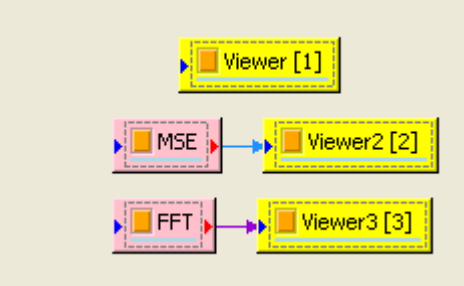
範例

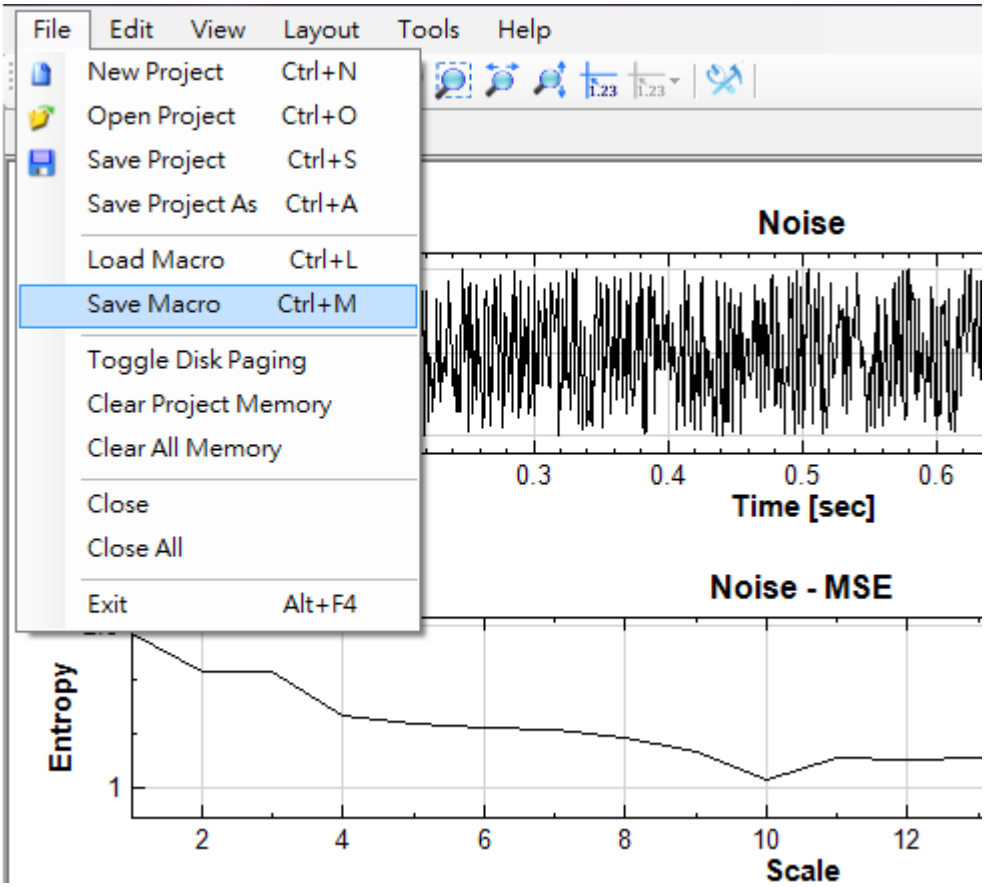
訊號之複雜度分析：

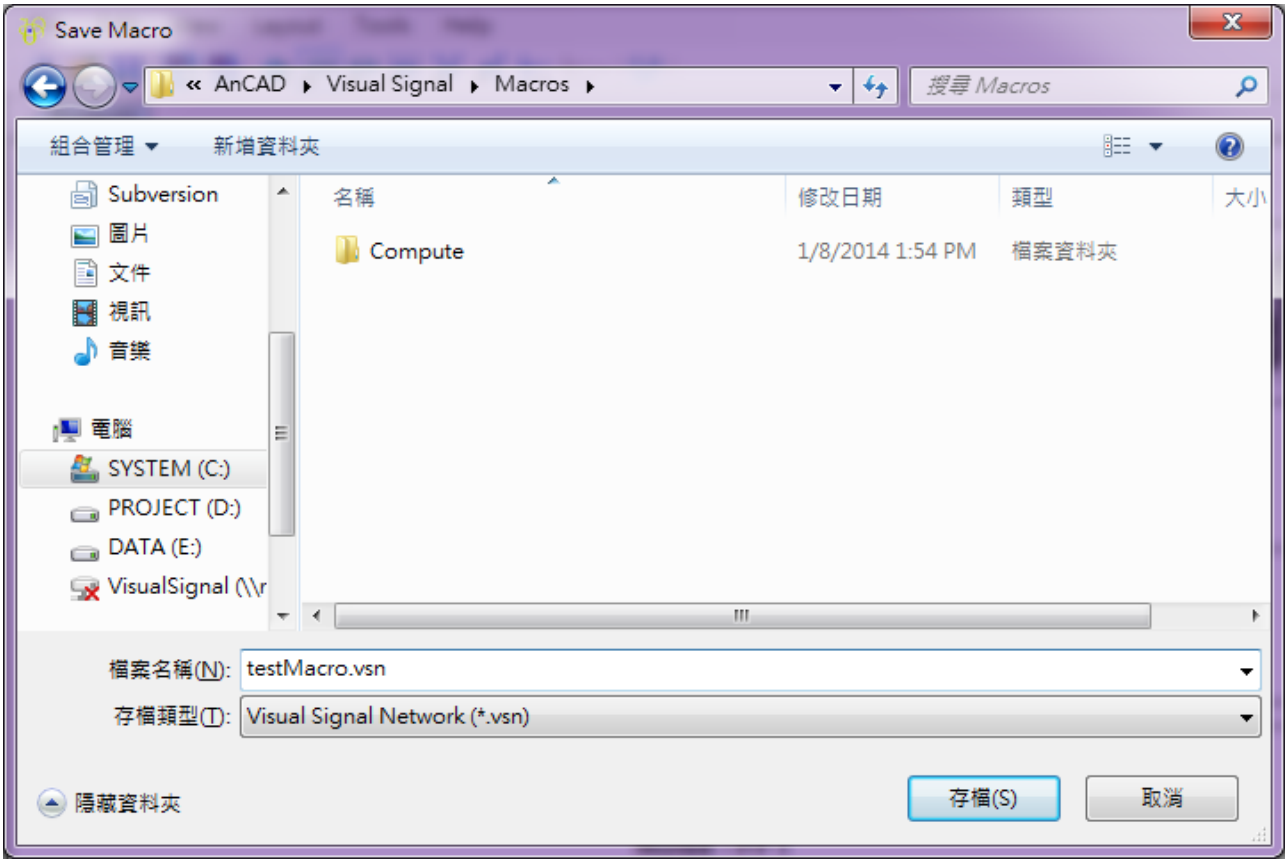
1. 在此欲檢測雜訊的分析，運算流程如下圖所示。



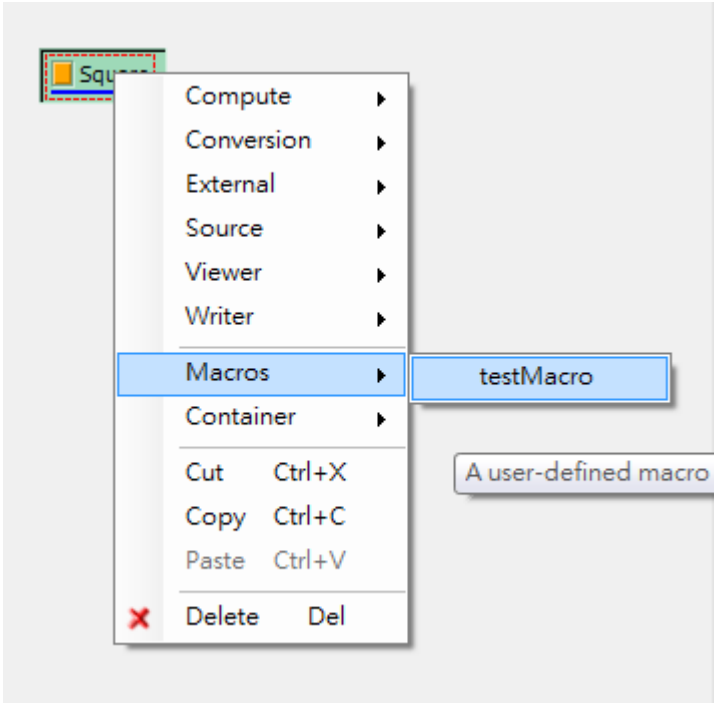
2. 現在想將此運算流程儲存起來，但不儲存資料，就要在主畫面的下拉式選單 File 下選擇 Save Macro，以巨集儲存（存檔前先將欲分析之訊號資料刪除，僅留存運算流程），巨集名稱取作 `testMacro`。

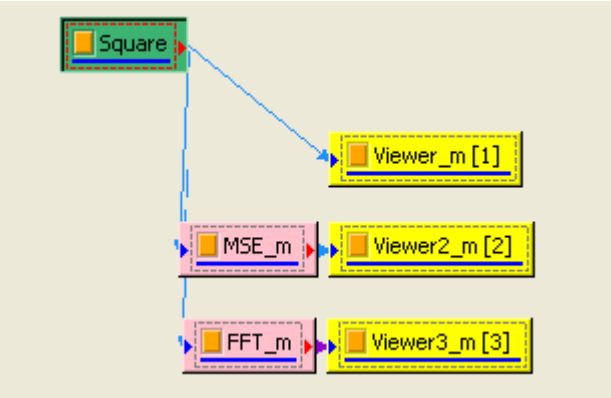






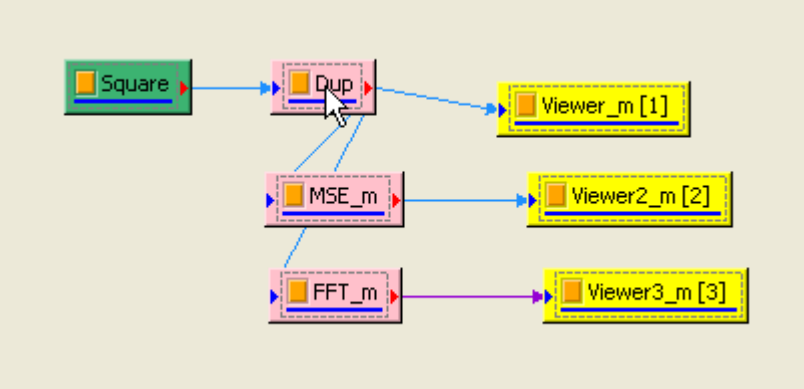
3. 現在新增一個專案，新增訊號源為 Source / Square Wave，於 Square 圖示上按右鍵點選 Macros (或於主選單 File 下選擇 Load Macro)，就可看到剛儲存的巨集名稱。



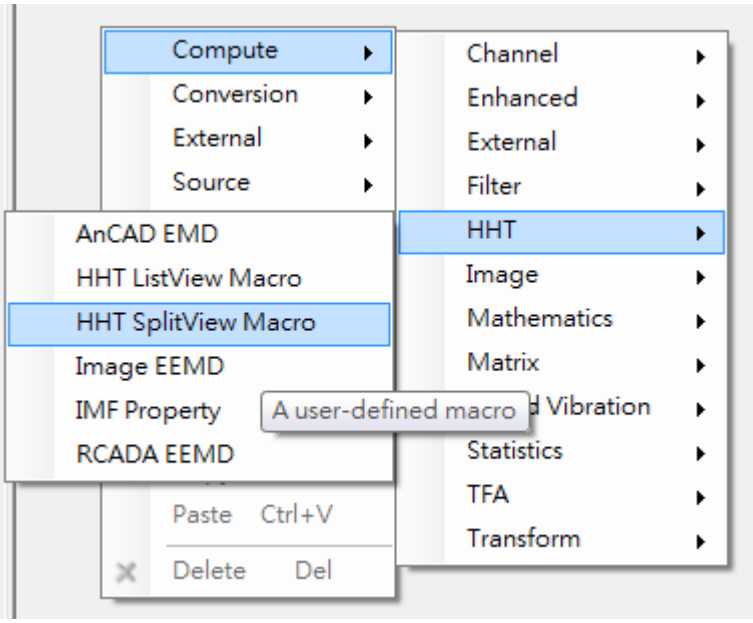


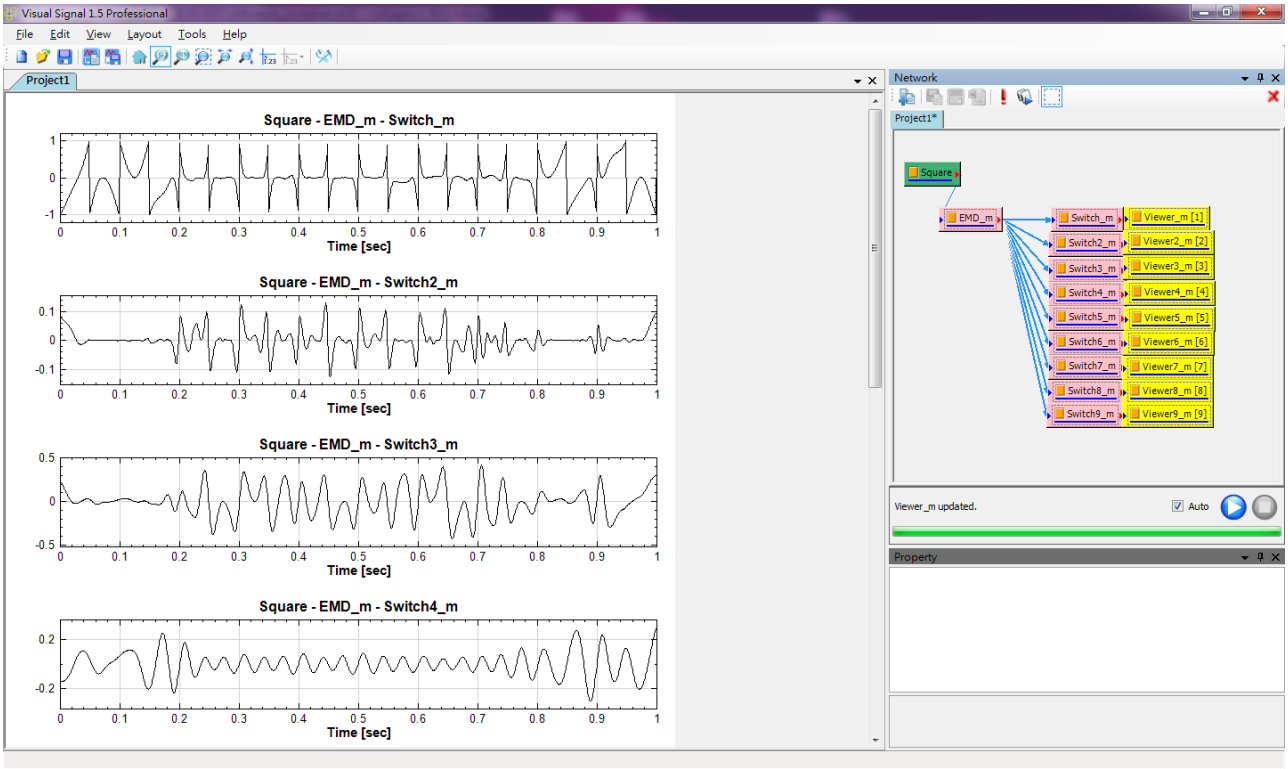
須注意不論專案存在那個目錄，若巨集皆是存在 Visual Signal 安裝目錄下的 Macros 資料夾下，此巨集就會出現在 Network 的選單中。

4. 如此設定仍有些許不便；當匯入 Macro 時，仍須把資料連接到不同的模組上，如此之連結線有可能非常多，為解決此問題，可用 Dup 做為 Macro 接口，以後匯入 Macro 時只需將資料聯接到 Dup 後即可（如下圖）。



5. 上述範例為很簡單的示範，通常應用 Macro 的程序都十分繁雜，程式內部就預設了幾個 Macro，以其中的 HHT_SplitView 為例，此巨集內容是將訊號做 EMD 後，再把每一個計算出的 IMF 都單獨畫出來。





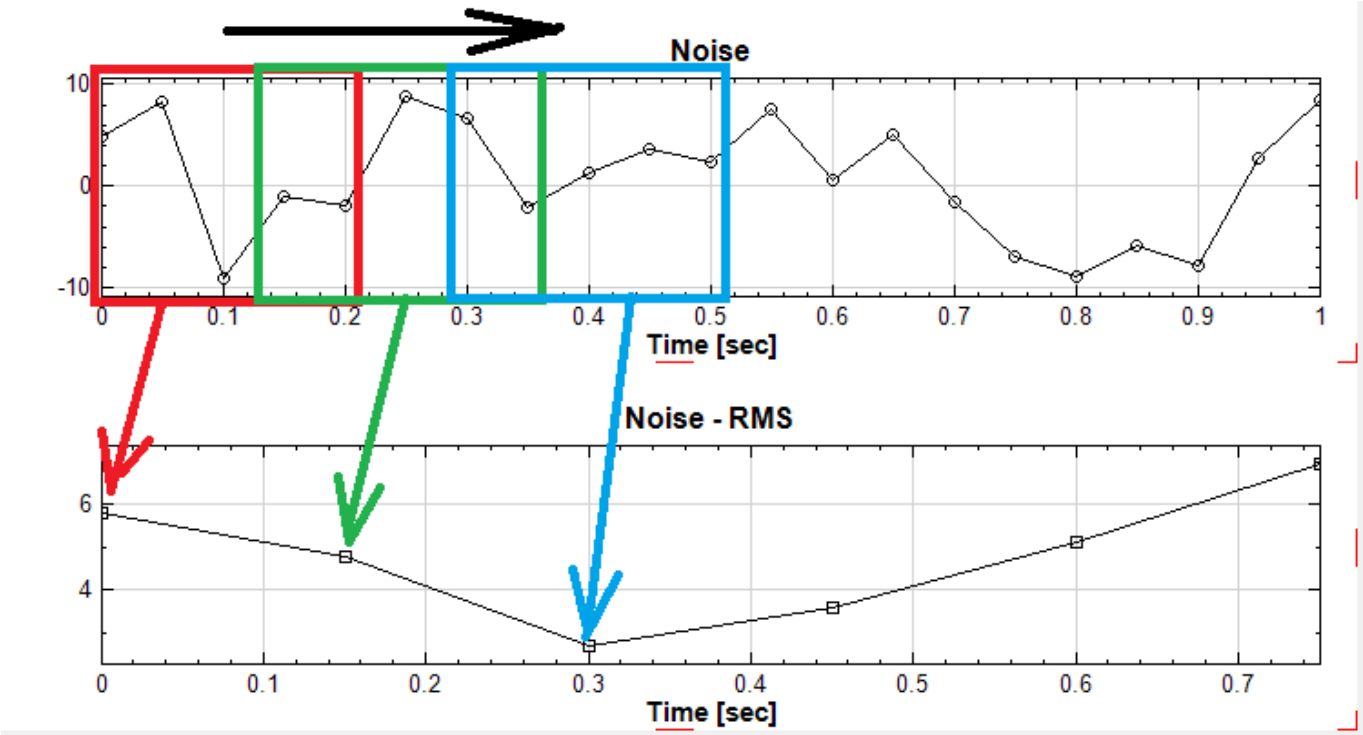
若需要在不同的 Network 重複建立如上圖的運算流程將浪費不少時間，將這些常用的運算儲存為 Macro 可大幅提升操作之便利性。

相關指令

Dup

3.8 滾動窗計算（Rolling Window）

多數計算元件具有滾動窗計算的功能，即將輸入訊號切割為多個「計算窗」，每個計算窗算出一個數值後再將所有數值組合成輸出資料。也可以視為用一個計算窗由左到右滾動，每移動到一個位置即計算出一個輸出資料的數值點。下圖示意一個大小為 5 個資料點的計算窗，滾動計算 RMS 值，每次移動 3 個點（即計算窗之間重疊量為 2 個點）：



目前支援滾動窗計算之計算元件詳列於本章節之「相關指令」一欄中。

參數設定

如果該計算元件支援滾動窗計算，則計算窗模式、大小、重疊等參數統一可以在該計算元件參數欄中的「Rolling Window」分類中設定，如下圖：

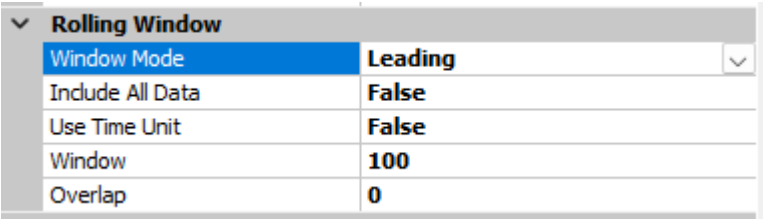


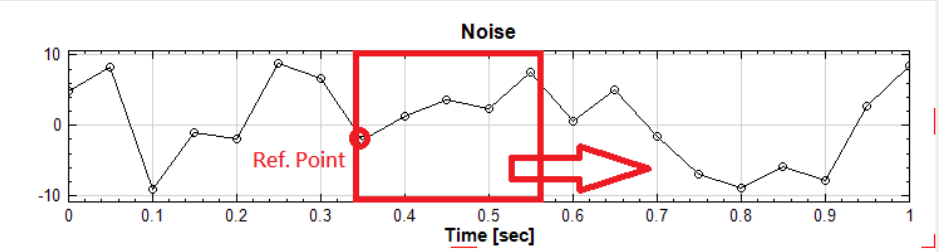
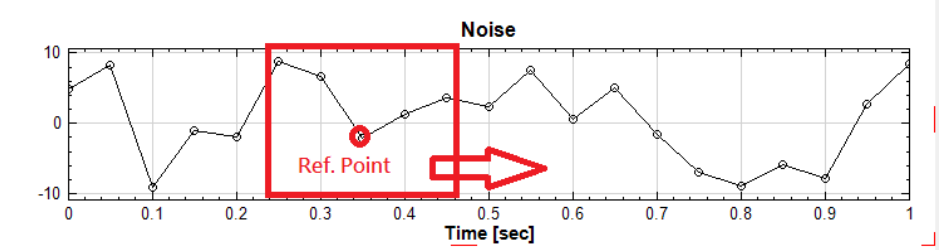
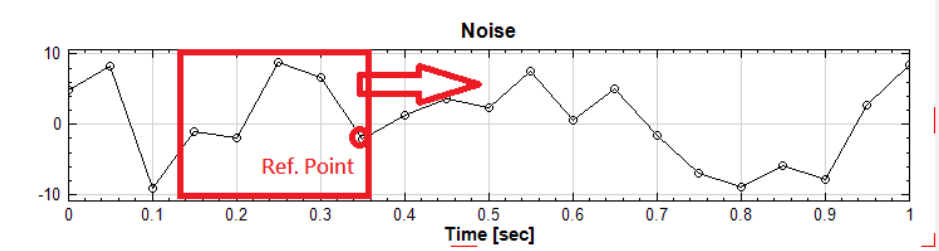
Table 3.6: 滾動窗計算參數

參數名稱	參數定義	預設值
Window Mode	設定計算窗模式，可選擇： • Leading • Centered • Trailing	Leading
Include All Data	設定「True」時，也包含計算窗不完整時（例如在資料邊緣）的計算，否則只採用完整的計算窗，見後述。	False
Use Time Unit	設定「True」時，計算窗大小與重疊量的設定單位為時間，否則為資料點數。	False
Window	設定計算窗大小	輸入資料長度 / 10

參數名稱	參數定義	預設值
Overlap	計算窗重疊量	0

以下說明計算窗模式（Window Mode）選項：

Table 3.7: 計算窗模式選項

計算窗模式	說明
Leading	計算窗在（包含）參考資料點的前（即右）方，如下圖： 
Centered	參考資料點在計算窗的中央，如下圖： 
Trailing	計算窗在（包含）參考資料點的後（即左）方，如下圖： 

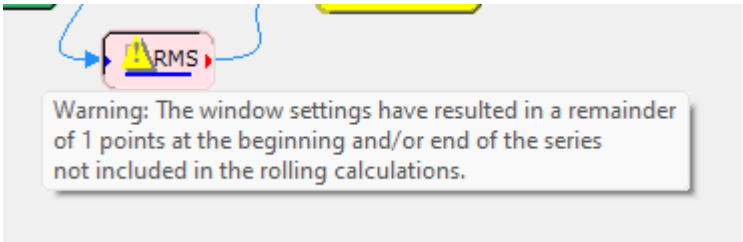
當計算窗在資料邊緣時，計算窗的一部分有可能會在資料範圍之外，形成不完整的計算窗。不同計算窗模式會有不同的不完整形式：

Table 3.8: 不完整計算窗形式

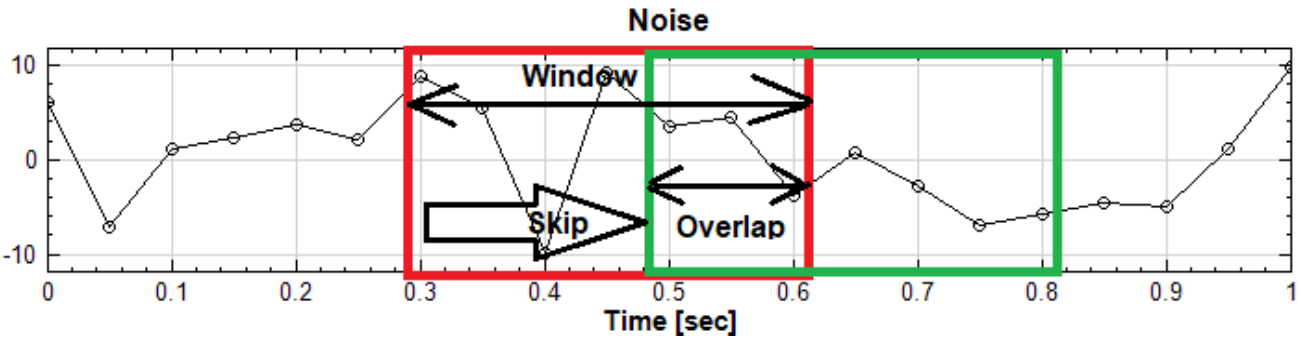
計算窗模式	資料左邊緣	資料右邊緣
Leading	完整	不完整；參考資料點為最後一點時計算窗只有一個點
Centered	不完整；參考資料點為第一點時計算窗為右半窗	不完整；參考資料點為最後一點時計算窗為左半窗
Trailing	不完整；參考資料點為第一點時計算窗只有一個點	完整

參數 Include All Data 可控制是否要採用資料邊緣不完整的計算窗，或是只採用邊緣以完整的計算窗。採用不完整的計算窗時，即便計算窗只有一個點也會加入計算，因此可能會在特定的計算中因為點數過少而造成錯誤，必須注意。

當 Include All Data 設為 False，選擇只採用完整的計算窗時，計算元件會顯示警告訊息，表示在資料的前後邊緣有多少因為計算窗不完整而未加入計算的資料點，如下圖（以 RMS 為例）：



計算窗的大小與移動範圍可由 Window 及 Overlap 參數設定，當 Use Time Unit 為 False 時單位為資料點數，為 True 時單位則為時間，計算時會自動換算為對應的資料點數。下圖示範 Window 及 Overlap 的概念；



可以看到本圖中 計算窗大小（Window）為 7 個資料點，每次移動（Skip）4 個資料點，即計算窗之間的重疊（Overlap）為 3 個資料點。重疊量預設為 0，也就是說此時計算窗每次跳一整個計算窗的範圍，計算窗之間沒有重疊。

範例

請參閱各支援滾動窗計算之計算元件（詳列於以下「相關指令」）章節中的範例。

相關指令

Replace Value、Moving Average、RMS、Coherence、Rolling MSE、Rolling Statistics、Crest Factor、Peak、Join、Split、Convert to DB

3.9 參數參照（Property Reference）

在特定的條件下，元件的參數可以參照（Reference）同元件或連接上游的元件的其他參數值。Visual Signal 提供以下三種參照模式：同元件參數參照、上游元件參數參照、及控制連結參數參照。

3.9.1 同元件參數參照

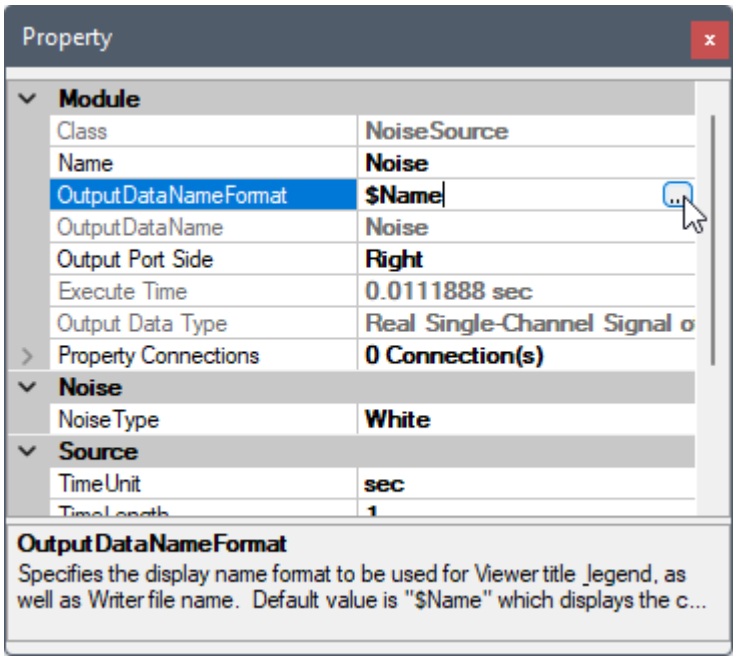
某些特定的參數允許輸入參數參照字串，參照同元件之任何參數，在元件更新時將其參數值替換為所參照之參數值。目前支援此功能的參數有兩個：

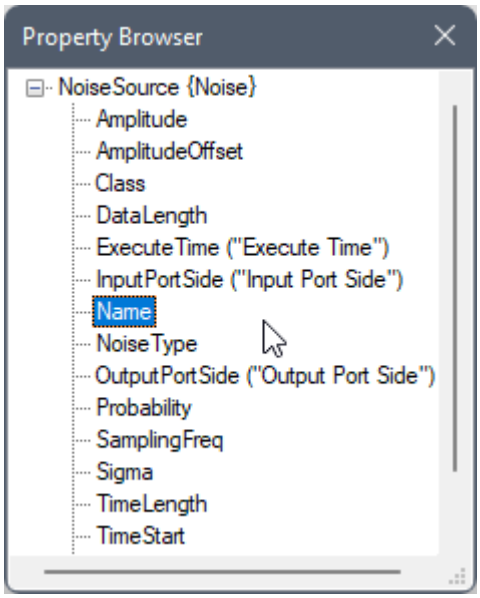
元件	參數項目	參數名稱	說明
所有元件	Module	`OutputDataNameFormat`	見【Module 項目參數】說明
HLine & VLine Annotation	Annotation	`LabelText`	見【標註元件】說明

參照字串的語法為：

$《參數名稱》

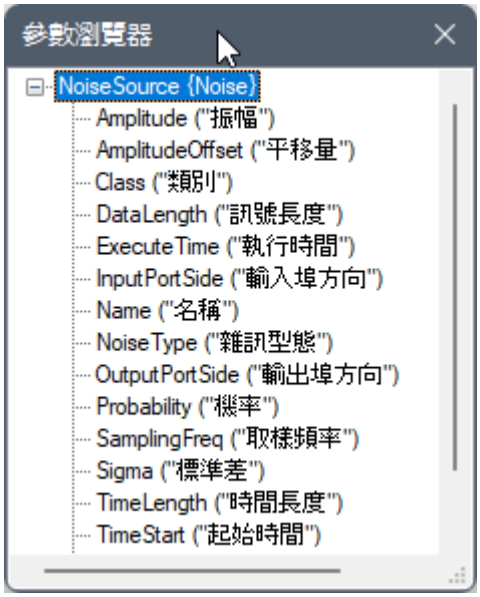
以任一元件中 Module 參數項目中的 `OutputDataNameFormat` 為例，其預設值為 `$Name`，即參照同元件之 `Name` 參數，將 `Name` 參數之值替換至 `OutputDataNameFormat`。注意因為語言檔設定的關係，各參數顯示之名稱不一定為參數真正的名稱，使用者可點擊支援本參照功能的參數欄位右側的[...]圖示，開啟參數瀏覽器查詢各參數真正的名稱，也可以直接在瀏覽器上雙擊點選欲參照之參數，瀏覽器會自動將該參數的語法插入至參數欄位中：





在瀏覽器的參數列表中，參數真正名稱在前，如果後面沒有括弧，則參數欄位上顯示的即為參數真正名稱，否則括弧內的名稱為參數顯示在參數欄位中的名稱。以下為在【Preference】裡選擇中文語言時在參數瀏覽器中所顯示的

參數名稱，括弧中為參數欄位中顯示的所有中文參數名稱：



3.9.2 上游連結元件參數參照

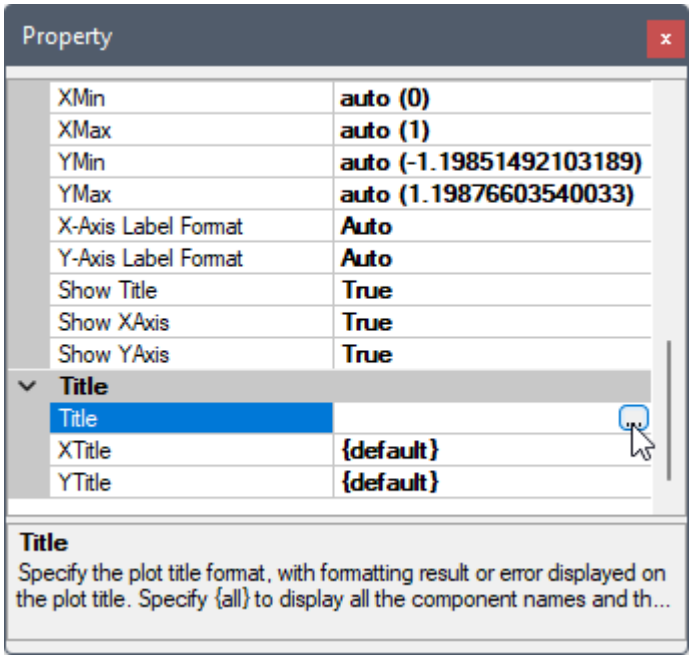
某些特定的參數允許輸入參數參照字串，參照同元件或上游連接元件之任何參數，在元件更新時將其參數值替換為所參照之參數值。目前支援此功能的參數有以下元件：

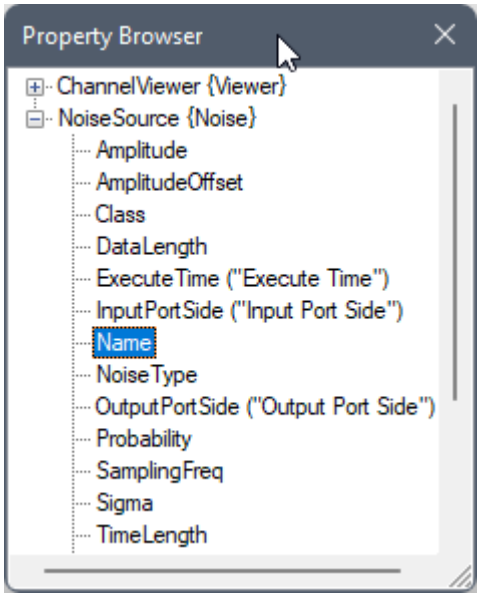
元件	參數類別	參數名稱	參數說明
所有 Viewer 元件	Title	`Title`	見【ChannelViewer】說明
Data Writer	Data Writer	`OutputFileName`	見【Data Writer】說明

參照字串的語法為：

`{`《模組名稱》`}$`《參數名稱》

如果省略《參數名稱》，則默認為 `Name`。以 ChannelViewer 之 `Title` 參數為例，使用者可點擊支援本參照功能的參數欄位右側的[...]圖示，開啟參數瀏覽器查詢各上游連接元件名稱以及元件中所有參數的名稱，也可以直接在瀏覽器上雙擊點選欲參照之參數，瀏覽器會自動將該參數的語法插入至參數欄位中。如果語法有誤，錯誤訊息會直接反映在插入的參數欄位中，並顯示在圖上。

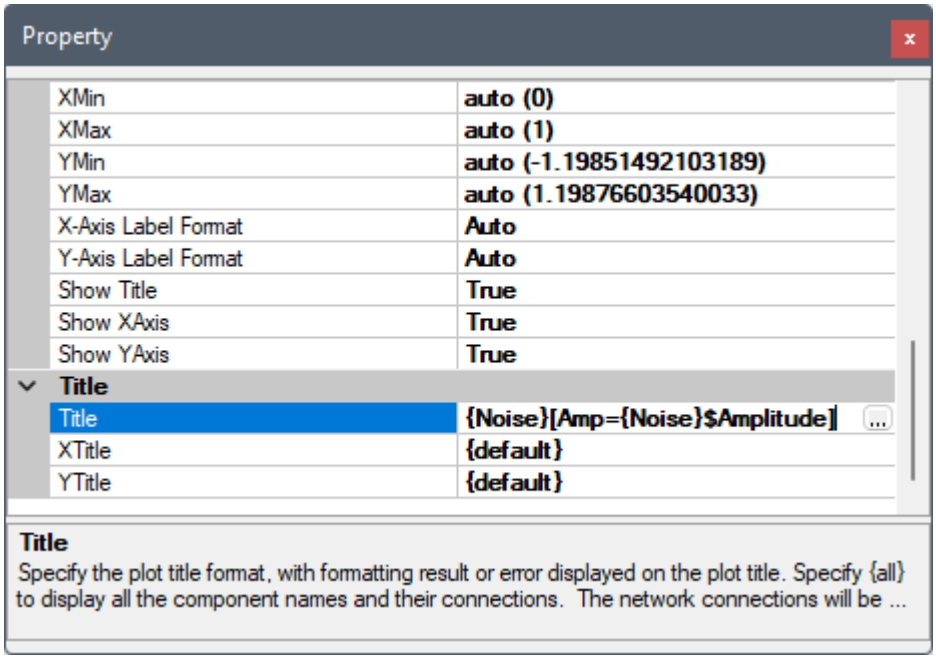


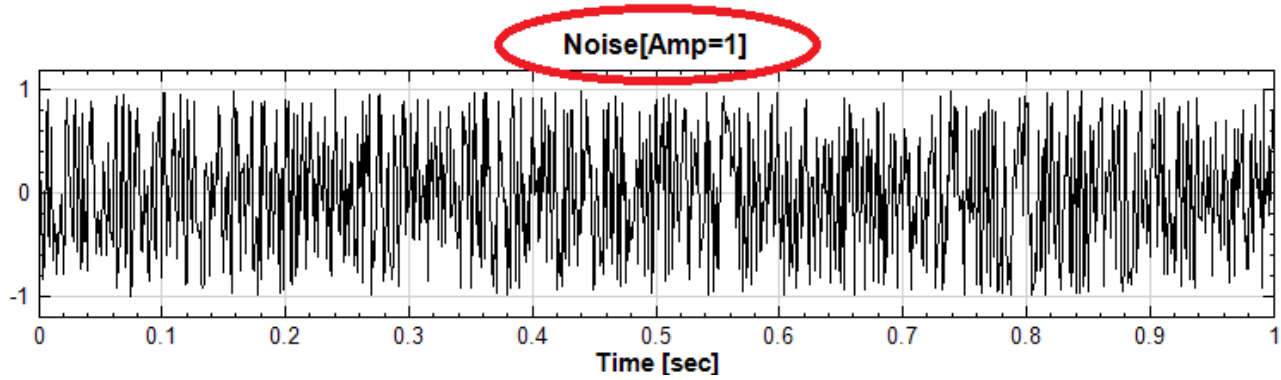


以下示範將 ChannelViewer 之 `Title` 參數由預設之 `{default}` 改成：

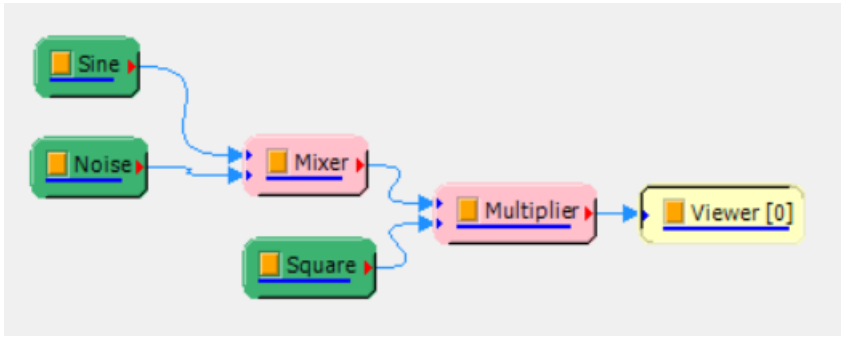
```
{Noise}[Amp={Noise} $Amplitude]
```

注意此處第一個 `{Noise}` 為 `{Noise}$Name` 的省略寫法。

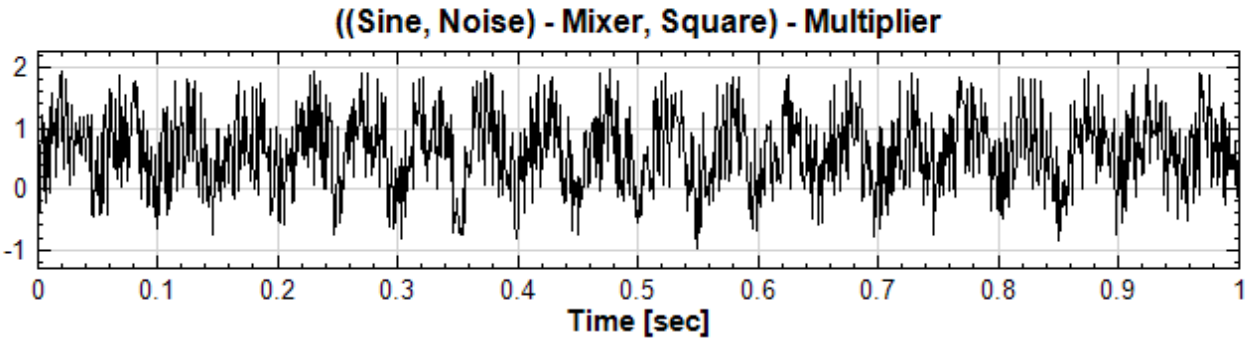




《參數名稱》省略（即默認為 Name）時，《模組名稱》另有簡便指標式的語法。設定 {all} 顯示從輸入源到 Viewer/Writer 的完整流程及元件名稱，元件與元件之間的連結顯示為「-」，多重輸入顯示為「(輸入 1, 輸入 2, ...)」。預設為 {default} ，當 {all} 字串過長時將被減縮，僅留第一及最後一個模組名稱（可在偏好設定裡調整縮減門檻值）。或可以利用 {n} 指定 {all} 字串裡的元件順序，例如 {0} 為第一個元件名稱，{-1} 為最後一個，等等。以下圖顯示之元件連結為例：



若 Viewer 的 Title 設為 {all} 或是 {default}，則 Viewer 的標題顯示如下：



以下列出不同的 Title 設定會得到的標題：

Table 3.11: 不同 Title 設定得到的標題

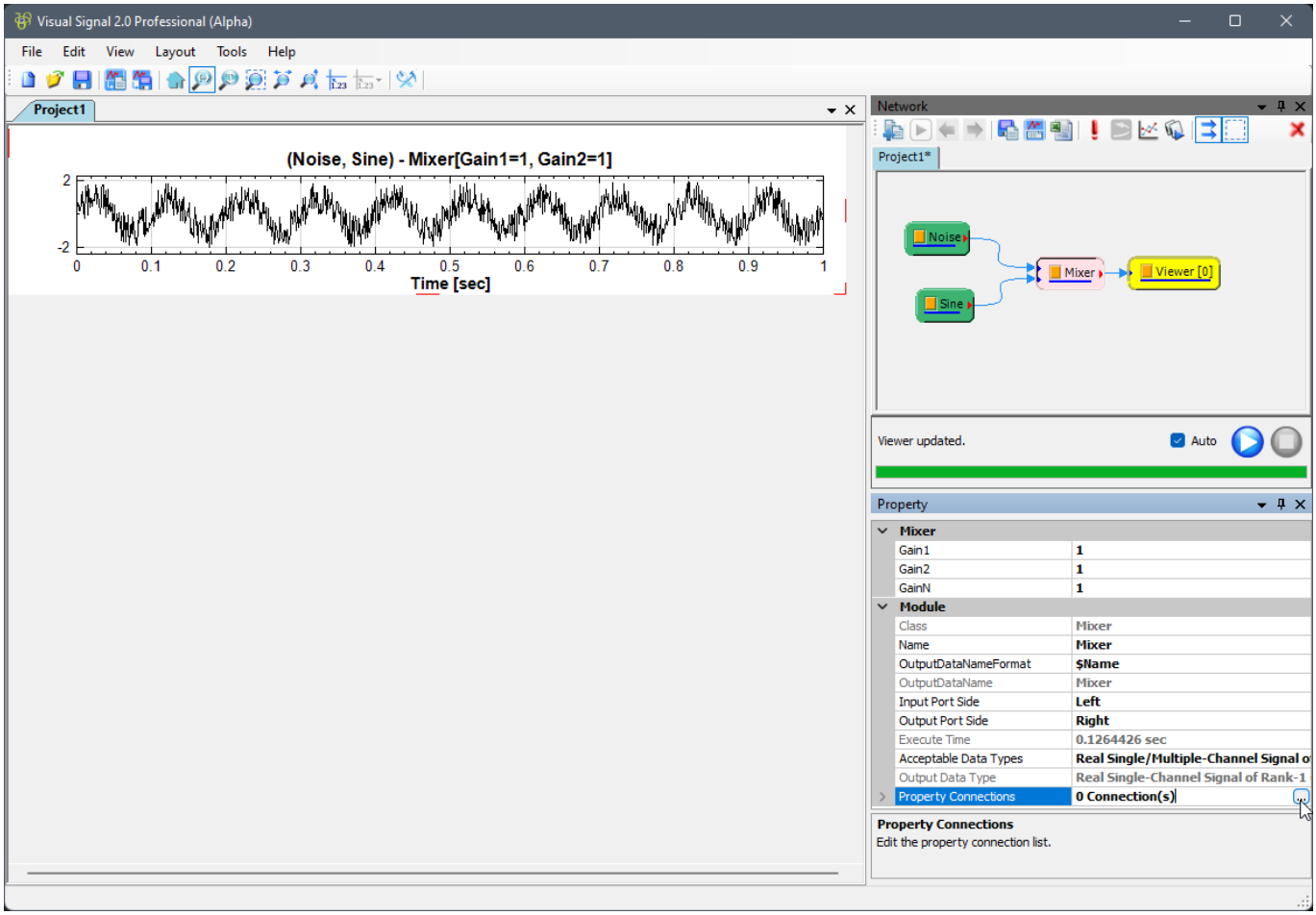
Title 設定	標題顯示
{0} 或 {-5}	Sine
{1} 或 {-4}	Noise
{2} 或 {-3}	Mixer
{3} 或 {-2}	Square
{4} 或 {-1}	Multiplier

3.9.3 控制連結參數參照

以上兩種參數參照方式只適用將其他參數值轉變為字串插入特定的字串類別的參數。Visual Signal 還提供了另一種參數參照模式，可參照同元件或上游連接元件之數值類別（整數或浮點數）參數將其值替換至指定的數值類別參數。本模式有兩種使用方式：參數連結對話窗及控制連結線。以下說明以一 Noise 及 Sine 元件接上 Mixer 元件再接上 ChannelViewer 為例，並將 ChannelViewer 之 `Title` 參數改成：

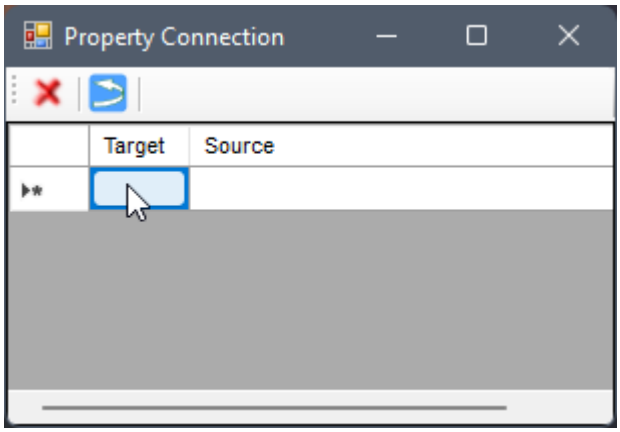
```
({Noise}, {Sine}) - Mixer[Gain1={Mixer}$Gain1, Gain2={Mixer}$Gain2]
```

如下圖：



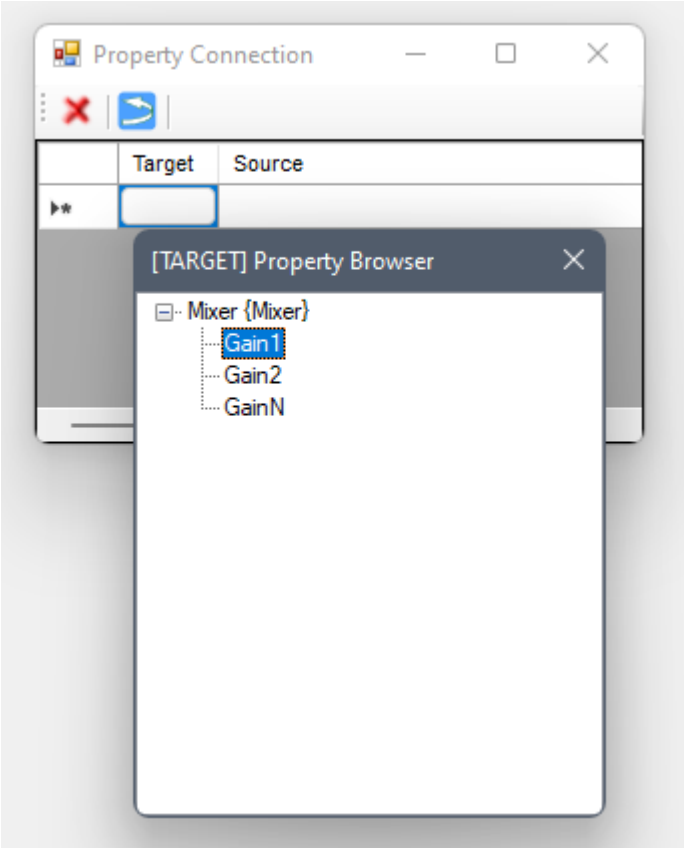
參數連結對話窗

在所有元件的都有的【Module 項目參數】中之 `Property Connections` 參數欄位，點擊右側之[...]圖示，即可開啟參數連結對話窗。以下示範開啟 Mixer 的參數連結對話窗：

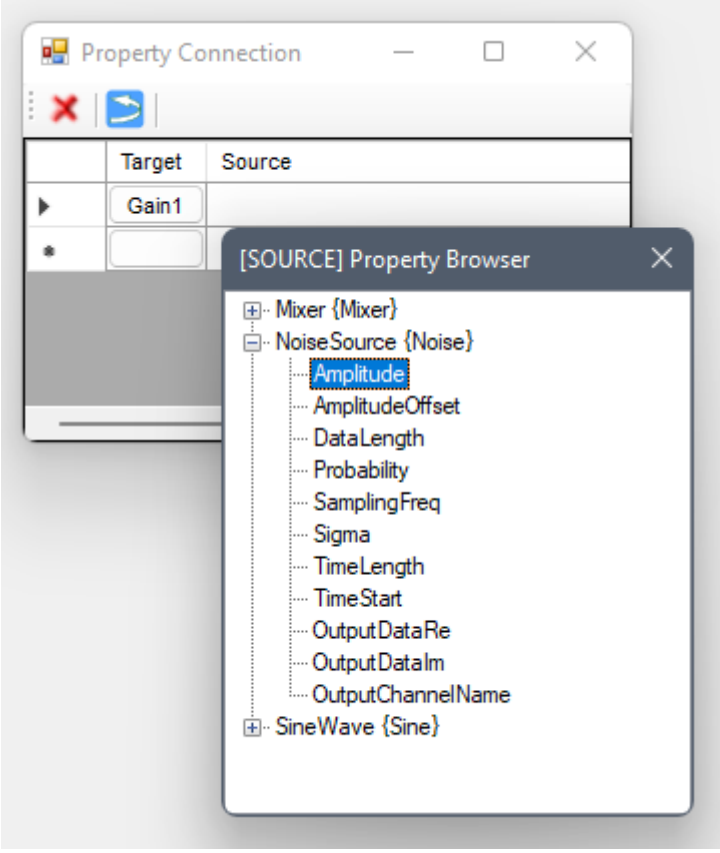


* 設定參數參照連結

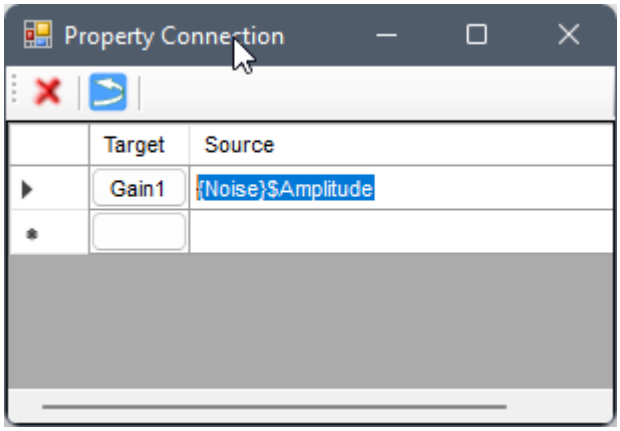
對話窗可以設定多個參數參照連結。點擊 Target 欄位可以開啟前述之參數瀏覽器，選擇 Mixer 元件中欲替換值的參數（注意此時參數瀏覽器只會列出數值類別的參數）。以下示範設定 Target 為 Mixer 之 `Gain1` 參數：



雙擊 `Gain1` 選擇好後，雙擊 Source 欄位可以開啟參數瀏覽器，選擇 Mixer 或連接之上游元件（Noise 或 Sine）中欲參照之參數（同樣地此時參數瀏覽器只會列出數值類別的參數）。以下示範設定 Source 為 Noise 元件之 `Amplitude` 參數：



雙擊 Mixer 之 `Amplitude` 選擇好後，可以看見 Source 欄位插入了參照語法「`{Noise}$Amplitude`」：



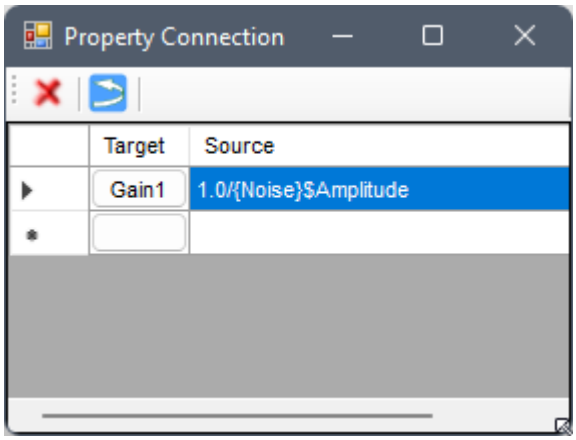
* 工具列功能

設定完成一個參數連結（Target 與 Source 都設定完成）後，如欲刪除，可以選擇整行（點擊最左側箭頭處），然後按下 Delete 鍵，或點擊上方工具列之 圖示即可刪除整行。若只有設定 Target 或 Source 一個欄位，則不算設定完成一個參數連結，關閉對話窗時會自動刪除。

如欲回復到開啟對話窗時的狀態，則可點擊上方工具列 圖示。

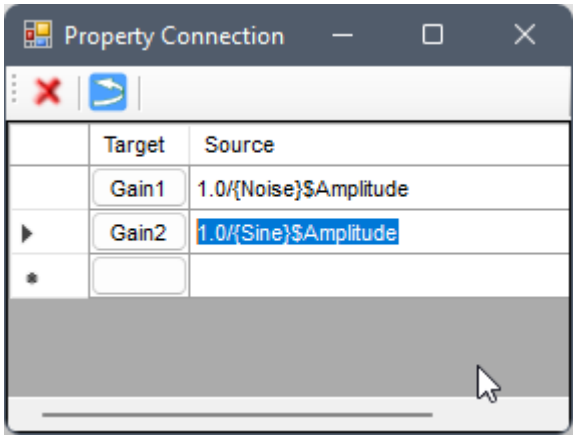
* Source 運算功能

Source 欄位還提供運算功能，允許各種 C# 語法數學運算，例如可以再插入其他參數做加減乘除的運算。這裡加入一個簡單倒數運算「`1.0/{Noise}$Amplitude`」：

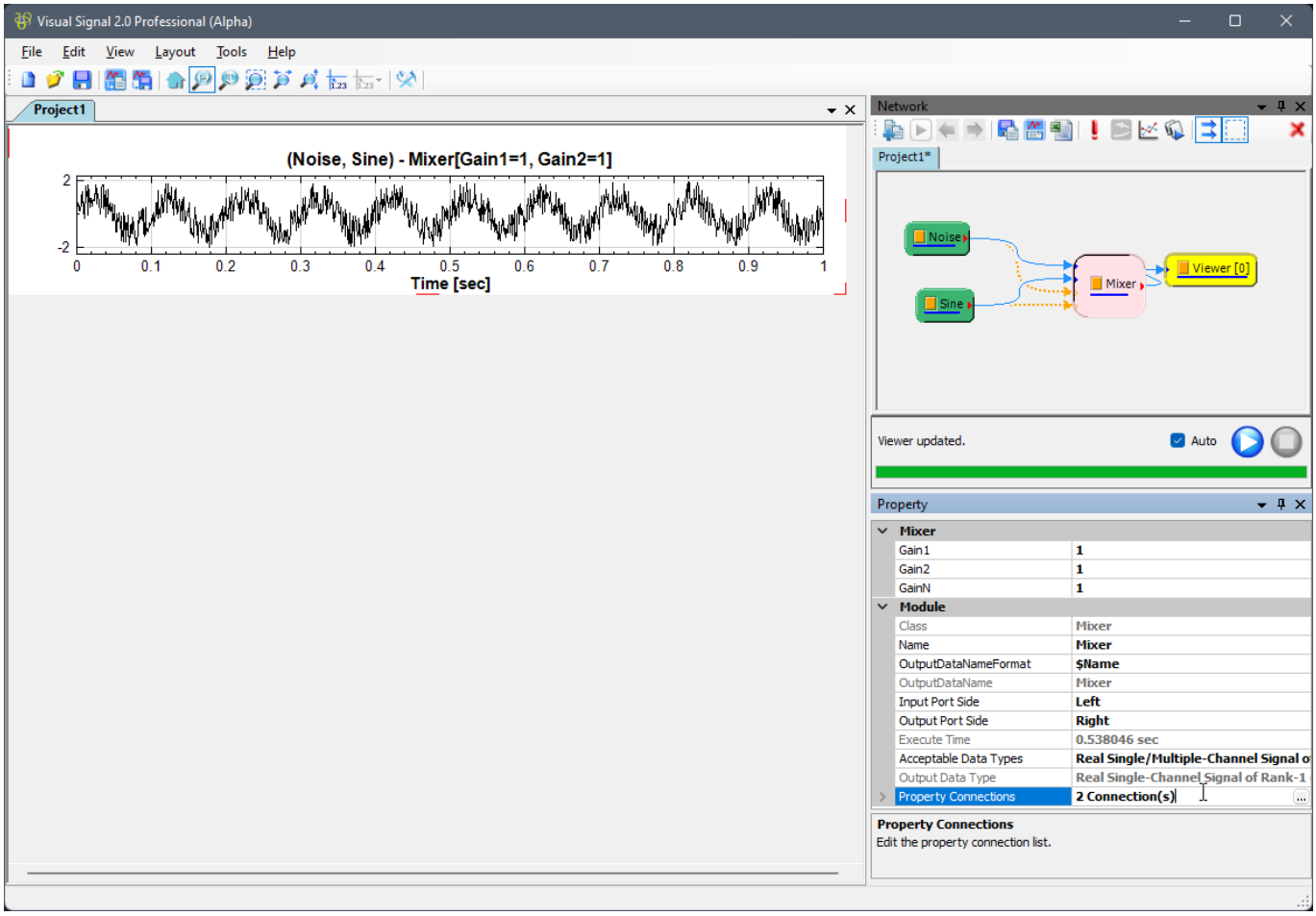


所以無論 Noise 的 `Amplitude` 如何設定，在 Mixer 中乘上其倒數的 Gain 結果都會是 1。注意此時被除數必須用「`1.0`」以保證浮點運算，若只用「`1`」，則若 `Amplitude` 為整數並大於 1，運算解析器會誤判為整數運算而得出結果為 0。

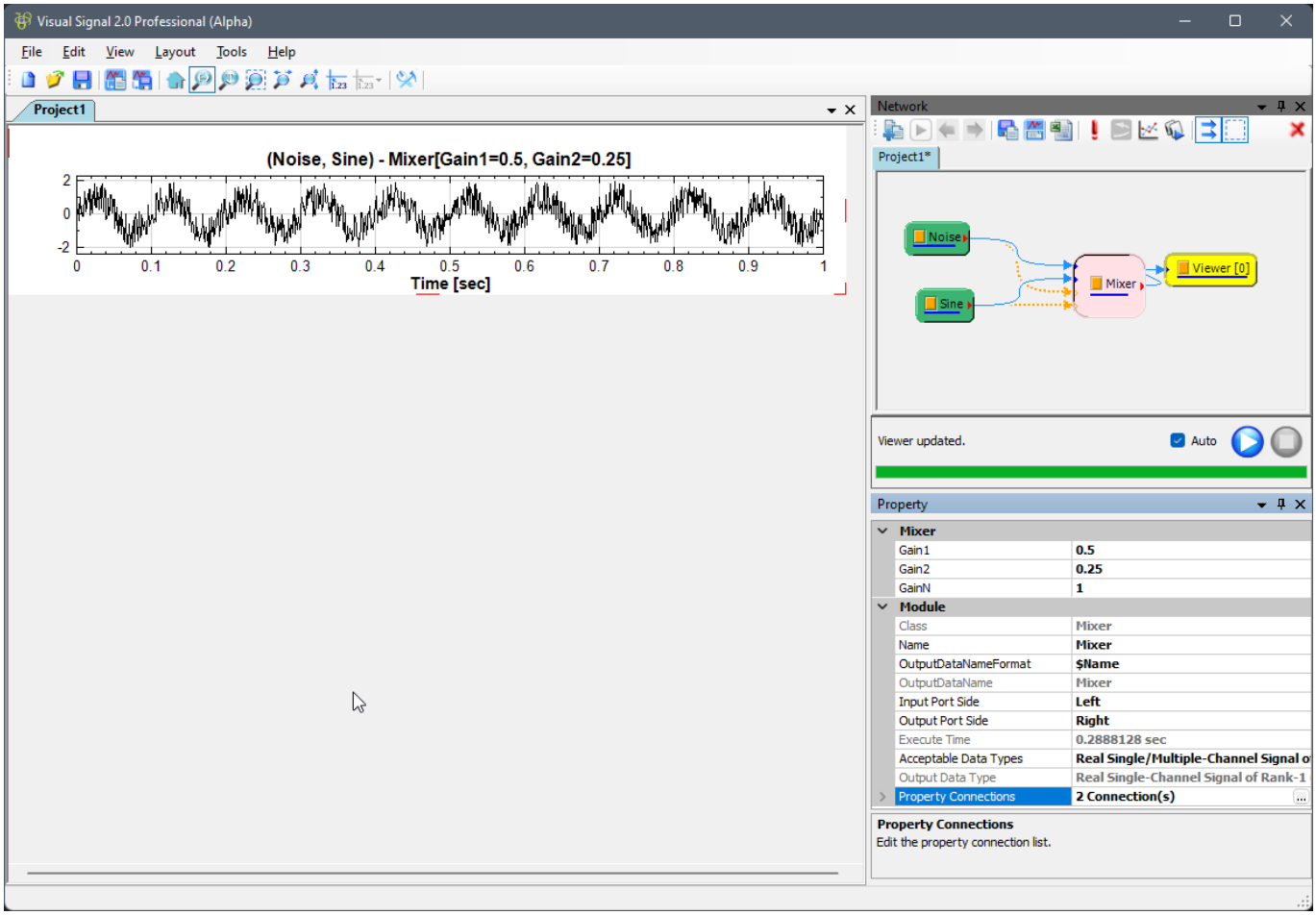
接下來可以重複同樣步驟，加入第二個參數參照，將 Target 設為 Mixer 之 `Gain2`，Source 設為 Sine 之 `Amplitude` 參數之倒數「`1.0/{Sine}$Amplitude`」，如下：



設定好後，關閉對話窗，可看到 `Property Connections` 參數欄位顯示 `2 Connection(s)`：

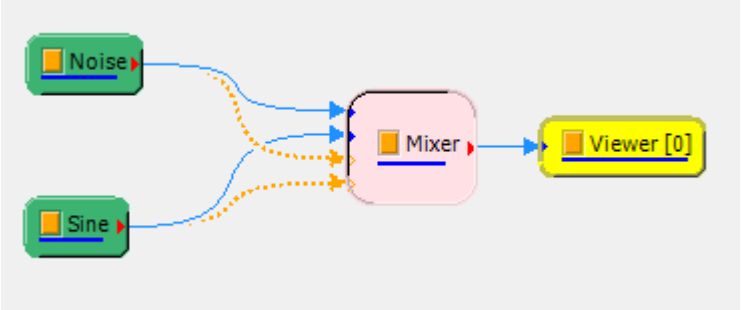


此時將 Noise 的 `Amplitude` 設為 2，Sine 的 `Amplitude` 設為 4，而 Mixer 的 `Gain1` 及 `Gain2` 參數值因參數連結設定而變為 `Amplitude` 之倒數：$1.0/2 = 0.5$ 及 $1.0/4 = 0.25$。繪圖輸出結果不變，但標題因為之前設定了參數參照，顯示了實際的 Gain 值，如下圖：

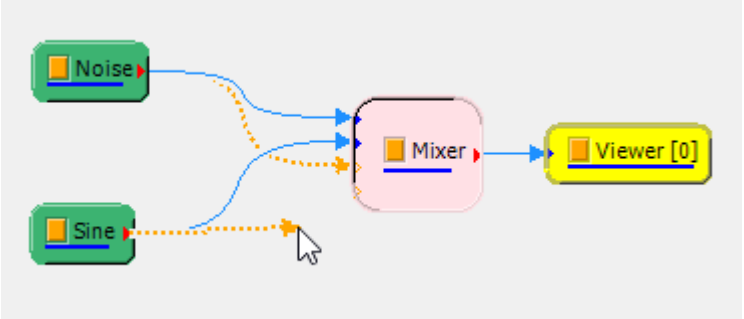


控制連結線

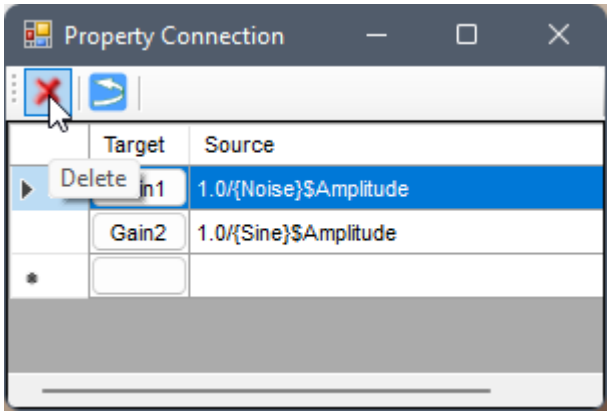
如上圖所示，設定好 Mixer 的參數連結後，可以看到 Mixer 輸入埠多出了兩個橘色的虛線連結線，下圖放大顯示：



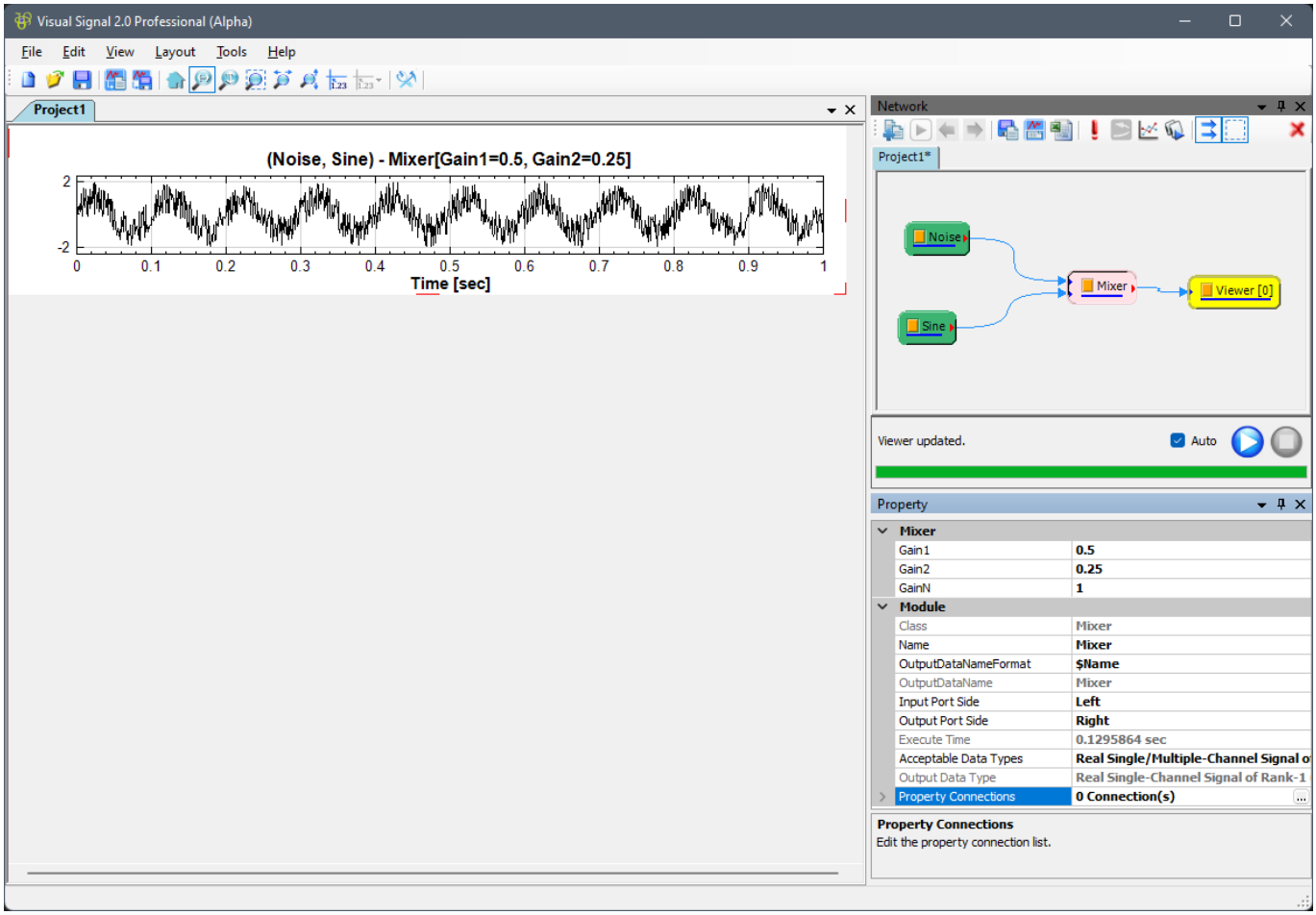
此二連結各別由 Noise 及 Sine 連至 Mixer，與訊號資料連結不同，為控制連結線，用橘色虛線區分之。此數控制連結線雖然跟參數連結一樣有兩條，但是並不完全對應。一條控制連結線只代表連線 Source 元件有一個或多個參數被 Target 元件的一個或多個參數所參照。因為如此，如下圖依照正常方法移除連接線（拉起連結箭頭移開然後放掉）時：



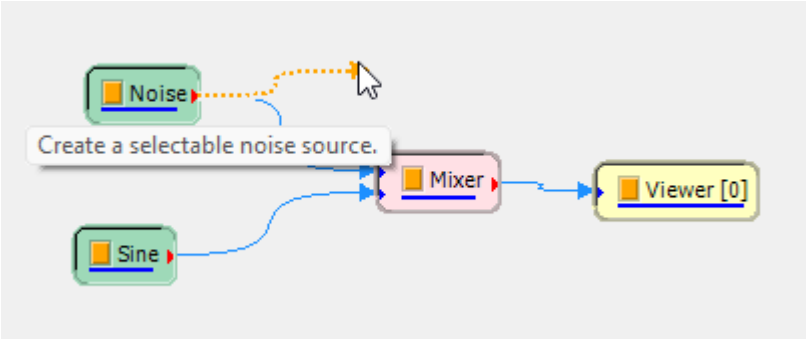
Visual Signal 無法判別是要刪除哪一個參數連結，因此會自動開啟參數連結對話窗，讓使用者可以依照前章節所述的方法刪除或修改參數連結：



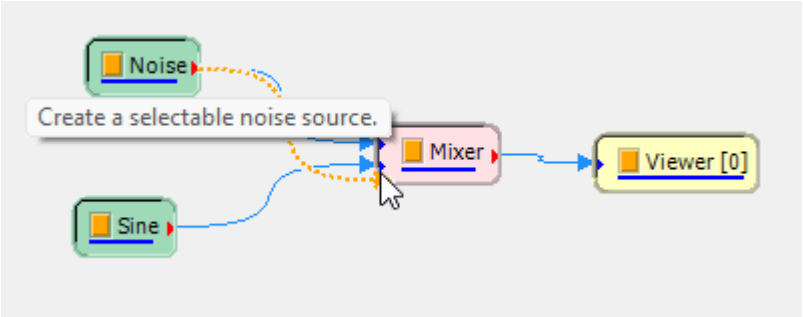
將所有參數連結都刪除後，關閉對話窗，可以看到控制連結線都消失，`Property Connections` 參數顯示為 `0 Connection(s)`，而 Mixer 元件的 `Gain1` 及 `Gain2` 參數值仍為最後個別參照 Noise 及 Sine 的 `Amplitude` 參數值（因此繪圖標題不變），如下圖：



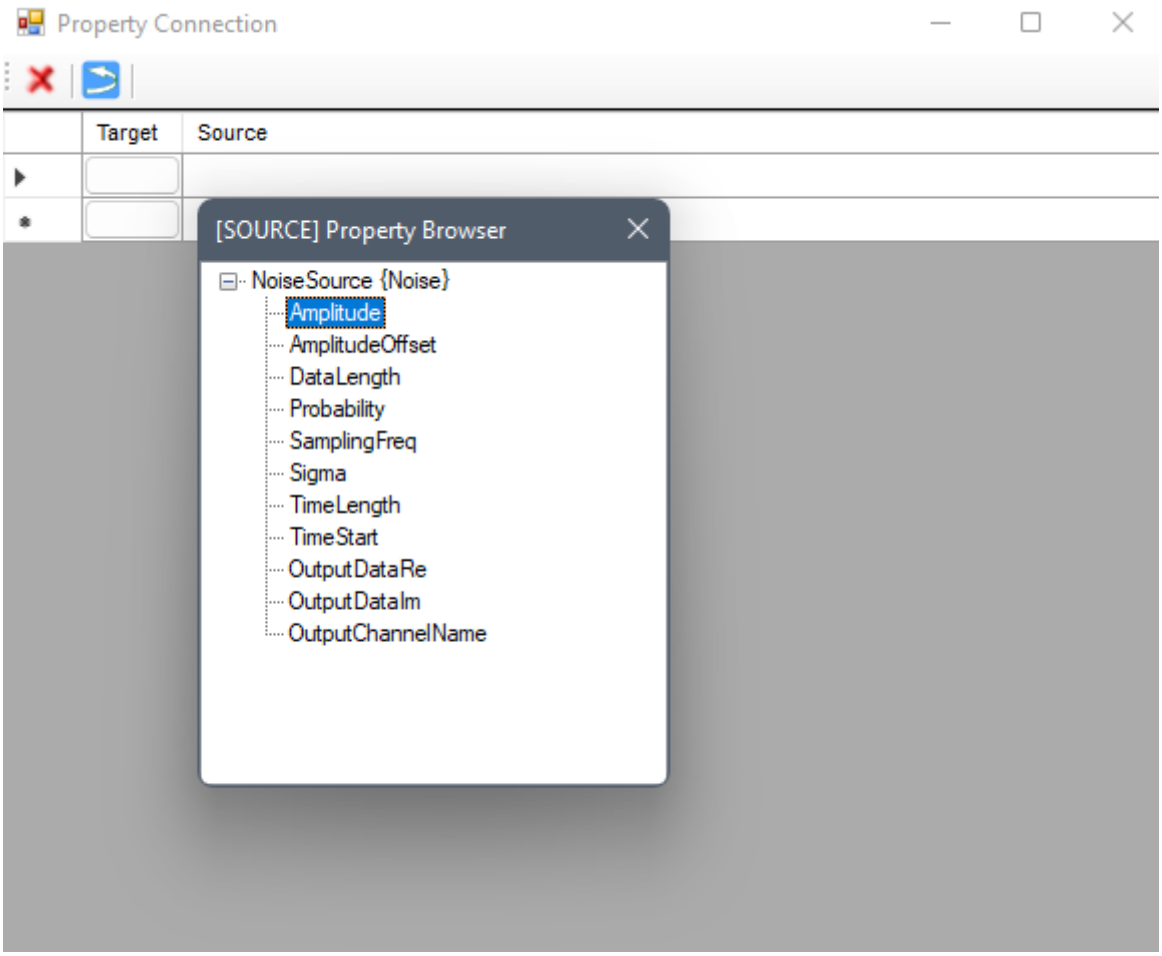
此時可用產生控制連結線方法將參數連結加回。按下 Ctrl 鍵不放，然後用正常拉線方式，從 Noise 元件的輸出埠拉出一條線，此時可看到拉出來的線是橘色虛線的控制連結線，如下圖：



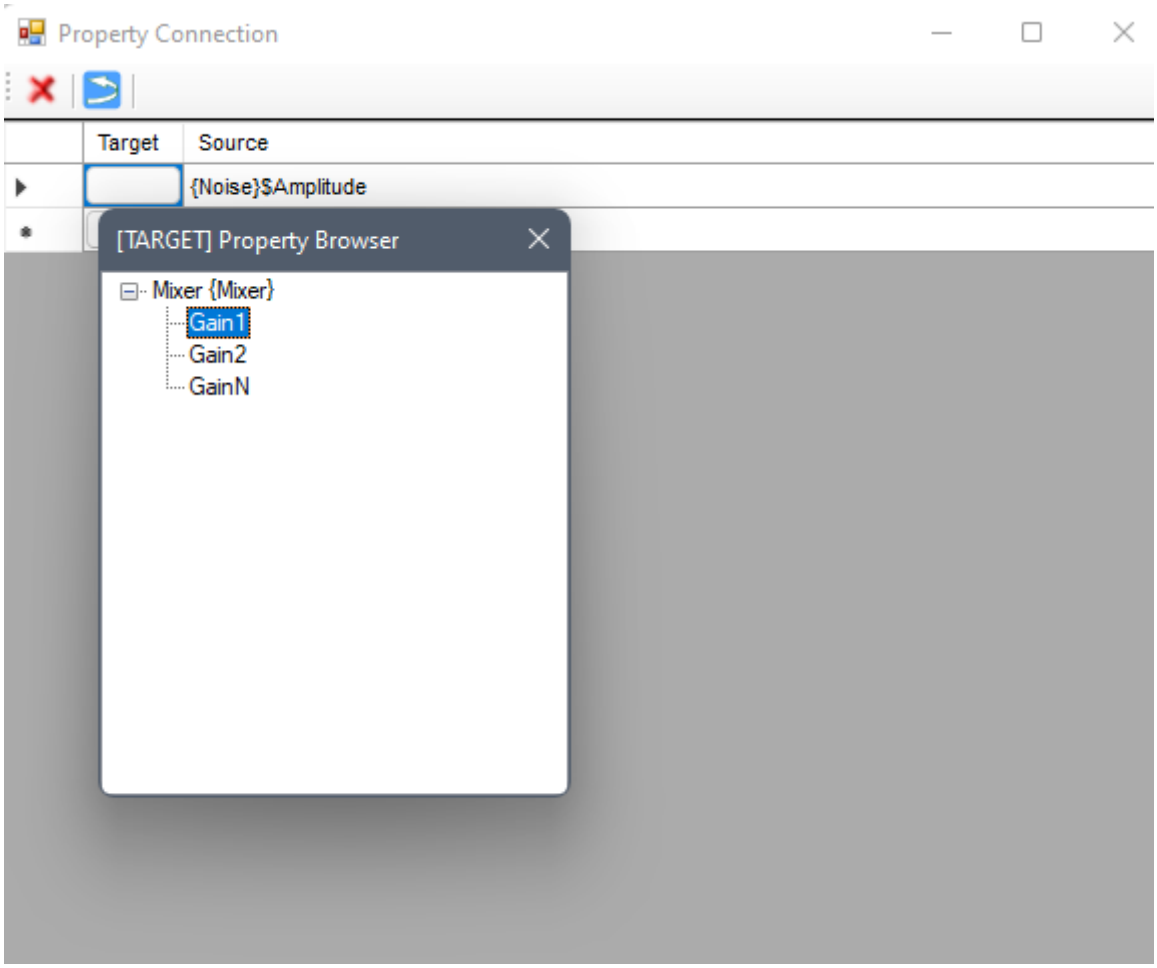
將控制連結線連至 Mixer 的輸入埠，如下圖：



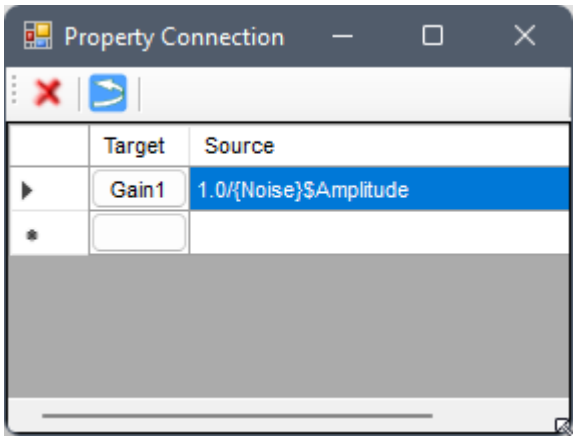
放開後完成連結，此時會自動開啟瀏覽器，並自動開啟 Source 的參數瀏覽器（Source 元件會固定在 Noise），如下圖：



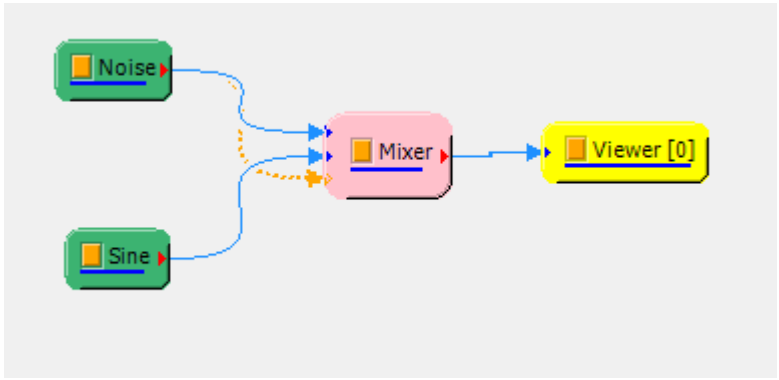
此處再次選擇 Noise 的數值類別參數 `Amplitude`，選擇完後會將參照語法插入 Source 欄位，並自動開啟 Target 的參數瀏覽器，使用者可選擇 Mixer 的數值類別參數（可再次選擇 `Gain1`），如下圖：



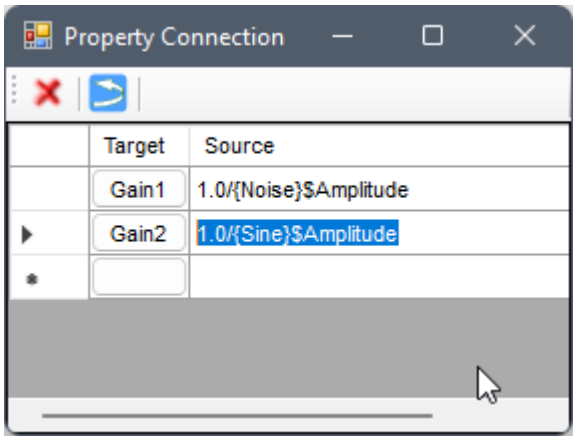
選擇完成後則成立一個新的參數參照連結，此時可以將 Source 欄位加上倒數運算，如下圖：

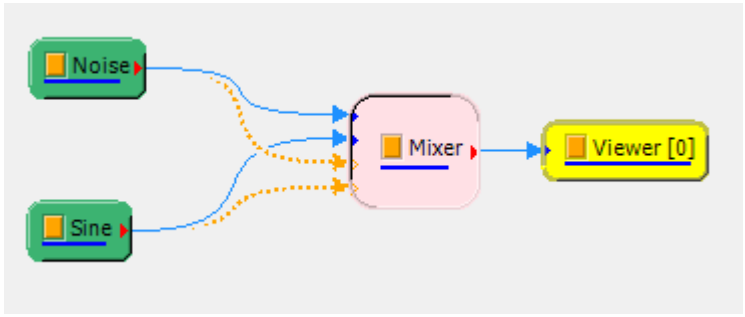


此時可以如前述參數連結對話窗章節所述繼續加入第二個連結，也可以關閉對話窗（可以看到一個控制連結線連接 Noise 與 Mixer），如下圖：



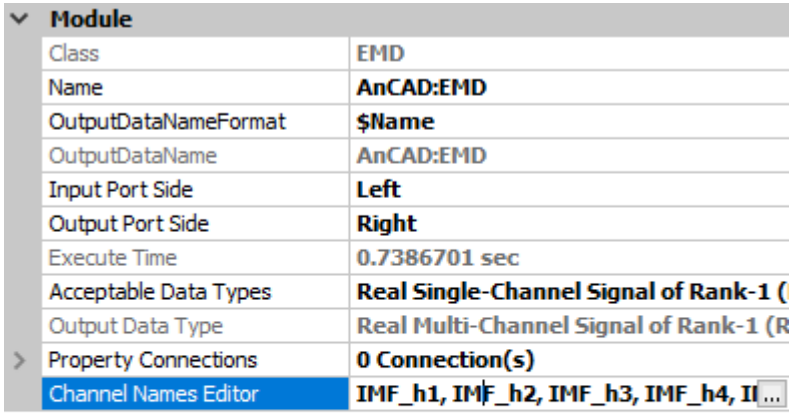
這時可以重複以上步驟，由 Sine 元件拉出一條控制連結線至 Mixer，然後設定 Mixer 的 `Gain2` 參照 Sine 的 `Amplitude` 之倒數，設定完後則回覆之前的狀態：

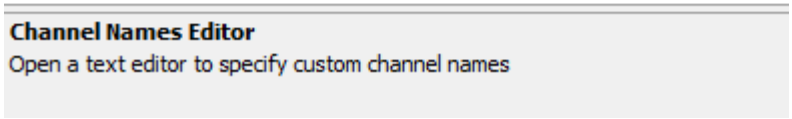




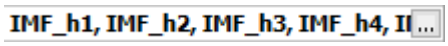
3.10 通道名稱編輯器（Channel Names Editor）

當任何元件有輸出資料，其資料類別不是時頻（Spectra）資料，且為多通道資料時，在 Module 分類下會出現 Channel Names Editor 的參數設定：

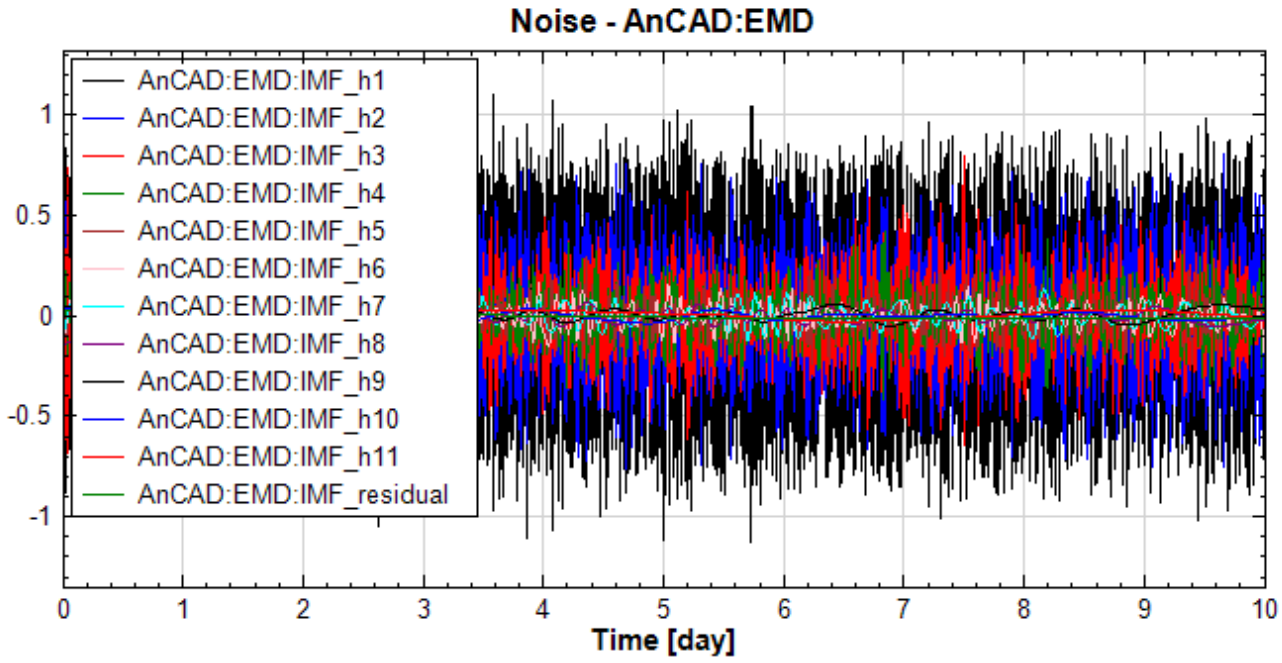




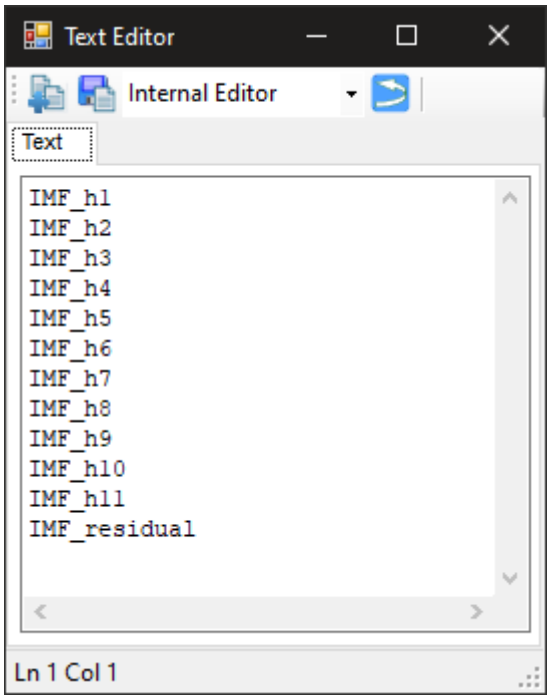
如果輸出資料的通道數目少，可以直接在參數設定欄位上輸入通道名稱，以逗點分隔：



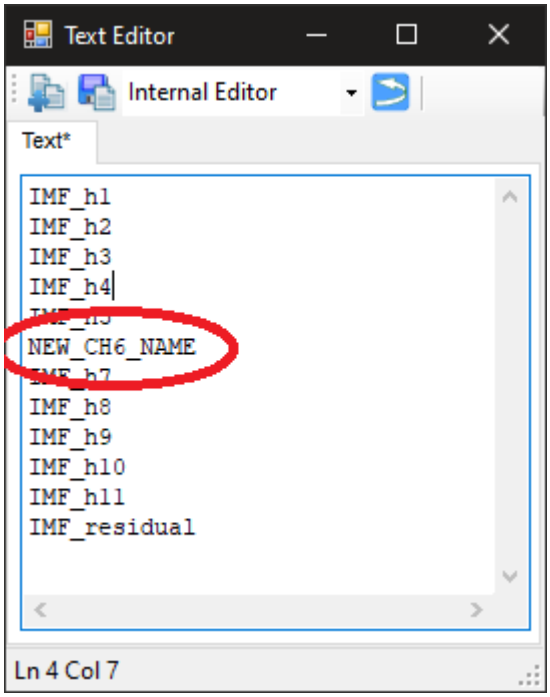
將資料接入在【Channel Viewer】裡面，將 LegendPosition 設為 TopLeft，可以看到所有通道名稱：



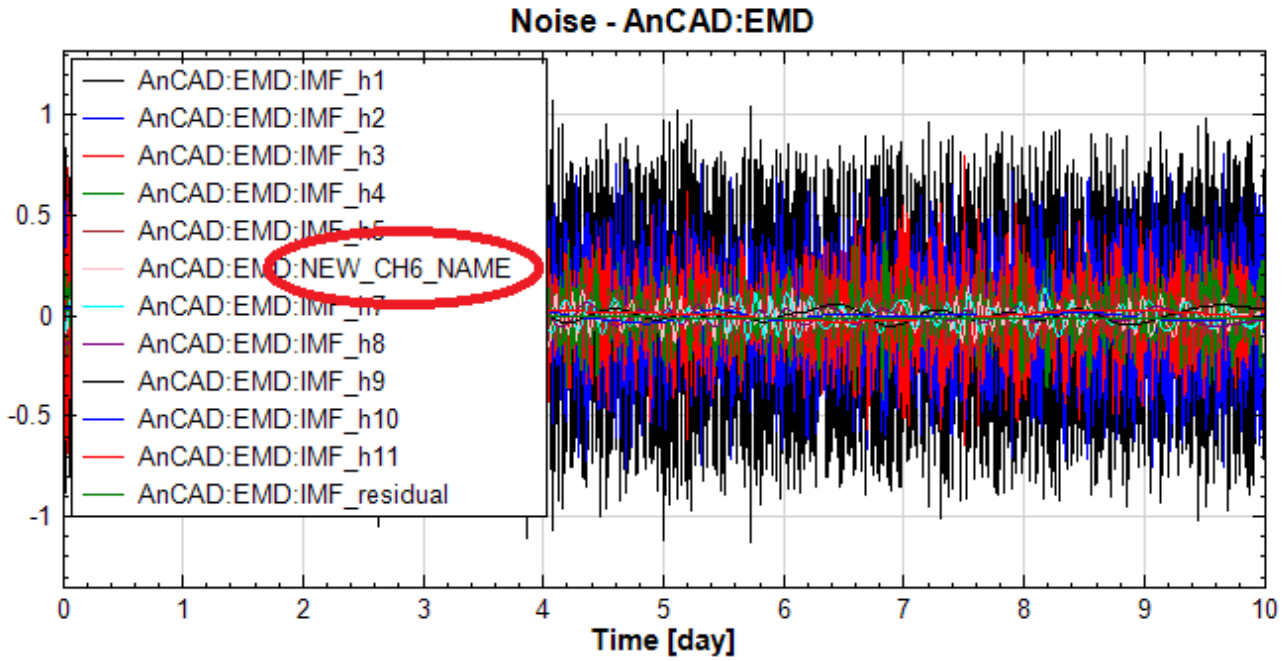
當通道數繁多時，不方便直接在參數設定欄位上輸入所有的通道名稱時，可以點擊欄位右方之 圖示，開啟一個文字編輯器，編輯通道名稱：



此時每個通道名稱會占用一整行文字，開啟時編輯器會將當前預設或是之前已經設定好之通道名稱列出來，使用者只需要依需求編輯名稱即可。例如更改將第六通道的名稱：



在 Channel Viewer 的 Legend 裡面顯示的通道名稱也隨之更改：

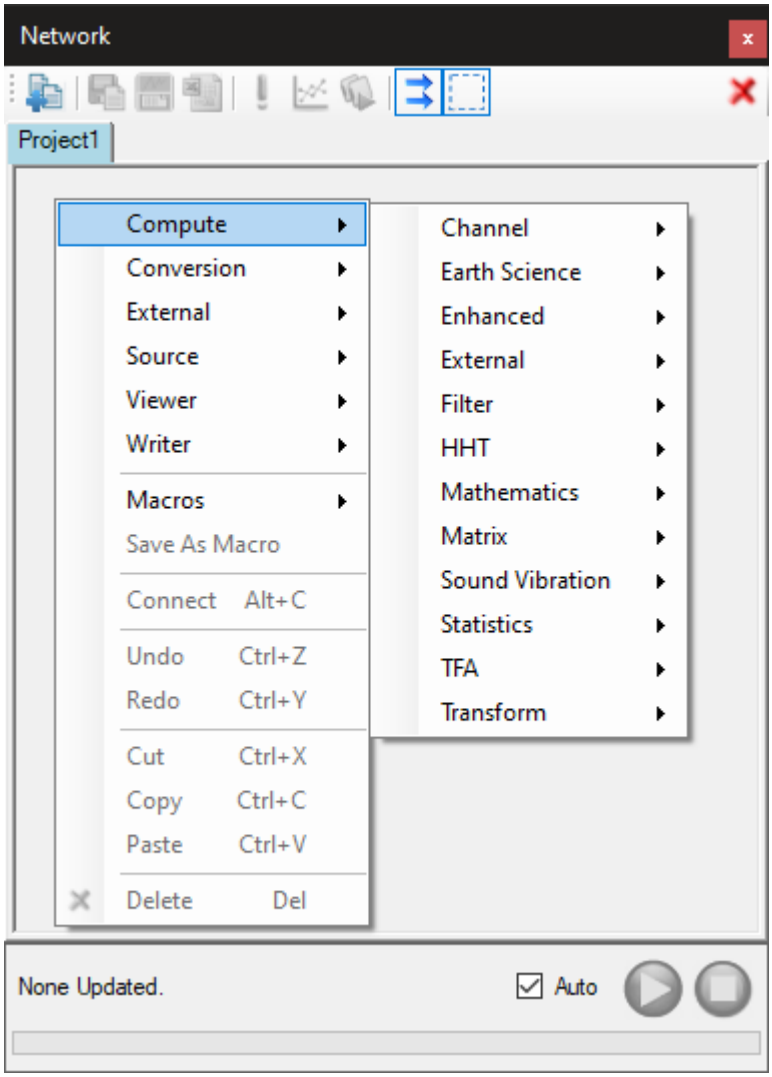


文字編輯器的使用方法與其他同類型編輯器一樣，詳情請參考【DoMatlab Editor】介面說明。

Chapter 4

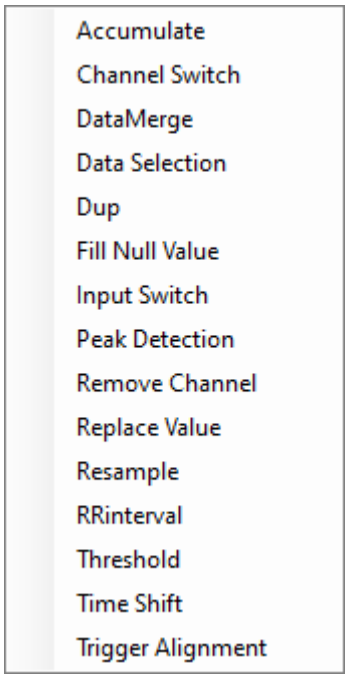
計算模組 (Compute)

如【元件編輯區】章節中所介紹，所有 Visual Signal 提供的模組元件都分門別類放在六個群組中。本章介紹 Compute 分類中的模組元件。



如上圖，Compute 分類中另有【Channel】、【Filter】、【Mathematics】、【Statistics】、【TFA】、【Transform】、【HHT】、【Enhanced】、【Matrix】、【External】、【SVM】、【Earth Science】…等次分類，其中有些分類，或是分類中的某些元件只有在 Visual Signal Professional 版本或安裝特別模組及授權檔（module & license）才會提供，這些分類或元件會之後的功能說明中特別標示。

4.1 Channels



上圖列出 Channel 次分類中的所有元件，以下分別詳細說明。

4.1.1 Accumulate*

Only in Professional

說明

Accumulate 元件是用於試誤測試時使用，使用者可在不同次計算時，嘗試利用不同參數組合，並比較不同參數組合之運算結果。透過 Accumulate 元件，可將每次運算結果藉由繪圖功能紀錄，方便使用者做進一步的比較。

參數設定

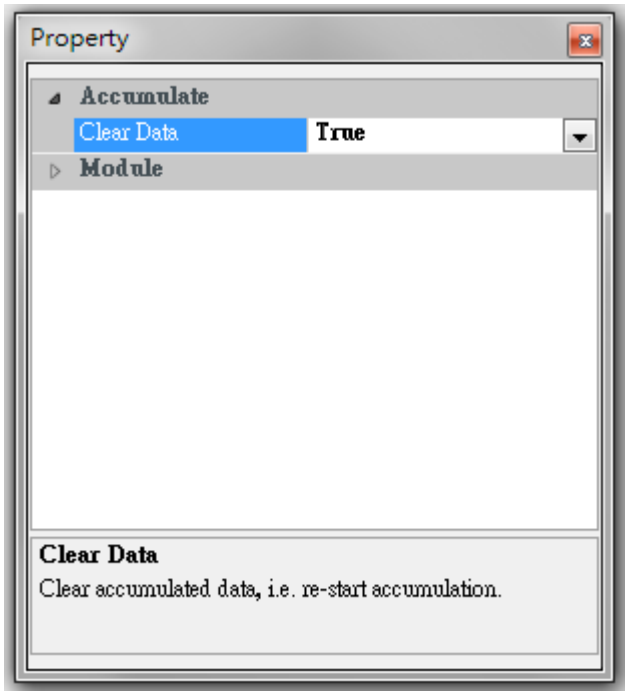


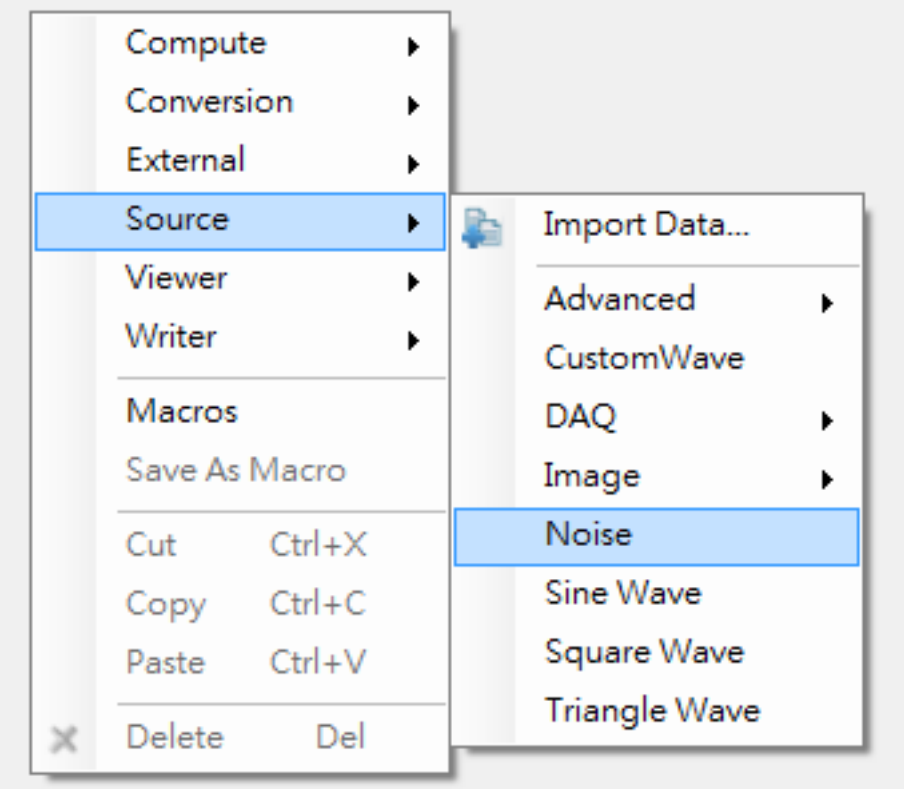
Table 4.1: Accumulate 元件參數

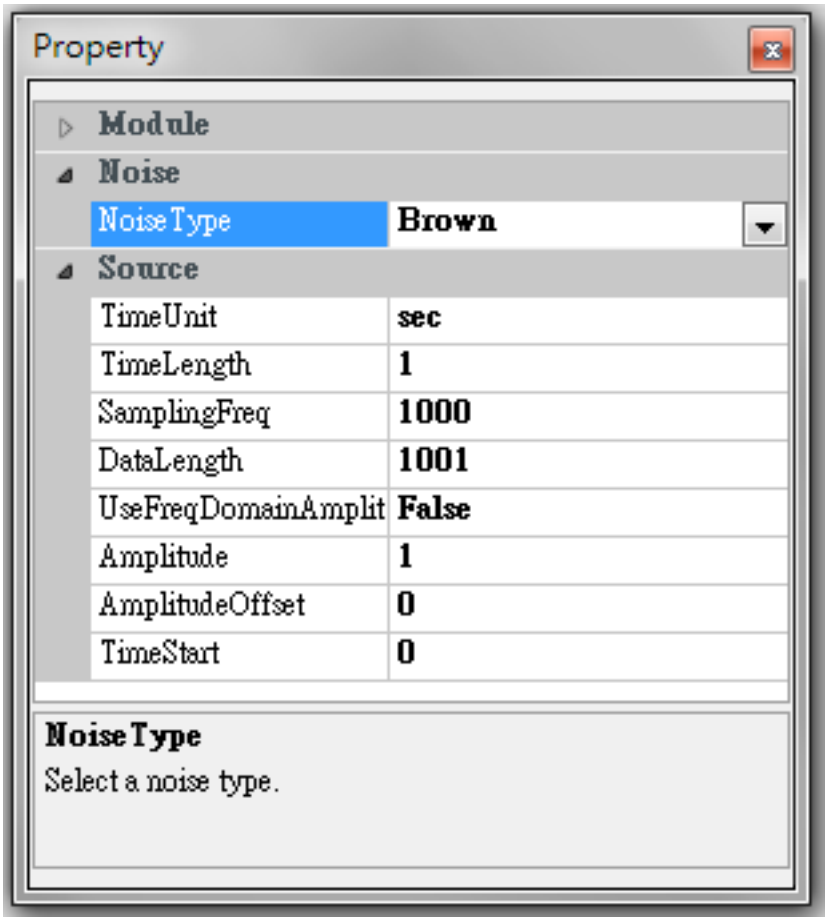
參數名稱	參數定義	預設值
Clear Data	是否清除儲存的數據（True/False），選擇 True 可清除先前的運算結果	False

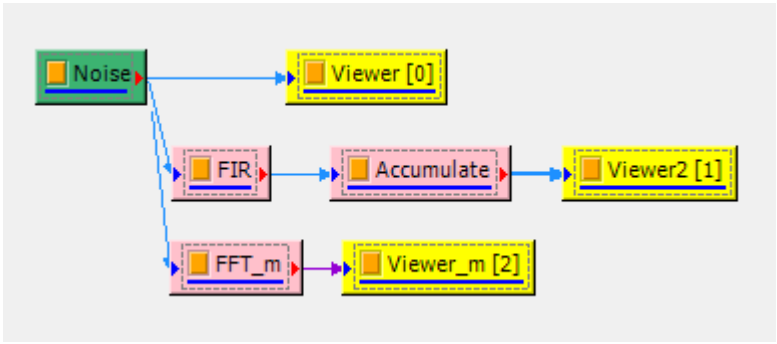
範例

以下案例是搭配不同參數組合的 FIR 有限脈衝濾波器（Finite Impulse Filter）進行計算，藉由 Accumulate 元件，紀錄不同 FIR 參數設定之成果，同時繪出不同參數差異，進行比較。

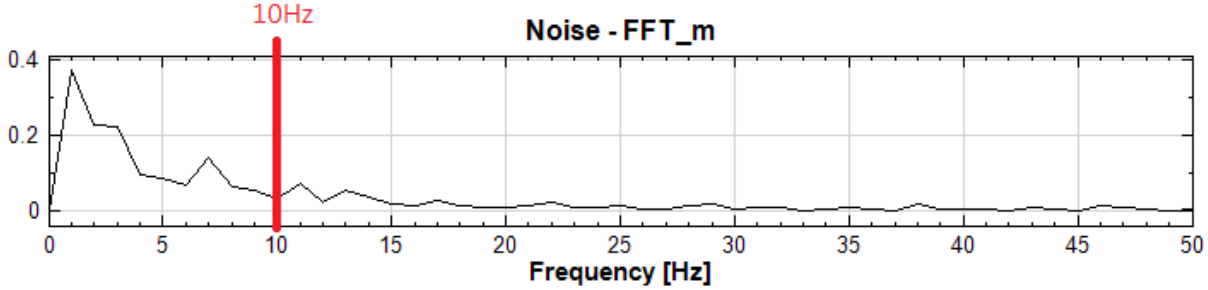
1. 載入資料：利用 Source / Noise 新增訊號源，選擇 Brown Noise，先利用 Compute / Transform / Fourier Transform 分析其頻譜圖，再利用 Compute / Filter / FIR 過濾高頻訊號，最後接上 Compute / Channel / Accumulate 和 Viewer / Channel Viewer。



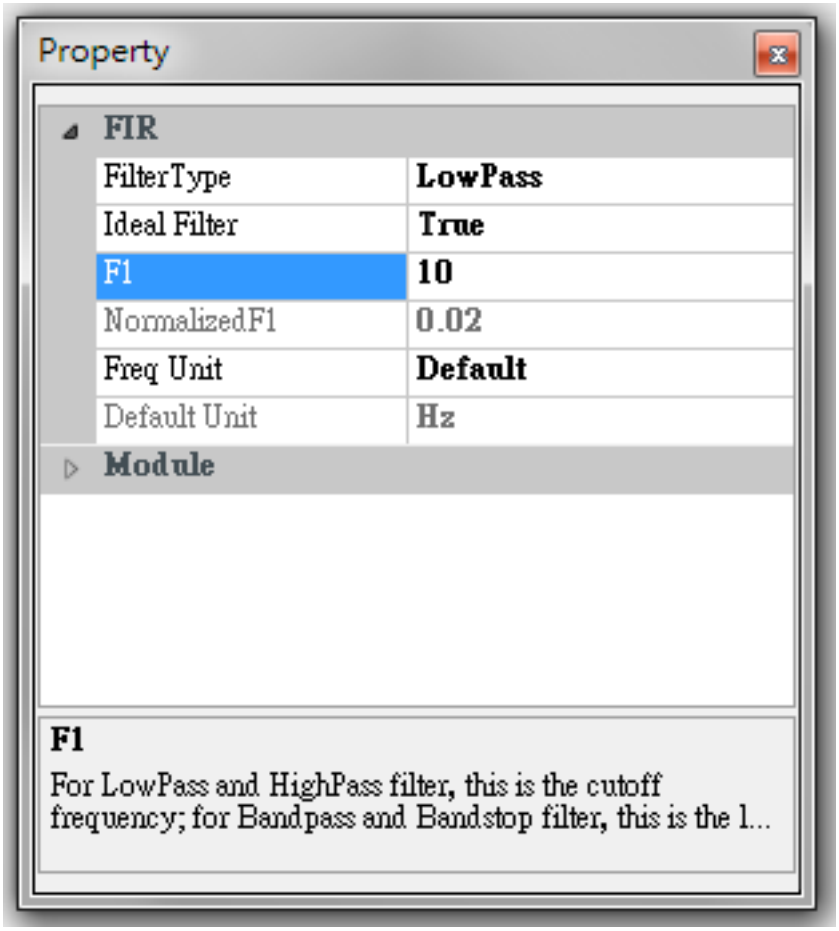


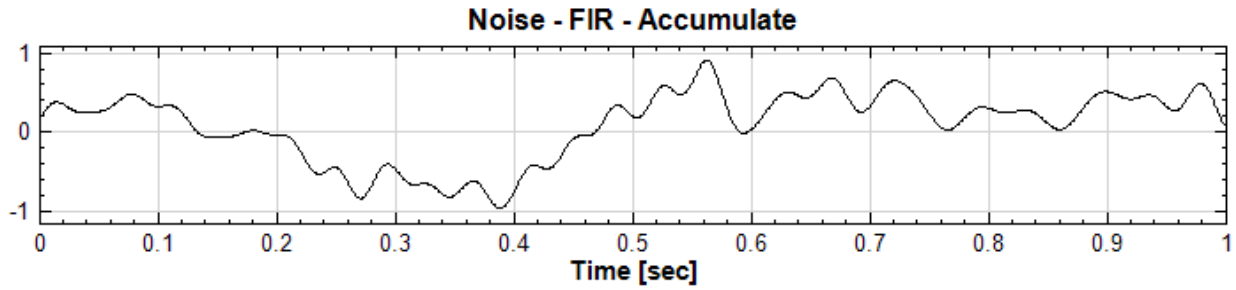


2. 下圖為 Brown Noise 頻譜圖，振幅較大者主要分布在 10Hz 以下之低頻訊號，但振幅較小的高頻訊號，其頻率分布範圍較大，涵蓋 10~50Hz，以下嘗試應用 FIR，分別以 10Hz、20Hz 和 30Hz 作為門檻進行濾波，再以 Accumulate 元件輸出並儲存成果，以利比較不同 FIR 頻率參數設定之影響結果。

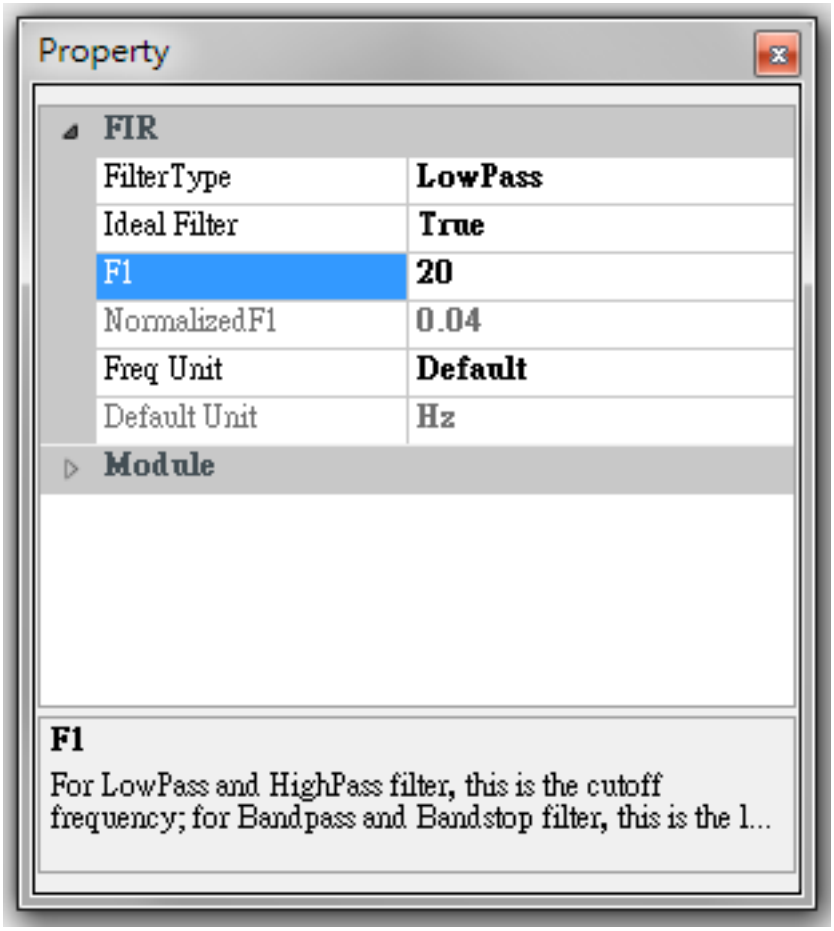


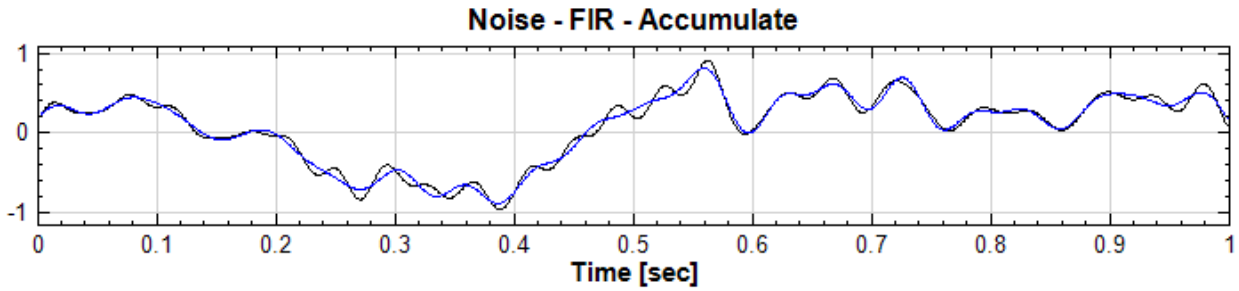
3. 初始 FIR 計算，參數設定如下圖，Filter Type 採取 LowPass，$F1 = 10Hz$，計算結果如下。



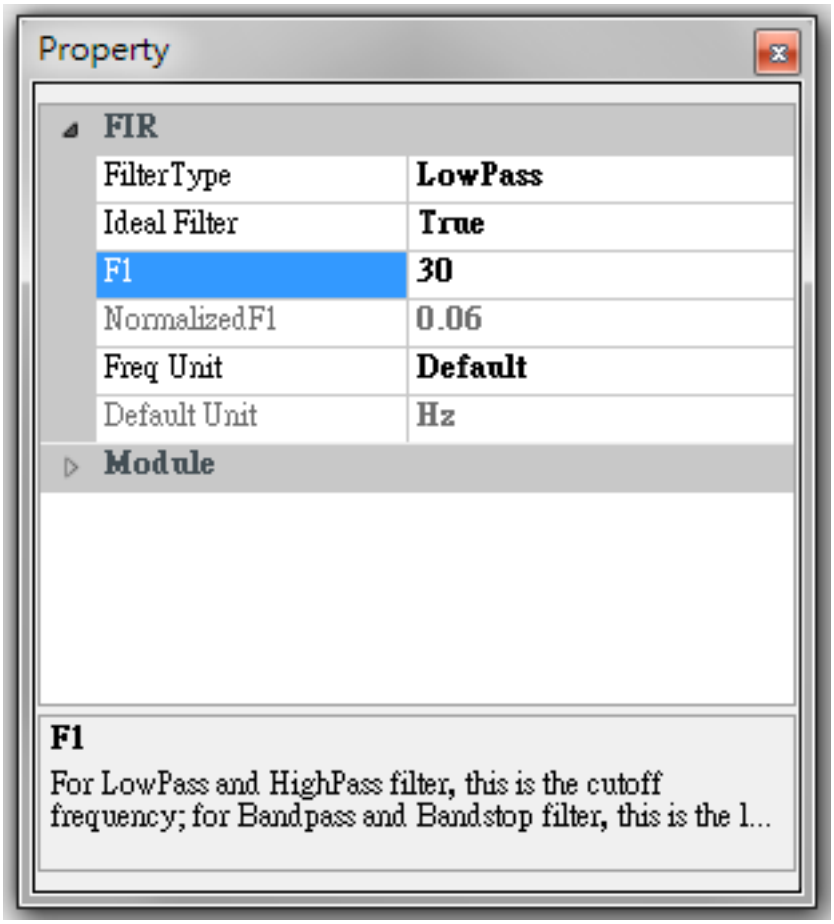


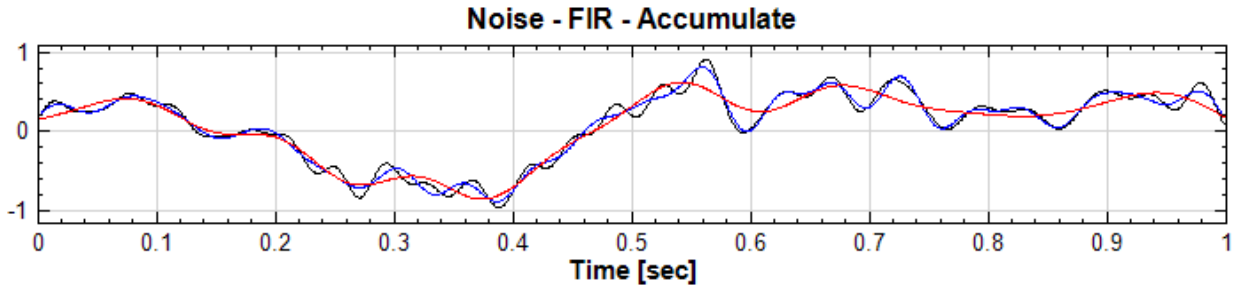
4. 第二次 FIR 計算，其中 F1 參數改為 20Hz （如下圖），並重新計算，下圖黑線為原 10Hz 成果，藍線為第二次計算（$F1 = 20Hz$）結果。



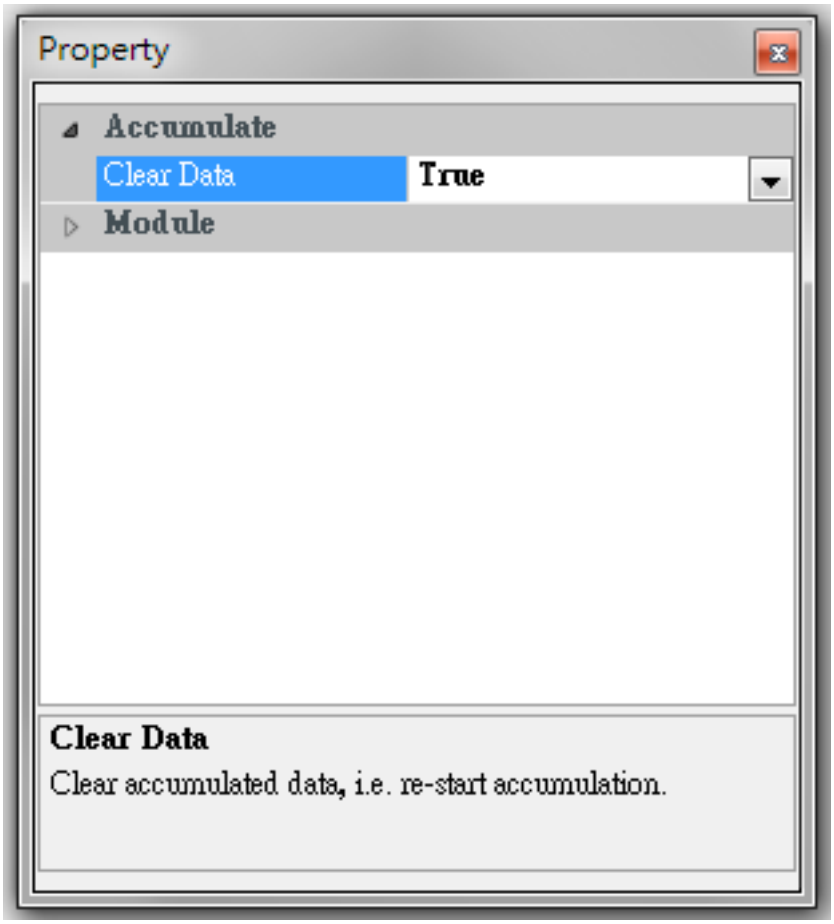


5. 同上步驟，將 F1 參數改為 30Hz （如下圖），並重新計算，計算結果為下圖紅線（$F1 = 30Hz$）。





6. Accumulate 可持續儲存每次執行的結果，方便使用者比較。如要清除紀錄，點選 Accumulate 視覺化元件，將參數 Clear Data 改為 True（如下圖），使用 ❗ Force Update 強制執行，便會先清除之前的運算結果，再用新的參數組合重新運算。



相關指令

Noise、Fourier Transform、FIR、Viewer

4.1.2 Channel Switch

說明

選取多通道（Multi-Channel）訊號內其中一個通道的訊號。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。參數定義詳如下面圖表。

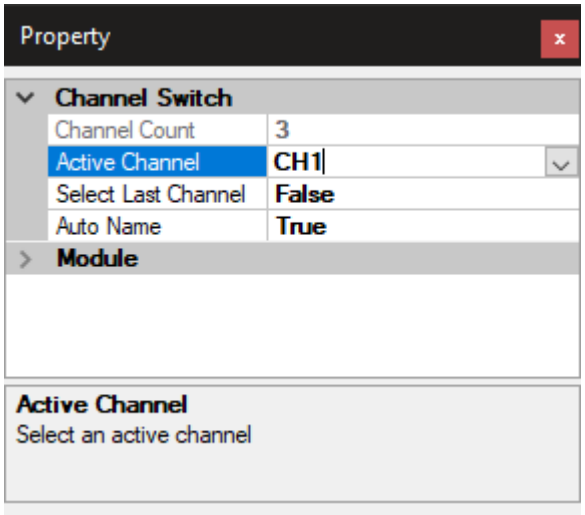
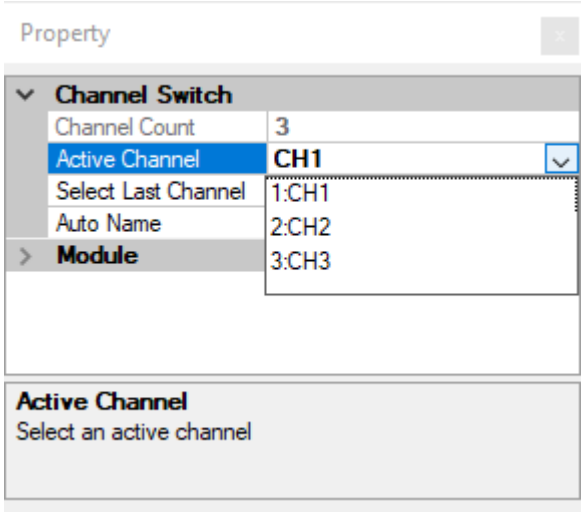


Table 4.2: Channel Switch 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
Channel Count	顯示輸入訊號的總通道數	|
Active Channel	設定欲選取的通道	Channel 1
Select Last Channel	是否預設為選定最後一個通道資料	False
Auto Name	設定是否自動將顯示在元件圖示上的名稱設為選取通道的名稱。如欲顯示【Module】項目的 Name 參數欄位設定的名稱（請參考【元件名稱】），則必須將此參數設為 False	True

選擇 Active Channel 時，下拉選單會顯示所有輸入訊號的通道名稱，並會在通道名稱前面綴上通道的序列指數，如下圖：

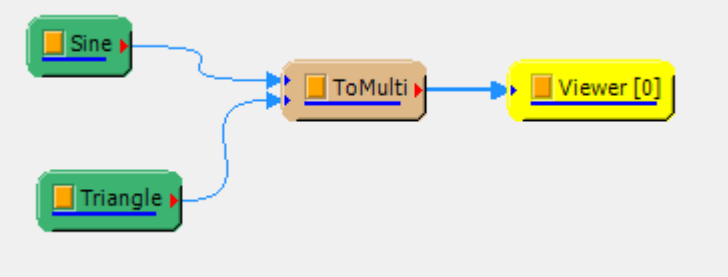


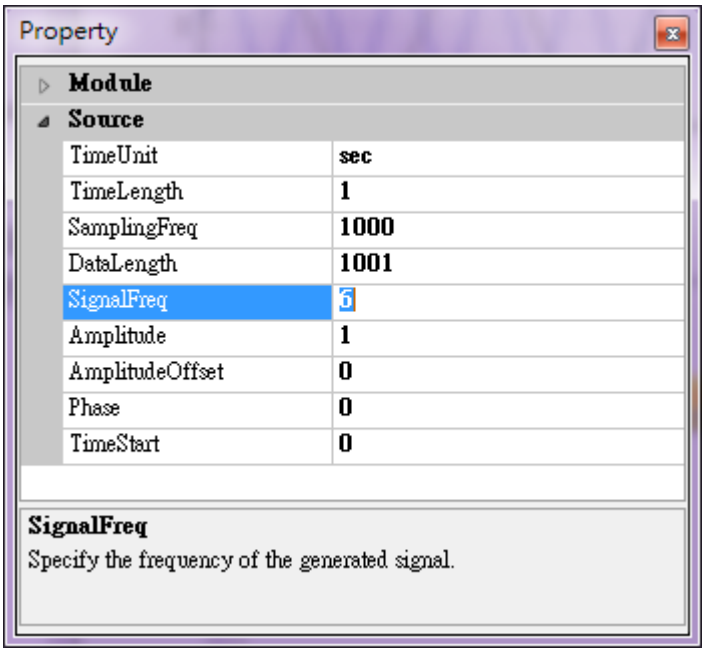
注意：Channel Switch 只是將原本多通道訊號減為單通道（Single Channel）資料，並非分離波形。

範例

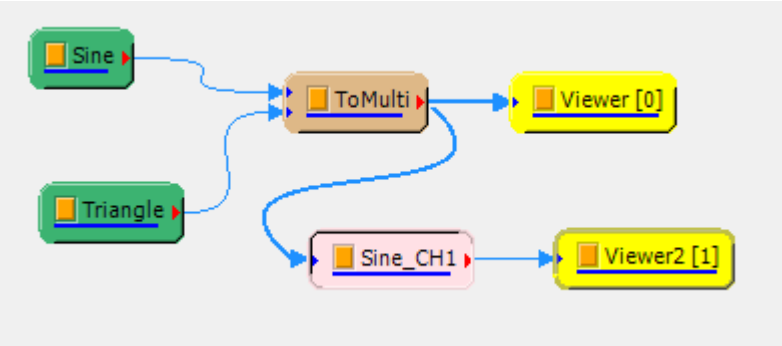
將正弦波與三角波合為一個 Multi-Channel 資料，用 Channel Switch 選擇正弦波訊號。

1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，Source / Triangle Wave 建立三角波，在 Sine Wave 與 Triangle Wave 這兩元件的 Properties / Source 裡，取樣頻率（SamplingFreq）設定為預設值 1000 Hz，訊號頻率（SignalFreq）分別設定為 6 Hz 與 15 Hz，再用 Conversion / Merge to Multi-channel 將兩組格式相同的訊號結合為一組多筆（Multi-Channel）的訊號。

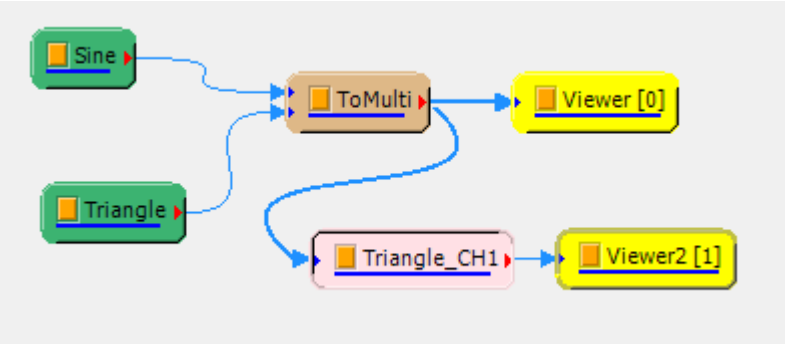




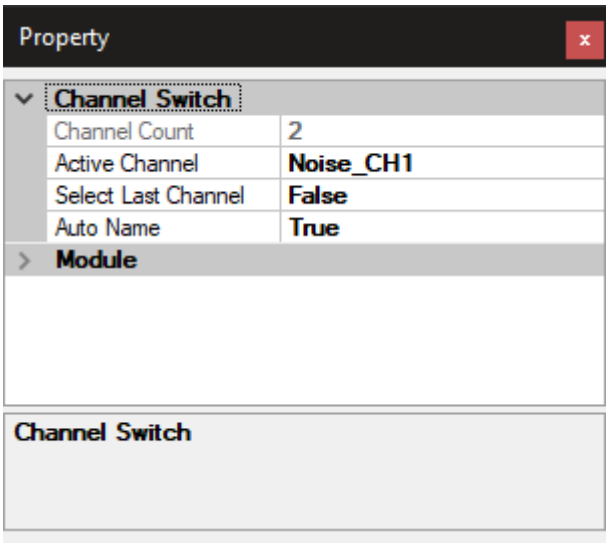
2. 再將 ToMulti 的輸出接上 Channel Switch，再以 Viewer / Channel Viewer 繪製結果，並改變 Channel Switch 的 Properties / Active Channel，可觀察到只留下正弦波或三角波。

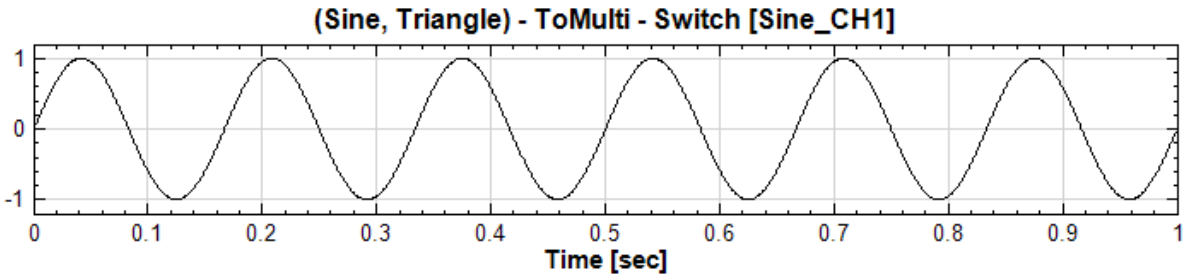


注意：因為 Channel Switch 的 Auto Name 預設為 True，此元件圖示上顯示的名稱為預設選擇的第一個通道名稱「`Sine_CH1`」。如果　Active Channel 選擇第二個通道名稱「`Triangle_CH1`」，則元件圖示上的名稱會隨之改變，如下圖：

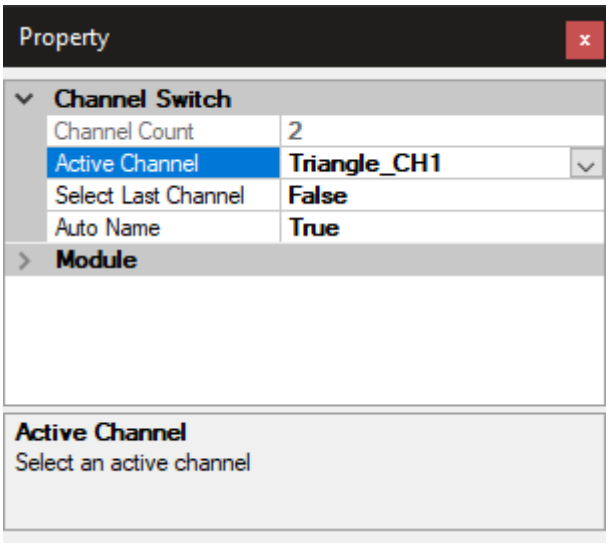


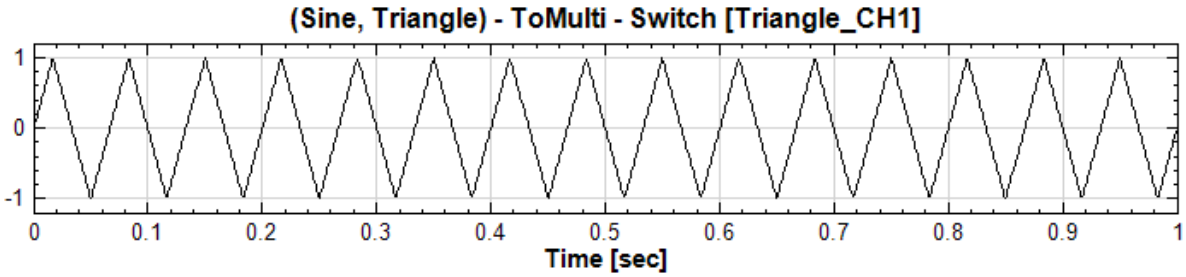
選擇第一個通道時得到如下圖：





選擇第二個通道時得到如下圖：





相關指令

Merge to Multi-Channel、Channel Viewer、Sine Wave、Triangle Wave

4.1.3 Data Merge

說明

當使用者有兩個取樣率相同的時間序列 A 和 B 時，此功能可將兩數據互相連接，或是將數據 A 安插在數據 B 裡，形成一個新的時間序列。

參數設定

本模組可以接受實數 (Real Number)，單通道 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，等間距 (Regular) 的訊號（Signal）與聲音訊號（Audio)。各參數定義與預設值如下圖表：

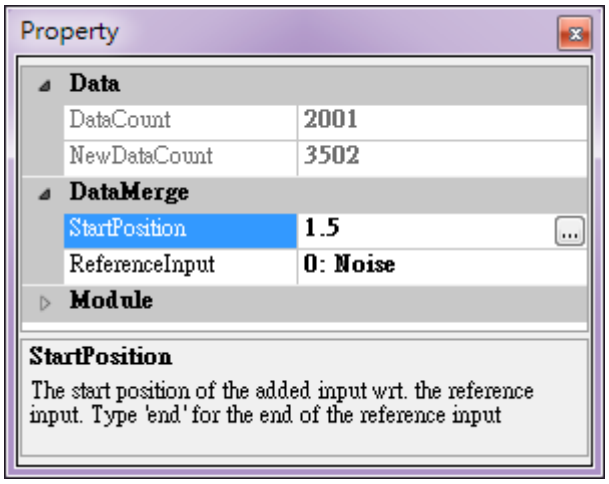


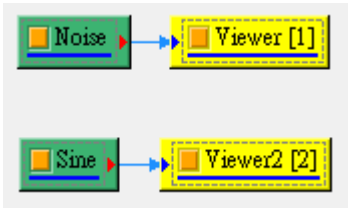
Table 4.3: Data Merge 元件參數

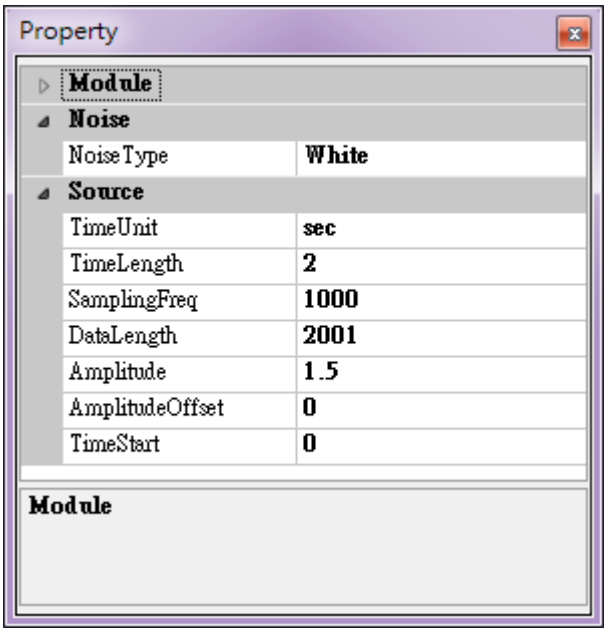
參數名稱	參數定義	預設值
StartPosition	要被連接訊號的新位置，新位置以參考訊號的起始為基準，預設為參考訊號的最後位置	end
ReferenceInput	設定參考訊號，StartPosition 是以此參考訊號為準	0

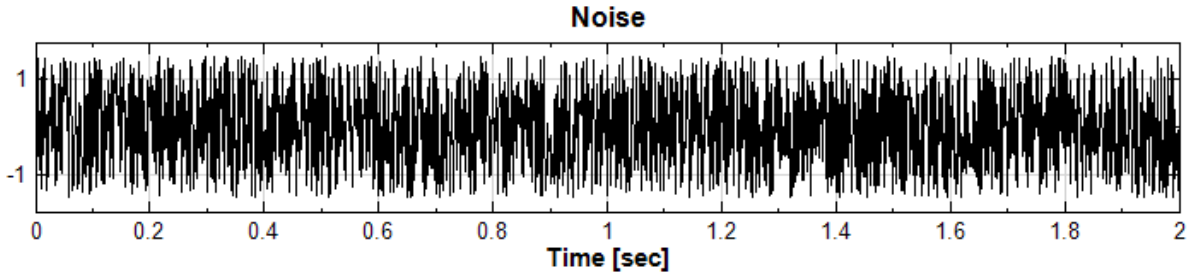
範例

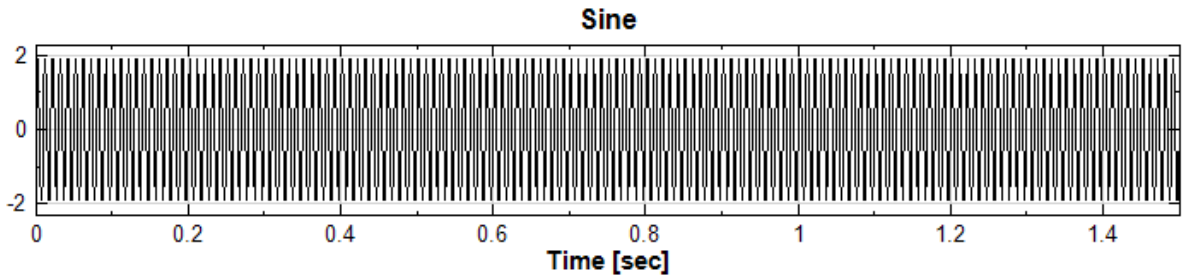
本範例以 Source/Noise 及 Sine Wave 為原始訊號，然後進行 Data Merge，產生一長度更長的訊號，然後進行運算，步驟如下：

1. Network 視窗下選擇 Source / Noise，設定時間長度(TimeLength)為 2 秒、振幅(Amplitude)為 1.5，另外再選擇 Source / Sine Wave，設定訊號頻率 (SignalFreq) 為 100 Hz、時間長度 (TimeLength) 為 1.5 秒、振幅（Amplitude）為 2，兩個模組再各自接至 Viewer / Channel Viewer，所有設定如下圖。

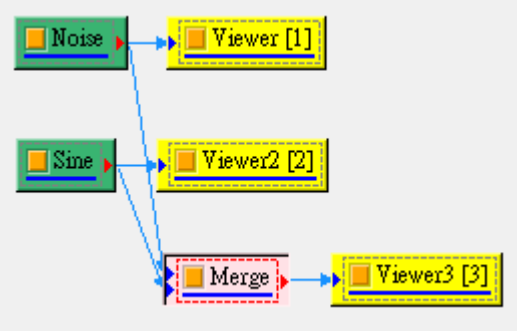


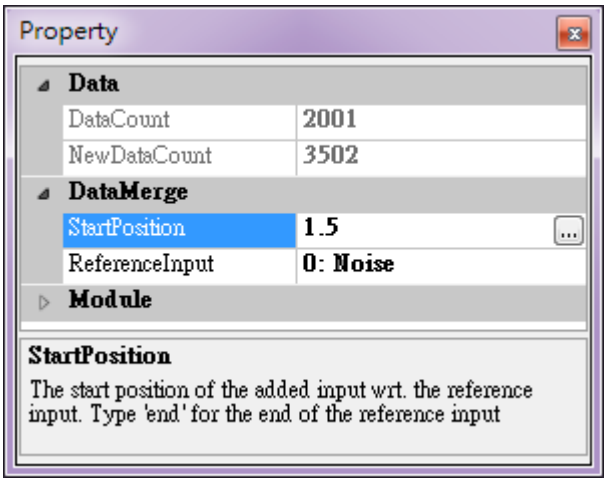


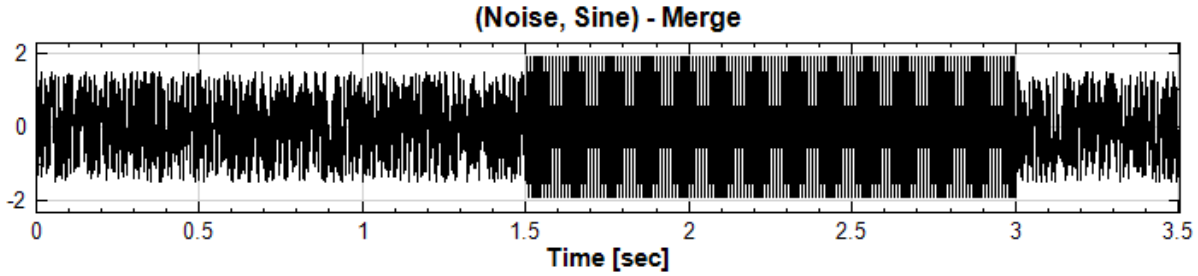




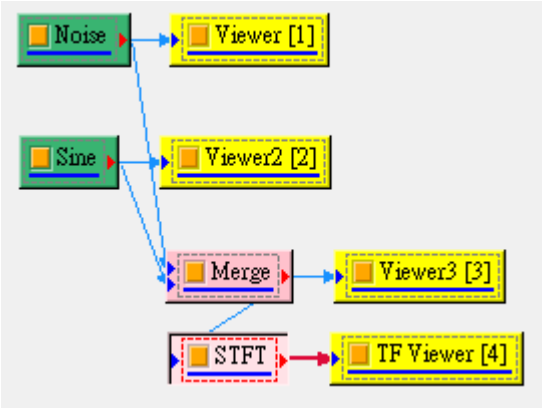
2. 再將 Noise 及 Sine 連接至 Compute / Channel / Data Merge，設定 Data Merge 的參數 ReferenceInput 為 0: Noise，StartPosition 為 1.5，將 Data Merge 連接至 Viewer / Channel Viewer 顯示結果。

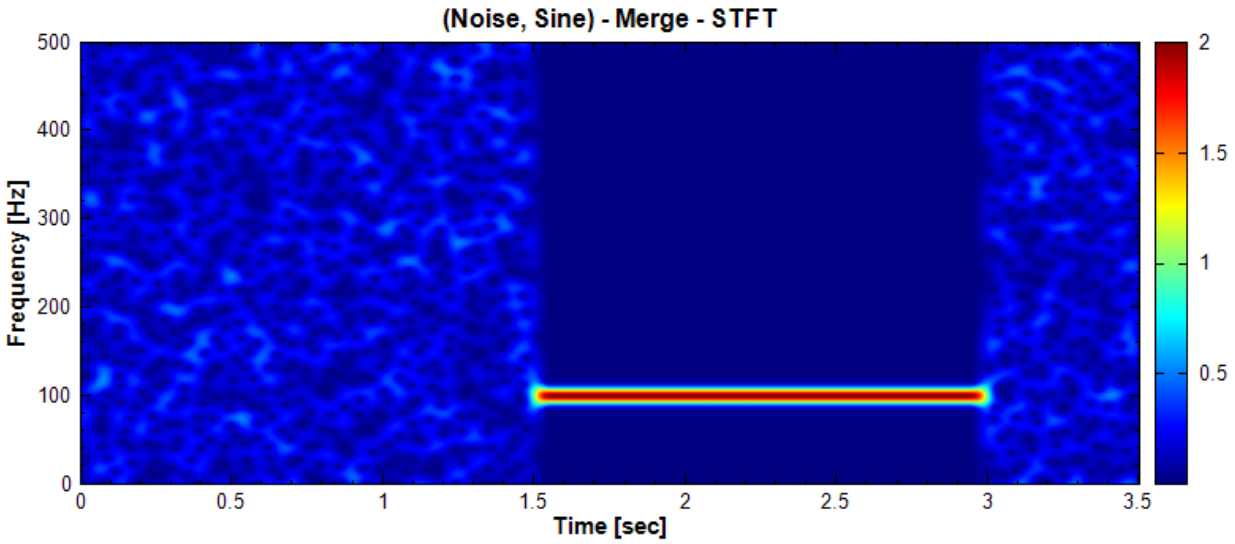






3. 將 Data Merge 連接至 Compute / TFA / Short-Term Fourier Transform，參數皆按照預設值，最後再將 STFT 計算結果以 Viewer / Time-Frequency Viewer 顯示。可以看見 100 Hz 的 Sine 出現在 1.5 秒至 3 秒之間。





相關指令

Noise、Sine Wave、Short-Term Fourier Transform、Channel Viewer、Time-Frequency Viewer

4.1.4 Data Selection

說明

選取某段時間內的訊號資料。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道 (Single Channel) 或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。參數須設定起始與終點位置，其單位等於輸入訊號的時間單位。

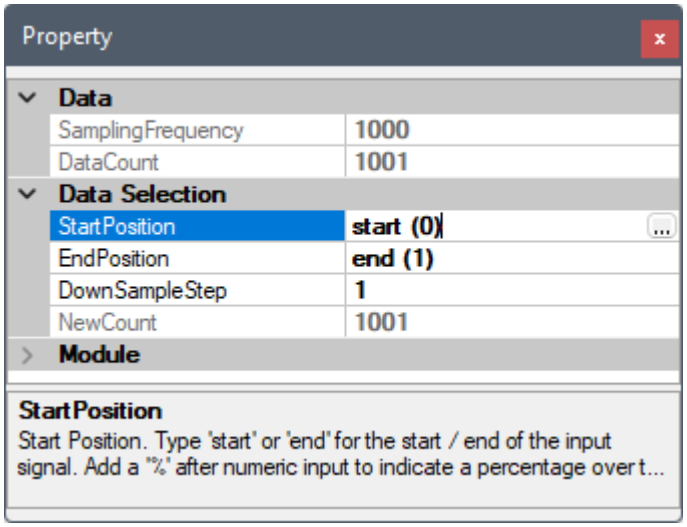
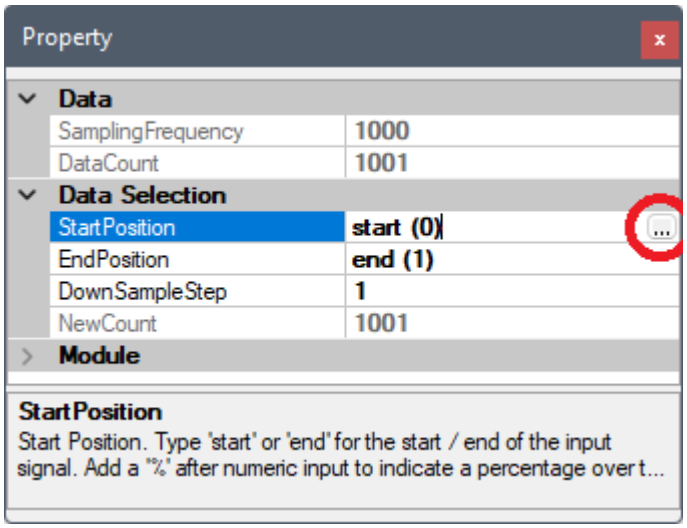
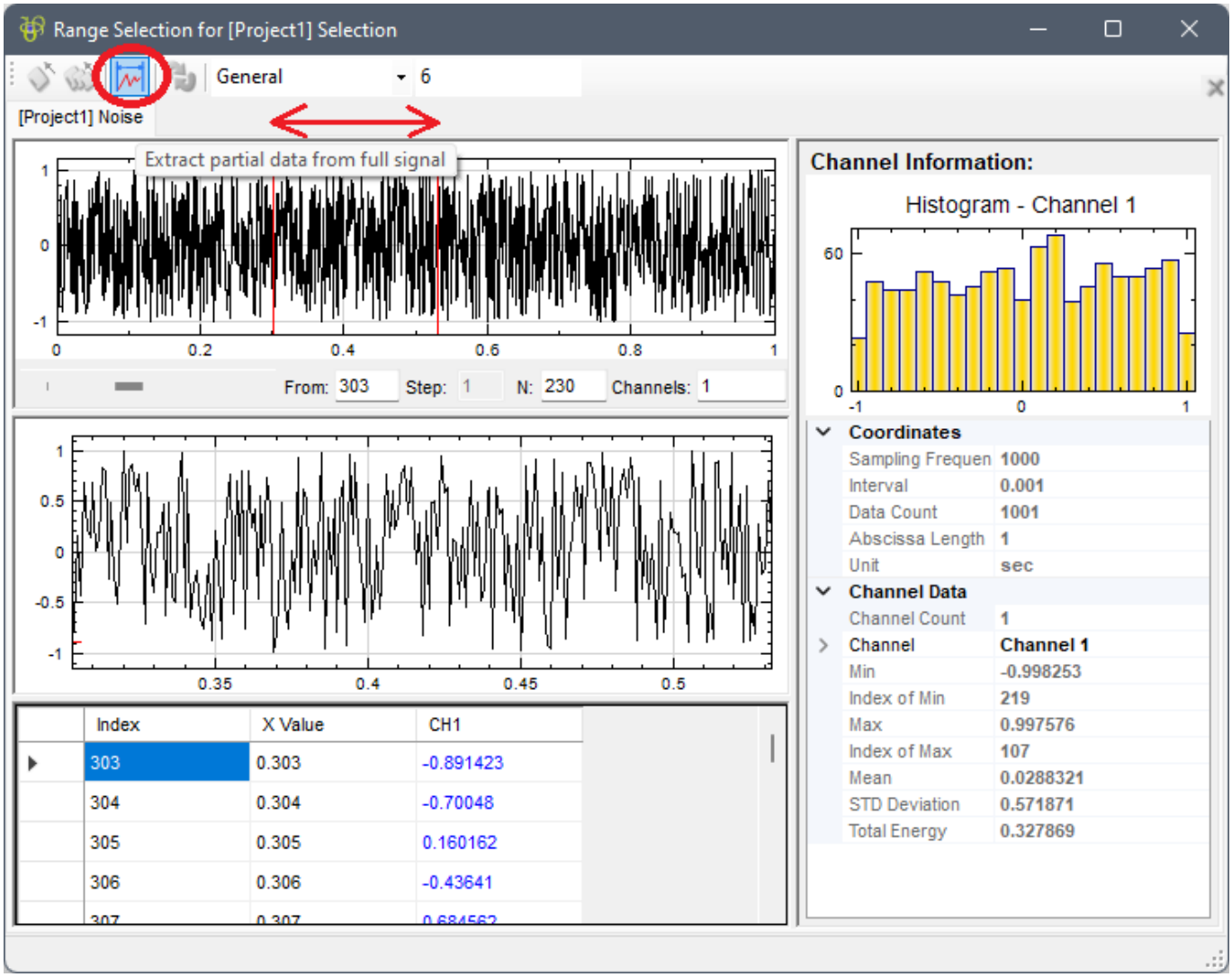


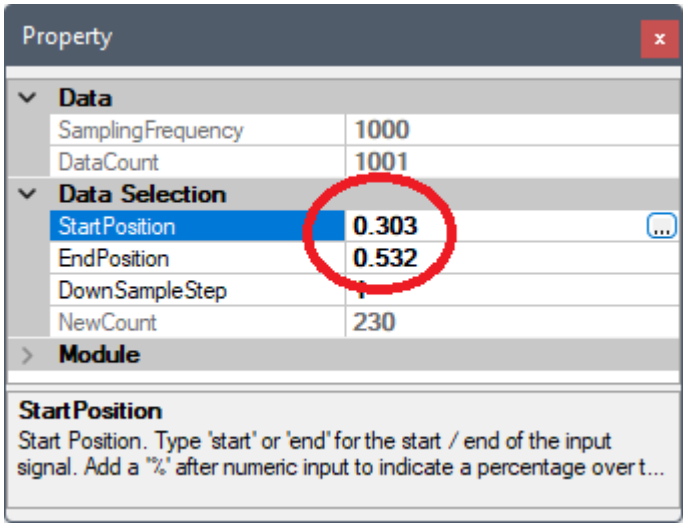
Table 4.4: Data Selection 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
StartPosition	設定選取資料的時間起點	輸入訊號的時間起點
EndPosition	設定選取資料的時間終點	輸入訊號的時間終點
DownSampleStep	每多少個點重新取一個點，用來降低取樣頻率	1
NewCount	擷取出新資料的數量	0

在使用【Data Viewer】的時候，可使用圖示自動產生本元件，此時 StartPosition 及 EndPosition 會自動設為【Data Viewer】中選取的資料範圍。反之，StartPosition 及 EndPosition 也可以用【Data Viewer】設定。方法為點擊 StartPosition 或 EndPosition 欄位最右方的圖示，此時會開啟一個暫時性的【Data Viewer】視窗，同樣在介面中選取一段資料範圍，再按下，則視窗會關閉，同時 StartPosition 及 EndPosition 會自動更新為所選取之資料範圍，如下圖：

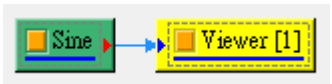


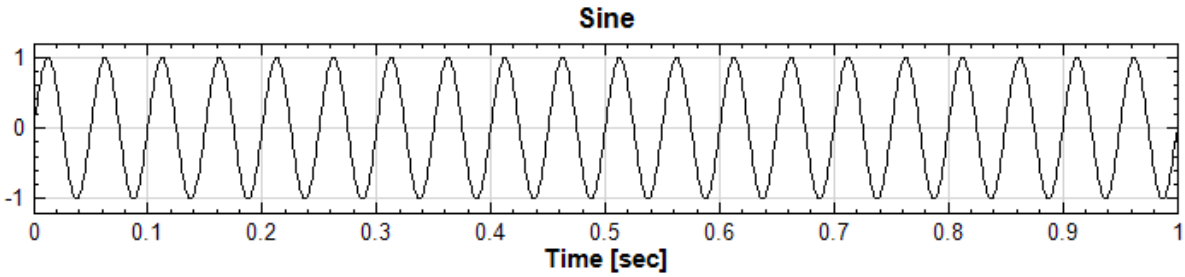




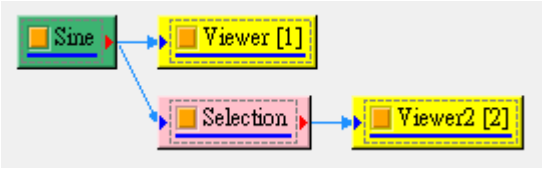
範例

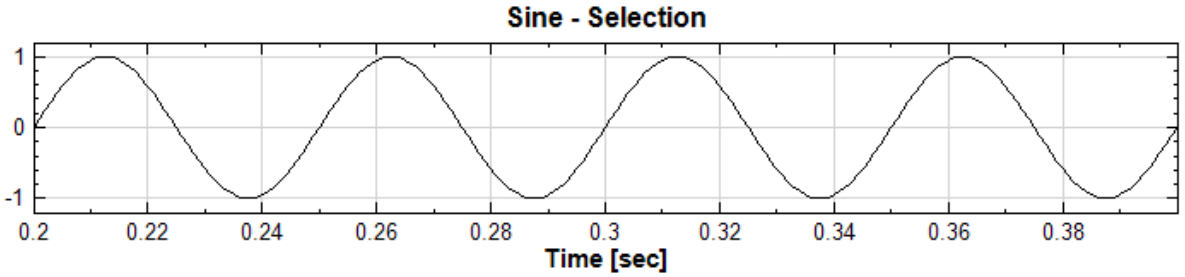
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，在 Sine 元件的 Properties / Source，此例的取樣頻率（SamplingFreq）設定為預設值 1000 Hz，訊號頻率（SignalFreq）設為 20 Hz，並用 Viewer / Channel Viewer 觀察之。





2. 原本訊號接上 Data Selection，並設定選取的起點與終點（在此例為起點 0.2 秒，終點 0.4 秒），可觀察到該段時間內訊號被截取出來。注意選取部份不可超過原長度（以此例來說就是不在 [0,1] 的範圍內），否則將無法運作。





相關指令

Channel Switch、Channel Viewer、Sine Wave

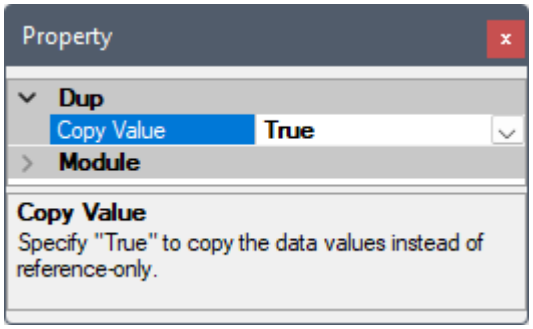
4.1.5 Dup

說明

複製 Network 視窗上的訊號源，或是某個計算元件內的數據（主要可應用為 Macro 之起點，詳請參考Macro。）

參數設定

Dup 接受所有訊號格式作為輸入。參數定義如下面圖表。



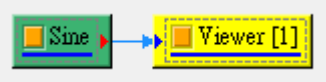
參數名稱	參數定義	預設值
Copy Value	設定是否複製一份輸入的訊號至輸出，否則輸出的訊號直接參照（Reference）輸入元件之輸出，也就是說 Dup 輸出連接的元件之輸入直接抓自 Dup 輸入的元件之輸出。	True

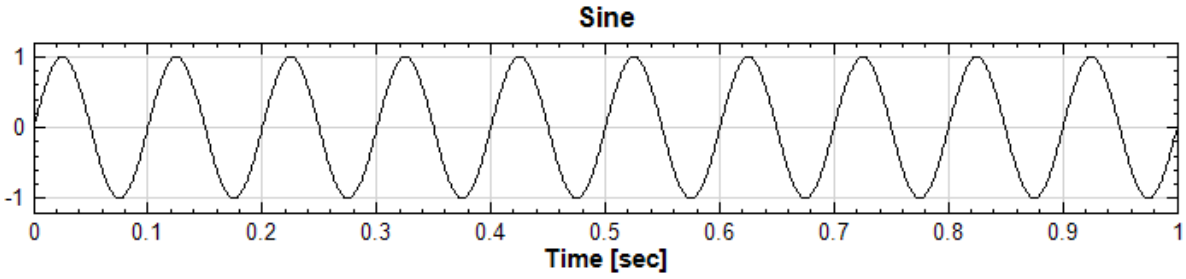
參數 Copy Value 之預設為 True，在 Macro 起點應用時可保留一份輸入訊號的資料在 Dup 元件內。如果資料量大，可考慮將之設定為 False，此時 Dup 元件內不保留資料，但是因為 Dup 的輸出直接參照輸入元件的輸出，在刪除 Dup 元件時會使上游連接的元件之輸出一起被刪除。

範例

將正弦波複製：

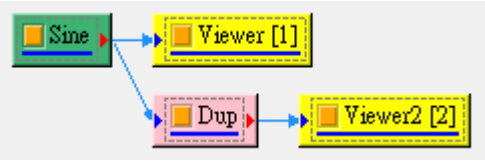
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，並觀察之。

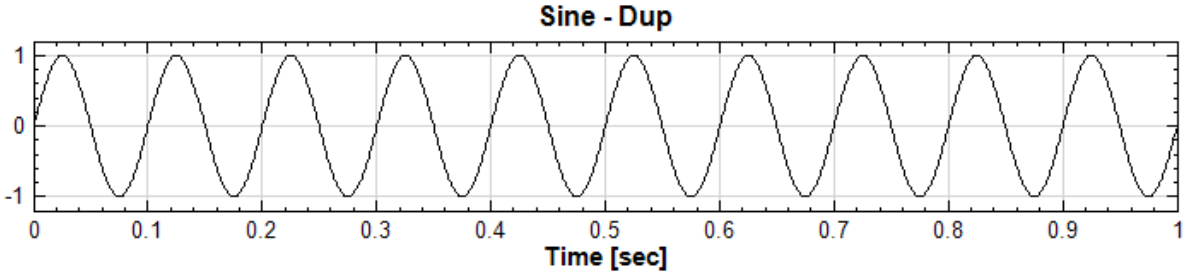




在 Sine 元件的 Source / Properties，此例的取樣頻率（SamplingFreq）設定為預設值 1000 Hz，訊號頻率（SignalFreq）設為 10 Hz。

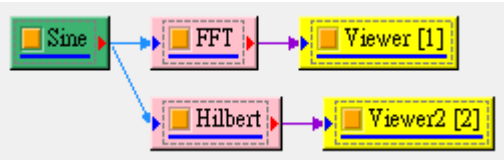
2. 原本訊號接上 Dup，可見複製出來者完全相同。



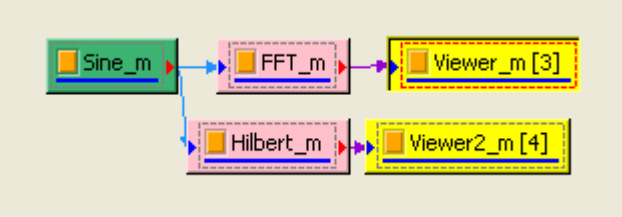


3. 下面是將 Dup 應用於 Macro 的實例：

   將訊號做傅立葉轉換以算出頻率；同時將原訊號做 Hilbert 轉換，比較兩者算出頻率之異同。處理程序如下配置：



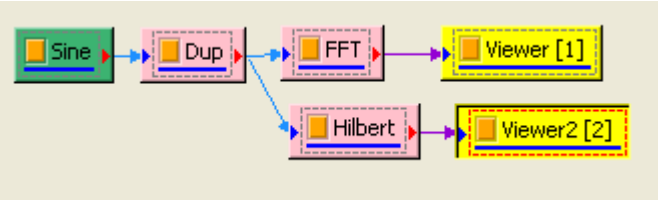
   將此配置為 Macro（巨集），再匯入時會成為如下結果：



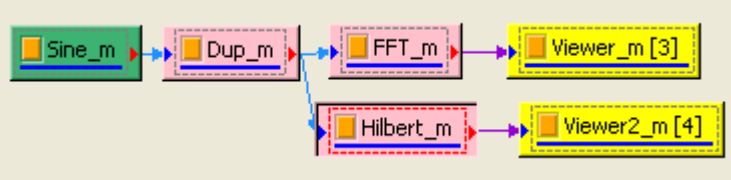
   (剛匯入時計算並不會執行，要按下 Force Update 才會有結果)

   由上圖可見，若將原訊號置換為其他訊號以進行計算，是需要以手動方式將新訊號源接上 FFT 以及 Hilbert 模組。在要做更多處理時會愈加複雜，並易出錯。

4. 若現在將資料源與計算中間插入一 Dup 元件：



   同樣地，存為巨集然後匯入:



   可見到只要將資料替資並連結上 Dup，較之前方法方便極容易許多。

相關指令

Macro

4.1.6 Fill Null Value

說明

將缺值的資料補值。將輸入訊號資料為 $X = \{x_0, x_1, \ldots, \text{NaN}, \ldots, \text{Null}, \ldots, x_{N-1}\}$ 的 NaN (Not A Number) 或 Null 之缺值部份補齊。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號 (Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。參數為 FillMethod，內有六個選項，相關定義與預設值整理如下表。

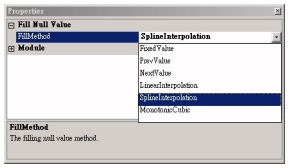


Table 4.6: Fill Null Value 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
FillMethod	填補方法，有 FixedValue、PrevValue、NextValue、LinearInterpolation、SplineInterpolation 與 MonotonicCubic	LinearInterpolation

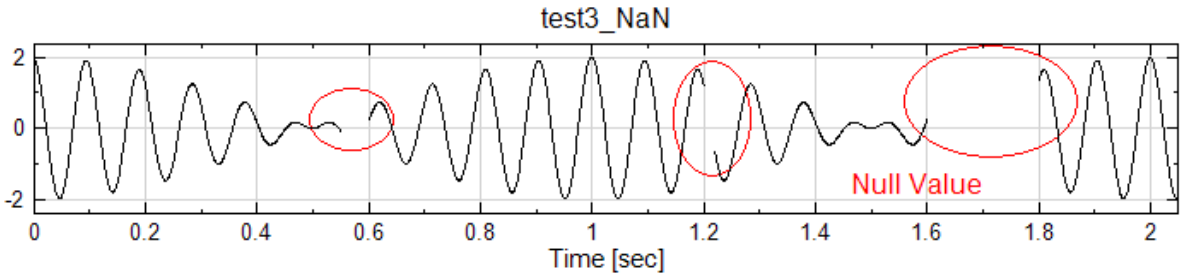
Table 4.7: FillMethod 選項

選項名稱	選項定義
FixedValue	由使用者輸入一個定值作為缺值的大小。 此參數下方會出現欄位 NullValue，即設定欲補入之數值
PrevValue	缺值處之值以前方最鄰近非缺值之數值補值
NextValue	缺值處之值以後方最鄰近非缺值之數值補值
LinearInterpolation	缺值處之值，以前後第一個非 Null 的兩值做線性內插
SplineInterpolation	做三次曲線（Cubic Spline）內插補值
MonotonicCubic	為有 damping 的三次內插法，此法在處理在斜率很大的訊號（如方波）時，可避免劇烈振盪，較 Cubic Spline 為佳

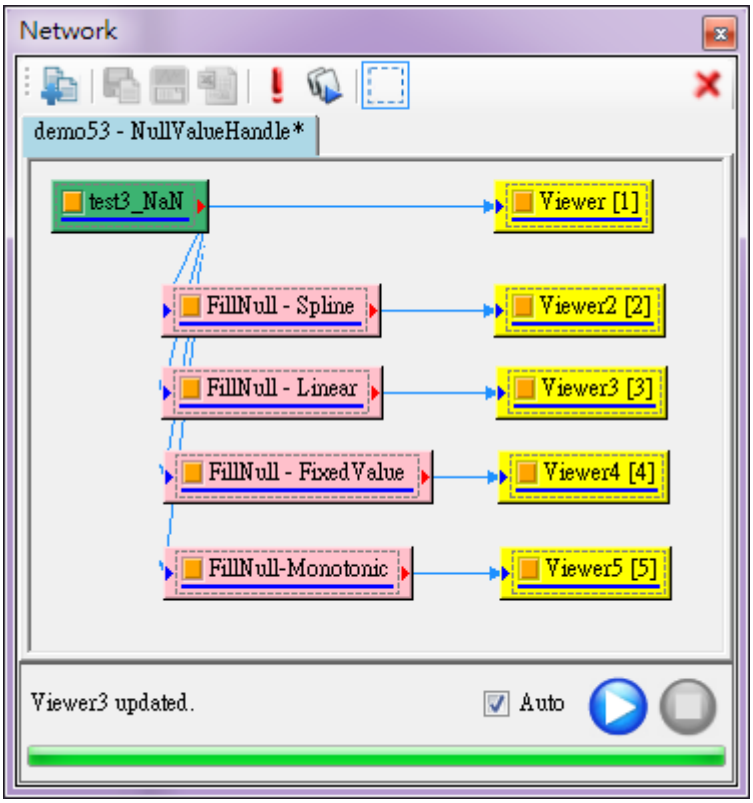
範例

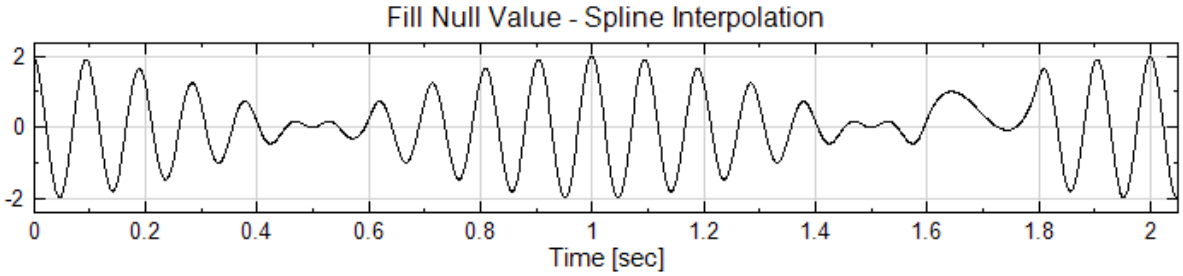
填補缺值複製：

1. 打開安裝目錄 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Basic` 下的 `demo53.vsn` 專案檔，可看見有缺值的訊號（注意，【Preference】中 TextImporter 分類下的 TFA Null Value Handler 必須為 None，否則匯入資料時會自動依照設定補上缺值）。

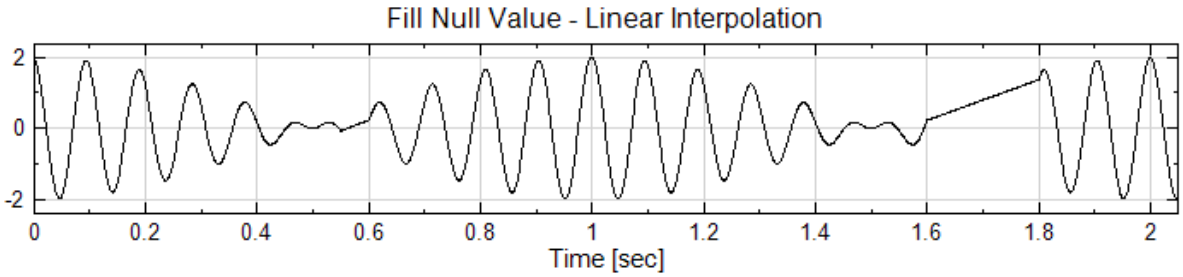


2. 在 demo53 中，利用 SplineInterpolation、LinearInterpolation、FixedValue、MonotonicCubic 四種方法補值，下圖是以 SplineInterpolation 方法補值後的圖形。

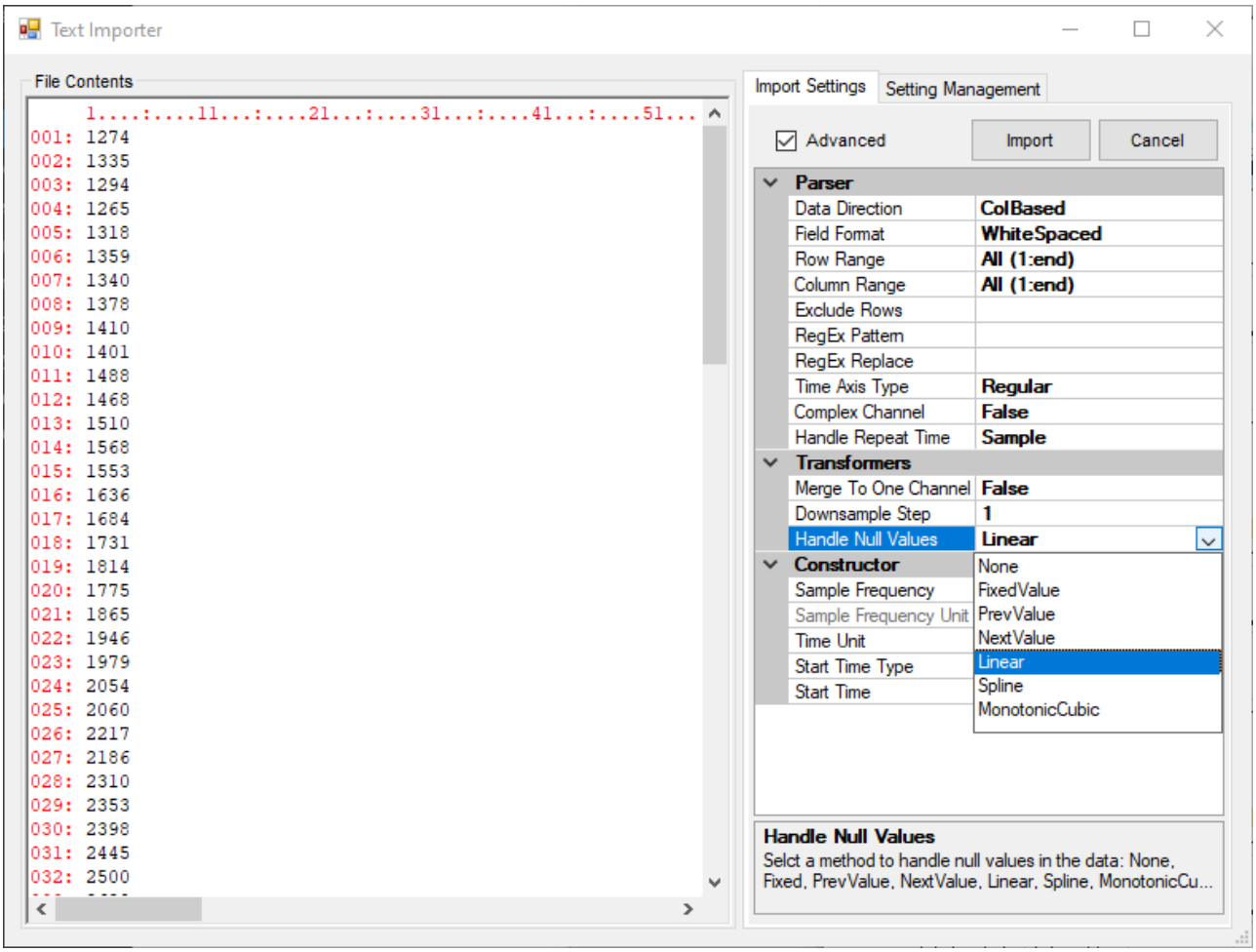




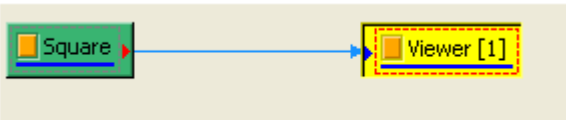
3. 若是以 Linear Interpolation，補值後圖形可知填補法明顯不同。

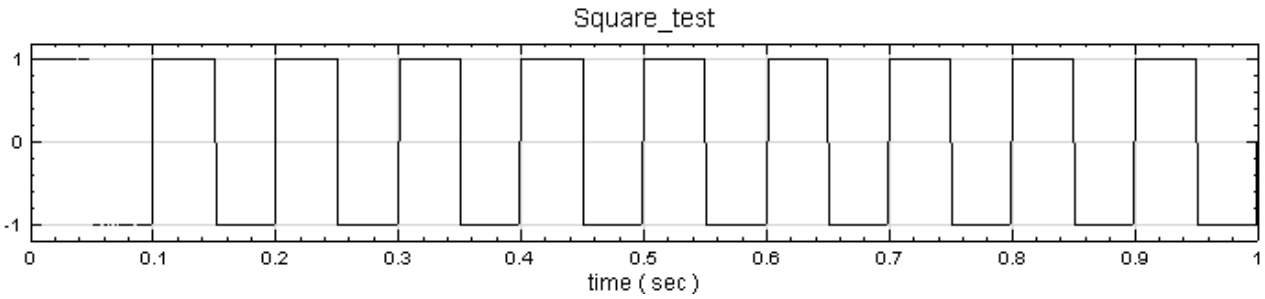


4. 在外部匯入資料時，Text Importer 也有一選項為填補缺值之功能，與本元件有一樣的功能。

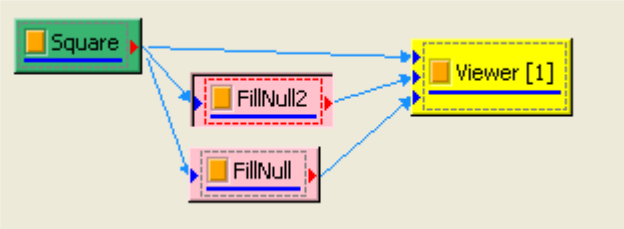


5. 現在將一個缺值的訊號匯入此資料為將原本的方波隨意去除部份值)，匯入後不補值（將 Text Importer 的 Handle Null Values 設為 None)，結果如下。

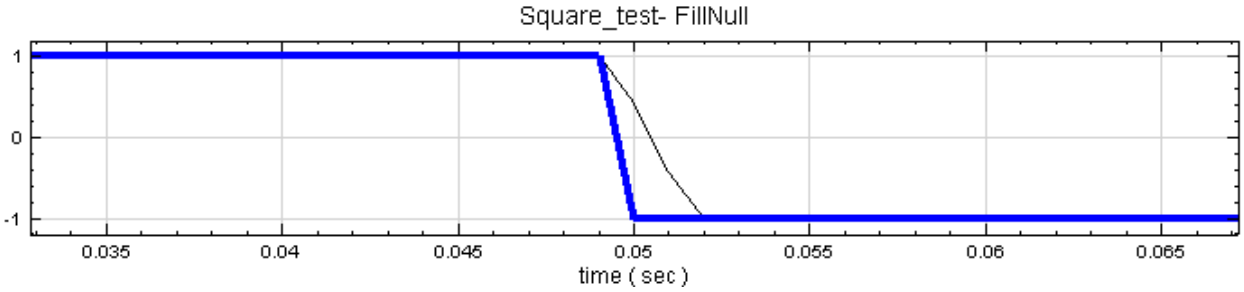




6. 現在將原始輸入訊號分別以 SplineInterpolation 以及 MonotonicCubic Interpolation 填補。



7. 由此可看出兩者填補的結果不盡相同，細黑線是 SplineInterpolation，藍粗線為 MonotonicCubic Interpolation。



相關指令

Text Importer、Resample

4.1.7 Least Square Fill Null Value

說明

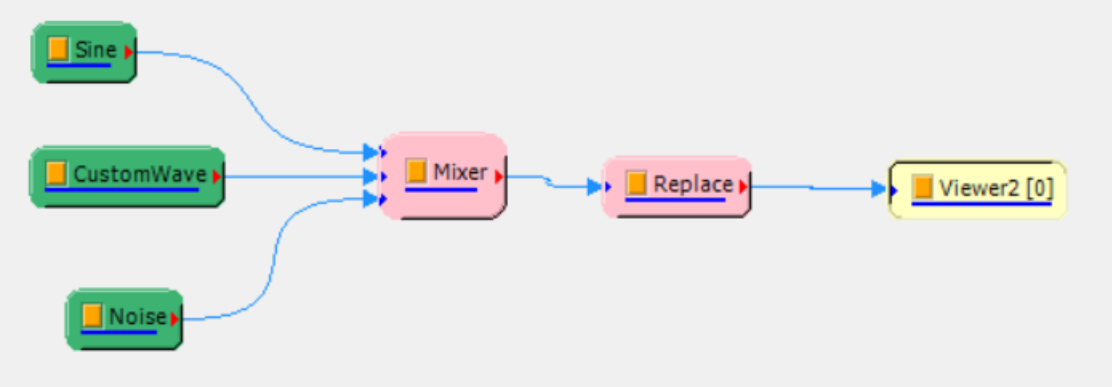
本元件跟【Fill Null Value】類似，但是利用了【Least Square Fit】的功能，將輸入訊號用最小平方法算出訊號的回歸線係數，用以估算出原訊號缺值的部分。詳情請參閱上述兩個元件的章節說明。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。回歸運算的參數請參考【Least Square Fit】章節說明。

範例

1. 將 Noise、Sine、及 CustomWave 三個訊號源用 Mixer 合併，再接上 Replace Value 將訊號中段改成 Null 值，如下圖所示：

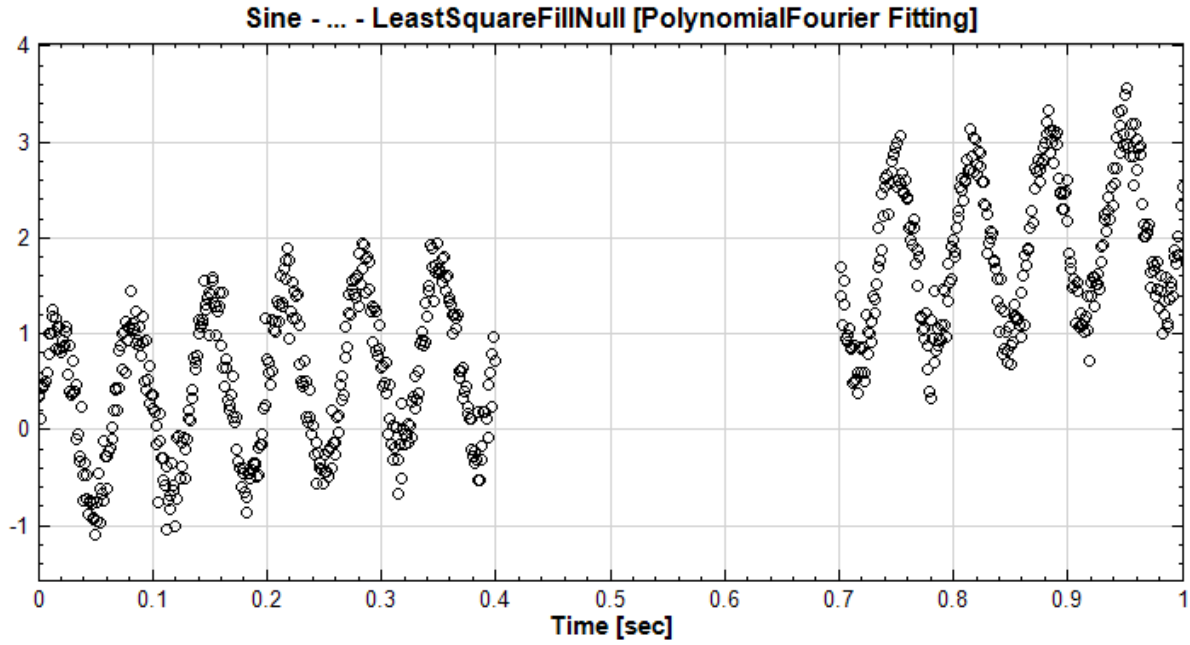


參數設定如下（其他皆為預設值）：

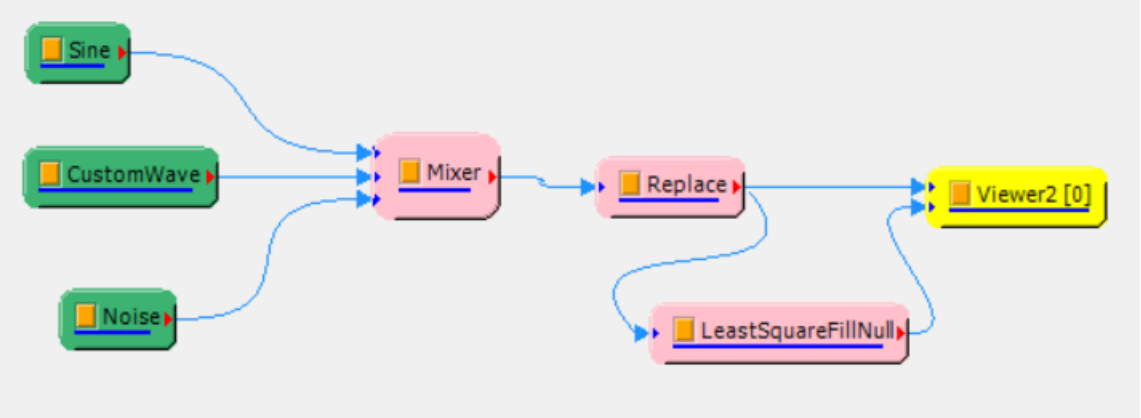
Table 4.8: 範例訊號源參數設定

元件	參數設定
Noise	Noise Type: `Gaussian` Sigma: `0.2`
Sine	SignalFreq: `15`
CustomWave	Expression: `2.3 * t`
Replace Value	ReplaceMethod: `All` ReplaceValue: `null` StartPosition: `0.4` EndPosition: `0.7`

接上 Channel Viewer 得到訊號圖如下：



2. 將訊號源後接上本元件，再接上原來的 Channel Viewer，如下：



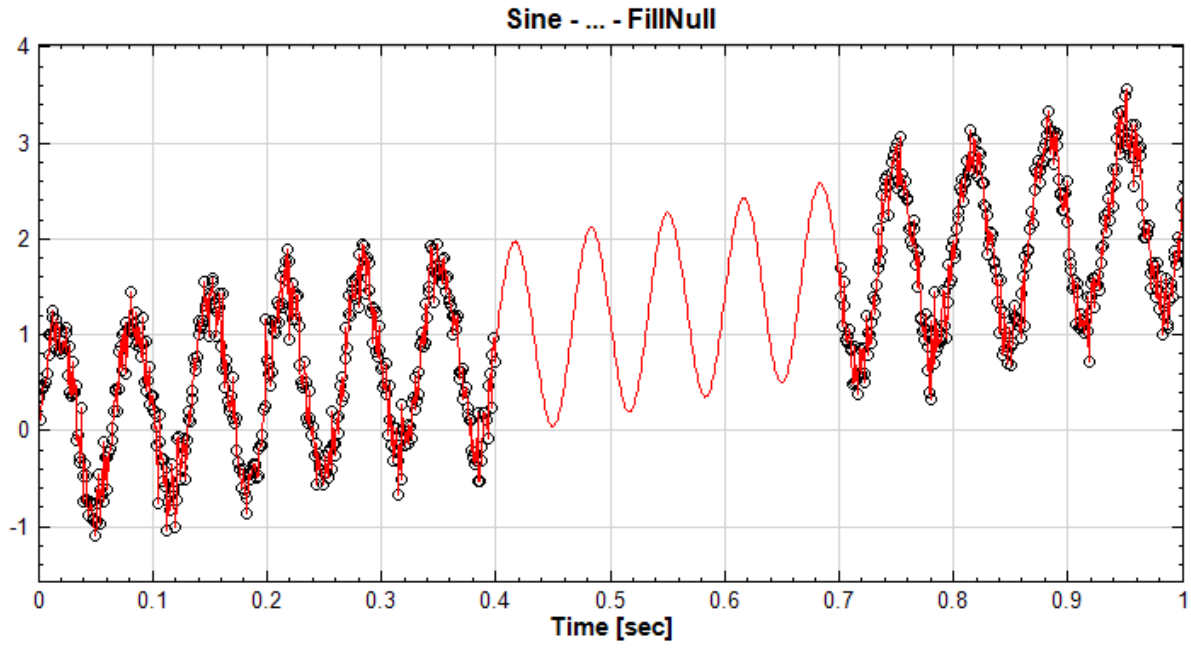
本元件參數設定如下：

Property

Fourier Fitting	
Fourier Fit Order	1
Auto Initial Freq	True
Initial Freq	14.8059223689476
Max Iterations	1000
Stop Threshold	1E-06
Least Square Fitting	
Fitting Type	PolynomialFourier
View Fitting Parameters...	PolynomialFourier Fitting param
Enable Time Shift	False
Input Type	TimeSeries
Module	
Polynomial Fitting	
Fit Order	1

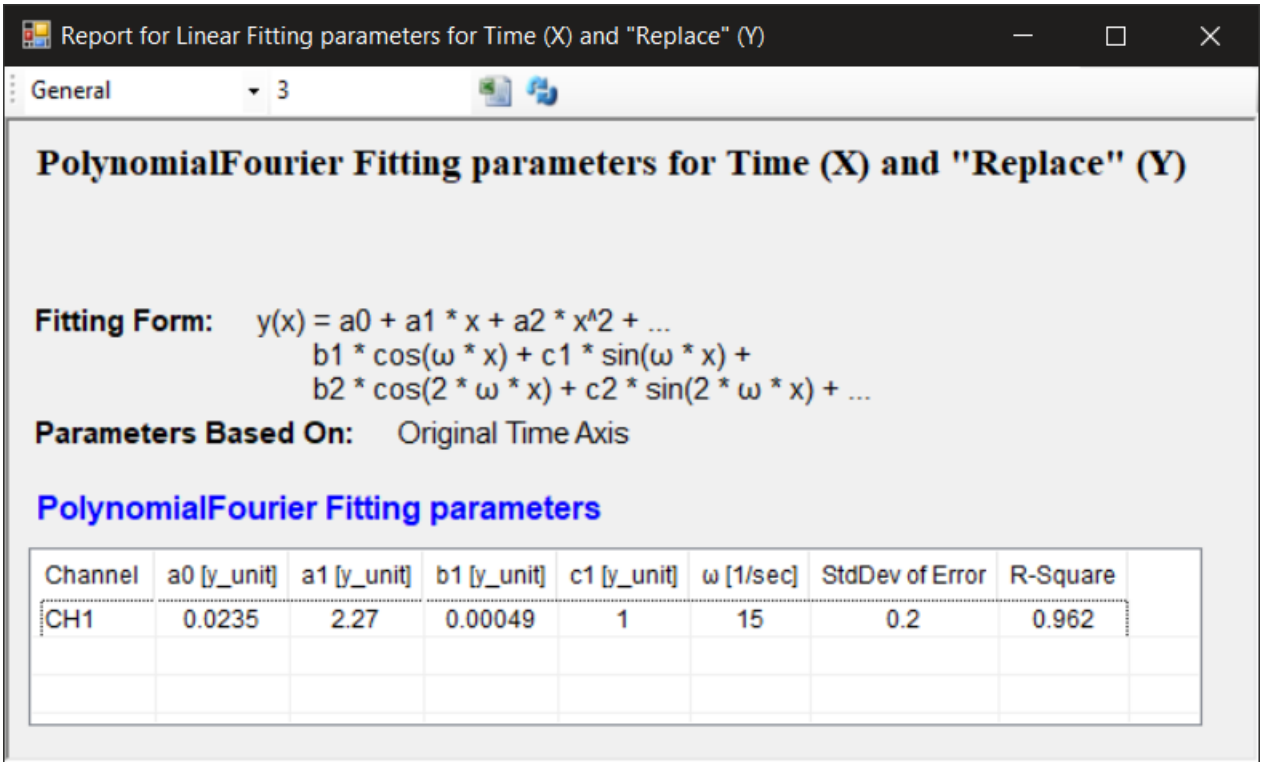
Fitting Type
Select a fitting type: Linear, Polynomial, PowerLaw, Exponential, Logarithmic, Fourier, and PolynomialFourier。

得到訊號圖如下：

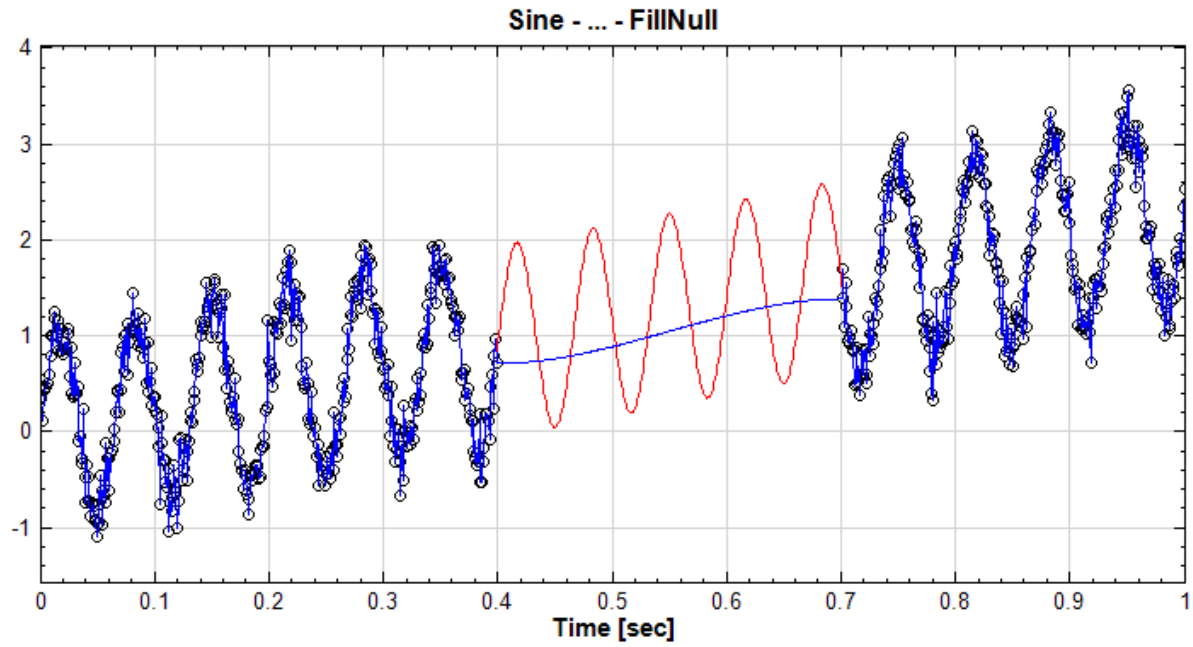


可以看到利用 PolynomialFourier 的回歸算法可以重現缺值的緩增正弦波（此處以紅色線顯示）。

3. 跟【Least Square Fit】一樣，雙擊本元件的圖示或是點擊 View Fitting Parameters 欄位右方的 圖示可以顯示回歸係數：



4. 如將訊號源以【[Fill Null Value】補值，則無法做到上述的效果。以下用 MonotonicCubic 補值（此處以藍色線顯示）：



相關指令

Noise、Sine、CustomWave、Mixer、ReplaceValue

4.1.8 Input Switch

說明

可以從多個資料型態訊號中選擇某一個通道訊號。

參數設定

本模組可以接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，等間距（Regular）、不等間距（Indexed），訊號（Signal）、聲音訊號（Audio）、數值資料 (Numeric)、時頻資料（Spectra）。各參數定義與預設值如下表：

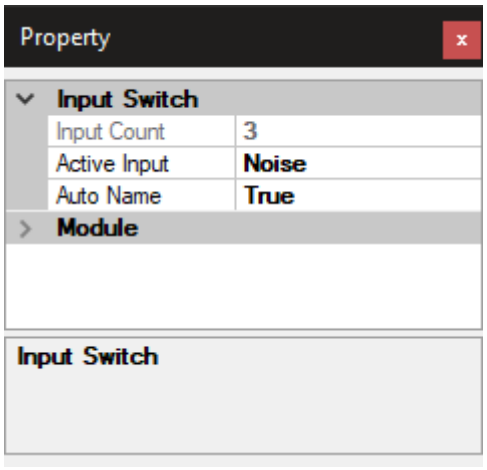
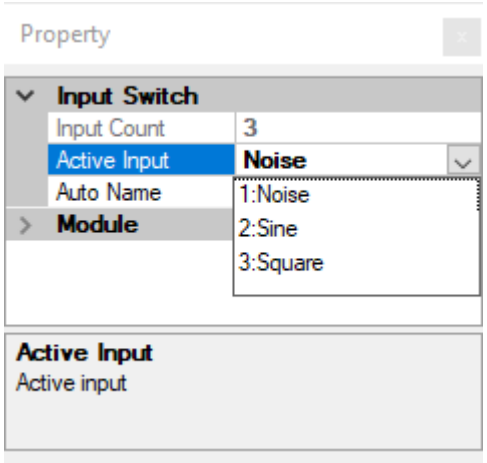


Table 4.9: Input Switch 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
Input Count	顯示進入此模組的輸入數目	
Active Input	設定欲選取的輸入資料	Input 1
Auto Name	設定是否自動將顯示在元件圖示上的名稱設為選取輸入的名稱。如欲顯示【Module】項目的 Name 參數欄位設定的名稱（請參考【元件名稱】），則必須將此參數設為 False	True

選擇 Active Input 時，下拉選單會顯示所有輸入訊號的名稱，並會在名稱前面綴上輸入的序列指數，如下圖：



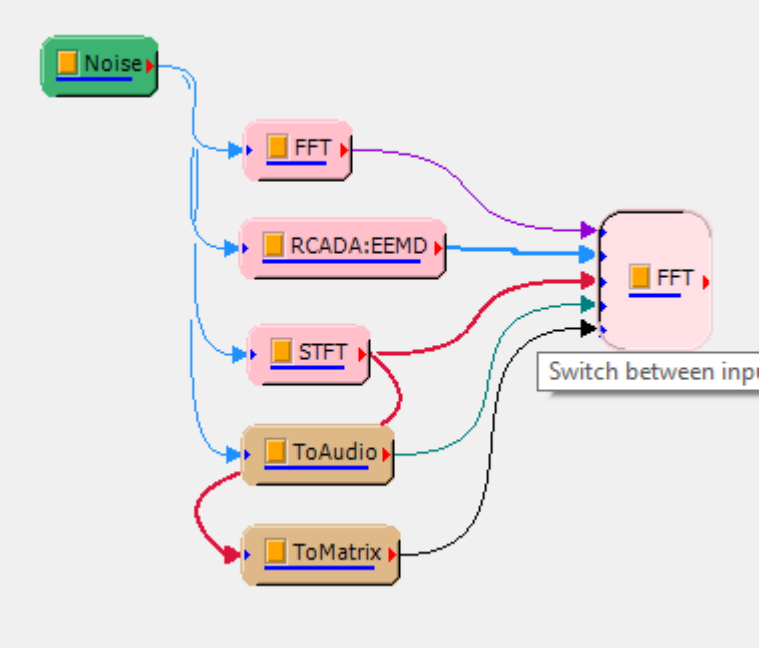
範例

本範例以 Source / Noise 為原始訊號，然後進行各種運算，產生各種格式資料，最後利用 Input Switch 選擇出某個通道的訊號，步驟如下：

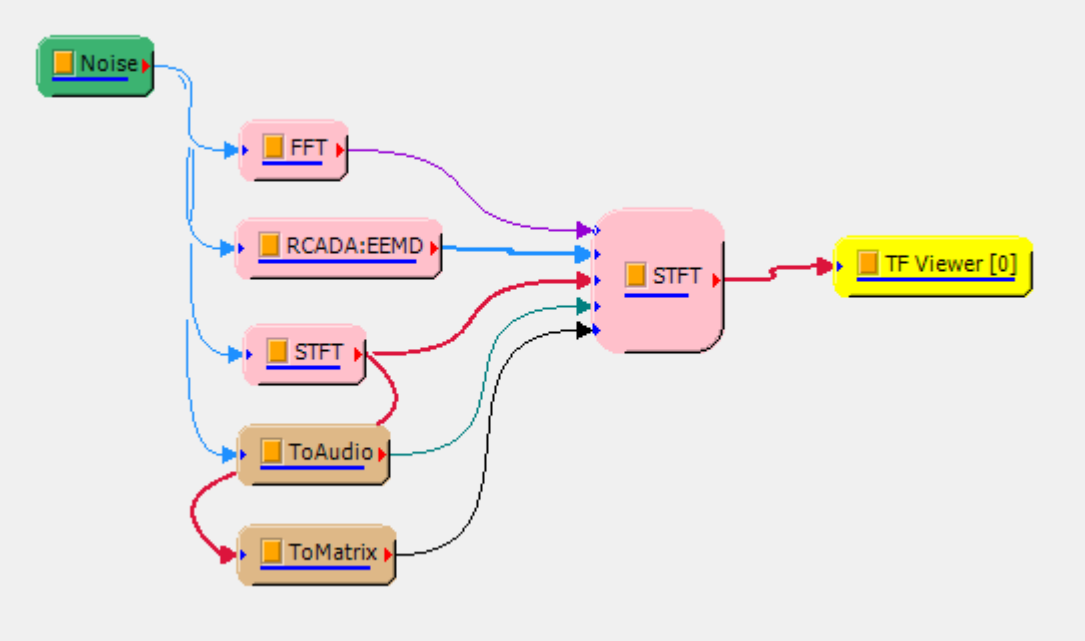
1. 於 Network 視窗下選擇 Source / Noise，取樣頻率（SamplingFreq）為 1000 Hz，時間長度（TimeLength）為 1 秒、振幅（Amplitude）為 1。

2. 將 Noise 依順序接上 Compute / Transform / Fourier Transform、Compute / HHT / RCADA EEMD、Conversion / Convert to Audio、Compute / TFA / Short Term Fourier Transform 並將 STFT 模組接上 Conversion / Convert to Matrix，所有模組設定都依照模組預設值。

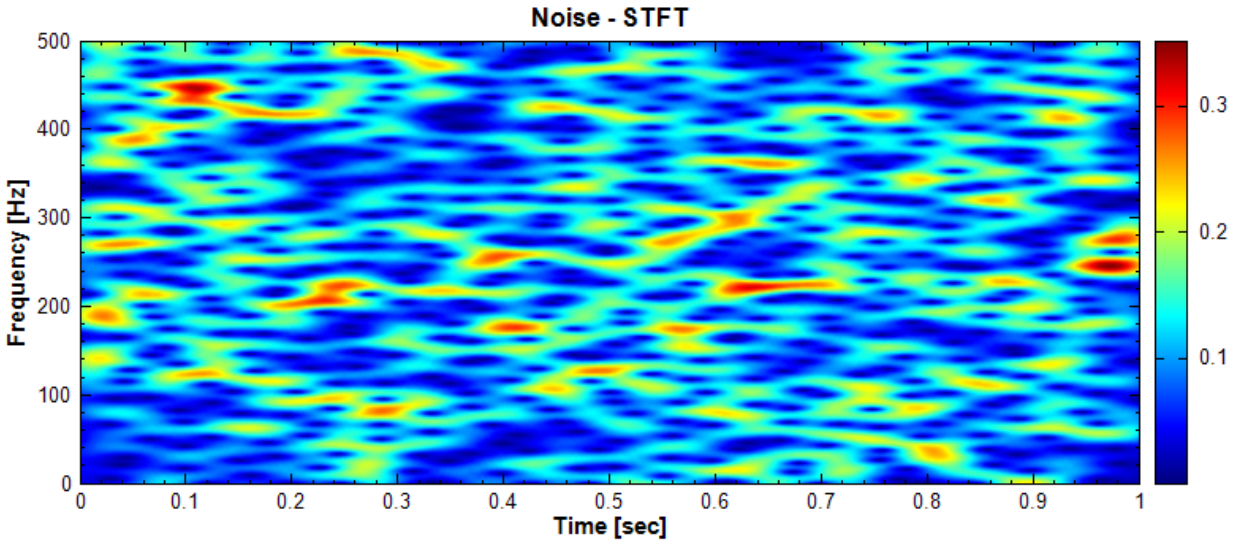
3. 將 Noise 及所有運算結果連接至 Compute / Channel / Input Switch，最後由 Input Switch 連接至 Viewer / Channel Viewer，並且調整 Input Switch 的參數 Active Input，可以觀察 Noise、FFT、RCADA:EEMD 和 ToAudio 的結果。整體結構如下圖：



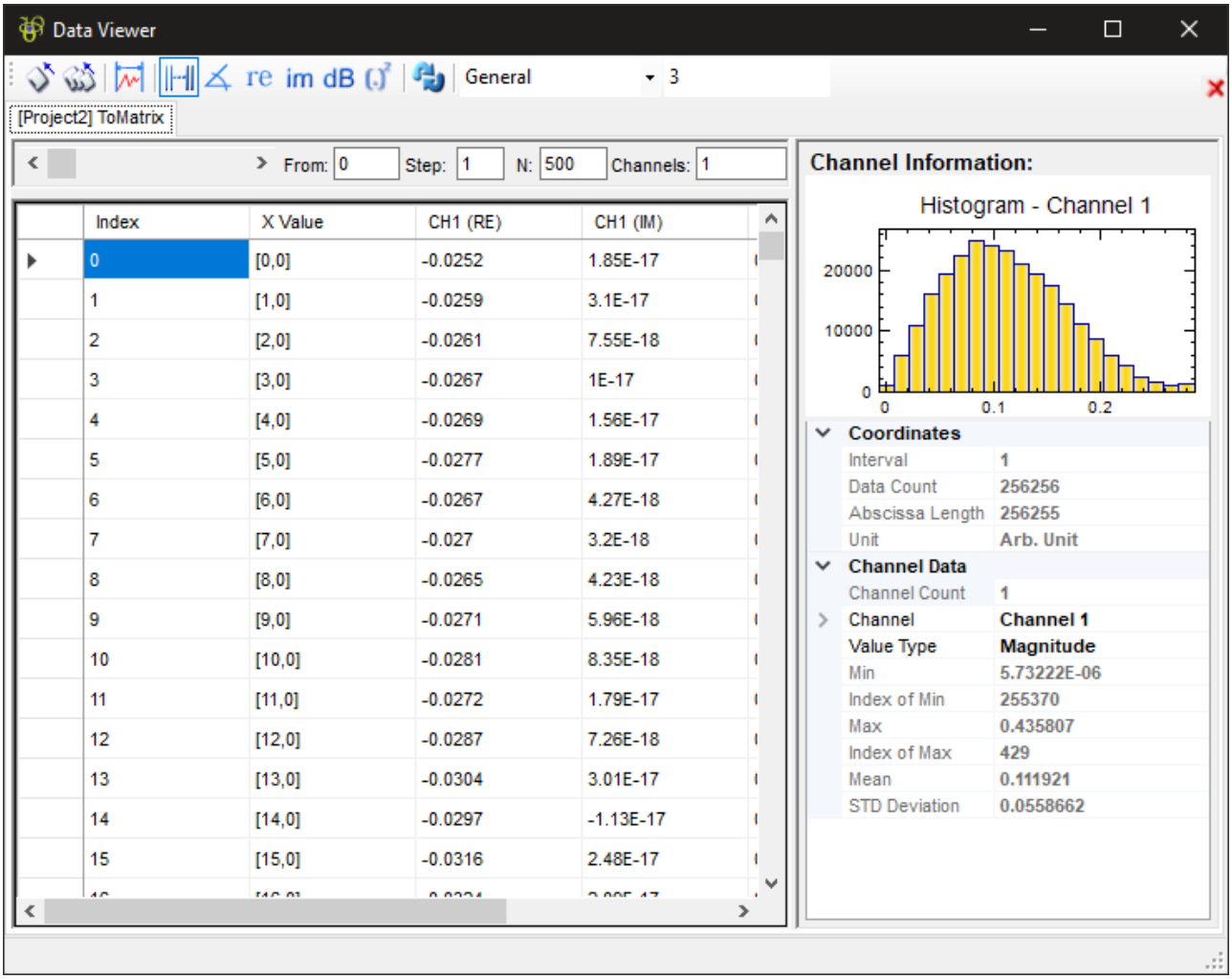
注意：因為 Input Switch 的 Auto Name 預設為 True，此元件圖示上顯示的名稱為預設選擇的第一個輸入名稱「FFT」。如果　Active Input 選擇第四個輸入名稱「STFT」，則元件圖示上的名稱會隨之改變，如下圖：



4. 此時將 Input Switch 連接至 Viewer 或 Time-Frequency Viewer 可顯示選擇輸入之資料。承上圖 Input Switch 切到「STFT」，並接上 TFViewer，顯示時頻資料如下圖：



5. 最後調整 Input Switch 的參數 Active Input 至 ToMatrix，可利用 DataViewer 觀察 Input Switch 內矩陣資料。



相關指令

Noise、Fourier Transform、RCADA EEMD、Convert to Audio、Short-Term Fourier Transform、Convert to Matrix

4.1.9 Peak Detection

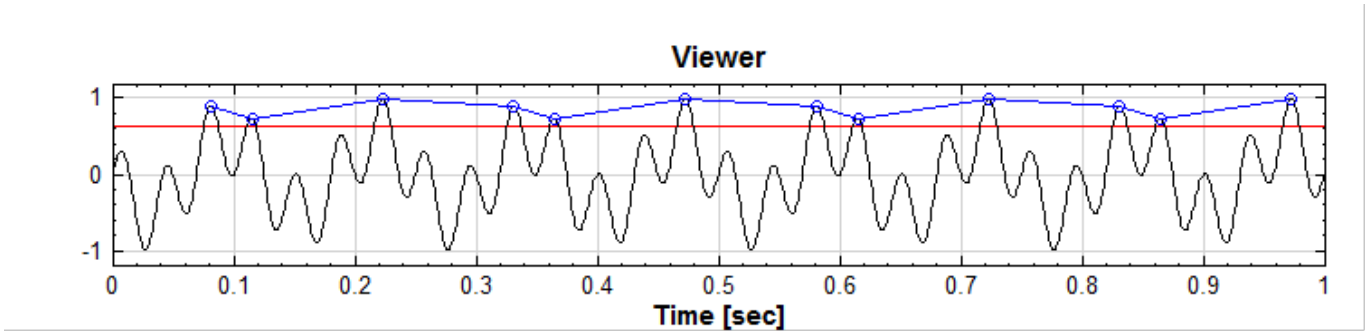
Peak Detection 可用於截取訊號之峰值位置點，亦或是計算兩峰值間的時間差。

說明

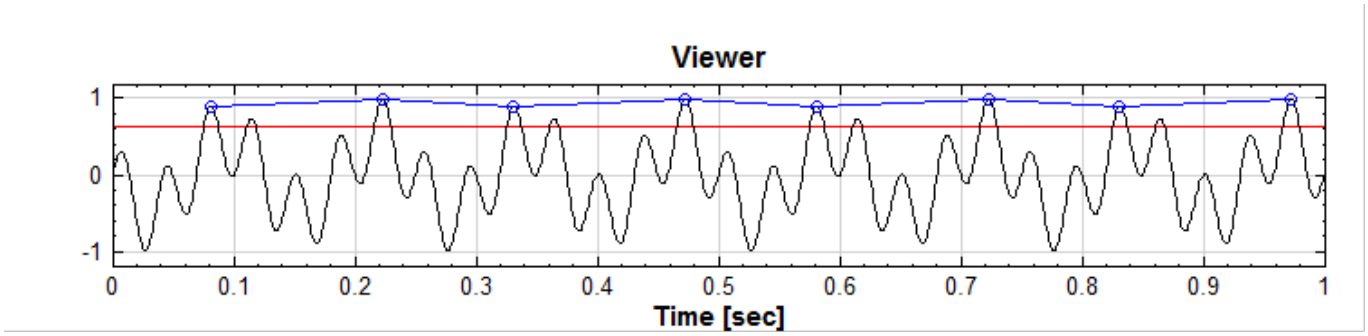
1. 調整 Minima Interval 和 Peak Threshold，劃分欲擷取之波峰值。
2. 如訊號帶有趨勢性，可利用 Median Filter 濾除趨勢。
3. 依訊號特性，透過 Preprocess Transform 加強峰值顯現。

此模組雖然會自動算出 Minima Interval 和 Peak Threshold，但如欲得到好的結果還是得要知悉 Minima Interval 和 Peak Threshold 的設定。兩峰值間隔須大於 Minima Interval 才視為是兩個分別的峰值：

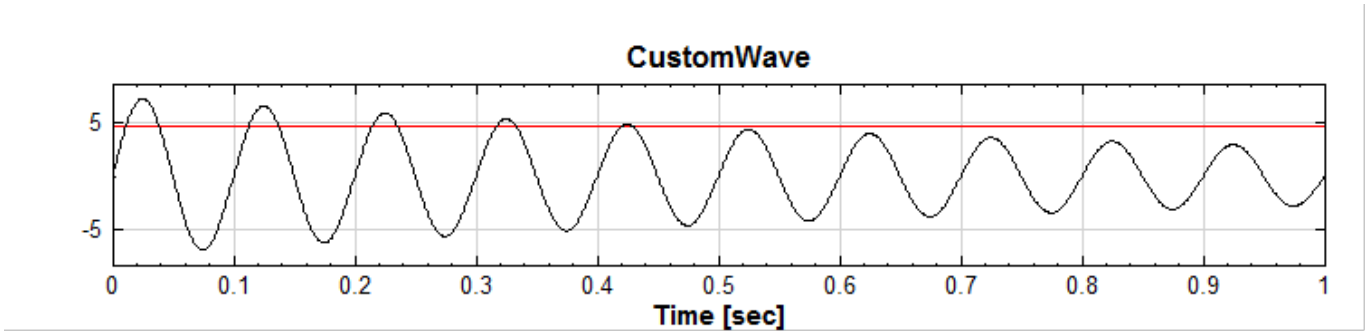
如使用 Minima Interval 的 auto 值，可能抓到同樣高於界限值但卻非需求的峰值，



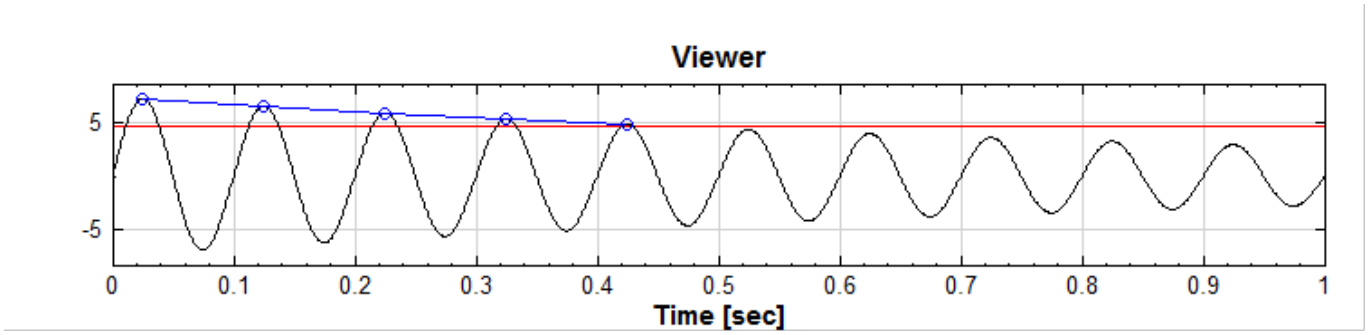
此時可適當地增加 Minima Interval 的寬度，忽略過於靠近主峰值的 Peak。



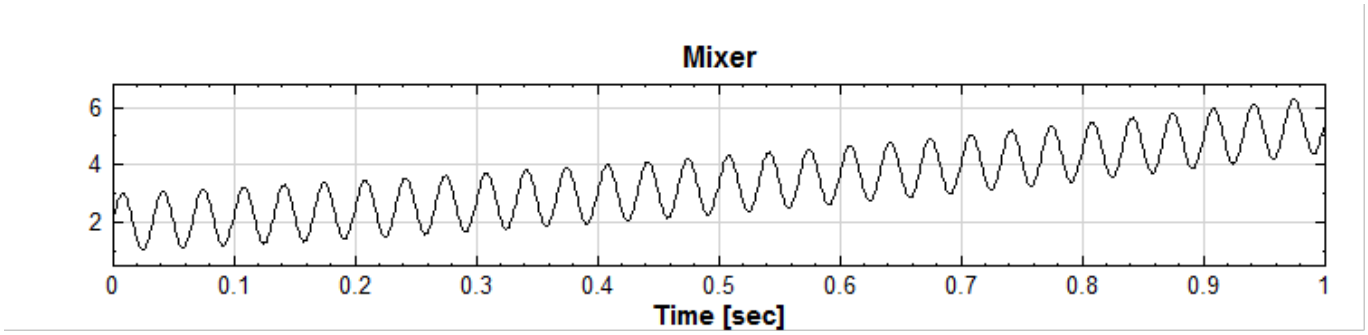
界限值（Peak Threshold）上方視為上峰值：



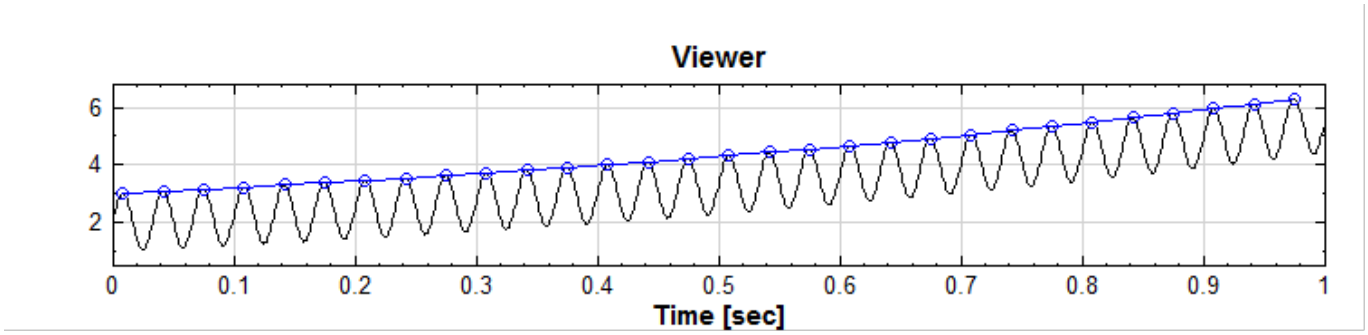
在此值以上之峰值，會被 Peak Detection 擷取，以下者則略過；抓取下峰值則相反，界限值下方者視為下峰值，此值以上者則被忽略。



若訊號有趨勢性，



則可使用 Median Filter 濾除趨勢性，再做擷取：



參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式受不同的 Output Type 影響。

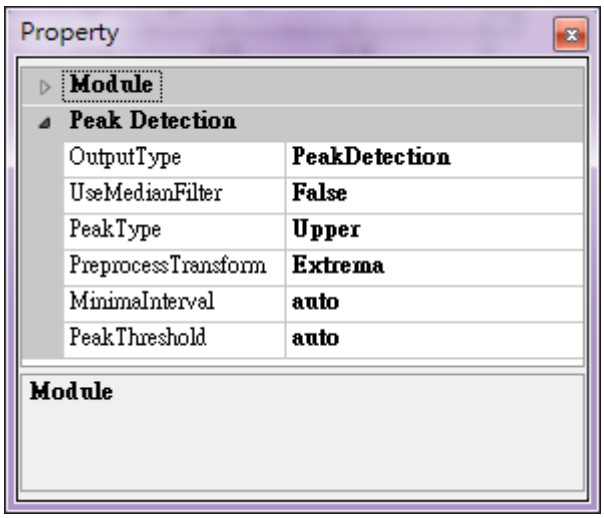


Table 4.10: Peak Detection 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
OutputType	選擇偵測波峰後輸出的形式，包含： • PreprocessOutput • PeakIntervalVsTime • PeakIntervalVsPeakNumber • PeakDetection • RemovePeak	PeakDetection
UseMedian Filter	是否使用中值濾波器移除趨勢性	False
PeakType	抓取 Upper（上）或 Lower（下）波峰	Upper
PreprocessTransform	在抓取峰值前根據選擇下述的峰值特性 對訊號做轉換： • None • Width • WidthByArea • WidthByExtrema • Area • Extrema	Extrema
MinimaInterval	兩波峰間的最短時間間隔	Auto
PeakThreshold	如訊號超過此界限值，則視為波峰	Auto

Table 4.11: OutputType 參數選項

參數選項	選項定義
PreprocessOutput	輸出前處理轉換後的訊號，格式為 Indexed
PeakIntervalVsTime	波峰間隔與時間關係，輸出格式為 Indexed
PeakIntervalVsPeakNumber	波峰間隔與波峰數的關係，輸出格式為 Regular
PeakDetection	抓取波峰，輸出格式為 Indexed
RemovePeak	移去峰值，輸出格式為 Regular

Table 4.12: PreprocessTransform 參數選項

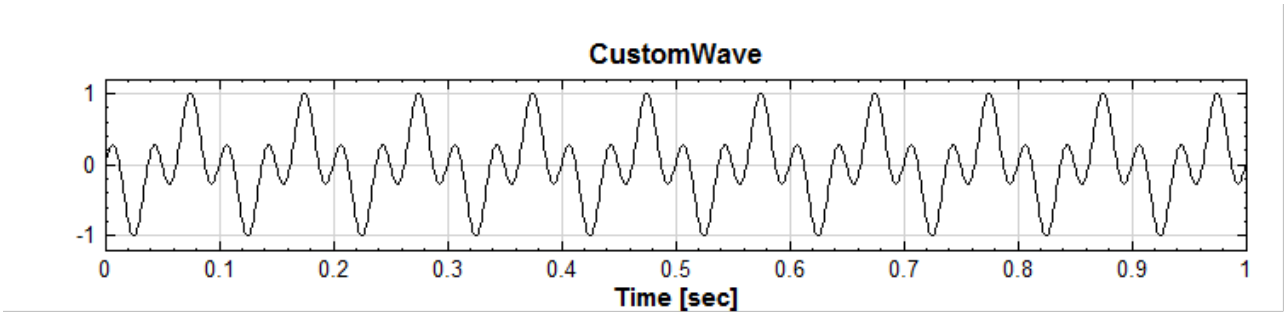
參數選項	選項定義
None	不使用任何前處理轉換，輸出移除均值後之訊號
Width	輸出移除均值後的過零點及波寬值
WidthByArea	輸出移除均值後的過零點和波寬值與波面積之乘值
WidthByExtrema	輸出移除均值後的過零點和波寬值與局部極值之乘值

參數選項	選項定義
Area	輸出移除均值後的過零點及波面積
Extrema	輸出移除均值後的過零點及局部極值

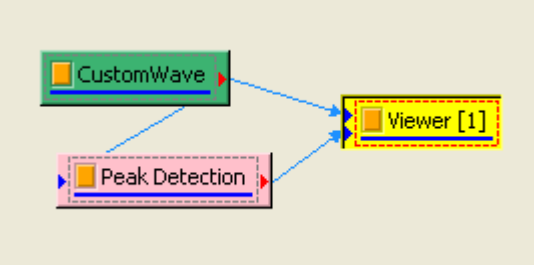
範例

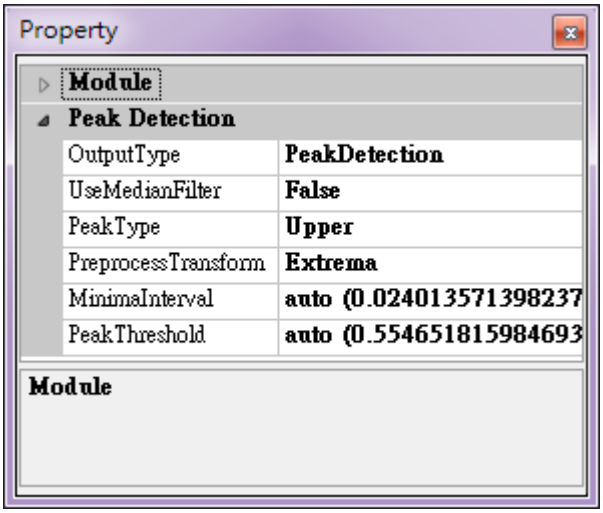
1. 人工訊號的波型

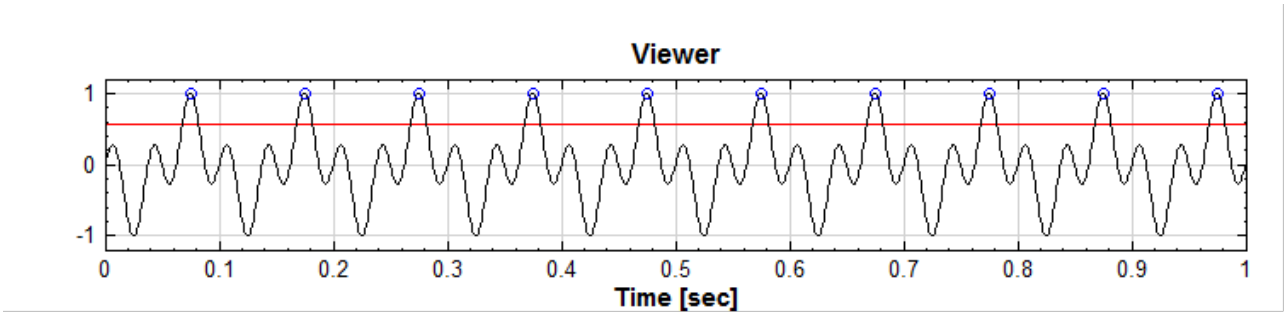
   利用 Source / CustomWave，參數皆為預設，Expression 為 `sin(2*pi*10*t)*cos(2*pi*20*t)`，圖形如下：



   再將其接上 Peak Detection 參數全用預設，最後將其接至原本的 Viewer，然後調整 Viewer 的 Plot ElemEditor，將 Peak Detection 的 Line Width 調為 None，Marker Style 用 Circle。

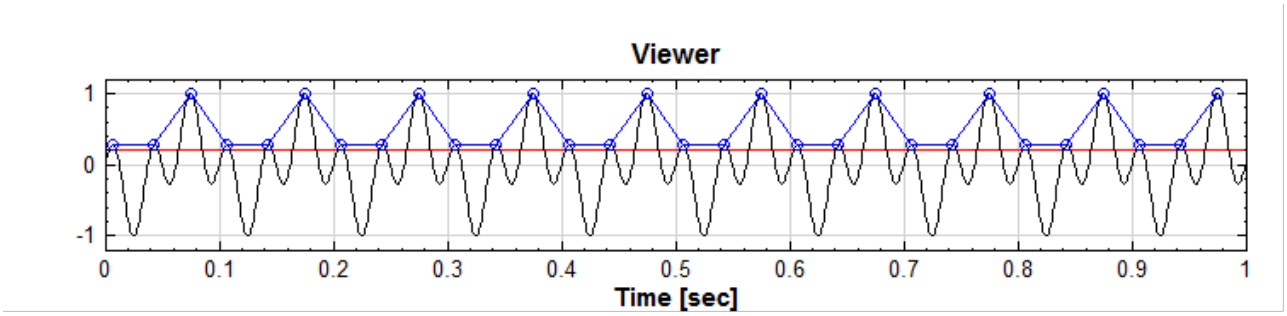




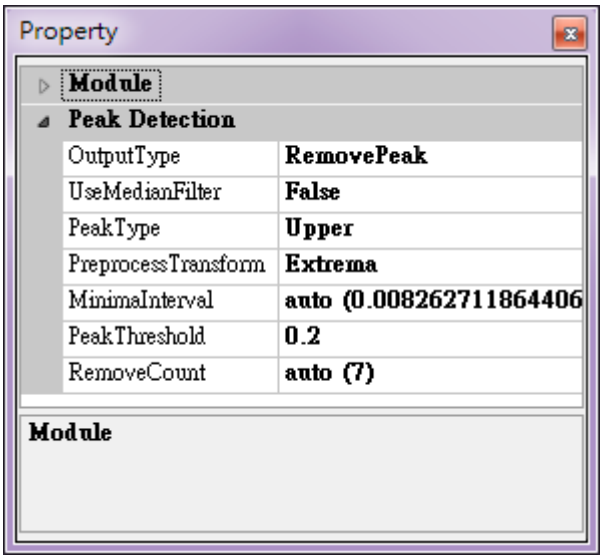


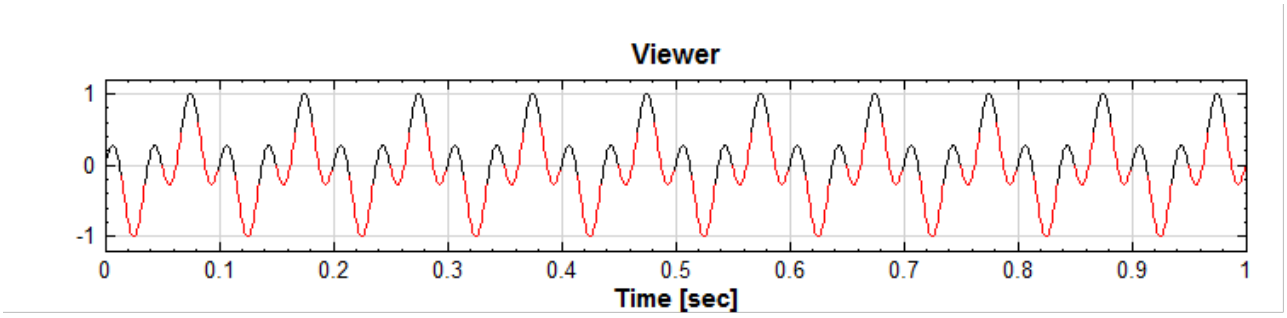
紅線為目前使用的 Threshold 位置。

若再將 Threshold 設定為 0.2，則可擷取較低的峰值。



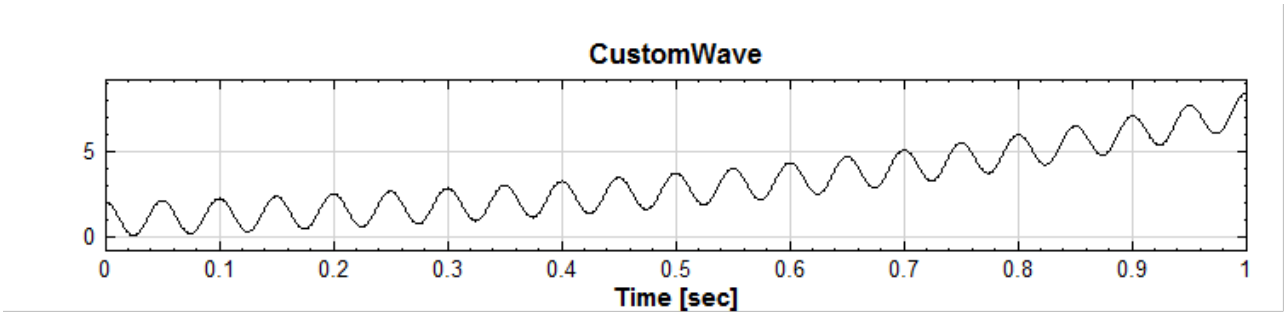
調整 OutputType 為 RemovePeak，可得移去峰值後的訊號（紅線）。



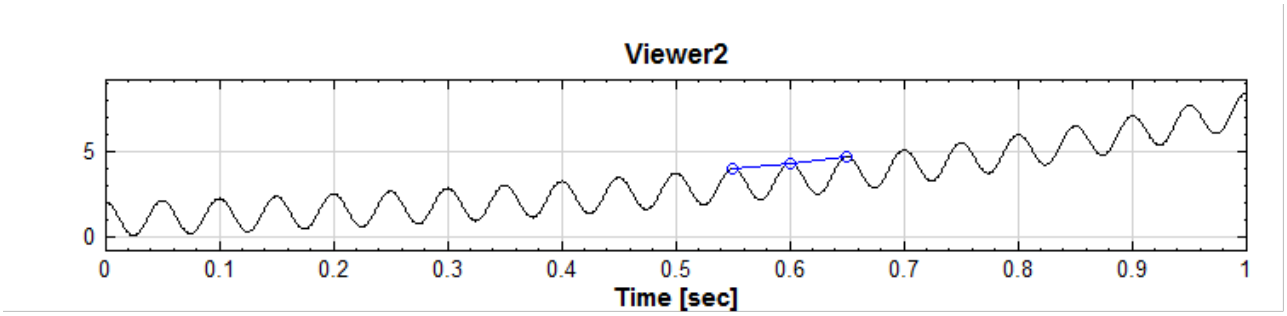


2. 帶有趨勢的人工訊號

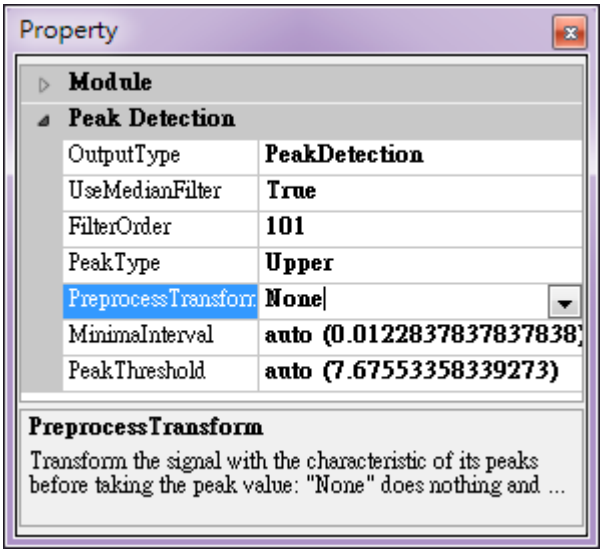
使用 Source / Custom Wave，Expression 為 `cos(2*pi*20*t)+exp(2*t)`，其餘參數為預設，得到下圖：

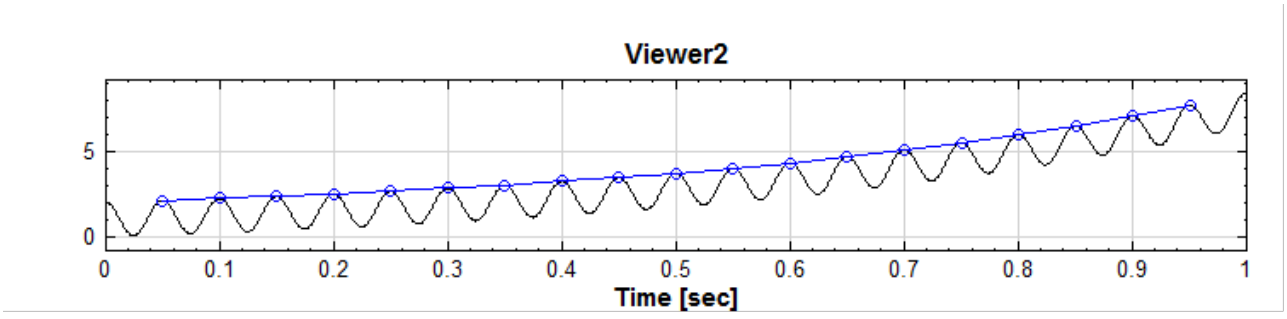


依 Peak Detection 的預設參數擷取峰值，無法得到正確的峰值。



開啟 Peak Detection 的 UseMedianFilter 功能，並將 PreprocessTransform 設為 None：



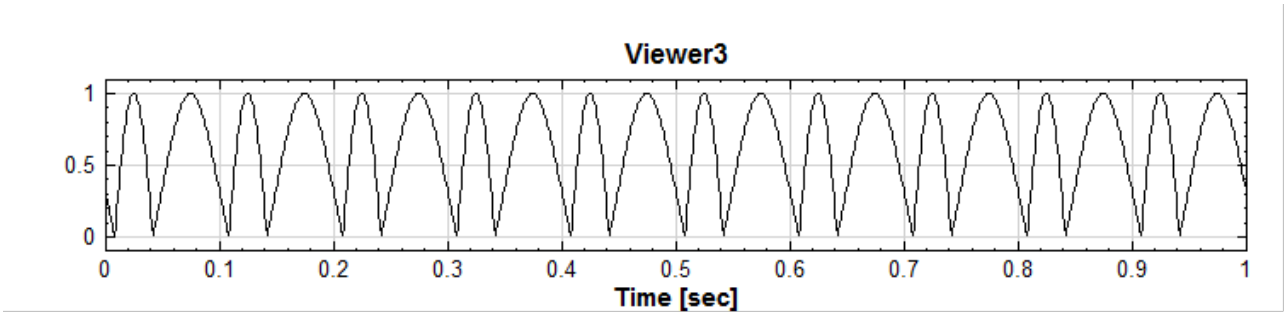


3. 利用 PreprocessTransform 加強訊號峰值特性

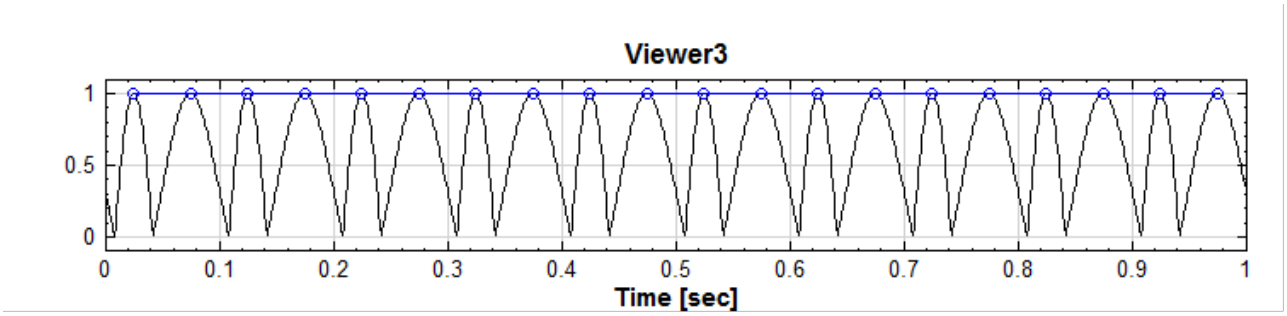
使用 Source / Custom Wave，Expression 為：

`abs((sin(20*pi*t)-0.5)>0?(sin(20*pi*t)-0.5)/0.5:(sin(20*pi*t)-0.5)/1.5)`，

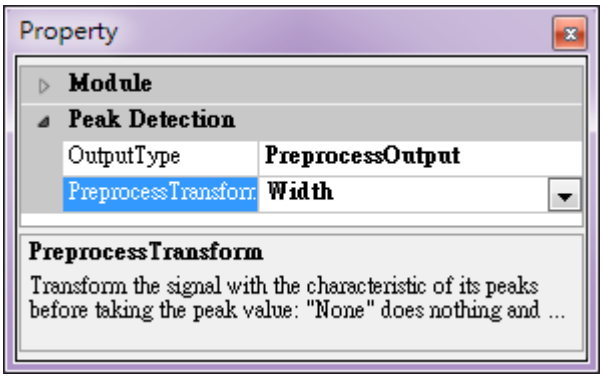
其餘參數為預設，得到下圖：

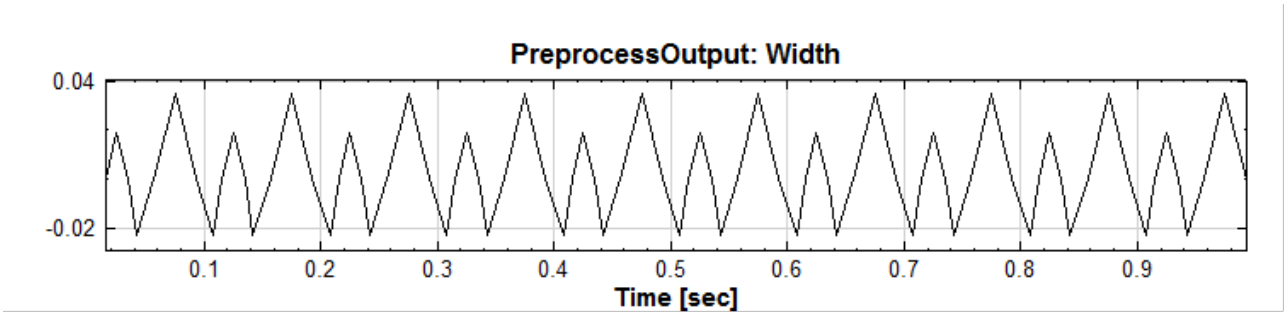


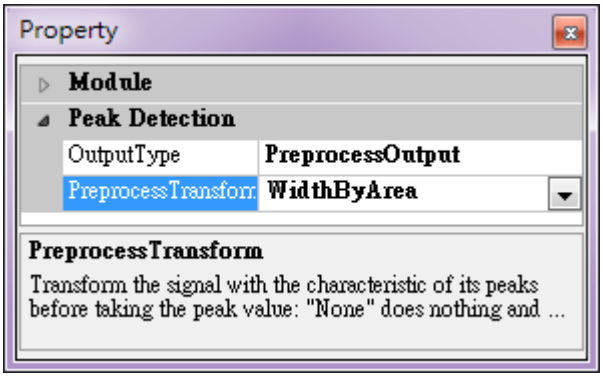
利用 Peak Detection 的所有預設參數，的確所有峰值都抓取到了：



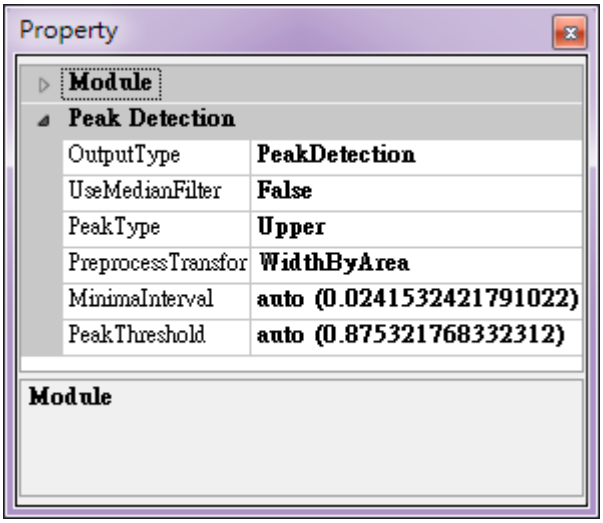
但如果今天較細的峰值是不需要的，除了調整 Minima Interval 外，亦可利用 PreprocessTransform 加強峰值的特性；如此例，可知較寬的峰值有較大的面積或是較寬的波寬，改變 PeakDetection 的參數 OutputType 為 PreprocessOutput，PreprocessTransform 分別設為 Width 及 WidthByArea，如下圖：

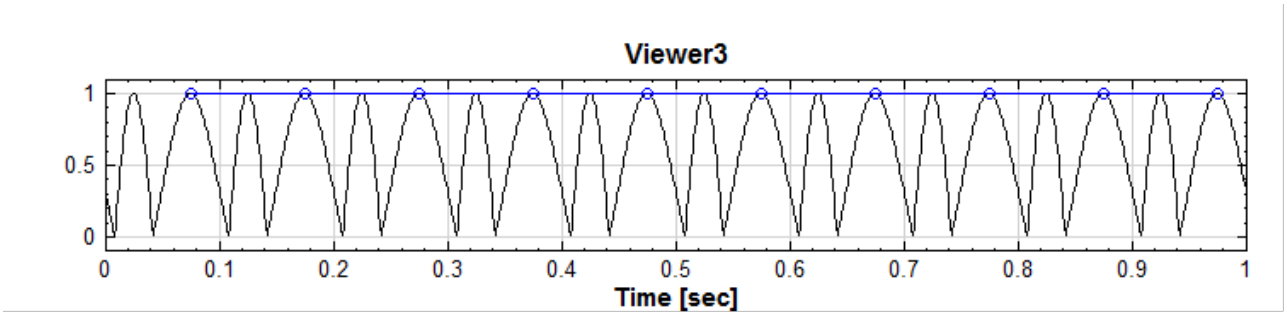






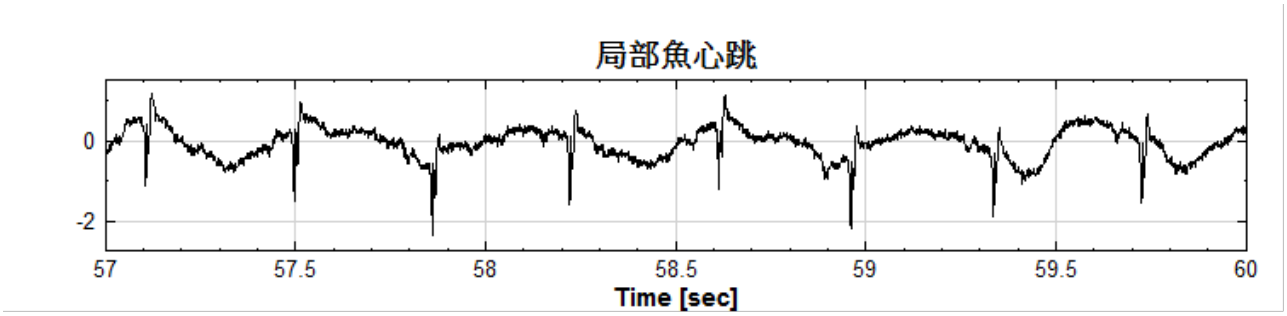
可看出不同的 PreprocessTransform 參數可針對不同波峰做特性強化。



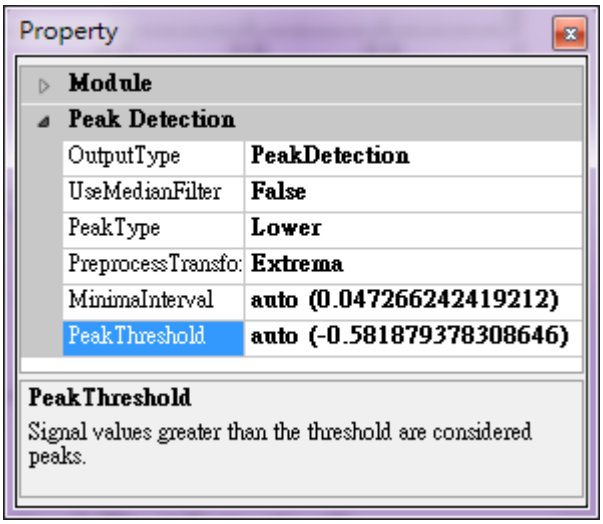


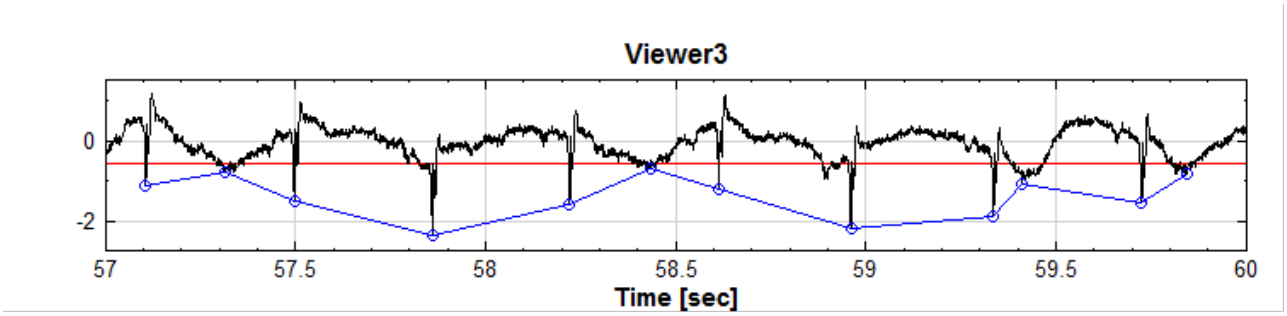
4. 脈診儀資料

原始資料為下圖：



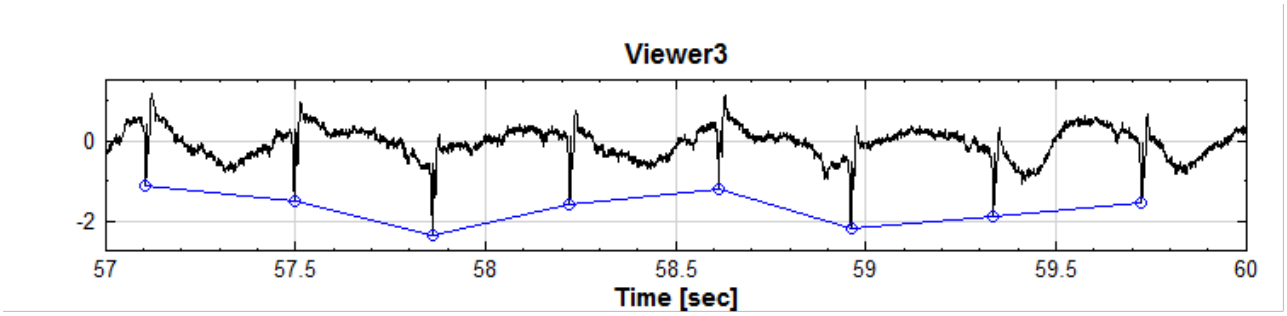
直接使用 Peak Detection 的所有預設參數，但是效果不是很好；紅線為 PeakThreshold 為 auto 時的位置。



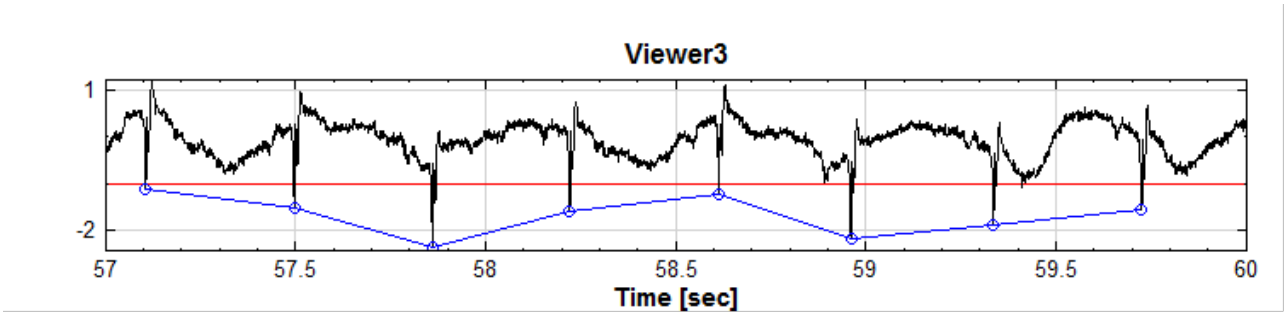


此時有兩種調整方式：

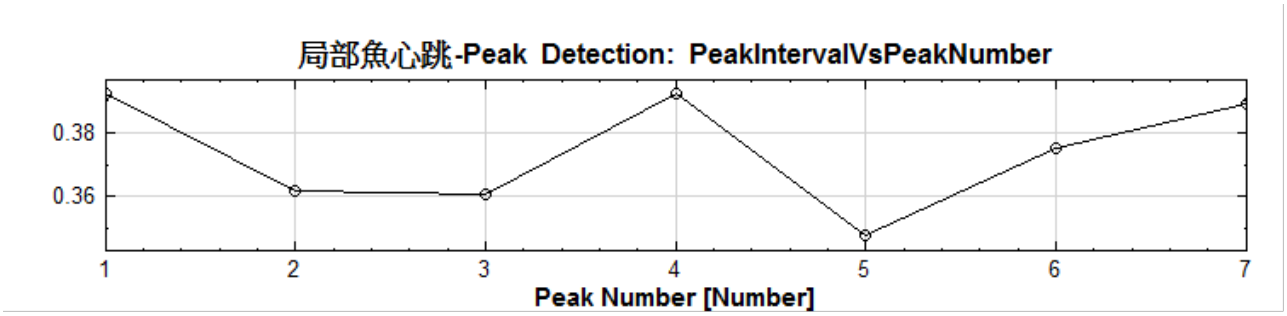
(1) 加大 MinimaInterval，忽略過近的峰值：



(2) 降低 PeakThreshold：



如需更進一步利用 Multi-Scale Entropy (MSE) 分析心跳，可選擇輸出 PeakIntervalVsPeakNumber：



相關指令

CustomWave、Multi-Scale Entroy (MSE)

4.1.10 Remove Channel

說明

將多通道（Multi-Channel）訊號中的某中一個通道的訊號移除。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)、複數 (Complex Number)，多通道 (Multi-Channel)，Regular 或 Indexed 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入，參數定義詳見下面圖表。

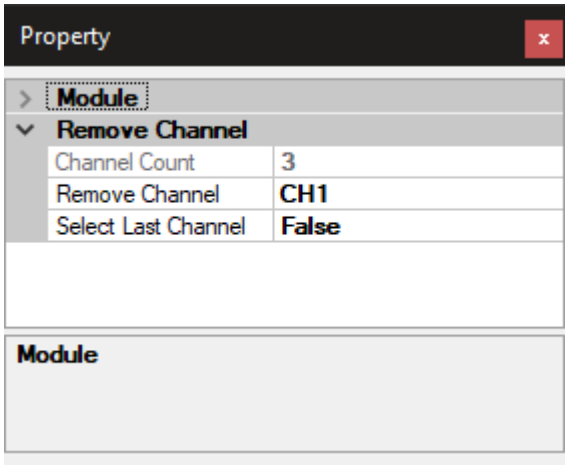
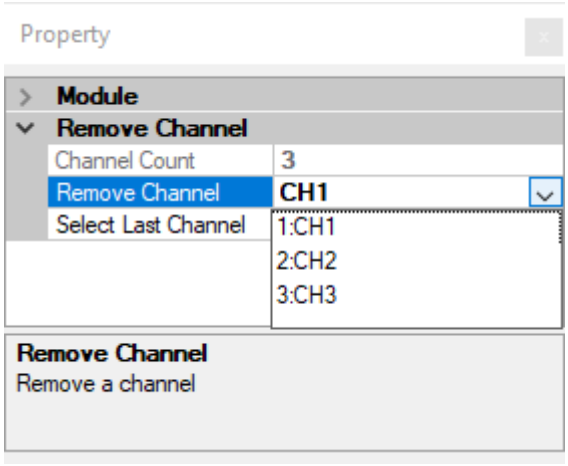


Table 4.13: Remove Channel 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
Channel Count	顯示輸入訊號的總通道數	
Remove Channel	選定欲移除的資料	Channel 1
Select Last Channel	是否設為選定最後一筆資料	False

選擇 Remove Channel 時，下拉選單會顯示所有輸入通道的名稱，並會在通道名稱前面綴上通道的序列指數，如下圖：

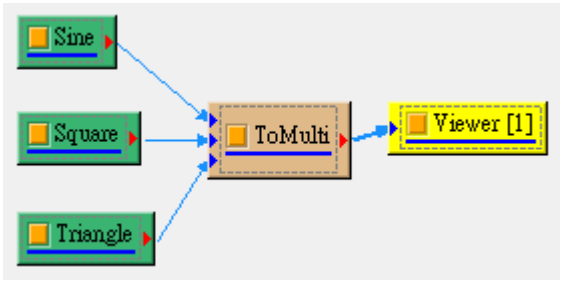


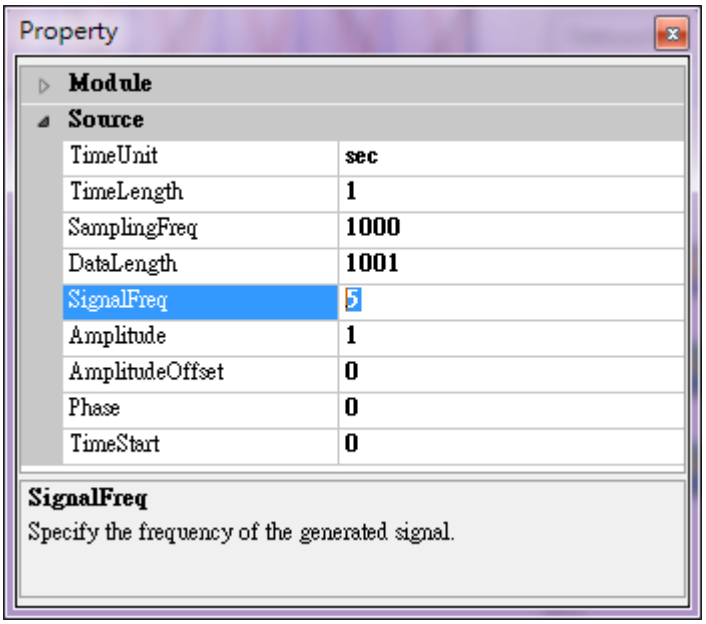
注意：Channel Switch 為將選取的資料留下，其餘刪除；而 Remove Channel 恰相反，刪除選取訊號、其餘保留。

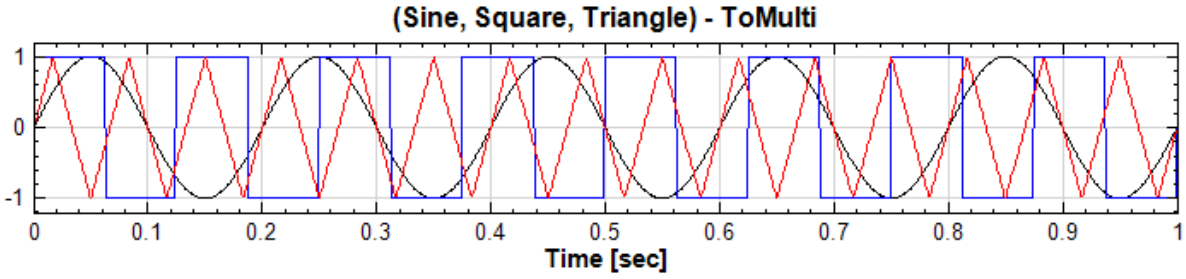
範例

將正弦波、三角波及方波結合為同一個多通道（Multi-Channel）訊號，再將其中某個通道訊號移除：

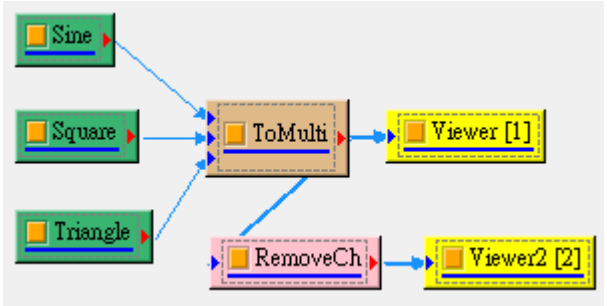
1. 以 Source / Sine Wave、Square Wave 及 Triangle Wave 建立正弦波、方波及三角波，並用 Conversion / Merge to Multi-Channel 將三個輸入訊號整合為一個多通道（Multi-Channel）訊號。在各波源的取樣頻率（SamplingFreq）皆為預設值 1000 Hz，而訊號頻率（SignalFreq），分別為 5 Hz（Sine Wave）、8 Hz (Square Wave)、以及 15 Hz（Triangle Wave），以觀察不同波形。

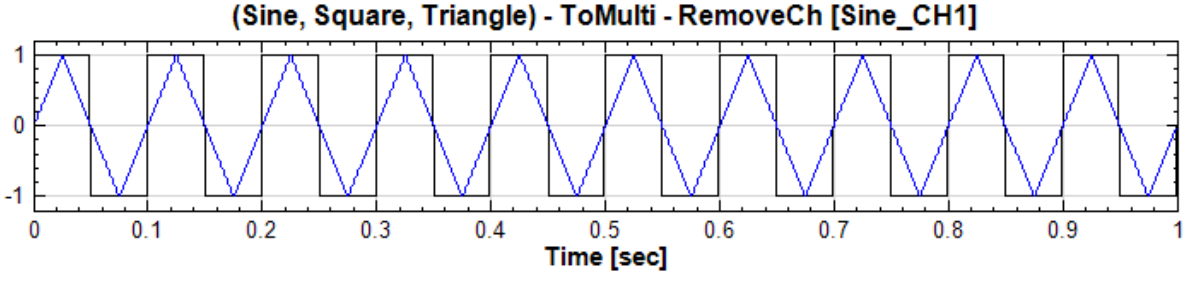




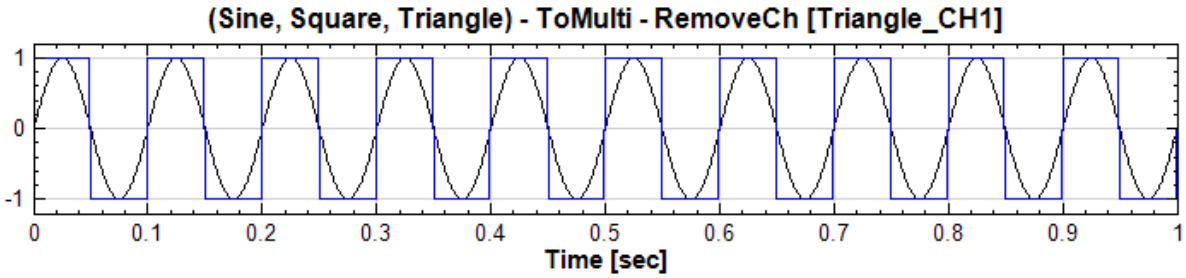


2. 在 Merge to Multi-Channel 後連結上 Compute / Channel / RemoveChannel，預設為移除第一通道訊號（Sine Wave），可得如下頁圖之結果：





3. 再改變 Remove Channel 的 Properties，將 Select Last Channel 調整為 True，則 Remove Channel 將自動設為 Channel 3，為刪除第三個通道資料，也就是 Triangle Wave 訊號。



相關指令

Merge to Multi-Channel、Channel Switch

4.1.11 Replace Value

說明

將訊號中指定的數值取代為另一數值。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）與聲音訊號（Audio）輸入。參數定義與預設值整理如下表。

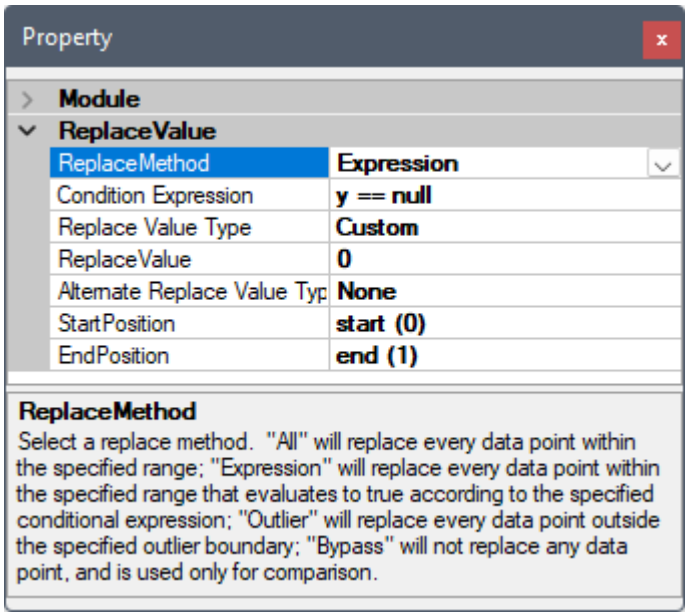


Table 4.14: Replace Value 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
ReplaceMethod	選擇取代的方法： • All：取代指定範圍內的所有資料點 • Expression：取代指定範圍內所有符合條件式的資料點 • Outlier：取代指定範圍內所有異常值（離群邊值） • Bypass：不取代任何資料點	Expression
StartPosition	設定被取代訊號範圍的起始點 （預設為輸入訊號的起始點）	start
EndPosition	設定被取代訊號範圍的終點 （預設為輸入訊號的終點）	end

取代方法為 All、Expression、Outlier 時，則可設定參數如下表：

Table 4.15: Replace Value 元件參數（ReplaceMethod = All、Expresion、Outlier）

參數名稱	參數定義	預設值
Replace Value Type	選擇取代條件成立時取代數值的型態： • Custom：自訂取代值 • Null：取代值設定為 Null 值 • Mean：取代值設定為資料平均值 • Median：取代值設定為資料中間值 • Min：取代值設定為資料最小值 • Max：取代值設定為資料最大值	Custom
Replace Value	Replace Value Type 選擇為 Custom 時設定自訂之取代值	0

取代方法為 Expression、Outlier 時，則可設定參數如下表：

Table 4.16: Replace Value 元件參數（ReplaceMethod = Expression、Outlier）

參數名稱	參數定義	預設值
Condition Expression	輸入要取代的條件式。可使用 +, -, *, /, <, >, ==, !=, &, 等運算元	y == null

參數名稱	參數定義	預設值
Alternate Replace Value Type	設定取代條件不成立時取代數值的型態： • None：忽略條件式不成立的情況 • Custom：自訂取代值 • Null：取代值設定為 Null 值 • Mean：取代值設定為資料平均值 • Median：取代值設定為資料中間值 • Min：取代值設定為資料最小值 • Max：取代值設定為資料最大值 取代方法為 Epression 時，「條件不成立」意為條件式不成立；取代方法為 Outlier 時，意為非異常值（非離群邊值）	None
Alternate Replace Value	Alternate Replace Value Type 選擇為 Custom 時設定自訂之取代值	0

取代方法為 Outlier 時，則可設定的參數如下表：

Table 4.17: Replace Value 元件參數（ReplaceMethod = Outlier）

參數名稱	參數定義	預設值
Outlier Boundary	設定離群邊值（訊號標準差的倍數）	3
Sliding Window Mode	設定開啟 / 關閉滾動計算窗模式	False

在 Sliding Window Mode 為 False 時，是由 StarPosition 及 EndPosition 指定之資料範圍內整體訊號標準差的倍數為來計算離群範圍的上限與下限，超過此範圍則判定為異常值。在 Sliding Window Mode 為 True 時則是以指定的滾動窗範圍內的資料來計算離群範圍。用滾動窗計算離群邊值較能夠精準的計算資料的動態異常值，但是計算量會大幅增加。

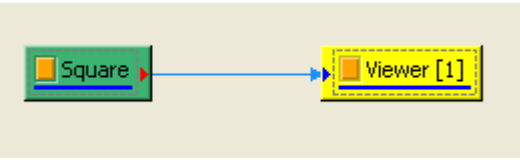
開啟滾動窗計算時，會出現滾動窗相關的設定，用來控制做滾動窗計算時的計算窗大小、單位、及重疊等參數，詳情請參閱【滾動窗計算】章節說明。

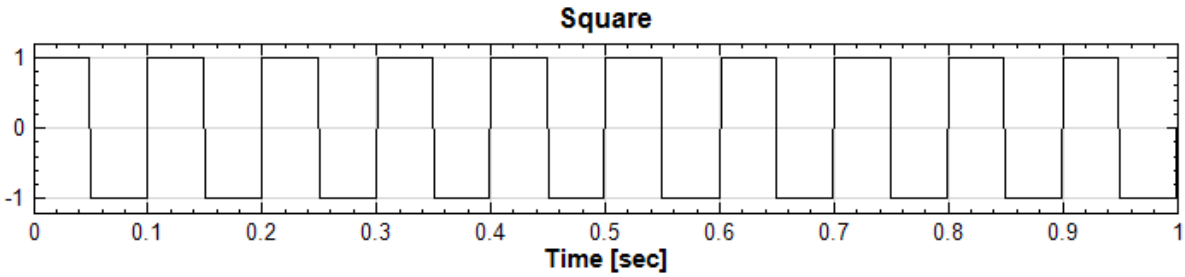
取代方法為 ByPass 時，則不取代任何資料點，即輸入複製至輸出。

範例

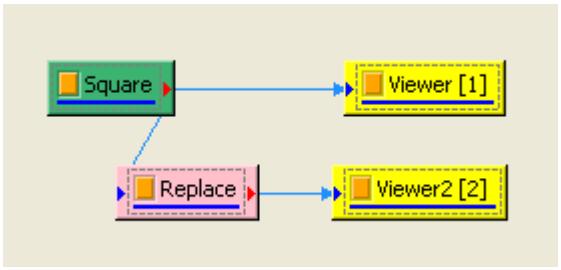
將一方波的峰值改變成另一數值：

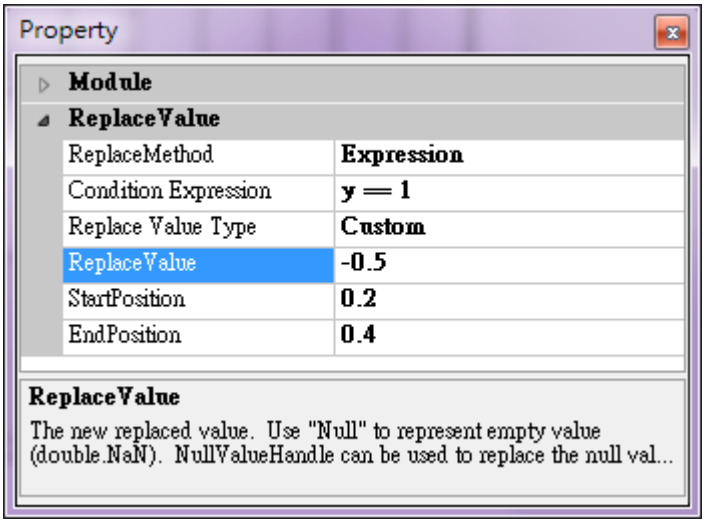
1. 以 Source / Square Wave 建立一方波，以 Viewer / Channel Viewer 繪出。



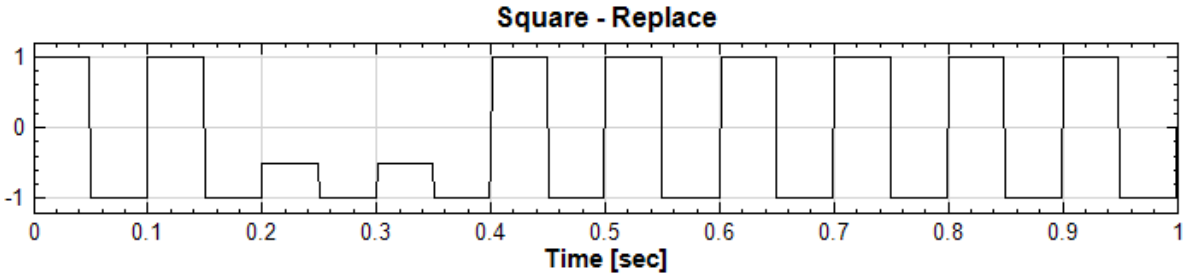


2. 將 Square 連上 Compute / Channel / ReplaceValue，設定 Properties / Condition Expression 為 y == 1，ReplaceValue 為 -0.5，StartPosition 為 0.2 ，EndPosition 為 0.6。

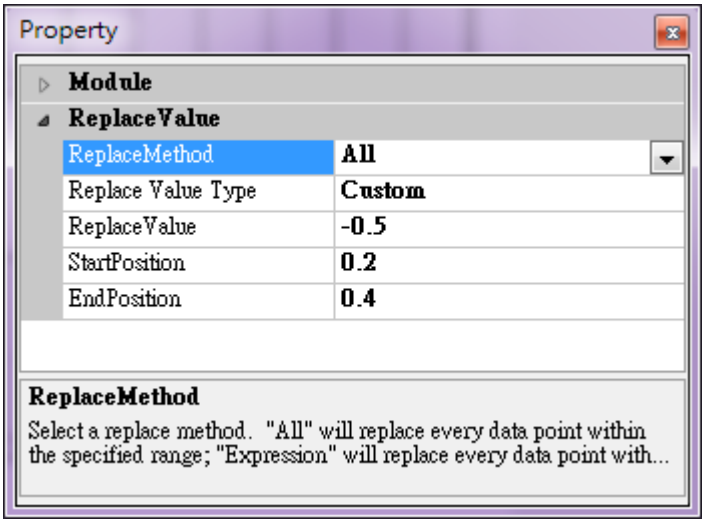


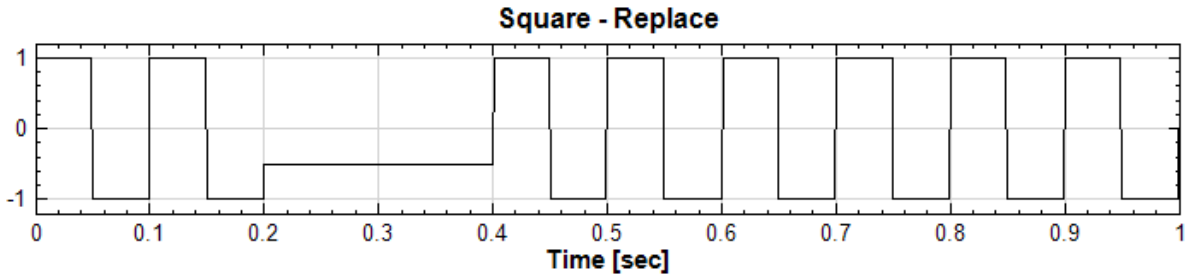


如此處理可將訊號中 0.2 秒到 0.6 秒中所有等於 1 的數值取代成-0.5。可見圖形有明顯不同：



3. 再將 ReplaceValue 中 Properties / ReplaceMethod 調整為 All，進一步設定 Properties / ReplceValue 為 0.2，StartPosition 為 0.3 ，EndPosition 為 0.6，如下圖。





相關指令

無

4.1.12 Resample

說明

Resample 為重新取樣，常用的用途有下列兩種：

- 當資料量過大時，用來降低資料量。
- 資料點數不足時，以內插的方式獲得比原數據點數更多的資料。
- 不改變資料點數，但重設取樣率。

降低取樣率時可能會造成 混疊現象（Aliasing），本元件提供消除混疊（Anti-Aliasing）的濾波設定（見下述）。另外，內插方式的選擇也會影響重新取樣完的數據，若需做較精細的分析時，也應該考慮此因素來選擇內插的方式。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道 (Single Channel) 或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）與聲音訊號（Audio）輸入。

參數 Properties / Data 下顯示輸入訊號的頻率單位、取樣頻率與資料數量長度。

以下有提到原始資料的取樣率（Sampling Frequency）時，以 S 代表；提到原始資料長度（Data Count）時，以 L 代表，即

$$S = \text{Sampling Frequency}$$

$$L = \text{Data Count}$$

參數 Properties / Resample 定義詳見下面圖表。Resample Mode 決定重新取樣的模式：

Table 4.18: Resample Mode 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Resample Mode	選擇重新取樣的模式： • Down: 降低取樣（Down-sampling） • Up: 增加取樣（Up-sampling） • Reset: 重設取樣率（Reset sampling rate）	Down

* 降低取樣模式

若 Resample Mode 為 Down 時進入降低取樣模式，此時以整數的 Down-sampling Step（N）為基準，Down-sampling Frequency 及 New Count 都會自動依照整數的 N 計算。相關參數如下：

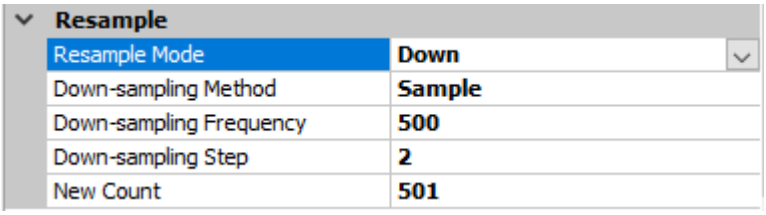


Table 4.19: Down-sampling 模式相關參數

參數名稱	參數定義	預設值
Down-sampling Method	Resample Mode 設定為 Down 時，以及 Down-sampling Step（$N > 1$）時，選擇降低取樣的方法： • Sample：取每 N 點的第一點 • Average：取每 N 點的平均 • MaxDetect：取每 N 點的最大值 • MinDetect：取每 N 點的最小值 • PeakDetect：取每 $2N$ 點的最大及最小值，以出現的先後順序排序	Sample
Down-sampling Frequency	設定降低取樣的頻率（S_d）。此設定會自動轉換為最接近的整數 N，並依照整數 N 調整設定的頻率及 New Count。	S/N
Down-sampling Step	設定將低取樣階數 N，即每 N 個點取出一個點。此設定會重新計算 Down-sampling Frequency 及 New Count	1
New Count	設定降低取樣後的總點數。此設定會自動轉換為最接近的整數 N，並依照整數 N 調整設定的點數及 Down-sampling Frequency	L/N

降低取樣模式同時也提供了消除混疊（Anti-Aliasing）的濾波設定，可選擇一個濾波器設定，在執行降低取樣之前將原始資料中高頻部分（降頻後的 Nyquist Frequency $F_{Nyquist} = S_d/2$ 以上的頻率）濾掉。相關參數如下：

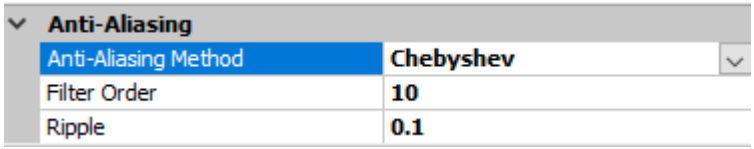


Table 4.20: Anti-Aliasing 相關參數

參數名稱	參數定義	預設值
Anti-Aliasing Method	當 Down-sampling Step $N > 1$ 時，可選擇是否使用消除混疊方法： • None：不採用 • IdealFilter：採用理想 IIR 濾波器 • Butterworth：採用 Butterworth IIR 濾波器 • Chebyshev：採用 Chebyshev IIR 濾波器	None
Filter Order	Anti-Aliasing Method 設定為 Butterworth 或 Chebyshev 時，可設定濾波階數 1~12。Anti-Aliasing Method 設定為 IdealFilter 時，Filter Order 默認為資料長度。	10

參數名稱	參數定義	預設值
Ripple	Anti-Aliasing Method 設定 Chebyshev 時，可設定震盪參數 (Ripple)，即頻率響應（frequency response）的幅度波動 (overshoot 振幅)，單位為分貝（dB）	0.1

* 增加取樣模式

若 Resample Mode 為 Down 時進入降低取樣模式，此時以 Up-sampling Frequency 為基準，可以為任何 $\geq S$ 的數值。相關參數如下：

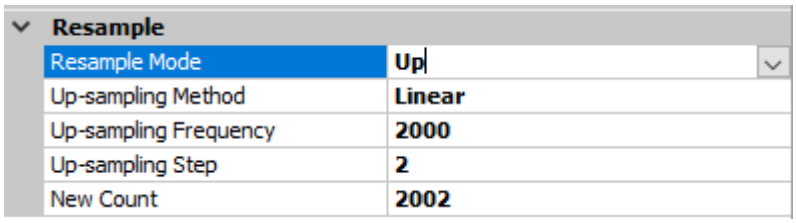


Table 4.21: Up-sampling 模式相關參數

參數名稱	參數定義	預設值
Up-sampling Method	Resample Mode 設定為 Up 時，以及 Up-sampling Frequency ($S_up > S$) 時，選擇增加取樣的方法： • Nearest：以最臨近的原訊號值，做為新樣本點處之值 • Linear：以前後第一個有定義的兩原訊號值做線性內插 • Spline：將原訊號做三次曲線內插（Cubic Spline）以重新取樣 • MonotonicCubic：有 damping 的三次內插取樣，此法在處理在斜率很大的訊號（如方波）時，可避免劇烈振盪，較 Spline 為佳	Linear
Up-sampling Frequency	設定增加取樣的頻率 S_u。此設定會重新計算 Up-sampling Step 及 New Count	S
Up-sampling Step	取樣時，設定每 N 個點取出一個點，此設定會重新計算 Down-sampling Frequency 及 New Count	S_u/S
New Count	設定降低取樣後的總點數。此設定會重新計算整數 Down-sampling Step 及 Down-sampling Frequency	$L * S_u/S$

* 重設取樣模式

若 Resample Mode 為 Reset 時進入重設取樣率模式，相關參數如下：

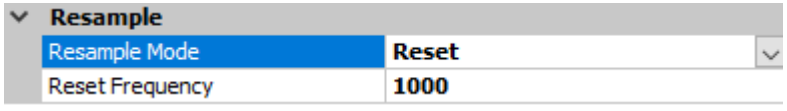


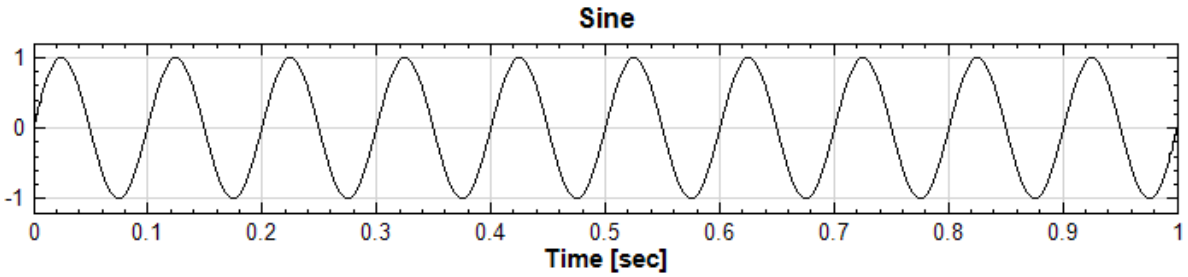
Table 4.22: Reset 模式相關參數

參數名稱	參數定義	預設值
Reset Frequency	Resample Mode 設定為 Reset 時，設定重設之取樣率，也就是改變原始資料取樣率 S 的值，總點數 L 保持不變。	S

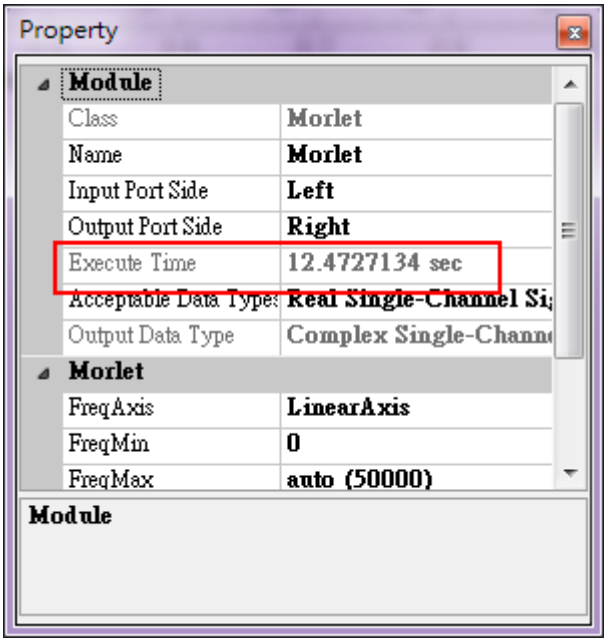
範例

範例 I：建立一取樣頻率較高的正弦波，並以 Down-sampling 降低取樣。

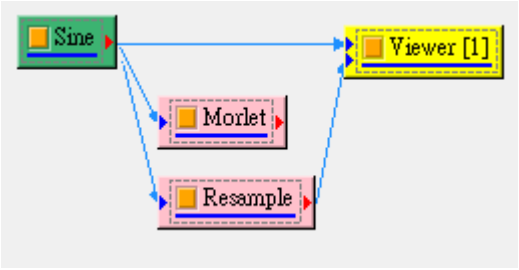
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，調整 Source 下的 SamplingFreq 以及 DataLength 為 100000 以及 100001，再接上 Viewer / Channel Viewer 觀察之。

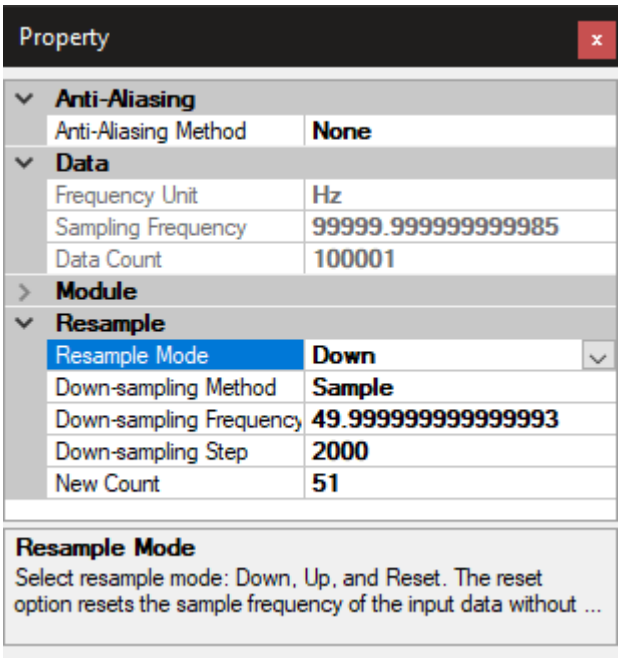


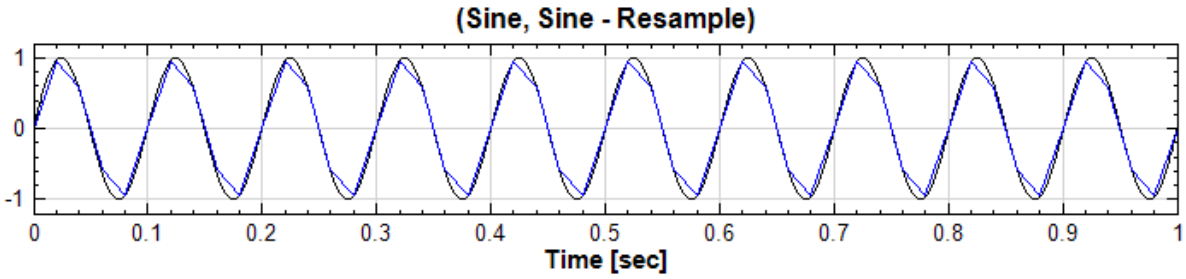
2. 將 Sine 接至 Compute / TFA / Enhanced Morlet Transform 可以看到計算時間為 12.47 秒。



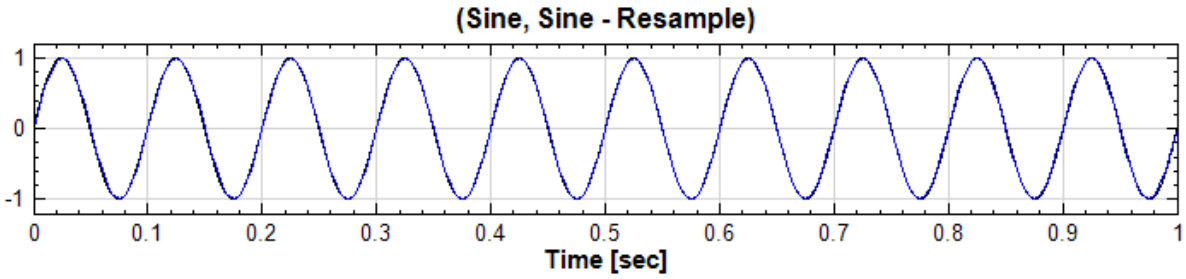
3. 將 Sine 接至 Compute / Channel / Resampling ，於 Resampling 的 Property 中設定 Resample Mode 為 Down，更改 Down-sampling Step 為 2000，再接上 Viewer[1] 與原訊號一起比較（黑線為原始訊號，藍線為 Resampling 後），可以看出此降低取樣頻率造成了資料失真。

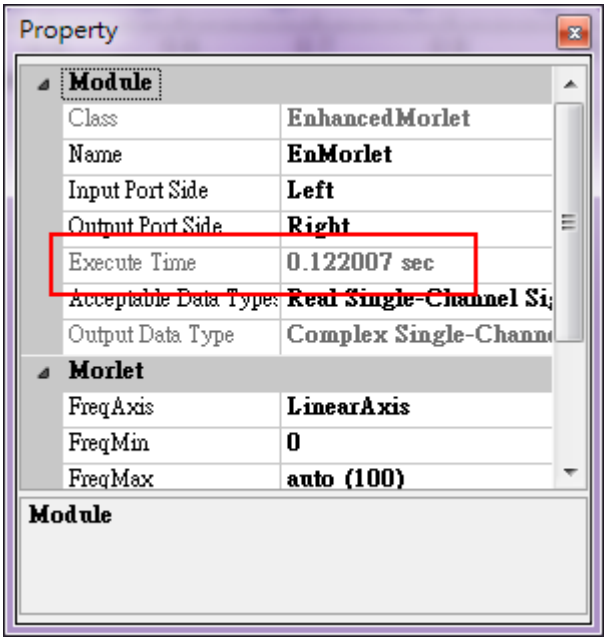






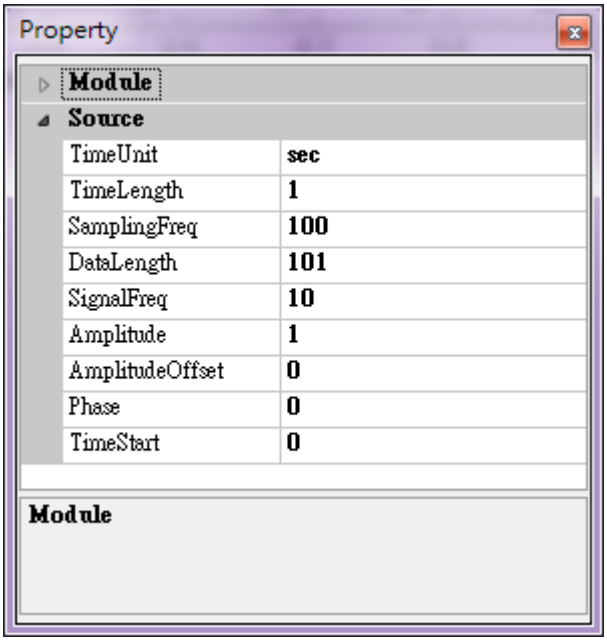
故將 Resampling 的 Property 中更改 Down-sampling Step 為 500，再接上 Viewer[1] 與原訊號一起比較，可以看出此降低取樣頻率沒有造成了資料失真，接著接至 Compute / TFA / Enhanced Morlet Transform 可以看到計算時間不需 1 秒，僅 0.12 秒就可計算完成。

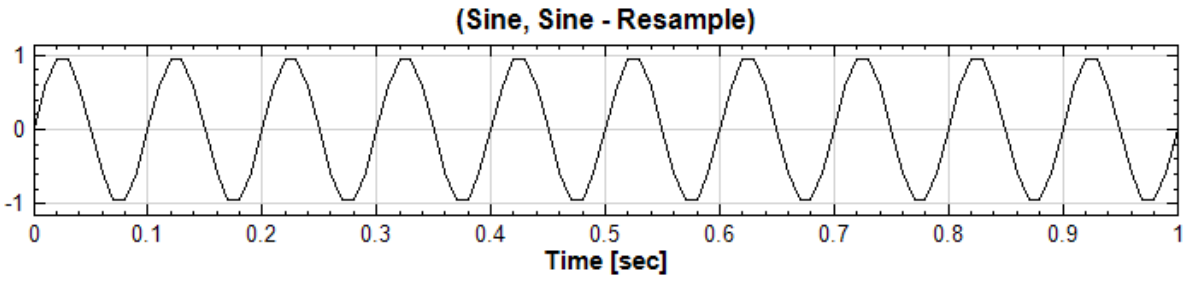




範例 II：建立一取樣頻率太低的正弦波，並以 Up-sampling 增加取樣。

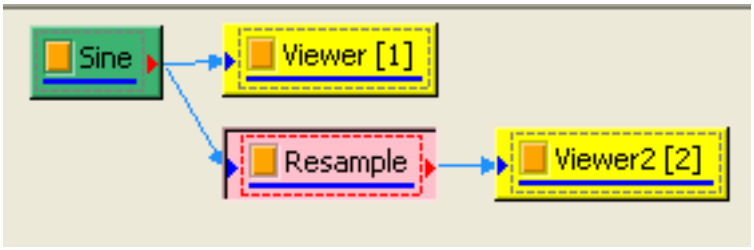
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，調整 Source 下的 SamplingFreq 以及 DataLength 為 100 以及 101，再接上 Viewer / Channel Viewer 觀察之。可發現繪製正弦波因為取樣點數不夠多而有點失真。

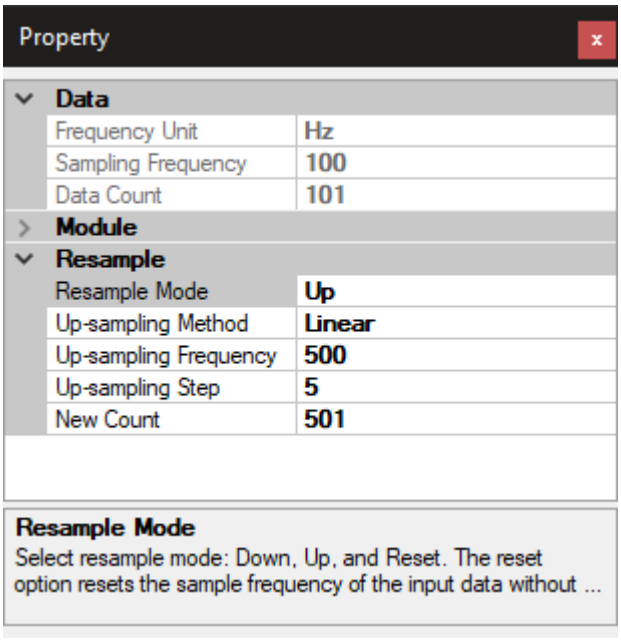


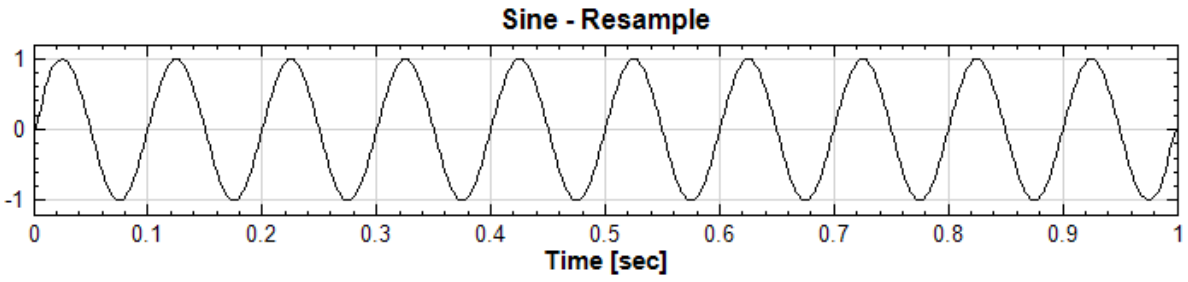


2. 將原本訊號 Sine 接上 Compute / Channel / Resample，設定 Resample 下的 Resample Mode

為 Up。若將 Up-sampling Method 設定為 Spline 且 Up-sampling Frequency 提高至 500，再接上 Viewer / Channel Viewer，可以看出由於增加了採樣頻率而還原出較正確的正弦波。



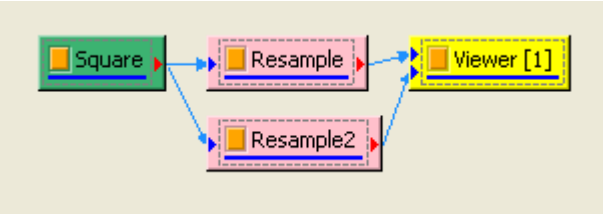




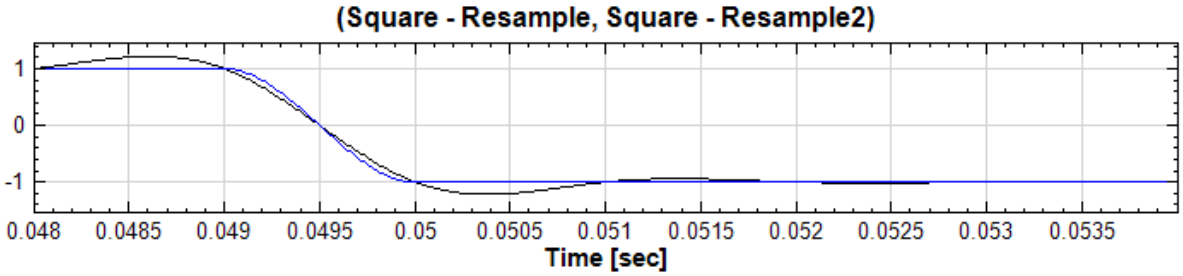
3. 亦可由其他 Up-sampling Method 取樣法嘗試，比較結果之異同。

範例 III：比較不同 Up-sampling Method 的差異。

1. 由 Source 下產生 Square Wave，參數使用預設值，接上兩個 Compute / Channel / Resampling，Resample Mode 設定為 Up，Up-sampling Method 分別設定為 Spline 與 MonotonicCubic，Up-sampling Step 設定為 100 （或 Up-sampling Frequency 設為 100000），並接上 Viewer / Channel Viewer，畫在同一個 Viewer 上，比較不同的 Up-sampling Method 的差異。



注意到在邊緣處，兩者結果相當不同，放大圖形來看為 (於 Viewer[1] 中 Property 將 XMin 改為 0.048, XMax 改為 0.054)。如下圖，其中黑細線為 Spline 的結果，藍線為 MonotonicCubic，可見後者之結果較佳。



相關指令

Sine Wave、Square Wave Enhanced Morlet、Channel Viewer

參考資料

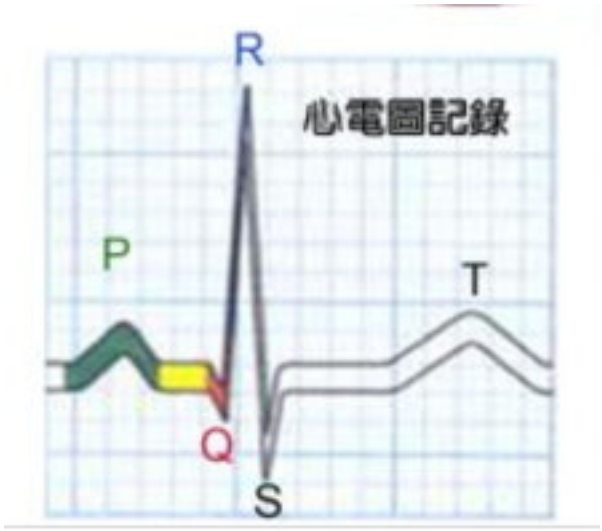
1. http://en.wikipedia.org/wiki/Aliasing
2. Numerical Recipes 3rd Edition: The Art of Scientific Computing by H. Press, Saul A. Teukolsky , WilliamT. Vetterling , Brian P.Flannery
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Monotone_cubic_interpolation

4.1.13 R-R interval

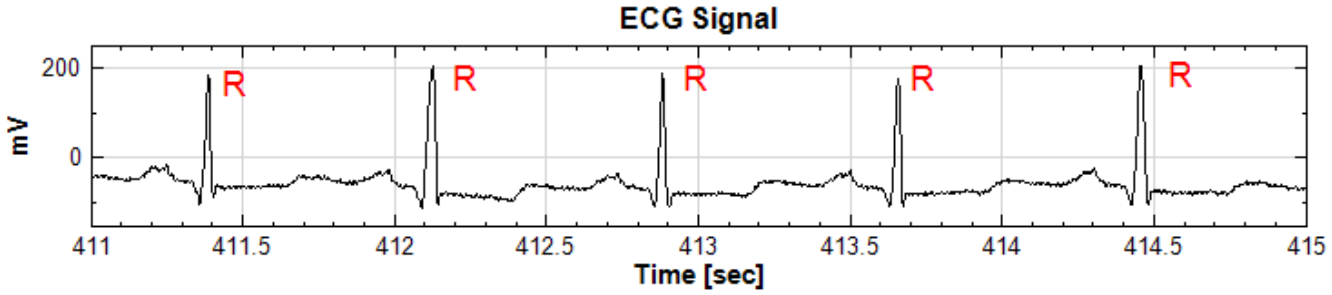
說明

R 波探測可為 ECG 訊號（心電訊號）診斷中最重要的問題。R 波時間間隔可為判段一人心跳是否異常，進一步診斷各種疾病。

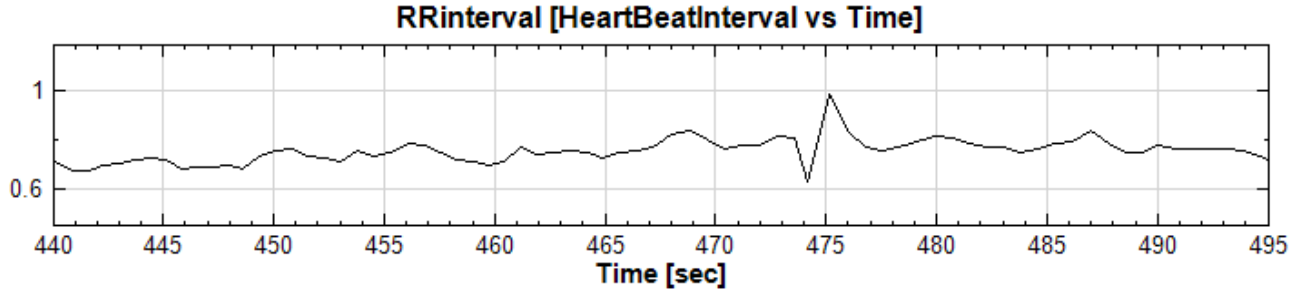
一個典型的心電訊號如下圖，可分類為多種波，如 P、Q、R、S、T 等。



實際量測時 P、Q、S、T 常不如其中 R 波明顯，因此通常以 R 波來計算時間間隔。將一量測到的 ECG 訊號輸入本軟體繪圖，可見如下圖：



經過本模組的計算後，可得到 X 軸為 R 波發生之時間（或心跳數）、Y 軸為兩 R 波之間的時間差之輸出，如下圖：



參數視窗中也有選項可開啟 HRV 參數表格供使用者參考。

注意本模組判定標準較為嚴苛，需接受標準的 ECG 訊號，若為非標準之心電訊號，可使用 Peak Detection 模組達到抓取極值之功能。輸入之 ECG 訊號可為兩電極間的差值或兩極之值，而數據前面 3000 點做為計算 R-R interval 的參考，故不列入計算。

參數設定

本模組需接受標準 ECG 訊號，可為兩電極間的差值（DeltaVoltage）亦或兩極之值（TwoElectrode），量測單位為伏特（Voltage）或微伏特（milli-Voltage）。輸入資料最少為 3000 點（實際上，前三千點並不做計算，而是做為參考標準）。

本模組接受實數(Real Number)，單通道(DeltaVoltage, Single)或雙通道(TwoElectrode, Multi-Channel)，Regular 的型式；輸出訊號格式為 Indexed 型式、單通道（Single）資料。各參數定義詳如下方圖表。

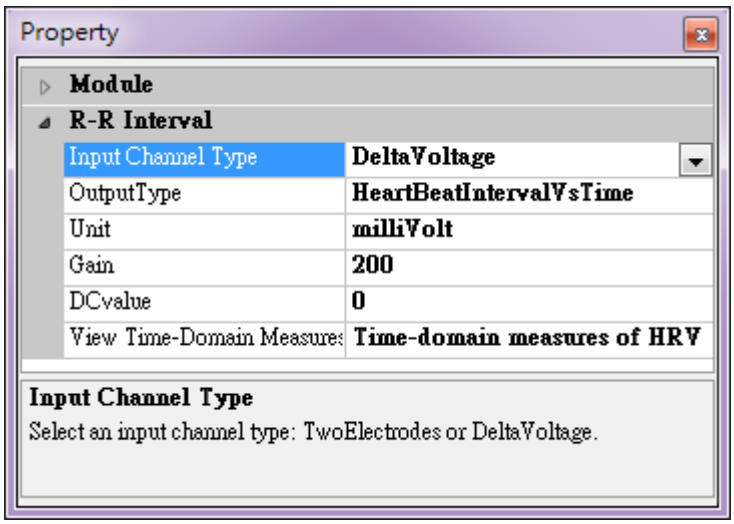


Table 4.23: RRInterval 元件參數

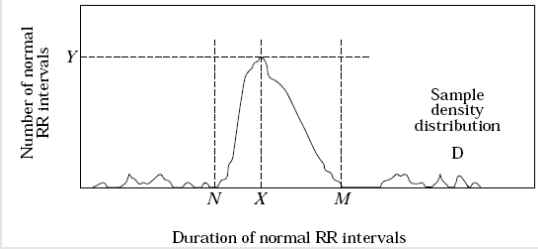
參數名稱	參數定義	預設值
Input Channel Type	設定輸入的 ECG 為兩電極間的差值（DeltaVoltage）亦或是兩電極之絕對值（TwoElectrode）	DeltaVoltage
Outout Channel Type	輸出的結果有 HeartBeatIntervalVsBeatNumber （x 軸為 beat number，y 軸為兩 R 波之間的時間差）或 HeartBeatIntervalVsTime （x 軸為 R 波發生之時間，y 軸為兩 R 波之間的時間差）兩種形式	HeartBeatIntervalVsTime
Unit	單位，可為 Volt 或 milliVolt	milliVolt
Gain	ADC 單位轉換為物理單位的比例值，與 ECG 量測儀之規格有關	200
DCvalue	ECG 量測儀之基準校正值	0
View Time-Domain Measures..	打開 HRV 參數表	

輸出的結果可進一步分析得到 Heart Rate Variables（HRV），目前此模組可自動產生時域分析的 HRV，包括數值統計（Statistical）和幾何（Geometric）兩大部分，其詳細的定義如下表。

Table 4.24: Statistical Measures 參數定義

分析值	數學式	說明
Mean	詳見Basic Statistics 的 Mean	計算 R-R interval 算數平均值
Variance	詳見Basic Statistics 的 Variance	計算 R-R interval 變異數（標準差的平方）
SDNN	詳見Basic Statistics 的 StdDev	計算 R-R interval 標準差
SDANN	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(\overline{RR}_i - mean\overline{RR}_i)^2}{N-1}}$	R-R interval 每五分鐘平均值的標準差
RMSSD	RMS ofΔRR_i, $\Delta RR_i = \lvert RR_{i+1} - RR_i \rvert$	相鄰的 R-R interval 差值的 RMS
SDANN index	$\frac{1}{M}\sum_{j=1}^{M}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_j}(RR_i - meanRR_i)^2}{N_j - 1}}$	R-R interval 標準差指標，為每五分鐘標準差的平均值
SDSD	StdDev of ΔRR_i	相鄰的 R-R interval 差值的標準差
NN50 Count	Count of $\Delta RR_i > 50$	相鄰的 R-R interval 差值超過 50 毫秒的個數
PNN50	NN50 count/Total RR intervals	相鄰的 R-R interval 差值超過 50 豪秒的個數與 R-R interval 總數百分比

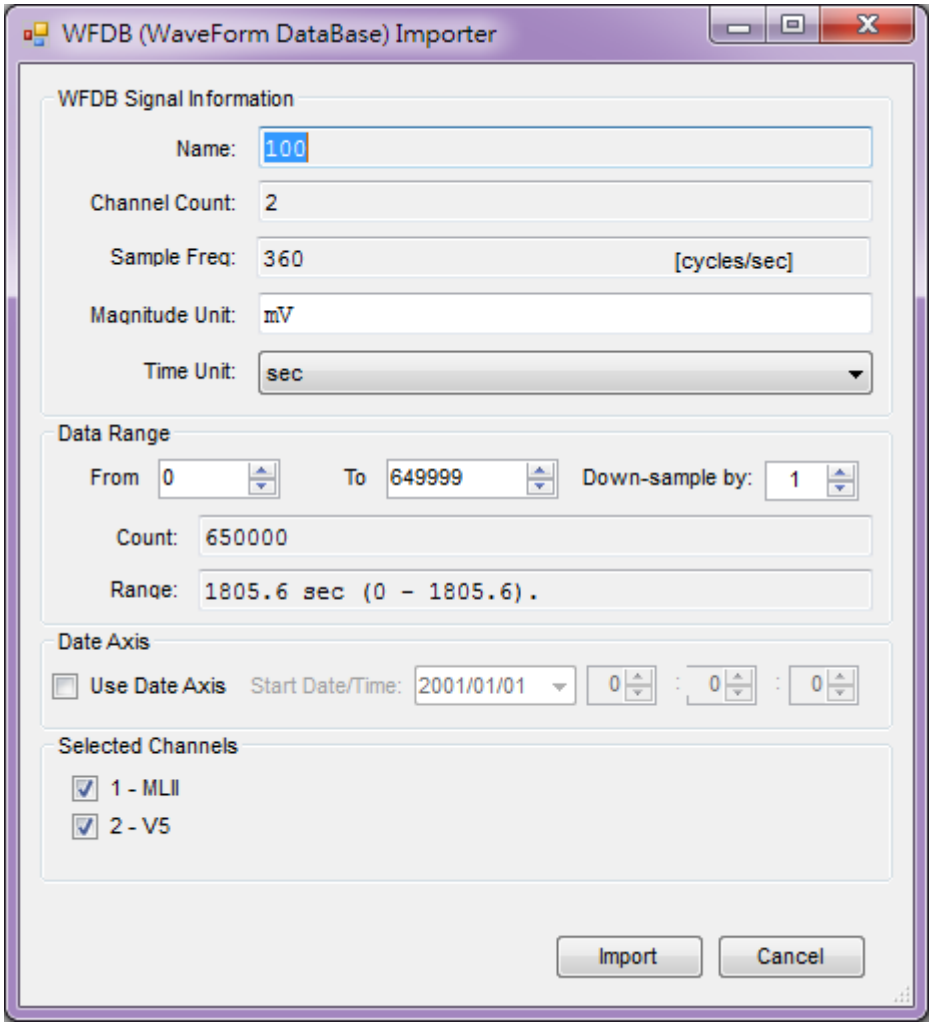
Table 4.25: Geometric Measures 參數定義

分析值	數學式	說明
HRV triangular index	 Total RR intervals/Y	R-R interval 總數除上 R-R interval 直方圖最高點 Y 值
TINN	$M - N$	R-R interval 直方圖底寬

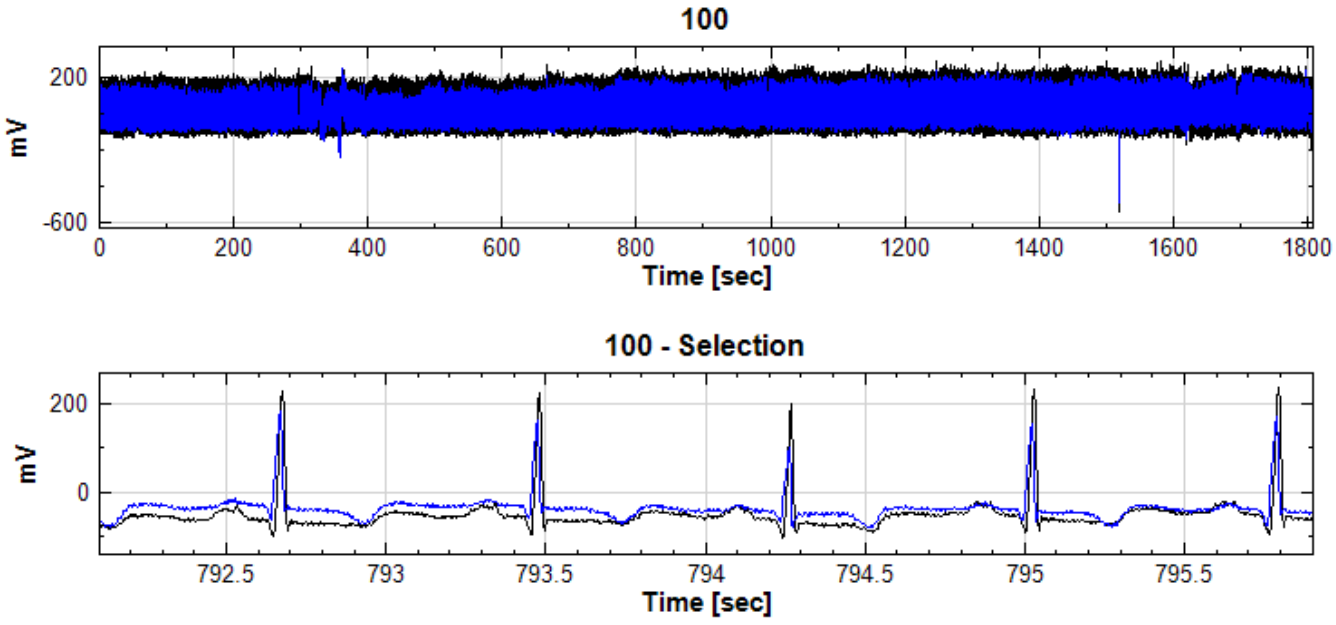
範例

範例 I ：以（MITDB）的 100 資料為例。

資料格式為 hea 檔，匯入時會出現下面視窗，可發現資料為雙通道（明顯為雙極資料），單位為 mV

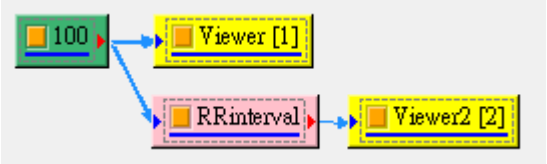


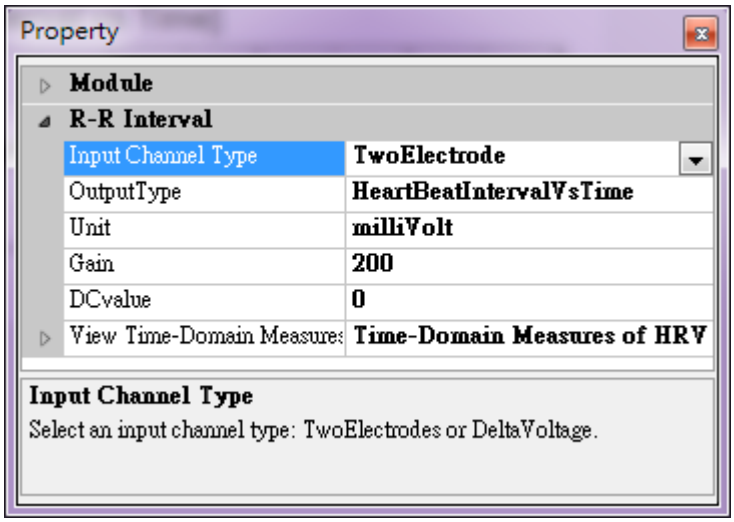
資料匯入後，可利用 Viewer / Channel Viewer 觀察之 (上圖為 Viewer[1]，下圖為上圖之放大圖，於 Viewer[1] 中 Properties 將 XMin 改為 792.1、XMax 改為 795.9)

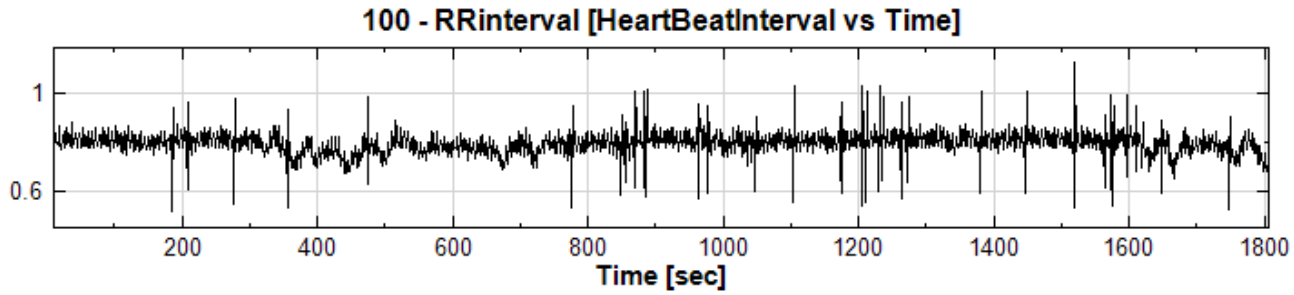


再將資料接至 Compute / Channel / RRinterval 處理此資料，並將 Type 設定為 TwoElectrode，在將之接

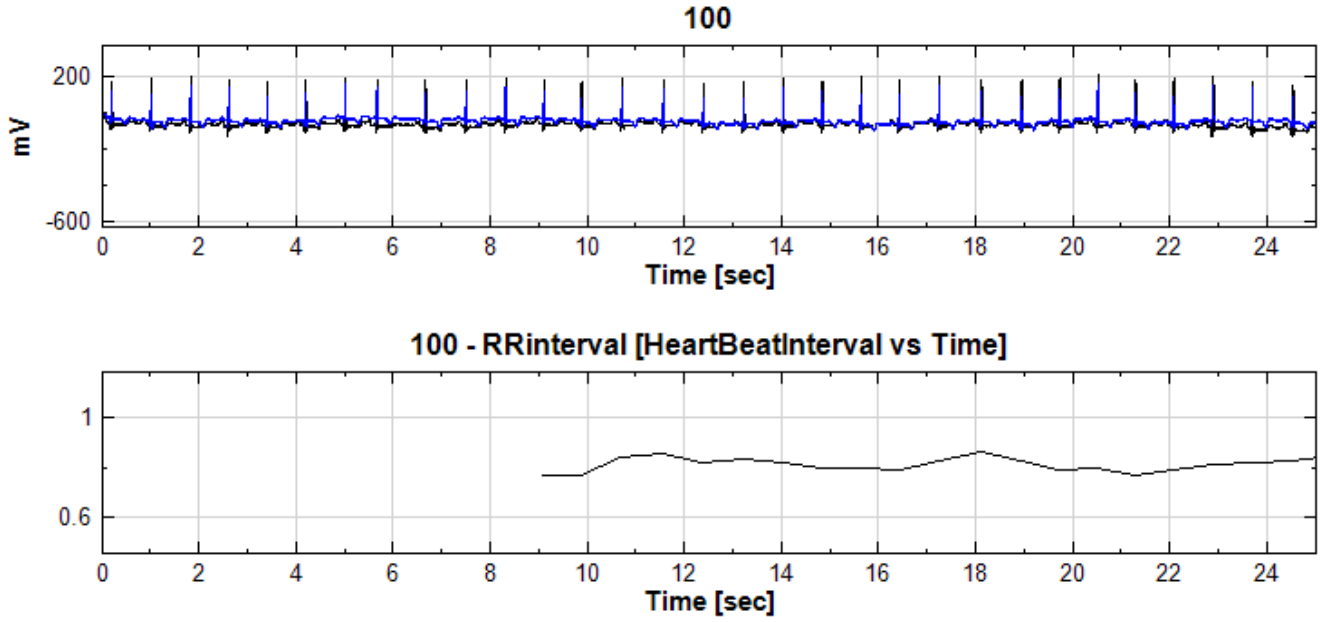
至 Channel Viewer 觀察之 (Viewer[2])。



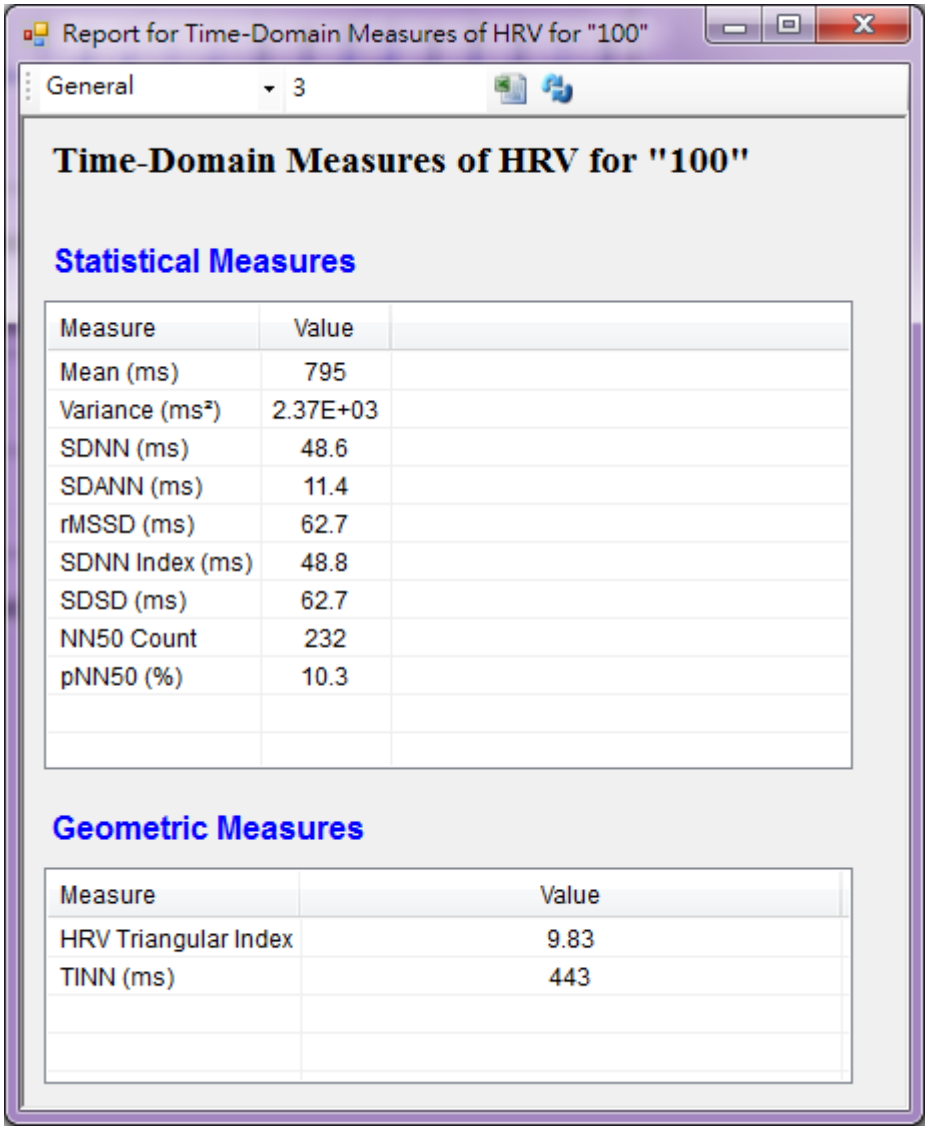




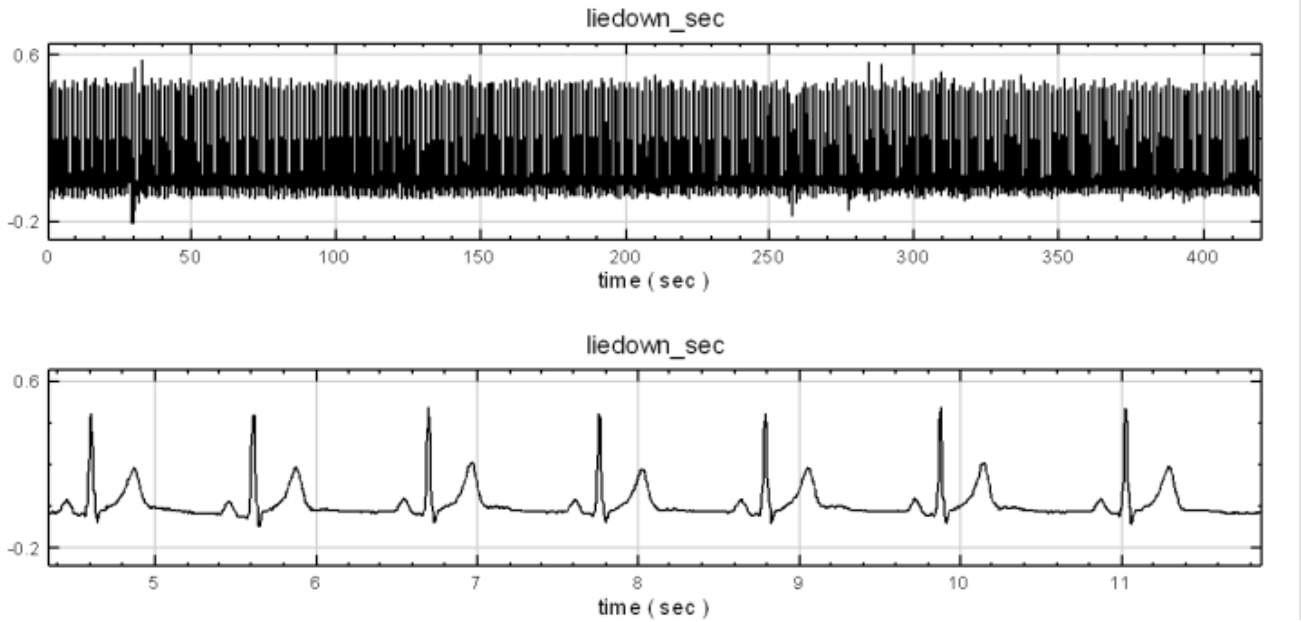
若將 Output Type 改為 HeartBeatIntervalVsBeatNumber，輸出結果之 X 軸為 Beat Number，Y 軸為兩 R 波之間的時間差，使用者可以自行調整觀察。現在依然持續觀察 HeartBeatIntervalVsTime 的結果，將 Viewe[1] 與 Viewer[2] 的 XMin 改為 0、XMax 改為 25，觀察 R-R interval 的之輸出，時間是由 9.1 秒開始，這是因為前面 3000 點做為計算 R-R interval 的參考，故不列入計算。

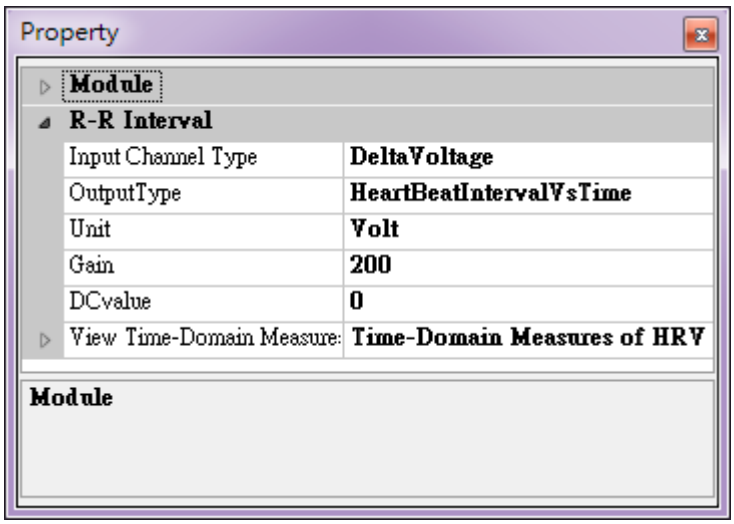


點選 View Time-Domain Measures...屬性，其右方會出現一按鈕，點選按鈕可顯示此元件的分析結果如下。

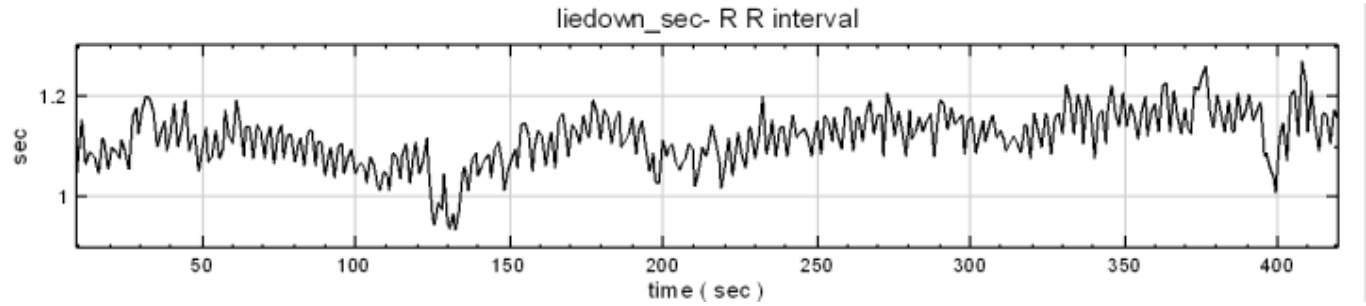


範例 II：此為一人躺在床上時量測到的 ECG 訊號，為兩電極間的差值，單位為 Volt 。





再將資料接至 RRinterval 處理此資料，並將 Type 設定為 DeltaVoltage，得到結果如下圖。



本模組對輸入訊號之特性相當敏感，若以非標準 ECG 訊號輸入之，會發出警告，並相當可能無法做計算。

若欲以非標準 ECG 訊號做 RRinterval 處理，請使用 Peak Detection 模組。

相關指令

Peak Detection

參考資料

1. Heart rate variability ** *European Heart Journal* (1996) **17**,354–381
2. http://www.physionet.org/physiobank/database/mitdb/

4.1.14 Time Shift

說明

將訊號時間點移動，可以對訊號平移（ShiftStartTime）、或直接設定欲移動處之時間點（SetStartTime）、亦或指定起點時間日期（SetStartDateTime），即訊號的時間軸方向的平移。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道 (Single Channel) 、多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）與聲音訊號（Audio）輸入。

主要參數為 ShiftMode，其中包括三個選項，ShiftStartTime、SetStartTime、SetStartDateTime，每選項對應不同的設定，各選項設定之意義整理如下表。

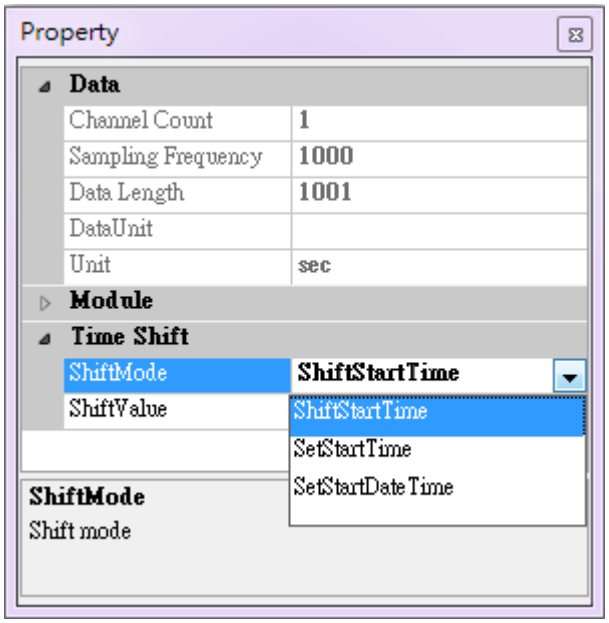


Table 4.26: Time Shift 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
ShiftMode	設定時間起點的方法： • ShiftStartTime • SetStartTime • SetStartDate	ShiftStartTime

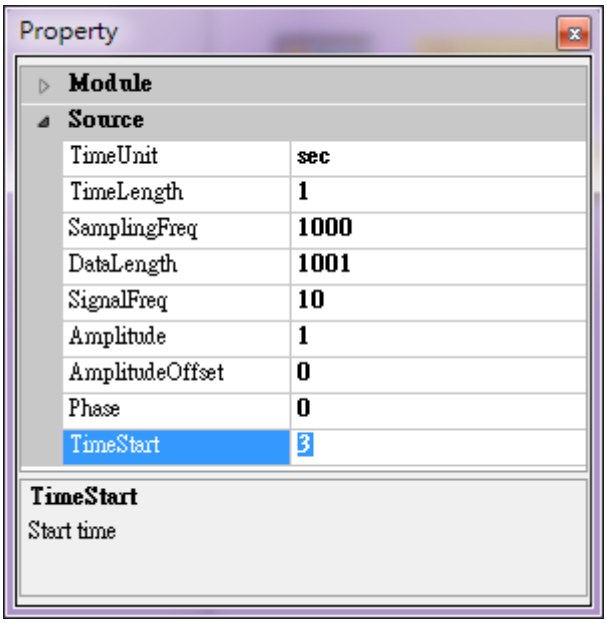
Table 4.27: ShiftMode 選項定義

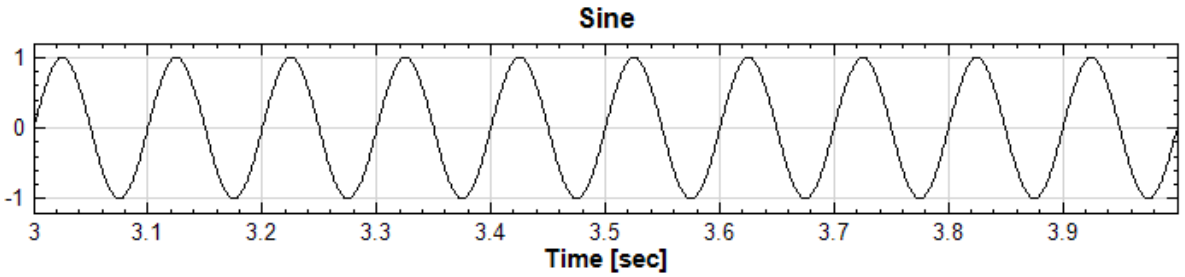
選項名稱	選項定義	選項參數
ShiftStartTime	將整個時間平移。	ShiftValue
SetStartTime	直接指定新的時間起點。	StartValue
SetStartDate	指定新時間起點的日期、為年月日時分秒之型式。	StartDate & StartTime

範例

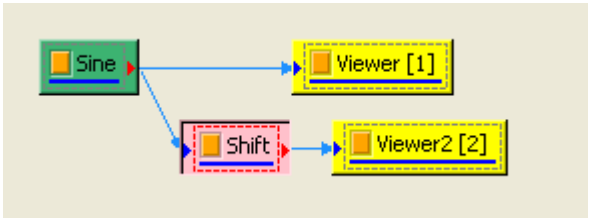
建立一正弦波，並以 Time Shift 平移。

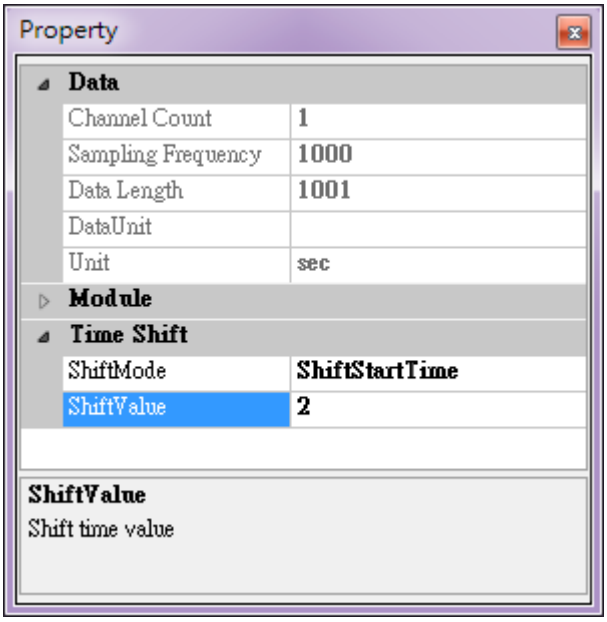
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，調整 Properties / TimeStart 為 3。可見得此正弦波初始點為第三秒。

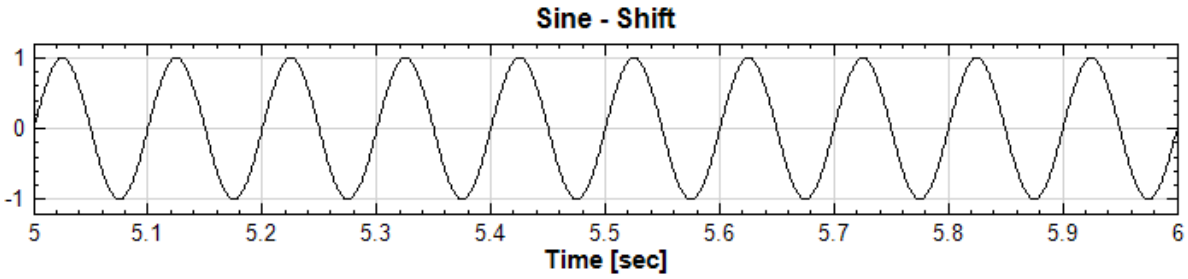




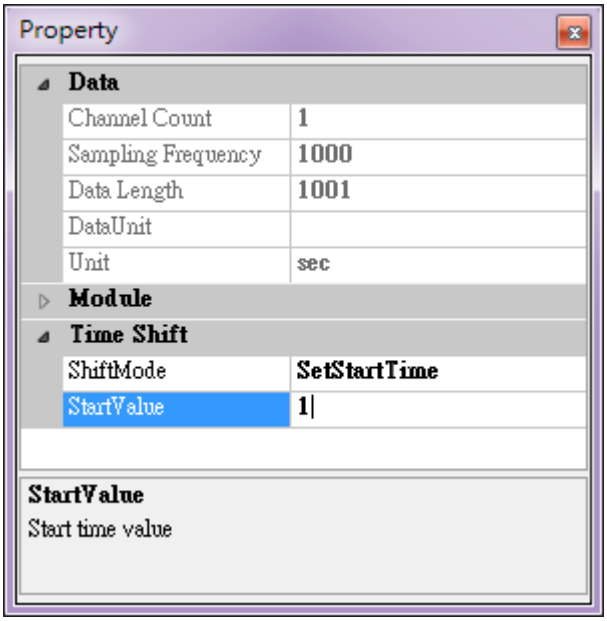
2. 將原本訊號 Sine 接上 Compute / Channel / TimeShift，設定移動方法為 ShiftStartTime，平移量為 2，可見時間起點改為第五秒。

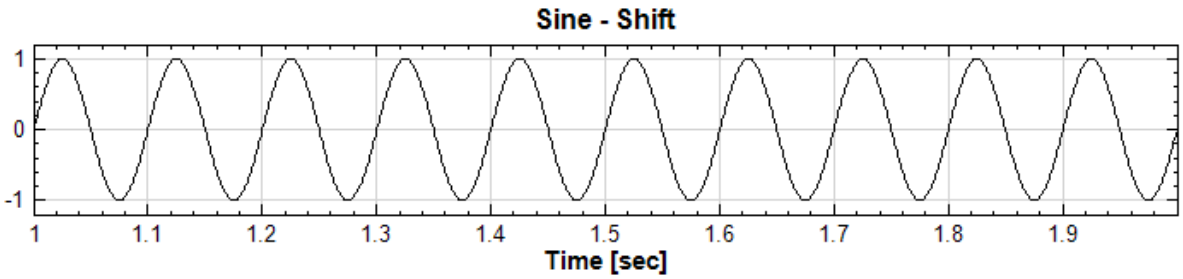






3. 若改用 SetStartTime，而起點 StartValue 設為 1，可發現時間起點移至第一秒。





注意：

RemoveDC 不只可移除直流訊（為訊號既有之縱向平移），亦可由 User_setting 讓使用者設定縱向平移量，可與 TimeShift 作對應。

相關指令

RemoveDC

4.1.15 Trigger Alignment

Trigger Alignment 可偵測訊號中的觸發點（Trigger）並重新調整時間軸，使不同通道中的觸發訊號能互相對齊，方便使用者做後續比較和分析。此元件適用於處理敲擊訊號，可搭配不同廠牌的資料擷取卡和 DAQ 模組使用 (Audio DAQ、NI DAQ、ADLINK DAQ)。

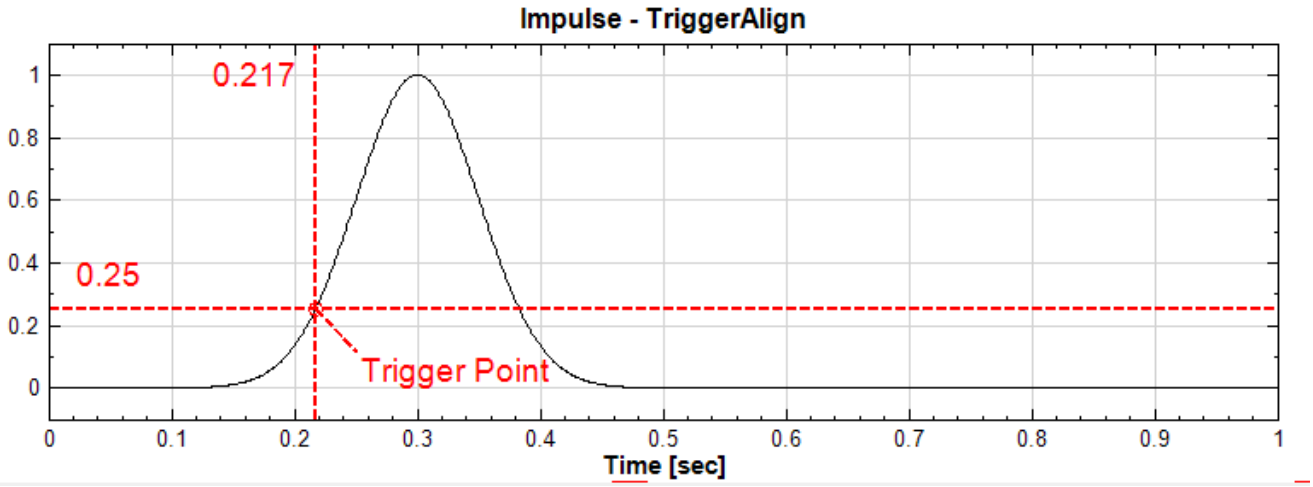
參數設定

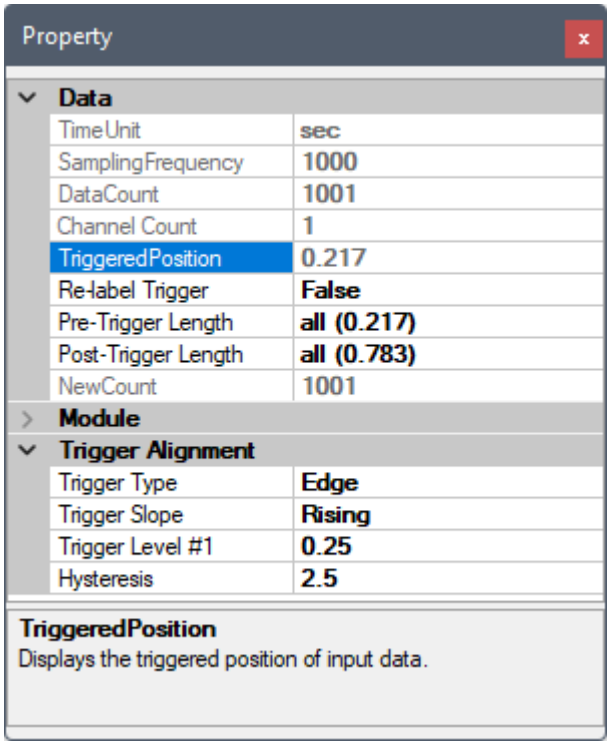
本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號 (Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。

Table 4.28: Data 相關元件參數

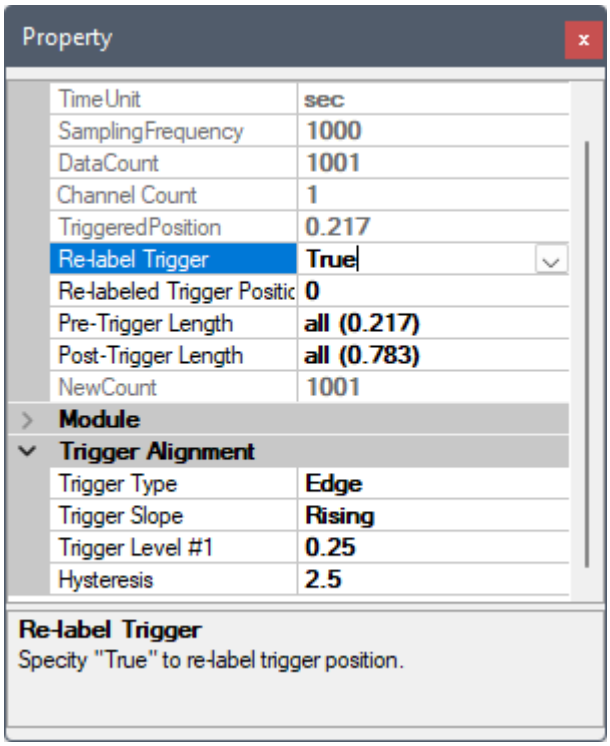
參數名稱	參數定義	預設值
Sampling Frequency	顯示輸入訊號的取樣率	
Data Count	顯示輸入訊號的資料點數，即 Sampling Frequency * Data Length	
Channel Count	顯示輸入訊號的通道數	
Triggered Position	顯示輸入訊號發生第一個觸發點的時間點	
Re-label Trigger	將觸發點重設為時間軸的零點	False
Re-labeled Trigger Position	當 Re-label Trigger 設為 True 時，會出現此參數，可以將觸發點設定為之時間軸零點以外的時間點	0
Pre-Trigger Length	設定觸發點之前要顯示多少訊號的時間長度。設定「all」時包含觸發點前所有輸入訊號，根據實際觸發點的時間點計算實際時間間隔並顯示在欄位上	all
Post-Trigger Length	設定觸發點之後欲顯示多少訊號的時間長度。設定「all」時包含觸發點後所有輸入訊號，根據實際觸發點的時間點以及數入訊號長度計算實際時間間隔並顯示在欄位上	all
New Count	顯示輸出訊號的資料點數，即 Pre-Trigger 長度包含的點數加上 Post-Trigger 長度包含的點數以及包括觸發點本身。如果兩者皆設定為「all」，則 New Count 等於 Data Count	

下圖用一個 Impulse 元件產生的位於 $t = 0.25s, \sigma = 0.05$ 的單脈衝訊號，示意設定預設 Pre-Trigger 跟 Post-Trigger 對輸出訊號的影響。上升邊緣觸發位準設在 0.25（邊緣觸發設定見下文說明）。Pre/Post-Trigger Length 皆設為「all」時輸出訊號跟輸出訊號一樣，New Count 跟 Data Count 相同，但是觸發點位置（$t = 0.217s$）顯示於 Trigger Position 欄位：

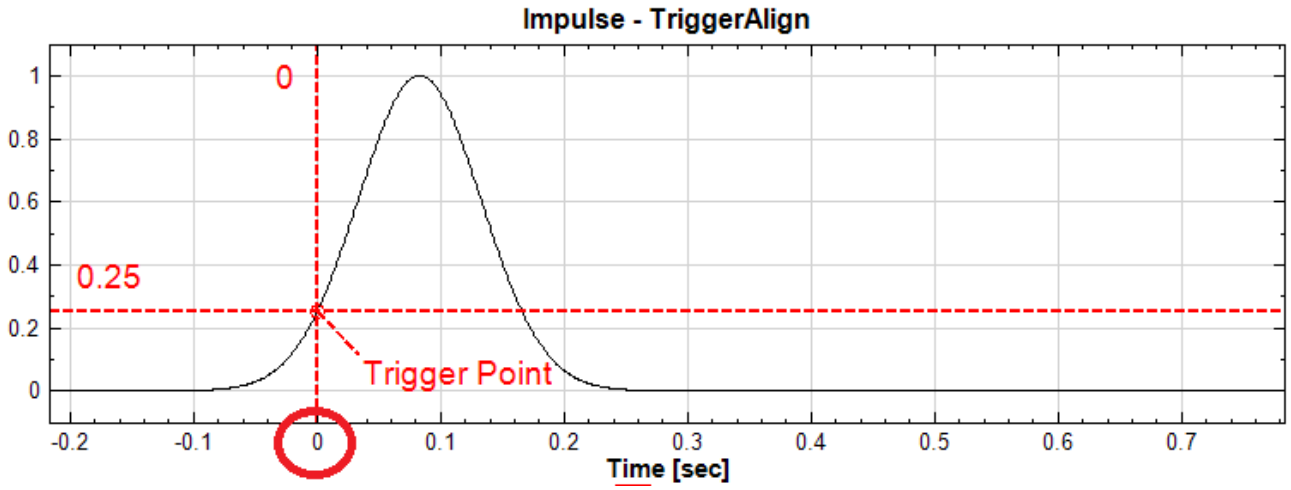




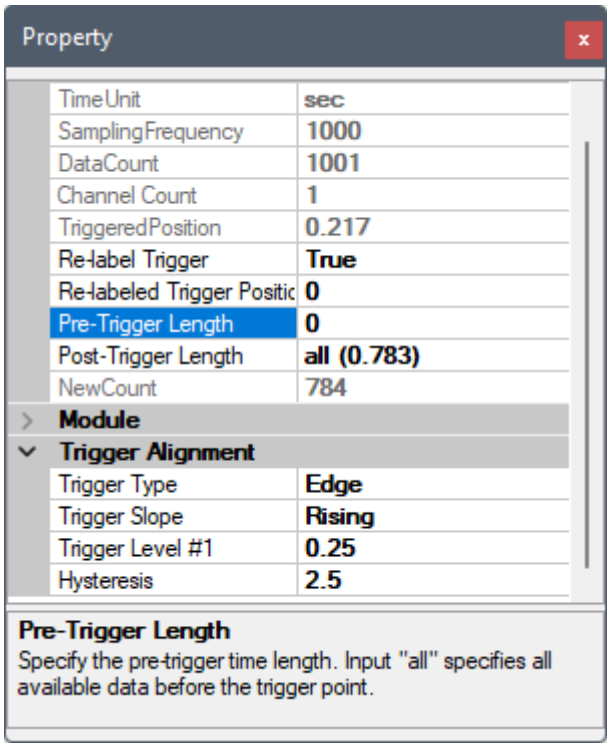
上圖可見設為「all」時自動算出的 Pre/Post-Trigger Length 值：觸發點之前至輸入訊號起始點有 0.217 秒，觸發點之後至輸入訊號結束點有 0.783 秒的間隔。如果將 Re-Label Trigger 設為 True，如下圖：



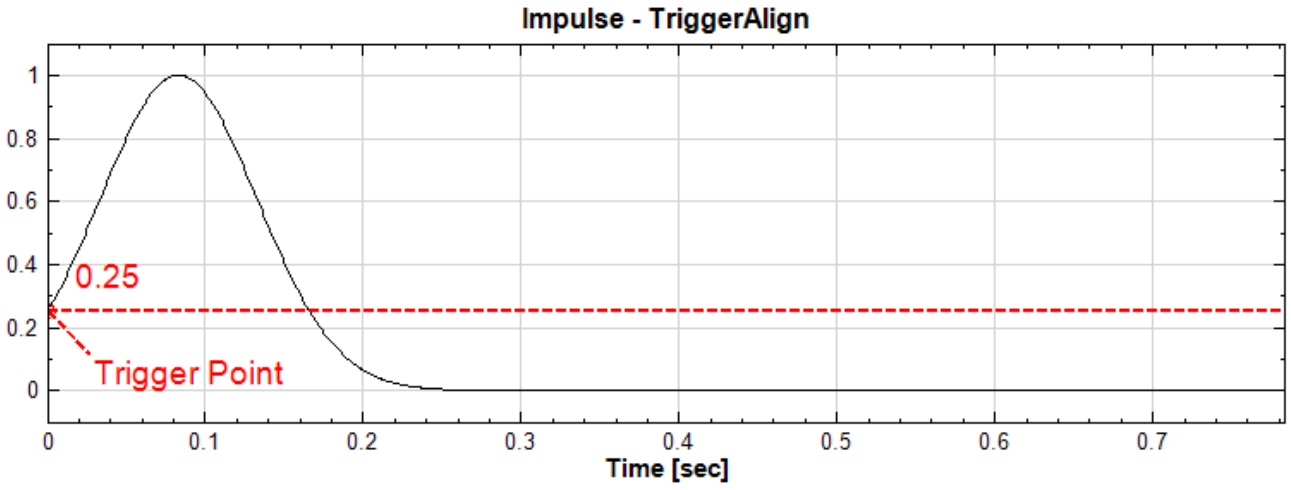
則輸出訊號的時間軸會將原點移至觸發點（但是原觸發點位置 0.217 仍然會顯示在欄位上），如下圖：



如果將 Pre-Trigger Length 設為 0（捨棄觸發點前所有訊號），Post-Trigger Lenth 不變，如下圖：



則輸出訊號變成入下圖：



上圖可見輸出訊號直接從觸發點開始，輸出長度 New Count 變為 Post-Trigger Length 包含之資料點數加上觸

發點本身。

如果輸入為多通道，本元件可在 Active Channel 參數欄位選擇當作觸發源的通道，並提供幾種不同的觸發模式，在 Trigger Type 參數欄位設定，如下：

參數名稱	參數定義	預設值
Active Channel	當輸入為多通道時才會出現，可選擇當作觸發源的通道	Channel 1
Trigger Type	選擇觸發訊號的種類，可選擇： • Edge（邊緣觸發） • Window（窗觸發） • PulseWidth（脈衝寬觸發） • WindowPulseWidth（脈衝寬窗觸發） • Interval（間隔觸發）	Edge

以下詳述各觸發模式及相關參數設定。

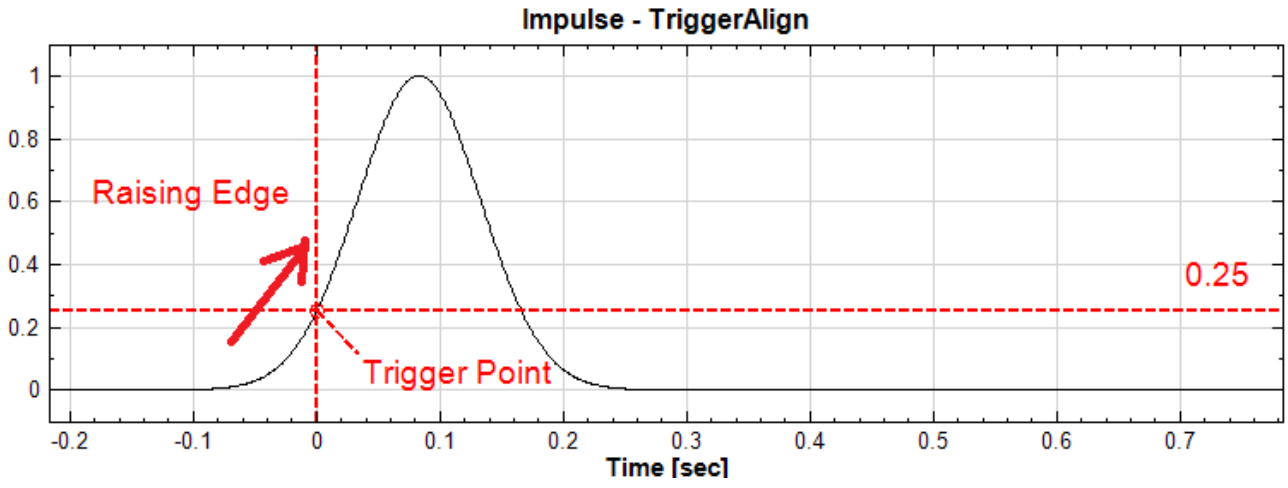
注意：以下圖示皆為實際 Impulse 訊號依照相關觸發模式觸發而成，共同參數設定如下：

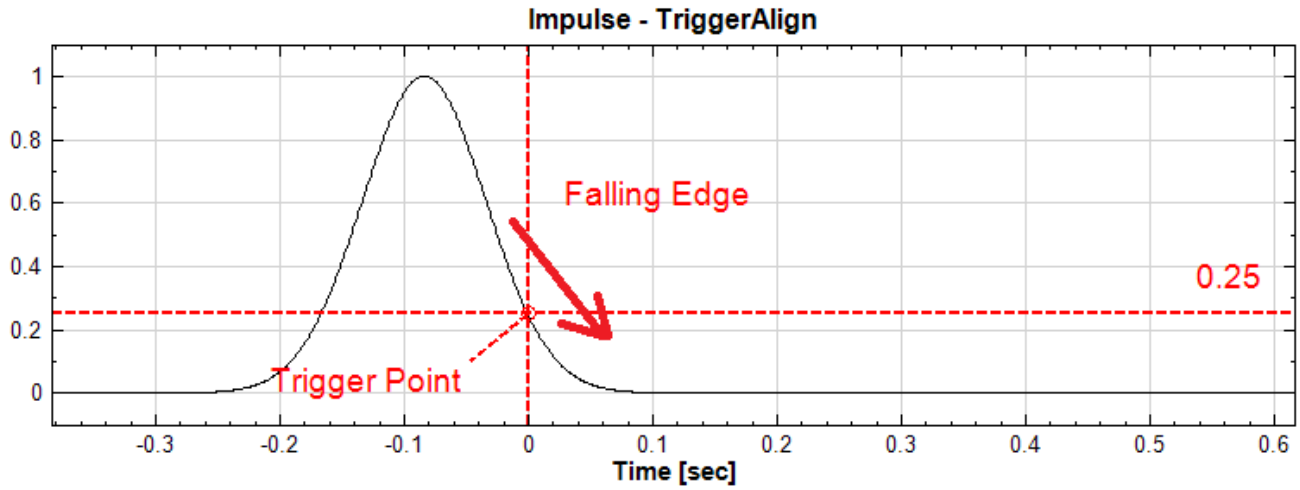
Table 4.30: 共同參數設定

參數名稱	設定值
Re-label Trigger	True
Re-labeled Trigger Position	0
Pre-Trigger Length	all
Post-Trigger Length	all

* 邊緣觸發（Edge Trigger）

邊緣觸發模式偵測訊號上升邊緣或下降邊緣超過所設定的位準，觸發點為超過位準後的第一個資料點，如下圖：



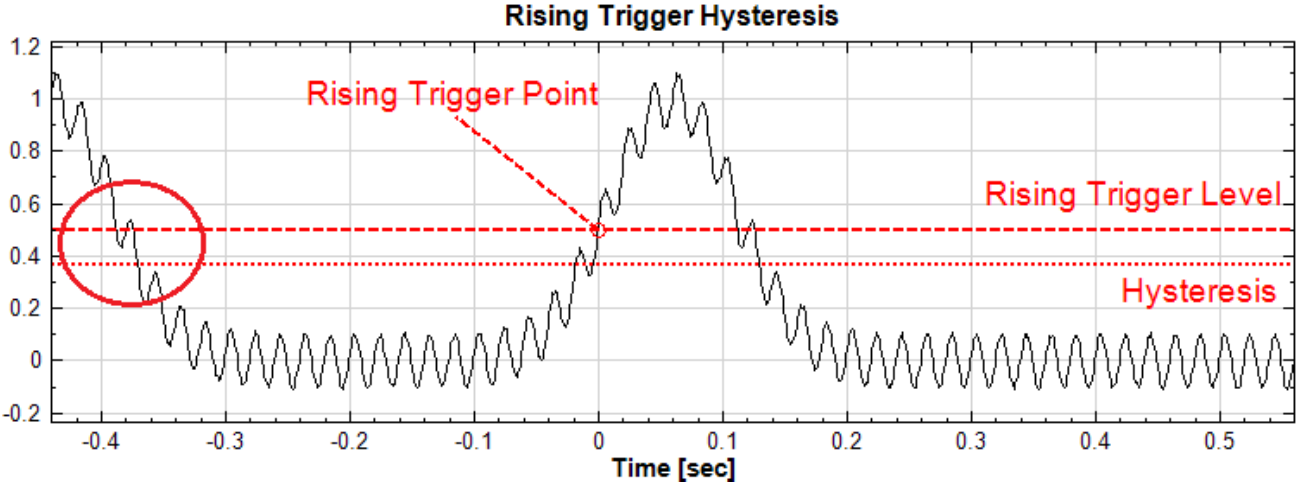


相關參數如下表：

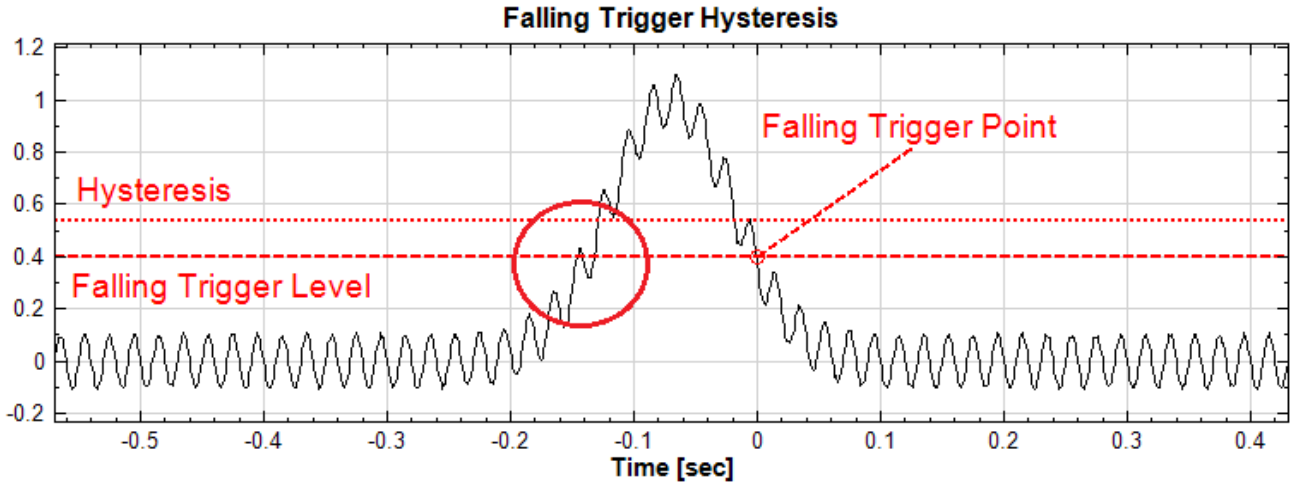
Table 4.31: 邊緣觸發相關元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
Trigger Slope	選擇觸發訊號的斜率，可選擇： • Rising（上升） • Falling（下降） • Both（兩者皆可）	Rising
Trigger Level #1	設定觸發位準	0
Hysteresis	設定觸發位準遲滯。此為防止訊號雜訊在觸發位準上來回跳動導致誤觸，因而設定訊號必須上升或下降超過一個範圍內才判定為觸發。遲滯單位為資料最大範圍的百分比。此參數適用於每個觸發模式，以下不再重複	2.5

參數 Hysteresis 可設定觸發位準遲滯。當設定上升邊緣觸發位準時，如有訊號雜訊，會出現訊號超過位準但是又馬上下降低於位準的情形，此狀況可能會出現在訊號下降邊緣，並不符合預期的觸發條件，如下圖訊號開始時的狀態。此時設定位準遲滯，會在觸發位準之前另設一個遲滯範圍，當訊號上升進入該範圍，必須等到訊號離開該範圍超過所設定之觸發位準，才算真正滿足觸發條件。此時觸發點為超過遲滯範圍後的第一個資料點：

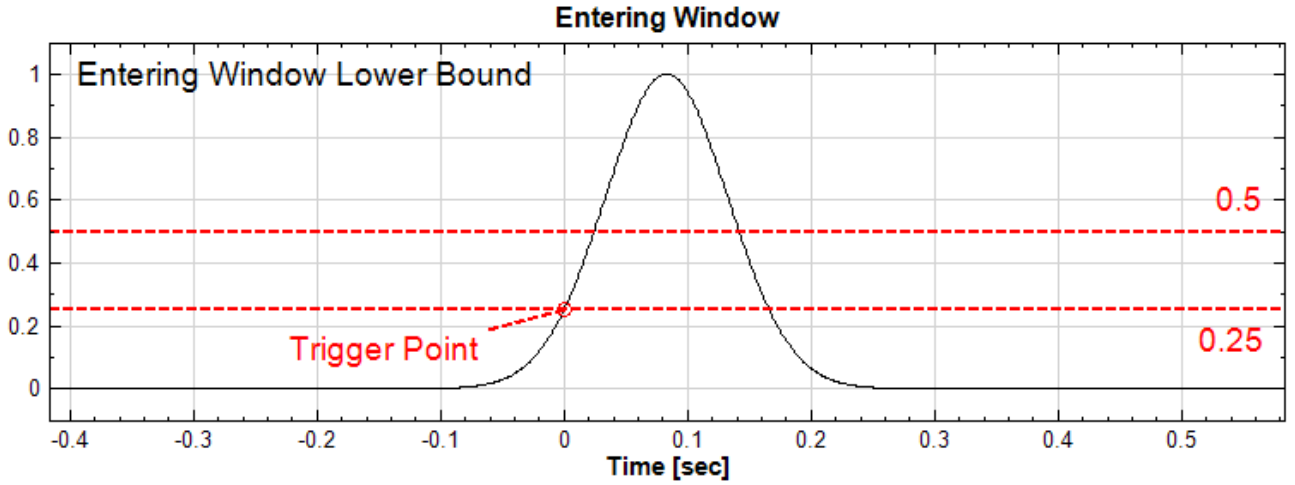


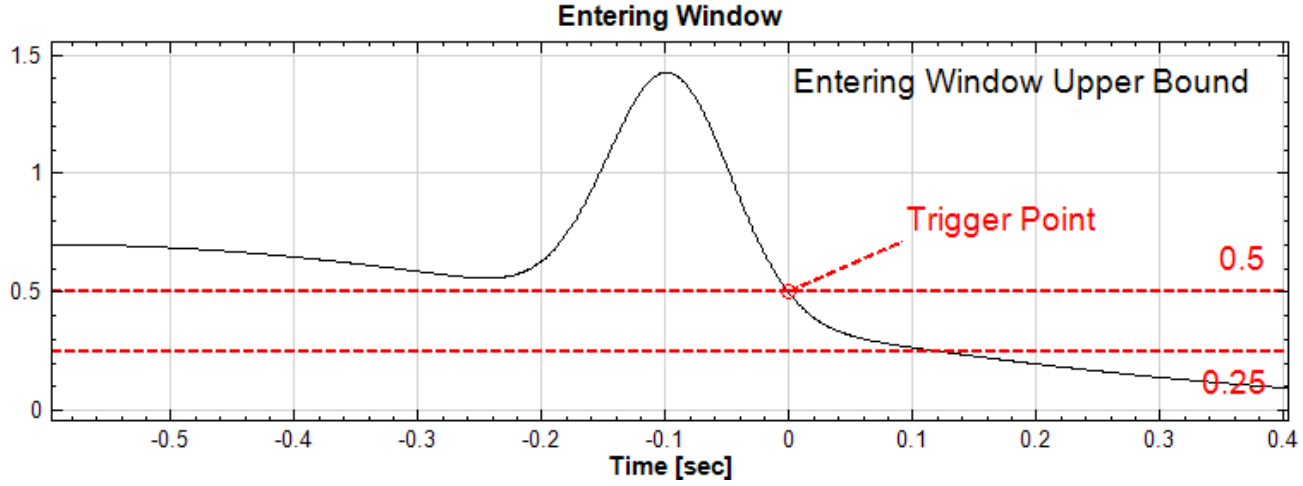
當設定下降邊緣觸發位準時，如有訊號雜訊，會出現訊號低於位準但是又馬上上升超過位準的情形，此狀況可能會出現在訊號上升邊緣，並不符合預期的觸發條件，如下圖脈衝開始時的狀態。此時設定位準遲滯，會在觸發位準之前另設一個遲滯範圍，當訊號下降進入該範圍，必須等到訊號離開該範圍低於所設定之觸發位準，才算真正滿足觸發條件。此時觸發點為超過遲滯範圍後的第一個資料點：



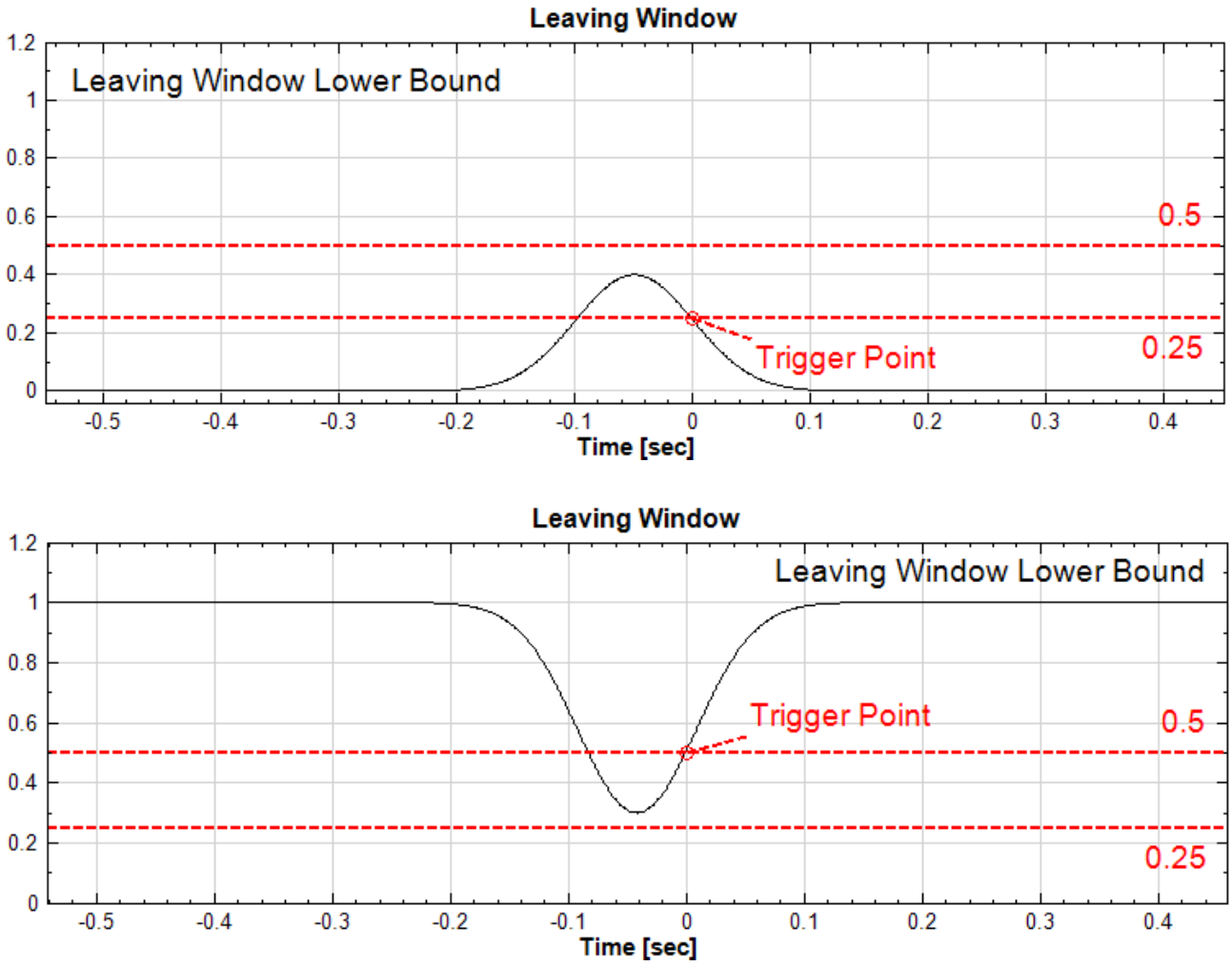
* 窗觸發（Window Trigger）

窗觸發模式偵測訊號進入或離開設定的位準範圍（由第一位準及第二位準設定），觸發點為訊號進入或離開為準範圍後的第一個資料點。當觸發方向設為「進入」時，此觸發模式可以同時偵測訊號過高於範圍下緣以及低於範圍的上緣，如下圖設定位準範圍 0.25～0.5：





當觸發方向設為「離開」時，此模式可同時偵測訊號過高於範圍上緣以及低於範圍下緣，如下圖：



相關參數如下表：

Table 4.32: 窗觸發相關元件參數

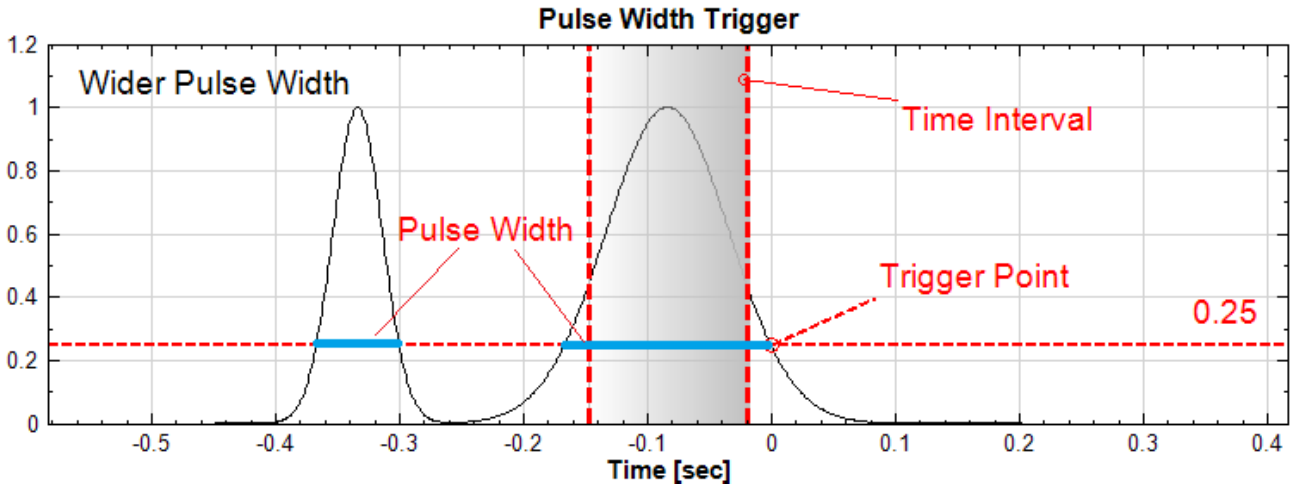
參數名稱	參數定義	預設值
Window Direction	定義窗觸發訊號的方向，可選擇： • Entering（進入） • Leaving（離開） • Both（兩者皆可）	Entering
Trigger Level #1	設定第一個窗觸發位準	0
Trigger Level #2	設定第二個窗觸發位準	0

* 脈衝寬觸發（Pulse Width Trigger）

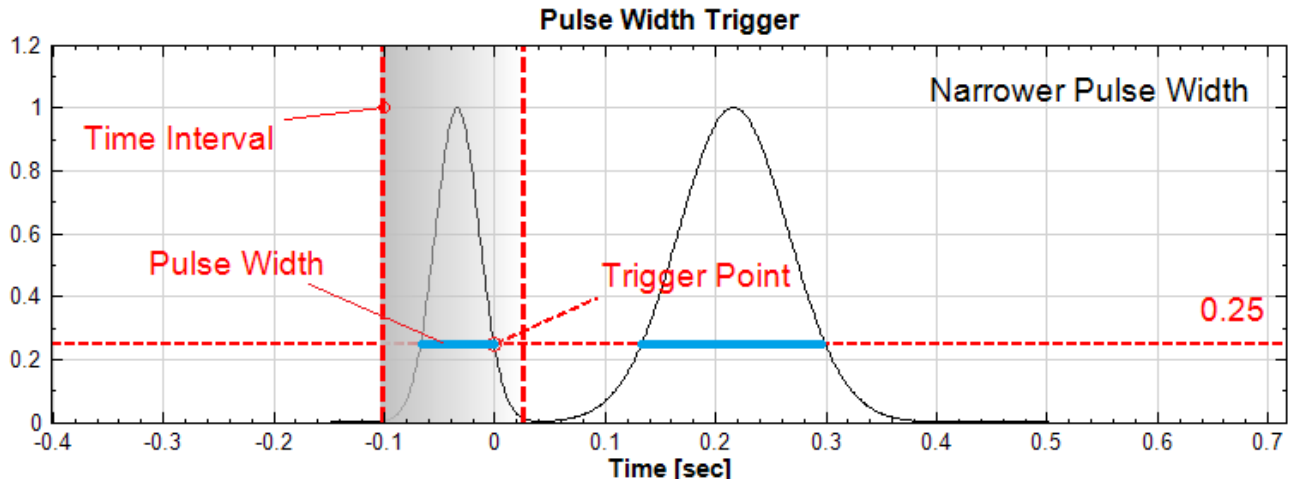
脈衝寬觸發模式偵測特定寬度的正負脈衝訊號。由脈衝的前緣（正脈衝時為上升，負脈衝時為下降）超過所設定的位準時開始算，至脈衝的後緣（正脈衝時為下降，負脈衝時為上升）的寬度，依照所設定的判定方法寬於或窄於所設定的時間間隔，即判定為觸發，觸發點為脈衝後緣超過位準後第一個資料點。

如下圖所示，設定位準為 0.25，時間間隔判定條件為「Wider」寬於 0.1，位於圖左的訊號脈衝寬度小於所設之

Time Interval 參數，因此不符合觸發條件，位於圖中的訊號脈衝寬度大於所設之 Time Interval 參數，則判定為觸發：



如下圖所示，改判定條件為「Narrower」，此時位於圖左的訊號脈衝寬度小於所設之 Time Interval 參數，因此判定為觸發：



相關參數如下表：

Table 4.33: 脈衝寬觸發相關元件參數

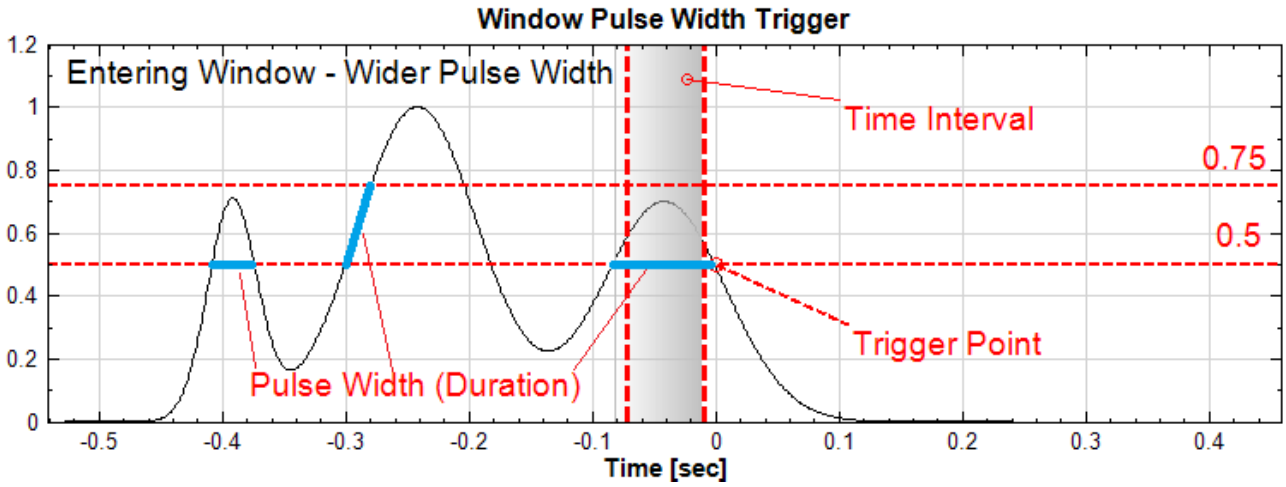
參數名稱	參數定義	預設值
Trigger Level #1	設定脈衝寬觸發位準	0
Time Interval	設定脈衝寬的時間間隔	0.1
Pulse Polarity	設定正脈衝或副脈衝，可選擇： • Positive（正脈衝） • Negative（負脈衝）	Positive

參數名稱	參數定義	預設值
Pulse Criteria	設定與 Time Interval 時間間隔參數比對判定方法，可選擇： • Wider（脈衝寬於時間間隔） • Narrower（脈衝窄於時間間隔） • Missing	Wider

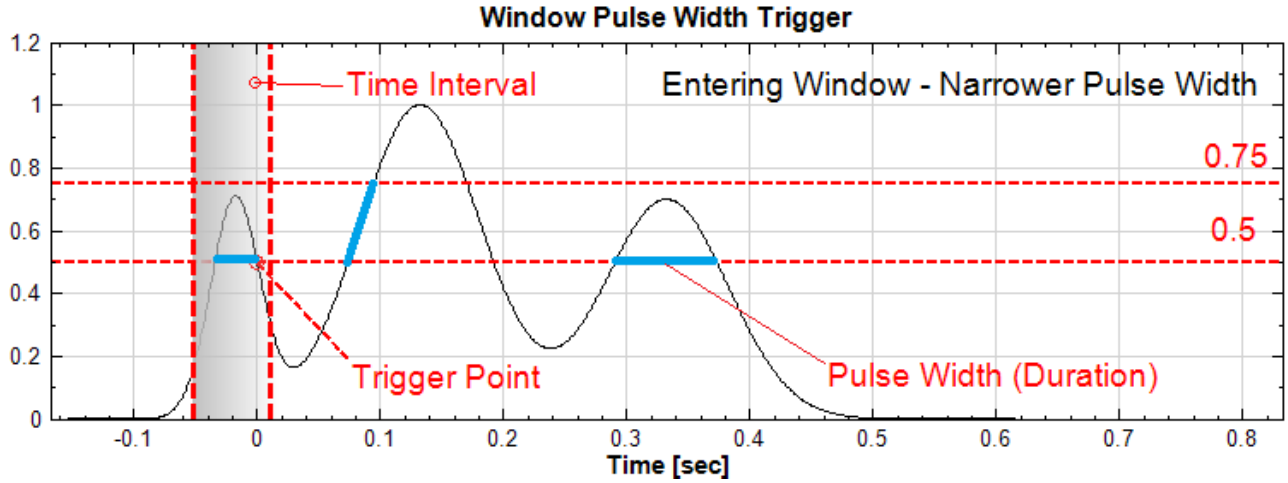
* 脈衝寬窗觸發（Window Pulse Width Trigger）

脈衝寬窗觸發模式結合了脈衝寬觸發以及窗觸發，用來偵測訊號進入（或離開）所設定的位準範圍並持續一段時間後再離開（或進入）。本觸發模式的基本邏輯跟脈衝寬觸發相同，只是改用窗觸發的位準範圍代替原有的單一位準來偵測何時開始計算脈衝的持續時間（寬度），然後由所設定之判定方法決定是否判定為觸發，觸發點為訊號離開位準範圍後第一個資料點。本觸發可以用來當做異常觸發（Runt Trigger）模式，偵測某個震幅範圍的脈衝是否超過特定的寬度。

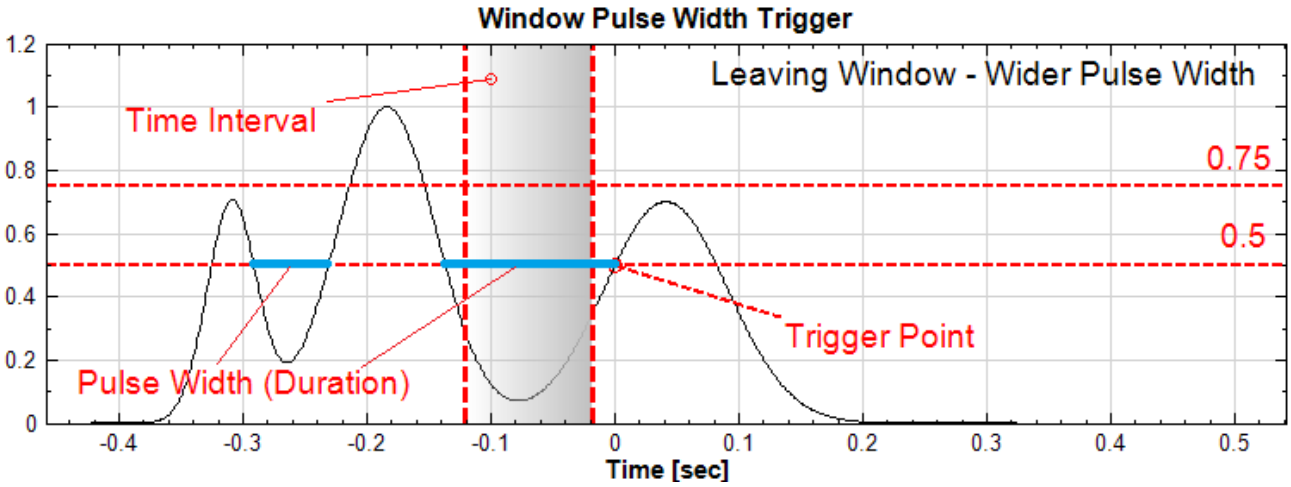
如下圖所示，設定「進入」位準範圍 0.5～0.75 前置窗觸發條件，時間間隔判定條件為「Wider」寬於 0.7，此時位於圖左的第一個號脈衝寬度小於所設之 Time Interval 參數，第二個脈衝在前緣就超出位準範圍，在範圍內的持續時間也小於所設定之時間間隔，因此都不符合觸發條件，而第三個訊號脈衝寬度大於所設之 Time Interval 參數，因此判定為觸發：



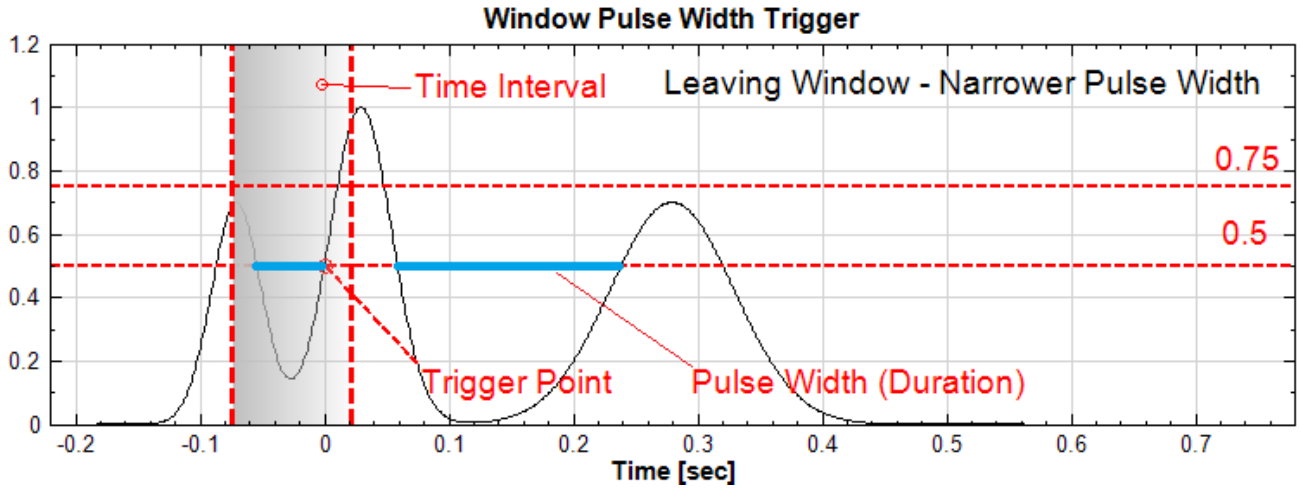
改時間間隔判定條件為「Narrower」時，位於圖左的第一個訊號脈衝寬度小於所設之 Time Interval 參數，因此首先判定為觸發，如下圖所示：



下圖示範稍微不同的輸入訊號，將前置窗觸發條件改為「離開」，時間間隔判定條件為「Wider」寬於 0.1 ，此時位於圖左的第一及第二個脈衝之間的間隔小於所設之 Time Interval 參數，因此不符合觸發條件，而位於第二個及第三個脈衝之間的脈衝間隔大於所設之 Time Interval 參數，則判定為觸發：



時間間隔判定條件為「Narrower」時，第一個脈衝間隔的脈衝間隔小於所設之 Time Interval 參數，因此判定為觸發，如下圖：



相關參數如下表：

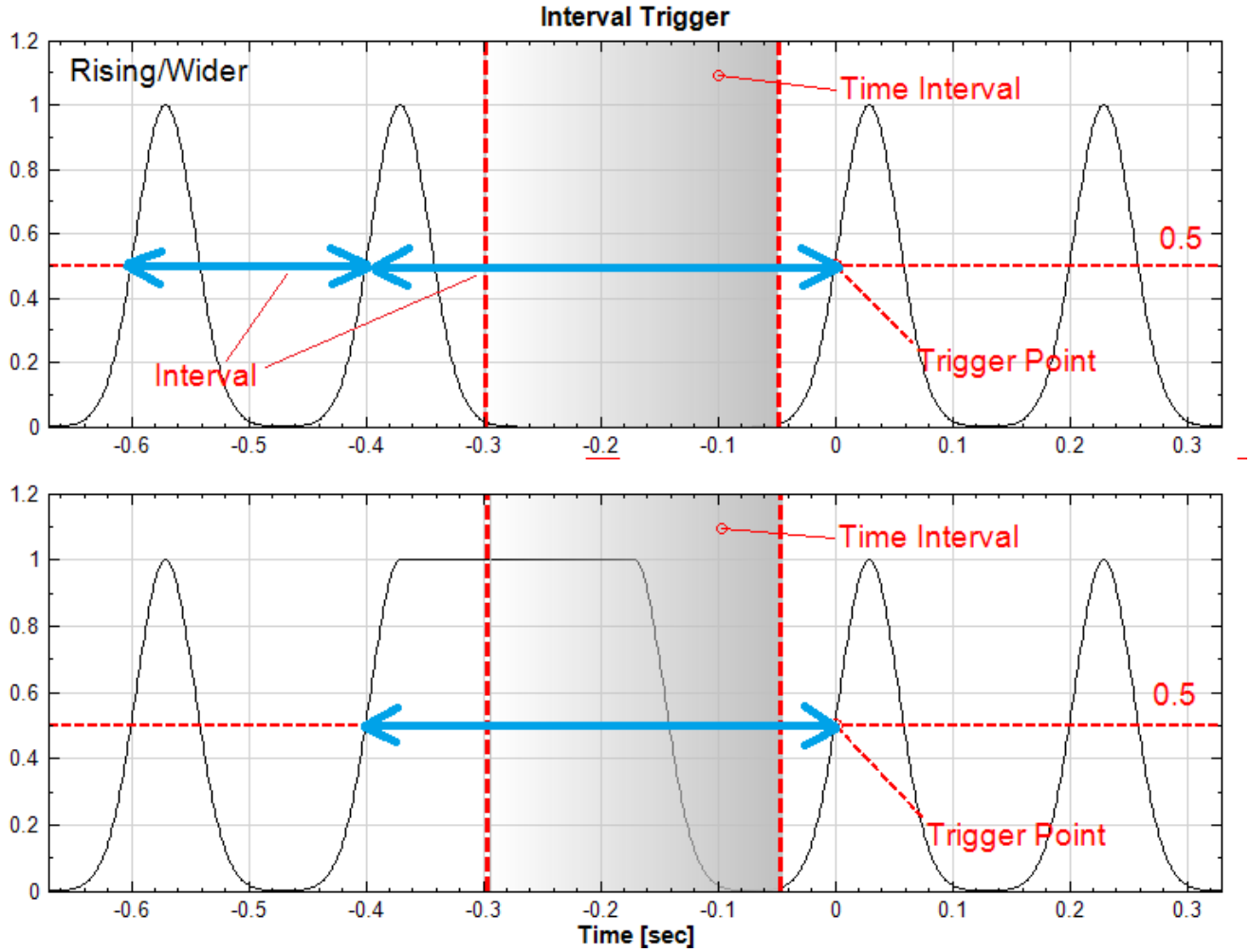
Table 4.34: 脈衝寬窗觸發相關元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
Window Direction	定義脈衝寬窗觸發訊號的方向，可選擇： • Entering（進入） • Leaving（離開） • Both（兩者皆可）	Entering
Trigger Level #1	設定第一個脈衝寬窗觸發位準	0
Trigger Level #2	設定第二個脈衝寬窗觸發位準	0
Time Interval	設定脈衝寬窗的時間間隔	0.1
Interval Criteria	設定與 Time Interval 時間間隔參數比對判定方法，可選擇： • Wider（脈衝寬於時間間隔） • Narrower（脈衝窄於時間間隔） • Missing	Wider

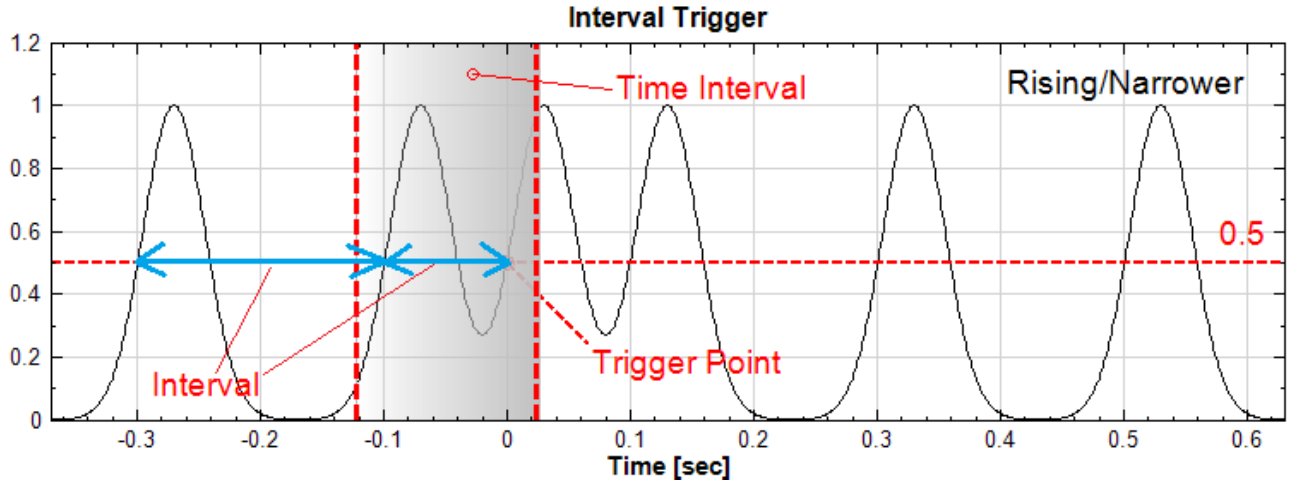
* 間隔觸發（Interval Trigger）

間隔觸發模式偵測訊號上升（或下降）時超過所設定的位準，隔一段時間後上升（或下降）時同條件再次觸發的情形，兩次觸發的間隔依照所設定之時間間隔判定方法與設定之時間間隔比對，決定是否真正觸發。本模式跟脈衝寬觸發邏輯雷同，只是脈衝寬觸發因為是要偵測脈衝寬，兩次觸發的條件相反（先上再下或先下再上），而本模式兩次觸發的條件相同（上升斜率時偵測一個脈衝上緣至下一個脈衝上緣的間隔，下降斜率時偵測一個脈衝的下緣至下一個脈衝下緣的間隔）。這個模式可以在脈衝串序列當中抓出不規則的狀況。本模式的觸發點為第二次觸發後的第一個資料點。

下圖示範輸入訊號為有缺陷的脈衝串，上圖缺單一脈衝，下圖為單一脈衝過寬。此時設定間隔觸發，上升斜率，時間間隔判定條件為「Wider」寬於 0.25，偵測一個脈衝上升緣及下一個脈衝上升緣的間隔是否寬於 0.25，則可同時偵測兩種缺陷：



欲偵測脈衝串中有多餘的脈衝，如下圖所示，則可改時間間隔判定條件為「Narrower」窄於 0.15，則可偵測脈衝間隔過小的情形：



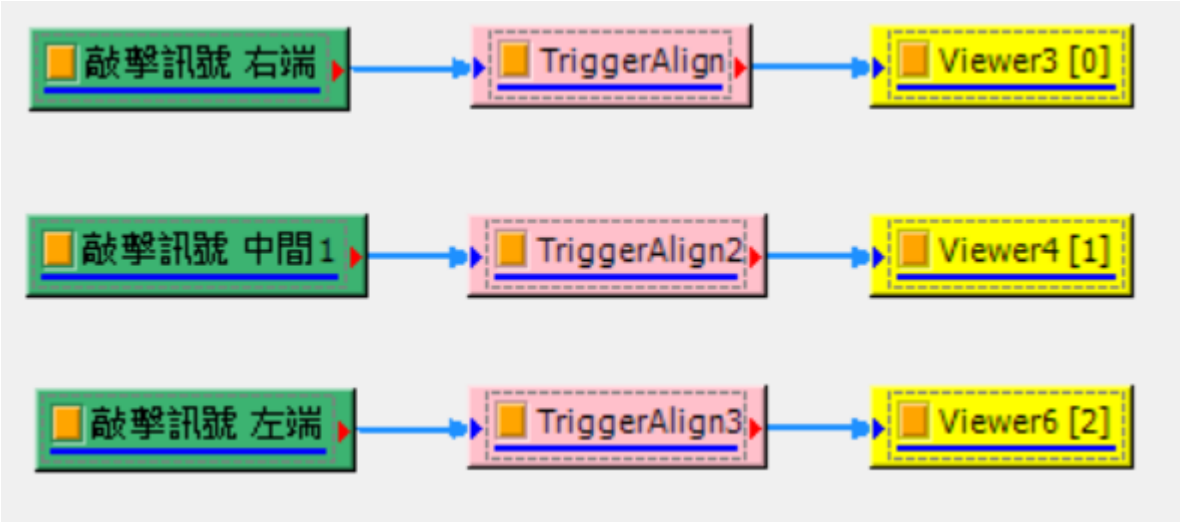
相關參數如下表：

Table 4.35: 間隔觸發相關元件參數

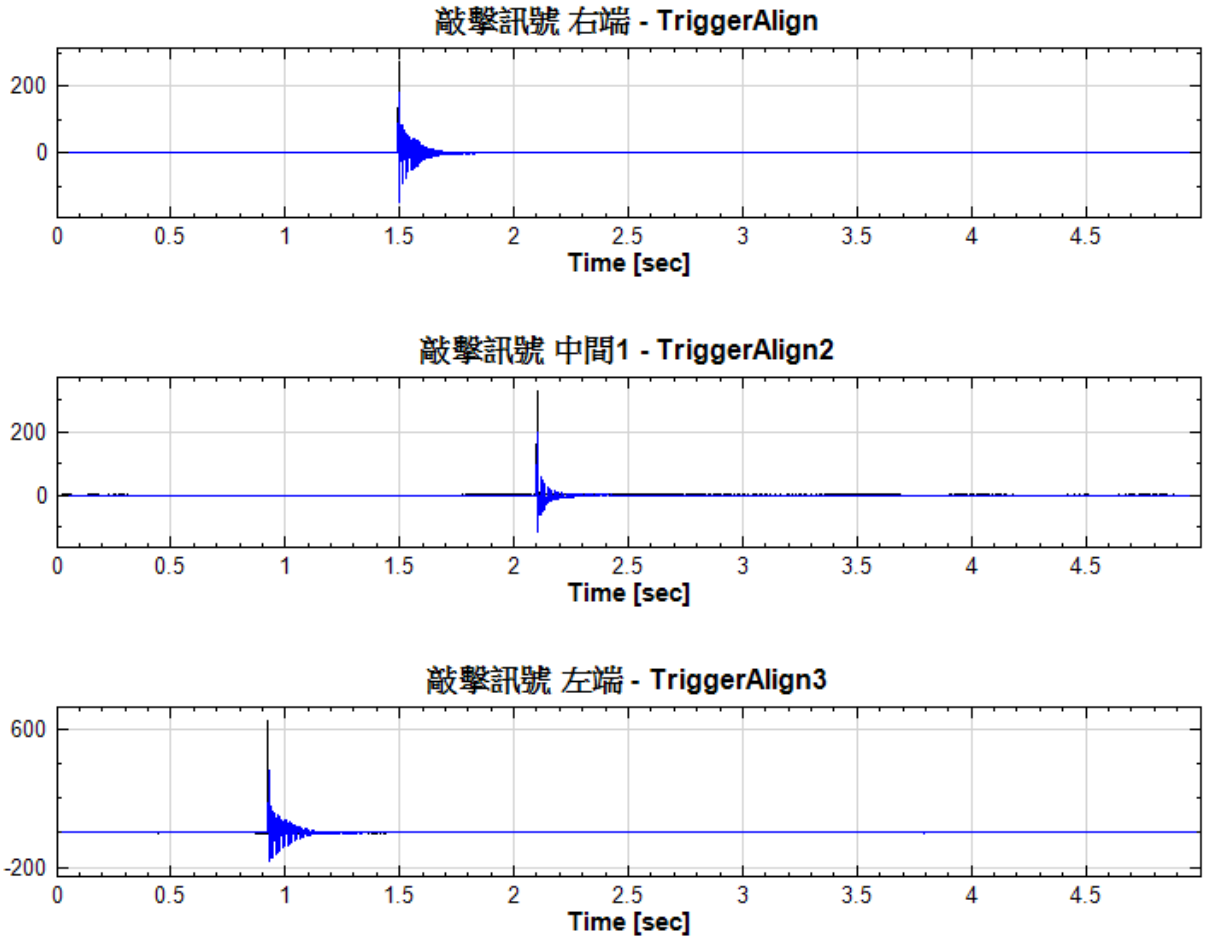
參數名稱	參數定義	預設值
Trigger Slope	定義觸發訊號的斜率，可選擇： • Rising（上升） • Falling（下降） • Both（兩者皆可）	Rising
Trigger Level #1	設定觸發位準	0
Time Interval	設定間隔觸發的時間間隔	0.1
Interval Criteria	設定與 Time Interval 時間間隔參數比對判定方法，可選擇： • Wider（脈衝寬於時間間隔） • Narrower（脈衝窄於時間間隔） • Missing	Wider

範例

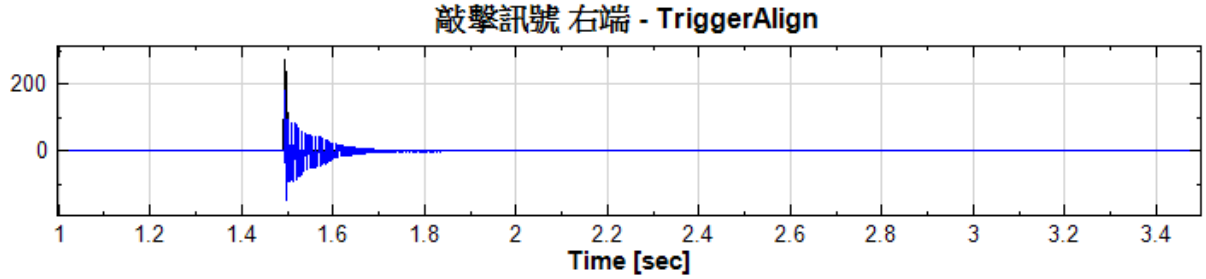
1. 點選 Import Data ，從 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Basic` 載入數據 敲擊訊號 右端 `.tfa`、敲擊訊號 左端`.tfa`、敲擊訊號 中間 `1.tfa`，各自在後面接上 Comepute / Switch / Channel Switch 和 Compute / Channel / Trigger Alignment，再以 Viewer / Channel Viewer 顯示。



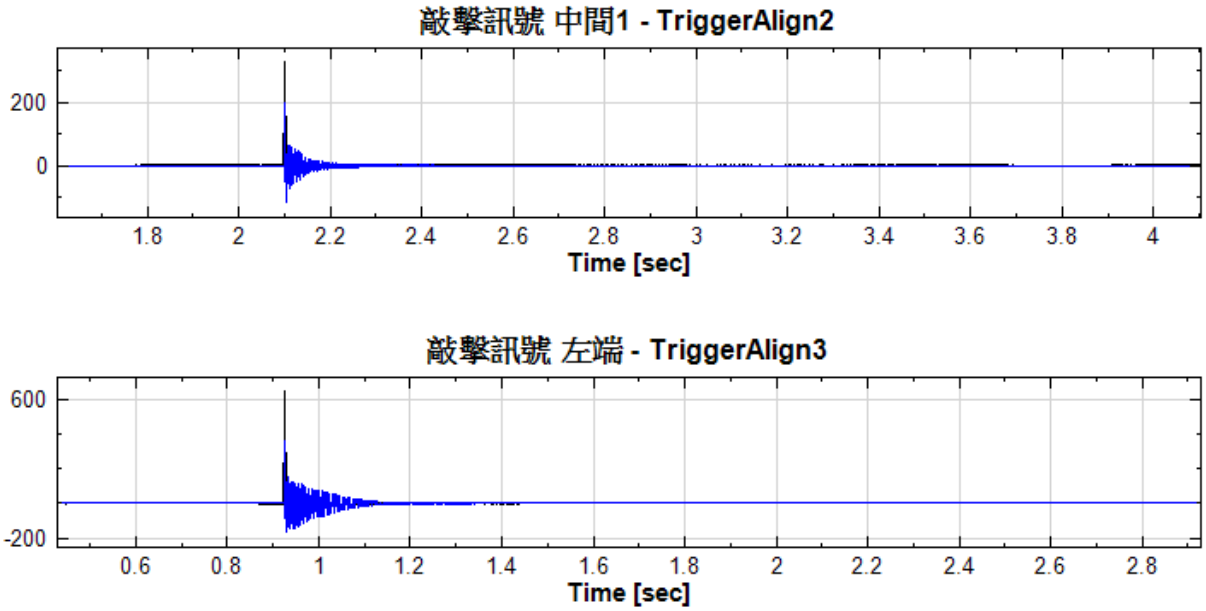
2. 下圖為此三組訊號的原始圖形，經由輪流敲擊同一根鋁棒的左端、右端和中間，產生三組敲擊訊號，黑色為敲擊力道訊號，藍色則為加速度訊號；由下圖可看出三組數據的 Trigger 接發生在不同時間。



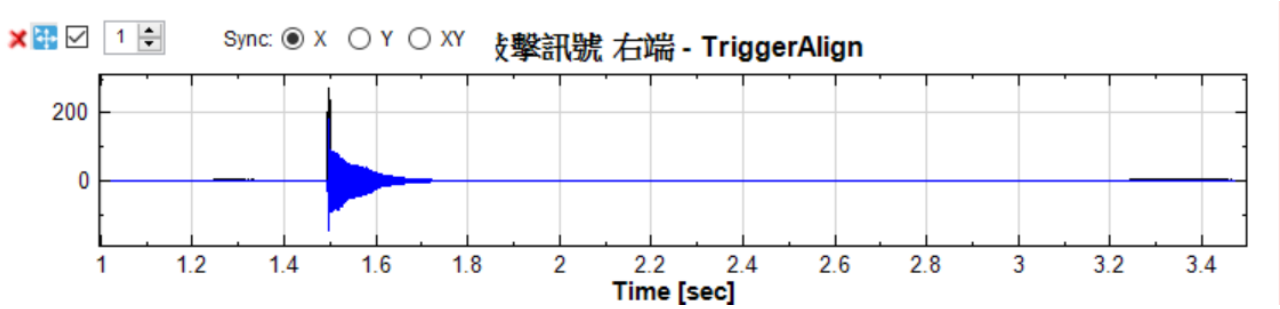
3. 由 Trigger Alignment 的參數 Pre-Trigger Length 和 Post-Trigger Length 可調整時間軸並對齊觸發訊號，Trigger Type、Trigger Slope、Trigger Level #1 和 Hysteresis 則可定義欲偵測的觸發訊號。以「敲擊訊號 右端」為例，Trigger Source=1:Force，其觸發訊號振幅約 273N，因此我們將參數 Trigger Level #1 設定為 200，Pre-Trigger Length 和 Post-Trigger Length 設為 0.5 和 2，調整後的圖形如下。



4. 依照此邏輯，再將「敲擊訊號 中間」的 Trigger Level #1 改為 250，「敲擊訊號 左端」的 Trigger Level #1 改為 500，Pre-Trigger Length 和 Post-Trigger Length 皆設為 0.5 和 2，使其觸發訊號發生的時間和「敲擊訊號 右端」相同；調整完後圖形如下。



5. 將滑鼠移至圖的左上角，將三張圖設定為 X 軸同步（Group: 1，Sync: X），使用工具 `Zoom X` 即可同步縮放X軸，方便使用者做細部比較。當數據中包含多次敲擊訊號，使用 Trigger Alignment 調整時間軸後，亦可將訊號疊加以減小噪音的影響。



相關指令

Impulse、Audio DAQ、NI DAQ、ADLINK DAQ

參考資料

http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371526A-01/vbhelp/hysteresis_triggers/

4.2 Enhanced*

This module is available in Professional only

1. Fast Short-Term Fourier Transform：快速版本之 STFT：就以相同長度的資料而言，此元件運行速度比傳統 STFT 快速，記憶體需求量低。
2. Remove Bump：將訊號中不連續點（Bump 或 Jump）移除，再以平滑曲線連接之，還原原本訊號。
3. Fast Trend Estimater：快速版本的 Trend Estimater。
4. Fast Iterative Gaussian Filter：快速版本的 Iterative Gaussian Filter。

5. Fast MSE：快速版本的 Multi-Scale Entropy。
6. Teager：計算訊號的瞬時頻率與瞬時振幅。
7. Rolling MSE：時間隨時及和不同尺度觀察振幅的變化大小。
8. PCA：目的是將多筆混合訊號拆解為少筆訊號。
9. ICA：將一組混合訊號拆解為另一組統計上互相獨立的訊號。

4.2.1 Fast Short-Term Fourier Transform*

Only in Professional

短時距傅立葉轉換（Short-Term Fourier Transform, STFT），為傳統 STFT 的方法，此為快速版本，功能與標準版相同（僅使用介面些許有異）。

說明

此模組為快速版本之 STFT：就以相同長度的資料而言，此模組運行速度快，記憶體需求量低（可以計算更多點數的訊號）。速度上，提升約百倍；而可以運算訊號長度，於 3Gb 的記憶體而言（Windows XP 32bit 上限），標準板的 STFT 能計算的訊號長度上限約為四百萬點，而快速版本的上限約為兩千兩百萬點，其他說明請參考標準版本的 Short-Term Fourier Transform。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式為複數，單通道的時頻（Spectra）資料。各參數定義詳如下方圖表。

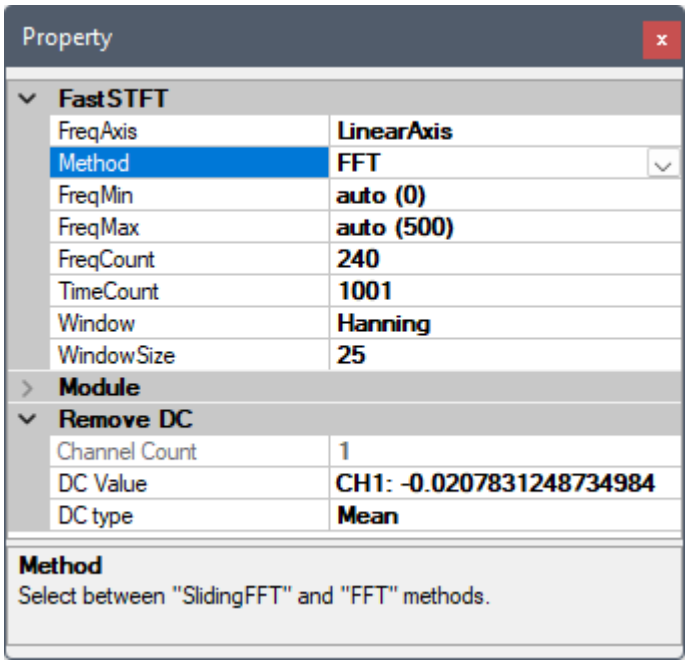


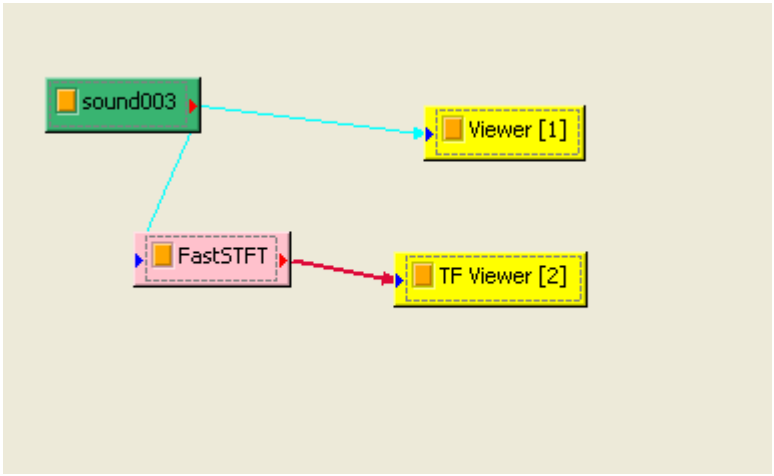
Table 4.36: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Method	設定計算方法，包含 FFT，SlidingFFT。FFT 提供 1st Order Solution，SlidingFFT 提供 1st、2nd Order Solution。SlidingFFT 的計算窗每次平移資料一點，所以計算結果的網格較密，但螢幕無法顯示所有網格，若設定 FreqCount 或 TimeCount 小於計算的資料時間、頻率網格數，將需要設定參數 DisplayType。	SlidingFFT
DisplayType	SlidingFFT 的結果中，若 FreqCount 、TimeCount 小於計算的資料網格數，並藉由幾個頻率和時間的範圍內資料取一點 (Downsample)、最大值（Maxima)、最小值（Minima)、平均值（Average)，以便降到設定展示網格數。取 Maxima、Minima、Average 是為了不因降低網格數無法看見其細部變化。	Downsample
Order	當使用 SlidingFFT，可以設定 First、Second Order Solution。FFT 只有提供 First Oder，無需設定。	FirstOrder
FreqAxis	時頻圖頻率的分佈可以設定為是 LinearAxis（線性尺度）或是 LogAxis（對數尺度)，LogAxis 多用於聲音訊號分析。	LinearAxis
FreqMin；FreqMax	透過設定此參數，可決定繪圖時頻率的上下邊界。	0；$0.5 \times$ SampleFrequency
FreqResolut	此值會影響到窗函數的大小，設定的越低，窗函數會越長。	SampleFrequency/20
FreqCount	顯示 STFT 於頻率方向之格點數。	Auto
TimeCount	顯示 STFT 於時間方向之格點數。	Auto
Window	在 STFT 分析，進行時間軸的分割時，會利用窗函數進行濾波，此處可選擇不同窗函數。關於各窗函數的定義，請參閱 Fourier transform。	Gaussian

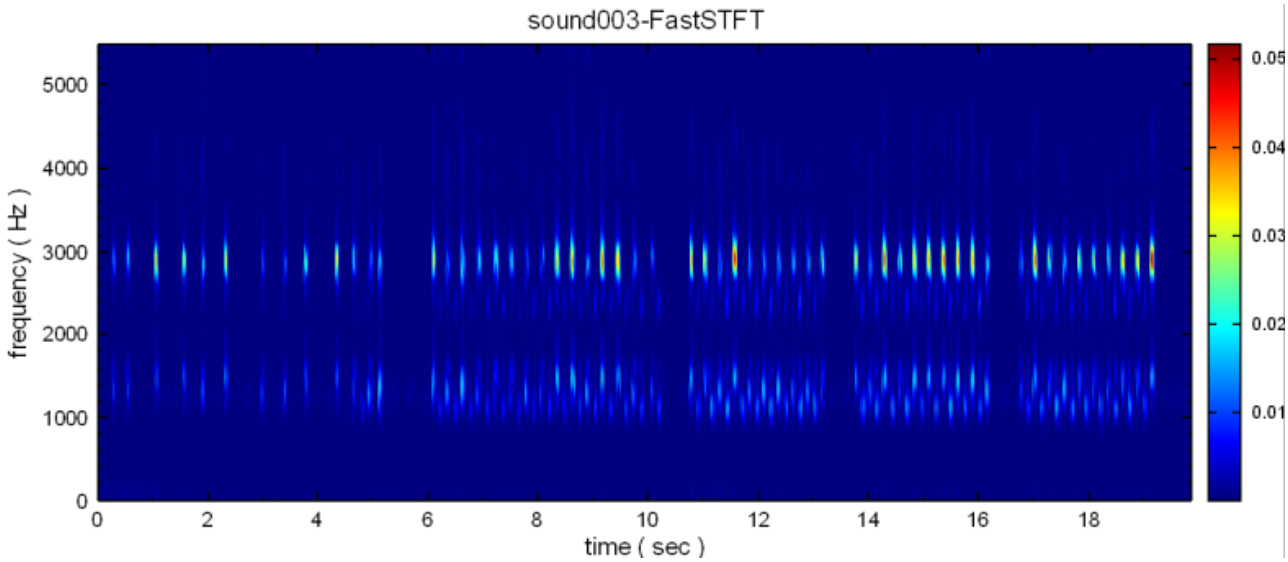
參數欄中還有 Remove DC 的相關選項。Remove DC 為嵌入元件，可以視為是將輸入接到 Remove DC 後再接到本元件，因此相關參數可以直接參考【Remove DC】元件。

範例

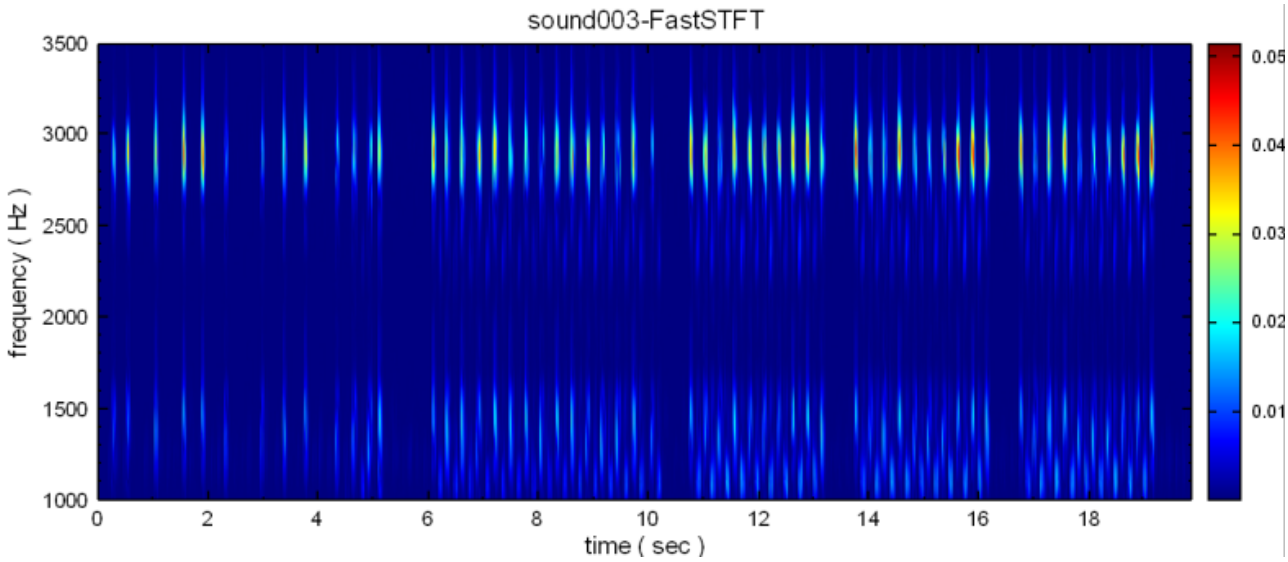
1. 在此以 FastSTFT 分析青蛙叫聲為範例，元件在 Network 的配置如下。



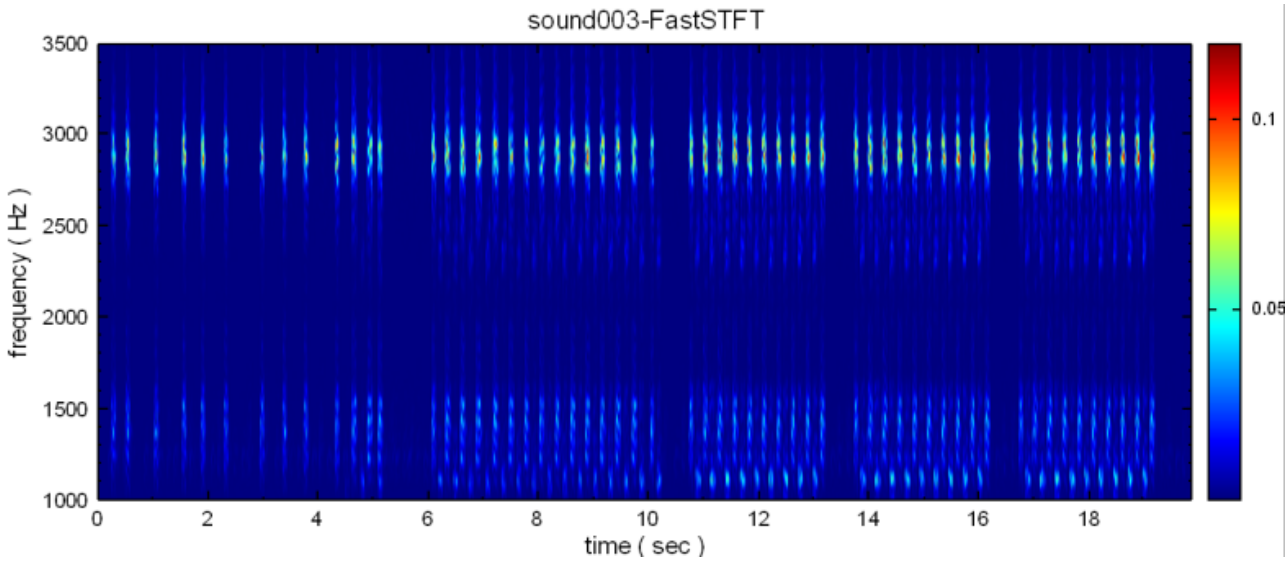
得到的結果為下圖。



若想要了解範圍為 1000 Hz 至 3500 Hz 間，修改 FreqMax 與 FreqMin 後得到下圖。



頻率上的解析度不是相當好，所以把 Frequency Resolution 修改為 75 (原本為 225) 。

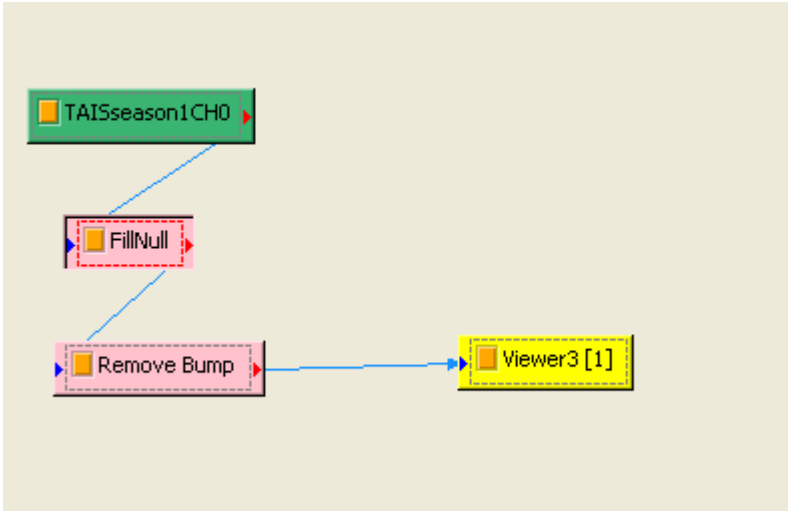


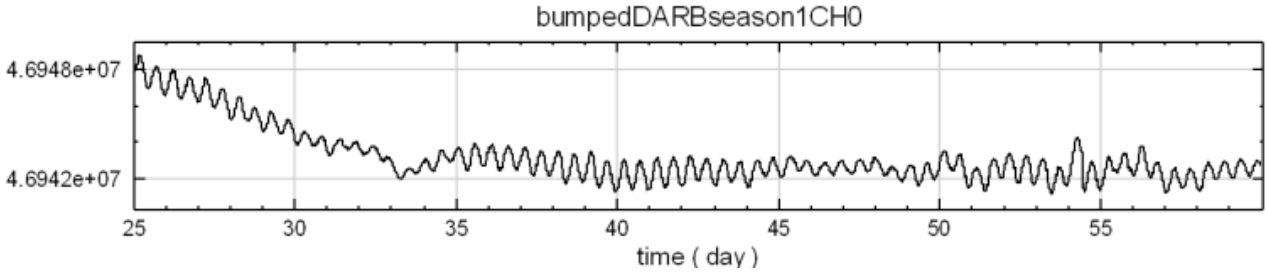
可發現頻率上的解析度較方才為佳。

2. 地震儀資料

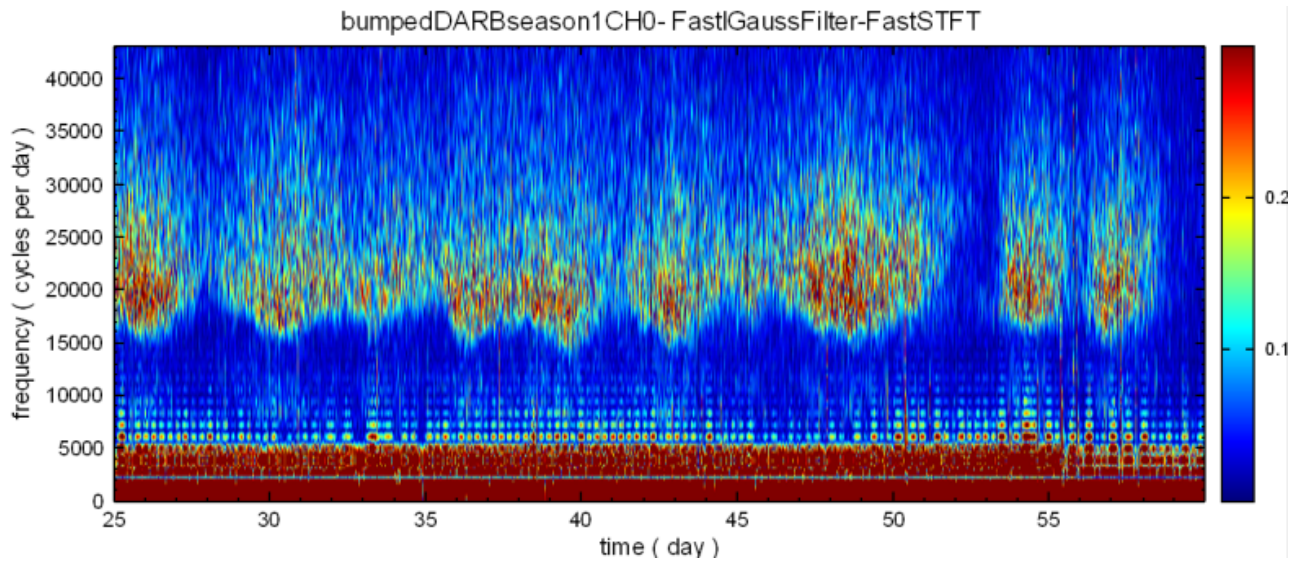
有一筆地震儀量取的訊號，訊號點數約為八百萬點。特別注意到，如此長度之資料若以標準板的 STFT 做計算，會因記憶體需求量太大（超過 3G）而無法處理。

經過補值與 RemoveBump 處理後資料圖形如下圖。

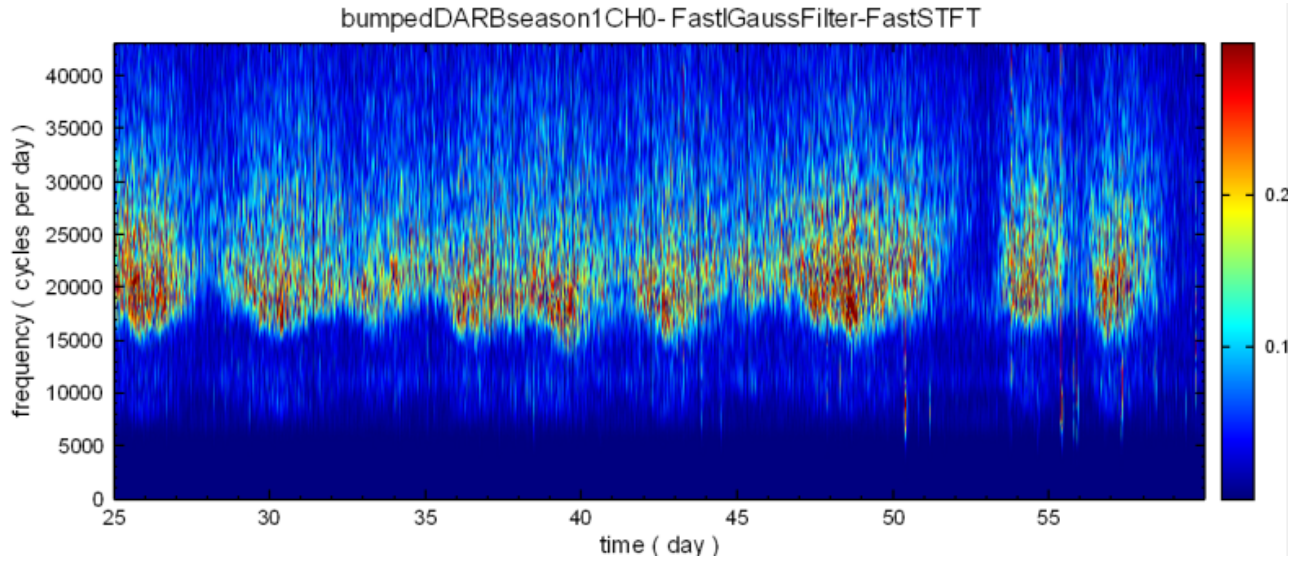




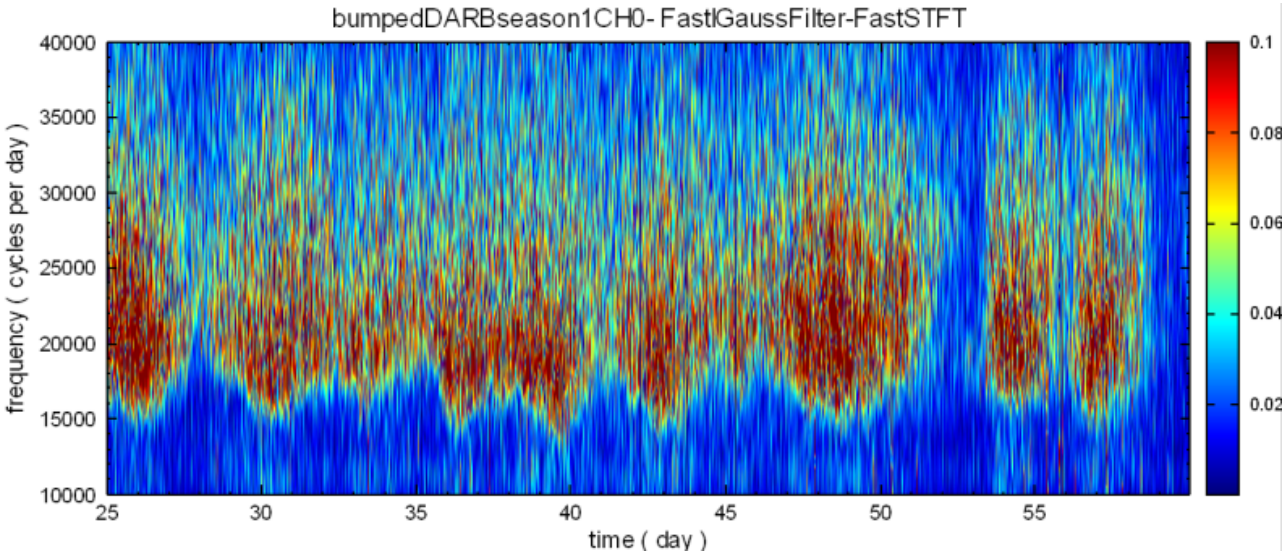
將此筆訊號接上 FastFrend 再接上 Fast STFT（參數全用預設）, 得到結果如下圖。



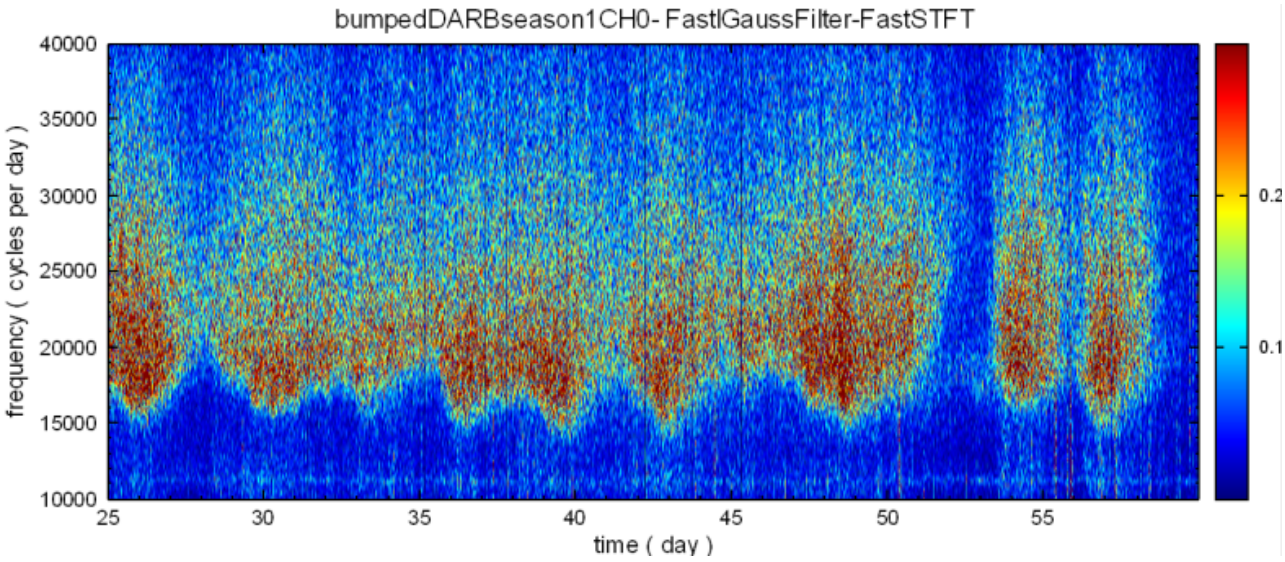
可以知道低頻部份沒有完全濾除，所以把 Fast Trend 中的 trend frequency 調為 3000（意指頻率 3000Hz 以下者視為趨勢，濾除之），得到結果如下



若想要了解範圍為 10000 Hz 至 40000 Hz 間，重新設定 FreqMax 與 FreMin，結果如下圖。



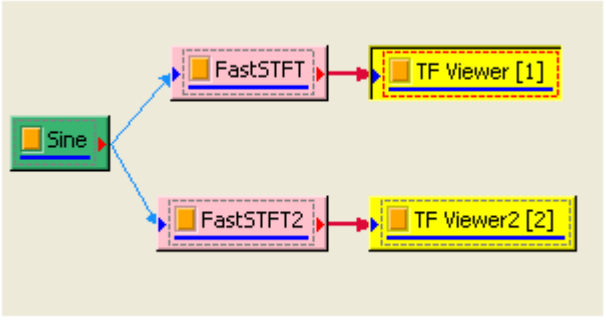
可發現頻率上的解析度稍差了一些。調整 Frequency resolution 為 500（原為 2500）後，結果為下圖。

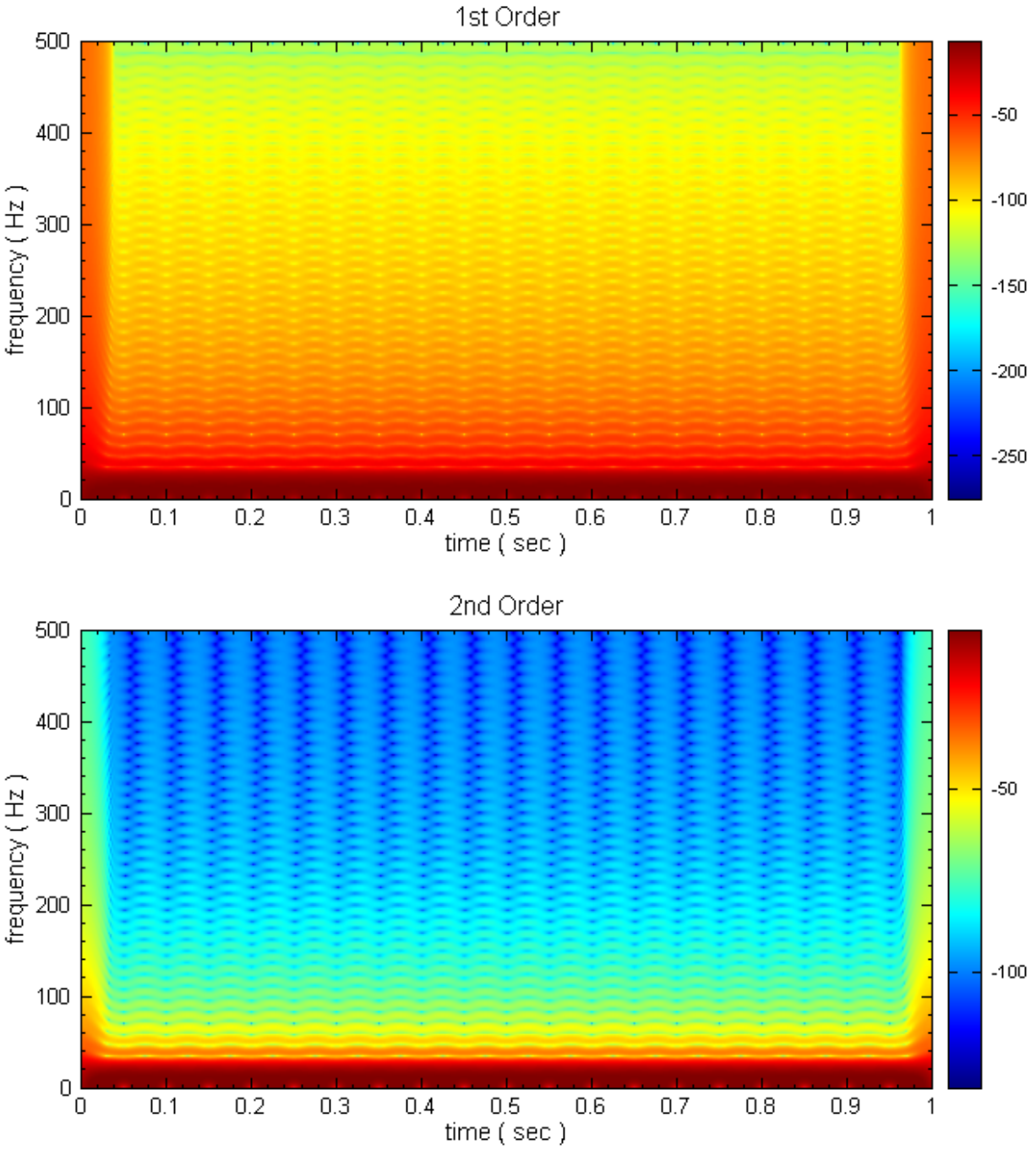


3. 比較 FirstOrder 及 Second Order 的結果。

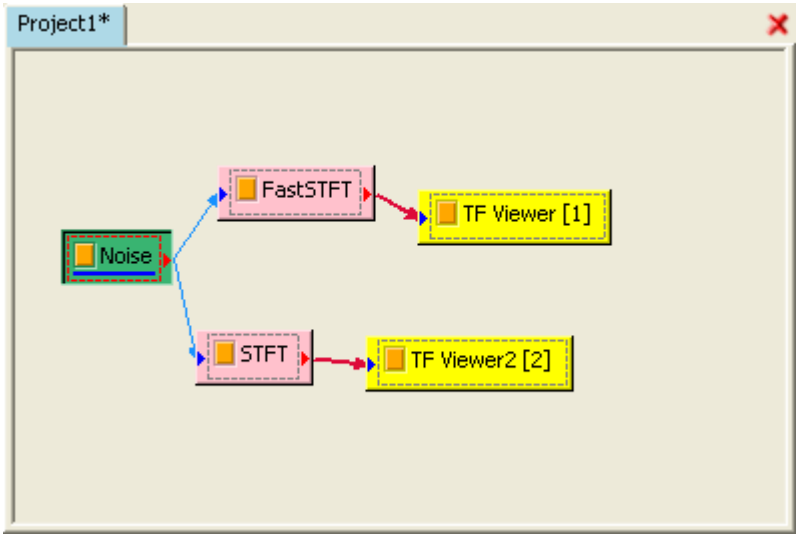
   首先利用 Source / Sine Wave 產生 Sine，在接上兩個 FastSTFT，最後以兩個 TF Viewer 顯示其結果，TF Viewer 參數 YValueType 設定為 Gain。

   由 TF Viewer 中，可以看出 Second Order 在高頻無訊號的範圍內，計算出 Amplitude 較 First Order 小。





4. 以二十萬點資料的 Noise 分別以 FastSTFT 與標準版的 STFT 做處理。



以同樣的資料分別以 FastSTFT 與 STFT 處理，在 2.8GHz (Intel E6300 Dual Core) 的電腦上，計算時間分別為 0.35 秒與 21.84 秒。

將 Frequency Resolution 都設定為 250，快速版之計算時間為 0.3593 秒，而標準版為 64.2343 秒。

相關指令

Short term Fourier Transform，Enhanced Morlet Transform。

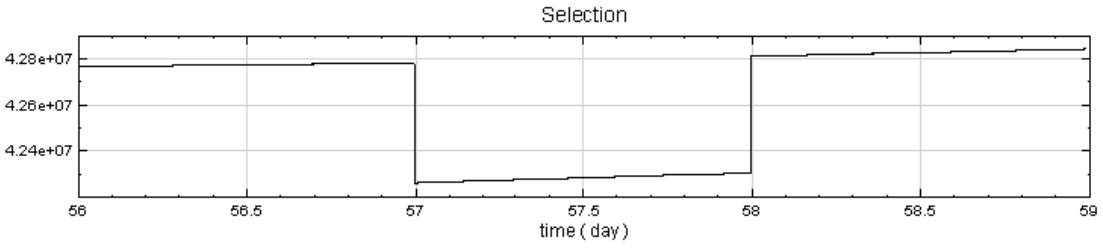
參考資料

A Wavelet Tour Of Signal Processing (2nd Ed).

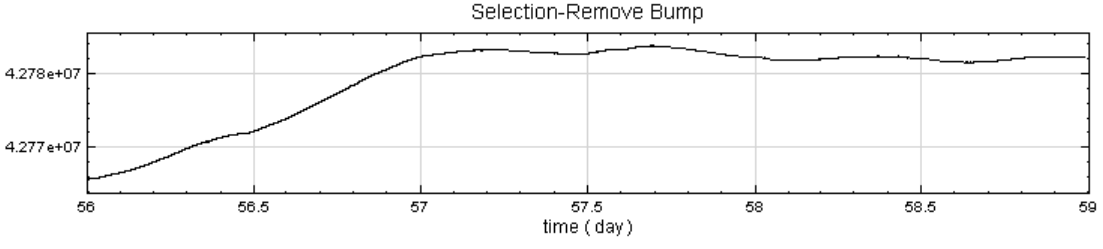
4.2.2 Remove Bump*

Only in Professional

各種的訊號都可能會因量測硬體的影響（如校正基準點產生偏差等)，造成訊號產生不連續現象（Bump 或是 Jump)，如下面圖形表示。



本元件目的在於可將上述不連續點移除，再以平滑曲線連接之，還原原本訊號：



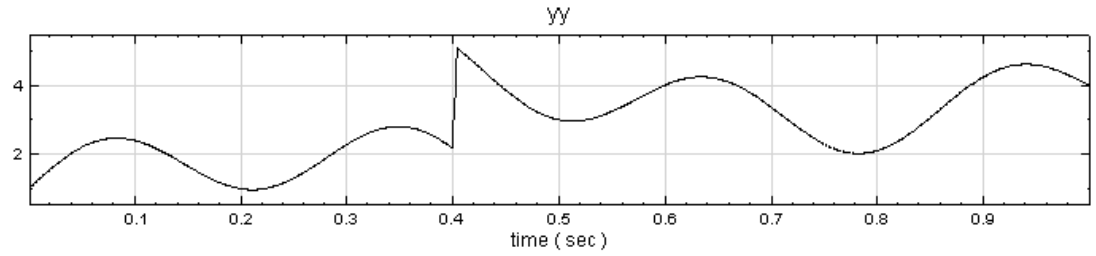
說明

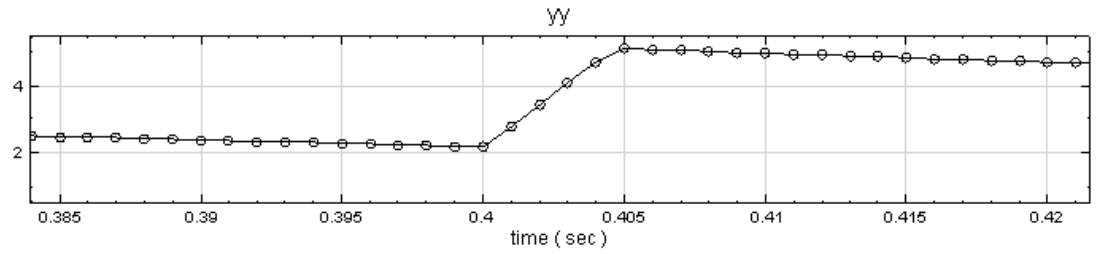
本元件是以兩個條件之交集判定是否發生 Bump 或 Jump

1. 判斷訊號是否有一連串資料值皆超過臨界值 J_{crit}，並且連續遞增或連續遞減值。
2. 另外判斷該點資料之斜率是否超過臨界斜率 S_{crit}。

在此說明 J 與 S 之不同：

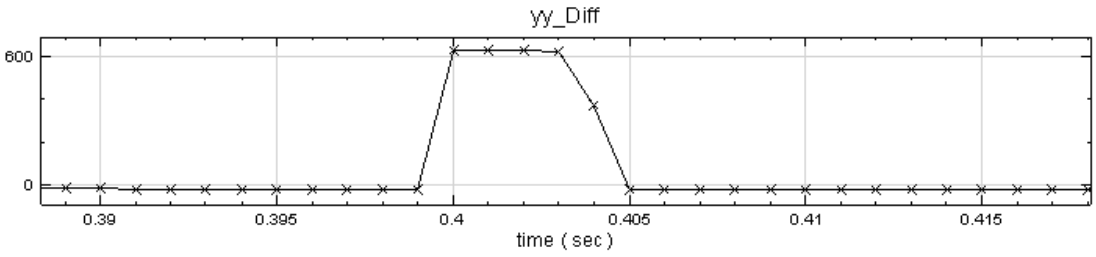
下面訊號在 0.4 秒時有一個突然 Bump 處，放大該處範圍並觀察，可發現其為不連續五點





這六點（t 從 0.4s 到 0.405s，y 從 2.1756 到 5.0575）的最大 J 值為 5.50575-2.1756 = 3.33015。

這六點 S 的值如下圖所表示



(利用 Compute / Math / Diff 將原訊號做微分，即為斜率)

若訊號中之點，S 與 J 皆超過臨界值，則視為 Bump 並修正之。

參數設定

本模組接受實數 (real number)，單通道 (single channel) 或多通道 (multi-channel)，regular 的訊號 (signal) 或聲音訊號（audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。各參數定義如下。

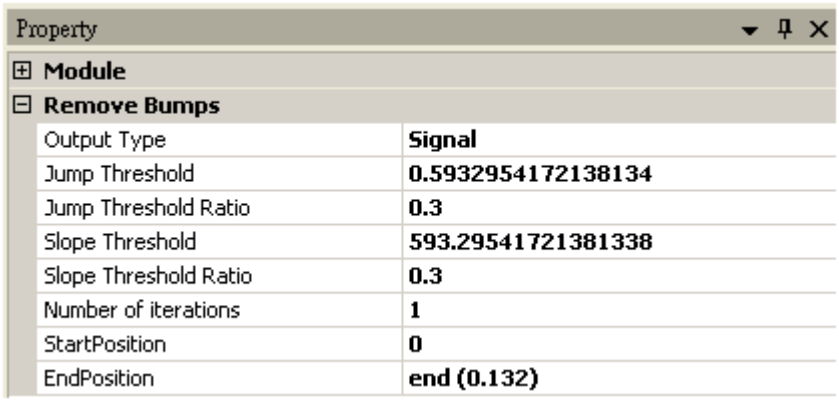
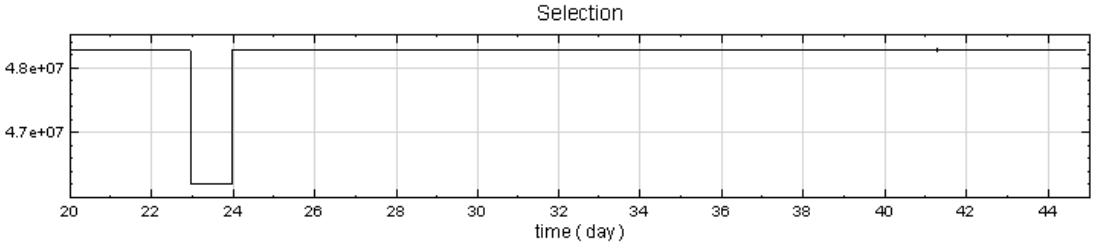


Table 4.37: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Output Type	Signal：移除 Bump 或 Jump 後的修正訊號。Bump：Bump 或 Jump 的訊號值。	Singal
Jump Threshlod	J_{crit} 臨界遞增值：遞增 / 減值超過此值者，將被視為 Jump / Bump 的候選值	整條訊號中，最大遞增值的 90%
Jump Threshold Ratio	設定 J 的比例係數 J_{ratio}：整條訊號最大的 遞增 / 減值 為 J_{max}，則設 $J_{crit} = J_{max} \times J_{ratio}$	0.3
SlopeThreshold	S_{crit} 臨界斜率：若斜率之絕對值超過此值者，為 Jump / Bump 候選值	整條訊號中，最大斜率的 90%
Slope Threshold Ratio	設定 S 的比例係數 S_{ratio}：整條訊號斜率最大絕對值為 S_{max}，則設 $S_{crit} = S_{max} \times S_{ratio}$	0.3
Number of iterations	重複次數，若參數的選擇不佳，則有可能程式無法將不連續處完全移除。此參數為重複尋不連續處之次數（功用等同於將此模組重複串接）。	1
StartPosition	欲處理訊號不連續處之時間起點	整個訊號的時間起點
EndPosition	欲處理訊號不連續處之時間終點	整個訊號的時間終點

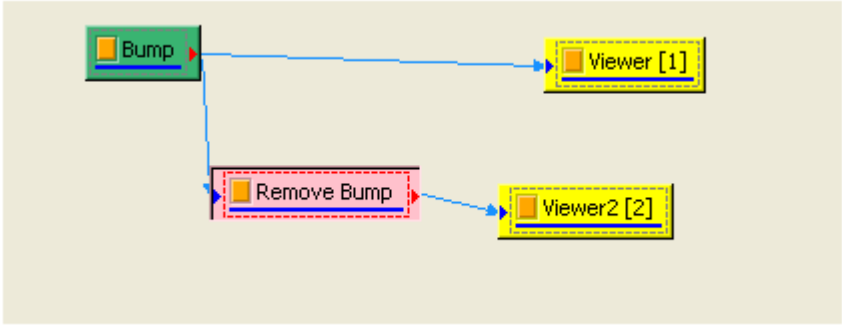
範例

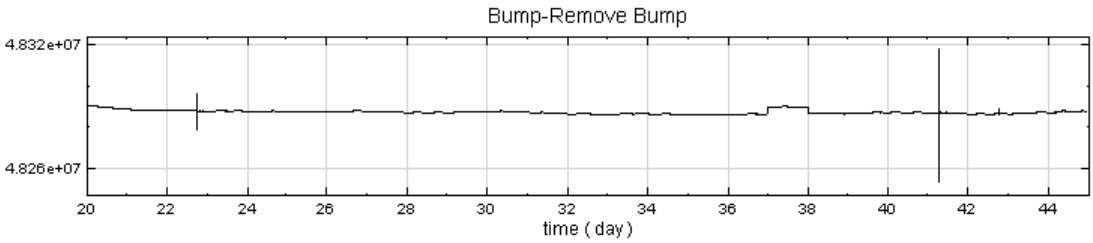
下圖為一筆地震儀之資料，在不同時間，地震儀之基準點不同：



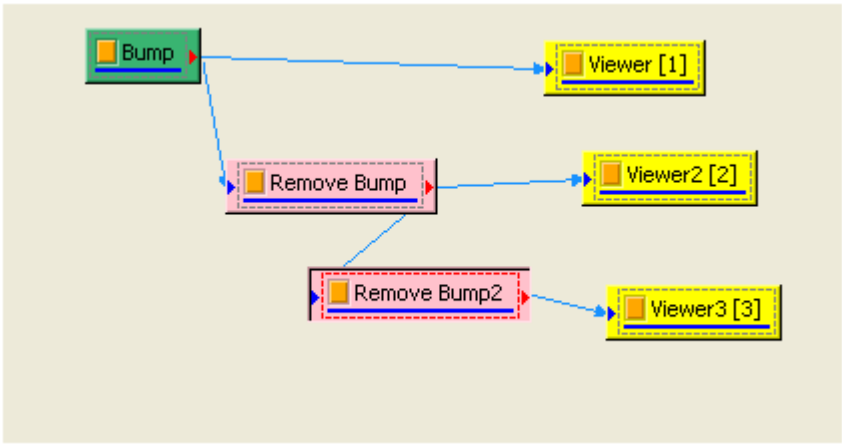
再將原始訊號連接 Compute / Enhanced / RemoveBump，最後利用 Channel Viewer 觀察結果，參數全用

預設值，如下圖所示。





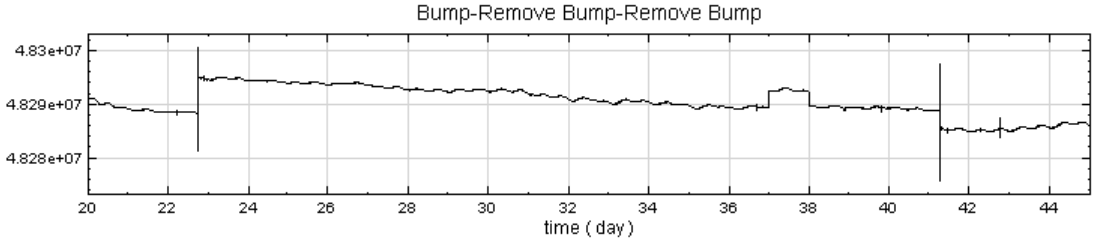
可見到最大的兩個不連續處已經被移除。再原本的 RemoveBump 後方再接一個 RemoveBump ，參數設定如下：



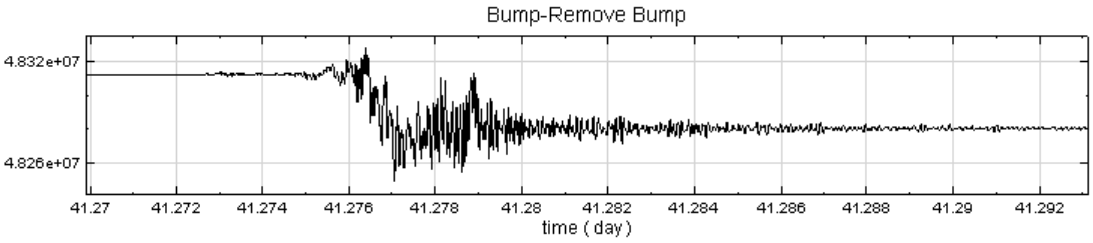
第二個 RemoveBump 的參數中的 Jump Threshold Ratio 與 Slop Threshold Ratio 皆設定為 0.1，其餘的參數皆用預設。

接下來的處理方法，有兩種：

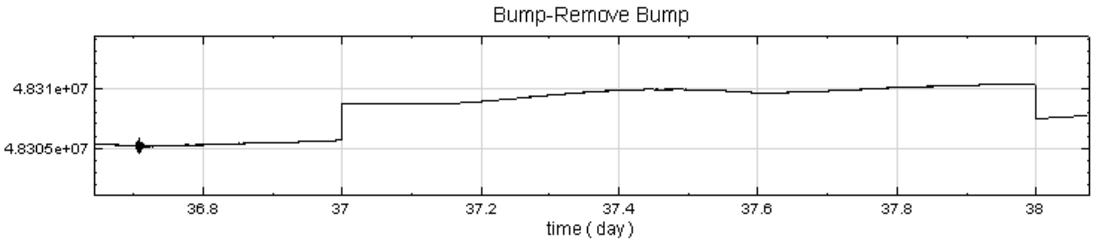
1. 做法一



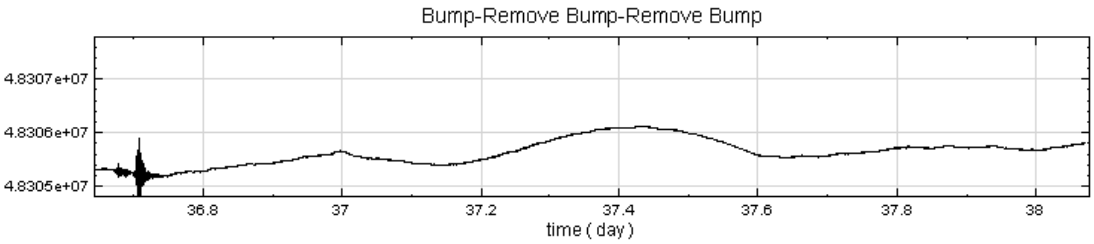
由上圖可以發現在 t = 22.77 與 t = 41.27 處似乎有不連續處，但放大後觀察，發現非不連續現象。



，反是在 t = 37 至 38 之間有不連續現象。

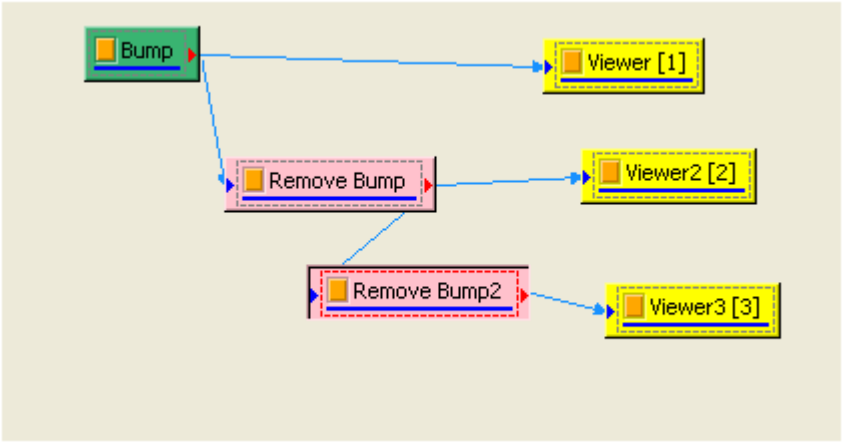


可發現在這區塊，不連續現象已被移除

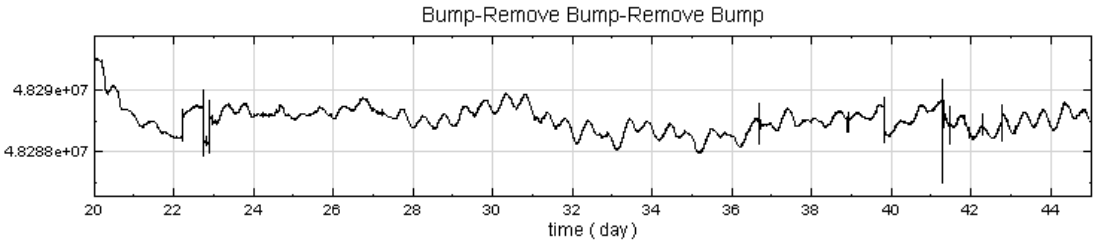


2. 做法二

若不修改 StartPostion 與 EndPosition，但 Jump ThresholdRatio 與 Slop Threshold Ratio 皆設定為 0.1 ：



輸出為



相關指令

Data Selection，Diff。

4.2.3 Fast Trend Estimater*

Only in Professional

Fast Trend Estimater 與標準版的 Trend Estimater 完全相同，為速度較快，記憶體消耗量較少之版本。

說明

演算法請參閱 Iterative Gaussian Filter 章節。

參數設定

本模組接受實數 (real number)，單通道 (single chtnnel) 或多通道 (multi-channel)，regular 的訊號 (signal) 或聲音訊號 (audio) 輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。各參數定義如下。

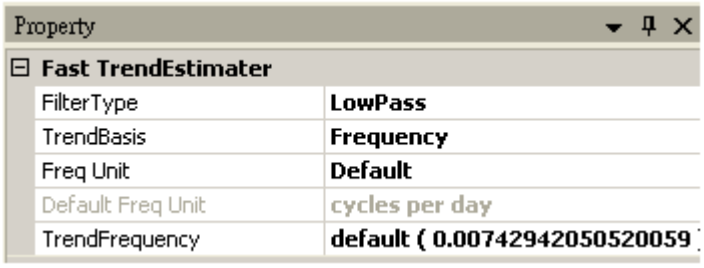


Table 4.38: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Filter Type	與 Iterative GaussianFilter 的相同 " • LowPass（低通）：萃取出低頻部分。 • HighPass（高通）：萃取出高頻部分。 • ByPass（全通）：無任何頻段訊號被濾除。	LowPass
Trend Basis	以（Period）周期為參考設定參數或（Frequency）頻率為參考設定參數	Frequency

若 Trend Basis 設定為 Period，其參數定義如下表。

Table 4.39: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Trend Period	週期高於此值者，則視為趨勢訊號。與 Iterative Gaussian Filter 對應則為：$$FL = 2/TrendPeriod$$ $$FH = 4/TrendPeriod$$	0
Time Unit	設定 TrendPeriod 的單位。	Default
Default Time Unit	輸入訊號的原始時間單位。	sec

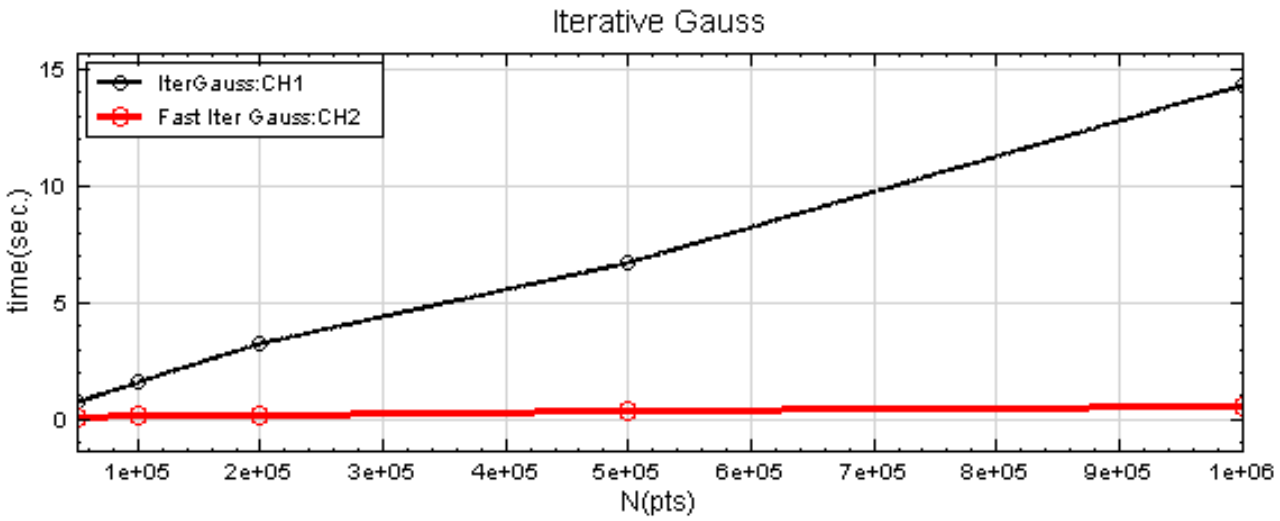
若 Trend Basis 設定為 Frequency，其參數定義如下表。

Table 4.40: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Trend Frequency	頻率低於此值者，則視為趨勢訊號。與 Iterative Gaussian Filter 對應則為：$$FL = 2 \times TrendFrequency$$ $$FH = 4 \times TrendFrequency$$	0
Frequency Unit	設定 TrendFrequency 的單位。	Default
Default Frequency Unit	輸入訊號的經傅立葉轉換後的原始單位。	Hz

範例

1. 請參考 Trend Estimator。
2. 以 CPU 速度 2.8 GHz (Intel E6300) 的電腦為測試機器，分別以標準版與快速版的 Trend Estimater 計算不同長度的 Brown noise ，點數對運行時間的圖形如下。



相關指令

Fast Iterative Gaussian Filter、Trend Estimater、Iterative Gaussian Filter。

參考資料

1. Yih Nen Jeng, “Diffusive and Fast Filter Using Iterative Gaussian Smoothing”, Department of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University

2. Yih Nen Jeng 、Yueh-Jiuan G. Hsu 、You-Chi Cheng, 2004, “應用疊代式濾波法於潮汐數據修補的初步研究”, 第二十八屆中華民國力學學會年會暨全國力學會議

3. YIH-Nen Jeng P. G. Huang You-Chi Cheng, 2007, “Decomposition of one-dimensional waveform using iterative Gaussian diffusive filtering methods”, Proc. R. Soc. A doi:10.1098/rspa

4. Yih-Nen Jeng, You-Chi Cheng, 2006, “Accuracy Comparison between Two Sharp and Diffusive Filters”, Proc.R. Soc. A doi:10.1098/rspa

5. http://www.ancad.com/blog/AnCADSupport/wp-connent/uploads/2008/05/it-gauss-2008-7.pdf

4.2.4 Fast Iterative Gaussian Filter*

Only in Professional

Fast Iterative Gaaussian Filter 的演算法比較原本方法速度更快，記憶體消耗量較少，且結果更精確，尤其在邊界上。

說明

請參考於【[Iterative Gaussian Filter]】的說明。

參數設定

本模組接受實數 (real number)，單通道 (single channel) 或多通道 (multi-channel)，regular 的訊號 (signal) 或聲音訊號（audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。各參數定義如下。

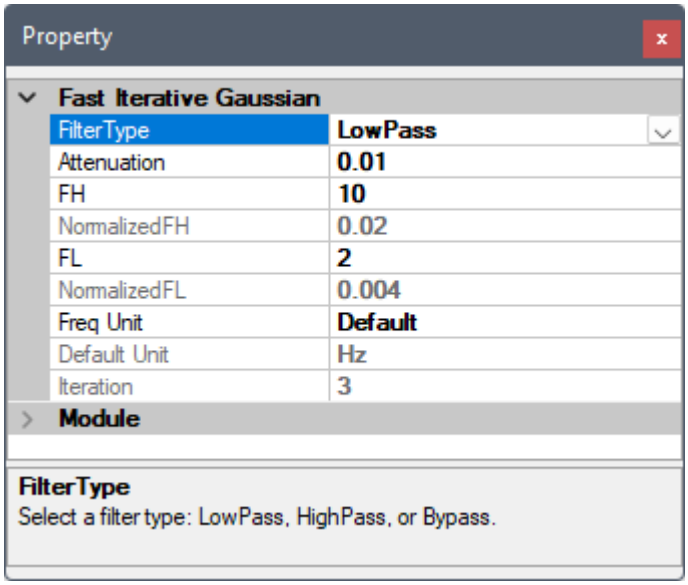
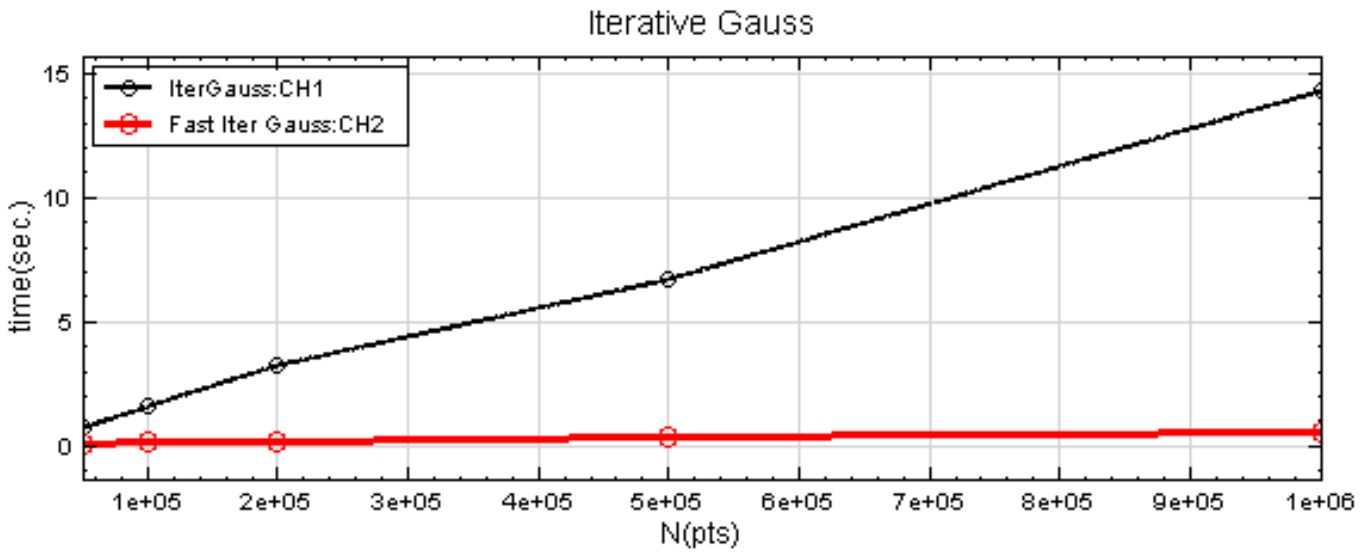


Table 4.41: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Filter Type	選擇 Iterative Gaussian Filter 的濾波形式： • LowPass：低頻部分可通過，濾除高頻。 • HighPass：低頻部分可通過，濾除高頻。 • ByPass：無任何頻段訊號被濾除。	LowPass
Attenuation	設定衰減參數值（見【Interative Gaussian Filter】章節說明），建議 0.01 至 0.001 之間	0.01
FH	設定高頻截止頻率。	10
Normalized FH	顯示相對於 Nyquist 頻率的 FH 值。	10
FL	設定低頻截止頻率。	2
Normalized FL	顯示相對於 Nyquist 頻率的 FL 值。	10
Freq Unit	選擇 FH 及 FL 的頻率單位： • Default：自動由輸入訊號之取樣率單位決定 • Hz、kHz、MHz、GHz、THz、THz • cycles_per_(min、hour、day、week、month、year)	Default
Default Unit	Freq Unit 為 Default 時，顯示自動設定之頻率單位	
Iteration	顯示濾波運算的重複次數	

範例

這裡以 CPU 速度 2.8GHz（intel E6300），3. 25GRAM 的電腦為測試機器，分別以標準版與快速版的 Iterative Gaussian Filter 計算不同長度的 Brown noise ，計算資料量對運算時間的圖形如下。



然而更重要者，是標準版的 Iterative Gaussian Filter 在相同的記憶體量（3.25G）情況下，僅能處理最多 200 萬個點的資料；而快速版本者，最多能處理 1600 萬點的資料。

相關指令

Trend Estimater，Iterative Gaussian Filter。

參考資料

1. Yih Nen Jeng, "Diffusive and Fast Filter Using Iterative Gaussian Smoothing", Department of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University

2. Yih Nen Jeng 、Yueh-Jiuan G. Hsu 、You-Chi Cheng, 2004, "應用疊代式濾波法於潮汐數據修補的初步研究" , 第二十八屆中華民國力學學會年會暨全國力學會議

3. YIH-Nen Jeng P. G. Huang You-Chi Cheng, 2007, "Decomposition of one-dimensional waveform using iterative Gaussian diffusive filtering methods", Proc. R.Soc. A doi:10.1098/rspa

4. Yih-Nen Jeng, You-Chi Cheng, 2006, "Accuracy Comparison between Two Sharp and Diffusive Filters", Proc. R. Soc. A doi:10.1098/rspa

5. http://www.ancad.com/blog/AnCADSupport/wp-connent/uploads/2008/05/it-gauss-2008-7.pdf

4.2.5 Fast MSE*

Only in Professional

原本 MSE 演算法中，計算一個 Scale 所耗的時間為訊號長度 N 的平方之正比（$O(N^2)$）。本元件採用了 Sort（同為 $O(M^2)$，但比例係數較小）以及 K-D Tree（$O(M^{3/2})$，但需使用較多的記憶體）兩種演算方法減少計算時間。

參數設定

本模組接受實數（real number），單通道（single channel）或多通道（multi-channel ），regular 的訊號（signal）、聲音訊號（audio）輸入；輸出訊號格式為實數，單通道或多通道，regular 的訊號。參數說明詳見下表。

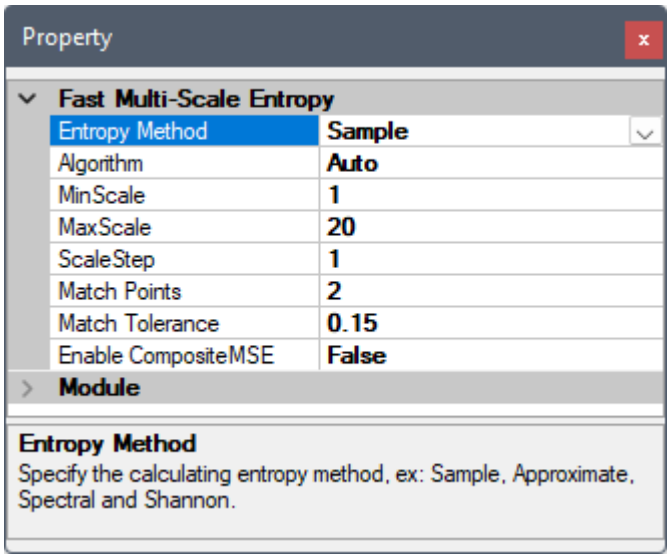


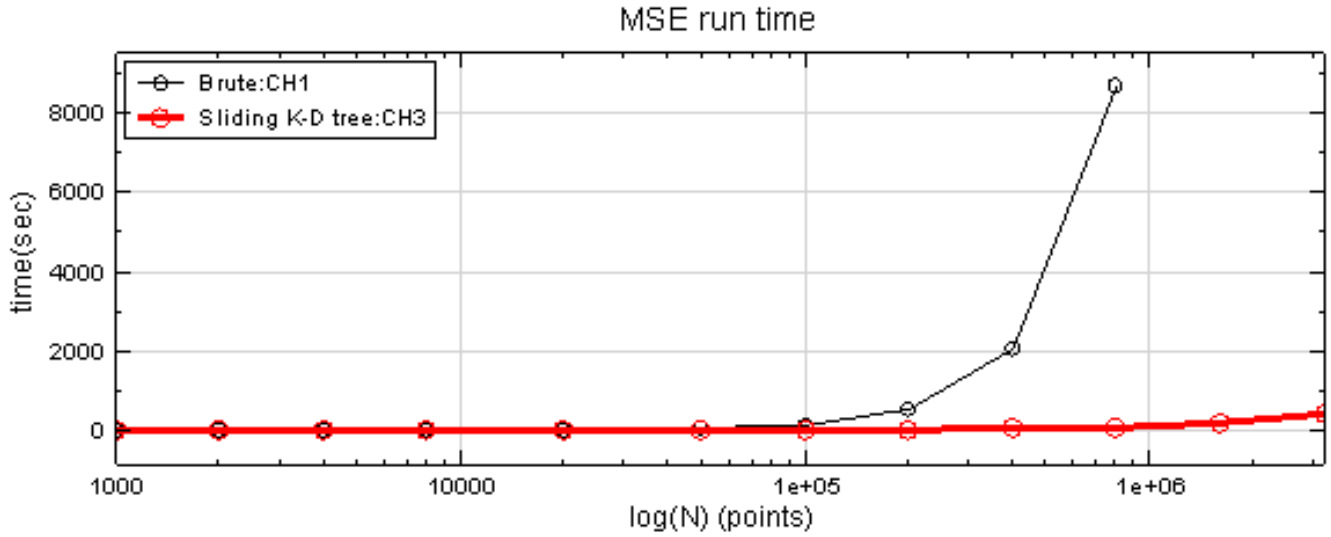
Table 4.42: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Entropy Method	選擇熵計算方法，詳情請參考【MSE】元件說明： • Sample • Approximate • Spectral • Shannon	Sample
Algorithm	Entropy Method 選擇 Sample 或 Approximate 時在計算熵時搜尋統計相似數列的演算法（詳情請見【MSE】章節說明）： • Auto：自動選擇，在訊號長度大於 5000 點且記憶體量足夠時使用 SlidingKDTree，反之則用 Sort。 • Brute：原 MSE 演算法，見【MSE】章節說明 • Sort：用 C 標準函式庫的 qsort 搜尋相似數列 • SlidingKDtree：用 K-DTree 搜尋相似數列	Auto
MinScale	設定最小尺度。作多尺度分析時設定尺度縮放之下限值	1
MaxScale	設定最大尺度。作多尺度分析時設定尺度縮放之上限值	20
ScaleStep	設定尺度步長，於尺度上限以下取一步幅長，依此步幅長遞增（減）尺度至最大（小）尺度。	1
Match Points	Entropy Method 設定為 Sample 或 Approximate 時，可設定比較相似度之數列長度，即原【MSE】相關定義中之 m	2
Match Tolerance	Entropy Method 設定為 Sample 或 Approximate 時，設定判斷相似度所設定的容忍誤差值，即原【MSE】相關定義中的 r，單位為輸入資料之標準差	0.15

參數名稱	參數定義	預設值
BinCount	Entropy Method 設定為 Shannon 時，可設定計算概率之分格數，即原【MSE】相關定義中的 h	10
Enable Composite MSE	設定是否開啟組合式 MSE，即加入少量白噪音多次重複計算 MSE 後合併結果，可用較少的資料得出較平滑的 MSE 結果	False

範例

以測試的機器（Intel dual core E6300 2.8 GHz ）為例，一般版本與快速版的 MSE 的訊號點數對計算時間圖，測試訊號為 pinknoise，其餘參數皆為預設值。



相關指令

MSE，Noise，Viewer。

參考資料

1. Pincus, S. M., Approximate entropy as a measure of systemcomplexity, Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, Vol. 88, pp. 2297-2301 (1991).

2. Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K. Multiscale entropy analysis of physiologic time series. Phys Rev Lett 2002; 89:062102.

3. Costa M, Peng C-K, Goldberger AL, Hausdorff JM.Multiscale entropy analysis of human gait dynaiics. Physica A , 2003;330:53-60.

4. Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K.Multiscale entropy analysis of biological signals. Phys Rev E 2005;71:021906.

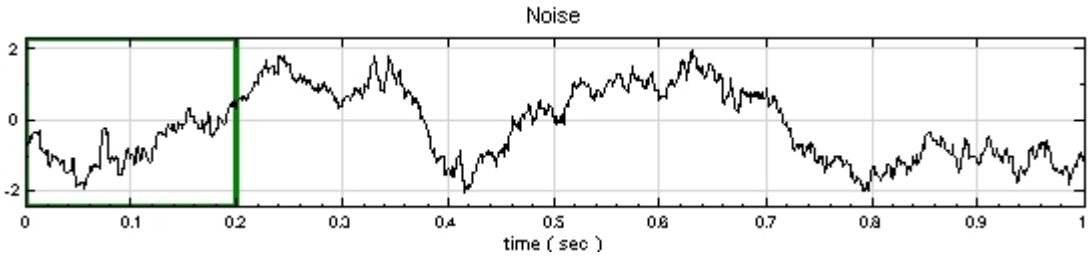
4.2.6 Rolling MSE*

Only in Professional

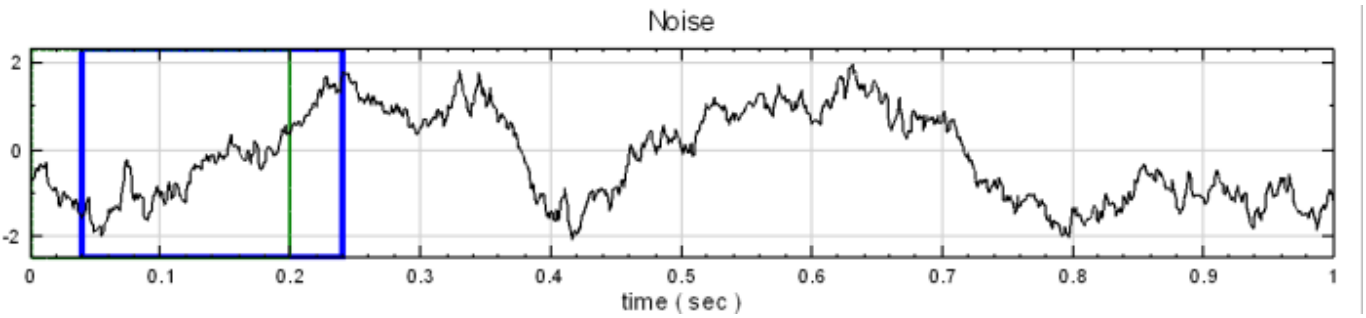
Rolling MSE 是對訊號（訊號資料長度 N ），取觀察窗口（窗口長度 M）做 MSE 計算，再平移窗口重複此步驟，最後結果繪為為三維度的 Time-ScaleEntropy Plot 的分析方法。與 Fast MSE 相同，提供了三種演算法：Brute（原本的算法，單一尺度耗時 $O(M^2)$）、Sort（同為 $O(M^2)$，但比例係數較小）以及 SlidingKD tree ($O(M^{3/2})$，但需使用較多的記憶體）。

說明

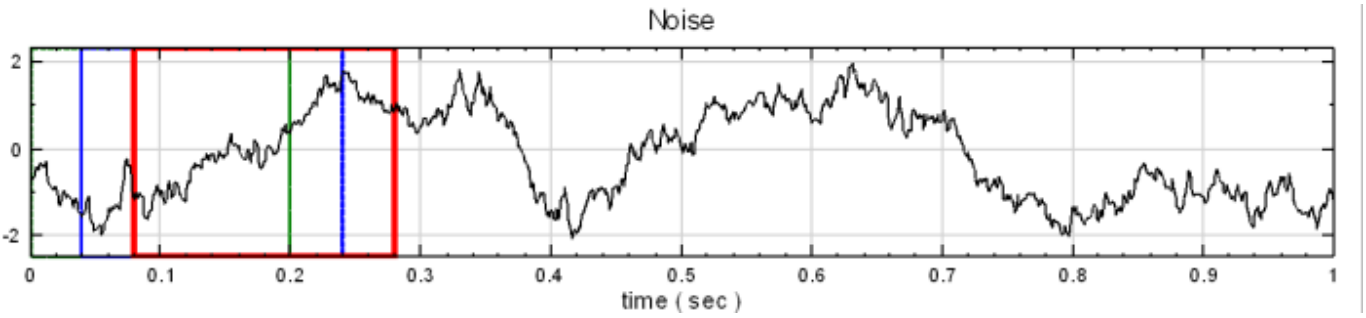
首先對原訊號（點數 N = 1001 ），取出一段資料，做 MSE（在此 t = 0，窗口寬為 0.2）：



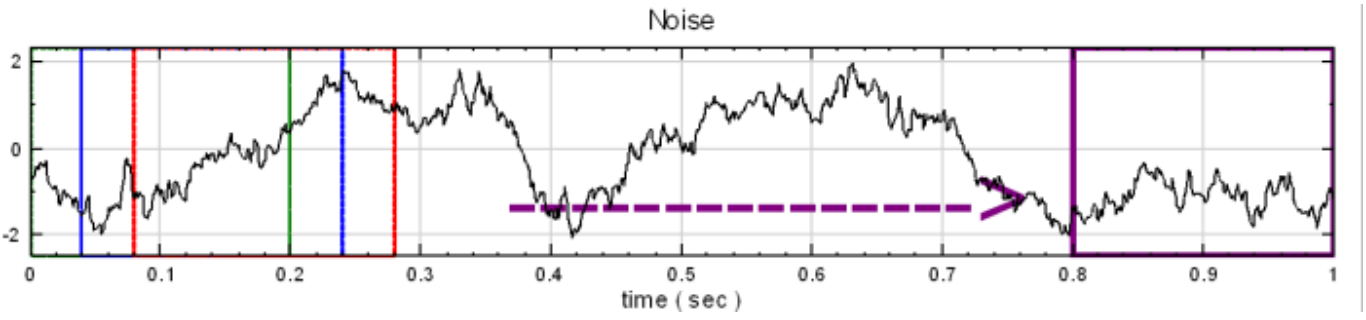
再向右平移此窗口，再做 MSE (在此 t = 0.04，重疊量（overalp）為 160 點)：



再度向右平移窗口，再進行 MSE。

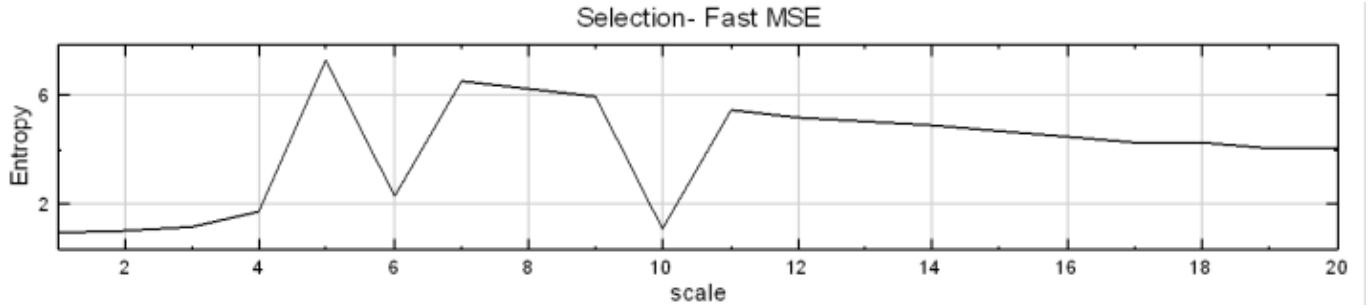


直至窗口掃完整條訊號：

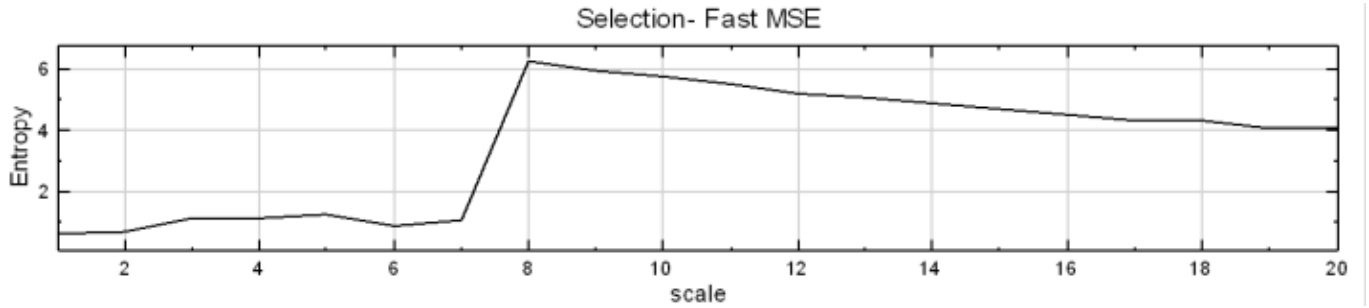


將在上述的所有平移窗口計算得的結果組合成三維圖形，如下圖顯示個時間點結果。

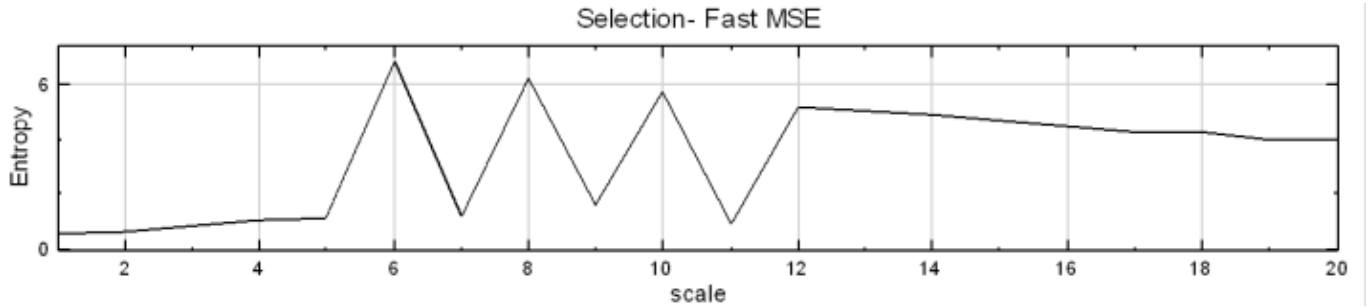
t = 0



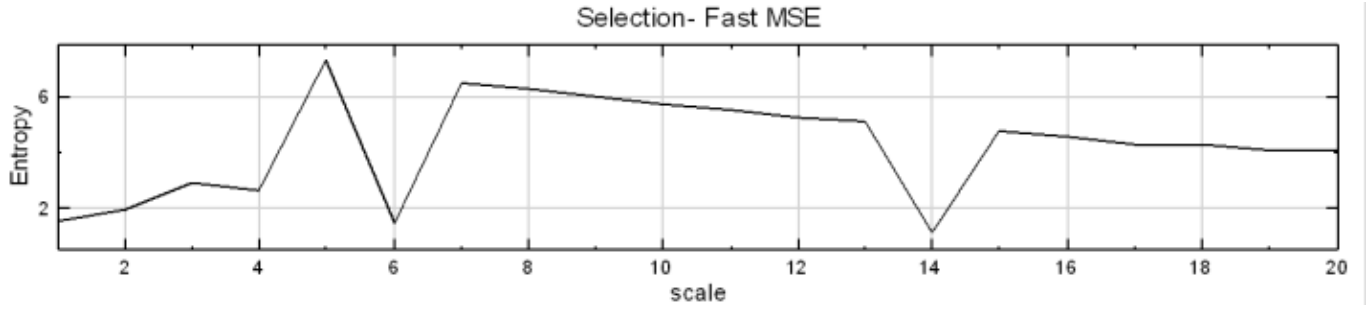
t = 0.04



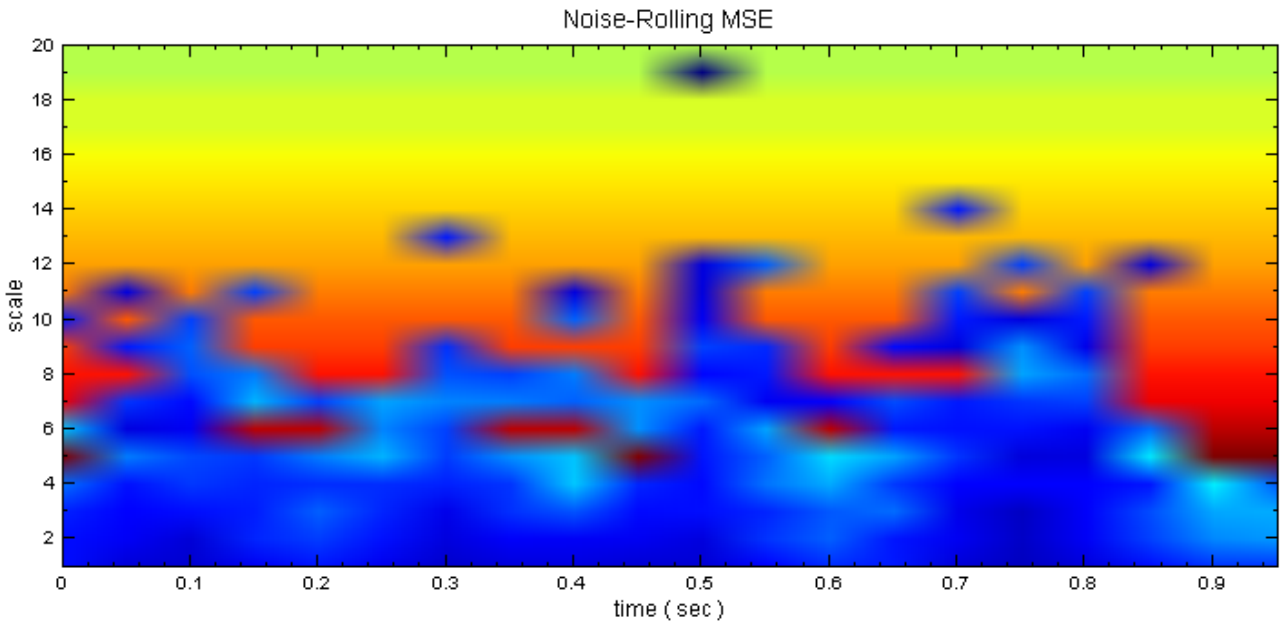
t = 0.08



t = 0.8



將所有窗口的結果依序並排，並繪製為三維圖，如下圖。



演算法要求窗口 M 必須要大於 25 點；並且，M 必需要是 max scale 的三倍以上才能做分析。

參數設定

本模組接受實數 (realnumber)，單通道 (single channel) 或多通道 (multi-channel)，Regular 的訊號 (signal)、聲音訊號（audio）輸入；輸出訊號格式為實數，單通道或多通道，Regular 的訊號。參數與原本的 MSE 完全相同，僅多了演算法的選項：說明詳見下表。

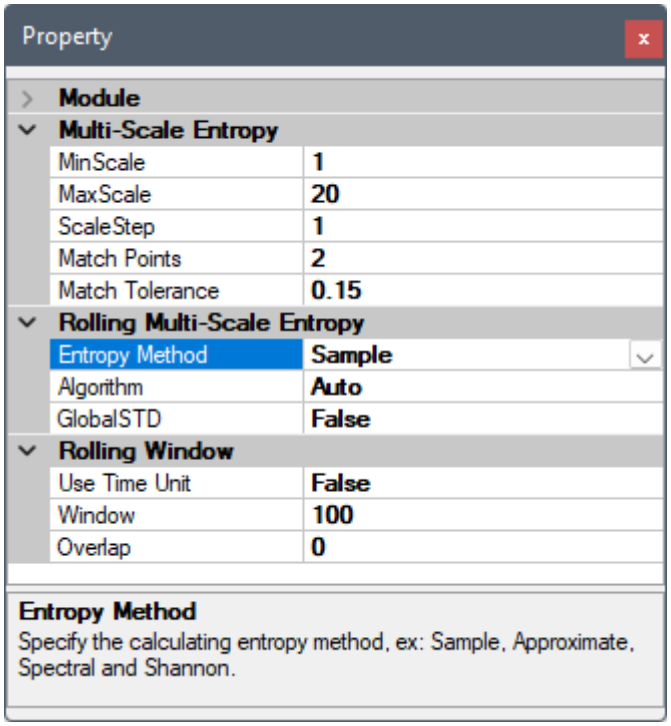


Table 4.43: 參數說明

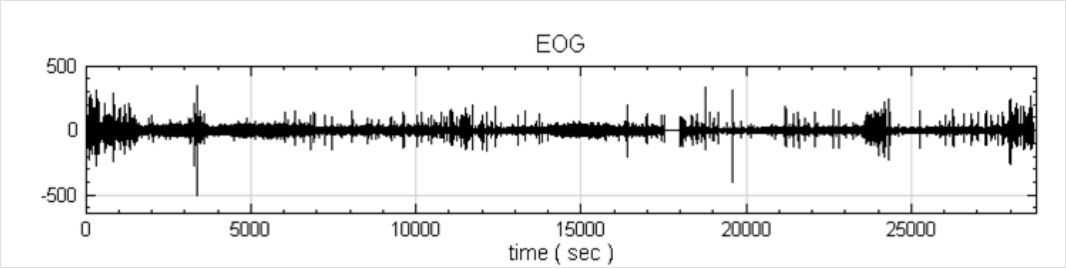
參數名稱	參數意義	預設值
GlobalSTD	設定是否計算整段訊號的標準差，否則計算滾動窗窗內的標準差。	False

MSE 相關參數與前章快速 MSE 相同，詳情請參閱【FastMSE】章節說明。Rolling Window 為輔助元件，相關參數用來控制做滾動窗計算時的計算窗大小、單位、及重疊等參數，詳情請參閱【滾動窗計算】章節。

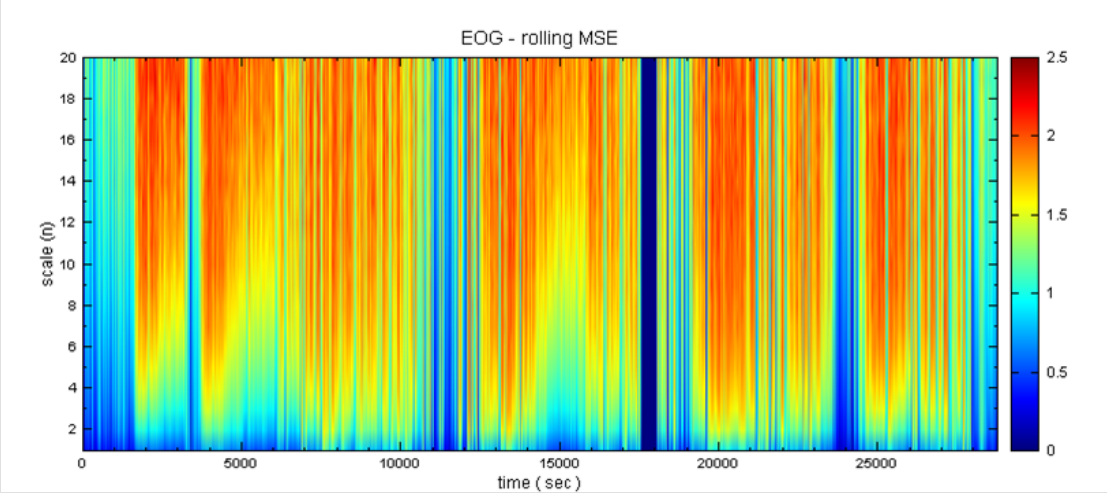
範例

以下這個範例是量測睡眠時的生理訊號，包括 EEG（腦波訊號）、ECG（心電訊號）、EOG （眼動肌動訊號）等，醫生透過各種生理訊號的人為判斷，分析出睡眠的分層。

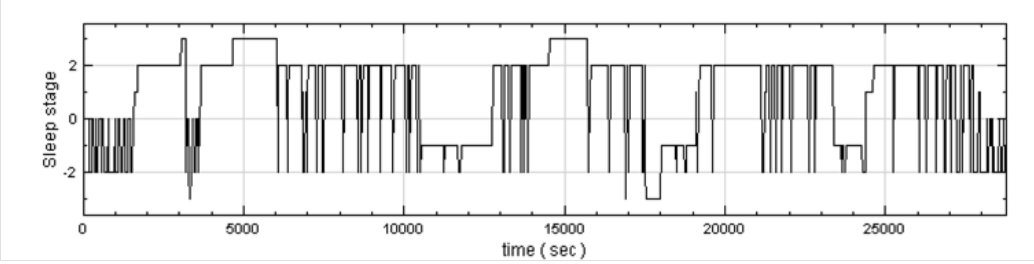
下面這張圖是睡眠時的 EOG 訊號。



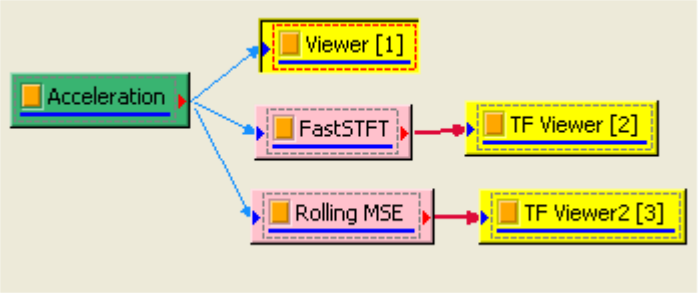
將 EOG 訊號作 Rolling MSE，隨著時間觀察 MSE 的變化。



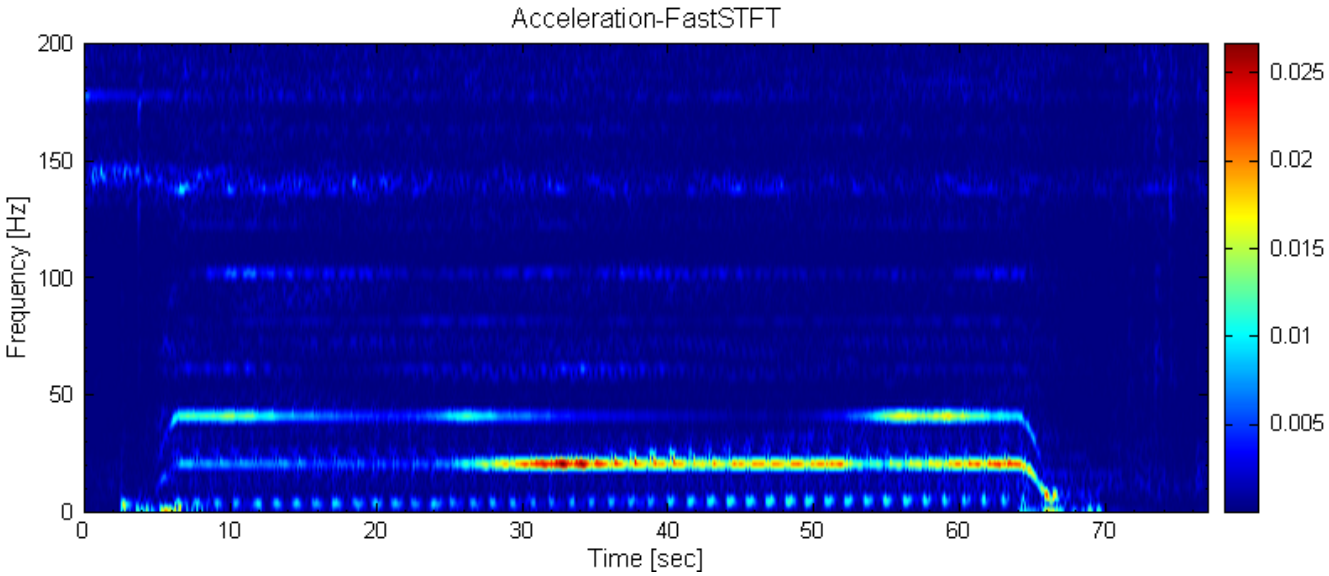
若將上圖 Rolling MSE 的結果與下圖醫生根據各種訊後做的判讀結果相當一致。



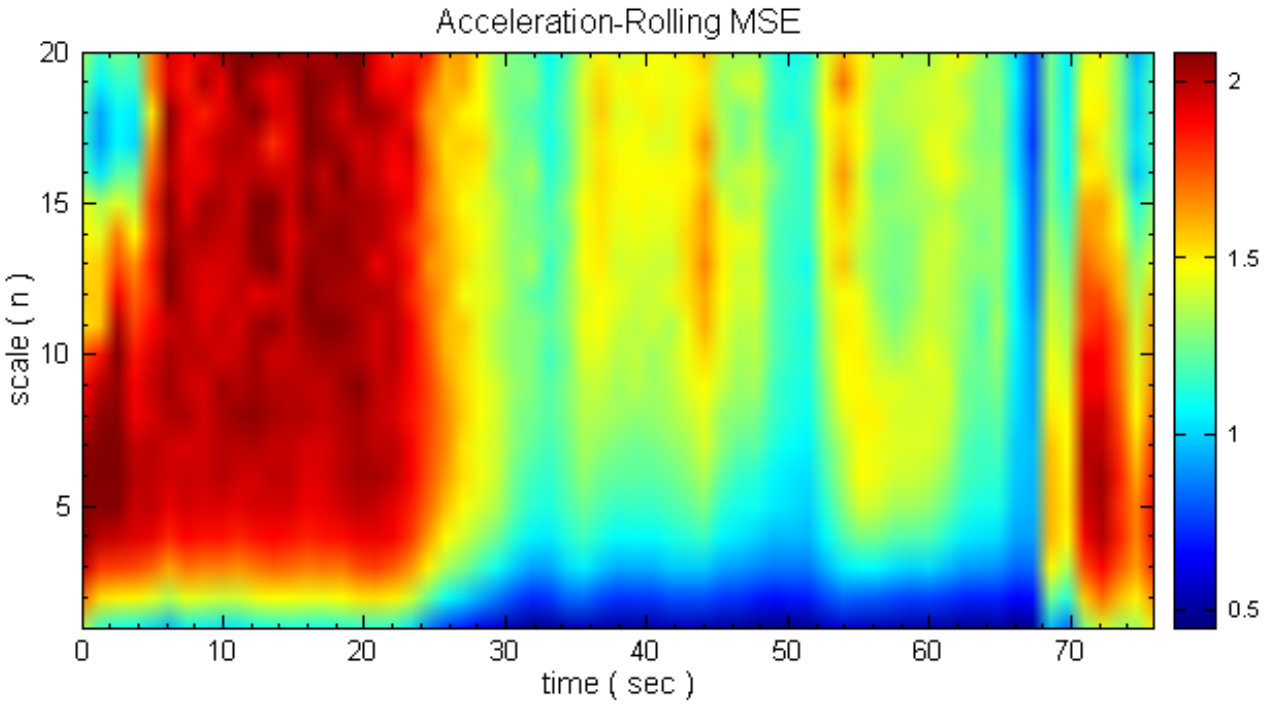
開啟 demo73_1 (`C:\\Program Files\\AnCAD\\Visual Signal\\demo\\Enhanced\\demo73\_1 - RollingMSE.vsn`)，可以看見一個加速度訊號，量測電梯上昇到停止的振動。



將振動訊號經由 Fast STFT 運算，再利用 TF Viewer 觀察其結果，發現在 25 秒至 65 秒間有固定 20 Hz 的頻率，也是電梯產生抖動的時間點如下圖。



再將其經過 Rolling MSE 的分析，發現這段期間 MSE 的值相較其他時間來的小，如下圖。



相關指令

Fast MSE。

參考資料

1. L. Guzm´an-Vargas, A. Ram´ırez-Rojas, and F. Angulo-Brown：Multiscale entropy analysis of electroseismic time series；Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 8, 855–860, 2008

2. Costa M, Peng C-K, Goldberger AL, Hausdorff JM. ：Multiscale entropy analysis of human gait dynamics. Physica A2003;330:53-60。

3. Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K.：Multiscale entropy analysis of biological signals. Phys Rev E 2005;71:021906.

4. Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K ：Multiscale entropy analysis of physiologic time series.Phys Rev Lett, 2002; 89：062102.

4.2.7 PCA*

Only in Professional

說明

PCA（Principle Component Anaylsis）的目的是將 k 筆混合訊號 X，(Mixing signal）拆解為 q 筆訊號 Y，而 $k > q$，Y 為互相不相關（un-correlated）的訊號。如此可用較少的訊號個數來代表或重建此混合訊號。

假設輸入的訊號 X 有 k 筆、訊號長度為 N；而輸出的（拆解過的）訊號 Y 有 q 筆，長度亦為 N。PCA 的目的是要找一個矩陣 W，滿足 $Y = W^T X$。其中 X 為混合訊號（X 需先移除 DC 值）。W 稱之為主分量

(principle component)，Y 稱之為 reconstructed signal。可以證明：W 為 X 的 covariance 矩陣的特徵向量（eigenvector），而其特徵值（eigenvalue）決定每一個 principle component 對於 X 的貢獻。所以，可透過刪除較小的特徵值，而以較少的筆數 q 來代表（resconstruct）此混合訊號。

註：

PCA 與 ICA 初看之下很容易混淆。PCA 乃將訊號拆解為彼此不相關的訊號；而 ICA 乃將訊號拆解為彼此獨立的訊號。「非相關」（un-correlated）的定義較「獨立」（independent）的定義寬鬆許多。

其中，非相關的定義為：$E(xy) = E(x)E(y)$，其中 E 為期望值。獨立的定義為：

$$p(xy) = p(x) \cdot p(y) \implies E(g(x)g(y)) = E(g(x)) \cdot E(g(y))$$

參數設定

本模組接受實數（real number），單通道（single channel），多通道（multi-channel ），Regular 訊號（signal）或聲音訊號（audio）輸入

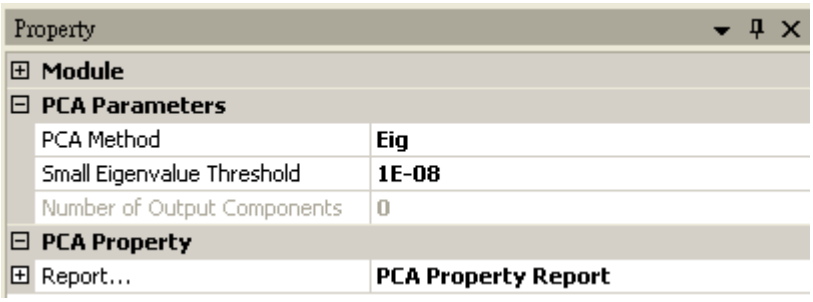
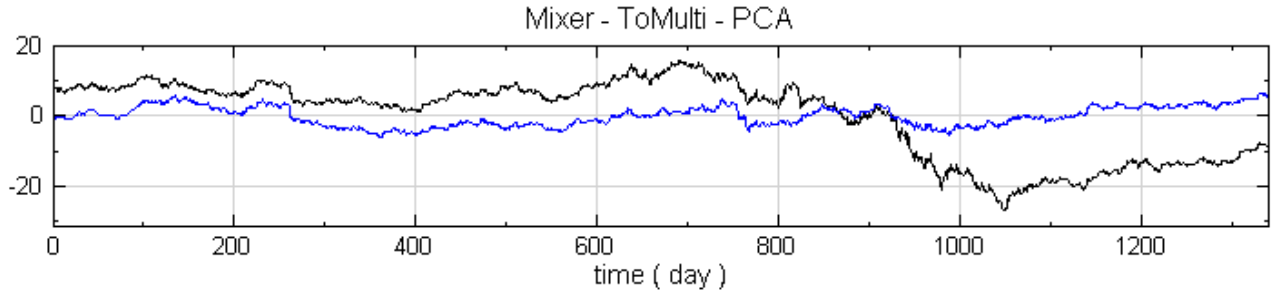


Table 4.44: 參數說明

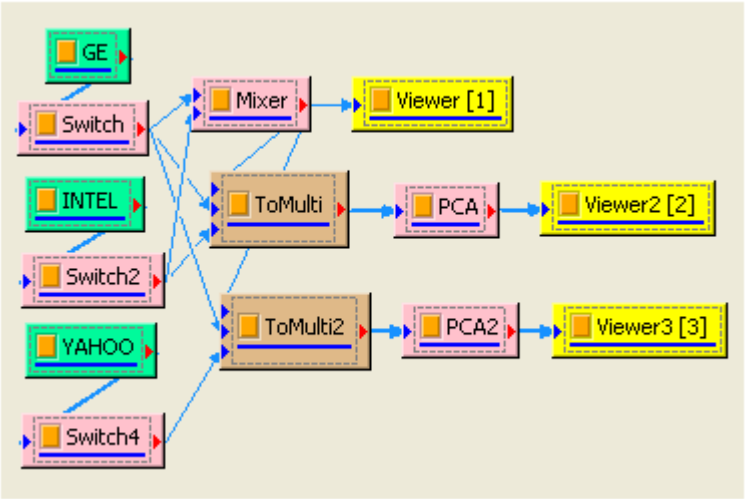
參數名稱	參數定義	預設值
PCA method	PCA 的求解方法，可為 Eig（特徵值法）或 SVD（Singular Valued Decomposition）。	Eig
Small Eigenvalue Threshold	特徵值大小在多少以下，視為冗餘訊號。	1E-08
Number of Output Components	求解出來的獨立訊號數。	僅輸出供使用者參考
Report	將特徵值，特徵向量以報表型式輸出。	僅輸出供使用者參考

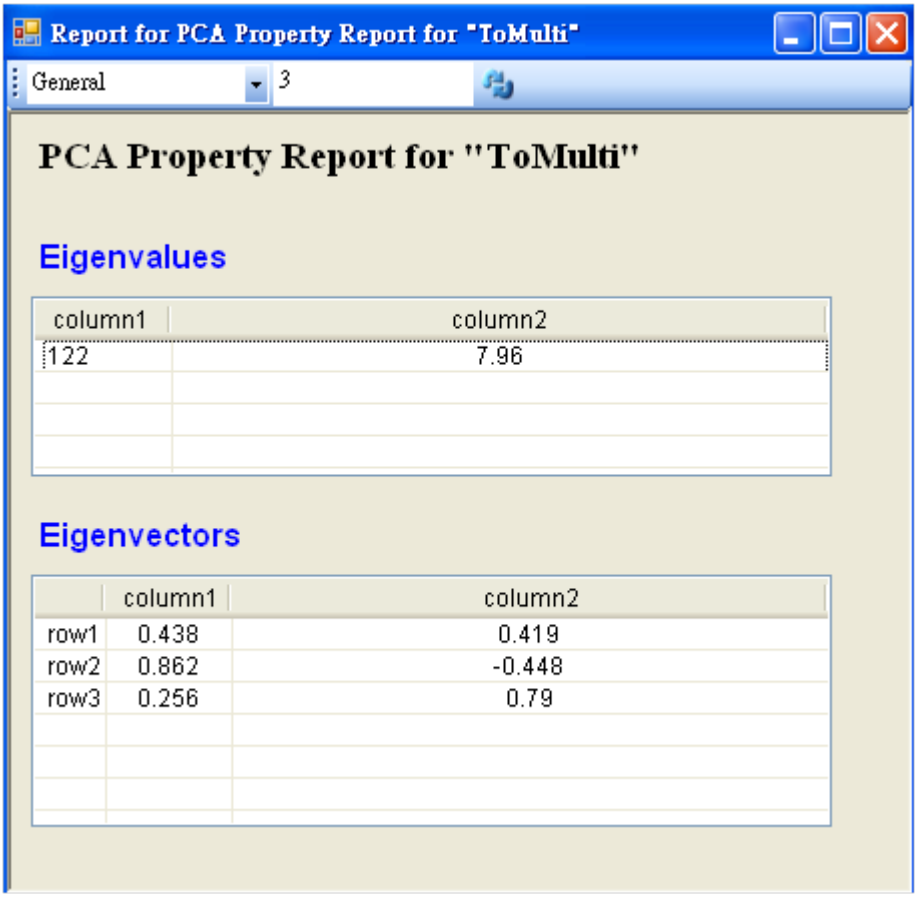
範例

開啟範例 demo 82（`C:\\Program Files\\AnCAD\\Visual Signal\\demo\\Enhanced\\demo 82 - PCA.vsn`），可以看到有三支股票 GE、INTEL、YAHOO，將 GE 及 INTEL 由 Mixer 依照比列形成一檔基金，如下圖。

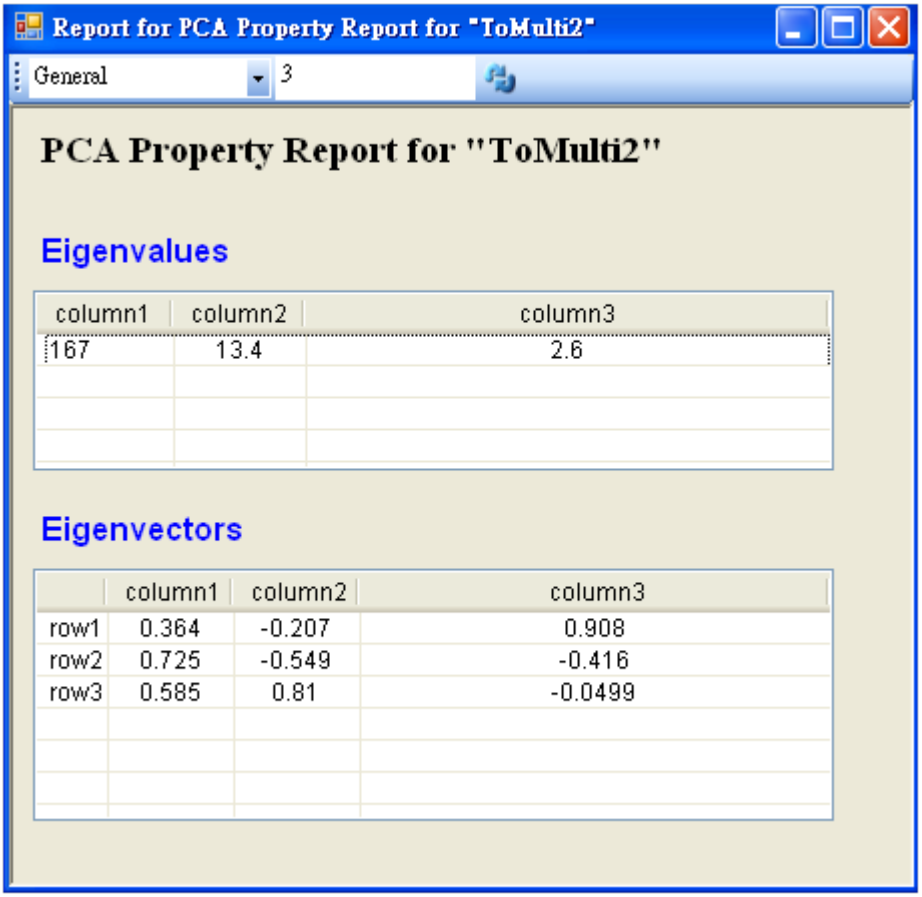


將兩檔股票與基金一起進行運算，基金與 GE、INTEL 運算 PCA，在將 PCA 中的 Report 展開，發現有 Eigenvalue 趨近 0，表示基金含有 GE 或 INTEL 的成分。





基金與 GE、YAHOO 運算 PCA，在將 PCA 中的 Report 展開，發現有 Eigenvalue 沒有趨近於 0，表示基金不含有 YAHOO 的成分。



相關指令

ICA。

參考資料

1. Independent Component Analysis, ATutorial Introduction Ch10,James V. Stone, A Bradford Book

2. Independent Component Analysis, Aapo Hyvärinen, Juha Karhunen, Erkki Oja, A Wiley-Interscience Publication

4.2.8 ICA*

Only in Professional

說明

ICA 為 Independent Component Analysis 的縮寫，為近十來年來發展的一個訊號分析演算法。

問題描述：

ICA 是將一組混合訊號 M（MixingSignal）拆解為另一組統計上互相獨立的訊號 S（Source Signal）。

假設輸入的混合訊號 M 有 d_m 筆長度為 N，輸出的拆解後原訊號 S 有 d_s 筆長度為 N，ICA 的問題是要找一個矩陣 W 與獨立訊號 S 滿足 $S = WM$，亦可寫成 $M = AS, A = M^{-}1$，其中 A 為 $d_s \times d_m$ 矩陣，W 為 $d_m \times d_s$ 矩陣。

在 ICA 中有兩個假設：一為 S 為互相獨立（independent），二為最多一個 S 為 Gaussian 分佈。

應用例：雞尾酒派對（Cocktail Part Problem）問題

ICA 可用以處理混音分離之問題：假設聲速為無窮快，以 d_m 隻位置不同麥克風接收 d_s 個人說話的加總混音，由於每個人說話之音量，相對於麥克風位置皆不同，所以每隻麥克風接收到的混音皆不同。ICA 可將麥克風接收到的聲音，拆解出每個人說話之原聲。此外，若讓麥克風數量 d_m 大於人數 d_s（如此在做拆解時，會有冗餘訊號，見下）時，做 ICA 分離有機會將雜訊極中於某一（冗餘）訊號，讓拆解出來的訊號更接近原聲，更利於做接下來的處理(如做頻率分析)。因此，ICA 讓做為語音辨識或除噪的數學工具。

演算法說明：

本模組採用 Fixed Point 方法求解 W 及 S，描述如下：

信號之間的獨立可用 Non-Gaussian 分佈函數描述之，最大化此函數，以求到 S 之間的獨立。此求法相當於求 Cost（Objective）Function 的導數等於零的解，求解時使用牛頓法疊代求得 W：

$$max(f) \rightarrow \frac{df}{dW} = 0 W_{n+1} = W_n - \frac{f(W_n)}{\frac{\Delta f}{\Delta W_n}} n : 1 \rightarrow \text{Max Iteration}$$

在求解時，可一次求 W 的一個分量（一列），稱之 Deflation Method；或同時求得所有 W 的分量，稱之 Symmetric Method。（注意：因 Deflation 法很容易累積 Round-Off 之誤差，所以除了少數情況外，Symmetric 法結果都較 Deflation 為佳。）

Cost Function 可為 Tanh，Kurtosis （Fourth Order Moment）、Skewness（3rd Order Moment）。一般情況下 Tanh 可得到較佳的準度。

在 $M = AS$ 式中，A 與 S 皆為未知，故可改寫為 $m = \frac{1}{\alpha_i} A_i(\alpha_i S_i)$，其中 α 為任意非零常數。則信號 $\alpha_i S_i$ 亦為一解。這是 ICA 演算法本身的模糊性（Ambiguity）。若 α_i 符號顛倒則訊號正負號將顛倒，有時顛倒的訊號會造成困擾：如雞尾酒派對問題中，矩陣 A 的的每一個元素，因為為非負的數（距離不該有負號）。因此，本模組提供選項 Flip Signal Sign ，會自動將 A 的每一個元素調整為非負值。

$d_m > d_s$ 的不等式發生於訊號有冗餘（Redundancy）的情況：Covariance Matrix（詳見 PCA）的特徵值，表現了原始訊號間的關係。在特徵值有零的情況下，表示混合訊號有線性相依性（好比三個聲源，卻有五個麥克風），ICA 將自動移除此訊號。使用者可選擇特徵值在特定的 Threshold 下時，自動刪除該訊號。而因某些雜訊的特徵值相較於其他訊號小的多，故也可把 ICA 當做一種除噪工具。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal ）或聲音訊號（Audio）的輸入。

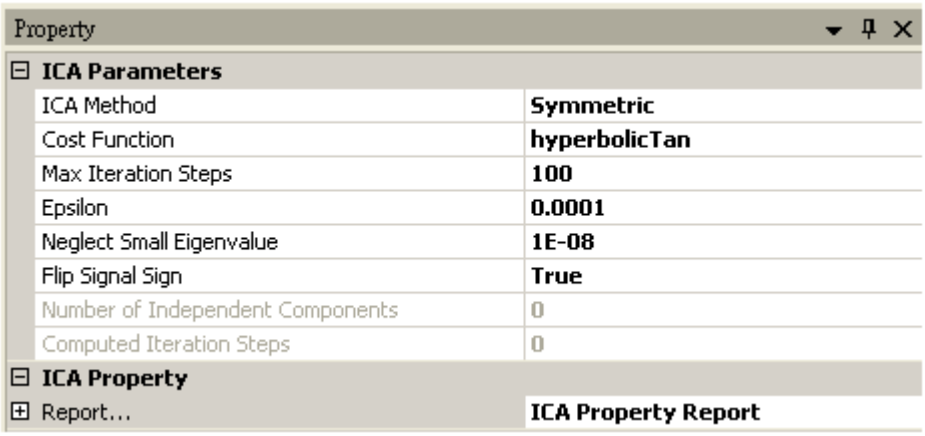
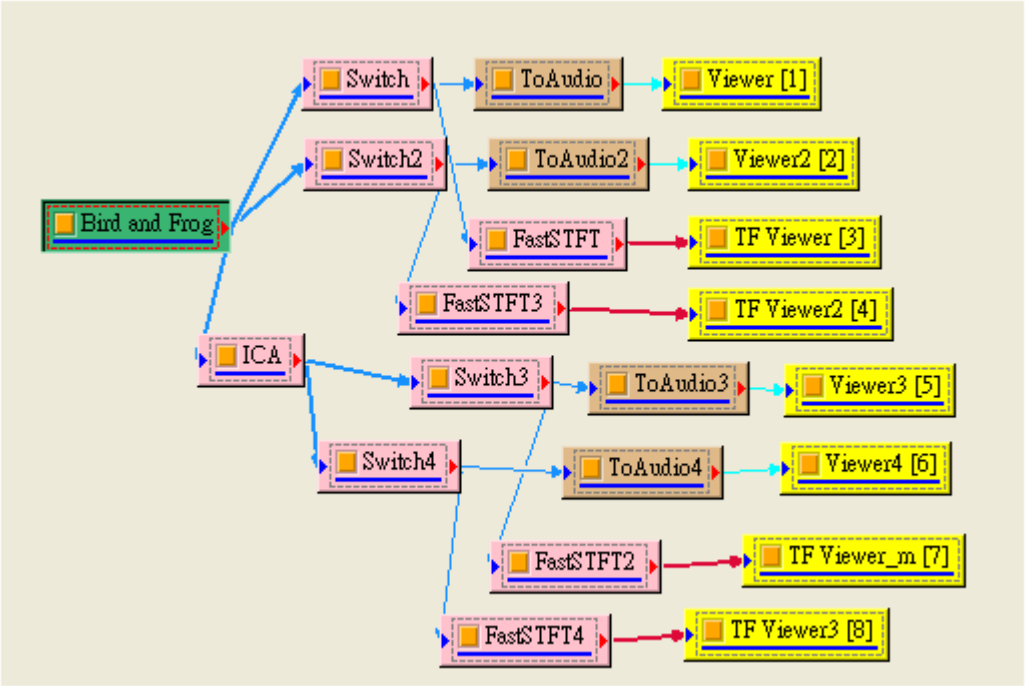


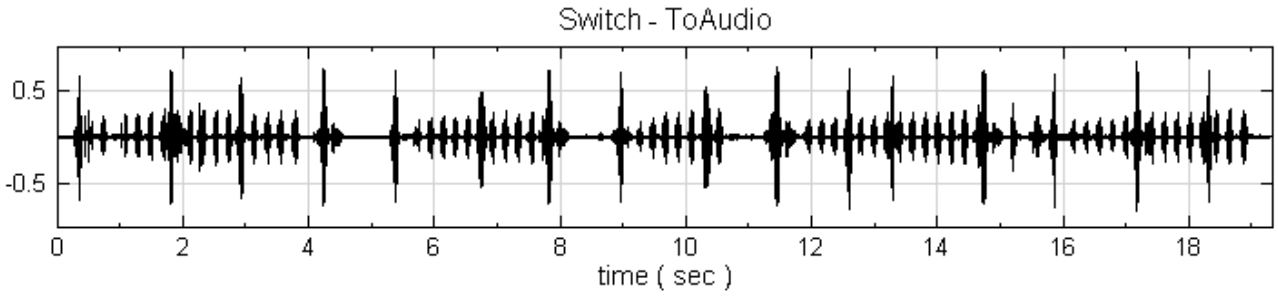
Table 4.45: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
ICA method	ICA 的求解方法，可為 Symmetric 或 Deflation。	Symmetric
Cost function	求解 ICA 時所用的分佈函數，有 hyperbolicTan、skewness 以及 kurtosis。	hyperbolicTan
Max Iteration Steps	迭代次數的最大值。	100
Epsilon	收斂與否的判斷標準。	0.0001
Neglect small Eigenvalue	特徵值大小在多少以下，視為冗餘訊號	1E-08
Flip Signal Sign	輸出時，是否要將訊號做反轉。	True
Number of Independent Components	求解出來的獨立訊號個數	僅輸出供使用者參考
ComputedIteration Steps	計算時，實際的迭代次數	僅輸出供使用者參考
Report	將特徵值，特徵向量以報表型式輸出	僅輸出供使用者參考

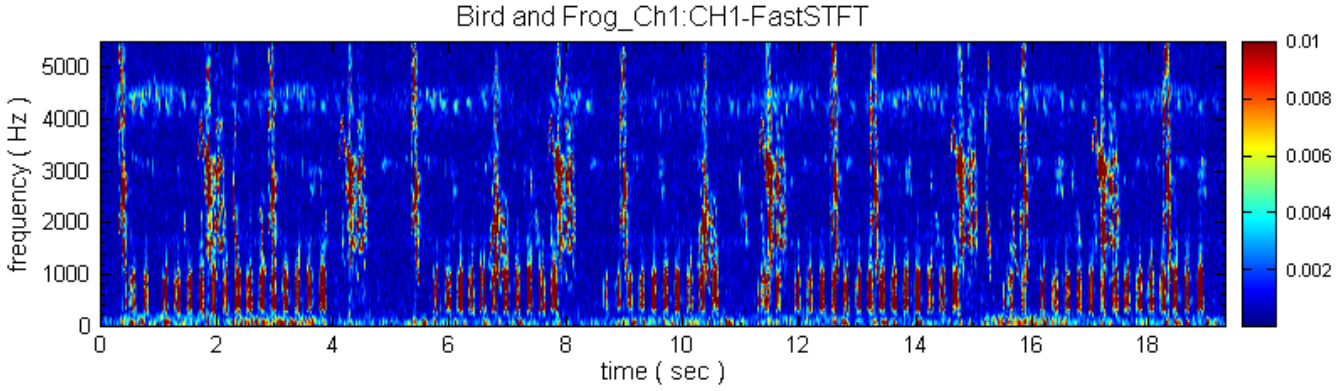
範例

開啟 demo79 (`C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Enhanced\demo79 - ICA.vsn`)，可見原訊號 Bird and Frog 是由兩支麥克風錄製錄製兩種青蛙的叫聲，其中一種青蛙聲音類似鳥叫，可以按下 Viewer 左上角的 Play，分別聽兩支麥克風錄到的蛙叫聲。

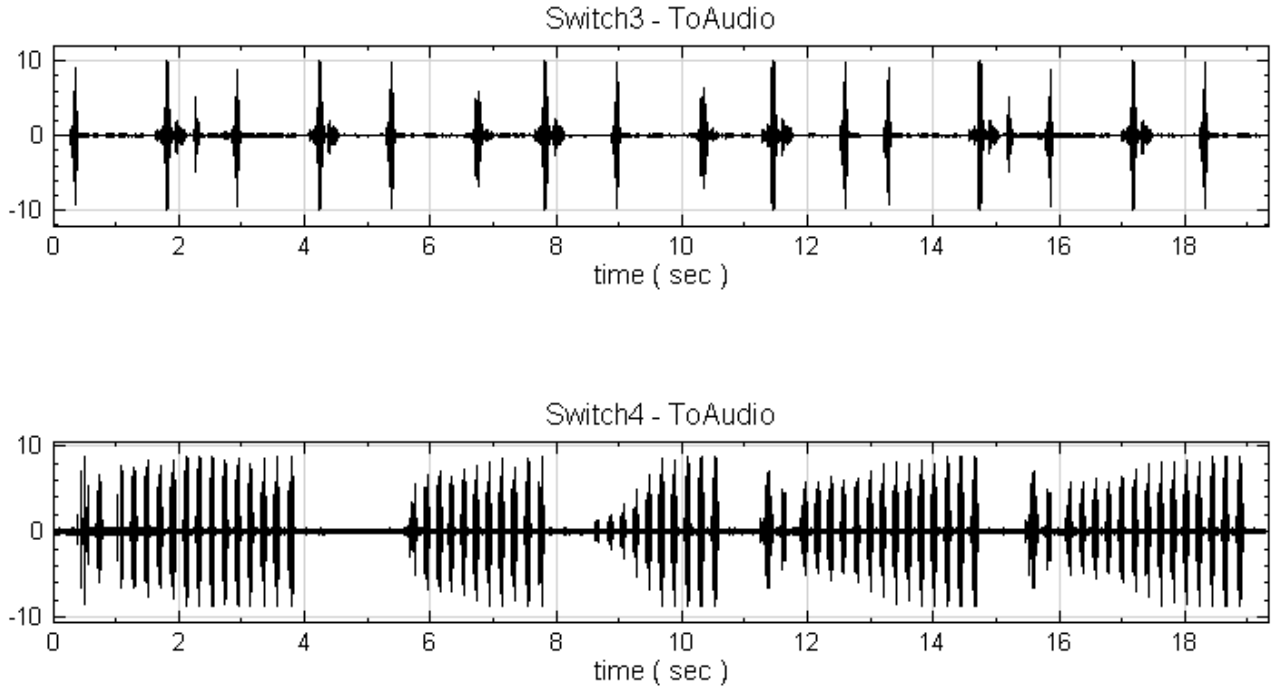




其中一支麥克風的聲音訊號經過 Fast STFT 計算結果如下圖，可以看出有高頻及低頻聲音。



再將兩支麥克風訊號經過 ICA 拆解，可以看結果如下，亦可以按下 Viewer 左上角的 Play，分別聽拆解出來各別的蛙叫聲



相關指令

PCA。

參考資料

1. Independent Component Analysis by by Aapo Hyvtirinen, Juha Karhunen, and Erkki Oja A Wiley-Interscience Publication

2. E. Bingham and A. Hyv¨arine,. A fast fixed-point algorithm for independent component analysis of complex-valued signals. Int. J. of Neural Systems, 10(1):1–8, 2000.

3. A. Hyv¨arinen. A family of fixed-point algorithms for independent component analysis.In Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP'97), pages 3917–3920, Munich, Germany, 1997.

4. A. Hyv¨arinen. Fast and robust fixed-point algorithms for inde7endent component analysis. IEEE Trans. on Neural Networks, 10(3):626–634, 1999.

5. Z. Koldovský, P. Tichavský and E. Oja, "Efficient Variant of Algorithm FastICA for Independent Component Analysis Attaining the Cramér-Rao Lower Bound", IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 17, No. 5, Sept2006.

4.2.9 Teager*

Only in Professional

Teager 能量運算子（Teager Energy Operator）是基於時－頻乘積的非線性微分算子，可用以分析訊號的調變(modulation)。在調變的基礎上，得以定義訊號的瞬時頻率與瞬時振幅。

說明

基於調變（AM-FM model），訊號可寫為下面型式（desa1 演算法）：

$$x(t) = a(t)\cos\left[\Omega_c t + \Omega_m \int_0^t q(m)dm + \theta\right],$$

其中 Ω_c 為 Carrier frequency，$q(t)$ 為 information signal $|q(t)| < 1$ ，Ω_m 為最大偏差頻率 $0 < \Omega_m < \Omega_c$，$a(t)$ 為瞬時振幅，θ 為初始相角。

令定義 Teager 能量運算子為：

$$\Psi_d[x(t)] = \frac{x^2(t) - x(t-\Delta t)\cdot x(t+\Delta t)}{T^2},$$

其中 T 為取樣週期。在線性調變，與調變波為窄波的基礎下，代入 $x(t)$ 上式可有下面近似：

$$\Psi[x(t)] \approx a^2(t)\sin^2(\Omega_i(t))$$

另外再定義 $y(t) = x(t) - x(t-\Delta t)$（backward difference，反向差），可得：

$$\frac{1}{2}(\Psi[x(t)] + \Psi[y(t)]) \approx 4a^2(t)\sin^2\left[\frac{\Omega_i(t)}{2}\right]\sin^2[\Omega_i(t)]$$

此時可算出瞬時頻率與瞬時振幅：

$$\Omega_i(t) = \cos^{-1}\left(1 - \frac{\Psi[y(t)] + \Psi[y(t+\Delta t)]}{4\Psi[x(t)]}\right)$$

$$|a(t)| = \left\langle \frac{\Psi[x(t)]}{\frac{\Psi[y(t)]+\Psi[y(t+\Delta t)]}{4\Psi[x(t)]}} \right\rangle$$

參數設定

本模組接受實數 (real number)，單通道 (single channel) 或多通道 (multi-channel)，Regular 的訊號 (signal) 或聲音訊號（audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。

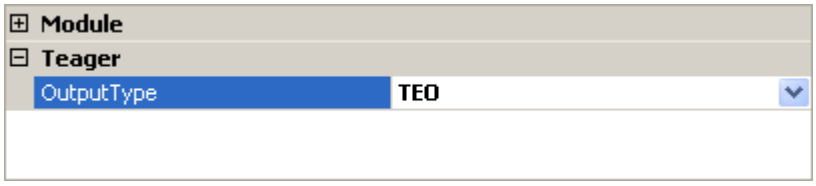
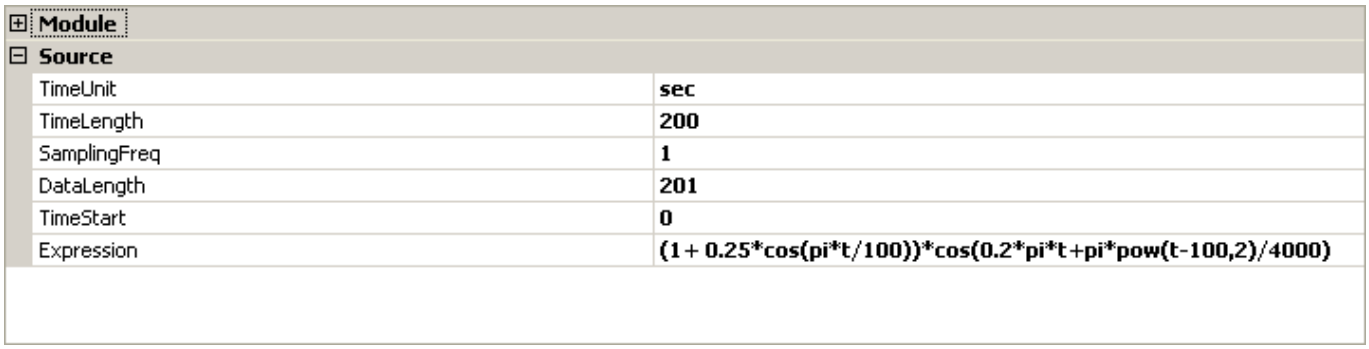


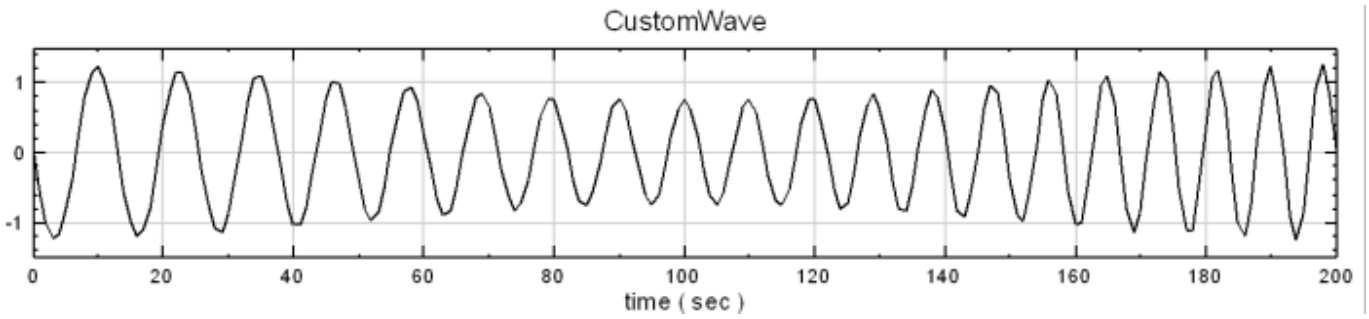
Table 4.46: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
OutputType	設定輸出選項，可為 TEO (Teager Energy Operator)、InstantAmplitude 與 InstantFrequency。	TEO

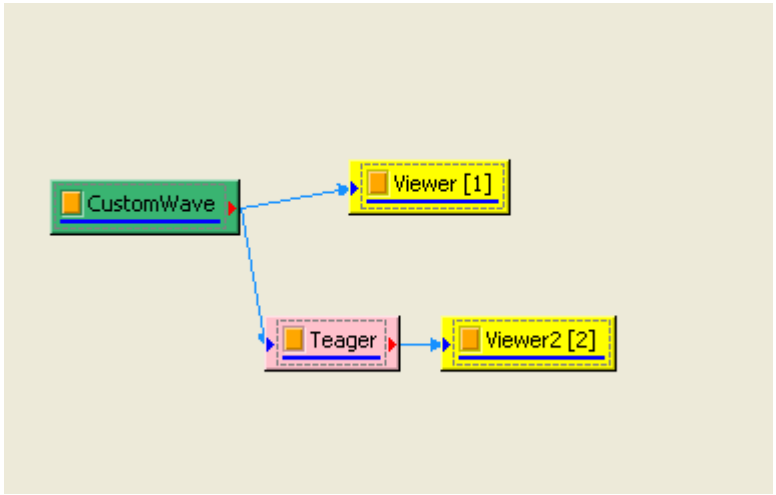
範例

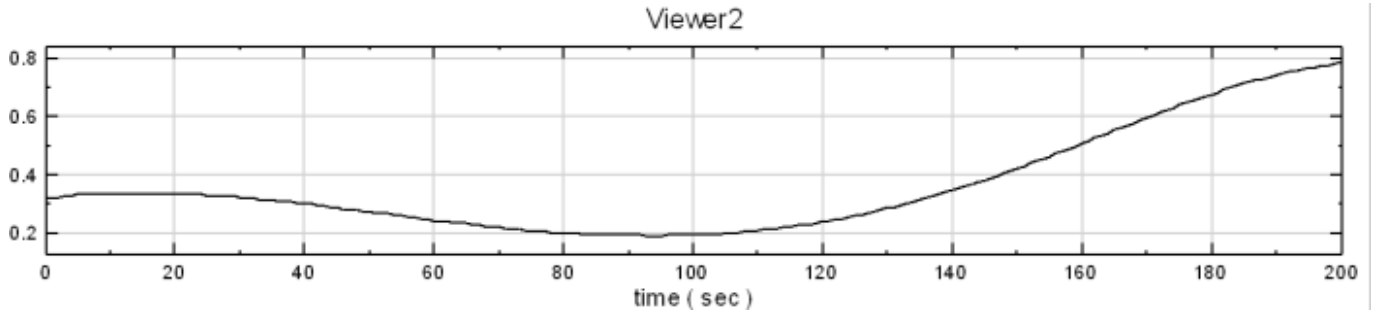
使用 Source / Custom wave 自行設定訊號，取樣頻率設定為 1，TimeLength 為 200，共 201 個點，Expression 為 `(1+0.25*cos(pi*t/100))*cos(0.2*pi*t+pi*pow(t-100,2)/4000)`



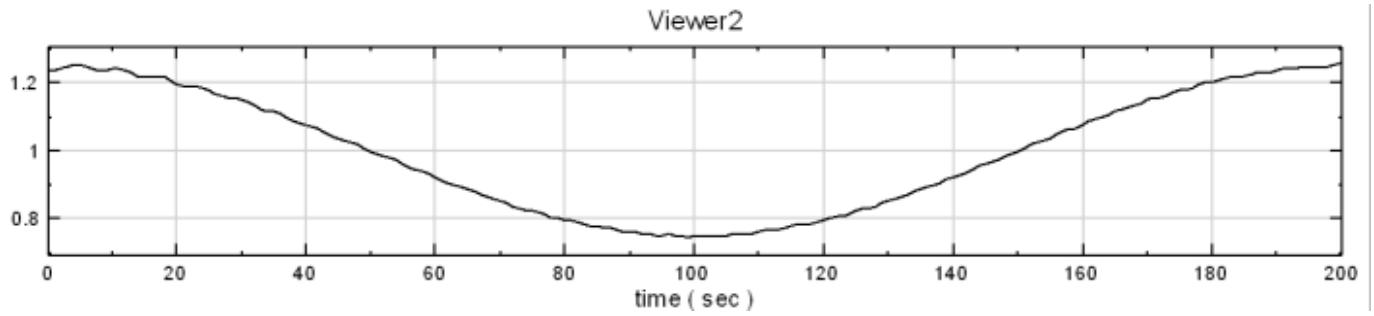


使用 Teager 模組分析之，OutType 為 TEO，結果以 Channel Viewer 顯示結果。

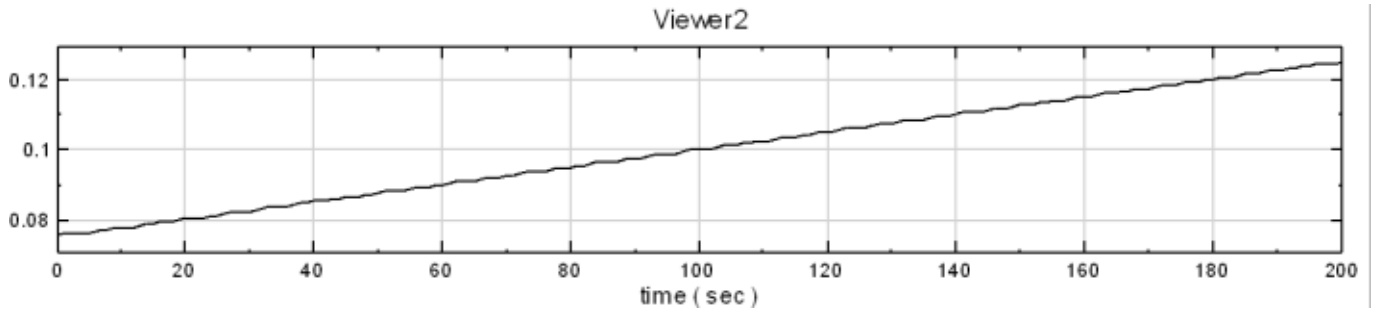




OutType 為 InstantAmplitude，結果以 Channel Viewer 顯示結果。



OutType 為 InstanceFrequency，結果以 Channel Viewer 顯示結果。



4.3 External*

Available in Professional only

4.3.1 ExternalDll*

Only in Professional

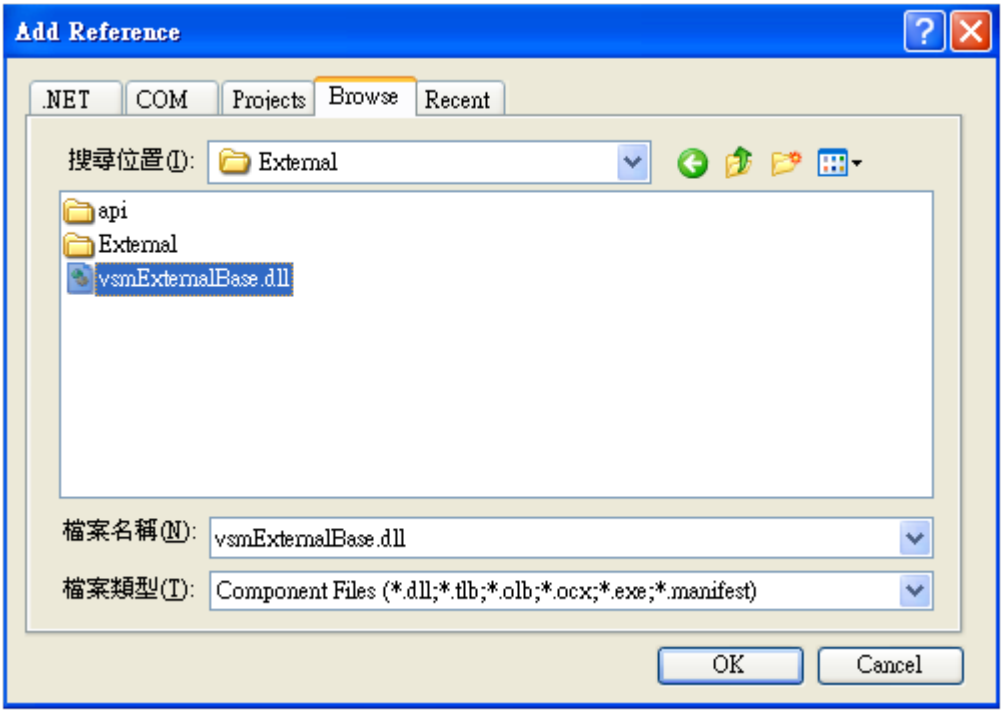
本模組主要是幫助使用者嵌入各種獨自開發的演算法、訊號來源的介面等，使用者可以利用 Visual C#、Visual Basic、Visual C++ 產生各種應用的 DLL（Dynamic Link Library），本模組便可以在 Visual Signal 的環境下使用該 DLL。

說明

1. 首先產生 DLL，在 Visual Studio 環境下，Project 選擇為 `Class Library`，並在 References 加入：

   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\vsmExternalBase.dll`

並且記得 `using VSignal.ExternalBase;`



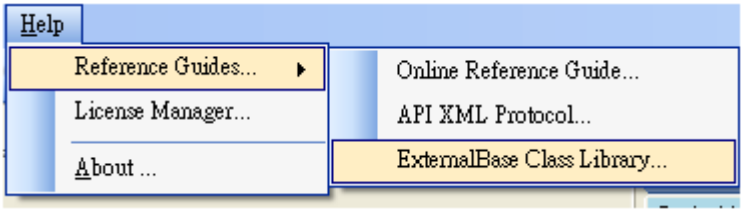
2. 所撰寫的 Class 必須繼承 TExternalBase，並且改寫兩個主要方法：

   - `Init()`：主要在於設定名稱、參數設定、模組基本設定等，
   - `DoCompute()`：目的在於接收輸入訊號、使用者處理訊號的演算法、輸出訊號設定等。

3. 所有設定可以參考 ExternalBase Class Library 或 Visual Signal 下 Help / Reference Guides / ExternalBase Class Library 。

   產生 DLL 範例可以參考：

   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\api\cs\VSignalExternalDllDemo`。



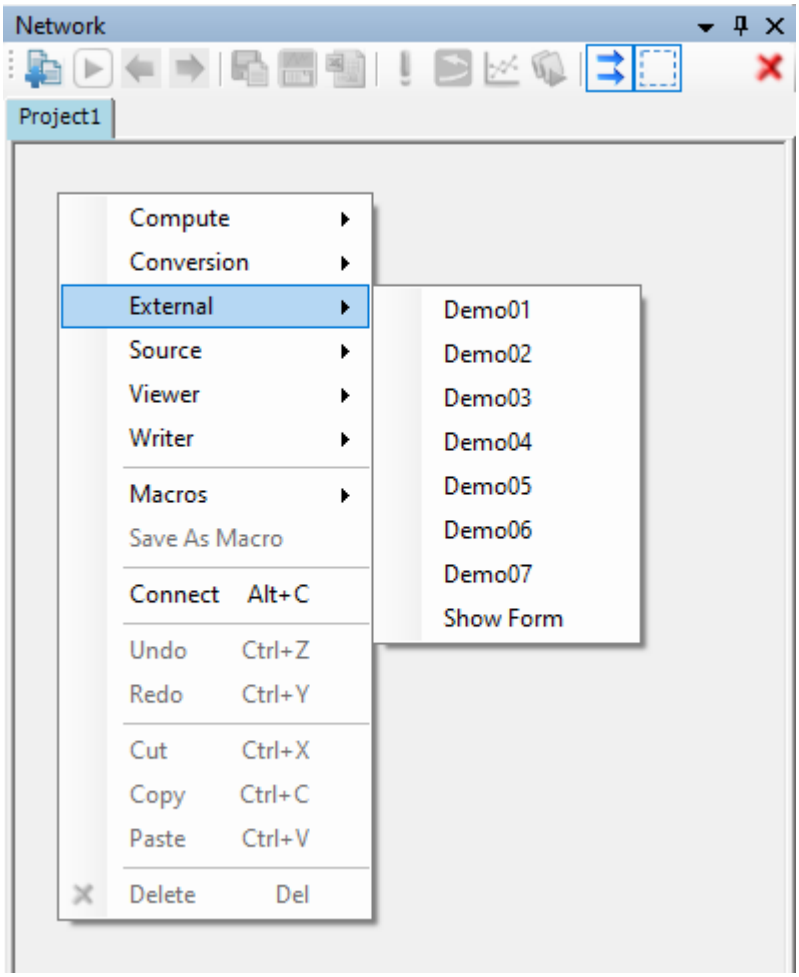
4. 若將產生的 DLL 檔放置於以下資料夾：

   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External`

   或

   【使用者文件夾】`\AnCAD\VisualSignal\External`

   則 Visual Signal 會自動在【Network Editor】的「元件功能選單」內之「External」項目下產生一個選項，點選擇會生成該 DLL 對應的 ExternalDLL 元件，如下圖顯示 External 項目內 VisualSignal 內建的各範例 External DLL：



參數設定

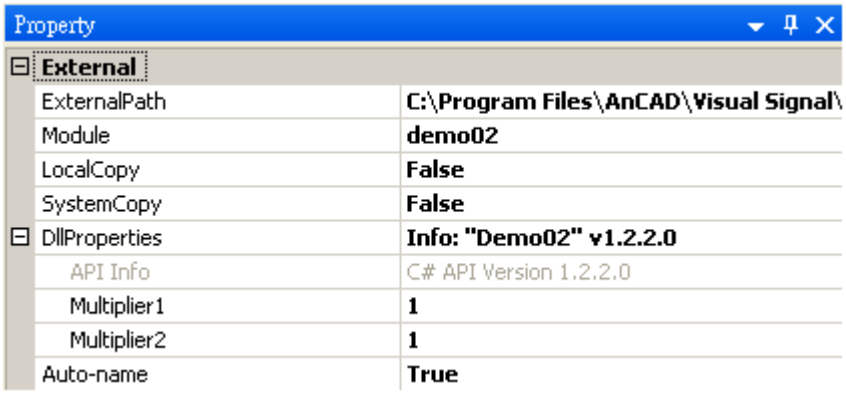


Table 4.47: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
External Path	設定外接 DLL 的路徑。	None
Module	選擇外接 DLL 內包含之模組。	None
LocalCopy	設定為 True，儲存專案時會將 DLL 檔案複製到專案資料夾。	False
SystemCopy	設定為 True，會將 DLL 檔案複製到 Visual Signal 專用資料夾 (`C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\...`)。	False
Auto-name	自動設定元件名稱為外接模組名稱。	True

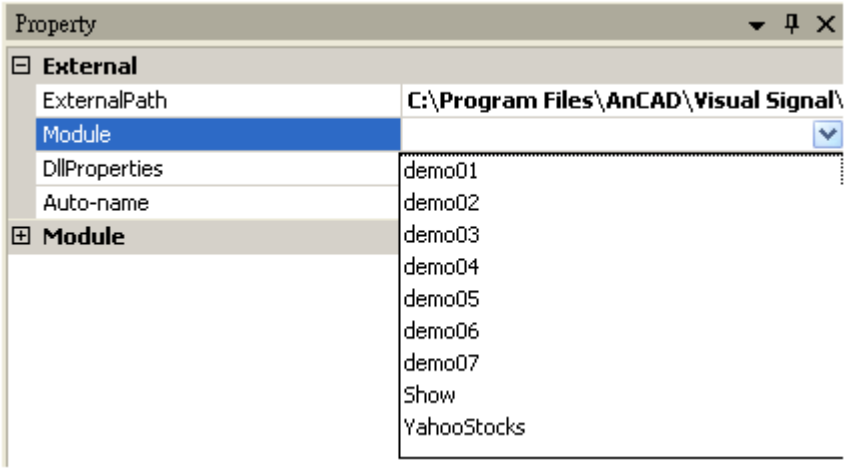
參數名稱	參數定義	預設值
DllProperties	包含使用者設計及定義 DLL 模組的參數設定，或者 API Version 等。	None

範例

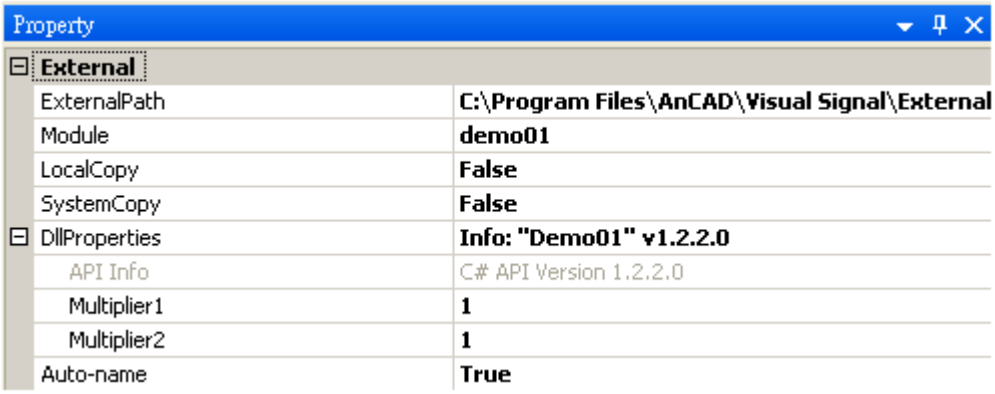
1. 開啟 Compute / External / ExternalDll，然後 ExternalPath 中開啟：

   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\External\ExternalDllDemos.dll`

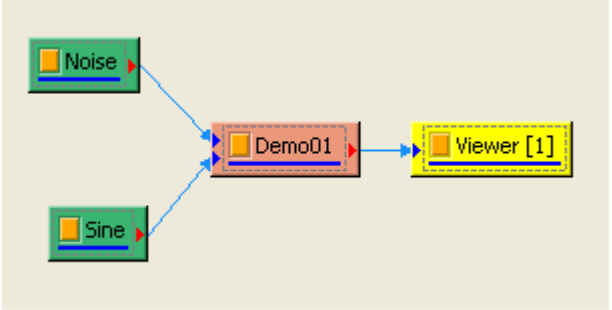
   然後在 Module 可以看到許多模組，如下圖。

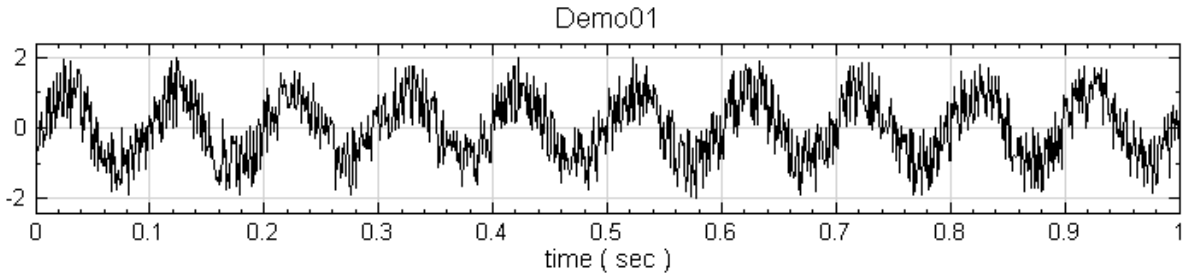


2. 首先將 Module 選擇為 demo1，然後在 DllProperties 類別中出現 Multiplier1 代表第一個訊號的加權，Multiplier2 代表第二個訊號的加權，最後再將加權後的訊號相加為輸出訊號。



3. 將 Noise 及 Sine Wave 接至 demo1 元件，再利用 Channel Viewer 連接觀察其結果，如下圖。

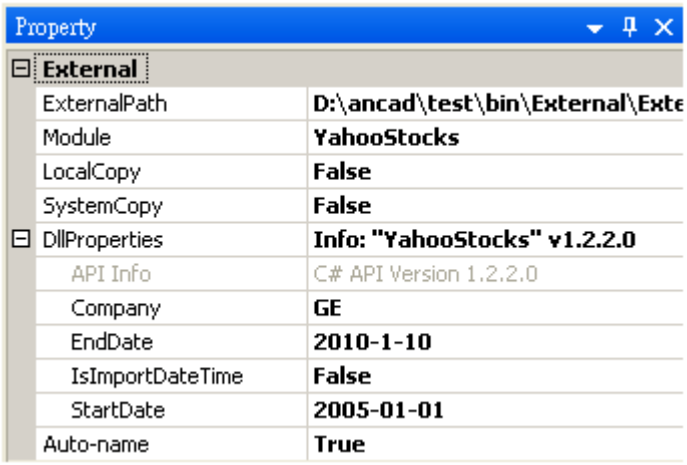




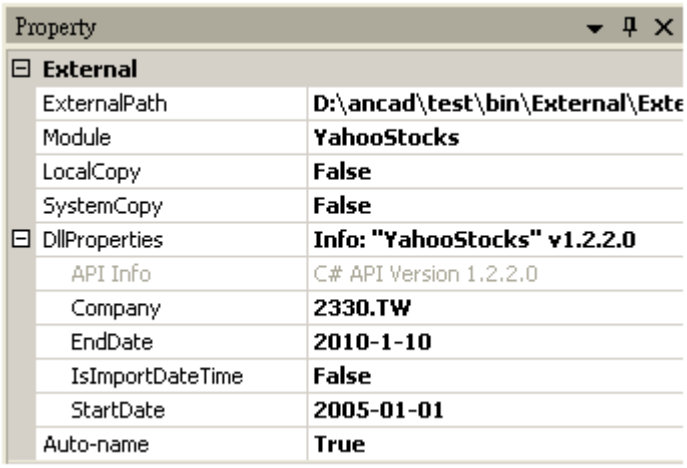
4. 再開啟一個 ExternalDll，ExternalPath 中開啟：

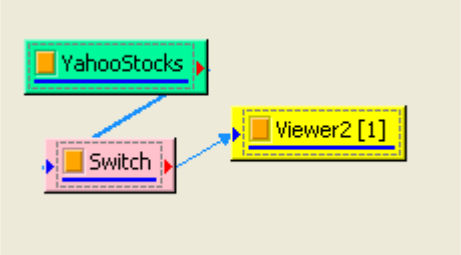
   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\External\ExternalDllDemos.dll`，

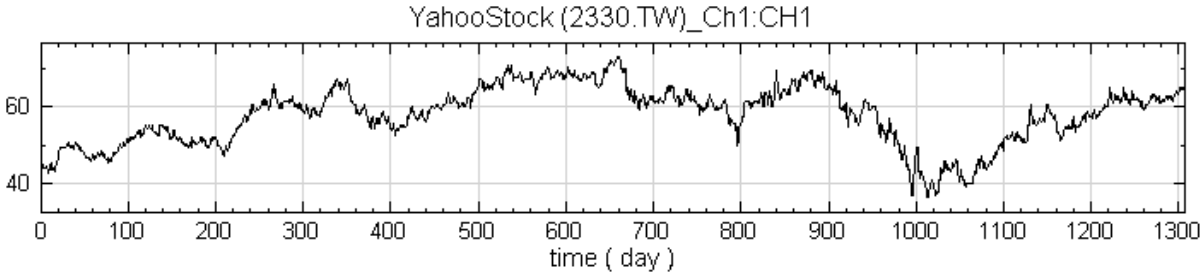
   最後將 Module 選擇為 YahooStocks，這個 DLL 的 YahooStocks 將會至 Yahoo 將某個時段、某支股票的資料抓取下來。



5. DllProperties 中的 Company 可以輸入公司縮寫，例如 `2330.TW` （台積電）等，再將其接至 Channel Switch 選擇 開盤價、收盤價、成交量等，最後用 Channel Viewer 連接觀察其結果。







相關指令

ExternalViewer

4.3.2 ExternalViewer*

Only in Professional

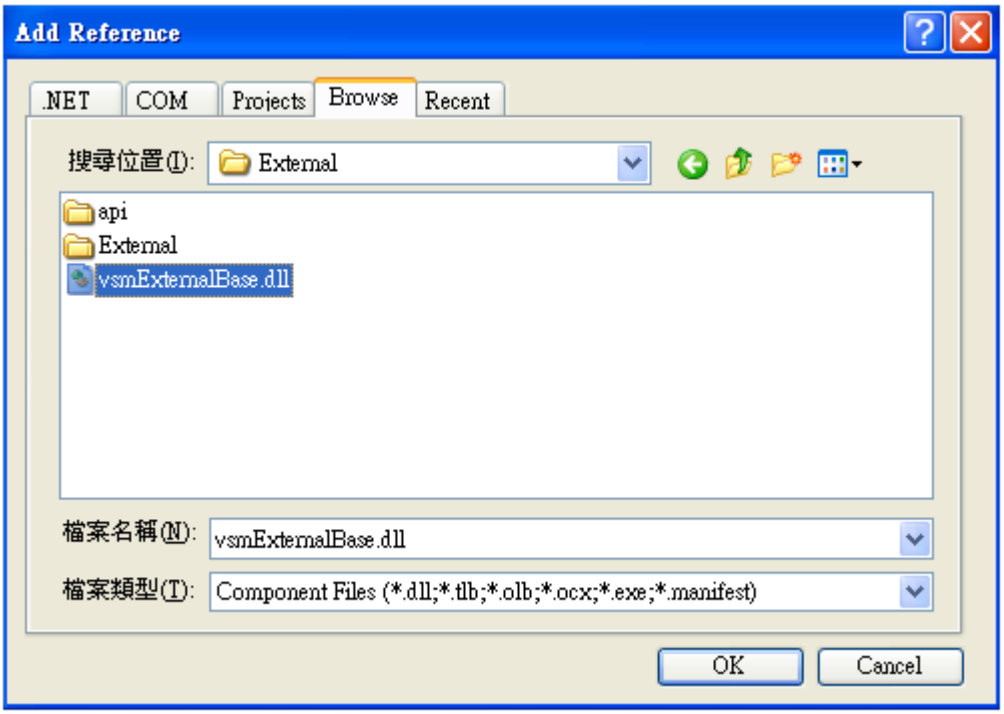
本模組主要讓使用者在 Visual Signal 下嵌入各種圖片，使用者可以利用 Visual C#、Visual Basic、Visual C++ 產生各種應用的 DLL（Dynamic Link Library），本模組便可以在 Visual Signal 的環境下使用該 DLL 展示圖片。

說明

1. 首先產生 DLL，在 Visual Studio 環境下，Project 選擇為 “Class Library”，並在 References 加入：

   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\vsmExternalBase.dll`，

   並且記得 `using VSignal.ExternalBase;`



2. 所撰寫的 Class 必須繼承 TExternalViewer，並且改寫兩個主要方法：

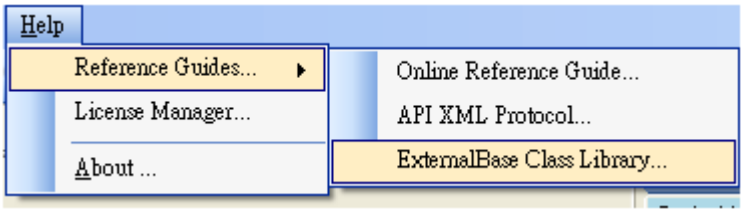
   - `Init()`：主要在於設定名稱、參數設定、模組基本設定等，
   - `DoCompute()`：目的在於接收輸入訊號、使用者處理訊號的演算法、繪圖程式等。

3. 所有設定可以參考 ExternalBase Class Library 或 Visual Signal 下 Help / Reference Guides / ExternalBase Class Library。

   產生 Viewer DLL 範例可以參考：

   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\api\cs\VSignalExternalDllDemo`。

   中之「`demo06.cs`」相關程式。



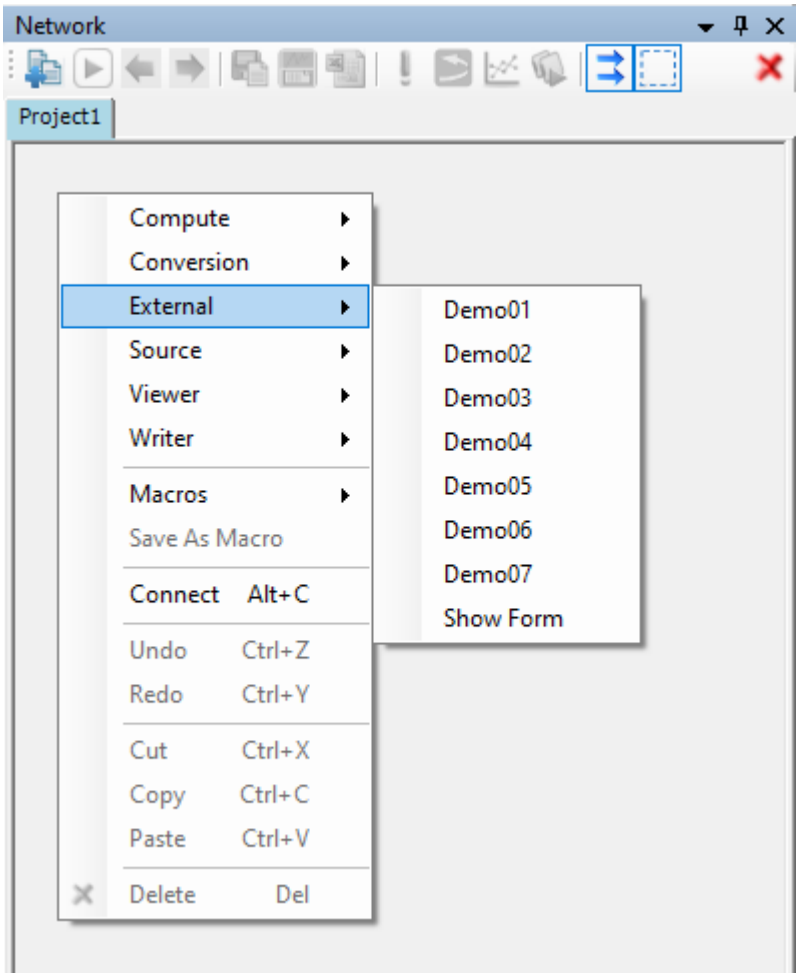
4. 若將產生的 Viewer DLL 檔放置於以下資料夾：

   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External`

   或

   【使用者文件夾】`\AnCAD\VisualSignal\External`

   則 Visual Signal 會自動在【Network Editor】的「元件功能選單」內之「External」項目下產生一個選項，點選擇會生成該 DLL 對應的 External Viewer DLL 元件，如下圖顯示 External 項目內 VisualSignal 內建的「`Demo06`」範例：


Network
Project1
Compute
Conversion
External
Source
Viewer
Writer
Macros
Save As Macro
Connect Alt+C
Undo Ctrl+Z
Redo Ctrl+Y
Cut Ctrl+X
Copy Ctrl+C
Paste Ctrl+V
Delete Del
Demo01
Demo02
Demo03
Demo04
Demo05
Demo06
Demo07
Show Form

參數設定

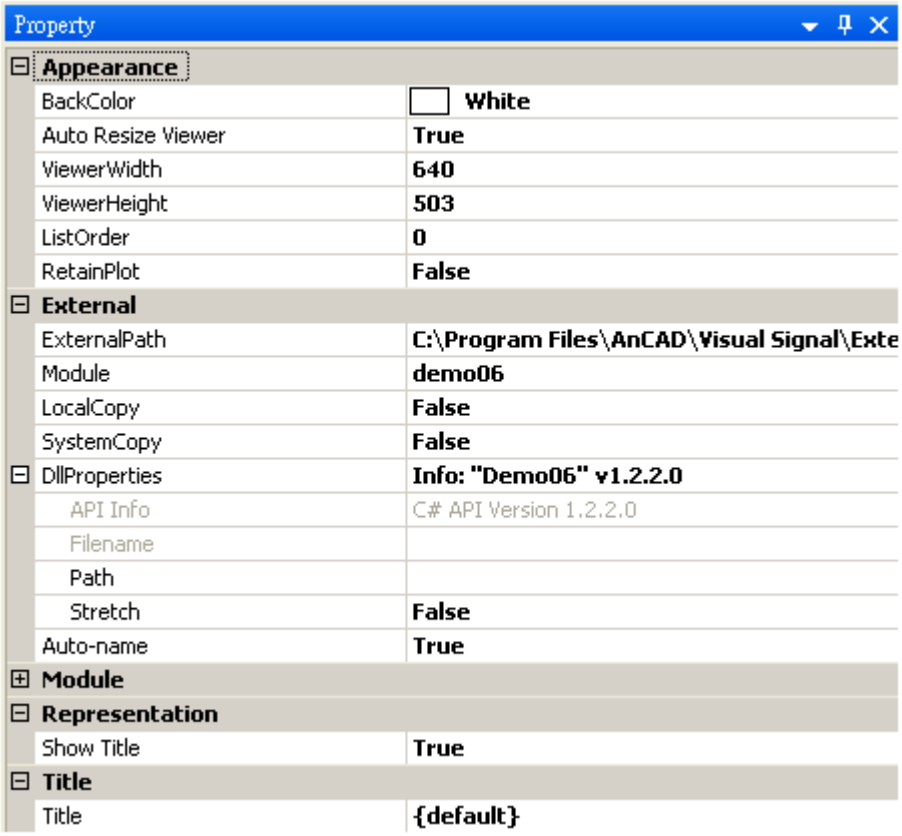

Property
Appearance
BackColor White
Auto Resize Viewer True
ViewerWidth 640
ViewerHeight 503
ListOrder 0
RetainPlot False
External
ExternalPath C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\Exte
Module demo06
LocalCopy False
SystemCopy False
DllProperties Info: "Demo06" v1.2.2.0
API Info C# API Version 1.2.2.0
Filename
Path
Stretch False
Auto-name True
Module
Representation
Show Title True
Title
Title {default}

Table 4.48: 參數說明

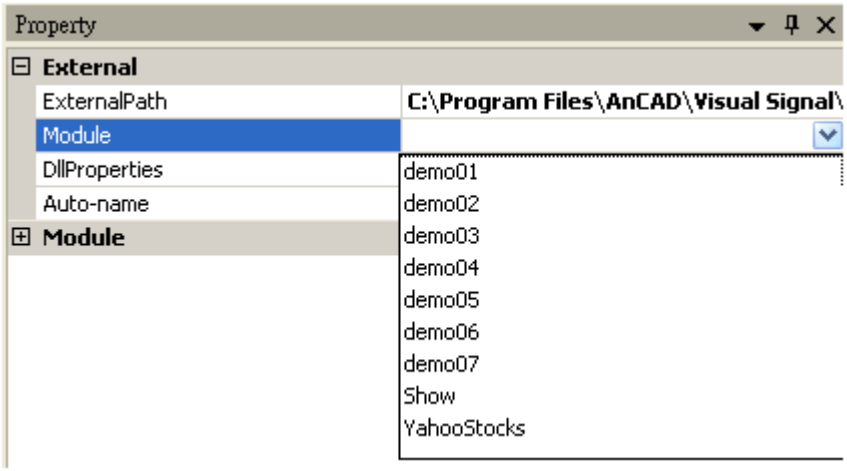
參數名稱	參數定義	預設值
External Path	設定外接 DLL 的路徑。	None
Module	選擇外接 DLL 內包含之模組。	None
LocalCopy	設定為 True，儲存專案時會將 DLL 檔案複製到專案資料夾。	False
SystemCopy	設定為 True，會將 DLL 檔案複製到 Visual Signal 專用資料夾（`C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\...`）。	False
Auto-name	自動設定元件名稱為外接模組名稱。	True
DllProperties	包含使用者設計及定義 DLL 模組的參數設定，或者 API Version 等。	None
BackColor	設定繪製圖形的底色。	White
Auto Resize Viewer	設定 True，根據外接顯示器大小去設定圖表大小，反之則為依照使用者設定。	False
ViewerWidth	設定繪製圖形的寬度，以 pixels 為單位。	default (750)
ViewerHeight	設定繪製圖形的高度，以 pixels 為單位。	default (180)
ListOrder	設定圖形於繪圖視窗中的排序。	依照 Viewer 的建立順序排列
RetainPlot	設定是否要保留圖形，如果設定 True，圖形還是會被保留，若設定 False，則圖形被消除。若將連接至 Channel Viewer 的模組刪除，	False
Show Title	圖表中顯是標題名稱。	True
Title	標題名稱。	{default}

範例

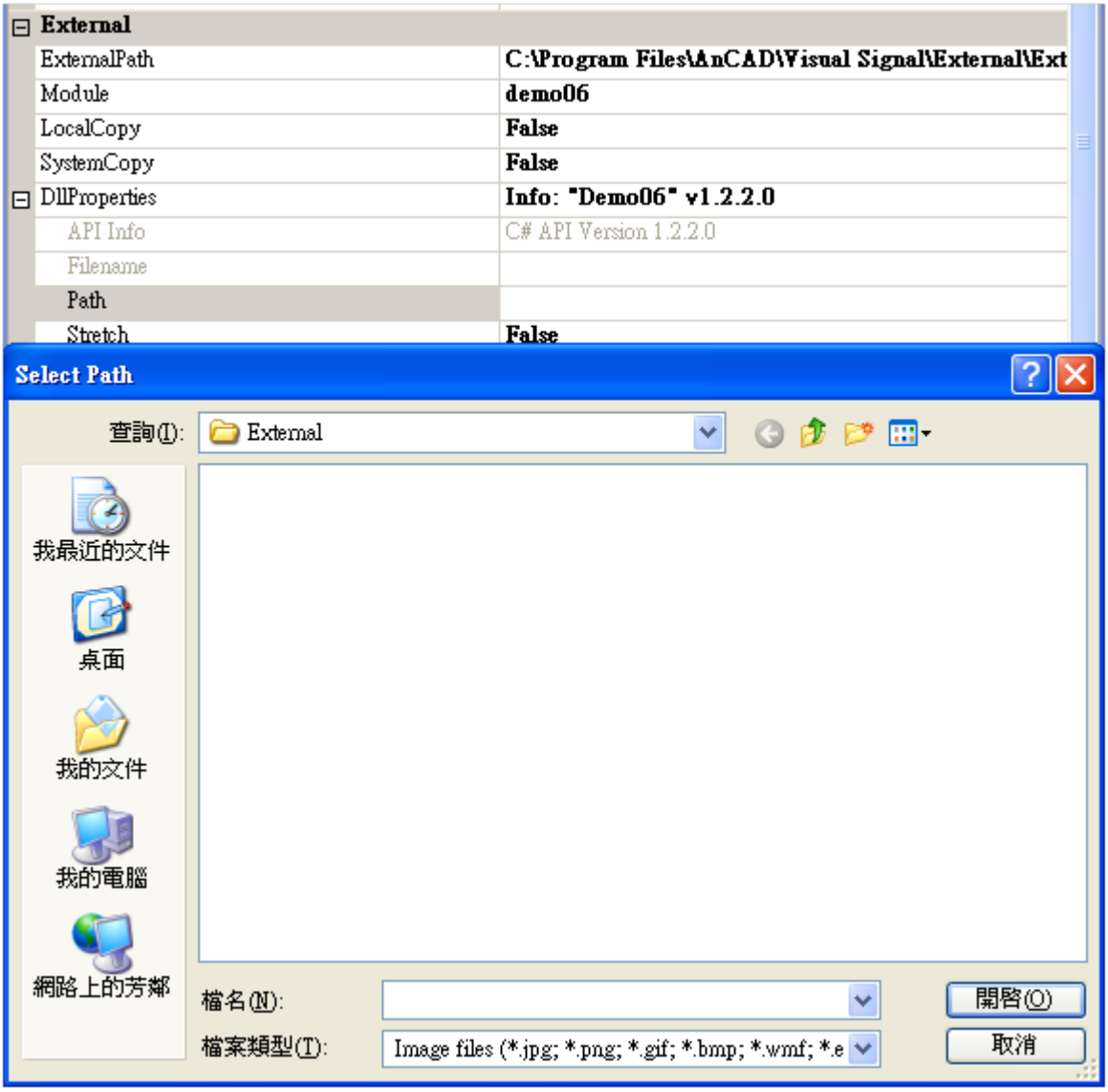
1. 開啟 Compute / External / ExternalViewer，然後 ExternalPath 中開啟：

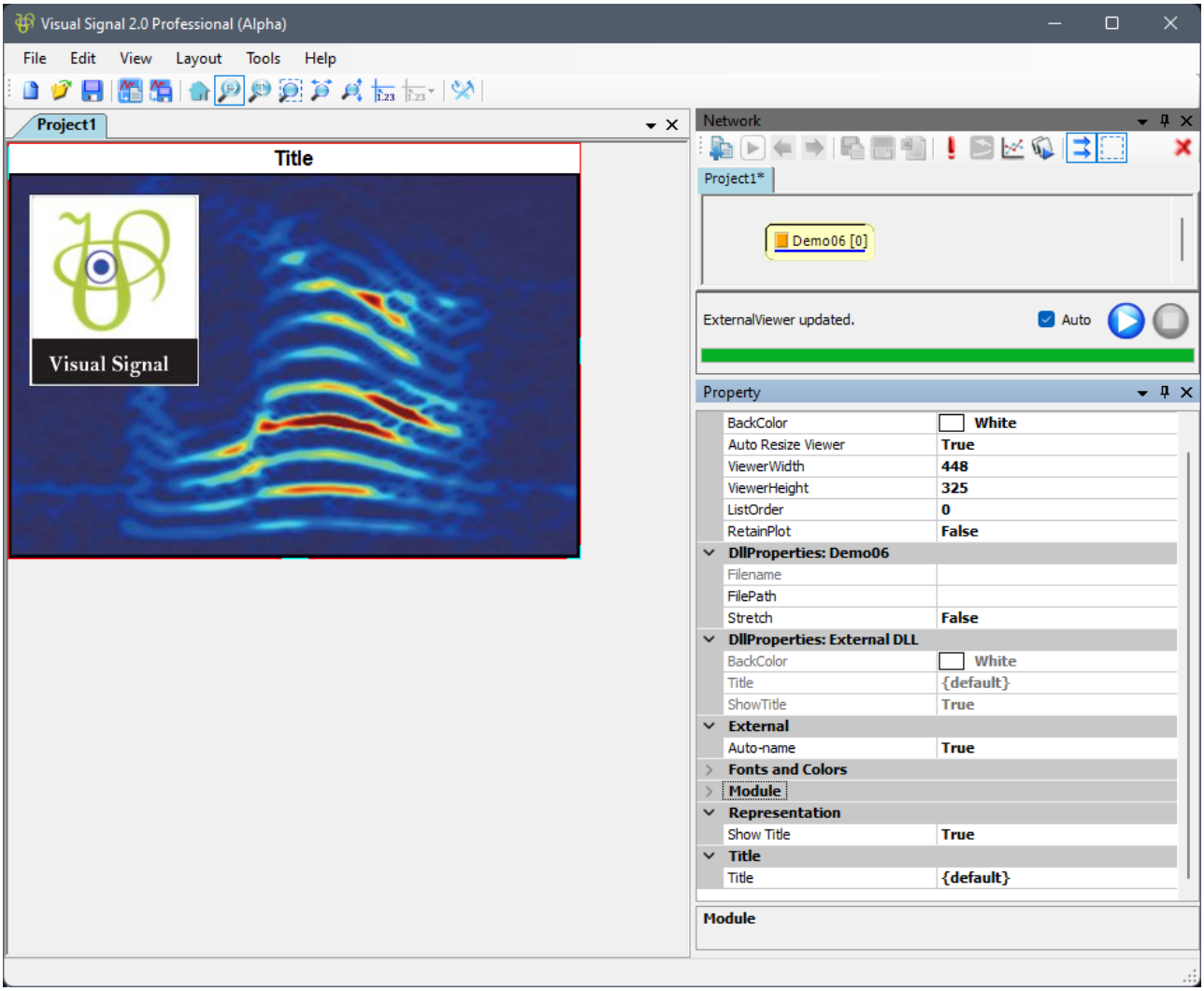
   `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\External\External\ExternalDllDemos.dll`，

   然後在 Module 可以看到許多模組，如下圖。



2. 首先將 Module 選擇為 demo6，然後在 DllProperties 類別中出現 Path，可以任意選擇一張圖片，將其透過 ExternalViewer 來展示。





相關指令

ExternalDll

4.4 Filter

本模組提供數種常見之濾波器，以濾除訊號中特定的資料內容。

1. FIR Filter：基本的有限脈衝響應濾波器 (Finite Impulse Response Filter)。
2. Median Filter：對抑制脈衝雜訊效果顯著的中值濾波器。
3. Moving Average Filter：移動平均濾波器可消除隨機產生之雜訊。
4. Iterative Gaussian Filter（*Only in Professional)：此元件目的在於濾除訊號非週期之部份。
5. Trend Estimator（*Only in Professional)：為 Iterative Gaussian Filter 之簡化版，可抓取非週期訊號。
6. Notch Filter：此元件目的在於濾除訊號中的某個頻率。
7. Comb Filter：為一梳形濾波器，用於濾除一系列等間距的頻率。

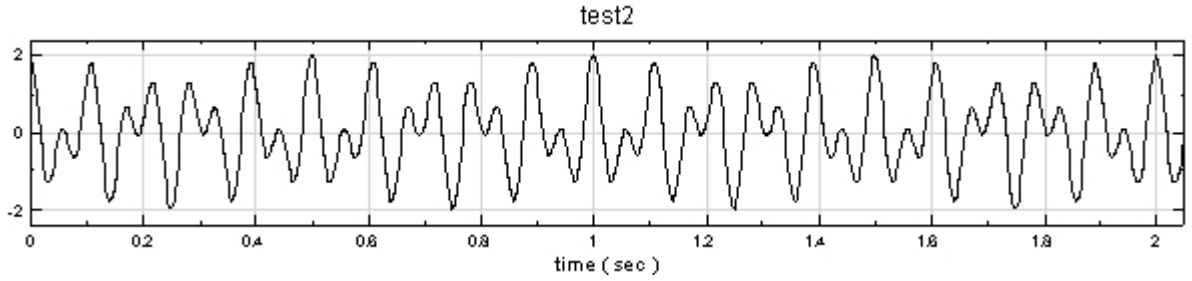
8. IIR Filter：基本的無限脈衝響應濾波器 (Infinite Impulse Response Filter

4.4.1 FIR Filter

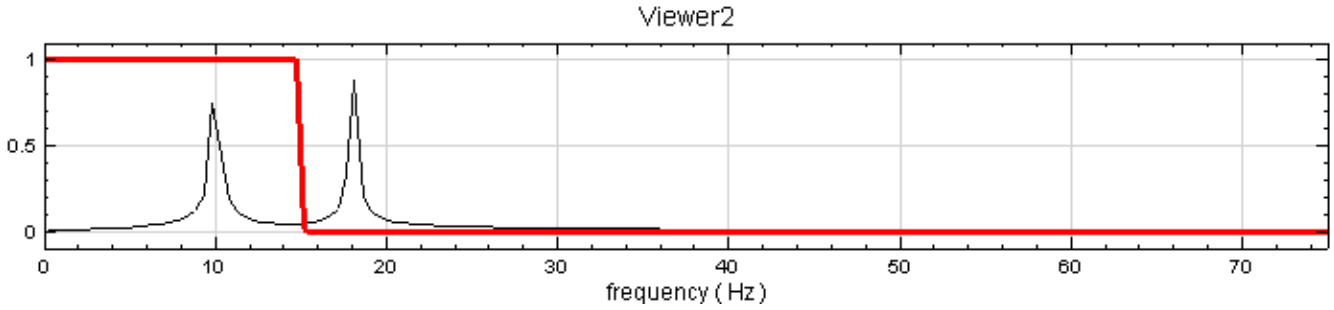
有限脈衝響應（Finite Impulse Response）濾波器，是訊號處理中基本（Basis）濾波器原型，可針對高頻、低頻或指定的頻段濾波。有限（Finite）是指此濾波器對於訊號的反應時間是有限的。

說明

假設有一訊號，為如下圖形：

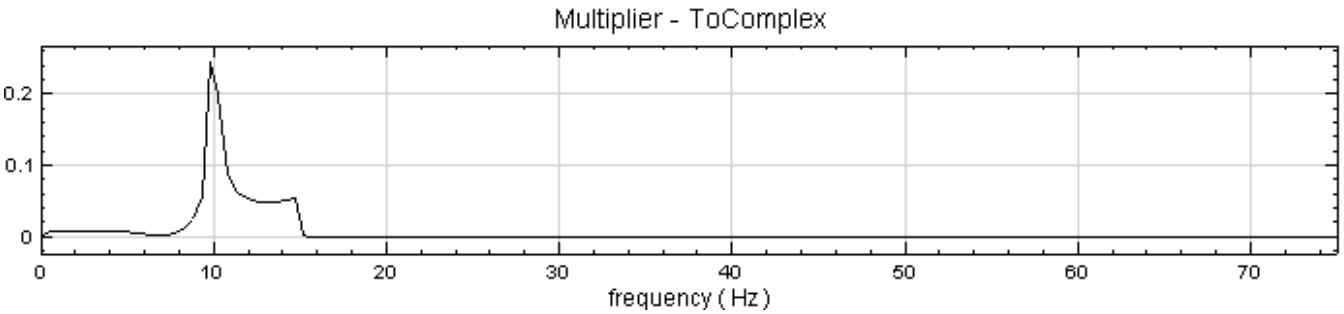


傅立葉轉換後圖型如下，在此希望將其高頻部份濾除，只保留低頻部份：

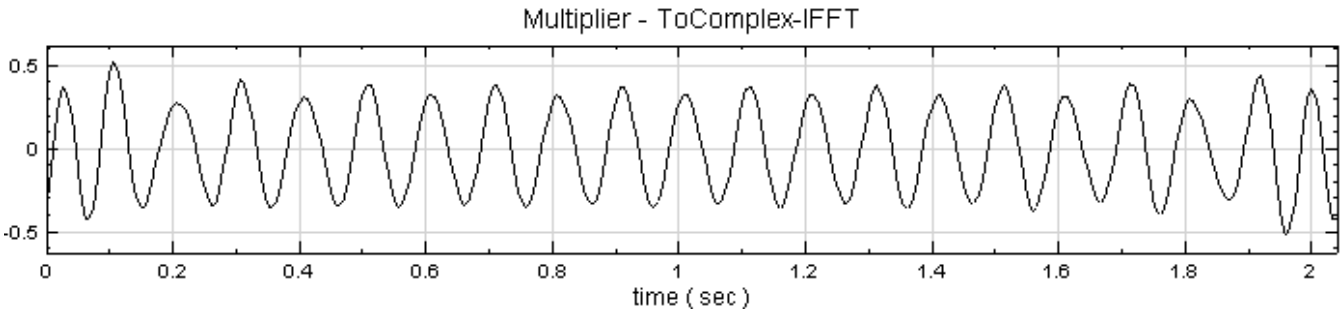


(黑細線為原本訊號的傅立葉轉換，紅粗線為希望保留與濾除的頻率分界)

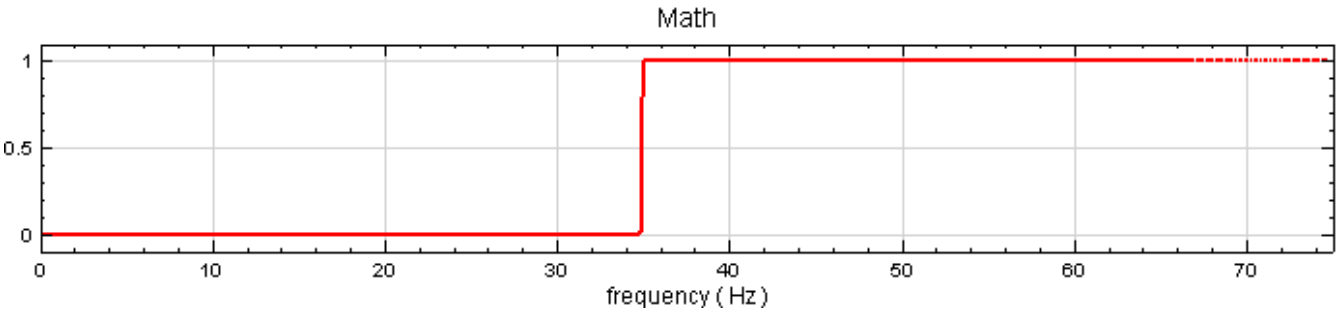
因此，在傅立葉空間定義出上述紅線的函數，並將此函數與原本訊號的傅立葉轉換相乘：



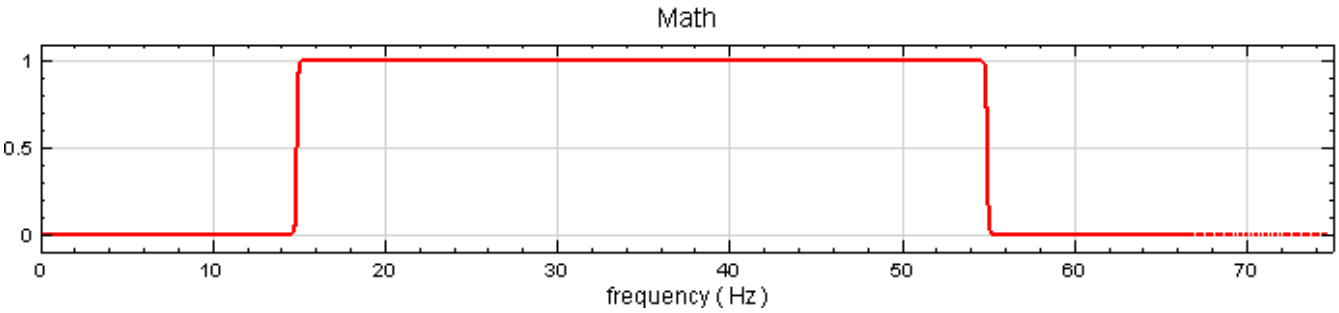
再做傅立葉逆轉換，就可得到濾除高頻部份的圖型：



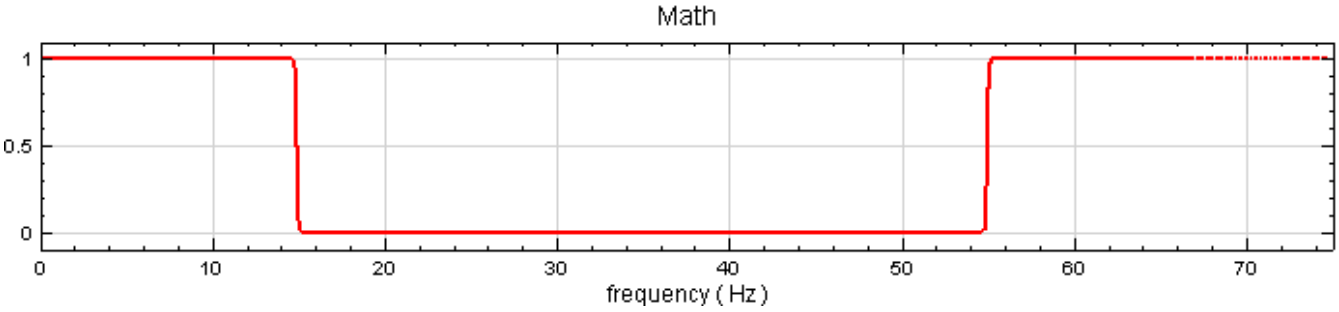
以上是為低通（LowPass）濾波器，若為高通（HighPass）則為：



帶通（BandPass）：



反帶通或稱帶阻（BandStop）



ByPass 則為全通。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。

FIR Filter 的主要參數為 FilterType，預設包括 LowPass、HighPass、BandPass、BandStop、ByPass 等五種型態。LowPass 表示過濾掉頻率 F1 以上的訊號，HighPass 則過濾頻率 F1 以下的訊號。BandPass 代表保留頻段 F1 至 F2 間的訊號，BandStop 則是濾掉頻段 F1 至 F2 間的訊號。ByPass 則為所有頻率皆可通（即為原輸入訊號）。各參數定義與預設值如下表：

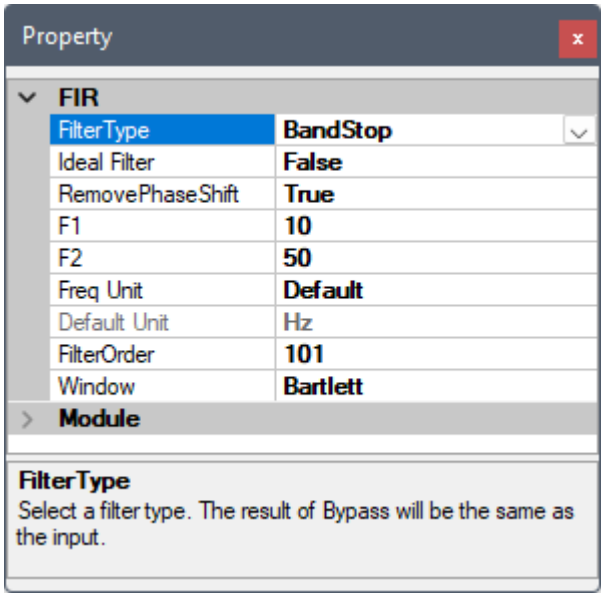


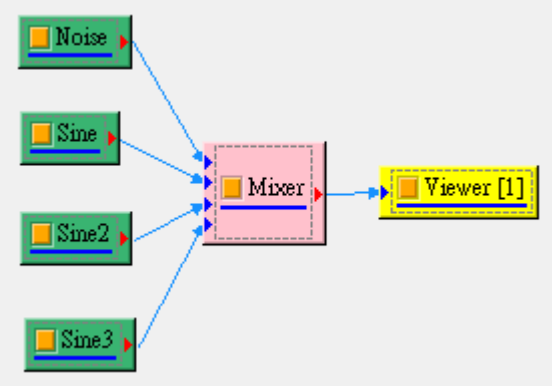
Table 4.49: 參數說明

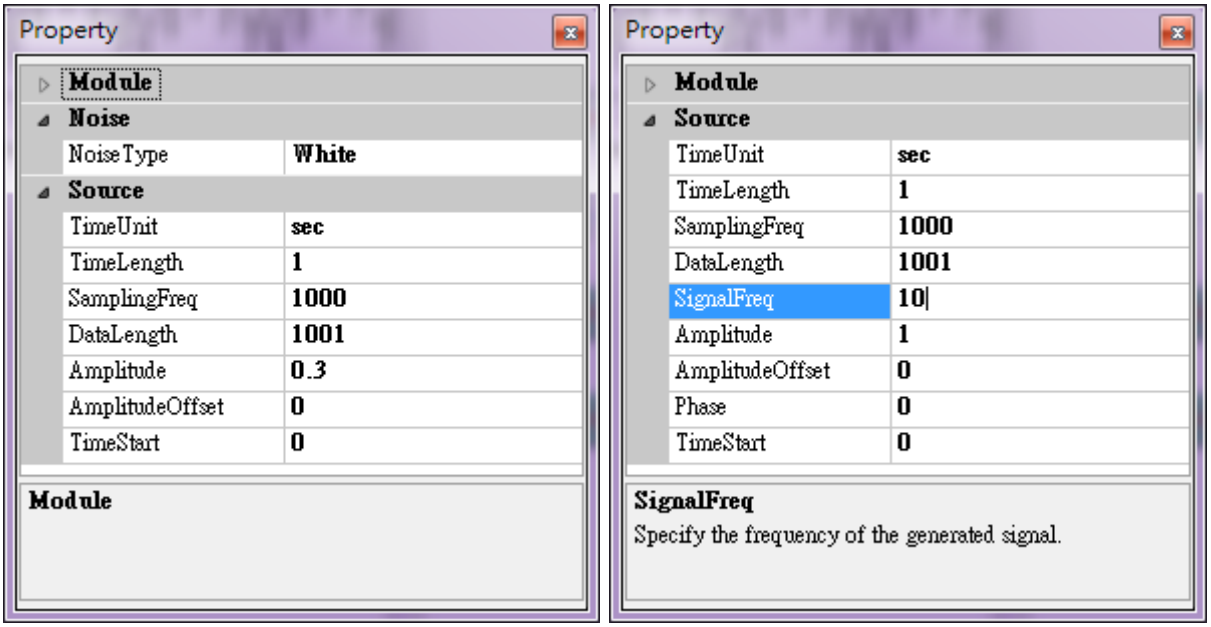
參數名稱	參數定義	預設值
FilterType	預設五種形態，包括 LowPass、HighPass、BandPass、BandStop、ByPass	LowPass
IdealFilter	設定是否使用理想化過濾器，意即頻率響應曲線為方形（截止頻率為垂直線而非高斯曲線）	True
RemovePhaseSh	設定是否移除過濾後的相位偏移	True
F1	對於 LowPass 以及 HighPass 而言，F1 代表濾波器過濾頻段的分界點；對於 BandPass、BandStop，F1 代表濾波器過濾頻段的起始點，單位為 Hz	10
F2	對於 FilterType 選擇 BandPass 與 BandStop 者，會出現濾波器過濾頻段不終點 F2，單位為 Hz	50
Freq Unit	選擇 F1 及 F2 的頻率單位： • Default：自動由輸入訊號之取樣率單位決定 • Hz、kHz、MHz、GHz、THz、THz • cycles_per_(min、hour、day、week、month、year)	Default
Default Unit	Freq Unit 為 Default 時，顯示自動設定之頻率單位	
FilterOrder	當使用非 Ideal Filter 時濾波器轉換函數的離散點，N 即為 N-order Filter；當使用 Ideal Filter 時 Order 自動設為訊號長度，無須設定	101
Window	指定計算 FIR 濾波器係數的窗函數，包括 Bartlett、Blackman、Hamming、Hann、Rectangle	Bartlett

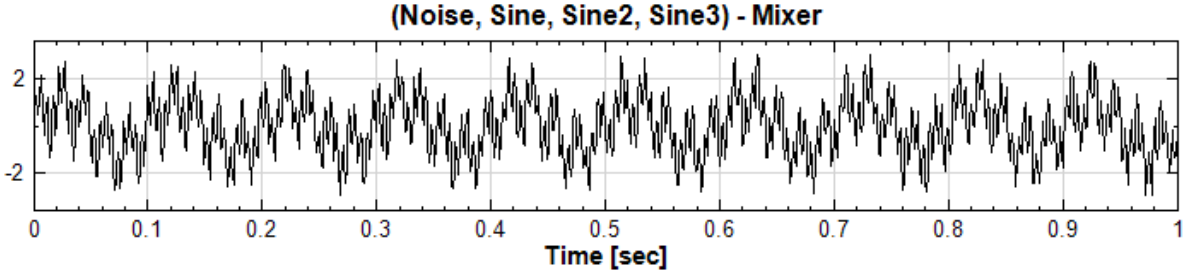
範例

本範例將示範以三個頻率各為 10、51、193 Hz 的 Sine Wave 加上振幅 0.3 的 White Noise 當作輸入訊號，再用 FIR Filter 過濾不同頻率的訊號，步驟如下：

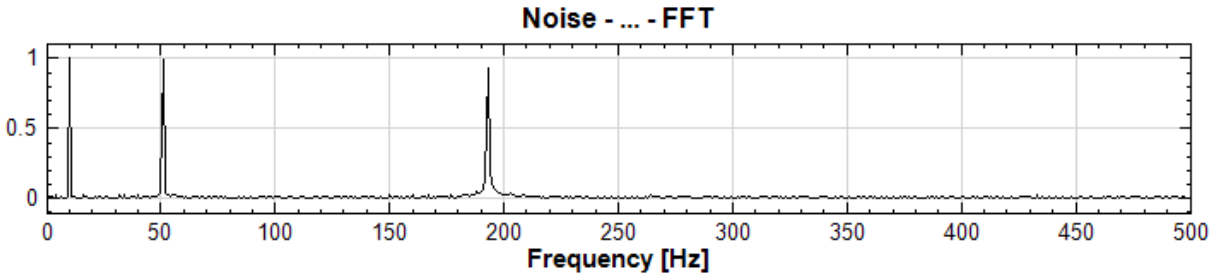
1. Network 視窗下選擇 Source / Noise 產生一個白色雜訊，設定 Properties / Amplitude 為 0.3，再用 Source / Sine Wave 產生三個 Sine Wave，並改變其 Properties / SignalFreq 為 10、51、193 Hz，最後以 Compute / Mathematics / Mixer 將上述訊號混合 (將各訊號源之 Output 拉至 Mixer 的 Input)，用 Viewer / Channel Viewer 繪出。



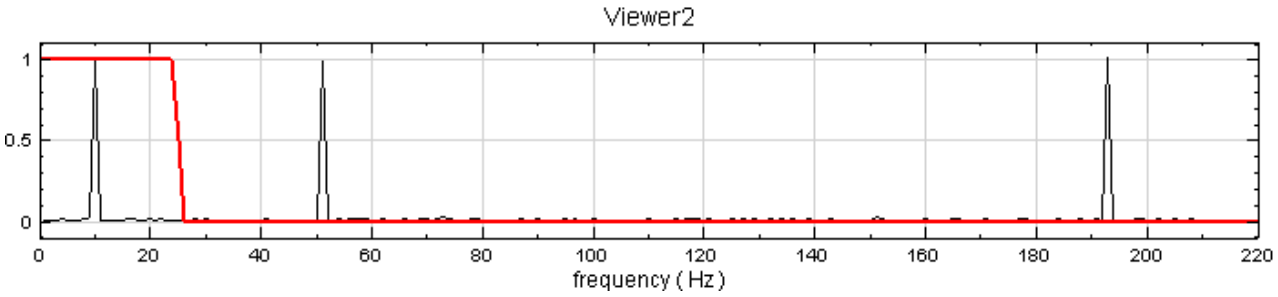


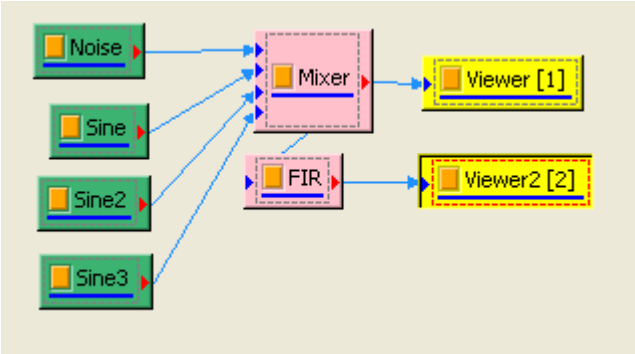


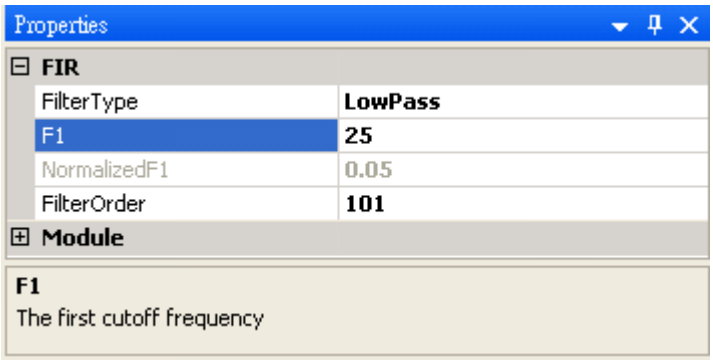
可以將 Mixer 的結果接上 Compute / Transform / Fourier Transform，以觀察頻譜圖，以方便接下來的 FIR Filter 設計

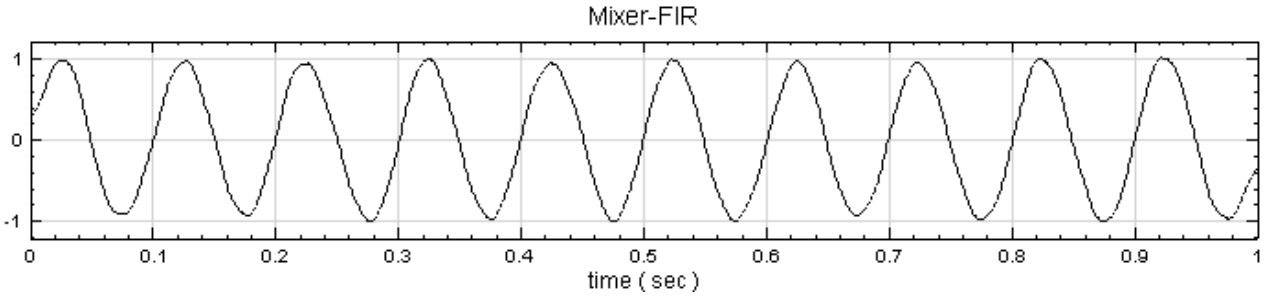


2. 於 Mixer 圖示選擇 Compute / Filter / FIR Filter，調整 Properties / F1 為 25 Hz，FilterType 預設為 LowPass，用 Channel Viewer 顯示濾波結果。觀察結果，輸入訊號在頻率 25 Hz 以上的部份皆被濾除，輸出訊號類似 10 Hz 的 Sine Wave，不過因 FilterOrder 僅 101，所以波形有所影響。

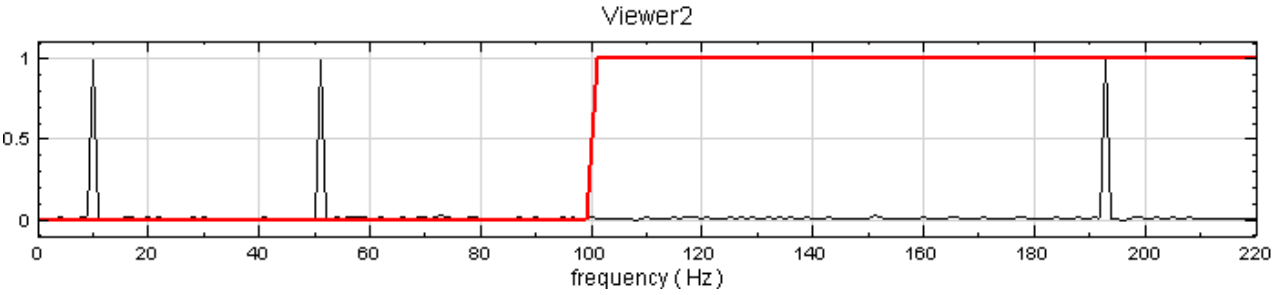


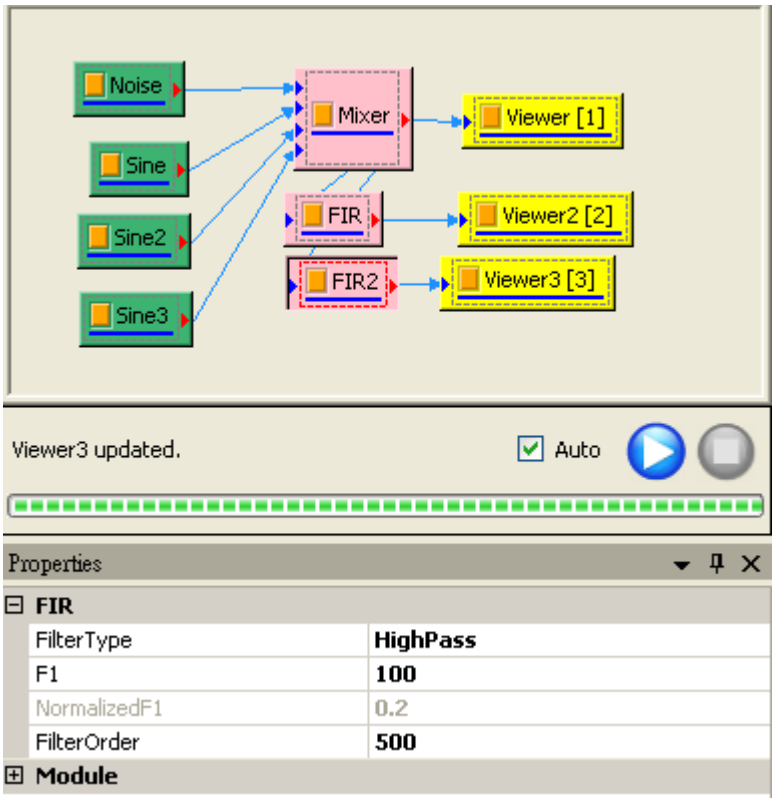


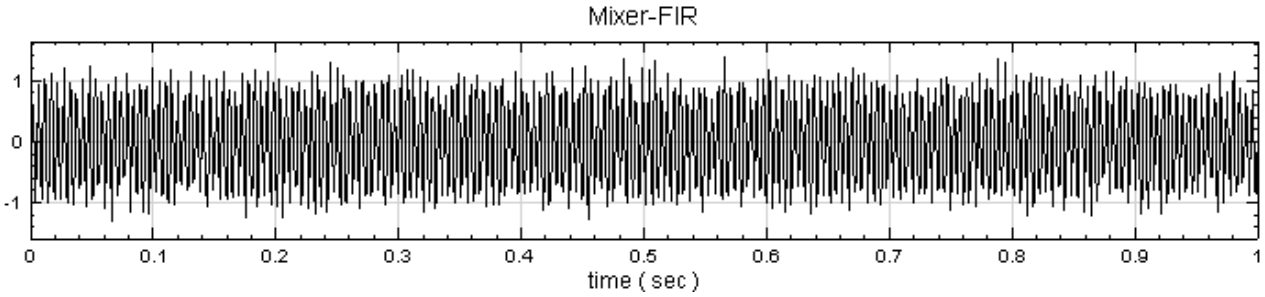




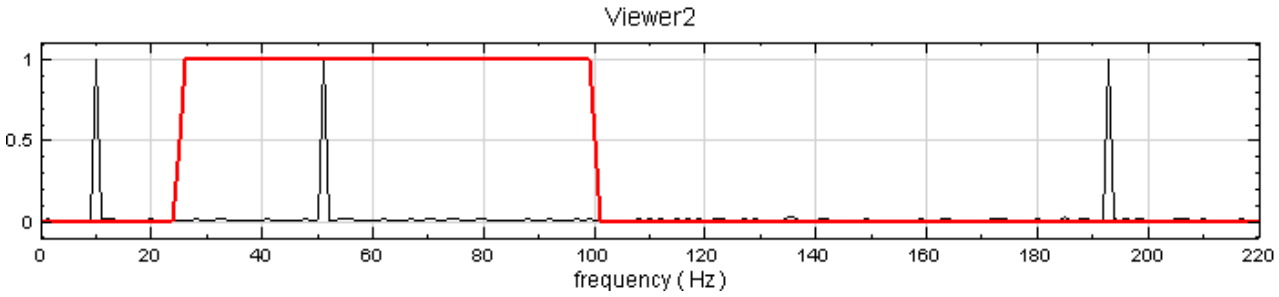
3. 重覆步驟 2 新增一 FIR Filter，調整參數 FilterType 等於 HighPass，F1 改為 100 Hz，FilterOrder 為 500，結果如下圖所示，濾波器過濾掉頻率 100 Hz 以下之訊號，結果為頻率 193 Hz 的 Sine Wave 加上 White Noise。

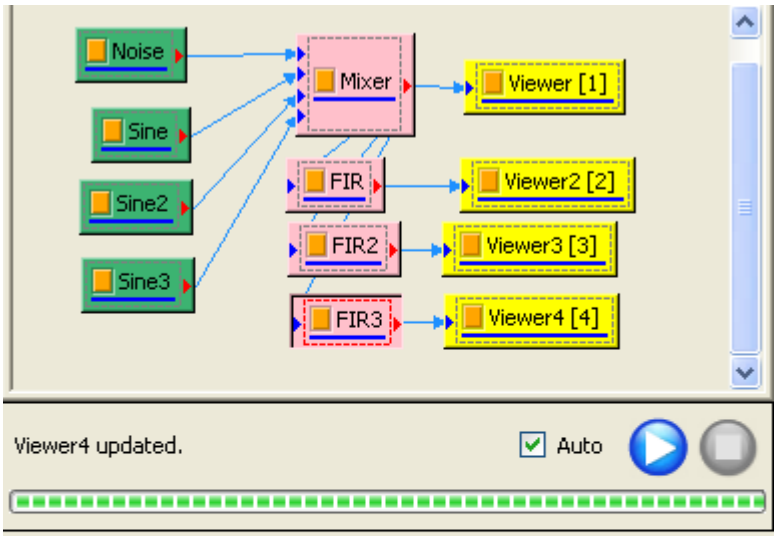


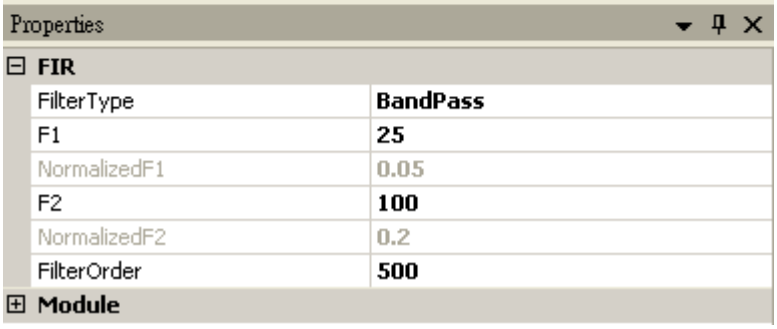


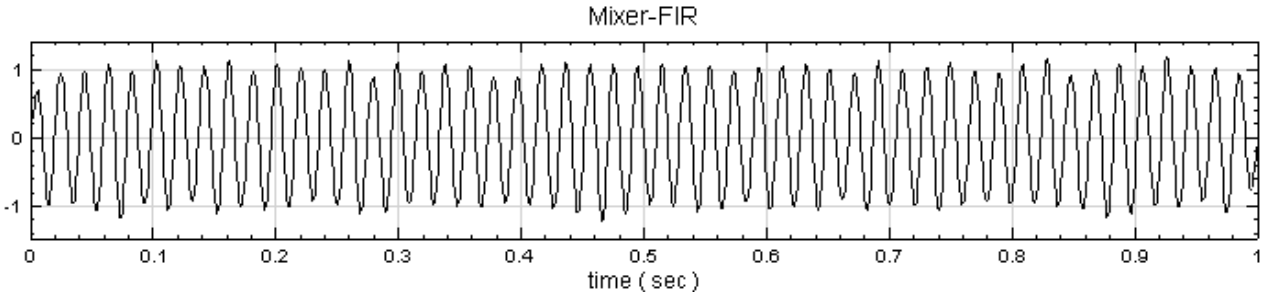


4. 再重覆步驟 2 新增一 FIR Filter，調整參數 FilterType 為 BandPass，F1 改為 25 Hz，再設定頻率下限 F2 為 100 Hz，FilterOrder 設為 500，在頻段 25~100 Hz 的訊號會通過，其它訊號則被濾掉，所以結果為 51 Hz 的 Sine Wave。









相關指令

Noise、Sine Wave、Mixer

參考資料

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Finite_impulse_response

2. http://cnx.org/content/m11918/latest/

4.4.2 Median Filter

Median Filter 是一維的非線性濾波器，計算濾波範圍（filter order）內訊號之中位數作輸出結果，對於抑制脈衝雜訊（Speckle noise）效果顯著，同時能保持訊號波形邊緣的可辨度（edge detection）。

說明

$X = \{x_0, x_1 ... x_{N-1}\}$ 代表長度為 N 之輸入訊號，$Y = \{y_0, y_1 ... y_{N-1}\}$ 為濾波後的訊號，M 為作濾波計算時所取的訊號長度，則 Median filter 定義為：

$$y_i = median(\{x_k\}), i - \frac{M-1}{2} \leq k \leq i + \frac{M+1}{2}$$

上式表示，在第 i 個位置為中心，前後分別取 $\frac{M-1}{2}$ 個點成為一組數列，再找出該數列的中位數以取代訊號第 i 個位置的值；若點數不足時如（$M > N$，或在 $N - i < \frac{M-1}{2}$），則將範圍內最邊界點的值複製，用以填補至足夠的點為址。程式預設 M 為奇數，若輸入為偶數，則自動將個數加一，以使成為為奇數。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號(Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。

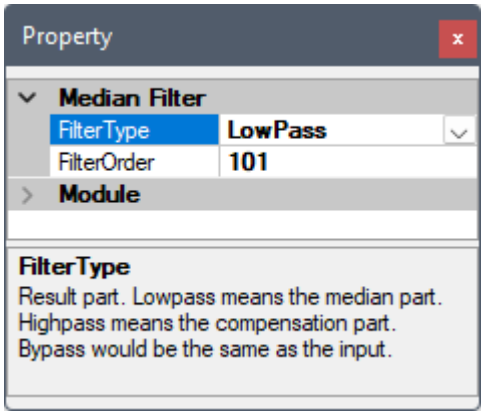


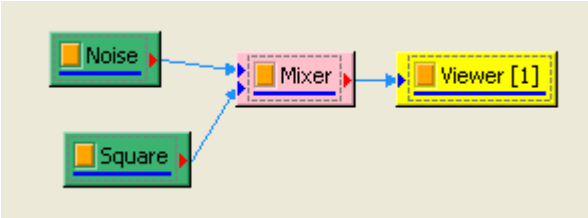
Table 4.50: 參數說明

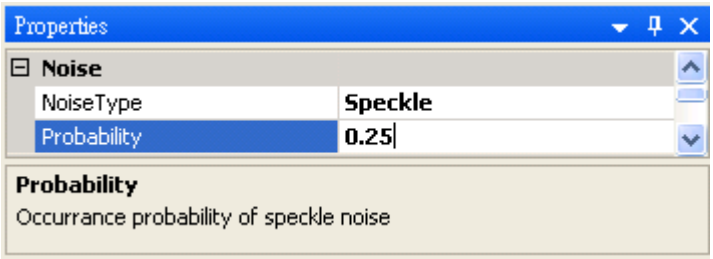
參數名稱	參數定應	預設值
FilterType	為設定濾波器對訊號高、低頻段的過濾，選項為 LowPass、HighPass 及 ByPass。	LowPass
FilterOrder	作 Median filter 所選取的數列長度，即為 M，設定為奇數，如輸入偶數，則程式自動加 1 變為奇數。	101

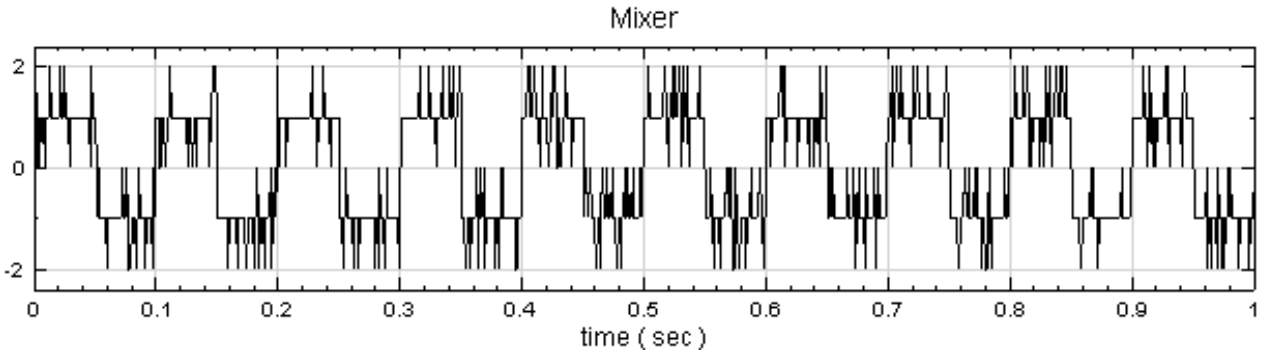
範例

本範例（Example）將示範以一個方波加上 Speckle Noise 當作輸入訊號，再用 Median filter 濾波的過程，步驟如下：

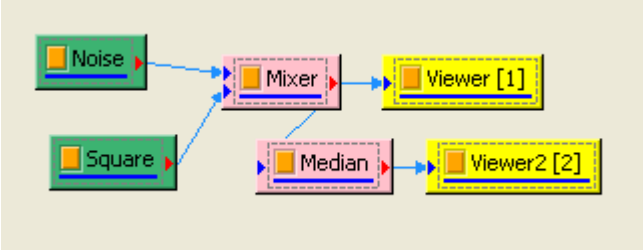
1. 於 Network 視窗下按右鍵，選擇 Source / Noise 產生一個雜訊，設定 Properties / NoiseType 為 Speckle，Probability 設為 0.25，另外選擇 Source / Square Wave 產生一方波，以 Compute / Mathematics / Mixer 將兩訊號混合，用 Viewer / Channel Viewer 顯示於視窗。

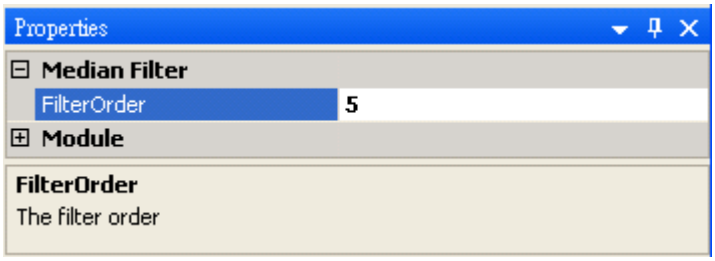


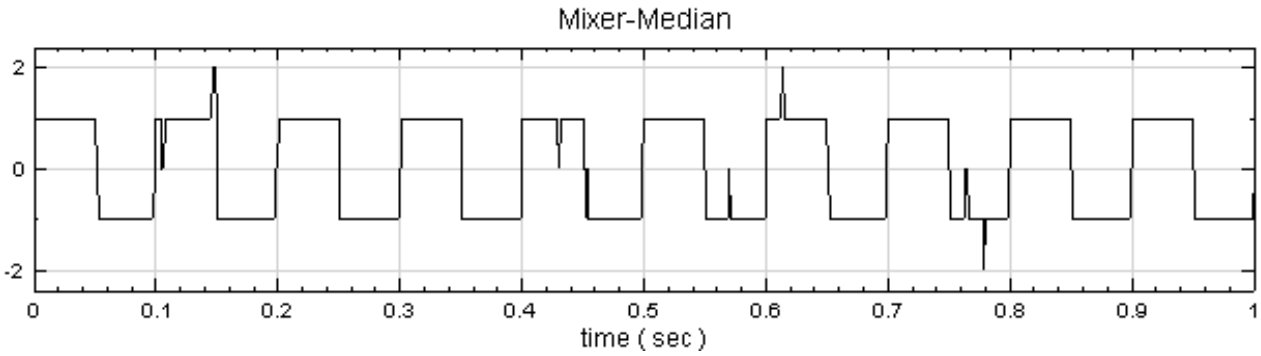




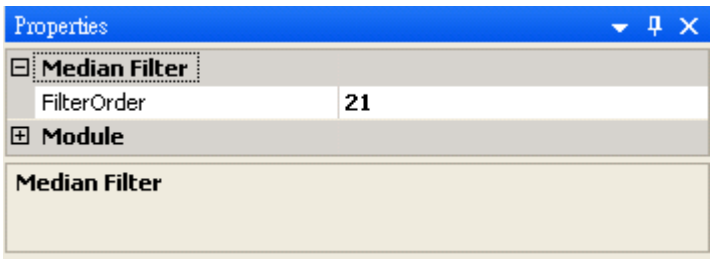
2. 另點選 Mixer 圖示選擇 Compute / Filter / Median Filter，調整 Properties / FilterOrder 為 5，再用 Viewer / Channel Viewer 顯示濾波結果。

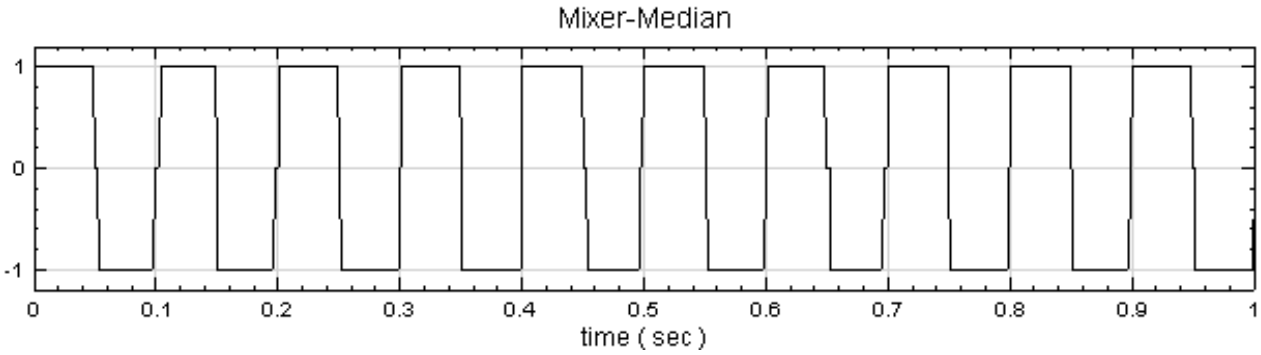




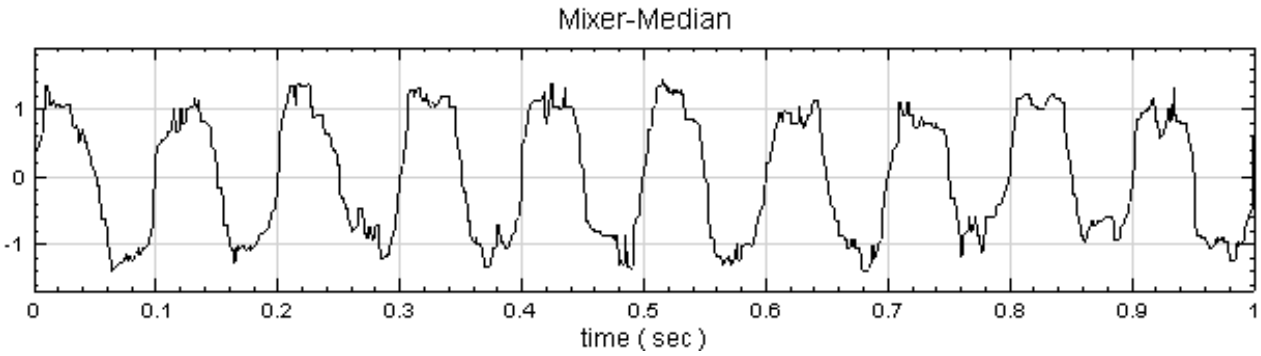


3. 步驟 2 已可得到不錯的濾波效果，如再調整 Median Filter 的參數 FilterOrder 為 21，結果如下圖所示，FilterOrder 增加了約 4 倍，不但 speckle noise 已經完全濾掉，而且在波形邊緣仍維持良好的陡峭度。





4. 最後回到 Noise 圖示，將 NoiseType 由 Speckle noise 改為 White noise 藉此測試 Median filter 的特性，結果如下，可觀察到 Median filter 無法完全過濾 White noise 造成的影響，但波型邊緣仍大部份維持著，此即為 Median filter 的主要功用。



相關指令

Noise、Square Wave、Mixer、Moving Average Filter

參考資料

http://en.wikipedia.org/wiki/Median_filter

4.4.3 Moving Average Filter

Moving Average Filter 是藉由對濾波範圍內訊號取平均值，目的為降低離散時間訊號中的雜訊，增加峰值的可辨度。其特點為理論簡單，計算快速。

說明

令 $X = \{x_0, x_1 \dots x_{N-1}\}$ 代表長度為 N 之輸入訊號，$Y = \{y_0, y_1 \dots y_{N-1}\}$ 為濾波結果，若濾波範圍為 (Average Length) 為 M 個訊號，則其輸出為：

$$y_i = \frac{1}{M} \sum_{j=-\frac{M-1}{2}}^{\frac{M-1}{2}} x_{i+j}$$

上式的意義為：總面積為 1，時間軸上長度為 M 的長方形濾波器對輸入訊號做折積（Convolution）。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。

Moving Average Filter 包括兩個參數：FilterType 與 AverageLength，AverageLength 代表求平均所取的訊號個數 M，單位為時間。FilterType 為設定濾波器高、低頻段的過濾，內有三個選項分別為 LowPass、HighPass 及 ByPass，LowPass 即為執行上述理論的計算值；HighPass 則為輸入訊號減去 LowPass 之計算結果；而 ByPass 的輸出，即等於輸入訊號 (因為 HighPass + LowPass = 原訊號)，參數預設值詳見下表。

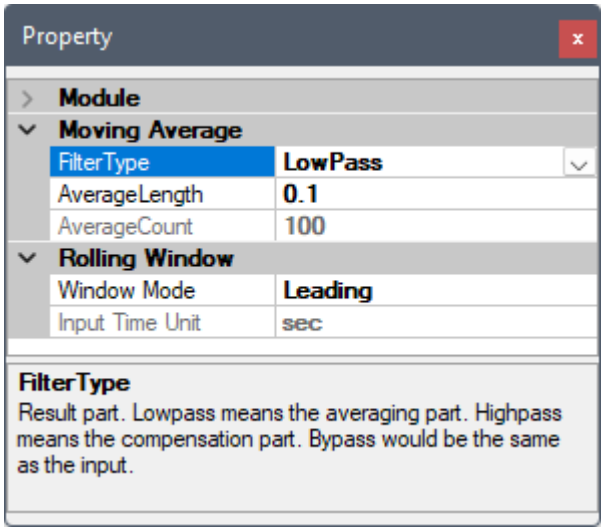


Table 4.51: 參數說明

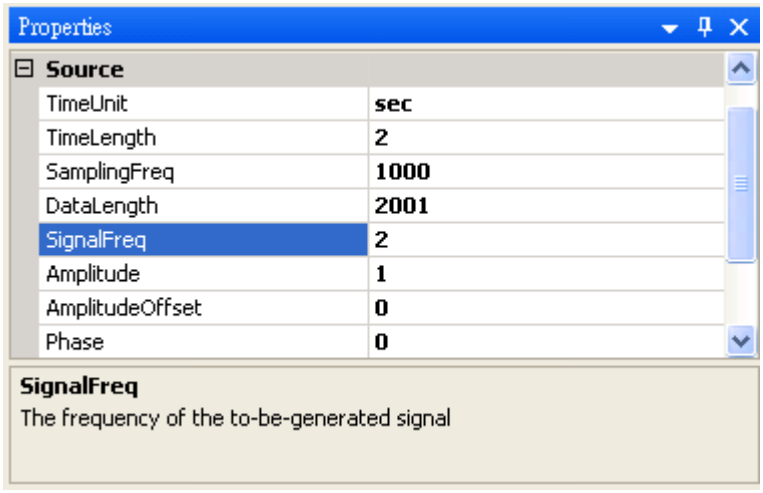
參數名稱	參數定義	預設值
FilterType	選擇濾波器對訊號高、低頻段的過濾類別： • LowPass：(低通）萃取出低頻部分 • HighPass：(高通）萃取出高頻部分 • ByPass：無任何頻段訊號被濾除	LowPass
AverageLength	作平均所設定的訊號長度，單位為時間	0.05
AverageCount	顯示 AverageLength 所對應的訊號個數	依 AverageLength 而自動調整。

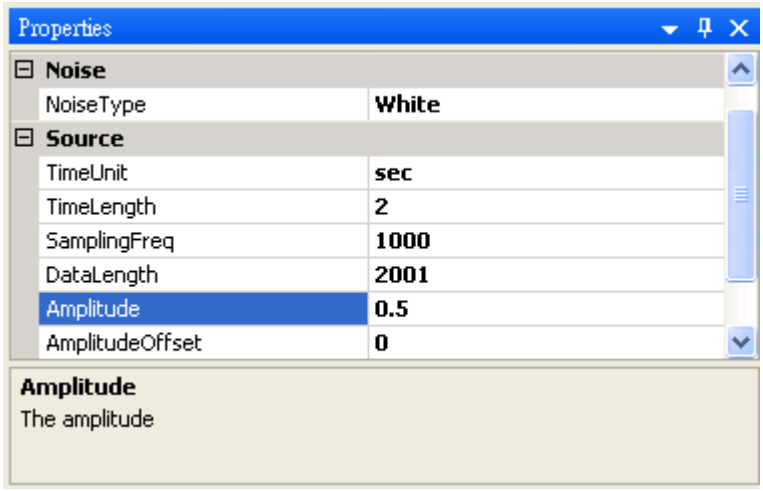
本元件還包括輔助元件 Rolling Window，可以設定 Moving Average 所用之滾動窗相關參數，詳情請參閱【滾動窗計算】章節。設定平均計算設定之訊號長度 AverageLength 決定了滾動窗大小，而移動平均定義為每次移動計算窗一個資料點，因此這些參數都不需要設定，只需設定 Window Mode 參數，其他參數都使用其預設值。

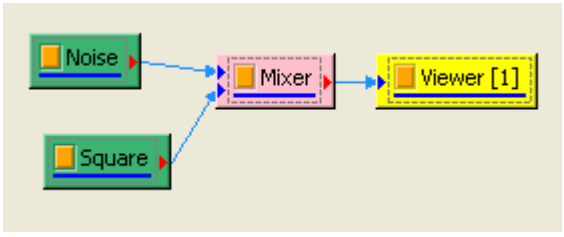
範例

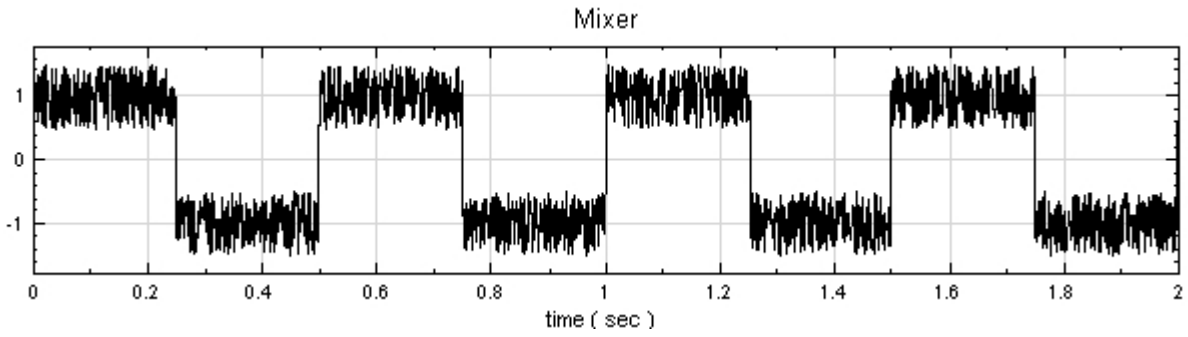
本例將混合一個頻率為 2Hz、振幅為 1、長度 2 秒的方波與一個振幅為 0.5，長度為 2 秒的 White Noise，以 Moving Average Filter 濾波，並設定不同的 AerageLength 觀察對原訊號所造成的影響。

1. 按右鍵選用 Source / Square Wave 創造方波，改變 Properties / TimeLength 欄位為 2，SignalFreq 欄位改為 2。接著再按右鍵點選 Source / Noise/White Noise 創造 White Noise，TimeLength 設為 2，Amplitude 設為 0.5。最後按右鍵選 Compute / Channel / Mixer 將兩訊號相加，再用 Viewer 繪出。

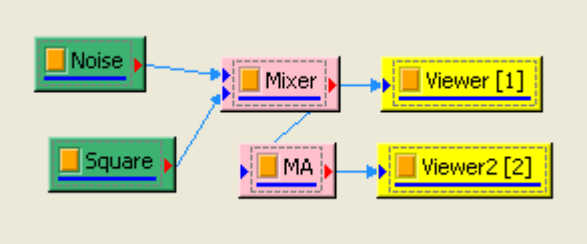


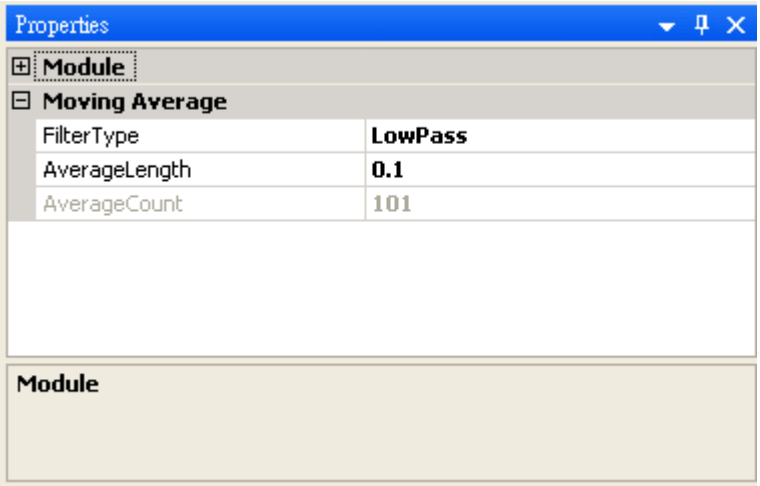


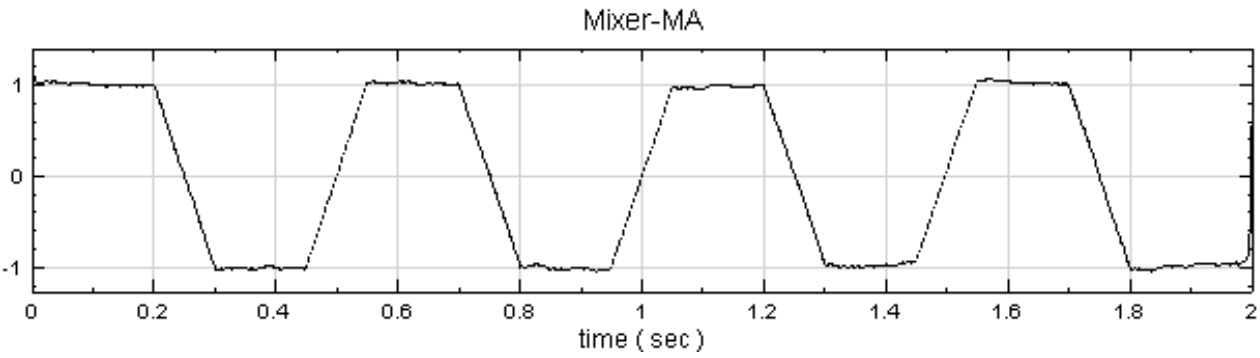




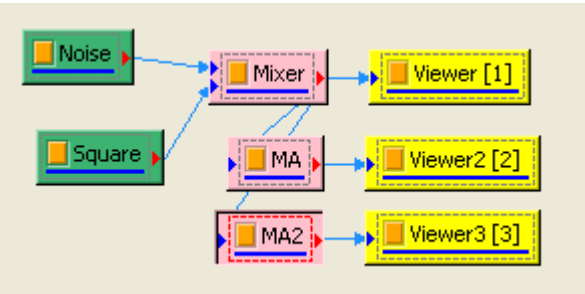
2. 於 Mixer 按右鍵選擇 Compute / Filter / Moving Average，對輸入訊號作 Moving Average，可於 Properties / AverageLength 欄位看到預設值等於 0.1s，AverageCount 欄位顯示共 101 個資料，代表 MA 輸出的每一點為其輸入訊號前後共 101 個資料點的平均，FilterType / LowPass 表示輸出為 Moving Average 的計算值，最後用 Viewer / Channel Viewer 將結果繪出。

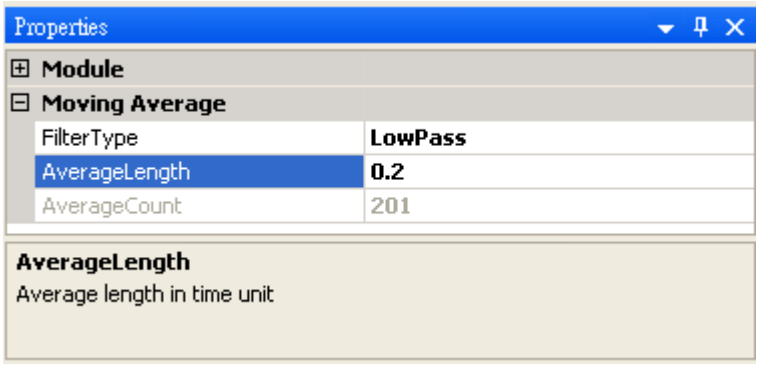


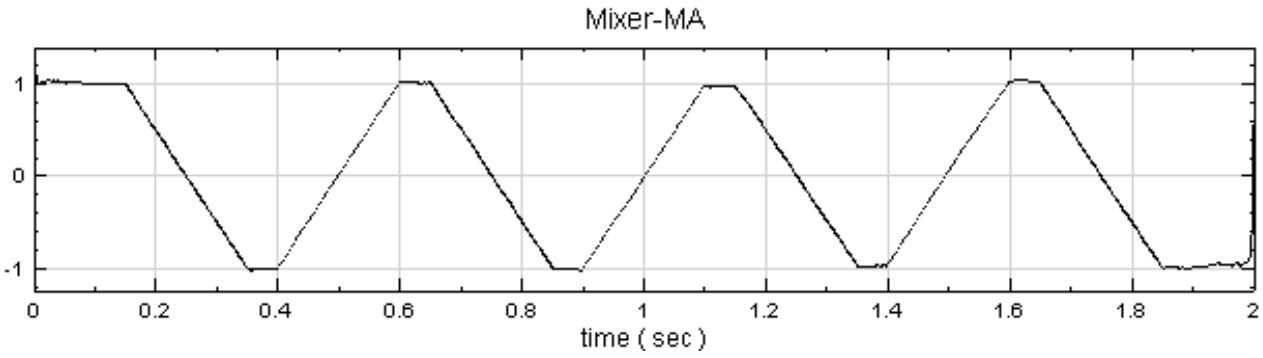




3. 按照步驟 2 對 Mixer 再做一次 Moving Average，產生名為 MA2 圖示，但改變其 AverageLength 為 0.2，並將結果用 Viewer 繪出。

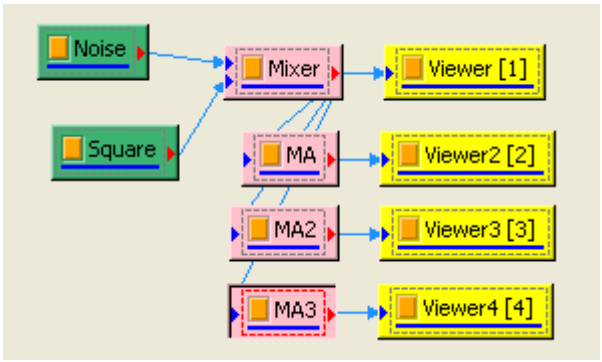


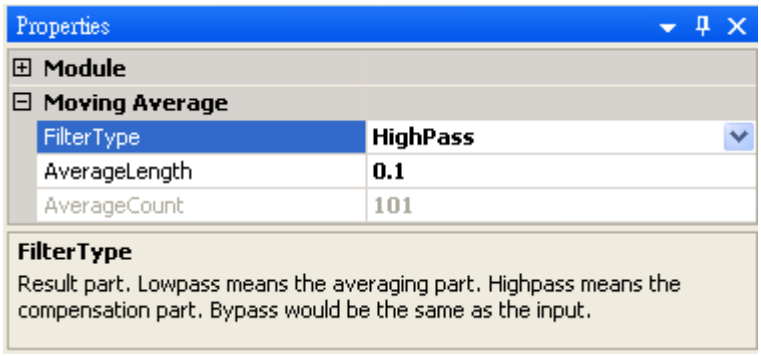


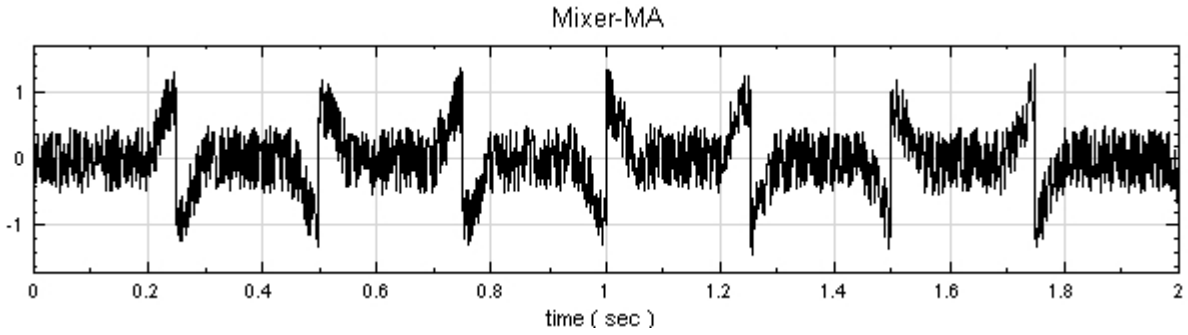


4. 比較步驟 1、2、3 的結果，可發現調高 Average Length 可明顯降低輸入訊號的雜訊，但是此濾波器之缺點為：原始方波訊號陡峭的邊界隨著 Average Length 提高而變的越來越平緩。

5. 再對 Mixer 做 Moving Average，將 FilterType 修改為 HighPass，可看到結果等於輸入訊號減去 MA2 的輸出訊號。







相關指令

Square Wave、Noise、Mixer

參考資料

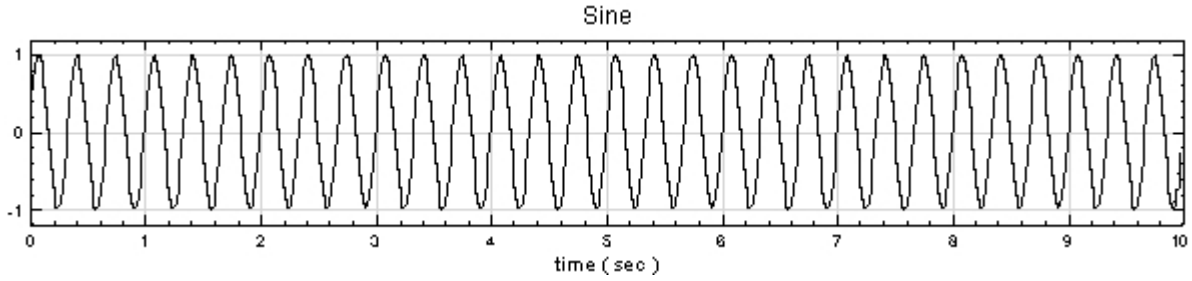
http://www.dspguide.com/ch15.htm

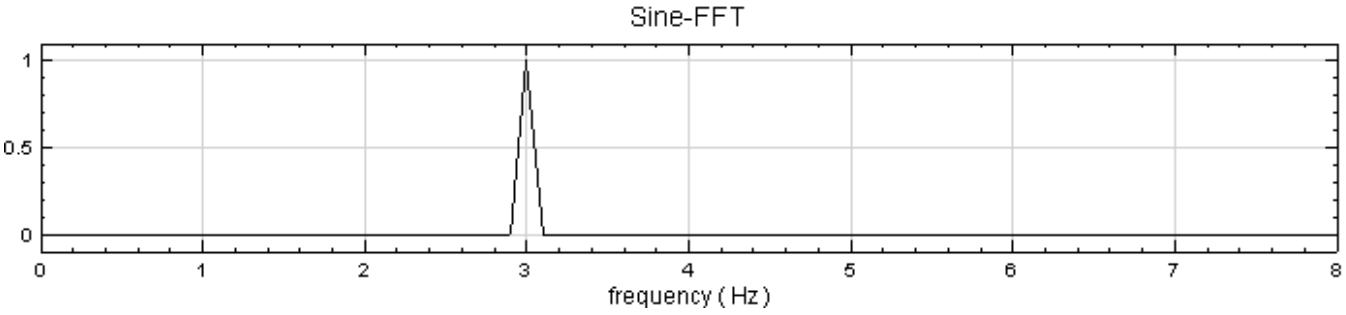
4.4.4 Iterative Gaussian Filter*

Only in Professional

各種訊號大部分可視為一周期性訊號加上非週期性訊號。透過 Iterative Gaussian Filter（Smoothing）得到其周期性部分或非周期性部分的訊號。

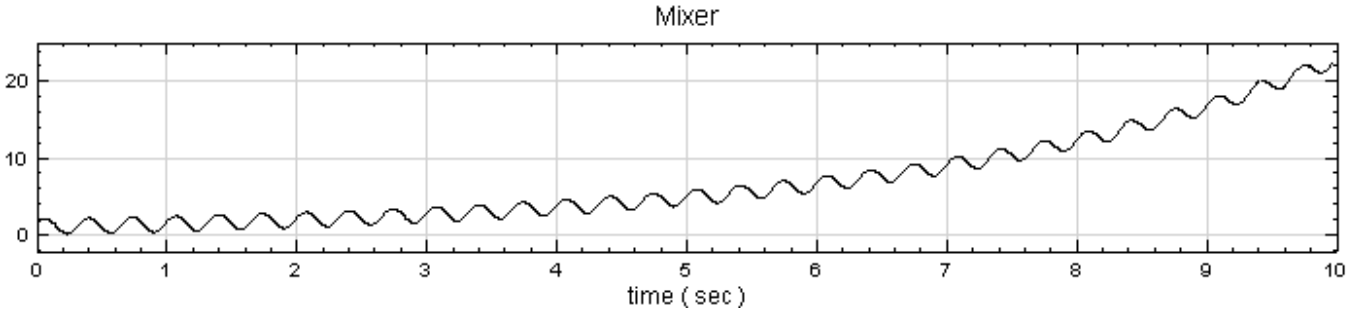
產生一個 Sine 波（Sine wave），經由 Fourier Transform 會產生如下圖所示的一個單一峰值的頻譜。由此可知 Sine 波的頻率為 3Hz。

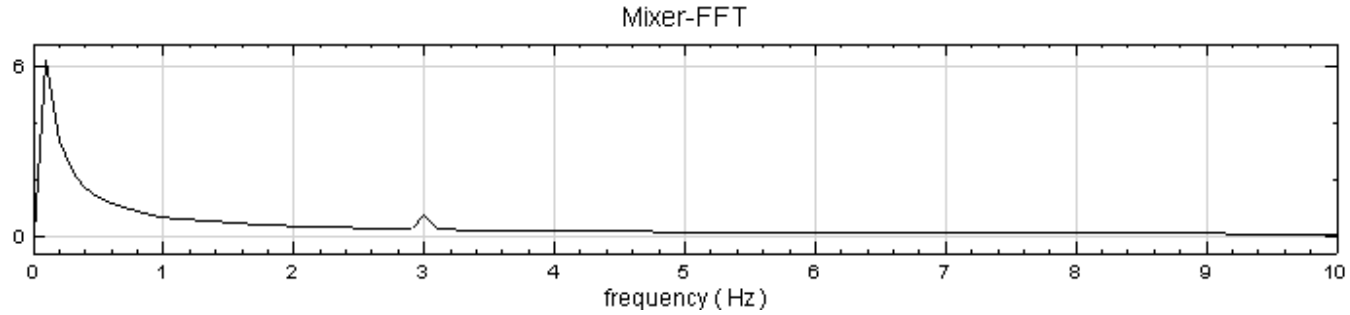




但如下圖所示的訊號 (Sine + Exponential term)；其頻率或週期為何？將此訊號透過 Fourier Transform 則得到如下圖所示的頻譜：訊號多分佈在低頻處，它掩蓋了 Sine 波的頻率特徵而不是我們希望得到的答案（3Hz）。為解決此問題，我們可把此訊號拆成一個 Sine 波加上一個指數函數；換言之我們希望把一個訊號拆解成一個周期

性訊號（periodic signal）加上一個非周期性訊號 (non-periodic signal)。如此對此訊號我們希望同時回答兩件事：(1) 訊號的周期性部分為何？或其頻譜為何？(2) 其趨勢（trend）為何？



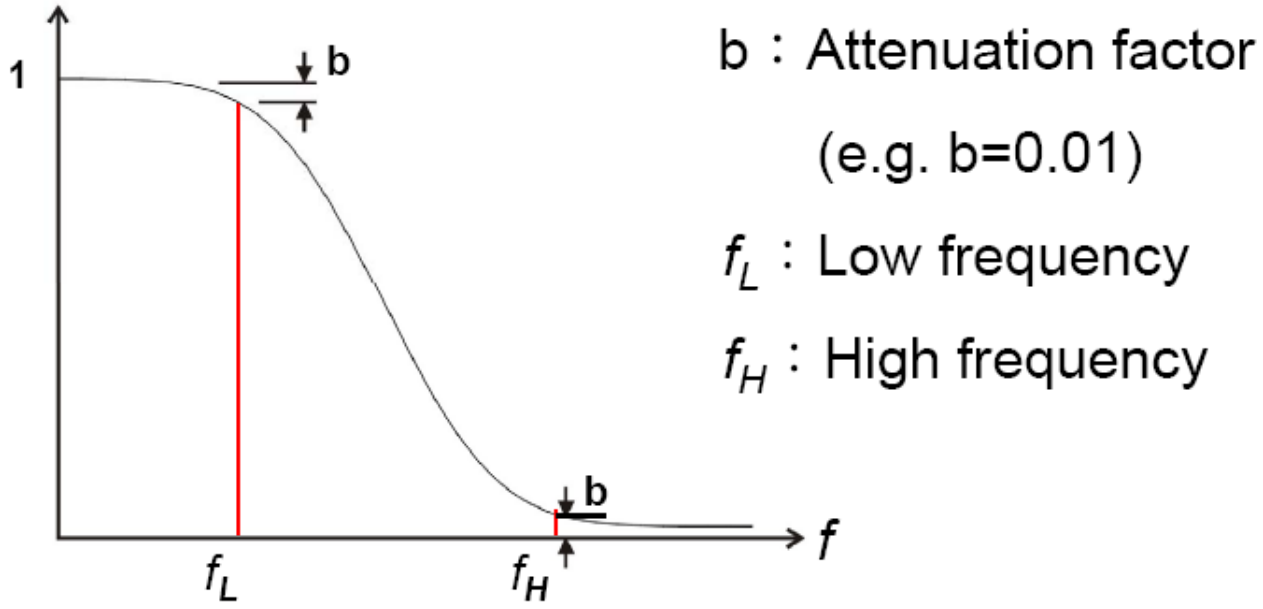


說明

但訊號也可能是因為量測時間不夠長（小於一個周期），使得此訊號看起來含有非周期性訊號。那訊號的趨勢究竟為何？我們可以平均的概念描述之。對訊號 $\{y_i\}$ 每一點而言，其高斯平均（Guassian Average）：

$$y_i = \frac{1}{L} \sum_{i=-\infty}^{\infty} \mathrm{e}^{\frac{(t_i - t_j)^2}{2\sigma^2}}$$

此數學式說明 $\{\bar{y_i}\}$ 點的值乃由其鄰近的點的平均值來代表，離 j 點愈遠其權重愈小。$\{\bar{y_i}\}$ 所組成的新訊號較 $\{y_i\}$ 平滑，也就是其高頻部分 $\{y_j^1\} = \{y_j - \bar{y_j}\}$ 被平滑化後消失了。再將 $\{y_j^1\}$ 做高斯平均，疊代（反覆此步 ☒）若干次後得到的 $\{y_j^m\}$，(m 為疊代次數）的總和即為周期性訊號趨勢訊號。原訊號減去周期性訊號即為其較低頻的趨勢訊號。數學上可證明 Gaussian Filter 相當於如下圖的濾波器。



以趨勢訊號（Low-Pass Filter）為例，會將小於 F_L 的部分完全通過，而濾除（絕大部分）大於 F_H 而中間的部分則為高斯分佈。疊代次數 m 與參數 σ 可由 F_L、F_H 以及 b（Attenuation Factor）求得。b 為很小的值，較常用的值為 0.01 或 0.001，F_H/F_L 可選定為 2 至 10。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。各參數定義如下。

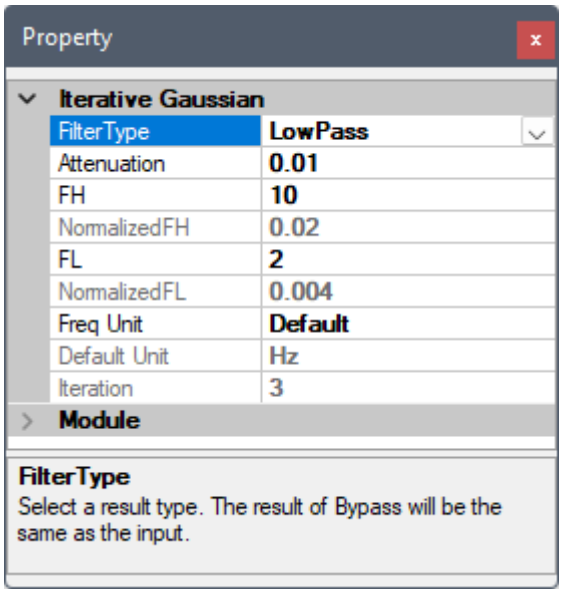


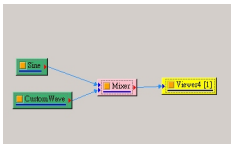
Table 4.52: 參數說明

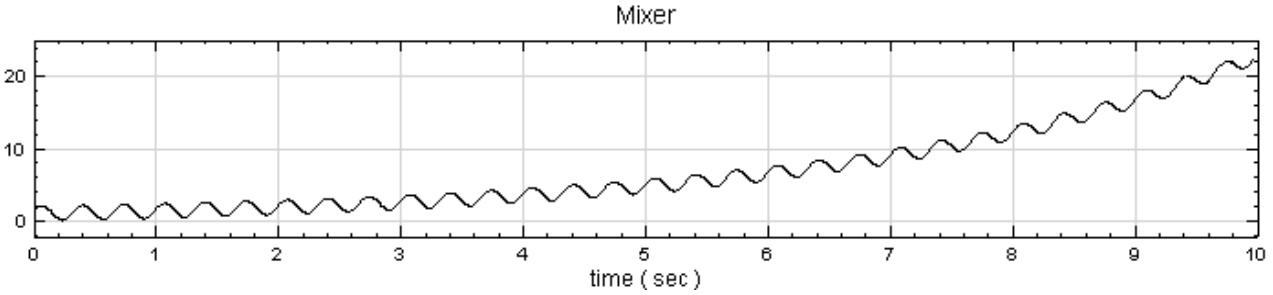
參數名稱	參數定義	預設值
Filter Type	選擇 Iterative Gaussian Filter 的濾波形式： • LowPass：低頻部分可通過，濾除高頻。 • HighPass：低頻部分可通過，濾除高頻。 • ByPass：無任何頻段訊號被濾除。	LowPass
Attenuation	設定衰減參數值（見前述說明 b 之定義），建議 0.01 至 0.001 之間	0.01
FH	設定高頻截止頻率。	10
Normalized FH	顯示相對於 Nyquist 頻率的 FH 值。	10
FL	設定低頻截止頻率。	2
Normalized FL	顯示相對於 Nyquist 頻率的 FL 值。	10
Freq Unit	選擇 FH 及 FL 的頻率單位： • Default：自動由輸入訊號之取樣率單位決定 • Hz、kHz、MHz、GHz、THz、THz • cycles_per_(min、hour、day、week、month、year)	Default
Default Unit	Freq Unit 為 Default 時，顯示自動設定之頻率單位	
Iteration	顯示濾波運算的重複次數	

範例

範例為將一個 $e^{at} + sin(\omega t)$ 形式的訊號 (即如一開始圖型的訊號) ，以 Iterative Gaussian Filter 濾除掉 e^{at} 部份。

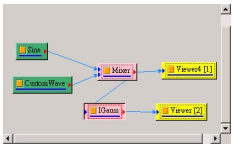
1. 建立一個 Sine Wave，設定時間長度為 10 秒，頻率為 3 Hz；再建立一個 Custom Wave ，在 Expression 內輸入 `exp(t/3.2)`，同樣時間長度設為 10 秒。之後將此兩訊號以 Mixer 混合，並接上 Channel Viewer 繪製圖形。

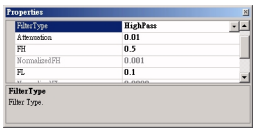




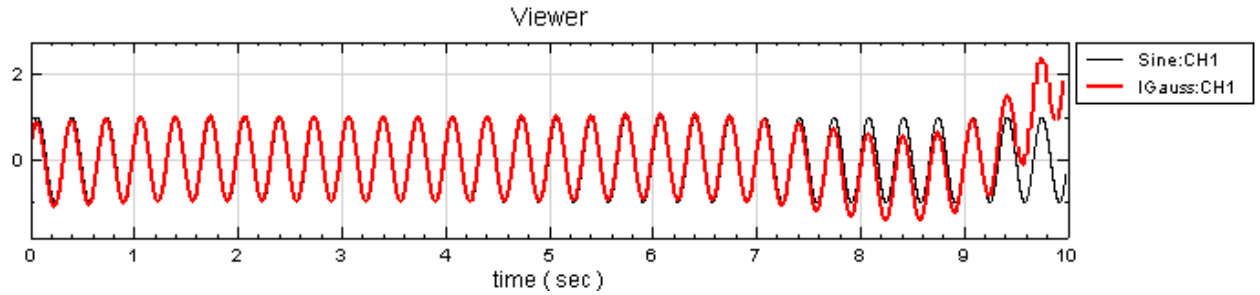
(可將此訊號接上傅立葉轉換以觀察其特性)

2. 之後由 Mixer 處，連結上 Iterative Gaussian Filter，並設定 Filter Type 為 HighPass、FH 為 0.5，FL 為 0.1 (因為已知 Sine 的頻率為 3Hz，是故只要設定 FH 為一低於 3 Hz ，以讓 Sine Wave 通過)。



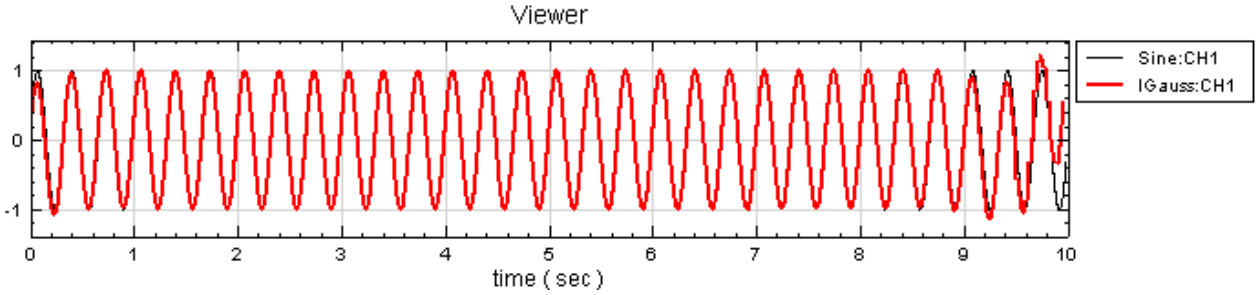


3. 濾除後結果接上 Channel Viewer，可發現結果還算接近原本的 Sine Wave。而在訊號尾端，濾除結果與原本 Sine 訊號有差異，是濾除不夠乾淨，而需調整參數以獲得更佳結果。



(細黑線：為原本的 Sine；粗紅線：為經濾波後還原的結果。)

4. 可將 Iterative Gaussian Filter 裡的 FH 設為 2.5、FL 設為 0.01，再重新計算一次。在此可發現濾波效果更佳、更接近原本的 Sine。



相關指令

Trend Estimator、CustomWave、Fourier Transform

參考資料

1. Yih Nen Jeng, “Diffusive and Fast Filter Using Iterative Gaussian Smoothing”, Department of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University

2. http://www.ancad.com/blog/AnCADSupport/wp-content/uploads/2008/05/it-gauss-2008-7.pdf

4.4.5 Trend Estimator*

Only in Professional

Trend Estimator 是 Iterative Gaussian Filter 的簡易參數版，詳細可參閱 Iterative Gaussian Filter。在對訊號特性掌握較不完全時，無需詳細設定，即可用 Trend Estimator 算出其趨勢。也可利用 Trend Estimater 幫助找出地層下陷、大氣溫度、股票等訊號的長時間趨勢。

說明

演算法請參閱 Iterative Gaussian Filter 章節。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。各參數定義如下。

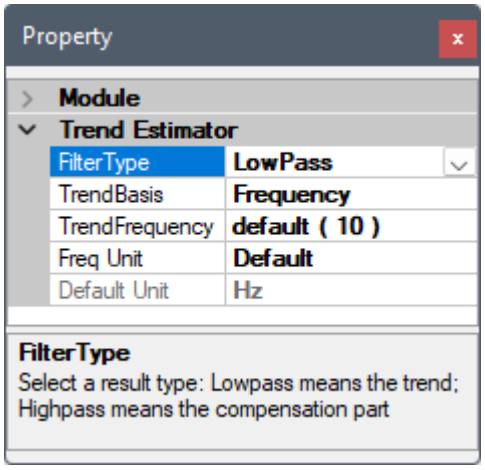


Table 4.53: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Filter Type	與 Iterative Gaussian Filter 的相同： • LowPass：(低通）萃取出低頻部分。 • HighPass：(高通）萃取出高頻部分。 • ByPass：無任何頻段訊號被濾除。	LowPass
Trend Basis	以（Period）周期為參考設定參數或（Frequency）頻率為參考設定參數。	Frequency

若是 Trend Basis 設定為 Frequency，其參數定義如下表。

Table 4.54: 參數說明（Trend Basis = Frequency）

參數名稱	參數定義	預設值
Trend Frequency	頻率低於此值者，則視為趨勢訊號。與 Iterative Gaussian Filter 對應則為：$$F_L = 2 \times \text{TrendFrequency}$$ $$F_H = 4 \times \text{TrendFrequency}$$	0
Freq Unit	選擇 Trend Frequency 的頻率單位： • Default：自動由輸入訊號之取樣率單位決定 • Hz、kHz、MHz、GHz、THz、THz • cycles_per_(min、hour、day、week、month、year)	Default
Default Unit	Freq Unit 為 Default 時，顯示自動設定之頻率單位	

若是 Trend Basis 設定為 Period，其參數定義如下圖表：

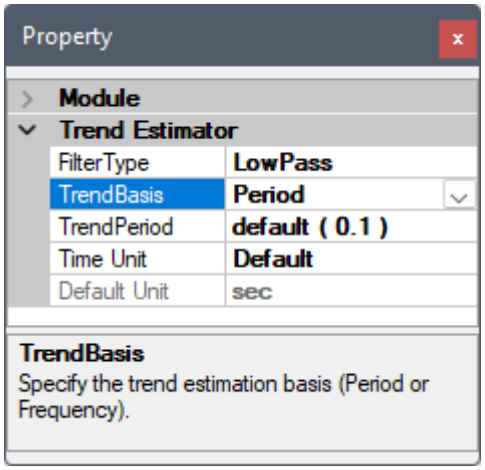


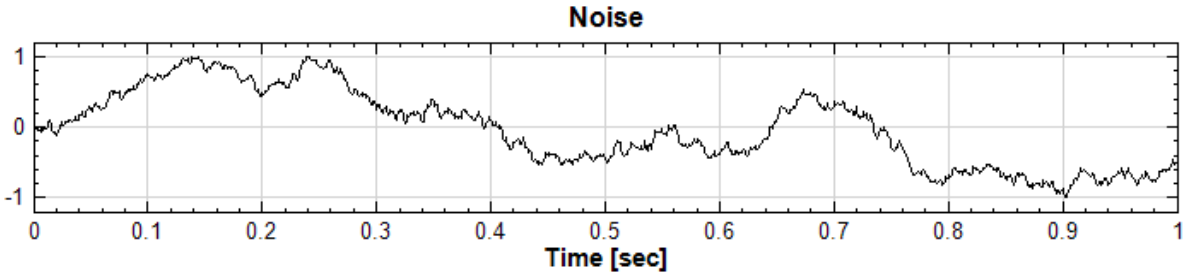
Table 4.55: 參數說明（Trend Basis = Period）

參數名稱	參數定義	預設值
Trend Period	週期高於此值者，則視為趨勢訊號。與 Iterative Gaussian Filter 對應則為：$$F_L = 2/\text{TrendPeriod}$$ $$F_H = 4/\text{TrendPeriod}$$	0

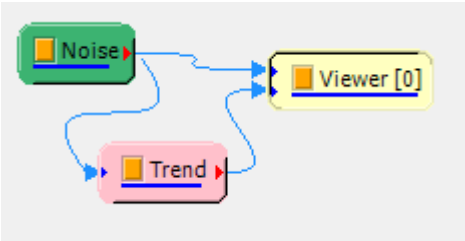
參數名稱	參數定義	預設值
Time Unit	設定 Trend Period 的時間單位： • Default：自動由輸入訊號之時間單位決定 • sec、ms、us、ns、ps、fs • min、hour、day、week、month、year	Default
Default Time Unit	Time Unit 為 Default 時、顯示自動設定之時間單位。	

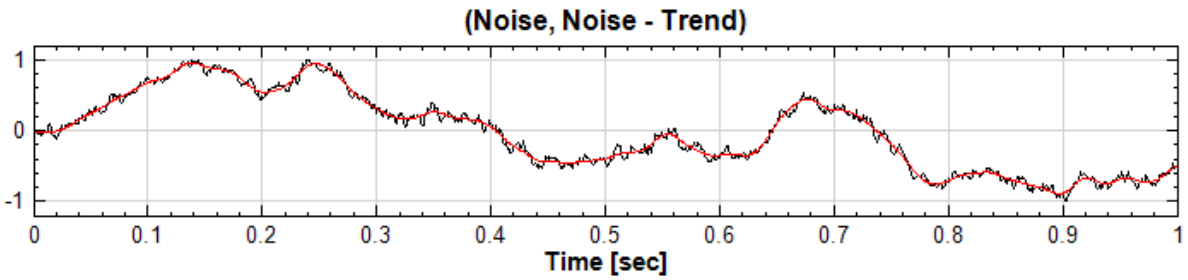
範例

1. 產生一個 Noise 訊號，將類別設為 Brown，其他參數皆預設值，接上 Channel Viewer 後訊號圖如下：



2. 將訊號源接上 Trend Estimator，其中參數皆為預設值，最後將結果接至同一個 Channel Viewer 顯示其結果，黑線為原始資料，紅線為趨勢。





相關指令

Noise、Channel Viewer、Iterative Gaussian Filter

參考資料

1. Diffusive and Fast Filter Using Iterative Gaussian Smoothing, Yih Nen Jeng, Department of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University

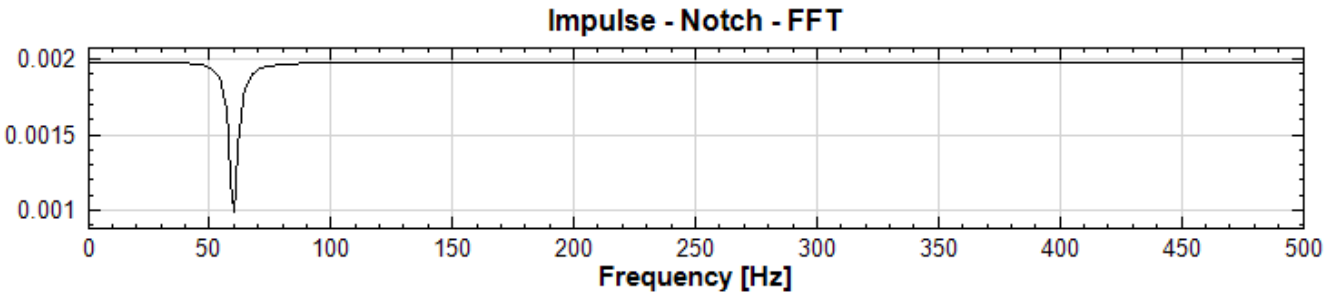
2. http://www.ancad.com/blog/AnCADSupport/wp-connent/uploads/2008/05/it-gauss-2008-7.pdf

4.4.6 Notch Filter

Notch Filter 為帶拒濾波器，也可稱為帶阻濾波器，目的在將某一特定頻率濾除。

說明

Notch Filter 的主要濾除某一特定頻率，若假設濾波器設計為濾除為 60 Hz 的訊號，其 Frequency Response Function 如下圖。



參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。各參數定義如下：

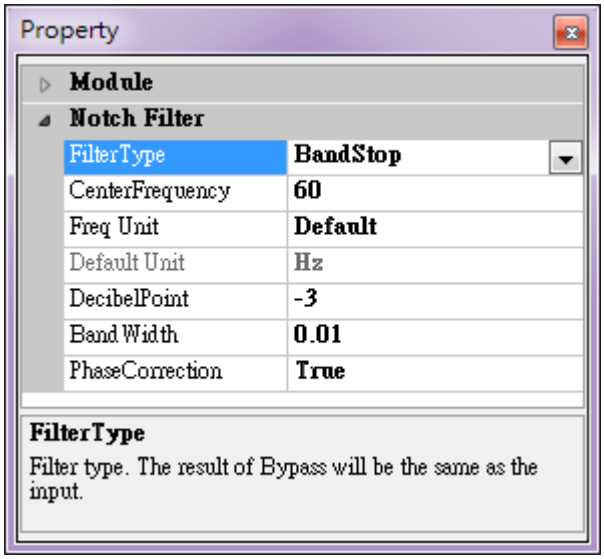


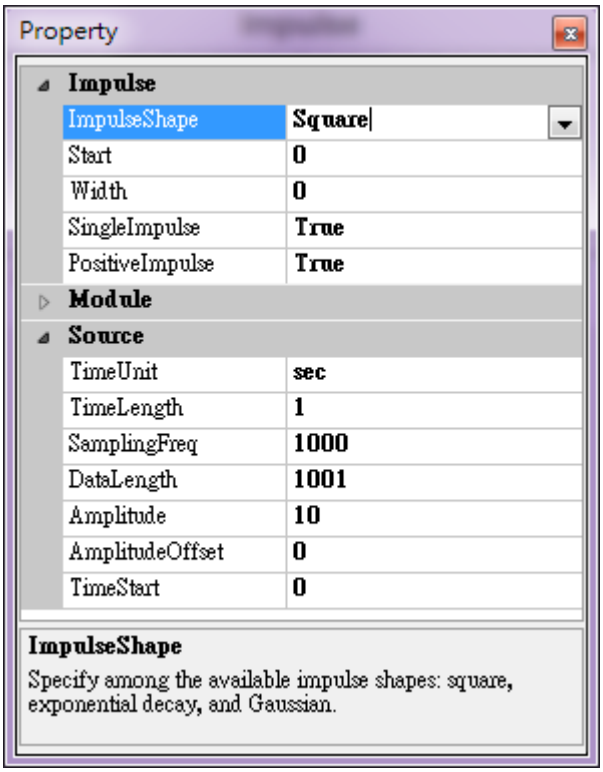
Table 4.56: 參數說明

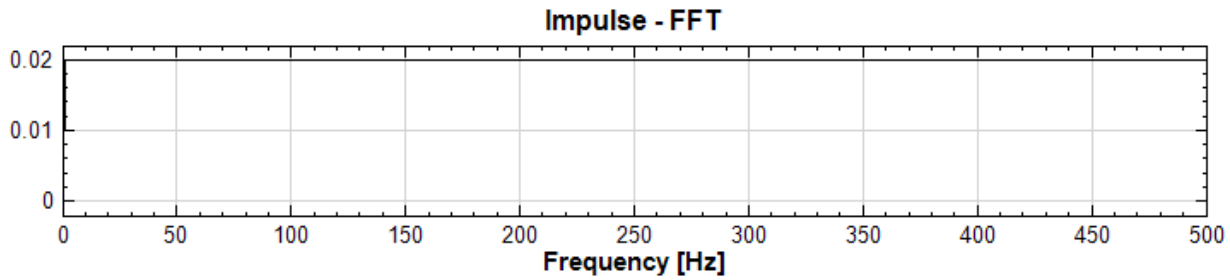
參數名稱	參數定應	預設值
FilterType	為設定濾波器對訊號進行帶阻或帶通的過濾，選項為 BandStop、BandPass 及 ByPass。	BandStop
CenterFrequen	被濾除的中心頻率。	60
Freq Unit	設定 CenterFrequency 的頻率單位。	Default

參數名稱	參數定應	預設值
Default Unit	輸入訊號經傅立葉轉換後的原始單位。	Hz
DecibelPoint	設定衰減點，設定的越小所產生帶拒越尖銳。	-3
BandWidth	設濾波器帶寬，定義為衰減點的帶寬，單位為（$\pi \times$ 弧度/取樣頻率）。	0.01
PhaseCorrectio	開啟修正相位偏差功能，選 True 開啟此功能，選 False 則不啟用。	True

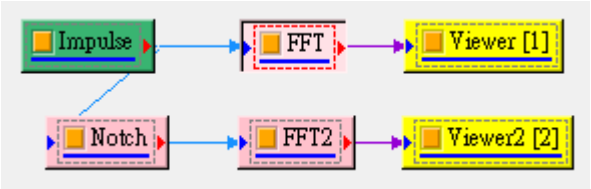
範例

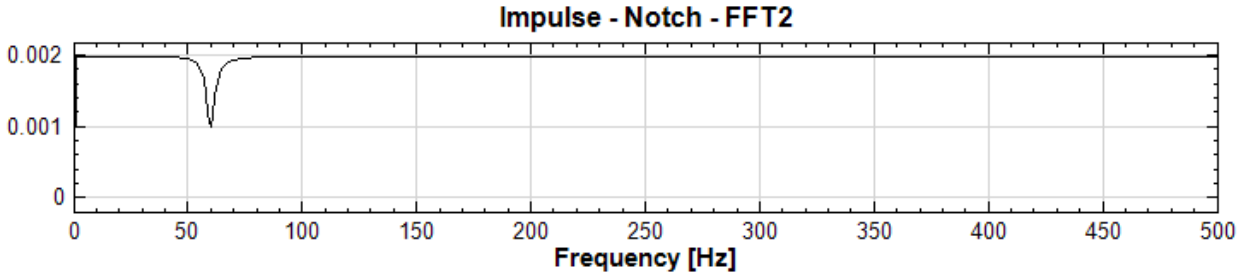
1. 建立一個 Source / Advanced / Impulse，設定 ImpulseShape 為 Square，而且 SingleImpulse 為 True，再接上 Compute / Transform / Fourier Transform，最後以 Channel Viewer 觀察頻率分佈。



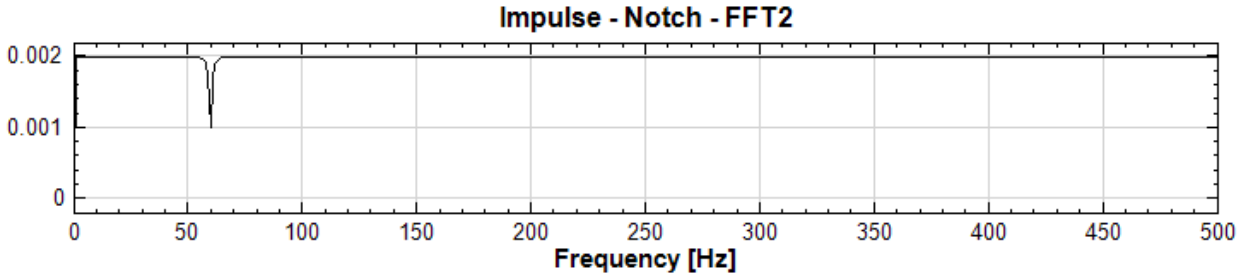


2. 在 Impulse Source 後面接上 Compute / Filter / Notch Filter，在 Notch 後面接上 Compute / Transform / Fourier Transform，最後以 Channel Viewer 觀察頻率分佈可以清楚看見濾除 60 Hz。





3. 改變 Notch Filter 中 DecibelPoint 為 -10，以及 BandWidth 為 0.001，被濾除的頻率和範圍變得更尖銳。



相關指令

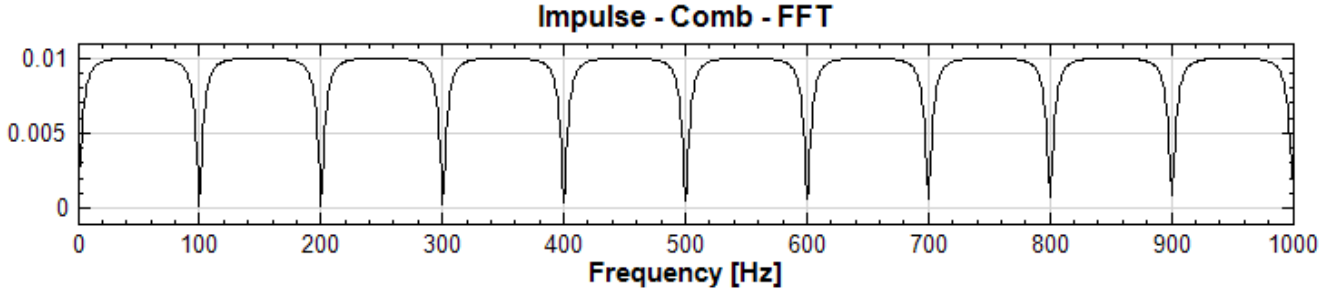
Comb Filter

4.4.7 Comb Filter

Comb Filter 為梳型濾波器，目的在將某一系列等間距的頻率濾除或保留。

說明

Comb Filter 的頻率響應函數（Frequency Response Function）如下圖。



本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式與輸入訊號相同。各參數定義如下。

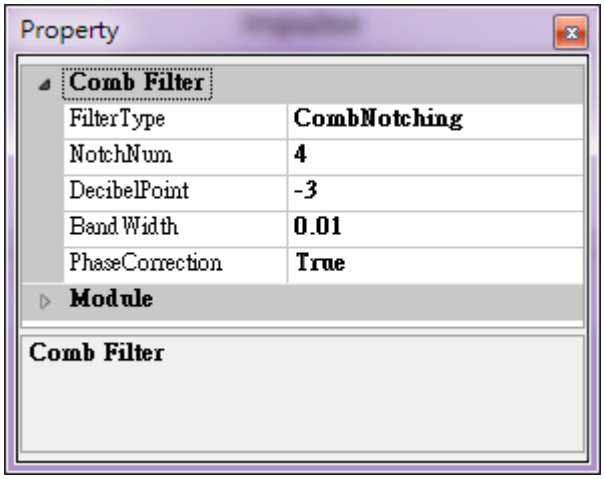
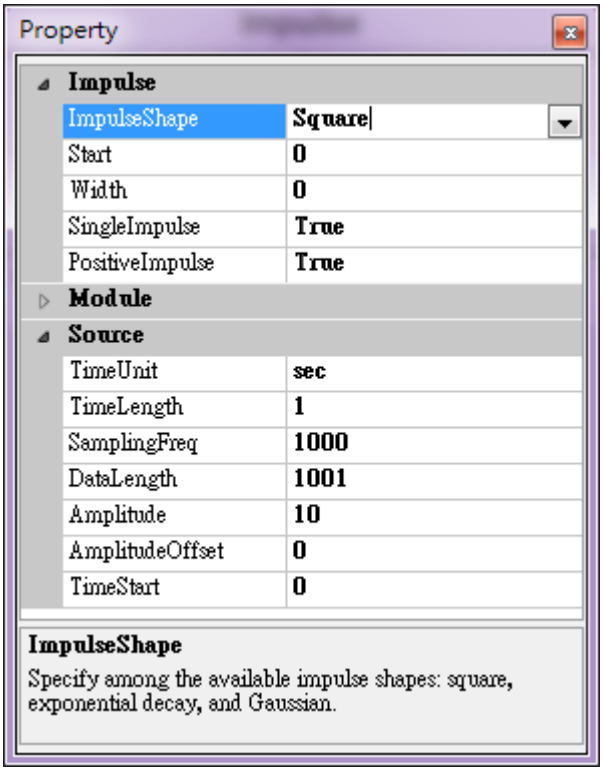


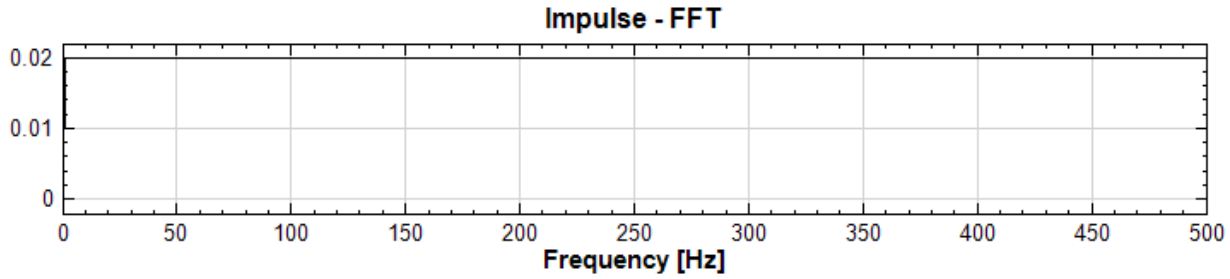
Table 4.57: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
FilterType	濾波形態，包含 CombNotching、CombPeaking。	CombNotching
NotchNum	設定 0 至取樣頻率之間的帶拒數目，若濾波型態為 CombPeaking，實際帶拒數目 = 設定帶拒數目 - 1。	4
DecibelPoint	設定衰減點，設定的越小所產生帶拒越尖銳。	-3
BandWidth	設濾波器帶寬，定義為衰減點的帶寬，單位為（$\pi \times$ 弧度/取樣頻率）。	0.01
PhaseCorrecti	開啟修正相位偏差功能，選 True 開啟此功能，選 False 則不啟用。	True

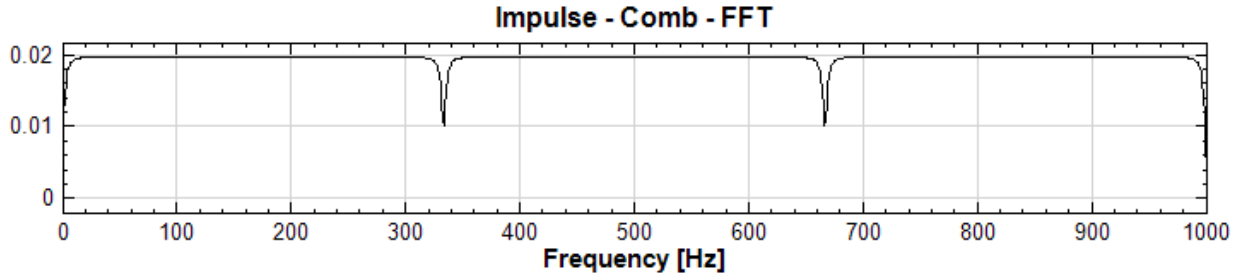
範例

1. 建立一個 Source / Advanced / Impulse，設定 ImpulseShape 為 Square，而且 SingleImpulse 為 True，再接上 Compute / Transform / Fourier Transform，最後以 Channel Viewer 觀察頻率分佈。

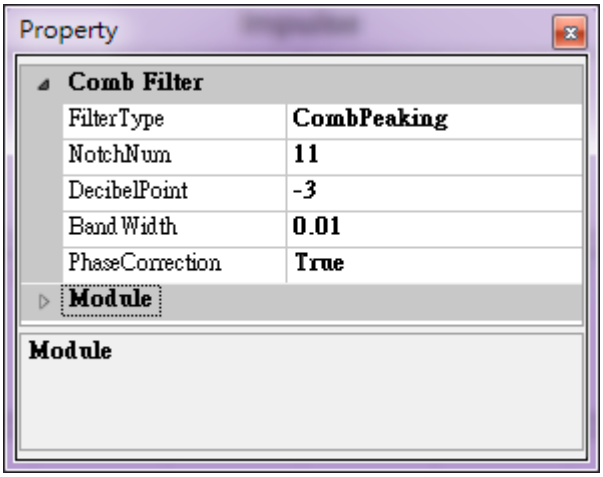


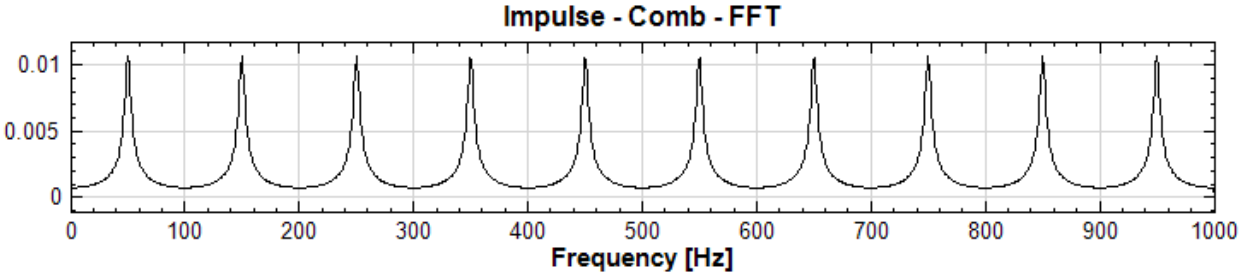


2. 在 Impulse 後面接上 Compute / Filter / Comb Filter，在 Comb 後面接上 Compute / Transform / Fourier Transform，FFT 的 Max 設定為訊號取樣頻率 1000，最後以 Channel Viewer 觀察頻率分佈可以發現頻率是呈現等間距濾除。



3. 改變 Comb Filter 中 FilterType 為 CombPeaking，以及 NotchNum 為 11，濾波結果為保留一系列的頻率，其他則濾除。





相關指令

Notch Filter

4.4.8 IIR Filter*

Only in Professional

IIR Filter 全名為無限脈衝響應濾波（Infinite Impulse Response Filter）。屬於濾波器的一種，相對於【FIR filter】有限脈衝響應濾波而言，IIR 對於脈波輸入訊號的響應是無限延續的。

參數設定

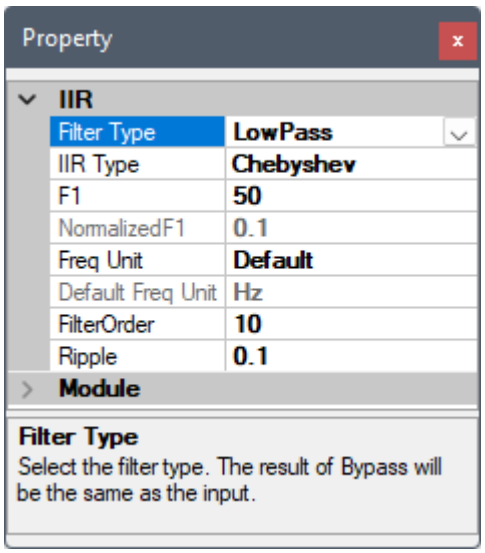
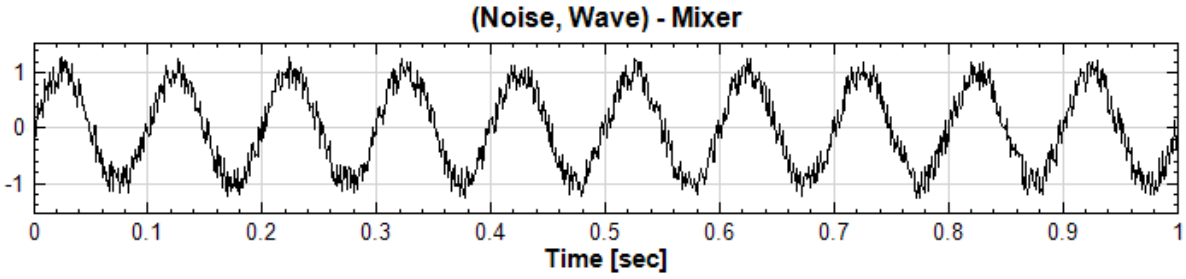


Table 4.58: 參數說明

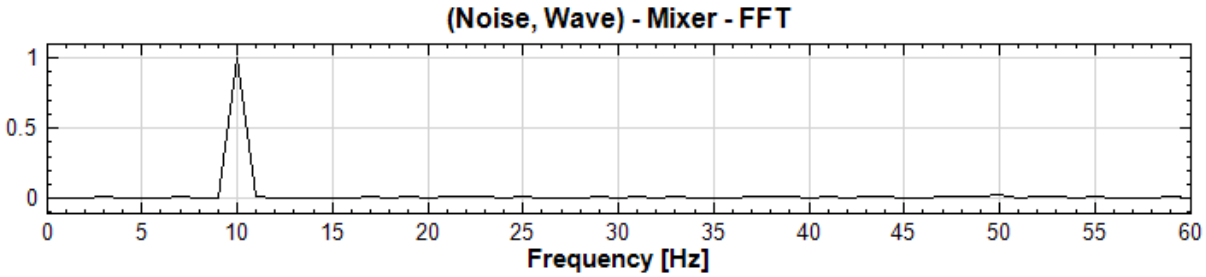
參數名稱	參數定義	預設值
Filter Type	為設定濾波器對訊號高、低頻段的過濾，選項為 • LowPass（低通濾波器） • HighPass（高通濾波器） • ByPass（全通濾波器）	LowPass
IIR Type	設定無限脈衝濾波器的型態，選項為 • Butterworth • Chebyshev	Butterworth
F1	設定 LowPass 和 HighPass 的截止頻率	50
Normalized F1	顯示以輸入訊號之 Sampling Frequency 為依據，正規化後的 F1 值	
Freq Unit	選擇 F1 的頻率單位： • Default：自動由輸入訊號之取樣率單位決定 • Hz、kHz、MHz、GHz、THz、THz • cycles_per_(min、hour、day、week、month、year)	Default
Default Unit	Freq Unit 為 Default 時，顯示自動設定之頻率單位	
FilterOrder	濾波器轉換函數的離散點，N 即為 N-order Filter，其值介於 1~12	10
Ripple	IIRType 選擇 Chebyshev 時，需設定 Ripple 值	0.1

範例

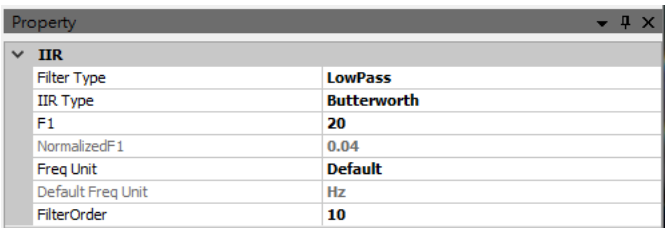
1. 資料合成：從 Source / Sine Wave 和 Source / Noise 新增兩訊號源 Sine Wave 和 Noise，並用 Compute / Mathematics / Mixer 將兩者疊加，Gain1 和 Gain2 皆設為 1；疊加後圖形如下。



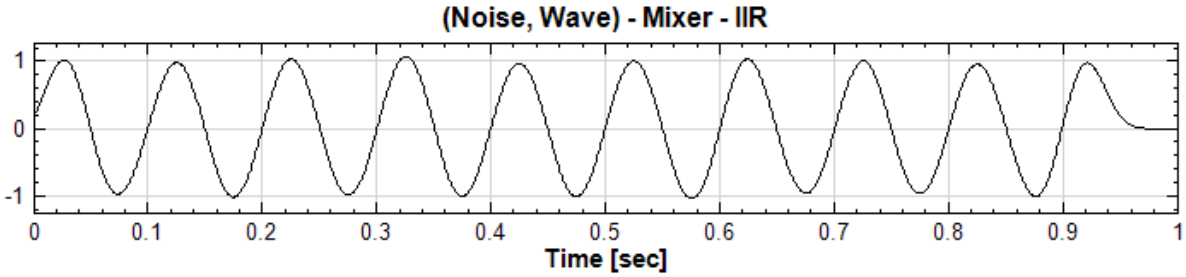
2. FFT 頻譜：從 Compute / Transform / Fourier Transform 新增 FFT 並接在 Mixer 後面，再用 Viewer / Channel Viewer 觀察此混和訊號的頻譜圖，10 Hz 為 Sine Wave 的頻率，Noise 的頻率則均勻分布在整個頻譜圖上。



3. 設定 IIR 濾波器：從 Compute / Filter / IIR Filter 新增 IIR Filter，以 F1=20Hz 為門檻，使用低通濾波器將 Noise 過濾掉。



4. 下圖為 FilterOreder=10 運算的結果，嘗試不同的 FilterOrder 並觀察圖形變化。



相關指令

FIR

參考資料

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Infinite_impulse_response

2. http://www.ym.edu.tw/~cflu/MedSigProcess_Class07_CFLu.pdf

4.5 HHT (Hilbert-Huang Transform)

Hilbert-Huang Transform (HHT) 是一種根據經驗而來的訊號處理方式，利用這個方式可由非穩態 (Unsteady) 及非線性 (Nonlinear) 的訊號中提取有物理意義的資訊。一般傳統的訊號處理方式多半建立於線性和穩態的假設上，一直到近年才發展出一些數學方法處理非穩態或非線性的訊號，但現實生活中很多情況是需要處理同時具有非穩態和非線性的訊號，這正是做訊號處理時令人頭痛的難題，然而由黃鍔博士所發展的一套數學方法 — Hilbert-Huang Transform (HHT) — 即針對上述情況提供一種解決方案。HHT 計算包含兩個部份：EMD (Empirical Mode Decomposition) 和 Hilbert Spectrum，結合 EMD 與 Hilbert Transform 讓此方法具有處理非穩態且非線性訊號的潛力，特別是需要同時知道時間、頻率、能量的變化關係時。在多數研究中，HHT

可得到更豐富的時間、頻率、能量的關係，且在很多情形下，我們可藉由 HHT 提取出更有物理意義的資訊，從而解釋物理現像，並解決工程問題。

1. RCADA EEMD：中央大學數據中心所提供的一種 EEMD 演算法。
2. IMFProperty：列出各 IMF 的過零點個數、極值個數、過零點個數的平均頻率、各 IMF 間的正交性、各 IMF 具有的功率比例。
3. AnCAD EMD (*Only in Professional)：逸奇科技所提供的各種不同的 EMD 拆解演算法，提供使用者更多選擇。

4.5.1 RCADA EEMD

EMD 為 Empirical Mode Decomposition，是個依照訊號特性將訊號分解成數個 IMFs (Intrinsic Mode Functions) 和一個剩餘訊號（Residual）的數學工具。較傅立葉級數分解更為優異的是，EMD 分出的 IMF，其振幅和瞬時頻率可以隨時間變化，並包留了原訊號中非線性和非穩態的特性。EMD 原理之詳細說明請參考【AnCAD EMD】章節。

EEMD 為 Ensemble EMD，是在計算 EMD 的基礎上加入少許亂數噪訊重複計算並平均各尺度之 IMF，可更有效拆解出各尺度的 IMF。

RCADA EEMD 為中央大學數據中心的最新（2009）EEMD 演算法，此模組的預設條件與數據中心提供 MATLAB 原始碼的 EEMD 函式相同，但本模組更提供多種邊界條件、亂數產生方式等參數選擇，以供使用者選擇，並且運算速度較原本數據中心提供 MATLAB 原始碼增加 200 倍以上。

說明

詳請參考http://rcada.ncu.edu.tw/research1.htm。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）訊號。RCADA EEMD 僅接受單通道（Single Channel），Regular 的訊號 (Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。

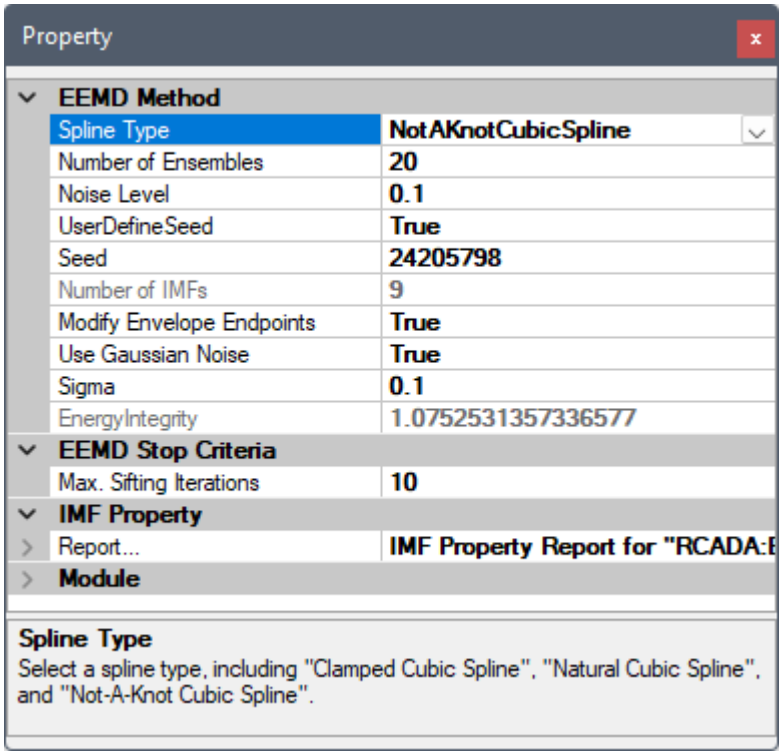


Table 4.59: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Spline Type	選擇三種邊界條件（Boundary Conditions），包括 Clamped Spline、Natural Cubic Spline、Not A Knot。下面表格將說明	NotAKnot
Number of Ensembles	運行 EEMD 時，添加 Noise 的次數，並且會計算出多少組的 IMF 結果再進行平均。例如預設為 20，將原訊號加入 20 次的 Noise ，並個別計算出 20 組 IMF 結果，並平均之	20
Noise Level	即在運行 EEMD 時，添加的 Noise 之振盪，相對於原本訊號標準差之比值	0.1
UserDefineSeed	設定是否使用自訂亂數種子。使用自訂亂數種子可保證每次執行 EEMD 時加入的 Noise 產生都一樣，方便測試比對結果	False
Seed	如使用自訂亂數種子，此參數設定種子之數值	24205798
Number of IMFs	顯示拆解出來的 IMF 通道總數	
Modify Envelope Endpoints	設定包絡線端點是否要進行外插計算	True
Use Guassian Noise	設定是否使用 Guassian Noise，否則將使用 White Noise	Fasle
Sigma	如使用 Gaussian Noise，設定標準差（Sigma ）值	0.1
Max. Sifting Iterations	設定 EEMD 求解時疊代次數的上限	10
Energy Integrity	顯示拆解出之 IMF 總能量與原訊號能量比，值為 1 時代表兩者相等	

Table 4.60: 邊界條件

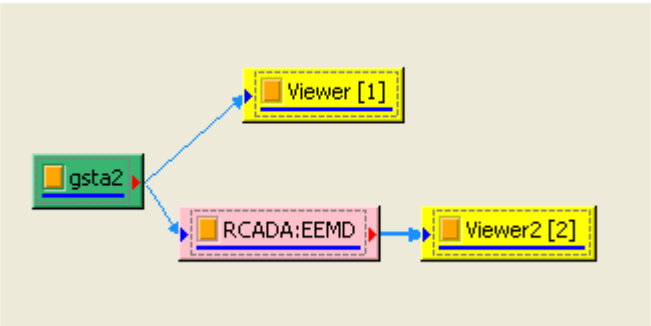
邊界條件	定義
NotAKnot	邊界（最鄰近）上的點，其三次導數相等。此預設邊界條件等同於中央大學數據中心的 MATLAB 原始碼的 EEMD，但由於 Visual Signal 與 MATLAB 的亂數產生不相同，拆解結果會稍有不同
NatureCubicSpl	邊界上的點，其二次導數為零
ClampedSpline	邊界上的點，其一次導數為定值（=0）

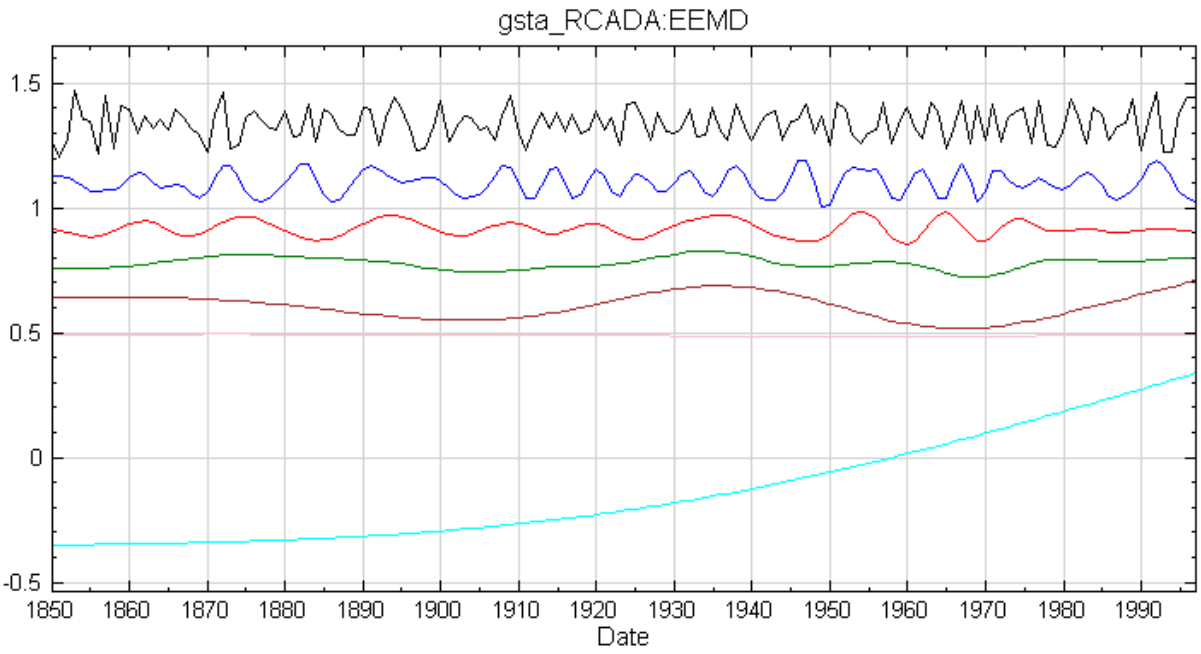
跟AnCAD EMD一樣，本元件輸出為多通道訊號，包括所有的 IMF 訊號加上一個 Residual 訊號。欲觀察各 IMF 的特性及了解 EMD 否適當的將訊號分離，可雙擊本元件圖示開啟 IMF Property Reporter。各 IMF 參數的詳細解說請參考【IMF Property】章節說明。

範例

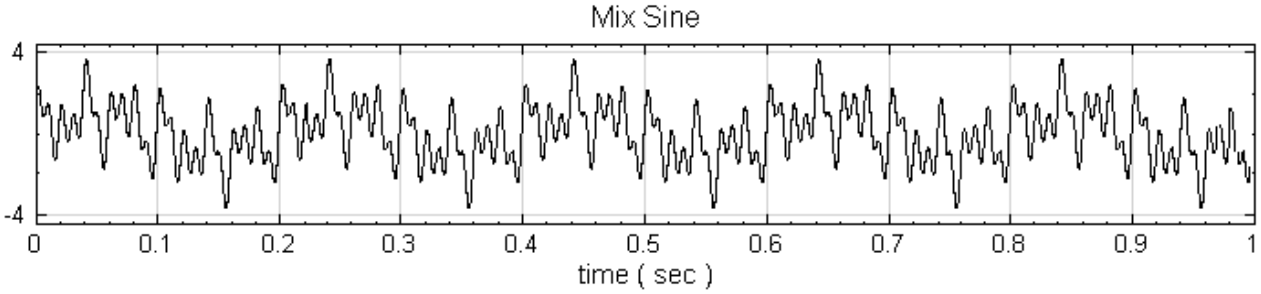
1. 本範例是採用中央大學網站上提供的範例資料（gsta.dat）。為一年一筆之地球表面平均溫度之資料，可以參考 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\HHT\demo68.vsn`。

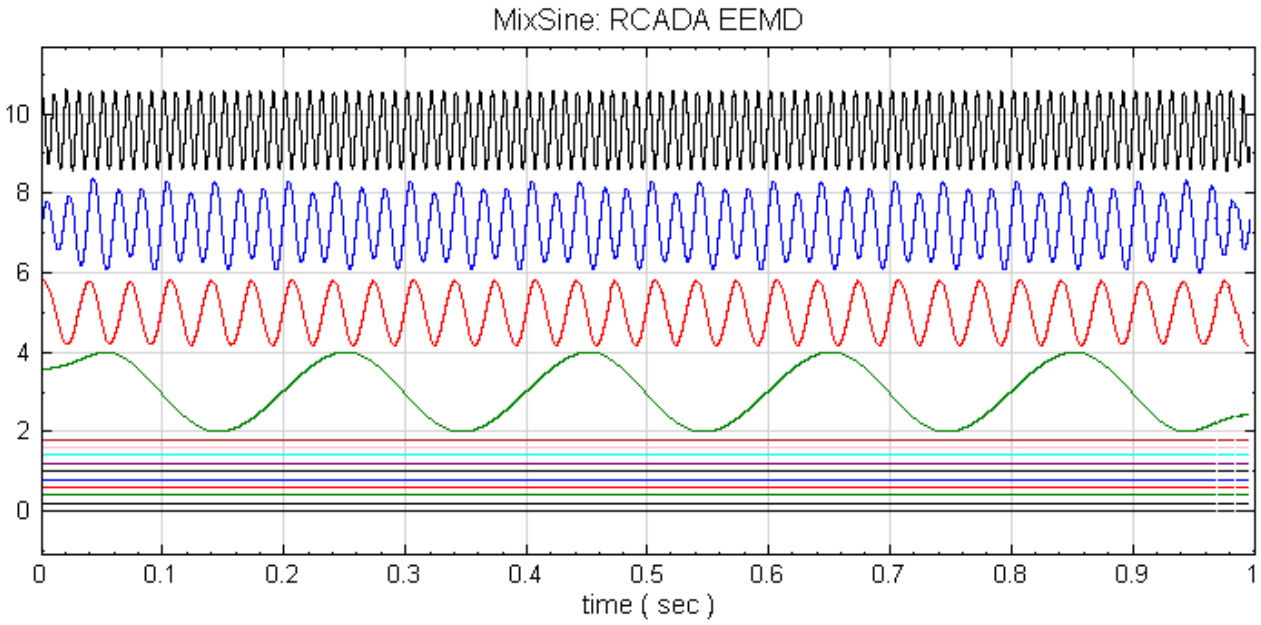
2. 再將原訊號連接 Compute / HHT / RCADA EEMD 做拆解，參數設定為預設，其結果如下，注意到 Residual（即最後一條訊號，淡藍色線條），代表溫度的趨勢：





3. 再對相同的訊號，比較 RCADA 提供 MATLAB 原始碼在 MATLAB 程式 與 Visual Signal 的速度，$\sin(5 \cdot 2\pi t) + \sin(30 \cdot 2\pi t) + \sin(50 \cdot 2\pi t) + \sin(100 \cdot 2\pi t)$，訊號長度為 20000，RCADA EEMD 拆解後結果如下：

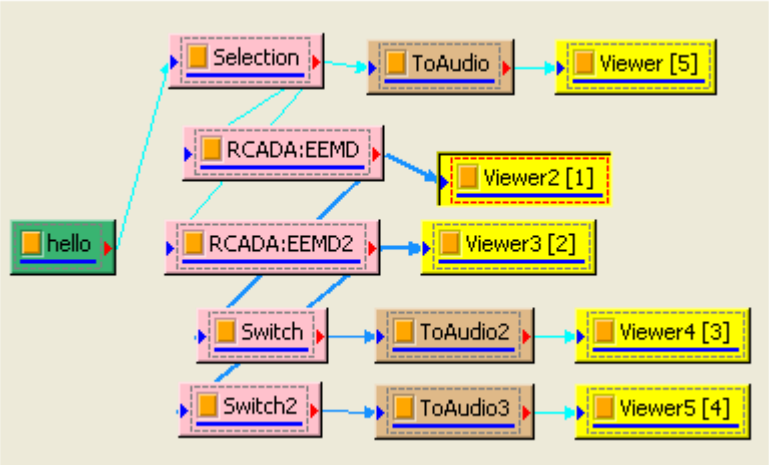


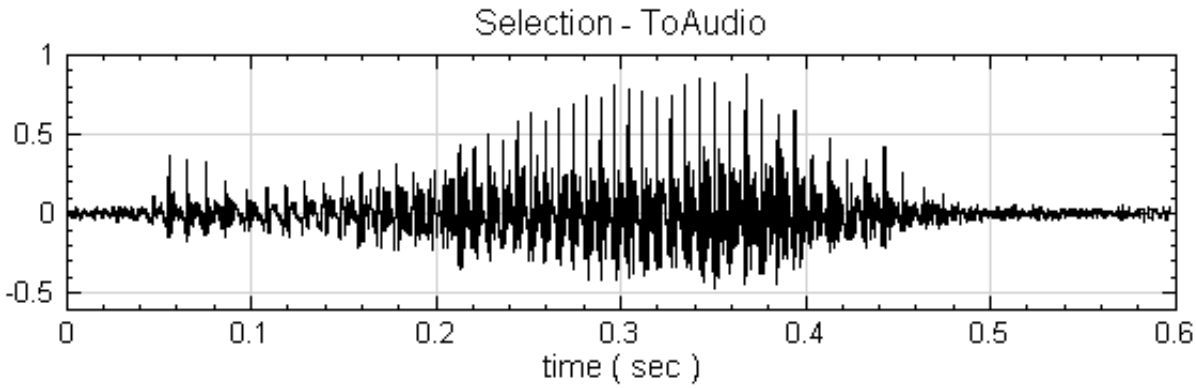


在 Intel Dual Core E6300（2.8GHz）的電腦上，Visual Singal 的所花費計算時間為 1.65 秒，MATLAB 為

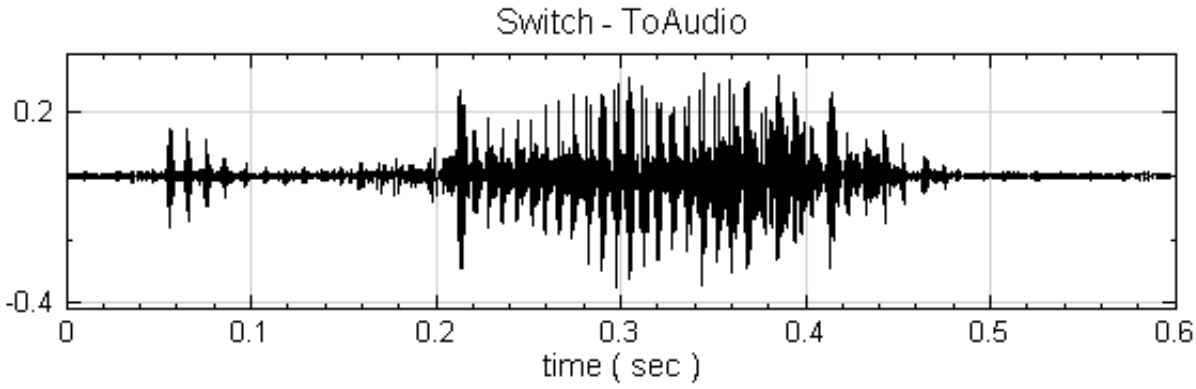
376.60 秒, 速度相差超過 200 倍。

1. 先參考 C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\HHT\ 中的 demo68_1 專案，裡面資料 (Wave) 為錄製一段 Hello 的聲音，如下兩張圖：

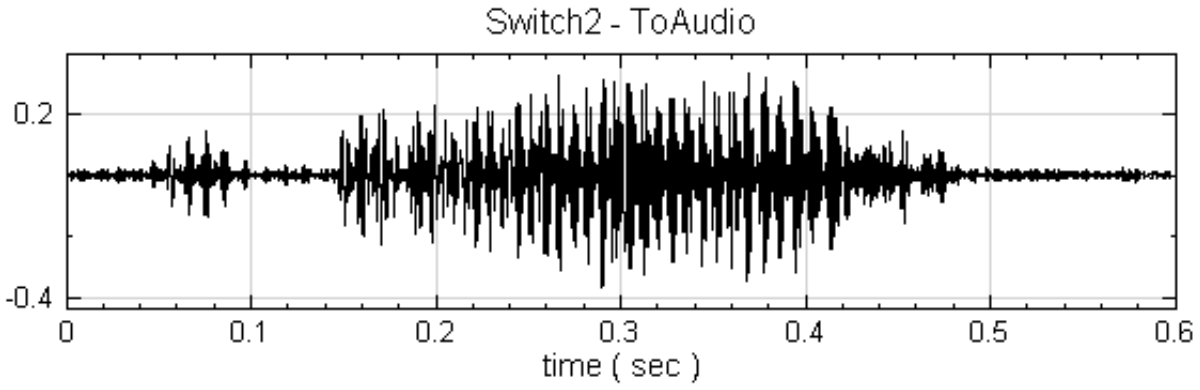




2. 在 RCADA：EEMD 的參數中，Number of Ensembles 為 200，Noise Level 為 0.25，並觀察第三個通道的訊號，結果如下圖。。



3. 在 RCADA：EEMD2 的參數中，Number of Ensembles 為 1，Noise Level 為 0.1，並觀察第三個通道的訊號，結果如下圖。。



兩個拆解出來的訊號聽起來，發現第一個 EEMD 拆解出來的聲音比較清楚，第二個 EEMD 的結果含有一些噪音干擾。

相關指令

RCADA Instant Frequency、RCADA Spectrum、AnCAD EMD

參考資料

1.http://rcada.ncu.edu.tw/research1_clip_reference.htm

2. Norden E. Huang, Zheng Shen, Steven R. Long, Manli C. Wu, Hsing H. Shih, Quanan Zheng, Nai-Chyuan Yen, Chi Chao Tung and Henry H.Liu ：“The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Nonlinear and Non-Stationary Time Series Analysis” ，Proceedings of the Royal Society , Vol.454, No.1971, 1998

3. Huang, N. E., M. L. Wu, S. R. Long, S. S. Shen, W. D. Qu, P. Gloersen, and K. L. Fan (2003)：“A confidence limit for the Empirical Mode Decomposition and Hilbert Spectral Analysis”，Proc. Roy. Soc. London, 459A, 2317-2345.

4. ZhaoHua Wu and Norden E. Huang, 2009, ” Ensemble Empirical Mode Decomposition : A Noise-Assisted Data Analysis Method ” , Advances in Adaptive Data Analysis, Vol. 1, No. 1 (2009) 1–41

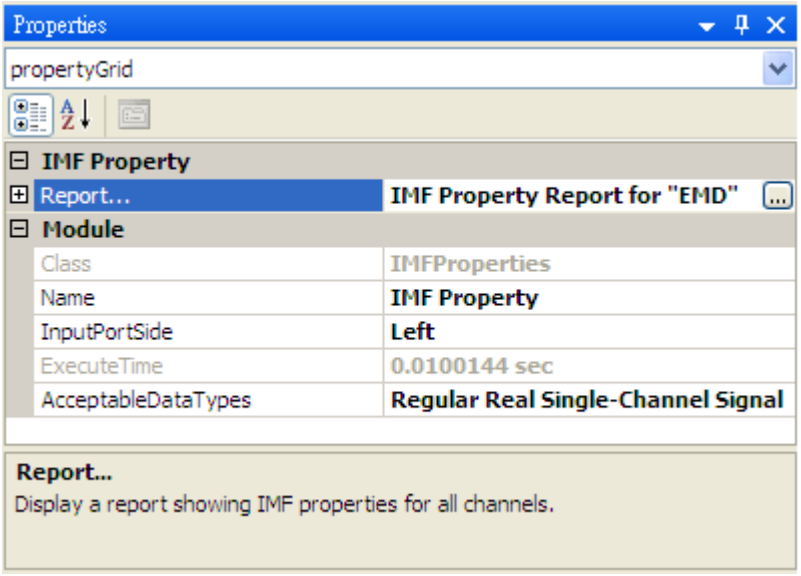
4.5.2 IMF Property

訊號經過各種 EMD 運算後，可分解成數個 IMF 和一個 剩餘訊號，IMF property 的功能是觀察各 IMF 的特性，目的是了解各種 EMD 是否適當的將訊號分離。

說明

EMD 分解出的 IMF 有零點和極值之數量差小於一的特性，為驗證 EMD 分解訊號的能力，可由此元件觀察各 IMF 的特性。此元件列出各 IMF 的過零點個數、極值個數、過零點個數的平均頻率、各 IMF 間的正交性、各 IMF 具有的功率比例。

參數設定



點擊 Report 欄位右側之[...]圖示，或是雙擊本元件圖示，可開啟 Reporter 顯示各 IMF 參數。Report 說明請參考【Reporter】章節說明。

如範例圖示，參數顯示分為兩大表格：General Properties 及 Orthogonality，說明如下：

* 基本參數（General Properties）

Table 4.61: 基本參數說明

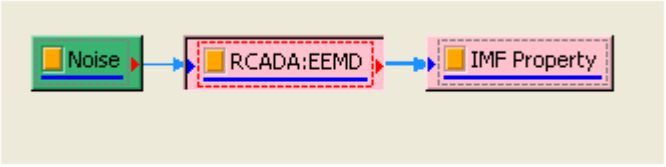
參數名稱	參數定義
Zero Crossings	顯示各通道訊號的過零點次數
Extrema Counts	顯示各通道訊號局部最大或最小峰值的次數
Zero Crossing Freq.	顯示各通道訊號用過零點次數計算出的平均頻率，單位為 1/原訊號之時間單位
Zero Crossing Period	顯示各通道訊號用過零點次數計算出的平均週期，單位為原訊號之時間單位
Average Freq.	顯示各通道訊號用 FFT 計算出的平均頻率，單位為 1/原訊號之時間單位
Average Period	顯示各通道訊號用 FFT 計算出的平均週期，單位為原訊號之時間單位
Power	顯示各通道的能量，為各個通道佔原訊號總能量（不算殘餘訊號 Residual）的百分比

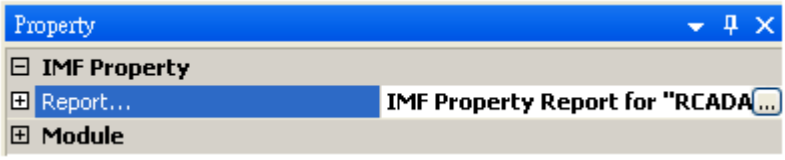
* IMF 正交性（Orthogonality）

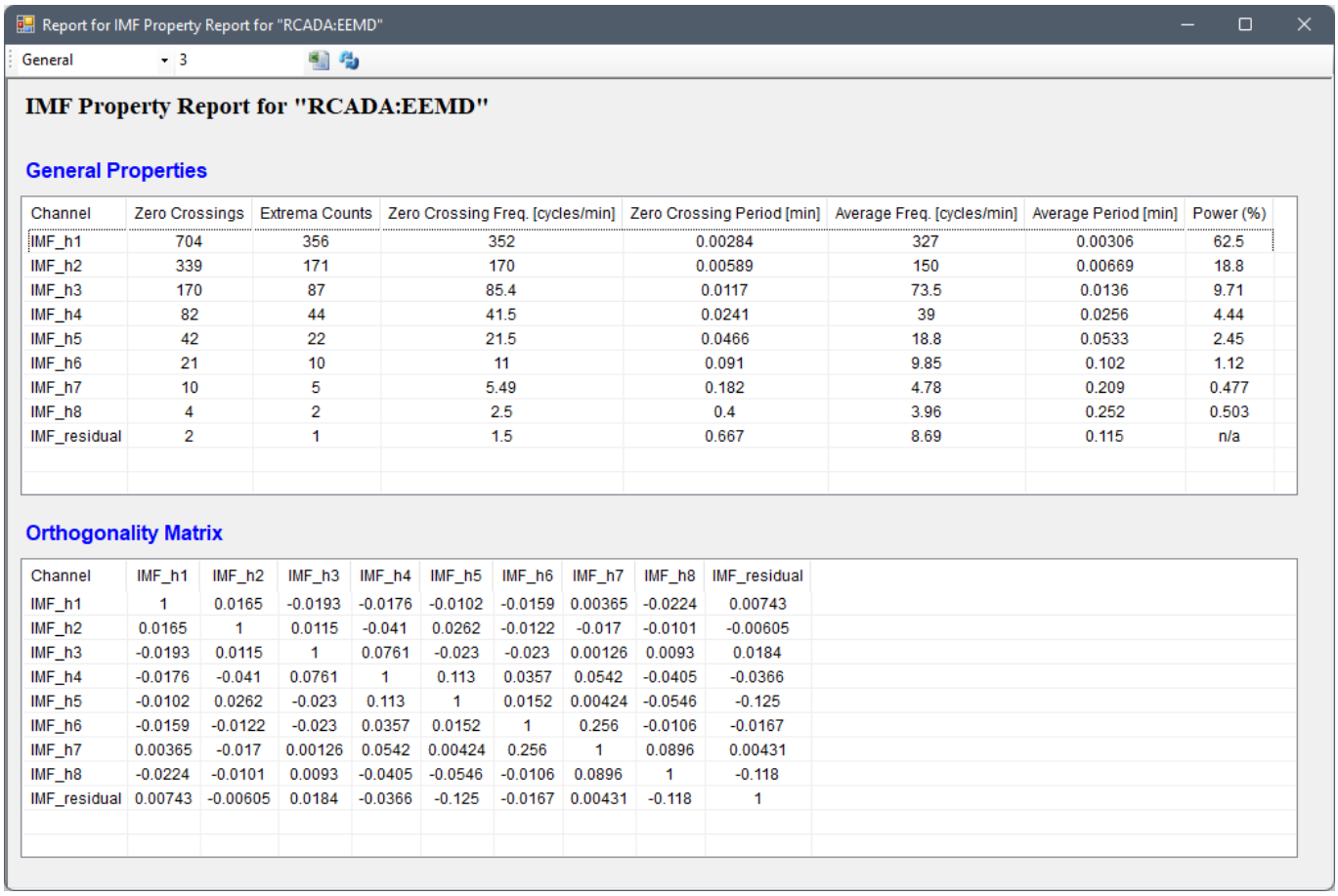
此表格顯示輸入訊號之各通道彼此之間的正交性矩陣，請參考【正交性矩陣】元件說明。

範例

範例以 IMF Property 元件觀察 RCADA EEMD 運算分解後之訊號特性，點選 EMD 運算元件，按右鍵選擇 Compute / HHT / IMF Property，如下圖所示。分析的各個 IMF 特性可在屬性中，點選 Report...屬性，其右方會出現一按鈕，點選按鈕可顯示此元件的分析結果，顯示的結果如下。







相關指令

EMD、Channel Viewer

4.5.3 AnCAD EMD*

Only in Professional

EMD 全名為 Empirical Mode Decomposition，是個依照訊號特性將訊號分解成數個 IMFs (Intrinsic Mode Functions) 和一個剩餘訊號（Residual）的數學工具。較傅立葉級數分解更為優異的是，EMD 分出的 IMF，其振幅和瞬時頻率可以隨時間變化，並包留了原訊號中非線性和非穩態的特性。

說明

EMD 可依據訊號特性將原訊號分解為多個子訊號。相較於其他數學方法，EMD 是一個適應性的運算方法，無論訊號為何，這個方法皆可以把訊號初步分解成較具意義的分量，但是要分得好就需要一點經驗與技巧了。這個訊號處理方法假設每一個訊號內部都包含不同的簡單振動模態，此振動模態稱為 Intrinsic Mode Function（IMF），理想的 IMF 均包含下面幾個特性：

1. 零點和極值的數量相差在一個以下。
2. 任一處的上包絡線（由局部極大值定義）和下包絡線（由局部極小值定義）的平均值為零（即對稱）。

Sifing 是做 EMD 計算時，從訊號中提取 IMF 的過程，依據上述對 IMF 的 述，Sifting 的運算流程如下：

1. 取得一段要處理的訊號 $x(t)$，找出其局部極大值所在點，並以 Cubic Spline 方法將所有局部極大值相連，可得此訊號的上包絡線。
2. 同樣的找出此訊號的局部極小值並以 Cubic Spline 方法相連，可得訊號的下包絡線。
3. 計算上包絡線和下包絡線的平均值，可得一平均線，令此平均線為 $m(t)$。
4. 將原訊號和平均線相減，令相減後所得的訊號為 $h(t)$，則 $h(t) = x(t) - m(t)$。

上述由 $x(t)$ 減去上下包絡線的平均線 $m(t)$，求得 $h(t)$ 的過程即為 Sifting。

本模組提供兩種 Sifting 疊代終止準則：

1. Cauchy 收斂測試，疊代過程中連續兩次 Sifting 後的訊號標準差 SD_k （參數 StandardDeviation）小於一給定的數值，則終止後續的 Sifting 動作

$$SD_k = \frac{\sum_{t=0}^{T} |h_{k-1}(t) - h_k(t)|^2}{\sum_{t=0}^{T} h_{k-1}^2(t)}$$

2. 先選定一個篩選次數上限，將原訊號做 Sifting，直到新訊號過零點個數和極值個數之差小於 1 為止，但篩選次數不超過所選定的次數上限（參數 Max. Sifting Iterations ）。注意，此條件與論文中的不一樣，但是為避免篩選後的訊號無法收斂到終止條件，而做此設計。

1 與 2 兩種準則是同時比較，兩者只要滿足其一即達收斂標準，Sifting 動作就結束。Visual Signal 會將拆解出來的結果依高頻至低頻方式輸出（Channel 1 頻率最高，Channel 2 次之，以此類推），殘餘訊號放在最後一條 Channel。

EMD 的運算如下：將一原始訊號做若干次 Sifting 後，訊號上、下包絡線的平均線會漸漸和水平軸重合，直至訊號的上、下包絡線對稱於水平軸。此新訊號即為第一個 IMF，故稱為 IMF1。將 IMF1 從原始訊號減去，得到第一個殘餘訊號 (First Residual)，稱為 r1，將 r1 依同樣方式做若干次 Sifting，可獲得 IMF2，再將 IMF2 從 r1 扣除，得到第二個殘餘訊號 r2，依此規則重複計算，則可將原始訊號拆解成數個 IMF 和最後的殘餘訊號，此即為 EMD 的運算流程。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）或聲音訊號（Audio）輸入，其參數意義與設定如下：

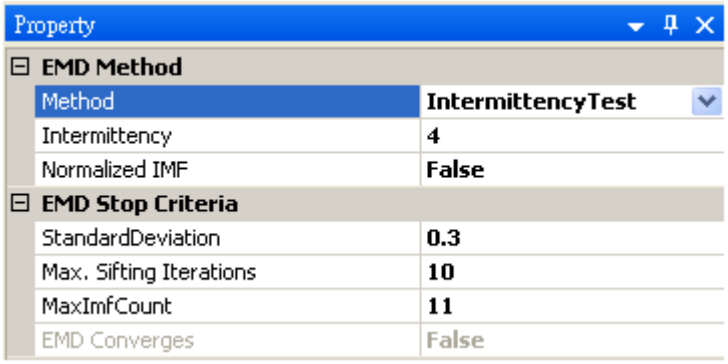


Table 4.62: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Method	設定 EMD 運算時的方式，以下介紹可設定的功能： • Standard：以一般標準方式計算。 • IntermittencyTest：訊號中若有個極微幅的震動會產生一個局部極大值和及局部小值，利用此方法可適當忽略過於微小振動產生局部極值。 • EnsembleEMD：於輸入訊號上加一微小振幅的噪訊後再作 EMD，重複多次後取各尺度 IMF 之平均。此法無需預先設定參數即可有效分離各尺度之 IMF	IntermittencyTest
Normalized IMF	將所有 IMF 正規化	False
StandardDeviation	設定門檻值，即公式中的 SD_k。利用 Sifting 前後訊號的平方差小於門檻值時停止 Sifting。見說明疊代終止準則 1	0.3
Max. Sifting Iterations	Sifting 的最高次數。見說明疊代終止準則 2	10
MaxImfCount	決定每次 EMD 運算時，提取 IMF 的最大個數	11

若是 Method 為 IntermittencyTest，必須有多一個參數 Intermittency 要設定，如下表：

Table 4.63: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Intermittency	兩極值間的最大的點數間距。超過的此範圍的極值會被忽略。此數值在每一模態中會自動增加成前一模態的兩倍	4

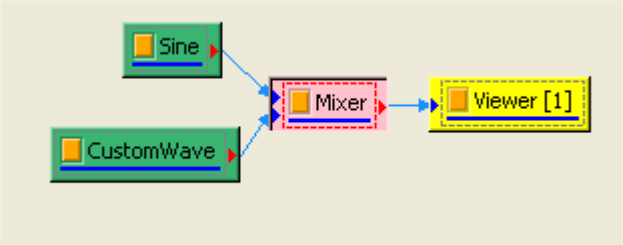
若是 Method 為 EnsembleEMD，多出的參數設定與 RCADA EEMD 一致，請參考【RCADA EEMD】章節說明。

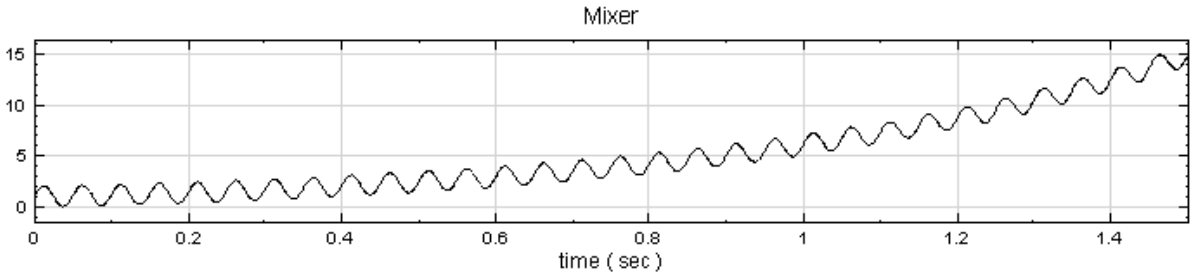
跟【RCADA EEMD】一樣，本元件輸出為多通道訊號，包括所有的 IMF 訊號加上一個 Residual 訊號。欲觀察各 IMF 的特性及了解 EMD 否適當的將訊號分離，可雙擊本元件圖示開啟 IMF Property Reporter。各 IMF 參數的詳細解說請參考【IMF Property】章節說明。

範例

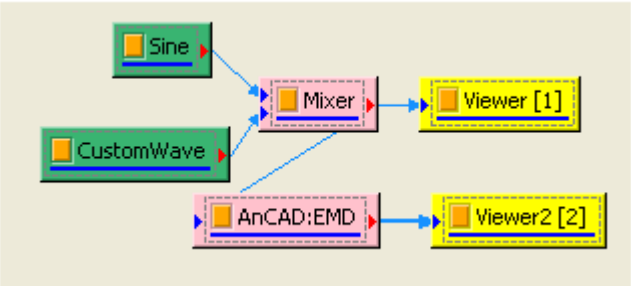
示範一混合訊號作 EMD 分析：

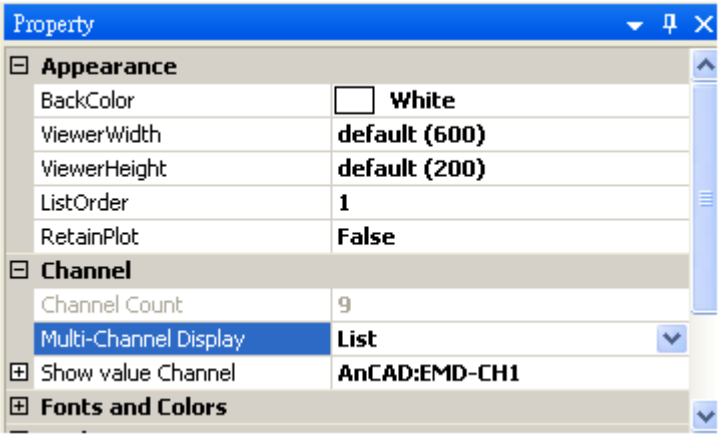
1. 於 Project 視窗選擇 Source / Sine Wave 產生訊號，並設定其參數，時間長度為 1.5 秒，頻率為 20 Hz；並再設定一 Custom Wave 為 $exp(1.8 * t)$，一樣時間長度為 1.5 秒。以 Compute / Math / Mixer 混合兩者：

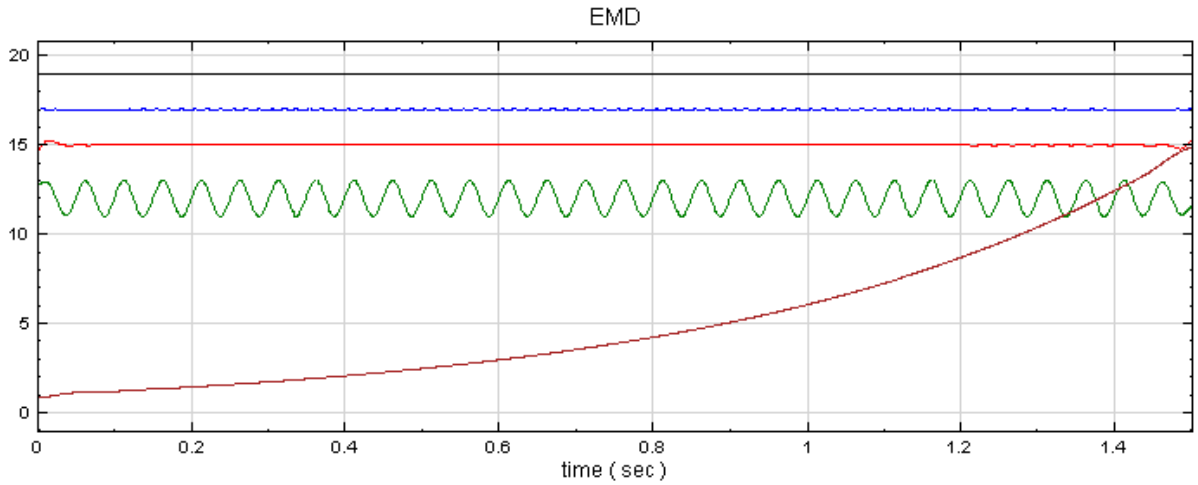




2. 在 Mixer 後接上 Compute / HHT / EMD，再以 Channel Viewer 繪製計算結果，於 Viewer 的 Properties / Channel / Multi-Channel Display 選擇 List，將每個 IMF 分開顯示，其圖示如下。

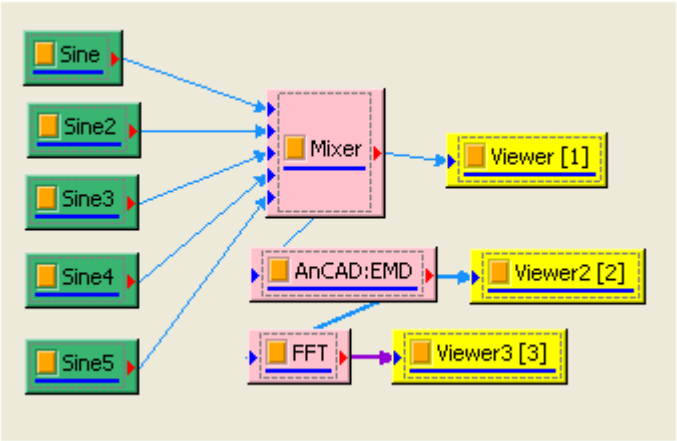


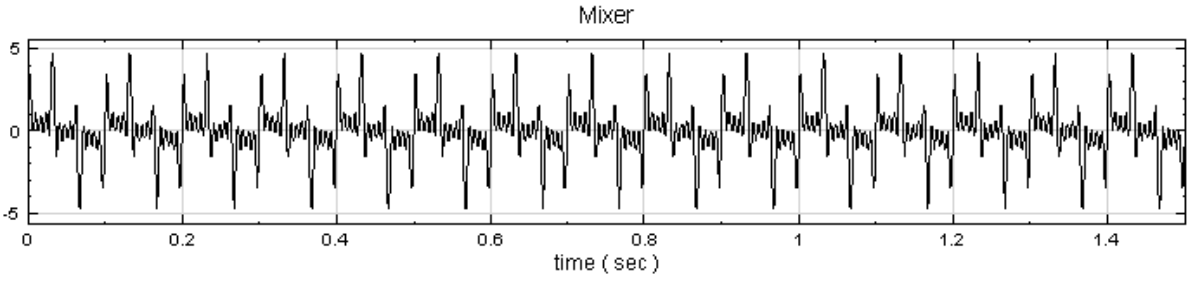


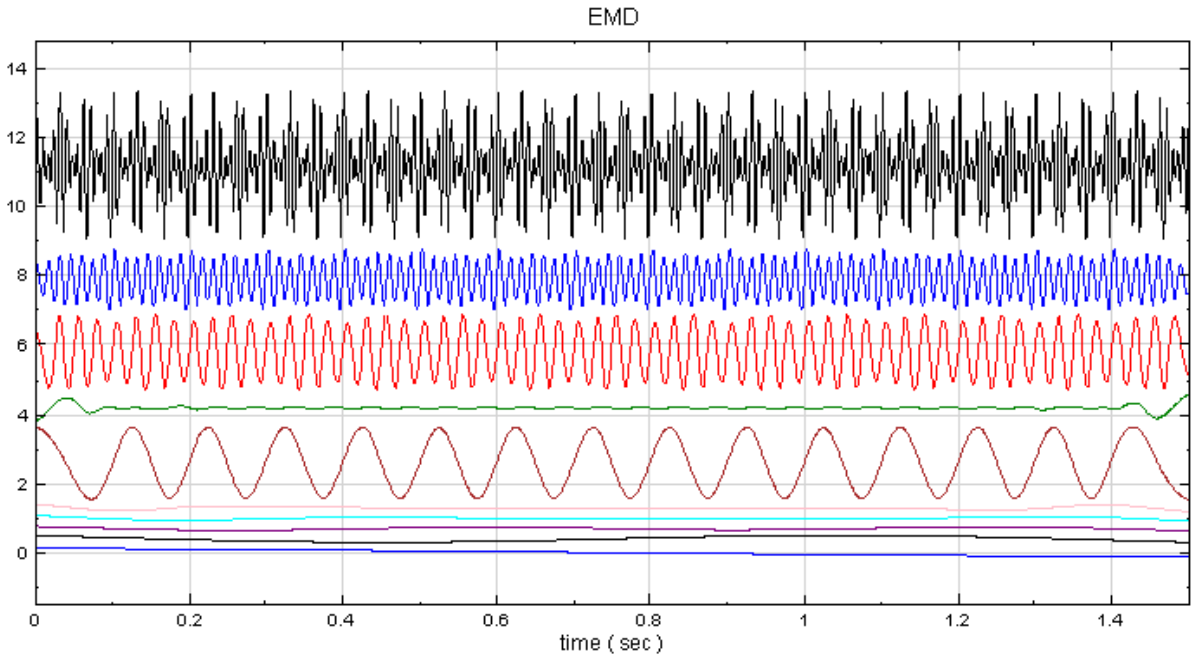


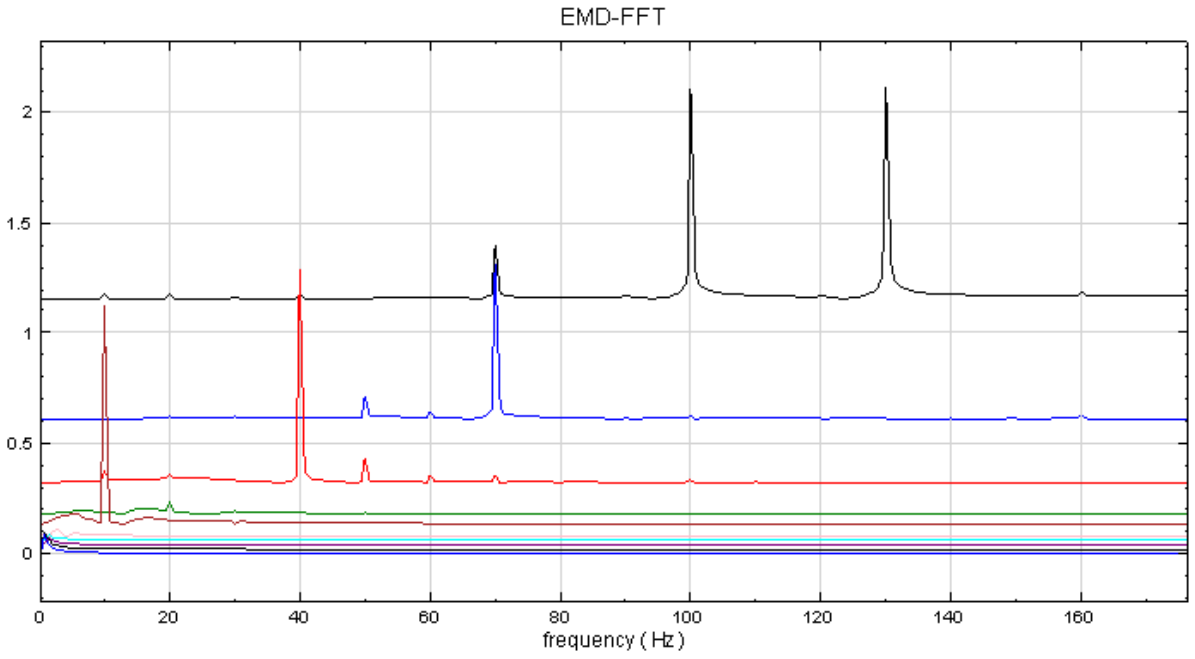
在此可發現原本的 Sine 函數與 Exponential 函數被徹底拆解，原本的 Sine 為 Channel 4，Exponential 函數則為殘餘訊號 (因為 Exponential 函數毫無週期性，無法再從中拆解出其他訊號)。其餘三筆訊號（Channel 1 ~3）是 EMD 在計算上過渡出來的結果，並無實質意義。

特別注意，EMD 具有自發性的依頻率拆解能力。若我們將不同頻率的 Sine Wave 混合，間隔 30 Hz，由頻率 10 Hz 至 130 Hz，再以 EMD 處理後接上傅立葉轉換，可得下面結果：









在此可發現 EMD 把訊號依頻率分離，但並沒有分的十分清楚。

EMD 使用上多結合 Hilbert transform 與 Hilbert Spectrum，做為 HHT 標準程序。

EMD 輸出結果接上 Channel Switch ，選擇有興趣的通道後再連結上 Hilbert Transform 可求得該通道之瞬時頻率；亦可將 EMD 輸出直接接上 Hilbert Spectrum，觀查 EMD 拆解後的 HHT 時頻圖。

相關指令

Hilbert Transform、IMF Properties、Hilbert Spectrum

參考資料

Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen, “Hilbert-Huang transform and its applications,” London : World Scientific, c2005

4.6 Mathematics

本模組群可對訊號之間或是對訊號的內容作數學計算，模組元件如下：

1. RemoveDC：消除訊號之直流部份。
2. Mixer：將輸入之多筆訊號依據相同之時間座標相加（減）。
3. Multiplier：將輸入之多筆訊號依據相同之時間座標相乘。
4. Math：可輸入數學方程式，計算輸入訊號。
5. Diff：計算輸入訊號之微分近似值。
6. Integrate：計算輸入訊號之累加式積分近似值。
7. DoMatlab：可將輸入訊號連接至 Matlab，編譯並執行 Matlab 程式碼。
8. RMS：代表一段時間內的方均根 (Root Mean Square)，可代表振動能量的平均值。
9. Normalize：將訊號正規化，即訊號除以正規化參數。

4.6.1 Diff

可對輸入訊號做前後兩元素相減或對訊號微分。

說明

$X = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$ 代表長度 N 之訊號，則：

* Forward difference：(Simple)

$$\Delta x_i = x_{i+1} - x_i \,,$$

得出結果為 $Y = \{\Delta x_0, \Delta x_1, \dots, \Delta x_{N-2}\}$，長度為 $N-1$。若輸出長度欲與輸入長度一致，則需在輸出前端或後端補植（見下面 Padding 說明）。

若再除以取樣週期 h，則得到微分近似值：

$$\frac{\Delta x_i}{h} = \frac{x_{i+1} - x_i}{h} \cong \frac{dx_i}{dt} \,。$$

* Central difference：(Symmetrized)

$$\Delta x_0 = x_1 - x_0 \,,$$

$$\Delta x_i = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2} ,$$
$$\Delta x_{N-1} = x_{N-1} - x_{N-2} ,$$

得出結果為 $Y = \{\Delta x_0, \Delta x_1, \dots, \Delta x_{N-1}\}$，長度為 N，與輸入長度一致，無須補值。

若再除以取樣週期 h，則得到微分近似值：

$$\frac{\Delta x_i}{h} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{2h} \cong \frac{dx_i}{dt} 。$$

* Smooth-noise Robust difference：(Robust)

$$\Delta x_i = \sum_{k=1}^{M} c_k (x_{i+k} - x_{i-k}) ,$$

where $c_k = \frac{1}{2^{2m+1}} \left[\begin{pmatrix} 2m \\ m-k+1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2m \\ m-k-1 \end{pmatrix} \right]$，$m = \frac{N-2}{2}$，$M = \frac{N-1}{2}$，

得出結果為 $Y = \{\Delta x_0, \Delta x_1, \dots, \Delta x_{N-1}\}$，長度為 N，與輸出長度一致，無需補植。本算法輸出在資料兩端近似於 Symmetrized 算法之輸出。

若再除以取樣週期 h，則得到微分近似值：

$$\frac{\Delta x_i}{h} = \frac{1}{h} \sum_{k=1}^{M} c_k (x_{i+k} - xi - k) \cong \frac{dx_i}{dt} ,$$

其中 N 為數值微分的取樣點數，表示共由多少離散函數點來決定此點的微分值，N 值越大越能準確地估計出微分值。詳細推導請見參考資料 1。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）與聲音訊號（Audio）輸入。

提供之選項包括微分與否，方法選項，補值與否等。相關參數定義如下。

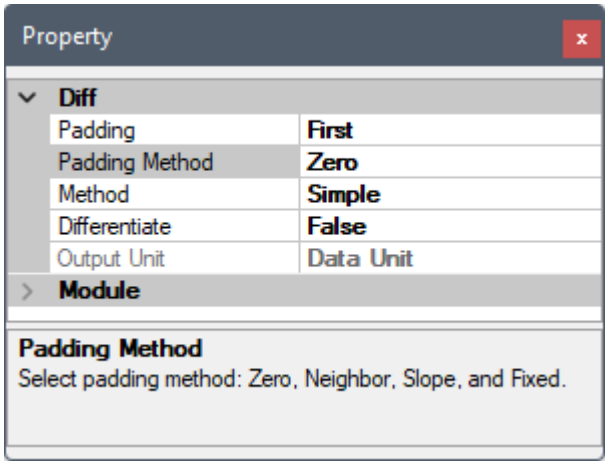


Table 4.64: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Method	選擇微分方法： • Simple（forward difference） • Symmetrized（central difference） • Robust（Smooth-noise Robust difference）	Simple
Differentiate	設定是否將結果除以取樣週期 h，得到微分的近似值。	False
Padding	Method 選擇 Simple 時，選擇是否補值，保持與輸入訊號長度相同，選項包含： • None（不補值） • First（第一位補值） • Last（最後一位補值）	None
Padding Method	選擇補值時之補值方法： • Zero：補零值 • Neighbor：用鄰近資料點補值 • Slope：用鄰近兩個資料點以線性插法補值 • Fixed：自訂補值	Zero
Padding Value	補值方法選擇 Fixed 時，此參數可自訂補值	0

當 Method 選擇 Symmetrized 或 Robust 時，因輸出長度等於輸入長度，無需補值，Padding 相關選項會自動關閉。選擇 Robust 時會出現額外參數 FilterLength，說明如下：

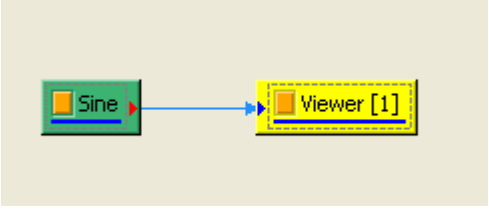
Table 4.65: 參數說明

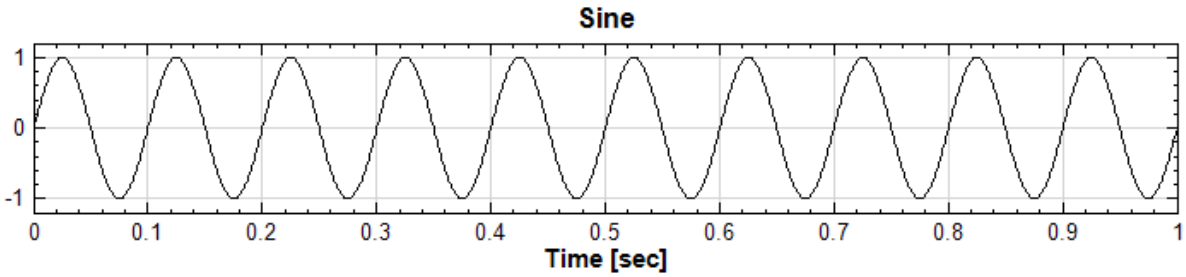
選項名稱	選項定義	預設值
FilterLength	濾波器長度為數值微分的取樣點數，表示由多少離散函數點來決定此點的微分值；需介於 5~999 之間，並小於訊號長度的奇數	9

範例

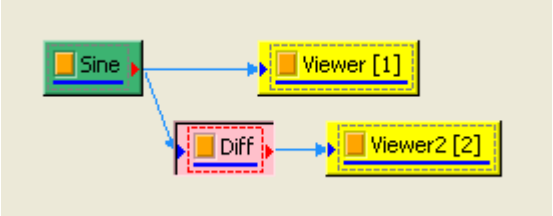
示範對 Sine Wave 作微分：

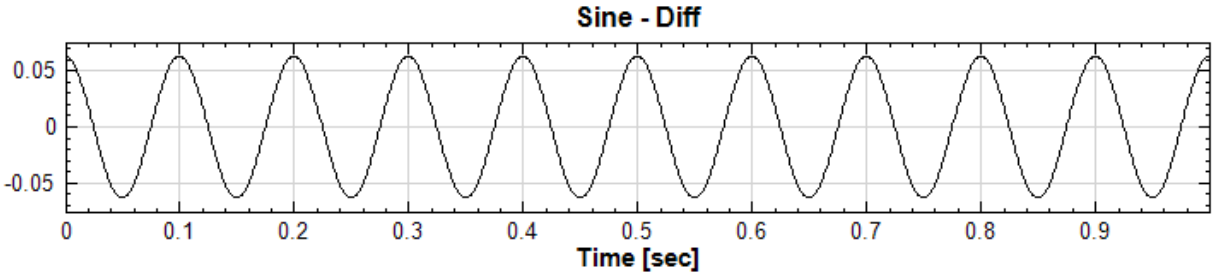
1. 於 Network 視窗下按右鍵，選擇 Source / Sine Wave 產生一個正弦波，並用 Viewer / Channel Viewer 顯示於視窗。



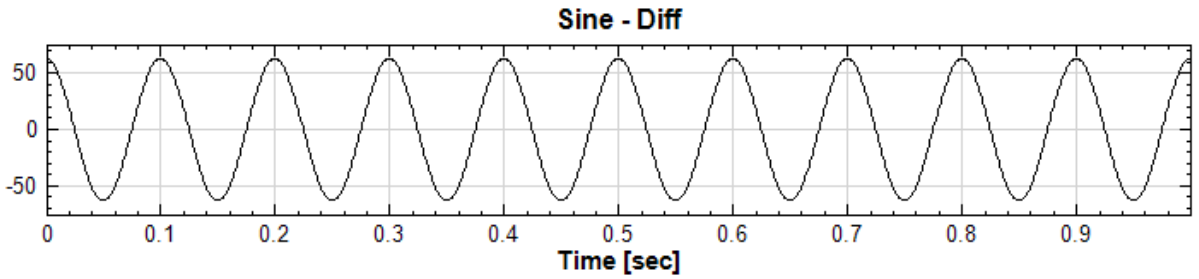


2. 另點選 Sine 圖示後，按右鍵選擇 Compute / Math / Diff，再用 Viewer / Channel Viewer 繪製計算結果，圖示如右下圖。結果呈現正弦波經 Diff 後變為餘弦波的訊號，但由於參數 Differentiate 預設為 False，所以振幅很小。





3. 調整 Diff 的 Properties / Differentiate 為 True，即可得到微分近似值，以此例來說：Source / Sine Wave 的訊號為 $\sin(2\pi ft)$，其中 f 是訊號頻率，t 是訊號時間，正弦波微分的值應為 $2\pi f \cdot \cos(2\pi ft)$。回到本範例 f 是 10，$2\pi \approx 6.28$，所以振幅最大值應為 $2\pi f \approx 62.83$，經比對下圖結果，驗證結果無誤。



相關指令

Integrate

參考資料

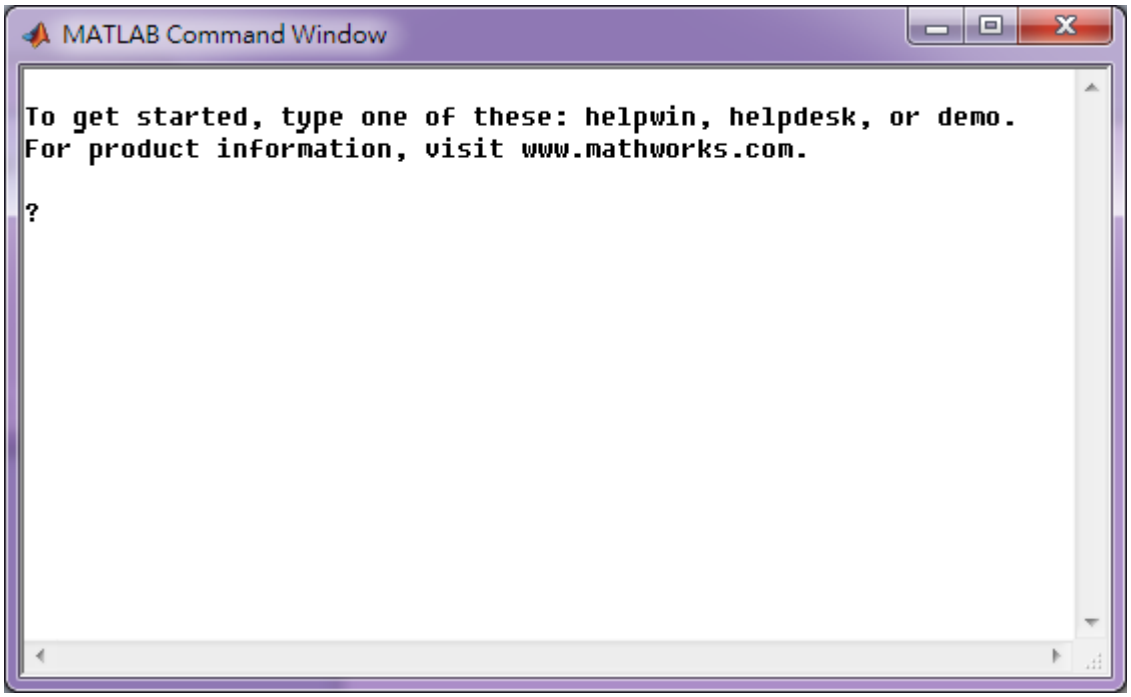
1. http://www.holoborodko.com/pavel/numerical-methods/numerical-derivative/smooth-low-noise-differentiators/

4.6.2 DoMatlab

透過 DoMatlab 可將 Visual Signal 元件的資料輸入至 MATLAB Engine，再執行 MATLAB 語法運算，運算之後再傳回 Visual Signal 顯示結果，等同於讓使用者創造出擁有獨特演算法的模組。

安裝設定

DoMatlab 接受 Visual Signal 所有元件的輸出格式。元件一但連接 DoMatlab，程式會自動開啟 MATLAB Command Window 視窗，Command Window 具有基本的 MATLAB 功能譬如 Workspace Browser、Path Browser 等，操作上使用者必須參閱 MATLAB 說明文件。每次啟動 MATLAB Command Window 需要耗費一定時間，開啟後可以選擇一直保持其開啟的狀態，每次連接新的 DoMatlab 元件時則不需耗時再開啟 MATLAB Command Window。



須注意執行 DoMatlab 前，系統必須已安裝 The MathWorks, Inc 所出品的 MATLAB Version 6.5 以上的版本，並執行以下設定步驟：

1. MATLAB 在安裝後必須被註冊為 COM Server。方法為以系統管理員權限開啟 Windows 的【執行】開啟命令提示字元視窗（執行 `cmd`），然後在命令提示字元視窗下鍵入 `matlab /regserver`，如下：

以上方法在 MATLAB 2020a 以後的版本可能有問題，MATLAB 提供了新的 `comserver` 指令，註冊方法如下：

- 開啟 MATLAB，在 指令視窗中輸入 `comserver('register')` 即可。
- 欲確認註冊狀態，可輸入 `comserver('query')`，可看到管理員跟使用者兩者註冊 MATLAB 執行檔的路徑，例如：

```
Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.
>> comserver('query')
             User: 'C:\Program Files\MATLAB\R2021a\bin\win64\matlab.exe'
    Administrator: 'C:\Program Files\MATLAB\R2021a\bin\win64\MATLAB.exe'
```

2. 將以下三個路徑依序加入 Window 的 `Path` 環境變數：

   - `<MATLAB_INSTALL_FOLDER>\bin\win64`
   - `<MATLAB_INSTALL_FOLDER>\runtime\win64`
   - `<MATLAB_INSTALL_FOLDER>\bin`

   其中 `<MATLAB_INSTALL_FOLDER>` 為 MATLAB 安裝的路徑。以 MATLAB 2021a 為例，`<MATLAB_INSTALL_FOLDER> = C:\Program Files\MATLAB\R2021a`。注意不同的 MATLAB 授權版本可能會有不同的安裝路徑，安裝後必須實際去確認再設定 `Path` 環境變數。

   以 Windows 10/11 為例，設定 `Path` 環境變數之步驟如下：

   - 開啟 Windows 【設定】/ 【系統】/ 【系統資訊】
   - 找到並點擊開啟【進階系統設定】(注意 Windows 10 與 11 位置不同)
   - 點擊開啟視窗下方【環境變數設定】
   - 在【系統變數】的欄位中找到 `Path`，雙擊打開設定視窗
   - 點擊【新增】後直接輸入上述路徑之一，或是點擊【瀏覽】搜尋並選擇正確路徑
   - 重複以上步驟直到三個路徑都設定好
   - 點擊【確定】離開設定視窗

   注意，如有安裝其他 MATLAB 舊版本，上述路徑必須放置在其他版本路徑之前，確保最新路徑可被讀取。

3. Visual Signal 在執行 DoMatlab 時如果出現 KMP/OMP 的錯誤訊息，則必須新增環境變數 `KMP_DUPLICATE_LIB_OK`，值設定為 `TRUE`。新增環境變數步驟如下：

- 開啟 Windows 【設定】/ 【系統】/ 【系統資訊】
- 找到並點擊開啟【進階系統設定】(注意 Windows 10 與 11 位置不同)
- 點擊開啟視窗下方【環境變數設定】
- 在【系統變數】的欄位點擊【新增】
- 在變數名稱欄位輸入 `KMP_DUPLICATE_LIB_OK`
- 在設定值欄位輸入 `TRUE`
- 點擊【確定】離開設定視窗

注意以上設定完成後必須重啟系統。

參數設定

DoMatlab 的 Properties 的參數如下圖所示，各參數意義整理如下表。

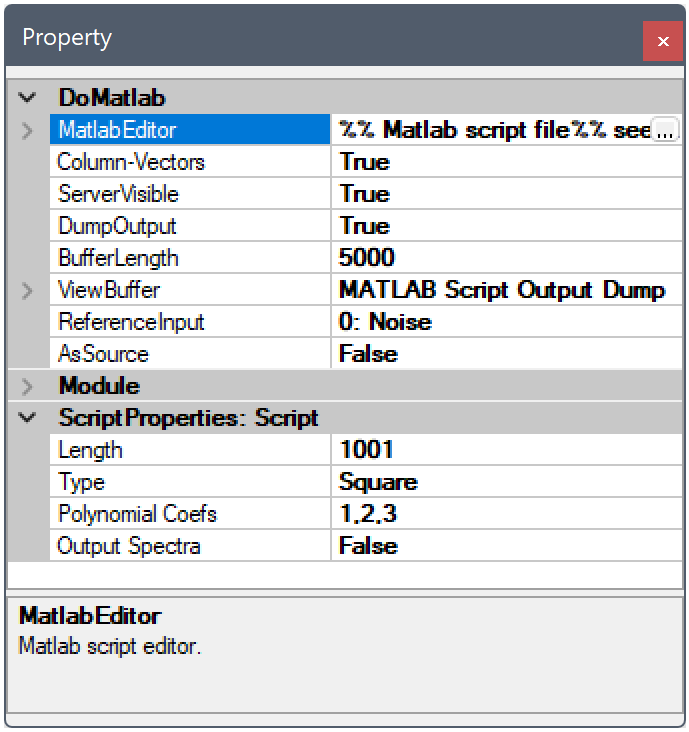


Table 4.66: DoMatlab 參數表

參數名稱	參數定義	預設值
MatlabEditor	在欄位右方有…按鈕可以開啟 DoMatlab Editor，提供程式碼編輯器撰寫 MATLAB 程式。此外，雙擊 DoMatlab 元件圖示也可以開啟 DoMatlab Editor。	顯示目前撰寫之部分 MATLAB 程式
Column-Vectors	訊號傳入 MATLAB 時，資料排列格式是否為直列優先 (Column-wise)。	True
ServerVisible	是否顯示 MATLAB Command Window	True
DumpOutput	回傳 MATLAB 產生的訊息，結果將顯示在 MATLAB Script Output Dump 視窗（見下說明）。	False
BufferLength	當 DumpOutput 為 True，會出現此參數，設定回傳訊息字元個數的最大值。	5000

參數名稱	參數定義	預設值
ViewBuffer	當 DumpOutput 為 True，會出現此參數，可以按欄位右方...按鈕開啟 MATLAB Script Output Dump 視窗列出 MATLAB 產生的訊息。	無
ReferenceInp	若有多個輸入訊號，此參數決定輸出變數之預設時間軸是要參考那一個輸入訊號。	第一個輸入訊號
AsSource	設定 DoMatlab 是否要轉變為一個訊號源，由 DoMatlab 產生訊號資料。	False

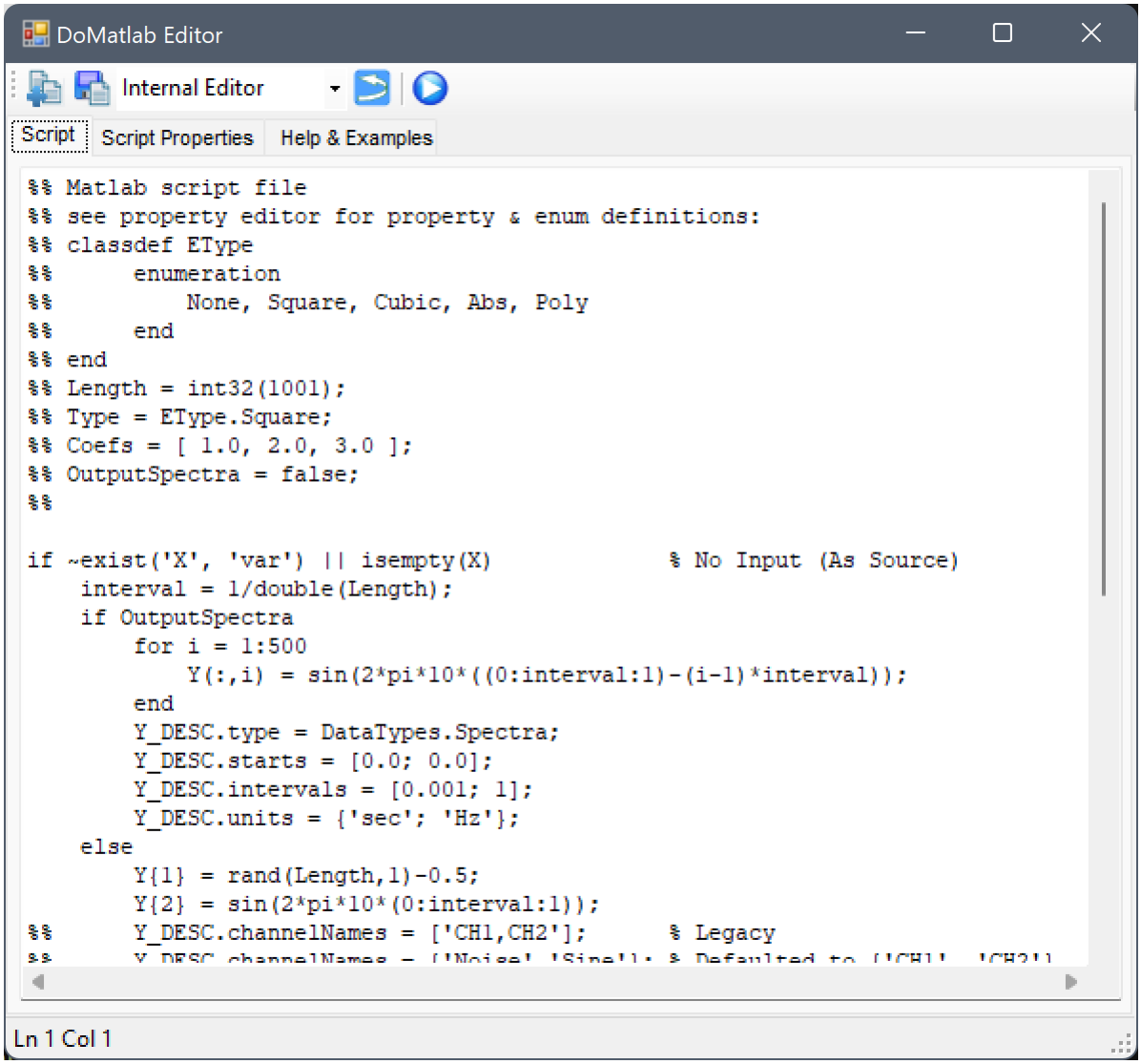
DoMatlab 內建有範例程式，依照 `AsSource` 參數的設定可切換計算功能或訊號源功能（詳情見後敘述）。範例程式提供以下幾個客製參數：

Table 4.67: 客製參數

參數名稱	參數定義	預設值
Length	當程式設定為訊號源功能時輸出訊號之長度	1001
Type	當程式設定為計算功能時可選擇函式類別： (O 為輸出訊號每個資料點，I 為輸入訊號每個資料點 • None：無計算，$O = I$ • Square：$O = I^2$ • Cubic：$O = I^3$ • Abs：$O =\mid I \mid$ • Poly：$O = a_0 I^0 + a_1 I^1 + a_2 I^2 ...$	Square
Polynomial Coefs	當 Type 設定為 Poly 時，以逗號分隔，設定多項式中 $a_0, a_1, a_2 ...$ 之係數，未列出之係數都默認為零（換句話說，可決定多項式之最高次數）。	1, 2, 3
Output Spectra	當程式設定為訊號源時決定是否輸出時頻訊號。	False

DoMatlab Editor 介面說明

DoMatlab Editor 是 DoMatlab 的程式碼編輯器，下面將詳細說明 DoMatlab Editor 使用說明。



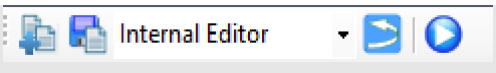
上圖為 DoMatlab Editor 的外觀。編輯器有三個分頁，說明如下：

Table 4.68: DoMatlab Editor 分頁

分頁	說明
Script	此分頁為程式碼編輯區。如圖所示 DoMatlab 已內建一範例程式。
Script Properties	此分頁可設定程式碼之客製參數，詳情請參閱後述。
Help & Examples	文字說明撰寫 DoMatlab 程式碼時一些注意事項，詳細地介紹 DoMatlab 對於輸入、輸出格式的規則，與簡單的範例，以方便使用者查詢。

DoMatlab Editor 工具列在不同分頁有不同排列，如下圖顯示：

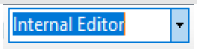
Table 4.69: 工具列

分頁	工具列
Script	

分頁	工具列
Script Properties	
Help & Examples	

各項圖示功能分別在下表說明：

Table 4.70: 工具列圖示說明

圖示	說明
	匯入已存在之 M file，可以引入 DoMatlab Editor。
	匯出 DoMatlab Editor 之內容，儲存為 M File。
	移除目前所選擇之客製參數。
	設定偏好編輯器類別： • Internal Editor：內建編輯器（提供基本編輯功能） • MATLAB Editor：MATLAB 編輯器，習慣使用 MATLAB 編輯器功能的使用者可選此項。 • [Custom Editor]：在 Visual Signal Preference 裡面設定 Script Editor Type 參數為 Custom，並設定 Custom Editor 參數，則會出現此選項（會以所設定之編輯器名稱出現）。可選此項使用個人偏愛之任何文字編輯器。 在 Visual Signal Preference 設定 Script Editor Type 參數同時會設定一開啟 DoMatlab Editor 時預設之編輯器。例如如果 Preference 的參數設定為 MATLAB Editor，則一開啟 DoMatlab Editor 時則會選擇並開啟 MATLAB Editor。
	編輯器選擇 MATLAB 或 Custom Editor 時會出現本圖示，可開啟 MATLAB 或 Custom 編輯器。同時原編輯區也會鎖成唯讀狀態，此時雙擊編輯區則會也有同樣功能。編輯完畢後儲存檔案即可更新原編輯區的內容。
	清除編輯區新編輯的內容，回溯至一開始開啟 DoMatlab Editor 時的狀態。
	執行 Script 內容。

輸入訊號之變數儲存格式

DoMatlab 允許輸入多個訊號源，依照輸入順序，訊號將依序被定義為 `X1`、`X2` …`Xn`，然後每個訊號到 DoMatlab，DoMatlab 會新增五個變數 `X`、`Xn`、`Xn_DATA`、`Xn_DESC`、`Xn_Freq`，DoMatlab 的輸出訊號僅允許一個輸出訊號，定義為變數 `Y`。下面說明各變數的意義。

`X`：為方便使用者操作的預設變數，定義為第一個輸入訊號內的第一個通道 (1^{st} Channel) 值，即 `X = X1_DATA{1}`。

`Xn_DATA`：定義為第 n 個輸入訊號之完整的輸入訊號值，因訊號可為多通道訊號（Multi-Channel），所以使用 cell array 的格式儲存，不同通道的訊號資料依序存在不同的 cell 內。

`Xn`：定義為第 n 個輸入訊號之第一個通道的訊號值，即 `Xn = Xn_DATA{1}`，資料以 double array 儲存。

輸入訊號類別可分為三大類，分別為訊號（Signal）（包含時間序列與頻譜分析結果）、時頻分析結果（Spectra）以及數值資料（Numeric），如 Basic Statistics 模組的計算結果。下表說明這三大類輸入訊號是如何被存為變數 `Xn_DATA`。

Table 4.71: 資料類型

資料類型	內容格式說明
訊號（Signal）	如果 Column-Vectors 為預設 True，則訊號為 $m \times 1$ 的 double array 或 Complex double array ，其中 m 為資料長度，若 Column-Vectors 為 False 則相反。
時頻（Spectra）	如果 Column-Vectors 為預設 True，則訊號為 $m \times n$ 的 Complex double array，其中 m 為時域的離散長度，n 為頻率域的離散長度，每元素即對應到該位置的時間與頻率，若 Column-Vectors 為 False 則相反。需注意時頻分析（Spectra）資料僅支援單通道。
數值 (Numeric)	如果 Column-Vectors 為預設 True，則為 $m \times 1$ 的 double array 或 Complex double array，若 Column-Vectors 為 False 則相反。

`Xn_DESC` 以 structure array 儲存訊號的各項資訊，資訊存於不同欄位（field），各欄位名稱、MATLAB 格式與其意義整理如下表。

Table 4.72: `Xn_DESC` 欄位說明

欄位名稱	說明	格式
`name`	顯示輸入訊號名稱。	Char [1 * length]
`type`	顯示訊號類型，目前有 `Signal`、`Numeric`、`Spectra` 三種類型。	Char [1 * length]
`channelcou`	輸入訊號的 channel 數量	Integer
`channelnam`	Channel 名稱，如 CH1。	Char array [nch * max(length)]
`lengths`	Channel 中的資料長度。	Integer array [ndim * 1]
`starts`	訊號起始的時間點，對 `Numeric` 來說此欄無意義。	Double array [ndim * 1]
`intervals`	訊號的取樣週期，對 `Numeric` 來說此欄無意義。	Double array [ndim *1]
`units`	訊號 X 軸的單位可能為時間或頻率單位。	Char array [ndim * max(length)]
`formats`	訊號時間軸的格式，目前有 `Regular` 與 `Indexed`。	Char array [ndim * max(length)]
`coords`	輸入訊號 X 軸的座標值，對時列訊號（`Signal`）與時頻（`Spectra`）來說是時間，對頻譜訊號（`Signal`）來說是頻率。	Double array [ndim * max(length)]

註：Char 為字串，Length 為字元或數值長度，ndim 是矩陣維度（若訊號為 `Numeric`），nch 是通道數量，max 為最大值。

`Xn_FREQ` 儲存輸入訊號的取樣頻率。若資料與取樣相關 (如 `Signal`、`Spectra`)，取樣頻率會儲存至 `Xn_FREQ`，若資料無關取樣（如數值 Numeric)，則 `Xn_FREQ` 會儲存 1。

輸出訊號之變數儲存格式

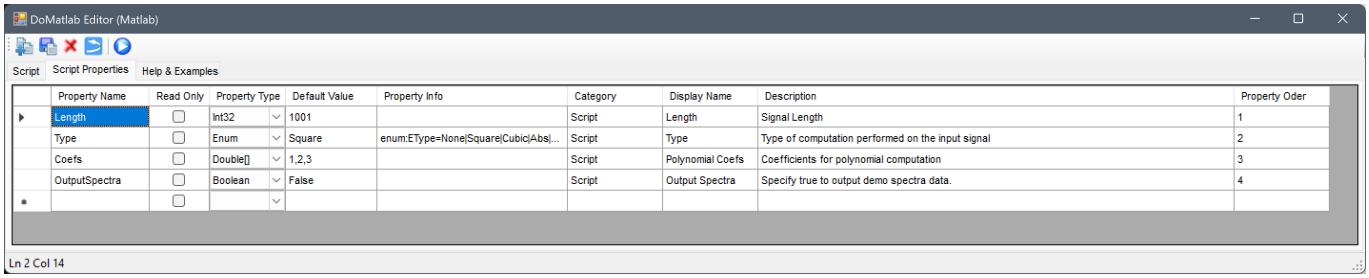
變數 `Y` 是 DoMatlab 的輸出變數，訊號格式儲存在變數 `Y_DESC`，內容與輸入訊號的 `Xn_DESC` 相同。`Y_DESC` 預設值與 DoMatlab 的 Properties / ReferenceInput 設定的輸入訊號格式相同，使用者也可自行修改 `Y_DESC` 內容，DoMatlab 最後會依據 `Y_DESC` 的設定決定輸出訊號為何種訊號。下表整理 `Y_DESC` 每個欄位的意義、預設值與必要性。

Table 4.73: 輸出訊號變數欄位

欄位名稱	說明	必要性	預設值
`name`	顯示輸入訊號名稱。	Optional	DoMatlab
`type`	顯示訊號類型，目前有 `Signal`、`Numeric`、`Spectra`。	Optional	Signal
`channelname`	Channel 名稱，如 CH1。	Optional	無
`starts`	訊號起始的時間點，對 `Numeric` 來說此欄無意義。	Optional	0
`intervals`	訊號的取樣週期，對 `Numeric` 來說此欄無意義。	Required	無
`units`	訊號的單位可能為時間或頻率單位。	Optional	sec
`formats`	訊號時間軸的格式，目前有 `Regular`、`Indexed`。	Optional	Regular
`coords`	輸入訊號 X 軸的值，對時列訊號（`Signal`）與時頻（`Spectra`）來說是時間，對頻譜訊號（`Signal`）來說是頻率。	Required （若 `formats` 是 `Indexed`）	無

客製參數

切換到分頁 Script Properties 時可設定 DoMatlab Script 中可使用的客製參數。這些設定好之參數會出現在 DoMatlab 元件的參數欄位中（如前述）讓使用者輸入數值或選擇選項，並可以在 Script 中當合法變數直接使用 (例如內建之範例程式中 `Length`、`Type`、`Coefs`、`OutputSpectra`)。下圖為 Script Properties 分頁，顯示已經內建設定了四個參數供內建範例程式使用：



下表詳細解說分頁中之欄位：

Table 4.74: Script Properties 設定欄位說明

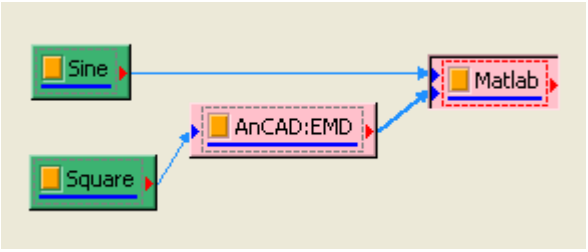
欄位	說明
Property Name	參數名稱。此為 Script 中之合法變數名稱。不可有空白字元。
Read Only	勾選時此參數只能用來顯示數值，使用者無法從 DoMatlab 元件的參數欄中設定數值。
Property Type	參數類別。有以下類別可選： • 單值類：Int32，Double、String、Boolean、DateTime • 陣列類：Int32[]，Double[]、String[]、Boolean[]、DateTime[] • Enum：選項。可設定多項選擇（見 Property Info） • File：檔案。可設定開啟檔案瀏覽器時之過濾檔案類別（見 Property Info）
Default Value	設定參數之預設值。在選擇某些參數類別後，點擊此欄位會自動設定一個預設值，例如 Int32 會設定 0，Double 會設定 0.0，Enum 會設定第一個選項等等。
Property Info	當設定之參數中有 Enum 或 File 類別會出現此欄位。 • Enum：此欄位可設定參數的所有選項，語法為 [Enum:]E{Name}={item1}|{item2}|{item3}...，預設值為 Enum:E{Name}=Item1|Item2|Item3 • File：此欄位可設定開啟檔案瀏覽器時之過濾檔案類別，語法為 [FileFilter:]{Filter1 Name}|{ext1};{ext2}...|{Filter2 Name}|{ext3}...，預設值為 FileFilter:All (*.*)|*.*。 以上 `Enum:` 及 `FileFilter:` 標籤可以省略，DoMatlab 會自動加上。
Category	DoMatlab 元件參數欄中之分類名稱。可有空白字元。
Display Name	DoMatlab 元件參數欄中之顯示名稱。可有空白字元。
Description	DoMatlab 元件參數欄中之說明文字。可有空白字元。
Property Order	DoMatlab 元件參數欄中之順序。

範例

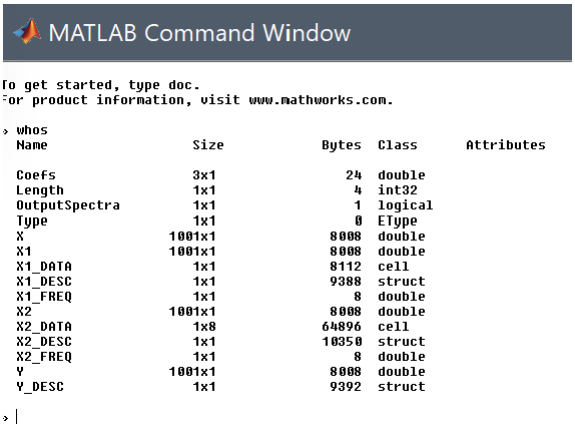
除了參考內建範例程式與相關客製參數之外，以下另舉三個例子示範 DoMatlab 的操作。

* DoMatlab 基本變數結構

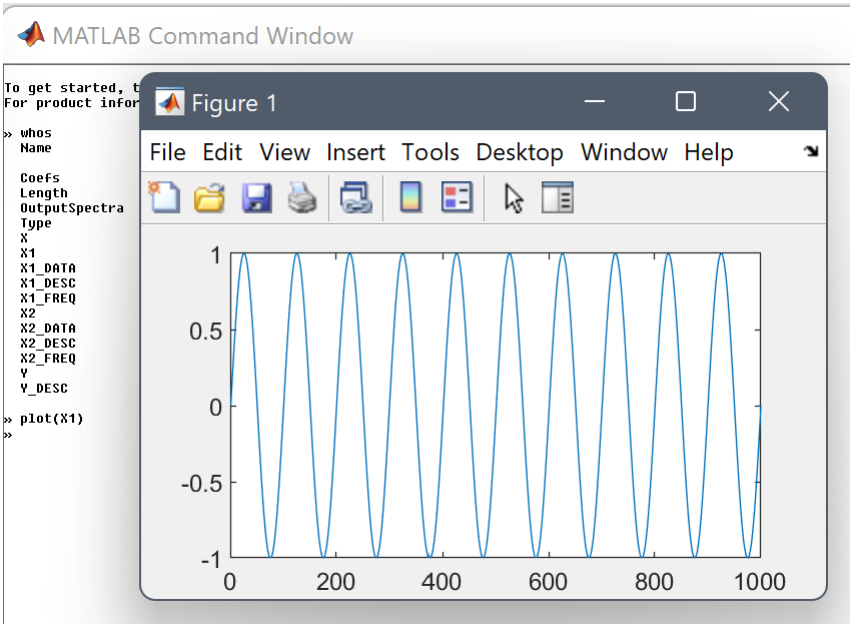
1. 先以 Source / Sine Wave 與 Square Wave 產生兩組訊號，其中 Square Wave 後連接 Compute / HHT / AnCAD EMD 產生一組多通道（Multi-Channel）訊號，Sine 與 AnCAD:EMD 都連接至 DoMatlab。



2. 產生 DoMatlab 元件後會自動跳出 MATLAB Command Window，先在 MATLAB Command Window 中鍵入 `whos` 查看目前 MATLAB 的變數有那些。

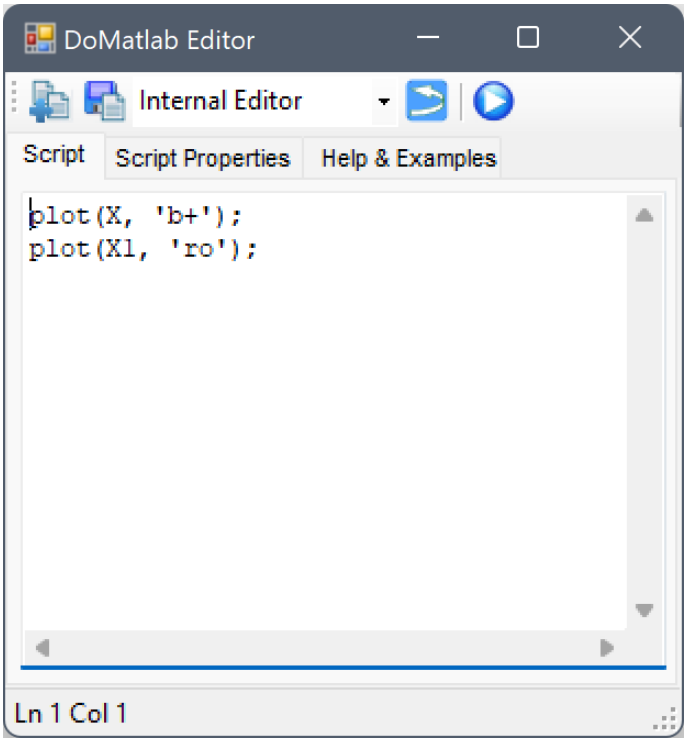


因有兩筆輸入訊號，DoMatlab 定義了 `X1` 與 `X2` 兩組變數群，`X1_Data` 為 Single Channel 的 Sine Wave，`X2_Data` 為 Multi-Channel 的 AnCAD:EMD 訊號，而預設變數 `X` 與 `X1` 則為第一個輸入訊號的第一個通道值，`X2` 為第二個輸入訊號的第一個通道值。我們可以在 DoMatlab Editor 中以 `plot` 指令繪出 `X`、`X1`、`X2` 等等，例如：`plot(X1)`（見下圖）：

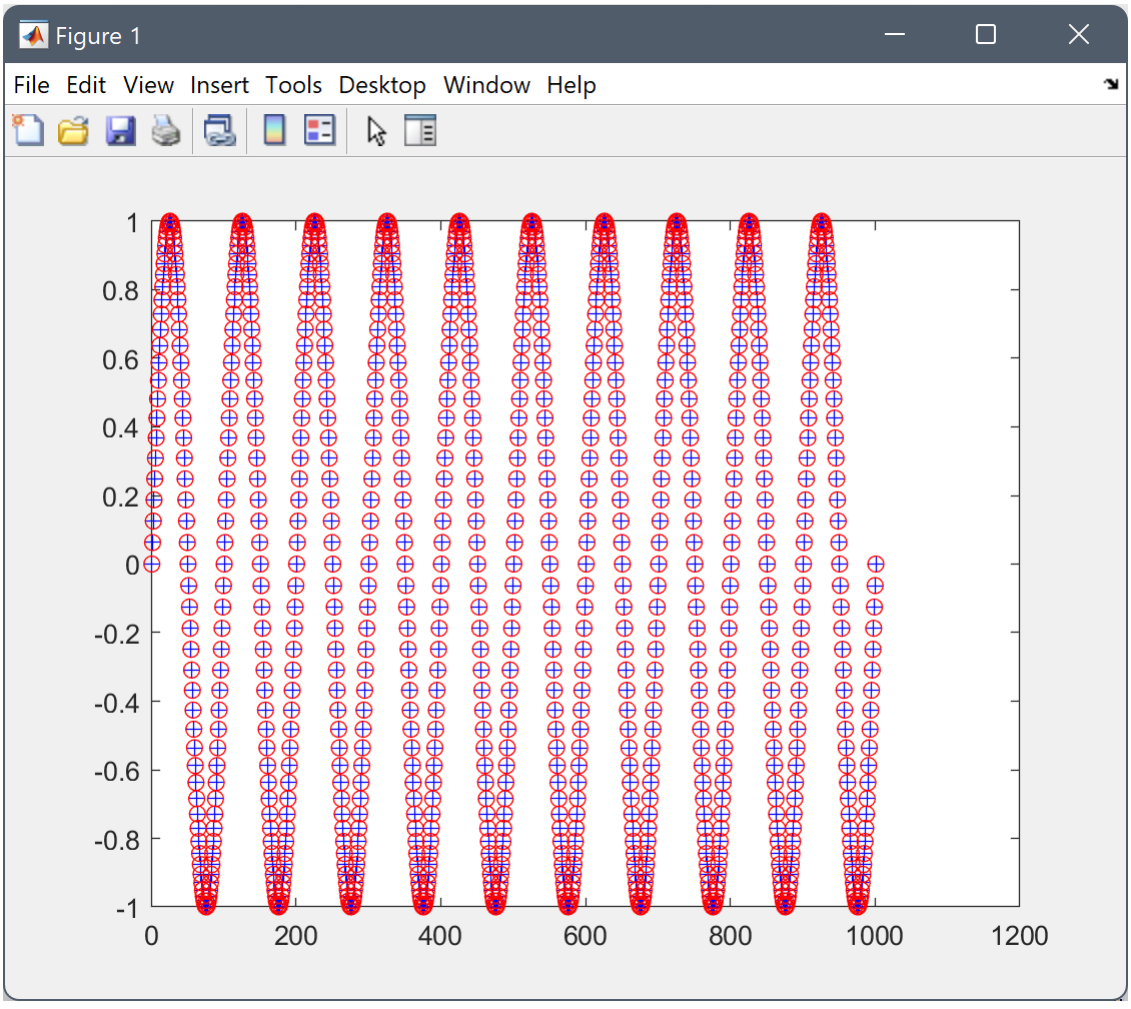


`whos` 列表還可看到 DoMatlab 內建客製參數之設定所定義的 `Coefs`、`Length`、`OutputSpectra`、`Type` 這四個變數。可以去 Script Properties 分頁將這四個參數刪除，或是忽略它們（兩者皆不影響接下來的範例操作）。

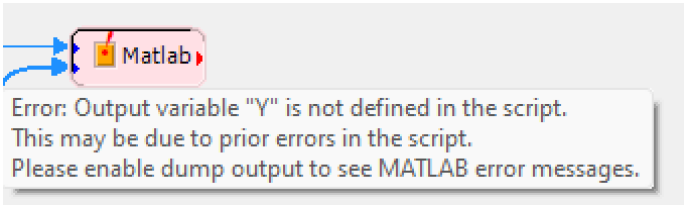
至 Script 分頁，將原有的範例全部刪除，並輸入以下簡單程式：



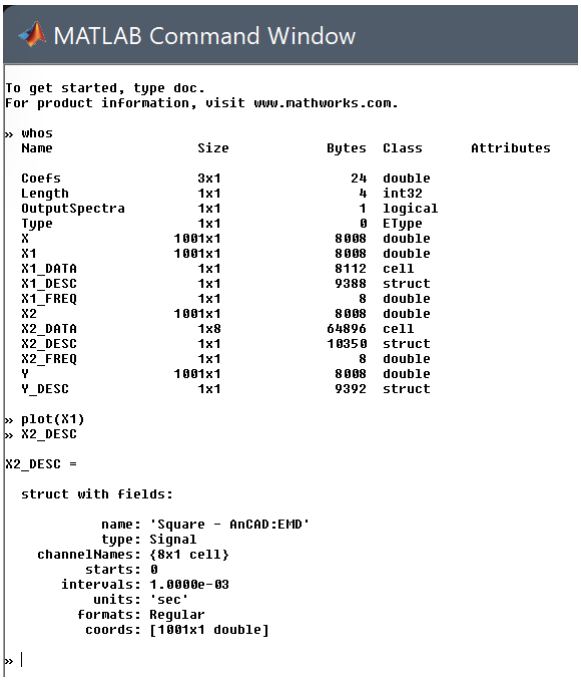
鍵入指令後，直接按下 或者關閉此 Editor，便會開始執行 DoMatlab，圖形如下，兩組訊號完全重合。



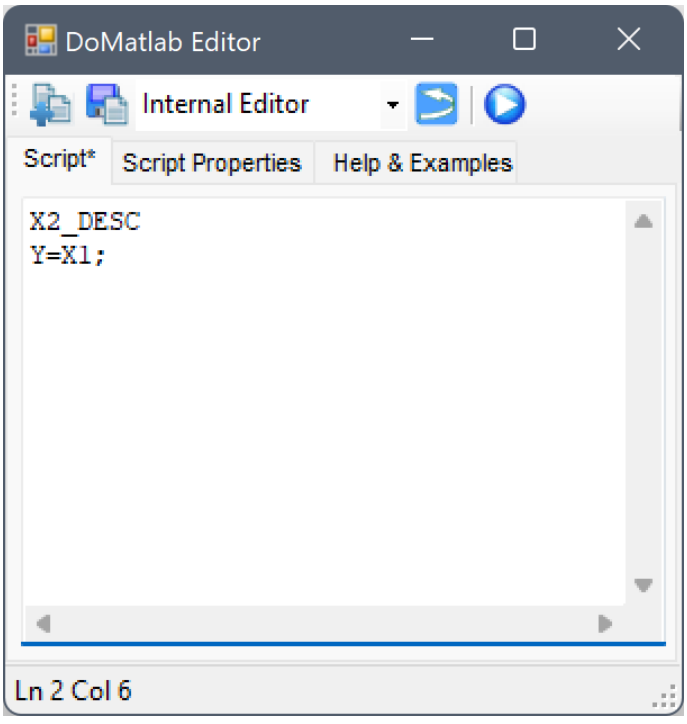
但由於還沒有定義輸出訊號 `Y`，程式會跳出錯誤訊息提醒使用者輸出訊號尚未定義。



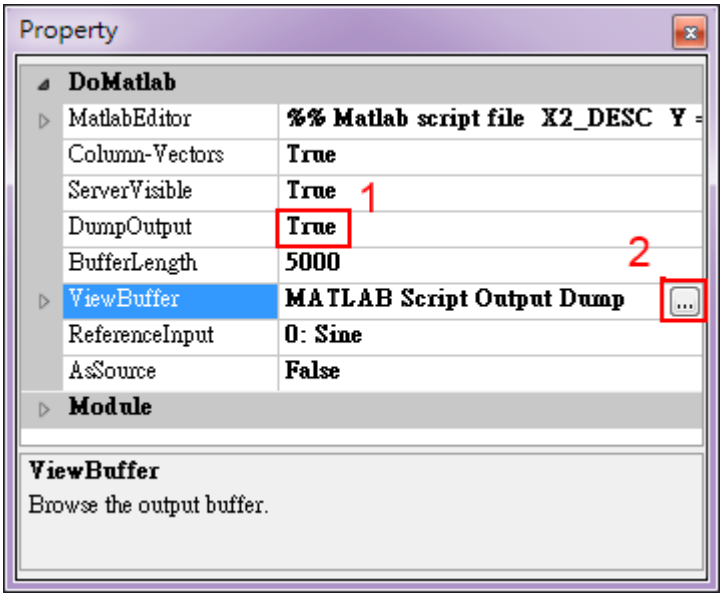
3. 若需要查詢輸入訊號之基本資料。譬如在 Command Window 中鍵入 `X2_DESC`，按下 Enter，就能得到輸入訊號 `X2` 的資料。



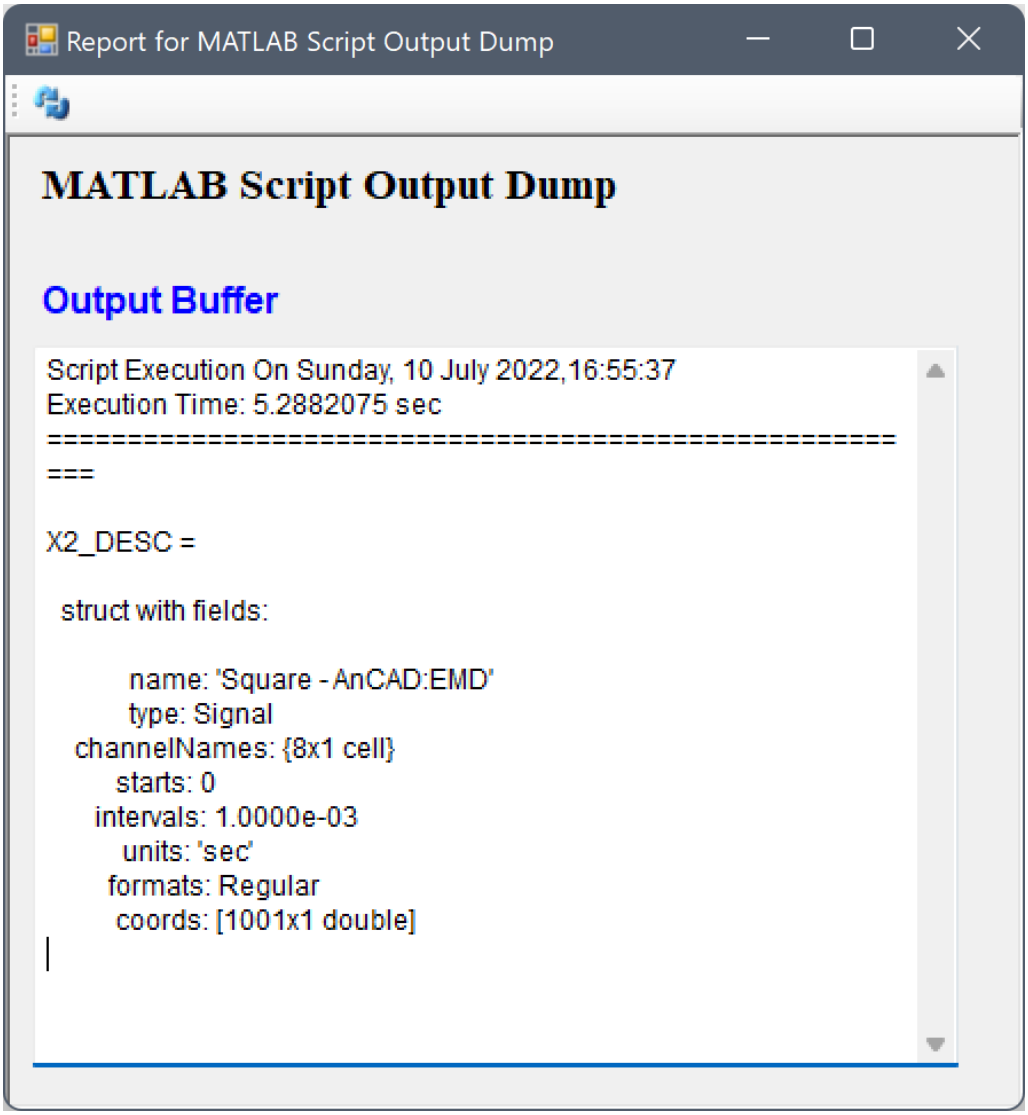
4. 步驟 3 的查詢也可利用 DoMatlab 的參數 DumpOutput 達成。先將 DoMatlab Editor 之內容改為 `X2_DESC`，並保留 `Y = X1;` 以定義輸出訊號（如下圖）。



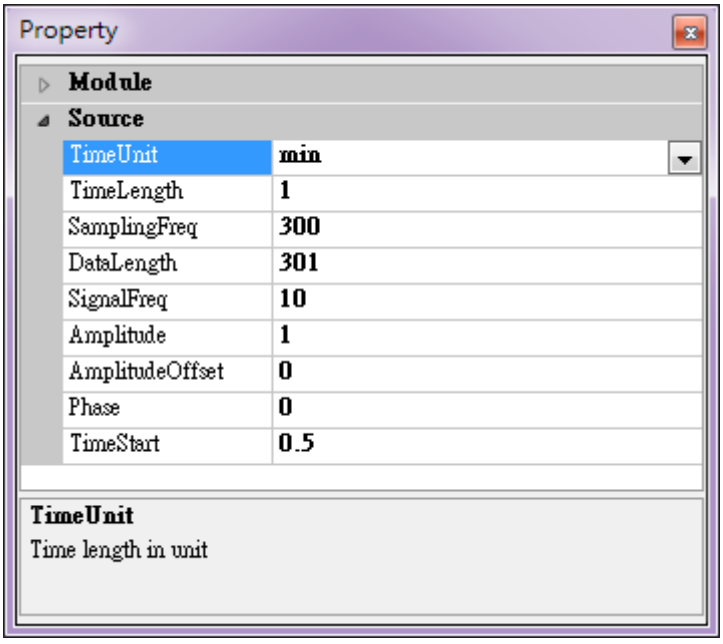
關閉 Editor 並將 Properties / DumpOutput 調為 True，調整 DumpOutput 之後 DoMatlab 會把 Command Window 所出現的訊息記錄下來。



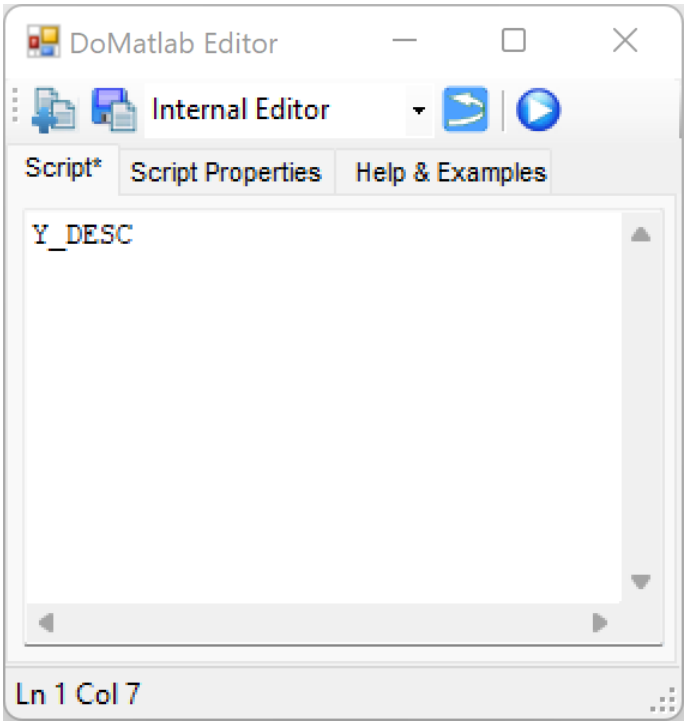
Properties / ViewBuffer 可觀看 DumpOutput 的記錄，這樣在執行 DoMatlab 時若出現錯誤，仍然能得到 Matlab 產生的錯誤訊息。



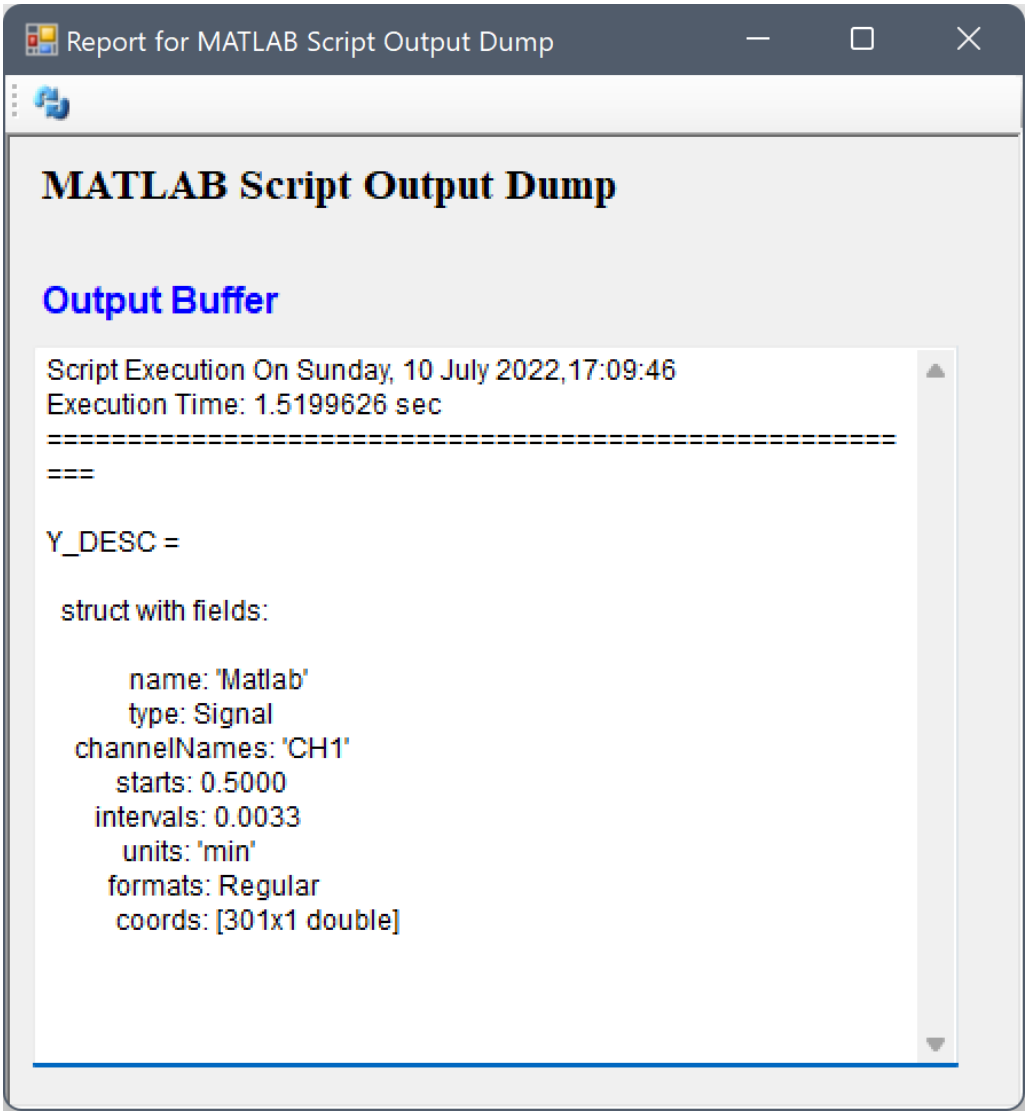
5. 這裡將示範參數 ReferenceInput 的意義。回到 Visual Signal 的 Network 視窗，點選 Sine，將 Properties / Time Unit 設為 min（分鐘），SamplingFreq 調為 300 Hz，TimeStart 調為 0.5。



然後再開啟 DoMatlab Editor，鍵入 `Y_DESC`，關閉 Editor 之後用 ViewBuffer 看 MATLAB 輸出的訊息。



發現雖然在 DoMatlab Editor 中並沒有設定輸出訊號，即變數 `Y`，但是 `Y_DESC` 的部份內容已經依照參數 ReferenceInput 作了設定，如下圖 `Y_DESC.starts`、`Y_DESC.intervals`、`Y_DESC.units`、`Y_DESC.coords` 都跟 ReferenceInput（Sine ）相同。



注意 DoMatlab 的參數 ReferenceInput 與其它元件（Merge to Multi-Channel、Merge to Complex、Math）的 ReferenceInput 在運作上略有不同，此參數在 DoMatlab 是作為預設輸出訊號的時間軸座標；在其它元件則會直接將所有輸入訊號的時間軸座標值替換為 ReferenceInput 設定的訊號時間軸座標值。

* 使用 DoMatlab 呼叫已存在之 M-file

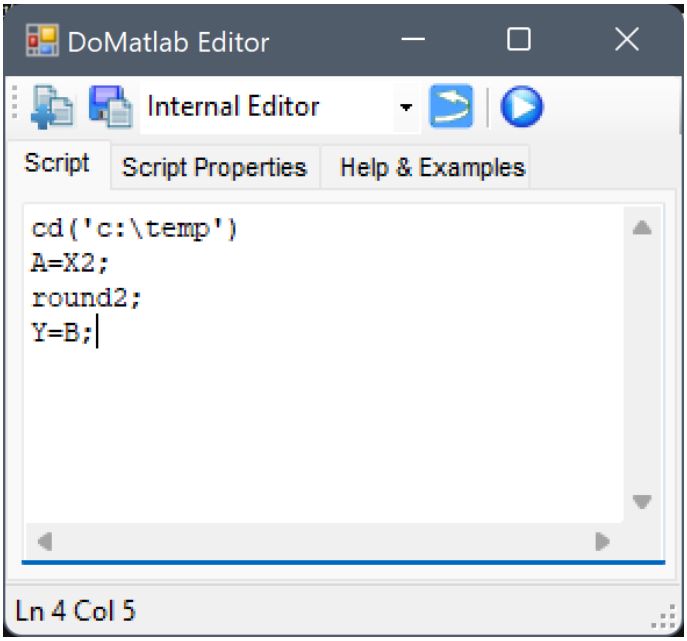
下面示範如何將已編寫好的 M-file，藉由 DoMatlab 執行。有一個檔名為 round2.m 的 M-file 儲存在路徑 `C:\M File` 中，其內容為 `B = round(10 * A) / 10`，現在要將 `A` 代入 `X2` 第一個通道的訊號資料計算結果，其步驟如下。

1. 首先建立一個名為 `C:\temp` 的資料夾，並在其中建立一名為 `round2.m` 的文字檔，內容只有一行：

   ```
   B = round(10 * A) / 10
   ```

   此 MATLAB 程式作用為對 `A` 內容之小數點以下一位做四捨五入。

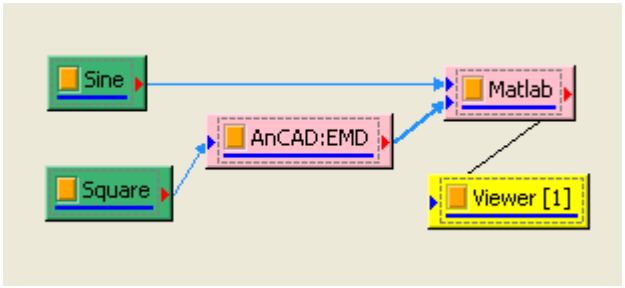
2. 在 Editor 中鍵入以下程式：

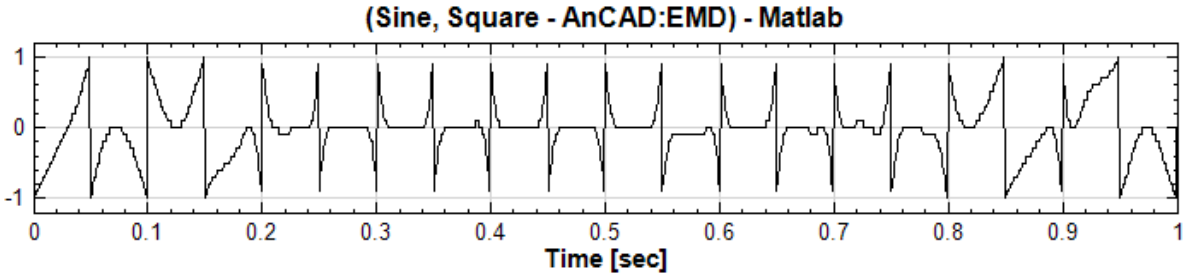


程式解說如下：

- 把路徑（current directory）設定至 `C:\temp` 資料夾
- 將第二輸入之第一通道（`X2`）代入 `A`
- 執行 `round2` 得結果 `B`
- 最後將 `B` 代入 DoMatlab 內定輸出變數 `Y` 中。

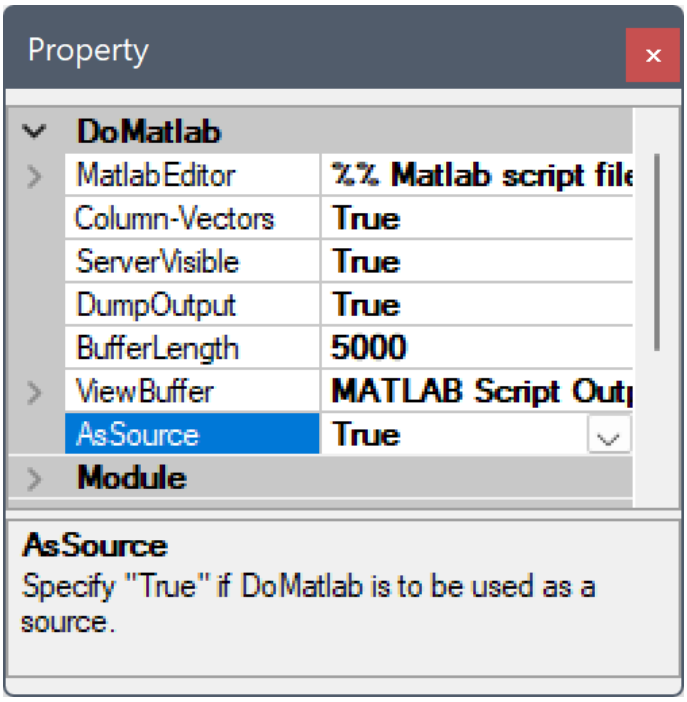
3. 關閉 Editor，並以 Viewer / Channel Viewer 繪出 DoMatlab 結果。可看到對 EMD 第一個通道中的資料做四捨五入的結果。

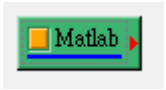




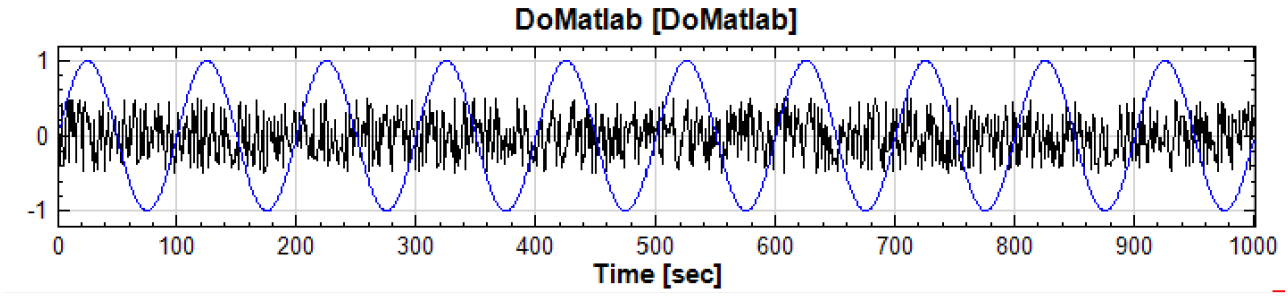
* 使用 DoMatlab 產生新的 Source

1. 以 Compute / Math / DoMatlab 產生一個 DoMatlab，將 Properties / AsSource 設為 True，可將 DoMatlab 由計算元件變為訊號源元件，並由紅色元件變成青綠色，原本藍色的輸入埠也消失。

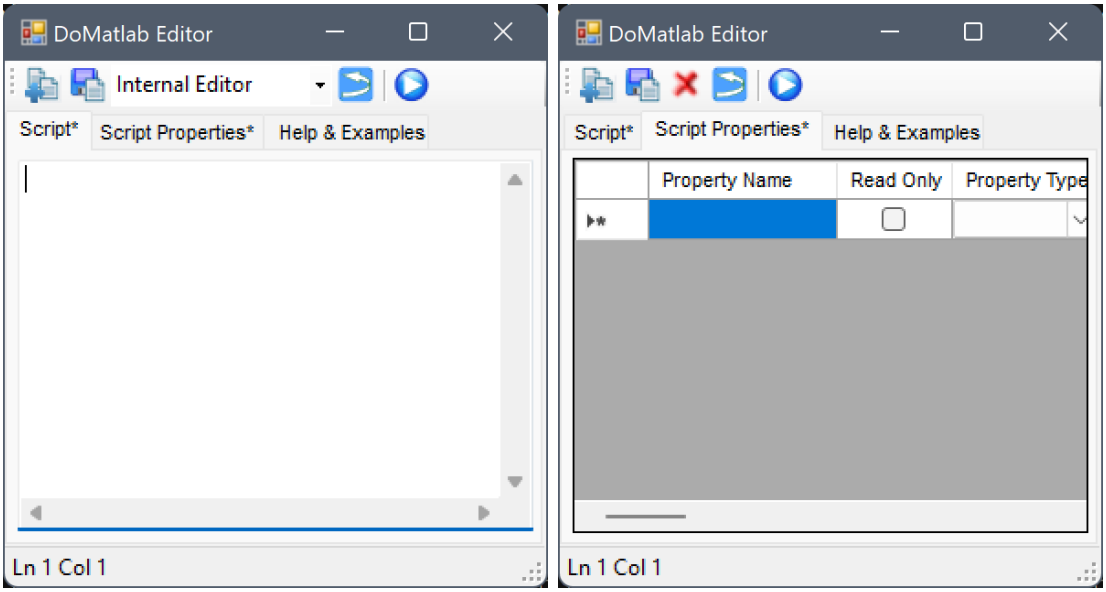




2. 此時 DoMatlab 內建之範例程式的訊號源模式會依照 Length 及 OutputSpectra 客製參數自動產生不同訊號。例如所有參數在預設值狀態下，將 DoMatlab 接上 Viewer 會產生如下圖：

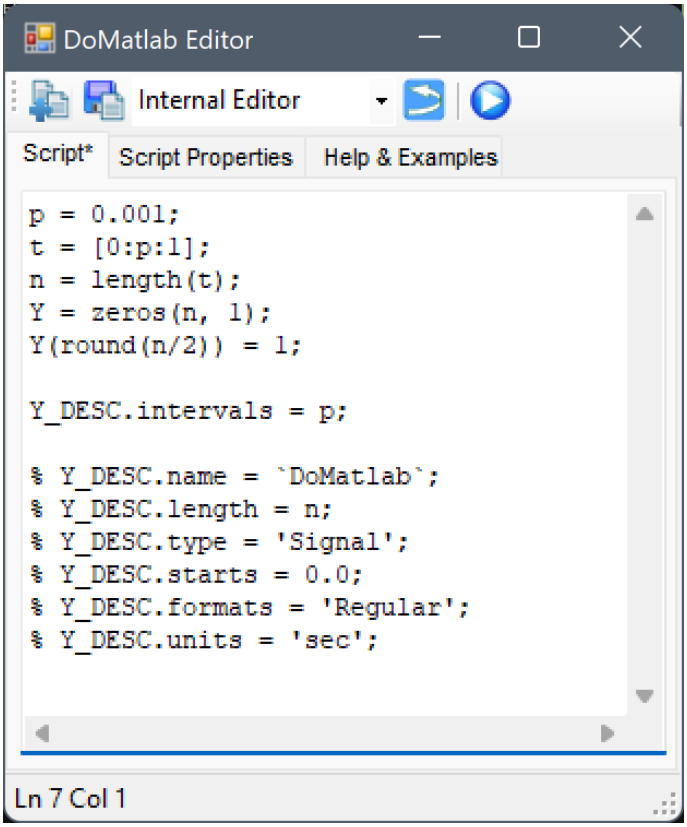


3. 此處將從無到有產生新的訊號源，同時透過 `Y_DESC` 改變輸出變數 `Y` 的資料型態。首先將內建的範例程式以及客製參數全部清除（客製參數可先選擇一行參數再使用 圖示或 `Delete` 鍵逐行清除）：



4. 接下來以 Properties / MatlabEditor 產生訊號。藉由設定 `Y_DESC`，基本上 DoMatlab 可以產生所有格式的資料。本步驟示範產生一個 Impulse Signal。

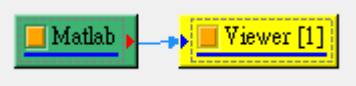
   在編輯視窗下鍵入程式碼以產生一個 Impulse 訊號，程式內容如下。

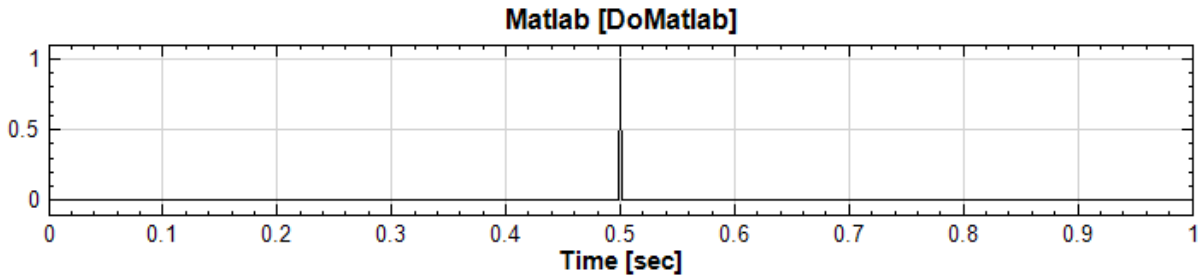


   建立變數 `p = 0.001` 作為取樣週期，變數 `t` 是各訊號資料點對應的時間，變數 `n` 是訊號長度，變數 `Y` 就是輸出訊號，所有資料點的值先設為 0，並在訊號長度約一半的位置將值設為 1，這樣輸出訊號 `Y` 的數值部份已經創造完成。最後設定訊號的時間軸定義變數 `Y_DESC` 中之時間間隔（intervals），將之設定為 `p` (0.001)。

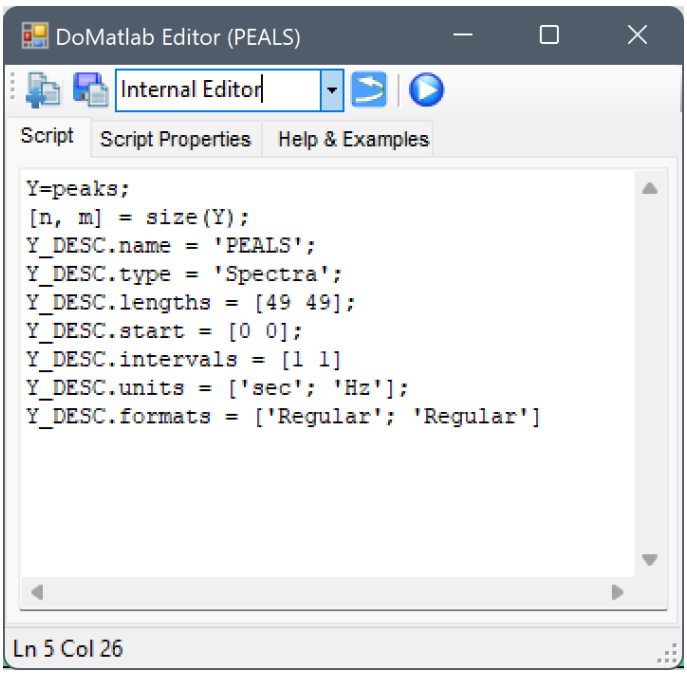
   DoMatlab 為方便使用者操作，已預設輸出訊號的 type 為 `Signal`、開始時間 `starts` 為 0、時間單位

`units` 為 sec、離散格式 `formats` 為 `Regular` 等參數，因此預設的參數值就是上圖註解的部分，使用者僅需設定取樣週期 `Y_DESC.intervals`，就可以 `Y` 輸出為正確格式。現在關閉 DoMatlab Editor 回到 Network 視窗，在 DoMatlab 後面接上 Channel Viewer 可以看到產生了一組 Impulse 訊號。





5. 本步驟利用 MATLAB 內建的函式 peaks 產生大小為 49 * 49 的矩陣，並將其訊號格式設為時頻分析資料（Spectra）輸出。新開一個 Project，按照步驟 2 產生 DoMatlab 訊號源，並打開 Properties / MatlabEditor。先產生一個 peaks 作為輸出訊號 `Y`，然後定義 `Y_DESC` 的所有欄位，如下圖：



欄位設定說明如下：

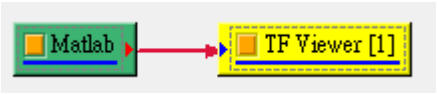
Table 4.75: Y_DESC 欄位設定

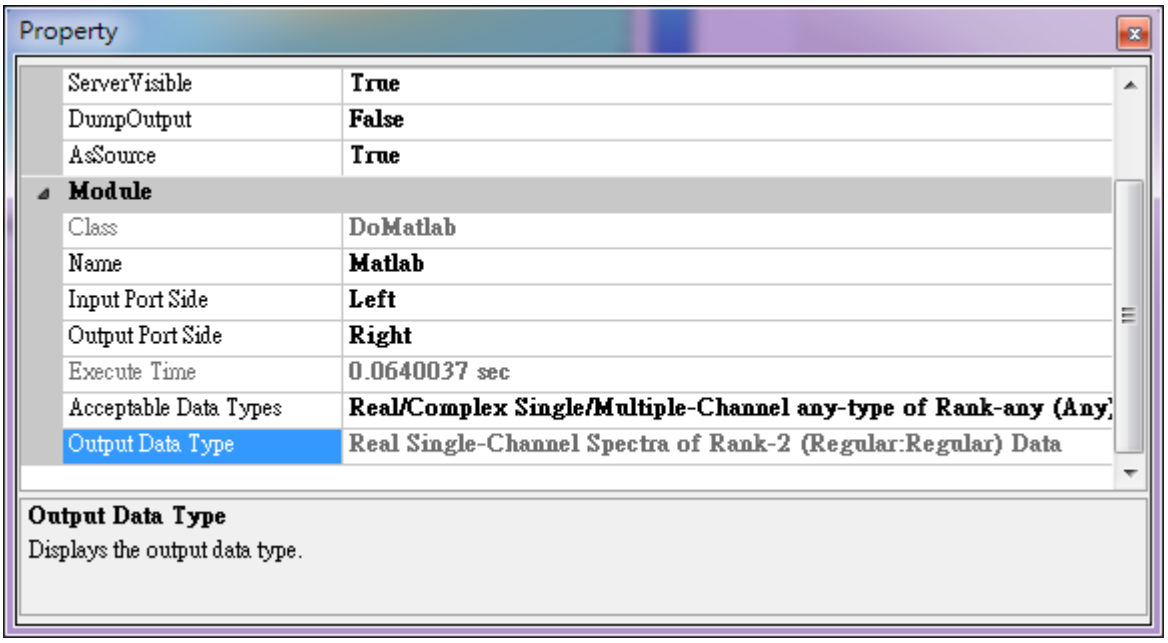
設定項目	程式碼	說明
輸出資料名稱	`Y_DESC.name = "PEAKS";`	設定訊號名稱為 PEAKS。
輸出訊號類別	`Y_DESC.type = "Spectra";`	設定訊號類別為 Spectra。

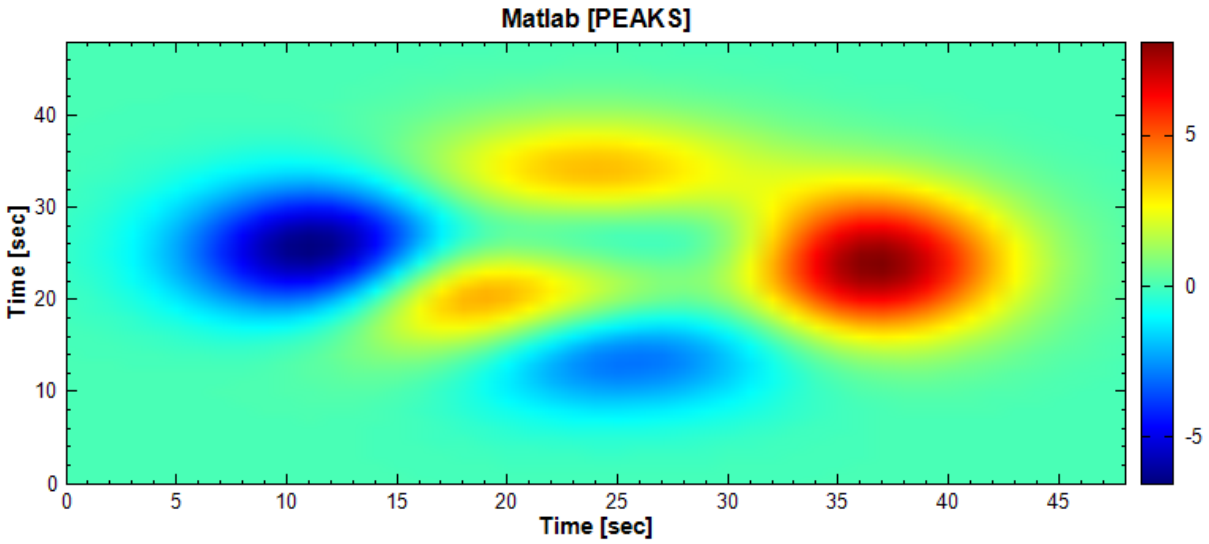
設定項目	程式碼	說明
X 軸、Y 軸之離散點個數	`Y_DESC.lengths = [49, 49];`	因為 Y 是二維矩陣，所以需依序設定橫列（row）與縱列（column）的長度；如果對應 Spectra 對兩軸的定義的話，橫列代表不同時間，即 x 軸；縱列代表不同頻率，即 y 軸。
X 軸、Y 軸起始點	`Y_DESC.starts = [0 0];`	設定兩軸之起始值都為零。
X 軸、Y 軸之的間隔	`Y_DESC.intervals = [1 1];`	將兩軸的間隔均設為 1。
X 軸、Y 軸之單位	`Y_DESC.units = ['sec'; 'Hz'];`	設定 x 軸之單位為秒，y 軸的單位為赫茲。
X 軸、Y 軸之離散方式	`Y_DESC.formats = ['Regular'; 'Regular'];`	設定兩軸的離散方式都為 Regular 等間隔分布。

上表之 X、Y 軸與橫列（row）、縱列（column）的關係是以 Column-wise 設定為前提。欄位 `Y_DESC.coords` 是只有當座標軸格式是 Indexed 才必須設定的參數，在此例無須設定。

關閉 DoMatlab Editor 後開始執行 DoMatlab，回到 Network 視窗，此時點選 DoMatlab，看 Properties / OutputDataType，輸出訊號格式為 Real Single-Channel Spectra of Rank-2(Regular : Regular) Data，而且能夠以接上 Viewer / Time-Frequency Viewer 畫出時頻圖。







相關指令

Sine、Square、AnCAD EMD、Merge to Multi-Channel、Merge to Complex、Math、Diff、Integrate、

4.6.3 Integrate

對訊號做累積數值積分。

說明

$X_T = \{x_{t_0}, x_{t_1}, \ldots, x_{t_{N-1}}\}$ 代表長度為 N 的訊號，$\Delta t = t_{n+1} - t_n$ 為時間間隔，以長方形法（Simple）作數值積分可由下式表示：

$$\begin{aligned} y_i &= \int_{t_0}^{t_i} x dt \\ &= \sum_{k=0}^{i} x_k \Delta t, \quad 0 \le i < N \end{aligned}$$

若以梯形法（Trapezoidal）計算積分，計算方法等同於 Matlab 中的 “cumtrapz”，計算式為：

$$\begin{aligned} y_i &= \int_{t_0}^{t_i} x dt \\ &= \sum_{k=0}^{i} \frac{1}{2}(t_{k+1} + x_k)\Delta t, \quad 0 \le i < N \end{aligned}$$

若以辛普森法（Simpson’s Rule）計算積分，計算式為：

$$y_i = \int_{t_0}^{t_i} x dt$$
$$= \sum_{k=0}^{i} \frac{2\Delta t}{6} \left[x_k + 4x_{k+1} + x_{k+2} \right], \quad 0 \le i < N$$

若以 FFT 計算積分

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal）、聲音訊號（Audio ）與數值資料（Numeric）輸入。相關參數說明如下表。

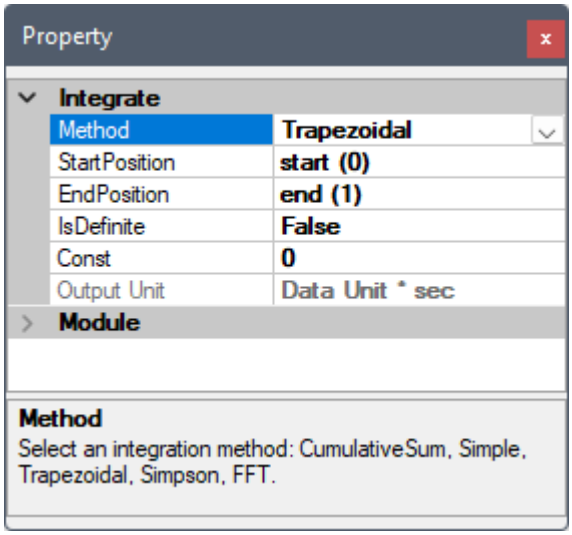


Table 4.76: 積分元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
Method	數值積分的方法，可選擇： • CumulativeSum（累積和） • Simple（長方形法） • Trapezoidal（梯形法） • Simpson（辛普森法）。 • FFT （FFT 法）	Trapezoidal
StartPosition	設定橫軸上的積分起始值。	輸入訊號的起始值
EndPosition	設定橫軸上的積分終點值。	輸入訊號的終點值
IsDefinite	設定「True」時計算定積分／累積和。	False
Const	設定積分後縱軸方向的平移量。	0
Output Unit	顯示輸出值單位。	

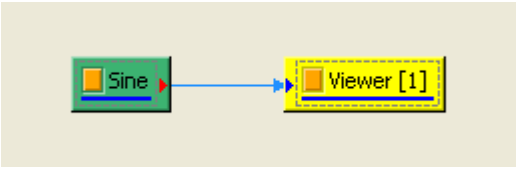
上述數值積分方法中，CumulativeSum 跟其他積分方法的差別為此方法為單純累加數值，其他方法為積分，

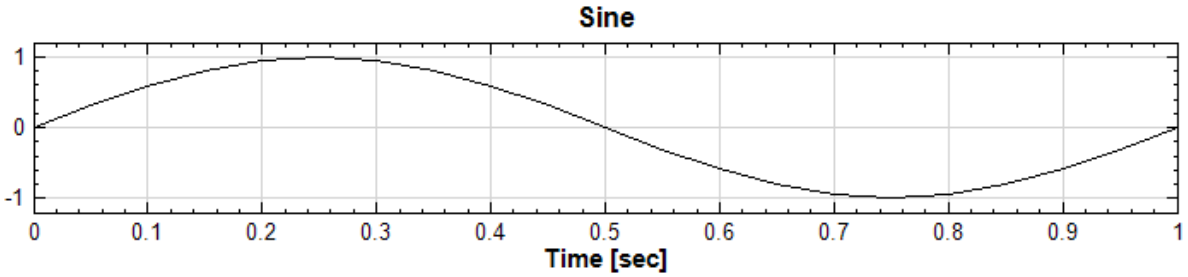
因此會乘上資料點間隔。差別可由 Output Unit 顯示看出：如果輸入訊號時間單位為秒（sec），則選擇 CumulativeSum 時 Output Unit 顯示為 Data Unit；而選擇其他積分法時 Output Unit 顯示為 Data Unit * sec。

範例

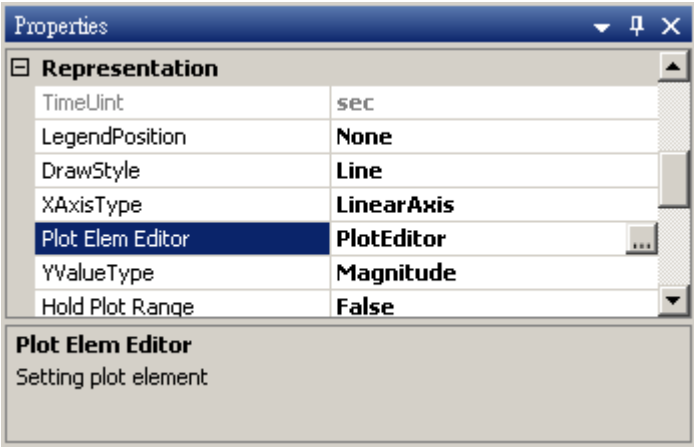
* 對正弦波進行積分：

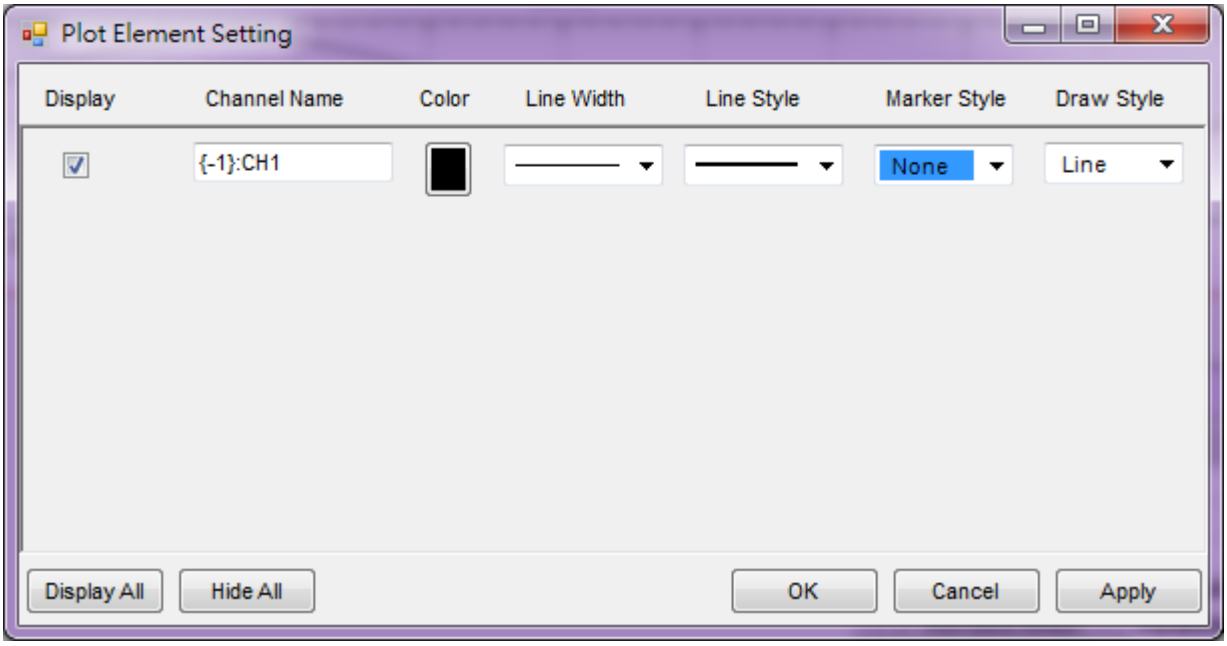
1. 於 Network 視窗下按右鍵，選擇 Source / Sine Wave 創造一個正弦波，改變其 Properties / SignalFreq 為 1 Hz，SamplingFreq 為 20 Hz，TimeLength 設定為 1 秒，再用 Viewer / Channel Viewer 顯示於視窗，圖示如左下圖。

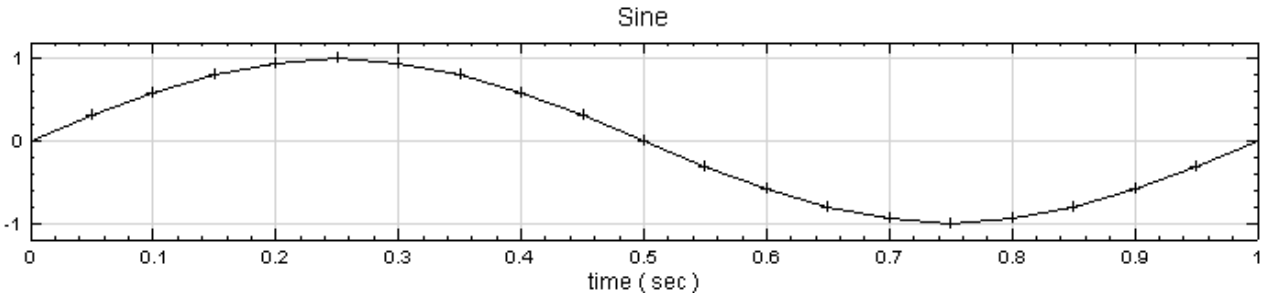




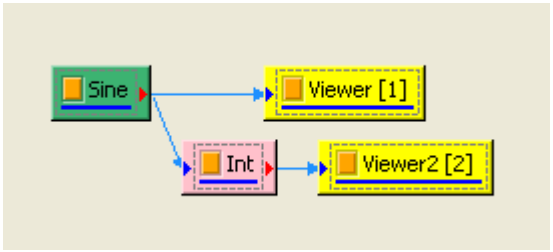
2. 為了使每個點的位置看的更清楚，點選 Viewer[1] 元件下的 Properties / Representation / PlotElemEditor 的 PlotEditor，會跳出 Plot Element Setting 視窗，選擇 Marker Style 為'+'，在訊號線上每個時間點就會畫出「+」號。

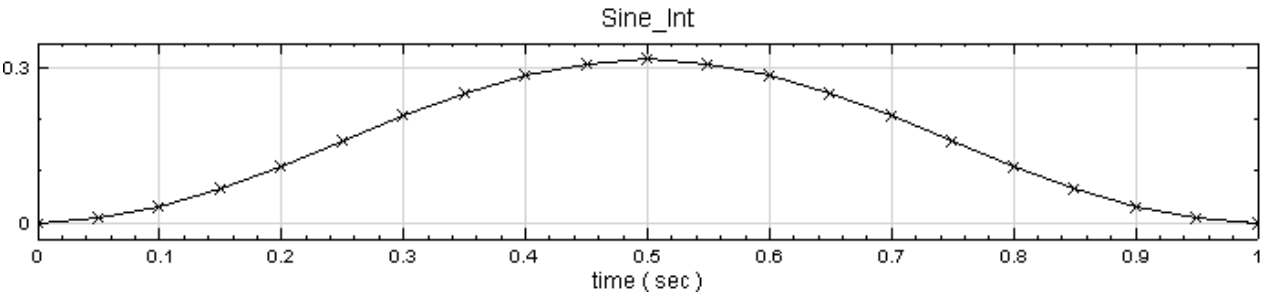




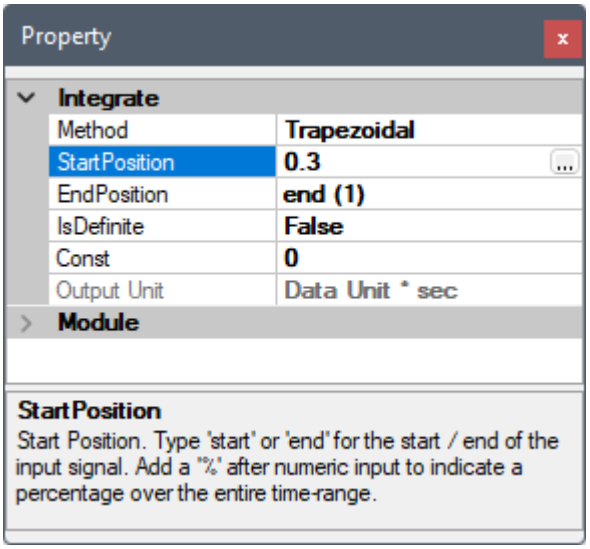


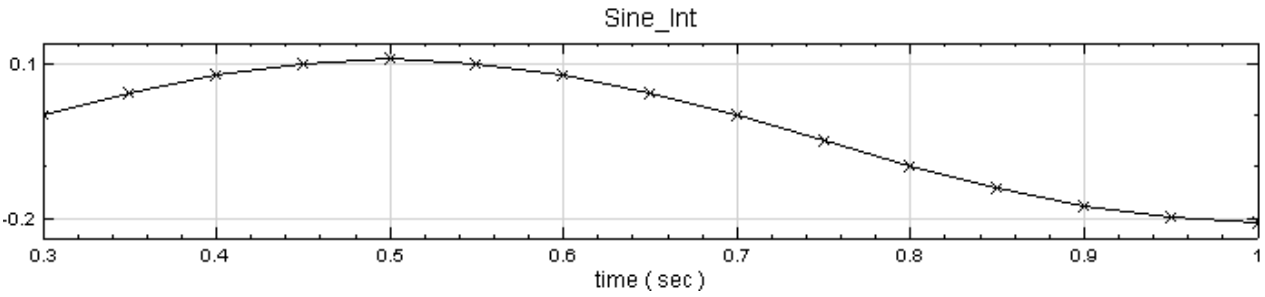
3. 對正弦波作 Compute / Math / Integrate 數值積分，再如步驟 1、2 改變 Marker Style 為「x」，繪出的圖就是積分後的結果。

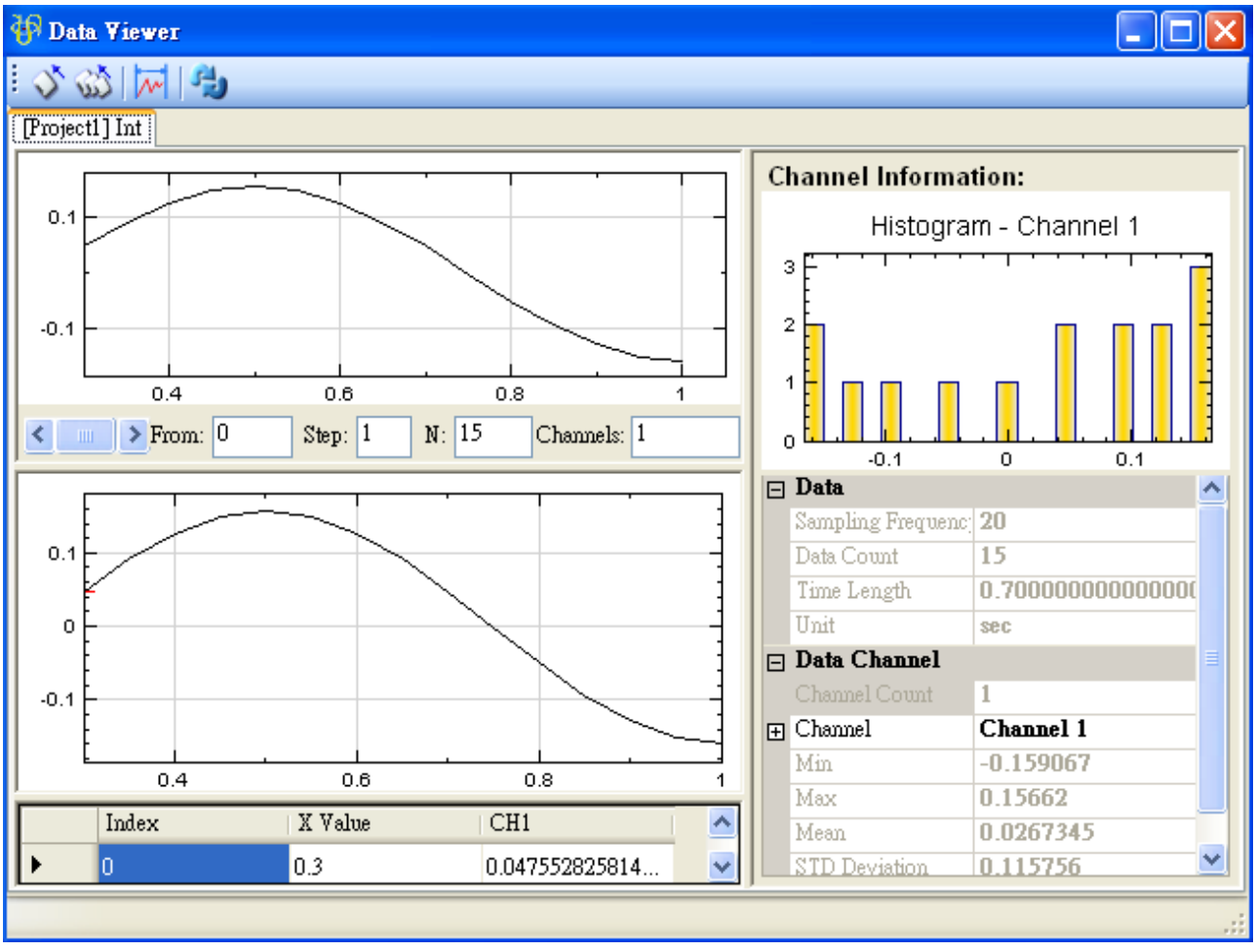




4. 調整 Int 的 Properties / StartPosition 為 0.3，計算結果改變如下圖所示，再使用 DataViewer 看 Int 輸出的訊號資訊，可發現 DataCount 由原本的 21 變為 15，因此須注意改變 Integrate 的參數 StartPosition 與 EndPosition 會影響輸出的訊號長度。

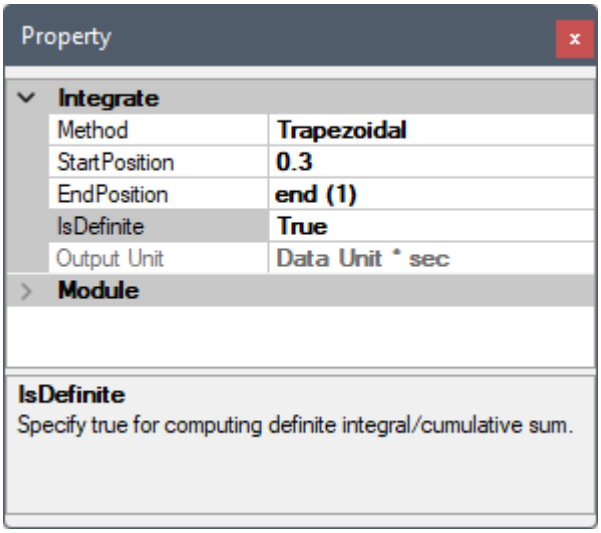

Property
Integrate
Method
Trapezoidal
StartPosition
0.3
EndPosition
end (1)
IsDefinite
False
Const
0
Output Unit
Data Unit * sec
Module
StartPosition
Start Position. Type 'start' or 'end' for the start / end of the input signal. Add a '%' after numeric input to indicate a percentage over the entire time-range.


Sine_Int
0.1
-0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
time (sec)

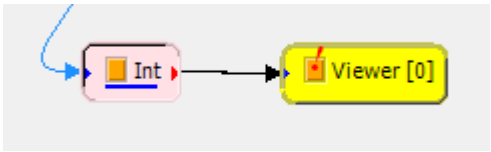

Data Viewer
[Project1] Int
From: 0
Step: 1
N: 15
Channels: 1
Channel Information:
Histogram - Channel 1
Data
Sampling Frequenc: 20
Data Count 15
Time Length 0.700000000000000
Unit sec
Data Channel
Channel Count 1
Channel Channel 1
Min -0.159067
Max 0.15662
Mean 0.0267345
STD Deviation 0.115756
Index
X Value
CH1
0
0.3
0.047552825814...

* 定積分

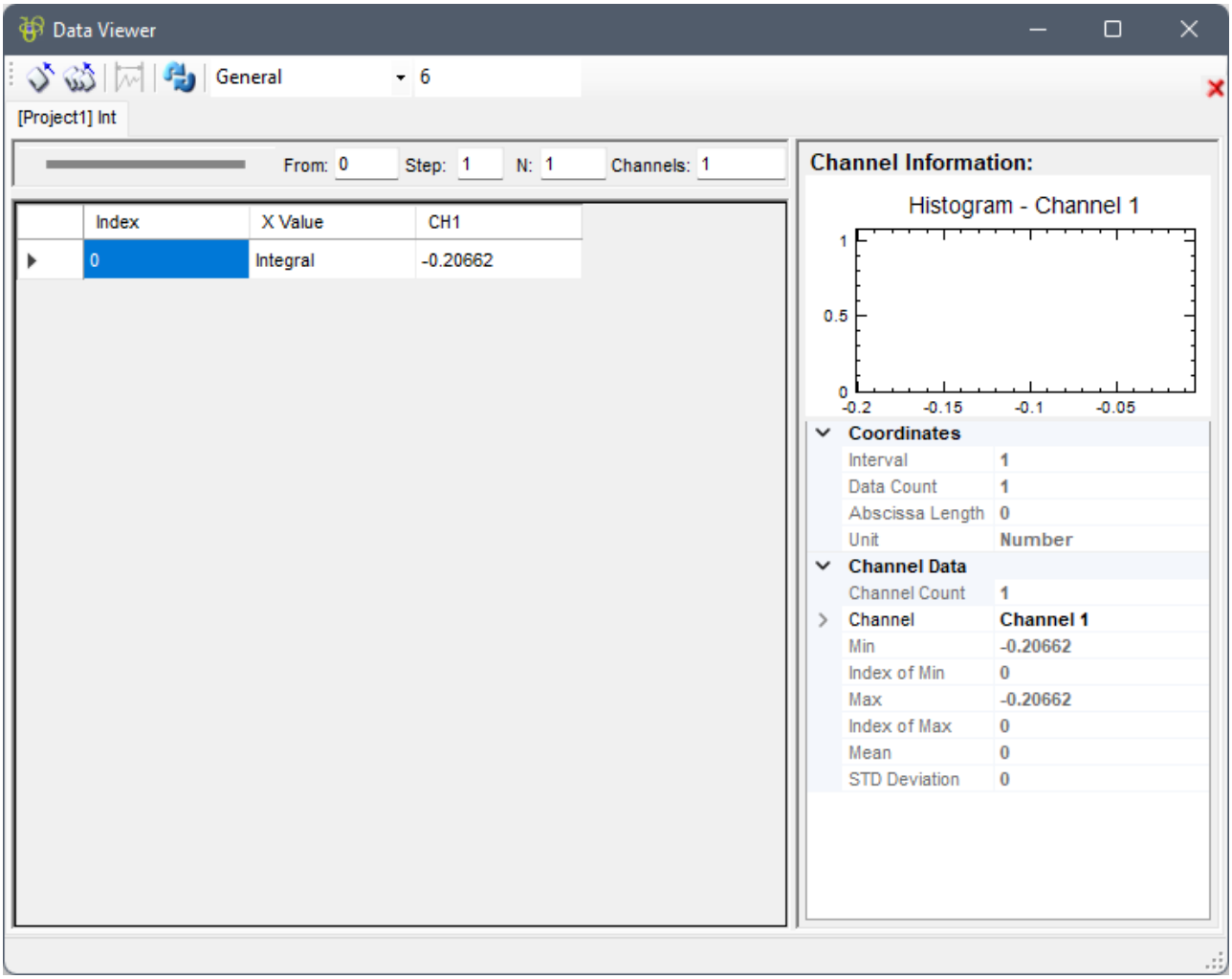
1. 呈上例，將 Int 的 Properties / IsDefinite 設為 True，如下圖：



此時可以看到計算後 Viewer2 出現驚嘆號，如下圖：



這表示計算出來的資料不適合用 Channel Viewer 顯示。這時可用 DataViewer 看 Int 輸出的資料資訊，可發現輸出資料只有一個數值（即定積分值），資料型態為「Numeric」，此時 DataViewer 會採用純表格型式顯示資料，如下圖：



相關指令

Diff、Sine Wave、Channel Viewer

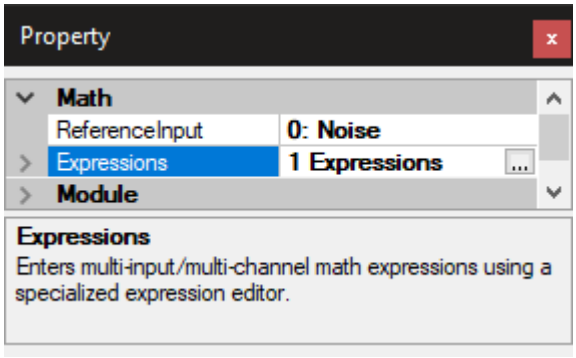
4.6.4 Math

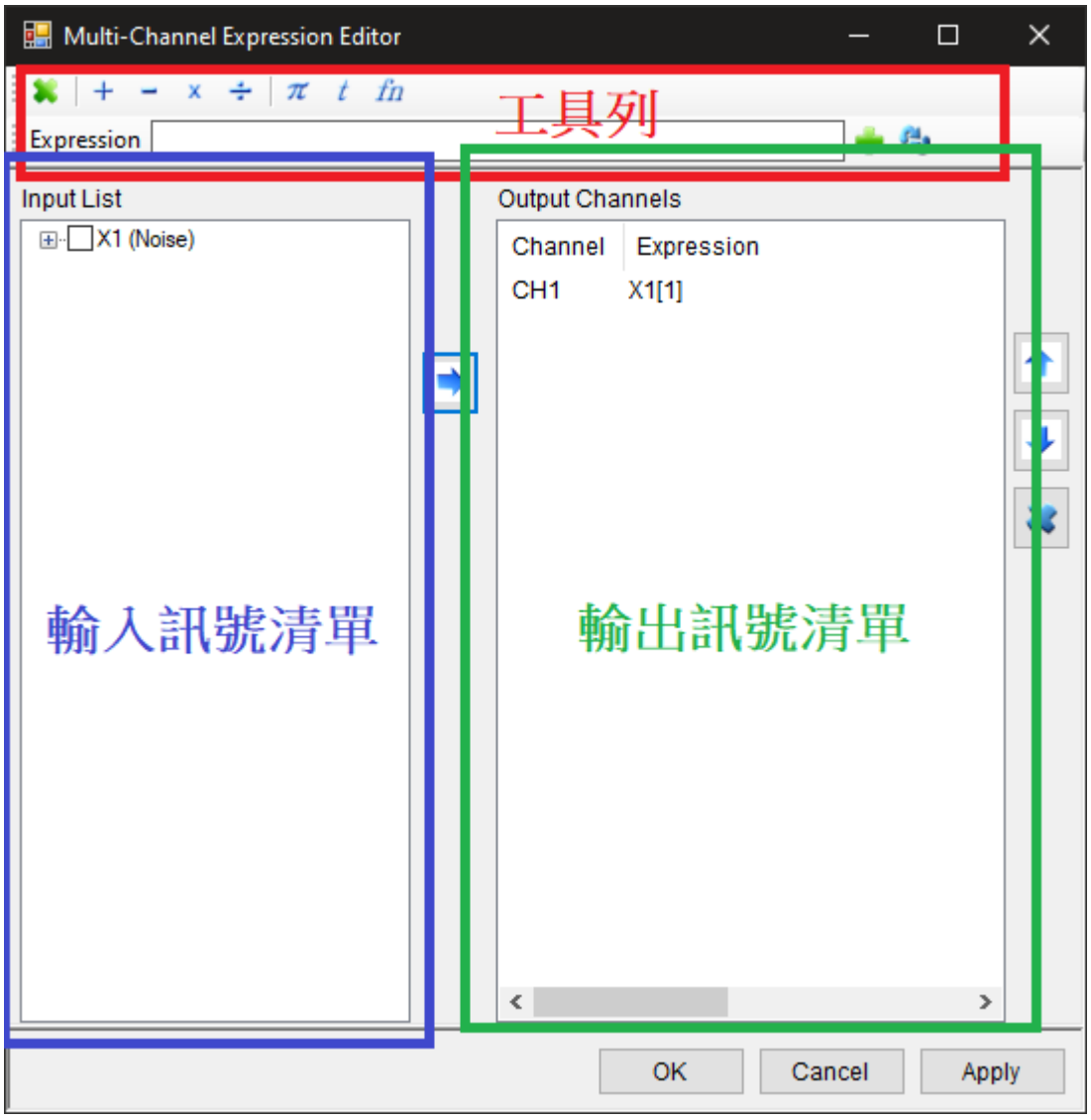
將輸入之訊號做點對點的數學運算。

說明

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）、多通道（Multi-Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal）、Regular 的音訊（Audio）、Rugular 或 Indexed 的一維及二維的矩陣（Numeric）、及 Regular 的圖像（Image）輸入。

操作方法為一：用滑鼠雙擊 Math 元件，或二：點選 Expressions 參數欄位右方的 按鈕，即會跳出 Multi-Channel Expression Editor，視窗介面如下圖所示。



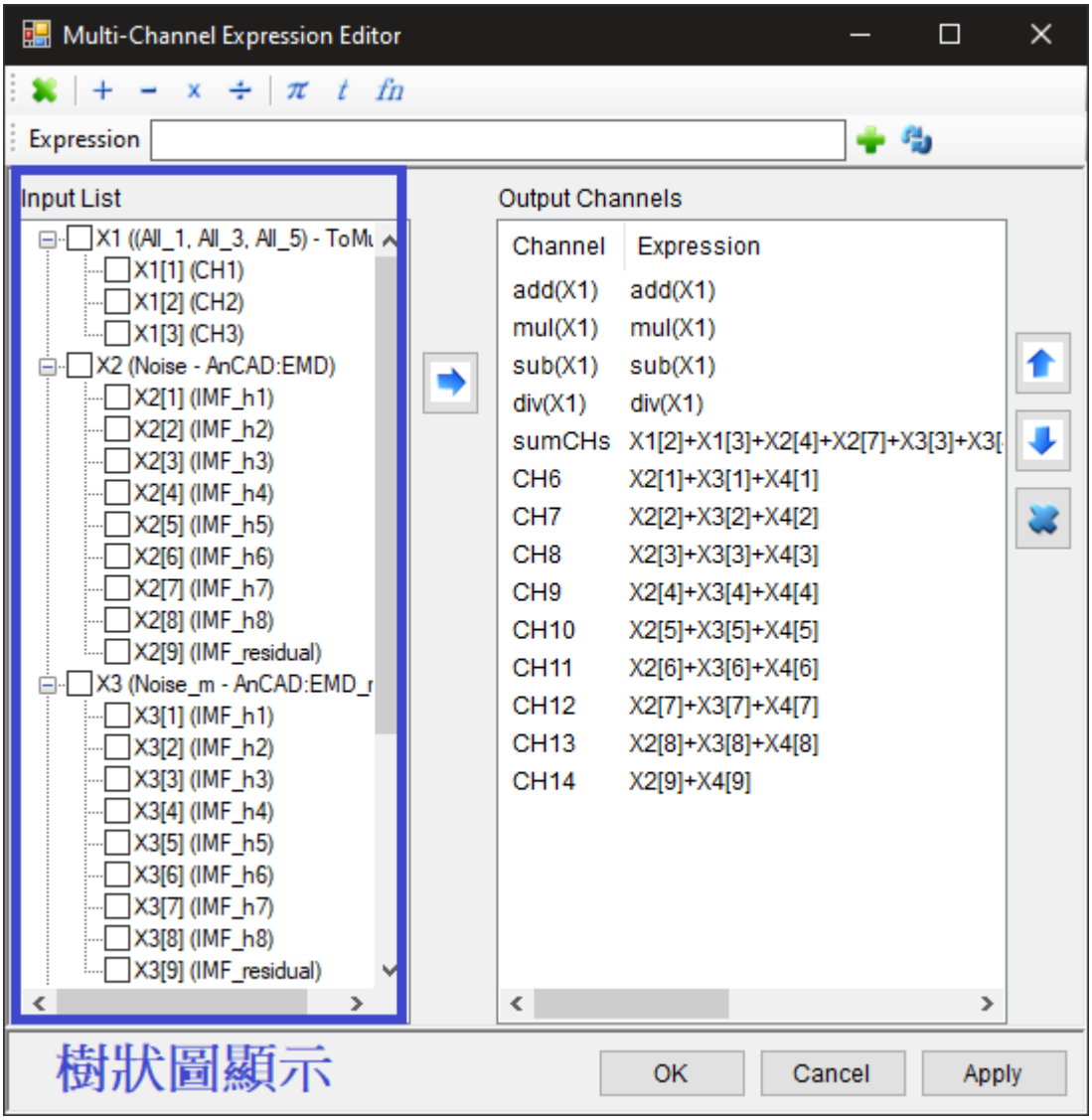


此視窗分作三大部份：輸入訊號清單（Input List）、工具列以及輸出通道欄 (Output Channel)。運作流程如下：由輸入訊號清單中選擇訊號，於工具列中的 Expression 欄輸入數學運算式；完成後將算式新增到輸出欄作為輸出訊號其中一個通道。第一次開啟時會預設將所有輸入訊號的所有通道都複製為輸出通道。以下就說明各功能。

1. 輸入訊號清單：

   輸入訊號清單（Input List）顯示連接到 Math 元件的輸入訊號。輸入訊號預設為多通道訊號，並以樹狀圖方式列出輸入訊號內個通道（如下圖所示），第一筆輸入訊號在工作列 Expression 中以代號 `X1` 表示，第二筆訊號以 `X2` 表示，以下類推，代號後方接中括號，裡面的數字代表該通道編號，例如 `X1[1]` 代表第一筆輸

入訊號的第一個通道資料，



操作注意事項入下：

- 雙擊樹狀圖的單筆輸入訊號**通道**可將該通道新增於 Expression 欄中，例如雙擊輸入訊號 `X1` 的通道 1 則會在 Expression 欄中新增 `X1[1]`。另外也可直接在 Expression 欄中輸入 `X1` 或 `X` 表示 `X1[1]`。
- 倘若僅單純欲將選取之輸入訊號通道複製為輸出值而不計算，則可利用➡鍵將該通道傳至輸出訊號清單。
- 於樹狀圖上用勾選框（checkbox）選擇多個訊號進或通道可執行多樣化集體運算。詳情請看工具列功能說明表。以下說明勾選框運作模式：
  - 勾選輸入訊號時，會自動勾選所有通道。此時按下工具列上的運算鍵會在 Expression 欄中新增代表對所有通道執行點對點運算的算式。
  - 勾選輸入訊號後再取消時，不會自動取消勾選所有通道。此時形同手動勾選多通道（見下）。
  - 不勾選輸入訊號，但勾選單一訊號中多個通道，此時按下工具列上的運算鍵會在 Expression 欄中新增代表對所勾選的通道執行點對點運算的算式。
  - 勾選多個輸入訊號，此時按下工具列上的運算鍵會在 Expression 欄中新增針對所勾選的輸入訊

號執行通道對通道運算的算式。

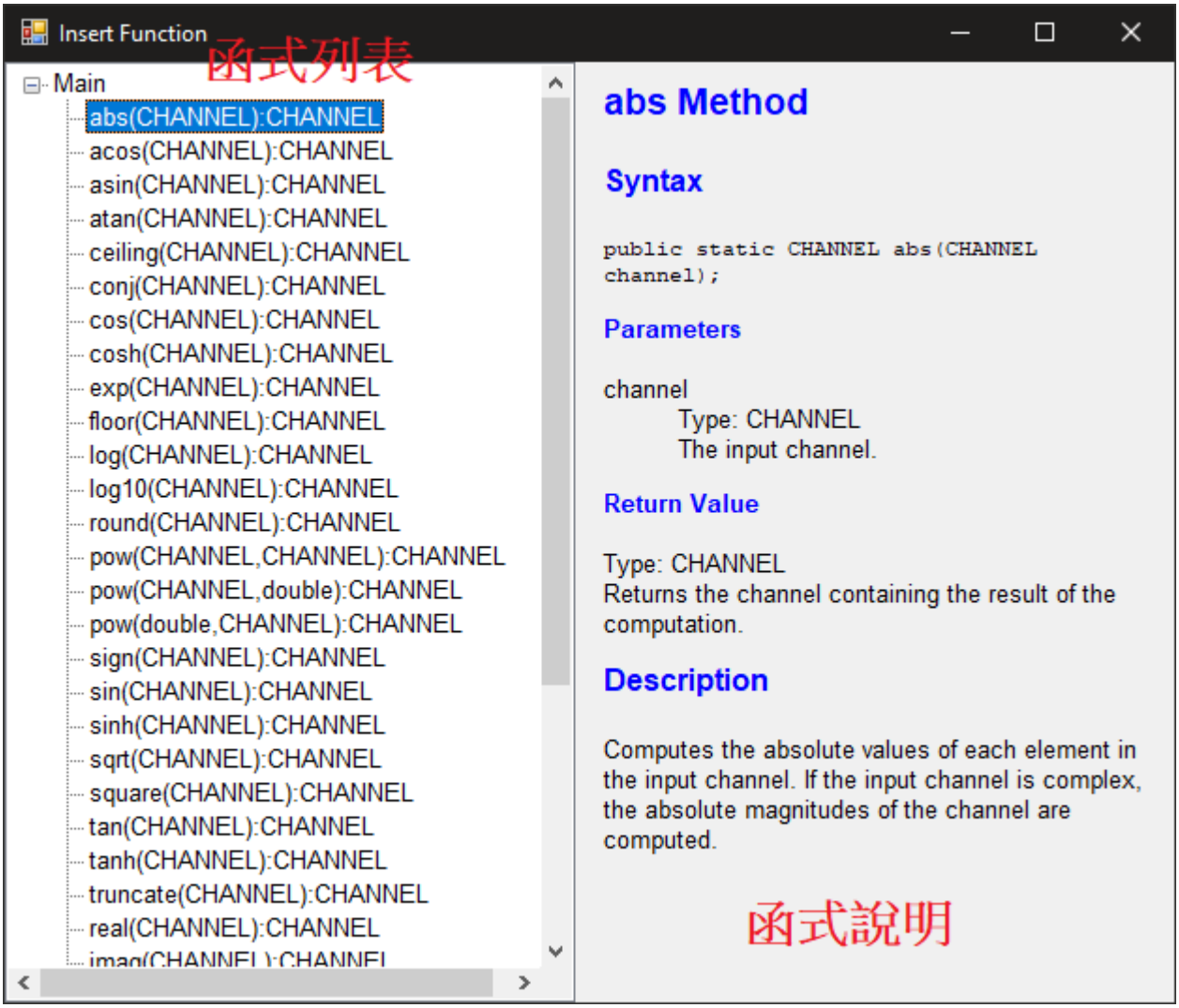
2. 工具列

此為 MultiChannel Expression Editor 的工具列。工具列上圖示與功能整理如下表：

Table 4.77: 工具列圖示

運算工具	功能說明
	可清空輸出訊號清單（Output Channel）內的所有訊號。
	於 Expression 欄中新增加、減、乘、除號，等於直接在欄位裡輸入 `+`、`-`、`*`、`/`，可針對數值做基本運算，或是或通道向量做向量運算。除此之外，依照所選取的輸入或通道模式，按下這四個運算鍵有以下幾種集體運算型式： **選擇一個輸入**：按下運算鍵會在 Expression 欄中加入 `add()`、`sub()`、`mul()`、`div()` ，可對**所有**通道的執行點對點的加減乘除運算，計算結果為多通道訊號，例如選擇 `X1` 輸入訊號後按下 `+` 會產生 `add(X1)`。當輸入通道數目更動時會自動包括所有通道。 **選擇多個通道**：按下運算鍵會在 Expression 欄中加入代表對多重選取的多個通道作通道對通道的運算式，計算結果為單通道訊號，例如選擇 `X1` 輸入訊號中通道 `1, 2` 及 `X2` 輸入訊號中通道 `3, 4` 後按下 `+` 會產生 `X1[1]+X1[2]+X2[3]+X2[4]`。 **選擇多個輸入**：按下運算鍵會在 Expression 欄中加入代表對多重選取的多個輸入訊號作訊號對訊號的運算式，計算結果為多通道訊號，例如選擇 `X1, X2` 輸入訊號（每個訊號有兩個通道），會產生 `X1[1]+X2[1]; X1[2]+X2[2];`。
	於 Expression 欄中新增圓周率 π。
	於 Expression 欄中新增時間軸的向量 t，為輸入訊號所對應的時間軸向量。
	開啟函式瀏覽器（如下圖所示），選擇一函式後以雙擊或按下鍵盤 Enter 鍵方式即可於 Expression 欄新增該函式，等於在 Expression 欄中直接鍵入函式。如事先有用游標選擇一段算式再選擇新增函式，則會自動將所選取之算式包入函式的括號中（例如選取 `X1[1]` 後再選擇新增 `sin` 函式，則會在 Expression 欄中出現 `sin(X1[1])`）。
Expression 欄位	編輯數學算式的文字輸入欄位。
	可將 Expression 欄位的數學算式加入輸出訊號清單（Output Channel）
	將選擇輸出訊號清單中某個通道內的數學算式，替換為 Expression 中的數學算式。

函式瀏覽器如下圖所示：



函式列表中標示的函示格式為：`<func_name>(<input_type>):<output_type>`。其中：

- `<func_name>` 為函式名稱（`abs`、`sin` 等）。
- `<input_type>` 為輸入類別。
- `<output_type>` 為輸出類別。

函示瀏覽器中顯示的輸出／入類別有以下幾種：

- `CHANNEL`：一個通道的向量值。
- `CHANNEL[]`：多個通道的向量值，通常是一個輸入訊號的所有通道。

跟函數外的向量運算一樣，向量類別（`CHANNEL`）的變數（例如 `X1[1]`、t 等）可經由四則運算轉換為新的向量輸入給函數，例如：`abs(X1[1]*2+5)` 將 `X1[1]` 的所有值乘 2 加 5 後再輸入 `abs()` 函數；`sin(2pi*10*t)` 則將 t 時間軸向量的所有值乘上 $2\pi 10$ 再輸入給 `sin()` 函數（即產生一個 10Hz 的正弦波）。多通道向量（`CHANNEL[]`）不支援以上運算。

常用內建函式清單內容與說明如下表。

Table 4.78: 常用內建函式

函式	函式說明	函式	函式說明
abs	取絕對值。	ceiling	小數點以下無條件進位。
floor	無條件捨去小數點以下。	round	小數點以下四捨五入。
sin	正弦運算。	asin	逆正弦運算。
cos	餘弦運算。	acos	逆餘弦運算。
tan	正切運算。	atan	逆正切運算。
sinh	Hyperbolic sine （雙曲正弦)。	cosh	Hyperbolic cosine（雙曲餘弦)。
tanh	Hyperbolic tan（雙曲正切)。	exp	指數函數運算 exp(x) 等於 e^x，e 為自然數。
log	自然對數。	log10	對數運算（10 為底數)。
pow	指數運算	pow(x,a)	等於 x^a。
sqrt	平方根運算	sqrt(x)	等於 $\sqrt{x}$。
square	平方運算 x^2。	sign	取正負符號，數值大於 0 取 1，小於 0 取 -1。
truncate	小數點以下，往 0 的方向取整數，若 $x < 0$，則 truncate(x) 等於 ceiling(x)，若 $x > 0$，則 truncate(x) 為等於 floor(x) 。	conj	輸入為複數訊號 $a + ib$，則將取其共軛 $a - ib$。

另外提供了 大於“>”、小於“<”、大於等於“>=”、小於等於“<=”、等於”== ”、不等於”!= ”，當滿足條件將回傳 1，若不滿足條件則回傳 0。下面範例將會提供如何使用以上功能。

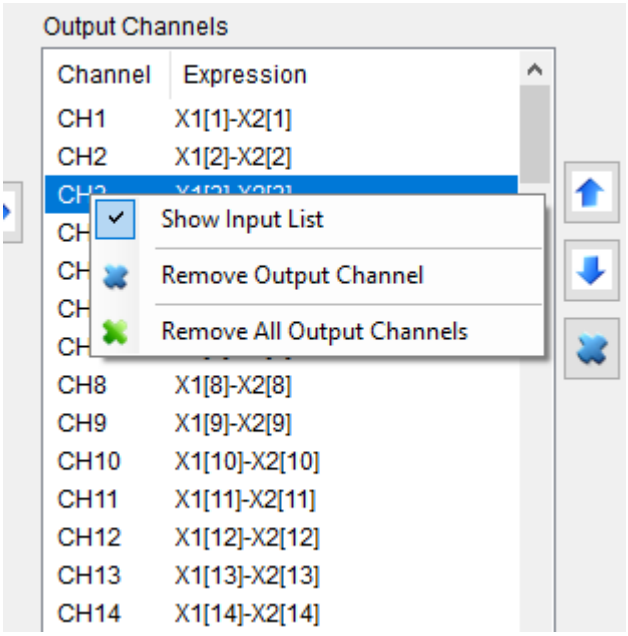
3. 輸出訊號清單：

   輸出訊號清單（Output Channels）顯示目前輸出的各通道及其計算的數學式（Expression)。

   在輸出欄中通道的順序即為輸出訊號的通道編號順序。利用清單右方的按鈕可編輯輸出訊號之通道。輸出通道可用滑鼠單選或複選，複選操作如同 Windows 檔案管理員選檔案操作，可同時按 Shift 鍵圈選或 Ctrl 鍵多選。選好通道後， 與 可將所選之通道向上或下移動調整通道順序， 則可刪除所選的通道。

   我們也可以直接於輸出欄中編輯通道名稱與修改數學式。滑鼠雙擊欲修改名稱的通道（Channel）欄位，即可編輯該通道的名稱；若要改變數學式，先點選要變更通道的 Expression，再以滑鼠左鍵點擊一次（動作上序似雙擊，但速度較慢)，就可直接修改算式。

   在輸出訊號清單上按滑鼠右鍵可開啟選單，提供三項功能：

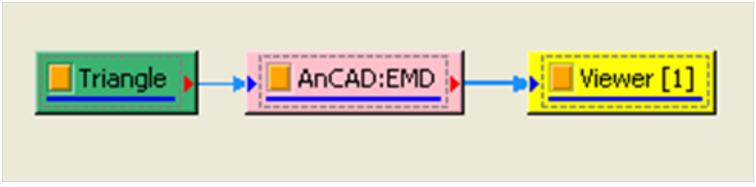


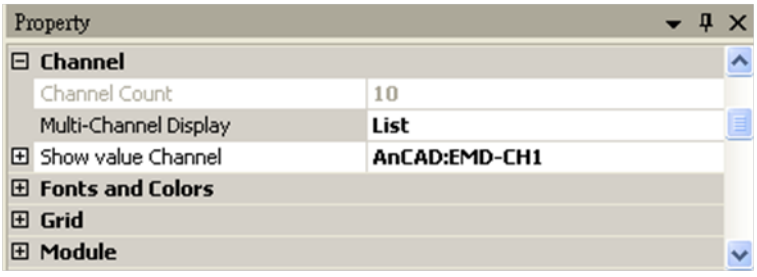
- 顯示／隱藏左方之輸入訊號清單
- 刪除所選的通道（等同點擊 鍵）
- 刪除所有通道（等同選擇所有輸出通道再點擊 鍵）

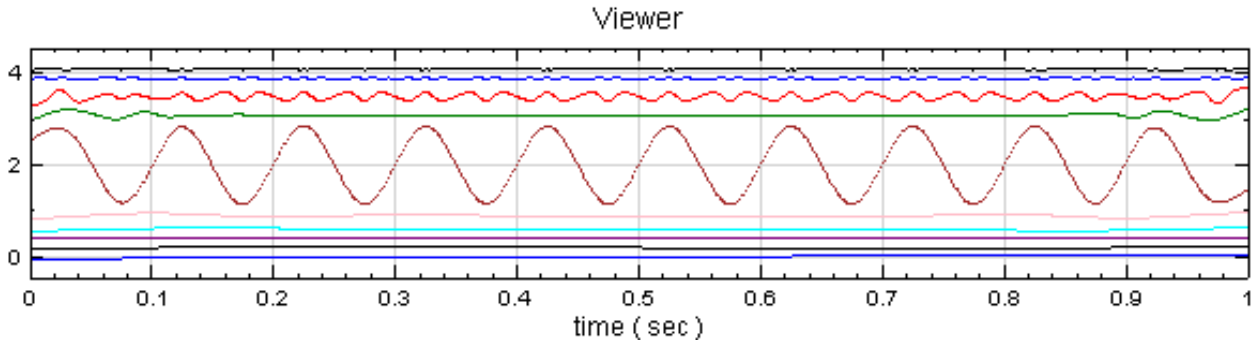
範例

下面將示範各種運算的方法及功能之使用：

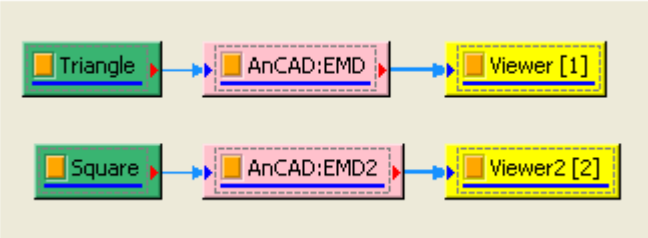
1. 首先以 Source / Triangle Wave 產生一個三角波，再以 Compute / HHT / AnCAD：EMD 運算，目的是產生一組 Multi-Channel 訊號，以 Viewer / Channel Viewer 繪出，改變 Channel Viewer 的 Multi-Channel Display 參數為 List，便能將各通道的訊號分開顯示。

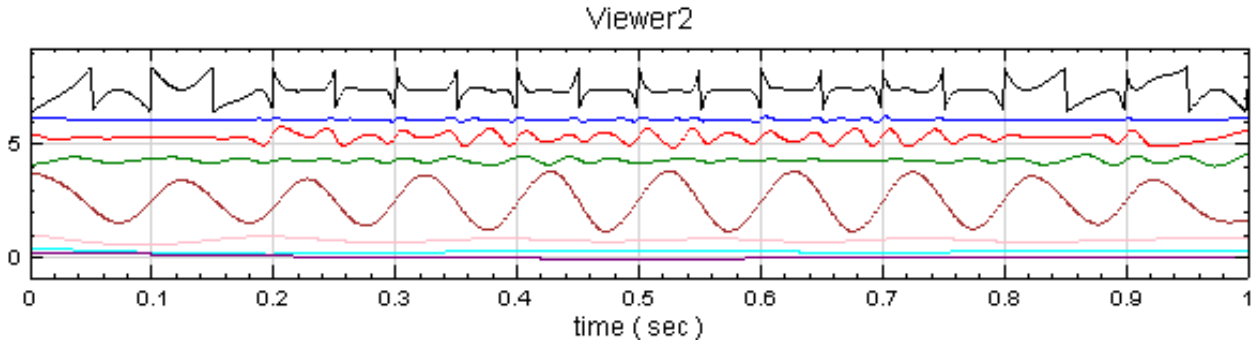




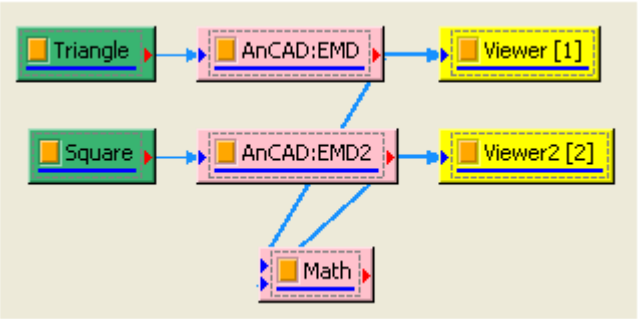


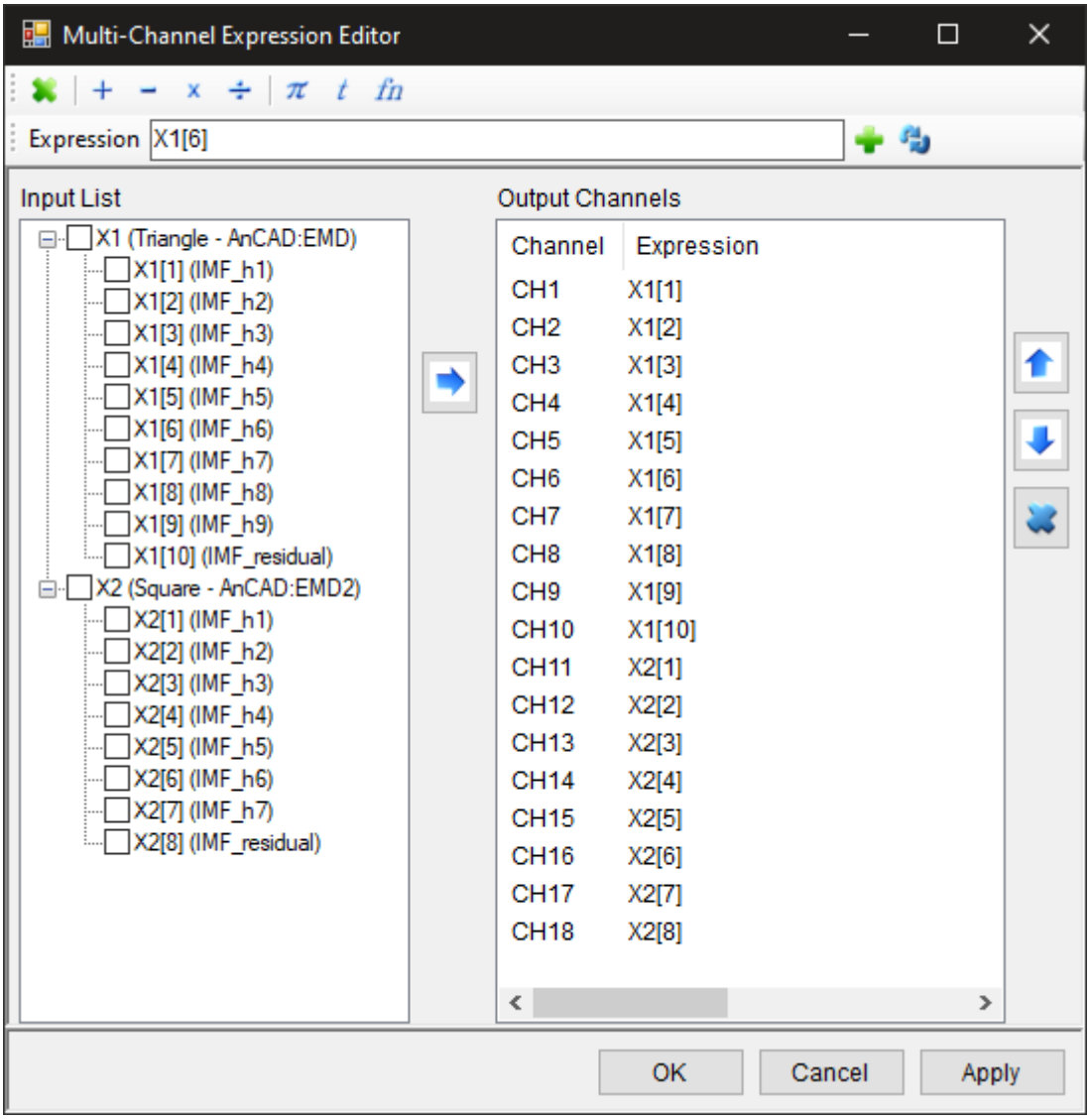
2. 仿照步驟 1，不過將三角波換成方波（Square Wave）。





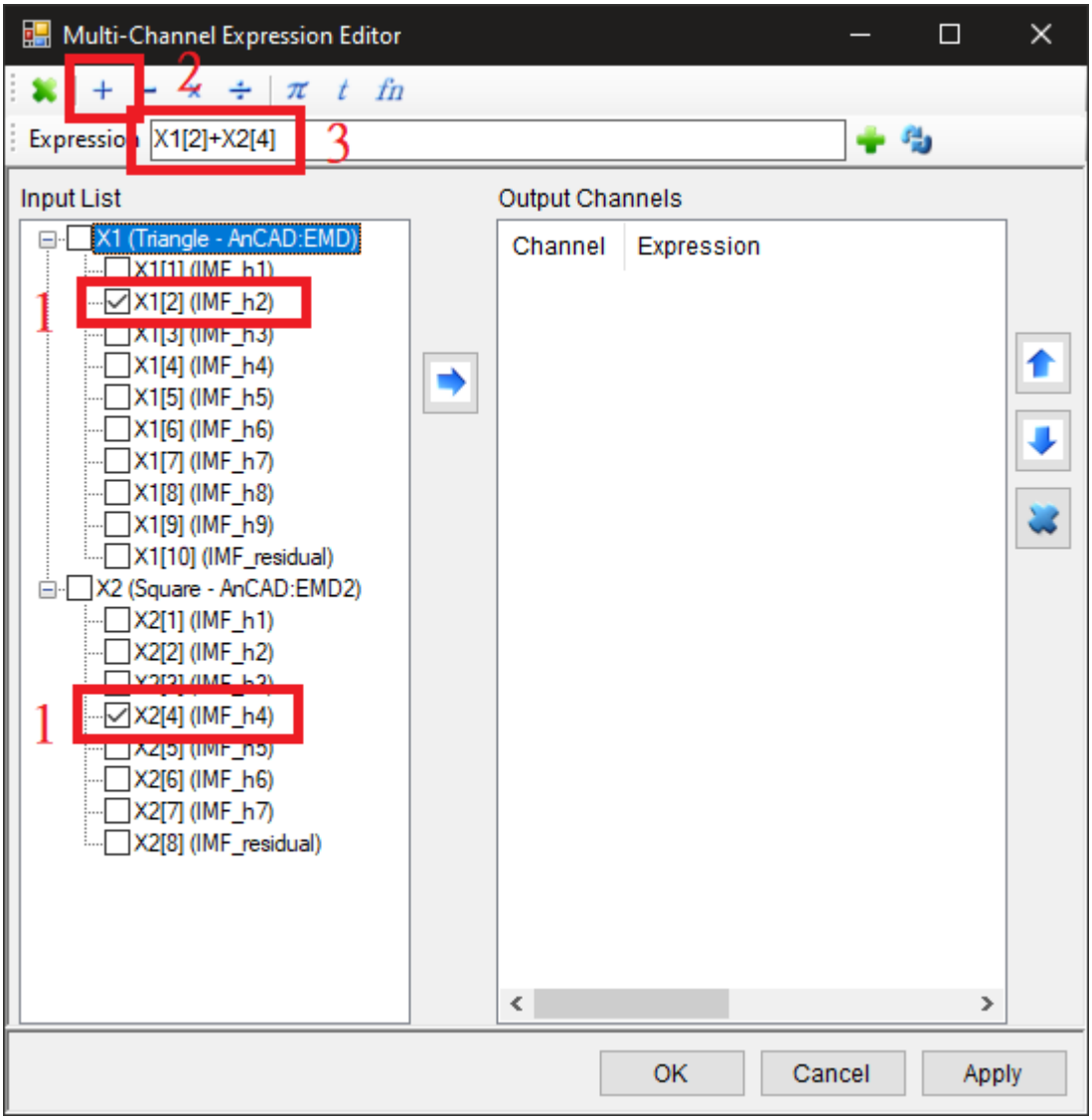
3. 將 AnCAD:EMD 與 AnCAD:EMD2 連至 Compute / Mathematics / Math，再叫出 Expression Editor 操作介面，於輸入清單點擊 Input 前的 + 號打開 Input 樹狀圖。



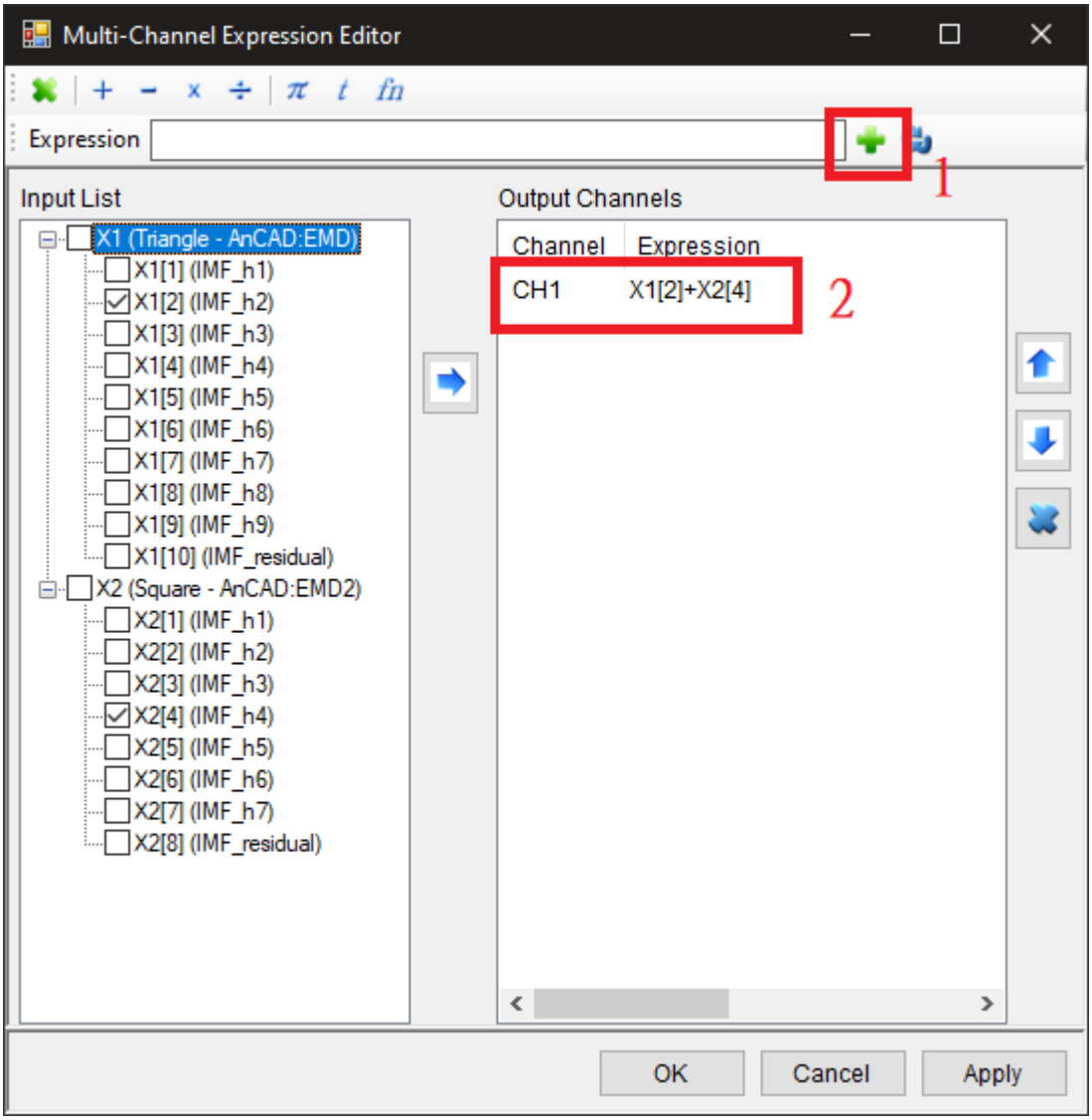


4. 此時可看到預設將所有輸入訊號之所有通道複製為輸出通道。用前述方法刪除所有預設輸出通道。

5. 若要將 X1 的 CH2 加上 X2 的 CH4，先選取 CH2 與 CH4，再點選基本運算工具 ＋ ，即可將運算式新增於 Expression 欄，也可直接輸入 `X1[2]+X2[4]`。

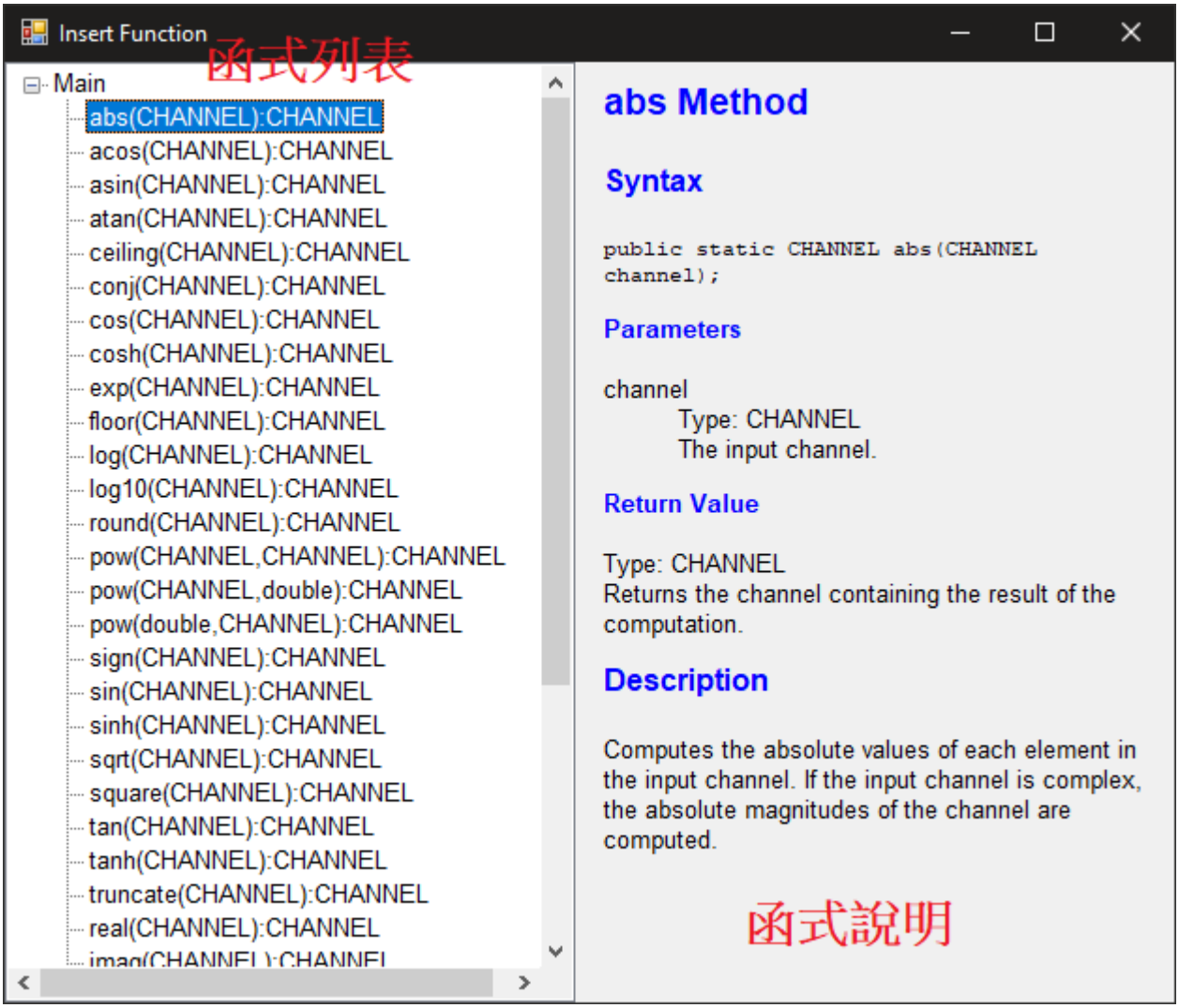


6. 按下 鍵即可將 Expression 內的算式傳至輸出欄（Output Channels）。

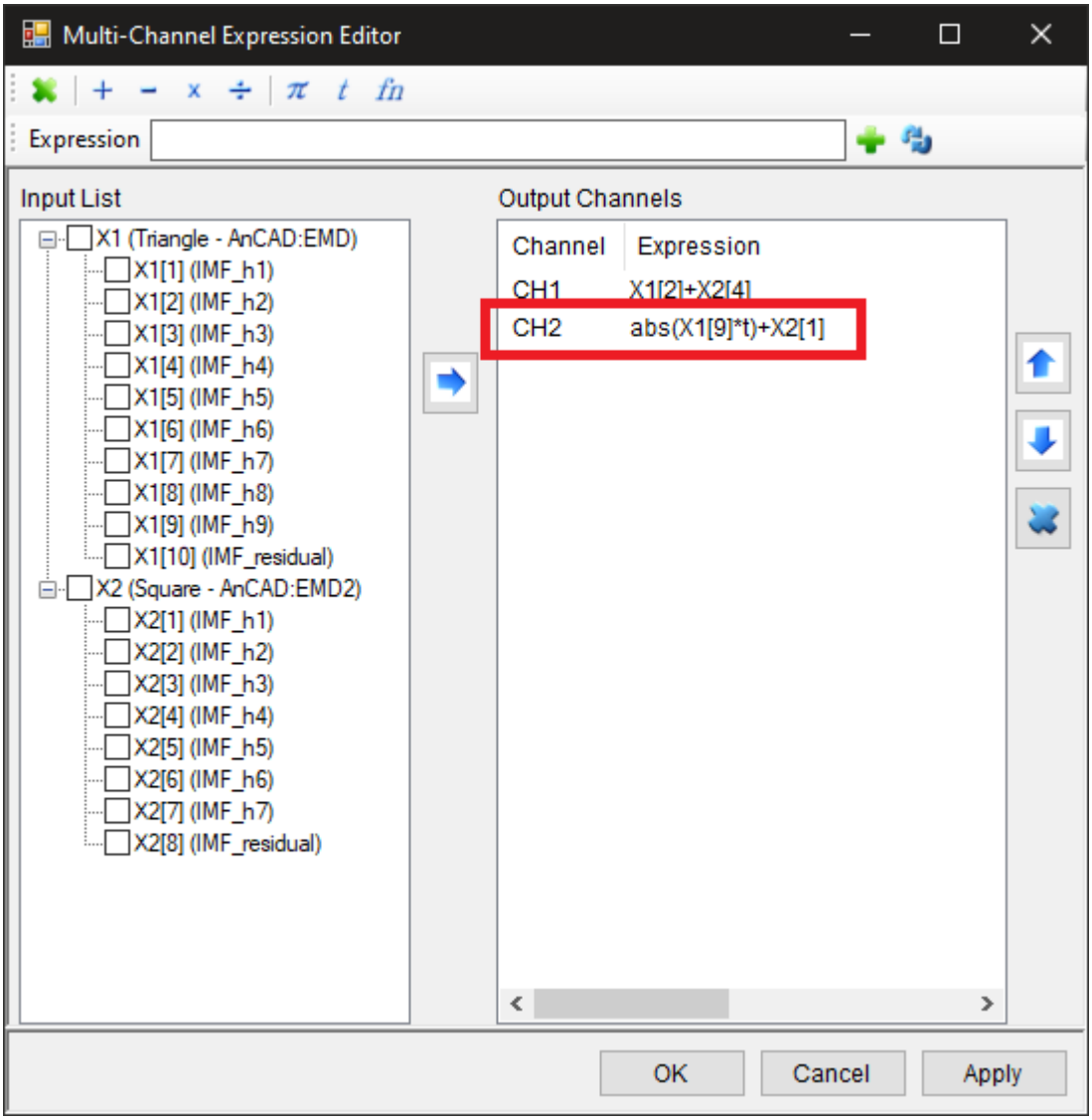


7. 下一步，將 X1 的 CH9 乘以相對應的時間 t，再加上 X2 之 CH1。點擊 X1 下面 CH9 兩下，可直接新增 CH9 於 Expression 欄，再選擇基本運算工具內的運算元完成算式，或直接輸入 `X1[9]*t+X2[1]`。

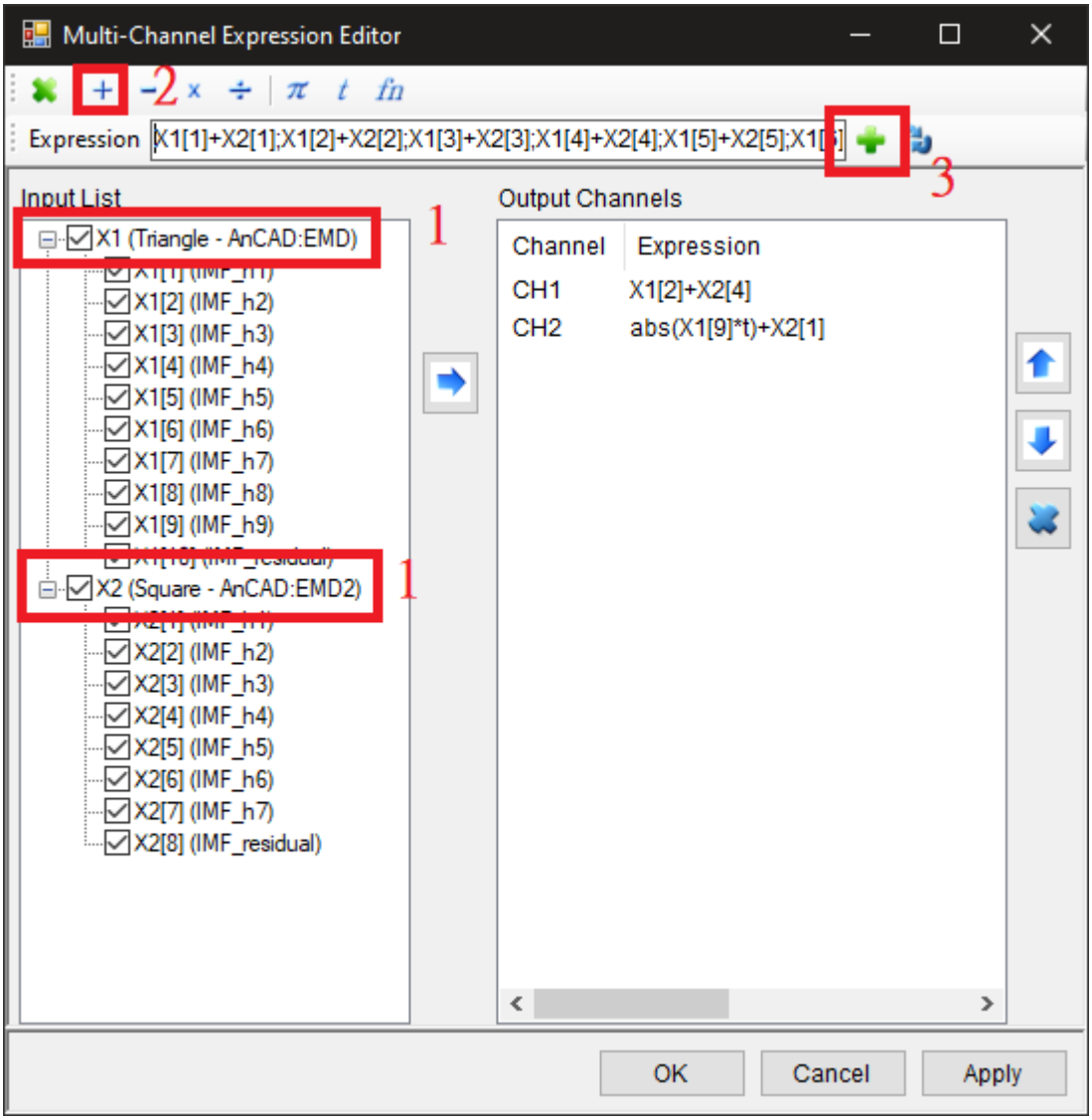
8. 若想對 `X1[9]*t` 取絕對值，可以直接改變 Expression 為 `abs(X1[9]*t)+X2[1]`，或者以游標選擇 `X1[9]*t` 區域，再點擊 fn 開啟函式瀏覽器以**滑鼠雙擊或按下鍵盤 Enter 鍵**方式選取內建函式清單中之 `abs`，即可將選取範圍內的算式包入 `abs()` 中計算，所有的內建函式均可藉上述方法完成。最後須記得點擊 鍵將 Epression 欄內的算式傳至輸出訊號清單。


Insert Function
函式列表
Main
abs(CHANNEL):CHANNEL
acos(CHANNEL):CHANNEL
asin(CHANNEL):CHANNEL
atan(CHANNEL):CHANNEL
ceiling(CHANNEL):CHANNEL
conj(CHANNEL):CHANNEL
cos(CHANNEL):CHANNEL
cosh(CHANNEL):CHANNEL
exp(CHANNEL):CHANNEL
floor(CHANNEL):CHANNEL
log(CHANNEL):CHANNEL
log10(CHANNEL):CHANNEL
round(CHANNEL):CHANNEL
pow(CHANNEL,CHANNEL):CHANNEL
pow(CHANNEL,double):CHANNEL
pow(double,CHANNEL):CHANNEL
sign(CHANNEL):CHANNEL
sin(CHANNEL):CHANNEL
sinh(CHANNEL):CHANNEL
sqrt(CHANNEL):CHANNEL
square(CHANNEL):CHANNEL
tan(CHANNEL):CHANNEL
tanh(CHANNEL):CHANNEL
truncate(CHANNEL):CHANNEL
real(CHANNEL):CHANNEL
abs Method
Syntax
public static CHANNEL abs(CHANNEL channel);
Parameters
channel
Type: CHANNEL
The input channel.
Return Value
Type: CHANNEL
Returns the channel containing the result of the computation.
Description
Computes the absolute values of each element in the input channel. If the input channel is complex, the absolute magnitudes of the channel are computed.
函式說明

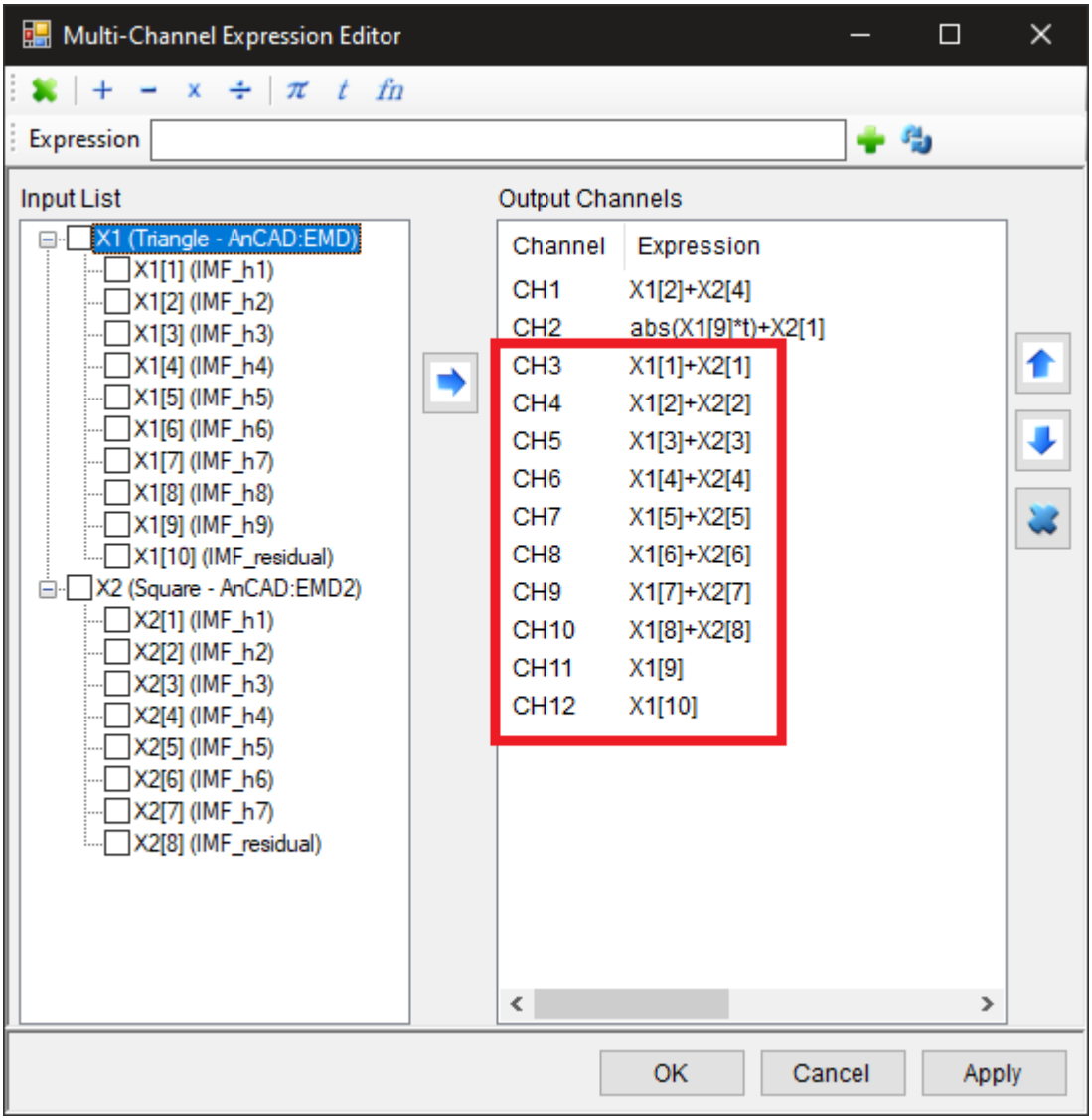
Expression
abs(X1[9]*t)+X2[1]



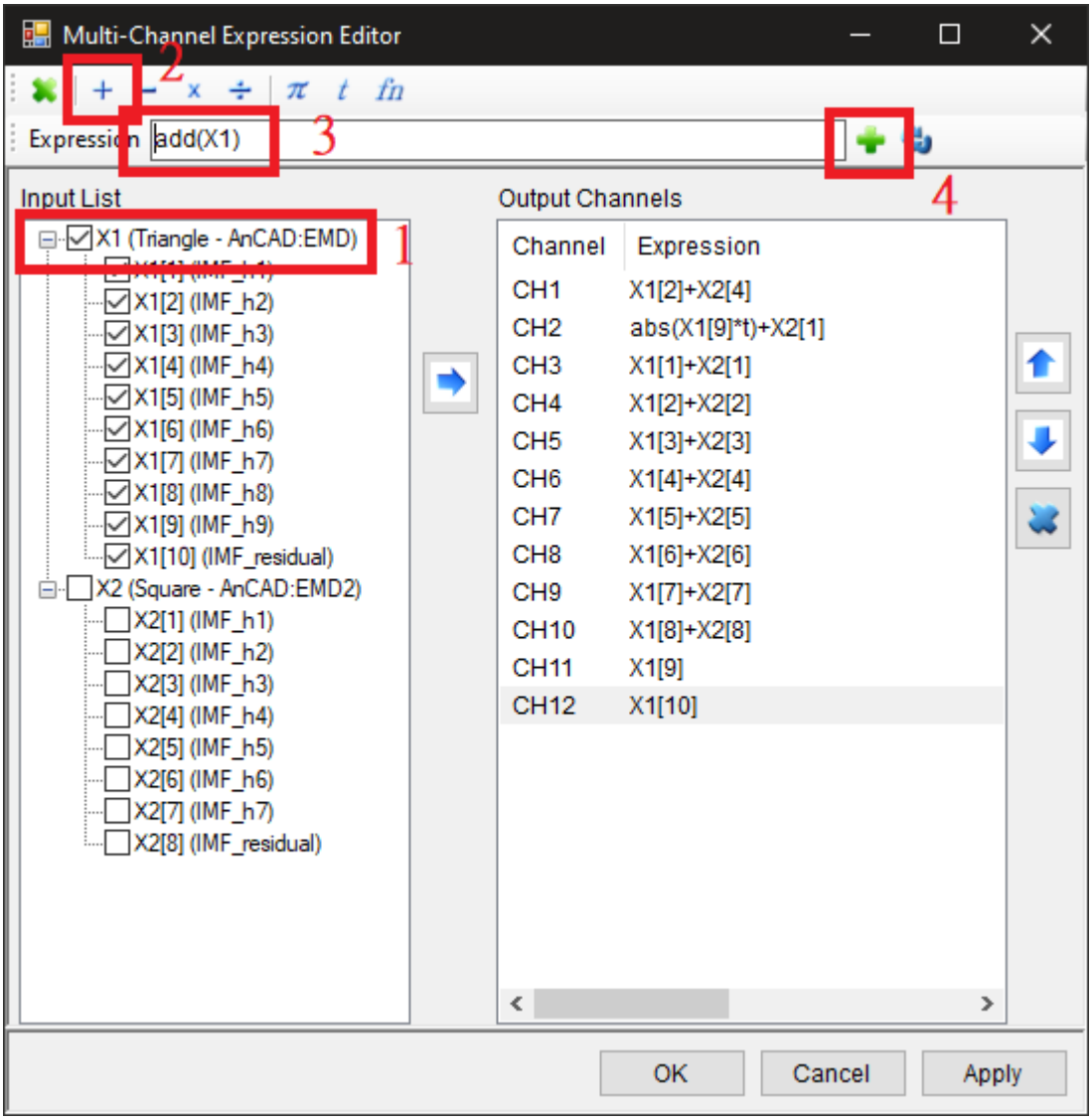
9. 如果要對兩個以上的輸入訊號作通道對通道（`X1[1]+X2[1]`、`X1[2]+X2[2]`…）的計算，則可以直接勾選欲計算之輸入訊號。以本例而言，選取輸入清單中 `X1` 與 `X2`，再點擊基本運算工具中的 ＋ 鍵，就會將運算式新增至 Expression 欄中。最後記得點擊 ✚ 鍵將 Expression 欄內的算式傳至輸出訊號清單。

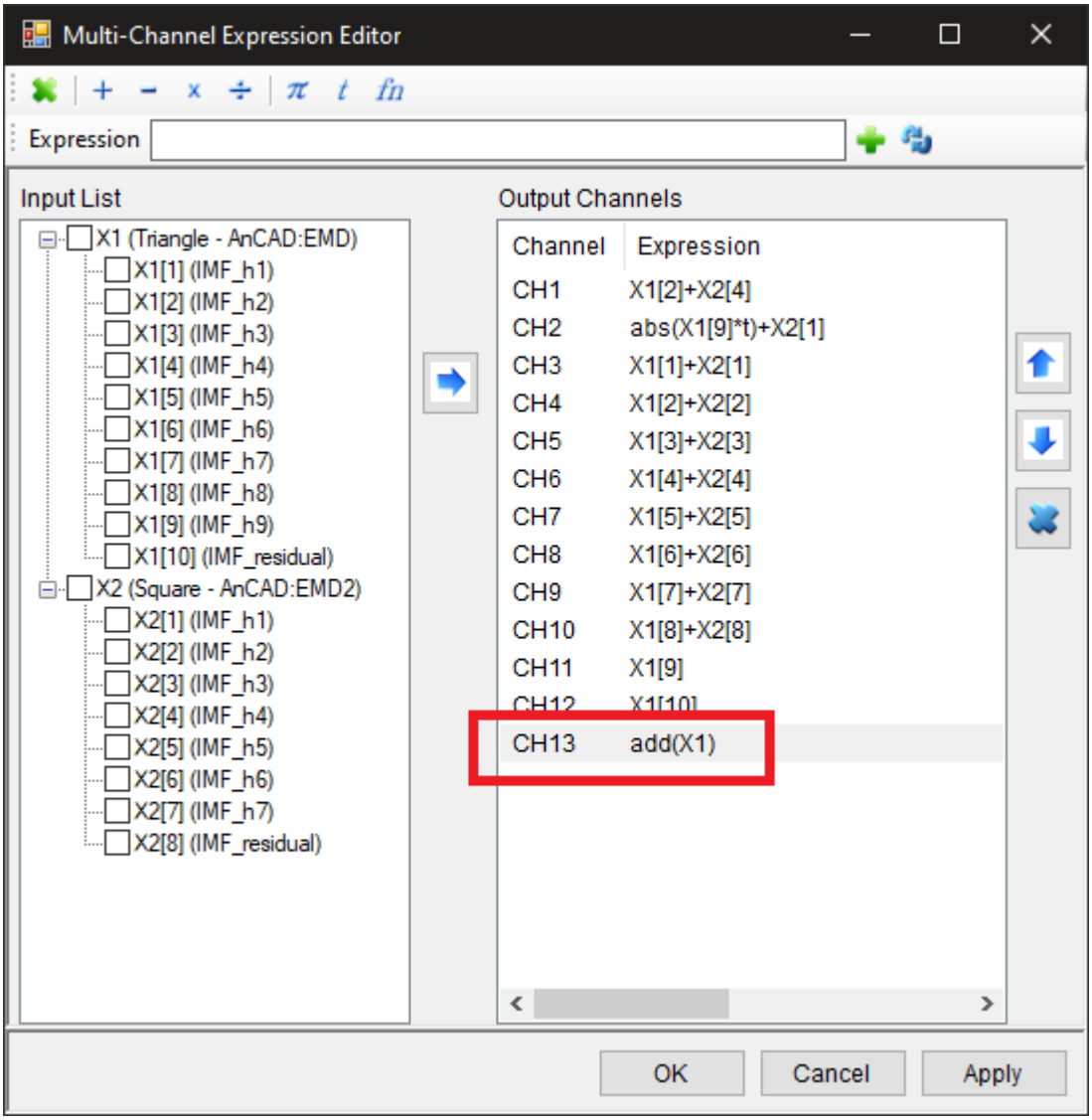


看輸出訊號清單的部份，除先前的兩運算式之外，又新增了 10 個輸出通道的算式，由於 `X1` 有 10 個通道，`X2` 有 8 個，故最後兩個通道等同 `X1[9]+0` 及 `X1[10]+0`。

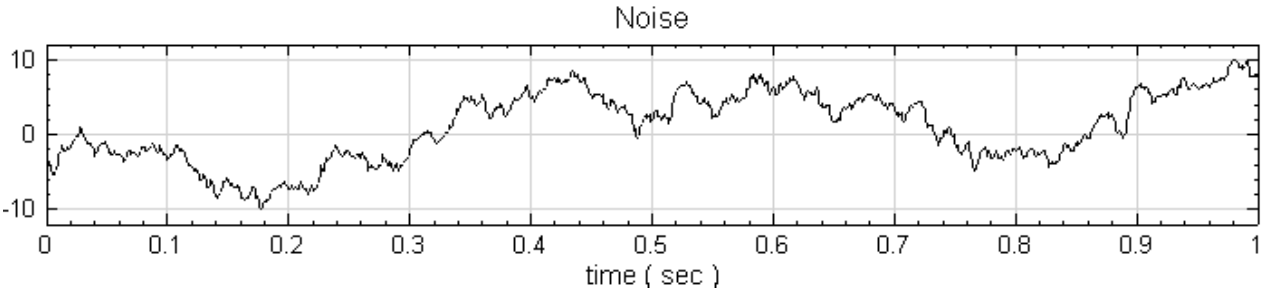


10. 如果要對單一輸入訊號的所有通道做點對點的運算，則可直接勾選一個通道。以本例而言選取輸入清單中 `X1` 再點擊基本運算工具中的 ＋ 鍵，就會將運算式 `add(X1)` 新增至 Expression 欄中，再點擊 ✚ 鍵後則將 Expression 欄內的算式傳至輸出訊號清單。

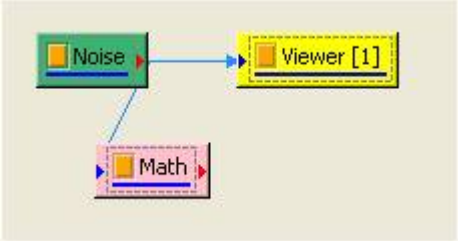

Multi-Channel Expression Editor
2
Expression
add(X1)
3
Input List
1
X1 (Triangle - AnCAD:EMD)
X1[2] (IMF_h2)
X1[3] (IMF_h3)
X1[4] (IMF_h4)
X1[5] (IMF_h5)
X1[6] (IMF_h6)
X1[7] (IMF_h7)
X1[8] (IMF_h8)
X1[9] (IMF_h9)
X1[10] (IMF_residual)
X2 (Square - AnCAD:EMD2)
X2[1] (IMF_h1)
X2[2] (IMF_h2)
X2[3] (IMF_h3)
X2[4] (IMF_h4)
X2[5] (IMF_h5)
X2[6] (IMF_h6)
X2[7] (IMF_h7)
X2[8] (IMF_residual)
Output Channels
4
Channel
Expression
CH1 X1[2]+X2[4]
CH2 abs(X1[9]*t)+X2[1]
CH3 X1[1]+X2[1]
CH4 X1[2]+X2[2]
CH5 X1[3]+X2[3]
CH6 X1[4]+X2[4]
CH7 X1[5]+X2[5]
CH8 X1[6]+X2[6]
CH9 X1[7]+X2[7]
CH10 X1[8]+X2[8]
CH11 X1[9]
CH12 X1[10]
OK
Cancel
Apply



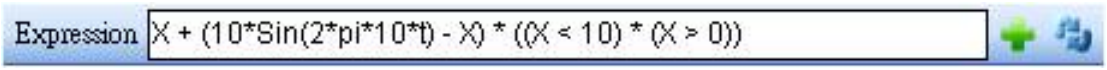
11. 另外 Expression 也可進行大於、小於、等於、不等於運算，首先在 Network 下產生 Noise 元件，NoiseType 調整為 Brown，利用 Viewer / Channel Viewer 顯示其結果。



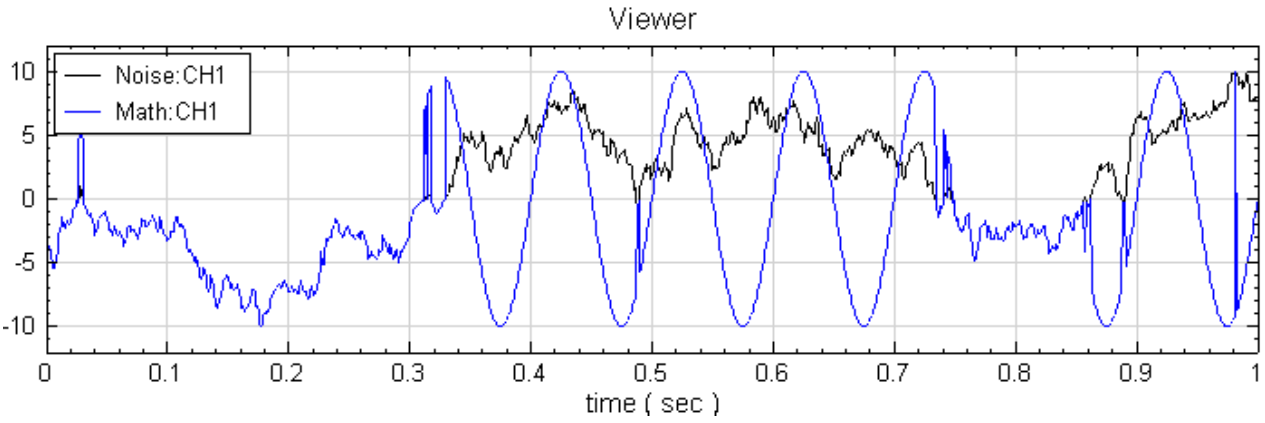
12. 將 Noise 元件連接 Compute / Mathematics / Math，Math 元件最後以 Channel Viewer 顯示結果。



要將原本 Noise 中，只要振幅介於 0 至 10 的訊號以 Sine 取代，其中在 Expression 的方程式內容為：



13. 將 Math 元件連接至於 Noise 連接的 Channel Viewer，在同一個 Vewer 下比較結果。



相關指令

Source，AnCAD:EMD，Viewer。

4.6.5 Mixer

將多筆資料混成為一筆訊號。

說明

有 N 組訊號源 $x_{t_i}^{(n)}$，其中每組訊號的時間軸 t_i 、取樣頻率不一樣，混合後之訊號 Z_{t_i} 為

$$Z_{t_i} = a \cdot x_{t_i}^{(1)} + b \cdot x_{t_i}^{(2)} + c \cdot \sum_{k=3}^{N} x_{t_i}^{(k)}$$

，其中 a、b、c 為增益數。

由於本模組假設輸入訊號的時間軸並不一致，因此會先行偵測輸入訊號中最小的取樣頻率 $Freq_{min}$，其它訊號再依照 $Freq_{min}$ 重新取樣，統一所有輸入訊號的時間軸後再做疊加。需注意，本模組將第三筆後的混合增益數皆視為 c 。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal）、聲音訊號（Audio）輸入，並接受多個訊號輸入。

參數 Gain1、Gain2、GainN 分別為第一、第二及第三筆之後輸入訊號的增益數。此模組與 Math 的差異在於，Mixer 可較快速的處理加減運算，而且可對於訊號長度不同的訊號做加減運算，這一點是 Math 沒有支援。

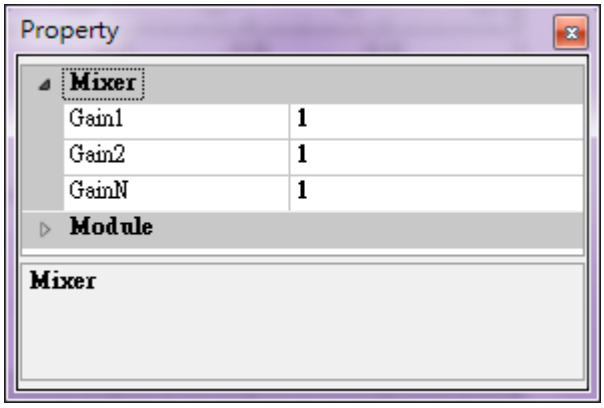


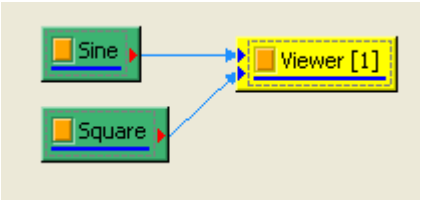
Table 4.79: 參數說明

參數名稱	參數定應	預設值
Gain1	設定第一筆資料的增益數。	1
Gain2	設定第二筆資料的增益數。	1
GainN	設定第三筆以後資料的增益數。	1

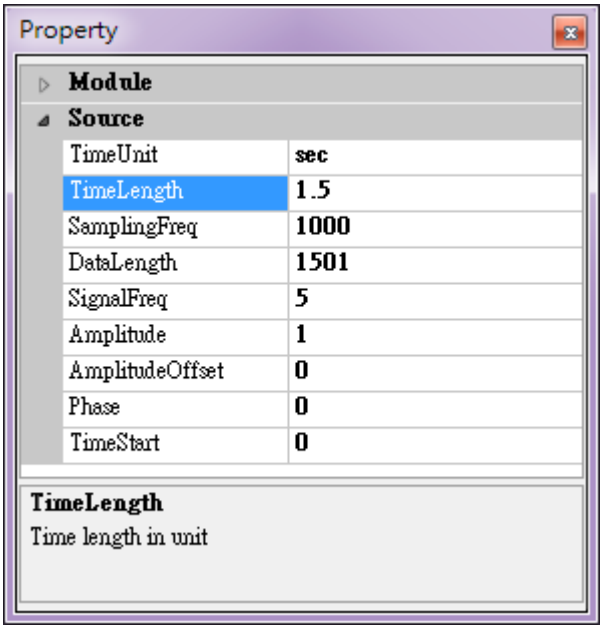
範例

將時間軸相異的正弦波與方波混合為同一筆資料。

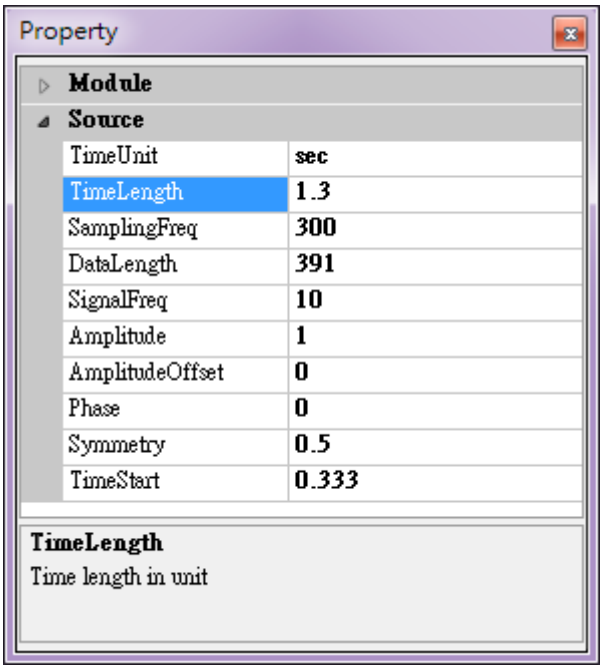
1. 以 Source / Sine Wave 產生一訊號頻率（SignalFreq）為 5 Hz、取樣頻率（SamplingFreq）為 1000 Hz、時間長度（TimeLength）為 1.5 秒的正弦波；另外再產生一訊號頻率（SignalFreq）為 10 Hz、取樣頻率（SamplingFreq）為 300 Hz、時間長度（TimeLength）為 1.3 秒，時間起始點（TimeStart）為 0.333 秒的方波。然後以 Viewer / Channel Viewer 先觀察波形。

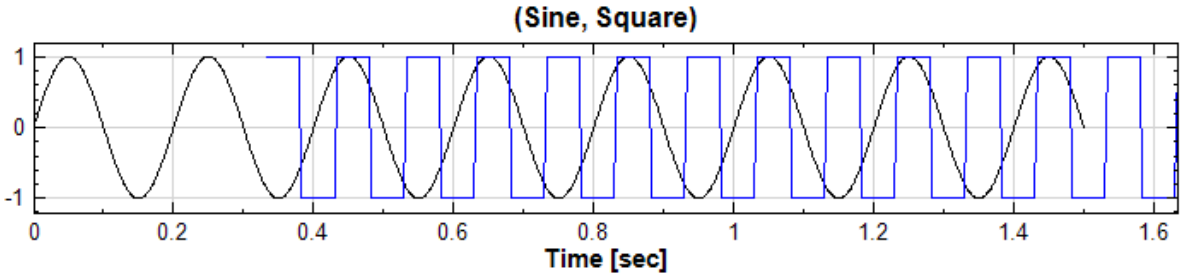


Sine 的參數設定內容 Properties 如下圖所示。

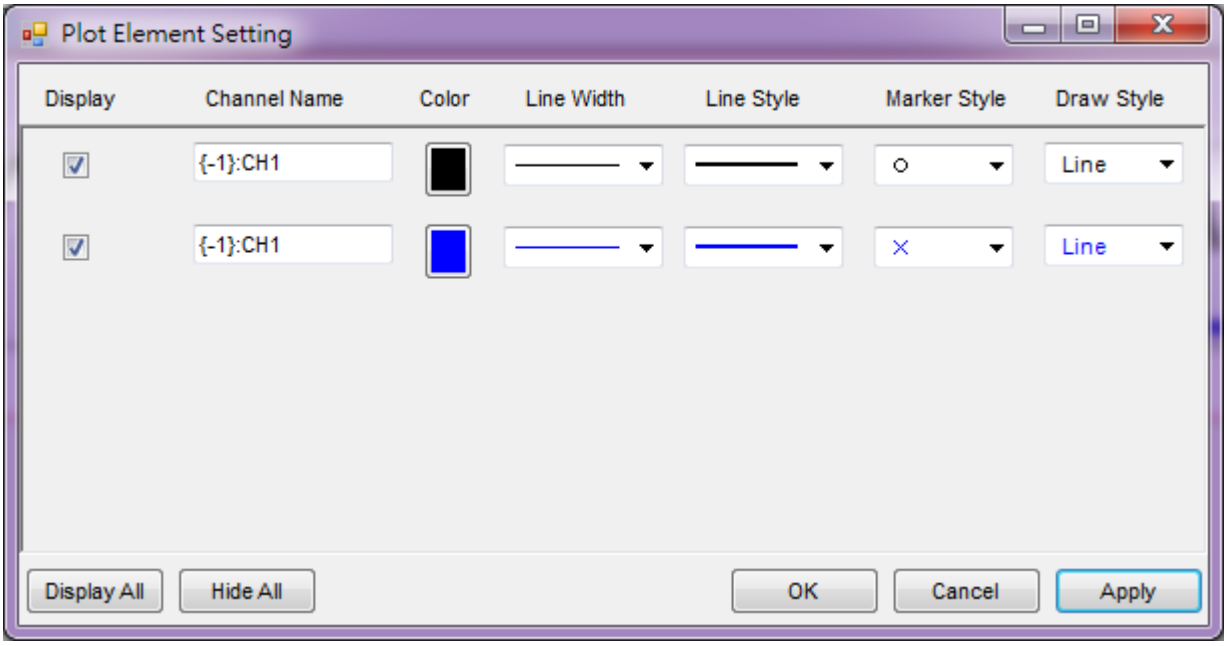


Square 的參數設定內容 Properties，如下圖所示。

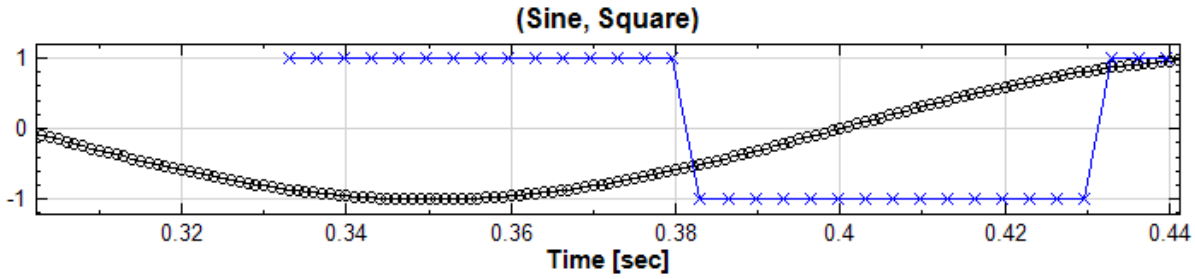




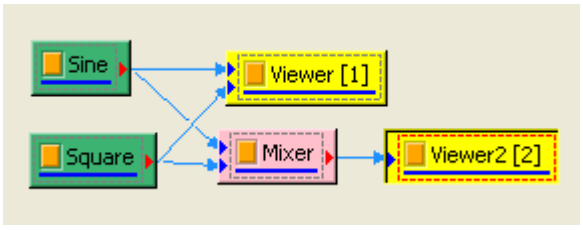
設定 Channel Viewer 的 Properties / Plot Elem Editor，將 Sine 的線條加上符號 'o'，Square 線條加上符號 'x'，並使用 Zoom X 工具放大兩訊號時間重疊處，可以看到訊號資料點在 X 軸方向上的分佈完全不同。Plot Elem Editor 的設定如下。

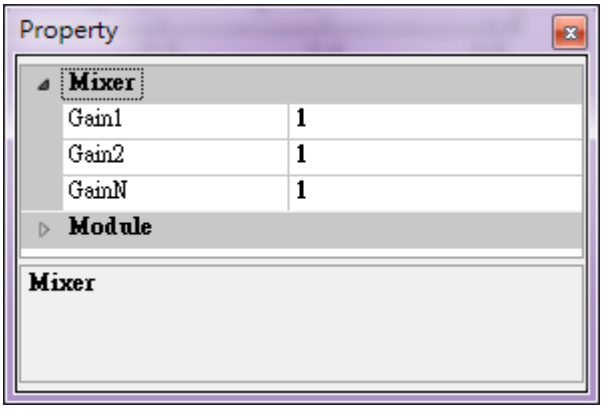


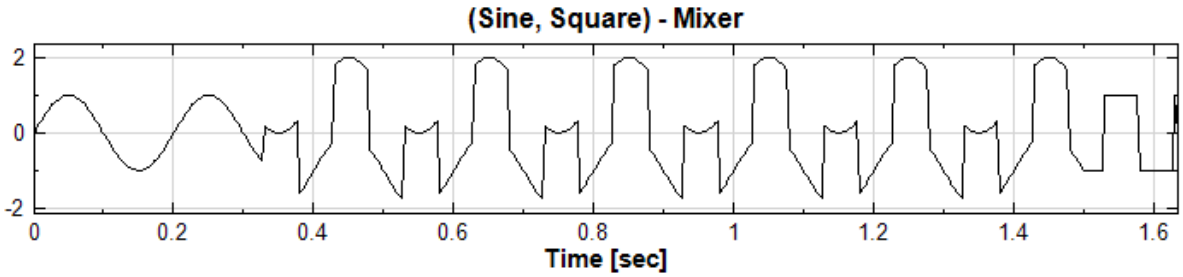
將 Channel Viewer 的結果放大如下。



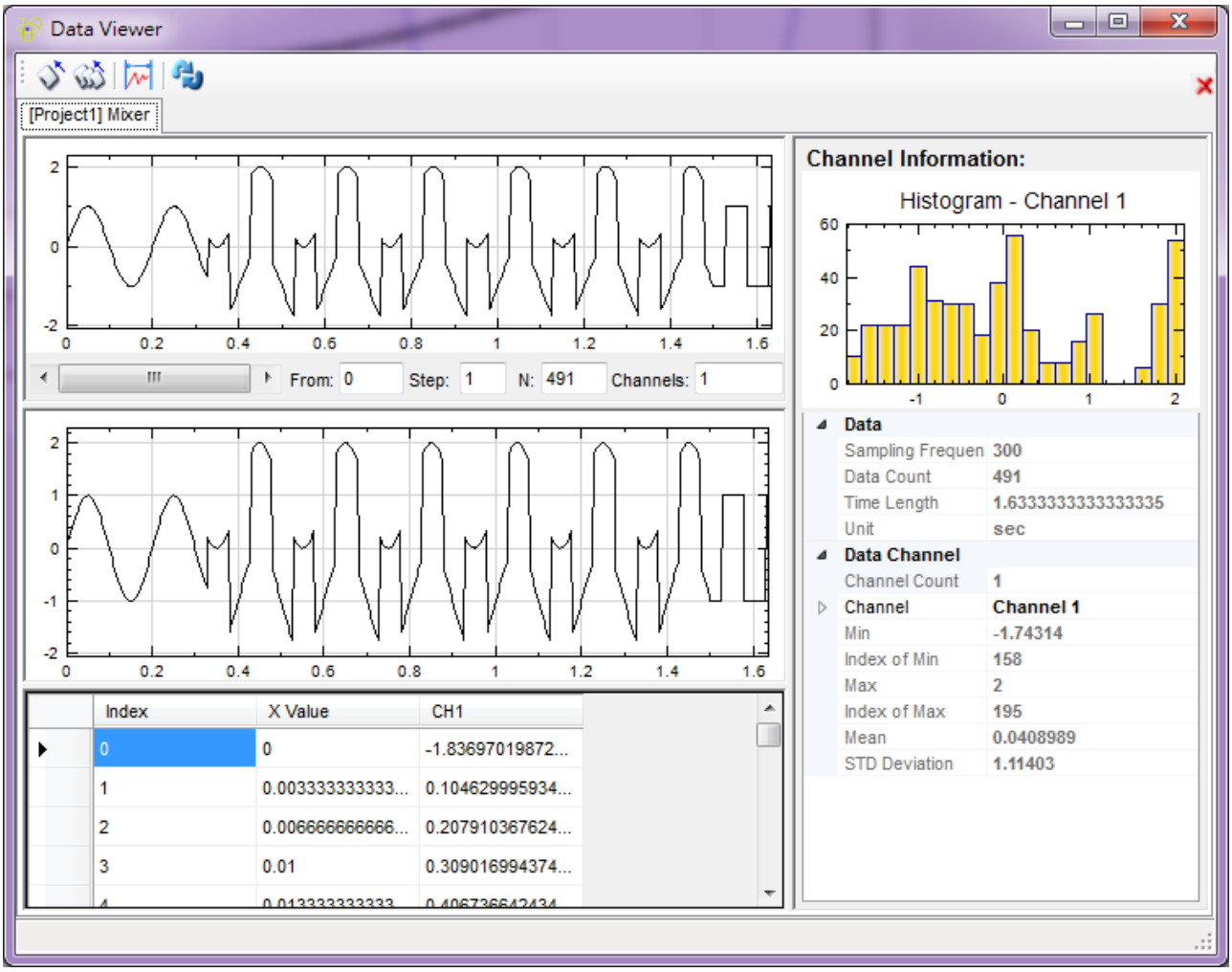
2. 將此兩訊號相加輸出成一個新的訊號。以 Compute / Math / Mixer 混合，如下圖 Network 所示，Mixer 的第一個 Input 為 Sine，對應 Mixer 的參數 Gain1，第二個 Input 為 Square，對應參數 Gain2，參數預設值皆為 1。再來以 Viewer / Channel Viewer 繪出 Mixer 之波形，其結果如下。



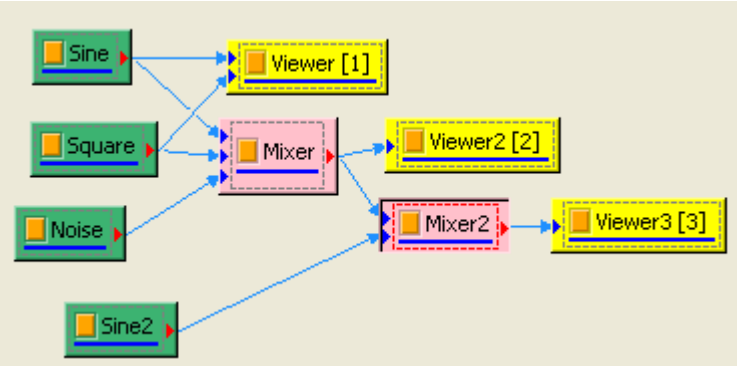




3. 現在用 Data Viewer 檢視 Mixer 輸出訊號的取樣頻率與訊號時間，Mixer 輸出訊號的取樣頻率(Sampling Frequency) 為 300 Hz，訊號時間由 0 秒開始到 1.63333 秒結束。Mixer 的計算方法就是以合併輸入訊號的時間軸作為時間總長度，取樣頻率採取輸入訊號中的最小值，將各輸入訊號乘以對應的加權數累加。因此在使用 Mixer 時對於輸入訊號與輸出訊號的取樣頻率需加以留意。



4. 注意三筆以上資料依然可以混合，但第三筆以後的加權數皆設定為 GainN，故單一 Mixer 不建議連結三筆以上的資料。建議使用多層 Mixer 以實現三筆以上資料相加，下圖就是利用這個方式累加多筆訊號。



相關指令

Channel Switch、Multiplier、Sine Wave、Square Wave

4.6.6 Multiplier

將多筆輸入訊號相乘。

說明

以數學來表示，有 N 組訊號源 $x_{t_i}^{(n)}$，其中每組訊號的時間軸 t_i 、取樣頻率不需要一樣，混合後之訊號 Z_{t_i} 為

$$Z_{t_i} = x_{t_i}^{(1)} \cdot x_{t_i}^{(2)} \cdot \cdots \cdot x_{t_i}^{(N)}$$

由於本模組假設輸入訊號的時間軸並不一致，因此會先行偵測輸入訊號中最小的取樣頻率 $Freq_{min}$，其它訊號再依照 $Freq_{min}$ 重新取樣，統一所有輸入訊號的時間軸後再做相乘。

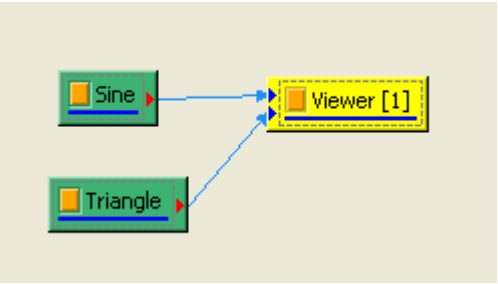
參數設定

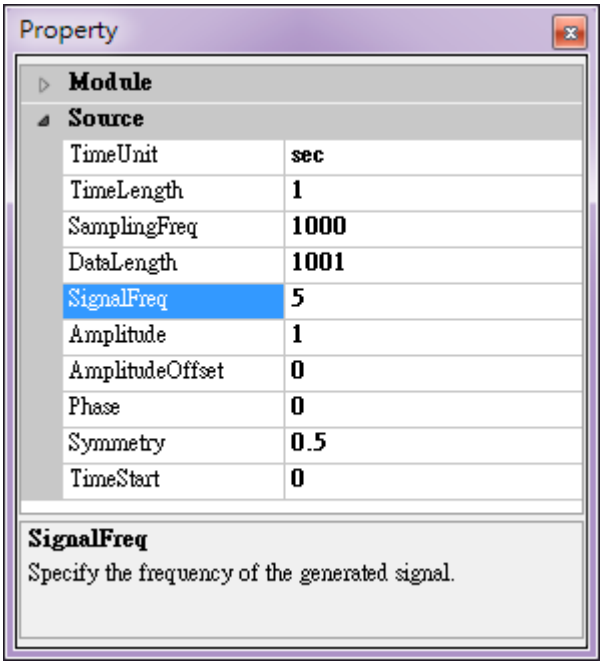
本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）與聲音訊號（Audio）與輸入，並接受多個訊號輸入。本模組無須設定參數，並可對訊號長度、取樣頻率不同的訊號源進行相乘的運算。

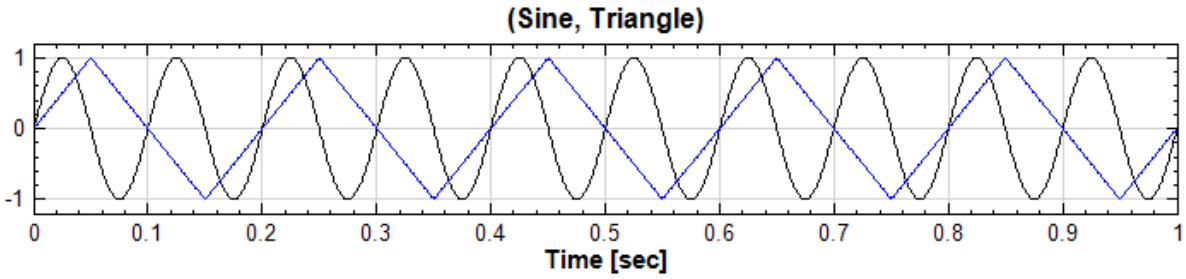
範例

將正弦波與三角波相乘。

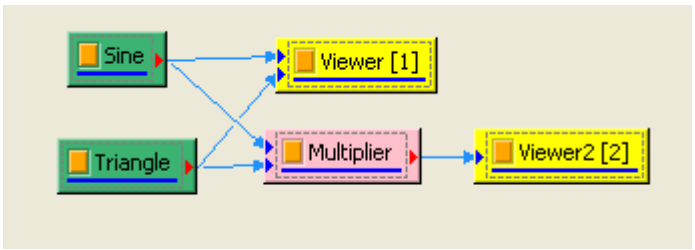
1. 以 Source / Sine Wave、Triangle Wave 建立正弦波與三角波，三角波的 Properties / SignalFreq 調整為 5 Hz，以 Viewer / Channel Viewer 觀察其原本波形。

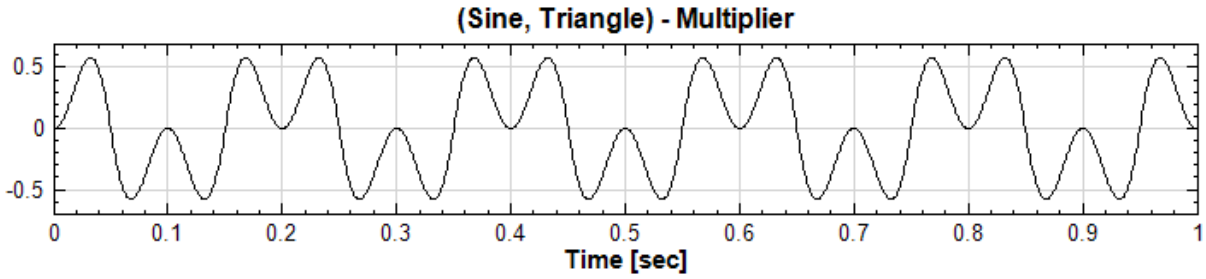






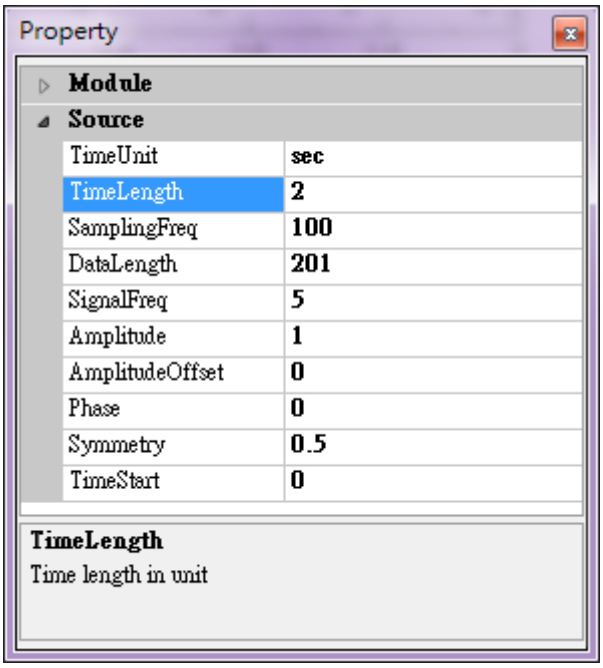
將此兩訊號以 Compute / Math / Multiplier 相乘，輸出波形如下圖所示。

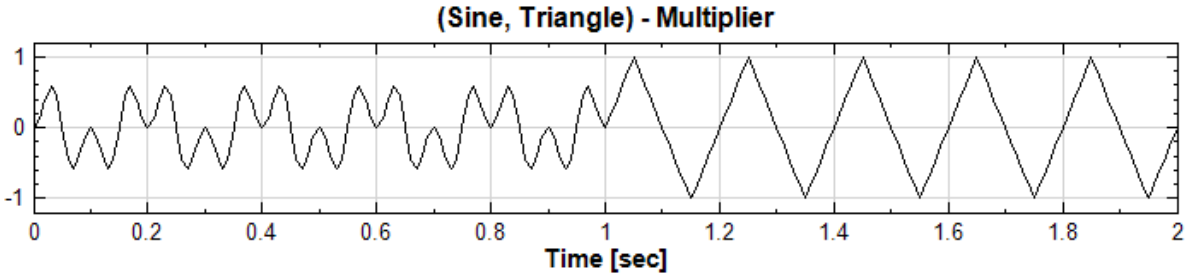




2. 如同 Mixer，Multiplier 允許兩訊號的取樣頻率與時間長度（TimeLength）不相同，輸出訊號之取樣頻率為輸入訊號最小的取樣頻率，僅在輸入訊號時間軸交集的部份相乘，沒交集的訊號則維持原貌。調整三角波的 SignalFreq 為 100 Hz，TimeLength 為 2 ，則運算結果的 Signal Frequency 將會等於 100 Hz，

Time Length 為等於 2 秒。





相關指令

Channel Switch、Mixer

4.6.7 Normalize

Normalize(正規化) 之功能為將不同訊號數列，以線性投影方式投射至特定值域。

說明

計算方式是以原始訊號值除以正規化參數，即

$$\frac{y(t)}{Normalized factor}。$$

正規化可將訊號值去單位並將其數值限制在某一區間，便於比較數值之間的大小比例。

參數設定

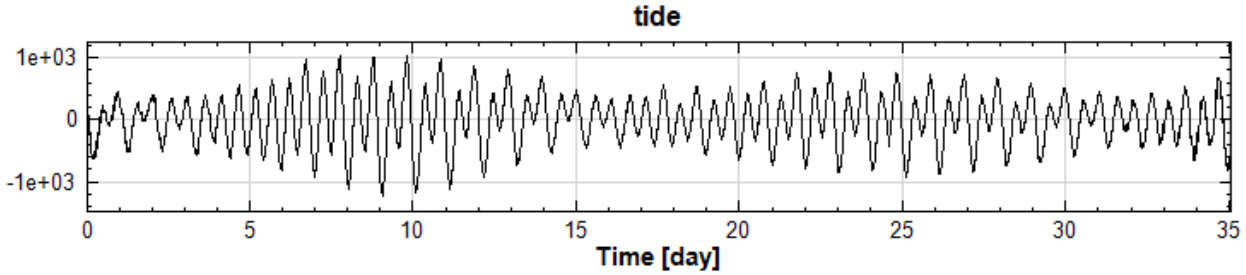
本模組接受實數 (Real Number)，單通道 (Single Channel) 或多通道 (Multi-Channel) ，Regular 的訊號 (Signal) 或聲音訊號 (Audio) 輸入。主要參數為 Normalization Type，內有六個選項，相關定義與預設值整理如下表。

參數名稱	參數定義	預設值
Remove Mean	去除訊號中的平均值	True
Normalization Type	正規化參數 (Normalized Factor) 的定義，共有 Absolute Max、Custom、Integrate、Max Range、Root Mean Square、Standard Deviation 六種可選，詳見以下介紹	Standard Deviation

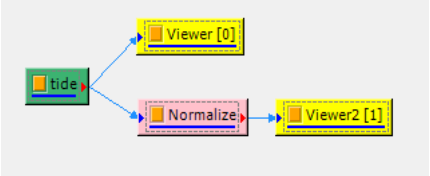
Normalized Type	定義
Absolute Max	以訊號中最大值做為標準化的基準，即歸一化
Custom	自訂標準化的基準 (Custom Normalization Value)
Integrate	以數據對時間軸的積分值做為基準
Max Range	以縱軸差的最大值做為基準
Root Mean Square	以數據的均方根值做為標準化基準
Standard Deviation	以原始訊號的標準差做為基準

範例

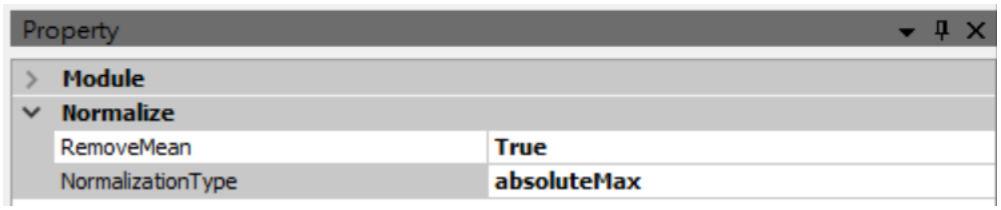
1. 從 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Basic` 載入潮高變化資料 `tide.tfa`，用 Viewer / Channel Viewer 顯示數值。



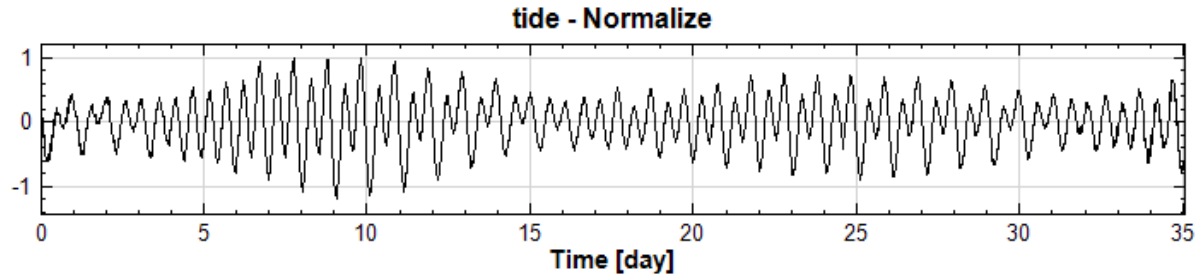
2. 在 tide 後接上 Compute / Mathematics / Normalize，將數據正規化，再接上一個 Channel Viewer 匯出圖形。



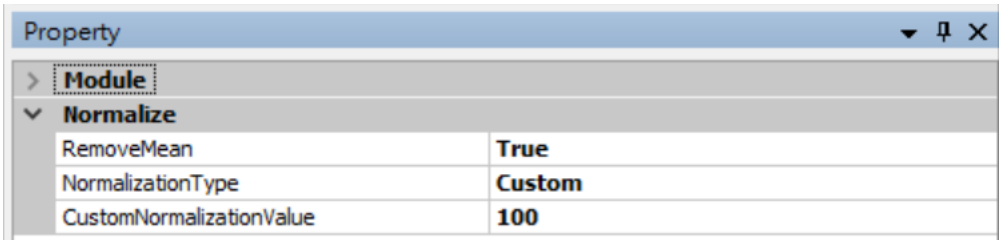
3. 點 Normalize 方塊於 Property / Normalize / Remove Mean 選擇 True，Normalization Type 選擇 Absolute Max。



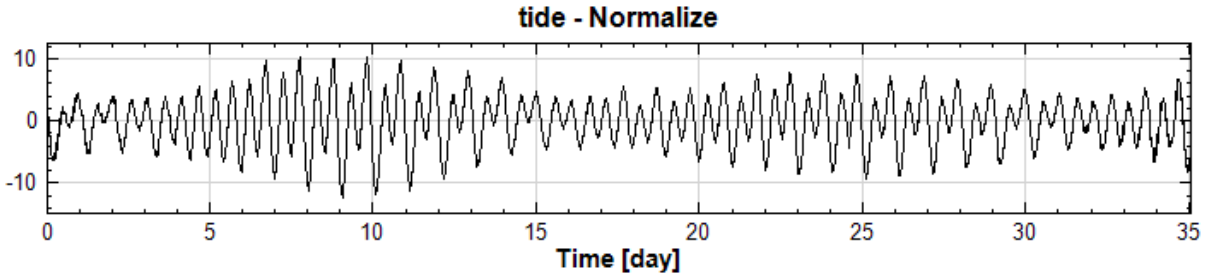
4. 數據歸一化後如下圖，用上方工具列的"Show Value" ，可觀察各時間點潮高占原始數據中最大值的比例。



5. Normalization Type 改選 Custom，並在 Custom Normalization Value 輸入 100。



6. 改變正規化基準後，新訊號的數值被限制在 -10 到 10 之間。



4.6.8 Remove DC

將訊號的直流部份消除，即消除訊號之平移值。

說明

訊號源為 $X = \{x_0, x_1, \ldots, x_{N-1}\}$，訊號平均值為 $\bar{x}$，而此平均值即為 DC，今將 $Y = \{x_0 - \bar{x}, x_1 - \bar{x}, \ldots, x_{N-1} - \bar{x}\}$，是 Remove DC。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入。參數為 DC type，內有四個不同演算法計算訊號在 Y 軸方向，對 $y = 0$ 的平移量，預設方式是 Mean，各計算方式的意義詳列如下表。

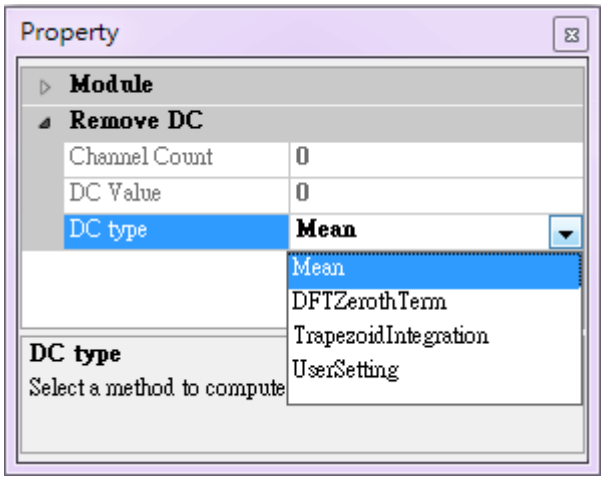


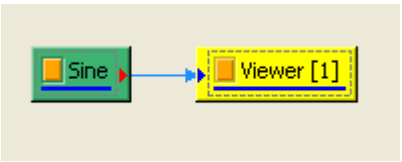
Table 4.82: 參數說明

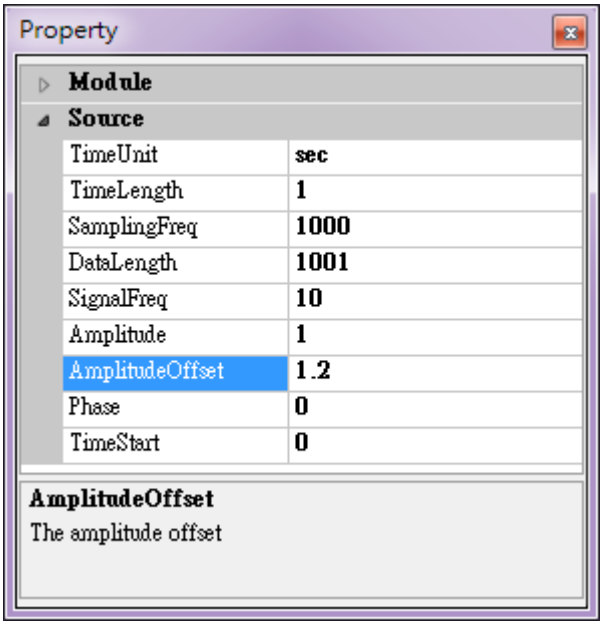
DC type 參數選項	選項定義
Mean	算數平均數。
DC type 參數選項	選項定義
DFTZerothTerm	將原資料做傅立葉變換後，定義 X 軸為零，該點之數值為 $$DC = \frac{a_0}{2} = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\mathrm{e}^{-i\omega t}dt, \omega = 0$$
TrapezoidIntegratio	以較精確的積分矩型法計算後，再除以總點數為 DC。
UserSetting	使用者自行輸入欲上下平移的數值，可以 由此功能設定上下平移量。
User DC Value	輸入平移量。

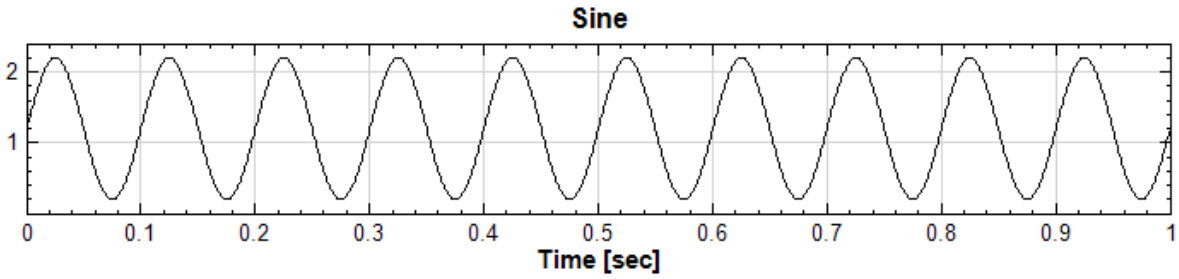
範例

建立一個 Y 軸平移過的正弦波訊號，並用 RemoveDC 消除平移。

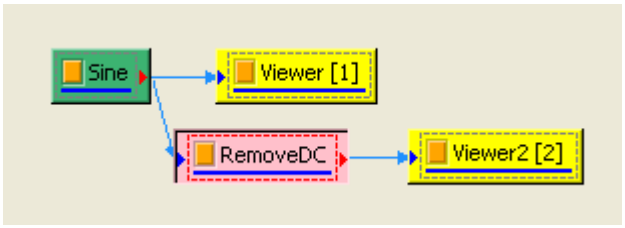
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，調整 Properties / Source / AmplitudeOffset 為 1.2，可將訊號對 Y 軸往正方向平移 1.2，再以 Viewer / Channel Viewer 觀察。

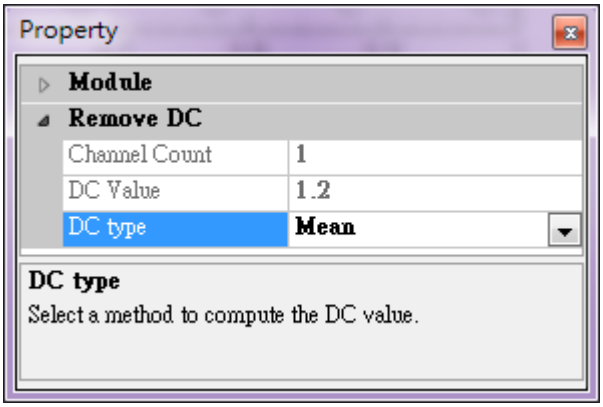


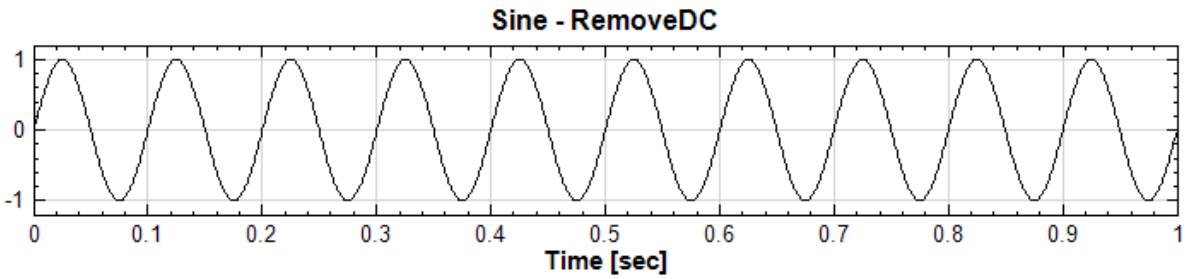




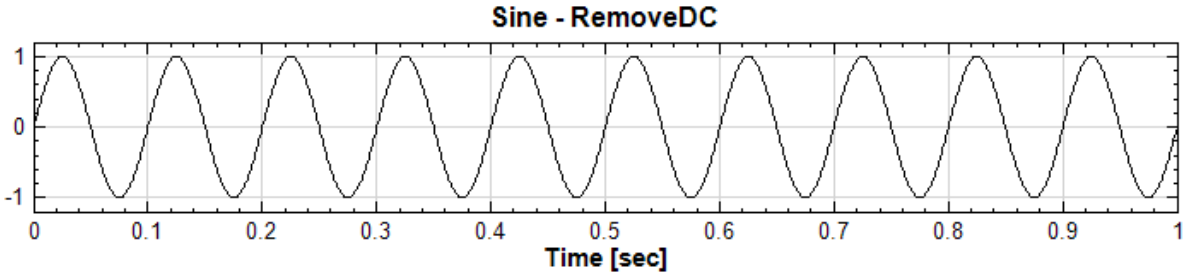
2. 將原本訊號 Sine 接上 Compute / Math / RemoveDC，並設定 DCType 下的方法為 Mean ，再將結果以 Viewer / Channel Viewer 顯示結果，可發現平移量被消除了。



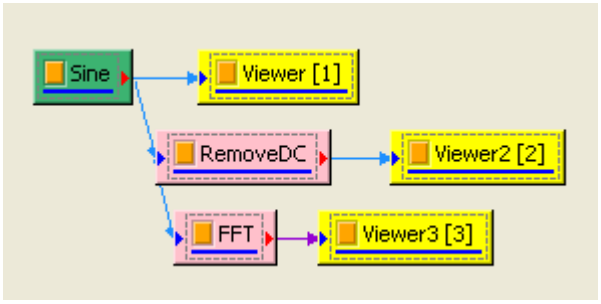


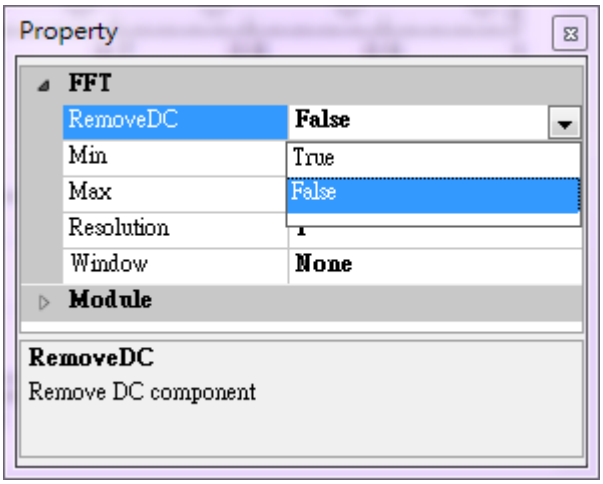


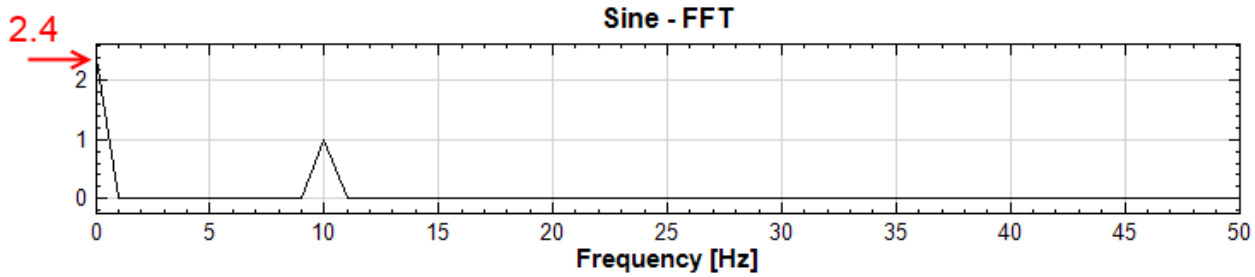
3. 可嘗試調整不同之 DC Type，如 DFTZerothTerm，但對此範例來說並不影響結果。



4. 可將訊號接上 Compute / Transform / Fourier Transform 做傅立葉轉換。關掉 FourierTransform 下的 Remove DC，可發現在時間原點的值確實為 1.2 之 2 倍。







注意：欲做時間橫向的平移量請參考 Time Shift 模組。

相關指令

Fourier Transform、Time Shift

4.6.9 RMS

RMS (Root Mean Square) 為工業界中最為普遍用來評估振動的參考值，代表一段時間內振動能量的平均值，在主軸和軸承等迴轉機械製造商皆大量利用 RMS 值作為品管和檢測的重要指標，主軸製造商量測主軸運作中振動加速度 G，最後計算後 RMS 值，也被廣泛稱為 G 值，用來判斷主軸或軸承的組裝精密度及穩定性。

理論

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t)dt}$$

$$\text{Peak} = \sqrt{2} \times \text{RMS}$$

$$\text{Peak-to-Peak} = 2\sqrt{2} \times \text{RMS}$$

其中 T 表示某段時間，$a(t)$ 主要表示振動的加速度 G，也可以以振動速度或位移來表示。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入。各參數定義詳如下方圖表。

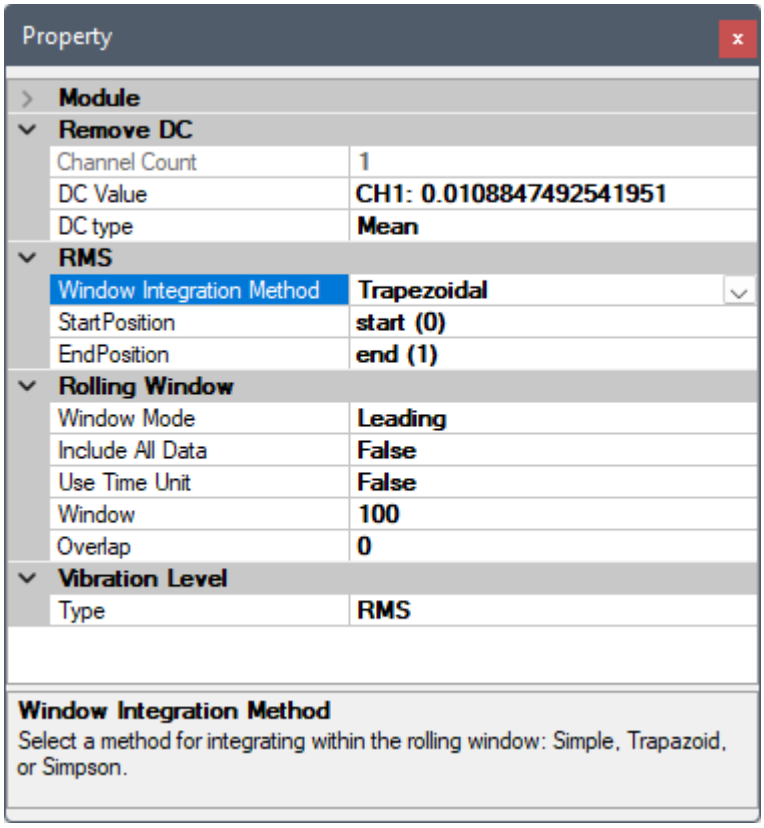


Table 4.83: RMS 元件參數

參數名稱	參數定義	預設值
Method	數值積分的方法，可選擇： • Simple（長方形法） • Simpson • Trapezoidal（梯形法）	Trapezoidal
StartPosition	設定時間軸或橫軸上的積分起始值。	輸入訊號的起始值。
EndPosition	設定時間軸或橫軸上的積分終點值。	輸入訊號的終點值。

Vibration Level 中的 Type 選項定義如下，根據 ISO15242-1(2004) 提供 RMS、Peak 和 PeaktoPeak 計算方法，預設為 RMS。

Table 4.84: Vibration Level Type 選項

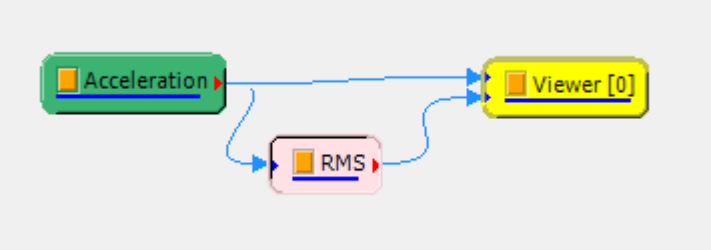
選項名稱	選項定義
RMS	計算一段時間內振動的能量平均值。
Peak	假設振動訊號為正弦波，正弦波的振幅最大值為正弦波的 RMS 的 $\sqrt{2}$ 倍。
PeaktoPeak	假設振動訊號為正弦波，正弦波的振幅最大值與最小值的差距為 $2 \times Peak$。

參數欄中還有 Remove DC 以及 Rolling Window 的相關選項。Remove DC 為嵌入元件，可以視為是將輸入接到 Remove DC 後再接到 RMS，因此相關參數可以直接參考【Remove DC】元件。

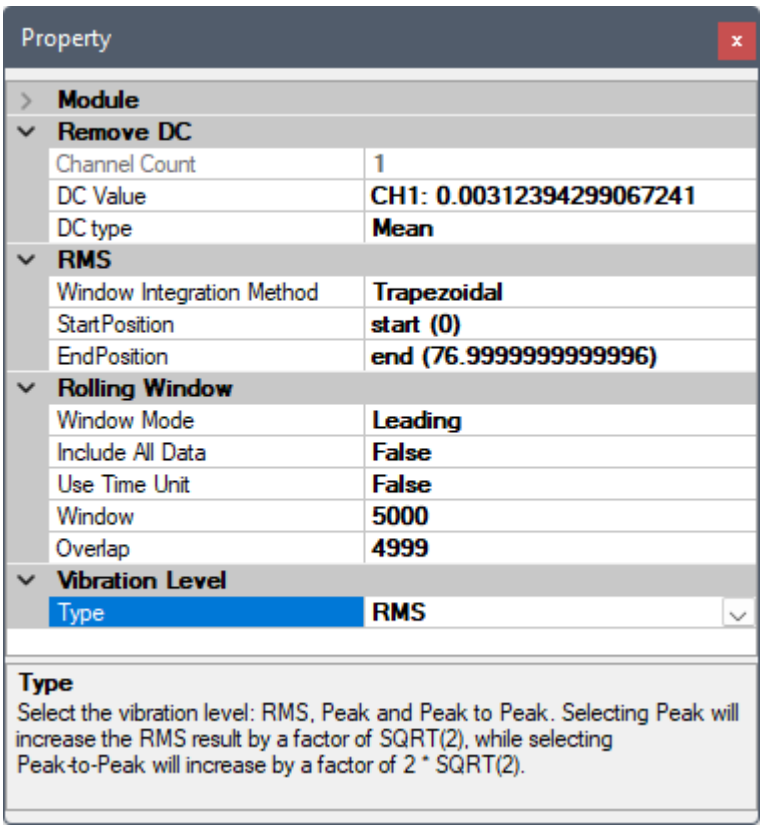
Rolling Window 為輔助元件，相關參數用來控制做滾動計算時的計算窗大小、單位、及重疊等參數，詳情請參閱【滾動窗計算】章節。

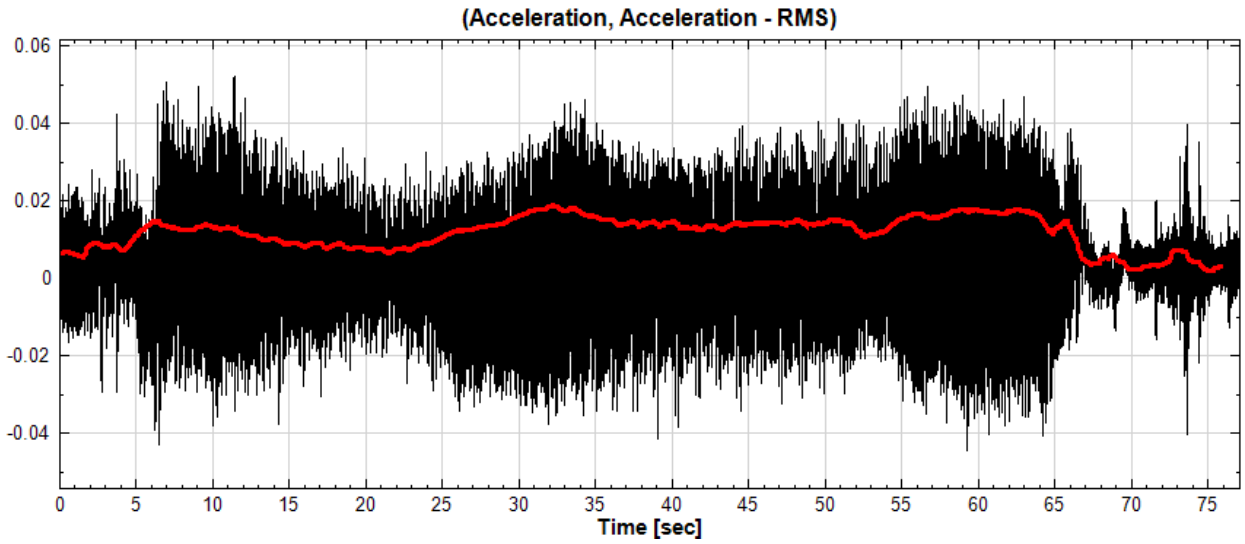
範例

1. 以下範例為一加速規震動訊號：`C:\Program Files\AncAD\Visual Signal\demo\Enhanced\Acceleratio`
匯入後接上 Channel Viewer 以及 RMS 元件，如下圖：



2. RMS 的滾動計算窗參數 Window 設定為 5000 （即 1 秒的資料點數），Overlap 設定為最大重疊量，（即每次計算窗移動一個資料點，重疊量為 4999），其他參數保留預設值，即可以觀察觀察振動能量的變化，如下圖（Viewer 中 RMS 訊號的線條調為稍粗，顏色為紅色）：



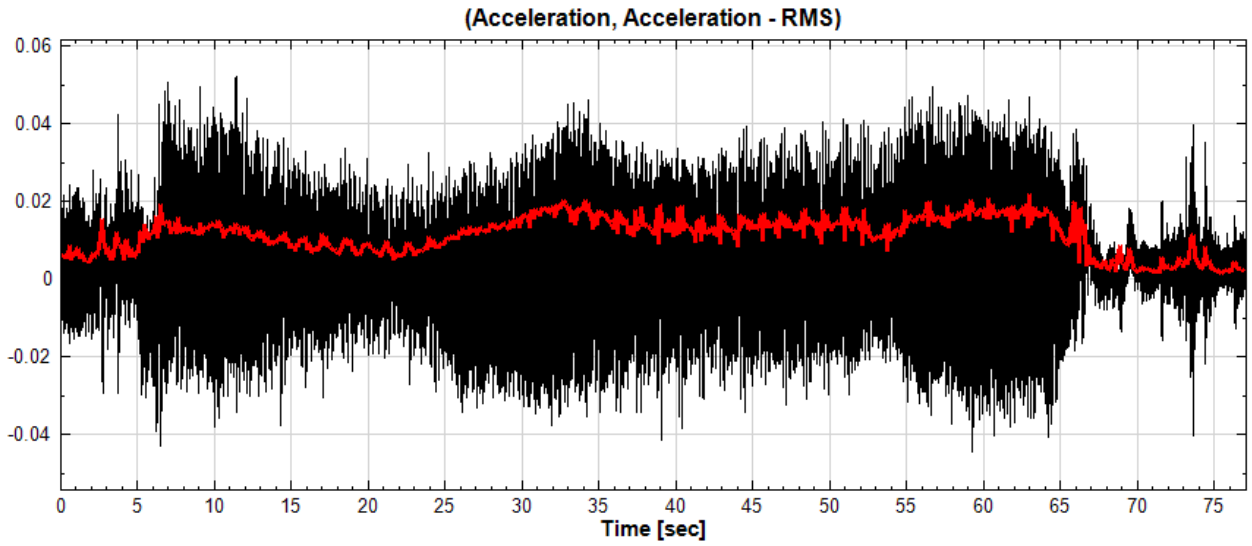


3. 將 Window 調為 1/10（即半秒的資料點數 500），Overlap 設定為 0，即可觀察到震動能量變化不同的細節，如下圖：

Property

Module	
Remove DC	
Channel Count	1
DC Value	**CH1: 0.00312394299067241**
DC type	**Mean**
RMS	
Window Integration Method	**Trapezoidal**
StartPosition	**start (0)**
EndPosition	**end (76.9999999999996)**
Rolling Window	
Window Mode	**Leading**
Include All Data	**False**
Use Time Unit	**False**
Window	**500**
Overlap	**0**
Vibration Level	
Type	**RMS**

Overlap
Specify the window overlap while rolling: positive number indicates successive windows overlapping by the specified amount; 0 indicates no overlap and windows are next to each other; negative number indicates windows are separated by the specified amount. Unit is number of samples.



相關指令

Remove DC、Channel Viewer

參考資料

ISO Standard 2372，ISO Standard 10816

4.7 Matrix*

This module is available in Professional only

4.7.1 Matrix Operation*

Only in Professional

說明

本模組用以處理 A、B 兩矩陣間的計算問題：

1. 矩陣加法：$A + B = a_{ij} + b_{ij}$，其中矩陣 A 與 B 的大小必須一致，皆為 $M \times N$。
2. 矩陣減法：$A - B = a_{ij} - b_{ij}$，矩陣 A 與 B 的大小必須一致，皆為 $M \times N$。
3. 矩陣乘法：$A \times B = \sum_k a_{ik} b_{kj}$，$A$ 的大小為 $M \times N$，B 的大小為 $N \times P$。
4. 矩陣左除法：$A \backslash B = A^{-1} B$，$A$ 的大小為 $M \times N$，B 的大小為 $M \times P$。
5. 矩陣右除法：$A / B = A B^{-1}$，A 的大小為 $M \times N$，B 的大小為 $P \times N$。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number）、Numeric 的數值資料，而輸出亦為同型態的資料。

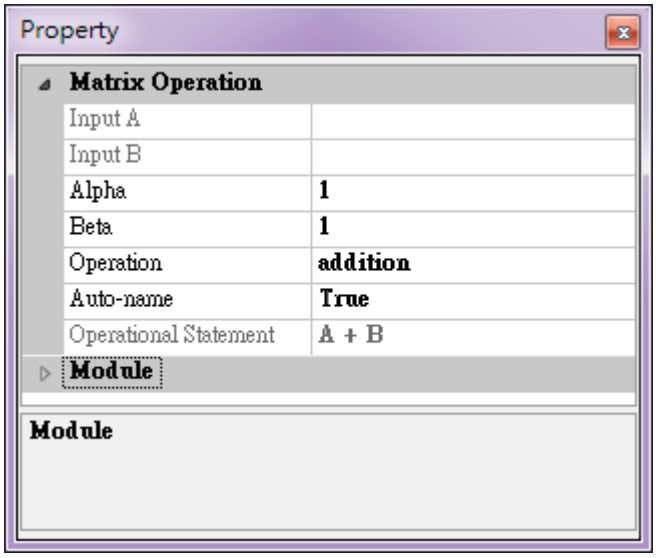


Table 4.85: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Input A	A 矩陣的名字	僅輸出供使用者參考
Input B	B 矩陣的名字	僅輸出供使用者參考
Alpha	A 的加權數 α，詳見下。	1
Beta	B 的加權數 β，詳見下。	1
Operation	運算元，可為加，減，乘，左除與右除。	addition
Auto-name	若為 true，在 $A+B$ 的情況下，模組的名為 $A+B$（隨運算元而不同改變）；反之則為 Mop。	true
By Element	設為 True 時，運算模式為每個元素做運算，而非矩陣運算。	False
Operation statement	運算表示式	僅輸出供使用者參考

以加法為例：輸出的矩陣為 $C = \alpha A + \beta B$，α 與 β 分別為 A、B 兩矩陣的權數。

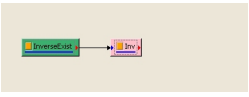
範例

1. 以 DoMatlab 模組產生一亂數 3×3 的方陣：

   矩陣內容如下：

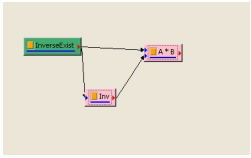
   $$\begin{pmatrix} 0.86 & 0.63 & 0.37 \\ 0.22 & 0.66 & 0.69 \\ 0.99 & 0.56 & 0.78 \end{pmatrix}$$

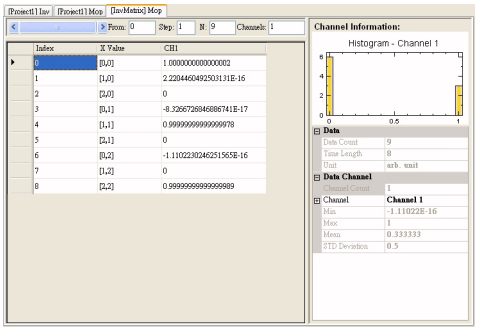
2. 以 Inverse Matrix 求解反矩陣，得到結果如下：



$$\begin{pmatrix} -3.44 & 8.05 & -5.49 \\ 3.09 & -0.87 & -0.69 \\ -1.79 & 0.39 & 2.47 \end{pmatrix}$$

3. 可把這結果與原本的矩陣相乘，確定相乘後的結果為單位矩陣。





相關指令

Inverse Matrix

參考

Gilbert Strang: Linear Algebra and Its Applications 3rd edition

4.7.2 Inverse Matrix*

Only in Professional

說明

計算矩陣 A（必須為方陣）的反矩陣 A^{-1}，使 $AA^{-1} = I$，I 為單位矩陣。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number）、Numeric 的數值資料，而輸出亦為同型態的資料。

範例

1. 以 DoMatlab 模組製造一亂數 3×3 的方陣：

   矩陣內容如下：

$$\begin{pmatrix} 0.86 & 0.63 & 0.37 \\ 0.22 & 0.66 & 0.69 \\ 0.99 & 0.56 & 0.78 \end{pmatrix}$$

2. 以 Inverse Matrix 求解反矩陣，得到結果如下：

$$\begin{pmatrix} -3.44 & 8.05 & -5.49 \\ 3.09 & -0.87 & -0.69 \\ -1.79 & 0.39 & 2.47 \end{pmatrix}$$

3. 可把這結果與原本的矩陣相乘，確定相乘後的結果為單位矩陣。

   若輸入的矩陣為 Singular，好比 $\left[\begin{smallmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{smallmatrix}\right]$，用此模組做計算，會發出 Warning 說明此矩陣為 Singular：

相關指令

Matrix Operation

參考

Gilbert Strang: Linear Algebraand Its Applications 3rd edition

4.7.3 Transpose*

Only in Professional

說明

將矩陣 A 做轉置（A^T），並可選擇是否做共軛（$A^\dagger$）。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number）、Numeric 的數值資料，而輸出亦為同型態的資料。

Table 4.86: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Complex Conjugate	若矩陣為複數矩陣，是否要取共軛。	true

範例

假設有 2×3 的 A 矩陣，矩陣內容如下：

$$\begin{pmatrix} 2+8i & 3 & 4+9i \\ 5 & 6 & 7 \end{pmatrix}$$

取轉置，但不取共軛，則輸出的 A^T 矩陣為：

$$\begin{pmatrix} 2+8i & 5 \\ 3 & 6 \\ 4+9i & 7 \end{pmatrix}$$

若同時取共軛，輸出的 $A^\dagger$ 矩陣為：

$$\begin{pmatrix} 2-8i & 5 \\ 3 & 6 \\ 4-9i & 7 \end{pmatrix}$$

參考

Gilbert Strang: Linear Algebra and Its Applications 3rd edition

4.7.4 Extract Region of Interest*

Only in Professional

由矩陣 A 中截取矩陣 S。由 Start Indexes 為 (a_x, a_y) 開始截取一段長度為 L_x（Row）、L_y（Column）的矩陣。其 End Indexes 為 $(a_x + L_x - 1, a_y + L_y - 1)$，若 End Index 超過 A 的範圍則會在 S 中填零。

說明

非常類似矩陣定義中的 Sub-Matrix 定義，但此模組可用以處理更高維度的資料，此外超過原矩陣範圍者，本模組會填補上零。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number）、Numeric 的數值資料，而輸出亦為同型態的資料。

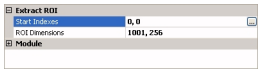


Table 4.87: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Start Indexes	截取的起點座標。	(0 , 0)
ROI Dimensions	截取的 Row 長度及 Column 長度。	原矩陣的 Row 長度及 Column 長度

範例

以 DoMatlab 模組製造一亂數 3×3 的方陣

矩陣內容如下

$$\begin{pmatrix} 0.86 & 0.63 & 0.37 \\ 0.22 & 0.66 & 0.69 \\ 0.99 & 0.56 & 0.78 \end{pmatrix}$$

若截取的起點座標為 (0 , 0)，ROI Dimensions 為 (3 , 1)，截取到矩陣為

$$\begin{pmatrix} 0.86 \\ 0.22 \\ 0.99 \end{pmatrix}$$

若起點為 (2 , 2) ，ROI Dimensions 為 (3 , 3) （超過範圍），截取到矩陣為

$$\begin{pmatrix} 0.78 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

超過範圍部份補零。

參考

Gilbert Strang: Linear Algebra and Its Applications 3rd edition

4.7.5 Extract Vector*

Only in Professional

說明

將向量由矩陣（或陣列，不見得必須為二維）中提取出來。若提取的範圍超過原陣列大小，超出部份填補零。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number）、Numeric 的數值資料，而輸出亦為同型態的資料。

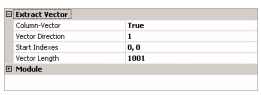


Table 4.88: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Vector Direction	截取矩陣的方向，從零開始。好比有個四維陣列，若輸入的方向為 2，即是延著第三個維度的方向（通常稱為深度）截取。	0 （行方向）
Column-Vector	設定為 True，輸出矩陣以一行（Column）為主依序排列，反之則相反。	True
Start Indexes	截取的起點座標	(0 , 0)
Vector Length	截取的長度	原陣列在某各方向上的長度

範例

假設一個 2×3 的 A 矩陣：

矩陣內容如下

$$\begin{pmatrix} 0.27 & 0.95 & 0.15 \\ 0.54 & 0.96 & 0.97 \end{pmatrix}$$

設定 Column Vector 設為 True：截取方向為 0（行方向），起點為 (0 , 0)，長度為 3（超過範圍）的向量。

所得到的結果為

$$\begin{pmatrix} 0.27 \\ 0.54 \\ 0 \end{pmatrix}$$

參考

GilbertStrang: Linear Algebra and ItsApplications 3rd edition

4.7.6 Diagonal Vector*

Only in Professional

說明

本模組用以截取矩陣（必須為方陣）的對角元素，並排列為一向量。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number）、Numeric 的數值資料，而輸出亦為同型態的資料。

Table 4.89: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Column-Vector	設定為 “True”，輸出矩陣以一行（Column）為主依序排列，反之則相反。	True

範例

以 DoMatlab 模組製造亂數 3×3 的方陣，矩陣內容如下：

$$\begin{pmatrix} 0.03 & 0.67 & 0.39 \\ 0.84 & 0.75 & 0.65 \\ 0.93 & 0.74 & 0.17 \end{pmatrix}$$

截取得到的 Diagonal Vector 為

$$\begin{pmatrix} 0.03 \\ 0.75 \\ 0.17 \end{pmatrix}$$

參考

Gilbert Strang: Linear Algebra and Its Applications 3rd edition

4.7.7 Reciprocal Matrix Condition Number*

Only in Professional

計算 $1/C$。其中 C 為矩陣的 Condition Number。

說明

給定一個矩陣 A，其 Condition Number 定義為 $C = \|A\|\|A^{-1}\|$。C 可用 L_1 或 L_∞ 量測，分別稱 C_1 與 C_∞。其分別對應於以不同方式量測到之 A 的 Norm。$\|A\|_1$ 與 $\|A\|_\infty$ 的計算採用如下定義（與線性代數教科書略有不同）：

$$\|A\|_1 \triangleq \max_j \sum_i |a_{ij}|$$

$$\|A\|_\infty \triangleq \max_i \sum_j |a_{ij}|$$

其中 i、j 為列與行的 Index。

Condition Number 的意義：

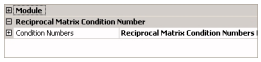
1. 用來量度 A 的 Stiffness：也就是特徵值（eigenvalue）的大小分佈狀況 $\lambda_{max}/\lambda_{min}$。
2. 線性方程組 $Ax = b$ 解對於機器誤差（round-off error）的敏感度。也就是說當 b 稍微改變時，x 變化的程度：

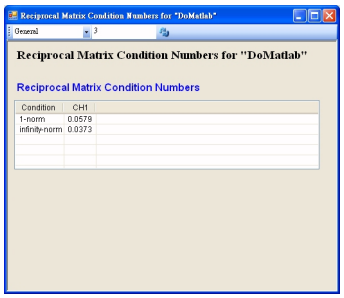
$$A(x + \delta x) = b + \delta b$$

註：A 必需為一方陣。若 A 不為方陣時可用 SVD 法求得，但目前版本並不支援這項計算。

參數設定

本模組接受實數（Real number）、複數（Complex Number）、Numeric 的數值資料，而輸出在 Properties 的 Reporter。





範例

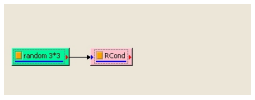
以 DoMatlab 模組製造亂數 A 的方陣：

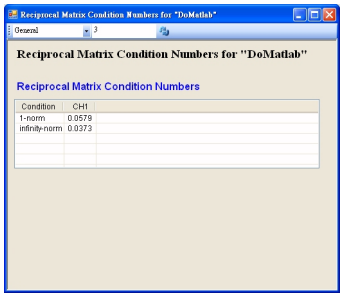
矩陣內容如下

$$\begin{pmatrix} 0.86 & 0.63 & 0.37 \\ 0.22 & 0.66 & 0.69 \\ 0.99 & 0.56 & 0.78 \end{pmatrix}$$

若其 Condition Number 很接近零，則矩陣是 Singular，反矩陣不存在。

以本模組檢測之





發現 Norm 的值並不是非常接近零，所以其反矩陣是存在的。(可以 Inverse 模組計算之)

相關指令

Matrix Inverse、Matrix Operation

參考

Gilbert Strang: Linear Algebra and Its Applications 3rd edition

4.8 SVM*

Only in Sound and Vibration Module

SVM (Sound and Vibration Module) 建立在 Visual Signal 快速、便利、多樣性的平台架構，提供語音、噪音、振動及迴轉機械故障的完整解決方案。SVM 具有適合各領域研究人員所需的分析演算法，並且提供符合工業界規範的檢測方法，方便線上人員即時檢測，最後可由各種圖形表現。除了傳統的傅立葉頻譜，以及時頻分析等演算法之外，還有振動及噪音的特殊分析演算法，例如 RMS 分析可以作為震動品質檢測的依據，Crest Factor 幫助了解撞擊訊號強度變化，OrderSpectrogram 除了振動及噪音訊號之外，還需要輸入轉速計訊號，可以將原本頻率對時間的變化量轉變為階次對轉數的變化量，可以將倍頻現象利用階次表現出來。Envelope 可以將撞擊訊號的包絡線解析出來。如此之外，對於聲音的處理，提供權重函數將原本的頻譜或是時頻圖加權為人耳感官到的頻譜圖，還提供 Octave 分析功能。提供工業界進行各種應用及研究，相關應用如工具機、主軸，馬達、齒輪箱等檢測，或是主軸跑合系統應用。

4.8.1 Crest Factor*

Only in Sound and Vibration Module

Crest Factor （峰值因素）為波形的一個參數，為波形峰值與有效值的比率，用來評估振動中的極端訊號，包含衝擊訊號的大小。主軸和軸承等迴轉機械製造商可以利用 Crest Factor 值評估軸承內環、外環、滾珠之間是否有撞擊訊號產生，可以彌補 RMS 只能評估整體振動的不足，可發現更微小的敲擊，為判斷軸承是否有缺陷的重要指標。

理論

輸入訊號以滾動計算窗分割（詳見【Rolling Window】章節說明），計算每個滾動窗的 CrestFactor，即為每個滾動窗內的最大峰值除以 RMS 值，如下：

$$\text{CrestFactor} = \frac{\text{TruePeak}}{\text{RMS}}$$

此處 RMS 計算方法採用積分法（詳見【RMS】章節說明）。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入。各參數定義詳如下方圖表。

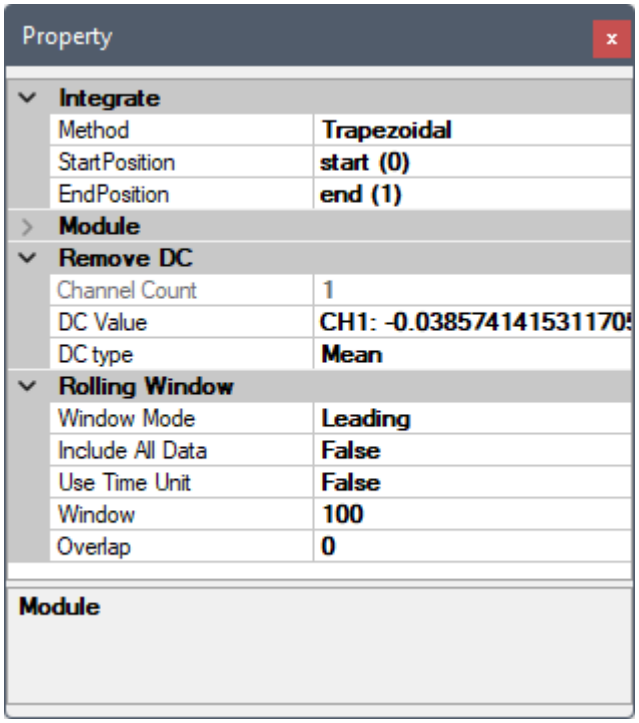


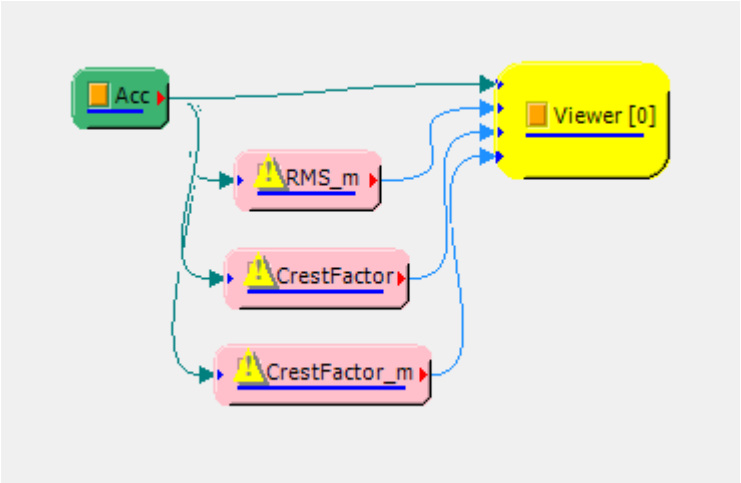
Table 4.90: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Method	數值積分的方法，可選擇： • CumulativeSum（累積和） • Simple（長方形法） • Trapezoidal（梯形法） • Simpson（辛普森法）。 • FFT （FFT 法）	Trapezoidal
StartPosition	設定時間軸或橫軸上的積分起始值。	輸入訊號的起始值。
EndPosition	設定時間軸或橫軸上的積分終點值。	輸入訊號的終點值。

除了積分相關參數之外，本元件還嵌入 Remove DC 元件，可移除輸入訊號直流部分，相關參數請參考【Remove DC】章節說明。滾動窗相關參數請參考【Rolling Window】章節說明。

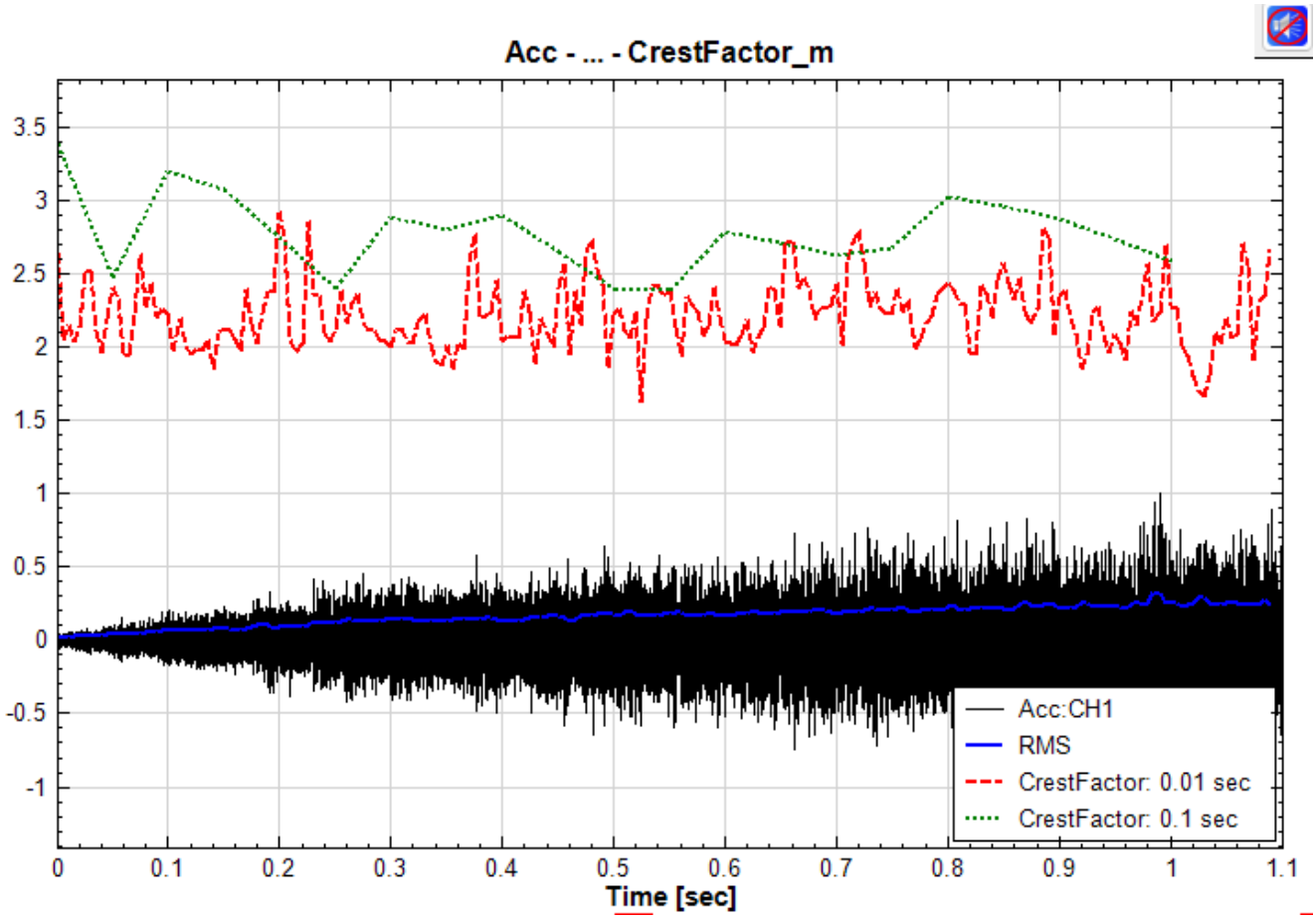
範例

以下範例為讀入任一加速規訊號，計算並比較其 RMS 及 CrestFactor。以主選單之 File / Open Project 打開位於安裝目錄下 `demo\SVM` 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\SVM`）的 `Crest Factor.vsn` 專案檔。開啟後如下圖：



因為滾動窗計算的設定，計算後會有剩餘資料點，因此 RMS 與 CrestFactor 元間皆有警告標示出現，可以將其忽略，或是改變滾動窗設定。

下圖為計算後之 RMS 值和兩種不同滾動窗大小之 CrestFactor 值與原訊號的比對：



可以見到相較於 RMS ，CrestFactor 較能顯示出原訊號中異常峰值的部分，調整 CrestFactor 的滾動窗大小則可改變其解析度。

相關指令

RMS、Peak

4.8.2 Peak*

Only in Sound and Vibration Module

Peak（峰值）主要是為評估振動訊號中每個時段內最大值及最小值計算出的真實峰值。在工業界中，手持量測系統皆有用來評估振動的參考值，迴轉機械製造商量測振動加速度經計算後，求得 Peak 值用來判斷各種機械的撞擊程度。

理論

輸入訊號以滾動計算窗分割（詳見【Rolling Window】章節說明），計算每個滾動窗的峰值：

$$\begin{aligned} \text{Max} &= \max[a(t)], \quad 0 \le t \le T \\ \text{Min} &= \min[a(t)]. \quad 0 \le t \le T \\ \text{TruePP} &= \text{Max} - \text{Min} \\ \text{TruePeak} &= \text{TruePP}/2 \end{aligned}$$

其中 T 為滾動窗大小（以時間為單位），$a(t)$ 主要表示震動的幅度，Max 為滾動窗內的最大正值，Min 為滾動窗內的最小負值。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入。各參數定義詳如下方圖表。

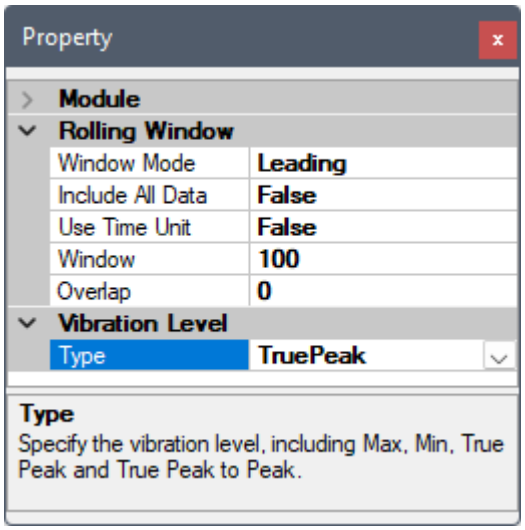


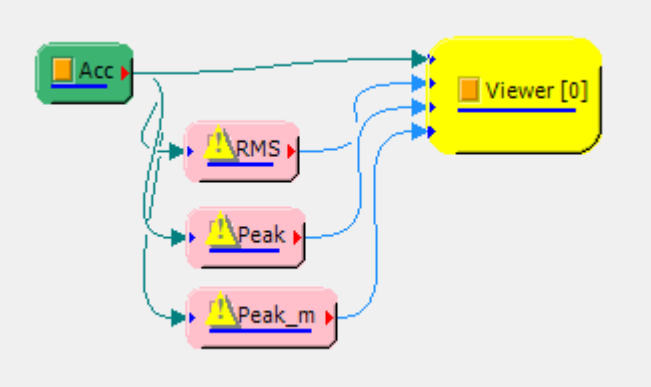
Table 4.91: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Type	設定抓取峰值的類別： • Max：計算滾動窗內振動的最大正值 • Min：計算滾動窗內振動的最大負值 • TruePeak：(Max − Min)/2 • TruePP：Max − Min	TruePeak

如上所述，本元件還嵌入了滾動窗相關參數，請參考【Rolling Window】章節說明。

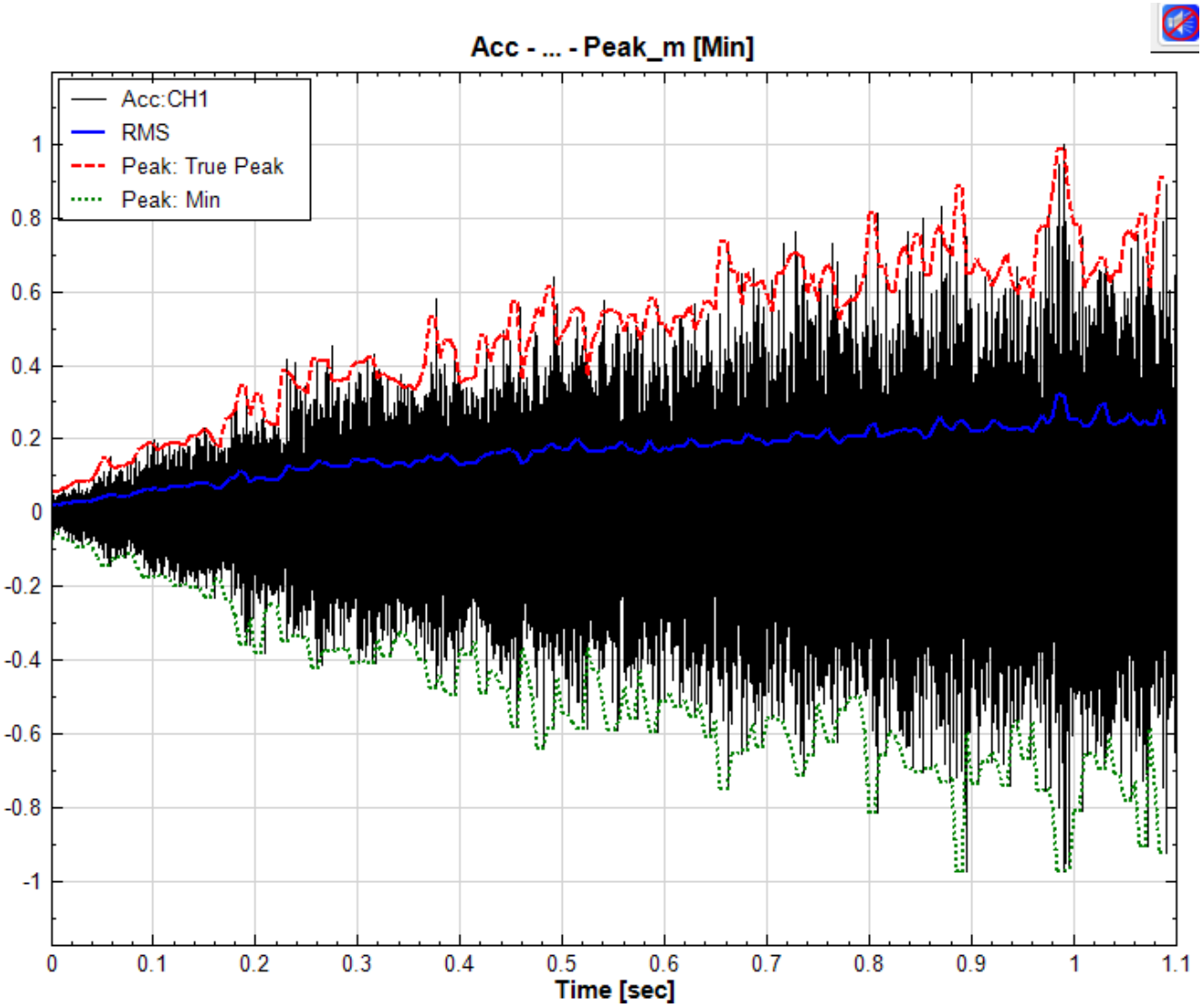
範例

以下範例為讀入任一加速規訊號，計算並比較其 RMS 及 Peak。以主選單之 File / Open Project 打開位於安裝目錄下 `demo\SVM` 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\SVM`）的 `Peak.vsn` 專案檔。開啟後如下圖：



因為滾動窗計算的設定，計算後會有剩餘資料點，因此 RMS 與 Peak 元間皆有警告標示出現，可以將其忽略，或是改變滾動窗設定。

下圖為計算後之 RMS 值和兩種不同峰值類別（TruePeak vs. Min）之 Peak 值與原訊號的比對：



可以見到相較於 RMS ，Peak 能顯示出原訊號中峰值的部分，改變峰值類別可觀測不同的峰值類別，同時改變 Peak 的滾動窗大小也可改變其解析度。

相關指令

RMS、CrestFactor

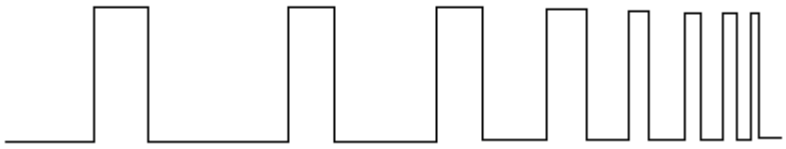
4.8.3 Digital Tachometer*

Only in Sound and Vibration Module

轉速計為量測轉速的量測工具，但是量測到的原始訊號為脈衝訊號，透過此模組運算，可以將脈衝訊號轉為回轉機械實際轉速。

理論

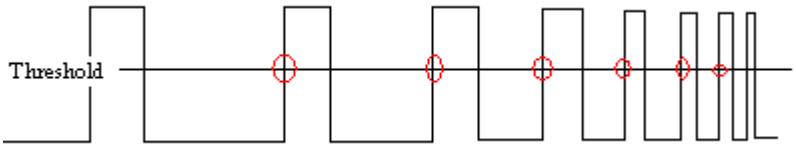
原始轉速計量測的脈衝訊號如下圖：



假設測脈衝訊號為 $S_n = \{S_0, S_1, \dots, S_{N-1}\}$，其每個資料點對應的時間為 $t_n = \{t_0, t_1, \dots, t_{N-1}\}$，其中 $0 \leq n < N$，則定義脈衝出現間距的方式有三種：

1. Rising

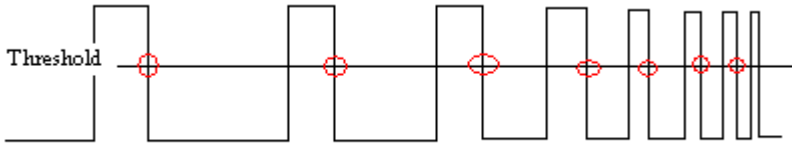
   抓取脈衝上升緣值超過超過門檻值 S_{th} 的時間點，如下：



$$\begin{aligned} \text{If} \quad & S_{n+1} \geq S_{th}, \quad S_n < S_{th} \\ \text{then} \quad & t_{pulse} = t_{n+1} \end{aligned}$$

2. Falling

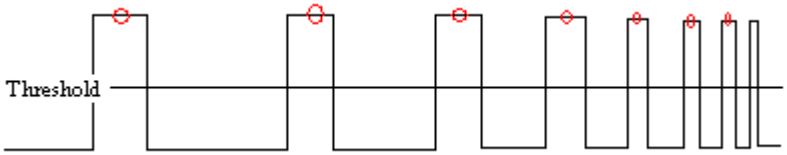
   抓取脈衝下降緣低於門檻值 S_{th} 的時間點，如下：



$$\begin{aligned} \text{If} \quad & S_{n+1} \leq S_{th}, S_n > S_{th} \\ \text{then} \quad & t_{pulse} = t_{n+1} \end{aligned}$$

3. Center

   抓取原始量測訊號中上升緣超過與下降緣低於門檻值 S_{th} 之脈衝中心點的時間點，如下：



$$\begin{aligned} \text{If} \quad & S_{n_1+1} \geq S_{th}, S_{n_1} < S_{th} \\ \text{and} \quad & S_{n_2+1} \leq S_{th}, S_{n_2} > S_{th} \\ \text{then} \quad & t_{pulse} = (t_{n_1+1} + t_{n_2+1})/2 \end{aligned}$$

取得各脈衝的抓取點的索引後，計算索引抓取脈衝之間的間距，計算間距的時間，其值的倒數即為轉速。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入。各參數定義詳如下方圖表。

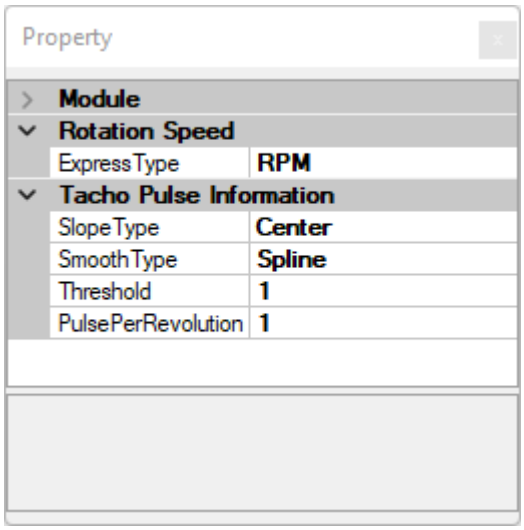


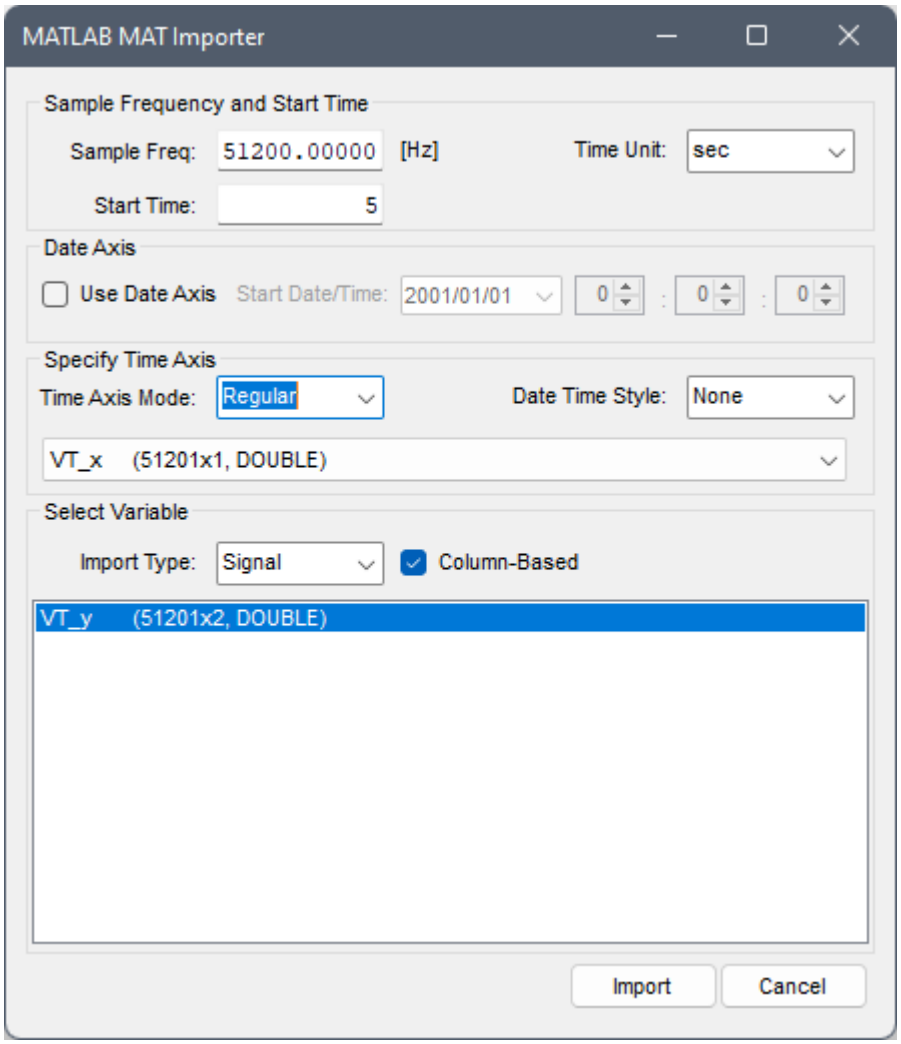
Table 4.92: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Express Type	選擇輸出轉速單位： • RPM：每分鐘轉動圈數 • RPS：每秒鐘轉動圈數 • RPH：每小時轉動圈數	RPM
SlopeType	定義如何抓取通過門檻值 S_{th} 的方法（見前文理論說明）： • Rising • Falling • Center	Center
SmoothType	將 Tachometer 訊號中不平滑部分，做內插平滑，有兩種方法：線性（Linear）及曲線近似（Spline）	Spline
Threshold	脈衝門檻值（即前文理論說明中之 S_{th}），超過此門檻值才為脈衝。	1

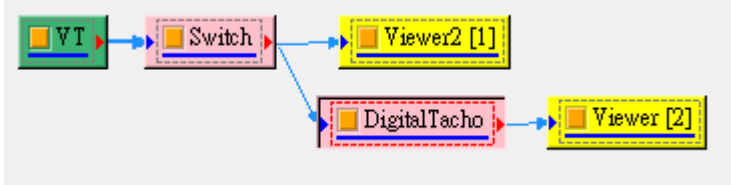
參數名稱	參數定義	預設值
PulsePerRevolution	量測的時候轉動一圈會出現幾個脈衝，一般而言，量測只有貼一個反光片就有一個脈衝。如需更準確量測轉速，可以在等間距貼上反光片，並且輸入轉動一圈的所通過反光片數目。	1

範例

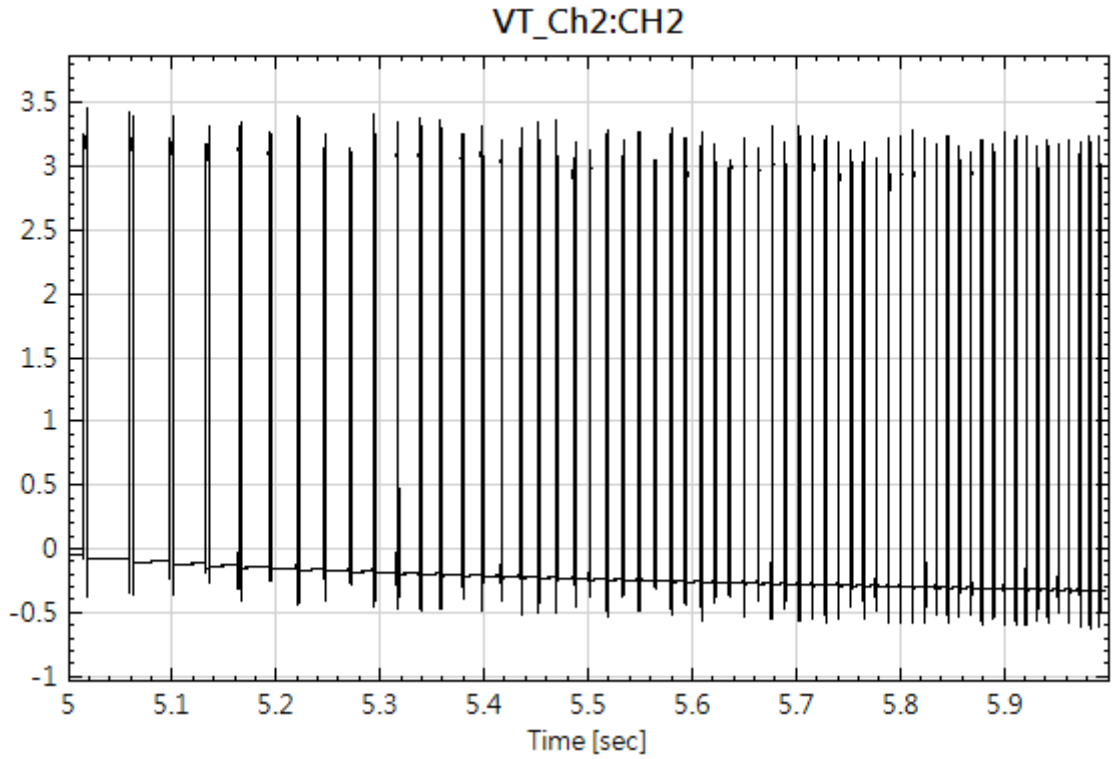
本範例以安裝目錄下 `demo\SVM` 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\SVM`）下找到 `VT.mat` 以「Regular」格式匯入，如下圖：



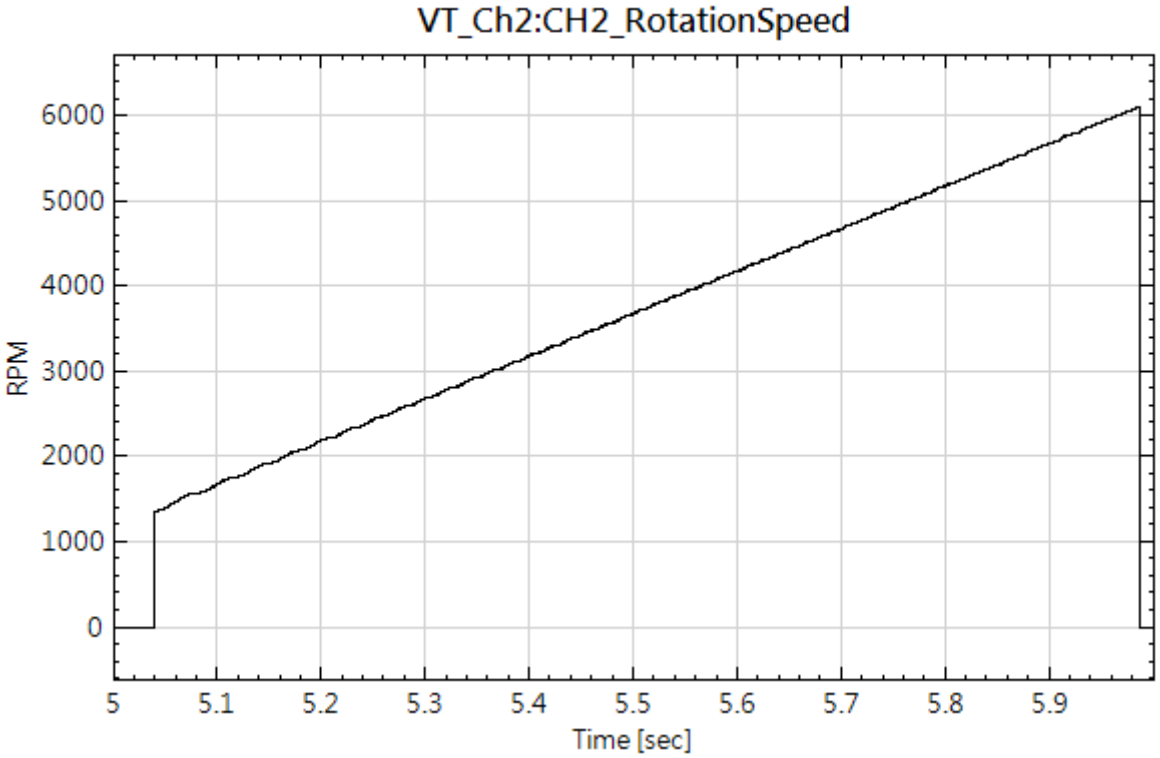
並拉成如以下之流程圖（Channel Switch 要切換到「CH2」，其他參數皆為預設）：



Switch 出來的為一轉速計訊號，如下圖。



透過 DigitalTacho 可以將轉速計的脈衝訊號轉換為轉速訊號，其結果如下：



4.8.4 OrderSpectrogram*

Only in Sound and Vibration Module

階次頻譜圖目的在於方便觀察各種機械倍頻，觀察倍頻能量隨著轉速產生的變化，階次頻譜通常需要兩種訊號：基本的振動或噪音訊號和轉速計（Tachometer）的原始脈衝訊號，便可以將原本只有震動或噪音的時頻圖為轉變為階

次頻譜圖。

理論

階次頻譜通常應用在迴轉機械上面，因為時頻圖上倍頻的頻率會隨著轉速改變，而不利於後續的分析。因此將原來的量測訊號從時間域轉到角度域，讓每一轉的採樣數量都一樣多，經過時頻分析，就可將轉速的因素去掉，得到一張階次頻譜圖，其中“階次”表達了為轉速的幾倍頻率。更詳細說明何謂階次頻譜，可見以下為一般變轉速訊號之時頻圖：

階次頻譜分析的計算方式可分成兩個步驟，第一步驟將震動或噪音訊號從時間域轉換成角度域，第二步是將角度域的訊號進行時頻轉換：

1. 原始震動或噪音訊號是為等時間間距，首先利用轉速計（Tachometer）訊號的脈衝間內插取樣出等角度間距，再將振動或噪音訊號依等角度間距進行內插取樣，最後得到等角度間距的振動或噪音訊號。
2. 再將等角度間距訊號經過時頻轉換得到階次（倍頻）——轉動圈數頻譜。時頻轉換有【STFT】，【Fast-STFT】、【Enhanced Morlet】等選擇，請見個別章節說明。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入。各參數定義詳如下方圖表。

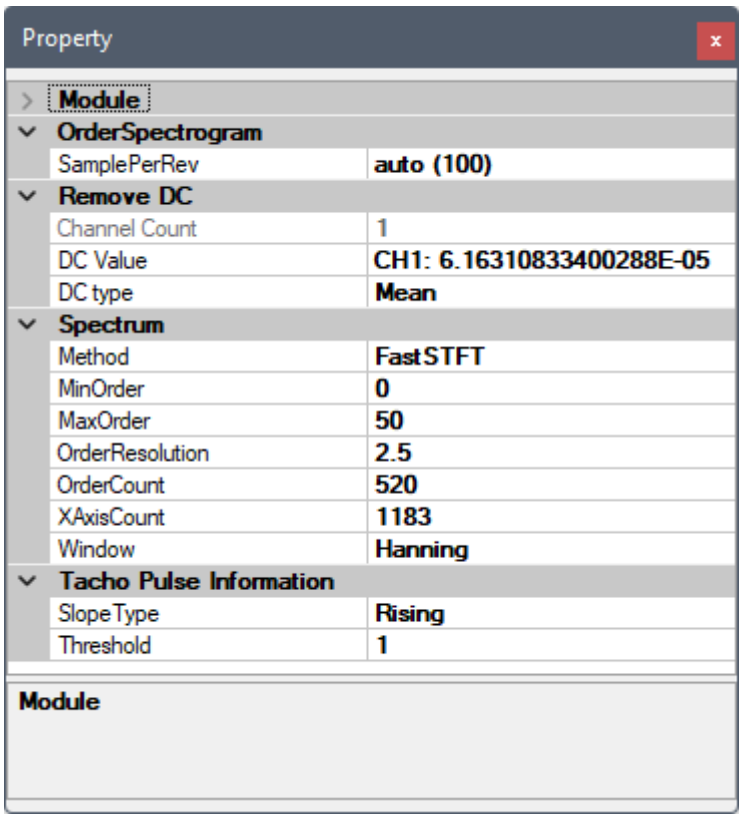


Table 4.93: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
SamplePerRev	每一轉內插的點數	auto(100)

參數名稱	參數定義	預設值
Method	選擇計算時頻圖的方法： • STFT（短時傅立葉） • FastSTFT（快速短時傅立葉） • EnMorlet（優化小波轉換）	FastSTFT
MinOrder	決定計算及繪圖階次的下邊界	0
MaxOrder	決定計算及繪圖階次的上邊界	$SamplePerRev/2$
OrderResolution	設定窗函數的範圍，此值會影響到窗函數的大小，設定的越小，窗函數會越小	$MaxOrder/20$
OverlappedFactor	設定 Enhanced Morlet Transform 的重疊參數	1
OrderCount	設定階次方向之離散網格數	512
XAxisCount	設定轉動圈數方向之離散網格數	1024
Window	在 STFT / FastSTFT 分析，進行窗函數的分割時，會利用窗函數進行濾波，此處可選擇各種窗函數	Hanning
SlopeType	選擇如何抓取通過 Threshold 的方法（見【Digital Tachometer】章節說明）： • Rising • Falling	Rising
Threshold	脈衝門檻值，超過此門檻值才為脈衝（見【Digital Tachometer】章節說明）	1

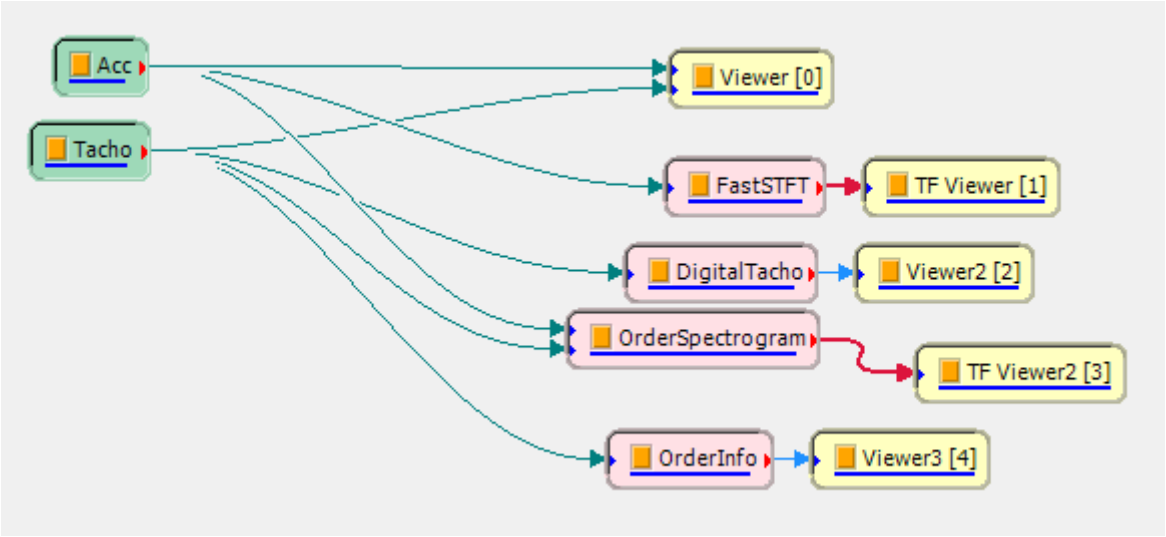
本元件還嵌入 Remove DC 元件，可移除輸入訊號直流部分，相關參數請參考【Remove DC】章節說明。

範例

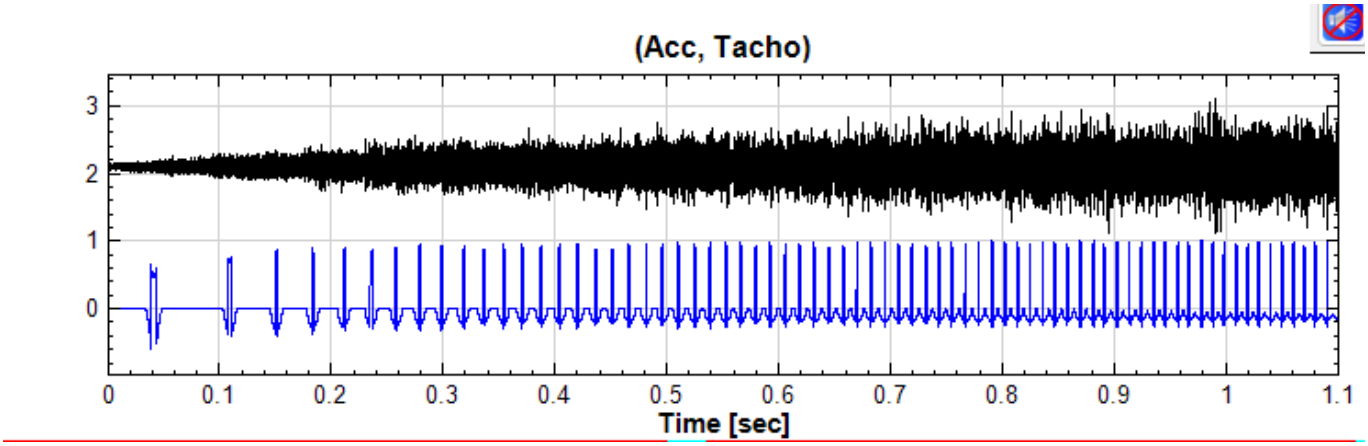
以主選單之 File / Open Project 開啟：

`C:\Program Files\AnCAD\VisualSignal\demo\SVM\Order Tracking.vsn`，

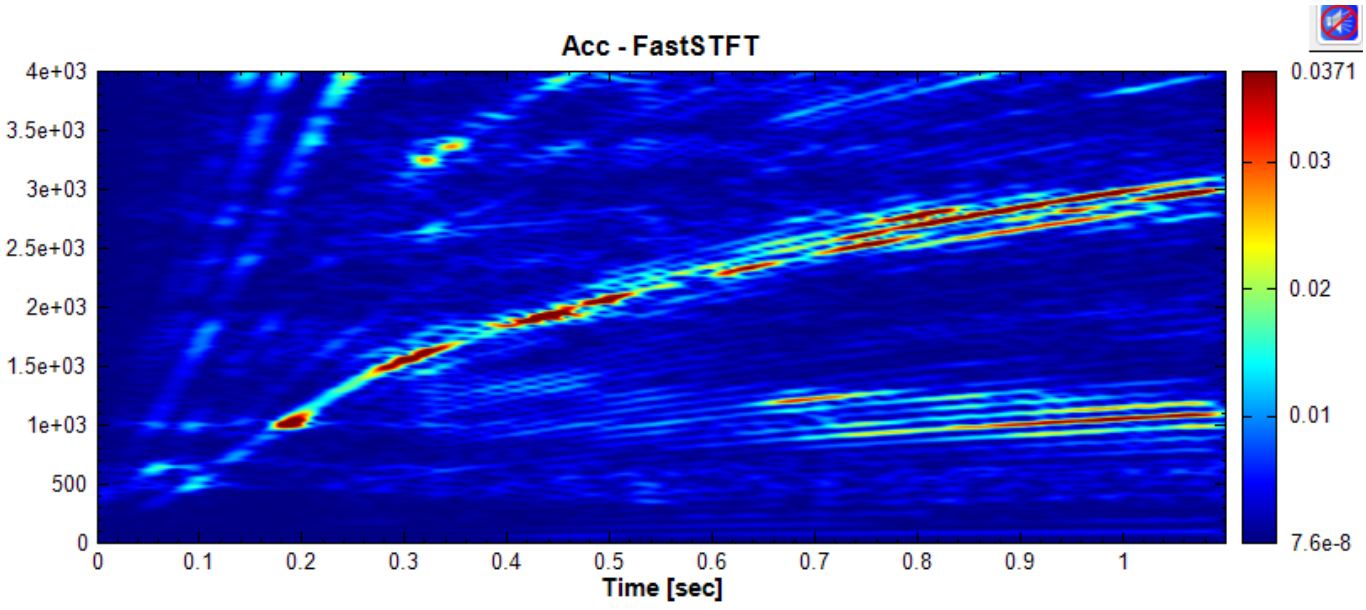
可看到如下圖所示之連接圖：



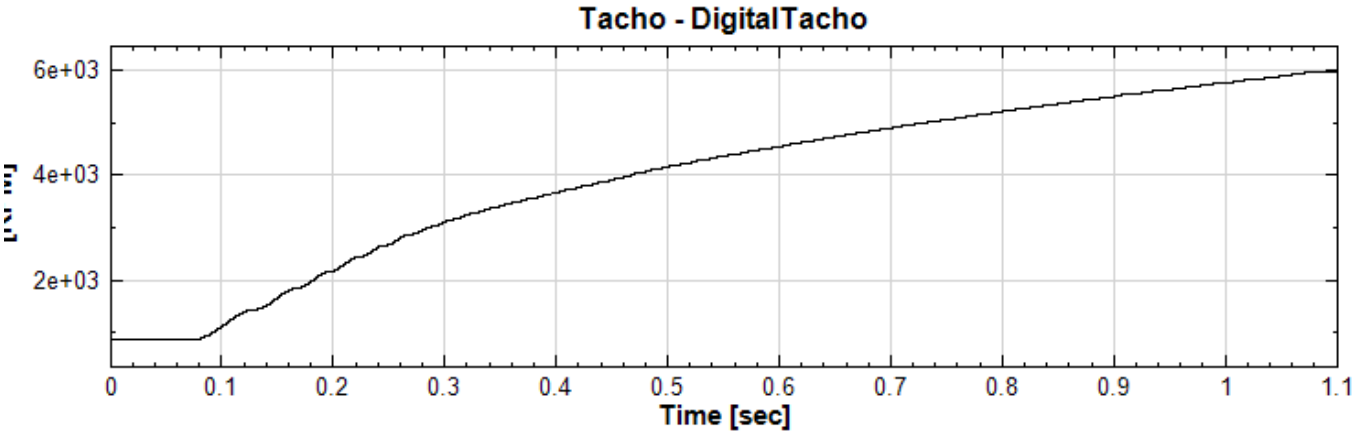
首先可看到由真實量測到迴轉機件的振動（Acc.wav）及轉速變化（Tacho.wav）的資訊匯入，觀察加速規及轉速計的原始訊號，其中黑色代表振動訊號，藍色則代表轉速計訊號，由脈衝的間距可知迴轉機械的轉速越來越高，如下圖：



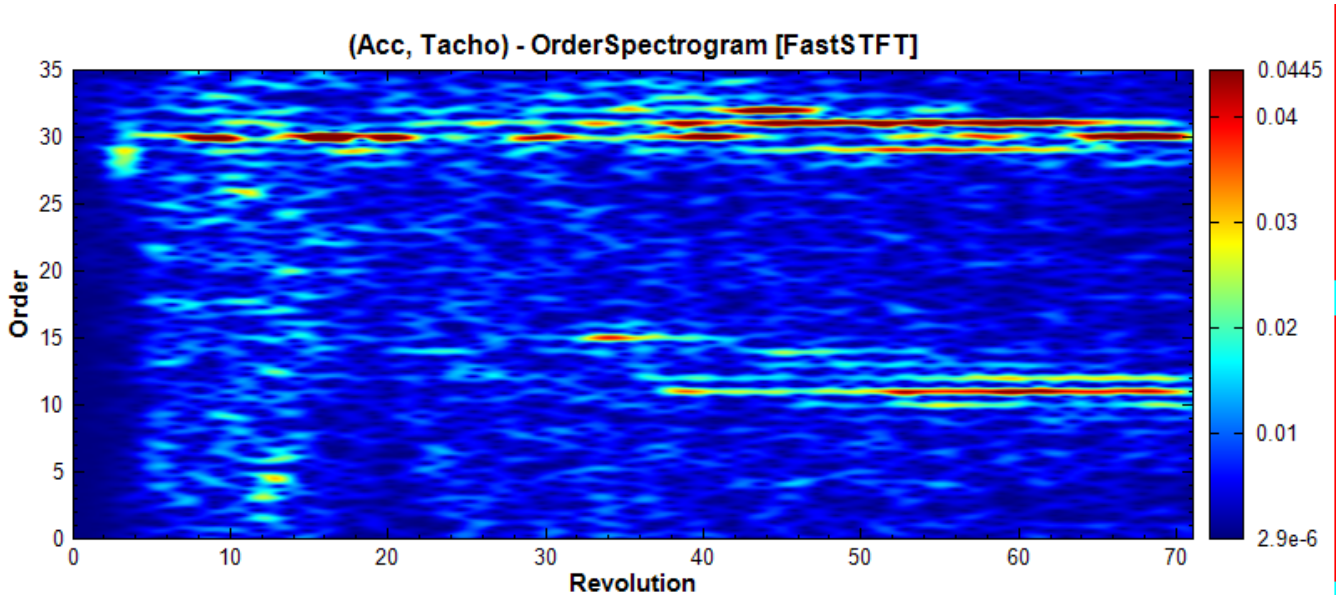
首先利用 Compute / Enhanced / FastSTFT 計算振動訊號之時頻圖，可利用 Time-Frequency Viewer 觀察出頻率隨著時間不斷地增加，但是無法分出各個斜直線屬於當時轉速的第幾個倍頻，如下圖：



利用【Digital Tachometer】可計算出真正的轉速，單位為 RPM，如下圖：



最後將振動訊號以及轉速計訊號輸入至 OrderSpectrogram ，選擇預設 STFT 方法，可以得到 Order-Revolution 圖，如下圖：



上圖可以清楚看到轉速倍頻的變化，在頻譜圖上發現 10~15 倍頻及 30 倍頻左右皆有特別明顯的振幅，由此可以粗略判斷迴轉機械可能有軸不對心的情形。

本範例還使用 Order Info 觀測轉動圈數及轉速的關係，請參考下章【OrderInfo】說明。

相關指令

FastSTFT、Time-Frequency Viewer、Digital Tachometer、OrderInfo

4.8.5 OrderInfo*

Only in Sound and Vibration Module

OrderInfo 元件主要搭配【Order Spectrogram】，可以幫助使用者知道轉動圈數與時間或轉速的相關資訊。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）輸入。各參數定義詳如下方圖表。

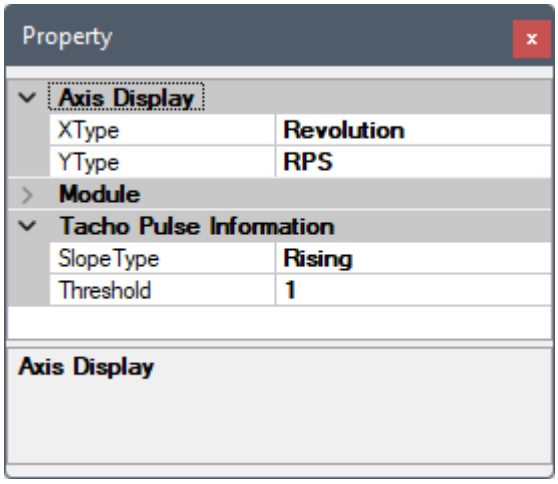


Table 4.94: 參數說明

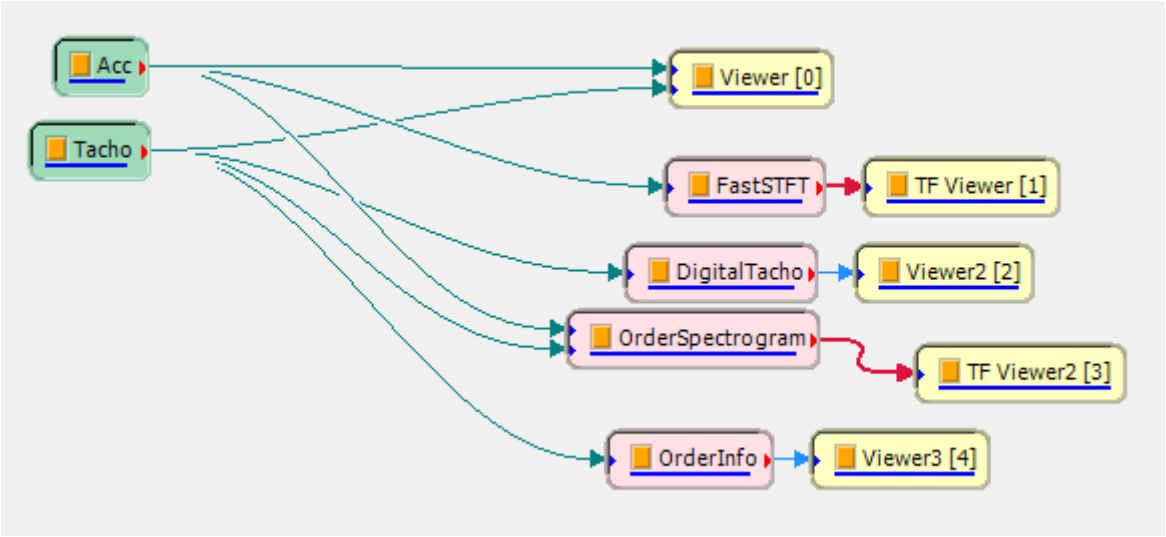
參數名稱	參數定義	預設值
XType	選擇 X 軸顯示類別： • Revolution：轉動圈數 • Time：時間	Revolution
YType	選擇 Y 軸顯示類別： • Time：時間 • RPM：每分鐘轉動圈數 • RPS：每秒鐘轉動圈數 • RPH：每小時轉動圈數	RPS
SlopeType	定義如何抓取通過 Threshold 的方法（見【Digital Tachometer】章節說明）： • Rising • Falling	Rising
Threshold	脈衝門檻值，超過此門檻值才為脈衝（見【Digital Tachometer】章節說明）	1

範例

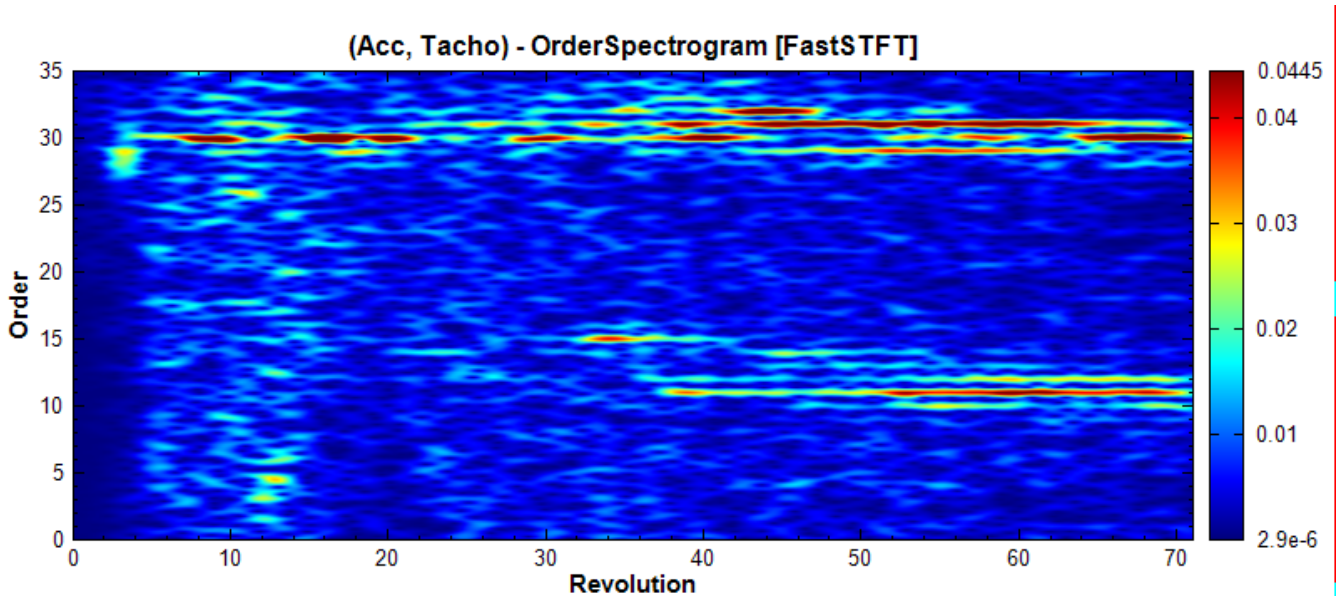
以主選單之 File / Open Project 開啟：

`C:\Program Files\AnCAD\VisualSignal\demo\SVM\Order Tracking.vsn`，

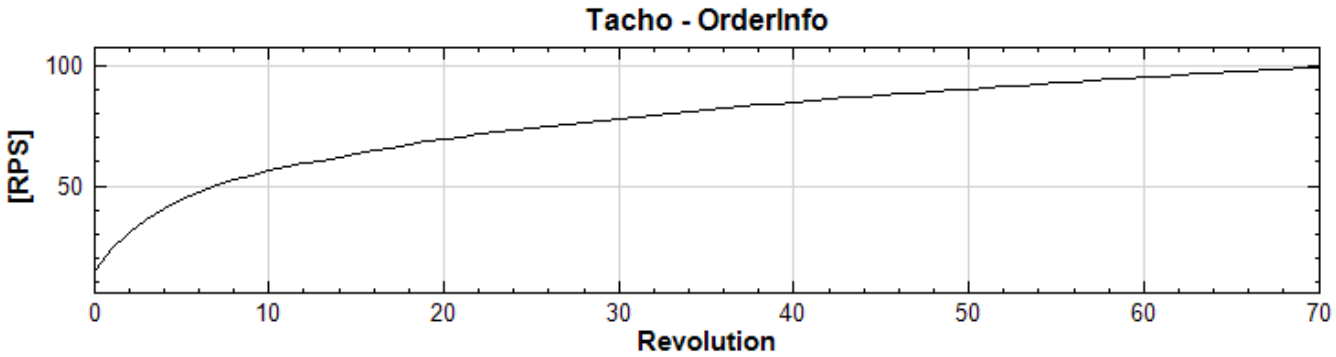
可看到如下圖所示之連接圖：



如【Order Spectrogram】所述，振動訊號及轉速計訊號輸入至 OrderSpectrogram 後，選擇預設 STFT 方法，可以得到 Order-Revolution 圖，如下圖：



將轉速計訊號接至 OrderInfo，調整 Property / Axis Display / YType 為 RPS，最後利用 Channel Viewer 觀看其結果，可以對照階次圖了解圈數當時的轉速：



相關指令

Order Spectrogram、Digital Tachometer

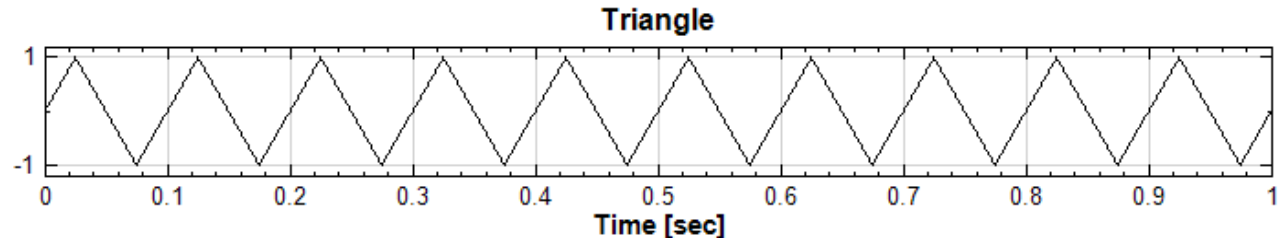
4.8.6 Cepstrum*

Only in Sound and Vibration Module

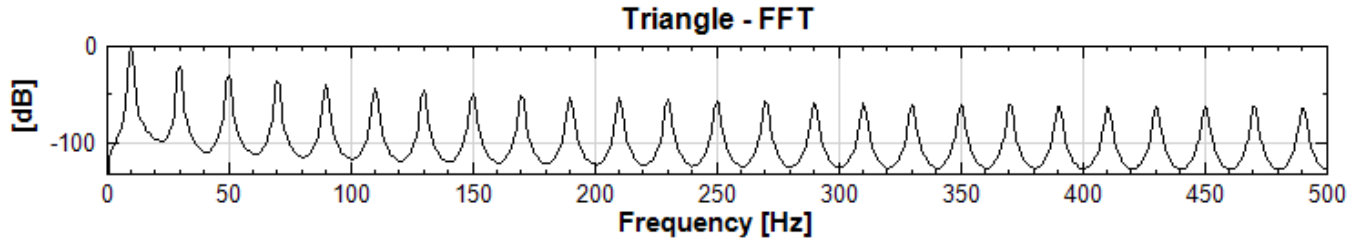
Cepstrum （倒頻譜）為「Spectrum」中「spec」的反寫，工業界上主要用來檢測齒輪箱損壞和觀察倍頻的關係，在機車、汽車齒輪箱和迴轉機械製造商皆可利用 Cepstrum 作為品管和檢測齒輪斷齒等損傷的重要工具。或著利用於語音辨識的領域。

理論

假設 X 為一 10 Hz 的三角波訊號如下：



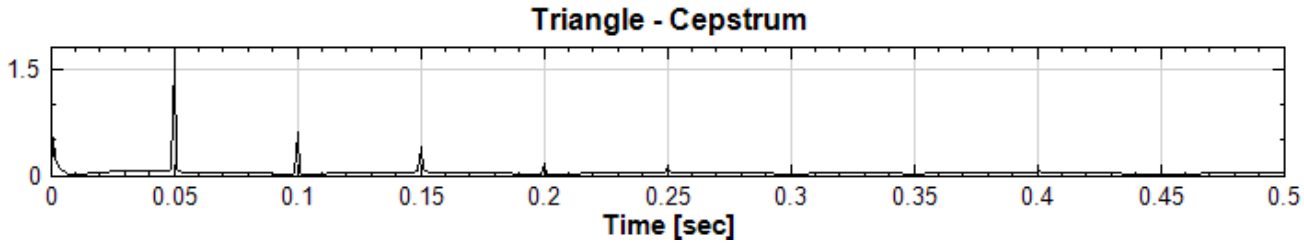
傅立葉轉換（FFT）後其頻譜為（轉換為 dB 顯示其增益）：



可以看到三角波除了 10 Hz 的主頻之外有眾多倍頻，而這些倍頻是以每 20 Hz 一次的「頻率」規律性地出現。這個「頻率」習慣稱之為「Quefrency」（「倒頻率」，也是「Frequency」的反寫），單位為時間單位「秒」：

$$\text{Quefrency} = 1/20Hz = 0.05s$$

要觀測這個倍頻的「倒頻率」，只要再做一次傅立葉轉換即可，因為要得回時間單位的倒頻率，因此習慣做傅立葉反轉（IFFT），此稱為 Cepstrum（倒頻譜），如下圖：



可以看到在 0.05 秒處有一根與 $1/20Hz$ 對應的倒頻率。因為是頻譜中頻率間隔的倒數，因此越靠左的倒頻率對應的頻率間隔越大，基本上可視為最明顯的頻率規律。

Cepstrum 有實數倒頻譜及複數倒頻譜的分別，本元件採用實數倒頻譜，定義如下。假設 X 為振動的訊號，經過傅立葉轉換後，取其絕對值（Magnitude）的自然對數（Natural Logarithm），最後經傅立葉反轉換：

$$C_{real} = IFFT(\ln|FFT(X)|)$$

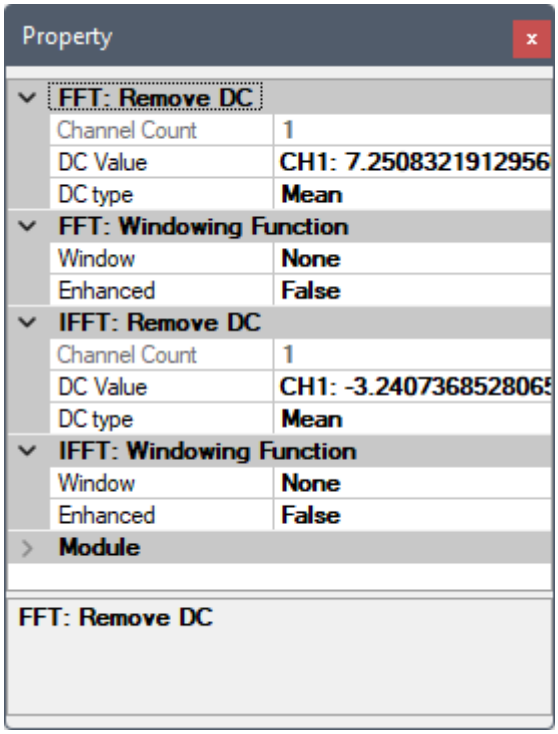
取自然對數的的好處利用 FFT 及自然對數的特性：

1. 兩個在時域疊積（convolution）的訊號經傅立葉轉換後在頻域中為相乘的訊號。
2. 兩個相乘的訊號經自然對數後變為兩個相加的訊號。

因此在時域疊積的訊號（例如聲音經過某腔室的過濾，或地震波通過某地形的折返等）在 Cepstrum 裡經過 FFT -> Natural Log -> 及 IFFT 後會變成線性相加的訊號，可以很清楚地的在 Cepstrum 中分離出來。

參數設定

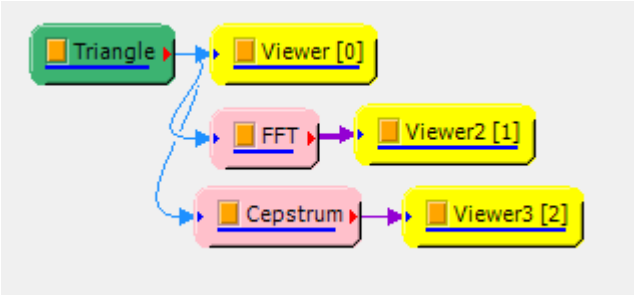
本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal)、聲音訊號（Audio）輸入。各參數定義詳如下方圖表。



如上文理論所述，本元件會嵌入 FFT 及 IFFT 兩個元件之參數，包括各自內嵌之 Remove DC 及 Windowing 元件之參數，請參考【FFT & IFFT】、【Remove DC】、【Windowing】章節說明。

範例

以上三角波範例可以在安裝目錄下 `demo\SVM` 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\SVM`）下找到 `Cepstrum.vsn`，開啟後專案連接圖如下：



相關指令

Fourier Transform

4.8.7 Envelope*

Only in Sound and Vibration Module

包絡訊號（Envelope Detection）為檢測機械故障相當有效的方式，因為機械故障雜音大部分以撞擊形式產生，使用者所關注的是每秒撞擊的次數，透過傅立葉頻譜並無法有效分析。包絡頻譜分析是取得訊號的包絡線，即是將訊號的峰值連接起來，再針對該訊號進行傅立葉轉換，進一步了解碰撞的頻率，推估出何種機械元件產生了碰撞。

理論

有兩種方式取得包絡訊號：

1. Hilbert Transform

   第一種方法是利用 Hilbert 轉換產生一個解析訊號 (Analytic Signal)，解析訊號為一個複數訊號，實數部分為原始訊號，而虛部為原始訊號的 Hilbert 轉換結果（請參考【Hilbert Transform】章節說明。

   若 $X(t)$ 代表原始訊號，則它的 Hilbert 轉換 $Y(t)$ 定義為：

   $$Y(t) = \frac{1}{\pi} P.V. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{X(\tau)}{t-\tau} d\tau$$

   並定義一解析函數 $Z(t)$：

   $$Z(t) = X(t) + iY(t)$$

   則定義實數包絡訊號為

   $$S(t) = |Z(t)| = \sqrt{X^2(t) + Y^2(t)}$$

2. Spline Curve

   第二種方法利用 Cubic Spline 將峰值連接起來而成為包絡訊號，可選擇上包絡線（只連接正峰值）、下包絡線（只連接負峰值）、中包絡線（上下包絡線之平均）。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入。各參數定義詳如下方圖表。

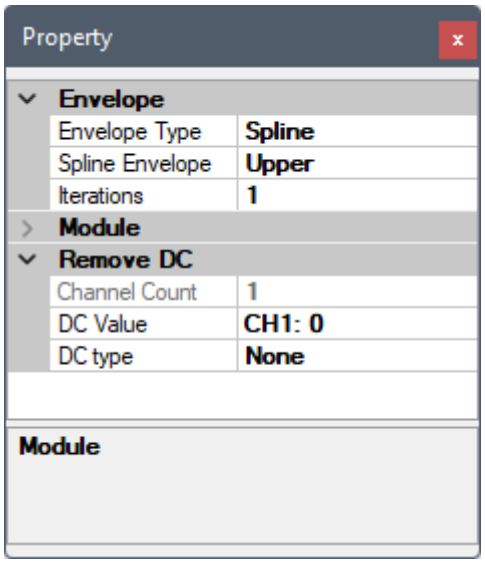


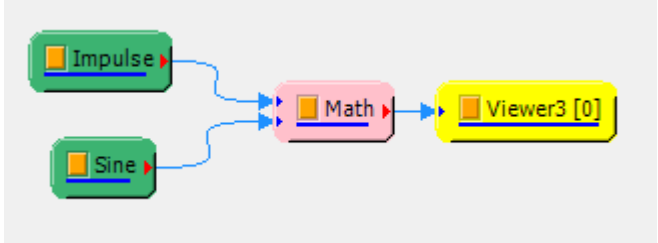
Table 4.95: 參數說明

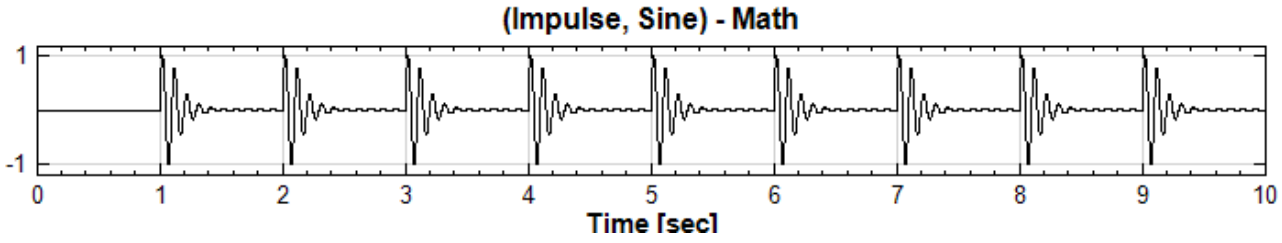
參數名稱	參數定義	預設值
Envelope Type	選擇包絡線計算方式： • Hilbert • Spline	Spline
Spline Envelope	Envelope Type 選擇 Spline 時，可選擇包絡線種類： • Upper（上包絡線） • Lower（下包絡線） • Middle（上下包絡線平均）	Upper
Iteration	設定重複次數（即計算包絡線的包絡線），設為 1 則不重複	1

本元件還嵌入 Remove DC 元件，可移除輸入訊號直流部分，相關參數請參考【Remove DC】章節說明。

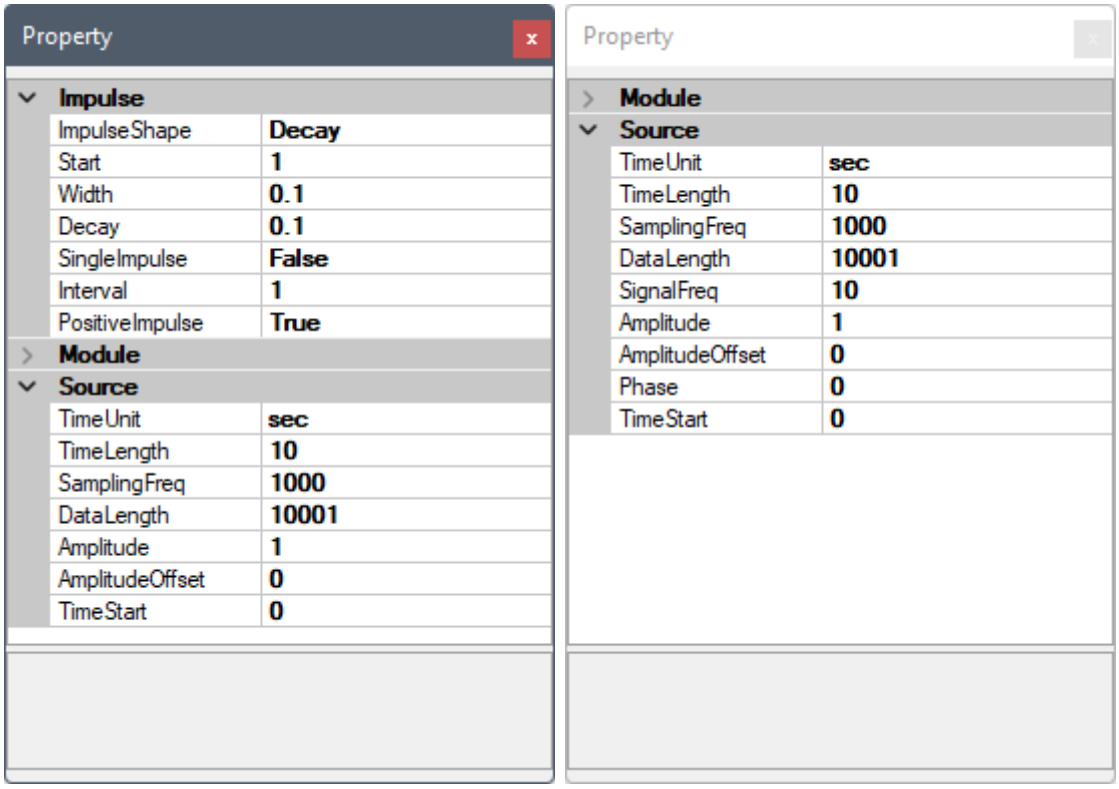
範例

以下範例為利用一個重複的衰減 Impulse 訊號及 Sine 波形相乘模擬一個敲擊訊號（Beating Signal），如下圖：

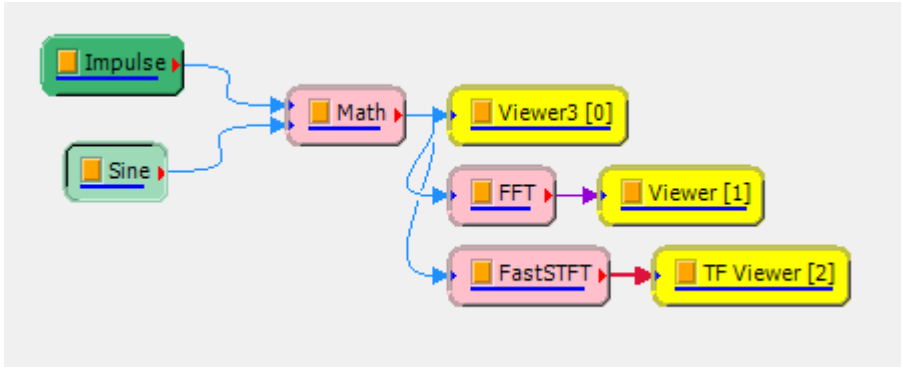


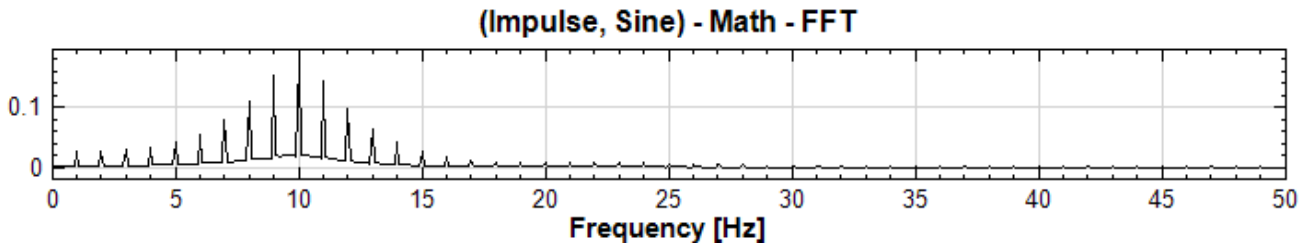


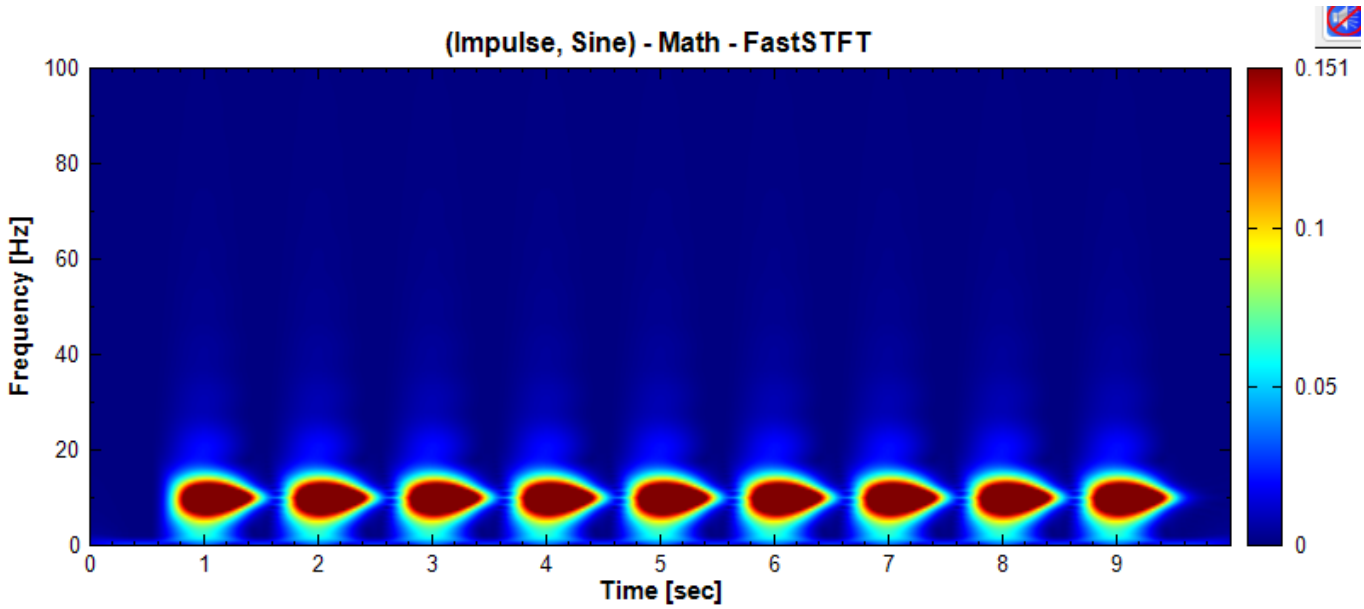
Impulse 及 Sine 訊號源參數如下：



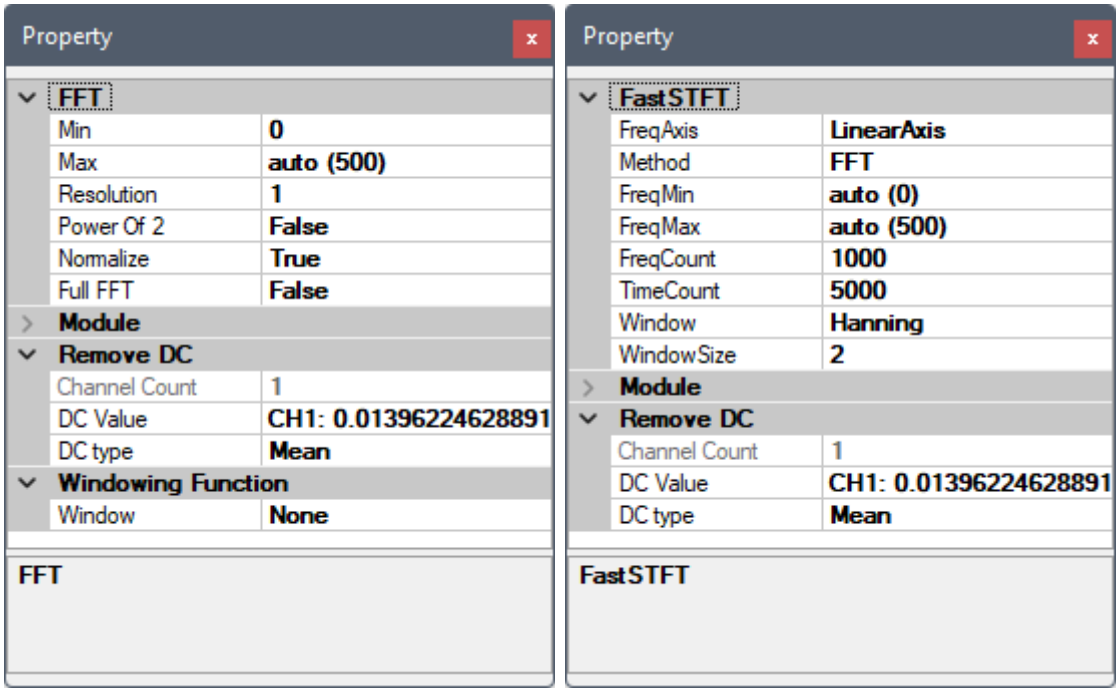
再分析其頻譜圖以及時頻圖：



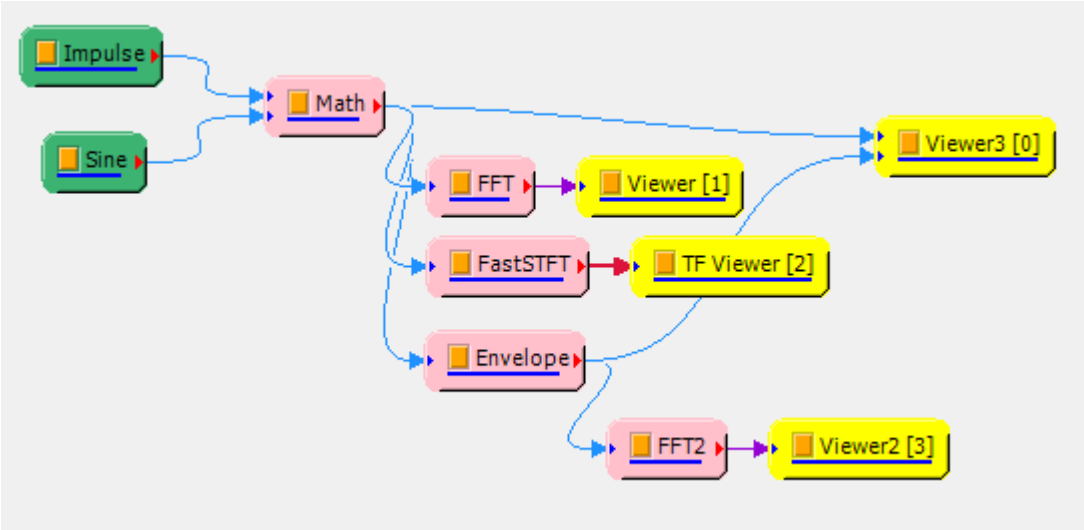




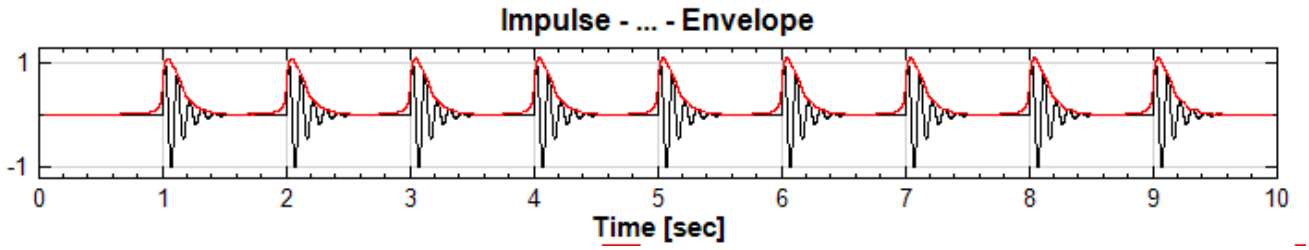
FFT 及 FastSTFT 元件參數如下：



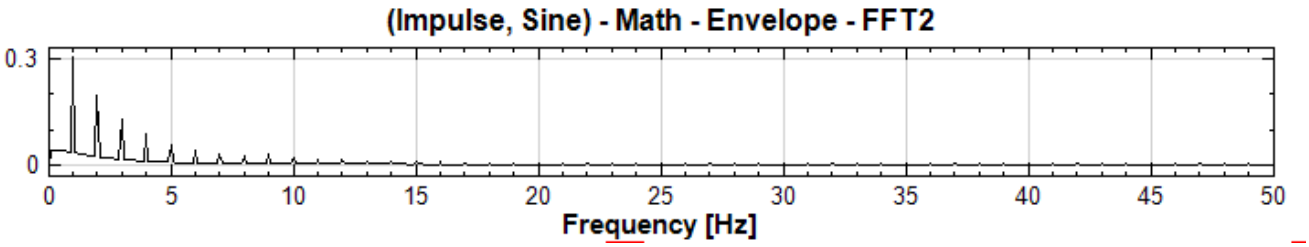
可以發現此撞擊訊號在頻譜以及時頻圖下皆顯示最主要的頻率為 10 Hz，此頻率為每次敲擊時的震盪頻率（即原模擬訊號的正弦波部分），並無法展現使用者所需的資訊，此時可以轉換為包絡訊號並且進行頻譜分析（Envelope 及 FFT 元件皆為預設參數），如下圖：



將 Envelope 方法設為 Hilbert 可得到下圖（與原訊號重疊顯示，紅色為包絡線）：



將 Envelope 再接 FFT，其頻譜則變為如下圖：



由此可以發現最主要的頻率為 1 Hz，亦即敲擊頻率被解析出來為每秒一次。

相關指令

Hilbert Spectrum、Sine、Impulse、FFT、FastSTFT

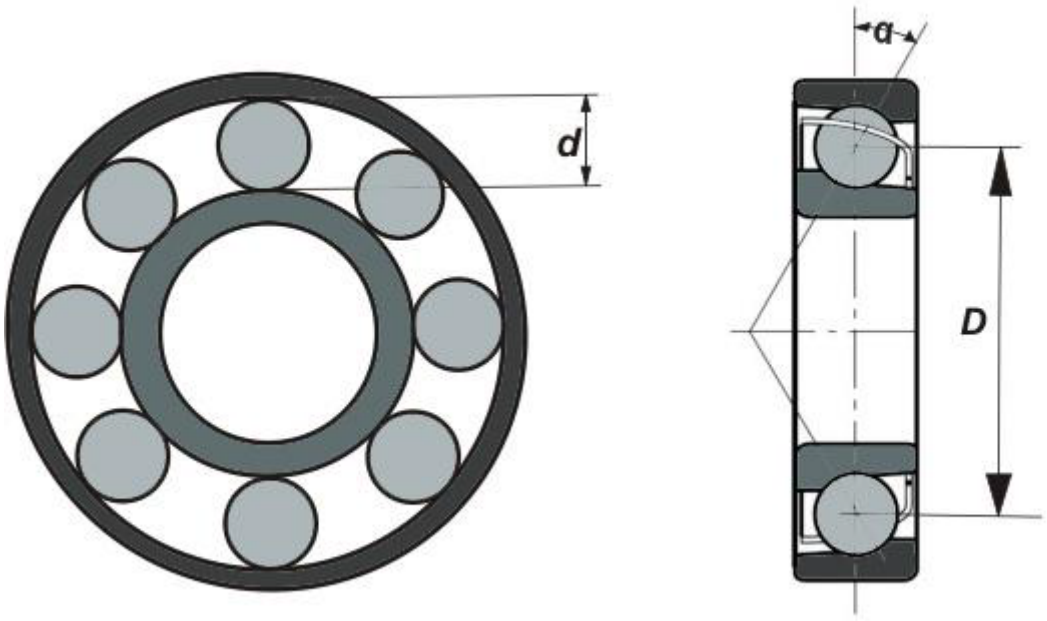
4.8.8 Bearing Defect*

Only in Sound and Vibration Module

軸承損壞特徵檢測（Bearing Defect）為計算軸承損壞頻率工具，輸入軸承規格，則可以計算內外環或滾珠損壞的特徵頻率。

理論

軸承基本構造如下圖：



由圖中所示的三個基本參數：滾珠直徑 d、軸承軌道直徑（軸承內環直徑加上滾珠直徑）D、接觸角度 α，加上滾珠數量 N 及軸承秒轉速 R （RPS 或 Hz)，可以計算出以下特徵頻率：

* 外環損傷特徵頻率

此為軸承滾珠通過軸承外環上缺陷的頻率：

$$Freq_{outer} = R \times \frac{N}{2}\left(1 - \frac{d}{D} \times \cos\alpha\right)$$

* 內環損傷特徵頻率

此為軸承滾珠通過軸承內環上缺陷的頻率：

$$Freq_{inner} = R \times \frac{N}{2}\left(1 + \frac{d}{D} \times \cos\alpha\right)$$

* 滾珠損傷特徵頻率

此為軸承滾珠上的缺陷在自轉時通過軸承內環或外環的頻率：

$$Freq_{roller} = R \times \frac{D}{d}\left(1 - (\frac{d}{D} \times \cos\alpha)^2\right)$$

* 保持器損傷特徵頻率

此為軸承滾珠保持器（保持滾珠間距的裝置）的頻率：

$$Freq_{outer} = R \times \frac{1}{2}\left(1 - \frac{d}{D} \times \cos\alpha\right)$$

參數設定

本模組接受實數（Complex Number），單通道（Single Channel），Regular 的頻譜訊號，輸出軸承滾珠的特徵頻率。各參數定義詳如下方圖表。

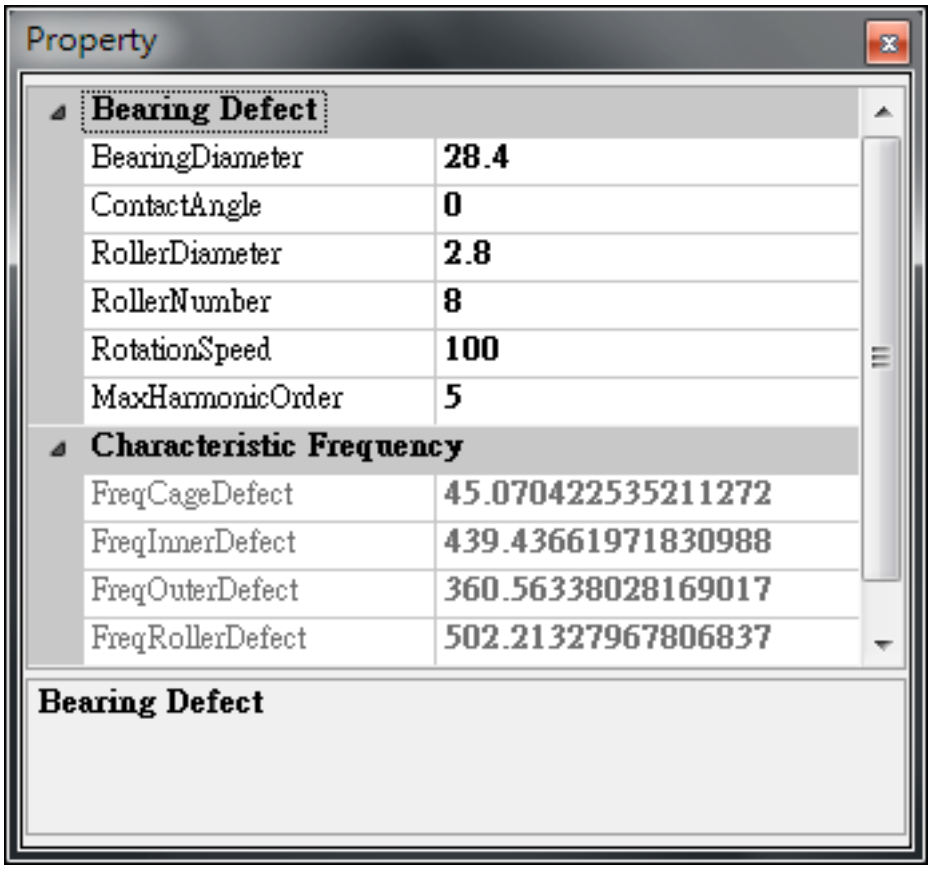


Table 4.96: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Bearing Diameter	軸承直徑	0
Contact Angel	接觸角	0
Roller Diameter	滾珠直徑	0
Roller Number	滾珠數量	0
Rotation Speed	軸承滾動速度，單位為 RPS（每秒幾轉）	0
MaxHarmonicOrder	最大顯示倍頻，算出特徵頻率後，在圖上顯示的倍頻數	5

Characteristic Frequency 下參數代表之意思：

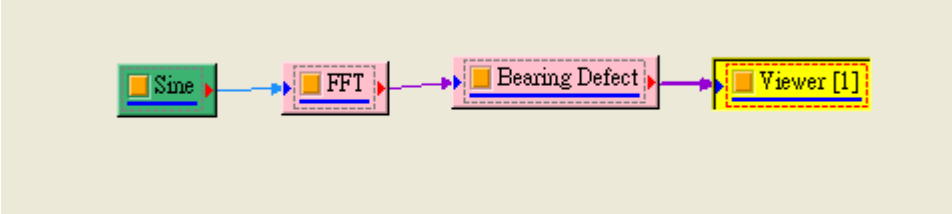
Table 4.97: 參數說明

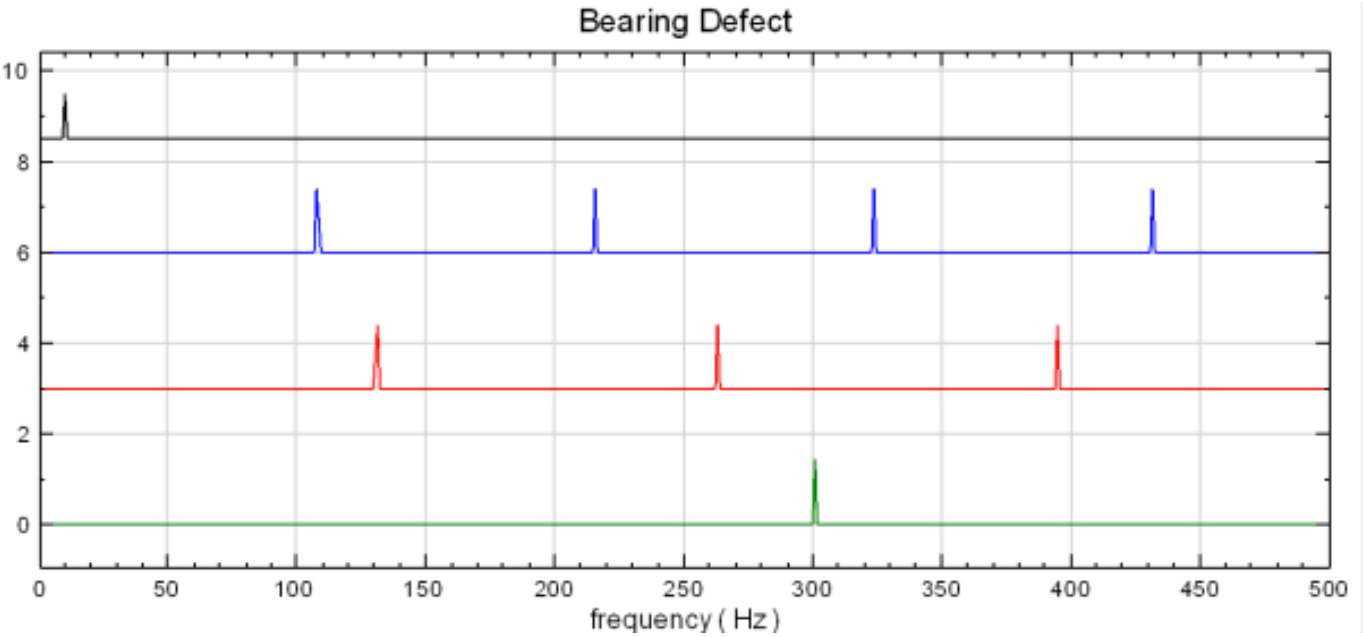
參數名稱	參數定義
FreqCageDefect	保持器損傷特徵頻率
FreqInnerDefect	內環損傷特徵頻率
FreqOuterDefect	外環損傷特徵頻率

參數名稱	參數定義
FreqRollerDefect	滾珠損傷特徵頻率

範例

取得振動訊號之後，透過傅立葉轉換進行頻譜分析，可以利用 Bearing Defect 比對頻譜，檢視特徵頻率是否靠近損壞頻率。





黑色的為原始訊號之頻譜，藍色為外環損傷頻譜，紅色為內環損傷頻譜，綠色為滾珠損傷頻譜，比對原始頻譜以及此三個頻譜，若是原始訊號的特徵頻率有靠近損壞頻譜誤差於 5% 之內，則可以辨識出損傷部位。

4.8.9 Octave*

Only in Sound and Vibration Module

八音度（Octave）或稱倍頻程，這一名詞是從音樂中借用而來。例如鋼琴的中音 C，到下一個音階（高八度）的 C，其頻率比正好是兩倍，稱為一個八音度。將一個八音度分為三份，每一份稱為 1/3 八音度或 1/3 倍頻程。將一個八音度分為 12 份，每一份稱為 1/12 八音度或 1/12 倍頻程。

本元件雖以業界常用八音度為主，也可以設定為十倍頻（Decade），見以下說明。

理論

* 八音度（Octave）

八音度分析中每個頻帶的上限頻率和下限頻率之比為常數，其關係滿足：

$$f_2 = 2^n \cdot f_1$$

其中 n 為八音度數，例如：$n = 1$，為八音度；$n = 1/3$，為 1/3 八音度；$n = 1/12$，為 1/12 八音度。頻帶的中心頻率 f_c 為上、下限頻率的幾何平均值，即

$$f_c = \sqrt{f_1 f_2} = 2^{n/2} f_1 = 2^{-n/2} f_2$$

頻帶寬度 BW 為

$$BW = f_2 - f_1 = (2^{n/2} - 2^{-n/2}) f_c = \beta_2 f_c$$

由此可知：對八度音，$n = 1$，$\beta_2 = 0.707$；對 1/3 八度音，$n = 1/3$，$\beta_2 = 0.231$；對 1/12 八度音，$n = 1/12$，$\beta_2 = 0.0578$。

* 十倍頻（Decade）

本元件也可以設定為十倍頻（Decade），每個頻帶的上限頻率和下限頻率之比為常數，其關係滿足：

$$f_2 = 10^n \cdot f_1$$

其中 n 為十倍頻度數，例如：$n = 1$，為十倍頻；$n = 1/10$，為 1/10 十倍頻；$n = 1/20$，為 1/20 十倍頻。頻帶的中心頻率 f_c 為上、下限頻率的幾何平均值，即

$$f_c = \sqrt{f_1 f_2} = 10^{n/2} f_1 = 10^{-n/2} f_2$$

頻帶寬度 BW 為

$$BW = f_2 - f_1 = (10^{n/2} - 10^{-n/2}) f_c = \beta_{10} f_c$$

由此可知：對十倍頻，$n = 1$，$\beta_{10} = 2.846$；對 1/10 十倍頻，$n = 1/10$，$\beta_{10} = 0.231$；對 1/20 十倍頻，$n = 1/20$，$\beta_{10} = 0.115$。

參數設定

本模組接受複數（Complex Number），單（Single Channel）、多通道（Multi-Channel），Regular 的頻譜訊號（Signal）輸入。各參數定義詳如下方圖表。

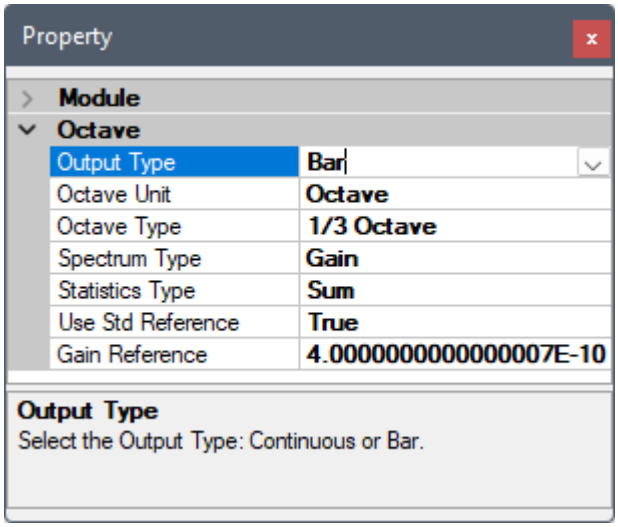


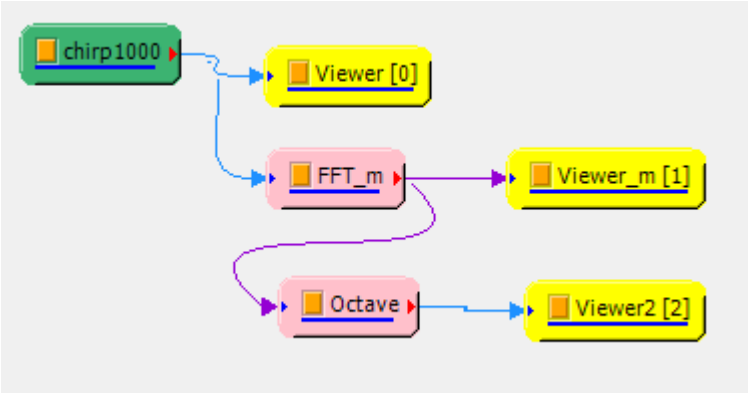
Table 4.98: 參數說明

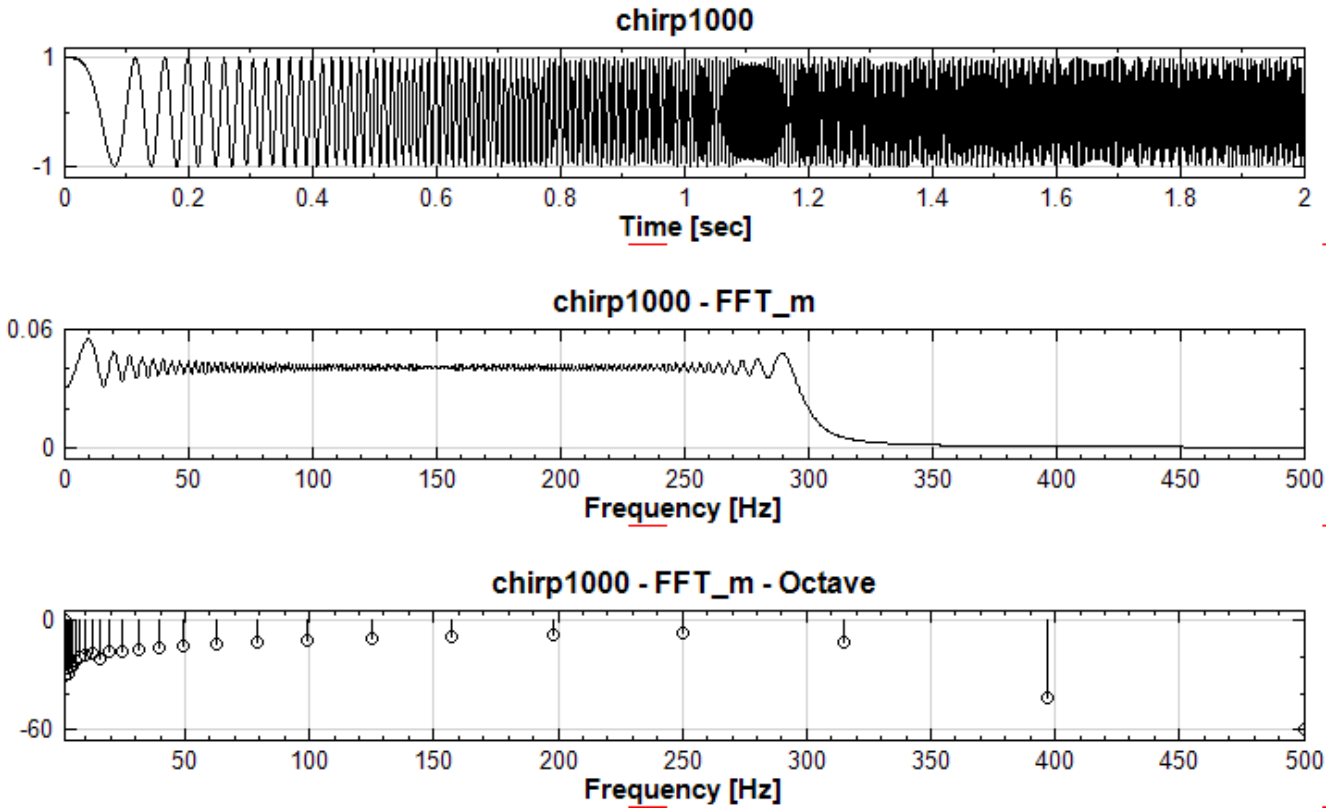
參數名稱	參數定義	預設值
Output Type	選擇輸出種類： • Continuous：每段頻帶輸出 n 筆同樣的資料（資料類別由 Value Type 決定），組合成總長度等於輸入資料長度之輸出資料，其座標為連續的 Regular 座標，等同輸入頻率座標。此輸出可用普通的【Channel Viewer】瀏覽 • Bar：每段頻帶輸出一筆資料（資料類別由 Value Type 決定），每筆資料頻率座標為一個 Indexed 座標，其值為該頻帶之中心頻率 f_c。此輸出可用【Channel Viewer】的 Stem 形式或【Bar Viewer】瀏覽	Bar
Octave Unit	選擇倍頻單位： • Octave：八音度 • Decade: 十倍頻	

參數名稱	參數定義	預設值
Octave Type	選擇頻帶寬度。若 Unit 為 Octave，選擇為： • 1/1 Octave • 1/3 Octave • 1/6 Octave • 1/12 Octave • 1/24 Octave 若 Unit 為 Decade，選擇為： • 1/1 Decade • 1/10 Decade • 1/20 Decade • 1/40 Decade • 1/80 Decade	ThirdOctave
Spectrum Type	選擇在統計倍頻帶前將輸入頻譜轉換成頻譜類別： • Magnitude • PowerSpectrum • Gain (dB)	Gain
Value Type	選擇輸出資料類別： • Max：各頻帶中取最大值 • Sum：各頻帶中取總和值 • Mean：各頻帶中取平均值	Sum
Use Std Reference	設定是否用標準音頻壓力增益參考值（20 μPa），因增益計算使用功率頻譜所以參考值會自動平方。使用此標準參考值時輸入的單位必須為 Pa	False
Gain Reference	設定計算增益 dB 值所需之參考值。使用標準參考值時此此欄位會強制自動設定為標準值。	1

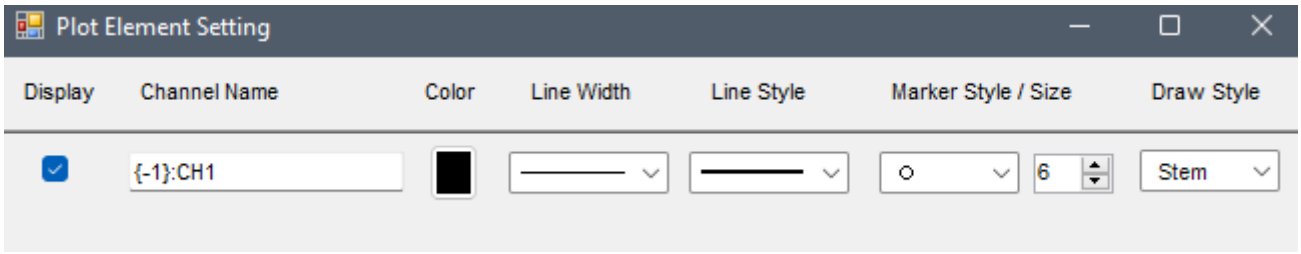
範例

以下範例為一個含倍頻的鳥叫訊號（Chirp Signal），利用 Fourier Transform 分析其頻譜圖，再由 Octave 元件轉換為倍頻帶，最後由 Channel Viewer 之 Stem 形式繪圖：

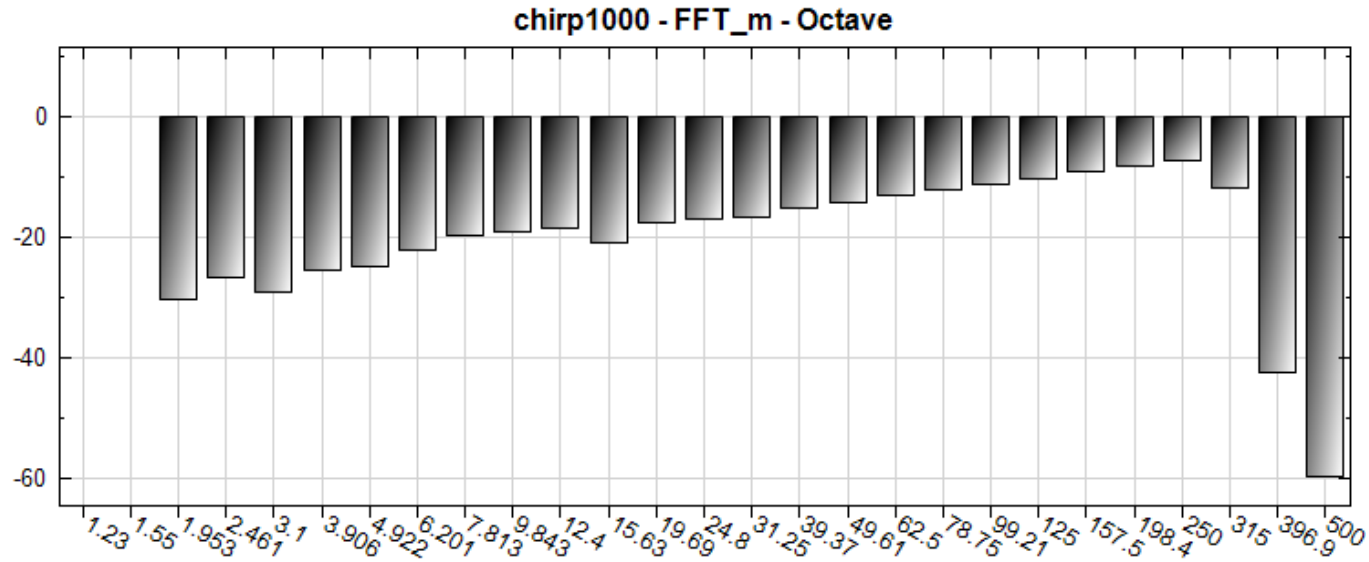




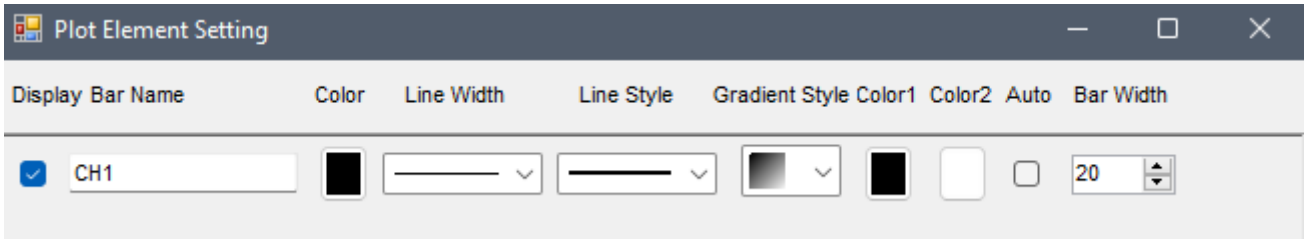
Octave 元件之參數全為上述之預設值，Channel Viewer 的顯示模式設定如下圖：



Octave 輸出類別為 Bar 時也可接上 Bar Viewer，結果如下：



Bar Viewer 的顯示模式設定如下：



注意以【Channel Viewer】顯示時，因為頻率軸預設為 LinearAxis ，因此可以看到每個頻帶以對數間隔繪出；以【Bar Viewer】顯示時，每個頻帶是以同等間隔繪出。【Channel Viewer】的 XAxisType 參數若是設定為 `LogAxis` 也可以有同樣效果。

4.8.10 Weighting*

Only in Sound and Vibration Module

人耳對於各種頻率的感受度並不相同，因此透過傅立葉轉換或是時頻分析出來的結果並非實際人耳聽到的頻譜，必須透過加權函數（Weighting Filter）才能轉換為實際聽到的頻譜。

理論

Weighting 區分為三種：A、B 或 C，這三種都是頻率響應的標準，不同的曲線是設計去給與在讀取聲壓位準 (Sound Pressure Level, SPL) 時, 能很好的對應人類對聲頻的反應，有最少的差異，我們可從 Fletcher-Munson 的等響曲線 (Equal Loudness Level Contours) ，去瞭解我們人類耳朵是怎麼的聽聞聲頻的，以頻率 1 KHz 為中心點，在較低的聲頻部份是低感度的，為了要顯示我們人類耳朵聽聞聲頻的特性，因此加權函數的用意是去減少音壓錶的靈敏感度，這是當音壓低於某一程度，就人類的耳朵感觀，它會對低頻方面較不靈敏。

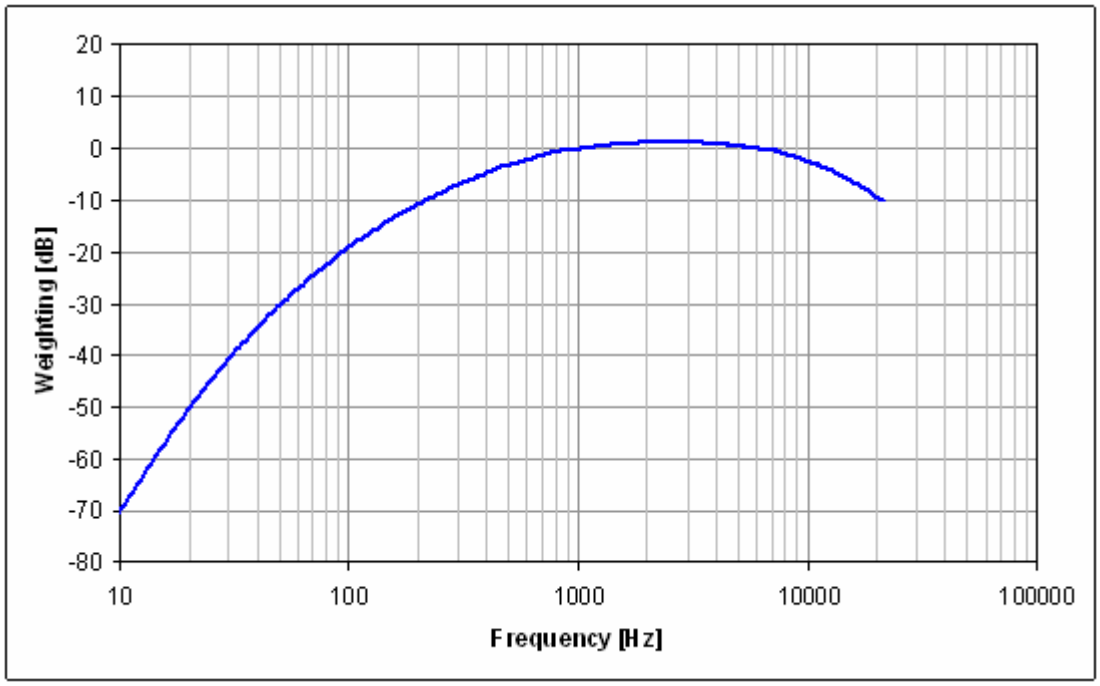
A 加權曲線是基於 40 Phon 的 Fletcher-Munson Equal Loudness Contour，當量測較低位準的聲音時，建議使用它較佳。

B 加權曲線是基於 70 Phon 的 Fletcher-Munson 等響度曲線，當量測中段位準的聲音時建議使用它較適合，在量測時使用 A 及 B 加權，又稱為加權聲音電平位準（Weighted Sound Level)。

C 加權在本質上是近似平坦，它是利用在高響度位準的聲音時。

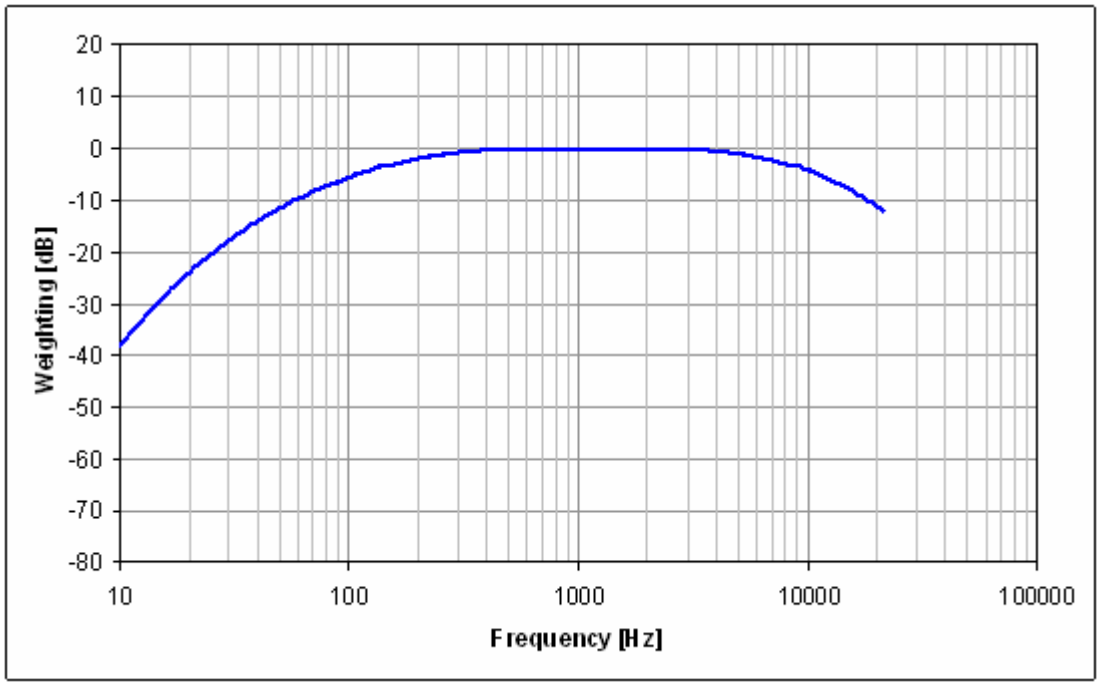
聲壓位準在 20~55 dB SPL 範圍內，建議使用 A 加權曲線網路，聲壓位準在 55~85 dB SPL 範圍內，建議使用 B 加權曲線網路，聲壓位準在 85~140 dB SPL 範圍內，建議使用 C 加權曲線網路：

1. A-Weighting



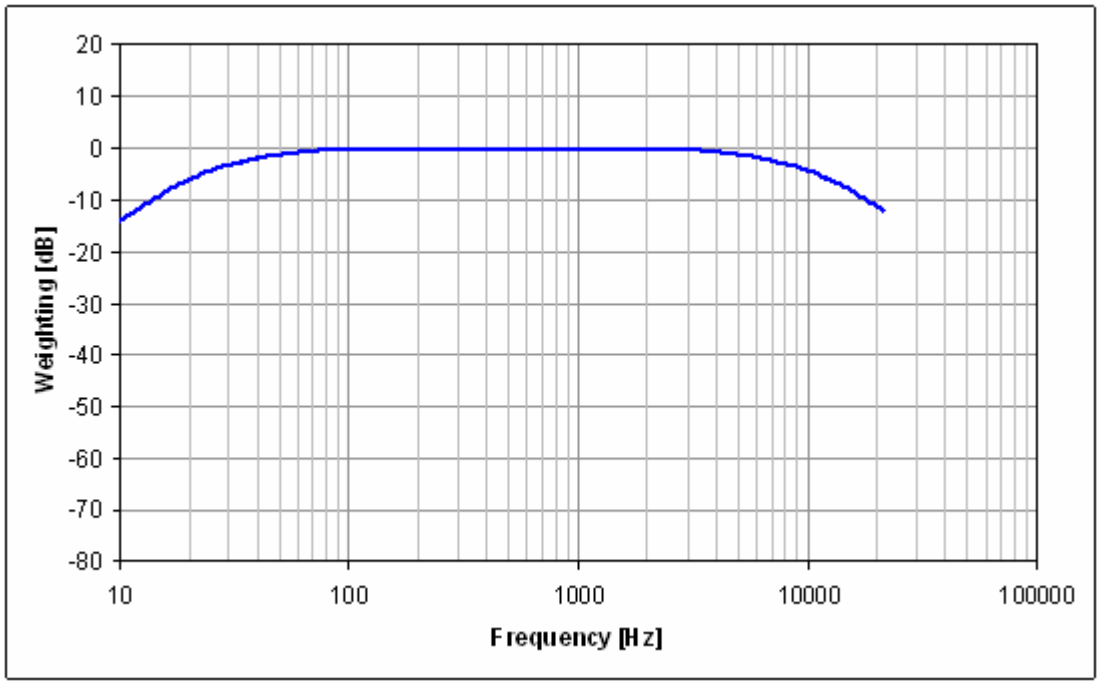
$$W_A = 10\log\left[\frac{1.562339f^4}{(f^2+107.65265^2)(f^2+737.86223^2)}\right] + 10\log\left[\frac{2.242881\times10^{16}f^4}{(f^2+20.598997^2)^2(f^2+12194.22^2)^2}\right]$$

2. B-Weighting



$$W_B = 10\log\left[\frac{1.025119f^2}{f^2+158.48932^2}\right] + 10\log\left[\frac{2.242881\times10^{16}f^4}{(f^2+20.598997^2)^2(f^2+12194.22^2)^2}\right]$$

3. C-Weighting



$$W_B = 10\log\left[\frac{2.242881\times10^{16} f^4}{(f^2+20.598997^2)^2(f^2+12194.22^2)^2}\right]$$

參數設定

本模組接受複數（Complex Number），單（Single Channel）、多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）；複數（Complex Number），單通道（Single Channel），Regular 的時頻（Spectra）輸入。

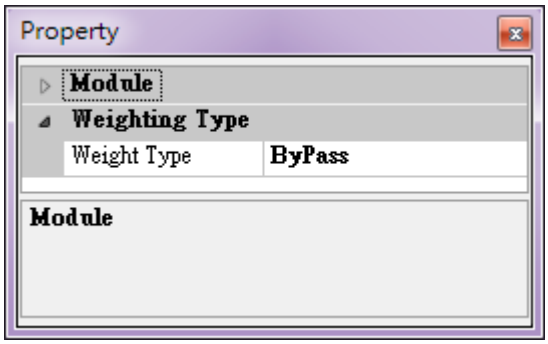
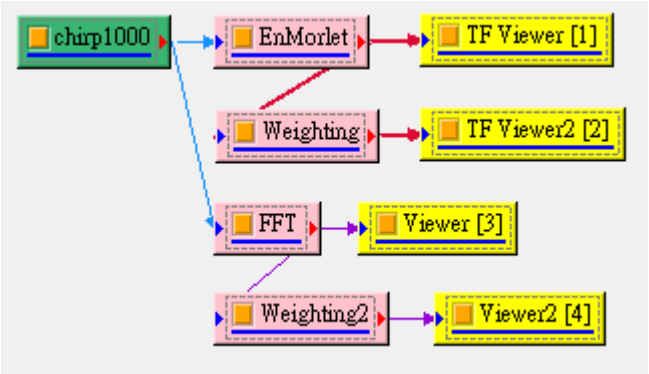


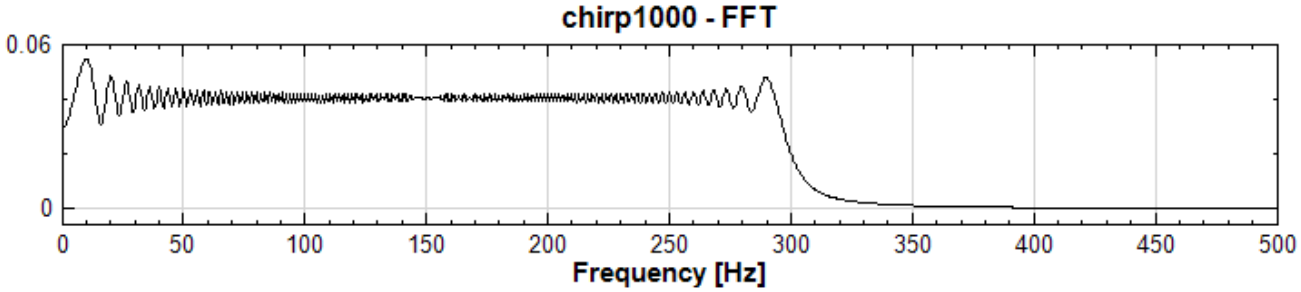
Table 4.99: 參數說明

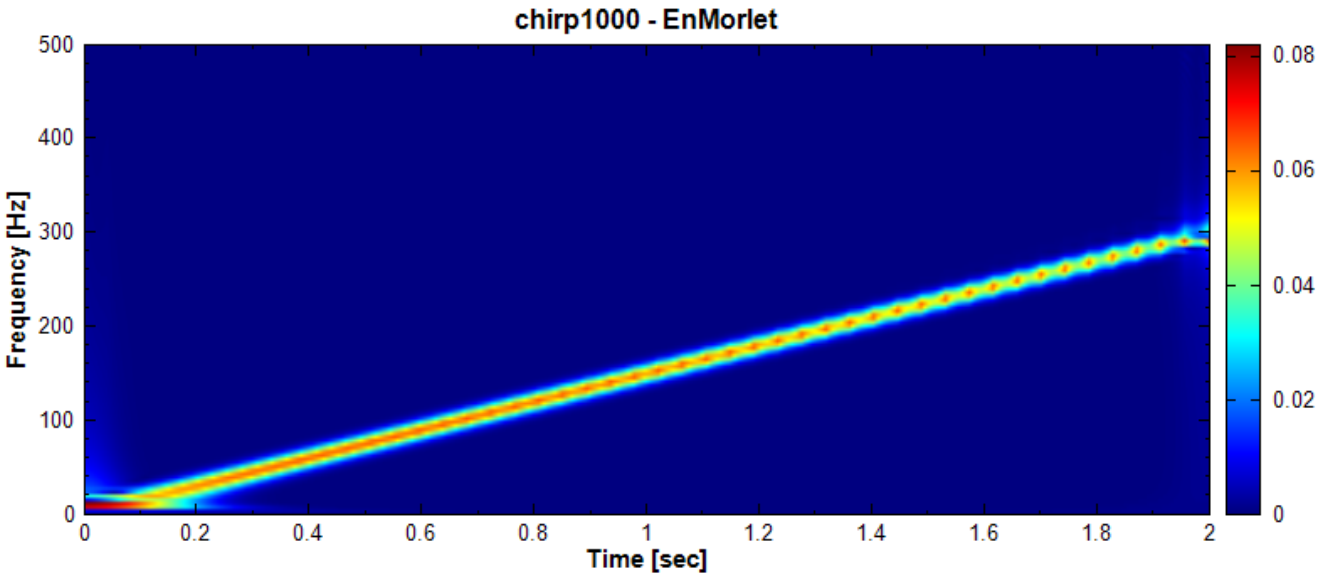
參數名稱	參數定義	預設值
Weighting Type	決定為何種權重濾波： • By Pass：不執行任何濾波動作 • A-Weighting：聲壓準位在 20~55 dB SPL 範圍內建議使用 • B-Weighting：聲壓準位在 55~85 dB SPL 範圍內建議使用 • C-Weighting：聲壓準位在 85~140 dB SPL 範圍內建議使用 • Slope：權重為頻率乘上輸入值（Slope Value）	By Pass
Slope Value	權重相對於頻率的斜率。	1

範例

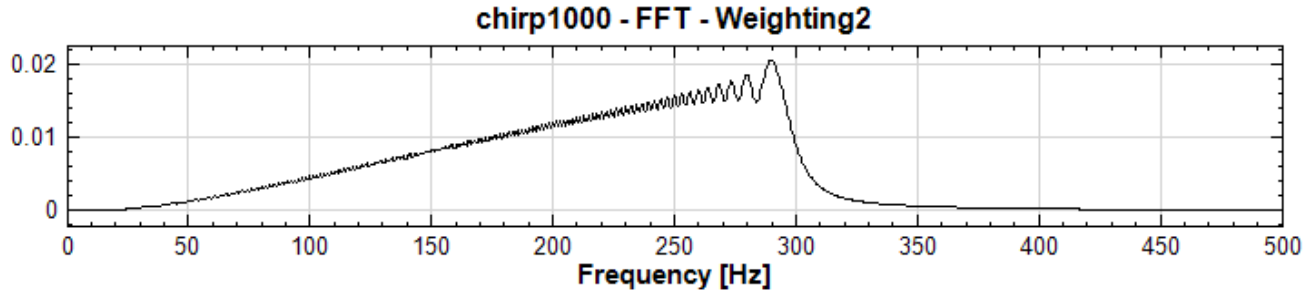
以下範例為一個鳥叫訊號 (Chirp Signal)，檔案位於 `C:\Program Files\AnCAD\VisualSignal\demo\Basic\chir`，利用 Visual Signal 分析其頻譜圖以及時頻圖。

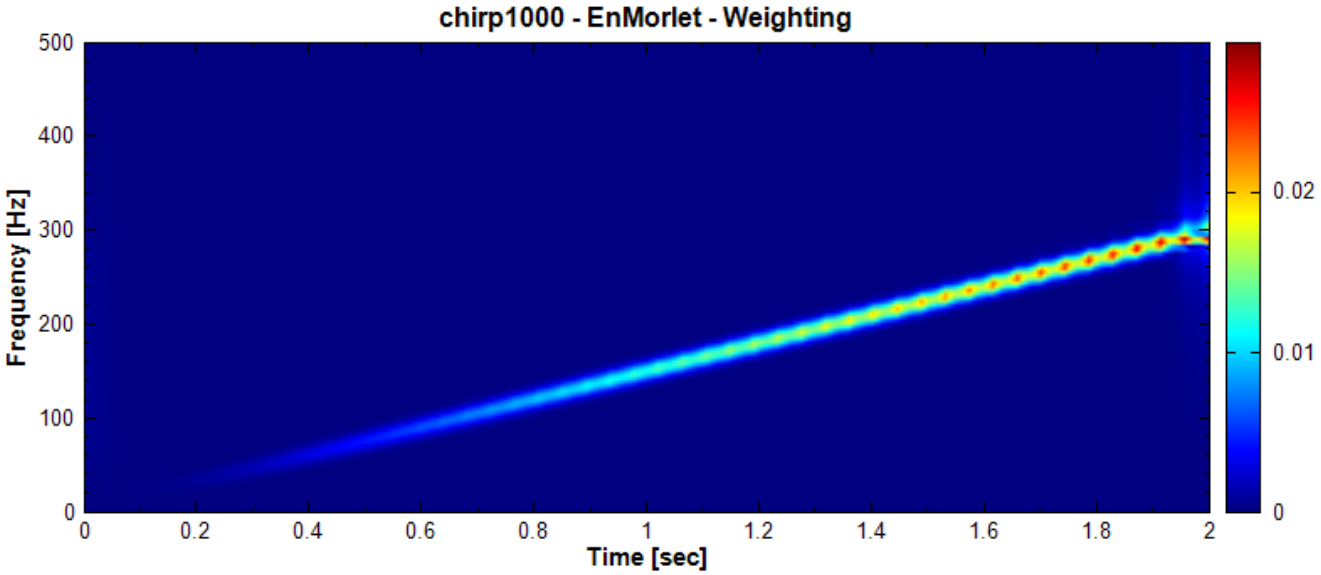






加乘上 A-Weighting 之後





4.8.11 Scale*

Only in Sound and Vibration Module

Scale 主要是利用儀器的 Sensitivity 將各種量測的電壓訊號轉換成具有工程單位（EU）的訊號，如加速度、速度、位移、聲壓、溫度、應變等。

理論

轉換式如下：

$$EU = \frac{x}{S}$$

其中 x 表示電壓訊號，單位為 volts（V），S 表示 Sensitivity，單位通常為 mV/EU 。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入。各參數定義詳如下方圖表。

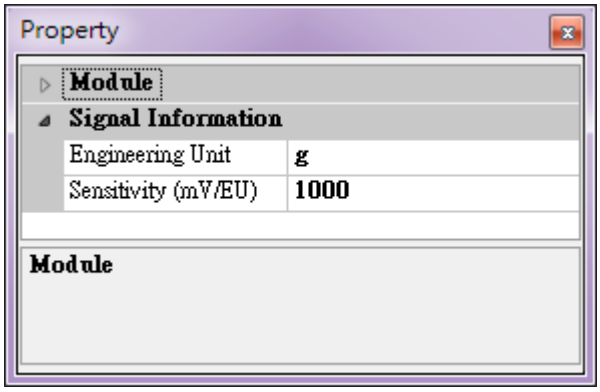


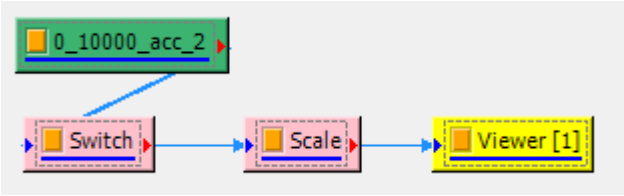
Table 4.100: 參數說明

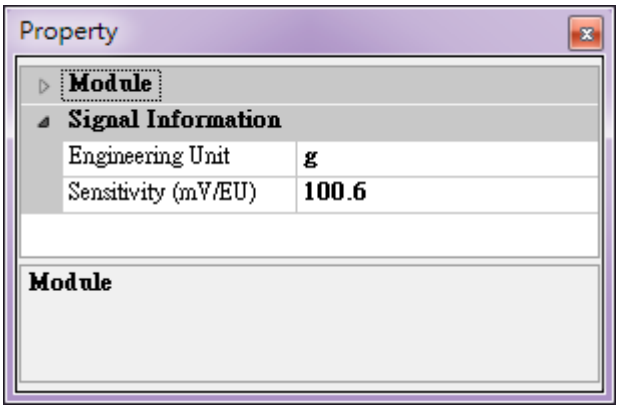
參數名稱	參數定義	預設值
Engineering Units	用來表示轉換成的工程單位，如 g、m/s^2、Pa、N 等。	g
Sensitivity	由感測器或儀器的 Specification 得知 Sensitivity，一般而言，其單位為 mV/EU，如加速規為 mV/g、麥克風為 mV/Pa 等。	1000

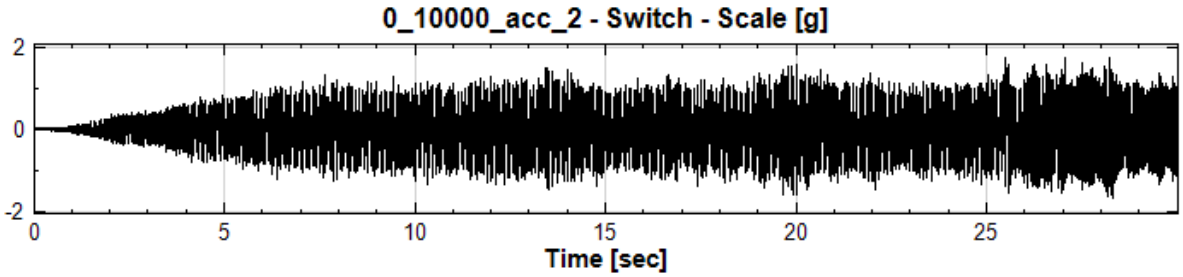
範例

以下範例利用一個實際量測主軸振動，而所得加速規的訊號。

1. 首先將電壓訊號經過 Scale 轉換，Properties / Engineering Units 設定為 g （m/s^2），Properties / Sensitivity 根據加速規 Specification 設定 100.6 （mV/g），再以 Channel Viewer 觀察，如下圖。







4.8.12 GearBox Creator

說明

藉由設定不同組合的「主軸」、「軸承」、「齒輪」、及齒輪嚙合的配置，計算齒輪箱運轉時各零件的各種特徵頻率；藉由此模組可判斷齒輪箱經過長時間運轉後，可能出現異常的位置。

理論

本齒輪箱設定對話窗除了設定不同齒輪箱的配置之外，還能計算出以下的特徵頻率：

* 齒輪

Table 4.101: 齒輪特徵頻率

名稱	代號	說明
旋轉頻率	RF	齒輪旋轉頻率，等同該齒輪主軸的轉速轉換成頻率

* 軸承

Table 4.102: 軸承特徵頻率

名稱	代號	說明
外環損傷頻率	BPFO	軸承滾珠通過軸承外環上缺陷的頻率
內環損傷頻率	BPFI	軸承滾珠通過軸承內環上缺陷的頻率
滾珠損傷頻率	BSF	軸承滾珠上的缺陷在自轉時通過軸承內環或外環的頻率
保持器損傷頻率	FTF	軸承滾珠保持器（保持滾珠間距的裝置）的頻率

軸承特徵頻率在【Bearing Defect】章節中有詳細說明。如果軸承有缺陷或損傷，在運轉時以上特徵頻率會變得比較明顯，可以依其頻率判斷是哪一個軸承有異常。不同廠牌型號的軸承會有不同係數可計算出以上特徵頻率，本齒輪箱設定對話窗內建常用軸承之資料庫，亦可自訂新軸承（見後文說明）。

* 齒輪嚙合處

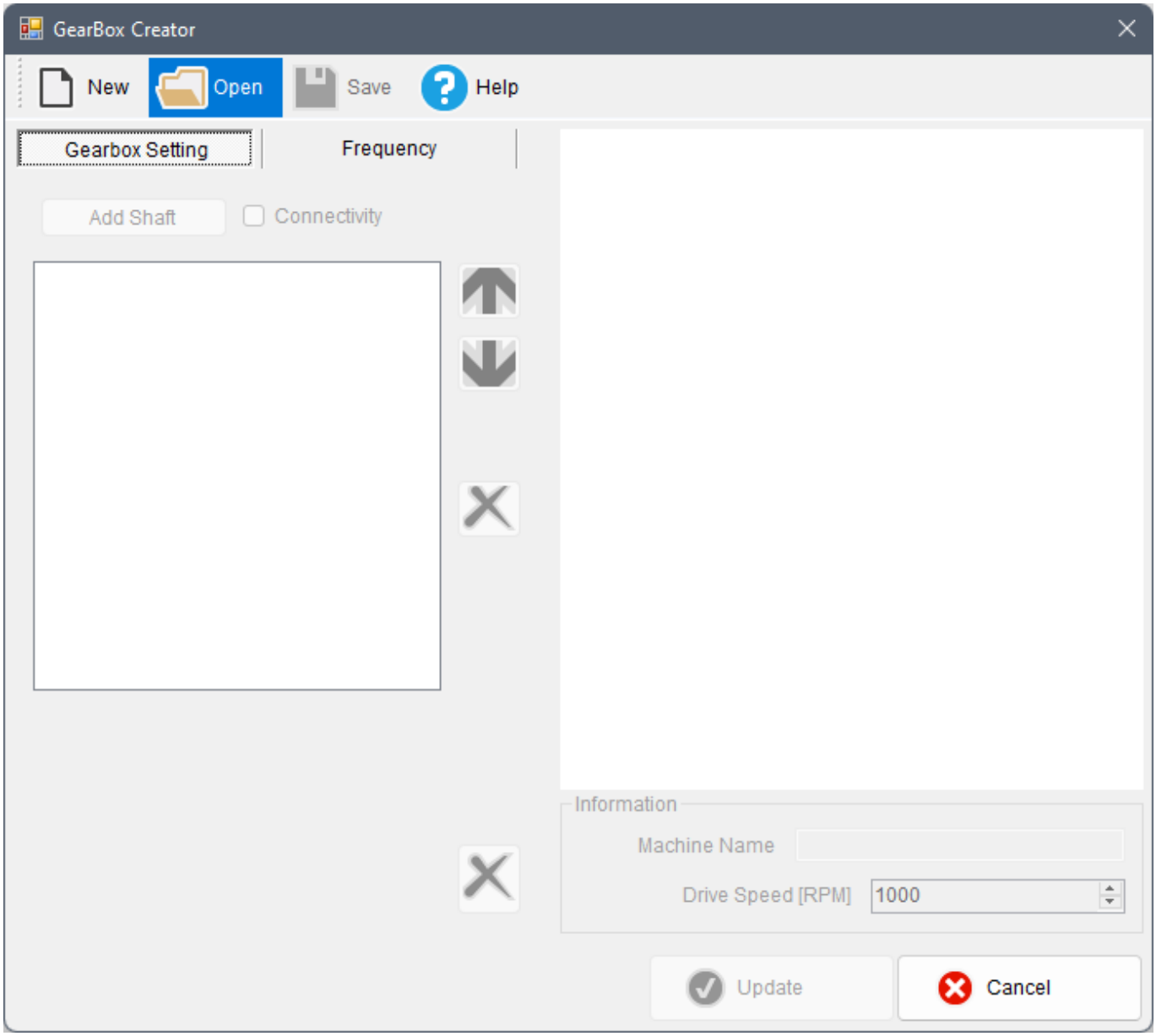
Table 4.103: 齒輪嚙合特徵頻率

名稱	代號	說明
齒輪嚙合頻率	GMF	兩齒輪嚙合轉動時嚙合處的頻率，即齒輪旋轉頻率 RF 乘上輪齒數
齒輪組相位頻率	APPF	齒輪組相位數為兩嚙合齒輪之輪齒數的共同質數因子，例如兩齒輪齒數分別為為 $49 = 7 \times 7$ 以及 $63 = 7 \times 9$ ，則相位數為 7，相位頻率則為 GMF 除以相位數。
追逐齒頻率	HTF	兩齒輪嚙合轉動時嚙合之同一對輪齒再次相遇的頻率，即齒輪旋轉頻率 GMF 除以兩齒輪齒數的最小公約數

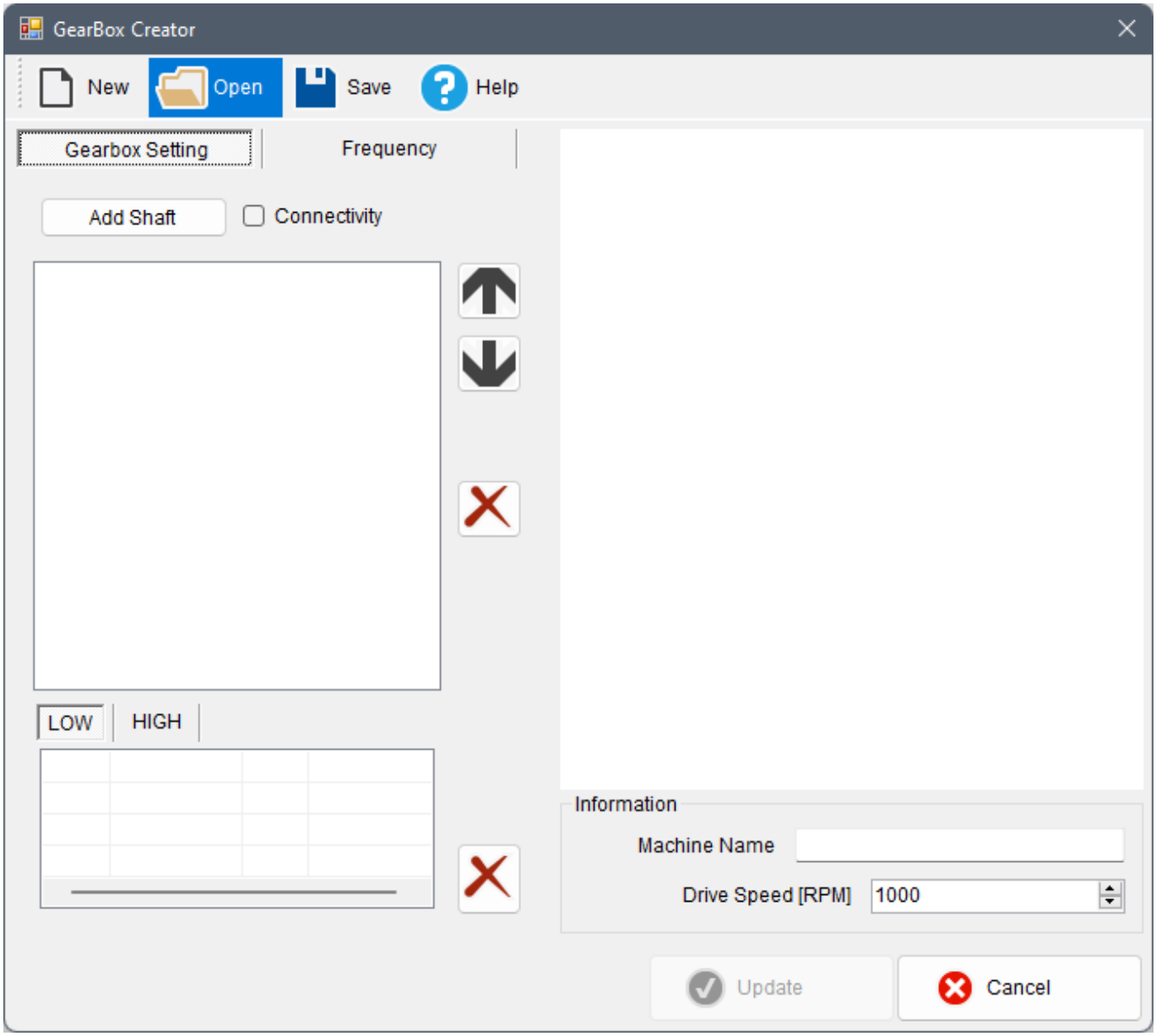
如果齒輪嚙合滑順，在運轉時以上特徵頻率在頻譜中並不會太明顯，一旦齒輪輪齒有缺陷或損傷則會變得比較明顯，可以依其頻率判斷是哪一組齒輪有異常。

參數設定

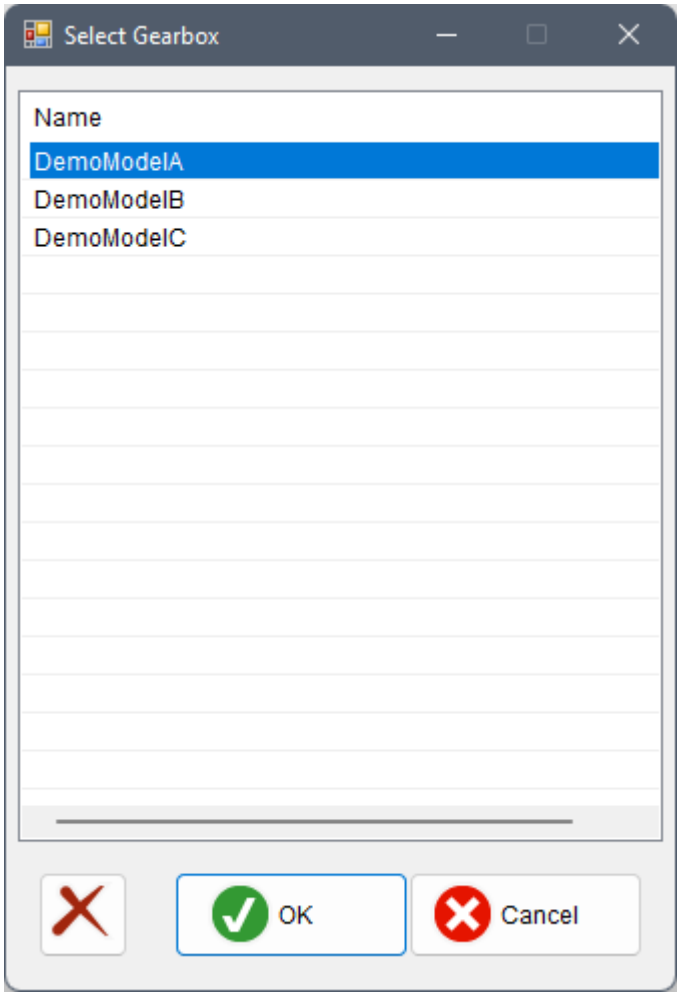
此功能位於 Compute / Sound and Vibration / Gearbox Creator，在 Network Editor 空白處新增一 Gearbox Creator。在元件上雙擊滑鼠左鍵，開啟 Gearbox Creator 的設定對話窗。如為第一次開啟則如下圖：


GearBox Creator
New
Open
Save
Help
Gearbox Setting
Frequency
Add Shaft
Connectivity
Information
Machine Name
Drive Speed [RPM]
1000
Update
Cancel

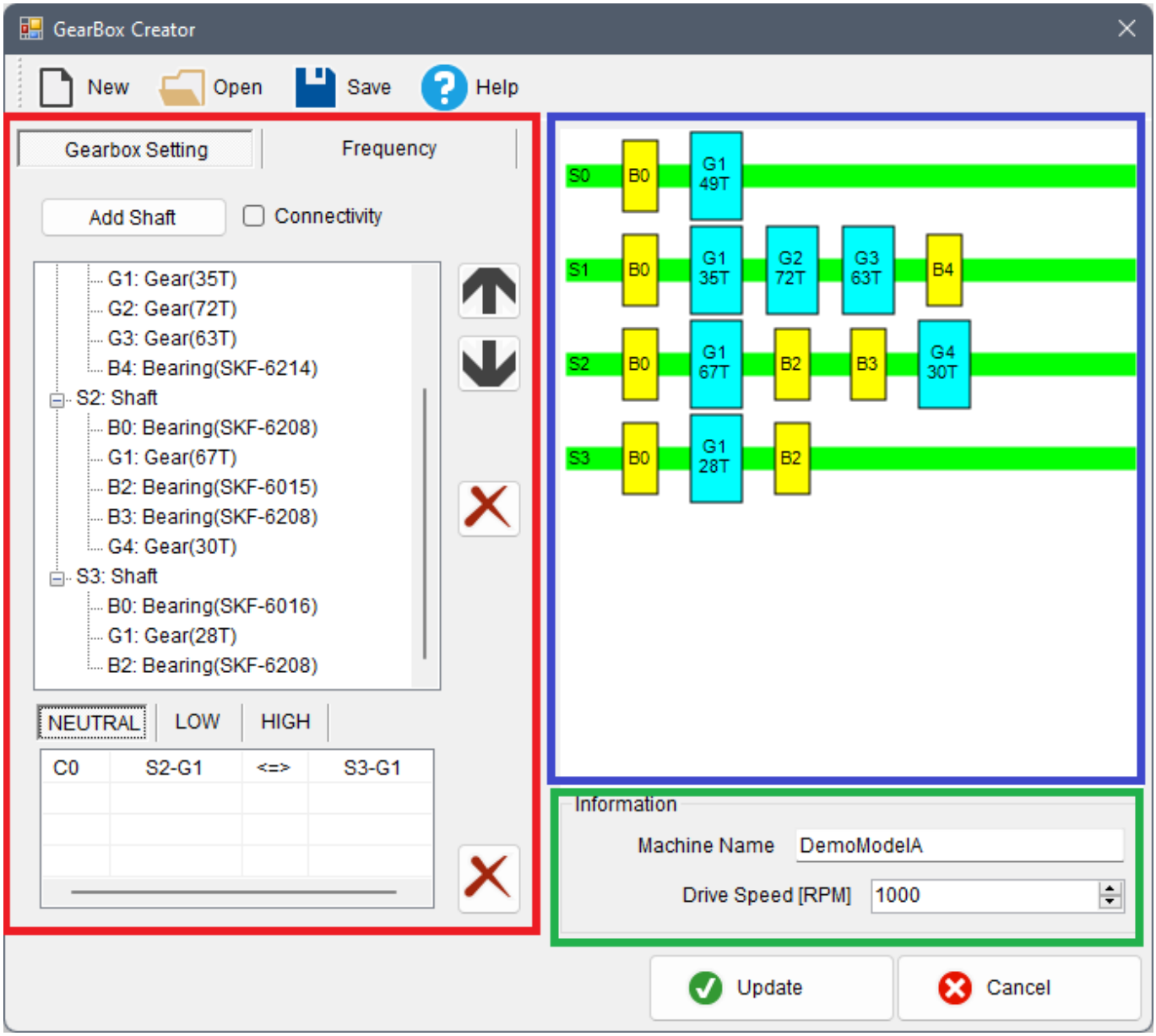
點選 New 後則如下圖：



無論哪種情況，點選 Open（上圖藍色反白處），開啟示範檔案 `DemoModelA`（下圖藍色反白處）。

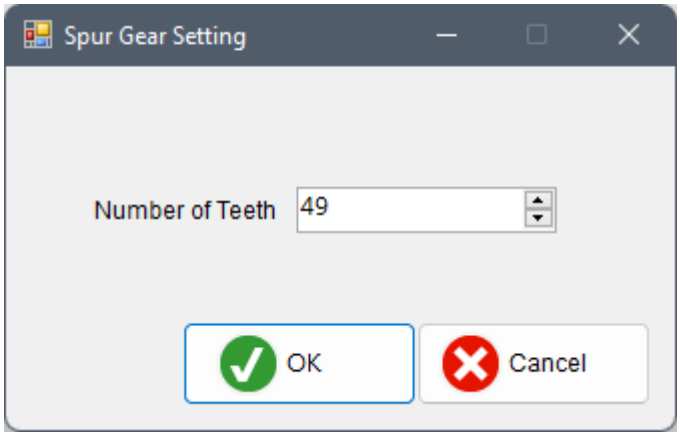


選擇 `DemoModelA` 後點選 OK 則會讀入該範例之齒輪箱設定，如下圖：

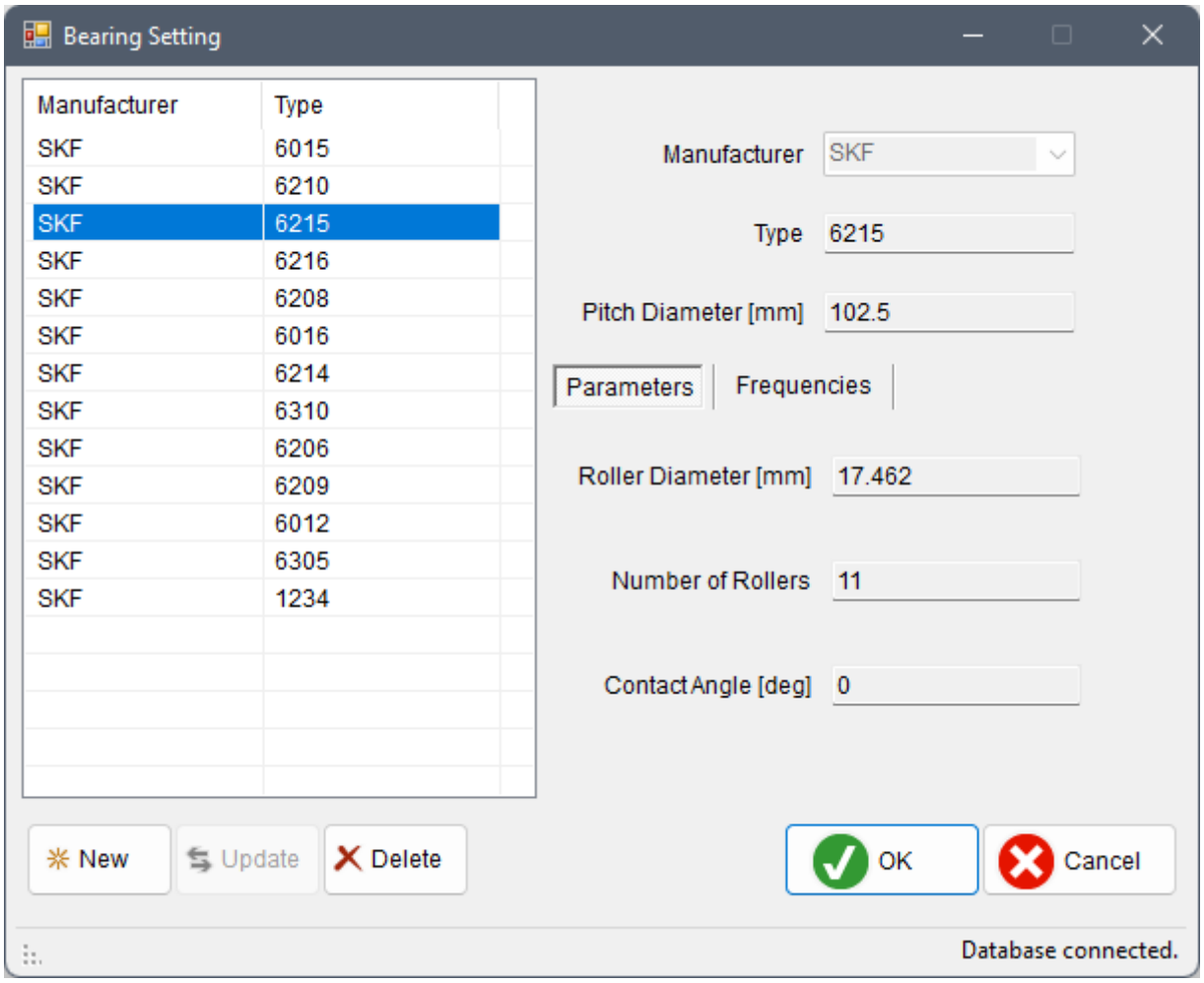


左邊紅框上欄位可新增或編輯零件：Shaft（主軸，以 **S** 開頭編號）、Gear（齒輪，以 **G** 開頭編號）、Bearing（軸承，以 **B** 開頭編號），下欄位則可新增或編輯齒輪嚙合的連結（以 **C** 開頭編號）。右邊藍框則是各零件的編號與位置（綠色 S0-S3 為主軸、黃色 B0-B4 為軸承、淺藍色 G1-G4 為齒輪，**T** 則為該齒輪的齒數）。右下方綠框則顯示機台名稱（Machine Name）和驅動轉速（Drive Speed）。第一主軸（S0）默認為驅動軸，而最後一個主軸（這裡為 S3）默認為輸出軸。

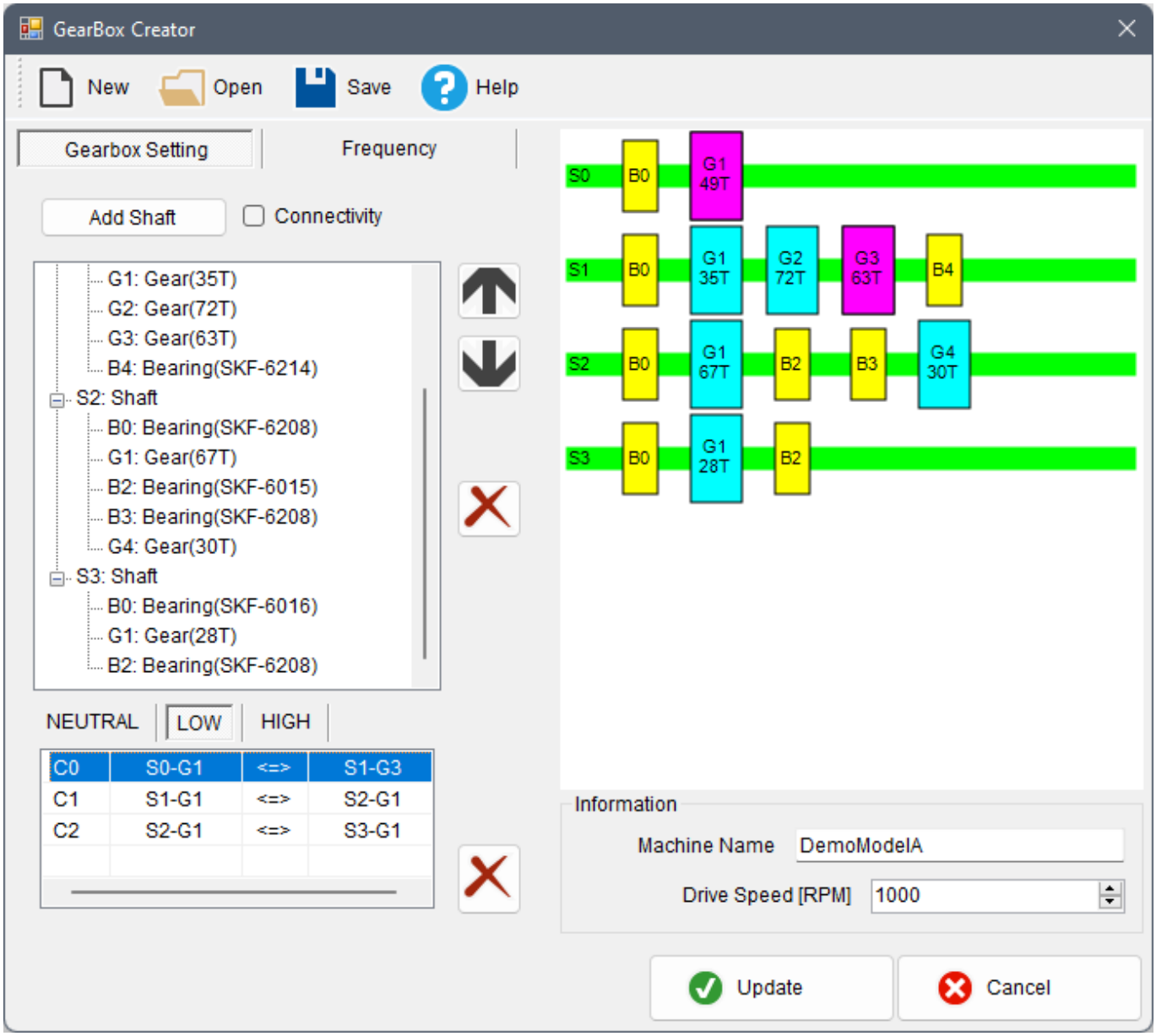
滑鼠雙擊任一齒輪，可從 Spur Gear Setting 修改齒輪齒數：



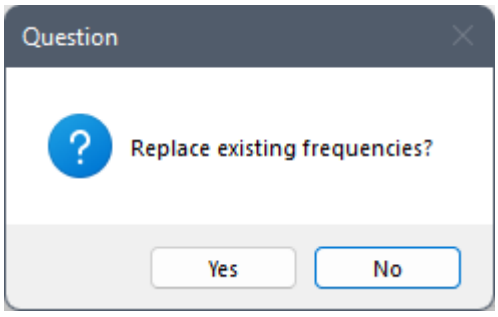
滑鼠雙擊任一軸承，可從 Bearing Setting 選擇軸承型號，或新增自訂型號：



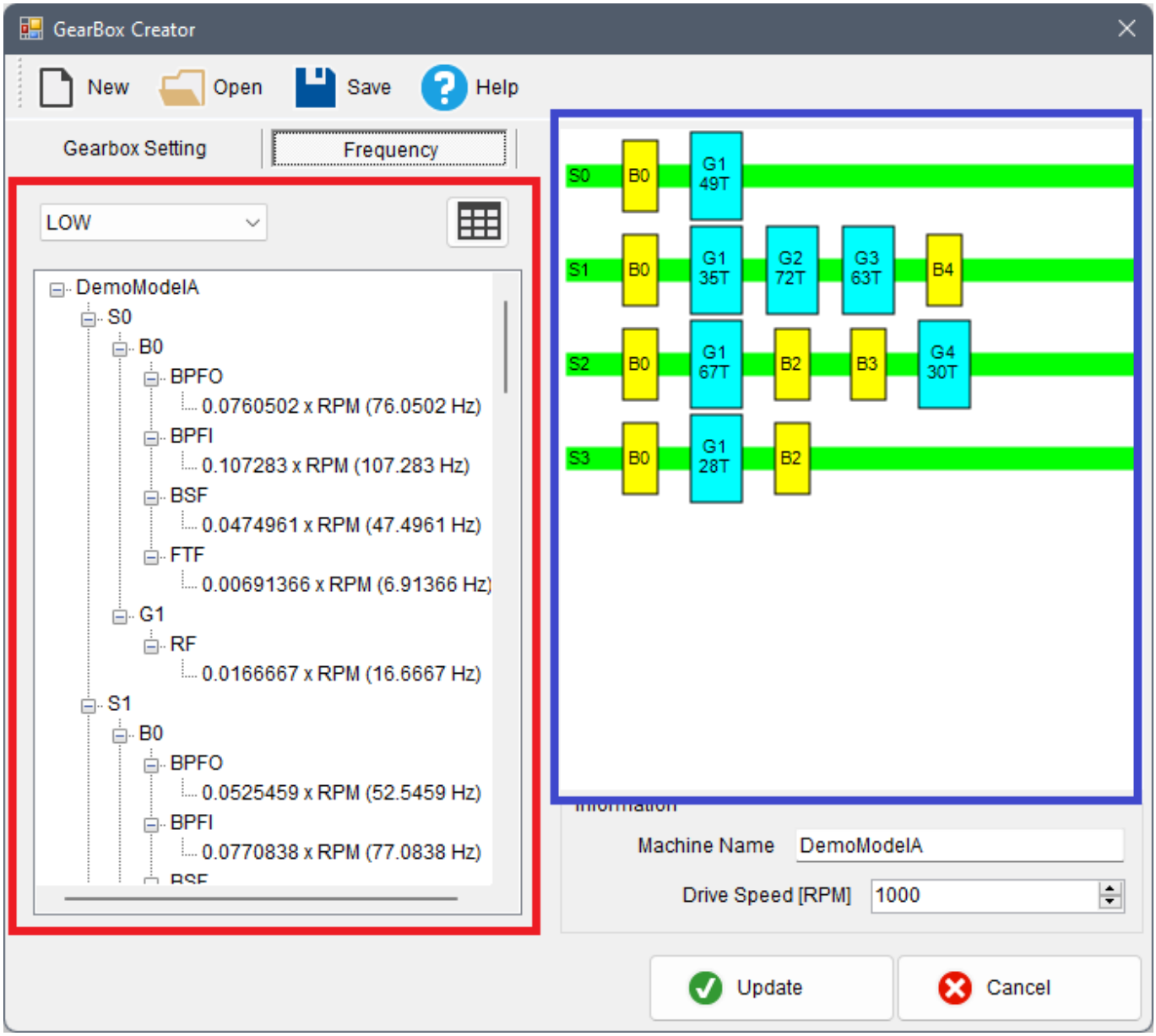
紅框下欄有三種連接設定：NEUTRAL、LOW、HIGH，分別對應三種不同齒輪嚙合檔位。選擇 NEUTRAL 可看到只有 S2 軸的 G1 齒輪對接輸出軸 S3 的 G1 齒輪，驅動軸 S0 空轉。選擇 LOW 則可看到驅動軸 S0 經過齒輪嚙合一直傳送動力至輸出軸 S3。勾選 Connectivity，可設定新的齒輪嚙合設置，所有齒輪的欄位左方會出現勾選的方框，勾選兩個嚙合的齒輪（必須為鄰近兩個主軸的齒輪）後，嚙合的兩個齒輪在右方零件圖中以桃紅色顯示：



此時在紅框上欄上方選擇 Frequency 頁面，即可算出本齒輪箱在 LOW 檔位的連接狀態下各零件及齒輪嚙合處之各種特徵頻率（詳見前文所述）。如果有前一次的計算結果，選擇 Frequency 頁面時會跳出以下對話窗確認是否重新計算，否則會顯示舊的計算結果：



下圖顯示切換至 Frequency 頁面時的狀態：



左側紅框為各零件的轉速及特徵頻率，右側藍框為零件位置。

紅框左上方之下拉選單可以切換不同檔位，點選右方之按鈕 則可開啟 Frequency Viewer，可顯示所有計算出的特徵頻率，如下圖：

Frequency Viewer (LOW)

Drive Speed (S0) 1000

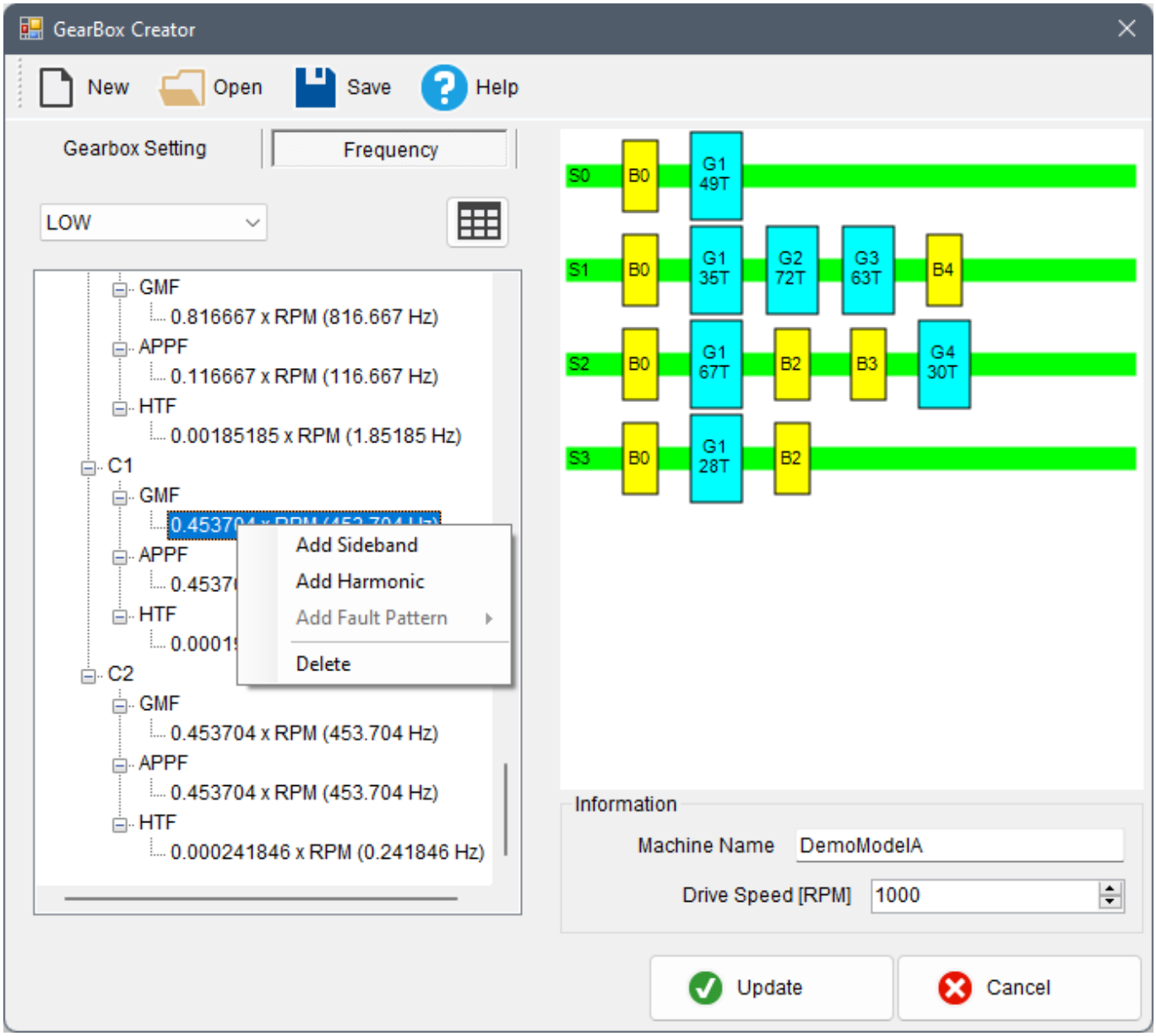
Speed Unit
RPM RPS

#	Location	Component	Name	Frequency [Hz]	Amplitude	Description
1	S0	B0	BPFO	76.0502	1	Ball Pass Frequency of Outer Race
2	S0	B0	BPFI	107.2831	1	Ball Pass Frequency of Inner Race
3	S0	B0	BSF	47.4961	1	Ball Spin Frequency
4	S0	B0	FTF	6.9137	1	Fundamental Train Frequency
5	S0	G1	RF	16.6667	1	Rotational Frequency
6	S1	B0	BPFO	52.5459	1	Ball Pass Frequency of Outer Race
7	S1	B0	BPFI	77.0838	1	Ball Pass Frequency of Inner Race
8	S1	B0	BSF	33.0137	1	Ball Spin Frequency
9	S1	B0	FTF	5.2546	1	Fundamental Train Frequency
10	S1	G1	RF	12.963	1	Rotational Frequency
11	S1	G2	RF	12.963	1	Rotational Frequency
12	S1	G3	RF	12.963	1	Rotational Frequency
13	S1	B4	BPFO	59.1079	1	Ball Pass Frequency of Outer Race
14	S1	B4	BPFI	83.4847	1	Ball Pass Frequency of Inner Race
15	S1	B4	BSF	36.8056	1	Ball Spin Frequency
16	S1	B4	FTF	5.3734	1	Fundamental Train Frequency

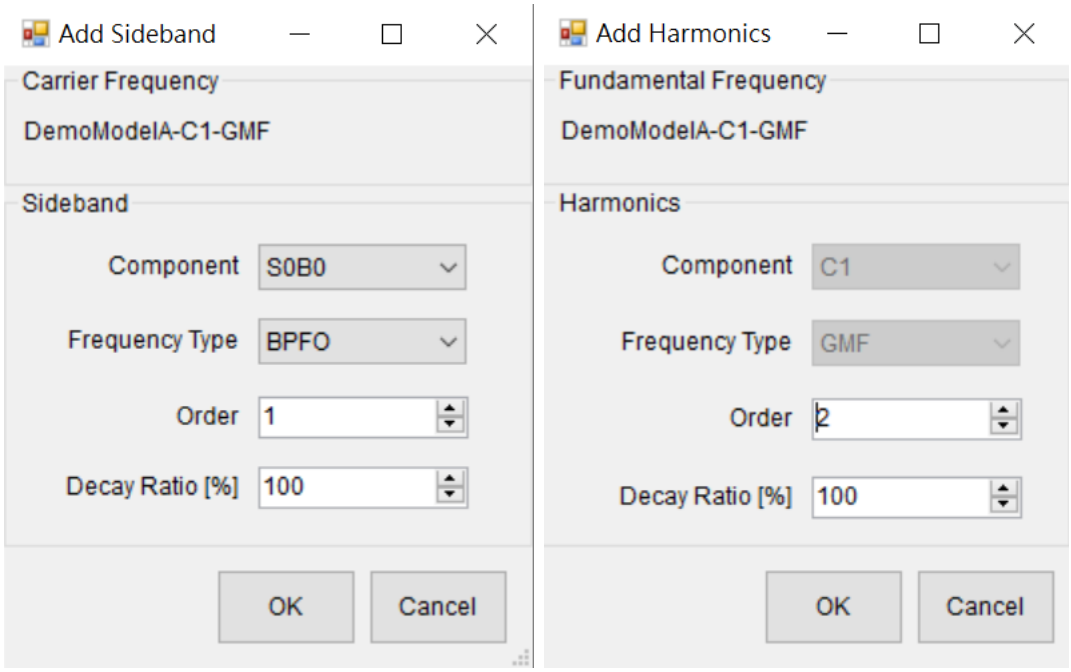
OK

滑鼠單擊 Frequency Viewer 表格上方的欄位名稱，表格會自動按照該欄位的數值大小排序（例如點選「Frequency [Hz]」，便可依照各零件的頻率大小排序，方便找最大或最小值）；點選 圖示，可直接將資料匯出至 Excel 或其他 Spreadsheet 應用程式。

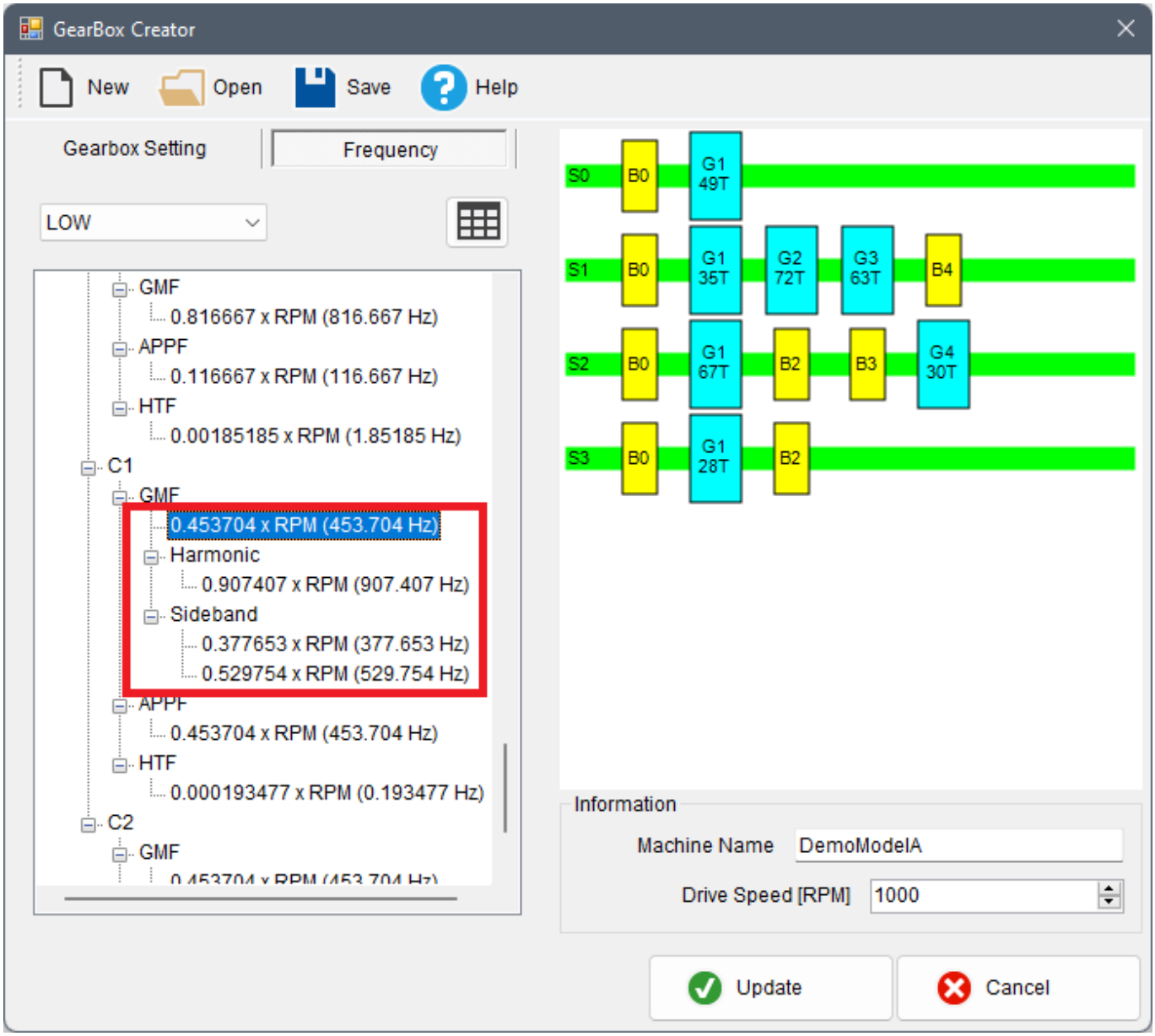
回到齒輪箱設定對話窗主介面的 Frequency 頁面。在頻率顯示欄位上任選一個零件或齒輪嚙合處，在任一特徵頻率上按滑鼠右鍵，可針對該頻率增加邊頻（Sideband）或倍頻（Harmonic）設定，如下圖：



點選 Add Sideband 和 Add Harmonic，會跳出下圖之視窗，設定好參數後按 OK 即可新增。

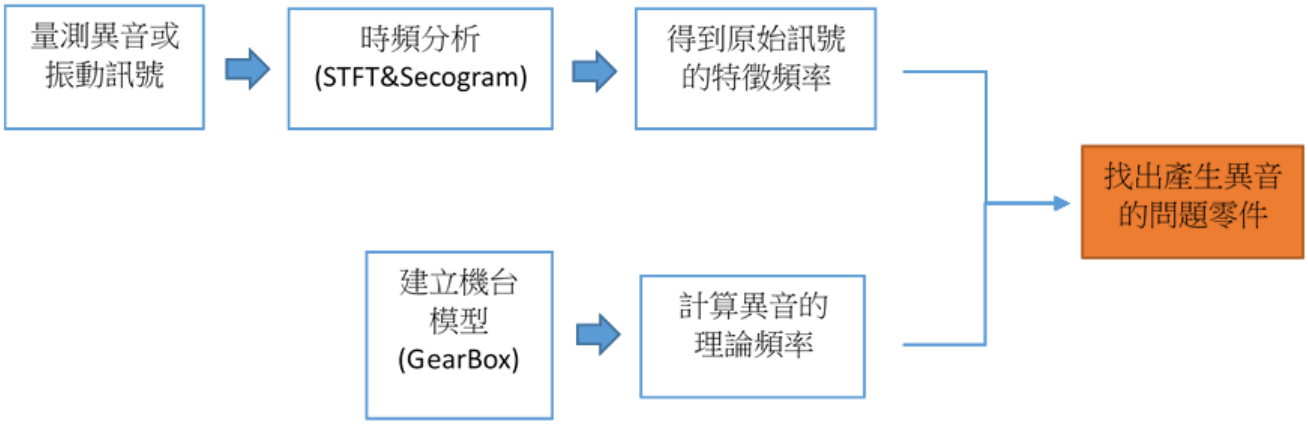


新增的 Sideband 和 Harmonic 會出現在該頻率下方（下圖紅框處）。



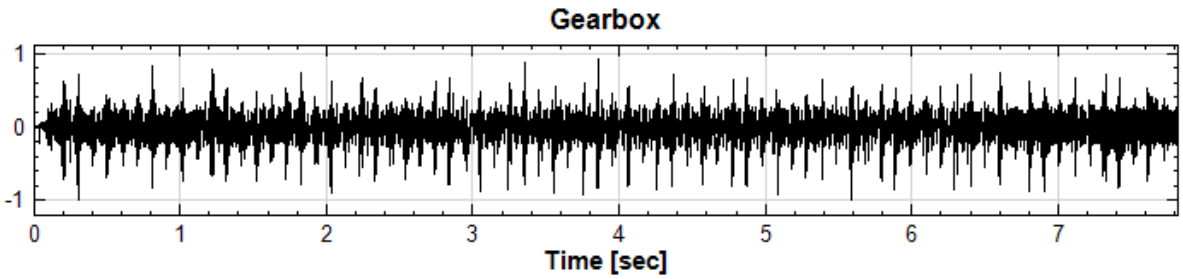
範例

異音分析簡介：當機台因長時間運轉而造成零件磨損，開始產生異常的聲音或振動訊號，藉由分析異常訊號，可以有效率的找出問題零件並加以解決。本案例分析的數據為機台運轉的異音訊號，使用短時傅立葉轉換（STFT）和二次頻譜計算異音的特徵頻率，再使用 GearBox 建立機台模型、計算每個零件的理論頻率，藉由核對兩者的計算結果，讓使用者能快速、有效地找出產生異音的零件。

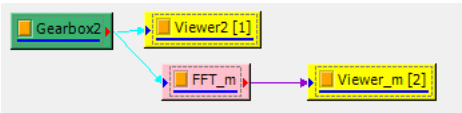


分析步驟：

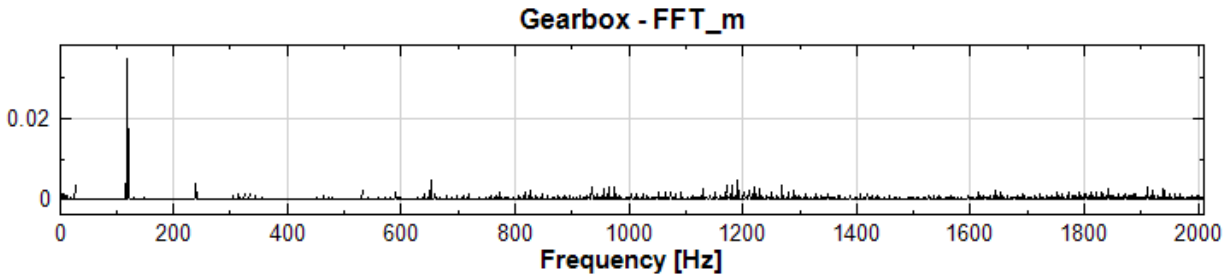
1. 點選 Import Data ，從 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\SVM` 載入音訊檔 `Gearbox.wav`，並用 Viewer / Channel Viewer 顯示。此為一機台運轉時的聲音，其中包含較低頻的異音，按 “Play 鍵” 可撥放此音訊檔。



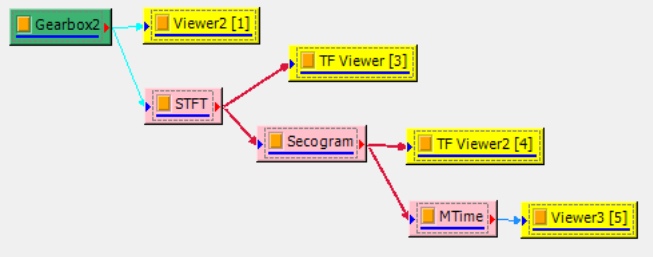
2. 使用 Compute / Transform / Fourier Transform 分析音訊檔 `Gearbox.wav`，並接上 Viewer / Channel Viewer 顯示其計算結果。



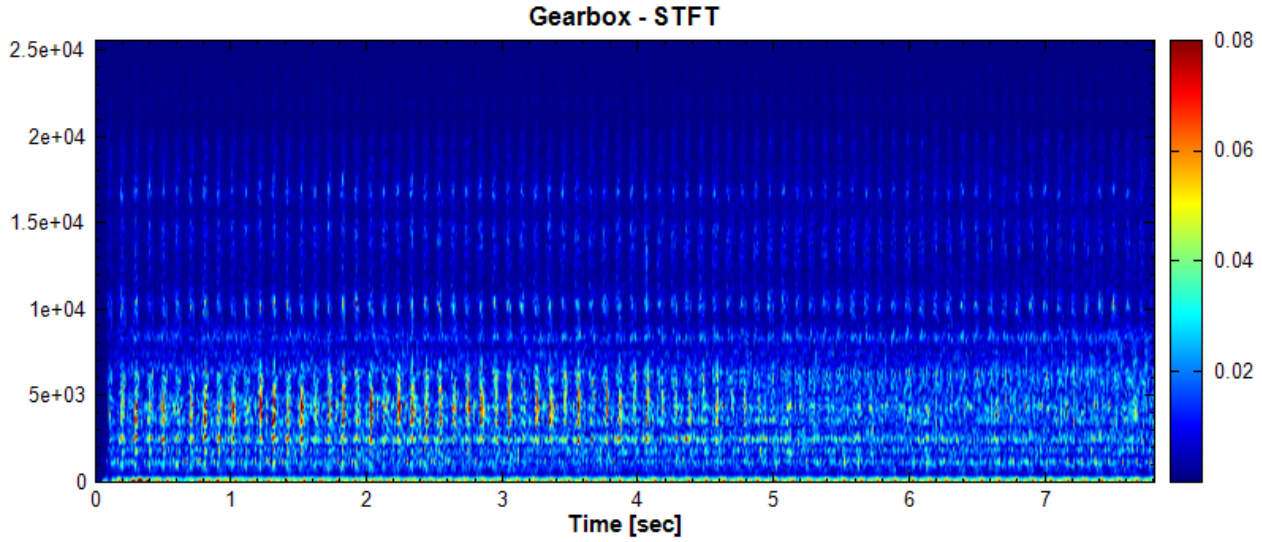
3. 下圖為 Fourier Transform 的分析結果，最高的 peak 其對應頻率約為 120Hz，但異音頻率一般介於 1Hz 到 50Hz 之間，120Hz 並不是異音的頻率；由此可知，Fourier Transform 並非分析異音問題的有效工具。



4. 欲有效分析異音問題，在異音音訊檔後依序接上 Shor-Term Fourier Transform 和 Secogram（兩功能皆位於 Compute / TFA）並皆以 Viewer / Time-Frequency Viewer 顯示，Secogram 後再接上 Compute / TFA / Marginal Time，並以 Viewer / Channel Viewer 顯示。



5. 下圖為 Short Term Fourier Transform 的參數設定和時頻圖，另外可調整 Time-Frequency Viewer 的參數 CMax，改變時頻圖的顏色分布。

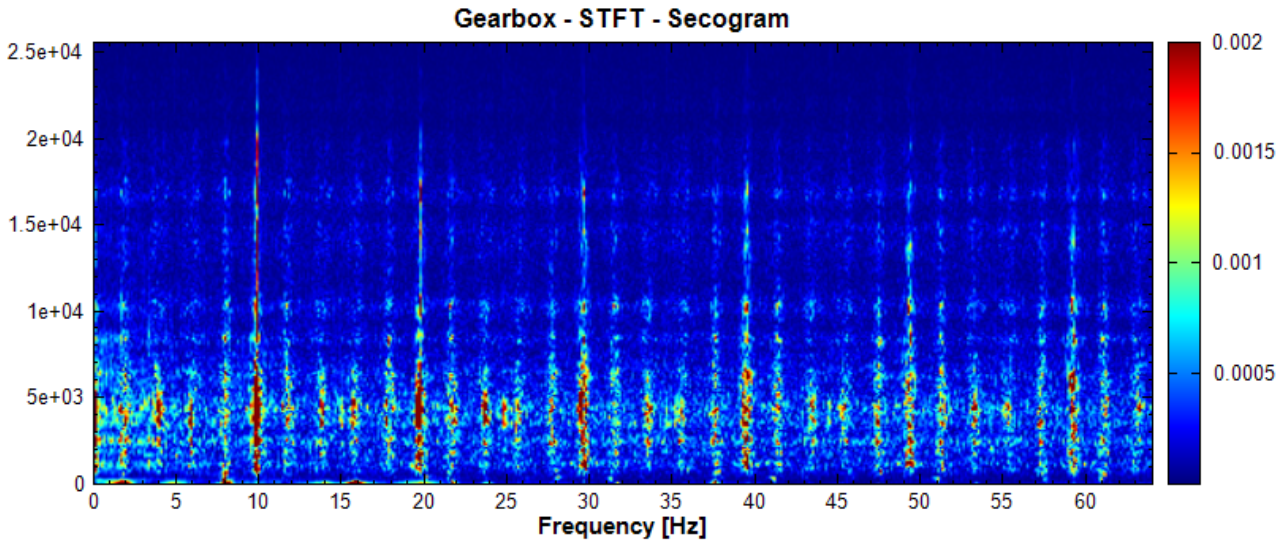


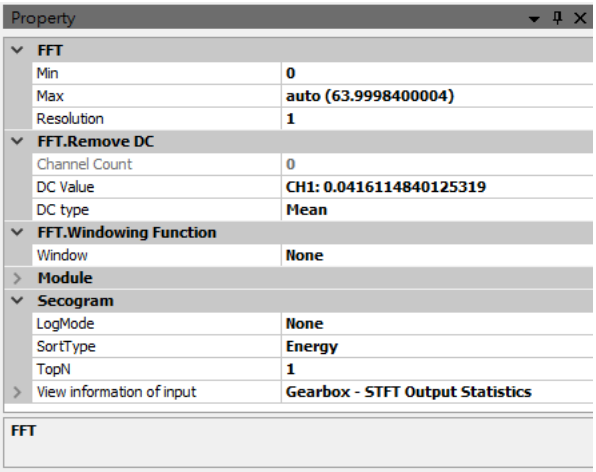
Property

Module	
Remove DC	
Channel Count	1
DC Value	**CH1: 0.00315079376796317**
DC type	**Mean**
STFT	
FreqAxis	**LinearAxis**
FreqMin	**0**
FreqMax	**auto (25600)**
FreqCount	**256**
TimeCount	**1000**
Window	**Gauss**
WindowSize	**500**

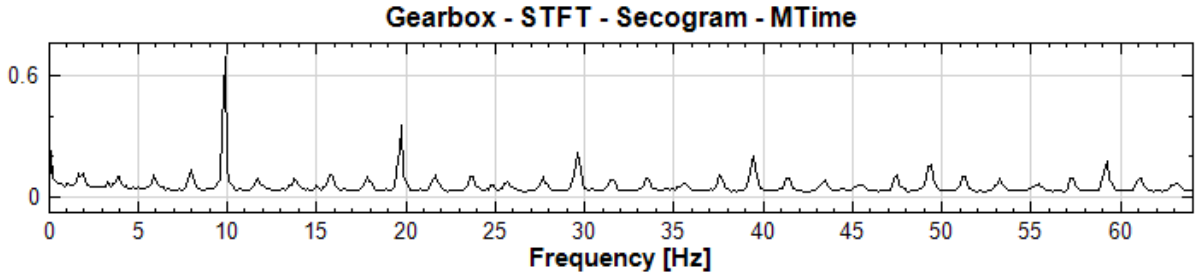
Appearance

6. 下圖為 Secogram 的參數設定和時頻圖，另外可調整 Time-Frequency Viewer 的參數 CMax，改變時頻圖的顏色分布。



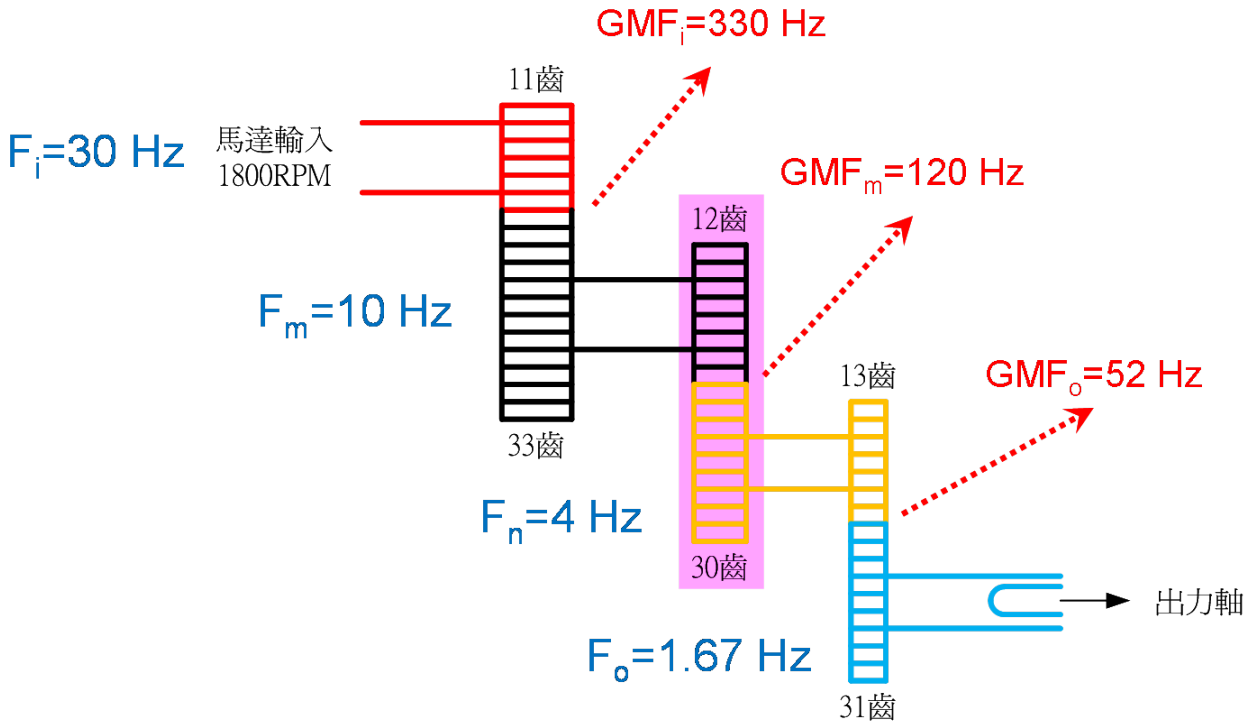


7. 在 Secogram 後接上 Marginal Time，即對原時頻圖的橫軸積分，得到下圖結果；由此結果可看出 10Hz 和 2Hz 的異音問題較明顯。



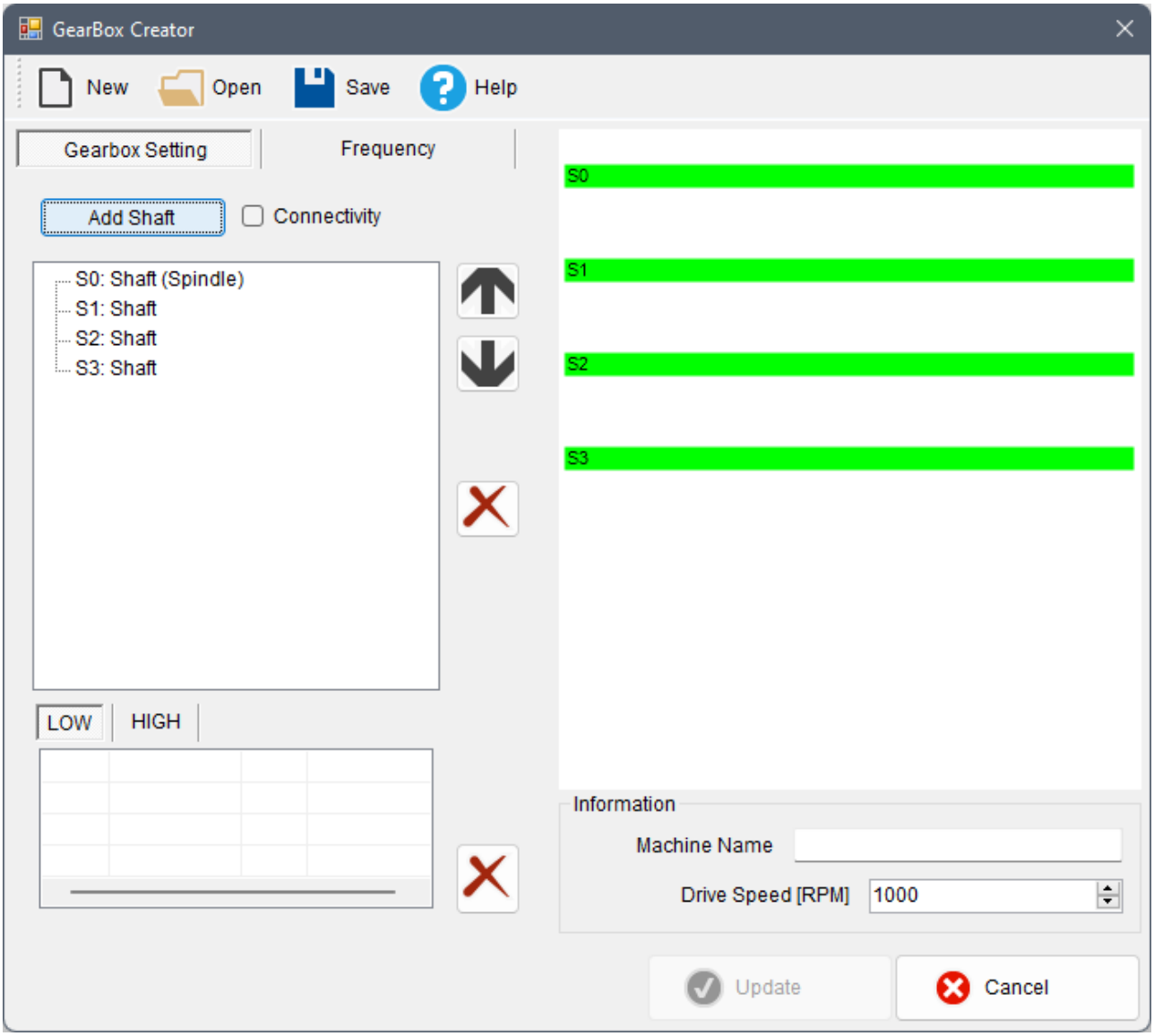
接下來將使用 Compute / Sound Vibration / Gearbox Creator 計算機台每個零件的轉速，找出產生異音的位置。

1. 用 Windows 檔案總管開啟圖檔 `Gearbox.png`（檔案位於 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\SVM`）。此為工具機台構造的簡圖，共有四個主軸和六個齒輪，馬達轉速為 1800RPM；我們可以用 Gearbox Creator 做出此機台的模型，並計算各零件的頻率。

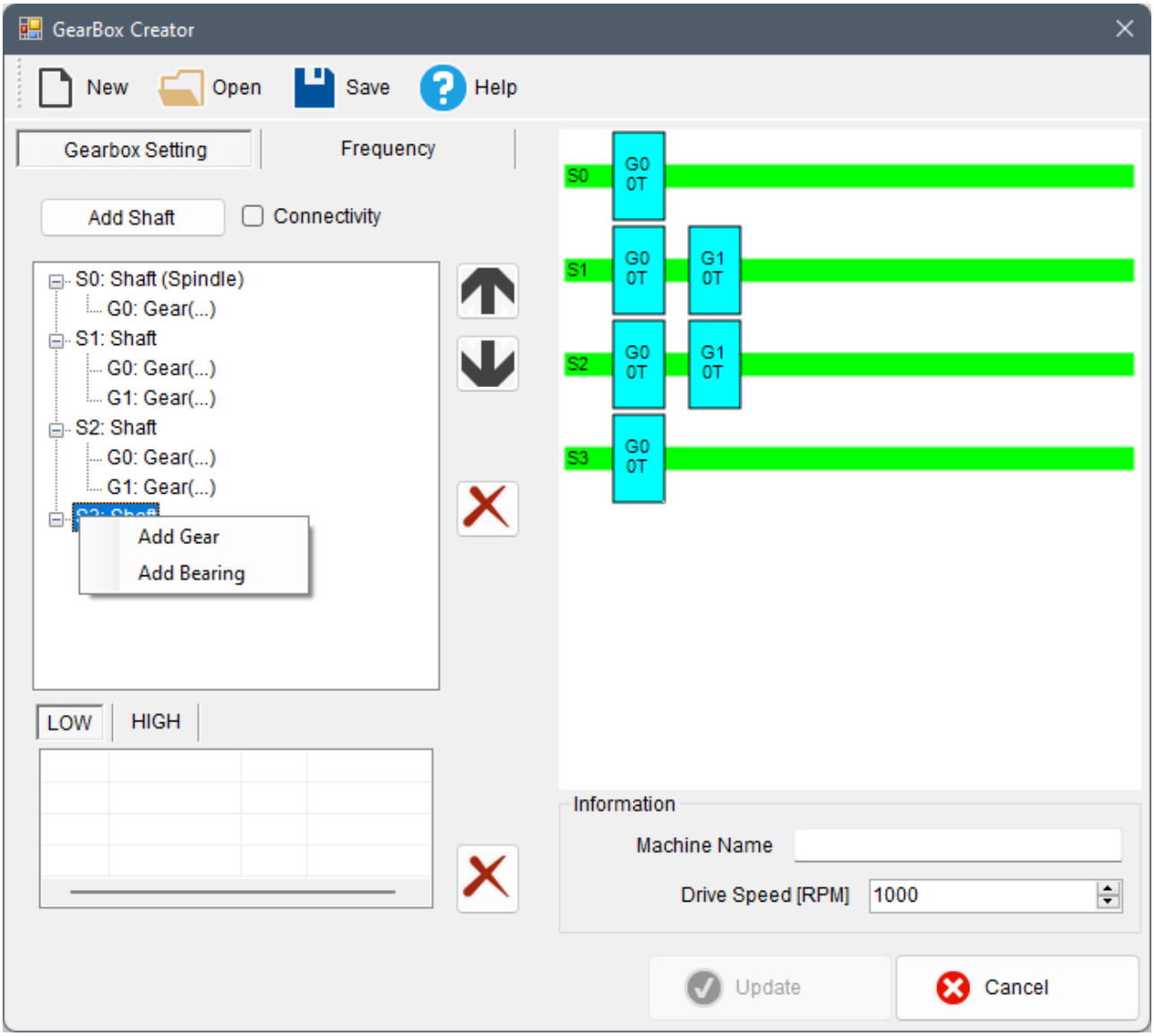


2. 在 Network 視窗空白處，從 Compute / SVM 新增元件 Gearbox Creator，並打開設定視窗。

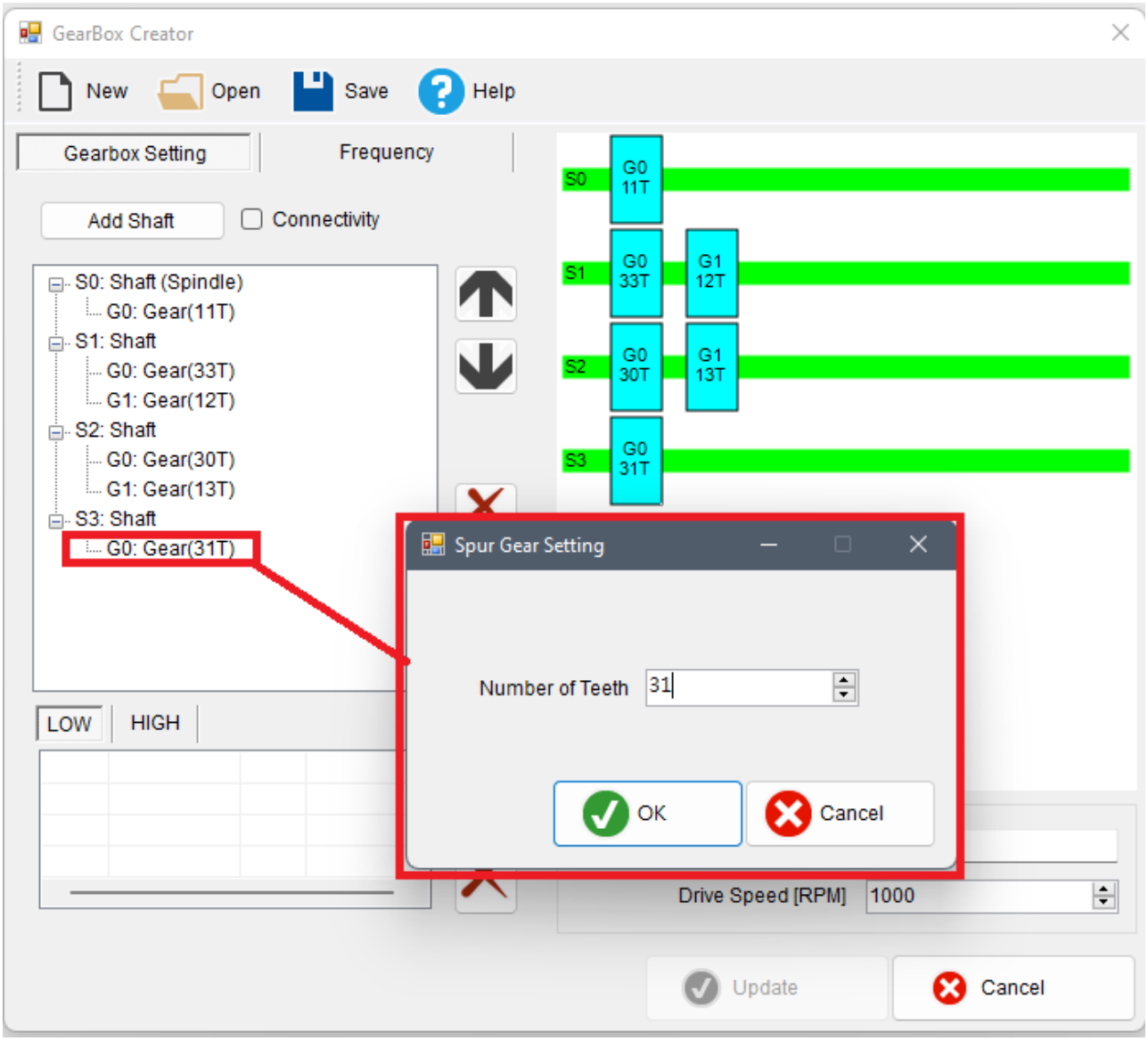
3. 點選 Add Shaft，新增四根主軸：



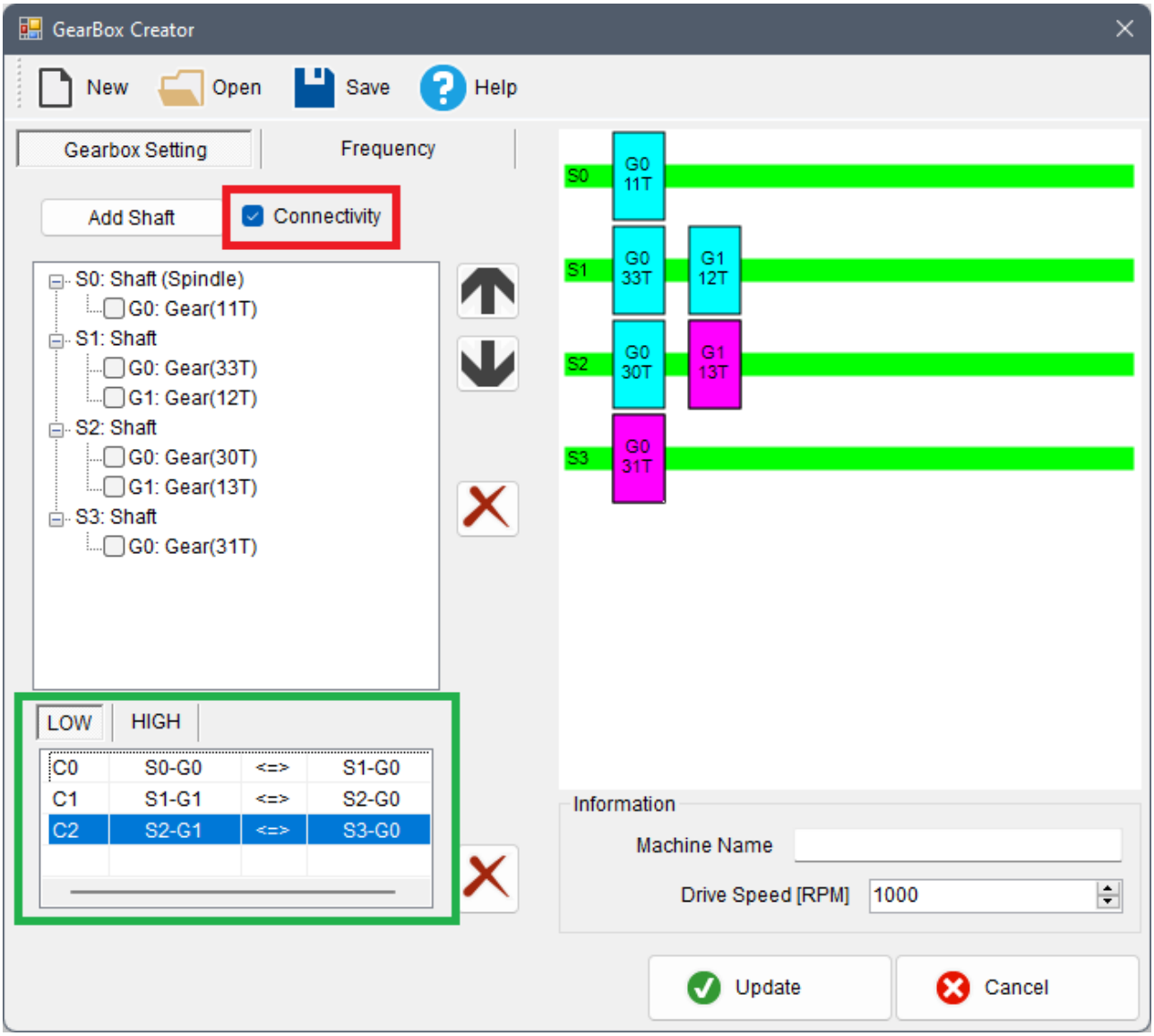
4. 在主軸（Shaft）上按右鍵，選擇 Add Gear 增加齒輪：



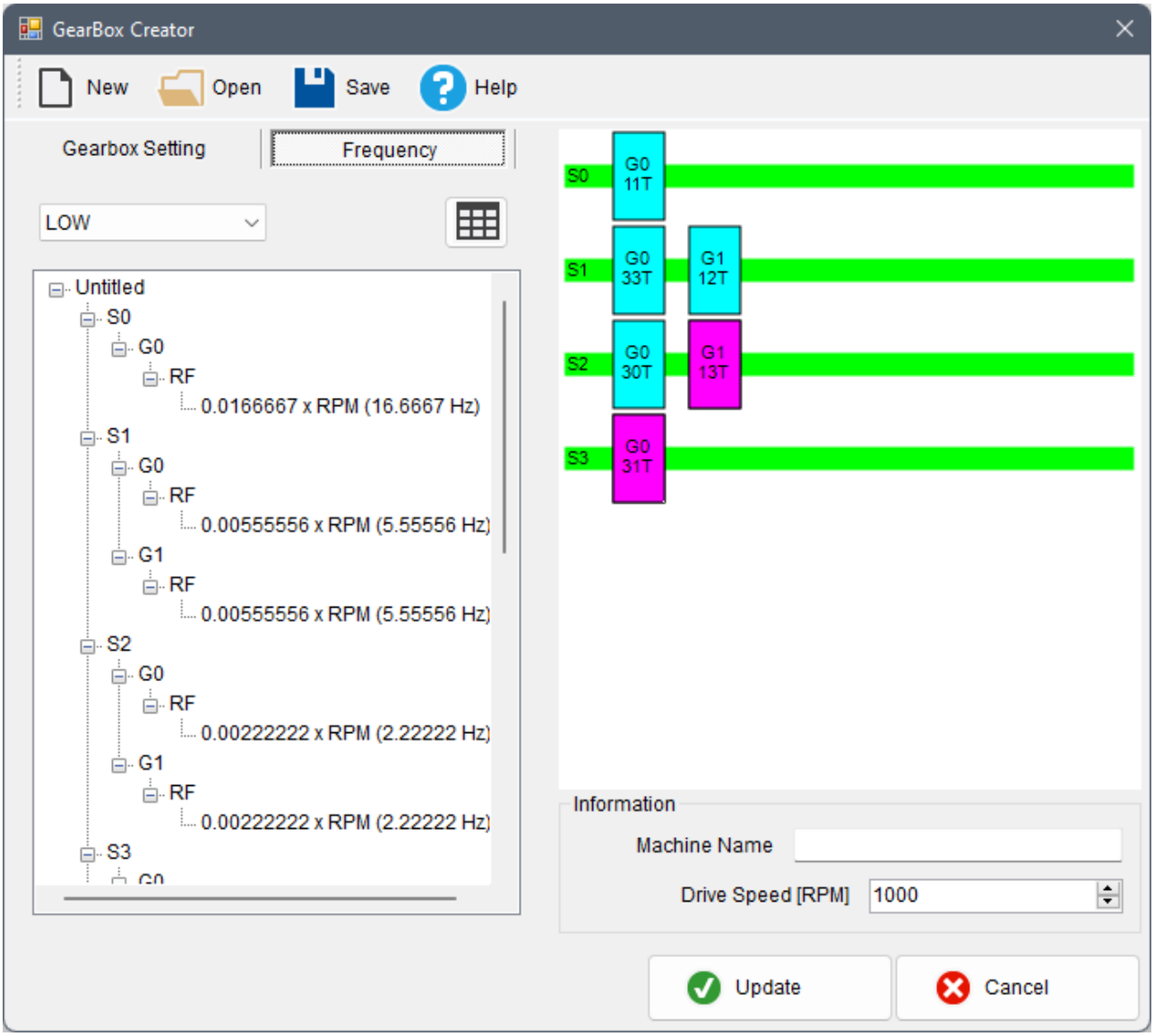
5. 設定齒輪齒數：在齒輪（Gear）上雙擊滑鼠左鍵，輸入該齒輪的齒數：



6. 設定齒輪嚙合：勾選 Connectivity，再勾選兩個互相嚙合的齒輪，被勾選的齒輪會以桃紅色顯示（如下圖藍框處，已設定 G1 和 G0 咬合），設定好的齒輪組合會條列在左下角綠框處，在右側的零件圖中以桃紅色顯示：



7. 切換至 Frequency 頁面，再點選 開啟 Frequency Viewer：



8. 開啟 Frequency Viewer，Drive Speed 輸入 1800 RPM，即可瀏覽每個零件的轉速：

Frequency Viewer (LOW)

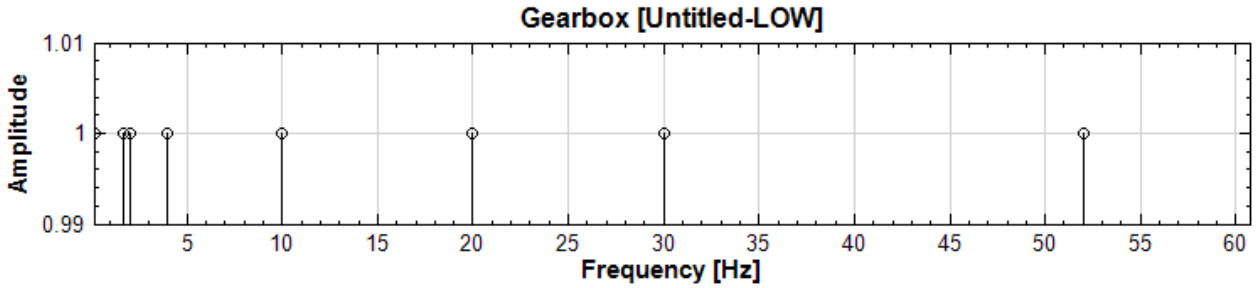
Drive Speed (S0) 1800

Speed Unit: RPM / RPS

#	Location	Component	Name	Frequency [Hz]	Amplitude	Description
15	C2		HTF	0.129	1	Hunting Tooth Frequency
6	S3	G0	RF	1.6774	1	Rotational Frequency
12	C1		HTF	2	1	Hunting Tooth Frequency
4	S2	G0	RF	4	1	Rotational Frequency
5	S2	G1	RF	4	1	Rotational Frequency
2	S1	G0	RF	10	1	Rotational Frequency
3	S1	G1	RF	10	1	Rotational Frequency
9	C0		HTF	10	1	Hunting Tooth Frequency
11	C1		APPF	20	1	Assembly Phase Pass...
1	S0	G0	RF	30	1	Rotational Frequency
8	C0		APPF	30	1	Assembly Phase Pass...
13	C2		GMF	52	1	Gear Mesh Frequency
14	C2		APPF	52	1	Assembly Phase Pass...
10	C1		GMF	120	1	Gear Mesh Frequency
7	C0		GMF	330	1	Gear Mesh Frequency

OK

9. 關閉 Frequency Viewer，在齒輪箱對話窗主介面中點選 Update 後，關閉對話窗，在 Gearbox 元件後接上 Channel Viewer，則可看到各特徵頻率的分布，也可以與前述範例的 `Gearbox.wav` 分析後之實際頻譜比對：



相關指令

Bearing Defect、FFT、Secogram、Marginal Time、Channel Viewer、Time-Frequency Viewer

4.8.13 Rotational Speed

Only in Sound and Vibration Module

Rotational Speed（轉動速度）元件可利用轉動機械之震動訊號萃取出轉速資訊。

理論

一個震動訊號 $X(t)$ 如果是由一轉動機械產生，其震動資訊必然包含機械轉動時的轉動頻率，可由以下運算萃取出：

1. 帶通 FIR 濾波

$$X_{[f_1,f_2]}(t) = FIR_{[f_1,f_2]}[X(t)]$$

$f1, f2$ 為帶通之上下頻率，取其轉速可能變化的頻率範圍，濾掉其他無關頻率。

2. Hilbert 轉換（取 Unwrapped Phase）

$$\theta(t) = Hilbert_{unwrapped\ phase}[X_{[f1,f2]}(t)]$$

Hilbert 轉換可得出訊號之複數解析訊號 $Z(t)$，進而得出相位角變化 $\theta(t)$，如果相位角過 360° 不歸零則為「Unwrapped phase」（詳見【Hilbert Transform】章節說明）。此資料形式方便下一步微分。

3. 微分

$$RotSpeed(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}/360^\circ$$

將相位角微分即得角速度，除上 360° 即得轉速，其單位為 Revolution / 輸入訊號時間單位。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）、Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。各參數定義詳如下方圖表。

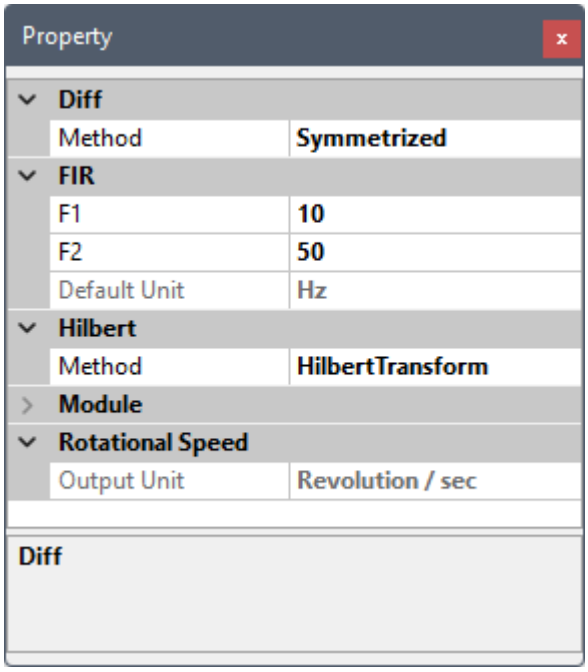


Table 4.104: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Output Unit	顯示輸出單位，基本為「Revolution / 輸入訊號時間單位」	Revolution / sec

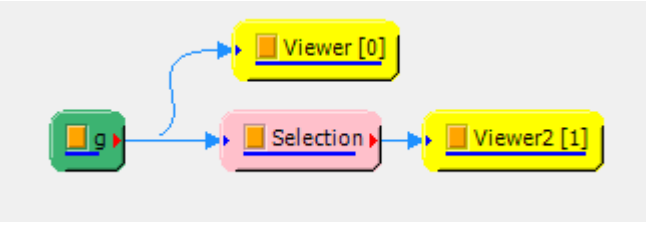
依上述理論說明，本元件嵌入了 FIR 濾波、Hilbert 轉換、及 Diff 微分三種計算元件，其參數設定請參考【FIR】、【Hilbert Transform】、及【Diff】元件說明。如果 Hilbert 轉換設定了「ByEnvelope」模式，Hilbert 轉換之後還會用【Fast Trend Estimator】取低頻趨勢，參數設定請參考元件說明。以下列出元件中固定或預設之參數值：

Table 4.105: 嵌入元件固定參數

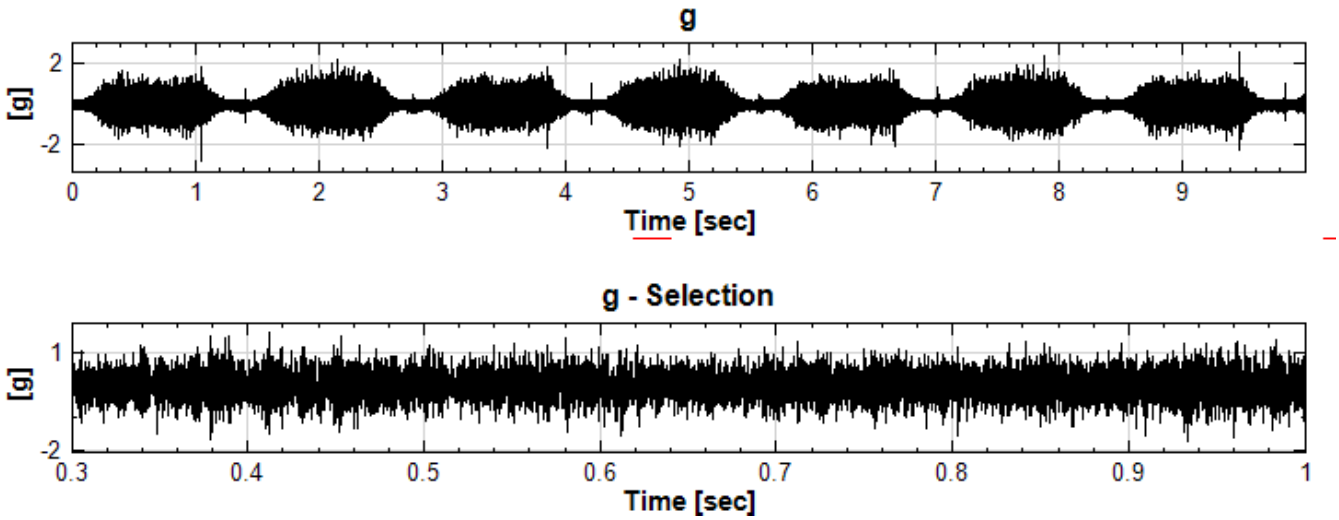
元件名稱	固定參數	固定或預設值
FIR	Filter Type	BandPass
Hilbert Transform	Output Type	UnwrappedPhase
Diff	Padding	First
	Padding Method	Slope
	Normalized	True
FastTrendEstimator	TrendFrequency	$(FIR.F1 + FIR.F2)/10$

範例

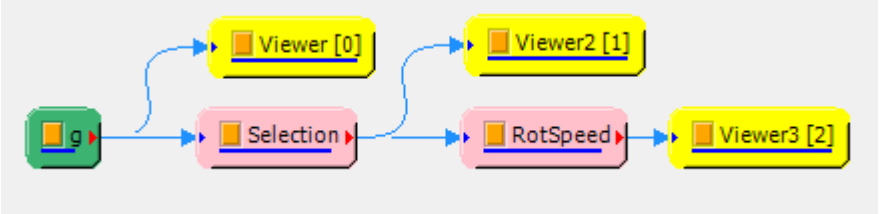
將本章結尾參考資料連結下載之 `rotational.zip` 檔解壓縮後其中轉動機械加速規訊號 `g.vsb` 匯入，用【Data Selection】擷取 0.3 ~ 1.0 sec 的資訊，再接上對應之【Channel Viewer】，其餘參數皆為預設，連接圖如下：



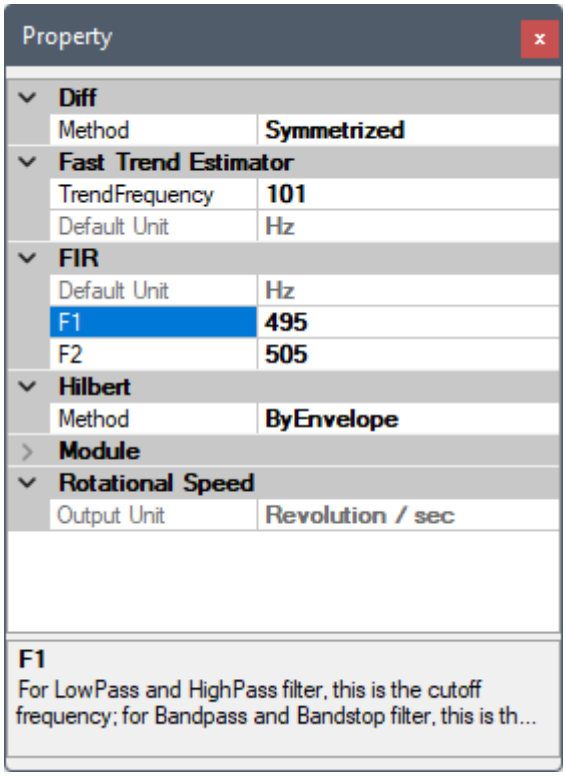
原訊號及 Data Selection 後的訊號圖如下：



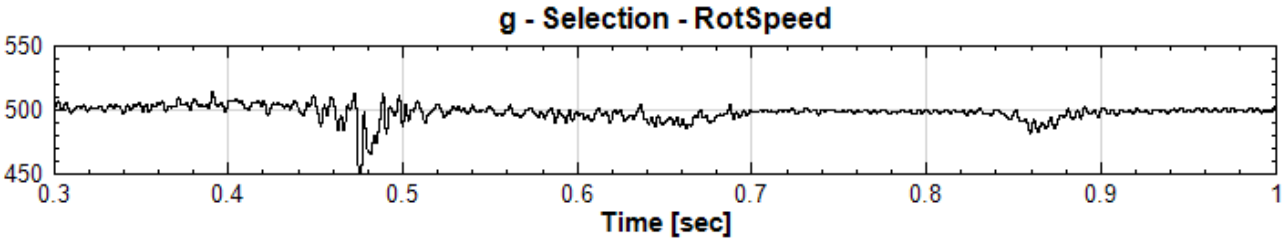
接著在 Data Selection 之後接上本元件及【Channel Viewer】，如下：



由原訊號資料來源我們得知對應之平均轉速可能為 30000 RPM，也就是 500 RPS（Hz），因此實際轉速可能在 500 RPS 上下。將本元件中 FIR 之 F1 及 F2 參數設為 495 及 505 Hz)，如下：



計算後得出由震動訊號自萃出的實際轉速變化：



本元件在實際轉速變動太大時（例如原輸入訊號之實際轉速為由零至最高轉速大幅變動）會產生誤差極大的結果，因此本範例用 Data Selection 擷取一小段震動訊號來計算。另外，因為 FIR 及 Hilbert Transform 的一些特性，在選擇帶通頻率時必須微調，放止微分後得出震盪過大或不合理變動的結果。

相關指令

Data Selection、Channel Viewer

參考資料

轉動機械之加速規以及轉速訊號範例：http://www.ancad.com.tw/VisualSignal/examples/rotational.zip

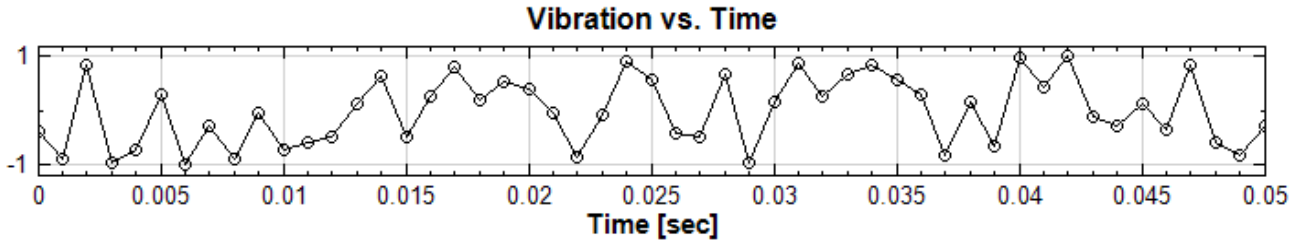
4.8.14 Rotational Correction

Only in Sound and Vibration Module

Rotational Correction（轉速校正）元件可以利用自萃（見【Rotational Speed】元件）或外部連接之轉速資訊校正轉動機械之震動訊號的時間軸，以解決散頻問題。

理論

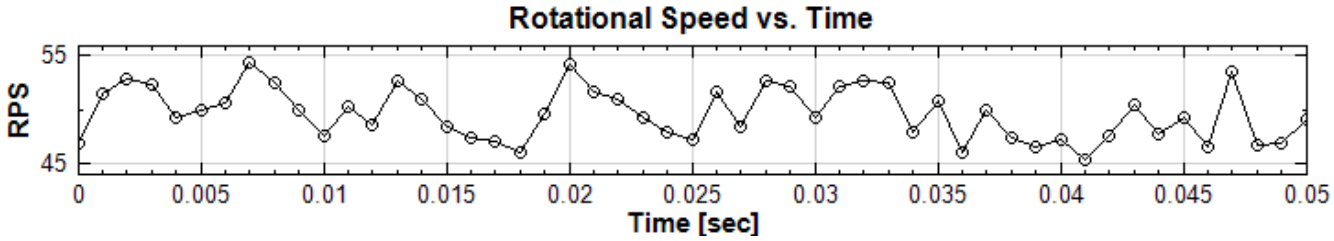
假設有一組旋轉機械之震動訊號如下圖：



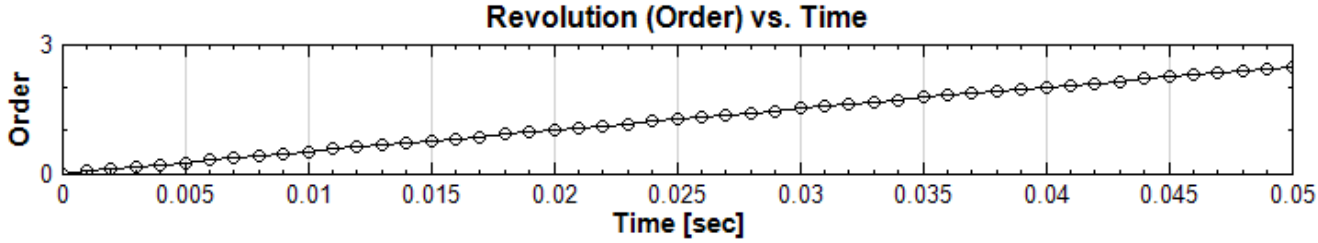
其時間軸為等時間間距 Δt：

$$\Delta t = \frac{1}{\mathcal{S}ample\mathcal{R}ate} = \frac{t_{max}}{(n-1)}$$

其中 t_{max} 為時間軸最大時間，n 為資料長度。此訊號每個時間點有對應的轉速（大約 3000 RPM 或 50 RPS 上下），如下圖：



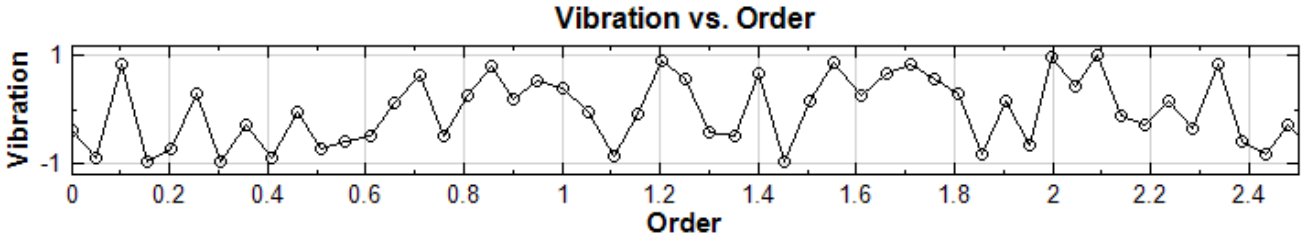
轉速積分後可得轉動圈數（Revolution，也叫做階次 Order，請參考【OrderSpectrogram】章節介紹）隨著時間的變化，如下圖：



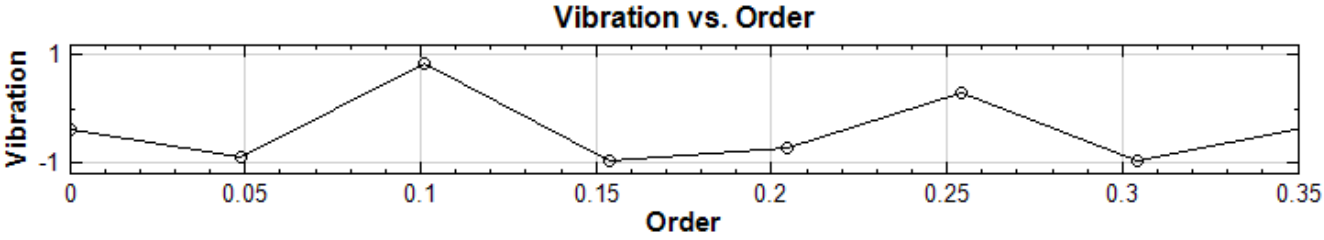
雖然震動訊號的時間軸為等時間間距，但是因為轉速的變化，以轉動圈數（階次）來說則變成不規則階次間距。換句話說，如果在旋轉過程中在每一圈的固定地方有異常震動，如果轉速不是固定的，則異常震動發生的時間則變成不規則，單純以等間隔時間之擷取之震動訊號做時譜分析則會出現散頻現象。

我們可以將原始震動訊號及對應之階次資訊合併：

1. 先確認兩者的時間軸間隔相等（如果不相等則必需用內插法將階次資訊的時間軸調整為與原始訊號的時間軸一樣）
2. 然後以每個時間點之階次資訊為 X 軸，震動訊號為 Y 軸，得出震動 vs. 階次的資訊，如下圖：



如果轉速變化不大，則與原始訊號形狀相差不大，但是仔細比對還是會有細微的差距。放大其中一段訊號可以看見每個點的階次間距並不相同：



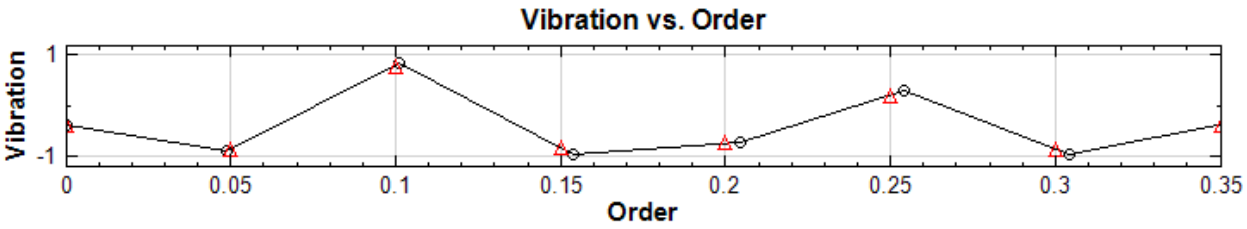
接下來我們可以將此震動 vs. 階次的資訊用內插法轉成等間隔：

1. 先計算出階次間隔 $\Delta order$：

$$\Delta order = \frac{order_{max}}{(n-1)}$$

其中 $order_{max}$ 為階次資訊中最大的階次。

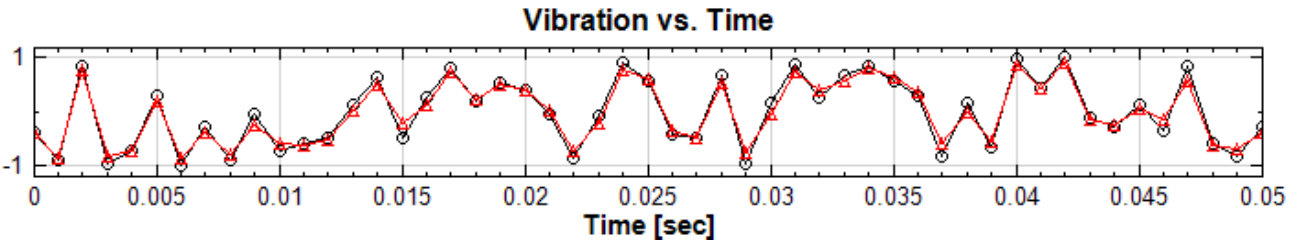
2. 用內插法將最近的資料點移到等階次間隔處，如下圖紅色三角點所示：



最後，假設轉速固定，則每個等間距的階次與原始訊號等間距的時間間隔為線性關係：

$$\mathcal{R}evSpeed_{fixed} = \frac{\Delta order}{\Delta t}$$

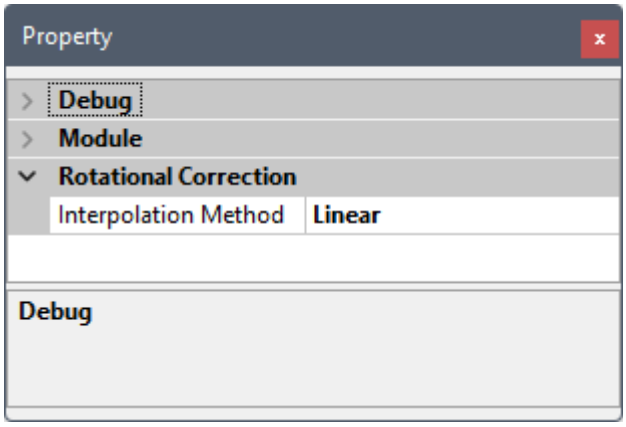
我們可以直接將內插後的震動訊號的 X 軸直接替換為原始時間軸，得出校正後的震動訊號，如下圖紅線：



參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）、Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。各參數定義詳如下方圖表。

單輸入（只有震動訊號）參數：



雙輸入（震動訊號 + 轉速資訊）參數：

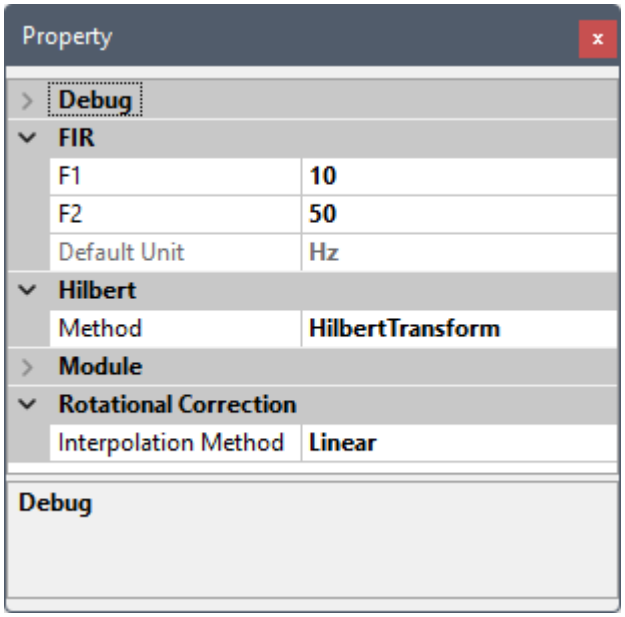


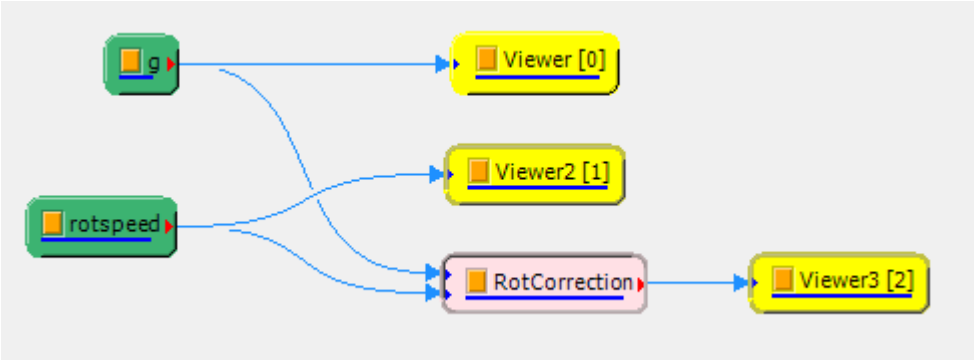
Table 4.106: 參數說明

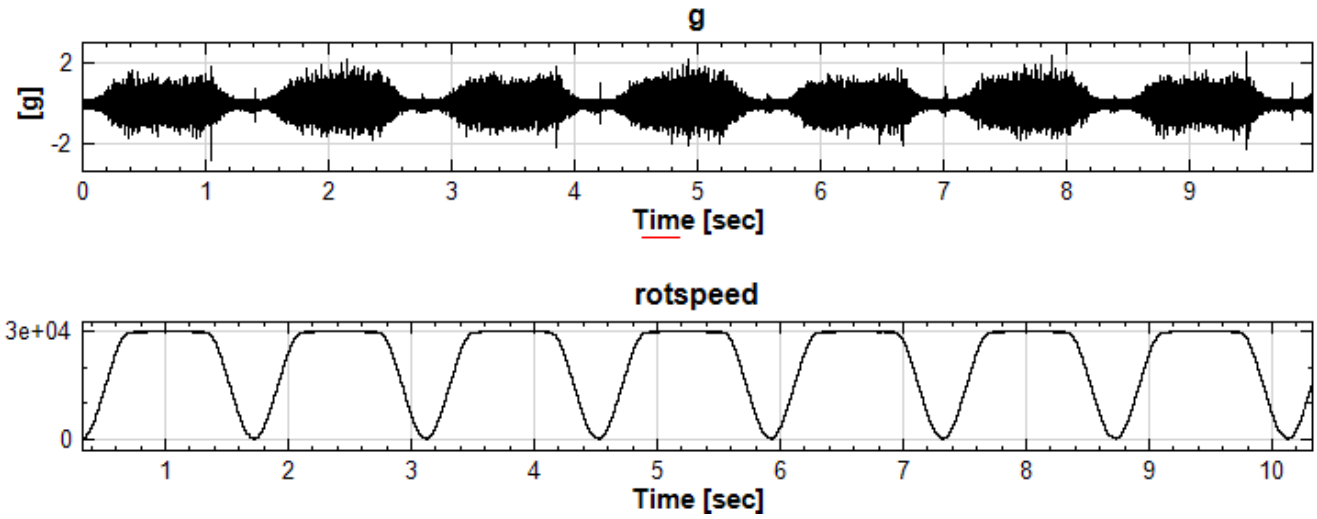
參數名稱	參數定義	預設值
Interpolation Method	選擇時間軸校正內插法： • Nearest • Linear • Spline • MonotonicCubic	Linear

如果只有一個輸入，即無外部轉速資訊，則本元件會自動啟動自萃轉速計算，嵌入【FIR】、【Hilbert Transform】、【Diff】、【Fast Trend Estimator】等元件計算，其參數設定請見【Rotational Speed】章節以及各嵌入元件章節說明。

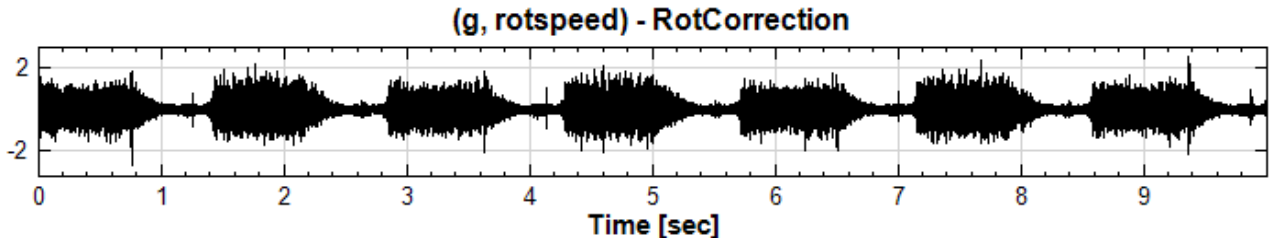
範例

將本章結尾參考資料連結下載之 `rotational.zip` 檔解壓縮後其中轉動機械加速規訊號 `g.vsb` 以及對應之轉速資訊檔 `rotspeed.vsb` 匯入，並接上本元件，以及個別對應之【Channel Viewer】，如下：

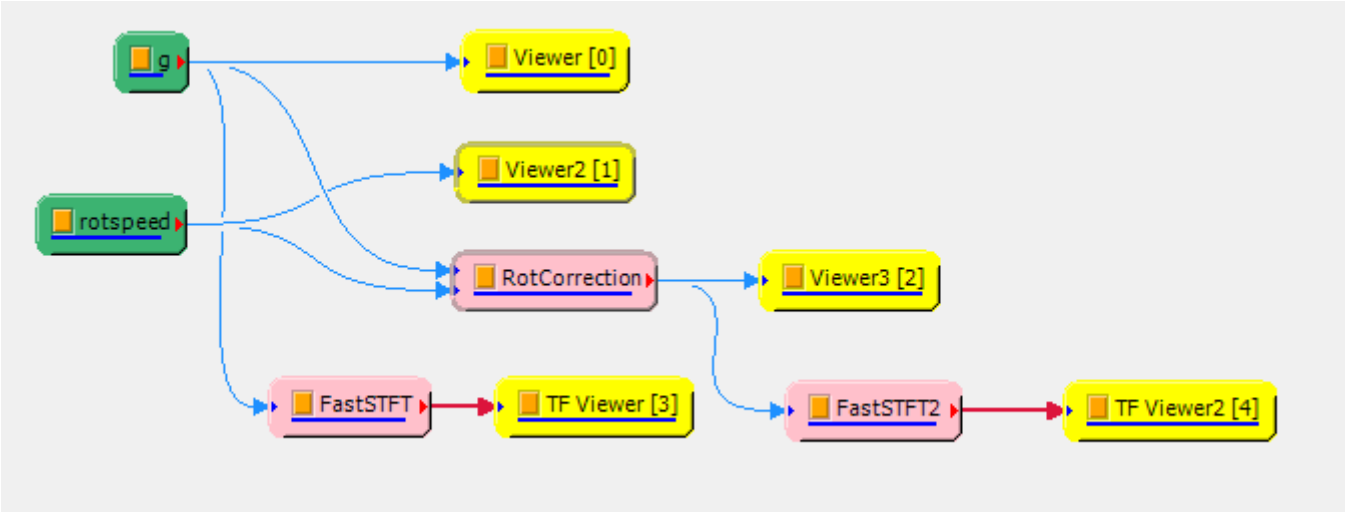




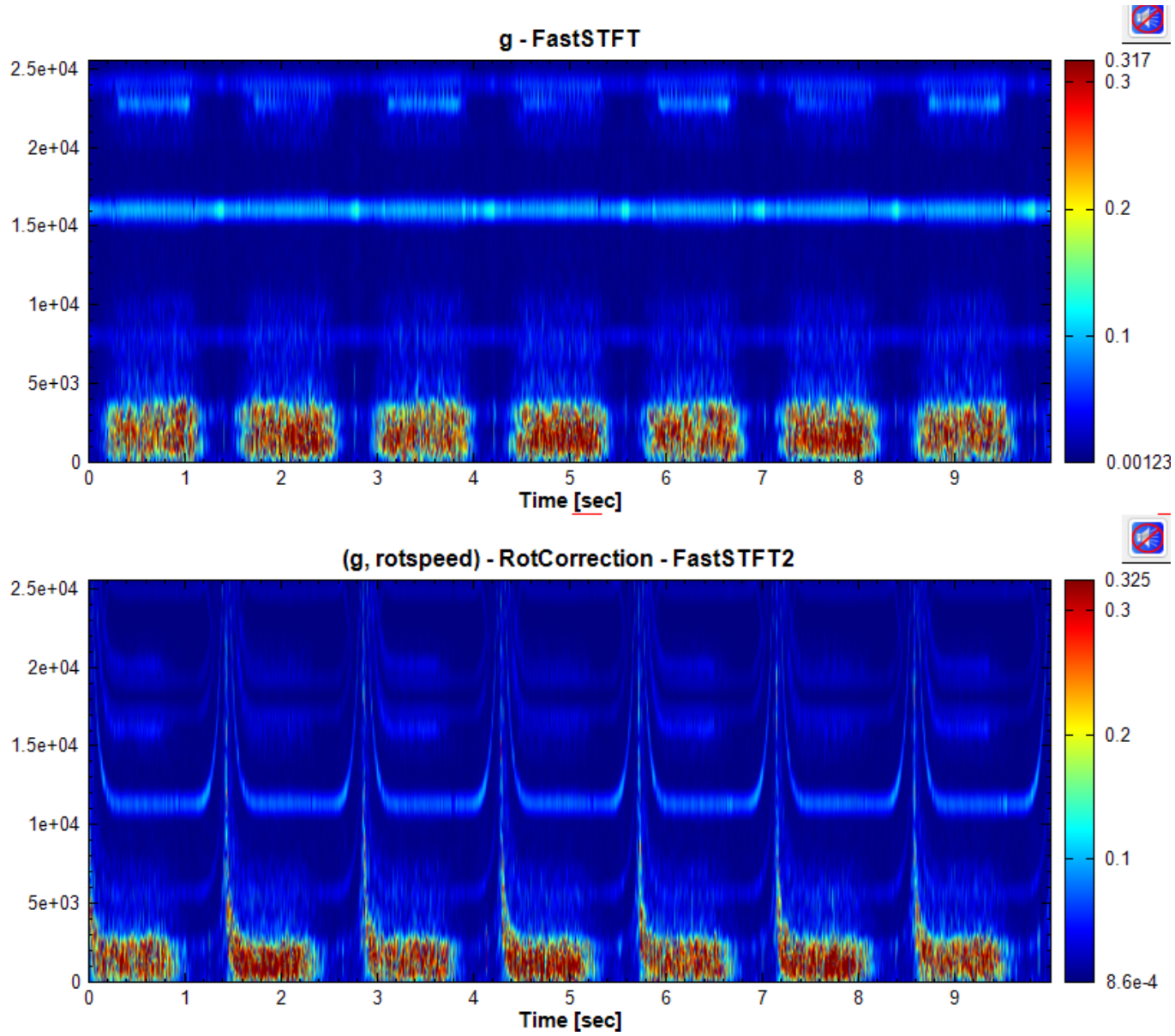
可以看到轉速在 0 ~ 30000 RPM 之間變動。本元件校正後之震動訊號如下：



將原始震動訊號以及校正後之訊號都接上【FastSTFT】以及【TF Viewer】，如下圖所示：



可以很明顯看出兩者的差別：



校正後的震動訊號因為解決了散頻問題，在時頻圖中可以看到更多動態的細節。

相關指令

Rotational Speed、Channel Viewer、FastSTFT、TF Viewer

參考資料

轉動機械之加速規以及轉速訊號範例：http://www.ancad.com.tw/VisualSignal/examples/rotational.zip

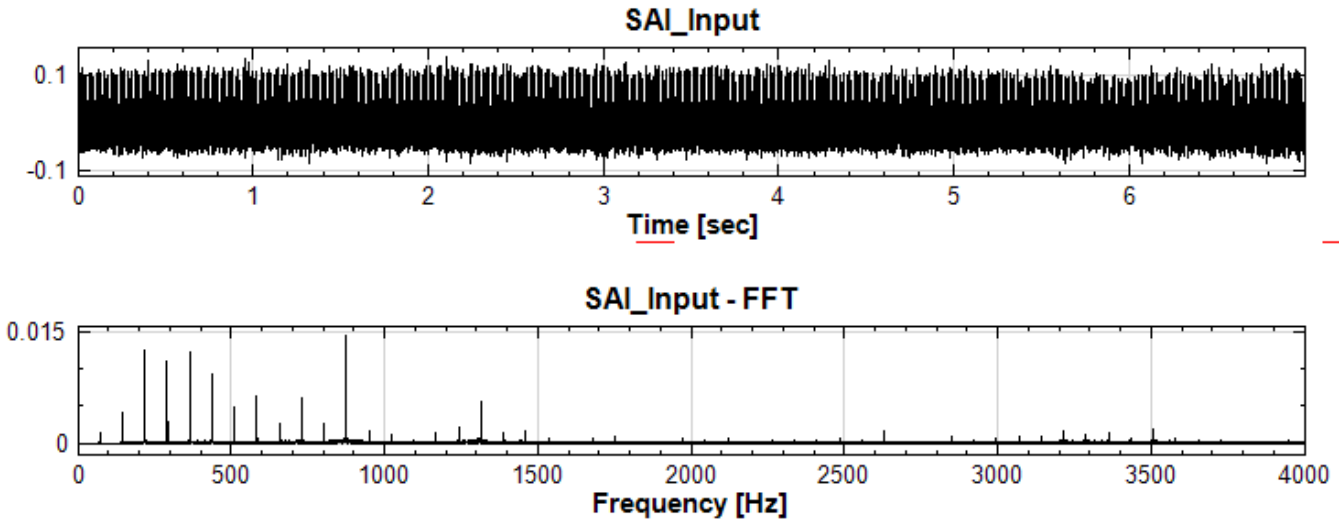
4.8.15 Sound Anomaly Index

Only in Sound and Vibration Module

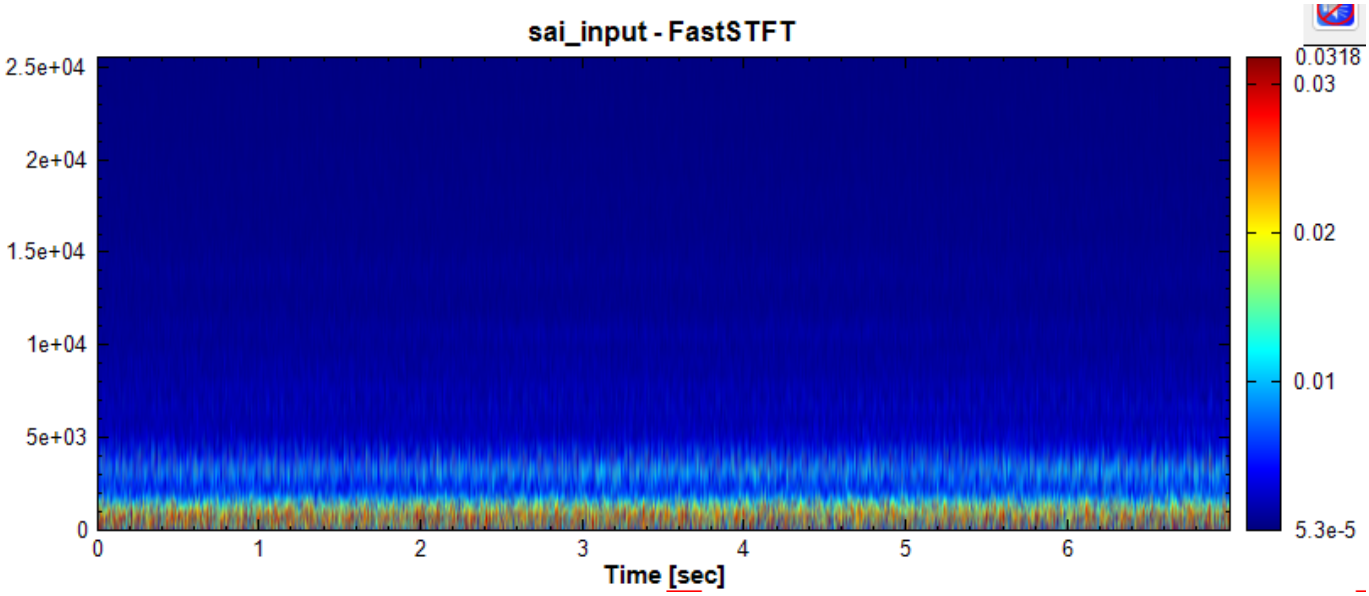
Sound Anomaly Index（異常聲音指數 SAI）是一個判斷聲音訊號中是否出現異常的指數。

理論

假設有一聲音訊號及其 FFT 頻譜如下，(可由本章結尾參考資料連結中取得)：



用【FastSTFT】取其時頻圖（Freq Count 設為 240，Time Count 設為 6704，WindowSize 設為 1280），如下圖：



由此複數時頻資訊 $X_{t,f}$ 之能量累加可估算出訊號總能量 E_T：

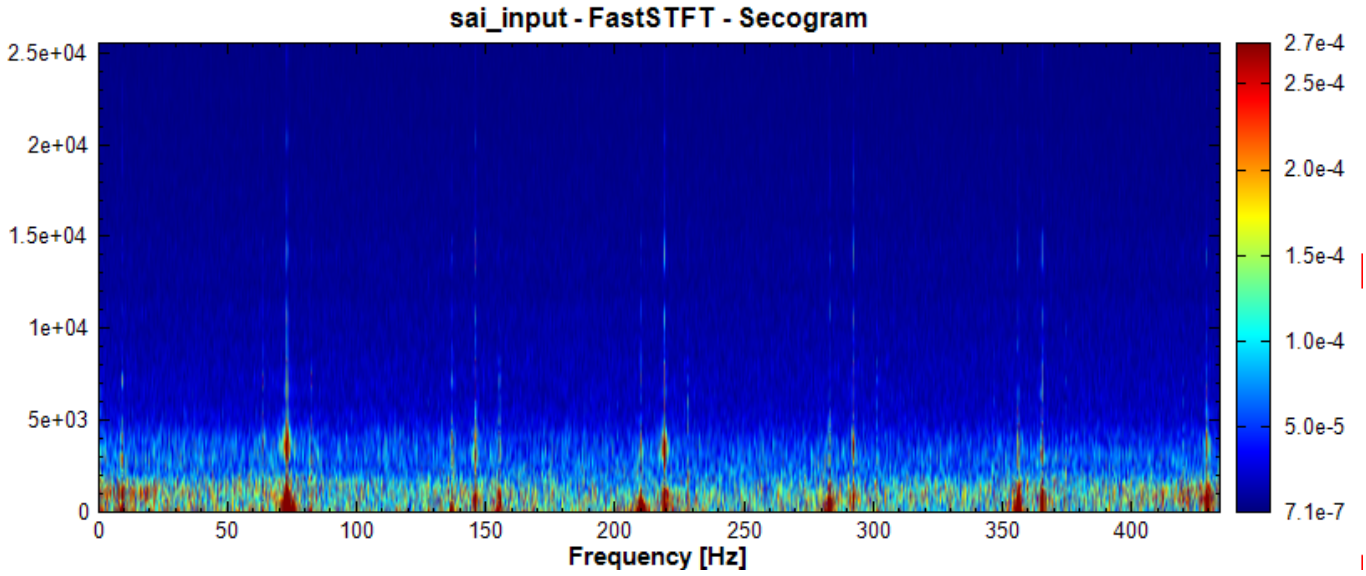
$$E_T = \sum_t \sum_f |X_{t,f}|^2 / m$$

其中 m 為時頻資訊之時域資料長度，$|X_{t,f}|^2$ 為時頻複數值之能量：

$$|X_{t,f}|^2 = \mathcal{R}e\{X_{t,f}\}^2 + \mathcal{I}m\{X_{t,f}\}^2$$

從以上訊號可以看出有規律性的異音，但是其頻譜及時頻圖中夾雜其他頻率，並無法分辨出哪個頻率是屬於異常聲音。不過，我們知道取其二次頻譜（請參考【Secogram】章節說明）可以抓出時頻資料中每個頻率段中發生有規律性訊號的頻率分布，如果每個頻段都發生同樣的分布，也就是說有一個或多個跨頻譜的有規律性的訊號，我們可以將之定義為異常訊號，將其能量做縱向累加（請參考【Marginal Time】章節說明）便可以放大這個異常訊號，同時其他正常訊號的頻率在累加的過程中則其比例相對縮小。

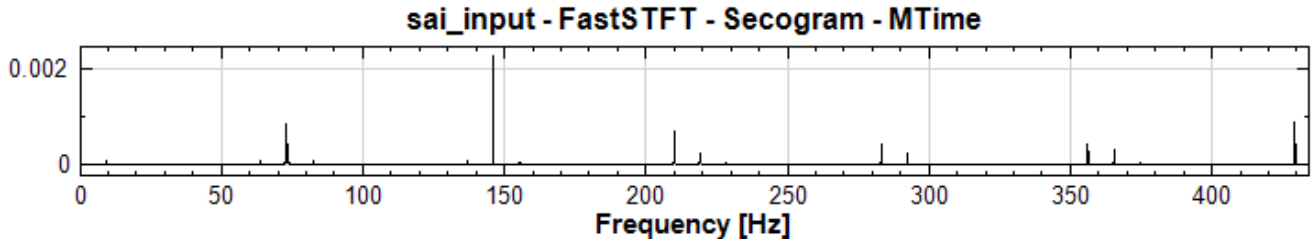
如上述，我們利用 Secogram 可得出二次頻譜 $\mathcal{S}ec_{f',f}$ ，可看到二次頻譜之異常峰值，如下圖：



再用 Marginal Time 將二次頻譜之能量做縱向累加（MarginalMethod 設為 `PowerSpectrum`），可得將異常峰值比例放大的頻譜 $\mathcal{MT}$：

$$\mathcal{MT}_{f'} = \sum_{f} |\mathcal{S}ec_{f',f}|^2$$

得出如下圖：



將此頻譜累加可以得到異常值放大的能量 E_{SAI}：

$$E_{SAI} = \sum_{f'} \mathcal{MT}_{f'}$$

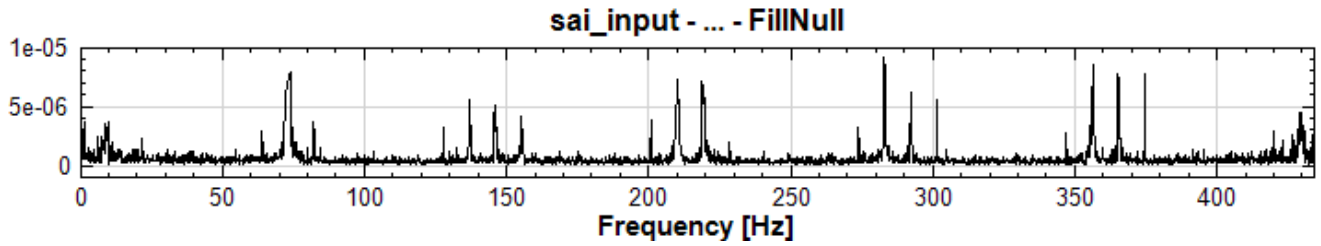
並計算出相對於上面時頻資訊估算出之總能量之百分比，可得出第一個指數 $\mathcal{SAI}$：

$$\mathcal{SAI} = \frac{E_{SAI}}{E_T} \times 100$$

此時我們可以設一異常峰值之閾值（觀察二次頻譜圖可以設大約為 10^{-5}），利用【ReplaceValue】(Condition Expression 設為 `y>1E-5`，Replace Value Type 設為 `Null`) 及【FillNull】(FillMethod 設為預設之 `Linear`)，移除 Marginal Time 之異常峰值：

$$\mathcal{MT}'_{f'} = \mathcal{F}ill\mathcal{N}ull(\mathcal{R}eplace\mathcal{V}alue(\mathcal{MT}_{f'}))$$

得出如下圖：



將此頻譜累加可以得到移除異常峰值的能量 E_{ugly}：

$$E_{ugly} = \sum_{f'} \mathcal{MT}'_{f'}$$

並計算出相對於上面時頻資訊估算出之總能量之百分比，可得出第二個指數 $\mathcal{SAI}_{ugly}$：

$$\mathcal{SAI}_{ugly} = \frac{E_{ugly}}{E_T} \times 100$$

最後，將兩個能量相減可得異常峰值之能量，並得出第三個指數 $\mathcal{SAI}_{intermittent}$：

$$\mathcal{SAI}_{intermittent} = \frac{E_{SAI} - E_{ugly}}{E_T} \times 100$$

以上演算可以寫成以下 DoMatlab 程式，並依序輸入下列資料：

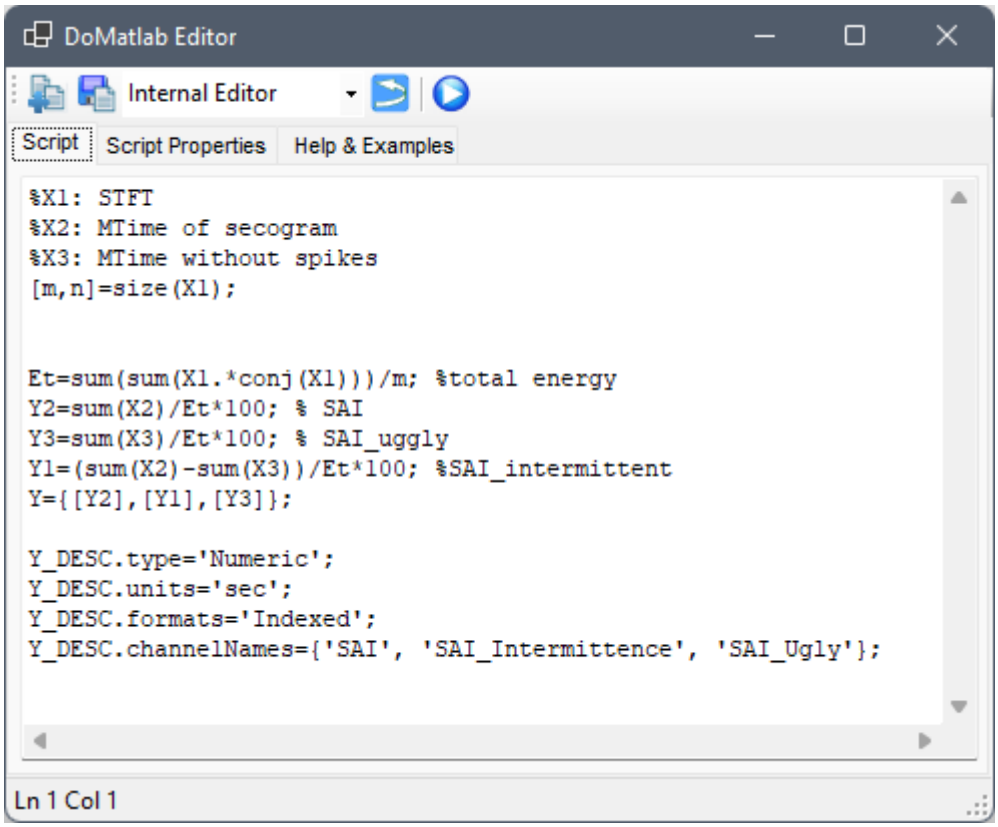


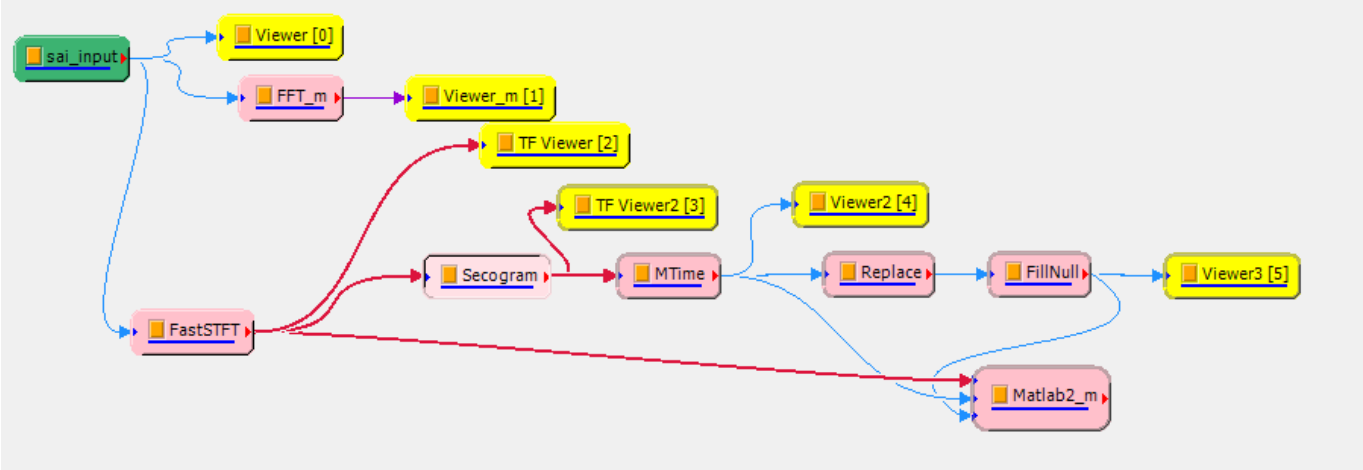
Table 4.107: DoMatlab 輸入資料

Input	Data
Input 1	$X_{t,f}$
Input 2	$\mathcal{MT}_{f'}$
Input 2	$\mathcal{MT}'_{f'}$

用【DataViewer】觀看可以看到計算出之三個指數：

SAI	SAI_Intermittence	SAI_Ugly
72.3073	57.6613	14.646

以上運算可以用一個元件連結圖總結：



本元件將以上運算整合為一個元件，接受一聲音或震動訊號並輸出三個指數。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）、Regular 的訊號（Signal）及聲音訊號（Audio）輸入。各參數定義詳如下方圖表。

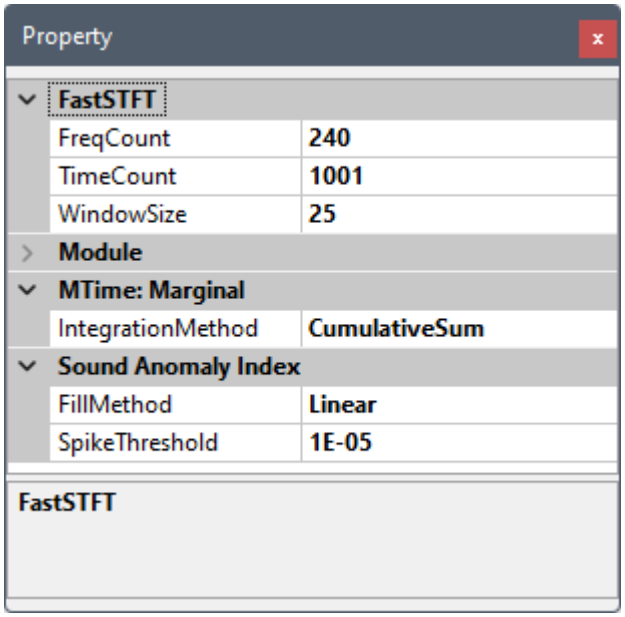


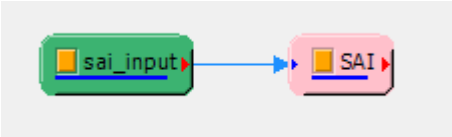
Table 4.108: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
FillMethod	替換異常值方法，見【FillNull】元件說明	Linear
Spike Threshold	上述理論中中判斷為異常峰值的閾值，即【ReplaceValue】中 Condition Expression y>V_{th} 之 V_{th} 值。	1E-5

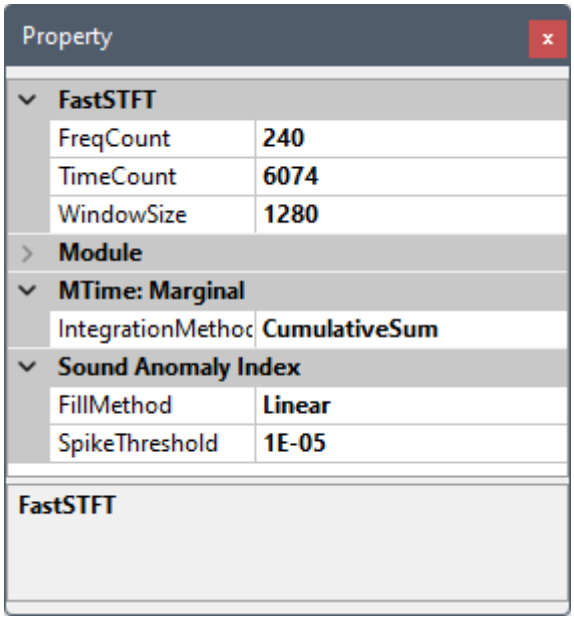
依照上文理論中提到的的 STFT 及 Marginal Time 步驟，本元件還嵌入了【FastSTFT】、【Secogram】、【Marginal Time】、【ReplaceValue】、【FillNull】等元件，其參數設定請參閱各元件章節說明。Secogram 之參數皆固定為預設值，因此未開放給使用者設定。

範例

將以下參考資料連結下載之 `sai_input.vsb` 匯入，並接上本元件，如下：



參數設定如下：



結果可由【DataViewer】觀看，跟上面理論章節中範例得出相同的數值：

SAI	SAI_Intermittent	SAI_Ugly
72.3073	57.6613	14.646

相關指令

FastSTFT、Secogram、Marginal Time、Channel Viewer、TFA Viewer

參考資料

範例聲音訊號：http://www.ancad.com.tw/VisualSignal/examples/sai_input.zip

4.8.16 ISORMS

Only in Sound and Vibration Module

有別於【RMS】元件，ISORMS 是用 ISO-10816/20816 規範（見本章結尾參考資料）計算加速度訊號之震動速度 RMS 值。

理論

假設有一長度為 n 之震動**加速度**訊號 $A = \{a_0, a_1, \dots, a_{n-1}\}$，其頻譜之震幅可由 FFT 計算為：

$$F_A = \{a_{f_0}, a_{f_1}, \dots, a_{f_{m-1}}\}$$

其中 a_f 為 各頻率之複數震幅 z_f 之絕對值：

$$a_f = |z_f| = \sqrt{\mathcal{R}e\{z_f\}^2 + \mathcal{I}m\{z_f\}^2}$$

而 $F = \{f_0, f_1, \dots, f_{m-1}\}$ 則為其對應之頻率，m 為頻譜長度。

依照 ISO-10816/20816-1 規範，**震動速度**的 RMS 值可以由以下算式計算：

$$v_{rms} = \frac{10^3}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{a_0}{f_0}\right)^2 + \left(\frac{a_1}{f_1}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{a_{m-1}}{f_{m-1}}\right)^2}$$

本元件利用滾動窗（請見【Rolling Window】章節說明）計算每個滾動窗的 v_{rms} 值：

$$V_{rms} = \{v^0_{rms}, v^1_{rms}, \dots, v^{N-1}_{rms}\}$$

其中 N 為滾動窗數目，此處 n 則為每段滾動窗的長度。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單 (Single Channel)、多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 及聲音訊號（Audio）輸入。各參數定義詳如下方圖表。

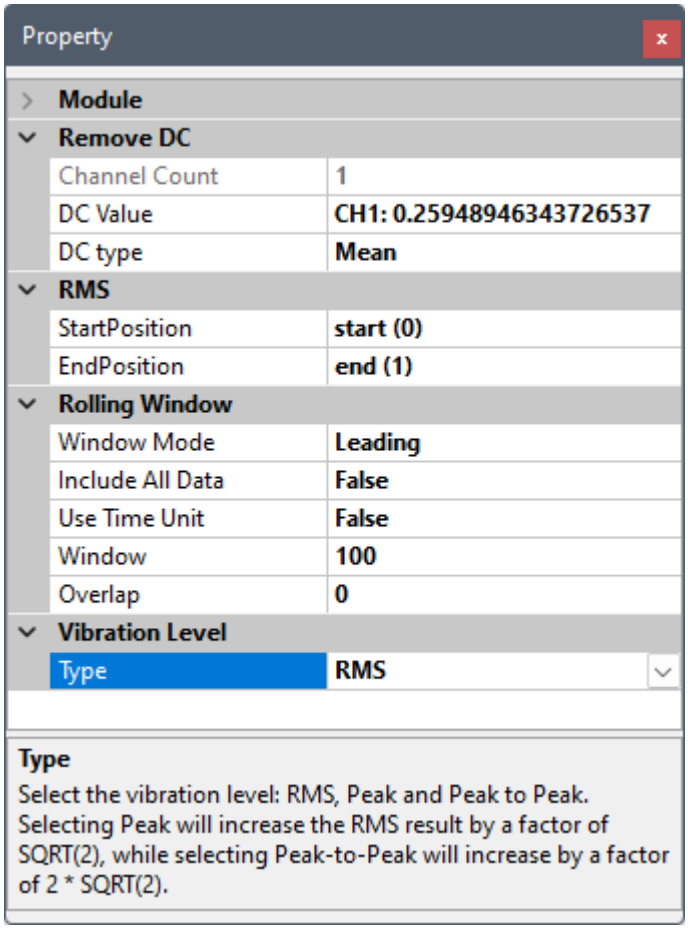


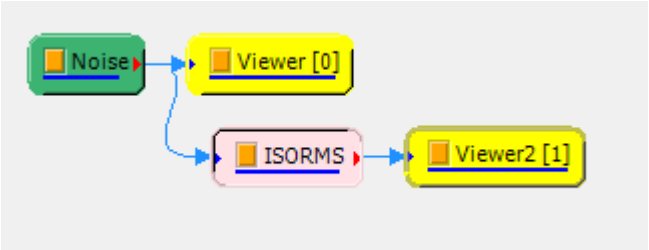
Table 4.109: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
StartPosition	計算起始時間	start (0)
EndPosition	計算結束時間	end (資料結束時間)
Type	選擇振動指標： • RMS • Peak（峰值） • Peak to Peak（極值） 選擇 Peak 為 RMS 值的 $\sqrt{2}$ 倍；選擇 Peak to Peak 則為 RMS 值 $2\sqrt{2}$ 倍。	RMS

本元件還嵌入了【Remove DC】元件及【Rolling Window】計算，相關參數設定請參考各章節說明。

範例

利用一 Gausian Noise 模擬加速規訊號，接入本元件計算出震度速度的 RMS 滾動值，並用 Channel Viewer 觀看，元件連接如下：



其中 Noise 參數設定如下：

Property

Module	
Noise	
NoiseType	**Gaussian**
Sigma	**1**
Source	
TimeUnit	**sec**
TimeLength	**1**
SamplingFreq	**10000**
DataLength	**10001**
AmplitudeOffset	**0**
TimeStart	**0**

Module

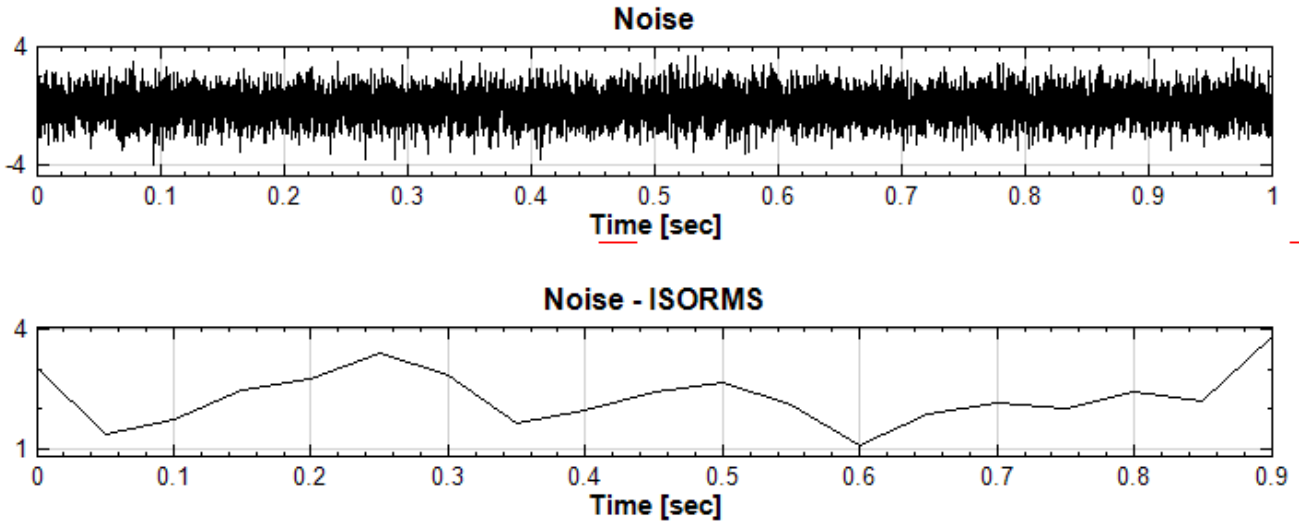
本元件參數設定如下：

Property

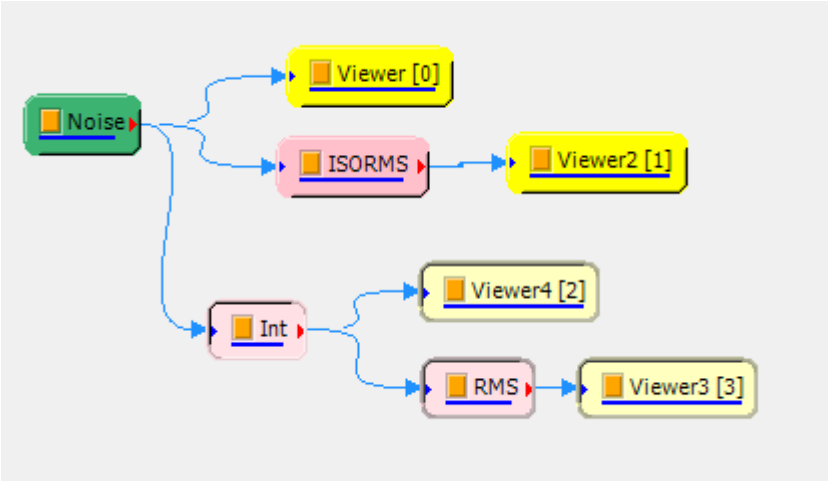
Module	
Remove DC	
Channel Count	1
DC Value	**CH1: 0.0044272041796085**
DC type	**Mean**
RMS	
StartPosition	**start (0)**
EndPosition	**end (1)**
Rolling Window	
Window Mode	**Leading**
Include All Data	**False**
Use Time Unit	**False**
Window	**1000**
Overlap	**500**
Vibration Level	
Type	**RMS**

Module

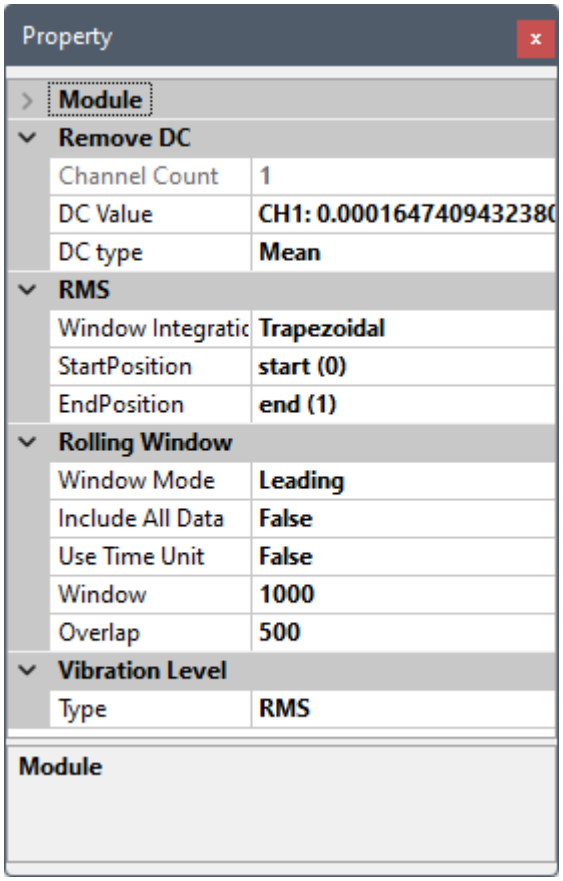
得出結果為（上圖為 Gausian Noise 模擬之加速規訊號，下圖為 ISORMS 元件計算出之震動速度 RMS 值）：



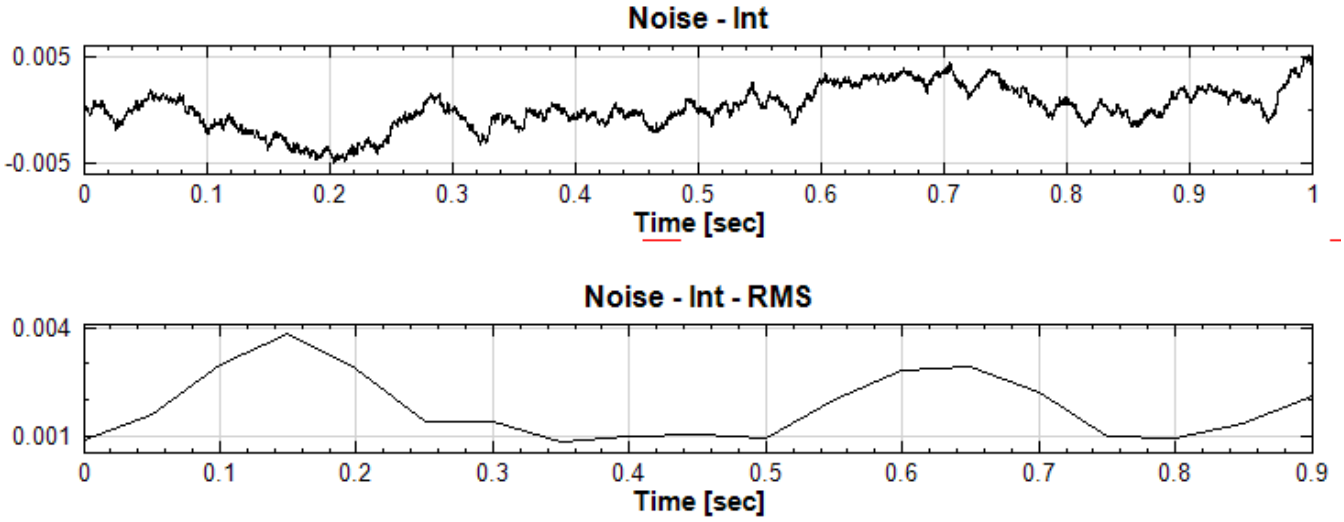
欲與【RMS】元件比較，可以將原 Noise 做積分（將加速度轉成速度）再接上 RMS，如下圖：



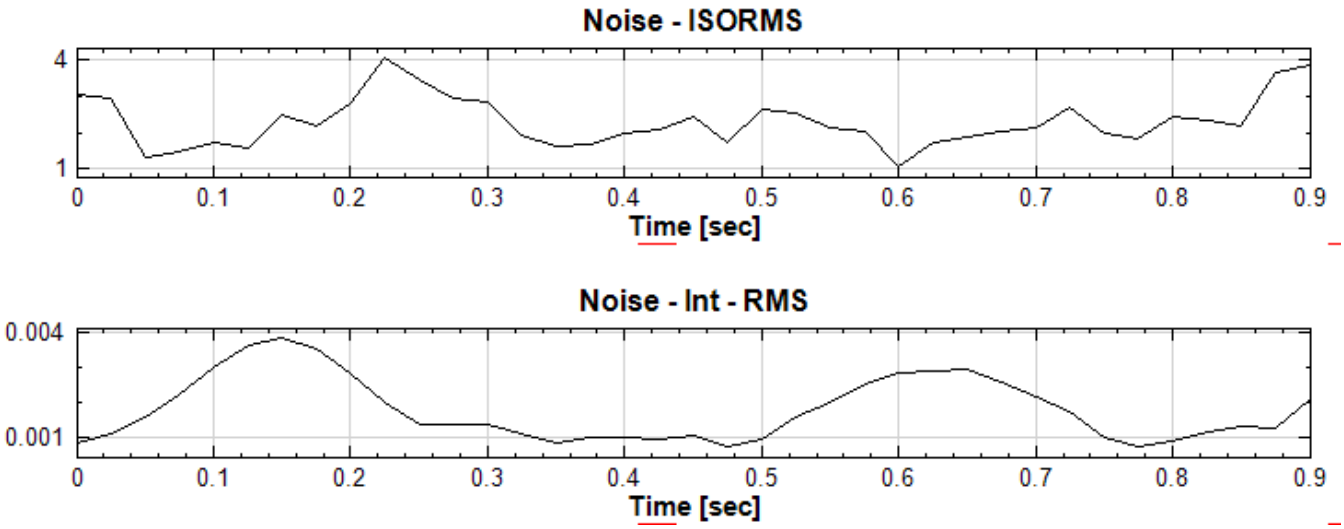
其中 RMS 參數設定如下：



得出結果為（上圖為積分後的 Noise，下圖為 RMS 圖）：



可以看到 ISORMS 相較於 RMS 除了多了 ISO 規範的 $\times 1000/2\pi$ 之外，形狀也略有不同，能顯示較多細節。將 ISORMS 及 RMS 的 Overlap 設定增為 750 可以看到 ISORMS 顯示更多細節：



相關指令

RMS、Noise、Channel Viewer

參考資料

ISO-10816/20816：https://www.iso.org/standard/75440.html

4.9 Statistics*

This module is available in Professional only

本模組群提供計算訊號各項統計值之工具，包含的模組如下：

1. Basic Statistics：計算訊號之基本統計參數，諸如最大值、最小值、平均、標準差等。
2. Covariance Matrix：計算多筆訊號之共變異數矩陣。
3. Correlation Matrix：計算多筆訊號之相關係數矩陣。
4. Equiphase Statistics：計算輸入訊號之等相位統計值。
5. Kernel Smoothing Density：利用特定之核函數（kernel function）計算出輸入訊號之機率密度線，並將其平滑化。
6. Orthogonality Matrix：對多筆訊號計算出彼此之正交性矩陣。
7. Quartiles and Quantiles：可計算訊號之各種分位數與四分位數。
8. Rolling Statistics：計算訊號之滾動統計值。
9. Hypothesis Test：對資料及訊號進行設定假設、選擇檢定方法、判斷是否接受假設。
10. Least Square Fitting：以最小平方法對訊號做回歸曲線，從一組時間序列或兩組時間序列中的找出最佳的相關曲線。

4.9.1 Basic Statistics*

Only in Professional

Basic statistics 是一項讓使用者能快速檢視輸入數列之基本統計數據的工具。

說明

令 $X = \{x_0, x_1, ..., x_{N-1}\}$ 代表長度為 N 的數列（不限定為時間序列），$T = \{t_0, t_1, ..., t_{N-1}\}$ 為對應之座標值，Basic Statistics 將計算下列各項統計資訊。

Table 4.110: 統計值說明（和、集中趨勢、極值）

統計值	數學式	說明
Sum	$\sum_{i=0}^{N-1} x_i$	資料中每個元素的總合
Min		資料中的最小值
Max		資料中的最大值
Mean	$\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} x_i$	計算資料算數平均值
Geometric Mean	$\left(\prod_{i=0}^{N-1} x_i\right)^{\frac{1}{N}}, \quad x_i > 0, \ for\ all\ i$	計算資料幾何平均值，多用於計算比率、人口成長等呈幾何變化的數列
Harmonic Mean	$N\left(\sum_{i=0}^{N-1} \frac{1}{x_i}\right)^{-1}, \quad x_i > 0, \ for\ all\ i$	計算調合平均數，多用於計算平均速率
Trimmed Mean		截頭尾平均數，算法為先設定的濾除比例(%)，將資料 X 排序後，頭尾各濾除比列的部份的數列部份濾除，剩下的訊號值作算數平均，如此可排除數列中極端值所造成的影響
Median		資料的中位數
MinIndex	$i_{min}, x_{i_{min}} = x_{min}$	資料中最小值的索引值

統計值	數學式	說明
MaxIndex	$i_{max}, x_{i_{max}} = x_{max}$	資料中最大值的索引值
MinCoordinat	$t_{i_{min}}, x_{i_{min}} = x_{min}$	資料中最小值的座標值
MaxCoordinat	$t_{i_{max}}, x_{i_{max}} = x_{max}$	資料中最大值的座標值
MeanCoordina	$\bar{t} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} x_i t_i}{\sum_{i=0}^{N-1} x_i}$	平均座標值，即用每個座標的資料值為權重的平均值

Table 4.111: 離散程度統計值說明（Biased）

StdDev	$\sigma = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$	標準差，可推估母體資料距離平均值的離散程度，假設此資料為樣本，無法利用樣本去推估母體標準差（Biased Moment Estimation）
Variance	$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2$	母體資料的變異數（標準差的平方），假設此資料為樣本，無法利用樣本去推估母體變異數 (Biased Moment Estimation）
Variation Coefficient	$\frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$	母體變異係數，表示標準差佔平均值的百分比，用於比較多組資料個別間的離散程度（Biased Moment Estimation）
Skewness	$g_1 = \frac{1}{N \cdot \sigma^3} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^3$	母體偏度，用以推估資料分佈圖形的對稱性，即第三中央慣性矩除以標準偏差的三次方 (Biased Moment Estimation）
Kurtosis	$g_2 = \frac{1}{\sigma^4} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^4 - 3$	母體峰度，用來推估資料分佈圖形是高瘦或者是矮胖，即第四中央慣性矩除以標準偏差的四次方減 3 （Biased Moment Estimation）

Table 4.111: 離散程度統計值說明（Biased）

Semi Variance	$\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}[(x_i-\bar{x})b_i]^2, \quad b_i = \begin{cases} 1, & x_i < \bar{x} \\ 0, & x_i > \bar{x} \end{cases}$	計算母體資料之半變異數，預設以數列平均值 $\bar{x}$ 為門檻值（Biased Moment Estimation）
Semi Standard Deviation	$\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}[(x_i-\bar{x})b_i]^2}$	將母體資料之半變異數開根號即為資料之半標準偏差（Biased Moment Estimation）。

Table 4.112: 離散程度統計值說明（UnBiased）

StdDev (Unbiased)	$s = \left(\frac{1}{N-1}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i-\bar{x})^2\right)^{\frac{1}{2}}$	標準差，當此資料為樣本，計算樣本不偏估之標準差（Unbiased Moment Estimation），可以用來推估母體標準差。
Variance (Unbiased)	$s^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i-\bar{x})^2$	當此資料為樣本，計算樣本不偏估之變異數（Unbiased Moment Estimation），可以用來推估母體變異數。
Variation Coefficient	$\frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$	當此資料為樣本，計算樣本不偏估之變異係數（Unbiased Moment Estimation），可以用來推估母體變異係數。
Skewness	$G_1 = \frac{\sqrt{N(N-1)}}{N-1} \cdot g_i$	當此資料為樣本，計算樣本不偏估之偏度（Unbiased Moment Estimation），可以用來推估母體偏度。
Kurtosis	$G_2 = \frac{n(n+1)\cdot\sum_{i=0}^{N-1}(x_i-\bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} - \frac{3(}{(N-}$	當此資料為樣本，計算樣本不偏估之峰度（Unbiased Moment Estimation），可以用來推估母體峰度。

Table 4.112: 離散程度統計值說明（UnBiased）

Semi Variance	$\frac{1}{N-1}\sum_{i=0}^{N-1}[(x_i-\bar{x})b_i]^2$	當此資料為樣本，計算樣本不偏估之樣本半變異數（Unbiased Moment Estimation），可以用來推估母體之半變異數。
Semi Standard Deviation	$\sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=0}^{N-1}[(x_i-\bar{x})b_i]^2}$	當此資料為樣本，計算樣本不偏估之樣本半標準差（Unbiased Moment Estimation），可以用來推估母體半標準差。

參數設定（Properties）

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）輸入，相關參數定義詳列如下表。

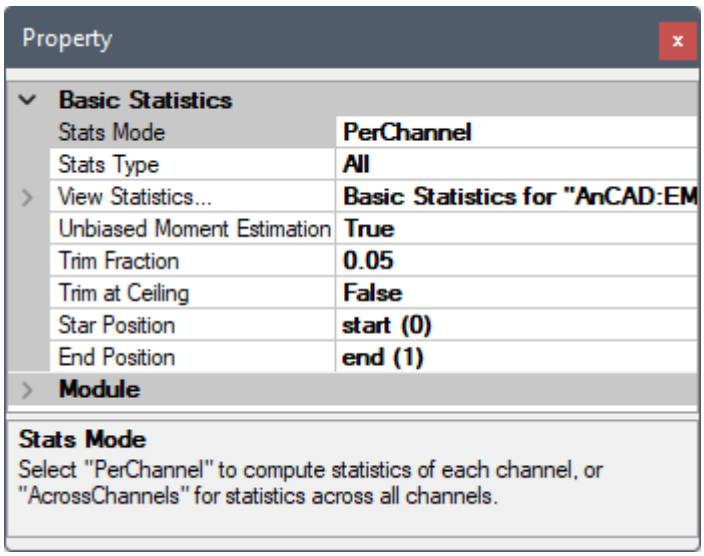


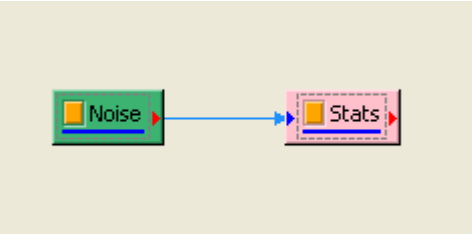
Table 4.113: 參數說明

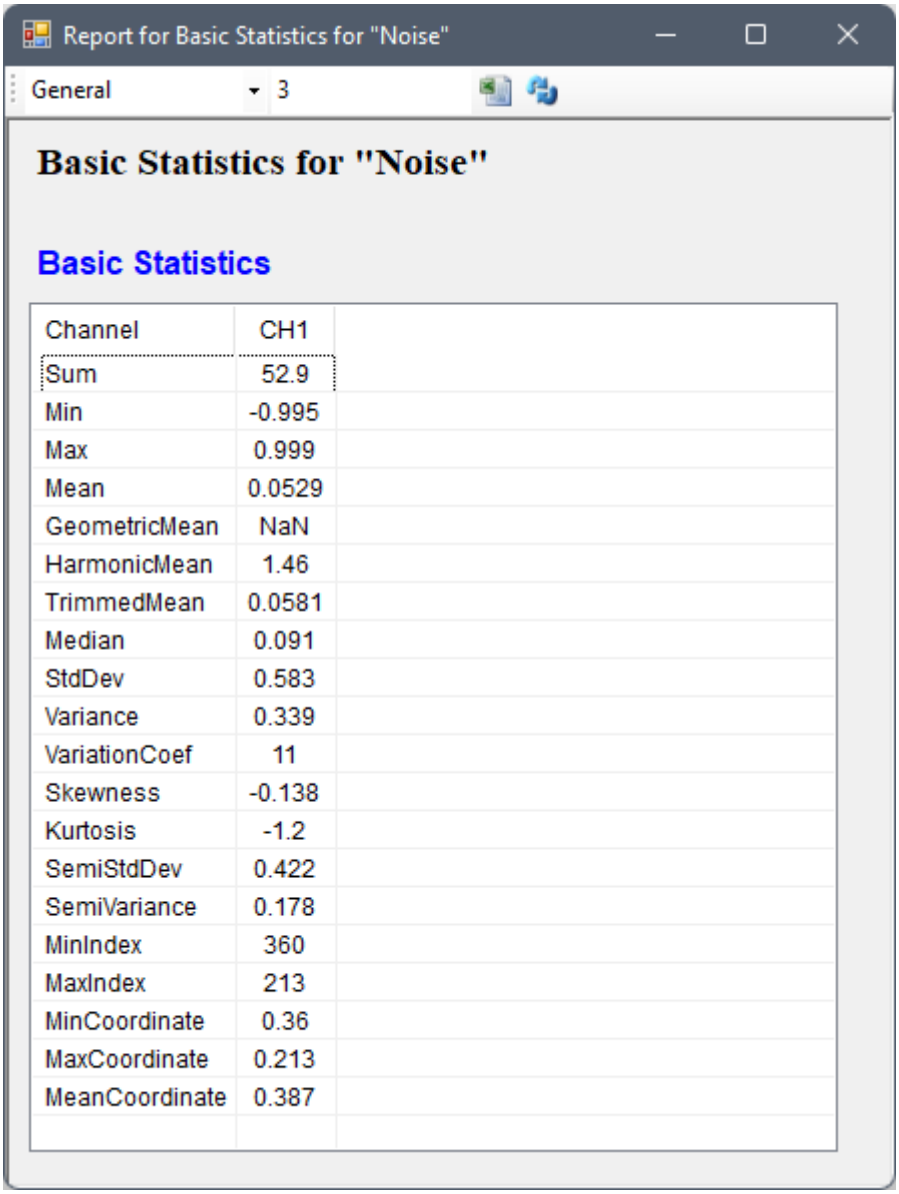
參數名稱	參數定義	預設值
Stats Mode	如果輸入訊號為多通道，此參數將會被開啟，選項為： • PerChannel：計算每個通道的統計值，結果會為一個 $m \times n$ 的矩陣，其中 n 為輸入的通道數，m 為計算的統計值數（單一或所有統計值），輸出座標格式為 Indexed • AcrossChannel：計算同一個時間點下，輸入訊號中所有通道的 m 個統計值，(m 為單一或所有統計值數）最後輸出一個 m 通道訊號，每通道長度跟輸入訊號相同，輸出座標格式為 Regular。此時 View Statistics Reporter 無作用	PerChannel
Stats Type	選擇統計計算種類： • All：計算所有統計資料，輸出會包含所有的統計值，View Statistics Reporter 也會列出所有統計值 • 個別統計種類（Sum、Max、Min, Mean 等）：只輸出所選擇之單一統計值供其他計算使用，此時 View Statistics Reporter 無作用	All
View Statistics…	在 Stats Mode = PerChannel 及 Stats Type = All 的情況，可開啟 Reporter 視窗顯示模組元件計算結果。也可雙擊元件圖示開啟 Reporter	
Unbiased Moment Estimation	如果輸入資料為樣本（Sample），則選擇 True（Unbiased Moment Estimation）進行統計量修正，進一步去推估母體（Population）的統計量。反之若資料為母體（Population），即可以設定 False（Biased Moment Estimation），計算母體統計量	True
Trimmed Fraction	截頭尾平均的截去比例，以百分比表示%。	0.05
Trimmed at Ceiling	當截去比例下之資料點位置為小數點時，選擇取前一點（參數設為 False）或是後一點（參數設為 True）作為 Trimmed 的點數	False
Start Position	設定統計計算之資料範圍起始點。可點擊本欄右方之 … 開啟資料範圍圈選對話窗，請參考【Data Selection】章節說明	start
End Position	設定統計計算之資料範圍結束點。可點擊本欄右方之 … 開啟資料範圍圈選對話窗，請參考【Data Selection】章節說明	end

範例

計算白色雜訊與方波的基本統計分析：

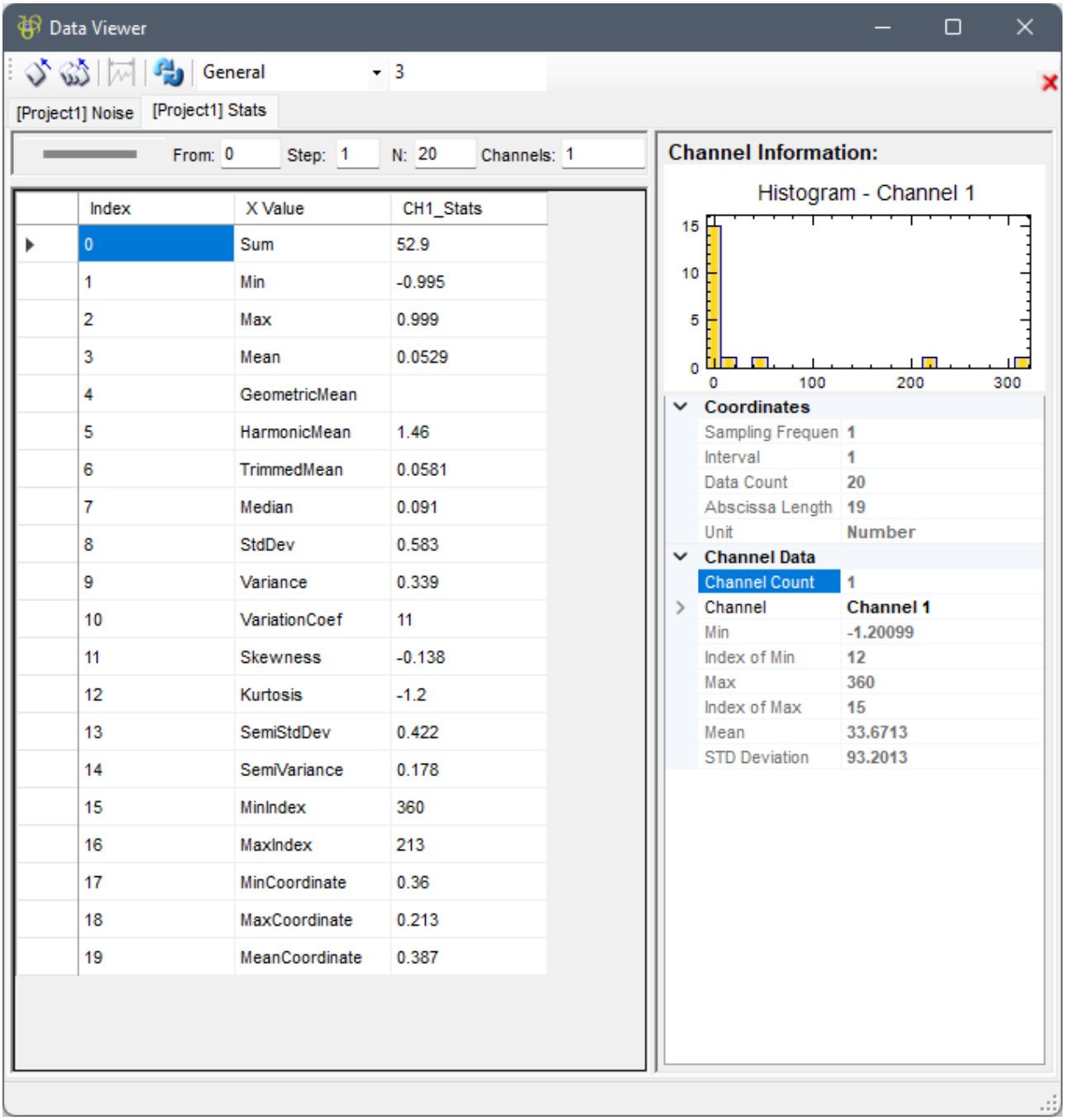
1. 於 Network 視窗下選擇 Source / Noise 創造一個雜訊（預設為白色雜訊），後接上 Compute / Statistics / Basic Statistics 以上述預設參數計算，再點選 Basic Statistics 的 Properties / View Statistics...（或雙擊元件圖示）顯示計算結果。





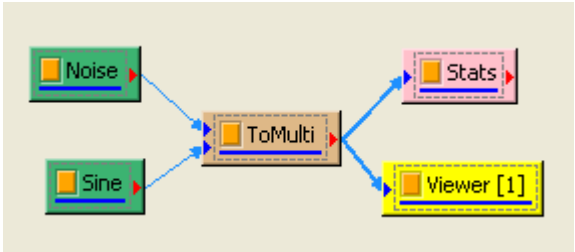
Channel	CH1
Sum	52.9
Min	-0.995
Max	0.999
Mean	0.0529
GeometricMean	NaN
HarmonicMean	1.46
TrimmedMean	0.0581
Median	0.091
StdDev	0.583
Variance	0.339
VariationCoef	11
Skewness	-0.138
Kurtosis	-1.2
SemiStdDev	0.422
SemiVariance	0.178
MinIndex	360
MaxIndex	213
MinCoordinate	0.36
MaxCoordinate	0.213
MeanCoordinate	0.387

若是開啟【Data Viewer】則可看見輸出資料格式：

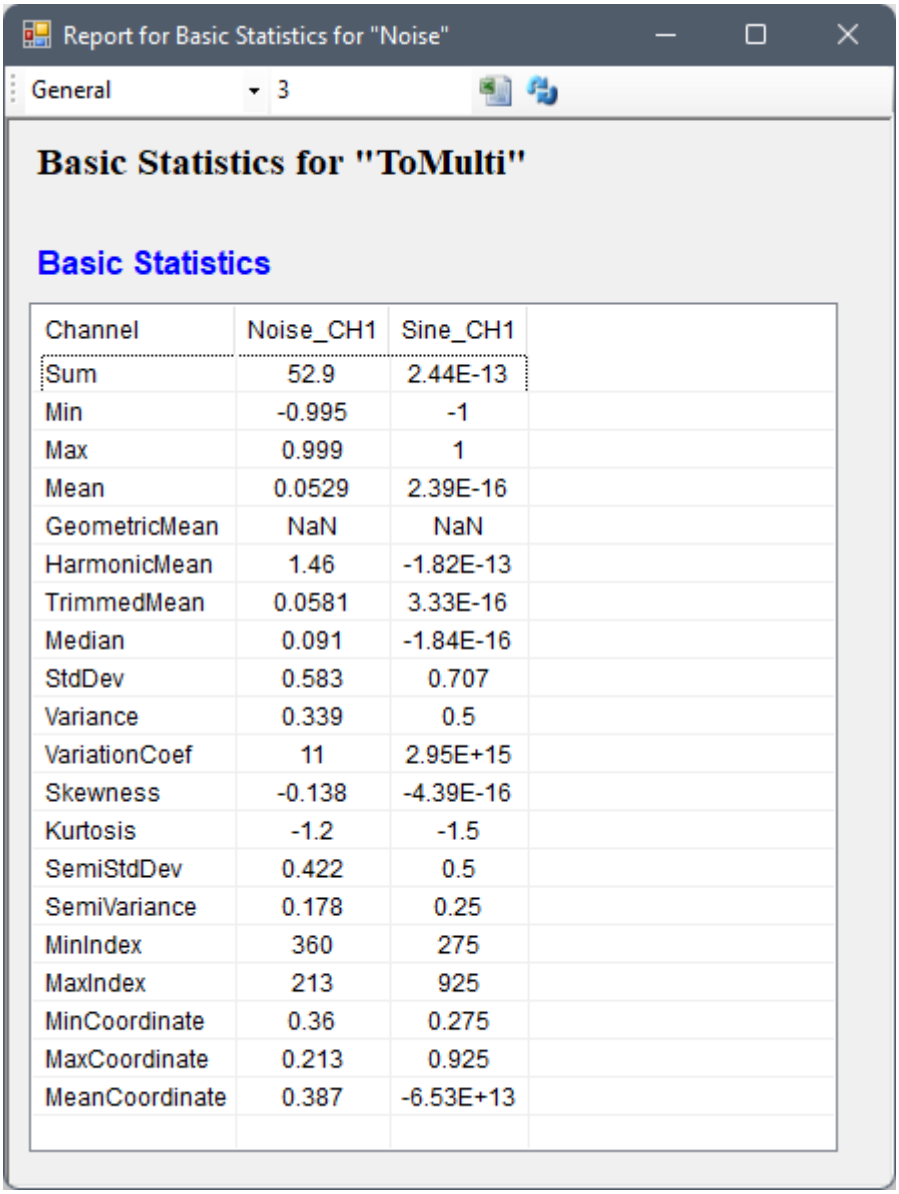


Index	X Value	CH1_Stats
0	Sum	52.9
1	Min	-0.995
2	Max	0.999
3	Mean	0.0529
4	GeometricMean	
5	HarmonicMean	1.46
6	TrimmedMean	0.0581
7	Median	0.091
8	StdDev	0.583
9	Variance	0.339
10	VariationCoef	11
11	Skewness	-0.138
12	Kurtosis	-1.2
13	SemiStdDev	0.422
14	SemiVariance	0.178
15	MinIndex	360
16	MaxIndex	213
17	MinCoordinate	0.36
18	MaxCoordinate	0.213
19	MeanCoordinate	0.387

2. 另新增一正弦波，用 Conversion / Merge to multi-channel 將此波與 Noise 結合為 Multi-channel 訊號，先以 Viewer / Channel viewer 繪製結果，再拉入 Stats，點選 Basic Statistics 的 Properties / View Statistics...，Basic Statistics 視窗即更新如下。

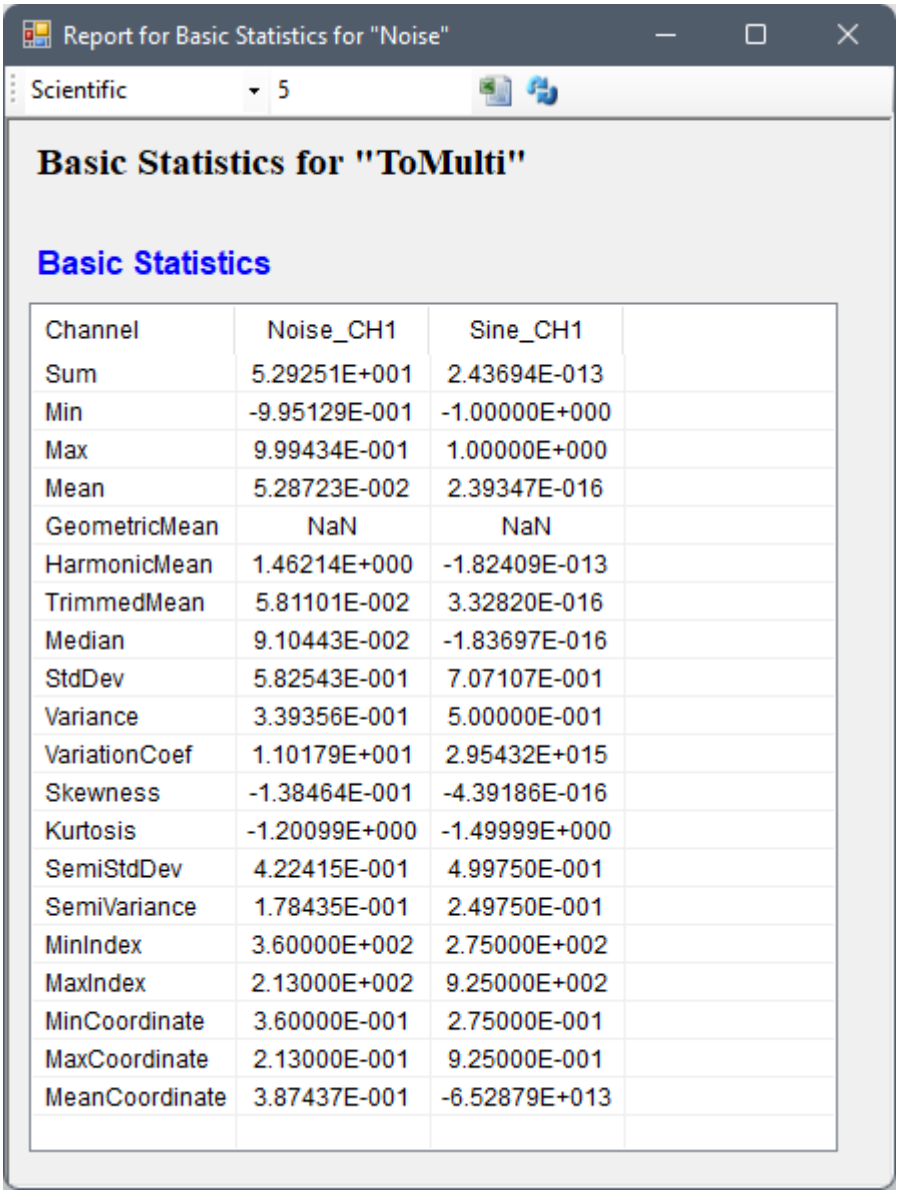


3. 結果如下圖：



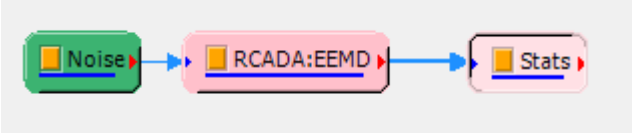
Channel	Noise_CH1	Sine_CH1
Sum	52.9	2.44E-13
Min	-0.995	-1
Max	0.999	1
Mean	0.0529	2.39E-16
GeometricMean	NaN	NaN
HarmonicMean	1.46	-1.82E-13
TrimmedMean	0.0581	3.33E-16
Median	0.091	-1.84E-16
StdDev	0.583	0.707
Variance	0.339	0.5
VariationCoef	11	2.95E+15
Skewness	-0.138	-4.39E-16
Kurtosis	-1.2	-1.5
SemiStdDev	0.422	0.5
SemiVariance	0.178	0.25
MinIndex	360	275
MaxIndex	213	925
MinCoordinate	0.36	0.275
MaxCoordinate	0.213	0.925
MeanCoordinate	0.387	-6.53E+13

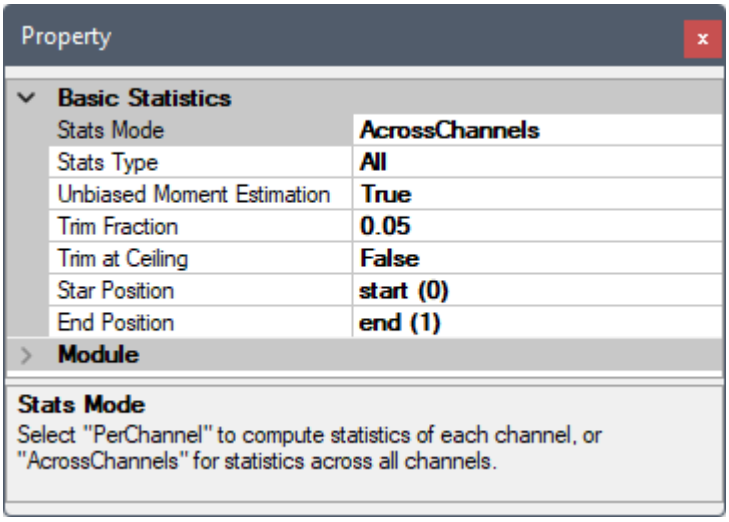
4. 設定 Reporter 工具列上的參數，使數值顯示為 Scientific，小數點位數調整為 5 位，最後記得按 Refresh 鈕更新，其結果顯示如下。



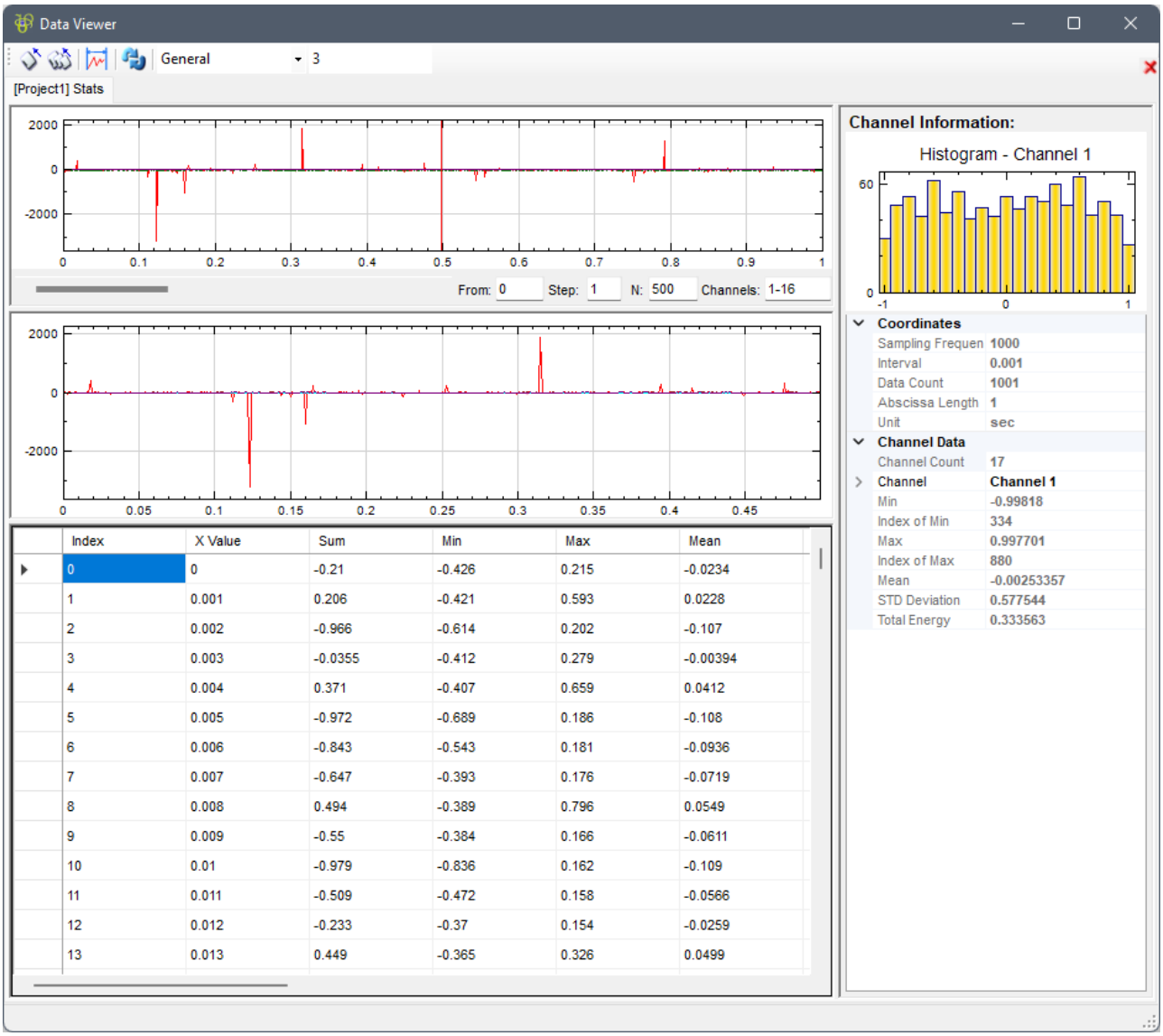
Channel	Noise_CH1	Sine_CH1
Sum	5.29251E+001	2.43694E-013
Min	-9.95129E-001	-1.00000E+000
Max	9.99434E-001	1.00000E+000
Mean	5.28723E-002	2.39347E-016
GeometricMean	NaN	NaN
HarmonicMean	1.46214E+000	-1.82409E-013
TrimmedMean	5.81101E-002	3.32820E-016
Median	9.10443E-002	-1.83697E-016
StdDev	5.82543E-001	7.07107E-001
Variance	3.39356E-001	5.00000E-001
VariationCoef	1.10179E+001	2.95432E+015
Skewness	-1.38464E-001	-4.39186E-016
Kurtosis	-1.20099E+000	-1.49999E+000
SemiStdDev	4.22415E-001	4.99750E-001
SemiVariance	1.78435E-001	2.49750E-001
MinIndex	3.60000E+002	2.75000E+002
MaxIndex	2.13000E+002	9.25000E+002
MinCoordinate	3.60000E-001	2.75000E-001
MaxCoordinate	2.13000E-001	9.25000E-001
MeanCoordinate	3.87437E-001	-6.52879E+013

5. 另外在一個新的專案中，Source / Noise 產生一個 White Noise，再將其接至 HHT / RCADA EEMD，將 RCADA EEMD 連接至 Compute / Statistics / Basic Statistics，然後 Properties / Stats Mode 選擇 AcrossChannels，如下圖：





若是開啟【Data Viewer】則可看見輸出資料格式：



【Data Viewer】一次只能顯示 16 個通道，可在上方 Channel 欄位設定要瀏覽之通道，及用下方之滑桿看其他的統計值通道。若將 Stats Mode 設定為其他單一統計值，則只會輸出一個通道。

相關指令

Equiphase Statistics、Rolling Statistics、Merge to Multi-Channel

參考

1. Michel Loeve, “Probability Theory”, Graduate Texts in Mathematics, Volume 45, 4th edition, Springer-Verlaf, 1977

2. Joanes, D. N.&Gill, C. A.(1998) Comparing measuresof sample skewness and kurtosis. Journal of the Royal Statistical Society (Series D): The Statistician 47 (1), 183–189.

4.9.2 Bayesian Inference*

Only in Professional

Bayesian Inference 是一項讓使用者能用貝氏推論估算常態分佈的工具。

說明

貝氏推論利用貝氏定理結合「事前機率」及新的證據，得到「事後機率」，且貝式推論可以迭代計算，將事後機率當成事前機率，配合更新的證據資料數據，即算出下一代的事後機率。貝氏定理定義如下：

$$P(H|E) = \frac{P(E|H) \cdot P(H)}{P(E)}$$

其中：

- H 為「假說」(hypothesis)，假說可以有很多種，即 $H_0, H_1, \ldots, H_n$，所有假說皆為互斥，貝氏推論的目的即為找出在現有證據下機率最高的假說
- $P(H)$ 為「事前機率」(prior probability)，即在沒有證據資料數據時該假說發生的機率
- E 為「證據」(evidence)，對應實驗或取樣得到的新資料數據
- $P(H|E)$ 為「事後機率」(posterior probability)，即在證據成立的條件下該假說成立的機率
- $P(E|H)$ 通常稱之為「概似率」或「似然率」(likelihood)，為該假說成立的條件下，證據成立的機率，換句話說，為實驗或取樣得到的證據資料數據與該假說匹配的可能性
- $P(E)$ 通常稱之為「邊際概似率」(marginal likelihood)，即所有可能的假說的機率之總和，即：$P(E) = \sum_{i=0}^{n} P(E|H_i) \cdot P(H_i)$

事前及事後機率可為機率分布，如果兩者皆為同類分布時，事前及事後分布稱之為「共軛分布」(conjugate distribution)，而事前機率分布則稱之為概似率函數的「共軛事前」(conjugate prior)。如果概似率函數為高斯函數（即正常分布），則可依照事前分布的參數（稱之為超參數 hyperparameters）計算出事後分布參數。

假設有一組長度為 N 的資料 $X = \{x_0, x_1, x_2, \ldots, x_{N-1}\}$，其平均為：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} x_i}{N}$$

而變異數為：

$$s^2 = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2}{N}$$

假設其 likelihood 為正常分布 (normal distribution)，分布之參數為平均 (mean) μ 及變異數 (variance) σ^2，則有以下三種可能：

* Variance σ^2 已知，Mean μ 未知：

假設共軛事前分布為正常分布，其超參數 (hyperparameters) 為 μ_0 及 σ_0^2，則事後分布也是正常分布，其超參數為：

$$\mu' = \sigma' \left(\frac{\mu_0}{\sigma_0^2} + \frac{N\bar{x}}{\sigma^2} \right)$$

$$\sigma' = \left(\frac{1}{\sigma_0^2} + \frac{N}{\sigma^2} \right)^{-1}$$

原正常分布之 Likelihood 的未知 Mean μ 可以反推估為 μ'。

* Mean μ 已知，Variance σ^2 未知：

假設共軛事前分布為 inverse-gamma 分布，其超參數為 α 及 β，則事後分布也是 inverse-gamma 分布，其超參數為：

$$\alpha' = \alpha + \frac{N}{2}$$

$$\beta' = \beta + \frac{Ns^2}{2}$$

原正常分布之 Likelihood 的未知 Variance σ^2 可以反推估為 $\frac{\beta'}{\alpha'+1}$。

* Mean 及 Variance 皆未知：

假設共軛事前分布為 normal-inverse-gamma 分布，其超參數為 $ _0, $lambda, α 及 β，則事後分布也是 normal-inverse-gamma 分布，其超參數為：

$$\mu' = \frac{\lambda\mu_0 + N\bar{x}}{\lambda'}$$

$$\lambda' = \lambda + N$$

$$\alpha' = \alpha + \frac{N}{2}$$

$$\beta' = \beta + \frac{Ns^2}{2} + \frac{N\lambda}{\lambda'} \frac{(\bar{x} - \mu_0)^2}{2}$$

原正常分布之 Likelihood 的未知 Mean 及 Variance (μ, σ^2) 可以反推估為 $(\mu', \quad \frac{\beta'}{\alpha'+1.5})$。

參數設定（Properties）

本模組接受實數（Real Number）、單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）或音訊（Audio）輸入，相關參數定義詳列如下表。

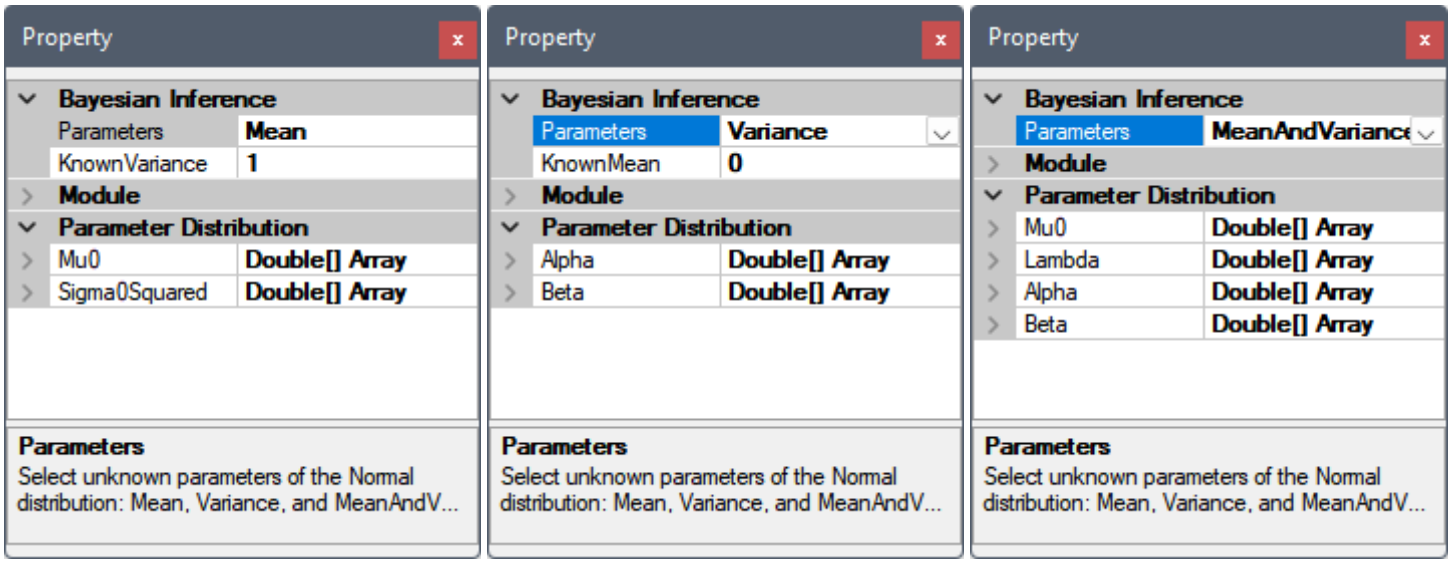


Table 4.114: 貝氏推論參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Parameters	選擇未知之常態分佈參數： • Mean • Variance • MeanAndVariance	Variance
KnownMean	Parameters 選擇 Variance 時，可設定已知常態分佈平均值（Mean）	0
KnownVariance	Parameters 選擇 Mean 時，可設定已知常態分佈變異數（Variance）	1

Table 4.115: 參數分布參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Mu0	Parameters 選擇 Mean 或 MeanAndVariance 時，可設定貝氏先驗常態或常態－逆伽瑪分布之「超參數」：μ_0（平均）。計算完後會更新為事後分布的參數。如輸入為多通道，可設定每個通道的參數	0
Sigma0Squared	Parameters 選擇 Mean 時，可設定貝氏先驗常態分布之「超參數」：σ_0^2（變異數）。計算完後會更新為事後分布的參數。如輸入為多通道，可設定每個通道的參數	1
Alpha	Parameters 選擇 Variance 或 MeanAndVariance 時，可設定貝氏先驗逆伽瑪或常態－逆伽瑪分布之「超參數」：α。計算完後會更新為事後分布的參數。如輸入為多通道，可設定每個通道的參數	1

參數名稱	參數定義	預設值
Beta	Parameters 選擇 Variance 或 MeanAndVariance 時，可設定貝氏先驗逆伽瑪或常態－逆伽瑪分布之「超參數」：β。計算完後會更新為事後分布的參數。如輸入為多通道，可設定每個通道的參數	0
Lambda	Parameters 選擇 MeanAndVariance 時，可設定貝氏先驗常態－逆伽瑪分布之「超參數」：λ。計算完後會更新為事後分布的參數。如輸入為多通道，可設定每個通道的參數	1

範例

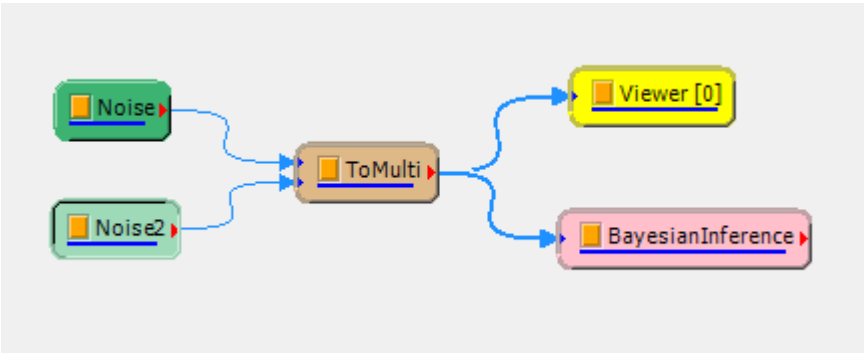
計算白色雜訊與方波的基本統計分析：

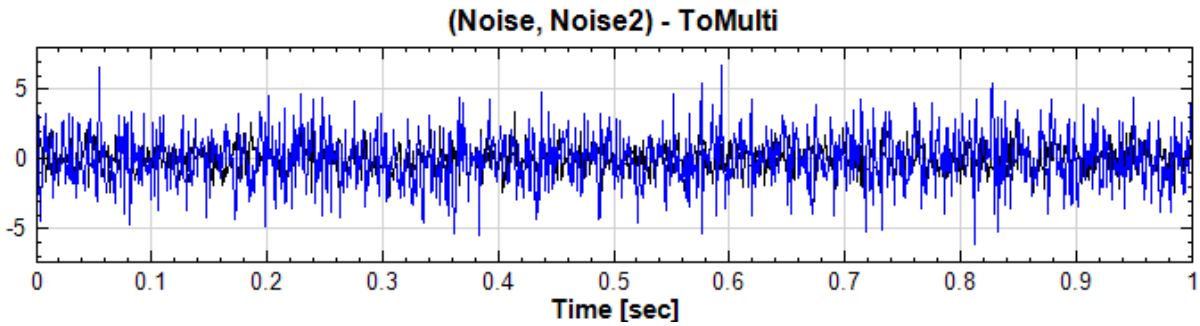
1. 於 Network 視窗下選擇 Source / Noise 創造一個雜訊，類別設為 Gaussian ，參數設定如下：

Table 4.116: Noise 參數設定值

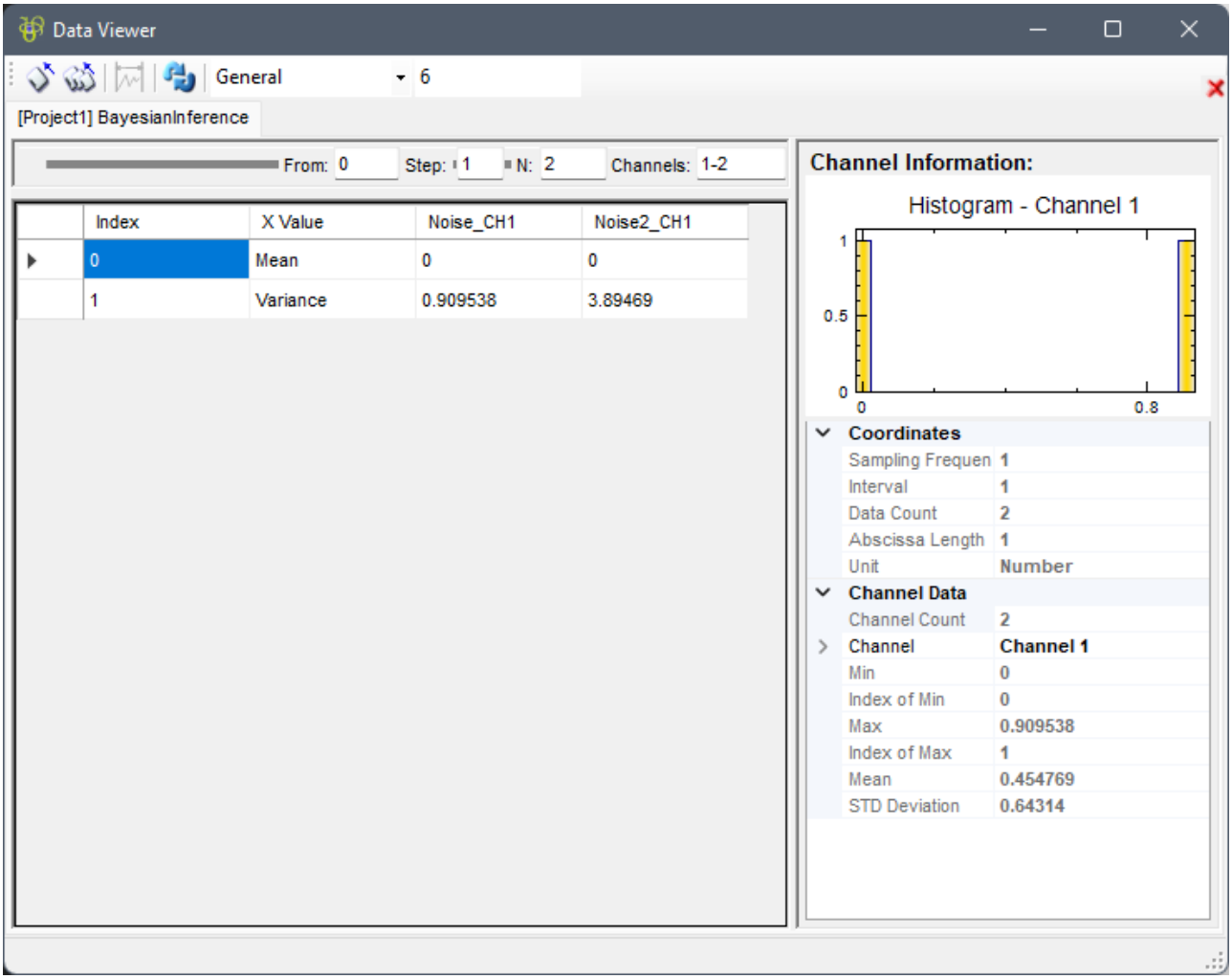
參數名稱	Noise 參數值	Noise2 參數值
Sigma	1	2
AmplitudeOffset	0	0

再將兩個 Noise 元件接上 Conversion / MergeToMultiChannel，再接上 ChannelViewer 及 Compute / Statistics / Bayesian Inference 以上述預設參數計算，如下圖：

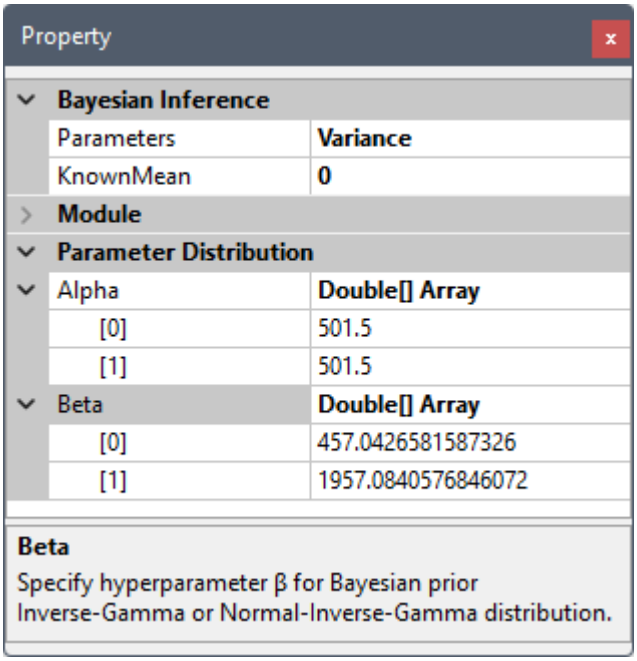




點擊 Bayesian 元件後開啟【Data Viewer】則可看見輸出資料格式：



可以看到在 Variance 模式下，使用預設之超參數（`Alpha = 1, Beta = 0`）以及已知的 Likelihood 正常分布 `Mean = 0`，第一次計算結果推估的未知 Variance 為 ~0.910 及 ~3.89。更新後的 Posterior 分布超參數如下圖：



2. 此時按下 ❗ 圖示，Noise 及 Noise2 元件會以同樣參數更新，模擬由**同 Likelihood 正常分布**取樣得到新的證據資料，此時 Bayesian 元件會使用先前更新後的超參數重新計算。每次按下 ❗ 就會疊代更新，每次更新則可以在 DataViewer 裡看到 Variance 推估值趨近 Noise 及 Noise2 原始設定的 Sigma 平方值（1

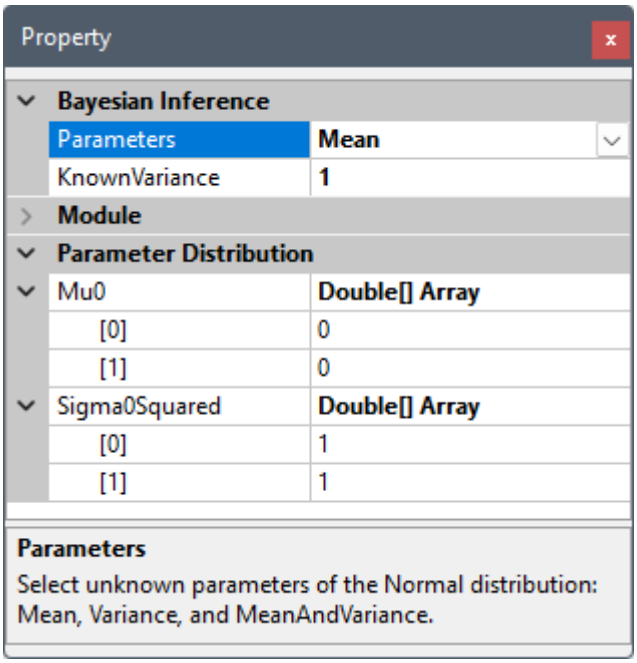
& 4)。

3. 此時改變 Noise 及 Noise2 之 Gaussian 參數如下：

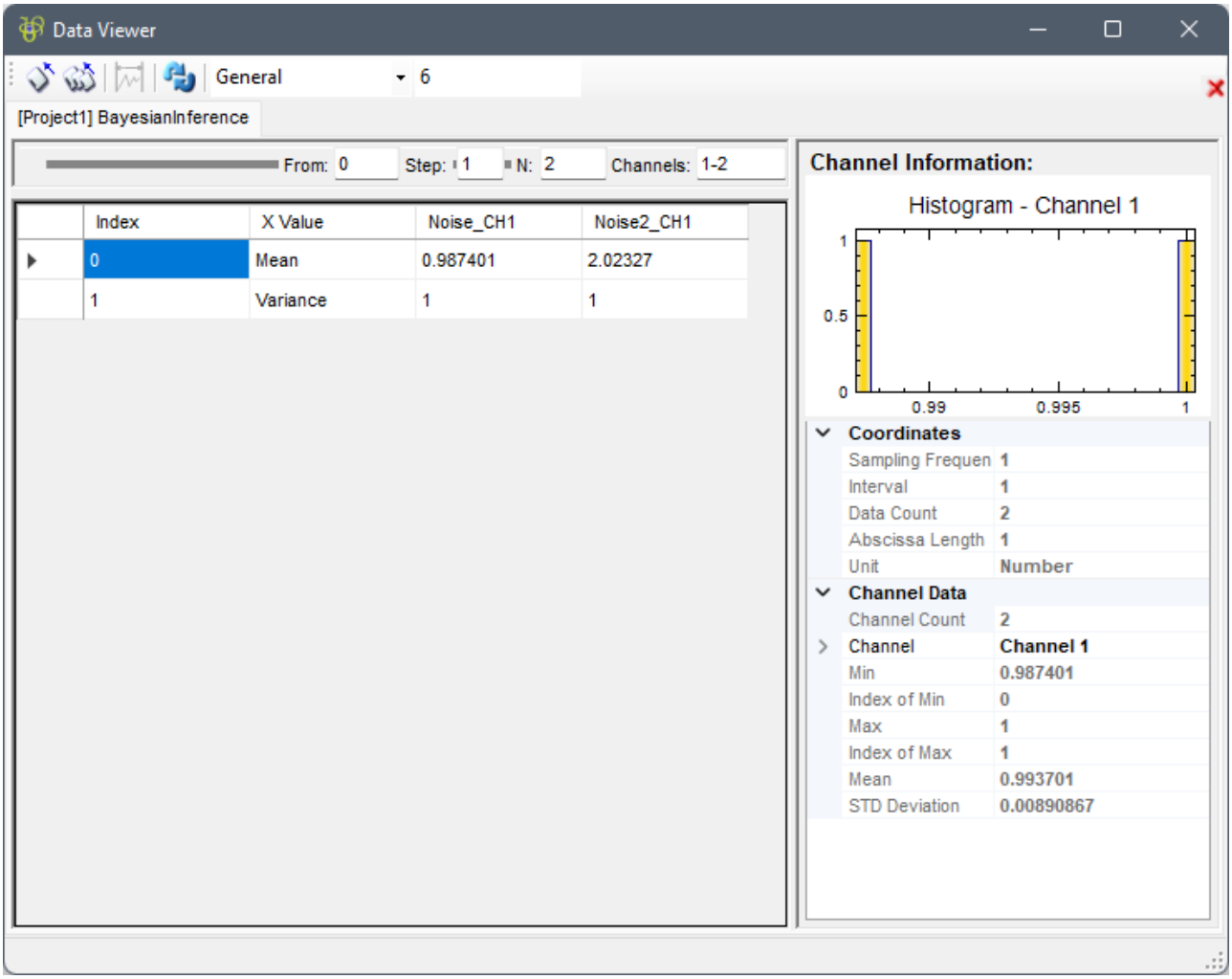
Table 4.117: Noise 參數設定值

參數名稱	Noise 參數值	Noise2 參數值
Sigma	1	1
AmplitudeOffset	1	2

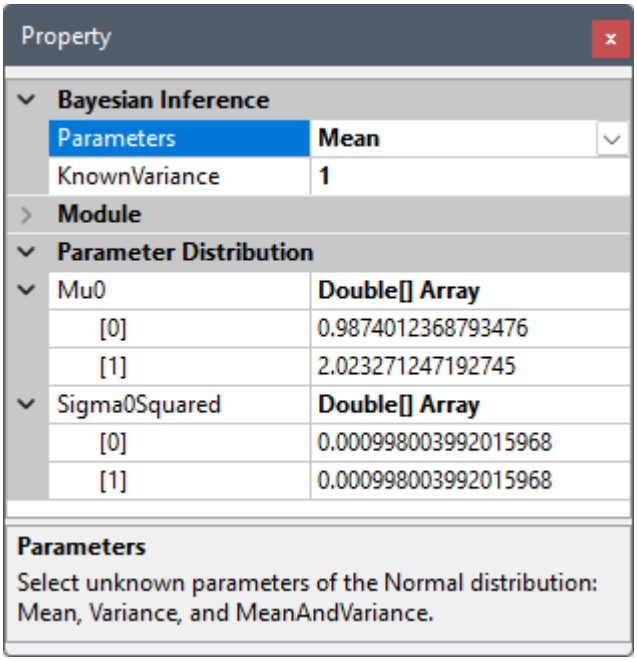
並設定 Bayesian 元件參數更新如下：



點擊 Bayesian 元件後開啟【Data Viewer】則可看見輸出資料格式：



可以看到在 Mean 模式下，使用預設之超參數(`Mu0 = 0, Sigma0Squared = 1`)以及已知的 Likelihood 正常分布 `Variance = 1`，第一次計算結果推估的未知 Mean 為 ~0.987 及 ~2.02。更新後的 Posterior 分布超參數如下圖：



4. 此時按下 ❗ 圖示，Noise 及 Noise2 元件會以同樣參數更新，模擬由**同 Likelihood 正常分布**取樣得到新的證據資料，此時 Bayesian 元件會使用先前更新後的超參數重新計算。每次按下 ❗ 就會疊代更新，每次更新則可以在 DataViewer 裡看到 Mean 推估值趨近 Noise 及 Noise2 原始設定的 AmplitudeOffset 值

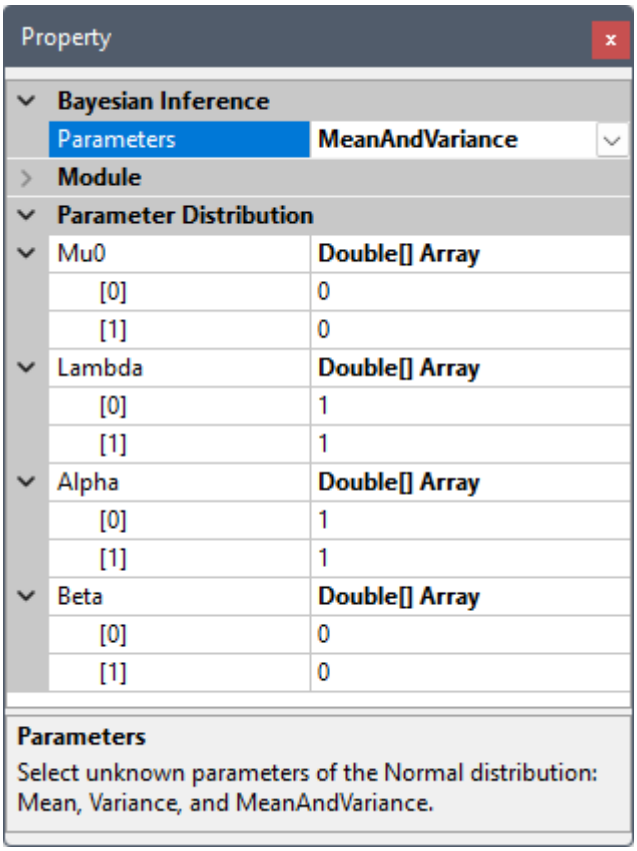
(1 & 2)。

5. 此時改變 Noise 及 Noise2 之 Gaussian 參數如下：

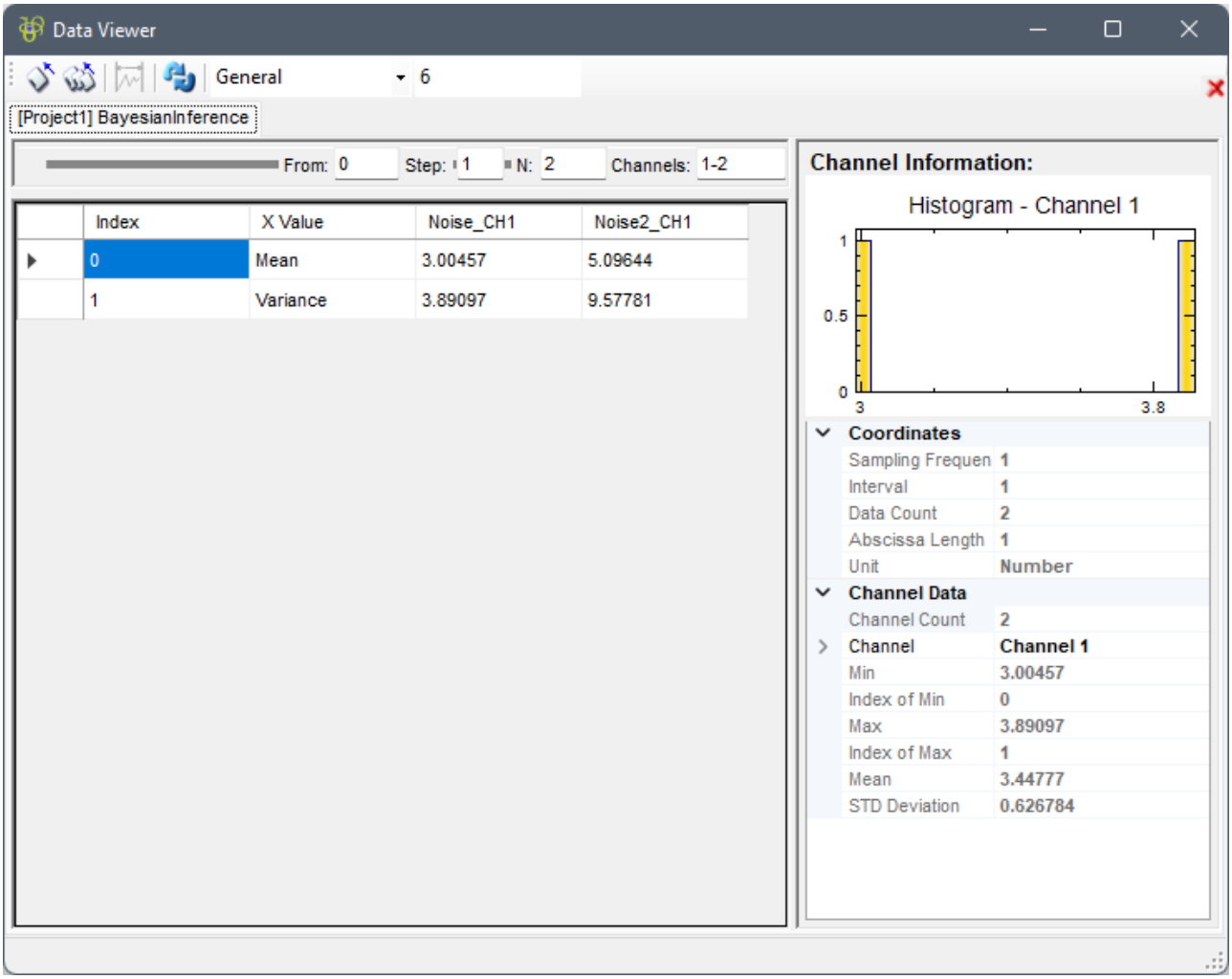
Table 4.118: Noise 參數設定值

參數名稱	Noise 參數值	Noise2 參數值
Sigma	2	3
AmplitudeOffset	3	5

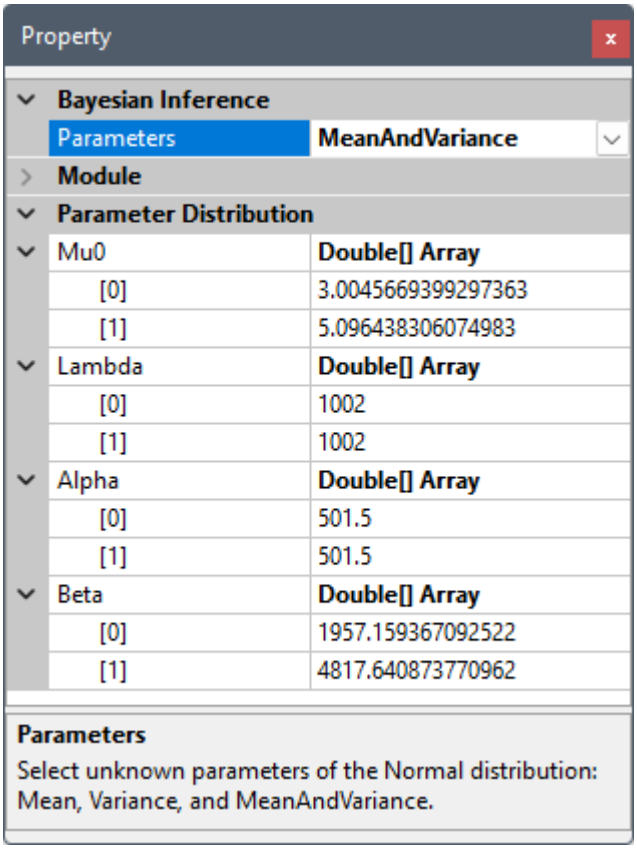
並設定 Bayesian 元件參數更新如下：



點擊 Bayesian 元件後開啟【Data Viewer】則可看見輸出資料格式：



可以看到在 MeanAndVariance 模式下，使用預設之超參數（`Mu0 = 0, Lambda = 1, Alpha = 1, Beta = 0`），第一次計算結果推估的未知 Mean 為 ~3.00 及 ~5.10，未知 Variance 為 ~3.89 及 ~9.58。更新後的 Posterior 分布超參數如下圖：



6. 此時按下 圖示，Noise 及 Noise2 元件會以同樣參數更新，模擬由**同 Likelihood 正常分布**取樣得到新的證據資料，此時 Bayesian 元件會使用先前更新後的超參數重新計算。每次按下 就會疊代更新，每次更新則可以在 DataViewer 裡看到 Mean 及 Variance 推估值趨近 Noise 及 Noise2 原始設定的 AmplitudeOffset 值（3 & 5）及 Sigma 值（2 & 3）。

相關指令

Noise、MergeToMulti、ChannelViewer、Data Viewer

參考

https://en.wikipedia.org/wiki/Conjugate_prior

4.9.3 Covariance Matrix*

Only in Professional

共變異數是計算兩組數列各自對其平均值的變化相關程度，若值為正，代表兩數列呈正相關，值為負代表兩數列呈負相關。倘若有多比數列資料互相比較，則可將各資料對應之共變異數組成一個共變異數矩陣。

說明

$X = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$，$Y = \{y_0, y_1, \dots, y_{N-1}\}$ 為兩組數列，則總量之共變異數（Covariance）計算如下：

$$cov_{xy}^{(b)} = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

其中 $\bar{x}$、$\bar{y}$ 分別為兩數列的平均值。若考慮樣本不偏估之估計量（Unbiased estimator），則方程式為

$$cov_{xy}^{(s)} = \frac{1}{N-1}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

若有一組多通道（Multi-Channel）的數列，通道數為 M，則各通道間對應的總量/ 樣本相關係數可表示為共變異數矩陣

$$[C_{lk}] = cov_{lk},$$

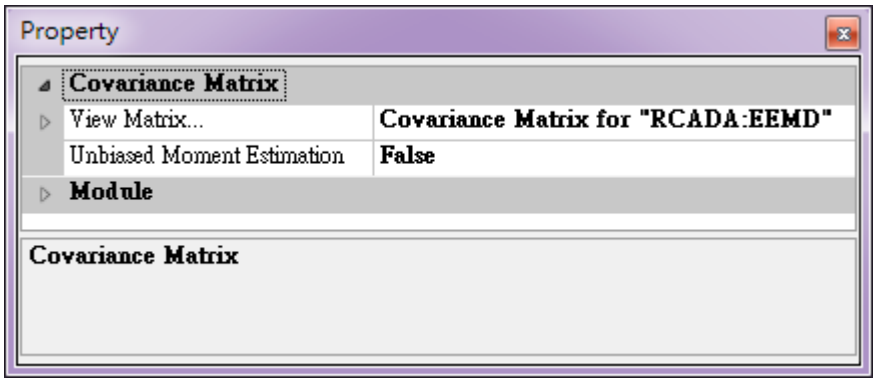
其中 l，k 為數列通道編號。其中矩陣的對角項（Diagonal terms）就是該通道數列的變異數，即：

$$cov_{kk}^{(b)} = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i^{(k)} - \bar{x}^{(k)})(y_i^{(k)} - \bar{y}^{(k)})$$

$$cov_{kk}^{(s)} = \frac{1}{N-1}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i^{(k)} - \bar{x}^{(k)})(y_i^{(k)} - \bar{y}^{(k)})$$

參數設定

本模組接受實數（Real Number），多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal ）輸入。輸出為一個 M * M 的方形矩陣，其中 M 為通道數，輸出格式是 Indexed 的數值資料。



參數為 Unbiased Moment Estimation，可選擇是否計算樣本不偏估之共變異數矩陣，預設為 False。

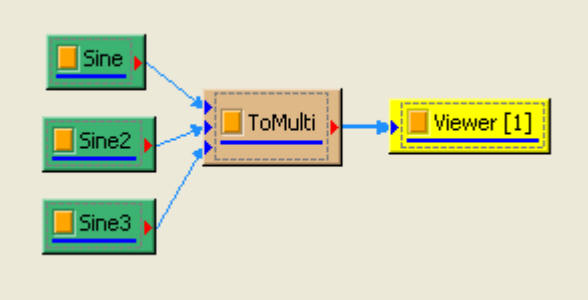
點擊 Properties / View Matrix... 欄位右側的[...]即可開啟 Reporter 視窗，或雙擊元件圖示，即可看到計算結果（見下面範例）。Reporter 詳細說明請看【Reporter】章節。

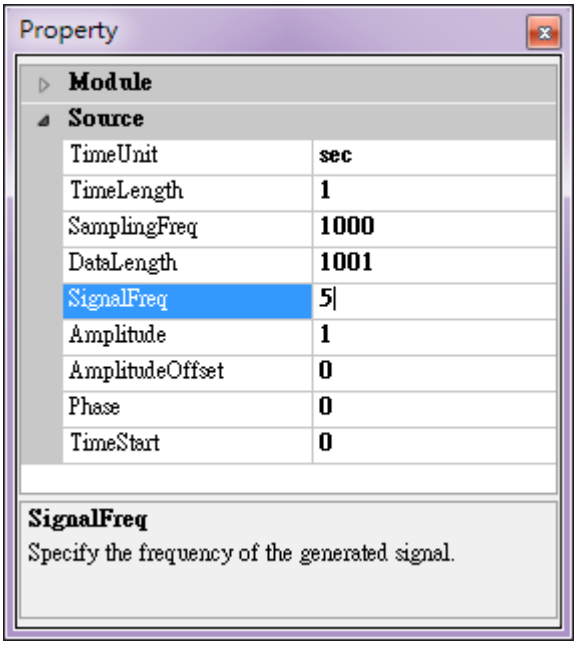
範例

以不同相位角與頻率的正弦波為輸入訊號計算其相關係數矩陣：

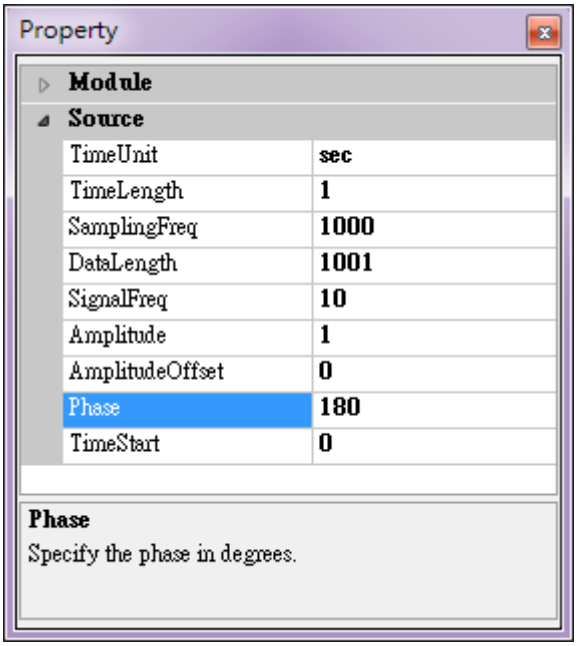
1. 於 Network 視窗下按右鍵，選擇 Source / Sine Wave 創造一個正弦波，此波預設頻率為 10 Hz，接著再創造兩個正弦波，一個波設定其 Properties / SignalFreq = 5Hz，另一個波設定其 Properties / Phase=180 度（單位為 Degree），最後使用 Conversion / Merge to Multi-Channel 將三個訊號結合成一個 Multi-Channel 的訊號。以上步驟將創造一個頻率為 10 Hz 的正弦波，頻率為 5 Hz 的正弦波以

及相位角偏移 180 度的正弦波。以 Viewer / Channel Viewer 繪出結果，其中黑線代表 Sine，藍線代表 Sine2，紅線代表 Sine3。

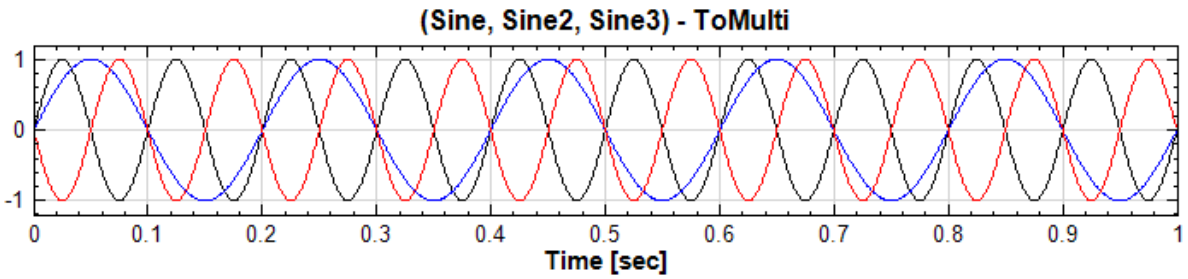




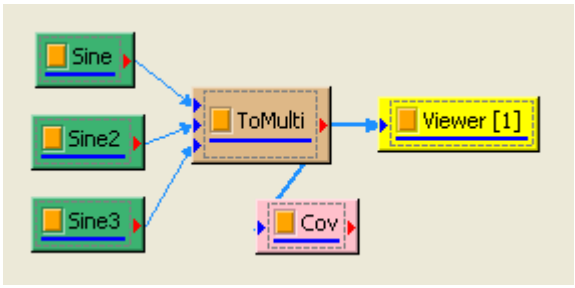
Sine2 的參數設定如上圖。

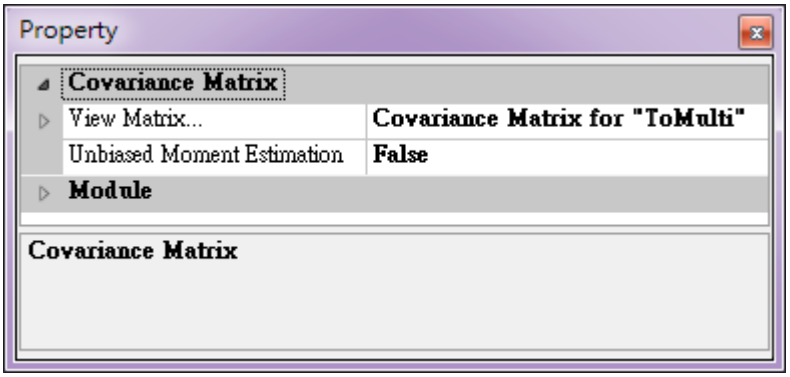


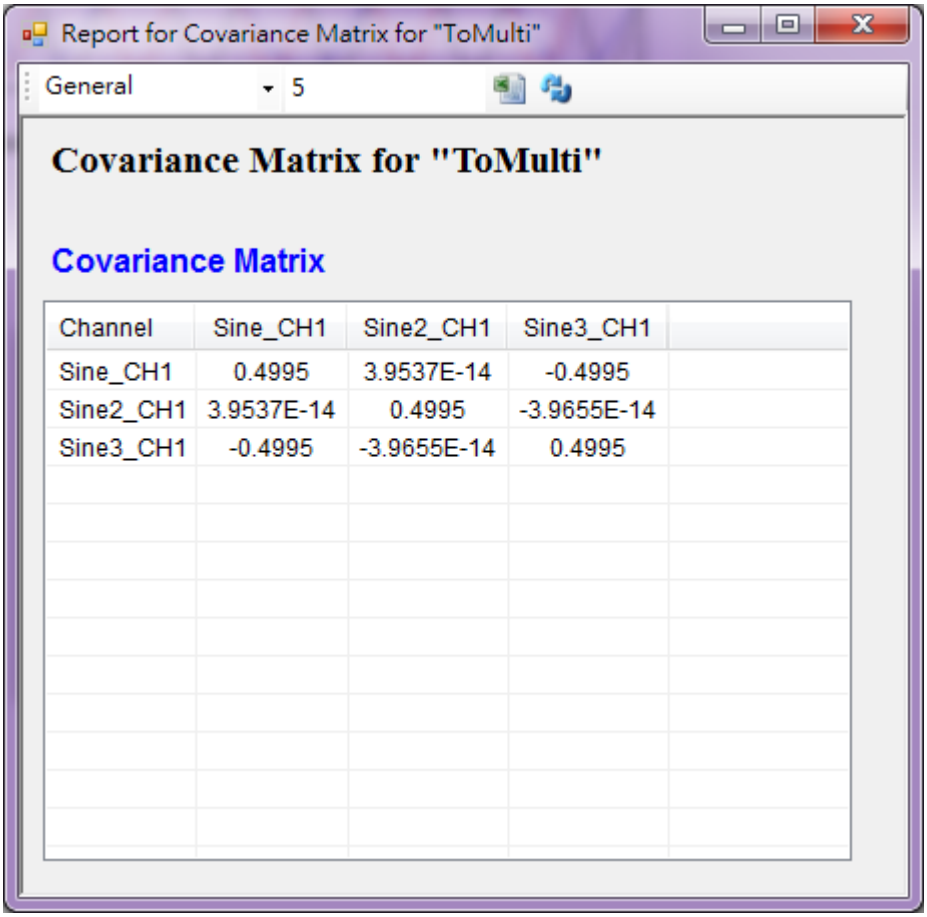
Sine3 的參數設定如上圖。



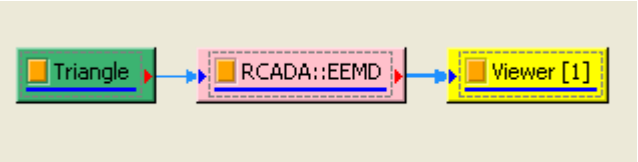
2. 在 ToMulti 後方接上 Compute / Statistics / Covariance Matrix，點選其 Properties / View Matrix...跳出計算結果。矩陣元素 C_{ij} 為各訊號對自己的共變異數，也就是各訊號的變異數約 0.499，C_{12}、C_{21} 是 Sine 與 Sine2 的比較，其值極小，表示兩訊號無相關性，C_{23}、C_{32} 同樣為極小值，同理 Sine 與 Sine2 也是無相關性；Sine 與 Sine3 為與 X 軸對稱的兩數列，其計算結果為 -0.499，代表兩訊號為負相關。

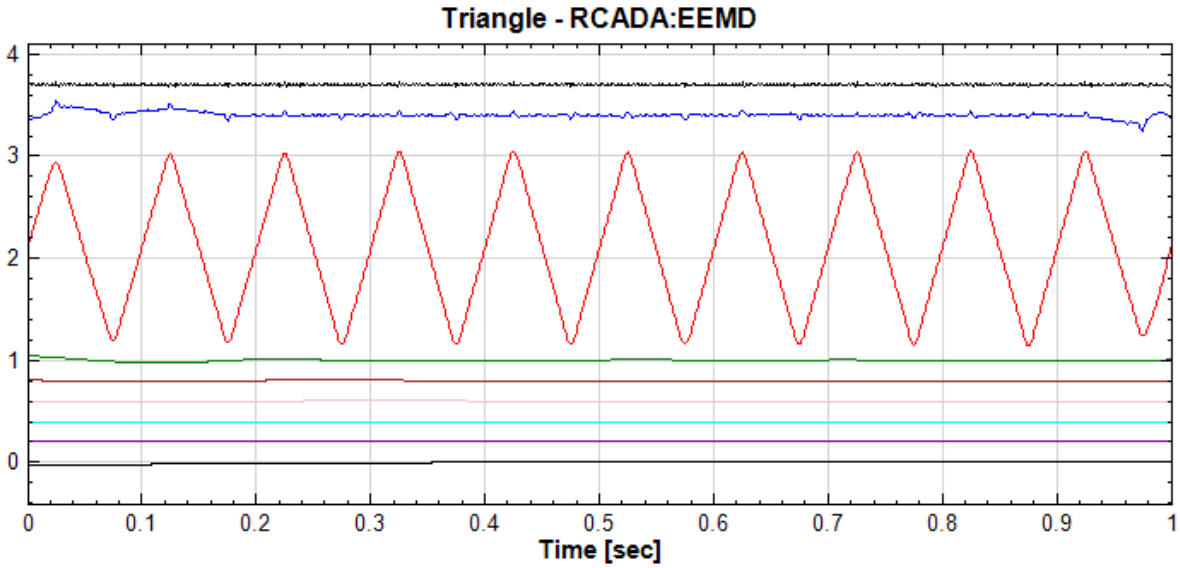




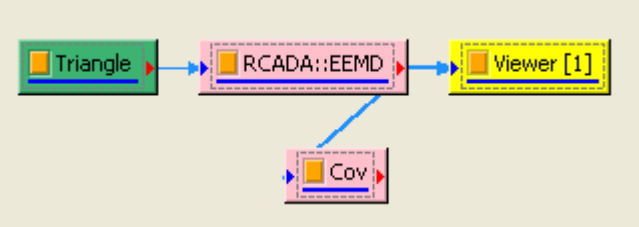


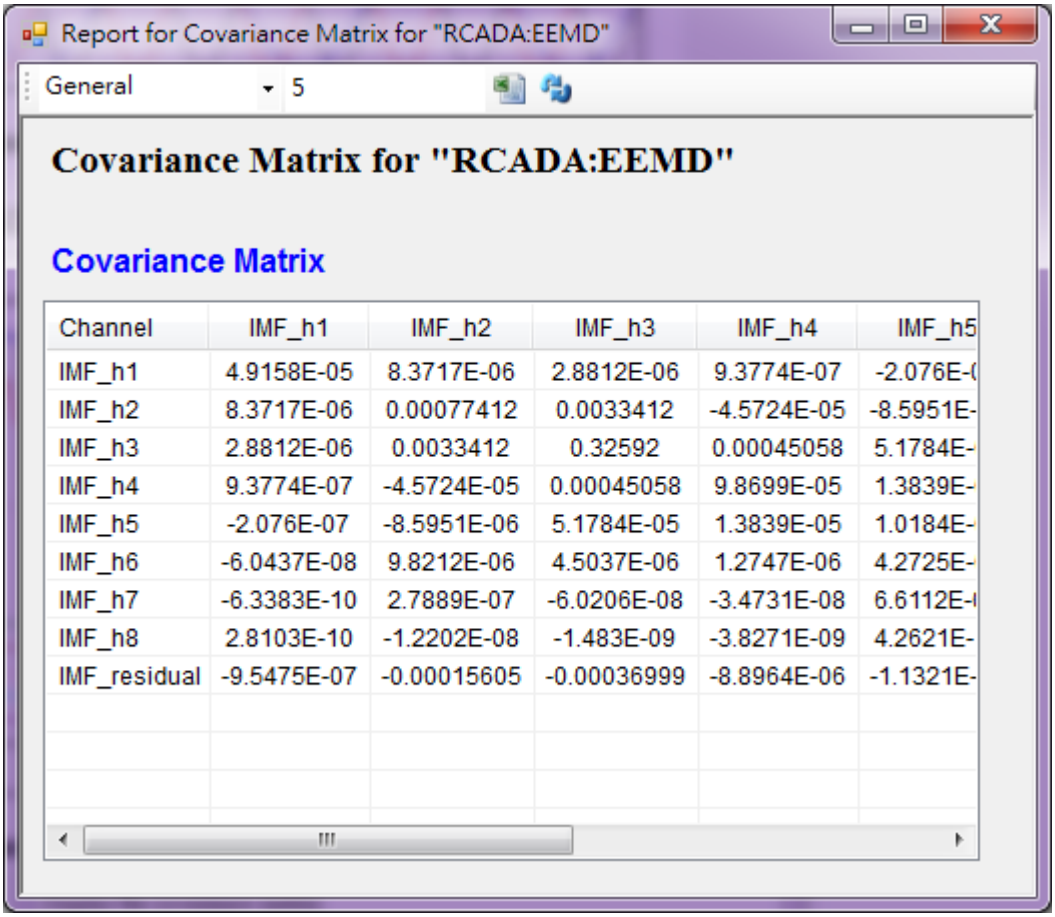
3. 再開一個新的專案，以 Source / Triangle Wave 產生一組三角波，再接上 Compute / HHT / RCADA EEMD 計算出三角波的 IMF，計算結果以 Channel Viewer 繪出。Viewer 的 Properties / Multi-channel Display 調為 List，Viewer Height 調為 350，可以看到共分出 9 個通道的訊號。





4. 於 RCADA EEMD 後面再接上 Compute / Statistics / Covariance Matrix，計算各 IMF 之間的共變異數矩陣。





Channel	IMF_h1	IMF_h2	IMF_h3	IMF_h4	IMF_h5
IMF_h1	4.9158E-05	8.3717E-06	2.8812E-06	9.3774E-07	-2.076E-(
IMF_h2	8.3717E-06	0.00077412	0.0033412	-4.5724E-05	-8.5951E-
IMF_h3	2.8812E-06	0.0033412	0.32592	0.00045058	5.1784E-
IMF_h4	9.3774E-07	-4.5724E-05	0.00045058	9.8699E-05	1.3839E-
IMF_h5	-2.076E-07	-8.5951E-06	5.1784E-05	1.3839E-05	1.0184E-
IMF_h6	-6.0437E-08	9.8212E-06	4.5037E-06	1.2747E-06	4.2725E-
IMF_h7	-6.3383E-10	2.7889E-07	-6.0206E-08	-3.4731E-08	6.6112E-(
IMF_h8	2.8103E-10	-1.2202E-08	-1.483E-09	-3.8271E-09	4.2621E-
IMF_residual	-9.5475E-07	-0.00015605	-0.00036999	-8.8964E-06	-1.1321E-

共變異數值的大小可衡量兩數列值變化的程度，值為正代表兩數列值相對於平均的變化趨勢相同，為正的線性相關，值為負代表兩數列值相對於平均的變化趨勢相反，為負的線性相關。另外可注意到矩陣的對角項為各通道的變異數。

相關指令

Correlation Matrix、Orthogonality Matrix、Merge To Multi-Channel、RCADA EEMD

參考

N.G. van Kampen, Stochastic processes in physics and chemistry. New York: North-Holland, 1981.

4.9.4 Correlation Matrix*

Only in Professional

相關係數（Correlation Coefficient）即是正規化的共變異數，可指出兩組數列的相關程度，倘若有多筆數列相互交差比較，則可將各相關係數組成相關係數矩陣。

說明

令 $X = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$，$Y = \{y_0, y_1, \dots, y_{N-1}\}$ 為兩組數列，則相關係數（Correlation Coefficient）之計算如下：

$$\rho_{xy} = \frac{1}{N\sigma_x\sigma_y}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

其中 $\bar{x}$、$\bar{y}$ 分別為兩數列的平均值，σ_x、σ_y 分別為兩數列的標準偏差。若考慮樣本不偏估之估計量（Unbiased Moment estimator），則方程式為

$$r_{xy} = \frac{1}{(N-1)s_x s_y}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

其中 r_{xy} 為兩樣本數列的相關係數，s_x、s_y 分別為兩數列的樣本標準偏差。相關係數之定義可視為共變異數除以兩數列之標準偏差。

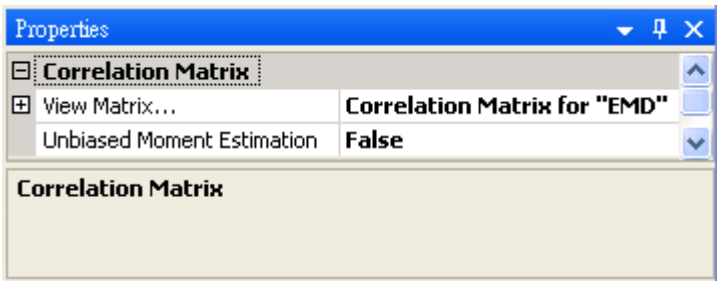
若有一組多通道（multi-channel）的數列，通道數為 M，則各通道間對應的總量 ／樣本相關係數可表示為相關係數矩陣

$$[R_{lk}] = r_{lk},$$

其中 l，k 為通道代碼。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal ）輸入。輸出為一個 $M \times M$ 的方形矩陣，M 為 channel 數，輸出格式是 Indexed 的數值資料。



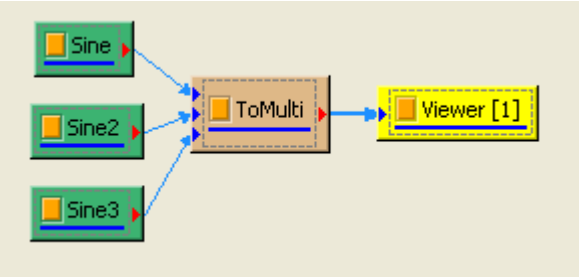
參數為 Unbiased Moment Estimation，可選擇是否計算樣本不偏估之相關係數矩陣，預設為 False。

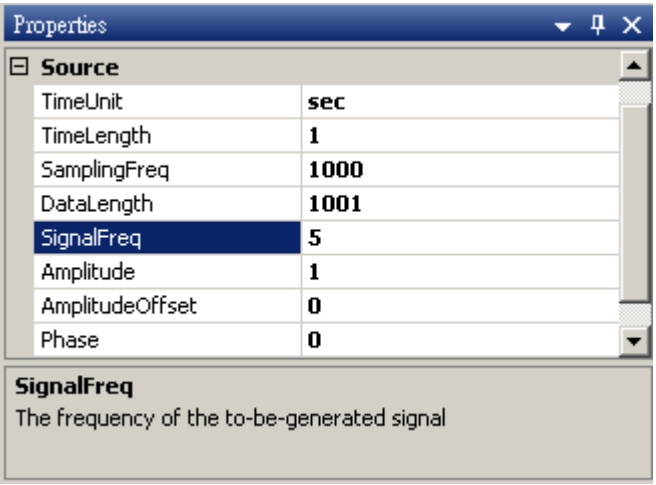
點擊 Properties / View Matrix... 欄位右側的[...]即可開啟 Reporter 視窗，或雙擊元件圖示，即可看到計算結果（見下面範例）。Reporter 詳細說明請看【Reporter】章節。

範例

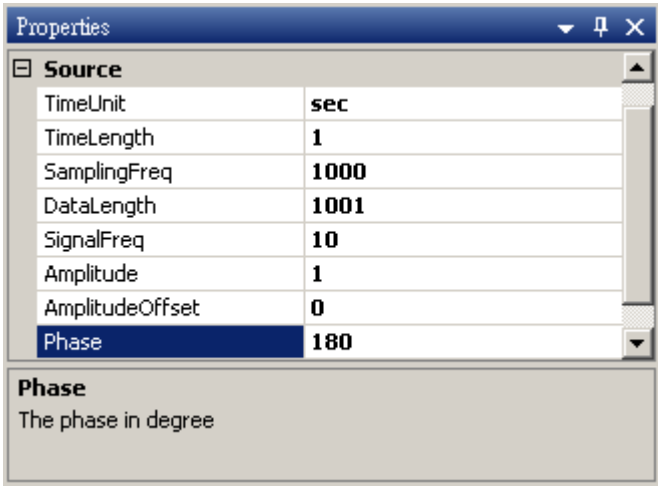
以不同相位角與頻率的正弦波為輸入訊號計算其相關係數矩陣結果：

1. 於 Network 視窗下按右鍵，選擇 Source / Sine Wave 創造一個正弦波，此波預設頻率為 10Hz，接著再創造兩個正弦波，一個波設定其 Properties / SignalFreq = 5Hz，另一個波設定其 Properties / Phase = 180 度（單位為 Degree），最後使用 Conversion / Merge to Multi-channel 將三個波結合成一個 Multi-Channel 的訊號。以上步驟將創造一個頻率為 10Hz 的正弦波，頻率為 5Hz 的正弦波以及相位角偏移 180 度的正弦波。以 Viewer / Channel Viewer 繪出結果，其中黑線代表 Sine，藍線代表 Sine2，紅線代表 Sine3。

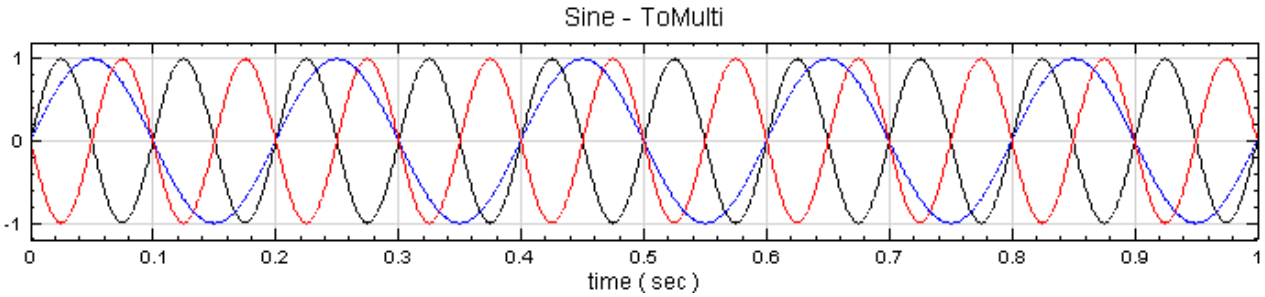




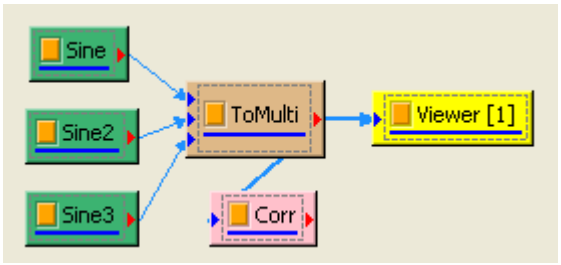
Sine2 Properties

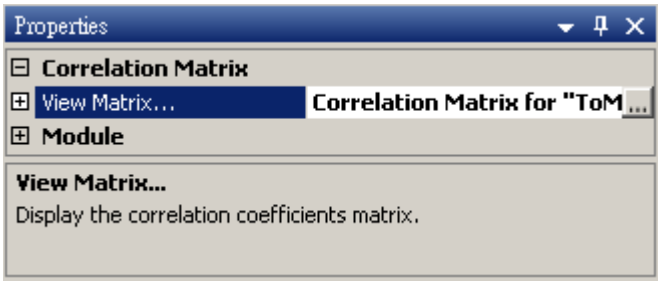


Sine3 Properties



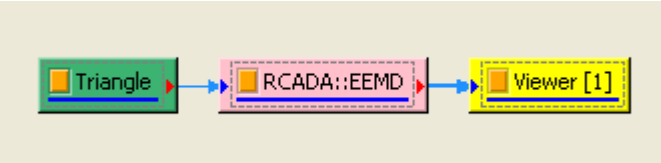
2. 在 ToMulti 後方接上 Compute / Statistics / Correlation Matrix，點選其 Properties / View Matrix...跳出計算結果。矩陣對角項 R_{ij} 為各訊號對自己的相關係數，因此為 1 完全相關，R_{12}、R_{21} 是 Sine 與 Sine2 的比較，其值約為 7.91537×10^{-14}，表示兩訊號無相關性，R_{32}、R_{23} 同樣為極小值，同理 Sine 與 Sine2 也是無相關性；Sine 與 Sine3 為與 x 軸對稱的兩數列，其計算結果為 -1，代表完全負相關。



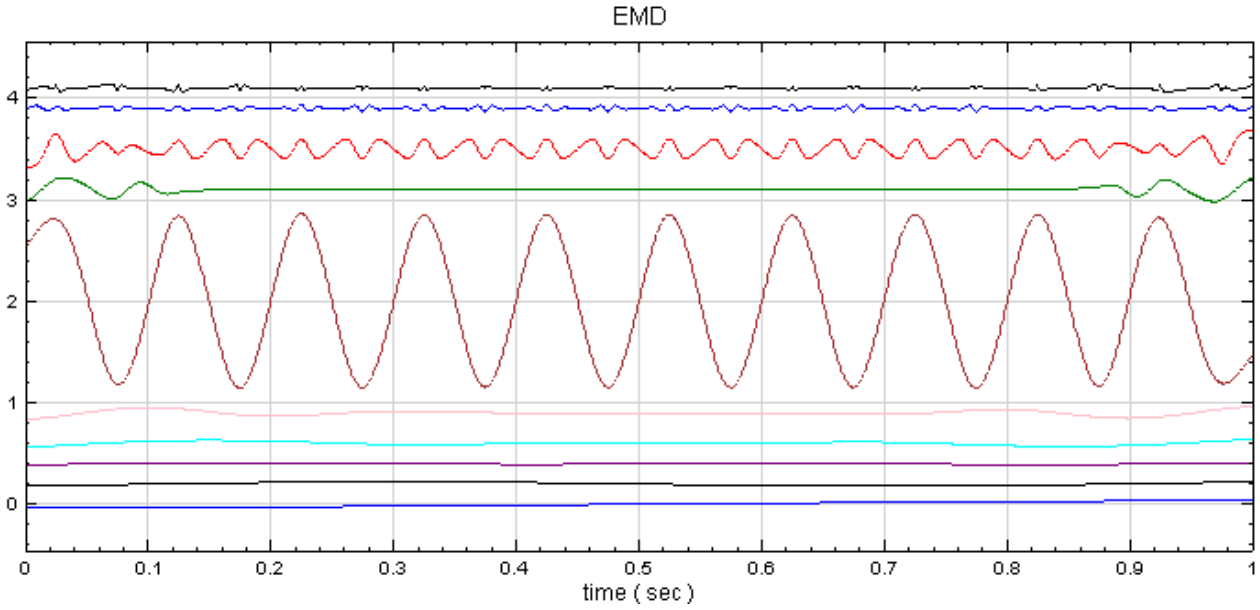


3. 再開一個新的專案，以 Source / Triangle Wave 產生一組三角波，再接上 Compute / HHT / RCADA EMD 計算出三角波的 IMF，計算結果以 Channel Viewer 繪出。Viewer 的 Properties / Multi-

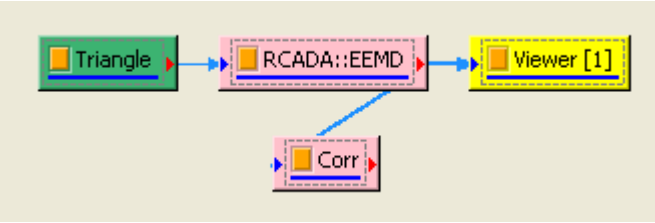
channel Display 調為 List，Viewer Height 調為 350，可以看到共分出 10 個通道的訊號。

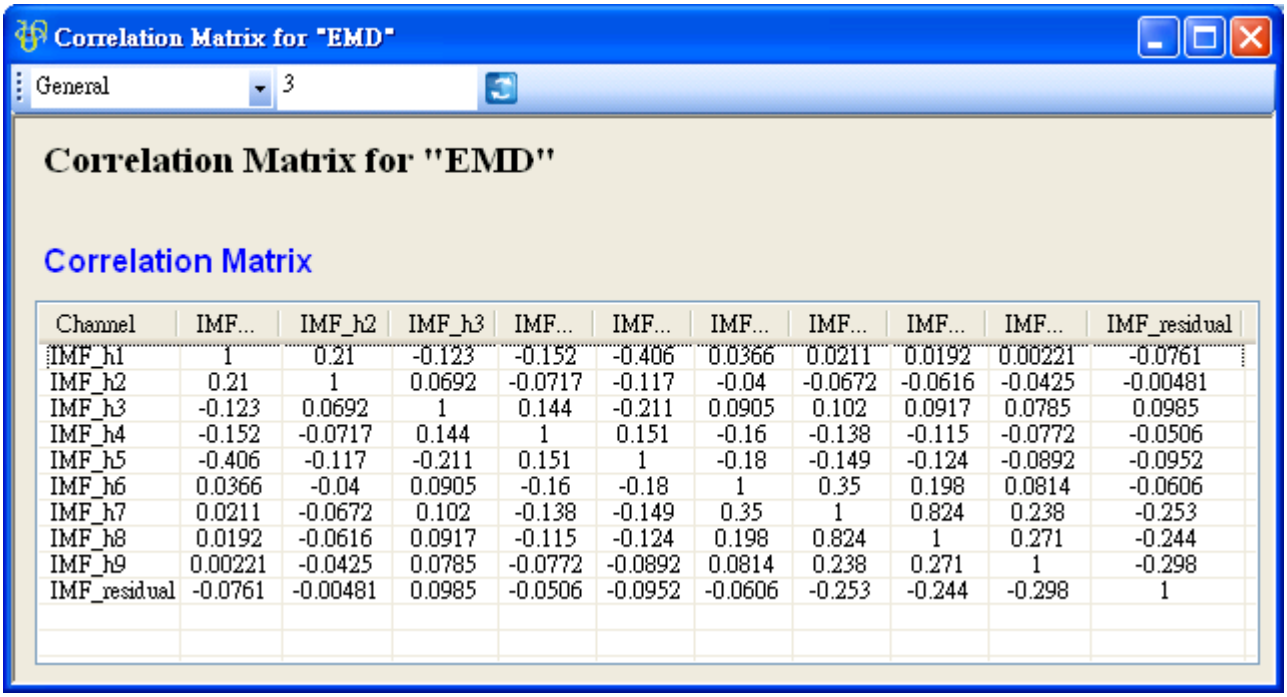


4. 結果如下圖：



5. 於 RCADA EMD 後面再接上出 Compute / Statistics / Correlation Matrix，這樣可計算出各 IMF 之間的相關係數。





Channel	IMF...	IMF_h2	IMF_h3	IMF...	IMF...	IMF...	IMF...	IMF...	IMF...	IMF_residual
IMF_h1	1	0.21	-0.123	-0.152	-0.406	0.0366	0.0211	0.0192	0.00221	-0.0761
IMF_h2	0.21	1	0.0692	-0.0717	-0.117	-0.04	-0.0672	-0.0616	-0.0425	-0.00481
IMF_h3	-0.123	0.0692	1	0.144	-0.211	0.0905	0.102	0.0917	0.0785	0.0985
IMF_h4	-0.152	-0.0717	0.144	1	0.151	-0.16	-0.138	-0.115	-0.0772	-0.0506
IMF_h5	-0.406	-0.117	-0.211	0.151	1	-0.18	-0.149	-0.124	-0.0892	-0.0952
IMF_h6	0.0366	-0.04	0.0905	-0.16	-0.18	1	0.35	0.198	0.0814	-0.0606
IMF_h7	0.0211	-0.0672	0.102	-0.138	-0.149	0.35	1	0.824	0.238	-0.253
IMF_h8	0.0192	-0.0616	0.0917	-0.115	-0.124	0.198	0.824	1	0.271	-0.244
IMF_h9	0.00221	-0.0425	0.0785	-0.0772	-0.0892	0.0814	0.238	0.271	1	-0.298
IMF_residual	-0.0761	-0.00481	0.0985	-0.0506	-0.0952	-0.0606	-0.253	-0.244	-0.298	1

6. 矩陣的對角項為各通道對自己的相關係數，所以等於 1；除了對角項之外，值最大的相關係數為 IMF_h5 與 IMF_h1，表示這兩組訊號有較強的相關性，其餘大多數的相關係數值都小於正負 0.1，代表其餘 IMF 彼此間的相關性很小。

相關指令

Covariance Matrix、OrthogonalityMatrix、Merge To Multi-Channel、Channel Viewer 、RCADA EMD

參考

Cohen, J., Cohen P., West, S.G.,&Aiken, L.S. (2003). Applied multiple regression/correlation analysis forthe behavioral sciences. (3rd ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associmtes.

4.9.5 Equiphase Statistics*

Only in Professional

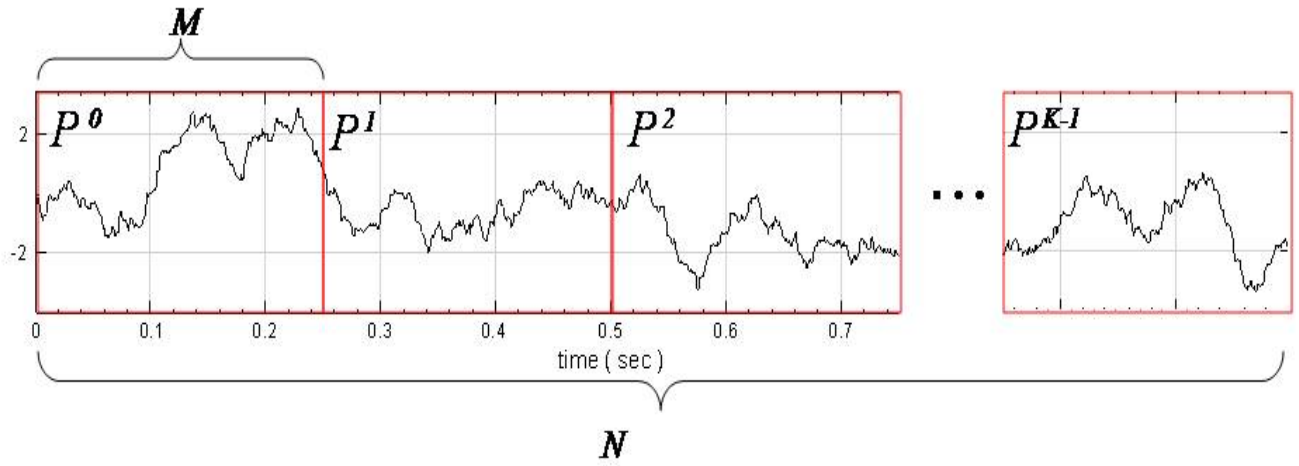
等相位統計值，為設定一段長度為 M 的週期，在此週期下計算每個同相位元素的統計值，譬如計算月均值，週均值等，此計算方式即為 Equiphase Statistics。

說明

$X = \{x_0, x_1, \ldots, x_{N-1}\}$ 為一組個數為 N 的數列，而 Equiphase Statistics 所設定的週期大小為 M，$M < N$，則此數列可分作 $K = Ceiling(N/M)$ 個小數列，$Ceiling()$ 表示小數點後無條件進位，令小數列為 P_j^k，k 標示小數列編號，j 標示數列內之元素，則

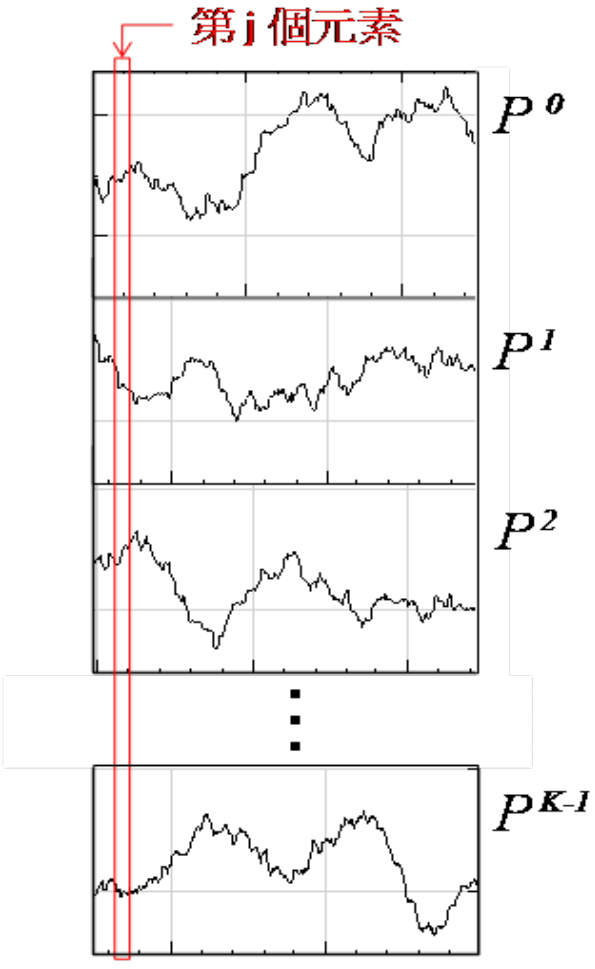
$$P_j^k = \{x_{k \cdot M+j}\}, 0 \le j \le M-1, 0 \le k \le K-1$$

如下圖所示：



Equiphase Statistics 就是抽出每個 P_j^k 中相同相位的元素作為一組，計算其統計值，譬如 equiphase mean 的計算如下。

$$EM_j = \frac{1}{K}\sum_{k=0}^{K-1} P_j^k, 0 \le j \le M-1$$



須注意當 N/M 不整除時，最後一組小數列長度 $M_{last} < M$，因此當相位元素 $j \leq M_{last}$ 時，計算之元素數量為 K，當元素 $j > M_{last}$ 時，計算元素數量為 $K-1$。

Equiphase statistics 可計算多種統計值，其中大部份與 Basic statistics 模組相同，此處不再贅述，算式請參照 Basic statistics 內容，其它部份，譬如 First quartile、Third quartile 與 Quantile 的詳細定義請參考 Quartiles and Quantiles 模組。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號(Signal)、聲音訊號（Audio）輸入。參數定義如下。

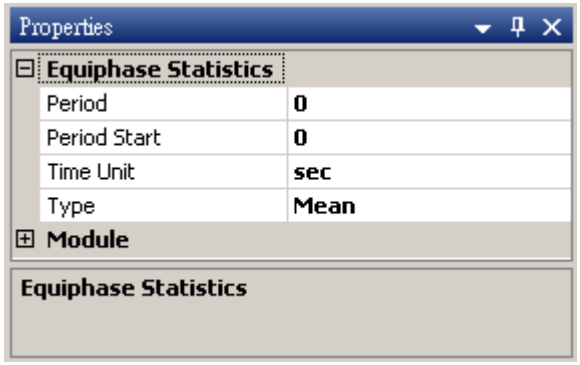


Table 4.119: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Period	設定週期，單位為時間。	輸入訊號時間總長的百分之十
Period Start	設定起始點位置，單位為時間。	0
TimeUnit	時間單位。	sec
Type	設定要計算的統計量。	Mean

Type 選項定義如下，計算於窗內範圍的統計量。

Table 4.120: 參數說明

選項名稱	選項定義
Sum	數列總合。
Min	數列中最小值。
Max	數列中最大值。
Mean	平均值。
Geometric Mean	幾合平均數。
Harmonic Mean	調合平均數。
Trimmed Mean	截尾平均數。
First quartile	數列值四分位值。
Median	數列的中位數。

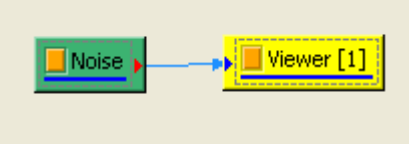
選項名稱	選項定義
Third quartile	數列的四分之三位值。
Quantile	數列的分位數。
StdDev	數列的標準偏差。
Variance	數列的變異數。
VarianceCoef	變異係數。
Skewness	數列的偏度。
Kurtosis	數列的峰度。
SemiVariance	半變異數。
SemiStdDev	半標準偏差。

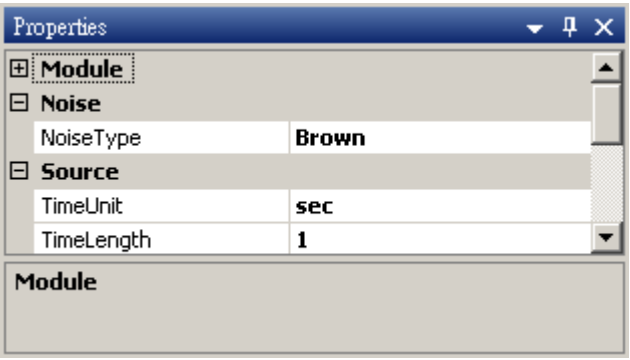
部分選項會再出現參數需要設定，Quantile 的參數請參閱 Quartiles and Quantiles 模組說明，其餘統計量的定義請參考模組 Basic Statistics 內容。

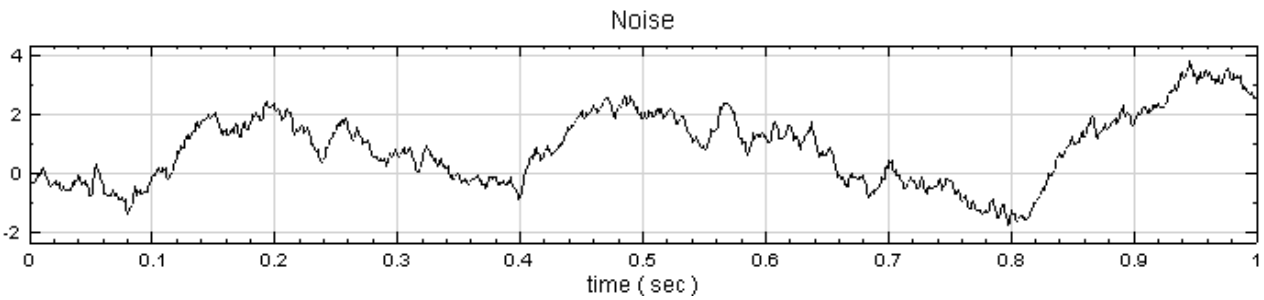
範例

以一組 Brownian Noise 為輸入訊號，計算 Equiphase Statistics 的各項統計值。

1. 於 Network 按右鍵新增 Source / Noise，調整 Properties / Noise Type 為 Brown，以 Viewer / ChannelViewer 繪出結果。

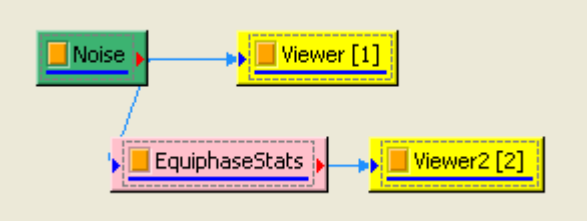


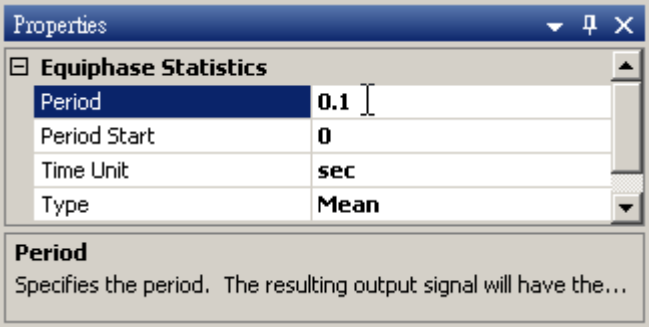


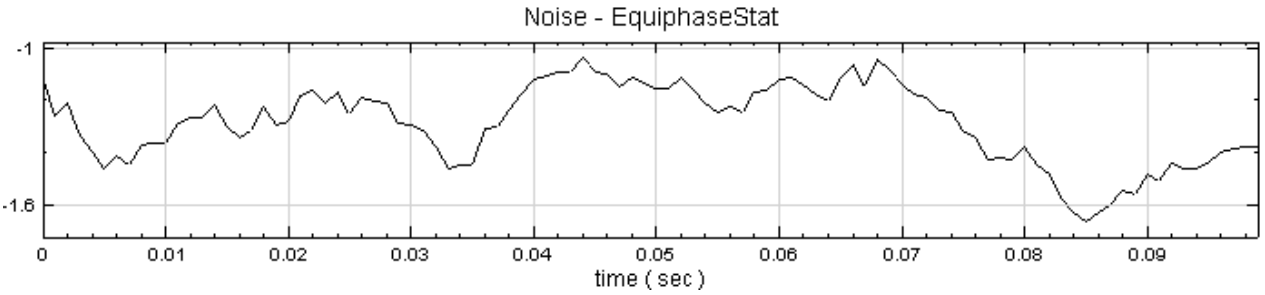


2. 於 Noise 後方接 Compute / Statistics / Equiphase Statistics，其統計值預設為 Mean，調整 Proper-

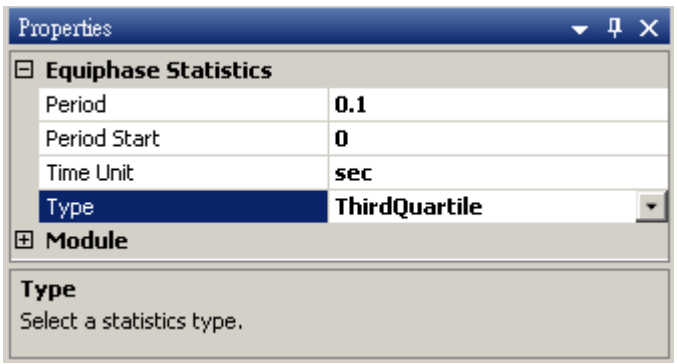
ties / Period 為 0.1，讓它以 0.1 秒為週期，計算該週期下每個元素的平均值。最後以 Viewer / Channel Viewer 輸出結果。

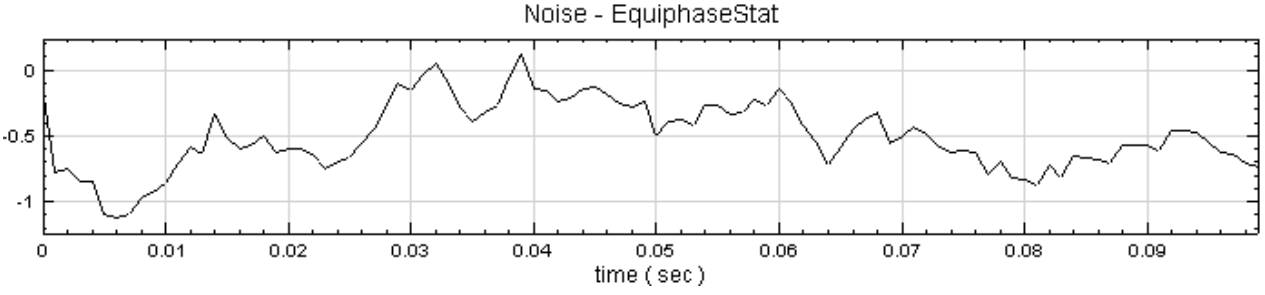






3. 調整 Type 為 Third Quartile，則模組會計算週期下每個元素位置的四分之三位值。





相關指令

Basic Statistics、Rolling Statistics、Quartiles and Quantiles、Channel Viewer

參考

1. Michel Loeve, “Probability Theory”, Graduate Texts in Mathematics, Volume 45, 4th edition, Springer-Verlaf, 1977

2. Joanes, D. N.&Gill, C. A. (1998)Comparing measures on sample skewness and kurtosis. Journal of the Royal Statistical Society (Series D): The Statistician 47 (1), 183–189.

4.9.6 Kernel Smooth Density*

Only in Professional

Kernel smoothing density estimation 是以非參數化（non-parametric）的方法計算出數列的機率密度函數 (probability density function)。

說明

設數列為 $X = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$，則數列的 kernel density estimation 為：

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=0}^{N-1} K(\frac{x - x_i}{h})$$

其中 h 是控制平滑程度的參數，即平滑窗（smoothing window）的長度，K 是核函數 (kernel function)。此方法是將離散分佈之每個點代入核函數中，再疊加每個點的核函數計算結果，以達到平滑之目地。在概念上與作統計直方圖類似。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號 (Signal) 輸入；輸出訊號格式為實數，多通道，Regular 的訊號。

參數定義整理如下表。須注意 KS Density 輸出的訊號格式，一組輸入訊號會產生一組兩個通道的輸出訊號，第一個通道為 X 軸資料，以資料的極大及極小為上下界限，第二個通道為 Y 軸資料，為數列數值相對應之機率密度值。

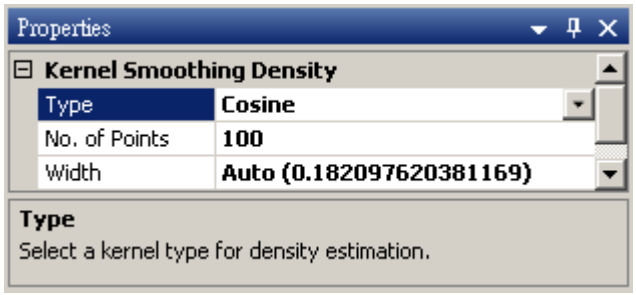


Table 4.121: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Type	核函數的種類，內建函數包括 Uniform、Triangle、Epanechnikov、Quartic、Triweight、Gaussian、Cosine，其定義整理至下一個表格中。	Gaussian
No. of Points	輸出訊號之離散點數。	100
Width	平滑窗之寬度，即 h，為控制平滑程度的常數，預設值 Auto 是假設標準常態分佈下計算最佳的寬度。	Auto

下表整理常見核函數之定義。

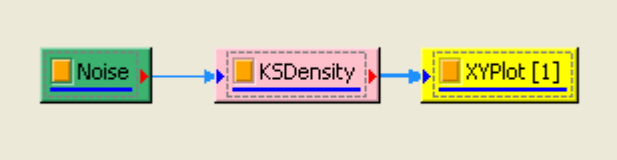
Table 4.122: 參數說明

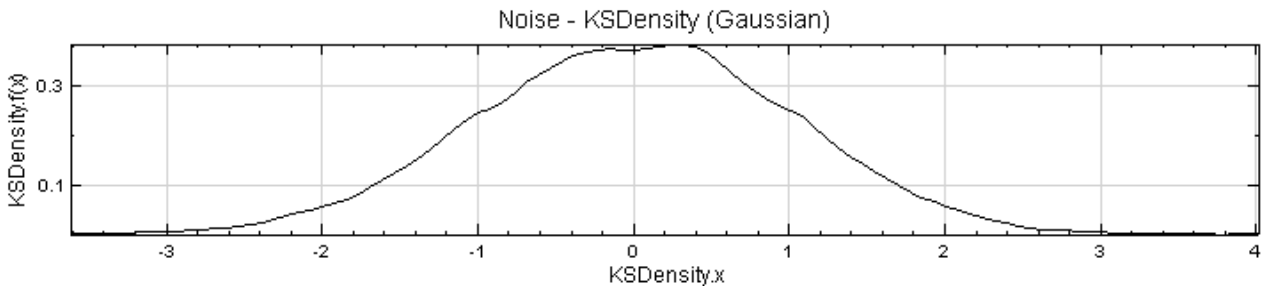
核函數名稱	定義
Uniform	$K(u) = \begin{cases} \frac{1}{2}, & \mid u \mid \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$
Triangle	$K(u) = \begin{cases} 1 - \mid u \mid, & \mid u \mid \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$
Epanechnikov	$K(u) = \begin{cases} \frac{3}{4}(1-u^2), & \mid u \mid \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$
Quartic	$K(u) = \begin{cases} \frac{15}{16}(1-u^2)^2, & \mid u \mid \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$
Triweight	$K(u) = \begin{cases} \frac{35}{32}(1-u^2)^3, & \mid u \mid \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

核函數名稱	定義
Gaussian	$$K(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}u^2}, & \mid u \mid \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$
Cosine	$$K(u) = \begin{cases} \frac{\pi}{4} \cos(\frac{\pi}{2}u), & \mid u \mid \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

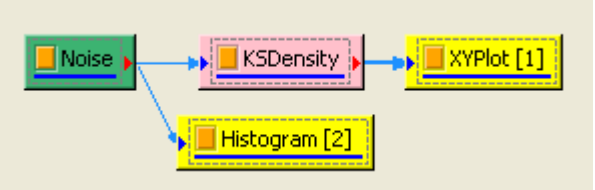
範例

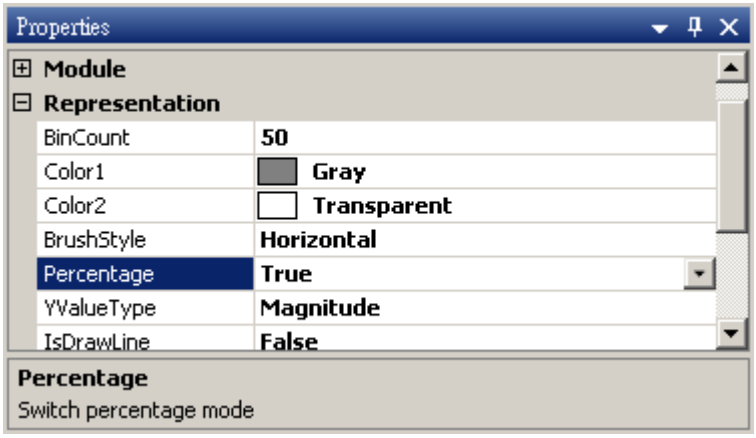
1. 建立一個 Source / Noise，調整其 Properties / Noise Type 為 Gaussian，Time Length 設為 10 秒，再接上 Kernel Smooth Density，連結上 XY Plot。

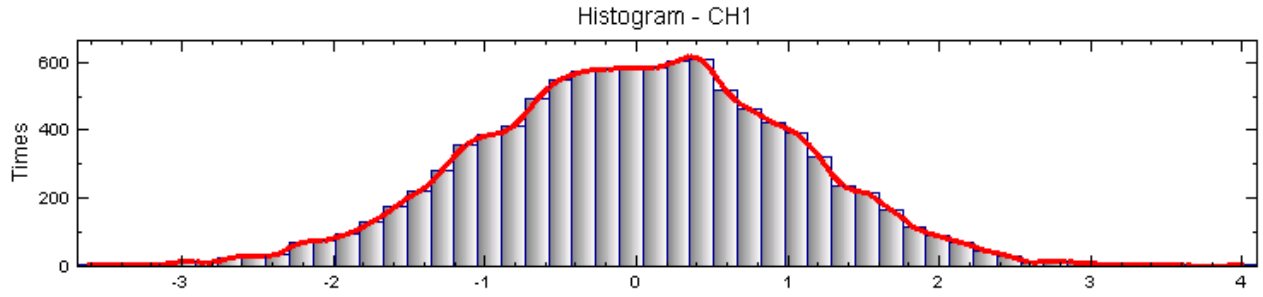




2. 另一方面將 Noise 直接以 Viewer / Histogram Viewer 繪出，將 Histogram 的 Properties / BinCount 調整為 50，Percentage 調為 True，則可畫出下面的直方圖。

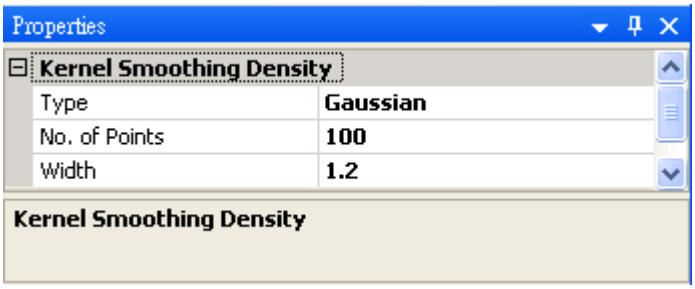


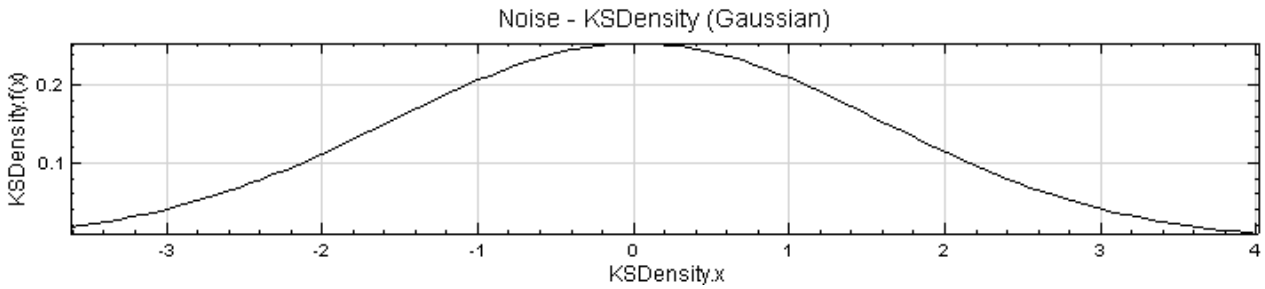




這兩張圖的基本概念是相同的，kernel smooth density 是以 kernel function 將數值出現的機率轉為連續的密度函數表示，而 histogram 是以值區間計算每個區間內數值發生的機率；且本模組所計算的密度函數其 X 軸以上的面積為 1，而 histogram 的 Y 軸直接是發生次數。

將 KSDensity 的 Properties / Width 調大一點，調整到 1.2，可看到結果更為平順。





相關指令

Histogram、Noise、XY Plot

參考

T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman, The Elements of Stbtistical Learning, Chapter 6, Springer, 2001.

4.9.7 Mean Frequency*

Only in Professional

Mean Frequency 是一項能讓使用者計算滾動平均頻率的工具。

說明

假設有一組長度為 N 的訊號資料 $X = \{x_0, x_1, x_2, ..., x_{N-1}\}$，資料點之間的時間間隔為 $\Delta_t = 1/f_s$（f_s 為取樣率），取一從第 j 點開始長度為 M 的滾動窗：

$$X_j = \{x_j, x_{j+1}, x_{j+2}, ..., x_{j+M-1}\}$$
$$0 \leq j < N - W$$

可先取滾動窗之傅立葉轉換：

$$Y_k^j = FFT(X_j) = \{y_0^j, y_1^j, y_2^j, ..., y_{M/2}^j\}$$

對應之頻率軸為（每個滾動窗的頻率軸都相同）：

$$F_k = \{f_0, f_1, f_2, ..., f_{M/2}\}$$
$$f_0 = 0$$
$$f_{M/2} = \frac{f_s}{2}$$

再用加權平均法算出該滾動窗之平均頻率：

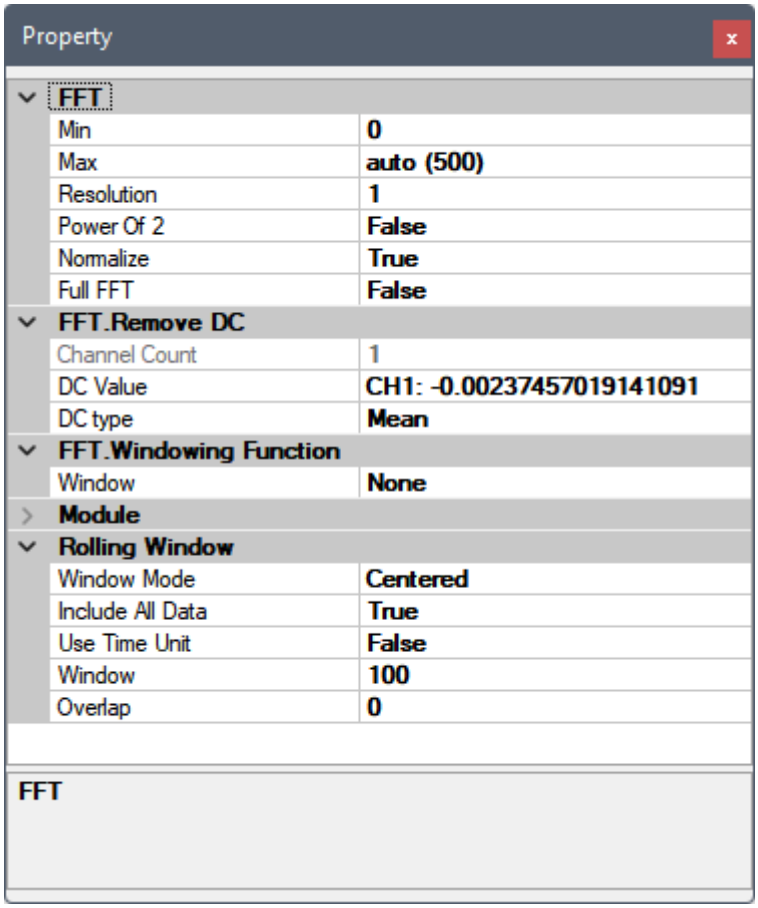
$$\bar{f_j} = \frac{\sum_{k=0}^{M/2} y_k^j f_k}{\sum_{k=0}^{M/2} y_k^j}$$

假設滾動窗向右移動一點計算一次，會得到一個平均頻率的系列：

$$\bar{F} = \{\bar{f_0}, \bar{f_1}, \bar{f_2}, ..., \bar{f}_{N-M-1}\}$$

參數設定（Properties）

本模組接受實數（Real Number）、單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）或音訊（Audio）輸入，相關參數定義詳列如下表。

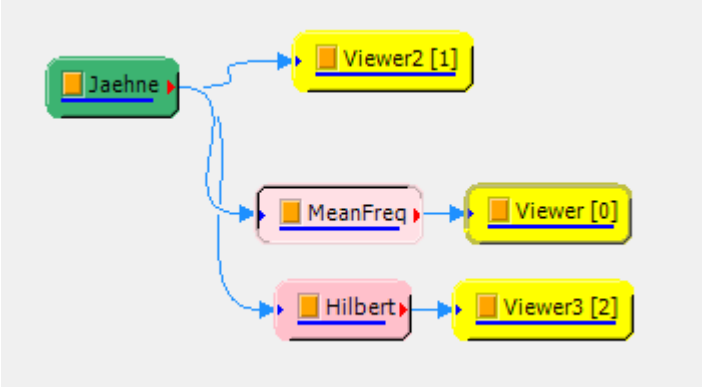


本元件本身沒有其他參數，但內嵌了滾動窗計算及 FFT 元件，可參考【Fourier Transform】及【滾動窗計算】章節說明。FFT 元件自身也內嵌了【RemoveDC】及【Windowing Function】，請參考各章節說明。

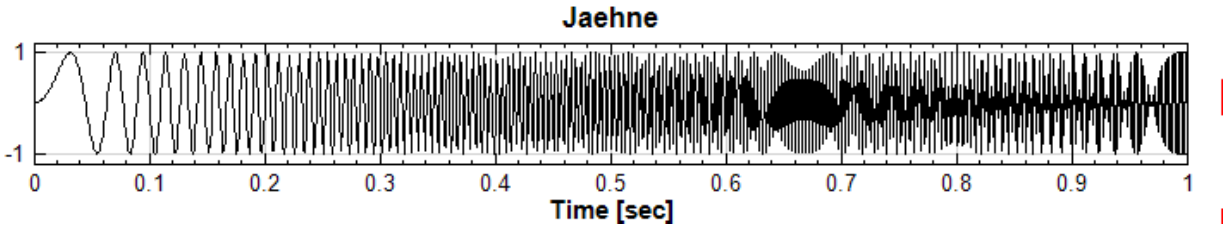
範例

計算白色雜訊與方波的基本統計分析：

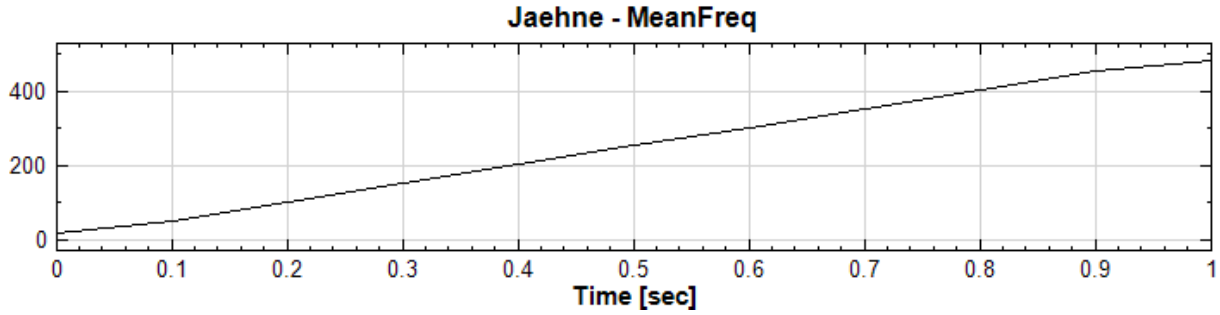
1. 於 Network 視窗下選擇 Source / Advanced / Jaehne 創造一個 Chirp 訊號，後接上 Compute / Statistics / Mean Frequency 以上述預設參數計算，同時也接上 Compute / Transform / Hilbert Transform （OutputType 設為 InstantFrequency）以比較 Hilbert Transform 的瞬時頻率功能。所有元件再接上 ChannelViewer，如下圖。



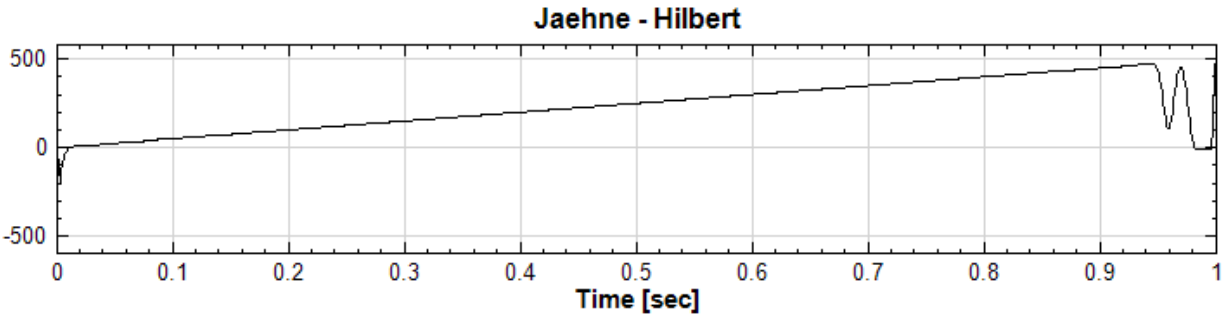
Jaehne/Chirp 訊號如下：



Mean Frequency 輸出如下：



Hilbert Transform 瞬時頻率輸出如下：



可以看見相較於 Hilbert Transform 順時頻率在訊號起始及結束兩端有震盪的現象，Mean Frequency 利用滾動窗計算 FFT 平均的做法可以顯示更平滑的即時頻率。

相關指令

Jaehne、Hilbert Transform、Channel Viewer

4.9.8 Orthogonality Matrix*

Only in Professional

正交性矩陣是計算數列間的正規化的內積 (Dot Product)，若兩訊號正交，則其值為零，可以用在 EMD 計算的 IMF 上，判斷各 IMF 彼此間是否正交。

說明

令 $X = \{x_0, x_1, \ldots, x_{N-1}\}$，$Y = \{y_0, y_1, \ldots, y_{N-1}\}$ 為兩組數列，則其正交性定義為兩數列的內積，計算如下：

$$orth_{xy} = \frac{X \cdot Y}{\|X\|\|Y\|} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} x_i^2 \sum_{i=0}^{N-1} y_i^2}}$$

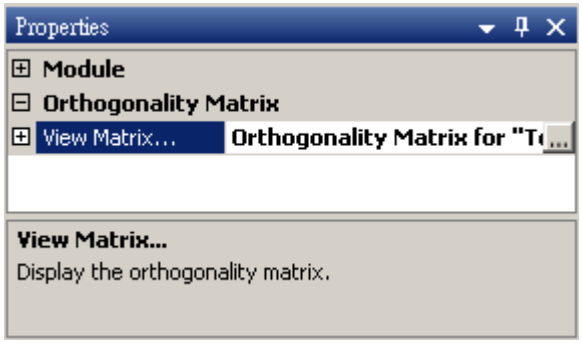
若有 M 組數列，與其對應的正交性矩陣表示如下：

$$[O_{lk}] = orth_{lk}$$

其中 l，k 為通道編號。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal ）輸入。輸出為一個 $M \times M$ 的方形矩陣，M 為輸入訊號的通道數，輸出格式是 Indexed 的數值資料。於 Properties/View Matrix...即可用 Reporter 視窗看到計算結果。

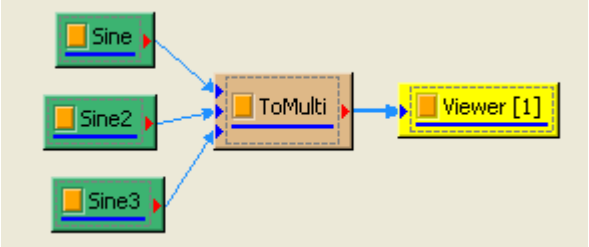


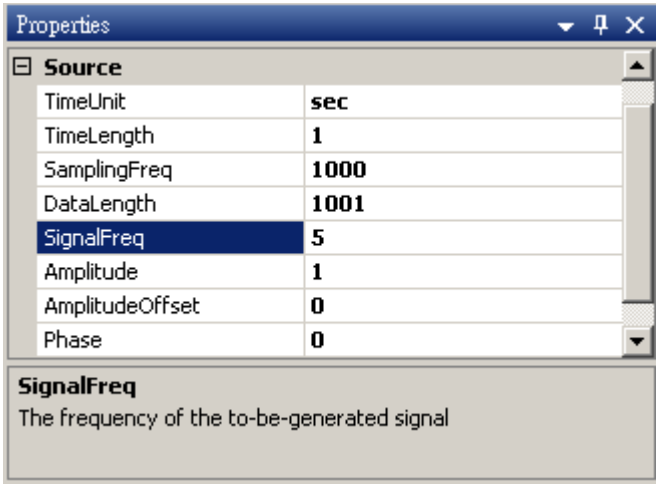
點擊 Properties / View Matrix... 欄位右側的[...]即可開啟 Reporter 視窗，或雙擊元件圖示，即可看到計算結果（見下面範例）。Reporter 詳細說明請看【Reporter】章節。

範例

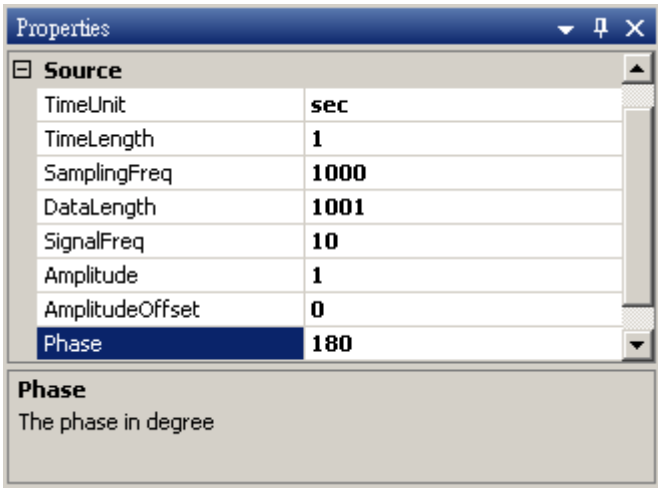
以不同相位角與頻率的正弦波為輸入訊號計算，正交性矩陣：

1. 於 Network 視窗下按右鍵，選擇 Source / Sine Wave 創造一個正弦波，此波預設頻率為 10 Hz，接著再創造兩個正弦波，一個波設定其 Properties / SignalFreq = 5Hz，另一個波設定其 Properties / Phase =180 度（單位為 Degree），最後使用 Conversion / Merge to Multi-channel 將三個波結合成一個 Multi-Channel 的訊號。以上步驟將創造一個頻率為 10Hz 的正弦波，頻率為 5Hz 的正弦波以及相位角偏移 180 度的正弦波。以 Viewer/ Channel Viewer 繪出結果，其中黑線代表 Sine，藍線代表 Sine2，紅線代表 Sine3。

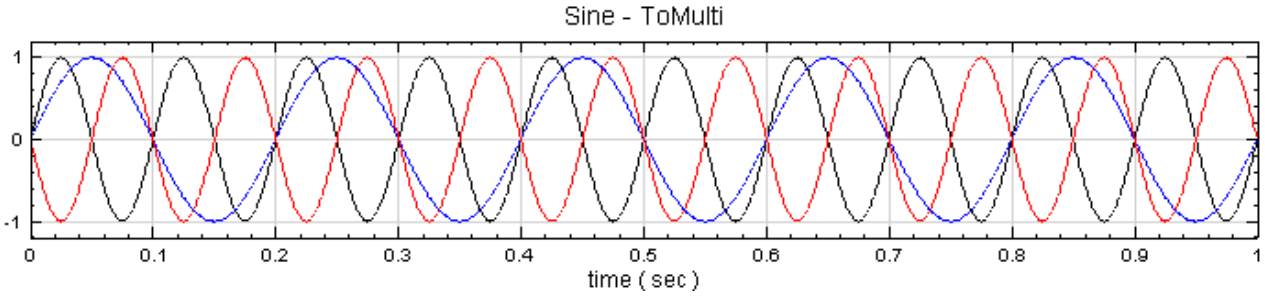




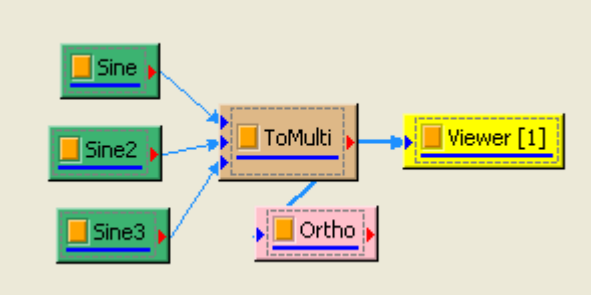
Sine2 Properties

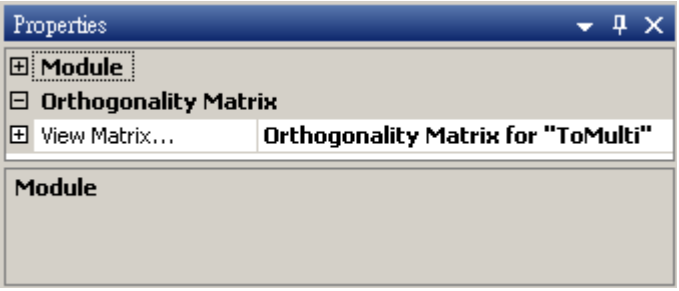


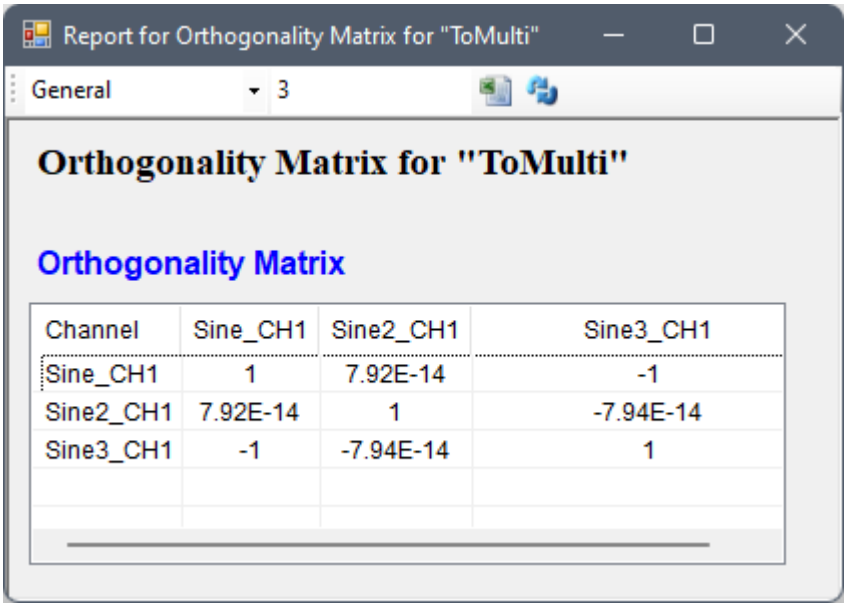
Sine3 Properties



2. 在 ToMulti 後方接上 Compute / Statistics / Orthogonality Matrix，點選其 Properties / View Matrix...跳出計算結果。矩陣對角項 O_{ij} 為各訊號對自己的正交性，也就是訊號對自己作內積，其值為 1；O_{12}、O_{21} 是 Sine 與 Sine2 的比較，其值極小，表示兩訊號相互正交，O_{32}、O_{23} 同樣為極小值，同理 Sine 與 Sine2 也是相互正交；Sine 與 Sine3 為對 X 軸對稱的兩數列，因此其計算結果為 -1。







相關指令

Covariance Matrix、Correlation Matrix、Merge To Multi-Channel、Channel Viewer

參考

Probability, Random Variables and Stochastic Processes. McGraw-Hill, 211.

4.9.9 Quartiles and Quantiles*

Only in Professional

四分位數與分位數。分位數為一數列經排序後，其分佈位置占總量某個百分比的數值，而四分位數是在總量 25%、50%、75% 的位置的數值。

說明

令 $X = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$ 為一組個數為 N 的數列，則四分位數可表示為

$$P(X \leq x_q) \leq p = \frac{1}{4}$$

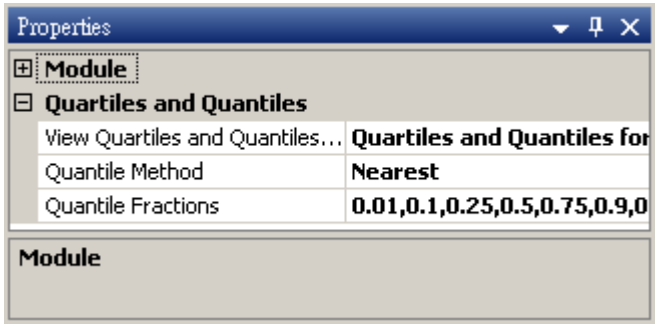
若以較明確的說法，一數列的四分位數是其累積分佈函數等於 25% 的數值，位置 q 在 $N \times 0.25 - 1$ 處，中位數與四分之三位數也是相同的概念。分位數 Quantile 則是更一般化的分位數，以百分比為標準，如 17 位數（17th quantile）代表在數列中累積分佈函數等於 17% 的數值。

若估計分位數時，該分位位置在兩點之間（即 $q = N \times p - 1$ 不為整數），則需要推估該分位的位置，估計方法眾多，本元件整理五種較常用的計算式供使用者選擇。

Table 4.123: 內插方法說明

內插方法	定義	說明
Linear	$x_q = x_i + (q - i)(x_{i+1} - x_i)$ 其中 i 代表 q 的整數部分	分位位置的前一點與下一點的數值作線性內插計算分位數。
Next	$\begin{cases} x_{floor(q)}, & r = 0 \\ x_{floor(q+1)}, & r > 0 \end{cases}$	以分位位置下一點的數值當作分位數。
Average	$x_q = \frac{1}{2}(x_{i+1} + x_i)$	分位位置的前一點與下一點的數值取平均作為該分位數。
Weighted Average	$x_q = x_{i+1} + g(x_{i+2} - x_{i+1})$ 其中 i 是 $(N-1) \times p$ 的整數部份，g 是小數部份。	分位位置的前一點加上前後兩點之差的加權值，此方法被 Microsoft Office Excel 所採用。
Nearest	$\begin{cases} x_i, & g < 0.5 \\ x_{i+1}, & g \geq 0.5 \end{cases}$ 其中 i 是 $(N-1) \times p$ 的整數部份，g 是小數部份。	離分位位置最近的位置作分位數。

參數設定

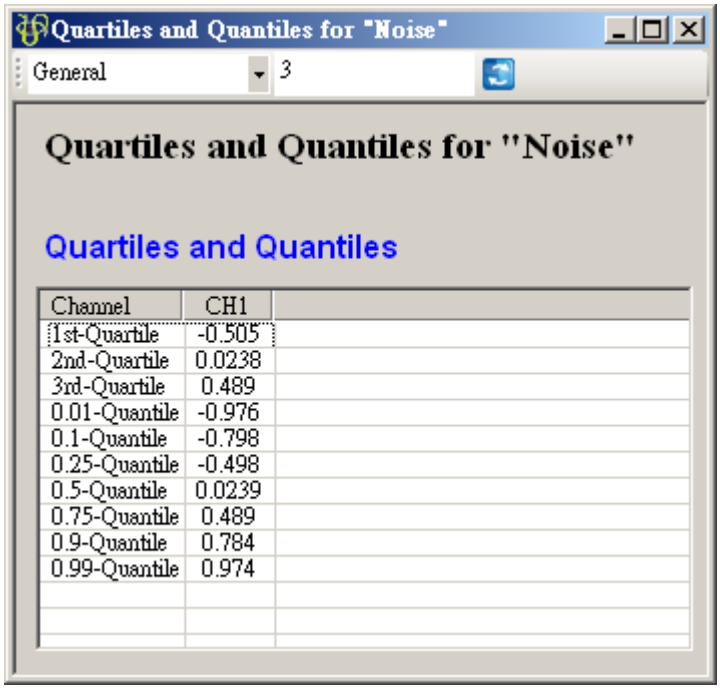


本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）輸入。

參數設定介面如下圖，本模組預設就計算數列的四分位數、中位數、四分之三位數等 Quartiles 值，另外可在參數 Quantile Fractions 下設定希望計算的 Quantiles 值。

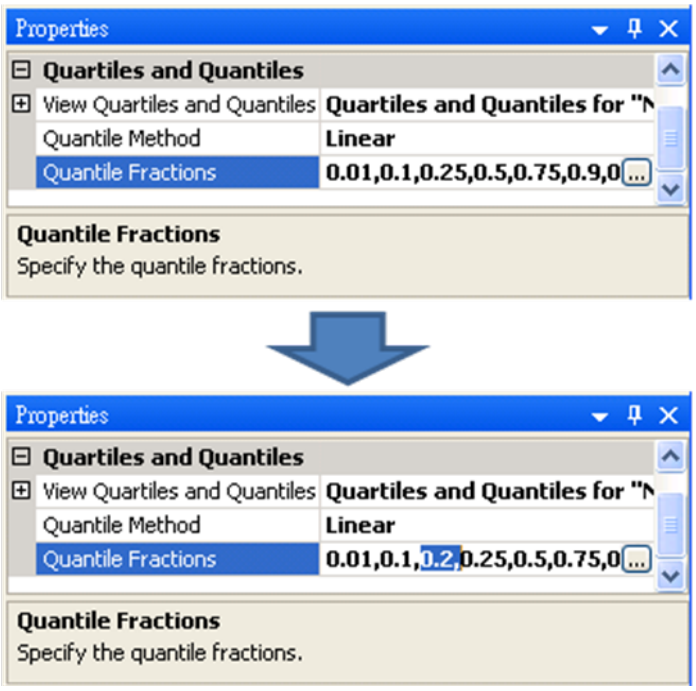
點擊 Properties / View Matrix... 欄位右側的[...]即可開啟 Reporter 視窗，或雙擊元件圖示，即可看到計算結果（見下面範例）。Reporter 詳細說明請看【Reporter】章節。

參數 Quantile Method 則可選擇 Quantile 的估計方法。下面就各參數內容分項說明。

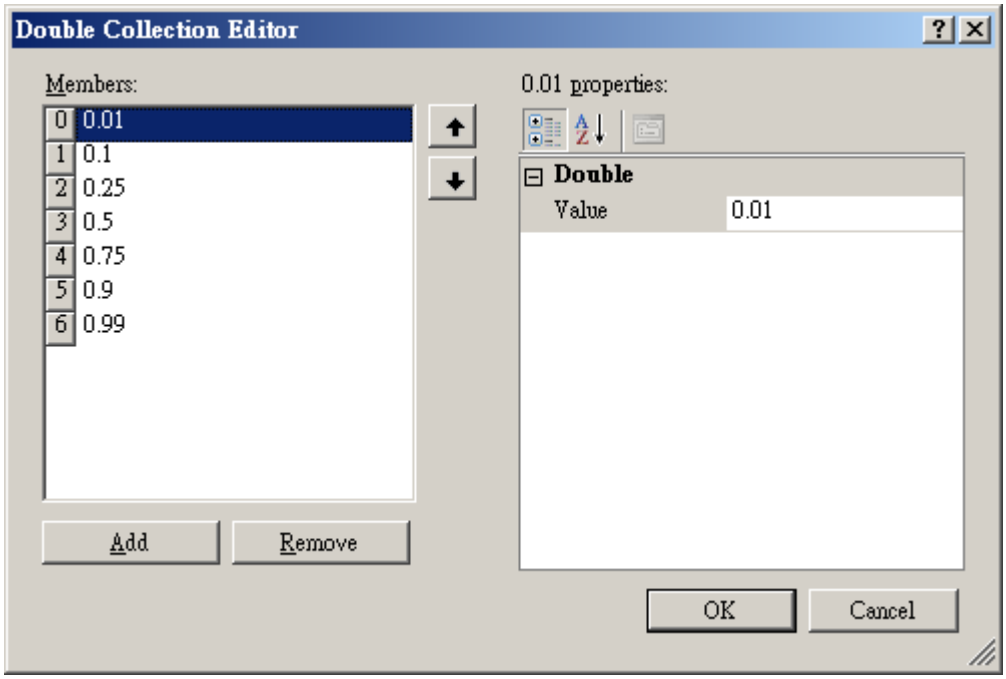


上圖 Reporter 視窗，每一筆訊號的計算結果以 Column 為單位呈現，第一個 Column 顯示 Quartile 與 Quantile 名稱，第二 Column 之後每個 Column 都對應至輸入訊號每個 Channel，前三 Rows 計算三個四分位值，後面的 Rows 計算 Quartiles，使用者利用參數 Quartile Fractions 來設定。下面將介紹參數 Quantile Fractions。

Quantile Fractions 有兩種方式可以設定分位數。第一種方法是直接在欄位裡更改數據，譬如在 0.1 與 0.25 之間鍵入「0.2,」（如下圖），就可以新增分位數。



第二種方法是按下 Quantile Fractions 右方[...]鈕，跳出分位數編輯視窗（如下圖），如果一次需要新增或移除很多個分位數，可以採取此作法。左邊為設定的 Quantile Member，使用者可以用下面的 Add / Remove 按鈕新增/移除計算項目，另外可以在右邊視窗編輯每個 Member 要計算的 Quantile 的比例，如 0.01 代表 1% Quantile，編輯完成後，按下 OK 鈕即完成設定。設定後這些 Quantiles 的計算結果會顯示在成 View Quartiles and Quantiles...視窗中。



Quantile Method 內有五種方法，分別為 linear、next、mean、weighted mean、nearest ，其估計原理在理論中都有詳述。

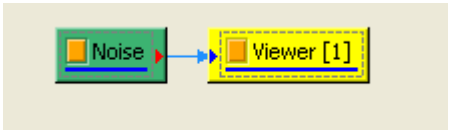
Table 4.124: 參數說明

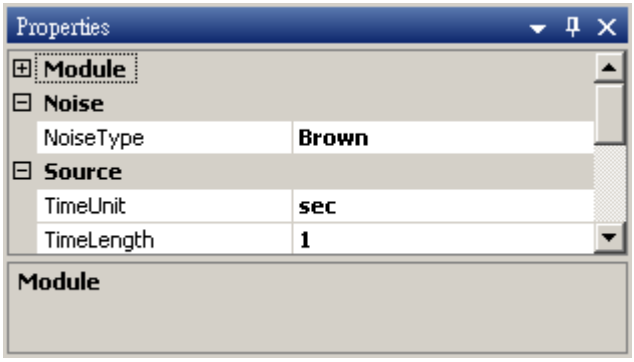
參數名稱	參數定義	預設值
View Quartiles and Quantiles	顯示計算的 Quartiles 和 Quantiles 結果。	
Quantile Method	選擇內插方法（見上述說明）： • Linear • Next • Average • Weighted Mean • Nearest	Linear
Quantile Fractions	可設定多個 Quantile 的百分比。	0.01, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 0.9, 0.99

範例

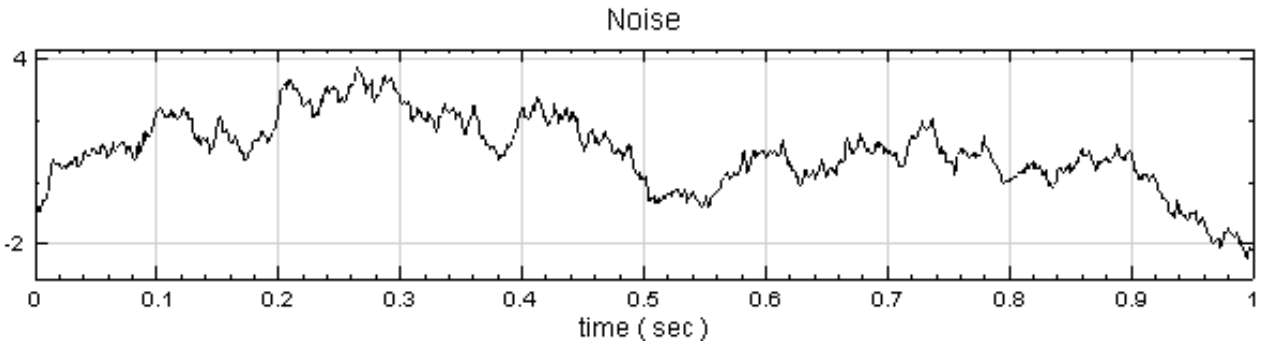
以一組 Brownian Noise 為輸入訊號，計算 Quartiles 與 Quantiles。

1. 於 Network 按右鍵新增 Source / Noise，調整 Properties / Noise Type 為 Brown，以 Viewer / Channel Viewer 繪出結果。

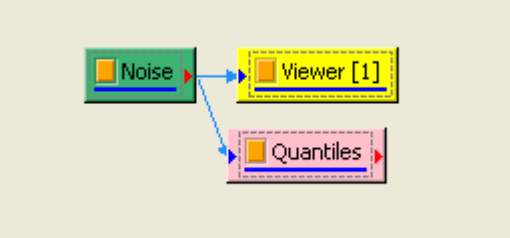


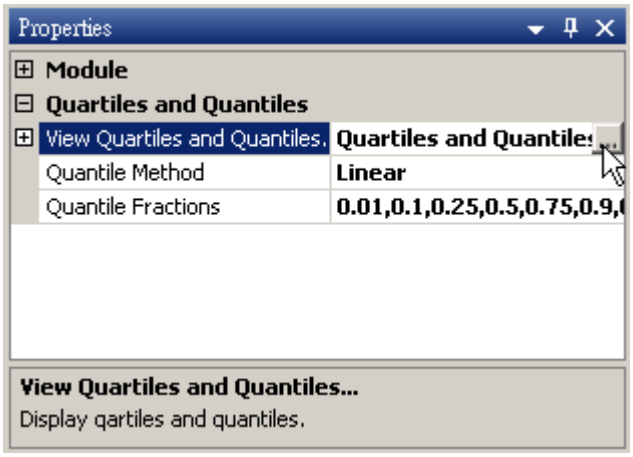


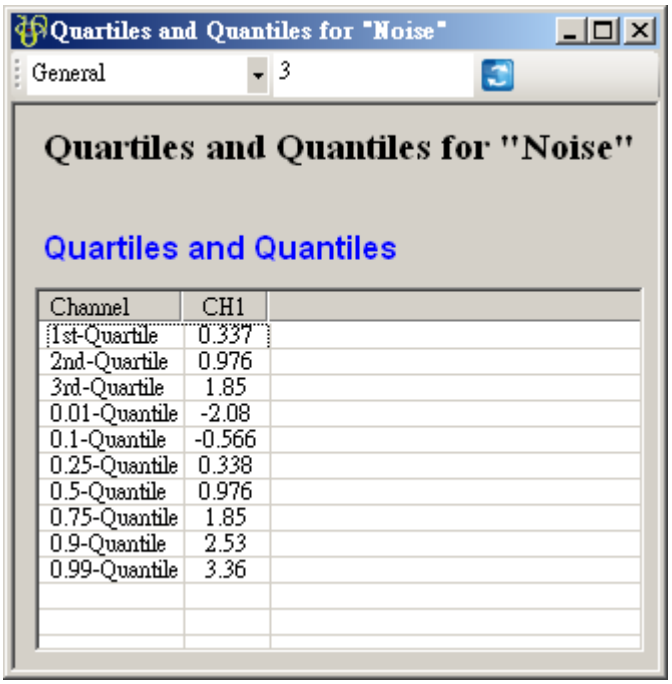
2. 結果如下圖：



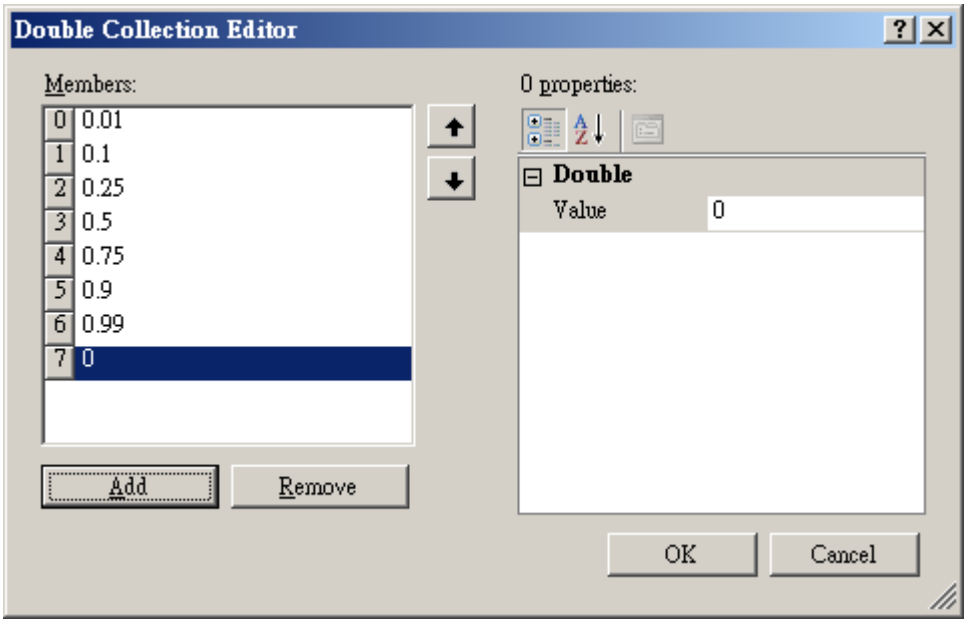
3. 於 Noise 後方接 Compute / Statistics / Quartiles and Quantiles 計算各項分位數值，打開 Reporter 檢視結果。



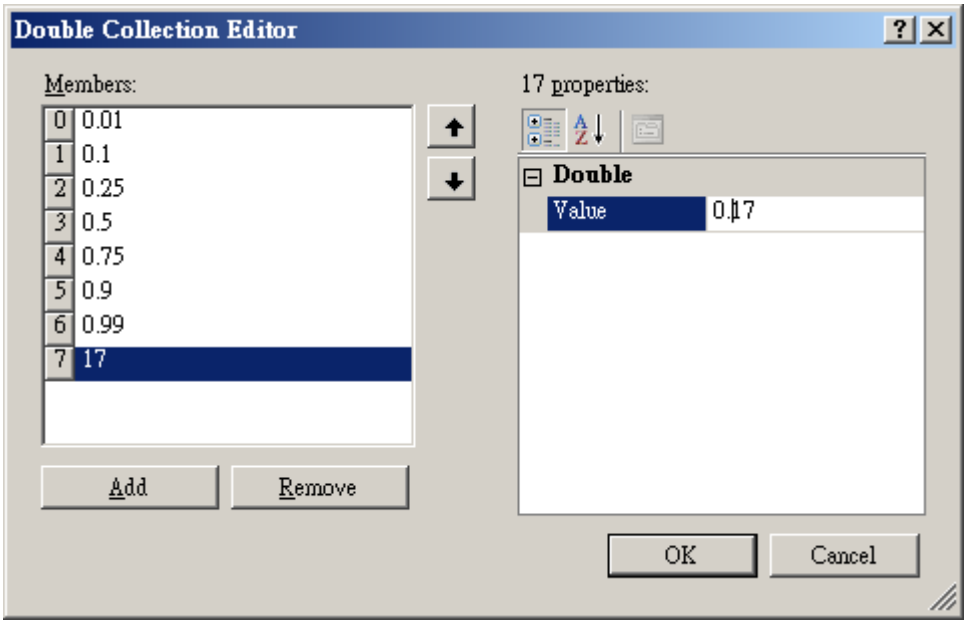




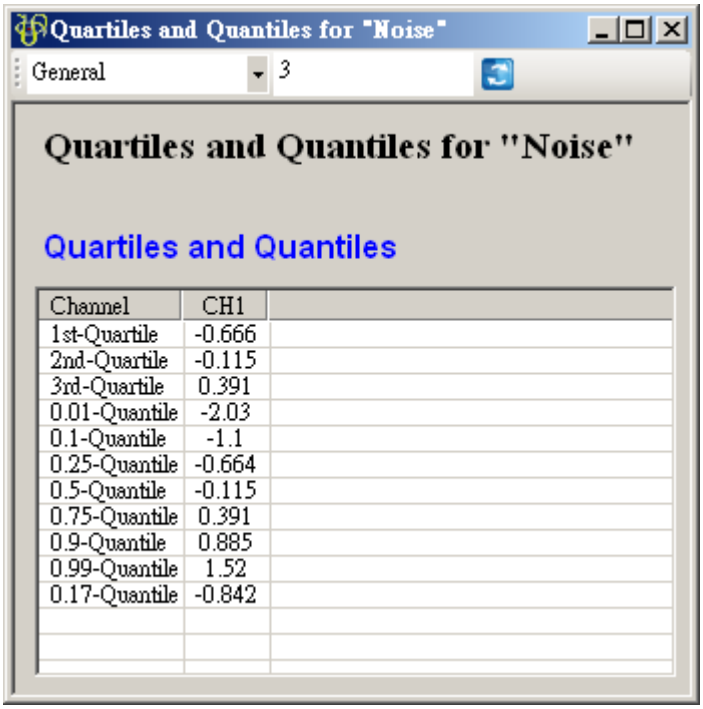
4. 點選 Properties / Quantile Fractions 來編輯不同的分位值，按下編輯介面的 Add 按鈕（如下圖），會在 Members 處新增一個值為 0 的 member。



接下來，於編輯介面的右邊可設定分位數的百分比，譬如說設定為 0.17，完成後按下 OK 鈕。



5. 再次打開 Reporter，可以看到已經新增了一個 17th Quantile。



相關指令

Basic Statistics、Rolling Statistics、Channel Viewer

4.9.10 Rolling Statistics*

Only in Professional

滾動統計值，為設定一段元素數量為 M 的窗，統計函數計算窗內部份的統計值，譬如平均值，並且移動此窗以計算出的新的數列，此計算方式即為 Rolling statistics。

說明

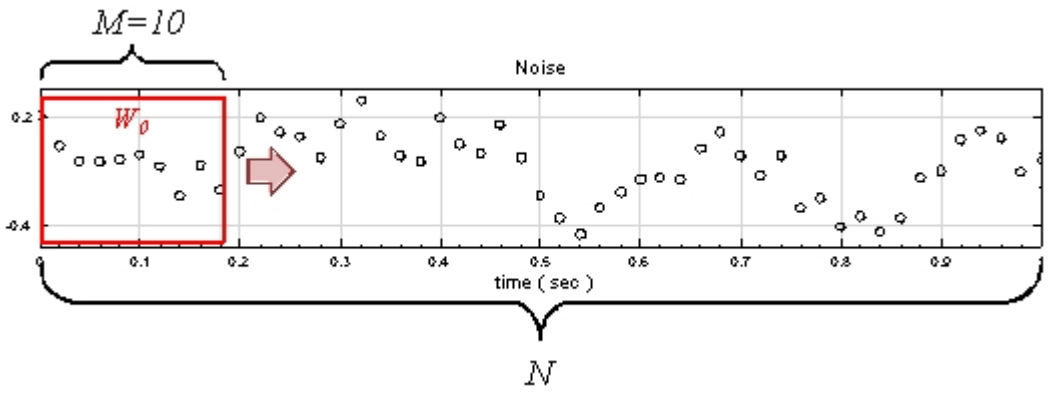
令 $X = \{x_0, x_i, \dots, x_{N-1}\}$ 為一組個數為 N 的數列，而 Rolling statistics 所設定的窗 W_j 長度為 M，$M < N$，則此窗內的元素可表示為 $W_j = \{x_j, x_{j+1}, \dots, x_{j+M-1}\}$，其中 $0 < j < N - M$，Rolling statistics 就是計算此窗內的統計值，譬如 Rolling mean

$$\mu_i = \frac{1}{M} \sum_{j=i}^{i+M-1} x_j, 0 \leq p < M$$

另外定義一個 overlap 值 p，p 代表計算下一段窗時，有多少窗內的元素是與前一段重疊的。以 Rolling means 為例，設定窗大小 $M = 10$，則輸出值第一點

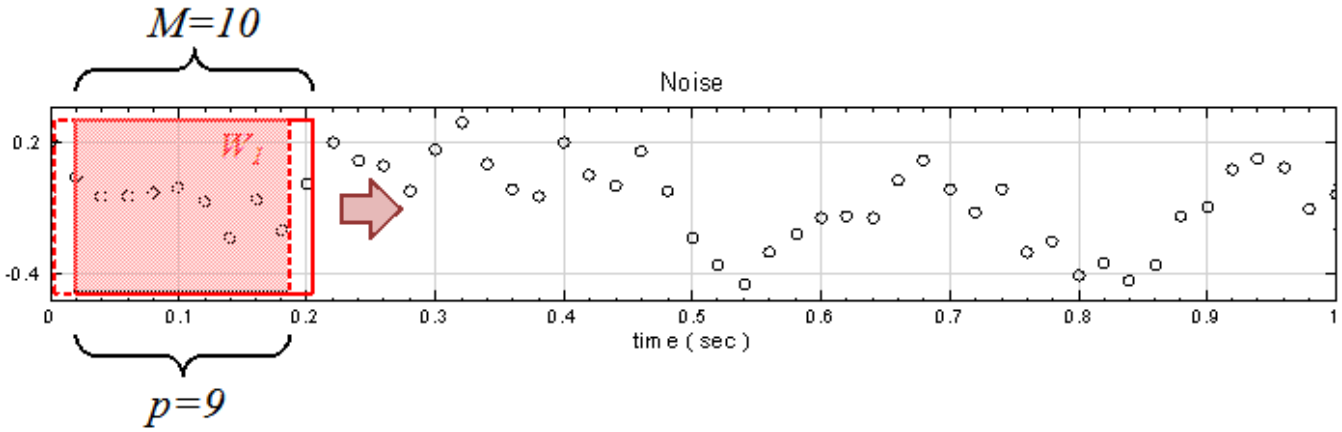
$$\mu_0 = \frac{1}{10} \sum_{j=0}^{9} x_j$$

即下圖



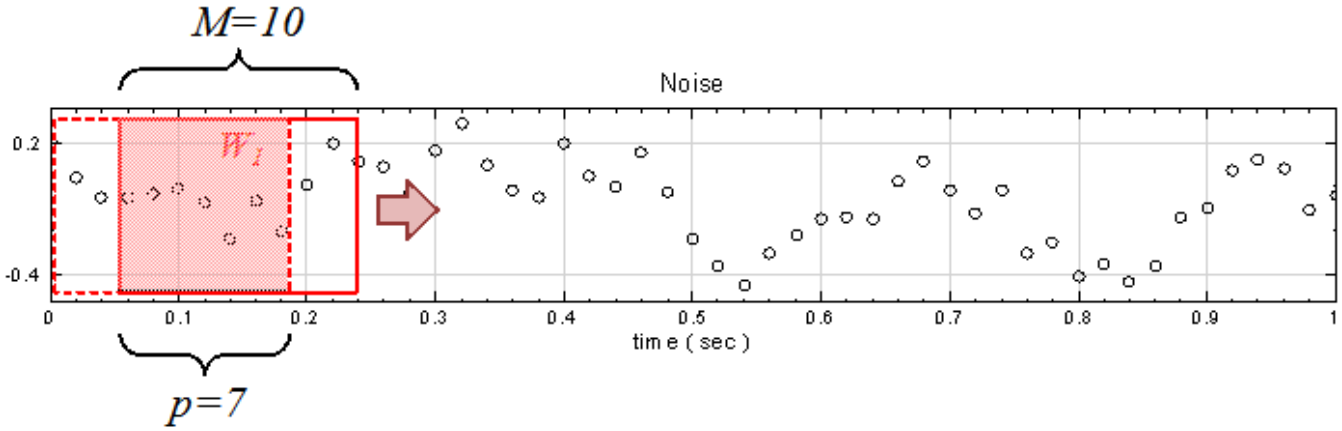
範圍是訊號位置 0 至 9 ，如上圖所示，若 $p = 9$，則計算下一段窗的範圍是在訊號位置 1 至 10 處，即

$$\mu_0 = \frac{1}{10}\sum_{j=1}^{10} x_j$$



兩段相比有 9 個位置重疊。倘若 $p = 7$，則

$$\mu_0 = \frac{1}{10}\sum_{j=3}^{12} x_j$$



與前段相比有 7 個訊號位置重疊，以此類推，輸出數列的長度為

$$K = \frac{N-p}{M-p}$$

須注意當 $m-p<1$ 時，輸出數列的長度 K 可能無法整除的狀況，而處理方式為捨去餘數，僅保留完整的窗所計算的結果，因此

$$K = floor(\frac{N-p}{M-p})$$

Rolling statistics 可計算某種統計值，項目與 Basic statistics 模組相同，此處不再贅述。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道 (Single Channel) 或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）輸入。參數定義如下。

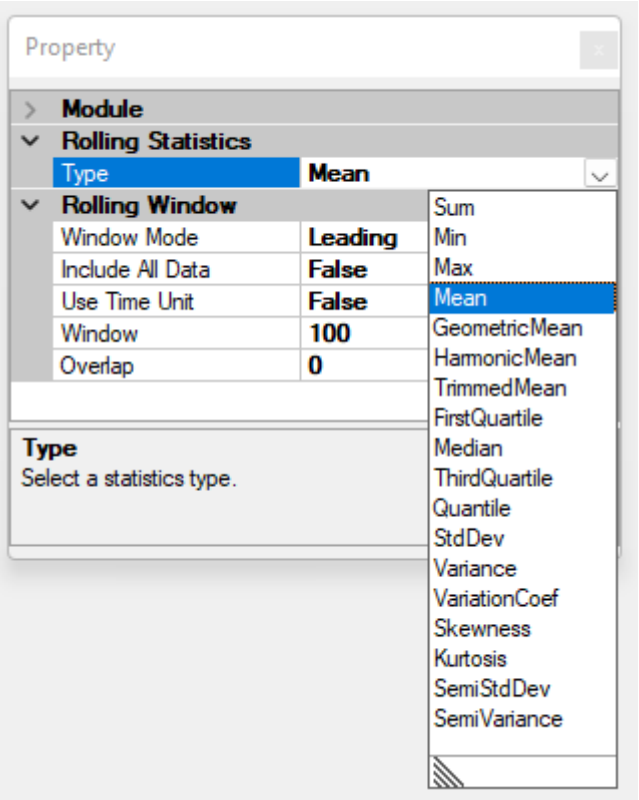
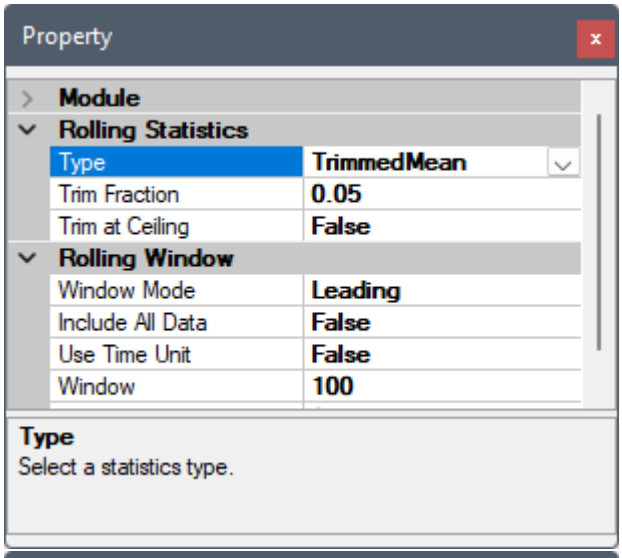
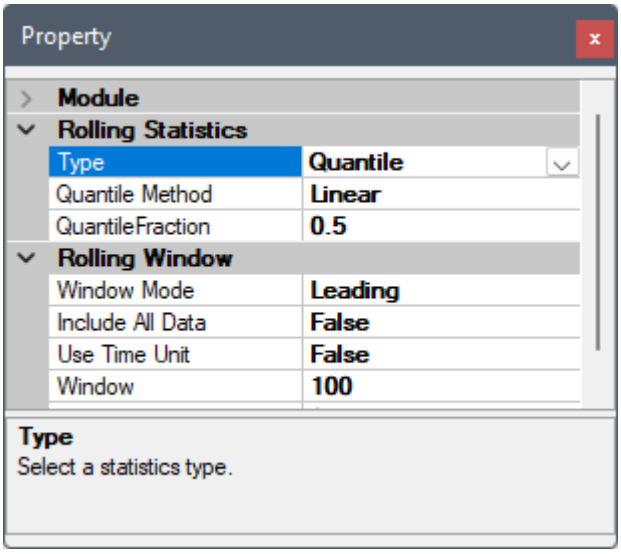


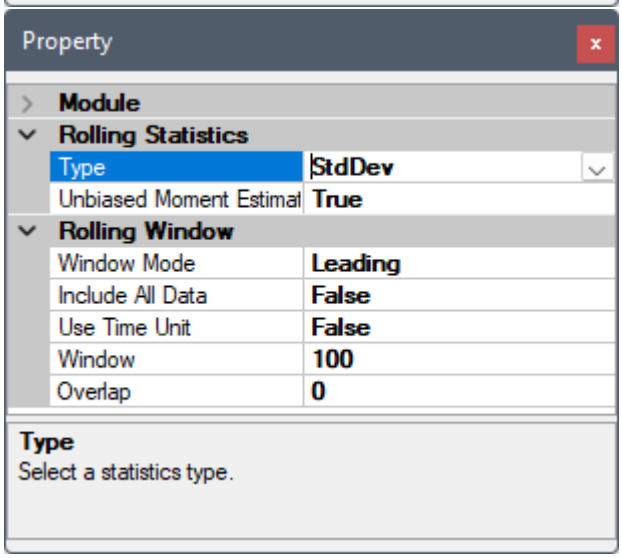
Table 4.125: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Type	可選擇想要計算的統計值，詳細清單請見上圖，各統計量定義請參考【Basic Statistics】說明。	Mean

部分統計量選項會再出現參數需要設定，如下圖：





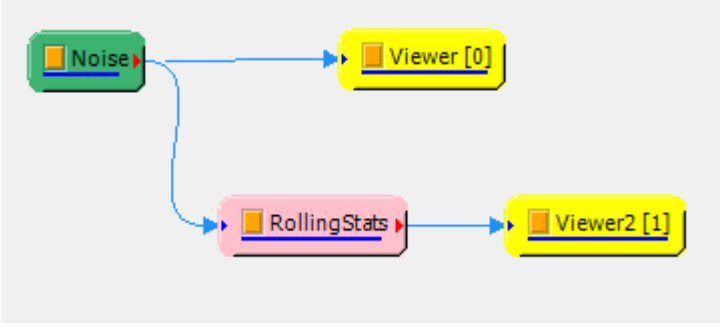


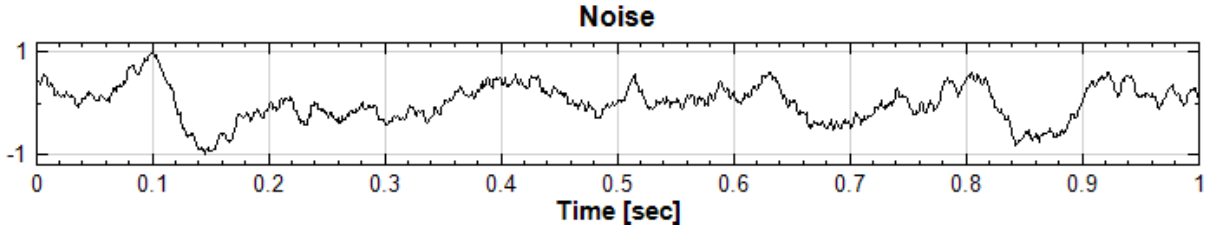
詳情以及各統計量的定義請參考【Basic Statistics】章節說明，Quantile 的參數請參閱【Quartiles and Quantiles】章節說明，有關 Rolling 計算的參數設定可參考【滾動窗計算】章節說明。

範例

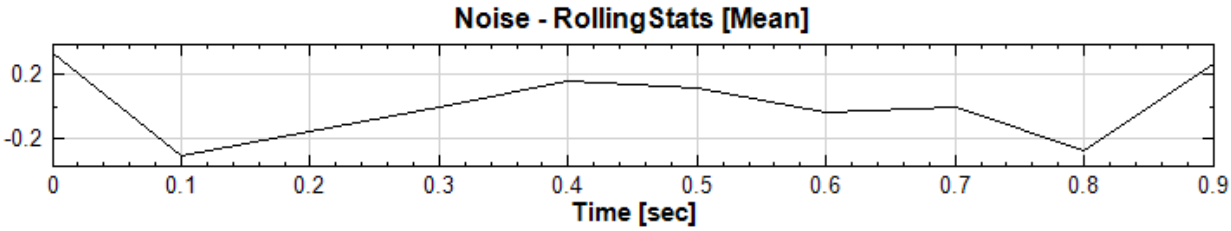
以一組 Brownian Noise 為輸入訊號，計算 Rolling statistics 的各項統計值。

1. 於 Network 按右鍵新增 Source / Noise，調整 Properties / Noise Type 為 Brown，以 Viewer / Channel Viewer 繪出結果。接著於 Noise 後方接 Compute / Statistics / Rolling Statistics，其統計值預設為 Mean，window 預設為 100，Overlap 為 0。以 Channel Viewer 輸出結果。

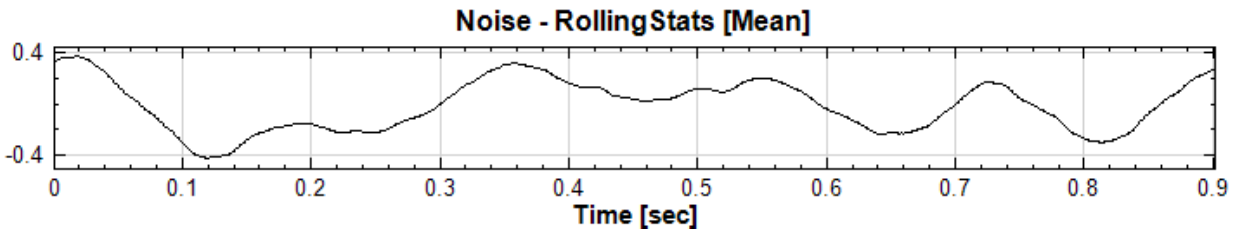




Rolling Statistics 結果為：



2. 調整 Overlap 大小為 99 ，算出的結果如下圖所示；



相關指令

Basic Statistics、Equiphase Statistics、Quartiles and Quantiles、Merge To Multi-Channel、Channel Viewer

4.9.11 Hypothesis Test*

Only in Professional

先針對母體做出一個適當暫時性假設，再依據隨機樣本統計量的抽樣分配，定義出一個拒絕假設的標準，如果樣本統計量計算後落在拒絕區，則推翻原先建立之暫時性假設，否則必須接受暫時性假設。

理論

實驗所得到數據包含機會誤差、真實誤差以及其他影響，利用假設檢定來解決這類問題。一般而言包含三個步驟，設定假設、選擇檢定方法、判斷是否接受假設。

虛無假設（Null Hypothesis）：實驗數據間的差異屬於機會誤差。

對例假設（Alternative Hypothesis）：實驗數據間的差異屬於真實誤差。

1. Z-test：

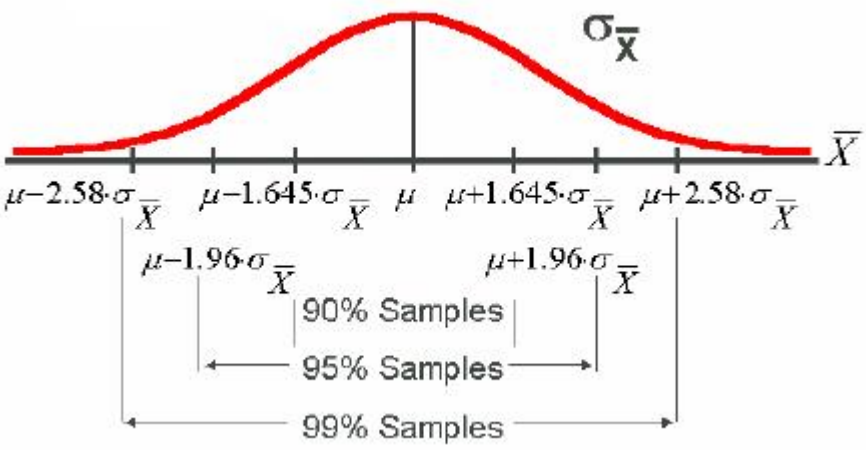
Z-test 中為輸入訊號的平均（樣本平均），為假設母體平均，為母體標準差，

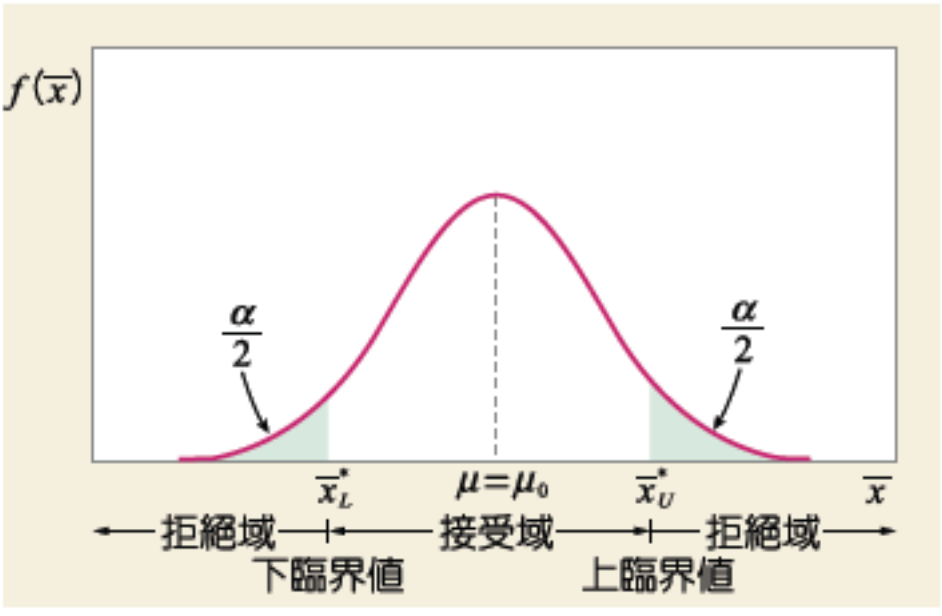
n 為輸入訊號數量（樣本數量）。

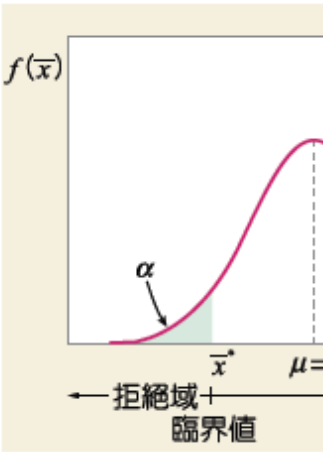
2. T-test：

T-test 中為輸入訊號的平均（樣本平均），為假設母體平均，為樣本標準差，n 為輸入訊號數量（樣本數量）。

實驗過程中，進行重複相當多次的實驗，實驗結果的平均將會呈現常態分佈（如下圖），若要檢驗某次實驗結果是否擁有機會誤差，可以利用 Z-test、T-test，計算出此次實驗平均結果座落常態分佈何處。研究者假設一個拒絕虛無假設範圍，(以佔常態分佈面積的比例，又稱 Significant Level)，再依照檢定方法 Null（雙尾）、RightTail （右尾）和 LeftTail（左尾）(如下圖)，判斷實驗平均結果是否落入拒絕範圍。







3. Var-Test（Chi-square variance test）：

Var-test 中為樣本變異數，為母體變異數，n 為輸入訊號數量（樣本數量）。

4. Runs-Test（Runs test of Randomness, Geary test）：

在 Runs-Test 中，為樣本中大於樣本平均值的數量，為樣本中小於樣本平均值的數量，R 為由 a , b 的交

替出現次數，列如 aaabbaaba，則 R=5。

參數設定

Hypothesis Test 目前有四種 One-sample 檢定方法，下面將個別介紹四種檢定方法的參數設定，各參數定義與預設值如下：

Table 4.126: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
View Test Results	利用 Hypothesis Test 檢視計算結果。	無
TestType	z_Test、t_Test、var_Test、runs_Test。	z_Test

如果按下 View Test Result 將會出現檢定結果，顯示結果如下表。

Table 4.127: 參數說明

參數名稱	參數定義
Rejected	顯示檢定結果落入拒絕範圍，若顯示 True，表示可以反對虛無假設，反之則只能接受假設。
SignificanceLevel	顯示輸入資料平均值落在母體分佈何處。
CI-Low	虛無假設的範圍的最小值，也是信賴區間的最小值。
CI-High	虛無假設的範圍的最大值，也是信賴區間的最大值。
Run Count	參考理論（Theory），此值顯示即為 Runs-Test 的 R。
Above Threshold	資料中大於設定門檻的數量。
Below Threshold	資料中小於設定門檻的數量。
z-Value	此結果只出現在 Runs-Test 中，表示計算出的 Z 值。

* Z-Test

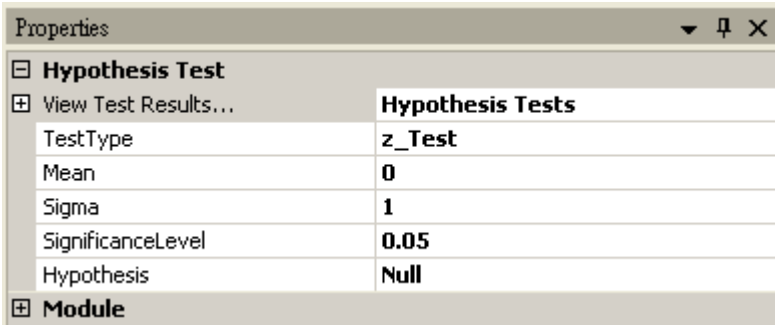


Table 4.128: Z-Test 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Mean	設定母體的平均值。	0

參數名稱	參數定義	預設值
Sigma	設定母體的標準差。	1
SignificanceLe	設定拒絕虛無假設的範圍，佔常態分佈面積的比例。一般常見設定為 0.1、0.05 或 0.01，設定越小，要拒絕虛無假設就越嚴苛。	0.05
Hypothesis	設定檢定方法為： • Null（雙尾） • RightTail（右尾，其中輸入資料平均值必須大於樣本平均值） • LeftTail（左尾，其中輸入資料平均值必須小於樣本平均值）	Null

* T-Test

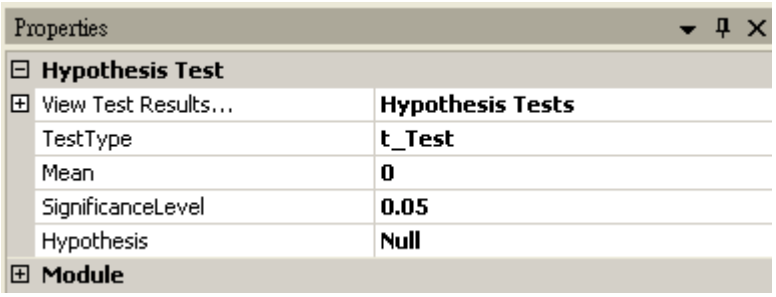


Table 4.129: T-Test 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Mean	設定母體的平均值。	0
SignificanceLe	設定拒絕虛無假設的範圍，佔常態分佈面積的比例，一般常見設定為 0.1、0.05 或 0.01，設定越小，要拒絕虛無假設就越嚴苛。	0.05
Hypothesis	設定檢定方法為： • Null（雙尾） • RightTail（右尾，其中輸入資料平均值必須大於樣本平均值） • LeftTail（左尾，其中輸入資料平均值必須小於樣本平均值）	Null

* Var-Test

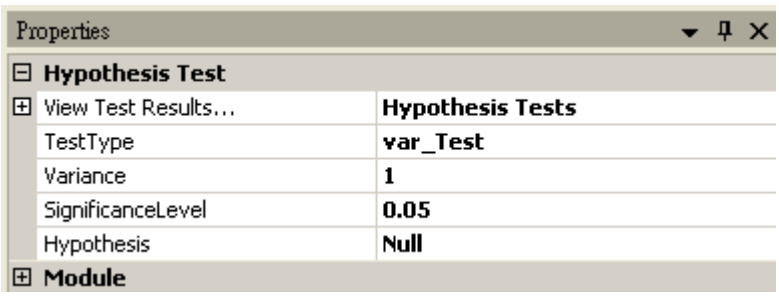


Table 4.130: Var-Test 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Variance	設定母體的變異數。	0
SignificanceLe	設定拒絕虛無假設的範圍，佔常態分佈面積的比例，一般常見設定為 0.1、0.05 或 0.01，設定越小，要拒絕虛無假設就越嚴苛。	0.05
Hypothesis	設定檢定方法為： • Null（雙尾） • RightTail（右尾，其中輸入資料平均值必須大於樣本平均值） • LeftTail（左尾，其中輸入資料平均值必須小於樣本平均值）	Null

* Runs-Test

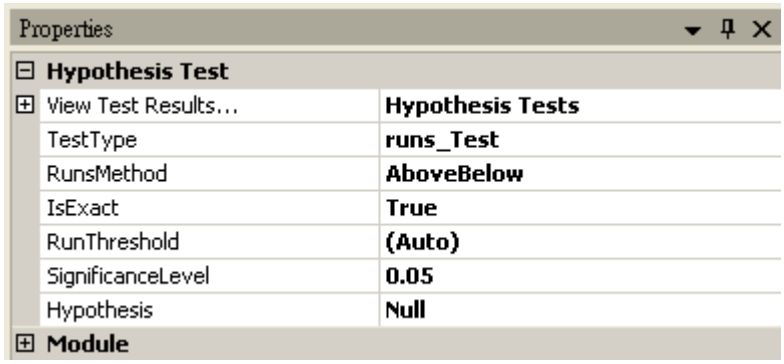


Table 4.131: Runs-Test 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
RunsMethod	AboveBelow，UpDown。	AboveBelow
IsExact	計算 P-Value 是否用正確的演算法，此參數只存在 RunsMethod = AboveBelow。	True
RunThreshol	設定門檻，決定資料是否大於小於門檻，如果為 (Auto)，則是輸入資料的平均值。	(Auto)
SignificanceL	設定拒絕虛無假設的範圍，佔常態分佈面積的比例，一般常見設定為 0.1、0.05 或 0.01，設定越小，要拒絕虛無假設就越嚴苛。	0.05
Hypothesis	設定檢定方法為： • Null（雙尾） • RightTail（右尾，其中輸入資料平均值必須大於樣本平均值） • LeftTail（左尾，其中輸入資料平均值必須小於樣本平均值）	Null

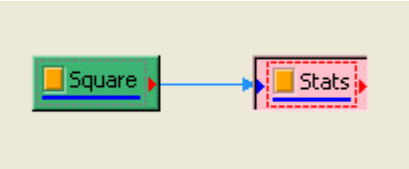
範例

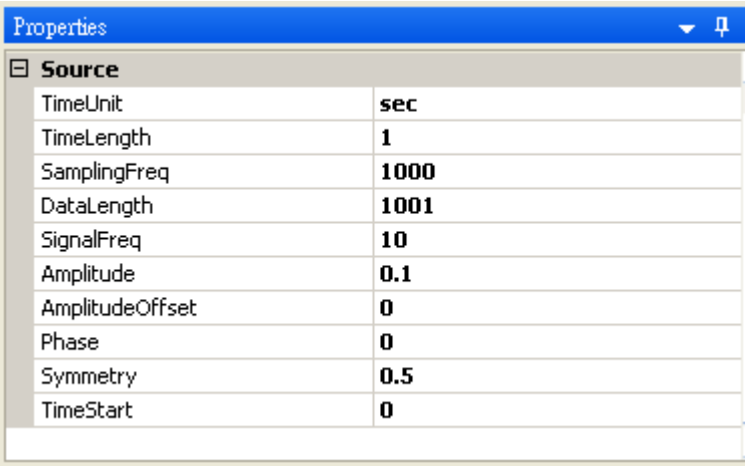
本範例將舉出幾個範例，解釋各種檢定方法的使用。

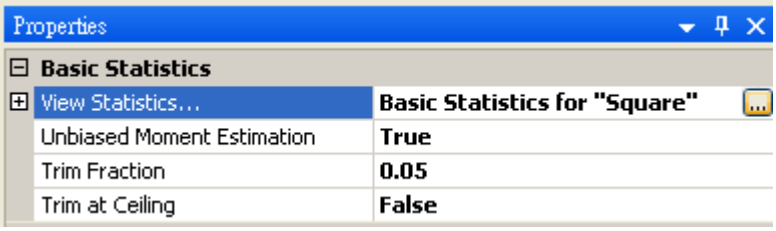
範例一

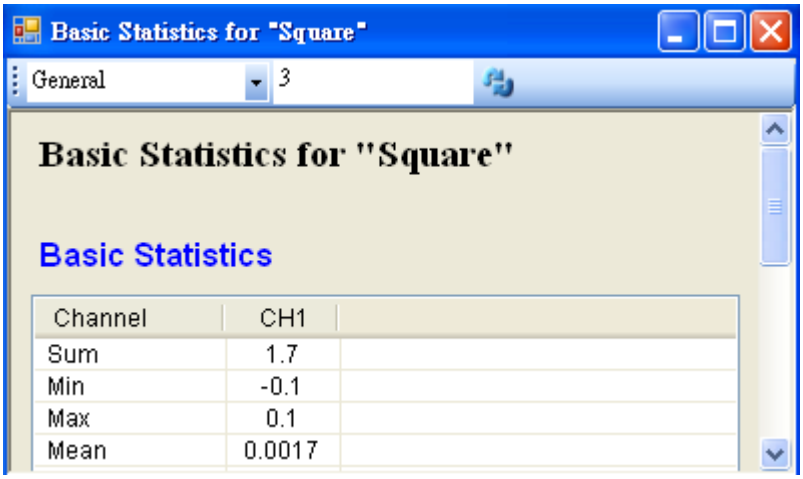
1. 假設一個秤重儀器，儀器釋格指出無載重時，平均重量為 0.0，標準差為 0.03，每次做實驗之前，需要經校正，利用無秤重時，讀取其顯示重量值，假設讀取 1001 次資料，利用這些資料判斷其儀器是否有偏差，首先虛無假設為儀器無偏差，進行 z-test 檢定。

2. 首先以 Source / Square Wave 產生一組量測磅秤的資料，Amplitude 設定為 0.1，再連接至 Compute / Statistics / BasicStatistics，在 Basic Statistics 按下 View Statistics，觀察 Mean。



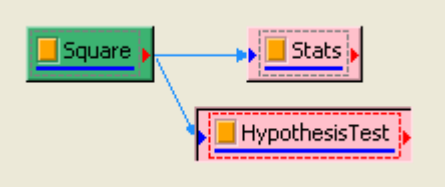






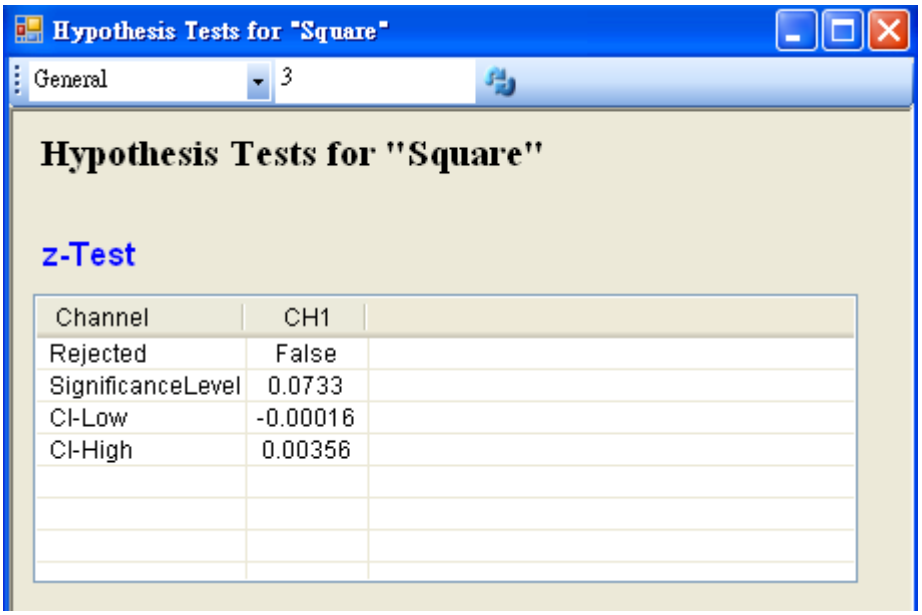
3. 將 Square 接至 Hypothesis Test，設定 TestType = z_Test，Sigma = 0.03，然後再以 View Test

Results，觀察其檢定的結果，資料計算出的 SignificanceLevel 大於預設值，虛無假設無法被拒絕，所以只能相信虛無假設，儀器並無偏差產生。



Properties

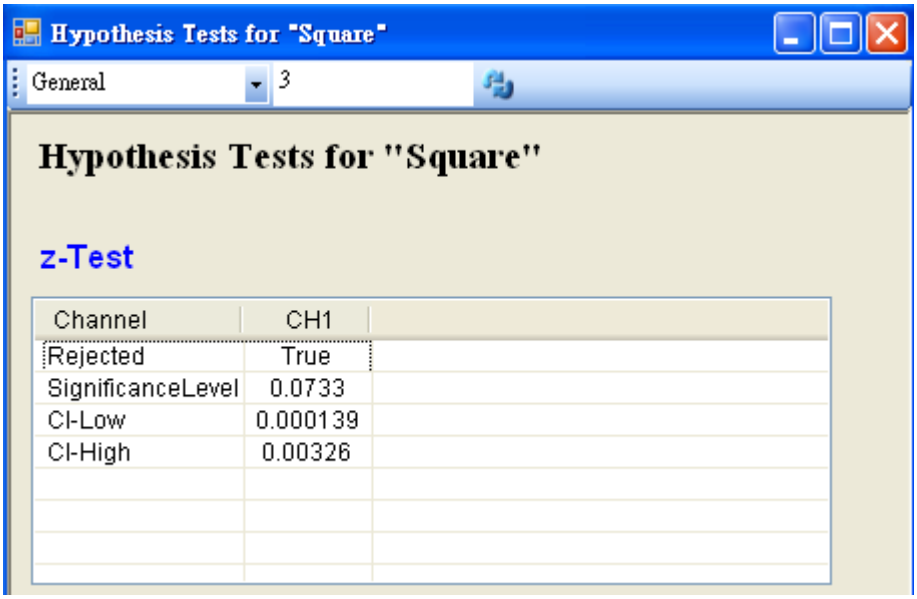
Hypothesis Test	
View Test Results...	**Hypothesis Tests for "Square"**
TestType	**z_Test**
Mean	**0**
Sigma	**0.03**
SignificanceLevel	**0.05**
Hypothesis	**Null**



4. 若再設定 Hypothesis Test 中 SignificanceLevel 為 0.1，將拒絕虛無假設的範圍加大，然後再以 View Test Results，觀察其檢定的結果，資料計算出的 SignificanceLevel 小於設定值，虛無假設被拒絕，所以否定虛無假設，故儀器有偏差產生，需重新加以校正。

Properties

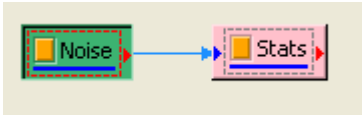
Hypothesis Test	
View Test Results...	**Hypothesis Tests for "Square"**
TestType	**z_Test**
Mean	**0**
Sigma	**0.03**
SignificanceLevel	**0.1**
Hypothesis	**Null**

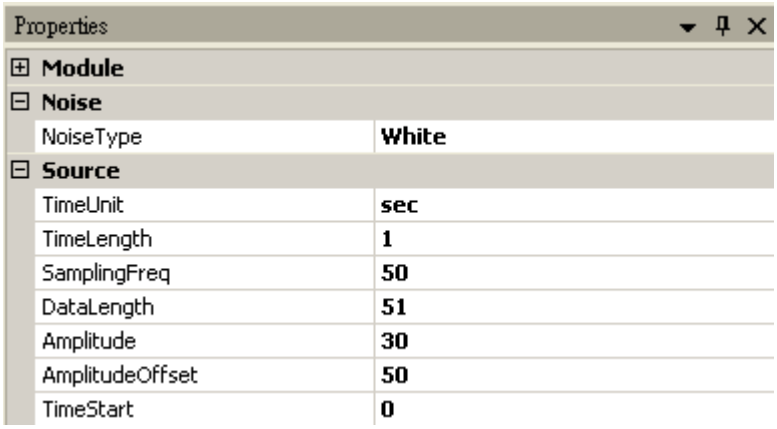


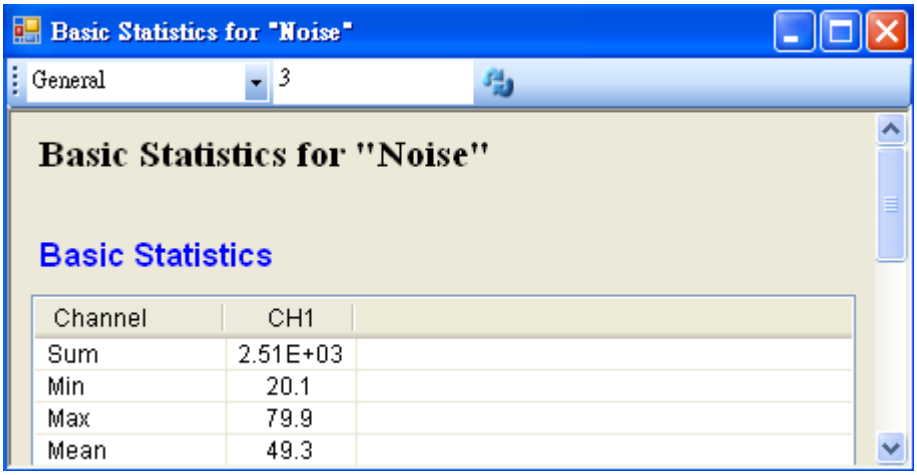
範例二

1. 假設一個班級有 51 人，因為班上導師請假，想了解班上總成績是否因故下滑，而全校成績平均 55 分，假設虛無假設為班上成績並無因為老師請假而下滑，進行 t-Test。

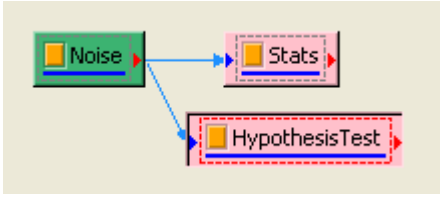
2. 首先以 Source / Noise 產生一組學生的成績，SamplingFreq 設定為 50，Amplitude 為 30，AmplitudeOffset 為 50，再連接至 Compute / Statistics / Basic Statistics，在 Basic Statistics 按下 View Statistics，觀察 Mean。

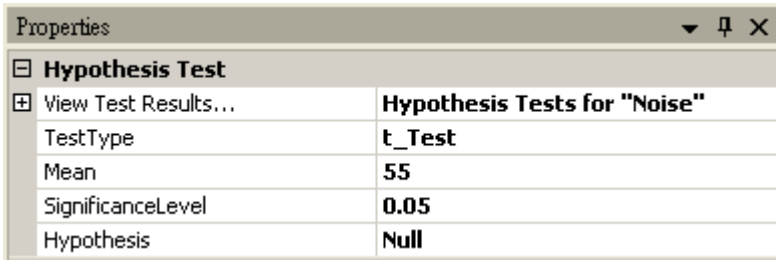


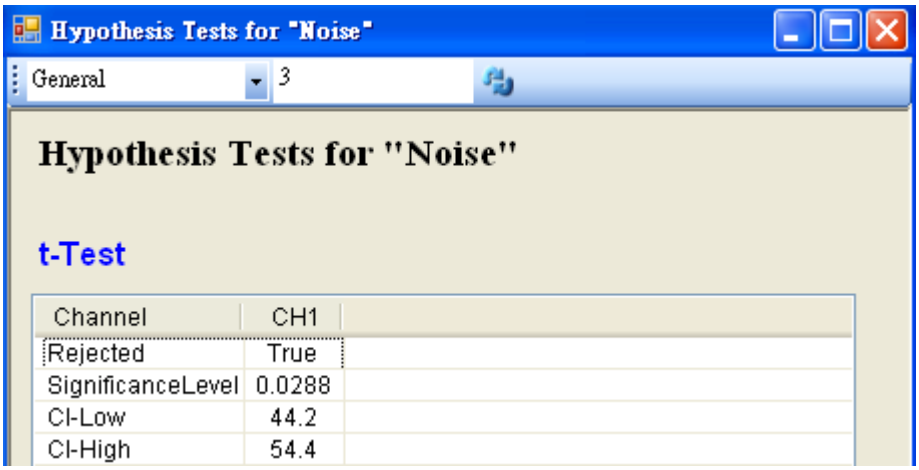




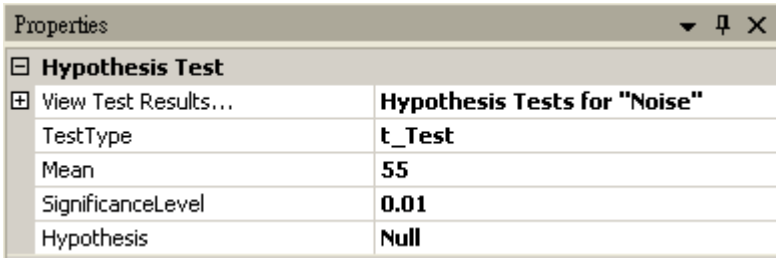
3. 將 Noise 接至 HypothesisTest，設定 TestType = t_Test，Mean = 55，然後再以 View Test Results，觀察其檢定的結果，資料計算出的 SignificanceLevel 小於預設值，虛無假設被拒絕，所以因為老師請假而導致班上成績下滑。

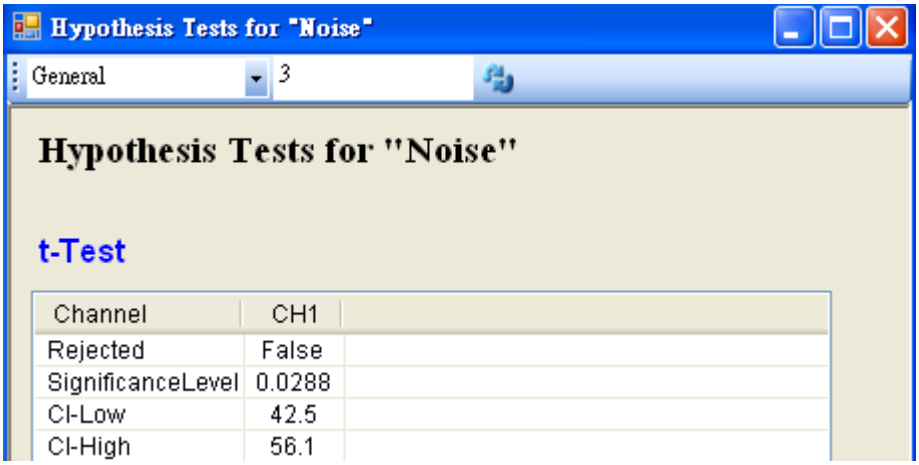






4. 若再設定 Hypothesis Test 中 SignificanceLevle 為 0.01，將拒絕虛無假設的範圍變小，然後再以 View Test Results，觀察其檢定的結果，資料計算出的 SignificanceLevel 大於設定值，虛無假設無法被拒絕，所以相信虛無假設，並不因為老師請假而造成成績下滑。

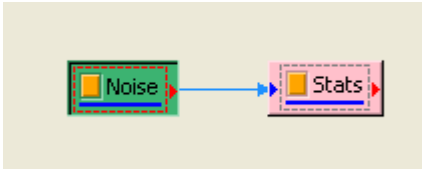


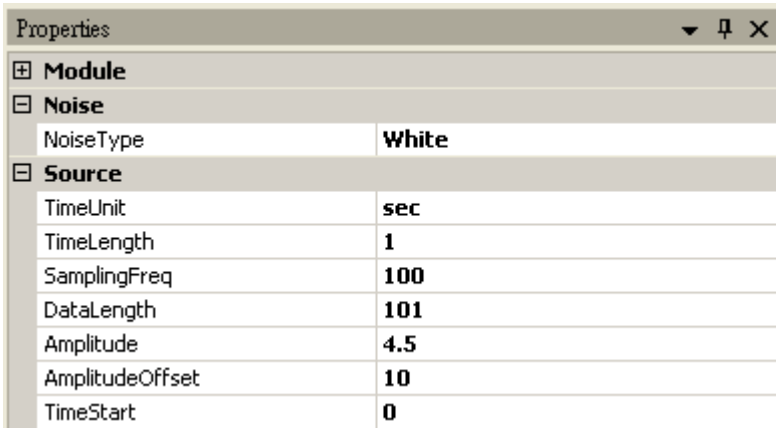


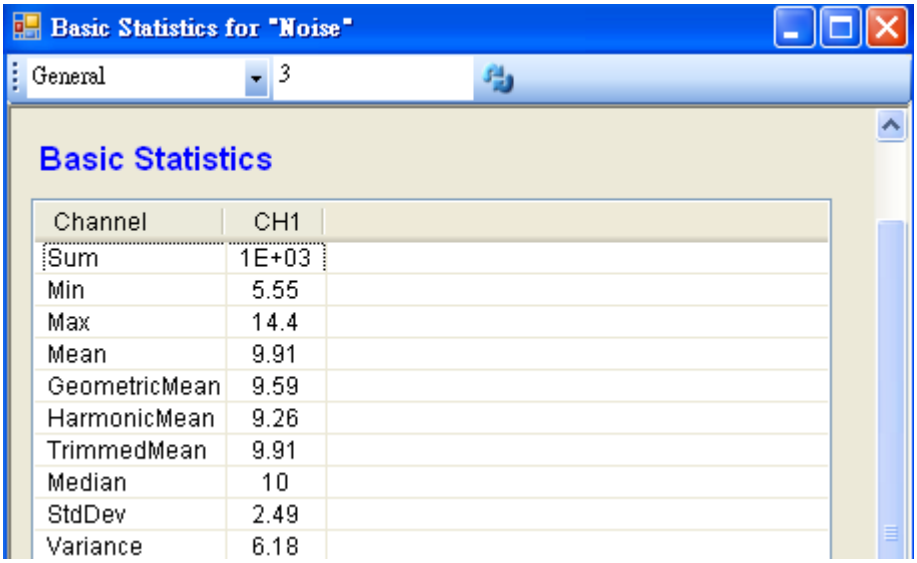
範例三

1. 假設某銀行有五個窗口進行處理，客戶等待時間變異數為 10 分鐘，如今改成單一窗口處理，針對 101 位客戶進行調查，檢驗是否因為改成單一窗口之後，因此等待時間變異數變小，虛無假設為並無因為改變成單一窗口而使等待時間變異數變小，進行 Var-Test 。

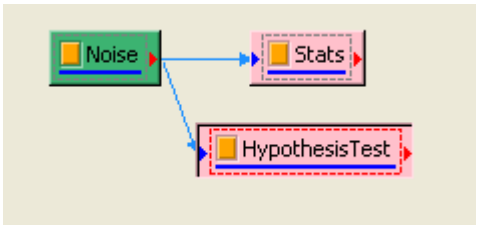
2. 首先以 Source / Noise 產生 101 位客戶等待的時間資料，SamplingFreq 設定為 100 ，Amplitude 為 4.5，AmplitudeOffset 為 10，再連接至 Compute / Statistics / Basic Statistics，在 BasicStatistics 按下 View Statistics，觀察 Variance。

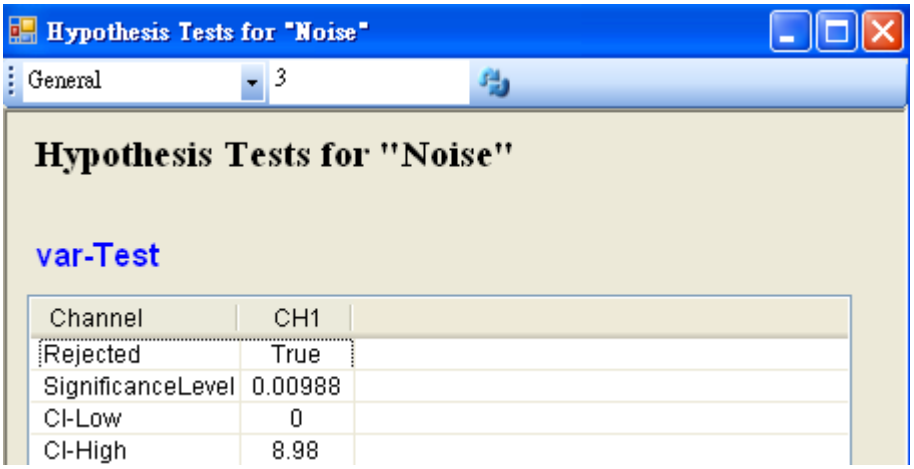






3. 將 Noise 接至 HypothesisTest，設定 TestType = var_Test，Variance = 10，因為資料的變異數小於預設變異數，所以設定 Hypothsis = LeftTail，然後再以 View Test Results，觀察其檢定的結果，資料計算出的 SignificanceLevel 小於預設值，虛無假設被拒絕，因此推斷單一窗口等待時間的變異數變小。





相關指令

Noise、Square Wave、Basic Statistics

4.9.12 Least Square Fitting*

Only in Professional

用最小平方法算出兩組訊號的回歸線，包括線性回歸、多項式回歸、指數回歸等。此功能如同 Excel 圖表裡加上趨勢線的功能。元件上顯示的名稱為 LeastSquareFit 。

說明

最小平方法是用來計算回歸曲線的一種方法，藉由此元件計算出來的回歸曲線來近似數據與時間或是兩組數據之間的關係。本元件提供之回歸曲線種類，其方程式，以及係數說明如下表：

Table 4.132: 回歸曲線種類

回歸曲線種類	方程式	係數說明及單位 |
Linear 線性回歸	$y = a_0 + a_1 x$	a: Slope（斜率）`[y_unit/x_unit]` b: Intercept（截距）`[y_unit]`
Polynomial 多項式回歸	$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + ...$	a_0: Constant（常數）`[y_unit]` a_n: n^{th} Polynomial Coefficient （第 n 係數）`[y_unit/x_unit^n]`
PowerLaw 冪次回歸	$y = ax^b$	a: Scale（比例） `[y_unit/x_unit^Exponent]` b: Exponent（指數）
Exponential 指數回歸	$y = ae^{bx}$	a: Scale（比例）`[y_unit]` b: Rate（速率）`[1/x_unit]`
Logarithm 對數回歸	$y = a + b \ln x$	a: Constant（常數）`[y_unit]` b: Scale（比例）`[y_unit/ln(x_unit)]`
Fourier 傅立葉回歸	$y(x) = a_0 + a_1 cos(\omega x) + b_1 sin(\omega$ $a_2 cos(2\omega x) + b_2 sin(2\omega x)$	a_0: Constant（常數）`[y_unit]` a_n: n^{th} Cosine Coefficient （第 n 餘弦係數）`[y_unit]` a_n: n^{th} Sine Coefficient （第 n 正弦係數）`[y_unit]` ω: Fundamental Frequency （基礎頻率）`[1/x_unit]`

回歸曲線種類	方程式	係數說明及單位
Polynomial+Fourie 多項式 + 傅立葉回歸	$y(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + b_1cos(\omega x) + c_1sin(\omega x) + b_2cos(2\omega x) + c_2sin(2\omega x)$	a_0: Constant（常數）`[y_unit]` a_n: n^{th} Polynomial Coefficient （第 n 係數）`[y_unit/x_unit^n]` b_n: n^{th} Cosine Coefficient （第 n 餘弦係數）`[y_unit]` c_n: n^{th} Sine Coefficient （第 n 正弦係數）`[y_unit]` ω: Fundamental Frequency （基礎頻率）`[1/x_unit]`

上表中 `[x_unit]` 為 X 訊號的資料單位，在 TimeSeries 模式（見下文說明）下為 Y 資料的時間軸單位；`[y_unit]` 則為 Y 訊號的資料單位。

* 線性模型

本元件採用線性模型來計算各種回歸曲線的係數。假設有一組 (X, Y) 的序列：$X = \{x_1, x_2, ..., x_N\}$ 代表長度為 N 的 X 數列，$Y = \{y_1, y_2, ..., y_N\}$ 代表長度為 N 的 Y 數列，如果 X 與 Y 的關係可用線性模型描述，即 M 個任意已知函數 $f_i(x)$ 之線性組合，由模型之參數 p_i 控制每個函數 f_i 在線性組合裡的占比（f_i 獨立於所有參數 p_i），即：

$$y = p_1f_1(x) + p_2f_2(x) + \cdots + p_Mf_M(x)$$

則回歸問題可寫成一個超定義的 M 次線性方程組，用矩陣式描述為：

$$\mathbf{Y} = \mathbf{FP}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(x_1) & f_2(x_1) & ... & f_M(x_1) \\ f_1(x_2) & f_2(x_2) & ... & f_M(x_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(x_N) & f_2(x_N) & ... & f_M(x_N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_M \end{bmatrix}$$

此矩陣式可轉換為「正常方程式（Normal Equation）」，並可快速的以【科列斯基分解】方法解出參數 p_i：

$$\mathbf{Y} = \mathbf{FX}$$
$$\mathbf{F}^T\mathbf{Y} = \mathbf{F}^T\mathbf{FP}$$

以下列出目前支援之回歸曲線對應之線性模型中之 $\mathbf{F}$ 矩陣：

Table 4.133: 回歸曲線線性模型

回歸曲線種類	**F** 矩陣	備註
Linear 線性回歸	$\begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_N \end{bmatrix}$	$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}$
Polynomial 多項式回歸	$\begin{bmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & ... & x_1^L \\ 1 & x_2 & x_2^2 & ... & x_2^L \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \\ 1 & x_N & x_N^2 & ... & x_N^L \end{bmatrix}$	$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_L \end{bmatrix}$ 其中 $L = M - 1$ 為多項式回歸之次數 (見 Fit Order 參數)。
PowerLaw 冪次回歸	$\begin{bmatrix} 1 & \ln x_1 \\ 1 & \ln x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \ln x_N \end{bmatrix}$	$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \ln y_1 \\ \ln y_2 \\ \vdots \\ \ln y_N \end{bmatrix}, \mathbf{P} = \begin{bmatrix} \ln a \\ b \end{bmatrix}$ 計算出 $\ln a$ 後可用指數函數算出 a 值。
Exponential 指數回歸	$\begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & x_N \end{bmatrix}$	$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \ln y_1 \\ \ln y_2 \\ \vdots \\ \ln y_N \end{bmatrix}, \mathbf{P} = \begin{bmatrix} \ln a \\ b \end{bmatrix}$ 計算出 $\ln a$ 後可用指數函數算出 a 值。
Logarithm 對數回歸	$\begin{bmatrix} 1 & \ln x_1 \\ 1 & \ln x_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \ln x_N \end{bmatrix}$	$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$

回歸曲線種類	**F** 矩陣	備註 |
Fourier 傅立葉回歸	$\begin{matrix}1 & c_1(x_1) & s_1(x_1) & ... & c_L(x_1)\\ 1 & c_1(x_2) & s_1(x_2) & ... & c_L(x_2)\\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ 1 & c_1(x_N) & s_1(x_N) & ... & c_L(x_N)\end{matrix}$ 其中 $c_i(x) = \cos i\omega x$, $s_i(x) = \sin i\omega x$，ω 為基礎頻率，必須由其他方法估算，請見下文以及參數說明。	$\mathbf{P} = \begin{bmatrix}a_0\\ a_1\\ b_1\\ a_2\\ b_2\\ \vdots\\ a_L\\ b_L\end{bmatrix}$ 其中 $L = (M-1)/2$ 為傅立葉回歸次數 (見 Fourier Fit Order 參數)。
Polynomial+Fourier 多項式 + 傅立葉回歸	$\begin{matrix}1 & x_1 & ... & x_1^K & c_1(x_1) & s_1(x_1)\\ 1 & x_2 & ... & x_2^K & c_1(x_2) & s_1(x_2)\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots\\ 1 & x_N & ... & x_N^K & c_1(x_N) & s_1(x_N)\end{matrix}$ 其中 $c_i(x) = \cos i\omega x$, $s_i(x) = \sin i\omega x$，ω 為基礎頻率，必須由其他方法估算，請見下文以及相關參數說明。	$\mathbf{P} = \begin{bmatrix}a_0\\ a_1\\ \vdots\\ a_K\\ b_1\\ c_1\\ \vdots\\ b_L\\ c_L\end{bmatrix}$ 其中 $K + 2L + 1 = M$，K 為多項式回歸次數 (見 Fit Order 參數)，L 為傅立葉回歸次數 (見 Fourier Fit Order 參數)。

* 不合法值之處理

當輸入資料之一組 X-Y 值不合法，則忽略該組 X-Y 值，用其他合法值計算。以下列出不合法的定義：

1. X 值或 Y 值為 空值或無限大
2. 選擇 PowerLaw 時，X 或 Y 小於或等於 0
3. 選擇 Exponential 時，Y 小於或等於 0
4. 選擇 Logarithm 時，X 小於或等於 0

* R-Square 值

欲判定回歸線的準確度時，通常會利用 R square 值來說明數據點與線性方程相近的程度，也用來評估以此線性方程式來代表兩數據關係的是否可信。R sqaure 的計算可見【Coefficient of Determination】，是一介在 0-1 之間的數值，1 代表完全吻合、0 代表完全不吻合。因此若是要說算出來的回歸曲線可以代表此輸入之 X-Y 數據的話，通常會要求 R square 值在 0.95 以上（更嚴格的會要求 0.99)。

* 傅立葉回歸之估算基礎頻率

傅立葉回歸算式中需要基礎頻率 ω，因其不屬於線性模型中的參數，無法用線性模型方法計算，必須用其他方式估算。本元件採用【牛頓法】自動估算，步驟如下：

1. 選擇起始頻率

起始頻率可以選擇自動估算，或是由使用者直接輸入，見 Auto Initial Freq 參數說明。如果選擇自動估算，則會將輸入訊號做 FFT 運算，取其 PowerSpectrum 中最大值的頻率。

1. 牛頓法

取得起始頻率後，則代入線性模型算出參數及其 R-Square 值，再用牛頓法疊代算出 R-Square 最大值，則最應之頻率為最佳基礎頻率。牛頓法定義如下：

定義用 ω 及輸入之 X-Y 值用線性模型計算出參數後再計算 R-Square 值的步驟為一函數 $f(\omega) = R^2$（因為每次疊代都用同樣的 X-Y 值計算，因此 f 只與 $ 相關），則 f 的一次微分 f'' 及二次微分 f'' 可由以下算式估算出：

$$f'(\omega) = \frac{f(\omega + \delta\omega) - f(\omega - \delta\omega)}{2\delta\omega}$$
$$f''(\omega) = \frac{f(\omega + \delta\omega) - 2f(\omega) + f(\omega - \delta\omega)}{\delta\omega^2}$$

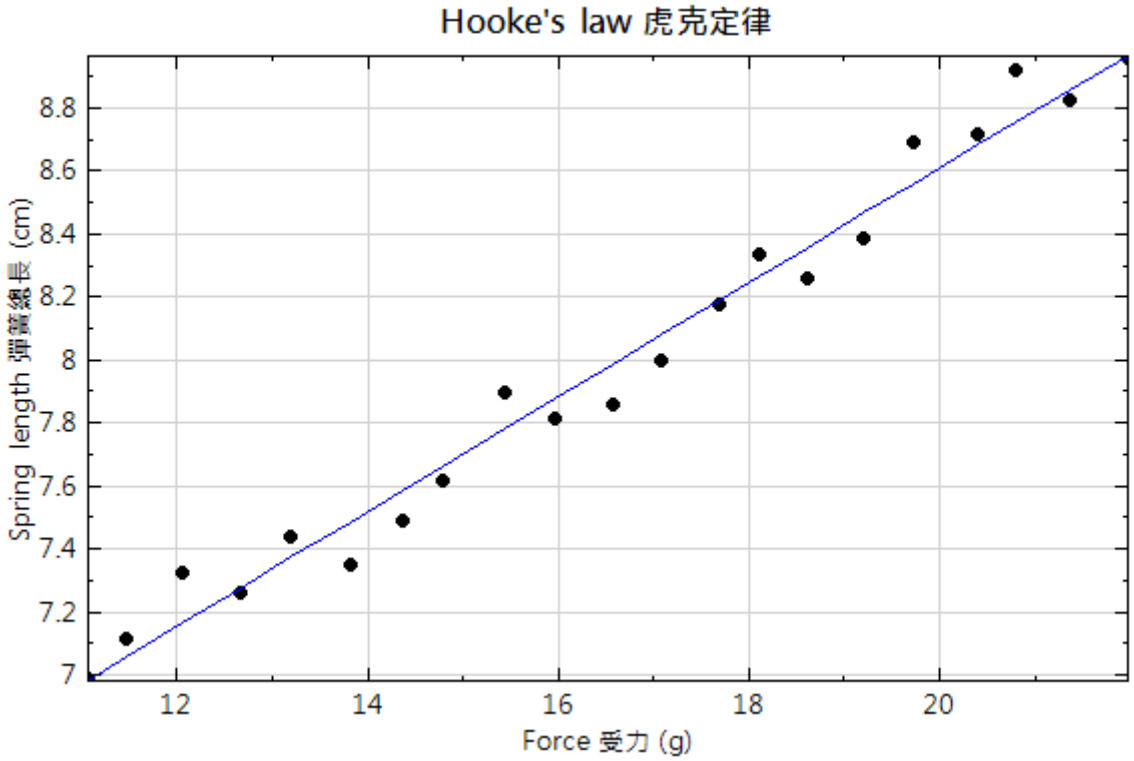
其中 $\delta omega = \omega_{\text{initial}}$eps。牛頓法（【最速下降法】）則可以算出下一疊代之 ω 值：

$$\omega_{\text{new}} = \omega - \frac{f'}{f''}$$

當新舊 ω 值絕對差 $|\omega_{\text{new}} - \omega|$ 小於 eps 則疊代計算停止，ω_{new} 為估算出之基礎頻率。閾值 eps 可由使用者設定（見參數 Stop Threshold ）。

* 物理意義

以線性回歸為例，用方程式 $y = ax + b$ 可說明 X 和 Y 兩組數據之間代表的物理型態。例如在驗證虎克定律的實驗裡面，通常會量測兩組數據：掛在彈簧上的砝碼重以及彈簧的總長度。接著可利用彈簧總長對砝碼重作圖，來求得彈簧的彈性係數 k，如下圖：



上圖黑點為量測的數據點，藍線為經由線性回歸算出來的直線。求得的線性回歸的方程式為

$$\text{Spring length（彈簧總長）} = 0.0907 \times \text{Force（受力）} + 4.99$$

此即彈簧總長以及受力之間的關係，同時比對虎克定律 $F = kx$，上述式子可寫成

$$\text{Force} = 1/0.0907 \times (\text{Spring length} - 4.99)$$

因此可知道彈簧原長為 4.99 cm，彈簧的彈性係數為 11.02 g/cm。由此例子見到我們可藉由線性回歸式得到兩組數據（彈簧長度與受力）之間的關係。雖然量測數據點是離散的，但也可藉由線性回歸式來推測沒有數據之處的數值，例如從上圖可以推測受力為 20 g 時彈簧的總長約為 8.6 cm 。對於在介在數據範圍內裡面不知道的 x_j，可以透過 $ax + b$ 來得到 y_j；而數據範圍外的部分也可以利用線性回歸式來求得，但是由於線性方程是最簡單的近似模型，數據範圍外的預測可能會比較不準。

使用說明

本元件把回歸分成兩種類型：

1. TimeSeries（線性回歸方程式為 $y = at + b$）
2. XY（線性回歸方程式為 $y = ax + b$）

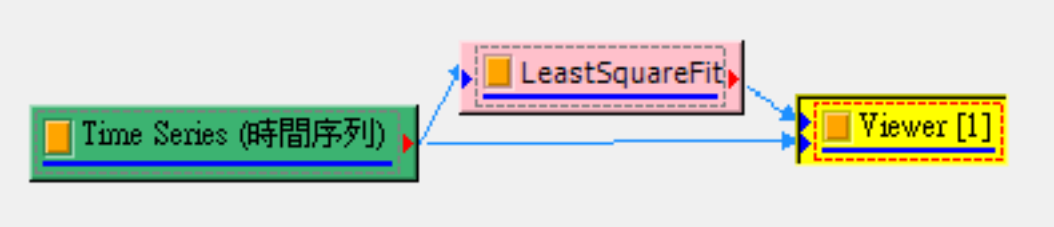
參數視窗（Property Window）可看到的目前所使用的形式，注意所使用形式是無法手動修改的，本元件中會依照輸入數據的格式來自動判斷應該選用 TimeSeries 或是 XY，所以務必確認是使用正確的方式連接此元件。

首先，先決定您想要知道的是 1. 一組數據與時間的關係或是 2. 兩組數據之間的關係，再依照下列所敘述的方法來

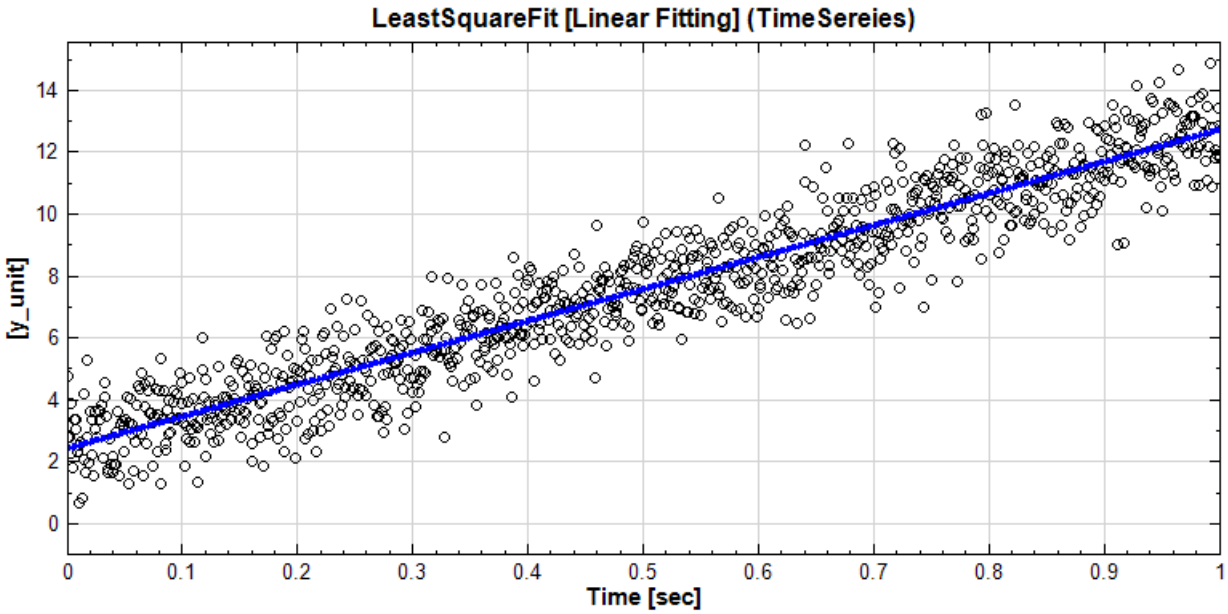
連接。

1. 一組數據與時間的關係：形式為 TimeSeries 。

   將訊號直接與本元件連接，並用【Channel Viewer】來觀看結果。如以下流程圖：

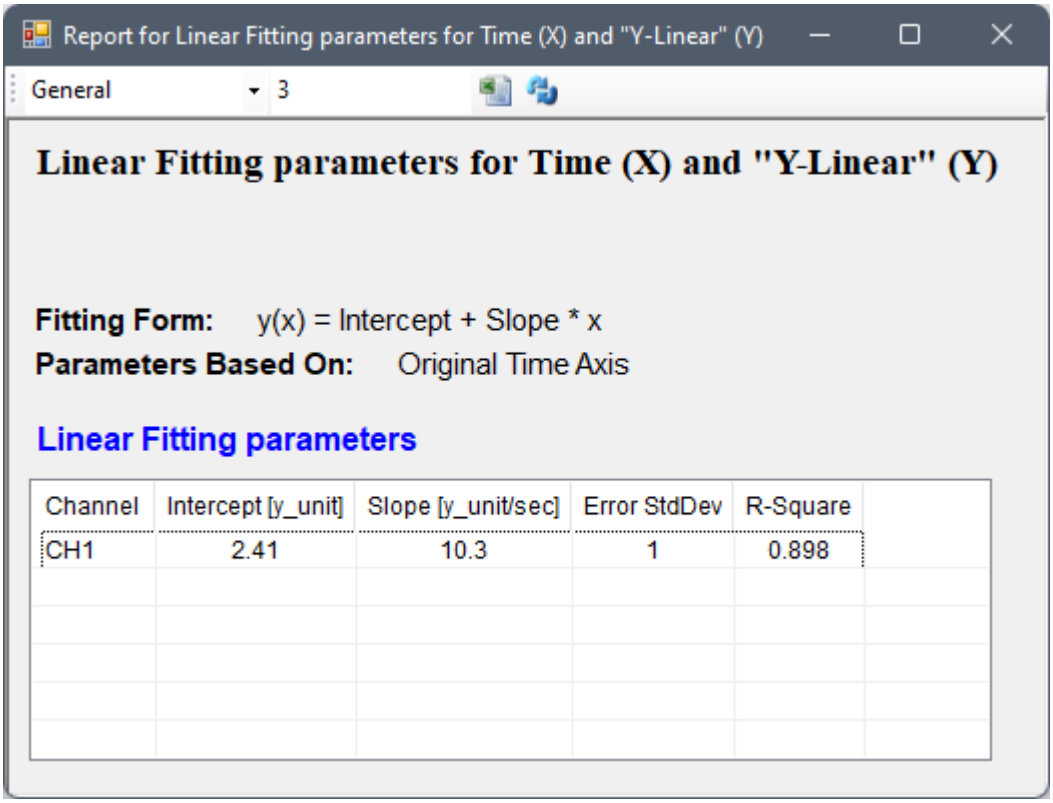


   依照上述流程圖，Viewer 畫出來的圖表中有兩條線，一條為原來的時間序列，另一條為回歸後的曲線（下圖使用線性回歸），經過 Viewer 的編輯後，可以得到下列圖表。



   特別注意當為時間序列時，用【Channel Viewer】來觀看結果，不需要用到【XY Plot】。

   欲得知此回歸後的係數，找到屬性視窗中的 View Regression Parameters，或雙擊元件圖示，會開啟如以下的係數報表對話窗（報表對話窗請參考【Reporter】章節說明）：

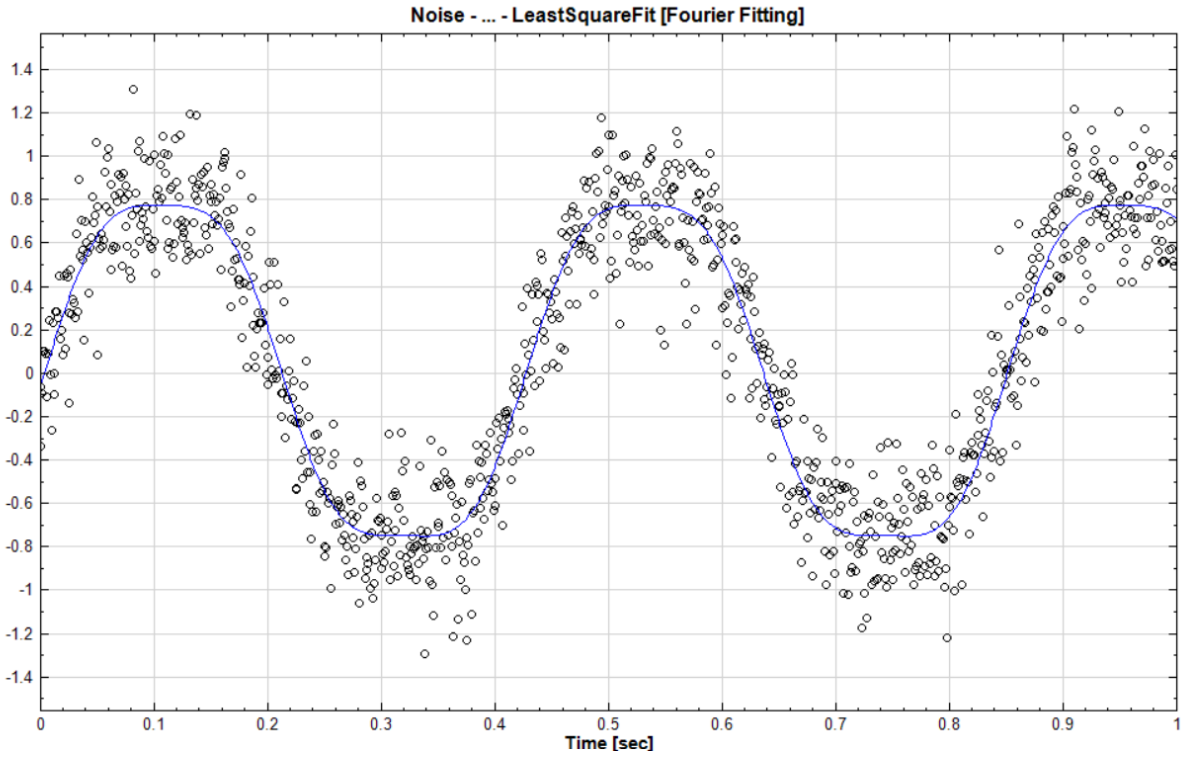


即可查詢回歸曲線的方程式（Fitting Form）以及其相關係數。以線性回歸為例，方程式為 $y(x) = Intercept + Slope \times x$，Slope 為斜率，即前述線性方程式中的係數 a；Intercept 為截距，即前述線性方程式中的 b。Error StdDev 為每一數據點與回歸誤差的平均標準差，用來得知回歸線之可信度；R square 值為【Coefficient of Determination】，也是用來得知回歸線的可信度，詳見前文及參考資料。

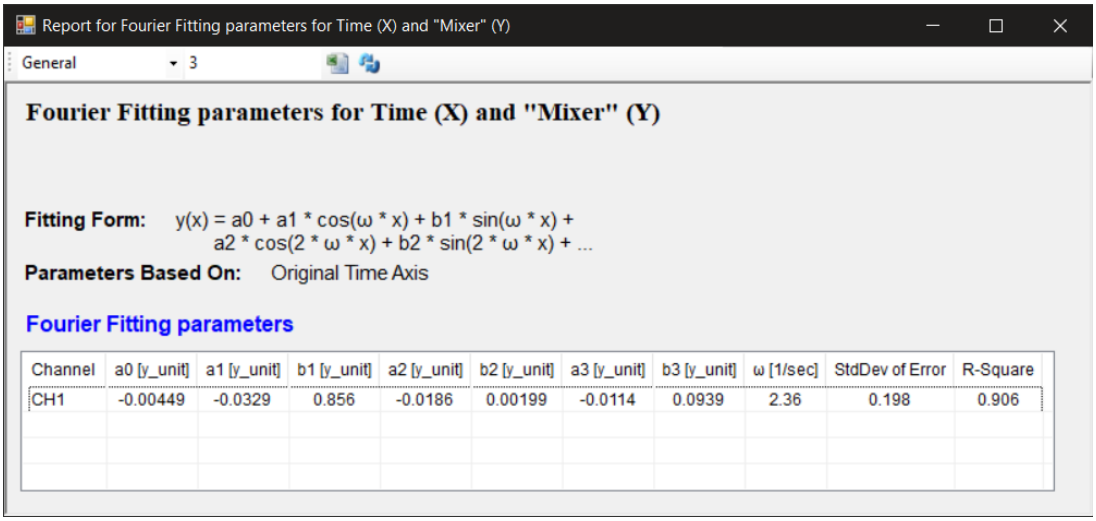
報表列出的係數及其單位會依照回歸的種類而有所不同。係數的 `y_unit` 單位為輸入訊號的 Data Unit 單位，如為空白則以 `y_unit` 顯示；係數如有時間單位則為輸入訊號的時間單位。請參考前文各回歸類別的方程式，係數，及相關單位列表。

如果時間軸的起始點不為零，或是時間軸為時日軸，或是某些回歸種類不允許時間軸起始點為零（例如對數回歸等），計算係數時可能會需要重設時間軸起始點（請參考後文有關 Enable Time Shift 參數的說明）。報表上的 Parameter Based On 欄位會顯示「Shifted 或 Original Time Axis」，註明計算係數時是根據原始時間座標或是重設後的時間座標。

以傅立葉回歸為例，將上文之流程圖之 TimeSeries 的訊號源改成一個有週期性（主頻率 ω 大約為 2.35 Hz）的訊號，設定 Fourier Fit Order 為 3，Auto Initial Freq 設為 True，計算出回歸線後得出如下圖：



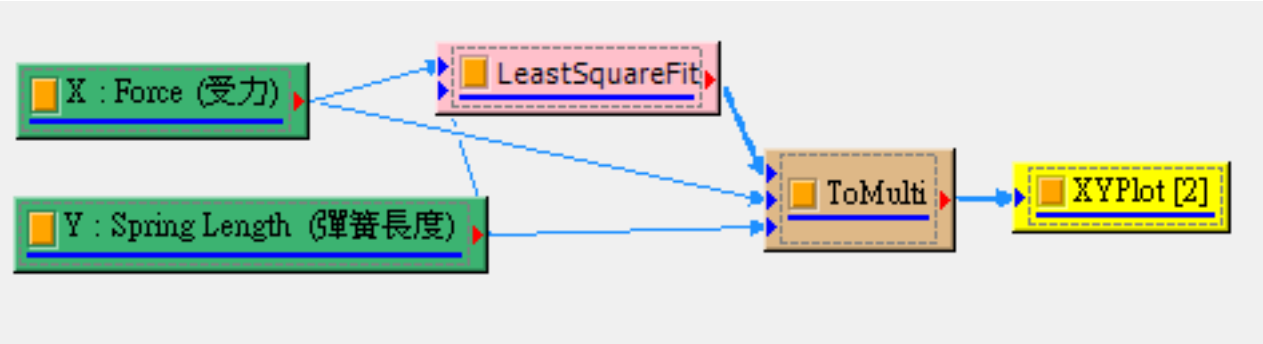
與回歸線對應的係數報表對話窗如下：



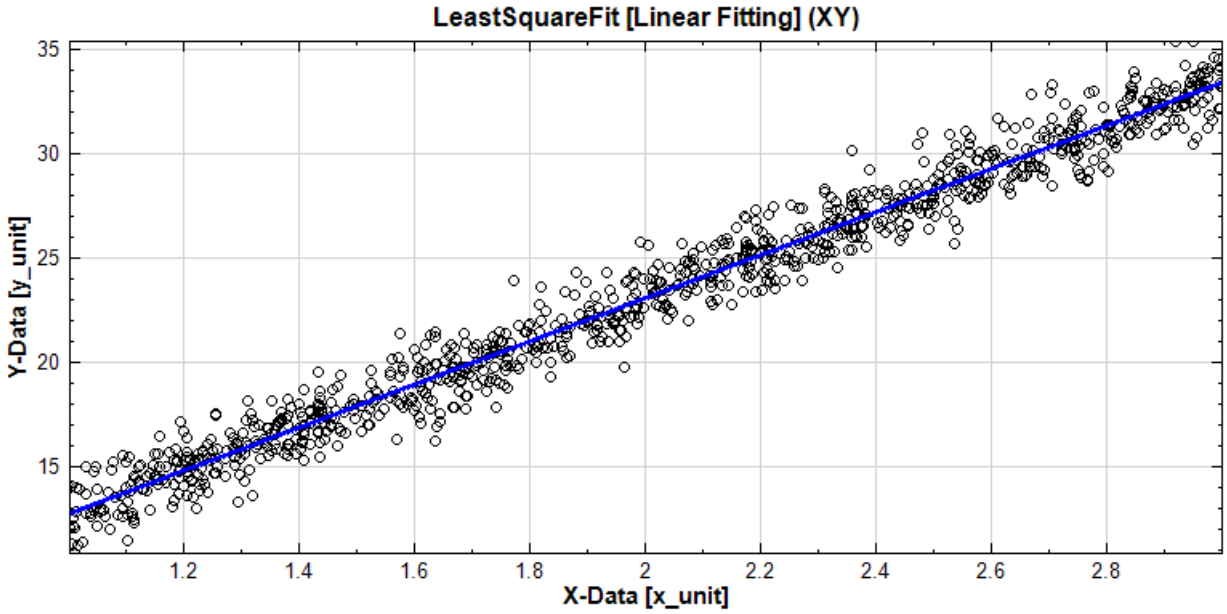
可以看到報表顯示出傅立葉回歸的方程式（Fitting Form），以及計算出的傅立葉係數，因為 Fourier Fit Order 設為 3，係數有 $a_0, a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3$。另外，用前述方法（FFT + 牛頓法）自動計算出之主頻率 ω 為 2.36 Hz，非常接近原始訊號。Error StdDev 及 R-Square 值均表示回歸線可信度極高。

2. 兩組數據之間的關係：形式為 XY

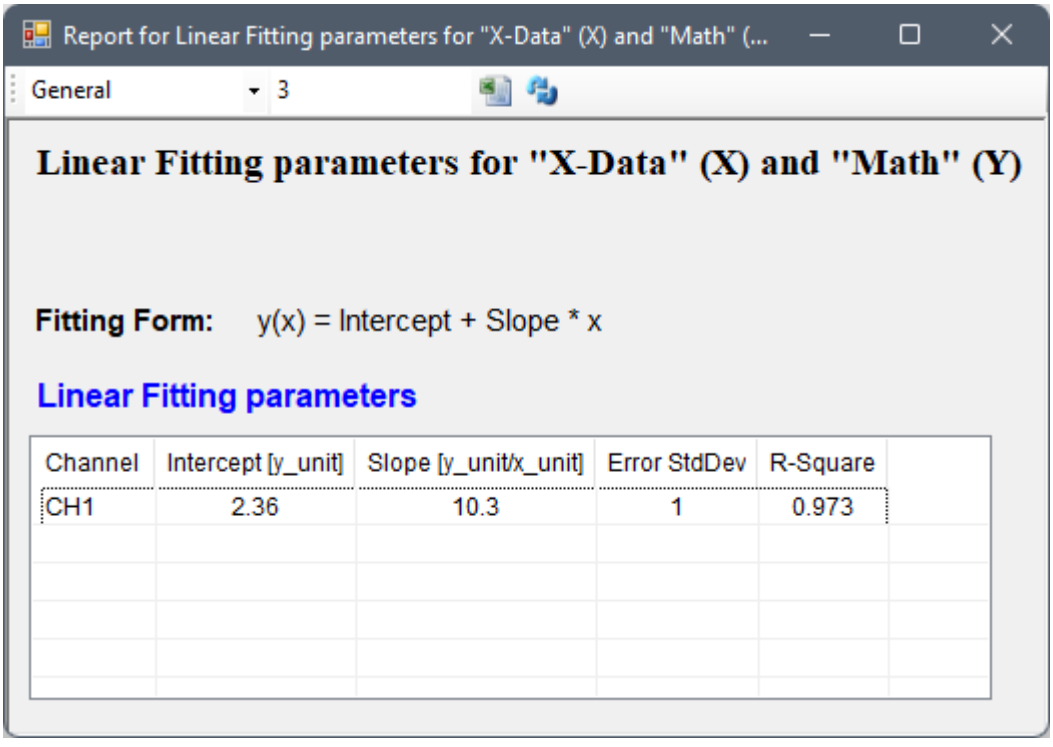
將第一組數據 X 與第二組數據 Y 依序連接至本元件，再將 LeastSquareFit 的結果與數據 X 和 Y 連接至 Merge to Multi-Channel 合併成多通道，最後接入【XY Plot】觀看結果。連接方式如下面的流程圖：



注意在連接至 ToMulti 時，連接順序必須是 LeastSquareFit, X, Y 或是 X, Y, LeastSquareFit 才能在 XY Plot 圖表中正確的顯示。上述流程範例可經過 XY Plot 的編輯，產生如下圖：



報表對話窗顯示的線性回歸係數如下：



係數的 `x_unit` 單位為第一輸入訊號（即 X 訊號）的 Data Unit 單位，如為空白則以 `x_unit` 顯示；係

數的 `y_unit` 單位為第二輸入訊號（即 Y 訊號）的 Data Unit 單位，如為空白則以 `y_unit` 顯示。

以上兩種方式為使用本元件的基本方法。

LeastSquareFit 在判斷要使用 TimesSeries 或 XY 時，是從輸入的數目來判斷。如果只有一個輸入，LeastSquareFit 會將此輸入中每一個通道的時間與數值做回歸，而輸出 $y = at + b$ 中的 y，可接至【Channel Viewer】。若有兩個輸入，則第一個輸入為 X，第二組輸入為 Y，使用 XY 方式做回歸後，輸出回歸方程式裡 $y = ax + b$ 的 x 與 y。若一個輸入含有多通道時，其中 TimeSeries 可以依照前文 1. 中流程圖把每通道中的回歸曲線以及原本數據畫出，但是使用 XY 線性回歸時，兩輸入的第一通道會互相配對做回歸（第二通道互相配對、第三通道互相配對...以此類推），而輸出通道依序為 x1, y1, x2, y2...等等。若要將所有 X-Y 配對之數據以及其回歸曲線畫出，特別注意輸入 XY Plot 的通道順序必須要是 x1, y1, x2, y2,...（即奇數通道與偶數通道配對），才能在圖表中正確顯示。可以參閱【XY Plot】的說明。

參數說明

本元件接受實數（Real Number），單或多通道（Single or Multiple Channel），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。相關參數說明如下圖表。

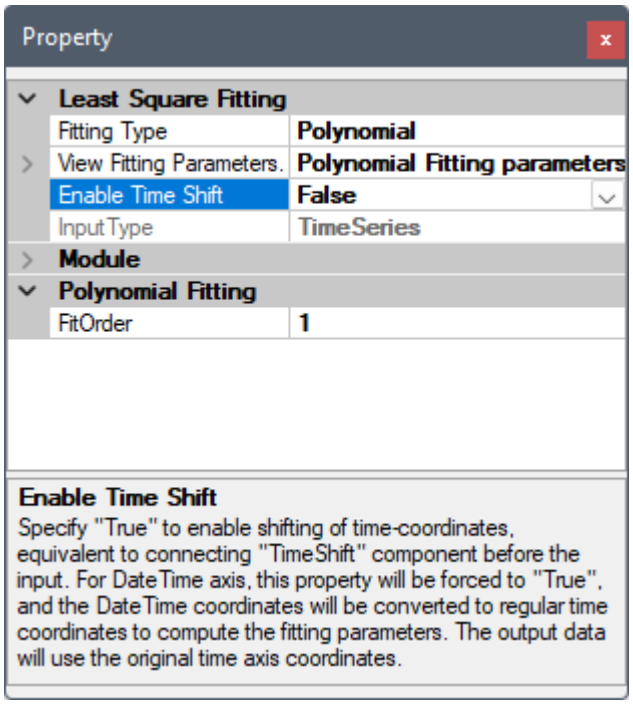


Table 4.134: 回歸元件之參數定義

參數名稱	參數意義	預設值
Fitting Type	選擇回歸種類： • Linear：線性回歸 • Polynomial：多項式回歸 • PowerLaw：冪次回歸 • Exponential：指數回歸 • Logarithmic：對數回歸 • Fourier: 傅立葉回歸 • PolynomialFourier: 多項式 + 傅立葉回歸	Linear
View Fitting Parameters	顯示係數報表	
Enable Time Shift	在 TimeSeries 回歸模式下，可設定是否重設時間軸的起始點。 此參數可用於時間軸的起始點不為零，或是時間軸為時日軸，或是某些回歸種類不允許時間軸起始點為零（例如對數回歸等）的情況。 計算係數時會根據重設之時間軸計算，此時報表上的 Parameters Based On 欄位會標註是根據 Shifted Time Axis。輸出時則會移回原始時間座標，以便與原始資料比對。 當時間軸為時日 (DateTime) 軸時本參數強制設定為 True 並隱藏之。計算係數時會先將時日軸轉成數字時間軸，計算完再轉回原始時日軸。 本參數開啟之後會內嵌 Time Shift 元件，其參數設定可參考【Time Shift】章節說明。	False
Input Type	顯示輸入類別（即回歸模式）： • TimeSeries • XY 此為根據輸入模式而自動判別，使用者無法自行設定。	
Fit Order	選擇多項式或多項式+傅立葉回歸時，可用此參數設定多項式最大的次數。次數為 1 時等同線性回歸，多項式的常數即為線性的截距，第一次方的係數則為線性的斜率。	1
Fourier Fit Order	選擇傅立葉或多項式+傅立葉回歸時，可用此參數設定傅立葉是最大的次數。見前文說明。	1
Auto Initial Freq	設定「True」時會利用 FFT 估算出牛頓法疊代計算的起始頻率，「False」則讓使用者設定。	True
Initial Freq	當 Auto Initial Freq 設為「False」時，可設定牛頓法疊代計算的起始頻率。	0
Maximum Iterations	可設定牛頓法最大疊代次數。	10000
Stop Threshold	可設定牛頓法的停止閾值 eps，見前文說明。	1E-6

參數名稱	參數意義	預設值
X Output Source	選擇輸出 X 資料來源： • AutoRegular • XInputChannel XInputChannel 選項取輸入之 X 通道資料來計算新的輸出 Y 值；AutoRegular 選項則自動由輸入之 X 通道資料範圍產生一個遞增的數列來計算新的輸出 Y 值。	AutoRegular

相關指令

Channel Viewer、XY Plot、Merge To Multi-Channel

參考資料

1. Coefficient of Determination : http://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_determination
2. http://mathworld.wolfram.com/LeastSquaresFitting.html

4.10 TFA（Time-Frequency Analysis）

本模組群提供時頻分析之計算：

1. Short Term Fourier Transform：短時傅立葉轉換。
2. Morlet Transform：小波轉換，此處之母函數為 Morlet function。
3. Enhanced Morlet Transform (*Only in Professional)：改良過的 Morlet 轉換，融合了 Morlet 與短時傅立葉之特性。
4. Hilbert Spectrum：將輸入訊號經 Hilbert Transform 後，計算出每個時間點的瞬時頻率。
5. Marginal Frequency / Marginal Time：將計算出之時頻分析結果對頻率域 /時域作積分計算。
6. Transpose Spectra：將時頻圖的時間軸與頻率軸對換。
7. Secondary Spectrum：將時頻圖再做一次時頻轉換。

4.10.1 Short-Term Fourier Transform

傅立葉轉換（Fourier Transform）是將時間訊號轉換至頻率域。相較於傅立葉轉換，僅能呈現訊號振幅與相位隨頻率變化，但無法知道該頻率發生的時間點。而短時傅立葉轉換（Short-Term Fourier Transform, STFT, or spectrogram）用以計算訊號強度與相位隨時間與頻率的分佈，解決傅立葉轉換（Fourier Transform）無法得知頻率發生的時間的缺點。

說明

數學式為

$$STFT[x(t)] = X(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\omega(t-\tau)\mathrm{e}^{-i\omega t}dt$$

其中，$x(t)$ 是輸入訊號，$\omega(t-\tau)$ 是一個窗函數。數學式中的意義為：每一時間點 τ 對 $x(t)\omega(t-\tau)$ 作傅立葉轉換，再將窗函數沿著時間軸方向挪移並計算得到的結果即為 $X(t,\tau)$ 代表了訊號某一時間與頻率上的強度或相位。各窗函數的定義，請參閱【Signal Windowing】元件說明。

窗函數大小（Windows Size）與頻率解析度之間的關係如下：

$$Window\ Size = \frac{f_s}{\delta f}, \quad Freq\ Resolution = 2 \cdot \frac{f_s}{Window\ Size}$$

其中，f_s 為取樣率（Sample Frequency）。

窗函數設定越長，頻率解析度越小，所以頻率越不確定，時間越確定。窗函數設定的越短，頻率解析度越大，頻率越確定，時間越不確定。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式為複數，單通道的時頻（Spectra）資料結構。各參數定義詳如下方圖表。

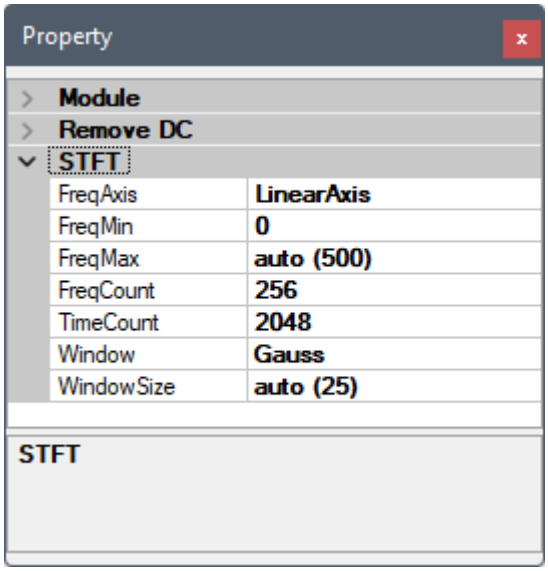


Table 4.135: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
FreqAxis	時頻圖頻率的分佈可以設定為是 LinearAxis（線性尺度）或是 LogAxis（對數尺度），LogAxis 多用於聲音訊號分析	LinearAxis
FreqMin	設定計算時頻資訊之最低頻率	0
FreqMin	設定計算時頻資訊之最高頻率	$f_s/2$
FreqCount	設定計算時頻資訊之頻域格數	256
TimeCount	設定計算時頻資訊之時域格數	2048

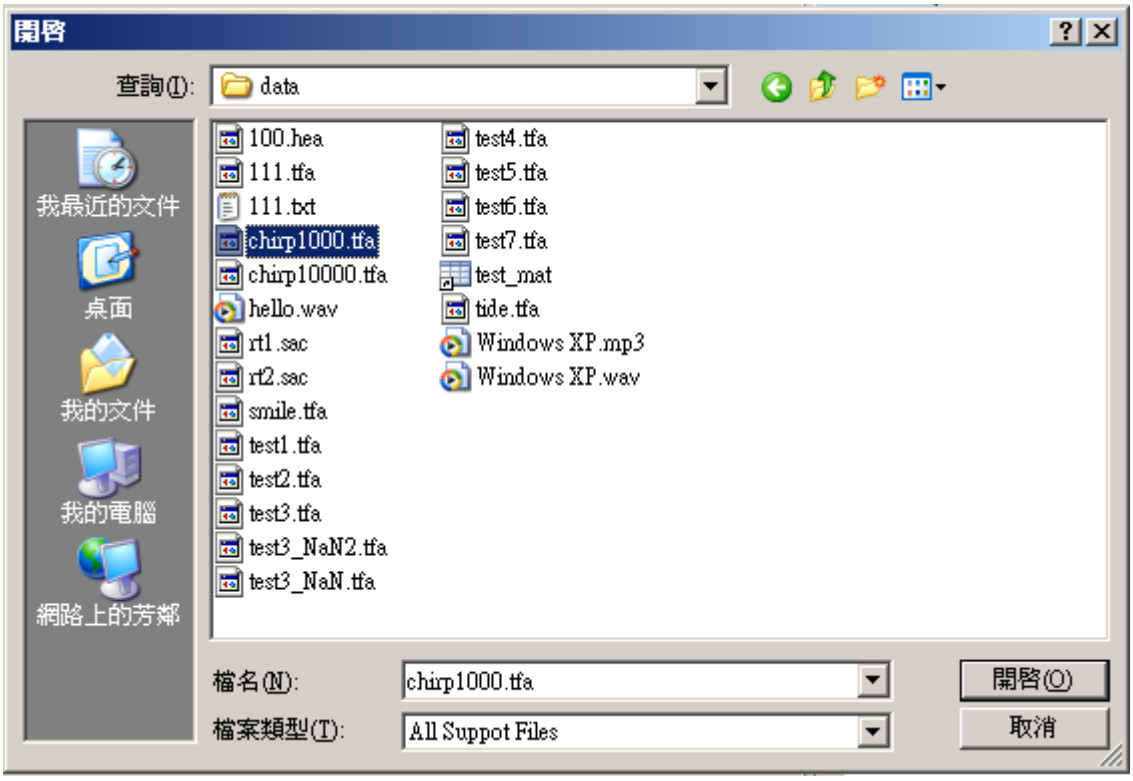
參數名稱	參數定義	預設值
Window	在 STFT 分析，進行時間軸的分割時，會利用窗函數進行濾波，此處可選擇不同窗函數。關於各窗函數的定義，請參閱【Signal Windowing】元件說明	Gauss
WindowSize	設定窗函數大小，與頻率解析度成反比，見前文說明	$f_s/40$

與【Fourier Transform】元件類似，本元件有內嵌 Remove DC 元件，可選擇在計算 STFT 之前移除輸入訊號中的直流部分，參數可參考【Remove DC】元件說明。

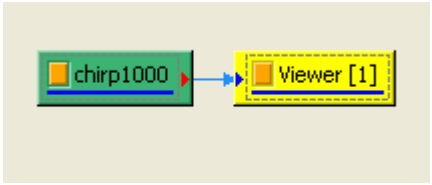
範例

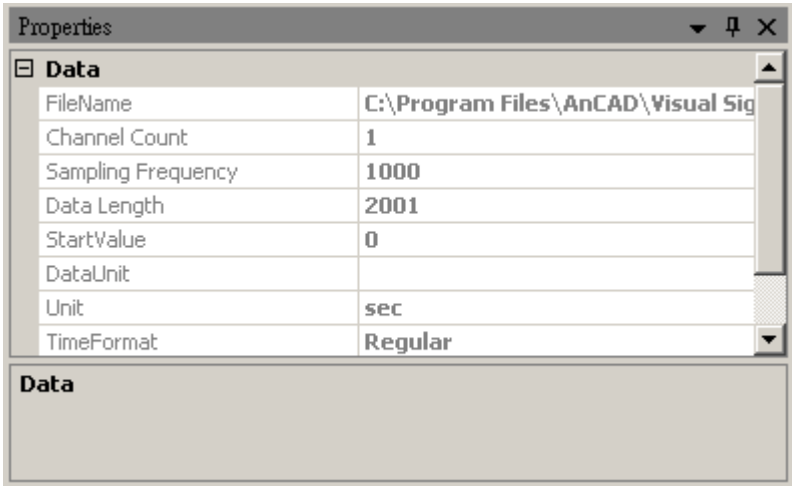
以下範例以一個鳥鳴訊號（Chirp）作輸入，利用 STFT 作時頻分析，可以出現頻率隨時間線性變化。

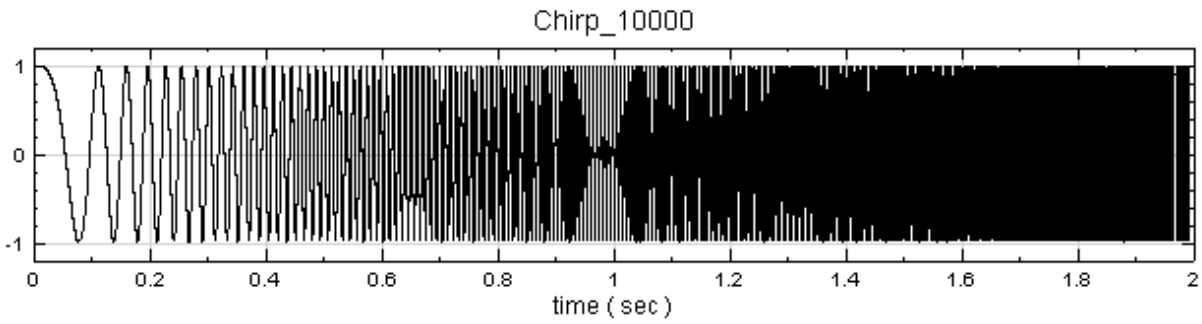
1. 按下 Network Window 工具列的 ，或以 Source / Import Data 讀取訊號檔，檔案 chirp1000.tfa 位在安裝目錄下 data 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\Basic`）。（類似的鳥鳴訊號也可以用 Source / Advanced / Chirp 元件）



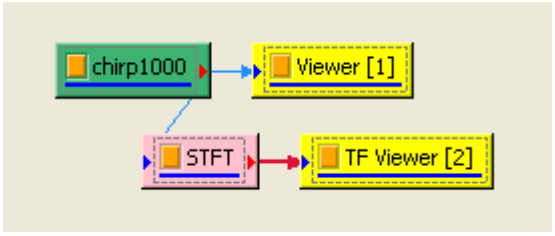
2. 點選 chirp1000 圖示，其 Properties 下顯示此訊號的通道數（Channel Count）為 1 ，取樣頻率（Sampling Frequency）為 1000 Hz，再用 Viewer / Channel Viewer 繪製訊號。可觀察此訊號頻率隨時間漸增。

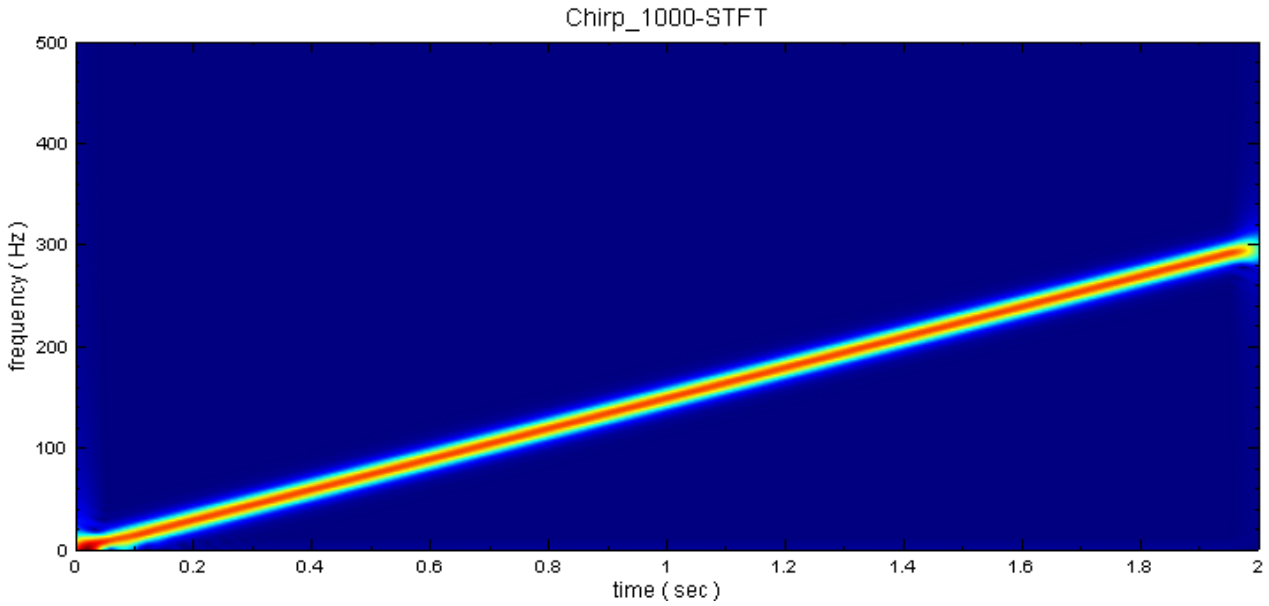




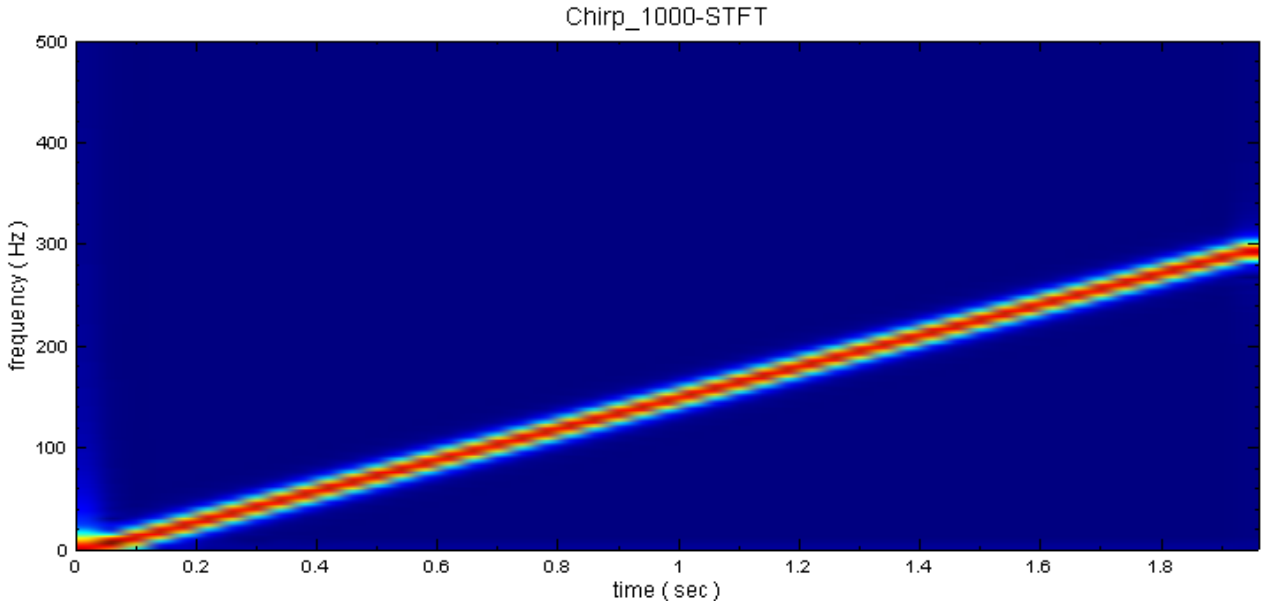


3. 選擇 Compute / TFA / Short Term Fourier Transform 直接對此訊號作 STFT，以 Viewer / Time Frequency Viewer 繪出計算結果。觀察時頻圖，訊號頻率隨時間呈一直線的變化，且由結果可得到某個時間點訊號的頻率值。

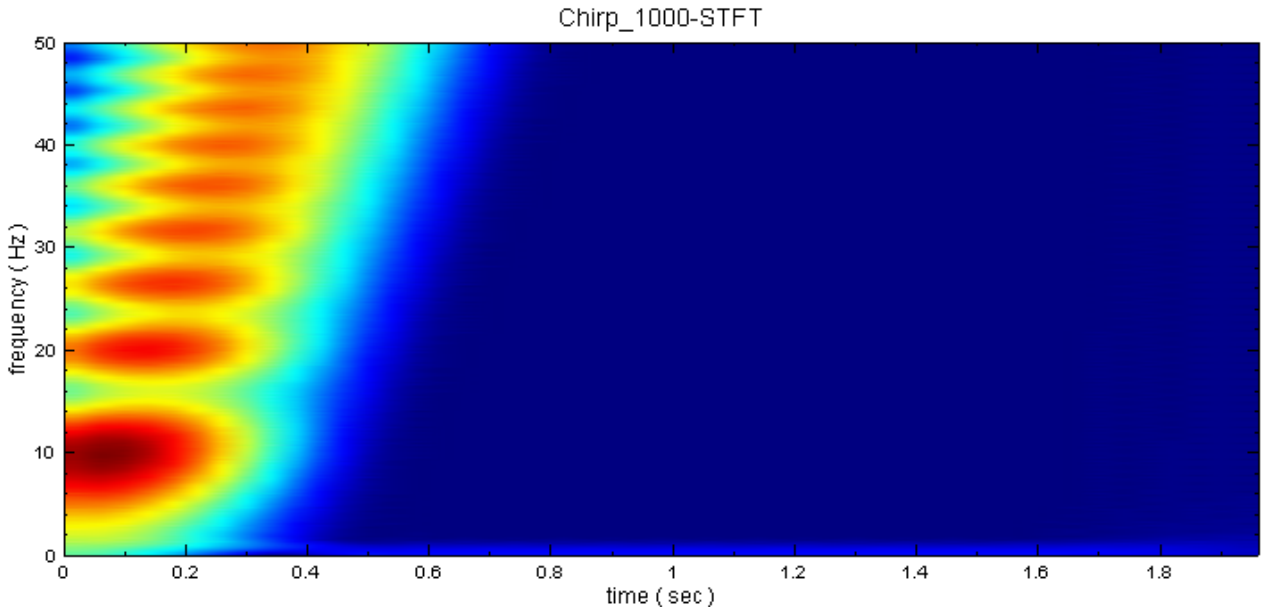




4. 若是改變 STFT 的參數 TimeCoant 或 FreqCount，則 STFT 會根據新設定的網格數量重新計算，因此會影響計算結果的解析度以及運算時間。現在改變 TimeCount 為 50，則運算速度變快，但結果的解析度亦變差。

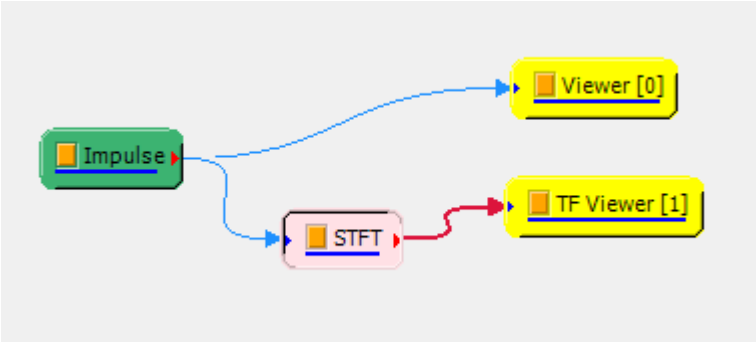


5. 若是改變 FreqMin 或 FreqMax 參數，STFT 仍然會對原頻率範圍作計算，不過僅截取參數設定範圍內的資料作輸出，不會影響作 STFT 的計算量。改變 FreqMax 為 50，計算時間並未因此縮短。

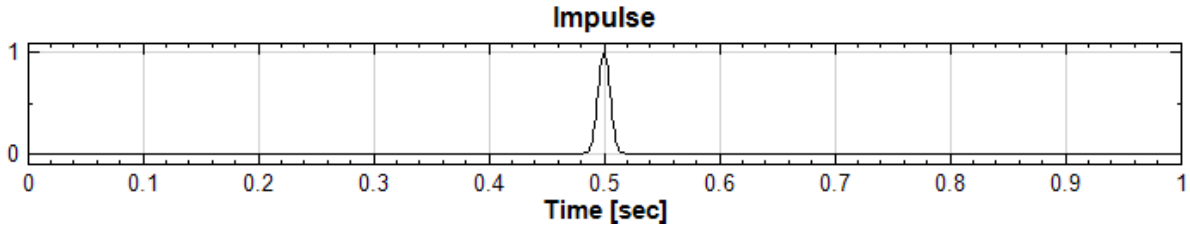


以下範例使用Impulse 訊號接上 STFT 示範 Window Size 參數與時域精確度的關係。

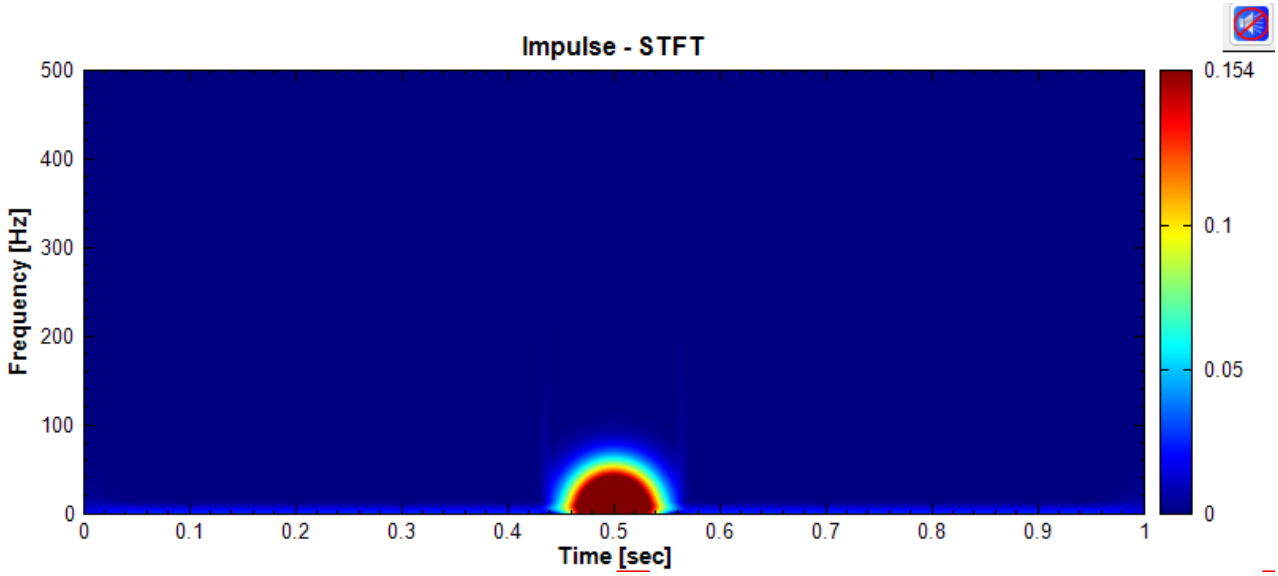
1. 以 Source / Advanced / Impulse 接上 STFT 再接上合適的 Viewer，如下圖：



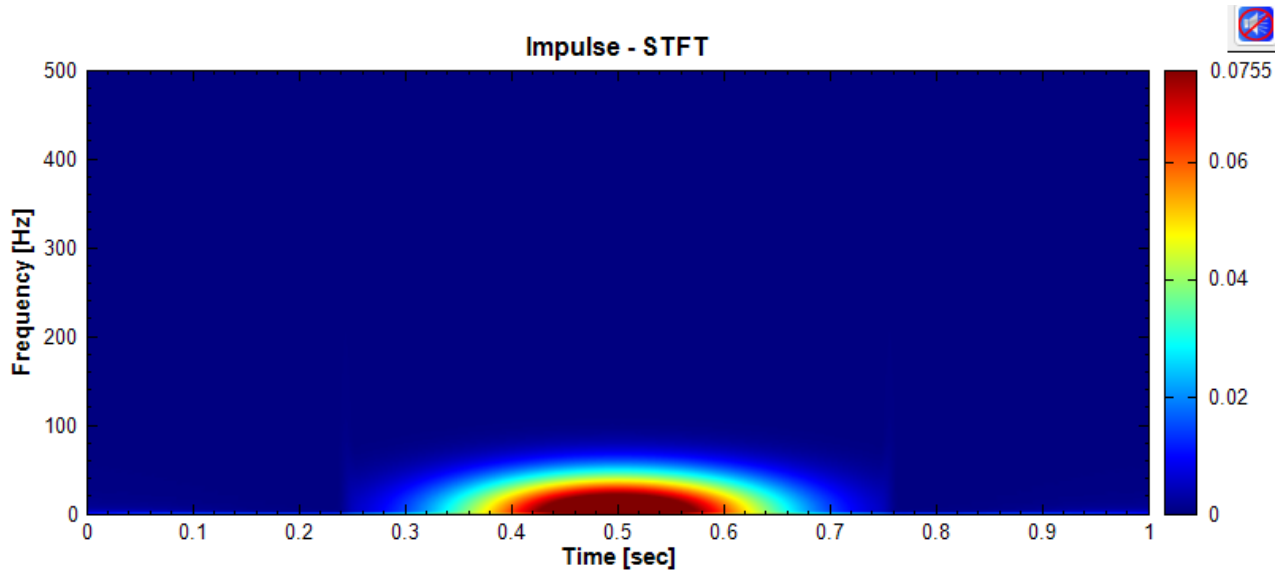
2. 將 Impulse 的參數設為位於 0.5s 的單一脈衝（Start = 0.5，SingleImpulse = True），其他參數皆為預設值，如下圖：



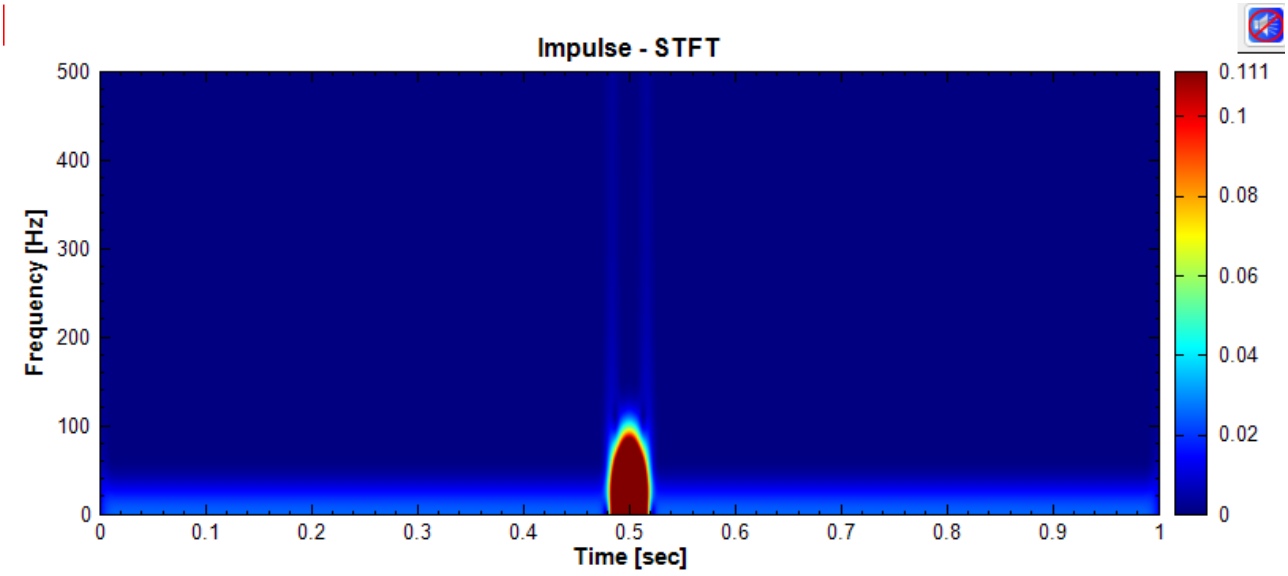
STFT Window Size 參數為 25 的預設值時，時頻圖如下：



3. 接著將 Window Size 設為 5，可以看到降低 Window Size 時 Frequency Resolution 上升，頻域收斂，但是時域擴散精確度下降，如下圖：

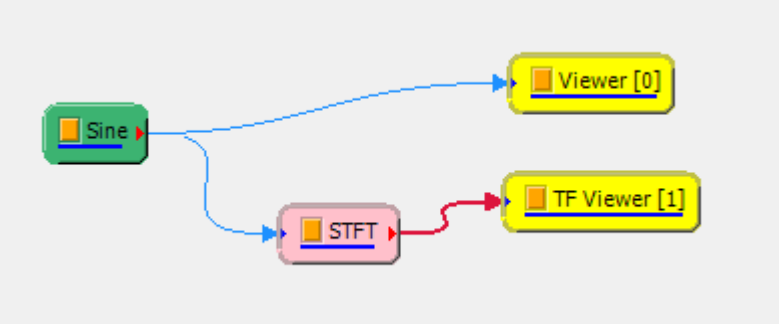


接著將 Window Size 設為 100，可以看到提高 Window Size 時 Frequency Resolution 下降，頻域擴散，但是時域收斂精確度提高，如下圖：

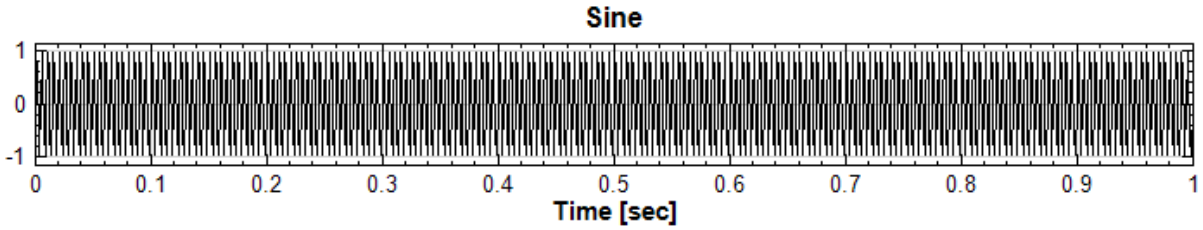


以下範例使用Sine Wave 訊號接上 STFT 示範 Window Size 參數與頻域精確度的關係。

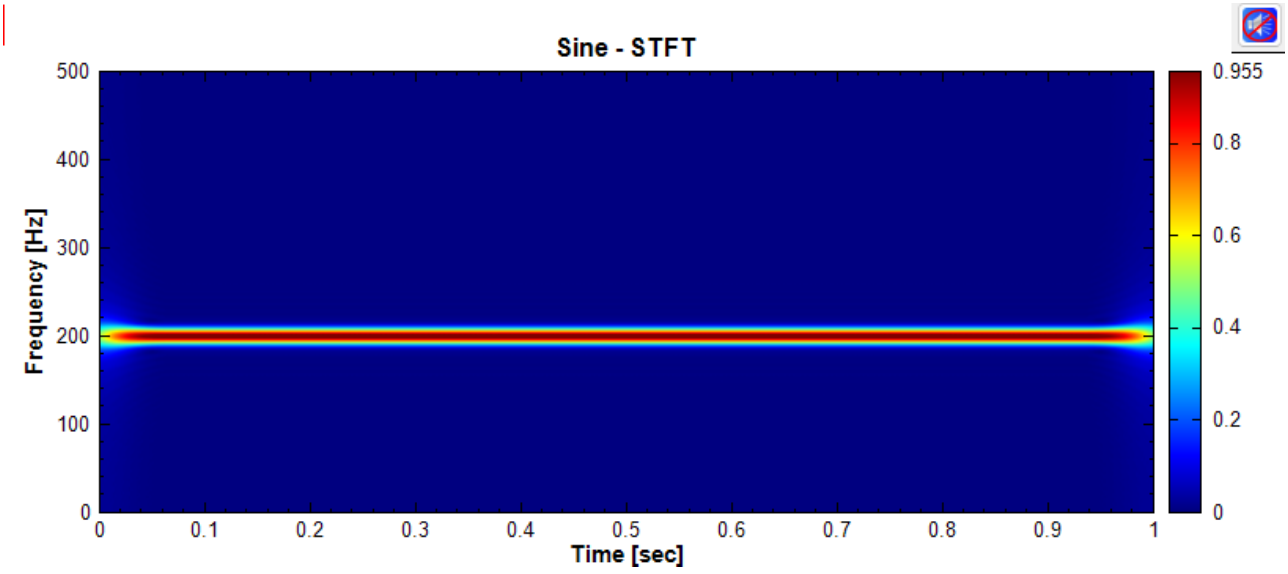
1. 承上，將 Impulse 換成 Source / Sine Wave ，如下圖：



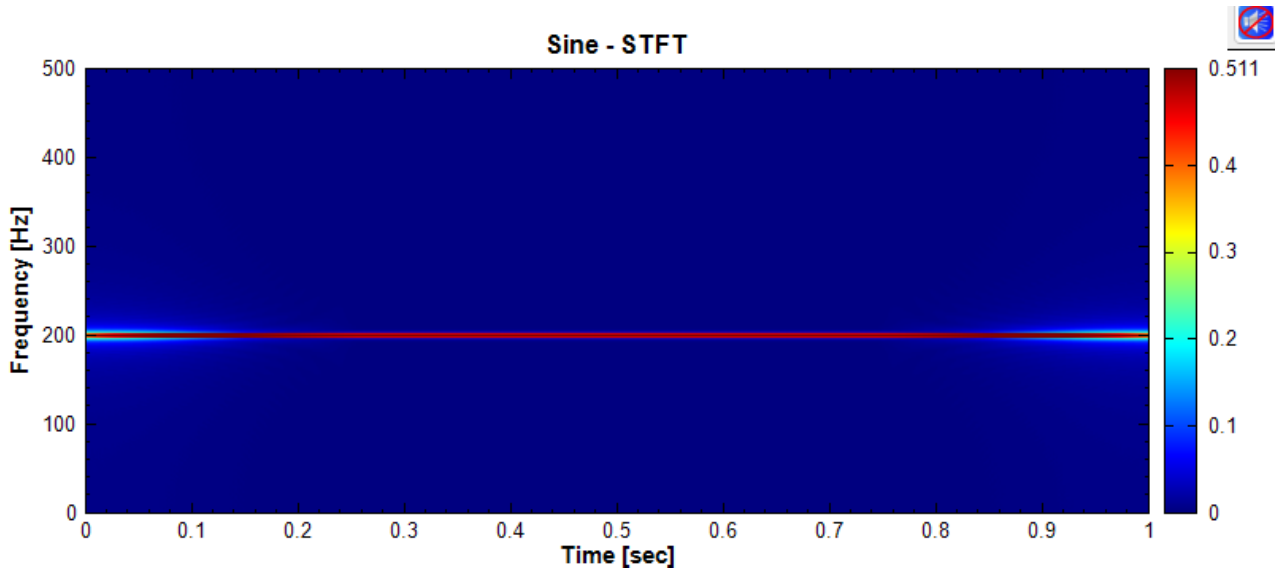
2. 將 Sine Wave 的頻率設為 200 Hz，其他參數皆為預設值，如下圖：



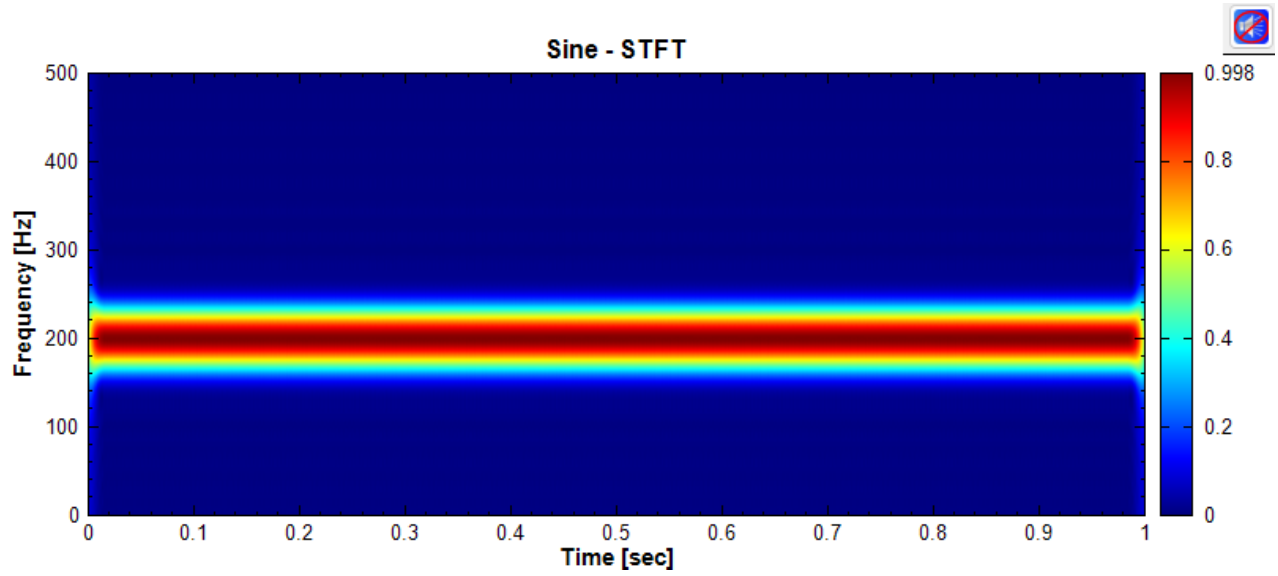
STFT Window Size 參數為 25 的預設值時，時頻圖如下：



3. 接著將 Window Size 設為 5，可以看到降低 Window Size 時 Frequency Resolution 上升，頻域收斂，精確度上升，如下圖：



接著將 Window Size 設為 100，可以看到提高 Window Size 時 Frequency Resolution 下降，頻域擴散，精確度下降，如下圖：



相關指令

Fourier Transform、Signal Windowing、Remove DC、Impulse、Sine Wave

參考資料

Stepphane Mallat, a Wavelet Tour of Signal Processing (2nd Ed), 1999.

4.10.2 Morlet Transform

小波分析（Wavelet Analysis）或小波轉換（Wavelet Transform）是指用有限長或快速衰減的、稱為母小波（Mother Wavelet）的振盪波形來表示訊號。該波形被縮放和平移以匹配輸入的訊號。Morlet transform 即運用母小波 Morlet wavelet，對訊號進行小波分析的方法。

說明

與傅立葉轉換最大的不同，小波轉換將訊號轉為時間–頻率的訊號，根據測不準原理，頻率以及時間解析度的乘積為固定值，即是頻率解析度佳，則時間解析度一定差，反之亦然。短時傅立葉轉換的高低頻率帶的時間與頻率頻解析度皆為定值，但是在處理上，會希望在高頻帶的時間解析度佳，在低頻帶的頻率解析度較佳，唯有小波轉換，才能達到這樣的處理結果。小波轉換的方程式如下：

$$X_w(a,b) = \frac{1}{\sqrt{|(a)|}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\Psi\left[\frac{t-b}{a}\right] dt$$

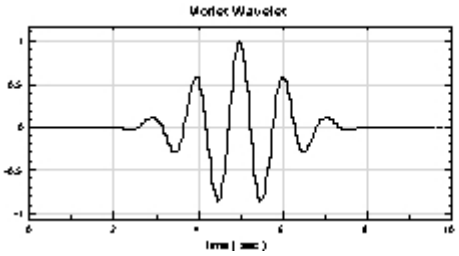
其中，a 參數為母小波縮放參數，b 為平移參數。再藉由轉換，將 a 值轉換為頻率。母小波 $\Psi(t)$ 必須符合三個條件

1. $\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(t)|^2 dt = 1$，
2. $\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(t)| dt < \infty$，
3. $\int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t) dt = 0$。

而 Morlet Transform 屬於小波轉換，其母小波的定義為

$$\Psi_\sigma(t) = \mathrm{e}^{i\alpha t}\mathrm{e}^{\frac{-|t|^2}{2}}$$

在 Visual Signal 中 $\alpha = 6$。



參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式為實數，單通道，Regular 的時頻（Spectra）資料。參數須設定起始與終點位置，其單位等於輸入訊號的時間單位。

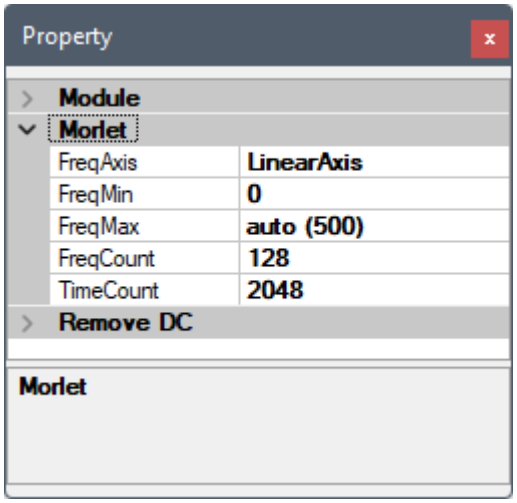


Table 4.136: 參數說明

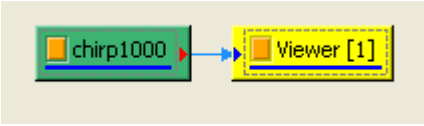
參數名稱	參數定義	預設值
FreqAxis	時頻圖頻率的分佈可以設定為是 LinearAxis（線性尺度）或是 LogAxis（對數尺度），LogAxis 多用於聲音訊號分析	LinearAxis
FreqMin	設定計算時頻資訊之最低頻率	0
FreqMax	設定計算時頻資訊之最高頻率	$f_s/2$
FreqCount	設定計算時頻資訊之頻域格數	256
TimeCount	設定計算時頻資訊之時域格數	2048

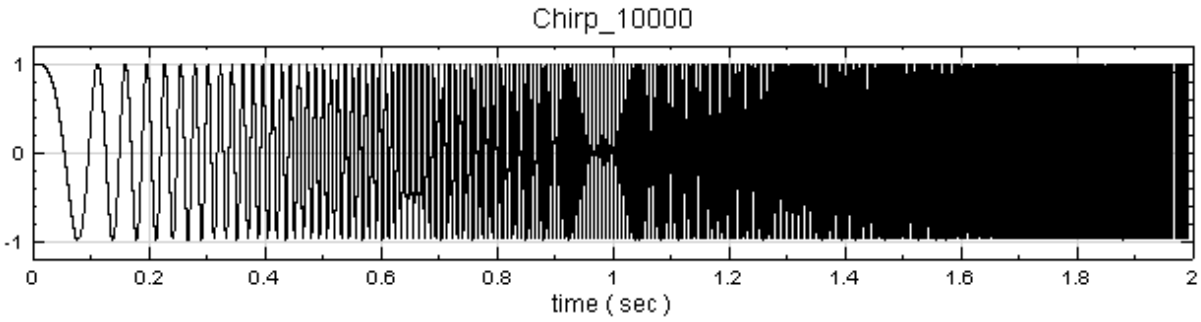
與【STFT】元件一樣，本元件有內嵌 Remove DC 元件，可選擇在計算 STFT 之前移除輸入訊號中的直流部分，參數可參考【Remove DC】元件說明。

範例

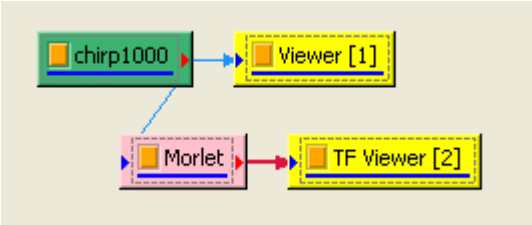
以下範例為一個鳥鳴訊號（Chirp），利用 Visual Signal 分析其時頻圖，可以發現一個頻率隨時間線性變化。

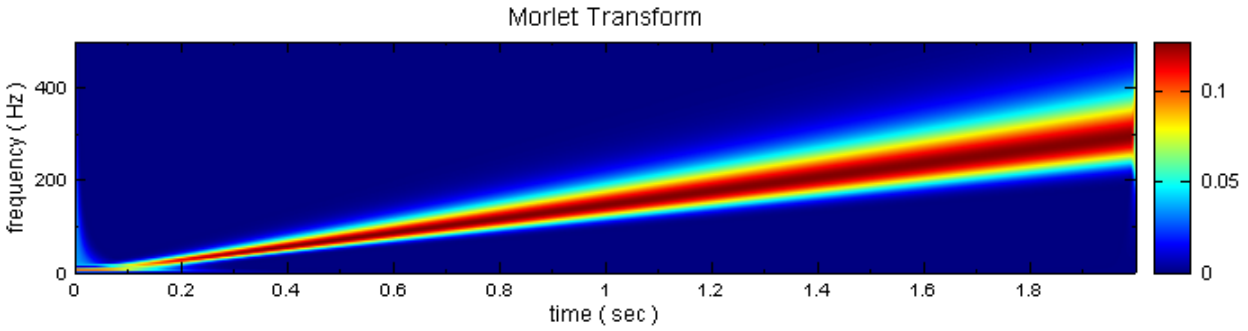
1. 按下 Network Window 工具列的 ，或以 Source / Import Data 讀取訊號檔，檔案 chirp1000.tfa 位在安裝目錄下 data 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\Basic`），以 Viewer / Channel Viewer 繪出。(類似的鳥鳴訊號也可以用 Source / Advanced / Chirp 元件)





2. 以 Compute / TFA / Morlet Transform 對輸入訊號作計算，再以 TFA Viewer 繪出，可明顯看到在越高頻的地方，頻率散佈範圍越大，轉換的效果越差。





本元件的演算法可改良以改善高頻發散的問題，請見【Enhanced Morlet】元件說明。

相關指令

Short Term Fourier Transform、Remove DC、Enhanced Morlet Transform

參考資料

1. Stepphane Mallat, A Wavelet Tour of Signal Processing (2nd Ed), 1999.

2. Y.-N.Jeng, C.-T. Chen and Y.-C. Cheng, "The Enhanced Morlet Transform via Iterative Filter to Study Turbulent Data Strings", The 6th Aslan Computational Fluid Dynamics Conference Taiwan, August, 2005.

4.10.3 Enhanced Morlet Transform*

Only in Professional

Morlet Transform 的缺點是在高頻部分，由於頻率解析度下降的關係，所以高頻會發散，（請見【Morlet Transform】元件說明）。Enhanced Morlet transform 預先以 Gauss 函數處理，以解決高頻處能量發散的狀況。

說明

在小波轉換之前，會先乘上一個高斯函數，拿掉較邊緣、低振幅的訊號，使高頻解析度增加。此轉換的方程式如下，見 Morlet 章節：

$$X_w(a,b) = \frac{1}{\sqrt{|(a)|}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \Psi \left[\frac{t-b}{a} \right] G(\sigma, b, t) dt$$

其中 $G(\sigma, b, t)$ 為高斯函數：

$$G(\sigma, b, t) = \sqrt{\frac{1}{4\pi} \frac{1}{\sigma}} \mathrm{e}^{\frac{1}{4\sigma}(t-b)^2}$$

由於高頻部分，Morlet 小波的 Scale 參數 a 會減小，導致高頻的解析度會變差，於是在進行小波轉換之前，會先對 Morlet Wavelet 乘上一個 Gaussian Window $G(\sigma, b, t)$ 使得頻率解析度增加。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式為實數，單通道，Regular 的時頻（Spectra）資料。各參數定義詳如下表。

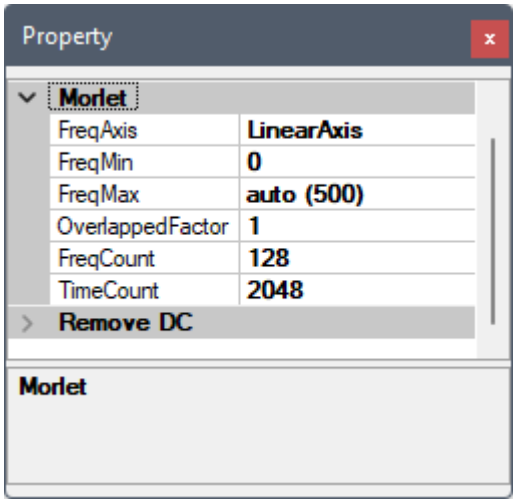


Table 4.137: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
FreqAxis	時頻圖頻率的分佈可以設定為是 LinearAxis（線性尺度）或是 LogAxis（對數尺度），LogAxis 多用於聲音訊號分析	LinearAxis
FreqMin	設定計算時頻資訊之最低頻率	0
FreqMax	設定計算時頻資訊之最高頻率	$f_s/2$
OverlappedFactor	Gaussian window 移動時之重疊量，即為原式的 σ	1

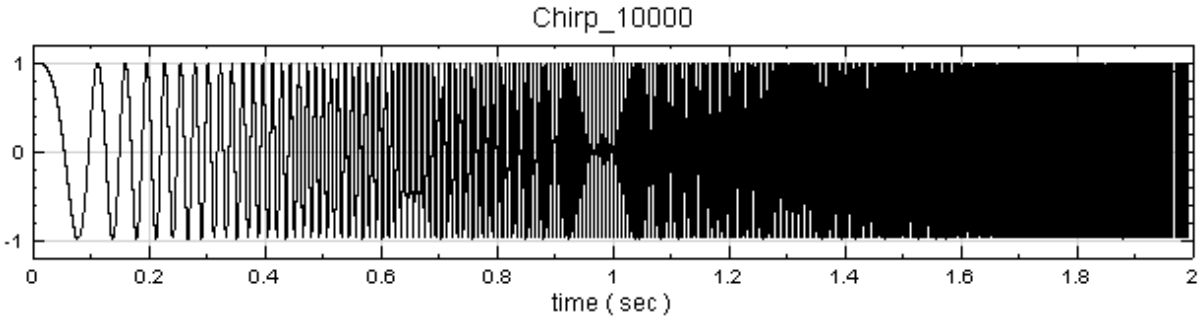
參數名稱	參數定義	預設值
FreqCount	設定計算時頻資訊之頻域格數	256
TimeCount	設定計算時頻資訊之時域格數	2048

與【STFT】元件一樣，本元件有內嵌 Remove DC 元件，可選擇在計算 STFT 之前移除輸入訊號中的直流部分，參數可參考【Remove DC】元件說明。

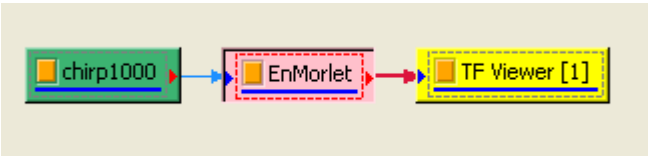
範例

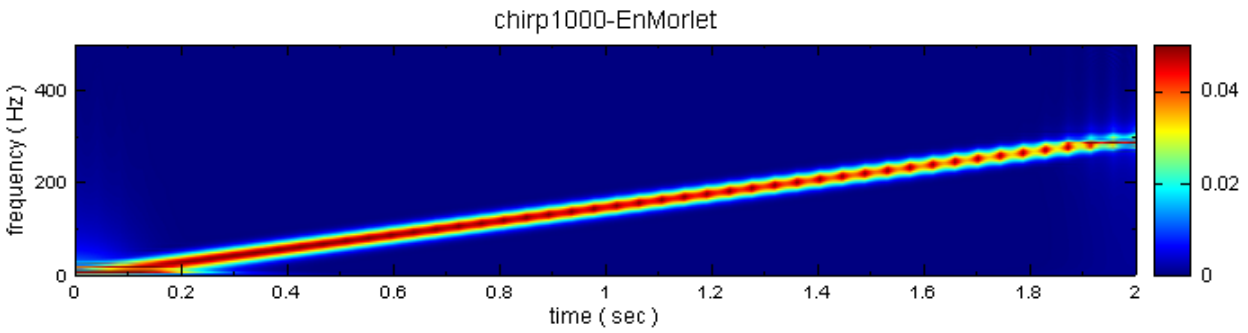
以下範例為一個鳥鳴訊號（Chirp），利用 Visual Signal 分析其時頻圖，可以發現頻率隨時間線性變化。

1. 按下 Network Window 工具列的 ，或以 Source / Import Data 讀取訊號檔，檔案 chirp1000.tfa 位在安裝目錄下 data 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\Basic`），以 Viewer / Channel Viewer 繪出。



2. 以 Compute / TFA / Enhanced Morlet Transform 對訊號作轉換，以 TFA Viewer 繪出，可明顯看到在高頻段效果較 Morlet Transform 來的好。





相關指令

Short Term Fourier Transform、Morlet Transform、Remove DC

參考資料

1. “觀察一維紊流數據的一種有效之新拆解法”, 鄭育能, 陳季聰, 鄭又齊, 第十二屆全國計算流體力學學術研討會。

2. Stepphane Mallat, A Wavelet Tour of Signal Processing (2nd Ed), 1999.

4.10.4 Hilbert Spectrum

Hilbert Spectrum 利用【Hilbert Transform】，計算訊號每個時間點的瞬時頻率與瞬時振幅，並輸出為時間 - 頻率的矩陣。在 HHT 過程中，EMD 後將 IMF 由訊號中提取出來後，我們可順利的把 Hilbert Transform 應用在各個 IMF 上，觀看 Hilbert Spectrum 得出之時頻分析結果。利用模組【Haar Transform】之輸出結果也可直接接上 Hilbert Spectrum。

說明

在此模組內，包含了兩種 Hilbert Transform 的方法，請參考 Hilbert Transform 元件中的敘述。

我們可對 $x(t)$ 計算得到其 Hilbert Transform $y(t)$ 如下：

$$H[x(t)] = y(t) = \frac{1}{\pi} P.V. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t-\tau} dt \,,$$

其中 $y(t)$ 稱為 $x(t)$ 的 Hilbert pair。上式相當於 $x(t)$ 和 $1/t$ 的 Convolution 後，再除以 π，即 $[x(t) * (1/t])]/\pi$ 。(P.V. 為 Cauchy Principle Value)

$$z(t) = x(t) + iy(t) = a(t)\mathrm{e}^{i\theta(t)}$$

$$a(t) = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta(t) = \tan^{-1} \frac{y(t)}{x(t)}$$

定義 $\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}$ 為瞬時角速度，而 $\frac{1}{2\pi}\omega(t)$ 即為瞬時頻率。

因此，Hilbert Transform 後，可以得到 $y(t)$、$z(t)$、$\omega(t)$。

如欲畫為時頻圖，則依時間 t 操作 $a(t)$、$\omega(t)$：

1. 在時間為 t 時，有頻率 $\omega(t)/2\pi \rightarrow$ 可得在 Y 軸上之高度
2. 在時間為 t 時，有強度 $|a(t)| \rightarrow$ 可得在 Z 軸上之大小

所有時間點操作，既可化為時頻圖，此為 Hilbert Transform 。而如此之操做實為將不連續的點畫在圖上，故多會插入高斯函數柔化數值。

若把 Multi-Channel 全部做 Hilbert transform 後，原訊號可表示成如下的形式（多用於 EMD 拆解後之下一步處理）：

$$\sum x_j(t) = Re\left(\sum a_j(t)\mathrm{e}^{i\int \omega_j dt}\right)$$

其餘操作同 Single Channel。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號(Signal)、聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式為實數，單通道，Regular 的時頻（Spectra）資料。參數定義整理如下。

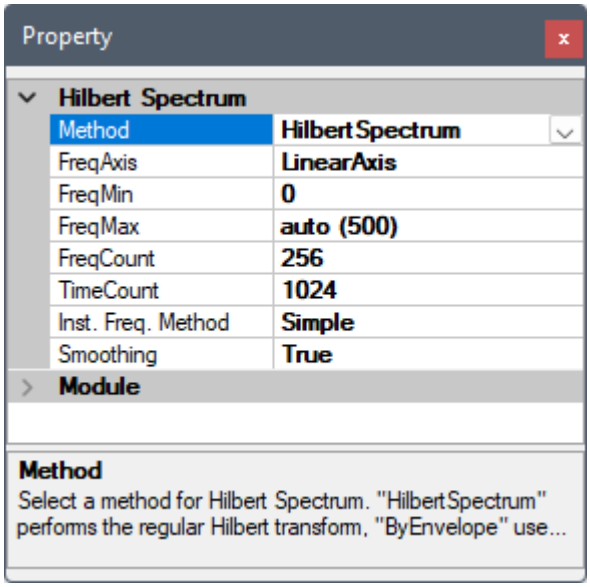


Table 4.138: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Method	選擇 Hilbert Spectrum 計算的方法： • HilbertSpectrum：使用傳統的 Hilbert Transform • ByEnvelope：為逸奇科技自行開發之方法，利用訊號包絡線當作瞬時振福求得正交分量	HilbertSpectrum
FreqAxis	時頻圖頻率的分佈可以設定為是 LinearAxis（線性尺度）或是 LogAxis（對數尺度），LogAxis 多用於聲音訊號分析	LinearAxis
FreqMin	顯示 Hilbert Spectrum 時設定的最小頻率	0
FreqMax	顯示 Hilbert Spectrum 時設定的最大頻率	Sample frequency / 2
FreqCount	設定 Hilbert Spectrum 於頻率之離散網格數	256
TimeCount	設定 Hilbert Spectrum 於時間之離散網格數	1024

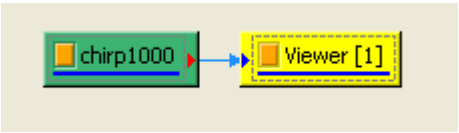
參數名稱	參數定義	預設值
Inst. Freq. Method	計算瞬時頻率的方法（請參考微分【Diff】元件）： • Simple：簡單微分法：$df = (f(t+dt) - f(t))/dt$ • Robust：可由調整濾波器長度（FilterLength）有效抑制雜訊影響微分	Simple
Filter Length	瞬時頻率方法選擇 Robust 時，可設定濾波器長度，為數值微分的取樣點數，表示由多少離散函數點來決定此點的微分值；需為介於 5~999 間，並小於訊號長度的奇數	51
Smoothing	因 Hilbert Spectrum 為離散之數值，Smoothing 是利用 Gaussian 函數使其平滑	True

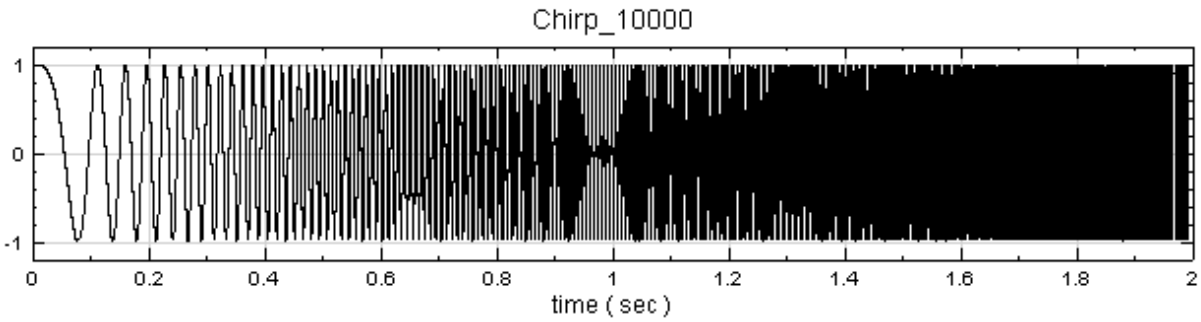
範例

1. 按下 Network Window 工具列的 ，或以 Source / Import Data 讀取訊號檔，檔案 chirp1000.tfa 位在安裝目錄下 data 資料夾，預設為：

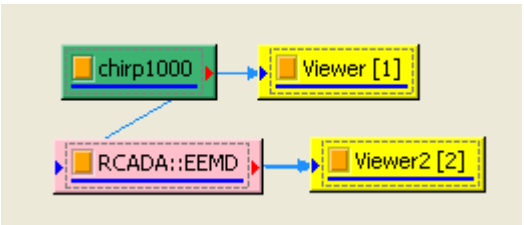
   `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\Basic`，

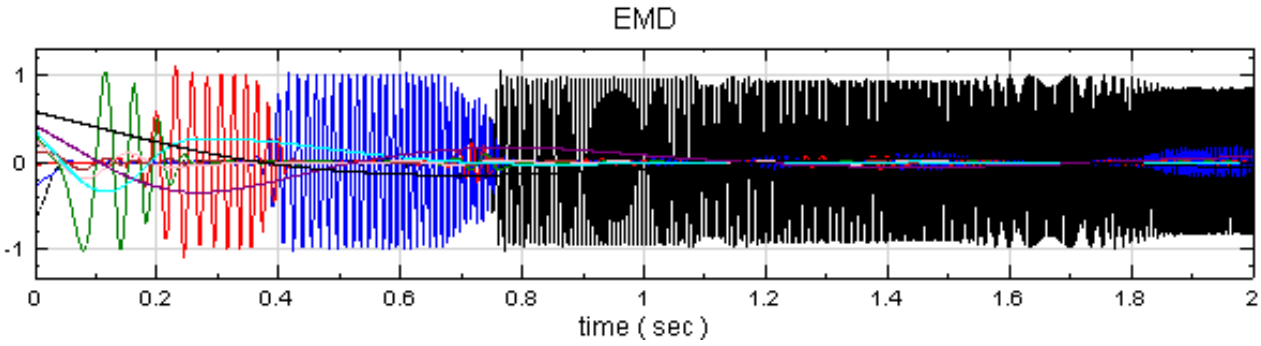
   以 Viewer / Channel Viewer 繪出。



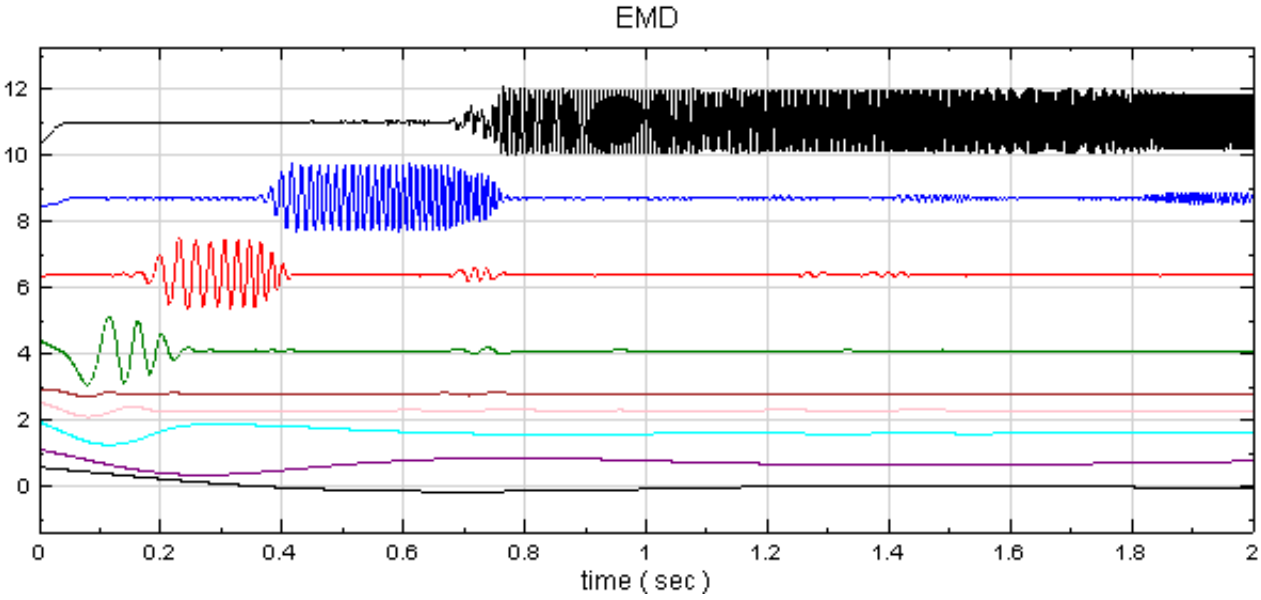


2. 在 Chirp_1000 後接上 Compute / HHT / RCADA EEMD 計算出 IMF(Intrinsic Mode Function)，再以 Viewer / Channel Viewer 繪出。

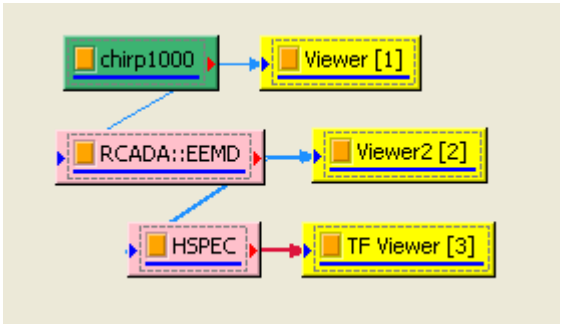


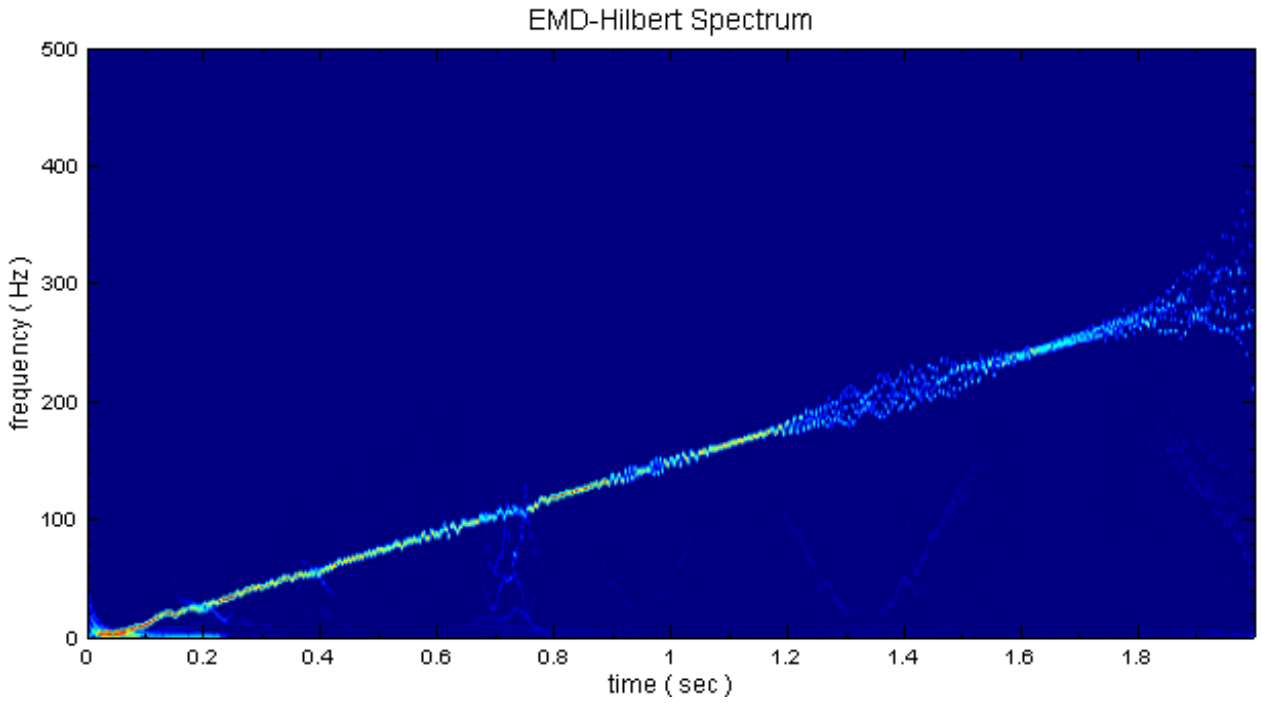


3. 因 EMD 會計算出多通道訊號，用上圖表示不夠清楚，可以將 Channel Viewer 的 Properties / ViewerHeight 調整為 300，Multi-Channel Display 調為 List 使繪圖更清析可辨。

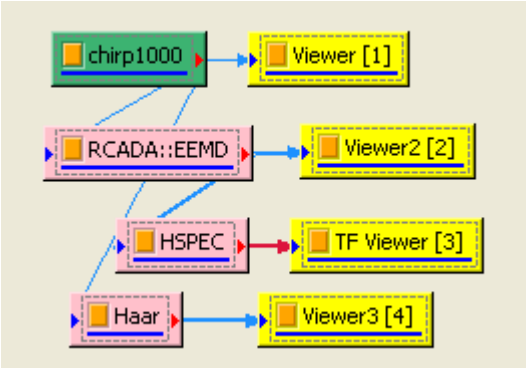


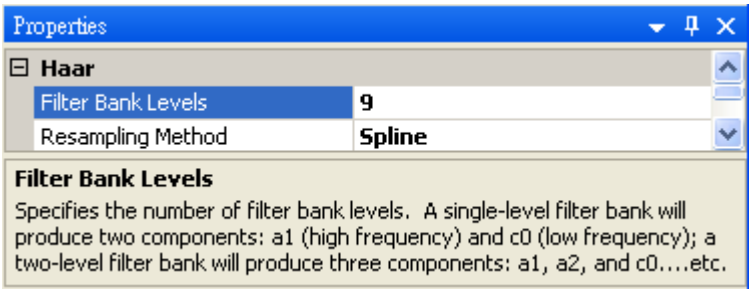
4. RCADA EEMD 後接上 Compute / TFA / Hilbert Spectrum，再以 Viewer / Time-Frequency Viewer 繪出結果，此程序即為運用黃鍔法計算瞬時頻率。

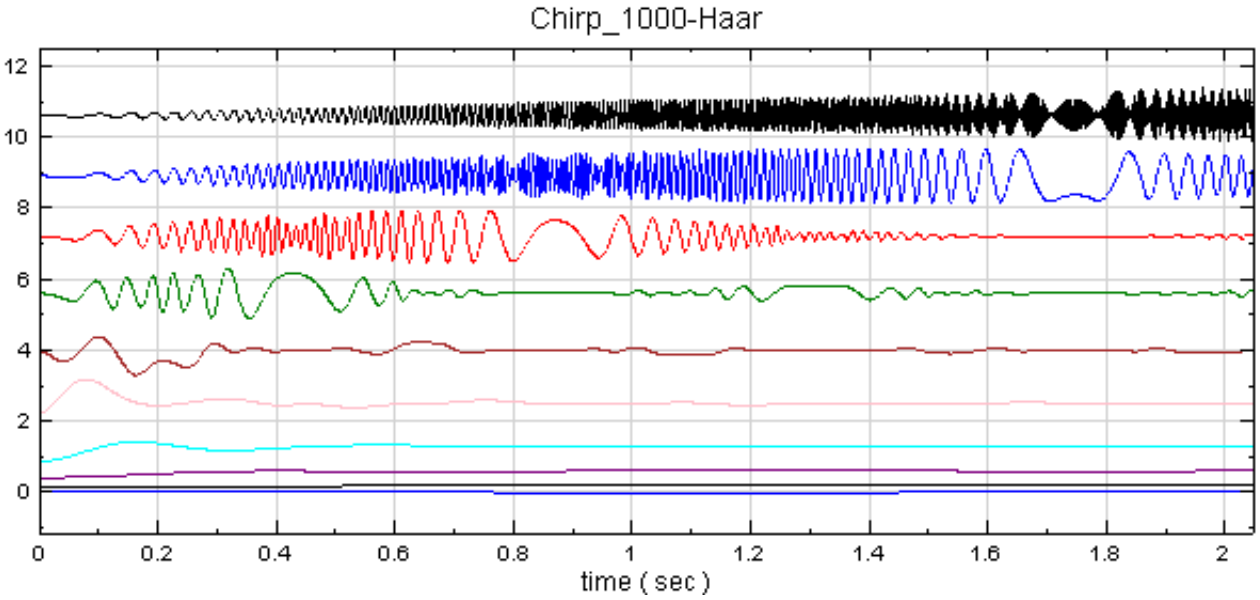


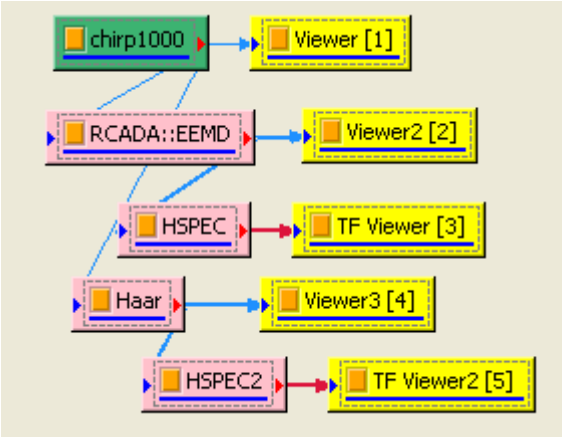


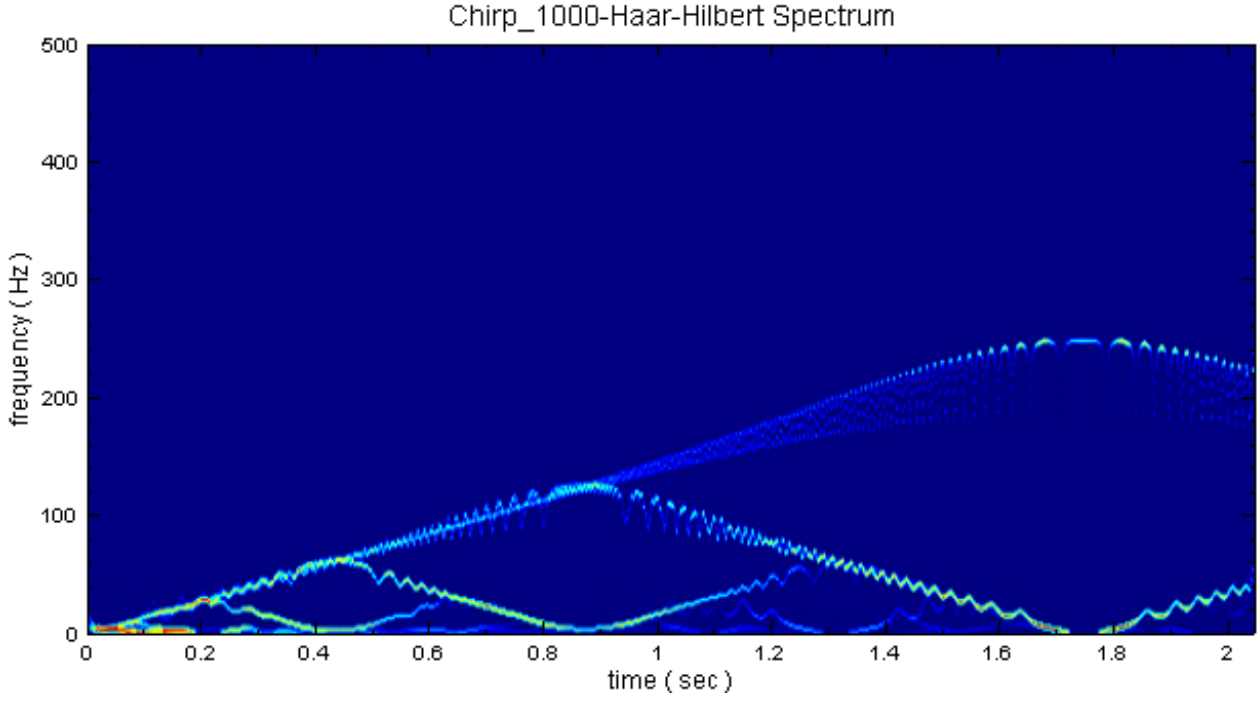
5. Hilbert Spectrum 也可由 Haar Wavelet Transform 計算瞬時頻率。在 Chirp1000 後方接上 Compute / Transform / Haar Wavelet Transform，再把 Properties / FilterBank Levels 調為 9，Resampling method 選 Spline，最後仿照步驟 2~3 進行時頻計算。






Chirp_1000-Haar
12
10
8
6
4
2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
time (sec)


chirp1000
Viewer [1]
RCADA::EEMD
Viewer2 [2]
HSPEC
TF Viewer [3]
Haar
Viewer3 [4]
HSPEC2
TF Viewer2 [5]


Chirp_1000-Haar-Hilbert Spectrum
500
400
300
200
100
0
frequency (Hz)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
time (sec)

相關指令

RCADA EEMD、IMF Properties、Haar Transform、Diff

參考資料

1. Proc. R. Soc. Land A 1998 (903-995)

2. The Hilbert-huang Transform And Its Applications Huang, by Norden E. (EDT)/Shen, Samuel S. (EDT) World Scientific Pub Co Inc

4.10.5 Marginal Time / Marginal Frequency

利用時頻分析將一時域訊號 $x(t)$ 轉為時頻二維陣列 $X(t,\omega)$ 之後，提供使用者對頻率軸 / 時間軸積分 後的時間域 / 頻率域分佈。

說明

在已處理過時頻分析的訊號，$X(t,\omega)$，針對頻率軸積分，得到以時間為參數的分佈。數學上，這樣的操作可寫為：

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t,\omega)d\omega$$

其中 $X(t,\omega)$ 為時頻二維陣列，$x(t)$ 為時間域分佈，此即為 Marginal Time。若針對時間軸積分，得到以頻率為參數的分佈。這樣的操作可寫為：

$$x(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t,\omega)dt$$

$x(\omega)$ 為頻率域分佈，此即為 Marginal Frequency，而若此 $X(t,\omega)$ 是由 $STFT[x(t)]$ 處理而得者，$x(\omega)$ 將與做傅立葉轉換無異。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel），Regular 的時頻（Spectra）資料輸入；輸出訊號格式為實數，單通道，Regular 的訊號（Signal）。

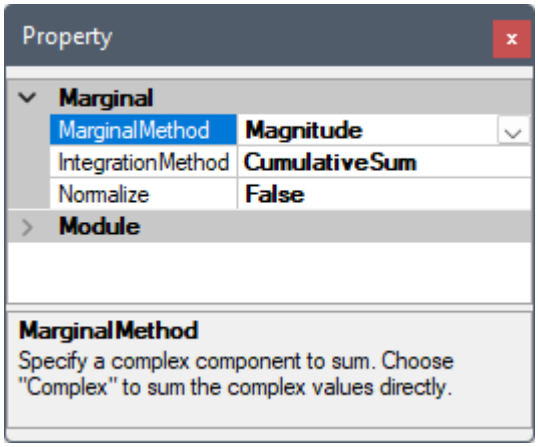


Table 4.139: Marginal 參數

參數名稱	參數定義	預設值
MarginalMethod	選擇時頻資訊在時間軸／頻率軸積分時針對複數陣列的處理方法： • Complex（複數） • Magnitude（絕對值） • RealPart（實部） • ImagPart（虛部） • Powerspectrum（頻譜功率） 選項詳細說明請見下面表格，或【Convert From Complex】元件說明	Magnitude
IntegrationMethod	選擇積分方法： • CumulativeSum（累積和） • Simple（長方形法） • Trapezoidal（梯形法） • Simpson（辛普森法）。 • FFT （FFT 法） 選項詳細說明請見【Integrate】元件說明	CumulativeSum
Normalize	設定是否將積分規一化： • Marginal Time：積分頻率軸時後除頻率軸長度 • Marginal Freq：積分時間軸時後除時間軸長度	False True

Table 4.140: Marginal Method 選項

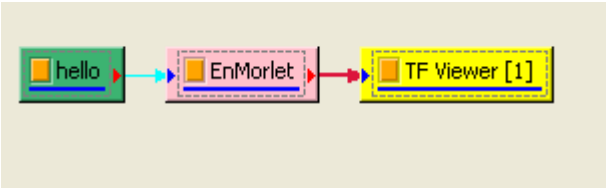
選項名稱	選項定義
Complex	分別對實、虛部積分。 $$Re[x(t)] = \int Re[X(t,\omega)]d\omega, \quad Im[x(t)] = \int Im[X(t,\omega)]d\omega$$ $$Re[x(\omega)] = \int Re[X(t,\omega)]dt, \quad Im[x(\omega)] = \int Im[X(t,\omega)]dt$$
Magnitude	對時頻訊號取 $Norm$ 後再積分。 $$x(t) = \int \sqrt{Re[X(t,\omega)]^2 + Im[X(t,\omega)]^2}d\omega$$ $$x(\omega) = \int \sqrt{Re[X(t,\omega)]^2 + Im[X(t,\omega)]^2}dt$$

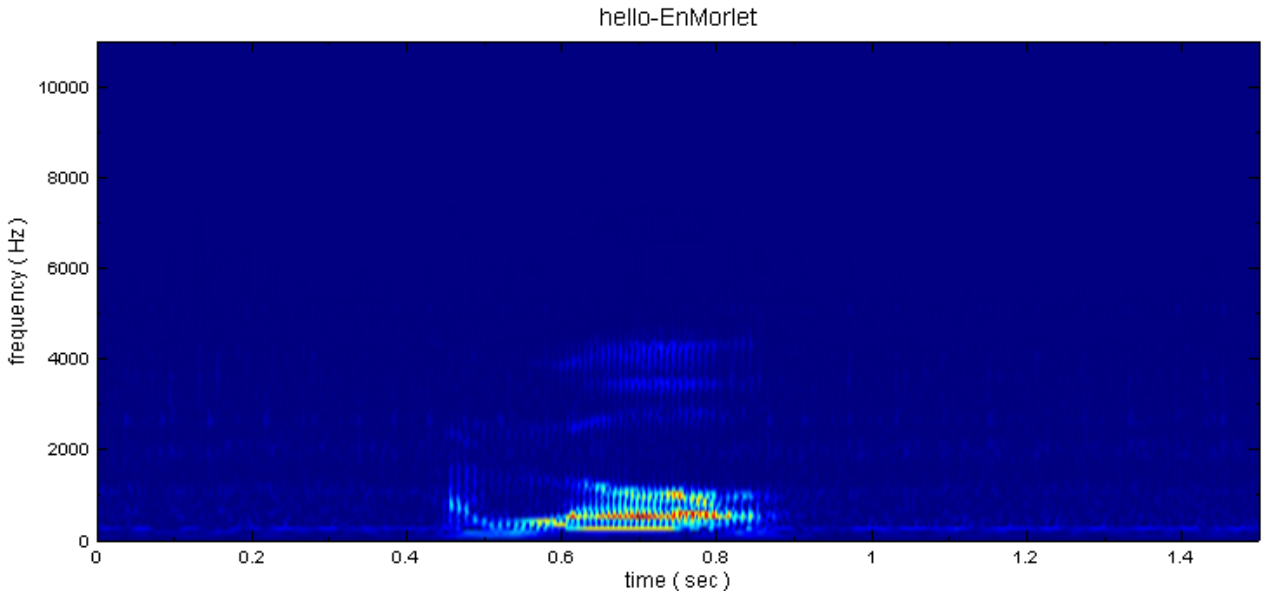
選項名稱	選項定義
RealPart	對時頻訊號實部積分。 $x(t) = \int Re[X(t,\omega)]d\omega$ $x(\omega) = \int Re[X(t,\omega)]dt$
ImagPart	對時頻訊號虛部積分。 $x(t) = \int Im[X(t,\omega)]d\omega$ $x(\omega) = \int Im[X(t,\omega)]dt$
PowerSpectrum	對時頻訊號取 $Norm^2$ 後再積分。 $x(t) = \int Re[X(t,\omega)]^2 + Im[X(t,\omega)]^2 d\omega$ $x(\omega) = \int Re[X(t,\omega)]^2 + Im[X(t,\omega)]^2 dt$

範例

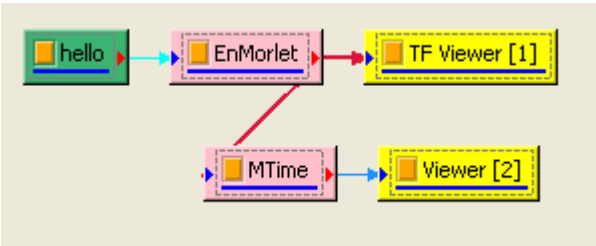
範例以聲音訊號 hello.wav 作為訊號源，利用 Visual Signal 中的 Enhanced Morlet Transform 分析其時頻圖，再以 Marginal Time 計算訊號時間域的分佈。

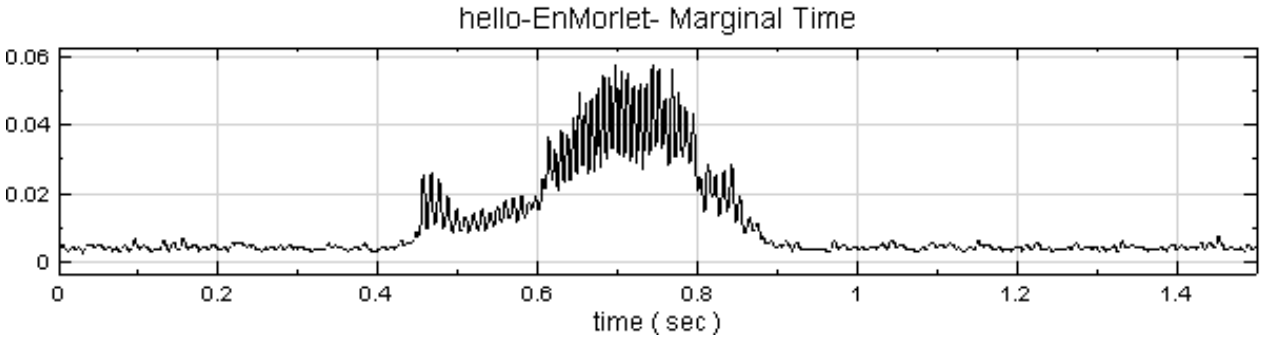
1. 按下 Network Window 工具列的 ，或以 Source / Import Data 讀取訊號檔，檔案 hello.wav 位在安裝目錄下 data 資料夾（預設為 C:\ Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\Basic），接著做 Compute / TFA / Enhanced Morlet Transform（FreqCount 設為預設的兩倍：256），再以 Viewer / Time Frequency Viewer 繪出結果。



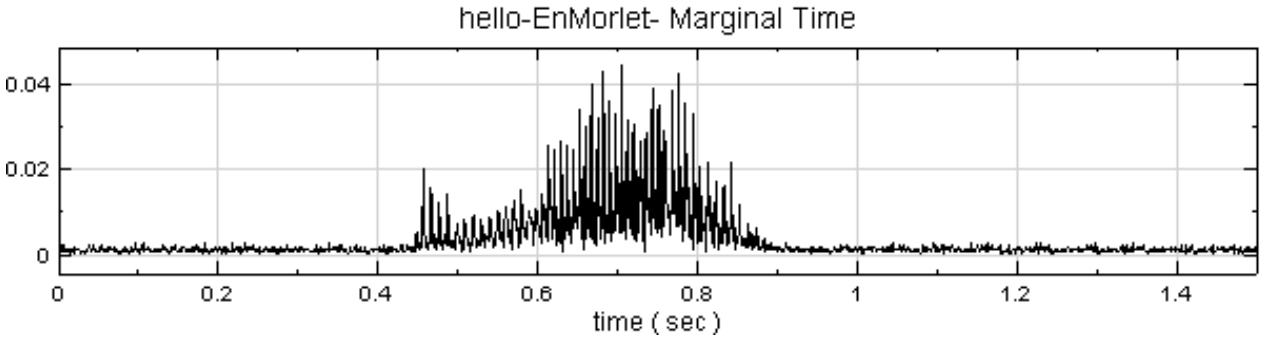


2. 於 EnMorlet 後面作 Compute / TFA / Marginal Time，MarginalMethod 設定為 Magnitude 計算，以 Channel Viewer 繪出，圖中縱軸為振幅。



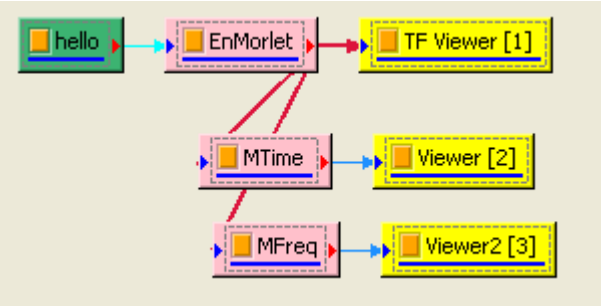


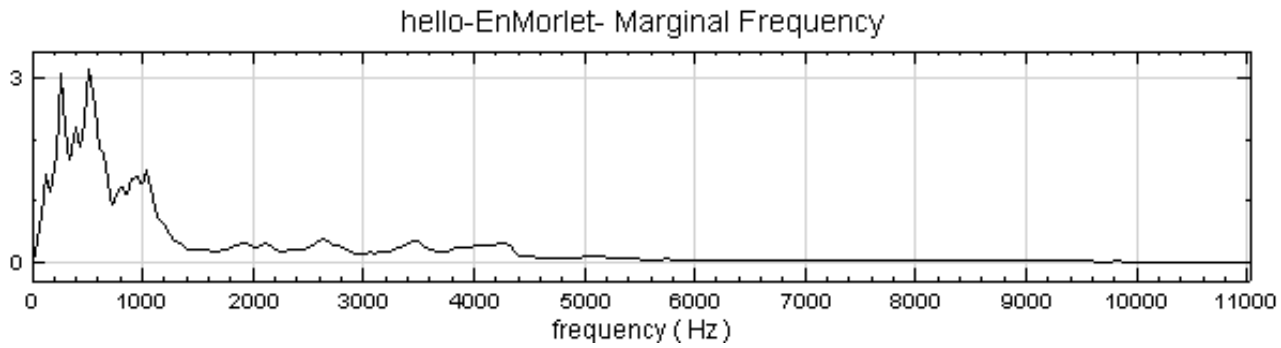
3. 將 MarginalMethod 調整為 Complex，代表 Marginal Time 直接對時頻訊號作積分。



4. 再於 EnMorlet 後面作 Compute / TFA / Marginal Frequency，其計算結果之橫軸為頻率，縱軸為振

幅。





相關指令

Short-Term Fourier Transform、Enhanced Morlet Transform、Convert From Complex、Integrate

4.10.6 Transpose Spectra

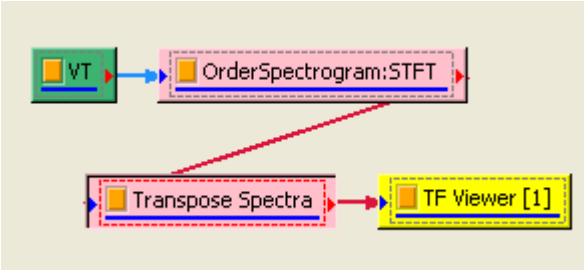
將時頻圖或階次圈數圖（Spectra）進行轉置，將資料的 X 軸和 Y 軸對調。

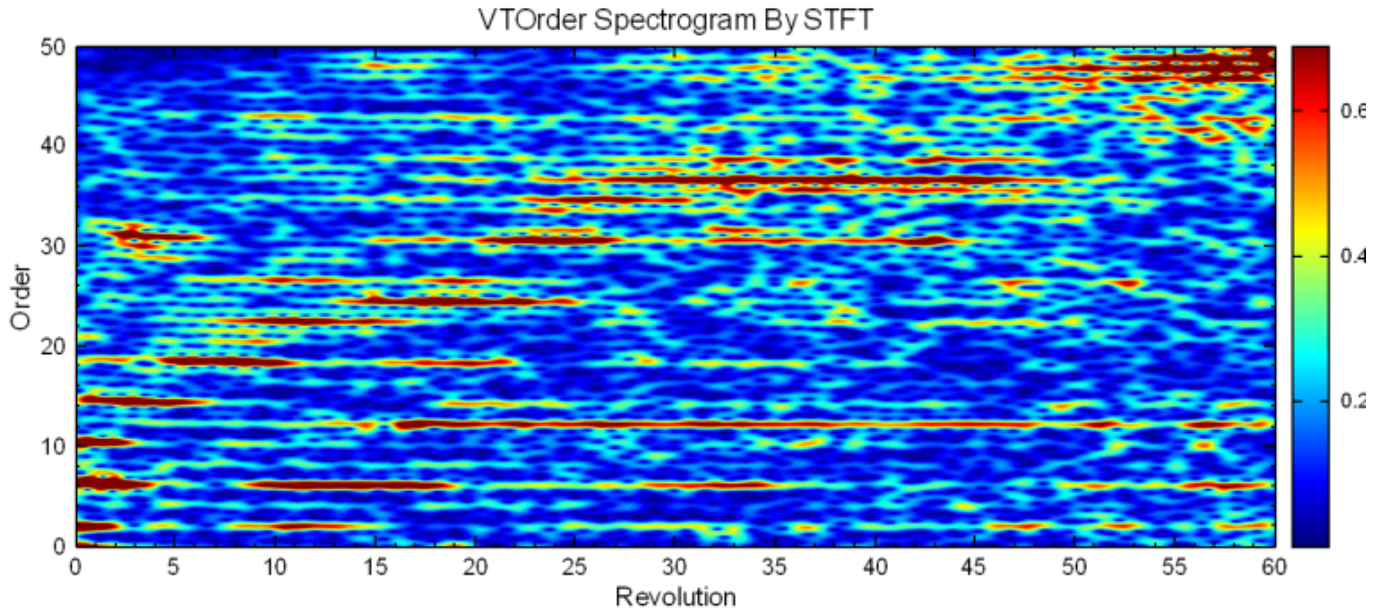
參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel），Regular 的時頻（Spectra）資料輸入

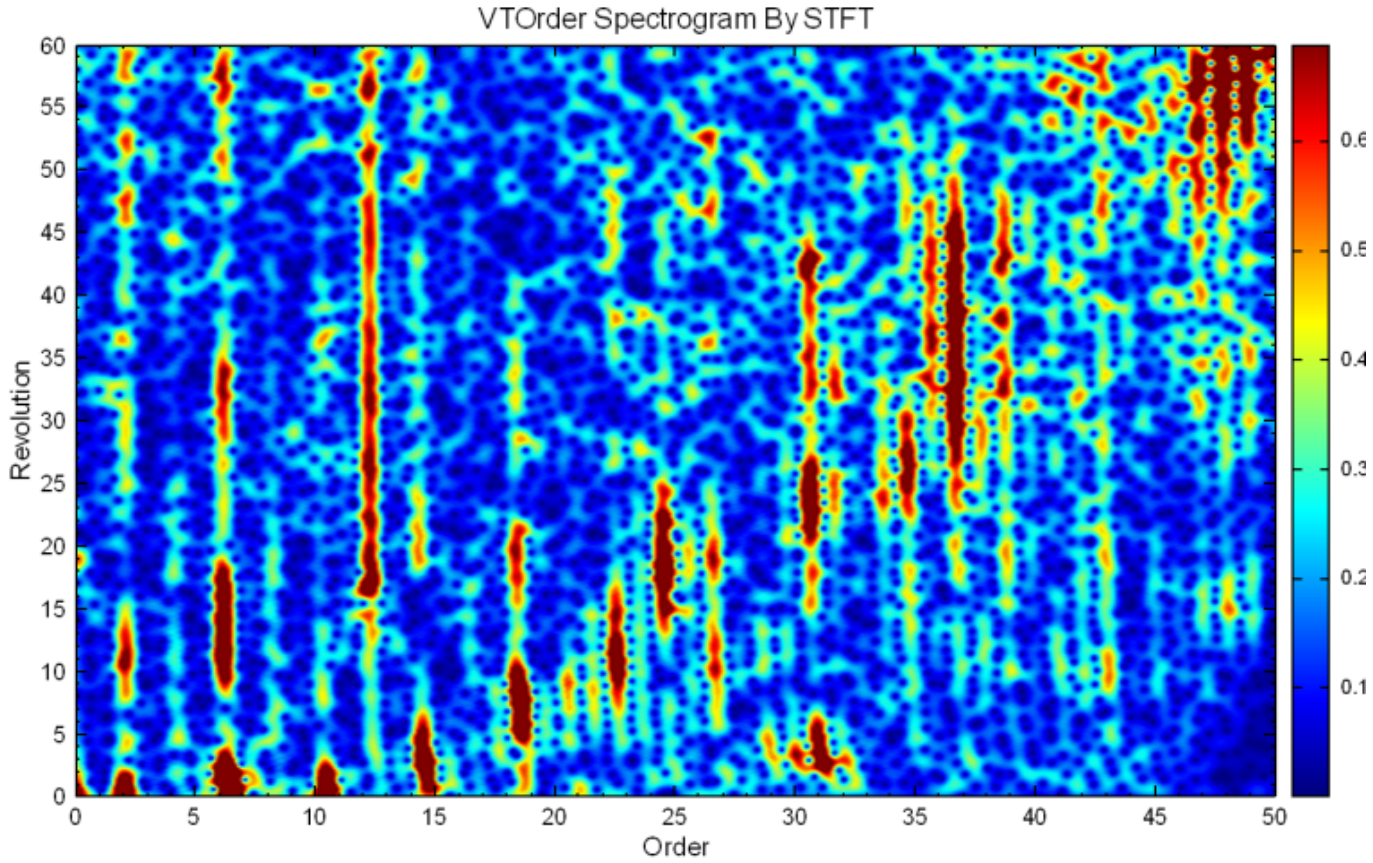
範例

以下範例為 OrderSpectrogram by STFT 的計算結果再經過轉置的結果，流程如如下圖。





將 OrderSpectrogram by STFT 結果接至 Transpose Spectra 轉換之後，最後利用 TF Viewer 觀看其結果。



相關指令

OrderSpectrogram by STFT、OrderSpectrogram by EnMorlet、STFT

4.10.7 Secogram

Secogram 為二次頻譜（Secondary Spectrum）的縮寫，將經過時頻分析（TFA）的時頻資料再做一次 FFT 轉換，可看出原始訊號中每個基頻出現的頻率分布。

說明

假設一原始訊號經過時頻分析後得出一時頻陣列：

$$TFA[x(t)] = X(t, f)$$

其中 $x(t)$ 是輸入訊號，t 為時間，f 為頻率。此訊號可以視為是一組不同基頻的時域訊號序列：

$$X(t, f) = X_F(t) = \{X_{f_0}(t), X_{f_1}(t), X_{f_2}(t) \dots X_{f_{N-1}}(t)\}$$

其中 $F = \{f_0, f_1, f_2, \dots f_{N-1}\}$，$N$ 為時頻陣列的頻率網格數（例如 STFT 中的 FreqCount 參數）。如果再針對每一個 $X_f(t)$ 做 FFT 則可得二次頻譜：

$$\begin{aligned} S(f', f) &= \{FFT[X_{f_0}(t)], FFT[X_{f_1}(t)], \dots FFT[X_{f_{N-1}}(t)]\} \\ &= \{X'_{f_0}(f'), X'_{f_1}(f'), \dots X'_{f_{N-1}}(f')\} \end{aligned}$$

因為時頻陣列 X 可能為複數，因此在做 FFT 前可先轉換為實數，接著也可選擇取對數後再做 FFT（見下面 LogMode 參數說明）。

參數設定

本模組接受時頻訊號，輸出訊號格式為複數、單通道的時頻（Spectra）資料結構。各參數定義詳如下表。

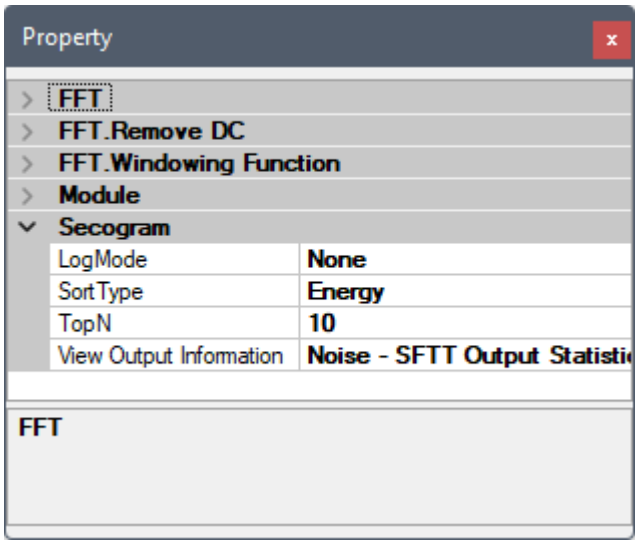


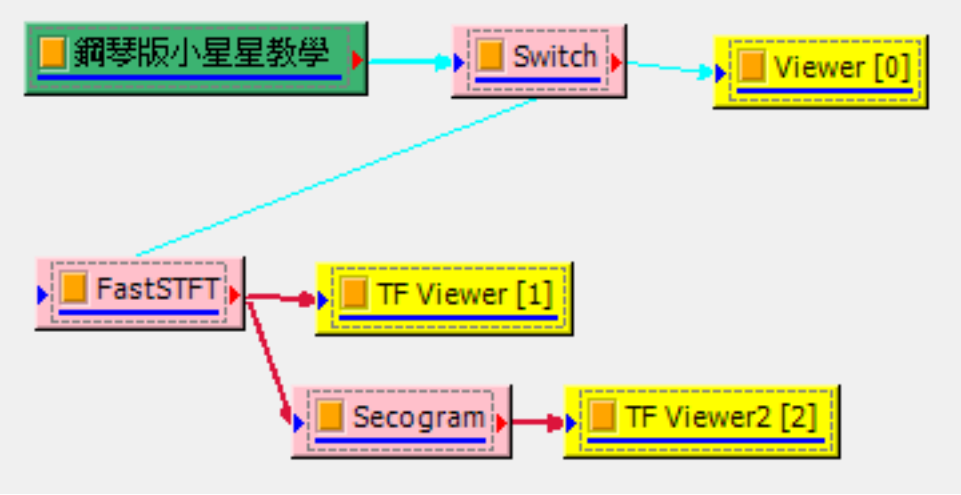
Table 4.141: Secogram 參數

參數名稱	參數說明	預設值
LogMode	設定在 FFT 前對時頻圖計算對數模式： • None （不做對數計算） • Magnitude（取複數的絕對值後再取對數） • Phase（取複數的相位值再取對數） • Unwrapped Phase（同上，過 360° 不歸零） 以上可參考【Convert From Complex】元件說明	None
SortType	選擇輸出統計報表中，各通道排序的依據： • MaxAmplitude（以頻譜最大值排列） • Energy（以頻譜總能量排列）	Energy
TopN	設定輸出統計報表中顯示的通道數量	10
View Output Information	顯示輸出統計報表。按下右邊Dots，或雙擊元件圖示，可開啟【Reporter】視窗顯示輸出統計報表。	

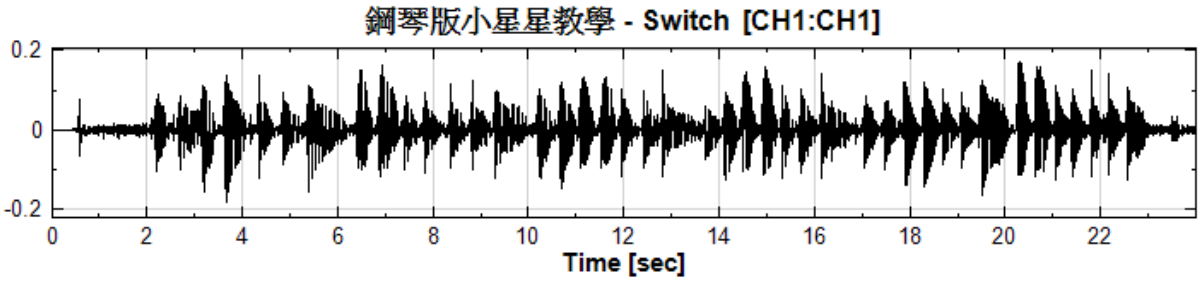
本元件嵌入了 FFT 元件，而 FFT 元件同時也嵌入了 Remove DC 以及 Windowing 元件，因此本元件還包括了所有嵌入元件的相關參數。詳情請參考【FFT】、【[Remvoe DC]】、【Windowing】等元件說明。

範例

1. 載入一雙通道音訊檔「鋼琴版小星星教學」（可由下面參考資料中之連結取得），接上 Compute / Channel / Channel Switch 和 Viewer / Channel Viewer，再用 TFA / Short Term Fourier Transform 或 Enhanced / Fast Short Term Fourier Transform 計算時頻圖（本範例使用 Fast Short Term Fourier Transform），並用 Viewer / Time-Frequency Viewer 顯示之，在 Fast Short Term Fourier Transform 後再接上 Compute / TFA / Secogram，同樣也以 Viewer / Time-Frequency Viewer 顯示。



2.「鋼琴版小星星教學」音訊檔如下，此檔案為使用鋼琴彈奏單音版的歌曲「小星星」。



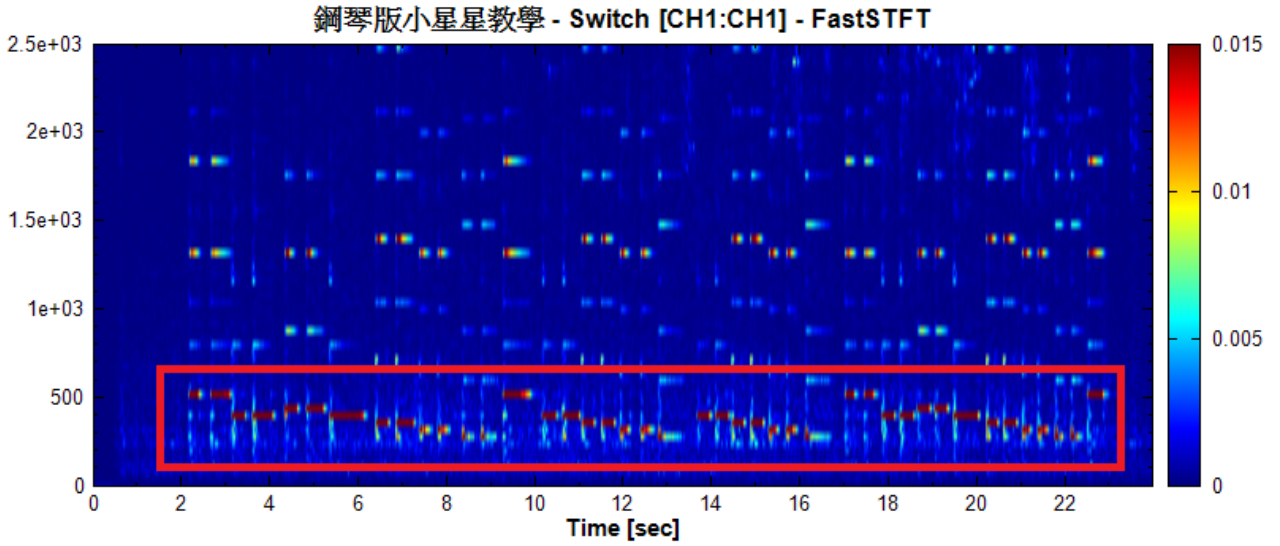
3. Fast Short Term Fourier Transform (或 Short Term Fourier Transform) 參數設定如下

FastSTFT	
FreqAxis	**LinearAxis**
Method	**FFT**
FreqMin	**auto (0)**
FreqMax	**auto (22050)**
FreqCount	**552**
TimeCount	**2002**
Window	**Hanning**
WindowSize	**20**

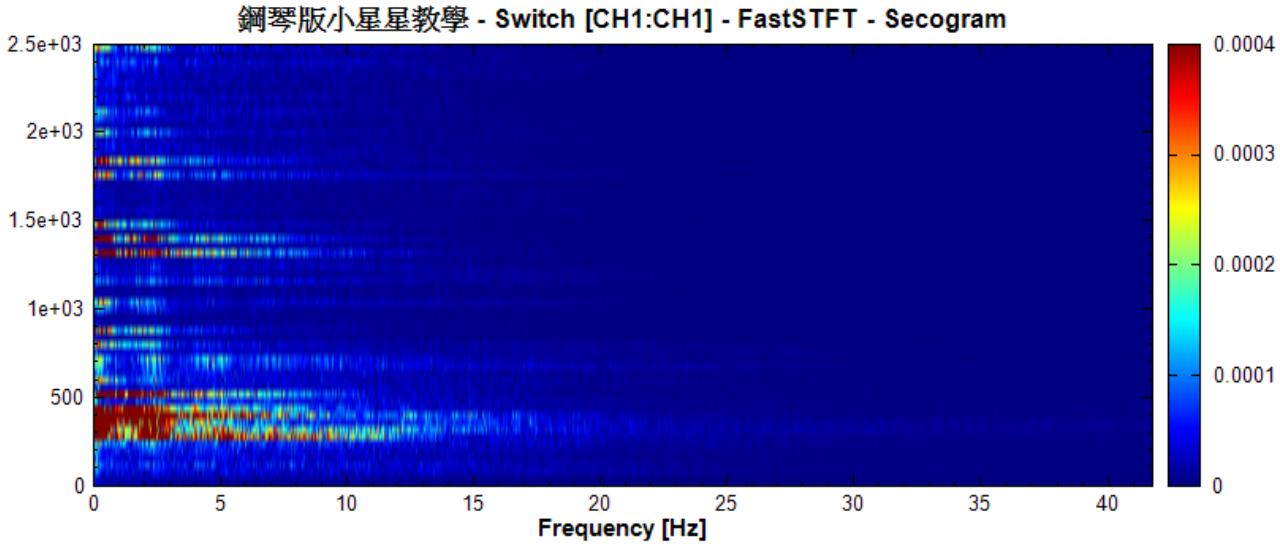
4. Time-Frequency Viewer 參數設定如下：

Representation	
LegendPosition	**None**
AutoLegendNames	**True**
DataValueType	**Magnitude**
Hold Plot Range	**False**
XMin	**auto (0)**
XMax	**auto (23.9684299374095)**
YMin	**auto (0)**
YMax	**2500**
X-Axis Label Format	**Auto**
Y-Axis Label Format	**Auto**
CMin	**auto (0)**
CMax	**0.015**
Colormap	**Jet**

5. 原始訊號經由 Fast Short Term Fourier Transform 或 Short Term Fourier Transform 計算並調整參數，即可得到下列時頻圖；深紅色的方塊為該時間點出現的音階（紅框處），其中不同的音階可用不同的頻率表示，從下圖可看出原始訊號的頻率大部分在 500Hz 以下；較高頻率的地方（例如 1000Hz 到 2000Hz 之間），也有部分訊號，此為主訊號的倍頻。



6. 將上述的時頻數據做二次頻譜計算（即 Secogram），可得到下面的時頻圖，縱軸同樣為組成原始訊號的頻率，橫軸則為特定訊號在原始訊號中出現的頻率。Secogram 可統計出每個音階在整首歌曲出現的頻率，由下圖可深紅色區塊分布在橫軸 0 到 10Hz 之間，表示歌曲中的音階最多每 10 秒會重複一次。



相關指令

FFT、STFT、Fast STFT、Time-Frequency Viewer、Convert From Complex、Remove DC、Windowing

參考資料

鋼琴版小星星教學：https://www.youtube.com/watch?v=4WwZCnLSMIc

4.11 Transform

本模組為提供各種訊號處理常用之轉換運算。

1. Fourier Transform / Inverse Fourier Transform：傅立葉轉換與反轉換。

2. Discrete Cosine Transform / Inverse Discrete Cosine Transform：離散餘弦轉換與反轉換。
3. Haar Wavelet Transform / Inverse Haar Wavelet Transform：小波轉換中的 Haar 轉換及反轉換。
4. Hilbert Transform / Inverse Hilbert Transform：Hilbert 轉換與反轉換。
5. Auto Correlation：計算訊號的自相關性。
6. Cross Correlation：計算訊號的互相關性。
7. Multi-Scale Entropy（MSE）：計算訊號之多尺度熵。
8. Coherence：計算兩組訊號間之同調性。
9. Signal Windowing：計算原始訊號乘上窗函數之轉換。

4.11.1 Fourier Transform and Inverse Fourier Transform

傅立葉轉換為將時間訊號轉換為頻率之訊號，藉此檢視訊號內之的頻率與振幅分佈，其結果可以用傅立葉反轉換計算回原始的時間訊號。此理論廣泛的應用於通信、聲音訊號、系統分析以及自然科學等領域。

說明

x_n 為輸入訊號的第 n 個資料，一般而言，則訊號 x_n 之離散傅立葉轉換為 X_k 定義如下：

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \mathrm{e}^{-2\pi ikn/N}, \quad k \in \mathbb{Z}$$

其離散傅立葉反轉換之定義如下：

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X_k \mathrm{e}^{2\pi ikn/N}, \quad n \in \mathbb{Z}$$

而在 Visual Signal 中，離散傅立葉轉換定義為：

$$X_k = \frac{2}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n \mathrm{e}^{-2\pi ikn/N}, \quad 0 \leq k \leq N-1$$

離散傅立葉反轉定義為：

$$x_n = \sum_{n=0}^{N-1} X_k \mathrm{e}^{2\pi ikn/N}, \quad 0 \leq n \leq N-1$$

當輸入訊號，並不是周期性訊號（既訊號頭與訊號尾並不連續且可微，此不良結果稱為洩漏效應（Spectral Leakage），可在輸入訊號中加入窗函數（window）以降低洩漏效應。

在離散傅立葉轉換，Resolution 參數可用以增加頻率上的解析度。訊號長度越長，訊號的周期性越明確，所以增大 Resolution 可以增加訊號長度，可以增加頻率上的解析度。

參數設定

傅立葉轉換 FFT 元件接受實數（Real Number），單或多通道（Single/Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出格式為複數，單或多通道，Regular 的訊號（Signal）。參數定義與相關設定如下。

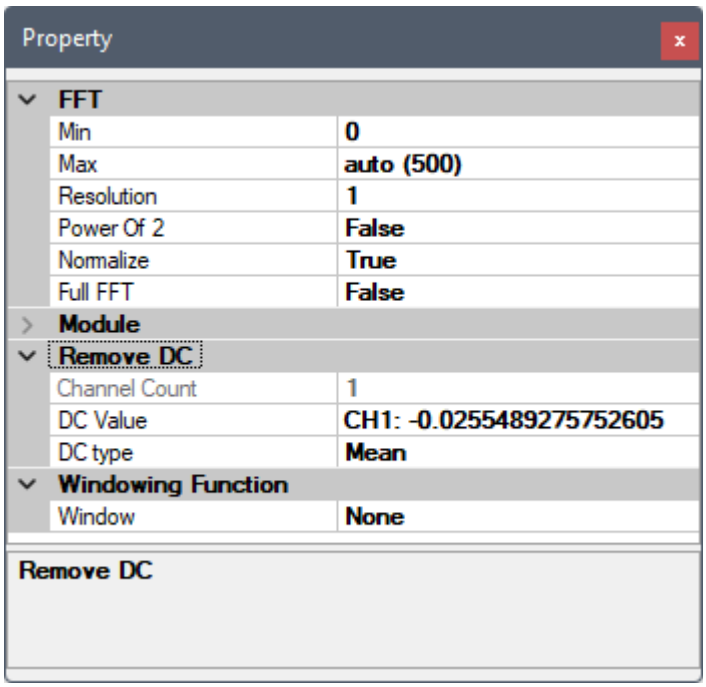


Table 4.142: FFT 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Min	設定傅立葉轉換的頻率下限。	0
Max	設定傅立葉轉換的頻率上限，大小依輸入訊號不同而異。	auto
Resolution	調整傅立葉轉換時採用之解析度，意思為將整個資料列重複接續在原資料後面。如原資料數列為 1-100，若將 Resolution 設為 2，既為第 101 個數列值同第一個，第 102 個數列值同第二個，以此類推，持續至 200。	1
Power of 2	設定是否將輸入訊號補零至最接近的 2^n 長度，計算傅立葉轉換時可用較有效率的 FFT 演算法。	False
Normalize	設定是否將轉換結果以資料長度常規化。	True
Full FFT	因為傅立葉轉換結果為對稱，因此通常只輸出一半的資料，頻譜最高頻率為取樣率的一半（Nyquist 頻率）。在某些運算可能會需要完整的頻譜，可用此參數設定是否輸出完整的轉換結果。	False

Remove DC 相關參數請參考【Remove DC】章節說明，Windowing Function 相關參數請參考【Signal Windowing】章節說明。

反轉換 IFFT 元件接受實數／複數（Real/Complex Number），單或多通道（Single/Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）輸入；輸出格式為實數，單或多通道，Regular 的訊號（Signal）。

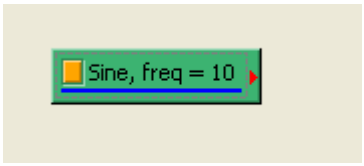
傅立葉反轉換不需要參數設定。FFT 元件會將所設定的一些參數一起包在輸出頻譜資料裡面送到下游元件，因此在

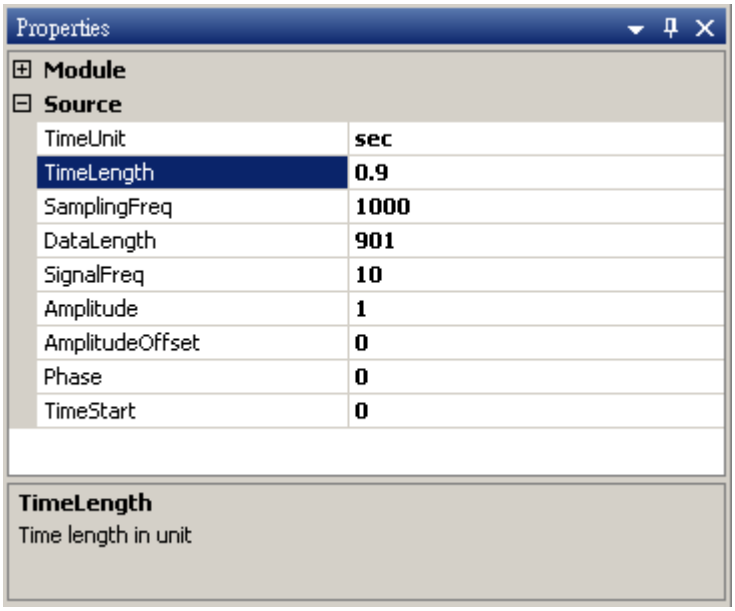
執行 IFFT 會自動讀取這些參數並做出相應的調整，盡量合理還原原來的時域訊號。

範例

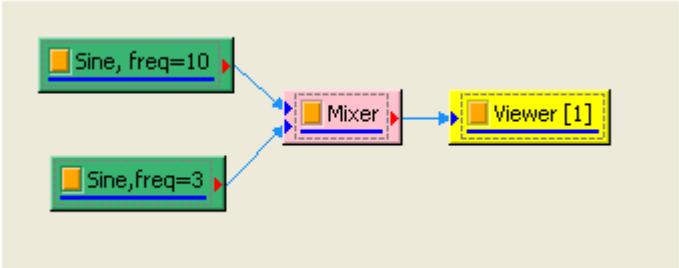
本範例（Example）運用 Source 模組產生頻率 10 Hz，TimeLength 為 0.9 秒的 Sine Wave，與頻率 3 Hz；TimeLength 為 0.9 秒 的 Sine Wave 相加的訊號，先以 Fourier Transform 計算出訊號之頻譜，調整 Resolution 與 Window 提高頻譜的辨視度，再將頻譜以 IFFT 反轉換計算出原來的訊號。

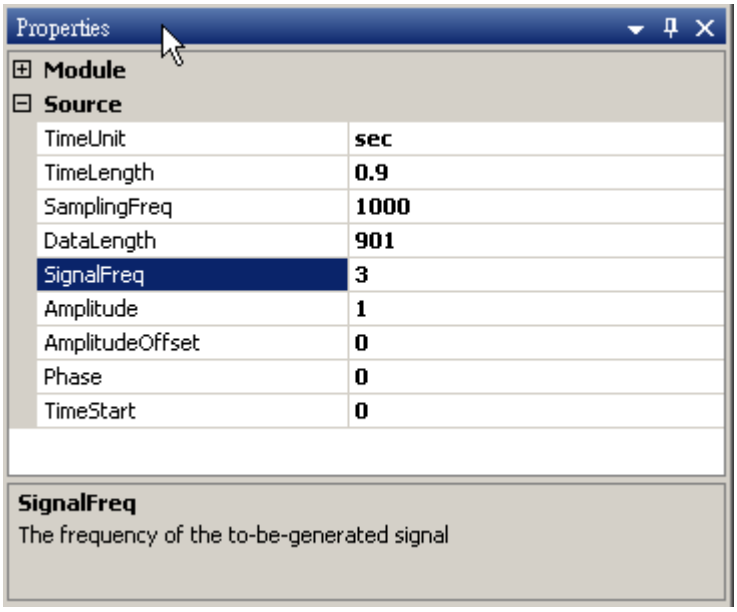
1. 於 Network 視窗新增 Source / Sine 建立 Sine Wave，於 Properties 視窗 Name 欄位修改名稱為 Sine, freq = 10，Signal frequency 預設即為 10 Hz，調整 TimeLength 欄位為 0.9 秒。

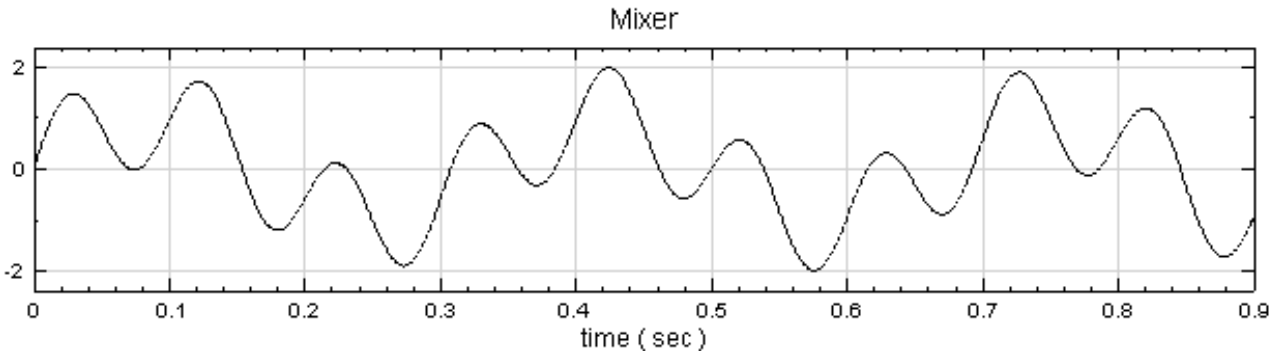




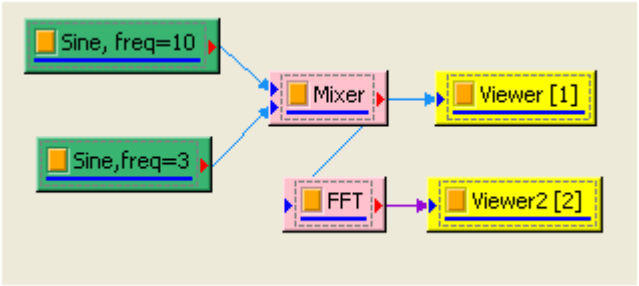
2. 再新增一 Sine Wave，並設定 Signal frequency 為 3 Hz，TimeLength 為 0.9 秒的 Sine Wave，再新增 Compute / Math / Mixer 模組將兩訊號相加，並用 Viewer / Channel Viewer 繪出。

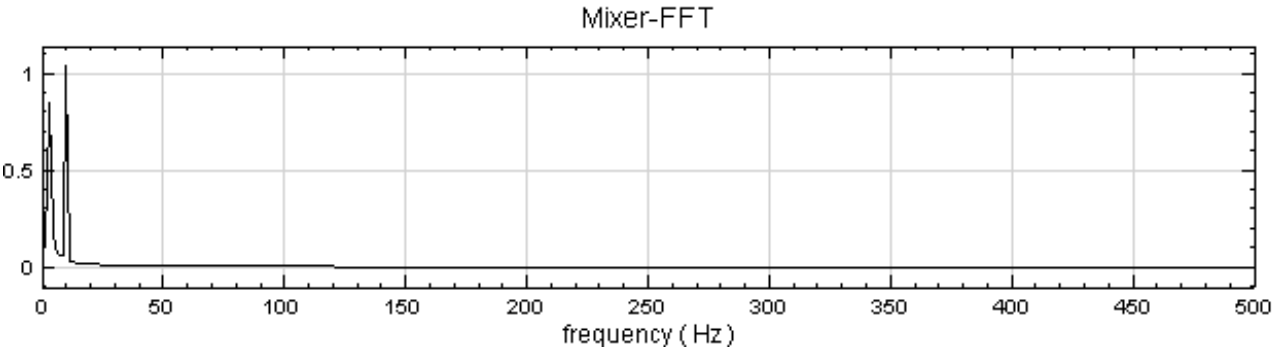


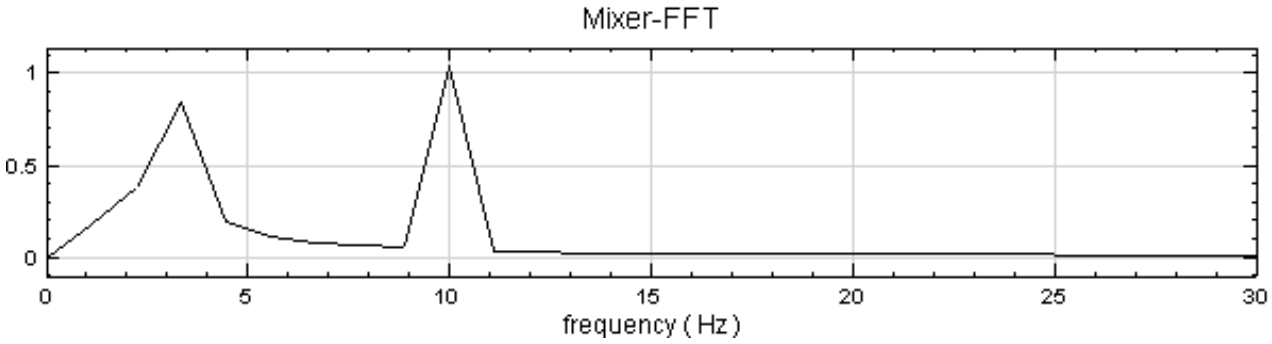




3. 於 Mixer 圖示上選取 Compute / Transform / Fourier Transform，即可將該訊號作傅立葉轉換，用 Channel Viewer 將頻譜繪至左邊視窗。



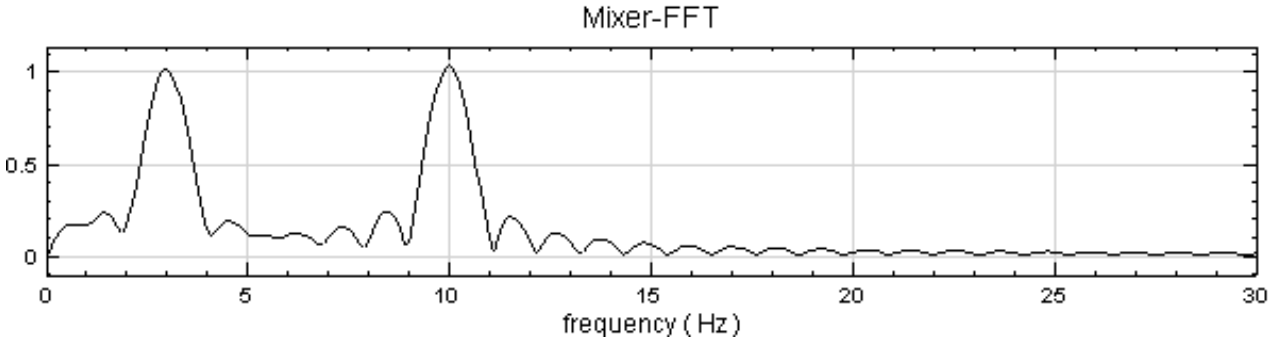




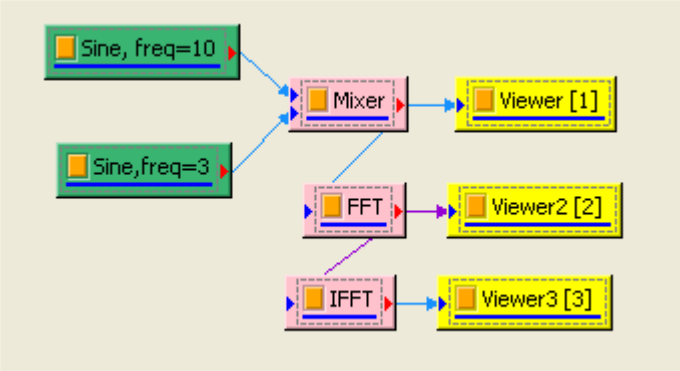
由於頻率集中在 20 Hz 以下，而 Viewer 的 Properties 內的 Xmax 預設是 500 Hz，因此將該欄位設為 30 Hz，以便於觀察頻譜。

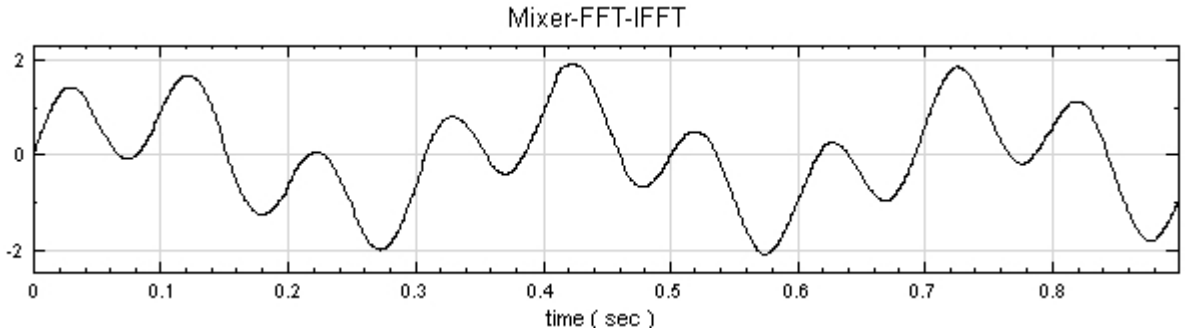
4. 經傅立葉轉換產生的頻譜圖，可辨識主要之頻率在 10 Hz 與 3 Hz 處，不過 3 Hz 附近的 Magnitude 被低估，可能與訊號頻率過低有關，現在調整 Resolution 來改善頻譜。於 Project 1 點選 FFT 圖示，設定 Properties / Resolution 等於 5，結果如下：

   改變 Resolution 後，3 Hz 處之頻譜有明顯的改善，然而須留意改變 Resolution 後，FFT 輸出的資料長度也會隨之倍增，譬如本例輸入訊號長度為 901，經 FFT，預設 Resolution = 1 的時候，輸出長度為 451，Resolution = 5 時輸出長度則倍增五倍為 2255。



5. 將 FFT 之 Resolution 調回 1，並在 FFT 圖示上點右鍵選擇 Compute / Transform / Inverse Fourier Transform，再用 Channel Viewer 輸出，即可得到原輸入訊號。





相關指令

Short-Term Fourier Transform、Haar Wavelet Transform

參考

http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_transform

4.11.2 Discrete Cosine Transform and Inverse Cosine Transform

Discrete Cosine Transform（以下簡稱 DCT）離散餘弦轉換，可將訊號轉換為由 Cosine 構成的序列，類似於作離散傅立葉轉換的實數部份；訊號轉換後大部份能量分佈於低頻處。其應用在音訊或影像方面的壓縮，以及求解偏微分方程的數值方法。

說明

常見的離散餘弦轉換可概分八種不同類型，本模組採用的是第二型。令 $X = \{x_0, x_1, ..., x_{N-1}\}$ 代表長度為 N 之時間序列，則離散餘弦轉換 $Y = \{y_0, y_1, ..., y_{N-1}\}$ 定義如下：

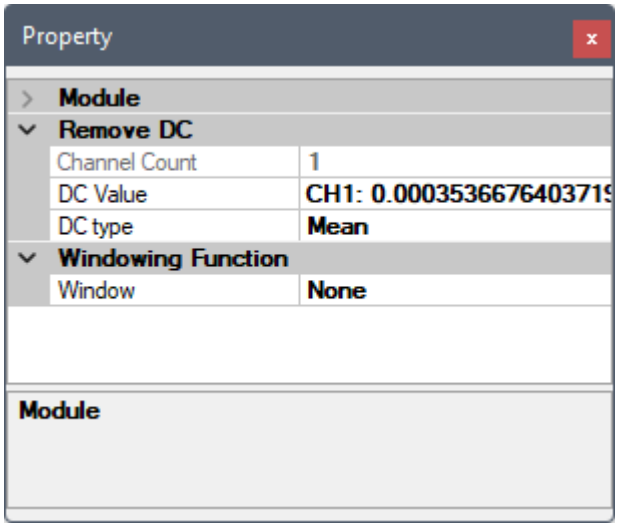
$$y_k = C_k \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos \frac{(2n+1)\pi k}{2N}, \quad C_k = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & \text{for} \quad k = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & \text{for} \quad k > 0. \end{cases}$$

其反轉換定義如下：

$$x_n = \sum_{k=0}^{N-1} C_k y_k \cos \frac{(2n+1)\pi k}{2N}, \quad C_k = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & \text{for} \quad k = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & \text{for} \quad k > 0. \end{cases}$$

參數設定

離散餘弦轉換 DCT 元件接受實數（Real Number），單或多通道（Single/Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出格式為實數，單或多通道，Regular 的訊號（Signal）。離散餘弦轉換其參數設定如下。



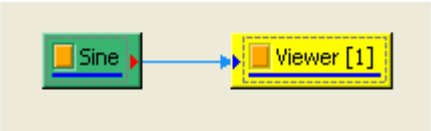
主要調整參數為 RemoveDC 與窗函數等設定。此兩者為內嵌元件：RemoveDC 可移除訊號的直流部分，參數設定可參考【Remove DC】章節說明；窗函數可降低洩漏效應對轉換的影響，參數設定可參考【Signal Windowing】章節說明。

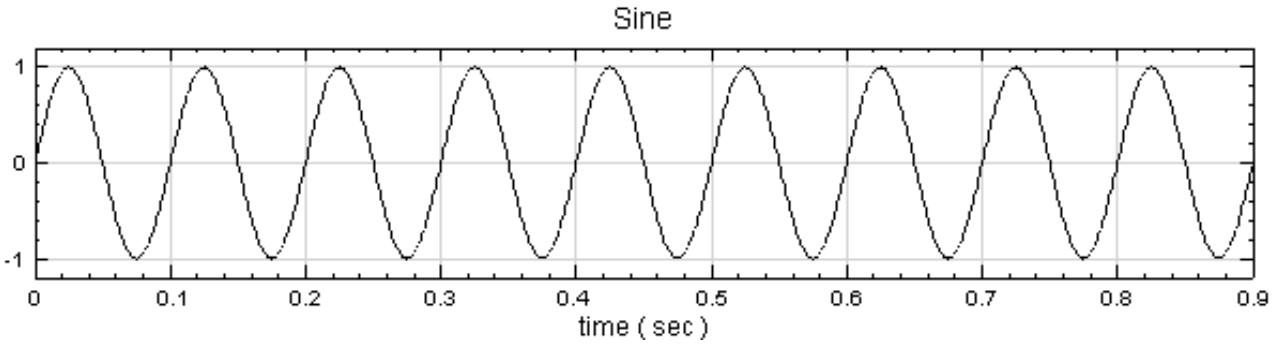
反轉換 IDCT 元件接受實數 (Real Number)，單或多通道 (Single/Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 輸入；輸出格式為實數，單或多通道，Regular 的訊號 (Signal)。反轉換無設定參數。

範例

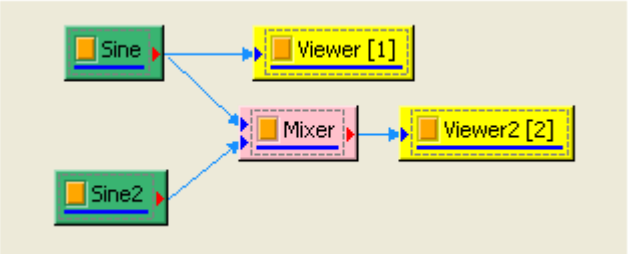
本範例 (Example) 運用 Source 產生頻率 10 Hz、TimeLength 為 0.9 秒的 Sine Wave 與頻率為 3 Hz，TimeLength 為 0.9 秒的 Sine Wave 相加的訊號。先以 DCT 計算出訊號之頻譜，再將頻譜以 Inverse DCT 計算出原來的訊號。

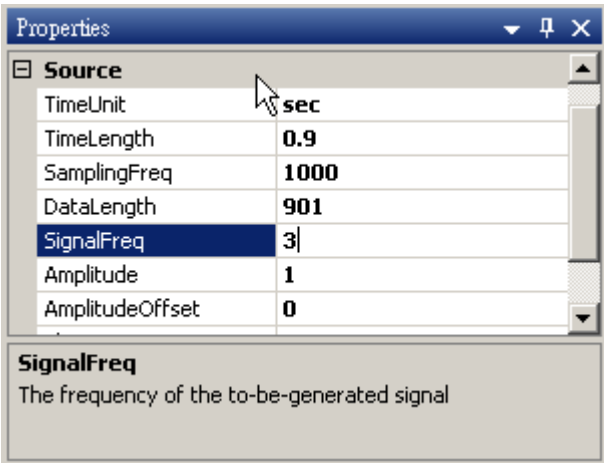
1. 於 Network 視窗新增 Source / Sine 建立 Sine Wave，於 Properties 視窗調整 TimeLength 欄位為 0.9 秒。

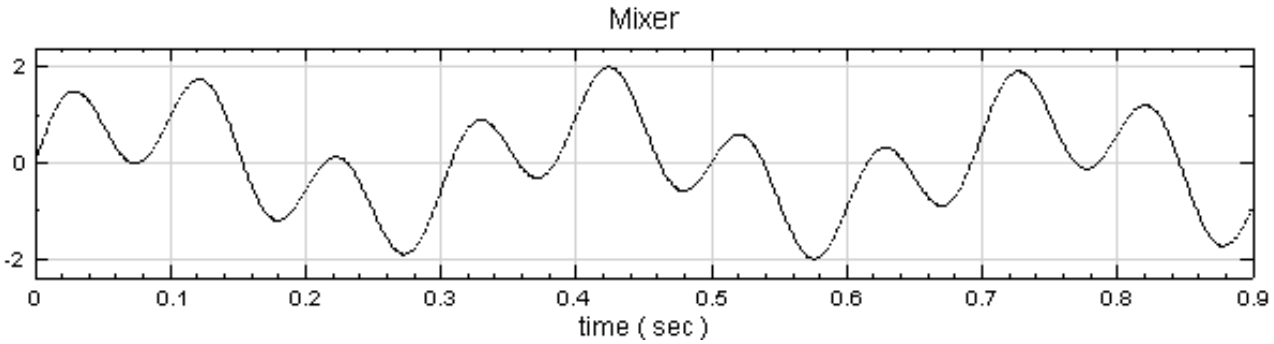




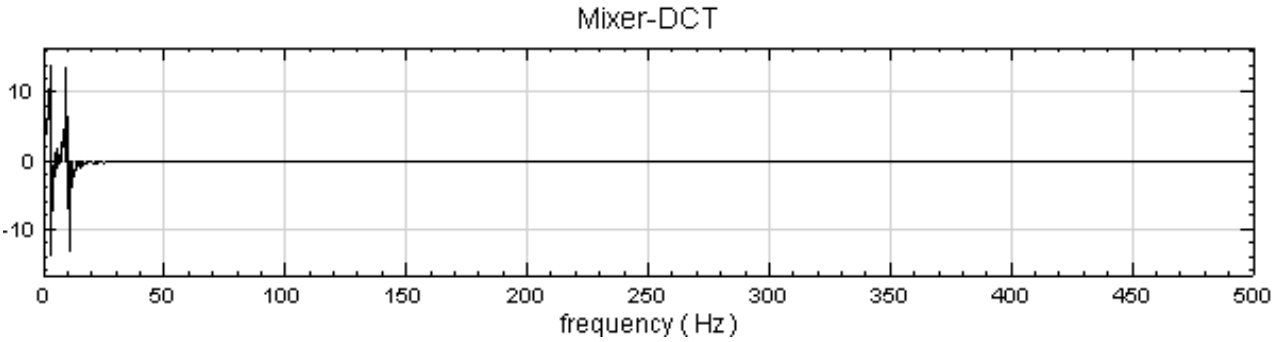
2. 如上面步驟新增一 Signal Frequency 為 3 Hz，TimeLength 為 0.9 秒的 Sine Wave，再新增 Compute / Math / Mixer 將兩訊號相加，並用 Viewer / Channel Viewer 繪出。

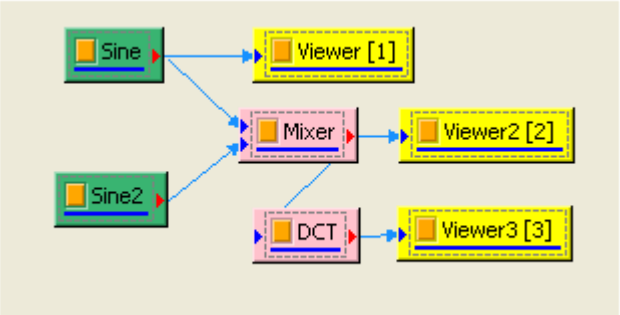




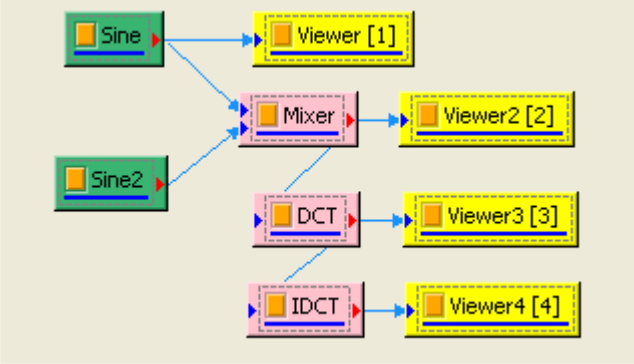


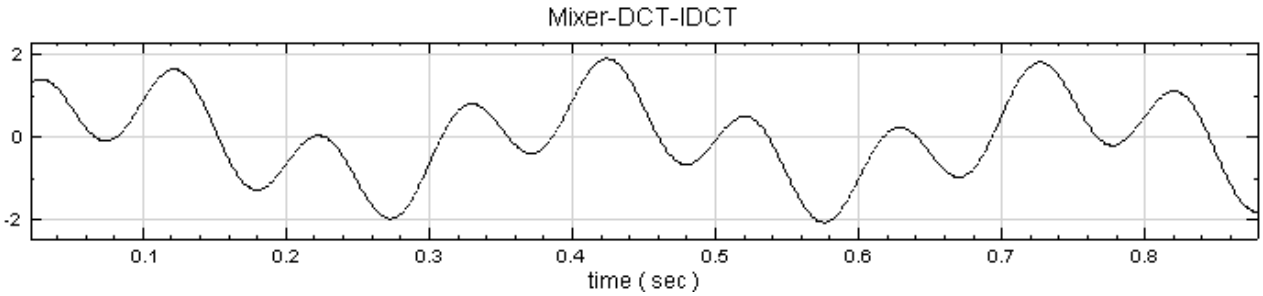
3. 對 Mixer 後的訊號作 Compute / Transform / Discrete Cosine Transform，並將結果用 Channel Viewer 繪出。圖上訊號頻譜集中在低頻處。





4. 接著作 Compute / Transform / Inverse Cosine Transform，即轉換回原訊號。





相關指令

Fourier Transform、Channel Viewer

參考

http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform

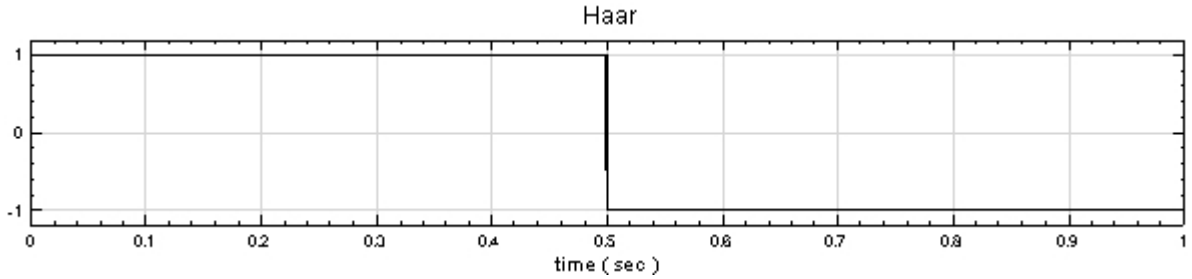
4.11.3 Haar Wavelet Transform

Haar Wavelet 是首先發表的小波函式，由 Alfréd Haar 所提出，小波理論也自此發展。Haar Wavelet 是最簡單的小波，但由於不是連續函數，所以作為基本小波，性能並不是特別好。但 Haar 小波是最簡單的正交小波，為二進小波變換的基礎，仍有其存在的價值。

說明

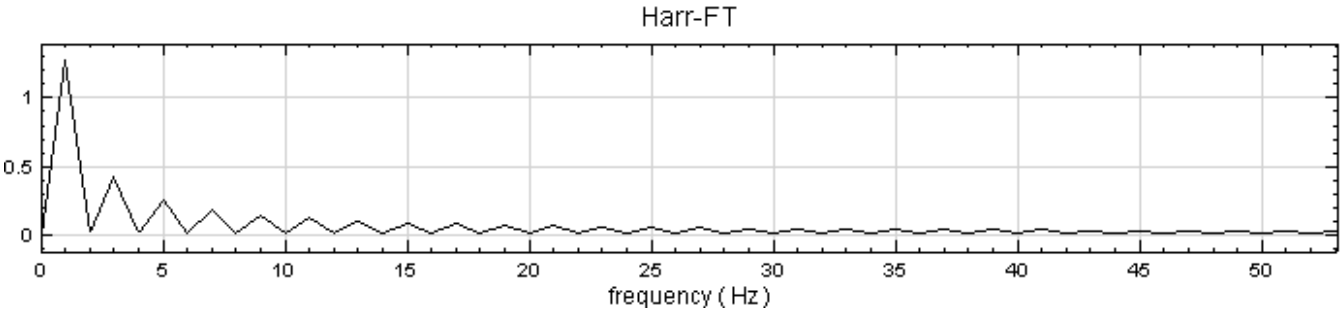
Haar Wavelet 小波理論的母小波可由以下函式表示：

$$\Psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t \le \frac{1}{2} \\ -1, & \frac{1}{2} \le t \le 1 \\ 0, \text{otherwise} \end{cases}$$



而 Haar 的傅立葉變換為：

$$\psi(\omega) = \frac{1 - 2\mathrm{e}^{-i\omega/2} + \mathrm{e}^{-i\omega}}{i\omega}$$



參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出格式為實數，多通道，Regular 的訊號（Signal）。參數說明詳見下表。

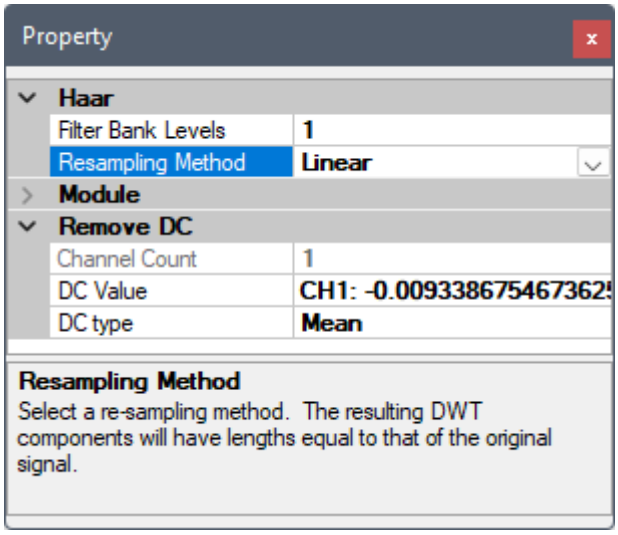


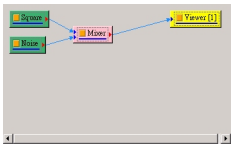
Table 4.143: 參數說明

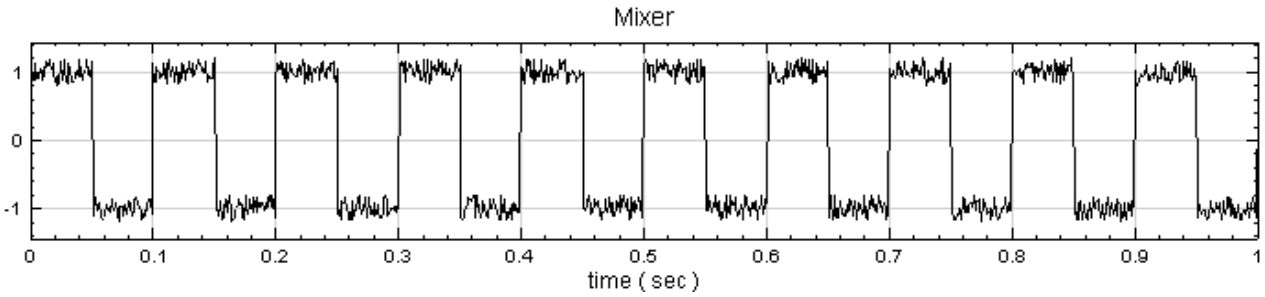
參數名稱	參數定義	預設值
Filter Bank Level	設定正交基底數，從零開始。1 是兩組基底，5 是六組基底，以此類推	1
Resampling Method	對輸入訊號重新取樣時，補點之方法，選項有：最近點（Nearest）、線性（Linear）、曲線逼近（Spline）及 MonotonicCubic。請參考【Resampling】章節說明	Linear

RemoveDC 為內嵌元件，可移除訊號的直流部分，參數設定可參考【Remove DC】章節說明。

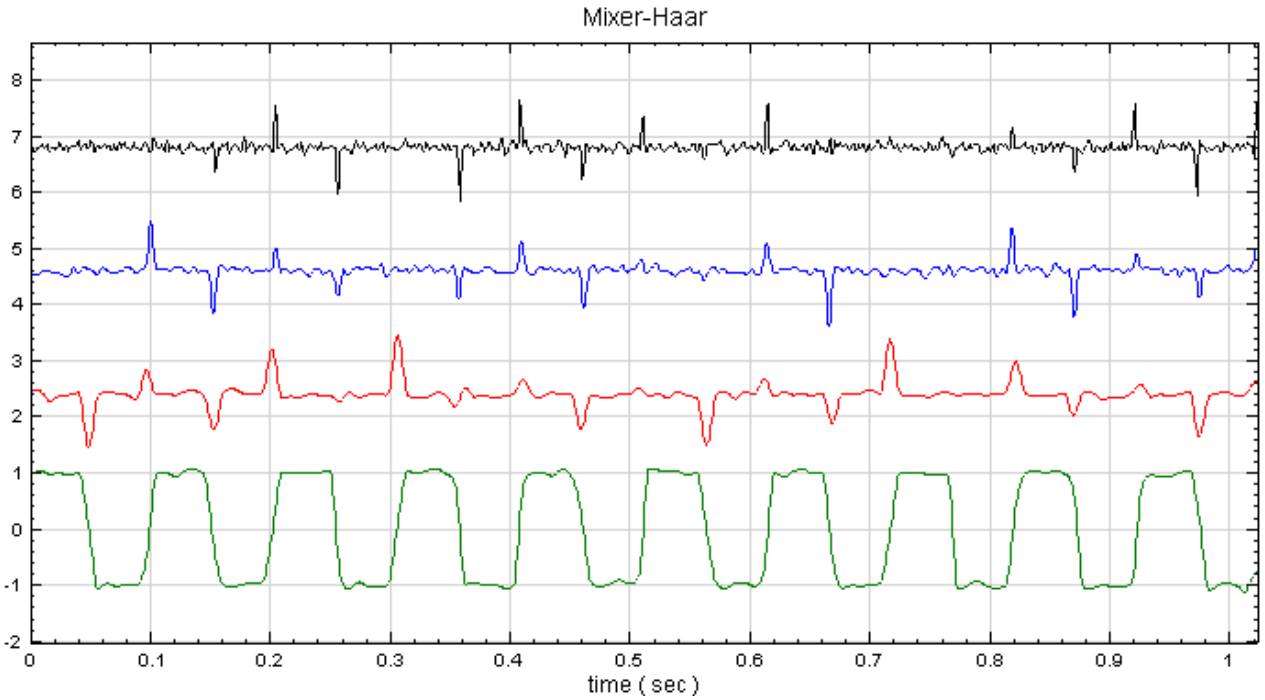
範例

1. 製造一個方波全採用預設值，再疊加上一 White Noise 並設 Noise 振幅為 0.2。



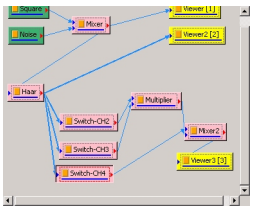


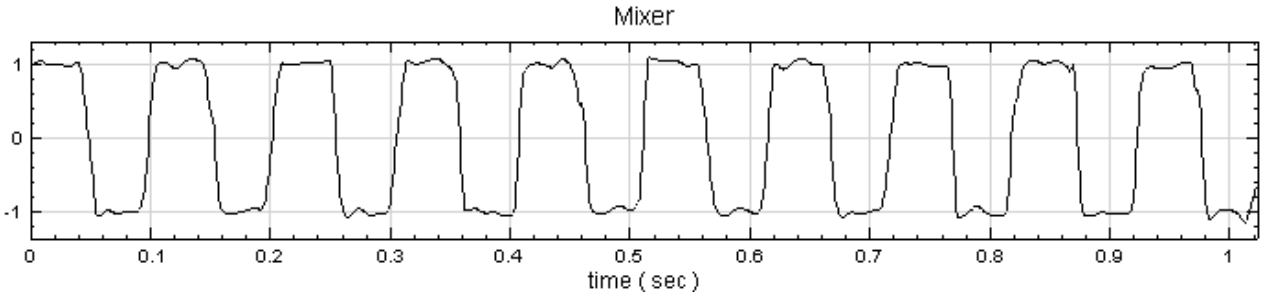
2. 將此混合後之訊號接上 Compute / Transform / Haar Transform，並設定 Filter Bank level 為 3：



明顯方波的特性集中在第四條，而在原方波不連續點處，第二與三條依然強烈地保留此跳躍特性，高頻雜訊大多集中在第一條。

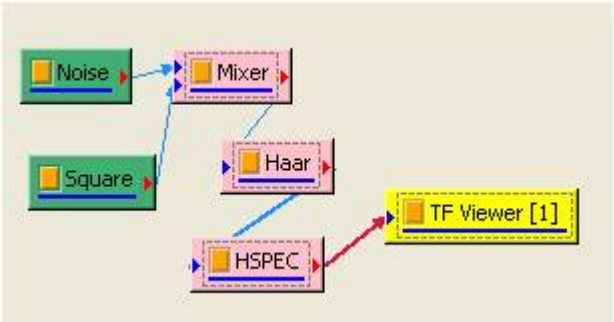
3. 將第二與第三訊號相乘，以縮小雜訊所造成的影響，再與第四條相加。

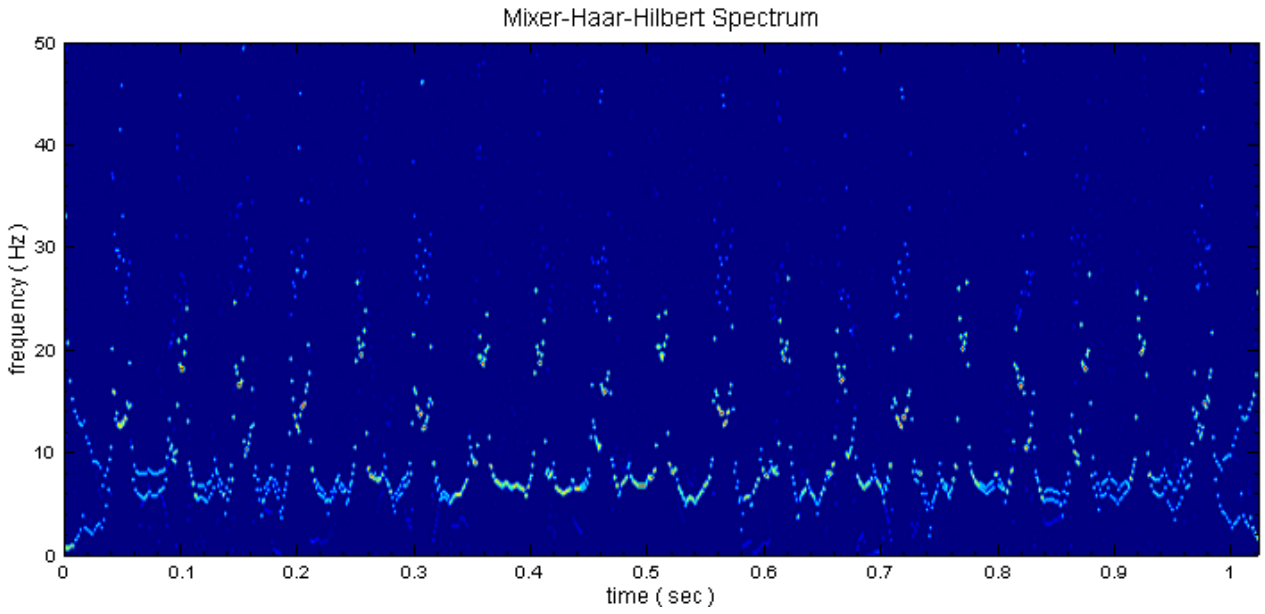




如此處理，可見雜訊被消除，原方波的特性被保留下來。

4. 類似於 EMD，可將 HaarTransform 後的結果經由 Hilbert Spectrum 處理，即可看到時頻圖:





相關指令

Mixer、Multiplier、Fourier Transform、Hilbert Spectrum

參考

http://amath.colorado.edu/courses/4720/2000Spr/Labs/Haar/haar.html

4.11.4 Inverse Haar Transform

Inverse Haar Transform 為 Haar Transform 的反轉換，可還原經由 Haar Transform 處理過的原始訊號。

說明

Haar Transform 為小波轉換的一種型態，任意之訊號皆可由小波轉換之基底的線性組合所合成，而小波轉換即是算出此訊號中，所含有的每一個基底的分量，而 Inverse Haar Transform 即為由每一個基底的分量，轉換回訊號，此概念與傅立葉轉換及反轉換類似。小波轉換的基底在一維時，具有時間與頻率的資訊，在二維時，具有空間位置和頻率的資訊。

Haar Wavelet 的母小波可由以下函式表示：

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, 0 \le t \le \frac{1}{2} \\ -1, \frac{1}{2} \le t \le 1 \\ 0, otherwise \end{cases}$$

Haar Function 在離散時域的定義如下：

$$\psi_{j,k}(t) \equiv \psi(2^j t - k), t \in \mathbb{R}$$

其中 j 為非負整數以及

$$0 \le k \le 2^j - 1$$

，如

$$\psi_{0,0}(t) = \psi(t)$$

$$\psi_{1,0}(t) = \psi(2t)$$

$$\psi_{1,1}(t) = \psi(2t - 1)$$

$$\psi_{2,0}(t) = \psi(4t)$$

因此可將一訊號源 $f(t)$ 以 Haar Function 展開表示成

$$f(t) = c_0 + \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{2^j-1} c_{j,k}\psi_{j,k}(t)$$

由以上數學定義，可列出不同維度（dimension）的 Haar Matrix：

- 2×2 Haar Matrix:

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

- 4×4 Haar matrix:

$$H_4 = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

當我們要對一時域訊號計算 Haar Transform 時，需將此訊號乘上相同維度 (dimension) 的 Haar Matrix 和其反矩陣，數學式如下：

$$B = HAH^T$$

其中 A 是原始訊號，B 是經過 Haar Transform 計算後的新訊號，H 即為 Haar Matrix，H^T 則為 Haar Matrix 的轉置矩陣（$HH^T = 1$）。

當我們想從 B 逆推回 A，則需對 B 計算 Inverse Haar Trasform，數學式如下：

$$A = H^T BH$$

訊號 B 經由 Inverse Haar Transform 的處理，即可得到原始訊號 A。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。輸出為單通道實數之訊號。

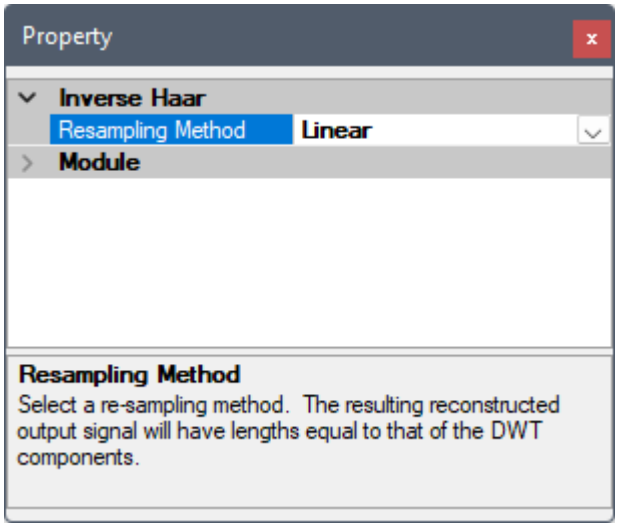
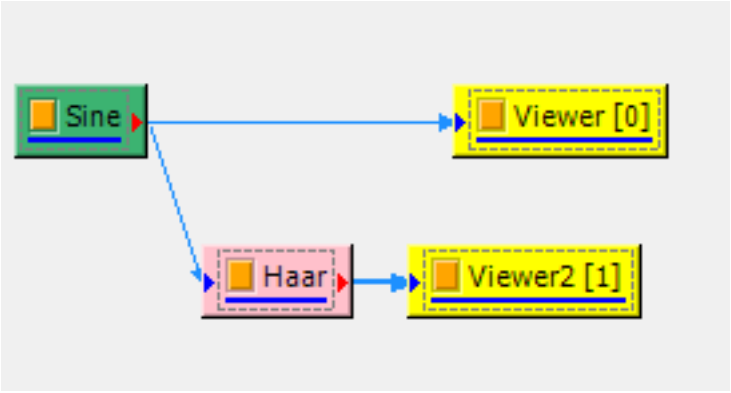


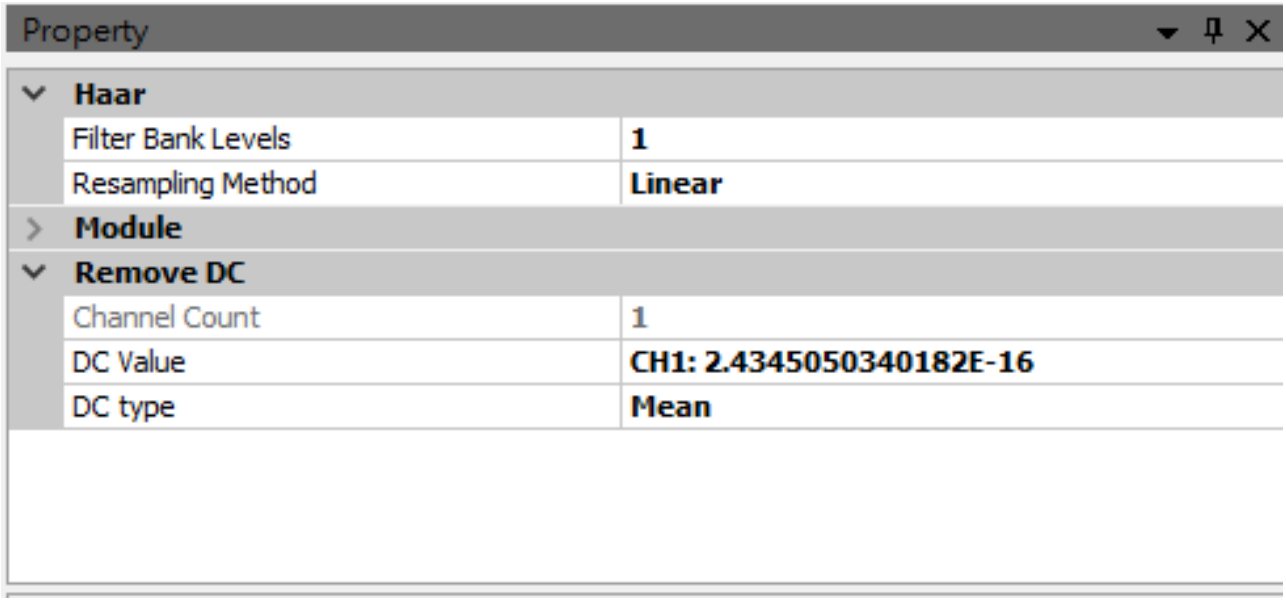
Table 4.144: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Resampling Method	對輸入訊號重新取樣時，補點之方法，選項有：最近點（Nearest）、線性（Linear）、曲線逼近（Spline）及 MonotonicCubic。請參考【Resampling】章節說明	Linear

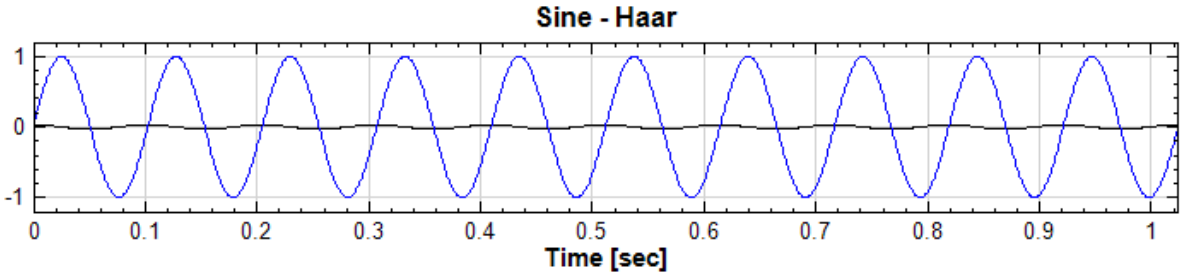
範例

1. 在 Network 視窗，從 Source 新增訊號源 Sine Wave，接上 Haar Transform（位於 Compute/Transform/Haar Transform），並各自以 Channel Viewer 顯示（流程圖和 Haar Transform 參數設定如下）。

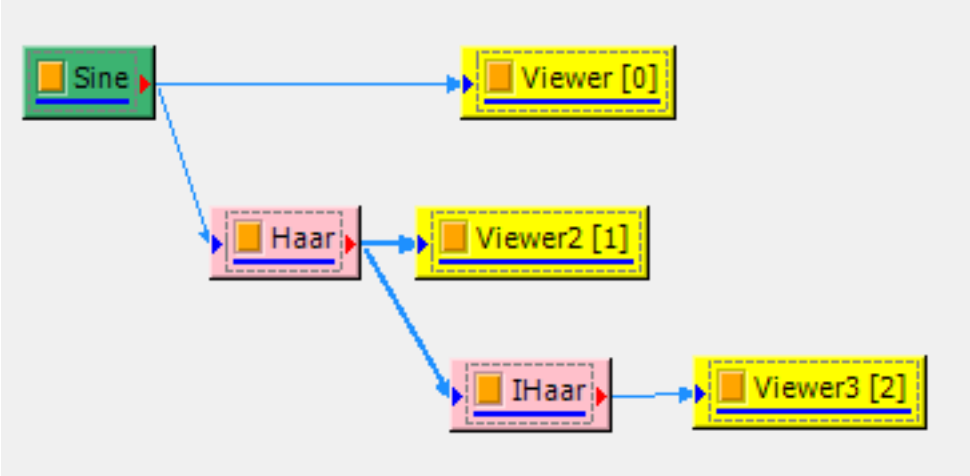




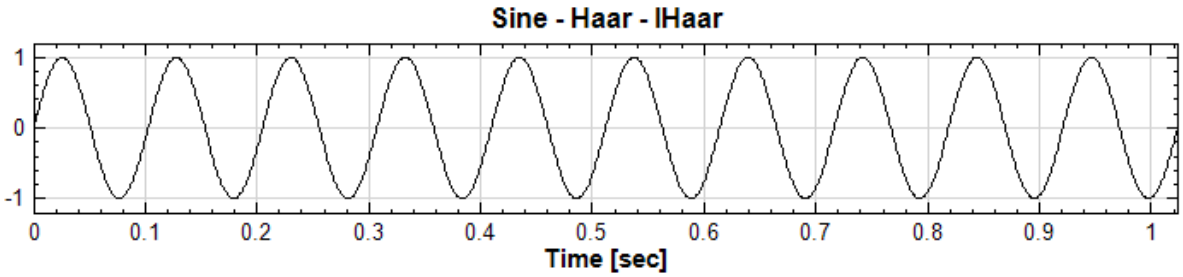
2. Sine Wave 的參數使用預設值 (Frequency=10，Amplitude=1)，經由 Haar Transform 計算後得到一組雙通道的新訊號，圖形如下：



3. 在 Haar Transform 後接上 Inverse Haar Transform (位於 Compute/Transform)，再以 Channel Viewer 顯示（Inverse Haar Transform 參數設定：ResamplingMethod=Linear）



4. 下圖為經由 Inverse Haar Transform 還原的 Sine Wave。



相關指令

Haar Wavelet Transform

參考資料

1. https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%93%88%E7%88%BE%E5%B0%8F%E6%B3%A2%E8%BD%89%E6%8F%9B

2. https://en.wikipedia.org/wiki/Haar_wavelet#Haar_transform_and_Inverse_Haar_transform

3. http://silverwind1982.pixnet.net/blog/post/125107214-%E5%B0%8F%E6%B3%A2%E8%BD%89%E6%8F%9B-%28wavelet-transform%29

4. http://mathworld.wolfram.com/HaarFunction.html

4.11.5 Hilbert Transform

Hilbert Transform 為對輸入訊號 $x(t)$ 與 $\frac{1}{\pi t}$ 作折積（即 Convolution），將一個實數的時間訊號轉換為一個複數平面上的解析訊號，而它的實部為輸入訊號，虛部則是對輸入訊號做折積後的部份，根據解析訊號的性質可定義出訊號瞬時的瞬時頻率、瞬時振幅，其應用在通訊系統及無線電訊號處理及分析上有相當不錯的成果。

說明

若 $x(t)$ 代表時間序列，則它的 Hilbert Transform $y(t)$ 定義為：

$$y(t) = H[x(t)] = \frac{1}{\pi} P.V. \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)}{t-\tau} d\tau$$

並定義一解析函數 $z(t)$：

$$z(t) = x(t) + iy(t) = a(t)\mathrm{e}^{i\theta(t)}，a(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)}，\theta(t) = \tan^{-1}\frac{y(t)}{x(t)}。$$

其中 $a(t)$ 為振幅（亦原訊號之包絡線），而 $\theta(t)$ 為相角；在解析函數 $z(t)$ 的極座標表示中，可進一步定義 Hilbert Transform 的瞬時頻率 $\omega(t)$（instantaneous frequency）：

$$\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}。$$

除此之介紹外，可參考【Hilbert Spectrum】章節說明。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號（Signal）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出格式為複數，單通道，Regular 的訊號（Signal）。

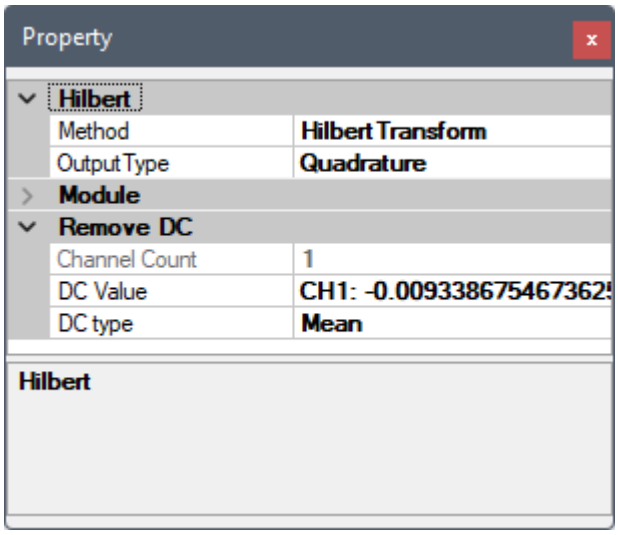


Table 4.145: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Method	選擇轉換的方法： • HilbertTransform：上述之 Hilbert 轉換積分法 • ByEnvelope：利用包絡線當作瞬時振幅求得正交分量	HilbertTransform
Output Type	選擇轉換結果呈現的格式，選項有： • Quadrature：輸出 Hilbert 轉換的積分結果，亦即解析訊號 Z 之虛部 • Complex：輸出解析訊號 Z，資料儲存為複數 • SplitComplex：將解析訊號 Z 的實部 X 與虛部 Y 分作兩個通道，儲存其數值大小 • Phase：解析訊號 Z 的相位角 $\theta(t)$ 對應各時間點的值（介於 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 度之間） • Unwrapped Phase：解析訊號 Z 的相位角 $\theta(t)$ 對應各時間點的值（過 360° 後不歸零） • InstantAmplitude：解析訊號 Z 的振幅 $a(t)$ 對應各時間點的值 • InstantFrequency：解析訊號 Z 的相位角 $\theta(t)$ 對時間的微分，既瞬時頻率 $\omega(t)$	Quadrature

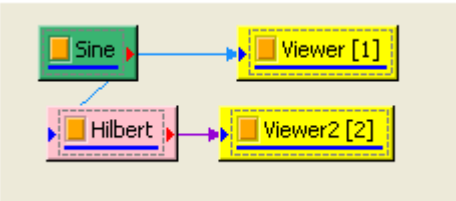
參數名稱	參數定義	預設值
Inst. Freq. Method	輸出格式選擇 InstantFrequency 時，可選擇計算瞬時頻率的方法： • Simple：簡單微分法：$df = (f(t+dt) - f(t))/dt$ • Robust：可由調整濾波器長度（FilterLength）有效抑制雜訊影響微分	Robust
Filter Length	瞬時頻率方法選擇 Robust 時，可設定濾波器長度，為數值微分的取樣點數，表示由多少離散函數點來決定此點的微分值；需為介於 5~999 間，並小於訊號長度的奇數	51

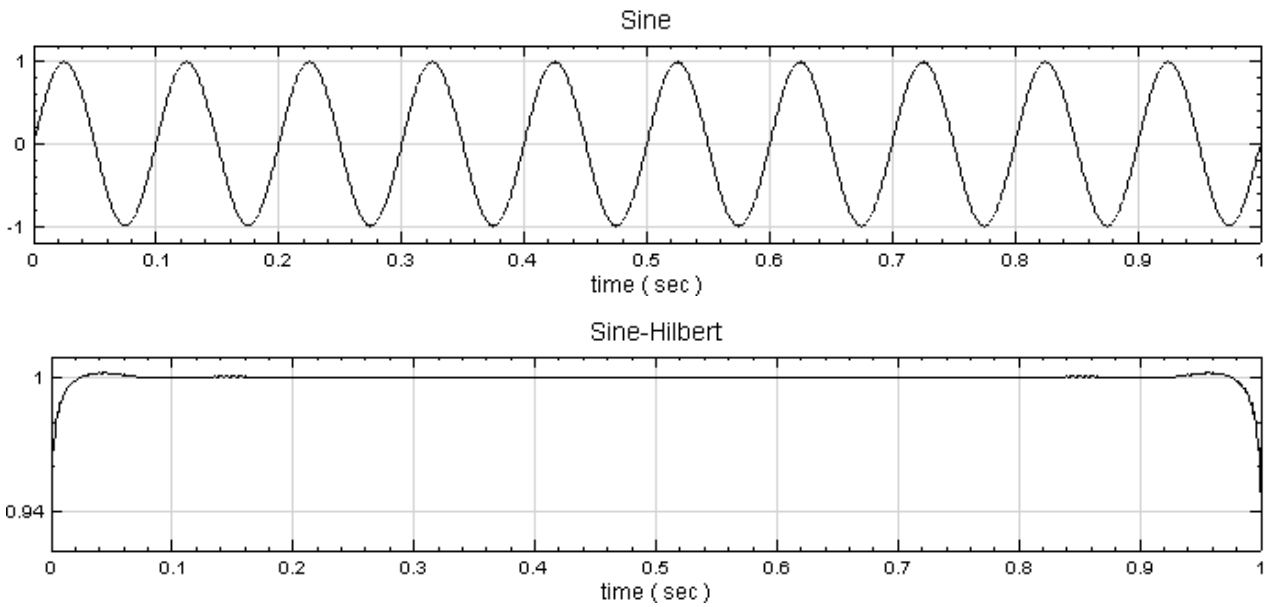
RemoveDC 為內嵌元件，可移除訊號的直流部分，參數設定可參考【Remove DC】章節說明。

範例

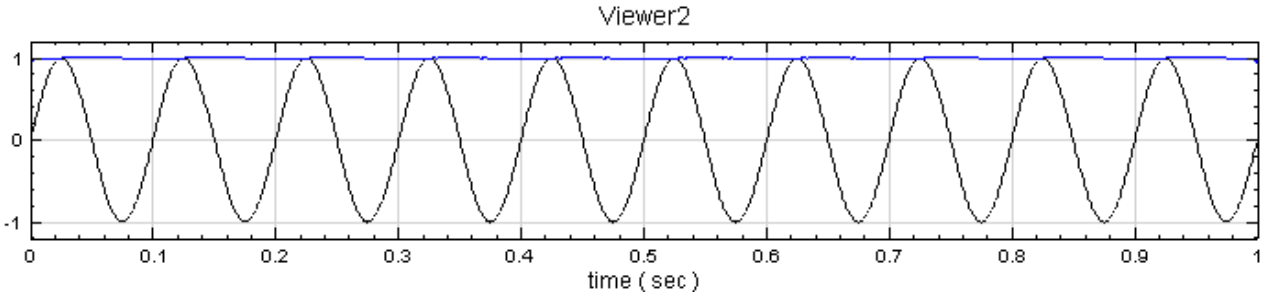
用 Source 模組產生一個 Sine Wave 訊號，直接作 Hilbert Transform，並藉調整 Hilbert Transform 的 Output Type 以瞭解各參數項之意義。

1. 先用 Source / Sine Wave 產生 Sine Wave，用 Viewer / Channel Viewer 繪出訊號，再於 Sine 圖示點選 Compute / Transform / Hilbert Transform 直接作計算，**Output Type 選擇 Complex**，用 Viewer / Channel Viewer 繪出結果。(須注意輸出訊號是複數，而 Channel Viewer 的 Properties / YValueType 預設是 Magnitude，因此在 Viewer 上畫的是輸出訊號的 Magnitude)。

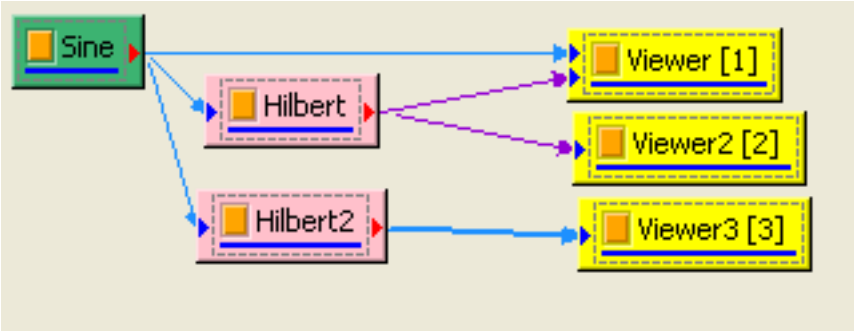


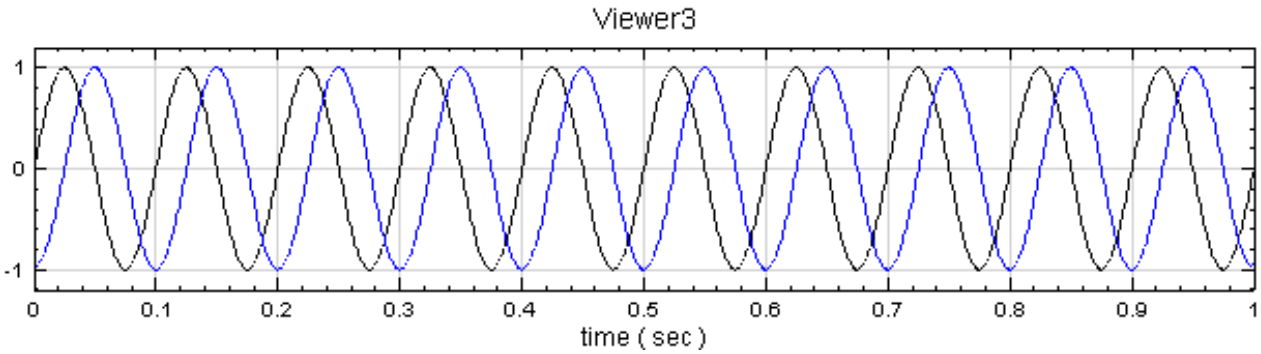


若將 Sine 與 Hilbert Spectrum 輸出者畫在同一個 Channel Viewer 上，可見 $a(t)$ 確實為原訊號之包絡線。

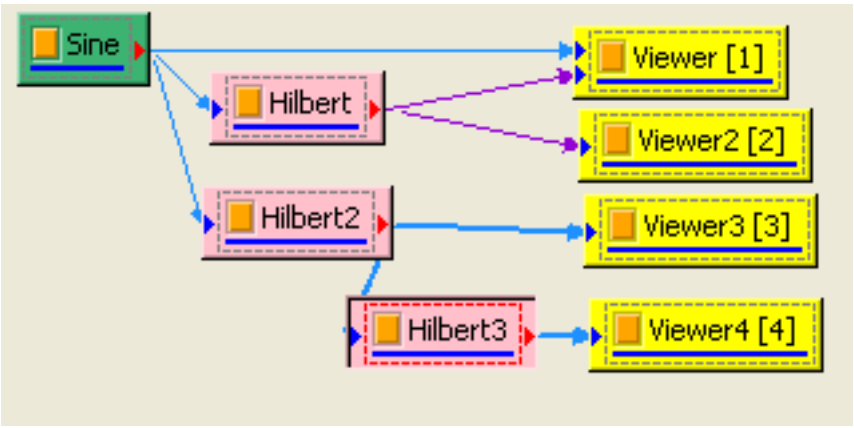


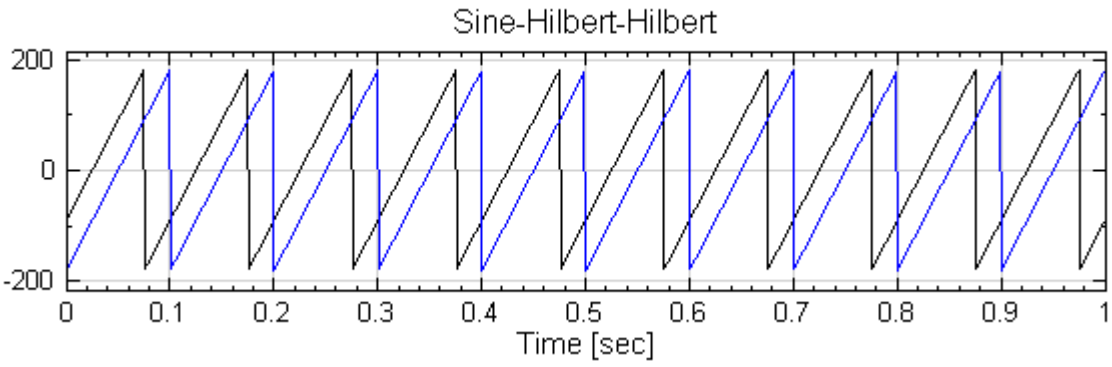
2. 對訊號源 Sine 再作一次 Hilbert Transform，將 Properties 內 Hilbert / Output Type **調整為 Split Complex**，這樣 Hilbert Transform 會把實、虛部分為兩個通道，用 Viewer / Channel Viewer 即繪出實部與虛部的值，其中黑線為實部，藍線為虛部。



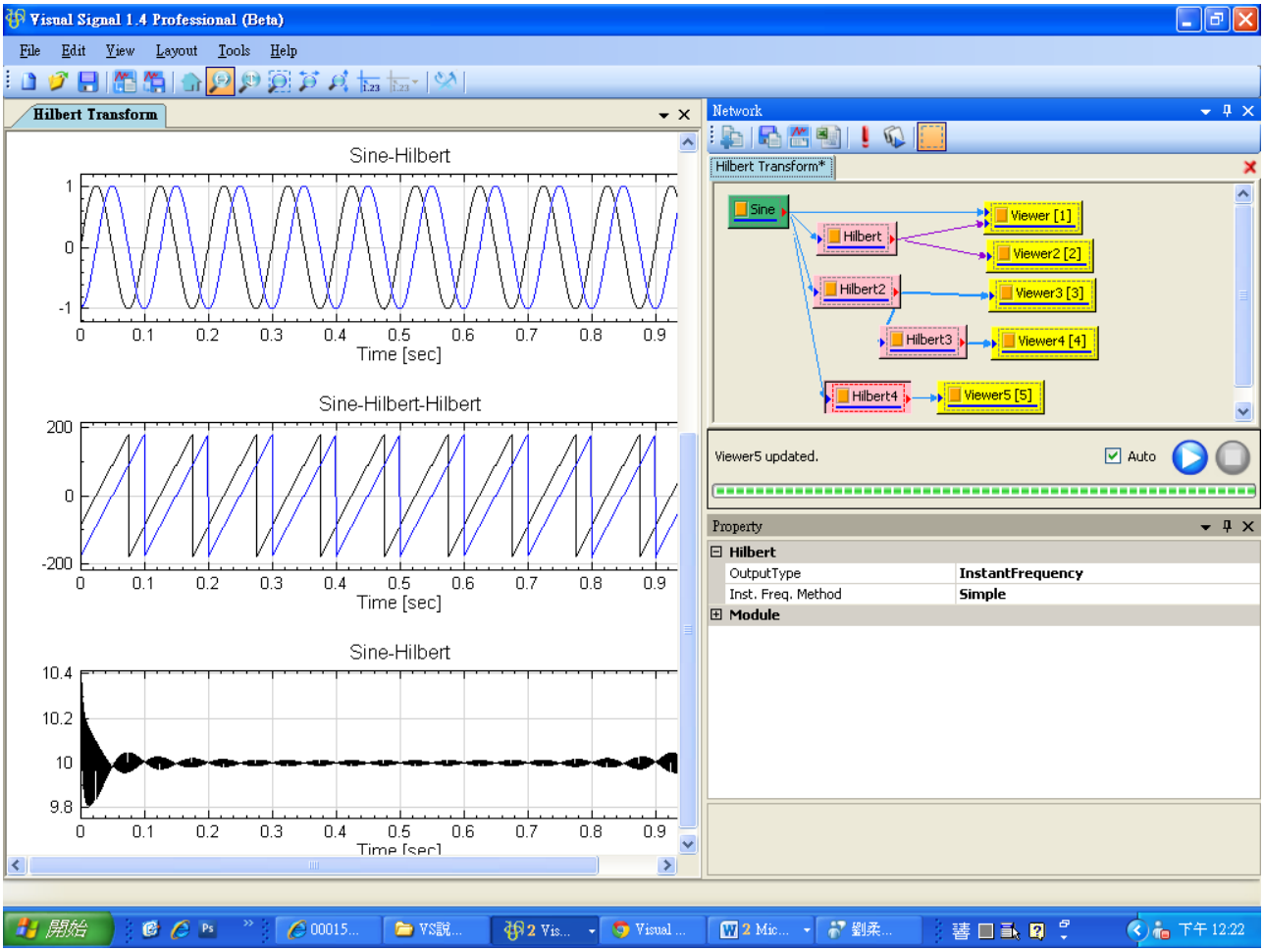


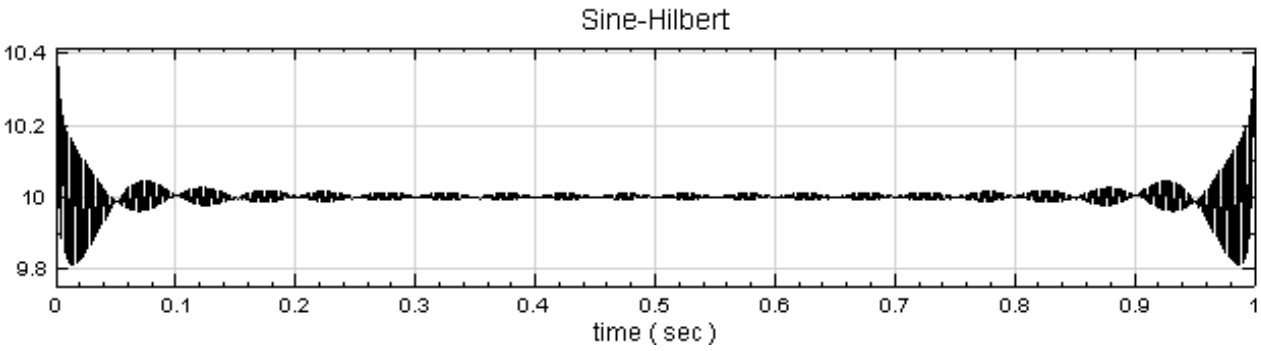
再將 Hibert2 再作一次 Hilbert Transform，將 Properties 內 Hilbert / Output Type 調整為 Phase，可看到虛部為實部對相位角作 90° 的相位偏移（Phase Shift）。





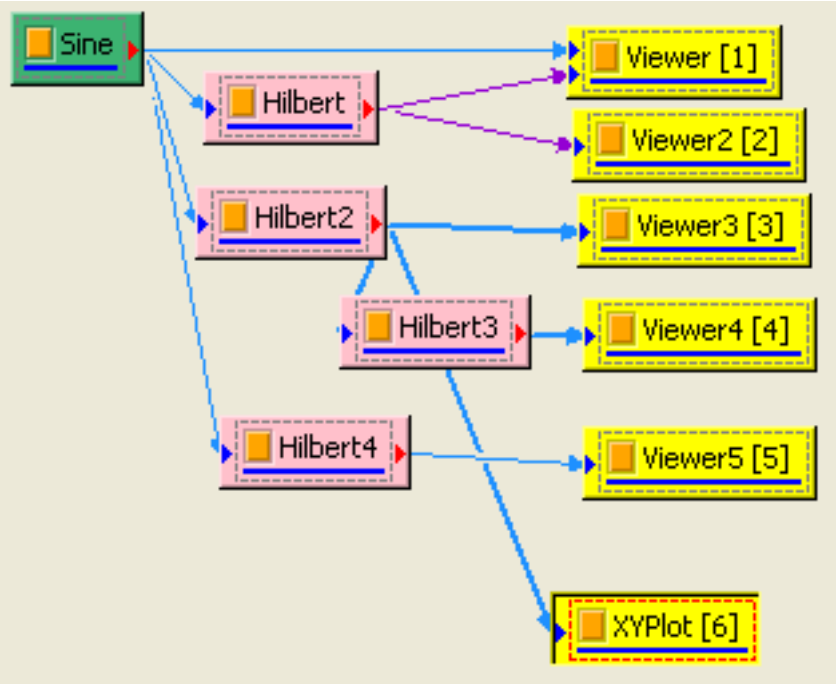
3. 重覆步驟 2 的作法，僅**改變 Output Type 為 InstantFrequency，Inst. Freq. Method 設定為 Simple**，圖示名稱也改為 Instant Frequency，結果為輸入訊號在每個時間點上的瞬間頻率。

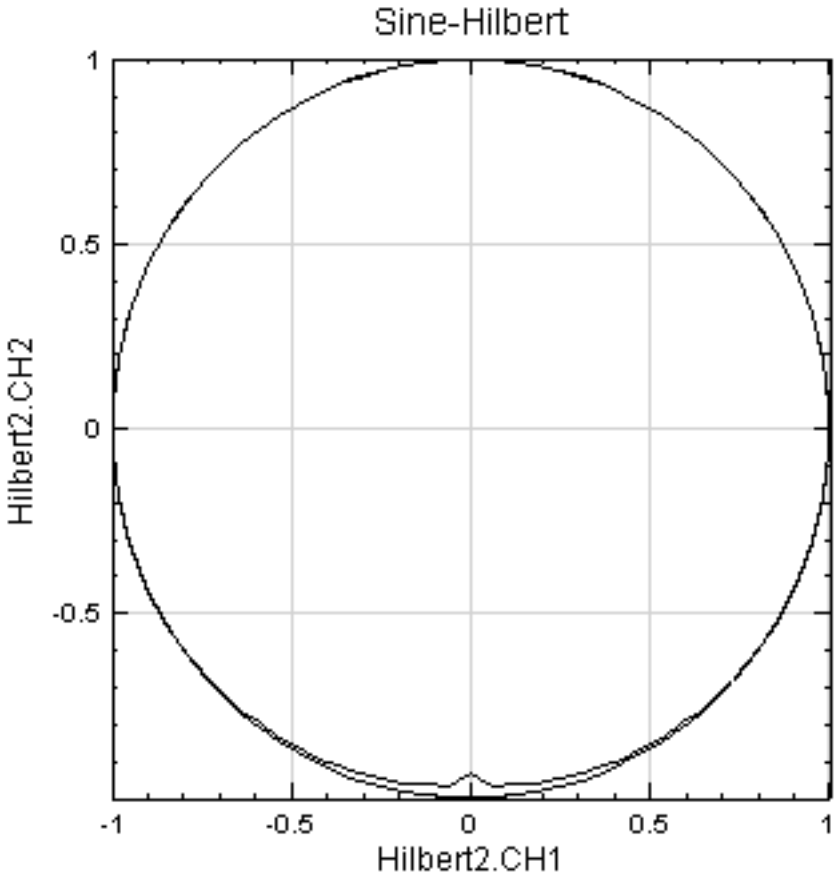




4. Channel Viewer 不能繪出解析函數 Z(t) 在複數平面的圖型，必需使用 Viewer / XY Plot 的功能。將 Split Complex 的輸出用 Viewer / XY Plot 即可繪出解析函數 Z(t) 在複數平面的圖型，改變 XY Plot

的 ViewerWidth 與 ViewerHeight 為相等的數值（如 350），就能使 X Y 軸的比例一樣。





相關指令

XY Plot，Hilbert Spectrum。

參考資料

http://en.wikipedia.org/wiki/Hilbert_transform

4.11.6 Auto Correlation

自相關性就是一個時間訊號與它自身作折積（Convolution），以作為相關性分析之依據，自我相關性分析可瞭解一個訊號在時間尺度上改變的有多快，及觀察訊號是否有週期性的變化。

說明

如果訊號為遍歷訊號（ergodic，即訊號的整體統計特性可以決定於一段隨機取樣），則自相關的的解析定義為：

$$\begin{aligned} R_{xx}(\tau) &= \lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_0^T x^*(t)\cdot x(t+\tau)dt \\ &= \lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_0^T x(t)\cdot x^*(t-\tau)dt \end{aligned}$$

其中 $x^*(t)$ 為 $x(t)$ 之共軛，T 為訊號之週期，τ 為時間延遲。

在離散化的情況下，令 $X=\{x_0,x_1,\ldots,x_{N-1}\}$ 代表長度為 N 之時間序列，相關公式為：

$$\begin{aligned} R_{XX}[j] &= \lim_{T\to\infty}\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} x_i^* x_{i+j} \\ &= \lim_{T\to\infty}\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} x_i x_{i-j}^* \end{aligned}$$

Visual Signal 採用 Intel IPP 函式庫的公式，有三種類可選（Normal、Biased、Unbiased）：

$$R_{XX}[j]=\sum_{i=0}^{N-1} x_i^* x_{i+j},\quad 0\le j<N \quad \text{(normal)},$$

$$R_{XX}[j]=\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} x_i^* x_{i+j},\quad 0\le j<N \quad \text{(biased)},$$

$$R_{XX}[j]=\frac{1}{N-j}\sum_{i=0}^{N-1} x_i^* x_{i+j},\quad 0\le j<N \quad \text{(unbiased)},$$

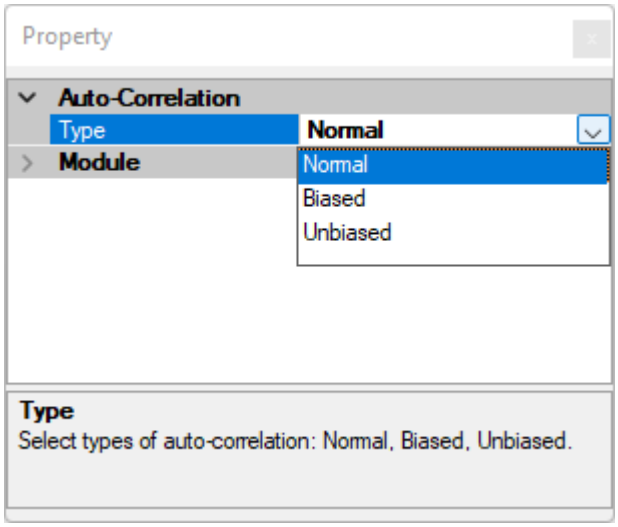
並加以鏡像對稱化，即

$$R_{mirrored}[j]=\begin{cases} R_{XX}[-j], & -N<j<0 \\ \\ R_{XX}[j], & 0\le j<N, \end{cases}$$

其中 $R_{mirrored}$ 的長度為 $2N-1$，以 $R[j=0]$ 為對稱點。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式為實數，單通道，Regular 的訊號。

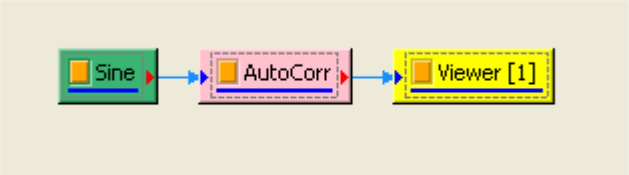


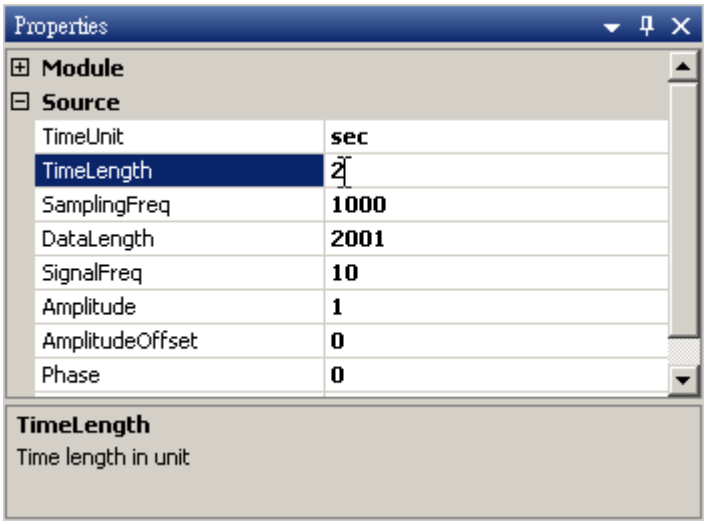
本元件唯一參數為類別參數（Type）可選擇 Normal、Biased、Unbiased 三種自相關性（見上面說明方程式）。

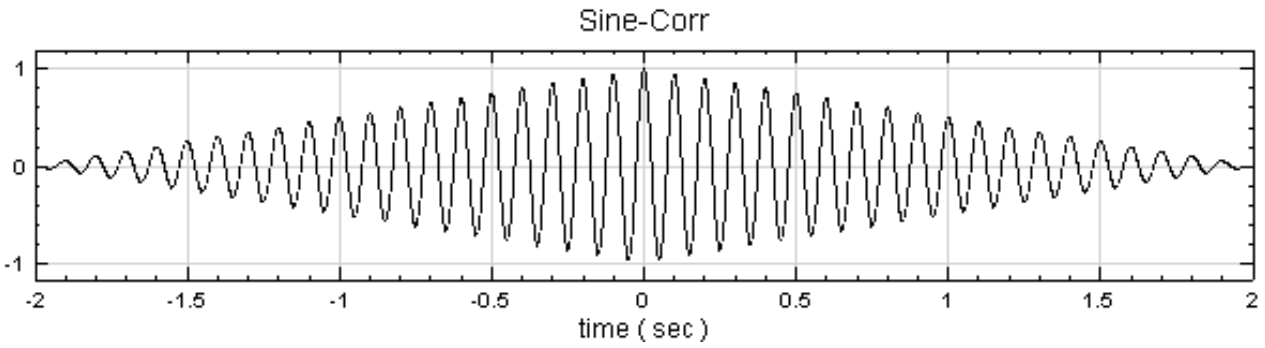
範例

本範例分別對 Sine Wave 與一個 White Noise 訊號作自我相關分析，再以兩輸入訊號混合後之訊號作自我相關分析。

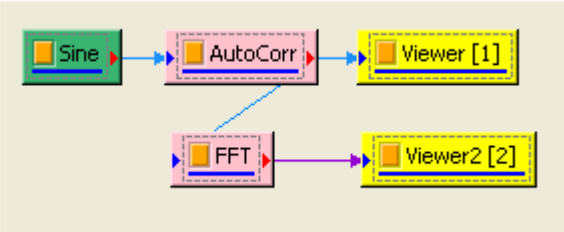
1. 於 Network 新增一個 Source / Sine Wave，Properties / DataLength 改為 2 秒，訊號頻率為 10 Hz 不變，以此訊號作 Compute / Transform / AutoCorrelation ，並用 Viewer / Channel Viewer 繪出結果。

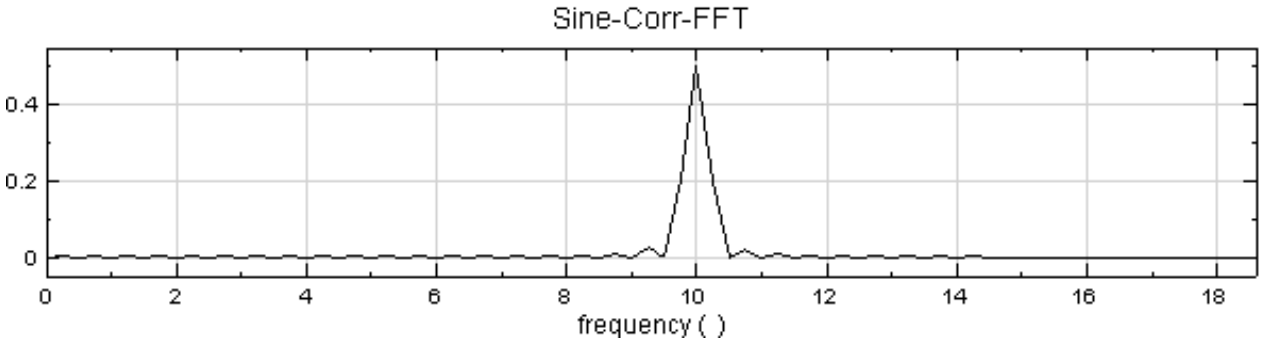




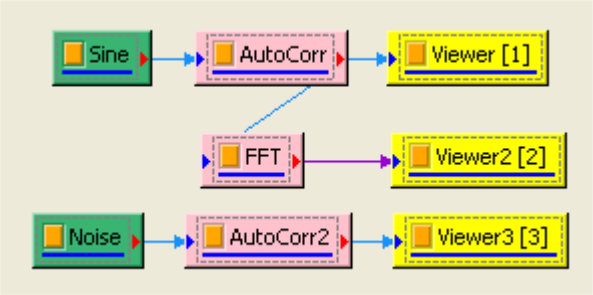


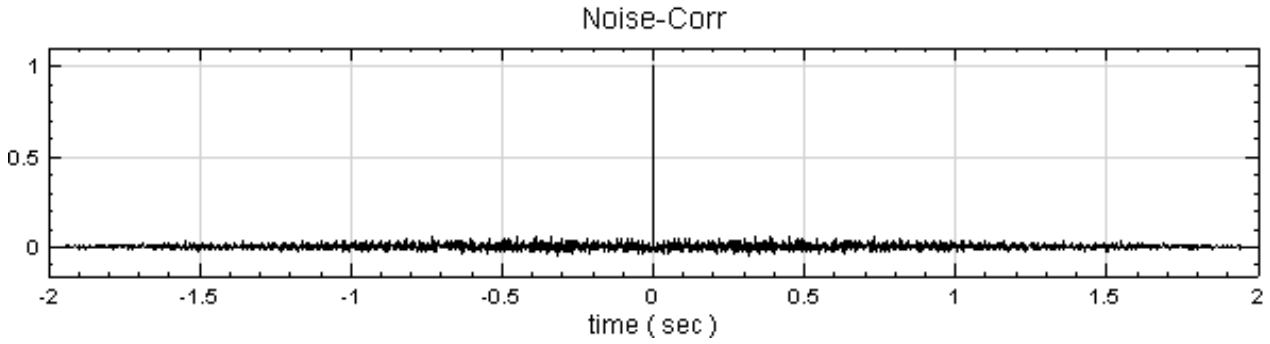
2. 上圖即為 Sine Wave 在不同延遲（既原式中的 τ）下之自我的相關性，對 AutoCorr 的輸出作 FFT，可發現 AutoCorr 的輸出訊號其頻率也等於 10 Hz，驗證對一個週期性訊號作自我相關轉換，則結果保有與輸入訊號同樣的頻率。



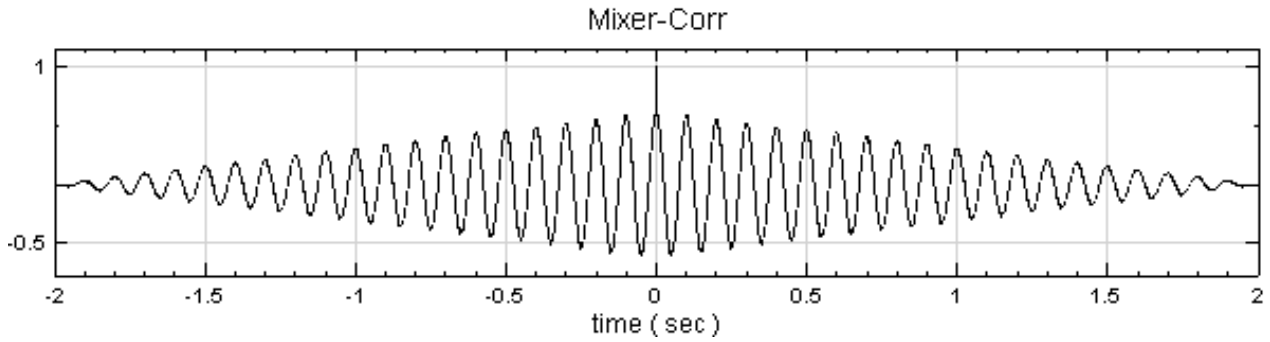


3. 創造一個 White Noise，再重複步驟 1 前半部份的作法，結果如下。





4. 以 Compute / Channel / Mixer 將 Sine 與 Noise 混合後作自我相關分析，可得到下面的結果：



相關指令

Cross Correlation、Mixer

參考

http://en.wikipedia.org/wiki/Autocorrelation

4.11.7 CrossCorrelation

CrossCorrelation，交互關聯是將一時間訊號與另一時間訊號作旋積（Convolution），以作為相關性分析之依據；通常將不了解的訊號與一已知性質的訊號作交叉相關分析，藉此探求該訊號之特性。

說明

CrossCorrelation 之解析數學定義為:

$$(x * y)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x^*(t) y(t+\tau) d\tau,$$

其中 $x^*(t)$ 為 $x(t)$ 之共軛，τ 為時間延遲。

在離散數列的情況下，假設 $X = \{x_0, x_1, \ldots, x_{N-1}\}$、$Y = \{y_0, y_1, \ldots, y_{M-1}\}$ 在延遲為 j 的交互關聯定義為：

$$R_{XY}[j] = \sum_{i=0}^{N-1} x_i^* y_{i+j}, \quad -(N-1) \le j < M$$

交叉相關轉換結果訊號長度為 $L = N + M - 1$，$R_{XY}[j]$ 不具對稱性，其最大值遵守下述的不等式：

$$R_{XY}[j] \leq \sqrt{R_{XX}[0] \cdot R_{YY}[0]}$$

若對兩輸入訊號在統計上來說是兩獨立事件，則 $R_{XY}[j] = R_{YX}[j]$；若是分析訊號對自身的相關性，計算 $R_{XX}[j]$，此分析即為 Auto Correlation。

Visual Signal 採用 Intel IPP 函式庫的公式：

$$R_{XY}[j] = \sum_{i=0}^{N-1} x_i^* y_{i+j+a}, \quad 0 \leq j < L, \quad -L \leq a < L$$

其中

$$y_j = \begin{cases} y_j, & 0 \leq j < M \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

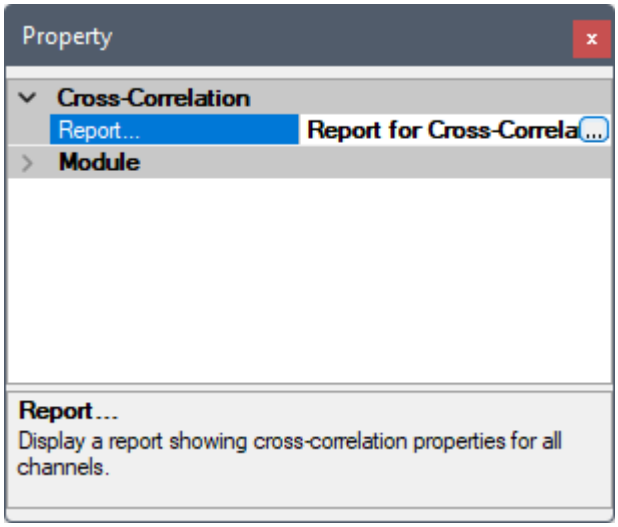
並加以鏡像化，即：

$$R_{mirrored}[j] = \begin{cases} R_{YX}[j + L], & -M < j < 0, \quad a = -L \\ R_{XY}[L - j - 1], & 0 \leq j < N, \quad a = -(L - 1) \end{cases}$$

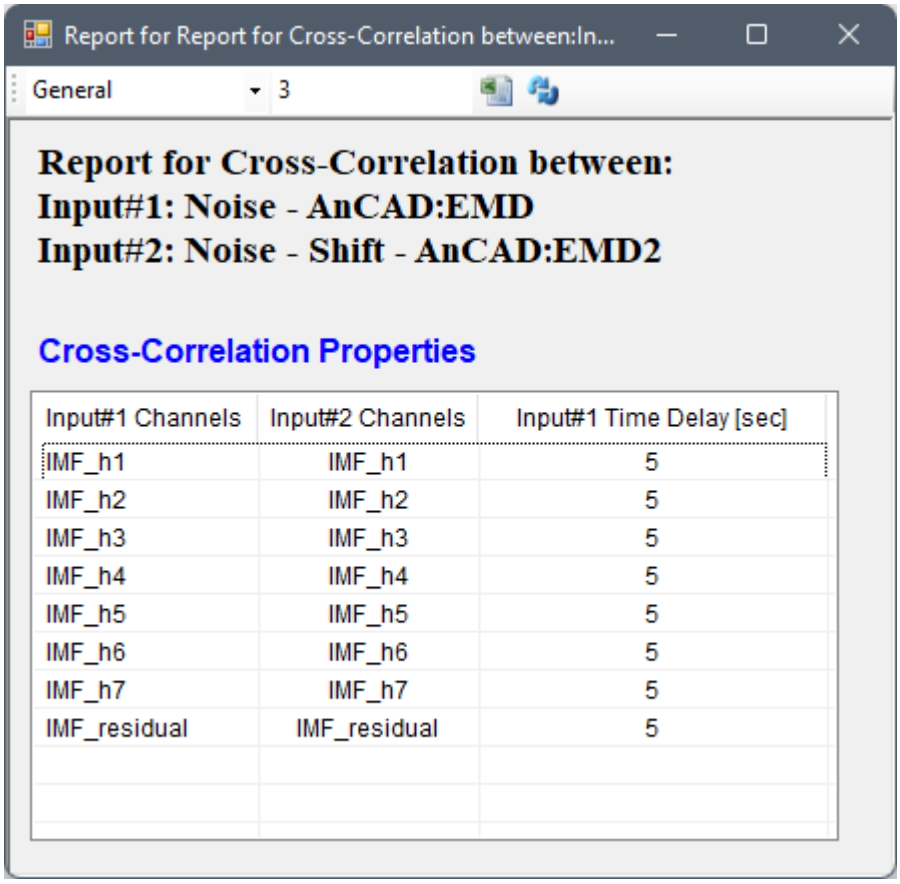
在此定義下，如果 X 訊號與 Y 訊號有相關性，$R_{mirrored}$ 中最大波峰所位於的時間（由 $j = 0$ 開始算起）即為 Y 訊號相對於 X 訊號的延遲時間。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel），Regular 的訊號（Signal ）、聲音訊號（Audio）輸入，且須有兩個輸入訊號；輸出訊號格式為實數，單通道，Regular 的訊號。輸入兩個訊號長（可以不一樣，不過限制是兩訊號的取樣頻率與時間單位必須一樣）。



本元件唯一參數為交互相關參數報告 Reporter。點擊欄位最右方[...]或雙擊元件圖示即可開啟 Reporter 對話窗顯示兩個輸入各通道的相對延遲時間，如下圖：

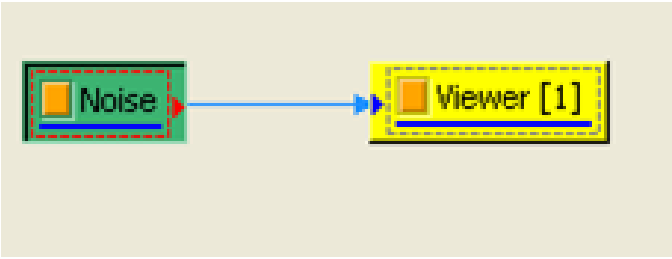


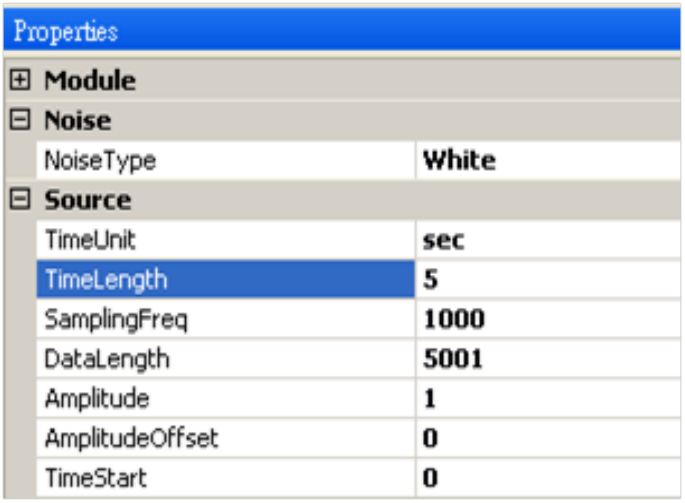
有關 Reporter 對話窗可參考【Reporter】章節說明。

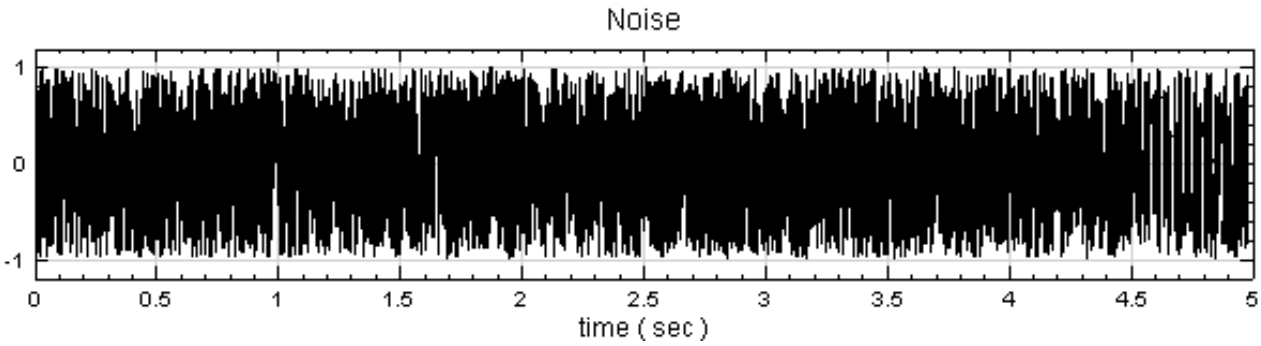
範例

先產生一組 White Noise 作原訊號，截取其中一段資料，產生另一個雜訊合成出第二組訊號，以這兩組訊號作 Cross Correlation 觀察兩者間關係。

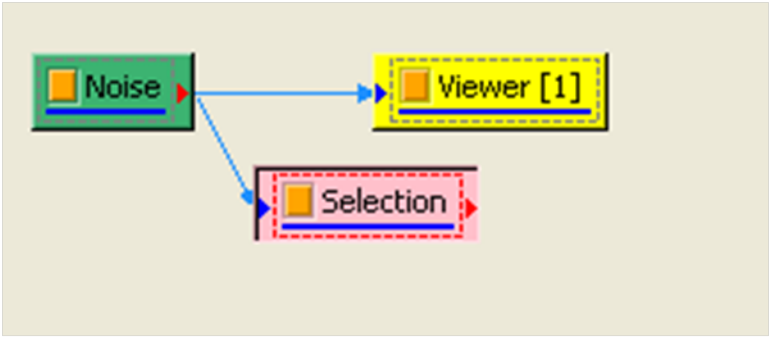
1. 產生一個 Source / Noise，Properties / TimeLength 改為 5 秒，再用 Viewer / Channel Viewer 繪出。

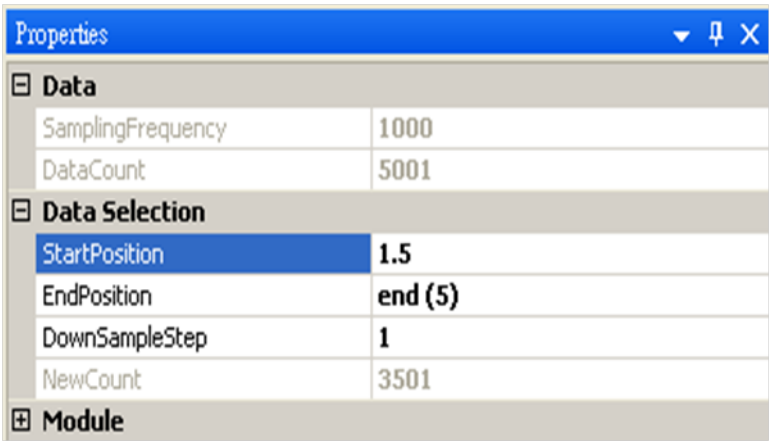


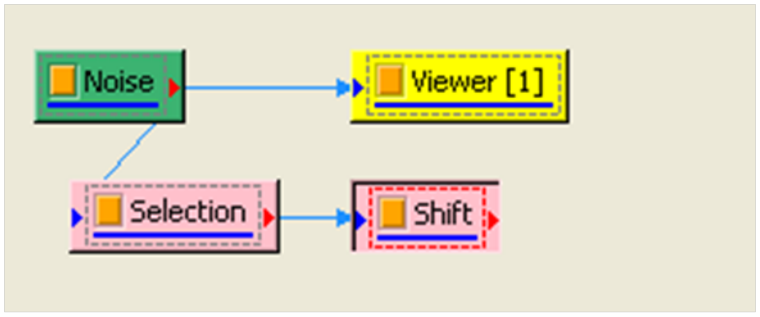




2. 點選 Noise，按右鍵選擇 Compute / Channel / Data Selection，於 Properties / EndPosition 欄改為 3.5，然後接著連上 Compute / Channel / Time Shift，Properties / Shift Value 設為 1.5，目的為將原訊號 0 ~ 3.5 秒的資料移至新訊號 1.5 ~ 5 秒處。

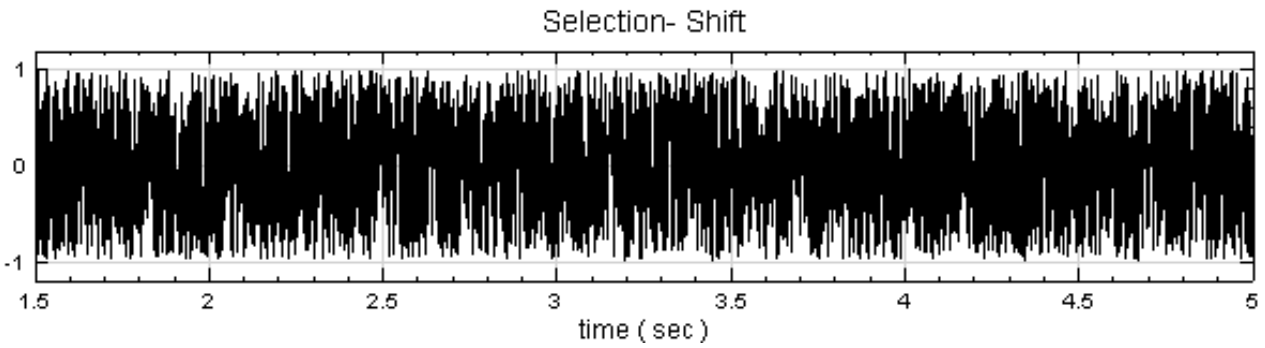




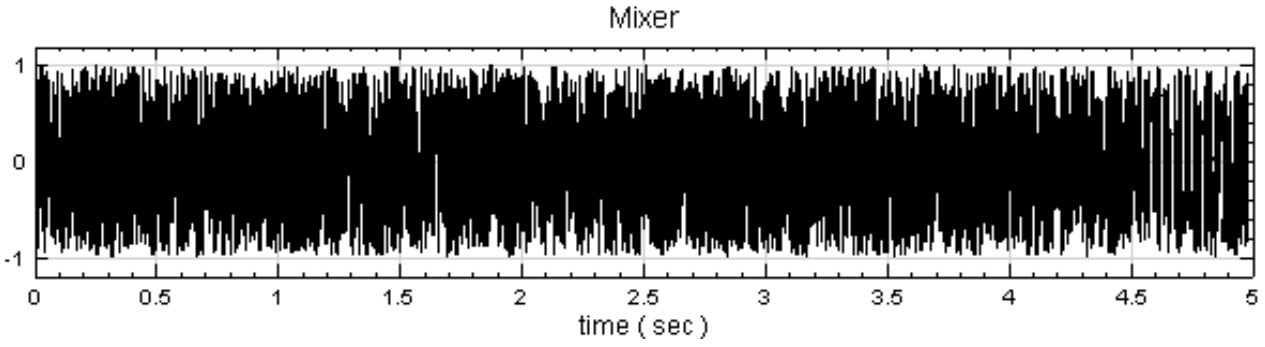


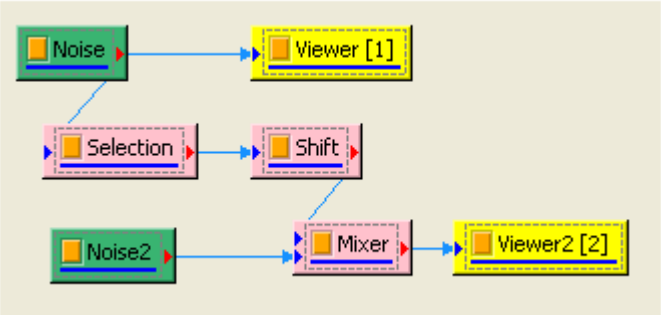
Properties

Data	
Channel Count	1
Sampling Frequency	1000
Data Length	3501
DataUnit	
Unit	sec
Module	
Time Shift	
ShiftMode	**ShiftStartTime**
ShiftValue	**-1.5**

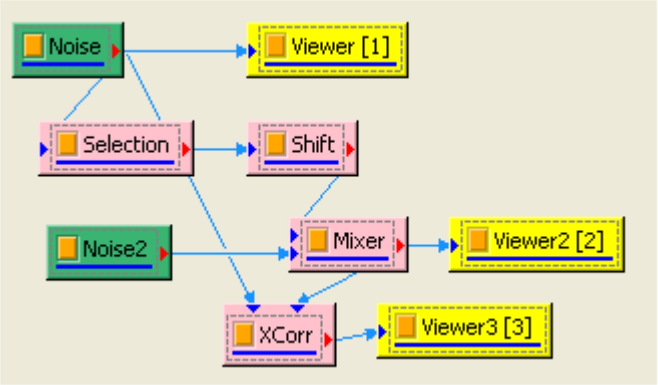


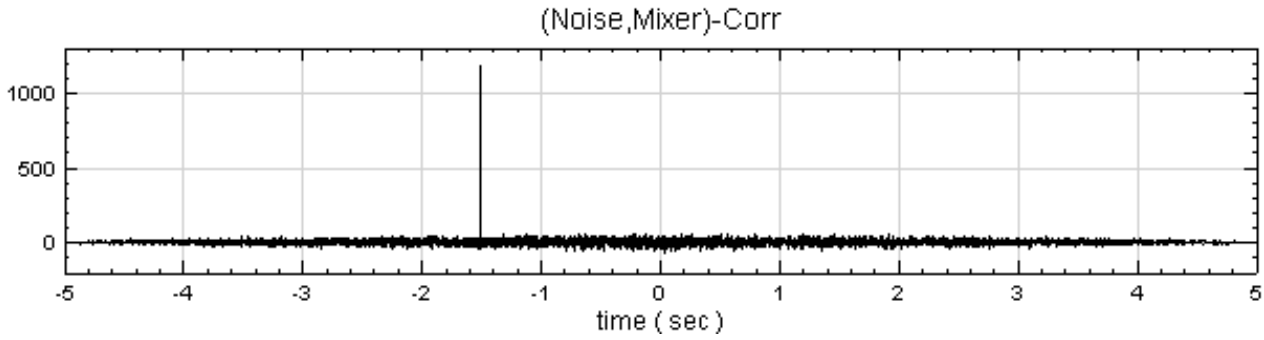
3. 再產生一組 TimeLength 為 1.5 秒的 Noise，將此 Noise 與 Time Shift 後的訊號作 Compute / Channel / Mixer 形成第二個訊號源，再以 Channel Viewer 繪出。





4. 將訊號 Noise 與 Mixer 一起作 Cross Correlation，再用 Channel Viewer 繪出結果。





上圖代表輸入訊號 1 與訊號 2 在時間點為 -1.5 sec 時有很強的相關性，基本上第二個輸入訊號在 1.5 sec 至 5 sec 的資料與第一個輸入訊號 0 秒至 3.5 秒的資料是完全一樣的，此結果符合兩輸入訊號的特性。

相關指令

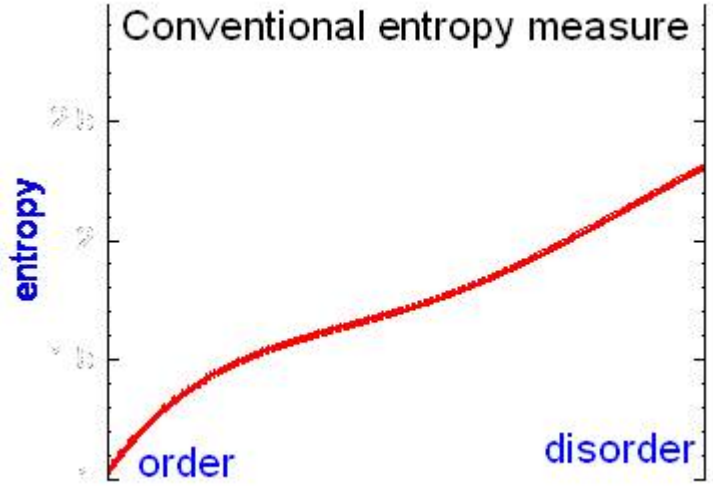
Auto Correlation、Data Selection、Mixer、Time Shift

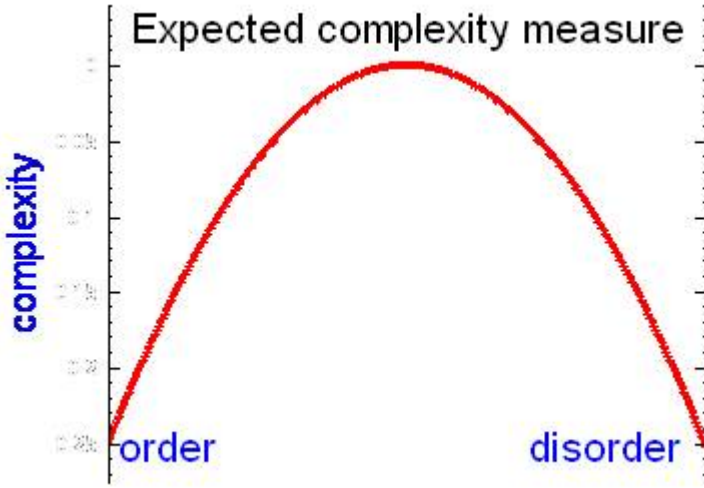
4.11.8 MSE

MSE 是 Multi-Scale Entropy（多尺度熵）之縮寫，是分析系統的時間序列的複雜度。複雜度越高代表系統愈健康。此法可應用於分析生物（biological）、地球科學（earth science）及機械振動（mechanical vibration）的訊號。

此複雜度的意義與傳統熵（Entropy）值有所不同；在傳統熵值觀念中若系統愈規則熵值愈低反之系統愈混亂熵值愈高。在新的☒念中，複雜度愈高代表系統愈健康（在此高低是相對量），系統太規則或系統太混亂都是不健康的狀

況（因為此時複雜度較健康系統低）。將每個尺度的時間序列，計算出對應的熵值，即為多尺度訊號熵分析，訊號的複雜度則展現在多種尺度下熵值的變化。





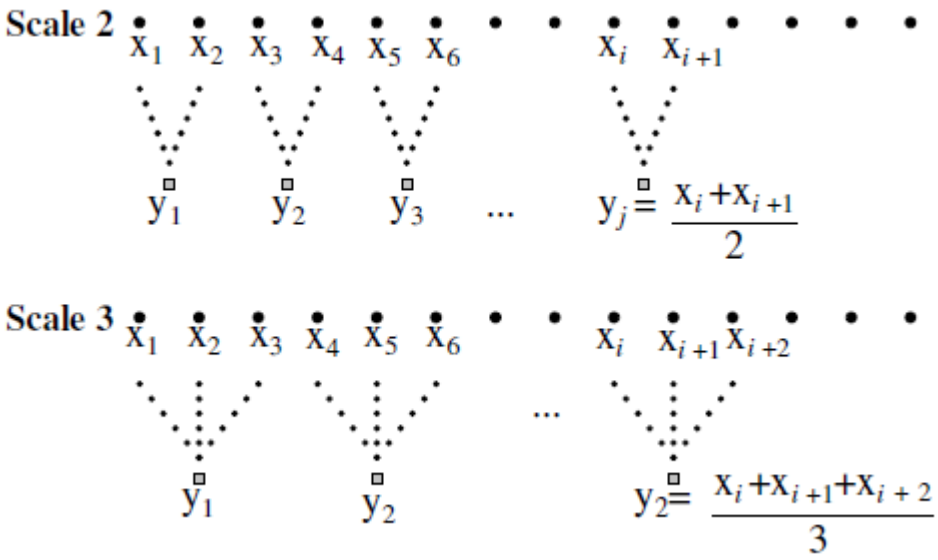
計算多尺度熵有兩個步驟：

1. Coarse-Graining

假設有一數列 $x_i = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$，在尺度（scale）為 τ 下，用 Coarse-Graining 方法得出一個新序列 $y_j^{(\tau)}$，定義如下：

$$y_j^{(\tau)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=j\tau}^{(j+1)\tau-1} x_i, \quad 0 \le j < n \equiv \frac{N}{\tau}$$

Coarse-Grained 數列 $y_j^{(\tau)}$ 中每個點即為在尺度 τ 下每段「Coarse-Grain」$\{x_{j\tau}, x_{j\tau+1}, \dots, x_{(j+1)\tau-1}\}$ 之平均數，如下圖：



2. Entropy

接著對每個尺度 τ 下的 Coarse-Grained 數列 $y^{(\tau)}$ 計算 Entropy （En_τ），得出一個 Entropy vs. τ 序列：

$$En_\tau = \{En_1, En_2, \dots, En_T\}, \quad T \equiv \text{max. scale} < N$$

本模組中 Entropy 的計算的有四種選擇：

* Shannon

Shannon Entropy 為最基本的熵定義：

$$S_{En}^{(\tau)}(h) = -\sum_{i=0}^{h-1} p_i^{(\tau)} \log_2 p_i^{(\tau)}$$

$p^{(\tau)}$ 定義為 Coarse-Grained 數列 $y^{(\tau)}$ 之常規化分布統計數列，亦即概率分布：

$$p^{(\tau)} = \{p_0, p_1, p_2, \dots, p_{h-1}\}, \quad 0 \le i < h$$

計算方法可將 $y^{(\tau)}$ 數列由 y_{min} 至 y_{max} 的數值範圍分割為 h 個分格，每一個分格統計 $y^{(\tau)}$ 數列在該分格數值範圍的數目，再除以數列長度 n。

* Spectral

Spectral Entropy 利用 Coarse-Grained 數列 $y^{(\tau)}$ 的 Power Spectrum 頻譜，以其頻譜總和常規化後當作概率分布 $p^{(\tau)}$，再用上述 Shannon Entropy 定義計算出每個尺度 τ 的熵值。上式之 h 在這裡定義為頻譜之頻率分格數。

* Approximate

$$A_{En}^{(\tau)}(m, r, n) = \frac{1}{(n-m)} \ln \sum_{i=0}^{n-m-1} \ln \frac{n_i^m}{n_i^{m+1}}$$

n_i^m 為 Coarse-Grained 數列 $y^{(\tau)}$ 中所有距離很接近之長度為 m 的子數列向量數目，定義如下：

數列 $y^{(\tau)}$ 中由 i 開始，長度 m 之子數列向量定義為

$$u_m(i) = \{y_i, y_{i+1}, \dots, y_{i+m-1}\}, \quad 0 \le i < n-m, \quad m < n$$

兩個子數列 $u_m(i), u_m(j)$ 之間的距離定義為

$$d[u_m(i), u_m(j)] = \max\{|u(i+k) - u(j+k)|\}, \quad 0 \le k < m$$

則 n_i^m 定義為滿足以下條件之的子向量數目：

$$d[u_m(i), u_m(j)] \leq r \cdot \sigma$$

其中 r 為容忍誤差值，σ 為輸入資料標準差。

* Sample

Sample Entropy 改良於上述 Approximate Entropy，使計算出的熵值在大範圍的 r, m, n 變數中更有一致性，因此可以用更短的數列長度增加計算效率。Sample Entropy 定義如下：

$$S_{En}^{(\tau)}(m, r, n) = \ln \frac{\sum_{i=0}^{n-m-1} n_i^m}{\sum_{i=0}^{n-m-1} n_i^{m+1}}$$

此處 n_i^m 定義與上述雷同，唯一不同處為在比較子數列向量之間的距離時忽略同一向量，即 $i = j$ 的情況。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel ），Regular 的訊號(Signal)、聲音訊號（Audio）輸入；輸出訊號格式為實數，單通道或多通道，Regular 的訊號。參數說明詳見下表。

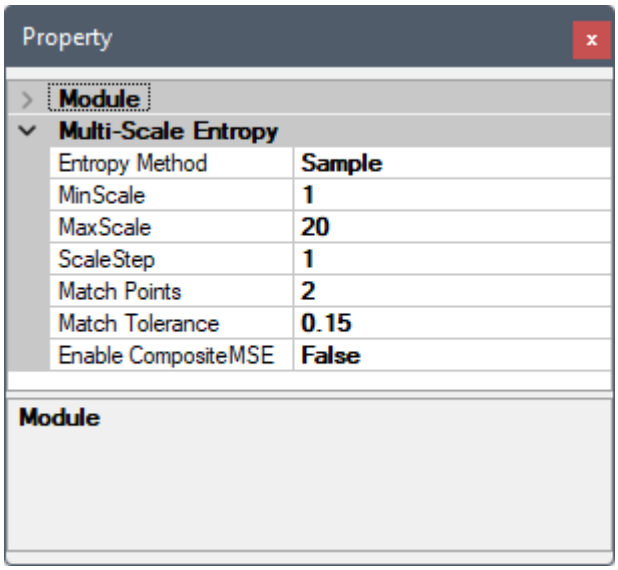


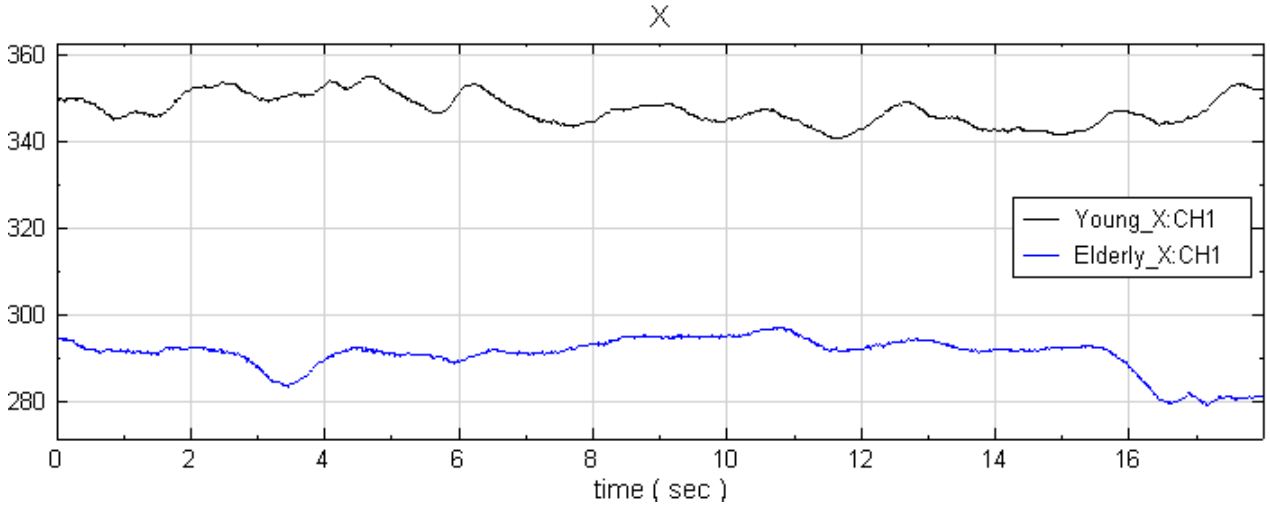
Table 4.146: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Entropy Method	選擇熵的計算方法（見上文說明）： • Sample • Approximate • Spectral • Shannon	Sample
MinScale	最小尺度。作多尺度分析時設定尺度縮放之下限值	1
MaxScale	最大尺度。作多尺度分析時設定尺度縮放之上限值	20
ScaleStep	尺度步長，於尺度上限以下取一步幅長，依此步幅長遞增（減）尺度至最大（小）尺度。	1
MatchPoint	Entropy Method 設定為 Sample 或 Approximate 時，可設定比較相似度之數列長度，即上述相關定義中之 m。	2
MatchTolerance	Entropy Method 設定為 Sample 或 Approximate 時，可設定判斷相似度所設定的容忍誤差值，即上述相關定義中的 r，單位為輸入資料之標準差	0.15
BinCount	Entropy Method 設定為 Shannon 時，可設定計算概率之分格數，即上述相關定義中的 h	10
Eable Composite MSE	設定是否開啟組合式 MSE，即加入少量白噪音多次重複計算 MSE 後合併結果，可用較少的資料得出較平滑的 MSE 結果	False

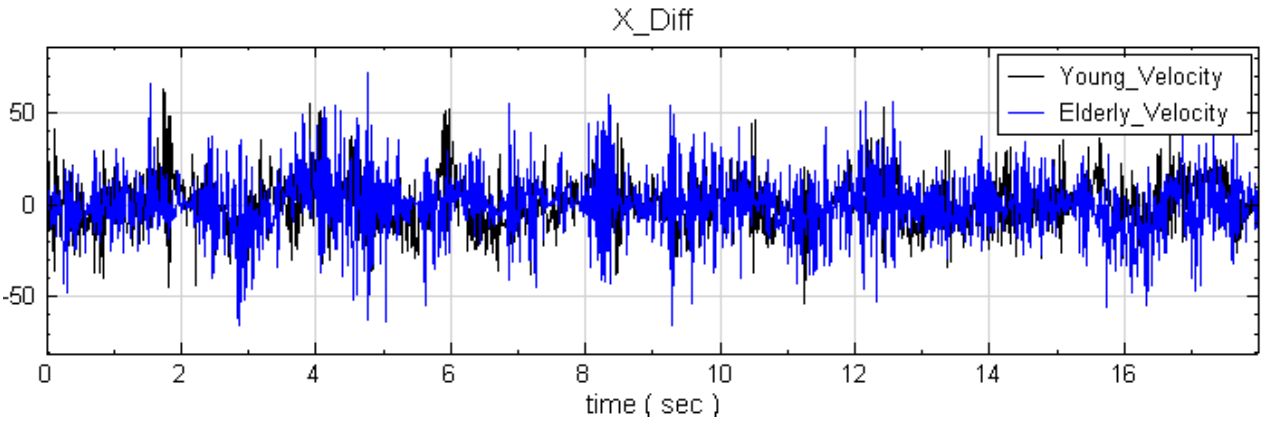
範例

本範例針對人體生理訊號為分析：

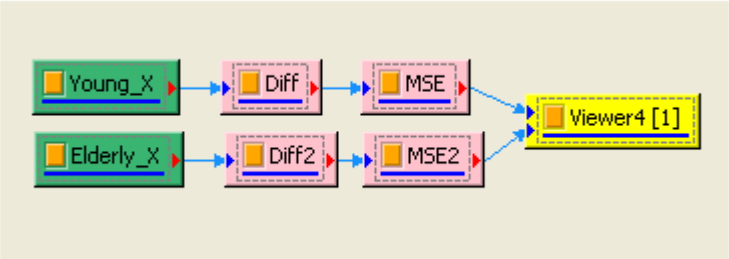
1. 於 Project 視窗下，載入兩筆資料，分別為年輕人及老年人站立時的 Center of Pressure（COP），在 X 方向隨時間的變化，利用 Viewer / Channel Viewer 觀察結果。

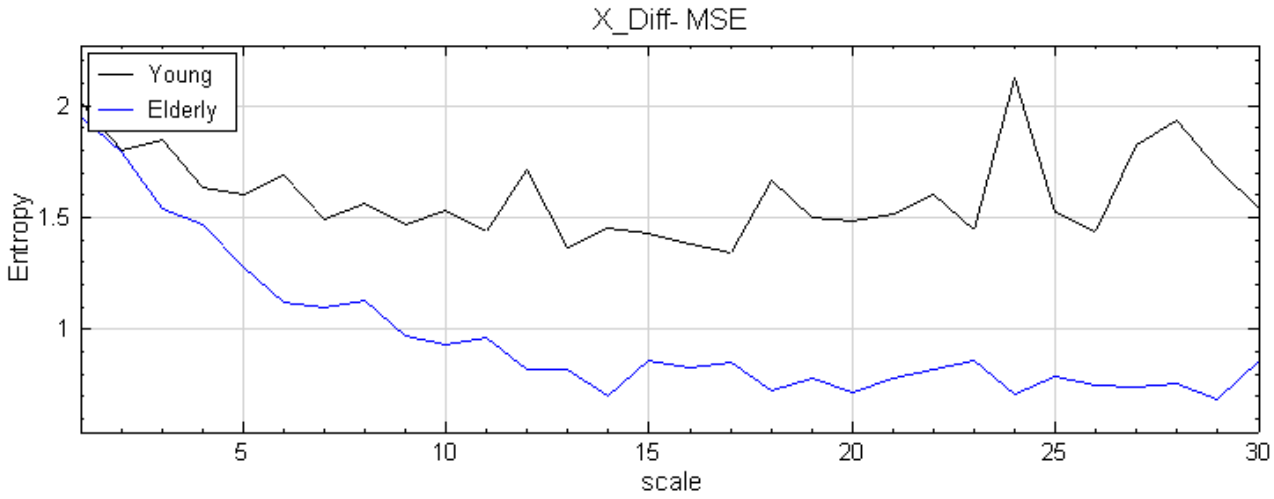


2. 為了解保持身體平衡的能力，再將其原始訊號經過微分，得到 COP 的速度變化，如下圖。

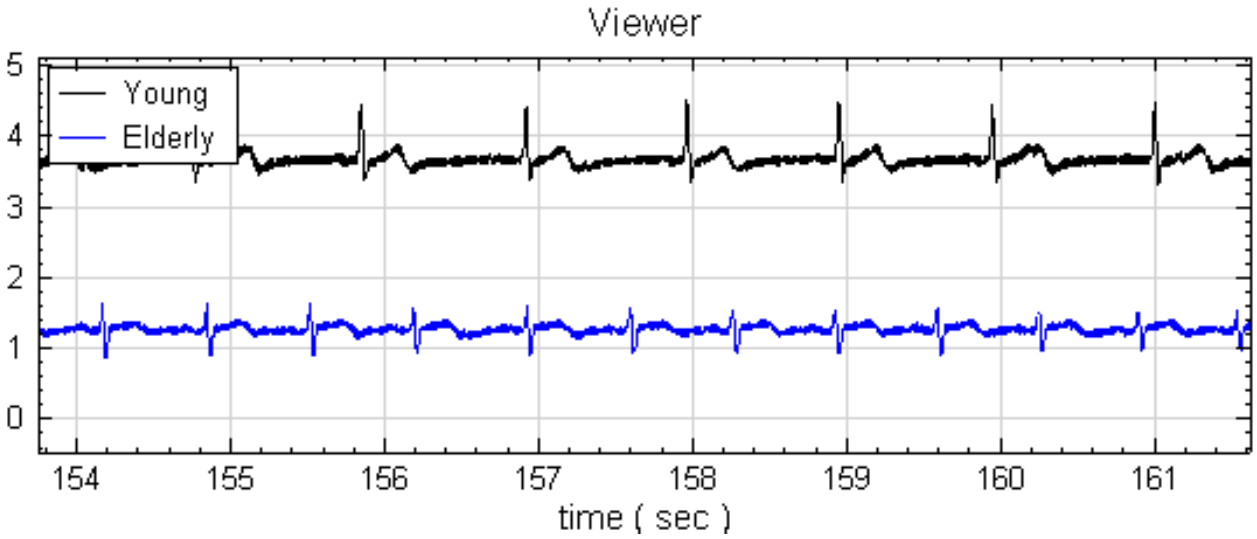


3. 最後將兩速度訊號經過 Compute / Transform / MSE 計算，利用 Viewer / Channel Viewer 觀察結果，發現年長者平衡感較差，COP 之改變較無彈性，是故熵隨尺度變大而衰減；而年輕人平衡感好，COP 移動靈活，熵幾不隨尺度而改變。

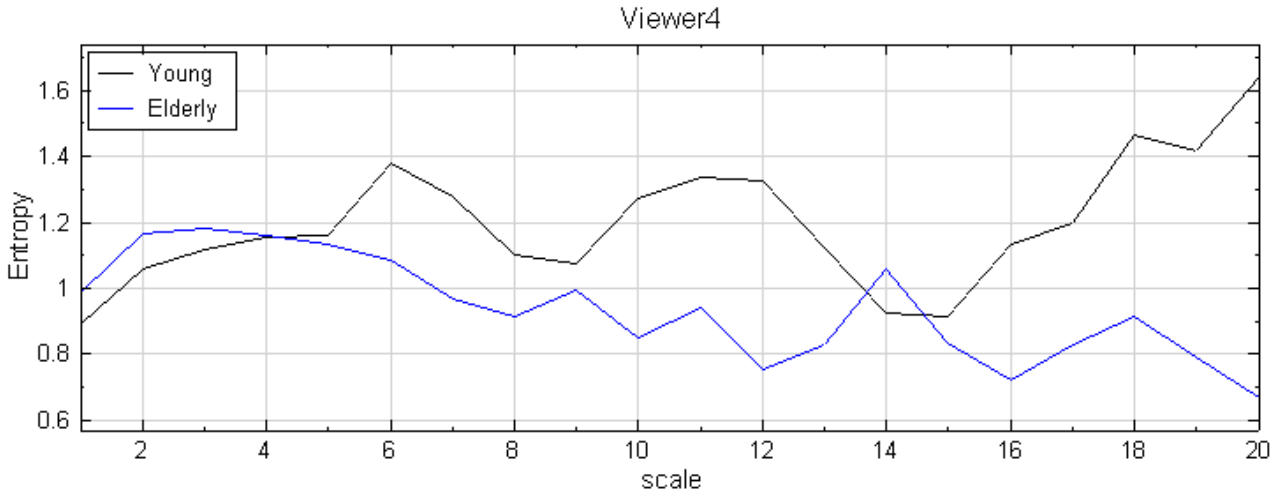




4. 再討論另一個例子，18 歲健康年輕人及 55 歲健康中年人，分別量取其 ECG，ECG 結果如下圖顯示。



5. 分別將兩個人的 ECG 分別計算出兩心跳間的時距，即所謂的 R-R Interval，最後利用 MSE 計算，其結果如下圖。並可以解釋年輕人的 ECG 與中年人的 ECG 作比較，年輕人的訊號複雜度較中年人來的高，年輕人心臟比較能應付外在各種變化，並進行調節心臟跳動。



相關指令

Noise、R-R Interval、Channel Viewer

參考資料

1. Pincus, S. M., Approximate entropy as a measure of system complexity, Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, Vol. 88, pp. 2297-2301 (1991).

2. Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K. Multiscale entropy analysis of physiologic time series. Phys Rev Lett 2002; 89:062102.

3. Costa M, Peng C-K, Goldberger AL, Hausdorff JM. Multiscale entropy analysis of human gait dynaiics. Physica A ,2003;330:53-60.

4. Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K. Multiscale entropy analysis of biological signals. Phys Rev E 2005;71:021906.

4.11.9 Coherence

同調性（Coherence）用於評估兩組訊號間頻率之相關性。輸入為兩組相同時序與取樣頻率之訊號，輸出為頻率之函數，其數值介於 0 與 1 之間。

說明

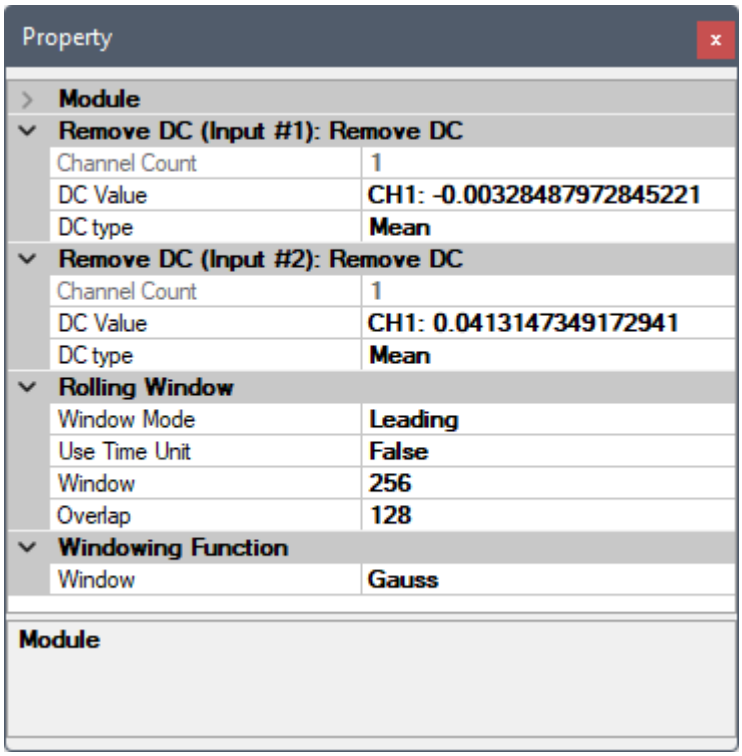
給定兩時域訊號 $x(t)$ 和 $y(t)$，Coherence 數學定義：

$$C_{xy}(f) = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_{xx}(f)G_{yy}(f)}$$

1. $G_{xx}(f)$ 和 $G_{yy}(f)$ 各為 x 和 y 的功率譜密度 (power spectral density, PSD)，$G_{xy}(f)$ 為 x 和 y 的交叉譜密度 (cross-spectral density)。
2. $0 \leq C_{xy}(f) \leq 1$，0 為完全不同調，1 為完全同調。

參數設定

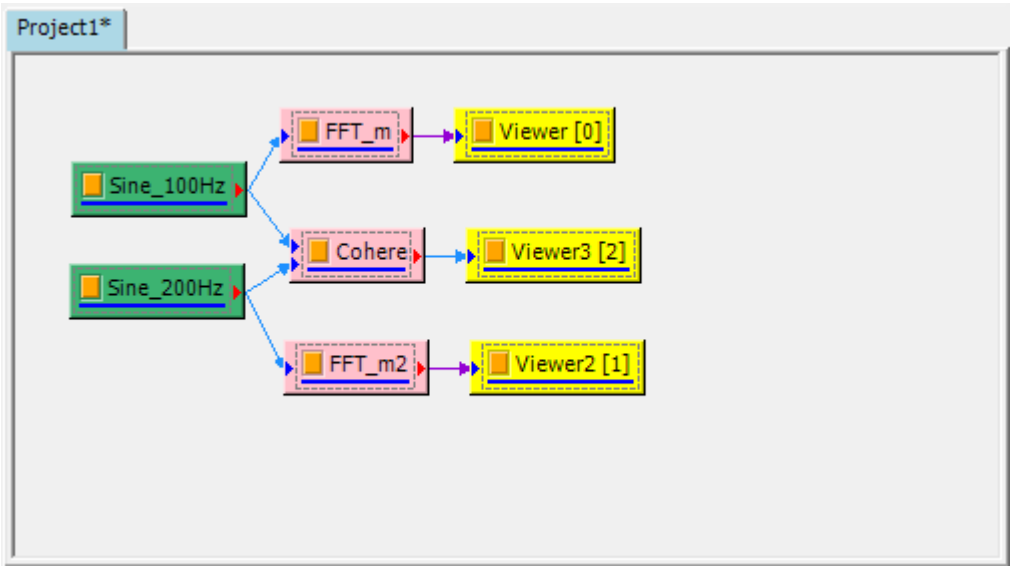
本模組接受實數 (Real Number)，單通道 (Single Channel) 或多通道 (Multi-Channel) ，Regular 的訊號 (Signal) 或聲音訊號 (Audio) 輸入。輸出為以頻率為函數之 Coherence 值。



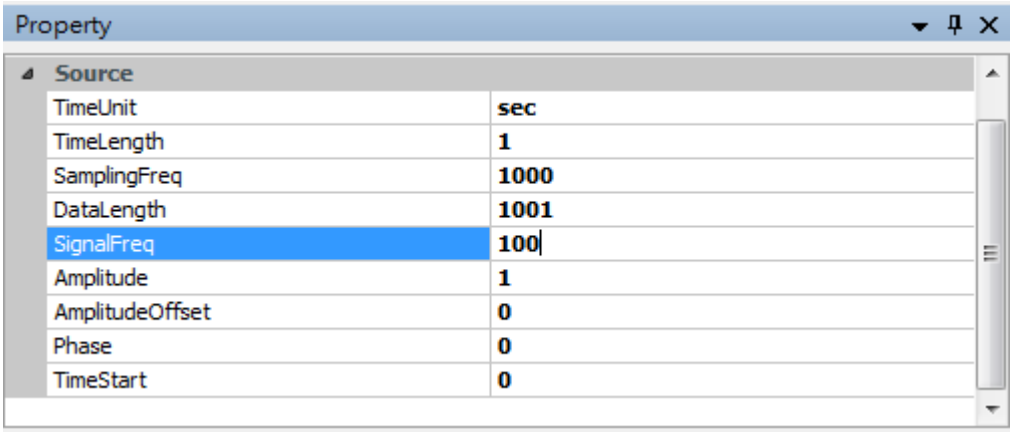
主要調整參數為 RemoveDC、滾動窗計算、與窗函數等設定。此三者為內嵌元件：RemoveDC 可移除訊號的直流部分，每個輸入各有一個 RemoveDC 欄位可分別設定，參數設定可參考【Remove DC】章節說明；滾動窗計算參數可參考【Rolling Window】章節說明；窗函數應用於每個滾動窗，可降低洩漏效應對轉換的影響，參數設定可參考【Signal Windowing】章節說明。

範例

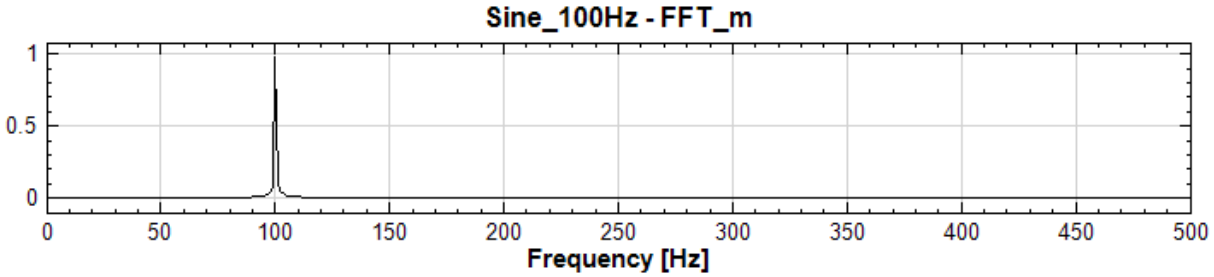
建立兩正弦波，並以 Coherence 進行分析。



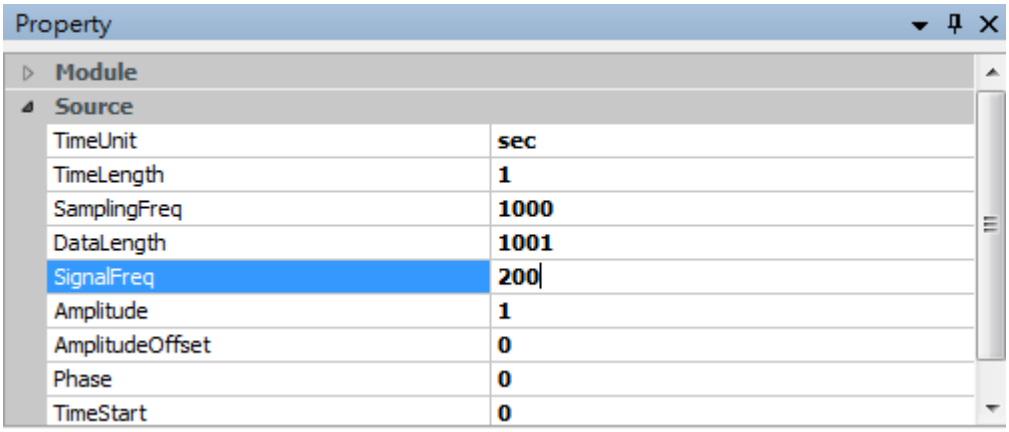
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波，調整 Property / SingalFreq 為 100，而得頻率為 100Hz 之正弦波。

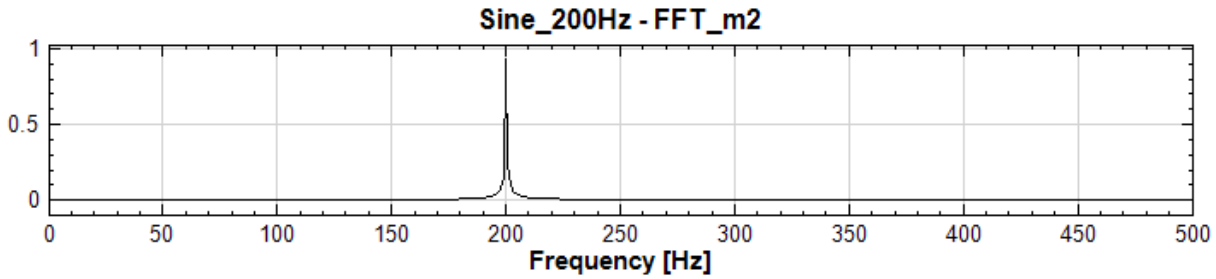


2. 點選 Sine 按右鍵選擇 Compute / Transform / FFT Viewer Marco，以頻譜圖示意其正弦波之頻率。



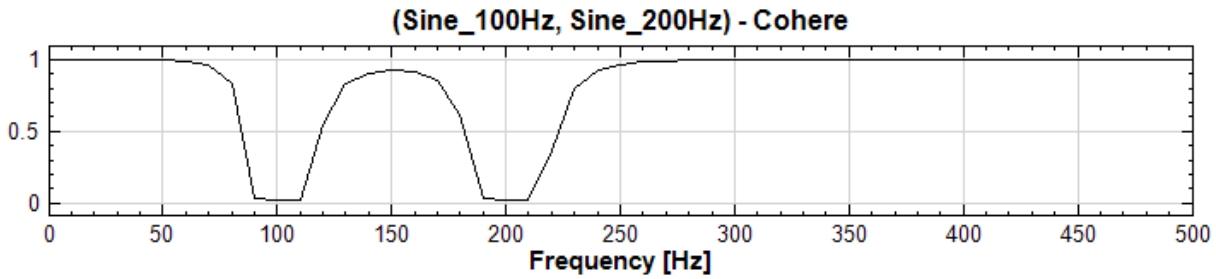
3. 重複 1. 至 2. 步驟，產生一頻率為 200Hz 之正弦波與其頻譜圖。





4. 點選 100Hz 之 Sine 訊號源按右鍵選擇 Compute / Transform / Coherence，並將 200 Hz 之 Sine 訊號源與 Cohere 連結。

5. 點選 Cohere 按右鍵選擇 Viwer / Channel Viewer，顯示 Coherence 之結果。



觀察結果可發現於 100Hz 及 200Hz 之 Coherence 值接近於 0，表示兩組訊號於此頻率為不同調；而其它頻段之 Coherence 值為 1，表示兩組訊號於其它頻率為同調。因此兩組訊號僅分別為 100Hz 及 200Hz，而無其他頻率存在，故在其它頻段皆為同調。

參考資料

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Coherence_(signal_processing)

1. http://www.ym.edu.tw/~cflu/MedSigProcess_Class10_CFLu.pdf

1. https://www.mathworks.com/examples/signal/mw/signal-ex53096804-coherence-function

4.11.10 Signal Windowing

Signal Windowing 是指在定義的有限時間區間內，將原始訊號乘上一個特定形式的窗函數 (Window Function)，以便後續做訊號處理，任何函數與窗函數之積仍為窗函數。窗函數在頻譜分析、濾波器設計、波束形成以及音頻數據壓縮等方面有廣泛的應用。

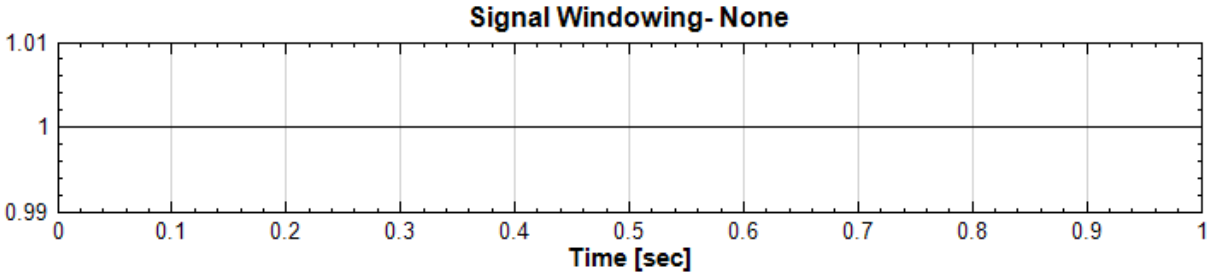
說明

Signal Windowing 提供 “None”、“Barlett”、“Blackman”、“Flat Top”、“Hanning”、“Hamming”、“Guass” 七種窗函數可選擇，定義與圖形如下說明：

1. None:

$$w[n] = 1, 0 \leq n \leq N-1$$

$$w[n] = 0, otherwise$$

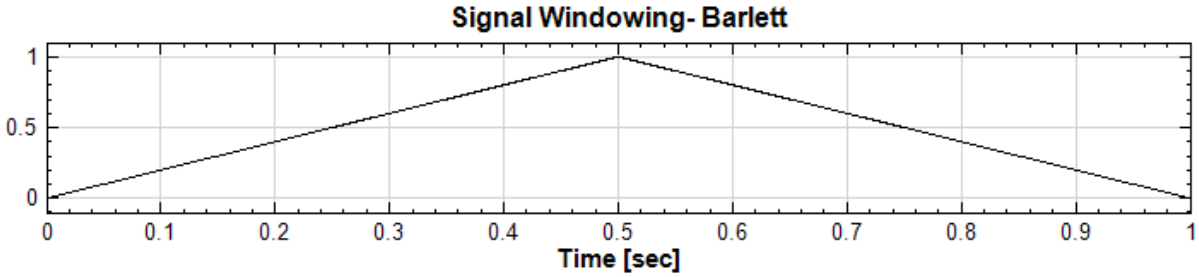


2. Barlett:

$$w[n] = \frac{2n}{N-1}, 0 \leq n \leq \frac{N-1}{2}$$

$$w[n] = 2 - \frac{2n}{N-1}, \frac{N-1}{2} \leq n \leq N-1$$

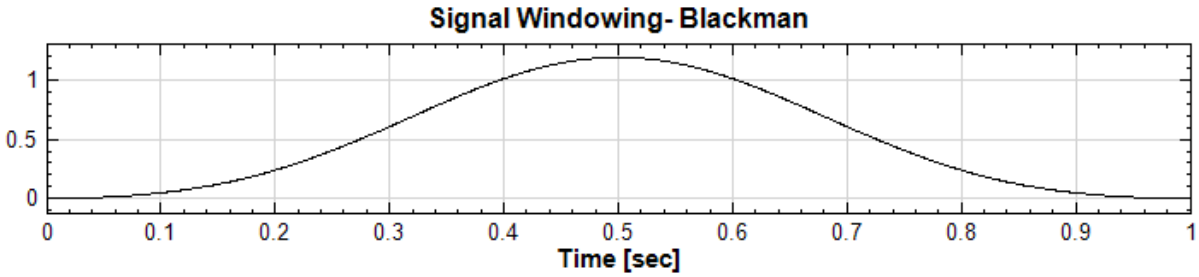
$$w[n] = 0, otherwise$$



3. Blackman:

$$w[n] = \frac{\alpha - 1}{2} - \frac{1}{2}cos(\frac{2\pi n}{N-1}) + \frac{\alpha}{2}cos(\frac{4\pi n}{N-1}), 0 \leq n \leq N-1$$

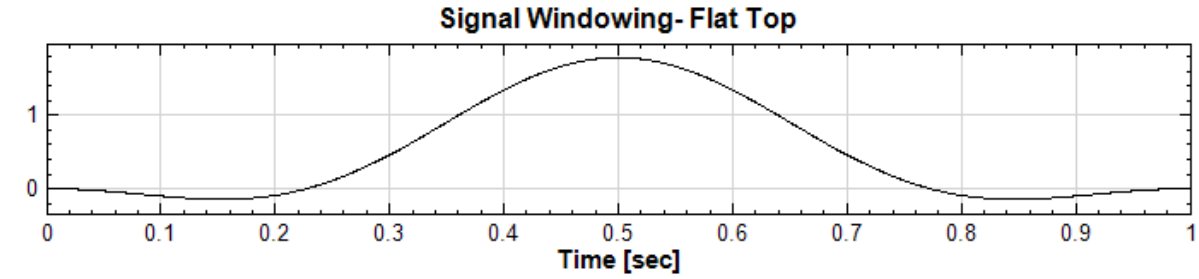
$$w[n] = 0, otherwise$$



4. FlatTop:

$$w[n] = 1 - 1.93cos(\frac{2\pi n}{N-1}) + 1.29cos(\frac{4\pi n}{N-1}) - 0.388cos(\frac{6\pi n}{N-1}) + 0.032cos(\frac{8\pi n}{N-1}), 0 \leq n \leq N-1$$

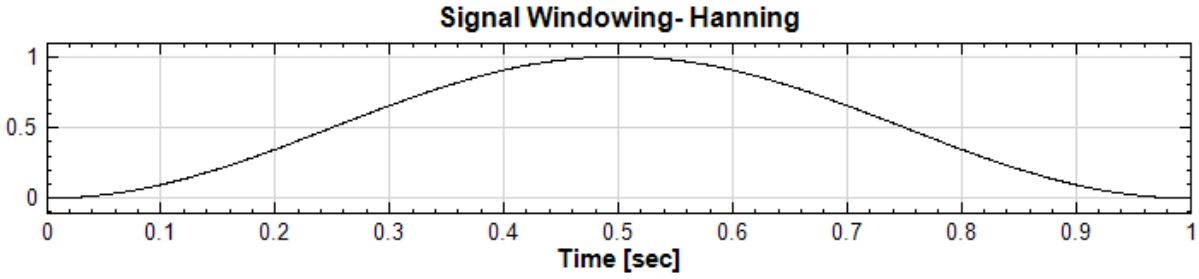
$$w[n] = 0, otherwise$$



5. Hanning:

$$w[n] = 0.5 - 0.5cos(\frac{2\pi n}{N-1}), 0 \leq n \leq N-1$$

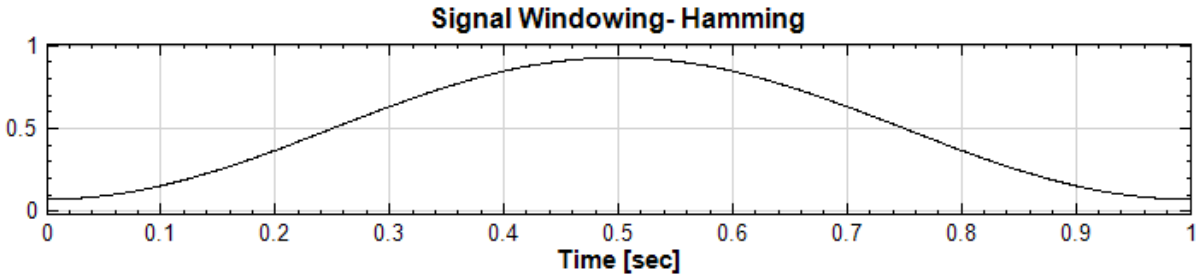
$$w[n] = 0, otherwise$$



6. Hamming:

$$w[n] = 0.54 - 0.46cos(\frac{2\pi n}{N-1}), 0 \leq n \leq N-1$$

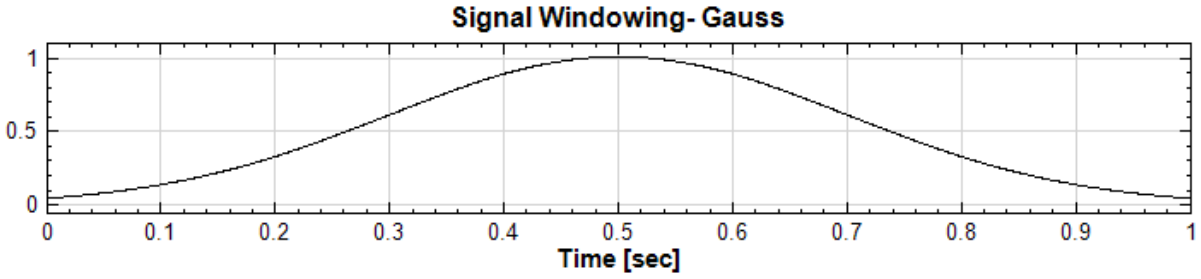
$$w[n] = 0, otherwise$$



7. Gauss:

$$w[n] = e^{-\frac{1}{2}(\frac{n-(N-1)/2}{\theta(N-1)/2})^2}, \theta \leq 0.5$$

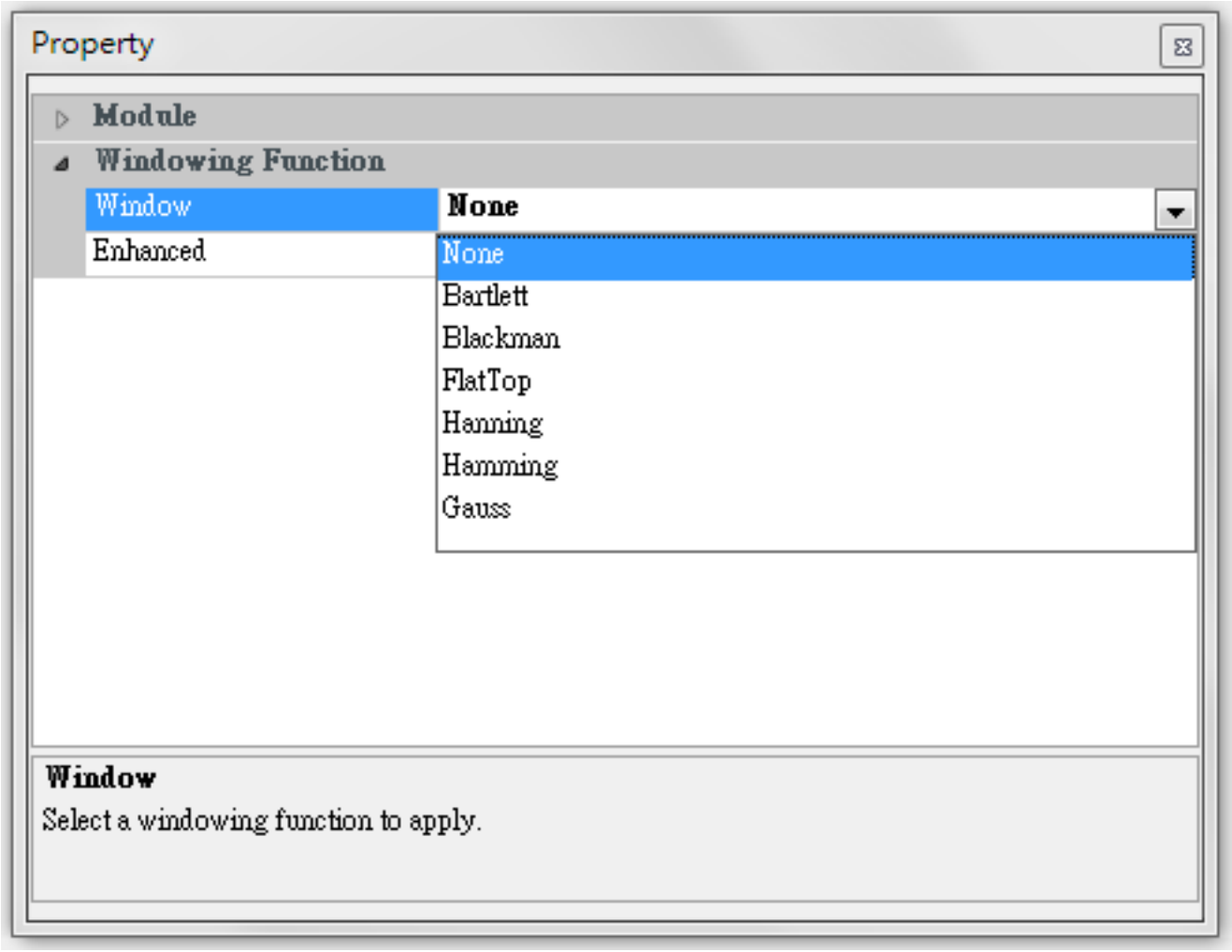
$$w[n] = 0, otherwise$$



參數設定

Table 4.147: Window 參數設定

參數名稱	說明	預設值
Window	選擇窗函數 (Window Function) 的類型，共有 None、Bartlett、Blackman、FlatTop、Hanning、Hamming、Gauss 七種類型	None
Enhanced	選擇 True，可額外調整 Normalized、Half Window、Alpha、Peak 等參數，詳見以下介紹	False


Property
Module
Windowing Function
Window
None
Enhanced
None
Bartlett
Blackman
FlatTop
Hanning
Hamming
Gauss
Window
Select a windowing function to apply.

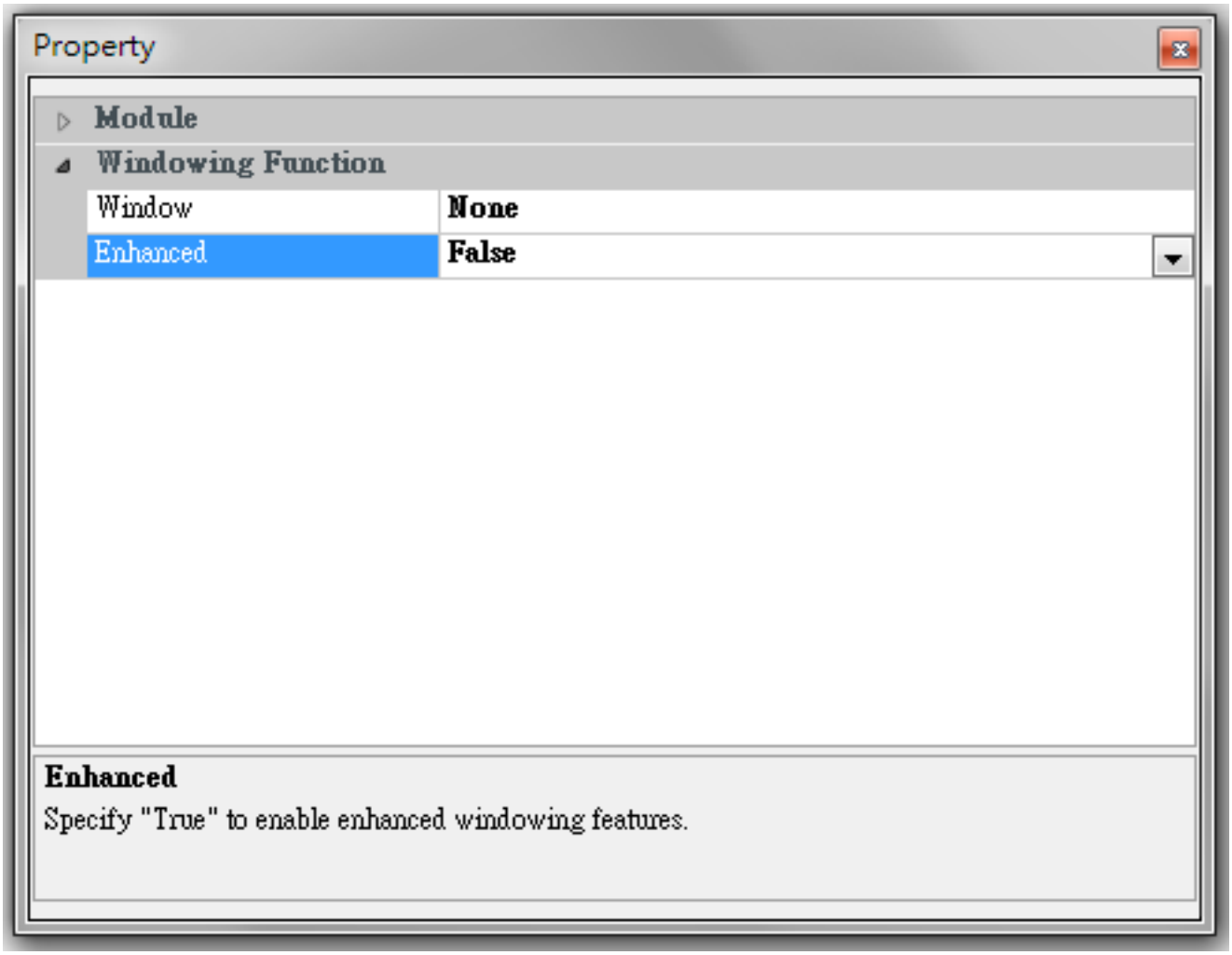
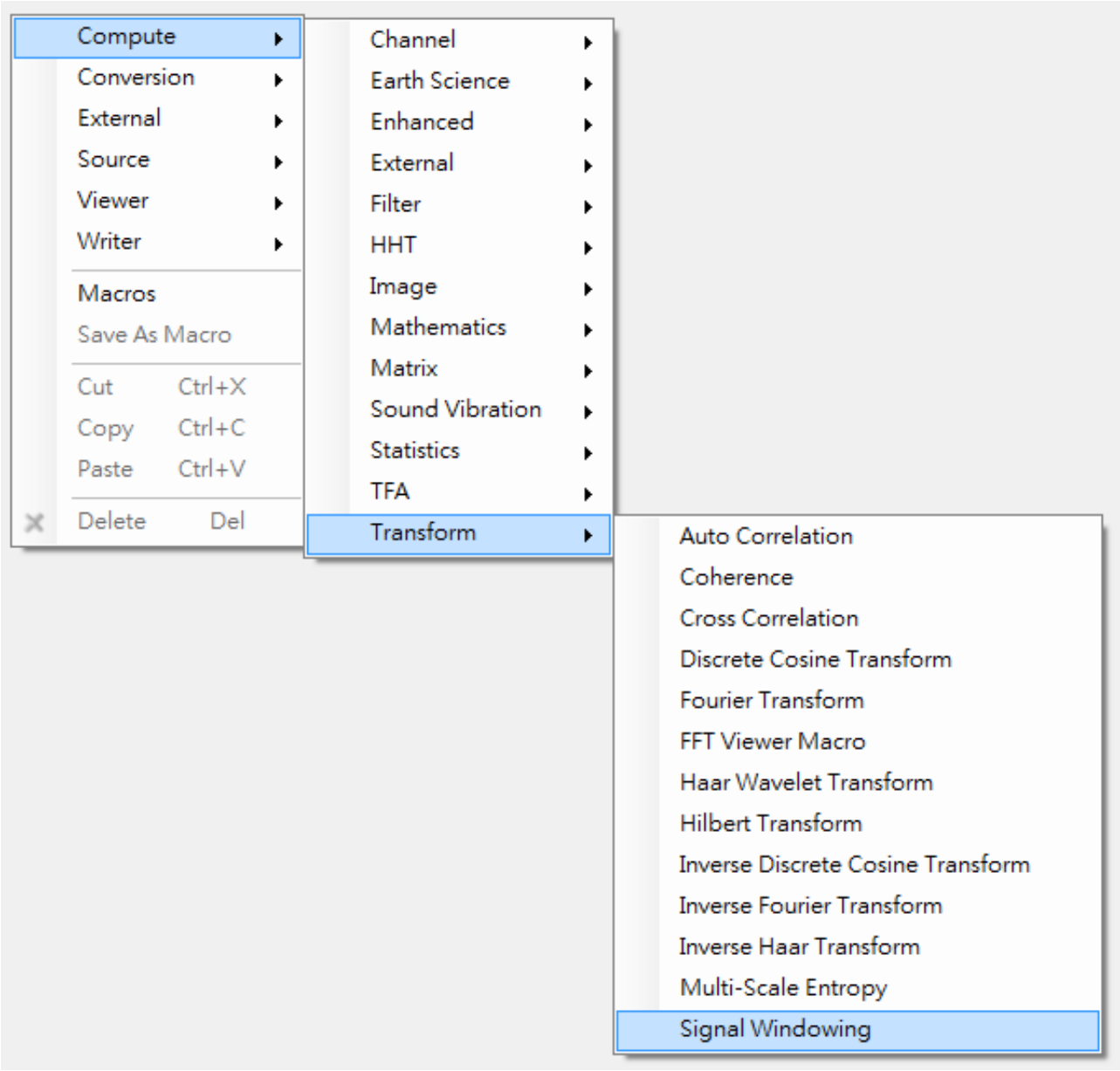


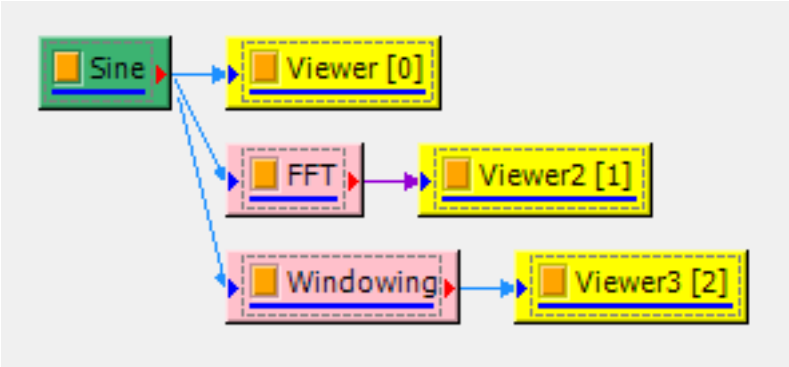
Table 4.148: Enhanced 參數設定

參數名稱	說明	預設值
Normalized	是否將函數值正規（True/False）	True
Half Window	設定 Half-Windowing 的位置（Center/Left/Right）	Center
Alpha	設定 Blackman、Gauss 和 Flattop 的 α 值	Auto
Peak	設定 Gauss 的 peak 值	Auto

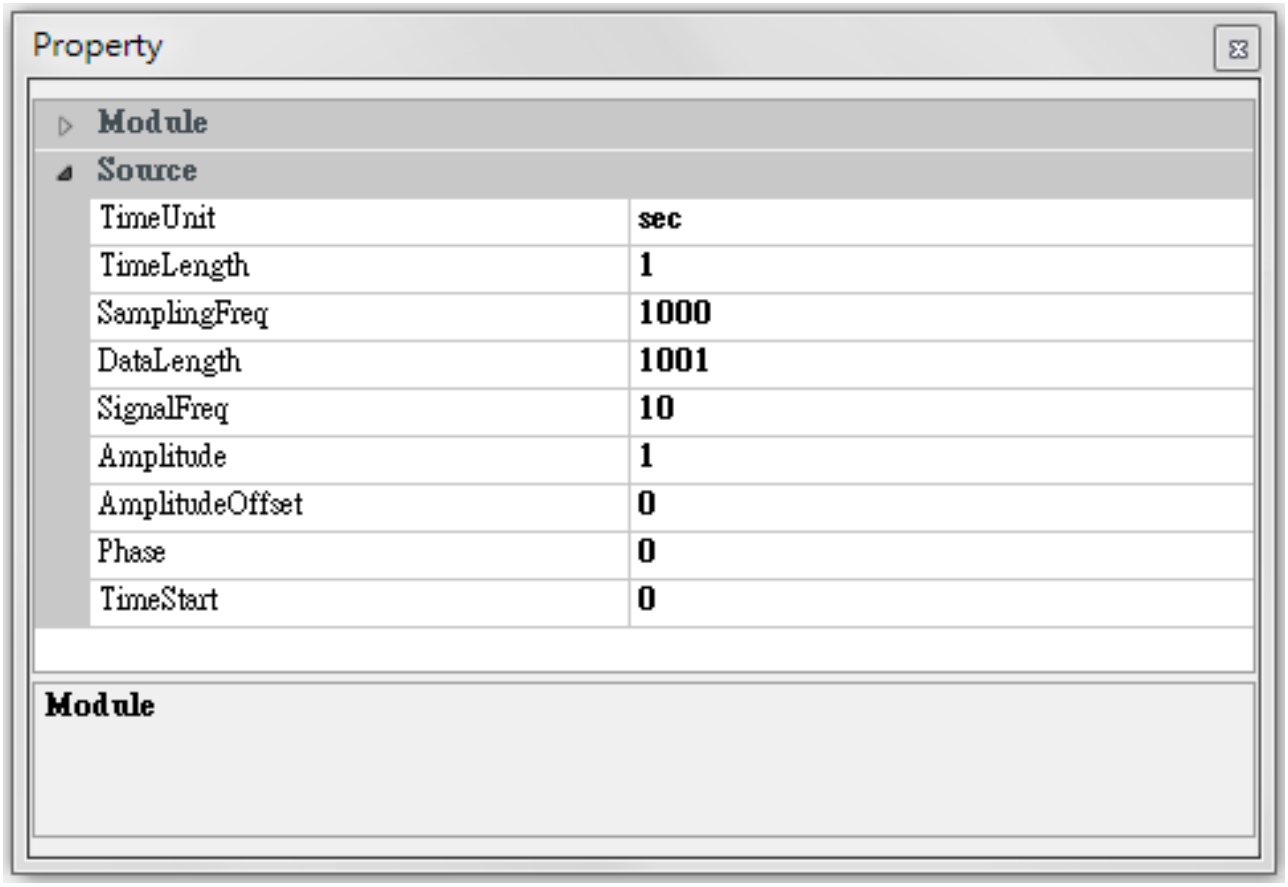
範例

1. 從 Source/Sine Wave 新增一正弦波，利用 Compute/Transform 做傅立葉轉換 FFT，再用 Channel Viewer 觀察 Sine Wave 的頻譜圖。接下來利用 Compute/Transform/Signal Windowing 改變 Sine Wave 的窗函數 (Window Function)，並且再做傅立葉轉換 FFT 和 Channel Viewer 觀察不同窗函數對 Sine Wave 的影響及變化。

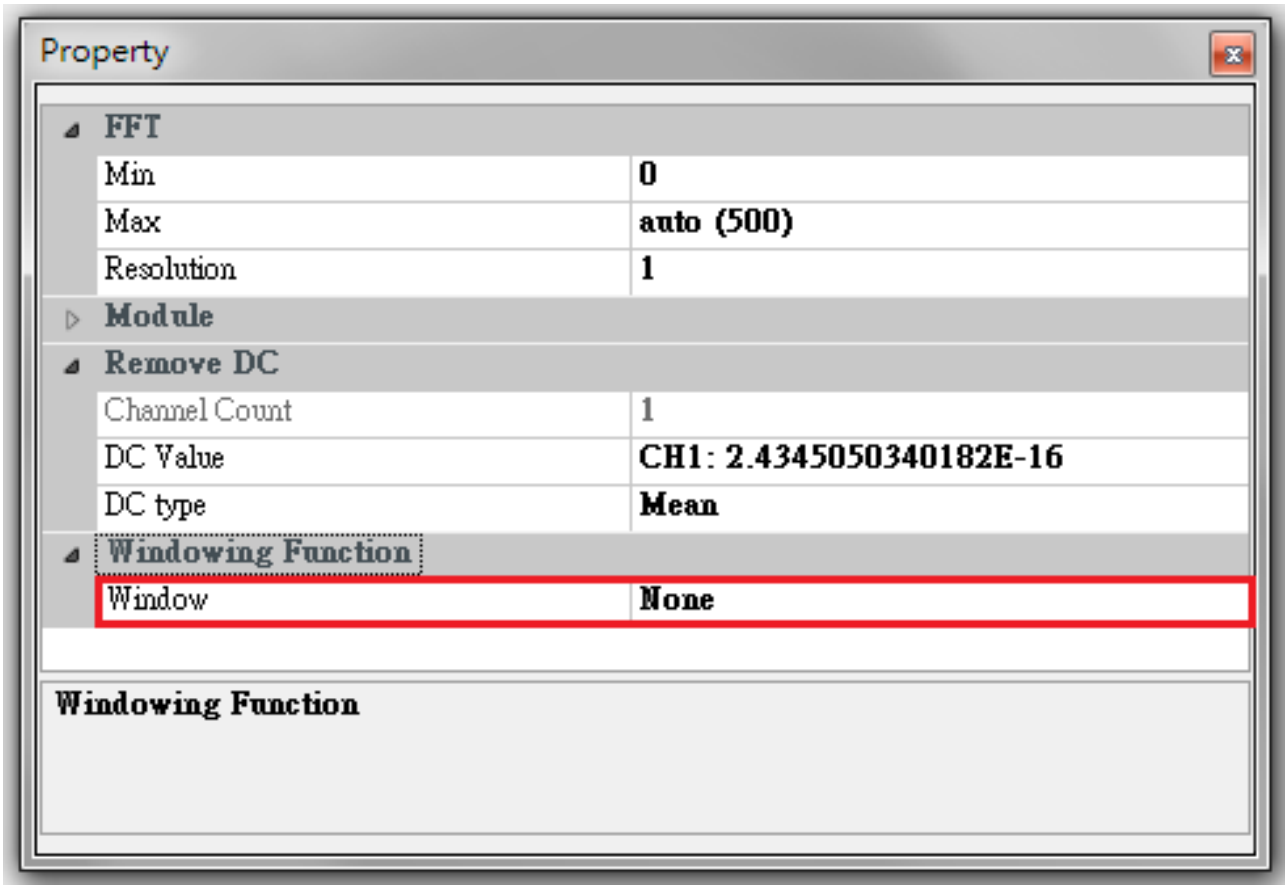




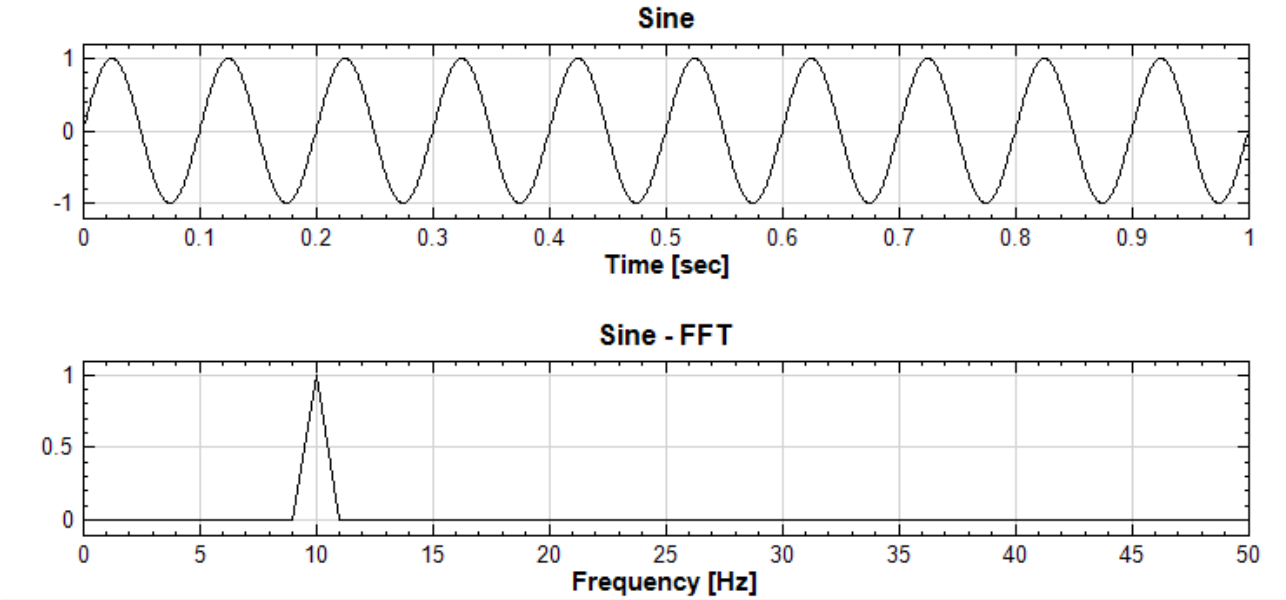
2. Sine Wave 原始參數設定如下。



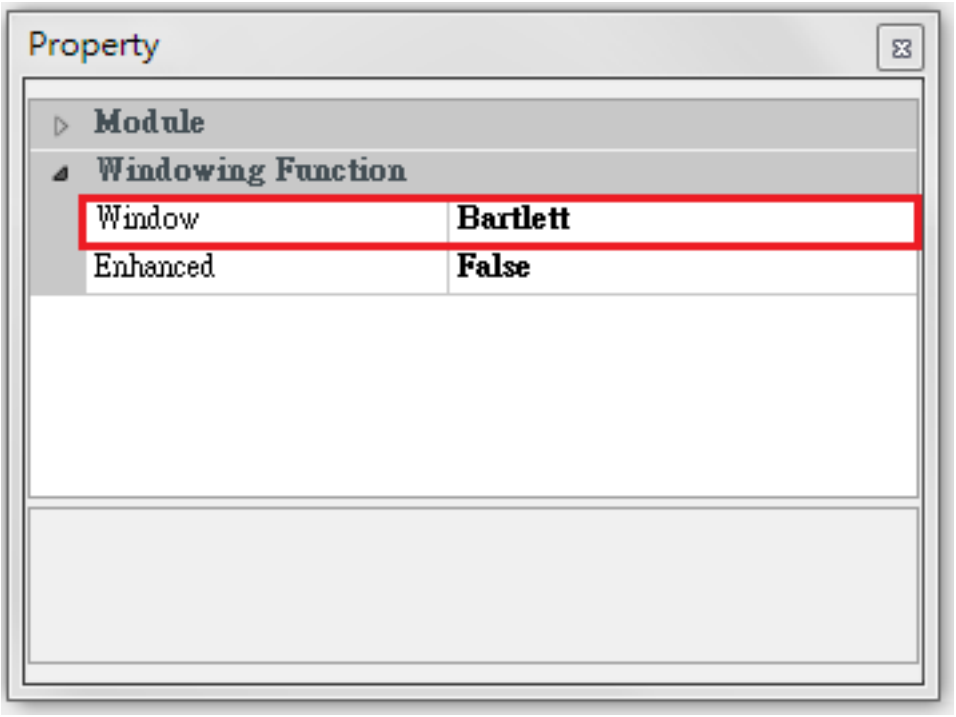
3. FFT 參數設定如下，注意參數 Window 需選擇「None」，避免和 Signal Windowing 重複運算。

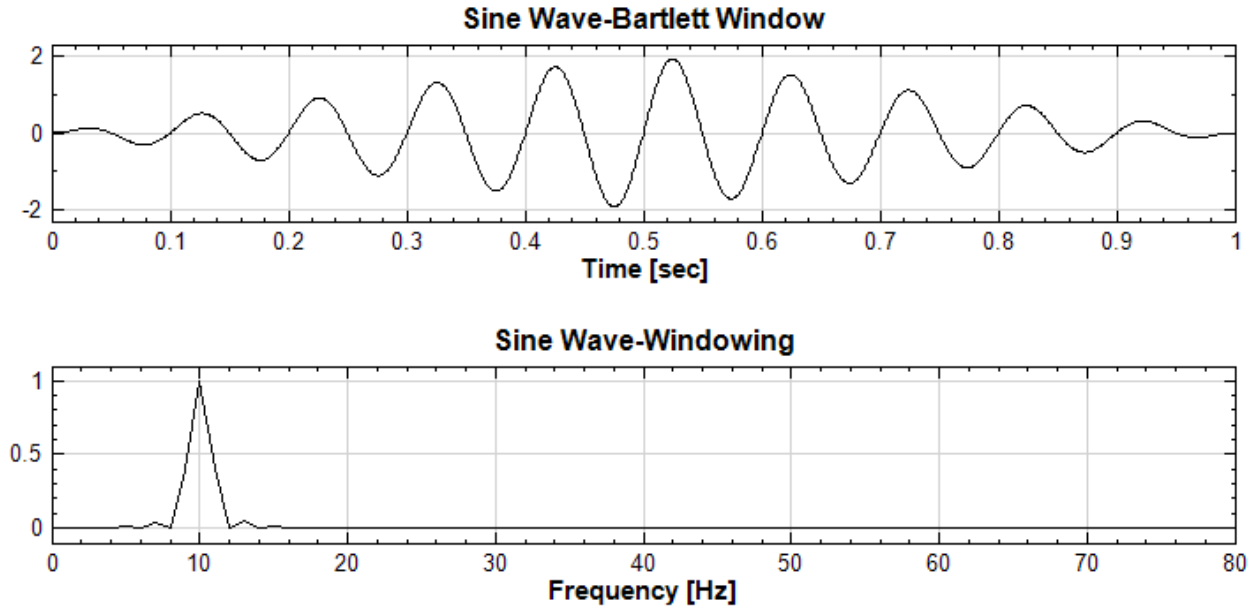


4. Sine Wave(Frequency=10Hz, Amplitude=1) 原始訊號和 FFT 頻譜圖如下。

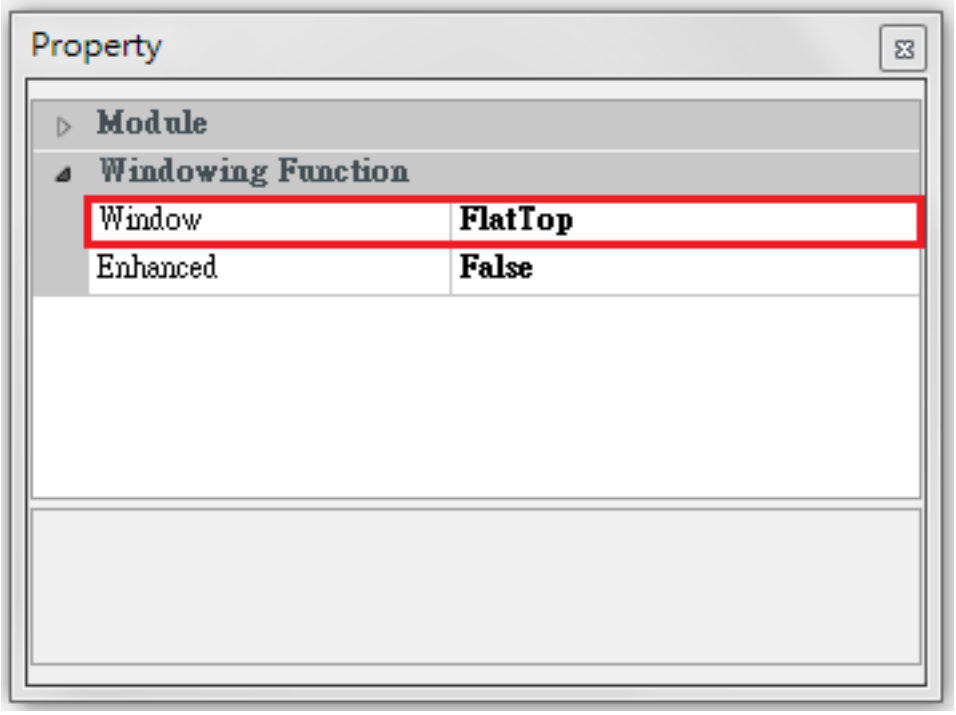


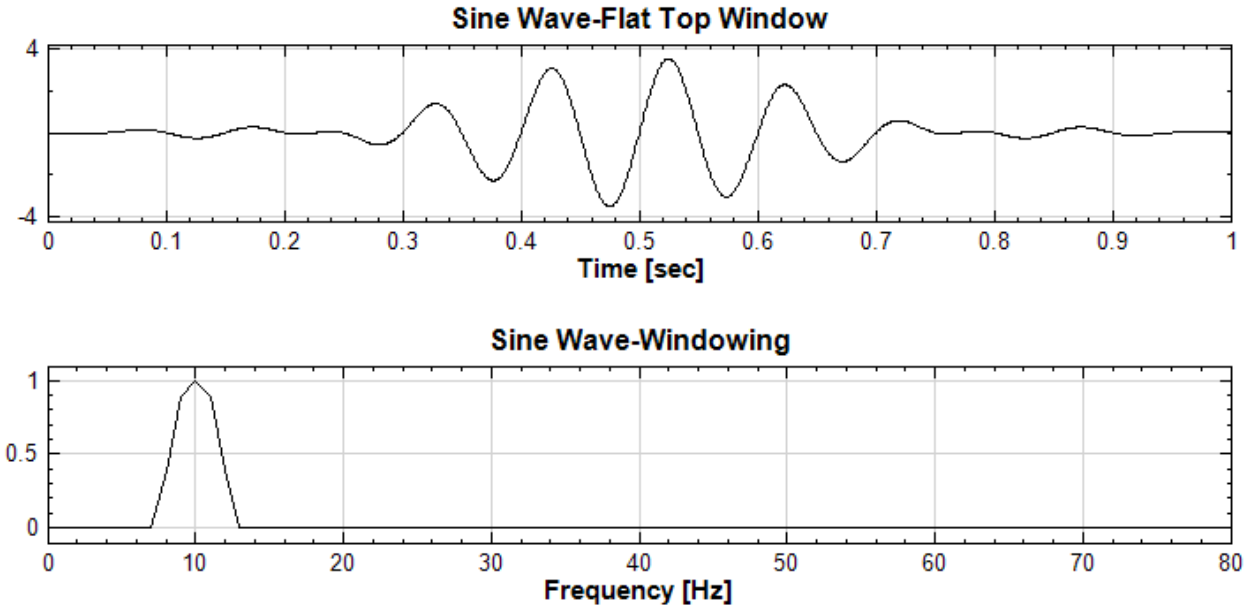
5. 設定 Signal Windowing 參數：Window 選擇 “Bartlett”，Enhanced 選擇 “False”。下圖為 Sine Wave 經過 Bartlett Window 運算後的圖形，可看出 FFT 頻譜圖較原始訊號寬。





6. 設定 Signal Windowing 參數：Window 選擇"FlatTop"，Enhanced 選擇 "False"。下圖為 Sine Wave 經過 FlatTop Window 運算後的圖形，可看出 Sine Wave 在 0.3-0.7 之間較明顯；頻譜圖中的 peak，頂部明顯較 Bartlett Window 寬，兩側雜訊也較少。





相關指令

FIR, Fourier Transform

參考資料

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%AA%97%E5%87%BD%E6%95%B0

Chapter 5

訊號格式轉換模組（Conversion）

5.1 Change X-Axis Unit

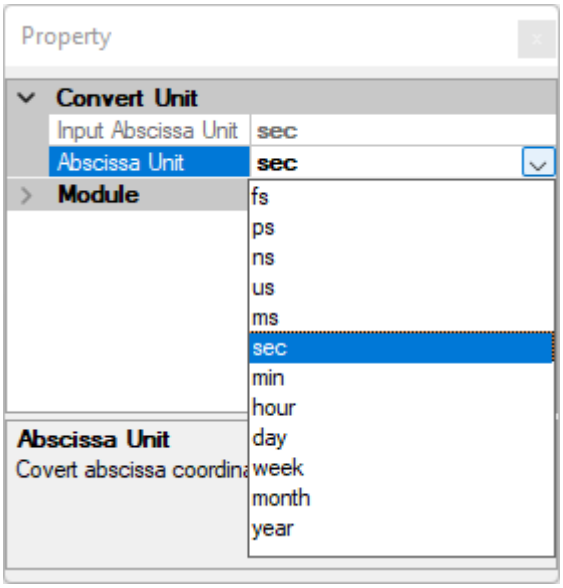
訊號資料讀取進來之後，常會碰到需要轉換時間單位的狀況，過去可能必須重新輸入訊號檔，再設定時間，現在可以利用 Change X-Axis Unit 直接換算時間。除轉換時間單位外，本模組有兩個額外的功能：

1. 輸入資料為頻譜時，可將頻譜的橫座標（X-Axis）由頻率進行轉換成各種週期單位。
2. 輸入資料為時頻圖時，可決定是否改變縱軸單位。

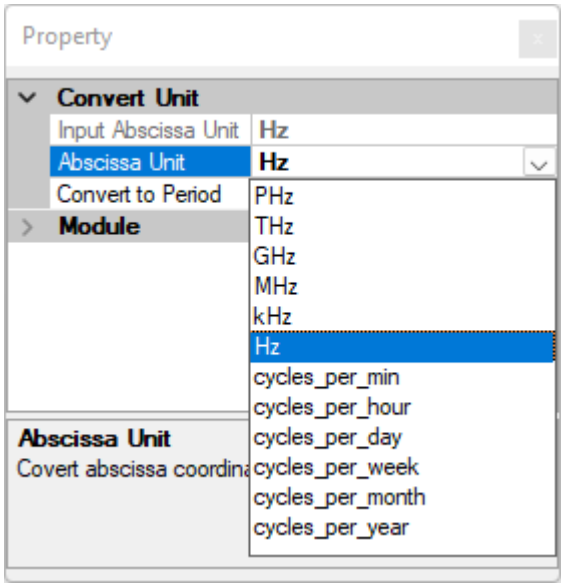
參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 的訊號（Signal）、聲音（Audio）訊號以及時頻（Spectra）資料；輸出訊號格式為實數、複數，單通道、多通道的 Regular 訊號或時頻（Spectra）資料，若參數 Convert To Period 調整為 True，則輸出訊號之格式將改變（橫座標軸不為等間距），由 Regular 轉變成 Indexed。

輸入資料為時序資料時：



輸入資料為頻譜資料時：



輸入資料為時頻資料時：

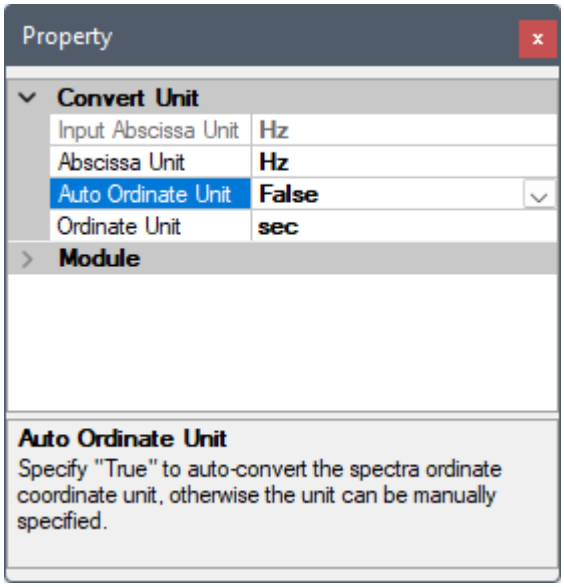


Table 5.1: X 軸單位參數

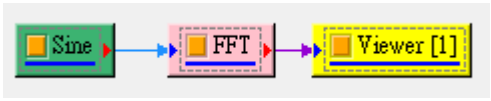
參數名稱	參數定義	預設值
Convert to period	當資料的 X 軸為頻率時會出現此參數。將原 X 軸為頻率轉換為各種週期。	False

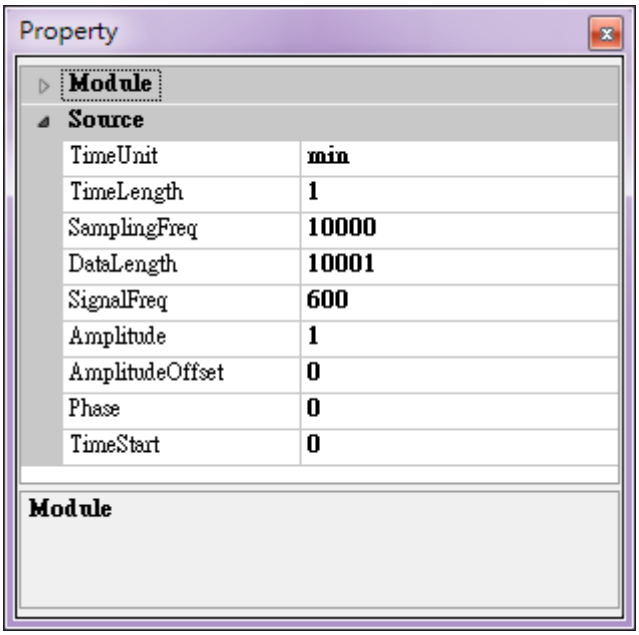
參數名稱	參數定義	預設值
Abscissa Unit （輸入 X 軸為時間）	設定 X 軸單位，程式會由輸入訊號的 X 軸單位自動換算成新的 X 軸單位。 • ps（披秒，pico-second）= 10^{-12} 秒 • ns（奈米秒，nano-second）= 10^{-9} 秒 • us（微秒，micro-second）= 10^{-6} 秒 • ms（毫秒，milli-second）= 10^{-3} 秒 • sec（秒，second。）= 1 秒 • min（分鐘）= 60 秒 • hour（小時）= 60 分鐘 • day（天）= 24 小時 • week（週）= 7 天 • month（月）= 30 天 • year（年）= 365 天	sec
Abscissa Unit （輸入 X 軸為頻率）	• THz（每 10^{-12} 秒次數，Tera-hertz） • GHz（每 10^{-9} 秒次數，Giga-hertz） • MHz（每 10^{-6} 秒次數，Mega-hertz） • KHz（每 10^{-3} 秒次數，Kilo-hertz） • Hz（每秒次數，Hertz） • Cycles_per_min（每分鐘次數） • Cycles_per_hour（每小時次數） • Cycles_per_day（每天次數） • Cycles_per_week（每週次數） • Cycles_pe__month（每月次數） • Cycles_per_year（每年次數）	Hz
Auto Ordinate Unit	設定為「True」時自動決定 Y 軸單位（此為預設），通常對應 X 軸之單位，例如 X 軸單位為 sec 時，Y 軸單位自動設定為 Hz。本參數設為「False」時可由以下 Ordinate Unit 參數手動設定單位。	True
Ordinate Unit	當 Auto Ordinate Unit 為 False 時會出現此參數，可設定 Y 軸單位。 • Y 軸為時間時，參考以上相應之 Abscissa Unit 為時間之選項 • Y 軸為頻率時，參考以上相應之 Abscissa Unit 為頻率之選項	Hz

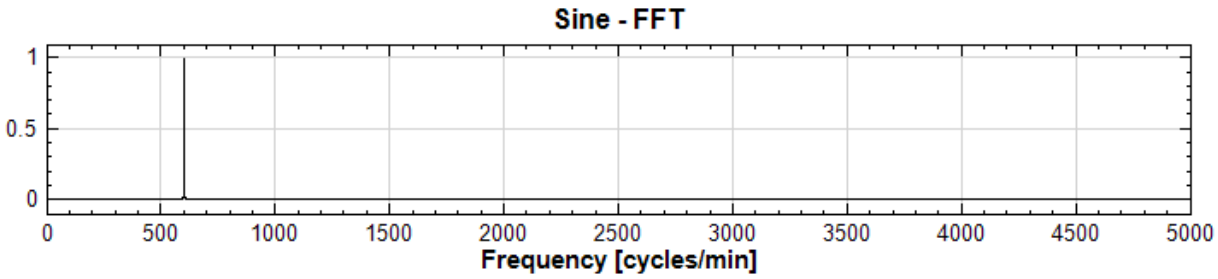
範例

1. 用 Source / Sine Wave 產生一正弦波訊號，預設訊號之訊號頻率為 10 Hz，取樣頻率為 1000 Hz，長度 1 秒。現在先改變 Sine 的參數值，Properties / TimeUnit 變為 min 分鐘，SamplingFreq 調整為 10000 Hz，SignalFreq 調整為 600 Hz，得到一組 X 軸單位為分鐘，而訊號頻率仍維持 10 Hz 的訊號。

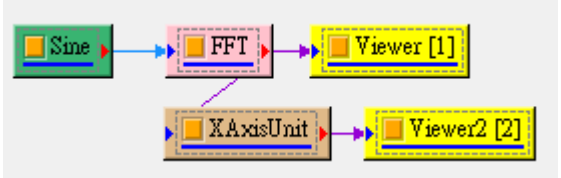
   再連接 Compute / Transform / Fourier Transform 做傅立葉轉換，並連上 Channel Viewer，可得下面圖形，在此 X 軸之座標是頻率，單位是 cycles per minute。

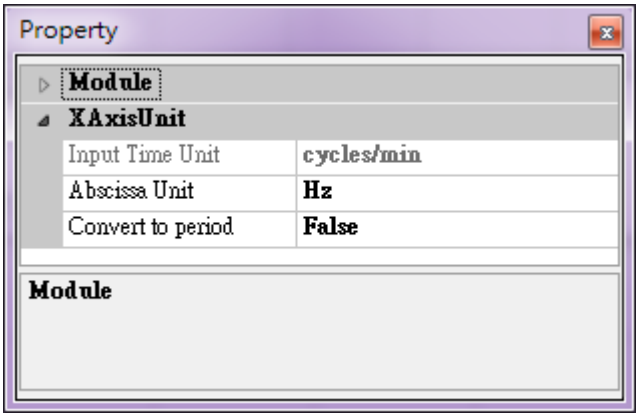


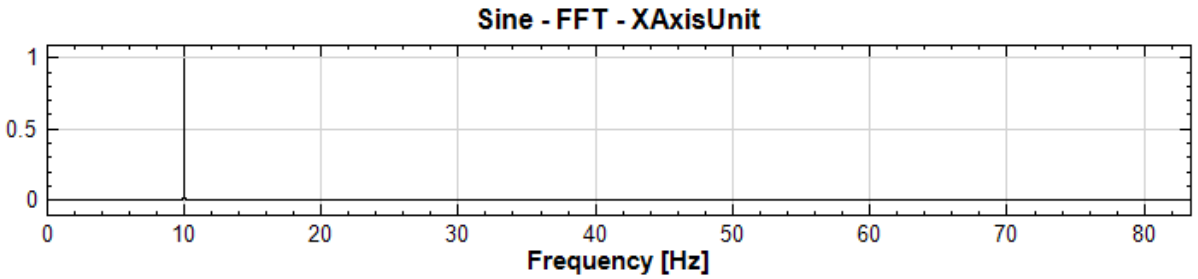




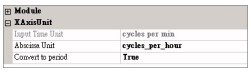
   在此例中，FFT 的橫座標為 cycles per minute，現將 FFT 輸出接上 Change X-Axis Unit，在 Properties / Abscissa unit 調為 Hz，然後再以 Channel Viewer 繪出。可看到 X 軸已變更以 Hz 為單位。

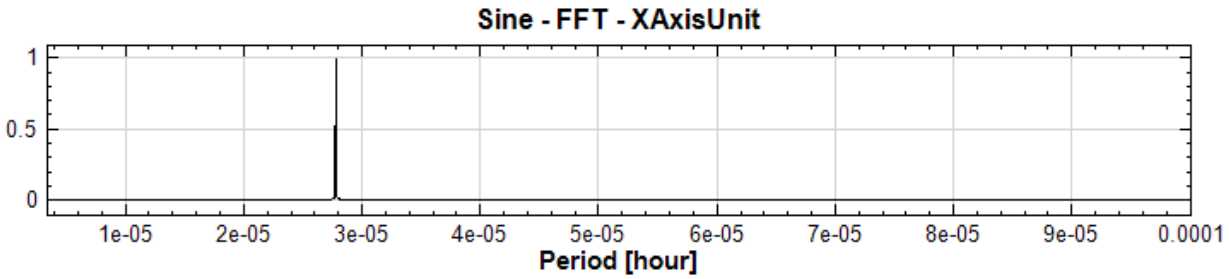




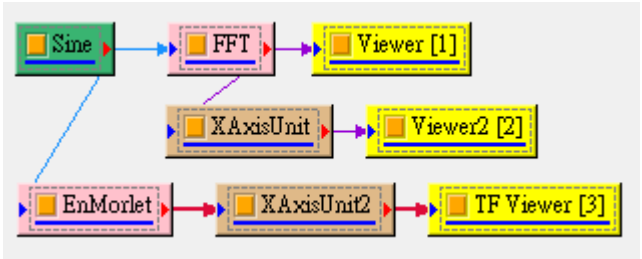


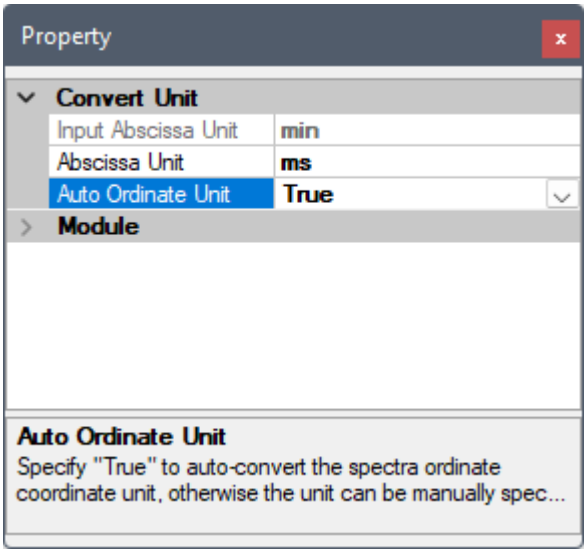
2. 另外可再調整 Properties / Convert to period 為 True，並將 Abscissa Unit 設為 cycle per hour，可將 X 軸由頻率轉變為週期，並以小時為單位，如下圖所示。

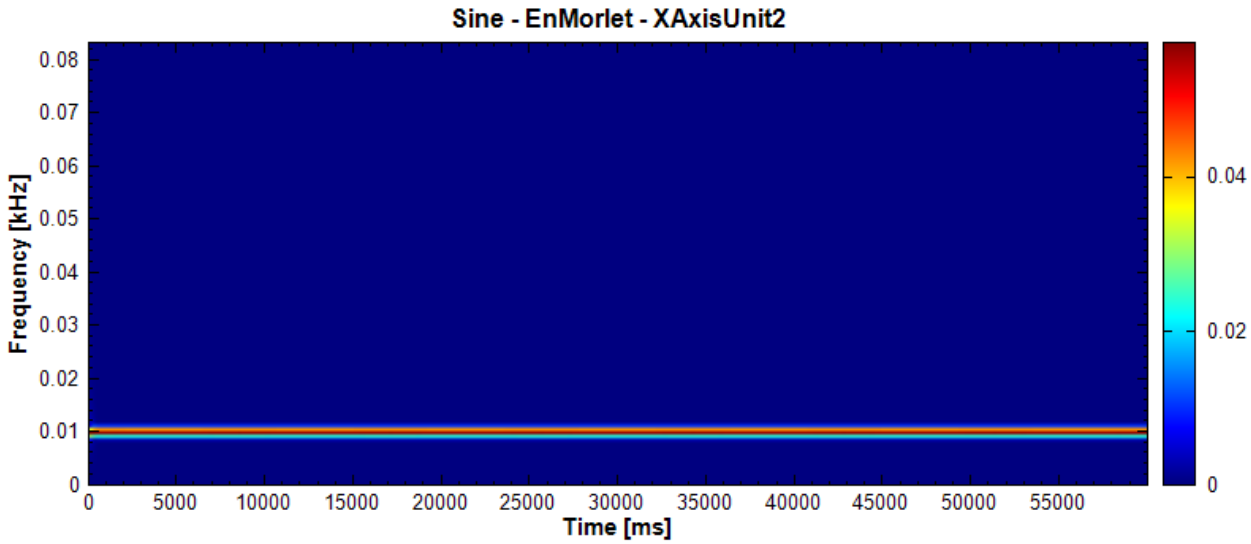




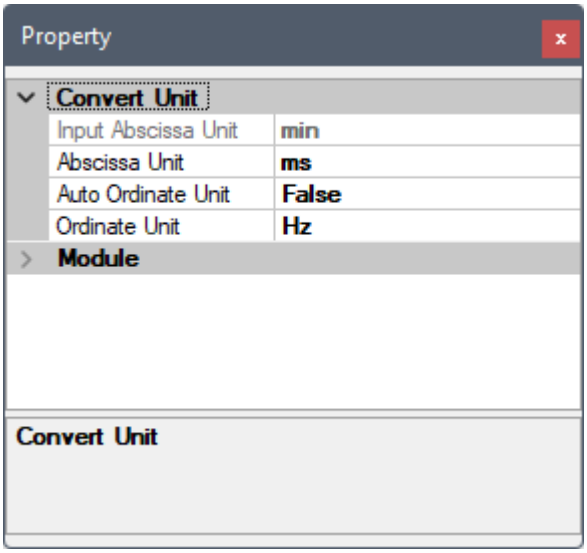
3. 時頻分析的結果輸出至 Change X-Axis Unit 能更改時間軸單位，並且也改變頻率的單位（時頻圖的頻率在 Y 軸）。回到訊號源 Sine，以 Compute / TFA / Enhanced Morlet Transform 做時頻分析後再接上 Change X-Axis Unit，調整 Properties / Abscissa unit 為毫秒（msec），再用 Viewer / Time-Frequency Viewer 繪出，可看到時頻軸圖上的 X 軸（時間域）變成 msec，Y 軸（頻率軸）已變更為 KHz，即為 1 / msec。

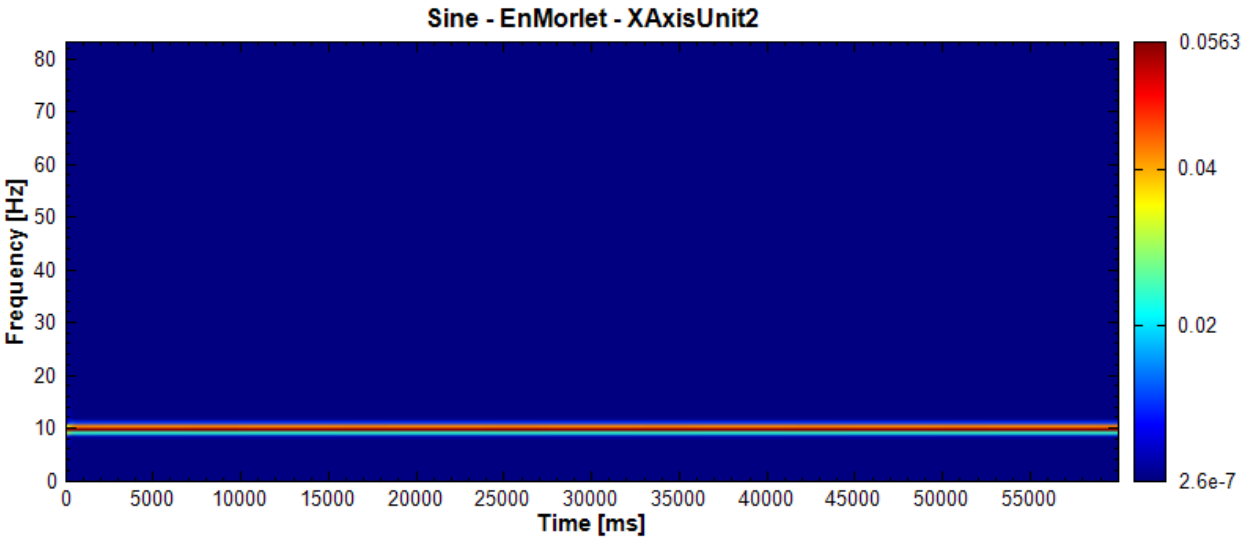






如欲改變自動設定之 Y 軸單位，可以將 Properties / Auto Ordinate Unit 設為 False，並將 Properties / Ordinate Unit 由 kHz 改為其他單位，例如 Hz（如下圖）：





相關指令

Sine、Channel Viewer、Time-Frequency Viewer、Fourier Transform、Enhanced Morlet Transform

5.2 Convert to Audio

變更訊號之資料類型。將資料類型由訊號（Signal）轉換為聲音訊號（Audio）。

說明

Convert to Audio 的輸出資料格式是以 Microsoft Wave Format 所規定的架構作設定，分為三區塊：RIFF、FMT 與 DATA，內容分述如下。

RIFF：RIFF 內規定此檔案格式（format）與檔案長度等資訊，格式就是 WAVE。

FMT：包含編碼類型、取樣頻率、聲道數、byte rate 等聲音訊號的相關參數。

DATA：包含聲音訊號的原始資料。

參數設定

本模組接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或兩個通道的訊號（由於目前只能支援輸出雙通道的聲音），Regular 的訊號或聲音訊號；輸出訊號格式為實數，單通道或多通道，Regular 的聲音訊號。參數定義如下表。

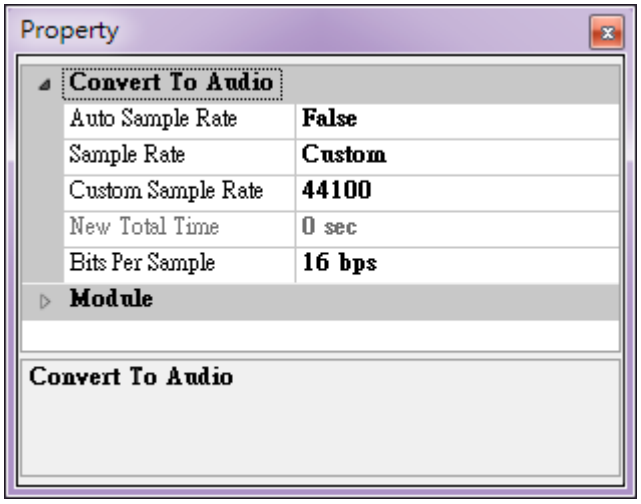


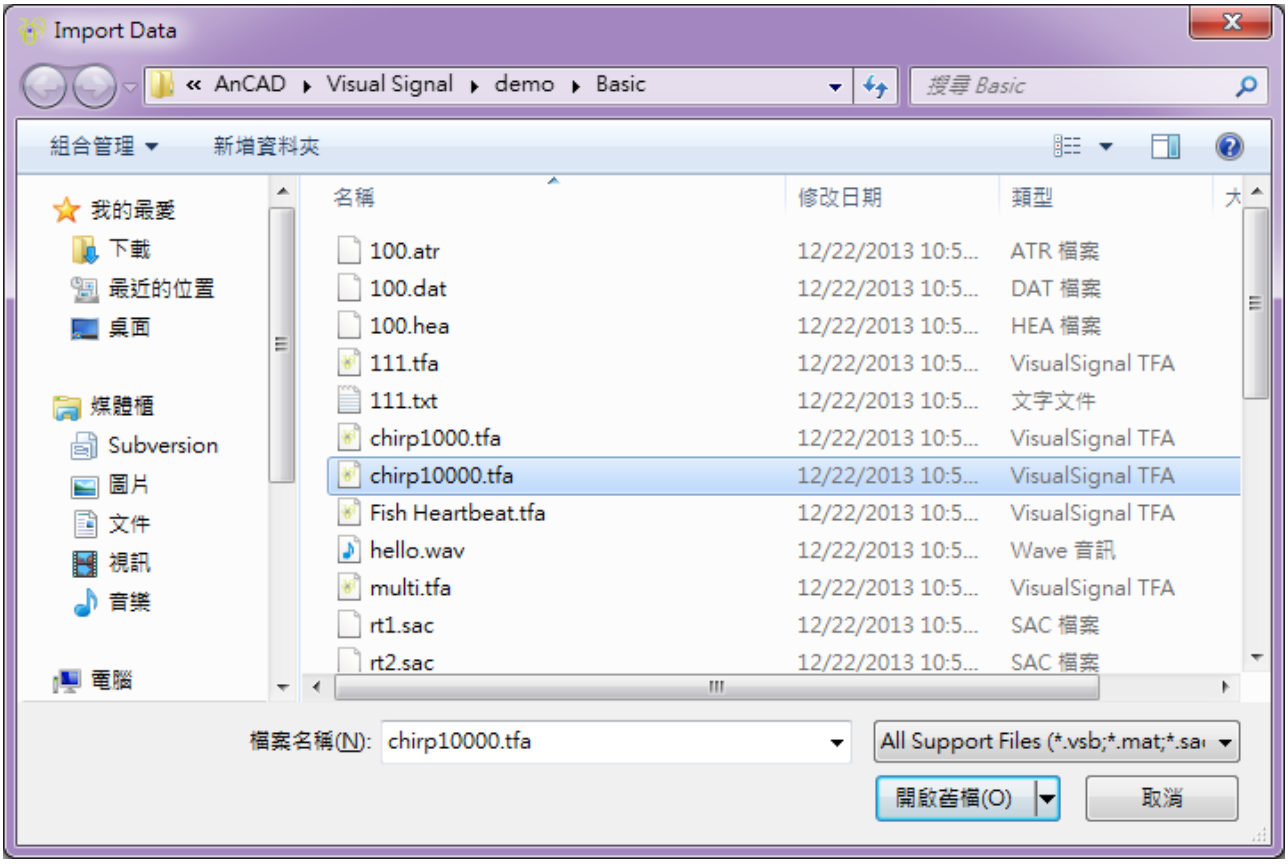
Table 5.2: 參數說明

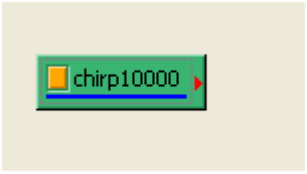
參數名稱	參數定義	預設值
Auto Sample Rate	是否自動偵測輸入訊號的 Sample Rate，並根據原訊號設定輸出聲音的取樣頻率。	True
Sample Rate	代表聲音檔每秒鐘取樣的點數（會影響聲音頻率的解析度）。參數選項包括 1000、2000、4000、8000、11025、16000、22050、32000、44100、48000、96000、144000、192000 Hz、Custom，若設定為 Custom 則會有 Custom Sample Rate 的參數輸要設定。	44100
Custom Sample Rate	使用者自行設定輸出聲音的取樣頻率。	44100
New Total Time	依據新的取樣頻率重新計算的訊號時間。	0
Bits Per Sample	代表每個點儲存值之大小（會影響聲音強度的解析度）。參數選項包括 8、16、24、32 bps。	16

範例

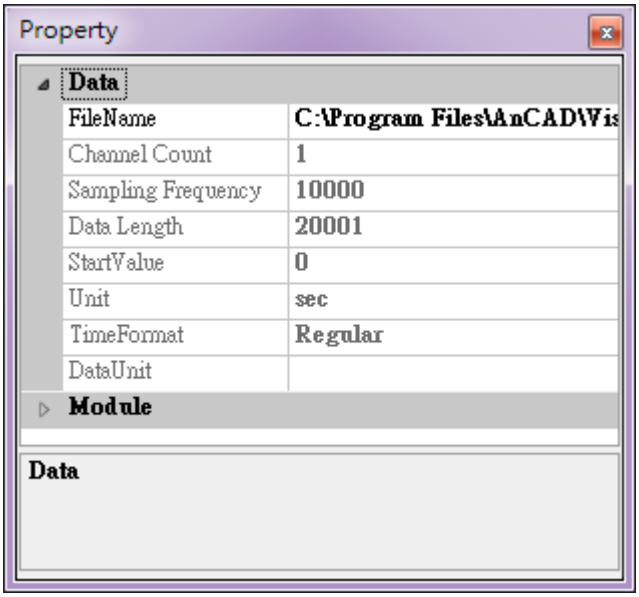
以訊號資料檔 chirp10000.tfa 作輸入，經過 Convert To Audio 後訊號格式變為聲音訊號。

1. 按下 Network Window 工具列的 ，或以 Source / Import Data 讀取訊號檔，檔案 chirp10000.tfa 位在安裝目錄下 data 資料夾（預設為 `C:\Program Files\AnCad\Visual Signal\demo\Basic`）。



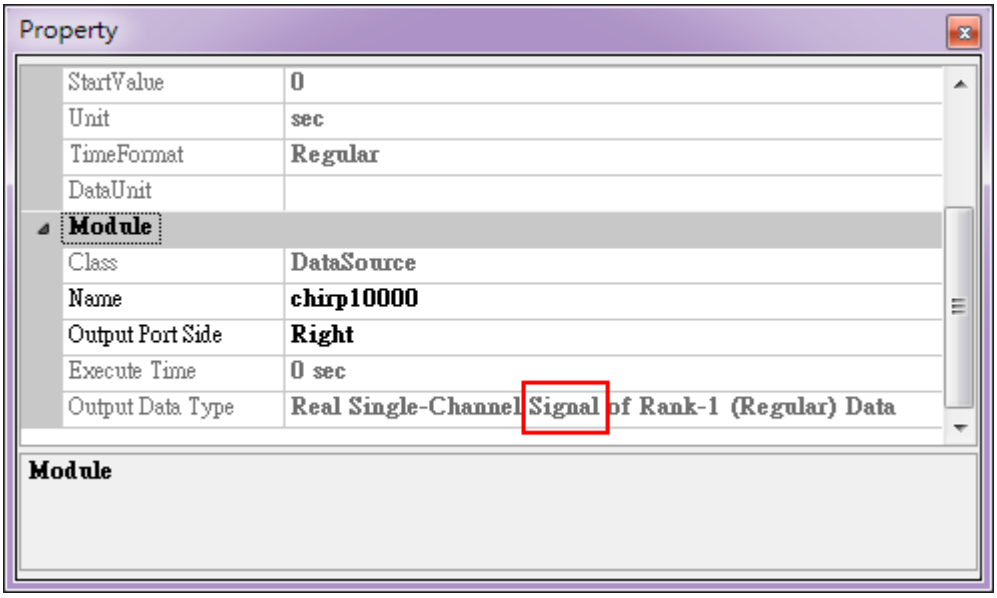


於 Properties 下可以看到此訊號的 Sampling Frequency 為 10000，Data Length 等於 20001，Unit 是 sec，所以此訊號長度等於 20000 / 10000 = 2 秒。

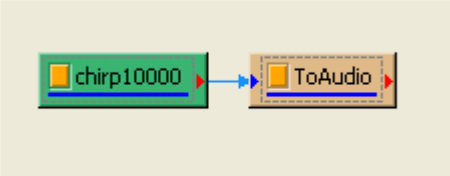


另外打開 Properties 下的 Module 類別，項目 OutputDataType 有說明此模組輸出之訊號格式與類型，

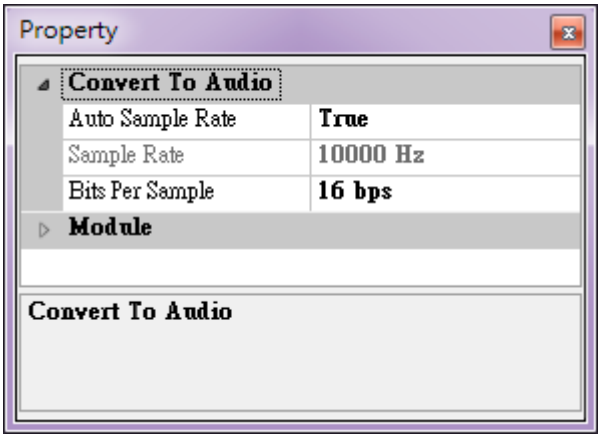
這部份可參考第一章關於 Properties 的說明。此項目內容為 Real Single-Channel Signal of Rank-1 (regular) Data，因此 chirp10000 之資料類別是 Signal。



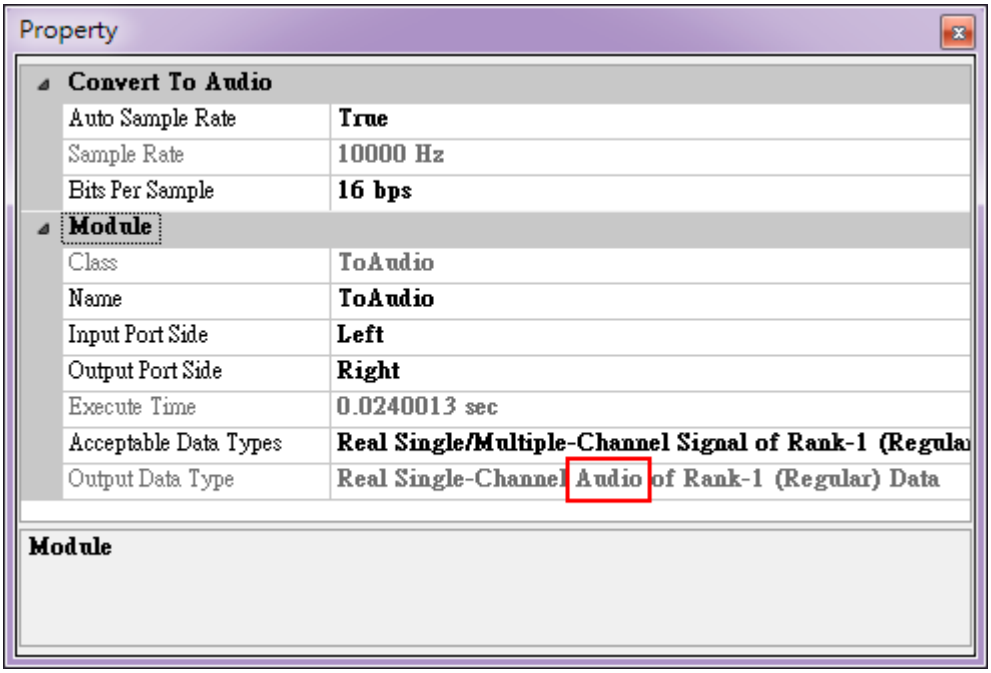
2. 在 chirp10000 直接作 Conversion / Convert To Audio。



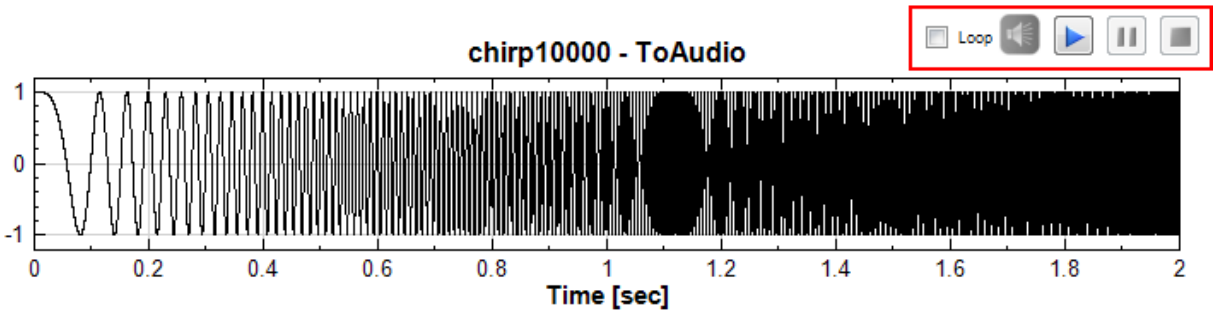
在 Properties 下可看到 Samplerate = 10000 Hz，Bits Per Sample = 16 bps。



而再打開 Properties 的 Module，裡面的 OutputType 已變更為 Audio。



3. 若在 ToAudio 後方作 Viewer / Channel Viewer，則可以利用 Viewer 右上方之工具撥放此聲音訊號。



相關指令

Channel Viewer

相關參考

Microsoft Wave Format：

http://ccrma.stanford.edF/CCRMA/Courses/422/projects/WaveFormat/

5.3 Convert to Regular

變更訊號資料之時間軸設定。將資料時間軸由非等時間距（Indexed）轉換為等時間距（Regular）。

說明

使用 Import Data 讀取.txt、.csv 等純文字檔時，若有一行或列的資料是時間軸座標，會建議利用 Text Importer 中的 Specify Time Column / Row 功能來讀取指定的時間軸資料，此時訊號格式之時間類別將被標示為 Indexed，即假設資料之取樣間隔大小不一，而大部份模組會要求訊號格式為 Regular，因此透過本模組可將 Indexed 訊號轉換為等時間距排列（Regular）的訊號。

Indexed 格式之假設時間間隔為不等間距，轉換成等時間距訊號的過程可選擇對輸入訊號重新取樣，重新取樣的方法為依照資料匯入時所估算之間距（請參考【Text Importer】章節之 Indexed Interval Option 參數說明），利用內插法產生等間距資料。

假設輸入訊號為 $X = \{x_0, x_1, \dots, x_{N-1}\}$，資料個數為 N，輸入訊號 X 之非等間距時間軸 $T = \{t_0, t_1, \dots, t_{N-1}\}$ 可表示為：

$$t_i = t_0 + \sum_{k=1}^{i} \Delta t_k, \quad 0 < i < N$$

其中 t_i 代表訊號資料點 x_i 對應的時間，時間起始點是 t_0，Δt_k 為 (t_{k-1}, t_k) 之間的時間間隔。Indexed 格式的時間軸需要完整的 T 才能定義。

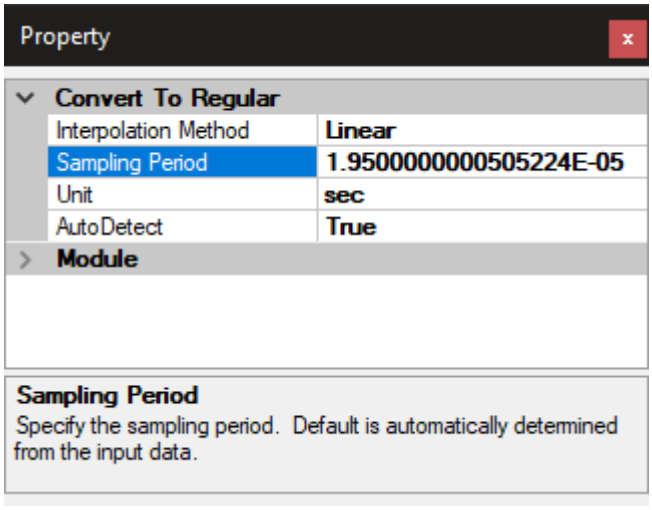
輸出訊號則為 $Y = \{y_0, y_1, \dots, y_{M-1}\}$，資料個數為 M，輸出訊號 Y 之等間距時間軸 $T' = \{t_0, t'_1, \dots, t'_{M-1}\}$ 可表示為：

$$t'_j = t_0 + j\Delta t', \quad 1 < j < M$$

其中 t'_j 代表等間隔排列（Regular）的訊號時間軸，$\Delta t'$ 代表重新取樣的等間隔，M 代表輸出訊號之資料個數。Regular 格式的時間軸只需要 $\{t_0, \Delta t', M\}$ 即可定義。最重要的 $\Delta t'$ 值可在匯入資料時由不同方法估算，見【Text Importer】章節之 Indexed Interval Option 參數說明。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Indexed 的訊號；輸出訊號格式為實數、複數，單通道或多通道，Regular 的訊號。



參數 AutoDetect 可讓使用者選擇是否要自訂輸出訊號之 Sampling Period，因為輸入的 Indexed 訊號各資料點間的取樣間隔大小不一，所以若 AutoDetect 設為 True，則模組會自動偵測輸入訊號裡估算的間距值作為參數 Sampling Period 的值（此值在 Indexed 格式資料匯入時就會計算，請參考【Text Importer】章節之 Indexed Interval Option 參數說明）。AutoDetect 設為 False 時，使用者可自訂參數 Sampling Period。

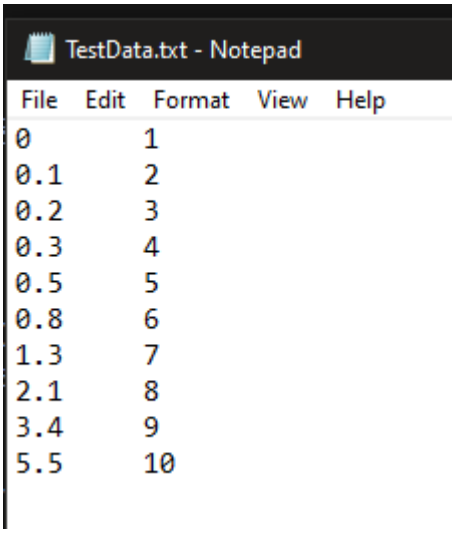
參數 Interpolation Method 可選擇重新取樣時採用的內插法，相關內容說明如下：

Table 5.3: 參數說明

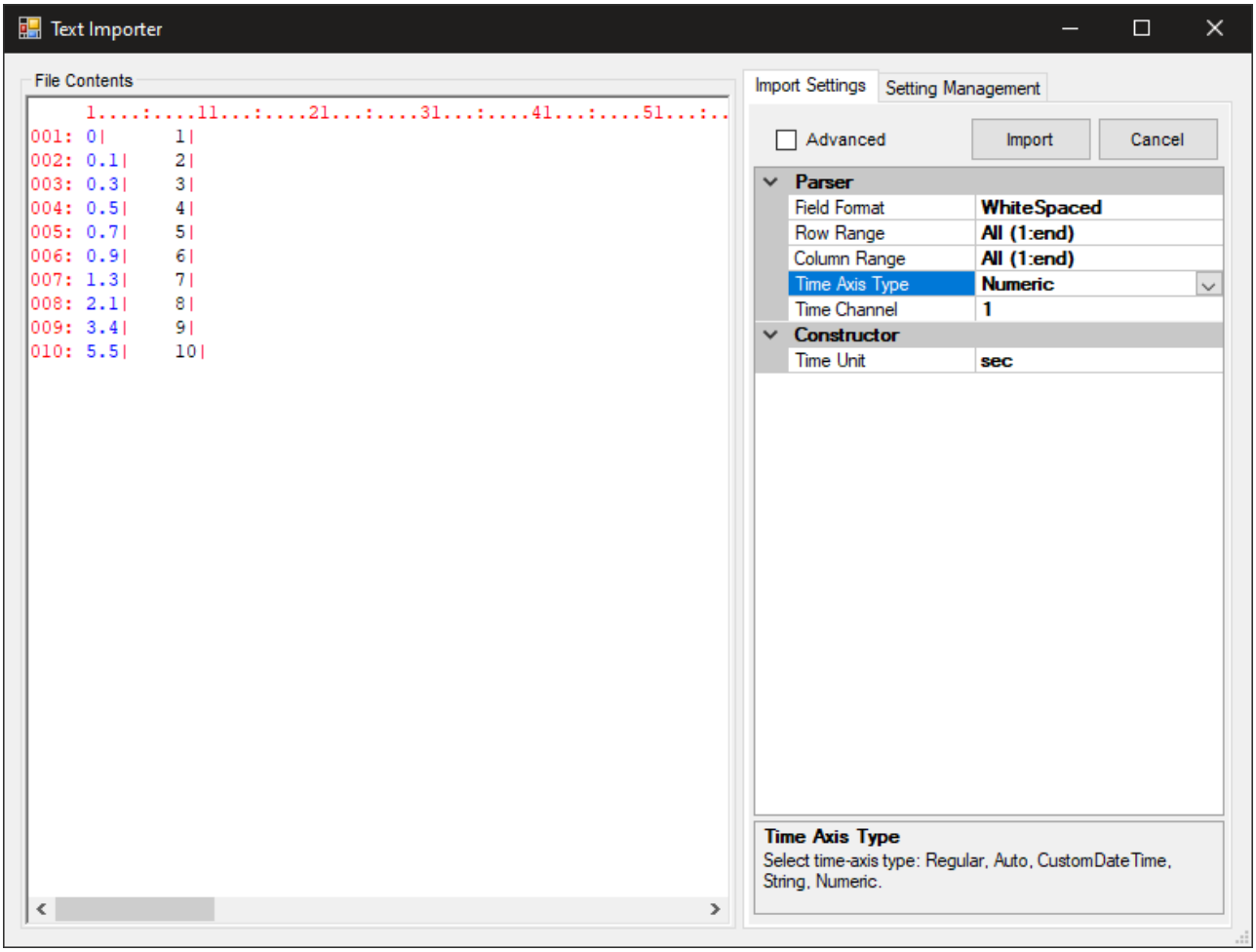
參數名稱	參數定義	預設值
Interpolation Method	轉換時採用的內插方法： • Nearest：採取鄰近值內插 • Linear：線性內插 • Spline：Cubic Spline 內插法 • MonotonicCubic：Monotonic Cubic Spline 內插法	Linear
Sampling Period	顯示或設定輸出訊號的取樣間隔 $\Delta t'$。 當 AutoDetect 設為 True，此參數顯示 Indexed 格式資料匯入時所估算的間距值（請參考【Text Importer】章節之 Indexed Interval Option 參數說明） 當 AutoDetect 設為 False，此參數除顯示估算間距外，還可設定訊號取樣間距	根據輸入訊號判斷
Unit	顯示或設定輸出訊號的取樣時間單位。 當 AutoDetect 設為 True，此參數顯示偵測到的訊號時間單位。 當 AutoDetect 設為 False，此參數除顯示訊號時間單位外，還可搭配參數 SamplingPeriod 設定訊號時間單位。	根據輸入訊號判斷
AutoDetect	是否自動偵測 Sampling Period 和 Unit	True

範例

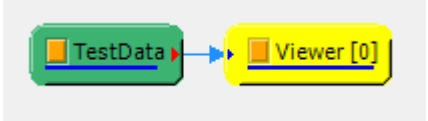
1. 讀取一組訊號格式為 Indexed 的訊號，先如下圖產生一組簡單的資料檔，第一行（column）為時間，第二行為資料。

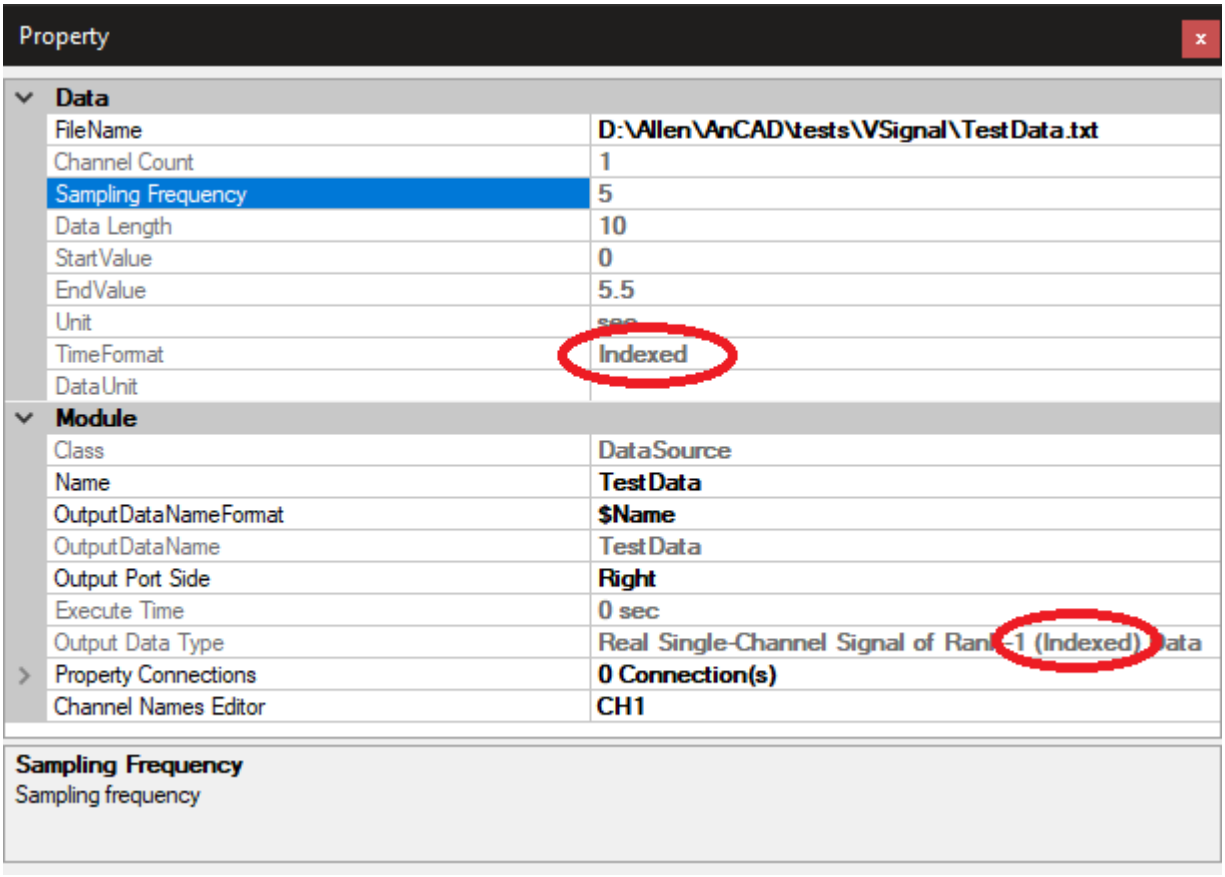


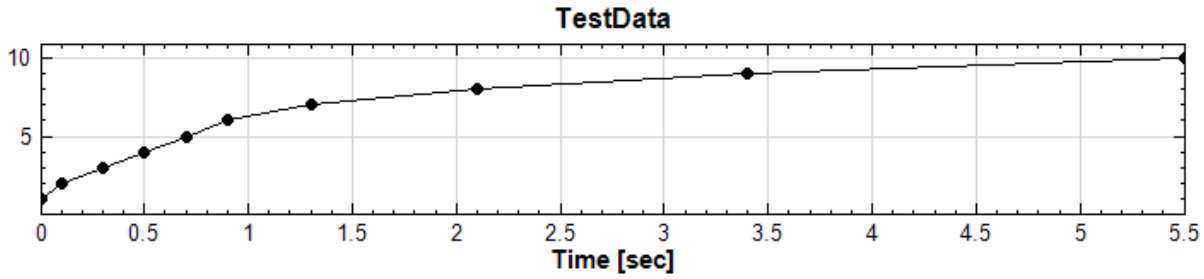
接著按下 Network Window 工具列的 ，或以 Source / Import Data 讀取訊號檔 TestData.txt，【Text Importer】中的參數 Time Aixs Type 需選擇 Numeric，其他皆為預設值。



匯入訊號後以 Viewer / Channel Viewer 繪圖（雙擊 Viewer 元件可以進入 PlotElemEditor 中加上實心圓 Marker），並點選 TestData 元件檢視 Properties，如下圖：

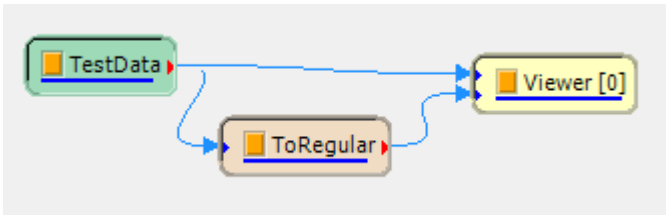


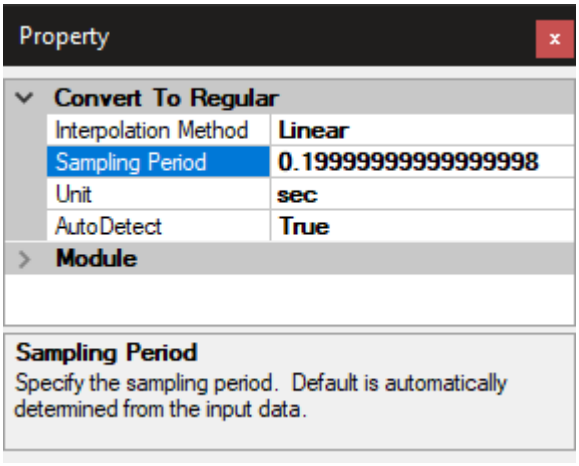


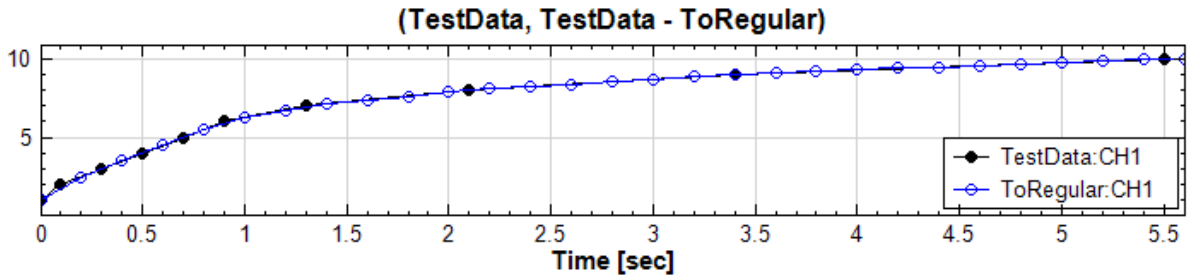


可以看到 TestData 元件 Properties 下 Data 分類中的 TimeFormat 及 Module 分類中的 Outout Data Type 顯示時間軸格式為 Indexed。同時，因為匯入資料時【Text Importer】之 Indexed Interval Option 參數採用預設之 Mode ，估算出來的間距值為最頻繁間距值 0.2 秒，轉換成取樣率則為 5 Hz，可以在 Properties 下 Data 分類中的 Sampling Frequency 看到。

2. 將 TestData 後方接 ToRegular，可將訊號轉為等時間間隔，再將輸出結果拉至同一 Viewer 與原訊號交互比較，用 PlotElemEditor 設定線條圖示，黑線加實心圓為原訊號，藍線加空心圓為 ToRegular 訊號。ToRegular 的 Properties 皆為預設值，如下圖：

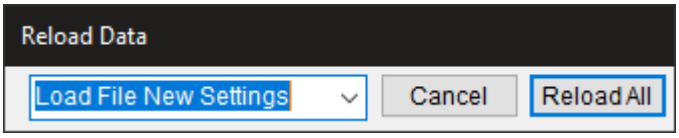




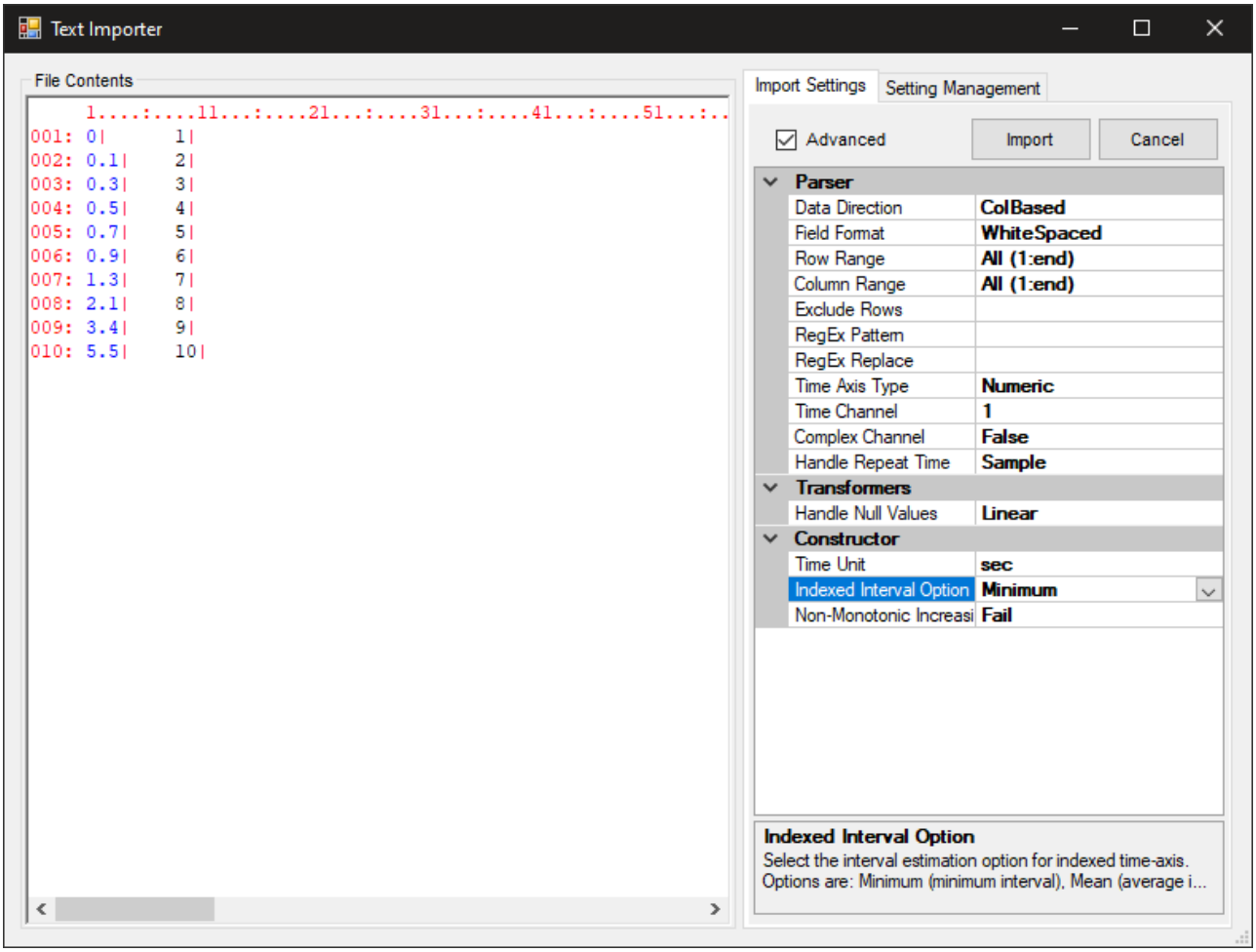


可以看到自動偵測到的取樣間隔因為匯入時預設的 Indexed Interval Option 為 Mode，所以估算之取樣間隔為 0.2 秒（這組資料 0.2 間距值為最頻繁之間距值）。用這個間距值將資料重新取樣後由原來的 10 筆 Indexed 資料增至等間距的 29 筆：

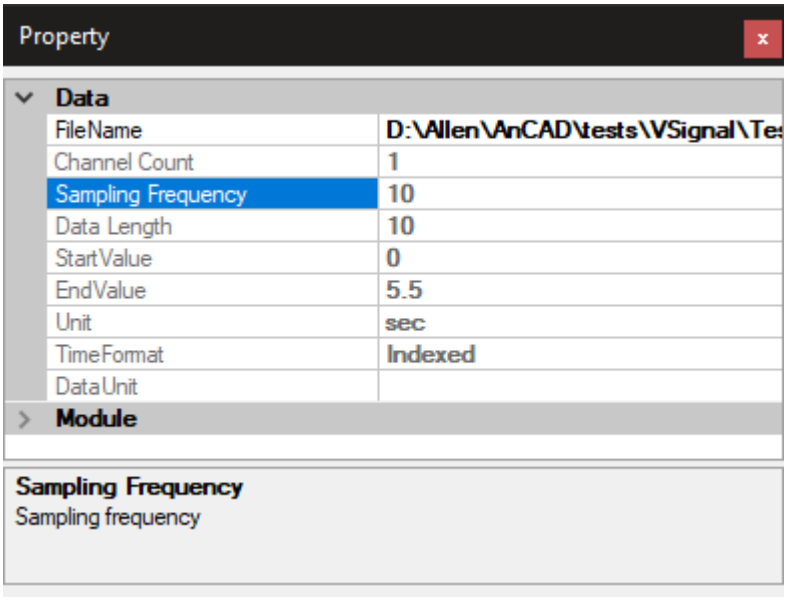
3. 如果在匯入資料時更改 Indexed Interval Option 的選項，則本元件會用不同的間距值重新取樣。實作步驟如下：先雙點擊 TextData 元件，跳出 Reload 對話窗時選擇 Load File New Settings 再點擊 Reload All，如下圖：

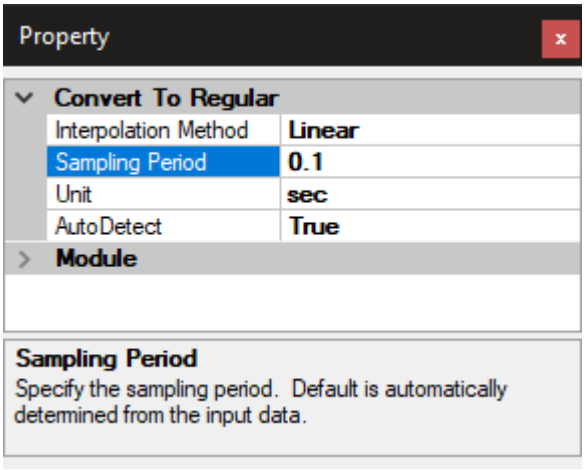


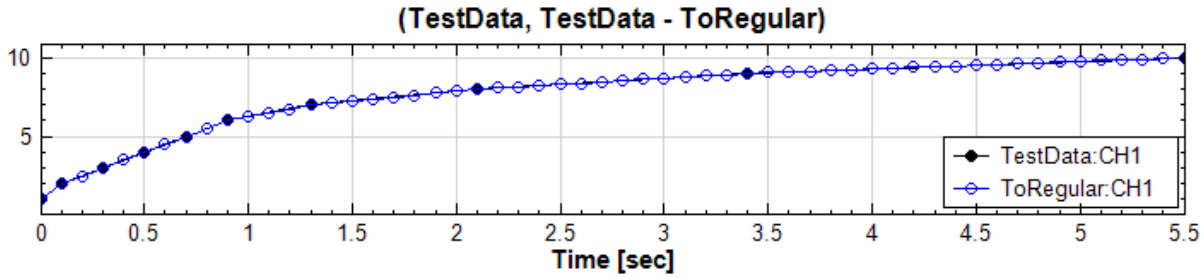
將 Text Importer 參數的 Indexed Interval Option 設為 Minimum 後重新匯入資料，如下圖：



此時可重新檢視結果，如下圖：

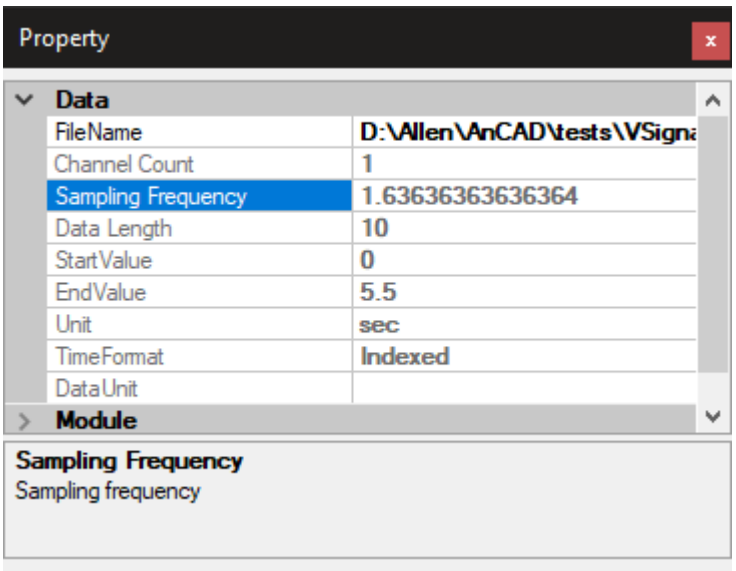


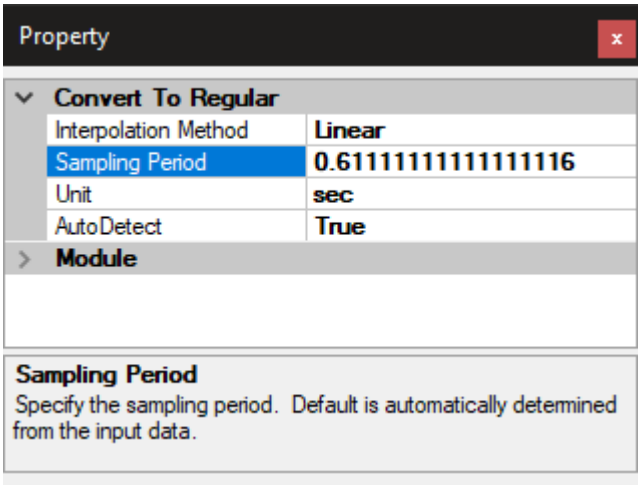


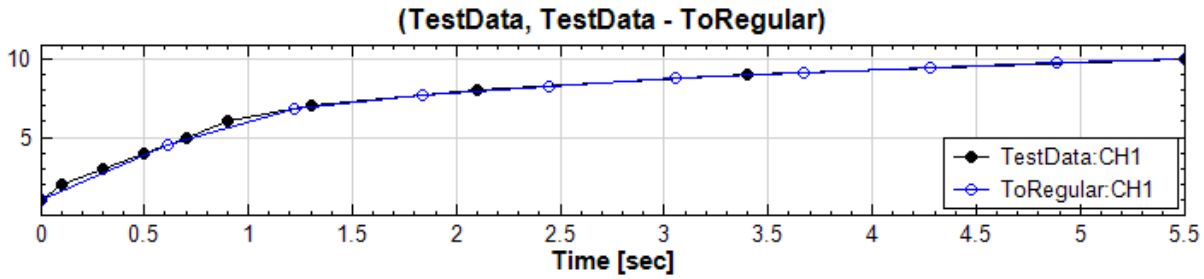


可以看到估算出來的最小間距值為 0.1 秒，換算成取樣率為 10 Hz，用這個間距值將資料重新取樣後增至等間距的 56 筆資料。

4. 用同樣步驟在匯入資料時將 Indexed Interval Option 設為 Mean，則會產生如下圖結果：

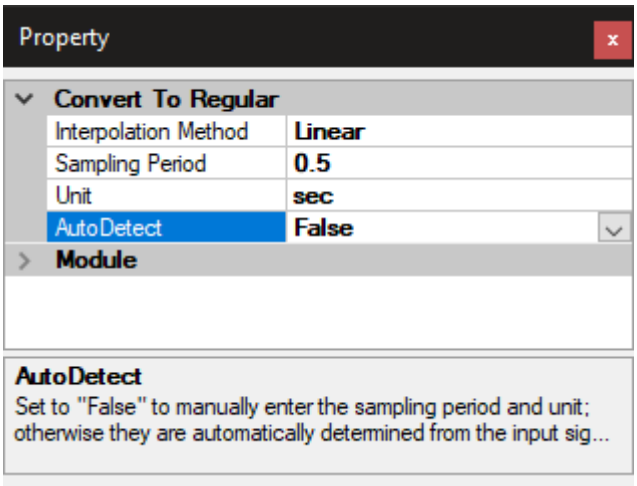


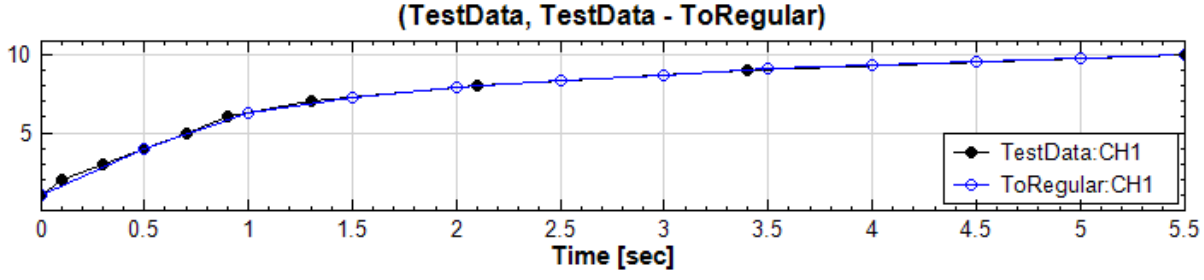




可以看到估算出來的平均間距值為 0.611 秒，換算成取樣率為 1.636 Hz，用這個間距值將資料重新取樣後降回等間距的 10 筆資料。

5. 如果【Text Importer】的 Indexed Interval Option 的選項皆不符合使用者要求，本元件還允許使用者自訂訊號之取樣頻率。首先將 AutoDetect 設為 False，然後 Sampling Period 調為 0.5，則會產生如下圖結果：





可以看到用這個自訂間距值將資料重新取樣後升至等間距的 12 筆資料。

相關指令

Convert to Audio、Fill Null Value (#compute-channels-fillnull)、Resample

5.4 Convert to Indexed

訊號被進行各種運算時，訊號日期或時間絕大部分是時間間距固定（Regular），但是總有例外的情形，使用者需要將計算後結果以非等間距（Indexed）的展示。Convert To Indexed 可以將訊號的 Regular （等間距）格式時間軸換成 Indexed 格式，或是依照第二個 Indexed 格式的輸入訊號之不等間距的時間軸，重新組合成一個新的 Indexed 訊號。

參數設定

本模組接受一個實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 格式的訊號以及另一個實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Indexed 格式的訊號；輸出訊號格式為實數、複數，單通道、多通道的 Indexed 訊號。

本元件無特定的參數可以設定，但是有兩種使用模式：

1. 單輸入訊號模式：

當輸入為單一輸入訊號，時間軸格式為 Regular （等間距）時，本元件會將時間軸直接轉成 Indexed 格式。即原本的 Regular 時間軸定義為：

$$T := (t_0, \Delta t, N)$$

其中 t_0 為起始時間，Δt 為時間間隔，N 為資料點數，轉成 Indexed 格式則為：

$$T = \{t_0, t_1, t_2, ..., t_{N-1}\}, \quad \text{where}$$

$$t_i = t_{i-1} + \Delta t, \quad 0 < i < N$$

Indexed 的資料時間軸會有一個時間間隔的估算值，用 Convert To Regular 轉換為 Regular 時間軸時會用到（詳情請看【Convert To Regular】章節。在此模式下，Indexed 格式的估算間隔會直接設定為 Δt。

2. 雙輸入訊號模式：

當輸入為雙輸入訊號，第一輸入訊號時間軸格式為 Regular （等間距），第二輸入訊號時間軸格式為 Indexed，本元件會將第一輸入訊號之時間軸直接替換為第二輸入的 Indexed 格式。注意兩個輸入訊號的長度必須一樣。即原本的時間軸定義為：

$$T^1 := (t_0^1, \delta t, N)$$

$$T^2 = \{t_0^2, t_1^2, t_2^2, ..., t_{N-1}^2\}$$

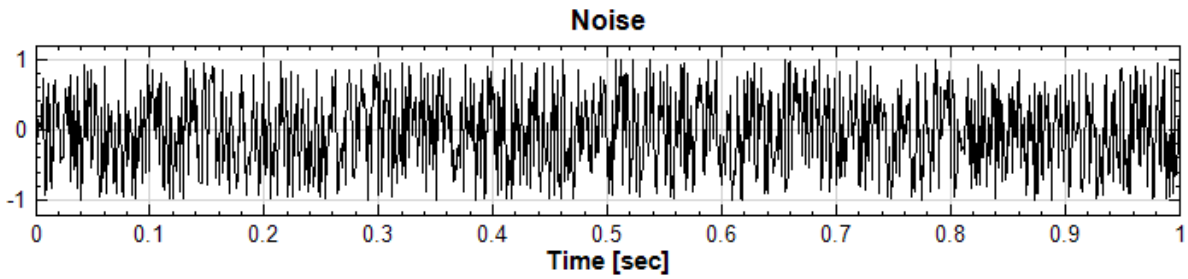
則本元件會將 T_1 轉成：

$$T^1 = \{t_0^2, t_1^2, t_2^2, ..., t_{N-1}^2\}$$

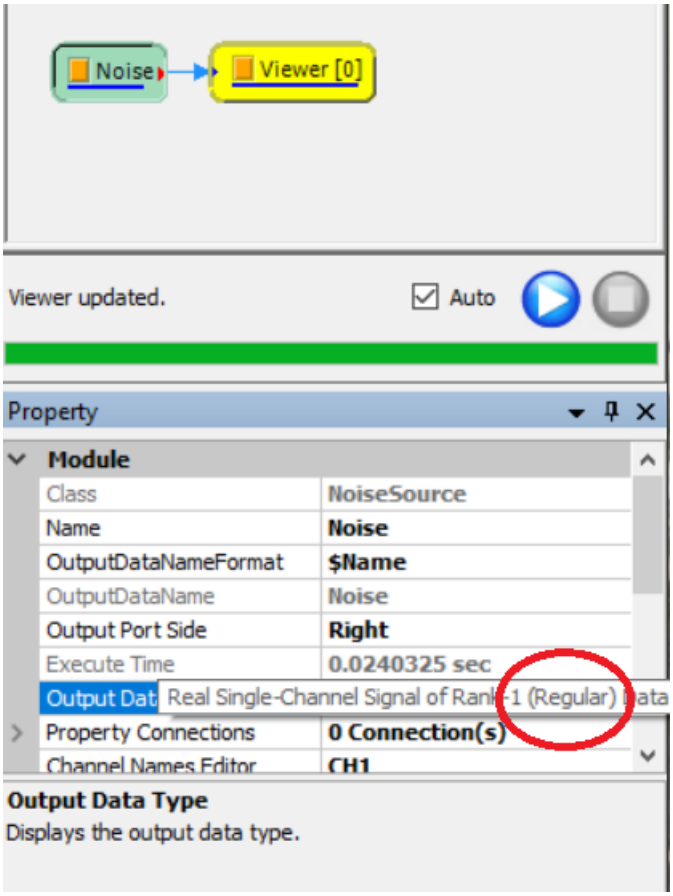
在此模式下，Indexed 格式的估算時間間隔會設定為第二輸入資料的 Indexed 格式時間軸的估算間隔值。

範例

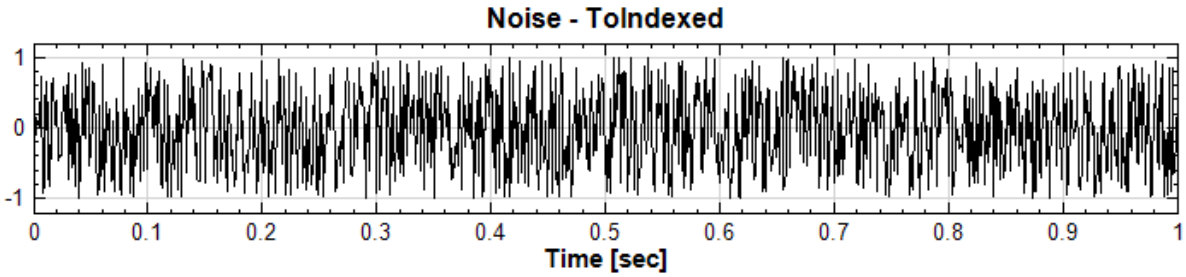
1. 產生一個 Noise 訊號，參數全為預設值，加上 Channel Viewer 後訊號圖如下：



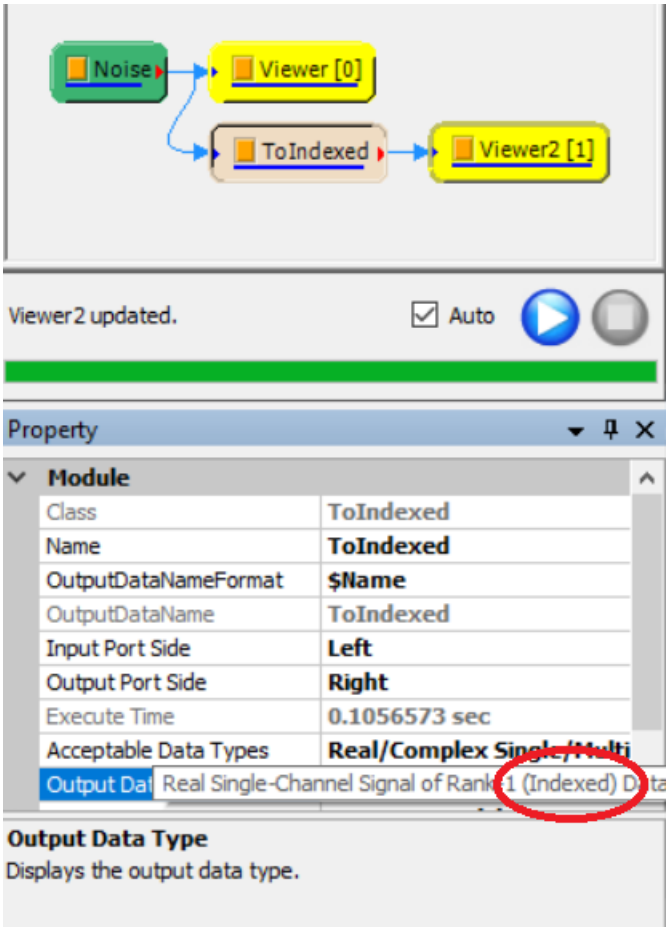
打開 Noise 元件看 Module 分類下的 Output Data Type 顯示，可以看到訊號的時間軸格式為 Regular：



2. 此時在 Noise 元件後接上 ToIndexed 元件，再加上一個 Channel Viewer 後可以看到訊號圖如下：



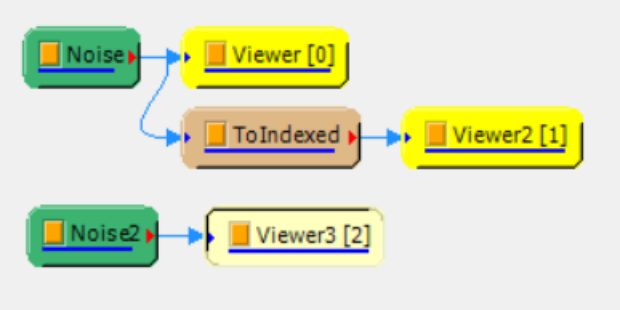
訊號圖看起來跟上圖一樣，但是打開 ToIndexed 元件的 Output Data Type 顯示，可以看到訊號時間軸已經轉換為 ToIndexed 格式：

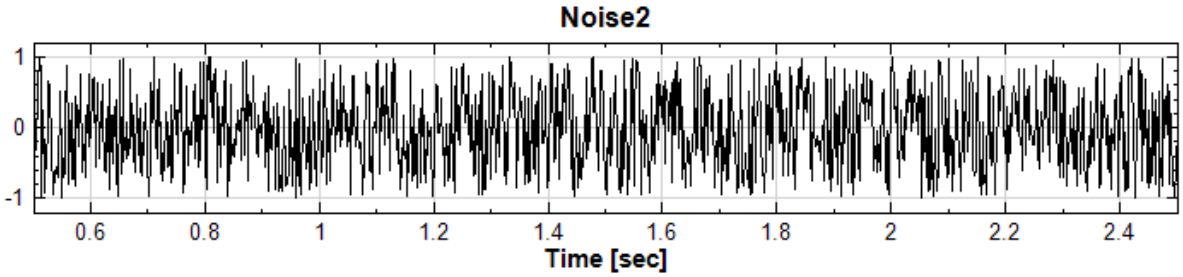


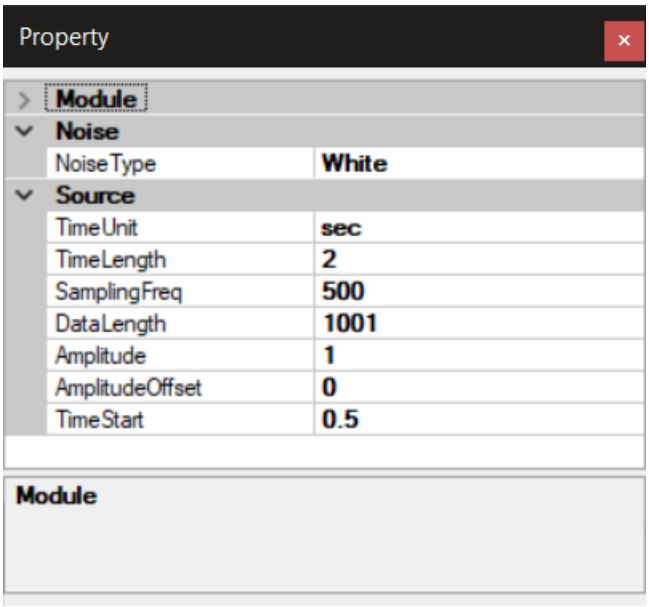
用【Data Viewer】瀏覽 ToIndexed 的輸出資料，可以看到 Indexed 時間軸的進程：

	Index	X Value	CH1
▶	0	0	-0.868
	1	0.001	-0.355
	2	0.002	0.142
	3	0.003	0.0605
	4	0.004	0.0402
	5	0.005	0.0171
	6	0.006	0.729

3. 承上例，再產生一個 Noise2 訊號，將 起始時間設為 0.5s，取樣率設為 500，長度設為上例一樣之 1001，加上 Channel Viewer 後訊號圖如下：



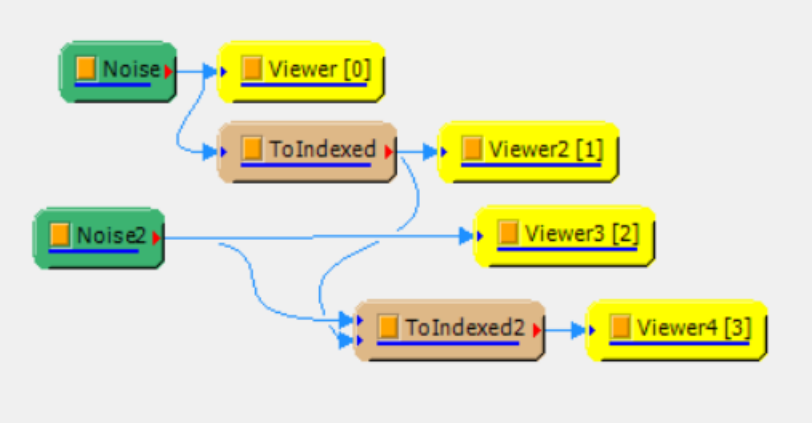




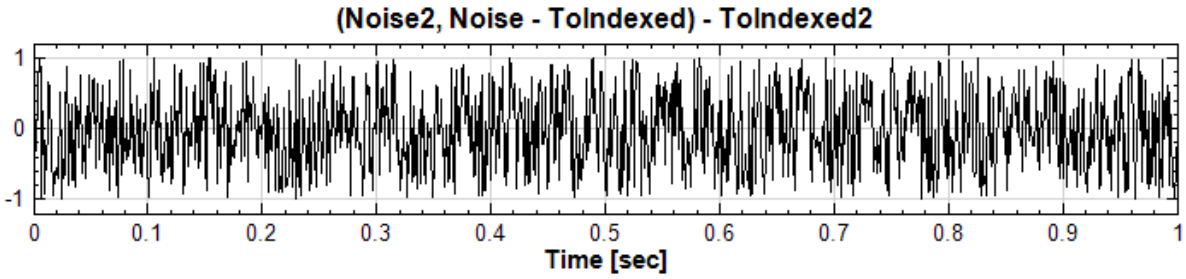
用【Data Viewer】瀏覽 Noise2 的輸出資料，可以看到 Regular 時間軸的進程：

	Index	X Value	CH1
▶	0	0.5	-0.386
	1	0.502	0.603
	2	0.504	-0.322
	3	0.506	0.537
	4	0.508	0.617
	5	0.51	0.958
	6	0.512	0.83

4. 在 Noise2 後面接上一個 ToIndexed2 元件，再將上例之 ToIndexed 元件接到 ToIndexed2 的第二個輸入端，如下：



接上 Channel Viewer 後可以看到時間軸被換成第一個 Indexed 的時間軸：



用【Data Viewer】瀏覽 ToIndexed2 的輸出資料，可以看到 Indexed 時間軸的進程跟前面 Noise 的一樣：

	Index	X Value	CH1
▶	0	0	-0.386
	1	0.001	0.603
	2	0.002	-0.322
	3	0.003	0.537
	4	0.004	0.617
	5	0.005	0.958
	6	0.006	0.83
	7	0.007	0.962

相關指令

Noise、Channel Viewer、Data Viewer、Convert To Regular

5.5 Convert From Complex

將複數（Complex Number）訊號轉換成特定的實數（Real Number）訊號，例如只輸出實部、虛部部分等。

說明

$X = \{x_0, x_1, \ldots, x_{N-1}\}$ 代表實部訊號，$Y = \{y_0, y_1, \ldots, y_{N-1}\}$ 代表虛部訊號，N 為資料長度，則其輸出訊號 $Z = X + iY$ 與可選擇計算不同之實數訊號，相關特性如下：

$$Z = \sqrt{X^2 + Y^2}\mathrm{e}^{i\Theta} = A\mathrm{e}^{i\Theta}$$
$$\text{or,} \quad z_j = \sqrt{(x_j)^2 + (y_j)^2}\mathrm{e}^{i\theta_j} = a_j\mathrm{e}^{i\theta_j}$$

$$\text{Magnitude}: \quad A = \{a_0, a_1, \dots, a_{N-1}\}$$
$$\text{Phase}: \quad \Theta = \{\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_{N-1}\}$$
$$\text{Real Part}: \quad X$$
$$\text{Imagine Part}: \quad Y$$
$$\text{Gain}: \{g_0, g_1, \dots, g_{N-1}\}, \quad g_j = 20\log\left(\frac{a_j}{GainRef}\right)$$
$$\text{Power Spectrum}: A^2 = \{a_0^2, a_1^2, \dots, a_{N-1}^2\}$$

參數設定

本模組接受複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal）、聲音訊號（Audio）與數值（Numerics），以及複數，單通道的時頻資料（Spectra）；輸出格式除了是實數（Real Number）外，其它部份與輸入資料相同。

參數為 Map Method，預設選項是 Real Part，即輸入訊號之實部；Imag Part 輸出訊號虛部；Magnitude 取複數訊號的絕對值；Phase 表示相位；Gain 可以設定參考值（Gain Reference）計算 Gain；Power Spectrum 是 Magnitude 平方。

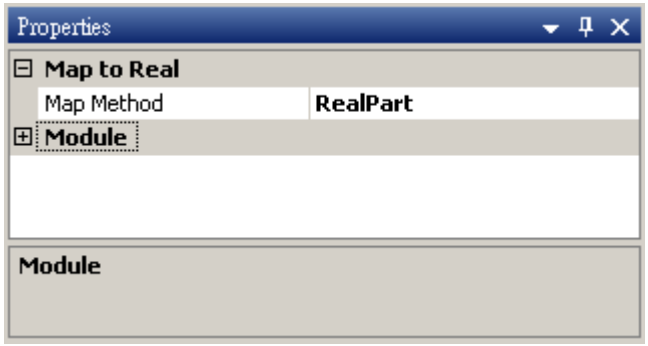


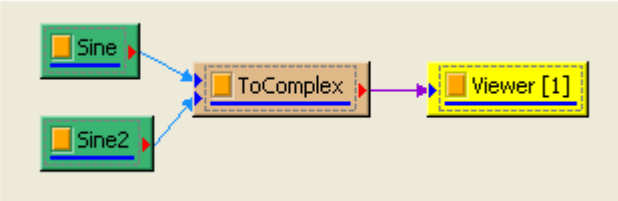
Table 5.4: 參數說明

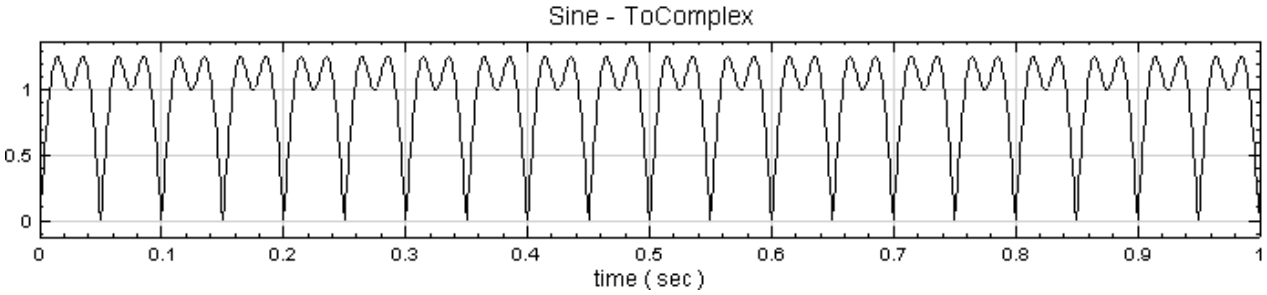
參數名稱	參數定義	預設值
Map Method	將複數訊號轉換成何種訊號，其中包含： • Magnitude（絕對值） • Phase（相位角） • UnwrappedPhase（相位角，過 360° 不歸零） • RealPart（實部） • ImagPart（虛部） • Gain（增益） • Powerspectrum（頻譜功率）	Magnitude

範例

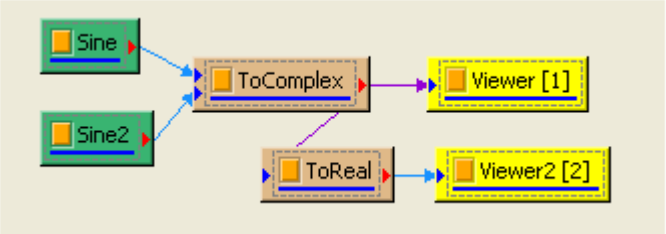
本範例將示範以兩個訊號皆為 1000 Hz 取樣頻率、長度 1 秒、振幅皆為 1 的 10 Hz Sine Wave 和 20 Hz Sine Wave 當作輸入訊號，再利用步驟如下：

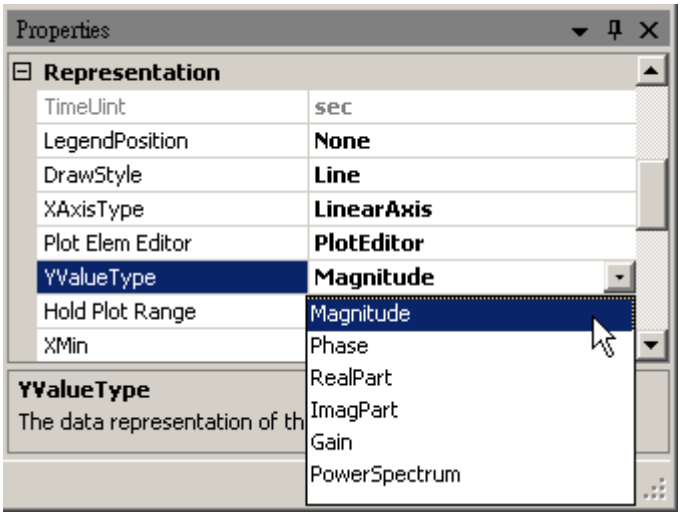
1. 於 Network 視窗下選擇 Source / Sine 創造兩個 Sine Wave，分別改變其 Properties / SignalFreq 為 10 Hz 和 20 Hz，最後以 Compute / Conversion / Merge to Complex 將上述訊號合成一複數訊號，用 Viewer / Channel Viewer 顯示於視窗。

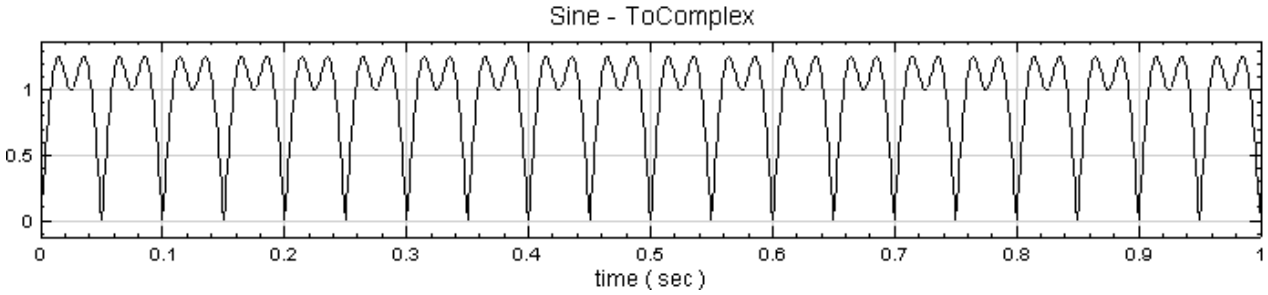




2. 接著用 Convert From Complex 將此複數訊號轉為實數訊號，選擇 Compute / Conversion / Convert From Complex，藉由 Properties 調整 Map Method，用 Viewer / Channel Viewer 顯示結果。Convert From Complex 預設是輸出訊號的 Magnitude。







相關指令

Sine、Merge to Complex、Channel Viewer

5.6 Merge to Complex

將兩個實數訊號合併成一個複數訊號，其中第一筆輸入訊號作實部，第二組輸入訊號作虛部。

說明

$X = \{x_j^a\}$ 代表長度為 N 的 A 通道訊號（Channel），其中 a 代表通道，j 是訊號之時間點：

$$0 \le j < N, \quad 1 \le a \le A$$

$Y = \{y_k^b\}$ 代表另外一組長度為 M 的 B 通道訊號，其中 b、k 分別代表訊號之通道及時間點：

$$0 \le k < M, \quad 1 \le b \le B$$

本元件只允許這兩組訊號的通道數與資料長度一致，即

$$A = B, \quad N = M$$

則 Merge to Complex 的輸出結果為：

$$Z = X + iY,$$
$$z_{j'}^{a'} = x_{j'}^{a'} + iy_{j'}^{a'}$$

其中 a'、j' 分別代表輸出訊號參考的訊號長度與訊號通道數。若參考訊號為 X，則 $a' = a$，$j' = j$，且其取樣頻率等於 X 的取樣頻率；若參考訊號為 Y，則 $a' = b$，$j' = k$，且其取樣頻率等於 Y 的取樣頻率。

參數設定

Merge to Complex 接受實數（Real Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），等間距（Regular）或非等間距（Indexed）的訊號、聲音（Audio）訊號或數值（Numeric）資料。

參數 Reference Input 是指定模組訊號的通道數與訊號時間軸的參考，預設為 0，代表輸出時間軸參考第一組輸入訊號，則第二組輸入訊號的時間資訊如 Sample Frequency、Time Shift 等會直接套用第一組訊號的設定。

因此為避免造成操作上的混淆，強烈建議以相同通道數，時間軸相同的兩組訊號作 Merge to Complex。參數定義與預設值如下表：

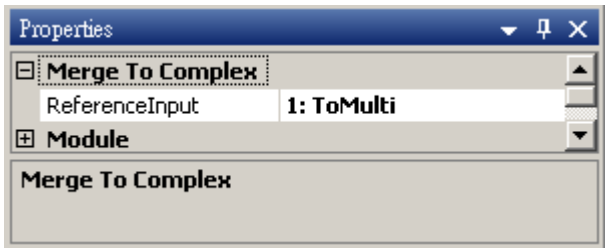


Table 5.5: 參數說明

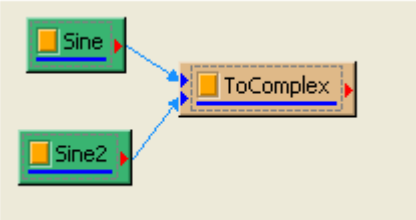
參數名稱	參數定義	預設值
ReferenceInput	參考訊號，以實部或虛部當作時間軸與通道數的基準。	0：第一組輸入訊號

範例

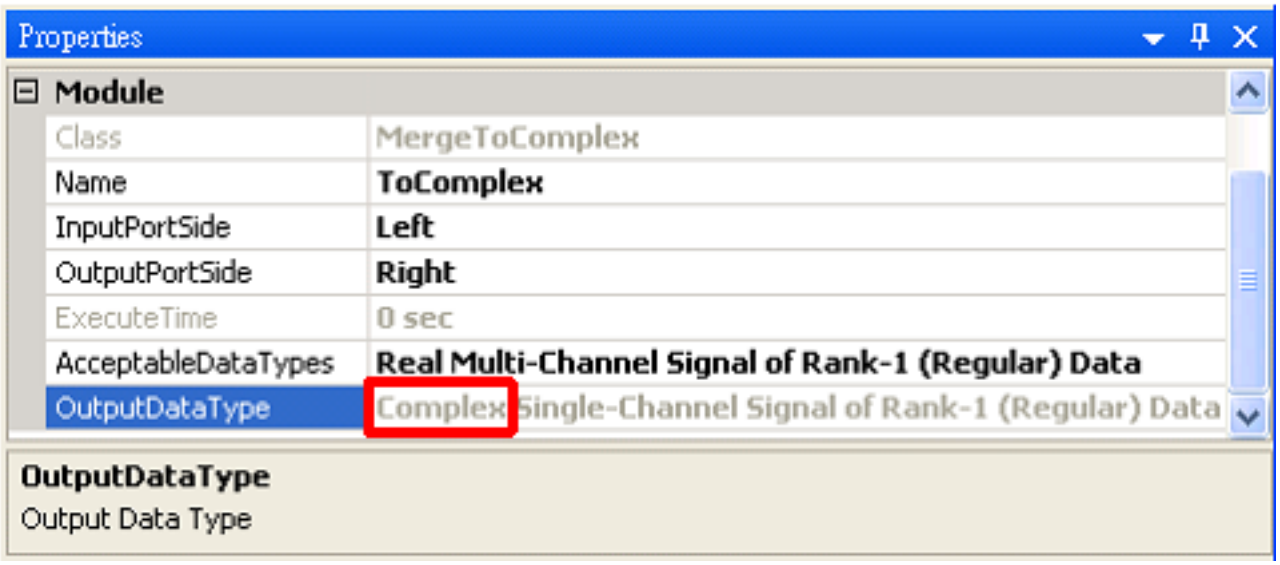
本範例將示範兩種操作模式，首先以兩筆單通道實數訊號合成為一筆單通道複術訊號，並示範複數訊號該如何繪圖；接下來示範以兩筆取樣頻率一樣，但時間長度不等的實數，多通道訊號輸入 Merge to Complex 合成一筆複數，多通道訊號。

單通道訊號

1. 以 Source / Sine Wave 產生兩個正弦波訊號，然後點選 Sine2，修改 Properties / Phase 為 90，使 Sine2 變為餘弦波訊號。然後以 Conversion / Merge to Complex 合成一個複數訊號。



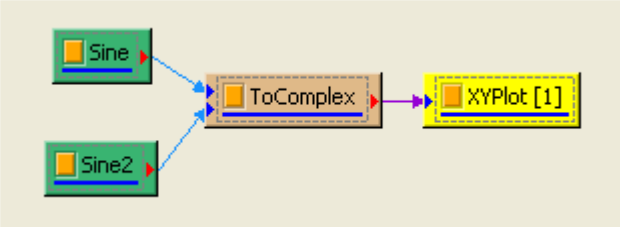
在 ToComplex 的輸出訊號格式可在 Properties 的 Module 類別下，欄位 OutputDataType 查詢，此輸出訊號已變更為 Complex。

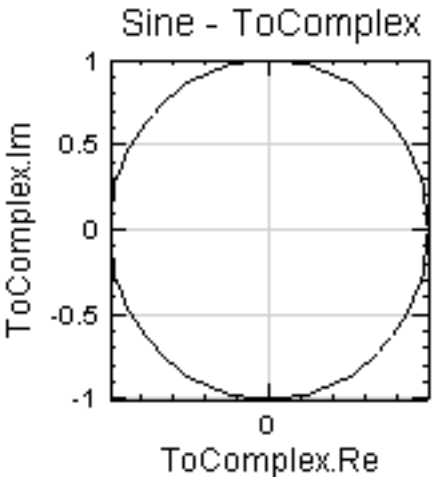


2. 若要繪製訊號在複數平面上的圖形，可利用 XY PLot。在 ToMulti 後方接上 Viewer / XY Plot Viewer，此 Viewer 會將輸入訊號實部資料當作 X 值，虛部資料當作 Y 值，依時間順序繪圖。本例所產生的複數是

$$Z_t = sin\left(\frac{2\pi}{180}\cdot 10\cdot t\right) + icos\left(\frac{2\pi}{180}\cdot 10\cdot t\right)$$

因此在複數平面上會畫出圓形。

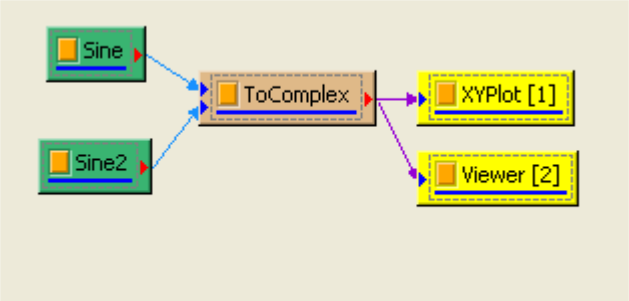


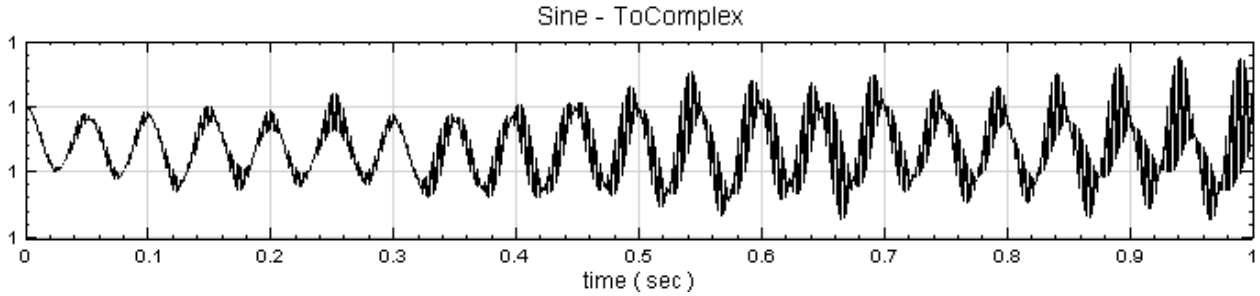


上圖是將 XY Plot Viewer 的 Properties / ViewerHeight 與 ViewerWidth 調為一樣，使 XY 軸的比例一致，關於 XY Plot Viewer 的操作在 XY Plot Viewer 章節會有更詳盡的說明。

3. 若運用 Channel Viewer，可以調整 Properties / YValueType 欄位，繪出複數訊號不同計算量的時序

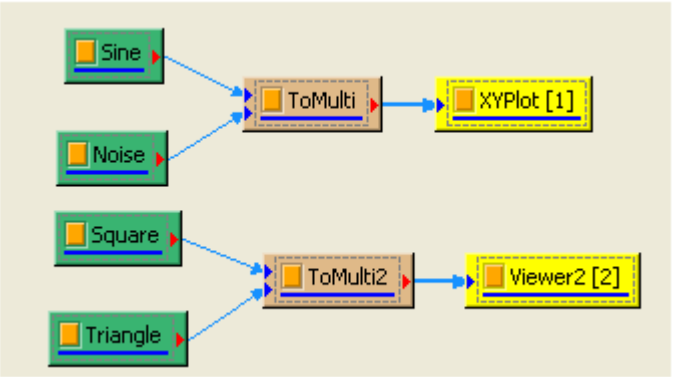
圖，如下圖是繪製此複數訊號的 Magnitude。此部份在 Channel Viewer 的章節會有更詳盡的說明。

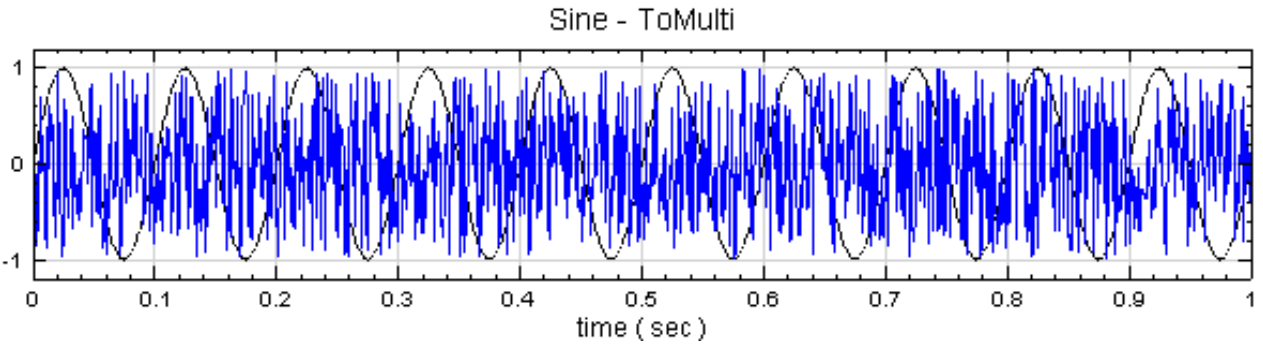




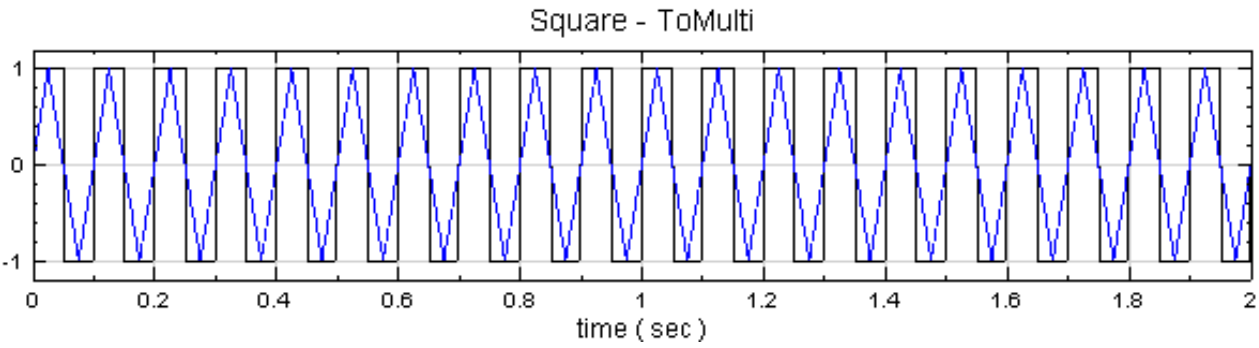
多通道訊號

1. 於 Network 視窗下選擇 Source / Noise 創造一個白色雜訊和 Source / Sine Wave，Properties 為預設，最後以 Compute / Conversion / Merge to Multi-channel 將上述訊號合成兩個通道的訊號，再利用 Source / Square Wave 創造方波和 Source / Triangle Wave 三角波，設定 Properties / TimeLength 設定為 2 秒，最後以 Compute / Conversion / Merge to Multi-Channel 將上述訊號合成二維資料 ReferenceInput 皆以預設值 0，用 Viewer / Channel Viewer 顯示於視窗。



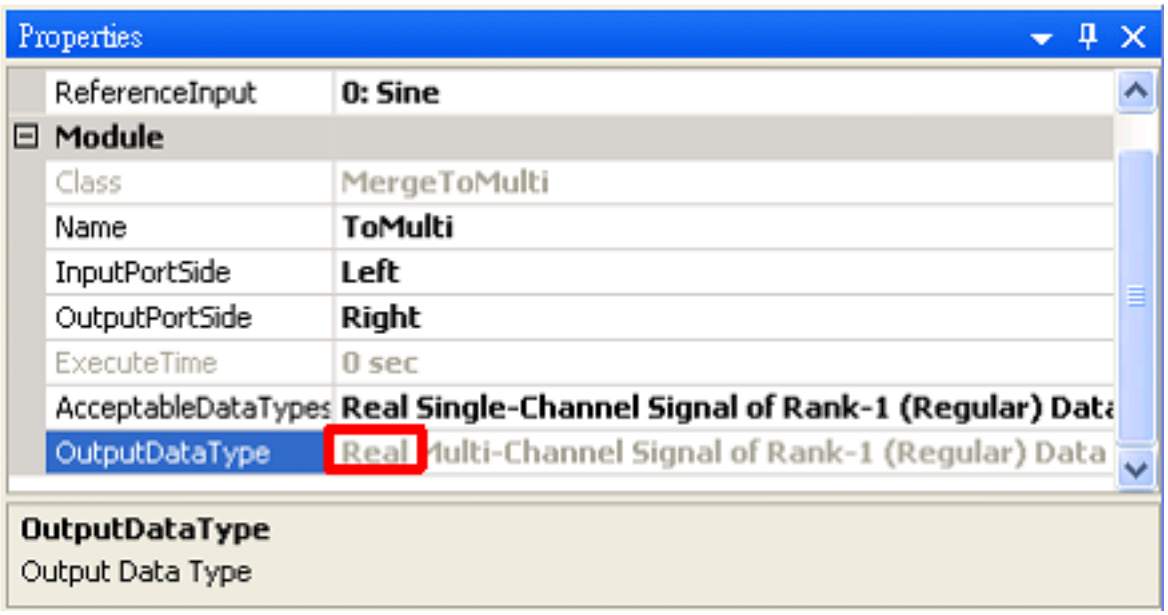


ToMulti 的訊號圖（Sine Wave and White Noise）。

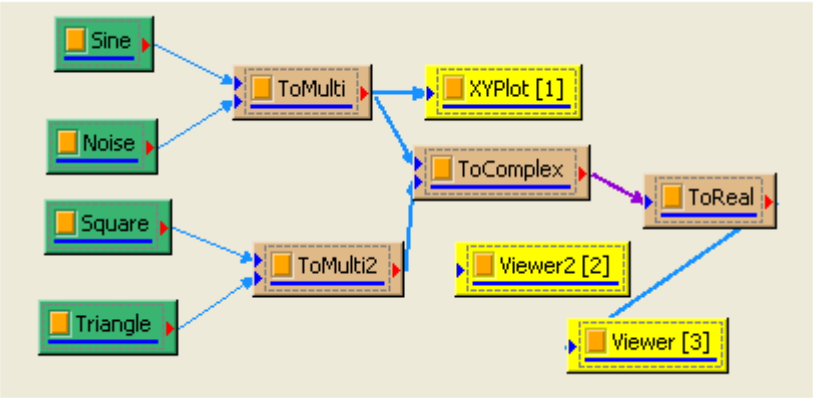


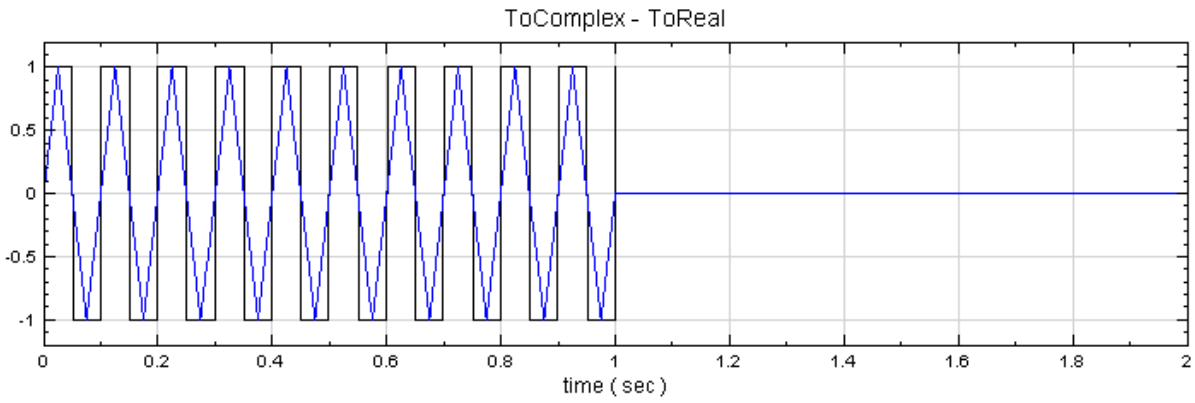
ToMulti2 之訊號圖（Square Wave and Triangle Wave）。

點選 ToMulti，打開 Properties 下的 Module，裡面 OutputType 欄位內容顯示訊號為 Real。



2. 再將 ToMulti、ToMulti2 兩個多通道訊號經由 Merge to Complex 轉換為複數訊號 ，於 Merge to Complex 上調整 ReferenceInput 調整至 0：ToMulti2，則依據實部的 SamplingFreq 和 DataLength 去調整虛部的訊號，再經由 Conversion / Convert From Complex 取出虛部，用 Viewer / Channel Viewer 顯示結果。





再回到 ToComplex 元件，打開 Properties 下的 Module，裡面 OutputType 欄位內容訊號已變更為 Complex。

相關指令

Noise、Sine、Triangle、Square、Convert From Complex、Merge to Multi-Channel

5.7 Merge to Multi-Channel

將多組輸入訊號組成一組多通道（Multi-Channel）資料訊號。

說明

令 $X = \{x_i^a\}, Y = \{y_j^b\}, Z = \{z_k^c\}, ...$ 代表多個時間軸為 $i, j, k, ...$，長度為 $N, M, L, ...$ 的多通道訊號，$1 \le a \le A, 1 \le b \le B, 1 \le c \le C$ 分別為訊號 X, Y, Z 之通道數，即：

$$X = \begin{pmatrix} \{x_0^0, & x_1^0, & ..., & x_{N-1}^0\} \\ \{x_0^1, & x_1^1, & ..., & x_{N-1}^1\} \\ \vdots & & & \\ \{x_0^{A-1}, & x_1^{A-1}, & ..., & x_{N-1}^{A-1}\} \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} \{y_0^0, & y_1^0, & ..., & y_{M-1}^0\} \\ \{y_0^1, & y_1^1, & ..., & y_{M-1}^1\} \\ \vdots & & & \\ \{y_0^{B-1}, & y_1^{B-1}, & ..., & y_{M-1}^{B-1}\} \end{pmatrix}$$

$$Z = \begin{pmatrix} \{z_0^0, & z_1^0, & ..., & z_{L-1}^0\} \\ \{z_0^1, & z_1^1, & ..., & z_{L-1}^1\} \\ \vdots & & & \\ \{z_0^{C-1}, & z_1^{C-1}, & ..., & z_{L-1}^{C-1}\} \end{pmatrix}$$

$$\vdots$$

則合併後的 R 訊號為：

$$R = \begin{pmatrix} \{x_0^0, & x_1^0, & \dots, & x_{N'-1}^0\} \\ \{x_0^1, & x_1^1, & \dots, & x_{N'-1}^1\} \\ \vdots & & & \\ \{x_0^{A-1}, & x_1^{A-1}, & \dots, & x_{N'-1}^{A-1}\} \\ \{y_0^A, & y_1^A, & \dots, & y_{N'-1}^A\} \\ \{y_0^{A+1}, & y_1^{A+1}, & \dots, & y_{N'-1}^{A+1}\} \\ \vdots & & & \\ \{y_0^{A+B-1}, & y_1^{A+B-1}, & \dots, & y_{N'-1}^{A+B-1}\} \\ \{z_0^{A+B}, & z_1^{A+B}, & \dots, & z_{N'-1}^{A+B}\} \\ \{z_0^{A+B+1}, & z_1^{A+B+1}, & \dots, & z_{N'-1}^{A+B+1}\} \\ \vdots & & & \\ \{z_0^{A+B+C-1}, & z_1^{A+B+C-1}, & \dots, & z_{N'-1}^{A+B+C-1}\} \\ \vdots & & & \end{pmatrix}$$

其中 N' 為輸出訊號的長度，當各輸入的單位或長度不相同時，可以設定 Reference Input，則輸出訊號的時間軸會直接置換為 $X, Y, Z, ...$ 等的時間軸。若所有輸入訊號長度一致，則 $N' = N = M = L = ...$，否則會以所設定之 Reference Input 以及 Overlap 決定 N'，並依長度所需捨棄資料點或是補上空值。

當兩個輸入的時間起始與長度不同時，模組會自動判斷，並開啟 Overlap 功能，使用者可以選擇 AND 交集或是 OR 聯集來決定輸出的時間起始與長度。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）或複數（Complex Number），單通道（Single Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal）或數值資料（Numeric）輸入，以及實數，單通道或多通道，Regular 的聲音訊號；輸出成多通道（Multi-Channel）資料。

Table 5.6: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
ReferenceInput	設定參考訊號，其時間軸座標值作為輸出訊號的時間軸。	0（第一筆輸入訊號）
MergeType	選擇時間範圍，有 AND 時間交集或 OR 時間聯集可以選。	AND
MissingValueFillTyp	選擇 OR 時間聯集後，補值的方法。有 Fixed Value 與 Null 兩種選項	Fixed Value
MissingValueFillValu	選擇 Fixed Value 後所要補的數值。	0

在輸入的單位不相同的情況下：

參數 Reference Input 設定本模組輸出訊號的通道數與訊號時間軸資訊是參考那一個輸入訊號，預設為 0，代表輸出訊號的時間軸參考第一組輸入訊號。其它未被指定為 Reference 的輸入訊號，其時間軸資訊會直接套用第一組訊號的設定。套用時間軸設定的原則是，缺少資料的時間點會補 0，時間超過參考的資料就刪除。

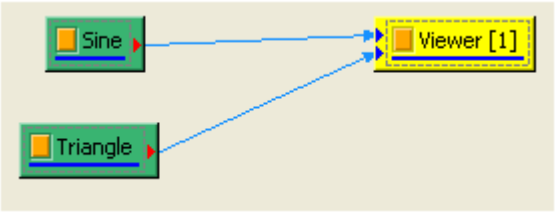
而在輸入的單位皆相同，但彼此時間起始不同，或是取樣頻率不同時：

Reference Input 決定輸出訊號的取樣頻率，而時間起始可由參數 MergeType 來選擇時間範圍。若選擇 AND 時間交集，則交集時間外的數據全部會被捨棄，輸出訊號的長度為所有輸入通道中共同經歷的時間。若是選擇 OR 時間聯集，本來沒有數據之時間點會用 MissValueFillType 與 MissingValueFillValue 中指定的的數值填補，輸出訊號的長度為自輸入訊號中最早的時間至最晚的時間。

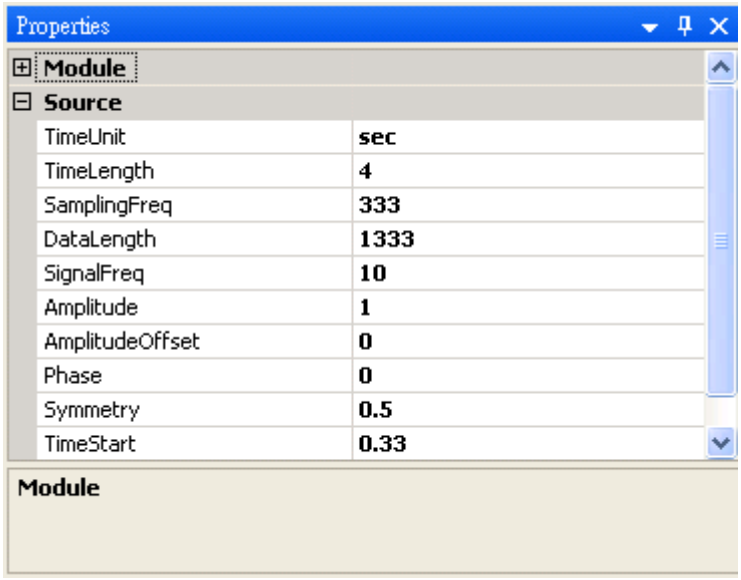
一般而言為避免混淆，建議輸入 Merge to Multi-Channel 的訊號彼此的時間軸資訊，如 SamplingFreq、時間起始點及時間長度 TimeLength 相一致。

範例

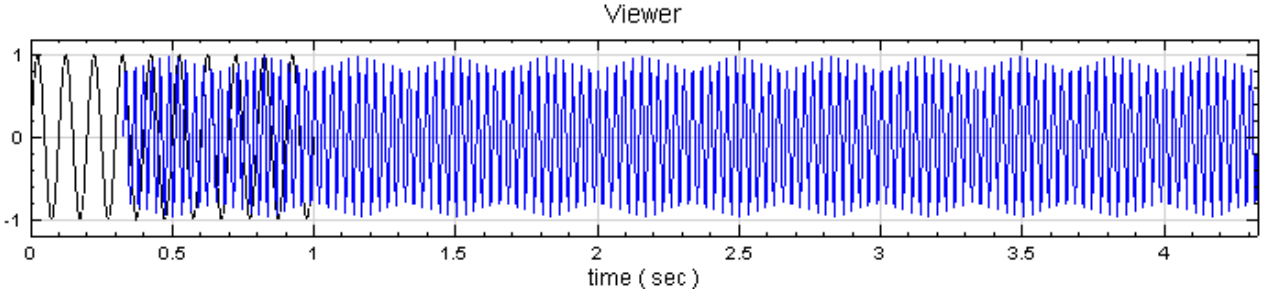
範例一：將兩個時間起始相同的單通道輸入合併成一個多通道



1. 先產生兩筆取樣頻率不同的訊號。本例選取一個 Sine Wave 與一個 Square Wae，打開參數視窗，確認兩者參數皆如下圖所示：



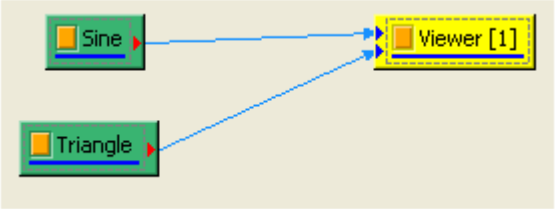
將兩組訊號都連到 Channel Viewer，可以見到如下的圖：



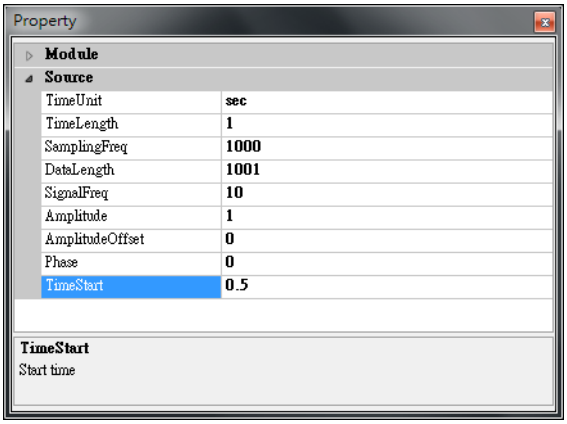
2. 再將兩組訊號都連接至 Conversion / Merge to Multi-Channel，接著也用 Channel Viewer 繪圖，便

可見到與第一個 Channel Viewer 相同的圖。

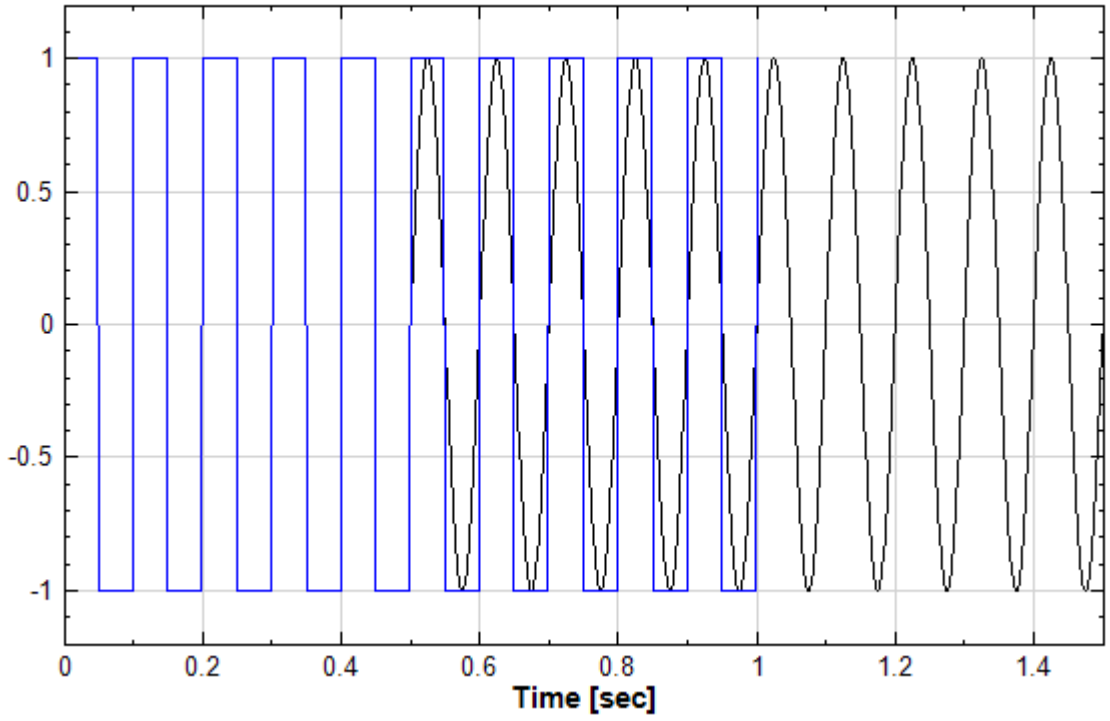
範例二：將兩個時間起始不同的單通道輸入合併成一個多通道



1. 延續範例一，修改 Sine 訊號源的參數，如下:

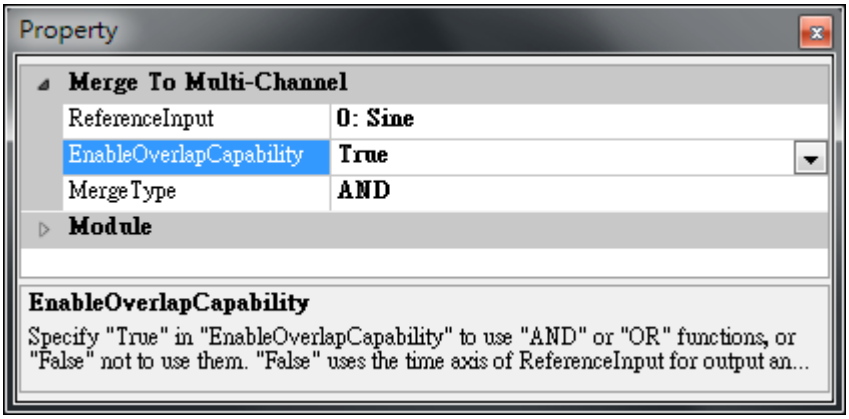


此時，Viewer 1 的圖會變成以下圖表，Square 從 0 秒開始到 1 秒結束，而 Sine 從 0.5 秒開始到 1.5 秒結束。

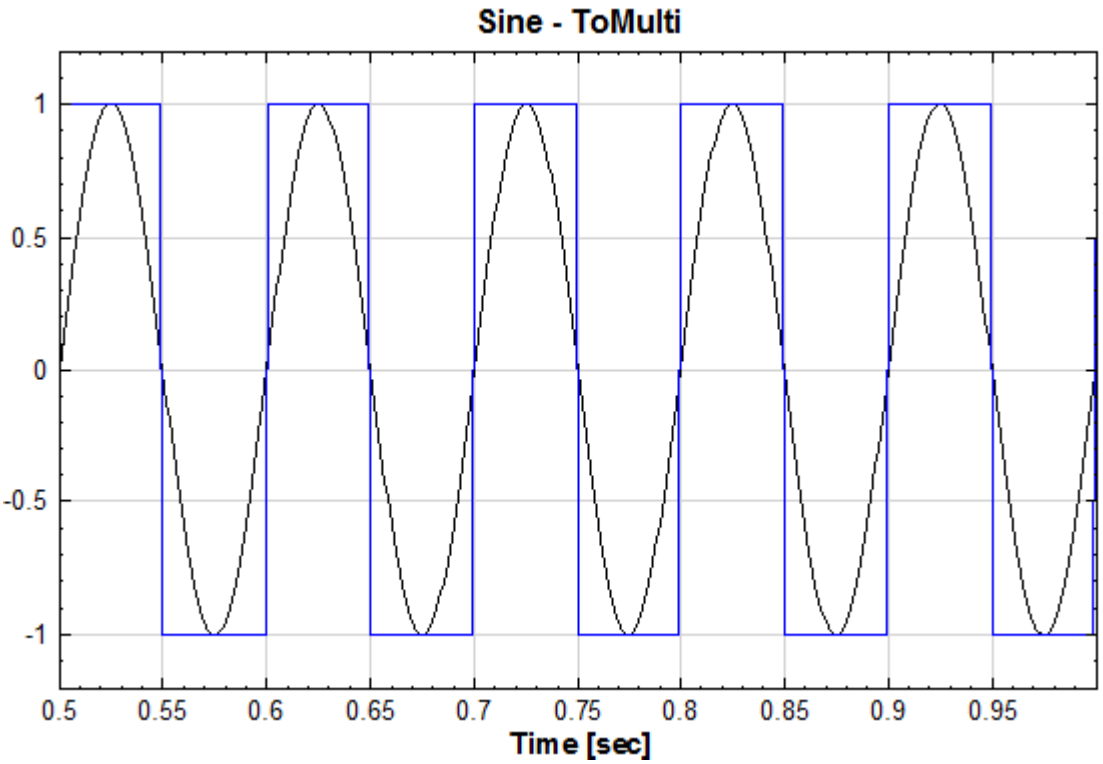


2. 若希望合併後擷取同時包含兩筆資料的時間片段 (也就是 0.5 秒到 1 秒的資料)，點開 ToMulti 的參數，並

將 EnableOverlapCapability 的參數由 False 改為 True。再將新出現的 MergeType 選擇 AND 時間交集，如下圖所示。

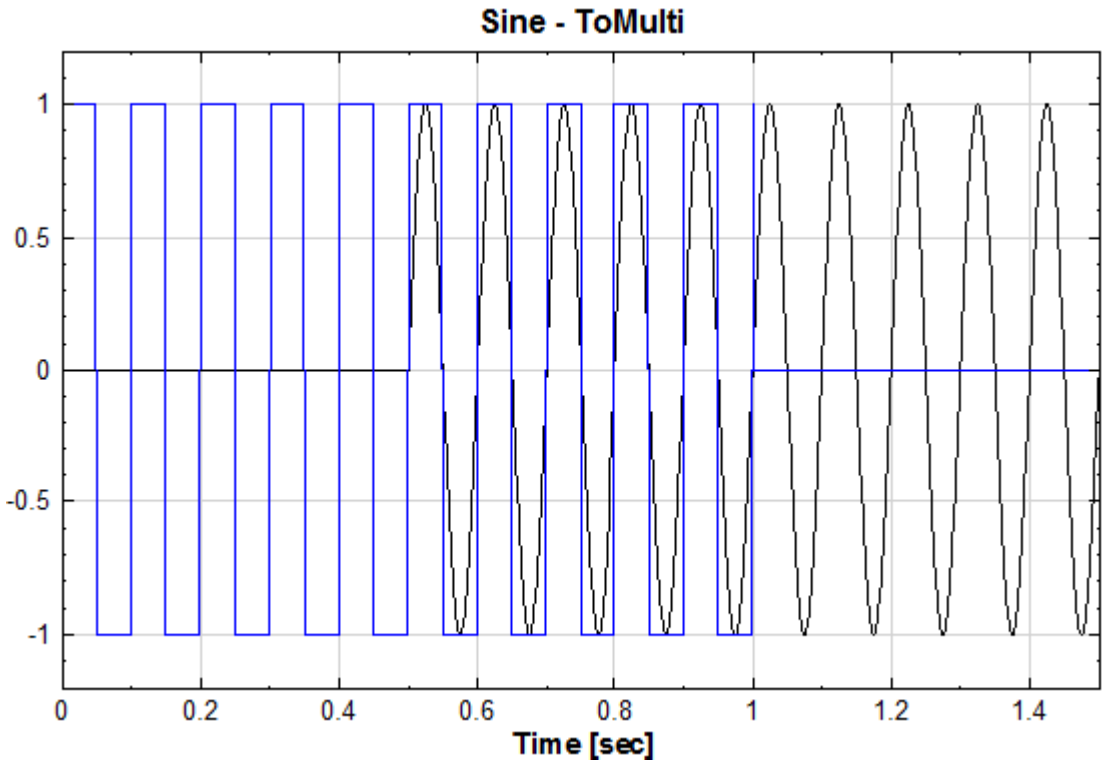


此時 Viewer 2 的圖會變成：



Sine 1 秒到 1.5 秒的資料被刪除；而 Square 在 0~0.5 秒的資訊也沒有保留。

3. 若是要將資料全部都放入輸出，則在 MergeType 選擇 OR 時間聯集，此時會有新的參數 MissingValueFillType 與 MissingValueFillValue 跑出來，本例選擇 Fixed Value 並指定填補數字為 0，即可見在 Viewer 2 中見到如以下的圖表：



在本來沒有資料的地方全部被填上 0，Sine 的資料長度由本來的 0.5~1.5 秒變成 0~1.5 秒；而 Square 的資料也由 0~1 秒變成 0~1.5 秒。

相關指令

Square Wave、Sine Wave、Channel Viewer

5.8 Split Complex

將複數訊號或數值的實、虛部分離。

說明

令 $Z = \{z_j^c\}$ 為一個複數，多通道的訊號，$1 \le c \le C$ 代表通道，$0 \le j < N$ 為時間軸。令 $X = \{x_j^a\}$ 代表實部，$Y = \{y_j^a\}$ 代表虛部，則 Z 可表示為

$$Z = X + iY$$
$$z_j^a = x_j^a + y_j^a, \quad 0 \le j < N,\ 1 \le c \le C$$

經過 Split Complex 後輸出的訊號 $S = \{s_j^c\}$ 可表示為

$$s_j^d = \begin{cases} x_j^c, & d = 2c - 1 \\ y_j^c, & d = 2c \end{cases} \qquad 1 \le c \le C$$

上式代表輸出訊號的奇數通道儲存訊號實部 X，偶數的通道儲存訊號虛部 Y，且均為實數資料。

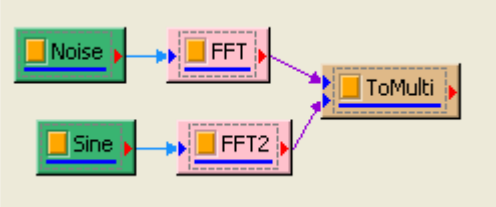
參數設定

本模組接受複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal），聲音訊號（Audio）或數值資料（Numeric）輸入；輸出訊號為實數，多通道（Multi-Channel）資料。

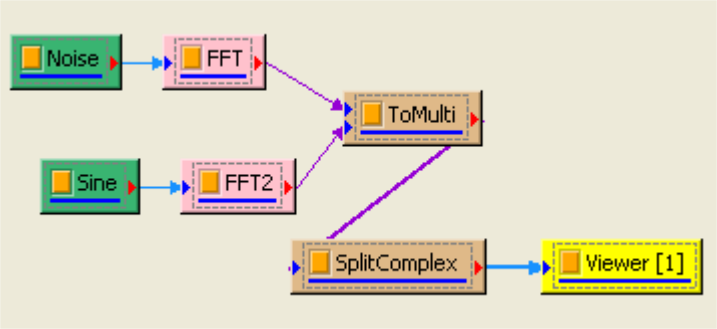
範例

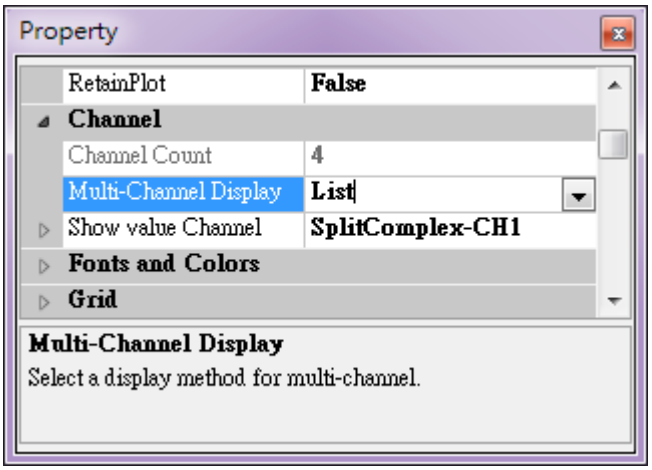
本範例將示範以一個訊號各為 1000 Hz 取樣頻率和長度 1 秒的 Sine Wave、1000 Hz 取樣頻率和長度 1 秒的 White Noise、振幅皆為 1 當作輸入訊號，經過 Fourier Transform 產生複數訊號，再作 Merge to Multi-Channel，最後經由 Split Complex 分成實部和虛部。步驟如下：

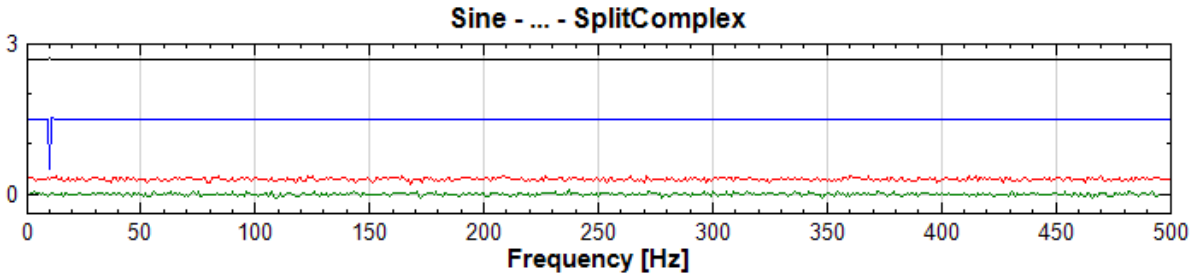
1. 於 Network 視窗下選擇 Source / Noise 創造一個白色雜訊（White Noise）和 Source / Sine Wave，Properties 皆為預設，再經由 Compute / Transform / Fourier Transform 處理，最後以 Compute / Conversion / Merge to Multi-Channel 將上述訊號合成為 2 個通道的訊號資料。



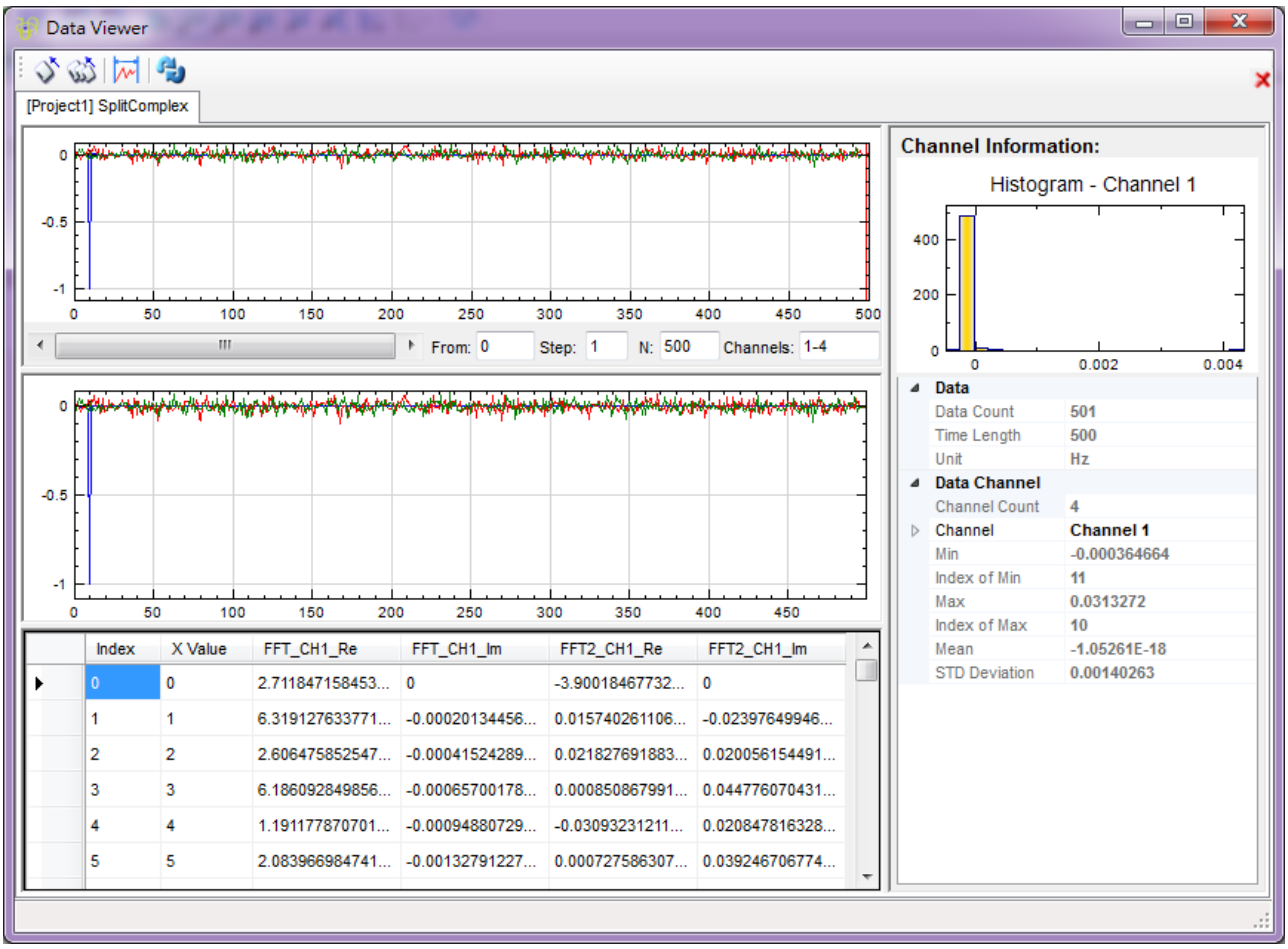
2. 將此複數訊號經由 Split Complex 處理，用 Viewer / Channel Viewer 顯示於視窗，改變 Viewer 的 Properties / Channel / Multi-Channel Display 為 List。







3. 最後可以使用 Data Viewer 看 Split Complex 輸出的訊號格式，表格中奇數 Channel 為訊號實部，偶數 Channel 為訊號虛部。



相關指令

Noise、Sine Wave、Merge to Multi-Channel、Fourier Transform

5.9 Convert to Matrix*

Only in Professional

將訊號轉換為 Numeric 型態的矩陣資料，並可以進行各種矩陣運算。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal），聲音訊號（Audio）或時頻資料（Spectra）。

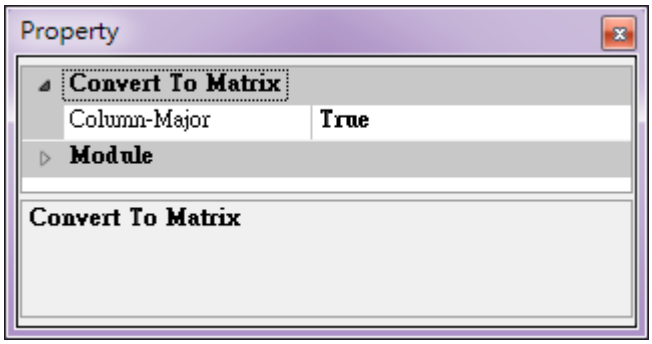
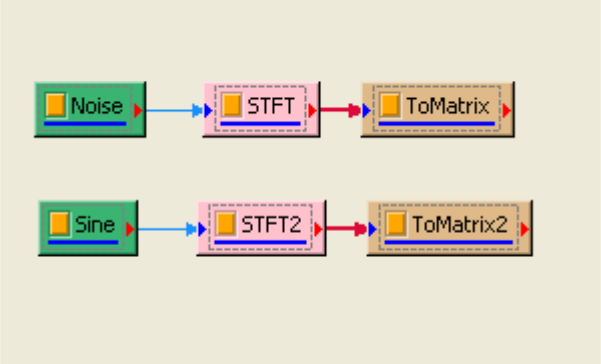


Table 5.7: 參數說明

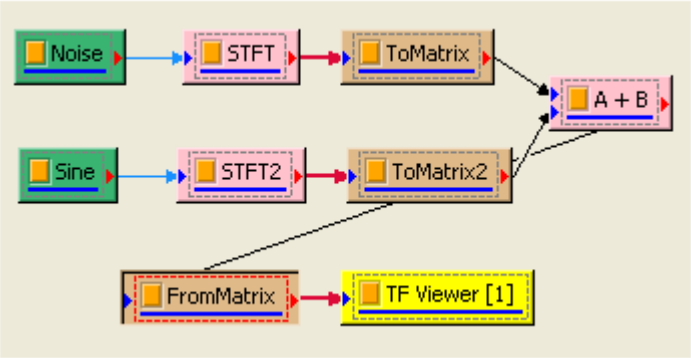
參數名稱	參數定義	預設值
Column-Major	設定為 True，輸入訊號時間序列為矩陣的縱列，反之則相反。	True

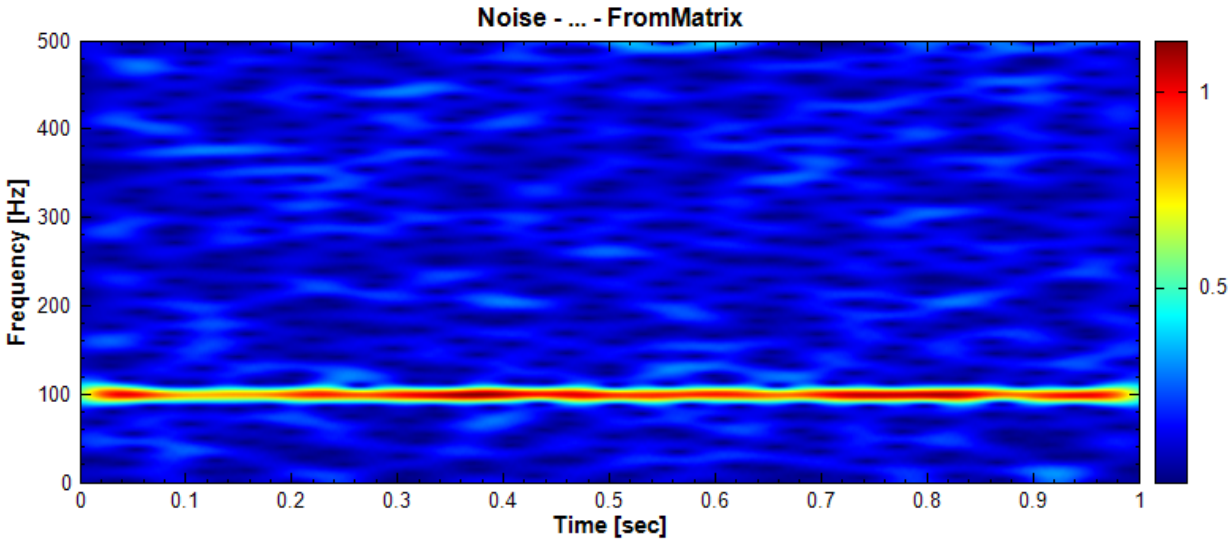
範例

1. 首先利用 Source / Noise 及 Sine Wave 產生兩個訊號源，然後再將兩個訊號源分別接至 Compute / TFA / Short-Term Fourier Transform，最後再分別以 Conversion / Convert to Matrix 轉換為矩陣，模組連接狀況如下圖。



2. 再將兩個轉換為矩陣的資料一起接至 Compute / Matrix / Matrix Operation，參數皆以預設，將 Matrix Operation ($A+B$) 接至 Conversion / Covert from Matrix ，DataType 設定為 TimeFrequencySpectra，最後用 TF Viewer 顯示其結果。





相關指令

Short-Term Fourier Transform、Convert from Matrix

5.10 Convert from Matrix*

Only in Professional

將 Numeric 型態的矩陣資料轉換為各種訊號例如時序訊號、頻譜訊號、時頻資料。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），Regular 或 Indexed 的 Numeric 矩陣資料。

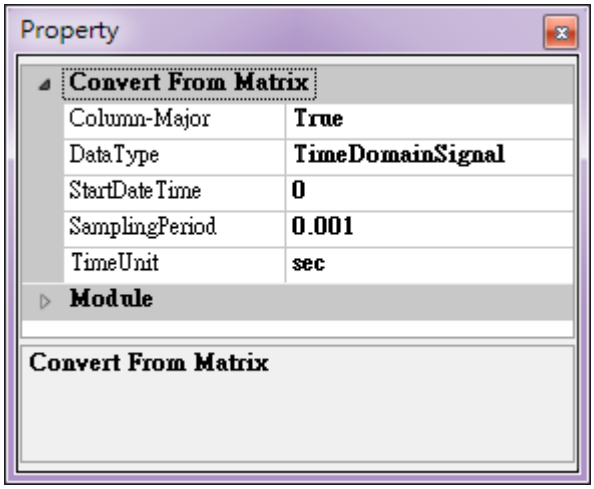


Table 5.8: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Column-Major	設定為 “True”，輸入訊號時間序列為矩陣的縱列，反之則相反。	True
DataType	設定輸出的訊號為 TimeDomainSignal（時序訊號）、FreqDomainSignal（頻譜訊號）和 TimeFrequencySpectra（時頻資料）。	TimeDomainSignal

若是 DataType 為 TimeDomainSignal，則會有下列參數需要設定。

Table 5.9: TimeDomainSignal 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
StartDateTime	設定輸出時序訊號的起始的 DateTime。	0001/1/1 上午 12:00:00
SamplingPeriod	設定輸出時序訊號的取樣周期。	0.001
TimeUnit	設定輸出時序訊號的單位。	sec

若是 DataType 為 FreqDomainSignal，則會有下列參數需要設定。

Table 5.10: FreqDomainSignal 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
StartFreq	設定輸出頻譜訊號的起始頻率。	0
EndFreq	設定輸出頻譜訊號的結束頻率。	500
FreqUnit	設定輸出頻譜訊號的單位。	Hz

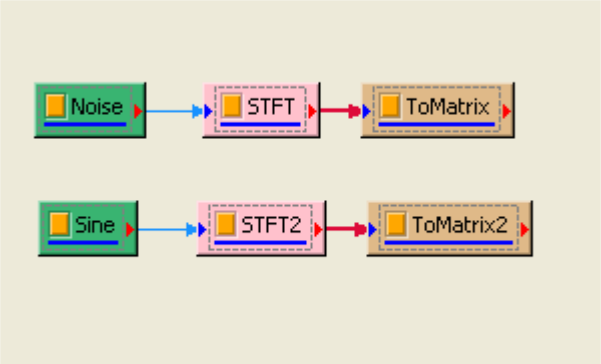
若是 DataType 為 TimeFreqSpectra，則會有下列參數需要設定。

Table 5.11: TimeFreqSpectra 參數說明

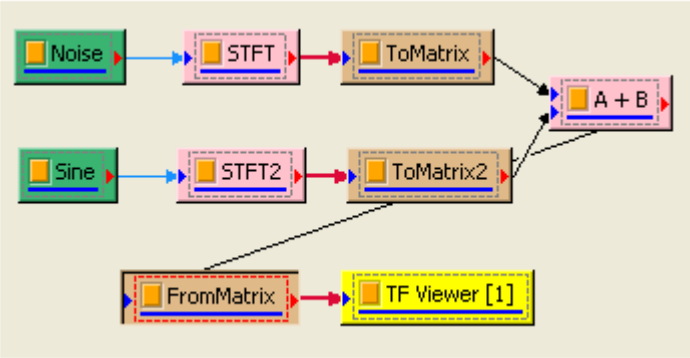
參數名稱	參數定義	預設值
StartDateTime	設定輸出時頻資料時間軸的起始 DateTime。	0001/1/1 上午 12:00:00
SamplingPeriod	設定輸出時頻資料的點跟點之間的時間間距。	0.001
TimeUnit	設定輸出時頻資料時間軸的的單位。	sec
StartFreq	設定輸出時頻資料頻率軸的起始頻率。	0
EndFreq	設定輸出時頻資料頻率軸的結束頻率。	500
FreqUnit	設定輸出時頻資料頻率軸的單位。	Hz

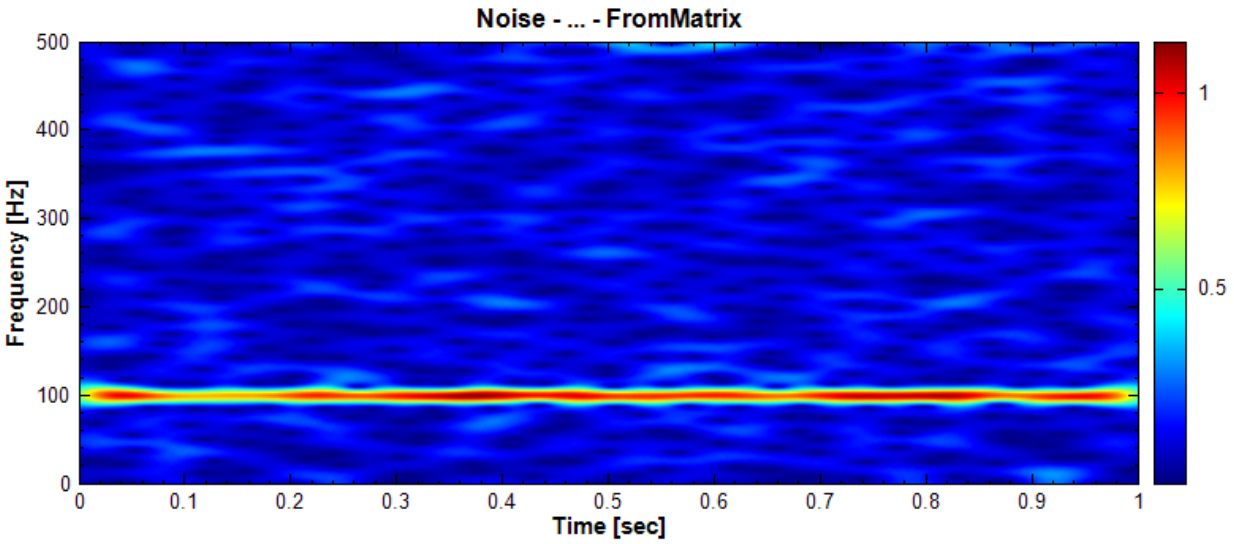
範例

1. 首先利用 Source / Noise 及 Sine Wave 產生兩個訊號源，然後再將兩個訊號源分別接至 Compute / TFA / Short-Term Fourier Transform，最後再分別以 Conversion / Convert to Matrix 轉換為矩陣，模組連接狀況如下圖。

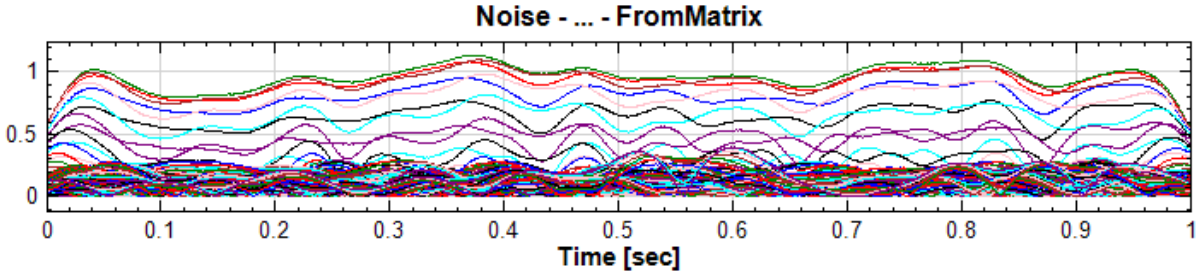


2. 再將兩個轉換為矩陣的資料一起接至 Compute / Matrix / Matrix Operation，參數皆以預設，將 Matrix Operation ($A+B$) 接至 Conversion / Covert from Matrix ，DataType 設定為 TimeFrequencySpectra，最後用 TF Viewer 顯示其結果。





3. DataType 設定為 TimeDomainSignal，參數皆以預設，最後用 Channel Viewer 顯示其結果。



相關指令

Short-Term Fourier Transform、Convert to Matrix

5.11 Convert from Spectra

將 Spectra 資料轉換為單、多個通道的時序訊號或者單、多個頻譜訊號。

說明

可以將時頻資料中的某一個列（Row）或全部列萃取出來，即為某一固定頻率振幅隨著時間變化。將時頻資料中的某一個欄（Column）或全佈欄萃取出來，即為某一時間點的頻率分佈。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel）的時頻資料（Spectra）。

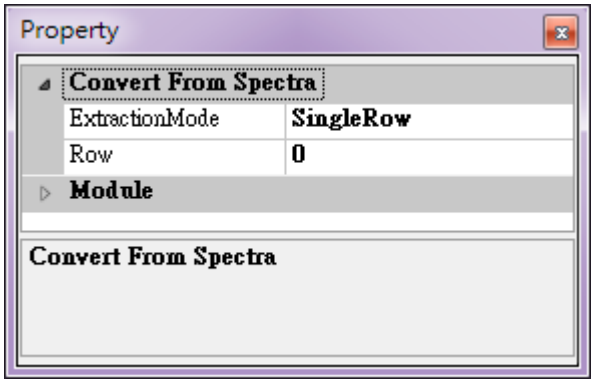
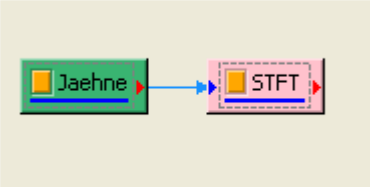


Table 5.12: 參數說明

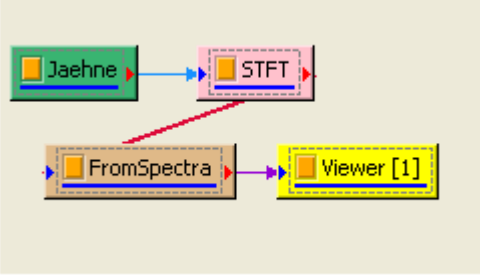
參數名稱	參數定義	預設值
ExtractionM	設定要擷取的是列（Row）或欄（Column），設定選擇有 MultiChannelRows、MultiChannelColumns、SingleRow、SingleColumn。	SingleRow
Row	設定要擷取第幾個列（Row）。	0
Column	設定要擷取第幾個欄（Column）。	0

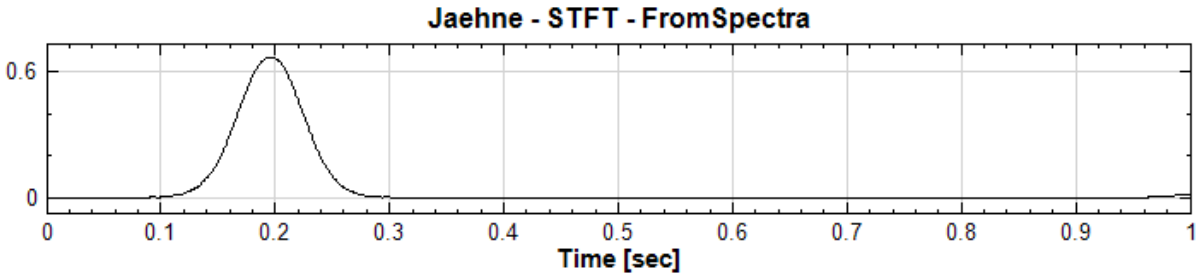
範例

1. 首先利用 Source / Advanced / Jaehne 產生訊號源，然後接至 Compute / TFA / Short-Term Fourier Transform，所有參數皆為預設，模組連接狀況如下圖。

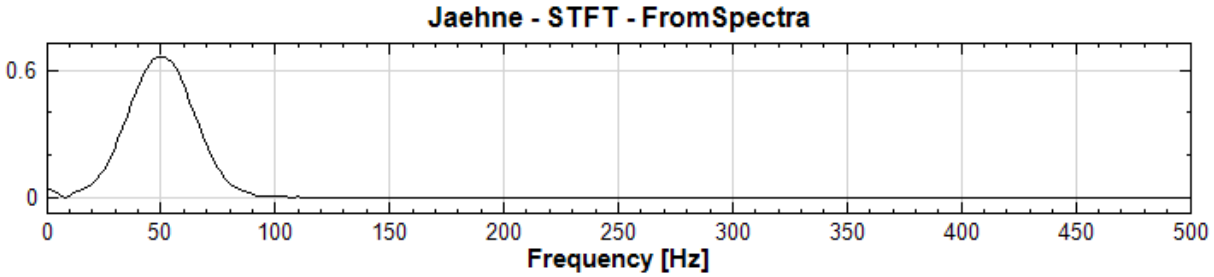


2. 再將 STFT 連接至 Coversion / Convert from Spectra，Convert from Spectra 的參數 Rows 設定為 50 ，最後用 Channel Viewer 顯示萃取第 50 列的結果。





3. 再將 Convert from Spectra 的參數 ExtractionMode 設定為 SingleColumn，Column 設定為 100 ，最後用 Channel Viewer 顯示萃取第 100 欄的結果，得到頻率分佈。



相關指令

Short-Term Fourier Transform、Convert from Spectra

5.12 Convert to dB

將訊號 (如聲源) 藉由參考數值轉換為分貝 (dB)。

說明

分貝（decibel）是量度兩個相同單位之數量比例的單位，主要用於度量聲音強度，常用 dB 表示，「分」（deci-）指十分之一，「貝」（bel）是紀念發明家亞歷山大．格拉漢姆．貝爾。計算方法視其物理量而定，可分為兩種：

1. 功率量，考慮功率或者強度時，其比值可以表示為分貝，其數學式為

$$L_dB = 10 \times log(P_1/P_0)$$

2. 場量，考慮到場（field）的幅值（amplitude）時，通常使用 A_1 (度量到的幅值) 的平方與 A_0 （參考幅值）的平方之比，其因為大多數應用，功率與幅值的平方成比例，其數學式為

$$L_dB = 20 \times log(A_1/A_0)$$

以聲壓為例，常用之空氣參考聲壓為 $p_{ref} = 20\mu Pa$，其被認為是人類的最少聽覺響應值。

參數設定

本模組接受實數 (Real Number)，單通道 (Single Channel) 或多通道 (Multi-Channel)，Regular 的訊號 (Signal) 或聲音訊號 (Audio) 輸入。輸出為時間序列之 dB 值。主要參數設定與RMS 相同，以及參考值設定。

Table 5.13: Integrate 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
Method	數值積分的方法，可選擇： Simple (長方形法)、 Trapezoidal (梯形法)、 Simpson (辛普森法) (詳細介紹請參閱Integrate)	Trapezoidal
StartPosition	設定橫軸上的積分起始值。	訊號的起始值
EndPosition	設定橫軸上的積分終點值。	訊號的終點值

Table 5.14: Remove DC 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
DC Value	訊號的 DC 值	根據輸入訊號而定
DC type	定義 DC 值求得法，可選： Mean、 DFTZerothTerm、 TrapezoidIntegration、 UserSetting	Mean

Table 5.15: Rolling Window 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
Use Time Unit	是否使用原始訊號的時間單位設定 Window 和 Overlap	False
Window	設定窗函數的大小，如 Use Time Unit 設定 False，數值之單位為資料點數。	100
Overlap	設定窗與窗之間重疊的資料點數。Overlap $\leq$ Window。	99

Table 5.16: Vibration Level 參數說明

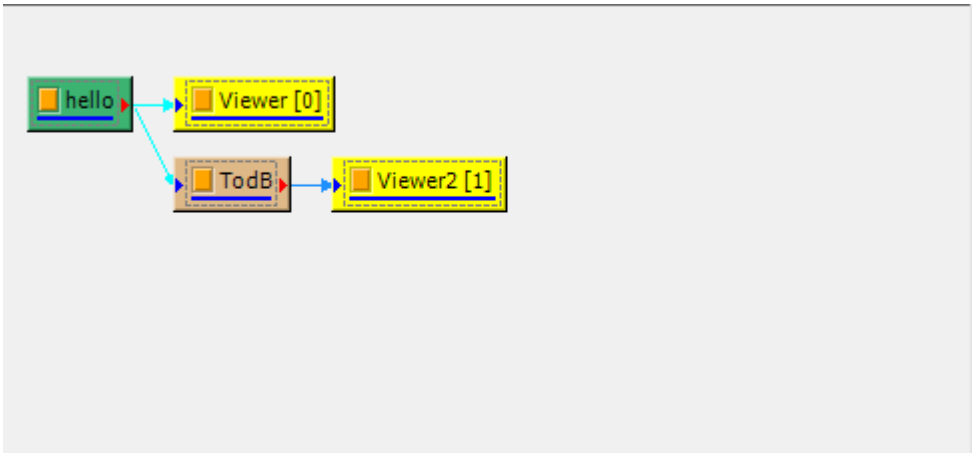
參數名稱	參數定義	預設值
Type	設定 Vibration Level，可選： • RMS、 • Peak、 • PeakToPeak （詳見下表介紹）	RMS
ReferenceLevel	定義 dB 的參考大小	20
ReferenceUnit	定義 dB 的參考單位	μPa

Table 5.17: Vibration Level 種類

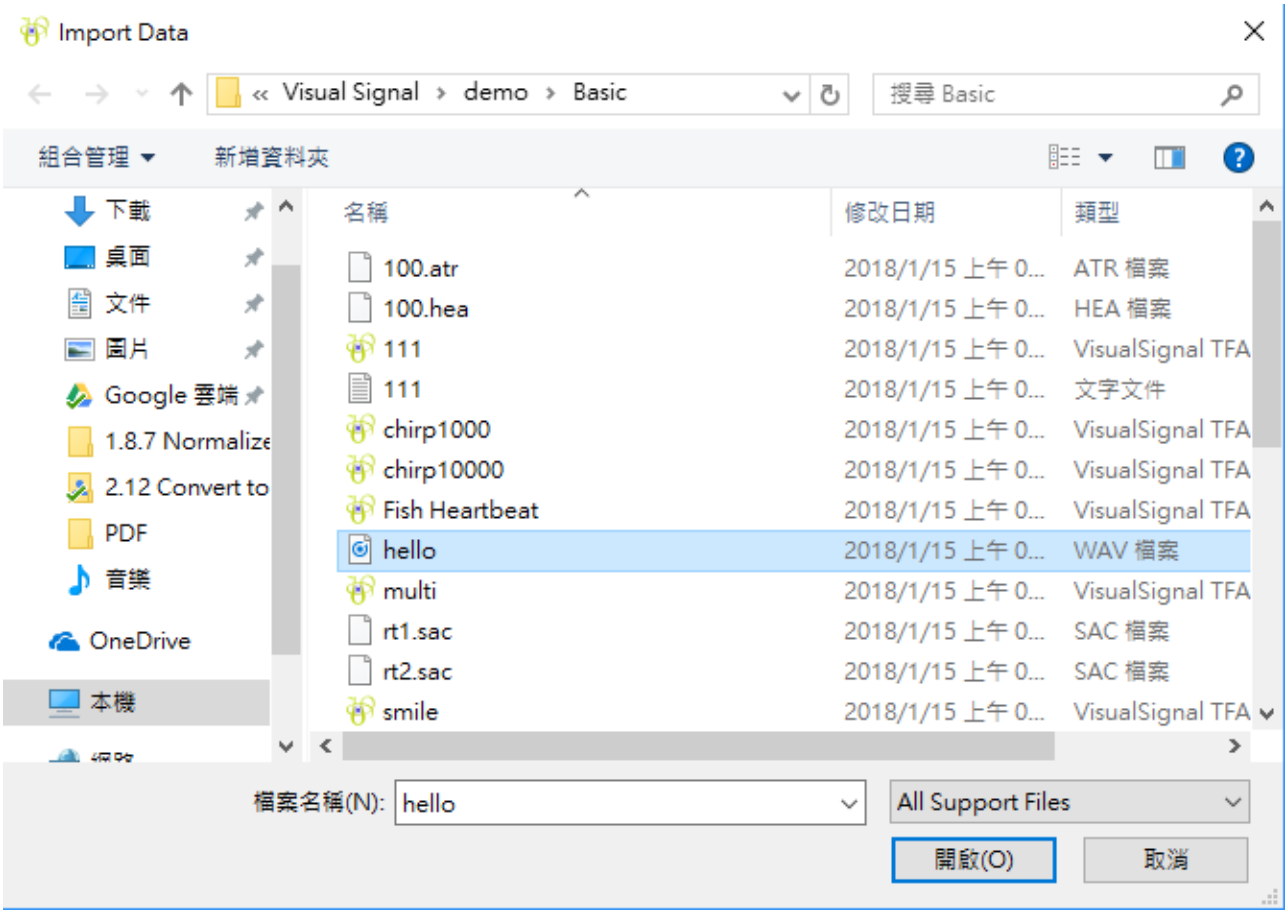
Types of Vibration Level	參數定義
RMS	計算一段時間內振動的能量平均值。
Peak	假設振動訊號為正弦波，正弦波的振幅最大值為正弦波的 RMS 的 $\sqrt{2}$ 倍。
PeaktoPeak	假設振動訊號為正弦波，正弦波的振幅最大值與最小值的差距為 2×Peak。

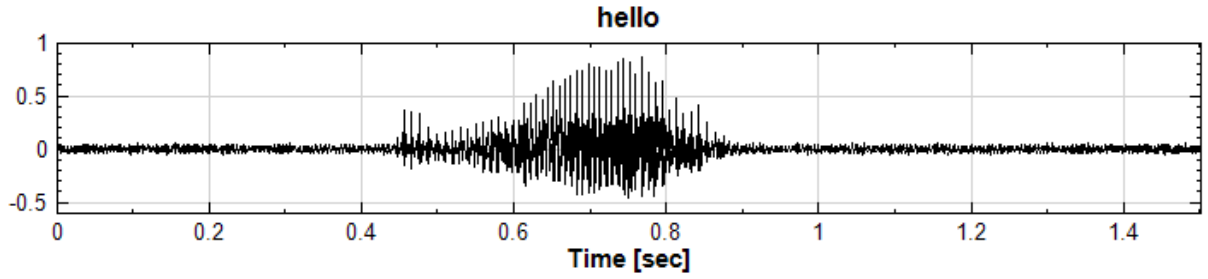
範例

本範例以 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Basic\hello.wav` 為訊號源，其為音訊檔 (.wav)，藉由 Conver to dB 之功能，可轉換成 dB 值。

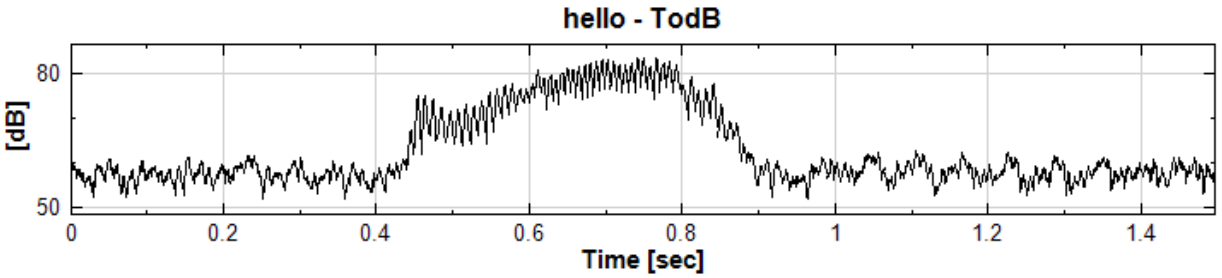


1. 點擊 Network Window 工具列之 Import Data 選擇 `hello.wav` (預設路徑為 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Basic\hello.wav`)，並對點選 hello 按右鍵選 Viewer Channel Viewer，將此聲音檔以圖形展示出來。

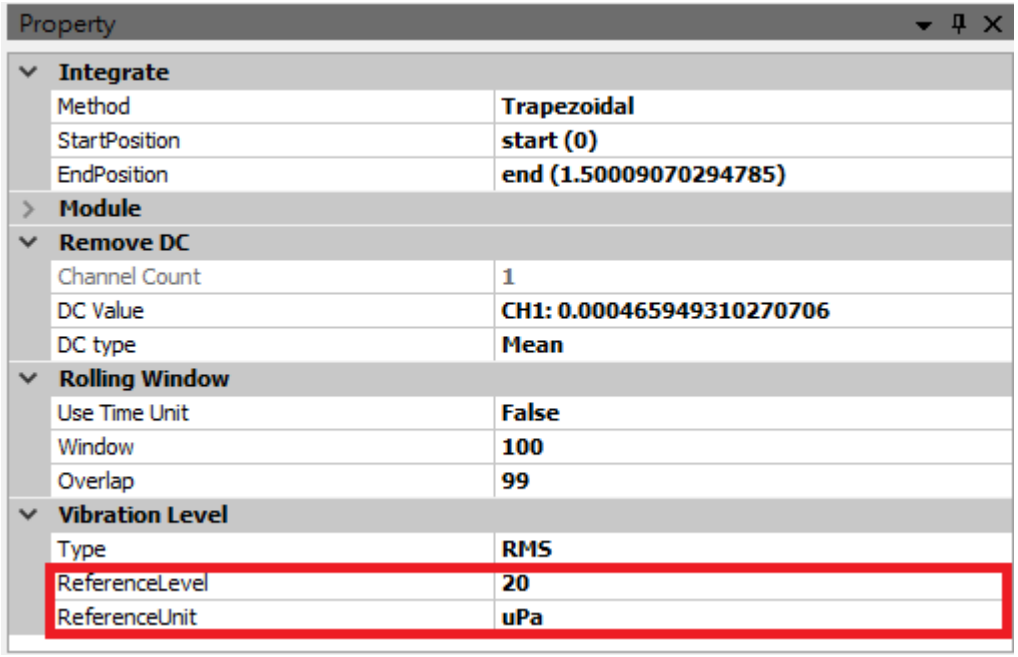




2. 點選 hello 點擊右鍵選擇 Conversion Conver to dB，並點選 Conver to dB 點擊右鍵選擇 Viewer Channel Viewer。



3. 點擊 TodB 於 Property Vibration Level ReferenceLevel 與 ReferenceUint，可設定參考聲壓值及單位，預設為空氣之參考聲壓值 $20\mu Pa$。



相關指令

RMS

參考資料

https://en.wikipedia.org/wiki/Decibel

5.13 Split

說明

Split 可依照設定的切割框長度，將長度較長之單通道訊號切割成數個獨立的長度較短之多通道訊號，並輸出成一組多通道訊號（Multi-Channel Signal）。

參數設定

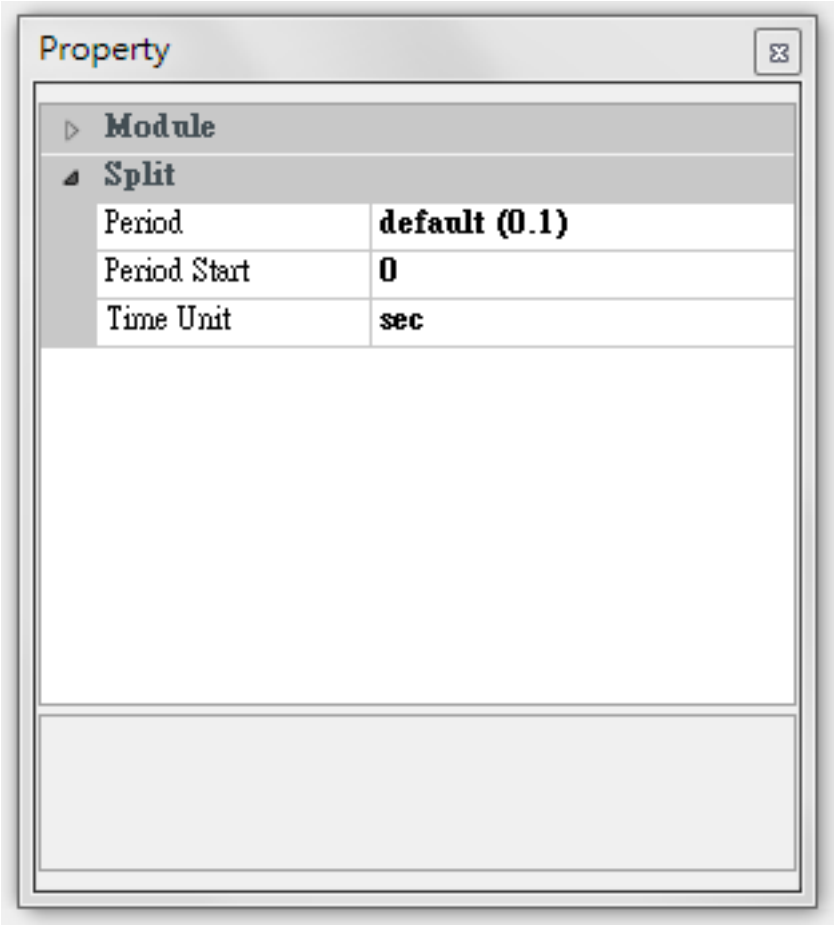
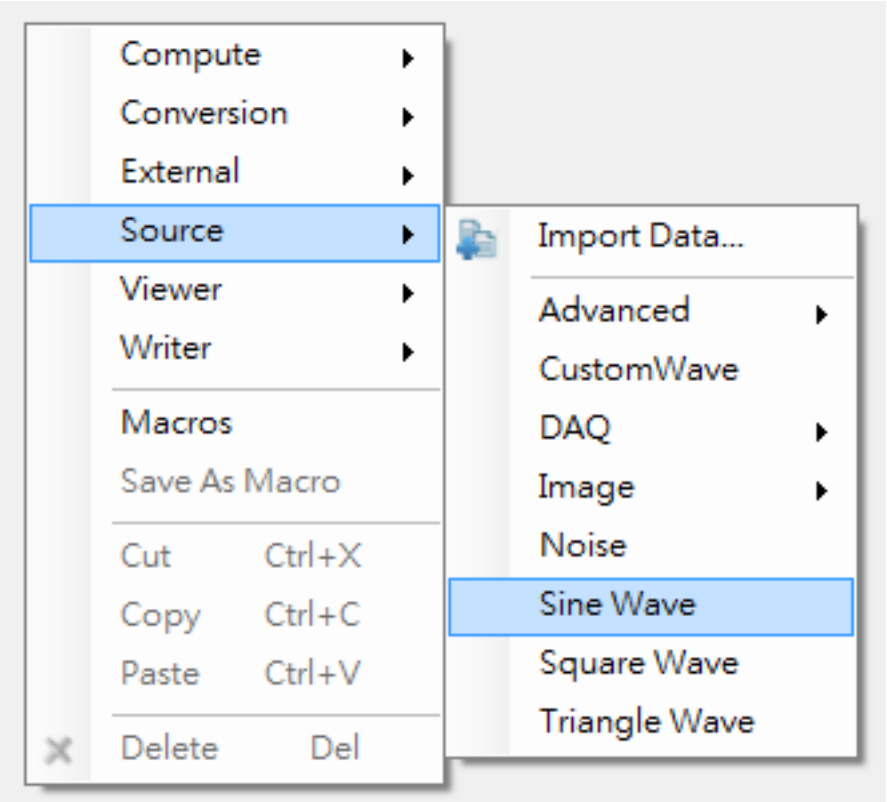


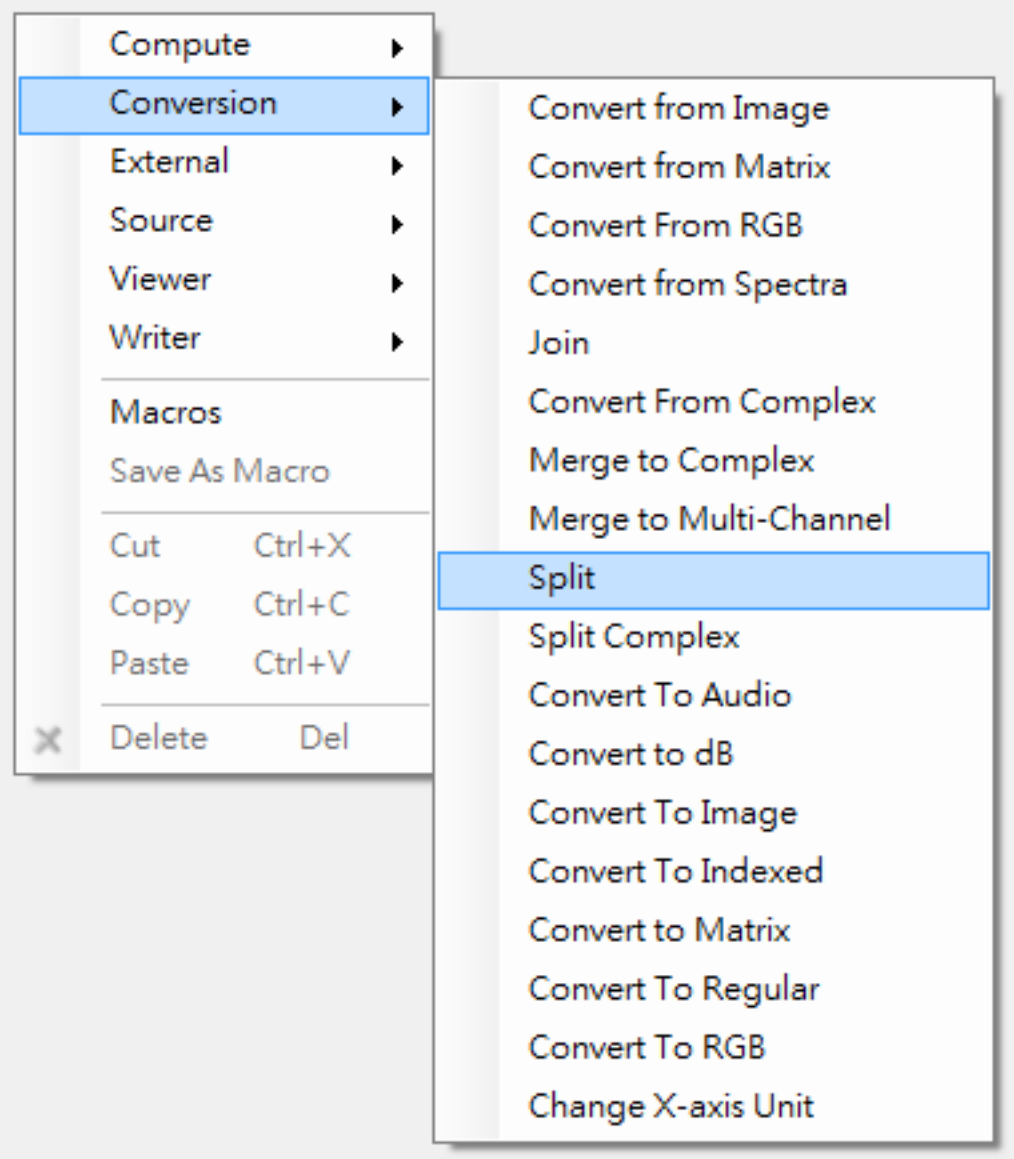
Table 5.18: Split 參數

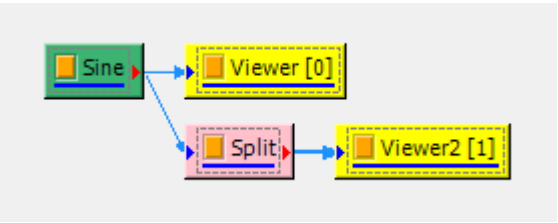
參數名稱	參數定義	預設值
Period	切割週期訊號的時間長度	輸入週期 (0~1)
Period Start	開始切割週期訊號的時間點	輸入起始時間 (0)
Time Unit	Period 和 Period Star 的時間單位	sec

範例

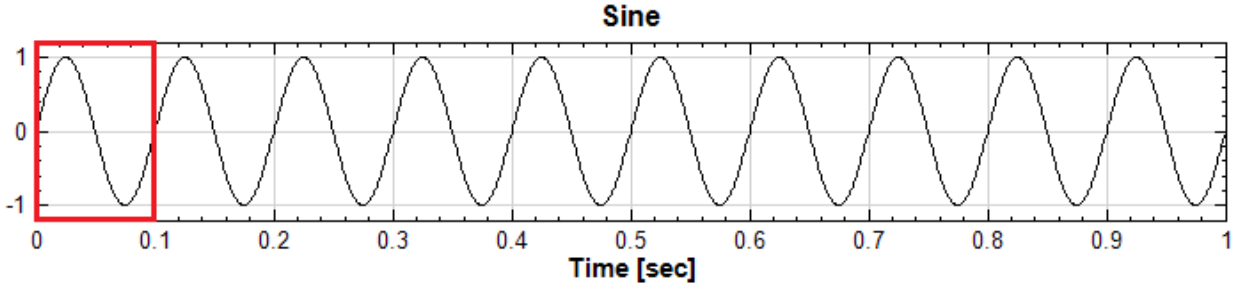
1. 先用 Source / Sine Wave 新增一個 Sine Wave 做為原始訊號源，使用 Conversion / Split 功能進行訊號切割，再用 Viewer / Channel Viewer 顯示 (如下圖)。


Compute
Conversion
External
Source
Viewer
Writer
Macros
Save As Macro
Cut Ctrl+X
Copy Ctrl+C
Paste Ctrl+V
Delete Del
Import Data...
Advanced
CustomWave
DAQ
Image
Noise
Sine Wave
Square Wave
Triangle Wave

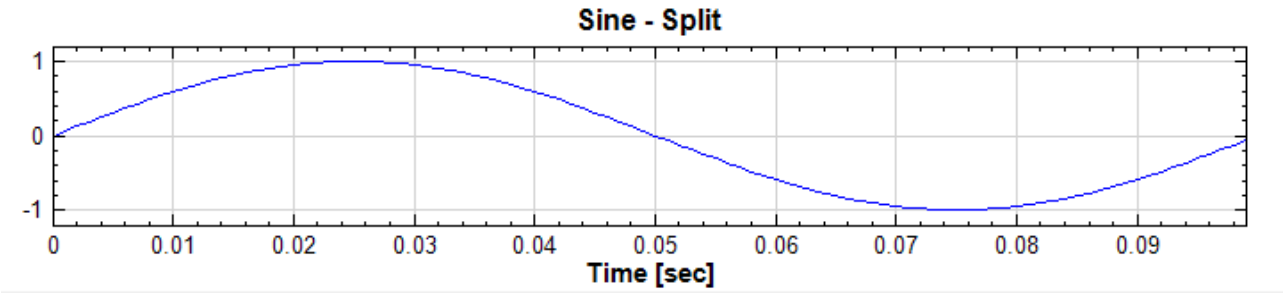




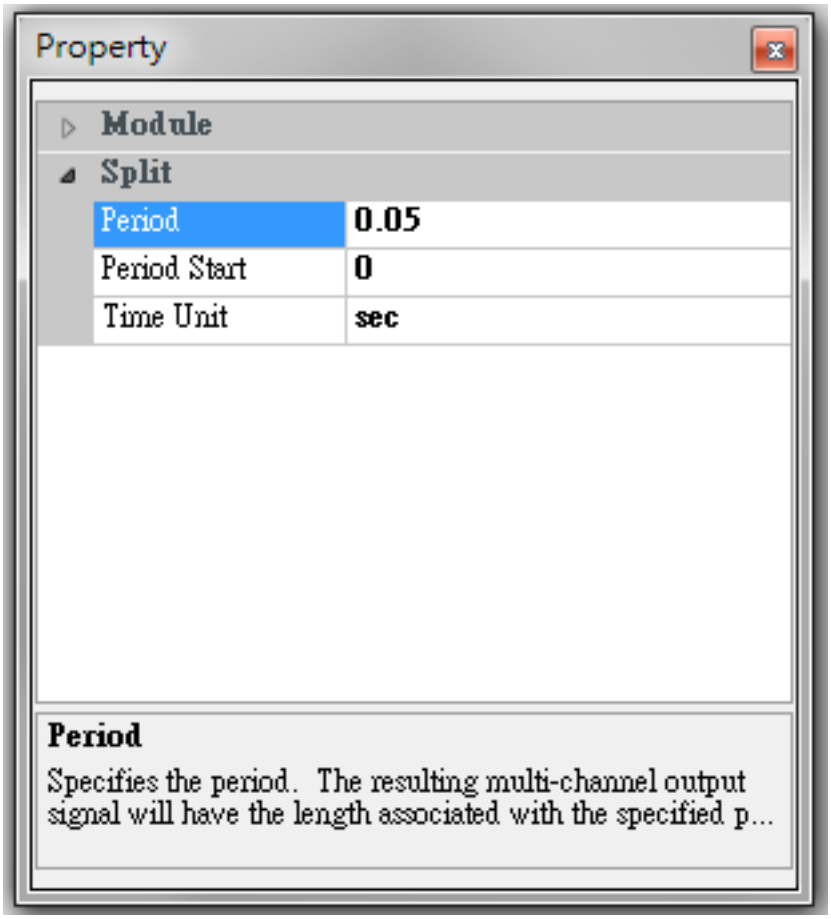
2. 使用 Split 預設的參數設定，從起始點開始，每隔 0.1 秒分割一次訊號。下圖為 Sine Wave 原始訊號，紅框為使用 Split 切割的部分訊號。

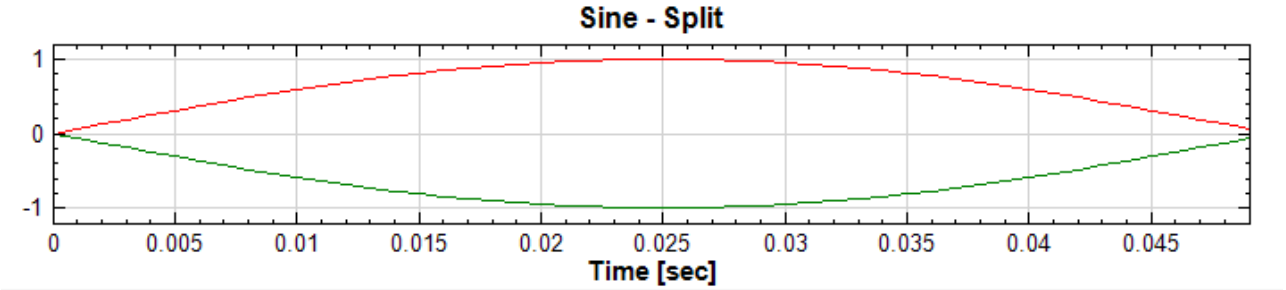


3. 使用 Split 切割後的訊號如下，輸出一組 10 個通道的訊號，並保留時間從 0~0.1s 的部分訊號。



4. 將 Split 的參數 Period 改為 0.05（即原週期的一半），分割出新的多通道訊號（Multi-Channel Signal）如下圖，其中紅線為原 0~0.05s 之訊號、綠線為原 0.05~0.1s 之訊號。





相關指令

Join

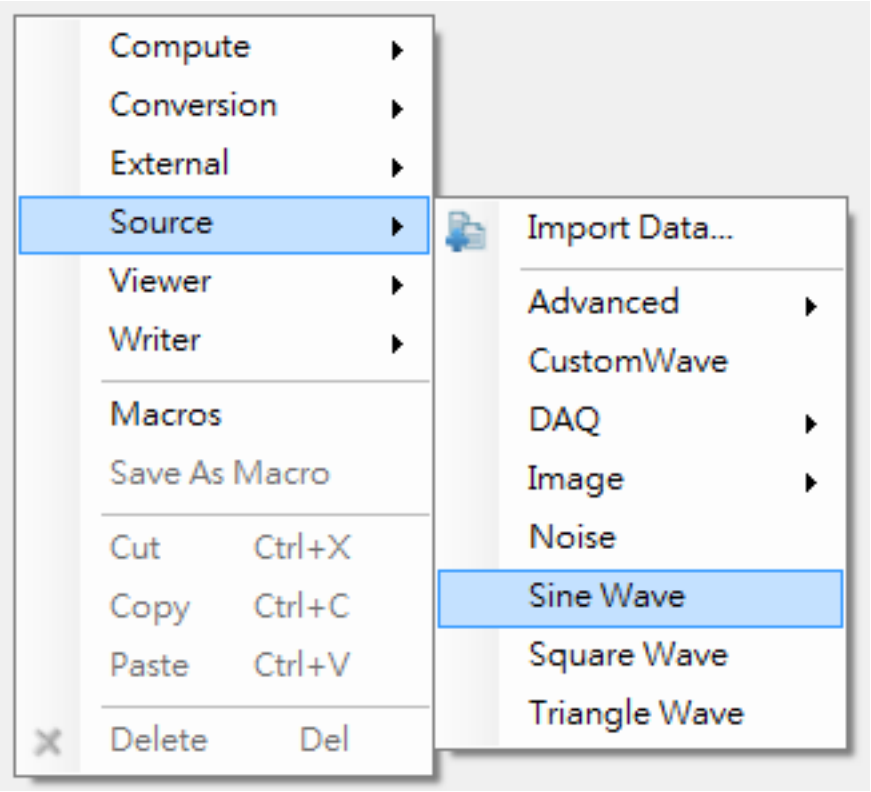
5.14 Join

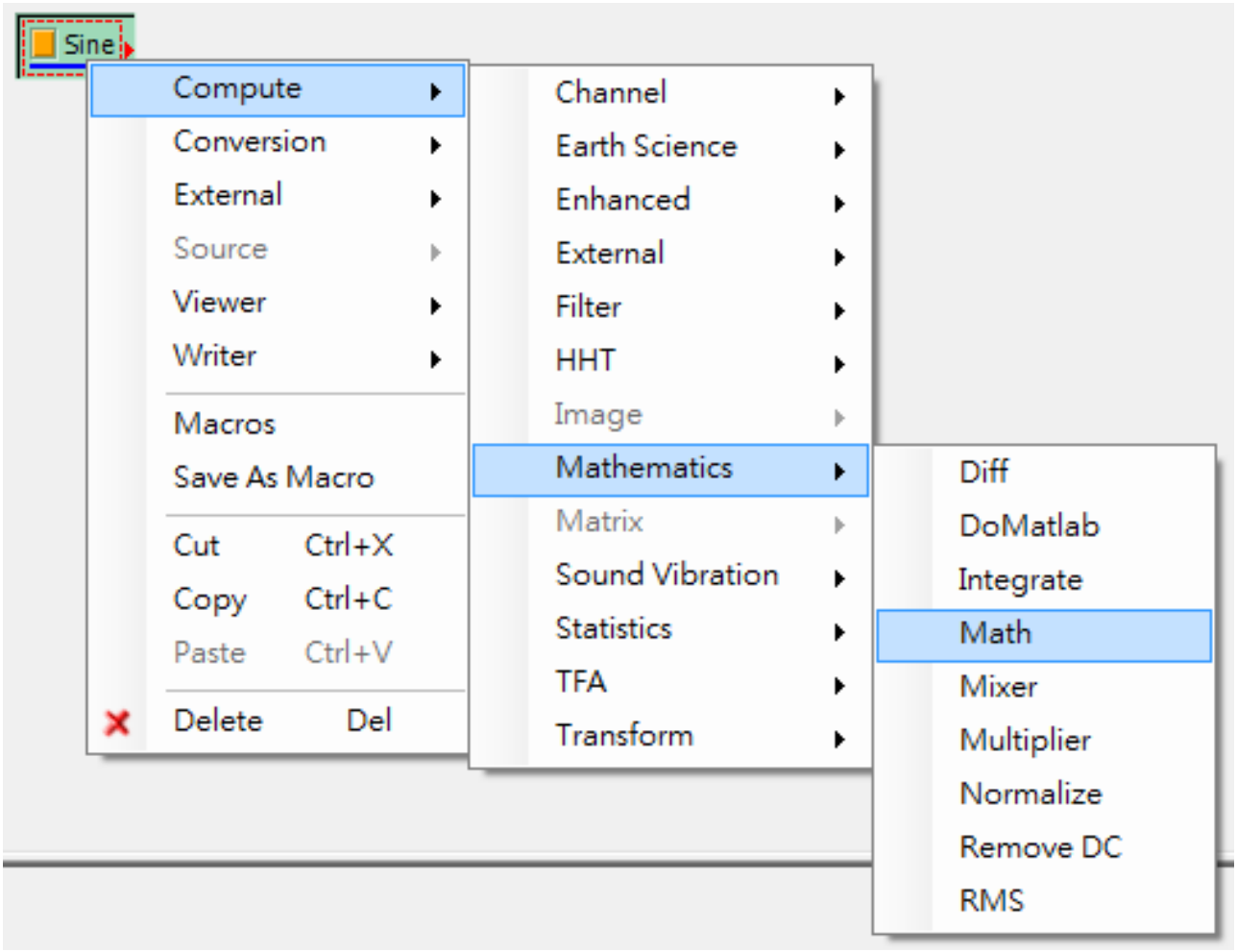
說明

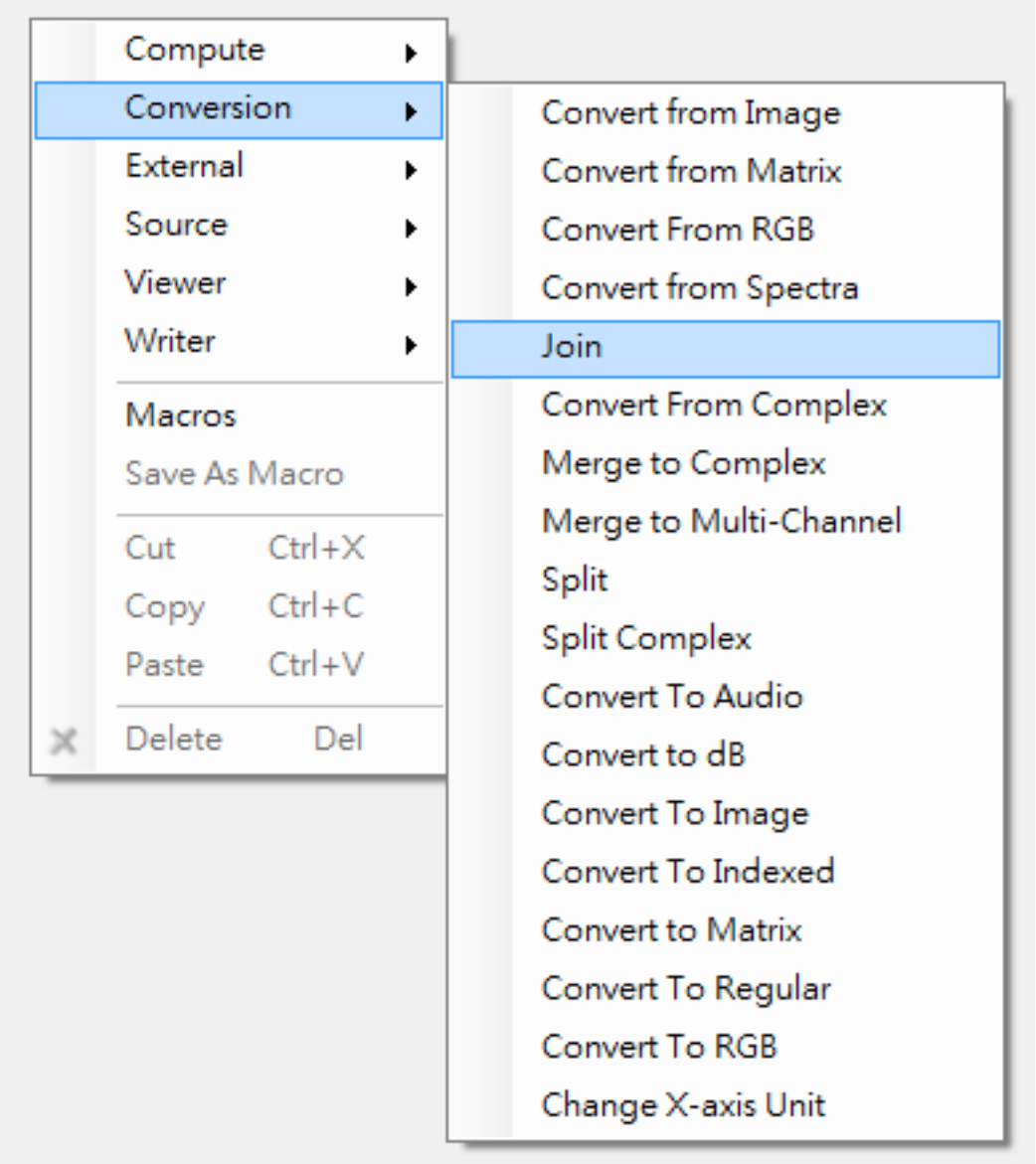
Join 可將多通道訊號串接成一組連續的單通道訊號，並按照通道順序依序串接。

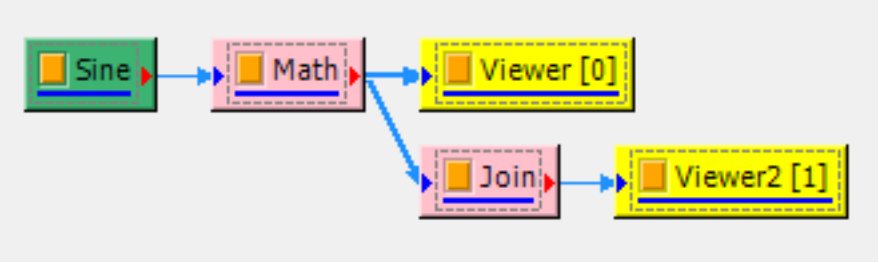
範例

1. 利用 Source 新增一訊號源 Sine Wave，再利用 Mathematics / Math 輸出三個組數據，再用 Conversion / Join 合併，並用 Viewer / Channel Viewer 顯示結果。

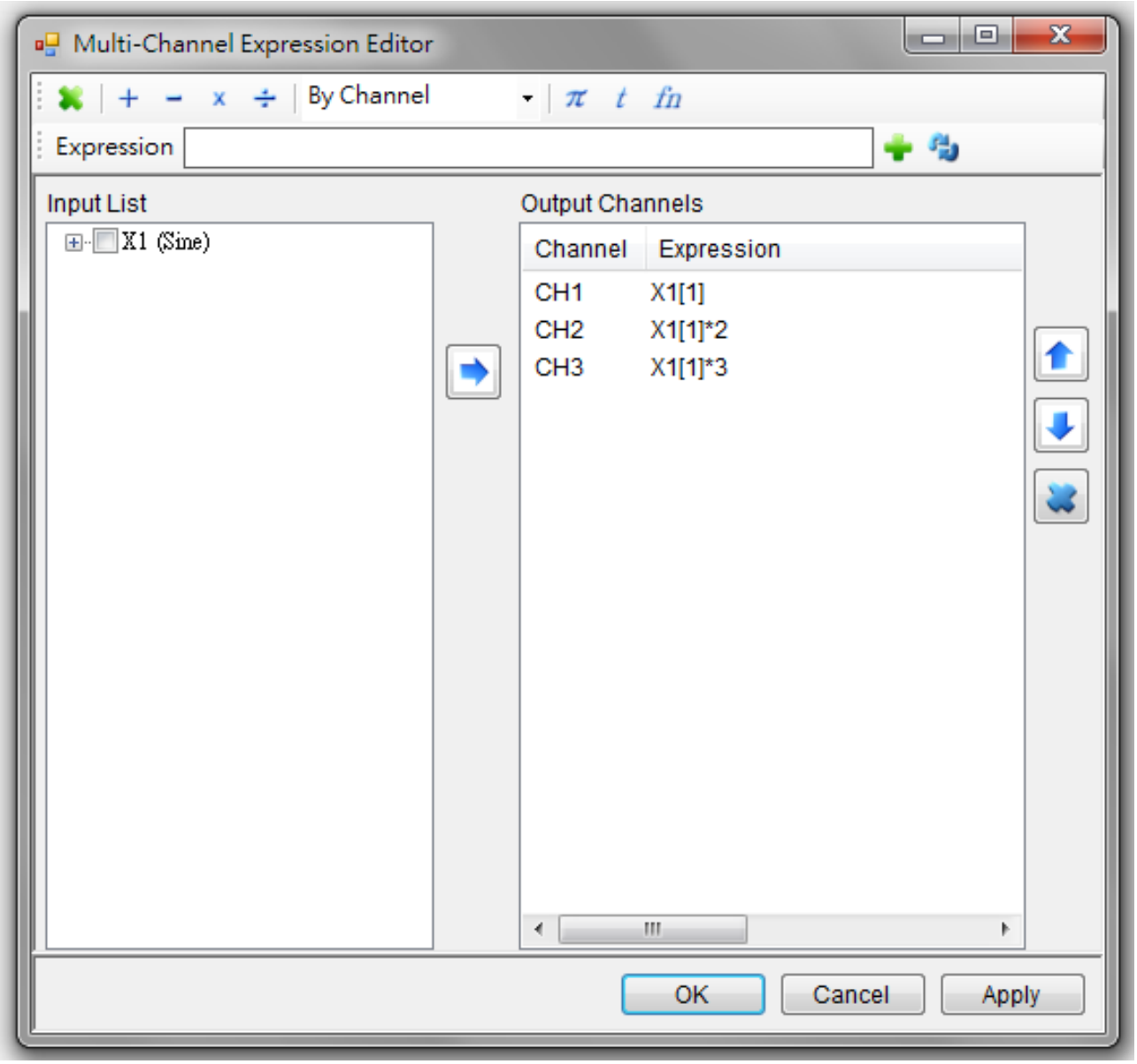



Sine
Compute
Conversion
External
Source
Viewer
Writer
Macros
Save As Macro
Cut Ctrl+X
Copy Ctrl+C
Paste Ctrl+V
Delete Del
Channel
Earth Science
Enhanced
External
Filter
HHT
Image
Mathematics
Matrix
Sound Vibration
Statistics
TFA
Transform
Diff
DoMatlab
Integrate
Math
Mixer
Multiplier
Normalize
Remove DC
RMS

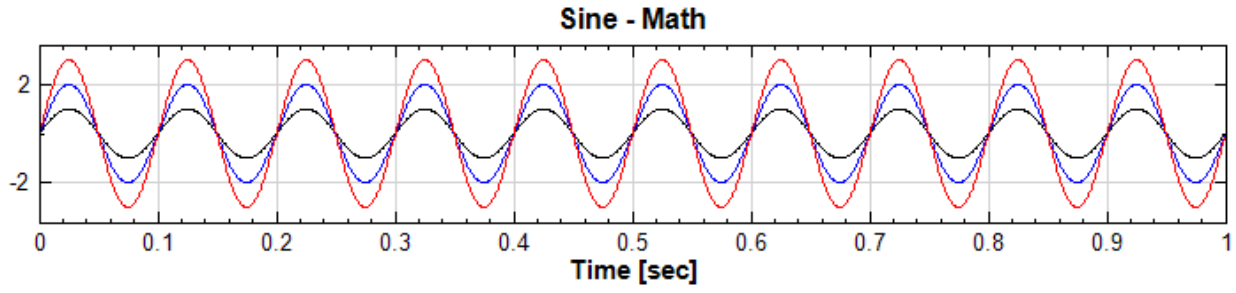




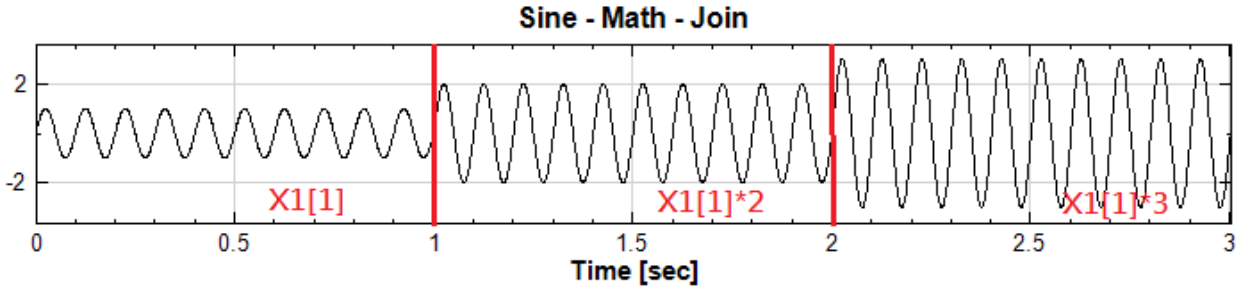
2. 利用 Compute / Mathematics / Math 視覺化元件，輸出一組三通道數據，分別為一倍振幅（`X1[1]`）、兩倍振幅（`X1[1]x2`）和三倍振幅（`X1[1]x3`）。



3. 將輸出的三通道數據利用 Channel Viewer 輸出如下圖。



4. 將 Math 輸出的三通道數據接上 Join，並利用 Channel Viewer 顯示，會將三組數據依照通道順序排列，轉換成單通道訊號，結果顯示如下圖。



相關指令

Split

5.15 Convert To DateTime

訊號資料讀取進來之後，常會碰到需要轉換時間單位的狀況，除了利用【Change X-Axis Unit】轉換時間單位外，也可以利用本元件將普通數值時間軸轉成 DateTime （日期時間）時間軸。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel）的訊號（Signal）或聲音（Audio）訊號，時間軸必須為非 DateTime 的 Regular 格式；輸出訊號格式為實數、複數，單通道、多通道的訊號，時間軸為 DateTime 的 Regular 格式。本元件提供以下參數設定：

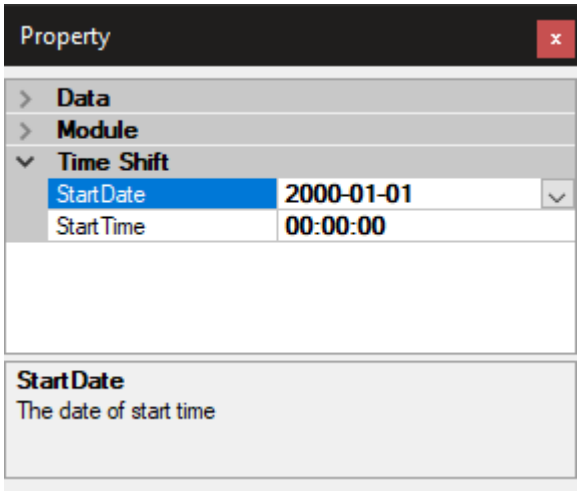
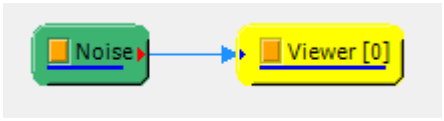


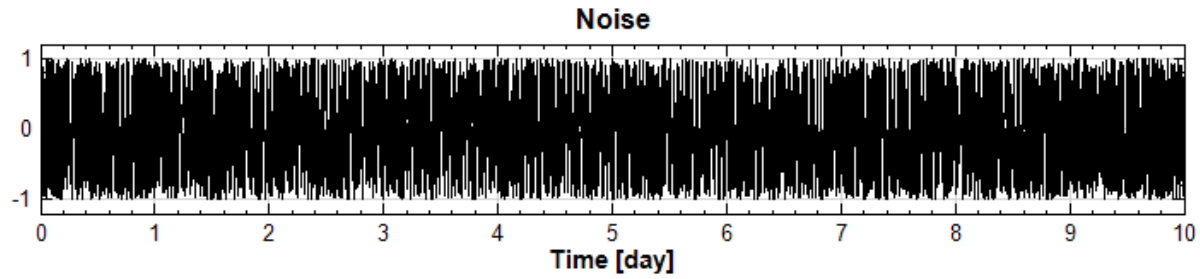
Table 5.19: 參數設定

參數名稱	參數定義	預設值
StartDate	設定轉換後時間軸之起始日期	2000-01-01
StartTime	設定轉換後時間軸之起始時間	00:00:00

範例

1. 用 Source / Noise 產生一訊號，將單位設為 Day，長度設為 10，接上 Channel Viewer 後訊號圖如下：

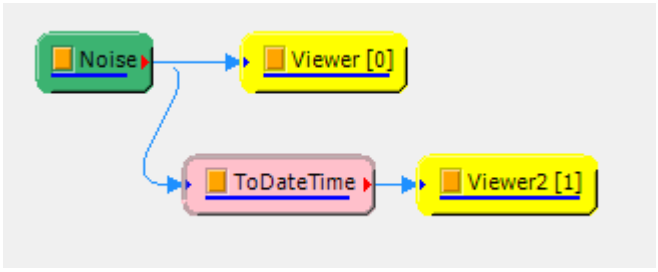


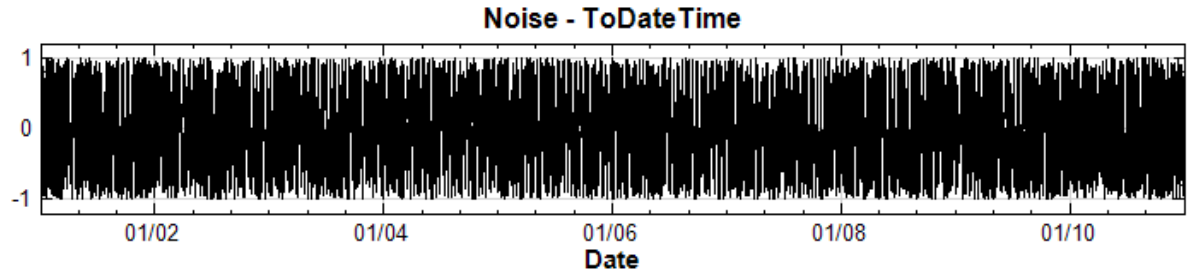


用【Data Viewer】瀏覽 Noise 的輸出資料，可以看到時間軸的進程：

	Index	X Value	CH1
▶	0	0	0.956
	1	0.001	0.59
	2	0.002	-0.234
	3	0.003	-0.818
	4	0.004	0.719
	5	0.005	-0.485
	6	0.006	0.286
	7	0.007	0.506

2. 將 Noise 元件接上本元件，參數都用預設值，接上 Channel Viewer 後訊號圖如下：





用【Data Viewer】瀏覽本元件的輸出資料，可以看到時間軸的進程變為：

	Index	X Value	CH1
▶	0	2000/01/01 (Sat) 00:00:00.00...	0.956
	1	2000/01/01 (Sat) 00:01:26.40...	0.59
	2	2000/01/01 (Sat) 00:02:52.80...	-0.234
	3	2000/01/01 (Sat) 00:04:19.20...	-0.818
	4	2000/01/01 (Sat) 00:05:45.60...	0.719
	5	2000/01/01 (Sat) 00:07:12.00...	-0.485
	6	2000/01/01 (Sat) 00:08:38.40...	0.286
	7	2000/01/01 (Sat) 00:10:04.80...	0.506

相關指令

Noise、Channel Viewer

5.16 Convert From DateTime

訊號資料讀取進來之後，常會碰到需要轉換時間單位的狀況，除了利用【Change X-Axis Unit】轉換時間單位外，也可以利用本元件將 DateTime （日期時間）時間軸轉成普通數值時間軸。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel）的訊號（Signal）或聲音（Audio）訊號，時間軸必須為 DateTime 的 Regular 格式；輸出訊號格式為實數、複數，單通道、多通道的訊號，時間軸為非 DateTime 的 Regular 格式。本元件提供以下參數設定：

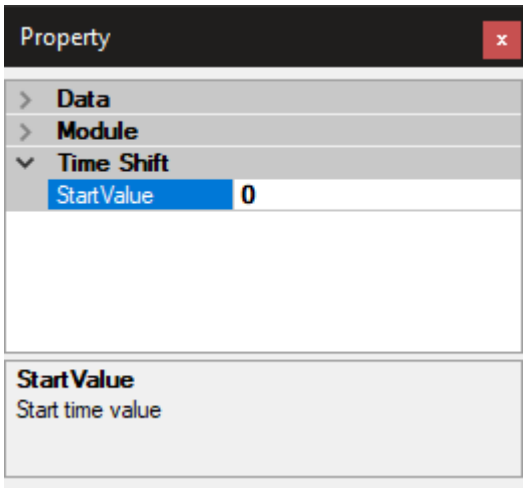
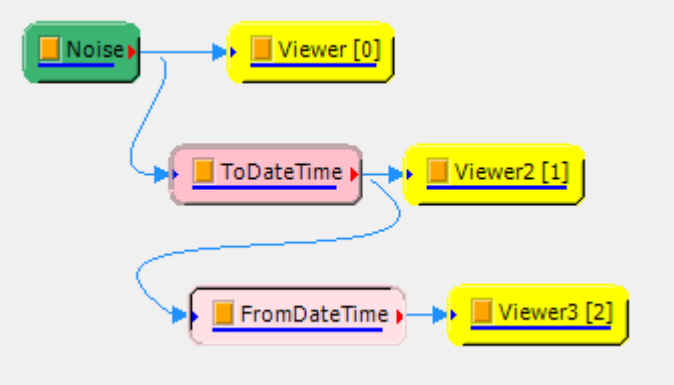


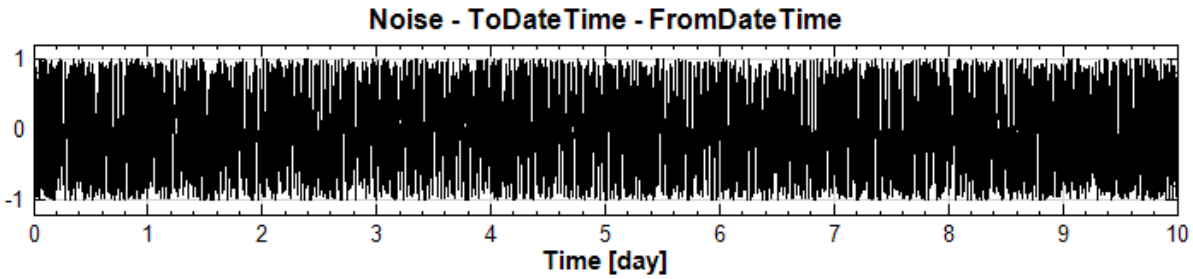
Table 5.20: 參數設定

參數名稱	參數定義	預設值
StartValue	設定轉換後時間軸之起始數值	0

範例

1. 承【[Convert To DateTime】章節範例，在 ToDateTime 元件之後接上本元件，參數都用預設值，接上 Channel Viewer 後訊號圖如下：





用【Data Viewer】瀏覽本元件的輸出資料，可以看到時間軸的進程變回普通數值時間軸為：

	Index	X Value	CH1
▶	0	0	0.956
	1	0.001	0.59
	2	0.002	-0.234
	3	0.003	-0.818
	4	0.004	0.719
	5	0.005	-0.485
	6	0.006	0.286
	7	0.007	0.506

相關指令

Convert To DateTime、Channel Viewer

Chapter 6

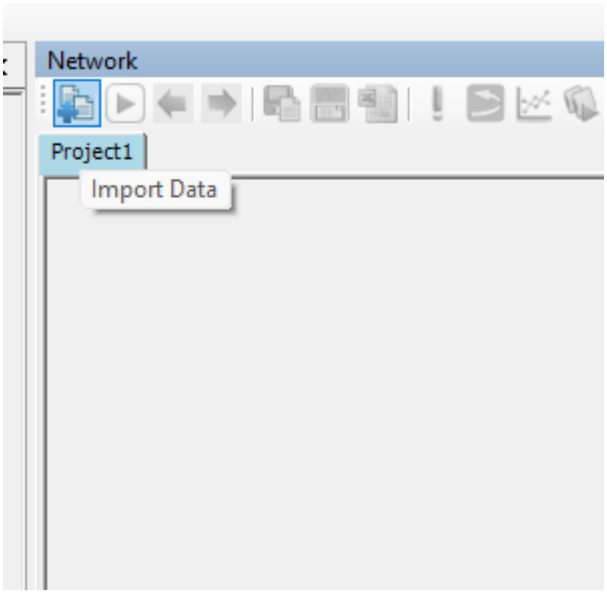
訊號源模組（Source）

6.1 Open Data

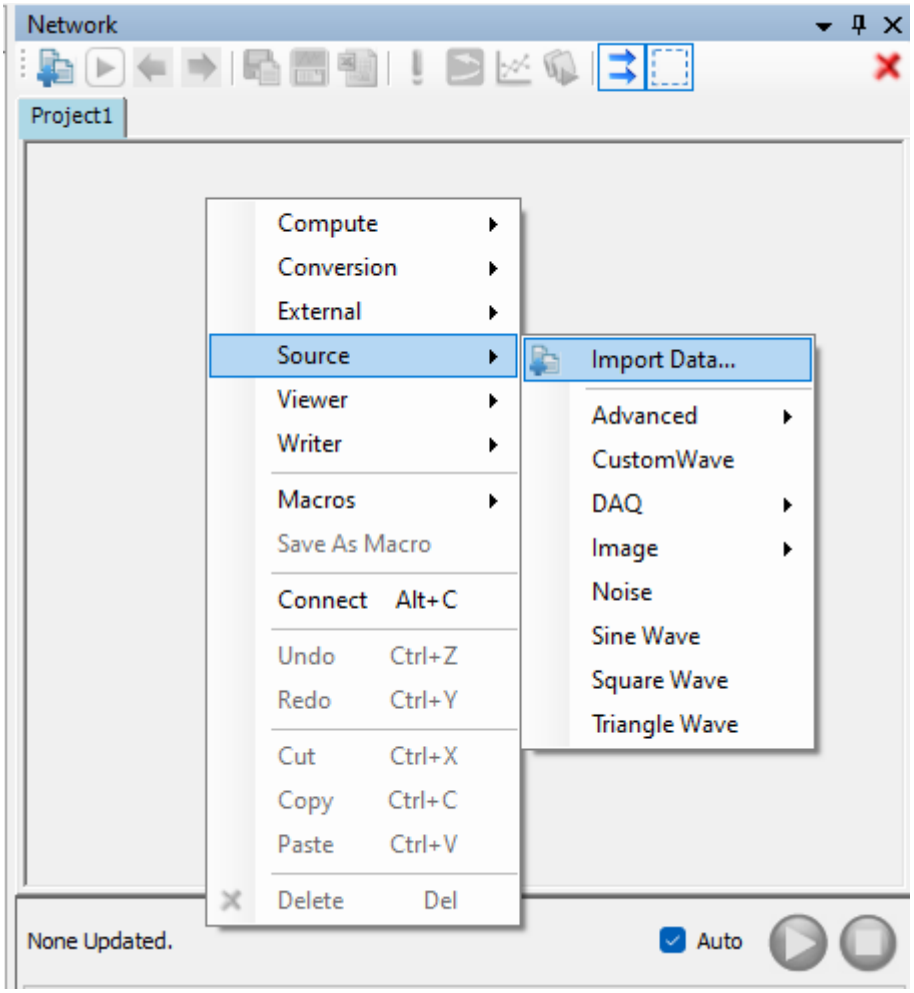
由外部匯入訊號檔。

目前 Visual Signal 支援四種方法可以匯入外部訊號檔：

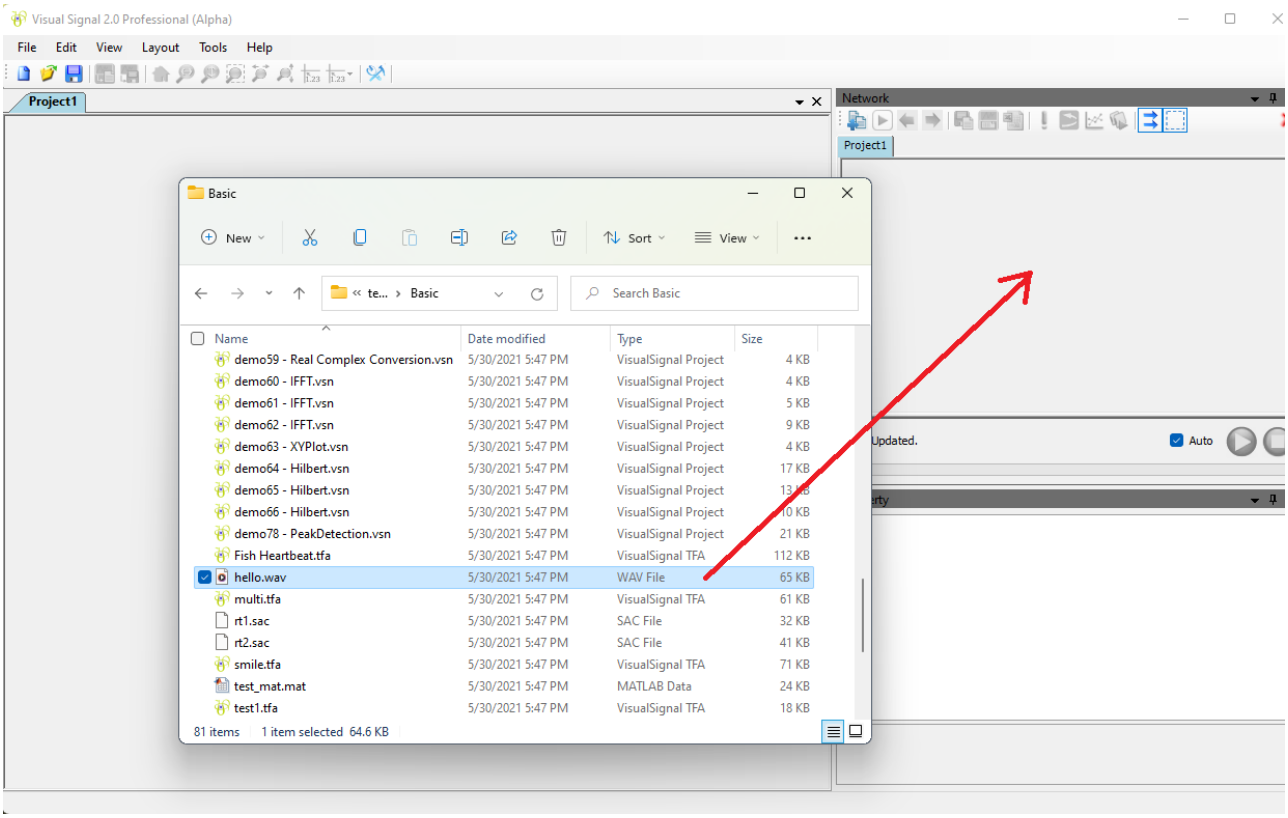
1. 在 Network 工具列上點選 Import Data 圖示 ，可選擇輸入檔案（即左下圖紅框按鈕）



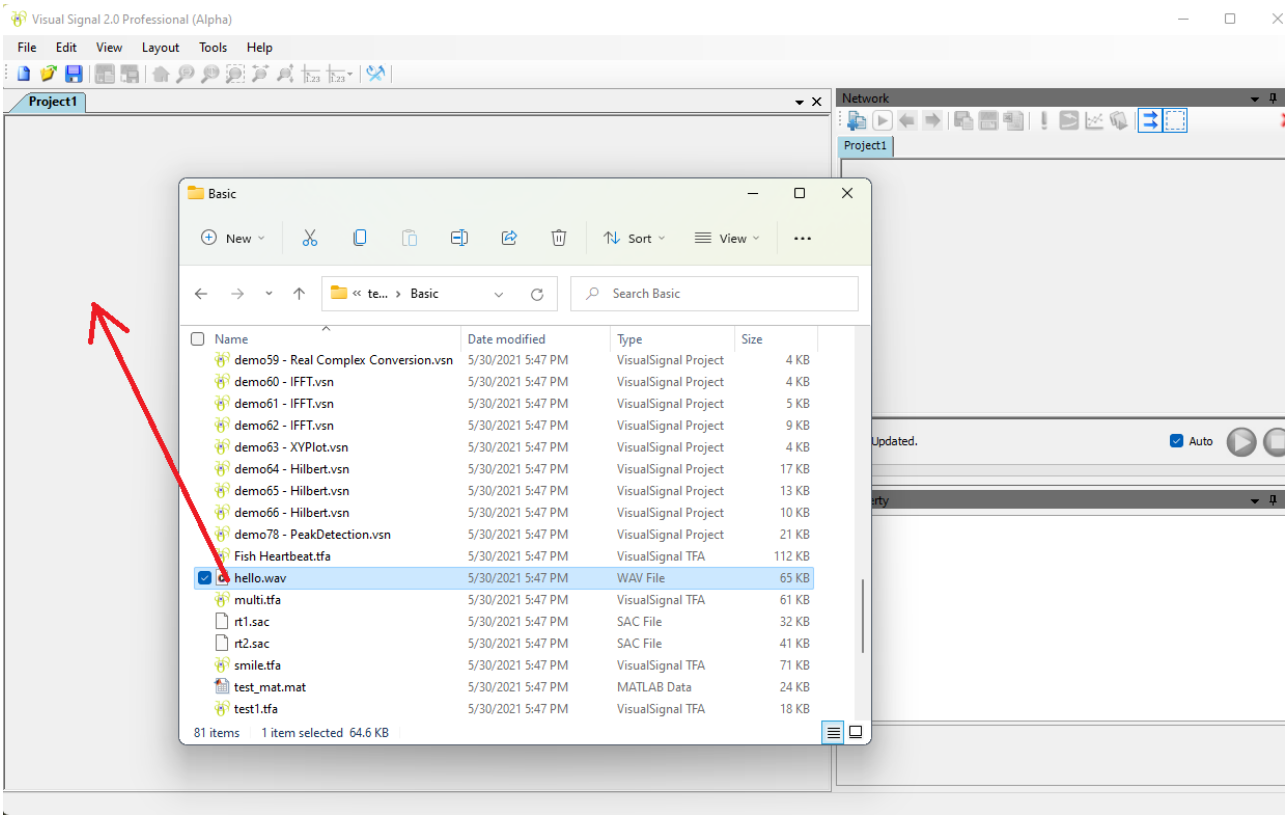
2. 可以於模組編譯區利用滑數右鍵選單之 Source / Import Data（即右下圖所示）：



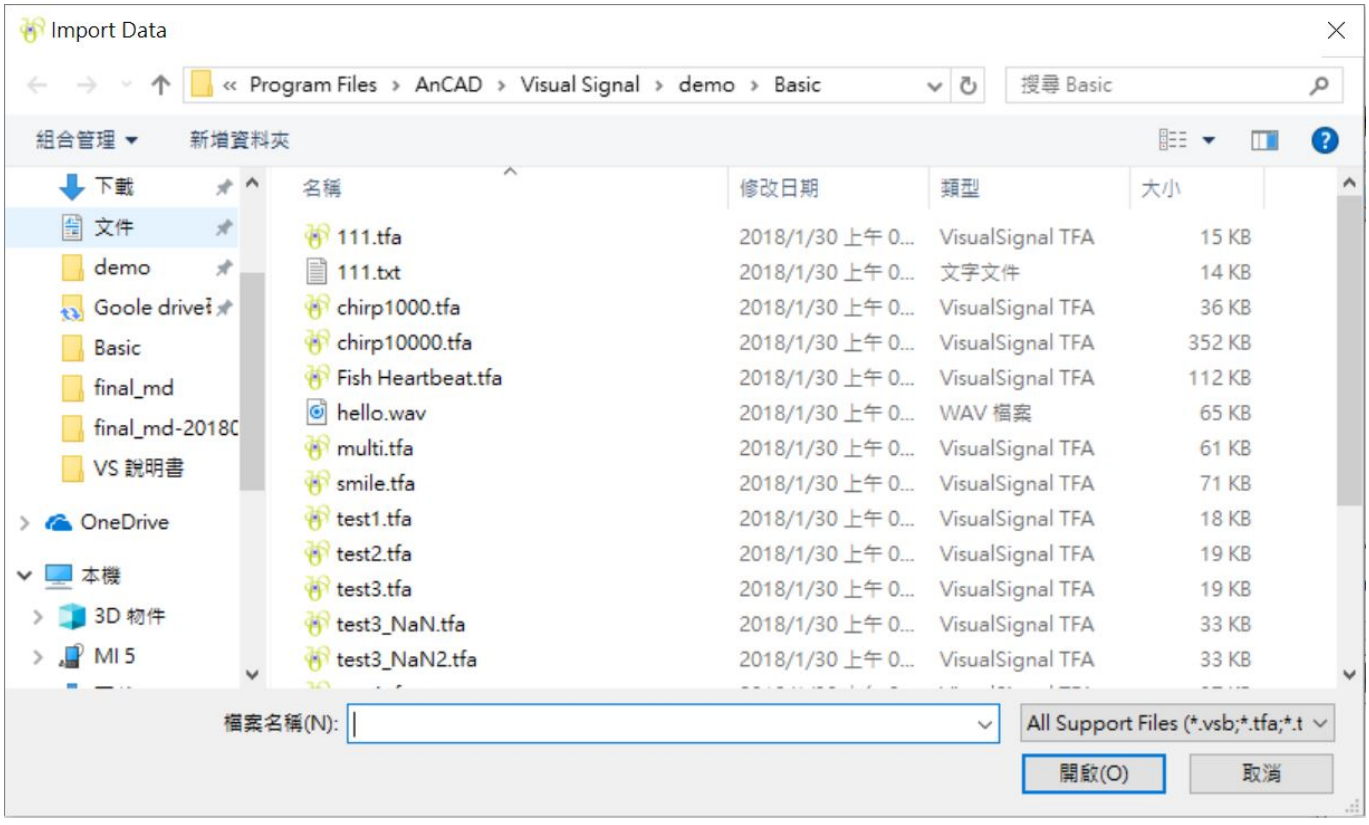
3. 將檔案由檔案管理員或桌面拖放至元件編輯區，如下圖：



4. 如欲匯入檔案後自動產生並連結對應之 Viewer 元件，可將檔案由檔案管理員或桌面拖放至繪圖視窗，如下圖：



操作上述步驟後會先跳出如下圖視窗供使用者選擇輸入的檔案：



支援檔案包括純文字類的檔案，如 `.txt`、`.csv`、`.tfa` 等，聲音檔案如 `.wav`、`.mp3` 等，以及特殊檔案格式如 MATLAB MAT 用的二進位檔（binary file），SAC 地震分析軟體的資料檔，HEA 是由 Physionet 組織所發展一系列生醫訊號軟體之通用格式。支援的檔案格式整理如下表：

Table 6.1: 支援檔案格式

副檔名	檔案類型
vsb	Visual Signal 二進位（Binary）檔案
mat	MATLAB 資料檔
sac	SAC 檔是套裝軟體 SAC（Seismic Analysis Code）的訊號檔，用在與地震相關之研究
txt	純文字（Plain-Text）檔案
uff	Universal File Format
tfa	Visual Signal 純文字訊號檔
csv	逗號分隔檔 Comma-Separated Values
eeg	EEG Files
wav, mp3, aac, ac3, mp4, m4a, amr, ape, wma	Audio 聲音檔
hea & atr	生醫訊號通用檔案格式，說明請參考網頁內容：www.physionet.org
tdms & tdm	NI LabVIEW 資料檔
adl & dat	ADLink 資料檔

其中 `.tfa` 及 `.vsb` 為 Visual Signal 自訂資料格式，因自帶有描述資料的檔頭，讀取這兩種檔案時不需要再經過任何參數設定，可直接匯入資料。`.tfa` 跟 `.txt` 一樣是純文字資料檔案，但是多了資料描述檔；`.vsb` 的資料描述檔頭與 `.tfa` 相同格式（為純文字），資料本身則為 Binary 格式。

以下為 `.tfa` 檔案的格式，主要包含兩部分有時間軸資訊和訊號。開始起頭為「`#`」的是標頭文字，記錄訊號的時間軸資訊（因此可直接在讀取`.tfa` 訊號檔時得到時間軸的資訊）。檔頭以下的內容便是訊號資料，第一縱列為時間軸，第二縱列開始為通道訊號，如果是複數資料，則每個通道有一個實數縱列及一個虛數縱列。

```
# Version: TFA2.0.0
# DataType: Signal
# Complex: False
# ChannelCount: 1
# ChannelNames: CH1
# DataUnit:
# SampleFreq: 1000
# TimeUnit: sec
# StartTime: 0
# TimeFormat: Regular
#+ SeparateChannels: False
              0      -0.995347718
          0.001      -0.476466238
          0.002       0.152831315
          0.003      0.0668273037
          0.004       0.172097169
```

```
0.005        0.01285767
0.006        0.854871343
0.007        0.537974745
0.008       -0.794657195
0.009        0.935031347
 0.01        0.550789911
```

詳細檔頭格式可參考 Visual Signal 匯出的 `.tfa` 或`.vsb` 資料檔（請參考【儲存資料】或【Writer】），用任何文字瀏覽器或編輯器開啟該檔案檢視其檔頭。使用者亦可用文字編輯器將 `.txt` 資料檔加入同樣格式的檔頭，改成 `.tfa` 檔案匯入。

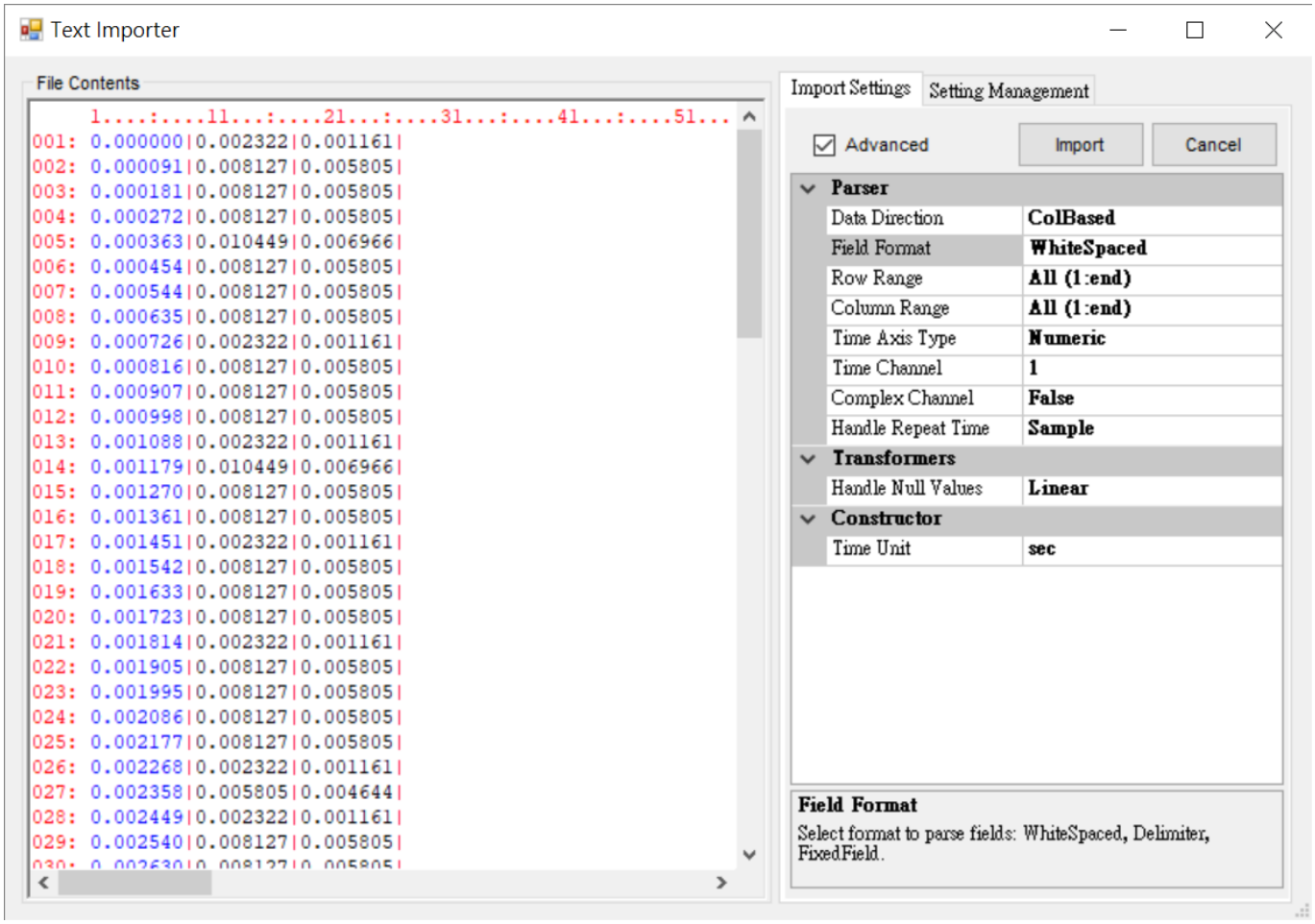
6.1.1 Text Importer

說明

CSV 與 TXT 是文字檔，CSV 是以逗點分格之形式；選定文字檔匯入時，會跳出 Text Importer 輸入設定介面(如下圖所示)，供使用者定義訊號必備的格式。此外，若 Visual Signal 無法辨識匯入檔案格式，也會訊問使用者是否使用 Text Importer 嘗試匯入資料。Text Importer 介面操作上較複雜，但是基本上可以歸納為以下的流程：

解析（Parser） $\Longrightarrow$ 轉換（Transformer） $\Longrightarrow$ 建構（Constructor）

詳細用法上會以範例作進一步的說明，在此說明各參數之意義。



符號說明：

- ＊表示勾選 Advance 才會出現
- ＋表示上一階層選擇特定選項時才會出現

1. 解析（Parser）

   此步驟將原始文字資料依照設定的格式及一定程度的智慧自動化，分辨出時間軸及通道的數值。

Table 6.2: Parser 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
*Data Direction	指定資料是「垂直向下讀取」或是「水平向右讀取」。 • Column Based：垂直向下讀取。 • Row Based：水平向右讀取。	Column Based
Field Format	定義資料分隔的方式，定義完成後方能正確分隔通道。 • White Spaced：代表資料間以空白或 Tab 鍵分隔。 • Delimiter：使用者自訂資料分隔符號。 • Fixed Field：提供使用者自訂讀取的格式。 注意，若開啟 `.csv`，則不會出現此欄位，因 `.csv` 本為逗號分隔檔。即默認為 Delimiter，分隔符號為英文半形逗號「`,`」。 各項設定請見「Field Format 額外參數說明」	White Space
Row Range	資料在「橫列」的讀取範圍，意即希望從第幾列讀取至第幾列，格式為「起始: 結束」。 • 輸入「`5:20`」代表從第 5 列讀取至第 20 列。 • 輸入單一數字，例如「`5`」，代表從第 5 列讀取至最後一列，等同「`5:end`」。 • 輸入「`all`」即代表讀取第一列至最後一列，等同於「`1:end`」。 • 輸入任何無法辨識的字串等同 `end`。	All (1:end)
Column Range	資料在「縱行」的讀取範圍，意即希望從第行讀取至第幾行，格式為「起始: 結束」。 • 輸入「`5:20`」代表從第 5 行讀取至第 20 行為止。 • 輸入單一數字，例如「`5`」代表從第 5 行讀取至最後一行，等同「`5:end`」。 • 輸入「`all`」即代表讀取第 1 行至最後一行，等同於「`1:end`」。 • 輸入任何無法辨識的字串等同 `end`。 注意：若發現資料並未正確分隔，請先至 Field Format 欄位進行調整。	All (1:end)
Exclude Rows	設定忽略的橫列，以逗點分隔。例如輸入「`1,3,5`」則忽略第 1、3、5 列的資料。此設定可配合 Row Range，精確設定資料的橫列範圍。	

參數名稱	參數定義	預設值
RegEx Pattern & RegEx Replace	此兩個欄位可設定讓 Text Importer 在解析資料之前替換一些指定的字樣。 • RegEx Pattern：以常規表達式（Regular Expression）語法設定搜尋的模型。 • RegEx Replace：以常規表達式（Regular Expression）語法設定搜尋後替換的字樣。 RegEx 的語法可參閱Regular Expression Language - Quick Reference。	
Time Axis Type	選擇要採用的時間軸格式，指定或自動判別出來的時間軸資料在預覽視窗內會以藍色標示。各項設定請見以下「Time Axis Type 選項說明」。	Regular
*Complex Channel	是否為複數通道。若設定為 `True`，排除時間軸後，將兩兩頻道視為一組複數，前者為實部，後者為虛部（將顯示為綠色文字）。	False
*Handle Repeat Time	處理重複時間的方式。 • Sample：取第一筆時間所對應的值 • Average：取每一筆時間所對應資料的平均值。	Sample

Table 6.3: Time Axis Type 選項說明

Time Axis Type	說明
Regular	資料內不含時間軸，需前往 Constructor（建構）自行設定取樣率和起始時間（Index 或日期）等資訊。
String	資料內的時間軸為字串，在 Time Channel 設定做為時間軸的通道，即可直接讀入；任何合法的字元都可以匯入，但原始資料不會出圖。
Numeric	數值時間。
Auto Date Time	自動偵測，系統會抓取符合通用格式的資料作為時間軸。若系統有判讀成功，將會出現一行（或一列）藍色的資料；若未出現藍色表示您的時間資料非系統可自動識別的格式，需選擇其他選項或自行定義。
Custom Date Time	自行定義時間日期格式。若系統有判讀成功，將會出現一行（或一列）藍色的資料。若未出現藍色表示您的時間資料非系統可自動識別的格式，需重新定義。若因錯誤的格式定義導致解析時間過久，Text Importer 會自動暫停詢問是否取消解析。

Table 6.4: Field Format 額外參數說明

額外參數	說明
+Custom Delimiters	Field Format 選擇 Delimeter 時會出現此參數，可設定資料分隔符號。所有列出在此欄位的單一字元，包括空白鍵「」與 Tab 「\t」都會分別被辨識為分隔符號。如果只需辨識單一分隔符號，可以輸入以下特殊字串： • 「SPACE」: 等同空白鍵「□」 • 「TAB」: 等同 Tab 鍵「\t」 • 「」: 無字元，默認為 Tab 鍵
+Fixed Field Format	Field Format 選擇 Fixed Field Format 時會出現此參數，可自訂資料讀取格式，見下面說明。 • 起始：左起第一個字元 • 「|」（豎線，非數字 1）代表抓取 1 個字元 • 「[]」代表連續抓取 2 個字元 • 「[-]」代表連續抓取 3 個字元 • 「[--]」代表連續抓取 4 個字元 • 輸入 n 個空白鍵代表連續跳過 n 個字元 例如：此欄設為「|□[--][]」（「□」代表空白鍵），讀取資料列「123456789」，資料會儲存為 3 個通道： • 第一個通道有一個字元，抓取「1」 • 有一個空白，因此跳過 2 • 第二個通道有四個字元，抓取「3456」 • 第三個通道有兩個字元，抓取「67」 • 8 與 9 不在讀取格式定義內，會被捨棄
+Custom Date Time Format	Time Axis Type 選擇 Custom Date Time 時會出現此參數，可自訂時間日期格式。例如輸入「yyyyMMddhhmmss」可將「19771002120000」解析為 1977/10/02 12:00:00。時間日期格式請參閱：.NET Custom Date and Time Format Strings

2. * 轉換（Transformers）

此步驟為進階選項，提供各種資料轉換模式將解析好的資料傳換成各種方便後續運算的形式，例如合併通道、降取樣、補點等等。

Table 6.5: Transformer 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
*Merge to One Channel	若 Time Axis Type 設定為 Regular 時，是否將所有通道結合為一個通道。若選擇 True，系統會將資料內所有定義好的通道（不包含時間軸）合併為一個通道。	False

參數名稱	參數定義	預設值
*Downsample Step	當資料量過大時，選擇是否要進行降取樣。輸入的數字 N 代表「每 N 筆資料取一筆讀入」	1
*+Downsampple Method	當 Downsample Step 設定為 $N > 1$ 時，可選擇降取樣方式： • Sample：每 N 筆資料取其第一筆之值 • Average：每 N 筆資料取其平均值 • Max Detect：每 N 筆資料取其最大值 • Min Detect：每 N 筆資料取其最小值 • Peak Detect：每 $2N$ 筆資料取其最大和最小值，再依其出現的順序先後排序。 降取樣方式與Resample 元件的參數設定相同，詳情請參閱相關說明。	Sample
*+Anti-Aliasing Method	當 Downsample Step 大於 1 時，可選擇是否使用消除混疊方法： • None：不採用 • IdealFilter：採用理想 IIR 濾波器 • Butterworth：採用 Butterworth IIR 濾波器 • Chebyshev：採用 Chebyshev IIR 濾波器 消除混疊方式及以下濾波器相關設定與Resample 元件的參數設定相同，詳情請參閱相關說明。	None
*++Filter Order	Anti-Aliasing Method 設定為 Butterworth 或 Chebyshev 時，可設定濾波階數 1~12。	10
*++Filter Ripple	Anti-Aliasing Method 設定 Chebyshev 時，可設定震盪參數 (Ripple)，即頻率響應（frequency response）的幅度波動（overshoot 振幅），單位為分貝（dB）	0.1
*Handle Null Value	選擇資料缺值的處理方式： • None：不處裡 • FixedValue：以一固定值補點。固定值可在 Fixed Value 參數設定 • PrevValue：取前一筆非缺值補點 • NextValue：取下一筆非缺值補點 • Linear：以線性內插方式補點 • Spline：以 Cubic Spline 方式補點 • MonotonicCubic：以 Monotonic Cubic Spline 方式補點 資料缺值補點的方式與Fill Null 元件的參數設定相同，詳情可參閱相關說明。	Linear
*+Fixed Value	Handle Null Value 選擇 FixedValue 時，可設定一固定值補資料缺值。	0

3. 建構（Constructor）

此為最後一個步驟，將解析並轉換好的原始資料建構為 Visual Signal 內部的資料結構，以便匯入 Visual Signal 進行後續的運算。此步驟大多參數都是 Time Axis Type 設定為 Regular 或 Numeric 時所使用，以定義時間軸。若設定為 Date Time （Auto 或 Custom），則不會顯示時間軸相關參數。

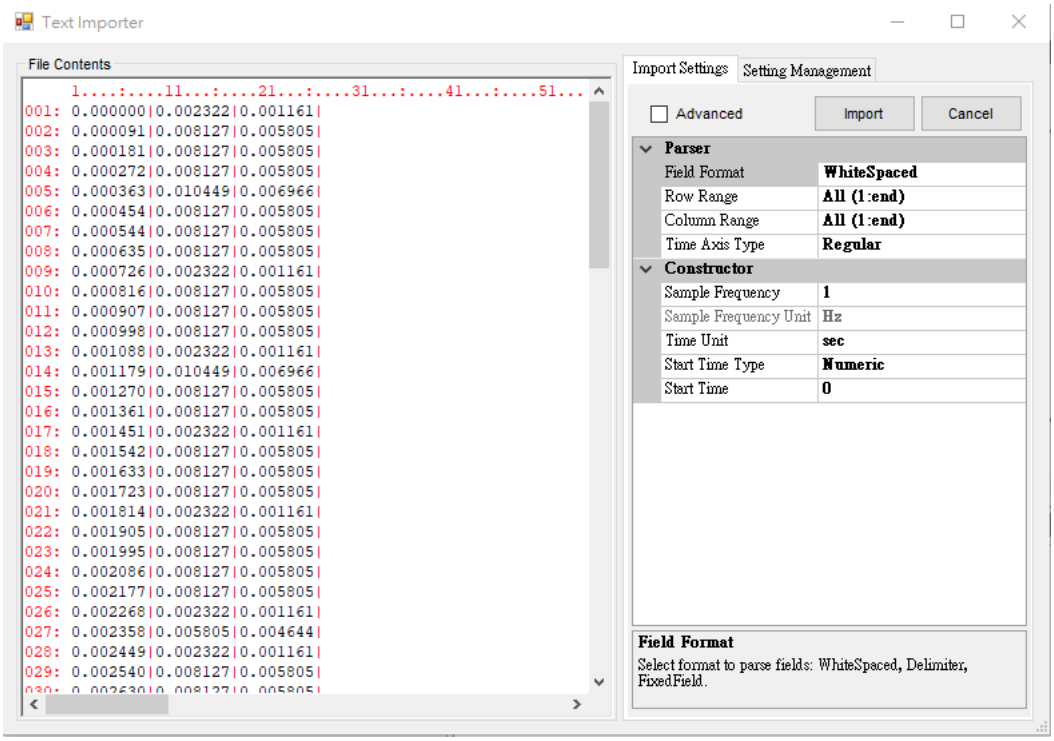
Table 6.6: Consructor 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
+Sapmle Frequency	數據的取樣率	因數據而異
+Sample Frequency Unit	取樣率的單位	因 Time Unit 設定而異
+Time Unit	數據時間軸的最小單位	因數據而異
+Start Time Type	設定時間軸的種類：Numeric（數值）或 DateTime（日期）	Numeric
+Start Time	設定數據的起始時間	0
*+Indexed Interval Option	選擇 Indexed 格式間距估算方法 當 Time Axis Type 設定為 Numeric 或 DateTime 時，建構資料之時間軸為非等間距的 Indexed 格式。在此格式下，會估算出一個參考性的間距值記錄在資料中，即「如果本資料時間軸為 Regular 格式則最有可能的間距值」。將資料轉換為 Regular 格式時會採用此估算值（請參考【Convert To Regular】元件章節說明）。本參數可以選擇估算採用的方法： • Minimum（取最小間距） • Mean（取平均間距） • Mode（取最頻繁之間距）	Mode
*+Non-Monotonic Increasing Option	選擇時間軸不遞增時處理方法 當 Time Axis Type 設定為 Numeric 或 DateTime 時，建構資料之時間軸為非等間距的 Indexed 格式。在此格式下，時間軸資料有可能重複或未排序（非遞增），此時提供兩種處理方法： • Fail（匯入資料失敗） • Sort（將資料排序使其時間軸遞增）	Fail

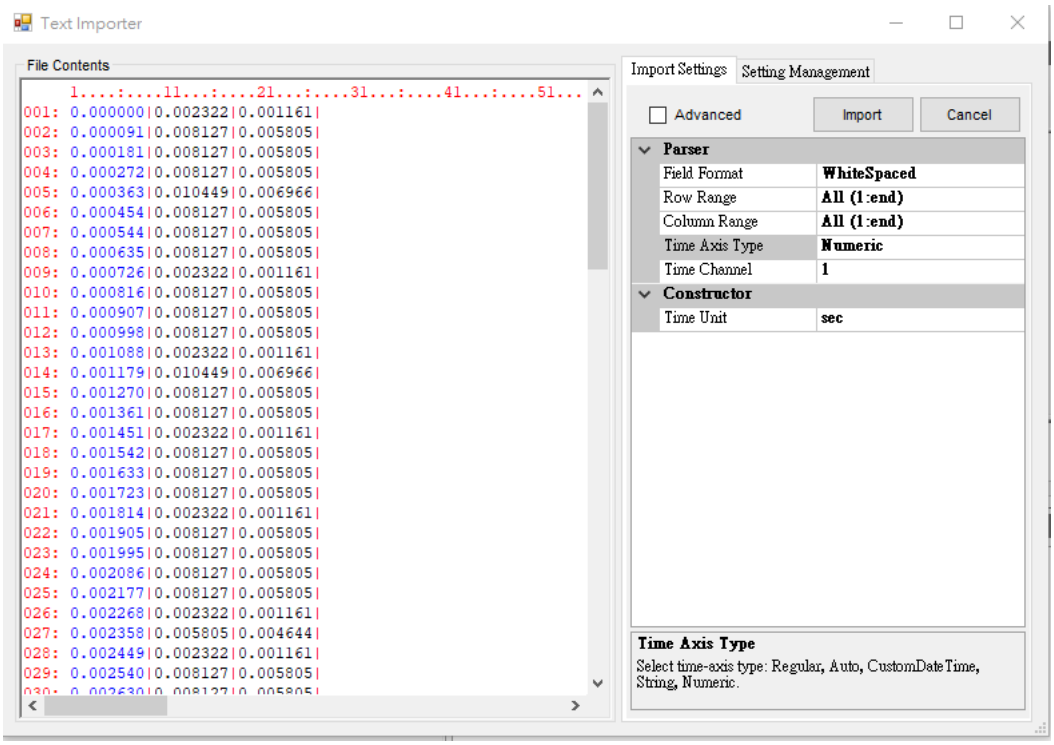
範例

* 多通道訊號資料檔

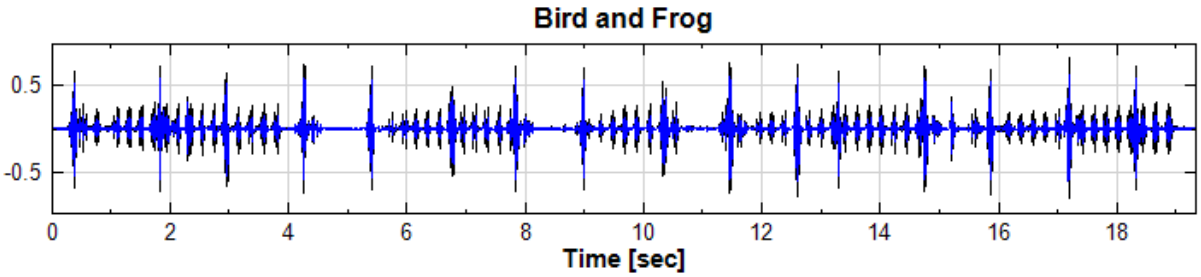
1. 從 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Enhanced` 匯入一個多通道訊號資料檔 `Bird and Frog.txt` 。此檔案使用空白鍵做為資料間隔，若未更改 Field Fromat 預設之 White Space，便會依照空白鍵區隔為三個綜行：



2. 此數據第一行為時間軸，第二、三行各為鳥鳴和蛙鳴的數據。時間軸可能非等間隔的格式，因此 Time Axis Type 可選擇 Numeric，Time Channel 選擇 1（因為每一行都是數值，必須指定哪一行為時間軸，否則無法正確解析）讀取數字格式的時間軸。時間軸成功讀取後會以藍色顯示：

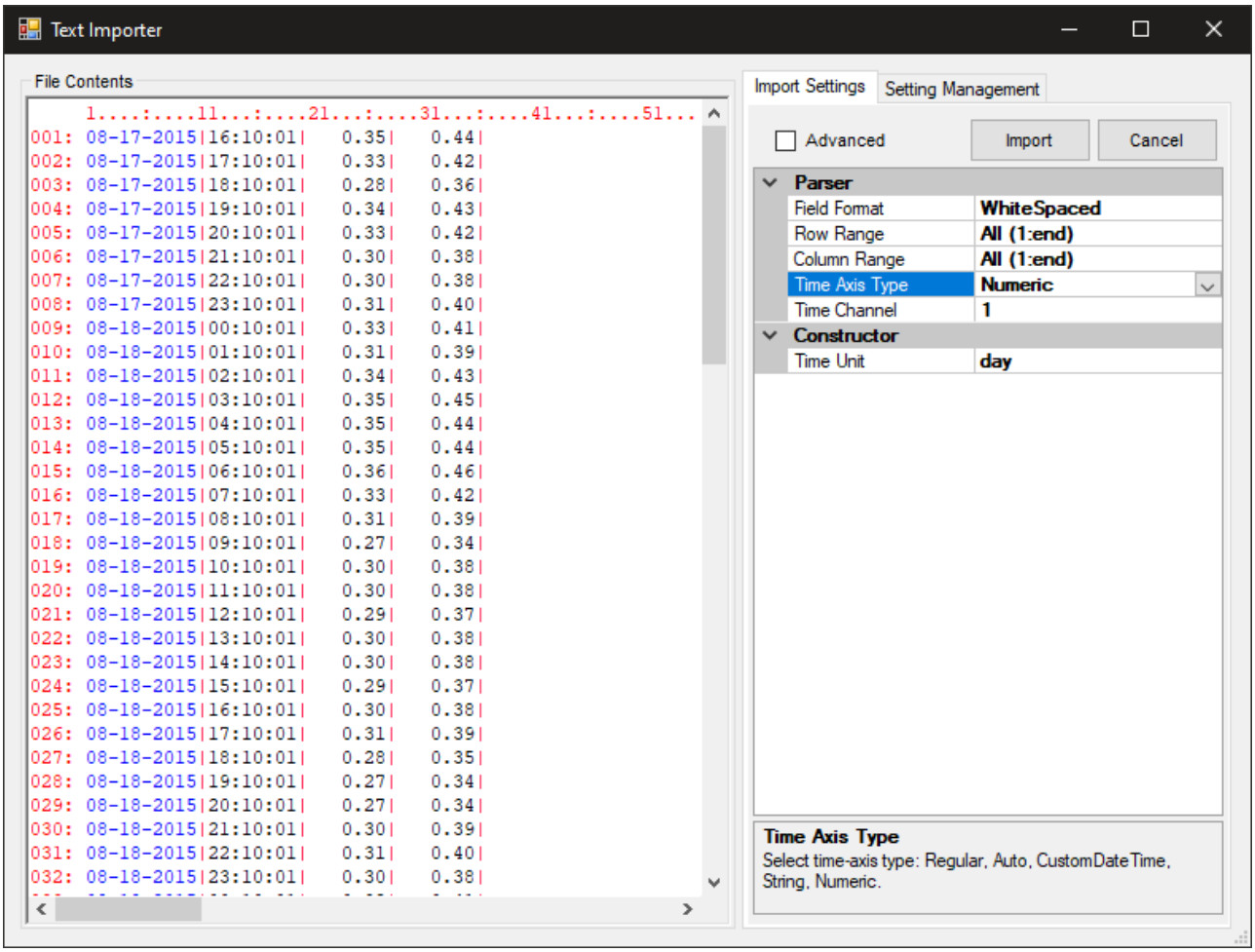


3. 設定好後點選 Import，以 Viewer / Channel Viewer 顯示此數據。黑色線條為第一通道 CH1，藍色線條為第二通道 CH2：

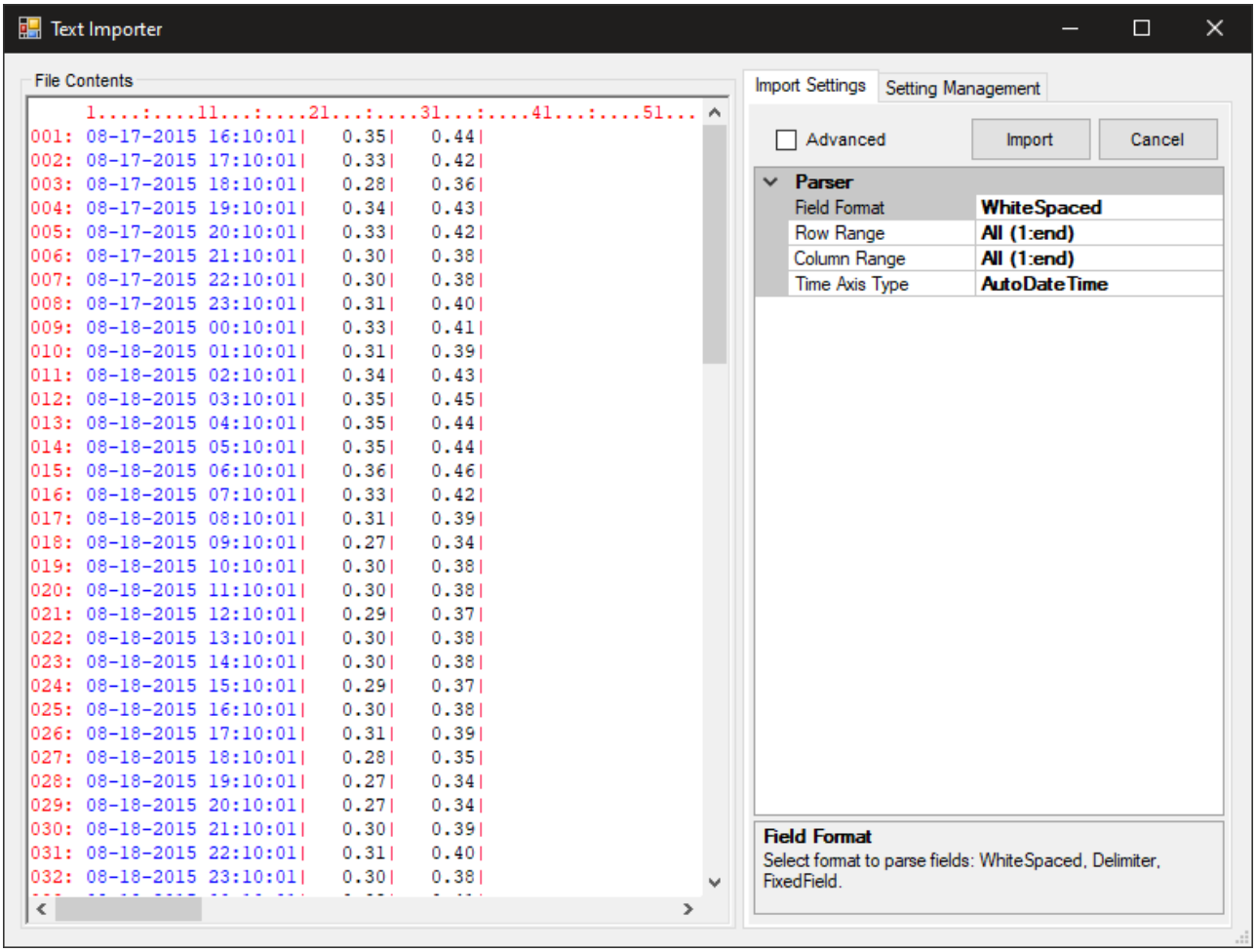


* AutoDateTime 時間軸

1. 從 `C:\Program Files\AnCAD\Visual Signal\demo\Enhanced` 匯入一個資料檔 `AutoDateTime.txt`，此檔案使用空白鍵做為資料間隔，若未更改 Field Fromat 預設之 White Space，Time Axis Type 也仍是前範例所設之 Numeric，便會依照空白鍵區隔為四個綜行：



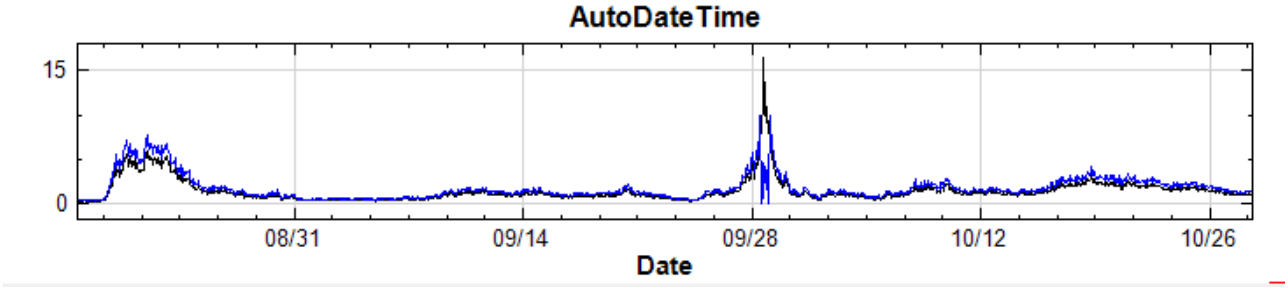
2. 此數據第一行是日期，第二行是時間，因此 Time Axis Type 可選擇 AutoDateTime 嘗試自動辨識時間日期，時間軸成功讀取後會自動合併第一、二行，視為一個綜行，此時分隔線會將資料分隔成三個綜行，如前一個範例，第一綜行為合併之時間軸，以藍色顯示，第二、三行各為第一通道與第二通道的數據：



如果一開始讀取檔案時 Text Importer 自動辨識時間日期格式成功，此時也會自動設定 Time Axis Type 為 AutoDateTime，直接進入如上圖狀態。

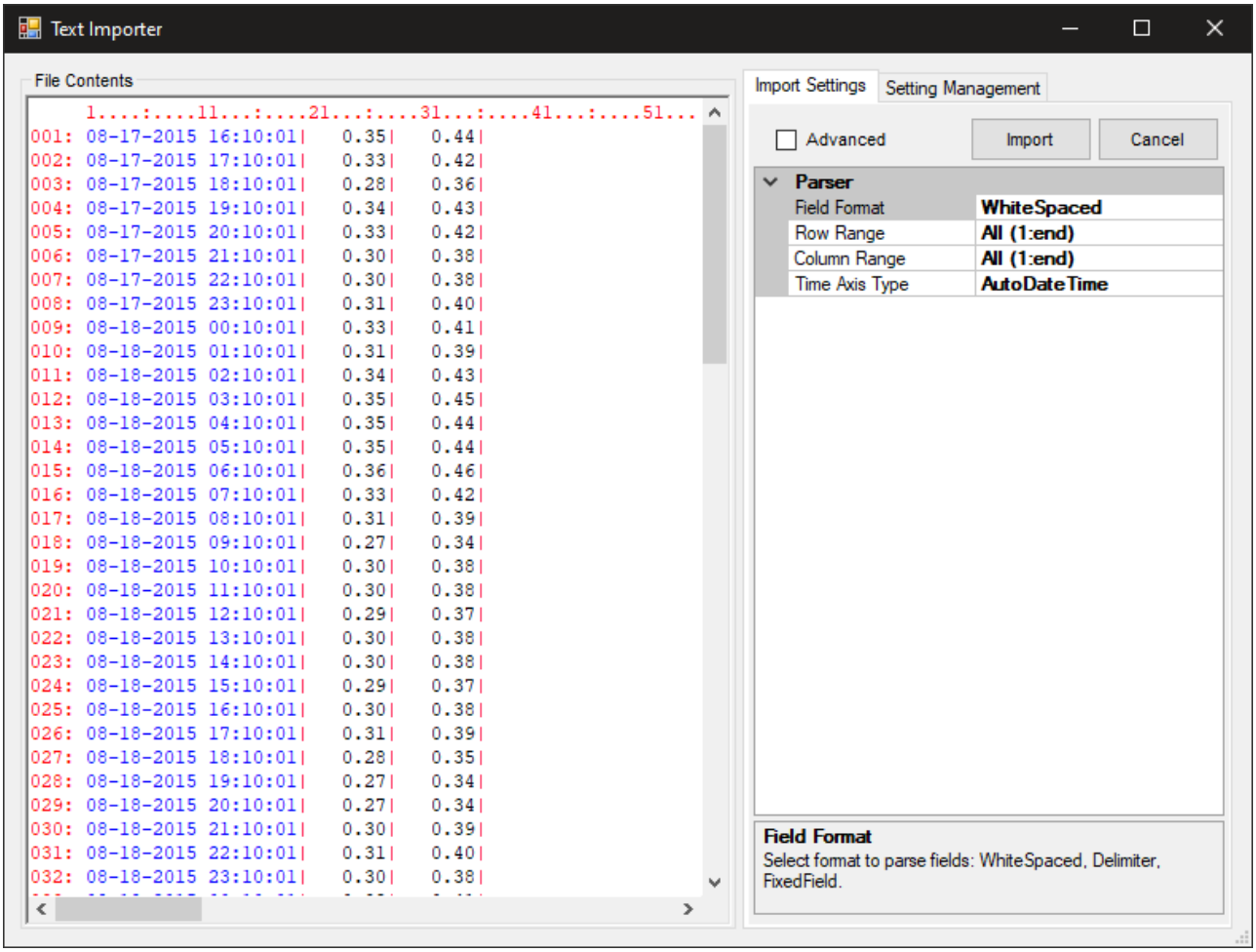
又，成功自動辨識為時間軸後便不需要如前範例般再手動設定 Time Channel，此參數也不會顯示出來。

3. 設定好後點選 Import，以 Viewer / Channel Viewer 顯示此數據。黑色線條為第一通道 CH1，藍色線條為第二通道 CH2：



* CustomDateTime 時間軸

1. 同前一範例，匯入資料檔 `AutoDateTime.txt` ，自動辨識分隔為下圖狀態：

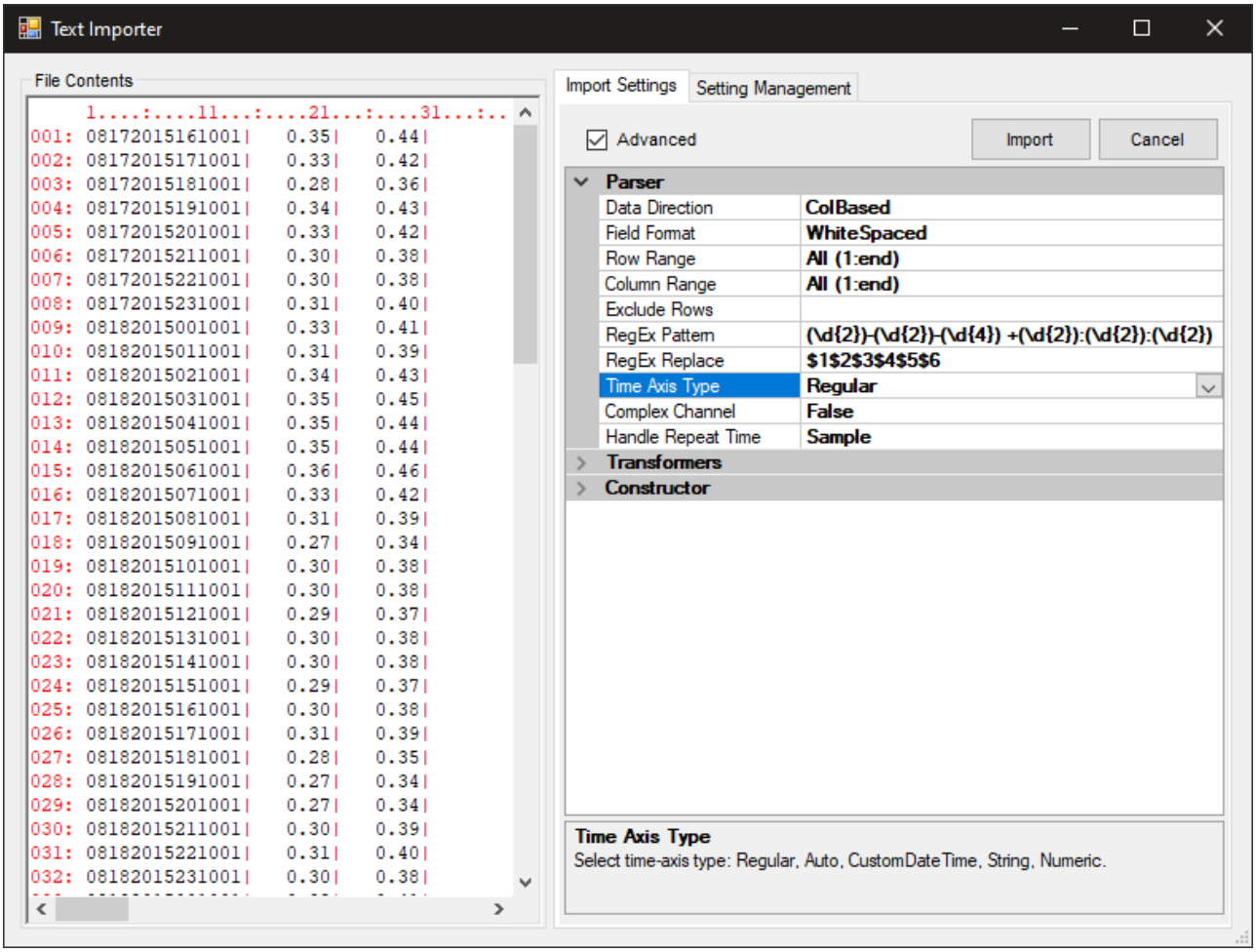


2. 此時打開 Advanced 設定，可用 RegEx Pattern 及 RegEx Replace 參數修改第一、二行的格式，將時間軸的 /、:、空白鍵等移除（請參考 Regular Expression 語法），如下：

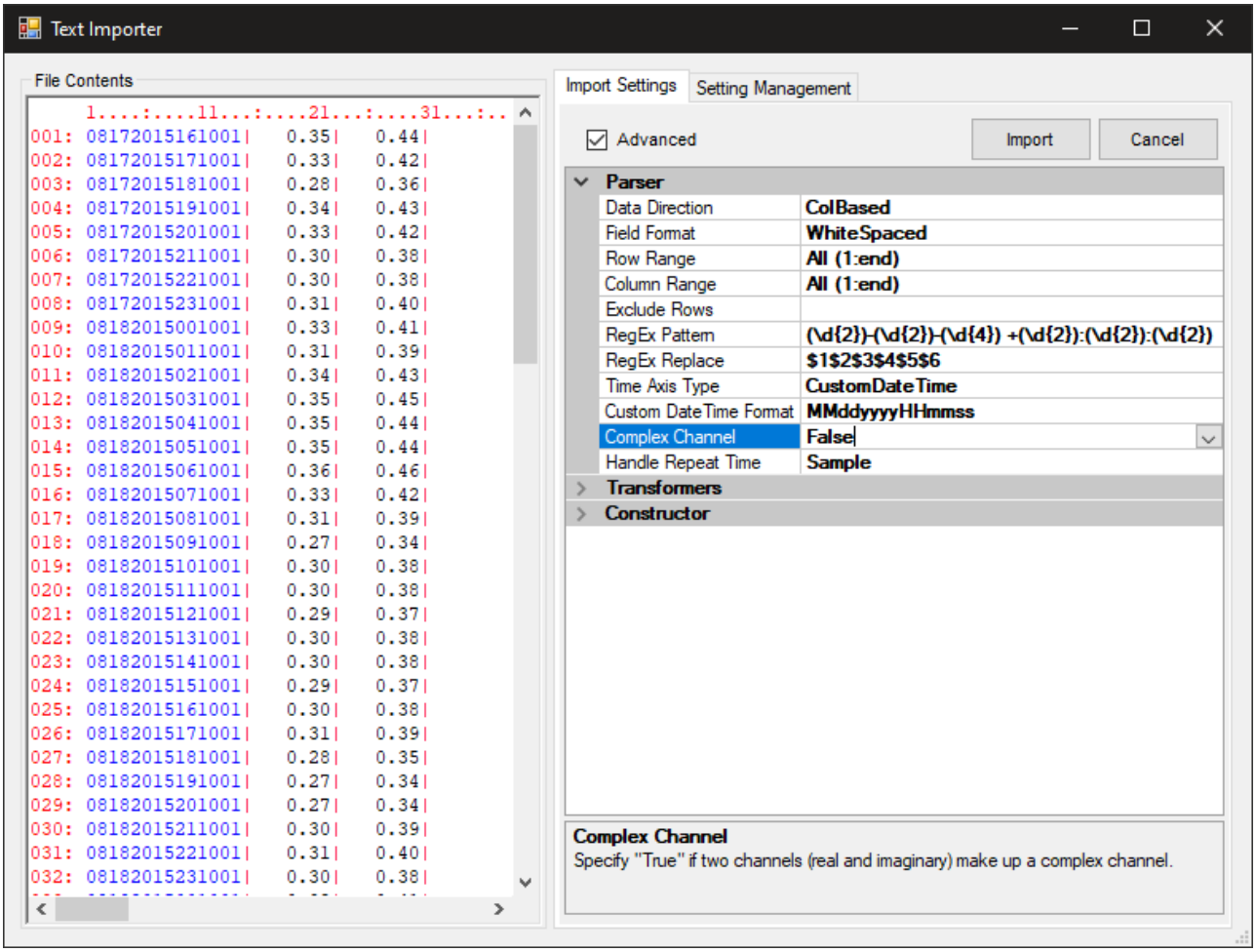
Table 6.7: RegEx 參數設定

參數	設定
RegEx Pattern	`(\d{2})-(\d{2})-(\d{4}) +(\d{2}):(\d{2}):(\d{2})`
RegEx Replace	`$1$2$3$4$5$6`

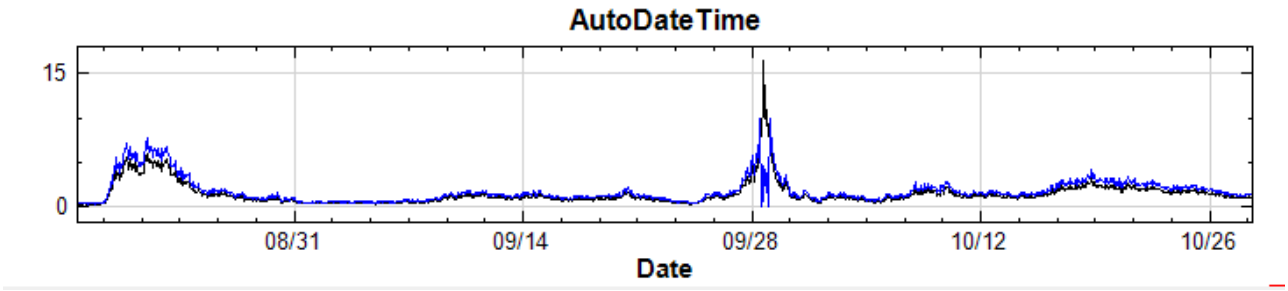
3. 設定好後，可以看到原來的時間軸變成一串數字，Text Importer 已經無法自動辨識，Time Axis Type 自動跳回 Regular 設定：



4. 此時可以將 Time Axis Type 設定為 CustomDateTime，並依照原來時間日期數字的順序將 Custom DateTime Format 設定為「`MMddyyyyHHmmss`」(請參考 DateTime String 語法)，可看到第一行成功辨識為時間軸：



5. 同前範例，設定好後點選 Import，以 Channel Viewer 顯示此數據，可得到與前範例同樣的圖：



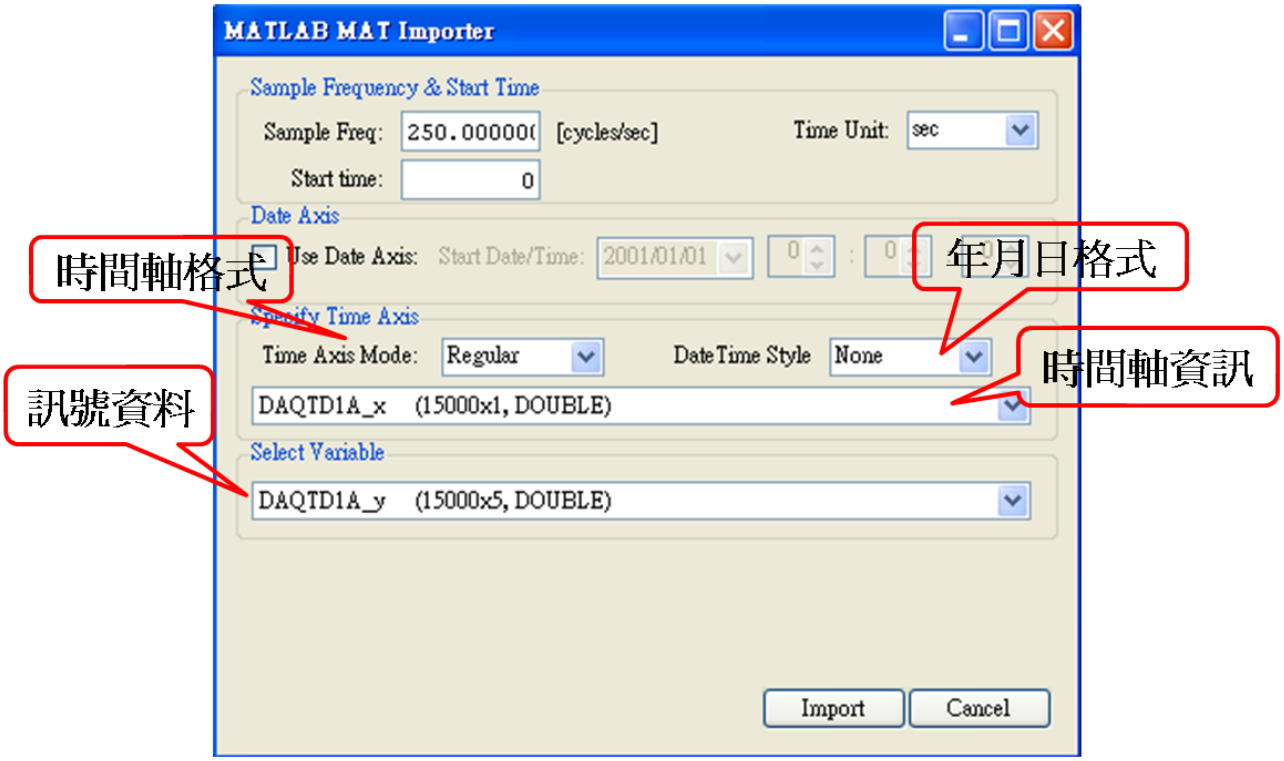
相關指令

Fill Null、Resample

6.1.2 Matlab Importer

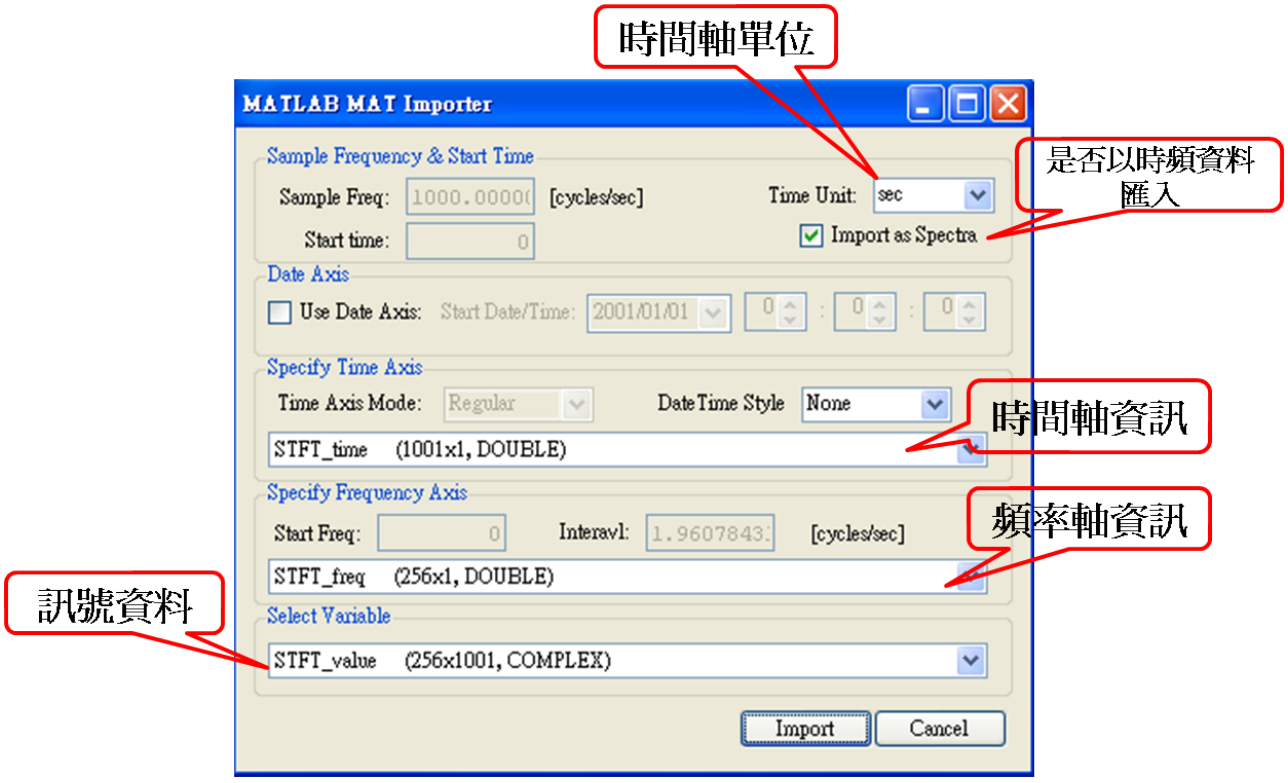
若匯入者為 mat 這種 MATLAB 專用的二進位檔，則會進入如下列介紹的 Matlab Importer：

1. 首先介紹開啟 mat 檔案而訊號格式為 Signal，則會進入以下畫面的 Matlab Importer ，參數設定大致與文字檔完全相同。。



2. 若匯入 mat 為包含訊號格式為時頻資料（Spectra），此 mat 檔案必定包含三種變數：資料（`*_value`：$N * M$ 矩陣）、時間軸（`*_time`：$M * 1$ 矩陣）、頻率軸（`*_freq`：$N * 1$ 矩陣），Visual Signal 才能匯入時頻資料，列如本示範包含 `STFT_value`、`STFT_time`、`STFT_freq`，如下圖所示。

   假設 Import as Spectra 為 Unchecked，則將會把資料（`*_value`）以多通道訊號匯入，並不會將頻率資訊（`*_freq`）引入，在此必須特別注意。

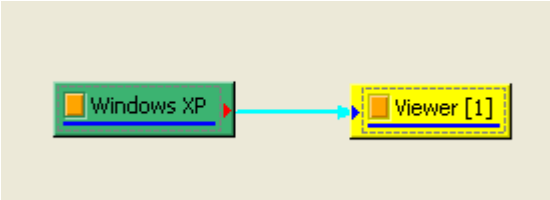


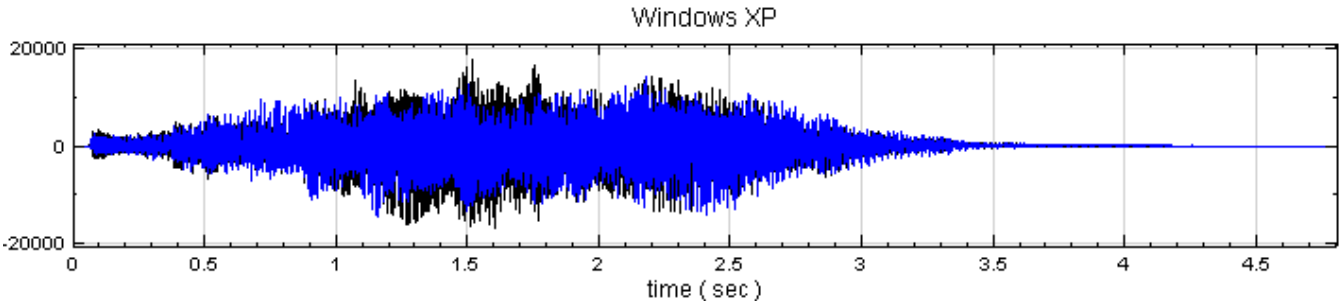
相關指令

Viewer、Fill Null Value

6.1.3 Import Audio

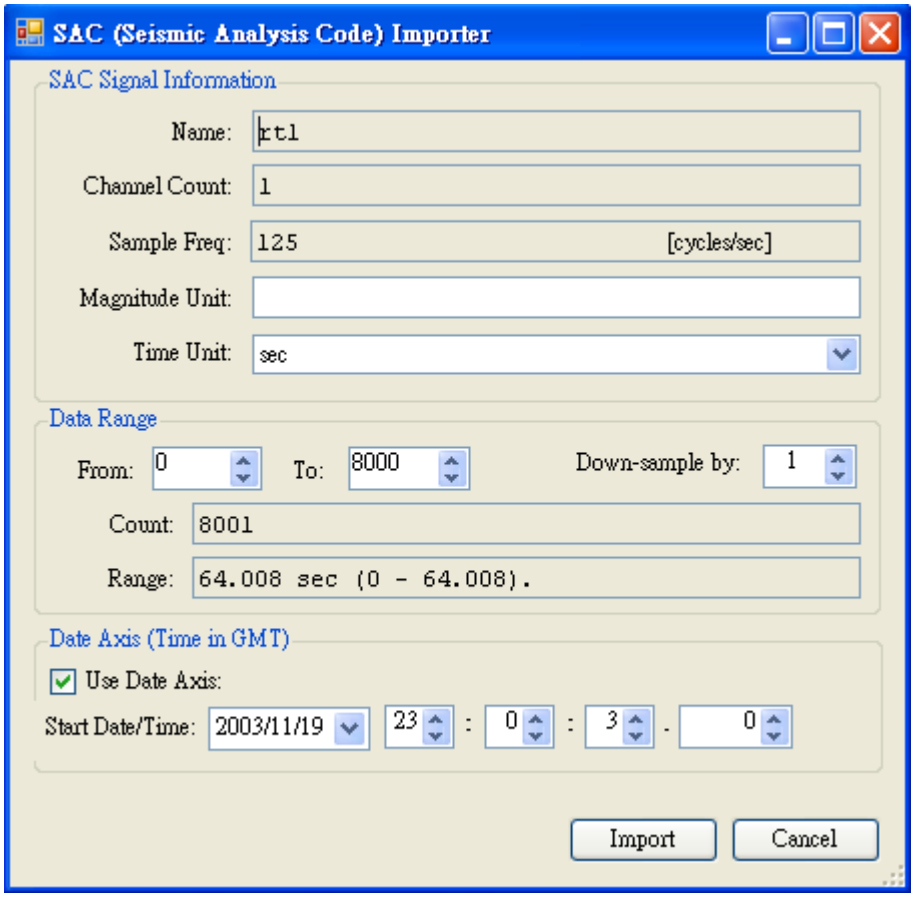
若匯入是支援的音訊檔，則會直接產生一個 Data Source 元件，不需要用 Importer 設定輸入參數。





6.1.4 SAC Importer

SAC 為地震分析軟體的資料檔，讀取 sac 檔時程式會跳出 SAC Importer 以設定訊號的讀取範圍等參數，SAC Importer 介面如下圖所示:



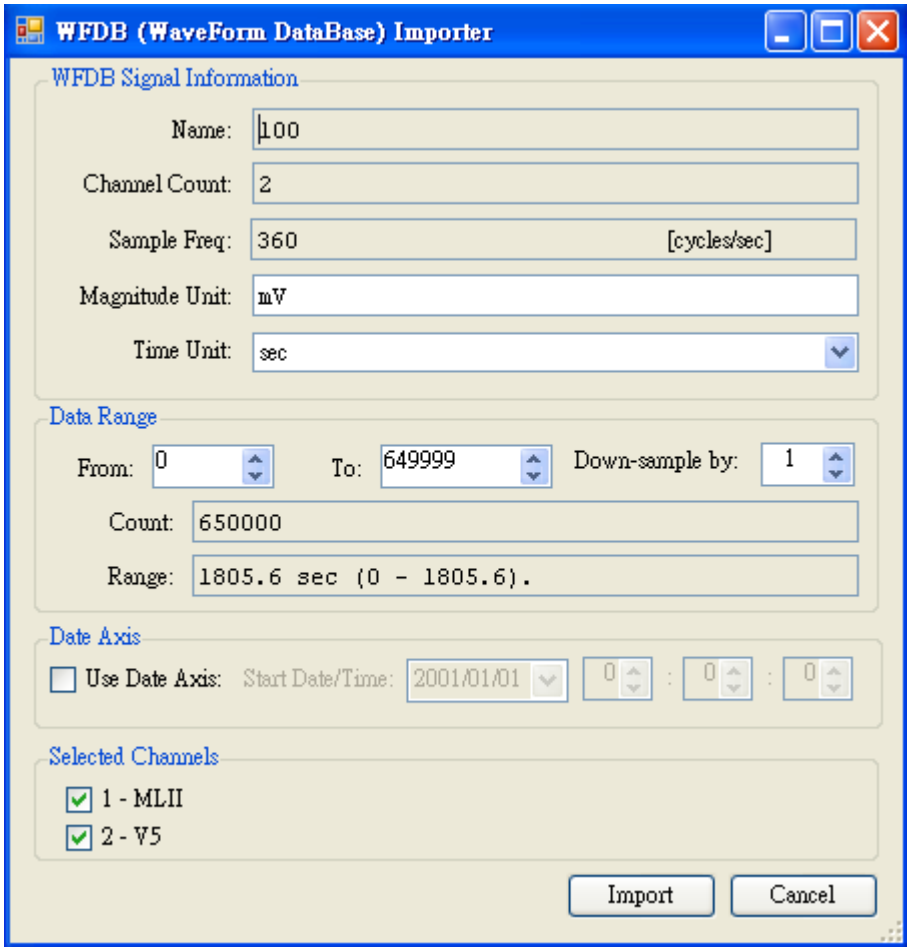
SAC Signal Information 可顯示與設定訊號的資訊，其中 Name、Channel Count、Sample Freq 顯示目前讀取的資料檔名稱、訊號通道數以及取樣頻率。Magnitude Unit 可供使用者設定訊號值的單位；Time Unit 可以讓使用者調整時間單位，當改變單位後，Sample Frequency 會自動換算為調整後的單位。

Data Range 可讓使用者設定讀取訊號的範圍，其中 Count 與 Range 欄位顯示資料數量與資料的時間長度，在 From、To 欄位可設定讀取訊號的起迄點位置，Down-sample by 欄位則可設定是否要 Down-sample 以及設定 Down-sample 的步長。

Data Axis 則可選擇是否設定年月日等時間軸資訊。

6.1.5 WaveFormDatabase Importer

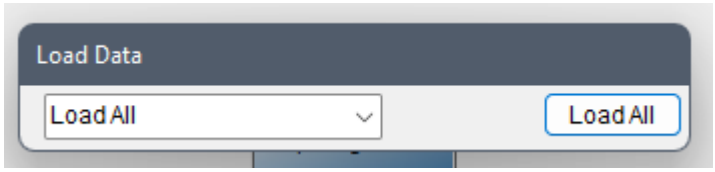
HEA 是 Physionet 此組織發展一系列生醫訊號軟體之通用格式檔。讀取此檔時會跳出 WFDB Importer 協助使用者設定參數，下圖是 WFBD Importer 的使用介面。



介面前三大項 Signal Information、Data Range、DataAxis 與 SAC Importer 相同，這裡不再重複。當輸入訊號為多通道時，會出現 Selected Channels 的選項，讓使用者選擇讀取的 Channel。

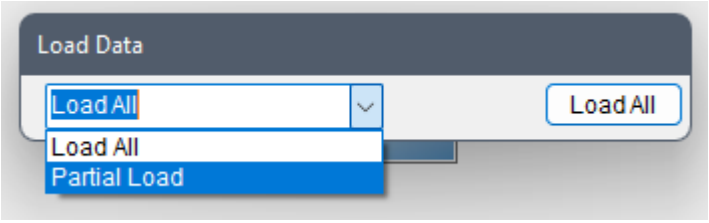
6.1.6 Load Data Dialog

成功讀取檔案後，如果【Preference】中之 Partial Load 設為 True（預設值），則 Visual Signal 會開啟 Load Data 對話窗，如下：

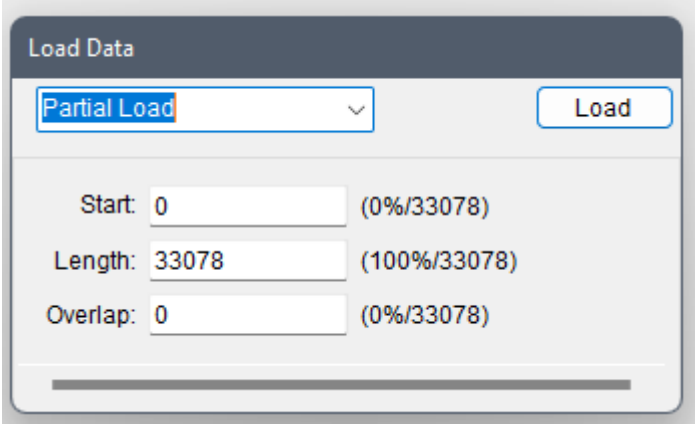


如欲利用完整的讀入資料，則點擊 Load All 按鍵，則 Visual Signal 會產生一個 Data Source 元件，並將所有讀取的檔案資料存放於該元件，（詳情請見下章【Data Source】）。當【Preference】中之 Partial Load 設為 False 時，本對話窗不會出現，並等同於在對話窗中選擇 Load All，讀取所有的檔案資料。

有時讀取的資料量太大，如果全部匯入 Visual Signal 可能會造成無法繼續進行計算的情形，此時可以利用 Load Data 對話窗擷取部分資料匯入，如下圖所示，在對話窗的下拉選單中選擇 Partial Load：



則對話窗會換成部分擷取的介面：



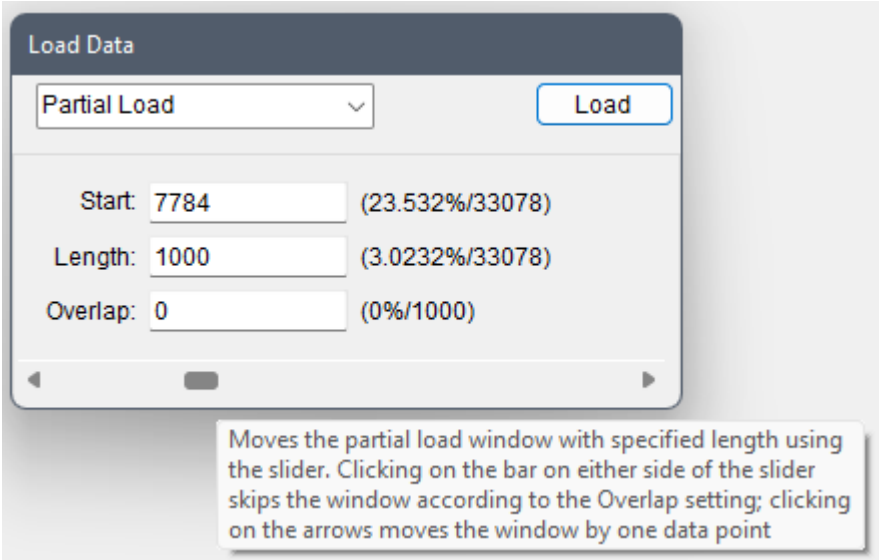
下表解說各欄位：

Table 6.8: 部分擷取資料設定欄位說明

欄位	說明
Start	擷取窗的起始點
Length	擷取窗的長度
Overlap	移動擷取窗時之重疊

每個輸入欄位的右方還有兩組數字顯示 `X%/Y`，`Y` 為資料總長度（資料點數），`X` 為該欄位輸入之點數為總長度之百分比。

擷取窗的起始點除了可以在 Start 欄位輸入點數之外，還可以使用對話窗下方的滑動控制設定位置。滑動時 Start 欄位的數值會同步變動，此時 Length 欄位必須設為小於總長度，否則滑動控制無作用。點擊滑動桿左方或右方的長條空處可以讓滑動桿以 Overlap 設定的點數跳躍移動；點擊最左方或最右方的箭頭則可以將滑動桿移動一個點數。如下圖：

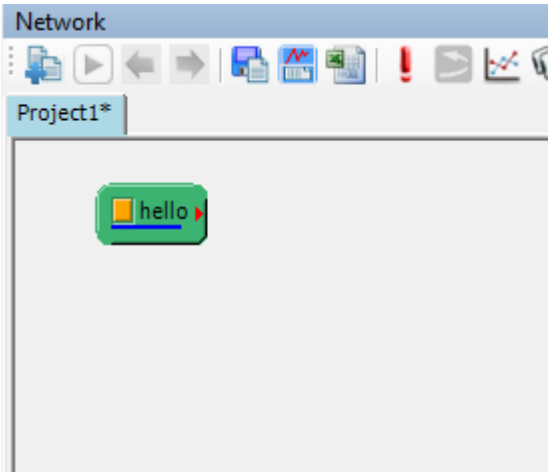


Overlap 的設定也決定了資料匯入後，在執行元件計算時用【元件編輯窗工具列】的連續重讀／單次前進重讀／單次後退重讀的按鍵運作。Overlap 與跳躍移動擷取窗的定義可以參考【滾動窗】之 Overlap 定義。

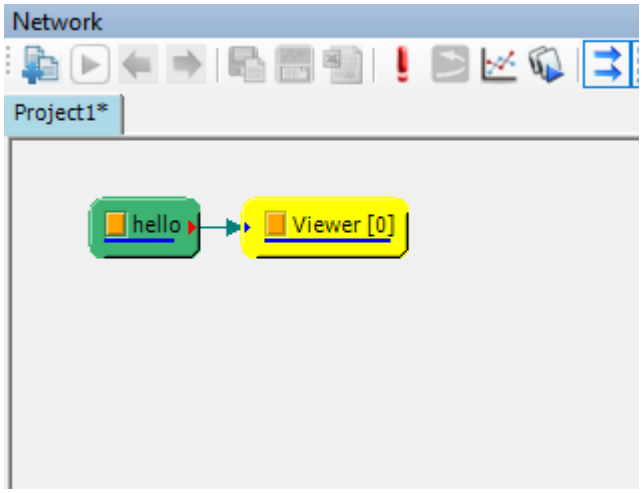
6.2 Data Source

成功匯入檔案資料後（完整資料或是部分擷取），Visual Signal 會產生一個 Data Source 類別的資料源元件，元件名稱為檔案名稱。

以匯入 `C:\Program Files\AnCAD\VisualSignal\demo\Basic\hello.wav` 為例：



如果是採用拖放檔案至繪圖視窗的方式匯入檔案（見【Open Data】章節說明），則除了 Data Source 之外還會自動產生並連結對應之 Viewer 元件，如下圖。



參數設定

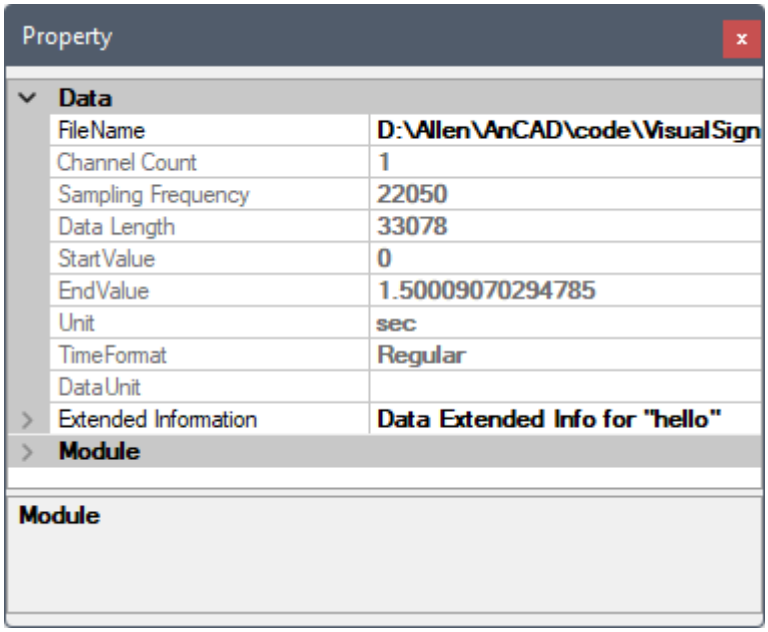
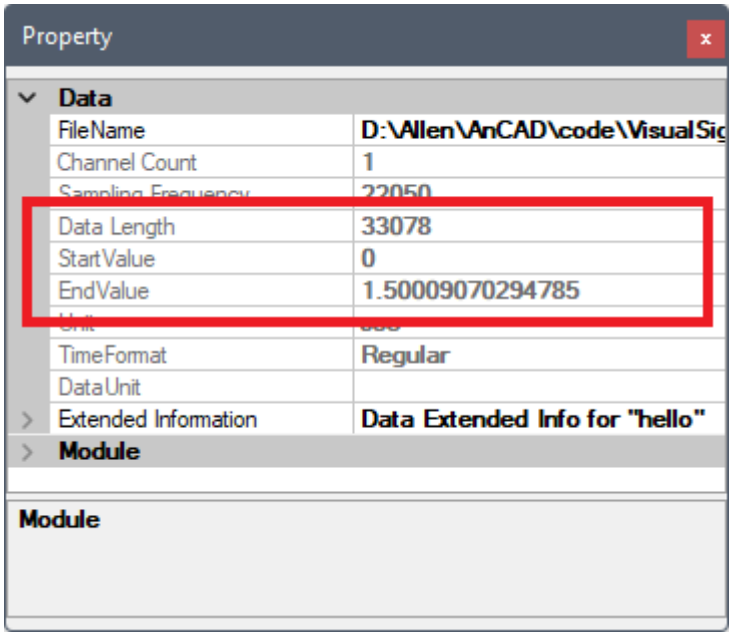


Table 6.9: Data Source 參數說明

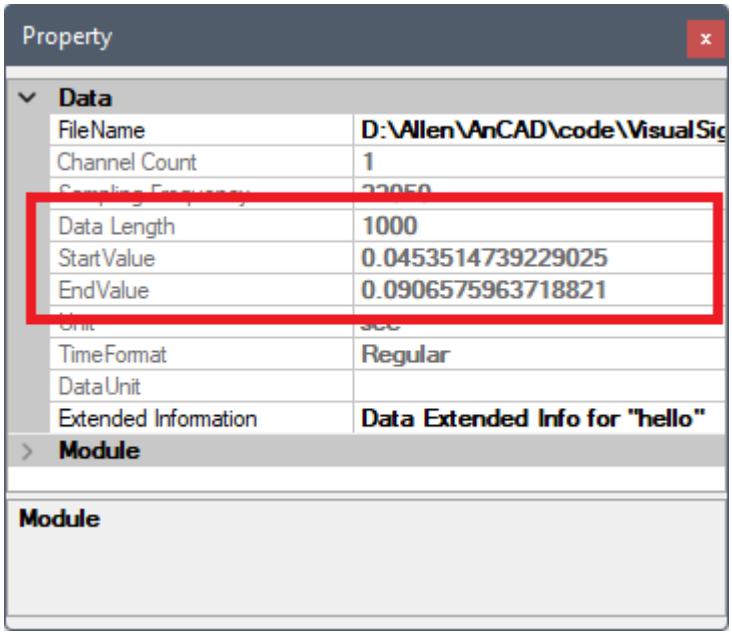
餐數名稱	參數定義
FileName	檔案名稱，可重讀，見下文【重讀檔案】章節
Channel Count	顯示資料通道數
Sampling Frequencye	顯示資料取樣率，單位為 $1/Unit$
Data Length	顯示資料長度，單位為點數
StartValue	顯示時間軸起始時間，單位見 Unit
EndValue	顯示時間軸結束時間，單位見 Unit
Unit	顯示時間單位。在 Viewer 顯示時會正確地標示 X 軸標題上
TimeFormat	顯示時間軸格式：Regular 或 Indexed
Data Unit	顯示資料的單位，本欄位只有在資料檔頭有特別才會顯示。如有資料單位，則在 Viewer 顯示時會正確地標示在 Y 軸標題上
Extended Information	顯示其他額外的資訊，見下文【額外資訊】章節

6.2.1 部分擷取資料源

當匯入資料時在【Load Data】對話窗選擇了 Load All，本元件輸出的資料為完整的檔案匯入資料，此時 StartValue 參數為原資料之起始時間（如無檔頭或時間軸資訊則為 0），EndValue 參數為原資料之結束時間（如無檔頭或時間軸資料則為資料時間長度），Data Length 為全資料的時間長度，如下圖（以 `hello.wav` 為例）：



當匯入資料時在【Load Data】對話窗選擇了 Partial Load，本元件輸出的資料為所設定之部分檔案匯入資料，此時 StartValue 參數為所設定之部分擷取窗之起始時間，EndValue 為擷取窗之結束時間，Data Length 為擷取窗的時間長度，如下圖（以 `hello.wav` 為例，起始設為 1000，長度為 1000）：



當元件資料為部分擷取，使用者可使用【元件編輯窗工具列】上的圖示移動擷取窗重讀資料：

Table 6.10: 移動擷取窗重讀工具列圖示

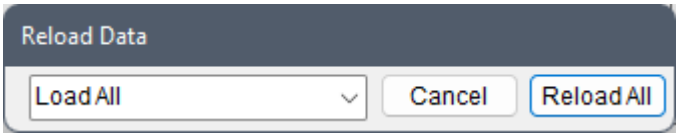
圖示	說明
	依照【Load Data】對話窗之 Overlap 設定，**連續**將擷取窗移至下個位置，讀取資料，並重新執行 DataSource 元件下游連結的所有元件。此步驟會自動連續執行，直到擷取窗移至原資料最尾端
	依照【Load Data】對話窗之 Overlap 設定，**單次**將擷取窗移至下個位置，讀取資料，並重新執行 DataSource 元件下游連結的所有元件
	依照【Load Data】對話窗之 Overlap 設定，**單次**將擷取窗移至下個位置，讀取資料，並重新執行 DataSource 元件下游連結的所有元件

無論元件的資料為完整匯入或是部分擷取，使用者都可以用雙擊元件的方式（見下文）重新設定擷取窗或直接完整重讀資料。

6.2.2 重讀檔案

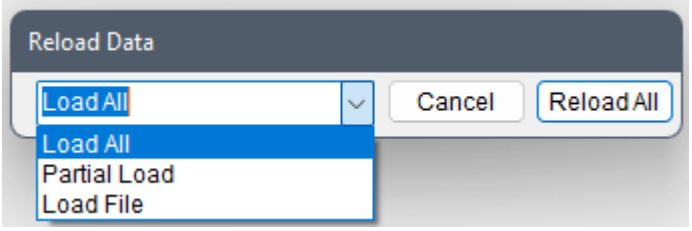
本元件提供三種方法可以重讀檔案資料，功能稍有不同：

1. 點擊 FileName 參數，欄位最右側會出現三個點的圖示 ，點擊該圖示則會跳出如【Open Data】時的檔案選擇對話窗，此時操作跟【Open Data】時一樣，檔案匯入後會自動更新本元件的輸出資料以及 FileName 參數的路徑。
2. 直接更改 FileName 參數的路徑，如果檔案存在該路徑，則本元件會不經過檔案選擇示窗而直接讀取檔案。
3. 雙擊元件圖示。此動作會開啟一個類似【Load Data】的 Reload 對話窗，如下圖：

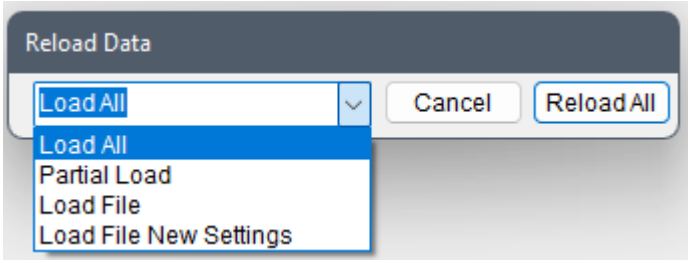


Reload 對話窗

重讀對話窗的操作與【Load Data】對話窗類似，但是下拉選單多了幾個選項：



如果是經過 Importer 設定對話窗（例如 Text Importer）匯入的檔案，則還會多出一個選項：



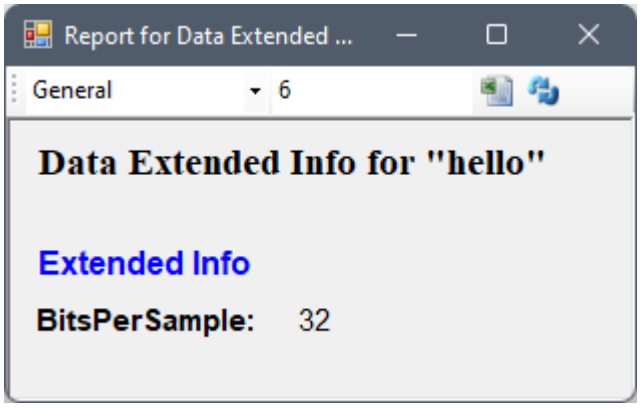
如欲整個取消重讀，則點擊 Cancel 鍵；如欲重讀，則根據下拉選單的選項 Reload 按鍵會有不同功能：

重讀選項	說明
Load All	如果元件的資料是從原檔案部分擷取的，此功能從記憶體內重讀所有的資料（不重讀檔案）。 當【Preference】之 Partial Load 設為 False 時，此選項不會出現。
Partial Load	此部分操作與【Load Data】對話窗中同名選項一樣，進入部分重讀對話窗設定或改變擷取窗參數，從記憶體內擷取部分資料重讀（不重讀檔案）。 當【Preference】之 Partial Load 設為 False 時，此選項不會出現。
Load File	跳出如【Open Data】時的檔案選擇對話窗，以 FileName 參數設定之路徑為預設檔案，選擇重讀原有或新檔案。此時會嘗試使用原有的匯入參數讀取檔案，因此不會跳出 Importer 對話窗。但如果新檔案的副檔名與原有檔案不同，則會重設匯入參數，行為則會如以下 Load File New Settings 選項一樣。 選擇檔案後會重讀該檔案資料，而後如果【Preference】之 Partial Load 為預設之 True 時，會再次出現【Load Data】對話窗，使用者可選擇讀取新檔案之完整或部分資料。若 Partial Load 設為 False，則會直接讀取檔案所有資料。
Load File New Settings	同上，但是會重設匯入參數，以選擇檔案之副檔名所對應之 Importer 重讀檔案，如有需要會再次出現 Importer 對話窗，讓使用者可以重新設定匯入參數。

6.2.3 額外資訊

當資料檔含有額外資訊時，使用者可以點擊 Extended Information 參數，欄位最右側會出現三個點的圖示 ，點擊該圖示則會跳出一個 Reporter 對話窗（請參考【Reporter】章節說明）。

以匯入 `C:\Program Files\AnCAD\VisualSignal\demo\Basic\hello.wav` 為例，音訊檔相比其他的資料格式有額外的 BitsPerSample 資訊（取樣位元數），顯示在 Extended Information 的 Reporter 中如下圖：

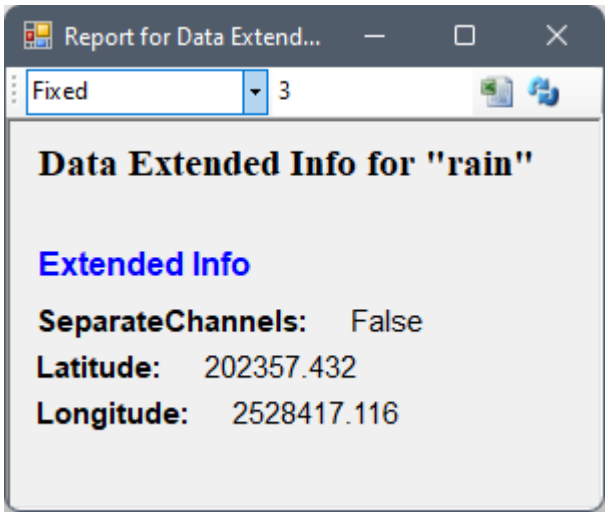


除了音訊檔之外，.tfa 與 .vsb 的檔頭（見【Open Data】章節說明）也支援加入非內建的 Extension 檔頭資訊，用「#+」標示。這些 Extension 檔頭資訊匯入 Visual Signal 後則可以在 Extended Information 的 Reporter 中顯示出來。

以匯入 C:\Program Files\AnCAD\VisualSignal\demo\Extended\rain.tfa 為例，該檔案的檔頭如下：

```
# Version: TFA1.6.0
# DataType: Signal
# Complex: False
# ChannelCount: 1
# ChannelNames: CH2
# DataUnit:
# SampleFreq: 24
# TimeUnit: day
# StartDate: 2014/01/01 00:00:00.0000000
# TimeFormat: Regular
#+ SeparateChannels: False
#+ Latitude: 202357.432
#+ Longitude: 2528417.116
```

檔頭最後三行 SeparateChannels、Latitude、Longitude 為非內建 Extension 資料，顯示在 Extended Information 的 Reporter 中則如下圖（欲完整顯示座標數值須將 Report 的數字顯示格式改成精確度 3 之 Fixed 格式）：



6.3 Noise

建立雜訊訊號源，可產生七種不同雜訊（Noise）。

說明

以下介紹各項雜訊的定義，令 $x(t)$ 代表雜訊：

- White Noise：

  $E[x_{\text{white}}(t)] = 0$

  $E[x_{\text{white}}(t)x_{\text{white}}(t-\tau)] = \delta(\tau)$

  白雜訊的數學期望為 0，雜訊之平均值為零，E 表期望值；且自相關函數為 Kronecker Delta（δ）。

- Gaussian Noise：

  $x_{\text{Gauss}}(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\mathrm{e}^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}}$

  若雜訊在統計上呈現 Normal Distribution 高斯分佈，則此雜訊為 Gaussian Noise。高斯分佈的期望值 $\bar{t}$ 決定了其位置，其標準差 σ 決定了分佈的幅度。

- Speckle Noise：

  斑點型雜訊，振幅非最大值 A、則即為零，依照機率 P 控制出現次數。

- Pink Noise：

  $F[x_{\text{pink}}(t)]^2 \propto \frac{1}{f}$

  此雜訊之傅立葉轉換之密度值反比於頻率 {-}

- Brownian Noise：

  $F[x_{\text{Brownian}}(t)]^2 \propto \frac{1}{f^2}$

  此雜訊之傅立葉轉換密度值反比於頻率平方；F 表示傅立葉轉換之密度值，f 表示頻率。

- Blue Noise：

  $F[x_{\text{blue}}(t)]^2 \propto f$

  此雜訊之傅立葉轉換密度值正比於頻率；F 表示傅立葉轉換之密度值，f 表示頻率。

- Violet Noise：

  $F[x_{\text{violet}}(t)]^2 \propto f^2$

  此雜訊之傅立葉轉換密度值正比於頻率平方；F 表示傅立葉轉換之密度值，f 表示頻率。

參數設定

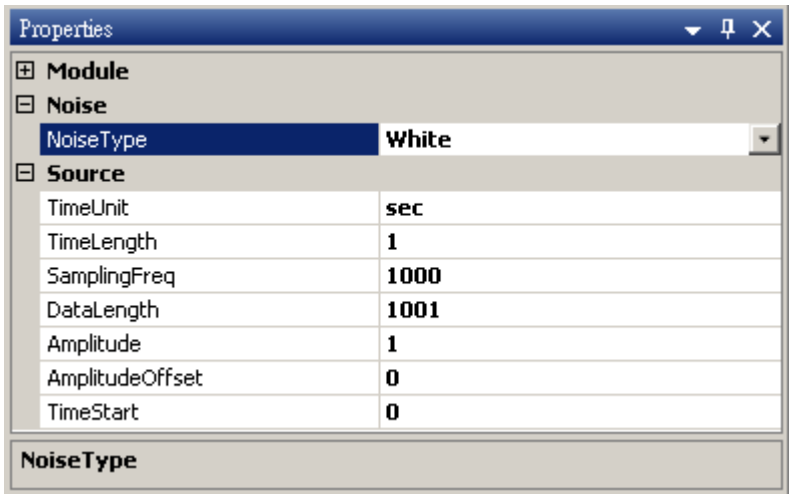


Table 6.12: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
TimeUnit	時間單位，可為皮秒（ps）、奈秒（ns）、微秒（us）、毫秒（ms）、秒（sec）、分（minute）、時（hour）、日（day）、月（month）、年（year）。	sec
TimeLength	時間長度，時間單位為 TimeUnit。	1
SamplingFreq	取樣頻率，單位時間內共要取幾個點。	1000
DataLength	產生信號的資料長度，即總共的取樣點數：取樣頻率 × 時間長度 + 1。	1001
Amplitude	雜訊之振幅。	1
AmplitudeOffSet	雜訊振幅之平移量。	0
TimeStart	設定雜訊之時間起點。	0

以上參數設定為所有訊號源共用，以下不再重複，只列出各訊號源獨有之參數設定。

Gaussian Noise 還多了以下參數：

Table 6.13: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Sigma	設定高斯函數之寬度。	1

Speckle Noise 還多了以下參數：

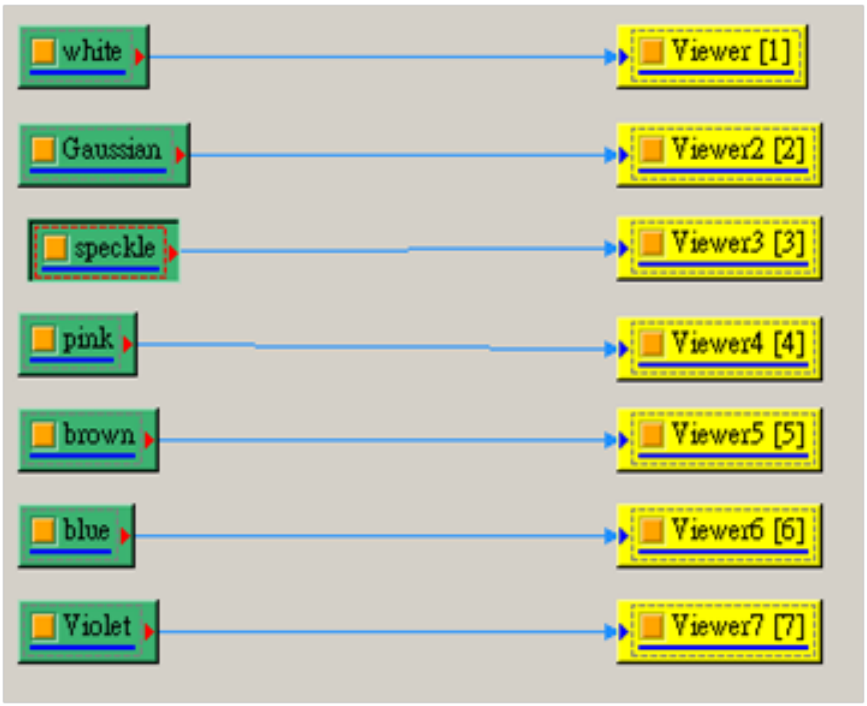
Table 6.14: 參數說明

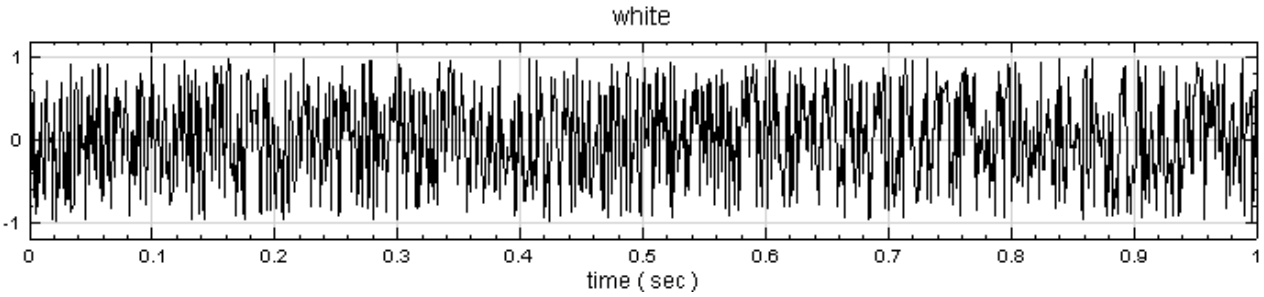
參數名稱	參數定義	預設值
Probability	設定 Speckle 雜訊發生之機率。	0.005

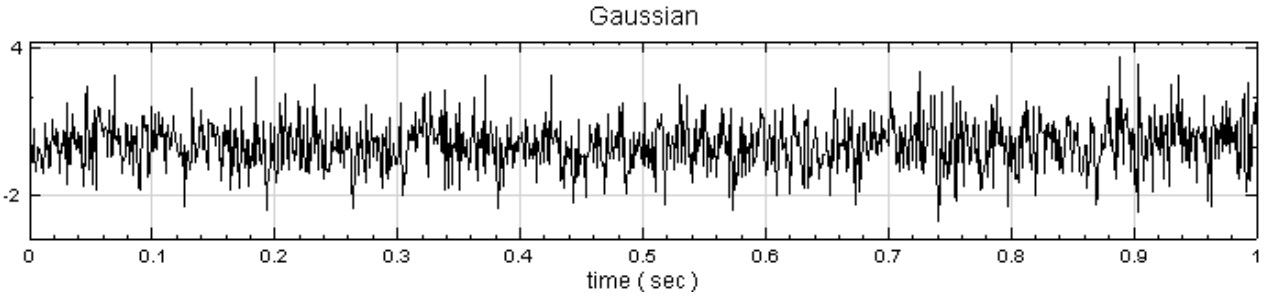
範例

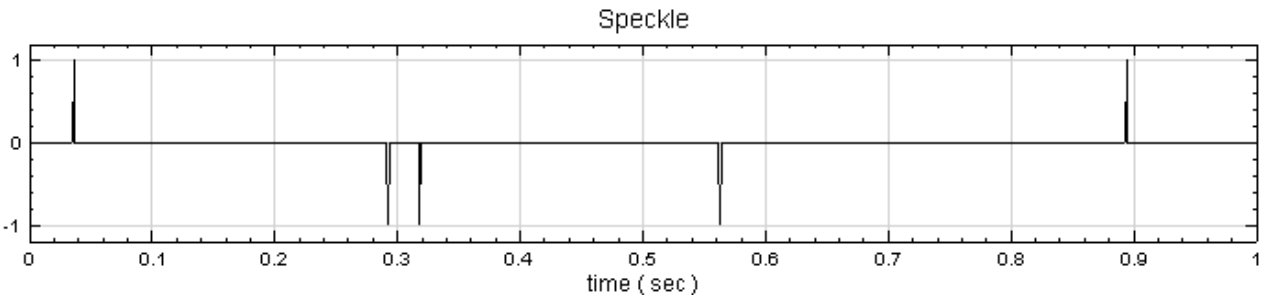
雜訊檢測：

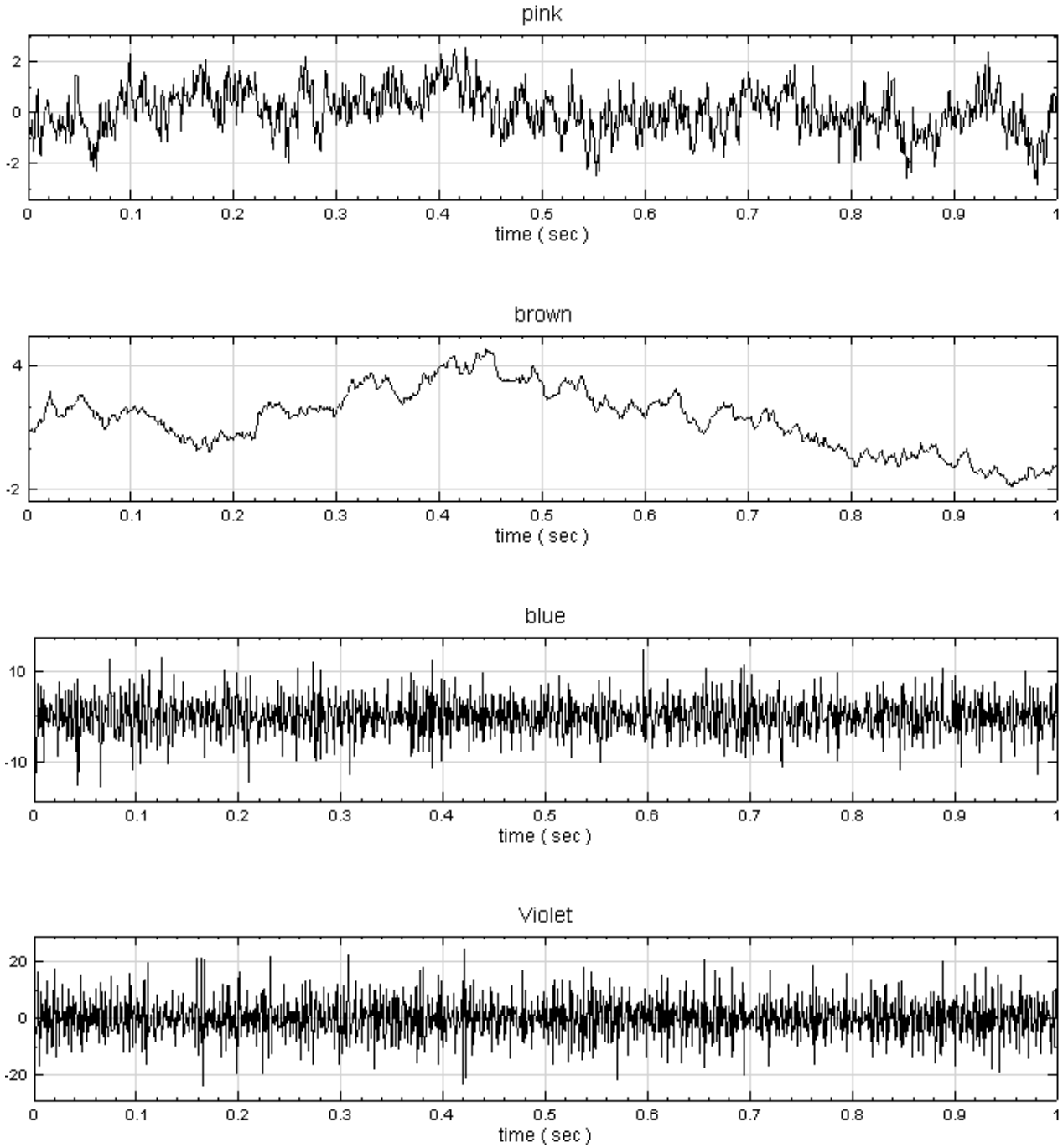
1. 以 Source / Noise 建立七個不同種類的雜訊訊號源，全部以 Viewer / Channel Viewer 繪出。



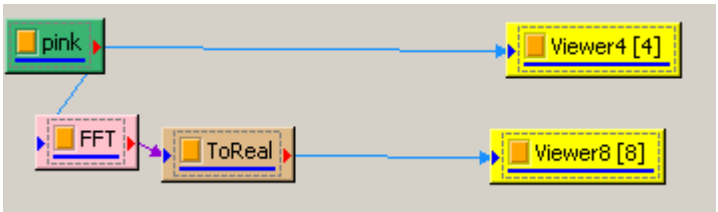


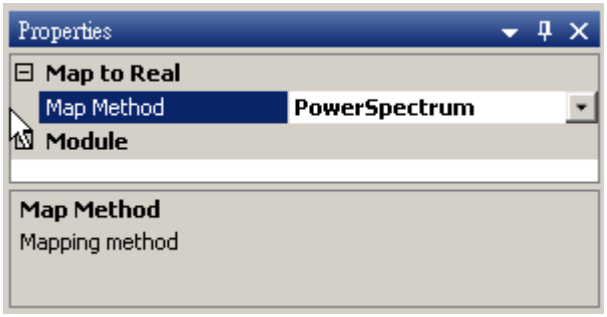


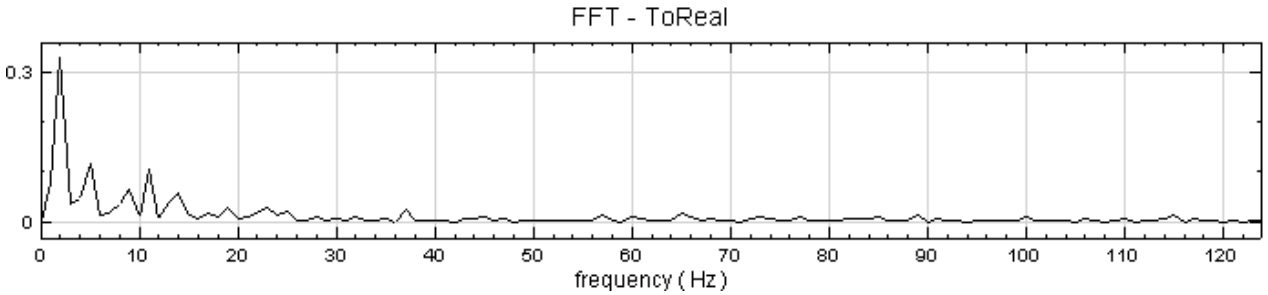




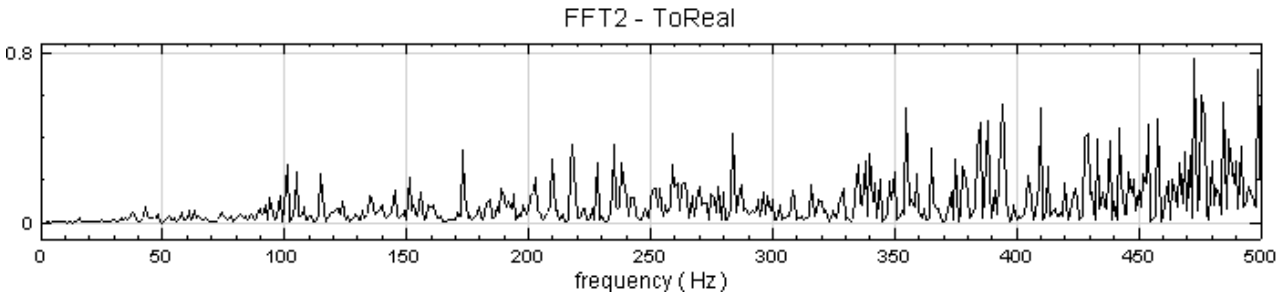
2. 接下來測試各雜訊的行為：將 Pink Noise 做 Compute / Transform / FFT 傅立葉轉換，取 Conversion / Map ToReal，再將 ToReal 中的 Properties / MapMethod 設定為 PowerSpectrum，可發現此頻譜密度值大體上與頻率成反比也可不接 Convert From Complex 直接將 Viewer 中的 YValueType 設為 Powerspectrum)。



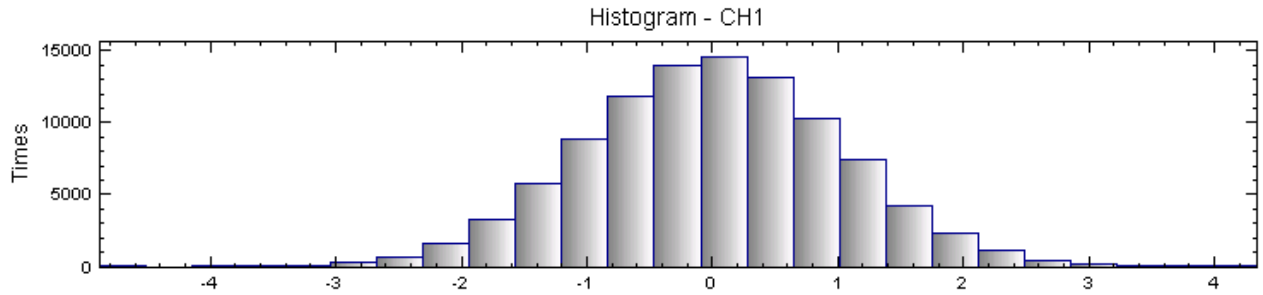




3. 步驟 2 的作法同樣可應用於 Brown、Blue、Violet 等其他有色雜訊，如對 Blue Noise 可得下面之頻譜密度值，可見 Blue Noise 之頻譜密度值正比於頻率。



4. 將 Noise Type 設定為 Gaussian Noise，且 Time Length 設為 100 秒，以 Viewer / Histogram Viewer 可以畫出 Gaussin Noise 的統計直方圖，其分佈曲線即為常態分佈。



相關指令

Channel Viewer、Fourier Transform、Convert From Complex

相關資料

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Colors_of_noise

2. http://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian_noise

6.4 Sine Wave

建立正弦波。

說明

令 t 為代表時間，長度為 N 的數列，$T = \{t_0, t_1, \ldots, t_{N-1}\}$，則一正弦波訊號 $x_{\text{sine}}(t_i)$ 可表示為

$$x_{\text{sine}}(t_i) = A \sin(\omega t_i + \theta) + V$$

其中 A 是振幅，ω 是角頻率（Angular Frequency），θ 是初始相角，V 是振幅之平移量；而在輸入參數時，輸入之訊號頻率為 f，而非角速度：

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

參數設定

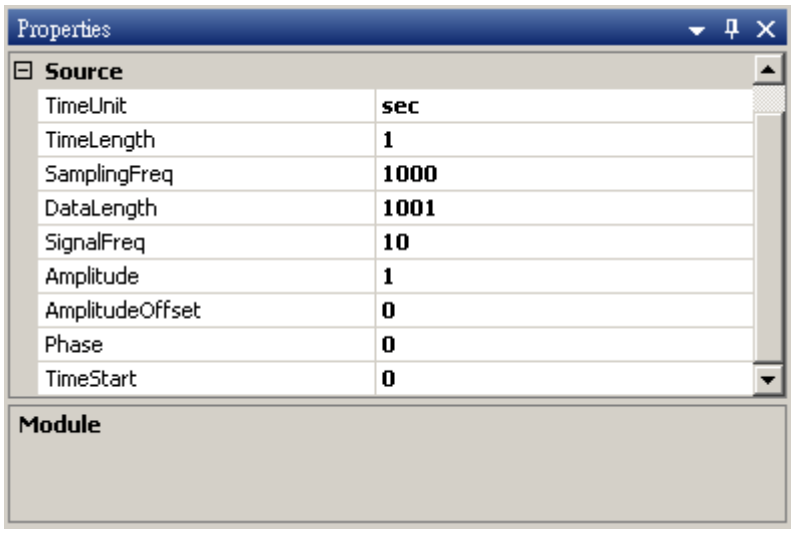


Table 6.15: 參數說明

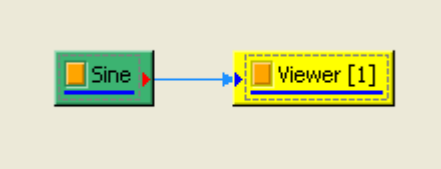
參數名稱	參數定義	預設值
SignalFreq	此訊號之實際頻率，單位為時間長度之倒數（注意，是頻率，非角速度）。	10
Phase	初始相角值，以角度為單位。	0

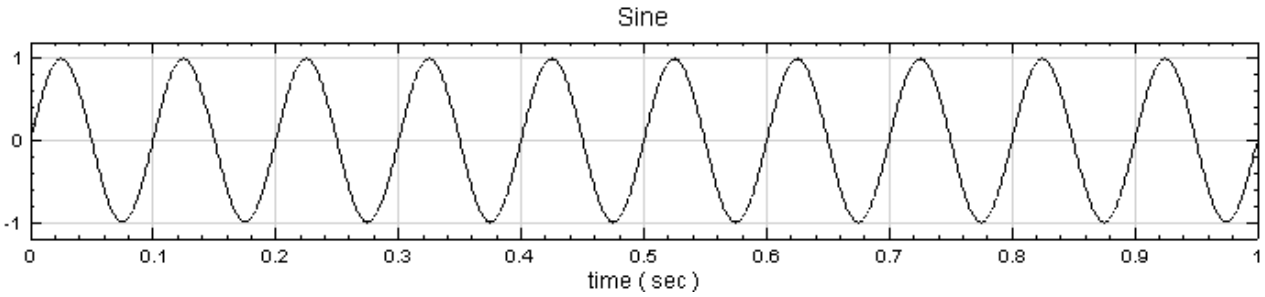
其他共有參數請參考Noise Source。

範例

正弦波之建立：

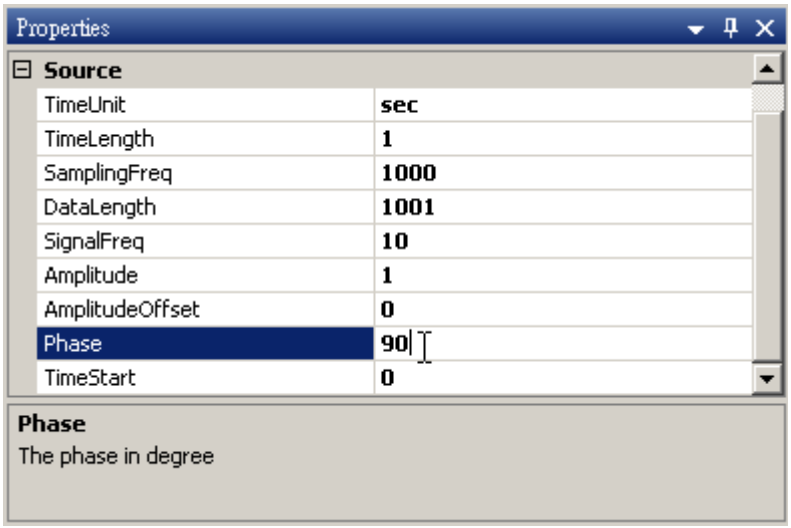
1. Source / Sine Wave 建立正弦波。

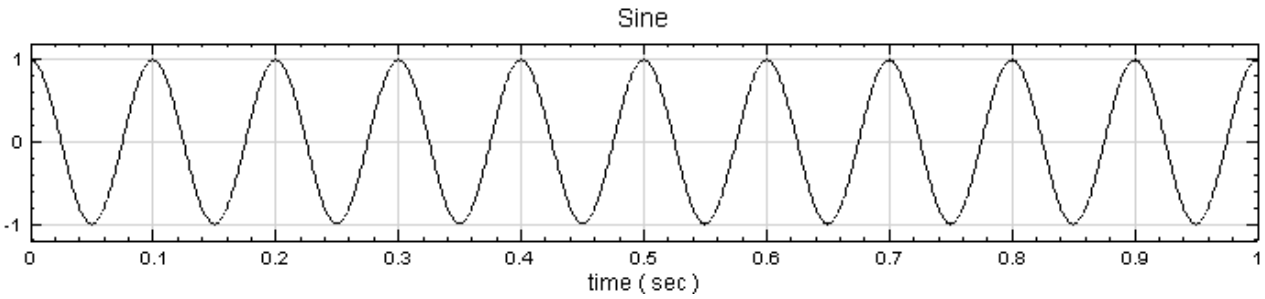




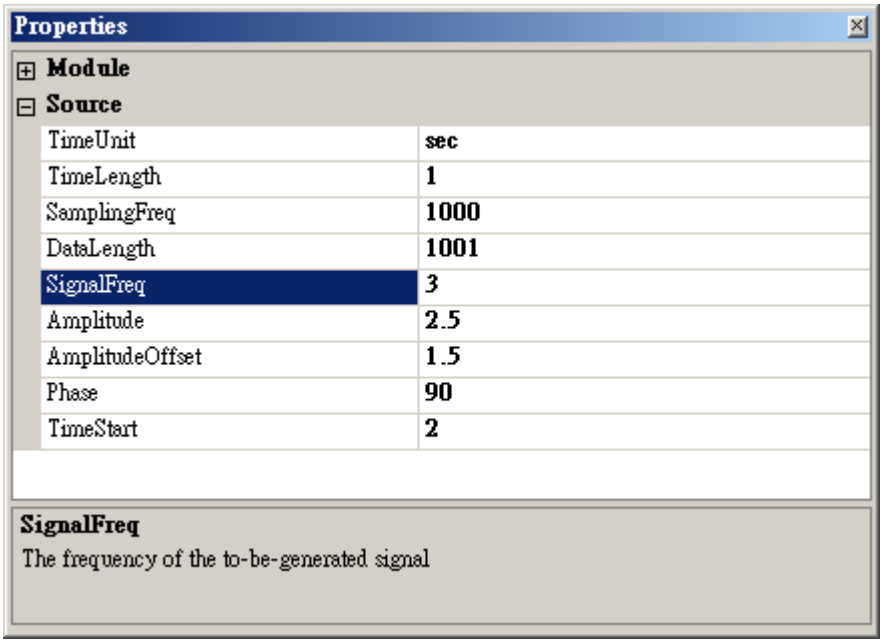
在 Sine 的 Properties / Source 裡，可知此例的取樣頻率（SamplingFreq）設定為預設值 1000，訊號頻率（SignalFreq）設為 10。

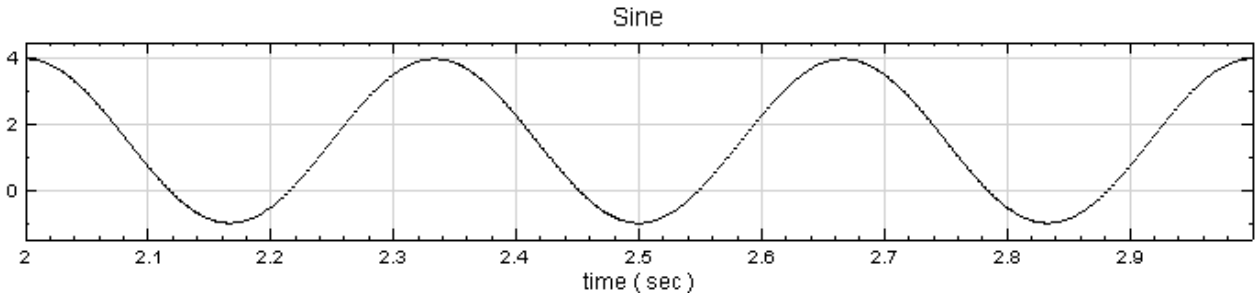
2. 可設定其 Phase（初始相角）為 90，如此正弦波即可變為餘弦波（Cosine Wave）。





3. 設定 Amplitude 為 3，AmplitudeOffSet 為 1.5，再設定 TimeStart 為 2.0，SignalFreq 設為 0.5，可得下列圖形：





相關指令

Noise Source、Channel Viewer、Square Wave、Triangle Wave

6.5 Square Wave

建立方波。

說明

令 $x_{\text{square}}(t)$ 為一方波，則

$$x_{\text{square}}(t) = \begin{cases} A + V, & \theta \le t < sf^{-1} + \theta \\ -A + V, & sf^{-1} + \theta \le t < f^{-1} + \theta \end{cases} \qquad x_{\text{square}}(t + f^{-1}) = x_{\text{square}}(t)$$

其中 A 是振幅，f 是頻率，s 是方波震幅為正的部份在訊號週期所佔之比例量（symmetry），θ 是初始相角，V 是振幅之平移量。

參數設定

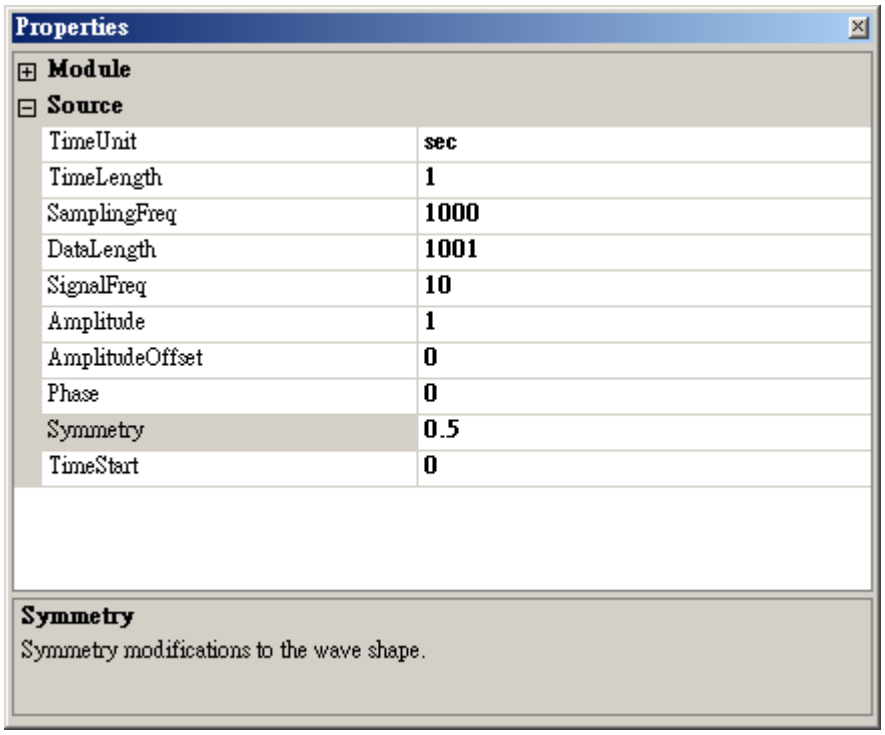


Table 6.16: 參數說明

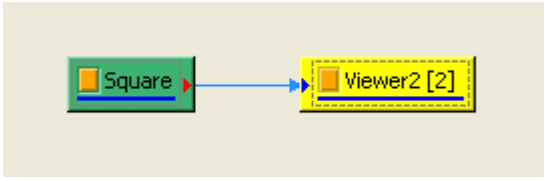
參數名稱	參數定義	預設值
SignalFreq	此訊號之實際頻率，單位為時間長度之倒數（注意，是頻率，非角速度）。	10
Phase	初始相角值，以角度為單位。	0
Symmetry	修改波形的對稱性，訊號的一個週期內，訊號值大於零的部份之比例量為 s，小於零的負部份為 $1 - s$。	0.5

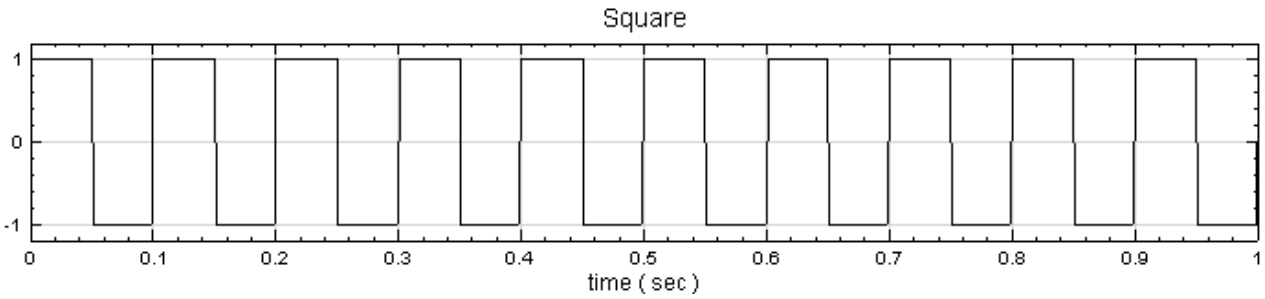
其他共有參數請參考Noise Source。

範例

方波之建立：

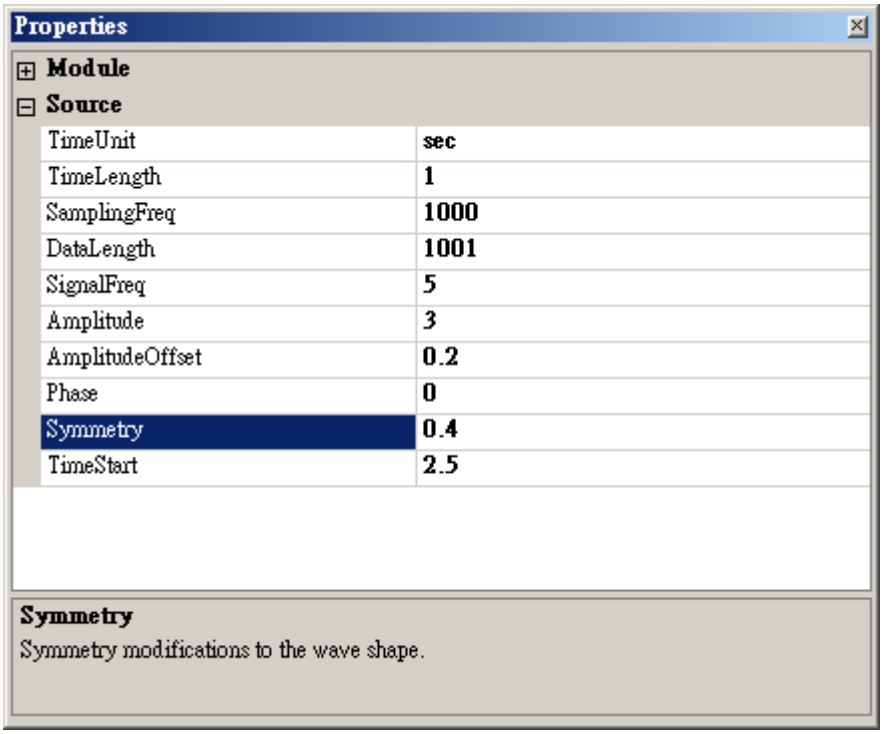
1. 以 Source / Square Wave 建立正弦波。

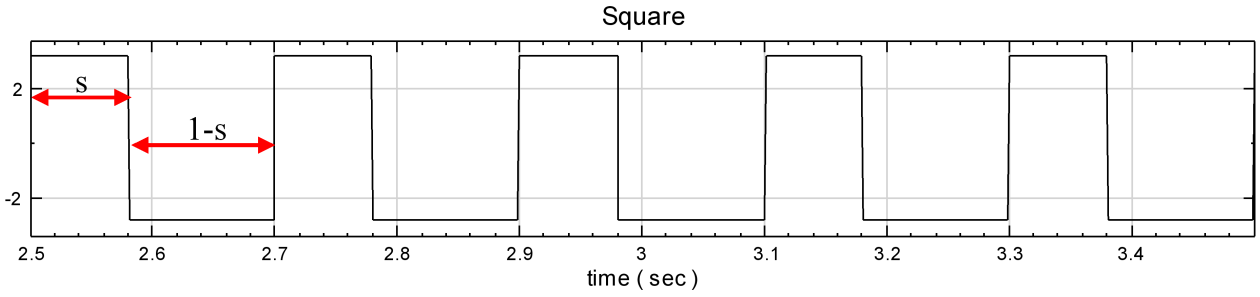




在 Square 的 Properties / Source 裡，可知此例的取樣頻率（SamplingFreq）設定為預設值（1000），訊號頻率（SignalFreq）設為 10。

2. 可設定其 SignalFreq 設為 5，Amplitude 為 3，AmplitudeOffSet 為 2，Symmetry 為 0.4（即為 s），再設定 TimeStart 為 2.5，可得下列圖形：





相關指令

Noise Source、Channel Viewer

6.6 Triangle Wave

建立三角波。

說明

令 $x_{\text{triangle}}(t)$ 為一三角波，則

$$x_{\text{triangle}}(t) = \begin{cases} \frac{Af}{s}t + V, & \theta \le t < sf^{-1} + \theta \\ A[1 - \frac{f}{1-s}(t - sf^{-1})] + V, & sf^{-1} + \theta \le t < f^{-1} + \theta \end{cases} \qquad x_{\text{triangle}}(t + f^{-1}) = x_{\text{triangle}}(t)$$

其中 A 是振幅，f 是頻率，s 是斜率為正的部份在訊號週期所佔之比例量（symmetry），θ 是初始相角，V 是振幅之平移量。

參數設定

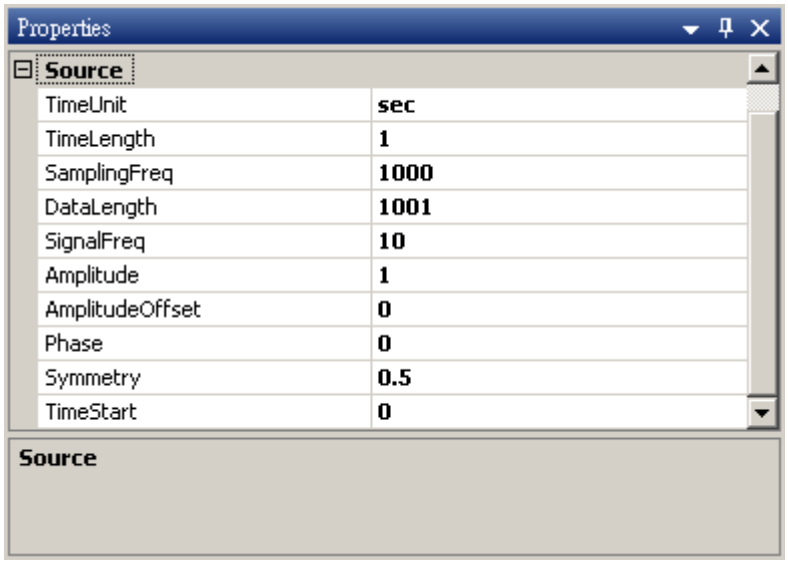


Table 6.17: 參數說明

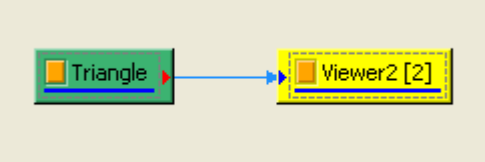
參數名稱	參數定義	預設值
SignalFreq	此訊號之實際頻率，單位為時間長度之倒數（注意，是頻率，非角速度）。	10
Phase	初始相角值，以角度為單位。	0
Symmetry	修改波形的對稱性，訊號的一個週期內，訊號斜率為正的部份之比例量為 s，負部份為 $1 - s$。	0.5

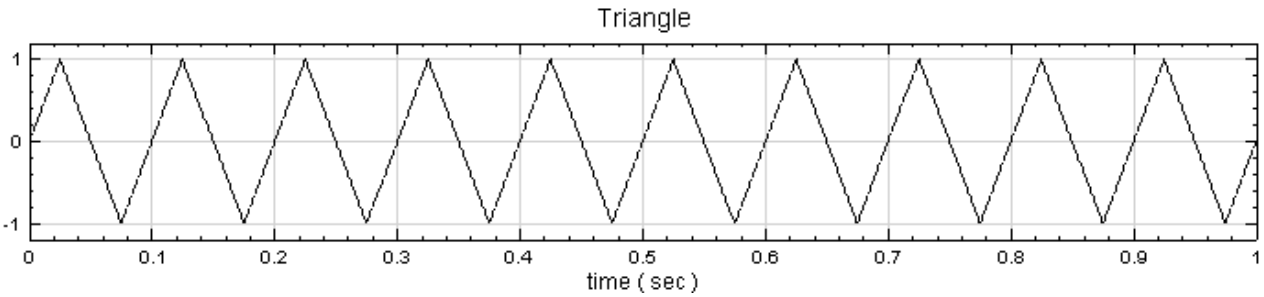
其他共有參數請參考Noise Source。

範例

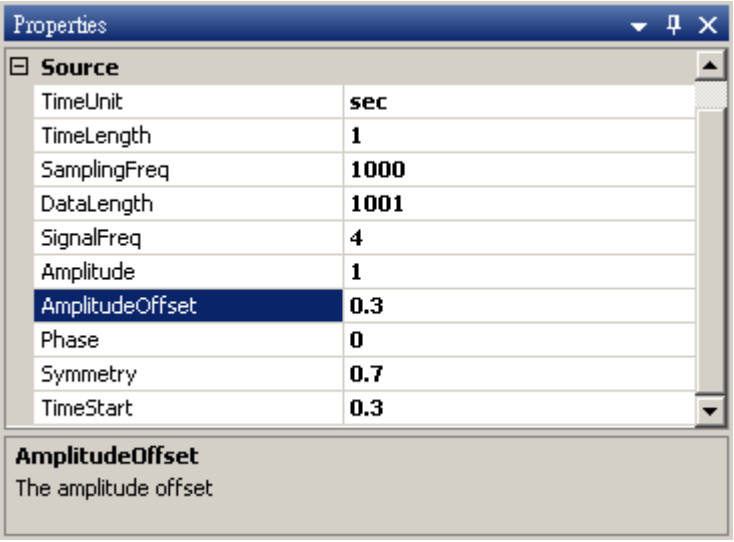
建立三角波。

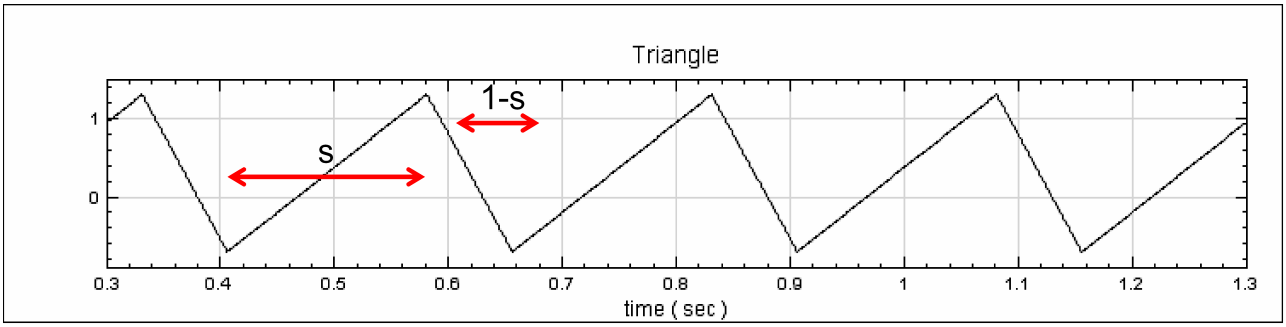
1. 以 Source / Triangle Wave 建立三角波。





2. 可將 AmplitudeOffSet 設為 0.3，再設定 TimeStart 為 0.3，SignalFreq 設為 4，Symmetry 設為 0.7，可得下列圖形：





相關指令

Noise Source、Square Wave、Sine Wave、Channel Viewer

6.7 Custom Wave

自行輸入欲創建之訊號的方程式。

參數設定

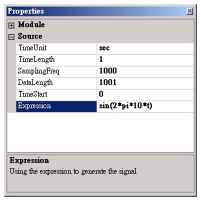


Table 6.18: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Expression	設定欲產生訊號之方程式	`sin(2*pi*10*t)`

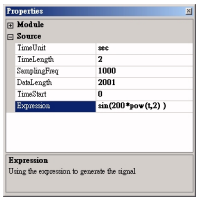
其他共有參數請參考Noise Source。

Expression 可用 sin，cos，tan，exp，asin 等常用數學函數，在此與 Math 中的 fn 選單所支援之函數完全一樣（可參考 C sharp 所支援之數學函式）。特別注意次方的表式法：a^n 需寫為 `pow(a,b)`。

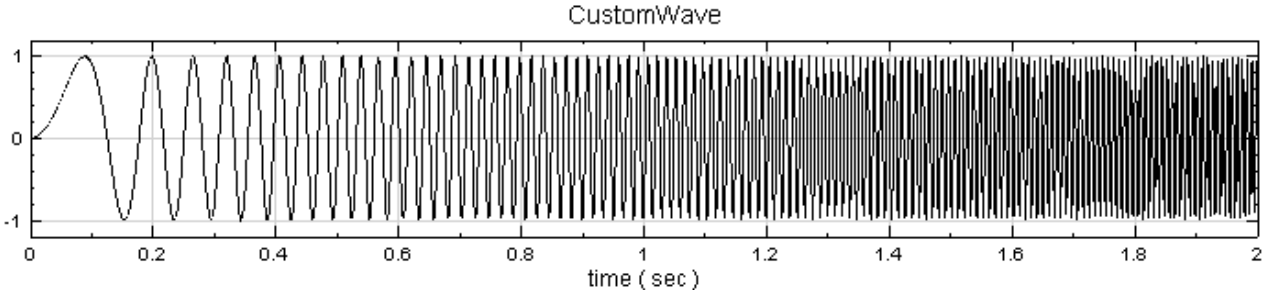
範例

建立一頻率整比於時間的準穩態訊號：

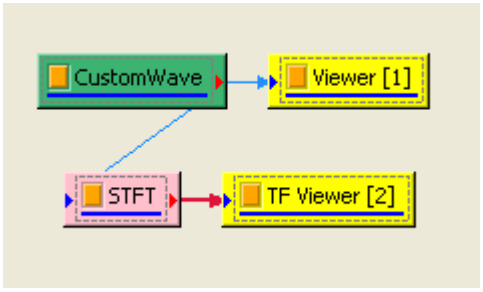
1. 拉出 Source /Custom Wave。並設定 Custon wave 的時間長度為 2（便利於觀察），Expression 設定如下圖，此方程式之意思為 $\sin(200 \cdot t^2)$

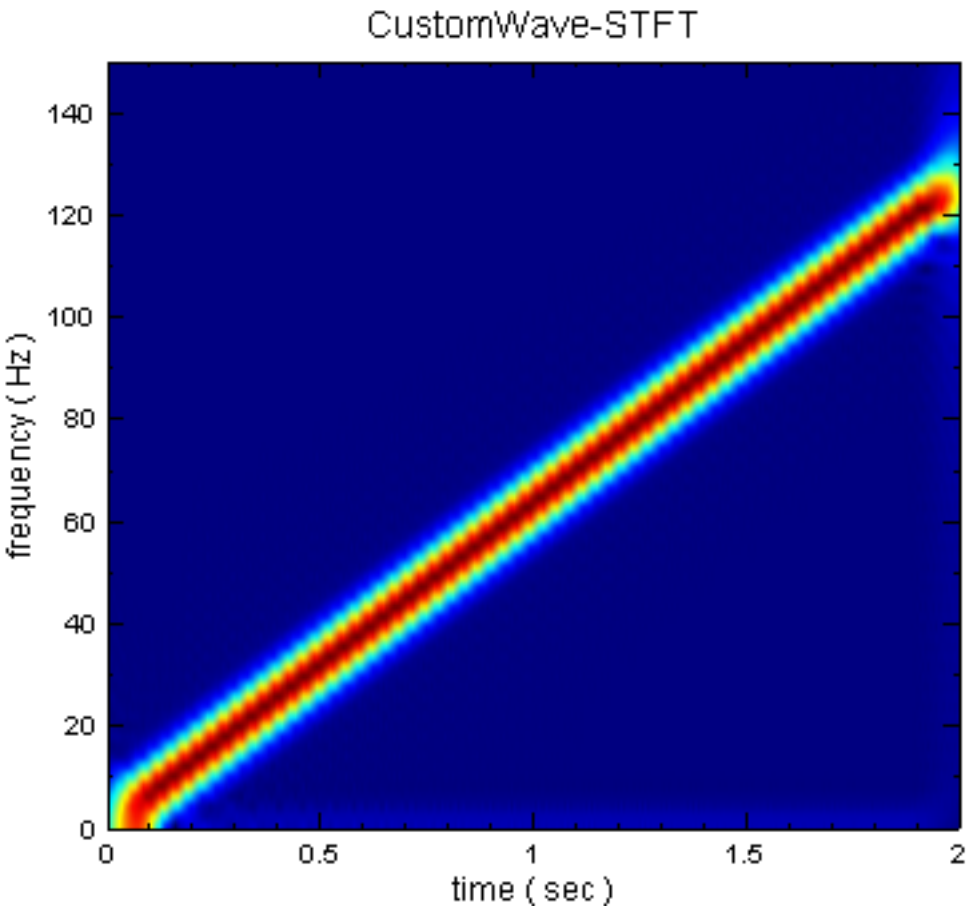


拉出 Viewer 可觀察圖型如下。

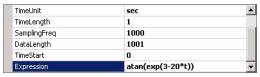


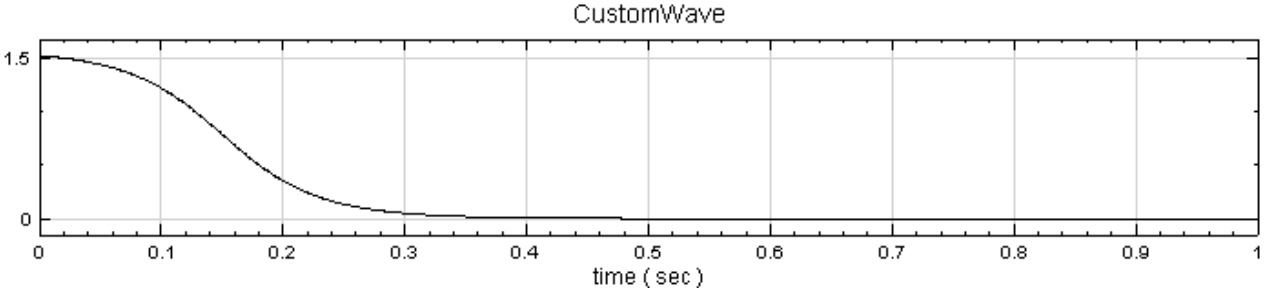
接下圖可用 short-term fourier transform 「驗證」其頻率正比於時間，配置與時頻圖如下，可見，頻率確實正比於時間。





2. 同樣我們可建立一個 $\tan^{-1}(\mathrm{e}^{3-20t})$：





相關指令

Noise Source、Channel Viewer、Short Term Fourier Transformation、Math

參考資料

http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.math_methods.aspx

6.8 Impulse*

Only in Professional

建立脈衝訊號。

說明

令 t 為代表時間，長度為 N 的數列，$T = \{t_0, t_1, ..., t_{N-1}\}$，一個完美的脈衝訊號 $x_{\text{impulse}}(t_i)$ 可表示為

$$x_{\text{impulse}}(t_i) = A \cdot u(t_i - T) + V$$

$$u(t) = \begin{cases} 1, & t = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 T 為衝擊所產生的時間點，A 是振幅，V 是振幅之平移量。在此模組下提供三種近似的脈衝訊號，包括 Gaussian、Square 及 Decay：

- Gaussian：

  $\delta_{\text{Gauss}}(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \text{e}^{-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma^2}}$

  此種訊號在時間域上呈現 Normal Distribution，t_0 決定脈衝發生位置，σ 決定脈衝尖銳程度，σ 越小，脈衝越尖銳，也越接近完美脈衝。

- Square：

  $$\delta_{\text{square}}(t) = \begin{cases} A, & 0 \le t - t_0 < w \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

  此種脈衝近似於一個寬度極小的方波，t_0 決定脈衝發生位置，w 代表方形脈衝的寬度，w 越小，越接近完美脈衝。

- Decay：

  $$\delta_{\text{square}}(t) = \begin{cases} A, & 0 \le t - t_0 \le w \\ A\text{e}^{t_0+w-t}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

  此種脈衝近似於一個寬度極小方波，尾端以 Exponential Decay 結束，t_0 決定脈衝發生位置，w 代表方形脈衝的寬度，w 越小，越接近完美脈衝。

參數設定

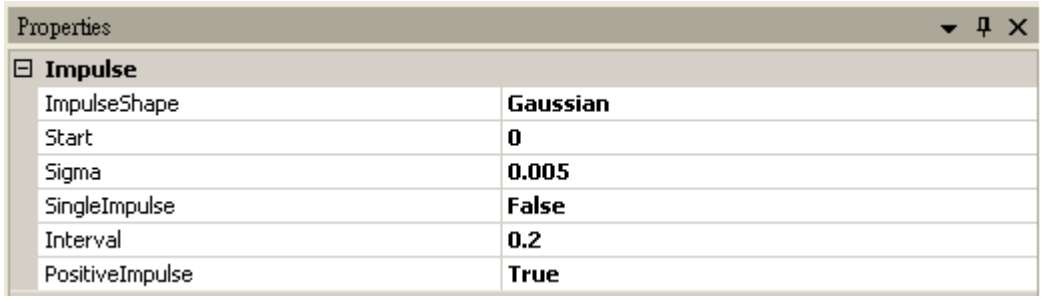


Table 6.19: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
ImpulseShape	脈衝形態，可為 Gaussian、Square、Decay。	Gaussian
Start	脈衝起始時間。	0
SingleImpulse	是否只產生單一脈衝。	False
Interval	脈衝與脈衝之間的間距。	0.2
PositiveImpulse	設定是否為正的脈衝。	True

當 ImpulseShape = Gaussian 時，多了以下參數：

Table 6.20: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Sigma	設定 Normal Distribution 的寬度，sigma 越小，圖形越尖銳。	0.005

當 ImpulseShape = Square 時，多了以下參數：

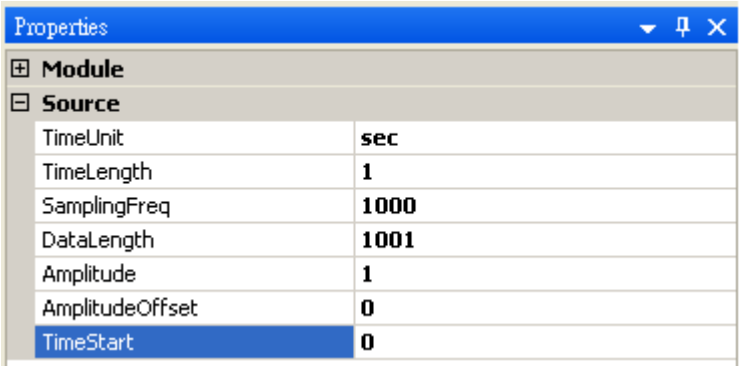
Table 6.21: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Width	設定方形脈衝的寬度，若設定為 0，實際寬度設定為輸入訊號兩點的時距。	0

當 ImpulseShape = Decay 時，多了以下參數：

Table 6.22: 參數說明

參數名稱	參數定義	預設值
Width	設定方形脈衝的寬度，若設定為 0，實際寬度設定為輸入訊號兩點的間距。	0
Decay	設定振幅衰減的時間，當設定值越小代表衰減時間越快。	0.005

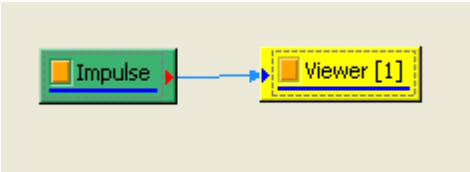


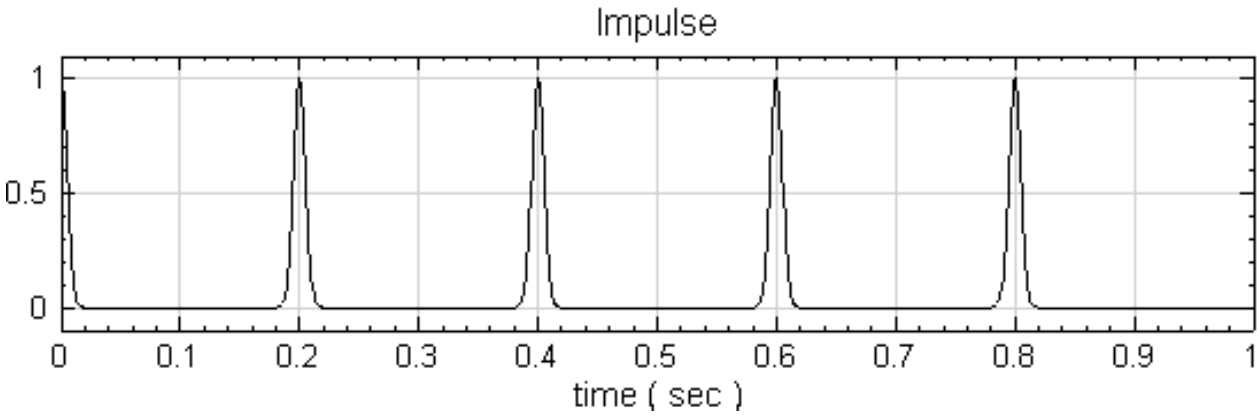
其他共有參數請參考Noise Source。

範例

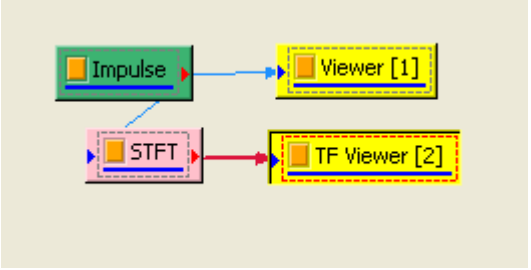
脈衝訊號之建立，脈衝訊號的時頻分析：

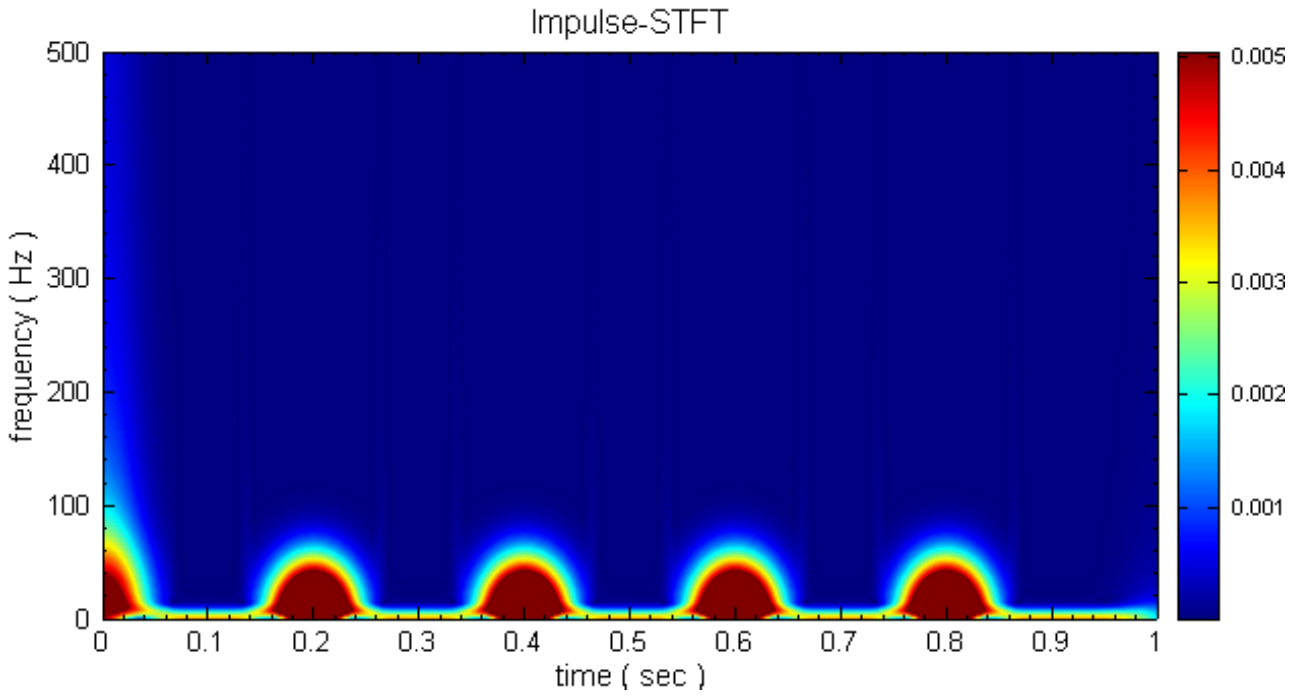
1. 以 Source / Advanced / Impulse 建立脈衝訊號，並以 Viewer / Channel Viewer 繪出圖形。



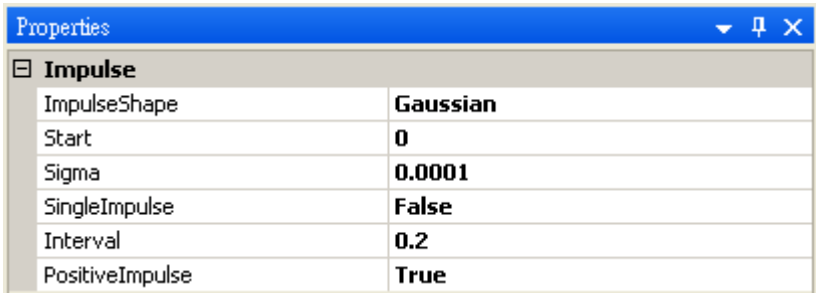


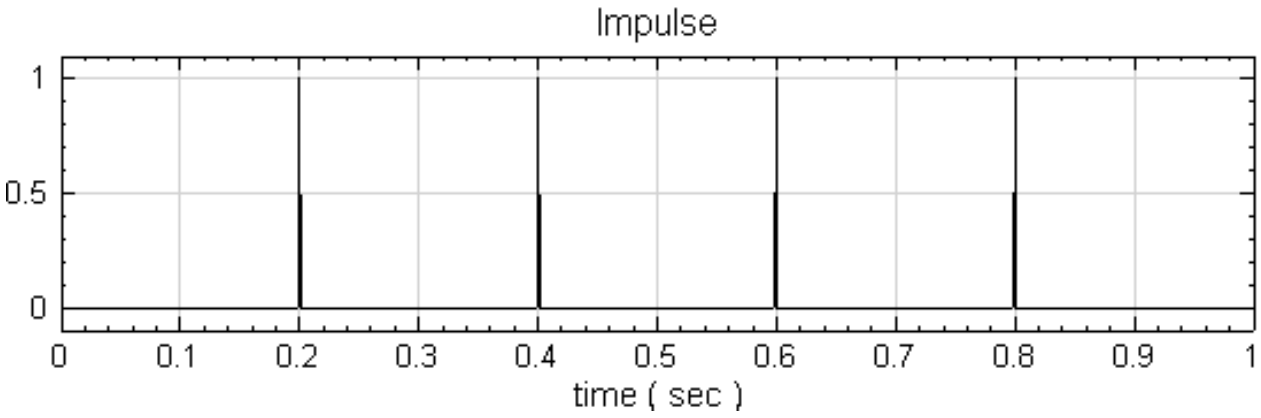
2. 再將 Impulse 接至 Compute / TFA / Short Term Fourier Transform 運算，最後以 Viewer / Time-Frequency Viewer 顯示結果。

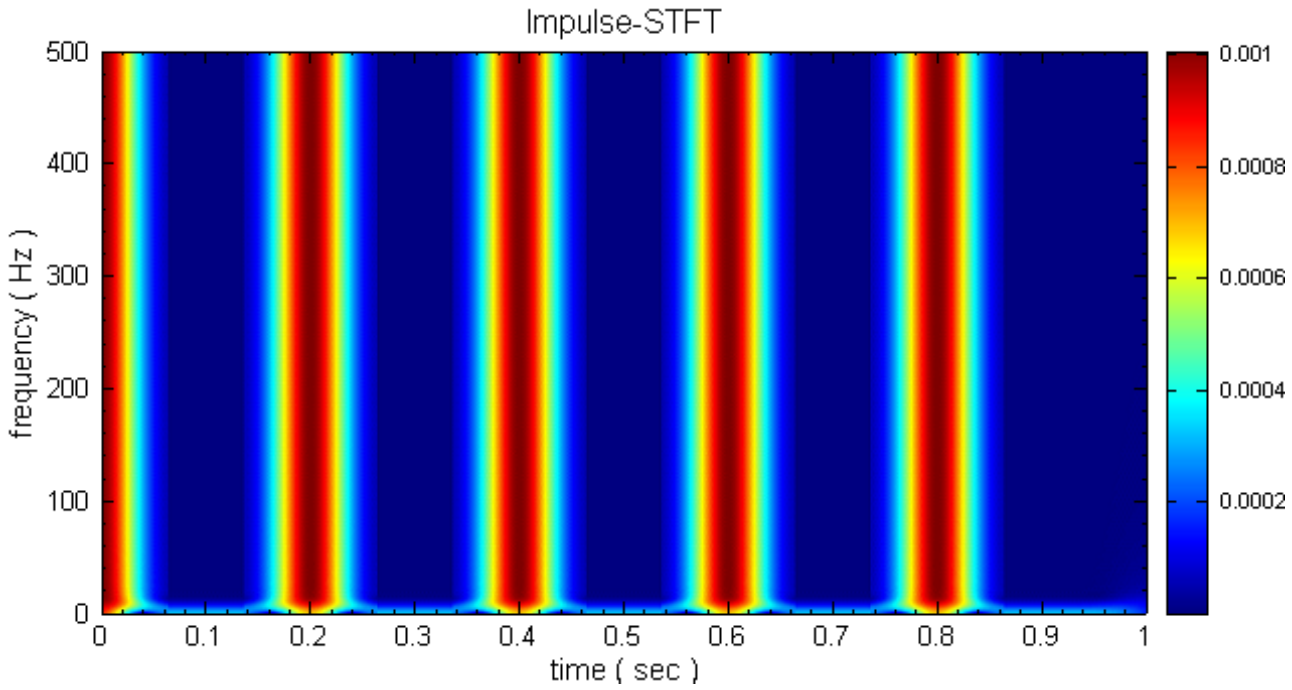




3. 設定 Impulse 的參數，Sigma =0.0001，將 Sigma 調整越小，在 Channer Viewer 中圖形越接近完美脈衝，在 TFA Viewer 能清楚看到頻寬較大的現象。







相關指令

Noise Source、Channel Viewer、Time-Frequency Viewer、Short Term Fourier Transform

6.9 Jaehne*

Only in Professional

建立 Jaehne signal。

說明

令 t 為代表時間，長度為 N 的數列，$T = \{t_0, t_1, \ldots, t_{N-1}\}$，Jaehne 訊號可表示為

$$x_{\text{Jaehne}}(t_i) = A \sin\left(\frac{\pi i^2}{2N}\right) + V$$

其中 A 是振幅，V 是振幅之平移量。

參數設定

Properties

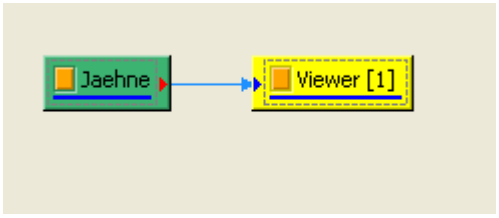
Module	
Source	
TimeUnit	**sec**
TimeLength	**1**
SamplingFreq	**1000**
DataLength	**1001**
Amplitude	**1**
AmplitudeOffset	**0**
TimeStart	**0**

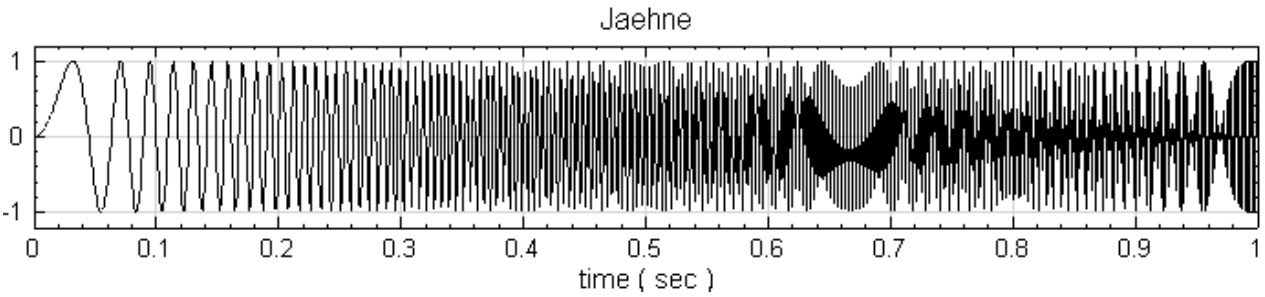
共有參數請參考Noise Source。

範例

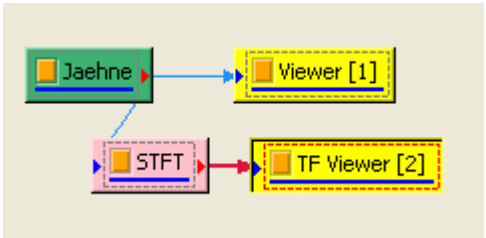
Jaehne 訊號之建立，並將 Jaehne 訊號進行時頻分析：

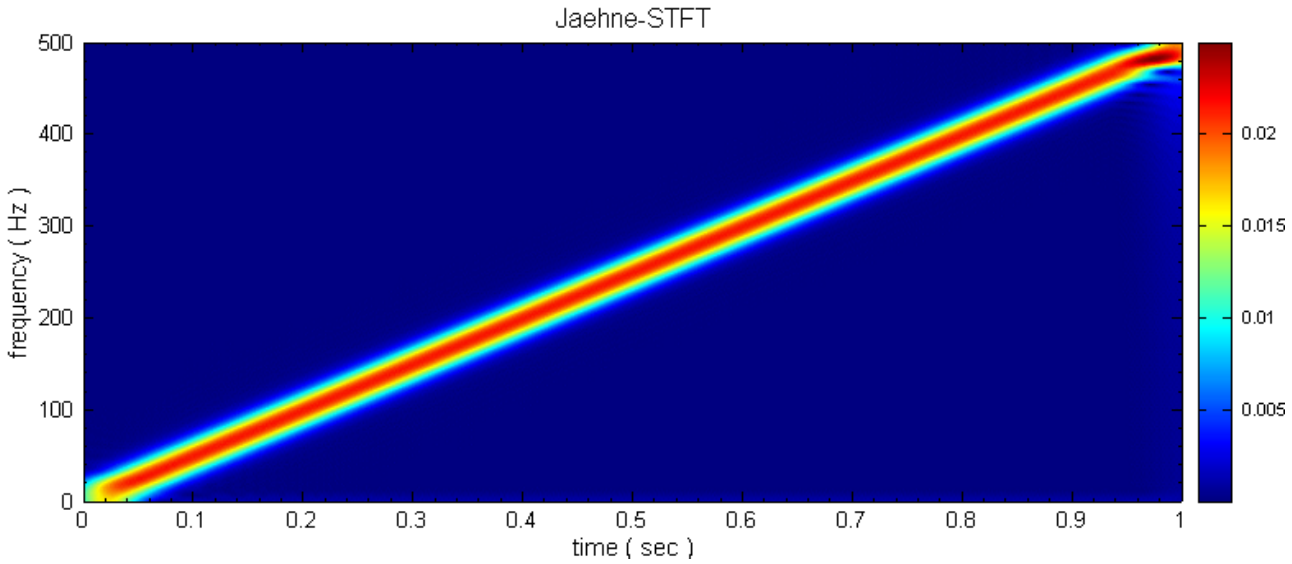
1. 以 Source / Advanced/ Jaehne 建立訊號，並以 Viewer / Channel Viewer 繪出圖形。





2. 再將 Jaehne 接至 Compute / TFA / Short Term Fourier Transform 運算，最後以 Viewer / Time-Frequency Viewer 顯示結果，Jaehne 訊號類似 Chirp 訊號，隨著時間增加，訊號頻率增加。





相關指令

Noise Source、Channel Viewer、Time-Frequency Viewer、Short Term Fourier Transform

6.10 DAQ*

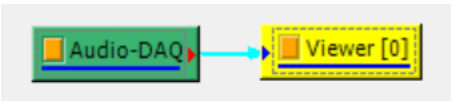
* Only in DAQ Module *

6.10.1 Audio-DAQ

Audio-DAQ 可將外接麥克風錄製的聲音訊號輸入 Visual Signal，使用者可自訂錄音長度與解析度，或是連續監測即時動態訊號（Real Time）；此功能位於 Source / DAQ / Audio-DAQ。

參數設定

1. 從 Source / DAQ / Audio-DAQ 新增本元件，並接上 Viewer / Channel Viewer 顯示。



2. 在 Audio-DAQ 元件上雙擊兩次滑鼠左鍵或點選 Property 視窗中的 Open Audio-DAQ Interface 欄位右側 圖示即可開啟 Audio-DAQ 的操作介面。

Table 6.23: Audio-DAQ 參數說明

參數名稱	說明
Input Device	選擇輸入音源的裝置
Mic Volume	麥克風音量
Bits Per Sample	錄音的解析度，預設為 16 bits per sample
Channel	選擇收音系統：Mono(單聲道) 或 Stereo(立體聲)

3. 切換到 Data Acquisition 介面，可設定資料擷取的參數

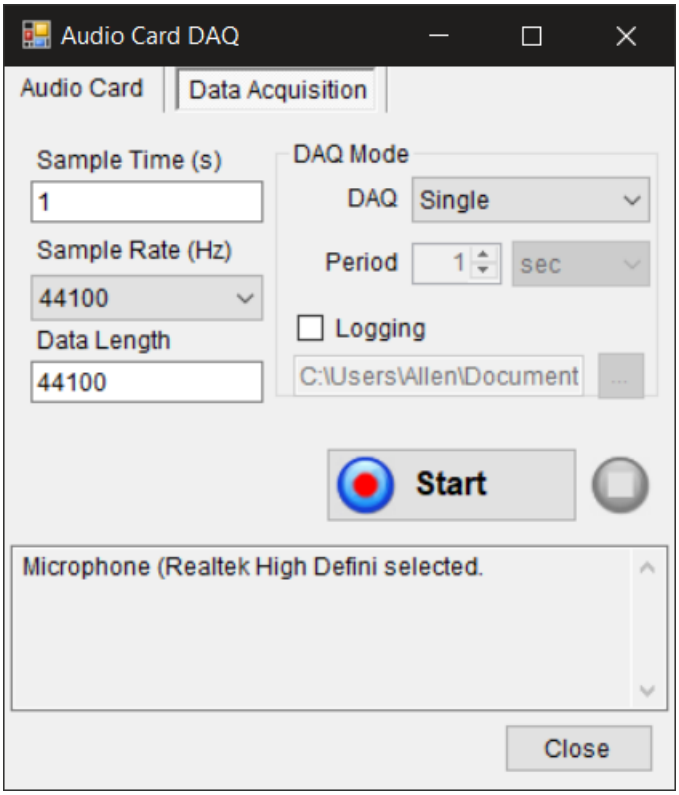
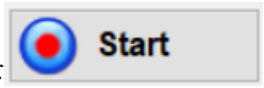


Table 6.24: Data Acquisition 參數說明

參數名稱	說明
Sample Time(s)	量測時間 [秒]，如未選則 Continuous DAQ 模式，則需填選訊號量測時間
Sample Rate(Hz)	取樣頻率 [Hz]，可自行依照資料的種類及要求的資料品質選擇取樣頻率（建議：若資料為連續訊號，取樣率最少須為該訊號最大頻率的 2 倍）
Data Length	資料點數長度（Sample Time × Sample Rate = Data Length ，三者互相連動）
Cont. Update Rate	連續擷取模式時的更新速度，會換算成每個 frame 的 Sample Time
DAQ Mode	資料擷取模式： • Single：單次擷取模式，一次性擷取 Sample Time 長度的資料 • Periodic：週期性擷取模式，可設定每段時間（Period）擷取 Sample Time 長度的資料 • Continuous：連續擷取模式，每次擷取一小段資料（長度由 Update Rate）計算，接上 Viewer 後連續更新畫面顯示
Period	週期性擷取模式時的週期設定，可選擇時間單位
Scrolling	連續擷取模式下的滾動模式的取樣方法： • Off（關閉滾動模式） • Sample（抽樣） • Average（平均） • Extrema（最大值） • STFT（短時距傅立葉變換）

參數名稱	說明
Logging	檔案量測存取位置，勾選後可選擇檔案存取路徑

參數及資料擷取設定完成後，即可按下 

開始量測。

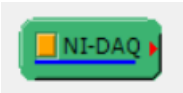
6.10.2 NI-DAQ

NI-DAQ 為 Visual Signal 和 NI 資料擷取卡的中間窗口，透過其向 NI-MAX 取得擷取卡數據讀入至 Visual Signal 做進一步的處理。

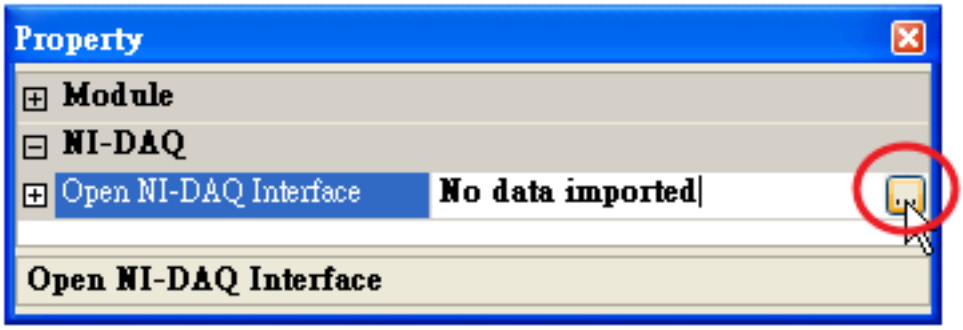
說明

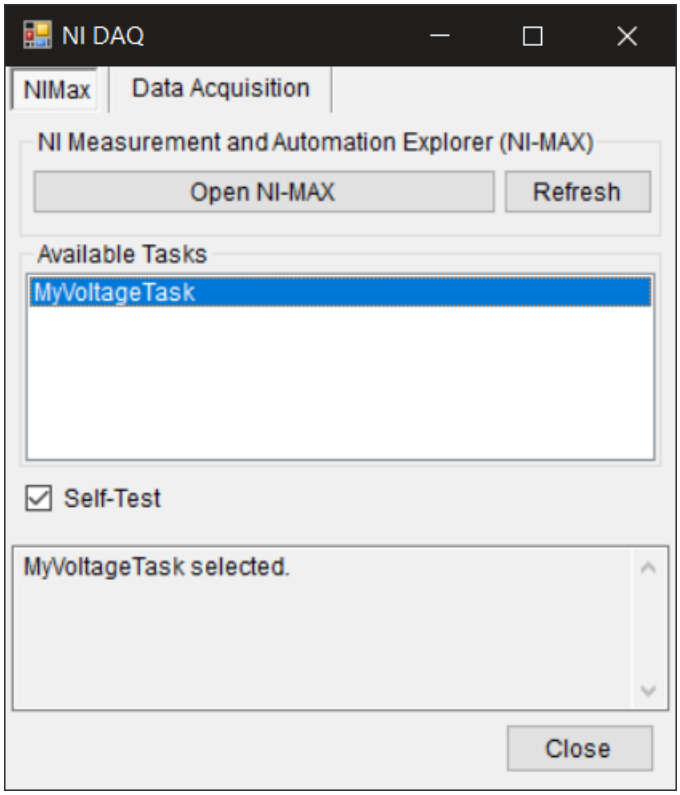
購買 NI 擷取卡後，可於其網站上下載驅動程式 NI-DAQmx ，下載完成後便可利用其中之 NI Measurement & Automation Explorer（NI-MAX）軟體與 Visual Signal 之 DAQ 模組合併使用。

在 Visual Signal 的 Network 視窗按下滑鼠右鍵，依路徑 Source / DAQ / NI-DAQ 叫出 NI-DAQ 元件，元件圖示如下圖。



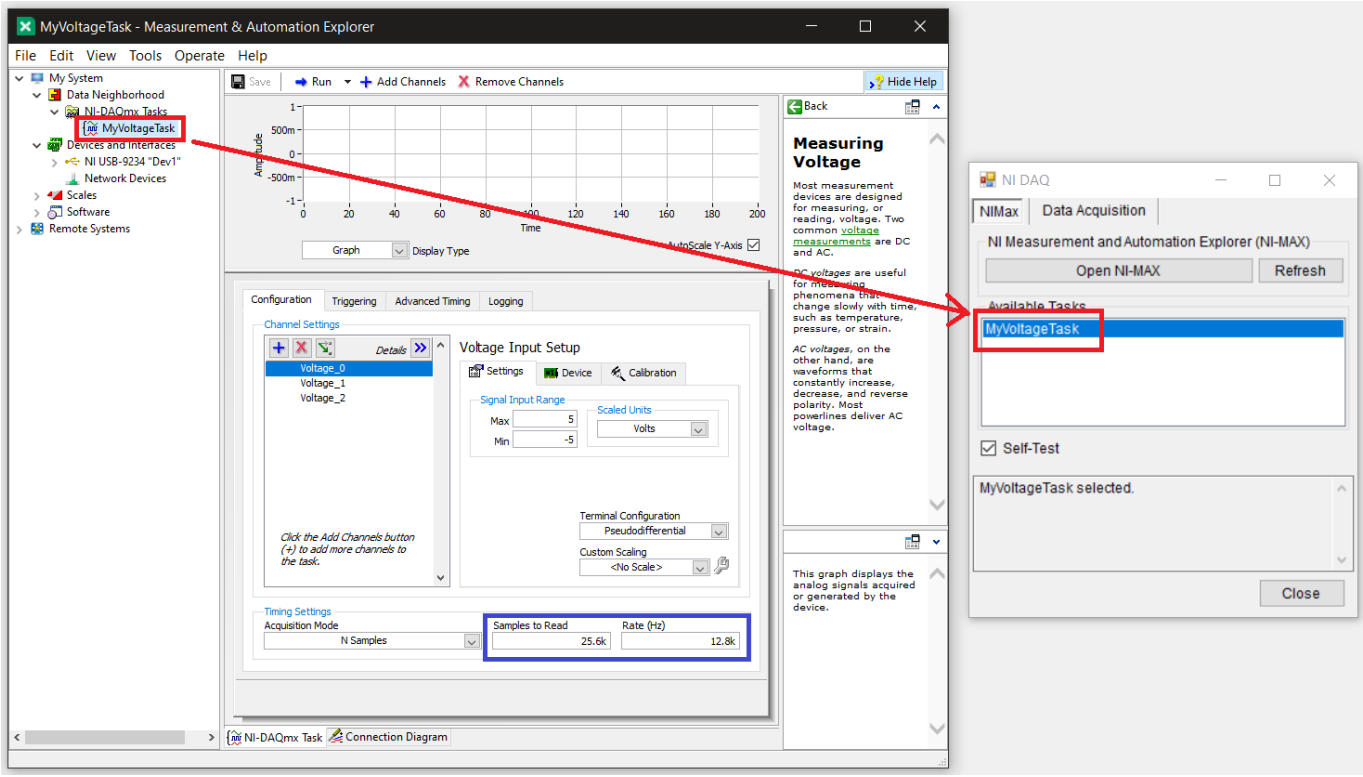
在 NI-DAQ 元件上雙擊兩次滑鼠左鍵或點選 Property 視窗中的 Open NI-DAQ Interface 欄位右側 圖示即可開啟 NI-DAQ 的操作介面。





若於介面中按下 Open NI-MAX ，可開啟 NI-MAX 的自動量測程式介面。在 NI-MAX 中可以針對所有 NI 支援的 DAQ 裝置產生資料擷取工作（Task），並針對所連接的不同感測器設定相關參數。如在 NI-MAX 中調整過參數，回到 NI-DAQ 頁面記得利用 Refresh 刷新資訊。

Available Tasks 中顯示存於 NI-MAX 中的擷取設定（下圖左側的 NI-DAQmx Tasks 紅線框起處）；而 Task 中的 Rate (Hz) 及 Samples to Read (藍線框起處) 也會分別讀入 NI-DAQ 中的 Sample Rate (Hz) 和 Data Length，透過 NI-DAQ 自行計算總取樣時間 Sample Time (s)，減少使用者需要另外計算之不便（此處須切換到 NI-DAQ 介面之 Data Acquisition 頁面，其介面及操作與其他 DAQ 模組一致，請參考前文【Audio-DAQ】章節說明。



勾選 Self-Test 則在執行前會先檢查需外接硬體的 Task 是否正確接上擷取卡。

當一切準備就緒，點擊 Start 開始抓取數據，在執行期間隨時可按下 中止，若於執行結束前按下此鍵，則已擷取的資料將隨中止一併放棄。

執行完成後，用 Import 讓數據匯入 Visual Signal 以便後續分析。

參數說明

相關參數說明如下表。

Table 6.25: 參數說明

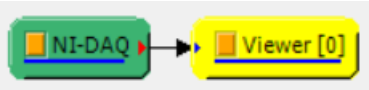
參數名稱	參數定義	預設值
Open NI-DAQ Interface	打開 NI-DAQ 的使用介面，可由此介面與 NI-MAX 連結。	No data Imported

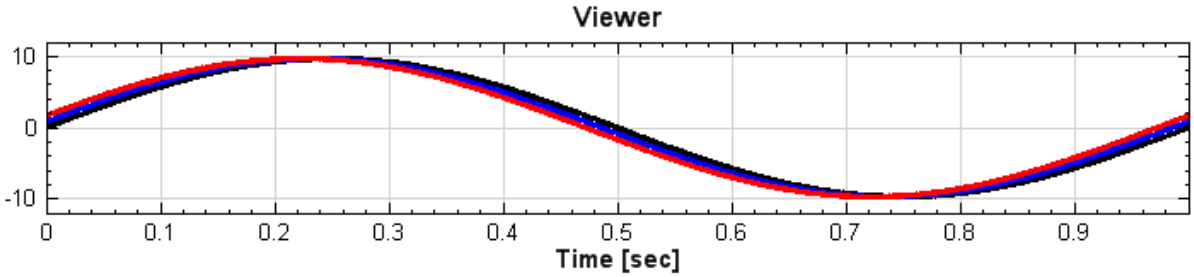
範例

下面透過實作說明 DAQ 的使用方法。

1. 如前文圖示，新增 DAQ 元件，並雙擊元件呼叫出 NI-DAQ 介面。
2. 點開 Open NI-MAX，
3. 接著在 NI-MAX 中新增 Task 後回到 NI-DAQ 介面。
4. 在 NI-DAQ 介面中按下 Refresh，Available Tasks 欄位出現剛才在 NI-MAX 新增的 Task 資訊。

5. 切換至 Data Acquisition 頁面，確定參數沒有問題（Single DAQ 模式，所有參數皆為預設值）後按下「Start」。
6. 等待執行完畢，NI-DAQ 介面自動關閉，數據自動讀入 Visual Signal。
7. 利用 Viewer 展示結果，如以下圖。





參考資料

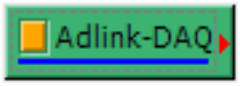
1. NI Hardware Driver NI-DAQmx：https://www.ni.com/zh-tw/support/downloads/drivers/download.ni-daq-mx.html

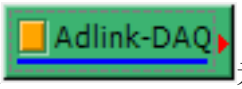
6.10.3 ADLINK-DAQ

ADLINK-DAQ （USB-2405）為 Visual Signal 和 ADLINK 資料擷取卡的中間窗口。

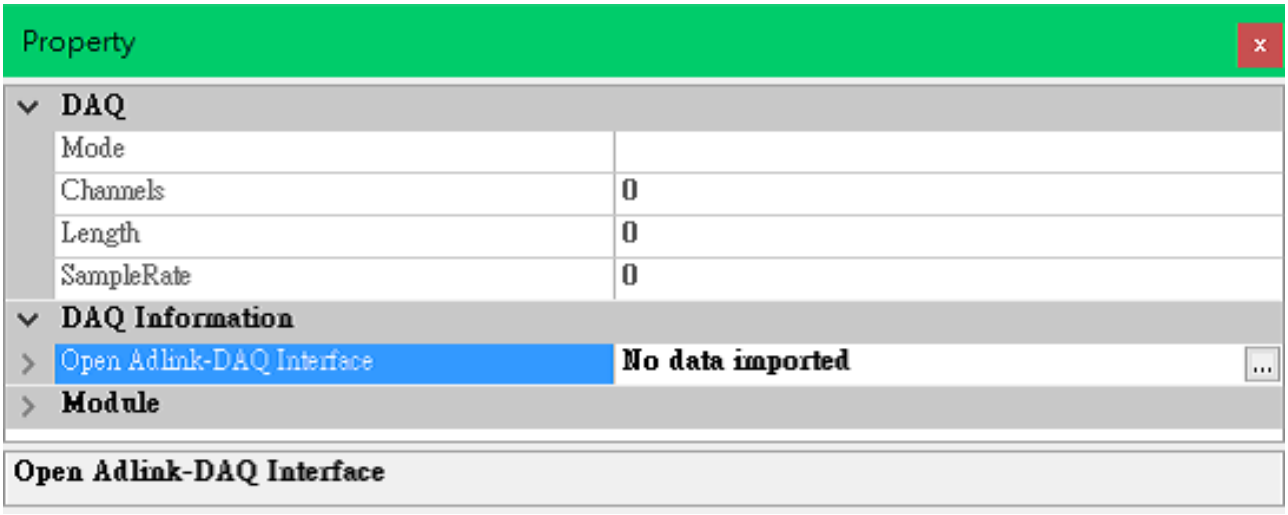
說明

1. 使用前說明：購買 ADLINK 擷取卡後，可於其網站上下載驅動程式（Driver），下載完成後便可與本軟體之 DAQ 模組合併使用。
2. Visual Signal 內操作說明

a. 呼叫路徑：在 Visual Signal 的 Network 視窗按下滑鼠右鍵，依路徑 `Source\DAQ\Adlink-DAQ` 叫出 Adlink-DAQ 元件，元件圖示如下圖。 

b. 操作介面：在 

元件上雙擊兩次滑鼠左鍵或點選 Property 視窗中的 Open Adlink-DAQ Interface 欄位右側 圖示即可開啟 Adlink-DAQ 的操作介面。



在 Type 的下一階層，需勾選傳感器所連接的 USB-2405 頻道（AI0、AI1、AI2、AI3），並調整其參數，各參數說明如詳見下一節。

參數設定

ADLINK-DAQ 參數設定分為兩部分：Adlink 和 Data Acquisition （資料擷取設定）

* Adlink

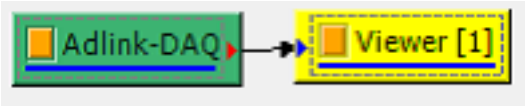
Table 6.26: 參數說明

參數名稱	說明
Coupling	輸入耦合類別： • DC：直流耦合 • AC：交流耦合
Input Type	輸入類別： • Differential：差動輸入 • Pseudo-Differential：偽差動輸入
IEPE = ICP	需微小電源啟用，內有放大器，一般需外部激發 • Disable：關閉 • Enable ：開啟
Scale/Sensitivity	自行輸入 Sensor Sensitivity 數值與單位。例如：42.8mV/Pa

* Data Acquisition（資料擷取設定）

Data Acquisition 介面及操作與其他 DAQ 模組一致，請參考前文【Audio-DAQ】章節說明。

參數及資料擷取設定完成後，即可按下開始量測，並用 Viewer 展示結果，如以下圖。



參考資料

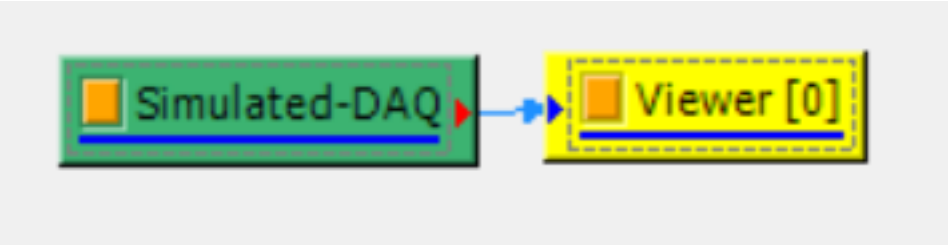
1. ADLINK-DAQ (USB-2405)：http://www.adlinktech.com/PD/web/PD_detail.php?pid=1297
2. Visual Signal with ADLINK DAQQuickStart https://www.youtube.com/watch?v=e6yB7LvgT9I

6.10.4 Simulated-DAQ

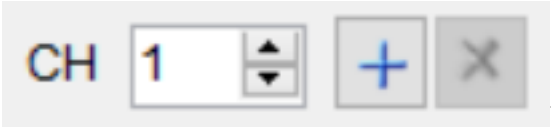
Simulated-DAQ 可產生所有 Visual Signal 內建的訊號源（Source），也可自行匯入數據（Import Data），並模擬數據隨時間變化的即時動態（Real Time）；此功能位於 Source/DAQ/Simulated-DAQ。

參數設定

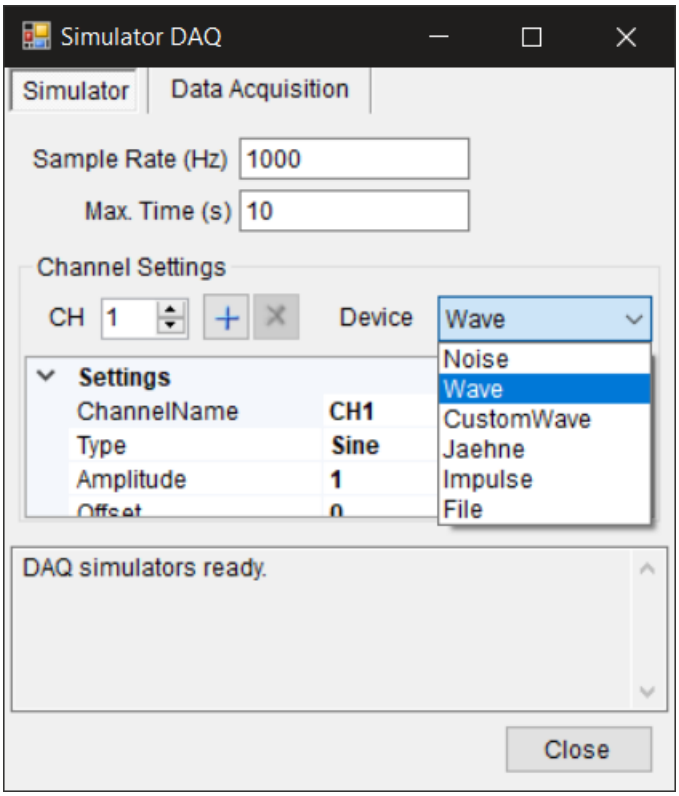
1. 從 Source/DAQ/Simulated-DAQ 新增此功能，並接上 Viewer/Channel Viewer 顯示。



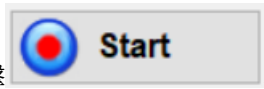
2. 在 Simulated-DAQ 元件上雙擊兩次滑鼠左鍵或點選 Property 視窗中的 Open Simulated-DAQ Interface 欄位右側[...]圖示即可開啟 Simulated-DAQ 的操作介面。

3. Simulator 介面可設定訊號源的波形和基本參數，從 

可增加或刪除通道。



4. Data Acquisition 介面及操作與其他 DAQ 模組一致，請參考前文【Audio-DAQ】章節說明。

5. 參數設定好後，點擊 

模擬器則會依照 Sample Rate 及 Max Time 將模擬資料生成在一個 buffer 裡。根據所設定的 DAQ 模式，的方式有所不同，DAQ 模組從 buffer 中擷取資料的方式也會有所不同：

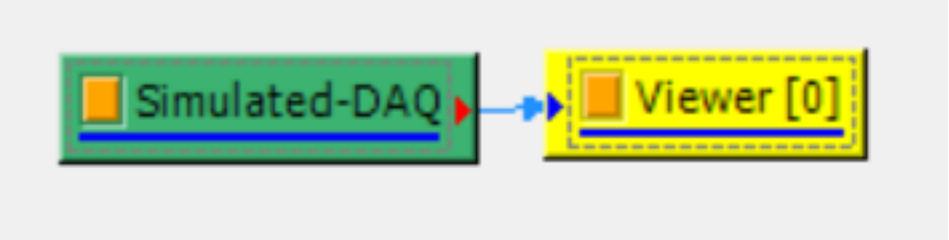
Table 6.27: 模擬資料擷取方式

DAQ 模式	buffer 擷取方式
Single	由 buffer 開頭開始擷取。 • Sample Time < Max Time：擷取 Sample Time 長度的資料 • Sample Time > Max Time：擷取資料超出 buffer（Max Time）長度則回到 buffer 開頭繼續擷取，直到抓完 Sample Time 長度的資料。
Periodic	第一次由 buffer 開頭開始擷取，接下來每個周期皆由前次擷取結束的地方開始。如果超出 buffer（Max Time）長度，則回到 buffer 開頭繼續擷取。
Continuous	第一次由 buffer 開頭開始擷取，接下來每個 frame （Sample Time 長度的資料）皆由前次擷取結束的地方開始。如果超出 buffer（Max Time）長度，則回到 buffer 開頭繼續擷取。

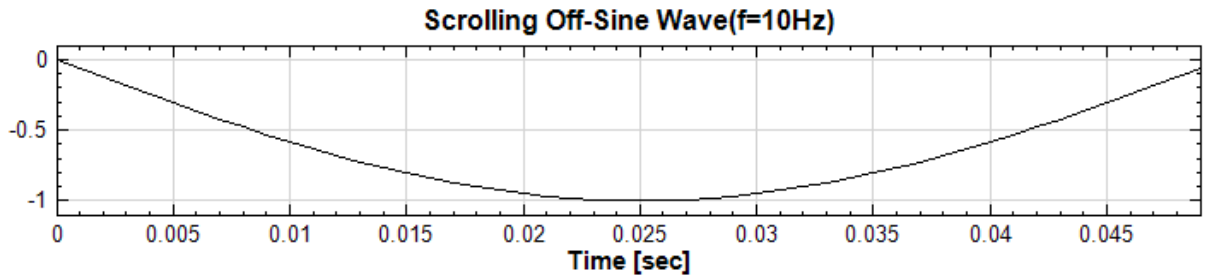
範例

用 DAQ-Simulator 輸出 Sine Wave 的 Real Time 訊號。

1. 從 Source / DAQ / Simulated-DAQ 新增此功能，並接上 Viewer / Channel Viewer 顯示



2. Device 選擇 Wave，Setting / Type 選擇 Sine，所有參數皆為預設值，如前文參數設定章節中的圖示。
3. 切換到 Data Acquisition 介面，DAQ 模式選擇 Continuous ，Scrolling 選擇 Off，如前文參數設定章節中的圖示。
4. 點選 ，即可從 Channel Viewer 觀察 Sine Wave 在 0.05 秒內的動態變化（下圖為靜態截圖）。



相關指令

Import Data, Source

Chapter 7

繪圖模組（Viewer）

7.1 Channel Viewer

Channel Viewer 的功能是以圖形的方式將訊號波形繪製出來，以供操作者作進一步的訊號分析與判讀。

說明

Channel Viewer 是繪出訊號資料的工具，可以用圖形的方式呈現時域訊號和頻譜等訊號。繪圖時會依照每個資料點所對應的時間或頻率大小，由小到大將訊號資料繪製出來。

當輸入訊號為時域訊號時，橫軸為時間值，縱軸為資料值。如有多通道則會用不同顏色繪出，也可開啟 Legend 顯示各通道名稱。使用者可用 PlotElemEditor 改變通道名稱及繪圖方式（見下文詳細說明）。

當輸入訊號為音頻時域訊號時，會有相應的音頻播放介面出現（請參閱【視覺化繪圖區】章之【播放功能】詳細說明）。

當輸入訊號為頻譜訊號時，橫軸為頻率值，縱軸為資料值。頻譜訊號通常為複數值，此時會依照 YValueType 參數決定繪圖的數值，預設為 Magnitude （即複數的絕對值）。在頻譜模式時使用者可以開啟倍頻模式（見下文以及【視覺化繪圖區】章之【倍頻模式】詳細說明）。

無論輸入是時域或頻域訊號，本元件還提供了類似示波器的量測模式，使用者可以定義兩條垂直或水平的量測線計算其差值（見下文以及【視覺化繪圖區】章之【量測模式】詳細說明）。

參數設定

本模組接受實 (real number)、複數 (complex number)，單通道 (single channel) 或多通道 (multi-channel)，regular 或 Indexed 的訊號（signal）或聲音訊號（audio）輸入輸入，而且支援多個訊號連入。由於 Channel Viewer 的參數眾多，下面將分類一一介紹。

1. Appearance

   在 Viewer 模組下可以調整以下四個參數；包含 BackColor、ViewerWidth、ViewerHeight、ListOrder。詳細的說明，可參考各參數的定義。

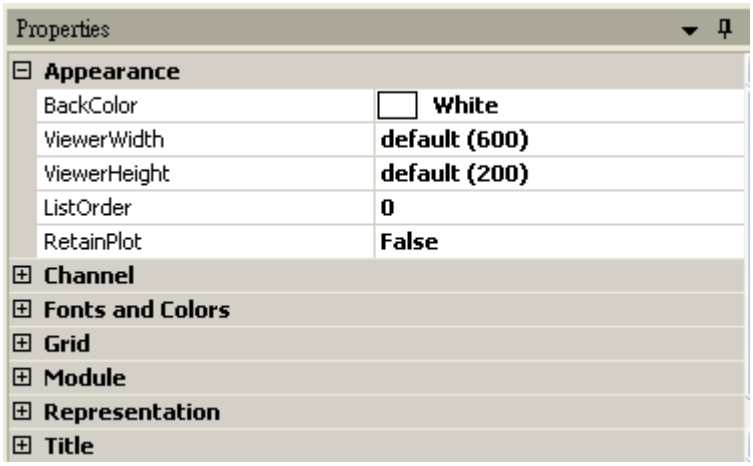


Table 7.1: Appearance 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
BackColor	設定繪製圖形的底色。	White
ViewerWidth	設定繪製圖形的寬度，以 pixels 為單位。	650
ViewerHeight	設定繪製圖形的高度，以 pixels 為單位。	180
ListOrder	設定圖形於繪圖視窗中的排序。	依照 Viewer 的建立順序排列
RetainPlot	設定是否要保留圖形，如果設定 True，若將連接至 Channe Viewer 的模組刪除，圖形還是會被保留，若設定 False，則圖形被消除。	False

2. Channel

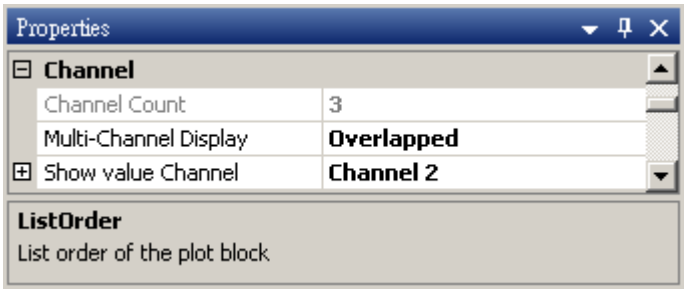


Table 7.2: Channel 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
Channel Count	顯示 Channel Viewer 元件接收的訊號通道數。	（無法修改）
Multi-Channel Display	決定訊號繪製的方式，有重疊繪製（Overlaped）和分開依列繪製（List）兩種。	Overlapped

參數名稱	參數定義	預設值
Show value Channel	若輸入訊號為 Multi-Channel 或多組輸入訊號，可設定 ShowValue Channel 指定使用 Show Value 時要顯示的 Channel 資料。	Channel 1

3. Representation

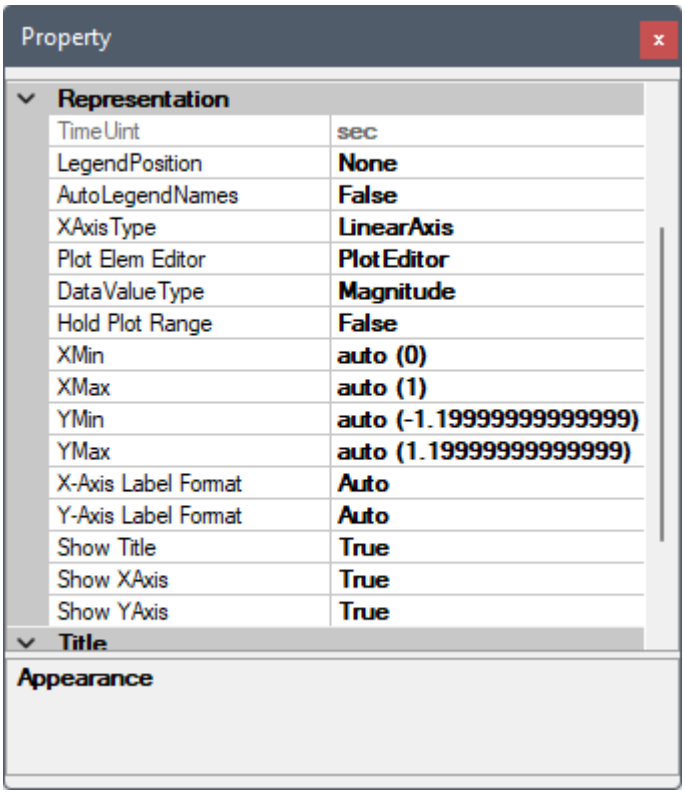


Table 7.3: Representation 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
TimeUnit	顯示訊號的時間單位。	依輸入而異
LegendPosition	圖例說明方塊呈現的位置。選項有不顯示、左上、左下、右上、右下、圖框外右邊或使用者自行設定。若設定為使用者自行設定，可以利用滑鼠拖拉 Legend 至適當的位置。	None
AutoLegendNames	設定是否要根據輸入訊號的資訊顯示出個通道 Legend，若設定為 True，將會根據輸入訊號去調整 Legend，若為 False，Legend 則是根據 PlotElemEditor 的設定。	False
XAxisType	X 軸的類型，有 Linear Axis 或 Log Axis。	LinearAxis
PlotElemEditor	可叫出 Plot Element Setting 介面，供使用者編輯繪圖的樣式，見下文。	PlotEditor
DataValueType	當輸入為複數資料（通常為頻譜資料）時，此欄位可選擇繪出不同的圖形，選項有 Magnitude、Phase、Real、Imagine、Gain、Powerspectrum。相關定義請參閱 Conversion/Convert From Complex。	Magnitude

參數名稱	參數定義	預設值
GainReference	若 DataValueType 設定為 Gain，此欄位會自動出現供使用者設定。相關定義請參閱 Conversion/Convert From Complex。	1
HoldPlotRange	當此欄位為設定為 True，即使圖面被縮放或平移工具調整過，在更新計算後，圖面仍可維持在之前調整的範圍。	False
Xmin	設定圖 X 軸的最小值。	auto
Xmax	設定圖 X 軸的最大值。	auto
Ymin	設定圖 Y 軸的最小值。	auto
Ymax	設定圖 Y 軸的最大值。	auto
X-Axis Label Format	設定 X-軸標籤格式：	Auto
X-Label Format String	X-軸標籤格式設定為 Custom 時，可設定 X-軸標籤格式字串。	Auto
Y-Axis Label Format	設定 Y-軸標籤格式：	Auto
Y-Label Format String	Y-軸標籤格式設定為 Custom 時，可設定 Y-軸標籤格式字串。	Auto
Show Title	是否顯示標題。	True
Show X Axis	是否顯示 X 軸。	True
Show Y Axis	是否顯示 Y 軸。	True

繪圖的線條顯示樣式設定要在 PlotElemEditor 對話窗裡設定，使用者可以直接在元件上雙擊開啟 PlotElemEditor 對話窗，或是在其參數欄位的右側點擊 … 圖示開啟，如下圖：

PlotElemEditor 點選後會出現一對話窗供使用者編輯繪圖樣式。使用者可調整線條的顏色、線寬、實線、虛線、更改通道名稱，以及是否要加 Marker 等，也可以在 Display 勾選欄位下選擇是否要用線條繪出該 Channel 的訊號，如下圖：

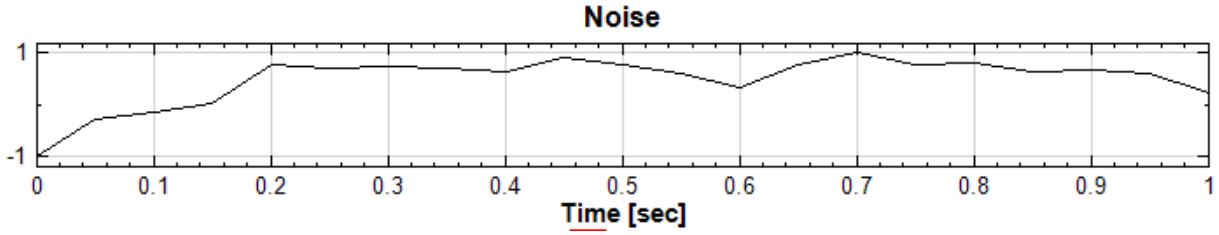
下表說明對話窗中各欄位設定：

Table 7.4: PlotElemEditor 欄位說明

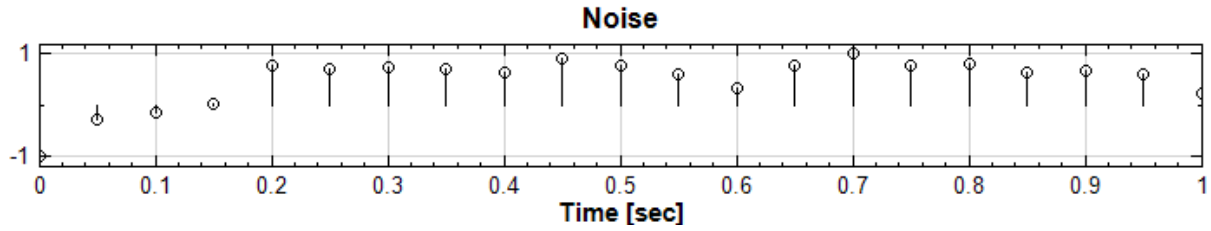
欄位	說明	預設
Display	打勾選擇是否顯示該通道	Enabled
Channel Name	輸入訊號 Legend 中顯示的通道名稱	輸入訊號通道名稱
Line Color	選擇線條顏色，點擊開啟標準系統顏色選擇對話窗	依照通道預設顏色
Line Width	選擇線條粗細，由最細（1）至最粗（10），或是 None （無線條）	1
Line Style	選擇線條形式： • Solid：實線 • Dash：橫虛線 • Dot：點虛線 • DashDot：橫-點虛線 • DashDotDot：橫-點-點虛線	Solid
Marker Style	資料點標籤圖示： • None • Circle • Cross1 • Cross2 • Square • TriangleUp • TriangleDown • Diamond • FlagUp • FlagDown • FilledCircle • FilledSquare • FilledTriangle • FilledDiamond • VerticalLine	None
Marker Size	Marker Style 設定非 None 時，可以設定資料點標籤圖示大小（單位為像素）	6
Draw Style	訊號繪圖形式（見下圖示範）： • Line：資料點之間以直線連接 • Stem：每個資料點以由 Y-軸零點開始之垂直線呈現	Line

下圖為預設之訊號繪圖形式「Line」繪出 20 個資料點之 Brown Noise 訊號，預設之 Marker Style 為

None：



下圖為同樣訊號以 Stem 形式繪圖，Marker 設為 Circle，大小為預設（6）：



4. Title

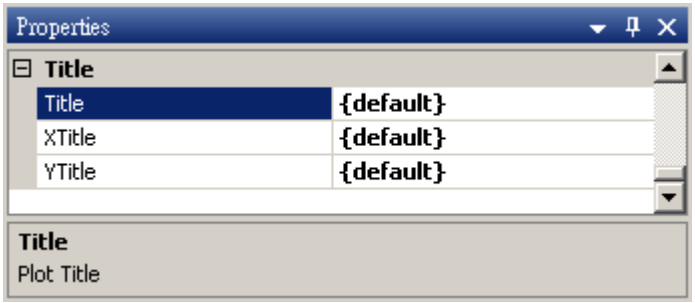


Table 7.5: Title 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
Title	圖名。	{default}
Xtitle	X 軸名稱。	{default}
Ytitle	Y 軸名稱。	{default}

Title 參數另有有特殊語法，詳情請參見【參數參照】章節說名。

5. Fonts and Colors

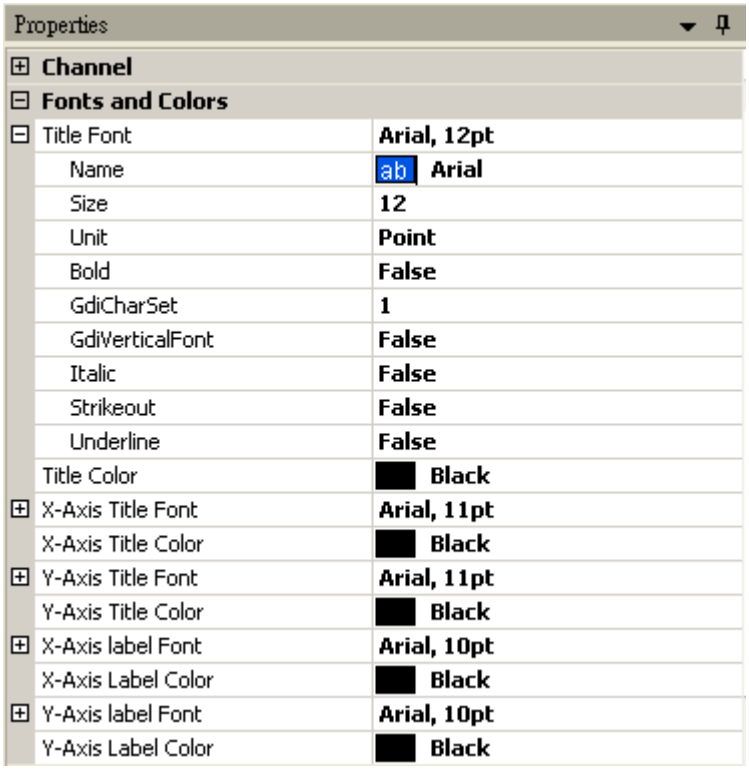


Table 7.6: Fonts and Colors 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
Title Font	圖形名稱字型設定，包括 Name（字體名稱）、Size（字體大小）、Unit（字體單位）、Bold（粗體）、GdiCharSet（GDI 字元集的位元組值）、GdiVerticalFont（是否衍生自 GDI 垂直字型）、Italic（斜體）、Strikeout（刪除線）、Underline（底線）。	Arial, 12pt
Title Color	圖形名稱字體顏色。	Black
X-Axis Title Font	X 軸名稱字型設定，參考 Title Font。	Arial, 11pt
X-Axis Title Color	X 軸名稱字體顏色。	Black
Y-Axis Title Font	Y 軸名稱字型設定，參考 Title Font。	Arial, 11pt
Y-Axis Title Color	Y 軸名稱字體顏色。	Black
X-Axis Label Font	X 軸標記字型設定，參考 Title Font。	Arial, 10pt
X-Axis Label Color	X 軸標記字體顏色。	Black
Y-Axis LabelFont	Y 軸標記字型設定，參考 Title Font。	Arial, 10pt
Y-Axis Label Color	Y 軸標記字體顏色。	Black

6. Grid

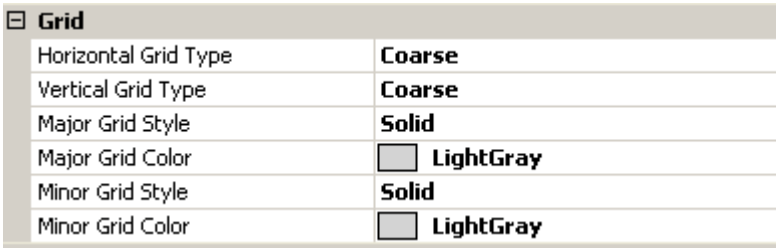


Table 7.7: Grid 欄位參數

參數名稱	參數定義	預設值
Horizontal Grid Type	圖形背景的水平網格線設定，包含 None、Coarse、Fine。	Coarse
Vertical GridType	圖形背景的垂直網格線設定，包含 None、Coarse、Fine。	Coarse
Major Grid Style	主網格線設定，包含 Solid、Dash、Dot、DashDot、DashDotDot。	Solia
Major Grid Color	主網格線顏色。	LightGray
Minor Grid Style	副網格線設定，同 Major Grid Style。	Solid
Minor GridColor	副網格線顏色。	LightGray

7. Measurement

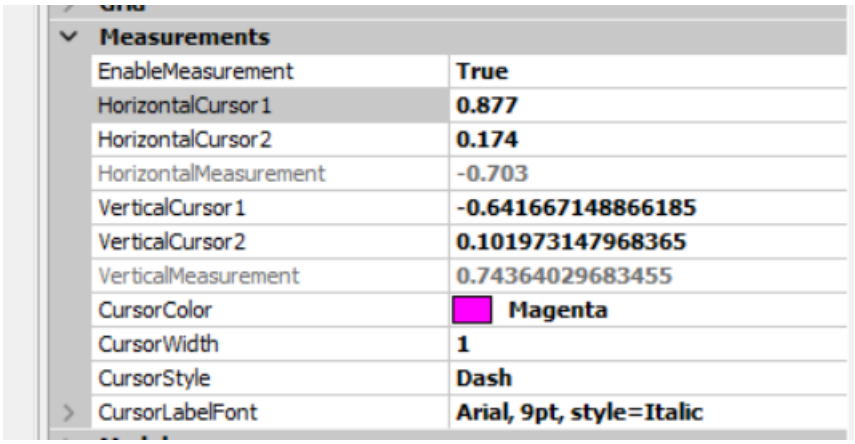


Table 7.8: 量測模式參數

參數名稱	參數定義	預設值
EnableMeasurement	設定為 True 時開啟量測模式，同時開放下列所有參數欄位；設定為 False 時則隱藏所有欄位	False
HorizontalCursor1	設定第一條水平量測線位置	
HorizontalCursor2	設定第二條水平量測線位置	
HorizontalMeasurement	顯示水平量測結果（水平量測線之差）	
VerticalCursor1	設定第一條垂直量測線位置	
VerticalCursor2	設定第二條垂直量測線位置	
VerticalMeasurement	顯示垂直量測結果（垂直量測線之差）	

參數名稱	參數定義	預設值
CursorColor	設定量測線顏色	Magenta
CursorWidth	設定量測線寬	1
CursorStyle	設定量測線樣式	Dash
CursorLabelFont	設定量測線標籤字型	Arial, 9pt, style=Italic

量測線之位置可以在參數欄位上輸入數值，或是用【視覺化繪圖區】章之【量測模式】章節說明的方式以滑鼠在圖上拖曳，以此方式設定後對應之參數欄位的數值會自動更新。設定好水平或垂直兩條量測線後所量測的結果會同時顯示在量測線標籤上（第一條量測線會有 REF 的標籤，第二條量測線標籤則為量測結果）以及在 HorizontalMeasurement 或 VerticalMeasurement 參數欄位中。

8. Harmonics

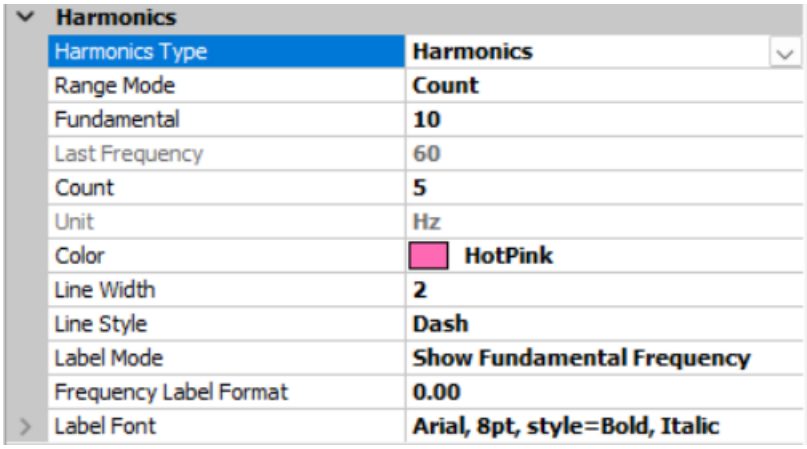


Table 7.9: 倍頻模式參數

參數名稱	參數定義	預設值
Harmonics Type	選擇倍頻模式： • Disabled：關閉倍頻模式 • Harmonics：開啟倍頻模式 • SubHarmonics：開啟次頻模式 • Sideband：開啟邊頻模式 • FracHarmonic：開啟分頻模式 選擇任何倍頻模式時會開放以下參數欄位，選擇 Disabled 時則隱藏所有欄位。各模式詳細說明請參閱【視覺化繪圖區】章之【倍頻模式】章節	Disabled
Range Mode	選擇範圍模式： • All：顯示全範圍內所有倍頻線 • Count：顯示部分倍頻線 • Range：顯示部分範圍內所有倍頻線 Count 及 Range 模式需要額外的參數設定，見下表。另外，在邊頻模式時強制設定為 Count 模式，此參數欄位不顯示	Count

參數名稱	參數定義	預設值
Fundamental	設定基礎頻率。	0
Last Frequency	顯示最後一條倍頻線之頻率	
Unit	顯示頻率單位	
Color	設定倍頻線及標籤顏色	HotPink
Line Width	設定倍頻線寬	2
Line Style	設定倍頻線樣式	Dash
Label Mode	選擇標籤模式 • None：不顯示標籤 • Show Index Only：只顯示倍頻數 • Show Fundamental Frequency：顯示倍頻數，基頻線多出頻率數值 • Show All Frequencies：顯示倍頻數及頻率數值	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	設定標籤數字格式	0.00
Label Font	設定標籤文字字型	Arial, 8pt, style=Bold, Italic

Table 7.10: 其他參數

參數名稱	參數定義	預設值
Count	在 Count 範圍模式下，可設定除基礎頻率外顯示 N 條倍頻線。在邊頻模式下 Count 的定義為邊頻數，即除基礎頻率外顯示 $2N$ 條邊頻線	5
Interval	在邊頻模式下，可設定邊頻的間隔	0
Min Frequency	在 Range 範圍模式下，可設定頻率範圍的最小值	Auto
Max Frequency	在 Range 範圍模式下，可設定頻率範圍的最大值	Auto

Fundamental 線之位置，及 Count 與 Interval 的參數設定，除了在參數欄位上輸入數值外，也可以以滑鼠在圖上拖曳（Fundamental），以及用滑鼠滾輪配合 Shift/Alt 鍵的方式（Count 與 Interval）更改。以此方式設定後對應之參數欄位的數值會自動更新。詳情請參考【視覺化繪圖區】章之【倍頻模式】章節說明。

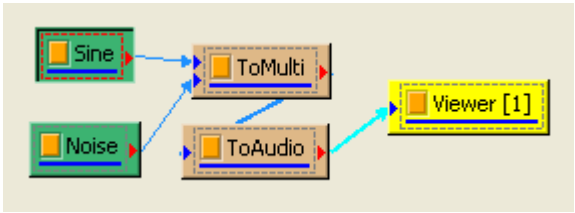
倍頻線上的標籤預設是顯示倍頻數（以 `xN` 格式顯示，N 為基頻倍數，基頻為 `x0`，第一倍頻為 `x1` 等等），除此之外基頻線標籤還會顯示頻率數值。Label Mode 參數可以改變這個預設，設定為不顯示、只顯示倍頻數，或全部都顯示頻率數值。

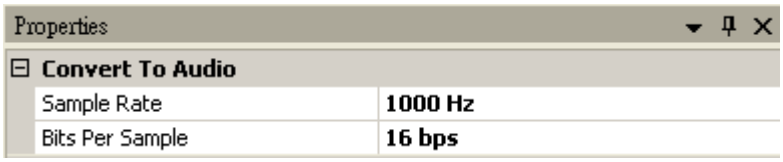
範例

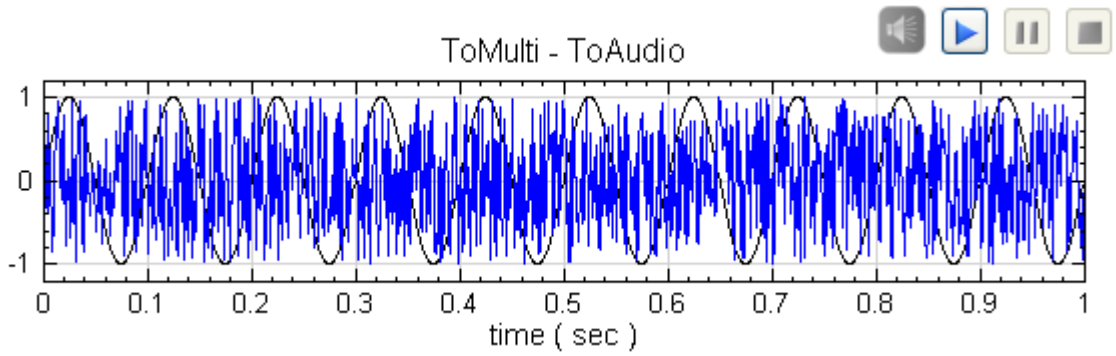
以下用範例簡單介紹 Audio Player 的操作。

1. Source / Sine Wave 產生一個 Sine Wave，再接著產生 Source / Noise，再將兩個訊號利用 Conversion / Merge To Multi-Channel 結合成一個 Multi-Channel 的訊號，再透過 Conversion / Convert to

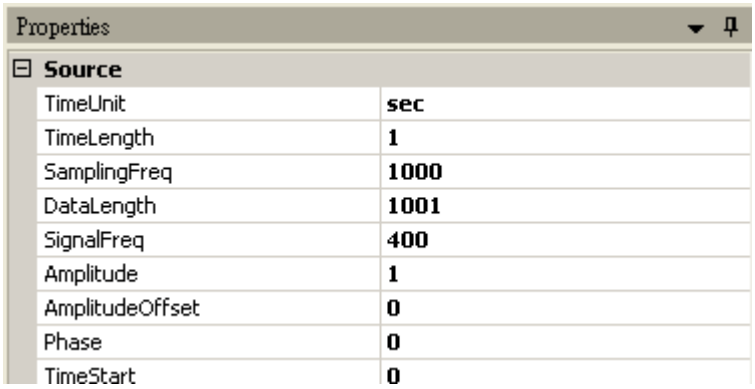
Audio 轉換成 Audio 檔，並設定 ToAudio 的 Properties 中，Sample Rate = 1000，最後從 Viewer / Channel 用 Channel Viewer 將此 Audio 檔案用圖形展示出來。

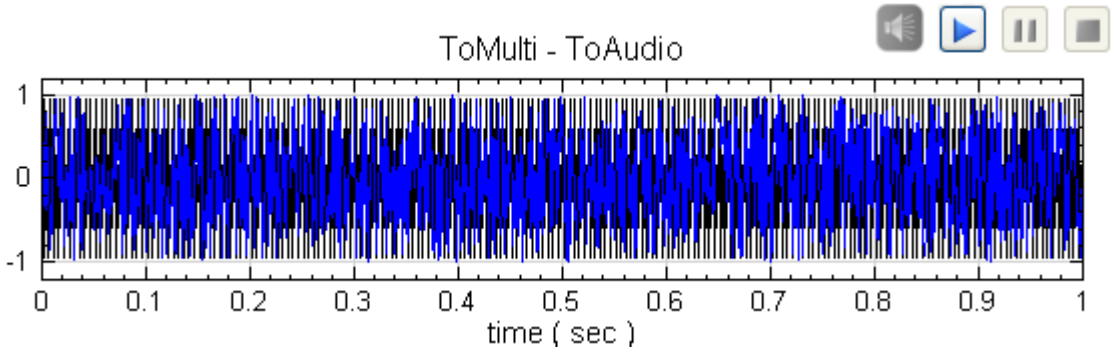






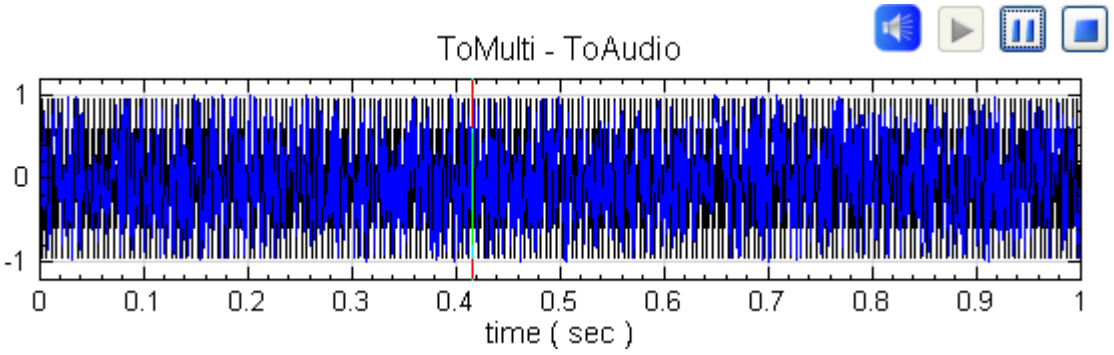
2. 調整 Sine 的 Properties 下 SignalFreq 為 400，則圖形會改變如下圖所示:



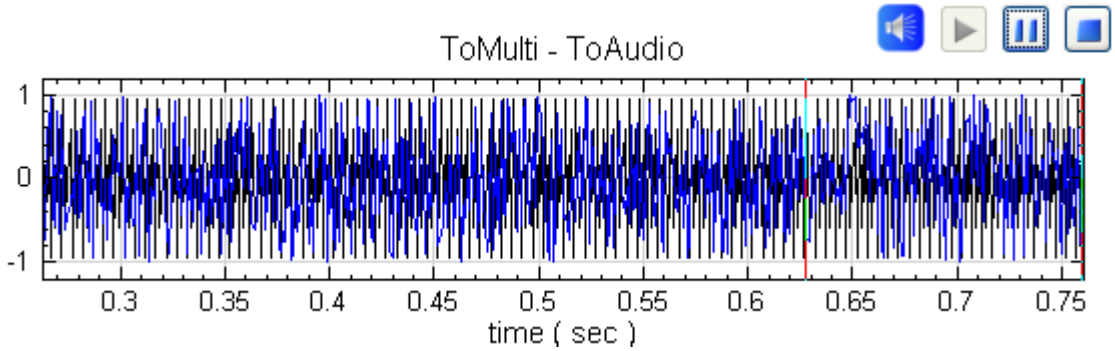


3. 按 Audio 音訊檔案右上方▶的執行鍵後，會由左至右開始進行 Audio 音訊檔案的撥放，如下圖所示，紅色

的線段為目前正在撥放的訊號位置，目前支援雙聲道播出 Audio，所以可以撥出 Multi-Channel 中的前兩個通道的訊號。

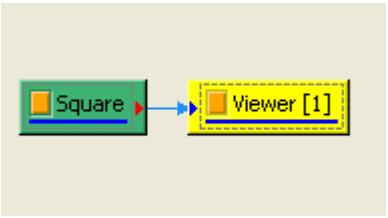


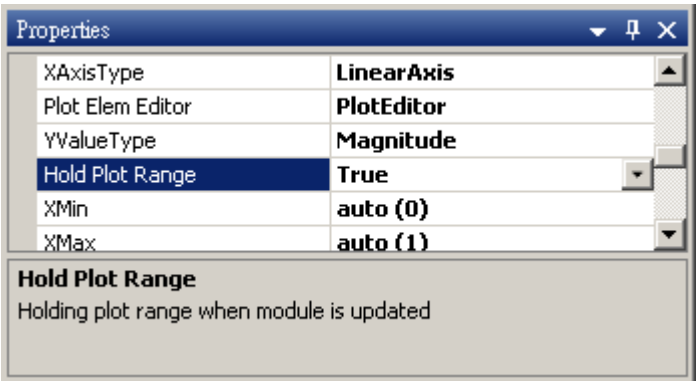
4. 另外可用 Zoom X 將感興趣的音訊區域放大，針對感興趣的範圍進行 Audio 音訊檔案的撥放，如下圖所示:



以下示範幾個常用的參數調整範例（Example），讓使用者對參數調整有進一步的了解。

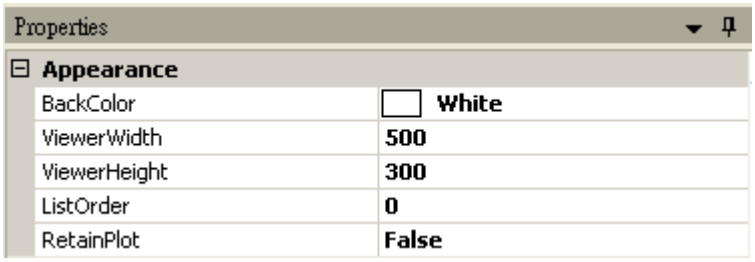
1. 在 Source / Square Wave 產生一個 Square Wave，以 Channel Viewer 繪出後如圖所示:

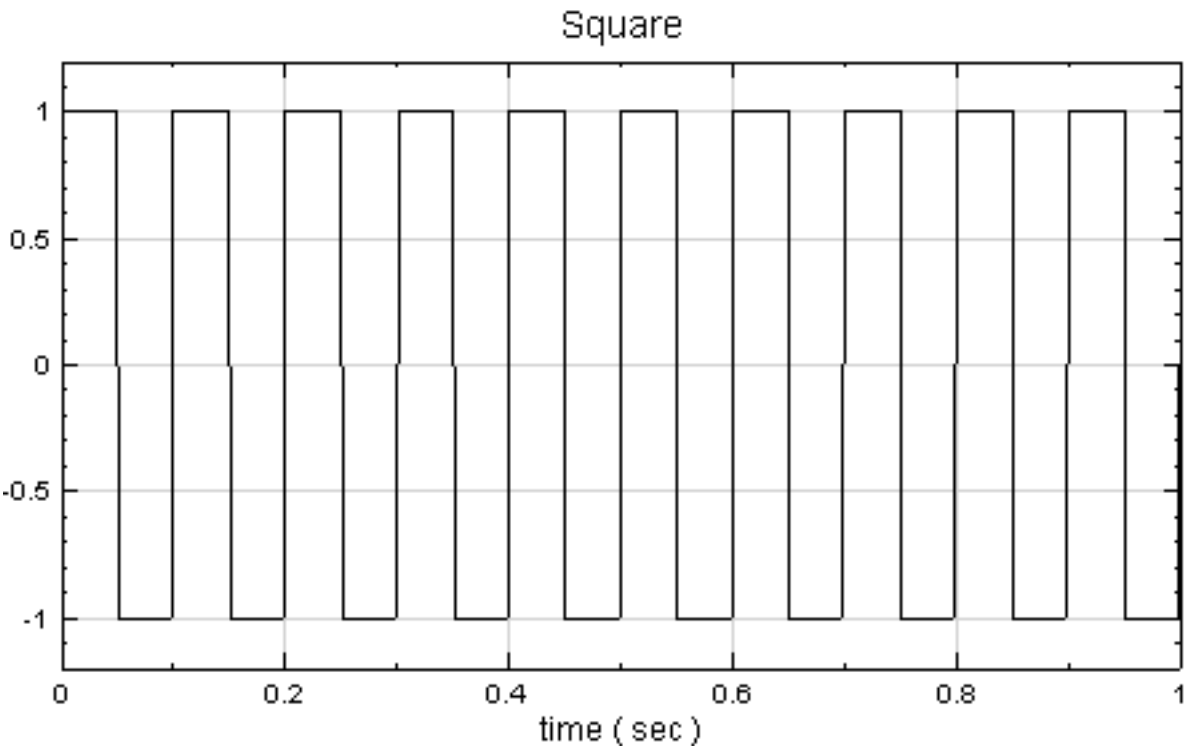




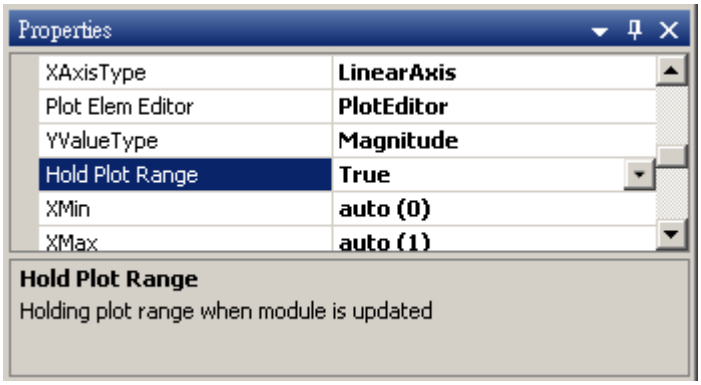
2. 改變圖的大小，調整 Channel Viewer 的 Properties /ViewerWidth 以及 ViewerHeight，Viewer-

Width = 500，ViewerHeight = 300，改變後如下圖所示:

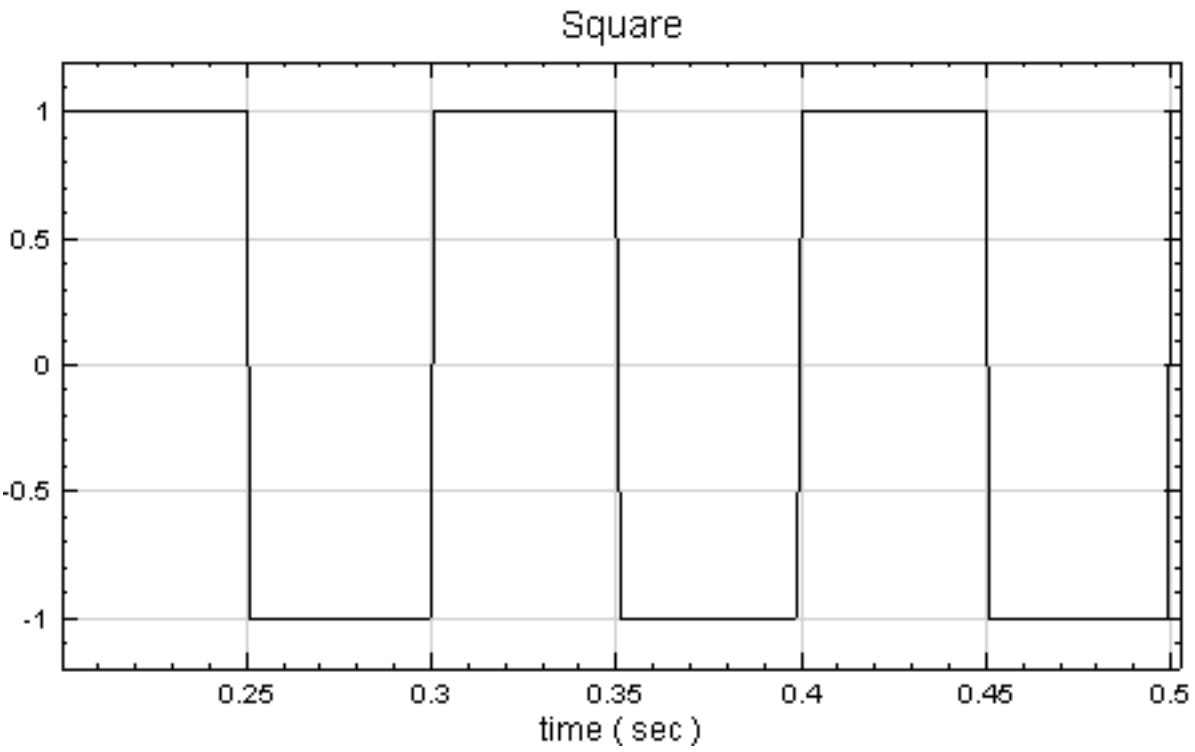




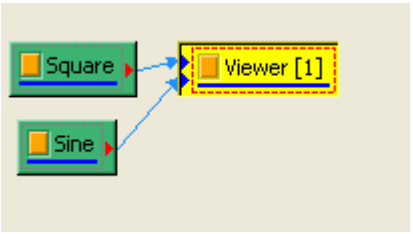
3. 使用者利用縮小放大工具（Zoom X / Zoom Y）或平移工具（Pan X / Pan Y）檢視圖形時，若希望維持目前的檢視狀態，可以調整 Properties 下的 HoldPlotRange 功能鍵。將 HoldPlotRange 調整為 True。

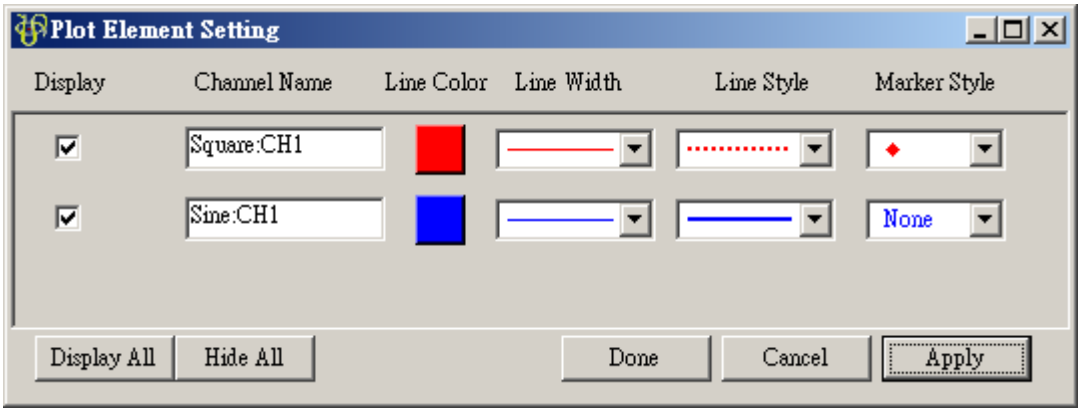


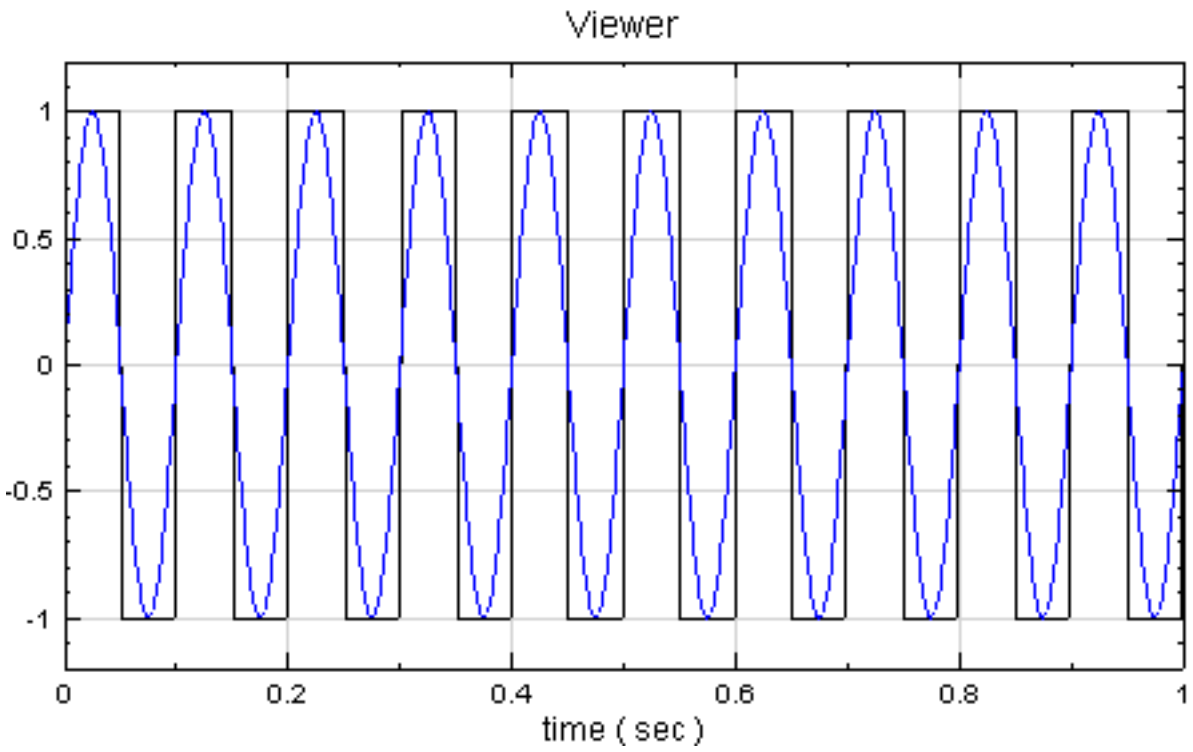
4. 然後用 Zoom X 工具將時間段大約 sec 到 0.5 sec 放大



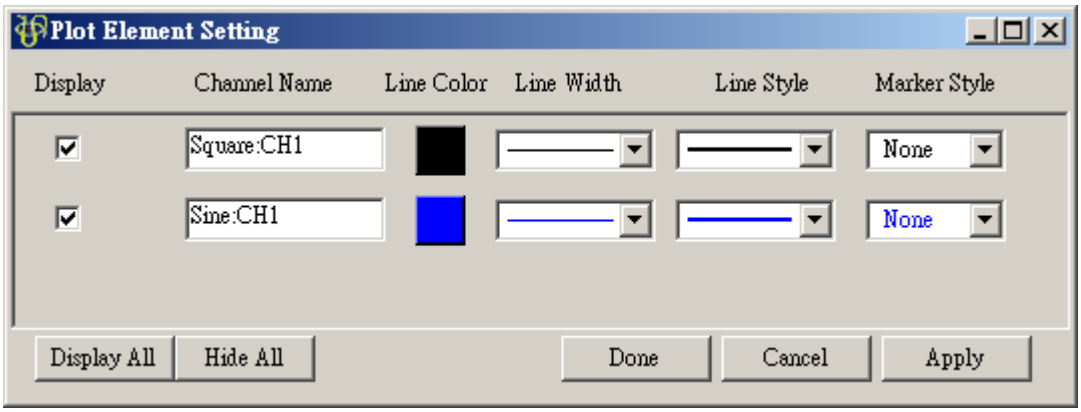
5. 在 Source / Sine Wave 產生一組 Sine Wave，將訊號線接到同一個 Channel Viewer ，這步驟會使 Channel Viewer 更新內容。由於 HoldPlotRange = True，所以更新內容時圖軸仍會維持；若 HoldPlotRange = False，則圖軸會如在下一張圖，跳回至初始設定。



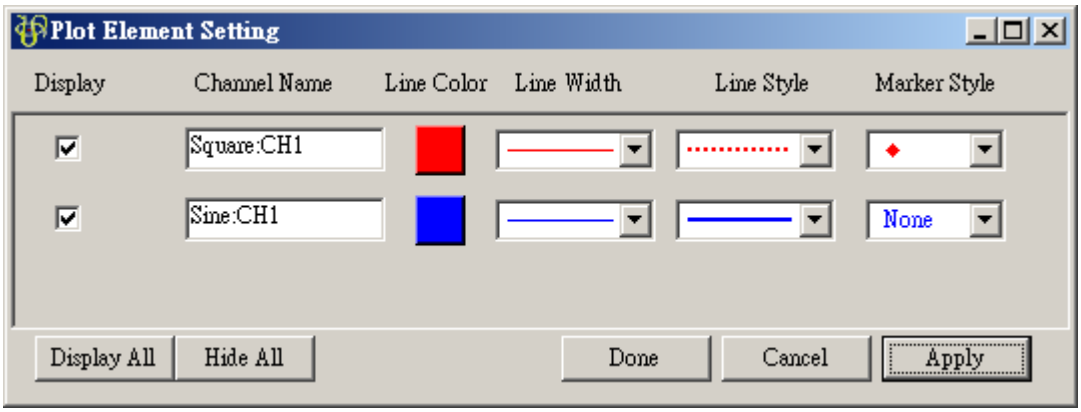


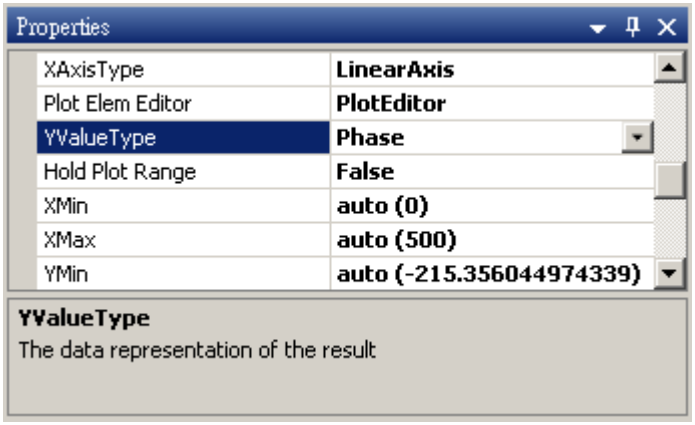


6. 我們可以利用 Plot Elem Editor 來調整繪圖的樣式，在 Properties / Plot Elem Editor 欄位點選按鈕，即跳出編輯視窗。

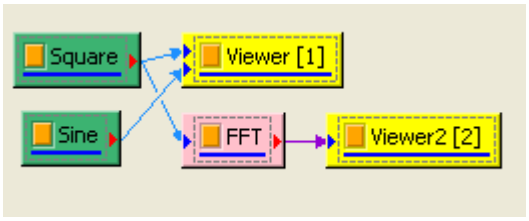


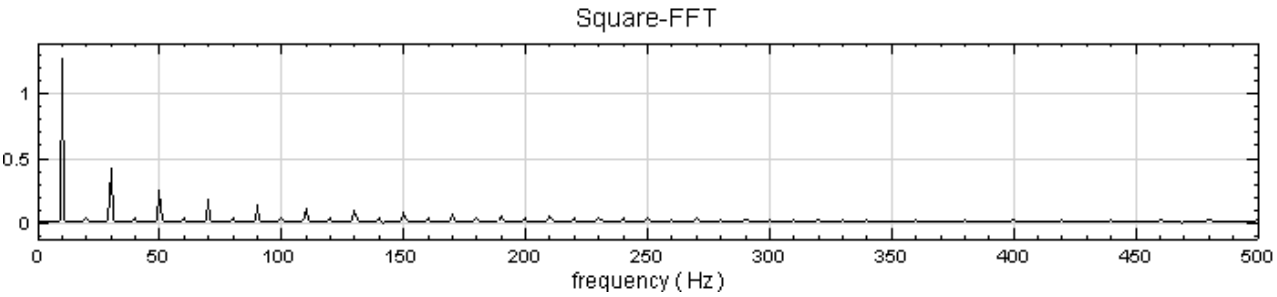
使用者藉由本視窗可以調整每個線條顏色、粗細以及樣式，譬如改變 Square:CH1 的顏色為紅色，線條形式為虛線，並採用 ♦ 為 Marker，按下 Apply 後可看到圖形改變如下。



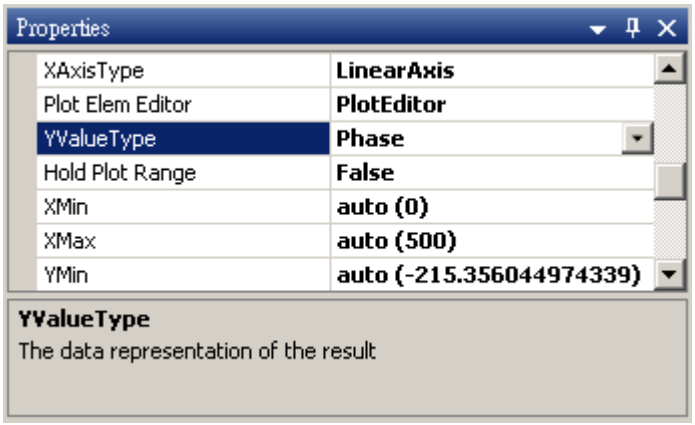


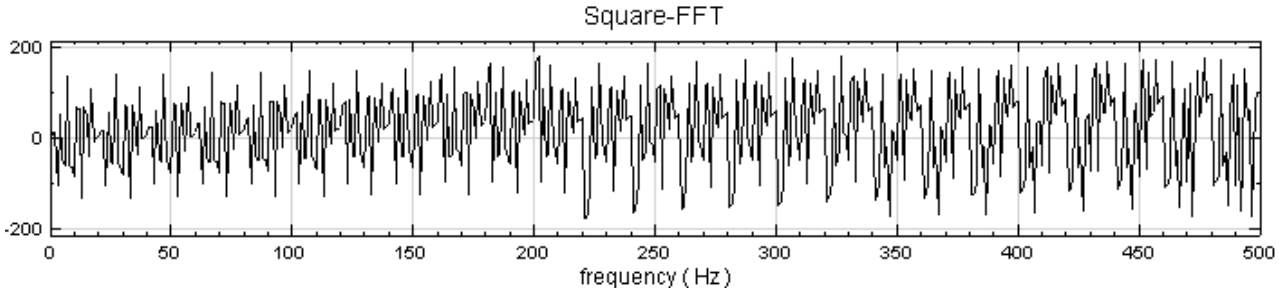
7. 示範以 Channel Viewer 繪製頻譜圖，並且改變 YValueType 繪製不同的圖形。在 Square 作 Compute / Transform / Fourier Transform，結果可用 ChannelViewer 繪製圖示出來。



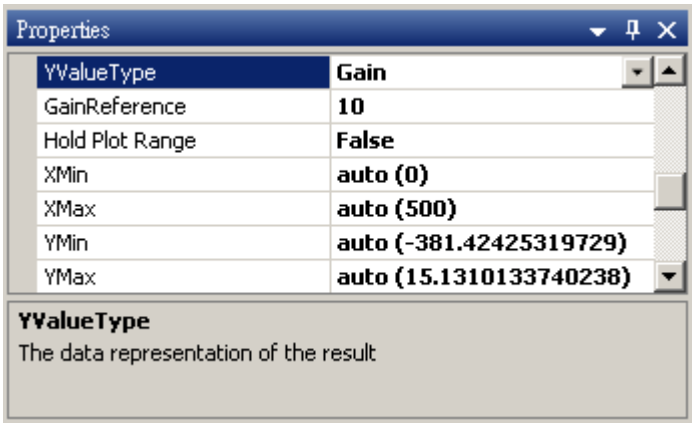


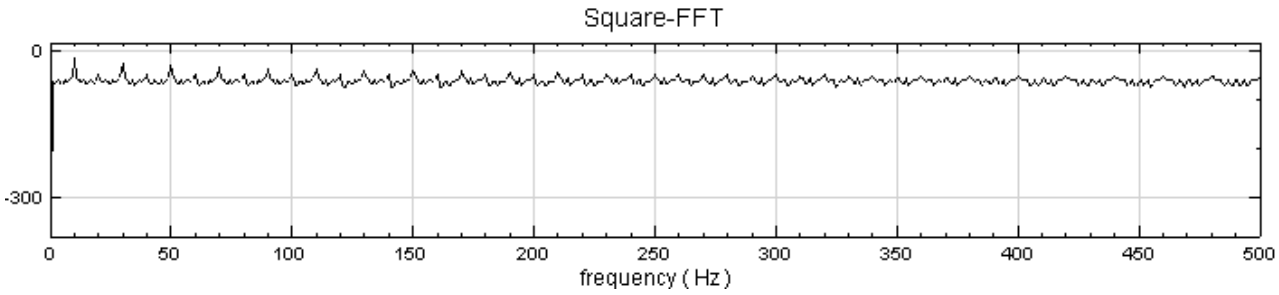
此頻譜圖的 X 軸為頻率，Y 軸的 YValueType 預設為 Magnitude，將 YValueType 改變為 Phase，此時 Y 軸代表的是每個頻率的相位。





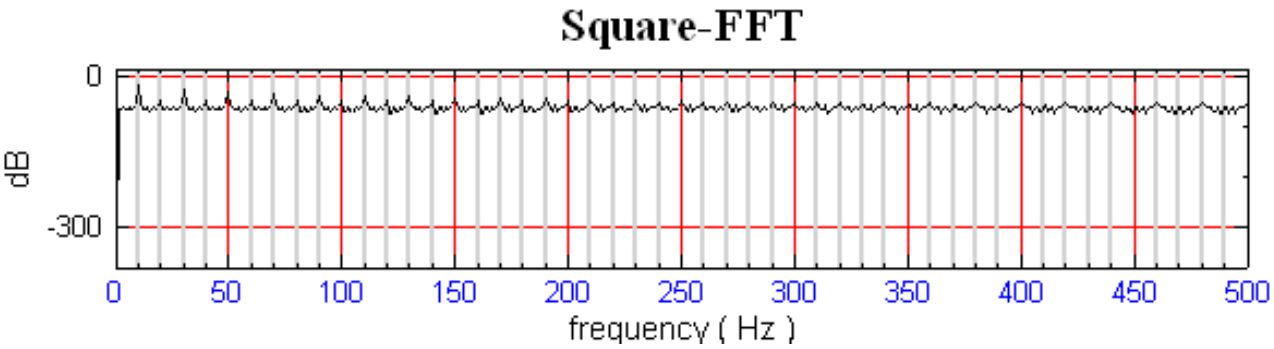
ValueType 改變為 Gain 時，參數會新增 GainReference。Gain 的定義為 $20\log(\frac{A}{\text{GainRef}})$，單位是 dB，其中 log 以 10 為底，$A$ 為 Magnitude，式中分母為 GainReference。





8. 再調整 Channel Viewer 中參數，Grid 分類中 Horizontal Grid Type = Fine，Major Grid Color= Red，Minor Grid Style = DashDotDot。再將 Fonts and Colors 中 Title Font = Times New Roman, 16pt, style=Bold，X-Axis Label Color = Blue，結果如下圖。

Properties	
⊞ **Channel**	
⊟ **Fonts and Colors**	
⊞ Title Font	**Times New Roman, 16pt, style=Bold**
Title Color	**Black**
⊞ X-Axis Title Font	**Arial, 11pt**
X-Axis Title Color	**Black**
⊞ Y-Axis Title Font	**Arial, 11pt**
Y-Axis Title Color	**Black**
⊞ X-Axis label Font	**Arial, 10pt**
X-Axis Label Color	**Blue**
⊞ Y-Axis label Font	**Arial, 10pt**
Y-Axis Label Color	**Black**
⊟ **Grid**	
Horizontal Grid Type	**Fine**
Vertical Grid Type	**Coarse**
Major Grid Style	**Solid**
Major Grid Color	**Red**
Minor Grid Style	**DashDotDot**
Minor Grid Color	**LightGray**



相關指令

FFT、Merge to Multi-Channel、Convert to Audio

7.2 Time-Frequency Viewer

Time-Frequency Viewer 是以圖像方式呈現三維時頻訊號（時間、頻率、訊號強度）的展示模組。

說明

Time-Frequency Viewer 是繪製時頻分析資料的工具，依照輸入訊號的類別，X 軸與 Y 軸軸可以為訊號的時間軸或頻率：

- 正常時頻訊號（例如【FastStft】的輸出）：X 軸為時間，Y 軸為頻率。
- 經過【TransposeSpectra】的時頻訊號：X 軸為頻率，Y 軸為時間。
- 【Secogram】的輸出：X、Y 軸皆為頻率

時頻圖是以色階分布呈現，其顏色代表某個時間與頻率交叉點的強度，可關閉的色階會顯示在圖右方。

參數設定

本元件接受實數 (real number) 或複數 (complex number) 的單通道 (single channel) 時頻訊號 (Spectra)，以及【瞬時頻率時域訊號重疊】(見下文說明) 所需之實數或複數時域訊號 (Signal)。部分參數如 Appearance、Title、Fonts and Colors、Grid 、Representation、Measurement、Harmonics 大致上與 Channel Viewer 的參數相同，可以參考【Channel Viewer】說明，本章節僅介紹 Time-frequency Viewer 所獨有參數。

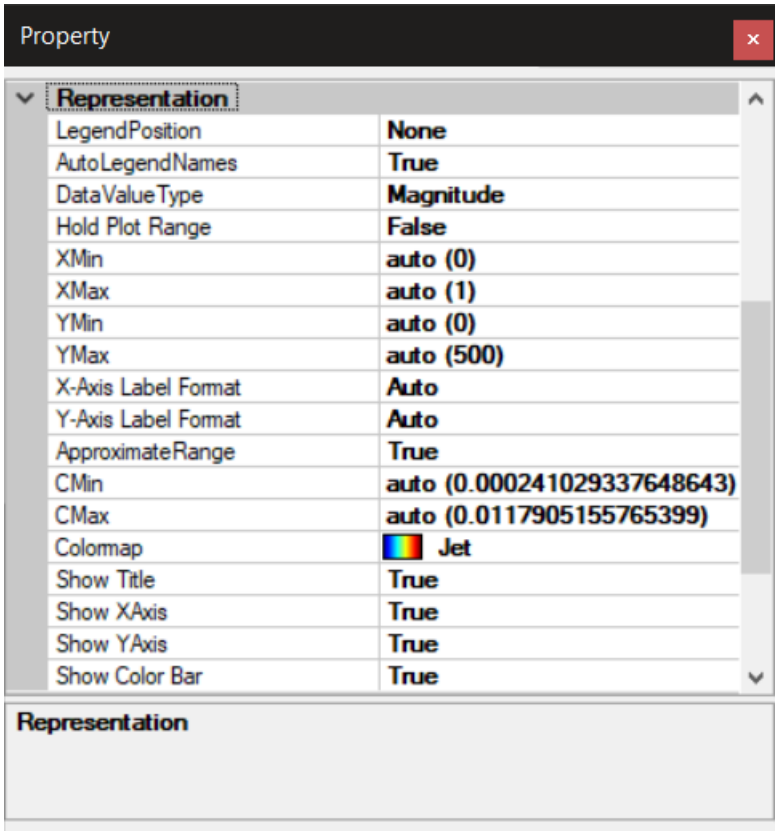


Table 7.11: TF Viewer 專有參數

參數名稱	參數定義	預設值
ApproximateRange	在資料量大時，可設定「True」用近似法計算資料範圍加速，但是顯示出來的色圖會比較不精確。	True
CMin	設定時頻圖顏色最小值所對應的資料大小。	Auto
CMax	設定時頻圖顏色最大值所對應的資料大小。	Auto
Colormap	設定時頻圖顏色的樣式，有 Jet、Hsv、Rainbow、Gray 等四種樣式。	Jet
Show Color Bar	在圖的右方是否需要顯示顏色條。	False

倍頻相關參數跟 Channel Viewer 一樣（請參考【Channel Viewer】章節說明），但會因頻率軸的方向而被歸納在不同類別中：

- 正常時頻訊號，頻率軸為 Y 軸：Y-Axis Harmonics（倍頻線為水平線）：

Y-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	Harmonics
Range Mode	Count
Fundamental	0
Last Frequency	0
Count	5
Unit	Hz
Color	Yellow
Line Width	2
Line Style	Dash
Label Mode	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	0.00
Label Font	Arial, 8pt, style=Bold, Italic

- 經過【TransposeSpectra】的時頻訊號，頻率軸為 Y 軸：X-Axis Harmonics（倍頻線為垂直線）：

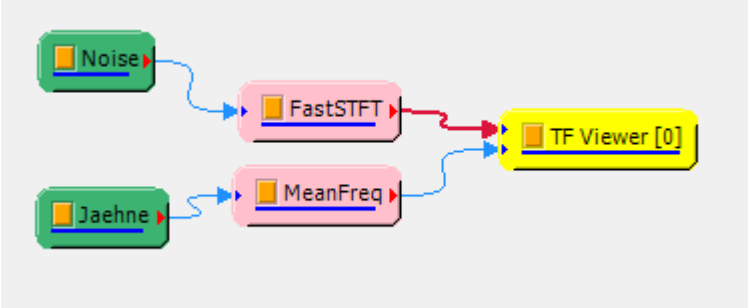
X-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	Harmonics
Range Mode	Count
Fundamental	0
Last Frequency	0
Count	5
Unit	Hz
Color	Yellow
Line Width	2
Line Style	Dash
Label Mode	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	0.00
Label Font	Arial, 8pt, style=Bold, Italic

- 【Secogram】的輸出，X、Y 軸皆為頻率軸：此時會同時有 X-Axis Harmonics 及 Y-Axis Harmonics 類別提供給使用者各別設定垂直及水平倍頻線的參數：

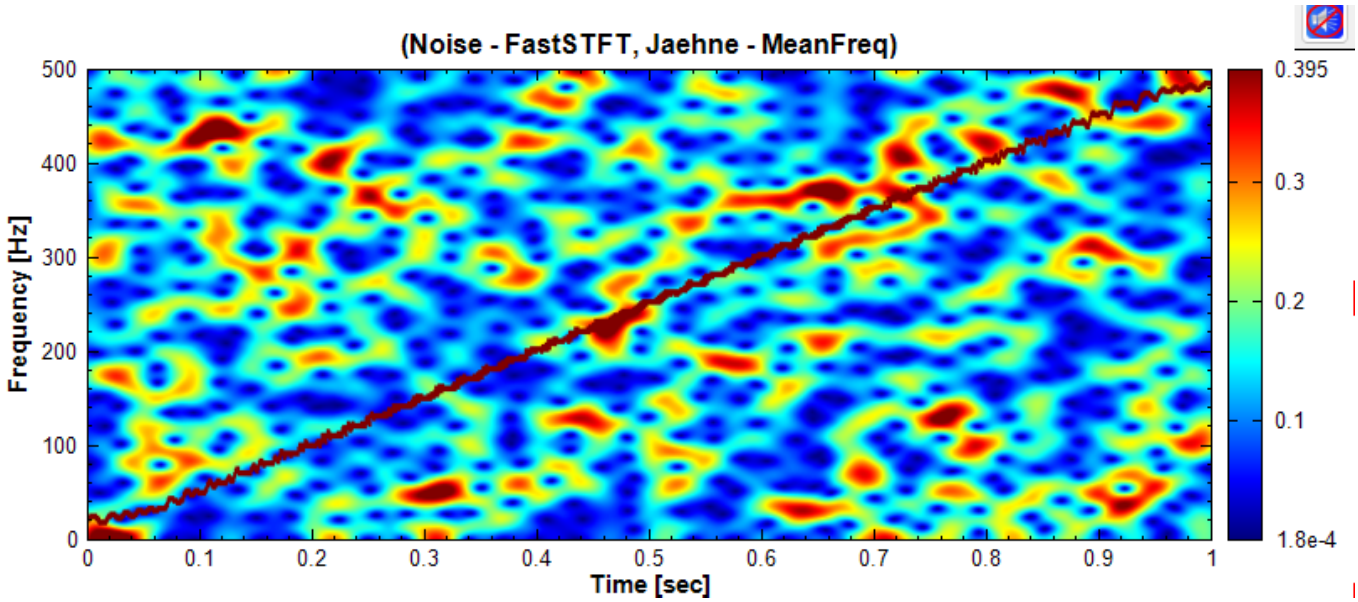
X-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	Harmonics
Range Mode	Count
Fundamental	0
Last Frequency	0
Count	5
Unit	Hz
Color	Yellow
Line Width	2
Line Style	Dash
Label Mode	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	0.00
Label Font	Arial, 8pt, style=Bold, Italic
Y-Axis: Harmonics	
Harmonics Type	Harmonics
Range Mode	Count
Fundamental	0
Last Frequency	0
Count	5
Unit	Hz
Color	Yellow
Line Width	2
Line Style	Dash
Label Mode	Show Fundamental Frequency
Frequency Label Format	0.00
Label Font	Arial, 8pt, style=Bold, Italic

瞬時頻率之時域訊號重疊

本 Viewer 元件還支援將一組多通道之時域訊號重疊在時頻圖上。時域訊號值必須為頻率，以對應時頻圖之頻率軸，因此無法重疊隨意任何時域訊號，通常應用為重疊瞬時頻率時頻訊號。時頻訊號必須接至第二個輸入埠，接法如下：



在所有參數為預設的情況下，得出的圖為：



當本元件接上重疊訊號時，Representation 會多出相關參數欄位：

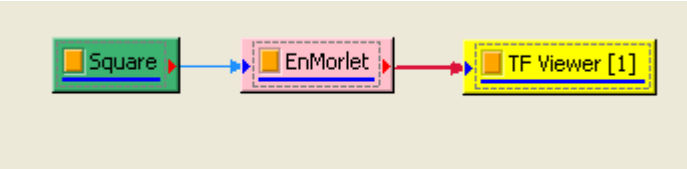
Table 7.12: 重疊相關參數

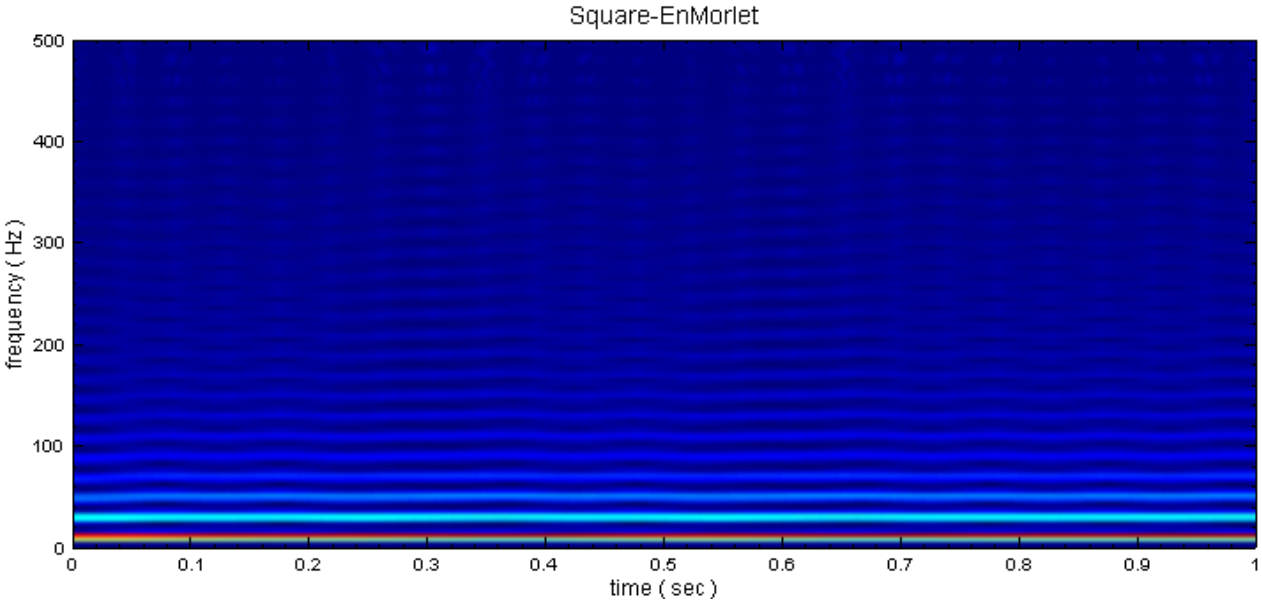
參數名稱	參數定義	預設值
Overlay CVal	當重疊訊號為單通道時，可設定單一頻道之色階表對應之數值。預設的數值讓重疊線有較高機率凸顯於時頻圖	9999
Overlay CVals	當重疊訊號為多通道時，可設定各頻道之色階表對應之數值。預設的數值讓重疊線有較高機率凸顯於時頻圖	9999
Overlay Width	設定重疊線條的寬度	2

範例

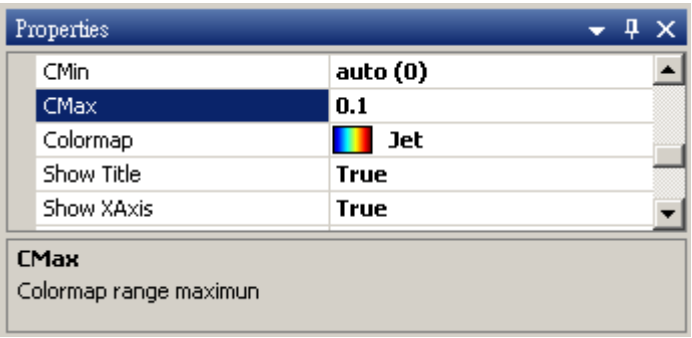
產生一個 Square Wave 訊號並以 Enhanced Morlet Transform 作時頻分析後，以 Time-Frequency Viewer 繪出，同時示範幾個常用的參數調整作進一步的說明。

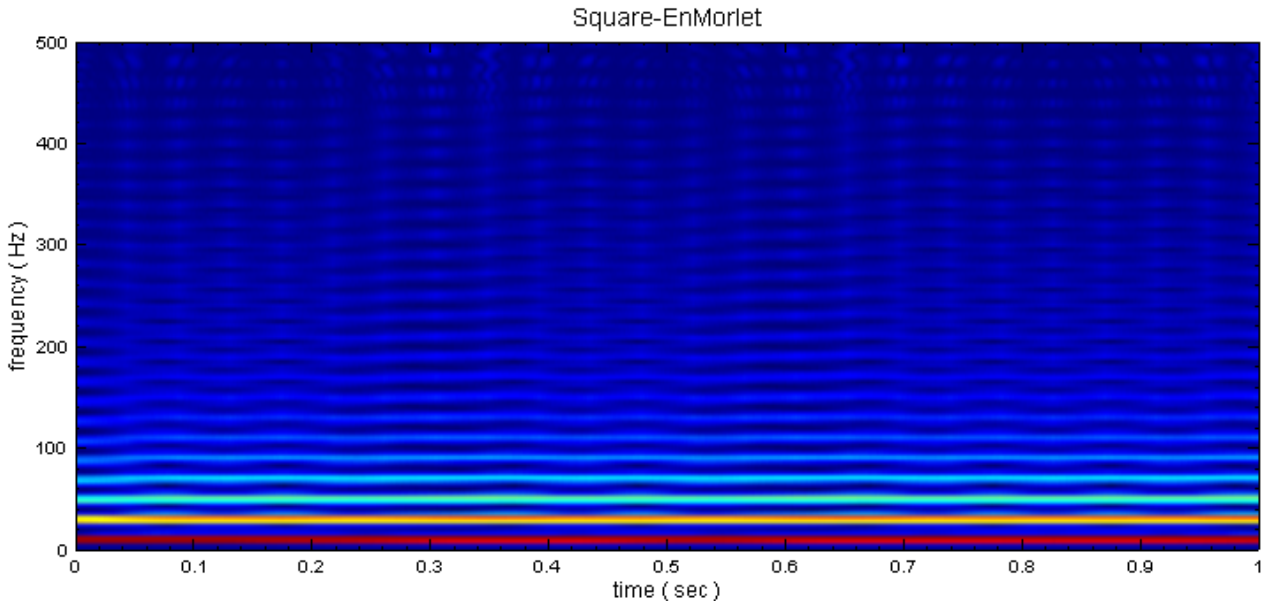
1. 在 Source / Square Wave 產生一組方波訊號，並以 Compute / TFA/Enhanced Morlet Transform 進行時頻分析，再以 Time-Frequency Viewer 繪出時頻圖，預設繪出的資料是 Magnitude。



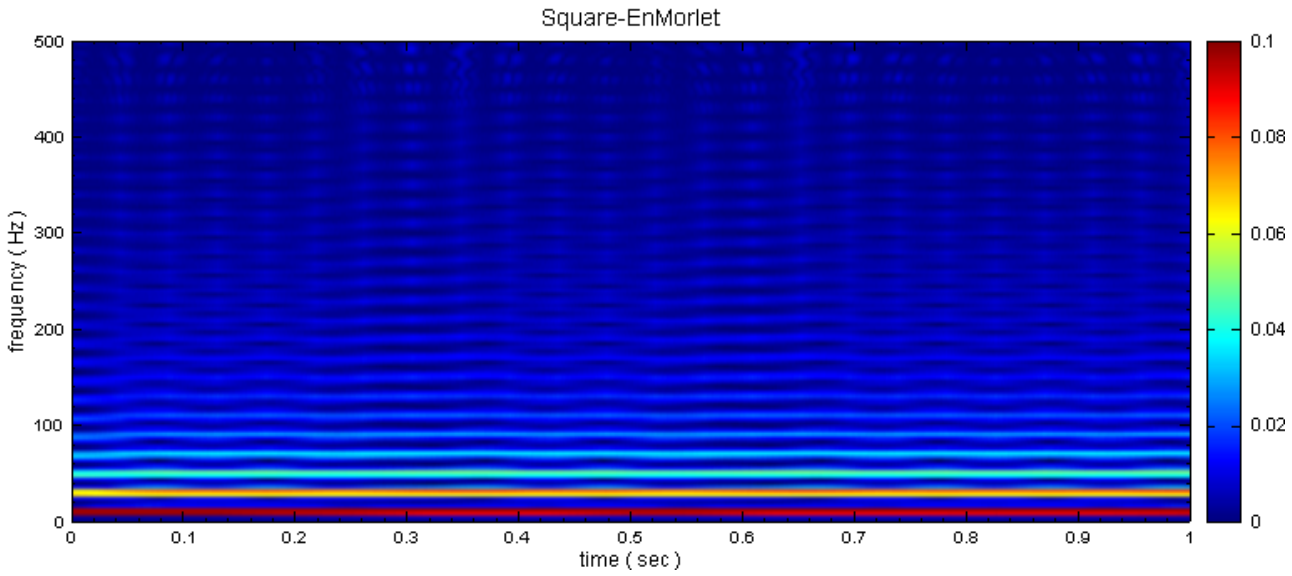


2. 設定 CMax 為 0.197772704820884，此值為時頻分析結果的顏色最大值，顏色最大值預設是對應資料色彩的最大值。在不同的分析情況，使用者可能對某些頻段的資料較感興趣，這時可藉由調整 CMax 的大小來改變時頻圖的色彩顯示狀況，依不同的狀況調整 CMax 可找到較適的時頻圖，若是想要調整預設 CMax，可至 Perference / Plot / Time Frequency Plot 中調整 CMax 。

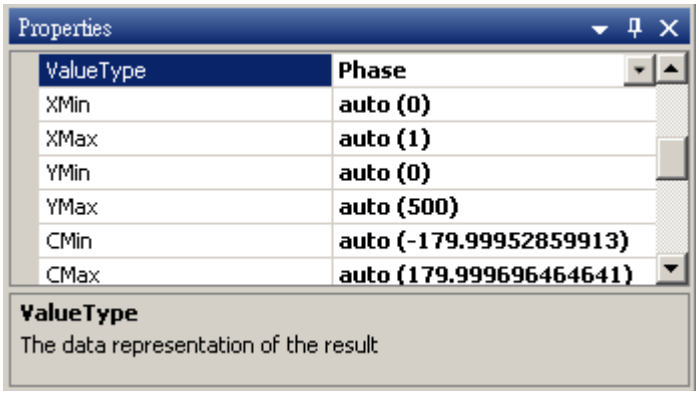


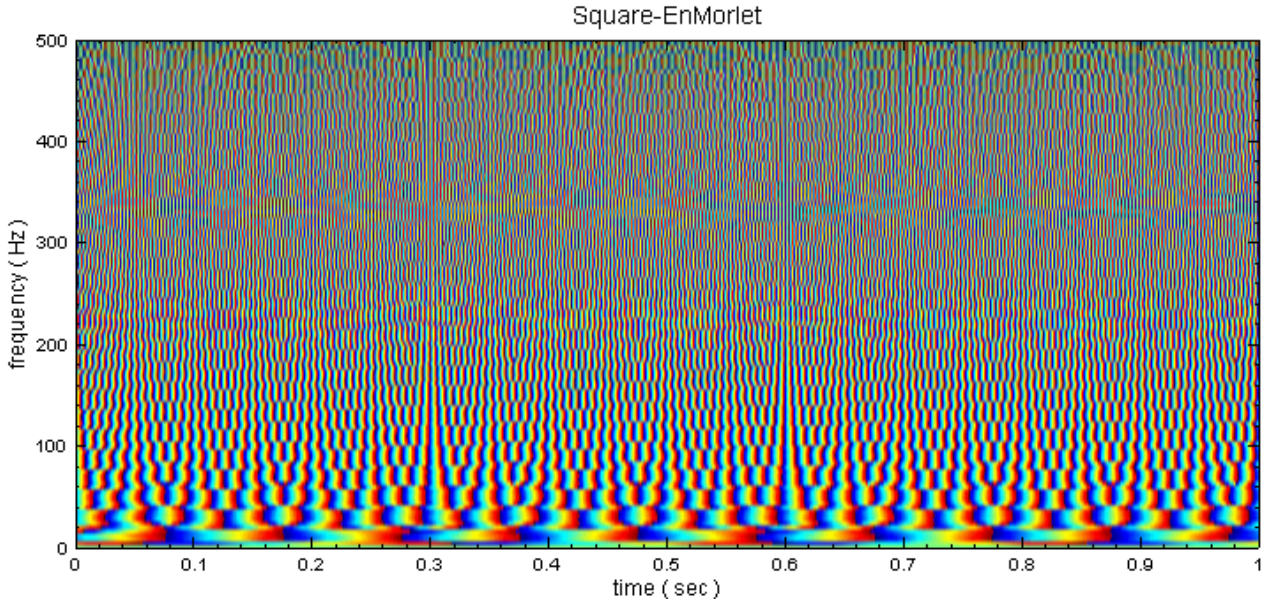


3. 設定 Show ColorBar 為 True 會於圖面右方新增一個顏色的色條，此色條可作為時頻圖顏色與數值間的一個對照參考。



4. 改變 TF Viewer 的 ValueType，設定為 Phase，則 TF Viewer 繪製相位角。





相關指令

FastSTFT、TransposeSpectra、Secogram、Channel Viewer

7.3 XY Plot Viewer

將兩組輸入訊號，分別當作相對應的 X、Y 軸進行繪圖。

說明

XY Plot Viewer 主要可接受三種訊號資料型態，並進行圖形的繪製。主要的說明與介紹如下:

1. 兩組多通道訊號資料：Input 1 為 X 軸；Input 2 為 Y 軸，如果為多通道輸入，兩組輸入資料的通道數必須相同，Input 1 與 2 之第一通道資料為第一組 X-Y 軸資料，Input 1 與 2 之第二通道為第二組 X-Y 軸資料，以此為原則繪圖。

2. 一組多通道訊號資料：奇數通道為 X 軸資料，偶數通道為 Y 軸資料，例如通道 1 與 2 為第一組 X-Y 軸資料，通道 3 與 4 為第二組 X-Y 軸資料，以此為原則繪圖。

3. 多通道複數資料：以每個通道之實數為該通道 X 軸資料，虛數為該通道 Y 軸資料，以此為原則進行繪圖。

參數設定

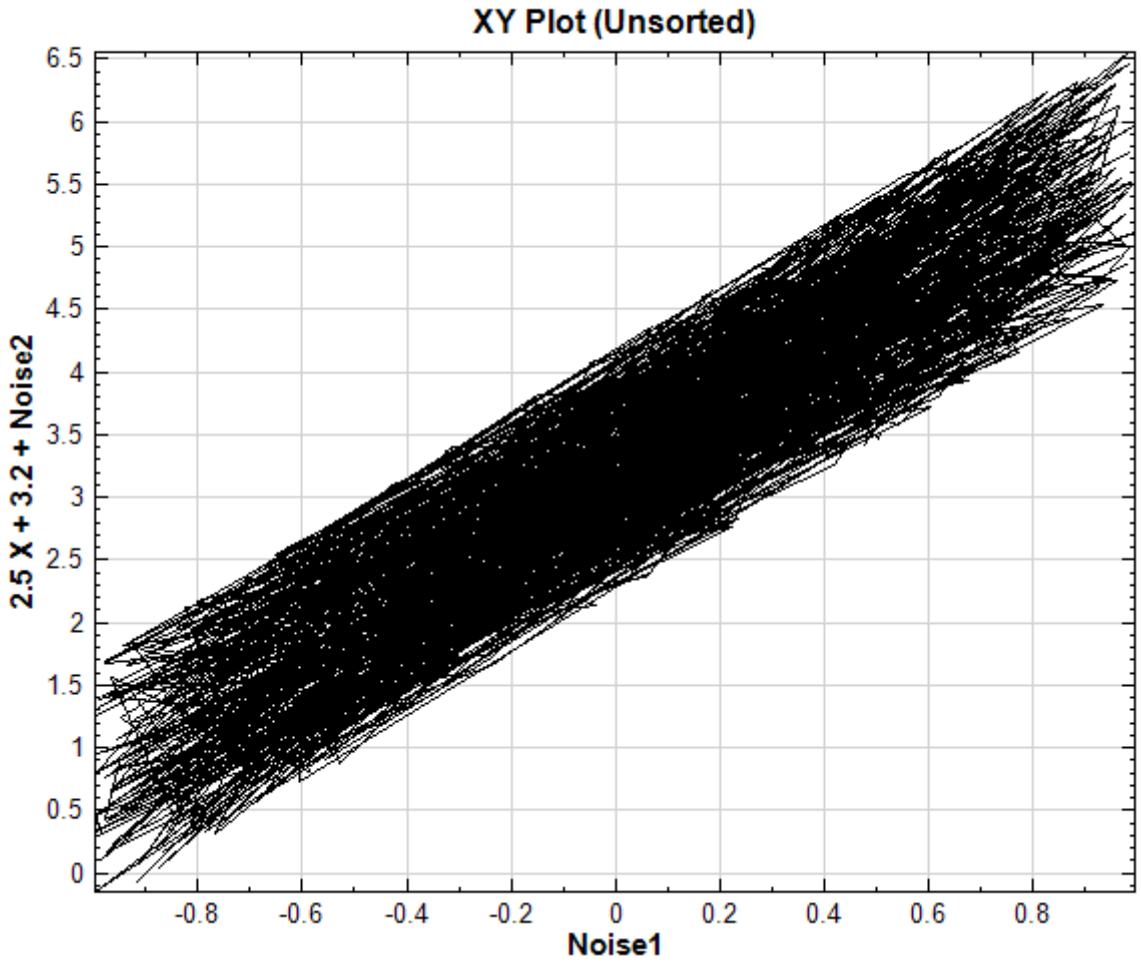
本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio）輸入。而且支援多個訊號輸入。參數 Appearance、Title、Fonts and Colors、Grid 以及 Representation 大部份與 Channel Viewer 相同，請參考【Channel Viewer】的內容，下面說明 XY Plot Viewer 所特有的參數。

Table 7.13: XY Plot 專有參數

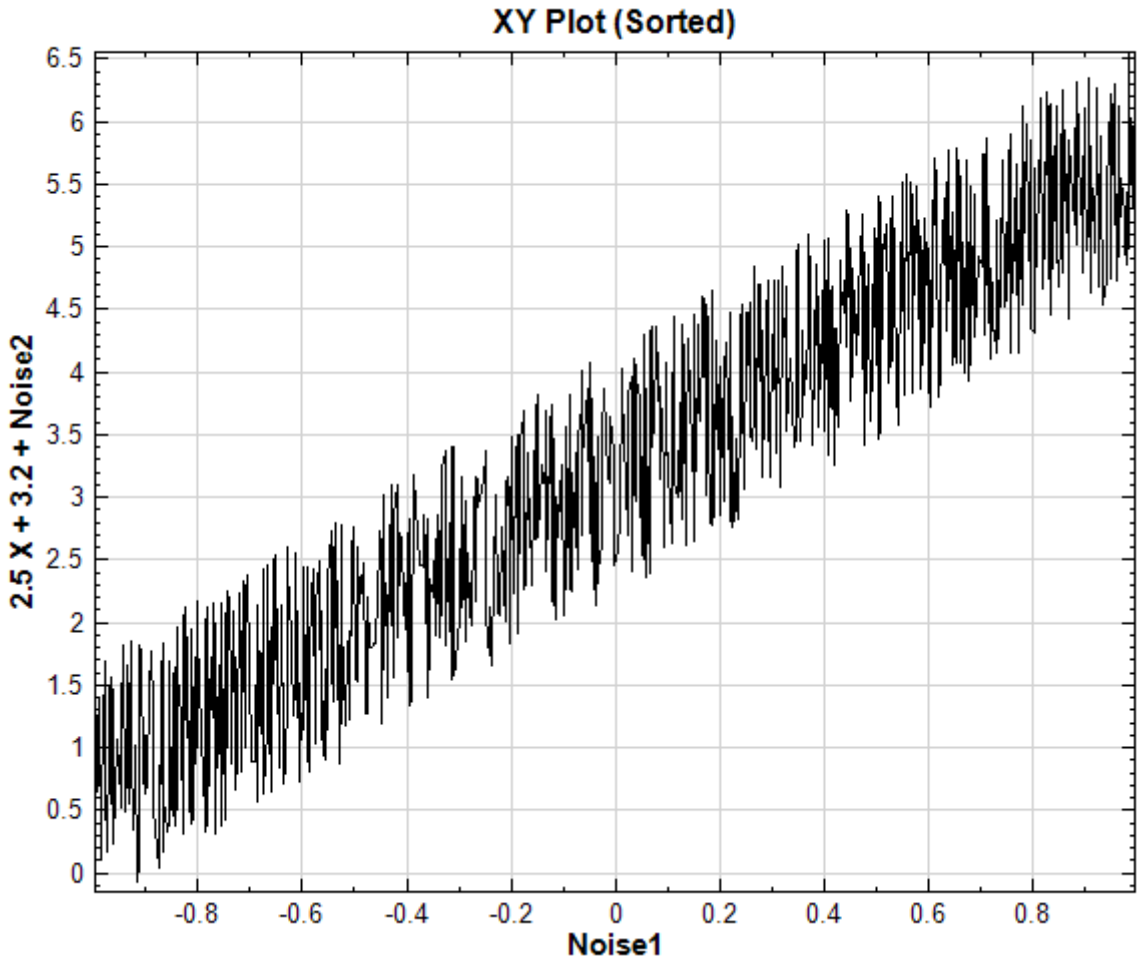
參數名稱	參數定義	預設值
MaxPointCount	繪圖用到的點數，由第一點開始計算。	1001
Sort Type	選擇如何將輸入資料之 X-Y 資料組排序： • None：無排序 • X：以 X 軸資料值排序 • Y：以 Y 軸資料值排序 • Magnitude：以 X-Y 之平方和值排序 • Phase：以 X-Y 之相位角值排序	None

在繪圖時，如果未將資料點與資料點之間的連線關閉（見【Channel Viewer】章節中的 PlotElemEditor 說明，即將 Line Width 設定為「None」），則 XY Plot Viewer 會依照原始資料的 X-Y 資料組的順序在資料點與資料點之間畫線條。如果原始訊號的 X-Y 資料組沒有任何順序，畫出來的圖線便會雜亂無章。下圖示範無排序之一組 X-Y 資料之 XY Plot：

- X 軸資料：Noise1
- Y 軸資料：2.5 * X + 3.2 + Noise2

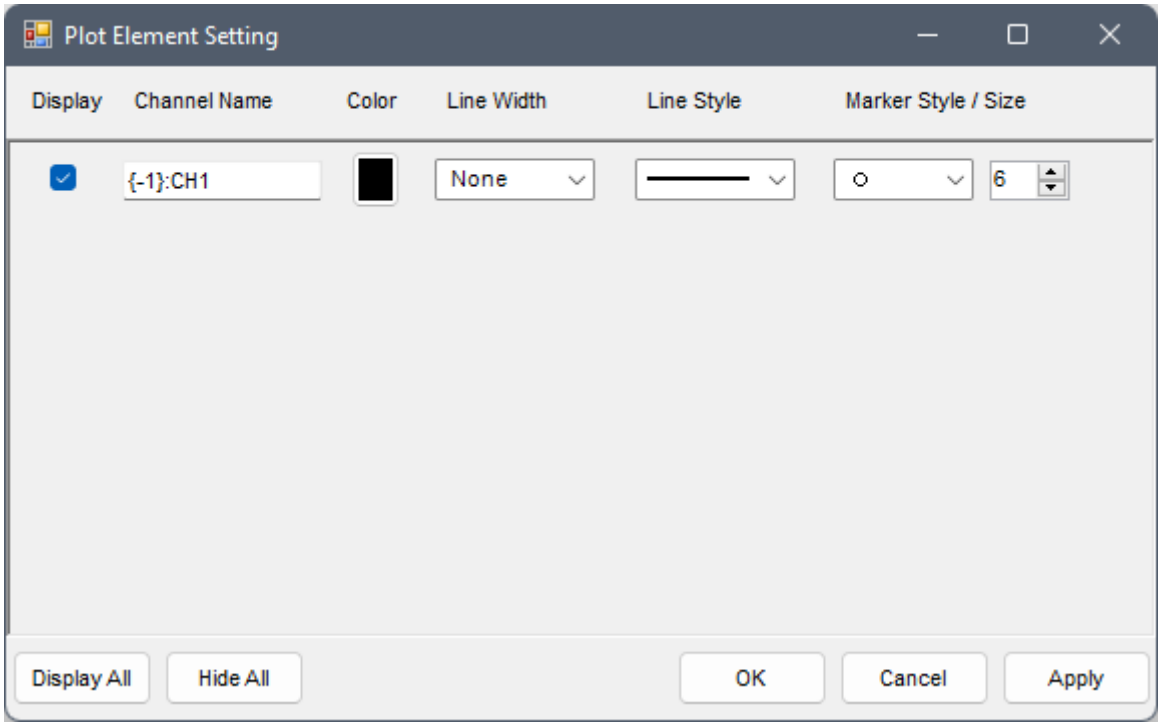


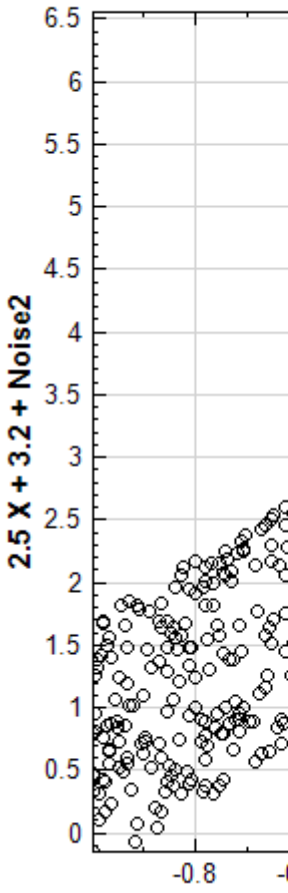
如果將 Sort Type 設為「X」，則 X-Y 資料組會以 X 軸的資料值排序後再繪圖，如下圖：



視原始資料型態，Sort Type 參數還提供其他排序方式，例如以 Y 軸資料值、X-Y 平方和值、X-Y 相位角值等方法排序，幫助畫出整潔的圖。

如果選擇不排序，單純以 Scatter Plot 的方式顯示資料點，則可在 XY Plot Viewer 之 PlotElemEditor 中將 Line Width 設為「None」，Marker Type 設為「o」，如下圖：

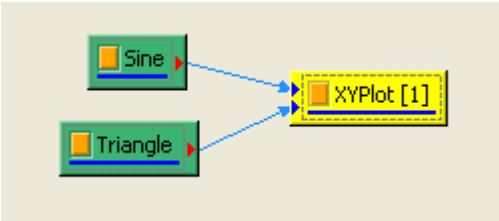


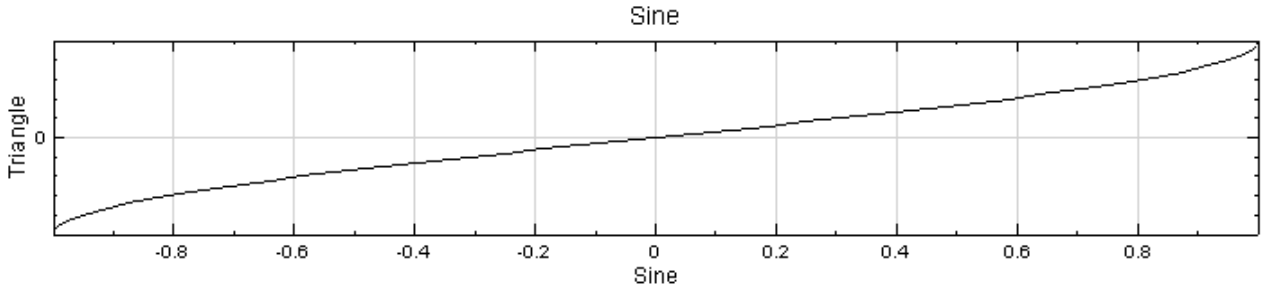


範例

用 Sine Wave 函數當 X 軸訊號，Triangle Wave 函數當 Y 軸訊號，再以 XY Plot Viewer 繪出。

1. 在 Source / Sine Wave 產生一個 Sine Wave，接著從 Source / Triangle Wave 建立一個 Triangle Wave，再以 XY Plot Viewer 繪出如下圖所示:

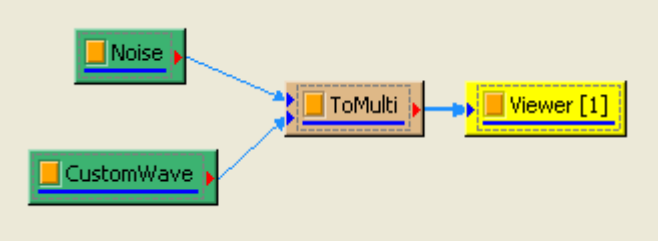


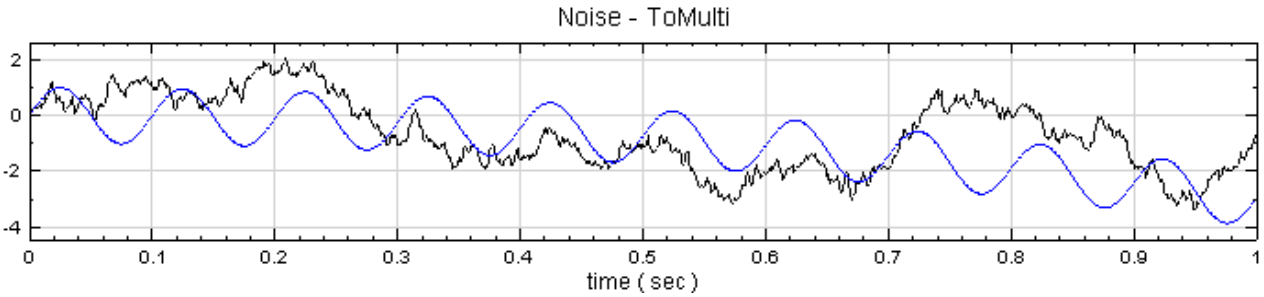


產生一個 Brownian Noise 與 CustomWave，用 Kernel Smoothing Density 計算密度函數值，再以 XY

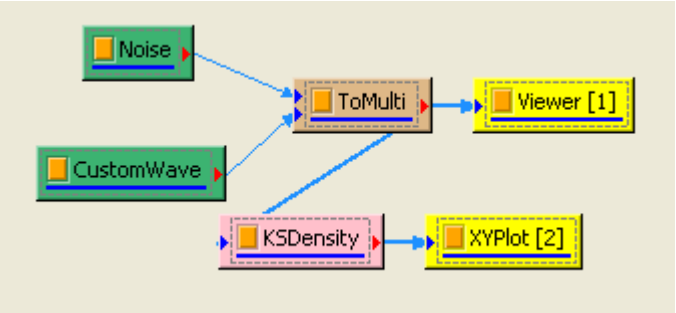
Plot Viewer 繪出。

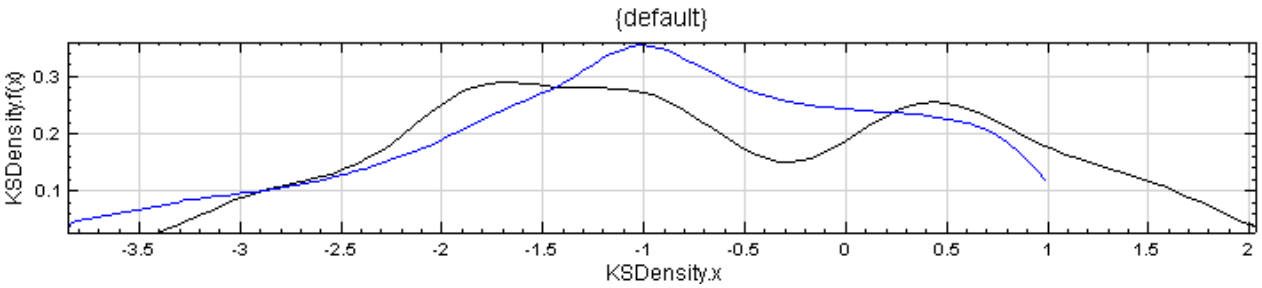
1. 在 Source / Noise 產生一個雜訊 Noise，調整 NoiseType 為 Brown；接著從 Source / Custom Wave 建立一個 Custom Wave，於 Expression 欄位輸入算式 `sin(2*pi*10*t)-3*t*t`；最後將兩組訊號以 Conversion / Merge To Multi-Channel 彙集於一個多通道訊號，再用 Viewer / Channel Viewer 將圖示繪製出來。





2. 在 ToMulti 後計算 Compute / Statistics / Kernel Smoothing Density，並將結果以 Viewer / XY Plot 繪出。



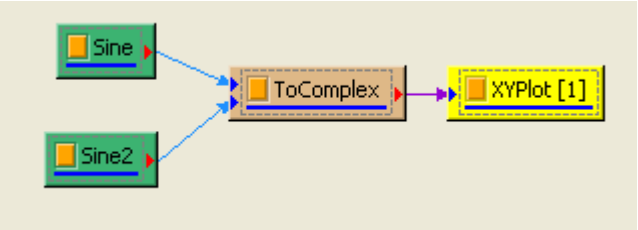


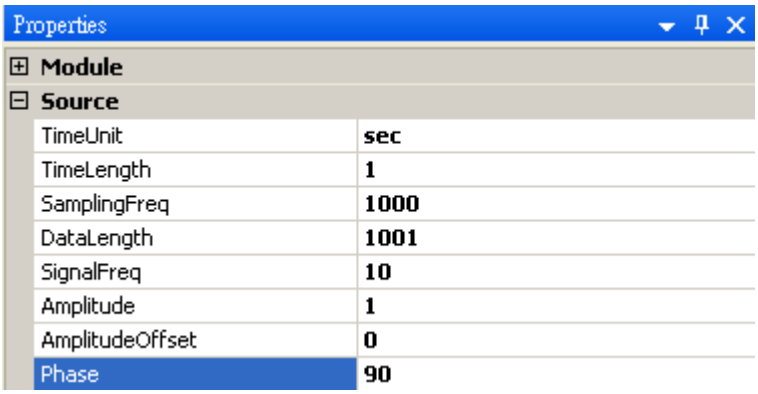
XY Plot 的 X 軸代表輸入訊號的奇數 Channel（訊號資料），Y 軸代表偶數 Channel（機率密度函數）。

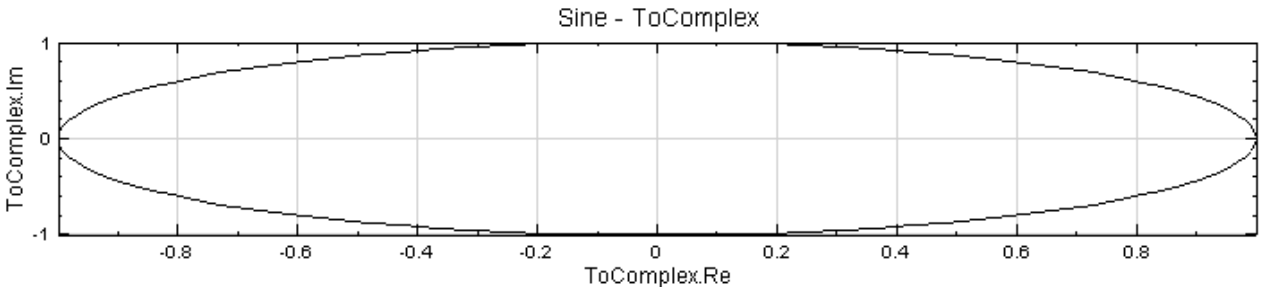
產生一組單通道複數資料，以 XY Plot Viewer 繪出。

1. 先在 Source / Sine Wave 產生一個 Sine Wave；接著依同樣方法再做一個 Sine Wave ，調整 Phase 為 90，便可產生一個 Cosine Wave。從 Conversion / To Complex 可將訊接轉為單通道複數資料，最

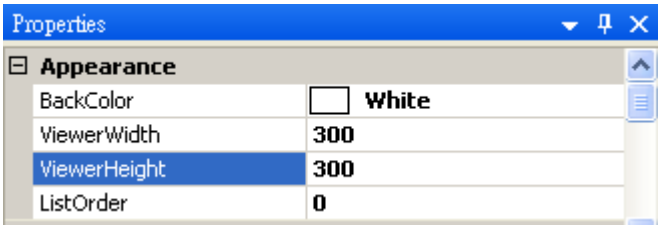
後以 XY Plot Viewer 繪出如下圖所示:

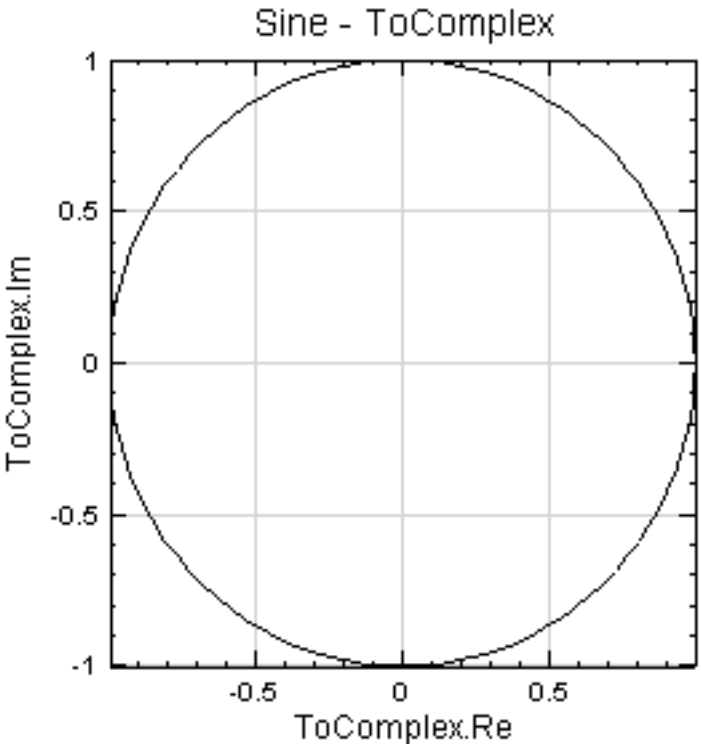






2. 調整 Viewer Width 以及 ViewerHeight 為 300，重新以 XY Plot Viewer 繪製，結果顯示如下圖所示:





相關指令

Channel Viewer、Kernel Smoothing Density

7.4 Histogram Viewer*

Only in Professional

利用 Histogram Viewer 可以簡單的繪製出統計直方圖。

說明

Histogram 是統計常用的一種繪圖方式。其作法是將所蒐集的數據、特性值或結果值用一定的範圍加以區分成幾個相等的區間做為橫軸，並將各區間內的測定值所出現的次數累積起來作為縱軸，即 X 軸代表區間；Y 軸代表區間內測定值出現的次數，以此為原則用柱形畫出直方圖。

參數設定

本模組接受實數（Real Number）、複數（Complex Number），單通道（Single Channel）或多通道（Multi-Channel），Regular 或 Indexed 的訊號（Signal）或聲音訊號（Audio ）輸入。參數 Appearance、Fonts and Colors、Grid 以及 Title 相同於 Channel Viewer ，這部分請參考 Channel Viewer 內容，下面說明 Histogram Viewer 所特有的參數。

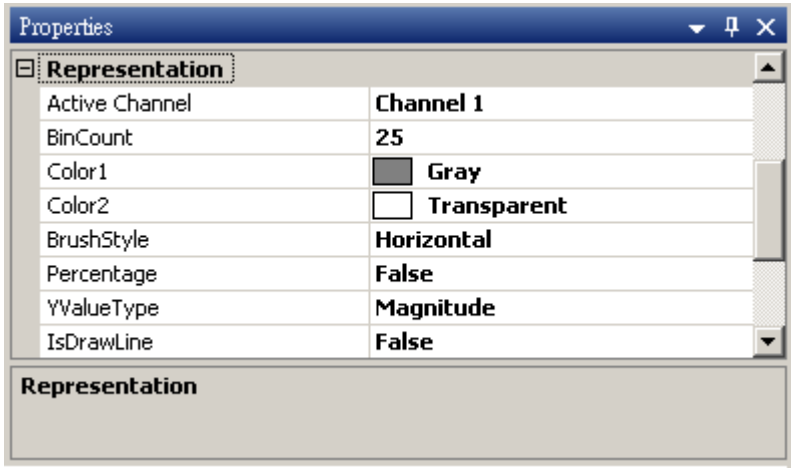


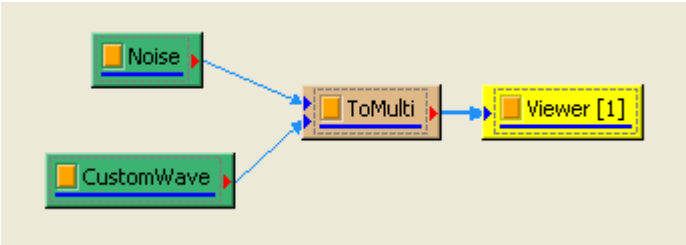
Table 7.14: Histogram Viewer 專有參數

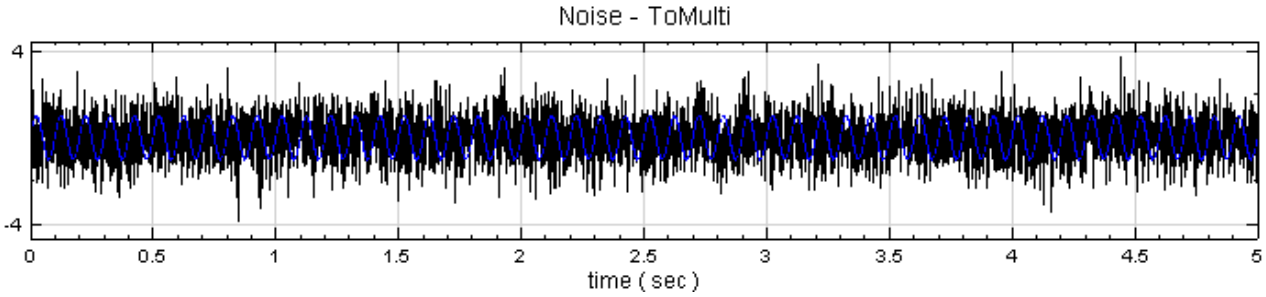
參數名稱	參數定義	預設值
Active Channel	當輸入訊號為 Mulni-Channel 時，可設定此參數來選擇要繪製哪個 Channel 的資料。	Channel 1
Bincount	設定直方圖要區分成幾個相等的區間。	25
Color1	設定直方條左半部的顏色。	Grey
Color2	設定直方條右半部的顏色。	Transparent
BrushStyle	設定顏色漸層的方向。	Horizontal
PercentStyle	切換 Y 軸顯示為百分比或者是次數。	False
YValueType	若輸入訊號為複數，調整 YValueType 可將值調為 Magnitude、Phase、Real、Image、Gain、Powerspectrum。	Magnitude
IsDrawLine	是否以線條連接各直方條頂端。	False

範例

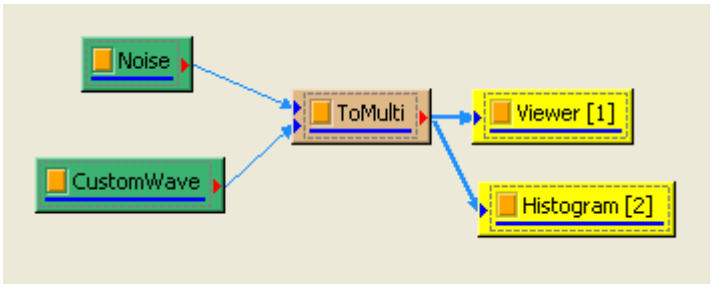
產生一個 Gaussion Noise 與 CustomWave，用 Merge to Multi-channel 產生一多通道訊號，再以 Box Plot Viewer 繪出兩訊號的方盒圖。

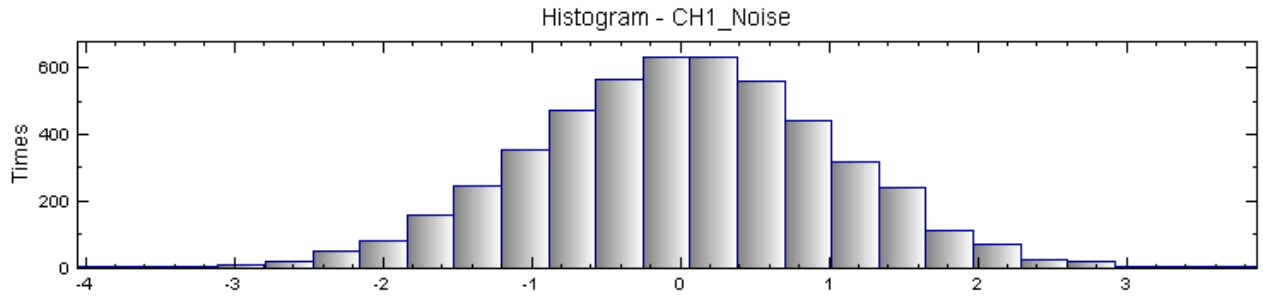
1. 在 Source / Noise 建立一個雜訊，調整 NoiseType 為 Gaussion；調整 TimeLength 為 5。另外在 Source / Custom Wave 建立一個 Custom Wave，從 TimeLength 調整時間長度為 5 秒。以 Conversion / Merge To Multi-Channel 將兩組訊號合成一多通道訊號，再用 Viewer / Channel Viewer 將圖繪製出來。



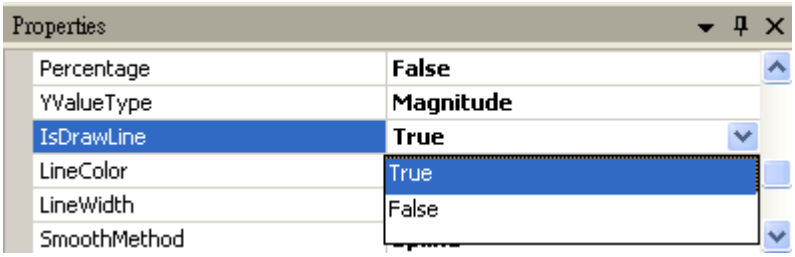


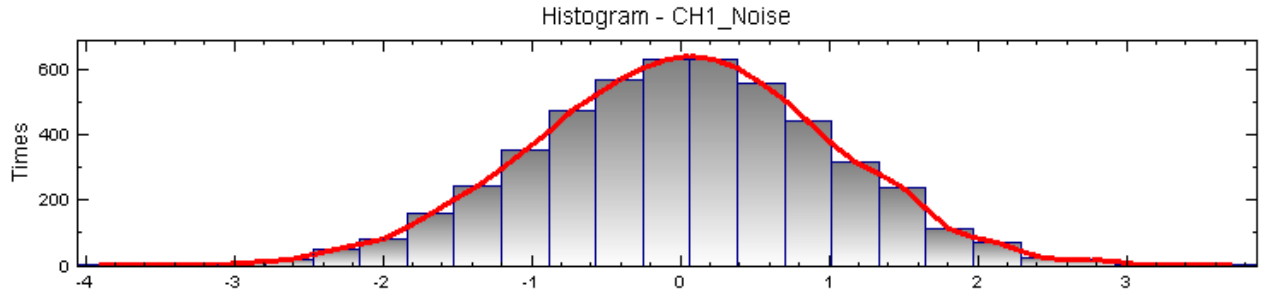
2. 將 ToMulti 以 Viewer / Histogram Viewer 畫圖。此時會畫出 Channel 1 的直方圖。



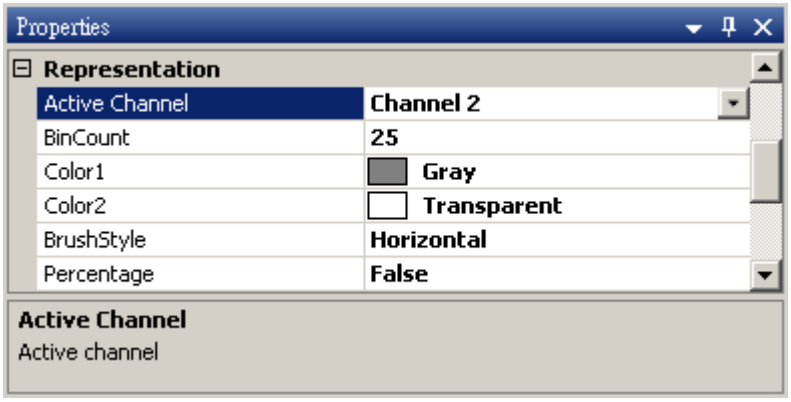


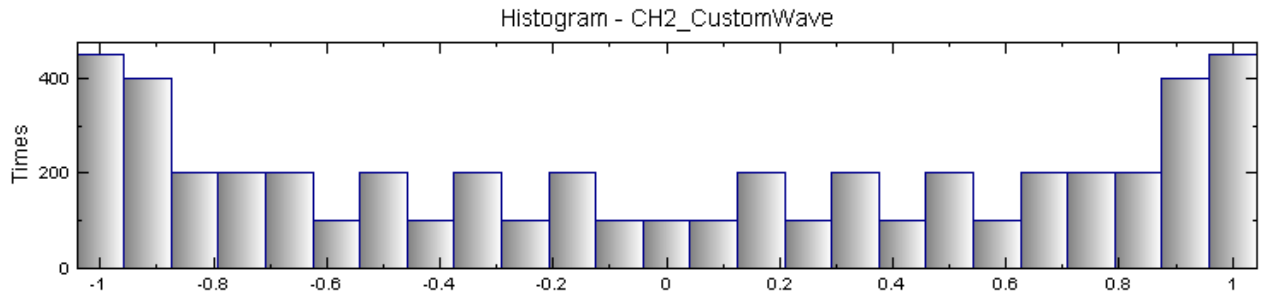
3. 改變 IsDrawLine 為 True，則直方圖上同時會顯示出線條，如下圖所示:



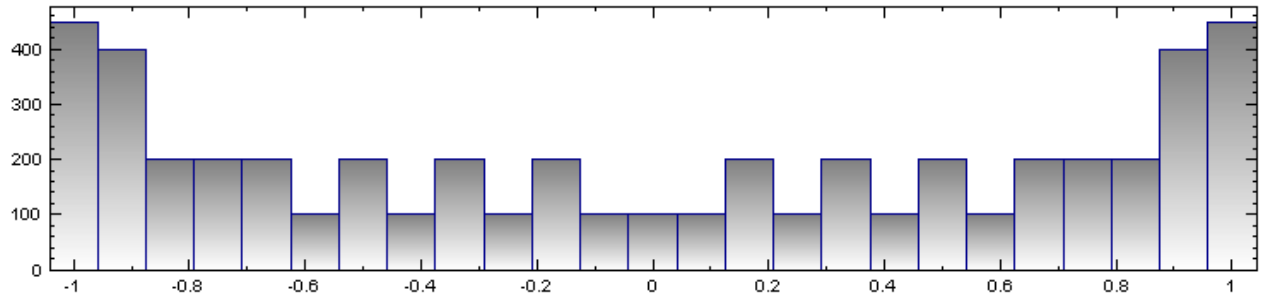


4. 改變 Active Channel 為 Channel 2，則直方圖會繪製 Channel 2 訊號。





5. 改變 BrushStyle 為 Vertical，則漸層的方向會轉為垂直方向。



相關指令

Box Plot Viewer、使用者介面、Merge To Multi-Channel

7.5 Bar Plot Viewer*

Only in Professional

繪製長條圖。

說明

Bar Plot Viewer 可將 Indexed 資料以長條方式繪圖顯示。長條圖類似 Channel Viewer 中的 Stem 繪圖形式，但長條的繪圖形式、著色等有更多的選項。

參數設定

本模組接受實數 (real number)、單通道 (single channel) 或多通道 (multi-channel)，Indexed 的訊號 (signal) 或數值（Numeric）資料輸入，只支援單一個訊號連入。參數 Appearance 、Fonts and Colors、Grid、Title 這些部分請參考 Channel Viewer，下面說明 Bar Plot Viewer 所特有的參數。

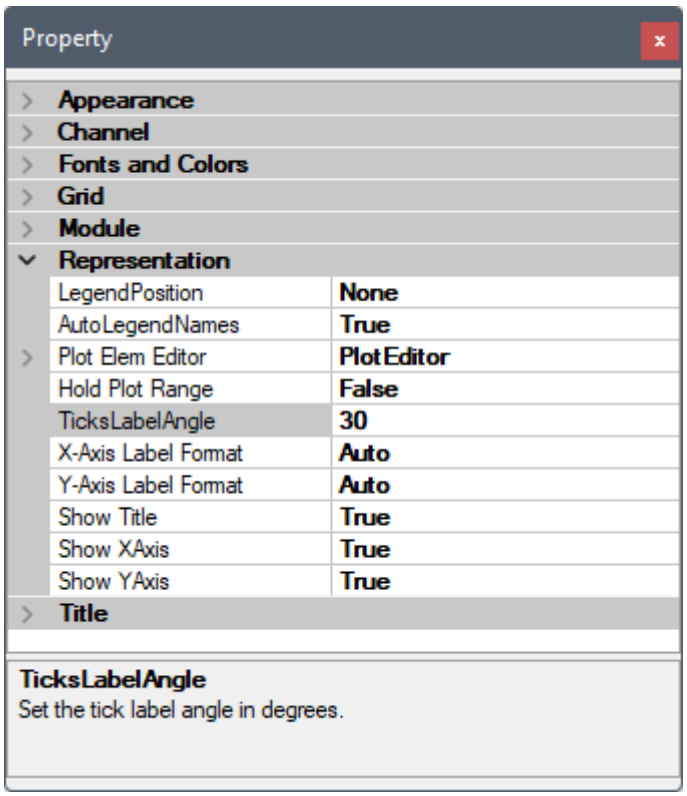


Table 7.15: Bar Plot 專有參數

參數名稱	參數定義	預設值
TicksLabelAngle	長條圖 X 軸座標標籤排列的角度（degree），0 為正常橫向排列 (0°)，90 為順時針旋轉 90° 直向排列（見下圖示範）	30

長條的顯示樣式設定如同 Channel Viewer 一樣要在 PlotElemEditor 對話窗裡設定，使用者可以直接在元件上雙擊開啟 PlotElemEditor 對話窗，或是在其參數欄位的右側點擊! Dots圖示開啟，如下圖：

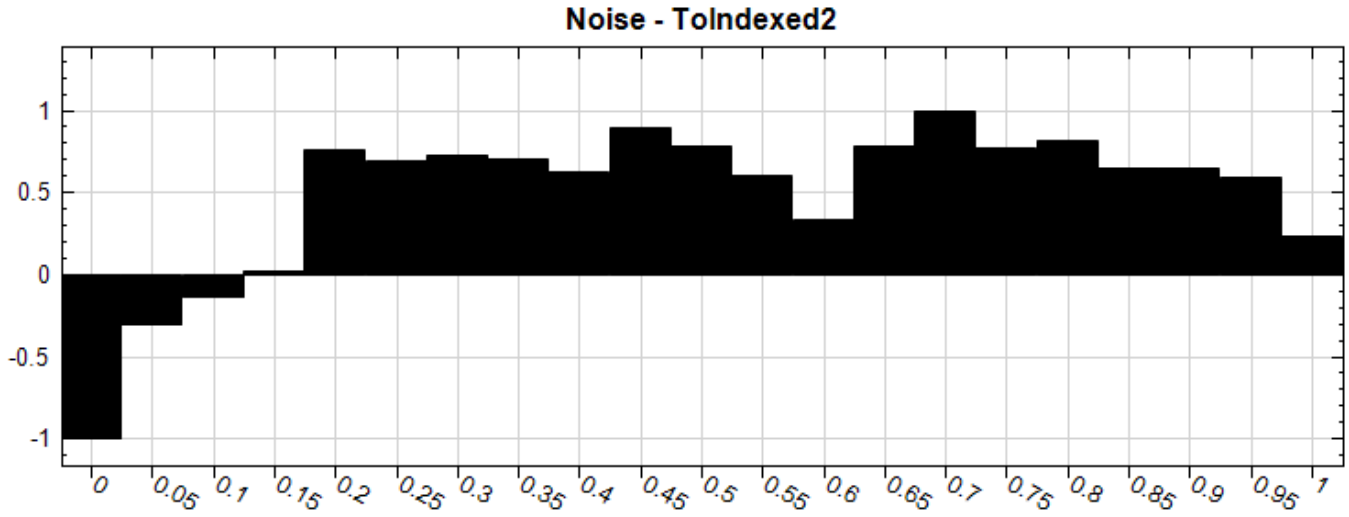
下表說明對話窗中各欄位設定：

Table 7.16: PlotElemEditor 欄位說明

欄位	說明	預設
Display	打勾選擇是否顯示該通道	Enabled
Bar Name	輸入訊號 Legend 中顯示的通道名稱	輸入資料通道名稱
Color	選擇線條顏色，點擊開啟標準系統顏色選擇對話窗	依照通道預設顏色
Line Width	選擇線條粗細，由最細（1）至最粗（10）	1
Line Style	選擇線條形式： • Solid：實線 • Dash：橫虛線 • Dot：點虛線 • DashDot：橫-點虛線 • DashDotDot：橫-點-點虛線	Solid
Gradient Style	選擇長條框內著色形式： • Solid：單色 • Horizontal：水平漸層色 • Vertical：垂直漸層色 • ForwardDiagonal：斜角漸層（左上右下） • BackwardDiagonal：斜角漸層（右上左下） • HorizontalCenterFade：水平中間漸層 • VerticalCenterFade：垂直中間漸層	Solid
Color1	長條框單色著色，或漸層第一顏色	依照通道預設顏色
Color2	長條框漸層第二顏色（單色時忽略）	

欄位	說明	預設
Auto	打勾自動設定長條寬度，長條之間緊貼無縫隙。多通道時應設為非自動，否則通道間的長條圖會重疊	Enabled
Bar Width	當取消 Auto 時設定長條寬度。多通道時各通道會偏移 10~15 個像素左右，所以將長條寬度設為 15 以下便可以在每個資料點上顯示所有通道的長條圖（見下圖示範）	15

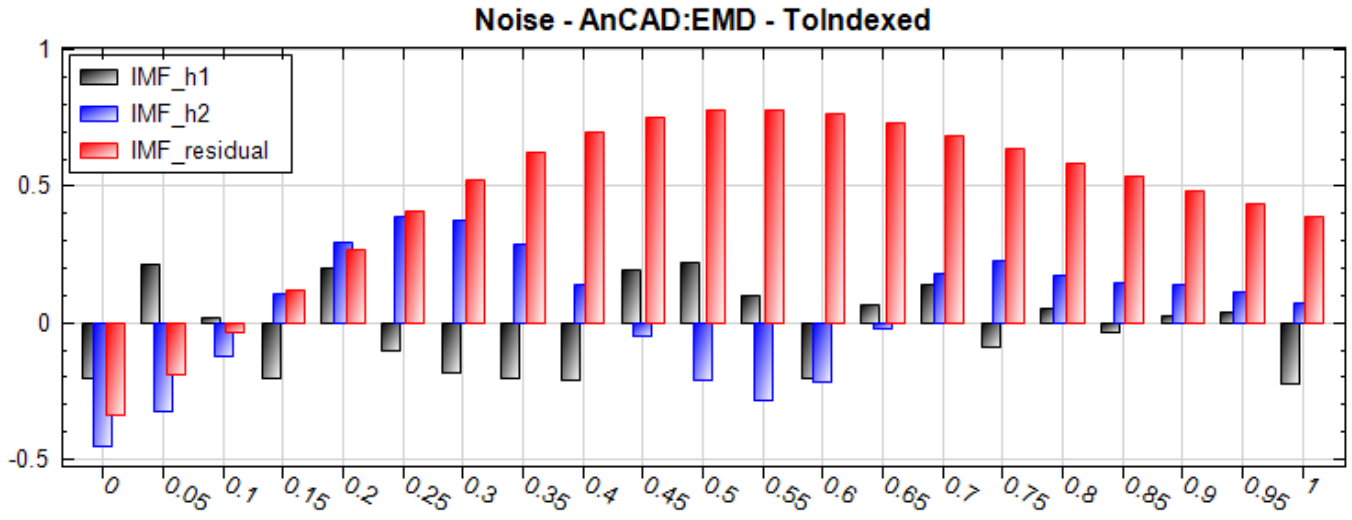
下圖為單一通道 20 資料點之 Brown Noise 訊號用 Convert To Indexed 轉換成 Indexed 訊號輸入，所有 Bar Plot Viewer 參數為上述之預設：



下圖為同一 Noise 訊號經過 AnCAD:EMD 元件分解為三通道再轉換為 Indexed 訊號輸入，將 Bar Plot Viewer 之一些參數按照下表修改：

Table 7.17: 多通道訊號 PlotElemEditor 參數修改

欄位	位置	設定
LegendPosition	Properties	TopLeft
Gradient Style	PlotElemEditor	ForwardDiagonal
Auto	PlotElemEditor	Disabled
Bar Width	PlotElemEditor	10



相關指令

Noise、Convert To Indexed、AnCAD:EMD

7.6 Box Plot Viewer*

Only in Professional

繪製方盒圖。

說明

Box Plot Viewer 是統計常用的一種繪圖方式。將一群組的數值以中位數、四分之一位數及四分之三位數為基礎，繪出一方盒，用連接至方盒的直線表示數列的極大值與極小值，藉以展現群組的統計資訊。

參數設定

本模組接受實 (real number)、複數 (complex number)，單通道 (single channel) 或多通道 (multi-channel)，regular 或 Indexed 的訊號（signal）或聲音訊號（audio）輸入，且支援多個訊號連入。參數 Appearance 、Fontsand Colors、Grid、Title 這些部分請參考 Channel Viewer，下面說明 Box Plot Viewer 所特有的參數。

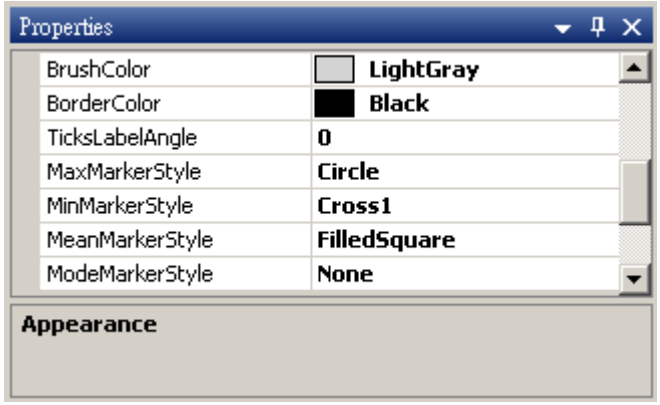


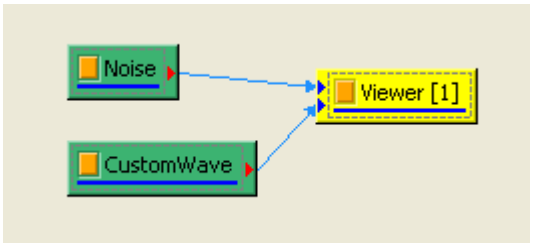
Table 7.18: Box Plot 專有參數

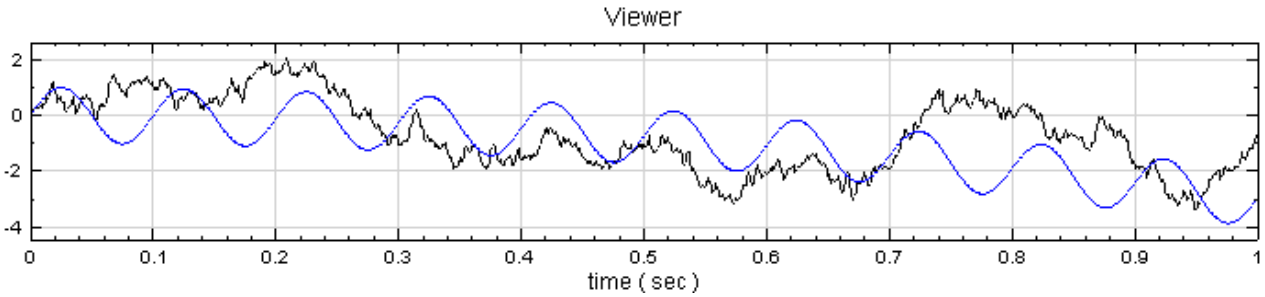
參數名稱	參數定義	預設值
BrushColor	繪製方盒內部的筆刷顏色。	LightGrey
BorderColor	繪製方盒邊界的筆刷顏色。	Black
TicksLabelAngle	方盒圖下方標題文字排列的角度（degree）。	0
MaxMarkerStyle	畫數列中最大值所使用的符號。	Circle
MinMarkerStyle	畫數列中最小值所使用的符號。	Cross1
MeanMarkerStyle	畫數列中平均值所使用的符號。	FilledSquare

範例

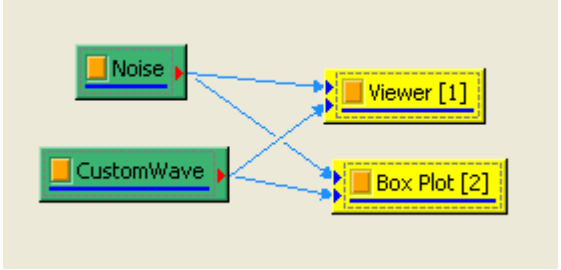
產生一個 Brownian Noise 與 CustomWave，用 Channel Viewer 繪出訊號後，再以 Box Plot Viewer 繪出兩訊號的方盒圖。

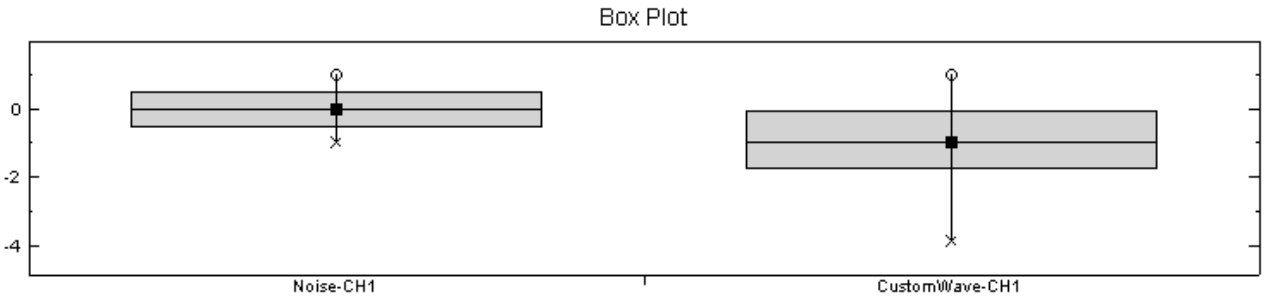
1. 在 Source / Noise 建立一個雜訊 Noise，調整 NoiseType 為 Brown，接著在 Source / Custom Wave 建立一個 CustomWave，在 Expression 欄位輸入算式 `sin(2*pi*10*t)-3*pow(t,2)`，最後再將兩組訊號彙集於同一個 Channel Viewer 中，接著執行後會得到如下圖所示的結果。





2. 在 Viewer / Box Plot Viewer 建立一個 Box Plot Viewer，接著將 Noise 與 CustomWave 連入 Box Plot Viewer，即可畫出含有兩個方盒的方盒圖。





相關指令

TF Viewer，使用者介面，Convert From Complex。

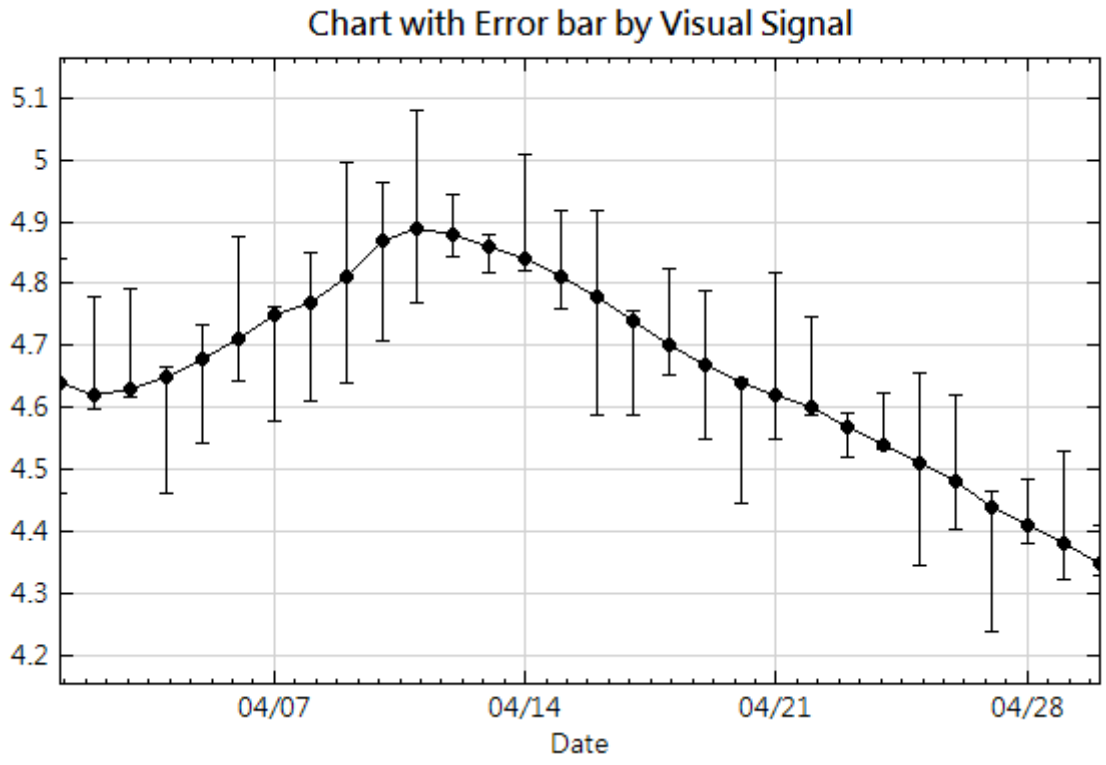
7.7 Error Bar Viewer*

Only in Professional

Error Bar Viewer 為可畫出誤差線之繪圖工具。

說明

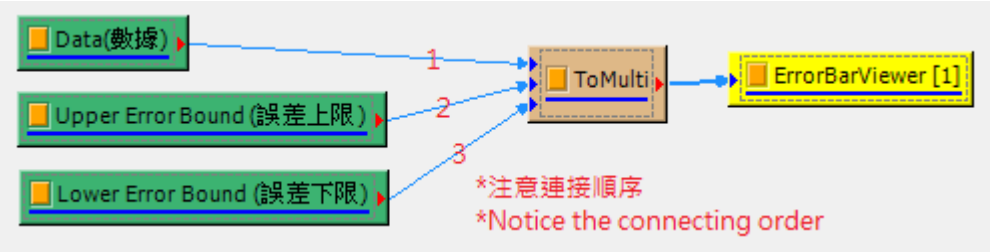
通常在做實驗、量測數據都會有誤差產生，若要將此誤差量表現在圖表中，用以說明數據點的可信度或準確性時，便可利用 Error Bar Viewer。下圖為 Error Bar Viewer 可繪出的典型樣式。



使用說明

本模組要求數據、誤差上限、誤差下限三個時間序列必須“依序”存在於同一個輸入（Input ）之中。連接至本模組之輸入若不恰好含有三個通道（Channel），皆會跳出錯誤訊息。

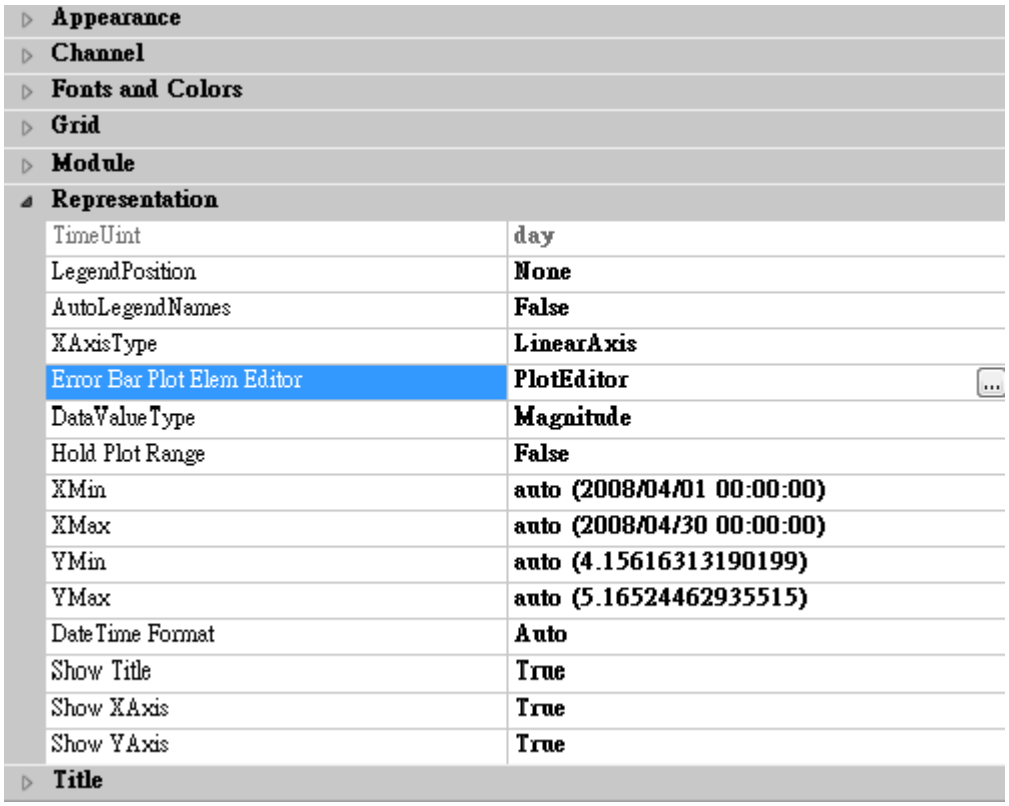
若數據、誤差上限、誤差下限三者不在同一個輸入之中，可以利用Merge to Multi-channel將其並排於同一輸入的不同通道中，再接至 Error Bar Viewer，如下圖所示。



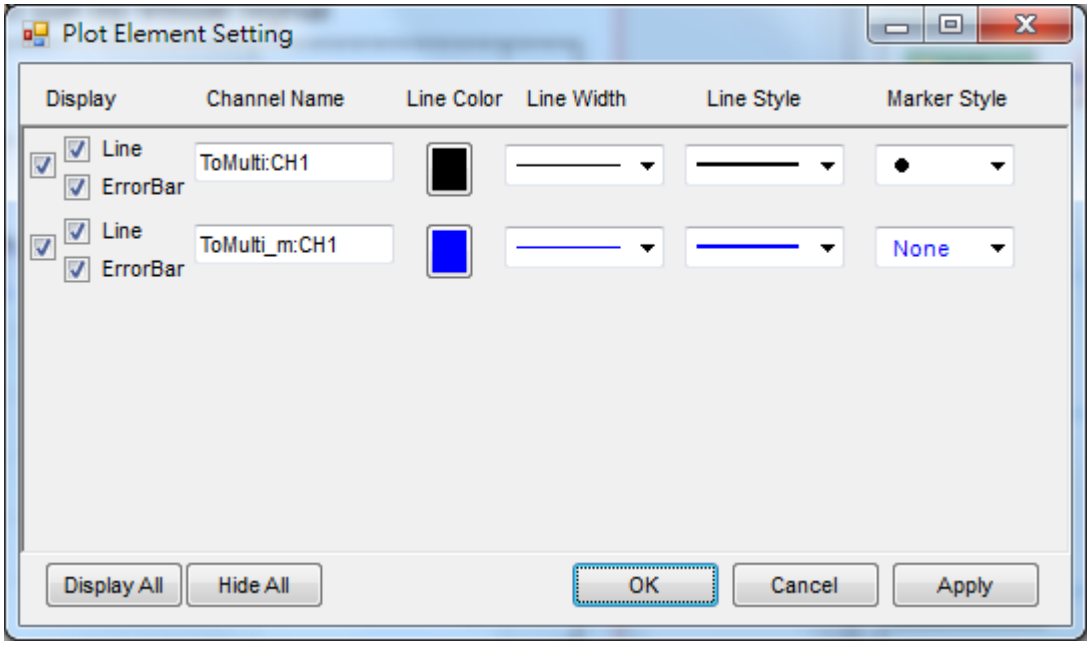
參數說明

本模組接受多通道（Multiple-Channel）, Regular 的一般訊號（Signal）及音源訊號（Audio）。特別注意當單一輸入之通道數不等於 3 時會出現錯誤訊息。其餘可調整之參數，如以下說明。

與Channel Viewer 相同，Error Bar Viewer 之參數有 Appearance 、Channel、Font and Colors、Module、Representation、Module、Representation、Title 七大類，每一大類中的參數，其使用方式也與多數的 Viewer 相同，在此不再贅述。僅有 Representation 下的 Error Bar Plot Element Editor 為此模組專屬。



打開 Error Bar Plot Editor ，會跳出如下圖之視窗：



可以選擇是否要在圖中顯示誤差線，為數列命名，以及調整數據點的標記類型與顏色。目前誤差線的顏色不能與數據點的顏色分開設定。

相關指令

Channel Viewer

7.8 Annotation（標註元件）*

Only in Professional

資料呈現在 Channel Viewer 及 XY Plot 時，可以在圖上加上標註與畫上線條。

說明

此群組包含水平線（HLine）、垂直線（VLine）、直線（Line）、水平區域（HRegion）、垂直區域（VRegion）、矩型（Rect）、橢圓（Ellipse）、文字（Text，包括數值標籤模式）等標註功能。

每個標註元件在圖上的位置是以該 Channel Viewer 或 XY Plot 的座標軸為依據繪於圖上，使用者可以在對應的參數（Position、Start、End 等）欄位中輸入座標值，也可直接使用滑鼠拖拉標註至適當的位置，拖拉後位置對應的參數會即時更新。拖拉時，將滑鼠游標移至標註圖樣上，此時滑鼠游標會由箭頭變成以下幾種游標：

Table 7.19: 滑鼠控制游標類型

游標類型	說明
	當滑鼠游標移至以下標註區域時，會出現此游標： • 垂直線（VLine）上：可上下移動垂直線 • 垂直區域（HRegion）上緣與下緣：可上下移動區域上下緣，改變垂直區域大小 • 矩形（Rect）或橢圓（Ellipse）的上緣與下緣：可上下移動上下緣，改變垂直大小
	當滑鼠游標移至以下標註區域時，會出現此游標： • 水平線（HLine）上：可左右移動水平線 • 垂直區域（HRegion）左緣與右緣：可左右移動區域左右緣，改變水平區域大小 • 矩形（Rect）的上緣與下緣：可上下移動上下緣，改變矩形水平大小 • 橢圓（Ellipse）的上緣與下緣：可上下移動上下緣，改變橢圓水平大小
	當滑鼠游標移至以下標註區域時，會出現此游標： • 矩形（Rect）的左上角與右下角：可改變矩形大小 • 橢圓（Ellipse）的左上角與右下角：可改變橢圓大小
	當滑鼠游標移至以下標註區域時，會出現此游標： • 矩形（Rect）的右上角與左下角：可改變矩形大小 • 橢圓（Ellipse）的右上角與左下角：可改變橢圓大小
	當滑鼠游標移至以下標註區域時，會出現此游標： • 矩形（Rect）內部：可移動矩形位置 • 橢圓（Ellipse）內部：可移動橢圓位置 • 文字（Text）內部：可移動文字位置 • 文字數值標籤模式之資料點上：可移動資料點位置
	當滑鼠游標移至直線（Line）標註之兩端時，會出現此游標，可改變直線兩端的位置

共有參數設定

Table 7.20: 共有參數

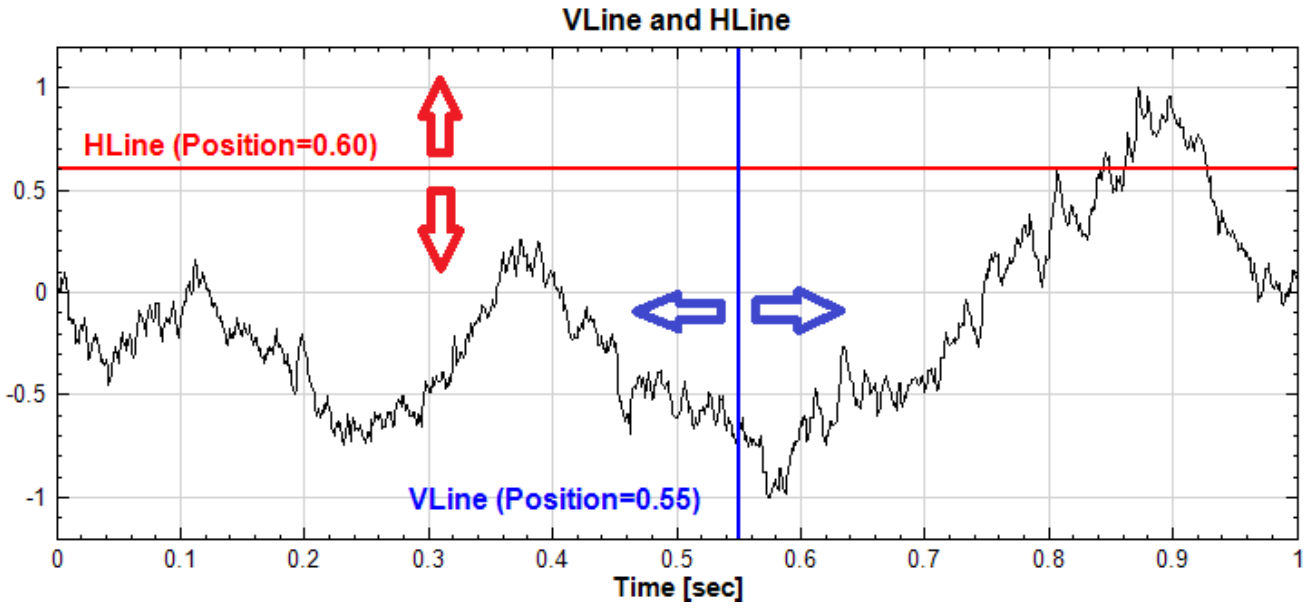
參數名稱	參數定義	預設值
ZOrder	圖型所在的層，越上面越大。原資料是第零層。所以 -1 就壓在原資料下面，反之 1 為壓掉原資料	-1

水平與垂直線相關參數

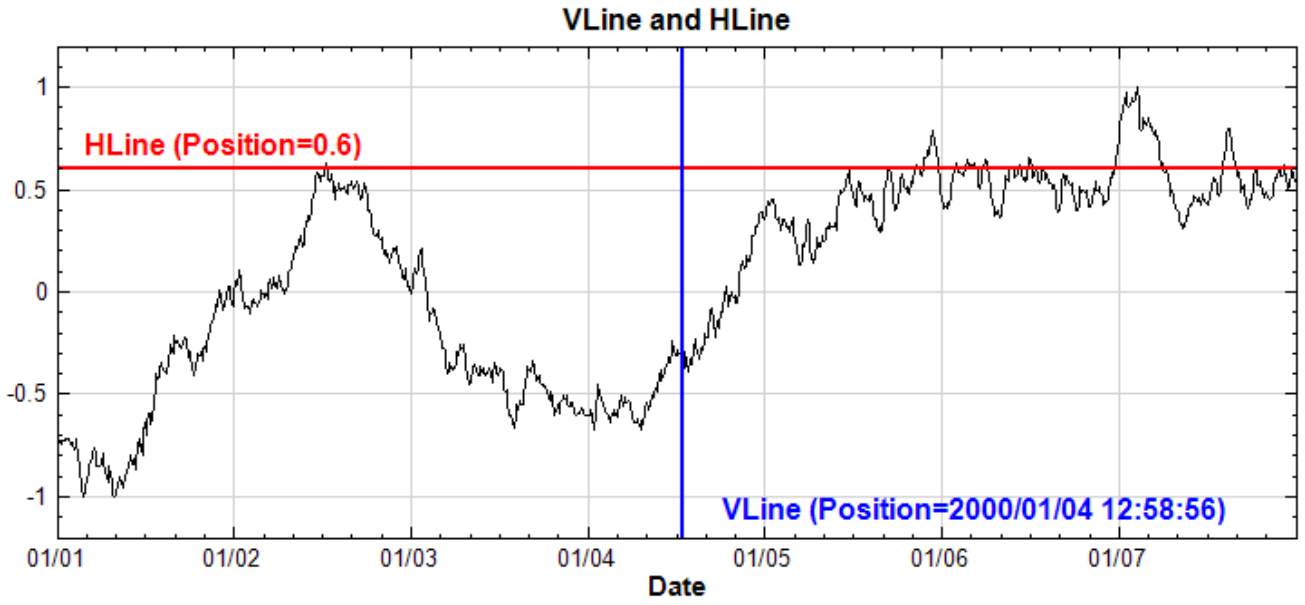
Table 7.21: HLine（水平線標註功能）與 VLine（垂直線標註功能）之參數

參數名稱	參數定義	預設值
LinePen	線條的繪圖設定。可設定顏色（Color）、線條樣式（DashStyle）、與線條寬度（Width）	Color = Red DashStyle = Solid Width = 1
Position	線條所在之座標點。若為水平線則為 Y 軸座標，若為垂直線則為 X 軸座標。若為日時 X 軸座標，則必須輸入.NET 接受之【標準日時格式】的日期／時間	相關座標的中央點
PixelIndent	邊界之線條空白寬度，若設為 0 則線條兩端與上下或左右邊框連接在一起	0
EnableLabel	設為 True 時開啟線條標籤功能，可將 Position 數值或其他文字顯示在線條旁邊	False

下圖展示 HLine（紅線）與 VLine（藍線）以及其對應之 Position 參數值。與線條顏色對應的箭頭為滑鼠可以拖拉的方向：



如果水平軸為日時軸，則 Position 參數值為日時：



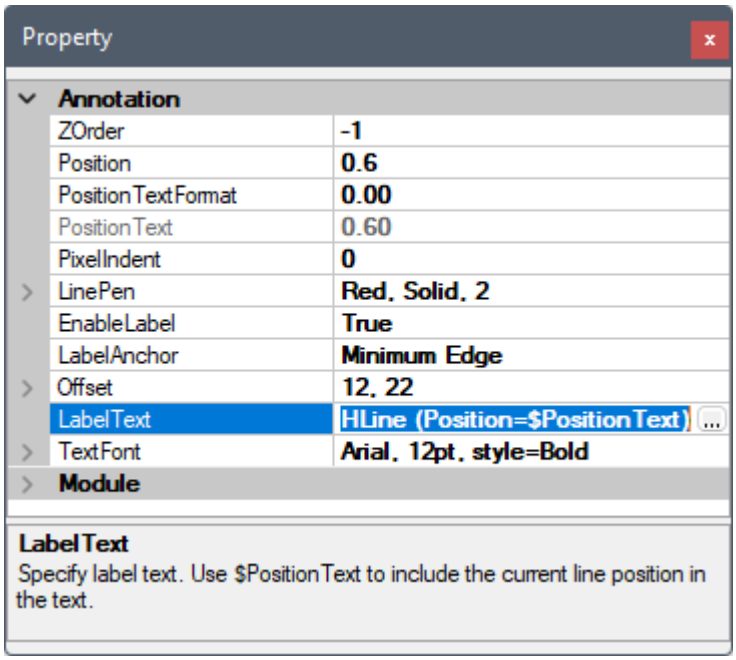
如上圖所示，水平與垂直線支援標籤功能，EnableLabel 設為 True 後可開啟標籤功能，可將 Position 參數值或其他文字顯示在線條旁。以下為標籤功能開啟後出現的相關參數：

Table 7.22: 水平或垂直線標籤功能相關參數

參數名稱	參數定義	預設值
PositionTextForma	位置座標數值的格式。請參考.NET 【標準數值格式】及【客製數值格式】。若為日時 X 座標，則參考【標準日時格式】及【客製日時格式】。設定為空白則採用預設自動格式	
PositionText	顯示依照 PositionTextFormat 設定格式之線條標籤文字	
LabelAnchor	標籤左上角的錨點，標籤的實際位置為錨點加上 Offset： • Minimum Edge （座標軸最小值邊緣） • Maximum Edge （座標軸最大值邊緣） • Center （座標軸中央點） 使用者也可以用滑鼠拖拉圖上的標籤至任何位置，此時會自動計算最接近的錨點並更新。	Center
Offset	從錨點開始偏移的 `<x>, <y>` 像素數，此 Offset 值加上錨點的位置為標籤左上角的實際位置： • $x > 0$：錨點右方 • $x < 0$：錨點左方 • $y > 0$：錨點上方 • $y < 0$：錨點下方 使用者也可以用滑鼠拖拉圖上的標籤至任何位置，此時會自動計算最接近的錨點以及其 Offset 值並更新。預設值依照水平或垂直線、錨點、文字字型等設定而有不同，通常會在標籤與線條及圖框中間保留大約 10 像素點的空白	(Various)
LabelText	標籤文字。可以輸入任何文字，或是用「`$<property>`」語法參照其他參數數值。使用者也可以點擊欄位右方的 … 開啟參數瀏覽器選擇欲參照的參數值，（詳情請參考【參數參照】章節說明）	`$PositionText`

參數名稱	參數定義	預設值
TextFont	文字字型，包括大小、字體、樣式，支援的種類依系統所擁有的字型而定	

下圖為上面範例中 HLine 所用的參數：



其中 LabelText 的參數值為

`HLine (Position=$PositionText)`，

其中「`$PositionText`」為參數參照，插入 PositionText 的參數值（`0.60`），其他文字會一字不變的顯示，結合起來則實際顯示在圖上的標籤文字則變為

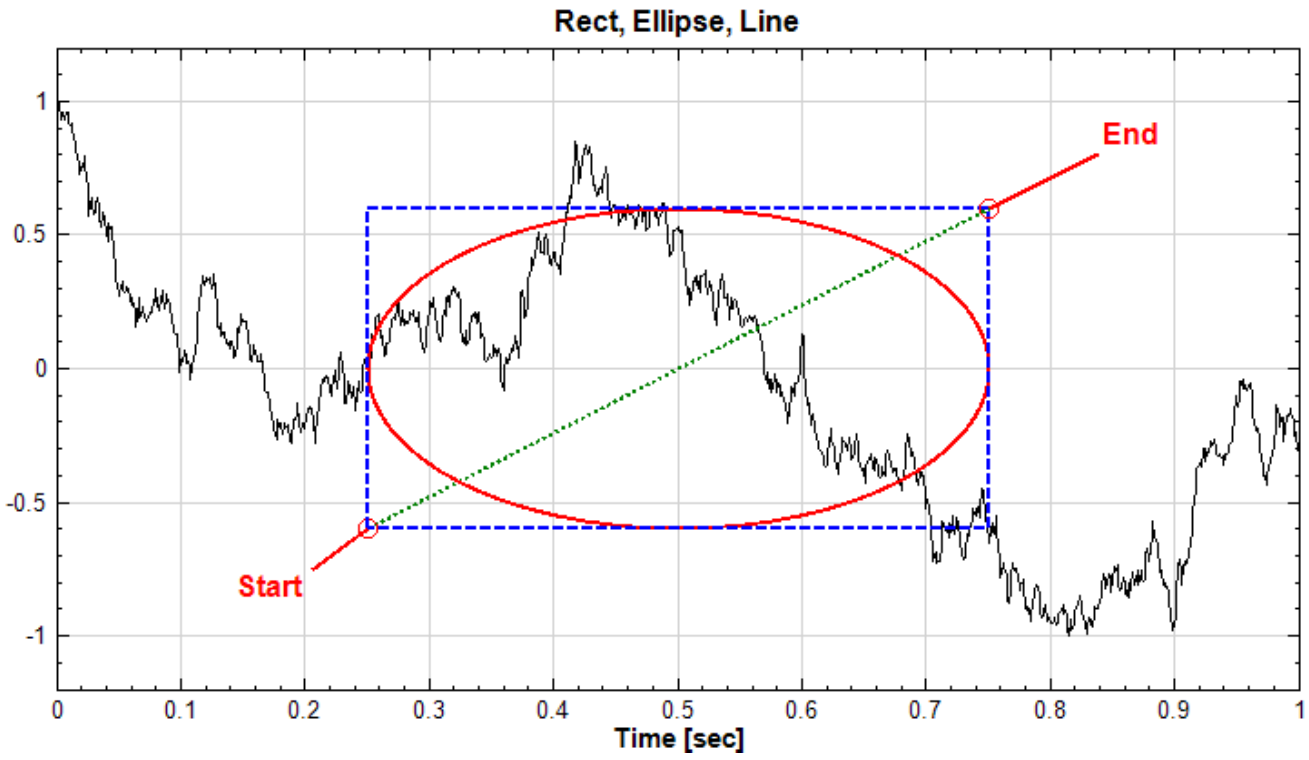
`HLine (Position=0.60)`。

直線、矩形、橢圓相關參數

Table 7.23: Line（直線標註）、Rect（矩型標註）、Ellipse（橢圓標註）之參數

參數名稱	參數定義	預設值
LinePen	線條的繪圖設定。可設定顏色（Color）、線條樣式（DashStyle）、與線條寬度（Width）	Color = Red DashStyle = Solid Width = 1
Start	圖型座標起點 `{X=<x>,Y=<y>}`，若為矩型或橢圓，則起點設定在左下角。預設值由位置在圖形正中央，大小為圖形的一半而計算之。	Various 見下表
End	圖型座標終點 `{X=<x>,Y=<y>}`，若為矩型或橢圓，則終點設定在右上角。預設值由位置在圖形正中央，大小為圖形的一半而計算之。	Various 見下表

下圖展示 Start 與 End 與標註在圖形中的關係：



圖中的直線（綠線）、矩形（藍線）、橢圓（紅線）都為預設大小及位置，在圖中顯示的座標軸中換算成參數值為：

Table 7.24: Start & End 參數預設值

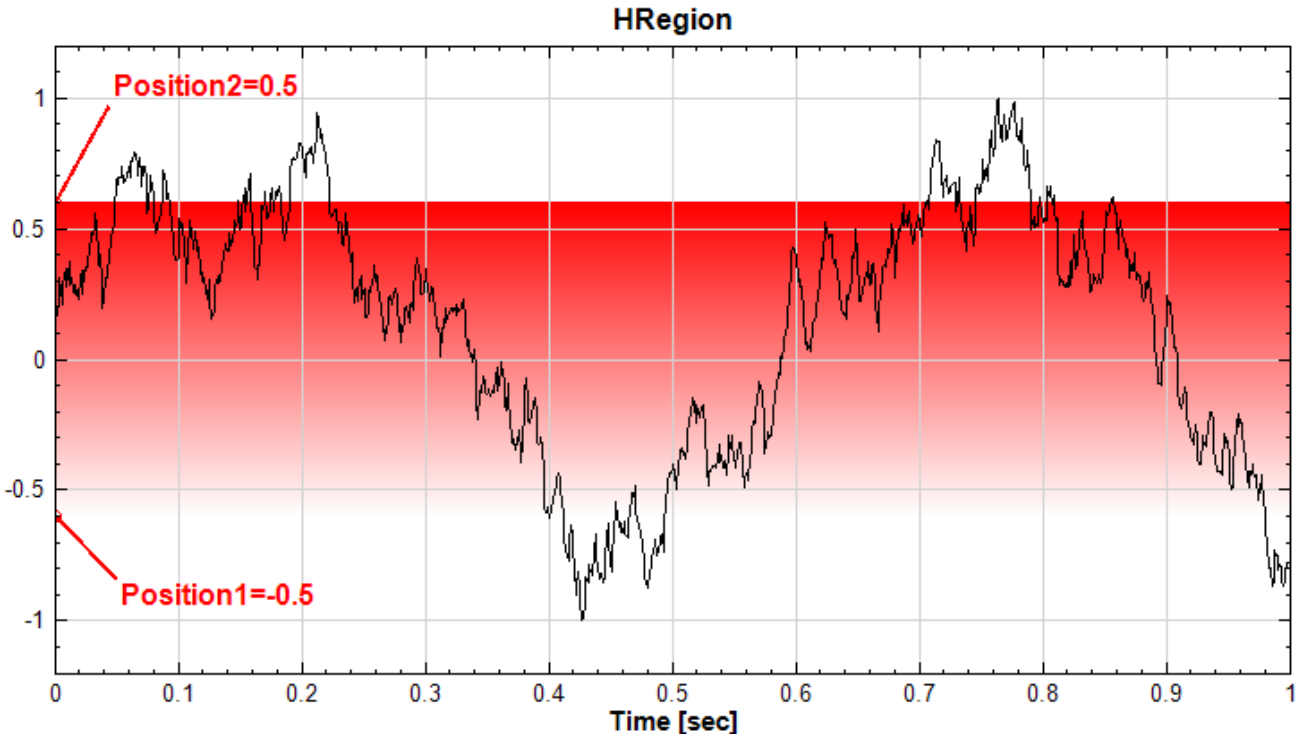
參數名稱	預設參數值
Start	{X=0.25,Y=-0.6}
End	{X=0.75,Y=0.6}

水平與垂直區域相關參數

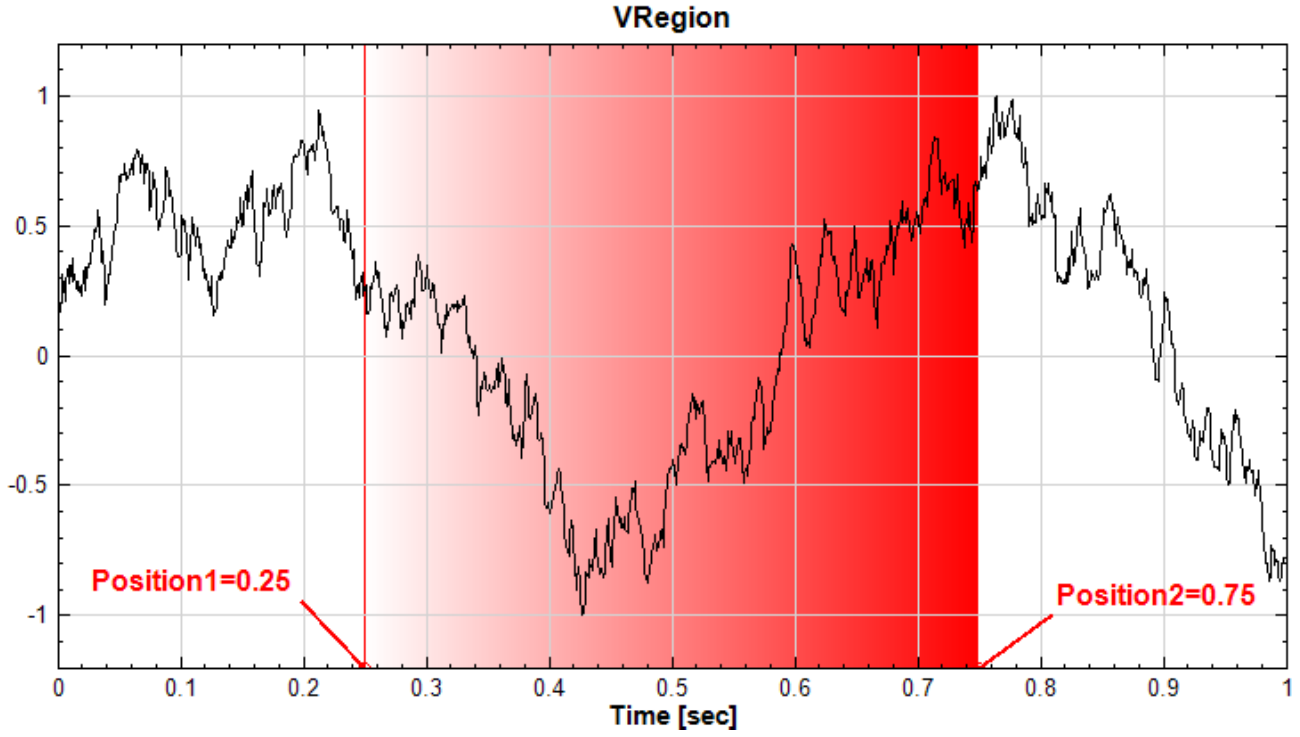
Table 7.25: HRegion（水平區域面積標註）與 VRegion（垂直區域面積標註）之參數

參數名稱	參數定義	預設值
ZOrder	因為整片區域著色會蓋過圖形最底層的方格，因此預設值設為一個很大的負數。如果方格不是很重要，或覺得區域中有方格不美觀，可以改回跟其他標註一樣的 -1，即標註區域畫在方格之上，資料線之下	-2000
Position1	繪圖之座標起點。若為水平區域則為 Y 軸座標，若為垂直區域則為 X 軸座標。預設值由位置在圖形正中央，大小為圖形垂直高度或水平寬度一半而計算之。	Various 見下表
Position2	繪圖之座標終點。若為水平區域則為 Y 軸座標，若為垂直區域則為 X 軸座標。預設值由位置在圖形正中央，大小為圖形垂直高度或水平寬度一半而計算之。	Various 見下表
PixelIndent	邊界之線條空白寬度	0
Color1	起點之顏色	Red
Color2	終點之顏色。中間區域之顏色為 color1 與 color2 以漸層之方式以整張圖比例混合	White

下圖展示 Position1 與 Position2 與 HRegion 標註在圖形中的關係：



下圖展示 Position1 與 Position2 與 VRegion 標註在圖形中的關係：



圖中所有相關參數都為預設大小及位置，在圖中顯示的座標軸中換算成參數值為：

Table 7.26: Position1 & Position2 參數預設值

參數名稱	HRegion	VRegion
Position1	-0.6	0.25

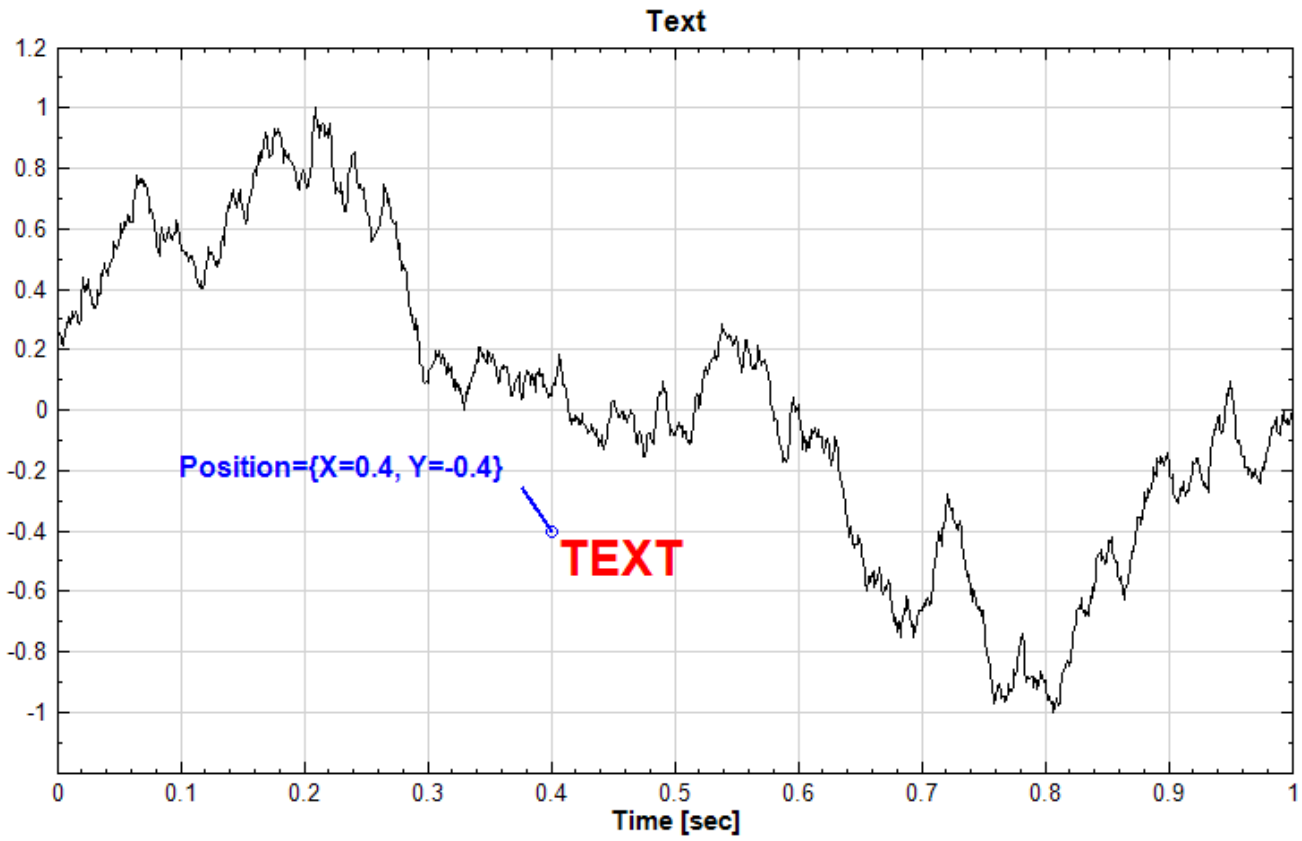
參數名稱	HRegion	VRegion
Position2	0.6	0.75

文字與數值標籤相關參數

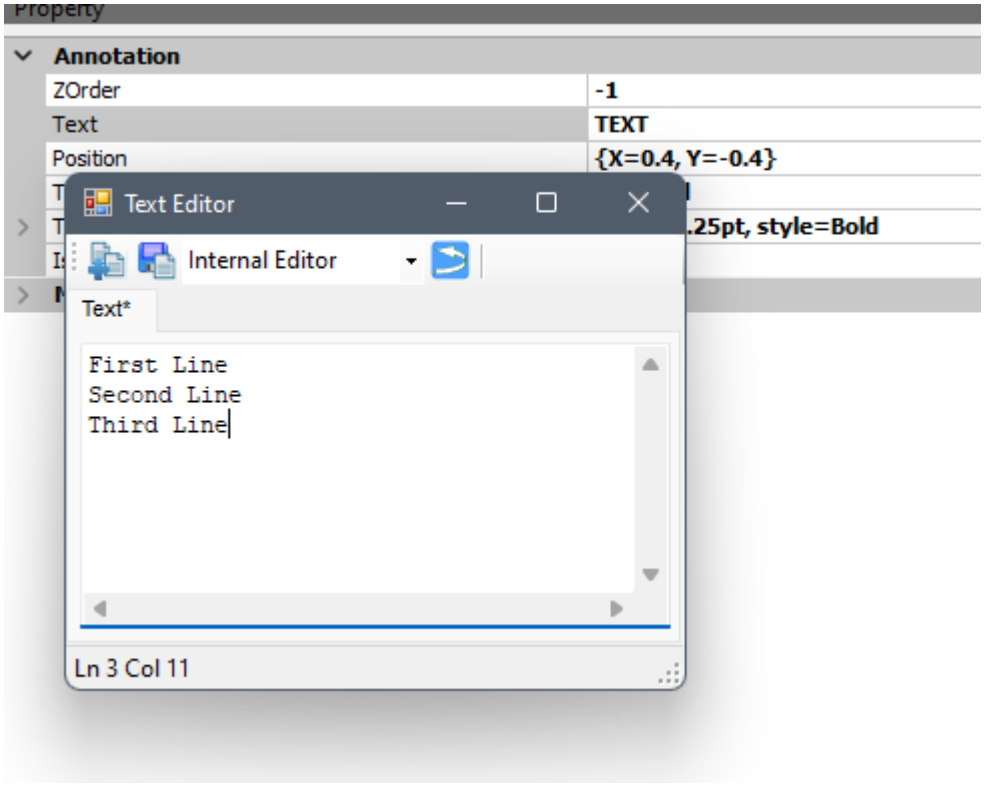
Table 7.27: Text（文字標註）之參數

參數名稱	參數定義	預設值
Text	文字內容	TEXT
Position	文字所在位置之座標點（以文字框左上角為準）。預設位置在圖形的左上角	Various（依照圖形左上角計算）
TextColor	文字顏色	Red
TextFont	文字字型，包括大小、字體、樣式，支援的種類依系統所擁有的字型而定	字體 Arial，大小 10。
IsLabel	設為 True 的話本標註為「數值標籤」標註，見下文	False

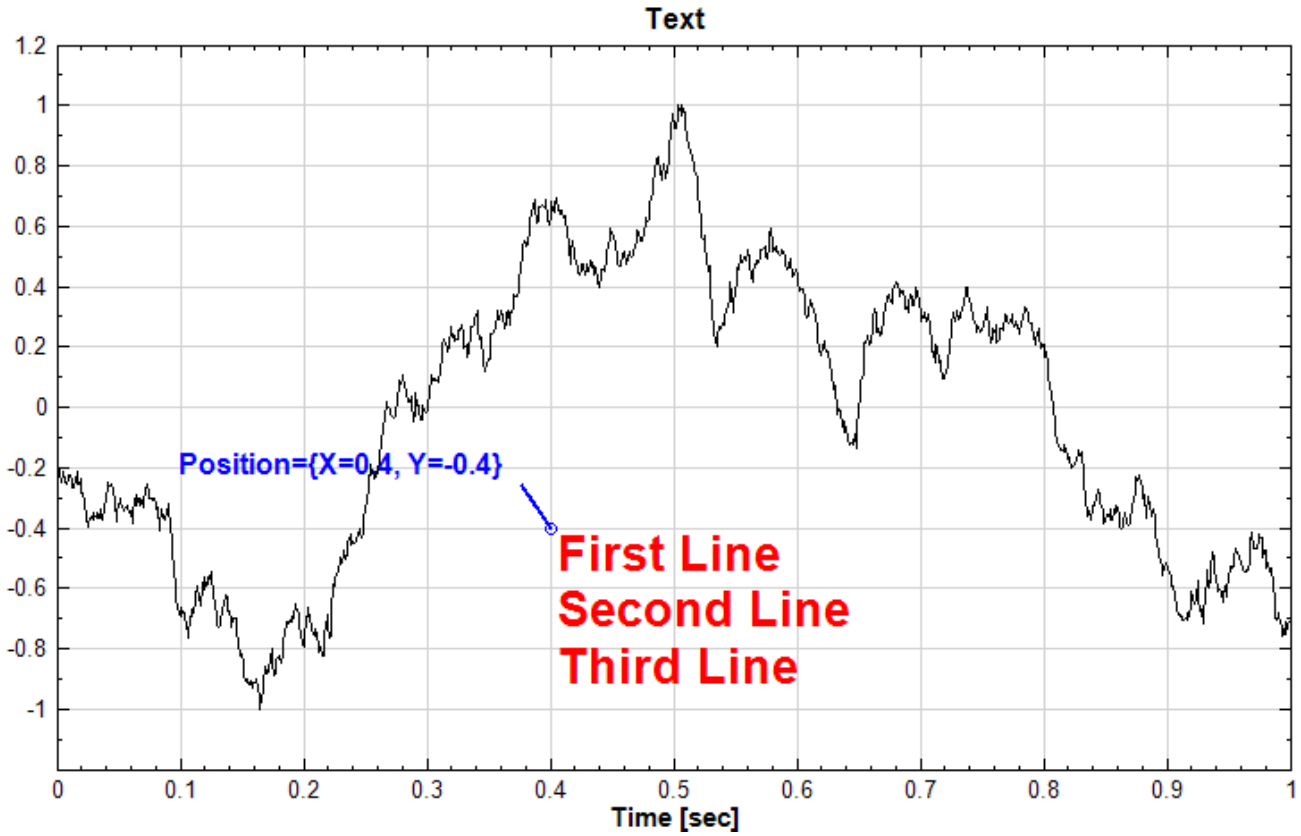
下圖展示 Position 與文字標註在圖形中的關係：



文字內容支援多行格式，可點擊 Text 參數欄位右側 圖示開啟文字編輯器編輯多行文字內容，如下圖：



編輯完成後關閉編輯器即可：



文字編輯器的操作跟【DoMatlab】元件的 DoMatlab Editor 相同，除了預設內建編輯器之外，使用者可以在工具列上選擇其他編輯器類別。如果在偏好設定裡設定了其他的編輯器類別，則開啟本文字編輯器或 DoMatlab Editor 都會預設為偏好設定的編輯器。詳情請參閱【DoMatlab Editor】章節說明。

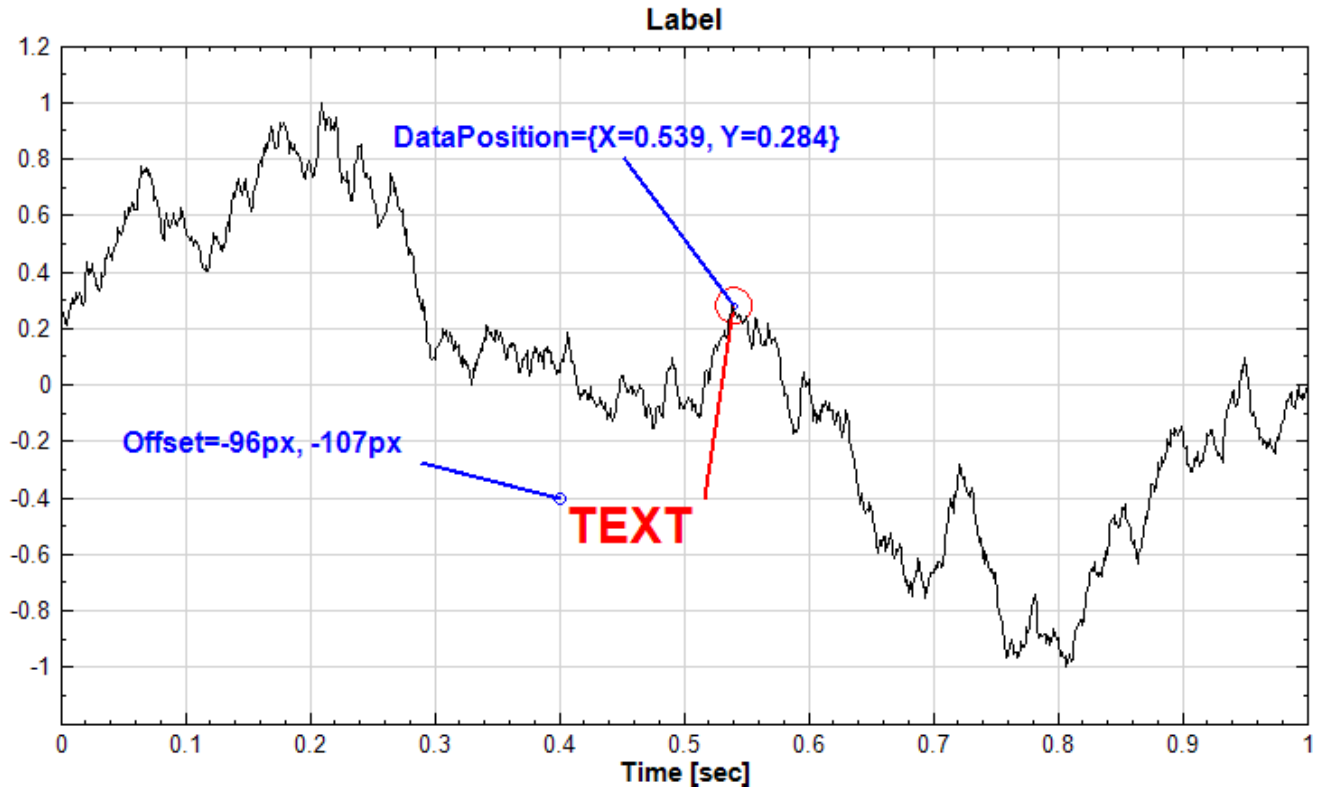
* 數值標籤模式

文字標註有數值標籤模式，將 IsLabel 參數設為 True 即可，此時會有額外的參數可設定：

Table 7.28: 數值標籤模式相關參數

參數名稱	參數定義	預設值
Offset	取代原有的 Position 參數。在數值標籤模式下文字標籤的位置是以資料點為依據，因此原有的 Position 會轉換成以資料點位置為基礎的 `<x>, <y>` 像素偏移值： • $x > 0$：資料點右方 • $x < 0$：資料點左方 • $y > 0$：資料點上方 • $y < 0$：資料點下方 使用者也可以用滑鼠拖拉標籤至任何位置，此時會自動計算 Offset 值並更新	`0, 0`
DataPosition	資料點位置。使用者也可以用滑鼠拖拉資料點至任何位置。如果數值標籤是由數值抓取模式中十字交點的【產生標籤功能】所產生，則會隱藏此參數，無法變動位置。預設位置在圖形的左上角，與標籤預設位置重疊。	Various （依照圖形左上角計算）
LinePen	連接資料點及標籤之線條的繪圖設定。可設定顏色（Color）、線條樣式（DashStyle）、與線條寬度（Width）	Color = Red DashStyle = Solid Width = 1
MarkerSize	資料點的標記圖形大小	6
MarkerStye	資料點的標記圖形樣式，有以下選擇： • None • Circle • Square • TriangleUp • Cross2 • Cross1 • TriangleDown • Diamond • FlagUp • FlagDown • FilledCircle • FilledSquare • FilledTriangle • FilledDiamond • VerticalLine	Circle

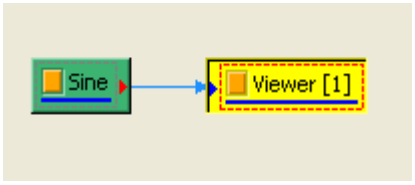
下圖展示 DataPosition、Offset 與數值標籤在圖形中的關係：

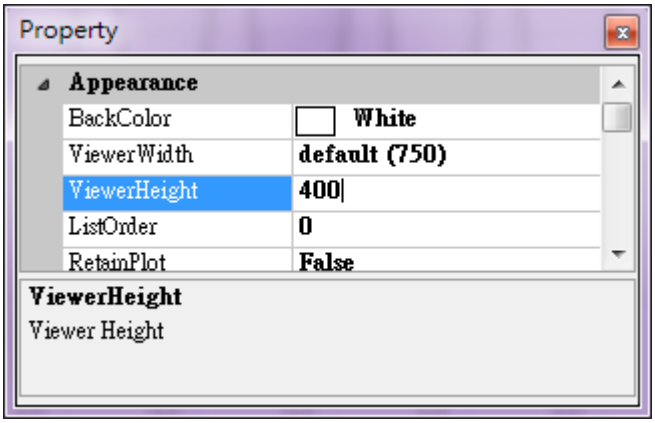


範例

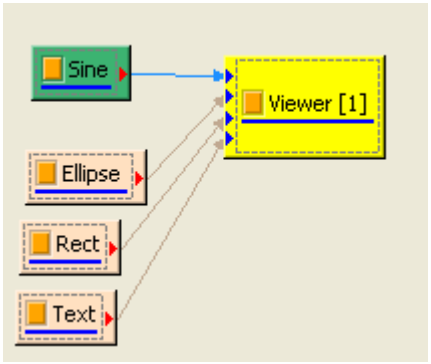
將正弦波加註。

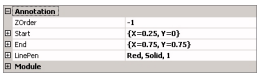
1. 以 Source / Sine Wave 建立正弦波並以 Viewer / Channel Viewer 觀看其結果，並將 Channel Viewer 的參數 ViewerHeight 設定為 400。



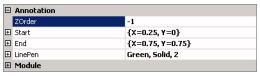


2. 接著把 View 加上 Rect、Ellipse、Text，並將 Properties 做如下設定:

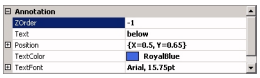




設定 Ellipse 參數如上圖所示

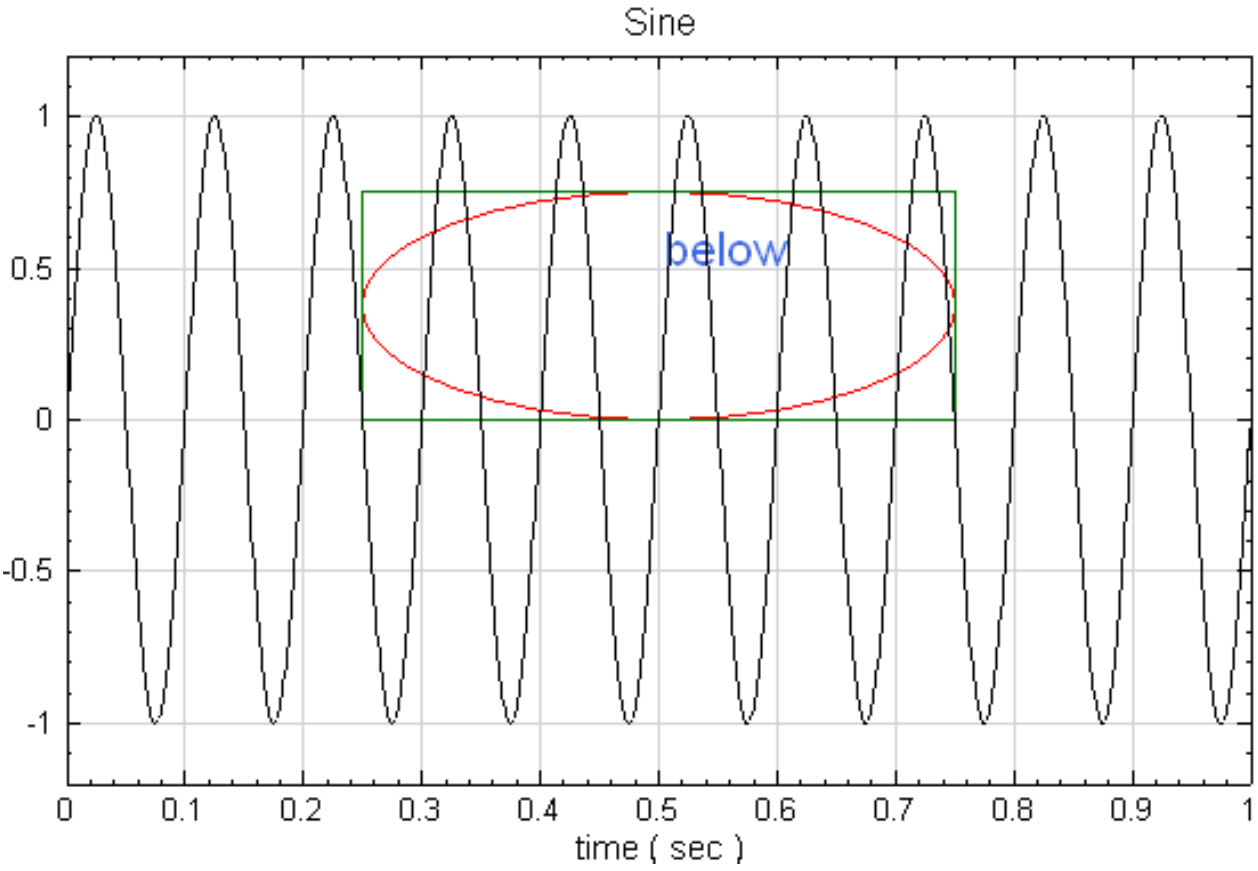


設定 Rect 參數如上圖所示

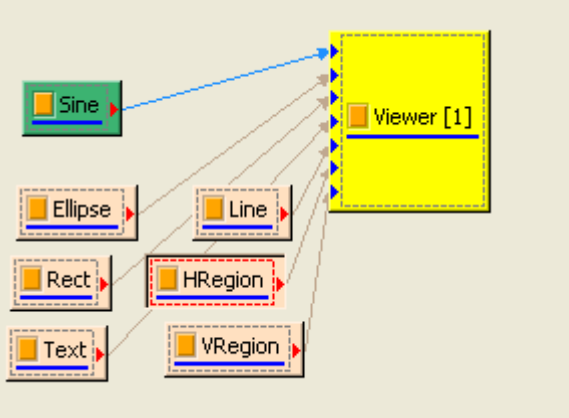


設定 Text 參數如上圖所示

3. 按 執行鍵後，可得到下面圖型。



4. 再將 Line、HRegion、VRegion 圖像連接上 Viewer，如圖所示，並依下列的圖示說明進行進一步的設定:



Properties	
Annotation	
ZOrder	-1
Start	{X=0.2, Y=-0.5}
End	{X=0.4, Y=0.7}
LinePen	DarkGoldenrod, Dot, 5

設定 Line 參數如上圖所示

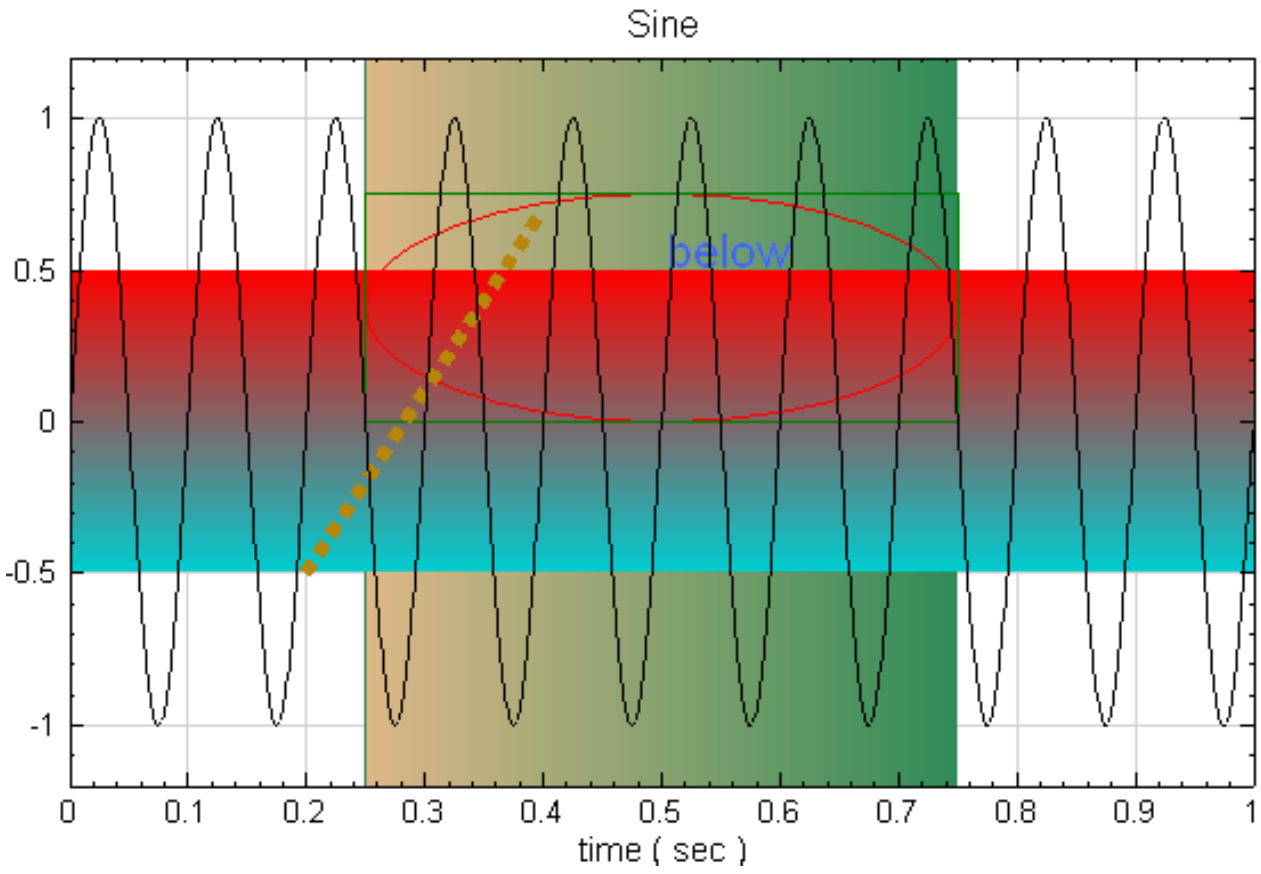
Properties	
Annotation	
ZOrder	-2
Position1	-0.5
Position2	0.5
PixelIndent	0
Color1	Red
Color2	DarkTurquoise

設定 HRegion 參數如上圖所示

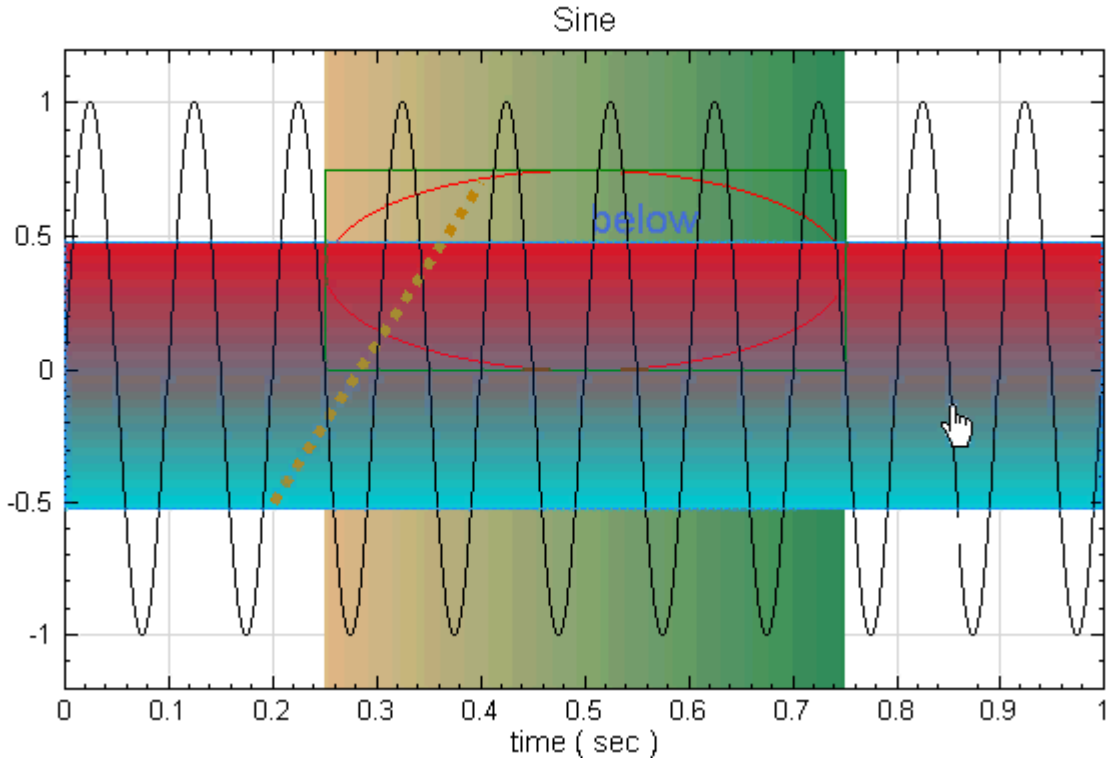
Properties	
Annotation	
ZOrder	-3
Position1	0.25
Position2	0.75
PixelIndent	0
Color1	SeaGreen
Color2	BurlyWood

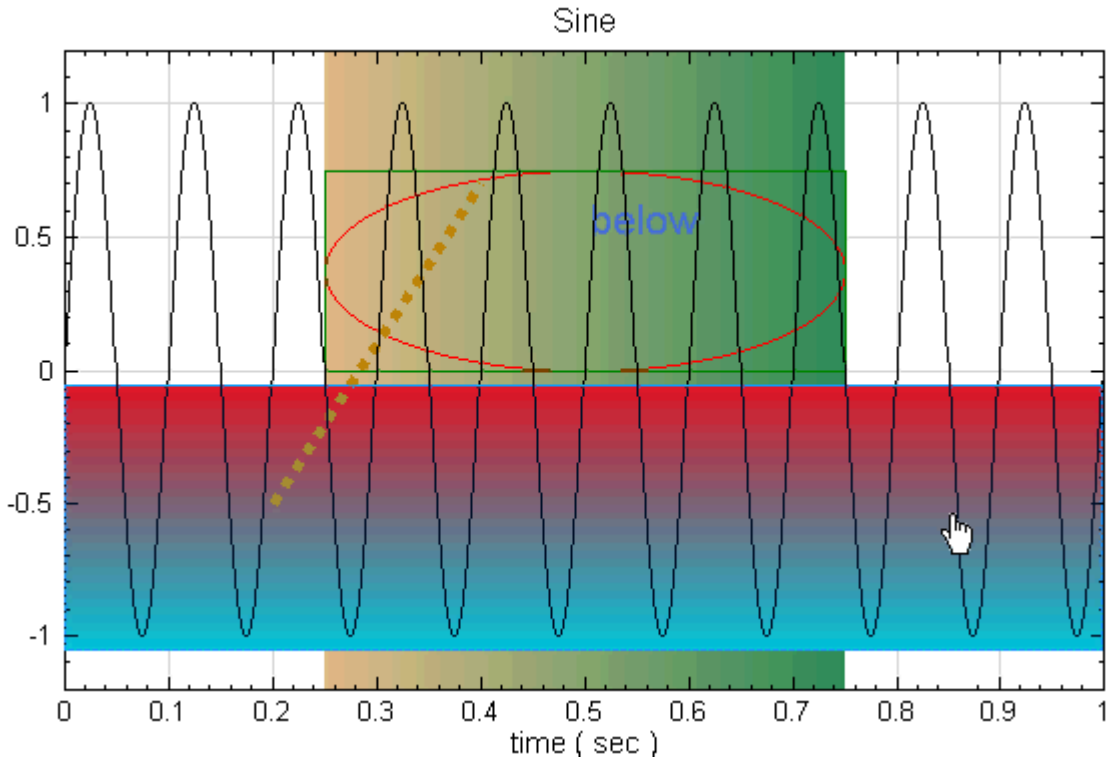
設定 VRegion 參數如上圖所示

5. 按 執行鍵後，會得到以下的圖型:



6. 將滑鼠箭頭移至 HRegion，箭頭將變成小手掌，則可以拖拉 HRegion 至繪圖區內的某處，其他的標註也都可以用相同的方法去拖拉移動，不需要在參數內重新輸入位置或起始點。





相關指令

Channel Viewer、Sine Wave

Chapter 8

訊號輸出模組（Writer）

8.1 Export Data

Export Data 可將資料另存為各種格式的檔案。

說明

當需要將資料以另一軟體開啟，或是將計算結果儲存時，可以使用此功能。

Export Data 提供六種檔案格式供輸出，包含 MATLAB MAT Files（`*.mat`）、Plain Text Files（`*.txt`）、CSV Files（`*.csv`）、Audio Files（`*.wav`、`*.mp3`、...），以及 Visual Signal 自訂的 TFA Files（`*.tfa`）與 Binary Files （`*.vsb` ）。此功能可以儲存除了繪圖（Viewer）、註解（Annotation）模組以外的所有元件輸出的資料。請注意此功能不是視覺化元件。

MATLAB MAT File 格式請參閱 MATLAB 說明書。

Plain Text Files 為空格分隔的純文字檔。

CSV Files 是逗點分隔的純文字檔。

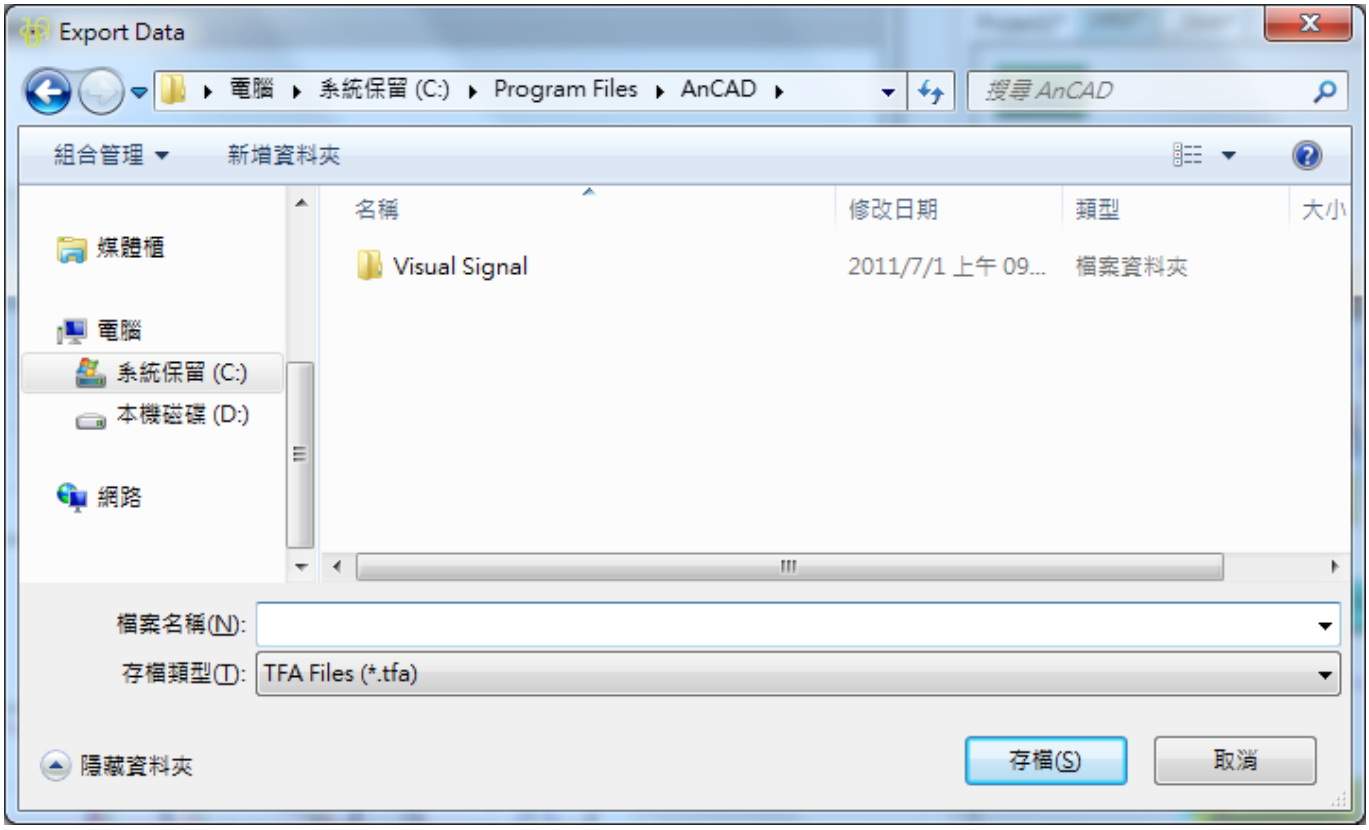
Audio Files 指各式各樣的音訊檔案，本程式支援的檔案格式在多數的播放軟體可以直接打開。以下將以 *.wav 檔案格式進行說明。在匯出 *.wav 音訊檔案時，訊號種類必須是 Audio。若一般訊號需要存成 *.wav 音訊檔案，請先接上 ToAudio 元件，再使用 Export Data 功能。

TFA Files 也是純文字檔，但在文件中多了檔頭（header）的設計，讓 Visual Signal 在讀入此類型檔案時可以更快速。標頭中記載了包括資料類型、資料長度、取樣頻率...等資訊。

Binary Files 與 TFA Files 包含的資訊相同，唯編碼方式採用 binary 的方式，因此無法用一般的文字編輯器編輯。利用此種檔案類型可將資料存成比上述其他檔案類型皆來得小的檔案，且讀入 Visual Signal 也較以上所有檔案類型快。

使用說明

在欲存出的元件上按右鍵，選取 Export Data，或是選擇與存出的元件後，按 Network Window 工具列上的 按鍵，即會跳出如下視窗：

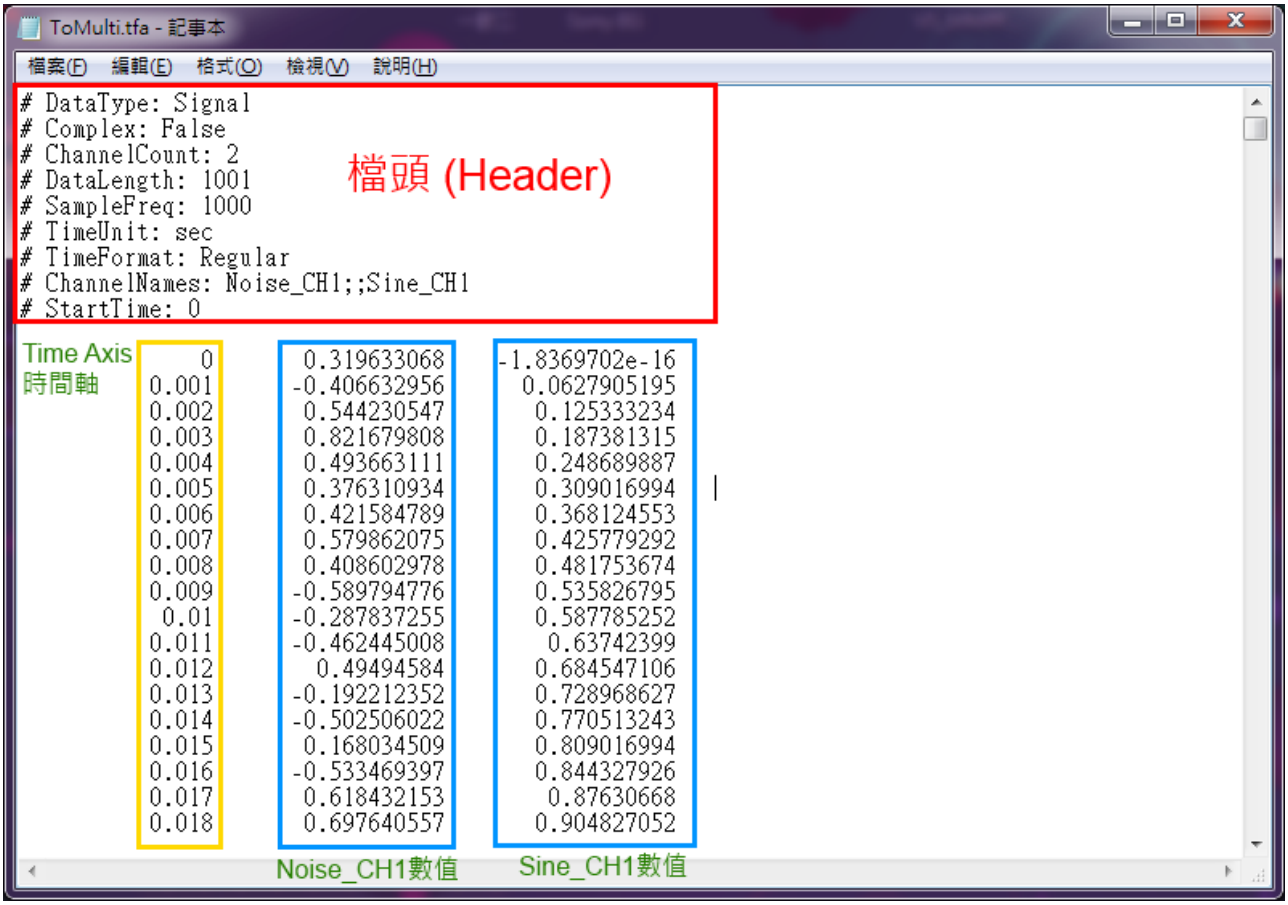


在選擇好存出路徑以及存出檔案名稱後，選擇檔案類型，然後按下存檔鍵即可。

以下用 TFA Files 來說明存出檔案之格式，

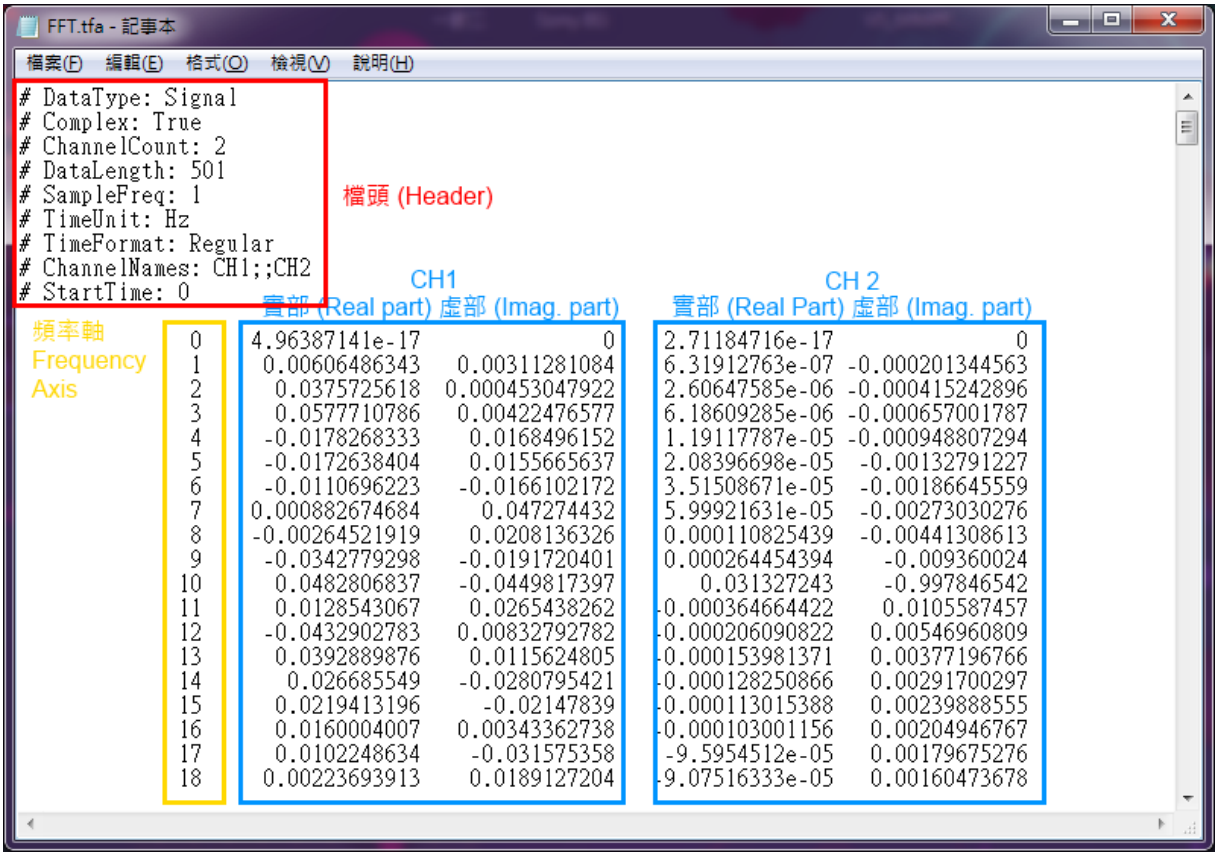
1. 若存出之數值為實數訊號（Signal and Audio）

   存出的檔案第一欄為時間軸，第二欄以後為資料。見下圖之說明。



2. 存出的檔案是複數資料時（Complex）

   a. 若是輸出頻譜資料（如 FFT 後的結果），由於是為複數資料，所以檔案中第一欄為頻率軸，第二欄之後依序為第一通道的實部、第一通道的虛部、第二通道的實部、第二通道的虛部.... 以實部-> 虛部-> 實部-> 虛部的方式類推。如下圖所示：



b. 輸出訊號為頻譜時（如 STFT 的結果），第一欄為時間軸，第二、三欄為時頻圖中第一橫列的實部及虛部，第四、五欄為第二橫列的實部與虛部，以此類推。對照時頻圖，每一橫列皆代表一個頻率，然此頻率的數值必須從檔頭（header）中的 # StartFreq 以及 # FreqInterval 來推算，沒有直接顯示在檔案裡。

若儲存為 mat 檔，該檔內會有兩個變數，變數名稱會套用元件的名稱。以這個例子來說，會有 Sine_x 與 Sine_y；其中 Sine_x 儲存每個訊號資料所對應的時間，Sine_y 則儲存訊號資料，資料都是以 column 的方向儲存。若訊號有 n 個通道，則在 Sine_y 變數會以 column 的方式儲存，一個 column 代表一個 channel 的訊號資料。

相關指令

Data Writer

8.2 Export to Excel

可將訊號資料以 Microsoft Excel 開啟。

說明

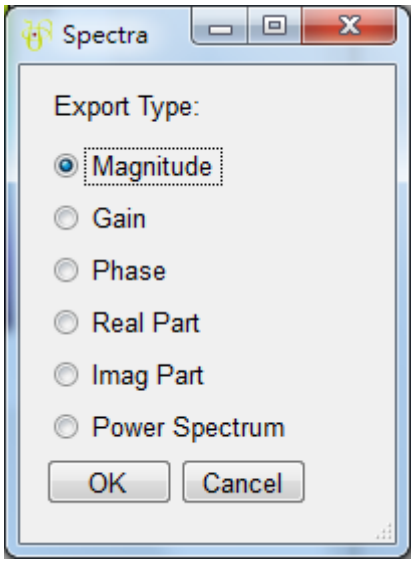
在需要將資料以 Excel 表單呈現，或是以 Excel 內建圖表繪製時，可以使用此功能。

注意 Export to Excel 只有寫出並開啟的功能，不會像 Write Data 元件將資料儲存。此功能可以儲存除了繪圖（Viewer）、註解（Annotation）模組以外的所有元件輸出的資料。另外，此功能不是視覺化元件。

使用說明

與 Export Data 相同，在欲以 Excel 開啟的元件上擊點滑鼠右鍵，找到選單中 Writer 模組底下的 Export to Excel 即可。或是用滑鼠左鍵選取欲開啟的元件後，再點選 Network Window 工具列中的 按鍵即可。

點完 Export to Excel 後，若輸出資料是時頻訊號，會出現如下圖之視窗，其他種類訊號寫出時則直接開啟 Excel。



此視窗要求使用者選擇輸出的內容，一般而言會選擇輸出 Magnitude 強度，即在時頻圖上看到的顏色深淺代表的數值，使用者也可以依需求選取要輸出的內容（不能複選，需要兩種以上的請重複寫出步驟）。選完按 OK 後會直接開啟 Excel。

寫出至 Excel 之資料格式：

一般訊號及頻譜資料如 Signal

1. 一般訊號及頻譜資料

   同 Export Data 的格式，請參閱其說明。

2. 寫出的檔案為時頻資料（Spectra）

   資料的第一欄（column）為時間，第一行（row）為頻率，選擇所輸出的數值在對應的時間與頻率格子中。下圖為示意圖：

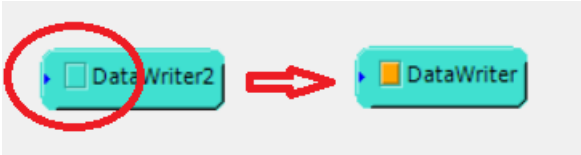
8.3 Data Writer

本元件主要功能是將資料寫出並另存為各種格式的檔案。

說明

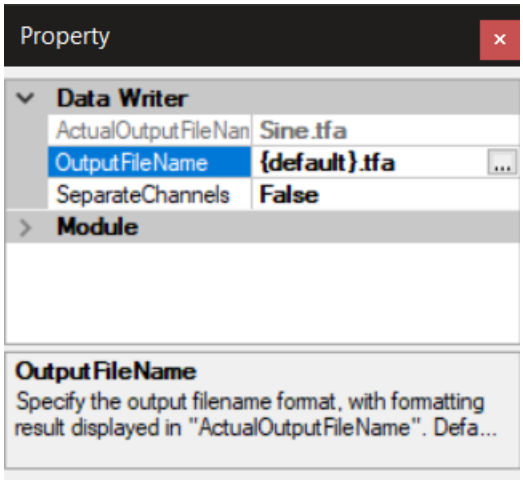
當希望計算的資料可以自動存成指定檔案時，尤其在使用 Batch 批次處理時，可以使用此元件。注意此元件為視覺化元件，功能與 Export Data 相似，唯 Export Data 無法在批次處理時使用。可選擇存出之檔案種類包括：`*.mat` ，`*.txt`，`*.csv`，Audio files ，`*.tfa` ，`*.vsb` 。每一種檔案說明可參閱【Export Data】章節說明。

注意 Data Writer 元件預設是關閉的，需要將執行開關打開才會存出檔案，如下圖所示：



參數設定

本模組接受單個實（real number）、複數（complex number），單通道（single channel）或多通道（multi-channel），regular 或 Indexed 的任何訊號類別輸入。參數說明如下：



參數名稱	參數定義	預設值
ActualOutputFileName	顯示實際輸出的檔案路徑	N/A
OutputFileName	設定輸出檔案路徑	{default}.tfa
SeparateChannels	設定是否將多通道的資料分別輸出至不同檔案，OutputFileName 設定的檔名後會自動加上通道名稱	False

OutputFileName 參數另有有特殊語法，詳情請參見【參數參照】章節說名。經過語法編譯後的實際輸出檔案路徑會顯示在 ActualOutputFileName 欄位中。

OutputFileName 可以有以下兩種路徑模式：相對路徑及絕對路徑：

1. 如果是用相對路徑，則根路徑為專案檔同一資料夾下，例如：

   本元件所在的專案 VSN 檔在以下路徑：

   `C:\Users\<user>\Desktop\`

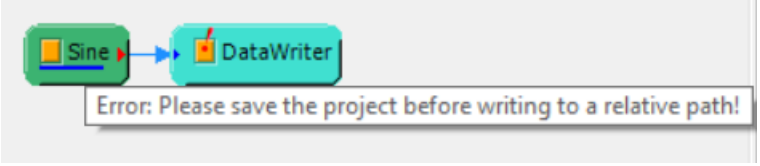
   實際輸出檔路徑為：

   `Sine.tfa`

   則寫出檔案時的路徑為：

   `C:\Users\<user>\Desktop\Sine.tfa`

   如果專案尚未存檔，則在寫出檔案時（即開啟本元件的執行開關時）會出現以下錯誤訊息：

2. 如果是用絕對路徑，可以手動直接輸入 OutputFileName 欄位，或是點擊右方 圖示，開啟標準 Windows 檔案儲存介面，可以選擇檔案名稱及資料夾。

相關指令

Export Data