

MATLAB & SIMULINK
Tech Forum & EXPO
2009

一年一度 MATLAB & Simulink 技術高峰會

Signal Processing & Communications
Control Design Automation
Technical Computing & Image Processing

Speed & Integrity.
Turbo Your Work With High Integrity.

Call for Papers

Track All

Call for Papers

車輛控制/車用電子/混合動力

- LQR-Controlled Trajectory of an Autonomous Mono-wheeled Vehicle
- MATLAB/Simulink 建立染敏太陽電池動態模式應用於電動車致冷晶片冷氣
- 逆向差速齒輪式複合電動車之能量管理
- 高溫燃料電池 MATLAB/Simulink 建模應用於模組化混成車輔助動力系統冷啟動控制
- 新世代車輛之即時動態模擬與控制器設計-應用 MATLAB 模擬平台

控制/自動控制/機器人應用

- 三度空間欠致動器二足步行機器人穩定步行之 MATLAB 分析與設計
- 運用 Simulink 機電整合工具開發多指機械人手掌
- 遠端操作 Toddler 雙足步行機器人
- 利用 MATLAB 對倒單擺的線性與非線性特性作閉迴路模擬及分析

訊號處理與通訊系統設計

- Automatic Synthesis from System-Level to Op-Amp Sizing for Sigma-Delta Modulators with MATLAB
- 以 MATLAB 建構智慧型資料分群之演算法
- 以 MATLAB 為基準之人工電子耳模擬界面之發展
- 以 Simulink 建立陣列訊號模擬系統
- 正交分頻多重存取傳收機之 FPGA 實現
- 使用新的低複雜度子區塊排列方式以降低正交分頻多工系統之波峰對平均功率比值
- 特徵訊號擷取以音樂風格分類舉例
- 陣列雷達回波訊號分析與回波來向角之定位

影像處理/醫學影像/機器視覺

- Color Image Encryption by Bit-Chaotic-Shuffle
- fMRI 刺激同步裝置與應用於視覺刺激時間對大腦活化的反應
- 三維電腦斷層測額術之技術開發
- 以影像為基礎的書店自動化盤點系統
- 利用小波達成多重解析度的影像融合
- 使用色彩模型轉換之彩色物件擷取
- 電腦輔助內視鏡系統：新穎內視鏡導航系統藉由層級式影像分割演算導引大腸內視鏡插入過程
- 模擬心臟壁運動觀察冠狀動脈電腦斷層影像之移動性假影

數值分析/統計/分子生物

- Application of MATLAB for Developing Risk Management Model Using Grey Relational Algorithm
- Implement Fuzzy Self-Regression Model with MATLAB
- 以次序性為基礎之個人化模糊混合推薦機制之研究
- 新式相場法應用於鐵電材料微晶域模擬之研究

電力系統/電力電子/新能源

- 以訊號流程圖法結合 MATLAB/Simulink 對低壓電力電纜建模與時域分析
- 應用 Simulink 於小型風力發電機最大功率追蹤控制之實現
- 雙饋式感應風力發電系統之研製

測試與量測/資料擷取

- 應用 MATLAB 於刀具頻率響應函數之雙頻道頻譜量測組開發與驗證
- 應用 MATLAB 於風扇噪音量測組之開發與驗證評估

生物科技/醫藥

- Robustness Evaluation and Modeling of Biosystems Identified by OKID
- 以田口法及系統識別結合MATLAB於生質物料微波乾燥模型研究
- 運用MATLAB Bioinformatics Toolbox預測及註解險道滴蟲特定蛋白質序列

分散式與平行運算技術

- 平行運算最佳化之支援向量機技術：專利分類系統之應用

其他

- 3D Model Watermarking Scheme Based on Discrete Cosine Transform
- 以鏈結圖法結合MATLAB/Simulink對直流電動機負載建模模擬與時域分析



應用Matlab於風扇噪音量測模組之開發與驗證評估

王栢村¹、丁國基²、巫騏睿²、鄭瑞鴻³、林信宏³

¹ 屏東科技大學機械工程系教授

² 屏東科技大學機械工程系研究生

³ 元山科技工業股份有限公司

摘要

目前風扇噪音之生產線上檢測多以人工方式進行，難免有失客觀，故本文主要對散熱風扇建立一套線上噪音量測系統，首先簡介量測信號處理之分析理論做一完整說明，其包含取樣頻率、時間點數、時間間距、有效頻率解析、頻率解析度、有效截斷頻率、總量測時間、有效解析點數之取樣參數設定以及A/D轉換器、加權函數應用、傅立葉轉換等，將以上之信號處理以訊號擷取卡(USB-9234)結合MATLAB套裝軟體建構風扇噪音量測模組，同時因應風扇噪音品質檢測需求將時間域響應、風扇聲音線性頻譜以及1/3八音頻帶頻譜三者做為主要輸出項目，最後則對此量測系統進行驗證，包含快速傅立葉轉換、反假象濾波器、自身能量頻譜密度函數、動態範圍等，未來結合發展噪音品質檢測規範此模組將能發揮低成本、客製化之風扇線上噪音檢測之功能。

關鍵詞：風扇噪音 線上噪音量測系統

1. 前言

隨著電子產業技術的蓬勃發展，在電子產品朝向輕薄短小、快速化與多功能的需求下，精密電子儀器內部零件運作時脈及效能逐漸增加後，其內部零件所產生的耗電及熱量也會越高，為了降低內部溫度及幫助散熱，因此需要較大、較多或效能較佳的風扇來幫助排除機殼內部零件產生的熱，以避免內部處於一個高溫的狀態下，而影響內部零件壽命或產生運作不穩定的情形，因此在選擇風扇時便顯得很重要。就目前以國內外許多風扇製造廠，就針對不同的電子產品需求設計出不同樣式的風扇，來做為散熱之用。

然而因電子產品散熱效能需求增大導致散熱風扇多朝向高轉速設計，而風扇在運轉時會因為葉片的旋轉推動空氣產生風的流動，風在流動時與風扇葉片產生摩擦的聲音稱為風切聲，風扇運轉時轉速的高低會造成風切聲音量的大小變化，因此使用較高轉速的風扇時便會聽到較大噪音。所以在轉速上升的同時，噪音也相對地提高。而散熱風扇品質良劣，常以散熱效能及噪音來做為依據。因此，在提高轉速增加散熱效能的前提下，對於噪音的要求亦為風扇在設計時必需考量之重要議題。

在此方面關研究方面，Eisaian[1]一般電子系統在短、小、輕、薄的流行趨勢下，越來越小的電路板被塞在越來越小的包裝空間內，因此功率密度呈上升的

狀態，而系統的冷卻問題也逐漸被工程師列入設計考慮中。Barlow[2]列出現在的散熱方式有很多種，不過以目前最常見的散熱方式還是以冷卻風扇為主流，其應用範圍相當的廣泛，例如電源供應器、586CPU、硬碟抽取盒等等。根據工業技術研究院光電所對於目前散熱風扇產業專題研究報告[3]中指出，1996年全世界市場上對於散熱風扇需求量大約是2億3000萬個，而我國產量就佔了全世界市場的41%，所以冷卻風扇的性能以及品質是提升競爭力的所在。

Bolton[4]提出可能影響風扇性能的因素大致可分為三大類，即空氣動力的因素、噪音所產生的問題以及振動的問題。Rahman and Lieu[5]文中指出風扇驅動馬達中的永久磁鐵轉子會因為磁條大小不同或是與定子間週期性磁力作用而一邊運轉一邊產生週期性振動。對於旋轉機械而言，振動量是影響機械壽命及其品質的重要因素，而對大部分的振動源而言都和機件本身的運轉速度(頻率)有關。王智中等人[6]也提及由於機器在運轉過程中，大部份的振動源都與機件的運轉速度(頻率)有關，然而旋轉機械發生故障原因的特徵與其轉速更有密切的關係。Ding and Jumaily[7]指出轉子機器在工業上扮演著極為重要的角色，幾乎所有的動力機械上都有轉子機器的蹤跡，機器要避免振動幾乎是不可能的。有時候即使是很小很小的振動，都有可能激發其結構的共振頻率而被放大成為主要的噪音源或是振動源。冷卻風扇亦屬於旋轉機器的一種，其振動行為可視為轉子系統來進行研究。Shiroishi et al.[8]也提及影響軸承使用壽命的最大的因素即是轉速(或是轉速頻率)。

Chin[9]提到一般桌上型個人電腦(Desktop PC)，冷卻系統是主動及被動裝置的組合，使更能達到冷卻的效果。不過利用冷卻風扇來達到冷卻的目的，卻會引發電磁干擾(EMI)以及使用者難以忍受的雜音(Noise)。Wu et al.[10]提及在轉動中的風扇由於變動風力作用在風扇葉片上使得其噪音值變大，如果在冷卻風扇的入風口及出風口有障礙物的話也會使噪音量變大。Lee et al.[11]則嘗試提到改變風扇之幾何常數也就是不同葉片轉子及間距來抑制其噪音量，結果顯示葉片間隙為3毫米時，其有最大噪音量產生，Kiyomi[12]則提及由於使用者的要求，使得「低噪音」在冷卻風扇設計上已成為一個重要的因素，因此製造廠商不僅要求如何減低噪音的產生，且需要一個精確而有效的量度方法。

目前市面上對於大型旋轉機械都有建立出一套標準振動診斷流程。風扇是目前一種相當普遍的機器或是零組件，要評定生產中風扇的性能良劣，除了了解目前的性能等級外，亦有助於改善和設計。Heckman[13]談到為了順利操作風扇、馬達、壓縮機等旋轉機器設備，使提高安全性、減少設備故障以及降低操作成本等，必須監測這些轉動設備的振動情形。而振動訊號的變化，正可提供轉子機器設備運轉狀況的資訊。當機器逐漸傾向發生故障時，振動的訊號就會產生相對應的特性，進而由振動頻譜觀察到故障的特徵，而透過這些振動所產生的故障特

徵，就能清楚掌握到機器是否故障，進而建立品質指標。

要評定風扇的性能良劣，除了風量外，其噪音、振動測試是不可或缺的，Copy[14]提及要監視工業用冷卻風扇運轉的方法，概括下列幾種，有振動量測、流量/壓力量測、功率量測、熱溫偵測等機械或電子方法，其中就以量測振動量最為可行且應用也最為廣泛。Ching et al.[15]利用類神經網路之機器學習模式，建立機械故障訊號分類的系統化方法，並用此方法診斷出散熱風扇的良疵以及損壞的種類。江文旺[16]針對直流風扇提出一個以換相突波電流作為振動檢測的方法，主要是將風扇的驅動電流，分別取出直流與交流之分量，再根據這些分量的大小，來判斷冷卻風扇振動量的大小。何展效和江文旺[17]文中對風扇振動及噪音有提出個別的測試方法，如噪音測試有 1.聲功率量測，2.聲強量測，3.噪音頻譜分析，及 4.噪音值量測。在振動量測則有 1.總振動量量測，2.振動頻譜量測及 3.動平衡之量測。劉毓毓等人[18]也利用田口法找出影響冷卻風扇基座之重要參數並分析其動態特性，由實驗得知基座之外觀尺寸對系統動態特性有較明顯的影響。黃崇杰[19]論文中提及利用懸臂樑式測試基座及線懸式兩種方式來量測小型冷卻風扇之振動量，實驗結果顯示利用懸臂樑式測試基座會比線懸式來得好，主要是線懸式在風扇的安裝上比較不容易。一般電腦用的小型冷卻風扇由於質量輕，而且運轉速度快易造成轉動不平衡力所引起之振動，一般會使用螺絲固定在散熱片上，而直接使用加速度計對固定在散熱片上之冷卻風扇進行振動量測，但是這樣的架構方式，冷卻風扇的振動訊號會不易量測得到。

就目前而言，風扇噪音量測也成為品質驗證的重要指標之一，然而微小型風扇之噪音品質檢驗，目前多以人工方式，由手感或聽聲音來判斷其噪音量，難免有失客觀，有鑑於此建立一套可量化之量測方法與設備，以檢測風扇之噪音量測有其必要性以及實用上之需求。為導入線上噪音檢測之目的，若採用一般泛用型之頻譜分析儀，固然可以進行實驗量測與分析，但有其潛在之缺點如下：

1. 頻譜分析儀由於功能多，因而價格較高，對於單一目的之線上檢測而言，並不符經濟效益。
2. 在實驗量測數據之取得多有所限制，通常必須透過繁複之手動程序轉檔，而不易於後續之應用分析。
3. 因此本文以麥克風量測風扇聲音，配合數位資料擷取卡(DAQ card)，以 MATLAB 軟體為平台，建立一套風扇線上噪音量測系統，主要目標如下：
4. 建立低成本、客製化之風扇噪音量測系統以便能安裝於個人電腦執行檢測分析。
5. 對所建立之風扇噪音量測系統與市售之頻譜分析儀進行實驗驗證，以確認所發展之風扇噪音量測系統可靠度。

2. 風扇噪音量測系統建置

2.1 硬體架構

為建構出一套風扇噪音量測系統，需配合硬體設備，圖 1(a)為量測流程圖，有一聲音之訊號經由麥克風量測聲音壓力傳送到訊號放大器，將訊號放大後，再經由訊號擷取卡(USB 9234)傳送到電腦之風扇噪音量測系統上呈現結果，圖 1(b)則為實際硬體架構圖，硬體詳細規格如表 1 所示。

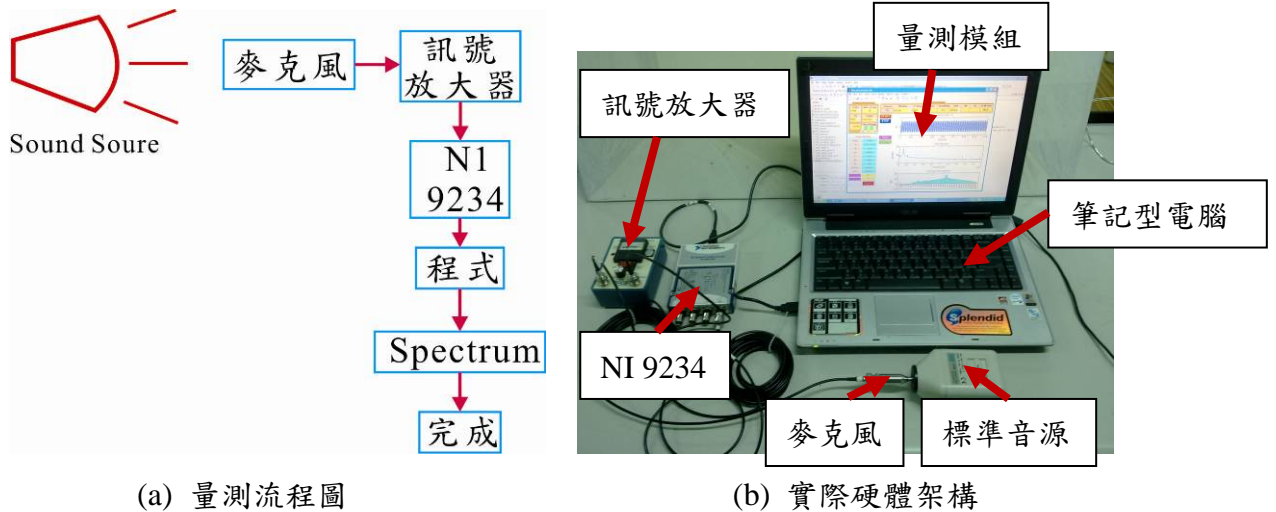







圖 1、量測流程圖

表 1、儀器一覽表

項目	1	2	3	4	5
儀器名稱	筆記型電腦	訊號擷取卡	訊號放大器	BNC 訊號線	麥克風
規格型號	Notebook ACER ZR1	NI USB-9234	PCB Signal Conditioner MODEL 480 E09	KISTLER 1601B6	PCB 130D20
儀器圖片					

2.2 信號處理之理論

圖 2 為訊號處理流程圖[20]，當有一時間域類比訊號 $x(t)$ 輸入會先經過一段輸入的緩衝區，之後進入濾波器，濾波器的用途在抑制並衰減雜訊的強度，也就是將雜訊以其他能量型式消耗掉，通常一般之訊號處理的過程濾波器會選用反假

像濾波器(Anti-aliasing filter)，即低通濾波器，接下來會以取樣控制(Sample Control)來決定擷取的時間解析度，主要之目的是在決定 Δt ，且 Δt 是由取樣頻率(Sampling Frequency, f_s)來決定的，之後訊號進入數位轉換器(A/D converter)，由數位轉換器來分析出 Δv ，可將經過數位轉換器之類比連續訊號描繪轉變為數位訊號，此數位訊號需再經過加權函數(weighting function)或稱為視窗(window)，而加權函數之功用為處理訊號洩漏之問題，經過加權函數後，才能再利用快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)將訊號轉換為頻率域訊號 $X(f)$ 。

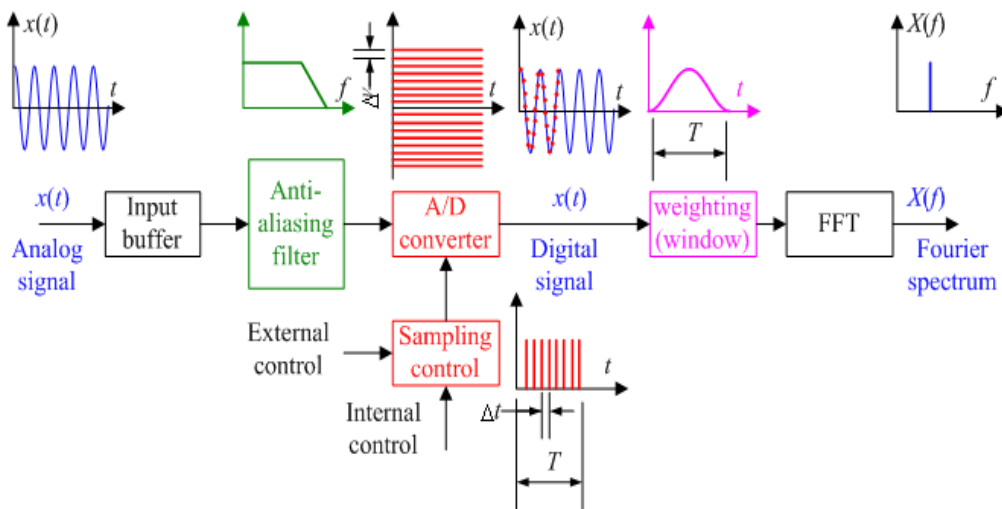


圖 2、訊號處理流程圖[20]

2.3 風扇噪音量測介面與應用

圖 3 為信號處理理論結合 MATLAB 套裝軟體所建構之風扇噪音量測模組介面，共分為 FFT Parameter Setup、Output Display、Channel Setup 三個主要區塊，其功能測試說明如下。

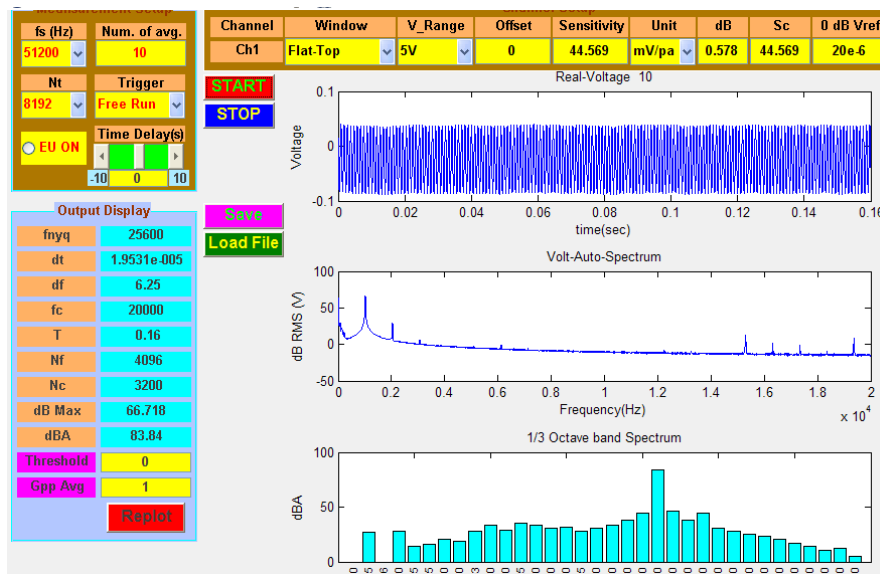


圖 3、風扇噪音量測模組介面

2.3.1 快速傅立葉轉換(FFT)參數

使用頻譜分析儀時，主要設定取樣參數，一般只需要設定兩種取樣參數便可求得其他參數，圖 4 為設定取樣頻率(f_s)為 12800Hz，時間點數(N_t)為 2048，其結果顯示與下列公式計算後所得之取樣參數相同，驗證此功能之正確性。

有效解析頻率為：

$$f_{nyq} = \frac{f_s}{2} = \frac{12800}{2} = 6400 \text{ Hz} \quad (2-1)$$

取樣時間間隔為：

$$\Delta t = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{12800} = 7.8125 \times 10^{-5} \text{ Sec} \quad (2-2)$$

取樣時間長度為：

$$T = N_t \times \Delta t = 2048 \times (7.8125 \times 10^{-5}) = 0.16 \text{ Sec} \quad (2-3)$$

頻率域解析頻寬為：

$$\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.16} = 6.25 \text{ Hz} \quad (2-4)$$

頻率域有效條數為：

$$N_f = \frac{N_t}{2} = \frac{2048}{2} = 1024 \quad (2-5)$$

頻率域截斷有效條數為：

$$N_c = \frac{N_f}{1.28} = \frac{1024}{1.28} = 800 \quad (2-6)$$

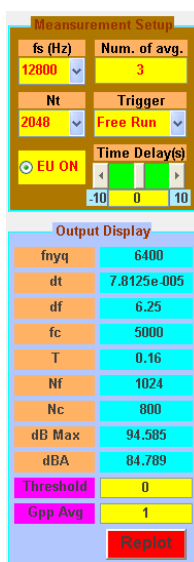


圖 4、FFT 取樣參數

2.3.2 感測器參數

在感測器參數中可以分為 Sensitivity、Sensitivity_dB、dB reference 及 DC offset 四個部分，在靈敏度方面為依照麥克風之原始靈敏度進行設定，靈敏度會

因接線不同而改變，故而需要對麥克風進行校正，以避免量測結果錯誤，故透過微調 Sensitivity_dB，得到新的靈敏度。而在 dB reference 的設定中麥克風須設定 2×10^{-5} Pa，此為聲音壓力位準參考值。

1. 圖 5 為靈敏度功能檢查，利用標準音源產生一單頻率 1000Hz 純音為 94dB 的訊號。
2. 透過校正之 dB 調整量對靈敏度進行校正，當原始感測器靈敏度 S_0 為 41.7(mV/Pa)，則：

$$dB = 20 \times \log_{10} \frac{S_c}{S_0} \quad (3-7)$$

$$S_c = 10^{\frac{dB}{20}} \times S_0 = 10^{\frac{0.513}{20}} \times 41.7 = 44.237 \quad (3-8)$$

3. S_c 為調整後之靈敏度，從圖 6 中 channel 之 dB 調整量為 0.513，所得到新的靈敏度便為 44.237(mV/Pa)與理論運算結果一致。

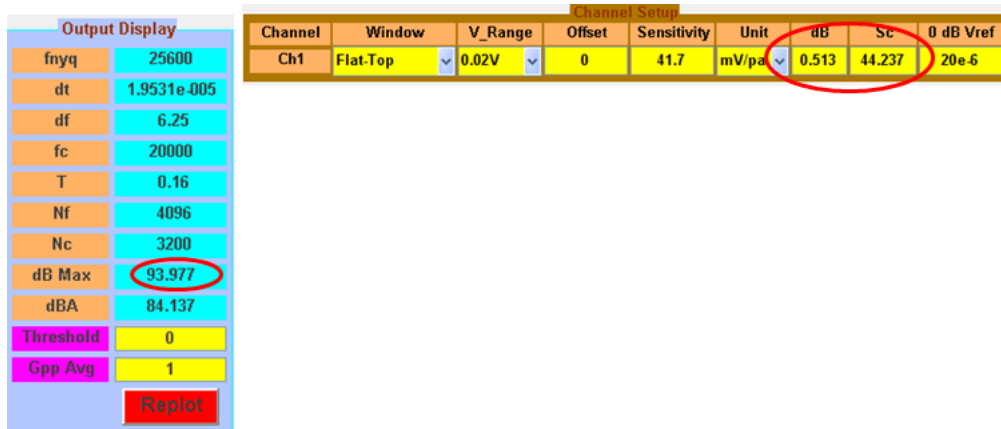


圖 5、麥克風經 dB reference 調整後之量測結果

2.3.3 工程單位顯示功能

圖 6 為開啟工程單位(EU on)時所呈現之結果，圖 7 為關閉工程單位(EU off)時所呈現之結果，結果顯示當 EU on 時單位會顯示 Pa，若 EU off 時單位會更改為純電壓 Voltage。

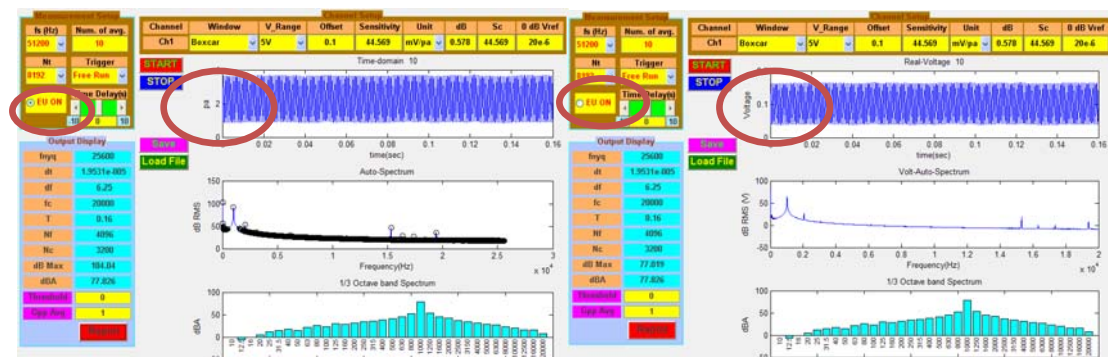


圖 6、開啟工程單位(EU on)

圖 7、關閉工程單位(EU off)

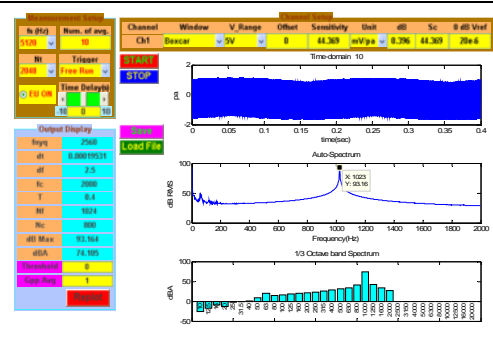
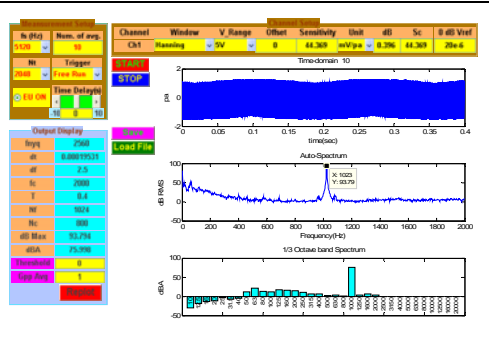
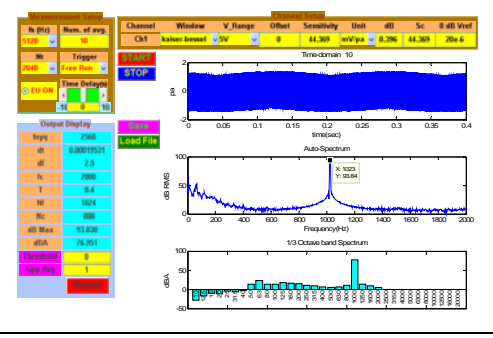
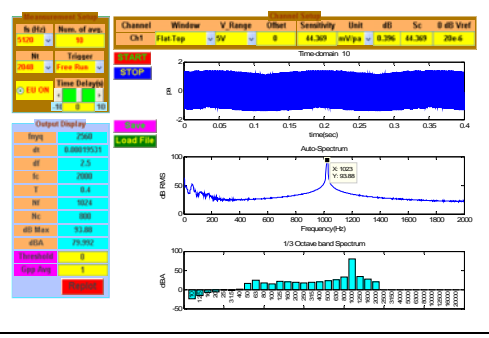
2.3.4 加權函數(window)功能

加權函數或視窗之應用方式是將時間域信號乘上加權函數後，再進行快

速傅立葉轉換，以降低信號之洩漏效應。對於不同特性之信號，有不同之加權函數選用，常見之加權函數種類有：矩形加權函數(Boxcar window)、漢寧加權函數(Hanning window)、開氏貝索加權函數(Kaiser-Bessel window) 及平頂加權函數(Flat-Top window)。

1. 矩形加權函數是截取整體信號，故矩形加權函數相當於無加權函數之效應；漢寧加權函數是解析頻率較高，欲得到較好的解析頻率時則選用 Hanning；開氏貝索加權函數是解析頻率與解析振幅皆介於 Hanning 與 Flat-Top 之間；平頂加權函數一般用於校正信號，注重振幅值的正確性。
2. 表 2 為四種加權函數量測 1000 Hz 純音 94dB 之標準音源之結果，發現平頂加權函數之振幅值確實高於其他三者，故而驗證此功能之可行性。

表 2、四種加權函數量測之結果

加權函數	矩形加權函數 boxcar	漢寧加權函數 hanning
量測結果		
dB Max	93.164 dB	93.794 dB
加權函數	開氏貝索加權函數 Kaier-Bessel	平頂加權函數 Flat top
量測結果		
dB Max	93.838 dB	93.88 dB

2.3.5 觸發(trigger)功能

在頻譜分析儀中，觸發功能用於設定量測訊號之「時間零點」，即為 $t=0$ 的位置，觸發的方式分為：Free run 與 Trigger。Free run 是在沒有觸發的情況下

擷取訊號，依所設定之量測次數結束量測；Trigger 則是當訊號超過所設定之觸發位準，便擷取訊號。延遲(Time Delay)設定為觸發後時間紀錄的延遲。

1. Trigger:如圖 8 所示，使用一 hammer 敲擊，當 trigger level 設定為 0.039V，訊號則會在 0.039V 後開始產生訊號。
2. Delay:一般無 delay 時應從 0 Sec 開始產生訊號，圖 9 為 delay 設定 0.004 Sec，訊號應會在 0.004 Sec 後開始擷取訊號。

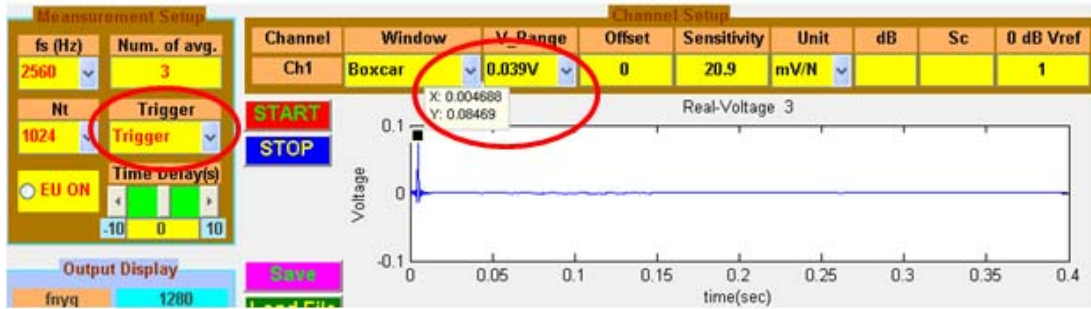


圖 8、trigger 功能

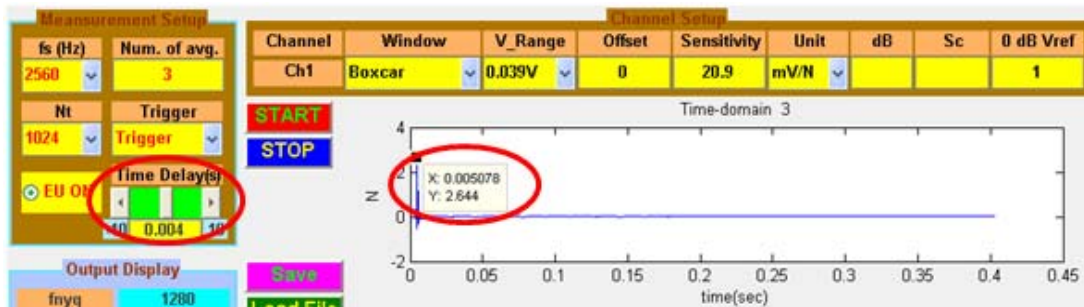


圖 9、delay 功能

2.3.6 量測平均次數(average)功能

平均次數之功能為決定量測次數之多寡，一般來說平均次數之設定皆由使用者之需求來做設定，平均次數設定越多，可使得訊號趨近於穩定狀態。

1. 圖 10 為量測平均次數取 1 次，所量測出來之隨機訊號。
2. 圖 11 為量測平均次數取 50 次，所量測出來之隨機訊號，所呈現出來較平滑。

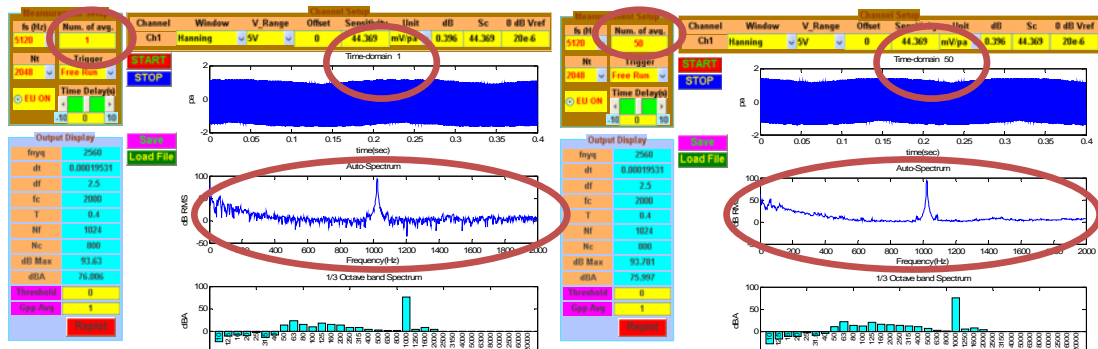


圖 10、量測平均次數取 1 次之結果

圖 11、量測平均次數取 50 次之結果

2.3.7 繪圖顯示功能

針對風扇噪音量測之需求，圖 12 為自訂之繪圖輸出項目，包含時間域響應、風扇聲音線性頻譜以及 1/3 八音頻帶頻譜。

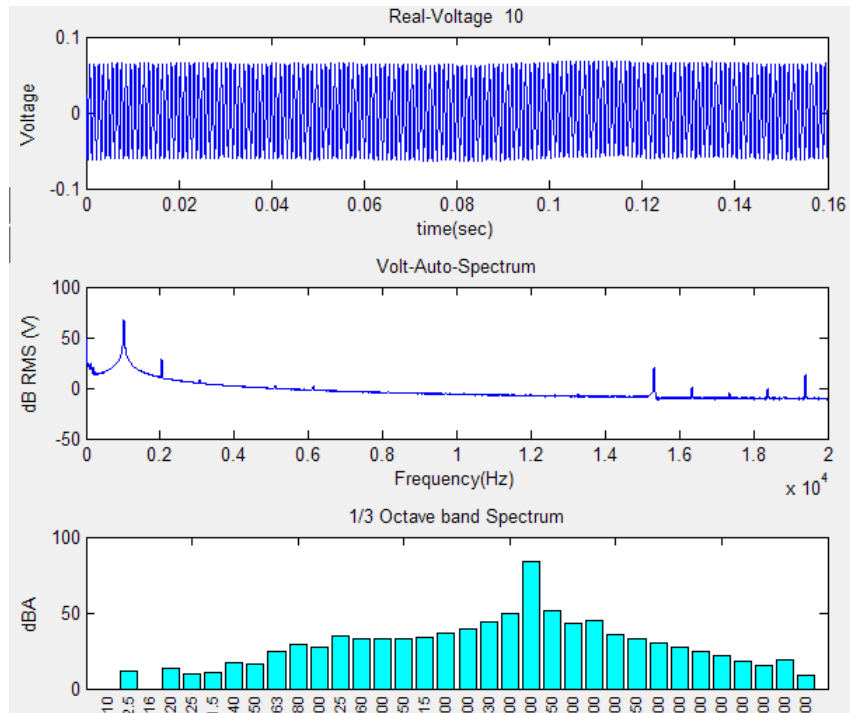


圖 12、為繪圖輸出項目

2.3.8 量測參數儲存(save)、呼叫(load)功能

圖 13 為儲存與呼叫功能顯示，和一般軟體一樣擁有存取檔案之功能，方便於後續處理，可存為參數內存格式，次方便量測之數據，需要時可隨時載入觀察。

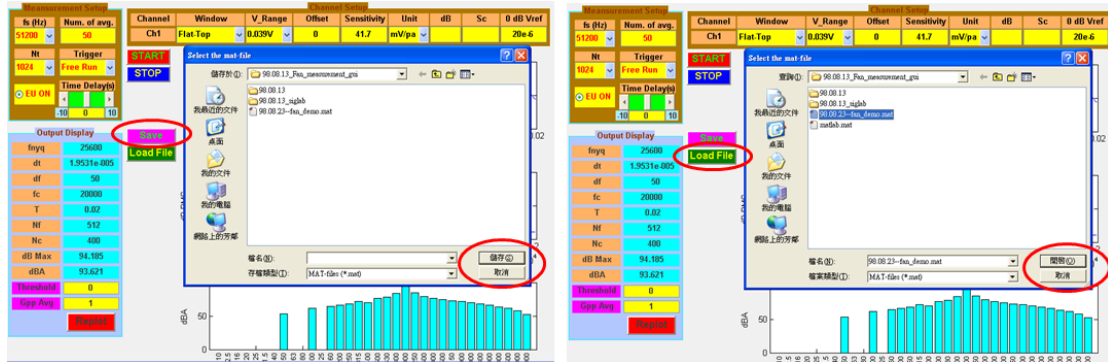


圖 13、儲存與呼叫功能顯示

3. 風扇噪音量測系統之驗證

對風扇噪音量測系統進行驗證時，首先應用具有 1000 Hz 純音 94dB 之標準音源對麥克風進行校正，之後再使用頻譜分析儀檢驗兩個主要項目，包含快速傅立葉轉換(FFT)及自身能量頻譜密度函數來進行驗證。

3.1 麥克風校正

圖 14 為在 1000 Hz 94dB 之標準音源，在進行風扇噪音量測系統量測之前，麥克風須進行校正，方可達到量測之準確性，圖 15 為麥克風原始之靈

敏度 41.7 mV/Pa，所量測出來之 dB 值為 94.513 dB，圖 16 為麥克風經過修正後靈敏度為 44.237 mV/Pa，所量測出來之 dB 值為 93.977 dB，以相近於 94 dB。



圖 14、標準音源產生器

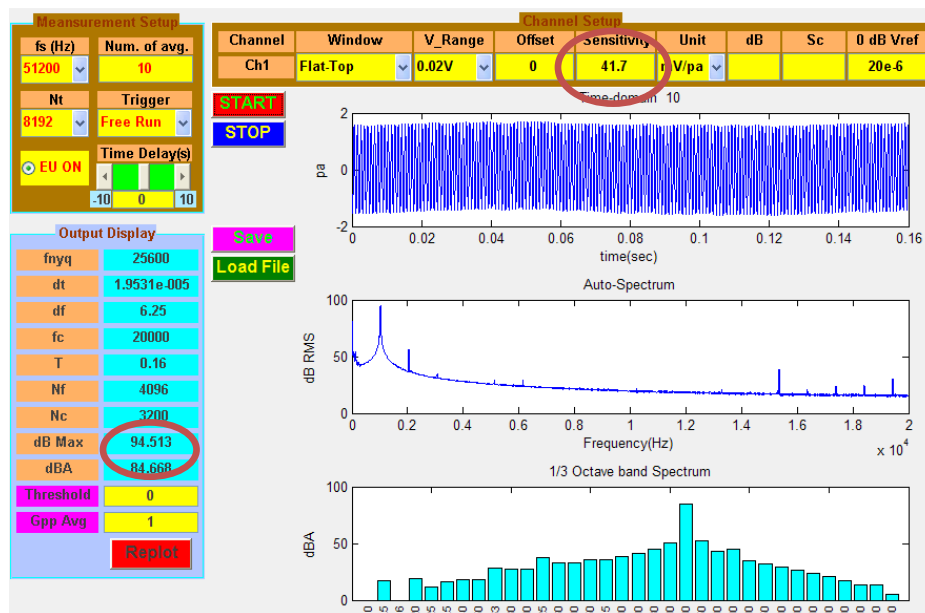


圖 15、麥克風校正前

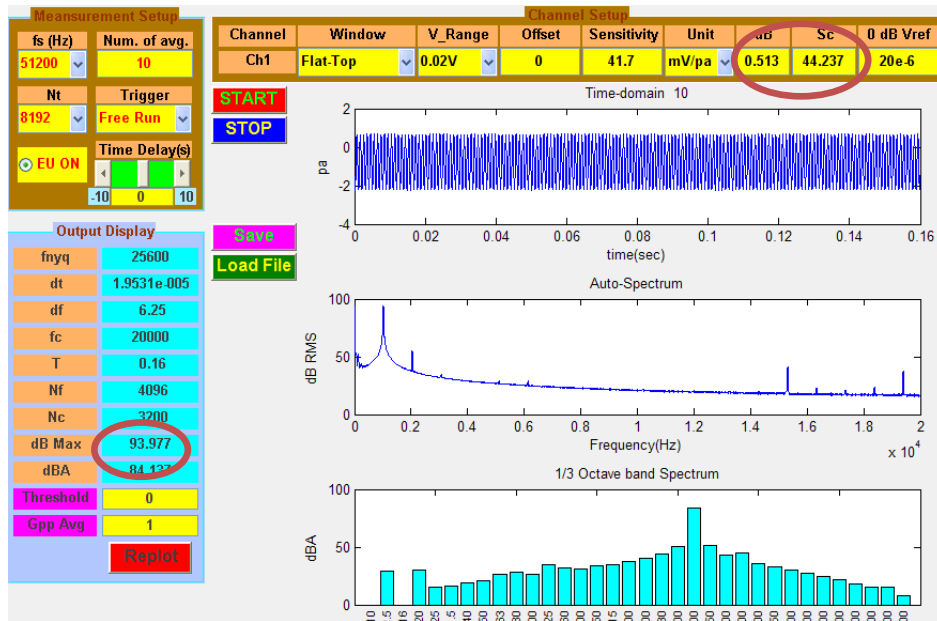


圖 16、麥克風校正後

3.2 量測系統之驗證

3.2.1 快速傅立葉轉換檢查(FFT check)

正弦波之時間域數學表示式如下所示：

$$x(t) = A \sin(2\pi f_0 t) \quad (3-1)$$

其傅立葉轉換為：

$$X(f) = -j \frac{A}{2} \delta(f - f_0) + j \frac{A}{2} \delta(f + f_0) \quad (3-2)$$

若僅考慮正頻率則，

$$X(f) = -jA\delta(f - f_0) \quad (3-3)$$

由此可知， $X(f)$ 之實數部為零，虛數部為-A。

餘弦波之時間域表示式為：

$$x(t) = A \cos(2\pi f_0 t) \quad (3-4)$$

其傅立葉轉換為：

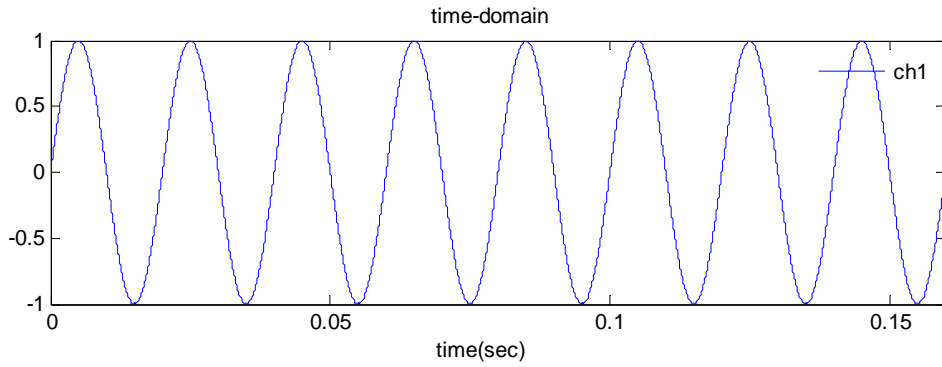
$$X(f) = \frac{A}{2} \delta(f - f_0) + \frac{A}{2} \delta(f + f_0) \quad (3-5)$$

若僅考慮正頻率則，

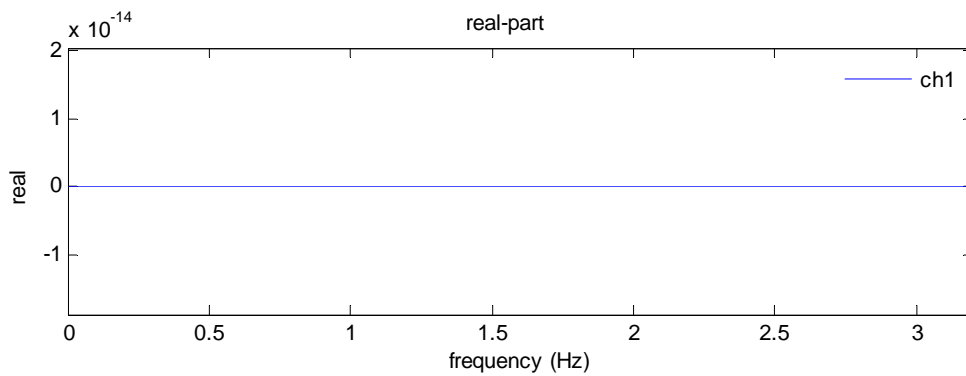
$$X(f) = A\delta(f - f_0) \quad (3-6)$$

其傅立葉轉換之結果剛好與正弦波之傅立葉轉換結果相反， $X(f)$ 之實數部為A，虛數部為零。

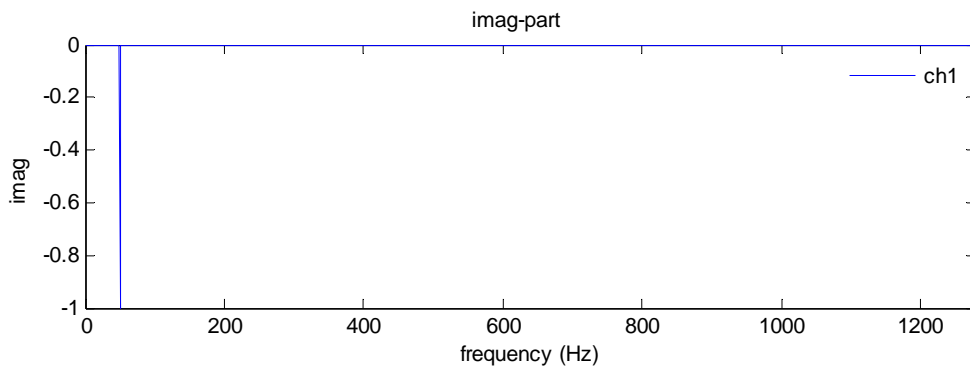
由圖 18 傅立葉轉換中，信號為正弦波，振幅 1V，頻率 50 Hz，在圖 18(a)可看出並無洩漏現象產生，而圖 18(b)實數部幾乎為零，圖 18(c)虛數部頻率於 50Hz 為振幅大小為 1，此現象與理論完全吻合，故可證明 FFT 轉換並無錯誤。



(a). 正弦波時間域信號



(b). FFT 實數部



(c). FFT 虛數部

圖 18、FFT 之實數部與虛數部

3.2.2 自身能量頻譜密度函數檢查(Power Spectrum Check)

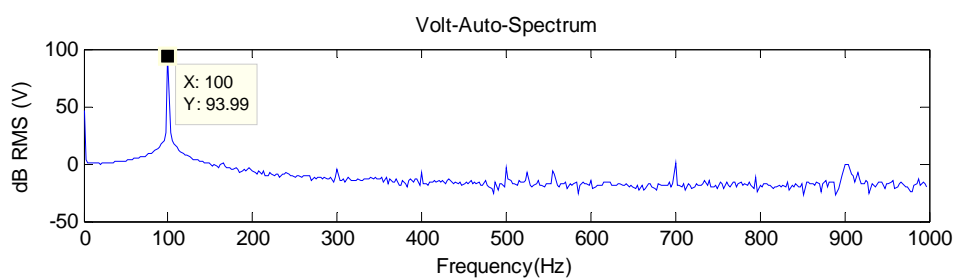
訊號 $x(t)$ 之自身能量頻譜密度函數 $G_{xx}(f)$ 與其平方平均根值 x_{rms} 值關係如下所示：

$$\int_0^{\infty} G_{xx}(f) df = (x_{rms})^2 \quad (3-7)$$

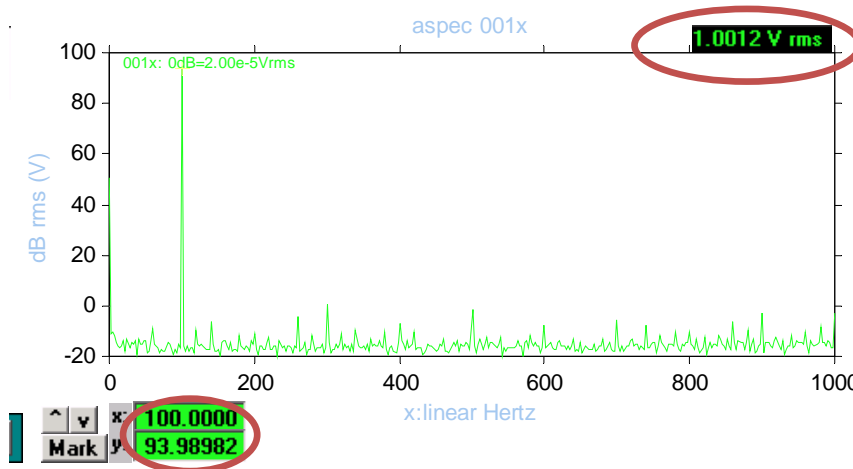
可藉由式(3-7)來驗證，經過訊號頻譜分析儀所得之自身能量密度函數計算是否正確。

在 PSD 確認則是搭配 Siglab 頻譜分析儀進行雙向確認，由圖 19(a)與圖 19(b)

可看出兩者 PSD 幾乎相同，而電壓 RMS 值為 1.0012V rms，與輸入 $1.414V \cdot (1.414/2)$ 之值 0.999 V rms 相近，因此在自身功率頻譜密度函數也可說驗證成功。



(a). 風扇噪音量測模組 PSD



(b).Singlab 之 PSD

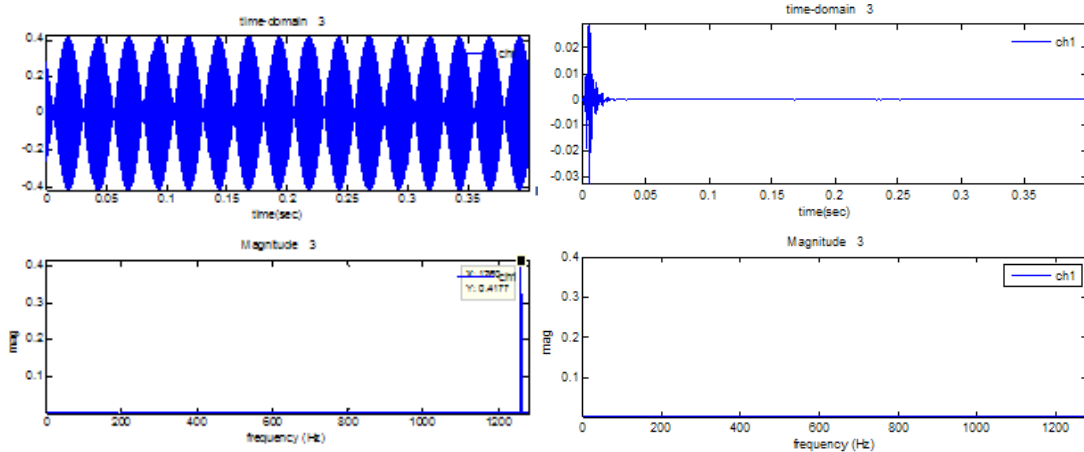
圖 19、自身能量頻譜密度函數(PSD)驗證

3.2.3 反假象濾波器功能確認

假象(aliasing)是指訊號在進行快速傅立葉轉換時，所產生不正常或不正確之頻率信號的現象，主要是因為取樣(sampling)時因取樣頻率(Sampling Frequency)低於訊號頻率，導致快速傅立葉轉換過程使高頻訊號映射到低頻頻域造成訊號失真，所謂取樣頻率低於訊號頻率是指取樣頻率(f_s)低於二倍的訊號頻率(f_0)，因為 $f_{nyq} = f_s / 2$ ，其中 f_{nyq} 是指解析頻率，所以只要 f_0 大於 f_{nyq} 即會產生假象的現象。解決訊號假象之現象之方法有二：提高取樣頻率，或在對信號進行快速傅立葉轉換時加訊號反假象濾波器，將高於 f_{nyq} 之頻率信號濾掉，使得高頻訊號不會再映射過低頻之頻域，如以下式子所示：

$$x(t) = \cos 2\pi(f_{nyq} + 0.2f_{nyq})t \quad (3-8)$$

圖 20 為反假象濾波器檢查，當實際信號為 1300Hz，若無反假象濾波器，則在 1260Hz 會有假象頻率值出現；反之若有反假象濾波器，則在 1260Hz 將不會有任何峰值出現。因此可藉此來驗證之頻譜分析儀是否具有反假象濾波器之功能。檢查方式係由訊號產生器產生一高於 f_{nyq} 頻率正弦或餘弦波訊號，進行快速傅立葉轉換觀察是否有假象頻率出現。



(a)產生假象

(b)濾除假象

圖 20、反假象濾波器檢查

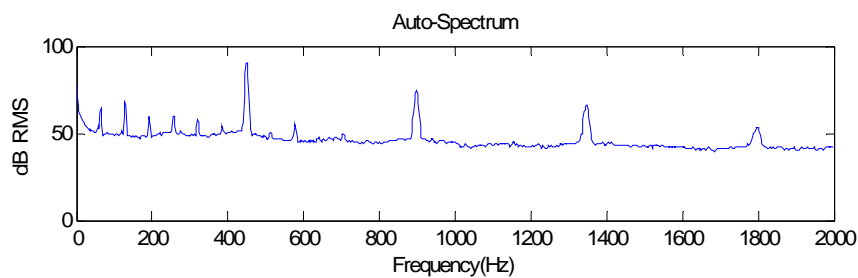
4. 風扇噪音量測模組之應用

經過以上的驗證及模組介面之功能測試後，可驗證此一量測模組之正確性，便針對風扇進行噪音量測，利用麥克風得到風扇之噪音 dB rms 值，並同步與市售之頻譜分析儀進行量測。圖 21 為風扇噪音量測模組與市售頻譜分析儀同步量測之示意圖。綜合比較討論如下：

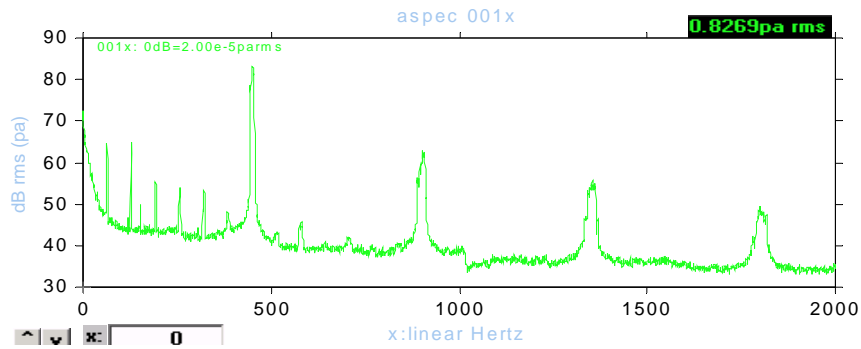
1. 由圖 22 可看出，由同步量測所得到之 dB rms 值與頻率趨勢是相當吻合的。



圖 21、風扇噪音量測模組與頻譜分析儀同步量測示意圖



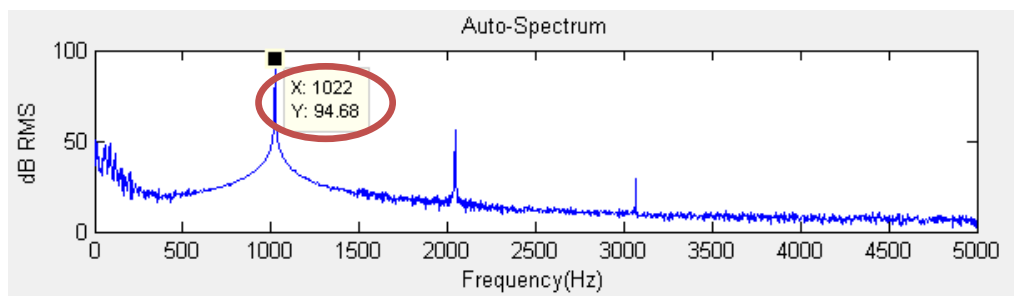
(a) 風扇噪音量測模組



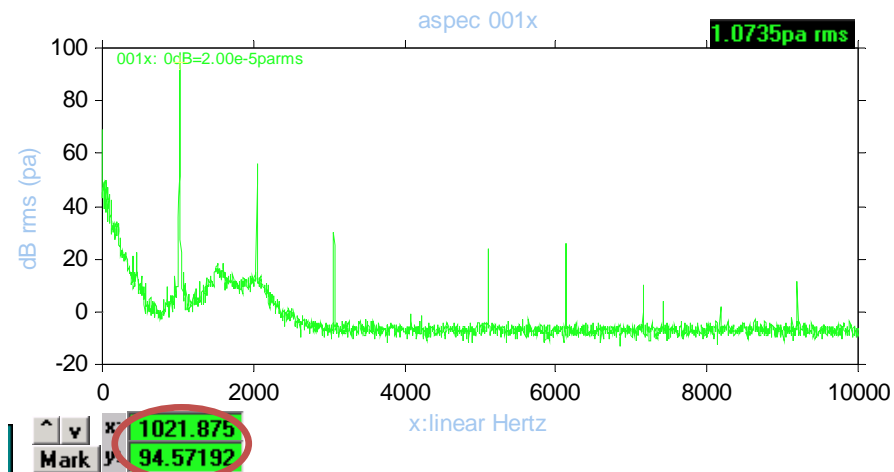
(b) 頻譜分析儀

圖 22、風扇噪音量測模組與頻譜分析儀實際量測風扇

2. 圖 23 為風扇噪音量測模組與頻譜分析儀同時量測在 1000 Hz 94dB 之標準音源，結果顯示量測後之 dB 值非常相近，表示此量測系統有其可靠度。
3. 未來可進行不同風扇噪音量測，以縮短開發時間與成本，來提升工作效率。



(a). 風扇噪音量測模組



(b). 頻譜分析儀

圖 23、風扇噪音量測模組與頻譜分析儀互相驗證

5. 結論

本文目的為開發一套線上噪音量測系統之量測模組，將以上之信號處理以訊號擷取卡(USB-9234)結合 MATLAB 套裝軟體來建構風扇噪音量測模組，藉由頻譜分析儀之標準方法來驗證所開發之量測模組。本文綜合討論如下：

1. 由檢查頻譜分析儀之標準方法及人性化介面選項功能測試之結果，可以確定自行建立之風扇噪音量測模組之正確性，且由 MATLAB 撰寫之軟體與訊號擷取之硬體整合與操作是能有效運作的。
2. 經由風扇噪音量測模組與市售頻譜分析儀同步量測，比對兩者所得到之噪音 dB rms 值有相當趨勢，更可提升此量測模組之可靠性。
3. 從風扇噪音量測模組驗證至與市售頻譜分析儀同步量測之結果，顯示此一模組能有效運用於風扇噪音之量測。
4. 未來可針對不同風扇量測，利用此模組來選擇修改參數來達到此模組的方便性及實用性。

6. 參考文獻

1. Eisaian, A., 1997, "Air-Cooling Electronic Systems: An Introduction," *Electronic Design*, Vol. 45, No. 12, pp. 115-120.
2. Barlow, B., 1990, "A Guide to Selecting Cooling Fans," *Electronic Packaging & Production*, Vol. 6, No. 12, pp. 48-49.
3. 陳有斌、應台發，1997，散熱風散產業專題研究，工業技術研究院光電所。
4. Bolton, A. N., 1990, "Installation Effects in Fan Systems," *Journal of Power and Energy*, Vol. 204, pp. 201-215.
5. Rahman, B. S., and Lieu, D. K., 1991, "The Origin of Permanent Magnet Induced Vibration in Electric Machines," *Journal of Vibration and Acoustics*, Vol. 113, pp. 476-481.
6. 王智中、涂季平、陳德煒、劉思遠，2000，「時頻分析法應用於旋轉機械故障診斷之研究」，中華民國振動與噪音工程學會第八屆學術研討會，第 1-5 頁。
7. Ding, J. J., Jumaily, A. Al., 2000, "A Linear Regression Model for the Identification of Unbalanced Changes in Rotating Machines," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 231, No.1, pp. 125-144.
8. Shiroishi, J., Li, Y., Liang, S., Kurfeess, T., and Danyluk, S., 1997, "Bearing Condition Diagnostics via Vibration and Acoustic Emission Measurements," *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 11, No. 5, pp. 693-705.

9. Chin, S., 1986, "Keeping the PC Cool," *Electronic Products*, Vol. 29, No. 8, pp. 47-50.
10. Wu, S. F., Su, S., and Shah, H., 1998, "Noise Radiation From Engine Cooling Fans," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 216, No. 1, pp. 107-132.
11. Lee, D. S., Chen, P. H., and Miao, J. M., 1997, "Noise Reduction of A Cross Flow Fan," *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol. 20, No. 3, pp. 265-273.
12. Kyiome, N., 1985, "Automatic Small Motor Noise Measuring Equipment," *IEEE Trans. On Industry Applications*, Vol. 21, No. 4, pp. 899-905.
13. Heckman, A. T., 1993, "Vibration Monitoring Yields Big Benefits," *Chemical Engineering*, Vol. 5, No. 2, pp. 126-129.
14. Copy, W. T. W., 1991, "Overview of Condition Monitoring Methods with Emphasis on Industrial Fans," *Journal of Power Energy*, Vol. 205, pp. 225-240.
15. Ching, H. T., Kin, T. L., and Hornh, L. S., 1995, "Application of Neural Network for the Classification of the Failure Signal of Mechanical Systems," *Technological and Vocational Education Conference of Republic of China*, Vol. 1, pp. 77-86.
16. 江文旺，2001，「應用換相突波微電流進行風扇線上振動量測」，*中華民國振動與噪音第九屆學術研討會論文集*，第 11-15 頁。
17. 何展效、江文旺，1992，「風扇噪音振動測試技術」，*機械工業雜誌*，第 3 期，第 145-178 頁。
18. 劉毓毓、吳永成、林麗芬，1993，「冷卻風扇基座之動態特性與參數靈敏性分析」，*中華民國振動與噪音第一屆學術研討會論文集*，第 249-258 頁。
19. 黃崇杰，1988，基於振動量之冷卻風扇品質檢驗，碩士論文，*國立屏東科技大學機械研究所*。
20. 王栢村，2002，實驗模態分析之實務與應用，*國立屏東科技大學機械工程系*。