

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

最佳團隊合作獎

040820

暗送秋波---音效卡示波器

學校名稱：國立新竹女子高級中學

作者： 高二 洪子茹 高二 黃子娟	指導老師： 徐以誠 曾昭銘
-------------------------	---------------------

關鍵詞：示波器、快速傅利葉轉換、音效卡

## 壹、摘要：

在本篇研究中，我們利用現今電腦必備的音效卡，將其變身為簡易的示波器，利用音效卡上的麥克風插孔來接收輸入的訊號，並以即時的方式呈現訊號的波形。在使用者介面上，仿照傳統示波器的面板，分成顯示區、水平控制區、垂直控制區與頻譜資料區等四個區塊，使得操作更為順手與便利，另外，為了使得功能更為完備，也提供了頻譜分析及頻率偵測的功能。從峰對峰值的比對、取樣頻率的精確度與波形相似度的比對等各項測試中得知，我們的音效卡示波器能夠忠實精確地接收並顯示輸入訊號的波形，而且在頻率偵測上的平均誤差僅有 1.6%。

## 貳、研究動機與目的：

示波器可以顯示和分析電子訊號的波形，衍生出來的用途非常廣泛，是實驗室必備的儀器之一，但是示波器的市售價格並不低廉，一萬至數十萬元都有，一般來說，除了學校、企業、研究室等單位會採購外，很少人會去買來放在家中使用，若能運用巧思與智慧，使得家中常用的設備就具有示波器的功能，那就再好也不過了。音效卡與電腦的組合應該是最佳的選擇，因為除了電腦已經是現代日常生活中的必備物品外，音效卡的輸入與示波器相似，都是一種隨時間變化的類比電壓訊號，若是真的可以使用音效卡來模擬簡易示波器，那真是方便好用多了。

## 參、器材及軟體：

- 一、個人電腦、筆記型電腦。
- 二、Visual Basic 6、GoldWave。
- 三、訊號產生器 GW Instek GFG-8215A。
- 四、示波器 GW Instek GOS-622G。

## 肆、研究過程：

### 一、示波器簡介

示波器（Oscilloscope）是經常使用到的電子儀器，可用來測試電路的各項特性，尤其在檢修和調整電路時更為重要。示波器是一種能夠顯示電壓信號波形的測量儀器，它能夠將時變的電壓信號，轉換為時間域上的曲線，並顯示在螢幕上，使觀察者輕而易舉地了解電壓變化之情況。

示波器可分為類比式與數位式兩種，類比示波器會直接將量測的訊號電壓轉換至電

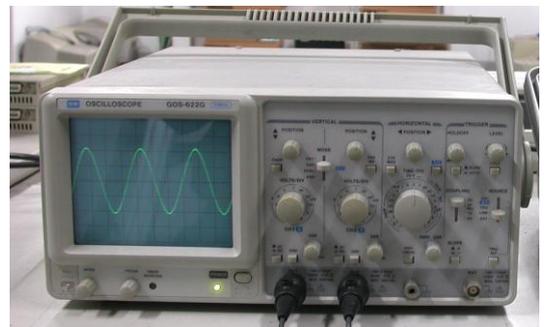


圖 1 類比式示波器 GW GOS-622G

子束，電子束由左至右在示波器螢幕上移動，由於螢幕背面經過磷質發光體處理，只要被電子束擊中就會發光，而呈現出訊號的波形。與類比示波器相比，數位示波器使用一個類比至數位轉換器，將量測的電壓轉換為數位資訊，它會以一連串的取樣來擷取波形，將這些取樣點儲存起來，直到累積足夠的取樣點，將其重新組合成波形並在螢幕上顯示。現今，類比示波器雖然還是廣為一般人所使用，但是數位式示波器提供了多樣的附加功能，已慢慢地取代了類比式的示波器，圖 1 為 GW Instek 公司的類比式示波器 GOS-622G。

## 二、音效卡的功用

現在的多媒體電腦，如果想要播放或錄製高品質的聲音，音效卡是一定不可缺少的，它通常是內建在主機板上，或是插在主機板的 PCI 插槽中。音效卡上至少有三個插孔，可以分別連接不同功能的硬體設備，藍色的 LINE IN 負責接收光碟機的聲音訊號；粉紅色的 MIC IN 是用來連接麥克風，可以透過麥克風輸入音訊到電腦中；綠色的 LINE OUT 是連接喇叭的接線，可將聲音由喇叭輸出。

我們所聽到的聲音都是經由空氣或一些介質所傳播的，這些聲音都是連續的訊號，也就是所謂的類比訊號，而電腦只能辨識 0 或 1 的數位訊號，因此音效卡的最基本功能，就是將透過麥克風等設備輸入的類比訊號轉換為數位訊號後進入電腦，以及將電腦內處理完之數位音源訊號轉換為類比音源訊號輸出，此二種過程分別稱做模數轉換 ADC (Analog-to-Digital Conversion) 與數模轉換 DAC (Digital-to-Analog Conversion)。



圖 2-1 音效卡

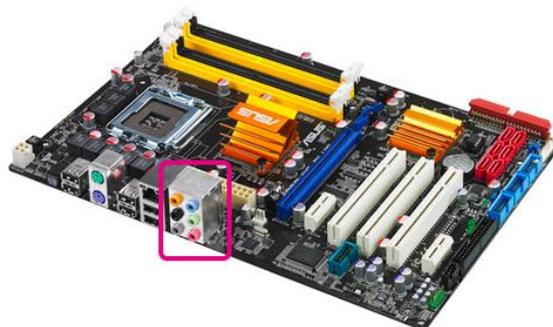


圖 2-2 內建在主機板上的音效卡插孔

## 三、音效卡模擬示波器的可行性

示波器的市售價格並不低廉，一萬至數十萬元都有，一般來說，除了學校、企業、實驗室等單位會採購外，很少人會去買來放在家中使用，若能運用巧思與智慧，使得家中常用的設備就具有示波器的功能，那就再好也不過了。音效卡應該是最佳的選擇，因為除了電腦已經是現代日常生活中的必備物品外，音效卡的輸入與示波器相似，都是一種隨時間變化的類比電壓訊號，是否真的就可以音效卡來模擬示波器呢？則需要經過測試方可定論。

我們先利用訊號產生器 (GW Instek GFG-8215A) 產生三種強度 (峰對峰值約為 3.1V、2.1V、1.2V, 真實值需由示波器讀取)、三種頻率 (100Hz、1,000Hz、10,000Hz)、

三種波形（正弦波、三角波、方波）組合的訊號，分別輸出至音效卡及示波器，音效卡端的訊號以 Goldwave 軟體來記錄並存成音效檔（取樣頻率為 192,000Hz），由於示波器 GW GOS-622G 沒有記錄的功能，就以相機拍照來記錄。再來，將音效檔的波形與拍攝的照片做下列的比對，以確認音效卡是否真能用來模擬示波器。

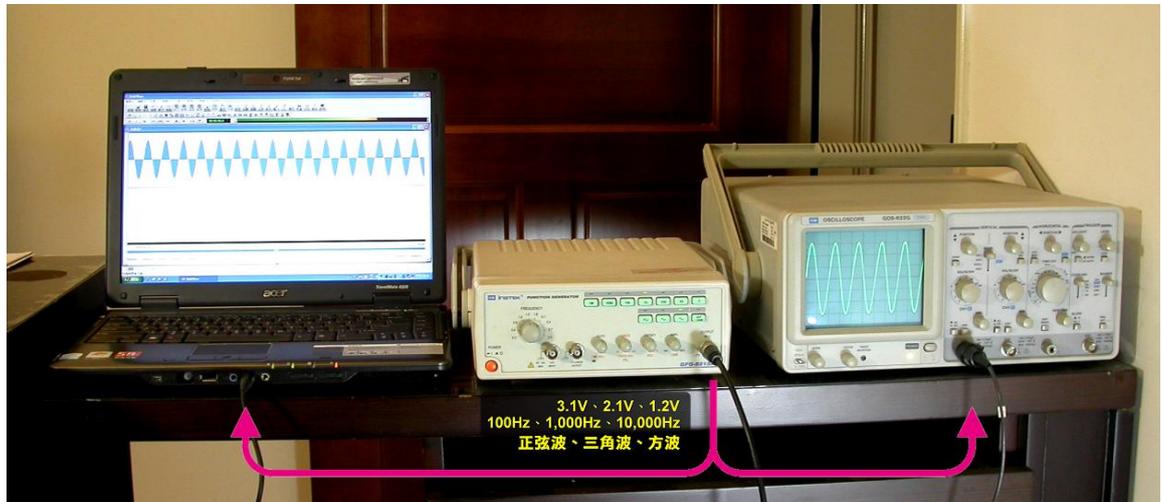


圖 3 利用訊號產生器產生各種訊號分別輸入音效卡及示波器

### (1) 峰對峰值的比對

峰對峰值的大小代表著訊號的強度，以不同的強度、波形、頻率的訊號同時輸入示波器與音效卡，觀察各種訊號在示波器上所顯示的峰對峰值與音效卡所紀錄的峰對峰值是否有成固定的比例，若是成固定的比例，那代表著音效卡能夠有效與正確的紀錄訊號電壓的變化。

圖 4-1 中，示波器在垂直方向的單位為 0.5V/DIV，所以其峰對峰值為 3.1V，同樣的訊號在音效卡所紀錄的音效檔中（圖 4-2），峰對峰值為 1.42，其比值為  $3.1/1.42 = 2.18$ 。表格 1 為各種訊號的實驗結果，平均的比值為 2.19，標準差為 0.11，兩者間的相關係數高達 0.9946。另外，平均比值 2.19 也意味著本音效卡能夠有效紀錄訊號的電壓強度為  $\pm 2.19 \text{ V}$ 。

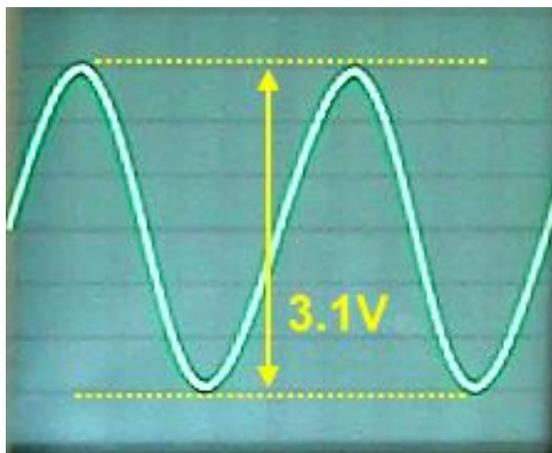


圖 4-1 由示波器讀取訊號峰對峰值電壓

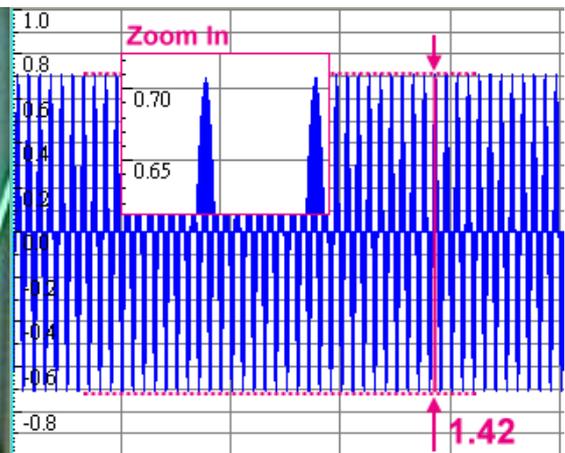


圖 4-2 利用 Goldwave 讀取音效卡記錄的峰對峰值

波形與頻率 峰對峰值		正弦波			三角波			方波		
		100Hz	1000Hz	10000Hz	100Hz	1000Hz	10000Hz	100Hz	1000Hz	10000Hz
電壓 1 V <sub>1P-P</sub>	示波器	3.1	3.1	3.0	2.8	2.8	2.8	3.2	3.1	3.2
	音效卡	1.42	1.42	1.40	1.34	1.32	1.21	1.48	1.49	1.50
	比 值	2.18	2.18	2.14	2.09	2.12	2.31	2.16	2.08	2.13
電壓 2 V <sub>2P-P</sub>	示波器	2.1	2.1	2.1	1.9	1.9	1.9	2.1	2.1	2.1
	音效卡	0.95	0.95	0.94	0.90	0.89	0.81	0.99	1.01	1.05
	比 值	2.21	2.21	2.23	2.11	2.13	2.35	2.12	2.08	2.00
電壓 3 V <sub>3P-P</sub>	示波器	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
	音效卡	0.57	0.57	0.57	0.54	0.53	0.49	0.60	0.61	0.62
	比 值	2.28	2.28	2.28	2.41	2.26	2.45	2.17	2.13	2.10

平均比值為 2.19 (標準差為 0.11)、相關係數為 0.9946

表格 1 由示波器及音效卡分別讀取各種訊號之峰對峰值及兩者的比值

## (2) 取樣頻率的精確度

音效卡以每秒鐘 196,000 個取樣點的速度，紀錄著訊號在一瞬間的電壓值，其時間的精確度，在計算訊號的週期與頻率時會有很大的影響。各種訊號在示波器中，可藉由波的數目與時間的長度來計算出真實頻率，音效卡所紀錄的音效檔在 Goldwave 軟體中，也可以如圖 5 所示般，計算出其頻率。經過實際計算，實驗測試用的 27 種訊號，音效卡所紀錄訊號的頻率與真實頻率間僅有 0.64% 的平均誤差。

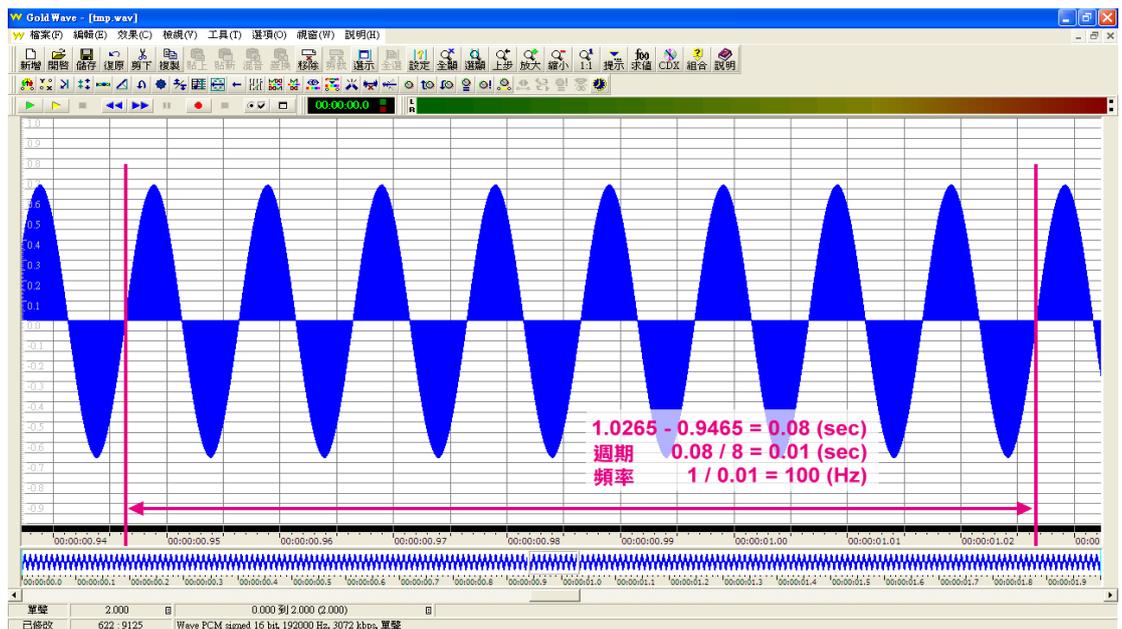


圖 6 利用 Goldwave 軟體計算訊號的週期與頻率

波形與頻率 峰對峰值		正弦波			三角波			方波		
		100Hz	1000Hz	10000Hz	100Hz	1000Hz	10000Hz	100Hz	1000Hz	10000Hz
電壓 1 (V <sub>1P-P</sub> )		99.6	995.0	9960.2	99.6	995.0	9949.3	99.6	995.0	9901.0
電壓 2 (V <sub>2P-P</sub> )		99.8	990.0	9950.2	99.6	989.1	9901.0	99.8	989.6	9950.2
電壓 3 (V <sub>3P-P</sub> )		99.5	990.7	9897.1	99.4	989.1	9948.3	99.4	990.2	9948.4

整體平均誤差為 0.64%

表格 2 利用 Goldwave 軟體計算音效卡所記錄的各種訊號之頻率

### (3) 波形相似度的比對

除了峰對峰值與頻率的精確度外，音效卡所紀錄的波形是否與示波器一致，在沒有使用波形相似度的判別工具下，我們僅能將示波器上的波形利用相機拍下，與 Goldwave 軟體中音效卡紀錄的波形以肉眼比對，由圖 6-1、圖 6-2、圖 6-3 看來，兩者間的波形只有在高頻的方波上不太一致，其餘的幾乎一樣。

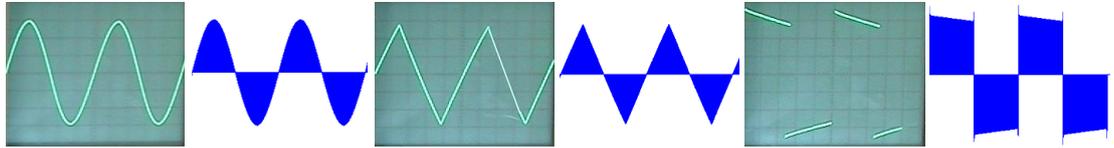


圖 6-1 100Hz、 $V_{1p-p}$  的三種波形（左邊為示波器、右邊為音訊檔）

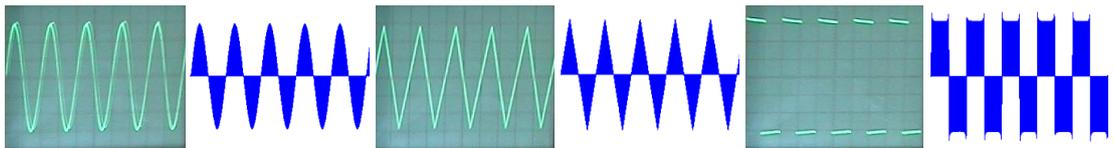


圖 6-2 1000Hz、 $V_{2p-p}$  的三種波形（左邊為示波器、右邊為音訊檔）

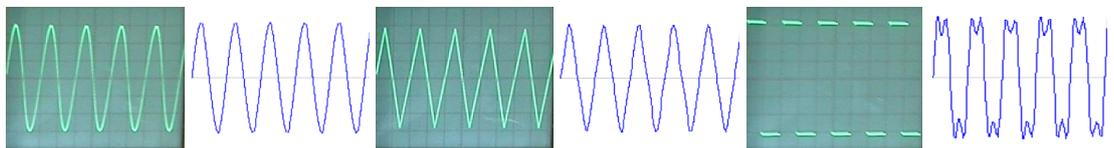


圖 6-3 10000Hz、 $V_{3p-p}$  的三種波形（左邊為示波器、右邊為音訊檔）

## 四、音效卡示波器的設計

經過上述的比對，確認了可以利用音效卡來模擬示波器，由於電腦的日益普及，這樣的作法會比真實的示波器方便且便宜許多。在程式的設計上，必需滿足下列幾項要求才行：第一，反應時間要短，能夠即時的顯示出目前的訊號波形；第二，使用者介面要親和性佳，方便操作，讓初學者也能輕易地上手；第三，要有附加的選項，例如頻譜分析、基頻偵測，使得功能更形完備。

### (1) 使用者介面的設計

我們打算利用 Visual Basic 6 來實作音效卡示波器，仿照一般示波器的面板，如圖 7 所示，將使用者介面分成六個區塊：取樣頻率選擇區、水平時間軸控制區、垂直訊號控制區、簡易頻譜顯示區、訊號波形顯示區、波形快照功能，介面如圖 8 所示。當然，我們也利用了一些現成的材料來製作探測棒，讓音效卡示波器使用起來更為方便，整體外觀與附件請參見圖 9。

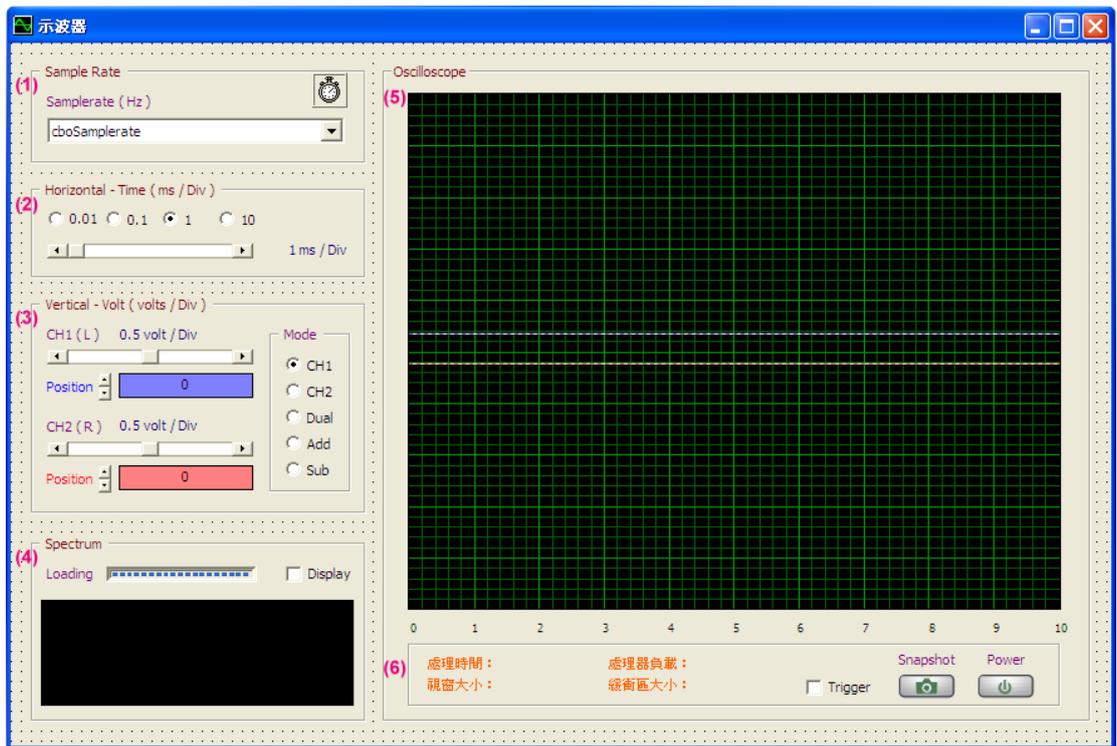


圖 7 音效卡示波器的使用者介面設計

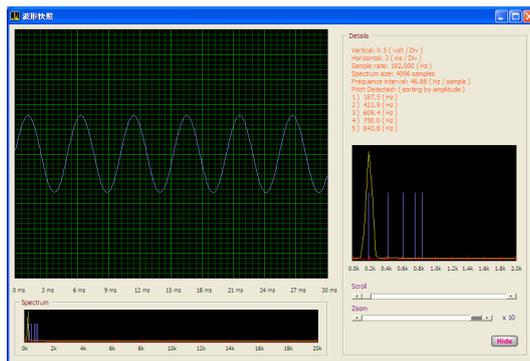


圖 8 訊號波形快照及分析

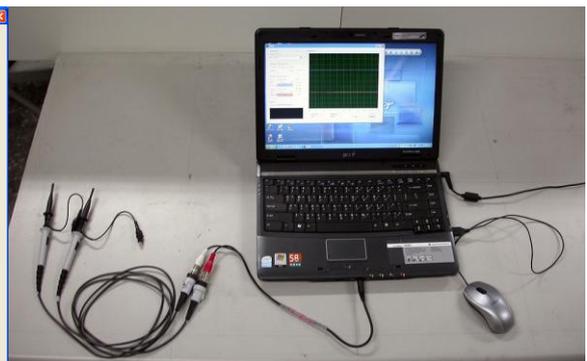


圖 9 音效卡示波器整體外觀與附件

## (2) 訊號接收部分的設計

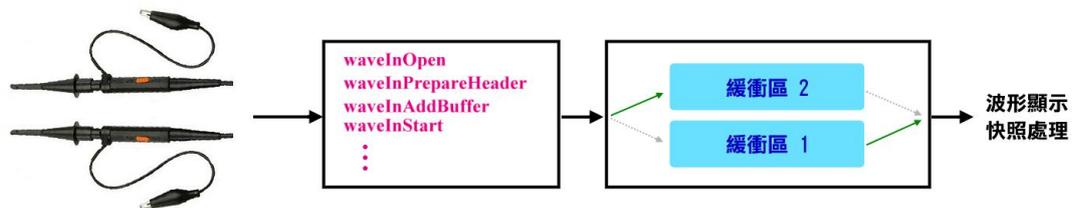


圖 10 訊號接收部分的兩個緩衝區機制

為了能夠連續不斷的接收探測棒傳送過來的訊號，同時也要能夠快速的顯示波形及簡易頻譜，採用了 2 個緩衝區 (Buffer) 的機制，探測棒陸續接收進來的訊號先存放在第 1 個緩衝區，當儲存滿後，換到第 2 個緩衝區存放，並將第 1 個緩衝區的訊號進行處理，完成後將其資源回收留待第 2 個緩衝區填滿後使用，如此交替循環直到程式終止。要達成這樣的機制必須使用 Windows 的 API 函式，包括管理緩衝區記憶體 GlobalAlloc、GlobalLock、GlobalFree (使用 kernel32.dll

動態連接函式庫)，以及接收聲音的 `waveInOpen`、`waveInPrepareHeader`、`waveInAddBuffer`、`waveInStart`、`waveInStop`、`waveInUnprepareHeader`、`waveInClose`（使用 `wimm.dll` 動態連接函式庫），整個設計如圖 10 所示。

### (3) 訊號波形的顯示

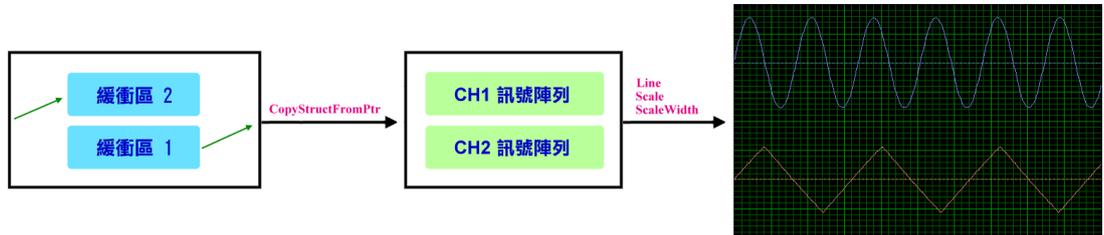


圖 11 將緩衝區的訊號取出並繪製波形

當輸入訊號填滿緩衝區後，就可以進行波形的顯示處理，先利用 API 函式 `CopyStructFromPtr`，將緩衝區的記憶體中將訊號取出並放到訊號陣列中，然後使用 `ScaleWidth`、`Scale`、`Line` 等 VB 的指令，依訊號陣列的數值將波形繪出。

### (4) 頻譜分析的設計



圖 12 訊號經過快速傅立葉轉換後繪製頻譜並顯示訊號可能頻率

分析訊號的頻譜，最常用的方法為快速傅立葉轉換（Fast Fourier Transform；FFT），可將訊號由時域轉換至頻域，並分解成頻率與振幅的分量。所以先將訊號陣列經過快速傅立葉轉換，然後將其頻譜資料繪製出來即可，另外為了避免人工判讀訊號頻率的困擾，程式可以顯示出幾個具有較大振幅處的頻率，幫助訊號頻率的估測。

## 伍、研究結果：

### 一、程式實作

我們利用 Visual Basic 6 來實作（執行畫面如圖 13 所示），利用音效卡的左右聲道來接收外部訊號，並將訊號的波形即時顯示出來，左聲道的訊號以藍色的線條來表示，右聲道的訊號以紅色的線條來表示，整個使用者介面分為六個功能區塊：取樣頻率選擇區、水平時間軸控制區、垂直訊號控制區、簡易頻譜顯示區、訊號波形顯示區、波形快照功能。

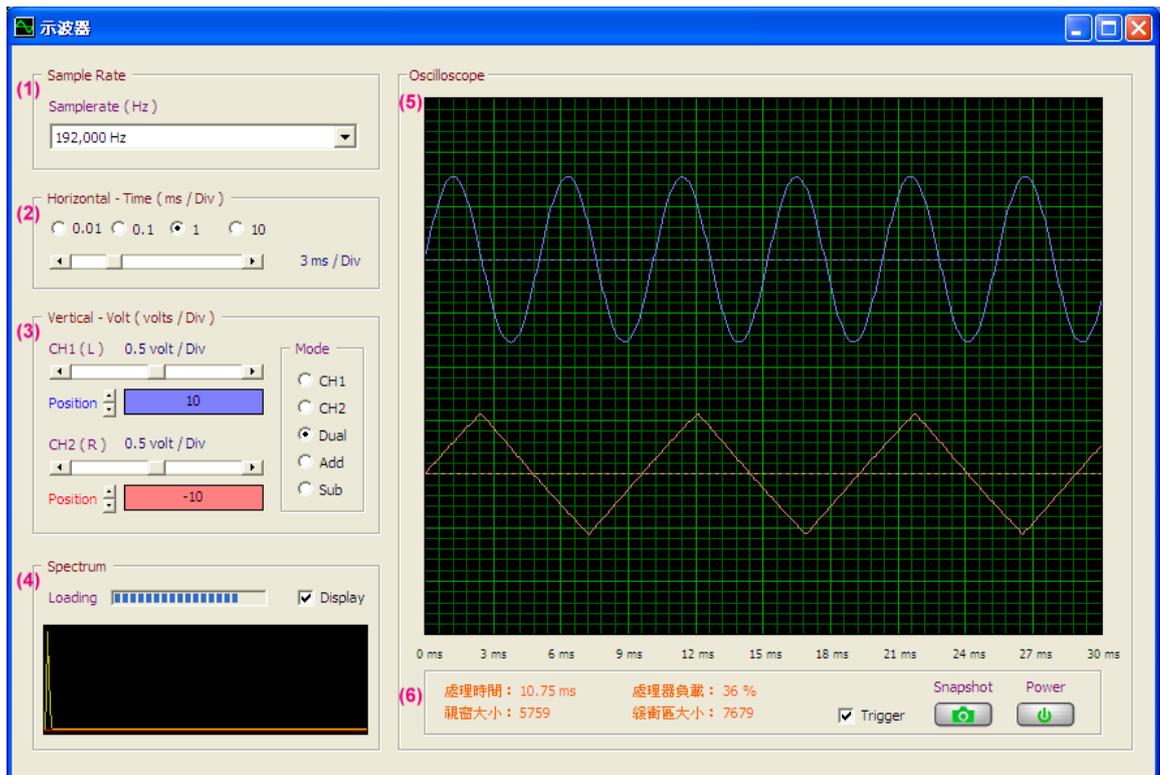


圖 13 音效卡示波器程式執行畫面

#### (1) 取樣頻率選擇區

依據奈奎斯特取樣定理（Nyquist Sampling Theorem），音效卡的取樣頻率至少需為輸入訊號真實頻率的兩倍，但是為了能夠忠實的呈現輸入訊號的波形，則需要更高的取樣頻率才行，目前市面上的音效卡常用的取樣頻率為 192,000Hz、96,000Hz、44,100Hz 等，本程式利用下拉式選項提供了音效卡取樣頻率的選擇，預設值為 192,000Hz。

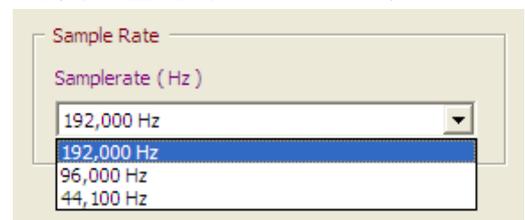


圖 14-1 音效卡取樣頻率下拉式清單

## (2) 水平時間軸控制區

水平時間軸控制區有選項圓鈕及水平捲軸兩種組件，均是用來調整訊號波形顯示區中水平軸上每個刻度的間隔時間，範圍由 0.01ms 到 100ms，例如 3ms / Div，代表每個刻度的間隔為 3ms。

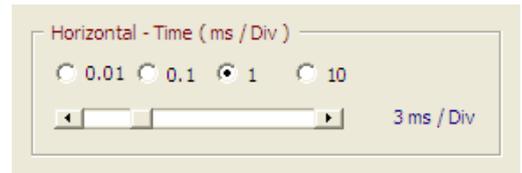


圖 14-2 時間軸控制區可調整刻度的間隔時間

## (3) 垂直訊號控制區

垂直訊號控制區中的 Mode 區塊可以選擇訊號的顯示模式，可分為 CH1 / CH2 / Dual / Add / Sub 五種，除了可以選擇顯示 CH1（左聲道）或 CH2（右聲道）的訊號外，Dual 可同時顯示 CH1 與 CH2 的訊號，Add 模式下則會顯示 CH1 與 CH2 兩訊號相加成後的波形，Sub 模式則是顯示 CH1 減去 CH2 訊號後的波形。橫向捲軸可用來調整 CH1 與 CH2 波形顯示區垂直軸上每個刻度的電壓單位，範圍由 0.1V 到 0.9V，例如 0.5volt / Div，代表每個刻度的電壓為 0.5volt。垂直捲軸可以分別調整 CH1 與 CH2 波形顯示時的中心線位置，使得訊號的波形顯示更有彈性。

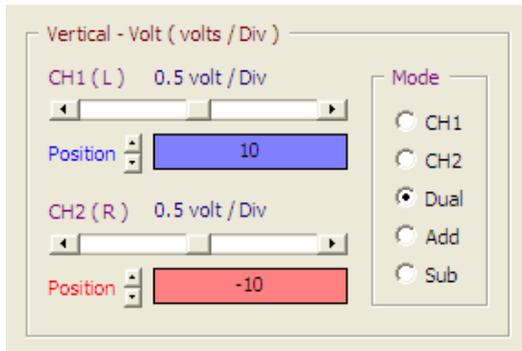


圖 15-1 垂直訊號控制區

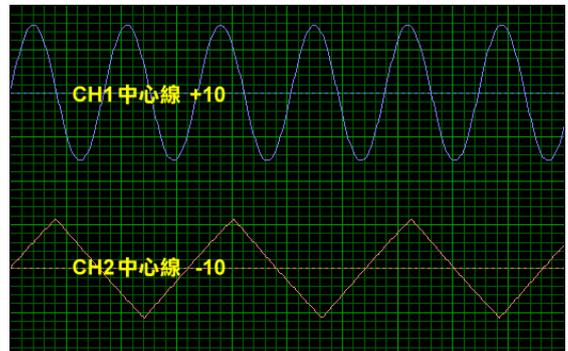


圖 15-2 利用 Position 捲軸調整波形的中心線

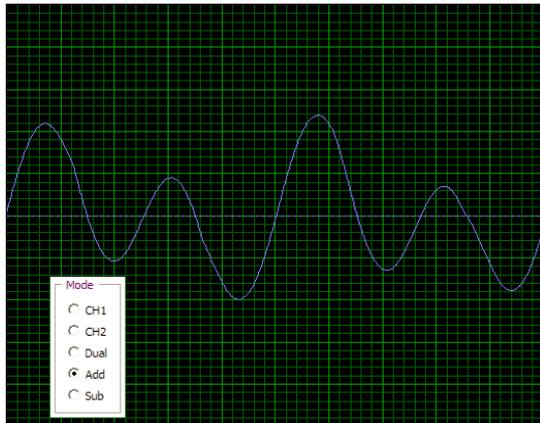


圖 15-3 Add 模式下的波形

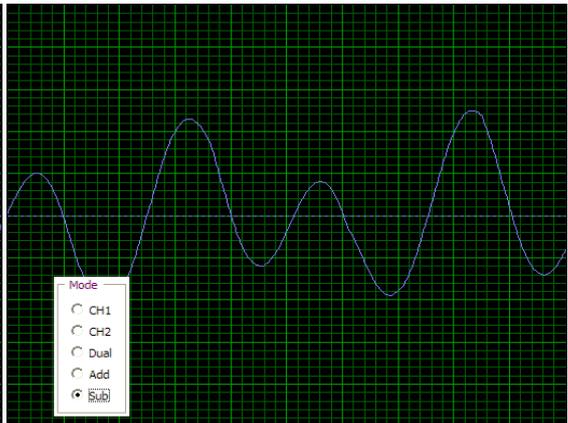


圖 15-4 Sub 模式下的波形

## (4) 簡易頻譜顯示區

當勾選 Display 核取方塊時，簡易頻譜顯示區可以顯示目前訊號的簡易頻譜，以及目前電腦系統處理訊號資料的負載量。由於僅能顯示 1 組訊號頻譜，所以在 Dual 顯示模式下，Display 核取方塊會被 disable。

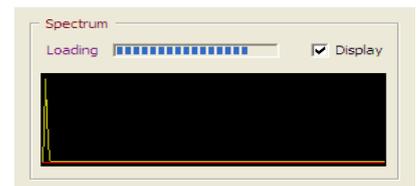


圖 16-1 簡易頻譜顯示區

## (5) 訊號波形顯示區

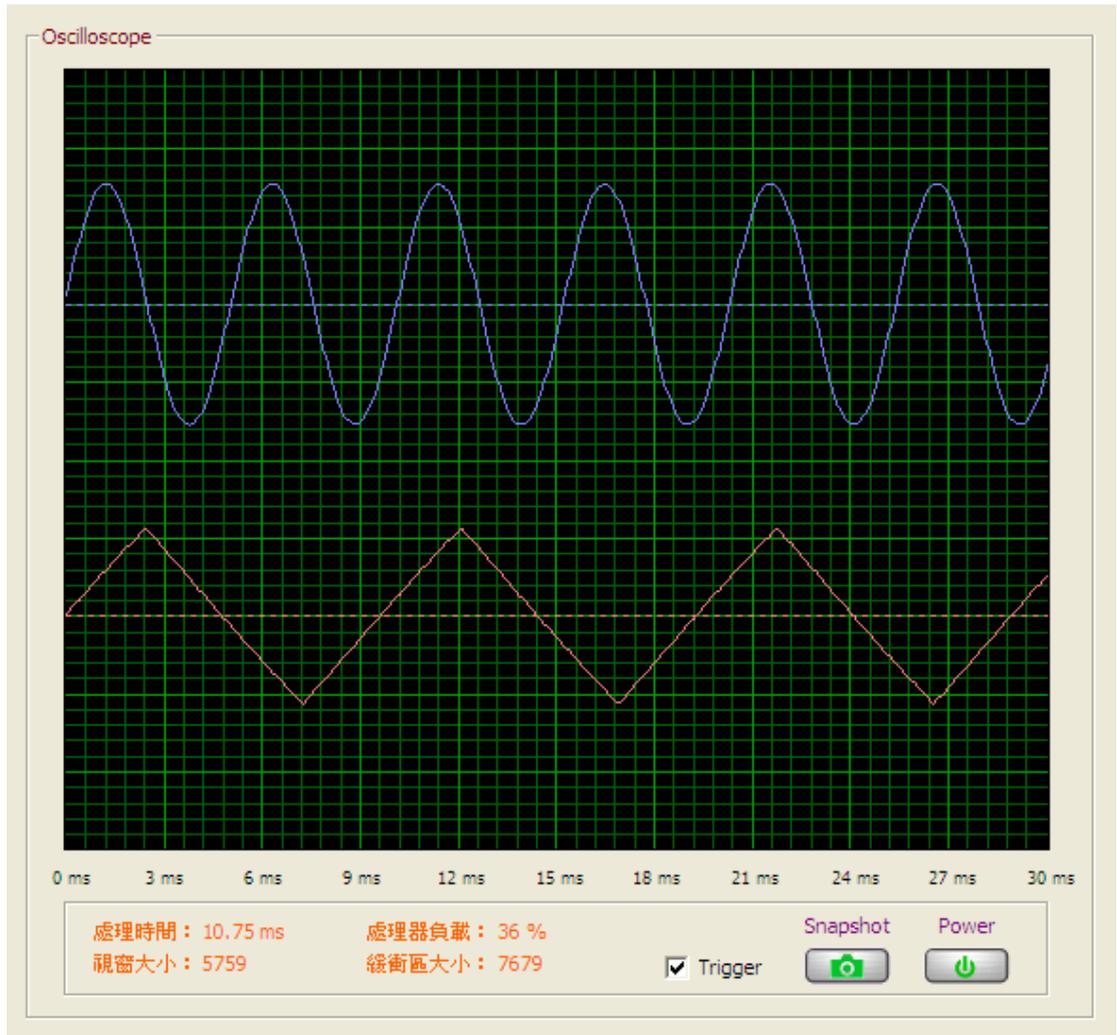


圖 16-2 訊號波形顯示區

訊號波形顯示區除了有啟動/停止按鈕、訊號波形快照按鈕、訊號波形顯示的 PictureBox、邊緣觸發 (Trigger) 核取方塊外，也顯示了些目前系統運作狀態的一些資訊，包括了緩衝區的大小、波形顯示視窗的大小、處理緩衝區訊號資料的花費時間、處理器的負載等。

訊號波形顯示的 PictureBox 中，CH1 (左聲道) 的訊號以藍色的線條來表示，CH2 (右聲道) 的訊號以紅色的線條來表示，水平方向為時間軸，共有 10 格刻度，垂直方向為訊號電壓大小的強度軸，也有 10 格，每個刻度的電壓參考值是以發展本程式的筆記型電腦 Acer TravelMate 4320 之內建音效卡 (Realtek High Definition Audio) 所測定的，若是採用不同的音效卡，每個刻度所代表的電壓值當然也會有所不同。

邊緣觸發 (Trigger) 的核取方塊在勾選的狀態下，只有當訊號電壓第一次由負值剛轉變為正值時才開始顯示其波形，其軌跡會被固定住，以利於觀察。若是沒有勾選邊緣觸發 (Trigger) 的核取方塊，則會顯示目前訊號的即時波形，由於波形一直在更新，變化快速，令人眼花撩亂，所以貼心地設計了波形快照的功能，

能夠留下一瞬間的波形影像，除了易於觀察外，也附加了顯示完整頻譜及頻率偵測的功能。

## (6) 波形快照

波形快照的視窗中除了有按下快照按鈕（Snapshot Button）時瞬間的訊號波形外，也顯示了訊號的頻譜及經過偵測最有可能的 5 種頻率。此外，為了能夠更仔細的觀看頻譜，也提供了頻譜圖形放大及捲動的功能。

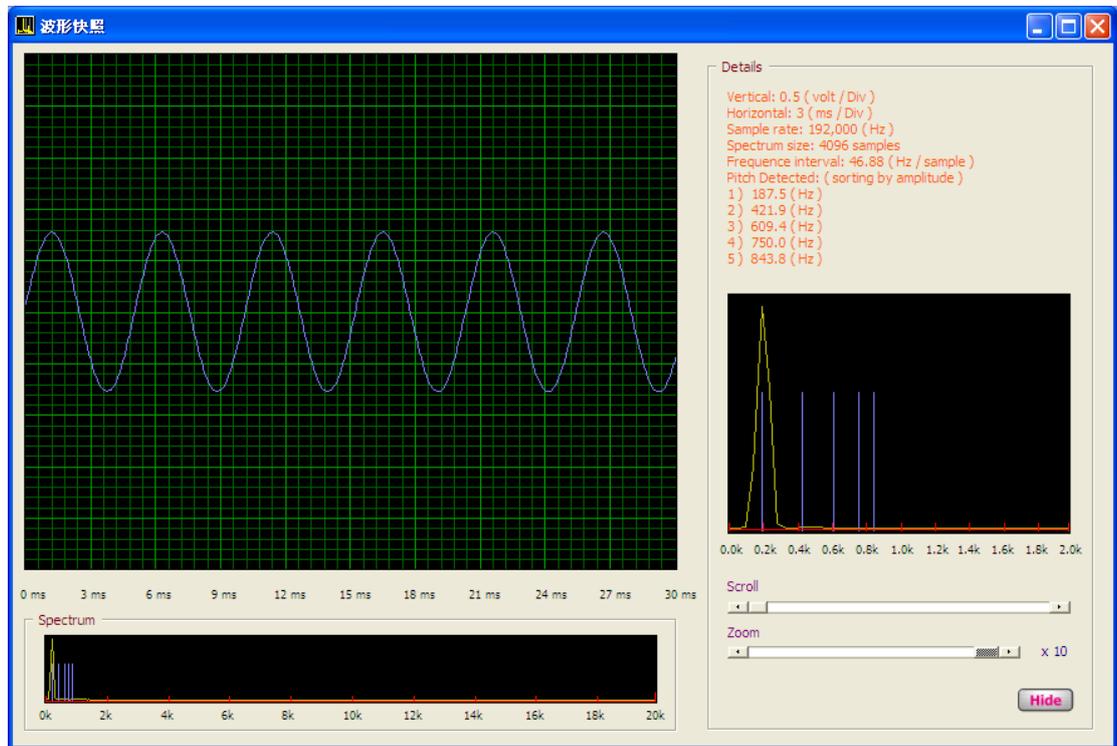


圖 17 波形快照視窗

## 二、波形顯示的測試與分析

在向量空間中，最常被用來判定兩個向量相似程度的工具，就是兩個向量間夾角的餘弦函數值，其定義如下：

$$\cos \theta = \frac{X \cdot Y}{|X||Y|} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}}$$

其中  $\theta$  為兩向量  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ， $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  間的夾角，當夾角越小，餘弦函數值就越接近 1，代表著兩個向量的相似度也越高。

我們可以利用這個工具，來評估示波器與音效卡示波器在輸入相同的訊號時所顯示波形間的相似程度。先將訊號產生器所產生的訊號，同時輸入示波器與音效卡示波器，再來，從音效卡示波器的圖中取出與示波器等時間長度的波形影像，最後，分別於示波器及音效卡示波器的波形影像上繪製等間格的垂線，將波在各垂線上的振幅大小集合起來，就形成了訊號波形的向量，進而可以計算出兩者間的相似度。圖 18 中兩訊號波形的向量分別為

$$X_{\text{示波器}} = (0,58,95,116,115, \dots, 48) \text{ 與 } Y_{\text{音效卡}} = (0,53,106,138,155, \dots, 49) ,$$

其夾角的餘弦函數值（相似度）為 0.9934。

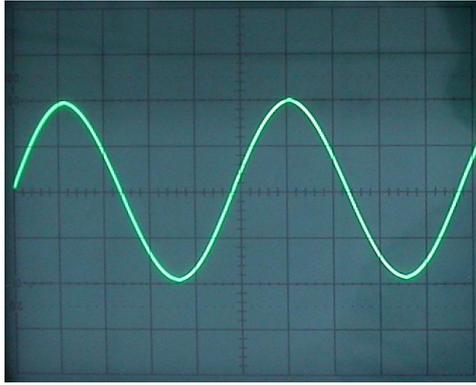


圖 18-1 示波器顯示的波形 0.5ms/DIV

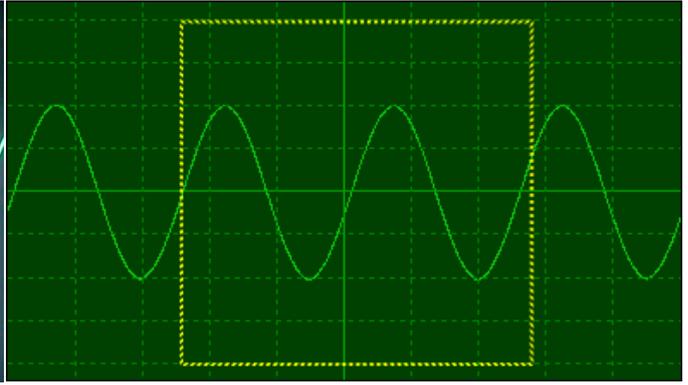


圖 18-2 音效卡示波器顯示的波形 1ms/DIV

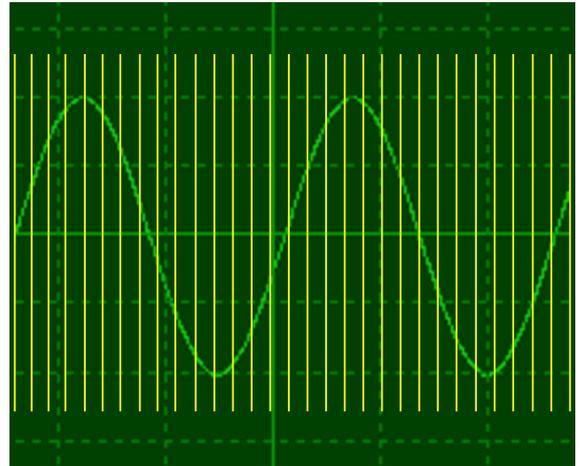
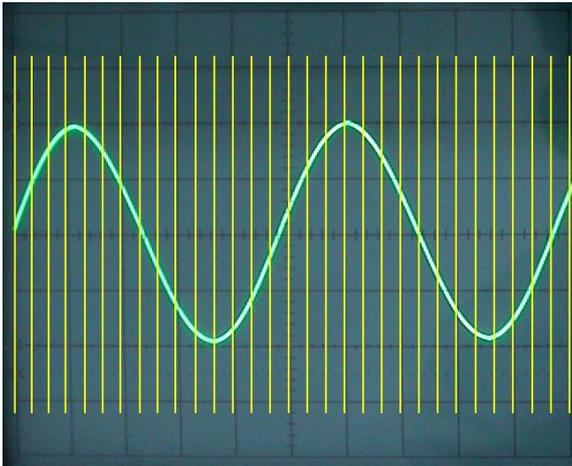


圖 18-3 波形影像上繪製等間格的垂線

我們以訊號產生器隨機挑選了 8 種不同的訊號，同時輸入示波器與音效卡示波器，依照上述的方法來檢視兩者訊號波形間的相似度，分別為 0.9934、0.9889、0.9687、0.9827、0.9967、0.9941、0.9792 與 0.9660，平均值為 0.9837，意味著音效卡示波器能夠忠實精確地接收並顯示訊號波形。



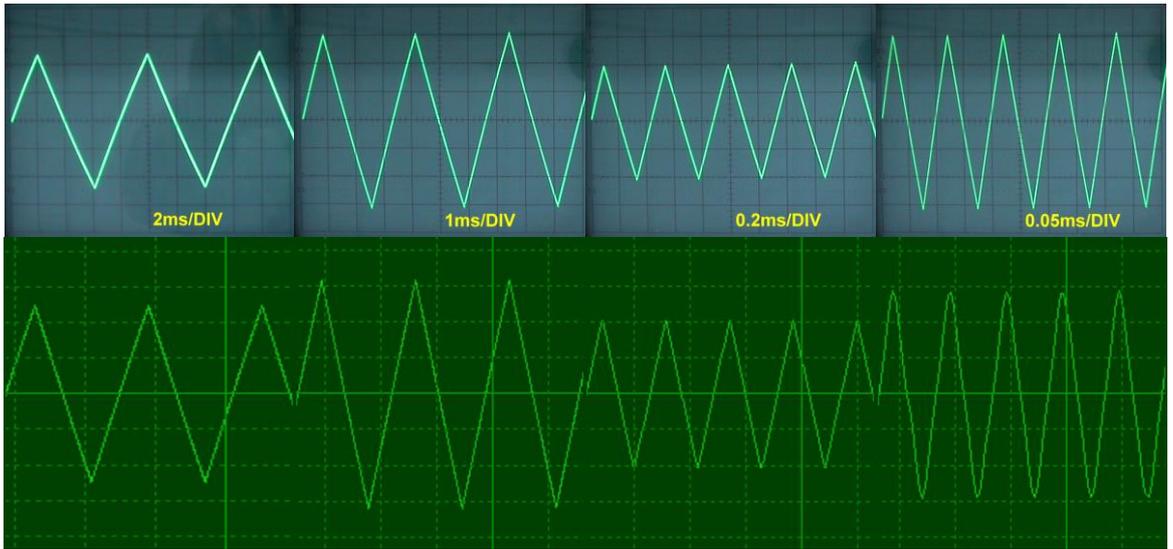


圖 19 用來比對訊號波形相似度的 8 種訊號

### 三、訊號頻率偵測分析

採用快速傅立葉轉換來取得訊號的頻譜及頻率，其頻率軸的間隔大小與取樣頻率及取樣點數目有關（ $\text{頻率間隔} = \text{取樣頻率} / \text{取樣點數目}$ ），在低頻訊號時，因為緩衝區較大，可以容納的取樣點較多，頻率間隔會較小，所以在分析訊號頻率時，解析度較佳。相對的，在分析高頻訊號時，緩衝區較小，能夠容納的取樣點較少，頻率間隔會較大，在分析訊號頻率時，解析度會較差些。

為了瞭解我們的程式在頻率偵測的精確度，對外借了一部精準的數位訊號產生器 HILA HFG-101（圖 20），隨機挑選了 20 種不同頻率與波形的訊號，觀察與記錄真實頻率及偵測頻率，經過實驗（表格 3），在訊號頻率的偵測上，平均誤差為 1.6%。

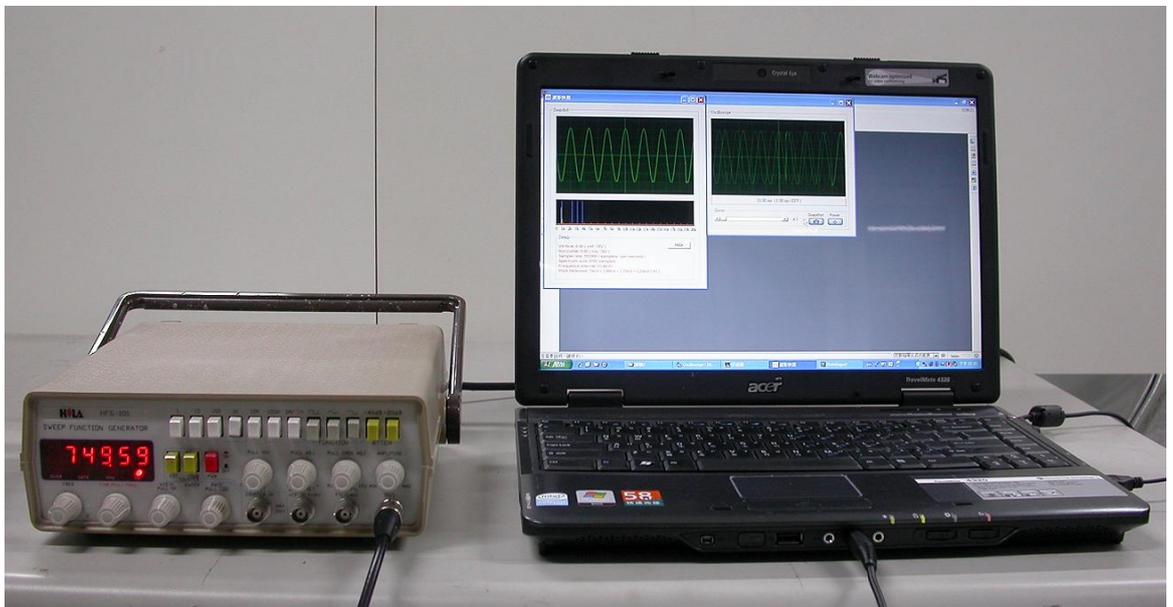


圖 20 數位訊號產生器 HILA HFG-101

真實頻率(Hz)	140.5	270.8	432.2	614.3	749.6	928.7	1113	1317	1531	1672
波形種類	正弦波	三角波	方波	正弦波	正弦波	三角波	正弦波	方波	三角波	三角波
偵測頻率(Hz)	140.6	281.3	421.9	656.3	750.0	937.5	1125	1313	1500	1688
真實頻率(Hz)	2095	2230	2613	2984	3301	3725	4412	4982	5823	7517
波形種類	三角波	方波	正弦波	三角波	方波	正弦波	方波	正弦波	三角波	三角波
偵測頻率(Hz)	2063	2250	2625	3000	3375	3750	4500	4875	6000	7500

表格 3 訊號真實頻率與偵測頻率記錄表（平均誤差為 1.6%）

## 陸、討論：

### 一、音效卡示波器能夠顯示訊號波形的最高頻率為何？

依據奈奎斯特取樣定理（Nyquist Sampling Theorem），音效卡的取樣頻率至少需為輸入訊號真實頻率的兩倍，所以音效卡在 192000Hz 取樣頻率錄音時，理論上能夠記錄 96000Hz 頻率的訊號，但為了顯示較佳品質的波形，經過實際測試，輸入訊號的頻率最好在 20,000Hz 以下。

### 二、音效卡示波器在使用上有無限制？

現今桌上型電腦的內建音效，其麥克風插孔多為雙頻道的立體聲，可以接收 CH1 與 CH2 的訊號，但是筆記型電腦的內建音效，大都還是單頻道，僅能接收 CH1 的訊號。另外本程式為了避免音效卡的損毀，透過控制混音器 Mixer 的 Windows API 函式將麥克風音量調整至 15%，但是輸入訊號的電壓強度仍有限制，需介於  $\pm 2\text{V}$ 。訊號波形顯示區中垂直方向的訊號電壓，每個刻度的電壓參考值是以發展本程式的筆記型電腦 Acer TravelMate 4320 之內建音效卡 Realtek High Definition Audio 所測定的，若是採用不同的音效卡，每個刻度所代表的電壓值當然也會有所不同。

## 柒、結論與未來展望：

本篇研究嘗試著轉換一般的個人電腦為一台示波器，利用音效卡來接收輸入的訊號，並以即時的方式呈現目前訊號的波形及頻譜，訊號的來源可以是音樂、聲音或是電路訊號。輸入訊號的頻率及電壓強度，礙於音效卡在最高取樣頻率上的限制及為了顯示較佳品質的波形，輸入訊號的頻率最好在 20,000Hz 以下，電壓強度則需介於  $\pm 2\text{V}$  之間，以免音效卡損壞，經過實驗的測試與分析，符合前述限制的訊號，本音效卡示波器均能夠精確且及時地顯示其波形，在頻率偵測上的平均誤差僅有 1.6%。

訊號產生器常與示波器一起使用，實作上，應該可先用數學函數來製作訊號波形，再以音效卡的綠色插座 Line Out 將其輸出，整合了訊號產生器，那麼在功能上則會更形完備。

## 捌、參考資料：

- 一、<http://neural.cs.nthu.edu.tw/jang/books/audioSignalProcessing/> 國立清華大學 資訊工程學系 張智星教授網站。
- 二、王小川著,“語音訊號處理,” 全華科技, 2004。
- 三、彭明柳著,“Visual Basic 6.0 中文專業版徹底研究,” 博碩文化, 1999。
- 四、<http://www.goodwill.com.tw/tw/index.aspx>, 固緯電子實業股份有限公司網站。
- 五、<http://zh.wikipedia.org/wiki/台灣>, 台灣維基百科, 快速傅立葉轉換。

## 玖、附錄：

### 一、程式主要核心



示波器專案程式結構

'----- 計時器檢查 ( 程式核心部份, 計時器快速地不斷檢查緩衝區是否填滿錄音音訊, 填滿後則換另一個緩衝區繼續接收錄音音訊, 被填滿的緩衝區之音訊資料則進行波形顯示等處理。 )

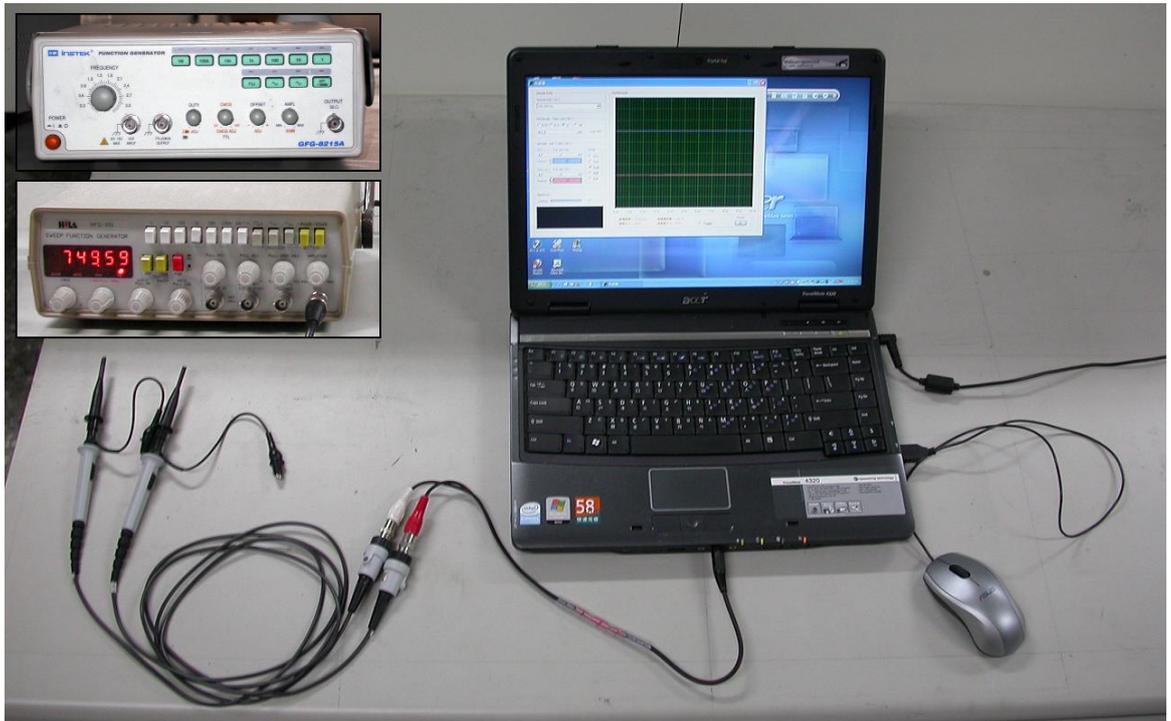
```
Private Sub Timer1_Timer()  
    If IsRecording = True Then ' 判斷是否在錄音狀況  
        If inHdr(curBuffer).dwFlags And WHDR_DONE Then ' 檢查緩衝區是否填滿  
            If TimerInterrupt = True Then  
                processBuffer = curBuffer  
                If curBuffer = 1 Then  
                    curBuffer = 2  
                Else  
                    curBuffer = 1  
                End If  
                QueryPerformanceCounter StartTick  
                rc = waveInAddBuffer(hWaveIn, inHdr(curBuffer), Len(inHdr(curBuffer))) ' 換新緩衝區繼續錄音  
                If chkTrigger = 1 Then  
                    Call TriggerBuffer2waveData ' 緩衝區邊緣處發音訊資料取出至 waveData 與 ShowWaveData  
                Else  
                    Call Buffer2waveData ' 緩衝區音訊資料取出至 waveData 與 ShowWaveData  
                End If  
                Call ShowWave(verticalMode) ' 繪出聲音波形  
                If chkSpectrum = 1 Then  
                    Call ShowSpectrum ' 繪出聲音頻譜  
                End If  
            End If  
        End If  
    End Sub
```

```

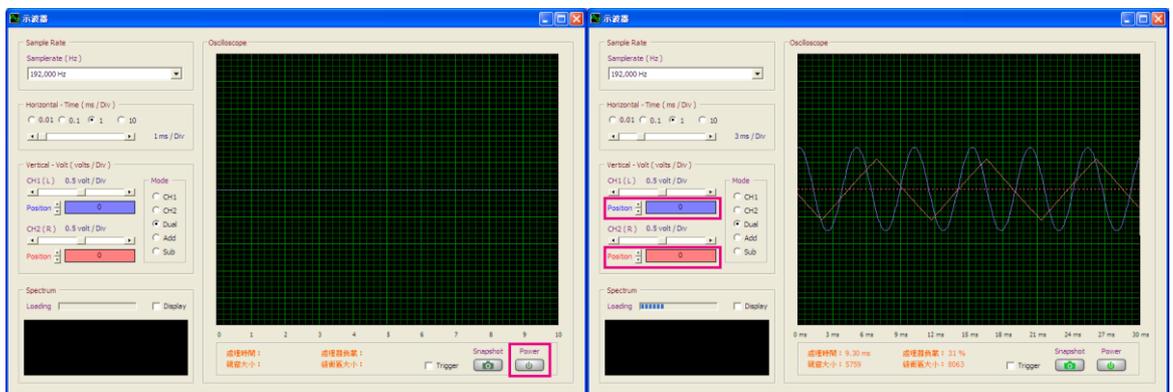
End If
QueryPerformanceCounter EndTick
ElapsedTime = Abs(EndTick - StartTick) / TicksPerSecond * 1000
' 顯示相關訊息
Loading = 100 * ElapsedTime / (multiplier * hscTime.value * 10)
If Loading > 100 Then Loading = 100
pgbLoading.value = CInt>Loading)
lblLoading.Caption = CInt>Loading) & " %"
lblElapsedTime.Caption = FormatNumber(ElapsedTime, 2) & " ms"
lblNumSamples.Caption = NumSamples
lbltrueNumSamples.Caption = trueNumSamples
End If
End If
End If
End Sub

```

## 二、操作情形

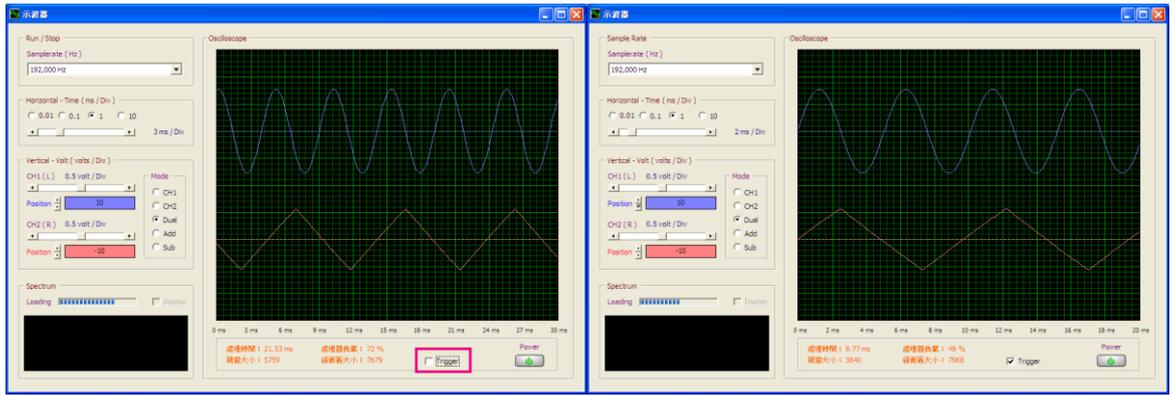


探測棒連接外部訊號及錄音插孔



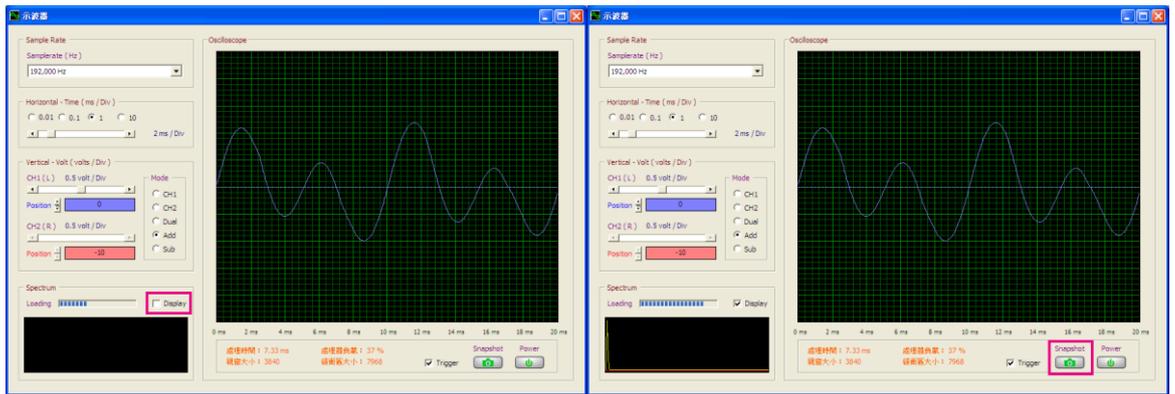
按下 Power 按鈕

調整中心線位置



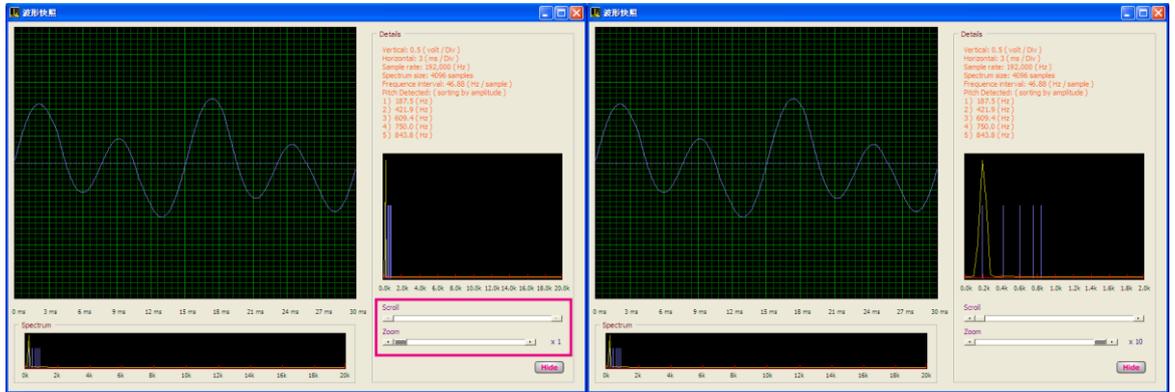
無勾選邊緣觸發

勾選邊緣觸發



顯示簡易頻譜

顯示模式改變、波形快照



波形快照視窗、頻譜顯示

頻譜縮放、頻率偵測

## **【評語】 040820**

利用電腦音效卡的輸入端來接收類比訊號，設計程式將輸入訊號的波形展現在螢幕上，做成一個示波器。此作品沒有太深的原理，所完成的系統有良好的介面，可展示基本的示波器功能，是不錯的作品。