

國立臺北科技大學

光電工程系

校內專題競賽

腦電波量測分析儀

指導教授：王子建教授

組長：南 平

組員：張 誠

林昇榆

姚信宇

摘要

利用硬體的電路以及 LabVIEW 的程式，嘗試對腦波進行量測以及分析；利用低通、高通、陷波等電路將腦波與雜訊隔離開來，而此雜訊是指定義上 1 到 40Hz 以外的波段，以及市電所造成的電波雜訊，經由濾波電路將其隔離開來，並做到腦波放大的功用，在將此訊號送至電腦音效卡中，到此為硬體部分；而軟體部分則為利用 LabVIEW 撰寫程式，使電腦直接讀取音效卡訊號，再利用截波再次將不需要的雜訊濾除，再透過快速傅立葉(FFT)以及反快速傅立葉(IFFT)，將我們所欲探討的波段 β 、 α 、 θ 、 δ 給區分開來。



目錄

摘要.....	2
第一章 緒論.....	4
1-1 前言.....	4
1-2 研究動機.....	4
1-3 研究目的.....	4
第二章 原理與背景.....	5
2-1 腦波簡介.....	5
2-1.1 腦波背景.....	5
2-1.2 腦波分類.....	5
2-2 音效卡示波器.....	6
2-2.1 音效卡用途及特性.....	6
2-2.2 初步評估.....	7
2-3 硬體電路.....	8
2-3.1 放大電路.....	8
第三章 硬體與軟體系統製作.....	12
3.1 硬體部分電路分析.....	12
3-1.1 低通電路增益頻譜.....	12
3-1.2 高通電路增益頻譜.....	12
3-1.3 帶拒電路增益頻譜.....	12
3.2 軟體方面程式撰寫.....	13
3.2-1 程式 Front Panel 圖.....	13
3.2-2 取樣設定與原始波形顯示.....	14
3.2-3 傅立葉後的頻譜與頻譜擷取.....	14
3.2-4 各段腦波頻譜的反傅立葉轉換.....	15
3.2-5 程式 Block Diagram 圖.....	15
3.2-6 訊號源接收.....	16
第四章 成品實測.....	17
4-1 成品硬體實測.....	17
4-1.1 整體頻譜量測.....	17
4-1.2 內部雜訊的量測.....	17
4-2 結合軟硬體實測.....	17
4-2.1 結合系統之波形實測.....	17
4-2.2 腦波的測量與比較.....	17
第五章 結論與未來展望.....	17
參考資料.....	18

第一章 緒論

1-1 前言

人腦，一直是人類渴望探索的區塊；人們有情緒的轉變，喜、怒、哀、樂…等，都依靠著人腦控制著，這引發出無限想像；人腦可以驅動人，那機器呢？

而我們也好奇著這樣的秘密，希望透過製作實物來觀察人在不同的情緒下腦波的變化。

1-2 研究動機

基於研究以及好奇的精神，嘗試做出一個能夠量測各種腦波訊號的儀器，且在將來能繼續製作，後以驅動電路為目的。

1-3 研究目的

我們的目的就是確實的量測到腦波，透過低通、高通、陷波等電路，將腦波與雜訊隔離開來，而此雜訊是指所需腦波以外的，保持準確的讀取訊號，再經由 LabVIEW 所撰寫的程式「音效卡示波器」來顯示各波段的波型。

第二章 原理與背景

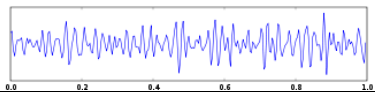
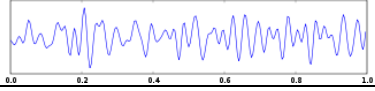
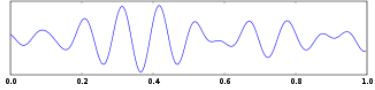
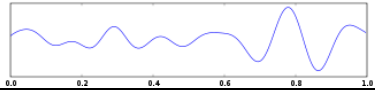
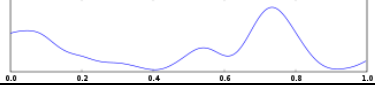
2-1 腦波簡介

2-1.1 腦波背景

腦波為大腦皮質層所產生的微小電位差，大約為 10mA，但實際量測頭皮電壓，其訊號經過頭骨、頭皮…等的衰減，電壓會降到 0.5~100 μV 。

2-1.2 腦波分類

腦波可由頻率來基本區分出四種區間，分別為 β 、 α 、 θ 、 δ ，各種腦波的出現取決於人的情緒以及感官，頻率越高通常人情緒較激動，而頻率越低代表越平靜，或正處於睡眠狀態。

	層面	頻率	電壓	波型
γ 波		32hz~40hz		
β 波	意識層面	16Hz~31Hz	5~20 μV	
α 波	潛意識與意識層面之間	8-15Hz	20~100 μV	
θ 波	潛意識層面	4-7Hz		
δ 波		1-4Hz		

2-2 音效卡示波器

2-2.1 音效卡用途及特性

示波器與音效卡的共通處，將類比訊號轉為數位訊號(Analog Digital Convert, ADC)，為了確認音效卡是否可以當作示波器使用，將電源供應器分別提供訊號給音效卡及示波器，且分別由電壓、頻率、波形來做測量比對，得到結果，電壓平均比為 2.19，頻率整體誤差 0.64%，波形除了高頻上圖形會產生失真現象，除此之外在低頻上音效卡與示波器的波形幾乎完全相同，而電壓則可用程式撰寫將其比例修正即可將音效卡當作示波器來使用了。

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 _{1p-p}	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 _{2p-p}	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 _{3p-p}	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

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 _{1p-p})		99.6	995.0	9960.2	99.6	995.0	9949.3	99.6	995.0	9901.0
電壓 2 (V _{2p-p})		99.8	990.0	9950.2	99.6	989.1	9901.0	99.8	989.6	9950.2
電壓 3 (V _{3p-p})		99.5	990.7	9897.1	99.4	989.1	9948.3	99.4	990.2	9948.4

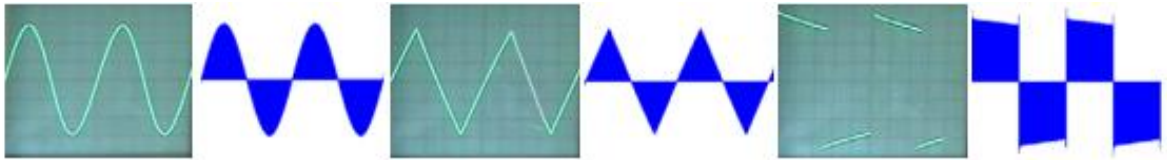


圖 6-1 100Hz、 V_{1p-p} 的三種波形（左邊為示波器、右邊為音訊檔）

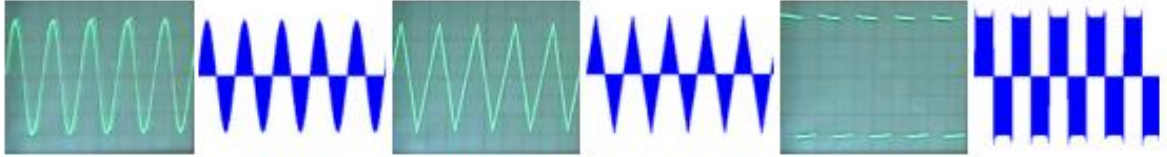


圖 6-2 1000Hz、 V_{2p-p} 的三種波形（左邊為示波器、右邊為音訊檔）

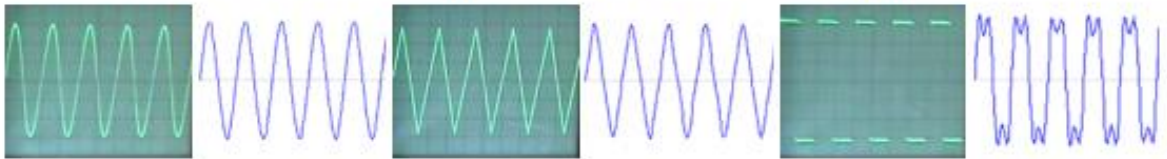


圖 6-3 10000Hz、 V_{3p-p} 的三種波形（左邊為示波器、右邊為音訊檔）

2-2.2 初步評估

就腦波而言，其電壓幾乎不會超過 $100 \mu V$ ，且頻率約落在 $0.5 \sim 40 \text{Hz}$ ，這麼低頻的波形基本上很難讓音效卡示波器失真，且腦波用不到示波器中較為複雜的功能，剛好符合音效卡示波器僅能模擬小部份示波器功能，初步來說音效卡示波器非常適合使用在腦波上。

2-3 硬體電路

2-3.1 電路架構

2-3.2 放大電路

採用儀表放大器 AD620，來進行低雜訊訊號放大，其優點有：

高 CMRR(Common-Mode Rejection Ratio, CMRR) 、

高 PSRR(power-supply Rejection Ratio, PSRR)、設計方便，下表為

此 IC 的 datasheet

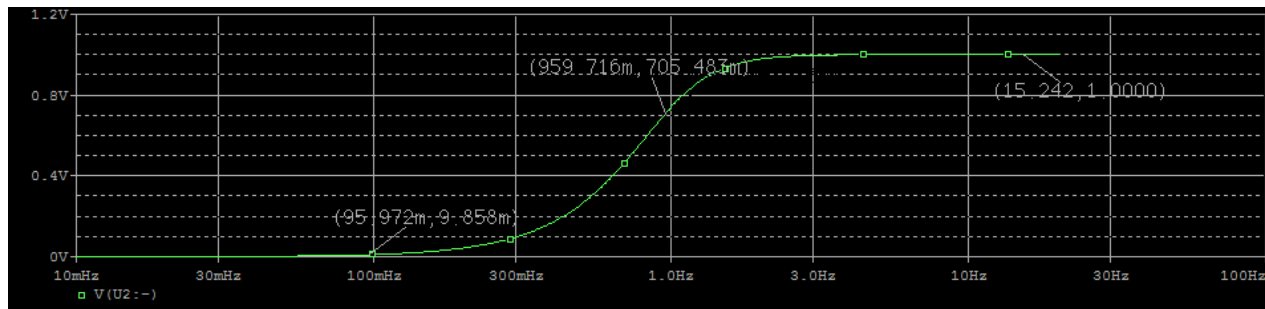
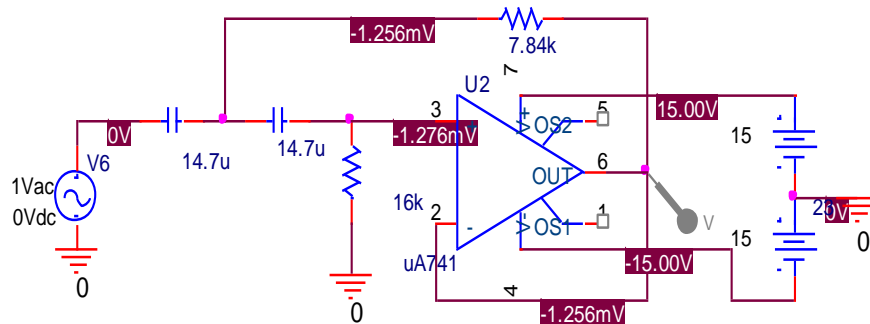
項目	特性	備註
增益範圍	1~1000	一顆電阻即可設定
精準度高	0.040% max nonlinearity 50 μ V 的最大偏致電壓 0.6 μ V/ $^{\circ}$ C 的最大輸入漂移電壓	
低雜訊	9nV/ \sqrt Hz 的低輸入電壓雜訊	
電源供應範圍	\pm 2.3V ~ \pm 18V	
應用場合	ECG 量測與醫療器材、 壓力量測、V/I 轉換…等	

此 IC 其放大倍率設計十分簡單，僅須在腳位 1-8 放置電阻就可以以

公式 $A=1+49.4k/R$ 來設計其放大倍率

2-3.3 高通濾波器

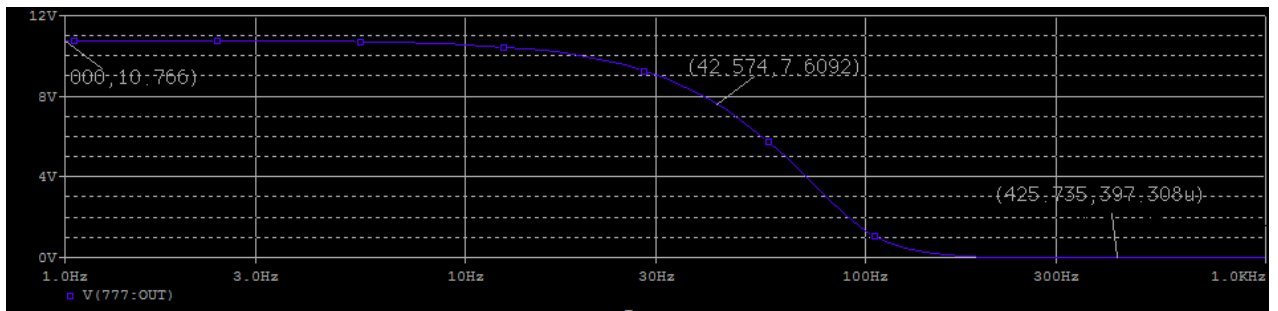
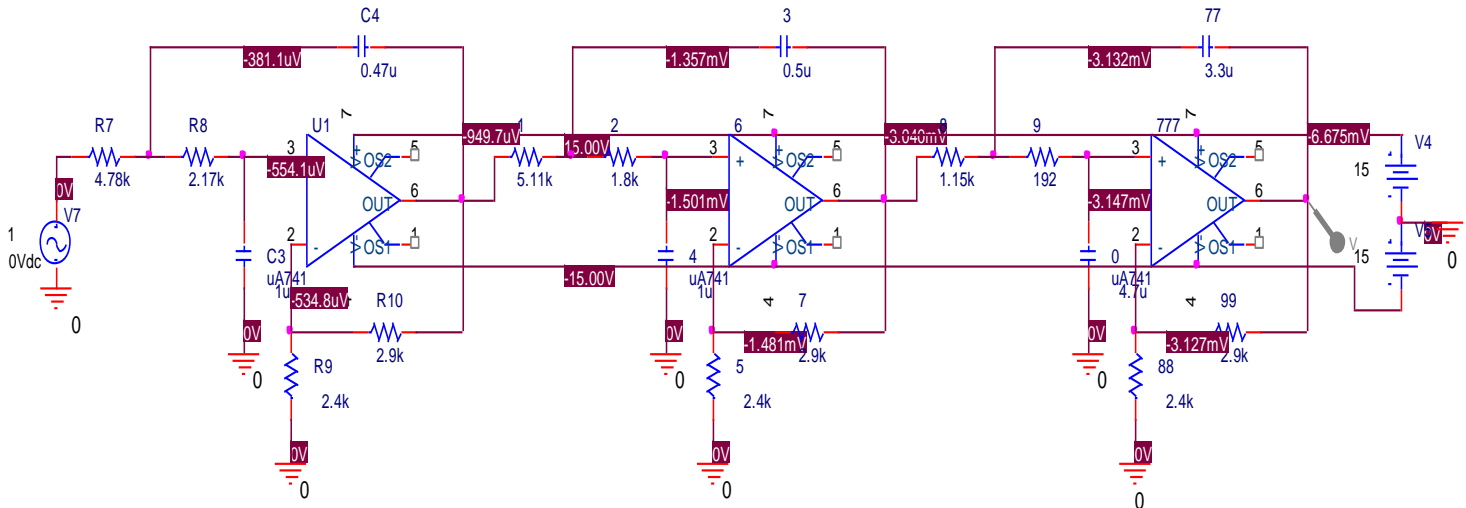
為了濾除低於 1Hz 的腦波雜訊，利用一階的 Sallen-Key 濾波電路將截止頻率設在 0.9Hz，確保訊號不會被衰減。



其中頻增益為 1V/V、截止頻率-3dB 點為 0.96Hz，1/10 倍頻率 0.095Hz 增益為-40.12dB，理想 roll-off rate 為 -37.12dB/decade。

2-3.4 低通濾波器

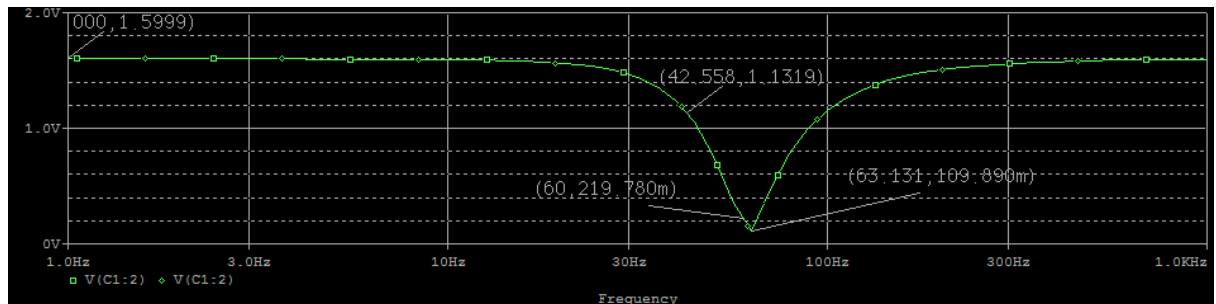
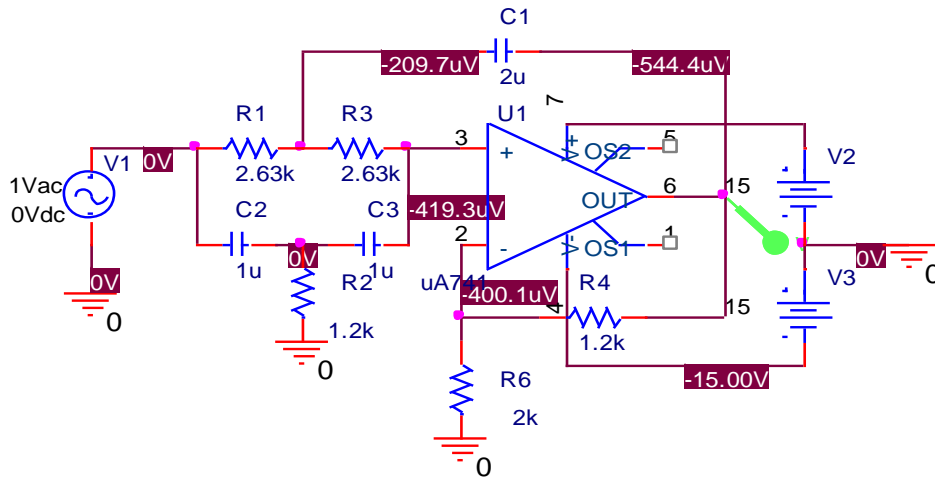
為了濾除高於 40Hz 的腦波雜訊以及市電訊號，且為了使 Roll-off rate 加大，利用二階的 Sallen-Key 濾波電路將截止頻率設在 42Hz，確保訊號不會被衰減。



其中頻增益為 1.3V/V、截止頻率-3dB 點為 42.58Hz，10 倍頻率 425.74Hz 增益為-68.66dB，理想 roll-off rate 為-65.66 dB/decade。

2-3.5 帶拒濾波器

由於市電 60Hz 雜訊相較腦波訊號十分龐大，單靠低通濾波器其訊號仍然大於腦波訊號，再次利用 Sallen-key 帶拒濾波電路將截止頻率設在 60Hz，防止受到市電雜訊影響。



其中頻增益為 1.6V/V(4.08dB)、截止頻率-3dB 點為 42.56Hz，60Hz 增益為-13.56dB，衰減率為-17.64dB。

第三章 硬體與軟體系統製作

3.1 硬體部分電路分析

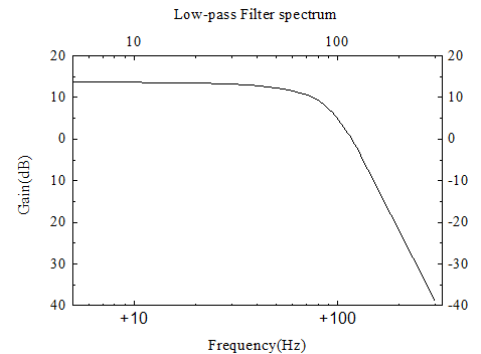
各級電路逐頻率量測其電壓，再透過軟體 Origin 來進行波形的繪製。

統一輸入 V_{p-p} 為 520mV 的正弦波

3-1.1 低通電路增益頻譜

輸出 $V_{p-p}=2.54V$ ， $A_v=4.88$

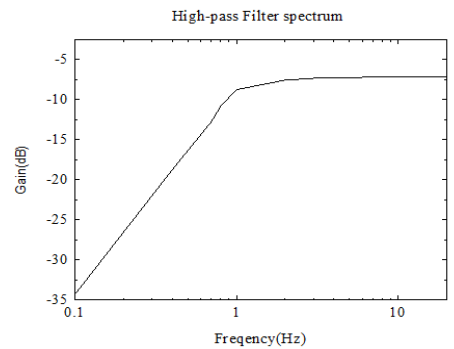
Roll off rate=-52.176 dB/decade



3-1.2 高通電路增益頻譜

輸出 $V_{p-p}=0.23 V$ ， $A_v=0.44$

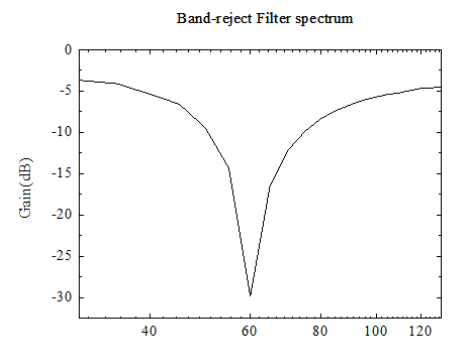
滾降速率=-25.5751 dB/decade



3-1.3 帶拒電路增益頻譜

輸出 $V_{p-p}=0.372V$ ， $A_v=0.715$

60Hz 時衰減率=-26.907dB

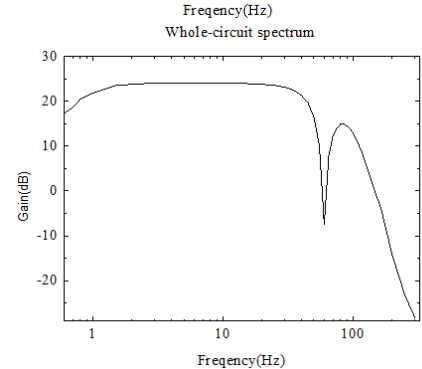


3-1.4 整體電路增益頻譜

$V_{p-p}=8.32V$ ， $A_v=15.84$

滾降速率(高頻)=-51.41 dB/decade

滾降速率(低頻)=-16.12 dB/decade

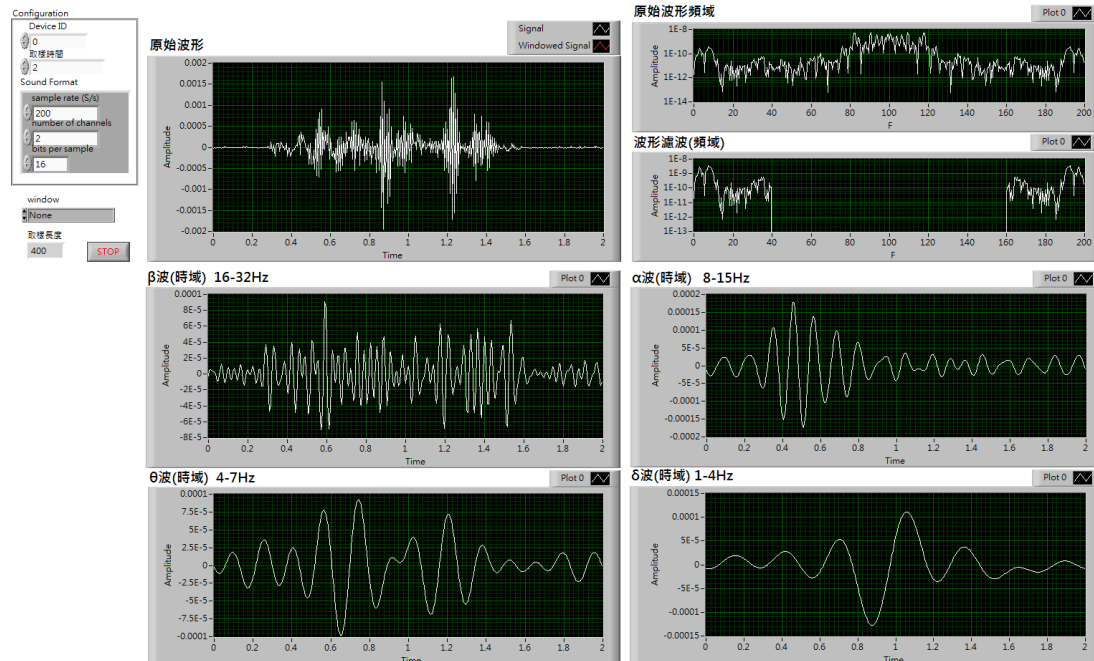


3.2 軟體方面程式撰寫

使用 NI Labview 作為程式驅動，以內建的音效卡測量程式結合 NI Labview 所提供的傅立葉及反傅立葉程式。

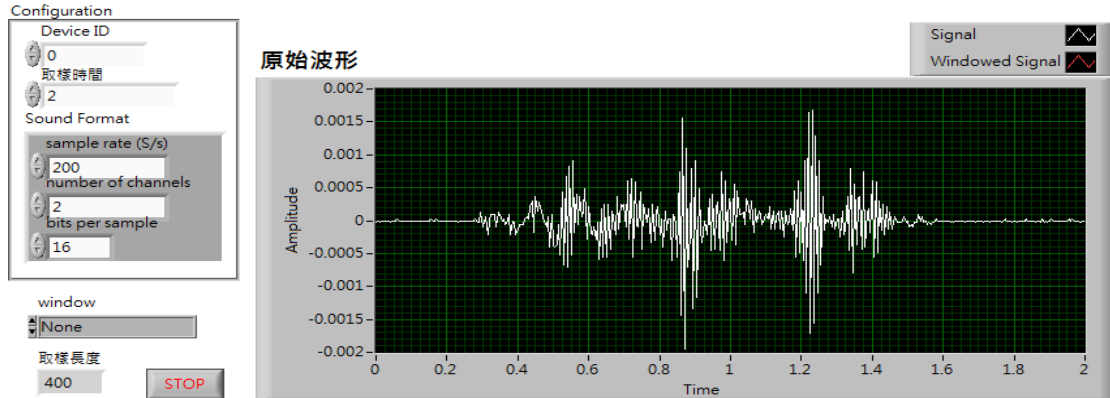
3.2-1 程式 Front Panel 圖

顯示輸入的訊號源、傅立葉過後的頻譜圖、頻域擷取後的頻譜圖、各段頻域反覆立葉後的時域圖。



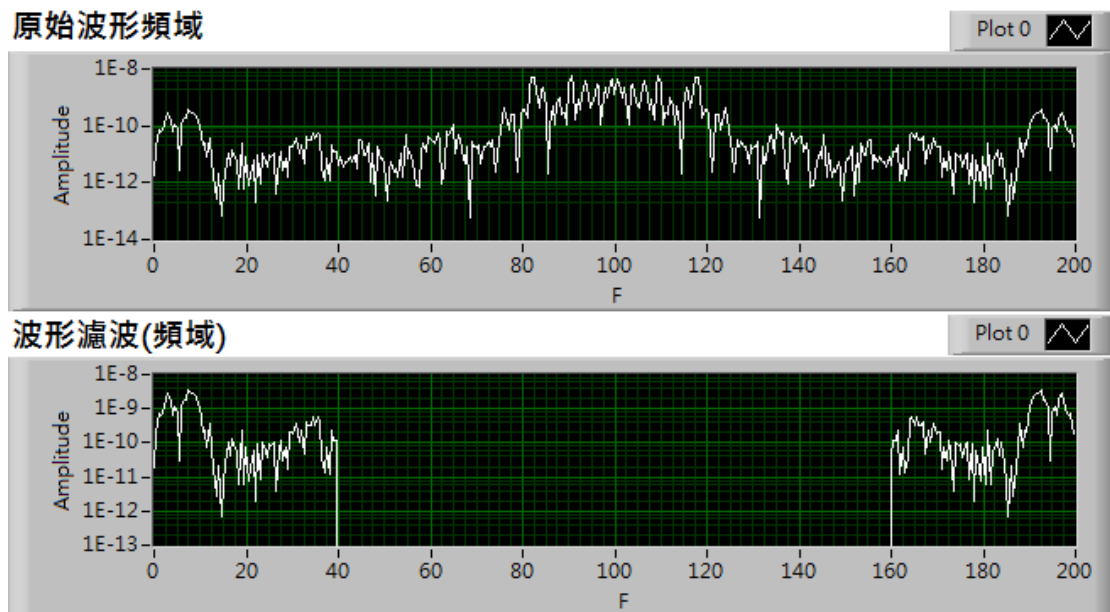
3.2-2 取樣設定與原始波形顯示

設定需取樣的時間以及取樣率，並檢查輸入波形與顯示的波形是否一致。



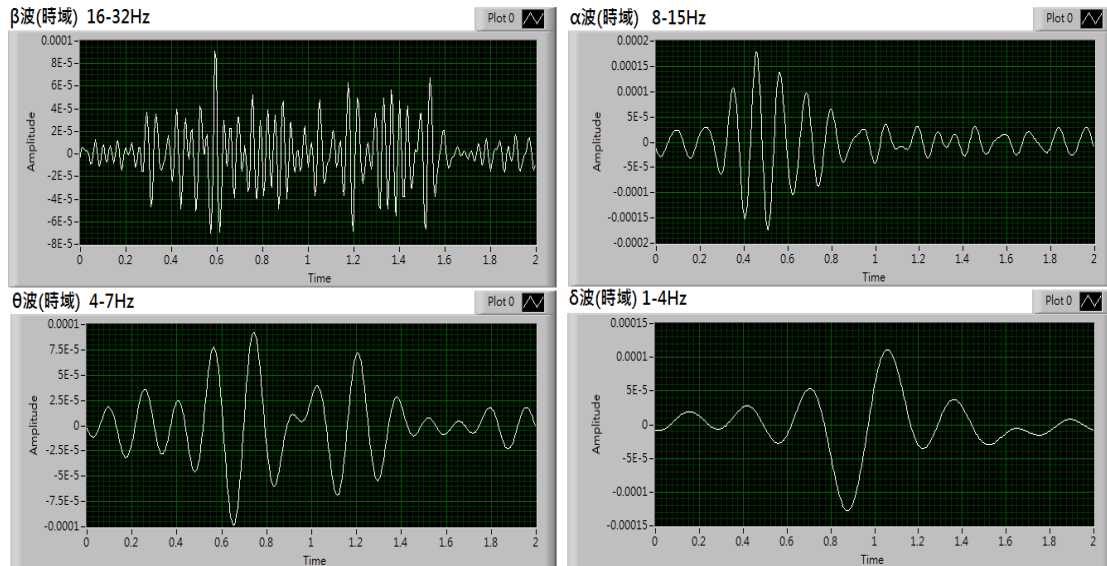
3.2-3 傅立葉後的頻譜與頻譜擷取

將訊號轉為頻譜，擷取腦波中會出現的頻率，檢查測量點是否夠多。



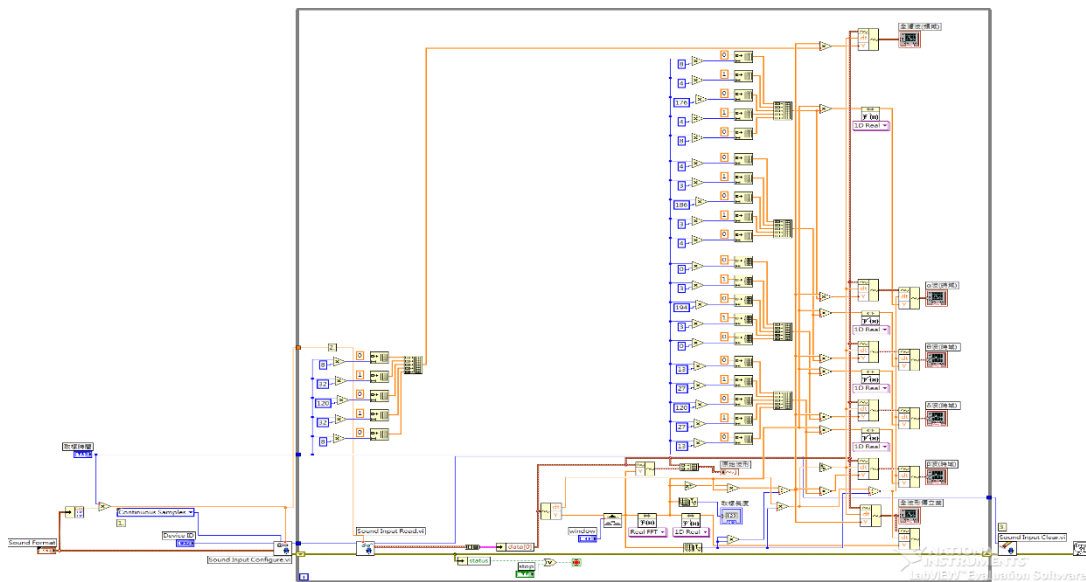
3.2-4 各段腦波頻譜的反傅立葉轉換

將擷取四種腦波的頻率，在透過反傅立葉轉換為時域圖。



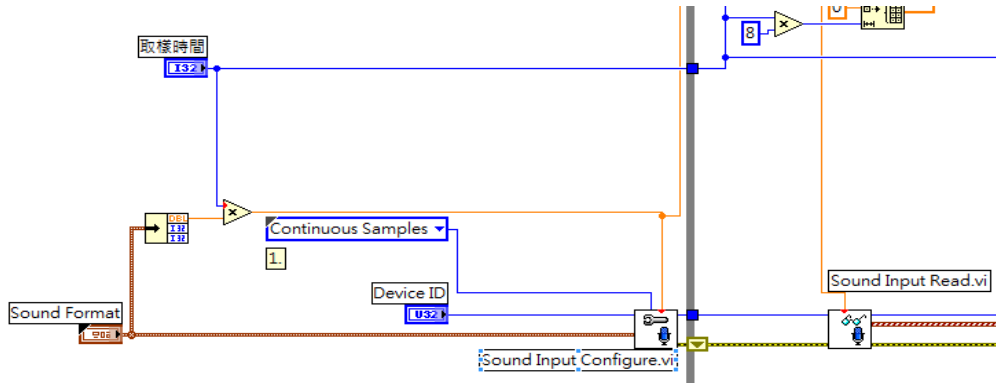
3.2-5 程式 Block Diagram 圖

主要分程訊號源接收、時域傅立葉轉頻域、頻域擷取三個部分。



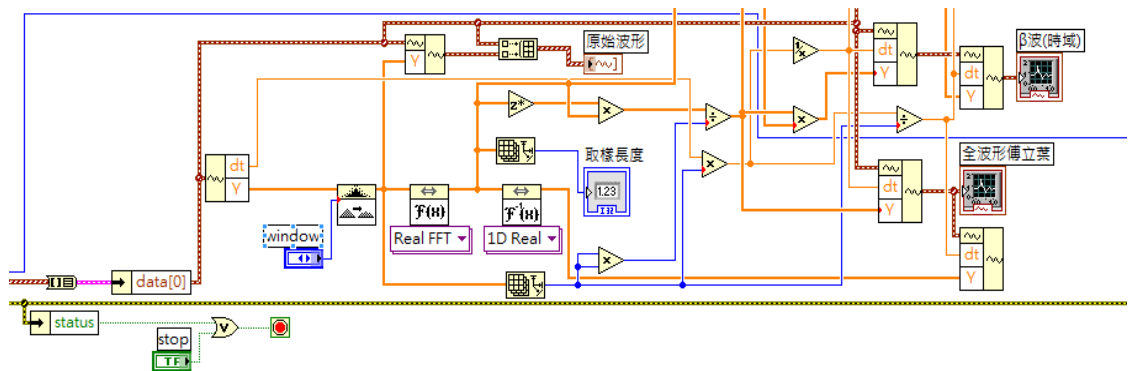
3.2-6 訊號源接收

訊號源透過音效卡顯示波形



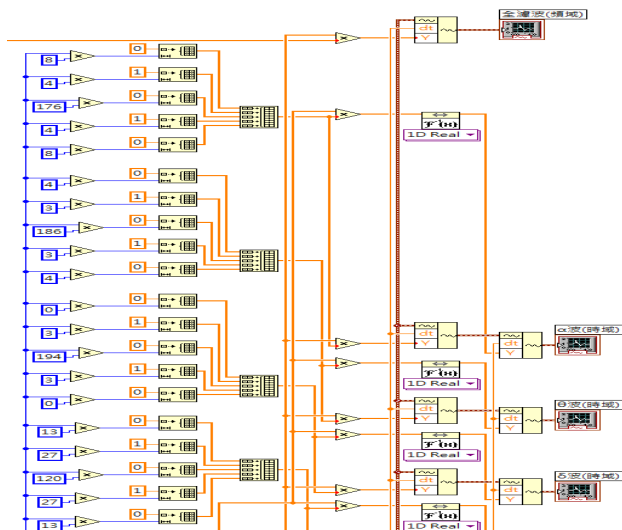
3.2-7 訊號源傅立葉與反傅立葉轉換

資料陣列轉為 Waveform 格式輸入到傅立葉程式中做轉換



3.2-8 頻域擷取

四種腦波波段做擷取，在經由反傅立葉顯示波段。



第四章 成品實測

4-1 成品硬體實測

4-1.1 整體頻譜量測

4-1.2 內部雜訊的量測

4-2 結合軟硬體實測

4-2.1 結合系統之波形實測

4-2.2 腦波的測量與比較

第五章 結論與未來展望

參考資料

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會-暗送秋波

FFT and Inverse FFT VIs in LabVIEW

<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/549BCD6B247012F686256E00002509E5>