

# 介面

## 實驗七

### 類比訊號處理

### Data Conditioning

班級：光機電研一 電控組

學號：107327009

姓名：鄧翔冠

日期：2018/10/22

- 1.封面可自行設計，但上面文字一定要出現在封面  
(包含課程名稱、實驗名稱、系級、學號、姓名、期)
- 2.裝訂區域在左方，要訂一根在左上角或是訂成像書  
本一樣都可以
- 3.印報告不需要把裝訂區印出來

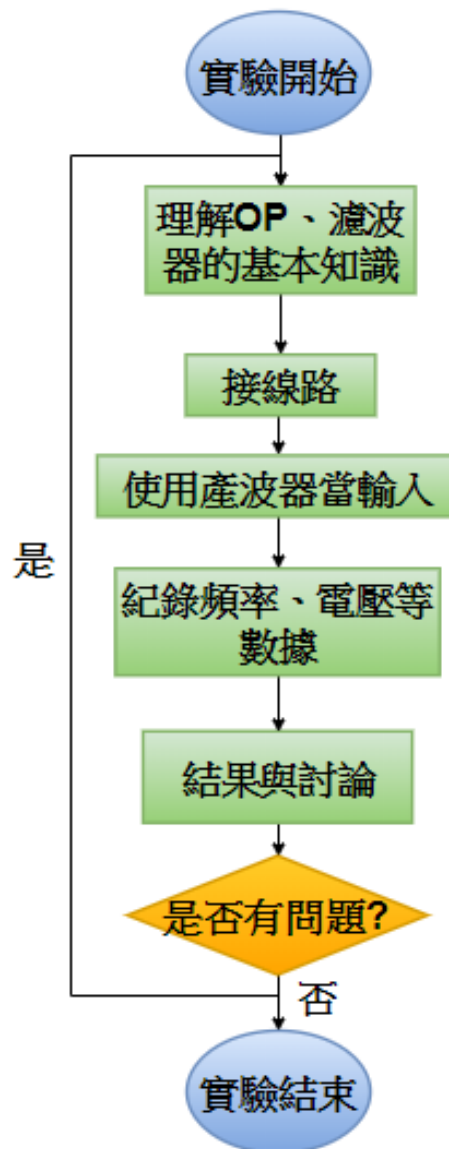
# 介面工作日誌

實驗七

2018 年 10 月 22 日

組別		姓名	鄧翔冠	學號	107327009
實驗起始時間	2018/10/22		費時	7 天	
實驗結束時間	2018/10/29				
所遭遇問題	不太了解低通濾波器的原理。				
解決方法	上網搜尋，計算 LPF 的轉移函數。				
完及成心項得目：	了解基本的 OP、儀表放大器使用，與能簡單設計 LPF				
調查	<input type="checkbox"/> 是否有看課程講解影片 是否實用？有何建議？ 否		<input type="checkbox"/> 是否有看實驗教學影片 是否實用？有何建議？ 否		

## 一、 流程圖



## 二、 程式碼

無。

### 三、實驗數據

#### 1. 電路圖

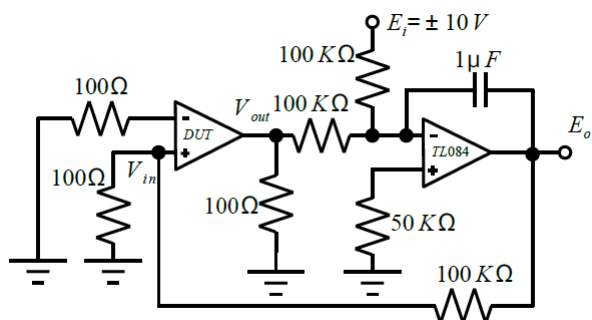


圖1.1 開迴路增益量測電路

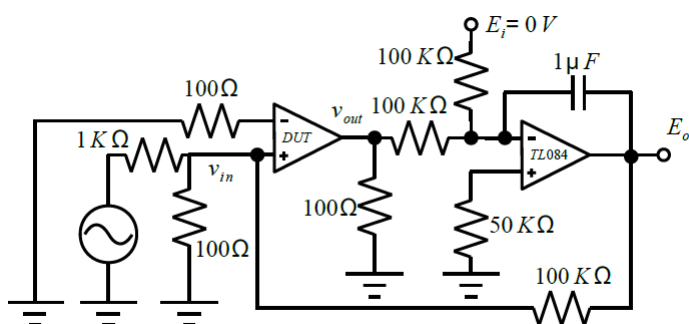


圖1.2 GBW增益頻寬積量測電路

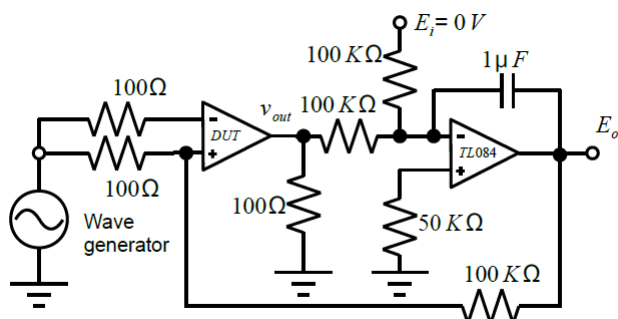


圖1.3 CMRR 量測電路

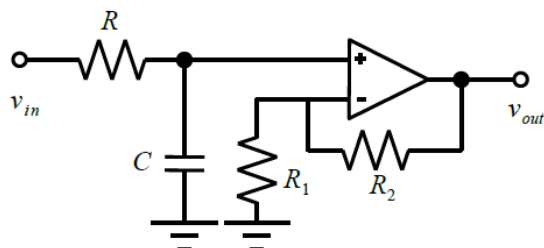


圖1.4 一階低通濾波器

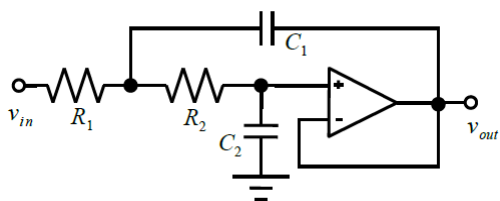


圖1.5 二階低通濾波器

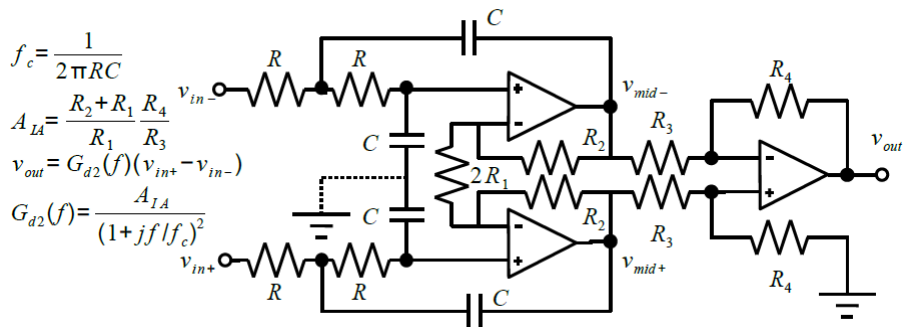


圖1.6 二階差動濾波器

## 2. 實驗照片

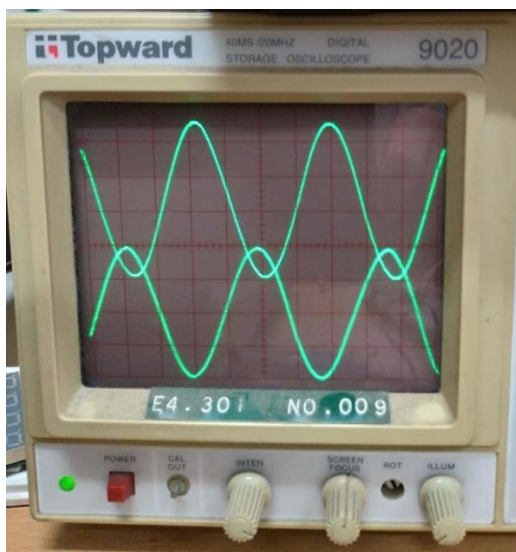


圖3.2.1 exp1 開迴路增益量測



圖3.2.2 exp1 開迴路增益量測電壓

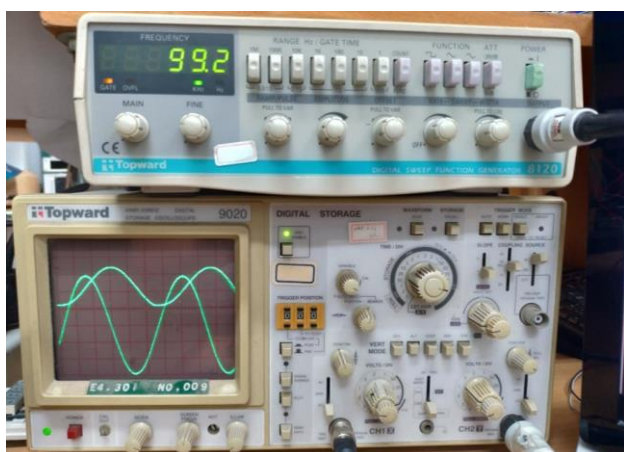


圖3.2.3 exp2 增益頻寬積量測

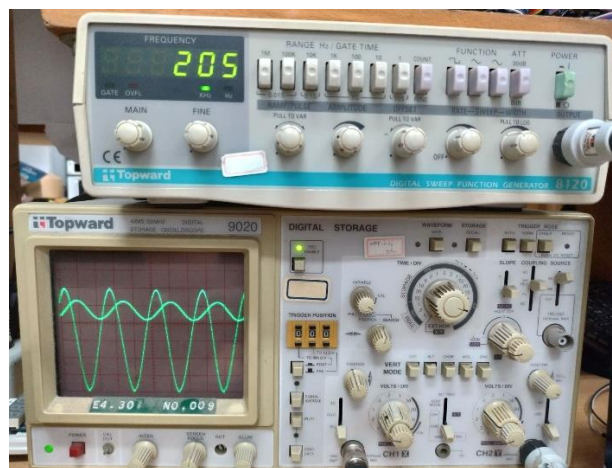


圖3.2.4 exp2 增益頻寬積量測

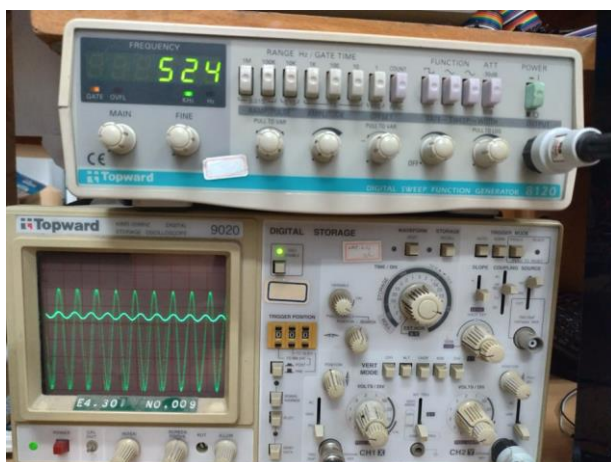


圖3.2.5 exp2 增益頻寬積量測

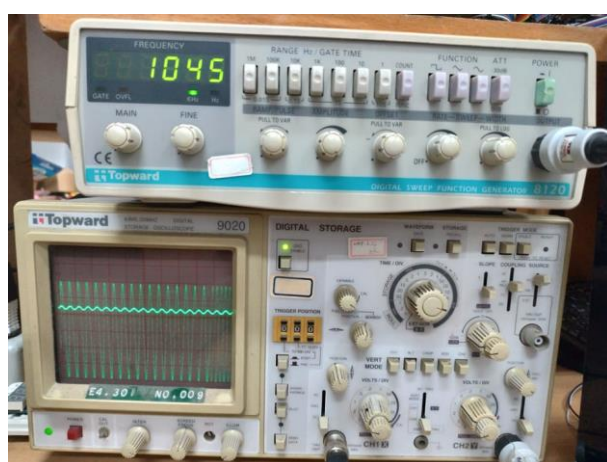


圖3.2.6 exp2 增益頻寬積量測



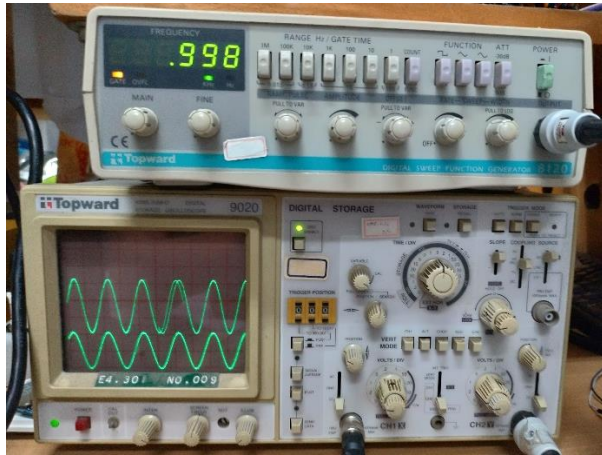


圖3.2.7 低通濾波器sine響應圖

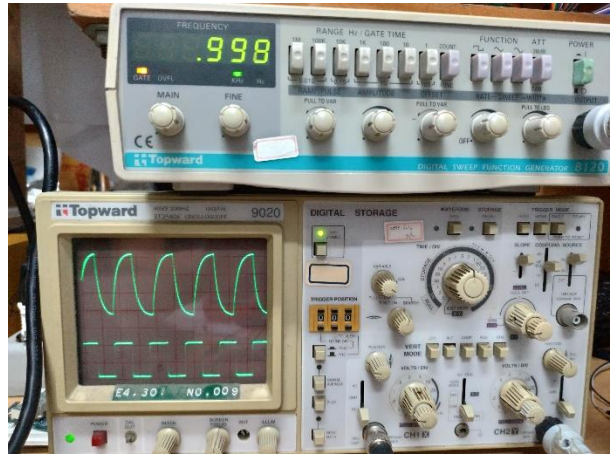


圖3.2.8 低通濾波器方波響應圖

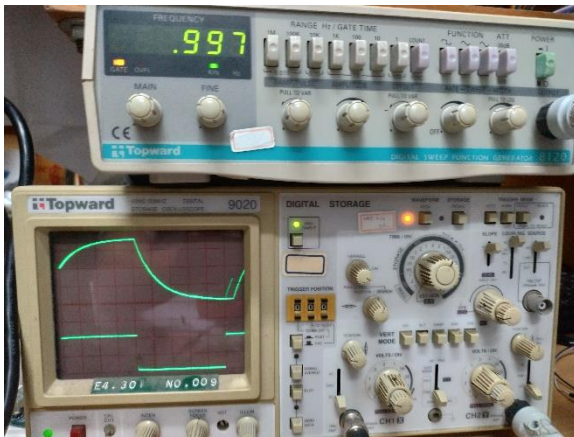


圖3.2.7 低通濾波器方波響應圖

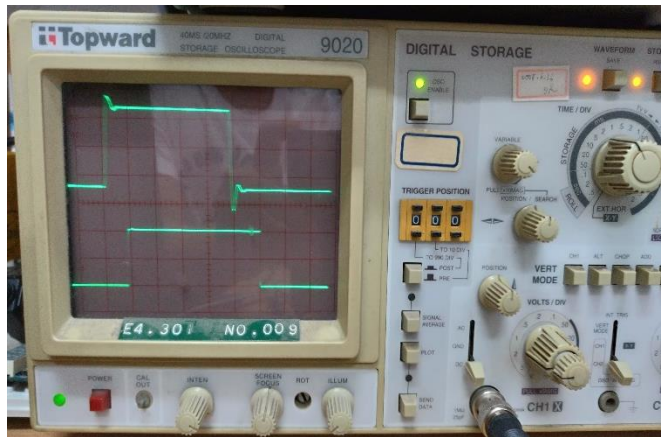


圖3.2.8 差動低通濾波器方波響應圖

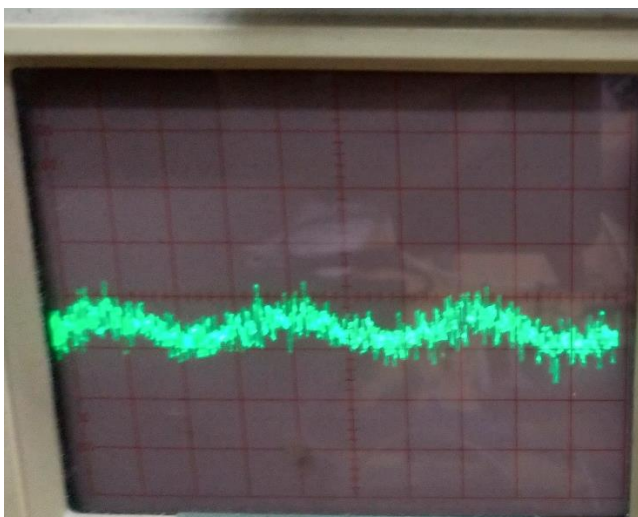


圖3.2.9 單線電磁波拾取

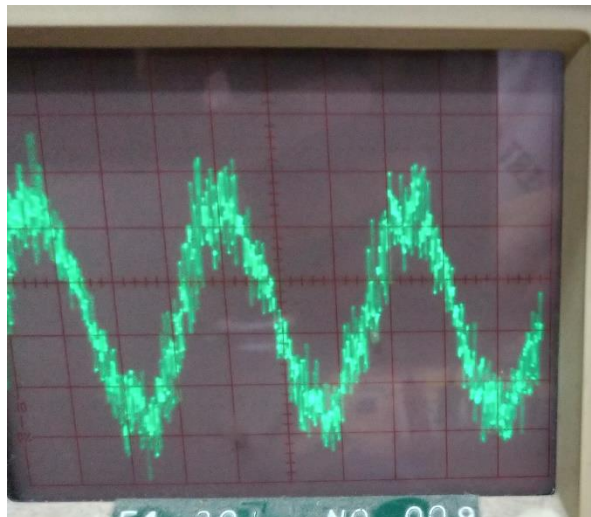


圖3.2.10 單線電磁波拾取(觸碰) 60 Hz

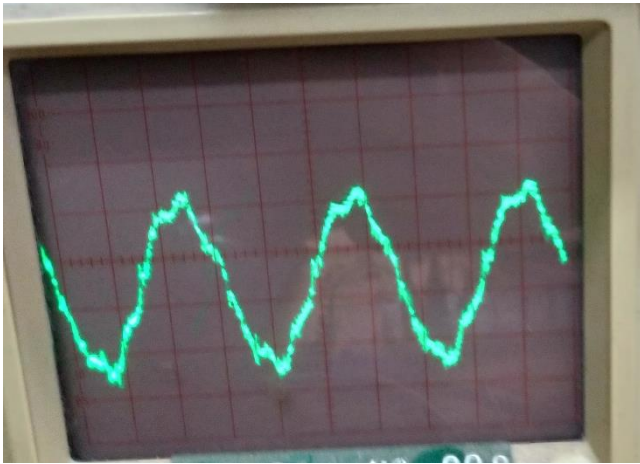


圖3.2.11 平行導線共模電磁波拾取

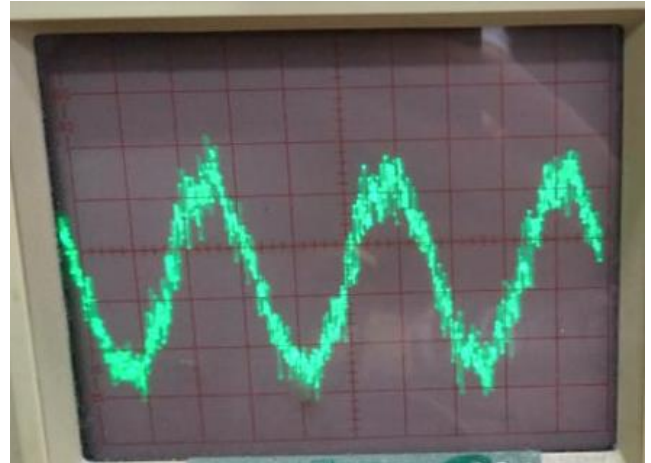


圖3.2.12 屏蔽絞線導線共模電磁波拾取

### 3. 實驗數據

#### I. 開迴路增益量測

使用TL084，ch2的OP(Operational Amplifier)量測ch1的OP開迴路增益

圖3.2.1 下為輸入的電壓(每隔5V， $V_{in}$ 為 $\pm 10V$ )，上為輸出的電壓(每隔0.2V， $\Delta E_o$ 大約為8.1 V)

$$A_{OL} = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} = \frac{20 \times 1001}{\Delta E_o} = \underline{\underline{24716}}$$

#### II. 增益頻寬積(Gain-Bandwidth Product) 實測

使用TL084，ch2的OP(Operational Amplifier)量測ch1的OP增益頻寬積

$$\text{已知GBW} = \frac{V_{out}(\text{Frequency})}{V_{in}(\text{Frequency})} \times \text{Frequency}$$

下表為不同頻率，計算出的增益頻寬，由下表可知，待測的OP增益頻寬不會因為頻率不同而有所改變。

Frequency	$V_{in}$ (Freq)	$V_{out}$ (Freq)	GBW
100 kHz	0.06 V	0.95 V	<u>1583333.33</u>
200 kHz	0.06 V	0.56 V	<u>1866666.67</u>
500 kHz	0.06 V	0.22 V	<u>1833333.33</u>
1 MHz	0.06 V	0.13 V	<u>2166666.67</u>

表3.3.1 增益頻寬實驗數據表

### III. 儀表放大器(AD620)電路實測

量測實驗數據	不接電阻	5.49K $\Omega$	499 $\Omega$	49.9 $\Omega$
10 V	-9.99	-14.51	-14.38	-14.35
1 V	-0.997	-10.04	-14.56	-14.58
0.1 V	-0.097	-0.98	-9.58	-14.58
10 mV	-0.01	-0.11	-1.06	-10.64

增益計算結果	不接電阻	5.49K $\Omega$	499 $\Omega$	49.9 $\Omega$
10 V	1.00	1.45	1.44	1.44
1 V	1.00	10.04	14.56	14.58
0.1 V	1.00	9.80	95.80	145.80
10 mV	1.00	11.00	106.00	1064.00

### IV. CMRR 量測實驗

$$E_{o\_0} = 0.4134$$

$$E_{o\_1} = 0.4100$$

$$V_{com0} = 0.0003$$

$$V_{com1} = 0.0004$$

$$\text{已知CMRR} = 1001 \times \frac{\Delta V_{com}}{\Delta E_o} = 1001 \left( \frac{0.0004 - 0.0003}{0.4134 - 0.4100} \right) = 28628.60$$

$$\text{CMRR} = 20 \times \log_{10}(28628.60) = \underline{\underline{89.136 \text{ dB}}}$$

Datasheet 上CMRR最好的是86dB，推測為量測錯誤，因為共模的電壓差異很小，使用三用電表量測精度只到小數點後3位，導致計算出來得CMRR數據比datasheet更好。

### V. 一階低通濾波器實作

使用電阻  $R = 9.84 \text{ K}\Omega$ ， $C = 9.50 \text{ nF}$

	1 Hz	10 Hz	100 Hz	500 Hz	1 KHz	5 KHz	10 KHz
增益	1	1	0.99	0.94	0.82	0.27	0.09
Vin~	4.98	5.24	4.73	4.72	4.68	4.50	4.39
Vout~	4.98	5.24	4.70	4.46	3.86	1.23	0.40
相位移	0	1	$1\pi/5$	$2\pi/5$	$2\pi/5$	$1\pi/2$	$4\pi/5$

找出增益為0.7071的截止頻率

$$\Rightarrow \frac{1-5}{0.82-0.27} = \frac{1-f}{0.82-0.7071}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{f = 1.821 \text{ KHz}}}$$

$$\text{理論值得截止頻率為 } f_{\text{theory}} = \frac{1}{2\pi RC} = 1.703 \text{ KHz}$$

$$\text{誤差} = 6.93 \%$$



1Hz、10Hz、100Hz、1KHz、

上升至6.32V約 0.1 ms

下降至3.68V約 0.1 ms

時間常數RC = 0.0935 ms

誤差約 7%

● 頻率下降 =  $20 \cdot \log_{10}(0.4) - 20 \cdot \log(3.86) = \underline{-19.69 \text{ dB}}$

● PS: 頻率下降理論值應為-20 dB

## VI. 截止頻率2KHz一階低通濾波器實作

使用電阻R = 99.70  $\Omega$ ，C = 0.71  $\mu\text{F}$

	1 Hz	10 Hz	100 Hz	500 Hz	1 KHz	5 KHz	10 KHz
增益	1	1	0.99	0.97	0.91	0.30	0.04
Vin~	4.98	5.20	4.80	4.12	3.24	1.58	1.34
Vout~	4.98	5.20	4.75	3.98	2.94	0.47	0.05
相位移	$\pi/40$	$2\pi/5$	$1\pi/5$	$1\pi/2$	$1\pi/10$	$1\pi/10$	$1\pi/10$

找出增益為0.7071的截止頻率

$$\Rightarrow \frac{1-5}{0.91-0.30} = \frac{1-f}{0.91-0.7071}$$

$$\Rightarrow \underline{\mathbf{f = 2.331 \text{ KHz}}}$$

$$\text{理論值得截止頻率為 } f_{\text{theory}} = \frac{1}{2\pi RC} = \mathbf{2.248 \text{ KHz}}$$

誤差 = 3.68 %

方波:

1Hz、10Hz、100Hz、1KHz、

上升至6.32V約 0.12ms

下降至3.68V約 0.09 ms

時間常數RC = 0.0708 ms

誤差約 69%

● 頻率下降 =  $20 \cdot \log_{10}(0.05) - 20 \cdot \log(2.94) = \underline{-47.59 \text{ dB}}$

PS: 頻率下降理論值應為-20 dB

## VII. 二階低通濾波器實作

使用電阻R = 9.75 K $\Omega$ 、9.76 K $\Omega$ ，C = 0.01035  $\mu\text{F}$

	1 Hz	10 Hz	100 Hz	500 Hz	1 KHz	5 KHz	10 KHz
增益	1	1	1	0.89	0.67	0.06	0.00
Vin~	4.98	5.46	4.93	4.99	4.95	4.77	4.66
Vout~	4.98	5.46	4.93	4.42	3.30	0.29	0.004
相位移	0	$\pi/2$	$2\pi/3$	$2\pi/5$	$3\pi/5$	$4\pi/5$	$\pi/8$

找出增益為0.7071的截止頻率

$$\Rightarrow \frac{0.5-1}{0.89-0.67} = \frac{0.5-f}{0.89-0.7071}$$

$$\Rightarrow \mathbf{f = 1.416 \text{ KHz}}$$

$$\text{理論值得截止頻率為 } f_{\text{theory}} = \frac{1}{2\pi RC} = 1.577 \text{ KHz}$$

$$\text{誤差} = 10.22 \%$$

1Hz、10Hz、100Hz、1KHz，

上升至6.32V約 0.20 ms

下降至3.68V約 0.25 ms

時間常數RC = 0.1 ms

誤差約 150%

- 10%穩定時間約 0.50 ms
- 上升率slew rate：上升緣斜率每秒上升18000伏特。
- 頻率下降 =  $20 \cdot \log_{10}(0.004) - 20 \cdot \log_{10}(3.3) = \mathbf{-71.84 \text{ dB}}$
- PS: 頻率下降理論值應為-40 dB

### VIII. 截止頻率2KHz二階低通濾波器實作

使用電阻R = 8.12 KΩ、8.08 KΩ，C = 0.01035 μF

	1 Hz	10 Hz	100 Hz	500 Hz	1 KHz	5 KHz	10 KHz
增益	1	1	1	0.91	0.75	0.01	0.00
Vin~	4.98	5.50	5.00	5.00	4.95	4.75	4.64
Vout~	4.98	5.50	5.00	4.54	3.71	0.47	0.012
相位移	0	0	0	π/4	π/5	π	8π/25

找出增益為0.7071的截止頻率

$$\Rightarrow \frac{1-5}{0.75-0.01} = \frac{1-f}{0.75-0.7071}$$

$$\Rightarrow \mathbf{f = 1.232 \text{ KHz}}$$

$$\text{理論值得截止頻率為 } f_{\text{theory}} = \frac{1}{2\pi RC} = 1.898 \text{ KHz}$$

$$\text{誤差} = 35.10 \%$$

1Hz、10Hz、100Hz、1KHz，

上升至6.32V約 0.125 ms

下降至3.68V約 0.125 ms

時間常數RC = 0.0838 ms

誤差 = 49.16 %

- 10%穩定時間約 0.25 ms
- 上升率slew rate：上升緣斜率每秒上升36000伏特。

- 頻率下降 =  $20 \cdot \log_{10}(0.012) - 20 \cdot \log_{10}(3.71) = \underline{-64.64 \text{ dB}}$
- PS: 頻率下降理論值應為-40 dB

### IX. 二階差動濾波器實作

使用電阻  $R=10 \text{ K}\Omega$ 、 $1 \text{ K}\Omega$ 、 $560 \Omega$ ， $C = 0.01035 \mu\text{F}$

	1 Hz	10 Hz	100 Hz	500 Hz	1 KHz	5 KHz	10 KHz
增益	1.16	1.02	1.01	1.06	1.32	0.048	0.013
Vin+ -	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Vin- ~	2.51	2.70	2.52	2.74	2.50	2.31	2.16
Vout~	2.90	2.75	2.54	2.91	3.31	0.227	0.0267
相位移	0	0	$\pi/2$	$2\pi/9$	$\pi$	$\pi$	$\pi$

找出增益為0.7071的截止頻率

$$\Rightarrow \frac{1-5}{1.32-0.048} = \frac{1-f}{1.32-0.7071}$$

$$\Rightarrow \underline{f = 2.927 \text{ KHz}}$$

理論值得截止頻率為  $f_{\text{theory}} = \frac{1}{2\pi RC} = 1.538 \text{ KHz}$

誤差 = 90.31 %

- v10%穩定時間約 1 ms
- 頻率下降 =  $20 \cdot \log_{10}(0.0267) - 20 \cdot \log_{10}(3.31) = \underline{-55.41 \text{ dB}}$

### X. 2KHz二階差動濾波器實作

使用電阻  $R=10 \text{ K}\Omega$ 、 $1 \text{ K}\Omega$ 、 $560 \Omega$ ， $C = 0.01035 \mu\text{F}$

	1 Hz	10 Hz	100 Hz	500 Hz	1 KHz	5 KHz	10 KHz
增益	1.00	1.00	1.01	1.0560	1.2169	0.1694	0.0283
Vin+ -	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Vin- ~	2.72	2.72	2.51	2.50	2.49	2.29	2.13
Vout~	2.73	2.73	2.53	2.64	3.03	0.388	0.0603
相位移	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	0	0

找出增益為0.7071的截止頻率

$$\Rightarrow \frac{1-5}{1.2169-0.1694} = \frac{1-f}{1.2169-0.7071}$$

$$\Rightarrow \underline{f = 2.6757 \text{ KHz}}$$

理論值得截止頻率為  $f_{\text{theory}} = \frac{1}{2\pi RC} = 1.875 \text{ KHz}$

誤差 = 29.93%

- 10%穩定時間約 0.6 ms
- 頻率下降 =  $20 \cdot \log_{10}(0.0603) - 20 \cdot \log_{10}(3.03) = \underline{-46.56 \text{ dB}}$

PS: 頻率下降理論值應為-40 dB

## 四、實驗問題

Q: 最後的二階差動濾波器，在方波響應測試的時候會有overshoot的情況發生(如圖3.2.8)，為什麼？

計算電路的轉移函數，於二階系統的表達式為式4.1，而%OS的計算公式如式4.2，如果damping ratio  $\zeta$  較小，電路在充放電的時候，會有Overshoot的問題。

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad \text{--式4.1}$$

$$\%OS = e^{-\left(\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right)} \times 100 \quad \text{--式4.2}$$

## 五、實驗討論

Q: 實際做實驗時，有些數據與理論值不同，探討造成誤差的可能原因？

1. 元件的誤差，電阻、電容、OP精準度的誤差。
2. 示波器在讀取數值時，是肉眼觀測，所以會造成人為判讀誤差。
3. 儀器的誤差，量測AC電壓時，是使用三用電表量測，三用電表讀取也會有誤差。在看波形的時候，已發現是波器在顯示電壓的時候，同電壓的ch1和ch2顯示不同格數，表示示波器量測的電壓值有問題。
4. 示波器量取相位的時候，是以人工判讀的方式，加上示波器本身速度更新不夠快，造成在相位這部分，資料不是很漂亮。