

電工實驗(三)

實驗報告

實驗單元(8)

低通濾波器

(電路實作)

班別：3A

組別：252

姓名：李宜恩

★各項實驗紀錄(藍色字體)、撰寫實驗波形分析與實驗數據分析(藍色字體)、撰寫實驗問題與討論(藍色字體)、撰寫實驗結論(藍色字體)、按時繳交實驗報告(遲交扣分)，非(藍色字體)扣分。總分=100 分。

一、實驗儀器設備(請自行寫出所使用的儀器設備，沒寫扣分)

項次	儀器名稱	儀器廠牌及型號	數量	實驗桌別
1	示波器	AFG-2125	1 台	25
2	數位萬用電表	34401A DMM	1 台	25
3	訊號產生器	MSO 2024	1 台	25
4	電源供應器	GWINSTEK GPC-3030DQ	1 台	25

二、實驗目的(請自行寫出，沒寫扣分)

1. 瞭解主動濾波器的原理與設計。
2. 實作低通濾波器特性。
3. 使用 OrCAD 模擬低通濾波器時域與頻域關係。

三、請簡介實驗項目(請自行寫出，沒寫扣分)

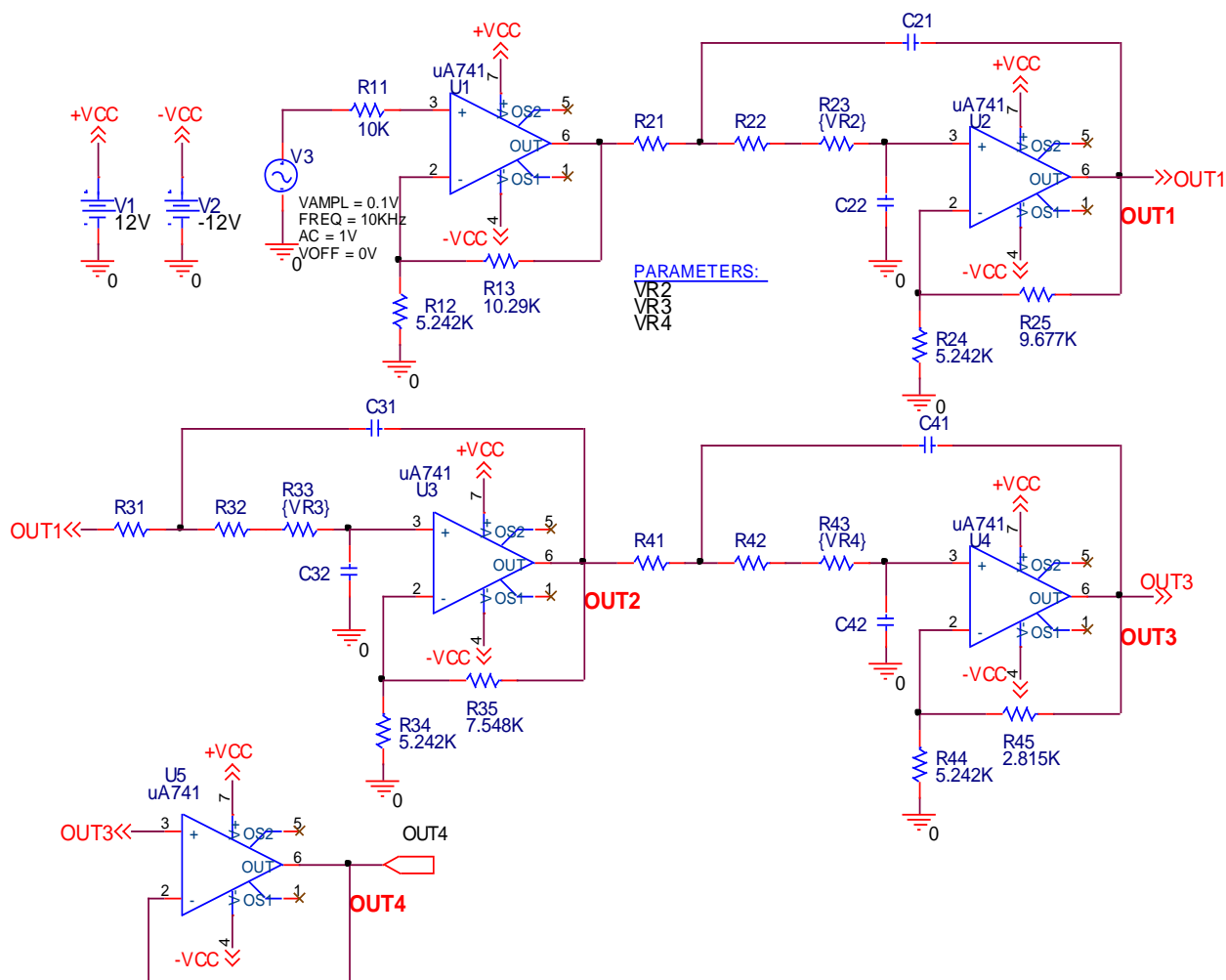
1. 元件數值之測量與參數計算。
2. 實驗電路模擬。
3. 實驗電路實作。

四、實驗注意事項

1. 運算放大器電路給定 $\pm 12\text{V}$ 電壓。
2. L.P.F. 實驗電路調整時會產生振盪現象，當關閉訊號產生器後，可由示波器觀測出振盪波形，此時需調整可變電阻，使極點移至 s-plane 的左半平面。
3. 輸入波形不可過大(不要超過實驗設定值)，否則會產生波形截止現象。
4. 應瞭解各級輸出振幅大小與頻率之關係，以適當調整可變電阻值。
5. 需瞭解頻帶內平坦度之意義。
6. 方波測試之輸出圖檔，應標示輸入、輸出振幅大小及頻率值。
7. 運算放大器需要接直流偏移量調整 VR10K Ω ，示波器設定：CH1 及 CH2 直流耦合，適當選擇垂直刻度，水平軸時間間距。

五、實驗步驟

◎參考實驗圖(8-43)：ORCAD 模擬電路圖(二)。



圖

(8-43) : ORCAD 模擬電路圖(二)

★實驗設計：需要自行計算及選用的實驗電阻值，並依電阻標準值配對成所需要之阻值。

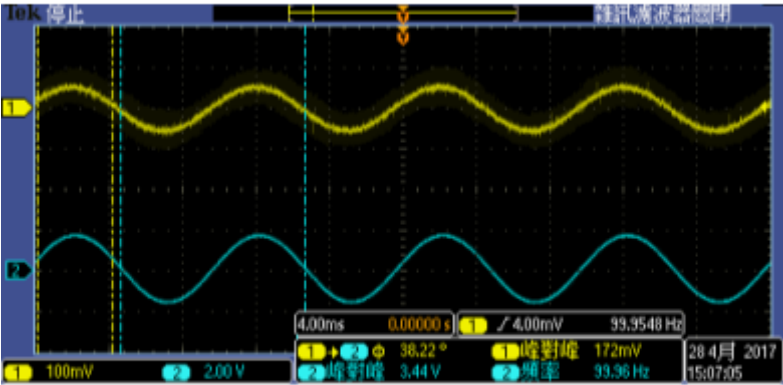
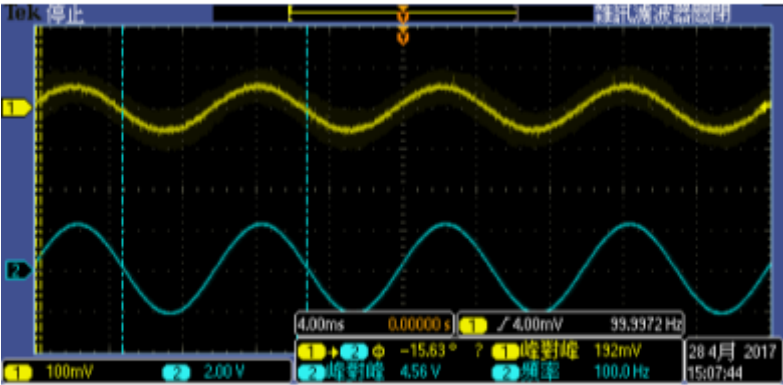
★電容值[C21、C22]，[C31、C32]，[C41、C42]，需要配對選用相近電容值。

1.測試項目[一]：第一級電壓放大級

■實驗記錄：U1 電壓放大率的電壓放大範圍值。

表(8-5)：U1 電壓放大率範圍

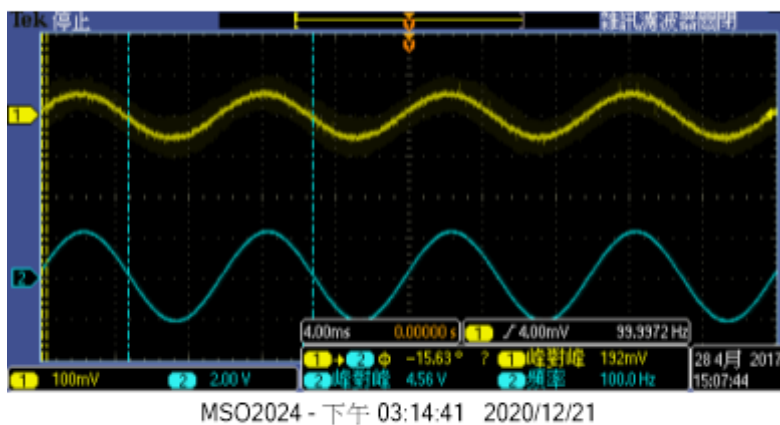
記錄電壓放大率最大值	計算電壓增益值 Vp-p(峰-峰值)
$\frac{V_{CH2(max)}}{V_{CH1}} = \text{———}(\frac{mV}{mV})$	電壓增益=23.75
記錄電壓放大率最小值	計算電壓增益值 Vp-p(峰-峰值)
$\frac{V_{CH2(min)}}{V_{CH1}} = \text{———}(\frac{mV}{mV})$	電壓增益=20



2.測試項目[二]：第二級 Sallen & Key L.P.F. Network(一)

■[實驗要求]：改變可變電阻 VR2，使得 CH2 波形變化的情形(即為改變頻率值，弦波訊號經低通濾波器的作用，會由示波器觀測出振幅大小變化情形，其中在某一頻率值時會有最大振幅出現)，能接近前面 ORCAD 模擬輸出節點[OUT1]的結果，指在頻率值=2.95KHz 時有最大輸出振幅。若過度調整可變電阻 VR2，會產生振盪現象，應避免振盪現象產生。

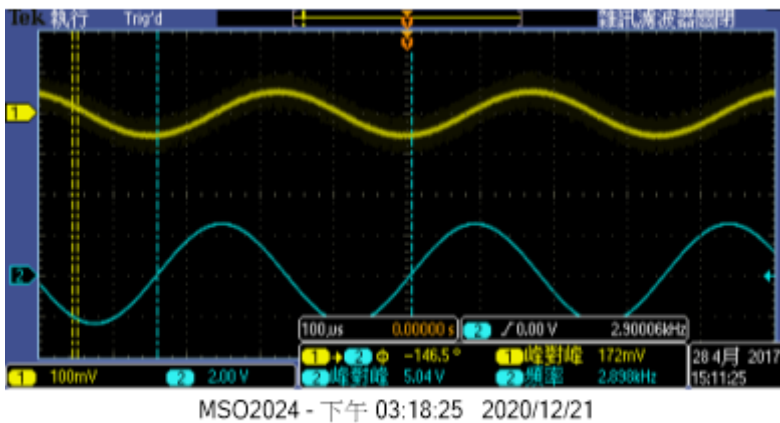
◎ 實驗說明：見實驗問題與討論。



3.測試項目[三]：第三級 Sallen & Key L.P.F. Network(二)

■[實驗要求]：改變可變電阻 VR3，使得 CH 2 波形變化的情形(即為改變頻率值，弦波訊號經低通濾波器的作用，會由示波器觀測出振幅大小變化情形，其中在某一頻率值時會有最大振幅出現)，能接近前面 ORCAD 模擬輸出節點[OUT2]的結果，指在頻率值=2.95KHz 時有最大輸出振幅。

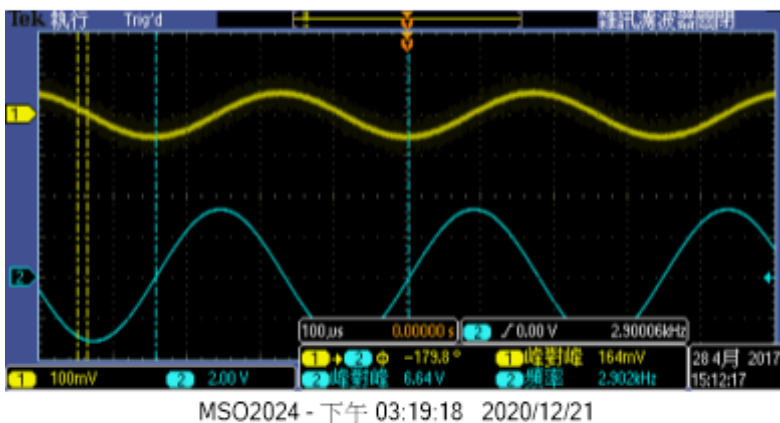
◎ 實驗說明：見實驗問題與討論。



4.測試項目[四]：第四級 Sallen & Key L.P.F. Network(三)及第五級 Buffer AMP

■[實驗要求]：改變可變電阻 VR4，先觀測 TP4 波形振幅變化情形，觀測出此電阻對電路的影響。

◎ 實驗說明：見實驗問題與討論。



5.測試項目[五]：實驗微調整與實驗規格

- 為在頻帶內波幅不致於變化太大,故要求 3KHz 內平坦度問題。示波器 CH2 連接 OUT 節點，再次微調可變電阻 VR1、VR2、VR3、VR4，使得輸出振幅能有較好的平坦度。
- 所謂平坦度：指改變訊號產生器的頻率變化，由示波器所觀測的波形變化情形，依實驗規格在[2Hz~3KHz]頻帶內輸出振幅變化需維持在容許的誤差範圍內。

c.最後應合乎實驗規格之要求：[增益、平坦度、 $f_c = 3\text{KHz}$ 、ripple]。

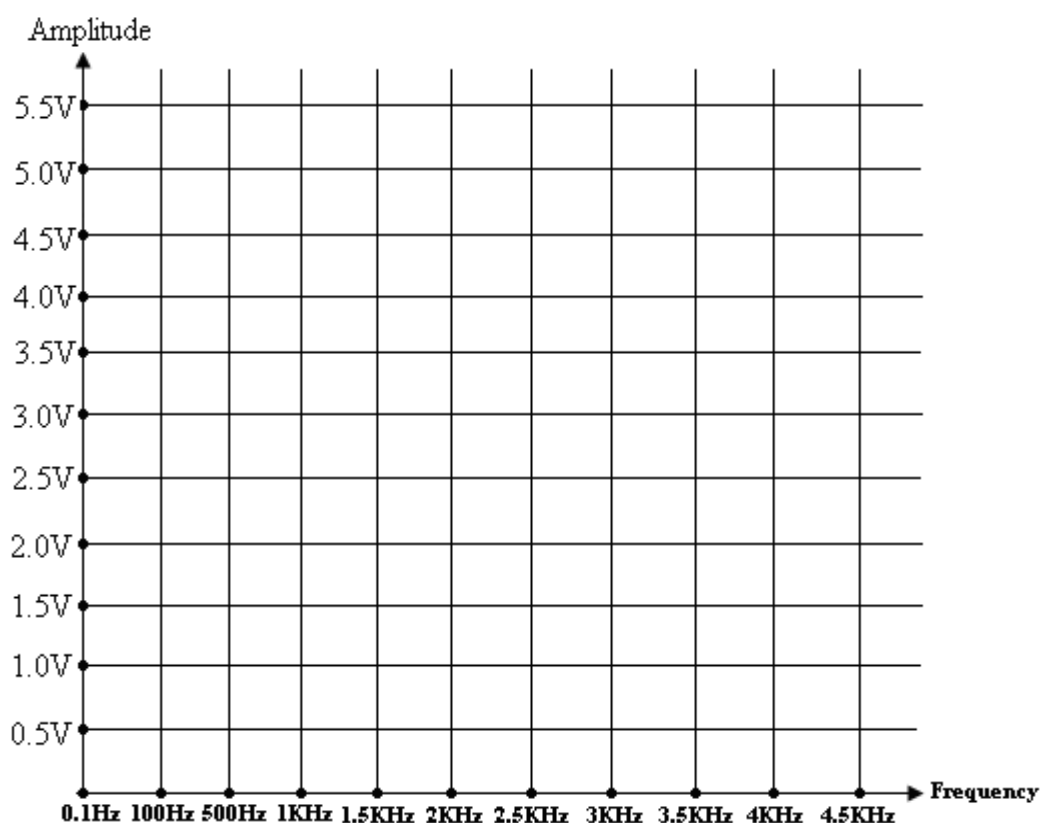
6.測試項目[六]：初步測試實驗結果

■實驗測試與實驗記錄：完成下列表格(8-6)之內容及作圖，需合乎實驗規格。

■助教檢查。

表(8-6)：記錄濾波器輸出振幅

頻率	振幅	頻率	振幅	頻率	振幅
100Hz	3.00V	2.6KHz	2.84V	3.1KHz	4.48V
500Hz	3V	2.7 KHz	2.72V	3.2KHz	5.08V
1KHz	3V	2.8 KHz	2.72V	3.3KHz	4.72V
1.5KHz	3V	2.9KHz	2.88V	3.4KHz	2.72V
2KHz	3.3V	2.95KHz	3V	3.5KHz	1.44V
2.2KHz	3.44V	3KHz	3.2V	4.0KHz	0.32V
2.5KHz	3V	3.05KHz	3.7V	4.5KHz	0.16V



圖(8-46)：頻帶內測試增益圖

7.測試項目[七]：繪製頻率響應圖

■實驗測試與實驗記錄：依據上述電壓增益對頻率之響應圖，寫出 LPF 實測規格值：

①.截止頻寬(f_H)= 2.98kHz，漣波頻寬(f_C)= 3kHz。

②.漣波 ☒ 是，☐ 否小於 $0.5dB$ 。

③.當 $\frac{f}{f_C} = 3 = 9KHz$ 時，一般取測試頻率範圍內，輸出衰減範圍 = dB 。(略)

④.通帶電壓增益 = 29.96 dB 。

■請繪製出電壓增益對頻率之響應圖及繪製出相位對頻率之響應圖。

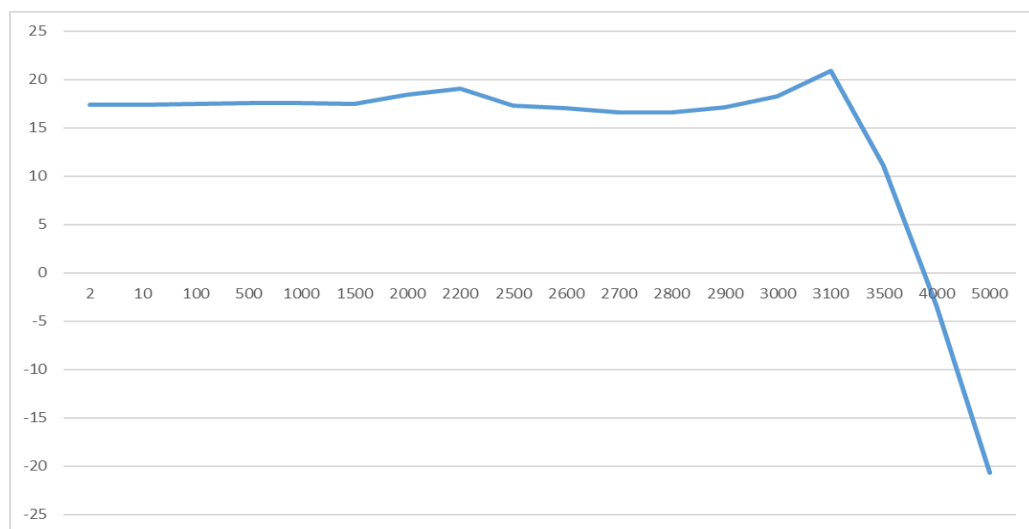
表(8-8)：頻率響應圖測試記錄

輸入頻率 (Hz)	輸入振幅 約 0.1V	記錄 輸出振幅(V)	計算增益 (dB)	測量 相位差(θ)
2	0.04V	2.96	17.38463439	30.34
10	0.04V	2.96	17.38463439	45.33
100	0.04V	3.0	17.50122527	-47.15
500	0.04V	3.04	17.61627185	-30.81
1K	0.04V	3.04	17.61627185	20.22
1.5K	0.04V	3.00	17.50122527	-171.5
2K	0.04V	3.36	19.46255707	-142.9
2.2K	0.04V	3.6	20.8278537	30.29
2.5K	0.04V	2.93	21.58362492	119.4
2.6K	0.04V	2.84	21.43764015	-39.69
2.7K	0.04V	2.72	21.28915978	54.73
2.8K	0.04V	2.72	21.43764015	-103.2
2.9K	0.04V	2.88	22.0074109	178.2
3K	0.04V	3.28	22.0074109	-145.2

輸入頻率 (Hz)	輸入振幅 約 0.1V	記錄 輸出振幅(V)	計算增益 (dB)	測量 相位差(θ)
3.1K	0.04V	4.44	20.66847511	-173.5
3.5K	0.04V	1.44	7.421357245	106.3
4K	0.04V	0.272	-4.2934033	-159.5
5K	0.04V	0.037	-15.91760035	0.9027
7K	0.04V	0.003	-15.13923903	46.25
9K	0.04V	0.002	-17.23394604	-173.3

■實驗作圖：使用 Excell 作圖。

a. 畫出 $Gain(dB)$ vs. 頻率輸出圖：



b. 畫出 $Phase(dB)$ vs. 頻率輸出圖：

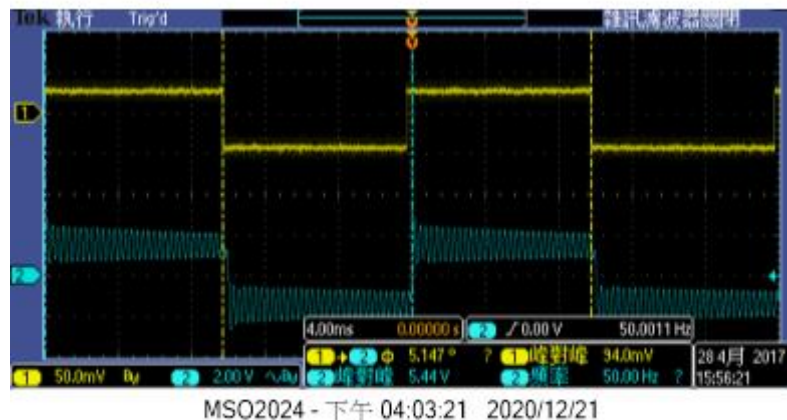


8.測試項目[八]：方波測試，實驗測量與實驗波形之擷取。

■測試頻率=50Hz

①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。

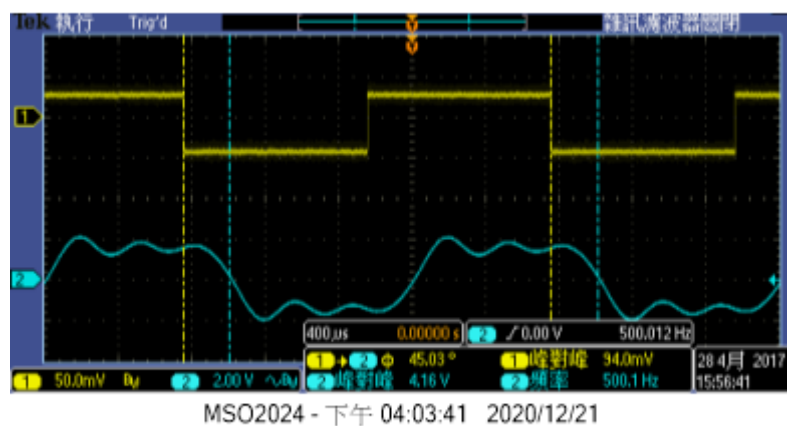
②.輸出為何種波形，請說明之：



■測試頻率=500Hz

①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。

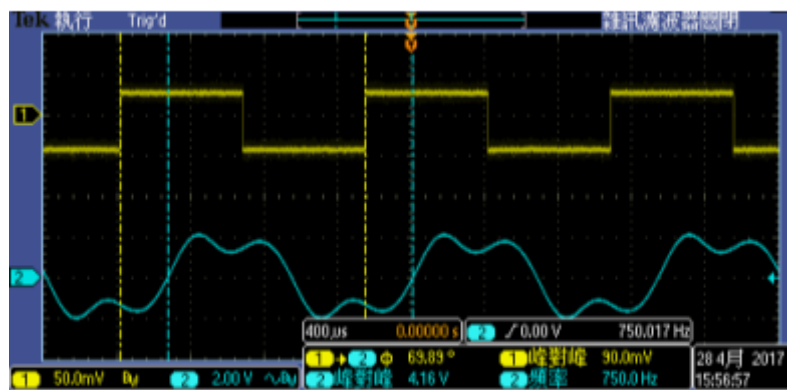
②.輸出為何種波形，請說明之：



■測試頻率=750Hz

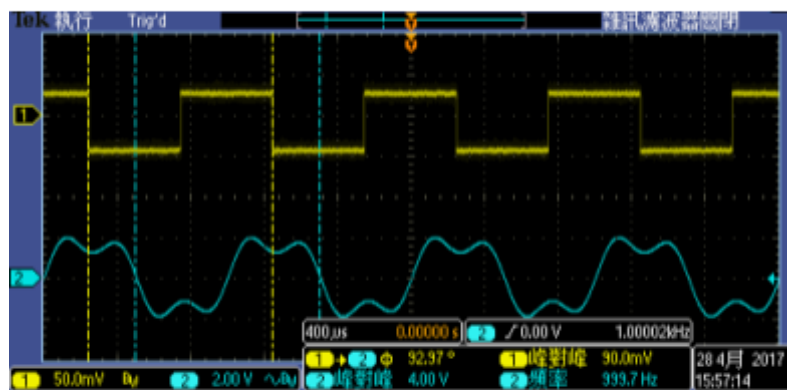
①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。

②.輸出為何種波形，請說明之：



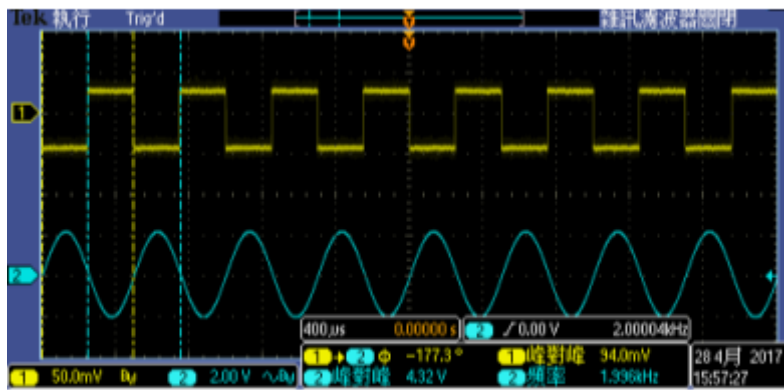
■ 測試頻率 = 1KHz

- ①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。
- ②.輸出為何種波形，請說明之：



■ 測試頻率 = 2KHz

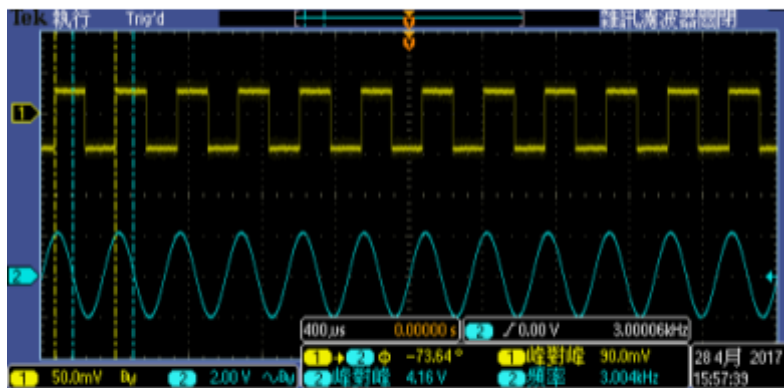
- ①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。
- ②.輸出為何種波形，請說明之：



MSO2024 - 下午 04:04:27 2020/12/21

■ 測試頻率 = 3KHz

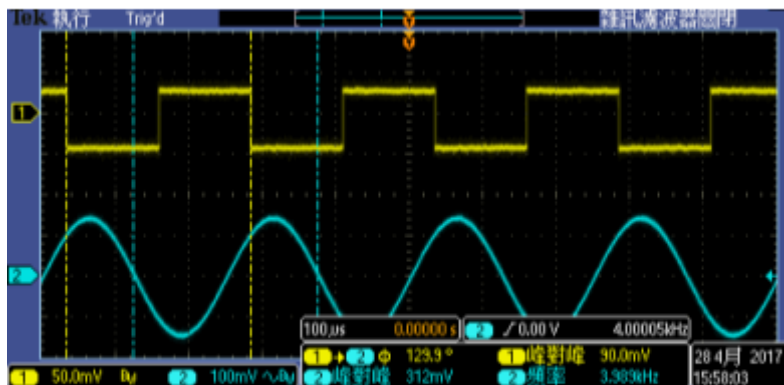
- ①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。
- ②.輸出為何種波形，請說明之：



MSO2024 - 下午 04:04:38 2020/12/21

■ 測試頻率 = 4KHz

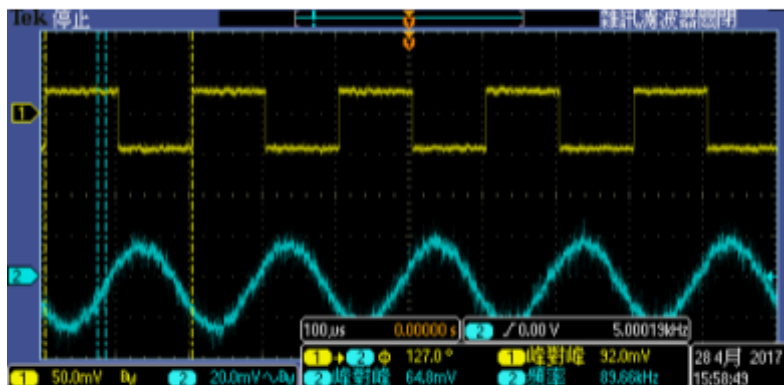
- ①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。
- ②.輸出為何種波形，請說明之：



MSO2024 - 下午 04:05:03 2020/12/21

■ 測試頻率 = 5KHz

- ①.擷取波形：節點[VS、OUT4]。
- ②.輸出為何種波形，請說明之：



MSO2024 - 下午 04:05:47 2020/12/21

六、實驗問題與討論

- 1.在調整可變電阻時，會影響到電路的一些參數，以致很容易產生振盪現象，請問是何種原因造成振盪現象？**R22、R23 不夠時會產生振盪，電壓增益不夠。**
- 2.綜合上述實驗，改變可變電阻 VR2、VR3 及 VR4 時，觀測測試節點正弦波振幅大小變化的情形，紀錄說明你所觀測的結果。**VR2 可控制電路不要振盪，VR3，VR4 控制頻率，調整極點使濾波器特性良好。**
- 3.請簡述說明方波測試結果。**輸入方波頻率越高，產生波形越接近弦波。**

七、撰寫實驗結論與心得

本次實習了解低通濾波器，經由計算找出能使低通濾波器特性良好之電組，再由模擬結果驗證此計算值，實作再利用可變電阻調整極點，使其結果與模擬吻合。而起初未注意電組及可變電阻之選用，造成電路特性不好，最後在助教提醒下才順利解決。

八、實驗綜合評論

- 1.實驗測試說明、實驗補充資料及老師上課原理說明，是否有需要改善之處。否
- 2.實驗模擬項目內容，是否有助於個人對實驗電路測試內容的了解。是
- 3.實驗測量結果，是否合乎實驗目標及個人的是否清楚瞭解其電路特性。是
- 4.就實驗內容的安排，是否合乎相關課程進度。是
- 5.就個人實驗進度安排及最後結果，自己的評等是幾分。100 分
- 6.在實驗項目中，最容易的項目有那些，最艱難的項目包含那些項目，並回憶一下，您在此實驗中學到了那些知識與常識。模擬較為容易，而接線較為繁瑣。在此單元中了解低通濾波器電路。

九、附上實驗進度紀錄單(照片檔)

電工實驗進度記錄單

◎上課班別：☐2A、☐2B、☒3A、☐3B

組別：252

姓名：

本宜恩

◎實驗單元(8)：低通濾波器

■上述及左列沒寫扣5分。

■附上實驗進度紀錄

1. 實驗進度記錄：應確實記錄，實驗電路檢查時，會查驗、檢視實驗數據。

①. 工作日期：109年11月7日、工作時數：4小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：SIM

②. 工作日期：109年11月14日、工作時數：4小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：EWB

③. 工作日期：____年____月____日、工作時數：____小時、☐上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：____

④. 工作日期：____年____月____日、工作時數：____小時、☐上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：____

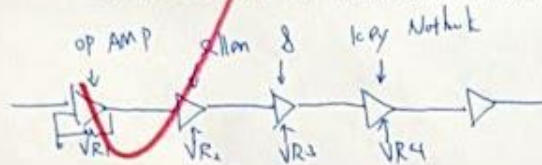
⑤. 工作日期：____年____月____日、工作時數：____小時、☐上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：____

⑥. 工作日期：____年____月____日、工作時數：____小時、☐上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：____

2. 依上課說明填寫實驗注意事項，沒寫或內容不完整，扣☐5分或☐10分。



3. 記錄實驗問題之解決策略，包括一問題之描述、分析造成問題的原因及提出解決問題的方法。依實驗過程，請記錄之。沒寫的或內容簡略者，扣☐5分或☐10分。

看教材

4.請先行自我評量：我對我的作業評分—正確度共100分。◎我的作業自評得分=100分。

項次	滿分	評比	評分標準	項次	滿分	評比	評分標準
1	20%	20	電路裝配的正确性	4	20%	20	實驗數據記錄的正确性
2	20%	20	儀器操作程度的正确性	5	10%	10	工作安全與環境維護
3	20%	20	電路測試的正确性	6	10%	10	工作計畫內容

■上列沒寫的扣10分。

5.接線配置及元件配置：☐接線架高、☐接線凌亂、☐接線錯誤、☐配置擁擠、☐元件架高、☐元件錯誤等現象。-----有違反者，每項扣5分。

■上述情形，需要重新接線再行檢查。

6.實驗測試內容：☐數據記錄有缺失、☐波形有缺失、☐數據缺單位-----有違反者，每項扣5分。

7.實驗測試操作程序：操作不熟練(扣10分)、操作有錯誤(扣10分)。

8.作業期限：☐準時檢板、☐遲交1週扣10分、☐遲交2週扣20分、☐第3週不給延期，直接看結果，依據測試結果給分，最高60分。

9.記錄特定波形擷取時間或測量特定值：2.20/12/21 04:5:47。

■上列沒寫的扣10分。

※麵包板照像，附於實驗報告中。

◎電路檢查評分(記錄扣分)=0分。

◎檢查時間：109/12/21

◎助教簽章：助教陳錦昌

◎領取電路板(需要焊接PCB)：☐OK。

11.檢視所焊接之實驗電路板：每項缺失扣5分。

☐焊錫表面黯淡冷焊 ☐焊錫顆粒過大 ☐元件焊接置放規則 ☐元件導線過長 ☐焊錫成球狀
☐元件鬆脫 ☐焊錯元件 ☐焊點焊錫過小

12.檢視電路板輸出波形(需合乎規格)：☐沒有輸出波形(扣10分)、☐波形失真(扣5分)。

◎擷取波形，附於實驗報告中。

◎記錄波形擷取時間：_____。

※電路板照像，附於實驗報告中。

◎電路板檢查評分(記錄扣分)=_____分。

◎檢查時間：_____

※總評分=100分。

◎助教簽章：助教陳錦昌

※繳交此實驗紀錄單。

班別: 3A 組別: 250 姓名: 李宜恩

190435.708
電工(3)上課筆記 081

◎上課筆記: 低通濾波器電路。

一、設計程序—電容值與電阻值之修正。

◎參考圖(8-40)及圖(8-41)。此單元的程序是先測電容值，計算電阻值，將所求之元件數值代入圖(8-41): ORCAD 模擬電路圖(一)，完成模擬內容。

表(8-1): 測量與計算電容值

	L.P.F.第二級	L.P.F.第三級	L.P.F.第四級
測量電容值	C21= 10.129 nC	C31= 9.822 nC	C41= 10.022 nC
測量電容值	C22= 9.828 nC	C32= 9.64 nC	C42= 10.159 nC
電容平均值計算	C23= 9.983 nC	C33= 9.833 nC	C43= 10.090 nC

需先寫出(8-58)式、(8-59)式、(8-60)式，依表(8-1)中的電容平均值，重新計算(8-61)式參閱各級電阻 R 與電容 C 之數值，計算與選用電阻值。

※需寫上計算列式及計算結果。

表(8-2): 計算與選用電阻值

	L.P.F.第二級	L.P.F.第三級	L.P.F.第四級
計算電阻值	R21= 5.25 kΩ	R31= 7.367 kΩ	R41= 13.25 kΩ
選用電阻值與可變電阻值	R22= 4.25 kΩ R23= 1kΩ	R32= 6.367 kΩ R33= 1kΩ	R42= 8.25 kΩ R43= 5kΩ

$$R_1 = \frac{1}{\omega_0 C_1} = \frac{1}{19076 \times 9.983 \times 10^{-9}} = 5251.116 \Omega$$

$$R_2 = \frac{1}{\omega_0 C_2} = \frac{1}{13549 \times 9.983 \times 10^{-9}} = 7367.148 \Omega$$

$$R_4 = \frac{1}{\omega_0 C_4} = \frac{1}{7476 \times 10.09 \times 10^{-9}} = 13256.755 \Omega$$

12000
1200
13200

9100
510
9610

10kΩ
5.242kΩ
10.29kΩ
4.25kΩ
9.677kΩ
7.367kΩ
6.36kΩ
7.548kΩ
13.2kΩ
8.25kΩ
2.8kΩ

15437.84

13737.719

低通濾波器檢查記錄單

實驗單元：濾波器電路

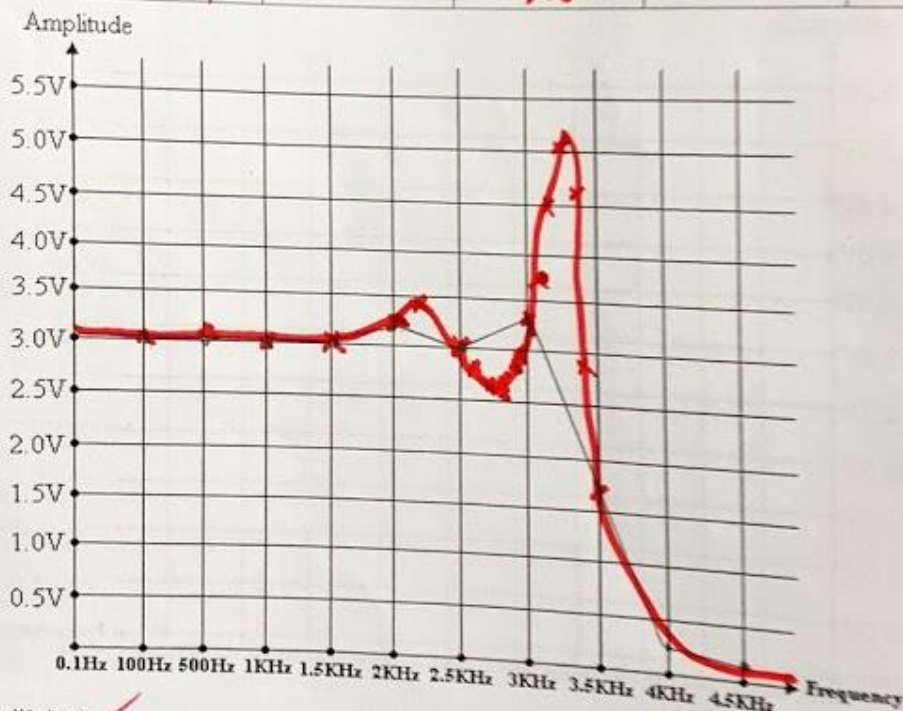
班別：☒3A、☐3B、組別：252、姓名：李宜恩

檢查人員：謝敬陳錦昌

、電路檢查日期：19年12月21日

■濾波器輸出振幅記錄—畫出 4.5KHz 頻帶內振幅之變化情形。

頻率	振幅	頻率	振幅	頻率	振幅
100Hz	3.00V	2.6KHz	2.84V	3.1KHz	4.5
500Hz	3.1	2.7 KHz	2.92V	3.2KHz	5.08
1KHz	3.06	2.8 KHz	2.92V	3.3KHz	4.12V
1.5KHz	3V	2.9KHz	2.88V	3.4KHz	2.92V
2KHz	3.38	2.95KHz	3V	3.5KHz	3.44V
2.2KHz	3.46	3KHz	3.24	4.0KHz	0.32V
2.5KHz	3.04	3.05KHz	3.8	4.5KHz	0.36V



■繪製頻率響應圖

a.輸出圖表：☒內容 OK、☐未附上圖表、☐其他。

b.記錄： $(f_H) = 2.98$ KHz, $(f_C) = 3$ KHz。通帶電壓增益 = 31.5 (V/V) = 29.96 dB

■方波測試，實驗波形之擷取：

a.測量功能選項：☒內容 OK、☐測量不完整（時間週期或頻率）、☐探棒錯誤、☐其他。

■麵包板配線

1.元件排列方式—☒平面，整齊、☐腳線未剪除架高、☐跨接在元件上面、☐元件配置凌亂。

2.接線、配線情形—☒整齊及簡潔、☐跨接在元件上面、☐高架接線、☐配線凌亂。

※LPF 電路特性評量：85分

十、附上麵包板電路組裝圖檔(照片檔)

