

# 電工實驗(二)

## 實驗報告

### 實驗單元(8)

### 運算放大器電路(一)

### (實作電路 081)

班別：電 2 B

組別：22

姓名：李宜恩

學號：00853216

★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	FG 720F-MO	1 台	22
2	萬用電表		1 台	22
3	訊號產生器	MSO 2024B	1 台	22
4	電源供應器		1 台	22

二、實驗目的(請自行寫出，沒寫扣分)

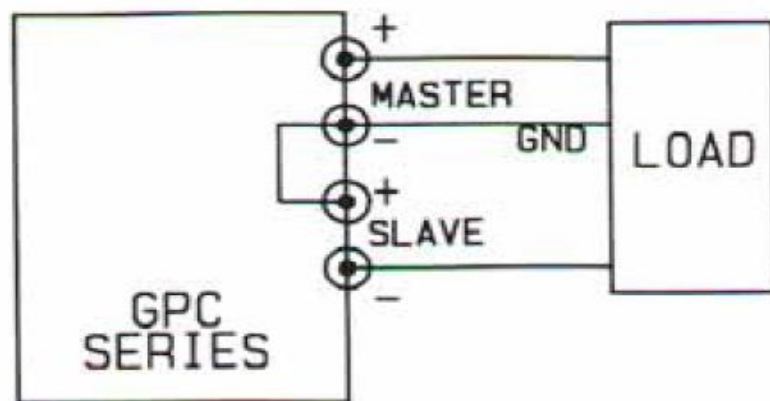
- 1.了解運算放大器的基本特性、電路原理與應用。
- 2.了解運算放大器 Data Sheet 的內容與應用。
- 3.了解運算放大器電壓放大、直流偏移量及加法器等電路的應用。

三、請簡介實驗項目(請自行寫出，沒寫扣分)

- a.輸入阻抗的特性。
- b.直流補偏電壓的特性與補偏電路補償方法。
- c.閉迴路增益特性，其中包含-輸入與輸出波形關係、相位關係與頻率關係。
- d.基本電路:反相放大器、非反相放大器、反相加法器電路及非反相加法器電路。

四、實驗實作注意事項

- 1.依實驗要求，先要設計電阻值，實驗模擬，然後接線。
- 2.實驗測試項目：[壹]～[貳]，完成實驗(每位同學)。
- 3.實驗測試項目：[叁]～[肆]，進階版本(依個人學習情況來完成)。
- 4.電源供應器電路設定為串接模式，連線為 $\pm 15V$ 使用。在前面板的 TRACKING 選擇按鍵設定在 SERIES(只按下左邊按鍵)，接在 IC 的接腳 7 及接腳 4。
- 5.本學期實作電路時運算放大器(OP AMP)接腳(1,5)都要接上 VR 10K $\Omega$  可變電阻，VR 中間接腳接負電壓，使用於調整直流偏移量。



圖(二十六)：正負電壓串聯追蹤操作模式

五、請參閱實驗講義中重要測試表格。(請自行寫出，沒寫扣分)

表(三)：各組電壓增益實驗設計要求

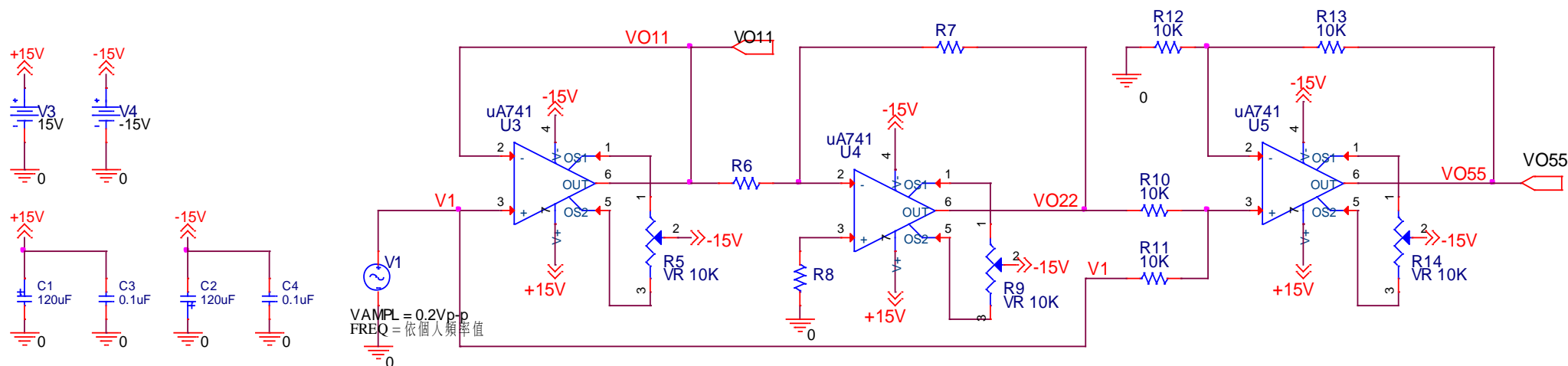
組別	反相放大器電壓增益	非反相放大器電壓增益 (加分題)
NO.01~NO.04	-7	7
NO.05~NO.08	-9	9
NO.09~NO.14	-11	11
NO.15~NO.20	-13	13
NO.21~NO.26	-15	15
NO.27~NO.32	-17	17

六、實驗測試項目與實驗記錄：請參閱實驗講義詳細實驗步驟。

(一)、反相放大器電路輸入阻抗測量(刪除)

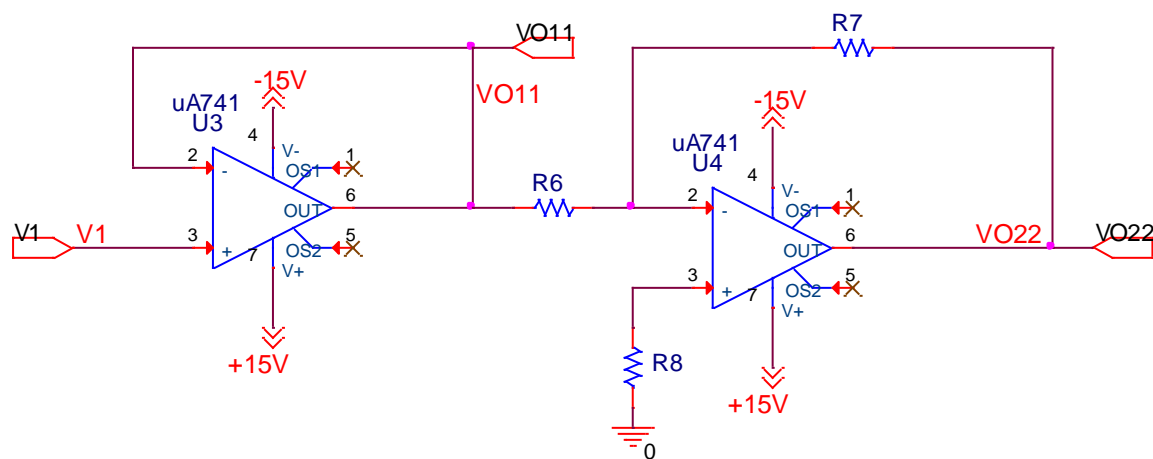
(二)、實驗電路設計與元件計算(見電路模擬報告)

### 1.實驗整體實作電路圖



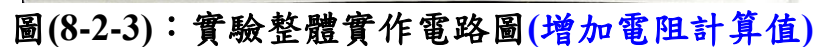
圖(8-2-1)：實驗整體實作電路圖

### 2.反相電壓放大器電路：實驗設計與計算。



圖(8-2-2)：反相電壓放大器電路(模擬電路時 pin1,pin5 不接線)

3.附上自行設計之實驗整體實作電路圖 (列入檢查項目中)





### (三)、運算放大器電路輸出直流位準偏移量歸零調整

1. 直流位準偏移量(理論值)，計算出  $E_{o1}$  值。[7]

$$E_{o1} = \left(1 + \frac{R7}{R6}\right) \left[-(R6 // R7)(\pm I_{os})\right] = \underline{\pm 6.5984 \times 10^{-4}} \text{。單位:V}$$

(8-38)

2. 參閱圖(8-2-3)自行設計之實驗整體實作電路圖，IC 要接電源接上  $DC \pm 15V$ 。

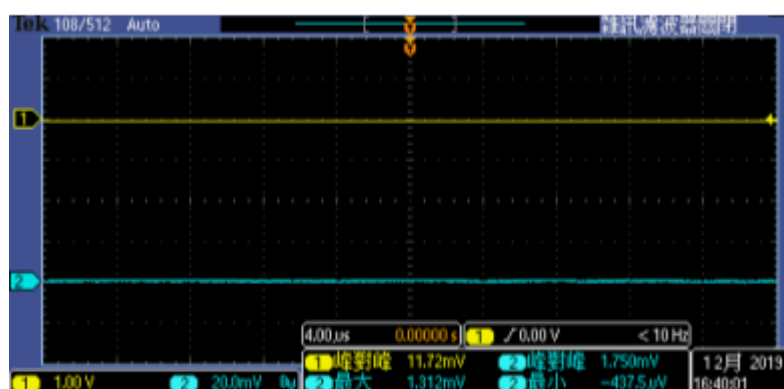
節點[V1]接地  0，節點[V1]直接接地=輸入 0V。

3. 示波器設定：輸入通道採用直流耦合，適當調整示波器的垂直刻度(要觀測 mV)，使用電壓測量功能鍵，測量  $V_{max}$ 。

4. 直流位準偏移量之調整(1)：

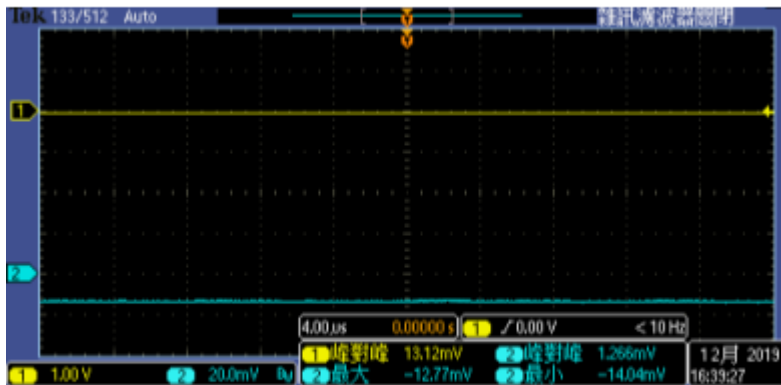
- ①. 調整可變電阻 R5，觀測節點[VO11]直流電壓變化情形，是 ☒、否 ☐ 為 mV 值，其電壓範圍是 ☒、否 ☐ 由  $[1.312mV \sim -12.77mV]$  的變化情形。
- ②. 測量節點[VO11]電壓，記錄最低及最高電壓變化範圍值，見表格(8-2)內容，並同時擷取節點[VO11]波形。

◎擷取節點[VO11]波形(最高電壓)。



MSO2024B - 下午 04:53:54 2020/5/29

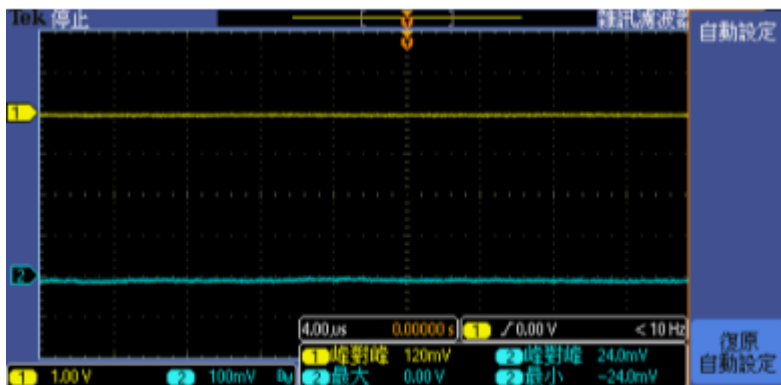
◎擷取節點[VO11]波形(最低電壓)。



MSO2024B - 下午 04:53:20 2020/5/29

- ③.歸零調整：調整可變電阻 R5，然後將節點[VO11]的電壓調整到節點 [VO11] $\cong$ 0V，歸零調整後，再次擷取輸出節點[VO11]波形。

◎擷取節點[VO11]波形。



MSO2024B - 下午 04:47:53 2020/5/29

## 5.直流位準偏移量之調整(2)：

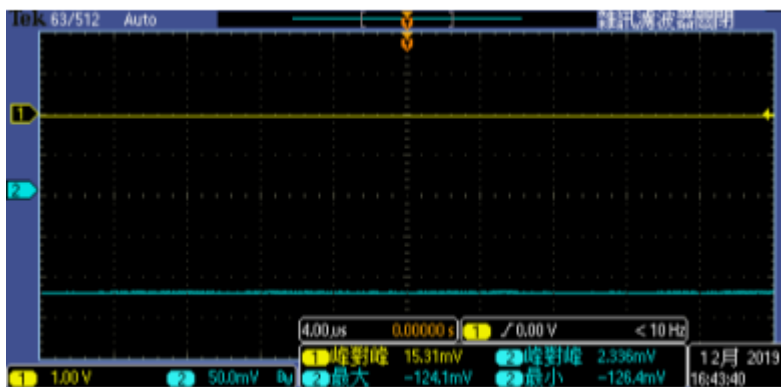
- ①.調整可變電阻 R9，觀測節點[VO22]直流電壓變化情形，是 ☒、否 ☐ 為 mV 值，其電壓範圍是 ☒、否 ☐ 由[1.312mV~-124.1mV]的變化情形。
- ②.測量節點[VO22]電壓，記錄最低及最高電壓變化範圍值，見表格(8-2)內容，並同時擷取節點[VO22]波形。

◎擷取節點[VO22]波形(最高電壓)。



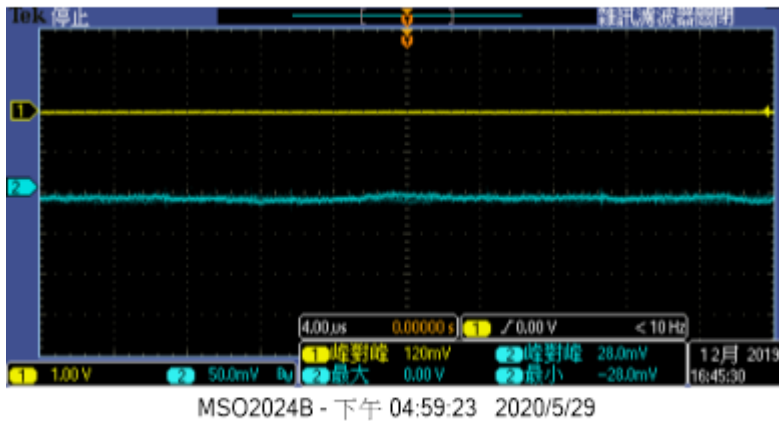


◎擷取節點[VO22]波形(最低電壓)。



③.歸零調整：調整可變電阻 R9，然後將節點[VO22]的電壓調整到節點  
[VO22]≈0V，歸零調整後，再次擷取輸出節點[VO22]波形。

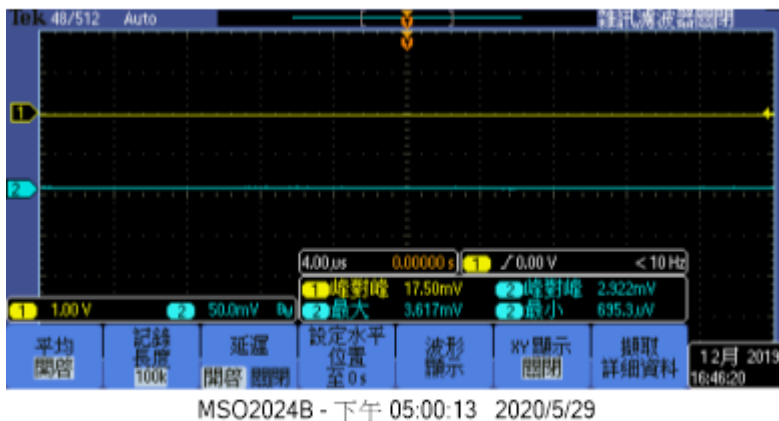
◎擷取節點[VO22]波形。



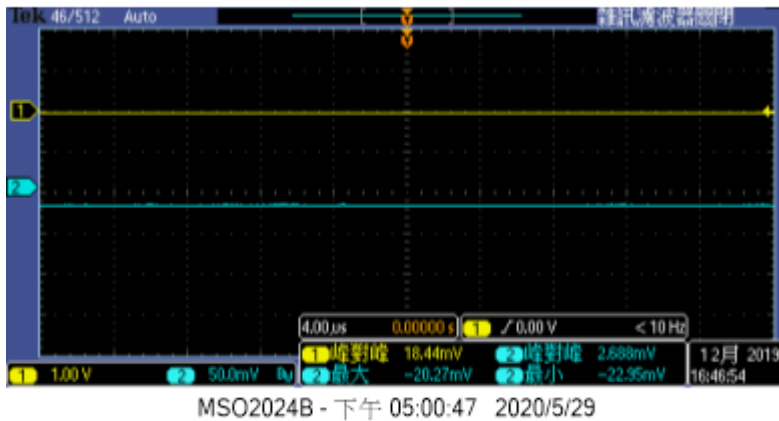
### 6. 直流位準偏移量之調整(3)：

- ①. 調整可變電阻 R14，觀測節點[VO55]直流電壓變化情形，是 ☒、否 ☐ 為 mV 值，其電壓範圍是 ☒、否 ☐ 由 [3.617mV ~ -20.27mV] 的變化情形。
- ②. 測量節點[VO55]電壓，記錄最低及最高電壓變化範圍值，見表格(8-2)內容，並同時擷取節點[VO55]波形。

◎擷取節點[VO55]波形(最高電壓)。

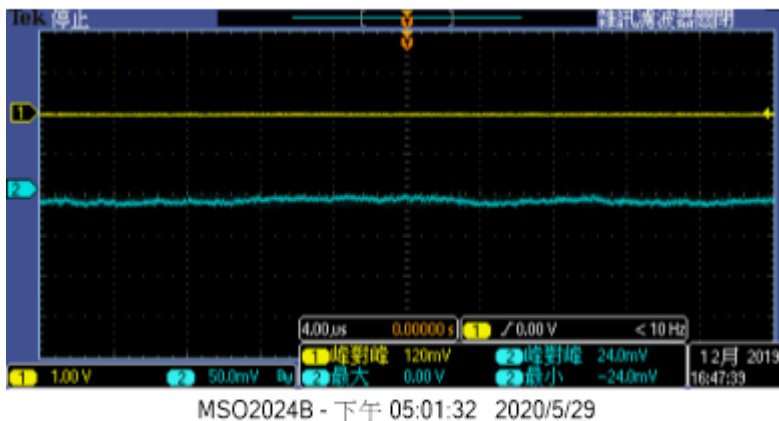


◎擷取節點[VO55]波形(最低電壓)。



③.歸零調整：調整可變電阻 R14，然後將節點[VO55]的電壓調整到節點 [VO55]≈0V，歸零調整後，再次擷取輸出節點[VO55]波形。

◎擷取節點[VO55]波形。



測量上述數據後，可以了解直流偏壓對於放大器的影響(輸出直流電壓的漂移現象)及如何以何種方法來減少運算放大器的誤差。

表(8-2)：輸出直流位準偏移量之測試

調整可變電阻	測試節點	記錄電壓變化範圍 (最小值～最大值)
R5	節點[VO11]	1.312mV～-12.77mV
R9	節點[VO22]	1.312mV～-124.1mV
R14	節點[VO55]	3.617mV～-20.27mV

#### (四)、輸入正弦波訊號測試電壓增益測量

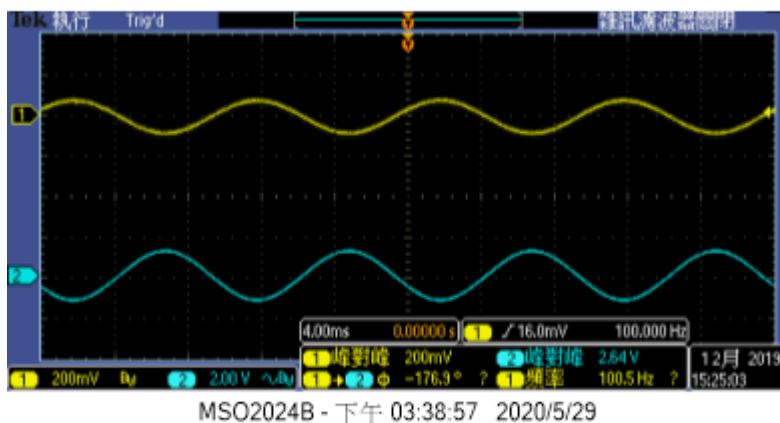
◎擷取下列各波形。

1.輸入振幅： $V_1 = 0.1(V_p - p)$  (由示波器測量值，以下皆同 $[V_{p-p}]$ )。

2.輸入頻率=100Hz。

①. 測試節點 $[V_1, VO_{22}]$ :  $V_1 = \underline{200m}$   $V_{p-p}$ ,  $VO_{22} = \underline{2.64}$   $V_{p-p}$ ,  
電壓增益 = 13.2。測量相位差 = -176.9 度。

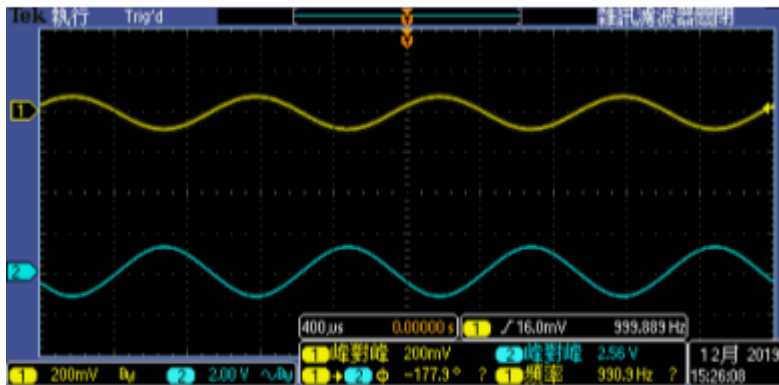
◎擷取波形：測試節點 $[V_1, VO_{22}]$ 。



3.輸入頻率=1KHz。

①. 測試節點 $[V_1, VO_{22}]$ :  $V_1 = \underline{200m}$   $V_{p-p}$ ,  $VO_{22} = \underline{2.56}$   $V_{p-p}$ ,  
電壓增益 = 12.8。測量相位差 = -177.9 度。

◎擷取波形：測試節點 $[V_1, VO_{22}]$ 。

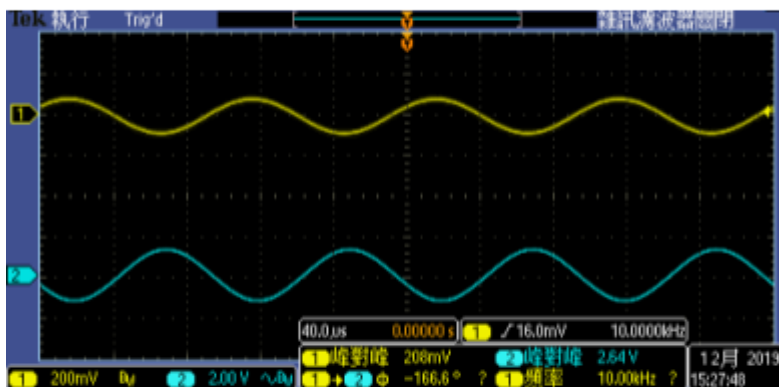


MSO2024B - 下午 03:40:01 2020/5/29

4.輸入頻率=10KHz。

①. 測試節點[V1, VO22]: V1= 208m Vp-p, VO22= 2.64 Vp-p ,  
電壓增益= 12.69 。測量相位差= -166.6 度。

◎擷取波形：測試節點[V1, VO22]。

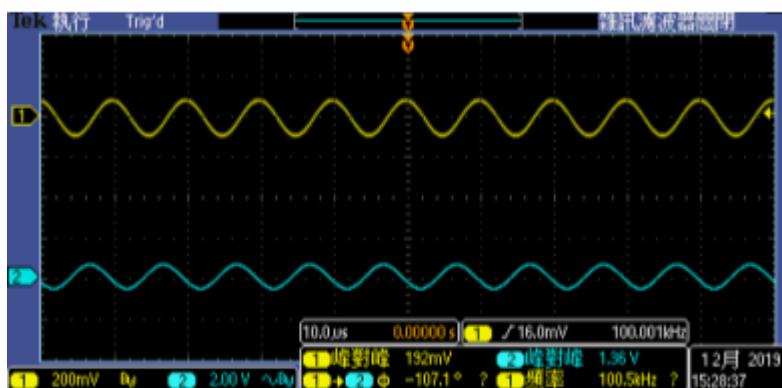


MSO2024B - 下午 03:41:42 2020/5/29

5.輸入頻率=100KHz。

①. 測試節點[V1, VO22]: V1= 192m Vp-p, VO22= 1.36 Vp-p ,  
電壓增益= 7.08 。測量相位差= -107.1 度。

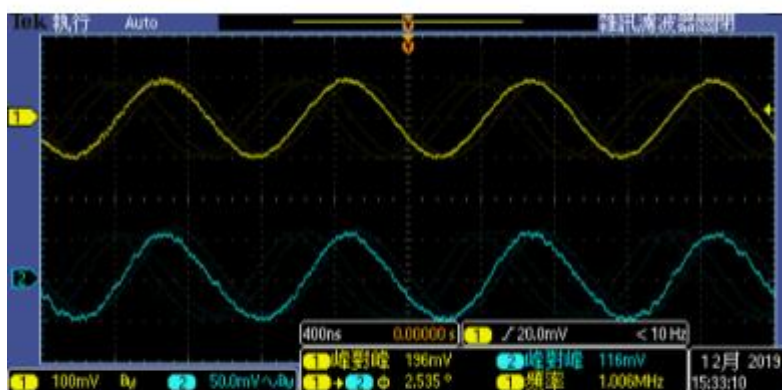
◎擷取波形：測試節點[V1, VO22]。



6. 輸入頻率=1MHz。

①. 測試節點[V1, VO22]: V1= 196m Vp-p, VO22= 116m Vp-p, 電壓增益= 0.59。測量相位差= 2.535 度。

◎擷取波形：測試節點[V1, VO22]。



7. 請簡略說明，上述輸入頻率值與電壓增益值的波形關係。

表(8-4)：節點[VO22]的電壓增益、相位差與頻率關係

測試頻率值	VO22 節點 電壓增益 (計算值)	VO22 節點 電壓增益 (模擬值)	VO22 節點 電壓增益 (實測值)	測量相位差(度)
100Hz	-14.972	-14.98	13.2	-176.9
1KHz	-14.708	-14.98	12.8	-177.9

測試頻率值	VO22 節點 電壓增益 (計算值)	VO22 節點 電壓增益 (模擬值)	VO22 節點 電壓增益 (實測值)	測量相位差(度)
10KHz	-14.99	-14.816	12.69	-166.6
100KHz	-5	-5.64	7.08	-107.7
1MHz	-0.8825	-0.55	0.59	2.535

### (五)、非反相電壓和放大器電路(U5)：輸入正弦波訊號測試

1.訊號產生器設定輸入波形： $V_1 = 0.1(V_p - p)$ ，輸入頻率=依各組頻率值。

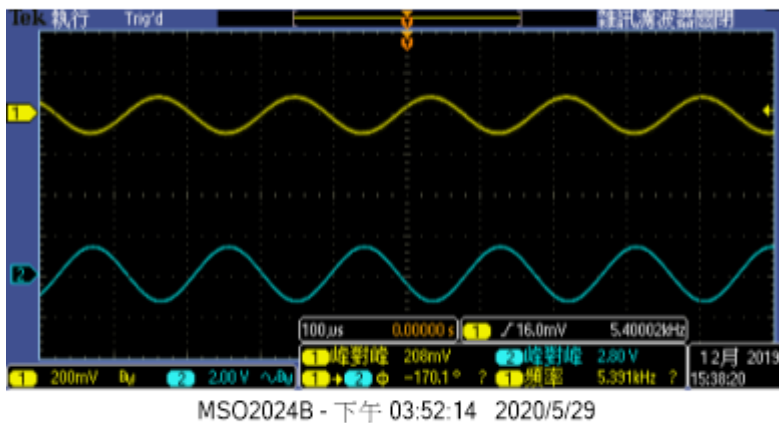
2.測量下列各節點波形，擷取其波形，使用示波器量測功能鍵，測量輸入、輸出峰-峰值及波形頻率值，並說明其波形的關係。

3.擷取下列波形：

(1).測試節點[V1，VO22]：測量電壓峰-峰值( $V_{p-p}$ )。

$V_1 = \underline{208m} V_{p-p}$ ， $VO_{22} = \underline{2.80} V_{p-p}$ 。

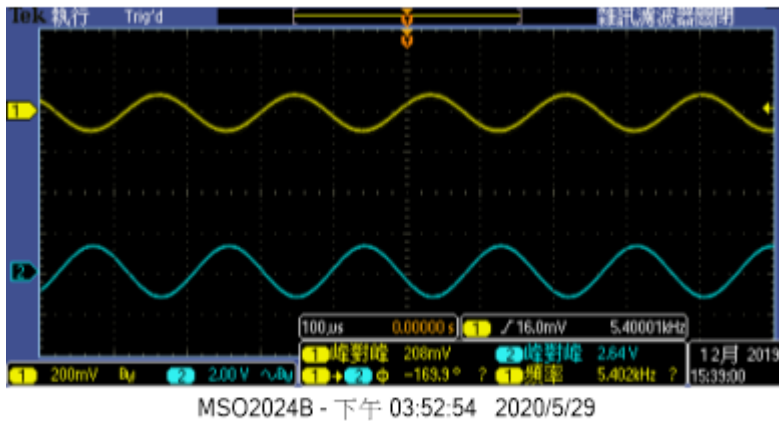
◎擷取波形：測試節點[V1，VO22]。



(2).測試節點[VO55]：測量電壓峰-峰值( $V_{p-p}$ )。

$VO_{55} = \underline{2.64} V_{p-p}$ 。

◎擷取波形：測試節點[V1，VO55]。



4.寫出電壓和關係式：

$$V_o = A_v(V_+ - V_-)。$$

5.請簡略說明，上述輸入波形與輸出波形的電壓關係。

頻率越高，電壓增益越低。

## 七、實驗問題與討論

1. 參閱實驗設計值、測量值，請分析實驗數據與實驗波形，試列出你所了解那些運算放大器電路的理想特性與實際電路特性。

理想特性：無限大的輸入阻抗、趨近於零的輸出阻抗、無限大的開迴路增益、無限大的共模拒斥比、無限大的頻寬(BW)

## 八、實驗結論與實驗心得

設次實作運算放大器電路，也設計了老師要求之增益，更應證了課本上的理論。

## 九、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。

實驗筆記較為簡單，而實作與模擬因為元件較多，比較具困難。

## 十、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：22 姓名：李宜恩

◎實驗單元(8)：運算放大器(-) ■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5月22日、工作時數：3小時、☒上課時段、☐開放時段。  
■實驗進度說明：SIM081

②. 工作日期：109年5月29日、工作時數：4小時、☒上課時段、☐開放時段。  
■實驗進度說明：ELAB 081

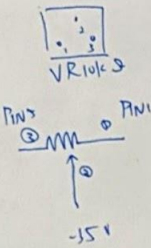
③. 工作日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日、工作時數：\_\_\_\_小時、☐上課時段、☐開放時段。  
■實驗進度說明：\_\_\_\_

④. 工作日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日、工作時數：0905小時、☐上課時段、☐開放時段。  
■實驗進度說明：\_\_\_\_

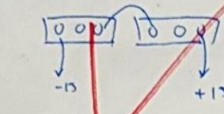
⑤. 工作日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日、工作時數：\_\_\_\_小時、☐上課時段、☐開放時段。  
■實驗進度說明：\_\_\_\_

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。



VR10kΩ  
Pins 1 5  
-15V



-15 +15  
0.01μF

= 電源在虛線 → 串聯  
= 電容 0.01μF 正負極性  
= 接接 Pin 1 及 Pin 5 不接

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。

自來偏置，無誤擇擇

- 1 -

# 電工實驗進度記錄單

◎上課班別：☐2A、☒2B、☐3A、☐3B

組別：22

姓名：李宜恩

◎實驗單元(8)：運算放大器(-)

■上述及左列沒寫和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5月22日、工作時數：3小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：SIM081

②. 工作日期：109年5月29日、工作時數：4小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：ELAB 081

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：\_\_\_\_\_

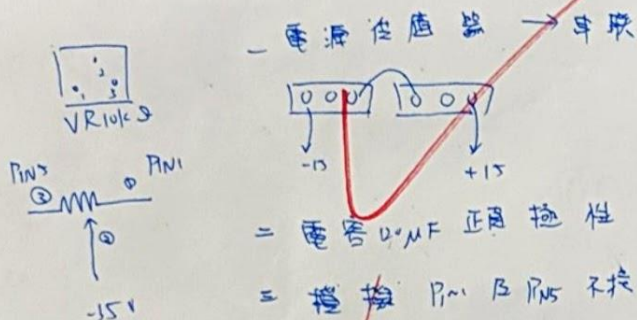
⑤. 工作日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日、工作時數：\_\_\_\_小時、☐上課時段、☐開放時段。

■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。

直流偏置，直接選擇



# 十一、附上麵包板電路組裝圖檔(照片檔)

