

電工實驗(二)

實驗報告

實驗單元(8)

運算放大器電路(一)

(電路模擬 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。

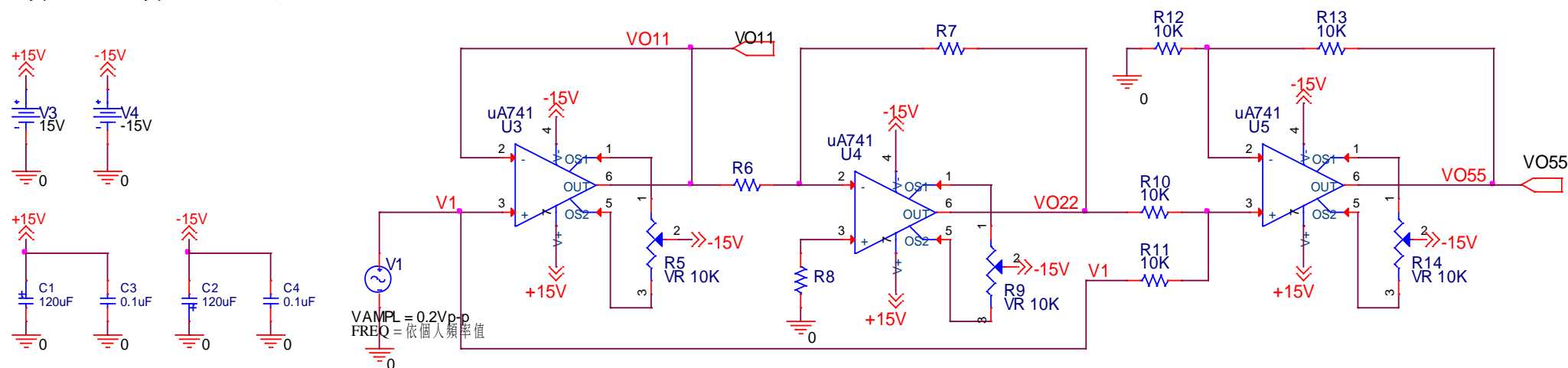
◎總分=100 分。

一、實驗模擬注意事項

1. 電路模擬時運算放大器接腳 1 及接腳 5 不需要接上可變電阻，此作用是調整直流偏移量使用。
2. 依實驗要求，先要設計電阻值，實驗模擬。
3. OP AMP uA741 需選擇正確元件庫資料，正負直流電壓需要畫出來。
4. 請參閱實驗講義中重要測試表格。(請自行寫出，沒寫扣分)
 - ①. 請填寫個人的測試頻率。
 - ②. 請填寫各組個人電壓增益實驗設計要求。
5. 實驗測試項目與實驗記錄：請參閱實驗講義詳細實驗步驟。

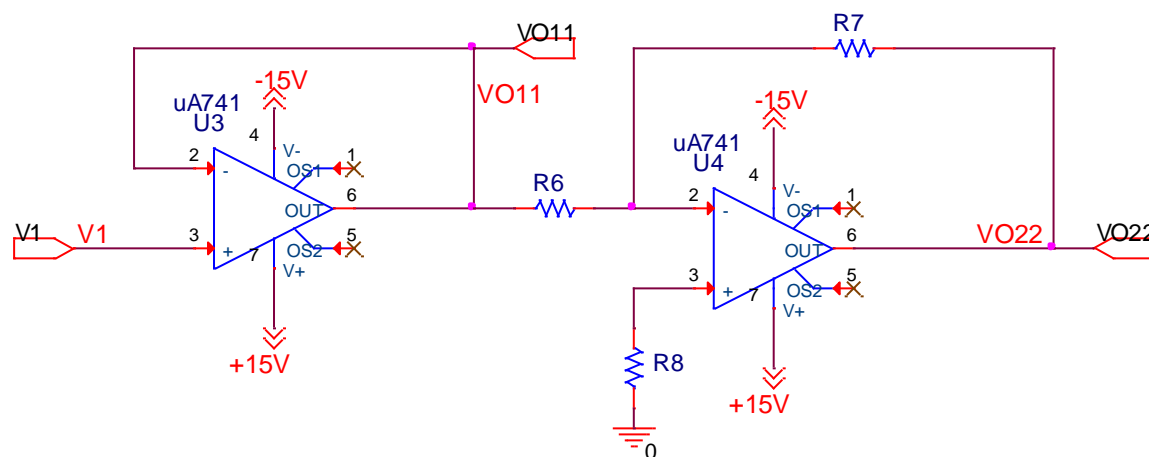
二、實驗電路設計與元件計算

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

※注意：模擬電路時 uA741 腳位[1, 5]不用接上可變電阻，如圖(8-2-2)所示，實作電路時，則需要接上 VR 10KΩ。

3.實驗計算

(1).請填寫各組個人電壓增益實驗設計要求= $A_v:-15$ $f:5.4\text{kHz}$ (沒寫扣分)。

(2).實驗電路設計與計算。

(3).計算列式(不附上扣分)，計算電阻值。

①. 計算 $\beta = \frac{R6}{R6 + R7} = \frac{1}{1 - A_{vc}} = \underline{0.0625}$ 。

②. 計算 $R7(opt) = \sqrt{\left(\frac{R_{id}R_o}{2\beta}\right)} = \underline{34.641\text{k}\Omega}$ 。

③. 計算 $R6 = \frac{-R7(opt)}{A_{vc}} = \underline{2.309\text{k}\Omega}$ 。

(4).開環迴路直流增益：因為開環直流增益 A_{vo} 在 $+25^\circ\text{C}$ 時最壞的情況最小值為 2×10^5 ，
所以實際的電壓增益為下列所示：

$$A_{vco}(A_{vo} \neq \infty) = \frac{-R7/R6}{1 + 1/\beta A_{vo}}, \quad \beta = \frac{R6}{R6 + R7} = \frac{1}{1 - A_{vc}}$$

表(1-3)：開環迴路直流增益與頻率的相對應值[6]

參數	直流	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz
A_{vo} (理論值)	2×10^5	6.3×10^4	8000	800	80	8	1

(4-1).計算下列電壓增益值，將上述 R6 及 R7 之計算值代入到下列各式子中。

①. $f = 100\text{Hz}$ ， $A_{vco}(A_{vo} \neq \infty) = \frac{-R7/R6}{1 + 1/\beta A_{vo}} = \underline{-14.972}$ 。

②. $f = 1\text{KHz}$ ， $A_{vco}(A_{vo} \neq \infty) = \frac{-R7/R6}{1 + 1/\beta A_{vo}} = \underline{-14.708}$ 。

$$\textcircled{3}. f = 10\text{KHz} , A_{vco} (A_{vo} \neq \infty) = \frac{-R7/R6}{1 + 1/\beta A_{vo}} = \underline{\underline{-14.99}} \text{ } ^\circ$$

$$\textcircled{4}. f = 100\text{KHz} , A_{vco} (A_{vo} \neq \infty) = \frac{-R7/R6}{1 + 1/\beta A_{vo}} = \underline{\underline{-5}} \text{ } ^\circ$$

$$\textcircled{5}. f = 1\text{MHz} , A_{vco} (A_{vo} \neq \infty) = \frac{-R7/R6}{1 + 1/\beta A_{vo}} = \underline{\underline{-0.8825}} \text{ } ^\circ$$

(5). 運算放大器電路輸出直流位準偏移量之計算

直流位準偏移量(理論值)，含補償電阻($R6//R7$)情況下：其中參閱 IC Data Sheet

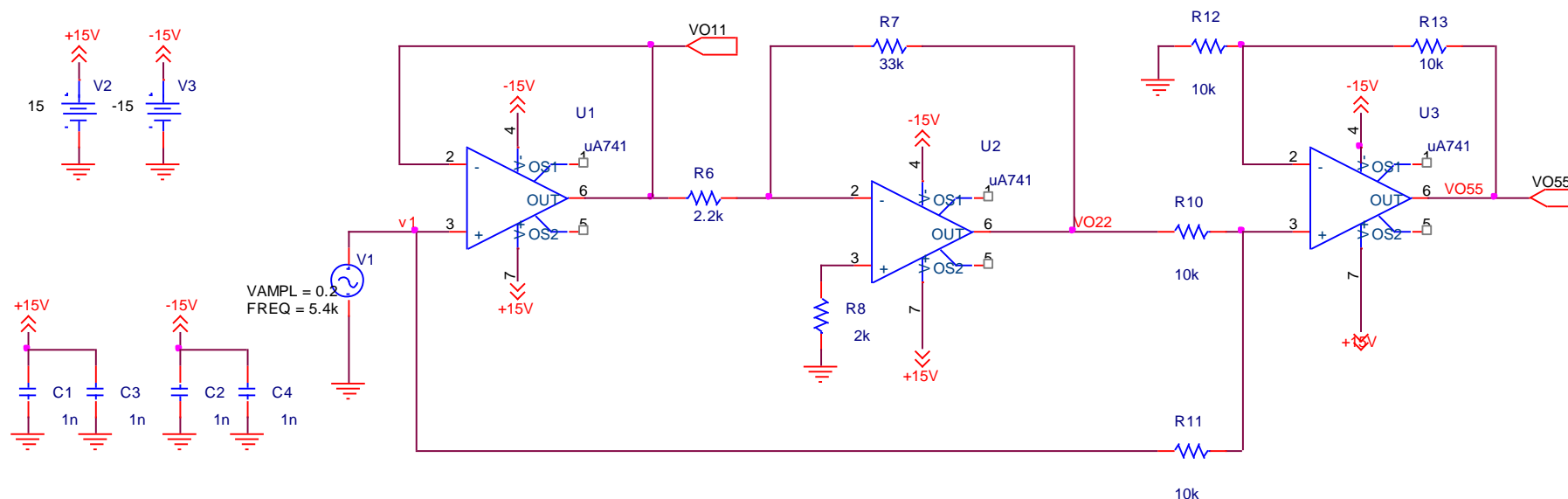
$I_{os} = 20\text{nA}$ (Input Offset Current)，代入(8-38)式，計算出 E_{o1} 值。

$$E_{o1} = \left(1 + \frac{R7}{R6}\right) [-(R6//R7)(\pm I_{os})] = \underline{\underline{\mp 6.59947 \times 10^{-4}}}$$

單位：V

三、實驗電路模擬

1.附上實驗模擬電路圖，參閱電路圖(8-2-1)及電路圖(8-2-2)。(列入檢查項目中)



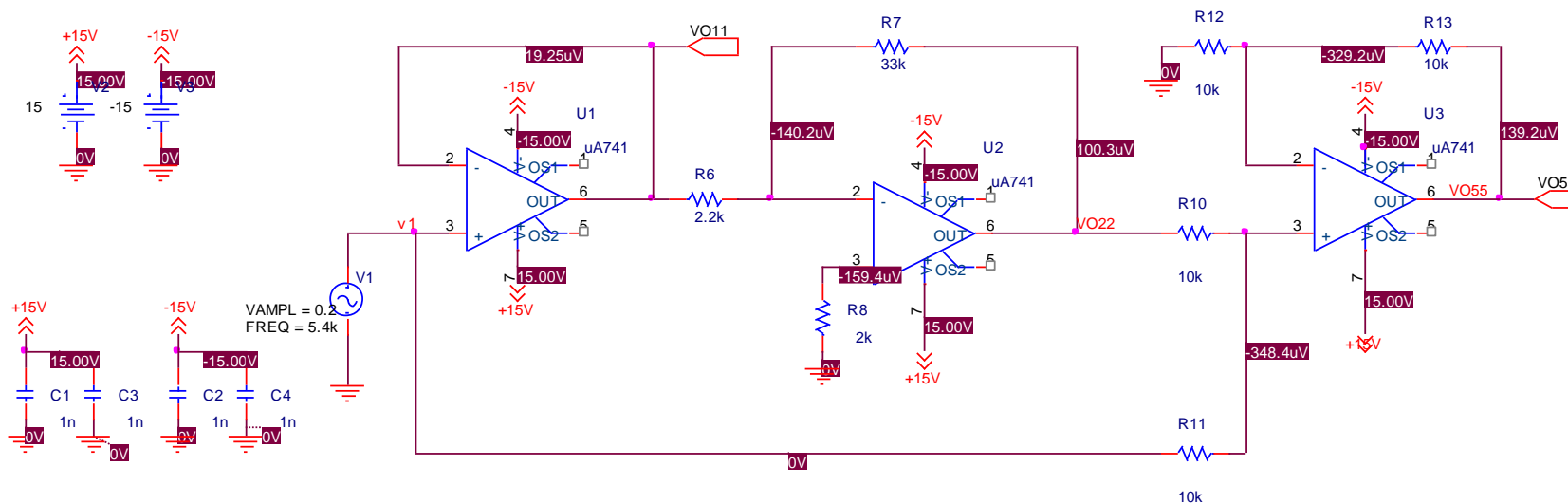
圖(8-2-3)：實驗模擬電路圖(增加電阻計算值)

2.運算放大器電路輸出直流位準偏移量模擬。

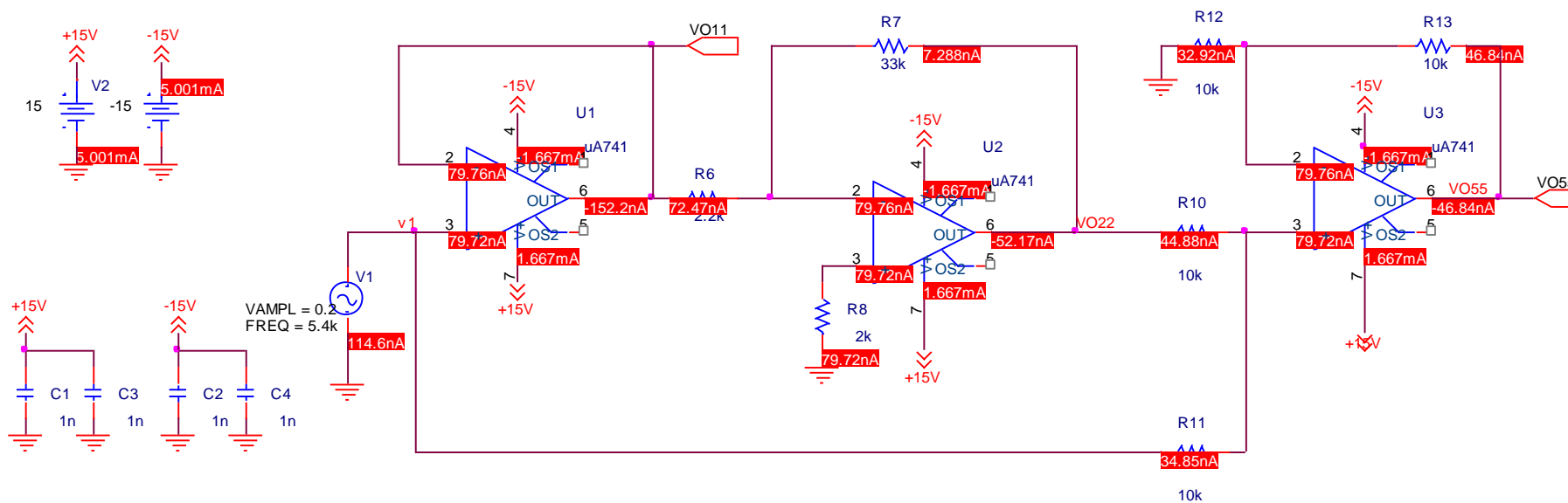
①節點[V1]接地 $\overset{\text{GND}}{\underset{0}{\text{---}}}$ 。

②.附上偏壓點分析項目：

◆附上電路節點電壓圖。



◆附上電路分支電流圖。



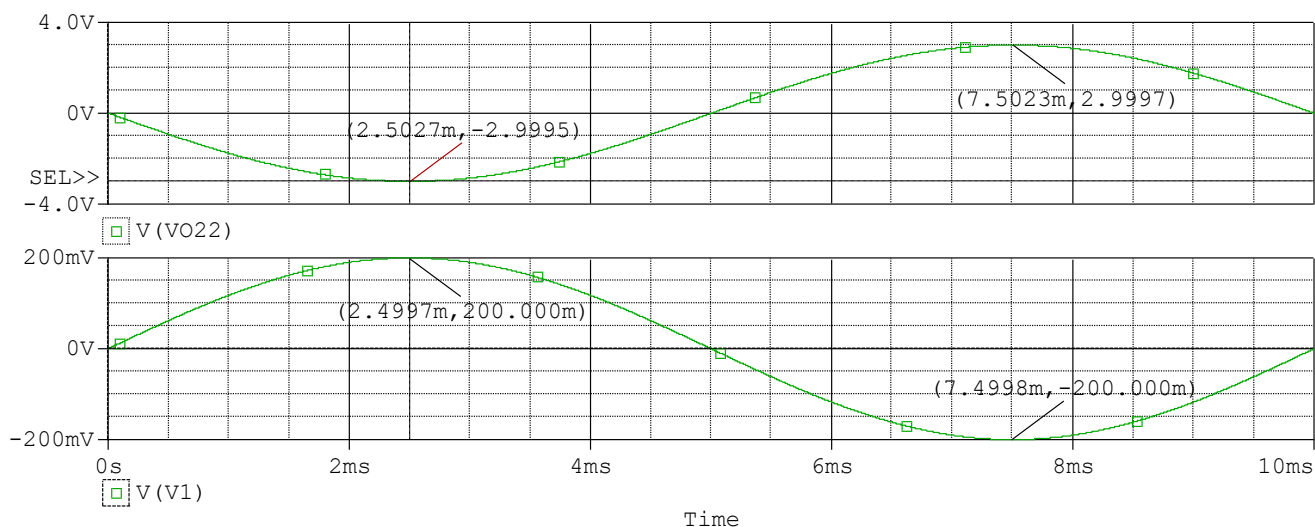
3.輸入正弦波訊號電路模擬

- ①.自行設計電路圖(8-2-3)。
- ②.依下列各項目頻率值模擬出各項電壓增益。
- ③.輸入 V1 電壓大小 $V1=0.01V$ 。
- ④.測量輸入與輸出之時間差=使用游標標示出 CH1 與 CH2 兩個鄰近波峰之間時間差 Δt ，相角差 $=\Delta \theta = \frac{2\pi \times \Delta t}{T} \times 360^\circ$ 。

3-1.執行 Time Domain 時域分析。

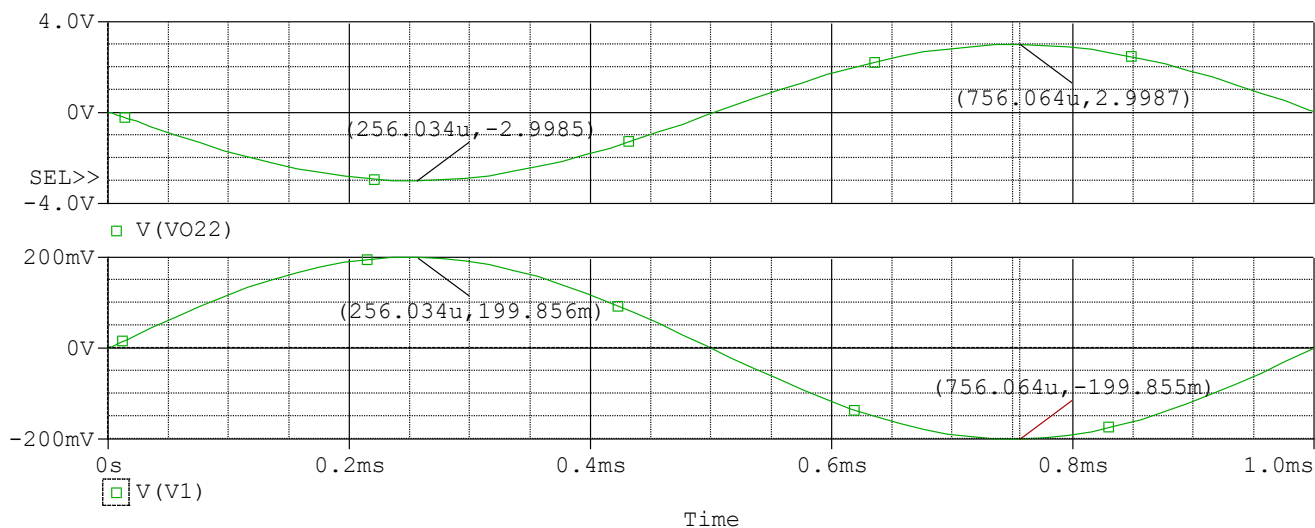
- ①.測試節點[V1，VO22]模擬結果，附上模擬輸出結果，波形分開視窗。
- ②.輸入頻率=100Hz，使用游標測量節點[VO22]峰-峰值(Vp-p)，計算電壓增益= -14.98，記錄輸入與輸出之時間差= 3u、計算兩波形之相位差= 0.108度。

◆附上節點[V1，VO22]模擬結果。



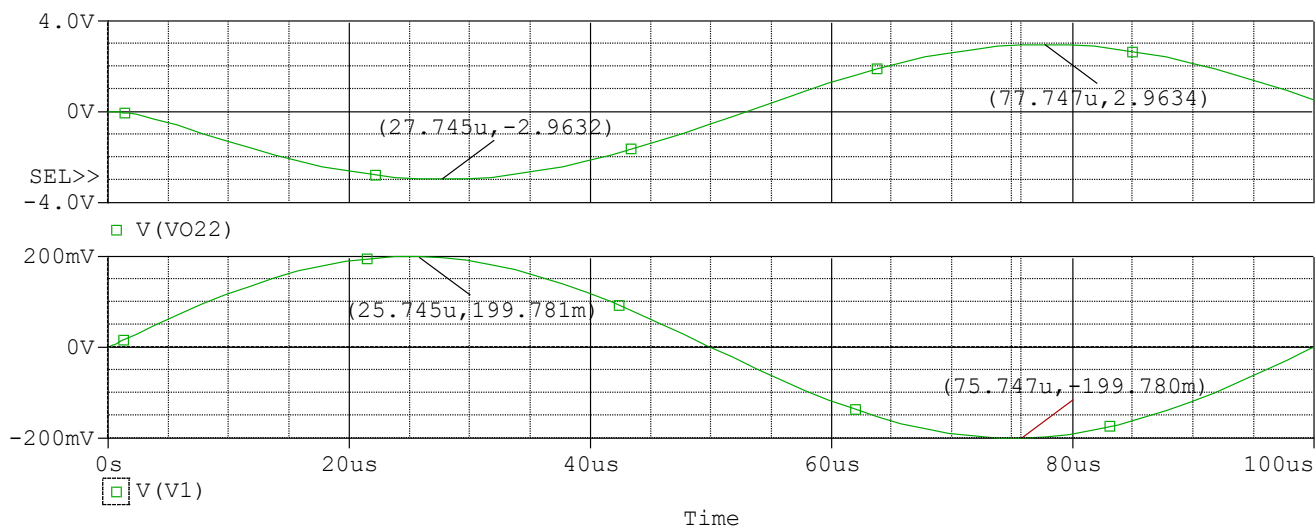
- ③.輸入頻率=1KHz，使用游標測量節點[VO22]峰-峰值(Vp-p)，計算電壓增益= -14.98，記錄輸入與輸出之時間差= 0、計算兩波形之相位差= 0度。

◆附上節點[V1，VO22]模擬結果。



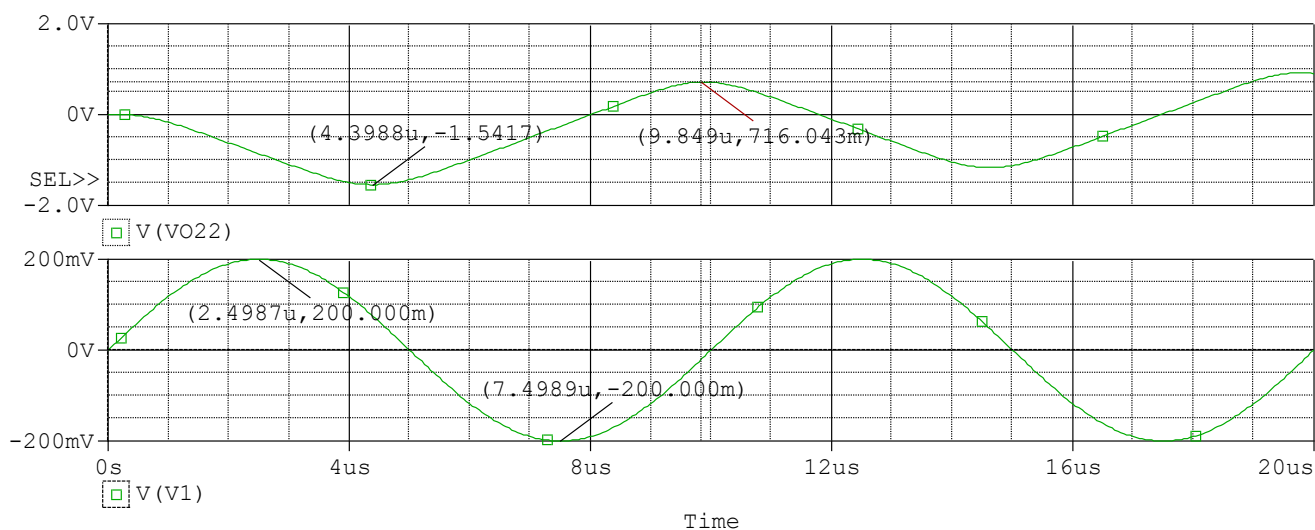
④.輸入頻率=10KHz，使用游標測量節點[VO22]峰-峰值(Vp-p)，計算電壓增益= -14.816，記錄輸入與輸出之時間差= 0、計算兩波形之相位差= 0度。

◆附上節點[V1，VO22]模擬結果。



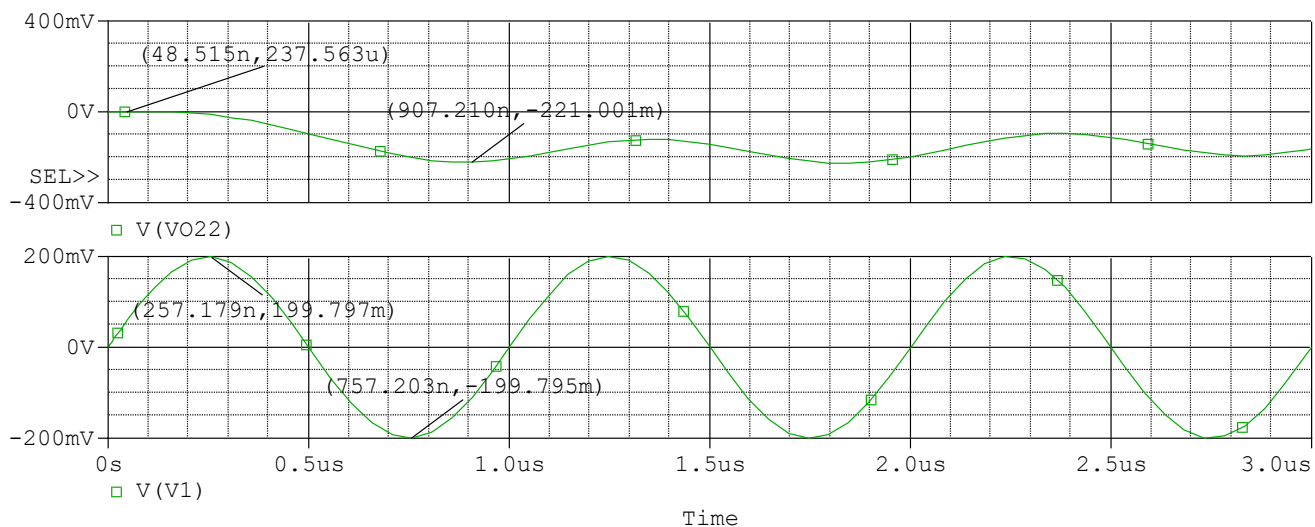
⑤.輸入頻率=100KHz，使用游標測量節點[VO22]峰-峰值(Vp-p)，計算電壓增益= -5.64，記錄輸入與輸出之時間差= 1.9001u、計算兩波形之相位差= 68.436度。

◆附上節點[V1，VO22]模擬結果。



⑥.輸入頻率=1MHz，使用游標測量節點[VO22]峰-峰值(Vp-p)，計算電壓增益= -0.55，記錄輸入與輸出之時間差= 208.664n、計算兩波形之相位差= 75.119 度。

◆附上節點[V1，VO22]模擬結果。



表(8-4)：VO22 節點的電壓增益與頻率及關係

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)	計算兩波形之 時間差(sec)	計算兩波形之 相角差(度)
100Hz	-14.972	-14.98	3u	0.108
1KHz	-14.708	-14.98	0	0
10KHz	-14.99	-14.816	0	0
100KHz	-5	-5.64	1.9u	68.436
1MHz	-0.8825	-0.55	208.664n	75.119

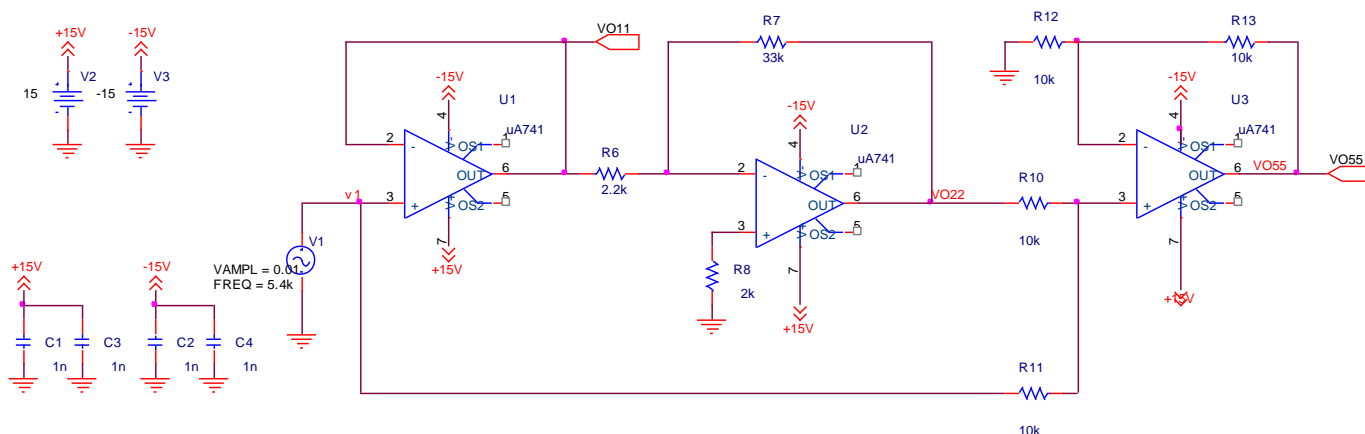
3-2.請簡略說明，上述輸入頻率值與電壓增益值的波形關係。

頻率越高，電壓增益越低。

4.非反相電壓和放大器電路

①.Time Domain 分析。

②.自行設計電路圖(8-2-3)。

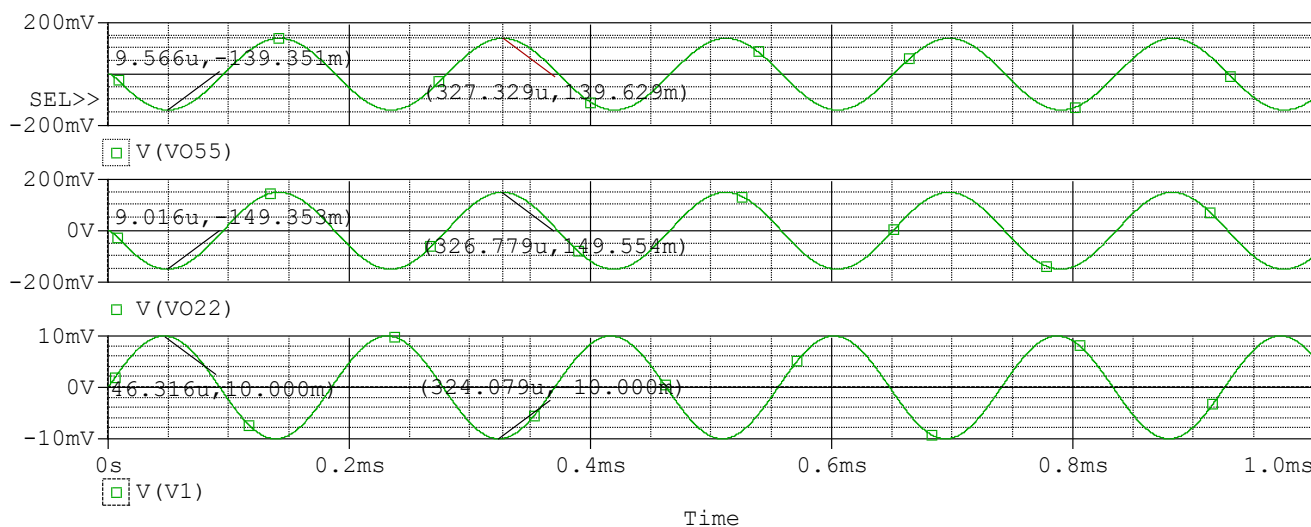


③.依下列各項目頻率值模擬出各項電壓增益。

④.輸入 V1 電壓 V1=0.01V，輸入頻率=依各組頻率值。

⑤.測試節點[V1，VO22，VO55]模擬結果，附上模擬圖，波形分開視窗。使用游標測量節點峰-峰值(Vp-p)。

◆附上節點[V1，VO22，VO55]模擬結果。



⑥.記錄數據：測試節點 [V1] = 20m (Vp-p)，[VO22] = 298.907 (Vp-p)，
[VO55] = 278.98 (Vp-p)。

⑦.計算節點[V1]、[VO22]及[VO55]之電壓關係：_____反向_____。

⑧.寫出電壓和關係式：

⑨.請簡略說明，上述輸入波形與輸出波形的電壓關係。

輸入波形經過電壓隨偶器到第二級，在經過反向放大器放大 15 倍，最後經過加法器到輸出，因此輸入波形與輸出波形相差 180 度。

四、撰寫實驗模擬結論和心得

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。

五、實驗綜合評論

1.寫出在此實驗單元中您學會了那些項目。實作及設計運算放大器電路。

2.寫出在此實驗單元中您感到最困難是那些項目。實作運算放大器電路。

3.當遭遇到實驗瓶頸時，除了尋求實驗助教協助之外，你能想出其他方法來解決你的問題嗎?詢問同學。

4.對於上課進度及上課內容，請提出您的建議。都很良好。

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。

六、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：____小時、☐上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：_____

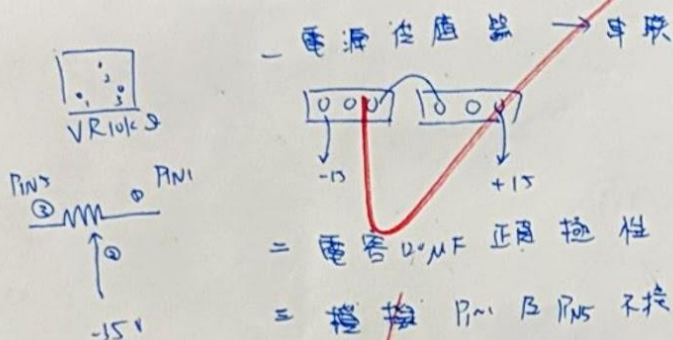
⑤. 工作日期：____年____月____日、工作時數：____小時、☐上課時段、☐開放時段。

■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。

自來偏置，直接接機

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	電路裝配的正確性	4	20%	20	實驗數據記錄的正確性
2	20%	20	儀器操作程度的正確性	5	10%	10	工作安全與環境維護
3	20%	20	電路測試的正確性	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：2020/05/21 下午 03:52:54

■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：1090528

◎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。

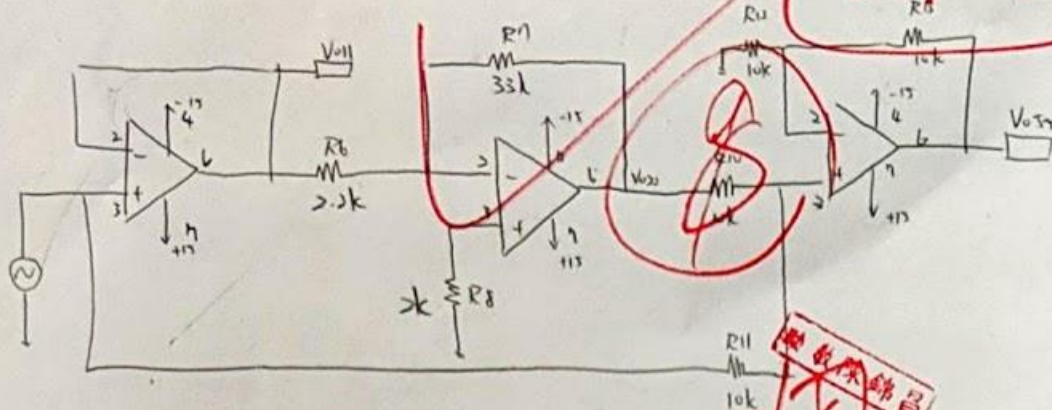
單元 (8) 運算放大器電路(-)

電 2 B

李宜男

00853216

2B-222



$$R1 = 10k \sim 100k \Omega$$

$$A_v = -15$$

$$R7 = \sqrt{\frac{R_{id} R_o}{\beta}} = \sqrt{\frac{2M \Omega \cdot 10k \Omega}{2 \cdot 10^5}} = 34.641k \Omega$$

選用 33k \rightarrow

$$f = \frac{1}{R_6 + R_7} = \frac{1}{1 - A_v} = \frac{1}{1 + 15} = 0.0625$$

$$A_v = -\frac{R7}{R6} = -\frac{34.641k}{R6} = -15 \Rightarrow R6 = 2.309k \Omega$$

選用 2.2k Ω

$$R8 = R6 \parallel R7 = 2.062k \Omega$$

選用 2k Ω

$$E_1 = (1 + \frac{R7}{R6}) [- (R6 \parallel R7) (\pm I_{os})] = 1.5584404$$

7

-14.912	-14.93	1.7 μ	68.456	13.2	-176.6	1.312	-12.77
-14.908	-14.93	0	0	12.8	-177.7	1.312	-12.77
-14.908	-14.93	0	0	0.64	-166.6	3.67	-20.25
-14.908	-14.93	1.7 μ	68.456	0.08	-177.1		
-5	-5.64	208.66 μ	75.117	0.59	> 55		
-0.8825	-0.12						