

電工實驗(二)

實驗報告

實驗單元(3)

共集極放大器電路

(電路實作 031)

班別：電 2 B

組別：22

姓名：李宜恩

學號：00853216

■實驗報告內文設定

★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-M0	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. 了解共集級放大電路的基本特性。一、實驗儀器設備與實驗材料表(P.02)

三、請簡介實驗項目(請自行寫出，沒寫扣分)

1. 電路原理說明
2. 設計單級共集級放大器
3. 實驗電路設計、電路模擬與電路實作
4. 實驗問題與討論
5. 實驗建議與評比
6. 附上實驗進度紀錄

四、實驗注意事項

1. 輸入測試頻率值，依據表格(三)而定。
2. 示波器測試波形時應使用示波器的測量功能，測量 CH1 及 CH2 峰-峰值大小及輸入測試頻率值，如未在輸出波形中顯示上述之結果，應重新擷取波形。
3. 使用萬用電錶測量電壓時，請設定為 4 位半顯示測量值，測量電阻時，請設定為 4 位半顯示測量值。
4. 測量弦波或方波時，輸入電壓或輸出電壓，皆使用測量峰-峰值(V_{P-P})。

五、實驗項目與實驗步驟

◎實驗電路設計

(一)、測量項目(一)：元件測量。

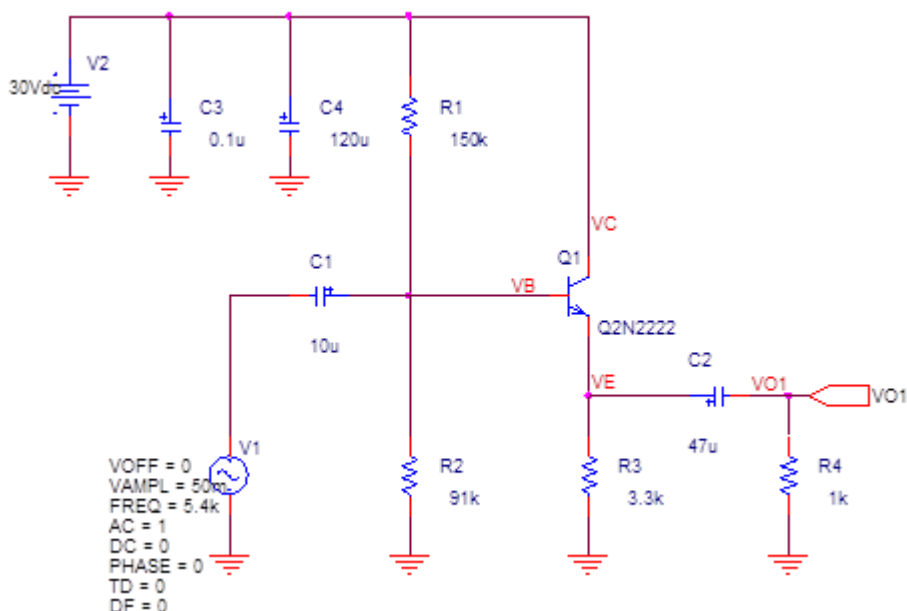
1. 使用數位電表直接測量電晶體的 β 值，並可得知 B、C、E 腳位。

記錄：電晶體 Q1 的 β 值 = 247。

◎實驗項目與實驗步驟

(一)、測量項目(一)：BJT Q1 偏壓點調整與測量

1. 參考圖圖(3-2)：共集極放大器電路圖(二)在電路圖中填入你所使用的電阻值，附上圖(3-2-1)：實測實驗電路圖(使用 OrCAD 軟體畫出)，組裝此電路。列入檢查項目。



附上圖(3-2-1)：實測實驗電路圖(自行設計)

2. 接上 30V 直流電壓源，首先，請確認直流電壓是否正常工作，不要造成電流過大或是短路現象發生，最簡單的方法就是使用萬用電表，檢驗電路模擬圖所完成的偏壓值是否差異過大，如有過大值存在，就要找出錯誤的原因。

3. 調整可變電阻，改變電晶體的偏壓點，應儘量調整出自己所設計電晶體的工作點偏壓，使用三用電表測量下列電壓，並記錄之，完成表格(3-1)內容。

表(3-1)：電晶體 Q1 偏壓點測量值及計算值

測量值	測量值	計算值
$V_{BE1} = \mathbf{0.617V}$	$V_{R3} = \mathbf{10.403V}$	$I_{E1Q} = I_{R3} = \mathbf{3.0524mA}$
$V_{B1Q} = \mathbf{10.961V}$	$V_{R11} = \mathbf{19.02V}$	$I_{R11} = \mathbf{0.1268mA}$
$V_{CE1Q} = \mathbf{19.74V}$	$V_{R2} = \mathbf{10.965V}$	$I_{R2} = \mathbf{0.1204mA}$

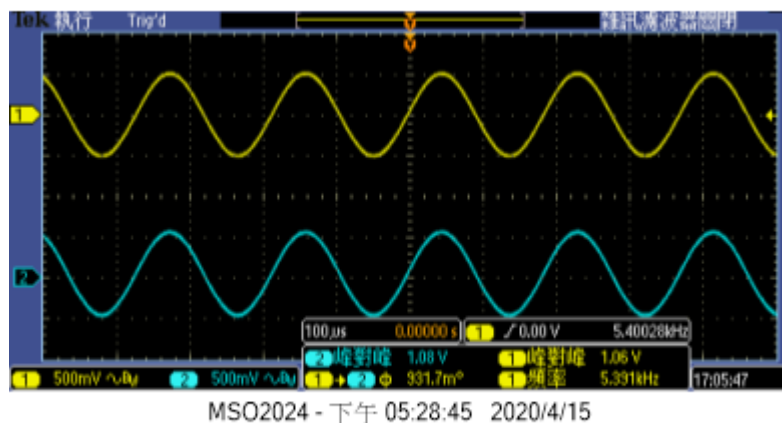
(二)、測量項目(二)：輸出各節點電壓增益的測量

1.調整訊號產生器設定：正弦波[V1]、依各組之頻率值、電壓峰-峰值(Vp-p)=1.0V。

CH1、CH2 兩測試波形皆分開顯示。

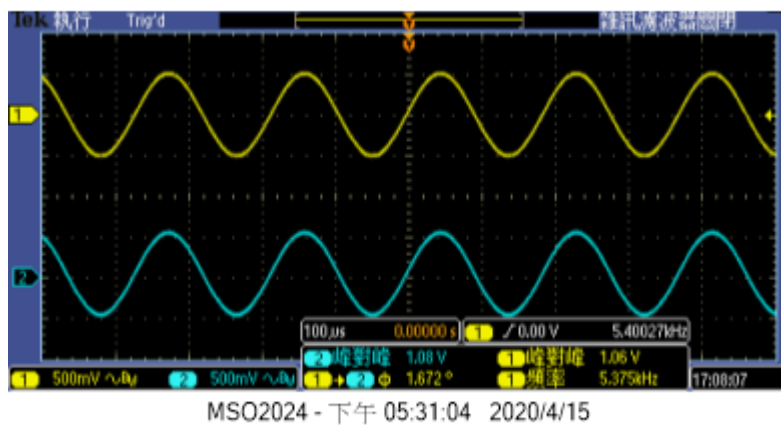
2.擷取下列各節點波形，輸出節點[VO1] 峰-峰值應為(Vp-p)≈1V。

a.節點[V1，VB1]： $A_{v1} = \frac{VB1}{V1} = \underline{\mathbf{0.9814}}$ ，(相位關係：☒ 同相、☐ 反相)。



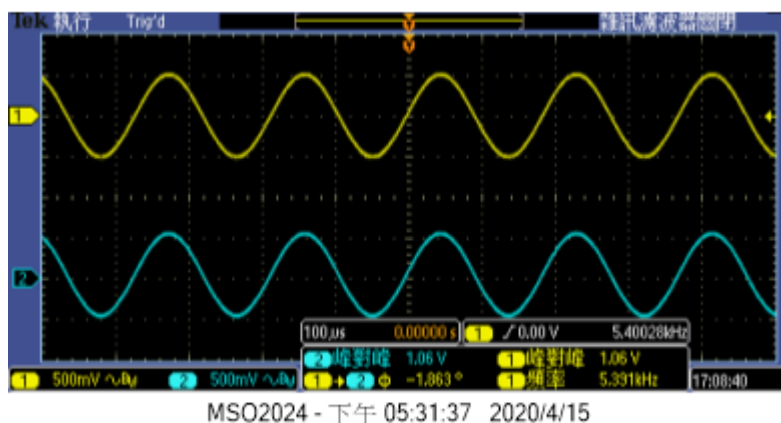
◎

b.節點[V1，VE1]： $A_{v2} = \frac{VE1}{V1} = \underline{\mathbf{1}}$ ，(相位關係：☒ 同相、☐ 反相)。



◎

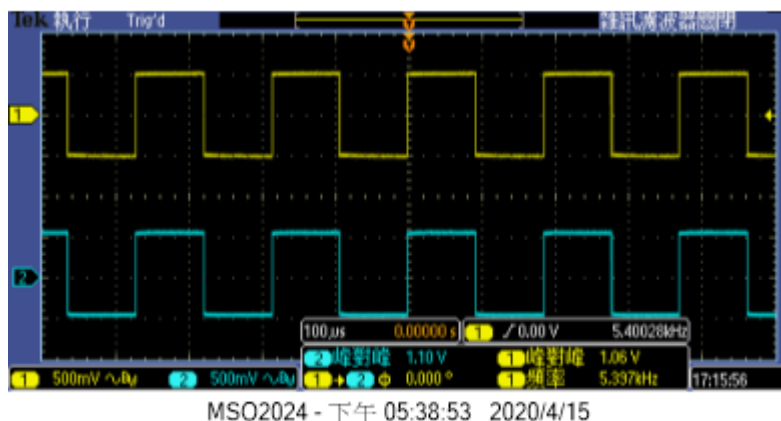
c.節點[V1，VO1]： $A_{v3} = \frac{VO1}{V1} = \underline{1}$ ，(相位關係：☒同相、☐反相)。



◎

3.方波測試，調整訊號產生器的輸出為下列波形：依各組別之頻率值、輸出峰-峰值(V_{p-p})：1V。

4.續前步驟已調整好的電路，擷取下列節點波形，測試探棒[CH1，CH2]=[V1，VO1]。



◎

(三)、測量項目(三)：頻率響應特性測試

1.示波器探棒接妥[CH1、CH2]=[V1、VO1]。F.G.設定頻率=1KHz，示波器

CH1 測得峰-峰值電壓 (V_{P-P})=1.0V。調整可變電阻，使得輸出[VO1] 峰-峰值電壓 (V_{P-P}) \approx 1.0V。

2.分別改變正弦波之頻率，在示波器上觀察輸出節點[VO1]，記錄下[VO1]波形的峰-峰值大小及測量其輸入與輸出的相位差，將實驗結果記錄下來且計算出 dB 值，完成表格(3-2)內容。使用 Excel 軟體繪製出如下的頻率響應圖(峰-峰值大小及相位差)。使用 Excell 時 Hz、mV 及 V 等單位不要輸入。

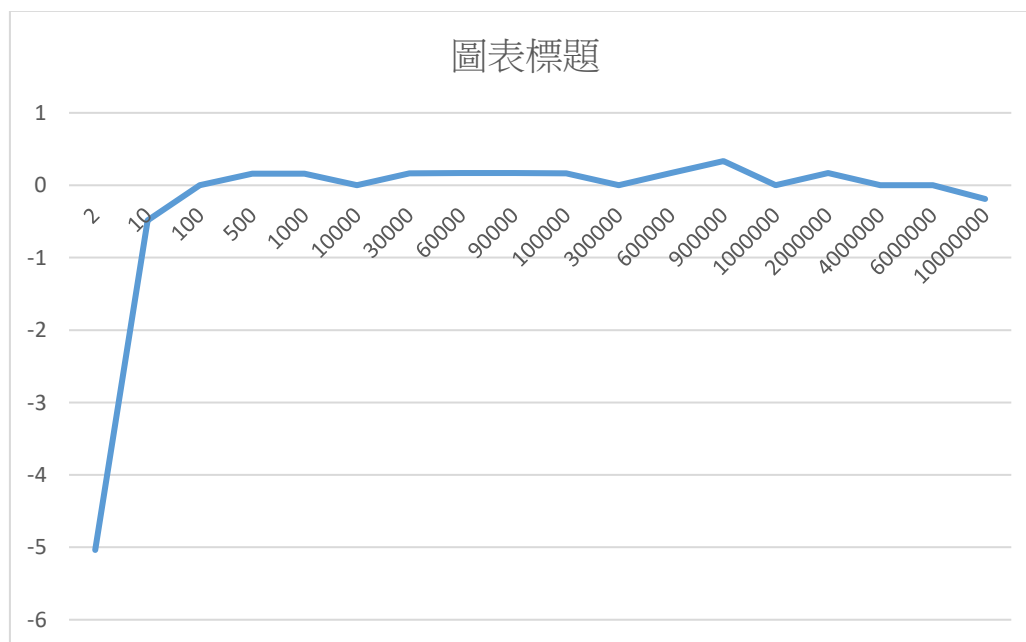
表(3-2)：BJT 放大器頻率響應測試資料記錄表

頻率 (Hz)	輸入 V1 (峰-峰值)	輸出 VO1 (峰-峰值)	計算電壓增益 值(dB)	記錄相位差 (度)
2	1V	0.56V	-0.487186917	-69.78
10	1.1V	1.04V	-0.827853703	-23.03
100	1.10V	1.10V	0.159378593	-3.088
500	1.08V	1.10V	0.159378593	-1.524
1K	1.08V	1.10V	0	-2.012
10K	1.06V	1.06V	0.165450519	-2.958
30K	1.04V	1.06V	0.168663351	-1.207

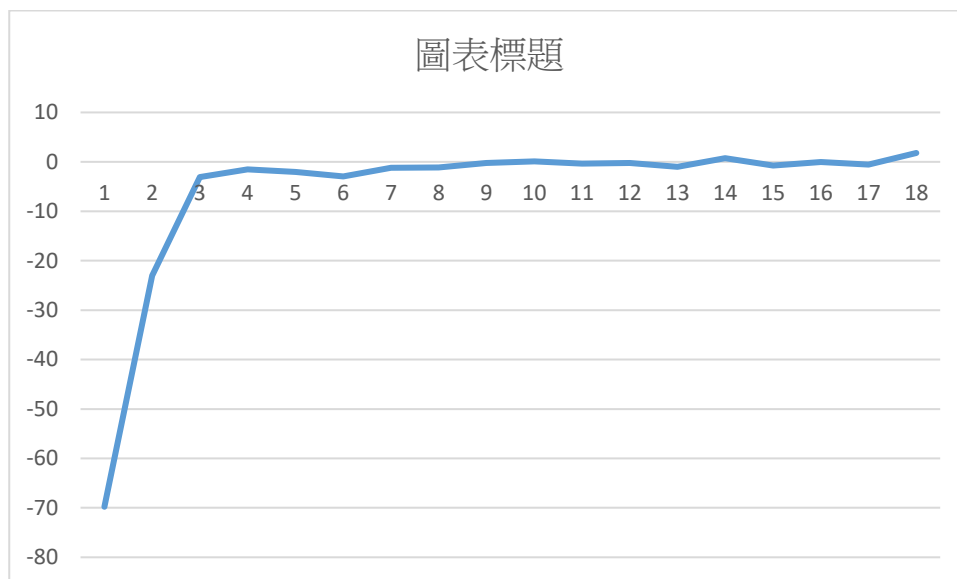
頻率 (Hz)	輸入 V1 (峰-峰值)	輸出 VO1 (峰-峰值)	計算電壓增益 值(dB)	記錄相位差 (度)
60K	1.02V	1.04V	0.168663351	-1.123
90K	1.02V	1.04V	0.165450519	-0.253
100K	1.04V	1.06V	0	0.1079
300K	1.02V	1.02V	0.168663351	-0.324
600K	1.02V	1.04V	0.251782546	-0.2158
900K	1.02V	1.06V	0.33411387	-0.978
1MHz	1.02V	1.02V	0.415672118	0.719
2 MHz	1.02V	1.04V	0.496471675	-0.72
4MHz	1.02V	1.02V	0.748529959	0
6MHz	1V	1V	1.365296631	-0.538
10MHz	0.94V	0.92V	-0.487186917	1.8

3.輸出圖表

a.多級放大器頻率響應圖(Excell 作圖)：增益對頻率之關係



b.多級放大器頻率響應圖(Excell 作圖)：相位對頻率之關係



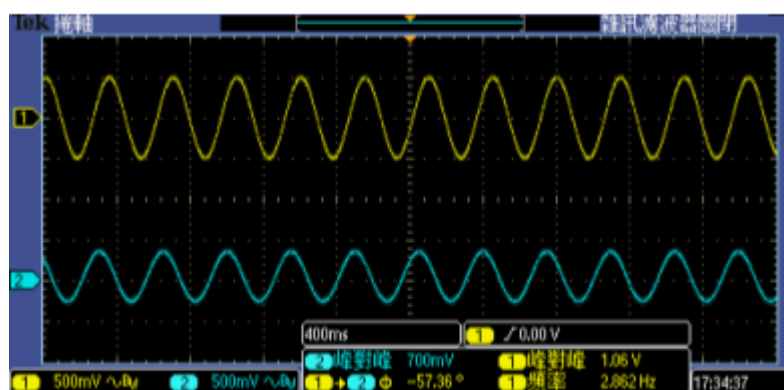
(四)、實驗項目(四)：測量出-3dB 截止點頻率(高頻省略)

1.調整訊號產生器頻率：微調頻率旋鈕(頻率調小於 1KHz)，在微調頻率時示波器測得[CH1] (V_{p-p})=1.0V，增益 ≈ 1 倍，輸出 $\approx 1.0V$ ，其峰-峰值如有變動，需微調訊號產生器的振幅旋鈕。當頻率調整到-3dB 截止點頻率時，即為 $f_{L(-3dB)}$ 截止點頻率，節點[VO1]輸出峰-峰值 (V_{p-p}) $\approx 0.707V$ ，此時記錄頻率值，記錄 CH1 對 CH2 的相位差，並擷取此波形。

2.測量低頻-3dB 截止頻率：

①.輸出 $VO1 = 1.0V \times 0.707 \approx 0.707V_{(p-p)}$ 。

②.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。

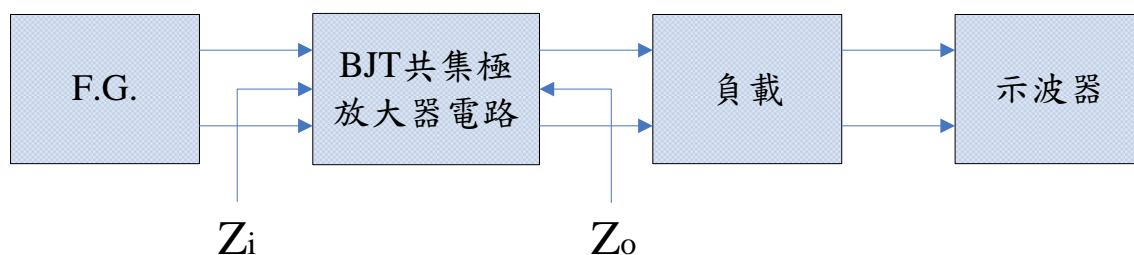


③.記錄：頻率值 $f_{L(-3dB)} = \underline{2.874Hz}$ 。

④.記錄：CH1 對 CH2 的相位差 = $\underline{-55.23}$ 。

(五)、測量項目(五)：輸出阻抗測試

- 1.示波器探棒接妥[CH1、CH2]=[V1、VO1]。F.G.設定頻率=1KHz，示波器CH1 測得峰-峰值電壓 (V_{p-p})=1.0V。調整可變電阻，使得[VO1]峰-峰值電壓 (V_{p-p}) $\approx 1.0V_{(p-p)}$ 。
- 2.更換負載測試：去除負載電阻，測量無負載下的電壓值 $V_{OPEN}(p-p)$ ，並印出此結果，示波器測量時，需標示出電壓值。



圖(3-3)：輸出阻抗測試接線方塊圖

- 3.接負載電阻=100Ω 於負載處，測量放大器的輸出電壓值，其輸出電壓 $V_{LOAD}(p-p)$ ，並印出此結果，示波器測量時，需標示出電壓值。
- 4.計算下列數學式，此為放大器在 1KHz 時的輸出阻抗為 Z_o 。

$$Z_o = R_L(100\Omega) \times \left[\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1 \right]。$$

5.公式推導：

1. $V_{OPEN} = V_{LOAD}(R_L = \infty)$

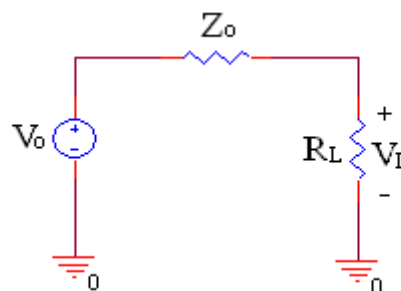
- 2.接負載下 $V_{LOAD} < V_{OPEN}$

- 3.由戴維寧等效電路，分壓定理知

$$\frac{V_{LOAD}}{V_{OPEN}} = \frac{R_L}{Z_o + R_L}$$

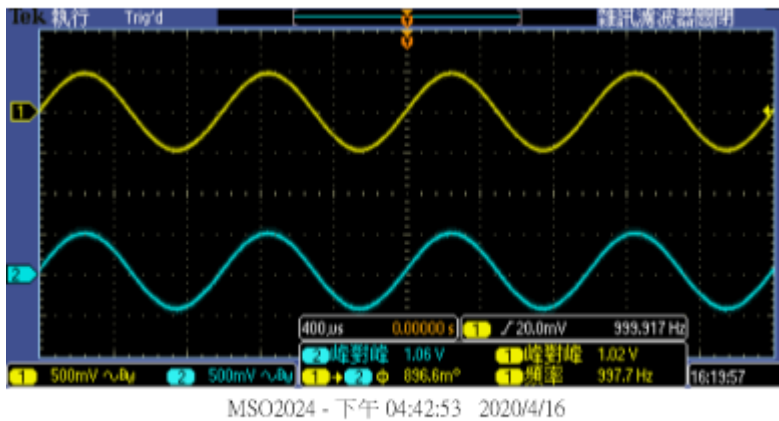
$$\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} = \frac{R_L + Z_o}{R_L} = 1 + \frac{Z_o}{R_L}$$

$$Z_o = R_L \times \left(\frac{V_{OPEN} - V_{LOAD}}{V_{LOAD}} \right)$$



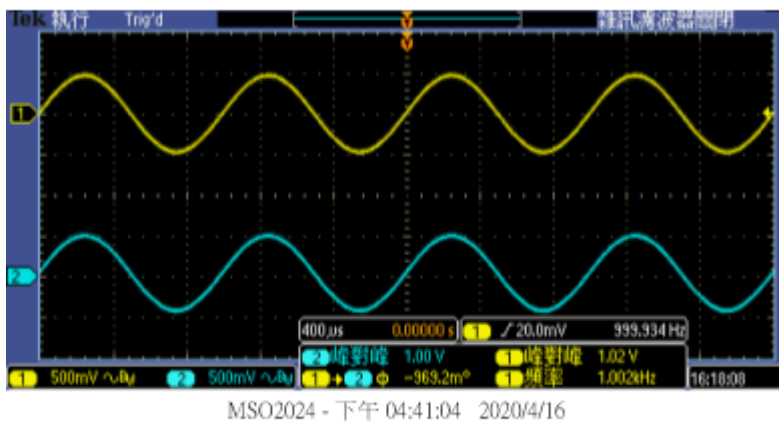
圖(3-4)：輸出阻抗等效電路圖

6.擷取波形：節點[V1，VO1]。



記錄： $V_{OPEN}(p-p) = \underline{1.06\text{ V}}$ ，頻率值= 997.7Hz。

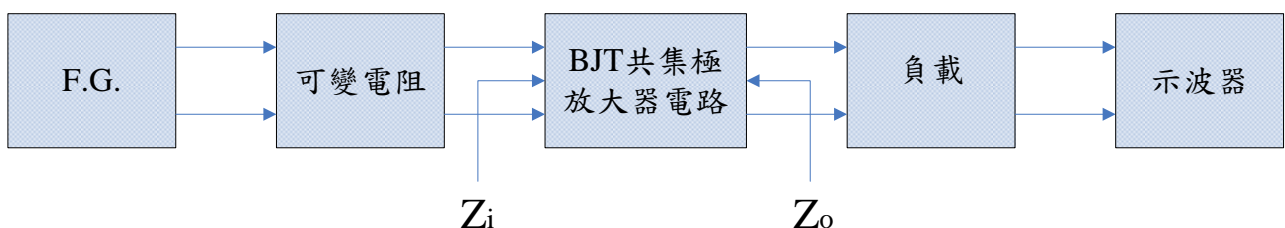
7.擷取波形：節點[V1，VO1]。



記錄： $V_{LOAD}(p-p) = \underline{1.02\text{ V}}$ ，頻率值= 1.002Hz。

8.計算 $Z_o = R_L(100\Omega) \times [\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1] = \underline{3.9215} \Omega$ 。

(六)、測量項目(六)：輸入阻抗測試



圖(3-5)：測試輸入阻抗的測試連接圖

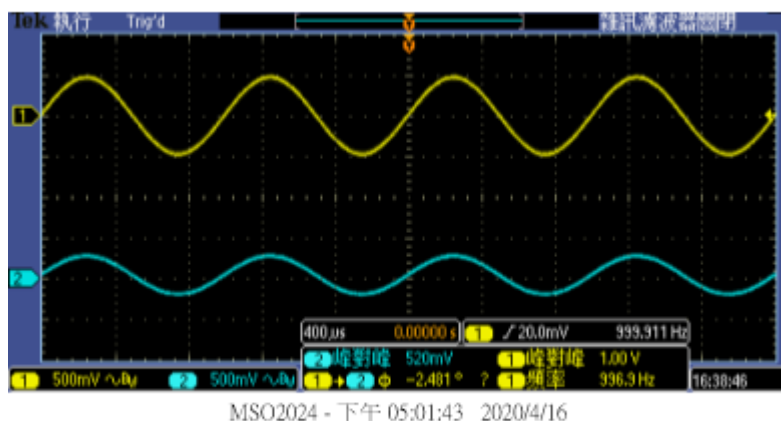
1.原電路中示波器探棒接妥[CH1、CH2]=[V1、VO1]。F.G.設定頻率=1KHz，示波器 CH1 測得峰-峰值電壓(V_{p-p})=1.0V。調整可變電阻，使得[VO1] 峰-峰值電壓 $\approx 1.0V_{(p-p)}$ 。

2.參閱圖(3-5)，在原電路的輸入端串接 10K Ω 5%碳膜電阻及 10K Ω 可變電阻，調整可變電阻，直到放大器的輸出電壓為前一項輸出電壓的一半，即 $\frac{1}{2}V_{O1(P-P)}$ 為止，並印出此結果，示波器測量時，需標示出電壓值。

3.擷取波形。

a.輸出 VO1= $\frac{1}{2}V_{O1(P-P)}$ =0.51V。

b.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。



c.記錄：測試頻率值=996.9Hz。

4.將兩顆測試電阻(輸入端串接 10K Ω 5%碳膜電阻及 10K Ω 可變電阻)與原電路間開路(OPEN)，使用萬用電表測量其電阻值，此電阻值即為放大器在 1KHz 時之輸入阻抗 Z_i ，記錄 Z_i =19.566k Ω 。

六、實驗問題與討論

1.就實驗所測得的直流偏壓數據、電壓增益值、頻率響應圖、-3dB 截止頻率值、輸出阻抗及輸入阻抗等數據分析，並綜合您所讀過的電子學，簡述一下您自己對實驗中的 BJT 放大器電路有何概念存在?換言之，就是問各位最基

本的問題，BJT 放大器的特性有那些。

共集極放大器或稱為射極隨耦器。此電路特性具有高輸入電阻和低輸出電阻的特性。因此作為高電阻訊號源和低電阻負載之間的隔離或緩衝放大器。

2.小訊號 BJT 放大器電路可能造成波形失真現象，針對實驗可能造成不同的失真情形，請您找出造成波形失真現象的原因，並提出您的改善方法。

注意 BJT 放大器的工作區，最好設計在直流負載線的中點可得最大不失真的全幅輸出。

七、撰寫實驗心得與結論

這次第三章做得有點趕，因此時常在開放時間來趕進度。上裡辦但是常常找不到助教檢板，所以只能再等上課時段找助教檢板，下次會好好規劃時間。

八、實驗建議與評比

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。無，都很詳細。

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。有

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。95 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。

最難的是設計電路，而模擬較為簡單，學到了 CC 的電路特性。

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：22 姓名：李宜恩
 ◎實驗單元(3)：共集極放大電路 ☒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：107年4月10日、工作時數： 小時、☐上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：筆記

②. 工作日期：107年4月16日、工作時數： 小時、☐上課時段、☒開放時段。

■實驗進度說明：SIM LAB

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：

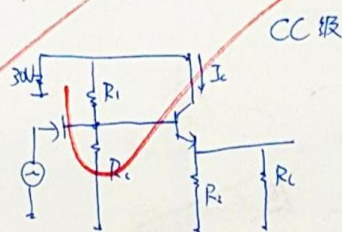
2. 依上課說明填寫實驗注意事項，沒寫或內容不完整，扣☐5分或☐10分。

使用工作表方式

$$\begin{cases} I_c = 5mA \\ V_{CEQ1} = 15V \end{cases}$$

偏壓電路

$$\begin{cases} I_{R1} \approx I_{R2} \approx \frac{1}{10} I_{C1} \\ I_{R1} \approx I_{R2} = 20 I_{R1} \end{cases}$$



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

