

電工實驗(二)

實驗報告

實驗單元(2)

共射極放大器電路

(電路實作 021)

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

二、實驗目的(請自行寫出，沒寫扣分)

1. 了解共射級放大電路的基本特性。

三、請簡介實驗項目(請自行寫出，沒寫扣分)

1. 實驗儀器設備與實驗材料表(P. 02)
2. 設計單級共射級放大器
3. 實驗電路設計、電路模擬與電路實作
4. 實驗問題與討論

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

◎實驗電路設計與電路模擬

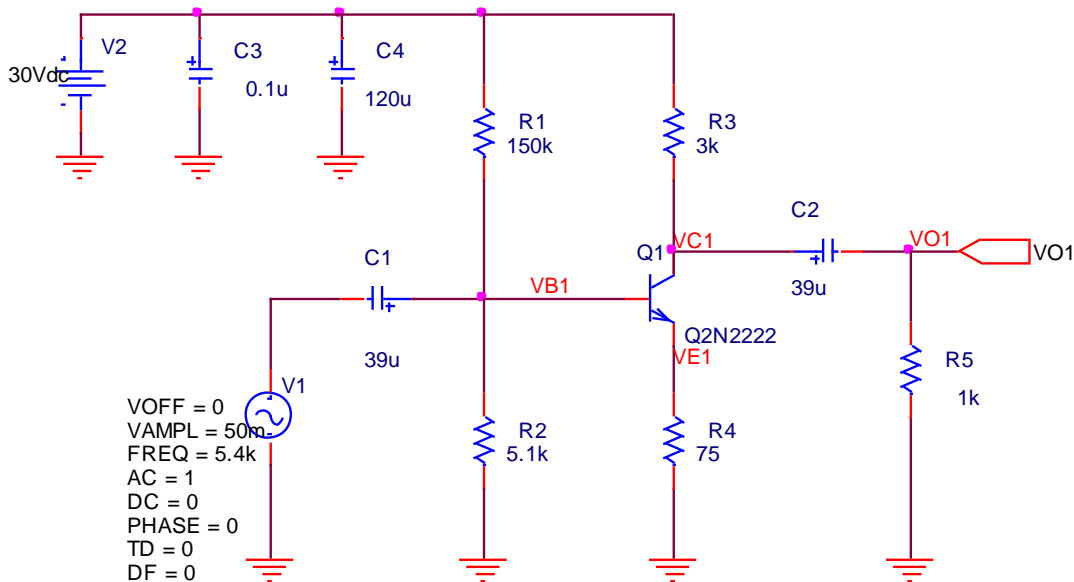
(一)、測量項目(一)：元件測量。

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。

2. 附上實作電路圖。(列入檢查項目)

◆實作電路圖。



◎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. 依據實作電路圖組裝所設計的電路。
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(2-1)內容。

表(2-1)：電晶體 Q1 偏壓點測量值及計算值

測 量 值	測 量 值	計 算 值
$V_{BE1} = 0.616V$	$V_{R4} = 0.242V$	$I_{E1Q} = I_{R4} = 3.226mA$
$V_{B1Q} = 0.857V$	$V_{R11} = 29.324V$	$I_{R11} = 0.195mA$
$V_{CE1Q} = 20.46V$	$V_{R31} = 9.520V$	$I_{C1Q} = I_{R31} = 3.1733mA$
	$V_{R2} = 0.857V$	$I_{R2} = 0.168mA$

- 使用電表測量下列各測試點的電位差。

V_{BE} 指 BJT 的 B 極與 E 極間之電位差， V_{CEQ} 指 C 極與 E 極間之電位差。

V_{BQ} 指 B 極與 GND 間之電位差。 V_{R2} 指電阻 R2 兩端間之電位差。

求出電流的方法，使用間接測量法：ex. $I_{E1} = \frac{V_{E1Q}}{R_{E1}} (mA)$

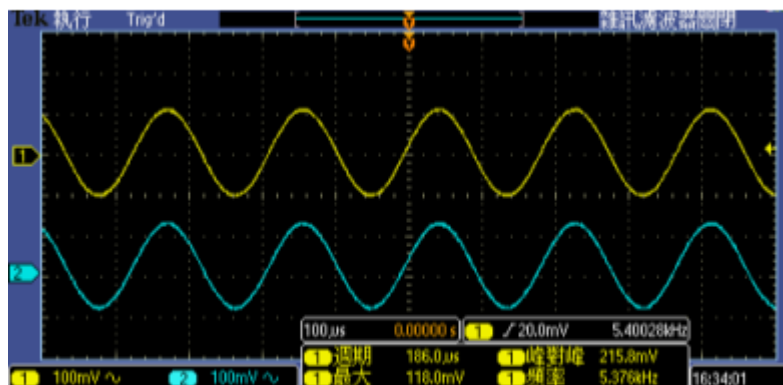
(二)、實作電路測量項目(二)：輸出各節點電壓增益的測量

1. 調整訊號產生器設定
 - a. 輸入波形：正弦波[V1]
 - b. 輸入頻率：依各組之頻率值
 - c. 輸入峰-峰值(V_{p-p})：200mV
 - d. 以下各項目測試，CH1、CH2 兩測試波形皆分開顯示。

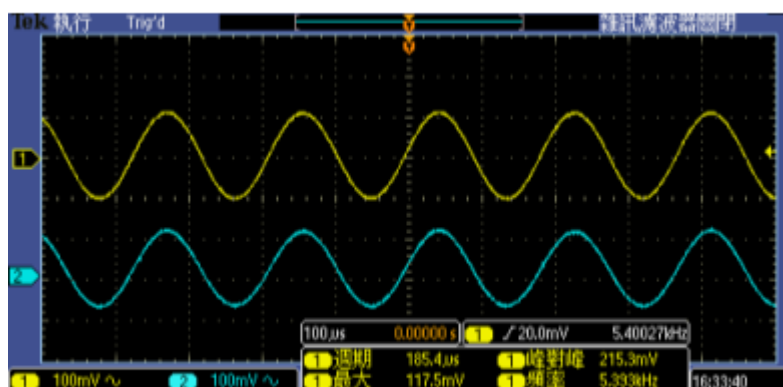
e.測試探棒[CH1，CH2]=[V1，VT]，VT 為各測試節點。

2.擷取下列各節點波形，輸出節點[VO1] 峰-峰值應為 $(V_{p-p}) \geq 2V$ 。

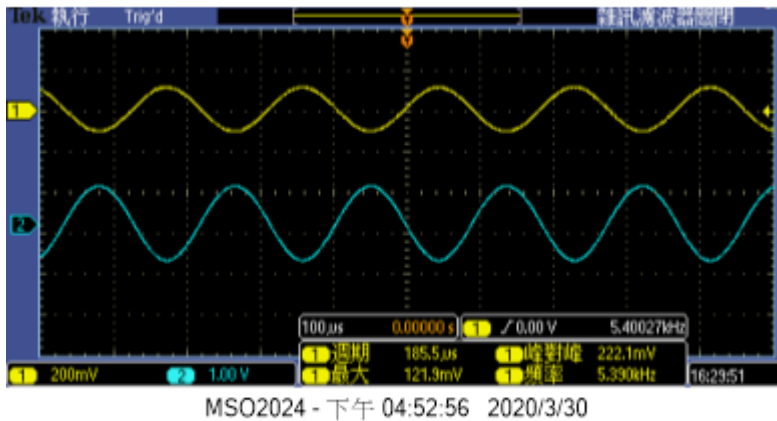
a.節點[V1，VB1]： $A_{v1} = \frac{VB1}{V1} = \underline{1}$ ，(相位關係：☒同相、☐反相)。



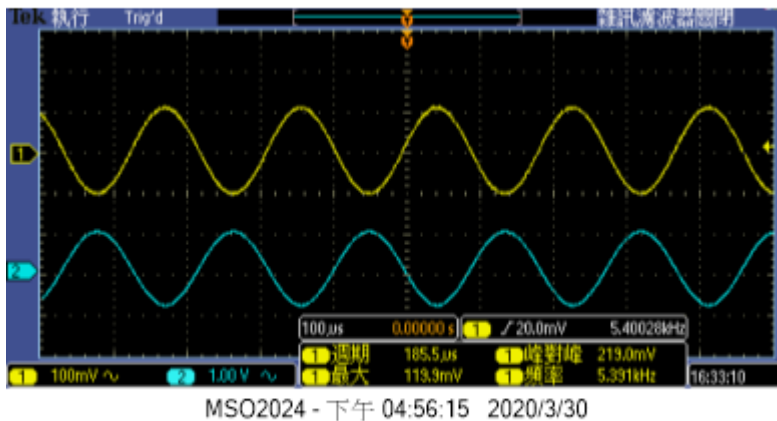
b.節點[V1，VE1]： $A_{v2} = \frac{VE1}{V1} = \underline{0.9002}$ ，(相位關係：☒同相、☐反相)。



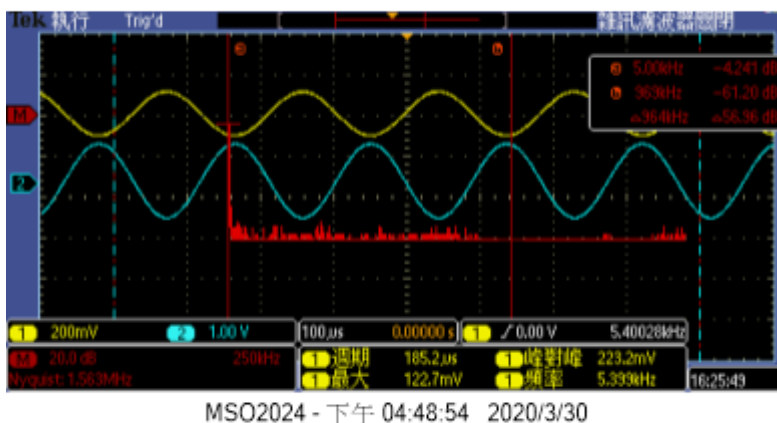
c.節點[V1，VC1]： $A_{v3} = \frac{VC1}{V1} = \underline{-8.4415}$ ，(相位關係：☐同相、☒反相)。



d.節點[V1，VO1]： $A_{v4} = \frac{VO1}{V1} = \underline{-8.4389}$ ，(相位關係：☐同相、☒反相)。



e.節點[VO1]使用 FFT 轉換輸出波形。



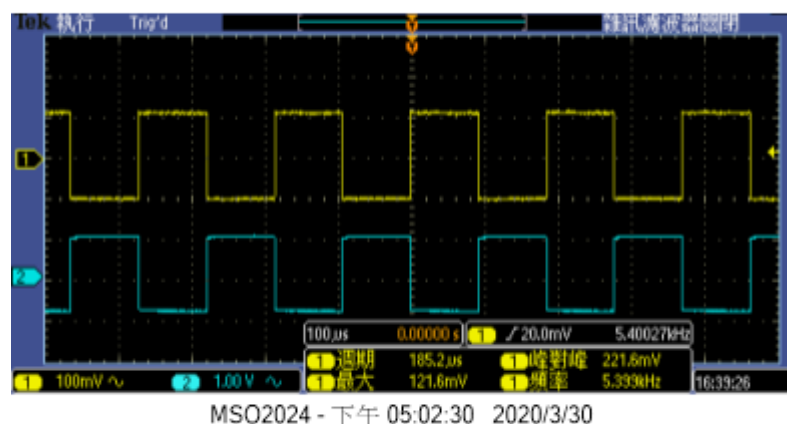
3.方波測試，調整訊號產生器的輸出為下列波形：

a.輸出波形：方波

b.輸出頻率：依各組別之頻率值

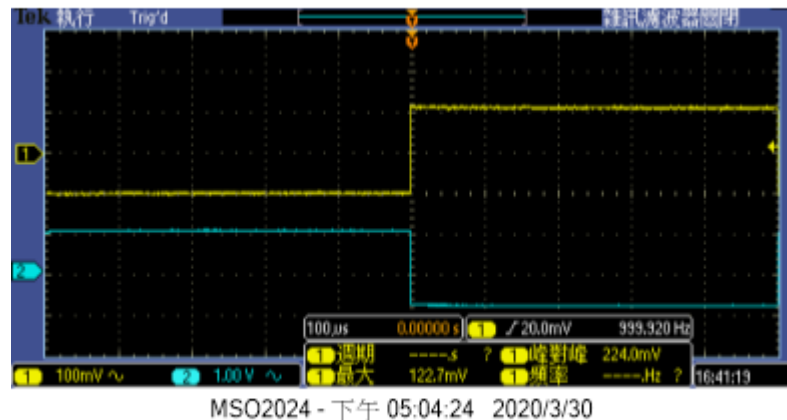
c.輸出峰-峰值(V_{p-p})：200mV

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)、實作電路測量項目(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})=200mV。調整可變電阻，使得輸出[VO1] 峰-峰值電壓 (V_{p-p})=2V。



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(2-2)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)。使用 Excell 時 Hz、mV 及 V 等單位不要輸入。

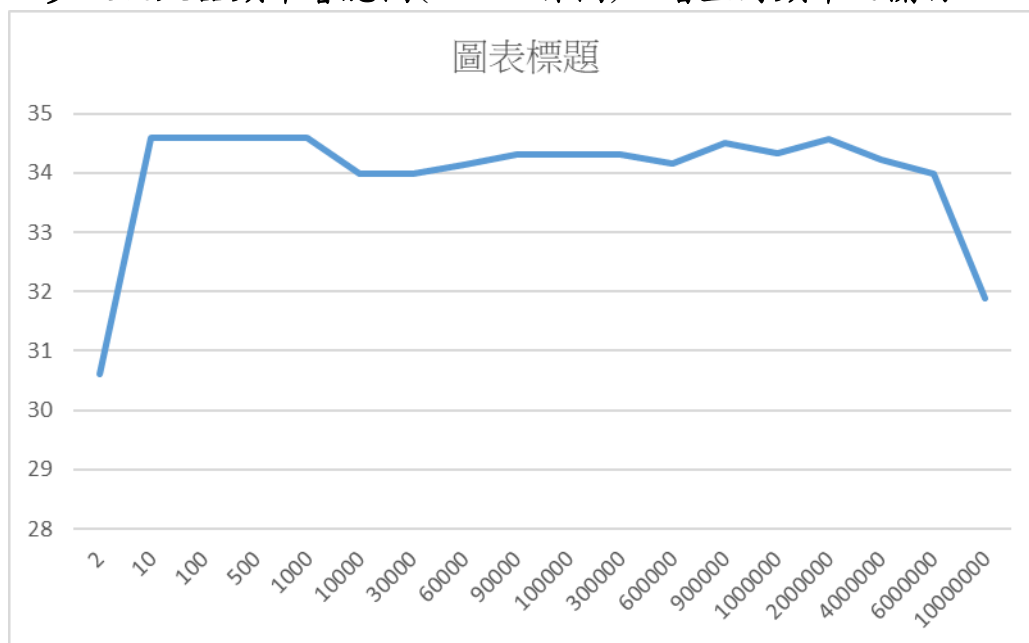
表(2-2)：BJT 放大器頻率響應測試資料記錄表

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	0.212	7.2	30.61993271	125.2
10	0.216	11.6	34.60008476	173.9

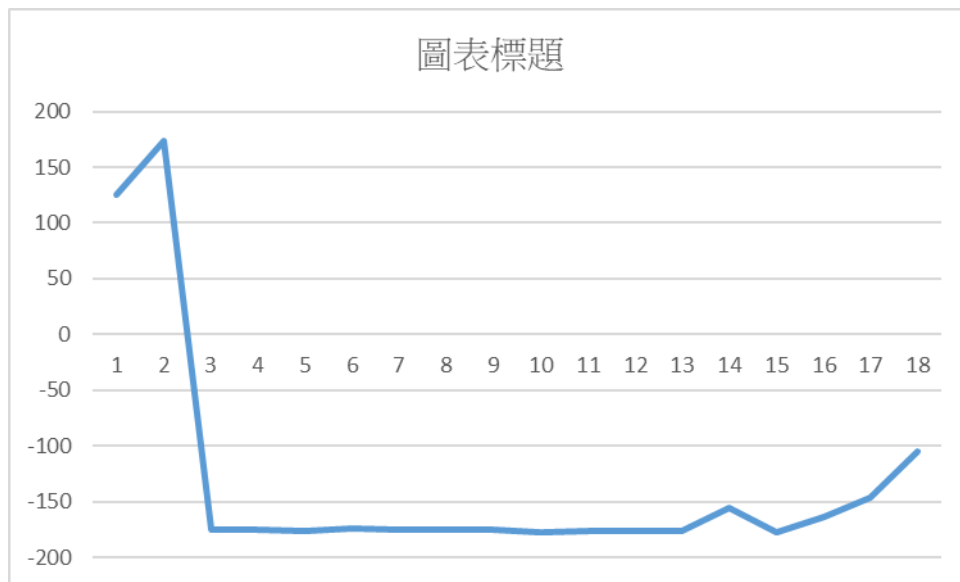
頻率 (Hz)	輸入 V1 (峰-峰值)	輸出 VO1 (峰-峰值)	計算電壓增益值 (dB)	記錄相位差 (度)
100	0.216	11.6	34.60008476	-174.9
500	0.216	11.6	34.60008476	-175.7
1K	0.216	11.6	34.60008476	-176.5
10K	0.216	10.8	33.97940009	-174.4
30K	0.216	10.8	33.97940009	-175.4
60K	0.212	10.8	34.14175789	-175.5
90K	0.208	10.8	34.30720841	-175.6
100K	0.208	10.8	34.30720841	-177.7
300K	0.208	10.8	34.30720841	-176.5
600K	0.204	10.4	34.14806344	-176.6
900K	0.196	10.4	34.49554536	-176.2
1MHz	0.192	10.0	34.33397543	-155.2
2 MHz	0.172	9.20	34.56518761	-177.4
4MHz	0.140	7.2	34.22408922	-163.5
6MHz	0.128	6.40	33.97940009	-146.4
10MHz	0.112	4.4	31.88469308	-104.4

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。

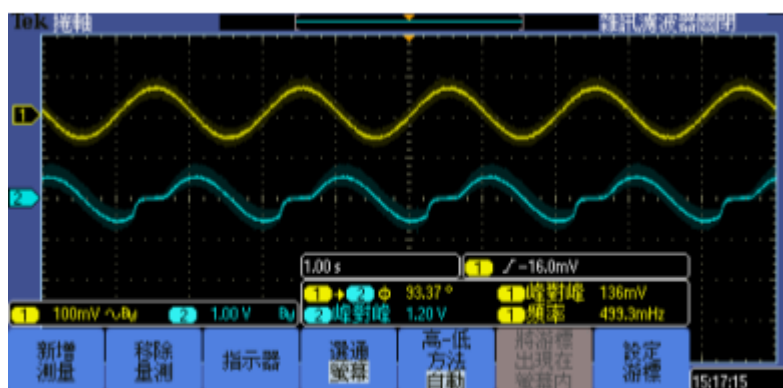


b.多級放大器頻率響應圖(Excell 作圖)：相位對頻率之關係。



(四)、實作電路測量項目(四)：測量出-3dB 截止點頻率

- 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})=200mV，增益 10 倍，輸出為 2V，其峰-峰值如有變動，需微調訊號產生器的峰-峰值旋鈕。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})=1.414V，此時記錄頻率值，記錄 CH1 對 CH2 的相位差，並擷取此波形。
- 調整訊號產生器頻率：微調頻率旋鈕(頻率調大於 1KHz)，在微調頻率時示波器測得[CH1] (V_{p-p})=200mV，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 $f_{H(-3dB)}$ 截止點頻率，節點[VO1]輸出峰-峰值(V_{p-p})=1.414V，此時記錄頻率值，記錄 CH1 對 CH2 的相位差，並擷取此波形。如果放大器的 $f_{H(-3dB)}$ 比訊號產生器所能測量的頻率值還高，則測量記錄就測量到能夠測量的最高頻率就可以了。
- 測量低頻-3dB 截止頻率：
 - 輸出 $VO1=2V \times 0.707 = 1.414V_{(p-p)}$ 。
 - 擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。



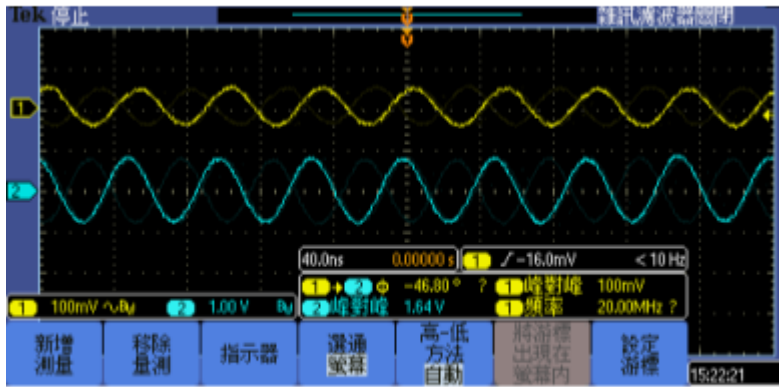
c.記錄：頻率值 $f_{L(-3dB)} = \underline{562.9\text{ mHz}}$ 。

d.記錄：CH1 對 CH2 的相位差 = 124.5。

4.測量高頻-3dB 截止頻率：高頻截止頻率過高時，測量數據以儀器所能測試的最高頻率就可以了。

a.輸出 $VO1 = 2V \times 0.707 = 1.414V_{(p-p)}$ 。

b.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。



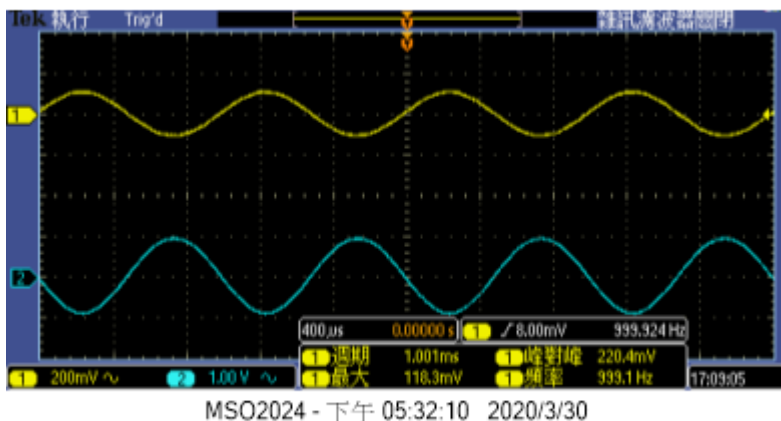
c.記錄：頻率值 $f_{H(-3dB)} =$ 20MHz。

d.記錄：CH1 對 CH2 的相位差 = -46.8。

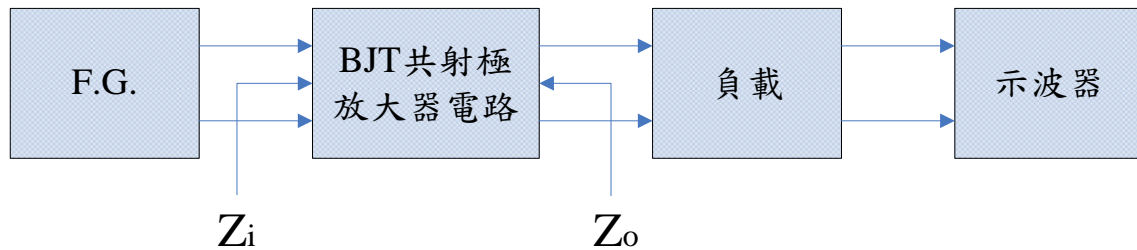
5.計算頻寬增益乘積 $\approx f_{H1} \times Gain(A_v = 10) =$ 200M。

(五)、實作電路測量項目(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})=200mV。調整可變電阻，使得[VO1]峰-峰值電壓 (V_{p-p})=2V。



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(2-3)：輸出阻抗測試接線方塊圖

3.接負載電阻 $=2K\Omega$ 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 。

$$Z_o = R_L(2K\Omega) \times \left[\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1 \right]。$$

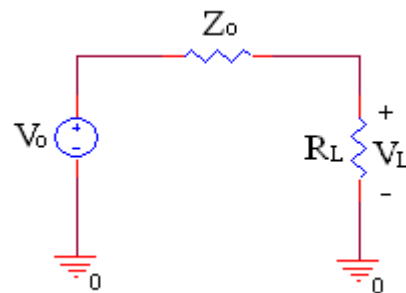
5.公式推導：

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

b.接負載下 $V_{LOAD} < V_{OPEN}$

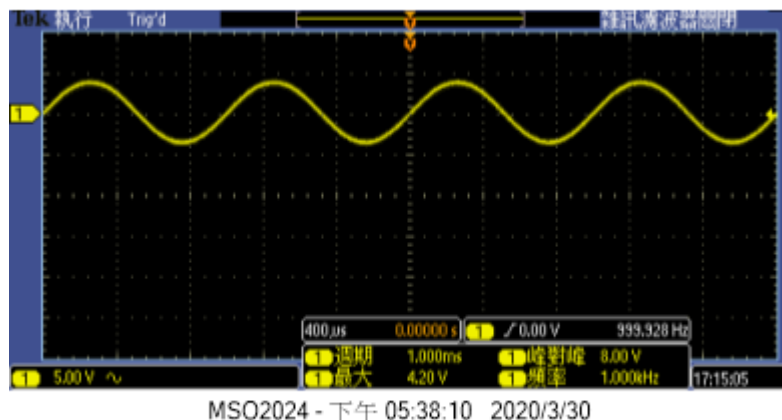
c.由戴維寧等效電路，分壓定理知

$$\begin{aligned} \frac{V_{LOAD}}{V_{OPEN}} &= \frac{R_L}{Z_o + R_L} \\ \frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} &= \frac{R_L + Z_o}{R_L} = 1 + \frac{Z_o}{R_L} \\ Z_o &= R_L \times \left(\frac{V_{OPEN} - V_{LOAD}}{V_{LOAD}} \right) \end{aligned}$$



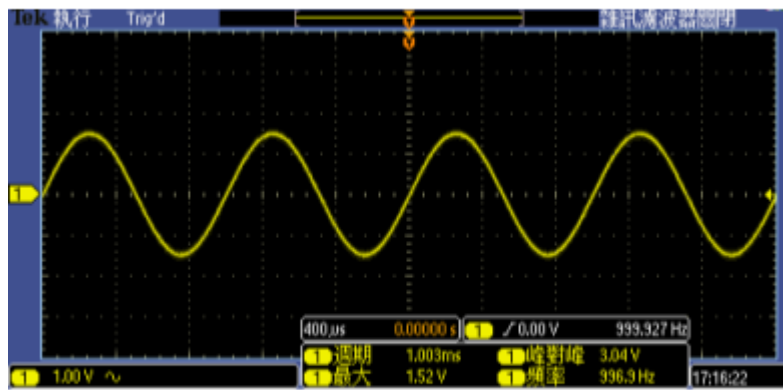
圖(2-4)：輸出阻抗等效電路圖

6.擷取波形：節點[V1，VO1]。



記錄： $V_{OPEN}(p-p) = \underline{8V}$ ，頻率值= $\underline{1kHz}$ 。

7.擷取波形：節點[V1，VO1]。

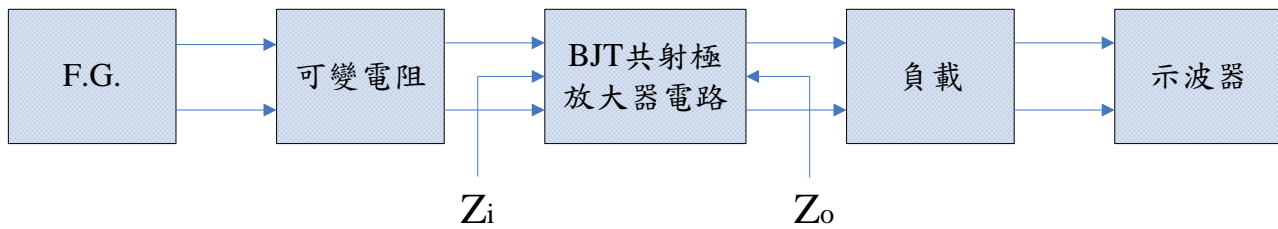


MSO2024 - 下午 05:39:26 2020/3/30

記錄： $V_{LOAD}(p-p) = \underline{3.04V}$ ，頻率值 = 999.927Hz。

8. 計算 $Z_o = R_L(2K\Omega) \times [\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1] = \underline{3.263k\Omega} \Omega$ 。

(六)、實作電路測量項目(六)：輸入阻抗測試

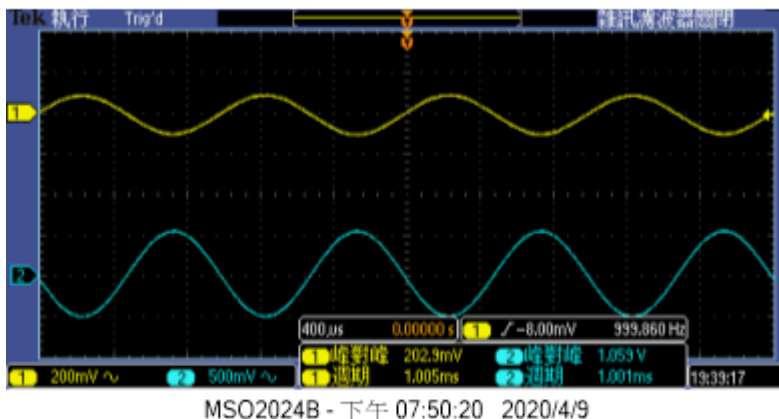


圖(2-5)：測試輸入阻抗的測試連接圖

- 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})=200mV。調整可變電阻，使得[VO1] 峰-峰值電壓(V_{p-p})=2V。
- 2.參閱圖(2-5)，在原電路的輸入端串接一個可變電阻 5K Ω ，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 $\frac{1}{2}V_{O1(P-P)} = 1V$ 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 $VO1 = \frac{1}{2} \times 2V = 1V_{(p-p)} = \underline{1V}$ 。

b.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。



c.記錄：測試頻率值= 1KHz。

- 4.可變電阻與原電路間開路(OPEN)，使用萬用電表測量可變電阻 5K Ω 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 $Z_i = \underline{8.1k} \Omega$ 。

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。電壓電流增益高，輸入輸出乘 180 度。
- 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。

- a.非線性失真、振幅失真或諧波失真：因放大器內主動元件的非線性的轉換特性而產生的失真。關於諧波失真的觀念，可以使用方波來說明，因方波是由同頻率的基頻正弦波及奇次諧波成份所組成，如果放大器改變振幅大小及諧波(頻率)成份，而加到原輸入訊號中，因此非線性的放大器輸出就以新的諧波頻率產生諧波失真。
 - b.頻率失真：因放大器頻率響應不平坦，而對不同輸入頻率產生不同倍率的放大倍數，以致引起輸出波形的失真。
 - c.相位失真：放大器對不同輸入頻率，其輸入與輸出間的相移不同時，所產生輸出波形的失真情形，稱為相位失真。
 - d.過載失真：在過大輸入訊號的推動或偏壓設計不良下，會產生非常差的振幅失真，放大訊號可能會進入飽和區或進入截止區，而產生截波現象。
- 3.實驗中電晶體是會燒毀的，請問您是在那些因素下可能會造成元件燒毀，您又該如何避免此一情形發生呢？
- 電流太大，超過電晶體耐壓，避免方式為仔細設計電路及接電路時注意不要造成短路。

七、實驗結論與實驗心得

這次設計共射極電路，也使用不同於前實驗的設計方式，來完成共射極放大電路。

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。
我覺得講解得很清楚。
- 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。有
- 4.就實驗內容的安排，是否合乎相關課程進度。有
- 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。測 db
如何設計共射極電路及使用示波器計算出 dB 值

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：本宜恩

◎實驗單元(=)：共射極放大電路

■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：109年3月27日、工作時數：4小時、☒上課時段、☐開放時段

■實驗進度說明：上課筆記、SIM

②. 工作日期：109年3月27日、工作時數：4小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：SIM

③. 工作日期：109年4月10日、工作時數：3.5小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：LAB

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。

1. 選擇 $\times 1$ 或 $\times 10$

2. DC 電壓 V_c 或 A_c 測量

3. -20dB 截止頻率之測量

5. 輸入阻抗之測量

6. 桌上型電表之測量

a. V_c \rightarrow V_c \rightarrow V_c

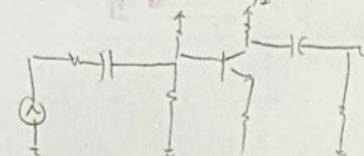
b. 4位半顯示 \rightarrow shift + 4

RL 濾波器 低通 \rightarrow DC 耦合

B.W. = $f_H - f_L$ (-1dB \rightarrow H_z)

$f = 1\text{kHz}$, $V_o = 2\text{V}$ (10倍)

$f = -20\text{dB}$, $V_o = \frac{1}{\sqrt{2}} V_o = 1.41\text{V}$



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

