

# 電工實驗(二) 實驗報告

## 實驗單元(5) MOSFET 共源極放大器電路 (電路實作 051)

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 MOSFET 放大器電路偏壓電路的設計方法。
2. 了解 MOSFET 共源極放大器電路的電路特性

### 三、請簡介實驗項目(請自行寫出，沒寫扣分)

- 一、 實驗儀器設備與實驗材料表
- 二、 實驗電路計算
- 三、 實驗電路模擬
- 四、 實驗步驟與實驗測量
- 五、 實驗數據分析、實驗問題與討論
- 六、 實驗建議與評比
- 七、 附上實驗進度紀錄
- 八、 附上麵包板電路組裝照片檔

### 四、實驗注意事項

- 1.參閱表(5-1)：各組頻率值，請依內容選定測試頻率值。
- 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。

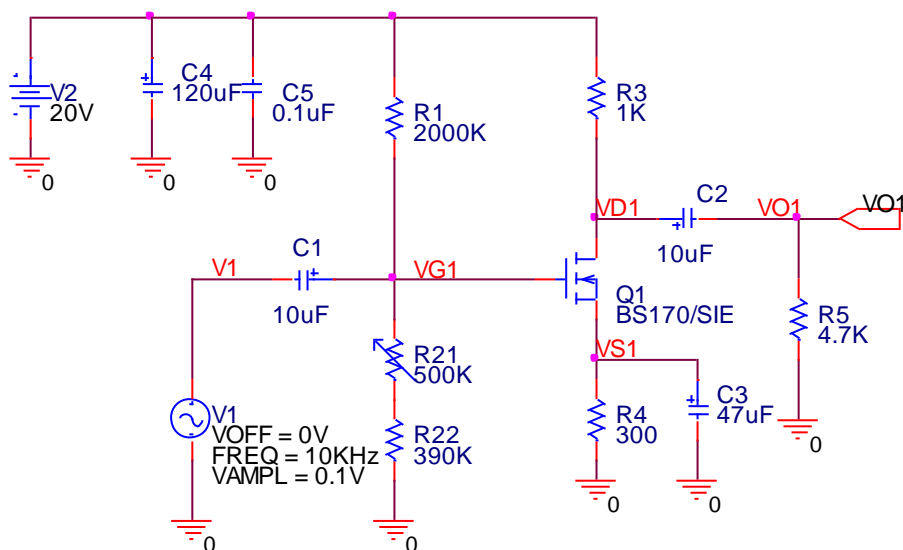
4.測量弦波或方波時，輸入電壓或輸出電壓，皆使用測量峰-峰值( $V_{P-P}$ )。

## 五、實驗項目與實驗步驟

### (一)、測量項目(一)：MOSFET Q1 偏壓點調整與測量。

1.參閱實驗電路圖(5-1)，組裝所設計的電路。

※實驗電路圖。



圖(5-1)：MOSFET 含源極電阻的共源極放大器電路

2.接上 20V 直流電壓源，應注意是否有短路發生，請確認您所接 的電路是否正常工作，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(5-2)內容。

表(5-2)：電晶體電路偏壓點測量值及計算值

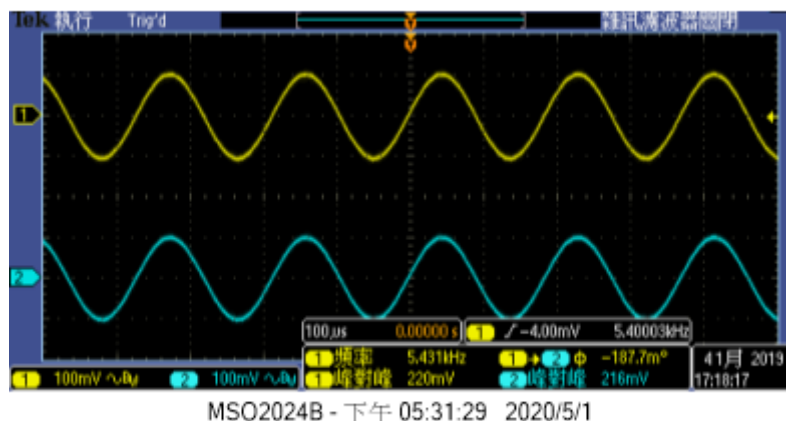
測 量 值	測 量 值	計 算 值
$V_{D1Q} = 12.5V$	$V_{R1} = 14.5V$	$I_{R1} = 7.25mA$
$V_{G1Q} = 4.63V$	$V_{R22} = 4.65V$	$I_{R22} = 7.22mA$
$V_{S1Q} = 2.26V$	$V_{R3} = 7.35V$	$I_{D1Q} = I_{R3} = 7.35mA$
$V_{DS1Q} = 10.1V$	$V_{R4} = 2.309V$	$I_{S1Q} = I_{R4} = 7.696mA$

## (二)、測量項目(二)：MOSFET Q1 輸出各節點電壓增益的測量。

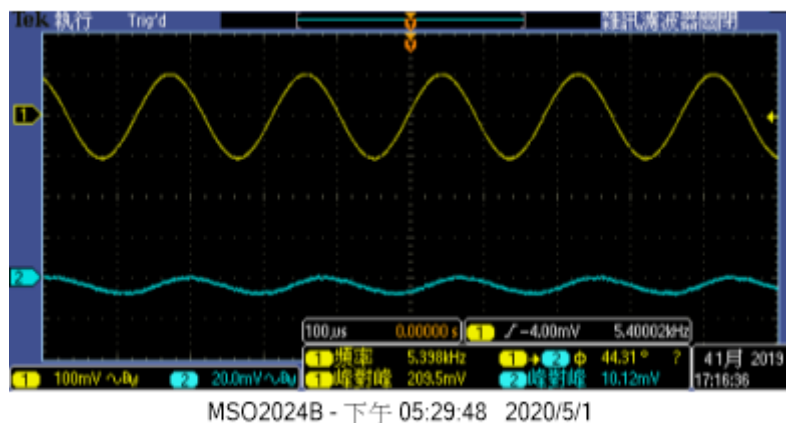
1.調整訊號產生器設定：正弦波、依各組之頻率值、振幅(儀器面板上顯示)：100mV、CH1、CH2 兩測試波形皆分開顯示。

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

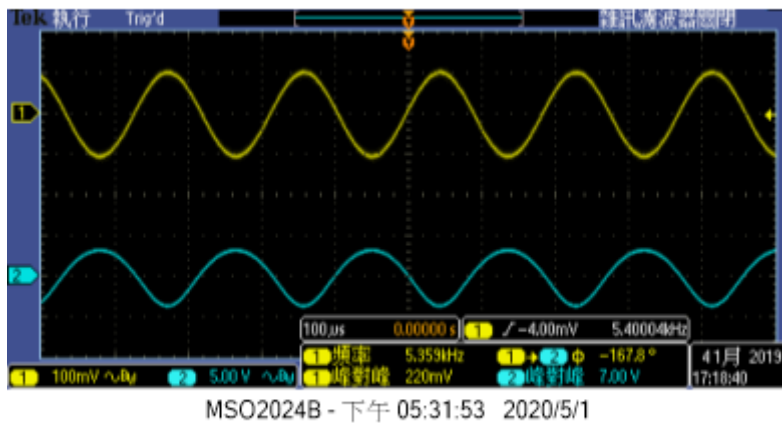
a.節點[V1，VG1]： $A_{v1} = \frac{VG1}{V1} = \underline{0.981}$ ，(相位關係：☒同相、☐反相)。



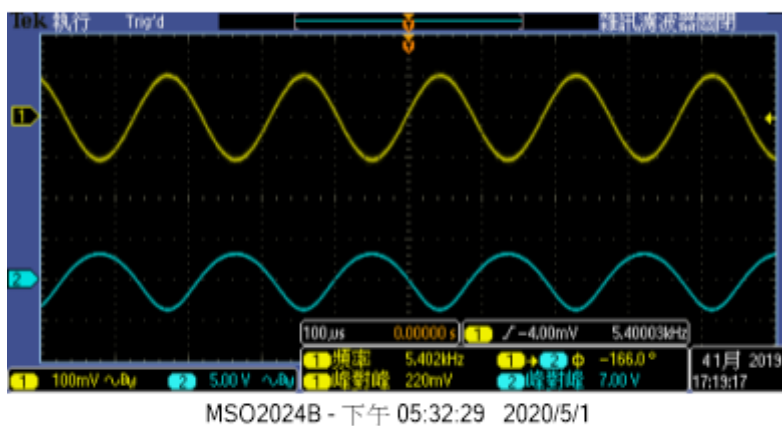
b.節點[V1，VS1]： $A_{v2} = \frac{VS1}{V1} = \underline{0.048}$ ，(相位關係：☒同相、☐反相)。



c.節點[V1，VD1]： $A_{v3} = \frac{VD1}{V1} = \underline{31.818}$ ，(相位關係：☐同相、☒反相)。

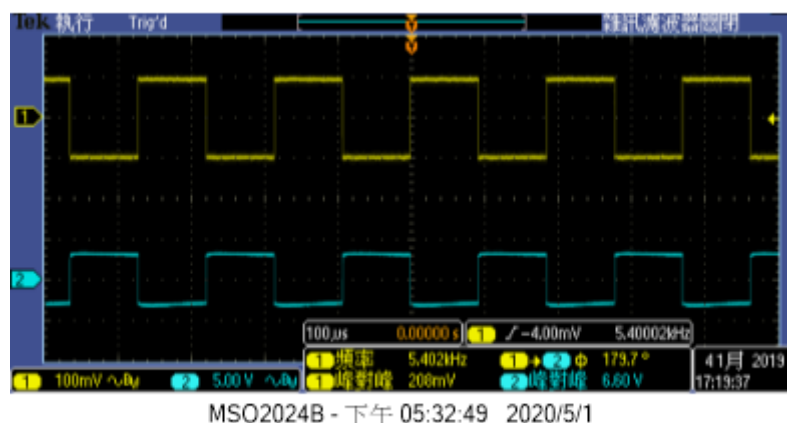


d.節點[V1，VO1]： $A_{v4} = \frac{VO1}{V1} = \underline{31.818}$ ，(相位關係：☐同相、☒反相)。



3.方波測試，調整訊號產生器的輸出為下列波形：方波、依各組別之頻率值、振幅(儀器面板上顯示)：100mV。

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 測得電壓數據得[峰-峰值]( $V_{p-p}$ )=100mV。調整可變電阻，使得輸出[VO1] 峰-峰值電壓( $V_{p-p}$ )。示波器通道輸入設定為直流耦合。
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(5-3)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。

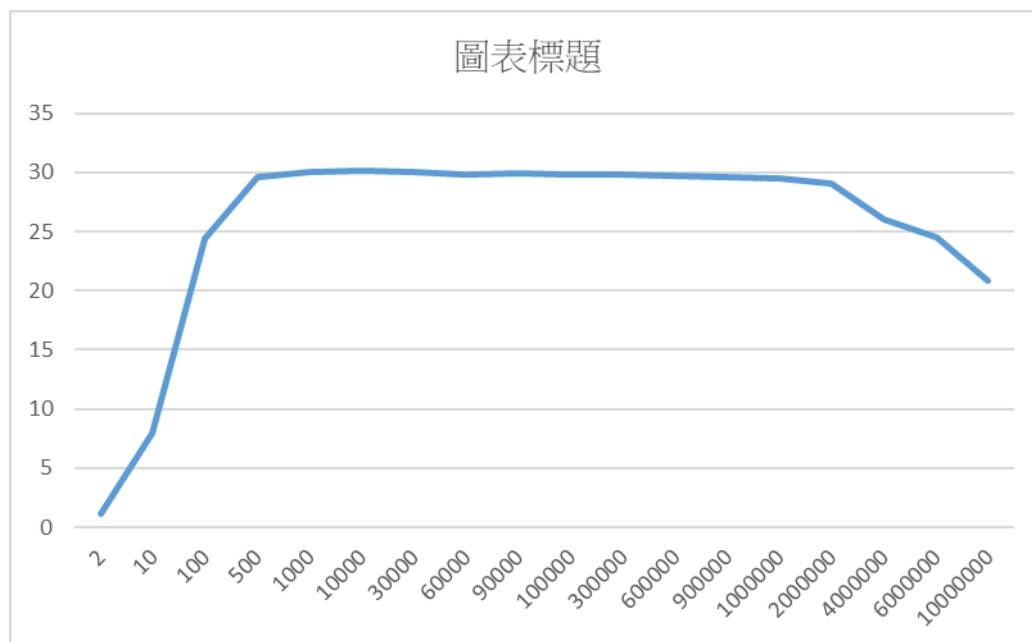
表(5-3)：MOSFET 放大器頻率響應測試資料記錄表

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	0.288	0.328	1.129627119	-122.7
10	0.272	0.68	7.958800173	-114.2
100	0.209	3.473	24.41116994	131.8
500	0.208	6.266	29.57854111	153.7
1K	0.210	6.689	30.06283802	-177.2
10K	0.212	6.777	30.09403249	-168.9
30K	0.208	6.577	29.99929014	-166.7
60K	0.210	6.540	29.86716907	-166.8
90K	0.208	6.491	29.88496548	-166.5

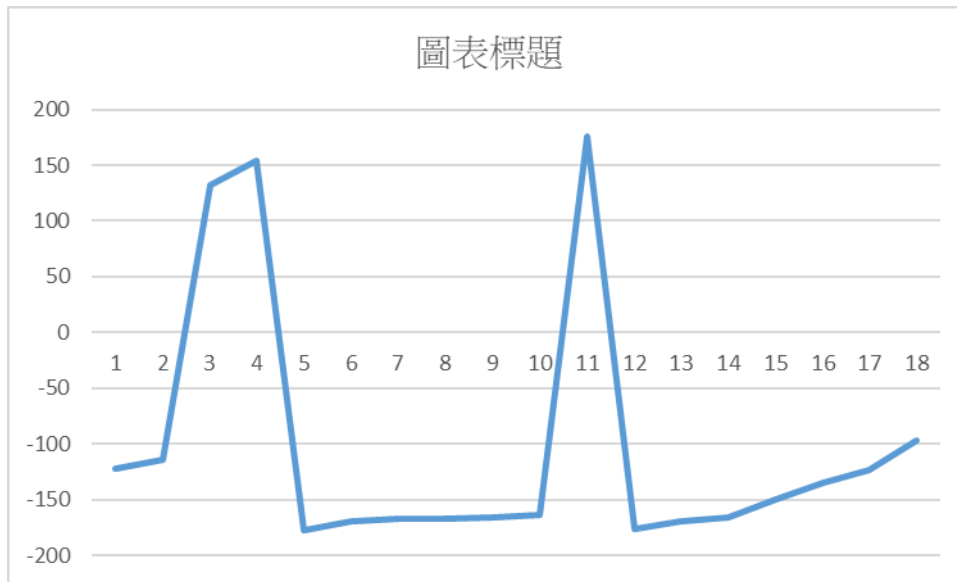
頻率 (Hz)	輸入 V1 (峰-峰值)	輸出 VO1 (峰-峰值)	計算電壓增益值 (dB)	記錄相位差 (度)
100K	0.210	6.489	29.79916959	-163.7
300K	0.208	6.413	29.7799581	176.0
600K	0.199	6.114	29.74944716	-175.9
900K	0.198	5.988	29.61233203	-169.7
1M	0.194	5.814	29.53346595	-165.4
2 M	0.175	4.977	29.07859184	-149.5
4M	0.184	3.68	26.02059991	-135.2
6M	0.160	2.68	24.48029623	-122.9
10M	0.148	1.64	20.89164265	-96.81

### 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。



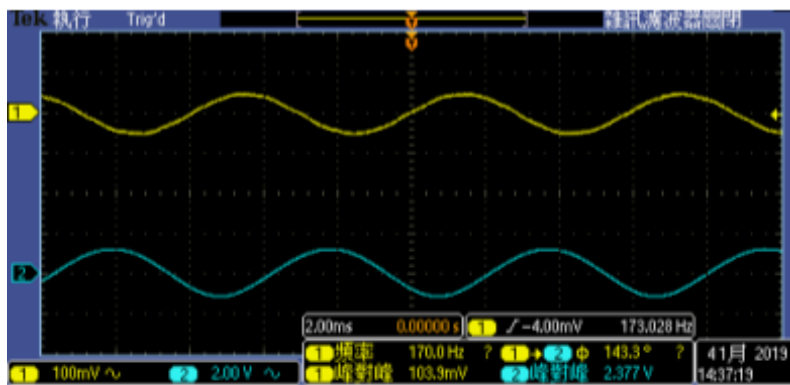
b.多級放大器頻率響應圖(Excell 作圖)：相位對頻率之關係。



#### (四)、實驗項目(四)：測量出-3dB 截止點頻率

- 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] ( $V_{p-p}$ ) = 100mV，輸出為不失真的最大峰-峰值波形，其 F.G.輸出峰-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( $V_{p-p}$ )為上述輸出峰-峰值的 0.707 倍，此時記錄頻率值，記錄 CH1 對 CH2 的相位差，並計算出相位差，並擷取此波形。
- 2.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] ( $V_{p-p}$ ) = 100mV，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( $V_{p-p}$ )為上前述輸出峰-峰值的 0.707 倍，此時記錄頻率值，記錄 CH1 對 CH2 的相位差，並計算出相位差，並擷取此波形。
- 3.測量低頻-3dB 截止頻率：
  - a.輸出 VO1= 2.377V。
  - b.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。





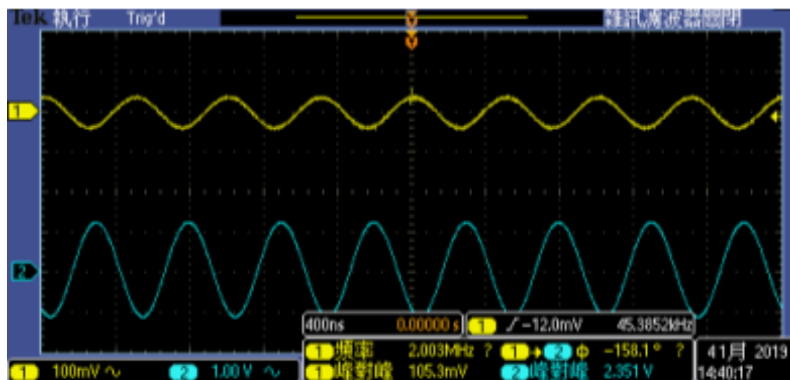
c.記錄：頻率值  $f_{L(-3dB)}$  = 170Hz。

d.記錄：CH1 對 CH2 的相位差 = 142.7。

4.測量高頻-3dB 截止頻率：

a.輸出 VO1= 2.351V。

b.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。



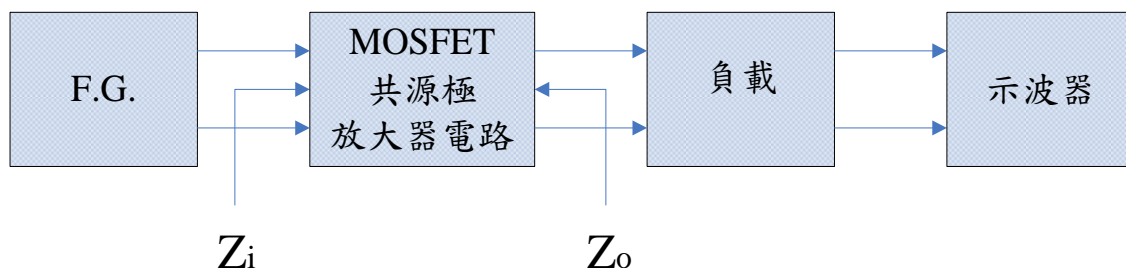
c.記錄：頻率值  $f_{H(-3dB)}$  = 2000kHz。

d.記錄：CH1 對 CH2 的相位差 = -155.8。

5.計算頻寬增益乘積= 66MHz。

### (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( $V_{p-p}$ )=100mV。調整可變電阻，使得輸出為不失真的最大峰-峰值波形。
- 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(5-11)：輸出阻抗測試接線方塊圖

- 3.接負載電阻=4.7K $\Omega$  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 $Z_o$ 。

$$Z_o = R_L(4.7K\Omega) \times \left[ \frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1 \right]。$$

#### 5.公式推導：

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

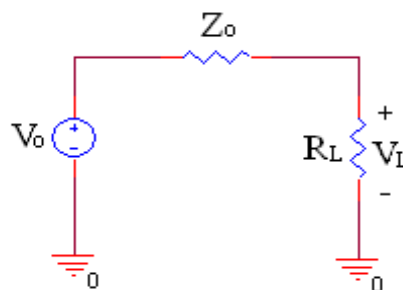
b. 接負載下  $V_{LOAD} < V_{OPEN}$

c.由戴維寧等效電路，分壓定理知

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

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

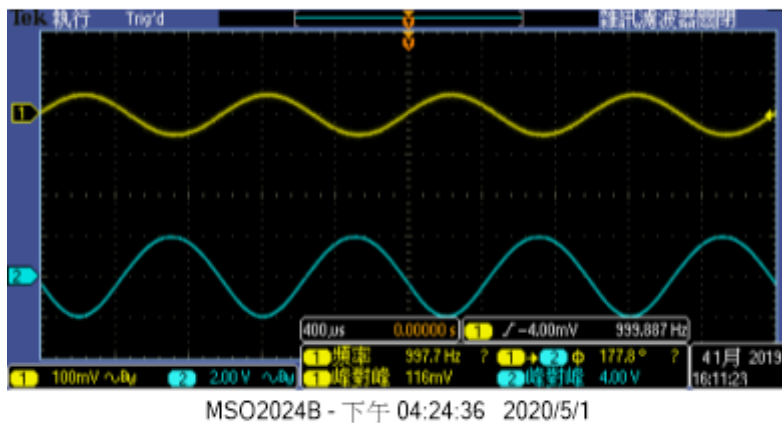
$$Z_o = R_L \times \left( \frac{V_{OPEN} - V_{LOAD}}{V_{LOAD}} \right)$$



圖(5-12)：輸出阻抗等效電路圖

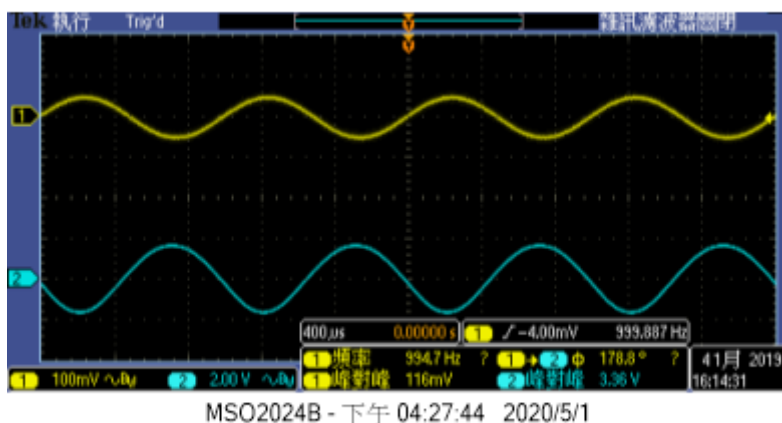
#### 6.擷取波形：節點[V1，VO1]。

記錄： $V_{OPEN}(p-p) = \underline{4V}$ ，頻率值= 997.7kHz。



7.擷取波形：節點[V1，VO1]。

記錄： $V_{LOAD}(p-p) = \underline{3.36V}$ ，頻率值=997.7kHz。



8.計算  $Z_o = R_5(4.7K\Omega) \times [\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1] = \underline{895.238} \Omega \cdot (R_L = R5)$

## 六、實驗數據分析、實驗問題與討論

1.若在上述電路中移除旁路電容，對於電壓增益有何影響？

增益會下降。

2.依上述所得到的實驗數據，討論共源極放大器電路的特性。

輸入阻抗無限大，輸出阻抗大，增益大。

3.共源極放大器電路可以應用於那些電路呢？

放大電路。

## 七、撰寫實驗心得與結論

我們從實作驗證了我們設計的電路，也驗證了課本上的推論。

## 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。

我覺得都良好。

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。

最容易的是模擬電路，而學到了如何設計 CS 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：22 姓名：賴恩

◎實驗單元(五)：MOSFET 共源極放大器等電路 ☒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5月1日、工作時數：2小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：SIM051

②. 工作日期：109年5月1日、工作時數：2小時、☒上課時段、☐開放時段。

■實驗進度說明：LAB 051

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。

如果設計錯誤

⇒ 不符合底層通道  $V_{GS} \geq V_{th}$

⇒ 接插盒 (掛牌)

⇒ 無法完成模擬

BS170 無作用

⇒ 結論： $V_{GS}$  電壓連到

$V_{GS}$  電壓很重要

① 模擬中 BS170

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：2020/5/1 14:04:27:44。

■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)=助教陳錦昌分。

◎檢查時間：109.5.1

◎助教簽章：✓

◎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。

## 十、附上麵包板電路組裝圖檔(照片檔)

