

實驗單元(七)－MOSFET 串級放大器電路

◎實驗單元摘要

接下來實驗單元是來介紹 MOSFET 串級(含共閘極)放大器電路，實驗單元仍然著重於放大器功能測量，包括電壓增益、頻率響應及輸入阻抗等項測量，以了解 MOSFET 放大器的功能。

◎學習目標

1. 了解 MOSFET 共閘極放大器電路的電路特性

◎實驗單元目錄

- 一、實驗儀器設備與實驗材料表(P.02)
- 二、實驗預報(P.02)
- 三、電路原理說明(P.03)
- 四、實驗電路計算 (P.05)
- 五、實驗電路模擬(P.08)
- 六、實驗步驟、實驗測量與記錄(P.14)
- 七、實驗數據分析、實驗問題與討論(P.20)
- 八、實驗結論與實驗心得(P.20)
- 九、實驗綜合評論(P.20)
- 十、附上實驗進度紀錄單(照片檔)及麵包板電路組裝圖檔(照片檔) (P.21)
- 十一、實驗參考資料來源(P.21)
- 十二、參考麵包板實驗組裝配置圖(P.21)
- 十三、實驗電路板(P.22)

◎實驗內容

一、實驗儀器設備與實驗材料表

表(一)：實驗儀器設備

項次	儀器名稱	數量
1	萬用電錶或三用電錶	1 部
2	示波器	1 台
3	訊號產生器	1 台
4	電源供應器	1 台
5	電晶體曲線描跡器	1 台

表(二)：實驗材料表

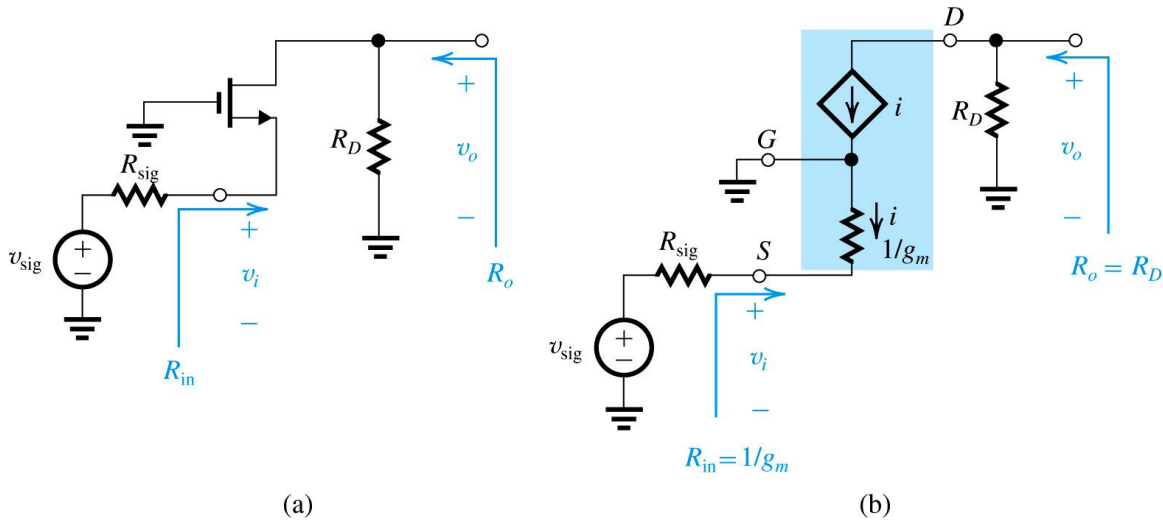
項次	位 置 碼	元 件 說 明	用 量
1	R1、R6	碳膜電阻 $2M\Omega$ 5% 1/4W	2 個
2	Rin1	碳膜電阻 $1M\Omega$ 5% 1/4W	1 個
3	R22	碳膜電阻 $2.7M\Omega$ 5% 1/4W	1 個
4	R72	碳膜電阻 $390K\Omega$ 5% 1/4W	1 個
5	R3、R4、R8	碳膜電阻 $1K\Omega$ 5% 1/4W	3 個
6	R5	碳膜電阻 300Ω 5% 1/4W	1 個
7	R21、R71	可變電阻 $500K\Omega$	2 個
8	C6	0.1uF 陶瓷電容	1 個
9	C5	0.68uF 陶瓷電容	1 個
10	C1、C2、C4	10uF 電解質電容	3 個
11	C3	120uF 電解質電容	1 個
12	Q1、Q2	MOSFET BS170	2 個

二、實驗預報

1. 試比較 BJT 共基極放大器與增強型 MOSFET 共閘極放大器的特性。

三、電路原理說明

1. 共閘極放大器



圖(一)：共閘極放大器(偏壓電阻略)與等效 T 模型電路[1]

a. 輸入電阻： $R_{in} = \frac{1}{g_m}$ (低的輸入阻抗)。

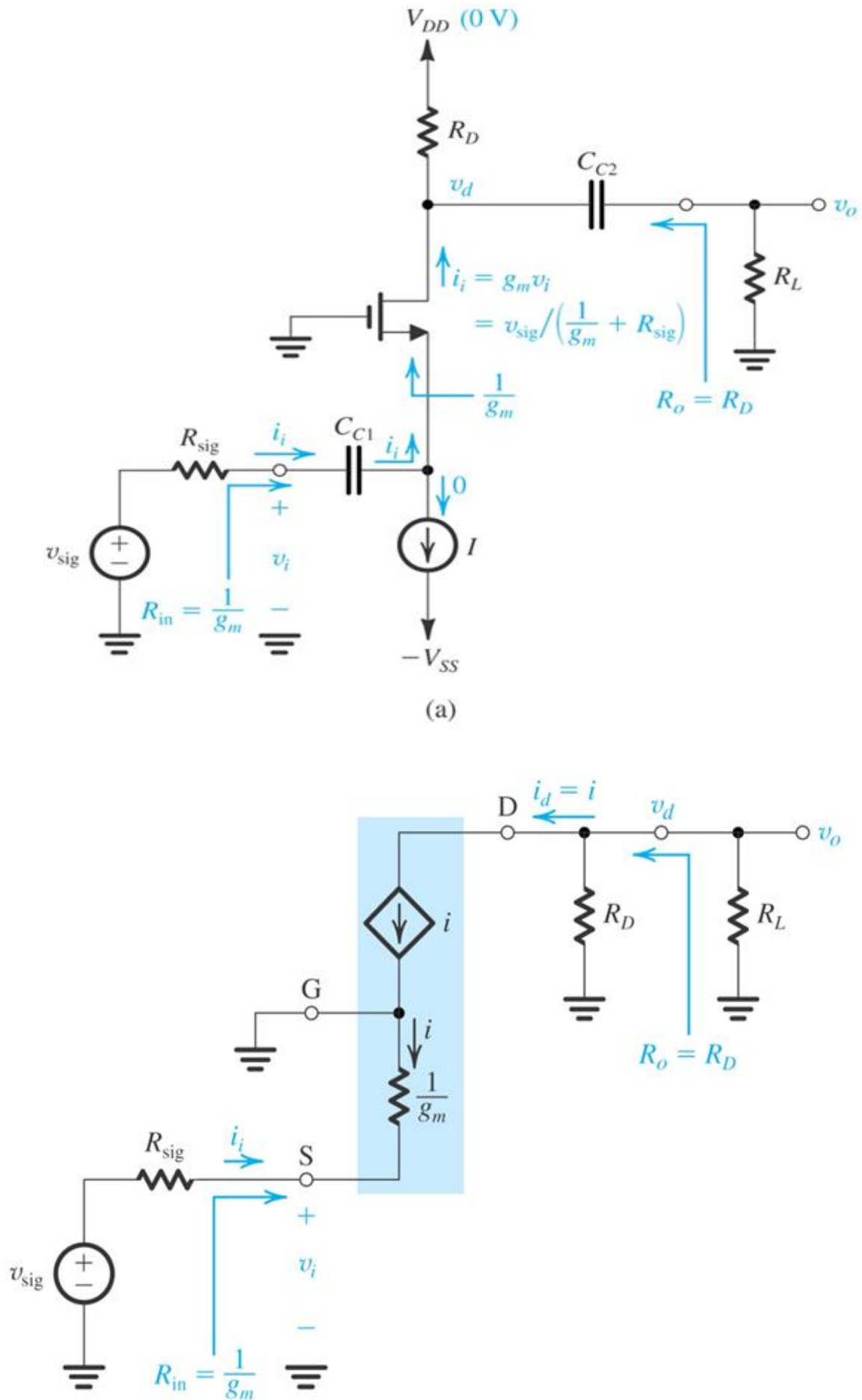
b. 電壓增益： $v_o = -iR_D$ ， $i = -\frac{v_i}{1/g_m}$ ， $A_{vo} \equiv \frac{v_o}{v_i} = g_m R_D$ 。

c. 輸出電阻： $R_o = R_D$ 。

d. 整體增益： G_v ，輸出負載為 R_L 。

$$\frac{v_i}{v_{sig}} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} = \frac{1/g_m}{1/g_m + R_{sig}}$$

$$G_v \equiv \frac{v_o}{v_{sig}} = \frac{1/g_m}{1/g_m + R_{sig}} \times [g_m (R_D // R_L)] = \frac{(R_D // R_L)}{1/g_m + R_{sig}}$$



圖(二)：共閘極放大器(含偏壓電阻)與等效 T 模型電路[1]

表格(三)為 MOSFET 放大器的特性一覽表。

表(三)：MOSFET 放大器(含偏壓電路)的特性一覽表[1]

放大器組態	R_{in}	A_{vo}	R_o	A_v	G_v
CS	R_G	$-g_m R_D$	$R_D // r_o$	$-g_m (R_D // R_L // r_o)$	$-\frac{R_G}{R_G + R_{sig}} \times g_m (R_D // R_L // r_o)$
CS(with R_S)	R_G	$\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_S}$	R_D	$-\frac{(R_D // R_L)}{1/g_m + R_S}$	$-\frac{R_G}{R_G + R_{sig}} \times \frac{(R_D // R_L)}{1/g_m + R_S}$
CG	$\frac{1}{g_m}$	$g_m R_D$	R_D	$g_m (R_D // R_L)$	$\frac{(R_D // R_L)}{1/g_m + R_{sig}}$
CD	R_G	1	$\frac{1}{g_m} // r_o$	$\frac{(R_L // r_o)}{1/g_m + (R_L // r_o)}$	$\frac{R_G}{R_G + R_{sig}} \times \frac{(R_L // r_o)}{1/g_m + (R_L // r_o)}$

綜合整理：共閘極放大器有中等的電壓增益，低的輸入電阻，高的輸出電阻。

共閘極放大器的特徵是有低輸入電阻及高的輸出電阻，所以使用上較困難於低頻放大電路較少被單獨用，可串接於共源極放大器之後，以改善頻率響應。但共閘極放大器的頻率響應良好，故適用於高頻放大電路應用。[2]

四、實驗電路計算

(一)、電路規格

1. 電源電壓：DC 20V

2. 電壓增益 ≥ 10 倍增益： $Gain = A_v = \frac{VO1}{V1} \geq 10(V/V)$ ，測試條件： $V1 = 0.2V(V_{p-p})$ ，

頻率依規定值。

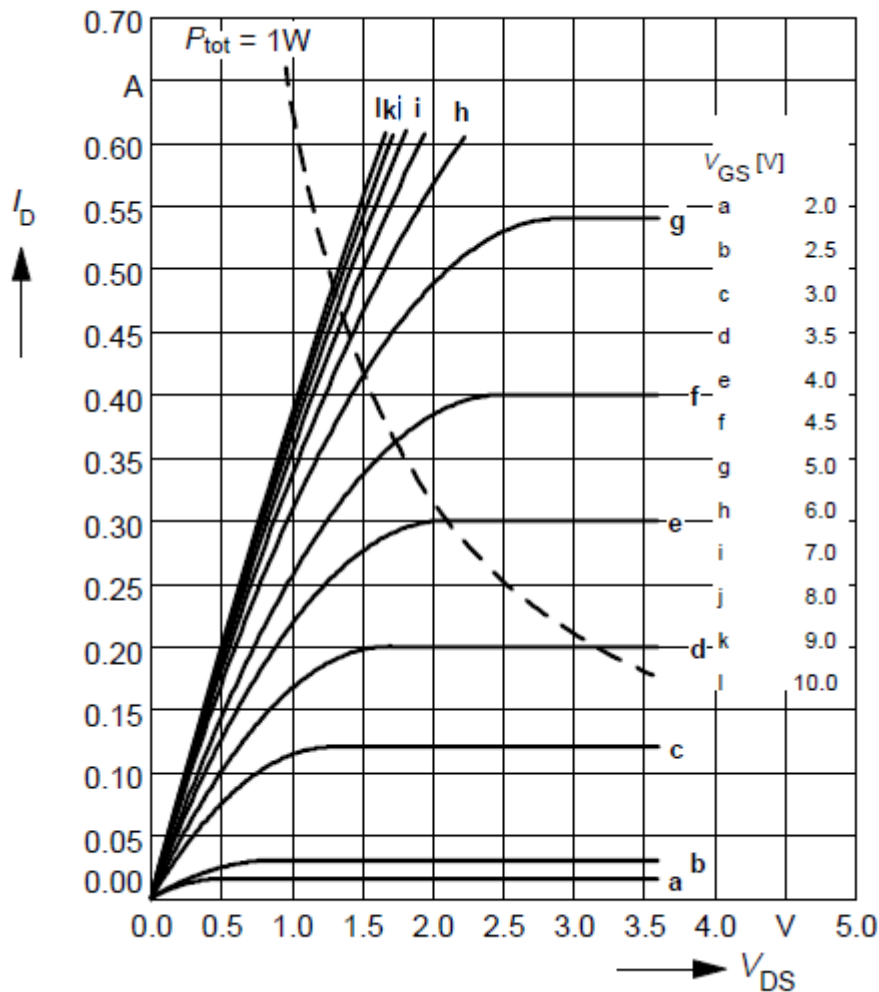
3. 輸入阻抗： $Z_i \geq 100K\Omega$ 。測試條件： $V1 = 0.2V(V_{p-p})$ ，頻率=1KHz。

4. 輸出阻抗： $Z_o \leq 10K\Omega$ ，測試條件： $V1 = 0.2V(V_{p-p})$ ，頻率=1KHz。

5. 觀測、記錄弦波波型：測試條件： $V1 = 0.2V(V_{p-p})$ ，頻率依規定值。

(二)設計程序：

1. 由 BS170 Seimens Data Sheet 資料可得到 BS170 的參數資料。



Electrical Characteristics, at $T_j = 25^\circ\text{C}$, Static Characteristics

Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
Gate threshold voltage $V_{GS}=V_{DS}, I_D = 1 \text{ mA}$	$V_{GS(th)}$	0.8	1.4	2	V

圖(三)：BS170 Data Sheet(Seimmsens)輸出曲線與 V_{GS} 臨限電壓[3][4]

$$V_t = 1.4V, I_D = 0.2A, V_{GS} = 3.5V, I_D = k(V_{GS} - V_t)^2, k \approx 0.04535(A/V^2)$$

由前

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_t (\text{夾止的通道})$$

$$V_{GS} \geq V_t (\text{感應通道})$$

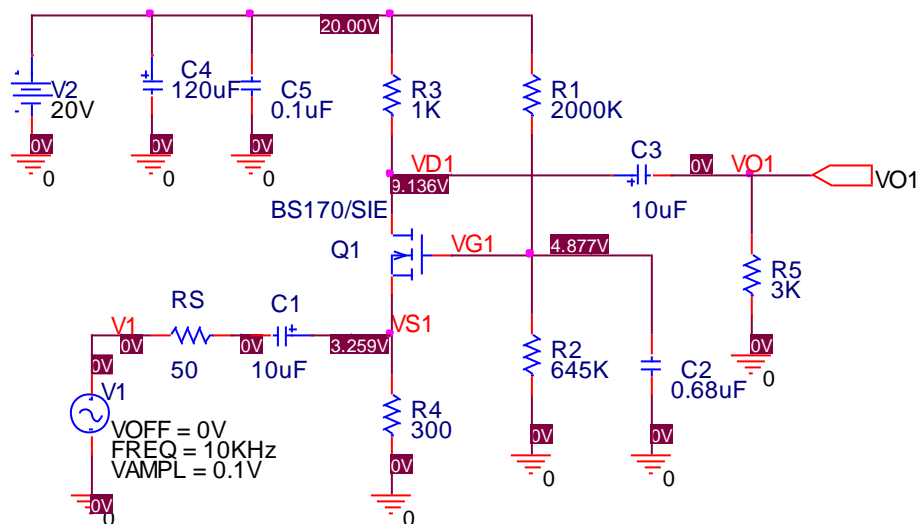
$$V_{GD} \leq V_t (\text{通道在洩極處被夾止})$$

若設定工作電流 $I_D = 10\text{mA}$ ， $V_{S1Q} = 3.0V$ ， $V_{R3} = 10.0V$ 。

由上述 k 值，可以計算出 $V_{GS1} \approx 1.87V$ 。

$$V_{G1Q} = V_{GS1} + V_{S1Q} = 1.87V + 3.0V = 4.87V。$$

$$V_{G1Q} = \frac{R2}{R1 + R2} \times 20V = 4.87V，選用 R1 = 2M\Omega，計算出 R2 \approx 645K\Omega。$$



圖(四)：共閘極放大器電路

依據圖參閱圖(四)：共閘極放大器電路。依據 MOSFET 參數，

$$g_m = 2k(V_{GS1(Q)} - V_t) \approx 2 \times 0.04535(A/V^2) \times (1.87V - 1.4V) \approx 0.03991(S)$$

計算下列各式：

a. 電壓增益： $R_{sig} = 50\Omega$ ，加上電阻 $R3$ 及負載 $R5 = 3K\Omega$ ，忽略 r_o 。

b. 輸入阻抗： $R_{in} = \frac{1}{g_m} \approx 25\Omega$

$$c. \text{ 整體電壓增益 } G_v \equiv \frac{v_o}{v_{sig}} = \frac{\left(\frac{1}{g_m} // R4 \right)}{\left(\frac{1}{g_m} // R4 \right) + R_s} \times [g_m \times (R3 // R5)]$$

$$G_v \equiv \frac{v_o}{v_{sig}} = \frac{(25\Omega // 300\Omega)}{(25\Omega // 300\Omega) + 50\Omega} \times [0.03991 \times (3K\Omega // 1K\Omega)] \approx 9.43(V/V)$$

d. 輸出阻抗： $R_o = (R3 // R5) = 1K\Omega // 1K\Omega = 500\Omega$

(三)、決定電阻功率及電容耐壓

$$V_{D1Q} = 9.136V, V_{S1Q} = 3.259V, V_{G1Q} = 4.877V$$

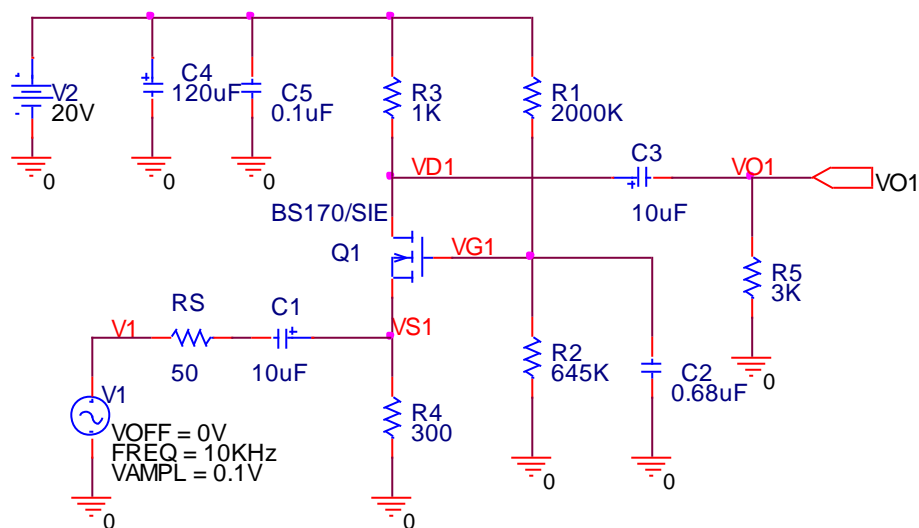
$$P_{C(\max)}(R1) = \frac{[V_{DD} - V_{G1Q}]^2}{R1} \approx \frac{[20V - 4.877V]^2}{2000K\Omega} \approx 0.11mW$$

$$P_{C(\max)}(R2) = \frac{[V_{G1Q}]^2}{R2} \approx \frac{[4.877V]^2}{645K\Omega} \approx 0.04mW$$

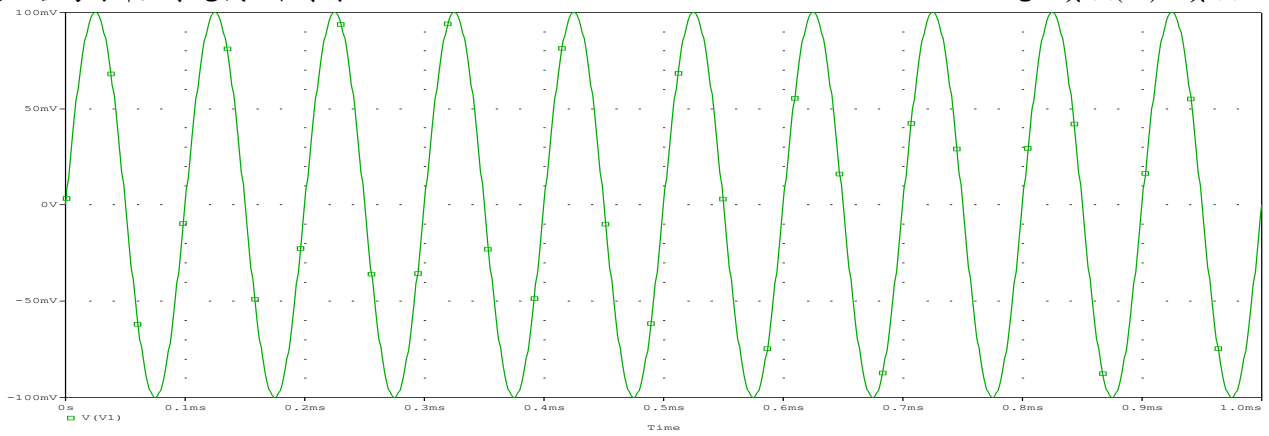
$$P_{C(\max)}(R3) = \frac{[V_{DD} - (V_{D1Q} - \frac{1}{2}V_{OSW})]^2}{R3} \approx \frac{[20V - (9.136V - 5V)]^2}{1K\Omega} \approx 0.252W$$

$$P_{C(\max)}(R4) = \frac{[(V_{S1Q} + \frac{1}{20}V_{OSW})]^2}{R4} \approx \frac{[3.259V + 0.5V]^2}{300\Omega} \approx 47mW$$

碳膜電阻選用 $\frac{1}{4}W$ ，電容選用實驗電路圖上所標示的阻值，耐壓電容選用 50V。

五、實驗電路模擬**1. 實驗電路模擬(一)****a. 實驗模擬圖**

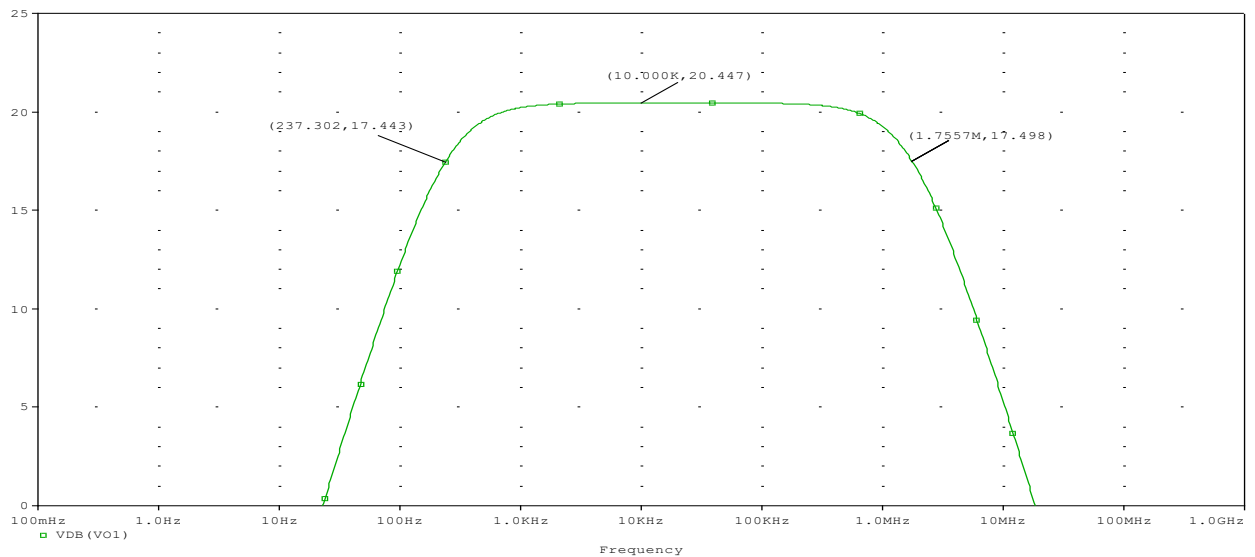
圖(五)：實驗模擬圖



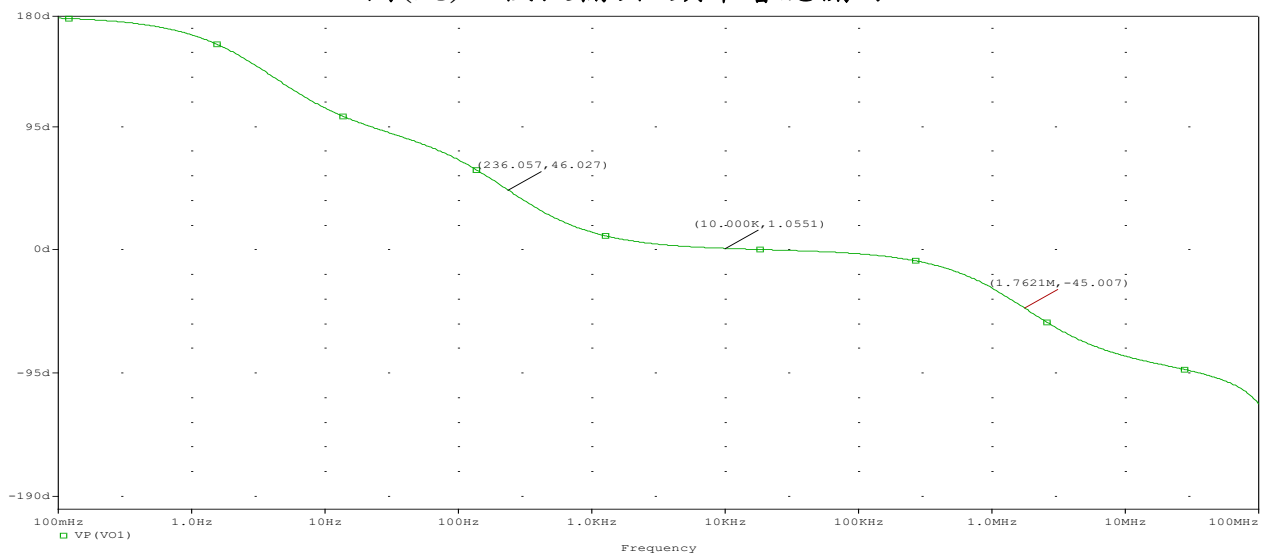
圖(八)：模擬輸出-暫態波形關係

d.交流(頻率響應)分析

$$f_{L(-3dB)} \approx 237\text{Hz}, \quad f_{H(-3dB)} \approx 1.755\text{MHz}.$$



圖(九)：模擬輸出-頻率響應關係

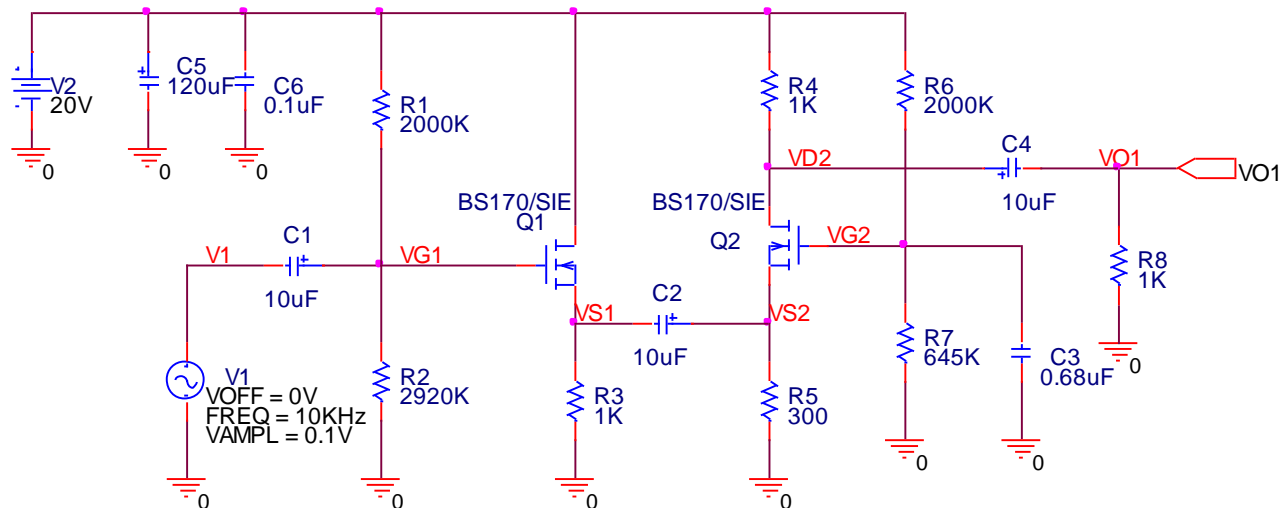


圖(十)：模擬輸出-相位關係

2.實驗電路模擬(二)

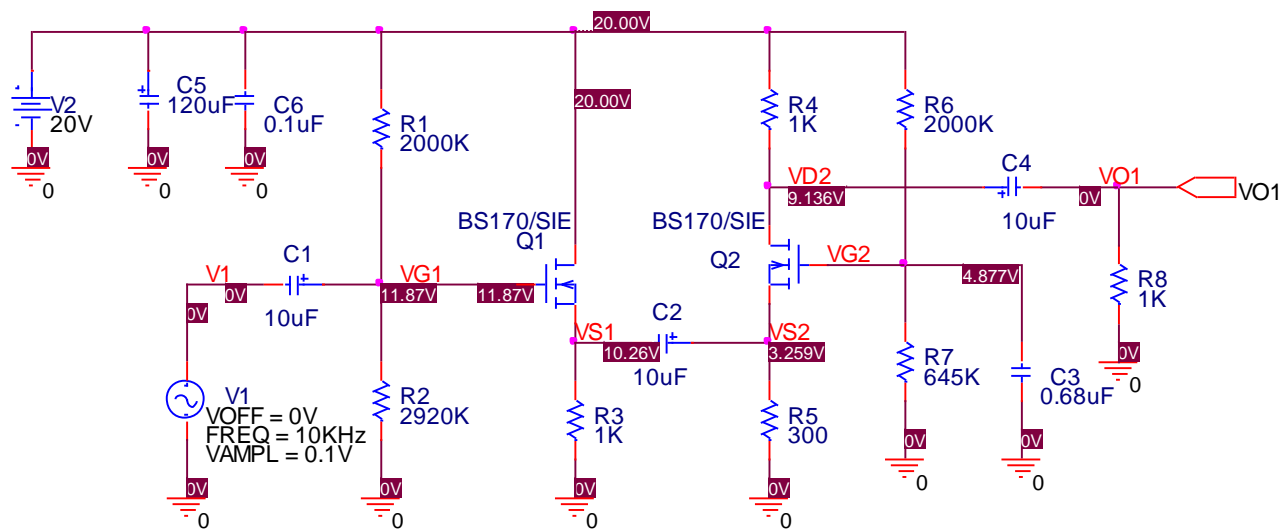
使用前實驗單元一共汲極放大器電路為前級放大器，串級加上共閘極放大器，據以提高實驗電路的輸入阻抗，其模擬電路如下所示：

a.實驗模擬圖

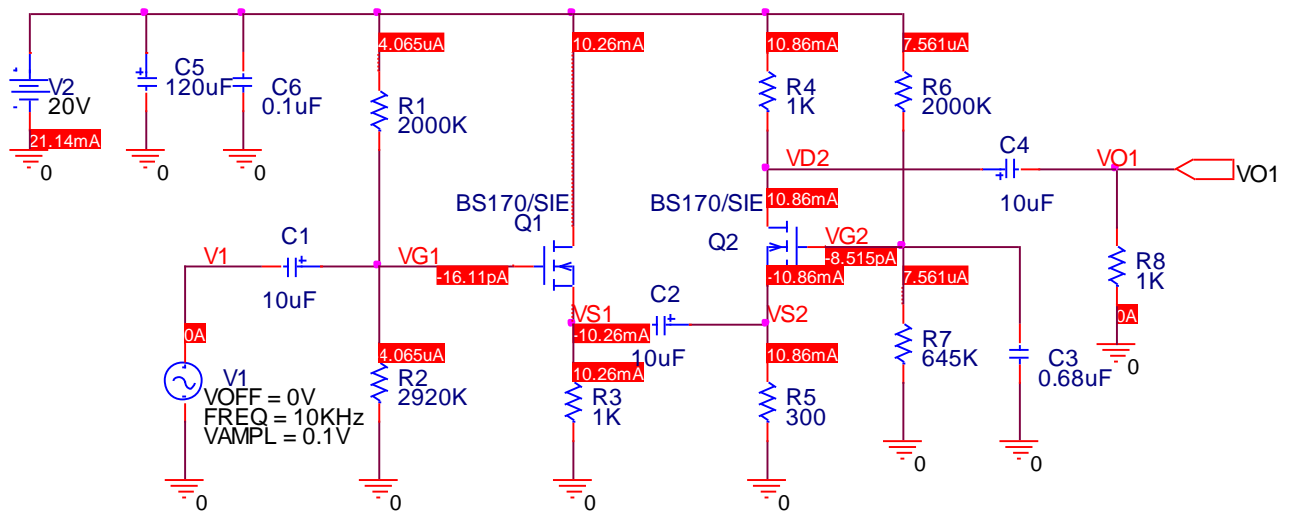


圖(十一)：實驗模擬圖

b.偏壓點分析



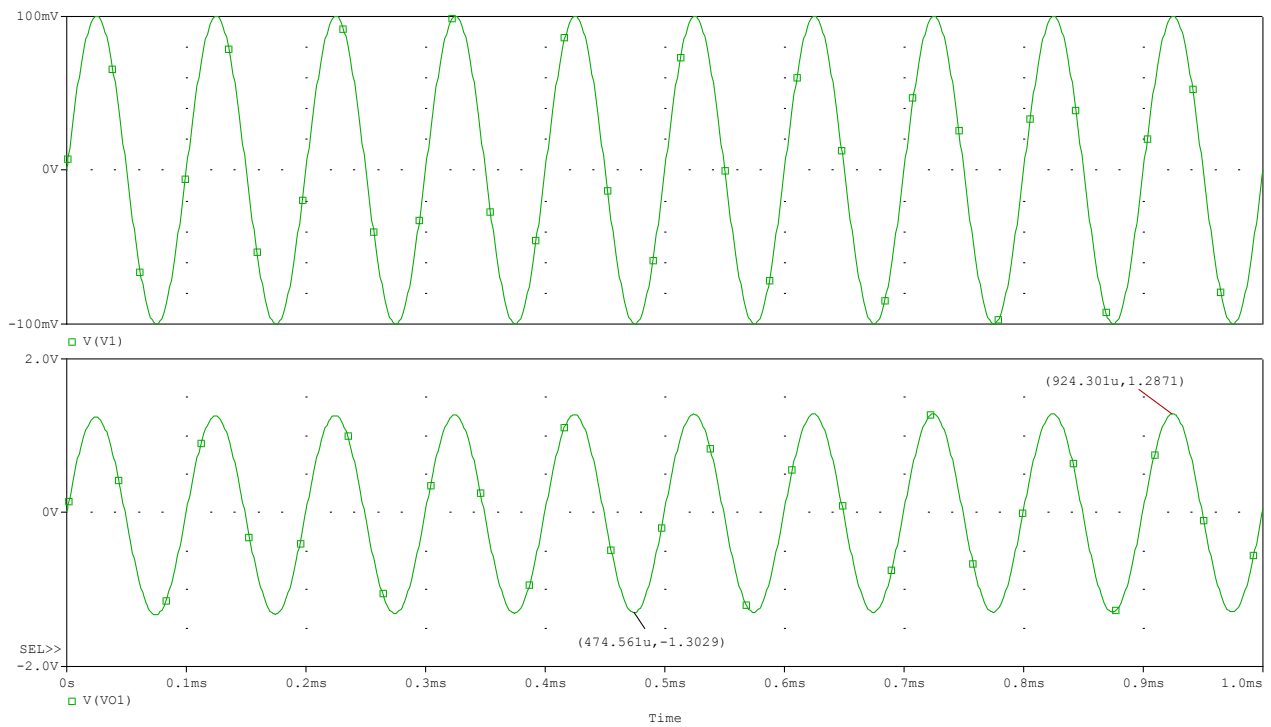
圖(十二)：模擬結果-節點電壓偏壓值



圖(十三)：模擬結果-電流偏流值

c. 暫態時域分析

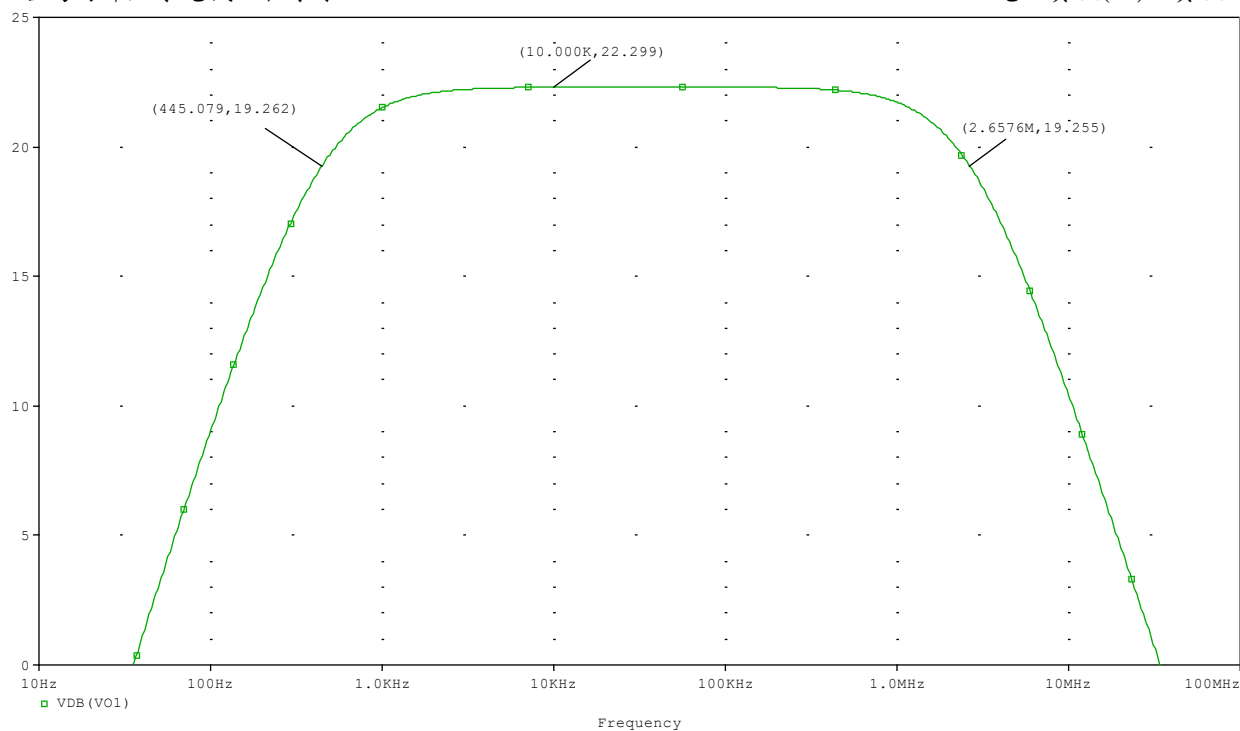
◎電壓增益 $A_v \approx 13(V/V)$ ，有 10 倍增益，其中 $VO1(V_{P-P}) = 2.5900(V_{P-P})$ 。



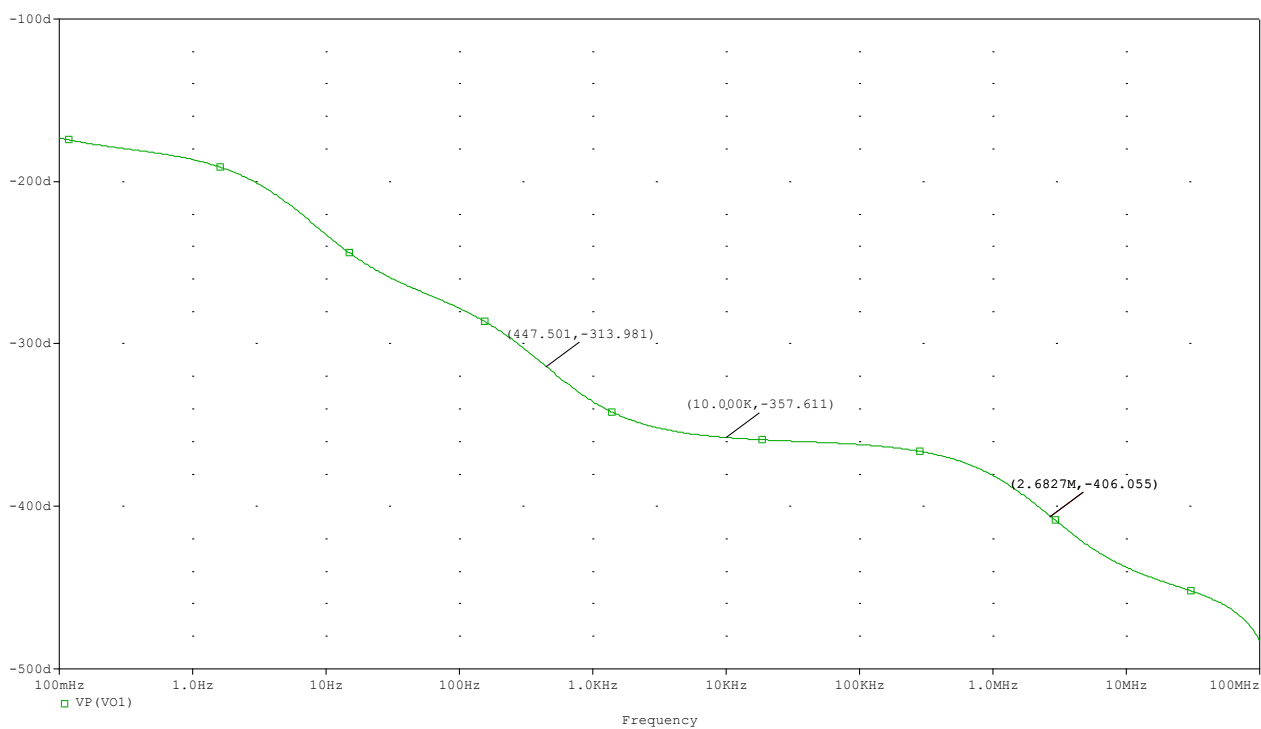
圖(十四)：模擬輸出-暫態波形關係

d. 交流(頻率響應)分析

$f_{L(-3dB)} \approx 445Hz$ ， $f_{H(-3dB)} \approx 2.657MHz$ 。



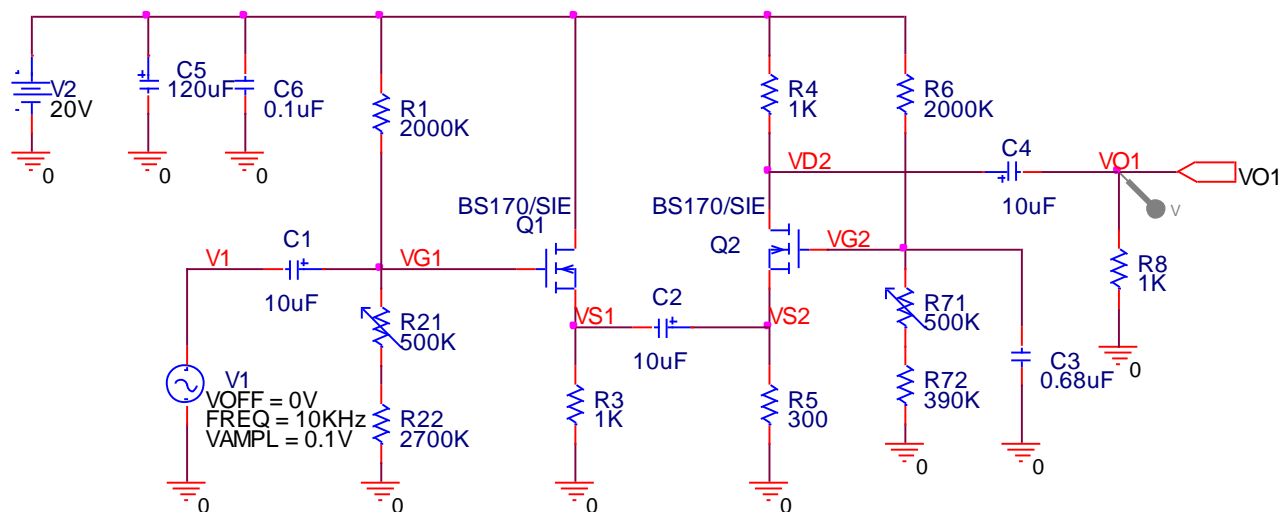
圖(十五)：模擬輸出-頻率響應關係



圖(十六)：模擬輸出-相位關係

3.實作電路圖

依據圖(十一)模擬電路圖，增加可變電阻，實作串級放大器電路圖如下所示：



圖(十七)：實作電路圖

六、實驗步驟、實驗測量與記錄

依據前項實驗電路說明，完成下列各項測量項目：

※注意各位同學輸入測試頻率值，依表格(7-1)而定。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。

表(7-1)：各組頻率值

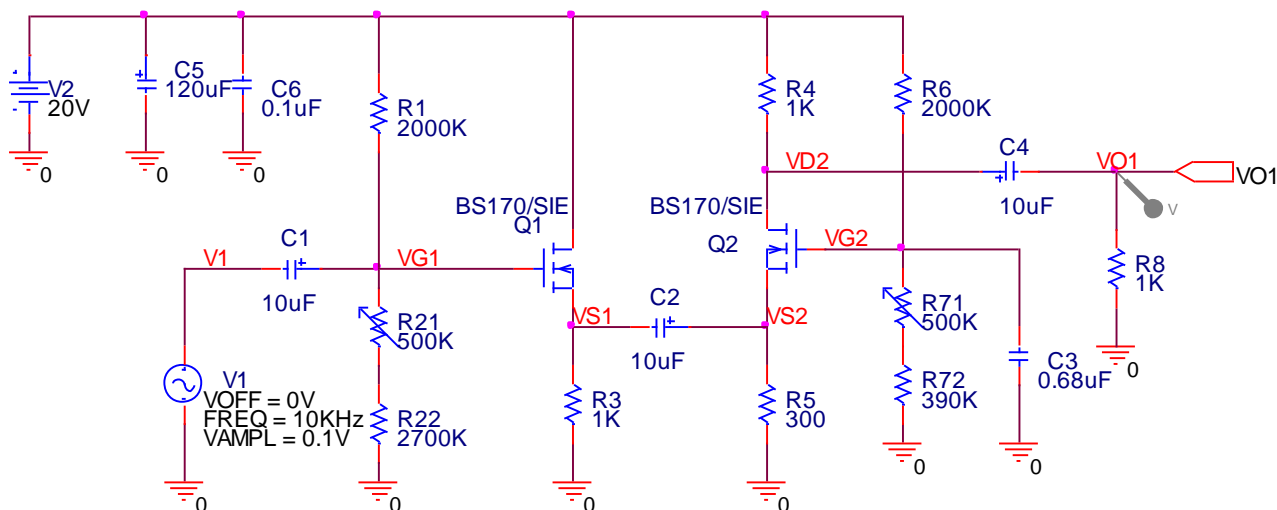
組別	頻率值	組別	頻率值	組別	頻率值	組別	頻率值
NO.1-1	1.1KHz	NO.8-2	2.6KHz	NO.16-1	4.1KHz	NO.23-2	5.6KHz
NO.1-2	1.2KHz	NO.9-1	2.7KHz	NO.16-2	4.2KHz	NO.24-1	5.7KHz
NO.2-1	1.3KHz	NO.9-2	2.8KHz	NO.17-1	4.3KHz	NO.24-2	5.8KHz
NO.2-2	1.4KHz	NO.10-1	2.9KHz	NO.17-2	4.4KHz	NO.25-1	5.9KHz
NO.3-1	1.5KHz	NO.10-2	3.0KHz	NO.18-1	4.5KHz	NO.25-2	6.0KHz
NO.3-2	1.6KHz	NO.11-1	3.1KHz	NO.18-2	4.6KHz	NO.26-1	6.1KHz
NO.4-1	1.7KHz	NO.11-2	3.2KHz	NO.19-1	4.7KHz	NO.26-2	6.2KHz
NO.4-2	1.8KHz	NO.12-1	3.3KHz	NO.19-2	4.8KHz	NO.27-1	6.3KHz
NO.5-1	1.9KHz	NO.12-2	3.4KHz	NO.20-1	4.9KHz	NO.27-2	6.4KHz
NO.5-2	2.0KHz	NO.13-1	3.5KHz	NO.20-2	5.0KHz	NO.28-1	6.5KHz
NO.6-1	2.1KHz	NO.13-2	3.6KHz	NO.21-1	5.1KHz	NO.28-2	6.6KHz

組別	頻率值	組別	頻率值	組別	頻率值	組別	頻率值
NO.6-2	2.2KHz	NO.14-1	3.7KHz	NO.21-2	5.2KHz	NO.29-1	6.7KHz
NO.7-1	2.3KHz	NO.14-2	3.8KHz	NO.22-1	5.3KHz	NO.29-2	6.8KHz
NO.7-2	2.4KHz	NO.15-1	3.9KHz	NO.22-2	5.4KHz	NO.30-1	6.9KHz
NO.8-1	2.5KHz	NO.15-2	4.0KHz	NO.23-1	5.5KHz	NO.30-2	7.0KHz

※**實驗注意事項**—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。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(Vp-p)。高阻抗負載時，需使用 X10 探棒。

(一)、測量項目(一)：MOSFET Q1 及 Q2 偏壓點調整與測量。

1.參閱實驗電路圖(7-1)，組裝所設計的電路。



圖(7-1)：MOSFET 串級放大器電路

- 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(7-2)內容。

表(7-2)：電晶體電路偏壓點測量值及計算值

測量值	測量值	計算值
$V_{G1Q} =$	$V_{R1} =$	$I_{R1} =$
$V_{S1Q} =$	$V_{R22} =$	$I_{R22} =$

測 量 值	測 量 值	計 算 值
$V_{DS1Q} =$	$V_{R3} =$	$I_{D1Q} = I_{S1Q} = I_{R3} =$
$V_{GS1Q} =$	$V_{GS2Q} =$	
$V_{G2Q} =$	$V_{R6} =$	$I_{R6} =$
$V_{S2Q} =$	$V_{R5} =$	$I_{S2Q} = I_{R5} =$
$V_{D2Q} =$	$V_{R4} =$	$I_{D2Q} = I_{R4} =$
$V_{DS2Q} =$	$V_{R72} =$	$I_{R72} =$

(二)、測量項目(二)：MOSFET 輸出各節點電壓增益的測量。

1.調整訊號產生器設定：

a.波形：正弦波

b.頻率：依各組之頻率值

c.振幅(示波器上顯示)：200mV(下列各項電壓值均是峰-峰值 V_{p-p})

d.以下各項目測試，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 $(V_{p-p}) \geq 2V$ 。

a.節點[V1，VG1]： $A_{v1} = \frac{VG1}{V1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，(相位關係：☐同相、☐反相)。

b.節點[V1，VS1]： $A_{v2} = \frac{VS1}{V1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，(相位關係：☐同相、☐反相)。

c.節點[V1，VS2]： $A_{v3} = \frac{VS2}{V1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，(相位關係：☐同相、☐反相)。

d.節點[V1，VD2]： $A_{v4} = \frac{VD2}{V1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，(相位關係：☐同相、☐反相)。

e.節點[V1，VG2]： $A_{v5} = \frac{VG2}{V1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，(相位關係：☐同相、☐反相)。

f.節點[V1，VO1]： $A_{v6} = \frac{VO1}{V1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，(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、依各組別頻率值、振幅：

示波器顯示 $(V_{p-p})=200mV$ 。依前所調整好的電路，擷取節點[V1，VO1]測試波形。

(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})=200mV。調整可變電阻，使得放大器電壓增益 ≥ 10 倍。**示波器通道輸入設定為直流耦合。**

2.改變正弦波之頻率，觀察輸出節點[VO1]，記錄[VO1]波形的峰-峰值大小及相位差且計算出 dB 值，完成表格(7-3)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)。

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。

表(7-3)：MOSFET 放大器頻率響應測試資料記錄表

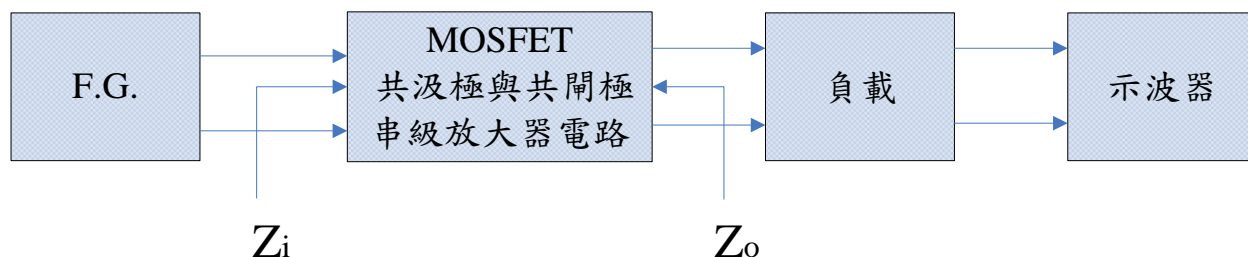
頻率 (Hz)	輸入 V1 (峰-峰值)	輸出 VO1 (峰-峰值)	計算電壓增益 值(dB)	記錄相位差 (度)
2				
10				
100				
500				
1K				
10K				
30K				
60K				
90K				
100K				
300K				
600K				
900K				
1M				
2 M				
4M				
6M				
10M				

(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})=200mV，[CH2]=[VO1]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[CH2]=[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})=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})為上前述輸出峰-峰值的 0.707 倍，此時記錄頻率值，記錄相位差，並擷取此波形。
- 3.測量低頻-3dB 截止頻率：
 - a.頻率 1KHz 時輸出 VO1=_____。
 - b.記錄低頻-3dB 截止頻率：輸出 VO1=_____，頻率值 $f_{L(-3dB)}$ =_____。測量相位差=_____。
 - c.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。
- 4.測量高頻-3dB 截止頻率：
 - a.頻率 1KHz 時輸出 VO1=_____。
 - b.記錄低頻-3dB 截止頻率：輸出 VO1=_____，頻率值 $f_{H(-3dB)}$ =_____。測量相位差=_____。
 - c.擷取波形：[CH1、CH2]=[V1、VO1]。
- 5.計算頻寬增益乘積=_____。

(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。在原有電路中，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 $V_{OPEN}(p-p)$ ，並擷取此結果，示波器測量時，需標示出電壓值。



圖(7-2)：輸出阻抗測試接線方塊圖

- 3.更改接負載電阻=10K Ω 於負載處，測量放大器的輸出電壓值，其輸出電壓 $V_{LOAD}(p-p)$ ，並擷取此結果，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 。

$$Z_o = R8(10K\Omega) \times \left[\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1 \right]。$$

- 5.擷取波形：節點[V1，VO1]。

記錄： $V_{OPEN}(p-p) = \underline{\hspace{2cm}}$ ，頻率值=1KHz。

- 6.擷取波形：節點[V1，VO1]。

記錄： $V_{LOAD}(p-p) = \underline{\hspace{2cm}}$ ，頻率值=1KHz。

$$7. \text{計算 } Z_o = R8(10K\Omega) \times \left[\frac{V_{OPEN}}{V_{LOAD}} - 1 \right] = \underline{\hspace{2cm}} \Omega \circ (R_L = R8)$$

- 8.公式推導：

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

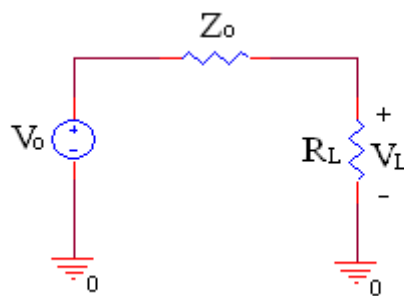
b. 接負載下 $V_{LOAD} < V_{OPEN}$

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(7-3)：輸出阻抗等效電路圖

(六)、實驗電路板電路檢查，接著後續焊接電路板(加分項目)。

◎檢查日期：____年____月____日

(七)、焊接電路板測試電路

1.調整訊號產生器設定：正弦波[V1]、輸入頻率依各組之頻率值、輸入峰-峰值(Vp-p)：200mV、測試探棒[CH1，CH2]=[V1，VO1]。

2.擷取節點[CH1，CH2]=[V1，VO1]波形，輸出節點[VO1]峰-峰值輸出合乎實

驗要求。節點[V1，VO1]： $A_{v6} = \frac{VO1}{V1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，(相位關係：☐同相、☐反相)。

七、實驗數據分析、實驗問題與討論

- 1.依上述所得到的實驗數據，討論共汲極與共閘極放大器電路的特性。
- 2.共閘極放大器電路可以應用於那些電路呢？

八、實驗結論與實驗心得

九、實驗綜合評論

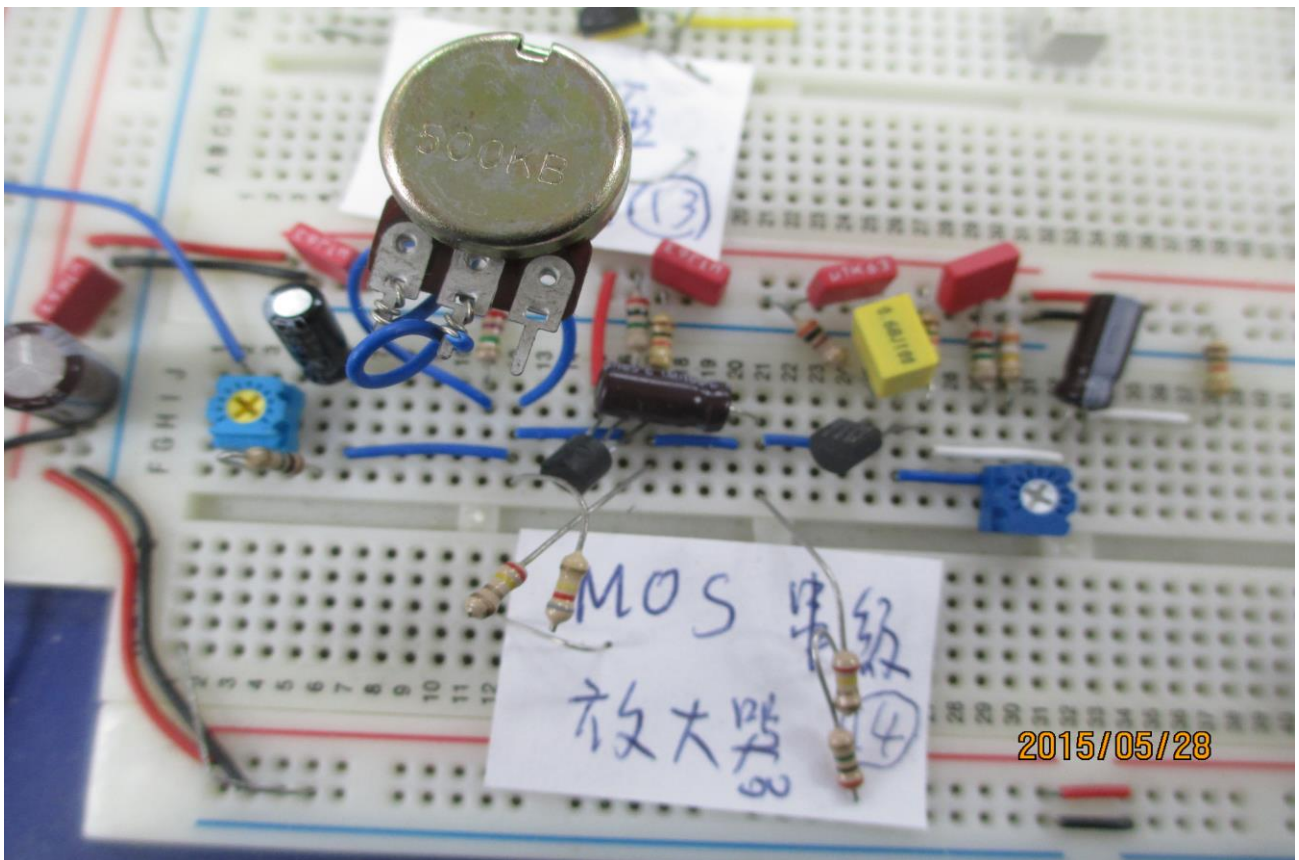
- 1.實驗測試說明、實驗補充資料及老師上課原理說明，是否有需要改善之處。
- 2.實驗模擬項目內容，是否有助於個人對實驗電路測試內容的了解。
- 3.實驗測量結果，是否合乎實驗目標及個人的是否清楚瞭解其電路特性。
- 4.就實驗內容的安排，是否合乎相關課程進度。
- 5.就個人實驗進度安排及最後結果，自己的評等是幾分。
- 6.在實驗項目中，最容易的項目有那些，最艱難的項目包含那些項目，並回憶一下，您在此實驗中學到了那些知識與常識。

十、附上實驗進度紀錄單(照片檔)、麵包板電路組裝圖檔(照片檔)及印刷電路板(PCB)組裝圖檔(照片檔)

十一、實驗參考資料來源

- [1]. SEDRA & SMITH , “MICROELECTRONIC CIRCUITS” , Copyright by Oxford University Press, Inc, sixth edition 2010, P.355～P.452.
- [2]. “電子元件與電路理論”, 張順雄、張忠誠、李榮乾編譯, 東華書局出版, 第三版, 1999, P.316～P.327, P.367～P.374.
- [3]. BS170 N-Channel Enhancement Mode Field Effect Transistor Data Sheet
<http://www.fairchildsemi.com/ds/BS/BS170.pdf>
- [4]. BS170 Seimens
<http://datasheet.eeworld.com.cn/part/BS170,SIEMENS,88527.html>

十二、參考麵包板實驗組裝配置圖



◎ 接線配置須越短越好，迴路面積越小越不受到干擾。

◎ 高阻抗易引起雜訊干擾元訊號。

以上提供給各位參考。

◎提供 PCB LAYOUT 電路板圖檔給各位同學參考。

