**實驗十一 場效電晶體**

1. **實驗器材**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名 稱 | 數量 | 名 稱 | 數量 | 名 稱 | 數量 |
| 電阻330 Ω | 1 | 電阻5 kΩ | 1 | 可變電阻10 kΩ | 2 |
| 電阻1 kΩ | 3 | 電阻10 kΩ | 1 | FET | 2 |
| 電阻1.2 kΩ | 1 | 電阻1 MΩ | 1 | 電容0.047 μF (473) | 2 |
| 電阻3.3 kΩ | 1 | 電阻10 MΩ | 1 | 電容47 μF/25V | 1 |

1. **預習作業**
   1. 以方塊圖表示*n*‐*channel* FET結構。
   2. 以*n*‐*channel*的FET為例說明*I*D（Drain current）與*V*DS（Drain與Source之電壓差）的關係分別討論*V*GS ＝ 0及*V*GS ＜ 0兩情況時，*I*D‐*V*DS之關係。
   3. 當*V*DS保持一定時，*I*D‐*V*GS的關係如何變化？試說明之。
2. **實驗步驟**
3. **利用三用電表判斷FET的G、D、S端**

1. 取一FET，記錄其編號 　　　　。

2. 三用電表旋至（R×1KΩ）檔，根據 ”參考資料 (一) ”找出G極，並判斷其通道為*p*‐或*n*‐ *channel* ? 　　　。

3. ”參考資料 (二) ”，找出D、S極。

4. 以電阻檔（R×10Ω）測出D及S兩極間的電阻*R*DS，再將電表的測棒互換測出S及D間的電阻*R*SD。

1. **測量通道電阻*R*DS**
   1. 如圖1連接線路。
   2. 調整訊號產生器的輸出頻率為1 kHz的方波並將此訊號接至圖1中*Vi* 輸入端，將FET的輸出訊號連至示波器上。

*R*DS

*Vo*

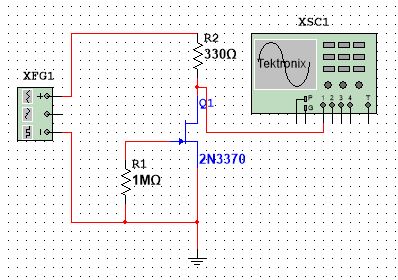
***Vi***

330 Ω

*R*

1 MΩ

圖1



* 1. 調整*Vi*的訊號強度（*Vp-p*約8V）使*Vo*有適當的輸出，由示波器測*Vo*＝ 　　　 V，由示波器測*Vi* ＝ 　　　 V，根據

計算*R*DS = 　　　 Ω。

1. **測量FET的*I*D－*V*DS的特性曲線**
   * + 1. 如圖2所示連接線路。

圖2

1 kΩ

*R*

*V*DD

**mA**

*I*D

*V*GG

10 kΩ

G

D

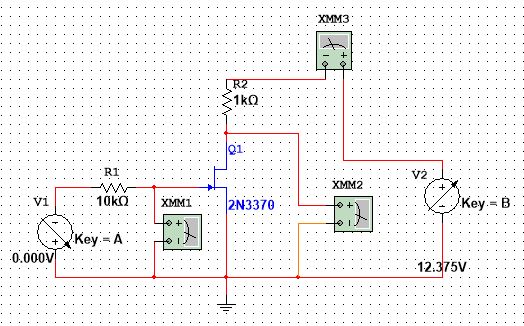
S

*V*GS

**V**

*V*DS

**V**



2. 調整*V*GG使*V*GS＝0後，調整*V*DD 使VDS由0 V逐漸增加 (如表1所示)，並記錄*I*D直至*V*DS為12 V為止。

3. 依次調整*V*GG 使*V*GS ＝ ‐1，‐1.5，‐2.0 V，重覆上述步驟改變*V*DS，記錄*V*DS及*I*D。

4. 繪出不同*V*GS 之*I*D‐*V*DS特性曲線。

1. **測量FET的Transfer Characteristic**

1. 如圖3接好線路，使*V*GG = ‐5 V，*V*DS ＝ 9 V。

圖3

**mA**

*I*D

G

D

S

VR

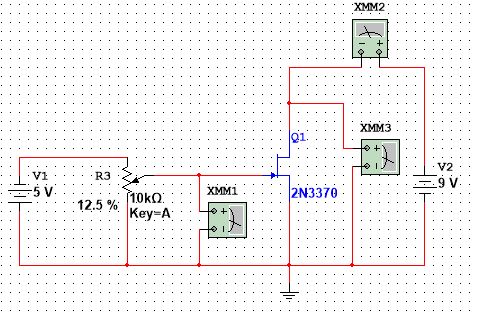
10 kΩ

*V*GG

*V*GS

**V**

*V*DS



2. 旋轉可變電阻VR使*V*GS = 0 V，此時之*I*D為最大值*I*DSS，記錄*I*DSS = mA。

3. 緩慢旋轉VR使*V*GS慢慢增加，*I*D增加或減少? 。

4. 繼續緩慢增加*V*GS直到*I*D恰好為0 mA，此時*V*GS = V，此電壓即為截止電壓( cutoff voltage )，*V*GS(off)。

5. 改變*V*DS為*V*DS ＝ 12 V，重複步驟 (2) 及 (4)，此時所得之*I*DSS = mA，*V*GS(off) = V。

這些值與*V*DS ＝ 9 V 所量得之值一樣嗎? 。

6. 再將*V*DS改為*V*DS ＝ 9 V，根據表2所列，變化*V*GS記錄所對應之電流*I*D。

1. **測量FET的電壓增益*Av***

1. 如圖4接好線路。

2. 調整訊號產生器，使其頻率約為1 kHz的正弦波接至線路圖4的輸入端*Vi*，調整正弦波的電壓使輸出電壓*Vo*不失真（*Vi*不宜太大，*Vp-p*約1V）。

3. 記錄*Vo*和*Vi*，求出*Av*。

圖4

10 MΩ

*RG*

0.047 μF

*Vi*

*Vo*

0.047 μF

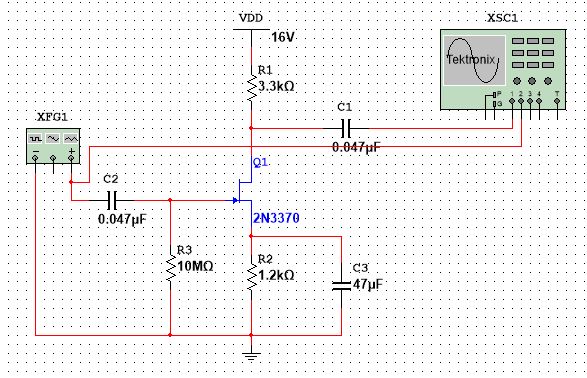
3.3 kΩ

*VDD* = +16 V

1.2 kΩ

*RS*

47 μF/25 V



**參考資料：利用三用表判別FET的三極**

**(一)　判別G極：**

以*n*-*channel* FET 為例，G極為*p*型物質，D和S為*n*型物質因此G-S 與G-D 間具有二極體之性質，如圖5所示。

G

D

S

圖5 *n*-*channel* FET

將三用電表置於R×1KΩ檔，測試G極與S極和G極與D極之間的*p*-*n*接面，則可找出G極，如圖6所示。若用R×1Ω 檔則有時不易測出*p-n*接面順向電阻，主要是FET的G與D或G與S的順向特性與電晶體接面所不同，故在判別G極時應該使用高電阻檔。

黑

G

D

S

*R* × 1K

**+**

紅

黑

圖6 G極之判別

1. **判別D極和S極：**

　　D和S之間在測量時的電阻值為數百歐姆，若測試極性相反其電阻值讀數亦相同，雖然一般的FET的D、S可以互換來使用，但有些FET在D、S互換使用時，其增益仍有所變化，因此以增益觀點來判別適當的S和D極：

　　現以*n*-*channel* FET為例，如圖7所示，將電表旋於R×10檔跨於G極之外的兩腳之間，當手指的等效電阻*R*跨於G與黑色端之間時，則電表針往低阻方向移動，如圖7(a) 所示。再將紅、黑測棒互換，當手指的等效電阻*R*跨於G與黑色端之間時，則電表指針亦會往低阻方向移動，如圖7(b) 所示。在這兩次實驗中，當電表指針移動較大 (電阻較小) 時，其黑棒所接者為D極，紅棒所接者為為S極。

D

G

S

*R* × 10

**+**

手指之

電阻*R*

D

G

S

黑

紅

(a) 電阻較小

*R* × 10

**+**

黑

手指之

電阻*R*

紅

(b) 電阻較大

圖7 D、S極之判斷

**實驗十一 場效電晶體**

組別： 學號： 姓名： 同組同學姓名：

日期： 教師簽署：

**一、利用三用電表測量FET的三極**

1.　FET編號 ，在右圖中填入G、D、S。

2.　*n*- 或*p*- channel ? 。

3.　*R*DS = Ω，*R*SD = Ω。

**二、測量通道電阻*R*DS**

*Vo* ＝ 　　　　 V，*Vi* ＝ 　　　　 V，計算*R*DS = Ω。

**三、測量FET的*I*D－*V*DS的特性曲線**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *V*GS | *V*DS  *I*D | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.25 | 3.5 | 3.75 | 4.0 |
| 0 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -1 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -1.5 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -2.0 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *V*GS | *V*DS  *I*D | 4.25 | 4.5 | 4.75 | 5.0 | 5.25 | 5.5 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 |
| 0 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -1 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -1.5 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| -2.0 | *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表1

繪出*I*D－*V*DS特性曲線。

*I*D, mA

*V*DS ,V

0

5

12

10

**四、測量FET的Transfer Characteristic**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *V*GS | 0.0 | -0.5 | -1.0 | -1.5 | -2.0 | -2.5 | -3.0 | -3.5 | -4.0 | -4.5 | -5.0 |
| *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | |
| *V*GS | -5.5 | -6.0 | -6.5 | -7.0 | -7.5 | -8.0 | -8.5 | -9.0 | -9.5 | -10.0 | -10.5 |
| *I*D |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | | | | | | | | |
| *V*GS | -11.0 | -11.5 | -12.0 |  | | | | | | | |
| *I*D |  |  |  |

表2

繪出*I*D－*V*GS的關係圖

*I*D, mA

‐*V*GS ,V

0

-5

-12

-10

同時繪出理論值曲線*I*D＝*I*DSS (1－VGS / VGS(off))2，兩相比較，你的結果與理論值相符嗎?

**五、測量FET的電壓增益*Av***

*Vo*＝ V*p-p*；*Vi*＝ V*p-p*；

*Av* = 20 log(*Vo*/*Vi*)＝ 　　　　(dB)。

作業：試以小信號分析方法計算圖4的電壓增益值，與實驗結果。

**六、討論**