

第九章 場效應電晶體放大電路

※9-1FET 的小訊號分析

1. 為使輸出電壓為輸入之線性函數，FET 偏壓在飽和區，輸入弦波使 V_{gs} 、 i_d 及 V_{ds} 改變。

2. Q 點位置由輸出特性曲線及負載線方程式($V_{DD} = I_D R_D + V_{DS}$)決定。

3. 參數：FET 的洩極電流 i_d 與 V_{gs} 及 V_{ds} 具有下列關係：

$$i_d = g_m V_{gs} + \frac{V_{ds}}{r_d}$$

4. 各參數之定義如下：

(1). 源極順向轉換互導(g_m)：單位“西門子”(Siemens 以字母 S 表示)，或姆歐()，典型值為 $1\text{mS} - 20\text{mS}$ 。

$$\text{定義：} g_m = \left. \frac{i_d}{v_{gs}} \right|_{v_{ds} = 0}$$

$$\text{相關式：A. JFET 及空乏型 MOSFET 的 } g_m = g_{m0} \times \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_p}\right) = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \times \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_p}\right)$$

$$\text{B. 增強型 MOSFET 的 } g_m = 2K \times (V_{GS} - V_T)$$

(2). 洩極電阻(r_d)：其在歐姆區或飽和區操作

$$\text{定義：} r_d = \left. \frac{v_{ds}}{i_d} \right|_{v_{gs} = 0}$$

(3). 放大因數(μ)：在固定 i_d 電流下，輸入端 V_{gs} 和輸出端 V_{ds} 的變化率

$$\text{定義：} \mu = \left. \frac{v_{ds}}{v_{gs}} \right|_{i_d = 0}$$

$$\text{相關式：} \mu = g_m \times r_d$$

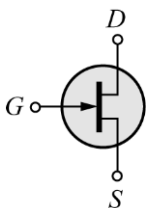
5. 溫度和參數之關係：

(1). r_d 具有正溫度係數。

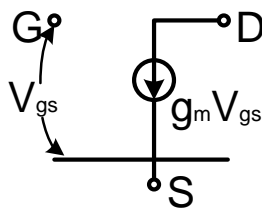
(2). I_{DS} 及 g_m 為負溫度係數。

(3). FET 以多數載子工作，溫度上升，由於晶體格子振動加劇，使載子移動率降低，因此 I_{DS} 也降低故在 FET 中沒有熱跑脫現象。

6. JFET 的小訊號等效電路：加於閘-源之間的交流電壓 V_{gs} 可產生一項洩極電流 I_D ，其值等於 $g_m \times V_{gs}$ ，圖(9-1-1) 為其等效電路。



圖(9-1-1A) FET 的交流等效電路



圖(9-1-1B) 包括洩源電阻的 FET 的交流等效電路

※9-2 FET 的小訊號分析

1. FET 之三種組態放大電路：

	接地端	輸入端	輸出端	類似 BJT 組態
共源極組態(CS)	S	G	D	共射極組態(CE)
共洩極組態(CD)	D	G	S	共集極組態(CC)
共閘極組態(CG)	G	S	D	共基極組態(CB)

2. 分析方法：

(1). 由 FET 之規格中可知 I_{DSS} 及 V_P 值。

(2). 利用 $g_{m0} = -\frac{2I_{DSS}}{|V_P|}$ ，求出 g_{m0} 值。

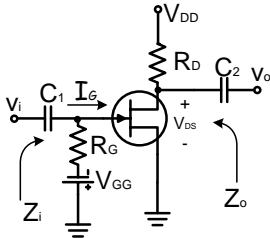
(3). 由直流分析中求出 V_{GSQ} 及 I_{DQ} 值。

(4). 將(2)(3)之結果代入 $g_m = g_{m0} \times (1 - \frac{V_{GS}}{V_P})$ 以求出該工作點下之 g_m 值。

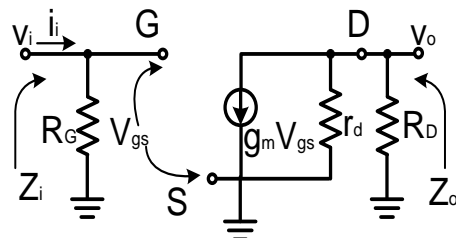
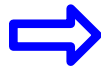
※9-3 共源極放大器

1. 電路特徵：簡稱 CS 放大電路。

2. 不含 R_S 電阻之 CS 放大電路如圖(9-3-1)為其電路及等效電路。



圖(9-3-1A)



圖(9-3-1B)

(1). 輸入阻抗： $Z_i = R_G$

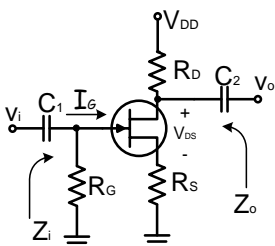
(2). 輸出阻抗： $Z_o = R_D // r_d$

(3). 電壓增益：

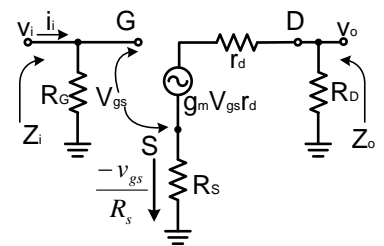
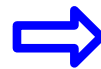
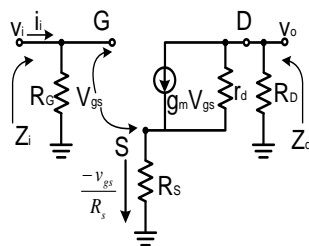
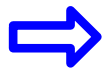
$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m v_{gs} \times (r_d // R_D)}{v_{gs}} = -g_m \times (r_d // R_D)$$

(4). 電流增益： $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{v_o / R_D}{v_i / R_G} = A_v \times \frac{R_G}{R_D}$

3. 含 R_S 電阻之 CS 放大電路如圖(9-3-2)為其電路及等效電路， R_S 電阻可以增加電路的穩定度。



圖(9-3-2A)



圖(9-3-2B)

(1). 輸入阻抗： $Z_i = R_G$

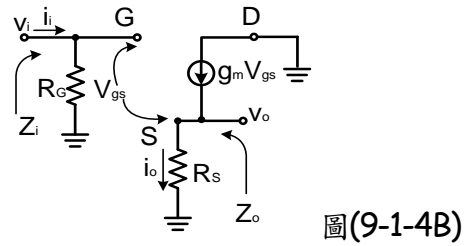
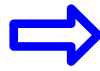
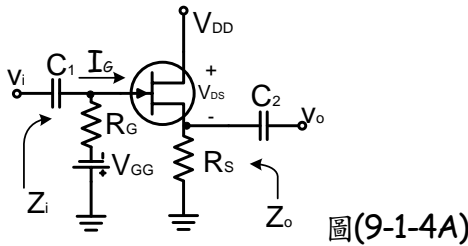
(2). 輸出阻抗： $Z_o = R_D // [r_d + (1 + g_m r_d) \times R_S] \approx R_D$

(3). 電壓增益： $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m v_{gs} \times R_D}{v_{gs} + g_m v_{gs} R_S} = \frac{-g_m \times R_D}{1 + g_m R_S} \approx \frac{-R_D}{R_S}$

(4). 電流增益： $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{v_o / R_D}{v_i / R_G} = A_v \times \frac{R_G}{R_D}$

※9-4 共洩極放大器

1. 共洩極放大器簡稱 CD 組態(源極隨耦器)：如圖(9-4-1)為其電路及等效電路。



(1). 輸入阻抗： $Z_i = R_G$

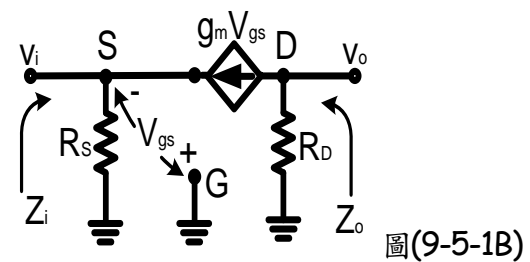
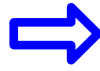
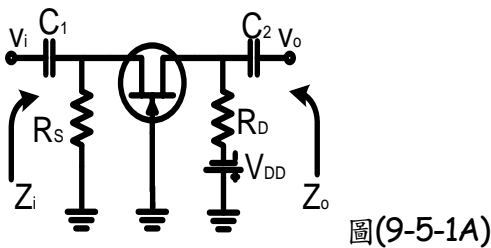
(2). 輸出阻抗： $Z_o = \frac{1}{g_m} // R_S$

(3). 電壓增益： $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{g_m v_{gs} \times R_S}{v_{gs} + g_m v_{gs} R_S} = \frac{g_m \times R_S}{1 + g_m R_S} \approx 1$

(4). 電流增益： $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{v_o / R_S}{v_i / Z_i} = A_v \times \frac{Z_i}{R_S}$

※9-5 共閘極放大器

1. 共閘極放大(CG 組態)：如圖(9-5-1)為其電路及等效電路。



(1). 輸入阻抗： $Z_i = \frac{1}{g_m} // R_S$

(2). 輸出阻抗： $Z_o = R_D$

(3). 電壓增益： $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{-g_m v_{gs} \times R_D}{-v_{gs}} = g_m R_D$

(4). 電流增益： $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{v_o / R_D}{v_i / Z_i} = A_v \times \frac{Z_i}{R_D}$

2. 由上述三種電路組態分析歸納：

(1). FET 由閘極看入則閘源間阻抗為無窮大。

(2). FET 由源極看入則閘源間阻抗為 $\frac{1}{g_m}$ 。