

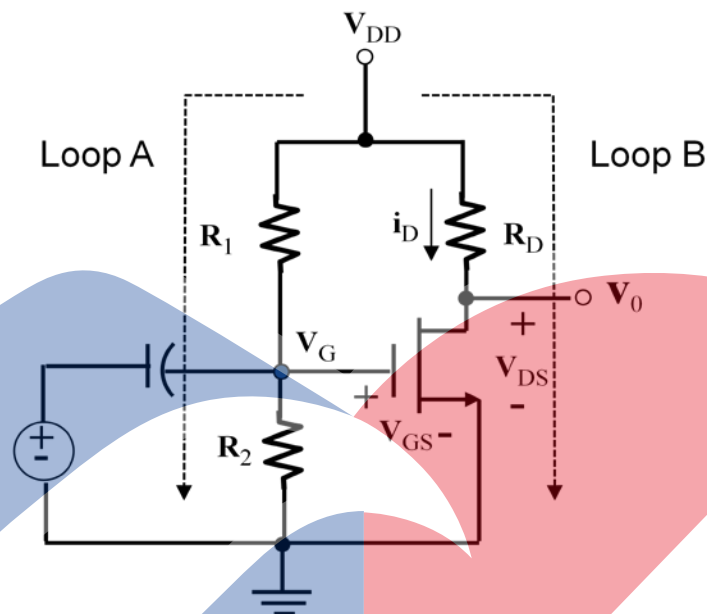
Chapter 3
場效電晶體(The
Field-Effect Transistor)

3.2 MOSFET 直流電路分析

南台科技大學
Southern Taiwan University

3.2 MOSFET 直流電路分析

1. 共源極電路(Common-Source Circuit)



步驟(一) DC 分析

(1) 假設 M 工作在 Saturation Region, $C_C \rightarrow \text{Open}$ 或 Non-Saturation Region

(2) 計算

$$\text{Loop A: } \because I_G = 0$$

$$\therefore V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}, V_{GS} = V_G$$

$$\text{Loop B: } V_{DD} - I_D R_D - V_{DS} = 0$$

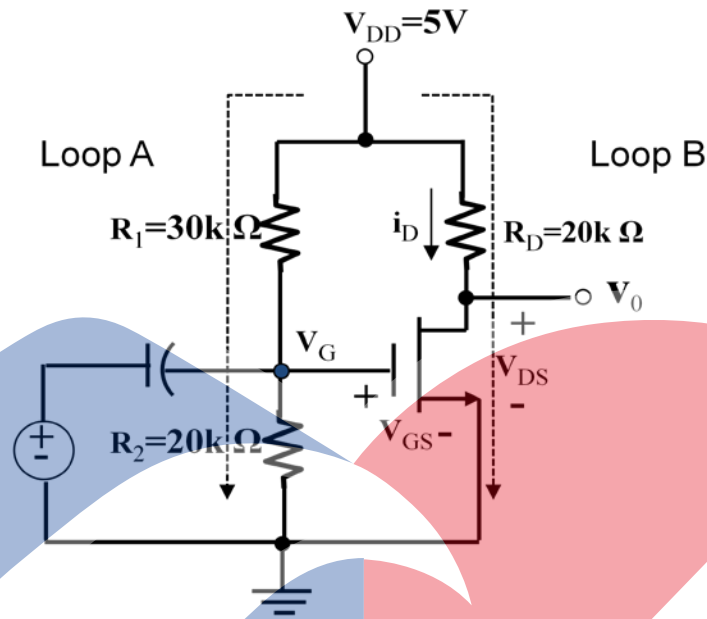
$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D$$

當 $V_{DS} > V_{DS(\text{SAT})} = V_{GS} - V_{TN}$ 時, $i_D = k_n [(V_{GS} - V_{TN})^2 (1 + \lambda V_{DS})]$, M 工作於 Saturation Region; 當 $V_{DS} < V_{DS(\text{SAT})} = V_{GS} - V_{TN}$ 時, $i_D = k_n [2(V_{GS} - V_{TN})^2 V_{DS} - V_{DS}^2]$, M 工作於 Non-Saturation Region。

(3) 驗證

假設 M 工作於 Saturation Region, $V_{DS} > V_{DS(\text{SAT})} = V_{GS} - V_{TN}$, 若不成立則假設失敗, 重作步驟(1)(2)(3), 則得 $V_{DS} < V_{DS(\text{SAT})} = V_{GS} - V_{TN}$, M 進入 Non-Saturation Region。

2. 負載線(Loading Line)與工作模式



輸入負載線:

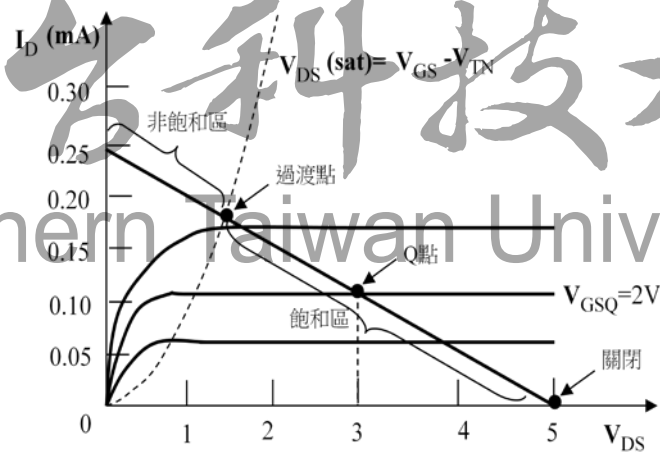
$$\text{Loop A: } V_{GS} = V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} = \frac{20\text{k}}{30\text{k} + 20\text{k}} \times 5 = 2\text{V}$$

輸出負載線:

$$\text{Loop B: } V_{DD} - I_D R_D - V_{DS} = 0$$

$$\begin{aligned} \text{When } V_{DS} = 0, I_D &= \frac{V_{DD}}{R_D} = \frac{5}{20\text{k}} \\ &= 0.25\text{mA} \end{aligned}$$

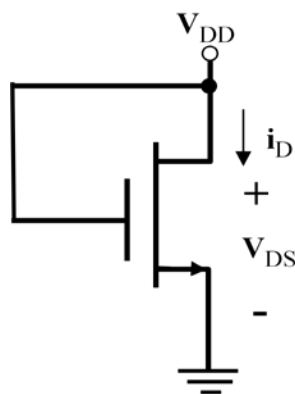
$$\text{When } I_D = 0, V_{DS} = V_{DD} = 5\text{V}$$



如上圖所示當 Q 點超過過渡點，則電晶體進入非飽和區。

3. 使用增強型的 MOSFET 作為負載元件

將 N 通道增強型 MOSFET 元件接如左圖，此結構可當作非線性電阻使用，稱為增強型負載元件 (Enhancement load device)，電晶體永遠偏壓在飽和區；由 G 極接至 S 極之接法可視為負載電阻，因此可節省半導體中設計的體積。



4. 使用空乏型的 MOSFET 作為負載元件

將 N 通道空乏型 MOSFET 元件接如左圖，此結構可當作非線性電阻使用，稱為空乏型負載元件 (Depletion load device)，與增強型負載元件不同的地方為：電晶體不一定永遠偏壓在飽和區；由 G 極接至 S 極之接法可視為負載電阻，因此也可節省半導體中設計的面積。

