

# Chapter 3

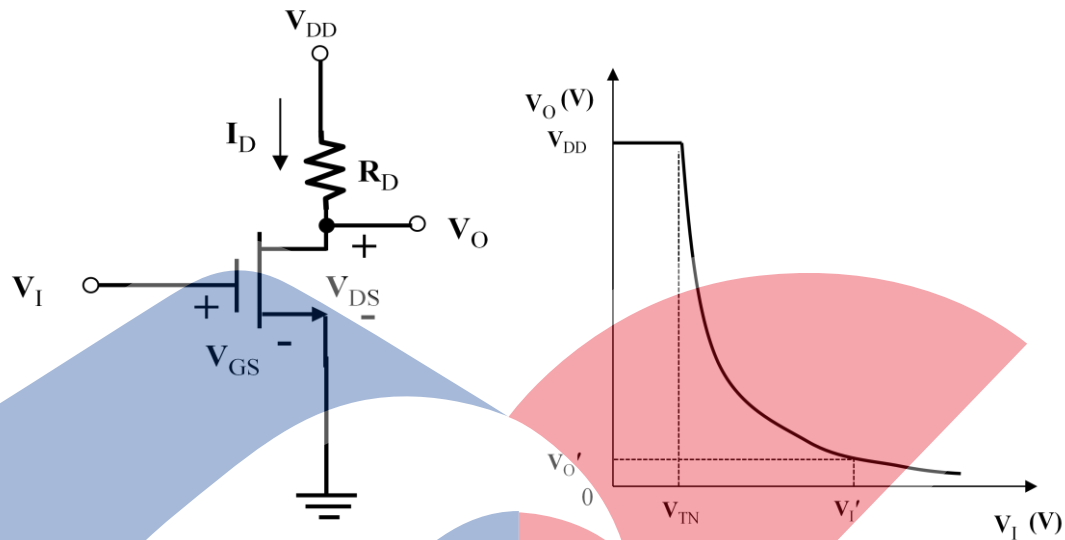
## 場效電晶體(The Field-Effect Transistor)

### 3.3 基本 MOSFET 應用

南台科技大學  
Southern Taiwan University

### 3.3 基本 MOSFET 應用

#### 1. 切換開關



電晶體切換開關的優勢為可靠度高、速度快，又稱反相器(Inverter)；上圖為 N 通道增強型 MOSFET 反相器電路，假設  $V_I < V_{TN}$ ，則電晶體偏壓在 Cut-off 且  $I_D = 0$ ， $V_{RD} = 0$ ，輸出電壓  $V_O = V_{DD}$ ，且電晶體無消耗功率。

當  $V_I > V_{TN}$ ，電晶體一開始偏壓在飽和區，但隨著  $V_I$  上升， $V_{DS}$  下降，電晶體最後偏壓在非飽和區。

由下列公式可推導出上圖轉折曲線中轉折點的  $V_I'$  及  $V_O'$ ：

假設 MOSFET 工作於 Non-SAT

③	②	①
Non-SAT	SAT	Cut-off
T2	T1	

T1: ① ↔ ②  $V_I' < V_{TN}$

$$V_O = V_{DD}$$

T2: ② ↔ ③  $V_{DS} = V_{DS(SAT)} = V_{GS} - V_{TN} = V_I' - V_{TN}$

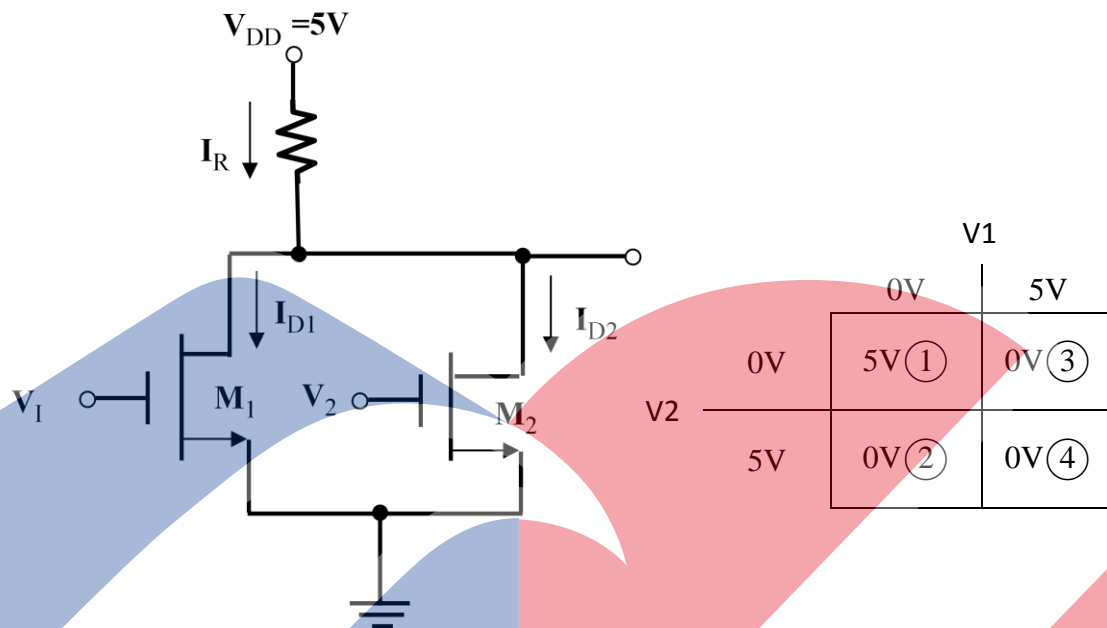
$$I_D = k_n(V_{GS} - V_{TN})^2 = k_n(V_I' - V_{TN})^2 - \Phi$$

$$V_{DD} - I_D R_D = V_O = V_{DS(SAT)} = V_I' - V_{TN}$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_I' + V_{TN}}{R_D} - \Phi$$

① = ② 代入參數解二次方程式後，即可得  $V_I'$ ，並由  $V_O' = V_I' - V_{TN}$  得  $V_O'$

## 2. 數位邏輯閘



如上圖，將兩個電晶體並聯相接，即可成為一個雙輸入的 NOR 邏輯電路

① → when  $V_1 = 0V$ 、 $V_2 = 0V$

$\therefore V_{GS1} = V_{GS2} = 0V < V_{TN}$ ，M1、M2 均工作在 Cut-off

$\therefore V_O = V_{DD} = 5V$

② → when  $V_1 = 0V$ 、 $V_2 = 5V$

M2 工作在 Non-SAT，M1 工作在 Cut-off

$$I_D = k_n [2(V_{GS2} - V_{TN})V_{DS} - V_{DS}^2] \text{ --- ①}$$

$$V_{DD} - I_D R_D = V_{DS} = V_O \text{ --- ②}$$

① = ② 代入參數，解出方程式後即可得  $V_O$  及  $I_D$  皆趨近於零

③ 與 ② 類似

④ → when  $V_1 = 5V$ 、 $V_2 = 5V$

M1、M2 工作在 Non-SAT

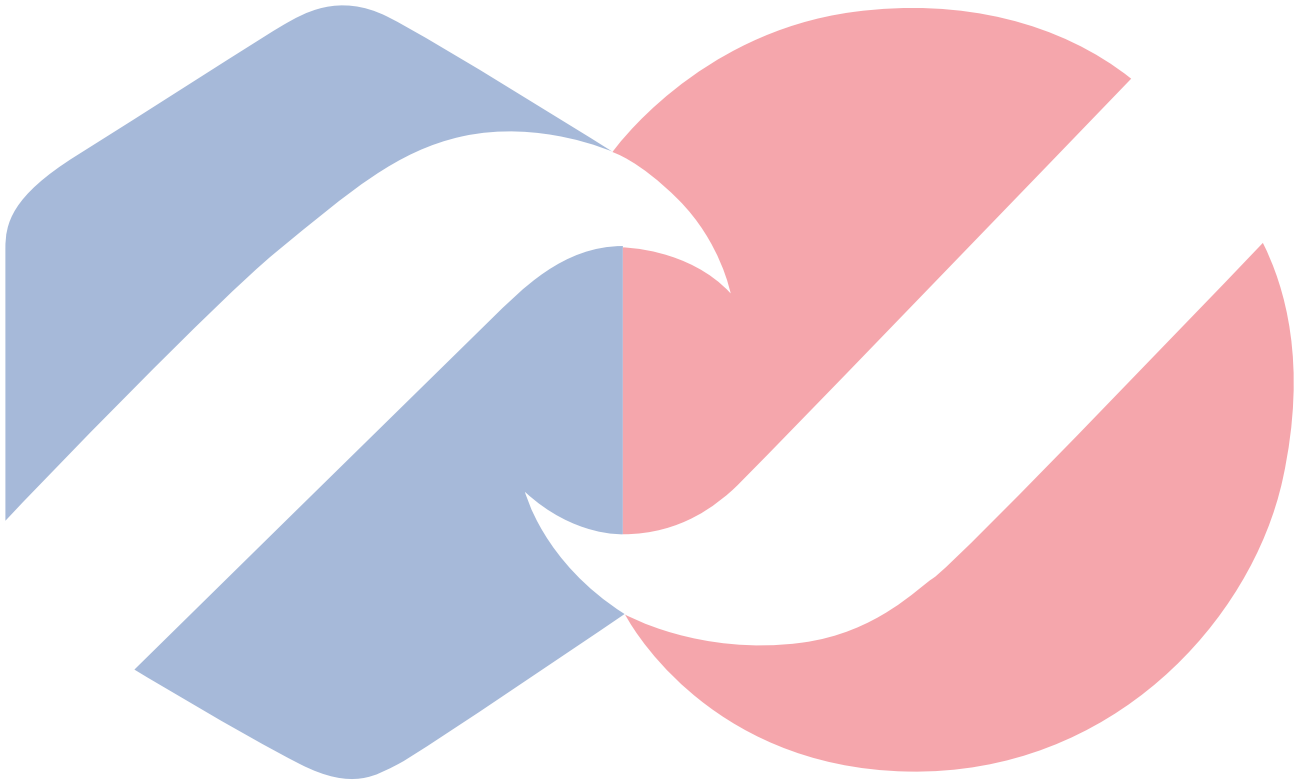
$$I_{D1} = k_n [2(V_1 - V_{TN})^2 V_{DS} - V_{DS}^2] \text{ --- ①}$$

$$I_{D2} = k_n [2(V_2 - V_{TN})^2 V_{DS} - V_{DS}^2] \text{ --- ②}$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_O}{R_D} \text{ --- (3)}$$

$$I_D = I_{D1} + I_{D2} \text{ --- (4)}$$

①②③代入④後，代入參數解出方程式後即可得 $V_O$ 及 $I_D$ 皆趨近於零



南台科技大學  
Southern Taiwan University