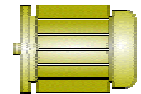


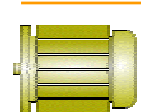
電子學

電晶體

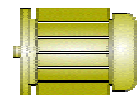
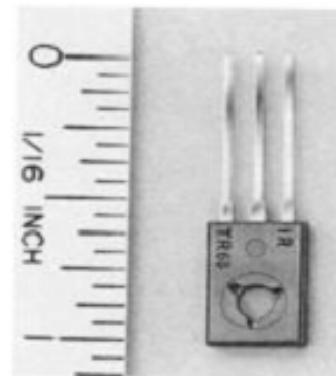
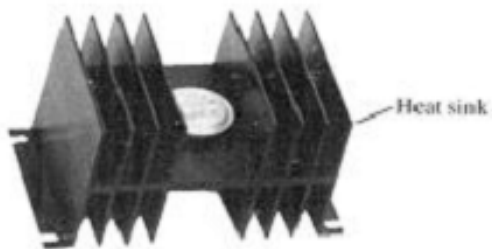
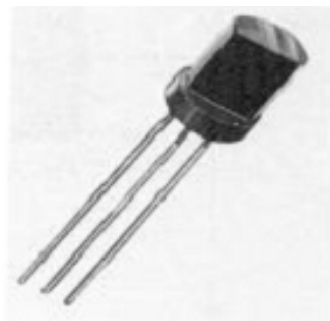
報告人：蔡明祺教授
國立成功大學機械系



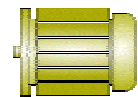
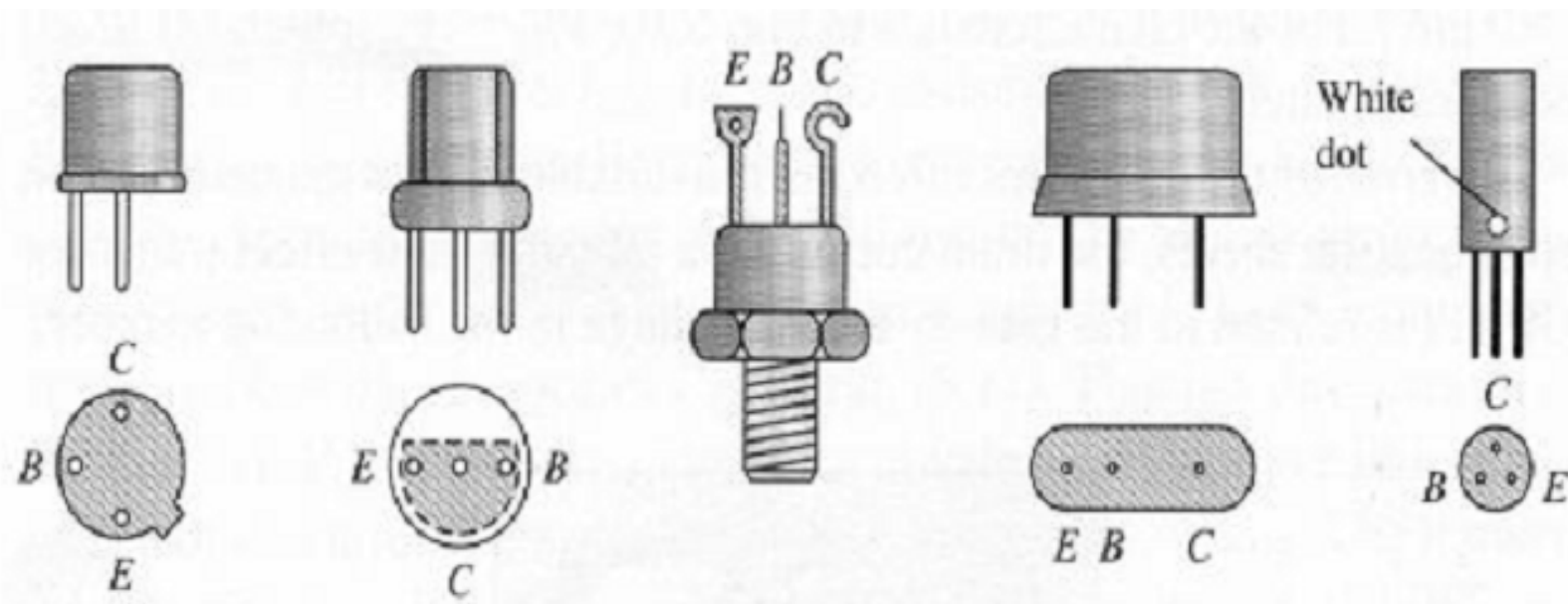
-
- ❖ 前節所述之二極體乃屬於二端子元件，本節將討論三端子元件 – 電晶體，是現代電子學的基礎。
 - ❖ 電晶體種類包括:
 - ✓ 雙極接面電晶體 BJT (Bipolar-Junction Transistor)
 - ✓ 場效電晶體 FET (Field-Effect Transistor)
 - 接面場效電晶體 JFET (Junction Field-Effect Transistor)
 - 金氧半場效 MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)
 - 本節先針對雙極接面電晶體 BJT 作討論！



看各種形式之電晶體



不同電晶體之接腳辨別



雙極接面電晶體 BJT

❖ npn 型 BJT

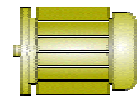
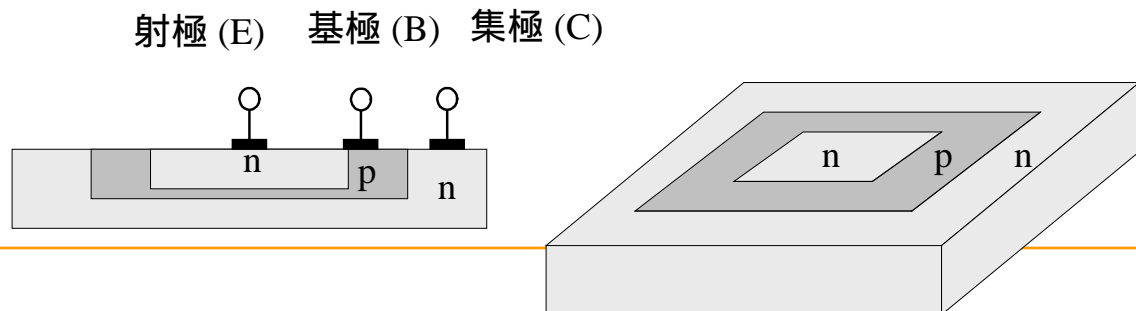
✓ 取 2 塊 n 型半導體，中間夾 1 塊很薄的 p 型半導體 (三明治)。

❖ pnp 型 BJT

✓ 取 2 塊 p 型半導體，中間夾 1 塊很薄的 n 型半導體。

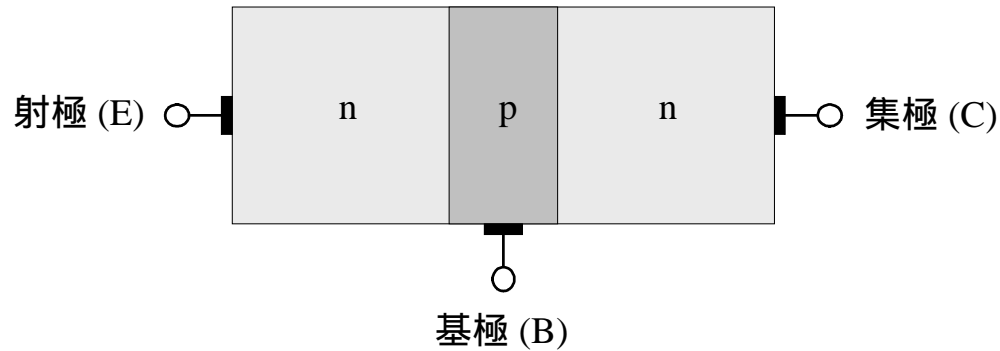
✓ 此兩種型態之特性幾乎相同，故只針對 npn 型BJT 詳加討論。

✓ 實際之 npn BJT 橫切面與立體圖：



❖ 由上圖，內層之 n 型區為“射極 E (Emitter)”，外層之 n 型區為“集極 C (Collector)”，中層非常薄之 p 型區為“基極 B (Base)”。

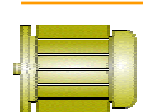
❖ 簡化結構如下：



❖ 形成 npn 型 BJT 之主要條件：

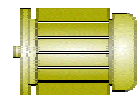
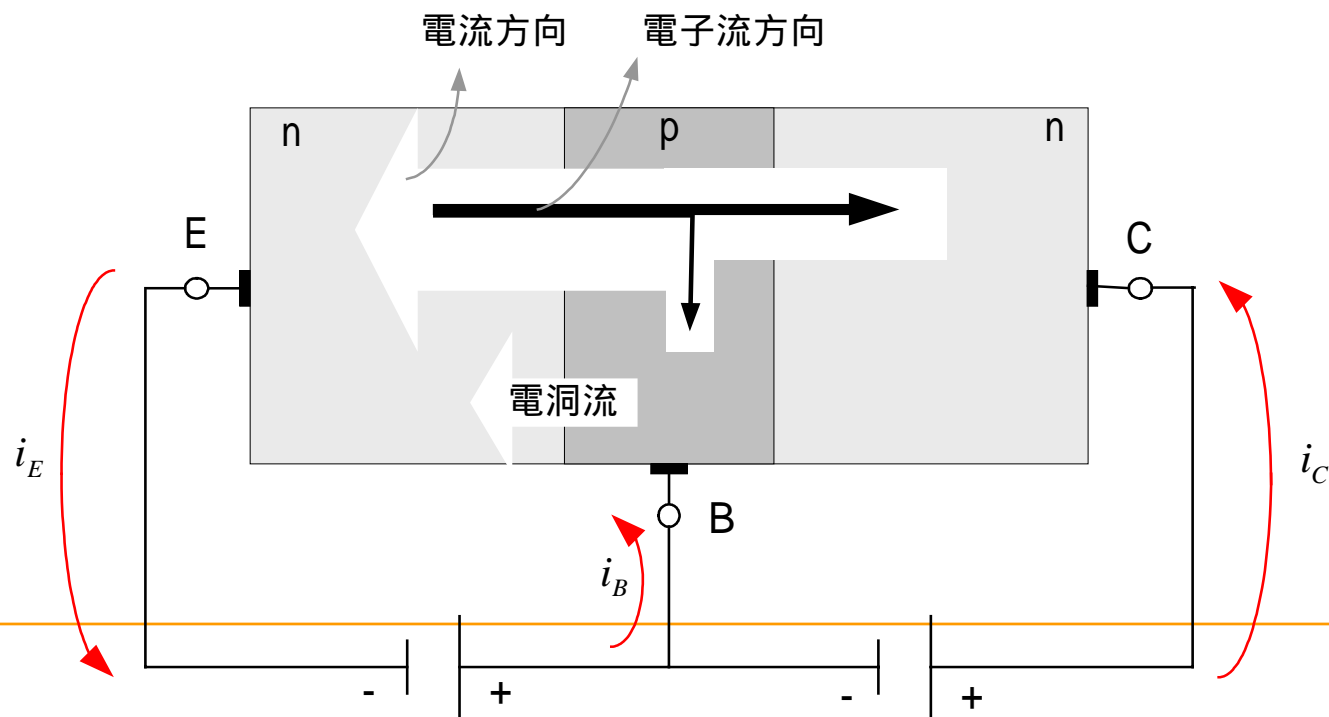
❖ 射極 E (n型半導體) 內所摻雜之電子濃度遠高於基極與集極。

❖ 基極 B (p型半導體) 所佔區域需非常窄。



npn 型 BJT 之物理定性描述

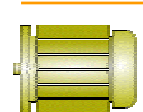
- ❖ 一般正常操作情況如下：射極 (E) 與基極 (B) 之間為順向偏壓，基極 (B) 與集極 (C) 為逆向偏壓。
- ❖ E 與 B 間之情況與一般二極體類似，若提供 E 至 B 順向偏壓超過 0.7V，E 內之大量自由電子會注入 B (E 內為高濃度 n 雜質摻雜)，而 B 內微量之電洞會注入 E (即為 i_B)。



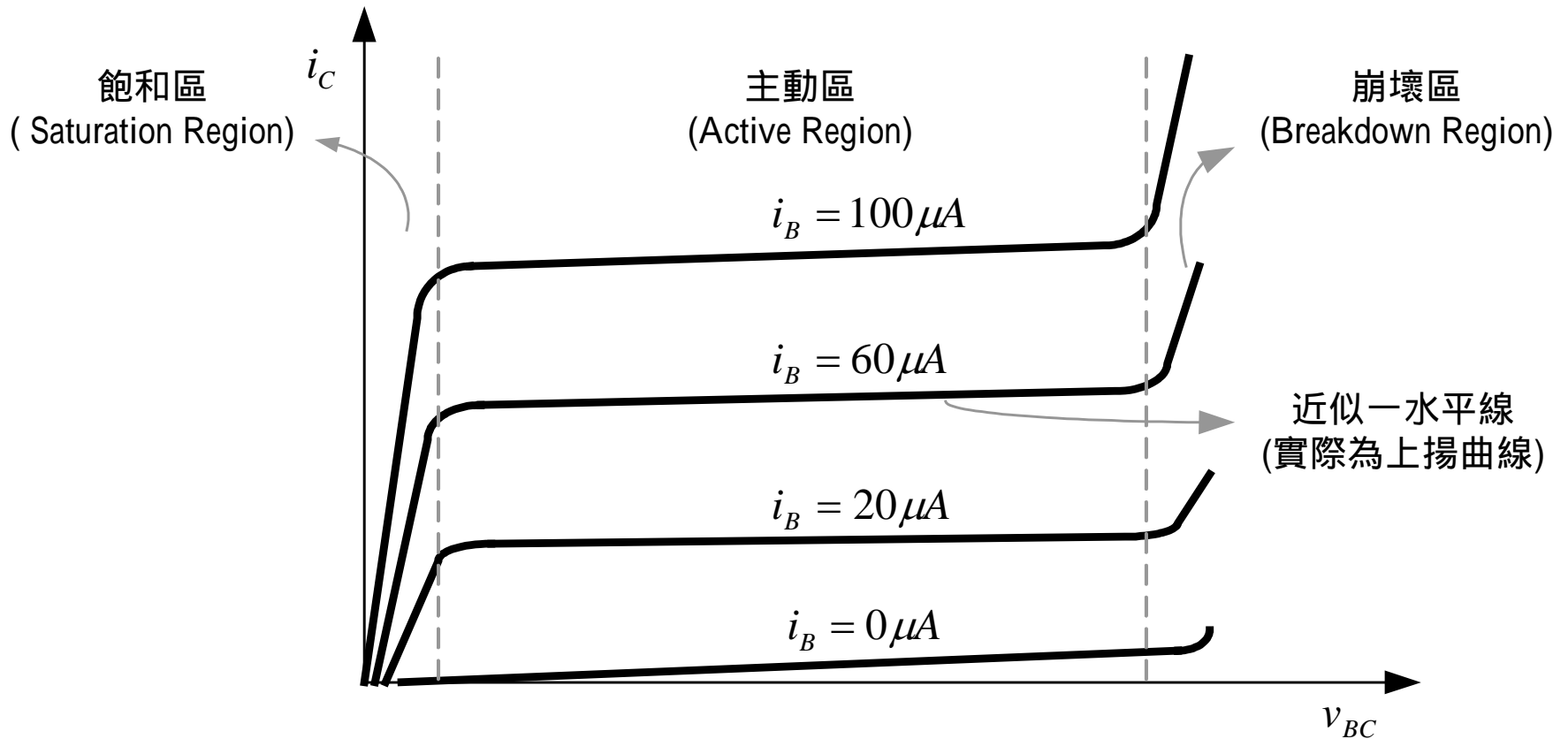
-
- ❖ 進入 B 之自由電子，少部份會與 B 內之電洞再結合，大部分則衝至 B, C 間之空乏區內 (因 B 所佔區域非常窄)。

參考下頁 i_C 與逆向偏壓 V_{BC} 之特性曲線圖

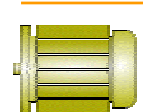
- ❖ 若此時慢慢從零開始加大 B 與 C 間之逆向偏壓，會吸引 B, C 間之空乏區內之自由電子進入 C 內，所加之逆向偏壓越大，會使越多之自由電子進入 C 內，亦即 i_C 逐漸變大。(參考飽和區)
- ❖ 當 B 與 C 間之逆向偏壓超過某定值 (0.2V~0.4V)，便可以使所有之自由電子皆進入 C 內，因此 i_C 趨於定值 (實際上還是會小幅上升)。(參考主動區)
- ❖ 當 B 與 C 間之逆向偏壓再繼續加大，將會超過元件之物理限制，使元件崩壞。(參考崩壞區)



i_C 與逆向偏壓 v_{BC} 之特性曲線圖



- ❖ 對應不同之 i_B ，便有不同之 i_C 與 v_{BC} 特性曲線，但如果每一種情況各自畫成一張曲線圖，未免太過麻煩，為方便起見，故將許多曲線繪製於同一座標軸下。



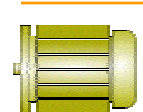
- ❖ 在主動區內，假設由 E 至 B 之自由電子流量為 1，衝至 B, C 間之空乏區內佔了 α 百分比，再結合部分佔了 $1-\alpha$ 百分比，亦即：

$$\begin{cases} i_C = \alpha \cdot i_E \\ i_B = (1 - \alpha) \cdot i_E \end{cases}$$

- ❖ 或

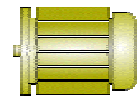
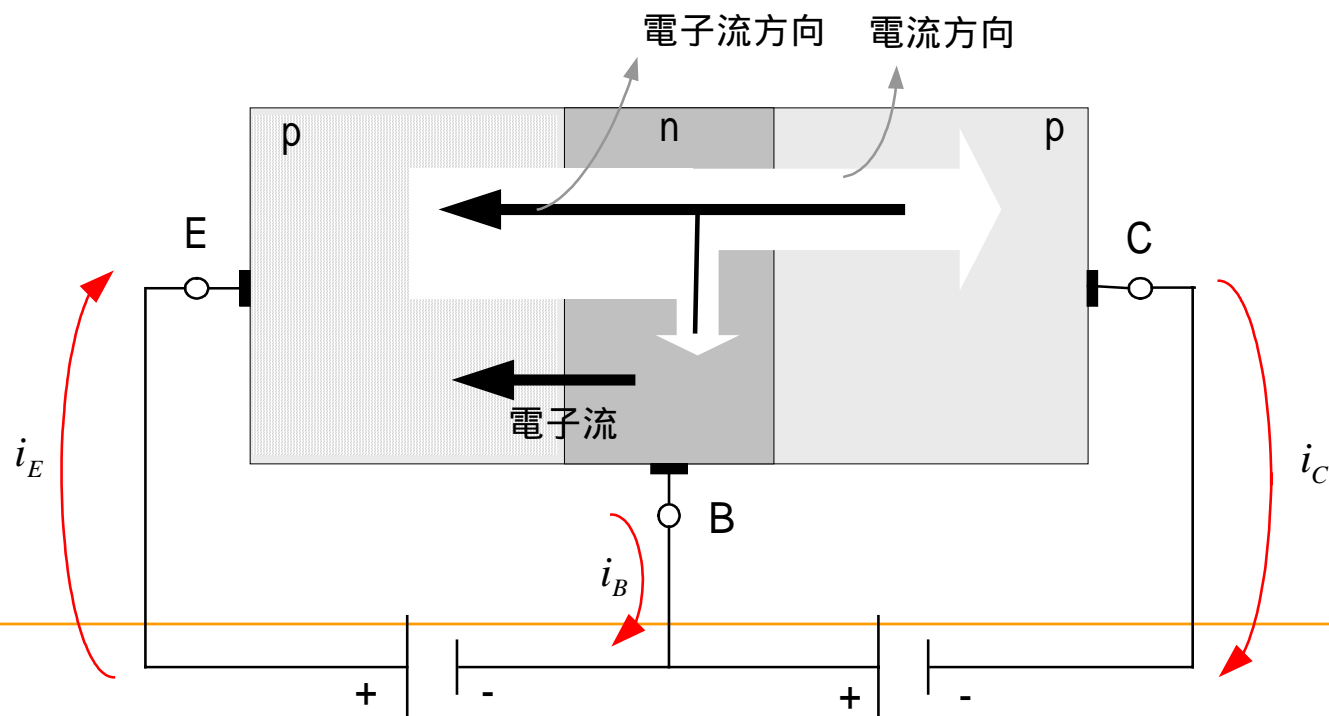
$$\begin{cases} i_C = \beta \cdot i_B \\ i_E = (\beta + 1) \cdot i_B \end{cases} \quad \text{where } \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

- ❖ 總而言之，當 BJT 工作於主動區時，集極之電流 i_C 之大小值，是由基極電流 i_B 加以控制，且其為一正比例關係。
- ❖ (可想作由 i_B 這個開關閥來控制管路之流量 i_C)



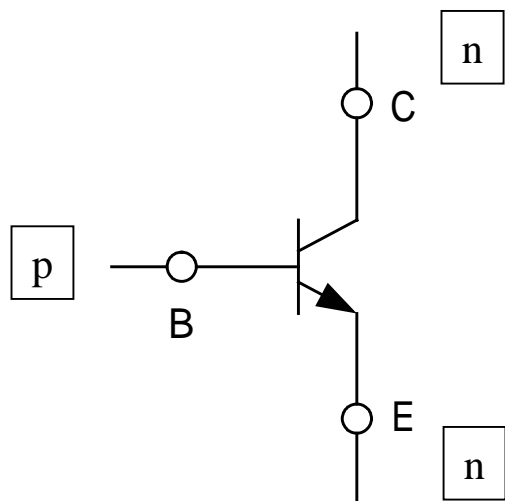
pnp 型 BJT 之物理定性描述

- ❖ 操作情況與 npn 型 BJT 相似，E 與 B 間還是順向偏壓，B 與 C 間還是逆向偏壓。
- ❖ E 內改為高濃度 p 雜質摻雜。
- ❖ 其物理定性描述與 npn 型 BJT 相似。

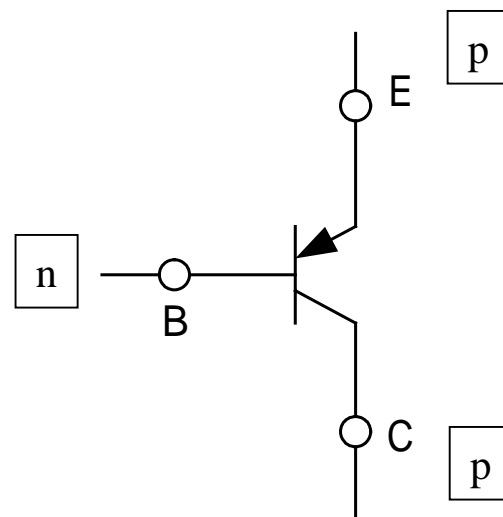


BJT 之電路符號

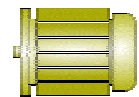
- ❖ 為上下對稱之三端子符號，但一端帶有箭頭。
- ❖ 左方端子必為 B，而在右方，帶有箭頭端必為 E，另一端即為 C。
- ❖ 箭頭方向表由 p 至 n 之電流流向，若判斷 B 為 p，則其必為 npn 型 BJT，反之則為 pnp 型 BJT。



npn 型 BJT



pnp 型 BJT



BJT 之三種基本電路組態

❖ 以下介紹三種利用 BJT 所實現之基本電路:

1. 共射極放大器 (Common - Emitter) :

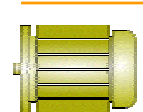
❖ 射極端同時為該放大器輸入端與輸出端之共用端。

❖ 其功能一方面可放大輸入訊號，又使輸出訊號為輸入訊號之負值，又稱為反向放大器。

2. 共基極放大器 (Common - Base)

❖ 基極端同時為該放大器輸入端與輸出端之共用端。

❖ 作為電流隨耦器 (Current Follower) 。



3. 共集極放大器 (Common - Collector)

- ❖ 集極端同時為該放大器輸入端與輸出端之共用端。
- ❖ 可作為電壓隨耦器 (voltage follower) ，複製輸入電壓。

