

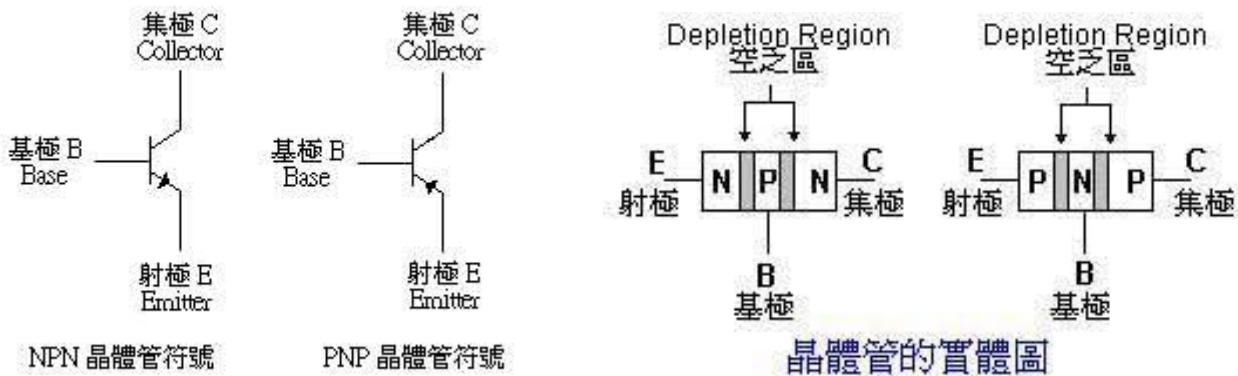
業餘電台考牌園地自學篇

RAE Tutorial-09

歡迎來到大埔北區西貢各 HAM 友傾力合作搜集資料及編寫而成之業餘無線電自學篇！由於編寫需時而資料庫仍在擴展中，大家如發現有任何錯漏又或者有好的資料提供給大家分享，請不吝來電郵指正或貼上留言板。

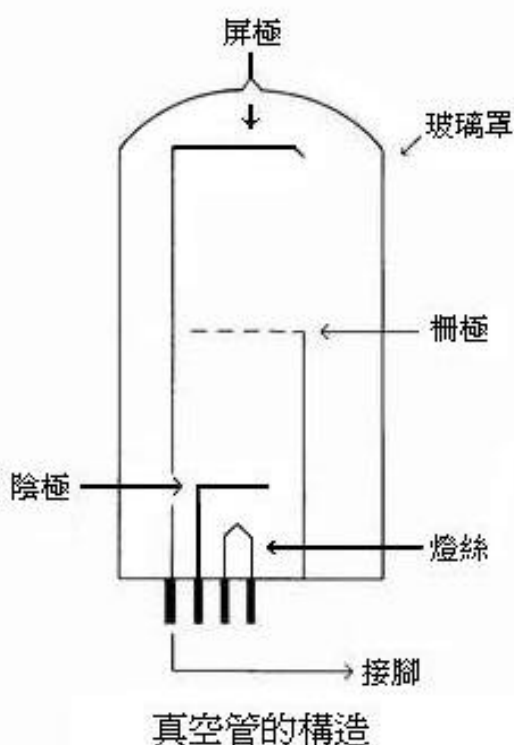
晶體管(Transistors)

如同二極管的作法，將兩個 P 型半導體夾著一個 N 型半導體，或者將兩個 N 型半導體夾著一個 P 型半導體，以成長或累晶的化學方法使之接合而成。這種具有放大作用的元件就稱為晶體管，簡寫為 T_r。晶體管可分成兩種類：一為 **NPN 型**、另一為 **PNP 型**。它們的符號及實體圖如下：



由上面右邊的圖看出，晶體管集極方面的半導體寬度比射極寬一點，而基極的寬度最窄，集極與基極之間或射極與基極之間都有因為接合而生的空乏區。空乏區對電子或電洞的通行而言是一種障礙，因此又稱為電位障(Barrier)。至於其符號中箭頭所指的方向是為分別 NPN 或 PNP 型，讀者應不難記得。

晶體管中的電流實際上是由電子與電洞所組成的複合電流，電子與電洞分別又稱為 N 載子與 P 載子，因此，此複合電流又稱為雙載子電流。這種 NPN 型或 PNP 型晶體管統稱雙極性晶體管。



射極部分是由摻雜高濃度雜質的半導體擔任，因此有很多的載子活動，可以發射載子通過基極而到集極，所以又得名為**射極(Emitter)**。集極部分則是低摻雜濃度的半導體所擔任，可以收集來自射極的載子，故稱為**集極(Collector)**。而中間狹窄部分的半導體便稱為**基極(Base)**。這些原理是根據早期的真空管二極管特性所製，真空管有陰極(亦即放在燈絲前的金屬片，利用加熱金屬而使金屬放射電子的熱電效應製成)，可發射電子，如同晶體管的射極；又有柵極可控制來自陰極的電子流通量，又稱控制極，相當於晶體管的基極；有屏極可收集通過柵極的電子，相當於晶體管的集極。如左圖所示：

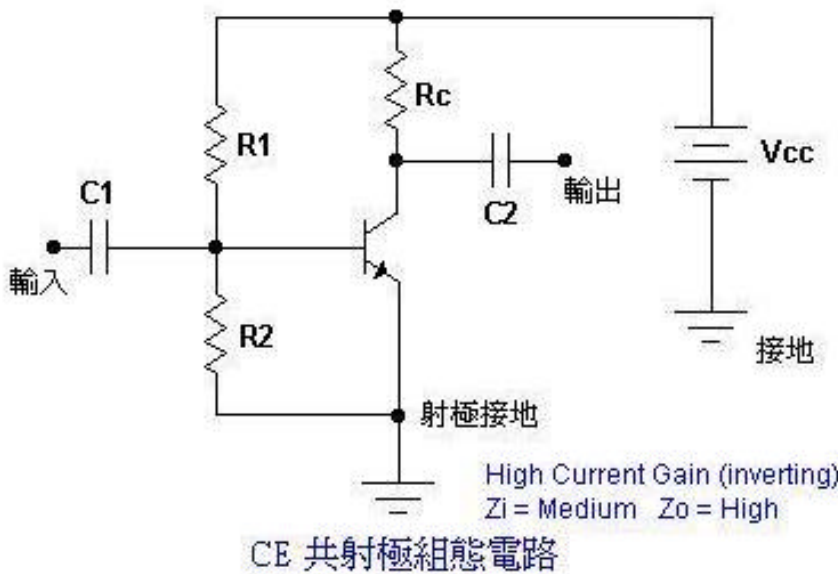
晶體管的動作情形可分為三種狀態：**工作狀態**，**截止狀態**與**飽和狀態**。完全視偏壓的施加法而定。要使晶體管處於

- (A) **工作狀態**：射-基極間要加正向偏壓，集-基極之間要加逆向偏壓。
- (B) **飽和狀態**：射-基極間以及集-基極之間都要加正向偏壓。
- (C) **截止狀態**：射-基極間以及集-基極之間都要施加逆向偏壓。如下圖所示：

在工作狀態下的晶體管可以作為訊號放大電路，振盪電路等等。在飽和及截止狀態下的晶體管可應用為數位邏輯電路、開關電路。

晶體管電路依其共同接地端以及輸入端、輸出端的不同可分為三種組態：

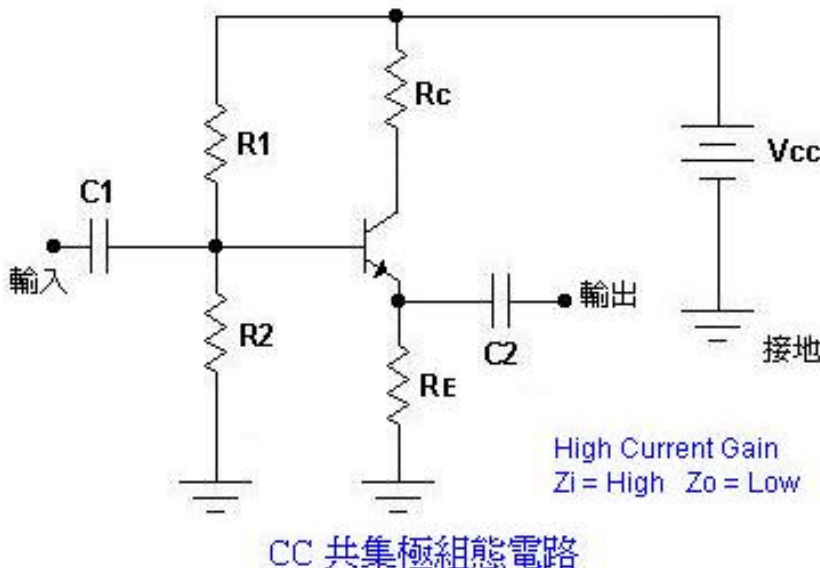
1. 共射極組態(Common Emitter Mode)簡稱 CE。



CE 組態是指直流偏壓下的晶體管射極端接地，訊號自基極輸入，自集極輸出。該組態有高的電流增益 A_i 與電壓增益 A_v 。所謂增益(代表符號是 A)是指輸出大小與輸入大小的比值。輸入阻抗屬於中小，輸出阻抗大的特性。如左圖所示。圖中 C_1 與 C_2 分別是輸入與輸出訊號的耦合電容，阻擋直流輸入或輸出。 R_1 與 R_2 分別是產生偏壓以供晶體管工作的偏壓電阻， R_C 是集極的偏壓以及限流電

阻。晶體管要在這些偏壓提供都正常下才會作放大的動作，以放大輸入的訊號。圖中晶體管是用 NPN 型，直流電源 V_{cc} 要負端接地，正端接集極。這是實際電路的接法，如果晶體管是 PNP 型的，則 V_{cc} 的極性就要反過來，正端接地，負端接集極。

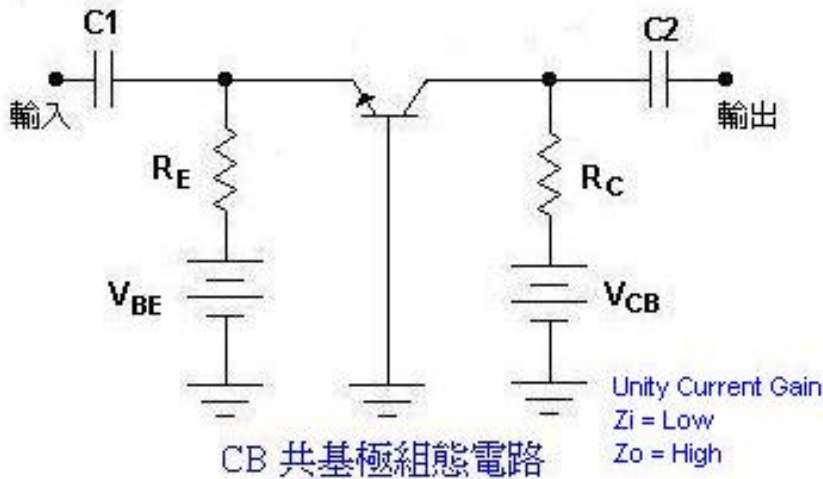
2. 共集極組態(Common Collector Mode)簡稱 CC。



CC 組態是指在直流偏壓下，電源的接法和 CE 組態一樣，輸入端也是在基極，而輸出端則自射極引出。在放大交流的工作下，集極端好像從 V_{cc} 支路接到地一樣，因此稱為共集極組態。如左圖所示，以 NPN 晶體管為例：其中 R_E 為負載電阻，以便產生輸出電壓降，由 C_2 引出。CC 組態的特點是高的輸入阻抗 Z_i 及低的輸出阻抗 Z_o ，電壓增益幾

乎等於 1 而已，甚至小於 1，但電流增益非常高，經常用來作電流放大器，有時候使用二級或三級的同類型接在一起成為電流放大倍數極高的達寧頓電路作為擴大器(Amplifier)的最後級放大，以高的輸出電流來推動喇叭。

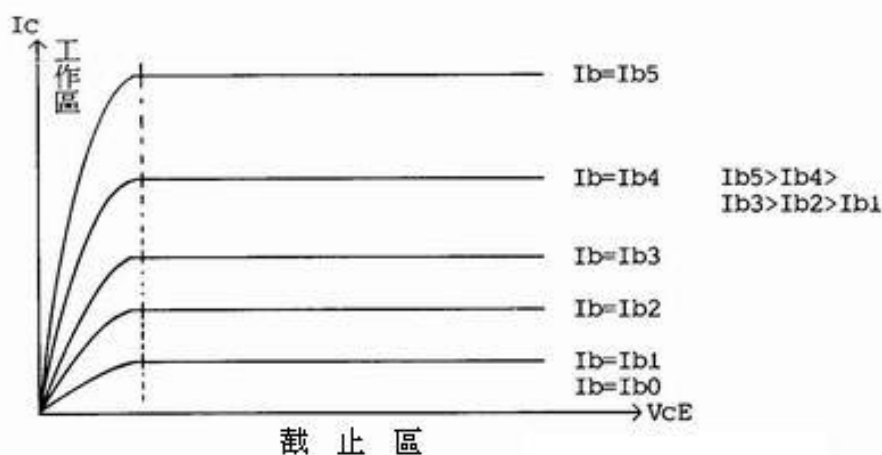
3. 共基極組態(Common Base Mode)簡稱 CB。



CB 組態是指在直流偏壓下，晶體管的基極接地，輸入端自射極引入，輸出端自集極引出。該組態具有低輸入阻抗 Z_i ，高輸出組抗 Z_o ，電流增益等於 1 (Unity Current Gain)，但電壓增益極高等等特性，尤其是因為 Z_i 低、 Z_o 高等特性，此種組態經常被用來當匹配 (matching) 作用，也就是說，當兩級放大電路要連接

在一起，可能會因為前一級電路的輸出阻抗過低而後一級的輸入組抗高(輸入阻抗高的電路可以避免雜音輸入而作不必要的放大，也就是雜音免疫能力高)而無法連接，此時 CB 組態就像媒婆一般可居於其間使前一級的訊號順利送到後一級。如左上圖所示。

晶體管的特性曲線說明了電流在工作區、飽和區以及截止區的變化情形。如下圖所示(以 CE 組態為例)，當晶體管在工作區時，集極電流 I_c 隨著直流偏壓 V_{CE} 的增加而增加，但是基極電流 I_B 是影響 I_c 最大增加量的因數， I_B 愈大， I_c 也愈大，當然，增加量和晶體管的額定值以及集極偏壓電阻 R_c 有關。當晶體管在飽和區時無論 V_{CE} 怎麼增加，其 I_c 值均保持一定水準固定不變，同樣的，不同的 I_B 值有不同的 I_c 值水平。當晶體管在截止區時，無論 V_{CE} 與 I_B 值如何增加， I_c 均為零。



晶體管作放大器時，常有將輸出端拉一部分訊號回到輸入端，此種作法稱為回輸(Feedback)。回輸的訊號若與原輸入訊號相差 180° ，以致相互抵消掉一部份而令到輸出訊號能穩定放大，此種回輸稱之謂負回輸應用在一般的放大器。回輸的訊號若與原輸入訊號同相位，導致訊號會愈放愈大或者無中生有，這種回輸就叫作正回輸。正回輸則常應用在振盪器上。

不同頻率下工作的晶體管其特性均不同，因此，編號就是晶體管種類區分的最佳依據。有高頻用，有低頻用、有高功率者、有低功率者、有振盪用、有放大用等等不同種類的晶體管，以前甚至有商用與軍用晶體管之分呢！用錯編號或插錯接腳的晶體管不僅無法工作，甚至會燒毀，使用時不得不謹慎小心測量。

晶體管依製作的方法不同可分為四個類別：增長類、合金類、擴散類、晶膜生長類。

由於電子的移動速度比電洞快一些，另外，N 型半導體的多數載子是電洞，而且，NPN 晶體管的射極是 N 型半導體，PNP 晶體管的射極是 P 型半導體，因此，NPN 晶體管的動作速度比 PNP 晶體管快，尤其應用在門關電路方面更見周章。矽半導體的切入電壓(就是從截止到導通的一剎那之電壓值約 0.5V)，比鍺半導體的 0.2V 切入電壓為高，但是逆向飽和電流(俗稱漏電電流)方面矽比鍺小很多，權衡之下，矽製晶體管比鍺製晶體管的性能要好很多。

晶體管在工作狀態時，基極與射極之間的偏壓 V_{BE} 等於 0.7V，開始導通時 V_{BE} 為 0.6V，飽和時 $V_{BE}=0.8V$ ，當 V_{BE} 小於 0.5V 時，晶體管就截止工作。

重溫重點

- 1、 晶體管有 PNP 型及 NPN 型兩種。
- 2、 晶體管有三極:射極(Emitter,E)、基極(Base,B)、集極(Collector,C)。
- 3、 NPN 與 PNP 晶體管的電流是由電子與電洞所組成的複合電流，因此又稱為雙極性電晶體。
- 4、 真空管中的陰極、柵極、屏極分別等於晶體管中的射極、基極、集極。
- 5、 晶體管的動作情形可分成三個區:工作區、飽和區。截止區。
- 6、 要使晶體管在工作區動作，基-射極間加正向偏壓，基-集極間加逆向偏壓。
- 7、 要使晶體管在飽和區動作，基-射極間加正向偏壓，基-集極間也加正向偏壓。
- 8、 要使晶體管在截止狀態，基-射極間與基-集極間均加逆向偏壓。
- 9、 晶體管在工作區動作，被用來作放大器、振盪器等；在飽和以及截止區動作，常被用作開關電路。
- 10、 晶體管應用在電路中有三種組態：共射極組態(Common Emitter, CE)、共集極組態(Common Collector, CC)、共基極組態(Common Base, CB)。
- 11、 在三種組態中，最常用 CE 組態作電壓放大，CC 組態作電流放大，CB 組態作匹配兩級電路的阻抗用。
- 12、 晶體管的製作方法可分為: 增長類、合金類、擴散類、晶模生長類等四種。
- 13、 在工作區時，晶體管的基-射極間電壓 V_{BE} 等於 0.7 伏特，切入導通時 V_{BE} 為 0.6 伏特，飽和時 V_{BE} 為 0.8 伏特，集-射極間之電壓 V_{CE} 為 0.2 伏特。