

# 三极管工作原理

三极管有NPN和PNP型，两个类型的符号箭头指向不同。

箭头的方向指向N型半导体。箭头的第二个含义是电流的方向

从发射极发射出去的载流子在集电极杯被收集。

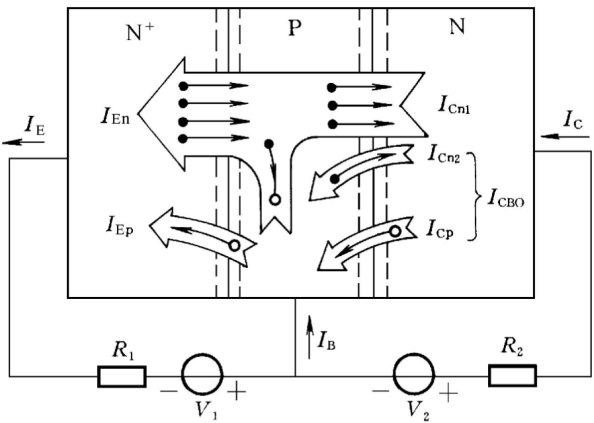
$$I_E = I_B + I_C$$

可以根据这个等式和箭头方向推断出另外两个电流的方向

一般给发射结加正偏，集电结加反偏，三极管具有正向受控作用，改变正偏电压，三个电流都会变化，而反偏电压变化，电流几乎不会变化

## 三极管工作原理

### 载流子传输过程



$N^+$ 表示参杂重

给发射结加上正偏，阻挡层宽度减小，扩散起主导作用，N型半导体的多子（电子）向P型扩散，P型半导体的多子（空穴）向N型扩散，发射结上形成扩散电流，外电路给它补充电子，外电路电流就是两个扩散电流的和

$$I_E = I_{En} + I_{Ep}$$

扩散的电子到了基区，会和基区的空穴复合掉一些，剩下的继续向集电结运动。

集电结加反偏，阻挡层宽度增加，电子在电场的作用下漂移到集电区。因为集电结加反偏，集电区的少子（空穴）会漂移到基区，基区的少子（电子）会漂移到集电区，两个电流形成集电结反向饱和电流  $I_{CBO}$ ，O表示发射结开路时集电结的反向饱和电流。

$$I_C = I_{Cn1} + I_{Cn2} = I_{Cn1} + I_{CBO}$$

在  $I_C$  电流里，只有  $I_{Cn1}$  与发射结有关， $I_{CBO}$  是不受控的。

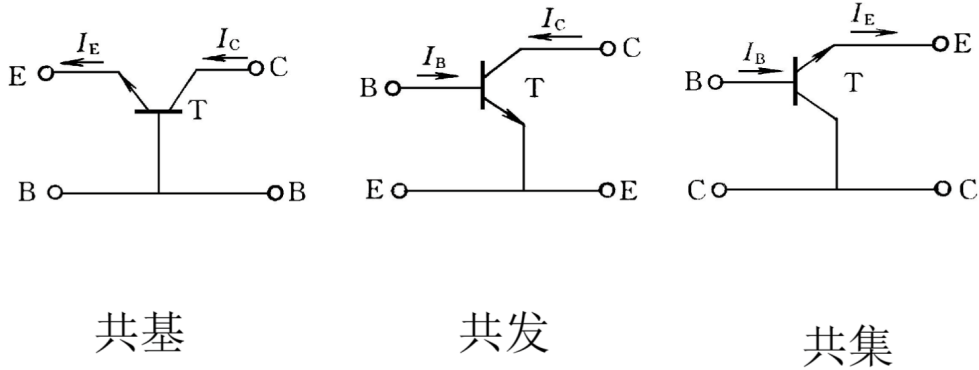
基区

$$I_B = I_{Ep} + (I_{En} - I_{Cn1}) - I_{CBO}$$

其中  $I_{En} - I_{cn1} = I_{BB}$  为复合电流

## 电流传输方程

### 三种连接方式



三种不同连接方式构成三种不同组态，具有不同特性，公共端是交流接地端，输入一般是基极或发射极，一般不用集电极作为输入端，输出可以从发射极或集电极输出，没有从基极输出

### 传输方程

#### 共基极

输入为  $I_E$ ，输出为  $I_C$

$\bar{\alpha}$  为共基极电流传输系数，表示  $I_E$  转化为受控集电极电流  $I_{cn1}$  的能力

$$\bar{\alpha} = \frac{I_{cn1}}{I_E} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_E}$$

可以推出

$$I_C = \bar{\alpha} I_E + I_{CBO}$$

因为  $I_{CBO}$  远小于  $I_E$ ，所以

$$I_C \approx \bar{\alpha} I_E$$

如果将集电极当作发射极，因为集电极是轻掺杂，而且三极管在制作时，集电极面积较大，如果发射电子，发射极收集到的电子会很少，性能 ( $\bar{\alpha}$ ) 会大大降低。

#### 共发射极

输入时  $I_B$ ，输出为  $I_C$

由  $I_E = I_B + I_C$  和  $I_C = \bar{\alpha} I_E + I_{CBO}$ ，并定义  $\bar{\beta} = \frac{\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}}$  可得

$$I_C = \bar{\beta} I_B + I_{CEO}$$

其中

$$I_{CEO} = (1 + \bar{\beta}) I_{CBO}$$

$I_{CEO}$  为穿透电流，表示基极开路时（下表没有  $B$ ），集电极到发射极的直通电流（很小，即使乘上  $(1 + \bar{\beta})$  也很小），所以

$$I_C \approx \bar{\beta} I_B$$

## 共集电极

输入时基极电流，输出是发射级电流

$$I_E = (1 + \bar{\beta}) I_B$$

$I_{CEO}$ 忽略