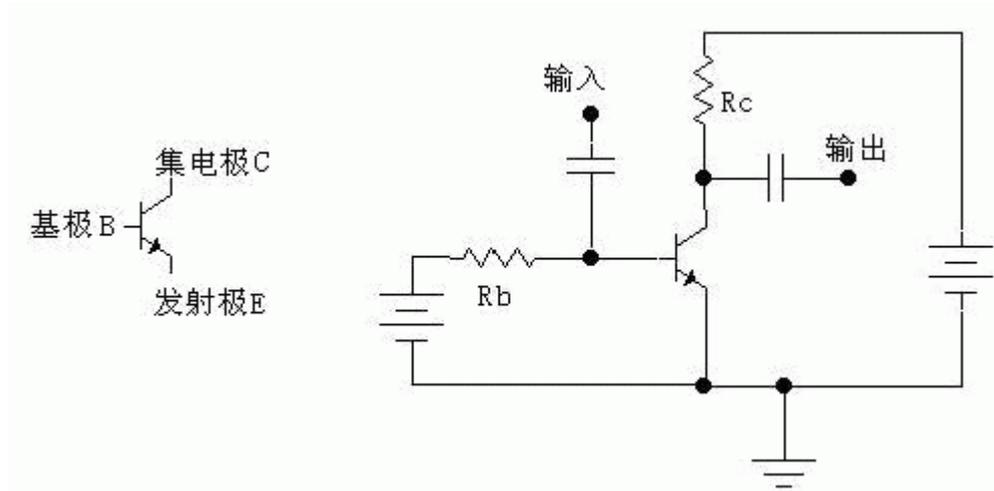


# 三极管的工作原理

三极管是电流放大器件，有三个极，分别叫做集电极 C，基极 B，发射极 E。分成 NPN 和 PNP 两种。我们仅以 NPN 三极管的共发射极放大电路为例来说明一下三极管放大电路的基本原理。



## 一、电流放大

下面的分析仅对于 NPN 型硅三极管。如上图所示，我们把从基极 B 流至发射极 E 的电流叫做基极电流  $I_b$ ；把从集电极 C 流至发射极 E 的电流叫做集电极电流  $I_c$ 。这两个电流的方向都是流出发射极的，所以发射极 E 上就用了一个箭头来表示电流的方向。三极管的放大作用就是：集电极电流受基极电流的控制（假设电源 能够提供给集电极足够大的电流的话），并且基极电流很小的变化，会引起集电极电流很大的变化，且变化满足一定的比例关系：集电极电流的变化量是基极电流变化量的  $\beta$  倍，即电流变化被放大了  $\beta$  倍，所以我们把  $\beta$  叫做三极管的放大倍数（ $\beta$  一般远大于 1，例如几十，几百）。如果我们将一个变化的小信号加到基极跟发射极之间，这就就会引起基极电流  $I_b$  的变化， $I_b$  的变化被放大后，导致了  $I_c$  很大的变化。如果集电极电流  $I_c$  是流过一个电阻  $R$  的，那么根据电压计算公式  $U=R*I$  可以算得，这电阻上电压就会发生很大的变化。我们将这个电阻上的电压取出来，就得到了放大后的电压信号了。

## 二、偏置电路

三极管在实际的放大电路中使用时，还需要加合适的偏置电路。这有几个原因。首先是由于三极管 BE 结的非线性（相当于一个二极管），基极电流必须在输入电压 大到一定程度后才能产生（对于硅管，常取 0.7V）。当基极与发射极之间的电压小于 0.7V 时，基极电流就可以认为是 0。但实际中要放大的信号往往远比 0.7V 要小，如果不加偏置的话，这么小的信号就不足以引起基极电流的改变（因为小于 0.7V 时，基极电流都是 0）。如果我们事先在三极管的基极上加一个合适的电流（叫做偏置电流，上图中那个电阻  $R_b$  就是用来提供这个电流的，所以它被叫做基极偏置电阻），那么当一个小信号跟这个偏置电流叠加在一起时，小信号就会导致基极电流的变化，而基极电流的变化，就会被放大并在集电极上输出。另一个原因就是输出信号范围的要求，如果没有加偏置，那么只有对那些增加的信号放大，而对减小的信号无效（因为没有偏置时集电极电流为 0，不能再减小了）。而加上偏置，事先让集电极有一定的电流，当输入的基极电流变小时，集电极电流就可以减小；当输入的基极电流增大时，集电极电流就增大。这样减小的信号和增大的信号都可以被放大了。

### 三、开关作用

下面说说三极管的饱和情况。像上面那样的图，因为受到电阻  $R_c$  的限制（ $R_c$  是固定值，那么最大电流为  $U/R_c$ ，其中  $U$  为电源电压），集电极电流是不能无限增加下去的。当基极电流的增大，不能使集电极电流继续增大时，三极管就进入了饱和状态。一般判断三极管是否饱和的准则是： $I_b \cdot \beta > I_c$ 。进入饱和状态之后，三极管的集电极跟发射极之间的电压将很小，可以理解为一个开关闭合了。这样我们就可以拿三极管来当作开关使用：当基极电流为 0 时，三极管集电极电流为 0（这叫做三极管截止），相当于开关断开；当基极电流很大，以至于三极管饱和时，相当于开关闭合。如果三极管主要工作在截止和饱和状态，那么这样的三极管我们一般把它叫做开关管。

### 四、工作状态

如果我们在上面这个图中，将电阻  $R_c$  换成一个灯泡，那么当基极电流为 0 时，集电极电流为 0，灯泡灭。如果基极电流比较大时（大于流过灯泡的电流除以三极管的放大倍数  $\beta$ ），三极管就饱和，相当于开关闭合，灯泡就亮了。由于控制电流只需要比灯泡电流的  $\beta$  分之一大一点就行了，所以就可以用一个小电流来控制一个大电流的通断。如果基极电流从 0 慢慢增加，那么灯泡的亮度也会随着增加（在三极管未饱和之前）。

对于 PNP 型三极管，分析方法类似，不同的地方就是电流方向跟 NPN 的刚好相反，因此发射极上面那个箭头方向也反了过来——变成朝里的了。

---

---

## 检测三极管的口诀

三极管的管型及管脚的判别是电子技术初学者的一项基本功，为了帮助读者迅速掌握测判方法，笔者总结出四句口诀：“三颠倒，找基极；PN 结，定管型；顺箭头，偏转大；测不准，动嘴巴。”下面让我们逐句进行解释吧。

### 一、三颠倒，找基极

大家知道，三极管是含有两个 PN 结的半导体器件。根据两个 PN 结连接方式不同，可以分为 NPN 型和 PNP 型两种不同导电类型的三极管，图 1 是它们的电路符号和等效电路。

测试三极管要使用万用电表的欧姆挡，并选择  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡位。图 2 绘出了万用电表欧姆挡的等效电路。由图可见，红表笔所连接的是表内电池的负极，黑表笔则连接着表内电池的正极。

假定我们并不知道被测三极管是 NPN 型还是 PNP 型，也分不清各管脚是什么电极。测试的第一步是判断哪个管脚是基极。这时，我们任取两个电极（如这两个电极为 1、2），用万用电表两支表笔颠倒测量它的正、反向电阻，观察表针的偏转角度；接着，再取 1、3 两个电极和 2、3 两个电极，分别颠倒测量它们的正、反向电阻，观察表针的偏转角度。在这三次颠倒测量中，必然有两次测量结果相近：即颠倒测量中表针一次偏转大，一次偏转小；剩下一次必然是颠倒测量前后指针偏转角度都很小，这一次未测的那只管脚就是我们要寻找的基极（参看图 1、图 2 不难理解它的道理）。

### 二、PN 结，定管型

找出三极管的基极后，我们就可以根据基极与另外两个电极之间 PN 结的方向来确定管子的导电类型(图 1)。将万用表的黑表笔接触基极，红表笔接触另外两个电极中的任一电极，若表头指针偏转角度很大，则说明被测三极管为 NPN 型管；若表头指针偏转角度很小，则被测管即为 PNP 型。

### 三、顺箭头，偏转大

找出了基极 b，另外两个电极哪个是集电极 c，哪个是发射极 e 呢？这时我们可以用测穿透电流  $I_{CEO}$  的方法确定集电极 c 和发射极 e。

(1) 对于 NPN 型三极管，穿透电流的测量电路如图 3 所示。根据这个原理，用万用电表的黑、红表笔颠倒测量两极间的正、反向电阻  $R_{ce}$  和  $R_{ec}$ ，虽然两次测量中万用表指针偏转角度都很小，但仔细观察，总会有一次偏转角度稍大，此时电流的流向一定是：黑表笔→c 极→b 极→e 极→红表笔，电流流向正好与三极管符号中的箭头方向一致(“顺箭头”)，所以此时黑表笔所接的一定是集电极 c，红表笔所接的一定是发射极 e。

(2) 对于 PNP 型的三极管，道理也类似于 NPN 型，其电流流向一定是：黑表笔→e 极→b 极→c 极→红表笔，其电流流向也与三极管符号中的箭头方向一致，所以此时黑表笔所接的一定是发射极 e，红表笔所接的一定是集电极 c(参看图 1、图 3 可知)。

### 四、测不出，动嘴巴

若在“顺箭头，偏转大”的测量过程中，若由于颠倒前后的两次测量指针偏转均太小难以区分时，就要“动嘴巴”了。具体方法是：在“顺箭头，偏转大”的两次测量中，用两只手分别捏住两表笔与管脚的结合部，用嘴巴含住(或用舌头抵住)基电极 b，仍用“顺箭头，偏转大”的判别方法即可区分集电极 c 与发射极 e。其中人体起到直流偏置电阻的作用，目的是使效果更加明显。