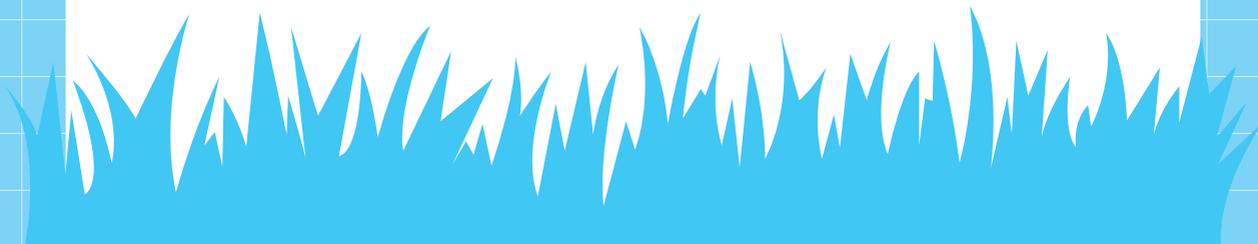




## 项目5 三极管



三极管，全称为半导体三极管，也称为双极型晶体管、晶体三极管，是一种电流控制的半导体器件，其作用是把微弱信号放大成幅值较大的电信号。本项目通过对三极管的认识和电路制作实验，全面了解三极管。





### 任务 5.1 三极管放大器制作

三极管是一种半导体器件，通常被用作放大器、开关和其他电子电路中的基本构建模块。以下是一些常见的三极管应用：放大器、开关、振荡器、检波器、稳压器、电源、电流控制器、温度控制器等，总之，三极管是电子电路中的基本器件，在电路中具有非常广泛的应用。

#### 5.1.1 三极管放大器积木拼装

三极管是电子电路中最重要器件，最主要的功能是电流放大和起开关作用，它可以把微弱的电信号转换成一定强度的信号。当然，这种转换仍然遵循能量守恒，只是把电能量转换成信号的能量。

三极管有 3 个电极，分别叫作发射极 E、基极 B 和集电极 C。只要三极管的基极 B 中有较小的电流流过，发射极 E 和集电极 C 就会有较大的电流通过，这就是三极管的电流放大作用。当基极电压有一个微小的变化时，基极电流也会随之有小的变化，受基极电流的控制，集电极电流会有一个很大的变化，基极电流越大，集电极电流也越大；反之，基极电流越小，集电极电流也越小，即基极电流控制集电极电流的变化。但是集电极电流的变化比基极电流的变化大得多，这就是三极管的放大特性。三极管的放大倍数  $\beta$  一般在几十到几百倍。

按图 5-1 装好电路，慢慢调节可变电阻，到达一定阻值时，发光二极管点亮，灯泡也同时点亮，基极 B 只有小电流，集电极已有较大的电流。

#### 5.1.2 三极管放大器电路图制作

按照项目 1 的方法新建一个名为 5 的工程，进入制作原理图窗口，开始制作原理图。

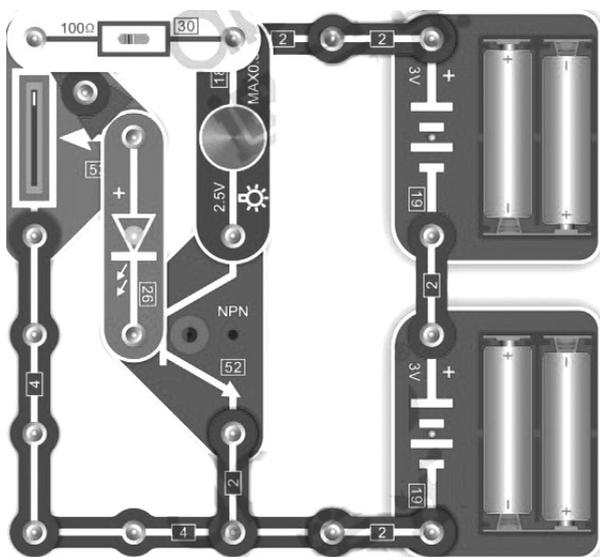


图 5-1 三极管放大器积木拼装

### 1. 放置器件

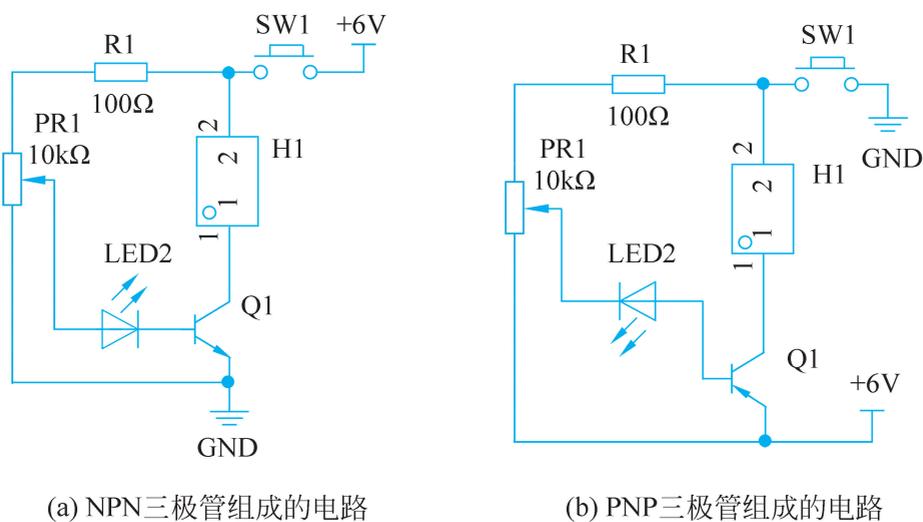
在原理图设计界面左边的竖立工具页标签中选择“常用库”标签，在标签中选中三极管并放置，之后可进行下一个元器件放置。可分别放置发光二极管 LED2、可变电阻 PR1、电阻 R1、按钮开关 SW1、灯泡 H1 等器件。

器件放置后再进行导线连接，导线放置方法很容易掌握，这里不再赘述，只介绍删除线的方法，若线连接不对，可以删除，方法是单击要删除的线，线由绿色变成红色，右击，出现浮动菜单，选择“删除”命令，可删除该线，也可选中要删除的线后按 Delete 键删除。

### 2. 保存文件

原理图制作完成后，选择“文件”→“保存”命令，这样就保存好了文件，在原来 123 文件夹中，会看到取名为 5 的文件。

经过以上绘制后，一个三极管放大器电路图设计完成，如图 5-2 所示，其中图 5-2 (a) 为 NPN 三极管组成的电路，图 5-2 (b) 为 PNP 三极管组成的电路，注意不同三极管的使用方法。该电路的功能是三极管放大电路，调节可变电位器，二极管亮度会改变，灯泡亮度也跟着改变，灯泡回路电流大，二极管回路电流小，观察亮度变化，体会三极管的放大功能。



(a) NPN三极管组成的电路

(b) PNP三极管组成的电路

图 5-2 三极管放大器电路图

## 任务 5.2 三极管知识

三极管是半导体基本元器件之一，具有电流放大作用，是电子电路的核心元器件。它有统一规格和符号，下面具体介绍。

### 5.2.1 三极管的符号和外形

三极管是在一块半导体基片上制作两个相距很近的 PN 结，两个 PN 结把整块半导体分成 3 部分，中间部分是基区，两侧部分是发射区和集电区，排列方式有 PNP 型和 NPN 型两种。

#### 1. 三极管的符号

在结构的理解上，可以把晶体三极管的结构看作两个背靠背的 PN 结，对 NPN 型晶体管来说，基极是两个 PN 结公共阳极，对 PNP 型晶体管来说，基极是两个 PN 结的公共阴极，分别如图 5-3 (a) 和 (b) 所示。

详细结构图如图 5-4 所示，三极管有三区两结。三区为发射区、基区、集电区，两结为发射结、集电结。不管是 PNP 型，还是 NPN 型，三区

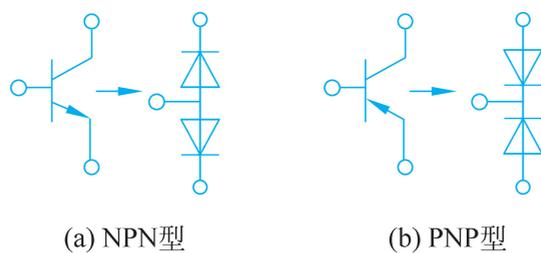


图 5-3 晶体三极管结构示意图

两结是相同的，区别在于两结偏置不同，表现在发射极箭头方向不同，箭头方向也代表了电流方向，因而两管的电流方向不同。设计时要特别注意这些。

三极管的命名方法各国不同，这给应用和设计带来不便，为了应用方便，专门有三极管参数手册和三极管代换手册。下面具体介绍三极管的命名方法。

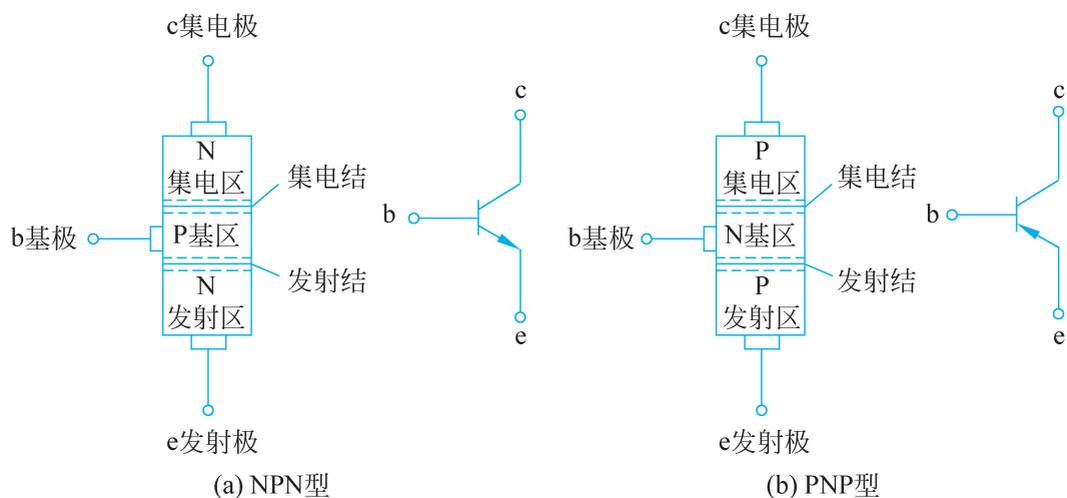


图 5-4 三极管的结构、符号

## 2. 晶体管型号的命名

图 5-5 为晶体管型号的命名方法，左边第 1 位为晶体管电极的数目，第 2 位为半导体的材料与极性，第 3 位为晶体管的类别，第 4 位为序号，即登记顺序，第 5 位为规格号。各位的数字、字母的意义如表 5-1 所示。

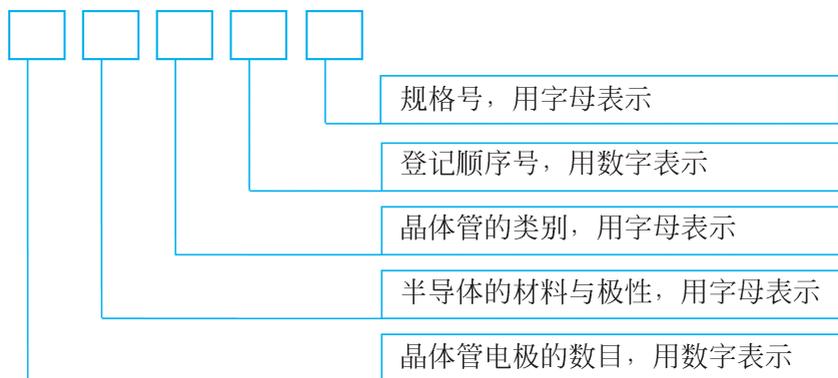


图 5-5 晶体管型号的命名方法

表 5-1 晶体管型号的命名

半导体的材料与极性		晶体管的类别			
字母	意义	字母	意义	字母	意义
A	N 型, 锗材料	P	普通型	D	低频大功率管 ( $f < 3\text{MHz}$ , $P_C \geq 1\text{W}$ )
B	P 型, 锗材料	V	微波管		
C	N 型, 硅材料	W	稳压管	A	高频大功率管 ( $f \geq 3\text{MHz}$ , $P_C \geq 1\text{W}$ )
D	P 型, 硅材料	C	参量管		
A	PNP 型, 锗材料	Z	整流器	T	晶体闸流管
B	NPN 型, 锗材料	L	整流堆	Y	体效应管
C	PNP 型, 硅材料	S	隧道管	B	雪崩管
D	NPN 型, 硅材料	N	阻尼管	J	阶跃恢复管
E	化合物材料	V	光电器件	CS	场效应器件
		K	开头管	BT	晶体特殊器件
		X	低频小功率管 ( $f < 3\text{MHz}$ , $P_C < 1\text{W}$ )	PIN	PIN 型管
				PH	复合管
		G	高频小功率管 ( $f \geq 3\text{MHz}$ , $P_C < 1\text{W}$ )	JG	激光器件

### 3. 三极管的种类

三极管顾名思义具有三个电极。二极管是由一个 PN 结构成的, 而三极

管由两个 PN 结构成，共用的一个电极称为三极管的基极（用字母 b 表示）。其他的两个电极称为集电极（用字母 c 表示）和发射极（用字母 e 表示）。由于不同的组合方式，形成了两种不同的三极管，一种是 NPN 型的三极管，另一种是 PNP 型的三极管。

三极管的种类很多，并且不同型号有不同的用途。三极管大都是塑料封装或金属封装，常见三极管的外观如图 5-6 所示，大的很大，小的很小。

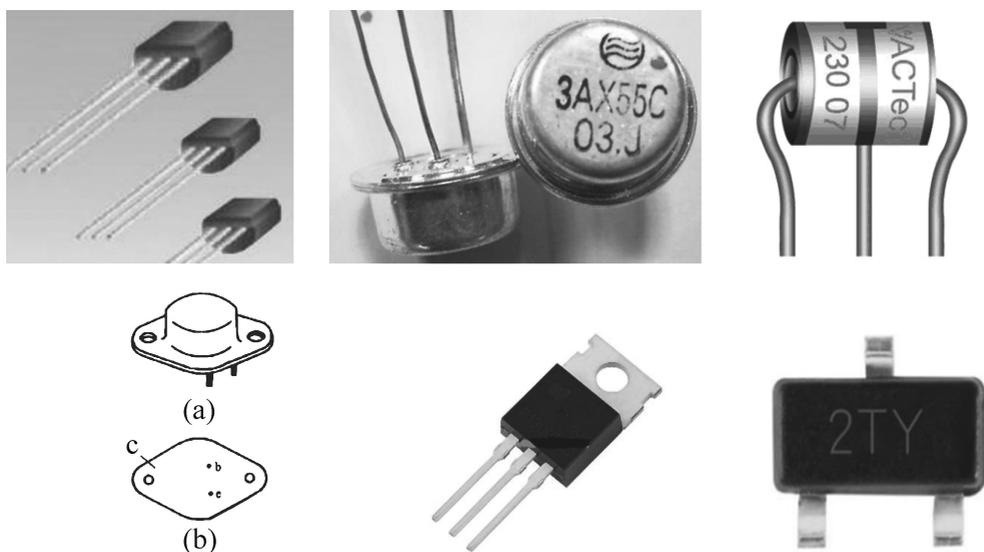


图 5-6 常见三极管的外观

- (1) 三极管依工作频率分为低频三极管和高频三极管。
- (2) 三极管依工作功率分为小功率、中功率和大功率三极管。
- (3) 三极管依封装形式分为金属封装、玻璃封装、塑料封装。
- (4) 三极管依导电特性分为 PNP 型和 NPN 型。

#### 4. 用特殊标记判别三极管的管型和引脚

- (1) 根据三极管外壳上的型号，初判其类型。
- (2) 根据三极管的外形特点，初判其引脚。
- (3) 用万用表判别三极管的引脚及管型。

引脚判别可通过各种标记来判断，典型三极管的引脚排列如图 5-7 所示。用万用表判断方法有兴趣的读者可参阅相关书籍。

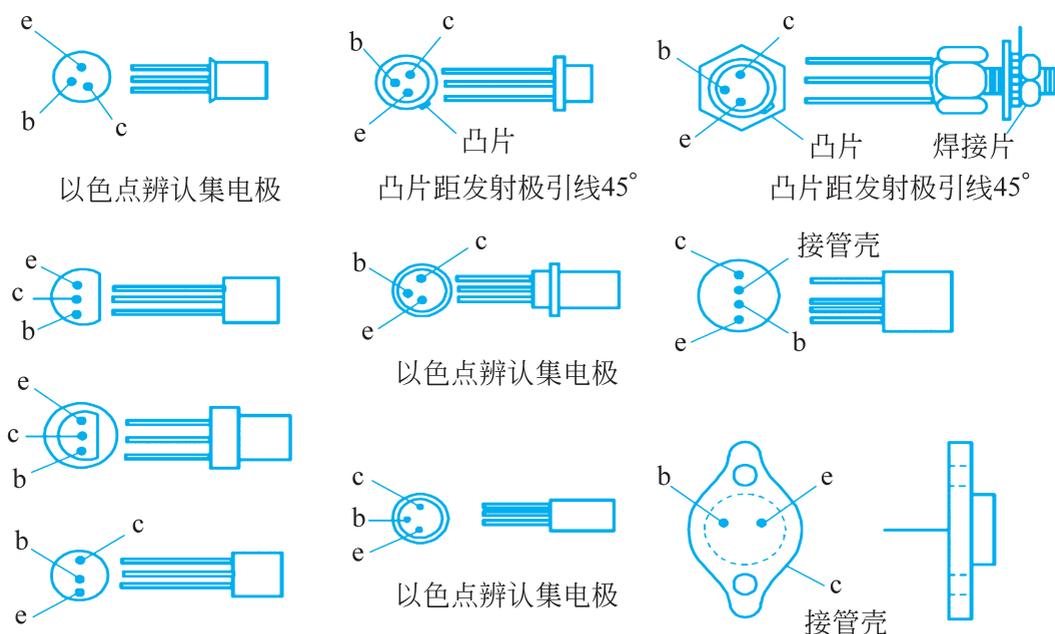


图 5-7 典型三极管的引脚排列图

## 5.2.2 主要特性参数

三极管的基本功能是起放大作用。要使三极管具有放大作用，必须满足其外部条件，即发射结加正向电压（一般小于 1V），集电结加反向电压（一般为几伏至几十伏）。在上述条件下，三极管才能工作在放大区。

### 1. 电流放大系数

三极管的电流放大系数分直流电流放大系数和交流电流放大系数两种。

### 2. 极间反向电流

三极管的极间反向电流主要指集电结反向电流  $I_{CBO}$  和集电极、发射极间的穿透电流  $I_{CEO}$ 。

(1)  $I_{CBO}$  定义为发射极开路，在集电极和基极间加反向电压时，流过集电结的电流。它的大小反映集电结质量的好坏， $I_{CBO}$  越小越好。在常温下，小功率锗管为微安级，小功率硅管为纳安级。

(2)  $I_{CEO}$  定义为基极开路，在集电极与发射极间加上一定反向电压时的

集电极电流，该电流从集电区穿过基区到达发射区，所以称为穿透电流。穿透电流是反映三极管质量的重要参数，越小越好。

### 3. 三极管的极限参数

三极管的极限参数就是当三极管正常工作时，最大的电流、电压、功率等的数值，它是三极管能够长期、安全使用的保证。

(1) 集电极最大允许电流  $I_{CM}$ 。当集电极的电流过大时，晶体管的电流放大系数  $\beta$  将下降，一般把  $\beta$  下降到规定的允许值时的集电极最大电流叫作集电极最大允许电流。使用中若  $I_C > I_{CM}$ ，管子不一定立即损坏，但性能将变坏。

(2) 集电极与发射极间击穿电压  $U_{(BR)CEO}$ 。基极开路时，加于集电极和发射极间的反向电压逐渐增大，当增大到某一电压值  $U_{(BR)CEO}$  时开始击穿，其  $U_{(BR)CEO}$  叫作集电极与发射极间击穿电压。当温度上升时，击穿电压要下降，所以工作电压要选得比击穿电压小很多，一般选击穿电压的一半，以保证一定的安全系数。

(3) 集电极最大允许耗散功率  $P_{CM}$ 。集电结是反向连接的，电阻很大，通过电流  $I_C$  后会产生热量，使集电结温度上升。根据三极管工作时允许的集电结最高温度  $T_j$ （锗管为  $700^\circ\text{C}$ ，硅管可达  $1500^\circ\text{C}$ ），从而定出集电极的最大允许耗散功率  $P_{CM}$ ，使用时应满足  $P_C = U_{CEIC} < P_{CM}$ ，否则管子将因发热而损坏。根据  $P_{CM}$  的值，在输出特性上画出一条  $P_{CM}$  线，称为允许管耗线。

### 4. 频率参数

由于发射结和集电结的电容效应，三极管在高频工作时放大性能下降。频率参数是用来评价三极管高频放大性能的参数。

(1) 共射截止频率  $f_\beta$ 。频率较低时， $\beta$  值基本保持常数，用  $\beta_0$  表示低频时的  $\beta$  值，当频率升到较高值时， $\beta$  值开始下降，下降到  $\beta_0$  的 70.7% 倍时的频率称为共射极截止频率，也叫作  $\beta$  的截止频率。

(2) 特征频率。 $\beta$  值下降到等于 1 时的频率称为特征频率  $f_T$ 。频率大于  $f_T$  之后， $\beta$  与  $f$  近似满足  $f_T = \beta_f$ 。



### 5. 温度对晶体管参数的影响

几乎所有晶体管参数都与温度有关,因此不容忽视。在电路设计时,要充分考虑温度参数的影响。



## 任务 5.3 总结及评价



先分组进行总结,分别说出制作过程及体会,写出书面总结。再互相检查制作结果,集体给每一位同学打分。

### 1. 任务完成大调查

任务完成后,还要进行总结和讨论,教学时可用表 1-5 所示打分表来进行自我评价。

### 2. 行为考核指标

行为考核指标,主要采用批评与自我批评、自育与互育相结合的方法。采用自我考核和小组考核后班级评定的方法。班级每周进行一次民主生活会,就行为指标进行评议,教学时可用表 1-6 所示评分表来进行自我评价。

### 3. 集体讨论题

上网搜索三极管的使用方法,并进行思维导图式讨论。

### 4. 思考与练习

- (1) 了解三极管的种类,研究其规律。
- (2) 掌握各种三极管在软件中的符号。

