

内部培训资料

# 电子技术基础

## 前言

本资料作为本厂内部修理培训基本知识，希望各培训人员努力掌握！

作成：



检印：



承认：



备案：



## 目录

电阻-----	03
电感-----	06
电容-----	09
二极管-----	11
三极管-----	12
两个发光二极管闪光电路-----	23
3组12只LED流水灯电路设计与制作-----	27
晶体三极管简单功放-----	32
RC消火花电路-----	34
灯光控制:自制简易应急灯电路图-----	35
低成本通用电池充电器的制作-----	36
自制震动鼠标-----	39

## 电阻

### 1、电阻的主要参数

电阻的值：单位有  $\Omega$ 、 $K\Omega$ 、 $M\Omega$ 。

电阻的功率：电阻有额定功率， $P=I^2 R$ ，  
设计电路时要考虑电阻的功率，即  $I^2 \leq P/R$

电阻的温度特性：温度的改变电阻的阻值也会发生改变。

### 2、电阻的分类

- a. 固定电阻
- b. 可变电阻（电位器）

### 3、电阻值大小的识别

电阻的阻值标注有两种方法，一是直接在电阻上标出数据；二是用色环表示阻值。色环表示阻值可在任意角度识别其阻值大小，不受电阻体积限制，使用方便，被广泛运用。

#### (1)五道色环电阻



#### (2)四道色环电阻



### 色环电阻表示方法

#### (1) 五道色环电阻

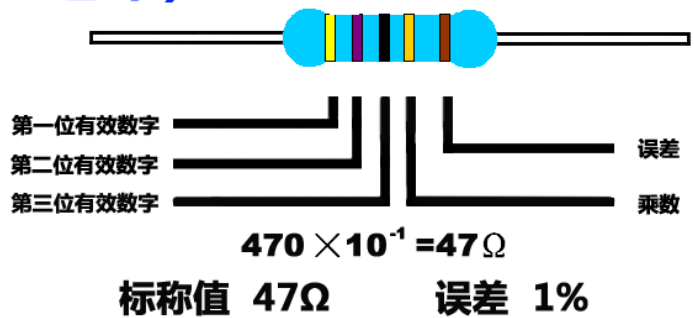
第一环表示阻值的第一位数字；  
第二环表示阻值的第二位数字；  
第三环表示阻值的第三位数字；  
第四环表示幂的次方；  
第五环表示误差。

#### (2) 四道色环电阻

第一环表示阻值的第一位数字；  
第二环表示阻值的第二位数字；  
第三环表示幂的次方；  
第四环表示误差。

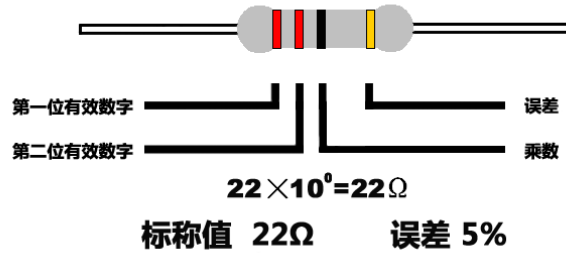
(3) 表示误差的色环间距较

## (五色环)



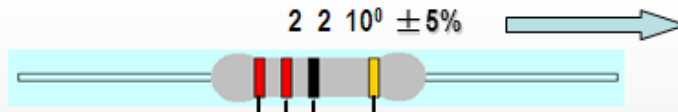
## (四色环)

其他色环间距大些。并且颜色一般为棕、金、银色。



颜色	每一段	第二段	第三段	乘数	误差	
黑色	0	0	0	1		
棕色	1	1	1	10	$\pm 1\%$	F
红色	2	2	2	100	$\pm 2\%$	G
橙色	3	3	3	1K		
黄色	4	4	4	10K		
绿色	5	5	5	100K	$\pm 0.5\%$	D
蓝色	6	6	6	1M	$\pm 0.25\%$	C
紫色	7	7	7	10M	$\pm 0.10\%$	B
灰色	8	8	8		$\pm 0.05\%$	A
白色	9	9	9			
金色				0.1	$\pm 5\%$	J
银色				0.01	$\pm 10\%$	K
无					$\pm 20\%$	M

四环电阻

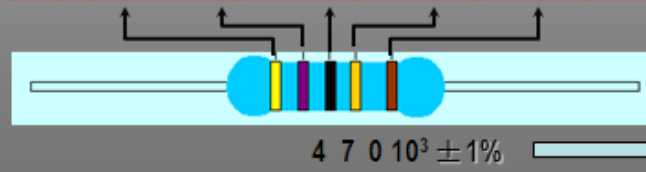


对应电阻值：  
 $22 \times 10^0 \pm 5\%$   
 $= 22\Omega \pm 5\%$

电阻色码系统

颜色	第一环	第二环	第三环	乘数	误差
棕	1	1	1	$10^1$	$\pm 1\%$
红	2	2	2	$10^2$	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	$10^3$	
黄	4	4	4	$10^4$	
绿	5	5	5	$10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	$10^6$	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	$10^7$	$\pm 0.10\%$
灰	8	8	8	$10^8$	$\pm 0.05\%$
白	9	9	9	$10^9$	
黑	0	0	0	$10^0$	
金					$\pm 5\%$
银					$\pm 10\%$
无					$\pm 20\%$

五环电阻



对应电阻值：  
 $470 \times 10^3 \pm 1\%$   
 $= 470k \pm 1\%$

## 电感

符号：“L”

电感在电路中的作用：

电感的基本作用有滤波、振荡、延迟、陷波等，一般对电感作用形象说法是“通直流，阻交流”细化解来说，在电子线路中，电感线圈对交流有限流作用，它与电阻器或电容器能组成高通或低通滤波器、移相电路及谐振电路等；变压器可以进行交流耦合、变压、变流和阻抗变换等。

如何区分电阻电容电感(色环电感与色环电阻的识别一致)

色环电阻，色环电感，色环电容，色环二极管的区别

向左转 向右转



下面是色环电容和二极管的单独照片。

向左转 向右转



色环电阻和色环电容内部结构的差别

向左转 向右转



下面说的是一般的情况下如何识别这些东西，有些特殊情况不包括在内：

#### 1.颜色，

电阻一般都是那两种颜色，米黄色的一般是 4 环电阻，蓝色的一般是高精度 5 环电阻用的颜色。

电感一般都是图中的那两种绿色。

电容呢，见的不是很多，见过的都是比电感颜色浅的白绿色。

二极管就不说了，只有**稳压二极管**才用，玻璃涂漆封装的，一般就是 2 个色环，表明稳压值。

#### 2.形状，

电阻就像狗啃的骨头一样，明显的两边粗，中间细，而且很均匀。和引线衔接的地方是突然没有的。

电感就不是的，和电阻比就是胖了很多，几乎是一样粗的，和引线衔接的地方是逐渐变细的，没有电阻变的厉害。

电容和电阻差不多，**物理结构**造成的。

#### 3.测量

电阻不说了，没人不会测量，除了特殊的电阻，阻值一般都是几百，几千甚至更高。

电感就不一样了，测量的时候电阻基本 10 欧以下的。

电容是测不出阻值的。

#### 4.电路

看这些元件在电路里连接的状态，如果是输出或者输入的地方，串连的一般都是电感，电阻和电容通过电路上的关系也可以初步的判断。结果以万用表测量的为主。电感和电容如果按照上面的色环读，测量的结果会很不一样的。如果是电阻，不会和电感测混的，因为电阻坏了基本上全部是断路故障。至于电阻和电容的区分，除了看色环和测量结果的比较外，如果是开路的电阻和漏电的电容只能看电路板上的符号或者拆开那层漆来看了。电阻由于工艺



的原因，拆下漆后，有螺旋的纹路连接两个电极。电容却是一层没有螺旋的铜，并且没有连接两个电极。看上面的图就明白了。左边是电阻，右边是电容。

电容和电阻的区别方法为：

1. 外观形状

电阻一般为米黄色或者蓝色；电感一般为绿色。

电阻的形状为两边粗，中间细；电感的形状为均匀的柱体。

2. 测量电阻值

电阻的测量值为电阻实际值，即和色环值一致；电感测得电阻值一般为 10 欧以下，和色环值不一致。

3. 电路标识

电阻的电路符号为 **R**；电感的符号为 **L**。

电感，inductor，是能够把电能转化为磁能而存储起来的元件，用字母 **L** 表示。它只阻碍电流的变化，如在电路接通时电感将试图阻碍电流流过它，电路断开时电感将试图维持电流不变。

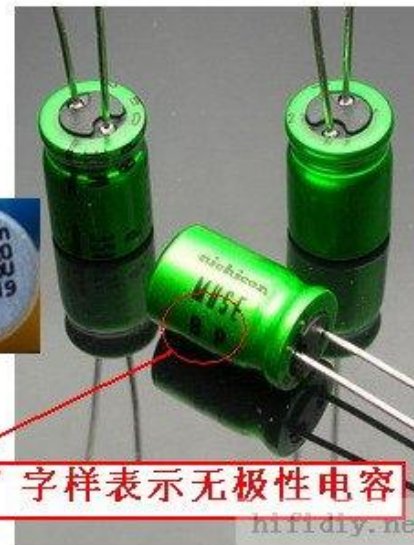
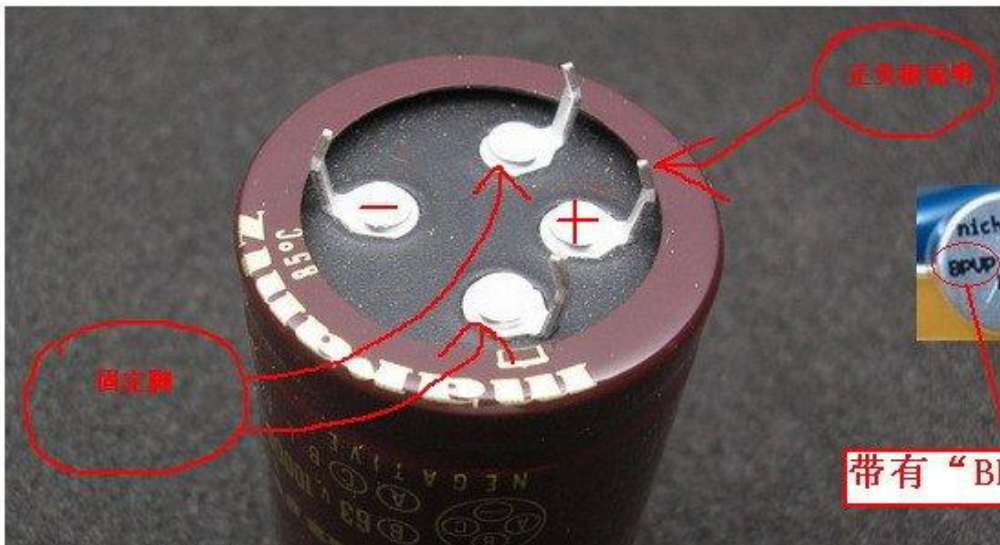
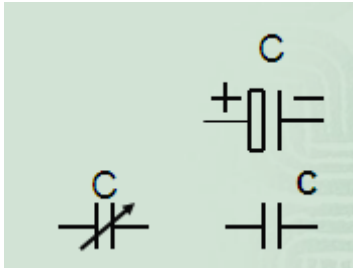
电阻，resistor，是端电压与电流有确定函数关系，能将电能转化为热能的二端器件，用字母 **R** 来表示，单位为欧姆  $\Omega$ 。

## 电容

电容的电气特性是“隔直通交”。

### 电容的极性

- (1) 新的电解电容可以管脚为标志：长脚为正极，短脚为负极。
- (2) 在外壳封装上有极性标志。





有黑点的脚为负



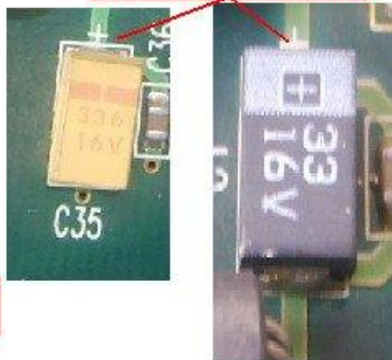
2、3是连通的都是负端

+极

3



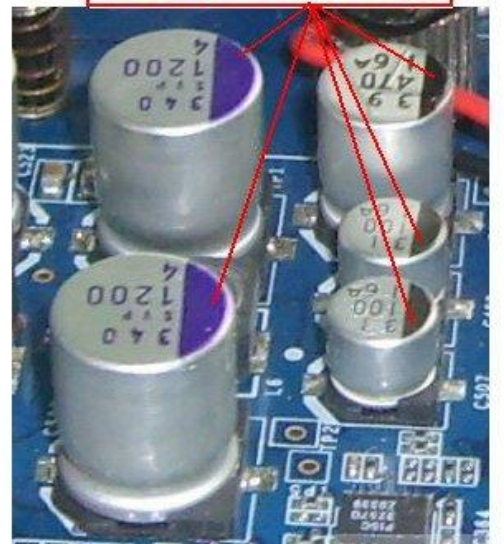
意思是“黑标记为负”



带一杠的为正端



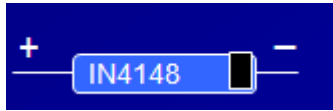
有颜色标记的为负端



未完，待续！

## 二极管

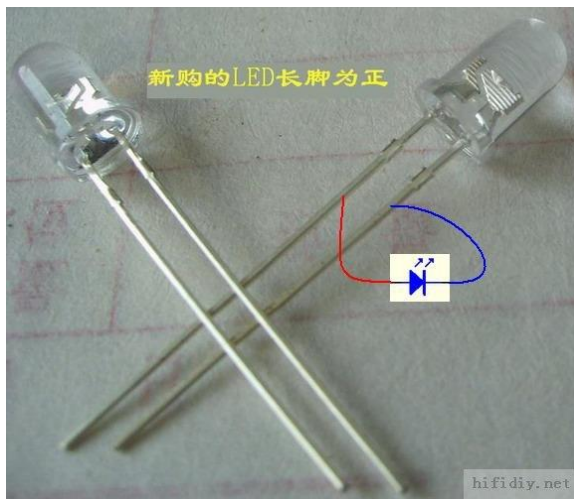
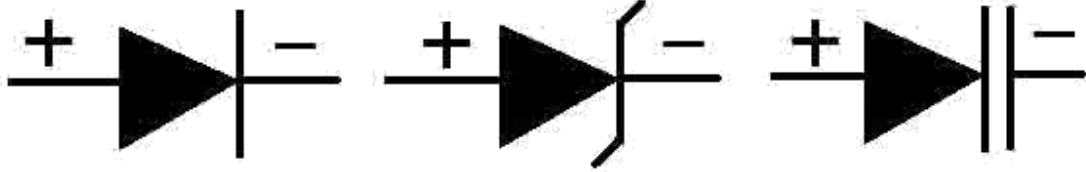
晶体二极管具有单向导电特性，一般用于整流、检波。晶体二极管 PN 结存在结电容，变容二极管就是利用这个特性。还有稳压二极管利用 PN 结的击穿特性。



晶体二极管

稳压二极管

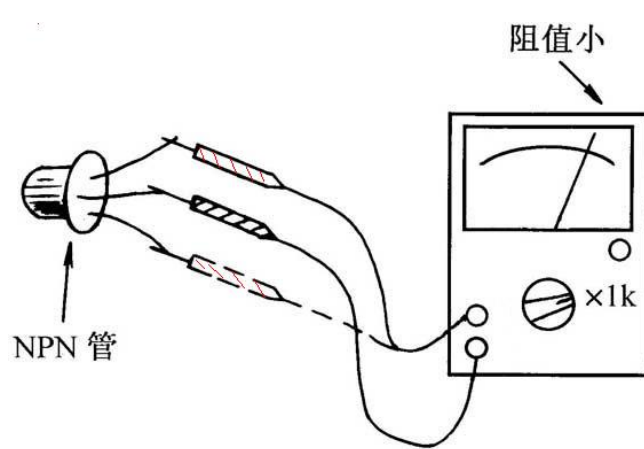
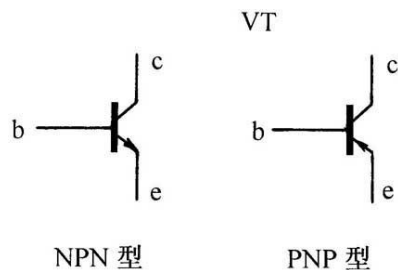
变容二极管



注意：数字万用表 **红笔**接的是电源正级 **黑笔**接的是电源负级

指针万用表 **红笔**接的是电源的负级 **黑笔**接的是电源正级

晶体三极管的文字符号为“VT”“Q”，图形符号如图所示。



基极判别：

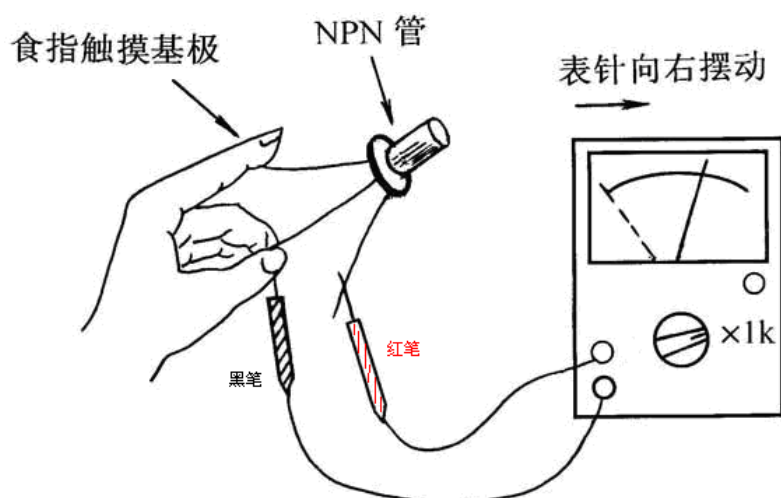
用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡测量检测晶体三极管时，万用表置于“ $R \times 1k$ ”挡。

先用**黑表笔**接某一管脚，**红表笔**分别接另外两管脚，

测得两个电阻值。直至测得两个电阻值都很小，而且阻值都差不多相等。

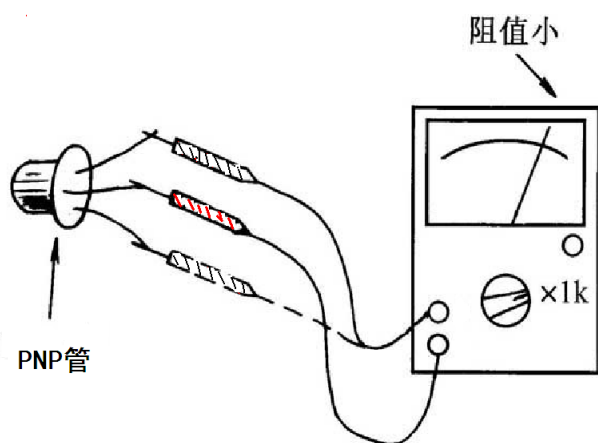
那么**黑表笔**接的是 NPN 型三极管的 B 极！改用**红表笔**接基极 b，**黑表笔**分别接另外两管脚，测两个电阻值应都很大的，说明被测三极管基三上是好的。

的。



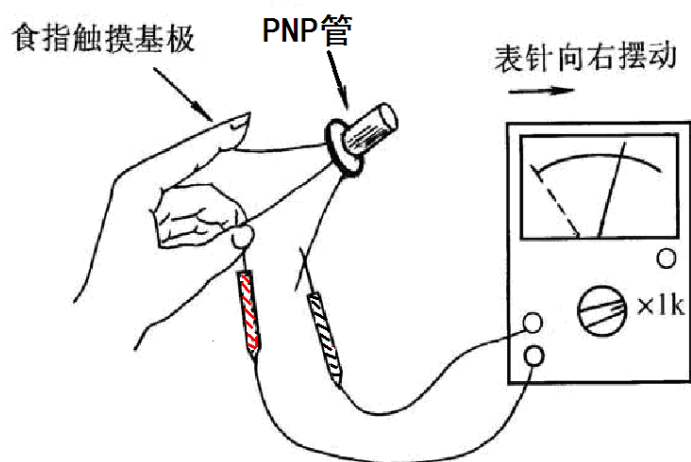
对于 NPN 管，判定集电极 c 和发射极 e。用**黑表笔**接基极以外的一管脚，用手捏住 B 极和这一管脚（不能短路）。**红表笔**接另外一管脚。这时表针应向右摆动。对调

后再测一次。两次测量中，表针摆动幅度较大的那一次，**黑表笔**所接为集电极 C，**红表笔**所接为发射极 E。表针摆动幅度越大，说明被测三极管的  $\beta$  值越大。

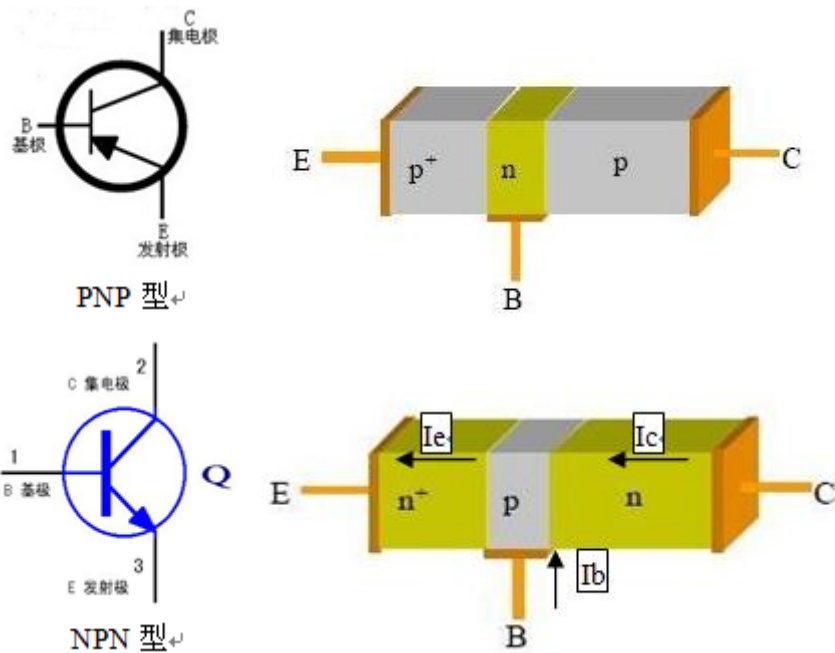


基极判别:用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡测量

检测晶体三极管时，万用表置于“ $R \times 1k$ ”挡。先用**红表笔**接某一管脚，**黑表笔**分别接另外两管脚，测得两个电阻值。直至测得两个电阻值都很小，而且阻值都差不多相等。那么**红表笔**的是 PNP 型三极管的 B 极！改用**黑表笔**接基极 b，**红表笔**分别接另外两管脚，测两个电阻值应都很大，说明被测三极管基三上是好的。



对于 PNP 管，判定集电极 c 和发射极 e。用**红表笔**接基极以外的一管脚，用手捏住 B 极和这一管脚（不能短路）。**黑表笔**接另外一管脚。这时表针应向右摆动。对调后再测一次。两次测量中，表针摆动幅度较大的那一次，**红表笔**所接为集电极 C，**黑表笔**所接为发射极 E。表针摆动幅度越大，说明被测三极管的  $\beta$  值越大。



1、三极管的正偏与反偏：给 PN 结加的电压和 PN 结的允许电流方向一致的叫正偏，否则就是反偏。即当 P 区（阳极）电位高于 N 区电位时就是正偏，反之就是反偏。例如 NPN 型三极管，位于放大区时， $U_c > U_b$  集电极反偏， $U_b > U_e$  发射极正偏。总之，当 p 型半导体一边接正极、n 型半导体一边接负极时，则为正偏，反之为反偏。

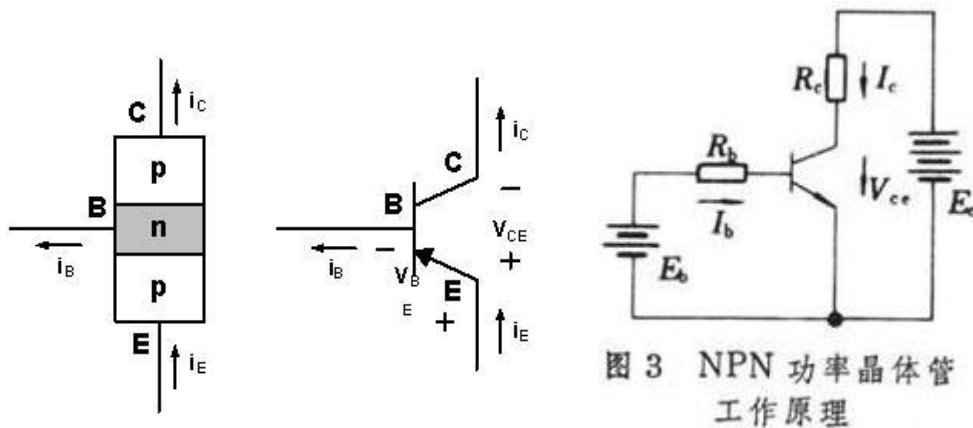


图3 NPN 功率晶体管工作原理

NPN 和 PNP 主要是电流方向和电压正负不同。

NPN 是用 B—E 的电流 ( $I_B$ ) 控制 C—E 的电流 ( $I_C$ )，E 极电位最低，且正常放大时通常 C 极电位最高，即  $V_C > V_B > V_E$ 。

PNP 是用 E—B 的电流 ( $I_B$ ) 控制 E—C 的电流 ( $I_C$ )，E 极电位最高，且正常放大时通常 C 极电位最低，即  $V_C < V_B < V_E$ 。

## 2、三极管的三种工作状态：放大、饱和、截止

(1) 放大区：发射结正偏，集电结反偏。对于 NPN 管来说，发射极正偏即基极电压  $U_b > \text{发射极电压 } U_e$ ，集电结反偏就是集电极电压  $U_c > \text{基极电压 } U_b$ 。放大条件：NPN 管： $U_c > U_b > U_e$ ；PNP 管： $U_e > U_b > U_c$ 。

(2) 饱和区：发射结正偏、集电结正偏—BE、CE 两 PN 结均正偏。即饱和导通条件：NPN 管： $U_b > U_e, U_b > U_c$ ，PNP 型管： $U_e > U_b, U_c > U_b$ 。饱和状态的特征是：三极管的电流  $I_b$ 、 $I_c$  都很大，但管压降  $U_{ce}$  却很小， $U_{ce} \approx 0$ 。这时三极管的 c、e 极相当于短路，可看成是一个开关的闭合。饱和压降，一般在估算小功率管时，对硅管可取 0.3V，对锗管取 0.1V。此时的， $i_c$  几乎仅决定于  $I_b$ ，而与  $U_{ce}$  无关，表现出  $I_b$  对  $I_c$  的控制作用。

(3) 截止区：发射结反偏，集电结反偏。由于两个 PN 结都反偏，使三极管的电流很小， $I_b \approx 0$ ， $I_c \approx 0$ ，而管压降  $U_{ce}$  却很大。这时的三极管 c、e 极相当于开路。可以看成是一个开关的断开。

## 3、三极管三种工作区的电压测量

如何判断电路中的一个 NPN 硅晶体管处于饱和、放大、截止状态？用电压表测基极与射极间的电压  $U_{be}$ 。

饱和状态  $U_{be}$  有正偏压约 0.65V 左右， $U_{ce}$  电压接近 0V。

放大状态  $U_{be}$  有正偏压约 0.6V， $U_{ce}$  电压大于 0.6V 小于电源电压。

截止状态  $U_{be}$  电压低于 0.6V， $U_{ce}$  电压等于或接近电源。

在实际工作中，可用测量 BJT 各极间电压来判断它的工作状态。NPN 型硅管的典型数据是：饱和状态  $U_{be}=0.7V$ ， $U_{ce}=0.3V$ ；放大区  $U_{be}=0.7V$ ；截止区  $U_{be}=0V$ 。这是对可靠截止而言，实际上当  $U_{be} < 0.5V$  时，即已进入截止状态。对于 PNP 管，其电压符号应当相反。

截止区：就是三极管在工作时，集电极电流始终为 0。此时，集电极与发射极间电压接近电源电压。对于 NPN 型硅三极管来说，当  $U_{be}$  在 0~0.5V 之间时， $I_b$  很小，无论  $I_b$  怎样变化， $I_c$  都为 0。此时，三极管的内阻 ( $R_{ce}$ ) 很大，三极管截止。当在维修过程中，测得  $U_{be}$  低于 0.5V 或  $U_{ce}$  接近电源电压时，就可知道三极管处在截止状态。



放大区：当  $U_{be}$  在  $0.5\sim 0.7V$  之间时， $U_{be}$  的微小变化就能引起  $I_b$  的较大变化， $I_b$  随  $U_{be}$  基本呈线性变化，从而引起  $I_c$  的较大变化 ( $I_c=\beta I_b$ )。这时三极管处于放大状态，集电极与发射极间电阻 ( $R_{ce}$ ) 随  $U_{be}$  可变。当在维修过程中，测得  $U_{be}$  在  $0.5\sim 0.7V$  之间时，就可知道三极管处在放大状态。

饱和区：当三极管的基极电流 ( $I_b$ ) 达到某一值后，三极管的基极电流无论怎样变化，集电极电流都不再增大，一直处于最大值，这时三极管就处于饱和状态。三极管的饱和状态是以三极管集电极电流来表示的，但测量三极管的电流很不方便，可以通过测量三极管的电压  $U_{be}$  及  $U_{ce}$  来判断三极管是否进入饱和状态。当  $U_{be}$  略大于  $0.7V$  后，无论  $U_{be}$  怎样变化，三极管的  $I_c$  将不能再增大。此时三极管内阻 ( $R_{ce}$ ) 很小， $U_{ce}$  低于  $0.1V$ ，这种状态称为饱和。三极管在饱和时的  $U_{ce}$  称为饱和压降。当在维修过程中**测量到  $U_{be}$  在  $0.7V$  左右、而  $U_{ce}$  低于  $0.1V$  时，就可知道三极管处在饱和状态。**

截止区： $U_b \leq U_{ce}$  且  $U_{ce} > U_{be}$

放大区： $U_{be} > U_{on}$  且  $U_{CE} \geq U_{be}$ ，即  $U_c > U_b > U_e$ 。

饱和区： $U_{be} > U_{on}$  且  $U_{ce} < U_{be}$

NPN 型三极管导通时（饱和状态） $ce$  间电压约为  $0.3V$ ，PNP 型三极管饱和导通条件  $V_e > V_b, V_c > V_b$ ， $ec$  间电压也约等于  $0.3V$ 。NPN 型三极管截止时只需发射极反偏即可，PNP 型三极管与 NPN 型三极管截止条件相同。

#### 4、三极管用于开关电路的原理

两个 PN 结都导通，三极管导通，这时三极管处于饱和状态，即开关电路的“开”状态，这时  $CE$  极间电压小于  $BE$  极间电压。两个 PN 结均反偏，即为开关电路的“关”状态，三极管截止。

#### 5. 三极管构成放大器有三种电路连接方式

共射极放大器，发射极为公共端，基极为输入端，集电极为输出端。

共集极放大器，集电极为公共端，基极为输入端，发射极为输出端。

共基极放大器，基极为公共端，发射极为输入端，集电极为输出端。

#### 6、PNP 管和 NPN 管的用法

a. 如果输入一个高电平，而输出需要一个低电平时，首选择 NPN。

b. 如果输入一个低电平，而输出需要一个低电平时，首选择 PNP。

c. 如果输入一个低电平，而输出需要一个高电平时，首选择 NPN。

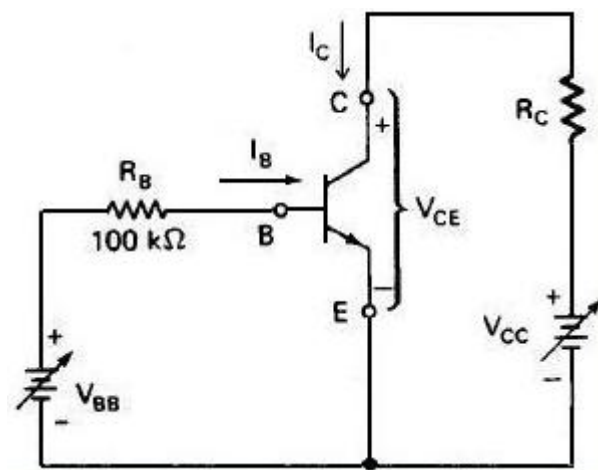
d. 如果输入一个高电平，而输出需要一个高电平时，首选择 PNP。

NPN 基极高电压，极电极与发射极短路(导通). 低电压，极电极与发射极开路. 也就是不工作。

PNP 基极高电压, 极电极与发射极开路，也就是不工作。如果基极加低电位，集电极与发射极短路（导通）。

7、晶体三极管是一种电流控制元件。在实际使用中常常利用三极管的电流放大作用，通过电阻(在三极管的集电极与电源之间接一个电阻)转变为电压放大作用。

共射极电路的电流放大系数为 $\beta$ ，共基极电路的电流放大倍数为 $\alpha$ 。 $\alpha$ 的值小于 1 但接近于 1，而 $\beta$ 的值则远大于 1（通常在几十到几百的范围内），所以 $I_c \gg I_b$ 。由于这个缘故，共射极电路不但能得到电压放大，还可得到电流放大，致使**共射极电路是目前应用最广泛的一种组态**。



## 8、三极管在电路的应用

由于单片机的输出电流很小，不能直接驱动 LED，需要加装扩流电路，最简单的就是加装一个射极跟随器（共集电极电路）足以驱动 LED 了。射极跟随器的发射极接负载，集电极接地，基极接单片机 I/O 口。

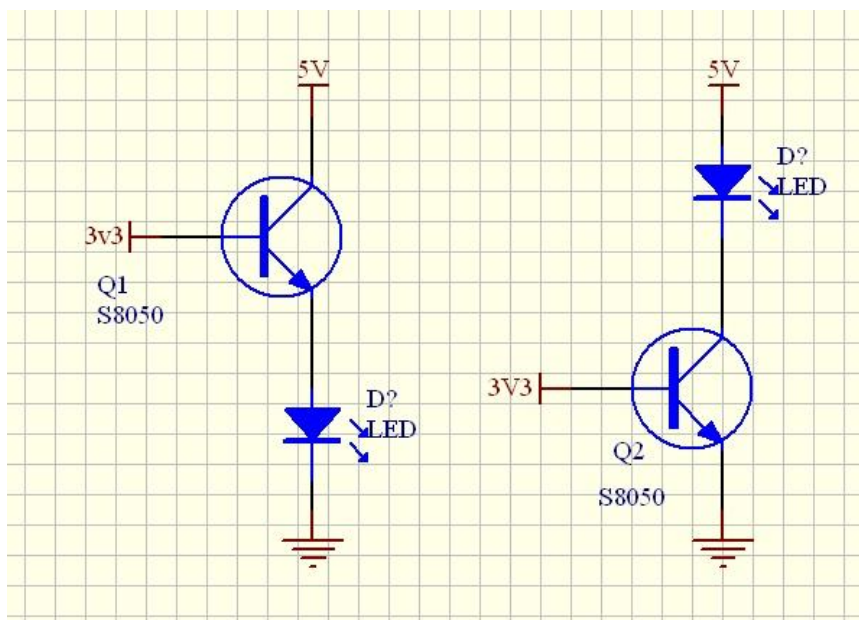
共射极接法和共集电极接法的区别

共集、共基、共射指的是电路，是三极管电路的连接状态而不是三极管。所谓“共”，就是输入、输出回路共有的部分。其判断是在交流等效电路下进行的。

**在交流通路下，电源正极相当于接地。哪一个极接地，就是共哪个极电路。**

共集电极电路——三极管的集电极接地，集电极是输入与输出的公共极；  
共基极电路——三极管的基极接地，基极是输入与输出的公共极；  
共发射极电路——三极管的发射极接地，发射极是输入与输出的公共极。

### 8.1、NPN 管在电路中的应用



区别很大。

首先，你的图有些问题，在 B 极、E 或 C 极回路上必须有限流电阻，不然会烧元件或者拉低电压的。

Q1 应该是共集电极电路吧，Q2 算共射电路。此处输入电压 3V3 代表 3.3V。一般情况不使用 Q1 电路，都使用 Q2 电路。

Q1 电路中，随着 Q1 的导通，E 极电压上升，升到 E 极电压上升到 3V（锗管）或 2.6V（硅管）时，Q1 的 BE 结电压开始减小，使 Q1 欲退出饱和状态，如此 Q1 的电压就钳在 3V 或 2.6V 左右，Q1 的输出电压相对较低，不可能超过 3V（按锗管算，BE 也得 0.3V 的压降）。因为  $U_{be}=0.7V$ （硅管）/0.3V（锗管）。

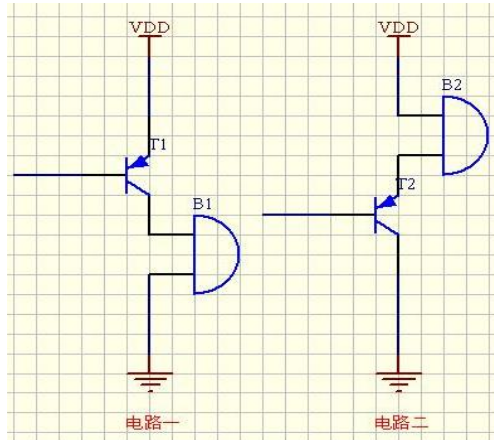
Q1 电路无法进入饱和状态?如果 Q1 进入饱和状态, 电流  $I_c$  增大, 集电极本来就有限流电阻 R,  $I_c \cdot R > V_{cc} - I_e \cdot R_{led}$ ?  $R_{led}$  为 LED 的电阻。

Q2 电路简单，只要 BE 电压达到 0.3V（锗管）或 0.7V（硅管），Q2 饱和导通，5V 电压就加于负载。负载电压不受 B 极驱动电压的影响。

综上所述：NPN 管（高电平导通）采用共集电极接法时输出电压较低，采用

共射极接法时输出电压相对较高。

## 8.2 PNP 管在电路中的应用



两种接法各有用途，不能说哪种更好

左边是共发射极接法，右边是共集电极接法，由于发射极和基极间的电位只差 0.7V，大致可看成  $V_e = V_b$ ，因此又叫做射级跟随器。

当目的是要驱动一个数字量器件（如继电器/蜂鸣器）时，左边的共射电路是最标准的用法：T1 要么截止要么饱和导通，导通时 T1 上的压降很小，电源电压几乎都落到负载 B1 上，T1 相当于一个开关。采用右图的射随接法继电器/蜂鸣器虽也能工作，但因三极管不会饱和，使得负载得不到接近电源的电压，反而要使三极管的功耗增大，是值得注意的。

左图：拉低 T1 的基极电平使其导通（限流电阻不可省），T1 即饱和， $V_{ce}$  仅约 0.2V。

右图：拉低 T2 的基极电平（假设为 0.3V），T2 虽导通但无法完全饱和，因导通的条件是  $V_{be}$ （实际应为  $V_{eb}$ ）上有 0.7V，所以 T2 的  $V_{ce}$ （实际应为  $V_{ec}$ ） $= 0.3 + 0.7 = 1V$ 。

可见左右两种电路在三极管 c-e 上的压降不同，右图三极管的功耗要大于左图，负载上得到的电压则较低。

综上所述，PNP 管（低电平导通）采用共集电极接法时无法进入饱和状态，采用共射极接法时饱和压降低。

所以在电路中不管是 PNP 管还是 NPN 管一般采用共射极接法，即集电极接负载；共集电极接法（又称射级跟随器）有电流放大而无电压放大。

如果把三极管当开关用，负载最好接在集电极（不管是 NPN 还是 PNP 管），这样接导通时饱和压降小一点。接在集电极作负载的是电压放大，接在发射极做负载的是电流放大。

不管是 NPN 还是 PNP 三极管负载可以接在集电极也可以接在发射极，至于哪种接法要根据放大电路的要求来定，**负载接在集电极的叫共射放大电路，具有电压放大作用**，另一种**负载接在发射极的称共集电极放大电路，具有电流放大作用**，具有高输入阻抗，低输出阻抗的特点，同样是一种放大电路又称阻抗匹配电路。

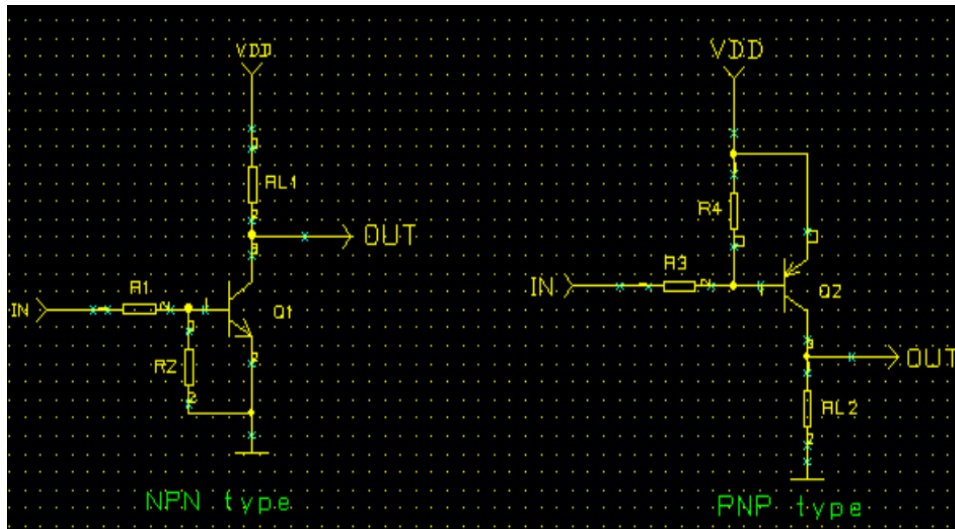
8.3 一般典型用法是三极管基极接单片机 I/O 口（P0-P3）。

三极管的集电极电流（ $I_c$ ）小可以更容易进入饱和状态。三极管的饱和电流由 C 极负载决定，这里说的是 e 极上无电阻的情况。一般说负载大是指电流大，也就是电阻小。

**怎么使三极管进入饱和状态？**（此处 NPN 三极管基极接单片机 I/O 口，发射极接地，集电极通过负载接 5V 电源）**答案：增加基极电流，使基极电流乘以放大倍数大于集电极电流。因为三极管放大倍数有离散性，所以计算时要用你所用一三极管中可能的最小放大倍数。**用最小放大倍数算，放大倍数较大的管子上去也能用，只是饱和深度深些，多少影响点响应速度。用最大放大倍数算，放大倍数较小的管子上去就不能保证饱和。如果单片机输出电流不够就要加放大级。

假如发射极直接接地而不串联电阻，如果三极管是 NPN 管，单片机 I/O 口输出高电平，则加在三极管的电流会过大而烧毁三极管。另一种情况，假设为 PNP 管（E 极接  $V_{cc}$ ），单片机 I/O 口输出低电平时三极管烧毁。一般会在单片机与三极管基极间加限流电阻（？）。

驱动蜂鸣器的电路要求工作在饱和状态下是为了提高电源的使用效率，并不是必需条件。比如说使用的蜂鸣器额定电压低于电源电压，这时就要在 C 极上串电阻或采用恒流电路来限制电流。



pnp 与 npn 的用法有所不同，一般来说 pnp 的管子射极接电源，且 b 极接上拉以确保关断，nnp 的管子射极接地，b 极下拉。9013 是 npn 管，高电平导通，9012 是 pnp 管，低电平导通。这种做法只适应于相对较高输入阻抗电路，以提高抗干扰特性，防误触发。如果还想可靠点，此电阻上还可加一只 103~104 独石。

三极管构成的放大电路，在实际应用中，除了用做放大器外（在放大区），三极管还有两种工作状态，即饱和与截止状态。

### 1. 截止状态

所谓截止，就是三极管在工作时，集电极电流始终为 0。此时，集电极与发射极间电压( $U_{ce}$ )接近电源电压。对于 NPN 型硅三极管来说，当  $U_{be}$  在 0~0.5V 之间时， $I_b$  很小，无论  $I_b$  怎样变化， $I_c$  都为 0。此时，三极管的内阻 ( $R_{ce}$ ) 很大，三极管截止。当在维修过程中，测得  $U_{be}$  低于 0.5V 或  $U_{ce}$  接近电源电压时，就可知道三极管处在截止状态。

### 2. 放大状态

当  $U_{be}$  在 0.5~0.7V 之间时， $U_{be}$  的微小变化就能引起  $I_b$  的较大变化， $I_b$  随  $U_{be}$  基本呈线性变化，从而引起  $I_c$  的较大变化 ( $I_c = \beta I_b$ )。这时三极管处于放大状态，集电极与发射极间电阻 ( $R_{ce}$ ) 随  $U_{be}$  可变。当在维修过程中，测得  $U_{be}$  在 0.5~0.7V 之间时，就可知道三极管处在放大状态。

### 3. 饱和状态

当三极管的基极电流 ( $I_b$ ) 达到某一值后，三极管的基极电流无论怎样变化，集电极电流都不再增大，一直处于最大值，这时三极管就处于饱和状态。三极管的饱和状态是以三极管集电极电流来表示的，但测量三极管的电流很不方便，可以通过测量三极管的电压  $U_{be}$  及  $U_{ce}$  来判断三极管是否进入饱和状态。当  $U_{be}$  略大于 0.7V 后，无论  $U_{be}$  怎样变化，三极管的  $I_c$  将不能再增大。此时三极管内阻 ( $R_{ce}$ ) 很小， $U_{ce}$  低于 0.1V，这种状态称为饱和。三极管在饱和时的  $U_{ce}$  称为饱和压降。当在维修过程中测量到  $U_{be}$  在 0.7V 左右、而  $U_{ce}$  低于 0.1V 时，就可知道三极管处在饱和状态。三极管的三个工作状态对于维修来

说有很重要的指导意义，请读者认真领会

# 晶体管闪光电路的制作

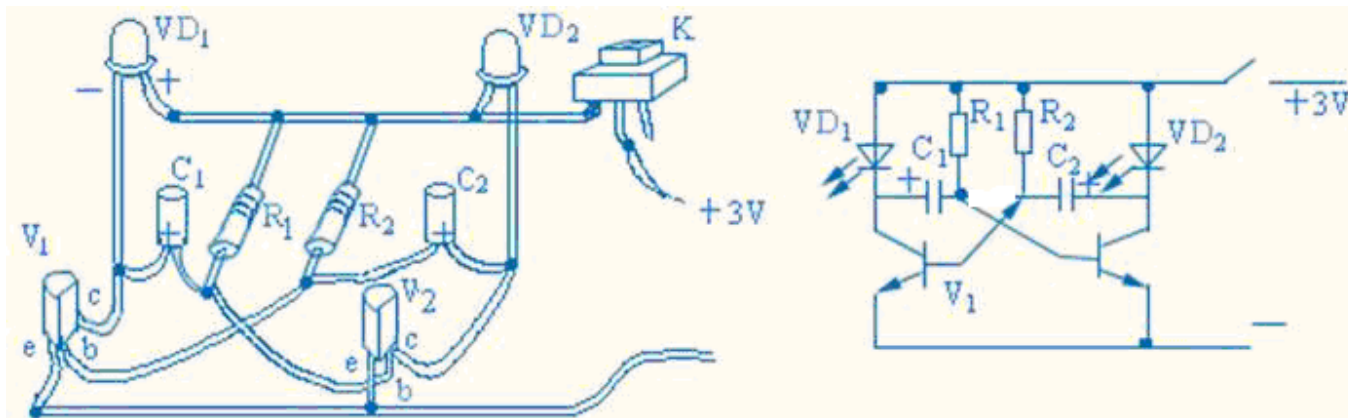
在前面几节中，我们已经认识了常用的电子元件，初步学会了使用万用表和焊接，从这一节开始，我们要学习认识电路和电路图，并按照电路图，动手制作一些简单的电子电路。

## 一. 闪光电路的实物连接图和电路图

图 3—14 (A) 是晶体管闪光电路的实物连接图。从图中可以看出这个电路中有晶体三极管、发光二极管、电解电容器、电阻器和拨动开关共 9 只元件。将它们用导线按图连接起来，就组成了闪光电路。接上 3 伏直流电源，2 只发光二极管就会交替闪亮。

这种实物连接图虽能很清楚他说明电路的结构，但图很难画，不适合较复杂的电路。而且不适合对电路进行分析。所以我们经常见到的，不是电子制作的实物连接图，而是根据实物的连接情况画出的电原理图——电路图。

电路图是用电子元件的图形符号和文字符号代替实物，用直线代替导线画出来的。它和实物接线图是对应的，但画起来比实物图简单。电路图很直观，便于对电路进行分析和研究。晶体管闪光电路的电路图如图 3—14 (B)。



(A) 实物连接

(B) 电路图

图

图 3—14 晶体管闪光电路

这个电路图中元件的图形符号和文字符号在前面已经讲过，需要强调的是电路图中直线交叉处，点圆点的代表交叉导线在这点相连接；而不点圆点，则表示导线在这点不连接，而是彼此绝缘地跨越（如图 3—15）。

**技能训练** 按实物连接图画电路图

目的 练习看懂电路和改画电路图。

器材 铅笔 1 只 直尺



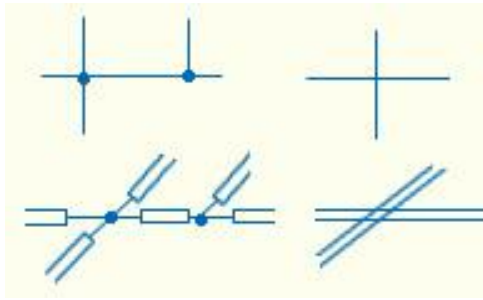


图 3-15 连接和不连接

步骤

1. 认真观察图 3-16 的实物连接图，这是一个晶体管放大器。首先要弄清楚这个电路由哪些元件构成。再看看它们是怎样连接的。
2. 在图右边的方框中，画出相应的电路图。并在电路中标出元件的文字符号和数值。

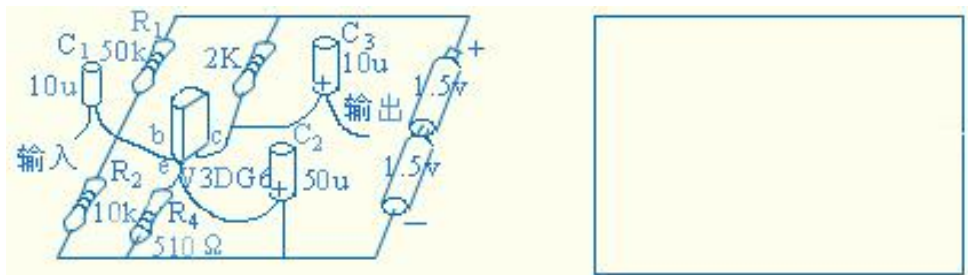


图 3-16 改画电路图

3. 要求画面美观整洁，电路正确

## 二、印刷电路板

闪光电路可以按图 3-14 的实物连接图，将元件用导线直接连接。但对于较复杂电路和体积要求较小的电路，直接连接就不现实了。更好的方法是制作一块印刷电路板，将元件焊接在印刷电路板上。

印刷电路板一般用单面敷铜板制作。敷铜板是一面粘有很薄的铜箔的绝缘树脂板。

图 3-17 (A) 是闪光电路的印刷电路板。图中画斜线的地方是铜箔。中间的空白处，铜箔已用小刀刻掉了。简单的印刷电路板可以用刀刻法制作。先将电路板图画在铜箔上，然后将钢尺压在需要刻去的地方，用刻刀（或用断锯条当刻刀）沿着钢尺深刻，刻断铜箔。一般刻去线条的宽度大约为 1~2 毫米。电路板上画黑点的地方，是用小台钻或手摇钻打出的直径约 1 毫米的小孔，电子元件的引脚要从电路板正面（无铜箔面）插入对应的小孔，然后焊接在反面的铜箔上。铜箔代替了导线。印刷电路板一方面对元件起支撑作用，另一方面又连接了元件，形成了完整的电路。

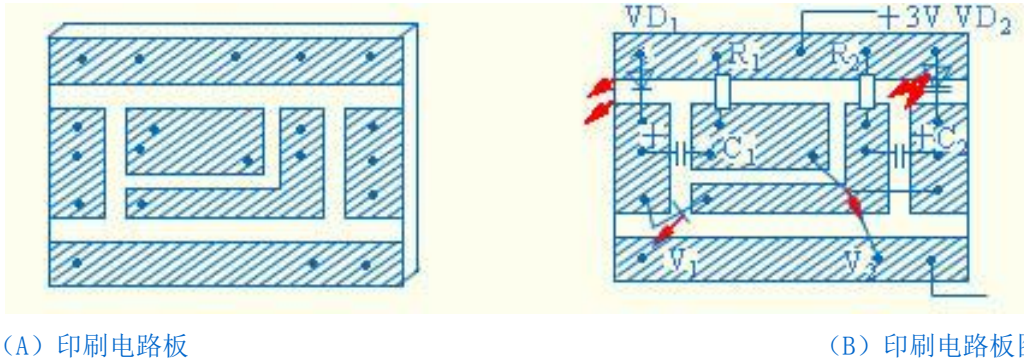
图 3-17 (B) 是闪光电路的印刷电路板图。它不但画出了印刷电路的走向、小孔的位置，而且在小孔间画出了插入小孔的元件符号。有了这种印刷电路板图，我们就可以按图插入元件，来焊接闪光电路了。

印刷电路板图上画的是有铜箔一面，而元件要从无铜箔的正面插入。所以，插元件前，应当先确定各元件在印刷板正面的位置，千万不能插错。

**技能训练** 确定元件在印刷电路板正面的位置

目的 练习看印刷电路板图

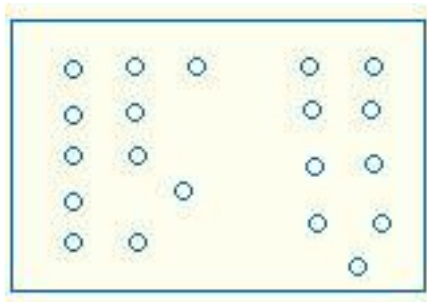
器材 钢笔、铅笔



**图 3-17 印刷电路板和电路板图**

**步骤** 1. 认真观察图 3-17 (B) 闪光电路印刷电路板图。对照图 3-14 电路图，弄明白各元件在电路中的位置。

2. 将各元件在印刷板正面的位置确定下来并用铅笔画在图 3-18 印刷板正面小孔位置图上。



**图 3-18 确定印刷板正面元件位置**

3. 对照图 3-17 (B) 检查画得是否正确。若无错误，用钢笔把元件符号画在闪光电路印刷板的正面。

### 三、闪光电路的制作

(一) 电路中所用元件规格：

$R_1$ 、 $R_2$  50k $\Omega$  1/8W 碳膜电阻  $C_1$ 、 $C_2$ 100 $\mu$ V 电解电容器  $VD_1$ 、 $VD_2$  05 发光二极管  $V_1$ 、 $V_2$ 9013 晶体三极管 K 拨动开关。

(二) 操作步骤：

1. 首先用万用表检查各元件质量。发光二极管可参照图 3-4 所介绍的方法测试。  
2. 将各元件引脚用小刀刮亮、镀锡。元件镀锡时应用尖嘴钳夹住引脚根部，以防元件过热损坏。将印刷电路板铜箔面用细纱纸打光后涂一层松香酒精溶液。

3. 将镀锡后的元件按电阻、电容、发光二极管、晶体三极管的顺序焊接在印刷电路板上。元件插入时，应按图位置插入，并特别注意电解电容器正负极、发光二极管正负极和三极管 b、c、e 三个极的位置，千万不能插错。

4. 元件可采用立式焊接（如图 3-19）。发光二极管引脚要留得长一些，其它元件可只留 5mm 左右。焊接时，应用尖咀钳或镊子夹住元件引脚根部以利散热。
5. 将电源接线焊好。接正极的最好用红色电线，中间串联拨动开关。
6. 检查焊接质量。检查邻近焊点间是否有相碰短路。用偏口钳剪去多余的引脚。
7. 将电池盒上鳄鱼夹按正负正确夹在两条电源线上。打开拨动开关。发光二极管应交替闪亮。晶体管闪光电路制作完成。

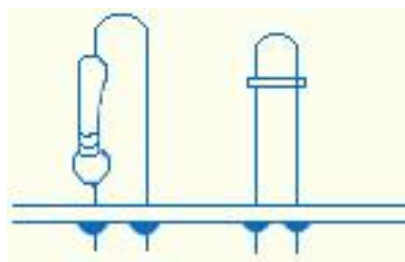


图 3-19 立式焊接

此电路只要元件质量可靠，焊接后不用调试即可成功。若想改变闪光的快慢，可改变  $C_1C_2$  的容量，容量越大，闪动越慢。

### 思考与实践

1. 若再增加两只发光二极管，你能否将 4 只发光二极管安装成 2 不过只眨动的眼睛，装在小动物模型中。试一试、看看安装后效果如何。
2. 这个闪光电路还可以安装在什么装置上？起什么作用？动手试一试。

# 3 组 12 只 LED 流水灯电路设计与制作

摘要：3 组 12 只 LED 流水灯是特别针对电子装配与调试技能设计出来的，值得学习和电路分析。本文分析了该流水灯电路的特点及其电路工作原理的说明。

关键字：3 组 12 只 LED 流水灯；电路设计；循环。

## 1 引言

随着科学技术的发展, 电力电子设备与人们的工作、生活的关系日益密切。各种小套件层出不穷, 功能多样。本文所设计的电子制作可以说是电子初学者学习电子的最佳入门制作! 其制作方式容易, 趣味横生, 更能提高初学者的动手能力! 让初学者在制作学习中感受电子技术带来的乐趣!

## 2 系统的功能描述

这款 3 组 12 只 LED 流水灯具有制作容易、有趣易学的特点, 电路焊接成功后, 装入电池, 即可正常工作, 3 组 12 只发光二极管便会被轮流点亮, 不断的循环发光, 达到流动的效果。

## 3 设计原理

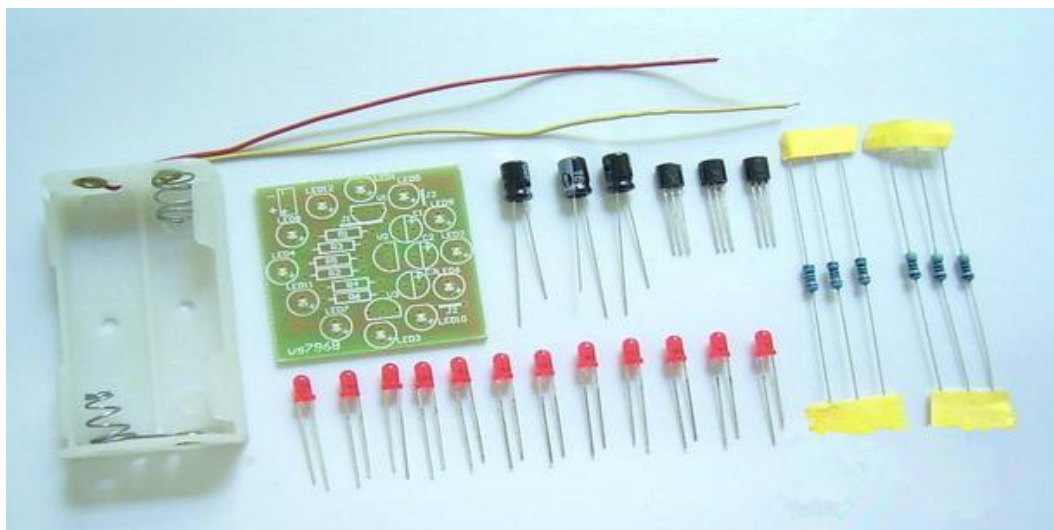
### 3.1 电路工作原理说明:

本电路是由 3 只三极管组成的循环驱动电路。每当电源接通时, 3 只三极管会争先导通, 但由于元器件存在差异, 只有 1 只三极管最先导通。这里假设 V1 最先导通, 则 V1 集电极电压下降, 使得电容 C2 的左端下降, 接近 0V。由于电容两端的电压不能突变, 因此此时 V2 的基极也被拉到近似 0V, V2 截止, V2 的集电极为高电压, 故接在它上面的发光二极管 LED5-LED8 被点亮。此时 V2 的高电压通过电容 C3 使 V3 基极电压升高, V3 也将迅速导通, 因此在这段时间里, V1、V3 的集电极均为低电压, 因此只有 LED5-LED8 被点亮, LED1-LED4、LED9-LED12 熄灭。但随着电源通过电阻 R3 对 C2 的充电, V2 的基极电压逐渐升高, 当超过 0.7V 时, V2 由截止状态变为导通状态, 集电极电压下降, LED5-LED8 熄灭。与此同时, V2 的集电极下降的电压通过电容 C3 使 V3 的基极电压也降低, V3 由导通变为截止, V3 的集电极电压升高, LED9-LED12 被点亮。接下来, 电路按照上面叙述的过程循环, 3 组 12 只发光二极管便会被轮流点亮, 不断的循环发光, 达到流动的效果。改变电容 C1、C2、C3 的容量可以改变循环速度, 容量越小, 循环速度越快。电源使用 2 节 5 号干电池即可。

### 3.2 电路元件

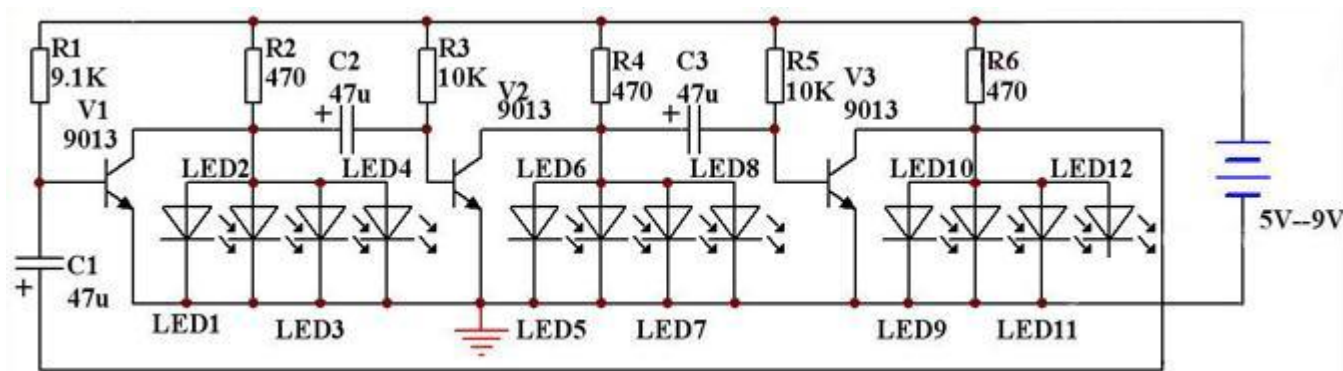
三极管	: T1、T2、T3	9013
二极管	: 发光二极管	12 只
电阻	: R1	9.1 K $\Omega$
	R2、R4、R6	470 $\Omega$
	R3、R5	10 K $\Omega$
电容	: C1、C2、C3	47 $\mu F$
导线	若干	

万用电路板或印刷电路板 1 个  
 电池座 1 个  
 5 号干电池 2 节



(图一) 电路元件图

### 3.3 电路图



(图二) 电路原理图

### 3.4 实验过程

#### 3.4.1 实施步骤:

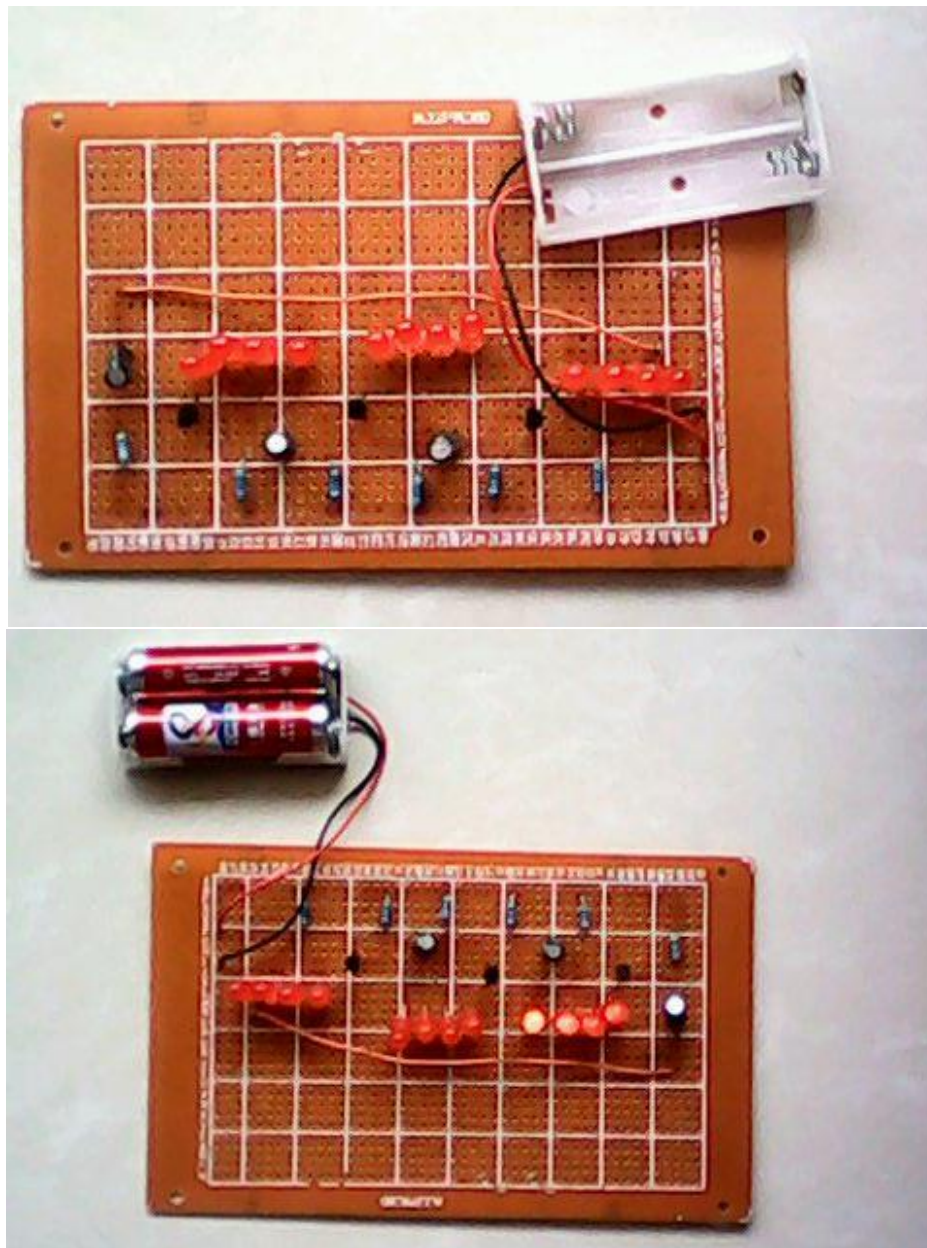
- 1) 检查电子元器件是否完好，齐全
- 2) 按照原理图将各元器件插到电路板的相关位置
- 3) 接通电烙铁电源
- 4) 待电烙铁加热一段时间后，蘸取适量松香
- 5) 按照焊接步骤依次将各焊点焊接好
- 6) 剪掉焊接后的引脚（不能破坏焊点）
- 7) 检查焊接是否已经完全并且没有短路现象
- 8) 通电测试
- 9) 测试完毕后，切断电烙铁电源，收拾实验台

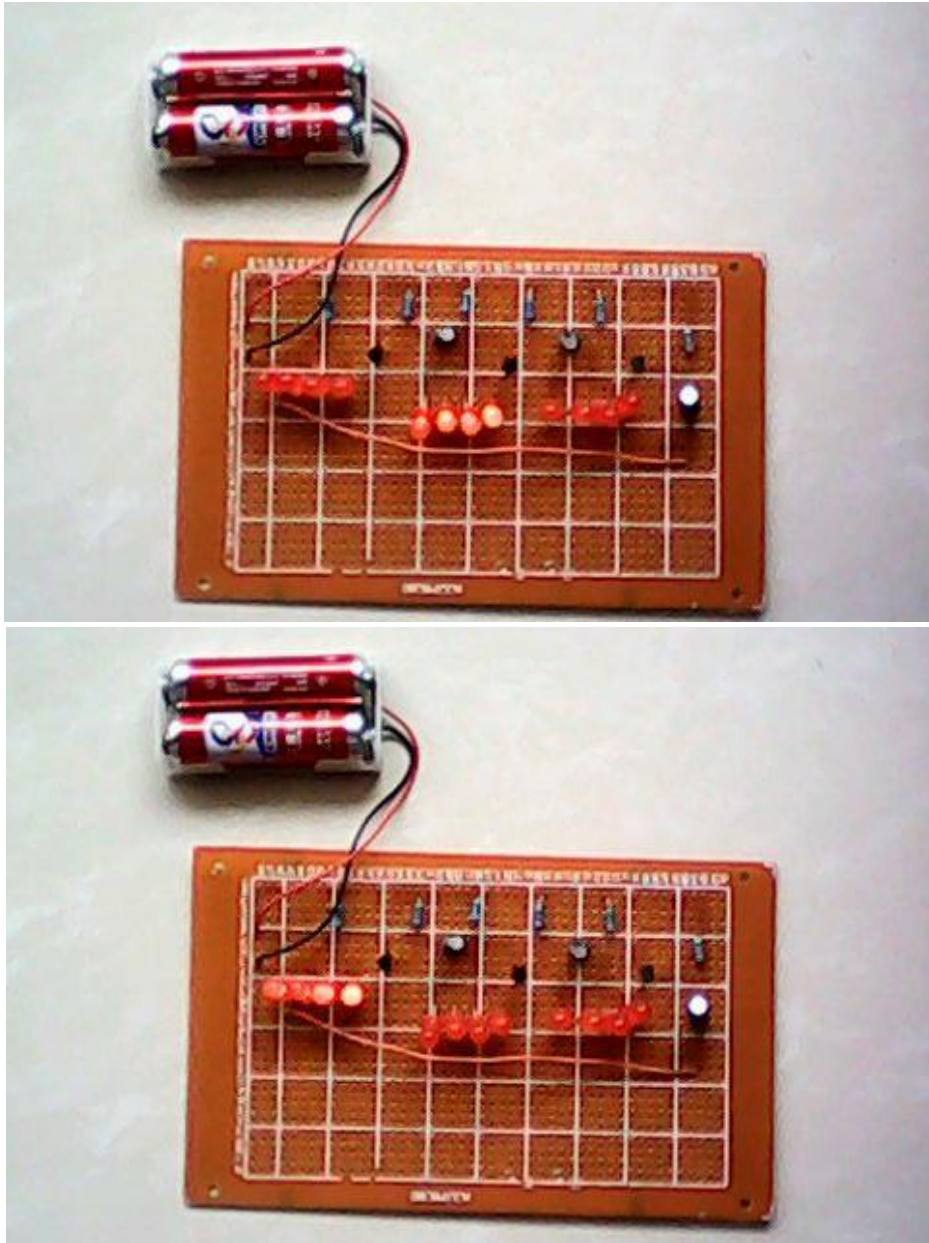
#### 3.4.2 调试过程:

焊接完成之后，装入电池，观察发光二极管是否正常发光，若只有某些发光二极管亮，说明焊点出现了问题，或者出现焊点相连的问题，应该认真检查电路板的焊接情况，反复调整直到发光二极管能正常发光，若最终发光二极管还不能

正常发光，可能元件出现了损坏，需重新焊接。

### 3.5 实物图





(图三) 电路组装完成图

#### 4 使用方法

装入 2 节 5 号干电池即可。

#### 5 功能实现情况评价

3 组 12 只 LED 流水灯电路焊接完成后，装入电池，就正常工作了，3 组 12 只发光二极管被轮流点亮，不断的循环发光，达到了流动的效果。实验成功了，达到了在做中教，在做中学的目的。

#### 6 总结与体会

3 组 12LED 流水灯的实验目的是学会识别各种元器件，学习并掌握焊接技术以及简单元器件装配，掌握 3 组 LED 流水灯的工作原理，了解安全用电常识。但在进行实验的过程中出现了困难，并从中学习和巩固了专业知识。

我们对这次实验做一个总结。做任何实验都需要了解实验的器材，这次实验当然也不例外，所以在做实验之前我们查询了有关书籍和资料，从中了解实验元

器件的名称和性能，并理解了实验的原理、步骤以及注意事项。在测试调试阶段，接通电源后出现有一组发光二极管不亮的现象，通过老师的帮助，检查发现电路板上的导线焊接错了，于是我再次焊接，接通电源之后，发光二极管顺利发光了。总体来说实验是成功的，毕竟发光二极管成功实现发光。

体会是通过这次实习我们学到了许多新的技能，并巩固了所学的专业知识，发现自己的不足之处。学习到元器件装焊顺序依次为：电阻器、电容器、二极管、三极管、集成电路、大功率管，其它元器件为先小后大。焊接时，要使焊点周围都有锡，将其牢牢焊住，防止虚焊。对引脚过长的电器元件（如电容器，电阻等），焊接完后，要将其剪短。我十分懊恼自己有一身的理论知识却还是焊接出这么差的效果，所以我们觉得这次的实验是很必要的，对于我们这些学了很多理论知识的学生来说是很有帮助的，它使得我们看到了自己的差距和经验的不足，以后需要勤奋的学习的同时多注重实际的运用，这样才应该是全面实际的应用型人才！



# 晶体三极管简单功放

是最常用的基本元器件之一，晶体三极管的作用主要是电流放大，他是电子电路的核心元件，现在的大规模集成电路的基本组成部分也就是晶体三极管

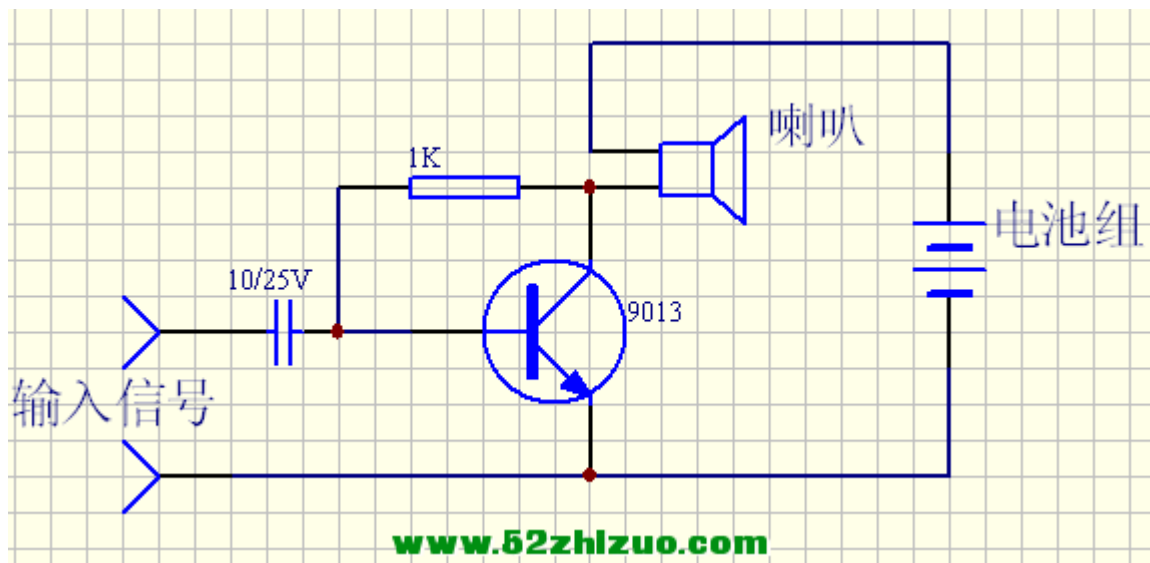
三极管是在半导体锗或硅的单晶上制备两个能相互影响的 PN 结，组成一个 PNP（或 NPN）结构。中间的 N 区（或 P 区）叫基区，两边的区域叫发射区和集电区，这三部分各有一条电极引线，分别叫基极 B、发射极 E 和集电极 C，是能起放大、振荡或开关等作用的半导体电子器件。

三极管是一种控制元件，三极管的作用非常的大，三极管主要用来控制电流的大小，以共发射极接法为例（信号从基极输入，从集电极输出，发射极接地），当基极电压  $U_B$  有一个微小的变化时，基极电流  $I_B$  也会随之有一小的变化，受基极电流  $I_B$  的控制，集电极电流  $I_C$  会有一个很大的变化，基极电流  $I_B$  越大，集电极电流  $I_C$  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，这就是三极管的电流放大作用。

**大家主要记住就是三极管基极和发射极流过很小的电流.在集电极和发射极就会流过很大的电流.这就是三极管电流的放大**

下面教大家做一个简单的三极管放大电路.用了一个三极管一个电容一个电阻组成.

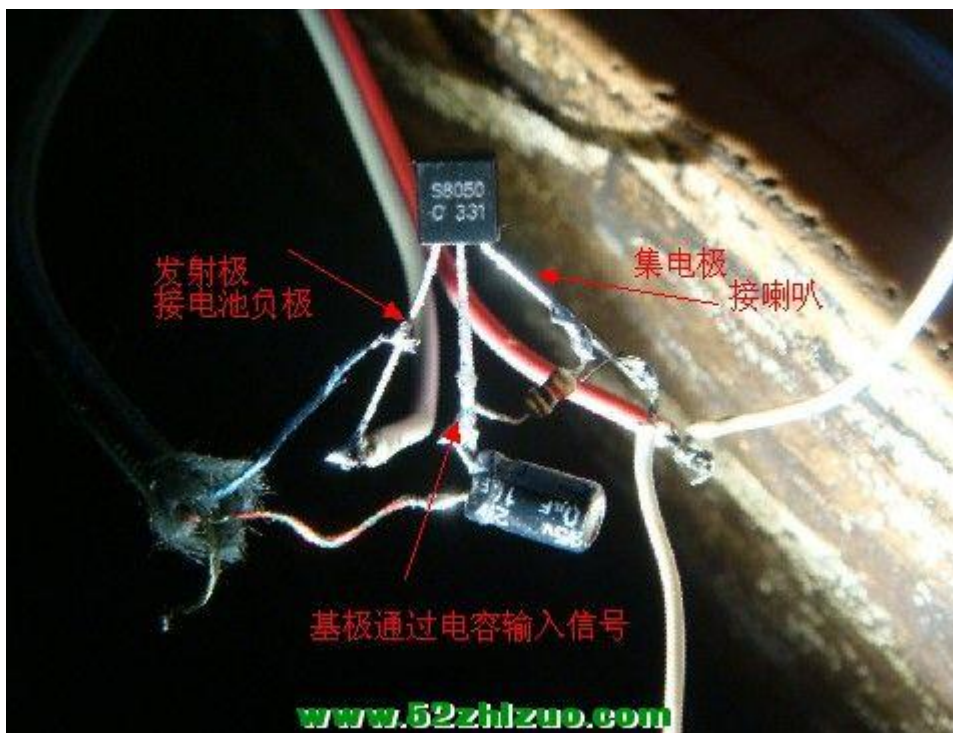
## 原理图



一个 MP3 做信号源推动一个小喇叭



放大电路中实物的接法



## RC 消火花电路——为什么电动机的电源输入端经常能看到一个电容

有些航模的电动机，在电源输入端经常能看到一个电容和电阻，就是说，不是直接给电动机供电的，还要经过一个电路，这个电路叫做“RC 消火花电路”，这篇转帖的帖子说明了这种电路的原理，供大家参考。

图 3-91 所示是 RC 消火花电路。电路中，+V 是直流工作电压，SI 是电源开关，M 是直流电机，RI 和 CI 构成 RC 消火花电路。

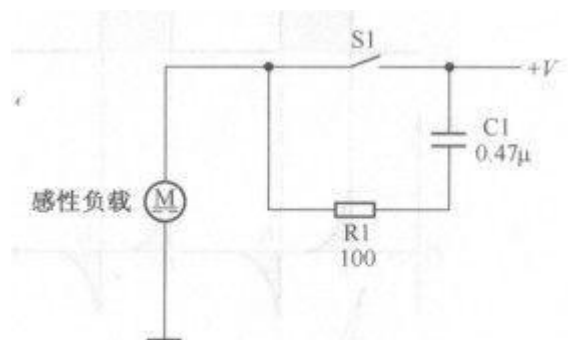


图 3-91 RC 消火花电路  
www.52zhizuo.com

直流电机 M 是一个感性负载，在切断电源开关 SI 的瞬间，由于感性负载突然断电会产生自感电动势，这一电动势很大且加在了开关 SI 两个触点之间，会在 SI 两触点之间产生打火放电现象，损伤开关 SI 的两个触点，长时间这样打火会造成开关 SI 的接触不良故障，为此要加入 RI 和 CI 这样的消火花电路，以保护感性负载回路中的电源开关。

开关 SI 断开时，直流电机 M 两端的自感电动势是通过这样的电路加到开关 SI 两个触点之间的，直流电机 M 上端直接与开关 SI 的左边触点相连，直流电机 M 的下端通过地线与直流电源 +V 的负极相连，再通过直流电源的内电路与开关 SI 的右边触点相连。这样，产生于直流电机 M 两端的自感电动势在开关 SI 断开时加到 SI 的两个触点之间了。

(1)消火花原理。开关 SI 断开时，由于 RI 和 CI 接在开关 SI 两触点之间，在开关 SI 上的打火电动势等于加在 RI 和 CI 的串联电路上。这一电动势通过 RI 对电容 CI 充电，CI 吸收了打火电能，使开关 SI 两个触点的电动势大大减小，达到消火花的目的。

(2)电阻 RI 的作用。由于对 CI 的充电电流是流过电阻 RI 的，所以 RI 具有消耗充电电能的作用，这样打火的电能通过电阻 RI 被消耗掉。

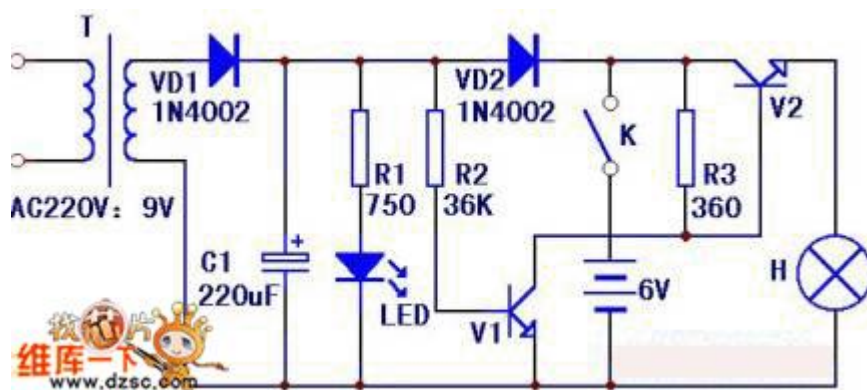
(3)元件参数。这种 RC 消火花电路中，一般消火花电容取  $0.47\mu\text{F}$ ，电阻取  $100\Omega$

## 灯光控制:自制简易应急灯电路图

夜晚忽然停电会给你的生活带来不便。本文的应急灯电路简单、本钱低廉，只要市电一停应急灯自动点亮，给你的生活带来方便。

工作原理：电路如图所示，220V 市电经变压器 T 降压、VD1 整流后，在电容器 C1 上得到大约 9V 的直流电压。此电压一路经 VD2 对蓄电池充电，一路经电阻 R2 为 V1 提供基极偏压，使 V1 饱和导通，V2 截止，灯泡 H 不亮。当市电忽然停电后，C1 两真个电压消失，由于 VD2 的隔离作用，使 R2 上无电流流过，V1 截止，此时蓄电池的正极经 R3 为 V2 提供基极电流使其导通，灯泡 H 点亮。R1、LED 组成电源指示电路。

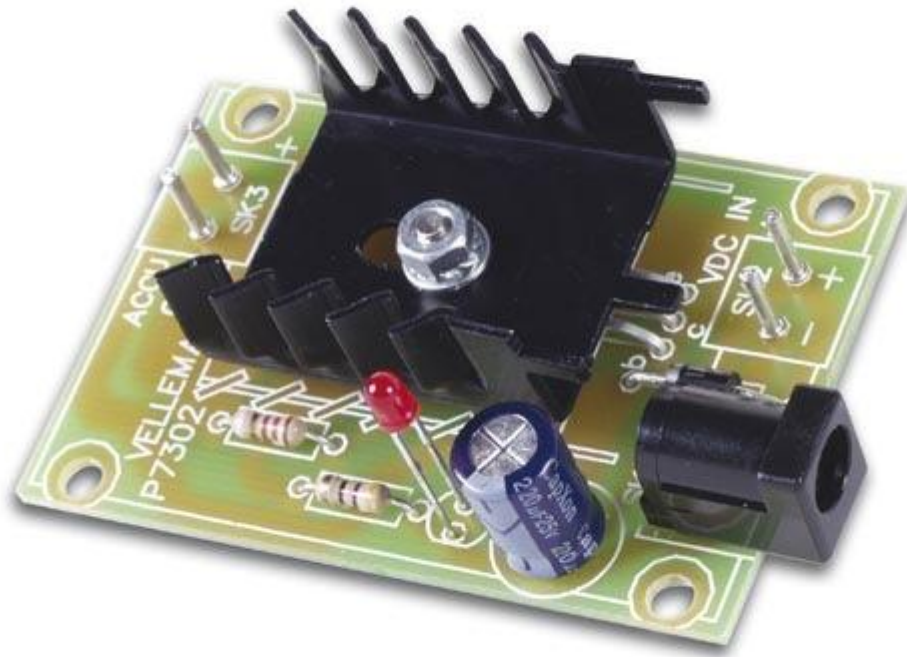
制作与调试：所有元件无特殊要求，变压器可用 3~5W 的小型变压器。V1 用 3DG130、 $\beta$  值大于 50。V2 用 3DD15  $\beta$  值大于 30。H 可选用 3V 的小灯泡。本电路调试简单，只要焊接无误，开机即可工作。



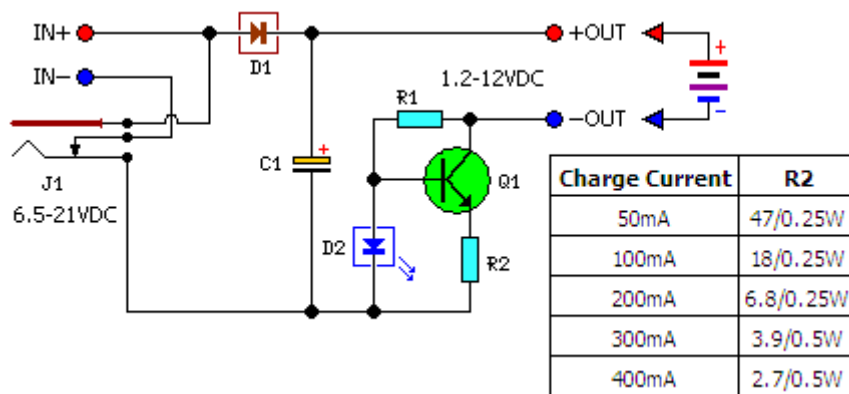
## 低成本通用电池充电器的制作

该电路可以对镍镉电池和镍氢电池充电，非常适合于玩具上的电池、遥控器上的电池充电。

发光二极管用于指示正在充电，这是一个低成本的电池充电器，希望你能够喜欢他。



实物图



电路图

R1 = 120R - 0.5W

R2 = 见图

C1 = 220UF -35V

D1 = 1N4007

D2 = 3 毫米 LED

Q1 = BD135

J1 = DC 输入插座

产品规格:

在汽车上使用的理想选择。

LED 充电指示。

可选的充电电流。

充电镍镉或镍氢电池。

转换一个电源适配器插入充电器。

充电手机，玩具，笔记本，视频电池...

产品特点:

LED 功能指示。

电源极性保护。

电源电流：相同的充电电流。

电源电压：从 6.5VDC 至 21VDC （取决于所使用的电池）

充电电流（ $\pm 20\%$ ）电流：50mA ， 100mA 时的 200mA， 的 300mA， 400 毫安。（可选）

确定电源电压:

此表显示的最小和最大电压供给充电器。请参阅下面的电源电压选择表。

SUPPLY VOLTAGE		
Battery Voltage	Min.	Max.
1.2V	6.5V	10V
2.4V	7.5V	11V
3.6V	9.6V	12V
4.8V	10.5V	13V
6V	12V	15V
7.2V	13.2V	16V
8.4V	14.5V	17V
9.6V	15.6V	18V
10.8V	16.8V	19V
12V	18V	21V

例如：

收取 6V 蓄电池 12V 的电源电压最低是必要的，最大电压为 15V ， 然后。

确定充电电流：

建立电路之前，您必须确定的多少电流将用于电池或电池组充电。最好是将电池的电流是较小的 10 倍， 然后对电池容量进行充电， 并给它充电约 15 小时。如果你双倍的充电电流， 那么你就可以将电池一半的时间充电。充电电流选择表位于图。

例如：

6V / 1000 毫安的电池组可以在 15 小时被控以 100mA 电流。如果你想更快充电， 然后为 200mA 的充电电流可以用于约 7 小时。

注意：

较高的充电电流， 更关键的充电时间， 必须检查。当快速充电时， 最好是充电之前， 电池完全放电。使用的容量的 1/10 的充电电流将扩大电池的寿命。充电时间可以很容易地在 不损坏电池一倍。

注意：

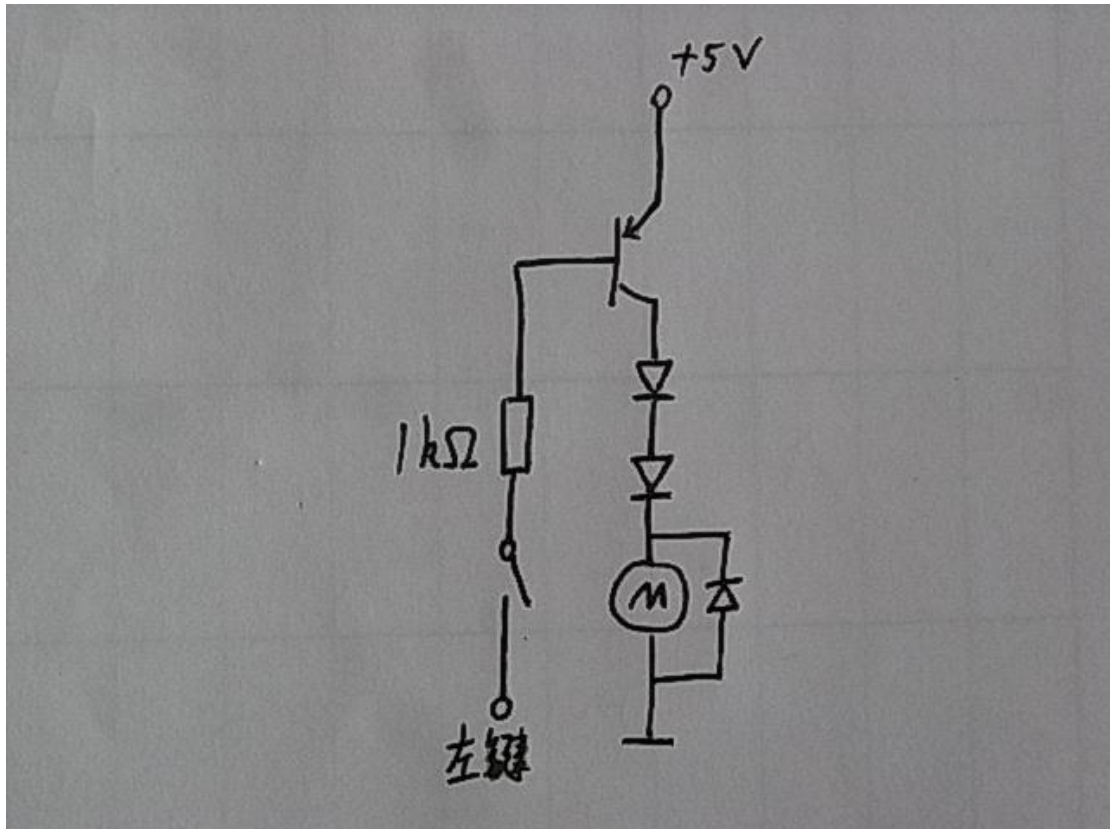
贴装晶体管以及 PCB 上的散热片， 弯曲的线索是必要的。注意的是， 晶体管的金属背接触的散热片。检查晶体管的导线不要触摸散热器。

## 自制震动鼠标（射击类游戏的必备利器）

我经常在 QQ 上看到我的朋友在玩 CF，他们常说，低音炮的感觉很爽，玩游戏时很给力，要是能像 PS2 的手柄一样带振动就好了，正好现在放假了，我决定自己动手改造一个整震动鼠标。

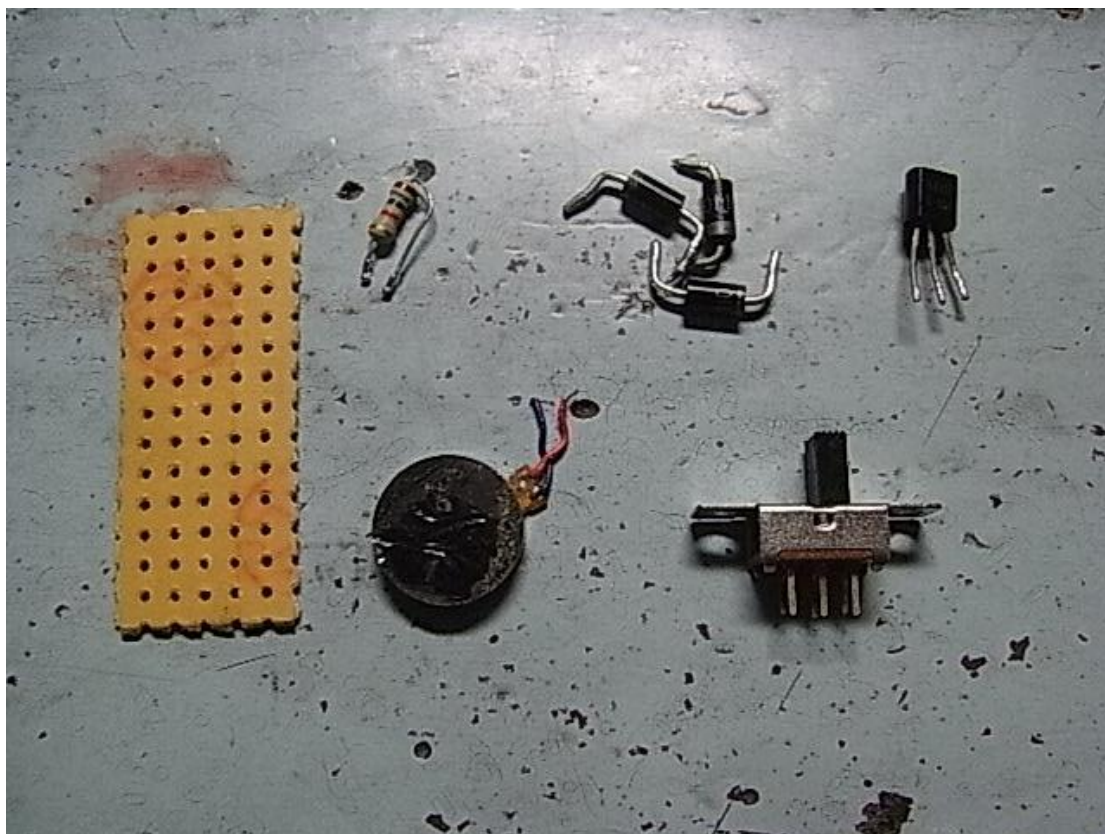
前几天刚买了一个新鼠标，所以以前的旧鼠标就要“牺牲”一下了，我拆过的旧手机有 4、5 部，很容易就找了一个合适的震动器，手机电池的电压是 4.2V，鼠标的电源电压是 5.0V，所以鼠标的电源完全可以带动震动器。

先设计电路图。



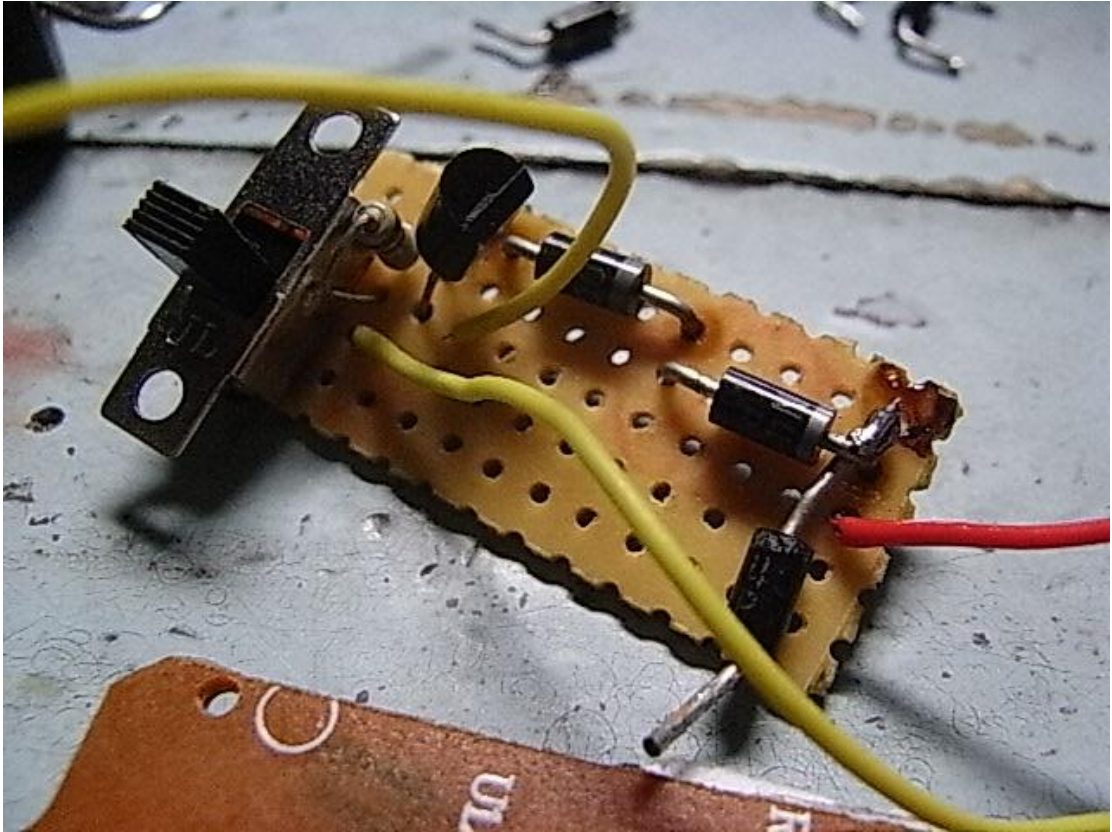
准备电子元件。



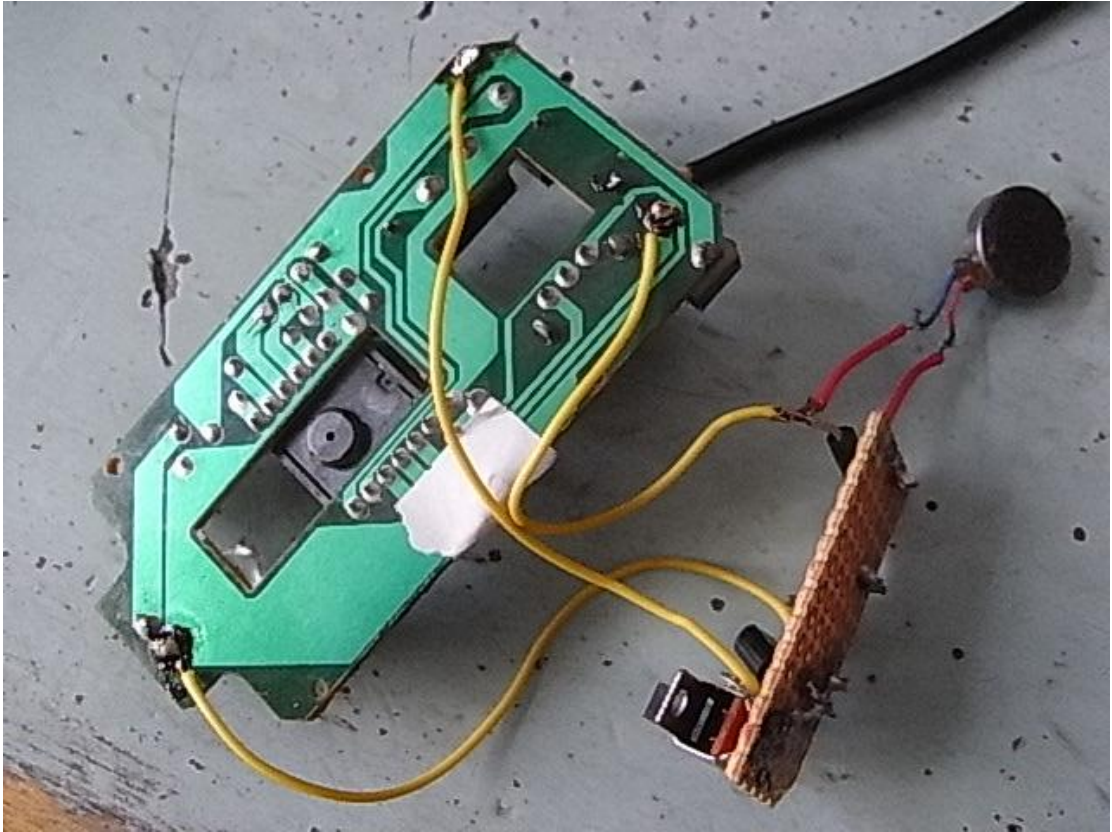


材料有：万能版，震动器， $1K\Omega$  的电阻，开关，二极管，三极管（PNP 型，如 8550，9012，9015 等）

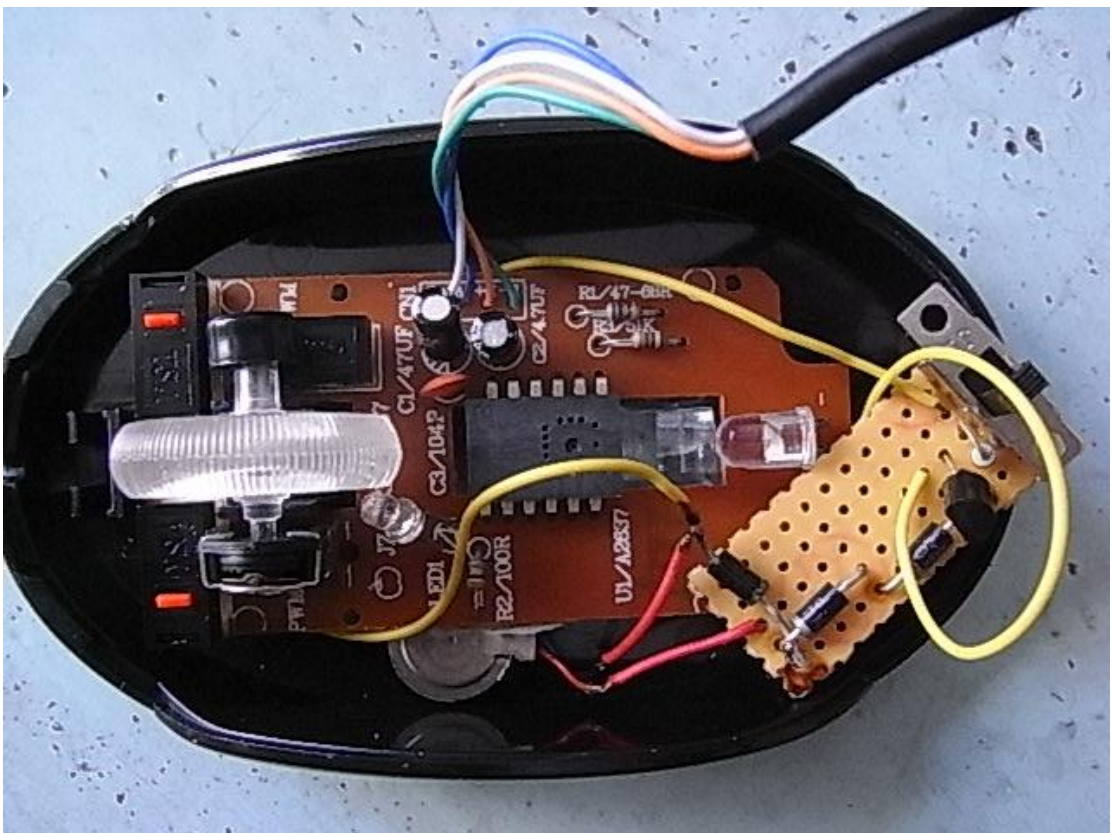
震动电路需要由 USB 端口来供电，我把鼠标拆开，用电压表找出+、-电源线，从上面引出两根线，然后用万能版焊接电子元件，震动器的标称电压是  $3.6V$ ，每个二极管的压降是  $0.7V$ ，给震动器串联上两个二极管，就可以把电压降到  $3.6V$ 。震动器上面需要并联一个二极管，因为三极管导通的一瞬间，震动器上的电压会比较高，需要二极管来保护三极管。最好在电路上加一个开关，这样可以在不玩游戏时把它关掉。



下一步就该去找鼠标左键在电路板上的触点了。这是一个单级瞬时接触开关，用电压表测量找出在按下时电压降低的那个引脚，从上面接一根线出来，我需要能用低电压信号来触发的开关，所以我用了个 PNP 三极管，按键时产生一个低电压，然后打通三极管的发射极（接到+极）和集电极（接到-极）。在这里说明一下，PNP 型三极管和 NPN 型三极管是正好相反的，NPN 型的三极管是高压信号导通（你也可以不用三极管，直接把震动器接上去）。为了限制通过三极管基极的电流，我在左键和三极管基极之间加了一个  $1\text{K}\Omega$  的电阻。到这一步就基本完成了。



先不要把鼠标插到电脑上，先用一个 5V 电源供电测试一下，经测试我改造的鼠标完全可以正常工作，大功告成，赶快插到电脑上体验一下。



我的电脑性能不太好，就只好用一款经典游戏——侠盗猎车手之罪恶都市，来测试一下。开枪的时候感觉很爽，就是准头差了点。整体来说这个震动鼠标还是很不错的！



