

5.1 实验原理



视频讲解

LED(Light Emitting Diode,发光二极管)是一种固态的半导体器件,它可以直接把电转化为光。LED的心脏是一个半导体的晶片,晶片的一端附在一个支架上,一端是负极,另一端连接电源的正极,整个晶片被环氧树脂封装起来。半导体晶片由两部分组成:一部分是P型半导体(带正电的空穴占主导地位),另一部分是N型半导体(带负电电子占主导地位)。这两种半导体连接起来的时候,它们之间就形成一个P-N结。当电流通过导线作用于这个晶片的时候,电子就会被推向P区,在P区里电子跟空穴复合,然后就会以光子的形式发出能量,这就是LED发光的原理。

曾经有人指出,高亮度LED是人类继爱迪生发明白炽灯后,最伟大的发明之一。随着国际国内的经济的发展,LED的应用领域正在不断扩展。各种各样的LED灯如图5.1所示。

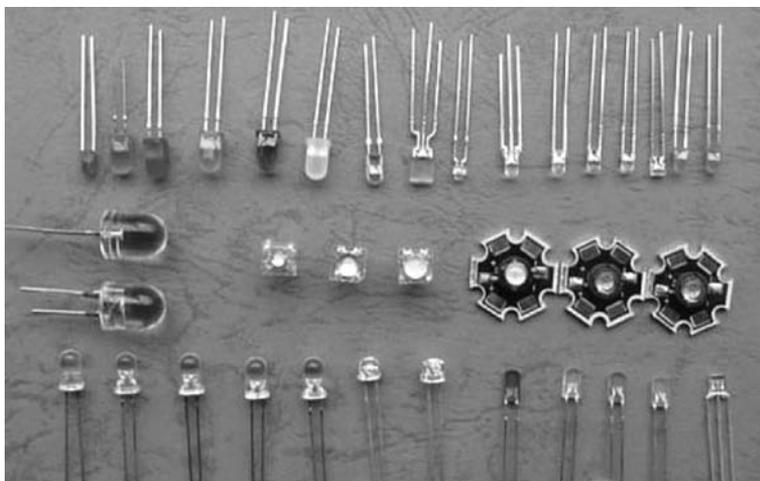


图 5.1 各种 LED 灯

在照明领域,LED正以绝对优势“吞噬”着整个领域。LED被称为第四代照明光源或绿色光源,具有节能、环保、寿命长、体积小等特点,可以广泛应用于各种指示、显示、装饰、背光

源、普通照明和城市夜景等领域。

(1) 便携灯具：手电筒、头灯、矿工灯、潜水灯等。

(2) 汽车用灯：汽车内部的仪表板、音响指示灯、开关的背光源、阅读灯、外部的高位刹车灯、转向灯、倒车灯、尾灯、侧灯以及头灯等，大功率的 LED 已被大量用于汽车照明中。

(3) 特殊照明：太阳能庭院灯、太阳能路灯、水底灯等。由于 LED 尺寸小，便于动态的亮度和颜色控制，因此比较适合用于建筑装饰照明。

(4) 普通照明：LED 照明光源早期的产品发光效率低，光强一般只能达到几个到几十个 mcd，适用于室内场合如家电、仪器仪表、通信设备、微机及玩具等方面的应用。LED 筒灯、LED 天花灯、LED 日光灯、LED 光纤灯已悄悄地进入家庭。目前直接目标是 LED 光源替代白炽灯和荧光灯，这种替代趋势已从局部扩展到了全球范围。

有趣的是，LED 在装饰方面的应用也很广，如可广泛应用于发光立体字，建筑景观外观发光体，高架、高楼、公路、桥梁、地标、标志建筑发光源，广告立体字、标志、标识、指示光源，商业空间、机场、建筑工程、地铁、医院、饭店、百货商场、广场、餐馆、PUB 设计灯光，汽车、运输、轮船、宣传指示警示光源，计算机、手机、通信、滑鼠、信号传输应用光源，其他应用例如一种广受儿童欢迎的闪光鞋，走路时内置的 LED 会闪烁发光，以及利用发光二极管作为电动牙刷的电量指示等。

本次实验需要完成的就是用 Arduino 控制 LED 灯，让它闪烁起来。



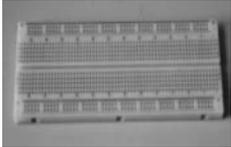
视频讲解

5.2 材料清单及数据手册

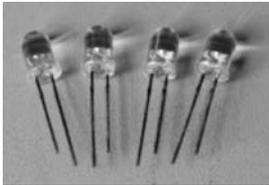
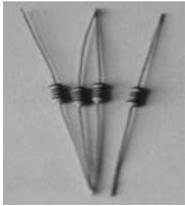
5.2.1 材料清单

实验所需要的材料清单如表 5.1 所示。表中列出了元器件名称、型号参数规格、数量及参考实物图，实验者可以在网上商店或实体元器件店进行购买。

表 5.1 实验所需要的材料清单

元器件名称	型号参数规格	数量	参考实物图
Arduino 开发板	Uno R3	1	
面包板	840 孔无焊板	1	

续表

元器件名称	型号参数规格	数量	参考实物图
LED	蓝色—5mm	1	
电阻	220Ω, 0.25W	1	
面包板专用插线	—	若干	

5.2.2 核心元件数据手册

LED是利用化合物材料制成P-N结的光电器件,它具备P-N结型器件的电学特性、I-V特性、C-V特性和光学特性、光谱响应特性、发光光强指向特性、时间特性以及热学特性。下面是LED的重要参数,通过了解LED的参数,可以帮助实验者更好地根据自己的需求选择合适的LED,并在实验过程中能合理地使用LED,以免造成不必要的损坏。

(1) 正向工作电流 I_F : 指发光二极管正常发光时的正向电流值。在实际使用中应根据需要选择 I_F 在 $0.6 \cdot I_{Fm}$ 以下。

(2) 正向工作电压 V_F : 该正向工作电压是在给定的正向电流下得到的,一般是在 $I_F = 20\text{mA}$ 时测得的。发光二极管正向工作电压 V_F 为 $1.4 \sim 3\text{V}$ 。在外界温度升高时, V_F 将下降。

(3) V-I 特性: 发光二极管的电压与电流的关系。在正向电压小于某值(称为阈值)时,电流极小,不发光;当电压超过某值后,正向电流随电压迅速增加,发光。

(4) 发光强度 I_V : 指法线(对圆柱形发光管来讲是指其轴线)方向上的发光强度。若在该方向上辐射强度为 $(1/683)\text{W/sr}$,则发光 1 坎德拉(符号为 cd)。由于一般LED的强度小,所以发光强度常用烛光(毫坎德拉, mcd)为单位。

(5) LED的发光角度: $-90^\circ \sim +90^\circ$ 。

(6) 光谱半宽度 $\Delta\lambda$: 表示发光管的光谱纯度。

(7) 半值角 $\theta_1/2$: $\theta_1/2$ 是指发光强度值为轴向强度值一半的方向与发光轴向(法向)的夹角。

(8) 全形: 根据 LED 发光立体角换算出的角度,也叫平面角。

(9) 视角: 指 LED 发光的最大角度,根据视角不同,应用也不同,也叫光强角。

(10) 半形: 法向 0° 与最大发光强度值/2 之间的夹角。严格上来说,是最大发光强度值与最大发光强度值/2 所对应的夹角。LED 的封装技术导致最大发光角度并不是法向 0° 的光强值,因此引入偏差角,指的是最大发光强度对应的角度与法向 0° 之间的夹角。

(11) 最大正向直流电流 I_{Fm} : 所允许加的最大正向直流电流,超过此值可损坏二极管。

(12) 最大反向电压 V_{Rm} : 所允许加的最大反向电压即击穿电压,超过此值,发光二极管可能被击穿损坏。

(13) 工作环境温度 t_{opm} : 发光二极管可正常工作环境温度范围。低于或高于此温度范围,发光二极管将不能正常工作,效率大大降低。

(14) 允许功耗 P_m : 允许加于 LED 两端正向直流电压与流过它的电流之积的最大值。超过此值,LED 发热、损坏。

与白炽灯相比,LED 光源具有如下特点。

(1) 电压: LED 使用低压电源,供电电压在 $6\sim 24V$ 范围内,因产品不同而异,所以是比使用高压电源更安全的电源,特别适用于公共场所。

(2) 能耗: 消耗能量较同光效的白炽灯降低 80%。

(3) 适用性: 每个单元 LED 小片是 $3\sim 5mm$ 的正方形,很小,所以可以制成各种形状的器件,并且适合于易变的环境。

(4) 稳定性: 10 万小时,光衰为初始的 50%。

(5) 响应时间: 白炽灯的响应时间为毫秒级,LED 灯的响应时间为纳秒级。

(6) 对环境污染: 无有害金属汞。

(7) 颜色: 改变电流可以变色,发光二极管可方便地通过化学修饰方法,调整材料的能带结构和带隙,实现红黄绿蓝橙多色发光,如小电流时为红色的 LED,随着电流的增加,可以依次变为橙色、黄色,最后为绿色。

(8) 价格: 较之于白炽灯,LED 的价格比较昂贵,几只 LED 的价格与一只白炽灯的价格相当,而通常每组信号灯需用到 $300\sim 500$ 只二极管。

5.3 硬件连接

实验的硬件连接原理如图 5.2 所示。为避免电流过大损坏 LED,Arduino 实验板连接 LED 时需要串接一个限流电阻,限流电阻的取值会影响 LED 的亮度。电路图如图 5.3 所示。

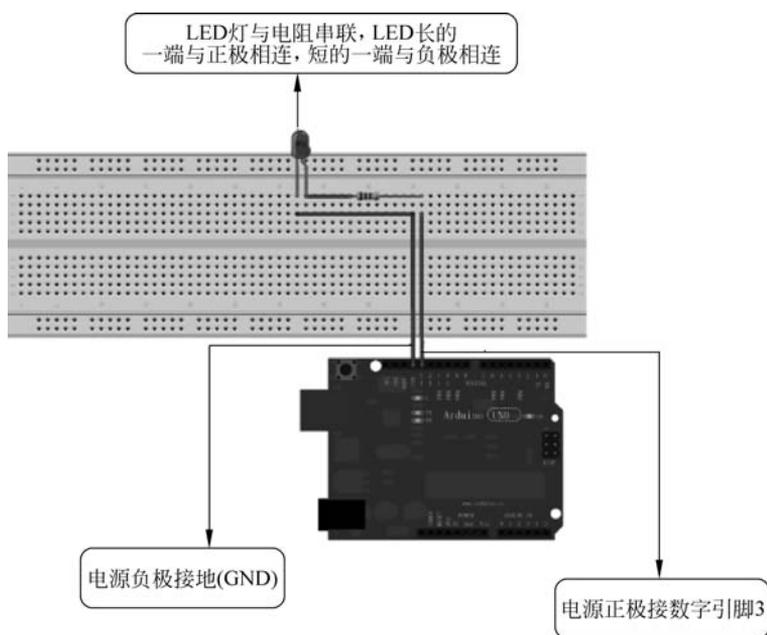


图 5.2 单个 LED 闪烁连接原理图

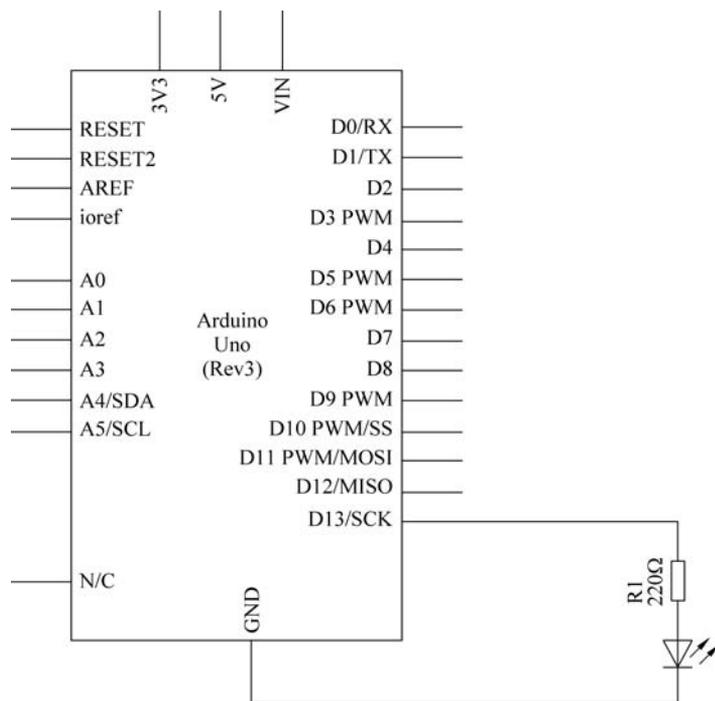


图 5.3 单个 LED 闪烁连接电路图

5.4 程序设计

5.4.1 设计思路及流程图

实现 LED 灯闪烁的原理十分简单,只需要先设置一个引脚为高电平,点亮 LED 灯,然后延时一段时间,接着设置该引脚为低电平,熄灭 LED 灯,再延时。这样使 LED 灯交替亮灭,在视觉上就形成闪烁状态。如果能让 LED 快速闪烁,可以将延时时间设置得小一些,但不能过小,延时过小,肉眼无法分辨出来,看上去就像 LED 灯一直在亮着;如果能让 LED 慢一点闪烁,可以将延时时间设置得大一些,但也不能过大,过大的话就没有闪烁的效果了。这里将延时的时间定为 1s。实验流程如图 5.4 所示。

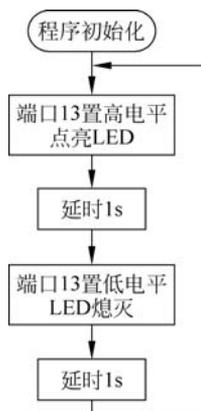


图 5.4 单个 LED 闪烁流程图

5.4.2 程序源码

硬件电路搭建好后,就轮到软件部分了,软件部分的主要工作就是编写程序。为达到实验要求,编写的参考程序源代码为:

```
//项目一——LED 闪烁灯
int LEDPin = 13;
void setup()
{
  pinMode(LEDPin, OUTPUT); //13 脚设置为输出
}
void loop()
{
  digitalWrite(LEDPin, HIGH); //设定 PIN13 脚为 HIGH = 5V 左右
  delay(1000); //设定延时时间,1000 = 1s
  digitalWrite(LEDPin, LOW); //设定 PIN13 脚为 LOW = 0V
  delay(1000); //设定延时时间,1000 = 1s
}
```

5.5 调试及实验现象

单个 LED 闪烁实验的实物连接如图 5.5 所示,将程序下载到实验板后,就可以观察到发光二极管以 1s 的时间间隔闪烁。

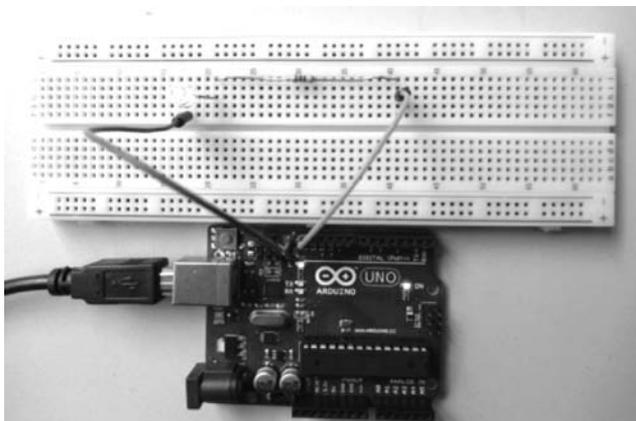


图 5.5 单个 LED 闪烁实物连接图

5.6 代码回顾

代码的第一行如下所示:

```
//项目一——LED 闪烁灯
```

这是代码中的说明文字,可以叫它们注释,因为是以“//”开始的,这个符号后面所有的文字编译器都将忽略。注释在代码中是非常有用的,能帮助读者理解代码是如何工作的。

接下来的一行程序是这样的:

```
int LEDPin = 13;
```

这就是所谓的变量,变量是用来存储数据的。在上面的例子里定义了一个变量,类型是 int 或者说整型。整型表示一个数,范围为-32 768~32 767,接下来指定了这个整型数的名字是 LEDPin,并且给它赋了一个值 13。

接下来是 setup() 函数:

```
void setup() {  
  pinMode(LEDPin, OUTPUT); //13 脚设置为输出  
}
```

Arduino 程序必须包含 setup() 和 loop() 两个函数,否则它将不能工作。setup 函数只在程序的开头运行一次。在这个函数里可以在主循环开始前为程序设定一些通用的规

则,如设置引脚形式、波特率等。一般情况下,函数是一组集合在一个程序块中的代码。

```
void loop()  
{  
  digitalWrite(LEDpin,HIGH);           //设定 PIN13 脚为 HIGH = 5V 左右  
  delay(1000);                          //设定延时时间,1000 = 1s  
  digitalWrite(LEDpin,LOW);            //设定 PIN13 脚为 LOW = 0V  
  delay(1000);                          //设定延时时间,1000 = 1s  
}
```

loop()函数是主要的过程函数,只要 Arduino 打开就一直运行。每一条 loop()函数(在花括号内的代码)中的代码都要执行,并按顺序逐个执行,直到函数的最后。然后 loop 函数再次开始,从函数顶部开始运行,一直这样循环下去,直到按下 Arduino 重启按钮。

5.7 拓展实验

在完成了 LED 闪烁实验后,如果还有兴趣的话,在 LED 闪烁实验的基础上为大家提供一个利用 LED 灯实现广告牌效果的拓展实验。同时,大家可以充分发挥自己的想象,编写出自己想要的 LED 灯效果,玩转多彩 LED 灯。

在生活中经常会看到一些由各种颜色 LED 灯组成的广告牌,广告牌上各个位置上的 LED 灯不断地亮灭变化,就形成各种不同的效果。

本实验就是利用 LED 灯编程模拟广告灯的效果。共需要 LED 灯 6 个、220Ω 的电阻 6 个、面包板 1 块、跳线若干。实验原理图如图 5.6 所示,电路图如图 5.7 所示。

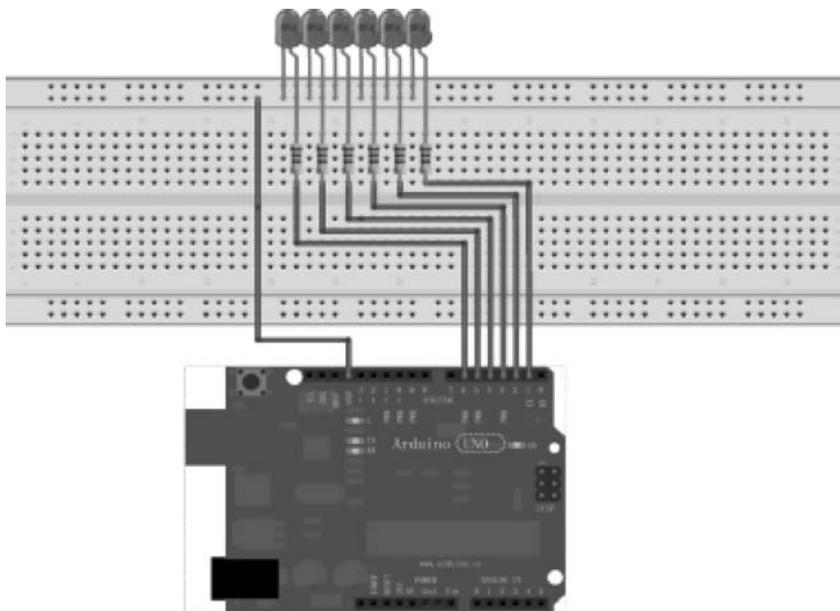


图 5.6 广告灯拓展实验原理图

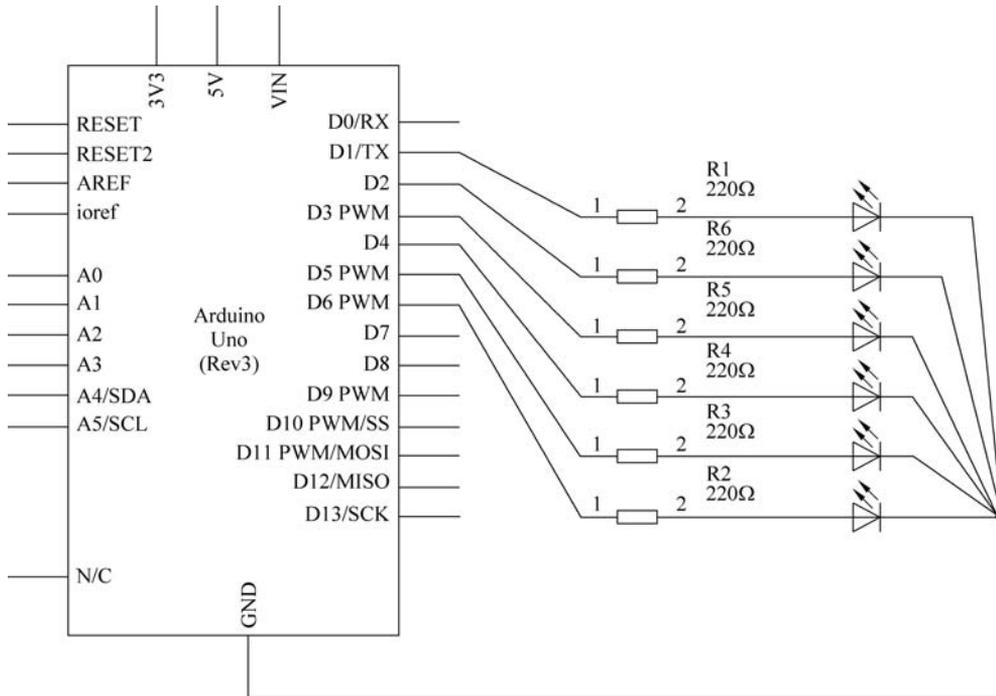


图 5.7 广告灯拓展实验电路图

广告灯拓展实验参考程序为：

```
//设置控制 LED 的数字 I/O 引脚
int LED1 = 1;
int LED2 = 2;
int LED3 = 3;
int LED4 = 4;
int LED5 = 5;
int LED6 = 6;
//LED 灯花样显示样式 1 子程序
void style_1(void)
{
  unsigned char j;
  for(j = 1; j = 6; j++)           //每隔 200ms 依次点亮 1~6 引脚相连的 LED 灯
  {
    digitalWrite(j, HIGH);       //点亮与 j 引脚相连的 LED 灯
    delay(200);                  //延时 200ms
  }
  for(j = 6; j = 1; j--)         //每隔 200ms 依次熄灭与 6~1 引脚相连的 LED 灯
  {
    digitalWrite(j, LOW);        //熄灭与 j 引脚相连的 LED 灯
    delay(200);                  //延时 200ms
  }
}
//灯闪烁子程序
```

```

void flash(void)
{
  unsigned char j,k;
  for(k = 0;k = 1;k++) //闪烁两次
  {
    for(j = 1;j = 6;j++) //点亮与 1~6 引脚相连的 LED 灯
      digitalWrite(j,HIGH); //点亮与 j 引脚相连的 LED 灯
    delay(200); //延时 200ms
    for(j = 1;j = 6;j++) //熄灭与 1~6 引脚相连的 LED 灯
      digitalWrite(j,LOW); //熄灭与 j 引脚相连的 LED 灯
    delay(200); //延时 200ms
  }
}
//LED 灯花样显示样式 2 子程序
void style_2(void)
{
  unsigned char j,k;
  k = 1; //设置 k 的初值为 1
  for(j = 3;j = 1;j -- )
  {
    digitalWrite(j,HIGH); //点亮灯
    digitalWrite(j + k,HIGH); //点亮灯
    delay(400); //延时 400ms
    k += 2; //k 值加 2
  }
  k = 5; //设置 k 值为 5
  for(j = 1;j = 3;j++)
  {
    digitalWrite(j,LOW); //熄灭灯
    digitalWrite(j + k,LOW); //熄灭灯
    delay(400); //延时 400ms
    k -= 2; //k 值减 2
  }
}
//LED 灯花样显示样式 3 子程序
void style_3(void)
{
  unsigned char j,k; //LED 灯花样显示样式 3 子程序
  k = 5; //设置 k 值为 5
  for(j = 1;j = 3;j++)
  {
    digitalWrite(j,HIGH); //点亮灯
    digitalWrite(j + k,HIGH); //点亮灯
    delay(400); //延时 400ms
    digitalWrite(j,LOW); //熄灭灯
    digitalWrite(j + k,LOW); //熄灭灯
    k -= 2; //k 值减 2
  }
  k = 3; //设置 k 值为 3
  for(j = 2;j = 1;j -- )

```

```

{
digitalWrite(j,HIGH);           //点亮灯
digitalWrite(j+k,HIGH);        //点亮灯
delay(400);                     //延时 400ms
digitalWrite(j,LOW);           //熄灭灯
digitalWrite(j+k,LOW);         //熄灭灯
k += 2;                          //k 值加 2
}
}
void setup()
{
unsigned char i;
for(i = 1;i = 6;i++)           //依次设置 1~6 个数字引脚为输出模式
pinMode(i,OUTPUT);           //设置第 i 个引脚为输出模式
}
void loop()
{
style_1();                     //样式 1
flash();                       //闪烁
style_2();                     //样式 2
flash();                       //闪烁
style_3();                     //样式 3
flash();                       //闪烁
}
}

```

5.8 拓展实验调试及现象

广告灯拓展实验实物连接如图 5.8 所示。将程序下载到实验板,程序执行流程图如图 5.9 所示。

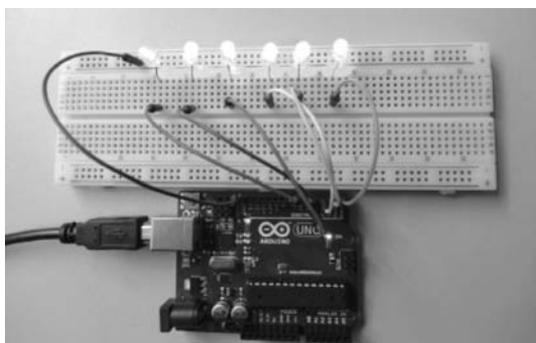


图 5.8 广告灯效果实物连接图(注:此处未连接限流电阻)

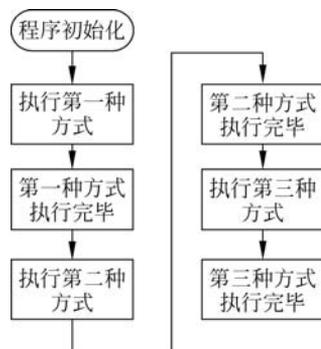


图 5.9 程序执行流程图

首先执行第一种方式(间隔 200ms 依次亮灭),间隔 200ms 依次点亮 LED 1~6,随后间隔 200ms 依次熄灭 LED 1~6;然后执行第二种方式,即间隔 200ms 每个 LED 依次闪烁 2 次,循环完成一个流程;最后执行第三种方式,LED 灯每隔 400ms 间隔地点亮和熄灭,每个 LED 灯依次闪烁 2 次。

实验者可以根据需求自行设置 k 值来确定间隔的时间。另外,如果闪烁的现象不够明显,那么就延长延时函数的参数,以达到最佳的闪烁效果。

5.9 技术小贴士

5.9.1 解析 LED 正负极判别方法

LED 灯在焊接过程中,常遇到如何辨认 LED 的正负极,这点尤其重要,灯亮不亮关键在此。下面讲解判断 LED 正负极的技巧和方法。

1) 判断草帽型 LED 正负极

草帽型 LED 正负极判别如图 5.10 所示。LED 内部两根块状的引脚称为 LED 的支架,其中负极支架比较大,正极支架比较小,原因是负极支架托载着 LED 的芯片。所以得出的结论就是:目测 LED,大支架连接为负极,小支架连接为正极。



图 5.10 草帽 LED 正负极判别

还有一个比较简单的方法:如果手头的 LED 是新购买的,引脚都还健全的话,直接看引脚的长短,通过“正极引脚长,负极引脚短”的原则就可以区分了。

2) 判断贴片 LED 正负极

贴片 LED 常用在 LED 节能灯照明行业中,但是很多用户在拿到贴片 LED 后,不知道怎么焊接,原因就是不知道如何区分贴片 LED 正负极。

贴片 LED 正负极判定方法如图 5.11 所示。尺寸大的 LED 在极片引脚附近有一些标记,如切角、涂色或引脚大小不一样,一般有标志的,引脚小的、短的一边是阴极(即负极)。尺寸小的在底部有 T 字形或倒三角形符号,T 字形“横”的一边是正极;三角形符号的“边”靠近的是正极,“角”靠近的是负极。

3) 万用表检测 LED

用万用表检测发光二极管时,分为普通模拟万用表和数字万用表两种情况。

(1) 当使用模拟万用表检测时,必须使用 $R \times 10k$ 挡。因为发光二极管的管压降大约为 3V,而万用表处于 $R \times 1k$ 及以下各电阻挡时,表内电池仅为 1.5V,低于管压降,无论正、反向接入,发光二极管都不可能导通,也就无法检测。用 $R \times 10k$ 挡时,表内接有 9V(或 15V)高压电池,高于管压降,所以可以用来检测发光二极管。

检测时,将两表笔分别与发光二极管的两条引线相接,如表针偏转过半,同时发光二极管中有一个发亮点,表示发光二极管是正向接入,这时与黑表笔(与表内电池正极相连)相

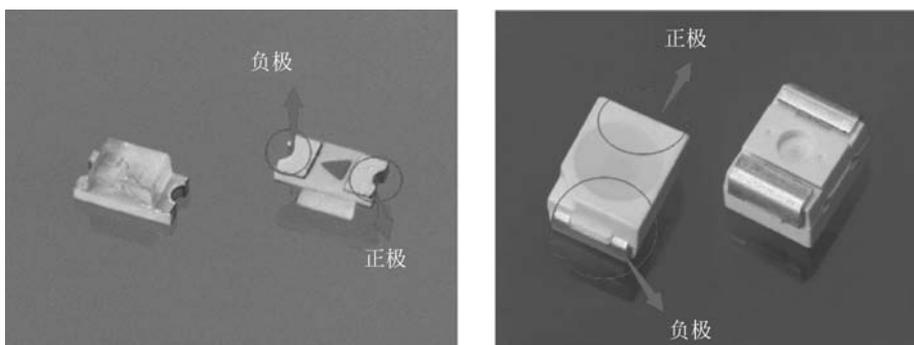


图 5.11 贴片 LED 正负极判别

接的是正极,与红表笔(与表内电池负极相连)相接的是负极。

再将两表笔对调后与发光二极管相接,这时为反向接入,表针应不动。

如果不论正向接入还是反向接入,表针都偏转到头或都不动,则表明该发光二极管已损坏。

(2) 当使用数字万用表检测时,应采用数字万用表中的“二极管”测试挡。

检测时,将两表笔分别与发光二极管的两条引线相接,如数字表显示在 $0.7\sim 2.5\text{V}$ 范围内且 LED 有一个发亮光点,表示发光二极管是正向接入,这时与红表笔(与表内电池正极相连)相接的是正极,与黑表笔(与表内电池负极相连)相接的是负极。

再将两表笔对调后与发光二极管相接,这时为反向接入,显示应为无穷大。

如果不论正向接入还是反向接入,都显示无穷大,LED 也不发光,则可以判断该发光二极管已损坏。

5.9.2 LED 分类

1) 按发光管发光颜色分类

按发光管发光颜色分类,可分成红色、橙色、绿色(又细分为黄绿、标准绿和纯绿)、蓝色等。此外,有的发光二极管中包含两种或三种颜色的芯片。根据发光二极管出光处掺或不掺散射剂、有色还是无色,上述各种颜色的发光二极管还可分成有色透明、无色透明、有色散射和无色散射四种类型。

2) 按发光管出光面特征分类

按发光管出光面特征分为圆灯、方灯、矩形灯、面发光管、侧向管、表面安装用微型管等。圆形灯按直径分为 $\phi 2\text{mm}$ 、 $\phi 4.4\text{mm}$ 、 $\phi 5\text{mm}$ 、 $\phi 8\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ 及 $\phi 20\text{mm}$ 等。国外通常把 $\phi 3\text{mm}$ 的发光二极管记作 T-1; 把 $\phi 5\text{mm}$ 的记作 T-1(3/4); 把 $\phi 4.4\text{mm}$ 的记作 T-1(1/4)。

由半值角大小可以估计圆形发光强度角分布情况。

从发光强度角分布图来分类,分为高指向性、标准型及散射型三类。

高指向性:一般为尖头环氧封装,或是带金属反射腔封装,且不加散射剂。半值角为 $5^\circ\sim 20^\circ$ 或更小,具有很高的指向性,可作局部照明光源用,或与光检出器联用以组成自动检测系统。

标准型:通常作指示灯用,其半值角为 $20^\circ\sim 45^\circ$ 。

散射型：视角较大的指示灯，其半值角为 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 或更大，散射剂的量较大。

3) 按发光二极管的结构分类

按发光二极管的结构分为全环氧包封、金属底座环氧封装、陶瓷底座环氧封装及玻璃封装等结构。

4) 按发光强度和工作电流分类

普通亮度的 LED，发光强度为 100mcd；把发光强度在 $10\sim 100\text{mcd}$ 范围内的叫高亮度发光二极管。一般 LED 的工作电流在十几毫安至几十毫安，而低电流 LED 的工作电流在 2mA 以下。