

## 项目五



# 声控灯系统设计

为了有效驱动大功率外围设备,本项目将深入探究继电器模块的工作原理,并详细阐述其使用方法。同时,将结合声音检测模块的学习,探索声控灯系统的核心原理。此外,还将分享秒定时实现的关键技巧,以确保声控灯系统能够准确响应声音信号并控制灯的开关状态。本项目旨在帮助读者全面理解并掌握大功率器件的驱动方法。



微课视频

## 5.1 项目目标

**学习目标:** 学习声音采集模块、亮度检测模块、继电器模块的原理和用法,以及延时的具体实现方法。

**学习任务:** 实现基于单片机的声控灯系统的设计。通过对声音的判断,完成照明灯开关的控制,通过光电传感器实现对环境亮度的检测,从而实现在亮度不足并有声音出现时才点亮照明灯的功能。

**实施条件:** 单片机最小系统、声音检测模块、光强检测模块、继电器以及照明灯等。

## 5.2 准备工作

### 5.2.1 声音检测模块

声音传感器又称为声敏传感器,是一种将介质中传播的机械振动转换成电信号的装置。声敏传感器的种类很多,可分电阻变换式、压电式、电容式和音响式等。本项目主要讲解基于电容式驻极体话筒的声音检测模块的原理和使用方法。这种声音检测模块具有灵敏度高、响应速度快等特点,适用于多种声音检测和识别应用。

声音检测模块的基本原理如图 5.1 所示。图中 MIC 为声音传感器——驻极体话筒。经过电阻  $R_1$  和话筒 MIC 分压后的信号,再经过  $C_1$  隔直,利用  $Q_1$  放大,将集电极接到电压比较器  $U_1$  的同相端,然后与  $R_4$  和  $R_5$  构成的阈值电压进行比较,当声音较小时, $Q_1$  截止, $U_1$  的同相端电压高于反相端, $U_1$  的引脚 1 输出高电平,LED 熄灭;反之,若声音足够大,则  $Q_1$  导通, $Q_1$  的集电极电压下降, $U_1$  的同相端电压低于反相端, $U_1$  的引脚 1 输出低电

平,LED点亮。因此,端子 $J_1$ 的引脚2输出低电平代表有声音,否则代表无声音。其中可调电位器 $R_p$ ( $100k\Omega$ )用于调节电路的灵敏度。

图5.2为声音检测模块的实物图。该模块主要由驻极体话筒、电压比较器、NPN型三极管、精密电位器、若干阻容元件等组成。通过在一定范围内咳嗽或者拍手,可以观察板载指示灯的变化情况,通过调节电位器可以改变灵敏度。

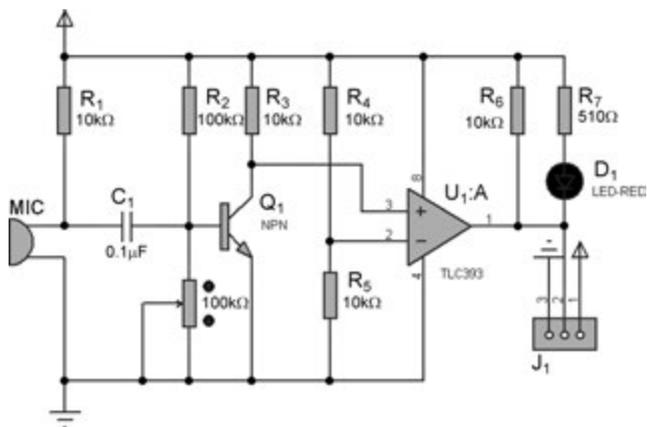


图 5.1 声音检测模块原理图



图 5.2 声音检测模块实物图

## 5.2.2 光强检测模块

光强传感器是一种用于检测光照强度的传感器,可以将光照强度值转换为电压值,主要用于智能家居、洗手间灯控系统或者温室大棚等场合。一种典型的光电检测模块如图5.3所示。图中 $D_2$ 为光电传感器,常采用光敏二极管,与 $10k\Omega$ 电阻串联后接入电压比较器的反相端,电压比较器的同相端连接电位器的触点,用于调节光照强度的阈值。注意光敏二极管只有在反向连接时,其阻值才会随着光照强度而改变。光敏电阻具有很多种分类,按照光谱特性分类有红外光型、可见光型和紫外光型;按照光照和阻值的对应关系分为正光照系数型和负光照系数型。

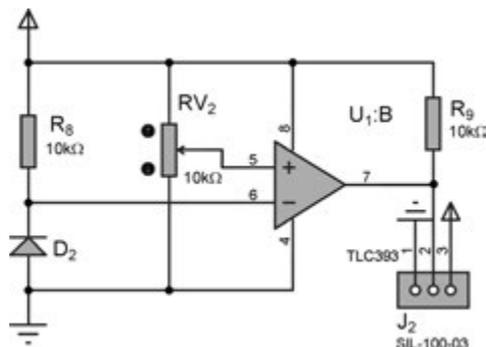


图 5.3 光强检测模块原理图

根据该项目的要求,选择可见光正光照系数型,即当无光照时为高阻态,电压比较器的同相端电压低于反相端,比较器输出低电平。随着光强增加,电阻值迅速减少,当同相端电压高于反相端电压后,比较器输出高电平。



图 5.4 光强检测模块实物图

光电检测模块的实物如图 5.4 所示。该系统主要由光敏电阻、电压比较器以及精密电位器组成。通过调节电位器  $R_{V2}$ ,可以实现光照敏感度的调节。另外,该模块还可以直接输出模拟信号,可用于不同光照强度的检测。本项目中,只要能实现明亮与黑暗的区别即可,即单片机检测到该模块输出低电平时,则意味着光照不足,才有必要通过声音控制开灯。



微课视频

### 5.2.3 继电器模块

在利用单片机驱动高压或较大功率器件时,常常会用到继电器或者可控硅。其中,继电器用于控制功率稍小的用电器并且对反应速度要求较低的情况,其具有成本低、控制简单等优点;缺点是反应迟钝、内部触点可能存在电火花、模块体积大、有接触噪声以及容易出现触点老化等。而可控硅一般应用在具有较大功率用电器的场合,响应速度快;缺点是电路成本较高。两种模块的控制方法类似,简单易用。本项目选用继电器完成设计。

继电器是具有隔离功能的自动开关元件,当输入回路中激励量的变化达到规定值时,能使输出回路中的被控电量发生预定阶跃变化的自动电路控制器件。它具有能反映外界某种激励量(电或非电)的感应机构、对被控电路实现通断控制的执行机构,以及能对激励量的大小完成比较、判断和转换功能的中间比较机构。继电器广泛应用于遥控、遥测、通信、自动控制、机电一体化及和航天技术等领域,起控制、保护、调节和传递信息的作用。

继电器一般都有能反映一定输入变量(如电流、电压、功率、阻抗、频率、温度、压力、速度、光等)的感应机构(输入部分);有能对被控电路实现通断控制的执行机构(输出部分);在继电器的输入部分和输出部分之间,还有对输入量进行耦合隔离、功能处理和对输出部分进行驱动的中间机构(驱动部分)。

继电器的种类很多,按照输入量可分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、速度继电器等;按照工作原理还可以分成电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器等。其中,电磁式继电器较为常用。

电磁式继电器一般由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成。只要在线圈两端加上一定的电压,线圈中就会流过一定的电流,从而产生电磁效应,衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁芯,从而带动衔铁的动触点与静触点(常开触点)吸合。当线圈断电后,电磁的吸力也随之消失,衔铁就会在弹簧的反作用力返回原来的位置,使动触点与原来的静触点(常闭触点)吸合。通过吸合、释放,从而达到在电路中的导通、切断的目的。本项目中选用低电平触发的 5V 驱动光电隔离型电磁继电器。

图 5.5 为继电器的原理图。当线圈  $L_1$  和  $L_2$  无电流通过时,触点 c 与常闭触点 b 相连;

而当通电时, c 触点与常开触点 a 相连。通过控制线圈的通断情况, 实现对继电器开关的控制。

继电器的驱动与驱动蜂鸣器的电路相似, 分为高电平驱动和低电平驱动。以高电平驱动为例, 如图 5.6(a) 所示, 当单片机控制脚输出高电平时, 三极管导通, 集电极电压下降, 线圈得电, 继电器动作。反之, 当引脚输出低电平时, 三极管截止, 继电器不动作。此处, 反向二极管 D 用作续流, 即可将线圈产生的反向电动势直接回流到电源, 从而防止击穿三极管或损坏单片机, 对电路起到保护作用。图 5.6(b) 为低电平驱动模式, 请读者自行分析。图 5.7 为继电器模块的实物图。

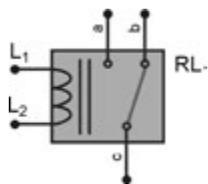


图 5.5 继电器的原理图

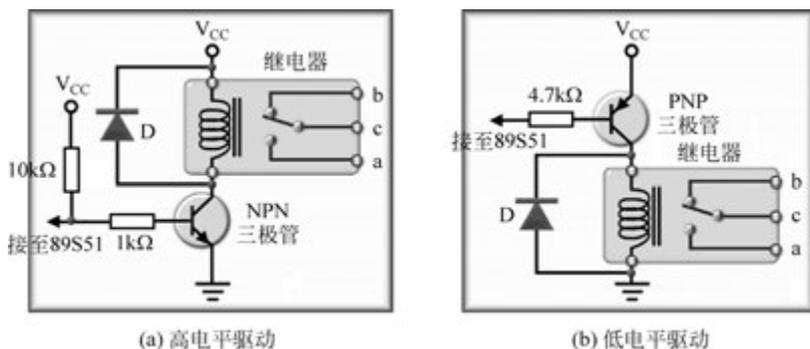


图 5.6 继电器的驱动

固态继电器(Solid State Relay, SSR)是由微电子电路、分立电子器件、电力电子功率器件组成的无触点开关, 用隔离器件实现了控制端与负载端的隔离。只要在固态继电器的输入端用微小的控制信号, 就可以达到直接驱动大电流负载的目的。一种典型的固态继电器实物如图 5.8 所示。



图 5.7 继电器模块实物图



图 5.8 固体继电器实物图

专用的 SSR 具有短路保护、过载保护和过热保护功能, 与组合逻辑固化封装就可以实现用户需要的智能模块, 可直接用于控制系统中。SSR 已广泛应用于计算机外围接口设备、恒温系统、调温、电炉加温控制、电机控制、数控机械、遥控系统、工业自动化装置等, 也常

用于化工、煤矿等需要防爆、防潮、防腐蚀的场合。

SSR 按使用场合可以分成交流型和直流型两大类。它们分别在交流或直流电源上作负载的开关,不能混用。图 5.9 为交流型的 SSR 的工作原理框图。从整体上看,SSR 只有两个输入端(A 和 B)及两个输出端(C 和 D),是一种四端器件。

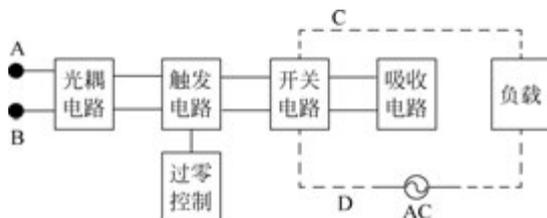


图 5.9 交流型的 SSR 的工作原理框图

工作时只要在 A、B 两端加上一定的控制信号,就可以控制 C、D 两端之间的通、断,实现“开关”的功能,其中光耦电路的功能是为 A、B 端输入的控制信号提供一个输入端和输出端之间的通道,但又在电气上断开 SSR 中输入端和输出端之间的(电)联系,以防止输出端对输入端的影响,即进行了光电隔离。

光耦电路采用的元件是光电耦合器。它动作灵敏,响应速度快,输入端和输出端之间的绝缘(耐压)等级高。由于输入端的负载是发光二极管,SSR 的输入端很容易做到与输入信号电平相匹配,在使用时可直接与单片机的 I/O 端口相连。

触发电路的功能是产生符合要求的触发信号,驱动开关电路工作,但由于开关电路在不加特殊控制电路时,会产生射频干扰并以高次谐波或尖峰等污染电网,为此特设“过零控制电路”。所谓“过零”是指,当加入控制信号,交流电压过零时,SSR 即为通态;而当断开控制信号后,SSR 要等待交流电的正半周与负半周的交界点(零电位)时,SSR 才为断态。这种设计能防止高次谐波的干扰和对电网的污染。

吸收电路是为防止从电源中传来的尖峰、浪涌(电压)对开关器件双向可控硅管的冲击和干扰(甚至误动作)而设计的,一般用 R-C 串联吸收电路或非线性电阻(压敏电阻器)。

## 5.2.4 节能灯的连接

节能灯与继电器的连接如图 5.10 所示。首先,将市电的火线安全地连接到继电器的公共触点;接着,将节能灯的火线端连接到继电器的常开节点,而将零线端子连接到市电的零线。经过这样的配置,当继电器的控制端接收到低电平信号时,其常开节点与公共触点将闭合,使市电的火线和零线作用于节能灯,从而点亮节能灯;反之,节能灯处于熄灭状态。



图 5.10 节能灯与继电器的连接



微课视频

## 5.3 项目实现

### 5.3.1 硬件电路设计

系统仿真电路图如图 5.11 所示。具体过程：打开 Proteus，添加元件 AT89C51，然后添加电阻 RES、PNP 型三极管 PN3638、继电器 SH-105D、灯泡 lamp、按键 button，再加入直流电源  $V_{SOURCE}$ 。然后绘制电路，将单片机添加到 Proteus 的绘图区，同时添加电阻和三极管。三极管在连接时，将发射极连到电源正，即  $V_{CC}$  上。假设通过 P2.0 控制继电器，三极管的集电极连接继电器控制线圈的一端，线圈的另一端接地，然后在继电器的常开节点接入指示灯 lamp，再加入直流电源，将 lamp 接到常开接点。然后设置继电器的参数，注意本项目中使用的是 5V 继电器，因此，将直流电压源修改为 5V，将 lamp 也修改为 5V 驱动。

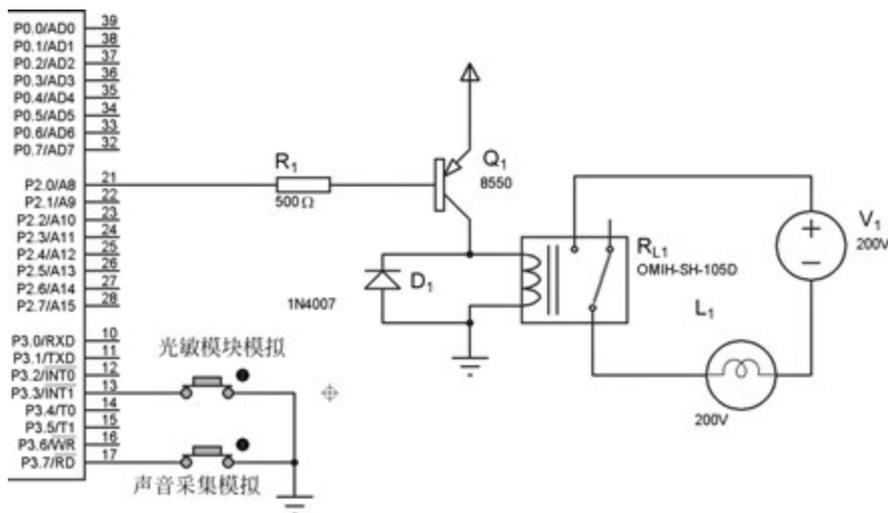


图 5.11 系统仿真电路图

电路的工作原理为：P2.0 经过三极管驱动继电器。当 P2.0 输出低电平时，三极管的发射结导通，此时三极管应工作在饱和状态下，此时继电器得电，继电器的公共端与常开节点吸合，此时灯泡点亮。当然，设计中可能存在指示灯不亮的情况。这主要是因为基极流入的电流太小，无法开启三极管的饱和状态。修改基极的电阻值，如修改为  $1k\Omega$ ，重新运行程序，就可以点亮灯泡了。还需注意，在连接继电器时，需在线圈的两端并联“续流”二极管 (1N4007)，可以对三极管以及单片机起到保护作用。

由于在 Proteus 中光照传感器和声音采集模块没有仿真模块，因此，本项目通过两个按键进行模拟。假设一个按键接到单片机的 P3.0 用来模拟光照，另一个按键接到 P3.2 来模拟声音。对于光电检测模块，当检测到光线较弱时输出低电平，而对于声音检测模块，当检测到声音足够大时输出的也是低电平，因此，当两个按键都被按下时，相当于光线较弱并且

有声音,此时控制继电器产生动作,进而点亮指示灯。

### 5.3.2 创建 Keil 项目

下面来完成程序设计。打开 Keil 软件,新建一个项目,将项目保存到新建的文件夹中,并设置项目名称为“继电器”,选择 Atmel 公司的 89C51,单击“确定”按钮。新建文件并单击“保存”按钮,将文件命名为“继电器.c”。右击 source group,添加 C 文件到项目中。

完成编程的准备工作后,输入程序的基本框架:输入包含语句 reg51.h、主函数 main 和 while 循环。另外,还需利用 sbit 定义端口,将控制继电器的端口 P2.0 命名为 relay;将光照传感器输出的信号命名为 OPT0,连接到 P3.0;将声音传感器传出来的信号命名为 sound,连接到 P3.2。定义完引脚以后,在 while 循环中,要判断光照传感器是否为低电平信号,即 OPT0 引脚检测到了低电平,同时 sound 引脚也检测到了低电平。这就代表当光线较弱且接收到声音时,relay 引脚输出低电平,否则 relay 引脚输出高电平,从而实现对接电器的控制。

程序编写完毕后下载到单片机中准备运行。为了模拟声音和光照模块的输出,可以单击其中一个按键右侧的控制端,使按键处于长按状态,此时再按一下另一个按键,观察指示灯状态的变化,从而完成程序的验证。

实际应用中,当检测到光线较弱且有声音存在时,指示灯应该持续一段时间,即当声音刺激结束以后,不应该把灯立即熄灭,而应该延时一段时间,然后再熄灭。那么应该如何实现延时呢?请读者自己思考。



微课视频

### 5.3.3 延时方法

#### 1. 软件查询法延时

参考代码如下。

```

1 void Delay1s(unsigned char n)
2 {
3
4     int i, j, k;
5
6     for(i = 0; i < n; i++)
7         for(j = 0; j < 1000; j++)
8             for(k = 0; k < 100; k++);
9
10 }
```

该函数通过参数 n 决定延时的时长。在延时函数内部,通过多重循环增加 CPU 的执行时间。在最内层的循环中,空语句的作用是令 CPU 执行空操作,由于占用了 CPU 的执行时间,因此实现了延时。该方法的优点是编程简单,但缺点是占用了大量的 CPU 时间,导致 CPU 无法及时响应其他语句,并且延时时间不准确。

## 2. 定时器查询法延时

参考代码如下。

```

1   void Delay1s(unsigned char n)
2   {
3       char i;
4
5       TMOD = 0x01;
6       TH0 = - 50000 >> 8;
7       TL0 = - 50000;
8       TR0 = 1;
9       i = 0;
10      cnt = 0;
11
12      while(i < n)
13      {
14          LED = !LED;
15          while(!TF0);
16          TF0 = 0;
17          TH0 = - 50000 >> 8;
18          TL0 = - 50000;
19          if(++cnt == 20)
20          {
21              i++;
22              cnt = 0;
23          }
24      }
25      TR0 = 0;
26  }
```

本例中,采用定时器/计数器 T0 的工作模式 1,定时间隔取 50ms,当定时器的溢出次数达到 20 次时,即为 1s,数值 n 控制具体的秒数。其中,50ms 对应 50000 $\mu$ s,当采用 12MHz 晶振时,计数初始值应为 65536 - 50000 = 15536,该结果与 -50000 的二进制编码相同,因此,可以直接利用 -50000 代替 15536。此外,还将 -50000 拆分为高 8 位和低 8 位。其中,TH0 = -50000 >> 8 的作用即是 将 -50000 对应的二进制的低 8 位移除,高 8 位移至低 8 位的位置,然后保存到 TH0 中。TL0 = -50000 的作用则是直接截取 -50000 对应二进制的低 8 位。当然,也可以通过科学计算器,将该数值转换为十六进制数后,直接保存到 TH0 和 TL0 中。例如,15536 的十六进制数字为 0x3CB0,因此,可以直接将 TH0 赋值为 0x3C,TL0 赋值 0xB0,从而避免单片机在每次重新计算该数值时耗费时间,使延时更准确。

该函数中,利用 TR0 = 1 打开定时器/计数器 T0 后,循环判断延时的秒数是否达到,如果未达到,则继续延时。LED = !LED 用于动态指示延时情况。等待定时器/计数器溢出标志 TF0 为 1,表示定时时间到 50ms,则将 TF0 清零,同时对定时器/计数器的 TH0 和 TL0 重新初始化。然后,累计溢出的次数。由于每 50ms 定时器/计数器溢出 1 次,所以完成 20 次计数则为 1s。当延时时间到达时,置 TR0 = 0,关闭定时器/计数器。

### 3. 定时器中断法延时

参考代码如下。

```

1   void InitT0()
2   {
3       TMOD = 0x01;
4       IE = 0x82;
5   }
6
7   void T0Ser() interrupt 1
8   {
9       TH0 = - 50000 >> 8;
10      TL0 = - 50000;
11
12      if(++cnt == 20)
13      {
14          cnt = 0;
15          sec = 1;
16      }
17  }
```

#### 5.3.4 主函数的编写

采用软件查询法或者定时器查询法延时的 main 函数如下。

```

1   void main()
2   {
3       while(1)
4       {
5           if(!Sound && !Opto)
6           {
7               Relay = 0;
8               Delay1s(3);
9               Relay = 1;
10          }
11      }
12  }
```

main 函数的主要任务就是循环判断是否接收到声音和环境光照信息。如果光线昏暗(即 OPTO 引脚检测到低电平时)并且有足够大的声响(即 Sound 引脚检测到低电平时),则开启继电器,点亮节能灯,在调用 Delay1s(3)延时 3s 后,通过继电器关闭节能灯,此时 Delay1s 函数可以是软件延时或者是定时器延时。当然,读者可在此基础上加入延时时间调节或者红外检测等功能。例如,通过两个按钮手动调节延时时长;引入人体红外检测模块,当传感器检测到人走动时,自动打开节能灯;等等。

采用定时器中断法延时的 main 函数如下。

```

1   void main()
```



微课视频



微课视频

```

2  {
3      char n;
4
5      InitT0();
6
7      while(1)
8      {
9          if(!Sound && !Opto)    //在有声音但无光照的情况下
10         {
11             flag = 1;
12             Relay = 0;
13             n = 3;
14             TR0 = 1;
15         }
16
17         if(flag && sec)
18         {
19             sec = 0;
20             if( -- n < 0)
21             {
22                 Relay = 1;
23                 TR0 = 0;
24             }
25         }
26     }
27 }

```

## 5.4 项目总结

本项目详细介绍了声音采集模块、光电检测模块、继电器模块的基本原理和驱动方法，重点分析了延时的常用方法。

思考问题：如何对系统进行改进，增加人体红外识别或语音识别功能？



微课视频

## 5.5 习题

- T0 中断服务函数的编号为( )。
  - 1
  - 2
  - 3
  - 4
- 与可控硅相比,继电器的缺点是( )。
  - 反应迟钝
  - 体积大
  - 有接触噪声
  - 触点易老化
- unsigned char 用于声明( )的变量。
  - 无符号字符型
  - 有符号字符型
  - 字符型
  - 整型

4. 定时器/计数器 T1 发生溢出时,TF0 的值为( )。
- A. 0                      B. 1                      C. -1                      D. 255
5. LED=!LED 的含义是( )。
- A. LED 的状态取反                      B. 点亮 LED  
C. 熄灭 LED
6. 继电器主要用在控制大功率设备的场合。( )
- A. 对                      B. 错
7. 可控硅的优点是( ),缺点是( )。
- A. 响应速度快                      B. 触点容易老化  
C. 体积大                      D. 成本高
8. ( )可应用到控制大功率设备的场合。
- A. 可控硅                      B. 继电器                      C. 蜂鸣器                      D. 以上都可以
9. 按照输入量的不同,继电器可以分为( )。
- A. 电磁式继电器                      B. 响应式继电器  
C. 电压式继电器                      D. 电流式继电器
10. 继电器可以按照( )进行分类。
- A. 输入量                      B. 工作原理                      C. 电压                      D. 电流