

邵阳职业技术学院

毕 业 设 计

产品设计	工艺设计	方案设计
		√

设计题目：基于 PLC 控制的建筑灯饰电气控制系统设计

学生姓名：曾祥志

学 号：201810300256

系 部：电梯工程学院

专 业：电梯工程技术

班 级：电梯 1182 班

指导老师：钟 阳

二 0 二 一 年 六 月 一 日

目 录

一、序言.....	1
(一) 设计的背景及内容.....	1
(二) 国内外发展状况.....	1
二、设计方案.....	1
三、PLC 控制的建筑灯饰电气控制系统设计.....	3
(一) PLC 的选择.....	3
(三) 响度检测采集电路.....	7
(四) 频率检测采集电路.....	8
(五) 音色检测采集电路.....	8
(六) 音色 PWM 调制驱动电路.....	9
(七) FX2N-232-DB 通信模块.....	10
四、测试与调试.....	11
(一) 响度检测采集电路和步骤.....	11
(二) 频率检测采集电路.....	12
(三) 音色检测采集电路.....	13
(四) 单片机软件设计.....	13
(五) PLC 软件设计.....	14
五、结束语.....	15
参考文献.....	15
致 谢.....	17

基于 PLC 控制的建筑灯饰电气控制系统设计

[摘要]

随着人们生活品质的提高，在日常生活中，我们都广泛的运用着各种灯饰、LED 广告牌，特别是晚上，然而现代化程度越来越高的背景下是我们的人性设计越来越受到关注，做什么事都讲究带点人情味儿，所以，针对目前大多是用时控单调的建筑灯饰，我发起了声控、PLC 控、光控的建筑灯饰设计的思路。

[关键字] PLC 控 建筑灯饰 设计

一、序言

（一）设计的背景及内容

随着人们生活品质的提高，在日常生活中，我们都广泛的运用着各种灯饰、LED 广告牌，特别是晚上，然而现代化程度越来越高的背景下是我们的人性设计越来越受到关注，做什么事都讲究带点人情味儿，所以，针对目前大多是用时控单调的建筑灯饰，我发起了声控、PLC 控、光控的建筑灯饰设计的思路。对于各种灯饰，我们大多会采用单片机。而 PLC 的优点是它构造简便，功能强大，而且实用价值高，效率高，适应环境能力强。而 PLC 控制是实现建筑灯饰的最佳的一种调速方式。它低速时，相对稳定性好；调速时，平滑性好，效率高；而且它的调速范围较大，精度高，起动电流低，节能明显。所以综合考虑，我选择了用 PLC 控制，实现声控、光控，而达成建筑灯饰人性化的要求。

（二）国内外发展状况

对霓虹灯产业的发展现状和趋势，霓虹灯市场的供需现状、市场规模和发展潜力，霓虹灯技术与研发状况，霓虹灯产业供应链系统，包括生产商、供应商、服务商和终端用户等进行了系统、全面的调查、分析和预测后发现，在国外特别是欧美国家很早前就已经使用过声控霓虹，但是在国内，光控霓虹灯居多，而且产家竞争激烈，所以声控霓虹灯会有一定市场。

之后，中国进入改革开放时代，因此，此时中国的进出口货物逐渐增加，尤其以时控为主的霓虹灯进入市场后，因此声控霓虹灯的人性化市场也逐步增大。根据市场的需求，声控霓虹灯开始走入中国的市场。

二、设计方案

本设计主要研究的是声控（响度、频率、音色）的霓虹灯。

本设计中音色的获取，用了数模模数转换、整流、调制脉宽，PWM 调制；响度，直接以电平、放大电路收集；频率以二次电路谐振滤波获取，再将收获的信号送交 PLC 处理。

系统总体设计方案如下图 1。声音经过采集分离成了三种有用的信号，分别为响度、频率、音色；其中响度由于人的感官明确，需求配合的是递增递减的视觉效果，所以我选择的是将我们发出的声音的响度进行采集、检测后判别是否具有发起特殊灯效的程度，声音小则灯均匀亮灯，其亮灯数量为总数的 1/3；声音

稍大，则灯均匀亮 2 个，其亮灯数量为总数的 2/3；声音再大，达到最高标准，则全部亮灯。频率用于人物判别，一般人在正常说话情况下，频率是较为稳定的，而这个时候当之有固定人，则灯会按照选定的人的频率附近模式亮起，如：当女高音发声，则判定会处于 800Hz 左右，则“沙”字会进行闪烁；当男低发声，则判定会处于 200Hz 左右，则“长”字会进行闪烁；当儿童发声时候，则判定会处于 500Hz 左右，则“大学”俩字会进行闪烁，体现出选人的人性化设置。另外，旋律模块的引用也是十分有爱，音色的判别是用来判别说话的缓急的，通过波峰之间的包络而进行不同亮度的驱动，使得灯根据人说话的缓急和节奏进行跳跃，使得现场会具有动感性，其原理是：先经过整流电路进行整流，截取包络，使得电路更圆滑平稳；其次，对电路进行数模转换，将圆滑平稳的旋律、音色变成受控的正弦波，将这个受控的正弦波与基准三角波通过比较器进行比较而得到一个占空比具有特定性质的波，利用这个通过 PWM 脉宽调制得到的波，进行灯部分的驱动，不同的占空比对应着开断电的市场，从而通过人眼的视觉效果达到呈现亮灭的感觉。其中 PWM 调制技术很好地保证了其驱动的稳定性和可靠性，而且在一定程度上能减轻能耗，从而使得器件使用寿命得以延长。

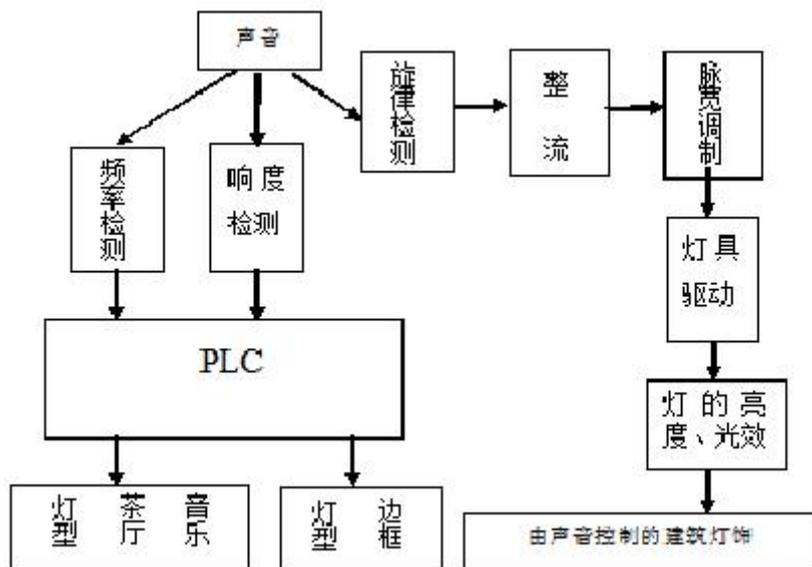


图 1 声控 PLC 建筑灯饰调控原理

三、PLC 控制的建筑灯饰电气控制系统设计

(一) PLC 的选择

我们使用的、学习的可编程序控制器它是从 20 世纪 60 年代就已经开始发展了,那时被用于工业控制装置,到了现在,发展成了种类繁多功能齐全的工厂智能不二选择,它呀,按照逻辑条件进行顺序的动作,它会按照时序动作;另外呢,还有与顺序、时序无关的一些按照逻辑关系而进行连锁保护动作的一些控制;以及很多很多的开关量、脉冲量、计数器、计时器、模拟量的越限报警等等状态量为主体的一些离散量的数据采集的监视。

我们使用的现代的 PLC 按结构型式可以分成整体箱式和模块组合式,整体箱式结构简单、体积小,而且多为小型或低档 PLC;模块组合式呢能根据用户需要进行灵活配置、现场的应变能力强、维修起来方便,根据 I/O 点数可以分成小型、中型和大型,编程语言可以是梯形图或者是指令表。本次设计采用的是模块组合式。

PLC 的选型

根据本次设计要求调制音乐的响度、频率、音色从而实现建筑灯饰的控制,7 个执行机构,需要控制 7 个输出点,一共是 5 个输入点;因此可选三菱 FX2N-16M 型 PLC。

三菱 FX2N-16M 三种输出性能指标:

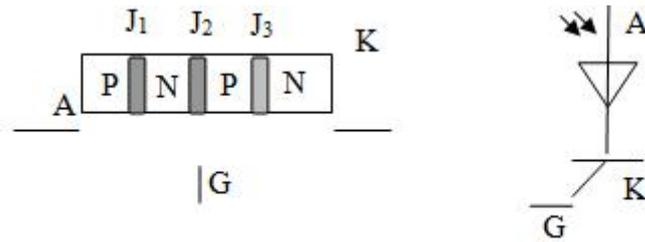
表 1 FX2N-16M 三种输出性能指标

项目	继电器输出	晶闸管输出	晶体管输出	
外部电源	AC250V, DC30V 以下	AC85~242V	DC5~30V	
最大负载	电阻负载	2A/1 点; 8A/4 点(公用); 8A/8 点(公用)	0.3A/1 点; 0.8A/4 点	0.5A/1 点; 0.8A/4 点; 1.6A/8 点(Y0、Y1 以外); 0.3A/1 点(Y0、Y1)
	感性负载	80V · A	15V · A/AC100V ; 80V · A/AC200V	12W/DC24(Y0、Y1 以外); 0.9W/DC24V (Y0、Y1)
	灯负载	100W	30W	1.5W/DC24(Y0、Y1 以外);

				0.9W/DC24V (Y0、Y1)
开路电流	---	1mA/AC100V ; 2mA/AC200V		0.1mA/DC30V
最小负载	DC5V 2mA	0.4V · A/AC100V ; 1.6V · A/AC200V		---
响应时间	OFF→ON	约 10ms	1ms 以下	0.2ms 以下
	ON→OFF	约 10ms	最大 10ms	0.2ms 以下
回路隔离	继电器隔离	光电晶闸管隔离		光电耦合隔离
动作显示	LED 灯亮	LED 灯亮		LED 灯亮

(二) 光感传感器和热度传感器制

光照式传感器内光照电效应器件分光敏电阻、光敏二极管、光敏晶体管、光敏晶闸管等，本次设计采用光敏晶闸管作为传感器感光元件，其结构如下：



(a) 结构图

(b) 图形符号

图 2 光敏晶闸管

LCR 它有三个 PN 结，即 J1、J2、J3，顶部还有玻璃透镜，把光线集中照射到 J2 上，光敏晶闸管的阳极正接，阴极反接。J1、J3 正偏，J2 反偏，晶闸管正向阻断状态。当有一定的光照度透过玻璃照射在 J2 上，在光能的激发下，J2 附近产生大量的电子空穴对，它们在外电压下产生门极电流，从而使光敏晶闸管从阻断状态变为导通状态。可以通过和电阻一起使用，根据电阻的大小的不同而改变光照度。

光敏晶闸管的特点是导通电流比光敏晶体管大的多，工作电压也大，因此输出功率大，在工业自动化检测控制和生活中得到广泛的应用，在本次试验中，白天有了它，能使得电路截止，从而达到自动开启灯饰的功能。而温度传感器分金

属热电阻、半导体热电阻、集成温度传感器；本次设计中采用数字式集成温度传感器 DS18B20，其引脚图 3：

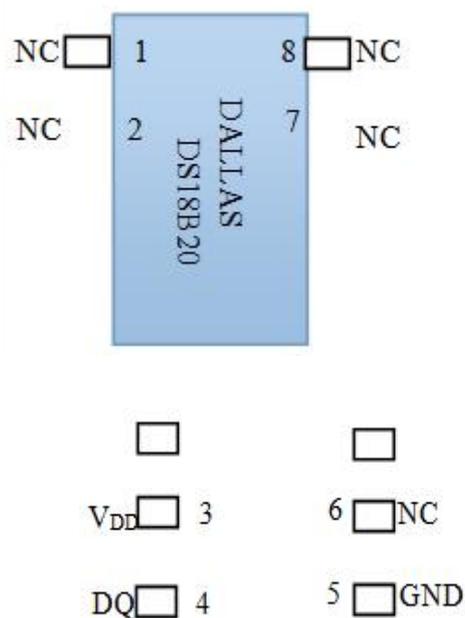


图 3 DS18B20 引脚图

表 2 引脚详细说明

8 引脚 SOIC 封装	符号	说明
1、2、6、7、8	NC	无连接
3	VDD	可选 VDD 引脚。工作与寄生电源模式时 VDD 必须接地
4	DQ	数据输入/输出引脚。对于单线操作：漏极开路。当工作在寄生电源模式时用来提供电源（建“寄生电源”节）
5	GND	接地

DS18B20 特点：

独特的单线接口仅需一个端口引脚 进行通讯

每个器件有唯一的 64 位的序列号存 储在内部存储器中

简单的多点分布式测温应用

无需外部器件

可通过数据线供电。供电范围为 3.0V 到 5.5V。

测温范围为-55~+125℃ (-67~+ 257°F)

在-10~+85℃范围内精确度为±5 °C

温度计分辨率可以被使用者选择为 9~12 位

最多在 750ms 内将温度转换为 12 位 数字

用户可定义的非易失性温度报警设 置

报警搜索命令识别并标志超过程序 限定温度 (温度报警条件) 的器件

应用包括温度控制、工业系统、消费 品、温度计或任何热感测系统

1. DS18B20 声音换算及控制

DS18B20 采用 12 位存储温度值, 最高位为符合, 存储方式如下, 负温度 S=1, 正温度 S=0。

表 3 TEMPERATURE REGISTER FORMAT Figure2

LS Byte	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
	2 ⁵	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴
MS Byte	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8
	S	S	S	S	S	2 ⁵	2 ⁵	2 ⁴

命令	说明	协议	单总线发出协议后	备注
温度转换				
<u>Conver T</u>	开始转换温度	44h	读温度忙	1
存储器命令				
<u>Read scratchpad</u>	读暂存器和 CRC 字节	<u>BEh</u>	读数据直到 9 字节	
<u>Wite scratchpad</u>	把字节写入暂存器地址 2 和 3 (TH 和 TL 温度报警触发	4Eh	写两个字节到地址 2 和 3	
<u>Copy scratchpad</u>	把暂存器内容拷贝到非易失性存储器中	48h	读拷贝状态	2
<u>Recall E²</u>	把非易失性存储器中的值召回暂存器	B8h	读温度忙状态	
<u>Read power supply</u>	标识供电模式	B4h	读供电模式	

2. HS1101 参数及特性曲线

表 4 最大参数值 (Ta=25℃)

参数	参数值	单位
工作温度 T_a	-40~100	$^{\circ}\text{C}$
存储温度 T_{stg}	-40~125	$^{\circ}\text{C}$
供电电压 V_s	10	V_{ac}
湿度范围 RH	0~100	%RH
焊接时间@ $T=260^{\circ}\text{C}$	10	S

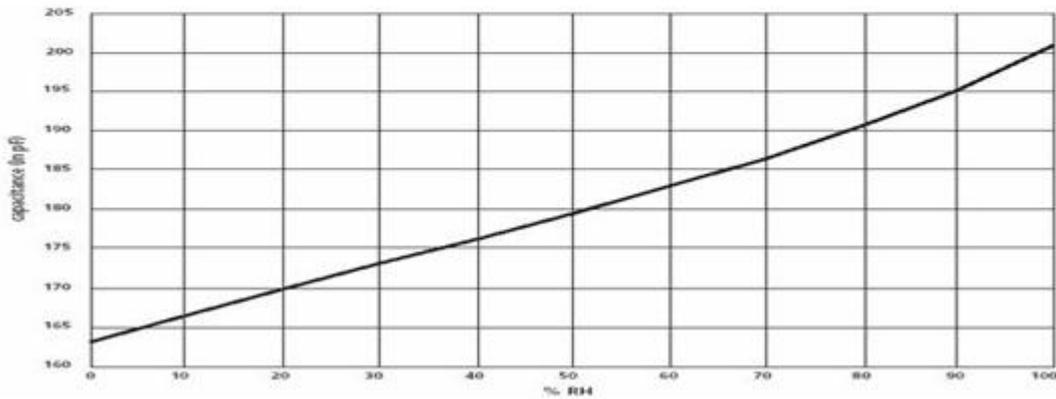


图 4 输出特性曲线

(三) 响度检测采集电路

我这次设计中间的响度截取点，采用的是将声音信号放大处理，转换成 3Vpp 左右的电平，通过多个电平的差异区分出不同响度的状态，从而输出开关量，最后与 PLC 模块进行匹配从而选取灯型。反复尝试了很多次，找了 1~12Vpp 的电压响应段反复测试，在这里要感谢钟老师，在老师的指导下我少走了很多弯路，凭借老师的经验，仔细在 3Vpp~5Vpp 附近进行了尝试，取得了较好效果，且在运算放大器的选择上也多亏了老师的指导，在这里由衷地感谢老师！

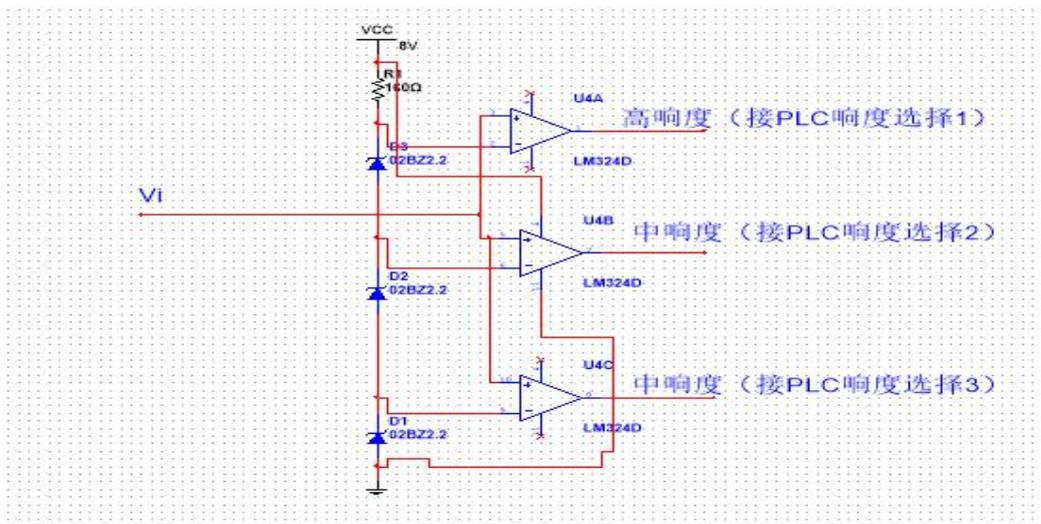


图 5 响度检测采集电路图

(四) 频率检测采集电路

频率检测部分的电路如下图，主要利用了电容电感并联谐振获取频率，再添加去抖动电容得到较稳定的输出，保持较稳定的实效跟踪。

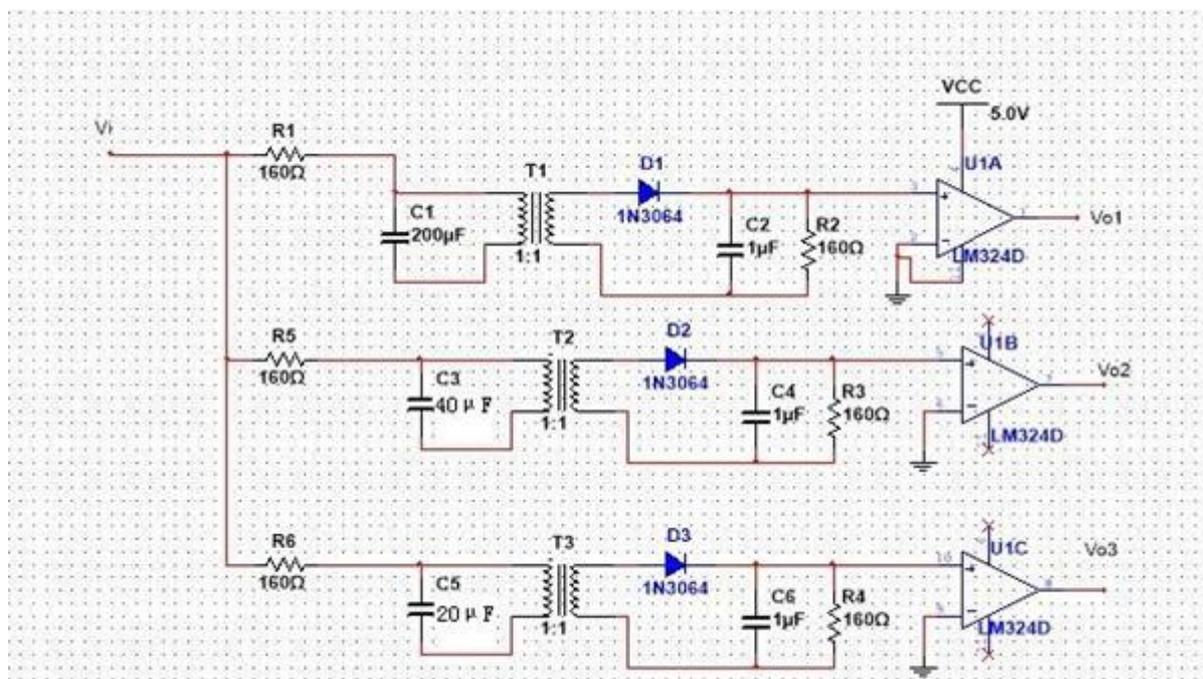


图 6 频率检测采集电路图

根据上图频率检测部分的电路图我们可以了解到，频率的截取是充分利用了电容与电感组合的谐振而实现预期目标的，根据 LC 振荡电路计算，当我们的声音频率接近 200Hz 时可经过电路的变换和滤波后得到较为稳定可靠不抖动的输出 Vo1；当我们的声音频率接近 500Hz 时可经过电路的变换和滤波后得到较为稳定可靠不抖动的输出 Vo2；当我们的声音频率接近 800Hz 时可经过电路的变换和滤波后得到较为稳定可靠不抖动的输出 Vo3；我们这么做了之后，就能够得到不受外界影响的人性化程度高的，跨越波频段高、涵盖广的频率输出灯型，送由 PLC 进入灯型选择从而人性化地实现灯型的展现。

(五) 音色检测采集电路

音色的选取也是本次设计的核心亮点，它的选取比较之前的响度和频率而言的话是不一样的，它独特之处在于连续性好，它并不是点式而是连贯的波，经过整流后变得更缓和，再经过数模转换，变成可控的正弦波与标准三角波比较而得出了具备了占空比特性的 PWM 调制信号，可以直接用于驱动电路，而且 PWM 技术

的引用，直接就是利用的软开关，对于资源的损耗具有不可比拟的优势；同时，使得系统具有高度的稳定性，和一定程度的抗衰老性。

音色的选取总电路图如下：

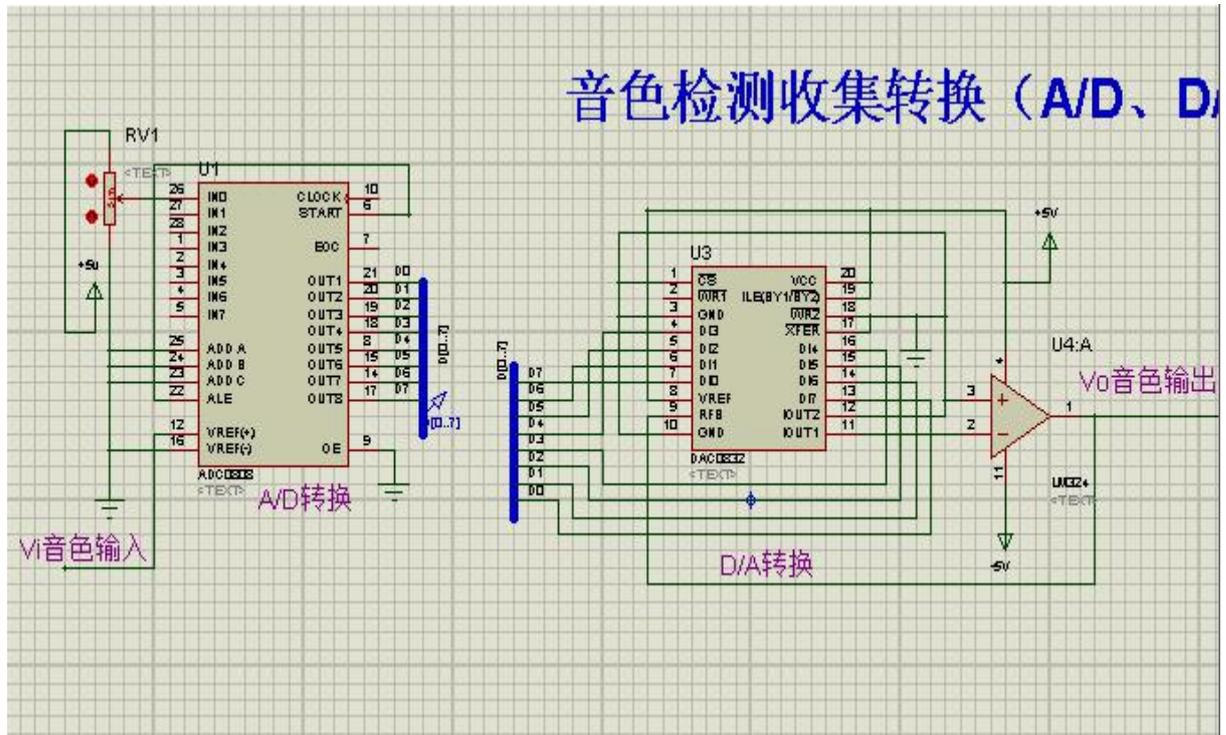


图 7 音色检测采集电路图

首先经过 0808 进行模/数转换，获得标准的基准之，再经过 0832 进行模/数转换，获得受调的正弦波，最后与基准三角波比较而实现 PWM 调制，再允以驱动后续 LED 灯，通过开关通断时间而控制亮度，达到音色控制亮度的目的。

(六) 音色 PWM 调制驱动电路

音色的 PWM 调制驱动电路是一个重要的小细节，一开始我是准备直接用音色控制驱动的，但是高教授提醒了我，说现在先进的 PWM 技术可以很好地节省能源，而且 PWM 技术的引用，直接就是利用的软开关，对于资源的损耗具有不可比拟的优势；同时，使得系统具有高度的稳定性，和一定程度的抗衰老性。

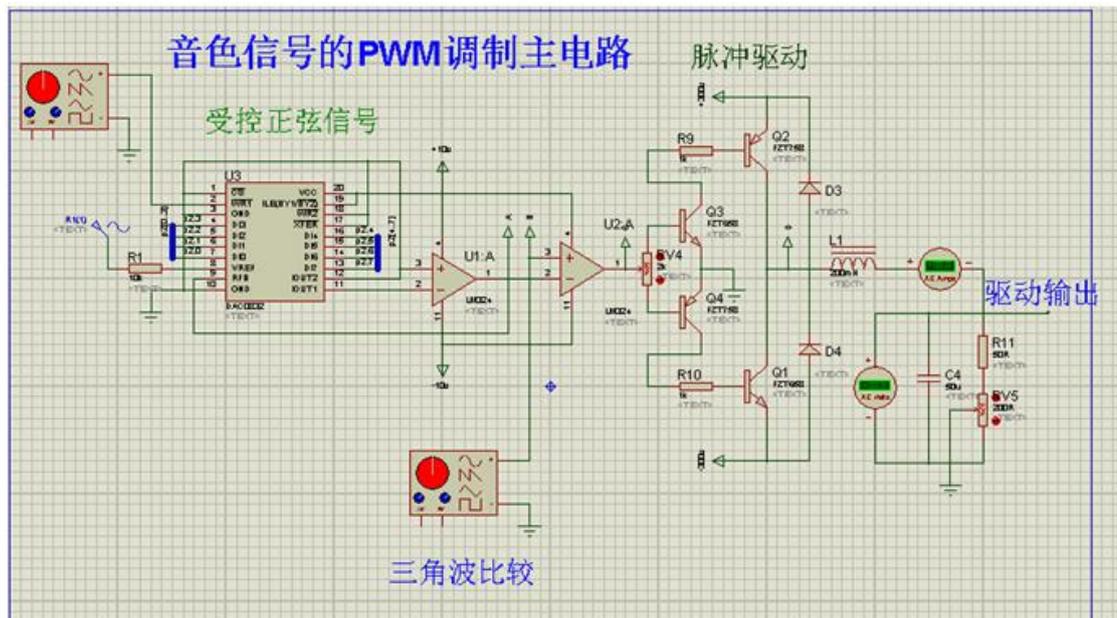


图 7 音色信号的 PWM 调制电路图

音色的 PWM 调制驱动电路是一个重要的小细节, 获得的 PWM 脉冲调制信号, 直接控制开关通断, 很大程度减小了硬件损耗。

(七) FX2N-232-DB 通信模块

FX2N-232-DB 通信功能模块扩展板, 安装 FX2N 系列 PLC 的基本单元中, 用于 RS-232 通信。

1. 特点

在 RS232C 设备之间数据传输。

在 RS232C 设备之间使用专用协议进行数据传输。

通信格式设置包括波特率, 奇偶性和数据长度, 由参数或 FX2N 可编程控制器的特殊数据寄存器 D8120 进行设置。

表 5 技术参数

项目	规格
接口标准	RS-232C
绝缘方式	非绝缘
显示 (LED)	RD、SD
传送距离	最大 15m
消耗电流	20mA/DC5V (由 PLC 供电)

通信方式	全双工双向	
通信协议	无协议/专用协议/编程通信	
通信格式	数据长度	7位/8位
	奇偶校验	没有/奇数/偶数
	停止位	1位/2位
	波特率	300/600/1200/2400/4800/9600/19200/38400bit/s
	标题	没有或任意数据
	控制线	无/硬件/调制解调器方式
	和校验	附加和码/不附加和码
结束符	没有或任意数据	

四、测试与调试

(一) 响度检测采集电路和步骤

主控器选用 Atmel 公司 89 系列单片机中的 AT89S51。89 系列单片机是以 8031 为内核构成的，和 8051 兼容，片内 4KB 的 Flash 存储器支持在线下载程序，方便系统开发中进行调试。

显示电路采用 4 个共阳极 LED 数码管，用于显示温度、湿度数值，本次设计只采用一组数码管，所以可以轮流显示，从 P0 口输出段码，列扫描 P2.0~P2.3 来实现，列驱动用 9012 三极管，采用 RS-232C 与 PLC 通信，由于本次设计温度采集有温室内、锅炉内两部分，需要挂接两片温度传感器 U2 和 U3，U2 用作温室采集，而 U3 用作锅炉水温采集，并且当 U2 温度过低时才去采集锅炉内温度，否则不需对 U3 进行读写数据，硬件原理图如图 8 所示。

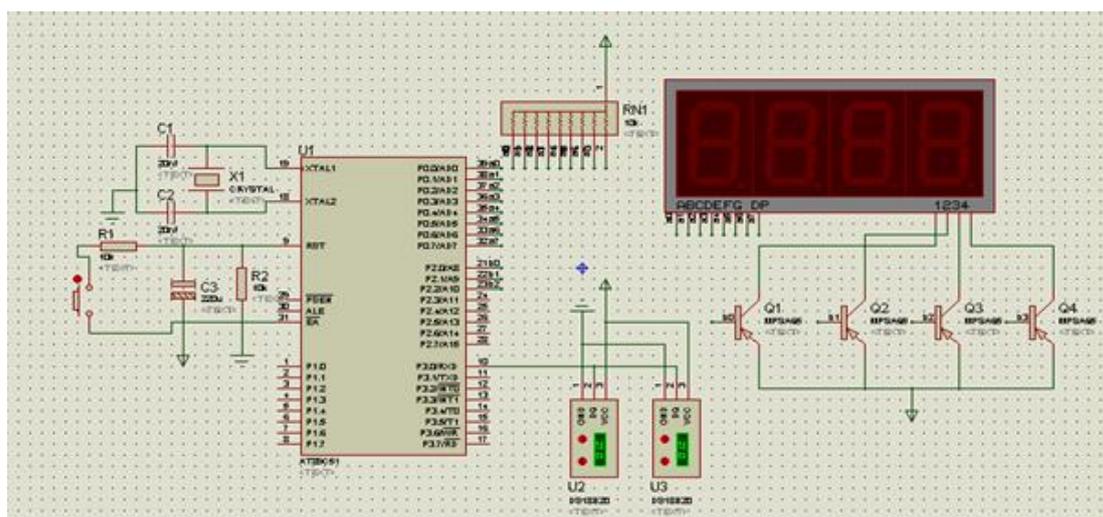


图 8 温度设计硬件图

(二) 频率检测采集电路

光照检测部分是由光敏元件（由于光敏晶闸管在元件库里不好找，这里以光敏三极管代替，其工作原理大致相同）和电阻组成，当光照强度过弱时，三极管处于截止状态，发射极为低电平，由于发射极与单片机 P1.0 连接，所以当单片机检测到电平为低时说明光照强度过弱，需要增加光强，当光强足够大时基极电流也增大使得三极管处于放大状态，发射极为高电平，本次设计加入了可变电阻 VR1，通过调节 VR1 可以改变光照强度的临界值，电路设计图如图 9 所示。

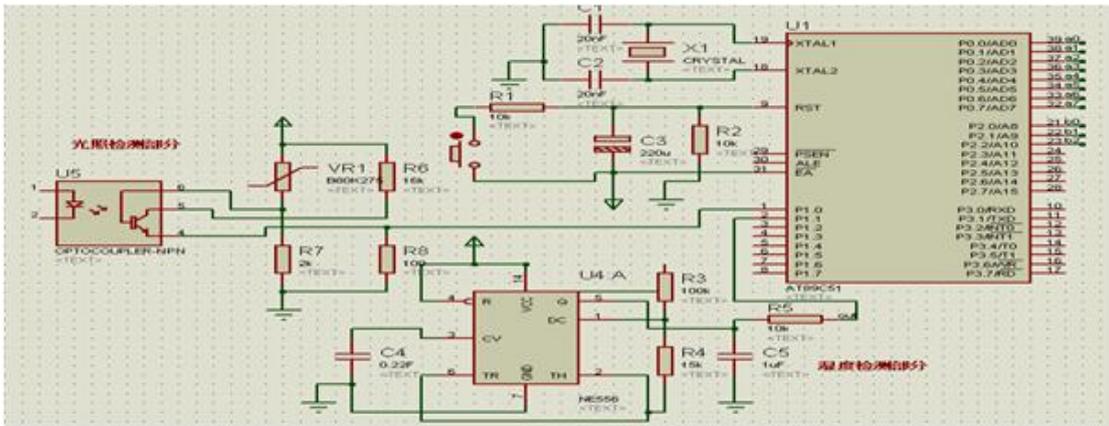


图 9 湿度及光照设计硬件图

湿度检测部分由芯片 NE556 与 R3、R4、C4 等组成，NE556 内部含有 555 定时器。因为湿度传感器为电容式，本次采用电容 C4 代替 HS1101。根据湿度传感器 HS1101 输出特性曲线当相对湿度%RH 为 60~80 时电容值在 183pF~190pF，当相对湿度%RH<60 时电容值小于 180pF，而当相对湿度%RH>80 时电容值大于 190pF，而且相对湿度与电容值近似线性关系，查有关资料得到其关系为，

$$RH = (C_X - 163) / 0.39 \quad (3.1)$$

如此间接的把湿度信号转换为频率信号。根据 NE556 工作原理输出端得到矩形脉冲，其充电放电时间分别为，

$$t1 = C4(R3 + R4) \ln 2 \quad (3.2)$$

$$t2 = R4C4 \ln 2 \quad (3.3)$$

$$\text{输出方波频率: } f = 1 / (t1 + t2) = C4(R3 + 2R4) \ln 2 \quad (3.4)$$

$$\text{由(3.1)~(3.4)式得到频率跟湿度关系: } f = (0.39RH + 163) / (R3 + R4) \ln 2 \quad (3.5)$$

(三) 音色检测采集电路

锅炉内的水加热主要针对温室用，功率较小采用 380V 单相加热，这样还可减少对三相不平衡的影响，加热由单片机控制电压大小来控制波数

注释：

- (1) K1 断开时为 PWM 方式，闭合为 CYC 方式。
- (2) W1 功率限制电位器不接时，功率不受限。
- (3) 温控仪表为 0-5V 输出时接 1、4（4 为正）。
- (4) 手动控制时，1、4、7 接 10K 电位器。
- (5) 温控仪表为 4-20mA 输出时，接 1、3（3 为正）。

(四) 单片机软件设计

单片机软件主要包括主程序、读温度子程序、计算湿度子程序、计算光照子程序、显示数据程序等

1. 响度子程序设计

读出温度子程序主要功能是读出 RAM 中的九个字节，在读出时必须进行 CRC 校验，校验有误不能进行温度数据改写，读出温度子程序流程图如图 10 所示。温室转换命令是让温度开始转换，采用 12 为分辨率，温度寄存器里的值是以 0.065 为步进，即温度值为温度寄存器里的二进制乘以 0.065 就是实际的十进制温度值，转换时间约为 750ms。计算温度子程序将 RAM 中的读取值进行 BCD 码转换、运算，并判断正负，计算子程序流程如图 11 所示。

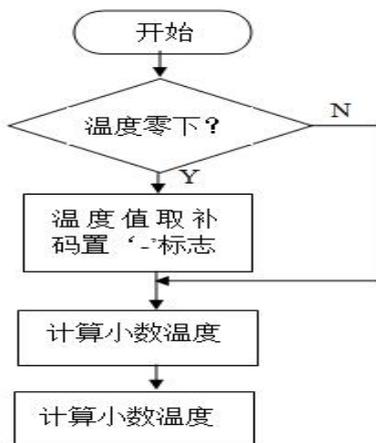


图 10 计算温度子程序流程图

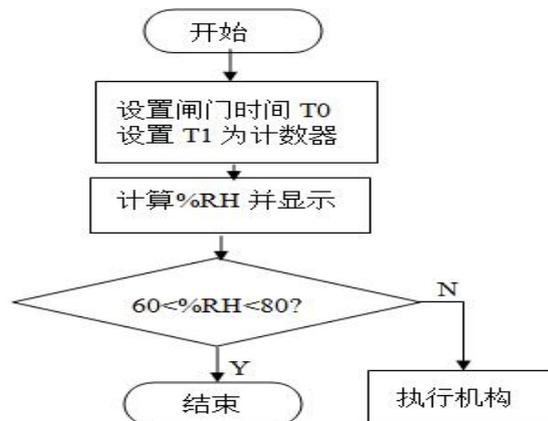


图 11 相对湿度计算流程图

2. 湿度子程序设计

湿度是根据频率间接计算出来的，根据公式（5）以及本次硬件设计 R4、R3 分别为 15K 和 100K 可得出 $\%RH = (f - 1.3 \times 10^6) / 3 \times 10^3$ 。设定闸门时间为 1s 让定时/计数器 T1 工作在方式一，T1 得到的值就是 f，如果溢出则可直接说明相对湿度过大，否则判断相对湿度是否在 60~80 之间。

（五）PLC 软件设计

PLC 通过 FX2N-232-DB 与外部声音检测电路相连，从而获得声音的各个要素的参数，经过比较分类，选出应有灯型。



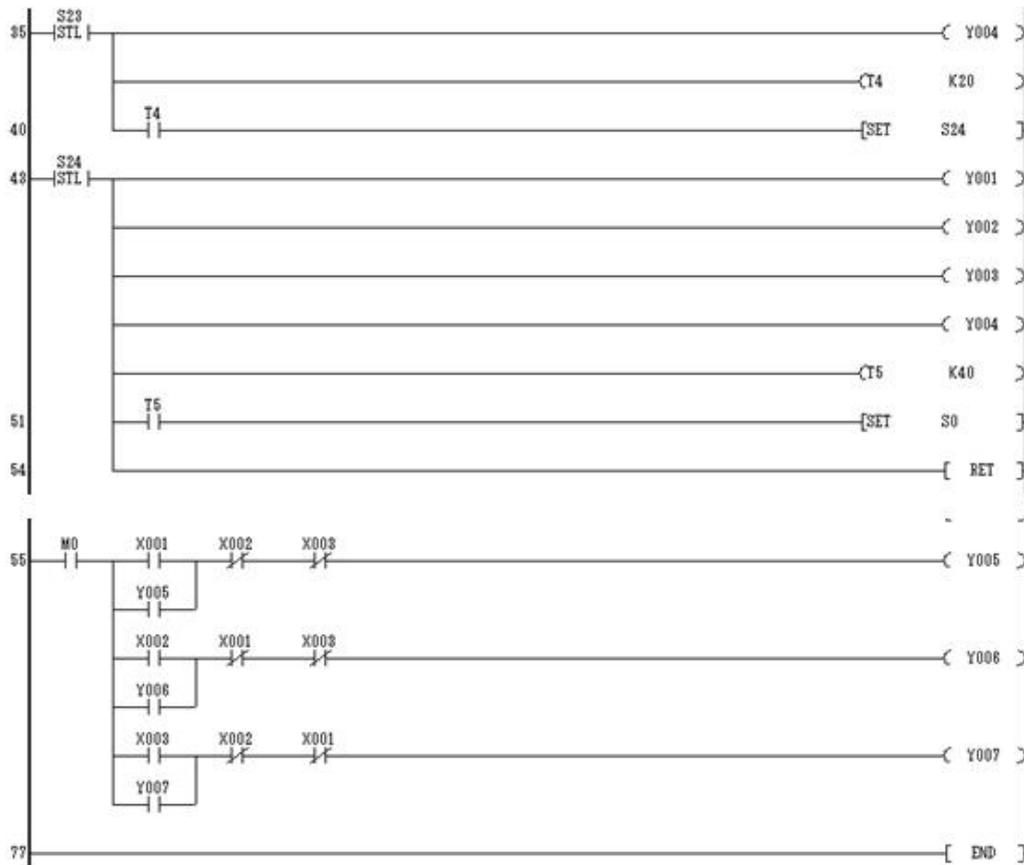


图 12 PLC 程序

五、结束语

本设计主要阐述了从选题分析、到元件选取、到元件参数资料、到硬件电路设计、最后在将软件和硬件相结合等，真正实现了基于 PLC 控制的建筑灯饰电气控制系统设计，在指导老师的精心指导和帮助下终于完成了整个题目的设计撰写工作。

参考文献

- [1]曾屹,刘辉. 单片机原理与应用[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2019:88-102
- [2]楼然苗,李光飞. 51 系列单片机设计实例[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2018:88-94
- [3]贺哲荣. 机床电气控制线路试图技巧[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019:105-130
- [4]姜秀英,姜涛等. 传感器与自动检测技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2020:42-63
- [5]张友德,赵志英,涂时亮. 单片机微机原理应用与实验[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2019: 122-136.
- [6]曲家骅,王季秩. 伺服控制系统中的传感器[M]. 北京: 机械工业出版社. 2018:128-145

致 谢

在进行设计、学习的过程中在各科任课老师耐心教导，让我获得了丰富的专业知识，使我的专业能力大大提高。在设计编写过程中，我的指导老师钟老师以严谨的学术态度、丰富渊博的专业知识，给予我精心耐心的指导和帮助，在我困惑之际给予明津指点，让我在专业素养得到大幅度提高。在此向钟老师致以崇高的敬意和衷心的感谢！

感谢邵阳职业技术学院领导和任课老师对我们关怀和教育！

感谢我的同学们在我学习及生活中的帮助和支持！