

基于Wi-Fi的LED智能调光技术

随着通信技术和调光技术的成熟化,发光二极管(LED)智能调光的应用也越来越广泛。在此背景下提出了一种LED智能调光技术,其采用脉冲宽度调制(PWM)方式进行调光,通信则是基于Wi-Fi进行无线通信,实现了预定场景和模式下LED的照明方案。通过理论分析和实验验证,PWM调光技术可对LED灯进行无级调光,调光平稳,Wi-Fi通信稳定可靠。

孙伟斌 刘丽兰/上海大学上海市智能制造及机器人重点实验室

0 引言

发光二极管(Lighting Emitting Diode, LED)作为一种新型的现代照明光源,不仅仅具有寿命长、体积小和绿色节能等优点,而且其调光控制特性好,调光控制范围广^[1]。特别是在物联网概念提出之后,LED实现了联网控制,进一步体现了其能够智能控制的特点。

LED实现智能控制需要依赖于通信技术与智能调光技术。其中通信技术又可分为传统通信技术和现代无线通信技术。传统通信技术以有线组网技术为主,典型的有电话线组网(Home PNA)、电力线载波(PLC)和以太网(IEEE 802.3标准),但传统通信技术存在布线困难等不足。现代无线通信技术则主要以Wi-Fi技术、ZigBee技术和蓝牙技术为代表。随着技术的攻关,无线通信技术越来越成熟,使用越来越广泛。LED调光根据调光控制方式不同可分为模拟LED调光、PWM调光和数控

LED调光等多种控制调光方式^[2]。模拟LED调光的方法比较简单,易于实现,但是其效率较低,并且会引起光谱由白光向黄光进行色彩的偏移。PWM调光则避免了色彩偏移的问题,并且控制简单。对LED采用智能控制技术,可以实现LED亮度和色温等的智能控制,实现预设场景和模式的照明效果。

本文提出的基于Wi-Fi无线通信,利用PWM调光的LED技术,解决了在家居布置LED灯具时布线烦琐的问题,同时对LED灯实现无级调光和预设模式场景下的照明。

1 总体设计方案及软硬件设计

本系统架构为主控机通过场景选择按键开关选择模式,通过单片机进行检测分析并产生对应信号,然后通过Wi-Fi通信模块进行数据透传给从控机,或者通过与从控机Wi-Fi模块相连接的远程移动控制端发送相应的指令给从控机。从控机单片机通过对接收到的信号指令进行分析,并产生相应的PWM信号对LED灯进行智能调光。

1.1 硬件设计

主控机包括单片机、Wi-Fi通信模块、场景选择按键开关及供电模块。从控机包括单片机、Wi-Fi通信模块、LED驱动模块、供电模块及LED灯。主控机和从控机之间通过Wi-Fi模块进行数据传输。其结构图如图1所示。

(1) 单片机选择

主从控机的单片机采用STC公司生



孙伟斌/硕士研究生

关键词/Keywords

智能调光 ·
PWM ·
Wi-Fi ·
STC89C52 ·
LED ·

上海市科委项目(15521103502),上海市经信委项目(15X1-1-26)。

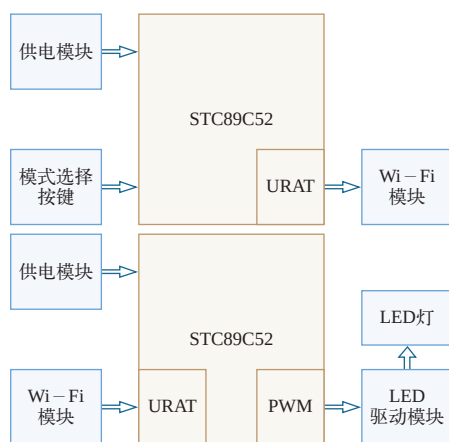


图1 主从控制机结构图

产的STC89C52芯片。这是一种低功耗、高性能CMOS 8位微控制器，掉电模式下典型功耗小于 $0.1\ \mu\text{A}$ ，空闲模式下典型功耗为 $0.2\ \text{mA}$ ，正常模式下典型功耗为 $4\sim 7\ \text{mA}$ ^[3]。具有8KB在系统可编程Flash存储器、512 KB RAM、2KB E2PROM及降低EMI功能。STC89C52使用经典的MCS-51内核，但做了很多的改进，使得芯片具有传统51单片机不具备的功能。并且其串行口是一个可编程双全工的通信接口，具有UART（通用异步收发器）的全部功能，能同步进行数据的发送和接收，也可作为同步移位寄存器使用^[4]。单片机内置看门狗程序。

(2) Wi-Fi模块的选择

Wi-Fi通信模块选用用户级产品USR-WiFi 232-T模块，具有低功耗、低成本和小体积的特点。模块上集成了基频芯片、射频收发单元以及功率放大器，采用TCP/IP协议栈。并且其支持UART、PWM和GPIO数据通信接口，在本方案中适用。Wi-Fi模块和单片机的通信I/O口相连，通过异步通信与单片机进行数据通信。连接电路原理图如图2所示。

(3) 模式选择按键的设计

模式选择按键开关为独立式键盘，每个按键对应一个端口输入。这些按键直接与单片机的I/O口连接，按键闭合为低电平输入，断开为高电平输入。单片机通过检测相应I/O口的电平输入进行相应的信号处理。

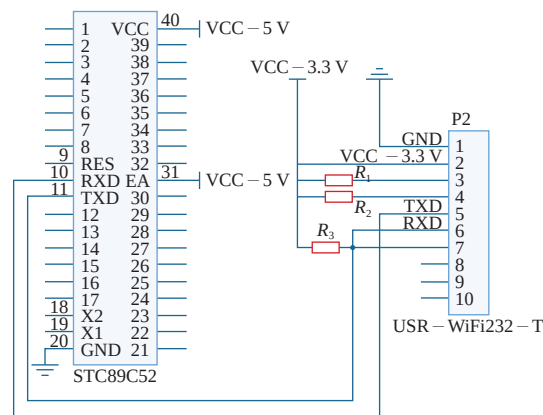


图2 Wi-Fi模块和单片机相连电路原理图

(4) 供电模块的设计

单片机STC89C52稳定运行的电压为 $+5\ \text{V}$ ，Wi-Fi模块稳定运行的电压为 $+3.3\ \text{V}$ ，而市电为 $+220\ \text{V}$ ，所以电源模块需要采用 $220\ \text{V}$ 转 $12\ \text{V}$ 的变压器。并考虑到电压电流上电时的不稳定性，对电源进行桥式整流和LM317稳压芯片处理，滤波后输出 $+5\ \text{V}$ 的稳定直流电对单片机进行供电^[5]。而针对Wi-Fi模块，采用了AMS1117-3.3芯片进行降压。供电模块如图3所示。

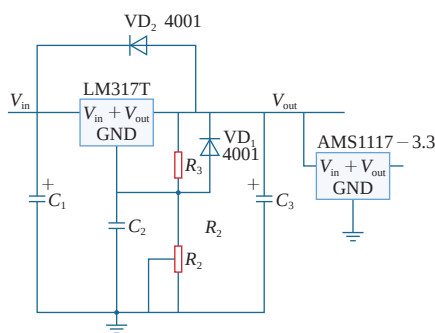


图3 供电模块电路原理图

(5) LED驱动模块的选择

LED驱动模块采用恒流驱动，最大输出电流为 $0.8\ \text{A}$ ，并且驱动模块存在接收PWM脉冲调光的接口，该接口与单片机相应的I/O口相连，接收PWM脉冲从而对LED进行调光。

1.2 软件设计

本装置的软件分为主控机控制部分和从控机控制部分。主控机控制部分包括模式选择，按键进行模式选择。单片机根据所选择的模式产生一

系列不同的信号,并与Wi-Fi模块异步通信进行信号传送,并通过Wi-Fi模块数据透传给从控机。从控机则由Wi-Fi模块接收主控机发来的信号,与单片机通信将数据传给单片机,单片机进行处理产生对应的PWM脉冲,通过LED驱动模块对LED灯进行调光。

整个程序的流程图如图4所示。

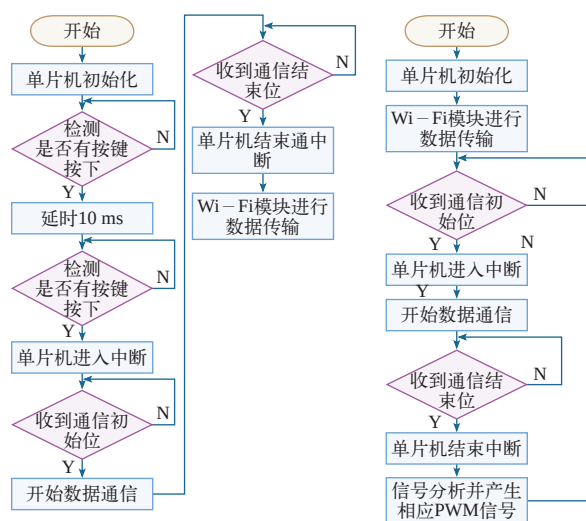


图4 主从控机程序流程图

在独立式键盘进行模式选择时,需要进行2次按键是否按下的检测,中间间隔时间为10 ms,这主要与按键的机械特性有关,按键在按下和释放的瞬间都有抖动现象,一般为5~10 ms。而在之后的单片机和Wi-Fi模块异步通信之前,需要将单片机进行程序中断,从而异步通信过程和单片机的主程序不产生冲突,这就需要对单片机在初始化式的硬件配置上打开中断控制口与串口通信控制口,配置核心代码如下。

```

SCON = 0x50;
TH2 = 0xFF;
TL2 = 0xFD;
RCAP2H = 0xFF;
RCAP2L = 0xFD;
TCLK = 1;
RCLK = 1;
C_T2 = 0;
EXEN2 = 1;
TR2 = 1;
  
```

以上部分为单片机产生波特率115 200 bit/s的代码。

```

TMOD = 0x20;
TH1 = 0xFF;
TL1 = 0xFF;
TR1 = 1;
REN = 1;
SM0 = 0;
SM1 = 1;
EA = 1;
ES = 1;
  
```

这部分为配置单片机通信串口和中断串口的核心代码。其中TMOD=0x20为设定单片机T1定时器工作方式2,即8位初值自动重装的8位定时器或计数器。TH1=0xFF和TL1=0xFF为设置单片机初值。TR1=1为启动T1定时器。REN=1为允许串口接收。SM0=0和SM1=1为设定串口工作方式1,即10位异步收发(8位数据)且波特率可变(由定时器1的溢出率控制)。EA=1为开启总中断。ES=1为开启串口中断。

2 智能调光分析

无线智能调光采用的Wi-Fi技术是一种成熟的通信技术,具有组网不受布线条件的限制、方便建网、传输速率快、传输数据量大、Wi-Fi设备与设备或设备与基站之间的切换快速和安全认证完善等优点,同时也避免了传统通信技术布线烦琐的问题。而PWM调光控制灵活、响应迅速,并且在所有的脉冲周期内,流过LED的最大正向电流不变,因而不会发生光谱的偏移。

2.1 Wi-Fi无线通信组网模式

本系统采用的USR-WiFi232-T无线模块支持AP、STA和AP+STA三种工作模式。本系统中,将USR-WiFi232-T配置成AP+STA工作模式,主控机作为STA,从控机作为AP。主控机(STA)通过自动寻找网络里的从控机(AP)进行连接,实现数据透传。或者远程移动控制端与从控机(AP)进行连接,直接发送指令进行控制。

2.2 Wi-Fi安全机制及网络协议

USR-WiFi232-T无线模块支持多种类型的无线加密方式,如WEP、WPA-PSK和WPA2-PSK。本系统中,采用WAP-PSK/AES无线网络加密方式。USR-WiFi232-T模块支持TCP/UDP无线通信协议,USR-WiFi232-T网络端接口有两种工作模式,分别为服务器模式和客户端模式,用户可通过Web或串口发送AT+命令这两种方式进行模式选择^[6]。

2.3 PWM调光

PWM(Pulse Width Modulation)是脉冲宽度调制的简称,是利用微处理器的数字输出来对模拟电路进行控制的一种非常有效的技术。利用单片机具有的PWM端口,在不改变PWM方波周期的前提下,通过软件的方法调整单片机的PWM控制寄存器来调整PWM的占空比,从而控制电流^[7]。

本装置中的PWM信号使用的是矩形波信号,是通过单片机的I/O口输出的,一般情况下可采用如下三种方法:

1) 利用软件延时。当高电平延时时间到时,对I/O口电平取反变成低电平,然后再延时;当低电平延时时间到时,再对该I/O口电平取反,如此循环就可得到PWM信号。

2) 利用定时器。利用单片机的定时器来定时对高低电平进行翻转,控制方法如第1种。

3) 利用单片机自带的PWM控制器。STC系列单片机自身带有PWM控制器,STC89系列单片机除外。

本装置采用第1种方法,即利用软件延时来获取PWM信号。单片机晶振为12 MHz。

在LED控制中PWM作用于电源部分,脉宽调制的脉冲频率通常大于100 Hz,人眼就不会感到闪烁^[8]。故PWM信号的周期 $T=1/f$ 小于0.01 s即可让人眼感觉不到闪烁。对于单片机而言,机器周期为 $T_1=12 \times (1/12\ 000\ 000)=1\ \mu\text{s}$,对于 $T=0.01\ \text{s}$,那么单片机需要计数的个数 $N=t/T_{cy}$,即 $N=0.01 \times 10^6/1=10\ 000$ 。本装置采用的脉冲频率为1 000 Hz,即周期为0.001 s,对应于单片机的计数次数为1 000。

核心代码如下。

```
for (i=0; i<a; i++)
{
    liang=1;
}
for (i=0; i<b; i++)
{
    an=0;
}
```

其中 $a+b=1\ 000$,这是PWM脉冲的周期值。 a 的值代表在整个周期中脉冲电平为1的时长, b 的值代表在整个周期中脉冲电平为0的时长。改变PWM脉冲的占空比,就可改变LED灯的亮度。

3 案例效果分析

本文案例对开发的智能调光LED技术进行了验证测试,包括LED灯的预设模式下照度的验证。测试系统包括上文所提到的主控机、从控机、LED驱动模块、LED灯及12 V直流电源,测试硬件连接如图5所示。主控机单独存在,和从控机之间通过Wi-Fi进行通信。从控机与LED驱动模块通过I/O口相连,LED灯与LED驱动模块的输出端相连。首先,将主控机和从控机所需的软件代码通过程序下载器STC_ISP_V483下载到单片机内,然后将单片机安装到主从控机上,上电,待Wi-Fi模块连通即可进行相关测试。

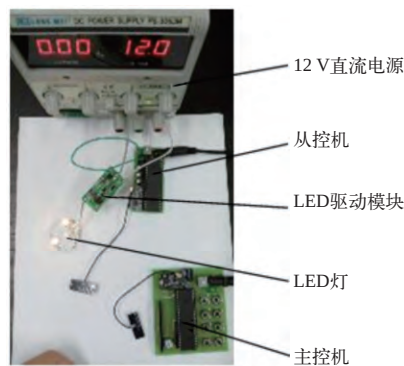


图5 测试硬件连接图

在实验中,主从控机和LED驱动模块的输入电压均为12 V,PWM调光频率为1 000 Hz。PWM脉冲的占空比不同LED灯的亮度也不同,占空比越

大, LED灯照度越大。图6是PWM占空比为90%、30%和10%时的现场效果图。

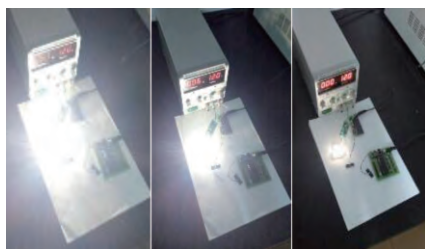


图6 现场效果图

通过分光辐射照度计分别测量3种模式下的照度, 得占空比90%时照度为3 007 lx, 30%时照度为450.81 lx, 10%时照度为25.1 lx。可知PWM脉冲占空比越大, LED灯的照度越大。主控机和从控机运行稳定, 随着模式选择按键变化, LED灯响应及时, 达到预期效果。在测试过程中, 增大控制端与LED终端的距离以测试Wi-Fi通信的稳定性, 在100 m²的房间内均可实现正常控制, 控制灵敏, 且长时间内未出现问题, 可知Wi-Fi通信稳定, 灵敏。

4 结束语

本调光技术所依赖的Wi-Fi无线通信技术通信稳定, 连接迅速, 解决了传统通信技术布线难的问题。采用PWM调光技术则实现了对LED智能调光的控制, 实现了预设模式下的场景照明。通过实验验证了LED灯的照度是随PWM脉冲占空比的扩大而提高, 且Wi-Fi通信技术稳定、可行。为了进一步体现LED的智能控制, 提出了后期的几个改进点: 利用时钟控制芯片可根据时间段来对LED灯进行控制; 利用光照度采集传感器对光照进行采集并传给单片机, 形成一个反馈; 同时针对

Wi-Fi节点数少的问题, 可采用Wi-Fi和ZigBee混用的通信方式^[9]。

参考文献

- [1] 宋鹏程, 文尚胜. 基于三通道脉冲宽度调制的LED调光调色[J]. 光电子·激光, 2015, 26(5): 839-846.
- [2] 徐代升, 陈晓, 朱翔, 等. 基于冷暖白光LED的可调色温可调光照明光源[J]. 光学学报, 2014, 34(1): 0123-0123.
- [3] 郭强, 刘志峰, 张爱平, 等. 基于STC89C52单片机的智能交通灯控制系统设计[J]. 机电一体化, 2008, 14(11): 85-88.
- [4] 郭天祥. 新概念51单片机C语言教程: 入门提高开发拓展全攻略[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [5] 柴远波, 贾宇飞, 单坡. 基于单片机的LED自适应调光系统[J]. 电子设计工程, 2015, (12): 187-189.
- [6] 程知群, 方书放, 冯骏. 基于433 MHz无线模块和WiFi技术的智能锁系统[J]. 杭州电子科技大学学报, 2015, 35(1): 10-13.
- [7] 韩军, 周镜平. 基于PIC单片机的直流电机控制器研究[J]. 制造业自动化, 2011, 33(2): 147-149.
- [8] 苑乔, 李晓青, 梁银川. 16通道恒流LED驱动芯片的PWM调光功能设计[J]. 现代电子技术, 2014, 37(7): 157-159.
- [9] 董哲, 宋红霞. ZigBee-WiFi协同无线传感网络的节能技术[J]. 计算机工程与设计, 2015, 36(1): 22-29.

(收稿日期: 2015-09-21) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告