

一种新颖的双遥控 LED 射灯控制器设计

张震宇,王洁伟,华群辉,吴思煜

(浙江科技学院 自动化与电气工程学院,杭州 310023)

摘要: 针对目前大多数 LED 射灯功能上存在一定的不足这一现状,设计了一种新颖的 LED 射灯控制器。它以单片机为核心,以激光和红外双遥控技术为基础,应用了双向可控硅控制和电机驱动技术,射灯具有可遥控、照射角度和亮度可调等主要功能。同时,描述了该控制器的整体硬件构成,分析了模块化软件设计要点,总结了该控制器的性能特点和综合优势。该控制器相较于现有同类产品,技术上具有一定的新颖性。

关键词: LED 射灯;单片机;激光技术;红外遥控技术

中图分类号: TP273;TM923.34

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2012)06-0444-06

Design of novel LED spotlight controller with dual remote control

ZHANG Zhen-yu, WANG Jie-wei, HUA Qun-hui, WU Si-yu

(School of Automation and Electrical Engineering, Zhejiang University of
Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

Abstract: Most of the current LED spotlights have some functional shortages. In view of this situation, a novel spotlight controller is designed. The controller takes the MCU as the core, based on laser and infrared dual remote control technology, and applies the TRIAC control and motor drive technology. The spotlight with the controller has some main functions, such as remote control, adjustable irradiation angle and brightness. The overall hardware structure of the controller is described, and the modular software design elements are analyzed. Furthermore, the performance characteristics and the comprehensive benefits are summarized. Compared with the existing similar products, the controller has a certain novelty in technology.

Key words: LED spotlight; MCU; laser technology; infrared remote control technology

LED 射灯是一种典型的新型照明灯具,具有聚光、节能、环保等优点。射灯的光线柔和,能营造室内照明气氛,广泛应用于家居、酒店、展厅等场所。市面上现有的绝大部分射灯,采用的控制方案主要有以下几种:

- 1) 恒压恒流驱动控制器。该方案是为 LED 射灯配备一个开关电源,由于不具备调压功能,其最明显的缺点是不能调节射灯的亮度,目前使用该方案的厂商正变得越来越少;
- 2) 可调压驱动控制器。该方案是在恒压恒流驱动控制的基础上,增加了调压功能,这样可实现射灯亮度可调,是目前射灯厂商所采用的主流技术方案;
- 3) 基于无线射频的驱动控制器。该方案采用 2.4G ISM 频段无线通信手段,通过无线遥控方式,调节射灯的亮度,以及实现射灯群组控等,是近年来新出现的。

综观上述主流控制方案,第一种方案不能根据用户意愿自由调节射灯亮度,实用性大打折扣。第二种方案虽可调光,但不具备照射角度自动调节功能。当射灯安装位置较高时,用户可能需借助于脚手架、梯子等工具来手动调节射灯的照射角度,不仅操作上不方便,甚至还有一定的安全隐患。第三种方案采用无线射频遥控,技术上较为先进,但该方案也存在一些缺点:操作上较为繁琐,一旦对码错误,所有操作便都会出错;不能自由调节照射角度。

针对这一现状,笔者设计了一种基于激光和红外双遥控的新型 LED 射灯控制器。其中,激光信号用于选中或取消选中某射灯。若不设计激光遥控功能,当多只射灯安装位置相隔较近时,直接发出红外信号后,可能会出现多只射灯同时接收到红外信号并同时动作的情况,这 and 用户预期不符。红外信号用于发出具体功能命令。某射灯只有被选中后,才开始接受用户发出的红外信号命令的控制。用户通过手持遥控器,可控制射灯的照射角度在水平方向 $0\sim360^{\circ}$ 、垂直方向 $0\sim180^{\circ}$ 全向调节,照明亮度可在 $0\sim100\%$ 范围内调节。另外,为提高使用便捷性,该控制器还设计有掉电记忆、多射灯群控等功能。

本研究所采用的技术方案,不仅保留了目前主流 LED 射灯驱动控制方案的所有优点,还在控制功能上进行了合理的拓展。另外,本方案所采用的激光和红外器件相较于 2.4G 无线射频器件,不仅价格更加低廉,而且手持遥控器功耗也更低,具有更高的性价比。

1 系统硬件构成

本系统的整体硬件构成如图 1 所示。该系统可按功能特点划分为手持遥控器、接收和驱动控制及射灯和电源三部分。手持遥控器由电池供电,能发射出激光和红外两路遥控信号,同时设计有按键和液晶显示面板。接收和驱动控制部分主要包括激光接收电路、红外接收电路、直流电机及其驱动电路,以及射灯调光接口电路。电源一方面为射灯及接收和驱动控制部分提供相应等级的工作电压,另一方面通过调光电路,实现对射灯的调光控制。

1.1 手持遥控器部分

手持遥控器由干电池、单片机、激光发射电路、红外发射电路及按键和液晶显示电路等构成。用户欲操作某射灯时,应首先按下“激光发射键”,发出经 $140\sim205\text{ kHz}$ 载波调制的 650 nm 红色点状激光,用于选中(即激活)待操作的射灯,根据接收和驱动控制部分给出的提示,接着用户便可按下相应按键,发出经 38 kHz 载波调制的红外信号,调节射灯在水平和垂直方向的照射角度,或调节射灯的亮度。此外,用户还可以按下其他功能键来操作射灯。

1.1.1 激光发射电路、按键和显示电路

遥控器采用 3 节 7 号电池供电,须考虑低功耗要求。遥控器绝大部分时间工作在睡眠状态,只有在按下唤醒键(“激光发射”键)后,才进入正常工作状态,若按下唤醒键后 5 s 内无任何操作,则重新回到睡眠状态。遥控器主控 MCU 选用了 Microchio 公司的 PIC16F724,该 MCU 睡眠状态电流最低仅为 20 nA ,正常工作时电流典型值为 $110\text{ }\mu\text{A}^{[1]}$ 。为简化电路设计,直接采用激光调制管,激光发射电路设

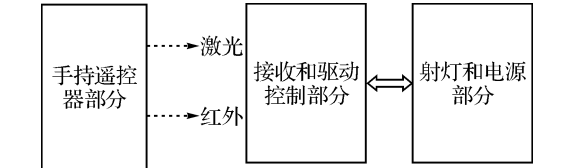


图 1 系统整体硬件构成示意图

Fig. 1 Diagram of overall system hardware composition

计如图 2 所示。按下“激光发射”键(图 2 中 K1 键)时,一方面发射出激光信号,另一方面 PIC16F724 的 RB0(外部 INT)引脚上将出现一个从低到高的电平跳变,于是遥控器被唤醒。经对该电路实测,选用的调制管调制频率在 180 kHz 左右,激光发射距离达 50 m 以上。除“激光发射”键,该手持遥控器还设计有多个功能键,如左转和右转(水平方向)、上移和下移(垂直方向)、增光和减光(调光)、程式选项键、记忆键、传送指令键,以及同步指令键等,共计 14 个,这些按键电路的设计,采用了经典的线反转式 4×4 行列矩阵扫描方法,占用了 PIC16F724 的 RA0~3、RD0~3 引脚。液晶显示选用了 2 位 8 段式 LCD 模块,其内置驱动电路和液晶电路占用了 PIC16F724 的 RB0~7、RC0~6 引脚。

1.1.2 红外发射电路

为尽可能地使红外信号发射得更远,采用了 38 kHz 载波对红外信号进行调制^[2],并控制载波的占空比为 1:1,红外发射电路如图 3 所示。38 kHz 载波由 PIC16F724 的定时器 T0 每 26 μs 中断一次产生,红外发射编码采用了标准 NEC 格式。经实测,红外发射距离可达 20 m 以上。

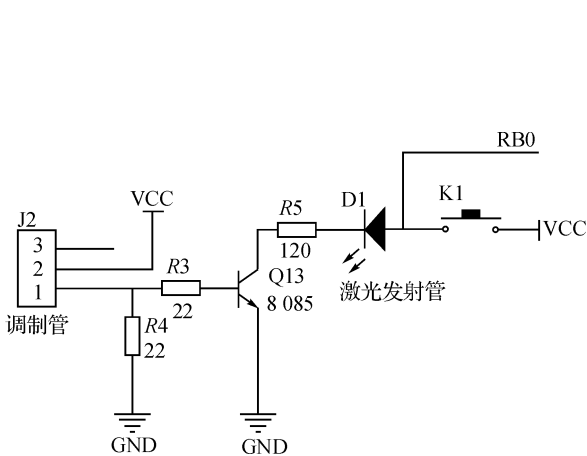


图 2 激光发射电路图

Fig. 2 Circuit of laser emitting

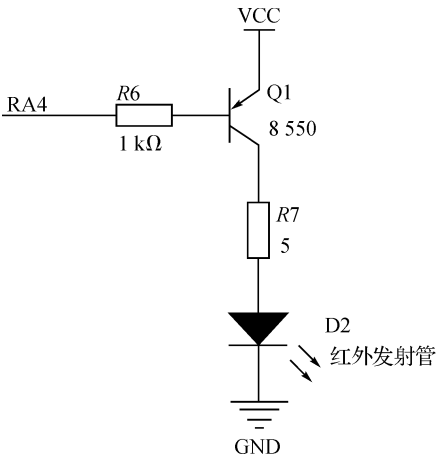


图 3 红外发射电路图

Fig. 3 Circuit of infrared emitting

1.2 接收和驱动控制部分

接收和驱动部分由单片机、指示灯、限位开关、激光接收电路、红外接收电路、直流电机驱动和脉冲计数电路等构成。在该部分控制下,射灯可实现水平方向与垂直方向的转动和亮度调节,以及位置与亮度信息记忆、呼出记忆、群控等功能。直流电机驱动电路采用了三极管搭建 H 桥,利用光电测速电路对电机转动角度进行计数,需要时可依据此计数值来对射灯位置进行记忆,所有记忆的信息都存在单片机内部的 EEPROM 内,掉电不丢失数据。另外,单片机可产生 PWM 信号来调节射灯的亮度。该部分选用了宏晶公司的 STC15F2K08S2 作为主控 MCU。

1.2.1 激光接收电路、红外接收电路、指示灯和限位开关电路

激光接收管一旦接收到激光信号,其输出引脚电平即从低跳变为高,电路中由 STC15F2K08S2 的 P2.2 引脚读取该电平。红外接收头选用了带铁壳屏蔽罩的 HS0038,以加强接收灵敏度。HS0038 的数据输出引脚直接接至 STC15F2K08S2 的 P3.2 引脚,其解码由单片机软件处理。为便于提示用户,设计了 2 个 LED 指示灯电路,当用户发出遥控器命令时,这两个 LED 能给出相应的显示,LED 指示灯由 MCU 的 P2.3 和 P2.4 控制。为更好地保护直流电机,设计了限位开关电路,当电机在水平转至 180°、垂直方向转至 90°时,触发限位开关输出低电平信号,由 MCU 的 P2.5 和 P2.6 读取,这些信号可用于识别射灯起点位置信息,在设计记忆功能时能起到重要的参考作用。

1.2.2 直流电机驱动和测速电路

该控制器可驱动 2 只额定电压 12 V、额定电流 20 mA 的直流电机,通过相应的机械结构,带动射灯分别在水平方向和垂直方向转动,达到调节射灯照射角度的目的。1 只电机的驱动电路如图 4 所示,其

1.3.2 过零检测电路

过零检测电路的作用是使单片机发出的触发脉冲能和交流电压同步,提供一个时间上的基准^[4]。为节省硬件成本,设计了如图 7 所示的过零检测电路,Q41 的集电极上出现频率为 100 Hz 的脉冲信号,将该信号接至 STC15F2K08S2 单片机的 INT0 脚,检测到高电平“1”时,即启动定时器开始延时,通过控制定时器的延时时间(最大不超过 10 ms)大小,即可实现调压^[5]。

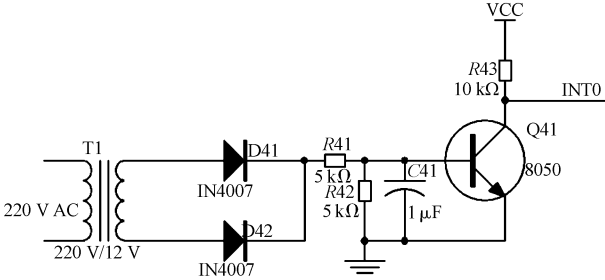


图 7 过零检测电路图

Fig. 7 Circuit of voltage zero crossing

2 系统软件设计

该系统在软件架构上可分为遥控器软件设计、接收和驱动控制软件设计两部分。程序设计均采用 C 语言编写,并应用了函数化的代码风格,以方便日后代码的维护和升级。

2.1 遥控器软件设计

手持遥控器的指令按产生方式可分为 7 种单次按键指令与 5 种组合按键指令。单次按键包括激光发射、左转和右转、上移和下移、开关灯与增光和减光,其中左转和右转及上移和下移 4 个按键松手时会产生一个停止指令,以达到一次按键精确调节射灯位置的目的。以左转为例,单次按键指令具体的发射流程如图 8 所示。组合按键包括程式选项键、记忆键、传送指令键及同步指令键等,操作时按一定顺序以组合方式按下,其中包含的指令有单个记忆、单个呼出记忆、群记忆、群呼出记忆及群调光等。组合按键使用方便,仅使用几个按键便可以记忆或呼出几十组数据。为尽可能地降低遥控器功耗,按如图 9 所示的流程进行程序结构上的考虑。

2.2 接收和驱动控制软件设计

接收和驱动控制部分主要有 3 种动作:立即执行动作、记忆动作、呼出记忆动作。立即执行动作指执行遥控器发出的所有单次按键指令,可在接收控制部分直接观察到。以左转为例,立即执行动作具体的流程如图 10 所示。

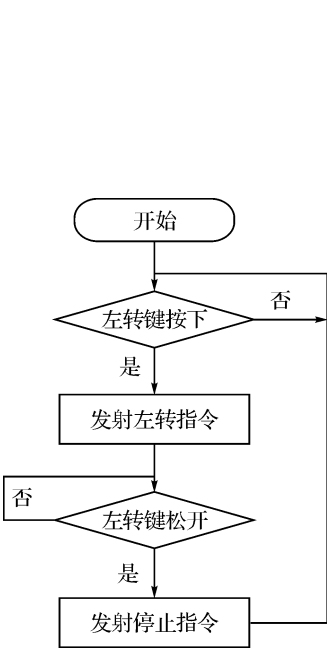


图 8 左转指令发射流程图
Fig. 8 Flowchart of turning left instruction

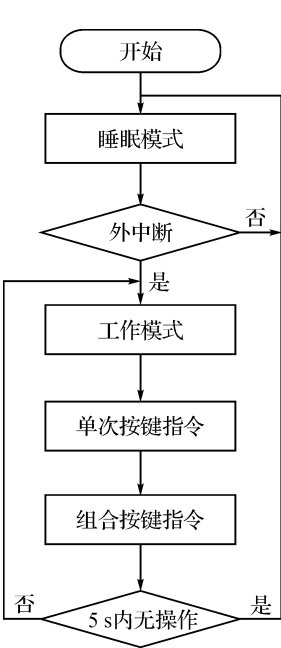


图 9 低功耗程序结构流程图
Fig. 9 Flowchart of low power consumption program structure

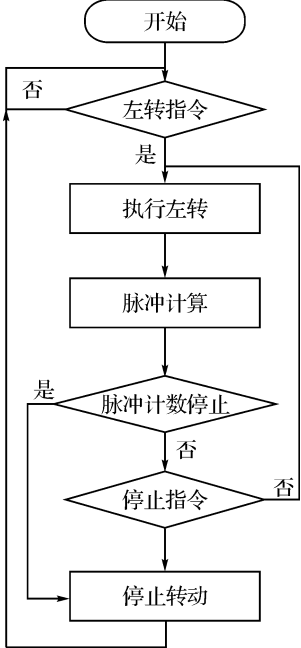


图 10 执行左转动作流程图
Fig. 10 Flowchart of executing turning left

电机转轴上装有10孔圆形扇盘,通过光电开关计数实现对射灯位置的精确定位。脉冲计数有2个作用:一是判断是否转到极限位置,若是则电机立即停转;二是记忆的总脉冲数用于呼出,使射灯回到记忆位置。需记忆的数据主要包括:射灯当前位置相对于起点的位置,0代表落后于起点,1代表超前于起点;最后一次操作的运动方向,0代表背离起点,1代表趋向起点;位置信息脉冲数的高8位;位置信息脉冲数的低8位;灯的亮度信息。受限于机械结构(主要是传动皮带疲劳度会随时间发生变化)存在的误差,电机的“0位置”也必然存在一定的误差。为消除误差,通过记录电机最后一次动作的转向信息,进行软件上的处理。例如,若电机最后一次是正转,那么呼出时如果是正转,则转到相应的位置;呼出时如果是反转,则转到相应位置,反转100个脉冲后,再正转100个脉冲。由于软件设计上功能模块较多,限于篇幅,不再给出更多的流程图。

3 结 语

本研究针对当面LED射灯驱动控制器在实际使用中存在的一些不足,设计了一种新颖的控制器。在控制方式上引入了双遥控,在动作执行上引入了直流电机和可控硅,并设计了记忆及呼出等人性化、多样化的功能,有一定的实用价值。据笔者对本系统做的初步的测试,包括激光和红外信号的发射距离、电机的响应速度和精度、记忆,以及调用的准确度等方面,都达到了预期的效果,整体上令人满意。

参考文献:

- [1] Microchip. PIC16F72X/PIC16LF72x Data Sheet 28/40/44-Pin Flash Microcontrollers with nano Watt XLP Technology [EB/OL]. (2009-10-14) [2012-08-25]. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41341E.pdf>.
- [2] 朱高中. 基于单片机的红外遥控解码电路的设计[J]. 计算机技术与自动化, 2011, 30(2): 68-71.
- [3] ST. BTA08, BTB08, T810, T835, Snubberless™, logic level and standard 8A Triacs [EB/OL]. (2010-03-01) [2012-08-26]. http://www.stmicroelectronics.com.cn/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00002266.pdf.
- [4] 韩婷婷. 基于单片机和PID控制的即热式热水器的研制[J]. 工业控制计算机, 2010, 23(6): 103-104.
- [5] 王钦恒. 可调光LED灯具的新型控制技术[J]. 中国照明, 2012(1): 46-49.