

文章编号: 2095-4980(2013)06-0986-04

智能发光二极管照明控制系统设计

陈宜建

(常州信息职业技术学院 电子信息工程系, 江苏 常州 213164)

摘 要: 为了提高发光二极管(LED)照明系统的智能化程度, 介绍了一个以 lpc2103 为控制核心的设计方案。系统由主控制器和单元控制器构成, 热释电红外传感器检测的人体移动信号, 与光敏电阻检测的环境光强度信号送入 PIC16F628a 单片机, 实现移动人体和环境光照强度检测。采用 PT4115 芯片, 实现 LED 光源恒流驱动, 运用脉冲宽度调制调光方式, 使光照强度保持稳定, 从而实现对 LED 照明的智能化控制。实验结果充分证明了系统方案的可行性、高效性和稳定性。

关键词: 热释电红外传感器; 智能照明; 单片机; 恒流驱动

中图分类号: TN710

文献标识码: A

doi: 10.11805/TKYDA201306.0986

Design of intelligent Light Emitting Diode lighting control system

CHEN Yi-jian

(Department of Electronic Engineering, Changzhou College of Information Technology, Changzhou Jiangsu 213164, China)

Abstract: In order to improve the intelligence of Light Emitting Diode(LED) lighting system, the design of controller based on lpc2103 is introduced. The system is composed of the main controller and the unit controller. The pyroelectric infrared sensor detects the signal of human body movements and the photosensitive resistance detects the light signal intensity of environment, both signals are then transmitted to the single chip microcomputer immediately to realize the detection. By using adjustable light chip PT4115, high power LED constant-current driver can be realized. The Pulse Width Modulation (PWM) can keep the light intensity stable. The controller communicates with other devices by the communication module. It has been proved that the proposed circuit system is simple, feasible, sensitive and manageable with low cost.

Key words: pyroelectric infrared sensor; intelligent lighting; single chip microcomputer; constant current driver

随着发光二极管(LED)发光效率和散热等技术的进一步成熟, LED 的应用产品将会得到更多开发, 尤其在照明领域将取得更多、更好的发展。21 世纪的灯具设计将以 LED 灯具设计为主流, 智能控制技术在照明系统中的运用, 使得 LED 照明系统更加完美, 优势更加明显, 同时充分体现照明节能化、健康化、艺术化和人性化^[1]。智能照明系统实现方法很多, 但并不要求具有太过复杂、强大的控制功能, 方便、简单、灵活和实用是智能照明系统的发展方向^[2]。高级精简指令集机器(Advanced RISC Machine, ARM)微处理器运算速度快, 体积小, 功耗低, 外围接口资源丰富, 采用 ARM 芯片能大大提高系统的整体性能^[3]。本文所研究的智能 LED 照明控制系统充分体现了简单、实用的特点, 所采用的元器件都比较常见, 价格低廉, 整个系统成本较低, 功能较多, 能完全满足 LED 照明系统检测与控制, 实现智能照明。

1 系统结构和工作原理

本系统由一个主控制模块和多个单元控制模块构成, 主控制模块与单元控制模块通过 RS485 进行通信。系统结构见图 1。主控制模块以 lpc2103 作为核心控制器, 液晶显示器(Liquid Crystal Display, LCD)通常显示时间、连通的节点、系统设置信息, 电可擦写可编程只读存储器(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory,

收稿日期: 2012-10-09; 修回日期: 2013-01-07

基金项目: 2011 年江苏省高等学校大学生实践创新训练计划立项项目(1112317070); 高等职业学校提升专业服务产业发展能力项目(1-1-2012-2)

EEPROM)用于存储系统设置信息,实现系统开关灯时间设置;通过 RS485 与单元控制模块通信,对照明灯具进行监控。单元控制模块主要由光照检测电路、热释电红外线传感器及处理电路、单片机系统、大功率 LED 恒流驱动模块和 485 模块组成。工作时,光照检测电路采集环境光照强弱,热释电红外线传感器感知是否有人,单片机根据这些信息,通过恒流电源驱动模块对 LED 光源进行亮度控制^[4];并且单元控制器可设置地址,检测 LED 灯具工作是否正常,将 LED 灯具信息发送给主控制模块,从而实现照明的智能化控制。主控制模块和单元控制模块构成见图 2。

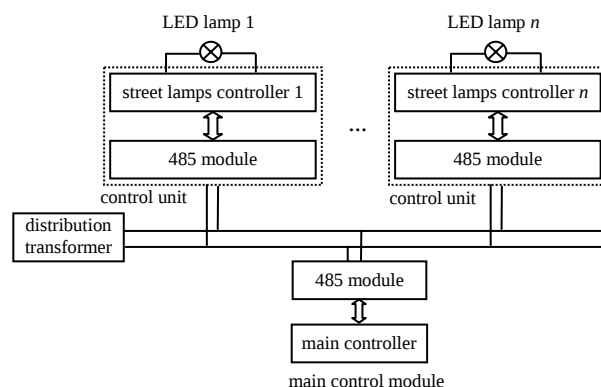


Fig.1 Diagram of system structure

图1 系统结构框图

2 系统硬件设计

控制系统采取嵌入式系统实现,由硬件和软件组成。根据系统功能设计要求,采取单元电路分别设计、调试原则,根据图 2 控制模块组成原理图,分别对主控制模块和单元控制模块进行硬件电路说明。

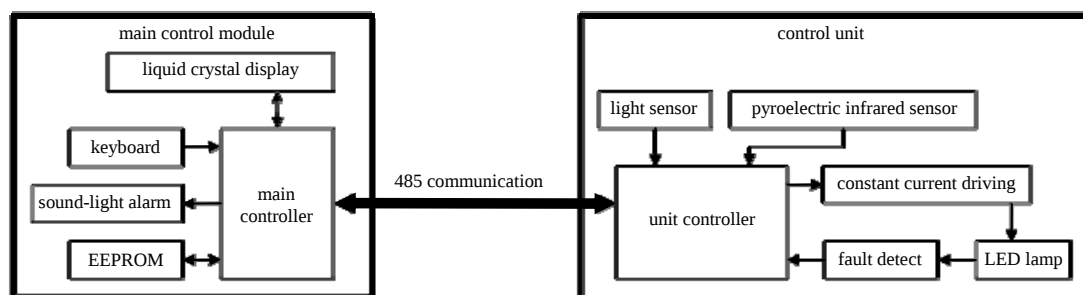


Fig.2 Diagram of control module

图2 控制模块组成图

2.1 单元控制模块

单元控制模块采用 Microchip Technology 公司的 8 位中级单片机 PIC16F628a 为控制核心,该芯片指令系统中,除程序分支是双周期指令外,其他所有指令都是单周期指令,指令执行速度快,并且芯片有 1 个分辨率最大为 10 位的脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation, PWM)模块和 2 个模拟比较器模块。采用该单片机作为控制模块的核心芯片能较好实现功能,性价比很高^[5]。单片机外围电路分别实现不同功能。

2.1.1 热释电红外传感器及处理电路

人体都有恒定体温,正常体温在 37℃左右,会发出 10 mm 左右的特定波长的红外线。热释电红外传感器能以非接触方式检测到人体辐射的红外线,并将其转变为电压信号。使用时为提高接收灵敏度,增加检测距离及范围,在热释电传感器前需安装菲涅尔透镜^[2]。实验证明,热释电红外传感器若不加菲涅尔透镜,则其检测距离仅为 2 m 左右;而配上菲涅尔透镜后,其检测距离可增加到 6 m 以上。

由于热释电传感器输出的信号变化缓慢,幅值小(小于 1 mV),不能直接作为照明系统的检测信号输入到单片机,因此需要对传感器信号进行放大处理。本系统采用 BIS0001 处理热释电传感器输出信号。BIS0001 是一款具有较高性能的信号处理集成电路,它由运算放大器、电压比较器、状态控制器、延迟时间定时器以及封锁时间定时器等构成,具有可重复触发和不可重复触发两种模式,本系统选择可重复触发模式。热释电红外传感器和信号处理电路见图 3。

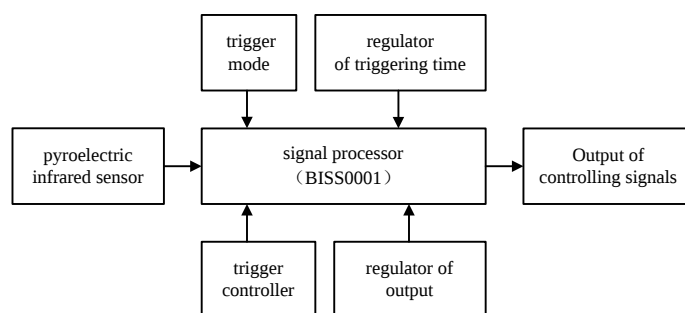


Fig.3 Pyroelectric infrared sensors and processing circuit

图3 热释电红外传感器及处理电路

2.1.2 恒流驱动和 PWM 调光模块

系统中 LED 光源采用串联方式, 共用 3 只 1 W 高亮度 LED 灯珠构成, 单珠 LED 压降为 3.3 V, 最大工作电流 300 mA。由 LED 灯珠伏安特性可知, 若 LED 灯珠两端电压大于其正向导通电压, 较小的电压波动都会导致电流剧烈变化, 影响 LED 灯具正常工作, LED 宜采用恒流驱动方式。

设计中, 恒流驱动使用电源芯片 PT4115 实现。PT4115 是一款连续电感电流导通模式的降压恒流源, 用于驱动一颗或多颗串联 LED。PT4115 输入电压范围从 6 V 到 30 V, 输出电流可调, 最大可达 1.2 A。PT4115 内置功率开关, 采用高端电流采样设置 LED 平均电流, LED 的最大平均电流由连接在 V_{in} 和 C_{sn} 两端的电阻 R_s 决定。通过第 3 脚接受模拟调光(Dimming, DIM)和很宽频率范围的 PWM 调光^[4]。采取模拟调光, 当调光的电压低于 0.3 V 时, 功率开关关断, PT4115 进入极低工作电流的待机状态, 电压高于 2.5 V 时, 输出电流最大, LED 灯最亮; 采取 PWM 调光, 通过改变 DIM 管脚 PWM 信号的占空比, 可以调解输出电流, 从而实现调光, 计算方法如下所示:

$$I_{OUT} = \frac{0.1 \times D}{R_s}, \quad 0 \leq D \leq 100\%, \quad 2.5 \text{ V} < V_{pulse} < 5 \text{ V} \quad (1)$$

如果高电平小于 2.5 V, 则

$$I_{OUT} = \frac{V_{pulse} \times 0.1 \times D}{2.5 \times R_s}, \quad 0 \leq D \leq 100\%, \quad 0.5 \text{ V} < V_{pulse} < 2.5 \text{ V} \quad (2)$$

式中: I_{OUT} 表示输出电流; D 表示 PWM 信号的占空比; R_s 表示电流采样电阻; V_{pulse} 表示 PWM 信号的幅值。

通过 PWM 调光, LED 的输出电流可以从 0% 到 100% 变化。LED 的亮度是由 PWM 信号的占空比决定的。PWM 调光比模拟调光的优势在于不改变 LED 的色度。PT4115 调光频率最高可超过 20 kHz。电路图见图 4。

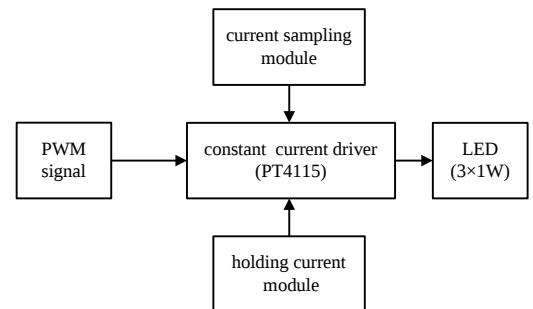


Fig.4 Constant current driver circuit
图 4 恒流驱动电路

2.2 主控制模块

主控模块采用 LPC2103 作为控制核心, LPC2103 是一个基于支持实时仿真的 16/32 位 ARM7 TDMI-S CPU 的微控制器。LPC2103 的 10 位 A/D 转换器提供 8 路模拟输入, 多达 32 个通用 I/O 口(可承受 5 V 电压), 可通过个别使能/禁止外围功能, 外围时钟分频来优化额外功耗, LPC2103 特别适用于小型控制系统^[6]。LCD 显示屏采用 LCD12864 液晶屏, 与主控制器采取串行通信方式。为保护用户信息掉电不丢失, 系统采用可电擦除存储芯片 AT24C02, 该芯片存储空间为 2 KB, 以串行方式传送数据, 只需 2 根线 SDA 和 SCL 与控制芯片连接。主控模块硬件电路结构简单, 微处理器 LPC2103 功能强大, 外围电路少, 模块价格低。

3 系统软件设计

根据硬件设计时各个模块的功能和要求, 系统软件的设计主要是和硬件电路相结合。程序设计采用模块化方式, 更容易阅读和理解, 结构更加清晰, 而且利于软件调试。

将主控制模块设为上位机, 单元控制模块设为下位机。开灯时间到或检测到环境光线比较弱, 上位机向下位机发送开灯命令, 主程序流程见图 5。下位机响应后, 当有人或者车辆进入红外探测区域, 单元模块根据背景光的强度, 输出脉宽调制信号 PWM, 恒流驱动控制器决定 LED 光源亮度, 以满足环境的可见度。主程序流程见图 6。

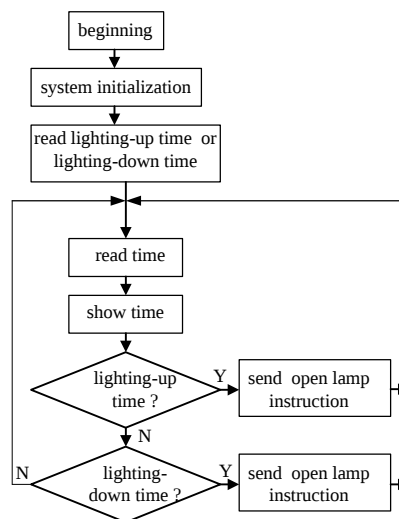


Fig.5 Flow chart of epistatic machine
图 5 上位机主程序流程图

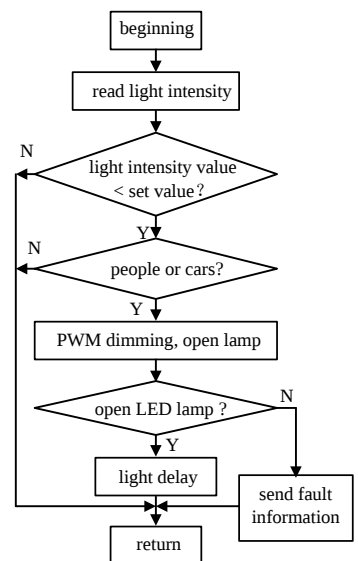


Fig.6 Flow chart of lower machine
图 6 下位机开灯子程序流程图

4 实验结果及分析

为了测试系统功能和稳定性,将系统安装在实验室,进行现场测试,罩上菲涅耳透镜的热释电红外传感器的测试垂直有效距离达到6 m,水平面角度达到120°。使用光敏传感器将环境光强度转变成电信号,环境光变化,光敏传感器输出电压变化。系统通过检测光敏传感器输出电压作为调光依据,对模块关键点进行测量,结果见表1。可看出,随着光敏传感器输出电压变化,即环境光强变化,PWM输出占空比也发生变化,从而使LED驱动电流变化。变化规律:环境光照强,单片机输入电压大,PWM输出占空比小,LED光源电流小,符合设计要求。并借助串口调试助手,观察上位机和下位机通信协议。由上位机手动和定时发送开关灯指令,下位机能实时响应。若LED光源产生故障,即在开灯状态下,环境光强弱,说明LED光源工作不正常,下位机检测到故障信息后,把信息上传,上位机收到信息后,产生声光报警,直到故障解除。通过大量实验,系统稳定可靠。

表1 PWM调光测量数据

Table1 PWM dimming measurement data		
voltage of light sensor/V	PWM duty ratio/%	LED lamp current/mA
0	100	299.6
0.255	80	207.8
0.633	60	150.4
1.077	40	86.5
1.522	20	33.7
1.926	0	0

5 结论

本文设计了智能化、运行可靠和高效节能的LED智能照明控制系统。系统以低功耗工业级ARM7为系统控制核心,使用RS-485通信协议完成上位机对下位机的控制,通过热释电传感器探测人与车辆发出的红外信号;利用PIC16f628的内部资源PWM实现了LED灯具的智能调光控制。系统设计完全从节能和实用的角度出发,提高了LED照明的用电效率和智能化程度。本系统有着十分广阔的社会和商业前景。

参考文献:

- [1] 黄辉,邬智江,区永源,等. 基于单片机的智能LED灯照明系统[J]. 电子设计工程, 2011,19(18):154-156. (HUANG Hui, WU Zhijiang, OU Yongyuan, et al. Intelligent system for LED lighting based on MCU[J]. Electronic Designed Engineering, 2011,19(18):154-156.)
- [2] 韩东霖,安强,季凌燕. 智能LED照明控制系统的设计[J]. 信息技术, 2012(1):167-168. (HAN Donglin, AN Qiang, JI Lingyan. Design of LED intelligent lighting control system[J]. Information Technology, 2012(1):167-168.)
- [3] 柳兰. 基于蓝牙技术和ARM的无线抄表系统[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2010,8(3):353-356. (LIU Lan. Design of wireless remote meter reading based on bluetooth and ARM[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2010,8(3):353-356.)
- [4] 王雅芳. LED驱动电路设计与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2011. (WANG Yafang. Design and application of LED drive circuit[M]. Beijing:China Machine Press, 2011)
- [5] 李学海. PIC单片机实用教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007. (LI Xuehai. Practical Course of PIC single chip microcomputer[M]. Beijing:Beihang University Press, 2007.)
- [6] 丁文龙,李志军. ARM嵌入式系统基础与开发教程[M]. 北京:北京大学出版社, 2010. (DING Wenlong, LI Zhijun. Foundation and development course of ARM embedded system[M]. Beijing:Peking University Press, 2010.)

作者简介:



陈宜建(1979-),男,安徽省阜阳市人,硕士,讲师/工程师,主要研究方向为半导体照明和嵌入式系统.email:cyjscama@163.com.