

基于 STC 系列单片机对智能 LED 台灯调光系统设计

徐安安, 任乘乘, 吴珊珊, 夏腾飞, 何舒平

(安徽大学 电气工程与自动化学院, 安徽 合肥 230039)

摘 要: 本文设计了一套 LED 光源智能调光系统, 该调光系统可以在自动式、手动式和延时式三个模式之间相互切换。在自动模式下, 通过光敏电阻检测室内光的强度, 再利用 ADC 模块对采集的信号进行转变, 从而控制并调节台灯的亮度。在手动模式下, 通过按键的增加或减少来调整 LED 亮度。在延时模式下, 系统具有延时打开、延时关闭和闹铃等功能。本系统由硬件和软件两部分组成, 硬件部分主要包括运放电路、与非门电路、ADC0832 模块、控制模块、驱动模块、人体感应模块和电源模块组成, 软件部分主要包括总控程序和各个模块子控制程序。通过 Proteus 软件仿真可以看出本系统具有较强的应用性, 使用方便, 也进一步验证了本文设计的有效性。

关键词: LED 台灯; 智能调光; Proteus; ADC0832 模块

中图分类号: TM923 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1004-440X.2016.06.018

The Intelligent System for LED Lighting Based on STC SCM

XU Anan, REN Chengcheng, WU Shanshan, XIA Tengfei, HE Shuping

(School of Electrical Engineering and Automation, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: This paper mainly introduces the design of intelligent LED lighting dimming system which can switches among automatic type, manual type and delay type. In the automatic mode, the system can test the intensity of the indoor light through the photoconductive resistance and transform the signal it gathered by using the ADC module so as to control and adjust the brightness of the lamp. In the manual mode, it can adjust the brightness of LED lights by increasing or decreasing the time you press the keystrokes. In the delay mode, the system has functions which include delay to open, delay to shutdown and alarm. This system consists of hardware parts and software parts. The hardware parts are mainly made up of the op-amp circuit, nand gate circuit, ADC0832 module, control module, drive module, body induction module and power module. The software parts mainly include the general control program and module control of each part. We can learn from the Proteus software simulation that the system designed in this paper is of stronger applicability and is more convenient to use compared with other similar systems, which further verifies the effectiveness of the design in this paper.

Key words: LED table lamp; aptitude light-dimmer; Proteus; ADC0832 module

引言

LED 被称为新一代绿色光源, 能够将电能直接

转化为可见光的固态的半导体器件, 而且能源转换效率特别高^[1]。随着社会经济的不断发展, 如今人们生活水平也在不断提高, 对于生活的智能化程度的要求也在不断的提升。

基金项目: 安徽省杰出青年基金 (1608085J05); 国家自然科学基金项目 (61203051); 安徽大学本科教育质量提升计划项目 (xjjyxm14048)

通信作者: 何舒平, E-mail: shuping.he@ahu.edu.cn

目前市场上存在的 LED 台灯控制器，基本上都由简单的电源开关，亮度调节旋钮和 LED 驱动器组成，只具有简单的 LED 台灯开启与关闭，手动调节以及 LED 驱动恒流恒压控制功能，功能单一，能耗不精确，无法实现智能控制。在智能控制方面研究的有，如胡恩伟^[2]设计了一种采用 NXP 和 ARM Cortex MO 的 MCU 作为核心控制器，通过环境光线传感器和超声波测距传感器实时采集环境光线强度来自动调节台灯的亮度。熊志伟^[3]设计了一种采用 STM32 微控器和 LD3320 可编程语音识别控制系统，开发了一种高端智能学习台灯，实现声控和防近视功能。此两款台灯设计的成本都是非常高的，而且不能完全满足人性化设计，所以很难在人们生活中得到广泛的应用。

在人们的日常生活中，人眼对光线有个适应过程，很多人在早上起床的时候，如果睁眼突然见到强烈的光线，那么人眼是难以快速适应的。在延时模式下，本系统运用连续的 PWM 脉宽调制原理，使得灯光缓慢的由暗变亮。另外我们可以定时打开台灯，当定时时间到了，台灯缓慢的打开，并且蜂鸣器发出响声，这样不仅可以很好的保护人的眼睛而且还可以起到闹钟的作用。另外有的人喜欢开着灯睡觉，这样就会造成能源的浪费以及减少 LED 灯泡使用寿命，因此该智能台灯设计了延时关闭的功能，可以根据每个用户的睡眠习性，相应的改变延时时间。在自动模式下，只有同时满足用户的设定阈值大于光敏电阻检测的室光线值，以及人体感应检测模块检测到有人活动时，该智能台灯才会工作^[4]。在手动模式下，可以根据每个人对光源强度不同，通过按钮手动改变台灯的亮度。本控制系统主要通过自动模式、手动模式和延时模式调整光源强度等功能，从而使 LED 台灯设计和使用更加人性化。

1 系统总体概述

本智能台灯系统共有自动式、手动式和延时式三种不同的模式，并且可以通过开关按钮对这三种模式进行相应的切换。在自动控制模式时，通过 A/D 转换器（ADC0832）芯片不断检验光敏电阻的电压，间接测量感应光度以及运用人体感应模块来检测周围是否有人存在，从而实现自动调节功能；

在手动模式下，可以通过按键的增减对灯光的亮度进行调节；在延时模式下，可以通过单片机定时器进行定时，调整 I/O 导通和关断时间实现 PWM 控制，对台灯延时打开和延时关闭，并且数码管会显示延时时间的。此系统主要考虑的是人性化设计，只要 LED 亮了光线都是由暗缓慢变亮的。系统总体框图如图 1 所示。

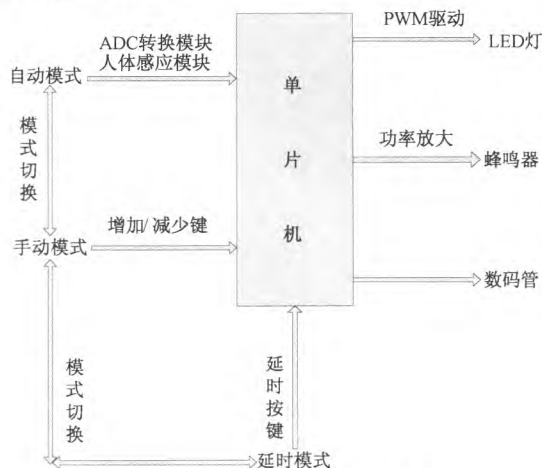


图 1 智能 LED 台灯控制器总体框图

Fig. 1 Overall block diagram of intelligent LED desk lamp controller

2 系统硬件电路设计

本文是在 STC89C52 芯片为核心的基础上进行开发的，具有上电复位、手动复位和晶振复位等复位电路。具有电源电路、ADC 模式转换电路、人体感应模块电路和负载等电路，系统控制模块原理图如图 2 所示。

2.1 负载电路设计

由于 51 单片机接口驱动负载能力比较低，所以本文在负载电路加入与非门电路和达林顿管，与非门电路使用 74HC132D 芯片，该芯片具有 2 路与非门施密特触发器输入，所有的输入和输出均具有内部保护线路，以减少由于静电感应而损坏器件的可能性。

2.2 人体感应模块设计

本文人体感应模块采用的是 HC-SR501 芯片。人体感应模块，如图 3 所示，此模块是基于红外技术自动控制模块，当人体进入检测区（感应范围如图 4 所示）时^[5]，因人体温度与环境有温差 ΔT ($\Delta T = T_H - T_R$)，则 ΔT 有输出，再通过热电效应会在两个电极产生电荷 ΔQ ，即产生微弱电压 ΔU ，然

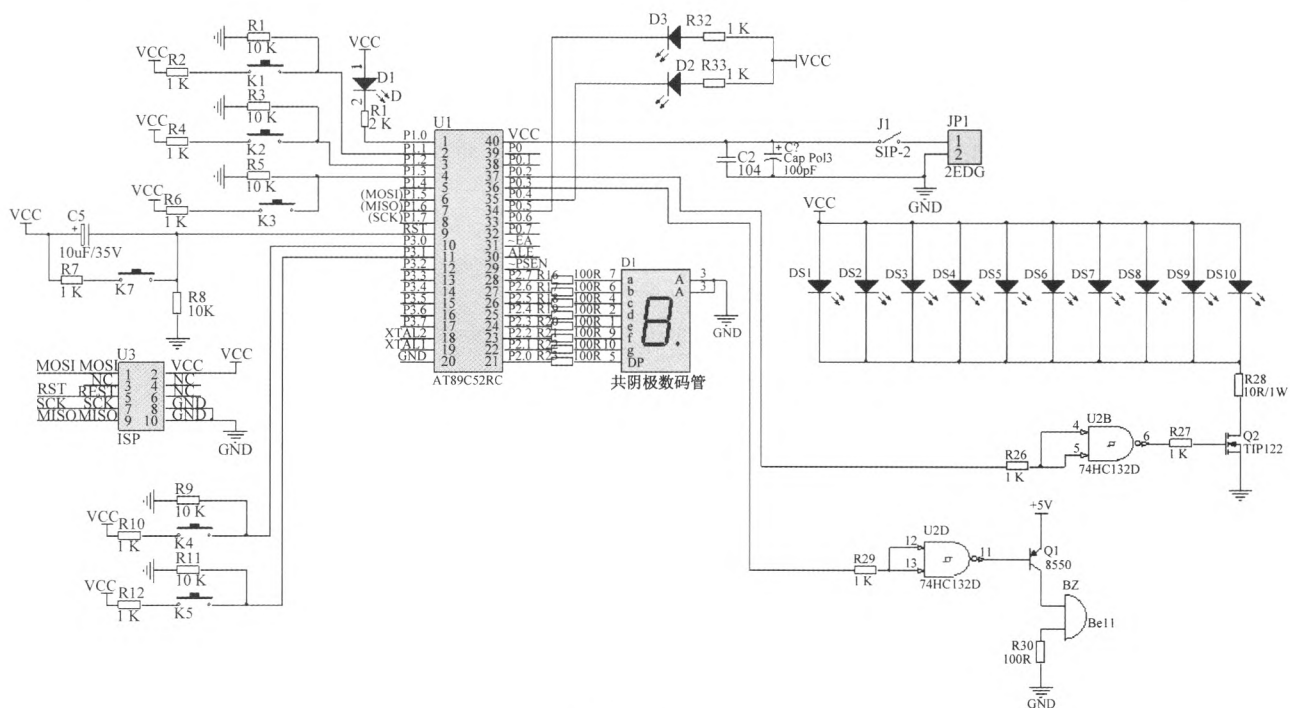


图 2 系统控制模块原理图

Fig. 2 Principle diagram of system control module

后通过触发方式（本文通过短接帽选用的是可重复触发方式）感应输出高电平。

3 软件设计

系统软件的总体流程框图如图 5 所示，当系统上电以后，先进行模式判断，如果该系统是自动模式下，首先读取 A/D 芯片值与用户设置的阈值进行比较，如果两个值的大小不同时，则 PWM 自动调节，直到两个值相等^[7]。如果该系统是手动模式时，我们可以通过按键调整 LED 灯的亮度，此系统一共分为 5 个等级，等级之间可以循环改变的。当切换到延时模式下，具有延时打开和延时关闭功能，在延时打开功能下，当延时时间到了，蜂鸣器也会发生声音。

3.1 PWM 波形输出

本文主要通过光敏电阻检测实际光照强度，光敏电阻是利用半导体的光电效应制成的一种电阻值，该阻值随着光的强度的变化而改变，当光线越来越强时，相应的电阻值会逐渐减小，同理，光线越来越暗时，相应的电阻值会增大^[8]。光敏电阻实际电压值通过 ADC0832 芯片转换成相应的数字信号，与用户设置 LED 台灯使用亮度进行比较，如图 6 所示。

在自动模式下，首先利用光敏电阻原件检测照明环境光线强度，若检测的环境照明光线强度 $X > 90 \text{ lx}$ 时，其中

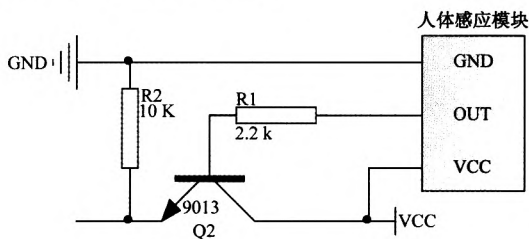


图 3 HC-SR501 模块外部接线图

Fig. 3 External wiring diagram of HC-SR501 module

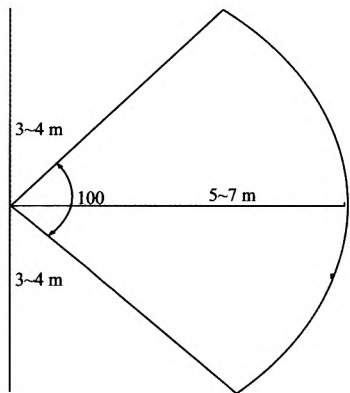


图 4 感应距离

Fig. 4 Induction distance

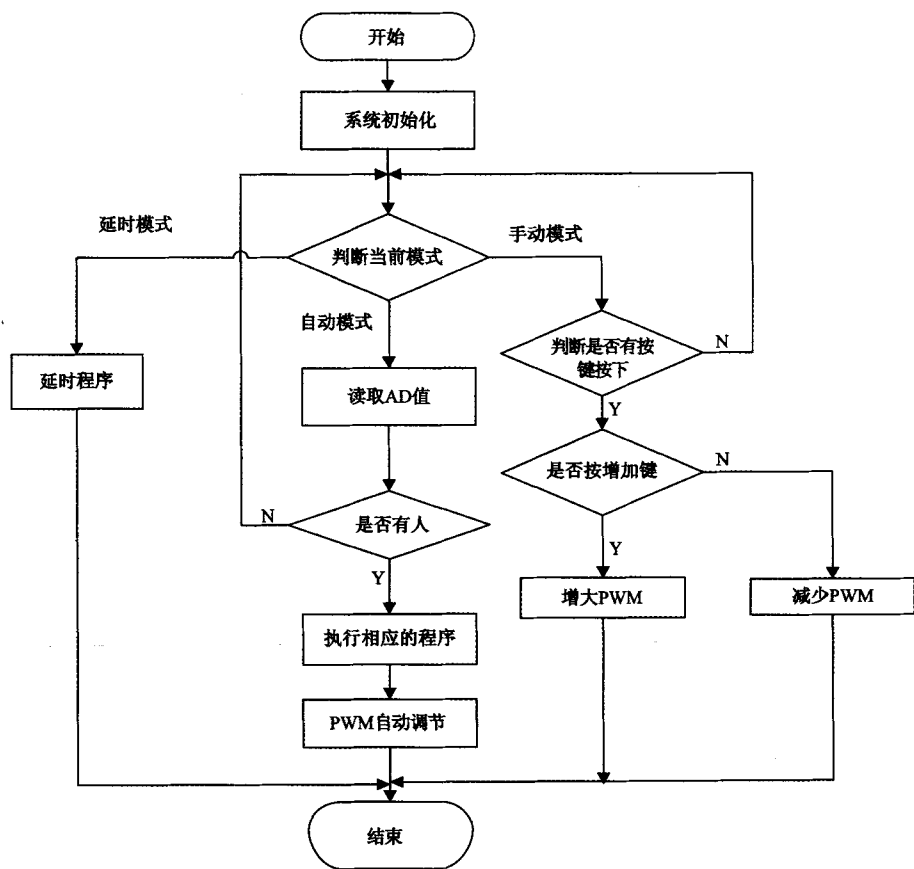


图 5 系统软件的总体流程

Fig. 5 The overall process of system software

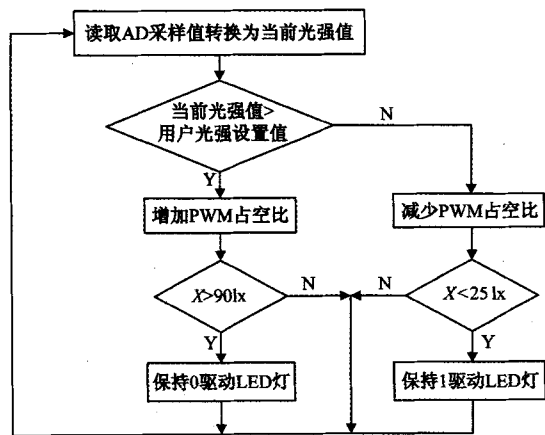


图 6 境光线强度对 PWM 输出占空比调整

Fig. 6 Ambient light intensity adjustment for PWM output duty cycle

$$X = (\text{采集光线}) \times 99 / 255 \quad (1)$$

则 LED 灯属于关闭状态，若 $X \leq 25 \text{ lx}$ 时，LED 灯是最亮的，随着 X 的值逐渐增加，LED 灯的亮度相应降低。当在 $X < 90 \text{ lx}$ 时，此时可分为两种情况，若照明中无人时，则 LED 始终不会亮，若人体感应模块检测有人时 LED 灯处于开启状态。

3.2 ADC0832 A/D 转换

ADC0832 为 8 位分辨率的 A/D 转换芯片，其最高分辨率可达 256 级，芯片转换时间仅为 $32 \mu\text{s}$ ，因此工作效率非常高^[9-10]。ADC0832 与单片接口应为 CS、CLK、DO、DI，但由于 DO 端和 DI 端在通信时并未同时有效，所以电路中可将 DO 与 DI 并联在一根线上，如图 7 所示。

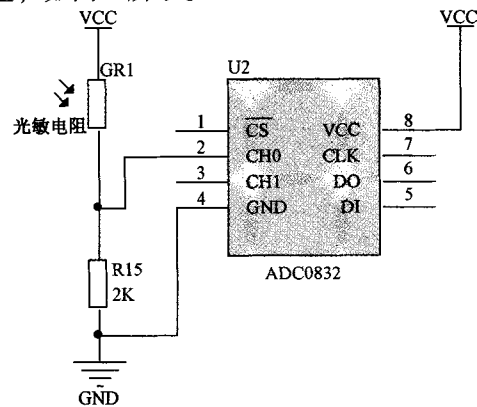


图 7 人体感应模块外部接线图

Fig. 7 The external wiring diagram of human body induction module

ADC0832 工作时期共有四种工作方式, 本文选用的是工作数据为“1”, “0”, 只需对 CH0 进行单通道转换, 如图 8 所示, 到第三个脉冲的下降沿之后 DI 端的输入电平就失去作用, 此后 DO/DI 端则开始用数据输出 DO 进行转换数据的读取。从第 4 个下降沿开始有 DO 端转出转换数据最高为 DATA1, 随后每一个脉冲下沿 DO 端输出下一位数据, 直到

第 11 脉冲发出最低位数据 DATA0, 一个字节数据输出完成, 也正是从此位开始输出下一个相反字节的数据, 即从第 11 个字节的下降沿输出 DATA0, 随后输出 8 为数据, 到第 19 个脉冲是数据输出完成, 也标志着一次 A/D 转换的结束, 最后将 CS 置高电平禁用芯片, 直接将转换后的数据进行处理就可以了。

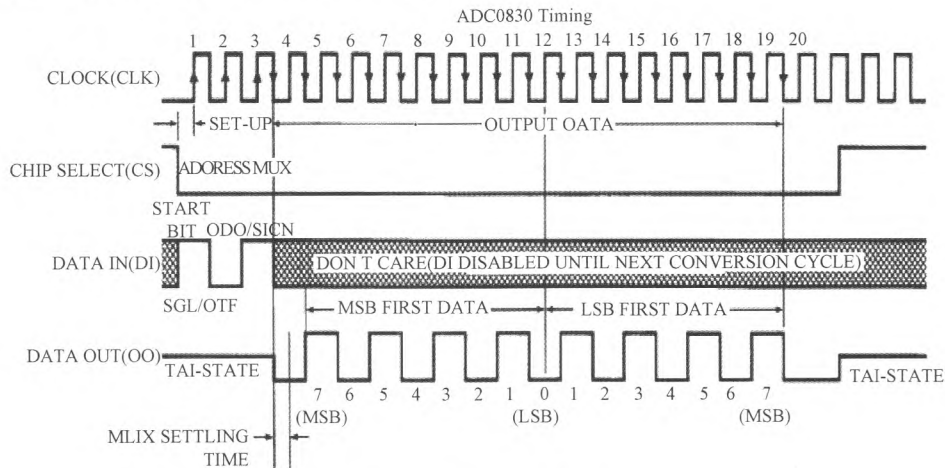


图 8 ADC0832 工作时序图

Fig. 8 The work sequence diagram of ADC0832

4 系统仿真与实际实验

Proteus 软件是英国 Lab Center Electronics 公司出版的 EDA 工具软件。它不仅具有其它 EDA 工具软件的仿真功能, 还能仿真单片机及外围器件。它比较好的仿真单片机及外围器件的工具。本文仿真了自动模式和手动模式下 PWM 脉冲输出^[10]。

4.1 自动模式下 PWM 波形输出

当系统处于自动模式下, 主要依靠光敏电阻自动调光的, 当外界光线比较亮时, LED 灯会相应暗一点, 相反是亮一点^[11]。为了使系统仿真现象比较直观, 在仿真中光敏电阻用了滑动变阻器代替了, 改变滑动变阻器的阻值相当于外界光线的变化, 图 9 分别是滑动变阻器值 100%、90%、85%、80% PWM 脉冲输出图。

4.2 手动模式 PWM 波形输出

本系统一共分为 5 级, 通过增减键改变 PWM 输出, 一级脉冲最小, LED 也是最暗的, 五级脉冲最大, LED 灯也是最亮的, 在仿真中通过观察 PWM 脉冲的变化, 就相当于 LED 亮度的相应改变^[12], 波形图如图 10 所示。

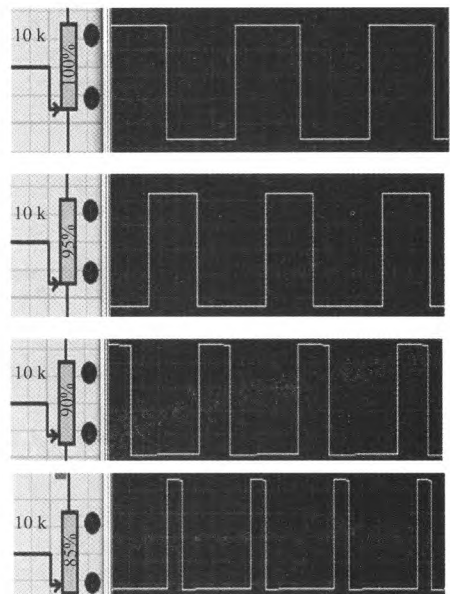


图 9 自动模式下 PWM 波形输出

Fig. 9 PWM waveform output in automatic mode

4.3 实际实验结果输出

在实际实验发光器件选用的是 10 个 LED 灯珠, 图 11 是手动模式下 1、3、5 级实际灯珠的亮度。其

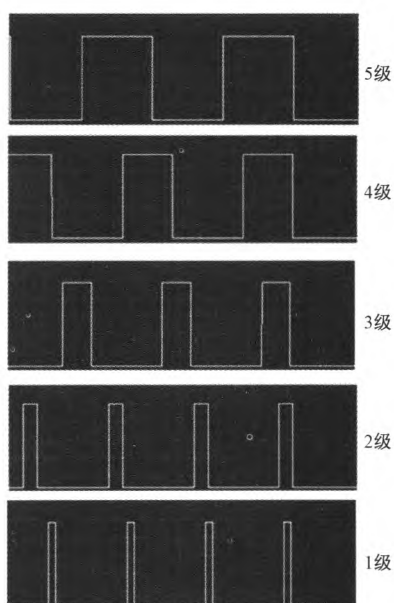


图 10 手动模式下 PWM 波形输出

Fig. 10 PWM waveform output in manual mode

中最左边是 1 级模式对应的亮度，最右边图是 5 级模式对应的亮度，中间图是 3 级模式对应的亮度。

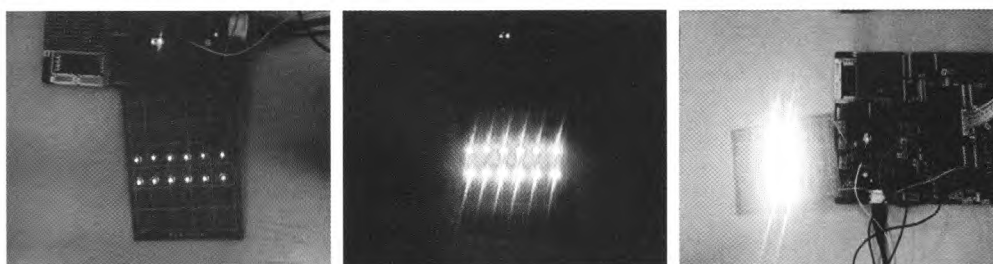


图 11 实际实验手动模式 LED 亮度

Fig. 11 The manual mode LED brightness in actual experiment

每次按下减少键，YK 的值会减少 200，当 YK 值为 100 值，继续按下减少键，YK 通过程序自动赋值 1100，这样就可以循环改变 LED 的亮度。

5 总结

本文基于 C51 单片机的 PWM 调光台灯以 STC89C51 作为主控芯片，设置了手动控制模式、自动控制模式和延时模式三种不同的工作模式。在手动控制下，分为 5 个挡，输出不同的 PWM 占空比实现了对光度的手动调节；在自动控制时，通过模式键进行相互切换，运用 ADC0832 A/D 转换芯片不断检测光敏电阻的电压来间接测量感应光度，将电压和

4.4 仿真结果分析

通过 proteus 软件里面的虚拟示波器输出的图像验证了本系统设计的正确性，当在自动模式下：

$$U_{\text{value}} = K \times R_1 \times U, K \in (0, 1) \quad (2)$$

$$P = I \times U_{\text{value}} = \frac{U_{\text{value}}^2}{R_1} = \frac{(KR_1 U)^2}{R_1} \quad (3)$$

由于 R_1 和 U 都是固定值，所以改变 K 的值可以改变功率 P ，从而改变 LED 的输入功率，LED 的亮度相应得到改变。

在手动模式下，通过增加键或减少键来改变 LED 的亮度，当系统上电后，默认 LED 的亮度是最暗的，如图 10 中 1 级波形图，当按下增加键：

$$YK = YK + 200 \quad (4)$$

其中 YK 为手动调节亮度对比值，初始值为 100。每次按下增加键，亮度对比值会增加 200，输出的波形如 8 中相应的等级，连续按下 5 次增加键后，YK 的值会增加到 1 100，这时通过程序给 YK 自动赋值为 100。相反如果按下减少键：

$$YK = YK - 200 \quad (5)$$

预设的阈值进行对比，调整 PWM 的占空比实现对亮度调节。在延时模式下，系统具有延时打开、延时关闭和闹铃等功能。

本智能台灯调光系统，在自动模式下，中午使用时比相同规格非智能台灯节能 30% ~ 50%；在早上或下午使用时节能 20% ~ 30%，取得了明显的节能效果。本系统三种模式可以相互切换，增加了台灯个性化设计，能更好的满足每个人的生活所求。本系统所用的元器件的成本比其它相同功能智能台灯系统的设计便宜 20% ~ 30%。在人们生活水平不断的提高，以及全球注重环境保护，提倡绿色节能的大趋势下，本设计具有巨大的市场应用前景和经济效益。

(下转第 116 页)

4 结束语

对包括定时变功率节能在内的 LED 镇流式驱动电源的每个功能电路和电路的可靠性进行了分析,还对 LED 镇流式驱动电源产品进行了测试。测试结果显示,用镇流式 LED 模块的驱动电路在线路功率因数为 0.969 的情况下,谐波的含量符合 GB 17625.1^[4]中相应的谐波规定要求。镇流式 LED 模块的驱动电路的电源效率的测试结果为 0.953,远高于 CQC 3146—2014《LED 模块用交流电子控制装置节能认证技术规范》^[2]的节能评价值,以及 GB/T 24825—2009《LED 模块用直流或交流电子控制装置性能要求》^[3]中规定的最高能效等级。《规范》中的表 1 除规定了 LED 模块用控制装置的效率外,表中还规定了不同类型和规格的输出电流/电压纹波限值,该限值规定为 5%~15%。用镇流式 LED 模块的驱动电路的输出电流/电压纹波限值的测试结果为 1.9%,小于规范中的规定值。LED 镇流式驱动电源还具有优异的安全性能和抗瞬变电压的能力,增加了该技术在使用过程中的可靠性^[7]。LED 镇流式驱动电源的电源端子的骚扰电压值和辐射电磁骚扰值

远低于 GB 17743^[5]中规定的限值。这种优异的安全性能表明,镇流式 LED 驱动电源能适应要求较高的场合。

综上,本文提出的用镇流方式驱动 LED 模块的全新技术方案,将对 LED 光源的推广应用产生积极的影响。

参考文献

- [1] 孙明坤,周佳维,罗全明,等. LED 光电模型及其应用[J]. 电源技术学报, 2009, 3 (1): 15-19.
- [2] LED 模块用交流电子控制装置节能认证技术规范: CQC 3146—2014 [S].
- [3] LED 模块用直流或交流电子控制装置性能要求: GB/T 24825—2009 [S].
- [4] 电磁兼容限值谐波电流发射限值(设备每相输入电流 ≤16A): GB 17625.1—2012 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [5] 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法: GB 17743—2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [6] 电磁兼容试验和测量技术浪涌(冲击)抗扰度试验: GB/T 17626—2006 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [7] 李顺华,沈国雄,黄益. 大功率 LED 灯用的镇流式驱动电源[J]. 照明工程学报, 2015, 26 (5): 84-87.

(上接第 93 页)

参考文献

- [1] 王纪永,王建平. 基于两通道 PWM 的 LED 调光调色方法[J]. 光电工程, 2012, 39 (7): 132-136.
- [2] 胡恩威,周建林. 基于 LPC1114 的智能节能 LED 台灯控制器设计[J]. 电子世界, 2013, 33 (6): 28-30.
- [3] 殷小芳,任家富,季翔宇. LED 光源调光系统[J]. 科研设计成果, 2011, 38 (5): 52-56.
- [4] 田立东,周继军,秦会斌. PWM 调光 LED 驱动设计[J]. 机电工程, 2012, 27 (3): 36-38.
- [5] 王秀霞. 基于 STC12C5410AD 系列单片机的智能 LED 照明系统设计[J]. 照明工程学报, 2012, 25 (6): 36-39.
- [6] 熊志辉,王仁波. 基于 STM32 的智能学习台灯设计[J]. 电子世界, 2015, 32 (7): 26-28.
- [7] 冯勇,刘诗斌,李晓骏. 一种新型 CMOS 施密特触发器[J]. 设计与应用, 2008, 15 (5): 15-17.
- [8] 田立东,周继军,秦会斌. PWM 调光 LED 驱动器设计[J]. 机电工程, 2012, 29 (4): 465-468.
- [9] 贾冬颖,王巍. 基于 STC 单片机智能照明系统的设计[J]. 照明工程学报, 2010, 24 (2): 72-73.
- [10] 谢龙汉,莫衍. Proteus 电子电路设计及仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [11] 刘珊,宫杰,鲍建宇. 恒照亮度调光的 LED 驱动设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2014, 6 (2): 22-25.
- [12] 梁人杰. 智能照明控制技术发展现状与未来展望[J]. 照明工程学报, 2014, 25 (2): 19-20.