

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2015.03.012

基于单火线的LED照明灯调光方法

罗树英, 凌云, 李勇, 李飞

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 针对开关通断控制技术的单火线调光方法, 只能提供4档LED照明灯的调节亮度, 且对开关动作有时间要求的弊端, 提出一种用单火线亮度控制电路、亮度信号接收电路和亮度控制驱动电路来实现的LED照明灯调光方法。该方法采用控制双向晶闸管正负半波是否移相触发, 以单火线方式给出LED照明灯亮度增加控制信号或者亮度减小控制信号, 由MCU对亮度控制信号进行识别, 微控制器输出占空比可调节PWM信号来控制LED照明灯亮度在0~100%之间以1%的步进值改变。

关键词: LED照明灯; 单火线; 调光; 亮度控制信号

中图分类号: TM923.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2015)03-0063-04

LED Lamp Dimming Method Based on Single Power Line

Luo Shuying, Ling Yun, Li Yong, Li Fei

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: As the dimming method of single power line based on the switch on-off control technology only provides 4-grade brightness adjusting for LED lights and has requirement for the switching operation time, proposes a method of the single power line brightness control circuit, the luminance signal receiving circuit and the brightness control drive circuit to achieve LED dimming. The method adopts the bidirectional thyristor positive and negative half wave to control phase-shift trigger, gives the LED lamp control signals of increasing or decreasing brightness by single power line and identifies the brightness control signals by MCU. The micro controller output duty ratio can adjust the PWM signals to control LED lamp brightness changing between 0 and 100% with 1% step value.

Keywords: LED lamp; single power line; dimming; brightness control signal

1 研究背景

由于LED照明灯的非线性特性^[1-3], LED照明灯的亮度不能采用调节电压^[4]的方式来实现。采用可控恒流源来调节LED照明灯的亮度时, 工作电流的改变会带来LED照明灯的色谱偏移; 同时, 低亮度下LED照明灯负载电流很低, 会使可控恒流源效率降低及温升增高, 损耗在驱动芯片上比较大, 从而会影响恒流源及LED光源的寿命。采用脉宽调制(pulse width

modulation, PWM)调光方式^[5]控制LED照明灯亮度, 可以避免调压方式和调电流方式带来的问题。目前常用的LED照明灯调光方法有3种:

一是采用遥控器控制^[6-7]。王宁等认为PWM调光方法效率高, 电流控制较精准, 且不会产生色谱偏差, 从而提出了一种采用PWM的遥控调光设计方案。LED照明灯控制电路装有遥控器接收装置, 可以通过遥控器对LED照明灯进行有级调光或者无级调光。然而该方案的缺点是, 一个LED照明灯需

收稿日期: 2015-04-03

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(13JJ9016)

作者简介: 罗树英(1988-), 女, 湖南浏阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为复杂机电系统的信息集成和协调控制,

E-mail: lsywolf@163.com

要配备一个遥控器,造成遥控器数量多,管理麻烦,成本也偏高。

二是采用数字信号控制。例如,采用数字可寻址的照明接口(digital addressable lighting interface, DALI)技术^[8-9]。张玲等根据 DALI 系统软件可对同一强电回路或不同回路上的单个或多个 LED 照明灯具进行独立寻址,通过 DALI 系统软件对单灯或任意的灯组进行精确的调光及开关控制,从而提出了隧道照明灯的控制方案。该方案技术先进,但成本高,系统除需要布设电力线外,还需要布设控制线。

三是采用单火线开关通断控制。例如,采用 NU102, CX5816 等专用芯片,即可利用普通墙面开关在规定的时间内开关动作,实现 LED 照明灯的亮度调节。但该方法只能提供 4 档 LED 照明灯的调节亮度,且开关动作有时间要求。

综合目前常用的 3 种 LED 调光控制方法,本文提出一种可以解决成本高、管理麻烦等问题的方案,即单火线控制的调光方案。该方案只需使用普通墙面开关控制灯光变化,不需要重新布线;该方案 LED 的亮度调节不再是只有 4 种,而是以 1% 的步进值进行改变,亮度可选择性更多。这也就大大的节约了成本,减少了安装时的工作量。

2 亮度控制单火线给定电路

实现单火线 LED 照明灯调光方法的电路包括单火线亮度控制电路、亮度信号接收电路和亮度控制驱动电路。亮度控制单火线给定电路主要是用于 LED 灯亮度的调节,按下 S- 可实现亮度减小,当按下 S+ 即可增加亮度。电路如图 1 所示。

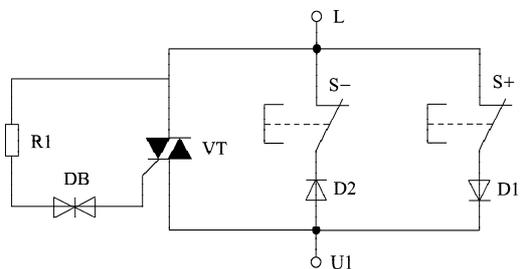


图1 单火线亮度控制电路

Fig. 1 Single power line brightness control circuit

图 1 中,亮度增加开关 S+、亮度减小开关 S- 都是动断开关。该电路在亮度控制上有 3 种不同的工作模式,具体操作如下:

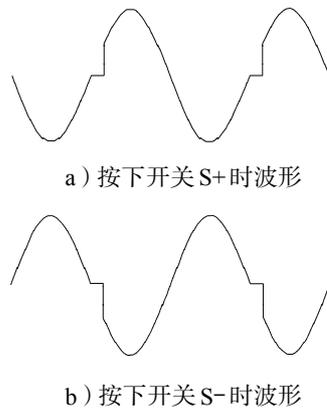
当亮度增加开关 S+、亮度减小开关 S- 都没有按下时,在交流电源正半波周期时,二极管 D1 导通;在交流电源负半波周期时,二极管 D2 导通, U1 端的

电压波形和输入端 L 的电压波形一致,为正弦波。

当按下亮度增加开关 S+ 时,在交流电源负半波周期时,二极管 D2 导通,交流电源正半波只能通过由双向晶闸管 VT、双向触发二极管 DB、电阻 R1 组成的双向晶闸管触发电路构成回路,单火线输出端 U1 的电压波形如图 2a 所示。该信号为亮度增加控制信号。

当按下亮度减小开关 S- 时,在交流电源正半波 D1 导通,交流电源负半波通过 VT, DB, R1 构成回路,单火线输出端 U1 的电压波形如图 2b 所示。该信号为亮度减小控制信号。

双向触发二极管 DB 的转折电压大小控制双向晶闸管 VT 的移相角,其转折电压小,则 VT 的移相角小;其转折电压大,则 VT 的移相角大。移相角的典型值是 18°。



a) 按下开关 S+ 时波形

b) 按下开关 S- 时波形

图2 亮度控制信号波形

Fig. 2 Brightness control signal waveform

3 亮度信号接收电路

亮度信号接收电路主要用于接收亮度信号,并将亮度信号转化为数字信号输入单片机(microcontroller unit, MCU)收集、存储并加以处理输送给亮度驱动控制电路。具体亮度信号接收电路如图 3 所示。

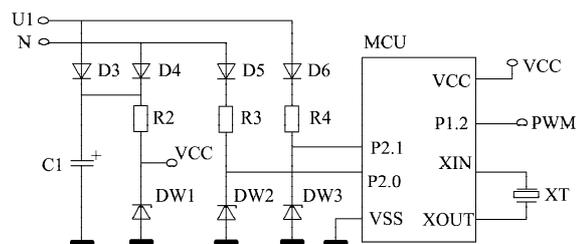


图3 亮度信号接收电路

Fig. 3 Luminance signal receiving circuit

亮度信号接收电路的核心是 MCU, MCU 选择低

功耗器件MSP430G2553。

二极管D3, D4和电容C1、电阻R2、稳压管DW1组成整流滤波稳压电路,并将该电路的输出提供给MCU直流电源VCC。

二极管D5、电阻R3、稳压管DW2组成负半波整流和限幅电路。在交流电源正半波,零线输入端N为公共地,二极管D5截止。在交流电源负半波周期,火线输入端U1为公共地,当亮度减小开关S-未被按下时,零线输入端N电位高于公共地,二极管D5导通,稳压管DW2阴极得到宽度接近10ms的高电平脉冲信号;当亮度减小开关S-被按下后,火线输入端U1负半波导通角后移,此时在稳压管DW2阴极得到的高电平脉冲信号宽度变窄为9ms,该脉冲被送至MCU的P2.0。

二极管D6、电阻R4、稳压管DW3组成正半波整流和限幅电路。在交流电源负半波周期,二极管D6截止。在交流电源正半波周期,亮度增加开关S+没有被按下时,二极管D5导通,稳压管DW3阴极得到宽度接近10ms的高电平脉冲信号;当亮度增加开关S+被按下后,稳压管DW3阴极得到的高电平脉冲信号宽度变窄为9ms,该脉冲被送至MCU的P2.1。

MCU测量出P2.0输入脉冲宽度小于9.5ms时,判断有亮度减小控制信号。P2.0每出现一个宽度小于9.5ms的脉冲,MCU控制PWM亮度控制信号占空比减小1%,占空比的下限值是0。

MCU测量出P2.1输入脉冲宽度小于9.5ms时,判断有亮度增加控制信号。P2.1每出现一个宽度小于9.5ms的脉冲,MCU控制PWM亮度控制信号占空比增加1%,占空比的上限值是100%。

控制LED照明灯亮度从0增加到100%最快需要2s。按下亮度增加开关S+并保持时,亮度增加控制信号出现的时间间隔是20ms,从0到100%需要2s时间。同样,控制LED照明灯亮度从100%减小到0最快也需要2s时间。

4 亮度控制驱动电路

亮度控制驱动电路主要用于将亮度接收信号电路输送过来的信号加以处理,控制亮度的调节并驱动LED照明灯显示相对应的亮度。具体的亮度控制驱动电路如图4所示。

亮度控制驱动电路的核心是LED驱动器HV9910。二极管D7, D8, D9, D10, 电容C2、电容C3组成驱动电源电路,给HV9910和LED照明灯提供电源。电容C4, 电感L, 快恢复二极管D11, 开关管VD, 电阻R5, R6

为HV9910的外围元件。HV9910的使能控制端PWM_D连接至MCU的PWM亮度控制信号输出端。MCU改变PWM亮度控制信号的占空比, HV9910依据PWM亮度控制信号的占空比控制LED照明灯的亮度^[10]。

亮度控制驱动电路可以增加功率因数校正(power factor correction, PFC)电路,对亮度信号接收电路的工作没有影响。

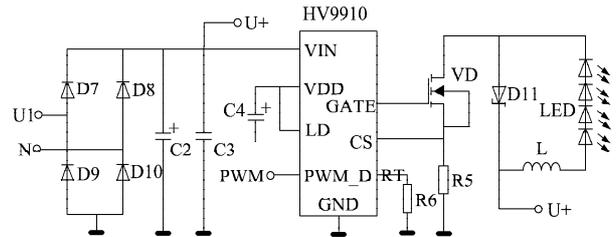


图4 亮度控制驱动电路

Fig. 4 Brightness control drive circuit

5 实验测试

通过S+和S-两个开关将LED灯的亮度调节至不同的档位,利用照度计测试LED照明灯的光照强度,以及由光生伏特效应所产生的电压,其结果如表1和图5所示。

表1 LED灯光照强度调节测试结果

Table 1 The test results of LED light intensity adjustment

档位	光照强度 /Lx	电压 /V
1	15	0.021
2	149	0.046
3	503	0.106
4	1 012	0.231
5	1 809	0.500
6	5 201	1.102
7	7 307	1.499
8	11 601	2.781

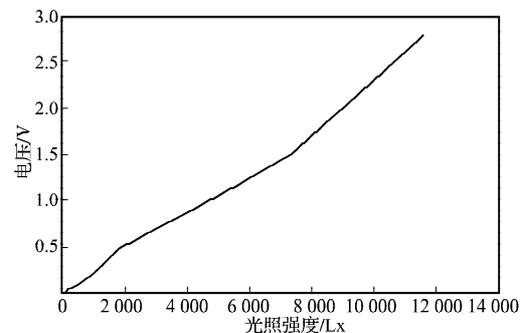


图5 电压与光照度的关系

Fig. 5 Voltage-illumination relationship

由表1和图5可知,本文所设计的对于LED照明灯亮度的调节方法,可以有较多的档位选择,改变了通常只有4个档位选择的情况。事实上,在实际应用时,可以在0~100%之间以1%的步进值调节档位。

6 结语

本文设计的单火线LED照明灯调光方法具有如下特点^[11]:

1) 采用单火线方式控制LED照明灯亮度,无需遥控器,也不用重新铺设电源线,不仅节约了成本,而且方便管理。

2) LED照明灯亮度可以在0~100%之间,以1%的步进值改变,这相当于具有无级调光功能,从而使用户可根据需要调节LED照明灯的亮度。

3) 单火线上的调光控制信号仅在调光时发送,18°的移相角和短时间发送过程对LED照明灯的供电不会造成影响,对功率因数的影响极低。这表明,利用单火线控制LED照明灯的亮度调节比传统的3种调节方式更节能。

参考文献:

- [1] 王雪宇. 我国LED照明产业发展浅析[J]. 新材料产业, 2012(1): 27-31.
Wang Xueyu. Analysis on the Development of LED Lighting Industry in China[J]. Advanced Materials Industry, 2012(1): 27-31.
- [2] Baureis P. Compact Modeling of Electrical, Thermal and Optical LED Behavior[C]//Solid-State Device Research Conference, 2005. [S. l.]: IEEE, 2005: 145-148.
- [3] Bielecki J, Jwania A S, El Khatib F, et al. Thermal Consideration for LED Components in an Automotive Lamp[C]//Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium, 2007. [S. l.]: IEEE, 2007: 37-43.
- [4] 张建飞, 史永胜, 宁青菊, 等. 单级PFC LED驱动电源的研究与设计[J]. 液晶与显示, 2012, 27(5): 671-676.
Zhang Jiangfei, Shi Yongsheng, Ning Qingju, et al. Study and Design of Driving Power Indoor LED with Single-Stage Power Factor Corrector[J]. Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays, 2012, 27(5): 671-676.
- [5] 孔文. LED调光设计思考: 可控硅 vs PWM[J]. 集成电路应用, 2010(11): 24-27.
Kong Wen. LED Dimming Design Thinking: SCR vs PWM[J]. The Integrated Circuit Application, 2010(11): 24-27.
- [6] 王宁, 马贞, 田壮壮. 一种基于PWM的LED遥控调光控制设计[J]. 华北水利水电学院学报, 2012, 33(3): 125-128.
Wang Ning, Ma Zhen, Tian Zhuangzhuang. A Remote Dimming Control Design of LED Based on PWM[J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, 2012, 33(3): 125-128.
- [7] 蒋晓波, 韩凯, 沈海平, 等. 基于ZigBee控制的高动态范围LED模拟调光装置设计[J]. 照明工程学报, 2010, 21(6): 48-51.
Jiang Xiaobo, Han Kai, Shen Haiping, et al. Design of High Ratio Analog Dimming Device Based on ZigBee Technology [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2010, 21(6): 48-51.
- [8] 张玲, 郝翠霞. LED隧道照明控制系统的研究与开发[J]. 照明工程学报, 2011, 22(4): 36-40, 45.
Zhang Ling, Hao Cuixia. The Research and Development of LED Tunnel Lighting Control System[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2011, 22(4): 36-40, 45.
- [9] 余琳, 李立, 潘玉静, 等. 基于DALI协议的多功能从机的设计[J]. 中国照明电器, 2014(1): 20-23.
Yu Lin, Li Li, Pan Yujing, et al. Design of Multifunctional DALI Slave Unit[J]. China Light & Lighting, 2014(1): 20-23.
- [10] 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.
Tian Lidong, Zhou Jijun, Qin Huibin. Design of PWM Dimming LED Driver[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2012, 29(4): 465-468.
- [11] 凌云, 肖仲平, 周维龙. 一种LED照明灯调光装置和方法: 中国, ZL201310256219.3[P]. 2015-01-07.
Ling Yun, Xiao Shenping, Zhou Weilong. A LED Lamp Dimming Device and Method: China, ZL201310256219.3 [P]. 2015-01-07.

(责任编辑: 邓光辉)