

文章编号:1672-058X(2011)01-0042-04

一种简易的街灯控制器设计

谢 川

(重庆工商大学 计算机科学与信息工程学院,重庆 400067)

摘 要:针对城市街道路灯照明的特点,提出了一种新型的简易街灯控制器设计方法;方法利用光敏电阻和施密特触发器组成光控电路实现傍晚开灯,利用电容的充放电特性实现持续点亮时间控制;对控制器的总体框架、硬件电路、参数分析进行了介绍,并通过实验证明了其可行性;设计原理简单,维护方便,成本低廉,具有较高的推广价值。

关键词:街灯;控制器;光控;时控;参数分析

中图分类号:TU113

文献标志码:A

随着社会的持续发展,城市人口的逐年增加,夜生活的日益丰富,作为城市形象窗口的景观照明、道路照明也得到了前所未有的大发展。街灯照明不仅使各个城市“靓”了起来,更为居民的晚间出行提供了安全、有序的环境,进一步加速了城市化的步伐,同时带动了市政建设快速发展。目前的街灯种类繁多,如 220 V 照明灯、太阳能街灯、LED 节能型街灯等,如果从颜色、外观形状、安装位置来看的话,街灯的种类简直是五花八门,街灯的数量更是非常庞大。怎样合理地控制街灯的点亮和熄灭时间来实现节省能源就成为节能部门重点关注的问题^[1]。

1 街灯的控制

不管什么类型的街灯,其最终的表现形式都只有点亮或熄灭两种,因此,街灯的控制回路可简化为图 1 所示。 Z 表示控制回路的阻抗值,当开关 K 闭合时,街灯 L 被点亮,开关 K 打开时,街灯 L 被熄灭,开关 K 的打开与闭合由街灯控制器控制。市面上的街灯控制器型号较多,但归结起来可分为 3 种类型:光控型、时控型和光时控型^[2,3]。光控型不能实现在夜深人静时关闭街灯的功能;时控型不能根据天气情况推迟或提前开关街灯,如夏季天气晴朗,天黑较晚,天亮较早,往往希望推迟街灯的点亮时间,且提前街灯的关闭时间,但时控型难以实现;光时控型结合了光控型和时控型的优点,是街灯控制的理想选择^[4]。目前的街灯控制器大都采用 PLC、单片机或 ARM 处理器来实现,尽管功能非常全面,控制也能做到非常精准,但成本太高,参数设置繁琐,对维护人员需要专门的培训,大面积使用时会耗费国家大量的人力和财力。

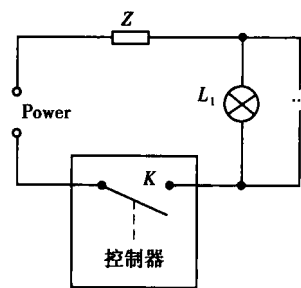


图 1 街灯控制器回路

2 改进的街灯控制器

2.1 总体框架

简易的街灯控制器由电源模块、光控模块、时控模块、驱动模块组成,总体框架如图 2 所示。电源模块为整个控制器供电;光控模块检测光亮度的强弱,每到傍晚时间,天气开始变得昏暗,光控模块就输出街灯的

收稿日期:2010-03-24;修回日期:2010-04-27.

作者简介:谢川(1971-),男,重庆市黔江区人,讲师,从事自动化控制研究.

启动信号;时控模块就相当于一个定时装置,被光控模块启动后就通过驱动模块接通街灯回路的控制开关实现街灯点亮,并同时开始计时,当计时时间到就通过驱动模块断开街灯回路的控制开关实现街灯熄灭;驱动模块实现时控模块与街灯控制回路的开关之间的衔接。

2.2 硬件电路

街灯控制器电路如图 3 所示,电源模块由全波整流桥、高频和低频滤波电容(C_1 和 C_2)、保护电阻 R_1 和稳压管 W_1 组成;驱动模块由分压电阻 R_2 、三极管 T_1 和干簧继电器 RR 组成,干簧继电器内设续流二极管;电阻 R_5 、 R_6 以及 CMOS 反相器 G_1 和 G_2 组合成一个施密特触发器^[5],电阻 R_3 和光敏电阻 R_4 组成分压电路,配合施密特触发器即可构成光控模块,电容 C_3 用于抗干扰;电容 C_4 、电阻 R_7 构成一阶定时电路,CMOS 反相器 G_3 和 G_4 用于对 V_d 进行电平整形, C_4 、 R_7 、 D_5 、 G_3 、 G_4 共同构成时控电路。

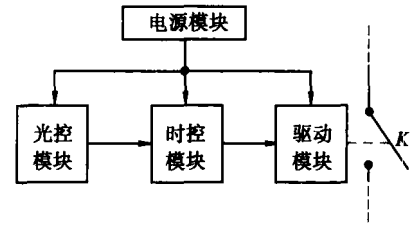


图 2 街灯控制器框图

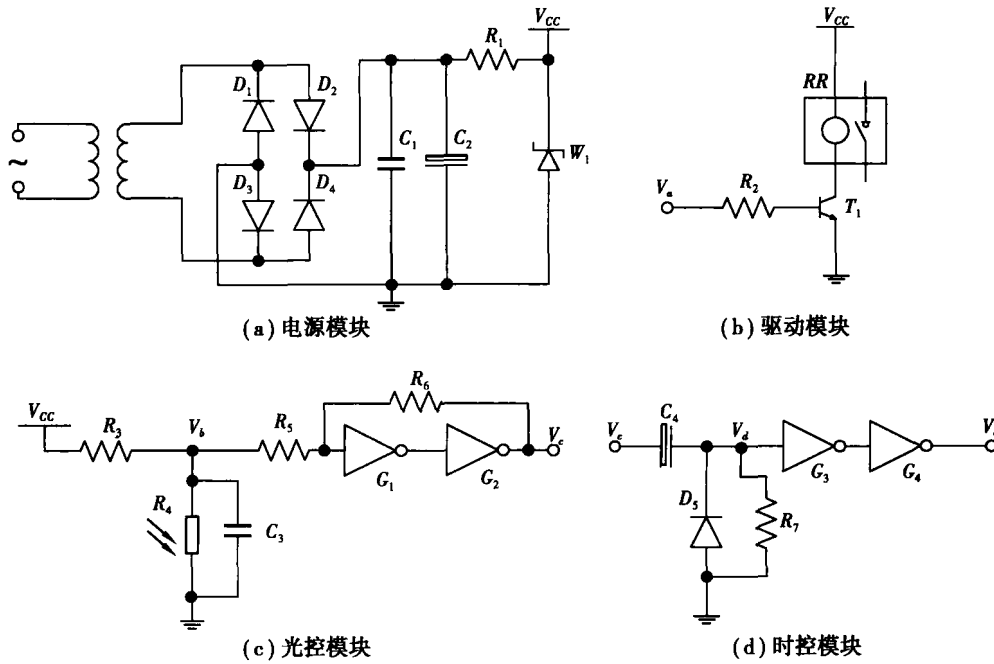


图 3 街灯控制器电路图

2.3 功能分析

电源模块为典型的整流滤波电路,为整个控制器提供 DC5 V 的工作电源。驱动模块的控制端 V_a 为高电平时,三极管 T_1 饱和导通,干簧继电器 RR 被接通,干簧管吸合,配合恰当的接触器就可接通街灯的控制回路,街灯被点亮,相反,当 V_a 为低电平时,街灯熄灭。因此,光控模块和时控模块的功能就是控制 V_a 的电平值。

白天光线强时,光敏电阻 R_4 的阻值很低, R_4 分得的电压值 V_b 也很低,达不到施密特触发器的正向阈值电压,因此 V_c 和 V_d 为低电平,经过两个反相器级连后的 V_a 也为低电平,街灯处于熄灭状态。傍晚时,光线变弱,光敏电阻 R_4 的阻值逐渐增加,分压得到的 V_b 也渐渐升高,当升到高于施密特触发器的正向阈值电压时,施密特触发器的输出电平 V_c 翻转成高电平。因为施密特触发器具有回差电压特性,当回差电压较大时,即使傍晚时分的光线强度略有反复,也不会使得 V_c 返回到低电平。再利用电容两端的电压不能突变的特性,特设置 C_3 用于吸收夜间瞬时光亮的干扰,使得 V_c 在夜间始终处于高电平状态。时控模块中 V_d 的电压值满足^[6]:

$$V_d = V_c e^{-\frac{t}{R_7 C_4}} \tag{1}$$

随 V_c 变高而瞬时变成高电平,从而使得 V_a 变成高电平,三极管 T_1 导通,街灯点亮。随着 C_4 的充电过程, V_d 的电压值也逐渐降低,合理地选择 C_4 和 R_7 的参数值,可实现夜深人静的时候, V_d 下降到 CMOS 反相器的门限值以下, V_a 变成低电平,三极管 T_1 截止,干簧继电器 RR 被断开,街灯的控制回路断开,街灯熄灭。次日天亮时,光线又逐渐增强, R_4 的阻值渐渐变小, V_b 的电压值也慢慢降低,当降低到小于施密特触发器的负向阈值电压时, V_c 马上翻转变为低电平,电容 C_4 通过二极管 D_5 迅速放电,为再次在傍晚时分点亮街灯做好准备。

3 参数分析

电源模块和驱动模块的电路都很典型,各个元器件的参数可参见电源设计、电子技术等相关书籍进行设计,现只讨论光控和时控模块的几个参数。

3.1 光控模块参数分析

光敏电阻器是利用半导体的光电效应制成的一种随入射光的强弱而改变的电阻器,对光的敏感性(即光谱特性)与人眼对可见光的响应很接近,只要人眼可感受的光,都会引起它的阻值变化。最常用光敏电阻是硫化镉光敏电阻器,在漆黑的夜晚,它的阻值(暗阻)可达 $10\text{ M}\Omega$,在强光条件(100 LX)下,它阻值(亮阻)仅有几百欧姆。通常要求在傍晚光亮度低到 10 LX 时开始点亮街灯,可供选择的光敏电阻种类很多,其具体阻值可能也不够精确,但这不影响整体设计。根据选择的光敏电阻值,可由式(2)计算电阻 R_3 的阻值,其中的 V_{T+} 由式(3)计算得到^[5]。由式(3)、(4)可知,电阻 R_5 和 R_6 用于确定施密特触发器的回差电压。为了避免傍晚时间街灯点亮之后因光亮度略有反复,应该适当提高回差电压,为避免前级输入电阻对施密特触发器的影响, R_5 和 R_6 的阻值应该偏大。假设选择 $R_5 = 10\text{ M}\Omega$, $R_6 = 22\text{ M}\Omega$, $V_{TH} = 0.5 V_{cc}$,选择光亮度为 10 LX 时的阻值约为 $100\text{ k}\Omega$,则可计算出 $R_3 \approx 39\text{ k}\Omega$ 。

$$R_3 = \left(\frac{V_{cc}}{V_{T+}} - 1 \right) R_4 \quad (2)$$

$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_5}{R_6} \right) V_{TH} \quad (3)$$

$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_5}{R_6} \right) V_{TH} \quad (4)$$

V_{T+} :施密特触发器正向阈值电压; V_{T-} :施密特触发器负向阈值电压; V_{TH} :CMOS反相器阈值电压。

3.2 时控模块参数分析

由式(1)可知,电容 C_4 的容值和电阻 R_7 的阻值共同决定延时电路的延迟时间, V_c 为施密特触发器的输出电压。当傍晚开灯后, V_c 的值等于 V_{cc} (V_{cc} 为 CMOS 反相器阈值电压)。延时到 V_d 小于时控电路中的 CMOS 反相器的阈值电压时,街灯熄灭,则街灯熄灭时满足:

$$V_{TH} > V_c e^{-\frac{t}{R_7 C_4}} \quad (5)$$

假设选择 CMOS 反相器的阈值电压为 $0.5 V_{cc}$,则式(5)即可演变为:

$$t > -C_4 R_7 \ln(0.5) \quad (6)$$

通常要求街灯在傍晚约 19 点开灯,在深夜 0 点熄灭,即街灯在点亮约 5 h ($1\ 800\text{ s}$) 后自动熄灭,由式(6)可计算出, C_4 与 R_7 的乘积必须小于 25 968。假设选择 C_4 的容值为 $2\ 200\ \mu\text{F}$,则电阻 R_7 的阻值应该约为 $10\text{ M}\Omega$ 。

4 实验结果

按照参数分析中的参数设置,采用 Multisim 软件设计了一个街灯控制器电路,并进行了电路仿真分析,仿真中假设各个时间点的光亮度和光敏电阻的阻值如表 1 所示,且假设光敏电阻的阻值在各个时间段范围内呈线性变化。得到图 3 中的 V_b 、 V_c 、 V_d 、 V_a 点的波形如图 4 所示。

表 1 仿真分析中的光亮度和光敏电阻假设值

时间点	18:00	19:00	20:00	深夜	5:30	6:30	7:30
光亮度/LX	50	10	5	0	5	25	50
R_a 的阻值/ Ω	1 K	100 K	1 M	10 M	1 M	15 K	1 K

从图 4 可以看出,仿真波形与前面的理论分析完全一致,傍晚时,当 V_b 逐渐上升,当上升到 V_{T+} (V) 时, V_c 的波形由低电平翻转为高电平, V_d 和 V_a 也立即变成高电平,之后 V_d 缓慢下降,当 V_d 下降到 2.5 V 时, V_a 立即翻转成低电平。清晨, V_b 逐渐下降,当下降到 V_{T-} (V) 时, V_c 也立即翻转成低电平, V_d 和 V_a 也为低电平。

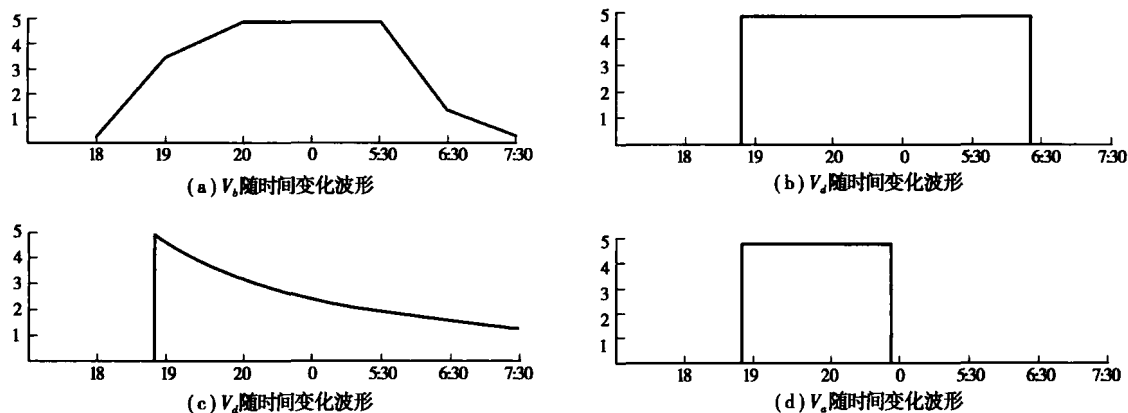


图4 仿真波形图

按照图3制作了一个实验电路板,其中的电源模块使用5V直流电源代替,干簧继电器RR使用一个发光二极管与200Ω电阻串连来代替,其他器件参数按照前面的描述选择,结果发光二极管在傍晚6:34就自己被点亮了,而且持续到深夜11:15自动熄灭。

5 结论

针对城市建设对街灯的大量需求,提出了一种简易的街灯控制器设计方法,控制器利用光敏电阻的阻值随光亮强度的变化而变化来实现傍晚开灯,再利用电容的充放电特性来实现持续点亮时间的控制。优点是:原理简单,全部是常用的元器件,利于批量生产;使用方便,不需要做任何设置,便于维护;能根据季节变化和天气情况自动调节街灯的点亮时间;成本低廉,如果换用微处理器实现街灯控制,成本至少提升10倍,对街灯这种大量应用的产品有重要意义。

参考文献:

- [1] 徐华. 浅谈照明控制及智能照明控制系统[J]. 低压电器, 2008(6): 4-7
- [2] 李明. 基于CAN-Bus的智能照明控制研究[J]. 低压电器, 2008, 20: 18-21
- [3] 康华光. 电子技术基础(数字部分)[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [4] 冼立勤, 周玉坤. 电路[M]. 6版. 北京: 电子工业出版社, 2002

Design of Easy Street Light Controller

XIE Chuan

(College of Computer Science and Information Engineering,
Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: Aiming at the characteristic of street light, a new type of easy street light controller design method is proposed. The method makes use of photosensitive resistor and Schmitt trigger composed of light-control circuit to switch on the street light in the evening, and makes use of capacitor charging and discharging characteristics to control duration of light-time. The overall framework, the hardware circuit and the parameter design were introduced. The feasibility was proved through the circuit simulation and experiment. The design is simple in principle, easy maintenance and low cost and has a high application value.

Key words: street light; controller; light control; time control; parameters analysis

责任编辑:代晓红
校对:田静