

文章编号: 1673 - 9620 (2008) 03 - 0039 - 04

一种变色草坪灯控制器的设计^{*}

姚广平¹, 余康龙²

(1. 江苏工业学院 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 介绍一种采用单片机和晶闸管实现移相调压的方法, 利用三基色混色原理构成一种色调丰富多彩且变换柔和、温馨、美丽的草坪灯的控制器的设计原理。

关键词: 单片机; 草坪灯; 移相调压; 混色

中图分类号: TM 91

文献标识码: A

Design of Lawn Lamp Controller with Variable Color Hue and Light Intensity

YAO Guang - ping¹, YU Kang - long²

(1. School of Information Science and Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

Abstract: A new type of lawn lamp which uses a single - chip microcomputer and thyristor to realize voltage regulation by phase shift. The light and color hue of the lamp are varied slowly according to the theory of three primary - colors to get mixed color. This lamp has some features: rich hue, wonderful color and soft light.

Key words: single - chip microcomputer; lawn lamp; phase shift voltage regulation; mixed color

1 系统工作原理

常见的草坪灯色彩单调、不变化、无动感。若让草坪灯发出无数种颜色并有变化效果, 可利用三基色混色原理来实现, 其原理简介如下: 若一发光源由红、绿、蓝 3 基色元组成, 则此光源发出的彩光通量为^[1]:

$$F = r(R) + g(G) + b(B) \quad (1)$$

式中 (R)、(G)、(B) 分别表示红、绿、蓝 3 基色, r 、 g 、 b 是 3 基色的混色比例, 称为 3 色系数, 若改变此系数, 则改变了光源的色调。例如: 若 $r=1$, $g=1$, $b=0$, 则成为: 红 + 绿 = 黄色。

若 $r=1$, $g=0$, $b=1$, 则: 红 + 蓝 = 紫色。若 $r=0$, $g=1$, $b=1$, 则: 绿 + 蓝 = 青色。若 $r=1$, $g=1$, $b=1$, 则: 红 + 绿 + 蓝 = 白色。如此等等, 只要改变混色系数 r 、 g 、 b 的不同比例, 就能得到各种色调。改变混色系数其实就是改变灯泡上的电压。可以通过对交流电压的移相调压原理改变双向晶闸管的导通角来实现。对于阻性负载移相调压的原理如图 1 和图 2 所示。

由图 1 和图 2 可知, 在交流电源 u_1 的正半负周, 分别对 VT 的触发角进行控制就可以调节输出电压。正负半周角起始时刻均为电压的过零点。可以看出负载电压波形是电源电压波形的一部分,

^{*} 收稿日期: 2007 - 12 - 25

基金项目: 江苏工业学院科技基金资助 (102002)

作者简介: 姚广平 (1952 -), 男, 安徽黄山市人, 高级工程师; 2 - 本校信息科学与工程学院 2008 届本科毕业生。

阻性负载电流和负载电压波形相同。当晶闸管的触发角为 α 时, 负载电压的有效值 U_0 为^[2]:

$$U_0 = \sqrt{\frac{1}{N} \int_0^N (\sqrt{2}U_1 \sin t)^2 d(t)} = \frac{U_1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \cos 2\alpha} \quad (2)$$

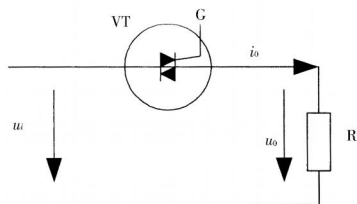


图1 阻性负载调压电路

Fig 1 Circuit of voltage regulation for resistive load

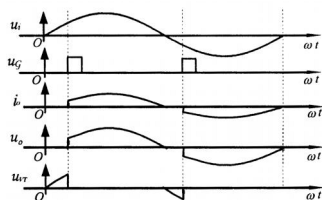


图2 阻性负载调压波形

Fig 2 Wave form on resistive load

从图2及公式(2)可见 U_0 的范围为 0 ~ U_1 , 通过改变触发角 α 也就可以改变灯泡上的电压, 也就改变了混色系数。

系统采用 AT89C2051 单片机来控制双向晶闸管的触发角。选择 AT89C2051 作为本系统的控制核心的重要原因是其内部集成了一个精密比较器以及具有可直接驱动 LED 的 I/O 口^[2]。精密比较器用来进行过零检测, 可省去额外的比较器件。CPU 端口直接驱动 LED 可简化硬件电路设计及降低成本。AT89C2051 单片机还具有以下特点: 内含 2 kB 可编程 Flash 闪存、指令与 MCS51 完全兼容、有两个 16 位定时器等。通过软件编程可随意控制触发脉冲的时序, 从而实现灯光各种颜色的静态显示及连续渐变显示。

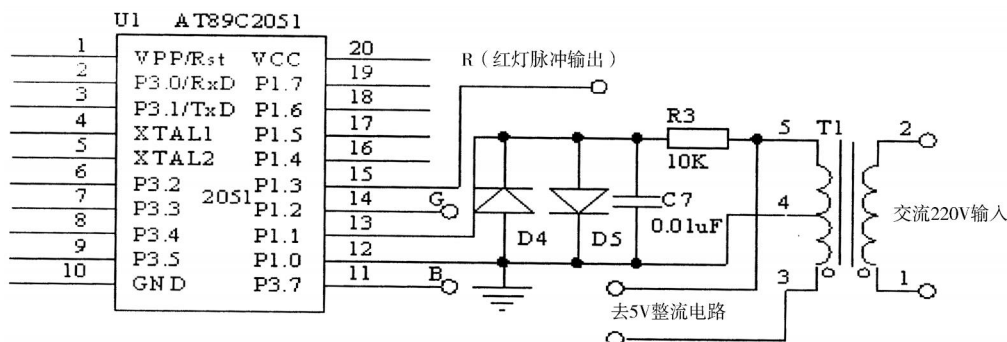


图4 过零检测电路

Fig 4 Circuit Of zero crossing detection

2 硬件设计

系统硬件的整体框图如图3所示, 图中的 R、G、B 代表 3 基色发光器件, 采用红、绿、蓝 3 色白炽灯泡, 额定电压为 220 V。

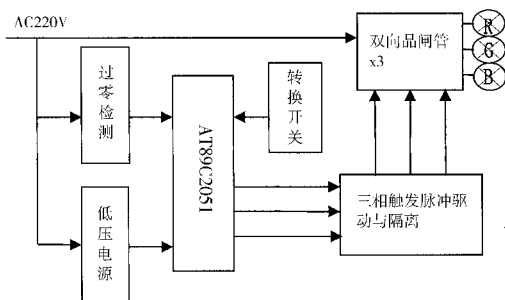


图3 系统设计框图

Fig 3 Block diagram of system

图3中过零检测电路用于检测交流电压的过零点。由于双向晶闸管的触发角和导通角都是以市电正弦波过零点为基准的^[3,4], 在单片机发出触发脉冲前必须检测到过零点。按键输入供单片机进行运行模式判断。在不同的运行模式下会产生不同的灯光效果。单片机通过 P1.1、P1.2、P3.7 3 个 I/O 端口输出 3 路用以控制晶闸管导通的触发脉冲。

过零检测的实现方法有很多。这里介绍利用 AT89C2051 的内部比较器实现的过零检测。其原理如图4所示。220 V 的市电经过变压器降压后送给单片机进行过零检测同时供给 5 V 直流稳压电路产生系统工作电源。降压变压器 T1 次级的一端送入 AT89C2051 内部比较器的反相输入端 P1.1, 另一端接比较器的同相输入端 P1.0 同时接地。这样比较器就能输出一个边沿与正弦波过零点对应的方波。比较器的输出端是 P3.6, 此引脚不可见, 属片内引脚, 通过程序检测此片内引脚的方波的边沿就可检测正弦波的过零点。C7 是为了虑除尖峰干扰, D4、D5 是对输入信号进行钳位以降低比较器的差模输入电压, R3 是限流电阻。

驱动电路的设计是晶闸管能否可靠工作的关键，采用了双向晶闸管的专用驱动光耦芯片

MOC3021，电路如图 5。

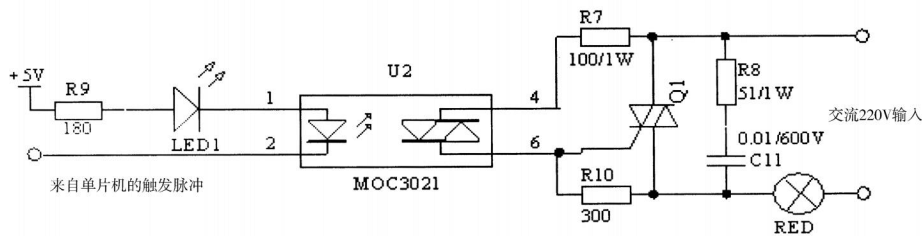


图 5 驱动电路（一路）

Fig 5 Drive circuit (only shows one way)

从图 5 中可以看出 U2 是双向晶闸管输出型光藕合器。其输入端（1，2 脚）的控制电流为 8 mA，输出端（4，6 脚）额定电压为 400 V，最大重复浪涌电流为 1.2 A，输入、输出间的隔离电压为 7 500 V。MOC3021 的输入端为红外发光二极管（LED），输出端为光控双向晶闸管。当 LED 导通发射红外线，光控双向晶闸管被触发导通，否则关断。因此它既实现了强弱电的光电隔离又对外部的双向晶闸管进行了驱动。图中的 R7 是限流电阻，防止触发电流过大。由于 R7 的存在使得外部双向晶闸管有一个最小的触发电压，低于这个电压 MOC3021 将不能触发外部双向晶闸管。R8 和 C11 组成 RC 滤波电路，保护 Q1 及减少对电网的谐波污染。因 AT89C2051 的 I/O 端口低电平可直接驱动 LED。所以当 AT89C2051 口线输出低电平时，在 MOC3021 输出端的电压稍过零时，其内部双向晶闸管导通，进而使外部双向晶闸管 Q1 触发导通，对应的灯泡得到电压。图 5 所示是驱动一路灯泡的电路，其余两路的电路结构与其一样。

3 软件设计

为了实现草坪灯的渐变效果，首先介绍一支灯泡是如何产生渐变的。灯泡上的电压是和触发角的大小相关的，因此只要连续调整 的大小就可连续调整灯上的电压。因人眼对光的细微的跳跃变化不敏感，所以 的调整可按一定的步长进行调整。前面曾经提到触发脉冲有一个最小值 t_1 ，同样由于灯泡上的电压降到了一定程度时灯泡已不能发光，再减小电压已没有意义，因此触发角还有一个最大值 t_2 。最小值与最大值的确定可通过试验得到。因此程序控制的任务是让触发脉冲的定时时间每经过半个工频周期增加或减小一定的步长，同时要保证发出的脉冲不会超过最小触发角和最大触发角。程序中可先让触发角慢慢增加，到了最大值后

又让触发角慢慢减小直到最小值。如此往复循环让触发脉冲在 t_1 与 t_2 之间来回移动就可得到一个亮度在暗与亮之间缓慢变化的灯光。图 6 为相邻两个触发脉冲与市电半波的关系。图中 s 为两个相邻半波间定时常数增加或减小的步长， t_1 、 t_2 为最大、最小触发脉冲的触发时刻。由此可知道灯泡上电压的变化周期 T_c 为：

$$T_c = \frac{t_2 - t_1}{s} \times \frac{T}{2} \tag{3}$$

式中 T 为工频电源周期。

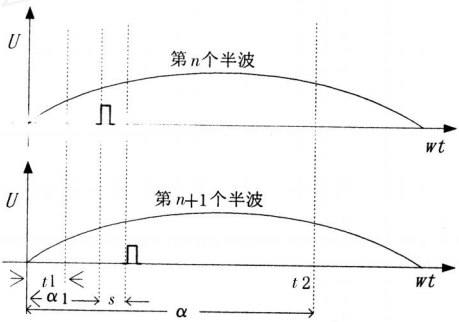


图 6 触发脉冲时间范围

Fig 6 Time range of trig pulse

上面所述的是一支灯泡的情况。要产生多种颜色必须让 3 种颜色（3 基色）的灯泡同时工作，且让 3 只灯泡上的电压的变化周期不相等，也可把 3 支灯泡各自亮度错开来，按如图 7 所示的规律对各灯进行控制。

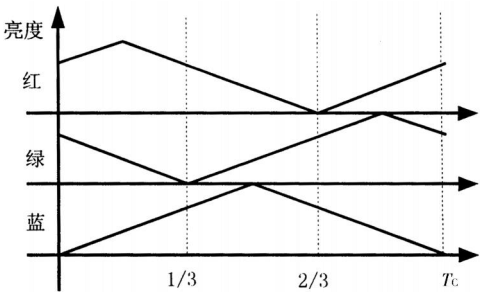


图 7 3 色灯亮度关系

Fig 7 Relationship of light between three primary - colors lamps

如果按图 7 的规律进行控制, 由于每个灯的触发脉冲的位置延时是独立的, 因此必须有 3 个定时器对每个灯的触发脉冲位置进行定时控制。但是 AT89C2051 内部只有两个 16 位定时器, 因此必须对其中一支灯的晶闸管触发脉冲控制采用软件定时。如果这样考虑又有两个问题出现: 触发脉冲宽度需要一定的延时, 当软件的定时时间比两个硬件定时时间长时, 硬件定时的脉冲宽度必定会插入到软件定时中去, 这会使软件定时产生一个大的跳跃, 从而引起电压的跳跃变化。由于软件定时的时间较长, 因此软件延时的时间常数也必须是 16 位的。而且为了使颜色渐变尽量的缓和必须使软件定时常数的改变步进尽量小。这就要求设计一个 16 位小步进的软件定时器。

对于第一个问题可让硬件定时器既作为脉冲位置的定时也作为脉冲宽度的延时。这样只要在定时器中断服务程序中设置一个标志以区别哪种定时, 然后分别编写中断服务程序即可。其部分程序如下:

TIMER0: CLR TR0

JB RDL200_FLAG, RDL200

; 判断脉冲宽度延时还是脉冲位置延时

MOV TL0, #037H

; 200 μ s 脉冲宽度延时常数

MOV TH0, #0FFH

SETB RDL200_FLAG; 置位标志位

SETB TR0; 脉冲宽度开始延时

CLR RED; 输出低电平

SJMP IOUT0

RDL200: SETB RED; 输出高电平

CLR RDL200_FLAG; 清零标志位

IOUT0: RETI

对于第 2 个问题可用“DPTR”存放软件定时初始值, 然后用“INC”进行加计数。这样, 在 12M 晶振下可得一个步进为 6 μ s 的软件定时器。其参考程序如下:

NEXT: INC DPTR; 2 个机器周期

MOV A, DPH; 1 个机器周期

ORL A, DPL; 1 个机器周期

CJNE A, #0, NEXT; 2 个机器周期

整个渐变程序流程图见图 8, 图中 P3.7 作为软件定时的脉冲输出引脚, 另外两个脉冲由定时器 T0、T1 的中断服务子程序控制并从 P1.1、P1.2 输出。“FLAG”作为定时常数增加或减小的标志。

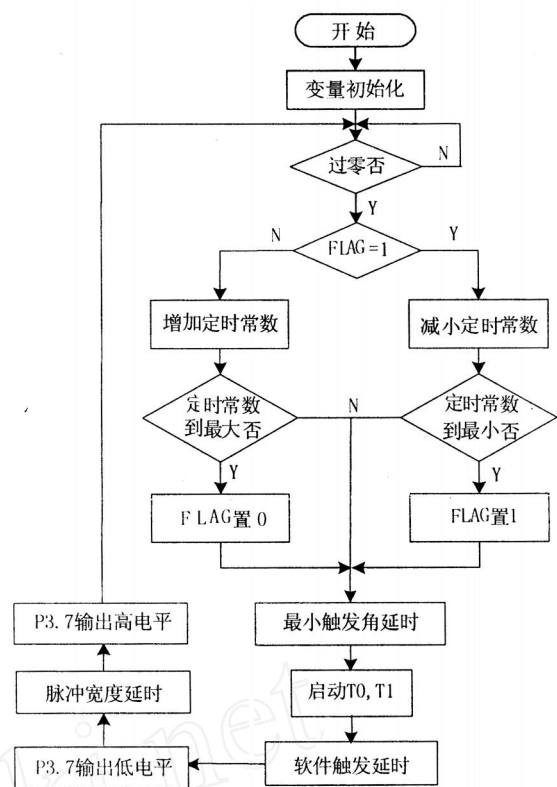


图 8 渐变程序流程

Fig 8 Flow chart

为增加系统的灵活性, 系统设置了渐变周期预置开关, 通过它可使程序运行在不同周期下。

4 结束语

通过试验, 最大触发角与最小触发角分别在 135 和 150 左右最佳。步长 s 不能太大, 否则会有灯光闪烁的感觉, 对于 12 MHz 的晶振, 一般可取 s 为 5 μ s ~ 30 μ s。灯具制作时可把 R、G、B 3 种颜色的白炽灯泡放在一个磨沙玻璃罩中, 然后把 3 支灯的一端并联接入交流电源的中线, 另外的 3 根线接控制器的 R、G、B 输出端。控制器可驱动的负载取决于双向晶闸管的电流容量。

参考文献:

- [1] 姚广平. 一种变色光源驱动电路的设计 [J]. 电子与自动化, 1998, (1): 41 - 43.
- [2] 赵德安. 单片机原理与运用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] 王兆安, 黄俊. 电力电子技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [4] 康华光. 电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.