

# LED 日光灯驱动电路设计

肖永军<sup>1,2</sup>, 周传璘<sup>1</sup>, 曾庆栋<sup>1</sup>

(1. 湖北孝感学院 物理与电子信息工程学院, 湖北 孝感 432000;

2. 湖北威美光电有限公司, 湖北 孝感 432000)

**摘要:**介绍了LED日光灯驱动的特点,设计了实用的电容降压式LED日光灯驱动电路,着重分析了关键元件参数的选择原则。采用PSpice仿真软件对设计的电路进行了可行性验证,并在此基础上制作了实物电路,用作12W T8标准LED日光灯电源。经实验验证,该电路稳定可靠,成本低,适用于多种小功率LED驱动。

**关键词:**LED日光灯;电容降压式;驱动电路;照明控制

中图分类号:TM923.321;TM923.02 文献标识码:B 文章编号:1001-5531(2009)02-0035-03



肖永军(1982—),男,助教,硕士,主要从事开关电源、照明产品的研发。

## Design of Driving Circuit for LED Fluorescent Lamp

XIAO Yongjun<sup>1,2</sup>, ZHOU Chuanlin<sup>1</sup>, ZENG Qingdong<sup>1</sup>

(1. School of Physics and Electronic Information Engineering, Xiaogan University, Xiaogan 432000, China; 2. Hubei Weimei Optics Co., Ltd., Xiaogan 432000, China)

**Abstract:** The characteristics of LED driving circuit were described at first, then the driving circuit with voltage reduced capacitance for LED fluorescent lamp was designed, and the selection principle for key components was analyzed. Feasibility validation of the designed circuit was verified through PSpice simulation software, and experiment products were made to be used as the power supply for 12 W T8 standard LED fluorescent lamp. The experiment proved that this circuit was low cost, steady and reliable, and it was suitable for various small power LED products.

**Key words:** LED fluorescent lamp; voltage reduced capacitance; driving circuit; illuminance control

## 0 引言

自19世纪60年代末,在砷化镓基体上使用磷化物发明第一个可见红光LED以来,随着半导体及LED封装等技术的突破,单晶片红、绿、蓝、白光LED的功率等级和亮度不断得到提高。目前,大功率白光LED已经达到70 lm/W。随着LED光效、寿命及光色上的明显提高,其在显示、背光、装饰和照明等领域有着巨大的市场潜力。虽然LED应用层面不断扩大,寿命及光效高于传统照明,但成本相对较高,LED光源成本比重在总成本中高达50%~90%,在照明光源技术上还有待改进,且大功率LED散热和光效问题凸显,这限制

了LED在照明领域中的进一步应用。

目前小功率LED在使用时会对LED进行并联、串联<sup>[1]</sup>,而使用过程中只要有一个LED短路或开路,都将导致小片或整条LED熄灭,影响照明效果,因此研究简单、廉价的驱动电路具有重要的意义。根据目前LED日光灯应用现状,设计了简单、可靠的12W标准T8LED日光灯驱动电路。

## 1 日光灯电路设计

### 1.1 LED日光灯驱动

目前小功率照明产品中,广泛使用两种驱动电路形式:恒流驱动和稳压驱动。前者电路输出的电流是恒定的,输出电压随负载的变化而变化,

周传璘(1965—),男,副教授,主要从事信号处理、开关电源的研究。

曾庆栋(1982—),男,实验师,硕士,从事开关电源的研究。



且恒流驱动通常使用恒流 IC,使用时对 IC 承受的最大电压值要求较高,限制了 LED 使用的数量。后者输出电压是固定的,输出电流随负载(LED)数量的增减而变化。实验证实,由于 LED 封装中其正向压降离散值较大,且 LED 亮度输出

与其电流成正比<sup>[1]</sup>,LED 亮度一致性较差,但通过串加合适电阻可以使每串 LED 亮度平均,较适于低端照明市场。

## 1.2 LED 日光灯电路设计

LED 日光灯驱动电路原理图如图 1 所示。

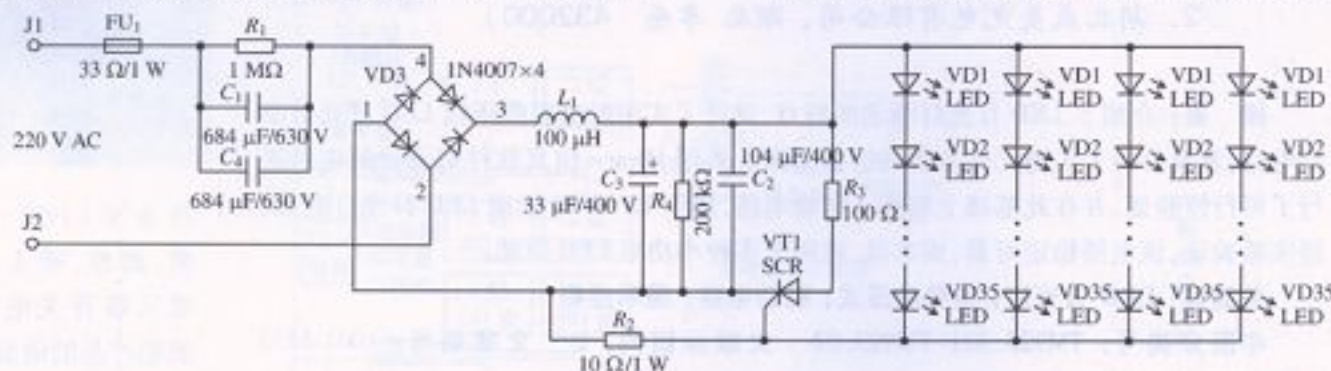


图 1 LED 日光灯驱动电路

该电路共驱动 140 只白光 LED(小功率),采用 35 串 4 并的模式,采用电容降压式驱动方式。其中,  $C_1$ 、 $C_4$  为并联的两个相同的电容,起降压及限流作用;4 个 1N4007 组成的整流桥对输入交流电压进行整流;滤波电容  $C_3$  用于滤除整流输出电压中的交流成分,使电压更为平滑;  $L_1$ 、 $C_2$  用于滤除输出电压中的高频成分;电阻  $R_4$  为  $C_3$  提供放电回路;采用单向晶闸管 SCR729-10 对电路进行保护,  $R_3$  为限流电阻。

### 1.2.1 降压电容选择

因为通过降压电容  $C$  向负载提供的电流  $I_0$  实际上就是流过  $C$  的充放电电流  $I_c$ 。当负载电流  $I_0$  小于  $C$  的充放电电流  $I_c$  时,多余的电流就会流过滤波电容  $C_2$ 。

$$I_c = \frac{U_i}{1/2\pi fC}$$

式中  $U_i$ ——输入交流电压有效值

$f$ ——交流信号频率

因此,对于负载所消耗的 64 mA 电流  $I_0$ ,至少需要降压电容值  $C_{\min} = 0.928 \mu\text{F}$ 。另外,为保证  $C$  可靠工作,其耐压选择应大于 2 倍的电源电压,因此,选择两个 684 MF/630 V 电容并联工作。

### 1.2.2 输出整流及滤波电路

根据文献[2],整流桥上单个二极管所承受的电压最大值  $U_{\text{RM}} = \sqrt{2}U_i$  ( $U_i$  为输入电压的有效值) = 318.4 V,因此,选用常用的整流二极管 1N4007 ( $U_{\text{RM}} = 1\ 000\ \text{V}$ ,  $I_F = 1\ \text{A}$ )。

为使输出端得到平滑的负载电压,一般取  $R_L C \geq (3 \sim 5)T/2$ ,其中  $R_L$  为负载阻抗,  $T$  为输入信号周期(0.02 s),可得  $C \geq 24.38 \mu\text{F}$ 。原则上电容值取的越大,输出电压越平滑,其纹波值越小。但是,随着电容容量的增大,其体积也随着增大,考虑到电路要安装在普通 T8 灯管中,实取  $33 \mu\text{F}/160\ \text{V}$  的电解电容;同时为得到更平滑的输出电压,选取  $L_1$  为  $100 \mu\text{H}$  线绕电感,  $C_1$  为  $0.01 \mu\text{F}$  瓷片电容。

### 1.2.3 输出保护电路设计

LED 中使用的电流不能超过其规格稳定值,长期超过负荷不仅不会增大亮度(白光 LED 在大电流下会出现饱和现象,发光效率大幅度降低),而且还会缩短 LED 寿命,影响 LED 照明电路的可靠性。由于 LED 正向导通后,其正向电压的细小变动将会引起 LED 电流的大幅度变化,因此,需要在输出端设置输出保护电路。

该电路由 VT1、 $R_2$ 、 $R_3$  组成,VT1 采用 Motorola 公司的 MCR729-10 ( $U_{\text{DRM}} = 800\ \text{V}$ ,控制极触发电压  $U_{\text{GT}} = 0.8\ \text{V}$ ,触发电流  $I_{\text{GT}} = 10\ \text{mA}$ )。  $R_2$  为单向晶闸管提供触发偏置电压,其阻值的选择至关重要,如果值太大,则电路中某些不稳定因素导致 LED 中的电流瞬间变大,会导致晶闸管频繁触发,保护电路频繁起作用,造成电路工作不正常;如果阻值选的过小,LED 可能在超出其规格稳定值下工作,保护电路不灵敏,会造成 LED 寿命缩短。因要求 LED 支路电流为 16 mA,则



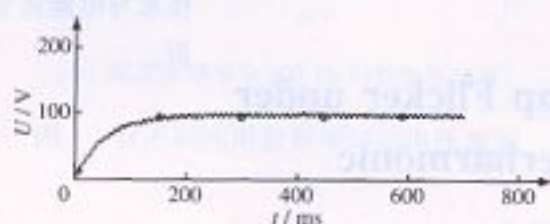
$$R_2 \leq \frac{U_{GT}}{I_{支路} \times 4} = 12.5 \Omega$$

为留有一定的裕量,选取  $R_2 = 10 \Omega$ 。

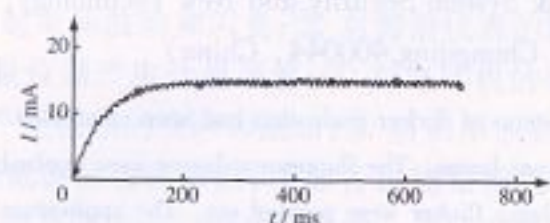
## 2 仿真及实验分析

### 2.1 日光灯电路的 PSpice 仿真

为理论上验证设计的可行性,采用 PSpice 软件对电路进行了仿真分析。结果如图 2 所示。电路在 210 ms 时进入稳定状态,稳定后其输出电压为  $97 \pm 2.2$  V,输出电流为  $14.7 \pm 0.3$  mA,基本验证了电路设计的可行性。LED 日光灯电路输出特性如图 2 所示。



(a) 输出电压



(b) 单路输出电流

图 2 LED 日光灯电路输出特性

为验证输出保护电路的功能,对电阻  $R_2$  进行参数扫描分析,之后进行性能分析。结果如图 3 所示。可以看出,当  $R_2$  从  $1 \Omega$  增大到  $13.889 \Omega$  时,输出电流开始下降,表明此时单向晶闸管处于临界导通状态;然后随着  $R_2$  的继续增大,输出电流急剧下降,直至  $R_2$  为  $15.119 \Omega$  时,输出电流稳定在  $5.2$  mA 左右,表明单向晶闸管已经完全导通,保护电路已经起作用。

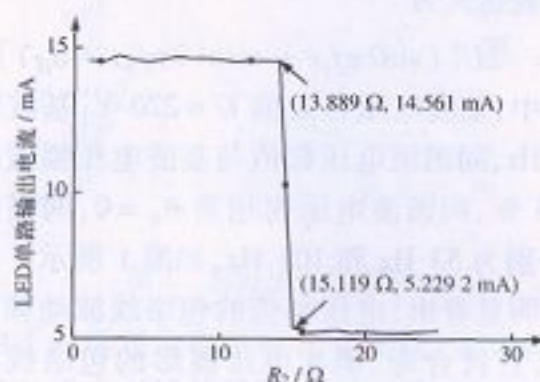


图 3 输出电流与  $R_2$  阻值关系曲线

### 2.2 试验数据

从 PSpice 仿真的结果来看,电路设计具有可行性,因此依据此电路制作了 12 W 日光灯。标准灯管为  $1190 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ ,采用两条相同的 PCB 电路板(尺寸  $593 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ )对接而成,并采用湖州升谱 SPL2000 电光源光色电综合分析系统对电路的相关参数进行了测试。实测输入电压 VAC 为 220 V 时,该电路总电流 127 mA,相当于每支路为 15.85 mA,电路功率因数为 0.465,电路实耗功率为 11.4 W。

在不损坏 LED 的条件下进行了测试,降压电容  $C_1$  的电容值与输出电流的关系如图 4 所示(因为两个电容是相同的,图 4 中只表示出单一电容值)。可见,随着电容值的增加,输出电流几乎呈线性上升,待增加到一定值时(约 20 mA),保护电路起作用,迫使经过 LED 支路的电流下降。

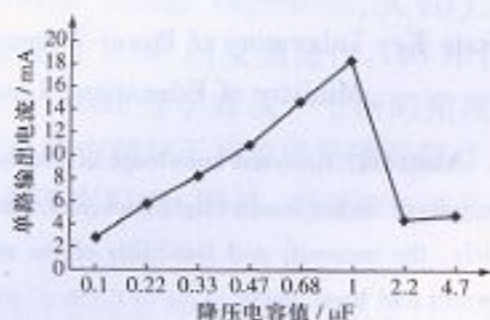


图 4 实测输出电流与降压电容的关系

## 3 结 语

采用电容降压式驱动电路设计了 12 W 标准 T8 LED 日光灯电路。该电路具有体积小、成本低等特点,通过改变降压电容可适合用作多种 LED 灯具电源。虽然电源功率因数偏低,但特别适合低端照明市场应用。依据此电路,通过改变降压电容值,共制作了 1 W、4 W、8 W、12 W 等多种照明产品。

### 【参考文献】

- [1] KOLLMAN R. LED 的高效驱动[J]. 电子设计应用, 2007(12):111-114.
- [2] 康华光. 电子技术基础(模拟部分)[M]. 4 版. 北京:华中科技大学出版社, 1999.

收稿日期: 2008-08-31