

基于 OB2532 的原边反馈 LED 驱动电路设计

张涛, 张献中

(武汉科技大学 信息科学与工程学院, 湖北 武汉 430081)

摘要: 文中应用高性能离线式 PWM 控制器 OB2532, 设计了一款小功率 LED 驱动电路, 电路采用原边反馈方式。与传统的副边反馈相比, 原边反馈驱动电路省去了光耦和 TL431 芯片, 降低了成本, 提高了系统的可靠性。所设计的 LED 驱动电路具有恒压恒流控制特性。实测的结果表明: 4 个 1 W 的白光 LED 正常工作, 亮度非常高, 测试参数达到设计要求。

关键词: 发光二极管; 原边反馈; 脉宽调制; OB2532

中图分类号: TN86

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2013)22-0105-03

Design of the primary-side feedback LED driver circuit based on OB2532

ZHANG Tao, ZHANG Xian-zhong

(College of Information Science and Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China)

Abstract: In this paper, a small power LED driving circuit is designed based on high performance off-line PWM controller OB2532. The driving circuit has a primary-side feedback characteristics. Compared with the traditional feedback mode compared, the optical coupling and TL431 chip are left out in the primary-side feedback driver circuit. The cost of driving circuit is reduced, and the reliability of the system is improved. The LED drive circuit has constant voltage/current control characteristics. Experimental results show: four 1W white light LED can normally work, and has very high brightness. Test parameters meet the design requirements.

Key words: LED; primary-side feedback; pulse-width modulation; OB2532

LED 照明因其节能、环保和寿命长等特点, 成为未来照明的发展趋势。LED 灯不像普通的白炽灯泡, 可以直接连接 220V 的交流市电, 它需要低压直流驱动, 因此必须设计复杂的电源变换电路。LED 的寿命和驱动电源有很大的关系^[1], 驱动电源供电不稳定, 导致 LED 发光效率降低, 寿命缩短, 颜色发生变化, 甚至烧毁。此外, 转换效率、恒流/恒压精度、电源寿命、电磁兼容等要求也是设计 LED 驱动电源必须考虑的因数。文中设计出一款 AC/DC 的 LED 恒流源驱动电源, 采用原边反馈方式, 与传统的副边反馈的光耦加 TL431 的结构相比, 其最大的优势在于降低了成本, 提高了系统的可靠性。

1 LED 驱动电源工作原理

PWM(Pulse Width Modulation)调制方式^[2]是开关功率变换器中最常采用的方式, 通过反馈端的反馈信号和基准信号的差值与内部产生的锯齿波进行比较, 然后输出恒频变宽的方波信号对功率开关管进行控制, 可以依据负载快速调节开关管的导通时间, 从而稳定输出电压。

开关电源变换器从控制模式上可分为两类: 电压控制模式(Voltage control Mode)和电流控制模式(Current Control Mode)。电压控制模式的基本原理就是通过将误差放大器的

输出电压与一个锯齿波进行比较, 产生控制用的 PWM 信号。PWM 电压模式的控制原理图如图 1 所示, 其原理为: 采样电阻 R_1 和 R_2 检测输出电压 V_o , 并将其输入误差放大器 EA 与参考电压 V_{ref} 进行比较, 放大的误差电压 V_{ea} 输入到 PWM 电压比较器(脉宽调整器)。PWM 电压比较器的另一个输入是周期为 T 的锯齿波。 V_{ea} 与锯齿波进行比较, 当锯齿波电压高于 V_{ea} 的时, PWM 电压比较器的输出由高电平转化为低电平, Q1 关断, 以此来调节 Q1 的导通时间, 保证输出电压恒定。

电流控制模式是在电压控制模式的基础上, 增加一个电流负反馈的环节。图 2 为 PWM 峰值电流控制模式的原理框图。PWM 电压比较器的输入由电压控制模式中的锯齿波信号换成了对电流采样值转换成的电压 $V_s(=I Q1 \times R_s)$, 比较器的另一端仍然是输出电压采样值与参考基准的误差放大值 V_{ea} 。每个周期开始时, 脉冲信号控制将开关开启, 流过开关和电感的电流增大, 当电流增大到 V_s 超过 V_{ea} 时, 触发器 R 端置高电位, 开关被关断。如果输入电压 V_{DC} 增大, 则开关导通时 V_s 上升速度加快, V_s 超过 V_{ea} 所需要的时间缩短, 于是开关管导通时间 T_{on} 被缩短; 反之输入电压 V_{DC} 减小, 则 V_s 超过 V_{ea} 让 PWM 控制信号翻转所需时间更长, 开关管导通时间 T_{on} 增加, 维持对负载提供的能量大小^[3]。

收稿日期: 2013-04-18

稿件编号: 201304226

作者简介: 张涛(1967—), 男, 湖南湘潭人, 博士, 教授。研究方向: 数模混合集成电路设计, 电源管理芯片设计。

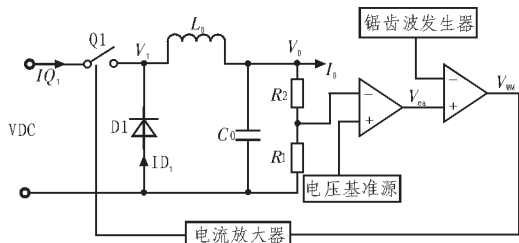


图1 PWM电压控制模式原理图

Fig. 1 Voltage control mode schematic of PWM

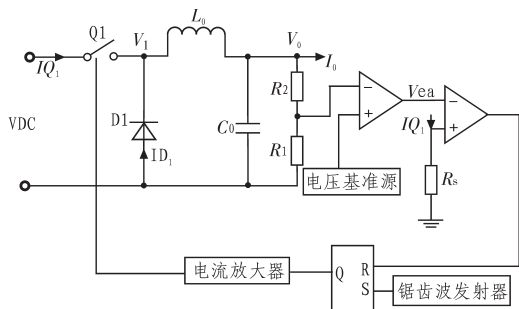


图2 PWM峰值电流控制原理图

Fig. 2 Current control mode schematic of PWM

2 方案的选择

LED的伏安特性和一般的二极管伏安特性非常相似,电流呈很陡的指数上升,所以电源电压微小的变化会引起正向电流较大的变化^[4]。目前,LED发光效率还是比较低,大部分的输入电功率都是转化为热能,所以它的发热很高。因为LED的伏安特性的温度系数是负的,结温升高引起伏安特性曲线左移,其结果是正向电流增加。正向电流增加以后,在电源电压相同的情况下,LED的输入功率增加。但结温升高以后,光输出会降低,这意味着更多的输入功率转换为热能,即增加正向电流,它的光输出量并不增加,反而降低^[5],这导致结温升高的恶性循环。因此,采用恒压电源供电会使结温升高,光衰加大,寿命缩短。综上所述,本设计采用恒流源驱动方案^[6]。

原边反馈方式的AC/DC控制技术是最近10年间发展起来的新型开关电源控制技术,与传统的副边反馈光耦加TL431的结构相比,其最大的优势在于省去了这两个芯片以及与之配合工作的一组元器件,这样就节省了系统板上的空间,降低了成本并且提高了系统的可靠性。OB2532是一个原边反馈方式的高性能离线式PWM控制器,采用原边反馈技术替代以前由芯片PC817和TL431组成的反馈环路,减小电路体积。同时,芯片集成了专有的恒压恒流控制,其引脚说明如图3和表1所示。

3 电路设计

基于OB2532的LED驱动电路如图4所示。输入的220V交流电压经VD1—VD4整流和电感 L_1 ,电容 C_1 、 C_2 滤波后,变为直流电压加到变压器的原边线圈,再接到MOS管

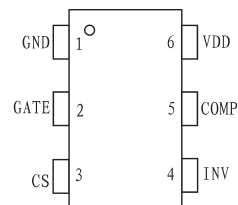


图3 OB2532引脚图

Fig. 3 Pin diagram of OB2532

表1 OB2532的引脚描述

Tab. 1 Pin description of OB2532

引脚号	引脚名	I/O	描述
1	GND	P	地
2	GATE	0	Totem-pole 门驱动输出,驱动功率 MOSFET
3	CS	I	电流输入,连接 MOSFET 电流测电阴端从辅助绕组来的电压反馈。连接到电阻分
4	INV	I	压器,反应输出电压变化。占空比由误差放大器的输出和3脚的电流检测决定
5	COMP	I	恒定稳定性的环路补偿
6	VDD	P	供电电源

VT的漏极。变压器的辅助绕组N2经过整流二极管VD5、滤波电容 C_3 后为OB2532提供电源(开始是由变压器原边⑥处的较高直流电压经电阻 R_1 、 R_2 降压提供),同时辅助绕组N2和电阻 R_3 、 R_4 还为OB2532的反相端INV提供取样反馈电压。连接VT管源极的电阻 R_5 将检测得到的电流信号加于电流检测输入脚CS。在INV端反馈电压信号和CS电流信号的控制下,对VT管的栅极驱动信号的脉冲宽度进行调整,即通过PWM使电源和电流保持恒定。由VD6、 R_5 、 C_5 组成的缓冲网络,可以使反峰电压通过二极管VD6及电阻 R_5 来消耗其能量,降低反峰电压,以免在开关的过程中绕组N1上出现过电压,损坏VT管。在变压器的副边,交流电压经二极管VD7整流、电容 C_6 滤波,得到恒定电压和电流来驱动发光二极管LED。这个电路的优点是原边反馈控制,不用加光耦和稳压源TL431,降低了成本。本次设计驱动4个1W的LED二极管。

4 电路测试

4.1 原边反馈特性测试

在图4中,N2经VD5整流、 C_3 滤波为IC提供电源,同时N2还为反相端INV提供取样反馈电压。所以要进行原边反馈特性测试,就要测试OB2532的INV端,即测试点③。变压器原边次级线圈③点的波形如图5所示。波形虽然有些毛刺,但很好地反映了开关管的导通和关断。

由电路图4可知,测试点⑥即是整流、滤波后的直流电压,用万用表的1000V直流电压档测量。测试点⑦与OB2532的VDD引脚相连,即为芯片的供电电压,用万用表的20V直流电压档测量。在实际操作时,还要注意接地点的选取。在图4中共有9个接地点,其中变压器原边有7个,副边有2个。副边作为输出直接驱动LED,所以原边副边的接

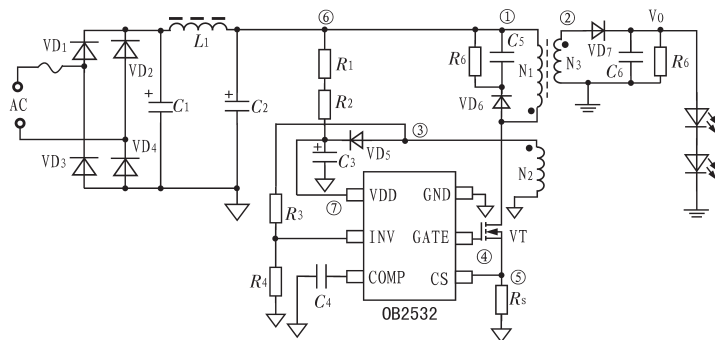


图 4 4x1 W LED 驱动电路原理图(①~⑥为测试点)
Fig. 4 4x1 W LED drive circuit schematic (①~⑥ is the test point)

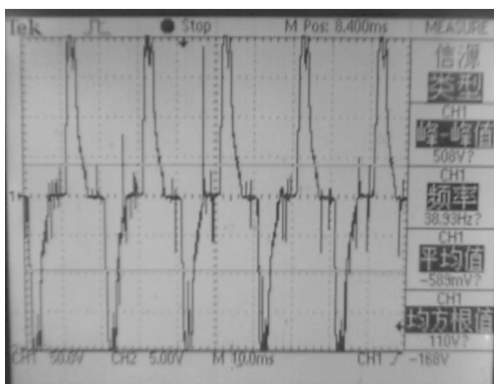


图 5 变压器原边次级线圈③点的波形
Fig. 5 Waveform of point ③ of the transformer primary side secondary coil

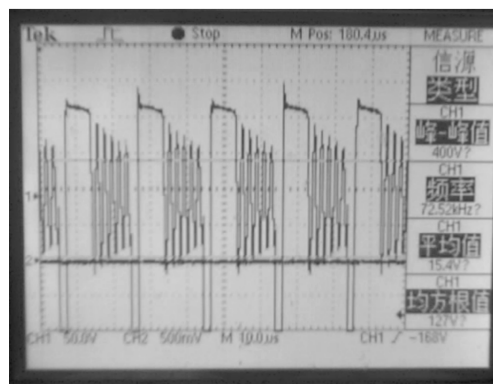


图 6 LED 作为负载的②点输出波形
Fig. 6 Output waveform of point ② when LED as a load
处于定电阻模式,并逐步改变电阻,记录数据如表 4 所示。

地点是不同的,因此在图 4 中以不同的符号表示。但是各边的接地点则是相同的,这里选取电容 C_3 的接地点。具体测量结果如表 2 所示。

表 2 测试点⑥和⑦的电压
Tab. 2 Voltage of test point ⑥ and ⑦

测试点	电压/V
⑥	⑦
311	12

4.2 副边输出信号波形

图 4 中的测试点②,即变压器副边输出在经过二极管滤波之前的信号是关键测试点。用 Tektronix TDS210 60 MHz 1GS/s 的数字示波器进行波形测试,接 4x1 W LED 作为负载。得到波形如图 6,可知波形规整,达到设计要求。

4.3 输出参数测量

首先运用定电阻(CR)模式的电子负载来测试电流电压参数。具体操作如下:可以先用万用表直流电压档测出输出端 V_0 电压,即负载为无穷大(开路)的电压,这里为 11.70 V,查阅相关资料,得 LED 的标称电流为 370 mA,由此可计算出负载约为 32,故电子负载在此基础上进行调试。测试结果如表 3 所示。

从实测的结果来看,4 个 1 W 的白光 LED 正常工作后亮度并不是非常高,其发光效率也没有达到最高。电路工作于轻负载状态,所以要进一步调试,提高发光亮度。这里仍然使电子负载

表 3 电路板输出测试结果

Tab. 3 Output test results of the circuit board

电子负载/ Ω	输出电压/V	输出电流/A	功率/W
无穷大(开路)	11.70	—	—
32	11.10	0.348	3.862 8
64	11.17	0.172	1.921 4
128	11.09	0.085	0.942 7
4x1 W LED	10.50	—	—

表 4 应用电子负载进一步测试的结果

Tab. 4 Application electronic load further test results

负载大小/ Ω	输出电压/V	输出电流/A	功率/W
31	11.09	0.355	3.937 0
30.5	11.09	0.361	4.003 5
30	11.09	0.367	4.070 0
29.5	11.09	0.373	4.136 6
29	11.09	0.380	4.214 2

5 结论

文中设计的 LED 恒流驱动电源,采用原边反馈方式的电流模式 PWM 控制,具有体积小,成本低的特点,适合于小功率 LED 驱动电源,诸如台灯,地灯,小射灯等。通过测试可知,设计的白光 LED 驱动电路达到设计要求。

(下转第 114 页)

波束制导。是从制导站的激光发射系统按一定规律向空间发射经编码调制的激光束,让光束中心线始终对准目标。如果在波束中飞行的导弹位置偏离波束中心时,装在导弹尾部的激光接收器会立刻探测到激光信号,经过信息处理后立即修正偏离中心线的大小和方向,从而形成控制信号^[1],再通过自动驾驶仪操纵导弹相应的发射机构,使其沿着波束中心正确飞行,跟踪目标直至摧毁目标。

4 结束语

半导体激光器具有效率高、体积小、重量轻、价格低等优点。在发光效率方面多量子井型的效率可以达到20~40%,P-N型也达到数15%~25%^[2]。它的连续输出波长涵盖了肉眼看不见的红外线范围到可见光范围,而光脉冲在带宽100 ns时输出达50 W。半导体激光器目前的发展方向主要是围绕着降低阈值电流密度、延长工作寿命、实现室温连续工作,以及获得单模、单频、窄线宽和发展各种不同激光波长的器件进行的,在现代社会的各个领域将会发挥越来越重要的作用。

参考文献:

[1] 周树南. 电路与电子学基础[M]. 北京:科学出版社,2009.
[2] 童诗白. 电路与电子学基础[M]. 北京:高等教育出版社,2008.
[3] 周雪. 电子技术基础[M]. 北京:电子工业出版社,2009.

[4] 孙津平. 电子技术及其应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2012.
[5] 张兴. 高等电力电子技术[M]. 北京:机械工业出版社,2011.
[6] 刘增基,周洋溢,胡辽林. 光纤通信[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.
[7] 李立高. 光纤通信工程[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
[8] 黄相杰,林佳才. LC谐振放大器的设计[J]. 电子设计工程,2013(8):176-179.
HUANG Xiang-jie,LIN Jia-cai. LC resonant circuit design of[J]. electronic design engineering,2013(8):176-179.
[9] 田国栋. 光纤通信技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2008.
[10] 李昌厚. 光谱仪器及其应用的发展和展望[J]. 分析仪器,2010(6):93-96.
LI Chang-hou. Development and Prospect of spectral instrument and its application[J]. Analysis Instrument,2010(6):93-96.
[11] MATLAB7.X, 数字信号处理[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
[12] 刘世春. 通信线路维护实用手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2007.

(上接第107页)

参考文献:

[1] 齐家,邓周虎,侯明月,等. 白光LED驱动电路的设计与实现[J]. 电子科技,2011,24(9):42-44.
QI Jia,DENG Zhou-hu,HOU Ming-yue,et al. Design and implementation of the white LED driver circuit[J]. Electronic and Technology,2011,24(9):42-44.
[2] 张兴,张崇巍. PWM整流器及其控制[M]. 北京:机械工业出版社,2012.
[3] 长谷川章. 开关稳压电压的设计与应用[M]. 何希才,译. 北

京:科学出版社,2006.

[4] 沙占友,庞志峰. 开关电源外围元器件选择与检测[M]. 北京:科学出版社,2005.
[5] 陈永真,梦丽因. 高效率开关电源设计与制作[M]. 北京:中国电力出版社,2008.
[6] 陈传虞. LED灯的恒流驱动芯片介绍[J]. 中国照明电器,2010(5):20-25.
CHEN Chuan-yu. Introduction of constant current LED driving Ics[J]. China Light & Lighting,2012(5):20-25.

(上接第110页)

LI Xue-wei. System design implementation of shutter 3D in LED television[J]. Electronic Engineering & Product World,2012(4):62-64.
[3] 路晓俐. 3D关键技术和标准[J]. 现代电视技术,2012(9):26-27.
LU Xiao-li. 3D key technology and standard[J]. Advanced Television Engineering,2012(9):26-27.
[4] 姜超,周开伦,林涛. 数字电视3D技术及3D视频传输格式[J].

大众科技,2012(9):24-26.

JIANG Chao,ZHOU Kai-lun,LIN Tao. 3D Technology of digital and TV 3D video transmission format[J]. Popular Science & Technology,2012(9):24-26.
[5] 杨丰盛. Andriod技术内幕[M]. 北京:机械工业出版社,2011.
[6] 李伟梦. Andriod平板电脑开发入门经典[M]. 北京:清华大学出版社,2012.