

# PWM调光LED驱动器设计

田立东, 周继军, 秦会斌\*

(杭州电子科技大学 新型电子器件与应用研究所, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 为解决不同场合下对调光的要求以及节能等问题, 将调光技术应用到LED驱动器中。对PWM调光、模拟调光、可控硅调光3种调光方式的优缺点及应用场合进行了分析, 提出了基于L6562单级PFC恒压及HV9910恒流的两级PWM可调光LED驱动器的设计方法; 在整体性能上对PWM可调光LED驱动器进行了评价, 并进行了40 W PWM可调光LED驱动器样品测试实验。试验结果表明: 该驱动器功率因数高、效率高, 调光范围能达到2%~100%, 负载调整率小且系统工作稳定。

**关键词:** L6562; HV9910; PWM调光; ATmega16; LED驱动器

中图分类号: TM923

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)04-0465-04

## Design of PWM dimming LED driver

TIAN Li-dong, ZHOU Ji-jun, QIN Hui-bin

(Institute of Electron Device & Application, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of the requirement of emerge-saving and dimming in many different situations, the dimmable LED driver was investigated. The relative merits and the applications of the three dimming methods were analyzed, including PWM dimming, analog dimming, and SCR dimming, a PWM dimmable LED driver, which consists of a single-stage PFC constant voltage circuit based on L6562 and a constant current circuit based on HV9910, was presented to implement dimming. The whole performance was evaluated on the PWM dimmable LED driver, the sample of 40 W PWM dimmable LED driver was tested. The experimental results show that the LED driver has many advantages, such as high power factor and efficiency, dimming range around 2%~100%, very small load regulation, and which can work stable.

**Key words:** L6562; HV9910; PWM dimming; ATmega16; LED driver

## 0 引言

根据LED特有的电压电流特性, 现在LED照明基本采用恒流驱动方式。为了更好地发挥LED照明节能的优点, 在LED驱动器中加入调光功能是大势所趋<sup>[1]</sup>。通常, LED驱动器的调光方式有3种: 可控硅调光、模拟调光、PWM调光。每种调光方式都有其优点及局限性。PWM调光是使开关电路以相对于人眼识别能力来说足够高的频率工作, 通过设置周期和占空比来改变输出电流平均值, 其输出电流只有两种状态: 最大额定工作电流和零电流。模拟调光是通过改变输出电流的幅值来实现调光功能, 可控硅调光是通过调节电源的输出功率来实现调光功能。

PWM调光可以保证LED的色温恒定, 驱动器的效

率较高, 并且能够进行精确控制, 但其缺点是需要MCU控制器<sup>[2]</sup>。模拟调光相对PWM调光电路简单、容易实现, 但会使LED色温发生变化, 同时效率低、输出电流精度不易调节、调光范围有限。可控硅调光是利用现有的可控硅调光器, 通过改变可控硅的导通角, 调节输出功率来实现调光, 其优点是不用改变原有日光调光设备。但是缺点更严重: 其会严重降低驱动器效率及功率因数。同时也会使LED产生闪烁。

本研究设计一种可进行PWM调光的LED恒流驱动器, 对驱动器的各个组成部分进行了详细分析, 并且设计一款40 W功率的LED驱动器, 进行验证。

## 1 LED驱动器硬件设计

可调光LED驱动器硬件电路主要包含4部分:

收稿日期: 2011-09-28

作者简介: 田立东(1985-), 男, 吉林德惠人, 主要从事LED驱动器方面的研究。E-mail: 413890063@163.com

通信联系人: 秦会斌, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: qhb@hdu.edu.cn

EMI滤波器、L6562单级PFC恒压电路、HV9910降压恒流电路、Atmega16调光系统电路。驱动器框图如图1所示。

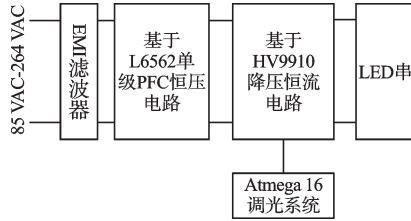


图1 可调光LED驱动器框图

### 1.1 EMI滤波器设计

EMI滤波器主要用来抑制交流电网中高频干扰对驱动器的影响,同时也抑制驱动器由于高频开关而对交流电网产生的影响,干扰主要为共模干扰和差模干扰<sup>[3]</sup>。EMI滤波器组成如图2所示,共模电容 $C_{y1}$ 、 $C_{y2}$ 、 $C_{y3}$ 、 $C_{y4}$ 和共模电感 $L_1$ 用来滤除共模噪声, $L_1$ 是由两个匝数相同、绕向相反的绕组构成。 $C_{x1}$ 、 $C_{x2}$ 是差模电容,用来滤除差模干扰。共模电容要选择Y2安规电容,差模电容选择X1安规电容。图2中的 $R_V$ 是压敏电阻,NTC是负温度系数的热敏电阻。

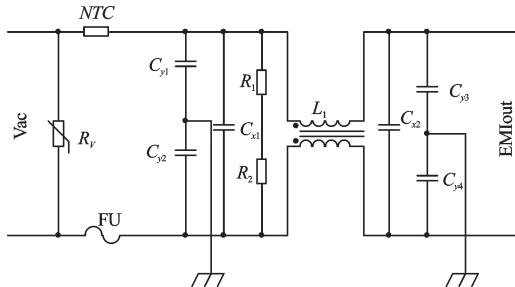


图2 EMI滤波器电路图

### 1.2 单级PFC恒压电路设计

意法半导体公司生产的峰值电流型控制芯片L6562被广泛应用于有源功率因数(APFC)校正电路中,其工作在临界(TM)模式,通过控制电感峰值电流,使得输入电流跟随输入电压变化,以达到功率因数校正的目的。而单级PFC<sup>[4]</sup>恒压电路是将有源功率因数校正电路中的升压电感替换为变压器,并进行其他改进,形成的反激拓扑电路<sup>[5]</sup>如图3所示。

如图3所示电路中,当开关管 $Q_2$ 打开时,经过EMI滤波器之后的交流输入电压经过整流桥整流、输入滤波电容 $C_1$ 之后,加在变压器 $T_1$ 的原边电感上,电感电流线性上升,此时变压器副边整流二极管VD5和VD6反向截止,输出端由输出电容 $C_o$ 和 $C_{o1}$ 供电。当原边电流检测电阻 $R_{12}$ 上的电压达到L6562 CS引脚的基准电压时,开关管 $Q_2$ 关断,此时副边整流二极管VD5、VD6导通,副边绕组经过整流二极管为负载供电,同时为输出电容充电。反激拓扑结构是在开关管关闭时,传递能

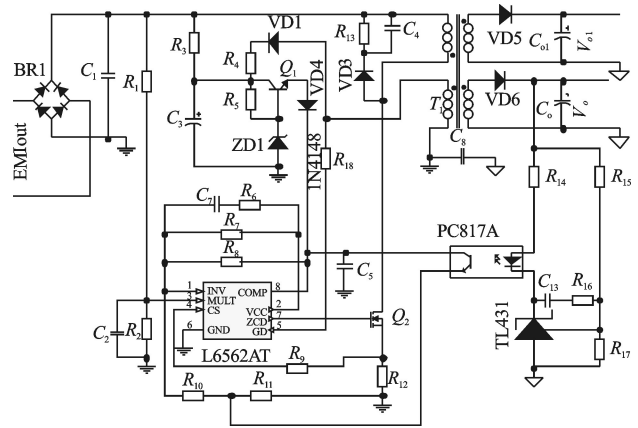


图3 基于L6562单级PFC恒压电路

量。当L6562的ZCD零电流检测引脚检测到辅助绕组中无电流时,说明原边电感已完成磁复位,L6562重新驱动开关管 $Q_2$ 导通,如此反复。

单级PFC恒压电路的主输出电压是由TL431和光电耦合器PC817组成的输出反馈网络中的分压电阻 $R_{15}$ 和 $R_{17}$ 设置的,当输出电压大于设计好的额定输出电压时,电阻 $R_{17}$ 上的电压大于TL431引脚的基准电压2.5 V,此时输出端反馈信号通过PC817反馈到L6562的INV引脚,由于INV引脚的基准电压为2.5 V,如果反馈信号的电压大于2.5 V,那么就会有电流经过 $R_6$ 、 $C_7$ 、 $R_7$ 组成的补偿网络流入L6562的COMP引脚,当该电流大于 $40 \mu A$ 时,就会进入过压保护状态,L6562停止工作,直到该电流降低到低于 $10 \mu A$ 时,L6562会重新启动。从输出电路用于为ATmega16 AVR单片机供电,其输出电压为5 V,当主输出电压恒定时,从输出电压基本恒定。

电路中整流桥之后的输入滤波电容 $C_1$ 的选取要注意:如果选择的过大,会使整流桥的导通角变得过小,同时会使L6562的MULT引脚的类正弦电压波形变得越加不像正弦波,降低电路的功率因数同时增加总谐波畸变(THD);如果电容选择的过小,则起不到滤波的作用,这会加大前端EMI滤波器的大小和成本。

### 1.3 基于HV9910 DC-DC降压恒流电路设计

HV9910是Supertex半导体公司生产的通用高亮度LED驱动芯片,其特点是:

- 效率大于90%;
- 8 V~450 V输入电压范围;
- 恒流LED驱动器;
- 输出电流从几毫安到大于1 A;
- 驱动的LED串从1个到几百个;
- 通过使能引脚进行PWM低频调光。

在该设计中,本研究采用Buck(降压)拓扑结构实现

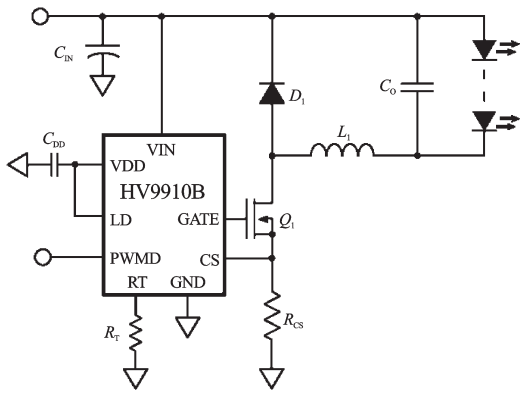


图4 基于HV9910降压恒流电路

LED恒流驱动,其电路图如图4所示,其工作原理为:L6562单级PFC产生的恒压 $V_0$ 接入到该电路的VIN引脚,当开关管 $Q_1$ 打开时,输入电流经过负载LED、电感 $L_1$ 、开关管 $Q_1$ 、检测电阻 $R_s$ 流入到地。此时,电感电流线性上升,储存能量,当检测电阻上的电压达到HV9910 CS引脚检测电压时,开关管关闭。由于电感具有阻碍电流变化的作用,当开关管关闭时,电感电流通过续流二极管与输出电容 $C_0$ 一起为负载LED供电,此时电感电流从峰值电流线性下降。电感电流的平均值即为输出电流。

为了使LED串中流过电流纹波较小,Buck转换器工作在连续模式。因为工作在连续模式时,当占空比超过0.5时,电路会出现次谐波振荡,使系统不稳定,需要进行谐波补偿。而HV9910芯片不具有谐波补偿功能,所以使用该芯片时,要保证输入电压为输出电压的2倍以上,以使占空比小于0.5,避免出现次谐波振荡。

HV9910的调光引脚PWM在不进行调光时,通常与VDD引脚连接,而进行PWM调光时,使PWM引脚与单片机的调光I/O端口相连,当PWM引脚电压大于2.4V时,HV9910正常工作,当PWM引脚电压低于2.4V时,HV9910被禁用。通过PWM调光,LED中的电流只有两种状态:零电流和设置的额定输出电流。本研究

利用单片机调节PWM信号的脉宽,即可调节LED的平均电流即输出电流。输出电流可以从0调节到额定输出电流,即调光范围可以从0~100%,HV9910支持100 Hz~1 kHz的PWM调光。

### 1.4 基于Atmega16的调光系统电路设计

该设计采用ATmega16单片机,AVR单片机的性价比远高于51单片机:高速、采用RISC指令集;低功耗、宽电压:3.3 V~5.5 V。片内资源丰富:外部中断、定时/计数器、ADC等<sup>[6]</sup>。单片机由L6562单级PFC恒压电路的辅助输出5 V电压供电。

ATmega16调光电路通过调节电位器的旋钮,经过ATmega16单片机的A/D转换获得一个电压值,使用定时器0,工作在快速PWM模式。本研究使用单片机外部16 MHz晶振,输出波形频率为300 Hz,通过A/D转换获得的电压值来控制输出比较寄存器OCR0的值,从而达到控制输出的PWM波的占空比,实现调光的功效。

## 2 测试结果

按照上述电路图,笔者设计了一款40 W可调光LED驱动器,其指标为:输入电压为85 V~264 V,输出额定电流为1.8 A,输出电压为23 V,调光PWM信号的频率为300 Hz方波,幅值为5 V。经样板测试,该驱动器的效率为87.7%、功率因数为0.95、THD为0.2,其调光范围可达到2%~100%。

调光时,输出电流波形如图5所示。

对该驱动器进行EMC传导干扰测试,测试标准选择照明设备国标GB17743,EMC传导干扰测试结果如图6所示。只要实际测量峰值曲线PK没有超过准峰值限制曲线QP,实际测量平均值曲线AV没有超过平均值限制曲线AV,则通过EMC传导干扰测试,从图6中可看出,该驱动器通过了国家照明设备标准GB17743<sup>[7]</sup>传导干扰测试。

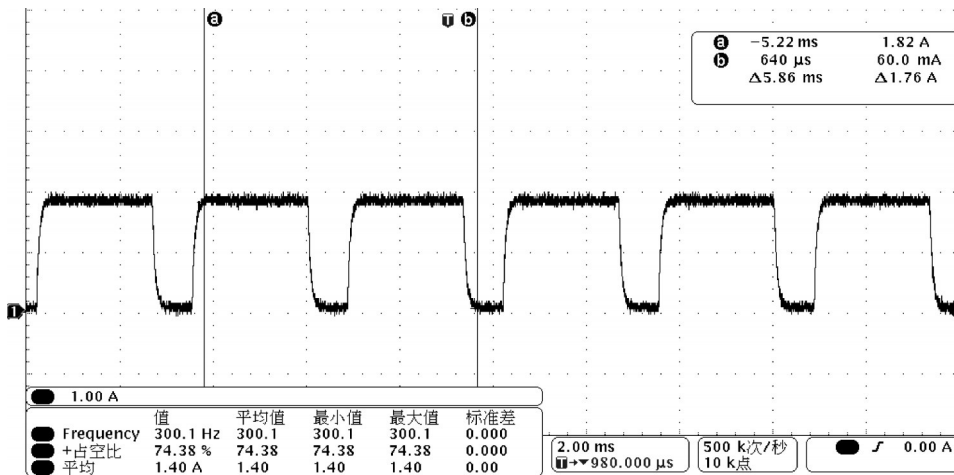


图5 PWM波占空比为74.4%时的LED电流波形

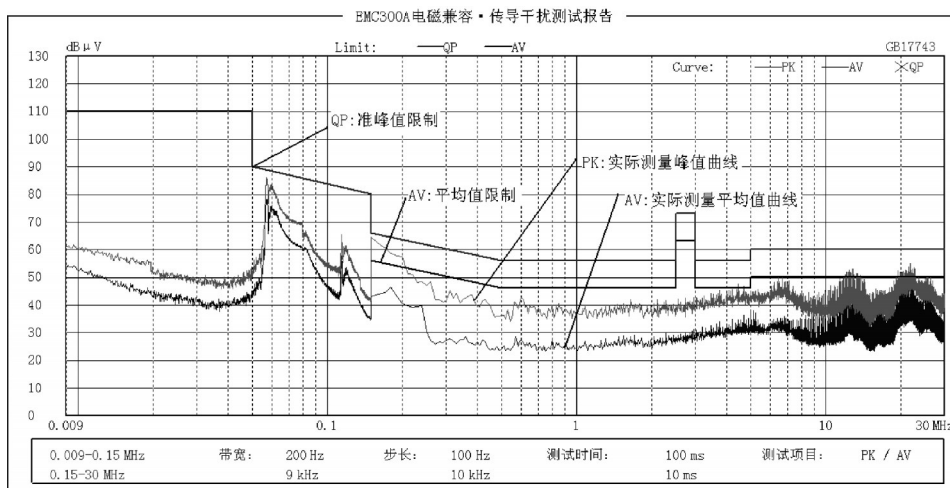


图6 EMC传导干扰测试报告

### 3 结束语

本研究对PWM调光、模拟调光、可控硅调光3种调光方式的应用场合及优缺点进行分析,得出了PWM调光方式比较适合于LED恒流驱动特性解决方案,并对该解决方案进行了样板调试验证。

研究表明,该驱动器设计能够实现高效率、高功率因数、低总谐波畸变及宽范围调光的指标,同时满足EMC传导测试干扰要求,是一款高性能可调光LED驱动器解决方案。

#### 参考文献(References):

[1] 陈浩,席光,刘胜,等.一种精确调光的LED电源设计[J].电源技术,2011,35(2):218-220.

[2] PATTERSON J. 可调光LED:应该选择哪种方案[J]. 中国电子商情(基础电子),2011(4):55-88.

[3] 张占松,蔡宣三. 开关电源的原理与设计(修订版)[M]. 北京:电子工业出版社,2004.

[4] 许化民,阮新波,严仰光. 单级功率因数校正AC/DC变换器的综述[J]. 电力电子技术,2001(1):56-60.

[5] STMicroelectronics. Esign Equations of High-power-factor Flyback Converters Based on the L6561 [K]. STMicroelectronics,2003.

[6] 骆祖国,陈渊睿. 高效LED照明驱动及智能调光电路设计[J]. 微处理机,2011,32(2):84-87.

[7] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化委员会.GB 17743-2007 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限制和测量方法[S].北京:中国标准出版社,2008.

[编辑:张翔]

(上接第449页)

#### 参考文献(References):

[1] BENMOUYAL G. Design of a digital multi-curve time-over-current relay[J]. **IEEE Transactions on Power Delivery**, 1991,6(2):656-665.

[2] YANG Qi-xun, LIU Jian-fei, ZHANG Tao, et al. Technical development and analysis on modern microprocessor-based protection[J]. **Electrical Equipment**, 2003,4(5):10-14.

[3] WAFER J A. The evolution of arc fault circuit interrupters [J]. **Proceedings of the Fifty-First IEEE Holm Conference on Electrical Contacts**, 2005,9(26-28):156-161.

[4] KAREGAR H K, ABYANEH H A, ALDABBAGH M.A flexible approach for overcurrent relay characteristics simulation [J]. **Electric Power System Research**, 2003, 66 (3) : 233-239.

[5] 徐厚东,黄益庄,付铭.微机反时限过流保护算法[J]. 清华大学学报:自然科学版,2006,46(1):1-4.

[6] 伍叶凯,邹东霞. 适用于输电线路的单片机反时限过流保护[J].电力系统自动化,2001(17): 56-59.

[7] 刘为. 配电网输电线路反时限过流保护探讨[J]. 继电器,2003,31(3):23-25.

[8] 阎石. 数字电子技术基础[M]. 5版. 北京:高等教育出版社,2006.

[9] 张惠芳,思晓兰. 微机发变组保护中反时限保护整定计算[J]. 电子自动化设备,2001,21(11):64-65.

[10] 中国国家标准化委员会. IEC60947-6-2 低压开关设备和控制设备\_第6部分多功能电器\_第2节控制与保护开关电器[S]. 北京:中国国家标准化委员会,2007.

[编辑:张翔]