

文章编号:1007-2780(2012)04-0503-05

用于 CS-LCoS 微型投影机的大功率 LED 驱动电源设计

张宝龙¹,徐西印¹,李 丹¹,李云峰²,
姚连芳¹,薛芸芸¹,曹 雯¹,郭海成³

(1. 天津科技大学 电子信息与自动学院,天津 300222,E-mail:eezbl@tust.edu.cn;
2. 天津峰景光电科技有限公司,天津 300384; 3. 香港科技大学 显示技术研究中心,香港 九龙)

摘 要:设计出了一款应用于时序彩色法硅覆液晶微型投影机的大功率、高亮度 LED 驱动电源。由于采用大功率 LED 芯片内部单元为并联连接,故驱动电流达 10 A。为了满足此要求,文章结合直流变直流(DC/DC)电源设计思路,设计出了可用脉宽调制信号调控的恒流源。实验结果显示:该恒流源能够精确地输出 10 A 恒定电流,而且纹波小,开关迅速、彻底,完全符合 CS-LCoS 微型投影机中 LED 光源对驱动电源的要求。
关 键 词: 硅覆液晶;时序彩色;大功率;LED
中图分类号: TM923.34 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122704.0503

Design of High-Power LED Driver for CS-LCoS Mini-Projector

ZHANG Bao-long¹, XU Xi-yin¹, LI Dan¹, LI Yun-feng²,
YAO Lian-fang¹, XUE Yun-yun¹, CAO Wen¹, Hoising Kwok³

(1. College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science and Technology,
Tianjin 300222, China,E-mail:eezbl@tust.edu.cn;
2. GianTOPTics Technology Limited, Tianjin 300384, China;
3. Center for Display Research, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, China)

Abstract: A high-power and high-brightness LED driver is developed for Color Sequential Liquid-Crystal-on-Silicon mini-projector. The LED chips are arranged in parallel due to the Étendue requirement of the illumination system. However, the driving current can be around 10 A, which increases the design complexity of the LED driver. In order to solve this problem, a constant current source is developed, which is controlled by Pulse Width Modulation. The experimental results show that the driver can supply constant 10 A current with reasonable ripple wave and fast response character, which agrees well with the requirement of LED source.
Key words: LCoS;color sequential;high power;LED

1 引 言

硅覆液晶(Liquid Crystal on Silicon, LCoS)微显示器(Microdisplay)属于新型的反射式微型LCD(Liquid Crystal Display)投影技术,它结合了半导体和 LCD 技术,具有高分辨率、高亮度、低成本等优点。LCoS 可以分为两大类别:彩色时序(Color Sequential, CS)LCoS(Color Sequence LCoS, CS-LCoS)和彩色滤光膜 LCoS(Color Filter LCoS)^[1]。其中 CS-LCoS 是单色 LCoS,它是

利用人眼的视觉暂留特性,通过 R、G、B 三基色光源的交替亮灭,在时间轴上进行混色的,其帧刷新频率为 480 Hz^[2]。图 1 为 CS-LCoS 微型投影机的剖面图。

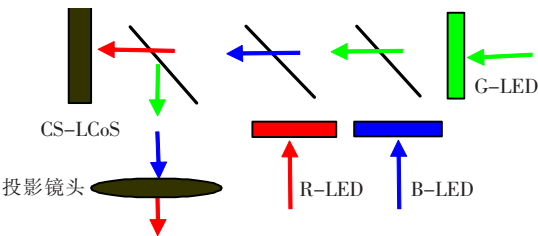


图 1 基于 CS-LCoS 的微型投影机剖面图
Fig. 1 Cross-section view of CS-LCoS mini-projector

光源是微型投影机除 LCoS 之外的另一重要组成部分,拥有亮度高、光效高、色彩丰富等特点的光源是未来微型投影机光源的发展趋势。发光二极管(Light Emitting Diode, LED)因其具有寿命长、亮度高、光效高、色彩丰富等优点,越来越受到世人的关注,其技术发展也越来越成熟。传统的微型投影机通常采用白光 LED 作为光源,这样不能充分发挥 LED 色彩的优势。如果本文采用大功率、高亮度的 R、G、B 三基色 LED 作为光源,将大幅提升 CS-LCoS 微型投影机的整体性能。

根据非成像光学理论,在光学系统中,当后一级光学系统的光学扩展量(etendue)大于等于前一级时,系统光学效率最高^[3]。具体表达式如下所示:

$$n_2^2 \theta_2^2 a_2^2 \geq n_1^2 \theta_1^2 a_1^2$$

其中 n_1 、 n_2 分别为前后级光学元件折射率, θ_1 、 θ_2 分别为前后级光学元件发(收)光角度, a_1 和 a_2 分别为前后级光学元件面积。基于光学元件成本和 LED 出光特性(出光角为 π)的考虑,为了尽可能地提高微型投影机光学系统的光学效率,应使 LED 出光面积 a_1 尽可能的小,因此本文采用单一芯片型 LED^[4],如图 2(b)所示。

由于这种 LED 芯片内部单元为并联连接,故需要输出为低电压、大电流的恒流源来驱动,即驱动电流需从目前常见的 mA 级别大幅提升至 10 A 以满足要求。而且 CS-LCoS 的频率达 480 Hz,为了 R、G、B 三基色的精确切换,从而投影出高质量的图像,驱动电路必须开关迅速、彻底。因此本文按照以上要求,设计出脉宽调制(Pulse Width Modulation, PWM)调光方式的恒流 LED 驱动

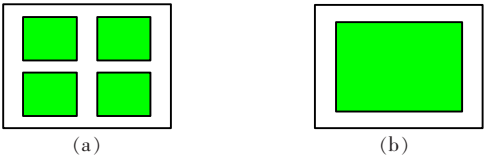


图 2 (a)多芯片并联型和(b)单一芯片型 LED 封装结构
Fig. 2 Packing of (a)multi- and(b) single-chip LED cells

电路。

2 LED 时序控制

为了使 CS-LCoS 微型投影机能够投射出高质量的图像,RGB 三基色 LED 的亮暗控制时序必须和 CS-LCoS 的显示时序保持严格一致^[5]。如图 3 所示:以帧为基本单位,VDE 为视频解码芯片输入到 CS-LCoS 数据暂存寄存器的 RGB 视频信号时序,LCoS data 为 CS-LCoS 数据暂存寄存器内的数据转移到 CS-LCoS 显示寄存器的时序,R、G、B 为控制 RGB 三基色 LED 亮灭的控制时序。

例如在一个周期中,首先将存储在 CS-LCoS 数据暂存寄存器中的数据移送到显示寄存器中,液晶面板上显示出该帧所对应的信息,于此同时把经过解码后的下一帧的视频信号数据,转移并存储到 CS-LCoS 数据暂存寄存器中。并且要求 LED 亮灭控制时序必须和 CS-LCoS 显示寄存器的显示时序保持一致。否则会导致色彩“越界”。严重时会导致色彩失真、总体亮度降低。

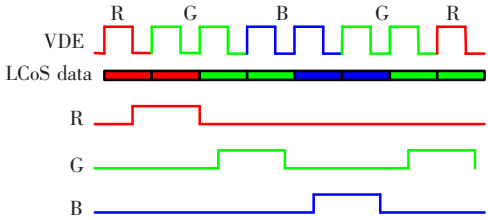


图 3 CS-LCoS 与 LED 时序
Fig. 3 Timing structure of CS-LCoS and LED

3 大功率 LED 驱动电路的设计

本文采用高效率的 DC/DC 恒流源设计思路^[6-8],设计出基于 Buck 拓扑结构的高电流恒流源。如图 4 所示,输入电压为 12 V,输出电流为 10 A。控制电路模块参考电压 8.5 V 作为放大器内部驱动,从而增大 GATE 信号的驱动能力,

提高 MOS 管的导通程度。晶振频率为 350 kHz,即触发器 GATE 端信号的频率为 350 kHz。 R_2 为电流检测电阻,其两端的电位差通过反馈电路反馈至触发器, R_2 阻值大小为 18 m Ω 。在 PWM 信号为高电平时,触发器根据 R_2 的反馈电压,调整 GATE 端信号占空比,即调整 MOS 管的通断时间,来达到输出目标电流的目的。电感 L_1 为此恒流源的主要器件,特别是对于如此高电流的恒流源,电感的感值、散热性能等都十分重要。电感值太小,电感储存能量太少,输出电流纹波太大;电感值太大,电感储能太慢,功率系统反应迟缓。因此,合适的感值,有利于提高输出电流的质量。电感感值大小的计算公式为:

$$L = \frac{R_{SW} \times V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{0.02 \times V_{IN} \times f}$$

其中 $R_{SW}=5\text{ m}\Omega$; $V_{OUT}=4.9\text{ V}$; $V_{IN}=12\text{ V}$;

$f=350\text{ kHz}$ 。经过计算, $L_1=2.1\text{ }\mu\text{H}$ 。为保留一定的感值余量,本电路采用 2.2 μH 的功率电感。

LED 的亮度由流经 LED 的电流及 PWM 控制信号的占空比决定。LED 电流通过采样电阻 R_2 两端 ISP 和 ISN 引脚反馈至控制电路,其大小的计算公式为:

$$I_{LED} = \frac{0.18\text{ V}}{R_2}$$

在 LED 两端并联一个电容,可以有效地降低输出纹波,但是电容太小效果不明显,电容太大,会使输出产生延迟,降低频率响应。因此本文采用 120 μF 的电容,可使输出纹波大幅减少。由于 CS-LCoS 微型投影机对于时序要求严格,本电路另外添加 Q_5 以及其右边的快速切断电路,此电路可以有效地提高对各颜色 LED 亮灭的控制精度。

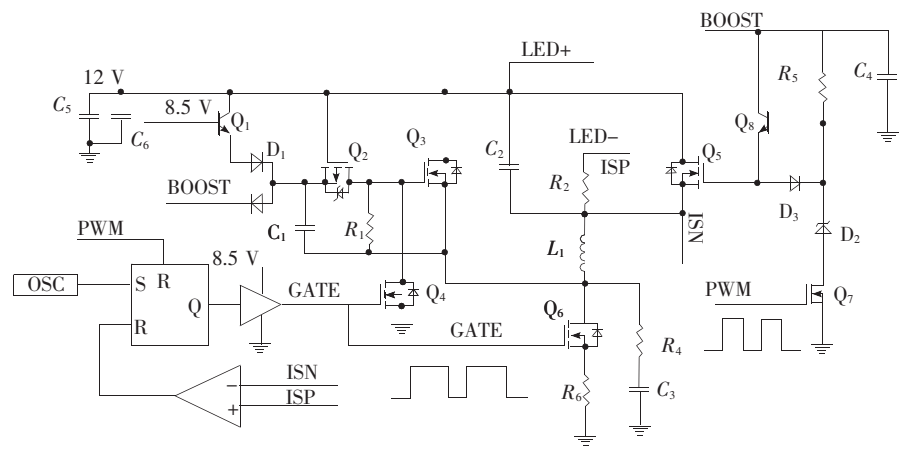


图 4 大功率 LED 驱动电路
Fig. 4 High-power LED driver

4 驱动电路的工作原理

当 PWM 信号为高电平时, Q_7 导通,此时由于 BOOST 支路电压为 8 V,稳压管 D_2 (稳压值为 6 V) 将 Q_5 的栅极电压钳位在 5.3 V,而源极电压为 7 V,不满足导通条件, Q_5 截止。同时根据 R_2 两端电位差的大小,驱动电路可分为以下两种状态:

状态一:当 R_2 两端电位差小于 0.18 V 时,控制电路 GATE 端输出高电平,此时功率 MOS 管 Q_6 导通,电流从电源经过 LED、 R_2 、 L_1 、 Q_6 、 R_6 到地,并将由此产生的 R_2 两端电位差反馈至控制电路。由于功率电感 L_1 一直处于充电状态,即通过它的电流一直在上升, L_1 存储了大量电能。

与此同时, Q_4 导通,即把 Q_3 栅极电压拉低, Q_3 栅极电压低于源极电压, Q_3 截止。电路此时状态示意图如图 5 所示。

状态二:当 R_2 两端电位差大于 0.18 V 时,控制电路 GATE 端输出低电平,此时 Q_4 、 Q_6 截止,由于电感的续流特性, C_1 与 Q_2 相连端电位被抬高(C_1 两端电压 V_{C1} 保持不变),其大小为此时 Q_6 漏极电位与 V_{C1} 之和,PMOS 管 Q_2 导通,从而导致续流 MOS 管 Q_3 导通,且导通电阻相较于常用续流二极管 SS14 极小,因此损耗的功率也极小,从而提高系统效率。 L_1 、 Q_3 、LED、 R_2 组成回路,LED 继续保持亮的状态。电路状态如图 6 所示。

当 PWM 信号为低电平时,控制电路 GATE

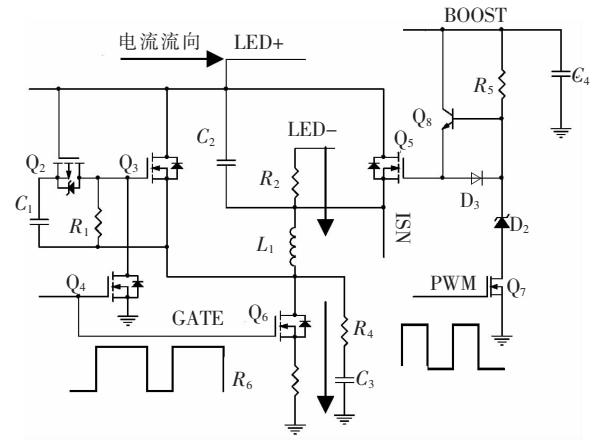


图 5 GATE 输出为高电平时,电路的状态。
Fig. 5 Status of driver when GATE is high

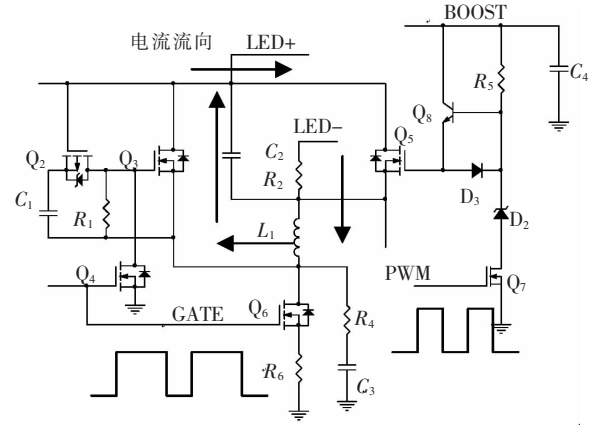


图 6 GATE 输出为低电平时,电路的状态。
Fig. 6 Status of driver when GATE is low

端保持低电平。与此同时 Q_7 截止,这时 Q_5 满足了导通条件,从而使 LED 两端短路,该色 LED 快速熄灭和切换,即可以明显提高微型投影机的显色精度。

5 输入、输出特点

在 PWM 信号保持高电平,即 LED 保持常亮状态时,用万用表测得 R_2 两端电压为 179.3 mV,即流经 LED 的平均电流 $I_{LED} = 179.3/18 = 10$ A。

参 考 文 献:

[1] Zhang B L, Li K K, Chigrinov V G, *et al.* Application of photoalignment technology to liquid-crystal-on-silicon microdisplays [J]. *Japanese Journal of Applied Physics*, 2005,44(6A):3983-3991.
[2] Himax Display, Inc. HX7308BTJFA [EB/OL]. [2010-08-20]. <http://www.himaxdisplay.com/en/product/HX7308.asp>.

由图 7 可知,PWM 信号为高电平时,LED—电位被拉低,此时 LED 亮,反之,LED 灭。而且上升沿、下降沿时间在 μs 级别,远远小于单色显示周期 $2\text{ ms}(1/480\text{ s}=0.002\text{ s})$,所以 R、G、B 三基色 LED 可以非常快速、彻底的切换。

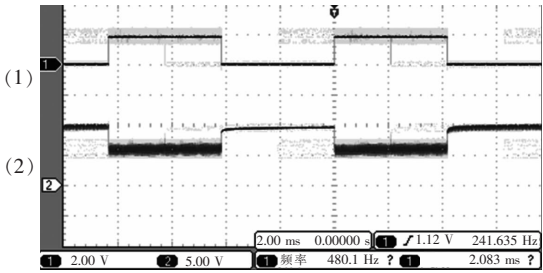


图 7 (1)PWM 信号和(2)LED—电位波形
Fig. 7 Single wave of (1) PWM and (2)LED—

由图 8 可知,由于 LED+ 电位保持不变,LED—电位的变化反映了 LED 两端电压的纹波大小。LED 两端电压峰谷电位差为 250 mV 左右,而 LED 两端电压为 5 V,纹波占 LED 两端电位差的 5%,完全可以满足 LED 的要求。

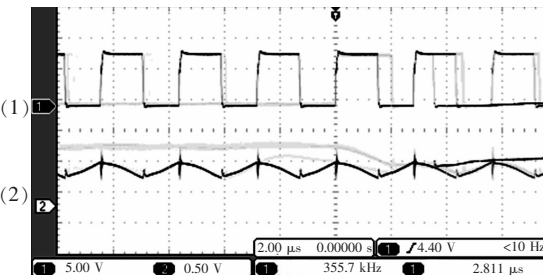


图 8 (1)GATE 端信号与(2)LED—电位波形
Fig. 8 Single wave of (1)GATE footprint and (2)LED—

6 结 论

本文设计的大功率、高亮度 LED 驱动电路输出 10 A 恒定电流、纹波小、可以快速彻底地开关、切换,完全符合 CS-LCoS 微型投影机中 LED 光源对驱动电源的要求。

[3] 王蓉. LCoS 微型投影仪中照明系统的设计[D]. 杭州:浙江大学, 2006.

[4] Luminus Devices, Inc, PhlatLight PT39 Projection Chipset [EB/OL]. [2010-03-01]. <http://www.luminus.com>.

[5] Himax Display, Inc. HX7809-A [EB/OL]. [2009-03-20]. <http://www.himaxdisplay.com/en/product/HX7809.asp>.

[6] 杨旸,赵梦,陆佳颖. 高亮度白光 LED 驱动控制器设计[J]. 浙江大学学报(工学版),2010,44(1):111-117.

[7] 张普雷,史永胜,史耀华,等. 大功率背光源 LED 驱动电路研究现状与进展[J]. 液晶与显示,2010,25(1):68-74.

[8] 王海峰,杨淑燕,张凤生. 用于液晶显示器背光的 LED 驱动电路设计[J]. 液晶与显示,2008,23(4) 442-447.

欢迎订阅 欢迎投稿

《光学 精密工程》

《光学 精密工程》是中国仪器仪表学会一级学术期刊,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办,科学出版社出版。由国内外著名科学家任顾问,陈星旦院士任编委会主任,国家科技部副部长曹健林博士担任主编。

《光学 精密工程》坚持学术品位,集中报道国内外现代应用光学、光学工程技术、光电工程和精密机械、光学材料、微纳科学与技术、医用光学、先进加工制造技术、信息与控制、计算机应用以及相关交叉学科等方面的最新理论研究、科研成果和创新能力。本刊自 2007 年起只刊发国家重大科技项目和国家自然科学基金项目及各省、部委基金项目资助的论文。《光学 精密工程》竭诚欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊获奖:

中国科学技术协会择优支持期刊
中国百种杰出学术期刊
第一届北方优秀期刊
吉林省双十佳期刊

国际检索源:

《美国工程索引》(EI Compendex)
《美国化学文摘》(CA)
《英国 INSPEC》(SA)
《俄罗斯文摘杂志》(PЖ)
《美国剑桥科学文摘》(CSA)

国内检索源:

中国科技论文统计源期刊
中国学术期刊(光盘版)
万方数据系统数字化期刊
台湾华艺中文电子期刊网
中国科学引文数据库
中国物理文献数据库
中国期刊网
中文核心期刊要目总览(北大)
中国学术期刊综合评价数据库
中国光学与应用光学文摘
中国科学期刊全文数据库
中国光学文献数据库
中国学术期刊文摘
中国物理文摘

地 址:长春市东南湖大路 3888 号

《光学 精密工程》编辑部

邮 编:130033

电 话:(0431)86176855

传 真:(0431)84613409

E-mail: gxjmgc@ciomp.ac.cn

gxjmgc@sina.com

<http://www.ope.net.cn>

国内邮发代号:12-166

国外发行代号:4803BM

定 价:50.00 元/期

帐 户:中国科学院长春光学
精密机械与物理研究所

银 行:中行吉林省分行营业部

帐 号:220801471908091001