

文章编号:1007-2780(2013)05-0732-04

# 基于 CS-LCOS 显示系统的 RGB 光源时序驱动设计

项国庆<sup>1,2</sup>, 赵 瑜<sup>1,2</sup>, 范 义<sup>2,3</sup>, 代永平<sup>1,2,3\*</sup>

(1. 南开大学 光电子薄膜器件与技术研究所, 天津 300071, E-mail: nkuxgq@163.com;

2. 深圳市力伟数码技术有限公司, 深圳 518000; 3. 南开大学 光电信息技术科学教育部重点实验室, 天津 300071)

**摘 要:** 鉴于 CS-LCOS 微型显示系统亮度和色域难以兼顾的问题, 文章提出一种新型的 RGB 光源时序驱动方式, 一改以往 RGB 光源驱动占空比相同的驱动方式, 根据 RGB 光源的实际发光特性对其占空比进行合理分配。结果表明, 此驱动方式在保证高显示色域的情况下, 可以显著提升出射亮度, 有效地提高了 CS-LCOS 显示系统的显示效果和实用性。

**关 键 词:** 硅基液晶; 时序彩色; 发光二极管; 色域

中图分类号: TN27

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132805.0732

## Design of Driving RGB Timing Light Source for CS-LCOS Display System

XIANG Guo-qing<sup>1,2</sup>, ZHAO Yu<sup>1,2</sup>, FAN Yi<sup>2,3</sup>, DAI Yong-ping<sup>1,2,3\*</sup>

(1. Institute for Photoelectron of Nankai University, Tianjin 300071, China, E-mail: nkuxgq@163.com;

2. Shenzhen LIWEI Digital Technology Co., Ltd, Shenzhen 518000, China;

3. Key Laboratory of Opto-Electronic Information Science and Technology of Ministry of Education, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** Aiming at the difficulty to achieve both brightness and color gamut for CS-LCOS display system, this paper presented a new kind of driving method of RGB light source which the RGB driving duties were given according to their luminescence characteristics. Then it is found that under the premise of ensuring high color gamut, this method increased the display brightness, and greatly enhanced the display effect and practicality.

**Key words:** LCOS; sequential color; light emitting diode; color gamut coverage

## 1 引 言

LCOS(Liquid Crystal on Silicon)微型液晶显示技术属于新型的反射式投影技术,可分为两大类:彩色时序 LCOS(Color Sequence LCOS, CS-LCOS)和彩色滤光膜 LCOS(Color Filter LCOS, CF-LCOS)。其中 CS-LCOS 是利用人眼的视觉暂留特性,快速顺序显示 RGB 子场图像来合成完整的彩色图像<sup>[1]</sup>。彩色时序法的优点是不

使用彩色滤光膜,减少了图像亮度损失,同时,一个物理像素实现了 3 个基色像素的功能,有利于在同样尺寸的显示屏上实现更高的分辨率,并提高色域覆盖率。

微型显示系统的光源选择极为重要,拥有体积小、亮度高、光效高、色彩丰富等特点的光源是实现良好显示效果的重要条件。LED(发光二极管)因其具有寿命长、体积小、亮度高、光效高、色彩丰富等优点,受到青睐。传统的 LCOS 显示系

收稿日期: 2013-02-07; 修订日期: 2013-03-30

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)(No. 2009AA01Z326)

作者简介: 项国庆(1986—),男,山东青州人,硕士研究生,主要从事 SoC 芯片技术与开发。

\* 通信联系人, E-mail: daiyp@nankai.edu.cn

统通常采用白光 LED 作为光源,不能充分发挥 LED 色彩的优势<sup>[1]</sup>。本文采用 OSRAM 公司的 LRTB G6TG 集成式三基色 LED 作为 CS-LCOS 显示系统的光源,不仅可以满足微型显示系统低功耗、小体积的要求,更可以显著提高分辨率和色域覆盖率,完成系统整体性能的提升。

2 LED 时序控制

实验所用 CS-LCOS 芯片只是将原 CF-LCOS 芯片去掉 CF 膜,原 CF-LCOS 芯片 RGB 品字型阵列的 QVGA 像素排列情况如图 1 所示,一个像素由 RGB 3 个子像素组成,显示一幅图像的有效像素为 320 列 240 行。CS\_LCOS 芯片由于没有 CF 膜,每个由 RGB 品字型排列的像素可以分解为 3 个像素,分辨率可以由 QVGA 的 320×240 扩展到 480×480,从而实现分辨率的提升。写入方式依旧为 3 个子像素点同时写入,只不过由以前的 RGB 数据改成相同的基色数据,如红场时,每个像素时钟写入 3 个 R 数据到原 RGB 子像素点。

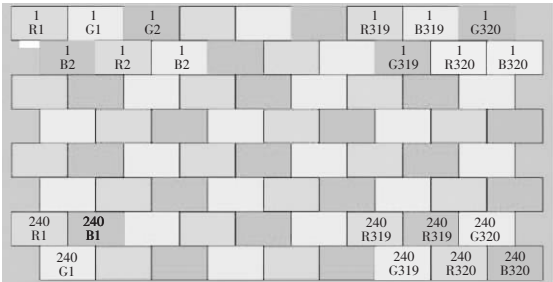


图 1 原 CF-LCOS 像素排列  
Fig. 1 Original CF-LCOS pixel array

为使 CS-LCOS 显示系统完成高质量的显示,RGB 三基色 LED 的亮暗控制时序必须和 CS-LCOS 的显示时序保持一致。完成一场基色图像的显示需要 3 部分时间:(1)图像数据写入时间;(2)液晶响应时间;(3)LED 点亮时间<sup>[2]</sup>。如图 2,图中 CLKX 为像素时钟,R [5..0]、G [5..0]、B [5..0]为 RGB 数据信号,DE 为有效数据选通信号,LED\_R/G/B 为 LED 控制信号, $t_{LC}$  为液晶响应时间。

RGB 三基色子场帧频为 360 Hz,像素时钟 64.8 MHz,液晶反应时间为 1 ms。RGB 基色子场时间为  $T=1/360=2.78\text{ ms}$ ,有效图像数据写入时间为  $t_{\text{DATA}}=330\times240/64.8\text{ M}=1.22\text{ ms}$ (写

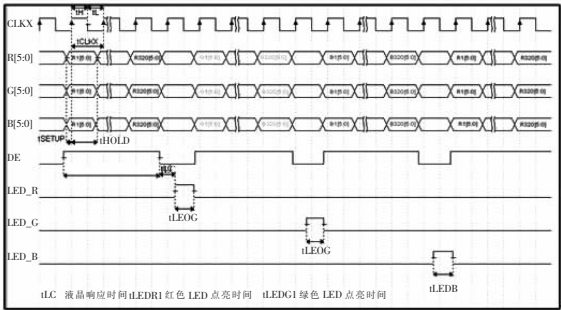


图 2 CS\_LCOS 与 LED 时序  
Fig. 2 Timing structure of CS\_LCOS and LED

330 列 240 行),液晶响应时间  $t_{LC}=1\text{ ms}$ 。LED 的响应时间为 ns 级,驱动电路的响应时间约为 5  $\mu\text{s}$ ,相对于点亮时间可忽略不计。那么 LED 的点亮时间  $t_{LED}=T-t_{\text{DATA}}-t_{LC}=0.56\text{ ms}$ 。按照此点亮时间,一副彩色图像完成显示,RGB 三基色 LED 点亮时间分别占总时间的 6.7%,RGB 点亮占空比之和为 20%。

LED 点亮时间过短会导致图像显示亮度不足,要想提高亮度有两种方法:一为延长 LED 点亮时间,即增大  $t_{LED}$ 。根据  $t_{LED}=T-t_{\text{data}}-t_{LC}$ ,得出可以延长 RGB 子场时间、降低数据写入时间或降低液晶响应时间。延长子场时间即降低子场帧频,而帧频过低会导致闪烁现象。降低数据写入时间可考虑提高像素时钟或者加入场缓存像素电路<sup>[3]</sup>。降低液晶响应时间则需要在液晶工艺上改进,提高响应速度。二为点亮时间不变,提高 LED 光效率或提高 LED 驱动电流,增加亮度。在以上两种方法都无法满足亮度需要时,唯有提前 LED 的点亮时间。但由于图像数据写入为一行行写入,如果 LED 在基色场数据尚未完全写入或已完全写入但液晶未能完成响应时点亮,则会产生颜色掺杂。此处驱动时序为 RGBRGB,则在 R 基色场中,会有 B 场数据存在,相当于 B 基色中掺杂了 R 基色,同样 R 基色中会掺杂 G 基色, G 基色中会掺杂 R 基色。颜色掺杂导致色域降低,显示效果下降。

综上所述,除提高 LED 光效率及 LCOS 设计与工艺等方式外,要兼顾投影亮度和色域,唯有合理调节 LED 点亮的占空比和驱动电流,实现亮度和色域的平衡。此处 RGB 的点亮占空比均为 6.7%,实际 RGB 达成白平衡的亮度比例一般为 3:6:1 左右,绿色所占比重最大。当 G 场 LED 点

亮占空比为 6.7% 时, R、B 场并不需要这么高的占空比, 本文将 RGB 总占空比根据 LED 发光情况进行重新分配, 实现亮度的提升。RGB 点亮占空比分配过程通过增减 RGB 子场的无效行写入数量实现, 减少 R、B 子场的无效行数来降低其点亮时间, 增加 G 子场的无效行数来提高其点亮时间, 最终实现 LED 点亮时间的充分利用, 实现 CS-LCOS 投影亮度最大化。

### 3 驱动电路设计

LED 的发光亮度随正向驱动电流的增大而增大, 而正向压降的轻微变化都会引起驱动电流乃至 LED 亮度的较大变化, 因此采用恒压源驱动不能

保证 LED 发光的一致性, 故 LED 光源采用恒流源驱动<sup>[5]</sup>。此处 LED 驱动芯片选择 LINEAR 公司生产的 4 通道 DC-DC 转换器 LT3476, LT3476 在 LED 的高压侧检测输出电流, 可提供降压、升压或者降压、升压配置。采用 PWM 调光, 调光比可达 1 000:1。驱动电路如图 3。图中 VADJ1、VADJ2、VADJ3 为 RGB 电流调节端, PWMR、PWMG、PWMB 为 PWM 调制端口, PWM 调制脉冲由 FPGA 提供, 此处占空比分别为 5%、10%、5%。其中调光电路中所涉及的调光频率是以所选 LCOS 芯片的工作频率为参考的, 占空比的确定是由 RGB 3 色 LED 在不同电流下的光通量及系统所要达到的输出亮度来确定的<sup>[6-7]</sup>。

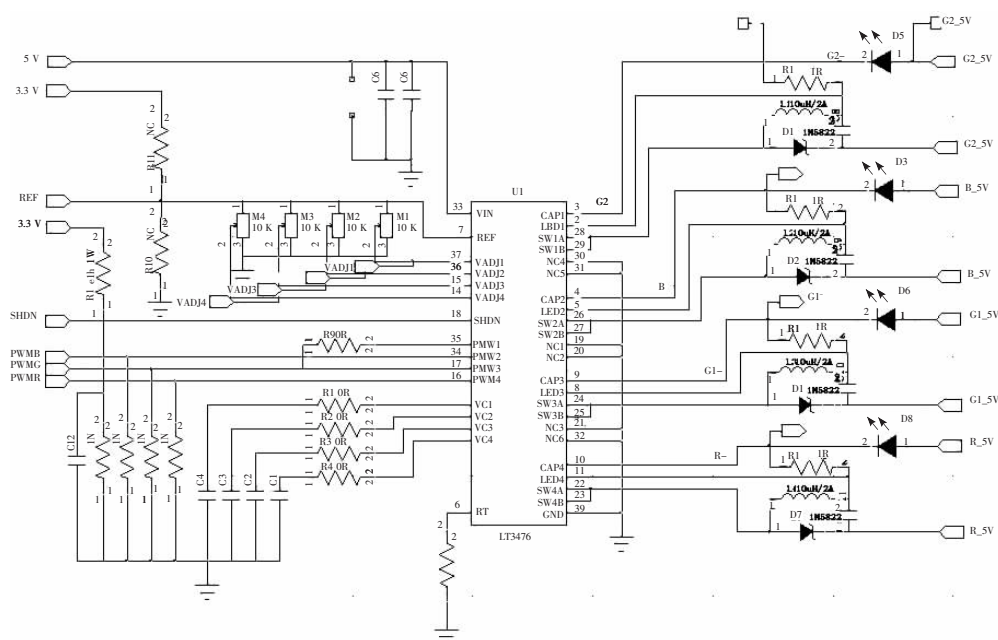


图 3 LED 驱动电路

Fig. 3 Driving circuit of LED

### 4 LED 特性分析及白平衡调节

白平衡是指依据我们所要的色温, R\G\B LED 三基色之发光强度的比重。白平衡设定不同会影响 LED 的发光强度, 发光强度不代表驱动电流也不同, 相对会影响整体亮度值及所需消耗功率。因此, 一切根本由白平衡谈起, 确立白平衡立足点, 才能确定后续推算。此处要达成色温 7 000 K 的白平衡, 根据混色原理和 LED 发光特性, 来选择驱动脉冲占空比和驱动电流的大小。此处选择 LED 点亮占空比为 R 5%、G 10%、B 5%, 发光曲线如图 4,  $E_v$  为法线方向 20 cm 处的

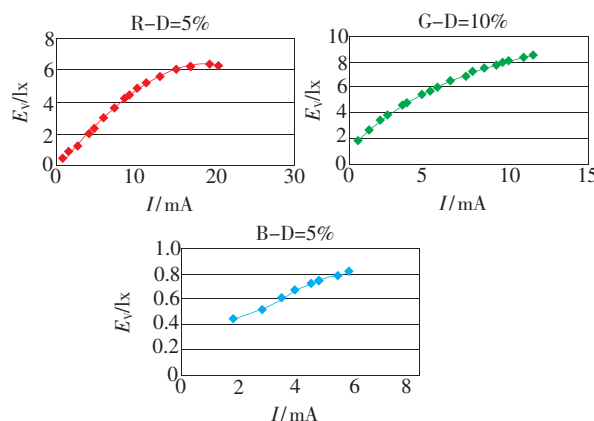


图 4 脉冲驱动发光曲线

Fig. 4 Light curve of pulse-driven LED

照度值,  $I$  为平均驱动电流。读无效行的时间包括液晶响应时间和 LED 点亮时间, RGB 基色 LED 点亮时间依次为 0.42, 0.83, 0.42 ms。无效行读取时间依次为 1.42, 1.83, 1.42 ms, 无效行数依次为 279, 359, 279。

混色理论公式如下, 其中  $(x, y)$  为白光色坐标,  $(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)$  为 RGB 色坐标,  $L_1, L_2, L_3$  为 RGB 亮度。

$$\begin{cases} x = \frac{\frac{x_1}{y_1}L_1 + \frac{x_2}{y_2}L_2 + \frac{x_3}{y_3}L_3}{\frac{1}{y_1}L_1 + \frac{1}{y_2}L_2 + \frac{1}{y_3}L_3} \\ y = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{\frac{1}{y_1}L_1 + \frac{1}{y_2}L_2 + \frac{1}{y_3}L_3} \end{cases}$$

7 000 K 色温的白光色坐标为 (0.306, 0.317), RGB 要达成色温 7 000 K 的白平衡, 可选定脉冲驱动方式为: 红色 LED 占空比 5%, 平

均电流 6 mA,  $(x_1, y_1) = (0.706\ 54, 0.293\ 46)$ ; 绿色 LED 驱动占空比 10%, 平均电流 10 mA,  $(x_2, y_2) = (0.186\ 82, 0.689\ 94)$ ; 蓝色 LED 占空比 5%, 平均电流 3.5 mA,  $(x_3, y_3) = (0.137\ 47, 0.040\ 35)$ 。经混色公式计算 RGB 亮度比值  $L_1:L_2:L_3 = 24.84\%:69.94\%:5.22\%$ , 与 LED 实际光照度符合, 可满足显示需要。如实际效果有轻微偏差, 可微调电流<sup>[8]</sup>。

## 5 结 论

CS-LCOS 可以实现更高的分辨率和色域, 相比于常用的 LED 点亮占空比相同的驱动方式, 文章提出一种新的时序彩色光源驱动方式, 在保证色域不降低的前提下, 通过 LED 点亮时间的最大化利用, G 子场亮灯占空比由 6.7% 提高到 10%, 实现投影亮度提升, 极大地提升了显示效果和实用性。

## 参 考 文 献:

- [1] 张宝龙, 徐西印, 李丹, 等. 用于 CS-LCOS 微型投影机的大功率 LED 驱动电源设计 [J]. 液晶与显示, 2012, 27(4): 503-507.
- [2] 代永平, 孙钟林. LCoS 微显示器的时序彩色化设计 [J]. 现代显示, 2001, (29): 18-23.
- [3] 卢颖飞. 单片 LCOS 时序彩色化显示的研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [4] OSRAM Opto Semiconductors. LRTB G6TG 6-lead MULTILED Enhanced Optical Power LED Datasheet[EB/OL]. [2012-02-30]. www.osram-os.com.
- [5] 王凤岩, 许建平, 贺明智. 超高亮 LED 的驱动 [J]. 电源技术应用, 2005, 8(9): 43-48.
- [6] 张海翔. 基于 LCOS 投影显示的 LED 照明设计与应用 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [7] 李薇, 刘方. 情景照明系统的 LED 混色技术研究 [J]. 中国照明电器, 2009, (10): 8-13.
- [8] 张麦丽, 牟强. 基于调色原理白光 OLED 器件结构的研究 [J]. 液晶与显示, 2006, 21(5): 497-500.