

文章编号:1007-2780(2015)05-0872-05

彩色 LED 背光源调频调光与混色方法

杨宗阳¹, 刘 波^{2,3,4}, 章小兵^{2,3,4,5}, 祁凌云^{2,3,4*}

- (1. 总参陆航部军事代表局驻南京地区军事代表室, 江苏 南京 211100;
2. 中航华东光电有限公司, 安徽 芜湖 241002;
3. 特种显示国家工程实验室, 安徽 芜湖 241002;
4. 国家特种显示工程技术研究中心, 安徽 芜湖 241002;
5. 安徽工业大学 电气信息学院, 安徽 马鞍山 243002)

摘要:介绍了一种使用橙、绿、蓝三基色 LED 灯作为背光灯的平板显示模块背光源。本背光源亮度的调节通过变频调光技术实现。最终的标准白色光利用这种三色灯的调光脉冲高电平时间混色的方法得到, 并按照光传感器输出的数据来微调三色灯调光脉冲高电平时间。这种调光与混色的方法可以有效改善由于温度变化带来的背光源亮度、色温变化与色坐标漂移。

关 键 词:LED 背光; 混色; 调光

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20153005.0872

Colorful LED backlight FM & diming and color mixing method

YANG Zong-yang¹, LIU Bo^{2,3,4}, ZHANG Xiao-bing^{2,3,4,5}, QI Ling-yun^{2,3,4*}

- (1. Aviation Department of General Staff Military Representative Office in Nanjing Military Representative Office, Nanjing 211100, China;
2. AVIC Huadong Photoelectric Company Limited, Wuhu 241002, China;
3. State Special Display Engineering Laboratory, Wuhu 241002, China;
4. National Special Display Engineering Research Center, Wuhu 241002, China;
5. School of Electrical Engineering and Information, Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China)

Abstract: A kind of panel display module source using RGB LED as backlight is introduced in this paper. Frequency diming method is used to adjust backlight brightness. The final standard white light is gained by RGB diming pulse high level mixing color method. And besides, RGB diming pulse high level timing is tuned according to data from color sensor. Using the method, backlight brightness, color varies and coordinates drifts caused by temperature varies can be effectively improved.

Key words: backlight of LED; mixing colors; diming

收稿日期: 2014-07-14; 修订日期: 2014-11-17.

* 通信联系人, E-mail: qilingyun0625@163.com

1 引 言

目前,LED 技术已普遍应用并发展到相当成熟的程度。同时,各种彩色 LED 也日渐研发成熟,同时带来了成本的大幅下降。由于橙绿蓝三种颜色 LED 灯混和出的背光,色域宽,颜色还原能力强。因此,多颜色 LED 混色背光技术是目前研究的热点问题。

LED 电路通常使用的电源驱动方式有电感开关电源^[1-2]、电容开关电源^[3]、线性电源^[4-5]、开关电源和线性电源联合驱动的方式^[6],文献^[7]介绍了一种用光耦器件调节 LED 灯串电流的方式。

电感开关电源因其驱动能力强和效率高的特点,通常用在大功率驱动场合,电路中有较大的纹波和地弹,需具备电磁兼容设计措施。电容开关电源即电荷泵电路,驱动电流有限,一般小于 300 mA^[3],输出电压一般不超过输入电压的 3 倍。

线性电源驱动一般用于电磁兼容要求高的情况,这是由于其几乎不存在纹波与地弹,因而对电路的干扰程度较小。合理选择 LED 灯串联的个数,可以使线性电源的效率>80%。

多彩灯混色可以采用调流方式和调占空比方式,彩灯按照一定亮度比例进行混色得到白色光源。

日本曾经在 2000 年推出了多芯片型 LED 背光产品。此后,各大主流公司相继研发出以多芯片型 LED 为背光的高性能 LCD。关于混色实现方法,目前可查阅文献不多。文献^[8]中采用多阶线性拟合的方法实现配色,由于液晶屏、光学模组等差异导致各液晶显示模块存在差异,针对每块液晶显示模块标定线性拟合系数是一件繁杂的工作,不利于批量生产。因此寻求一种方便的混色方式是必要的。

2 调频调光电路框图

LED 灯采用橙、绿和蓝三色合一方法,三色灯均为八灯一串。表 1 为电流为 20 mA 时,三色灯的电压值。

橙灯需要先用降压芯片把 28 V 降至 19 V,然后驱动橙灯,以提高橙灯线性恒流源的工作效率。

表 1 典型电流值时的电压值(常温)
Tab. 1 Voltage on typical electricity(normal temperature)

LED 灯	电压值/V
橙灯	2
绿灯	3.1
蓝灯	3

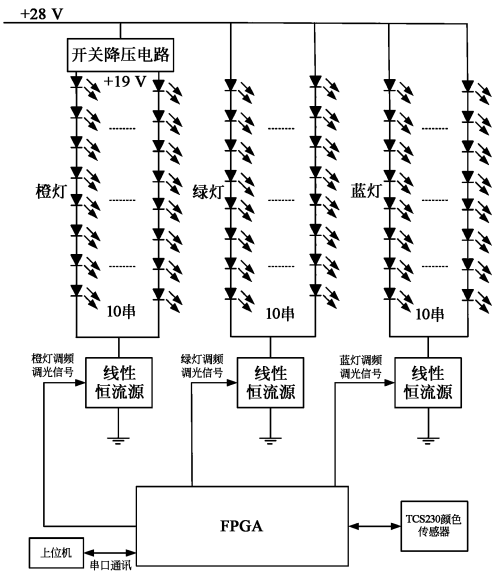


图 1 调频调光混色电路框图
Fig. 1 FM & diming and color mixing circuit diagram

如图 1 所示,橙色、绿色与蓝色 LED 灯均使用一路线性恒流源驱动的方式,每一路的总和电流为 200 mA,来保证每一串灯的电流均为 20 mA。每一路的线性恒流源均独立采用调频调光信号,具有相同的频率与不同的占空时间,并以 FPGA 作为控制器,采样颜色传感器的数据来控制高电平的占空时间进行混色。根据上位机的调光指令调整工作频率,控制背光亮度。

3 调频调光

要求 LED 背光源用 3 种颜色的背光灯亮度按一定的比例进行混合,得到色温在 6 500 K 左右,色坐标 $u' = 0.198, v' = 0.468$ 的标准白色光源,见图 2。调频调光的步骤如下:

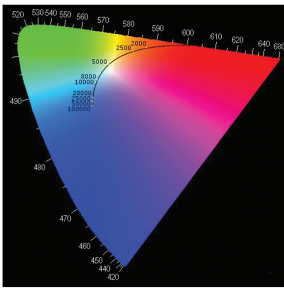


图 2 USC 色度图(1976)
Fig. 2 USC chroma(1976)

3.1 构造调频时基电路

调频时基电路的上升沿是三色灯调光信号的高电平起始点,调频时基信号的高平持续时间 T_{ON} 固定,设定为 $10\ \mu\text{s}$,三色灯调光信号的高电平持续时间 T_O 、 T_G 、 T_B 都小于等于 T_{ON} ,见图 3。

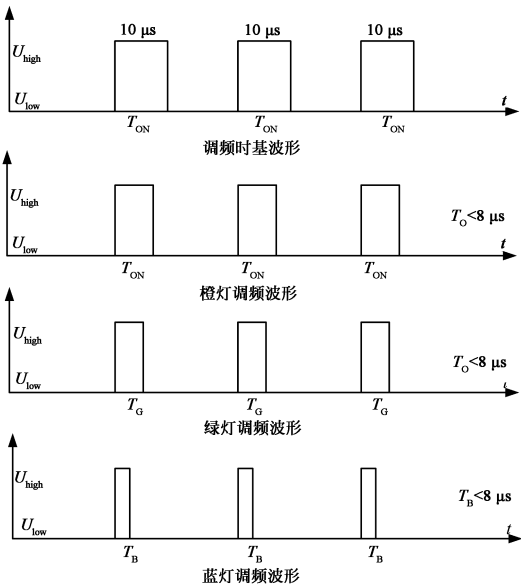


图 3 调频时基波形和三色调频调光波形
Fig. 3 Basic wave and RGB FM & dimming pulse on FM

调频时基电路的最高频率可达 $f_{\max} = \frac{1}{T_{ON}} = 100\ \text{kHz}$,理论最低频率可以小至 $50\ \text{Hz}$,实际设置在 $210\ \text{Hz}$,故此最高频率与最低频率之比是 476。

3.2 调整三色灯调光脉冲的占空时间 T_O 、 T_G 、 T_B

首先设置调频时基电路的频率是 $100\ \text{kHz}$ 。再设置三色灯中要求亮度最高的红灯调光脉冲的高电平时间,高电平持续时间小于 $8\ \mu\text{s}$;其次设置绿灯和蓝灯;然后按比例混色,这

需要在平板显示系统综合分析仪器 SS230 上进行(图 4),一般蓝色分量过多则色温高,红色分量过多则色温低。

调整三色灯的调光脉冲高电平时间,使色温达到 $(6\ 500 \pm 100)\ \text{K}$,色坐标 $u' = 0.198, v' = 0.468$ 。

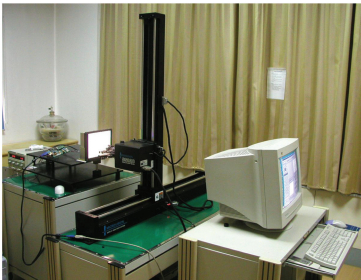


图 4 SS-230 平板显示综合分析系统
Fig. 4 SS-230 FPD synthesized system

3.3 调频调光

三色灯的调光高电平时间固定后,3 种颜色的灯产生的亮度比例就固定了,然后通过调整时基电路的频率,可以保证背光源亮度大小变化而色温色坐标可以保持不变。

3.4 颜色传感器采样三色光亮度

采用 TCS230 光传感器采样 R、G 和 B 三分量的亮度。TCS230 发出频率与亮度成正比的脉冲,脉冲频率越高则光源越亮。由于采用的是固定高电平时间的脉冲调光方式,TCS230 输出的频率不易测量,另外其与真实亮度关系复杂,故此我们测量时基电路 200 个上升沿时间内的脉冲个数作为三色灯的亮度。

采样得到的三色灯亮度数据在调光级数 30 以上基本恒定,见表 2。在调光级数 30 以下随着亮度下降,TCS230 三颜色通道采样到的脉冲个数全部明显增大,但比例关系基本恒定。

3.5 亮度和颜色闭环控制

当平板液晶显示器的出屏亮度达 $800 \sim 1\ 000\ \text{cd/m}^2$ 时,由于 LED 灯的发光效率 $< 20\%$,故此产生了大量的热量。以最大亮度点屏 30 min 后,背光板达到热稳定,在有高温限亮的措施下,温度也达到了 $70\ ^\circ\text{C}$,温度升高近 $50\ ^\circ\text{C}$ 。3 种颜色的灯在恒流工作方式下,随着温度升高它们的亮度都在减小,橙灯衰减的速度要大于蓝灯,见表 3。

表 2 调光级数与 TCS230 颜色传感器红绿蓝 3 通道输出脉冲个数的关系

Tab. 2 Relation between adjusting brightness series and number of pulse output from TCS230 RGB gallery

调光级数(256级调光)	出屏亮度/ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	TCS230 红色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 绿色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 蓝色通道 脉冲个数 16 进制	调光级数(256级调光)	出屏亮度/ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)	TCS230 红色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 绿色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 蓝色通道 脉冲个数 16 进制
255	1130	023F	01BB	0134	60	97	023F	01BD	0135
240	S52	023D	01BA	0134	50	78	0241	01BF	0136
220	671	023E	01B9	0134	40	55	0242	01C1	0138
200	542	023D	01BA	0134	30	42	0244	01C2	0139
160	388	023D	01BB	0135	20	29	0247	01C3	013A
120	256	023E	01BC	0134	15	1S	024F	01CS	013F
100	180	023F	01BC	0135	10	12	0253	01CE	0145
80	130	023F	01BD	0135	5	S	0258	01D1	0148

表 3 初始亮度 1 130 cd/m² ,TCS230 三个颜色通道输出脉冲个数与背光温度的关系(补偿前)

Tab. 3 Relation between number of pulse output from TCS230 RGB gallery and backlight temperature on initial luminance 1 130 cd/m² (before)

温度/℃	TCS230 红色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 绿色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 蓝色通道 脉冲个数 16 进制	温度/℃	TCS230 红色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 绿色通道 脉冲个数 16 进制	TCS230 蓝色通道 脉冲个数 16 进制
16	023F	01BB	0134	45	022A	01AA	012D
25	0239	01B6	0132	55	0220	01A3	012A
35	022F	01AF	012F	65	0213	0198	0127

首先保证红色分量的亮度,当其减小时,可以增加高电平持续时间,最大不能超过时基电路的高电平时间 10 μs (实际情况是不会超过 9 μs),就补偿至设定值,其次调整绿灯和蓝灯。经过温度补偿后,出屏亮度变化在 $\pm 1\%$ 之内,色温在 (6 500 $\pm$ 100) K 之间。

4 结 论

绿灯和蓝灯直接采用线性电源驱动。橙灯先用开关降压电路进行降压,然后采用线性电源驱

动方式以提高电路的工作效率。采样 200 个周期内 TCS230 三颜色通道输出的脉冲个数作为 3 种颜色的亮度数据。该数据不会随调光级数变化而明显变化,但会随温度变化而明显变化,可以利用增加三色灯调光周期内高电平持续时间的方式进行补偿。

调频混色方法以三色灯的高电平时间长短来混出满足白平衡的背光源,并且方便实现温度补偿。该方法可以根据不同显示模块的差异,设置 3 个不同的混色时间,颜色不会随亮度变化而变化,提高了产品状态的一致性。

参 考 文 献:

[1] Pieter G, Noborn K, Robert F M, *et al.* LED light source for backlighting with integrated electronics: United States,US 2007/0046485 A1 [P]. 2007-03-01.

[2] Yeon-Tack Y. Backlight unit and driving method using the same;United States,US 2007/0097067 A1 [P]. 2007-05-03.

[3] 郭鹏. 恒压型白光 LED 驱动电路研究与实现[D]. 杭州:浙江大学,2006.
Guo P. Constant voltage white light LED driving circuit research and realization [D]. Hangzhou:Zhejiang University Mater Dissertation,2006;23-25. (in Chinese)

[4] 王凤岩,许建平,贺明智. 超高亮 LED 的驱动[J]. 电源技术应用,2005(9):43-48.
Wang F Y,Xu J P,He M Z. Exceed bright LED driving [J]. *Power Technique Application*,2005(9):43-48. (in Chinese)

[5] Perry J M. LED brightness control system for a wide-range of luminance control;United States,US 6,987,787 B1 [P]. 2006-11-17.

[6] Walter P. Apparatus and method to provide a hybrid linear/switching current source, such as for high-efficiency, wide dimming range light emitting diode(LED) backlight; United States,US 2008/0265793 A1 [P]. 2008-10-30.

[7] Albert L R, Ryan J R. Liquid crystal display backlight circuit ;United States, US 6,392,358 B1 [P]. 2002-05-21.

[8] 刘波,章小兵. 使用多色 LED 补色的背光源[J]. 液晶与显示,2010,25(5):699-701.
Liu B, Zhang X B. Backlight unit with multi-color LED used for color complementation [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2010,25(5): 699-701. (in Chinese)

作者简介:杨宗阳(1982—),男,河南原阳人,硕士,主要从事航空电子方面的工作。E-mail:624336619@qq.com
章小兵(1972—),男,安徽马鞍山人,教授,主要从事电路设计方面的工作。E-mail:jksq66@163.com
刘波(1979—),男,安徽五河人,副研究员,主要从事研发管理方面的工作。E-mail:liubo1220@gmail.com
祁凌云(1987—),女,山东高唐人,硕士,主要从事“六性”设计方面的工作。E-mail:qilingyun0625@163.com