

基于STM32的舞台灯光控制系统设计

卓树峰

( 福建信息职业技术学院 , 福州 350003 )

摘要：根据舞台灯光的应用场合和应用模式，设计了一种基于 STM32 的舞台灯光控制系统。阐述了以 STM32F103 系列芯片为核心处理器的整体硬件平台架构，然后以模块化的角度详细介绍了如何完成 DMX512 数据通信、电机驱动和 RGBW 四色灯芯驱动，最后软件上采用 PWM 调光技术实现调光曲线输出、LED 彩虹效果和频闪设计。该系统具有混色纯正和调光输出曲线顺滑、线性等特点，能够稳定运行且成功应用于产品中。

关键词：STM32；RGBW；PWM 调光；线性

中图分类号：TP273                      文献标志码：A                      文章编号：1007-984X(2016)06-0005-05

自从舞台表演产生，舞台灯光成为绚烂演出效果中不可缺少的重要部分，而在舞台灯光系统中，最大的难点莫过于高性能灯光控制系统的设计和研究。舞台灯光控制系统其主要的内容包括两个方面：一是灯具与控制台的通讯，接收来自上层的指令；二是灯具解析指令分别控制电路模块实现各种灯光效果的调节。而且目前对于舞台灯光控制系统的介绍都是在原理性方面，结合实际应用与分析的则比较少。本文从应用的角度出发，结合实际设计电路和软件编程，介绍了整个舞台灯光控制系统的设计与实现。

1 系统设计

系统主要由四个部分组成，分别为：串行通信模块、主控模块、步进电机驱动模块以及 LED 灯芯驱动模块。其中该设计以 STM32F103 系列处理器作为核心，实时接收和解析串口接收到的 DMX512 数据包，从而得到调光台发出的指令数据，然后根据这些指令要求分别去控制相应的电机和 LED 灯芯，最终达到所需要的舞台灯光效果。系统设计框图如图 1 所示。

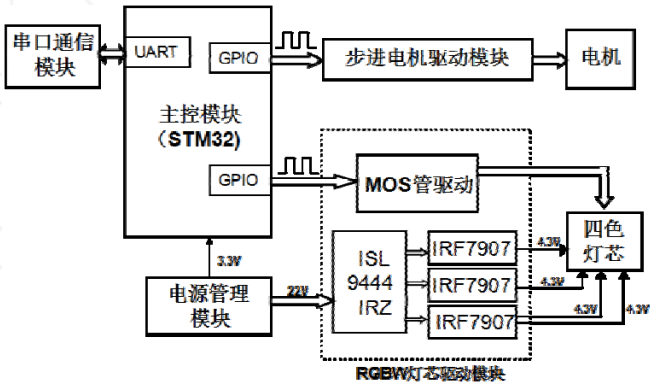


图 1 系统设计框图

2 硬件设计

2.1 主控模块

主控模块采用 STM32F103RCT6 处理器，该处理器采用的内核为 ARM Cortex-M3，其中最高工作频率可达 72MHz，包含了多达 11 个定时器，并且支持三种低功耗模式：睡眠模式，停机模式，待机模式。该模块在整个系统中主要负责 LED 灯芯和步进电机的控制算法实现、对接收的 DMX512 数字包进行解析和各模块之间系统控制指令的执行。

2.2 串行通信模块

由于市面上标准的调光台数据通信主要以 485 总线通信方式为主，为了实现灯具与调光台的数据通信，因此该通信模块设计了 RS485 串行通信接口，其中采用低功耗 SP3485 芯片作为该模块的收发控制器，通过它进行电平转换，保证微处理接收数据传输的安全性和完整性。

2.3 步进电机驱动模块

为了提高灯具的出光效果，使灯具实现聚光功能，在光路上增加了一块透镜，该透镜由步进电机带动，这样通过控制步进电机可以改变透镜与灯芯的间距，从而达到光线多变的效果。步进电机的驱动模块采用 DRV8841PWPR 芯片，该芯片是双路全桥电机驱动器，带短路保护、过流保护和欠压保护，以防止系统在出现电气或机械故障时自动切断电路起自保护作用，同时采用电流调节闭环控制，适合于精确控制场合，该模块电路设计如图 2 所示。

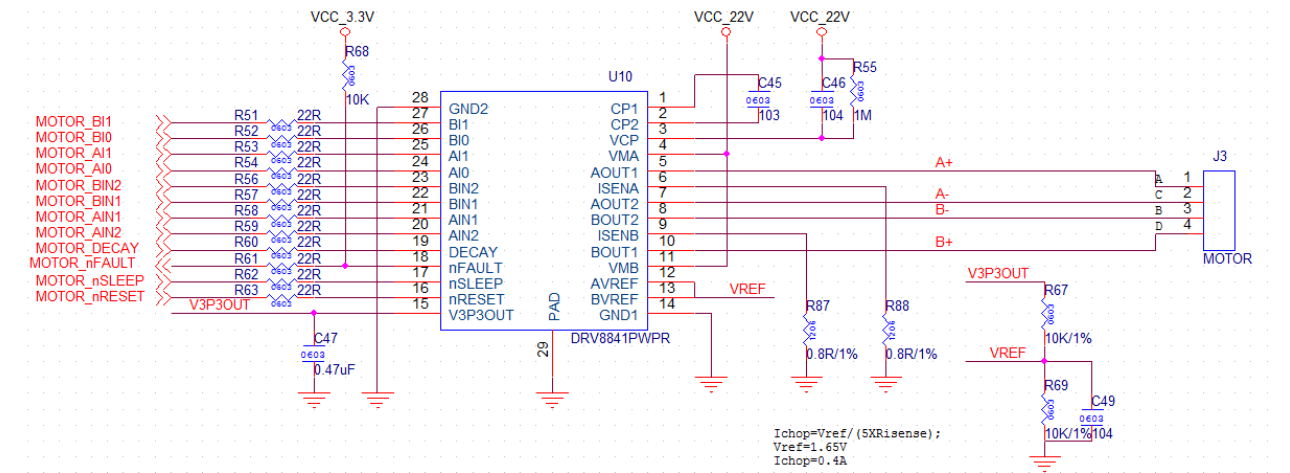


图 2 步进电机驱动模块电路

2.4 LED 灯芯驱动模块

该模块为光源控制的核心，由于在光源的选择上，采用了在一块基板上同时封装了 RGBW 四颗相互独立的 LED 灯芯，这样使得电路对红、绿、蓝和白四色的控制变成更加灵活和独立。为此在模块中采用了 ISL9444 电源芯片来产生 4.3V 输出电压，作为 LED 灯芯的供电电压，同时通过 STM32 处理器产生 PWM 信号控制 MOS 管来调节最终加载在灯芯上电压大小，即 PWM 信号为“高”或“低”时，MOS 管的工作状态呈现相应的“导通”或“截止”，当在 STM32 的一个 PWM 信号周期里，通过改变占空比的大小，可以使得对灯芯亮度进行连续调控。同时，为了使得光强变化的连续性，确保调光曲线更加顺滑线性，电路中引入了闭环反馈环节，在 MOS 管的源极端处加入一个反馈信号采集，将采集的信号进行 AD 转换后传输给处理器进行计算分析，然后把计算的结果转换成 PWM 信号的占空比大小输出控制 MOS 管。LED 灯芯驱动模块电路如图 3 所示。

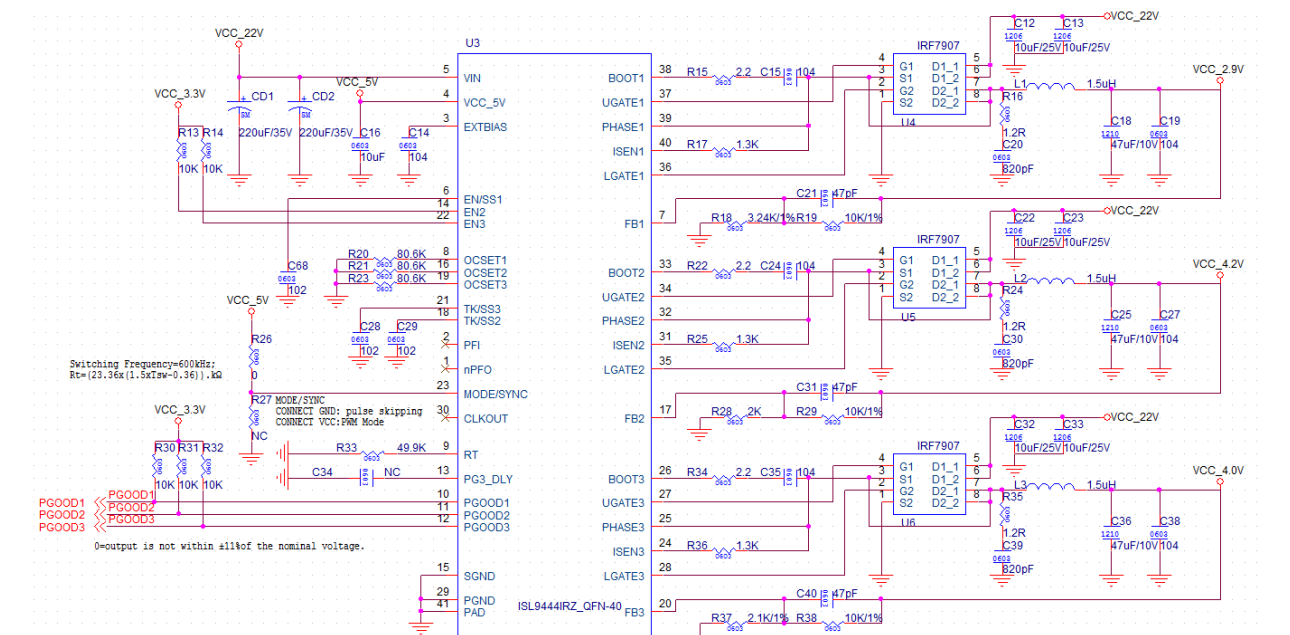


图 3 LED 灯芯驱动模块电路

3 软件设计

在舞台灯光控制系统中最核心的软件模块设计主要是调光软件,它决定了舞台灯具的出光效果好与坏。该软件的设计基于数字 PWM 脉宽调制技术,通过对反馈采样值进行实时计算后输出改变 PWM 的占空比,从而达到对 LED 灯芯的 RGBW 四色光强度、色彩及频闪等功能参数进行实时控制。根据设计要求该软件主要分为 PWM 调光曲线设计、混色效果设计和频闪模式切换设计。具体软件设计流程如图 4 所示。

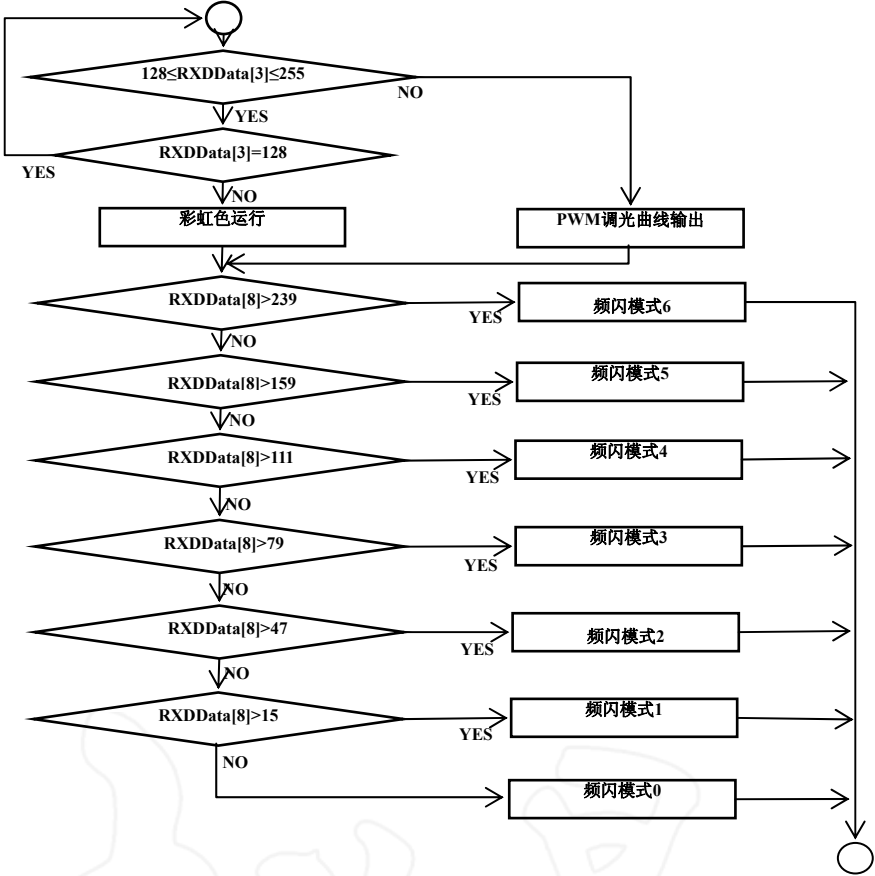


图 4 软件设计流程图

3.1 PWM 调光曲线设计

调光曲线的设计主要是为了保证灯具的光强调节过程中不出现阶跃变化现象,设计合适的调光曲线决定了舞台灯具的调光效果,因此,调光曲线输出要求顺滑平稳。在此根据选用的 LED 灯芯特性,通过多次的验证,得出了 RGBW 四色光对应的定时器捕获比较值计算公式,通过这些公式可以得到调光所需要的输出 PWM 占空比值,从而来控制 LED 灯芯发出所需颜色光强变化。其计算公式如下

式 (1) 为红光定时器捕获比较值计算公式

$$R_{out} = \frac{R_{in} - \frac{(255 - D_{Dimmer}) \times 0.294}{256 - R_{in}}}{2.2}$$

(1)

其中： $R_{out}$  是红光定时器捕获比较值， $R_{in}$  是红光输入设定值， $D_{Dimmer}$  是光强增益。

式 (2) 为绿光定时器捕获比较值计算公式

$$G_{out} = \frac{G_{in} \times D_{Dimmer}}{2.35} - ((\frac{G_{in} \times D_{Dimmer}}{2.35} \times (T_{cto} - 8)) \times 0.001)$$

(2)

其中， $G_{out}$  是绿光定时器捕获比较值， $G_{in}$  是绿光输入设定值， $D_{Dimmer}$  是光强增益， $T_{cto}$  为色温值。

式 (3) 为蓝光定时器捕获比较值计算公式

$$B_{out} = \frac{B_{in} \times D_{Dimmer}}{2.2} - ((\frac{B_{in} \times D_{Dimmer}}{2.2} \times (T_{cto} - 8)) \times 0.00323)$$

(3)

其中， $B_{out}$  是蓝光定时器捕获比较值， $B_{in}$  是蓝光输入设定值， $D_{Dimmer}$  是光强增益， $T_{cto}$  为色温值。

式 (4) 为白光定时器捕获比较值计算公式

$$W_{out} = \frac{W_{in} \times D_{Dimmer}}{2.2}$$

(4)

其中， $W_{out}$  是白光定时器捕获比较值， $W_{in}$  是白光输入设定值， $D_{Dimmer}$  是光强增益。调光曲线如图 5 所示。

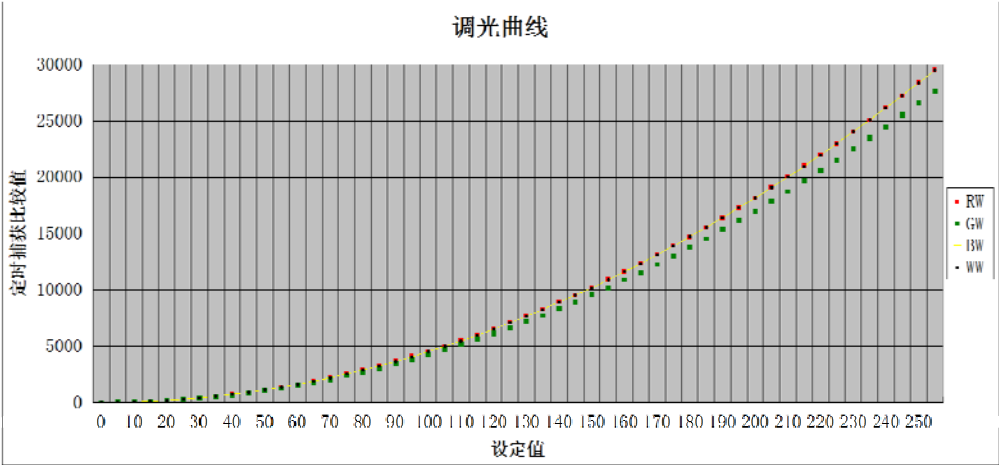


图 5 调光曲线

3.2 混色效果设计

根据色度学原理，混色光是通过多种颜色的光通量相应比例混合而成。该设计中主要通过软件调节输出 PWM 的占空比来控制各色灯芯发出的 256 个灰度级，由于这里选用的是四色光源，因此能够呈现的颜色数量为  $256 \times 256 \times 256 \times 256 = 4\,294\,967\,296$  种颜色。如图 6 所示，输出颜色由 R 值为 255, G 值为 0, B 值为 170 和 W 值为 0 时混色得到。

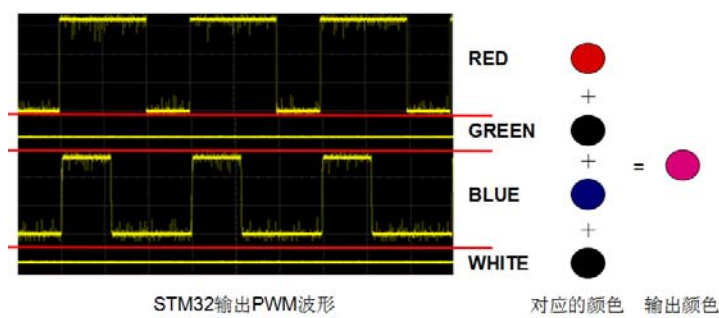


图 6 混色光

3.3 频闪模式设计

该系统中实现了 7 种频闪模式，分别为频闪关闭模式、随机闪烁模式、缓慢亮灯-快速关闭模式（慢-快）、迅速打开-缓慢关闭模式（快-慢）、缓慢打开-缓慢关闭模式、长时间亮模式、闪烁时间手动模式和闪光频率手动模式。这些模式的选择分别通过设置 Shutter\_mode 和用户设定值  $S$  确定，其中将  $S$  值在 0~255 范围内分成 7 等分，每 1 等分都分别对应一个 Shutter\_mode 模式，然而各个模式中的频闪时间可以由式 (5) 得到

$$T_{shutter} = 300 + (S_{max} - S)^2 \times 65$$

(5)

其中， $T_{shutter}$  是频闪时间， $S_{max}$  是该模式中用户设定值的最大值， $S$  是该模式中用户设定值的当前值。

4 结束语

本系统由于采用低功耗 STM32 处理器为核心,对接收的 DMX512 数据包进行解析处理后,采用 PWM 脉宽调制技术,实现了 LED 舞台灯光的控制,同时在软件算法上分别实现了 PWM 调光曲线、混色效果和频闪模式的设计。该系统已经成功应用于实际舞台灯光产品中,性能可靠稳定。

#### 参考文献:

- [1] 宋鹏程, 文尚胜, 尚俊, 等. 基于 PWM 的三基色 LED 的调光调色方法[J]. 光学学报, 2015(2): 1-8
- [2] 杨帅. 舞台灯光控制系统的设计与研究[D]. 太原: 中北大学, 2013
- [3] 韩振雷, 齐立森. DMX512 灯光控制协议的传输特性及应用要点分析[J]. 灯与照明, 2009(1): 44-46, 53
- [4] 屈朝辉. 基于四原色像素结构的节能 LED 显示系统[J]. 现代显示, 2012(9): 64-67

## The design of stage lighting control system based on STM32

ZHUO Shu - feng

( Fujian Polytechnic of Information Technology , Fuzhou 350000, China )

**Abstract:** According to the applications of stage lighting and mode, designed the stage lighting control system which based on STM32. This paper describes architecture of hardware platform which using the series of STM32F103 chip as the core processor, and details how to complete DMX512 data communication, motor driven and four-color RGBW wick driven from the perspective of the modular, and last achieves dimming curve output, LED strobe effects and rainbow design using the technology of the PWM dimming on the software. The system has a genuine color mixing and dimming output curve smooth, linear characteristics, stable operation and successfully applied to the product.

**Key words:** STM32 ; RGBW ; PWM dimming ; linear

( 上接第 4 页 )

- [2] 朱洪波, 杨龙翔, 于全. 物联网的技术思想与应用策略研究[J]. 通信学报, 2010, 11(11): 2-10
- [3] 李海侠. 农业物联网应用现状及相关传感器技术概述[J]. 电子元件与材料, 2014(2): 88-89
- [4] Jiasong Mu. A directional broadcasting algorithm for routing discovery in ZigBee networks[J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2014(1): 20-25
- [5] 蒋吉娟, 苗凤娟, 惠鹏飞. 基于物联网的敬老院环境监测系统的设计[J]. 齐齐哈尔大学学报: 自然科学版, 2015(4): 32-33
- [6] Ahmed N A, Muhammad N, Tan C S, et al. Enhancement of real-time multi-patient monitoring system based on wireless sensor networks[J]. International Journal of Physical Sciences, 2011, 6(4): 664-670

## Wireless speech communication terminal based on WSN

YIN Feng<sup>1,2</sup>, TAO Bai-ru<sup>1</sup>, ZHANG Jia<sup>1</sup>, MIAO Feng-juan<sup>1</sup>

( 1. College of Communication and Electronics Engineering, Qiqihar University, Heilongjiang Qiqihar 161006, China;

2. Heilongjiang Tourism Development Committee, Harbin 151000, China )

**Abstract:** To meet the needs of speech communication between point and point or multicast in tourism park, a wireless communication terminal is designed via ISD4004 and CC2431 chips on WSN. The mobile terminal hardware design of this system consist of interface circuits of ISD4004 and CC2431, keyboard circuits and information display circuit, reference node based on CC2430, and etc. The soft design consist of rewriting the protocol stack of WSN and the positioning algorithm of WSN with IAR platform. This terminal implements self-localization, give information of the scenic spots by voice broadcast, and it can also communicates with each other. It provides location, speech communication for tourists.

**Key words:** wireless sensor network; navigation in tourism park; wireless location; point-to-point speech communication; multicast speech communication