

doi:10.3969/j.issn.1007-7162.2013.04.014

基于 DALI 协议的 LED 智能照明系统设计

王 飞, 余咸宁, 许锦标
(广东工业大学 自动化学院, 广东 广州 510006)

摘要: 在简述 DALI 协议和 LED 驱动电路的基础上, 介绍了基于 DALI 协议的 LED 智能照明系统完整解决方案, 重点分析了硬件电路功能, 最后完成系统搭建. 系统运行良好, 符合 DALI 协议要求.

关键词: DALI; LED; 智能照明

中图分类号: TU113.8

文献标志码: A

文章编号: 1007-7162(2013)04-0079-04

Design of an Intelligent Lighting System for Led Based on DALI

Wang Fei, She Xian-ning, Xu Jin-biao
(School of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: After introducing the protocol of DALI and drive circuit of LED, it proposed a complete intelligent lighting system for LED, based on DALI. The functions of hardware circuits were analyzed in detail, and an application system was built. It works well and conforms to DALI protocol.

Key words: DALI; LED; intelligent lighting

在世界能源日趋紧张的今天, 社会对消耗总发电量 25% 的照明用电的节能要求越加迫切. 从目前的技术发展趋势来看, 照明节能的研究主要体现在两个方面, 一是光源的革命, 半导体照明应用灯具具有以下的优越性: 光通量大、功耗低、寿命长、可靠性高、无闪烁、冷光源、多光色、抗震动、安全环保等等, 成为传统的白炽灯和充气光源的理想取代品. 另一方面就是对灯具的智能化控制, 用计算机技术和通信技术以及数字调光技术等, 使照明系统控制自动化智能化. 通过控制信息流来控制能量流, 从而取代利用机械开关控制能量流, 在提高照明系统的灵活性的同时降低照明能耗^[1-3].

本文设计了基于 DALI 协议的智能照明系统, 采用 National 的 LM3407 作为 LED 的驱动器, 采用 Microchip 公司的 PIC16F628A 芯片作为 DALI 从控单元的控制芯片, 完全实现了 DALI 协议的要求, 并将从控单元与 LED 灯设计成智能化灯具, 对系统的实际应用有一定的指导意义.

1 系统总体构架

灯光控制员在 PC 机上使用控制软件进行控制, 软件将操作员的操作变为 DALI 指令, 发送给

DALI 主控制器. DALI 主控制器根据指令将其转换为 DALI 编码, 在 DALI 总线上进行传送. 相应的 DALI 从控制器收到指令后, 将 DALI 指令解码为 PWM 信号, 送到 LED 驱动, LED 驱动根据 PWM 进行灯光强弱控制; 或者查询相应的状态信息, 返回给 DALI 总线, 反向传输给软件显示.

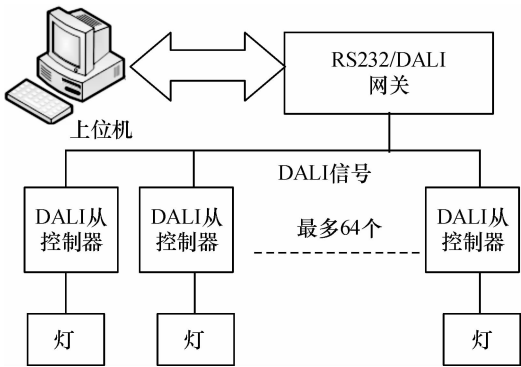


图1 DALI 智能照明系统结构图

Fig.1 The structure of DALI intelligent lighting system

1.1 DALI 协议简介

DALI 协议采用曼彻斯特编码格式, 低电平到高电平跳变的上升沿表示“1”, 高电平到低电平的下降沿表示“0”, 波特率为 1 200 band. DALI 协议的高

电平范围为 11.5 ~ 20.5 V, 低电平范围为 -4.5 ~ 4.5 V. 空闲状态时, DALI 总线处于高电平. 每个 DALI 主控制器上最多可以连接 64 个从控制器, 布线距离不超过 300 m^[4-5].

DALI 数据分为前向帧和反向帧. 前向帧的传输方向是从主控制器到从控制器, 由 19 位组成, 分别为 1 个起始位, 8 个地址位, 8 个数据位和 2 个停止位. 反向帧由从控制器到主控制器, 由 11 位组成, 分别为 1 个起始位, 8 个数据位, 2 个停止位.

DALI 地址可以分为短地址、组地址、广播地址、场景命令和特殊命令几种类型, 如表 1 所示. 8 位地址位的第一位用以区分是单个灯的短地址还是组地址或命令, 地址位的最后一位用以区分是调光等级还是命令^[6-7].

表 1 DALI 地址结构
Tab. 1 Address structure of DALI

地址类型	地址字节
64 个短地址(0 ~ 63)	0AAAAAAS
16 个组地址(0 ~ 15)	100AAAAAS
广播地址	11111111S
特殊命令	101CCCCI

1.2 LED 驱动电路简介

高亮度发光二极管是一种半导体设备, 只允许电流按一个方向流动. 它是由两种半导体材料结合后所形成的 PN 结构成的. 高亮度 LED 智能照明系统的驱动电路结构如图 2 所示. 输入 220V 交流市电, 经过滤波, 由前级带 PFC 功能的 AC/DC 变流器为整个系统供电, 单片机作为整个系统的控制中心, 将来自 DALI 总线的信号经过处理, 转换成控制信号传递给 LED 驱动器, 从而控制 LED 模块^[8]. 由于带 PFC 功能的 AC/DC 变流器已经十分成熟, 故本文不予介绍.

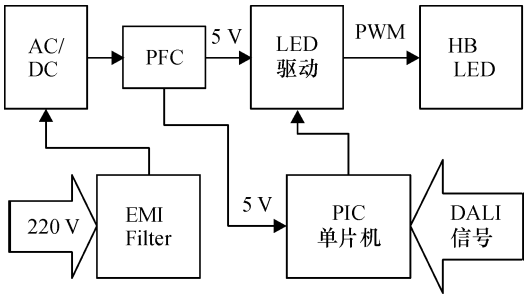


图 2 LED 驱动电路结构图

Fig. 2 Structure of LED driver circuit

本系统选择的 LED 驱动芯片是可以直接由 DIM 引脚输入 PWM 方波的 LM3407 芯片. LM3407

是一款集成了 N 沟道功率 MOS 场效应管的脉冲宽度调制的浮动式降压转换器, 该设计是为了提供精准的恒定电流输出, 以驱动高功率发光二极管. LM3407 的显著特色是脉冲电平调制 (PLM) 控制方案, 这一方案在使用一个外部精度 1% 的电流设定厚膜电阻时, 能够确保在整个输入电压和温度范围内恒定电流输出误差低于 10%^[9-10]. 转换器的另一个特点是具有一个可接收标准逻辑脉冲, 控制 LED 阵列亮度的 DIM 引脚, 使得 LM3407 成为精密功率 LED 驱动器或者恒流源的理想器件.

2 系统主控单元设计

DALI 主控单元主要是接收串口信号, 并转化为 DALI 信号以及反向的信号传输. PIC16F628 芯片内置 USART 模块, 接收/发送引脚在作为串行通信口时均为 TTL 电平, 只需要进行 RS232/TTL 电平转化即可实现串口的双向通信^[11]. 本设计采用专用的 MAX232 芯片进行电平转换.

DALI 主控模块的接口电路如图 3 所示. 当需要发送高电平时, RB4 输出低电平, Q4 截止, RB5 输出高电平, Q2 导通, 从而使 Q3 导通, 因此 18 V 的电压加载在 DALI 总线上, 即 DALI + 与 DALI - 之间的压差为 17.5 V. 符合 DALI 协议高电平要求. 当需要发送低电平时, RB4 输出高电平, Q4 导通, RB5 输出低电平, Q2 截止, 从而 Q3 截止. Q3 集电极电压被 Q4 拉低至低电平, DALI + 与 DALI - 之间的压差约为 0 V. 符合 DALI 协议对低电平的要求. 图 4 所示波形图前面部分即为主控单元发送的 DALI 信号波形.

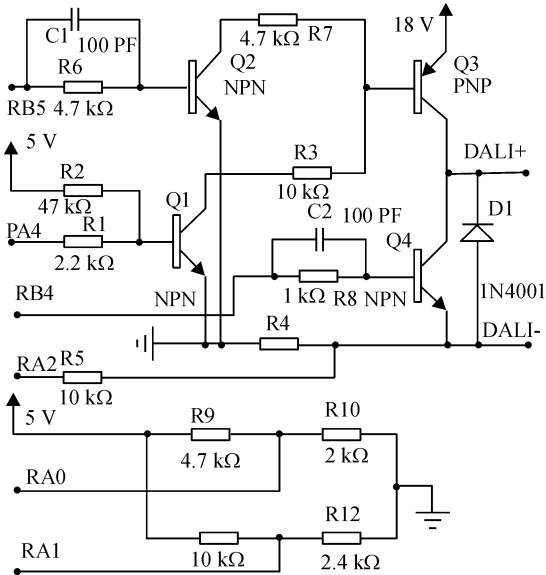


图 3 DALI 主控模块接口电路

Fig. 3 The interface circle of DALI master

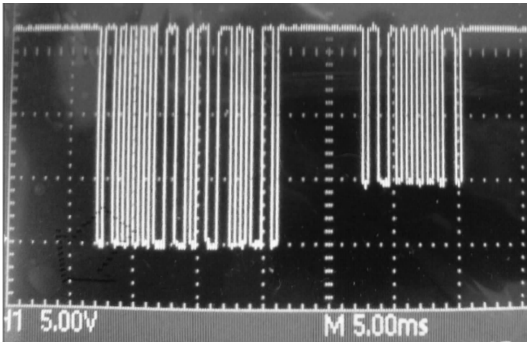


图4 主控单元发送接收 DALI 信号波形图
Fig.4 Forward and backward frame of DALI master

当主控单元接收数据时, RB4、RB5 输出 0, Q2, Q4 截止, RA4 输出高电平, Q1 导通. 此时 DALI 总线处于高电平状态. 通过从控单元提供的回路, 在 R4 上产生不同的压降, 根据压降的不同判别从控系统提供的数据. 为此, 将 PIC 芯片内置比较器通过固件设置成两个具有公共参考段且带输出的比较器, 通过 RA2 引脚的电压与 RA0 引脚的 0.2V 参考电压进行比较. 当从控系统提供高阻抗回路时, R4 上的压降很小, 远低于 0.2V, 比较器输出低电平; 当从控系统提供低阻抗回路时, R4 上产生约 0.24V 的压降, 比较器输出高电平. 为了将总线电流限制在 250mA 以下, 当 R4 上压降超过 0.25V 时, RA4 输出低电平, Q1 截止, 从而使 Q3 截止, 总线压差拉低. DALI 主控单元接收数据时, DALI 总线电压波形图如图 4 后段的波形所示.

3 DALI 从控单元设计

3.1 从控单元接口电路设计

从控单元需要控制 LED 驱动, 容易受到干扰, 根据 DALI 协议要求, 为了保护主机, 从控单元采用光耦隔离. 具体电路如图 5 所示. 接收数据时, RB1 一直输出高电平, 当总线上有高电平时, 光耦 U2 导

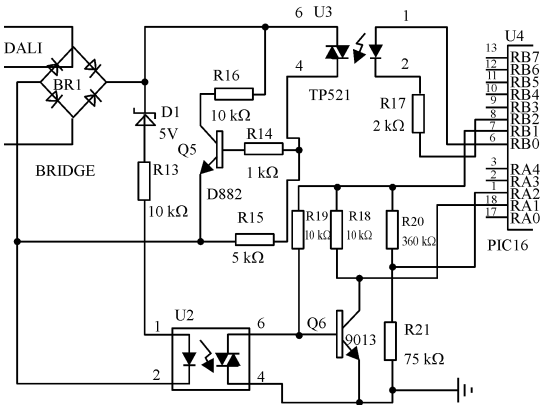


图5 从控单元 DALI 接口电路
Fig.5 The interface circle of DALI slaver

通, Q6 截止, RA1 引脚电压为高电平, 通过比较器输出高电平. 当总线上为低电平时, 光耦 U2 不导通, Q6 导通, RA1 引脚电压为低电平, 比较器输出低电平. 接收数据时 $I_{max} = (22.5 - 5 - 1)/10 \text{ mA} = 1.65 \text{ mA}$, 满足 DALI 协议规定的电流低于 2 mA 规定.

发送数据时, RB0 一直输出高电平, RB2 则发送高低电平. 当 RB2 输出高电平时, 光耦 U3 不导通, Q5 截止, DALI + 与 DALI - 的压差保持高电平; 当 RB2 输出低电平时, 光耦 U3 导通, Q5 导通, DALI + 与 DALI - 之间的压差被强制拉低. DALI 协议规定, 在从控单元发送数据时, 总线压差为高电平时, 总线电流应低于 2 mA, 总线压差为低电平时, 总线电流应介于 2 ~ 250 mA 之间. 通过测量主控单元电流感应电阻 R4 上的电压可知, 高电平时 R4 压降约为 0 V, 低电平时约为 0.4 V, 即总线电流约为 240 mA, 符合协议要求^[12-13].

3.2 LED 驱动电路设计

LED 驱动电路如图 6 所示. LM3407 本质上是一个浮地的 Buck 变流器, 开关管内置, 可提供高达 350 mA 的恒流. R1 是电流检测电阻, 用来设定 LED 负载电流, R2 用来设定开关管的工作频率. D1 采用快恢复肖特基二极管, DIM 引脚用来输入 PWM 调光信号, 通过改变 PWM 信号的占空比来调节 LED 的亮度. EN 脚悬空或者接高电平会使 LM3407 处于工作状态, 当接低电平的时候会使芯片停止工作. 当芯片正常工作时, VCC 引脚会有 4.5 V 的输出电压, 连接到单片机的 RB5 引脚, 指示驱动是否正常工作.

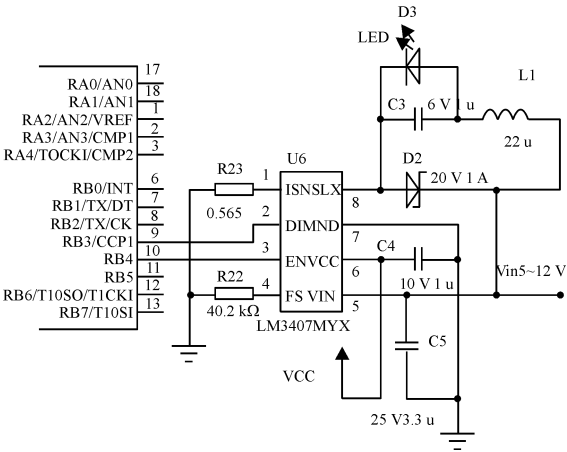


图6 LED 驱动电路图
Fig.6 LED driver circle

本设计采用额定电流为 350 mA 的 1 W 高亮 LED, 根据公式 $R_{ISNS} = 0.198V/I_{OUT}$ 计算出 $R_1 = 0.198 \text{ V}/350 \text{ mA} = 0.565 \Omega$, 开关管工作频率 $f_{sw} = 40\text{Meg} / R_{FS} + 40\text{inkHz}$, 本驱动电路采用 1 MHz 的工作频

率,据此计算得出 $R_{\text{FS}} = 40.2 \text{ kHz}$. 系统用 5 V 的开关电源供电,其他参数设置可以参考文献[3].

4 结语

本设计在理论研究的基础上,完成了硬件的搭建,并通过 PC 机的串口进行调试,LED 终端工作良好;并且在主控制器上挂载了 OSRAM 公司符合 DALI 协议的荧光灯,工作正常,满足协议要求的互换性.

参考文献:

- [1] 周芳,刘美根. 智能照明控制系统在电气照明节能设计中的应用[J]. 低压电器,2007(16):20-23.
Zhou F, Liu M G. Application of Intelligent Illumination Control System in Design of Electric Illumination Energy Saving[J]. Low Voltage Apparatus, 2007(16):20-23.
- [2] 俞丽华. 智能照明控制技术及其发展[J]. 中国照明,2008(9):36-39.
Yu L H. The control technology and development of the intelligent lighting[J]. China Light, 2008(9):36-39.
- [3] 王立雄. 建筑照明节能的新途径[J]. 照明工程学报,2004,15(4):20-22.
Wang L X. Avenue for energy conservation of building lighting [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2004,15(4):20-22.
- [4] 邵民杰,涂强,闵加. 智能照明节能控制及管理技术在机场工程中的应用[J]. 低压电器,2008(20):22-26.
Shao M J, Tu Q, Min J. Application of Intelligent illumination energy saving control and management technology in airport project[J]. Low Voltage Apparatus, 2008(20):22-26.
- [5] 吴小康,姚文阁. 关于建筑照明节能理论的探讨[J]. 黑龙江电力,2008,30(F04):301-304.
Wu X K, Yao W G. Investigation of energy-saving theory for building illumination[J]. Heilongjiang Electric Power, 2008,30(F04):301-304.
- [6] 李凌宇,许锦标. 红外遥控器在 DALI 系统中的应用设计[J]. 现代建筑电气,2010,1(1):19-23.
Li L Y, Xu J B. Application design of infrared remote controller in DALI system[J]. Modern Architecture Electric, 2010,1(1):19-23.
- [7] 丁小伟,万光逵,王磊,等. 基于 DALI 协议的智能照明系统设计[J]. 照明工程学报,2009,20(4):69-73.
Ding X W, Wan G K, Wang L, et al. Design of an intelligent lighting system based on DALI protocol[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2009,20(4):69-73.
- [8] Petrov O, Dimitrov M, Ruseva V. A specialised system for dynamic control and adjustment of the colour temperature and illumination of a lighting system[C]. 10th International Conference on Electrical Engineering (EEEIC). Rome, 2011.
- [9] Fischer M, Kui W, Agathoklis P. Intelligent illumination model-based lighting control [C]. 32nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (IC-DCSW). Macau,2012.
- [10] Domingo-Perez F, Gil-de-Castro A, Flores-Arias J M, et al. Lighting control system based on DALI and wireless sensor networks[C]. IEEE PES on Innovative Smart Grid Technologies (ISGT). Washington, 2012.
- [11] Juang J C, Wang H C, Lu C L, et al. A Touch-Dim Network for the Dimming Control of Lighting System[C]. International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN), Taiyuan,2010.
- [12] Cha S Y, Park D, Lee Y, et al. AC/DC converter free LED driver for lightings [C]. IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). USA, NV, Las Vegas, 2012.
- [13] Park J H, Yoon H D. LED driver with self-optimized channel voltage: A switch-mode voltage regulator optimizes an active current regulator for a LED driver[C]. International SOC Design Conference (ISOCC). Busan, 2009.