

基于DALI协议的多传感器控制系统设计

谢常莹, 占小忆, 王良燕

(安徽三联学院机器人工程学院, 安徽 合肥 230601)

摘要: 在研究了 IEC 62386:2014 协议标准的基础上, 完成了 DALI 照明系统中应用控制器与输入设备的设计, 介绍了应用控制器与输入设备软件与硬件设计方案, 实现了 DALI 系统根据多传感器融合信息对系统的多工作模式灵活控制, 同时应用控制器配合管控中心可完成对系统中输入设备的集中管理, 实现对输入设备的组网、参数设置、传感器校准和环境变量查询等操作, 同时可完成对控制装置的远程控制。

关键词: DALI; 传感器; 应用控制器; 输入设备

Design of multi-sensor control system based on DALI protocol

XIE Changying, ZHAN Xiaoyi, WANG Liangyan

(College of Robotics Engineering, Anhui Sanlian University, Hefei 230601, China)

Abstract: On the research of the IEC 62386:2014 standard, based on the completion of the design of DALI lighting system application controller and input device, application controller and input devices and software and hardware design scheme are introduced in this paper, to achieve a DALI system based on multi-sensor fusion information on the system more flexible working mode control, at the same time the application controller with control center to complete centralized management of system input device, to achieve the networking of the input device, parameter settings, sensor calibration, environment variables query and other operations can be accomplished, and can complete the remote control on control device.

Key words: DALI; sensor; application controller; input device

0 引言

DALI协议IEC 62386:2009已经颁布超过10年, 应用越来越广泛。为了满足社会需求该标准不断被修订, 并在2015年颁布了重要的新版本, 填补了上一版本中的一些空白。在新版协议中添加了大量新命令和新功能, 并且首次对控制设备作出了规定, 将系统中的控制设备划分为应用控制器与输入设备。系统中输入设备可将多传感器信息集中到应用控制器中, 应用控制器对多传感器信息进行融合

处理, 完成了对系统的集中控制, 该种方式使系统控制更加灵活。但国内市场上的产品大多都是按照IEC 62386:2009进行设计的, 系统功能单一, 灵活性较差。

针对以上问题, 本文在对IEC 62386:2014协议标准研究的基础上, 以照度传感器与人体探测器混合传感设备作为输入设备, 设计了一套传感系统。该系统可根据多输入设备采集到的人员移动情况与环境照度信息对系统进行控制。

2021年安徽三联学院校级科研项目(zjqr21004); 2019年度高校优秀青年人才支持计划项目(gxyq2019141)

1 DALI协议简介

数字可寻址照明接口 (Digital Addressable Lighting Interface, DALI) 作为新一代现场总线技术, 具有安装简单经济、操作方便、通信可靠、应用范围广泛和控制灵活等优势, 在智能照明控制领域取得了广泛的应用。协议中规定, 控制设备 (Control Device) 是指连接到接口上的设备, 并用于发送指令控制其他连接到相同接口上的设备。控制装置 (Control Gear) 是指连接在电源和一支或若干支灯之间用来变换电源电压, 限制灯的电流至规定值, 提供启动电压和预热电流, 防止冷启动, 校正功率因数或降低无线电干扰的一个或若干个部件^[1]。控制装置与控制设备间信息流如图1所示。

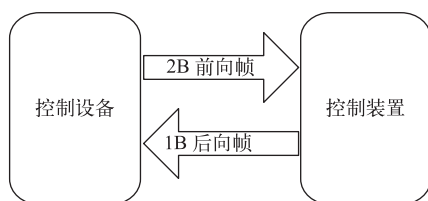


图1 IEC 62386:2009 中设备间信息流

Fig. 1 Information flow between equipment in IEC 62386:2009

上一版本DALI协议, 即IEC 62386:2009标准涵盖了对多种类型的控制装置以及总线电源的规定, 但并未对控制设备作出规定。新版本DALI协议^[2-3], 即IEC 62386:2014第一次在103部分中对控制设备进行了标准化规定。为了适应这一改变, 对上版协议中的101部分: 系统要求; 102部分: 控制装置一般要求进行了修订。DALI系统组成与对应标准如图2所示。

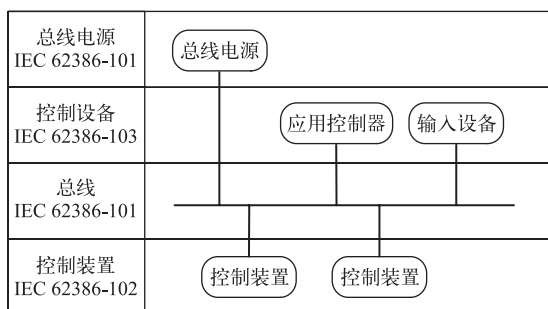


图2 DALI 系统组成与对应标准

Fig. 2 DALI system composition and corresponding standards

新版本中沿用了上一版协议中的大部分规定, 但与此同时整合多主时序要求、拓展了前向帧的定义、增加布线要求、提高总线供电的要求以及增加了一些新的命令和功能。更重要的是为方便多传感器信息采集, 将控制设备划分为应用控制器 (Application Controller) 与输入设备 (Input Device)。其中应用控制器是指被连接到总线, 并且发送命令, 以控制连接到同一条总线上的输入装置或控制装置。输入设备是指连接到总线上使用多主机发送器发送命令的控制设备, 以分发有关用户行为或传感器值的信息。输入设备、应用控制器和控制装置间的信息流如图3所示。输入设备与控制装置间不能直接通信, 输入设备需要将环境信息以3 B消息的形式发送到应用控制器。同时应用控制器可以对输入设备以3 B前向数据帧的形式进行设置、地址分配等操作。应用控制器将各个输入设备发来的消息进行系统处理后, 向控制装置发送2 B控制指令, 以完成对系统的控制。输入设备与应用控制器间通过该方式建立新的通信通道, 使应用控制器与控制装置间的通信不受影响。

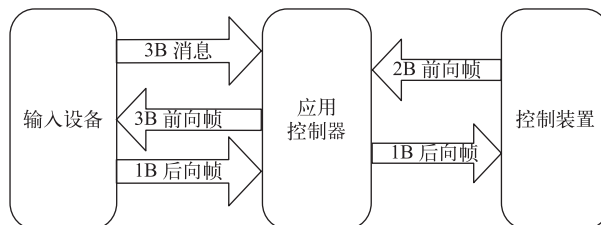


图3 IEC 62386:2014 中设备间信息流

Fig. 3 Information flow between equipment in IEC 62386:2014

2 系统结构

本设计中根据现实需求设计设备功能。系统主要由设置中心、应用控制器、输入设备和控制装置组成, 系统结构框图如图4所示。本文将完成对应用控制器与照度、人体探测混合传感设备为例的输入设备的设计。管控中心通过以太网可以向应用控制器发送地址分配、参数配置、测量信息查询和系统控制等指令数据包, 应用控制器接收到指令后完成对系统的配置与控制。同时,

应用控制器接收到输入设备通过DALI总线发来的3 B DALI消息报文, 获取多点环境物理信息, 通过对多输入设备消息进行融合处理, 发送对控制装置的控制指令, 完成对灯具的控制^[4]。

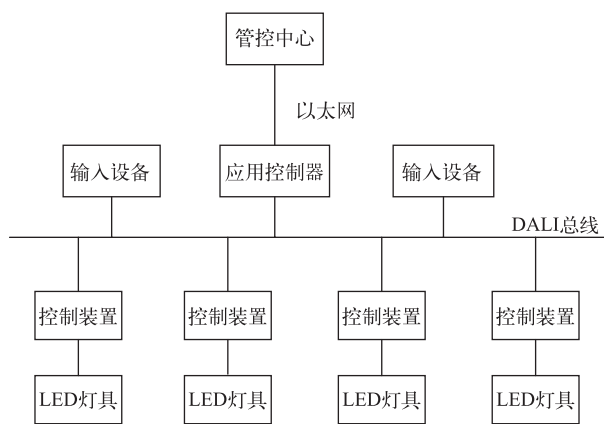


图 4 系统总体结构框图

Fig. 4 Overall system structure block diagram

3 应用控制器设计

3.1 应用控制器硬件设计

应用控制器的硬件以STM32F103为核心, 主要由微控制器电路、网络接口模块电路和DALI接口电路等部分组成。系统结构如图5所示。其中以太网通信模块以带有标准的串行外设接口的独立以太网控制器ENC28J60为核心^[5]。该芯片内部集成MAC和10 BASE-T物理层, 内部应用DMA模块, 可实现数据高速吞吐, 使用两个中断引脚和串行外设接口即可实现与MCU间高速通信, 传输速度最高达到10 Mbit/s。

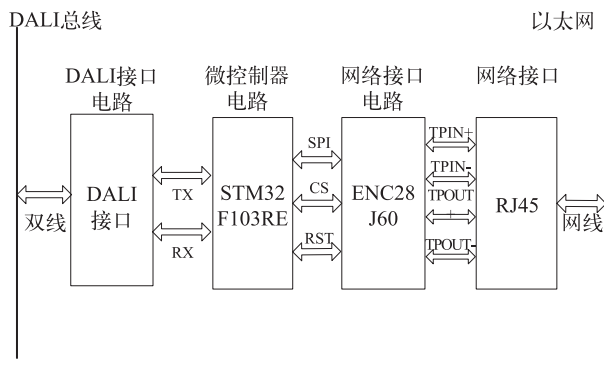


图5 应用控制器系统结构

Fig. 5 Application controller system structure

DALI接口模块用于DALI总线电平与TTL电平的转换,同时还负责为应用控制器供电,根据要求设计该DALI接口电路。DALI总线接口电路如图6所示。其中发送电路主要由三极管 VT_{1-1} 、 VT_{1-2} 组成,接收电路主要由稳压二极管 VD_{1-3} 与三极管 VI_{1-3} 组成。DALI_TX与DALI_RX引脚分别与单片机的发送与接收引脚相连。在接收状态下,当总线传输高电平时 VD_{1-3} 为反向击穿状态, VT_{1-3} 导通,DALI_RX为低;当总线传输低电平时, VD_{1-3} 截止, VT_{1-3} 不导通,RX为高。发送时,由DALI_TX来改变 VT_{1-1} 的工作状态,发送高电平时, VT_{1-1} 导通,总线形成环路,总线电压差为低电平。相反,当发送低电平时, VT_{1-1} 截止,总线电压差为高电平。通过软件模拟的方式模拟曼彻斯特编码,完成DALI总线的通信。

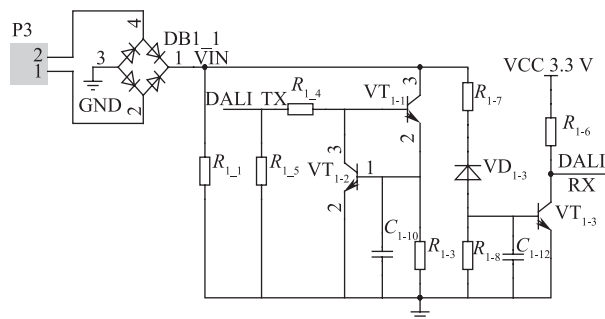


图 6 DALI 接口电路

Fig. 6 DALI interface circuit

3.2 应用控制器软件设计

应用控制器软件部分实现的功能包括以太网通信、DALI总线通信、系统输入设备管理、输入设备发来的DALI消息处理和系统控制。应用控制器任务较多,且需要使用TCP/IP栈完成网络通信,因此使用 μ C/OS-II作为底层操作系统。根据应用控制器的功能对任务进行划分,划分结果见表1。

任务中,输入设备地址分配任务用于对系统中输入设备地址的分配,地址分配流程按照IEC 62386中规定的分配流程进行。LwIP数据接收任务、TCP接口任务和UDP接口任务完成管控中心与应用控制器间的以太网通信。触发管理任务根据消息处理结果,判断是否触发开启流程与

表 1 任务划分
Tab. 1 Task division

编号	任务名称	优先级	堆栈大小	任务函数	说明
1	创建任务	5	32	task_start	创建其他任务
2	输入设备地址分配任务	6	64	task_address_alloc	对系统中的输入设备进行地址分配
3	LwIP 数据接收任务	7	300	task_lwip_receive	接收网络数据
4	TCP 接口任务	8	300	task_tcp_server_thread	tcp_server 接口服务
5	UDP 接口任务	9	128	task_udp_server_thread	Udp 接口服务
6	触发管理任务	10	128	task_trigger_server	根据消息进行, 判断是否触发流程
7	系统设备管理任务	11	128	task_main	对系统中输入设备管理
8	系统控制任务	12	64	task_sys_control	根据工作方式, 发送控制指令
9	应用控制器参数设置与查询任务	13	128	task_set_parameter	应用控制器中参数设置与查询任务
10	状态指示任务	14	16	task_LED	通过 LED 闪烁频率指示设备运行状态

关闭流程, 通过发送调光指令, 完成渐变调光。系统设备管理任务用于对系统中输入设备进行管, 如输入设备参数配置与查询、输入设备采集信息查询等。应用控制器参数设置与查询任务用于应用控制器中系统参数的设置与查询的实现。状态指示任务通过LED闪烁频率, 指示设备运行状态。

4 输入设备设计

4.1 输入设备硬件设计

DALI系统中输入设备设计以照度、人体探测混合传感设备为例, 照度、人体探测混合传感设备以STM8S105为核心, 由照度传感器模块电路、人体红外传感器模块电路和DALI接口电路等部分组成, 如图7所示。

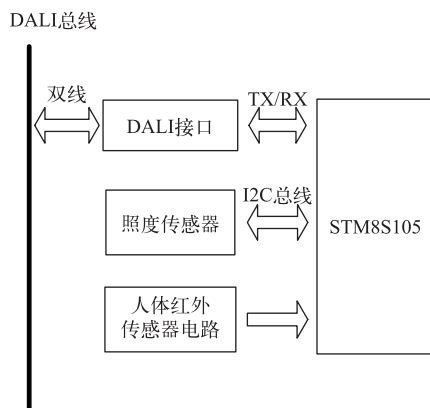


图 7 DALI 系统结构
Fig. 7 DALI system structure

照度传感器模块电路选用BH1750作为照度传感器, 该传感器是一款使用I2C总线通信的数字型光照度采取传感器IC。微控制器通过I2C总线可直接读取照度传感器测量的当前照度值。使用MCU的I2C1与BH1750通信, 直接读取结果为12 bit照度数字量^[6], 如图8所示。

人体红外传感器模块电路用于采集人体移动情况, 该部分电路以热释电红外传感器D203S为核心。该传感器将采集到的人体移动状态转换为电压量, 当人体进入传感器探测区域时, 人体发射的红外线穿过菲涅尔透镜照射在传感器表面, 传感器内的热释电元件失去电荷平衡, 向外释放电荷, 电荷经BIS0001二级放大处理后从Vo引脚输出人员移动情况。其中BIS0001工作模式选择引脚(mode引脚)与微控制器的PE5脚相连, 用于BIS0001触发模式的选择, 该引脚设置为高电平时, BIS0001工作于可再次触发模式, 相反, 工作于不可再次触发模式。具体如图9所示。

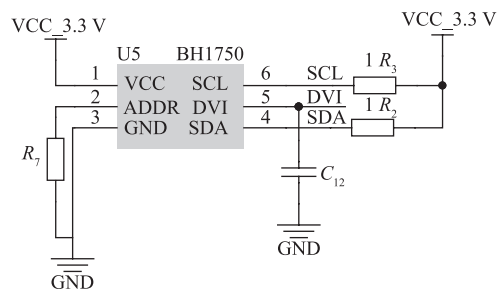


图 8 照度传感器电路
Fig. 8 Illuminance sensor circuit

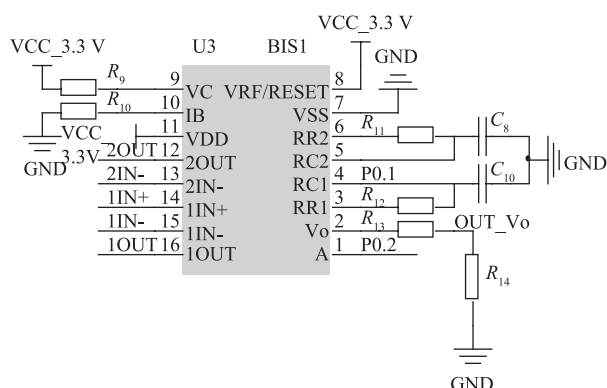


图9 人体红外传感器电路

Fig. 9 Human infrared sensor circuit

4.2 照度、人体探测混合传感设备软件架构设计

照度、人体探测混合传感设备的软件用于实现境变量信息采集、DALI数据收发及参数与地址分配指令解析等功能。采用层次化的软件设计方法，分为驱动层、系统层和应用层。其中驱动程序直接面向硬件，负责对硬件的驱动，提供底层驱动API接口，供管理程序与应用程序调用^[7]。系统程序包括DALI通信协议栈、服务接口和管理程序，DALI通信协议栈实现DALI报文的收发、报文的打包与分解；管理程序主要提供应用服务等，服务接口部分实现系统程序层与应用程序API层数据交互。应用层则完成用户程序初始化和任务调度等功能。系统软件结构如图10所示。

应用层程序设计主要包含两部分，即初始化函数和任务切换函数。

(1) 初始化函数

初始化函数主要实现定时器初始化、BH1750初始化、EEPROM初始化、I/O口初始化和I2C初始化等。

(2) 任务切换函数

为对输入设备程序各个任务进行有效管理，应用层程序轮询各个任务，通过对各任务的执行条件进行判断，对满足执行条件的任务进行执行处理。根据系统需要将照度、占有传感设备的任务划分为BH1750采集任务、传感器数据处理任务，DALI总线检测与指令解析任务及照度占有传感设备参数管理任务。各任务的说明见表2。

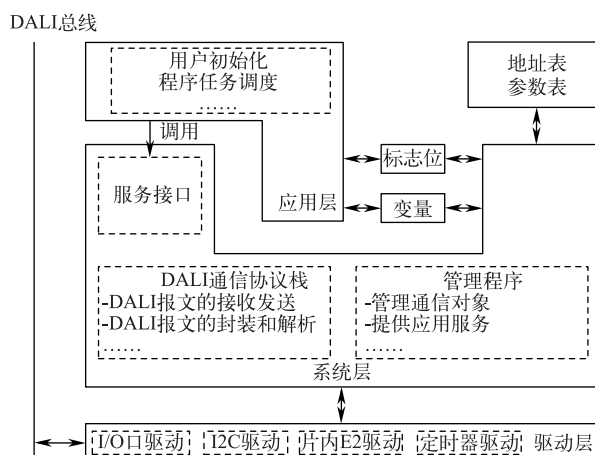


图10 照度占有传感设备软件架构

Fig. 10 Software architecture of illumination sensor equipment

表2 照度占有传感设备任务列表

Tab. 2 Task list of illumination sensor equipment

编号	任务	接口函数	描述
1	BH1750采集任务	Mn_BH1750_Collect()	500 ms 执行一次
2	照度传感 器数据处理任务	Mn_Dispose();	5 s 执行一次
3	DALI 总线检测与指令解析任务	DALI_App();	监测 DALI 总线是否有数据，每个轮询查询一次
4	照度占有 传感设备参数管理任务	Parameter_Load();	有新参数写入或读取时，执行

5 系统测试

5.1 测试平台搭建

测试系统包括两个控制装置、1个应用控制器、一个无线开关和一个DALI电源。其测试系统结构图与实物图分别如图11、图12所示。配置工具为基于Windows开发的上位机。

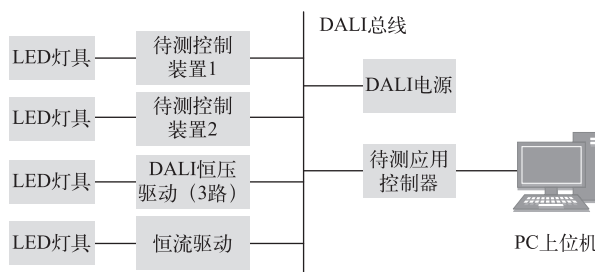


图11 测试系统结构图

Fig. 11 Structure diagram of test system

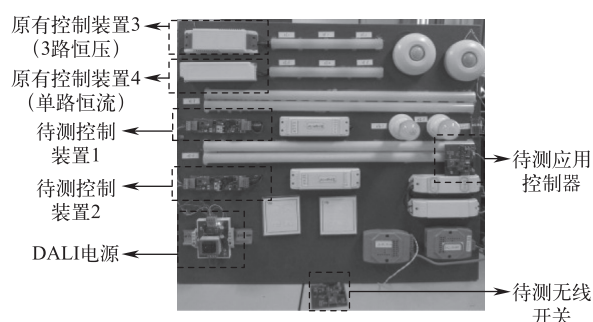


图 12 测试系统实物图

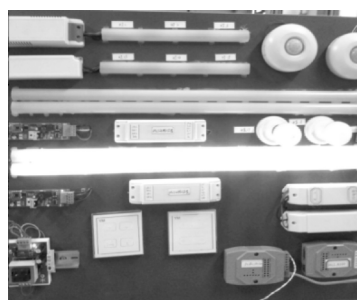
Fig. 12 Material object diagram of test system

5.2 系统控制测试

分别将无线开关的控制方式设置为单控、组控和场景控制，对灯具进行开关与调光控制，应用控制器与控制装置间的通信选择有线或无线的方式，来完成对系统的整体功能测试。

(1) 单控测试

将无线开关的按键1与短地址2进行控制关联，应用控制器与待测应用控制器间使用无线通信方式进行通信，单击无线开关按键1，对短地址为2的灯具进行开关灯测试，可以得到测试效果如图13所示。



(a) 单击按键一次



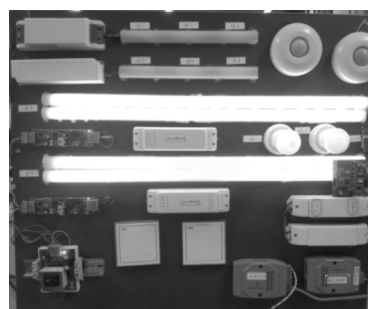
(b) 单击按键两次

图 13 单控测试效果

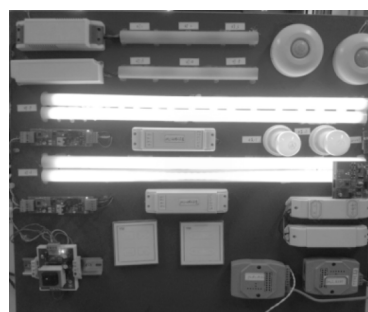
Fig. 13 Single control test effect

(2) 组控测试

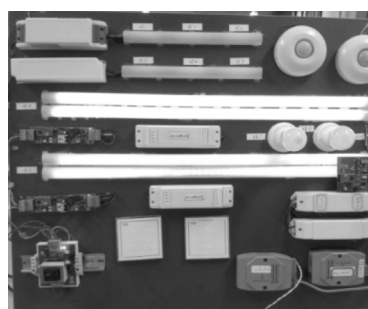
将无线开关的按键1与组1进行控制关联，应用控制器与待测控制装置间以有线的方式进行通信。长按无线开关的按键1，对组1进行调光控制，可以得到测试效果如图14所示。



(a) 调光状态1



(b) 调光状态2



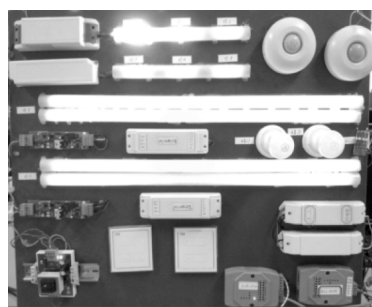
(c) 调光状态3

图 14 组控测试效果

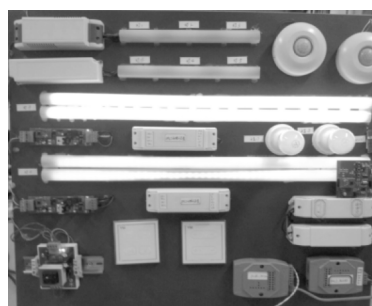
Fig. 14 Group control test effect

(3) 场景控制测试

将无线开关的按键1与场景1进行控制关联，将无线开关的按键2与场景2进行控制关联。长按无线开关的按键1，对组1进行调光控制，可以得到测试效果如图15所示。



(a) 唤醒场景1



(b) 唤醒场景2

图 15 场景控制测试效果

Fig. 15 Scene control test effect

6 结束语

伴随着人们生活水平的提高,对照明控制技术提出了更高的要求,DALI系统中传感器的使用不断增加。本文在对IEC 62386:2014分析研究的基础上,设计了以环境照度与人体移动情况为采集对象的传感系统,完成了对应用控制器与输入设备的设计。实验结果表明,该系统传输可

靠、抗干扰能力强,达到了预期的设计效果,具有一定的实用价值。

参考文献

- [1] 张玉杰,杨小伟.基于DALI协议的多传感器控制设备设计[J].电子技术应用,2015(7):19-22.
- [2] 数字可寻址照明接口 第101部分:一般要求 系统:GB/T 30104.101—2013[S].
- [3] 数字可寻址照明接口 第102部分:一般要求 控制装置:GB/T 30104.102—2013[S].
- [4] 弓盼,王嘉梅,孙善通.基于ZigBee-DALI协议的智能照明系统设计[J].现代电子技术,2016,(4):63-66.
- [5] 张庆辉,马延立.STM32F103VET6和ENC28J60的嵌入式以太网接口设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2012(9):23-25,32.
- [6] 云中华,白天蕊.基于BH1750FVI的室内光照强度测量仪[J].单片机与嵌入式系统应用,2012,(6):27-29.
- [7] 徐海荣,赵鸣,陈闽叶,等.嵌入式软件系统的一种层次设计方法[J].现代电子技术,2005,28(16):29-30,36.

作者简介

谢常莹(1994—),女,硕士,助教,主要研究方向:机器人控制,电力电子技术。

(收稿日期:2021-03-01)