

## 基于 STM32 的智能台灯系统设计 \*

宋斌 袁庆庆 杨娜

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院 上海 200093)

**摘要:** 针对人们对高质量生活的诉求以及现有台灯无法满足智能家居的应用需求,设计并制作了一种基于 STM32 实时操作系统的多功能智能台灯。本设计以意法半导体公司的 Cortex-M3 内核微控制器 STM32 为主控制器,通过搭建硬件电路以及编写相应软件程序,实现智能台灯的灯光调节、蓝牙短距离通信、人机互动、电机实时控制、传感器测室温 and 显示等功能,使得台灯控制方式更加方便,更加智能化。实验表明,所设计的智能台灯采用 STM32 对台灯系统进行多任务管理,增强了系统的稳定性,提高了系统的实时性。

**关键词:** 智能台灯; STM32; 人机互动; 蓝牙通信

**中图分类号:** TM5; TN99 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1099

## Intelligent lamp system design based on the STM32

Song Bin Yuan Qingqing Yang Na

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** In view of the demand of high quality life and the application of the existing desk lamp can't meet the requirements of intelligent home, the design and production of a real-time operating system based on the STM32 multifunction intelligent desk lamp. This design is based on STMicroelectronics Cortex-M3 core microcontroller STM32 as the main controller, the hardware circuit and write the corresponding software program to achieve intelligent lamp light regulation, Bluetooth short distance communication, human-computer interaction, measuring room temperature display function, real-time control sensor, makes the lamp control more convenient, more intelligent. The experiments show that the design of the intelligent desk lamp using STM32 to the table lamp system for multi task management, enhance the stability of the system, improve the system's real-time performance.

**Keywords:** intelligent lamps; STM32; human-computer interaction; bluetooth communication

## 1 引言

随着经济社会的不断发展,智能控制技术被快速的应用于居家生活中,智能照明归属于智能家居的大架构下,其传统的控制技术及单一的照明方式被替代将成为照明业的发展趋势<sup>[1]</sup>。台灯作为一种普遍且应用率很高电子产品,市场发展空间比较大。从市场规模看,对于台灯的要求主要体现在以下两点:一是追求个性化;二是功能的多样性及环保性。因此台灯已不再是简单的照明工具,而是逐步向组合化、装饰化、高效节能化方向发展,智能台灯的出现在台灯行业改变现状,提供了新的思路<sup>[2]</sup>。

目前,已有智能灯泡中,LIFF Color 1000 虽然可供选择的灯光颜色较多,直接内置 WiFi,但主要问题是连接性不佳,并不适合打造整体的智能照明系统;Lutron Caseta Wireless 是一款无线控制套件,而不是真正的智能灯泡;

飞利浦 Hue 其设置简单,可支持 IFTTT,但 Android 应用会出现错误;三星的 Smart Bulb 设置比较容易,可以兼容大量第三方开关,但对于多房间照明的优化还不够好,需要逐个进行设置。

智能台灯的发展现在正以 LED、亮度色温可调、多情景模式、远程控制为主体技术方向。环境照明智能化的主要目标是自动识别环境、控制光源工作、状态反馈等。整个环境照明控制系统中,传感器、管理平台、光源之间的协调工作离不开可靠的通信平台。随着物联网时代的到来,照明行业正面临着新的机遇和挑战。作为最接近生活及最先得到广泛青睐的物联网应用,照明可说是智慧城市的中流砥柱。

本文所设计的基于 STM32 的智能台灯克服了传统台灯供电方式单一的缺点,可进行灯光及亮度调节,且将寻迹功能和短距离无线通信功能与传统的台灯相结合,不仅实

收稿日期:2016-12

\* 基金项目:安徽省高节能电机及控制技术国家地方联合工程实验室基金(KFKT201509)资助

现了智能化、极大地方便人们的生活需要,同时也是一个室内的极好的一个装饰品,代表着时尚,科技,先进,走进人们的生活,提高人们的生活水平<sup>[3-5]</sup>。在能源方面,由于智能,和高科技,它更加能够在能源节约方面做出更大的贡献,也是节能的一个代表。

## 2 系统总体结构

多功能智能台灯的设计采用 Cortex-M3 内核处理器芯

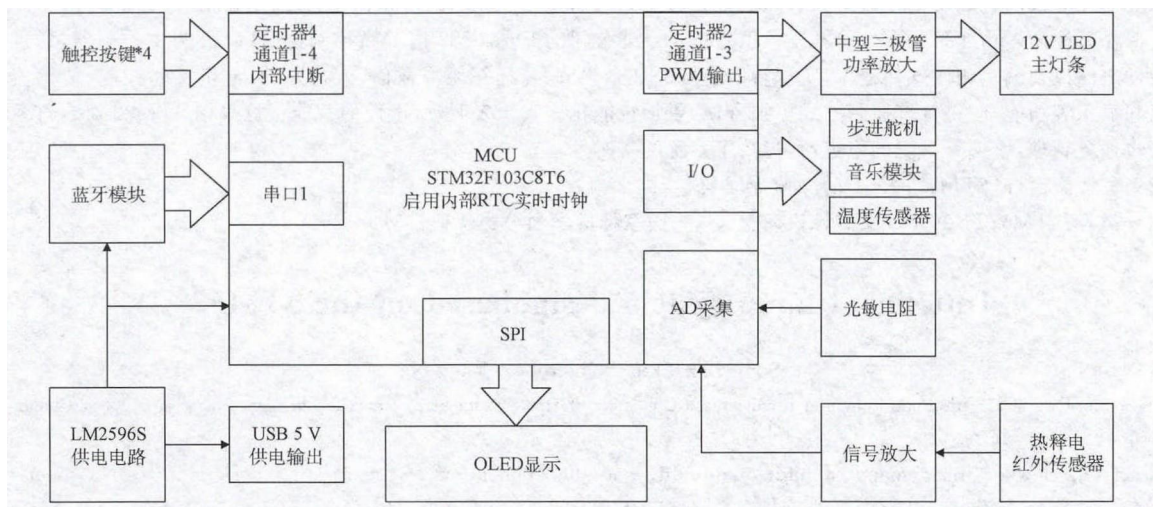


图1 硬件系统方案

用来实现环境温度的采集;触控按键模块采用 TTP224 芯片处理电容按键充放电过程,在输出端输出数字高低电平,从而实现触控输入功能;步进舵机采用 5 V 电压驱动以提供转动转矩来实现跟踪功能,即台灯照射方向随着人的移动而移动;采用 RE200B 配以外围电路的人体红外传感模块及灵敏度可调的光敏模块来实现智能台灯自开功能及灯光调节。

## 3 系统电路设计

### 3.1 电源部分

多功能智能台灯有两种供电方式,直接供电和 USB 供电<sup>[6]</sup>。直接供电即为把所设计的电源模块可分两级,第一级电源模块为一个双路输出的隔离型反激式 AC-DC 开关电源模块,可将输入的 220 V 市电经 AC/DC 转换,同时输出 12 V 及 5 V 直流电压,该模块具有高效的滤波功能,可保证输出电能的质量。第二级电源模块为一款基于 LM2596S 芯片的调压模块,可将 5 V 电平转为 3.3 V 输出。

### 3.2 功能模块

LED 灯光调节功能由自开功能、自动调级和色光调级 3 部分组成,调光可降低等节点的发热量,提高等节点的寿命和可靠性<sup>[7]</sup>。

本设计使用 RE200B 配以外围电路由单片机 AD 采集

片 STM32F103C8T6 作为主控芯片,系统的所有开发都围绕该芯片展开,底层开发尽可能的利用主控芯片的资源。该芯片系统时钟为 72 MHz,为 48 引脚 LQFP 贴片封装,具有 64 KB Flash,不仅性价比较高,功耗较低且自带的计数器可产生足够的 PWM 信号及用作触控捕获。其硬件系统整体设计方案如图 1 所示。

本设计中,显示屏采用 0.96 in 7 引脚黄蓝双色 OLED,用来实现人机界面交互;温度传感器采用 DS18B20

完成对人体的感应。由于 RE200B 输出信号波动很小,应用时放大电路是必不可少的,可专用芯片 BISS0001<sup>[8]</sup>的前两级放大电路,使用运放 LM324N 进行搭建,电路图如图 2 所示。

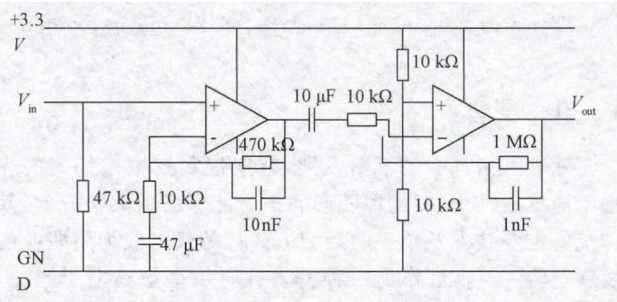


图2 LM324N 放大电路

RE200B 作为一款比较成熟的热释电红外传感器<sup>[9]</sup>,其只对波长为 10  $\mu\text{m}$  (人体辐射红外线波长)左右的红外辐射敏感。一旦人侵入探测区域内,人体红外辐射通过部分镜面聚焦,并被热释电元件接收,但是两片热释电元件接收到的热量不同,热释电也不同,不能抵消,于是输出检测信号。

灯光照控制方案采用 PWM 数字调光<sup>[10]</sup>,即通过改变 PWM 的占空比来实现自动调级与色光调节功能。自动调级是通过检测环境光强自动调节台灯发光亮度,从而达到

节能的目的;色光调节是利用 RGB 三色 LED 所发出的 3 种基色进行混合,得到七色光彩,从而达到个性化需求。

灯条采用 RGB 三色 5050 贴片 LED,每颗芯片大小为  $5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ ,具有亮度高,损耗相对较少的特点。相较于 220 V 灯条,12 V 灯条更加安全且可控性较好,不需要高低压隔离电路。

灯条标称值为  $12\text{ W/m}$ ,即 12 V 额定电压下每 m 灯条工作电流为 1 A,为合理计算放大电路参数取 25 cm 灯条进行测试,测得均值如表 1 所示。

表 1 12 V 电压下每 5 cm 灯条电流

	R	G	B
$I/\text{mA}$	19.38	18.26	17.22

5 cm 长度灯条等效电路如图 3 所示。灯条采用小功率 NPN 三极管 D882,集电极最大电流 2 A,放大倍数约 260。功率放大电路如图 4 所示。

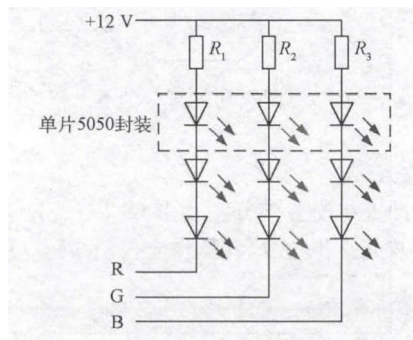


图 3 5 cm 长度灯条等效电路

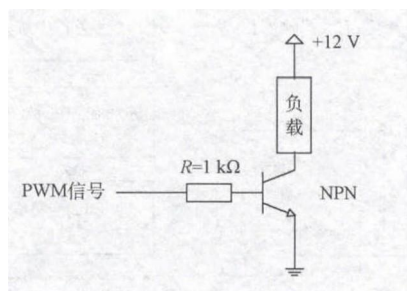


图 4 功率放大电路

光敏电阻与  $47\text{ k}\Omega$  电阻串联,由 AD 采集中点值,输入单片机确定环境亮度。

跟踪功能是采用 5 V 小功率舵机提供转动力矩,并且复用了自开功能中使用红外模块,使台灯照射方向可跟随人的移动而改变,其功能可防止人因偏离台灯照射区域而使眼睛长时间处于弱光照射。

显示功能利用的是 ARM 口仿 SPI 时序使之与 OLED 通信。在该显示屏上可实时显示由数字式温度传感器 DS18B20 采集到的室温<sup>[11-12]</sup>;显示由 STM32 最小系统板

自带的内置 RTC 时钟实现的日历功能;显示音乐模块菜单控制的功能。

### 3.3 通讯模块

蓝牙技术诞生于 20 世纪 90 年代,是一种由当时的通讯巨头提出的廉价短距离传输技术,通信距离在 20 m 左右,有一定的穿墙能力,很适合应用于智能家居。

目前,较常用的短距离通信方式有蓝牙、WiFi<sup>[13-14]</sup>、ZigBee<sup>[15]</sup>。蓝牙通讯是一种低功耗高传输速率的 (1 MB/s) 的短距离通信方式,在受到干扰时稳定性十分优越,且使用 CCM 的 AES-128 完全加密,为数据包提供高加密性保护。因此本设计选择蓝牙通信方式,通过手机蓝牙软件与台灯进行通信。

本设计采用 HC-06 型蓝牙模块,这是一款较常用的蓝牙模块,其基本参数如下:

误码率:  $-80\text{ dBm}$

存储温度:  $-40\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$

工作温度:  $-25\sim 75\text{ }^{\circ}\text{C}$

谐波干扰:  $2.4\text{ MHz}$

发射功率:  $3\text{ dBm}$

将 HC-06 蓝牙模块成功连接到 STM32F103 的串口后,可用移动端搜索 HC-06 的蓝牙名称,输入密码,等待连接成功,即可进行通信。其与控制板的连线图如图 5 所示。

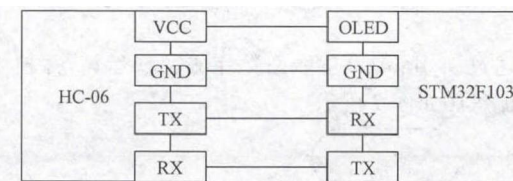


图 5 蓝牙连接模块

使用控制板连接上 HC-06 蓝牙模块后,过手机连接控制板串口端已连接好的蓝牙模块,通过发送字段可控制台灯的各个动作。

## 4 软件设计

该系统控制部分主要包括系统初始化程序、温度传感器处理程序、蓝牙控制程序、控制电机转动程序、OLED 液晶显示程序、定时器产生 PWM 程序、触摸按键检测及处理程序等,代码均采用 C 语言编写,主函数流程设计如图 6 所示。

主程序部分内容通过初始化及调用已设计好的外设模块完成系统的逻辑操作。从图 6 中可以看出除了开始阶段对外设进行初始化操作,大部分时间程序处在 while 死循环状态,等待触控按键中断的产生,然后执行相应操作,如开灯、关灯、播放音乐等。值得注意的是时钟模块的秒钟加 1 操作也是通过中断处理函数来改变的,故在软件设计时需特别注意中断优先级的安排。

### 4.1 自开功能函数设计

自开功能硬件上由红外及光敏模块完成信息收集,软



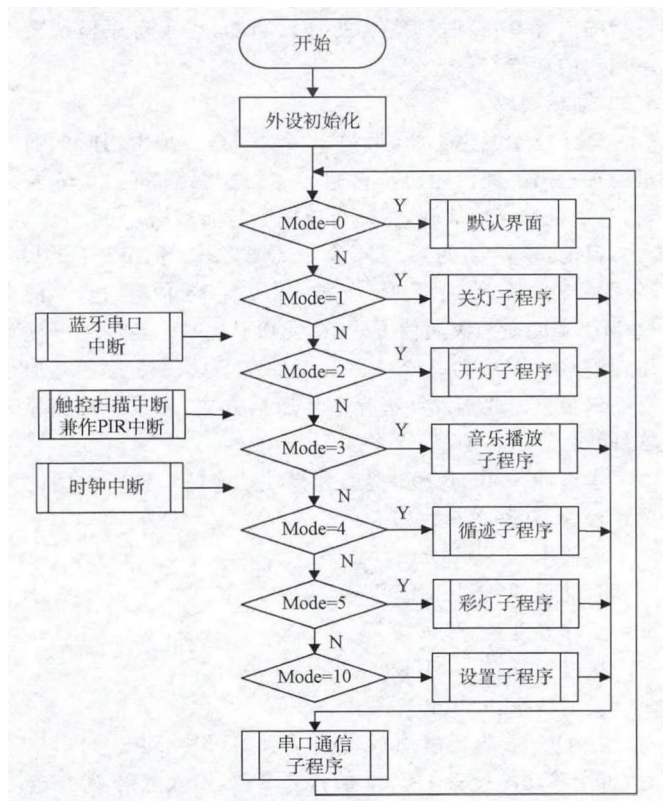


图 6 算法流程

件部分通过 `st_light()` 功能函数完成逻辑运算,并控制输出。其流程图如图 7 所示。

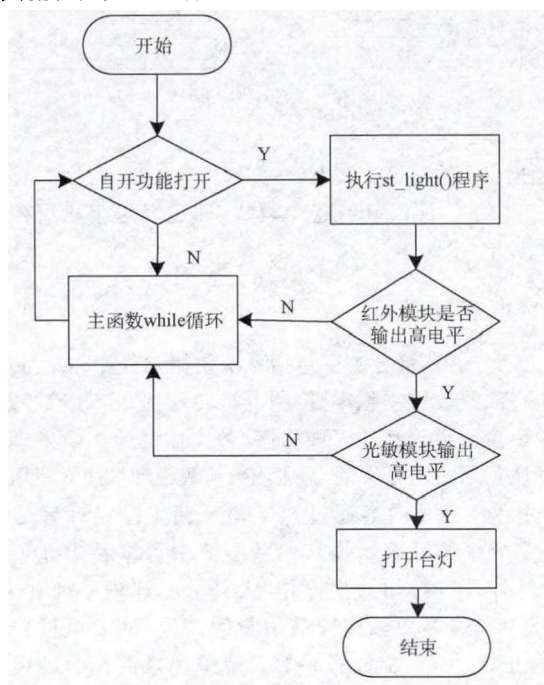


图 7 自开功能算法流程

#### 4.2 自动调级功能函数设计

自动调级功能利用预设了 3 个等级的光敏模块组构

成,软件部分通过 `ch_level()` 功能函数完成逻辑运算,并控制输出。调级功能算法流程图如图 8 所示。

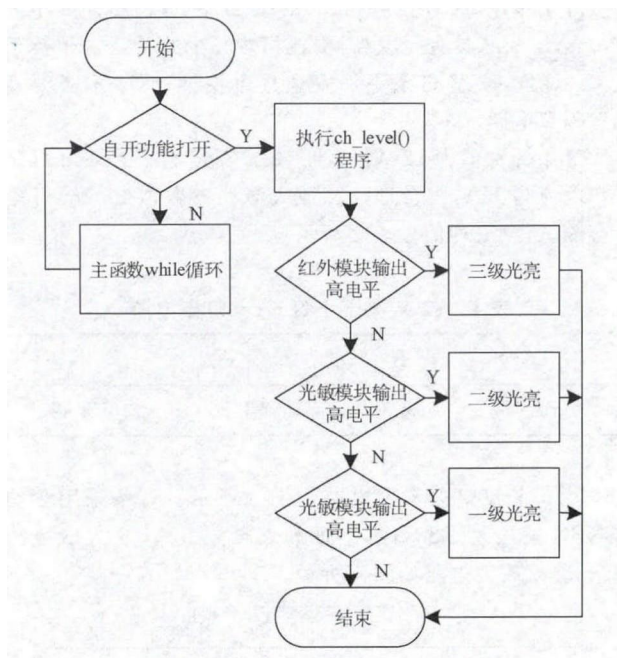


图 8 调级功能算法流程

#### 4.3 人机交互

本设计的人机交互部分主要由 OLED 显示、触控按钮输入及手机蓝牙操作构成,其操作流程。如图 9 所示。

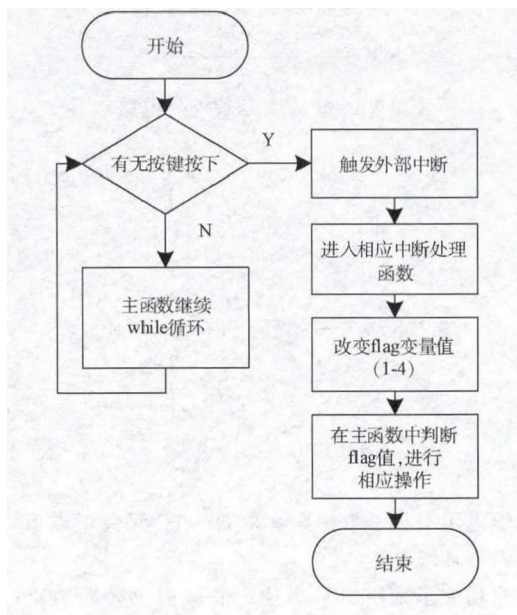


图 9 人机操作流程

### 5 智能台灯系统实验平台

#### 5.1 实验平台

本设计是基于 STM32 为主控芯片的实验平台上实现

的,其电路实物图如图 10 所示。

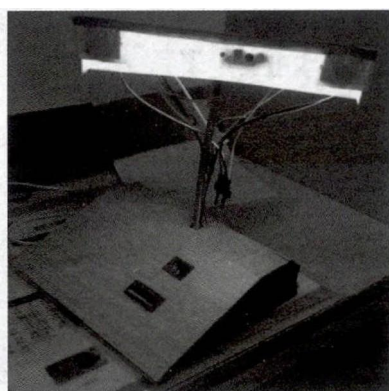


图 10 多功能智能台灯实物

## 5.2 功能测试

根据以上原理分析及参数设置,测得的自动调级结果如表 2 所示。

表 2 自动调级测试结果

	一级光亮	二级光亮	三级光亮
占空比/%	40%	60%	80%
照度/lux	43.5	61.2	76.9

经测试其图 11 是 OLED 液晶屏上显示当前时间日期以及温度传感器采集到的室温。

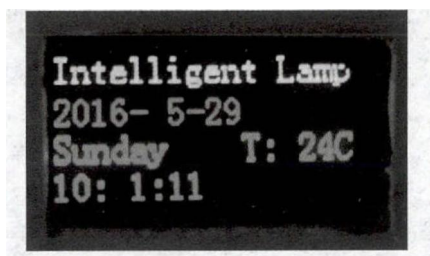


图 11 OLED 显示日历及温度功能

在通信过程中首先要打开蓝牙手机助手且于台灯的蓝牙串口上相连接,从手机发送数据到台灯方式分别:一发送当前时间来更新台灯时间;二是发送命令来控制台灯具体功能。

图 12 为通过编写的手机蓝牙助手控制灯亮示意图。

联合调试证明了基于 STM32 的多功能智能台灯蓝牙无线通信可靠,稳定的数据传输半径约为 5 m。

## 6 结 论

本文简述了基于 STM32 的多功能智能台灯的设计过程,并通过功能测试研究了其性能。本智能台灯系统是基于 STM32 所设计,在设计过程中最大限度的利用单片机

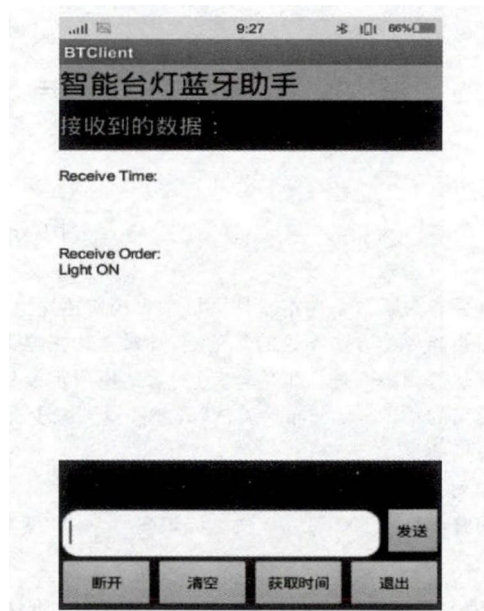


图 12 蓝牙控制

的资源,尽可能的减少系统代码量,提高系统的实时性,同时增强系统的模块化设计。其蓝牙短距离通信功能的实现,使得台灯的控制方式更加灵活,摆脱了布局布线的束缚;循迹功能及测温使得智能台灯更加人性化。

## 参考文献

- [1] 曹小兵. 家居智能照明现状与发展趋势探析[J]. 灯与照明, 2016, 40(2): 1-4.
- [2] 陈艳玲. 国内台灯行业的现状与前景[J]. 中小企业管理与科技旬刊, 2015(1): 156-156.
- [3] 杨维祎, 郭颖, 王雪峰. 基于 TI 杯电子竞技的金属探测系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(2): 54-57.
- [4] 杜鑫. 基于蓝牙的智能家居控制系统的设计与实现[J]. 信息技术与信息化, 2015(8): 46-48.
- [5] 汪浩, 田丰, 杨溢, 等. 多模智能家居系统设计与实现[J]. 电子测量技术, 2014, 37(10): 20-24.
- [6] XU K, XIAO B J, CHEN X. An intelligent dimming power system for LED desk lamp[J]. International Conference on Industrial Control & Electronics Engineering, 2012: 559-563.
- [7] 何素梅, 傅锦良, 吴海彬. LED 隧道照明自动调光系统的设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(4): 622-629.
- [8] 位永辉, 杨威. 基于 BISS0001 的智能台灯设计[J]. 单片机与嵌入式系统用, 2010(9): 24-26.
- [9] 毕丽君. 一种基于热释电传感器 p7187 的人体测温仪的设计[J]. 现代电子技术, 2007, 30(20): 33-41.

(下转第 75 页)

- [11] 贾旭山,金振中. Bayes 假设检验及样本数量问题研究[J]. 现代防御技术,2012,20(4):67-70.
- [12] 夏佩伦,李本昌,李博. 假设检验在军事工程应用中的若干问题[J]. 火力与指挥控制,2015,40(3):100-103.
- [13] 闫章更,魏振军. 试验数据的统计分析[M]. 北京:国防工业出版社,2001:27-30.
- [14] 吴云洁,王建敏,杨文光. 基于小样本的试验系统可信度评估方法[J]. 北京航空航天大学学报,2016,42(9):1911-1917.

- [15] LEONARD T, J HSU J S. Bayesian Methods: An Analysis for Statisticians and Interdisciplinary Researchers[M]. 北京:机械工业出版社,2006:601-602.

### 作者简介

王军东,1971年出生,硕士,高级工程师,主要研究方向为机载雷达、电子战试飞技术。

E-mail: jefferyjundong@126.com

(上接第61页)

- [11] 龙英,何怡刚,张镇,等. 基于小波变换和ICA特征提取的开关电流电路故障诊断[J]. 仪器仪表学报,2015,36(10):2389-2400.
- [12] 贺云林,党选举. 自动搜索谐振频率的洁牙机驱动电源设计[J]. 电子测量技术,2014,37(3):33-35.
- [13] JIANG T, ZHANG J, WU X, et al. A bidirectional LLC resonant converter with automatic forward and backward mode transition[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2015, 30(2):757-770.

### 作者简介

李树娟,1993年出生,硕士研究生,主要研究电力电子与电力传动。

E-mail: 1152499937@qq.com

张振国,1958年出生,副教授,硕士生导师,主要研究方向为电力电子与电力传动、电能质量检测的研究。

叶玉曜,1993年出生,硕士研究生,主要研究方向为电力电子与电力传动。

邓得洋,1990年出生,硕士研究生,主要研究方向为电力电子与电力传动。

(上接第71页)

- [10] 田立东,周继军,秦会斌. PWM调光LED驱动器设计[J]. 机电工程,2012(4):465-468.
- [11] 陈明,邱超凡. 基于DS18B20数字温度传感器的设计与实现[J]. 现代电子技术,2008(8):188-189.
- [12] 张东庆,朱虹. 基于单片机的测温电路设计[J]. 科技视野,2012(16):196-246.
- [13] 余海,曹蕾. 基于WiFi的无线网状(Mesh)组网技术[J]. 现代电子技术,2011,34(10):120-122.
- [14] 刘洛辛,孙建利. 基于能效的WLAN室内定位系统模型设计与实现[J]. 仪器仪表学报,2014,35

(5):1169-1178.

- [15] 金基宇,王虹元,金桂月. 基于ZigBee的LED智能照明系统[J]. 国外电子测量技术,2016,35(10):76-81.

### 作者简介

宋斌,1992年出生,硕士研究生在读,主要研究方向为电力电子技术等。

E-mail: bins0017@163.com