

# 基于 ZigBee 无线通信的烤房控制仪的设计与实现<sup>\*</sup>

曲 豪<sup>1</sup> 朱晓珺<sup>1</sup> 刘国颖<sup>2</sup>

(1. 郑州信息科技职业学院 机电工程学院 郑州 450008; 2. 中国烟草总公司职工进修学院信息中心 郑州 450008)

**摘 要:** 针对密集烤房系统中烤房控制仪无线组网的需求,提出了基于 ZigBee 无线通信的烤房控制仪设计方案。以 STM32 作为主控芯片,后备电池供电方式可保证系统断电时数据自动存储,采用串口触屏使得人机接口更加友好直观、操作方便,串口 ZigBee 无线模块满足了烤房群星型网络的组网设计需求,利用变频器驱动循环风机无级调速提升了烘烤的精准控温和节能高效,最后,实验测试结果证明该控制仪性能稳定可靠,有效提升了烤房群的管理水平。

**关键词:** 烤房控制仪; ZigBee 通信; 变频调速; 触摸屏

**中图分类号:** TN98 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5015

## Design and implementation of curing barn controller based on ZigBee wireless communication

Qu Hao<sup>1</sup> Zhu Xiaojun<sup>1</sup> Liu Guoying<sup>2</sup>

(1. Electromechanical Engineering College, Zhengzhou Vocational University of Information and Technology, Zhengzhou 450008, China;

2. Information Center, Staff Development Institute of China National Tobacco Corporation, Zhengzhou 450008, China)

**Abstract:** In order to meet the requirement of wireless networking of curing barn controller in bulk curing barn system, a design scheme of curing barn controller based on ZigBee wireless communication is proposed. Using STM32 as the main control chip. Backup battery power supply mode can ensure automatic data storage when the system is powered off. Serial port touch screen makes the man-machine interface more friendly, intuitive and easy to operate. Serial port ZigBee wireless module meets the network design requirements of star network in roasting barn group. The stepless speed regulation of the recirculating fan driven by the frequency converter improves the precision temperature control and energy saving of the roasting. Finally, The experimental results show that the controller is stable and reliable, and effectively improves the management level of the roasting barn group.

**Keywords:** curing barn controller; ZigBee communication; frequency control; touch screen

## 0 引 言

随着我国现代烟草农业建设的稳步发展,密集烤房在烟叶适度规模种植与生产组织方式变革中发挥着不可或缺的重要作用,智能控制、无线监控、信息指导是现代烟草农业发展对专业化烘烤的要求,烟叶烘烤充分应用智能控制和信息监控技术可以大大降低烟农和烟草技术人员的劳动强度,保证烟叶烘烤质量<sup>[1]</sup>。国内有学者提出的基于 GSM 或 GPRS 的烟叶烘烤温湿度系统解决了单个烤房的无线监控问题<sup>[2-3]</sup>,也有学者提出采用射频模块解决烤房群无线组网的烤房控制器<sup>[4-5]</sup>,但上述应用存在烤房群无线组网效果不佳、维护成本过高、操作使用不方便等问题。本设计是基于物联网的密集烤房群智能管理系统的一部分,作为烤房

群无线组网的终端执行节点,采用微处理器 STM32 作为主控制器,人机交互采用友好直观、操作方便的触摸屏,无线通信选用的基于 ZigBee 技术的低功耗芯片支持组建更加强健的 mesh 网络,控制仪根据烤房内实测的温湿度数据,自动调控烤房的循环风机等执行机构,实现烟叶烘烤工作的自动控制,具有本地操作并支持远程无线监控功能,同时兼具语音报警和后备电源保护等功能,在烟叶烘烤现场使用时取得了良好效果。

## 1 系统硬件电路设计方案

### 1.1 控制仪硬件系统组成

具有无线通信功能的烤房控制仪的硬件系统包括主控模块、后备电源模块、串口触屏人机接口模块、语音报警模

块、ZigBee 无线通信模块,以及循环风机与变频器驱动模块、加热装置及冷风进风门控制等执行器模块,还有EEPROM 存储器可保存烘烤过程中的烘烤信息数据,以便进行记录以备查询。控制仪采用意法半导体的STM32F103C8T6 作为主控芯片,通过安装在装烟室内的两组共 4 只干湿球温度传感器,检测到的温湿度数据作为控制仪自控程序的主要依据。控制仪硬件系统组成如图 1 所示。

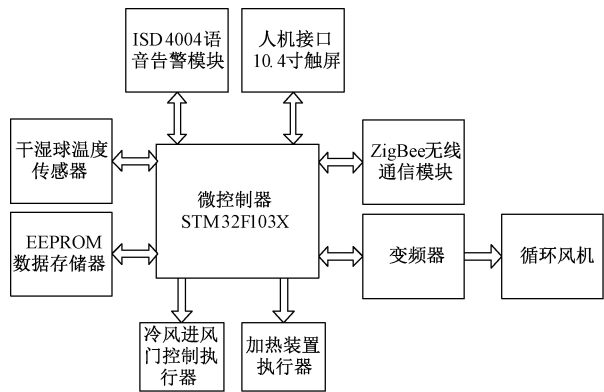


图 1 硬件系统组成

### 1.2 主控微处理器 STM32F103C8T6

STM32F103C8T6 是 ST 公司的中等容量增强型微控制器,自带 3 个 USART 外设接口,可分别连接串口触屏、ZigBee 无线通信模块、变频器等外部功能模块电路;SPI 外设接口驱动 ISD4004 语音芯片;I<sup>2</sup>C 接口用以连接外部的 EEPROM 数据存储器件,基本满足了控制仪的硬件设计要求<sup>[6]</sup>。

### 1.3 电源及后备电池充电电路

密集烤房控制仪具备后备电池供电方式,后备供电方式时屏幕内容可正常显示。断电时数据自动存储,来电后自动恢复正常运行<sup>[7]</sup>。本文设计的供电电源采用市电交流 220 V,经阻容降压之后,再经过整流、稳压后转换为直流 DC 12 V,给后备电池充电,同时给主控单元、串口触屏等弱电部分供电;后备电池采用 3 节 4.2 V 锂电池串联形式,并采用 BM3452-B 充电电池保护芯片,实现了电池过充、过放、放电过电流、短路、充电过电流、高温以及断线等保护功能,具有高精度、高集成度的特点<sup>[8]</sup>。电源及后备电池充电电路如图 2 所示。在市电掉闸断电后,控制仪能自动切换至后备电池供电,并将采样的烤房工作数据实时存入 EEPROM 中。

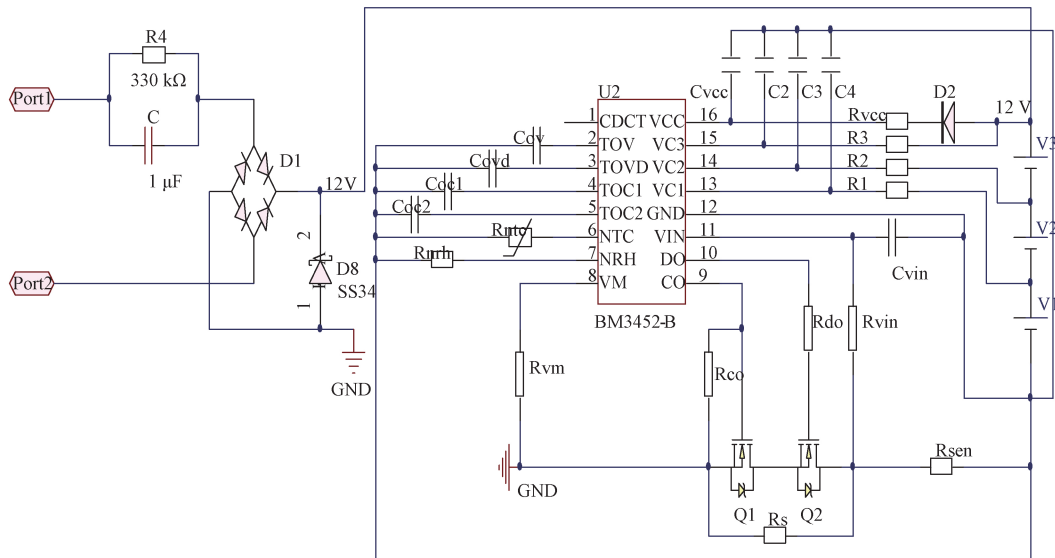


图 2 电源及后备电池充电电路

### 1.4 人机接口—串口触摸屏

烤房控制仪的显示屏用以显示装烟室内的干、湿球温度、目标干球温度与湿球温度、温湿度设定、阶段时间、故障、执行器运行状态等<sup>[9]</sup>,是必不可少的人机交互接口,由于传统单色屏色彩差、内容少、不支持触控等,已无法满足烤房用户的需求;工控领域中彩色 TFT 已成主流,具有高分辨率显示、图片文字刷新快等优点。而串口触摸屏接口简单,仅需 3 根线与微控制器的串口相连,将用户控制和

显示部分分离出来,微控制器通过串口指令即可方便对显示的内容进行修改。本项目采用了 10.4 英寸串口触摸屏作为人机接口。

### 1.5 无线通信 ZigBee 模块

烤房群 ZigBee 无线网络由协调器和烤房终端组成,其 ZigBee 模块均采用 TI 公司的 CC2630 芯片,具有较高的接收灵敏度和优异的抗干扰能力、以及超低的功耗。CC2630 是双 ARM 核 32 位 CPU 芯片, Cortex-M3 负责 ZigBee 协

议的处理,Cortex-M0 负责无线通信的处理,能够以较低的成本建立强大的网络节点<sup>[10]</sup>。该模块承担 ZigBee 网络终端的无线通信功能,通过串口连接控制仪主控微处理器的一个 UART 口进行通信。

### 1.6 温湿度传感器模块

为确保测温数据精确,每个烤房内需设置主、副 2 组共 4 只温湿度传感器,每组由 1 只干球温度和 1 只湿球温度传感器构成,均采用单总线数字式温度传感器 DS18B20,其测温范围为 $-55\sim+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,在 $0\sim85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 测量范围内,测量精度为 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,能够满足正常烘烤的要求。该传感器具有占用 MCU 端口少、抗干扰能力强、外部接口

电路简单等优点<sup>[11]</sup>。

### 1.7 循环风机变频驱动电路模块

密集烤房的循环风机负责把热量送入装烟室内,并通过内循环使装烟室内的温湿度尽可能保持均匀一致的变化,在不同的烘烤阶段根据不同的温湿度需求而需要不同的风机转速,本项目利用微控制器预留的串口,驱动外部的 RS485 转换电路,与台达矢量变频器 2T2R2G 进行通信,根据自控程序给变频器发送调速指令,再由变频器驱动 $2.2\text{ kW}/220\text{ V}$ 三相交流电机,实现风机的精准调速。为避免通信干扰,采用了高速光耦 6N137 做通信隔离,RS485 转换及光电隔离电路如图 3 所示。

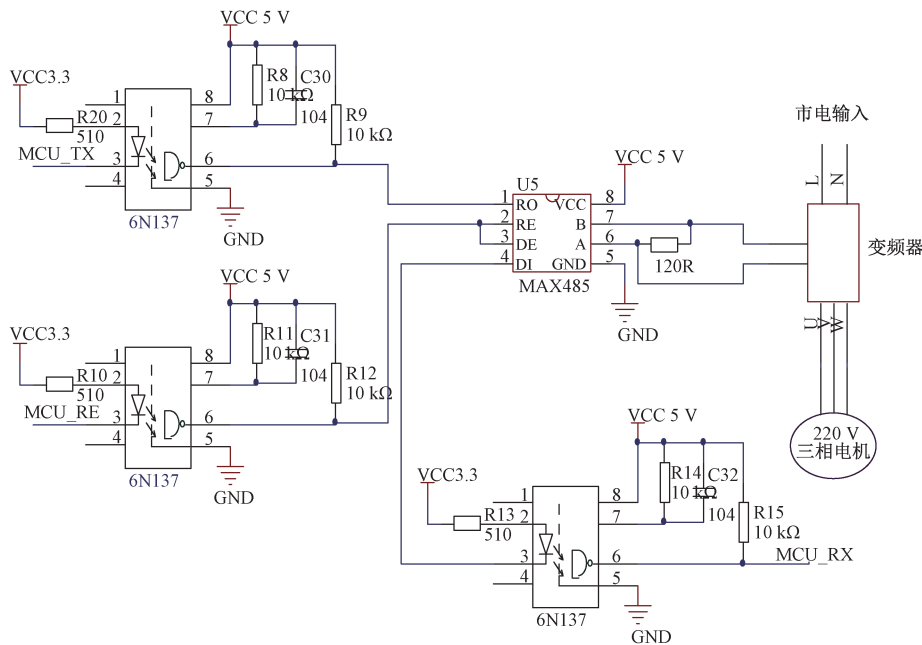


图 3 RS485 转换及光电隔离电路

### 1.8 语音告警电路模块

当控制仪检测到烤房工作数据及烤房执行设备异常时,能够开启语音告警提示。本系统选用 ISD4004-08MP 语音芯片,该语音芯片具有 8M 的存储容量,具有录音和放音的功能。ISD 系列具有抗断电、音质好、使用方便、无需专用的语音开发系统的特点<sup>[12]</sup>。语音告警及功放电路如图 4 所示。

### 1.9 存储器电路模块

控制仪设计了可供保存烘烤工艺曲线、以及实时烘烤数据信息以备查询的存储器 AT24C256,其特点是掉电后数据不丢失<sup>[13]</sup>,这些数据包含了人机接口触摸屏显示的信息,包括温湿度曲线、温湿度设定、阶段时间、故障、执行器运行状态等,用户通过触屏对烘烤设置的信息也予以存储,控制仪每 1 h 自动采集一次数据并存储以备查询。

### 1.10 实时时钟电源模块

系统的实时时钟芯片采用了 DS1302<sup>[14]</sup>,其配套的组

扣电池使得即使系统断电也能保证时间不会停止,其产生的精确的年、月、日、时、分、秒等数据,用以给采样数据加上时间标签,以备查询分析。

## 2 系统软件设计方案

无线烤房控制仪是烤房群无线通信网络中的一个通信终端节点兼执行器,实现烤房工作的远程无线监控和就地自动控制的双重功能。在系统上电并开启运行按钮后,即可根据选择的专家烘烤曲线自动控制烤房的执行结构开始工作。本程序采用嵌入式 C 语言进行设计,共分为 3 部分:主程序、无线通信子程序和与变频器风机模块的串行通信子程序。

### 2.1 主程序设计

烤房控制仪是一个典型的自动控制系统,其输入信号包含采样的干湿球温度传感器信号、用户通过触屏设置的烘烤控制变更数据、通过 ZigBee 无线通信模块接收的远程

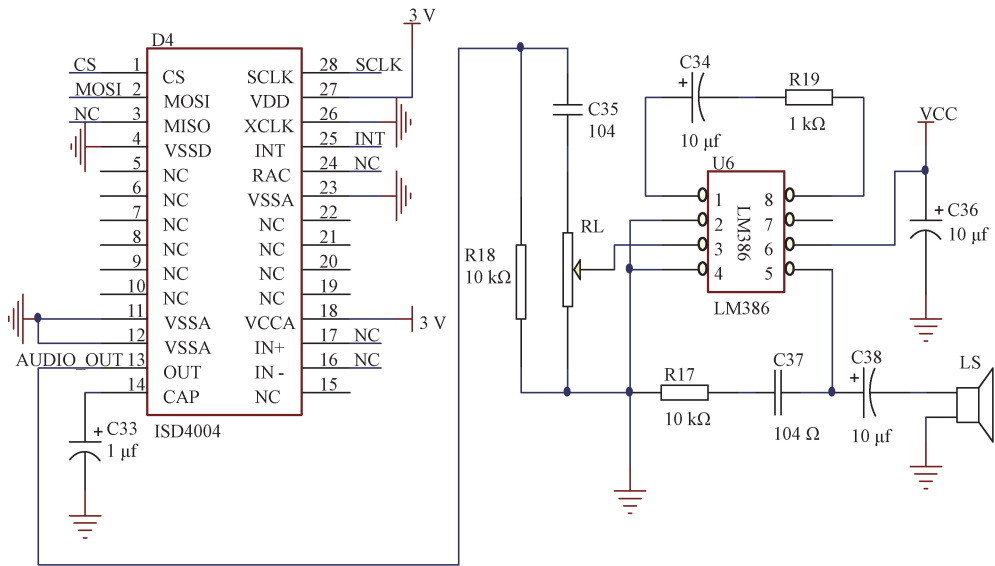


图 4 语音告警电路

操作以及烤房执行机构等工作状态信号等；输出信号则包括给循环风机变频器发送的指令数据、给加热器、冷风机风门控制器发出的指令、给语音报警模块发出的信号、通过 ZigBee 模块发送给 ZigBee 网络协调器的烤房工作状态数据等。其核心程序功能即根据用户选择的专家烘烤曲线，实时采集烤房内的干湿球温湿度传感器数据，自动控制烤房的执行机构进行工作，同时能够接受用户通过触摸屏对烘烤决策的修改，智能化的完成烘烤工作；同时能响应用户通过 ZigBee 无线网络发送的查询要求，给远程用户定时发送烤房工作状态信息。主程序流程如图 5 所示。

2.2 ZigBee 无线通信子程序设计

烤房群无线组网采用星型拓扑结构，由一个协调器和多个烤房终端组成，协调器与烤房群集控中心服务器连接，并负责组织管理烤房群网络。烤房控制仪作为网络的终端节点，负责采集烤房工作数据和设备状态信息，加入 ZigBee 网络后首先向协调器发送一个包含本烤房编号数据的信息，并定时向协调器推送信息，协调器也会根据用户的指令向各个烤房终端广播查询信息，烤房群内所用终端均能收到该信息，但只有与用户查询编号一致的终端以单播的形式向协调器发送数据<sup>[15]</sup>。此外，在控制仪采集数据出现异常或设备工作状态异常时，会立刻给协调器发送报警信息。

2.3 与变频器风机模块的通信子程序设计

主控微处理器与变频器采用主从 Modbus RTU 通信协议，主控制器作为主机给变频器从机发送“查询/命令”数据帧，变频器从机收到后会返回一个响应信息数据帧。本设计数据帧使用的传输字符是十六进制字符，通信采用的数据帧格式如表 1 所示。

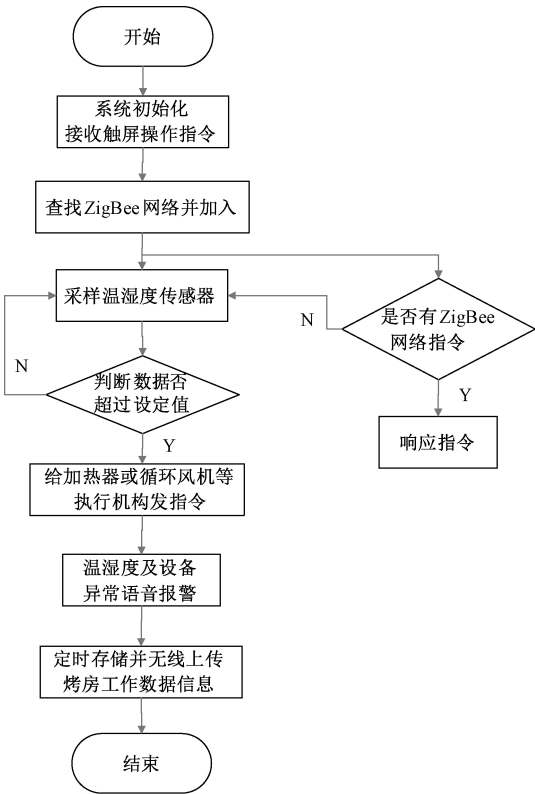


图 5 控制仪主程序流程

表 1 与变频器通信的数据帧格式

帧头	通信地址	命令码	数据	CRC 校验	结束符
3.5 个 字符时间	2 个字符	2 个字符	N 个	2 个字符	3.5 个 字符时间

如向从机地址为 01H 的变频器发送风机转速为 1 440 r/min 的指令,则向变频器发送的命令信息为 01、06、10、07、05、A0、3B,其中 01 为变频器从机的地址;06 为写一个字(word)指令到从机变频器的指定地址处;1007 为变频器中要写入数据的地址,此地址存放数据为指定的运行速度;05、A0 是转速的十六进制数据;3B 为该帧命令信息的 CRC 校验字符。

3 系统实际应用

本系统设计的烤房控制仪已成功应用于河南许昌市某县产烟区的密集烤房群集控系统之中。烤房控制仪采用壁挂方式挂置在烤房外部方便观察与操作的位置,通过外部导线分别连接烤房内的干湿球温度传感器,连接变频器与循环风机控制电路模块、以及助燃风机等烤房执行机构。经实际应用验证,在实测温湿度值超过预设值或其他异常时,能够发出声音预警并控制烤房执行机构动作,表 2 所示为该控制仪在烟叶烘烤的定色期选择 3 个控温段的监测点,实测干湿球温度与专家工艺曲线的标准干湿球温度的对比,可见装烟室实际干、湿球温度与设定干、湿球温度吻合度较好,误差在±0.5℃以内,烘烤出的烟叶质量较之前有较大改善,图 6 所示为烤房控制仪工作时的串口触屏 LCD 的图片。尤其是该控制仪的投入使用,为烤房群的无线远程管理提供了有效支撑,提升了烤房管理的工作效率,取得了良好的效果。

批次	干球温度			湿球温度		
	设定值	实测值	偏差	设定值	实测值	偏差
1	44	44.3	+0.3	39	38.6	-0.4
2	47	47.2	+0.2	40	40.4	+0.4
3	50	50.4	+0.4	41	41.3	+0.3

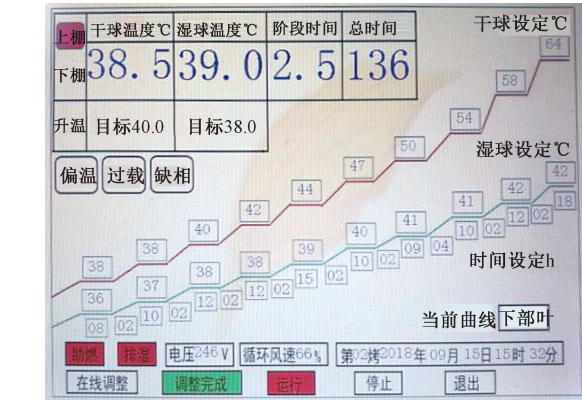


图 6 烤房控制仪使用中 LCD 实物

4 结 论

本文详细介绍了基于 ZigBee 技术的烤房控制仪的硬

软件设计方案,有效的实现了密集烤房群的无线组网、烤房工作的本地自动控制和远程无线监控、触摸屏操作方式的引入使得烟叶烘烤作业的人机界面更加友好简洁,循环风机变频调速技术的应用使得烘烤工作节能高效。其应用结果表明,无线烤房控制仪硬件设计合理、性能稳定,有效提升了密集烤房群的信息化管理水平,降低了烘烤管理的劳动强度,有利于实现最佳烘烤工艺,说明了烤房控制仪采用 ZigBee 技术有助于密集烤房群无线组网管理的实现,变频技术的引入提升了烟叶烘烤工作的精准控制水平,具有良好的推广价值。

参考文献

[1] 谢已书. 烤烟成熟采收与密集烘烤[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2012.

[2] 谢守勇,王靖,罗舒.基于 GPRS 的烟叶烘烤温湿度远程监控系统[J]. 中国农机化学报,2016,37(6):118-121.

[3] 李志强,黄明英,郭华新.基于 GSM 的烟叶烘烤远程监控系统设计[J]. 安徽农业科学,2010,38(34):19852-19853.

[4] 胡风忠,罗志年,李俊.基于无线通信的密集烤房群远程监控系统[J]. 计算机测量与控制,2011,19(11):2689-2691.

[5] 蔡剑华,熊锐,黄国玉.基于无线传输的烤房温湿度远程监测系统[J]. 烟草科技,2016,49(10):81-86.

[6] 意法半导体. 器件手册 STM32F103x8 [EB/OL]. [2015-10]. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00161566.pdf>.

[7] 宫长荣,陈江华,吴洪田,等. 密集烤房[M].北京:科学出版社,2010.

[8] 比亚迪. BM3452-B 系列说明书 [EB/OL]. [2016-11-08]. <https://wenku.baidu.com/view/d232d23be3bd960590c69ec3d5bbfd0a7956d5a4.html>.

[9] 胡风忠,黎添笑,高金定.智能化密集烤房控制器的设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2011,19(12):2952-2954.

[10] 宋珍伟,李莉,黄友锐.基于 CC2630 的低成本井下监测系统研究[J]. 电气自动化,2016,38(4):54-55,112.

[11] 康国磊,黄春,江泳.智能烟叶烤房控制系统的设计[J]. 安徽农业科学,2009,37(14):6616-6617,6621.

[12] 王瑜,杨武成,李腾飞,等.基于单片机的节能饮水机控制系统设计[J]. 国外电子测量技术,2017,36(6):75-80.

[13] 高明远,杜诗超.基于 RS-485 总线的烟叶烤房温度控制器[J]. 仪表技术与传感器,2007(8):29-30,32.

[14] 陈章进,张建峰,李翰超,等.基于 ZigBee 技术的教学设备系统设计[J]. 电子测量技术,2015,38(8):99-103.

[15] 魏鑫,韦海成.基于 ZigBee 的远程环境监测人机交互系统设计[J]. 现代电子技术,2017,40(18):156-160.

作者简介

曲豪,讲师,主要研究方向为嵌入式技术及应用。  
E-mail:530104686@qq.com  
朱晓璐,讲师,主要研究方向为计算机应用。  
刘国颖,讲师,主要研究方向为信息处理。