

一种基于电压扰动发生装置的手持式监测终端^{*}

谢 君 朱 磊

(西安工程大学电子信息学院 西安 710048)

摘 要:为解决工业现场现有信息监测终端移植性差、手持和移动巡检不便、升级更新麻烦等问题,提出了一种基于电压扰动发生装置的手持式监测终端。该终端由通信转换器和 Android APP 两部分构成。通信转换器与工业现场设备基于 RS-232 通信,并通过 Wi-Fi 将数据透传给 Android APP,完成数据的采集和传输。Android APP 用于接收通信转换器转发的工业现场数据,实现对数据的实时显示、保存、报警等功能。测试表明,本终端可实现在 RS-232 工业接口下不同参数的数据获取,数据基于 Wi-Fi 的无线传输以及数据在 Android APP 的可视化监测。

关键词:信息监测终端;Android 系统;RS-232 通信;Wi-Fi

中图分类号: TP274 TN919 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5025

Handled monitoring terminal based on voltage quality disturbance generator

Xie Jun Zhu Lei

(Electronics and Information College, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: In order to solve the problem of poor portability, inconvenience for handhold and mobile inspection, difficult for upgrade and update of the existing information monitoring terminal in the industrial field, we propose a handled monitoring terminal based on voltage quality disturbance generator. The terminal is consist of communication converter and Android APP. Communication converter communicate with the industrial field devices based on RS-232, and transmit transparently the data to the Android APP via Wi-Fi to accomplish data acquisition and transmission. Android APP is designed to receive the data of industry scene transferred from the communication converter, and to realize the functions of data real-time display, preservation, warning and so on. Experiment results show that the terminal can acquire data based on different parameters in RS-232 industrial interfaces, transmit wirelessly data based on Wi-Fi and visualize monitoring data on Android APP.

Keywords: information monitoring terminal; Android system; RS-232 communication; Wi-Fi

1 引 言

对工业现场存在的各种数据(如温湿度、液位、转速、电压、电流等)进行监测是影响工业生产效率 and 自动信息化管理的重要因素之一^[1]。信息监测终端可以使管理者方便、及时的掌握工业现场的各种数据信息,了解工厂内设备的运行情况,在整个工业生产领域中有其极重要的地位^[2-3]。

作为近些年信息监测系统的两个研究热点,基于 Web 的工业监测模式^[4]和基于嵌入式系统的智能记录仪在工

业生产领域得到了广泛应用。在国外,美国田纳西大学开发了一种基于 Web 的监测实验平台,用户通过浏览器就能够进行很多远程监测实验。美国 North Andover 公司实现了因特网与 PLC 的互联,监测用户通过浏览器就能实现对远程设备的监测。在国内,基于 Web 的实时监测软件开发和构建也得到了积极的研究与发展,例如:北京亚控科技开发了组态王 Web 版;北京昆仑通泰自动化完成了 Web 版的 MCGS^[5-6];上海柏元网控信息技术有限公司开发了 Web Access 和 RMIS 实时信息系统。这种基于 Web 的工业信息监测系统主要通过先进的计算机网络技

收稿日期:2016-03

^{*} 基金项目:国家自然科学基金(61401347)、陕西省教育厅自然科学基金(14JK1303)、西安工程大学博士科研启动基金(BS1410)、西安工程大学研究生创新基金(CX2015018)、陕西省科技厅工业科技攻关项目(2016GY-101)资助

术,实现对各个设备的现场运行状况以及整个生产过程状态信息的实时监测与共享^[7]。但是这种监测系统无法满足工业现场生产规模动态伸缩、跨区域式监测的需求。

而基于嵌入式技术开发的新型智能记录仪近年来呈现快速、多样化发展^[8]。它采用性能优异的微处理器芯片,搭载功能强大的实时操作系统,通过接入传感器等设备,实时监测工业过程中的数据,对采集的数据具有自动修正功能,并可以自动实现高精度快速的测算和数据存储^[9-10]。但是,这种记录仪多采用有线数据交互模式和固定的总线工作参数,且安装于固定地点的机柜内,不便于手持和移动巡检,且开发费时、费力,所需的软硬件设备在不同的工业现场之间得不到很好的共享,移植性较差,造成了资源的浪费,升级更新麻烦,成本较高。

为此,本文提出了一种基于电压扰动发生装置的手持式监测终端,该终端可实现在 RS-232 工业接口下不同参数的数据获取,数据基于 Wi-Fi 的无线传输以及数据在 Android APP 的可视化监测。论文首先阐述了手持式监测终端的总体方案设计,然后分别从通信转换器和 Android APP 两方面进行了详细设计说明,最后通过终端自测试和实际现场测试验证了本方案的可行性。

2 方案设计

本文提出的基于电压扰动发生装置的手持式监测终端总体设计方案如图 1 所示。该终端由硬件通信转换器和 Android APP 软件构成。通信转换器主要实现通信转换、数据转发的功能,即微处理器通过 RS-232 接口与工业总线设备通信,获取工业现场的实时数据(如电压、温湿度等)以及设备工作状态信息,并将这些数据打包成 Wi-Fi 数据包,经 SDIO 接口的 Wi-Fi 模块无线传输给 Android APP。Android APP 以基于 Android 系统的手持移动终端(手机、平板等)为调试平台,借助开源免费的 Android 开发环境 Eclipse 进行应用程序的开发。一方面,App 负责解析接收到的 Wi-Fi 数据包,实现对工业过程数据的显示、存储及对异常信号的报警等功能。另一方面,App 可实现对通信转换器 RS-232 接口工作参数(如波特率、数据位、停止位等)的在线调整,以匹配不同参数下的工业总线通信。本终端采用数据采集与数据监测分离的系统结构且基于 Wi-Fi 无线网络交互数据,具有体积小、手持移动方便、无需布线可非接触式监测数据等优点,具有较好的移植性与较广的应用范围,而且由 Android APP 构成

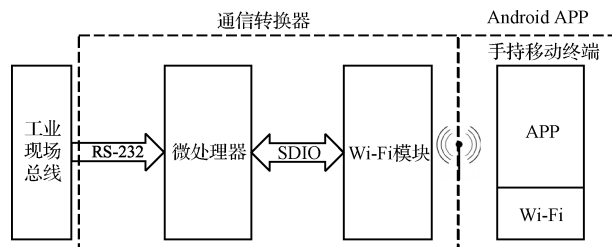


图1 总体设计方案

的数据监测功能使得系统的升级更新更为简洁且成本低廉。

3 通信转换器设计

3.1 硬件设计

通信转换器硬件设计如图 2 所示。该通信转换器主要由主处理器、RS-232 通信模块电路、Wi-Fi 通信模块电路、电源电路、复位电路、仿真电路、启动模式选择电路组成。主处理器采用基于 ARM 32-bit Cortex™-M3 内核、型号为 STM32F207VGT6 的 CPU,其最高工作频率可达 120 MHz,处理速度高达 150DMIPS 且动态功耗教低;集成 1 Mb Flash 和 128 Kb SRAM;具有 4 路 USART、2 路 UART、1 路 1/4/8 bit SD/MMC/SDIO、3 路 I²C、3 路 SPI、2 路 CAN 等,外设丰富灵活,它与电源电路、复位电路、仿真电路、启动模式选择电路组成了 STM32 的最小系统。RS-232 通信模块电路的全双工收发器芯片采用 TI 公司的 MAX3232E,用于采集工业现场总线的的数据。MAX3232E 工作电压为 3.0~5.5 V,它采用专有低压差发送器输出级,配合 4 个 0.1 μF 的电容器便能实现真正的 RS-232 通信性能。Wi-Fi 通信模块电路中 Wi-Fi 芯片采用 Marvell 公司 Avastar 系列 SDIO 接口的无线模组 88W8782,它支持 IEEE 802.11b/g/n 标准,IEEE 802.11i 安全协议,以及 IEEE 802.11e 标准服务质量,其性能高、体积小、功耗低、速率快、安全性高,足以与大多数无线设备进行高效快捷的数据交互。由于基于 SDIO 接口的通信属于高速通信,在高速电路中,信号在传输介质上的传输时间大于信号上升沿或者下降沿的 1/4 时,该传输介质就需要阻抗匹配,对高速信号线串接电阻,以防止阻抗不匹配导致线上反射,从而形成驻波,产生振铃、过冲等现象。然而,电阻是耗能器件,串入线路中就会吸收能量,入射波、反射波都一样,串入的电阻会和负载电容形成低通滤波器,导致信号的上升下降沿缓慢,因此串入的电阻并非越大越好,设计时需要在速度和振铃抑制的程度中做折中处理。根据计算和测试结果,本设计对 SDIO_D0~SDIO_D3、SDIO_CMD 信号线串接了 10 kΩ 的上拉电阻。通信转换器是整个手持式监测终端运行的硬件基础,它采集工业数据并打包成 Wi-Fi 数据包,通过 88W8782 透传给 Android APP。

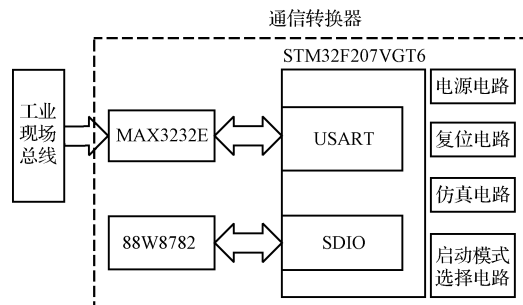


图2 通信转换器硬件设计原理

3.2 STM32 处理器软件设计

通信转换器 STM32 处理器软件设计由代码移植和模块软件设计组成,前者主要包括 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统、lwIP 协议栈和 Wi-Fi 驱动移植,它们是软件平台运行的基础;后者主要包括 STM32 处理器主程序设计, Wi-Fi 通信模块程序设计, RS-232 转 Wi-Fi 通信模块程序设计,它们对实现手持式监测终端的硬件功能起着决定性的作用。

3.2.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统移植

本设计采用开源的嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 来管理进程调度和资源分配。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 具有抢占式内核,与非抢占式内核的操作系统相比,实时性更强,而且得到了多种国际标准的认证,具有足够的安全性和稳定性。

在 STM32 上移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 主要包括 3 大文件的移植,分别是:1)与处理器相关的文件 OS_CPU_A.ASM,由汇编语言编写的 OS_CPU_A.ASM 是 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 移植的主要工作内容,具体包括启动最高优先级任务函数 OSStartHighRdy(),任务切换函数 OSCtxSw(),中断级任务切换函数 OSInitCtxSw(),可挂起中断服务函数 PendSV(),中断处理函数 PendSV_Handler(),关闭中断函数 OS_CPU_SR_Save(),打开中断函数 OS_CPU_SR_Restore();2)基本配置和定义文件 OS_CPU.H, OS_CPU.H 对不可移植的数据类型进行了重新定义,例如通过代码“#define OS_TASK_SW() OSCtxSw()”重新定义了任务切换宏;3)与 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 相关的文件 OS_CPU_C.C; OS_CPU_C.C 中,函数 OSTaskStkInit()在任务创建时用于初始化任务堆栈,必须移植。函数 OSTimeHook(), OSTaskCreateHook(), OSTaskDelHook(), OSTaskSwHook(), OSTaskStartHook()为钩子函数,用于扩展系统功能,可由用户定义或裁剪,但必须声明。

3.2.2 lwIP 协议栈移植

本设计使用轻量级 IP 协议 lwIP 实现 Wi-Fi 模块的网络通信功能,移植 lwIP 工作主要包括两方面:1)lwIP 操作系统模拟层的接口实现;2)lwIP 与网卡驱动的接口实现。

lwIP 为应用程序在操作系统上提供了专门的 API 接口,通过操作系统模拟层接口可以实现基于 TCP 或 UDP 的网络通信。操作系统模拟层接口在 sys_arch.c 文件中实现,主要包括以下函数:1)邮箱和信号量操作函数;邮箱和信号量均用于传递消息, lwIP 中它们可以存放多条消息,但在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中,两者均只能存放一条消息,因此需采用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 提供的队列机制去实现邮箱和信号量函数的操作,提高协议性能;2)超时相关函数 sys_arch_timeouts()。在 lwIP 中,需要给每一个线程分配一个超时列表,列表采用 sys_timeouts 结构的链表来实现;3)多线程创建函数; lwIP 中可实现单线程和多线程操作,而在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中,没有线程的概念,但提供了 API 函数 OS_TaskCreate()用来创建新任务,因此可以将其封装到 lwIP 的创建线程函数中,实现多线程操作。

lwIP 与网卡驱动的接口实现包括网卡驱动的移植以及网卡接口的初始化,具体包括 lwIP 的初始化函数 _ilvInitLwIP(),初始化配置函数 _ilvSetLwIP(),初始化底层接口函数 ethernetif_init(),网卡初始化函数 low_level_init(),消息投递函数 tcpip_input(),接收线程函数 ethernetif_input(),链路层发送函数 low_level_output()。

3.2.3 Wi-Fi 驱动移植

本设计通信转换器与 Android APP 基于 Wi-Fi 通信, Wi-Fi 通信模块扮演着数据中转的角色,它一方面通过 SDIO 接口读取 STM32 处理器硬件缓冲区获取的工业数据,另一方面通过 Wi-Fi 驱动程序注册的 API 接口函数,将这些数据发送到 Android APP。

Wi-Fi 驱动移植主要包括 3 部分:1)Wi-Fi 注册函数 probe;当 Wi-Fi 模块 88W8782 向内核注册并挂在总线上时,probe 函数会在其相应的总线上发出一个探测,探测到挂接在这个总线上但尚未被绑定的 Wi-Fi 模块,并与其进行联通;2)WLAN 驱动数据发送函数 wlan_hardstart_xmit(),数据发送过程如下:IP 层通过接口函数 dev_queue_xmit()将数据递交给网络设备接口层,后者利用数据发送函数 lbs_hard_start_xmit()唤醒主线程 main_thread(),主线程利用包处理队列 packet_work()并通过 SDIO 协议将数据发送到 Wi-Fi 模块的 DMA 缓冲区,最后 Wi-Fi 模块自动对数据进行处理并以无线电波的形式将其发送出去。WLAN 驱动没有提供专门的数据接收函数, Wi-Fi 模块接收到数据后会产生中断,并在中断处理程序里申请缓冲区存储数据,之后调用相关函数进行后续处理;3)命令处理函数。Wi-Fi 模块在出厂时封装了一系列操作命令,如网卡复位及初始化、读/写 MAC 地址、读/写 SDIO 总线模式、网络的开启/关闭/连接等,将这些命令封装成接口函数即可供给上层调用。

3.2.4 各模块软件设计

此部分主要包括 STM32 处理器主程序、Wi-Fi 通信程序和 RS-232 转 Wi-Fi 通信程序设计。

主程序主要完成 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 各变量及内存的初始化,并创建了一个主线程用于对数据进行相应处理。

Wi-Fi 通信主要完成数据以无线电波形式的发送与接收,其流程如图 3 所示。系统启动时,调用 test_tcp_server()函数在本地打开一个服务器,而后新建一个线程 tcp_recv_thread()进行监听,此线程采用 select 方式能够监听所有已经建立的 socket,故所有发送到硬件的 TCP 和 UDP 数据均可读取出来,并通过调用 send()函数实现数据转发。

RS-232 转 Wi-Fi 通信目的是通过 RS-232 接口获取工业现场数据,利用 Wi-Fi 模块透传给 Android APP。通信流程如图 4 所示,当 RS-232 串口读取到数据时,进入中断处理函数 handle_uart1_rcv(),接着调用函数 uart1_read_data()将数据存入结构体变量缓冲区中,之后调用函数 wake_up()唤醒 RS-232 数据接收处理线程 uart1_recv_

thread(),在此线程中判断是否使能 RS-232 转 Wi-Fi 功能,若是,调用 send_data_to_remote()函数将数据发送给 Android APP;反之丢弃数据,将数据接收完成标志位清 0。

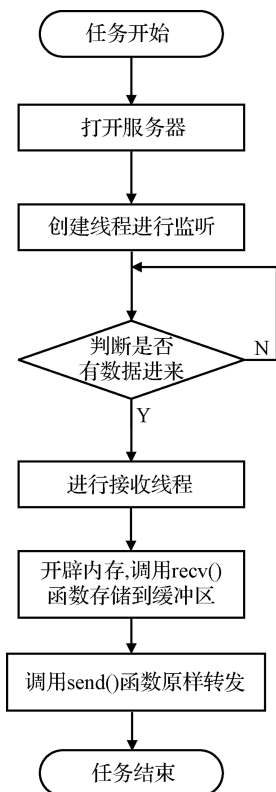


图3 Wi-Fi 通信流程

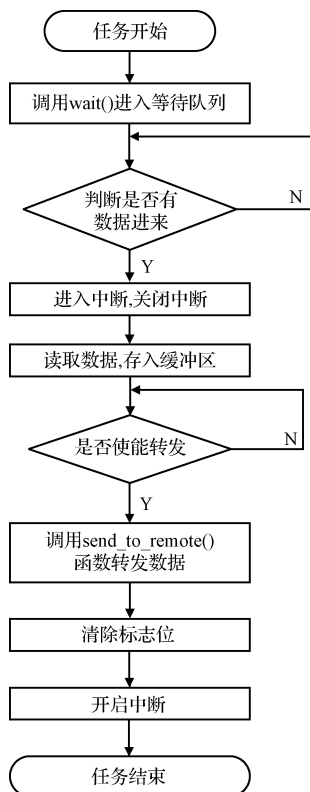


图4 RS-232 转 Wi-Fi 通信流程

4 Android App 设计

本设计 Android APP 与通信转换器传输层基于 TCP 协议,网络层基于 IP 协议,应用层调用 Socket(套接字)进行网络通信编程完成数据收发。Android APP 设计包括 socket 通信和图形界面设计两部分。

如图 5 所示为 Android APP 作 TCP 客户端 Socket 通信流程,Android 客户端首先建立一个 Socket 对象,然后绑定服务器端的 IP 地址和端口号,服务器端调用 accept()函数设置一个阻塞,等待客户端的数据,若客户端 IP 地址和端口号与服务器端匹配,则客户端与服务器就可以建立连接,客户端调用 Read()函数接收通信转换器透传过来的工业现场数据,并根据不同帧格式的数据进行后续相应的处理,调用 Write()函数发送配置命令实现通信转换器 RS-232 工业接口的参数可调。

UI(user interface,用户界面)是系统和用户之间进行交互和信息交换的媒介,Android 为开发人员提供了两种编写 UI 的方式:在 xml 文件中声明 UI 元素和在 Java 代码中实时声明 UI 元素。本设计采用前者完成 UI 编写,使用 RelativeLayout 布局(相对布局),由屏幕视图、屏幕触摸事件和按键事件组成。如图 6 所示,用户界面设计了 IP

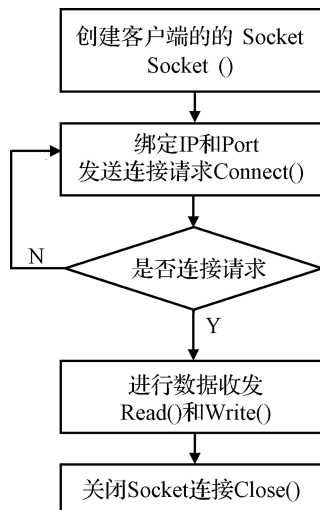


图5 客户端 Socket 通信流程



图6 Android APP 界面

地址和端口号编辑框以及连接按钮,用来与通信转换器建立 TCP 连接。接收区显示 Socket 通信下读取的实时工业数据,根据不同格式的数据 APP 会做出相应的处理,从而实现对数据的显示、测量、报警等操作,还可以通过保存按钮将这些数据存储到 SD 卡根目录下。复位按钮用于复位 Wi-Fi 模块,使能按钮用于使能 RS-232 转 Wi-Fi 通信,还有一些编辑框如波特率、数据位、校验位、停止位,是用于实现 RS-232 通信参数可调,发送按钮用来执行这些操作。

5 测试

为验证本手持式终端对工业数据监测的有效性,测试共分两步进行。

1)终端自测试。PC 机通过 USB 转 RS-232 串口线连接通信转换器,待通信转换器上电,Android APP 与 Wi-Fi 模块建立连接后,PC 机串口工具发送内容为“一种基于电压扰动发生装置的手持式监测终端 测试人:谢君”的数据,手机端 Android APP 进行接收,测试结果如图 7 所示,11 352 字节数据得到准确转发。

2)针对电压扰动发生装置这一具体应用,进行了实际测试。电压扰动发生装置用于产生暂变电压,其主控板可监测 16 路电子开关管工作状态,RS-232 接口用于与上位机进行通信,通信参数为:19 200 bps 波特率,8 位数据位,1 位停止位,无校验位。

测试结果如图 8 所示,通信转换器通过串口线连接电压扰动发生装置,人为关闭第 8 路电子开关管,此时主控板收到反馈信号使能机柜红灯闪烁且蜂鸣报警,并通过 RS-232 接口将命令“C3 07 00 00 11 11 A5”传输给通信转换器,经 Wi-Fi 模块转发后,Android APP 收到对应帧格式数据后弹出警报“第 8 路电子开关管故障”告知监测人员。图中电压扰动发生装置自带的 LabVIEW 测控 GUI 在第 8 路电子管发生故障时,报警灯也随之变亮,与 APP

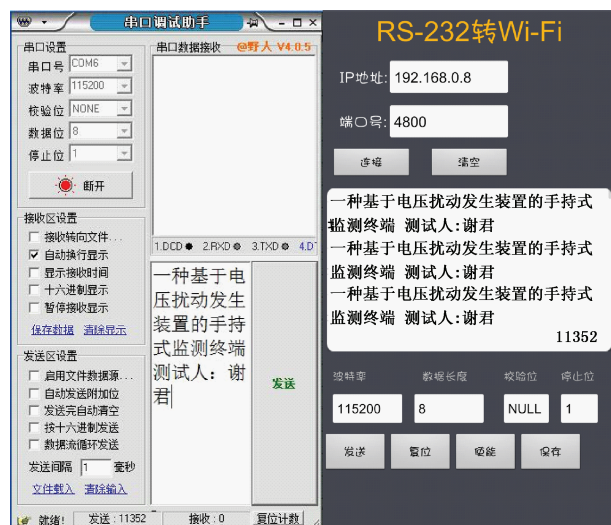


图7 终端自测试结果



图8 基于电压扰动发生装置测试结果

报警界面互相对应。测试表明,本终端可实现对工业数据的准确转发以及对工业设备的实时监测。

6 结 论

本文采用高性价比微处理器 STM32 以及嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$, 结合 Wi-Fi 技术及 Android 系统, 针对电压扰动发生装置提出了一种手持式监测终端。该终端采用数据采集与数据监测分离的系统结构且基于 Wi-Fi 交互数据, RS-232 接口工作参数在线可调, 实现了对工业现场数据的获取, 数据基于 Wi-Fi 的无线传输以及数据在 Android APP 的可视化监测, 解决了信息监测终端移植性差、应用范围窄、手持和移动巡检不便、升级更新麻烦、成

本高较等问题, 整个终端速度快、操作界面友好、功能齐全、安全可靠。

参 考 文 献

- [1] 周海鸿, 周嘉奉. 基于 ZigBee 技术的温湿度监测系统[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(7): 75-79.
- [2] 常玉清, 王姝, 王福利, 等. 基于多 PCA 模型的过程监测方法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(4): 901-908.
- [3] REN G, WEI Z, WANG X, et al. Research and implementation of the monitor for in situ radioactivity measurements in the marine environment[J]. Instrumentation, 2015, 2(2): 33-40.
- [4] JÉRÔME P, ANTOINE R, NAJIB B B, et al. DiAs web monitoring: a real-time remote monitoring system designed for artificial pancreas outpatient trials[J]. Journal of Diabetes Science & Technology, 2013, 7(6): 1427-1435.
- [5] 曹生现, 段洁, 宋盼, 等. 烟风换热实验监测系统的研制[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(增刊): 338-342.
- [6] 刘少军, 张思雨. 基于 MCGS 的污水处理集散控制系统的设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(9): 48-51.
- [7] 林土方, 洪凯星, 郭才福, 等. 基于 B/S 架构的变压器在线状态监测系统实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(8): 766-772.
- [8] 马国胜, 夏晓波. 远程监测中多用户数据共享平台的设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(10): 83-87.
- [9] 童祖兵, 李丹. 便携式双核数据记录仪的研究[J]. 电子测量技术, 2015, 38(12): 84-88.
- [10] 陈科, 张建庭, 郑红梅, 等. 塔机信号采集与存储系统的设计与实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(8): 892-900.

作 者 简 介

谢君, 1990 年 6 月出生, 硕士研究生, 主要研究方向为嵌入式系统应用。

E-mail: 15594974068@163.com

朱磊(通讯作者), 1979 年 10 月出生, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为信号与信息处理及嵌入式系统应用。

E-mail: zhulei791014@163.com