

基于 RFID 和 ZigBee 的快递管理系统^①



钟 亚, 刘 瑛

(成都理工大学 信息科学技术学院, 成都 610059)
通讯作者: 钟 亚, E-mail: brave911417@163.com

摘 要: 随着电子商务的不断发展, 校园快递业务量迅速增长, 传统快递取件模式货物出入库效率低, 物流环节的人工成本高. 据此, 本文提出了一种基于 RFID 和 ZigBee 的快递管理系统, 利用 ZigBee 网络来进行组网, 利用 RFID 技术来实现自动化管理快递, 将 RFID 标签贴在每个货物的包装, 在驿站货架上设置固定式读写器, 来获取货物位置、编号等信息, 用户根据手机收到的二维码自主寻找货物, 在出口闸机通道扫描快递标签及手机上的二维码来进行匹配, 完成自主取货, 提高快递出入库效率.

关键词: RFID; 自动化; ZigBee; 读写器; 快递管理系统

引用格式: 钟亚, 刘瑛. 基于 RFID 和 ZigBee 的快递管理系统. 计算机系统应用, 2019, 28(11): 126-131. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7122.html>

Express Delivery Management System Based on RFID and ZigBee

ZHONG Ya, LIU Ying

(College of Information Science & Technology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: With the continuous development of e-commerce, the volume of campus express business has grown rapidly. The traditional express pick-up mode has low efficiency in entering and leaving the warehouse, and the labor cost in the logistics link is high. Based on this, this study proposes a communication management system based on RFID and ZigBee, which uses ZigBee for networking and RFID technology to realize automatic management of express delivery. RFID tags are attached to the packaging of each cargo, and fixed readers are set on the shelf of the station to obtain information such as the location of the goods. The user scans the express label on the exit gate channel and the QR code on the mobile phone to match, to complete the self-pickup. It improves the efficiency of the express delivery.

Key words: RFID; automation; ZigBee; reader; express management system

网上购物热潮兴起, 高校快递日益成为各物流企业的主要市场. 但随着校园快递业务量的迅速增长, 人工取件效率未得到相应的提升, 导致取件排队时间长, 取件拥挤等现象层出不穷.

传统快递取件模式通常使用纸质单据、条形码等方式, 工作人员须在有效的距离内将红外线对准条形码才能扫描成功, 条形码必须保持整洁, 且不能批量读取^[1], 货物出入库效率低. 同时, 依靠人工录入信息, 工作量大且效率低, 增加物流环节的人工成本. 在取件时,

还需核对身份证、电话号码、取货码等个人信息, 取件流程繁琐导致排队等候时间长, 用户体验感差. 并且驿站工作人员需每天对货物出入库信息进行统计, 对货物位置信息重新归类移动, 依靠现有的快递管理系统工作量巨大. 条形码在使用中, 受环境影响大, 易破损导致无法识别, 而 RFID 标签抗损坏能力强. 另一方面, 条形码存储少量信息量, 只能标识一类物品, 不能携带物品的差异信息. 电子标签可以携带物品名称、姓名、地址等具体属性信息^[2,3].

① 基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划 (201810616007)

Foundation item: National College Student Innovation and Entrepreneurship Training Program (201810616007)

收稿时间: 2019-03-30; 修改时间: 2019-04-18; 采用时间: 2019-04-26; csa 在线出版时间: 2019-11-06

目前, RFID 技术主要应用于物流管理、数据采集、物体定位等场景^[4,5], 因此, 本文提出了一种基于 RFID 的快递管理系统, 利用 RFID 技术来实现自动化管理快递, 将 RFID 标签贴在每个货物的包装, 在标签中写入货物的地址、姓名、电话等信息, 在驿站货架上设置固定式读写器, 获取货物位置等信息, 生成相应的二维码, 自动发送到用户手机, 用户可在出口闸机通道扫描快递上的 RFID 标签及手机上的二维码, 进行匹配, 完成自主取货, 提高快递出入库效率。

作为嵌入式签收设备和上位机软件的连接方式, 通信工具的选择会影响到通信的高效性和稳定性。在本系统中, 需在快递驿站的各个货架上放置 RFID 读写器, 对通信方式的灵活性和可扩展性有一定的要求。有线通信一般是利用金属电缆、光纤等有形媒介进行信息传递^[6], 其灵活性受到一定的限制, 因此选择无线通信作为主要的信号传输方式。WiFi 是现在使用最为广泛的无线通信技术, 成本较低, 缺点是易受其他信号的干扰, 造成信号传输质量的不稳定, 因此会影响数据的准确性。蓝牙, 是一种短距离的低功耗的无线传输技术, 但信号易受干扰、传输距离较近等, 适用于个人网络, 不适合各读写模块之间的通信。Z-wave 是一种基于射频的高可靠、低成本、用于短距离的通信技术, 但它的标准是并不完全开放^[7,8]。ZigBee 技术是一种新的无线传感网络技术, 效率高、时延短、安全性高^[9], 通过多个节点之间相互连接、相互协调来实现通信。与其他通信方式相比, ZigBee 有一个显著的特点, 它具有强大的组网能力, 可以通过拓扑结构中的主节点来管理子节点, 从而延伸单个节点的传输范围。

1 快递管理系统组成

快递管理主要分为: 入库管理、库存管理、出库管理 3 个部分^[10], 系统结构图如图 1 所示。在货架上安装固定式阅读器, 对各个区域的货物进行检测, 当货物到达驿站后, RFID 标签进入读写器的扫描范围, 货物的信息都会被自动记录, 通过局域网将信息发送给数据库管理系统进行数据比对, 可以节省大量的时间, 并且记录的信息完整准确。数据库管理系统的架构主要由 SQL Server 2016 和 My SQL 组成, 本部分主要负责处理快递信息, 核对用户, 实时更新快递信息。

快递取件系统示意图如图 2 所示, 本系统利用 RFID 标签代替条形码识别, 在 RFID 标签中写入货物

的收件人姓名、快递单号、联系方式、地址等信息, 将 RFID 标签贴在每个货物的包装上。当 RFID 标签进入读写器的扫描范围, 读写器进行自动编码形成货物唯一的识别号。数据库管理系统将标签信息生成二维码, 发送到用户手机。用户可根据位置信息和驿站内部结构示意图, 方便快捷地找到自己的快递。货物出库时, 在驿站出口处的平台式读写器上扫描快递, 读写器读取标签信息, 发送至平台后端, 在显示屏上扫描二维码进行信息匹配, 平台后端将匹配信息发送至数据库存储。同时, 带有标签的快递可实现防盗报警, 减少快递丢失现象的发生。

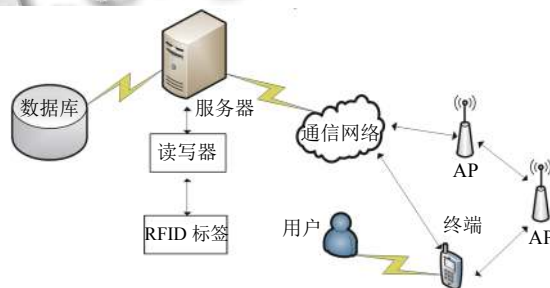


图 1 系统结构图

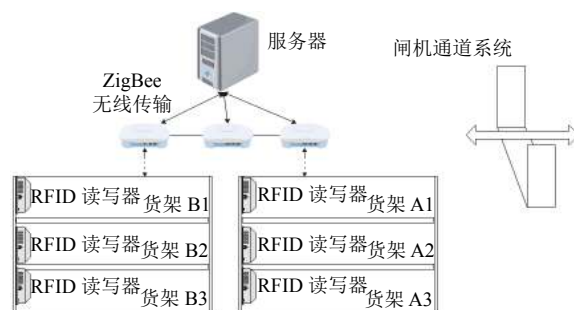


图 2 快递取件系统示意图

2 系统硬件设计

快递管理系统主要实现快递信息的采集、处理和传输功能, 系统总体硬件设计框图如图 3 所示, 主要由上位机系统、射频识别系统、闸机通道系统、ZigBee 无线传输模块构成。

上位机系统主要由 PC 端和数据库管理系统组成, 对快递信息进行保存和更新。射频识别系统包括 RFID 读写模块、MCU 控制模块、电源模块, RFID 读写模块负责数据的采集和传输。MCU 控制模块作为系

统的控制终端,控制射频识别系统的数据采集,电源模块为射频识别系统提供稳定的工作电压,保证设备持续稳定地工作. 闸机通道系统主要由平台式 RFID 读写模块、MCU 控制模块、电源模块、防盗模块、LCD 显示模块组成,平台式 RFID 读写模块对快递上的 RFID 标签进行标志位的清除,以 MCU 控制模块的继电器模拟闸机通道的打开,防盗模块可对未清除标志位的标签发出警报, LCD 显示模块用于显示平台式 RFID 读写模块接收的快递信息,便于用户进行确认. ZigBee 系统包括协调器和终端节点,终端节点将阅读器采集的信息经过 ZigBee 无线网络传输到协调器,经过协调器处理后上传到上位机系统.



图3 硬件设计框图

2.1 射频识别系统

射频识别系统包括 RFID 读写模块、MCU 控制模块、电源模块,其框图如图 4 所示.

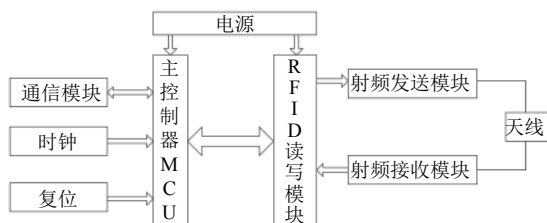


图4 射频识别系统框图

2.1.1 MCU 控制模块

MCU 控制模块芯片采用基于 Cortex-M4 内核的 STM32F407ZGT6 处理器,与 Cortex-M3 相比,其内部集成了优化的单指令多数据指令、饱和算法指令、可选的浮点运算单元和双循环乘法累计单元等^[11,12]. 该模块主要负责处理接收 RFID 读写模块的数据,并通过串口送至 ZigBee 终端节点.

MCU 外围电路主要包括复位电路、通信接口电路、JTAG 调试接口电路.

2.1.2 RFID 读写模块

基于快递的运输特性及快递数量的庞大,在选取 RFID 标签时需要考虑标签读写距离、耐受工作环境、标签频段、标签类型等性能指标.

本系统的 RFID 读写模块选择了奥地利的专用 UHF 射频识别读写器集成芯片 AS3992,覆盖大部分 UHF 频段,其接收灵敏度高达-86 dbm,支持多通信协议^[13,14]. 读写器的主控制电路主要负责控制发送和接收数据,处理 MCU 发送的数字信息,通过射频信号利用天线发送给电子标签,并将电子标签反射回来的射频信号经天线接收后进行混频、放大、滤波、数字化等处理后传输给 MCU^[15], RFID 读写模块主要通过 GPIO 口与 MCU 进行通信.

AS3992 芯片可分为两部分:射频模块和 MCU 接口模块. AS3992 可通过 8 位并行线或 4 线串行和 MCU 连接通信,接收来自 MCU 的指令并反馈对应信息.

2.2 电源模块

电源模块主要实现稳压即电压转换功能,MCU 控制模块所用芯片 STM32F407ZGT6 的典型工作电压是 3.3 V,电路中的一部分元器件也需要 3.3 V 的工作电压,通过低压差线性调整器 AMS1117-3.3 设计出 BUCK 降压电路,电路图如图 5 所示.

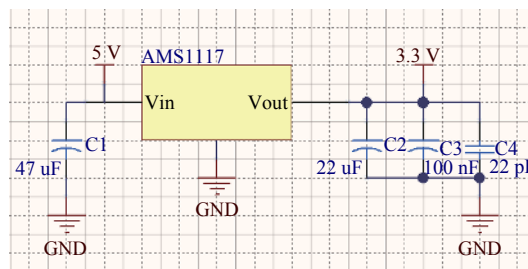


图5 电源电路

2.3 闸机通道系统

闸机通道系统主要由平台式 RFID 读写模块、MCU 控制模块、电源模块、防盗模块、LCD 显示模块组成,框图如图 6 所示. 用继电器模拟闸机通道,用蜂鸣器模拟防盗模块. 取件成功,继电器开,表示闸机通道打开. 取件不成功,蜂鸣器响,表示防盗模块启动.

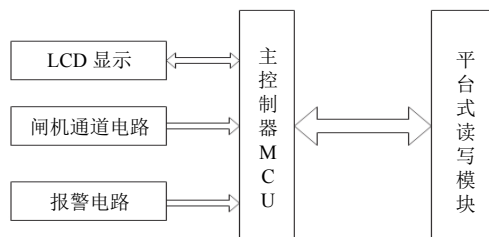


图6 闸机通道系统框图

2.3.1 MCU 控制模块

此处所用的 MCU 控制芯片与射频识别系统一致, 外围电路主要由报警器电路、继电器电路构成, 报警电路如图 7 所示。

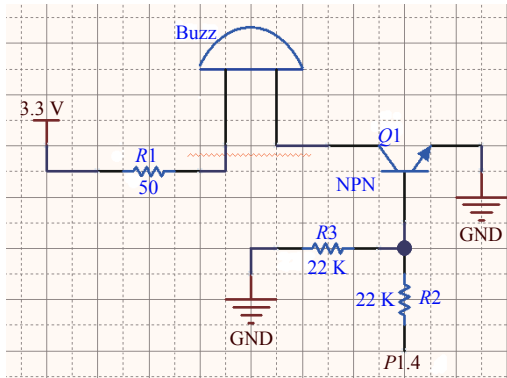


图 7 报警电路

2.3.2 液晶显示模块

LCD 显示屏选择电容式触摸屏 ATK-4.3' TFTLCD^[16], 其分辨率为 800×600, 采用 NT555IO 驱动。LCD 采用使用 16 位并口与外部进行连接, 触摸屏采用 IIC 接口, 供电电源为 3.3 V。用户在闸机通道处扫描快递, 液晶显示屏能够显示快递数量、姓名等信息, 便于用户确认信息。

2.4 ZigBee 无线传输模块

本部分主要实现读写器设备和上位机系统之间的通信。ZigBee 传输模块是整个系统的核心模块, 采用 CC2530 芯片作为 ZigBee 的核心控制器^[17,18], 使用 CH340 电平转换芯片连接上位机软件, 再通过串口直接和射频识别系统连接。RFID 读写模块采集的信息通过 ZigBee 终端节点传到协调器^[19,20], 按照 ZigBee 规范组建网络, 实现 RFID 数据传输。CC2530 核心的电路图及其外围电路如图 8 所示。

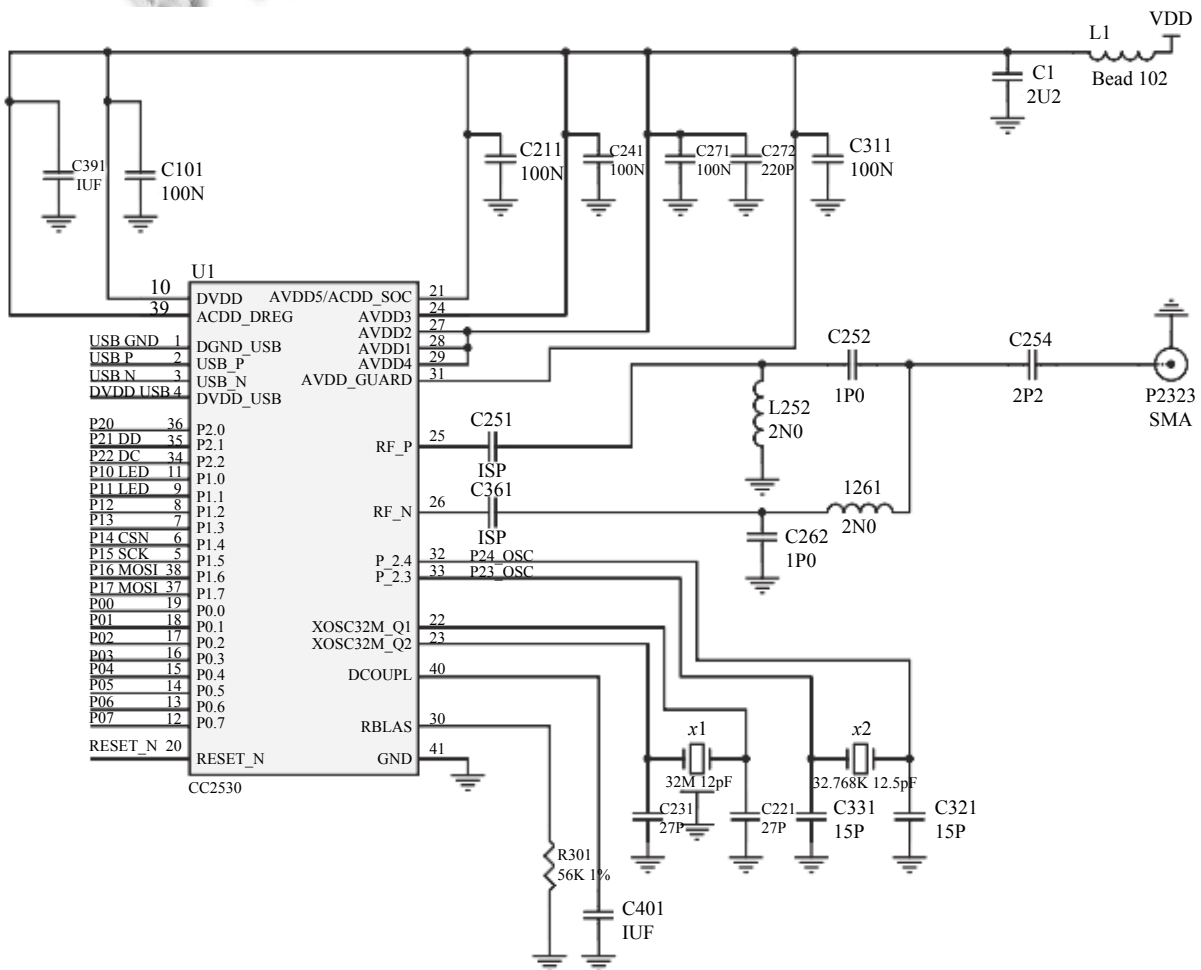


图 8 CC2530 电路

3 系统软件设计

3.1 RFID 读写模块软件设计

阅读器上电复位后, 模块初始化, 不断被发送到外界, 阅读器会一直检测是否有 RFID 标签在其读写范围内, 直到有 RFID 标签进入读写范围, 进入接收模式. 读取 RFID 标签发来的数据信息并检测碰撞情况, 若发生碰撞, 则调用防碰撞算法对其中一个标签进行读写. 信息读完后, 阅读器会发送确认接收信号标志位, 存储读到的标签信息, 并通过与 ZigBee 终端节点的通信上传到上位机. 程序流程图如图 9 所示.

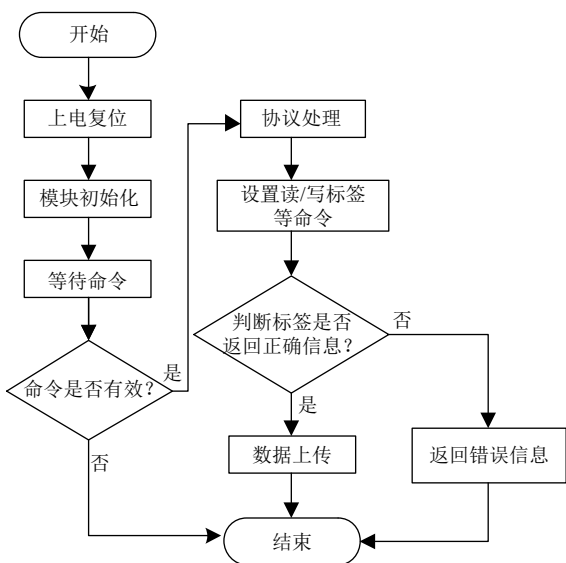


图 9 RFID 读写模块流程图

3.2 闸机通道系统软件设计

在平台式读写器上放置带有 RFID 标签的货物, 用户扫描二维码, 只有当二维码中的信息与标签中的信息匹配, 读写器将 RFID 标签中的标志位清除, 同时闸机通道打开, 用户取件成功; 否则, 若未清除标志位的货物经过闸机通道, 防盗模块将启动报警信号, 程序流程图如图 10 所示.

4 实验结果分析

4.1 成功率测试

对安装在每一层货架上的读写器读写电子标签的能力分别进行测试, 共测试了 60 次, 测试结果如表 1、表 2 所示.

测试结果表明, 射频识别系统读取和写入标签的能力存在差异, 读取标签的成功率更高, 平均写入速度

为 33 张/s, 平均读取速度为 41 张/s. 随着距离的增大, 读取和写入数据的能力逐渐降低, 影响快递信息传递的准确性, 最佳距离在 3.5 米左右.

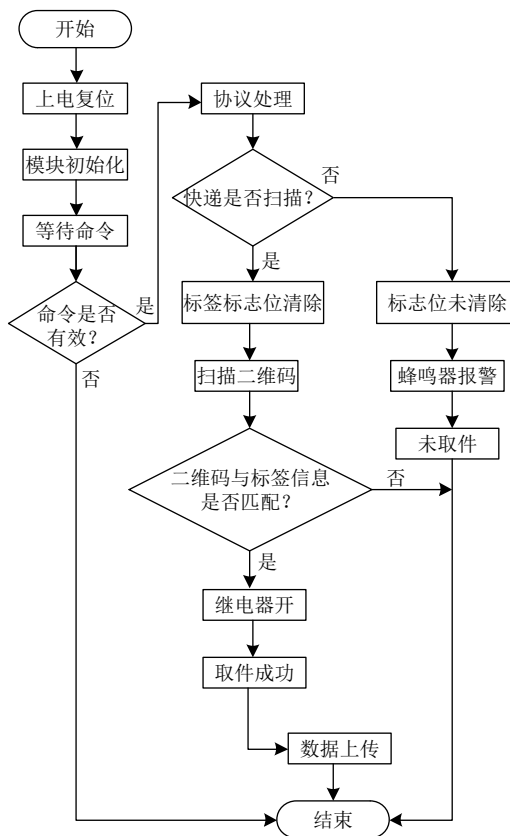


图 10 闸机通道系统流程图

表 1 写入标签能力测试

参数	测试结果						
距离 (m)	0.3	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3
成功次数	60	60	60	52	49	45	43
成功率 (%)	100	100	100	86.7	81.7	75	71.7
平均写入速度 (张/s)	33						

表 2 读取标签能力测试

参数	测试结果						
距离 (m)	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
成功次数	60	60	60	56	51	49	45
成功率 (%)	100	100	100	93.3	85	81.7	75
平均读取速度 (张/s)	41						

4.2 并发测试

上位机系统能支持多个终端设备, 当读写器的作用范围内存在多个标签, 并有两个或者以上的标签同时响应, 读写器将会产生冲突. 针对这种问题, 目前主

要采用的解决方式为基于 TMDA (Time Division Multiple Access) 的树分叉算法, 该方法应用简单, 识别速度快, 平均识别一个标签约为 8 ms, 可以实现大量标签的读取, 从而实现读写器可以与多个标签通信, 进行数据传输, 再经过 ZigBee 网络的多个节点, 传输到上位机系统. 系统分别对设备内不同数量的快递进行测试, 得到的测试结果如表 3 所示.

表 3 不同数量的快递并发测试

测试指标	快递数量						
	20	40	60	80	100	120	140
测试通过数	20	40	60	78	97	115	130
测试通过成功率 (%)	100	100	100	97.5	97	95.8	92.9
平均查询时间 (s)	0.092	0.894	1.017	1.792	3.428	4.173	5.736

测试结果表明, 在进行并发测试时, 随着设备内快递数量的增加, 查询速度在减慢, 系统处理能力也呈下降趋势.

5 结语

利用 RFID 技术管理快递取件系统, 一方面, 不再使用暴露姓名、电话的纸质单据, 减少了用户个人信息的泄露, 另一方面, 入库自动化减少了物流环节的人工成本, 提高快递入库效率; 出库自动化减少了用户排队等候的时间, 用户体验感增强, 并且快递系统的容错率提高.

参考文献

- 熊川, 嵇建波. 基于 CCD 的二维条形码检测系统. 电讯技术, 2012, 52(10): 1670-1674.
- 葛聪, 李明. 激光扫描的物流条形码识别系统. 激光杂志, 2017, 38(7): 188-191.
- 杨苗发. 条码技术在图书馆信息管理中的应用. 图书情报工作, 2013, 57(S1): 291-293, 303.
- 徐慧剑. 基于物联网 RFID 技术的智能仓储系统的设计与实现. 制造业自动化, 2012, 34(7): 139-141. [doi: 10.3969/j.issn.1009-0134.2012.4(s).44]
- 鲁建厦, 赵林斌, 汤洪涛. 基于射频识别库存管理的无人机三维路径规划. 计算机集成制造系统, 2018, 24(12): 3129-3135.
- 杜一凡, 刘楷文, 曹荣芊. 浅谈无线通信和有线通信的结合. 电子世界, 2018, (21): 104.
- 卢俊文. ZigBee 技术的原理及特点. 通讯世界, 2019, 26(3): 35-36.
- 刘加刊, 顾晨, 朱艳. ZigBee 与其他短距离无线通信技术比较及其应用. 中国新通信, 2018, 20(18): 87-88. [doi: 10.3969/j.issn.1673-4866.2018.18.079]
- 刘培学, 陈玉杰, 姜宝华, 等. 基于 ZigBee 技术的可组网环境监测系统设计. 现代电子技术, 2017, 40(21): 19-22.
- 董明宇. 基于 RFID 的智能仓储管理系统的设计与实现[硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2018.
- 周金钢, 彭东林, 郑方燕, 等. 基于 STM32F4 的时栅数控分度转台控制系统设计. 电子器件, 2015, 38(5): 1138-1142. [doi: 10.3969/j.issn.1005-9490.2015.05.033]
- 杨继森, 江中伟, 许强. 基于 AD9959 与 STM32 F4 的时栅位移传感器电气系统设计. 传感技术学报, 2013, 26(8): 1050-1054. [doi: 10.3969/j.issn.1004-1699.2013.08.003]
- 夏宏, 吴济文. 超高频 RFID 读写器系统的设计与实现. 计算机应用, 2012, 32(8): 2369-2373.
- 陆春光, 杨思洁, 周佑, 等. 外部电源供电的电子标签功率自动采集方法. 现代电子技术, 2018, 41(14): 130-132, 138.
- 凌晓艳. 基于 AS3992 芯片的 UHF 频段 RFID 读写器设计[硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2013.
- 汤莉莉, 黄伟. 基于 STM32 的 FSMC 接口驱动 TFT 彩屏设计. 现代电子技术, 2013, 36(20): 139-141, 144. [doi: 10.3969/j.issn.1004-373X.2013.20.040]
- 王天舒, 张功萱, 杨曦晨. 基于 ZigBee 的无线传感网可信溶液监测系统. 通信学报, 2017, 38(S2): 67-77.
- Wang X, Zhang SL, Song GX, et al. Remote measurement of low-energy radiation based on ARM board and ZigBee wireless communication. Nuclear Science and Techniques, 2018, 29(1): 4. [doi: 10.1007/s41365-017-0344-2]
- 何源, 郑霄龙. 2.4GHz 无线网络共存技术研究进展. 计算机研究与发展, 2016, 53(1): 26-37. [doi: 10.7544/issn1000-1239.2016.20150654]
- Chen YM, Diao BY, Zhao QJ, et al. Novel plug-configure-play ZigBee-based smart home system. Journal of Beijing Institute of Technology, 2016, 25(2): 264-270.