

基于 Arduino 和语音识别的智能垃圾分类系统 *

黄 鹏,徐 燕

(北京物资学院 信息学院,北京 101149)

摘要:在上海、北京等全国多个省市陆续推出垃圾分类管理办法和要求的大背景下,为了能够更好地帮助居民进行垃圾分类,提出了基于 Arduino 和语音识别的智能垃圾分类系统。该系统由 Android 移动端 APP、HC-05 蓝牙模块、下位机控制模块构成。Android 移动端 APP 接收语音输入,识别并加以分类,并通过 HC-05 蓝牙模块将分类结果发送到 Arduino 开发板,Arduino 开发板根据分类结果控制相应舵机转动,从而带动对应分类的垃圾桶盖打开,实现垃圾分类。实验测试结果表明,该系统识别准确率高,具有实用价值。

关键词:垃圾分类;语音识别;Arduino;蓝牙

中图分类号: TN912.34

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200788

中文引用格式: 黄鹏,徐燕. 基于 Arduino 和语音识别的智能垃圾分类系统[J]. 电子技术应用, 2021, 47(8): 72-75, 80.

英文引用格式: Huang Peng, Xu Yan. Intelligent garbage classification system based on Arduino and speech recognition[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(8): 72-75, 80.

Intelligent garbage classification system based on Arduino and speech recognition

Huang Peng, Xu Yan

(School of Information, Beijing Wuzi University, Beijing 101149, China)

Abstract: Under the background that many provinces and cities in China, such as Shanghai and Beijing, have launched waste classification management methods and requirements. In order to help residents to classify garbage better, an intelligent garbage classification system based on Arduino and speech recognition is proposed. The system is composed of Android mobile APP, HC-05 Bluetooth module and lower computer control module. Android mobile APP receives voice input, recognizes and classifies it, then sends the classification result to Arduino development board through HC-05 Bluetooth module. The Arduino development board controls the action of the corresponding steering gear according to the classification results, so as to drive the lid of the corresponding classified garbage can open and realize garbage classification. The experimental results show that the system has high recognition accuracy and practical value.

Key words: garbage classification; speech recognition; Arduino; Bluetooth

0 引言

垃圾分类对资源回收再利用和社会可持续发展具有重要意义^[1]。2017 年 3 月,中国国家住建部和国家发改委下发了《生活垃圾分类制度实施方案》,2019 年 7 月 1 日上海开始施行《上海市生活垃圾管理条例》,2020 年 5 月 1 日北京开始施行《北京市生活垃圾管理条例》^[2-3]。

但近年来垃圾分类实施效果并不尽如人意^[4],其中的一个主要原因是居民要做的事情太繁琐以及需要学习的垃圾分类相关知识较多,导致居民垃圾分类的积极性不高^[5]。因此亟需科技手段更好协助居民进行垃圾分类,提高居民垃圾分类积极性,增强垃圾分类实施效果。

目前,智能化垃圾处理设备的研究集中在调动人们

对于垃圾分类的积极性、传统垃圾桶的智能改造以及将深度学习技术应用在垃圾分类中。余汉生等提出以“制约”和“奖励”为理念、以设计为手段的城市生活垃圾分类回收系统^[6];尤肖肖等利用半自动链接原理以及对内部结构的改进等方式解决了现有技术中垃圾桶功能单一、无法自动分类的缺陷^[7];吕程熙比较了深度神经网络和卷积神经网络,认为深度神经网络在不同分类任务中具有更高的准确度^[8];吴碧程等将卷积神经网络应用在自动识别和分类垃圾过程中^[9]。

为了同时解决垃圾分类以及向居民有效宣导垃圾正确分类知识的双重问题,本文设计基于 Arduino 和语音识别的智能垃圾分类系统。通过该系统,居民只需说出垃圾名称,就可实现自动将该垃圾对应分类的垃圾桶盖打开,从而减轻居民垃圾分类的难度,提高垃圾分类实施效果。

* 基金项目:北京市优秀人才培养资助项目(2016000026833ZK11);大学生创新创业训练计划项目(2020103020)

1 系统总体设计

系统由 Android 移动端 APP、HC-05 蓝牙模块、下位机控制模块组成。下位机控制模块又包括 Arduino 开发板、舵机、供电电源和垃圾桶。系统总体结构如图 1 所示。

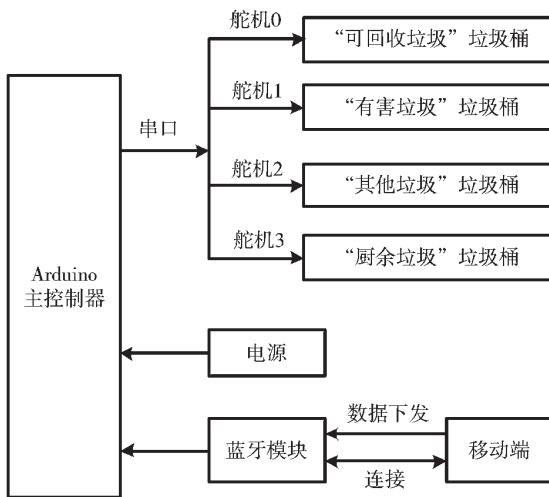


图 1 系统总体结构图

居民通过打开 Android 移动端 APP, 说出垃圾名称, Android 移动端 APP 会对输入的语音进行解析, 得出该垃圾对应的分类, 并通过 HC-05 蓝牙模块将分类结果发送到 Arduino 开发板, Arduino 开发板根据分类结果控制相应舵机动作, 从而带动对应分类的垃圾桶盖打开, 实现垃圾分类。

1.1 Android 移动端 APP

移动端 APP 的开发环境为 MIT APP Inventor 平台, 只需要通过拖拽基于块的接口, 就能快速构建 Android 程序^[10]。首先通过 MIT APP Inventor 中的语音识别器实现对用户语音输入的识别, 将语音信息转换为文本信息; 然后调用天行数据提供的垃圾分类接口, 将文本信息转化为垃圾类别信息; 最后通过手机蓝牙与 HC-05 蓝牙模块进行蓝牙连接, 将垃圾类别信息发送出去。

1.2 HC-05 蓝牙模块

HC-05 蓝牙模块与 Android 移动端 APP 进行配对连接, 连接成功后, 接收垃圾类别信息, 并通过串口将该垃圾类别信息传送给 Arduino 开发板。

1.3 下位机控制模块

下位机控制模块包括 Arduino 开发板、舵机、供电电源和垃圾桶。舵机共有 4 个, 分别为舵机 0、舵机 1、舵机 2、舵机 3。这 4 个舵机分别控制“可回收垃圾”垃圾桶、“有害垃圾”垃圾桶、“其他垃圾”垃圾桶和“厨余垃圾”垃圾桶的桶盖开闭。

Arduino 开发板通过串口接收从 HC-05 蓝牙模块传来的垃圾类别信息, 控制对应的舵机进行正转, 顶起桶盖, 并开始计时, 在一定时间后对应舵机反转, 桶盖闭合。从而解决了桶盖的开合问题, 实现了垃圾的智能分类。

2 硬件电路设计

2.1 Arduino 开发板简介

Arduino 开发板型号为 Arduino Uno R3。Arduino Uno 是 Arduino 系列中一款基于 ATmega328 微控制器板, 具有 32 KB Flash 内存、1 KB EEPROM 内存、14 路数字输入/输出口(其中 6 路可作为 PWM 输出)、6 路模拟输入、1 个 16 MHz 晶体振荡器、1 个 USB 口、1 个电源插座、1 个 ICSP 标头和 1 个重置按钮。Arduino Uno 预置了 bootloader 程序, 能够通过 USB 直接下载程序, 而不需经过其他外部烧写器^[11]。

Arduino 系统是基于单片机开发的, 并且大量应用通用和标准的电子元器件, 包括硬件和软件在内的整个设计, 代码均采用开源方式发布, 因此采购的成本较低, 在各种电子制作竞赛、电子艺术品创意设计等场景越来越多地使用 Arduino 作为开发平台^[12]。

2.2 HC-05 蓝牙模块与 Arduino 开发板通信电路设计

HC-05 蓝牙模块是基于 Bluetooth Specification V2.0 带 EDR 蓝牙协议的数传模块。其工作电压为 3.0~3.6 V, 无线工作频段为 2.4 GHz ISM, 调制方式是 GFSK。模块最大发射功率为 4 dBm, 接收灵敏度为 -85 dBm, 空中速率达 2 Mb/s, 板载 PCB 天线, 可实现 10 m 距离通信。模块支持 AT 指令, 用户可根据需要更改角色(主、从模式)以及串口波特率、设备名称等参数, 使用灵活^[13-14]。

图 2 为本系统 HC-05 蓝牙模块与 Arduino 开发板通信电路原理图。HC-05 蓝牙模块与 Arduino 进行串口通信, HC-05 的 RXD 与 Arduino 的 TXD 连接, HC-05 的 TXD 与 Arduino 的 RXD 连接。

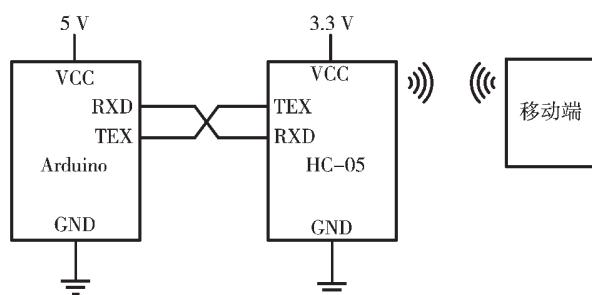


图 2 HC-05 蓝牙模块与 Arduino 开发板通信电路原理图

2.3 舵机控制电路设计

舵机型号为 SG90, 舵机 SG90 主要包括外壳、齿轮、无核心马达、电路板和位置检测器等部分, 是一种使用脉宽调制信号(PWM)进行控制的驱动器, 其内部的比较器将外加信号与基准电路产生的基准信号进行比较, 判断出转动的方向和大小, 以此驱动无核心马达转动, 并由位置检测器回送信号以判断是否已经转动到位。舵机 SG90 通常使用的控制信号周期为 20 ms, 宽度为 0.5 ms~2.5 ms, 舵盘的转动角度为 0~180°^[15]。

图 3 为本系统舵机控制电路原理图。其中, Arduino 开发板数字引脚 11、9、6、4 设为输出模式, 分别控制舵

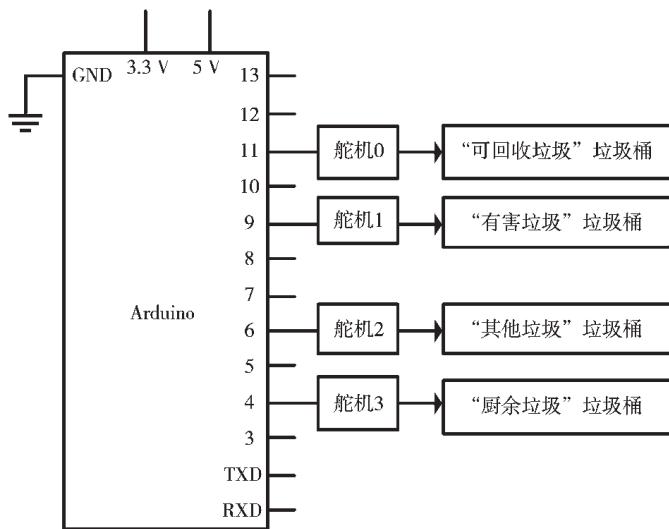


图 3 舵机控制电路原理

机 0、1、2、3。而舵机 0、1、2、3 的转动又分别控制“可回收垃圾”桶、“有害垃圾”桶、“其他垃圾”桶、“厨余垃圾”桶。

3 系统软件设计

系统软件设计可分为上位机软件设计和下位机软件设计,上位机软件设计包括语音识别程序设计和界面设计,下位机软件设计即下位机主控板程序设计。

3.1 语音识别程序设计流程

语音识别程序设计流程如图 4 所示。启动语音识别程序后,先检查蓝牙是否连接。若未连接,进行语音提示并结束语音识别程序;若已连接,语音识别组件开始语音识别,待用户语音输入后,将语音信息转换为文字信息,并向垃圾分类接口发送 GET 的 HTTP 请求。若得到返回的垃圾类别信息,则调用蓝牙 API 将垃圾类别信息下发,待下位机主控板进行下一阶段的程序;若未得到,则通过语音提示识别失败,语音识别程序结束。

3.2 界面设计

整个界面使用 MIT APP Inventor 平台进行设计开发,无须学习较为晦涩的 Java 语法,只通过拼图模式来组合程序,就可以完成 Android 应用的程序,使得应用程序的开发简单便利。

3.3 下位机主控板程序设计流程

下位机主控板程序设计在 Arduino 的集成开发环境下开发完成,其流程如图 5 所示。setup 函数在程序开始的时候会调用,用来初始化变量、定义引脚模式等,在 Arduino 板每次上电或复位后仅运行一次。在执行完 setup 函数后会执行 loop()函数,该函数作为一个无限循环的过程连续执行。

本系统在 setup 函数中完成舵机 Servo 的定义及初始化,loop 函数通过串口等待垃圾分类信息,一旦获取指定信息,控制指定舵机转动,使对应垃圾桶盖打开,并于 15 s 后恢复,即垃圾桶盖闭合。

4 系统测试及分析

4.1 系统环境搭建

Arduino 通过 USB 与电脑连接,4 个垃圾桶中有 4 个舵机分别连接到 Arduino 的对应引脚上;蓝牙启动,等待操作;上位机软件安装,待语音输入。

4.2 系统测试

4.2.1 系统测试方法

根据《北京市社会单位生活垃圾分类投放指南》,分别对厨余垃圾、可回收垃圾、有害垃圾、其他垃圾类别中的各项垃圾进行语音测试。当识别失败时,移动端会进行语音提示,要求重新进行语音输入;当识别成功,会远程控制与该垃圾分类相对应的垃圾桶桶盖打开,15 s 后垃圾桶桶盖自动关闭。

4.2.2 系统测试步骤

系统测试步骤如下:

(1) 打开 Android 移动端 APP;

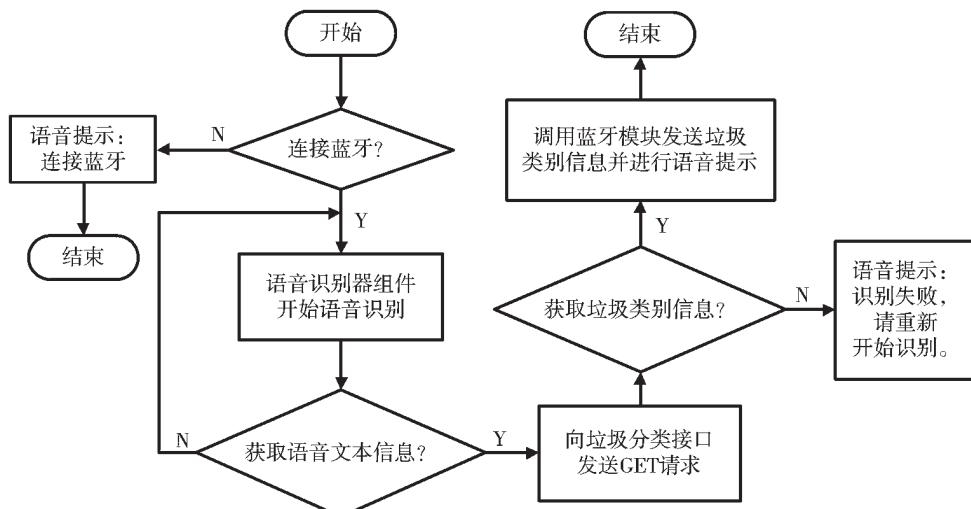


图 4 语音识别程序设计流程

- (2)在主界面点击“连接蓝牙”按钮；
- (3)选择要连接的蓝牙设备，建立连接；
- (4)语音说出要识别的垃圾具体名称，如“胶带”；
- (5)“胶带”对应的垃圾桶(即“其他垃圾”桶)的桶盖开启，15 s后垃圾桶盖自动关闭；
- (6)本次垃圾投放结束。

4.2.3 系统测试结果与分析

系统测试结果如表 1 所示，对于厨余垃圾，未能识别豆类，其他均正确识别，识别率为 88.89%；对于可回收垃圾，均正确识别，识别率为 100%；对于有害垃圾，均正确识别，识别率为 100%；对于其他垃圾，该系统未能识别饮料杯，其他均正确识别，识别率为 92.31%。

对于豆类、饮料杯，该系统未能识别的原因是天行数据提供的垃圾分类接口中并没有对于豆类、饮料杯这些垃圾类别的数据，因此识别失败。而后本系统再对具

体的豆类信息(如黄豆、绿豆)、饮料瓶进行完善后发现均能正确识别。系统测试结果表明，该系统识别准确率高，具有较高的实用价值。

5 结论

本文设计了一种基于 Arduino 和语音识别的智能垃圾分类系统。通过打开 Android 移动端 APP，语音输入垃圾名称，即可无线控制打开该垃圾对应分类的垃圾桶。实验结果表明，系统能够依据《北京市社会单位生活垃圾分类投放指南》，对厨余垃圾、可回收垃圾、有害垃圾、其他垃圾进行正确识别并控制对应分类的垃圾桶盖开闭，该系统能够帮助居民进行垃圾分类，提高居民垃圾分类效率，具有应用推广价值。

参考文献

- [1] 张琬迎.精细化治理视角下对上海垃圾分类治理实践的探讨[J].河北企业, 2020(4): 8-11.

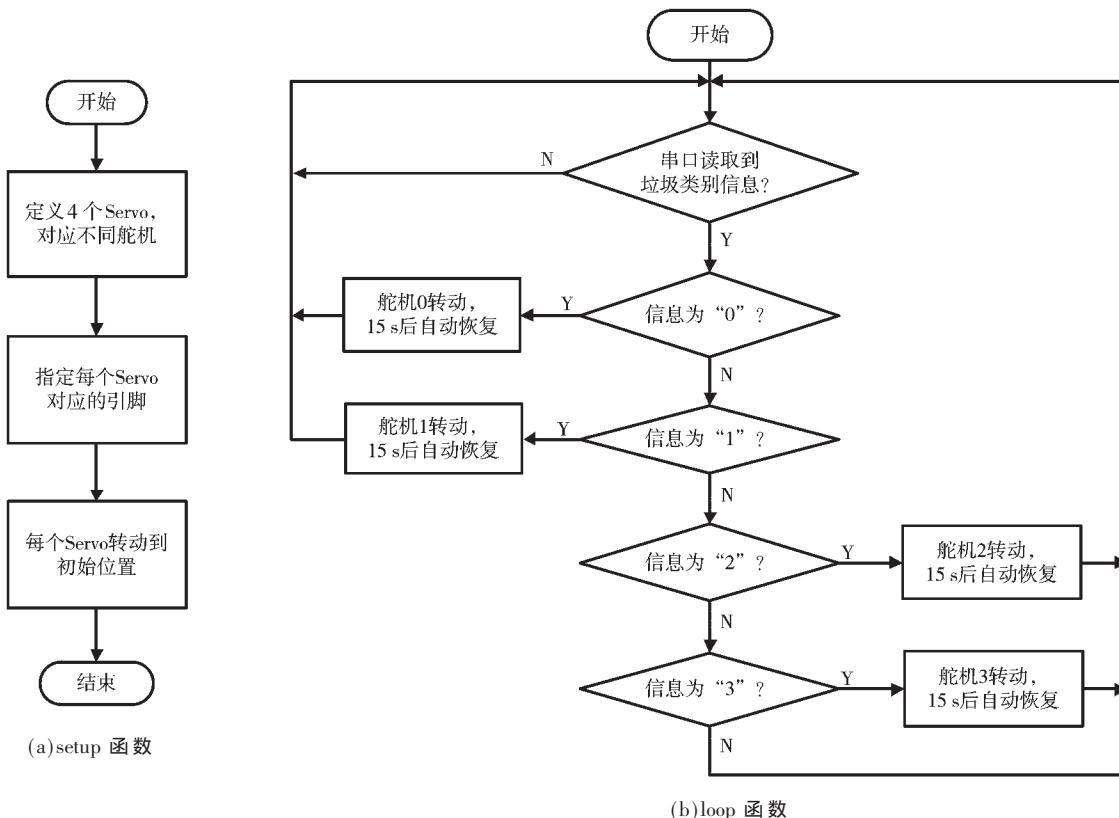


图 5 下位机主控板程序设计流程

表 1 系统测试结果图

垃圾类别	垃圾名目	未识别垃圾	错误识别垃圾	识别率/%(识别垃圾名目/总垃圾名目)
厨余垃圾	剩饭、过期食品、茶叶渣、面包、动物内脏、果皮、豆类、饼干、花	豆类	无	88.89
可回收垃圾	废报纸、玻璃、塑料瓶、易拉罐、毛绒玩具、插座、衣服、保鲜盒、信封、纸箱	无	无	100
有害垃圾	电池、温度计、灯管、药、染发剂、消毒剂、杀虫喷雾、相机底片、油漆桶、节能灯	无	无	100
其他垃圾	卫生纸、饮料杯、污染纸张、胶带、笔、头发、纸尿裤、烟蒂、橡皮泥、防碎气泡膜、污损塑料袋、灰土、陶瓷	饮料杯	无	92.31

(下转第 80 页)

实施数字化控制系统与辐射仪表监测系统接口的设计过程及实施方法。由于 Modbus/TCP 协议与 Modbus/RTU 在协议解析上完全一致,两者仅是网络介质的区别,实施难度相差不大,表明采用硬接线加通信网关的设计方案是基本可行的,在福清核电项目中也予以了成功应用。从网络通信方案在实时性方面的特点看,接口方案设计中需要结合信号传输响应时间和可靠性的要求综合考虑,必要时需要将部分网络通信的信号改为硬接线传输。

参考文献

- [1] 王远隆.核电数字化仪控系统结构比较分析[J].中国核电,2011,9(4):121-219.
 - [2] 朱雯,王强.CPR1000 核电站全厂数字化仪控系统不同 DCS 平台的比较分析[J].电子测试,2013,4(8):68-70.
 - [3] 福清核电.福清核电 1、2 号机组 DCS 技术规格书[Z].福清:福清核电,2011.
 - [4] 福清核电.电站计算机信息和控制系统手册[Z].福清:福清核电,2011.
 - [5] 福清核电.电厂过程控制机柜系统手册[Z].福清:福清核电,2011.
 - [6] 福清核电.Hardware_software design[Z].福清:福清核电,2011.
 - [7] 福清核电.Software requirements specifications[Z].福清:福清核电,2011.

(上接第 75 页)

- [2] 储胜,张艳馥.垃圾分类立法对城市生活垃圾回收物流的影响[J].物流技术与应用,2020,25(4):134-136.
 - [3] 夏钦.在垃圾分类持久战中摸索“北京模式”[J].工会博览,2020(11):1.
 - [4] 杜欢政,刘飞仁.我国城市生活垃圾分类收集的难点及对策[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2020,41(1):134-144.
 - [5] 张雨康,蔡威,陈文浩,等.智能垃圾分类系统研究文献综述[J].中国设备工程,2020(9):31-33.
 - [6] 余汉生,陈瑶.智能垃圾分类回收系统设计应用研究[J].包装工程,2018,39(18):154-159.
 - [7] 尤肖肖,孔春香.智能垃圾桶的创新设计[J].科技资讯,2019,17(12):19-20,22.
 - [8] 吕程熙.基于深度学习实现自动垃圾分类[J].电子制作,2019(24):36-38.
 - [9] 吴碧程,邓祥恩,张子憧,等.基于卷积神经网络的智能垃圾分类系统[J].物理实验,2019,39(11):44-49.

- [8] 罗炜,刘宏春,冯威,等.基于 Tricon V10 PLC 平台的核电厂保护系统设计[J].核动力工程,2015,36(6): 115–119.
 - [9] 福清核电.1E software design description[Z].福清:福清核电,2011.
 - [10] 温克强.MODBUS 通讯协议在 DCS 与 PLC 通讯中的应用[J].石油化工自动化,2005(6): 65–67.
 - [11] 程雪婷.解析 Modbus–RTU 协议关键内容及其在智能电器中的应用[J].低压电器,2010(1): 23–25.
 - [12] 周纯杰,刘华成,尤兵,等.文本型字符显示器中可重构通信的方法与实现[J].计算机科学与工程,2010,32(2): 142–145.
 - [13] 陈曾胜.基于可重构理论的智能仪器设计[D]合肥:合肥工业大学,2002.
 - [14] 周纯杰,向纯洁,陈辉,等.可重构技术及其在网络控制系统中的应用综述[J].控制与决策,2007,22(11): 1201–1207.
 - [15] 福清核电.I/A series system field device system integrators user's guide[Z].Foxboro: I/A Series Electronic Documentation, 2009.

(收稿日期:2021-02-08)



扫码下载电子文档

作者简介：

尤兵(1983-),男,硕士研究生,高级工程师,主要研究方向:核电站仪表控制。

- [10] 张居彦.移动 App 设计工具 Inventor[J].电子世界,2013(15):170-171.
 - [11] 王家兵,杨志刚,吴洪明.Arduino 高精度静压液位测量与控制系统[J].仪表技术与传感器,2013(8):44-46,53.
 - [12] 蔡睿妍.Arduino 的原理及应用[J].电子设计工程,2012,20(16):155-157.
 - [13] 广州汇承信息科技有限公司.HC-05 蓝牙串口模块规格书[EB/OL].(2020-06-03)[2020-07-29].<http://www.he01.com/products/3>.
 - [14] 陈钢.基于 Android 的智能家居蓝牙控制系统设计[J].智能建筑与智慧城市,2016(9):50-51.
 - [15] 胡珂.基于 Arduino 的智能小车测距安全行驶系统的研究[D].西安:长安大学,2015.

(收稿日期:2020-07-29)

作者简介：

黃鵬(1998-),男,本科,主要研究方向:物联网工程。

徐燕(1983-),女,博士,讲师,主要研究方向:物联网在物流领域的实现与应用。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所