

基于物联网技术的溯源智能称重综合系统设计

彭毅弘

(福建农林大学金山学院, 福建 福州 350001)

摘要: 针对产品原材料溯源体系中原材料的重量、产地、责任人、时间等数据信息进行采集和追踪溯源问题, 设计了一种基于物联网技术的溯源智能称重综合系统。该系统包括集成主控模块的称重设备、移动手机端 APP 和可溯源管理系统, 具有 RFID 标签识别、自动称重、数据录入、数据保存、实时无线传输数据、数据统一信息化管理等功能。实测表明, 系统运行良好, 较好地克服了应用环境复杂的难题, 改造成本低, 可拓展性强, 为原材料溯源体系构建提供了平台支撑。

关键词: 溯源; 称重; 综合系统; 物联网

中图分类号: TP216; TP391

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2020) 02-0041-06

近年来由于各种产品安全事故频发, 世界各国对建立产品原材料溯源体系达成共识, 溯源体系的建立不仅保障了消费者权益, 还让产品的质量安全得到全方位管控^[1]。物联网技术的迅速发展为溯源体系建设提供了强大的技术后盾, 智能传感器技术使得系统具备远程监控目标的运动、环境、重量等多种参数的能力, 并可以通过无线通信技术将监控数据发送到管理平台^[2]。利用物联网技术对溯源体系进行改造, 并融合信息化技术, 可以实现从产品的源头入手, 促使生产和经营企业通过信息化改造来提升产品的标准化、规范化和合法化。国内外在基于物联网技术的溯源信息系统建设方面进行了不少研究。刘鹏等^[3]提出了一种基于无线射频(Radio Frequency Identification, RFID)技术改进肉牛养殖质量安全追溯系统中关键信息编码问题的解决方案。为降低推广成本、解决标签防伪和信息溯源等问题, 郭云等^[4]设计了一种基于 NFC 技术的物联网溯源系统, 以智能手机作为 NFC 读写设备和 GPS 定位设备, 采用不依赖互联网的离线操作, 更适合部分网络条件差的中国农村地区。王昆^[5]通过对农产品建立激光标签识别二维码, 从而实现对农产品追溯的信息处理和信息融合。张极等^[6]设计了一种基于 STM32 电子牲畜秤, 实

现生猪的自动称重、电子标签识别和称重信息的自动上传等功能, 满足牲畜养殖高度智能化和自动化的需求。

在原材料溯源体系中, 供应链的上游环节(即直接面向产品原材料和零部件来源)内, 使用称重设备获取原料重量是必不可少的步骤。但目前市面上普遍使用的称重设备大部分不支持溯源信息的查询和导入, 不支持责任人的身份识别和区域识别, 也不支持交易信息的自动记录和各种联网方式。为了解决原材料收集环节中存在的地域分布广、应用环境复杂以及小散乱等问题, 称重设备必须在原有称重计价基础上, 拓展其处理性能, 增加可移动、易操作、实时无线联网和支持复杂业务系统运行等功能。

1 系统基本原理

要实现原材料随时随地收集的需求, 需要使用无线网络通信方式来收集和上传数据, 同时为降低现有设备的改造成本, 溯源智能称重综合系统采用 C/S 架构模式, 客户端和服务端之间的数据通信采用智能手机的 4G 无线网络。客户端以手机 APP 方式运行, 原材料的重量、产地、责任人等信息通过蓝牙通信方式传送给手机客户端, 然后手

收稿日期: 2019-10-13.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 福建省中青年教育科研基金(JT180847); 福建省“创新创业教育改革”基金(JX180301)。

作者简介: 彭毅弘(1980—), 女, 广西梧州人, 硕士/高级工程师, 主要研究方向: 软件工程及嵌入式技术。E-mail: 34615165@qq.com

机客户端通过 4G 网络将数据上传到服务器。服务器端运行在 PC 机平台上, 负责对数据进行管理、显示和处理等。

可溯源智能称重综合系统的总体架构如图 1 所示。产品原材料通过其配置的标识卡来唯一标识, 标识方式可以有 RFID 标识卡、二维码/条形码或 IC 卡等方式。不同原材料采用不同的标识方式, 考虑到药品、农产品等行业的原材料地域分布广泛、来源复杂、所处环境多变等问题, 系统优先采用 RFID 技术^[7]。称重设备可在现有传统电子秤上进行低成本的改造, 连接嵌入式主控模块, 主控模块采用 STM32F103X 系列微控制器, 集成重量传感器模块、蓝牙传输模块、RFID 读写器模块、存储器模块、LCD 显示模块和键盘输入模块。系统为每个 RFID 卡分配唯一的溯源码, 当携带 RFID 卡的原材料称重时, 主控模块通过 RFID 读写器模块获取到溯源码, 重量数据经过主控模块的转换、分析和处理, 存储在 SD 卡中。现场收集原材料的工作人员还可通过键盘输入原材料的产地、责任人、时间等数据, 通过 LCD 显示屏查看数据。主控模块电源采用独立电源, 实现采集设备的可移动性。手机端 APP 负责通过蓝牙方式从主控模块中获取原材料数据, 并允许进行人工设置, 然后实时传输给服务器。服务器系统包括数据库服务器、应用服务器和管理网站服务器。管理网站采用 B/S 架构搭建, 如果实际应用的企业本身已具备信息管理系统, 只需要增加部分数据管理模块接口即可。

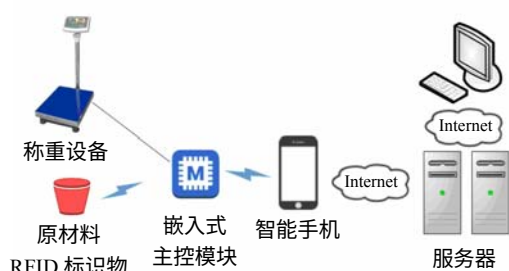


图 1 系统总体架构图

2 系统硬件设计

系统的硬件分为称重设备和嵌入式主控模块两部分。称重设备可以采用传统的电子秤, 嵌入式主控模块的框架如图 2 所示, 以 STM32 微控制器为核心, 拓展重量传感器模块采用 HX711 芯片,

蓝牙传输模块采用 CC2541 低功耗蓝牙 4.0, RFID 读写器模块采用 MFRC522 非接触式读写卡芯片, 存储器模块采用 SD 卡, 显示模块采用 LCD12864, 键盘输入模块采用矩阵按键。

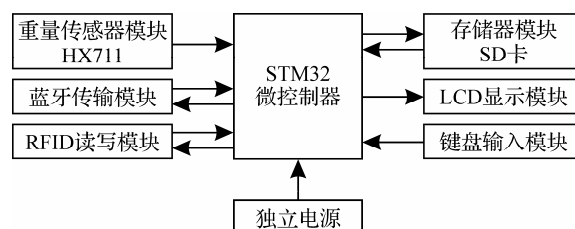


图 2 嵌入式主控模块硬件框架

嵌入式主控模块的整体工作流程如下: 首先通过 RFID 读写器模块识别原材料溯源码, 然后称重设备获得的物品重量数据经过重量传感器模块 HX711 芯片转化, 转化为数字信号进入 STM32 微控制器, STM32 负责对获取到的数据进行分析 and 处理。同时, STM32 接收来自键盘输入模块的输入数据。工作人员可根据 LCD 显示模块的提示内容来逐步输入原材料的相关信息, 例如产地、责任人、时间等关键信息。STM32 将获取到的溯源码、重量数据、产地、责任人、时间等数据以一定的数据结构存储到 SD 卡中。当完成称重和记录功能后, 主控模块会进入等待模式转换状态, 当用户选择进入传输模式时, STM32 负责将数据通过蓝牙传输模块传出去。

2.1 微控制器模块

微控制器模块负责数据的接收、分析处理、显示和发送, 芯片的选型需要考虑成本、环境因素和系统性能。为使成本最低化和系统性能最大化, 微控制器采用 STM32F103ZET6 增强型芯片, 它使用高性能的 ARM Cortex-M3 32 位 RISC 内核, 拥有最高 72 MHz 主频, 512 K 字节的闪存和 64 K 字节的 SRAM; 可工作于 -40~105 °C 的温度范围, 供电电压 2.0~3.6 V, 配备多种省电模式以保证低功耗应用的要求; 具有丰富的增强 I/O 端口, 可灵活拓展多种外设, 利用该控制芯片可自行设计周边电路, 实现对拓展模块的操作控制^[8]。

2.2 重量传感器模块设计

HX711 是一款专为高精度电子秤而设计的 24 位 A/D 转换器芯片, 集成了包括稳压电源、片内时钟振荡器等其他同类型芯片所需要的外围电路,

可以实现信号的放大和 AD 转换功能, 具有集成度高、响应速度快、抗干扰性强等优点^[9]。

HX711 模块电路如图 3 所示, Q1、R1 和 R2 用于实现恒压源, 设置 R1 和 R2 的阻值可以改变输出电压的大小, R3 和 R4 用于对信号进行滤波。

与微控制器连接的引脚有 3 个:

(1) 11 脚 PD_SCK 数字输入: 断电控制(高电平有效)和串口时钟输入。

(2) 12 脚 DOUT 数字输出: 串口数据输出。

(3) 16 脚 DVDD 电源: 数字电源, 应使用与微控制器相同的数字供电电源。

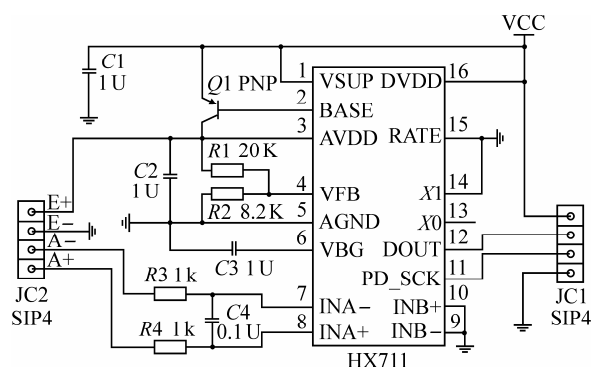


图 3 HX711 模块电路原理

从称重设备获取到的数据先要经过 HX711 模块的 A/D 转化, 才能进入到主控模块中使用。由于

HX711 模块采用 24 位转换精度, 可以实现高精度的模数转换, 从而确保数据保真度。

2.3 RFID 读写器模块设计

RFID 是一种非接触式的自动识别技术, 它利用无线电波对记录媒体进行读写, 其识别距离可达几十厘米到几米, 具有环境适应性强、穿透性好、可识别高速运动物体、同时识别多个标签等诸多优点。

完整的 RFID 射频模块由电子标签和 RFID 读写器模块组成。电子标签附着在原材料上, 存储着原材料的相关信息和溯源码。RFID 读写器模块采用 MFRC522 非接触式读写卡芯片, 该芯片工作频率为 13.56 MHz, 内部驱动器可以直接驱动天线, 主要负责寻卡、防冲突、秘钥验证、读卡等功能。MFRC522 射频电路如图 4 所示, 包括 EMC 滤波、PCB 天线、接收电路和阻抗匹配 4 个部分。

MFRC522 支持 SPI、I2C 和串行 UART 接口, 通过复位阶段后控制管脚上逻辑电平来识别微控制器接口。在 SPI 通信中, SPI 时钟 SCK 由微控制器产生, 数据通过 MOSI 线从微控制器传输到 MFRC522, 通过 MISO 线从 MFRC522 发回到微控制器。

2.4 存储器模块设计

由于收集原材料的现场环境较为复杂, 有可

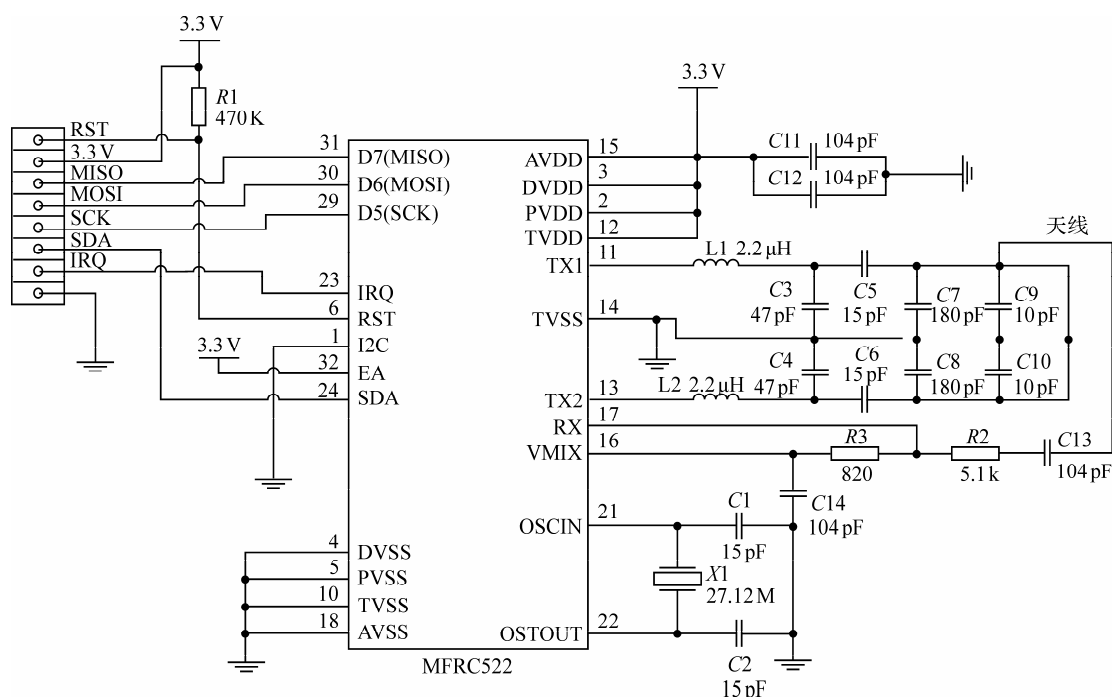


图 4 RFID 读写器模块电路原理

能会出现网络暂时断开现象,因此需要为主控模块配置容量较大的存储器模块,实时保存原材料的重量、时间、产地等数据. STM32F103X 系列微控制器内含 SDIO 主机接口,该接口兼容 SD 存储卡规范 2.0 版,内部的 SDIO 适配器模块可实现所有 SD 卡的相关功能,如时钟的产生、命令和数据的传送等,因此可采用 SD 卡作为存储设备. SD 卡(Secure Digital Card)又称安全数码卡,是一种基于半导体快闪记忆器的新一代记忆设备,具有体积小、数据传输速度快、可热插拔等特性,被广泛用于便携式装置上^[10]. SD 卡与微控制器的数据通信通过连接微控制器的 SDIO 主机接口来实现,其电路原理图如图 5 所示.

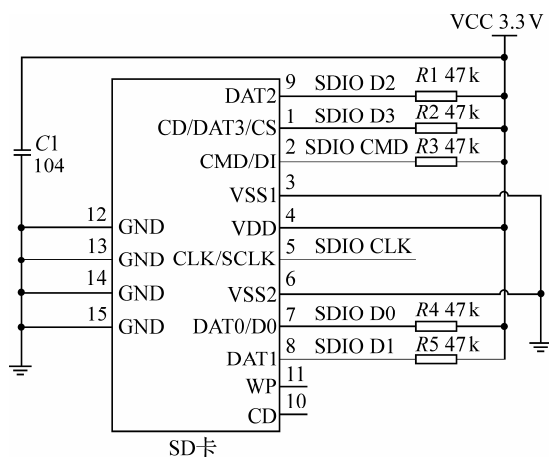


图 5 SD 卡存储器模块电路原理

与微控制器交互的引脚主要有:

- (1) CLK 时钟同步线,由 SDIO 主机产生.
- (2) CMD 命令控制线,SDIO 主机通过该线发送控制命令给 SD 卡,SD 卡通过该线回传应答信息.
- (3) DAT[0-3] 4 条数据线:传输数据.
- (4) VDD、VSS1 和 VSS2:电源和地信号.

上述引脚定义了 SD 卡的传输模式,支持数据的同步传输,支持 4 数据线的并行传输和命令的交互.

3 系统软件设计

系统软件包括嵌入式主控模块软件、移动手机端 APP 和可溯源管理系统三个部分,涵盖信息收集、数据传输和原材料信息管理等功能. 系统软件的整体工作流程如下:当携带 RFID 卡的原材料靠近称重设备时,主控模块软件会通过 RFID 读写器

模块识别到唯一的溯源码,进入称重模式,成功获取到原材料的重量数据及相关信息后,会对数据进行分析处理,然后把数据存储在 SD 卡中. 当工作人员打开手机端的 APP,通过蓝牙与主控模块建立连接后,手机 APP 会发出获取数据的申请,主控模块软件收到申请后,进入传输模式,自动发送数据给手机. 手机 APP 获取到数据后,通过 4G 网络上传给可溯源管理系统的数据库服务器,从而完成原材料信息的实时收集和保存. 可溯源管理系统是一个全流程管理的系统,能够将获取到的数据及时的反馈给管理者.

3.1 嵌入式主控模块软件

主控模块的程序流程如图 6 所示. 主要有 3 种工作模式: (1)选择称重模式代表进入 RFID 识别和获取重量数据流程; (2)选择键盘输入模式代表需要输入或者查看原材料相关数据,进入键值获取和 SD 卡读写流程; (3)选择传输模式代表需要与手机蓝牙进行连接,进入传输数据流程. 每种模式都会在 LCD 上显示相关内容,给出提示信息.

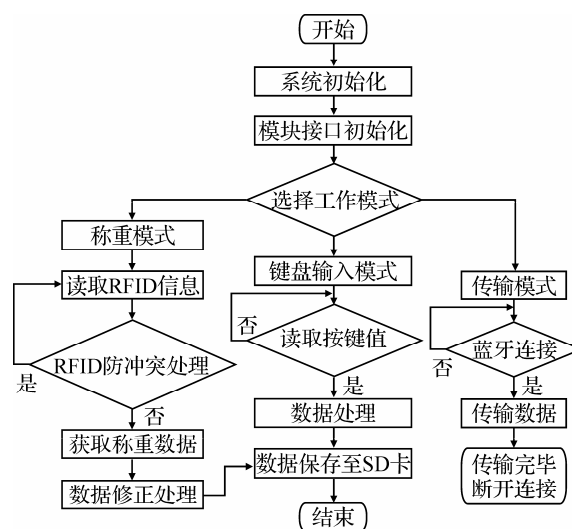


图 6 嵌入式主控模块程序流程

其中,RFID 读写卡过程主要有寻卡、防冲突、选卡、认证、读/写卡这 5 个过程. 当一个有效的 RFID 标签进入读写器的识别区域内,读写器就会实时获取到 RFID 标签携带的标识信息,但如果同时有多个 RFID 标签进入有效识别范围,就很容易引起数据冲突. 为解决这种冲突,系统建立了一个数据缓冲链表,链表的每个节点存储一个结构体,结构体中包含卡号和识别时间 2 个变量. 每次识别

到一个 RFID 标签, 先从链表中查找该标签的卡号是否存在, 如果不存在, 则将这个卡号及识别时间插入链表头; 如果已经存在, 则比较当前识别时间和结构体中的识别时间相隔是否大于有效时间间隔, 如果大于有效时间间隔, 则将链表中的这个节点删除, 把最新卡号和时间插入链表头; 如果小于有效时间间隔, 只需更新识别时间即可。当一个卡号成功获取到重量数据并存储到 SD 卡中后, 会立即删除该节点, 在 LCD 上也会出现相关提示。

另外, 需要称重的原材料既有可能是工业材料, 也有可能是活的牲畜, 会动的牲畜意味着采集到的重量数据会剧烈波动, 因此系统中需要对重量数据进行修正。修正算法如下: 记录下称重过程中所有数据波动过程中的波峰值和波谷值。进行第一层过滤, 即对所有波峰值和所有波谷值取平均, 把远超过该平均值的无效波谷数据滤除。接着进行第二次过滤, 求出各个有效峰谷数值的中值, 然后对所有中值取平均, 得到的平均值作为有效重量数据, 保存到 SD 卡中。

3.2 手机端 APP

系统中引入智能手机是为了实现原料收集方的可移动性和信息实时获取能力。手机端 APP 主要负责两部分功能: 一是利用蓝牙从主控模块中的 SD 卡读取或写入信息; 二是接入可溯源管理系统, 查询系统数据。主控模块获取数据流程如下: 手机开启蓝牙扫描电子秤主控模块的蓝牙信号, 扫描到相关信息后, 连接到主控模块上, 当连接成功后, 主控模块 LCD 屏幕给出提示; 然后把原料的 RFID 卡靠近主控模块的 RFID 读写器, 主控模块会迅速获得 RFID 标签号, 同时该标签号通过蓝牙传输到手机 APP 上, APP 显示界面实时从服务器端获取该标签号的对应信息; 同时从电子秤上获取原料的重量数据经主控模块的数据处理, 传输到手机上。从刷 RFID 卡、称重到手机获取到重量数据的整个过程所有的时间只需 5 s。当现场原料数据全部收集完毕后, 在手机端点击“提交”按钮即可批量上传到服务器上, 整个过程实现了信息自动化, 实时性高, 监控力度强。

3.3 可溯源管理系统

可溯源管理系统涵盖原材料从收集、流通到交易的全过程, 主要包括原材料管理子系统、流通管

理子系统和零售交易管理子系统, 服务站部署在云端, 数据库服务器采用 MySQL, Web 应用服务器采用 Tomcat 服务器, 框架采用 Spring MVC+Hibernate 设计^[11]。原材料管理子系统重点关注上游环节的原料信息, 如原料的产地、品种、重量、时间、价格、采购商等相关信息, 系统为原料生成唯一的溯源码。流通管理子系统关注运输、批发、转售等环节, 需要与第三方做信息对接, 获取第三方流通信息。零售交易管理子系统对接各零售商和超市的交易系统, 获取最终的售卖信息。由于流通管理子系统和零售交易管理子系统涉及第三方系统, 在设计上做统一的数据接口, 兼容各种系统不同的数据结构。整个系统根据溯源码对原料做全流程跟踪和监督, 确保产品原材料的可追溯性、安全性和合法性。

4 系统测试

根据国家标准《JJG 555-1996 非自动秤通用检定规程》的要求^[12], 利用 M1 级的检定砝码对电子秤的置零准确度、偏载误差、1~200 kg 范围线性度误差和重复性误差进行现场实测。表 1 提供了电子秤部分实测结果, 从结果可见, 电子秤的各项指标满足国家标准所规定的三级秤指定标准。

表 1 电子秤部分实测结果

项目	实测值误差/g	允许误差/g
置零准确度	+30	±50
偏载误差	-40	±50
称重范围 1~10 kg	+20	±50
称重范围 >10~100 kg	-30	±50
称重范围 >100~200 kg	-40	±50
重复性(50%Max)	+30	±50

另外, 实测 10 张 RFID 卡同时靠近主控模块的读写器, 均能正常识别出所有 RFID 卡号, 并按顺序存储, 不会产生冲突。

目前市面上已经出现的智能电子秤大致分为 2 种, 一种是家用的与健康相关的体重秤, 通过蓝牙与手机相连, 手机 APP 上记录和实时显示人体健康情况; 另一种是商用的计价电子秤, 大部分强调的是高精度、防水、可打印和可计价功能。其中较为常见的快递物流专用电子秤, 其采用蓝牙连接把枪或电脑, 设备成本较高。本文设计的溯源智能

称重综合系统可以在基于企业已有的商用电子秤的基础之上,以较低成本进行改造,使用者仅需在自己手机上安装 APP,就可实现随时随地获取和记录数据的功能,并且数据能实时传送到服务器上,通过简单的数据对接就能与企业已有的信息系统连接起来。

5 结语

溯源智能称重综合系统集成 RFID 技术和称重传感技术,有效实现了原材料数据的便捷采集和可追溯性;结合便携移动终端和蓝牙技术,实现数据随时随地可收集和上传;融合计算机系统信息化技术,实现信息平台统一化和数据监管控制信息化;可在现有传统称重设备上进行低成本的改造,降低系统使用成本,易于推广。

本系统经过多次实验测试,软硬件均可满足原料信息数据与信息管理平台数据库交互的需求,为后续建立质量安全保障体系提供及时、准确的数据支持和安全保障。

参考文献:

- [1] 宋绍义,左敏,赵守香. 社会共治视角下的食品品质安全溯源体系研究[J]. 食品工业, 2018, 39(2):207-211.
- [2] 刘芳,薛莲. 农产品产业链安全溯源体系设计与实现[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(8):206-209.
- [3] 刘鹏,刘文,李强,等. 基于 RFID 技术的肉牛养殖追溯系统建立[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(24):190-193.
- [4] 郭云,李军,包先雨. 基于 NFC 技术的物联网溯源系统研究与应用[J]. 计算机应用与软件, 2018, 35(2):102-106; 199.
- [5] 王昆. 基于激光标签的农产品追溯系统设计[J]. 激光杂志, 2019, 40(8):159-163.
- [6] 张极,杨成忠. 基于 STM32 和 RFID 的电子牲畜秤设计[J]. 工业控制计算机, 2016, 29(2):67-68.
- [7] 龚凌翔,叶芝慧,冯奇,等. 基于 STM32 的北斗/RFID 组合定位系统设计[J]. 电子测量技术, 2014, 37(4):76-82.
- [8] 刘毅,叶秋冬. 物联网架构下的宜居通系统研究[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(1):251-255.
- [9] 刘宸,陈焱至. 基于 MSP430 和 HX711 的电子称设计与制作[J]. 电子测试, 2018(16):30-31.
- [10] 杜佳良,丁亚东,赵俊杰. 基于 STM32 的 AD 采集与 SD 卡数据存储[J]. 电脑知识与技术, 2016, 12(12):235-237.
- [11] 彭毅弘. 基于 iBeacon 定位技术的高校考勤系统设计[J]. 福建电脑, 2018, 34(11):36-37; 22.
- [12] JJG555-1996. 非自动秤通用检定规程[S].

Design of traceable intelligent weighing system based on internet of things technology

PENG Yihong

(Jinshan College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350001, China)

Abstract: In order to collect and trace the weight, place of origin, responsible person, time and other information of raw materials in the traceability system of product's raw materials products, an intelligent weighing system based on Internet of things technology is designed. The system includes the weighing equipment integrated with the main control module, mobile phone APP and traceability management system. The system has RFID tag identification, automatic weighing, data entry, data saving, real-time wireless data transmission, unified data information management and other functions. The actual measurement shows that the system overcomes the problems associated with complex application environment, can be developed at low cost and with strong expansibility, and provides a platform support for the construction of raw material traceability system.

Key words: traceability; weighing; integrated system; internet of things

(责任编辑 章践立)