

# 基于称重传感器的电子元器件智能管理系统

吕 军, 尤彦辰, 叶忠儒, 李国志

浙江理工大学信息科学与工程学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2022年6月6日; 录用日期: 2022年8月15日; 发布日期: 2022年8月24日

## 摘 要

针对人工管理电子元器件存在的工作效率低、实时性差和人工成本高等问题, 设计并开发了电子元器件智能管理系统。该系统包括电子元器件智能存储柜、服务器端和Web客户端。采用双孔平行梁式传感器结合HX711采集元件重量信息, 以实现元件的准确计数; 利用RFID识别用户, 结合电控锁实现柜门控制; 利用语音模块与串口屏实现信息播报、库存显示与查询。利用SSM框架搭建后端服务器, 利用MySQL数据库存放元件信息、用户信息和元件领取记录; 利用Vue开发Web端。经系统测试表明, 该系统具有元件自动计数、用户权限管理、元器件领存数据存储和可追溯等功能。电子元器件的平均计数准确率为98.8%, 系统平均响应时间为3秒。

## 关键词

电子元器件, 称重传感器, 自动计数, 智能管理系统

# Intelligent Management System of Electronic Components Based on Load Cell

Jun Lyu, Yanchen You, Zhongru Ye, Guozhi Li

School of Information Science and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou Zhejiang

Received: Jun. 6<sup>th</sup>, 2022; accepted: Aug. 15<sup>th</sup>, 2022; published: Aug. 24<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

As an essential material in the intelligent manufacturing process, electronic components have the characteristics of small size, high value and kinds of types. The manual management mode of electronic components has the problems of low efficiency, non-real-time and high labor cost. The intelligent management system of electronic components was designed and developed, including electronic components intelligent storage cabinet, server side and Web client. The double-hole parallel beam sensor combined with HX711 was used to collect the weight information of compo-

nents for automatic counting; RFID was used to identify users, and combined with electric locks to realize cabinet door control; voice module and serial screen were used to realize information broadcasting, inventory display and query. The SSM framework was used to build the back-end server; the MySQL database was used to store component information, user information and component receipt records; Vue was used to develop the web side. The test showed that the system had the functions of component automatic counting, user rights information management, component management, data record storage and traceability. The average counting accuracy of electronic components is 98.8%, and the average response time of the system was about 3 seconds.

## Keywords

Electronics, Load Cell, Automatic Counting, Intelligent Management System

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

电子元器件是电子信息类创新实践活动的必备物料，具有种类多、体积小、易损耗和价格昂贵等特点[1]。实验室电子元器件管理工作一般设立专人负责，通过人工记录电子元器件的领取和余量等信息，便于后期的使用统计分析及时补给。基于人工的电子器件管理模式存在着耗时耗力、维护难、效率低和成本高等问题，亟需开发一套电子元器件智能管理系统，提高元器件管理的智能化水平和工作效率。

基于物联网和计算机技术的智能管理系统已经广泛应用于工业[2]、农业[3]、交通[4]和教育[5]等领域，基于硬件数据采集的智能管理系统[6]是完全可行的。刘升涛[7]利用 RFID 射频识别技术实现了工具智能管理系统，采用 QT 语言和 SQLite 数据库开发了上位机应用软件，完成了工具的盘点、借用归还管理等功能。刘婷等[8]利用 RFID 超高频技术完成了基于 C/S 架构的药品生产管理，具有药品错误流通检测等功能。基于 RFID 的目标识别技术主要是在发射天线范围内目标电子标签被激活，进而实现信息的读写和解析，该模式受目标数量、天线范围等影响较大，且开发成本较高，不适合电子元器件的智能管理。以电子信息类实验室常用电子元器件为对象，开发电子元器件智能管理系统，通过自动获取用户身份及其元器件领用和存放信息，实时显示元器件的库存信息，实现电子元器件的智能化管理，提高电子信息类实验室管理效率。

## 2. 电子元器件智能管理系统的开发

### 2.1. 系统开发整体方案

设计并开发一套电子元器件智能管理系统，该系统主要由电子元器件智能存储柜、云服务器端和电子元器件远程管理平台三部分组成。其中电子元器件智能存储柜由 STM32F103ZET6 主控电路、基于称重传感器的元件自动计数电路、HX711 高精度 A/D 转换、RFID 身份识别电路、M3 语音播报电路、本地交互与显示终端、ESP8266 无线传输电路和系统电源模块组成，具有电子元器件自动计数、用户身份识别、本地显示、语音播报、数据无线传输和柜门自动控制等功能。电子元器件智能存储柜负责采集用户身份和电子元器件领、存信息，并将数据上传至服务端；服务端负责电子元器件智能存储柜数据接收，调用 MySQL 数据库进行数据保存，同时作为网络服务端负责对 Web 客户端的 HTTP 请求进行处理；Web

客户端负责信息可视化，向服务端发起请求实现信息获取并渲染用户操作页面。系统总体设计框图如图 1 所示。

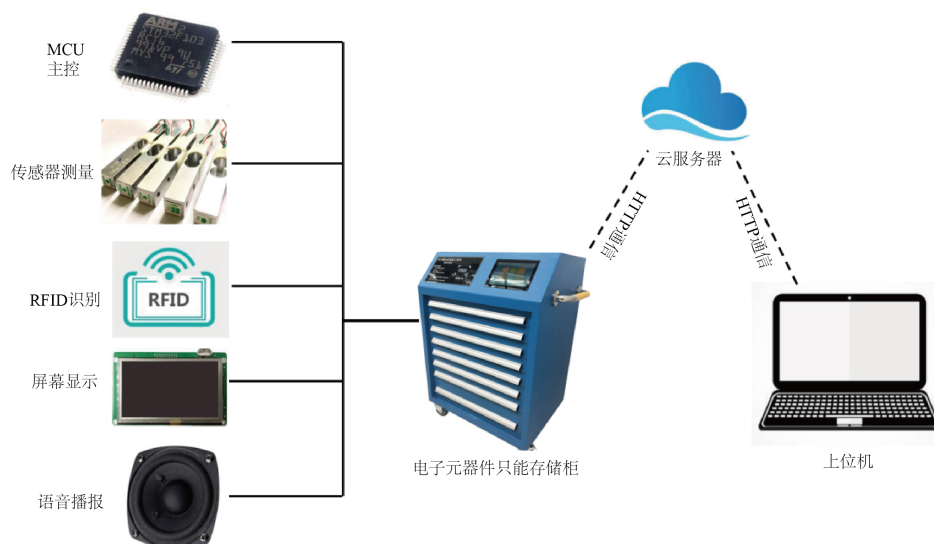


Figure 1. Overall block diagram of electronic components intelligent management system  
图 1. 电子元器件智能管理系统总体框图

## 2.2. 云服务器的建立

### 2.2.1. 应用服务器的搭建

应用服务器端用于处理 Web 端的请求、更新元器件数据等。所有用户数据、元器件信息、存取历史等数据都存放在数据库中，用户登录、元器件信息的浏览和查询等操作都需要读取数据库，应用服务器需要不断地处理大量数据以完成对用户请求的响应。本文采用 SSM 框架搭建在 Tomcat 服务器[9]上作为 Web 的后端服务器。

SSM 框架是 Spring、Spring MVC 和 Mybatis 框架的整合[10] [11]，是标准的 MVC 模式。SSM 框架结构由 Dao 层(mapper)、Service 层、Controller 层和 View 层组成。SSM 框架使用 Spring 实现对象管理，使用 Spring MVC 负责请求的转发和视图管理，Mybatis 作为数据对象的持久化引擎[12]。

本系统使用项目依赖管理工具 Maven 搭建项目，引入 Mybatis 核心、junit 测试、MySQL 驱动、spring-webmvc、servlet 等依赖，同时加入 Tomcat、与 maven 相匹配的 JDK 插件，引入 Spring 容器和 SpringMVC 的配置文件，以实现在 web.xml 中读取 Spring 和 SpringMVC 的配置文件。

### 2.2.2. 数据库的建立

本文选择使用 MySQL 搭建电子元器件智能管理系统数据库，该数据库对用户使用智能元件柜操作信息进行记录管理。电子元器件数据库主要实体包含了用户、元器件和取用单。其中用户信息包括用户 ID、管理权限、姓名、性别、联系电话和所属部门等信息；元件信息包含元件 ID、元件名称和元件数量；取用单信息包含取用单 ID、元件 ID、取用数量、用户 ID 和取用日期等。具体 E-R 关系图如图 2 所示。

## 2.3. 电子元器件远程管理系统的开发

### 2.3.1. 电子元器件远程管理系统整体设计方案

电子元器件远程管理系统主要包括用户权限管理、基础信息维护模块和信息查询统计模块，远程管

理系统的框架结构如图 3 所示。

用户权限管理：采用二级管理模式，分为普通员工和管理员。普通员工仅能查询元器件库存情况，管理员还具备对员工信息和元件信息进行增删改的操作。在成功登录后，跳转至系统主页界面，根据用户权限显示不同的主界面。

基础信息维护：主要包括人员的添删和元件的信息维护；可以在管理员模式下对使用系统的用户信息进行更改，同时也能对元件货柜中的元件个数进行查询维护，并及时将数据与云服务器进行同步。

信息查询统计：在服务器中存储的元件领取信息、人员信息可以在该模块中调用显示，做到电子元器件查询和用户领取数据可追溯。

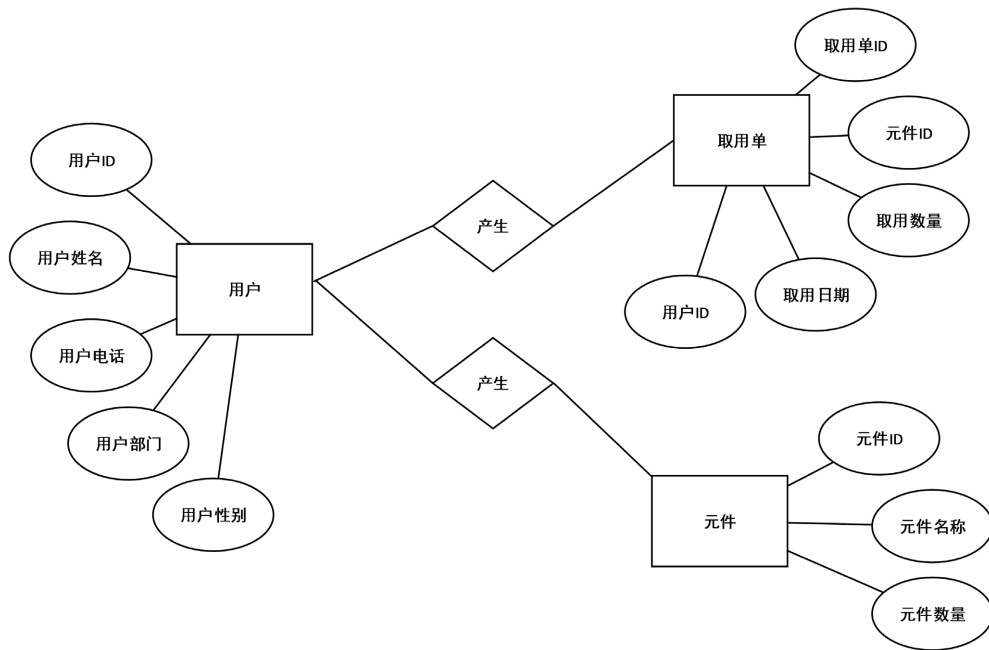


Figure 2. Database E-R diagram of electronic components intelligent management system  
图 2. 电子元器件智能管理系统数据库 E-R 图

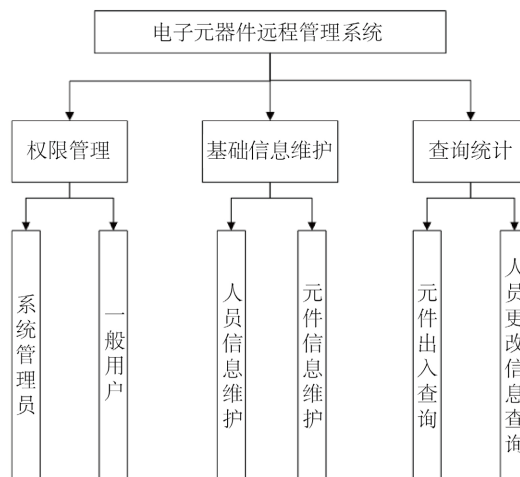


Figure 3. Structure diagram of electronic components remote management system  
图 3. 电子元器件远程管理系统结构图

### 2.3.2. Web 端具体实现

电子元器件远程管理系统使用 Web 搭建, 基于 Vue [13] 框架设计前端界面。使用技术栈还包括: Vue-router 实现界面路由跳转, Vuex 状态管理模式库实现子组件之间的互相控制, Element-UI 作为网页 UI 主题设计以及布局, Echarts 表格实现数据可视化, axios 实现拦截后端返回数据, 二次封装 axios 提高使用的便利性。通过 Token 保存元件信息, 减少不必要的交互信息数量, 提升系统健壮性。开发时使用 Mock 模拟数据, 实现前、后端开发完全分离, 高度降低整个系统的耦合性。

## 3. 电子元器件智能管理柜的开发

电子元器件智能管理柜硬件部分主要由称重计数电路、RFID 射频识别电路、语音播报电路、可控柜门电路、本地数据显示电路、无线传输电路、MCU 等部分组成。MCU 同时接收三个称重传感器产生的数据并处理分析, 控制 RFID 射频识别电路判别用户身份启动管理柜, 控制可控柜门并且检测柜门的状态来判断用户取用进程, 并且控制语音播报电路告知用户系统状态, 用户通过触摸屏与系统交互, 取用操作结束后 MCU 控制无线传输电路将数据上传到云服务器。称重计数电路用线性电源供电, 其他硬件部分用开关电源供电。具体结构示意图如图 4 所示。

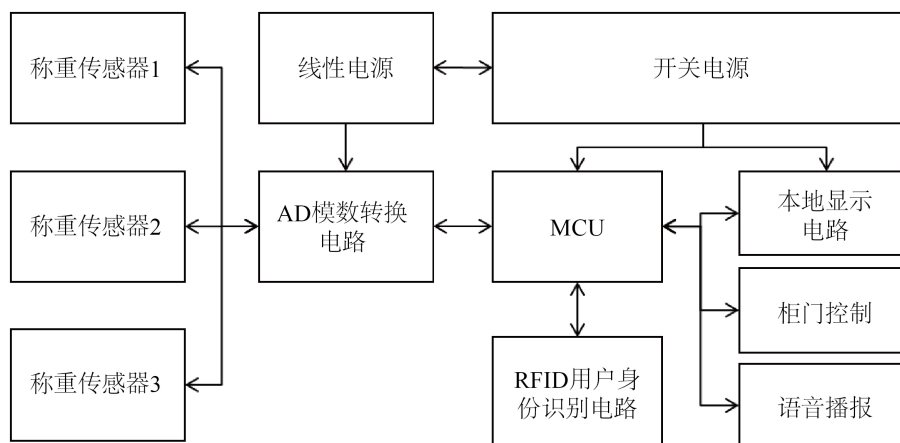


Figure 4. Hardware block diagram of intelligent management cabinet for electronic components

图 4. 电子元器件智能管理柜硬件框图

### 3.1. 基于称重传感器与 HX711 的元器件计数电路设计

#### 3.1.1. 电子元器件自动计数电路的理论分析

目前称重传感器[14]的种类主要有电阻应变式、光电式、液压式、电容式、电磁力式、磁极变形式、板环式等类型, 其中电阻应变式传感器具有准确度高, 测量范围广, 生产成本低廉等优点, 故本系统选用该类型传感器作为称重传感器。

针对电阻应变式传感器存在零漂和应变极限, 导致输出信号较弱的问题, 本系统采用了双孔平行梁式传感器[15], 以扩大传感器线性测量范围, 提高传感器测量精度, 其结构如图 5 所示。金属梁上开有两个孔, 在上下对称位置贴有四个应变片 A、B、C、D, 传感器在受到由元器件重力产生的压力时, 四个应变片会分别产生应变, 其应变会相互累加输出, 从而达到扩大应变的效果。

将传感器上的四个应变片电路简化成如图 6 所示的全桥差动电路, 该电路中四个应变电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  初始值相等, 当传感器受到压力产生形变之后, 电阻产生应变, 电阻改变量记作  $\Delta R_1$ 、 $\Delta R_2$ 、 $\Delta R_3$

和  $\Delta R_4$ ，此时该电桥的输出电压为：

$$U_o = E \left( \frac{R_1 + \Delta R_1}{R_1 + \Delta R_1 + R_2 - \Delta R_2} - \frac{R_3 - \Delta R_3}{R_3 - \Delta R_3 + R_2 + \Delta R_4} \right) \quad (1)$$

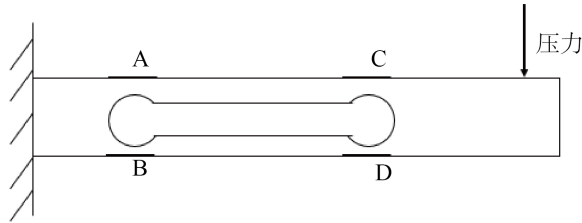


Figure 5. Structure diagram of the double-hole parallel beam sensor

图 5. 双孔平行梁式传感器结构图

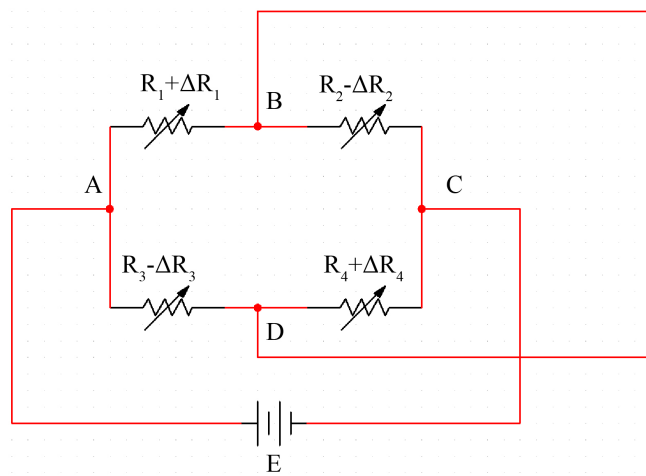


Figure 6. Full-bridge differential circuit diagram

图 6. 全桥差动电路图

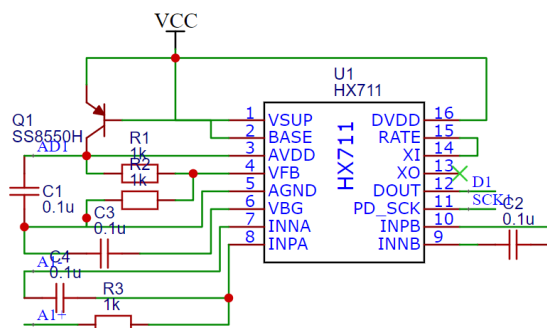
通过测量 B-D 之间的电压输出，结合公式 1 分析计算得到应变电阻改变量，再根据应变电阻特性可以得到此时传感器受到的压力大小。

### 3.1.2. AD 转换模块的设计

HX711 是一款 24 位 A/D 转换芯片，专门为高精度电子秤设计，具有集成度高、响应速度快、抗干扰能力强等优点[16]。HX711 芯片内置低噪声可编程放大器，可对输入信号进行不同增益的放大处理，以满足微弱差分信号的测量要求，降低称重电路成本。因此，本系统采用该芯片作为 A/D 转换模块的主芯片，以提高系统的测量精度和可靠性。

电子元器件智能管理柜需要对多个不同种类的电子元器件进行称重计数处理，故需要设计多路传感器输入，以实现数据的分路处理。使用多片 HX711 芯片集成，每路芯片 A 通道输入该通道传感器数据，片外置三极管 S8550 稳定输入参考电压，通过 R1、R2 两颗电阻分压输入 VFB 管脚作为基准电压，通过 DOUT 数据管脚、PD\_SCK 时钟管脚与单片机进行数据通信。AD 转换模块原理图设计如图 7 所示。





**Figure 7.** Schematic diagram of AD conversion module based on single-chip HX711

**图 7.** 基于单片 HX711 的 AD 转换模块原理图

### 3.2. 电子元器件智能管理柜的制作与控制

用户识别部分主要采用射频识别技术[17] (Radio Frequency Identification, RFID)进行用户身份的判别。RFID 的读写器将无线电载波信号经过内置的发射天线向外发射。用户将含有自身信息的射频卡靠近 RFID 读写器,当进入到发射天线的可读写范围时,射频卡内部的电子标签被激活,此时射频卡和读写器进行信息交换,读写器对接收到含有用户身份信息的信号进行识别解码,送往主控 MCU,MCU 根据特定的用户识别码给予操作权限。

为提高系统的可交互性,本系统采用 M3 语音播放模块作为语音播报电路,在 5 V 电压下最高可驱动  $8\ \Omega\ 3\ W$  的喇叭进行语音播放,能将预存在 TF 卡内的语音提示进行实时播报,用于提示系统使用状态。使用淘晶驰 X5 系列 10 寸电容串口屏作为显示屏幕,利用 USART HMI 开发设计了六个界面可显示库存信息、用户身份信息和元件领用信息等。

为了实现电子元器件柜和云端服务器相互连通,本系统选择使用 ESP8266 通过 WiFi 与互联网相连,将本地数据通过 HTTP 协议传输到服务器,并保存在数据库中。

本系统中,语音播报电路、可控柜门电路、本地数据显示电路的运行电流较大,但对电源纹波要求不高,所以采用开关电源进行供电。称重计数电路属于高精度 AD 转换电路,电源纹波会直接影响基准电压,从而使采集结果不准确,故使用电源纹波较小的线性电源为称重计数电路供电。电子元器件智能管理柜实物图如图 8 所示。



**Figure 8.** Physical drawing of intelligent management cabinet for electronic components

**图 8.** 电子元器件智能管理柜实物图

智能元件柜 MCU 使用单片 STM32F03ZET6 芯片作为主控，当智能管理柜上电启动后，首先对各个硬件设备初始化，初始化完成后控制 RFID 射频识别用户身份 IC 卡信息，成功识别后 MCU 获得用户信息标识码，之后等待用户使用元器件柜，用户使用完成后，系统自动统计用户取用元件信息，将更新本地信息至串口屏显示，并将数据上传至云服务器。主程序流程图如图 9 所示。

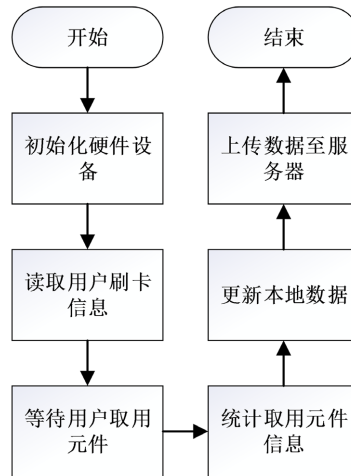


Figure 9. Main program flow chart  
图 9. 主程序流程图

#### 4. 系统测试与结果分析

##### 4.1. 电子元器件称重计数电路测量与分析

称重计数电路的测量精度直接影响系统的应用价值。利用已校准过的数字电子秤对 FR307 二极管、SMA 头和接线端子三种常见电子元器件进行多次不重复的个体测量发现，FR307 二极管、SMA 头和接线端子三种电子元器件的平均重量为 1.1 g、1.7 g 和 3.1 g。系统测试时分别采用 5 个、20 个和 50 个元器件进行测量，并根据自动测量结果与实际数据计算计数准确率，测量结果如表 1 所示。

Table 1. The results of weighing counting circuit measurement

表 1. 称重计数电路测量结果表

| 物品种类   | 平均测量重量/g | 测量数据/个 | 实际数据/个 | 计数准确率/% |
|--------|----------|--------|--------|---------|
| 二极管    | 5.5      | 5      | 5      | 100     |
| 二极管    | 22       | 20     | 10     | 100     |
| 二极管    | 50       | 50     | 53     | 94      |
| SMA 头  | 8.5      | 5      | 5      | 100     |
| SMA 头  | 34       | 20     | 10     | 100     |
| SMA 头  | 85       | 50     | 51     | 98      |
| 接线端子   | 15.5     | 5      | 5      | 100     |
| 接线端子   | 62       | 20     | 20     | 100     |
| 接线端子   | 155      | 50     | 51     | 98      |
| 平均测量精度 |          |        |        | 98.8    |



由表 1 可知, 称重计数电路在 5.5 g~62 g 量程内计数准确率可达 100%, 但随着元器件数量的增加, 称重传感器的测量累计误差变大, 使得称重计数电路的计数准确率有所下降。称重计数电路在 155 g 量程内计数准确率为 98.8%, 可以满足电子元器件的智能管理需求。

## 4.2. RFID 射频识别电路的测量与分析

RFID 射频识别电路是用户与电子元器件管理系统交互的主要部分之一, 其响应速度和准确率直接影响了用户的使用体验。使用系统授权卡和非授权卡分别进行 RFID 识别测试, 记录刷卡到柜门打开的响应时间, 并统计与授权权限相对应的柜门打开或未打开的准确次数, 计算平均响应时间和识别成功率, 测试结果如表 2 所示。由表 2 可得, RFID 授权卡的平均响应时间为 2.43 秒, 对于授权卡和非授权卡识别成功率均为 100%, 满足系统设计需求。

Table 2. RFID test results

表 2. 射频识别测试结果

| 测试卡类别 | 测试次数 | 响应时间/s      | 系统识别成功率/% |
|-------|------|-------------|-----------|
| 授权卡   | 21   | 2.43 ± 1.01 | 100       |
| 非授权卡  | 23   | 2.29 ± 1.15 | 100       |

## 4.3. 电子元器件智能管理系统功能测试

对电子元器件智能管理系统进行整机测试, 测试内容主要包括系统功能、系统提示信息的准确性和系统响应时间等方面。系统测试结果如表 3 所示, 远程管理系统部分功能示意图如图 10 所示。由表 3 所示的系统测量结果可知, 电子元器件智能存储柜具有 RFID 身份识别、柜门自动控制、语音播报、元器件自动计数、数据上传等功能。

待用户存放或领用电子元器件后, 系统将数据通过 WIFI 实时传输至远程服务器, 并将用户信息、元器件种类、数量和时间等信息存于数据库中。开发的电子元器件远程管理系统具有用户管理、数据存储、元器件查询、历史数据可追溯可导出等功能。系统数据上传并显示的平均响应时间为 3 秒, 可满足系统的实时性要求。

Table 3. System test schedule

表 3. 系统测试明细表

| 序号 | 功能   | 描述                   | 测试结果 |
|----|------|----------------------|------|
| 1  | 用户识别 | 使用系统授权卡测试系统识别功能      | 通过   |
| 2  | 柜门控制 | 元器件柜使用过程中是否正确开关门     | 通过   |
| 3  | 语音播报 | 用户使用系统时是否正确播放语音      | 通过   |
| 4  | 元件计数 | 是否正确统计用户取用元件及库存元件数   | 通过   |
| 5  | 用户登录 | 远程管理系统账户与权限授予是否正确    | 通过   |
| 6  | 库存显示 | 首页是否正确显示元件库存数量       | 通过   |
| 7  | 记录查询 | 是否能查询用户取用元件信息        | 通过   |
| 8  | 数据导出 | 是否能一键导出用户领、存历史数据     | 通过   |
| 9  | 用户管理 | 是否能对用户信息进行管理         | 通过   |
| 10 | 系统响应 | 取用元件结束后远程管理平台的平均响应时间 | 3 秒  |

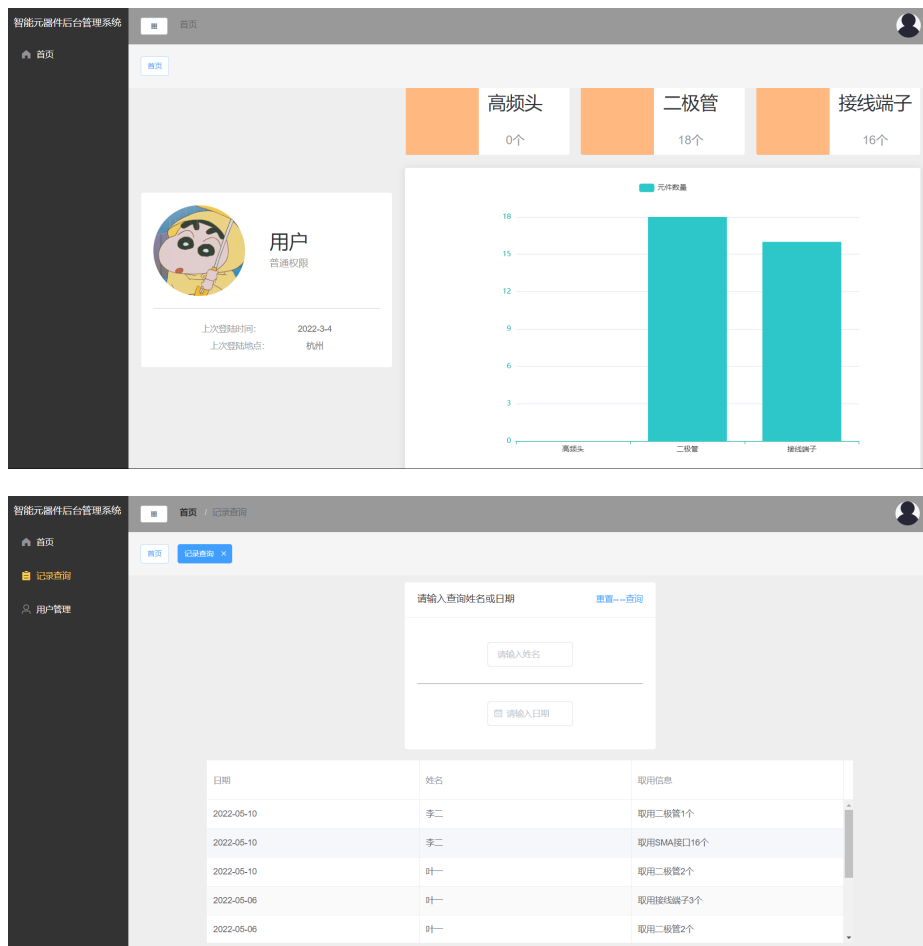


Figure 10. Schematic diagram of the electronic components remote management system  
 图 10. 电子元器件远程管理系统部分功能示意图

## 5. 总结

本文设计与开发了一个电子元器件智能管理系统，该系统由电子元器件智能管理柜、数据云服务器端和远程管理系统构成。采用 SSM 框架搭建后端服务器，系统数据库使用 MySQL；利用 Vue 框架开发 Web 端；利用单片机应用开发与传感器技术制作了电子元器件智能存储柜。当 RFID 识别用户信息后，智能柜柜门自动打开。用户可通过本地人机交互屏查询电子元器件当前库存，待用户领取电子元器件并关闭柜门后，系统自动进行计数并语音播报用户领取信息，数据更新至本地显示终端，同时通过无线传输将数据发送至服务器的数据库，记录领取用户的身份、时间和领取信息等。关闭柜门后，系统进行本地数据更新和远程数据更新的平均响应时间为 3 秒，系统在 155 g 量程范围内平均计数准确率为 98.8%。

该系统实现了电子元器件的自动计数、信息查询和领用信息记录等功能，系统响应时间短，页面简单友好，易扩展，移植性较强，为电子元器件智能管理提供思路，后期可通过增加元器件种类和优化系统集成度来提高系统的应用价值。

## 基金项目

浙江省高等教育“十三五”教学改革研究项目(jg20190138)；国家级大学生创新训练项目(202110338020)。

## 参考文献

- [1] 杨振雷, 毛福新, 张洪彬. 电子元器件智能管理系统设计[J]. 电子世界, 2018(1): 186+188.
- [2] 王珺吉, 杜燕, 张建宏, 鲍俊. 智能仓储管理系统设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2019, 29(12):189-193.
- [3] 彭元堃, 杨艳, 杨玮, 陈士燃. 基于物联网技术的智能农业管理系统设计[J]. 现代农业科技, 2020(19): 257-259+265.
- [4] 韩振, 潘磊. 一种基于物联网技术的智能化消防安全管理平台设计[J]. 中国科技信息, 2021(13): 78-79.
- [5] 陈仁安, 郑新旺, 庄凤彬. 基于物联网的高校大型仪器设备智能管理系统研究[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(4): 268-271.
- [6] Shicong, P., Guocheng, W. and Fuqiang, T. (2022) Design and Realization of CNC Machine Tool Management System Using Internet of Things. *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-022-06936-w>
- [7] 刘升涛. 基于 RFID 的智能工具管理系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- [8] 刘婷, 王彦玲, 赵生慧, 张帅, 韦涛. 基于超高频 RFID 技术的药品生产智能管理系统设计[J]. 通信技术, 2021, 54(3): 763-772.
- [9] 常祖政. Tomcat 数据库连接池的工作原理与配置[J]. 信息与电脑(理论版), 2017(18): 120-121+124.
- [10] 黄加伟, 夏兴, 冯子潇. 基于 SSM+VUE 框架的楼宇电能综合管控系统[J]. 计算技术与自动化, 2022, 41(1): 184-188.
- [11] 张书俊, 苏天宝, 丁力, 牛丹, 朱孝慈, 陈善龙. 智慧电梯云平台监控系统设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2020, 33(10): 110-112+115.
- [12] 孙善毅. 车辆主动安全视频监控监控系统平台关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.
- [13] 朱二华. 基于 Vue.js 的 Web 前端应用研究[J]. 科技与创新, 2017(20): 119-121.
- [14] 刘让周. 智能化应变式称重传感器设计[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [15] 何芝仙, 常小强, 李震. 双孔平行梁式传感器设计的理论分析与实验研究[J]. 试验技术与试验机, 2006, 46(1): 14-17.
- [16] 张波, 王晨阳, 徐传旭, 张晋铭, 李可. 基于 STC89C52 和 HX711 的电子秤设计[J]. 现代信息科技, 2019, 3(8): 42-43+46.
- [17] Parlak, S., Sarcevic, A., Marsic, I. and Burd, R.S. (2012) Introducing RFID Technology in Dynamic and Time-Critical Medical Settings: Requirements and Challenges. *Journal of Biomedical Informatics*, **45**, 958-974. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2012.04.003>