

一种基于 RFID 的作业快速收评系统的研究

摘要：

目前中小学老师或课代表每天手工登记交作业情况、核查出没有交作业的学生，耗时耗力，且容易发生差错而需要二次核实。部分科目的作业批改后还要人工登记作业成绩等第。本项目研究的基于 RFID 的快速作业收评系统，可以将一叠作业本放到操作台上由作业收评系统自动、快速、同时识别出作业本 RFID 标签中的学生信息，将学生信息和作业等第一次性准确无误采集至服务器端数据库。老师、家长、学生可随时通过互联网访问服务器，获知整个班级作业情况或个人作业情况分析等多种报表。学期末，还可以通过预置的学期总评分的算法，一键生成全班每个学生的作业总评分。使用作业快速收评系统，将登记交作业情况和作业评分的耗时缩短至 1 分钟左右，相对人工登记耗时缩短 10 倍以上，且将成绩等第数据信息化，便于数据分析，真实反映作业情况，督促学生端正作业态度。本项目成果在一学校向老师进行了演示并试用于一门作业，得到了老师们一致好评，具有推广价值。

关键词：RFID 学生作业 作业收评

一、研究背景

我们三个小组成员都有担任课代表的工作经历，每天收取作业、登记交作业情况都会花不少的时间，有时在登记时上下行看错位造成错误登记，发现出错后又必须一本本作业重新核对。人工收作业登记效率低下常常让我们苦恼。我们又走访了几个小学、初中的老师，当他们发现作业本数量少收时，也常常为找出谁没交作业花费大量的时间。我们还设计了日常作业收评工作现状的问卷调查，共计收到 226 份老师的反馈。如下图所示 52% 的老师统计每班每次作业未交情况和登记等第耗费 10~20 分钟，其余老师耗费时间更多。问卷结果还显示，老师们希望能记录作业成绩等第历史数据，便于分析和进行期末平时成绩总评。

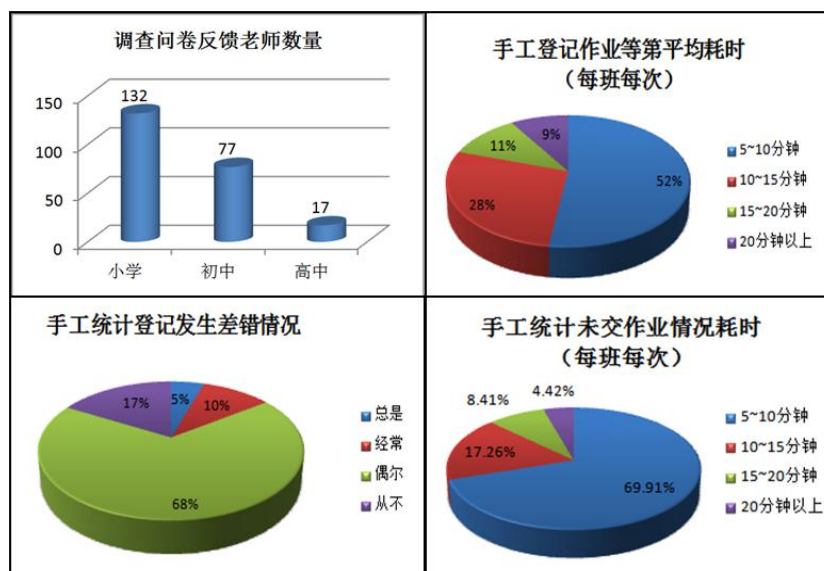


图 1 目前手工统计登记作业情况的现状调查

因此,开发一套提高作业情况登记效率和记录分析作业成绩等第的系统是非常有意义的。图书馆的图书借还系统给了我们灵感。目前上海市各图书馆都启用了图书自动借还系统,该系统便是基于 RFID 的技术来实现的,每本书里都有电子标签,当图书放置在操作台上,RFID 读卡器便能识别一叠借/还的图书,一两秒时间操作屏幕上便显示图书的目录。系统自动与图书馆数据库联网,实现图书的借与还记录。

借鉴这个思路,我们实现了一套基于 RFID 的作业快速收评系统,在每本作业上贴上电子标签,老师收好作业,放在“操作台”上,便自动读取出来是哪些同学交了作业,再和数据库中学生信息一比对,没交作业的学生清单便立刻显示在屏幕上。



图 2 图书馆借还系统

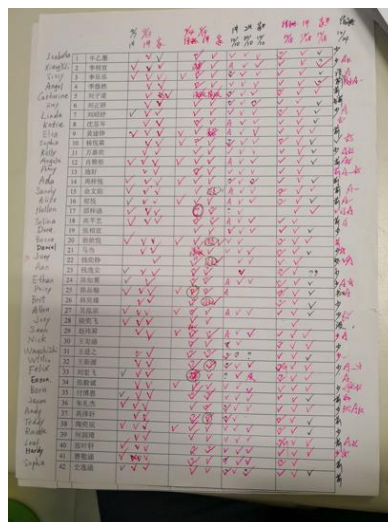


图 3 手工作业登记册

二、研究方案

为了实现基于 RFID 的作业收交,我们首先需要从 RFID 的工作原理、RFID

的种类、RFID 标签的价格来研究项目的可行性；通过研究，RFID 的快速读写性能和低廉的 RFID 标签价格，完全适合我们的需求。

于是我们确定了基于 RFID 作业收评系统的硬件结构、软件功能。接着我们采购 RFID 读写器和标签，研究读写器的功能和标签数据的读写方法，调测 RFID 和电脑的连接的软件代码。硬件调试成功后，按照制定的软件功能，设计数据库，完成客户端、服务器端程序的编写。



图 4 研究方案

三、研究过程

（一）综述

基于 RFID 作业快速收评系统实现方法是在每个作业本上贴上写有学生信息的 RFID 标签，在客户端控制超高频 RFID 读写模块，同时读取一叠作业本信息，并将读取到的信息写入服务器端数据库，老师还可选择写入作业成绩功能将作业等第写入数据库。老师、家长、学生可以访问服务器端，获取未交作业学生名单、作业评分等信息。本系统的数据库采用广泛用于嵌入式设备的轻量型数据库 SQLite，客户端和服务端软件都采用 python 语言进行编程。

（二）总体设计

图 5 为基于 RFID 的作业快速收评系统的硬件结构，箭头方向表示数据传送方向。在数据量不大的情况下，数据库和服务器的硬件可以集成在一起。RFID 标签和 RFID 读写器之间为无线传输。用户通过 Web 页面访问服务器进行查询和打印。

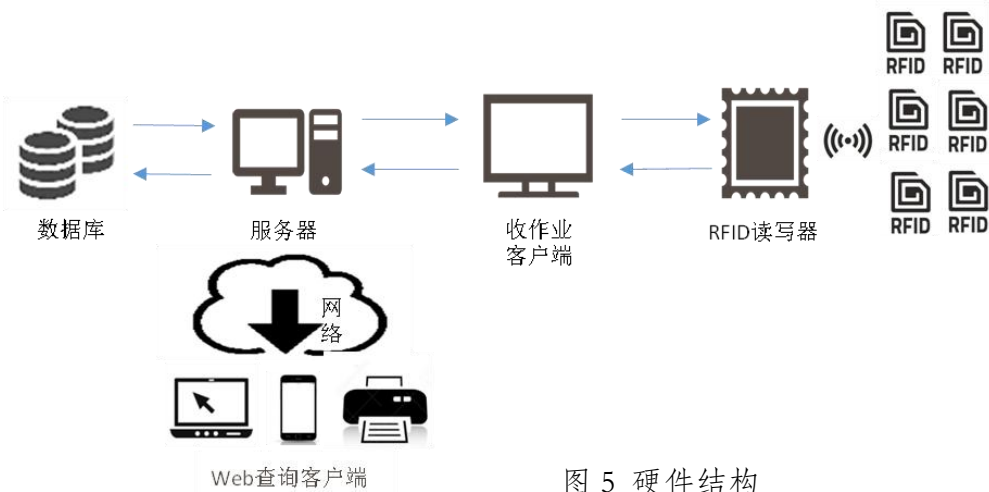


图 5 硬件结构

图 6 为小组成员向老师征求需求后，经大家讨论总结后形成的本系统的软件功能及实现方法的思维导图。通过此图，我们明确了收作业客户端、Web 查询客户端和服务数据库的功能和相互之间的关系，明确了本系统需要设计的用户界面、数据库内容和要实现的软件功能。

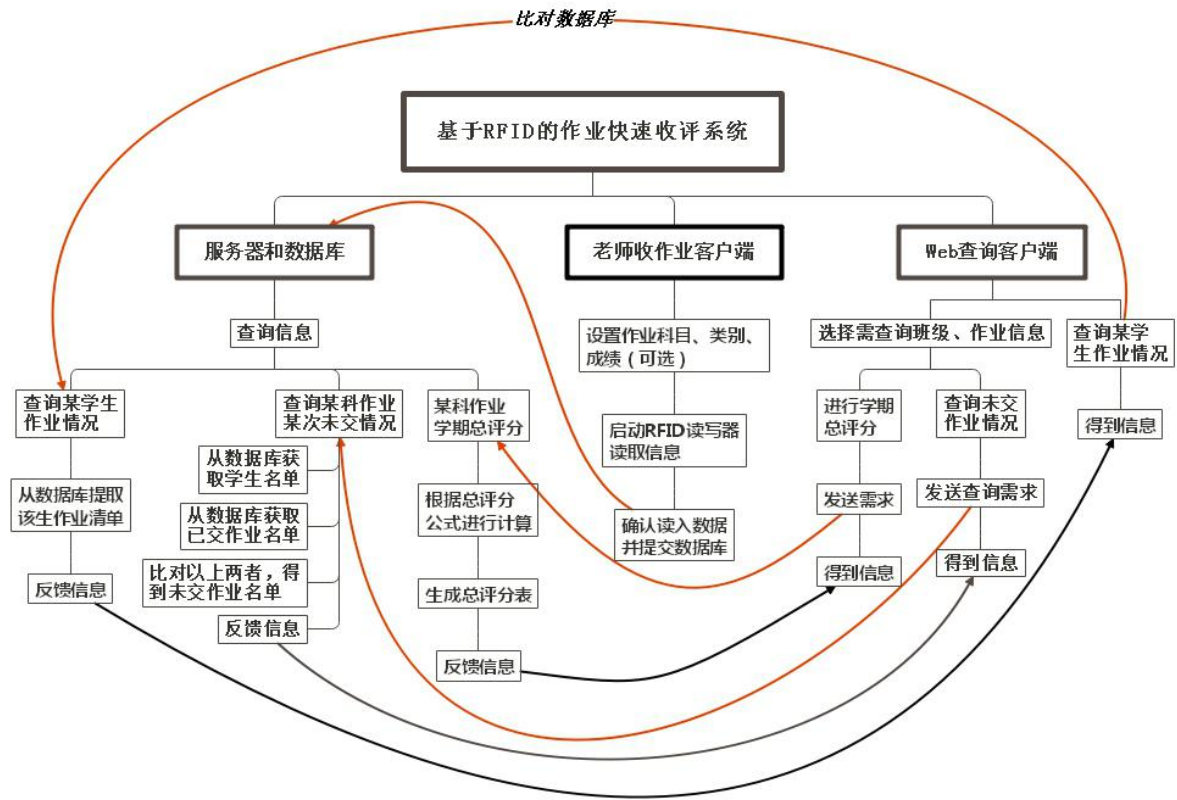


图 6 软件功能和实现方法的思维导图

（三）RFID 选型



图 7 RFID 识读器和电子标签原理

上图为 RFID 识读器和电子标签原理。RFID 是 Radio Frequency Identification 的缩写,即射频识别,是利用可用于无线电通信的电磁波射频来自动识别个体的技术,是一种非接触式的自动识别技术。一套完整的 RFID 系统,是由识读器与电子标签及应用软件系统三个部份所组成,其工作原理是识读器通过发射天线发送特定频率的无线电波,当电子标签进入有效区域时产生感应电流,从而获得能量、电子标签被激活,电子标签将自身编码信息通过内置天线发送出去,识读器的天线接收到电子标签发送来的信号,依序接收解读数据,送给应用程序做相应的处理。

RFID 的产品分类如下表所示。本系统实际运用场景是每个作业本上需粘贴标签,因此标签必须为无源型的而且要小,同时成本要低;另外基于作业快速收交的需求,本系统需要使用具有高速地多重标签识别功能的 RFID 识读器。通过查阅资料,我们发现超高频 RFID 技术具有能一次性读取多个标签、穿透性强、可多次读写、数据的记忆容量大的特点,无源电子标签具有成本低,体积小,使用方便,可靠性和寿命高等特点。于是我们选用了 860~960MHz 超高频 RFID 产品。

频率	低频	高频	超高频		微波
	125.124KHz	13.56MHz	433.92MHz	860~960MHz	2.45GHz
识别距离	<60Cm	~60Cm	50~100m	~3.5m~5m (P) ~100m (A)	~1m 以内 (P) ~50m (A)
一般特性	-比较高价 -几乎没有环境变化引起的性能下降	-比低频低廉 -适合短识别距离和需要多重标签识别的应用领域	-长识别距离 -实时跟踪、对集装箱内部湿度、冲击等环境敏感	-先进的 IC 技术使最低廉的生产成为可能 -多重标签识别距离和性能最突出	-特性与 900 频带类似 -受环境的影响最多
运行方式	无源型	无源型	有源型	有源型/无源型	有源型/无源型
识别速度	低速←-----→高速				
环境影响	迟钝←-----→敏感				
标签大小	大型←-----→小型				

实际我们采购了超高频 RFID 读写器 UHFReader188 和超高频 RFID 标签。

UHFReader188 具有阅读标签和写入标签编码的功能,符合我们为标签上写上学生信息的需求。对于 RFID 标签,考虑实际大量运用的需要,我们选择低于 0.40 元的标签。如图 9 所示,经过测试,编号 1 的标签信号强度弱,不适用于同时读取的应用,编号 2、3、4 的标签信号强度强,RFID 读写器能同时读出 25~40 张标签。



图 8 RFID 读写器



图 9 RFID 标签

(三) 外壳制作

为了保护 RFID 读写器并方便堆放作业本，我们为 RFID 读写器制作了外壳。外壳采用椴木板，在 makercase 网站上输入外壳尺寸生成设计图纸，由激光切割机切割，最后用热熔胶粘合成型。

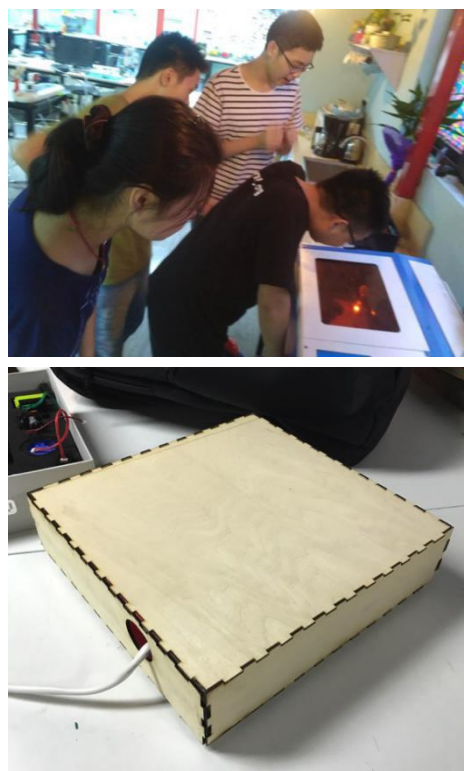
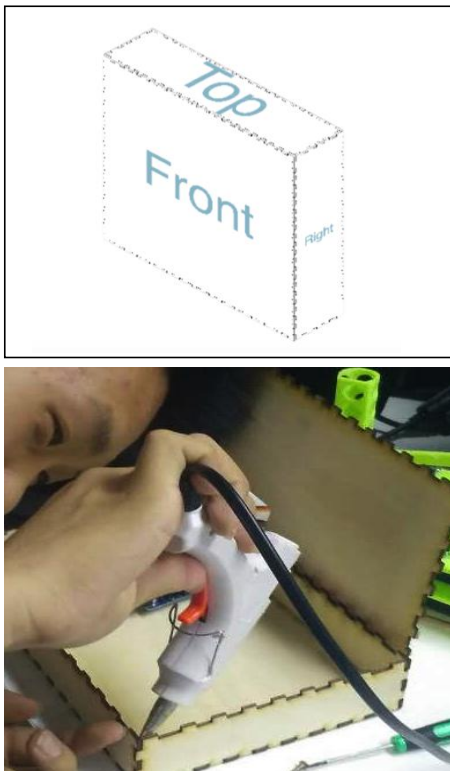


图 10 RFID 读写器外壳制作

(三) RFID 标签学生信息写入

采购来的 RFID 标签中的 EPC 号是可读可写的。而初始 EPC 编码都是一样的。标签的作用是区分每本作业本学生的信息，因此需要给标签的编码改为学号。本系统设置学号为“入学年份+班级号+学号”，如 20170301 为 2017 年入学的 3 班 1 号学生。在标签中不设置科目信息，目的是为了标签方便重复利用。

我们把 RFID 读写器连接到电脑串口，用读写器软件设置正确串口号，打开所

连接的串口，然后将标签逐一放到 RFID 读写器上，使用 RFID 读写器自带的软件对标签编码进行改写，如下图所示。如果电脑没有串口，可采用串口转 USB 线将读写器连接至电脑 USB 口。

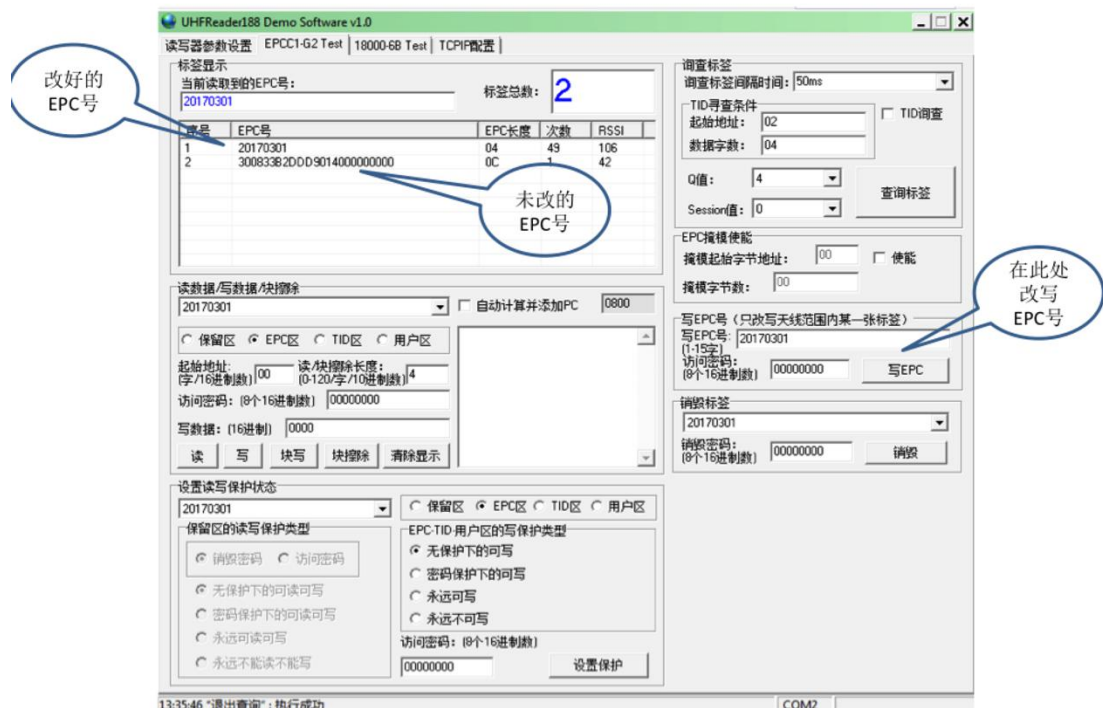


图 11 RFID 标签学生信息写入界面

(四) RFID 读写器串口调试

根据 RFID 读写器的用户手册，可以知道读写器是通过 RS232 接口即串行通讯接口与上位机串行通讯的，读写器按上位机的命令要求完成相应操作。串行通讯接口的数据帧为一个起始位，8 个数据位，一个停止位，无奇偶校验位，缺省波特率 57600。

本项目用到的串口命令有：打开串口、向 RFID 读写器发送读取标签命令、接收串口数据、关闭串口。

打开串口、接收串口数据、关闭串口调用 python 中 pyserial 模块的语句：

打开串口：`ser = serial.Serial(port=comport,baudrate=57600, bytesize=8, parity='N', stopbits=1, timeout=10))`。经过测试，超时参数设为 10 秒能稳定读出 32 个标签数据。

接收数据：`ser.read(20480)`。20480 表示缓冲区字节数。

关闭串口：`ser.close()`

向读写器发送读取标签的命令，需按照 RFID 串口协议，向读写器发送一串十六进制命令代码。用于设置多标签查询时使用的查询参数的命令如下：

名称	Len	Adr	Cmd	Data[]		CRC-16	
				QValue	Session		
设置值	06	FF	01	05	01	LSB	MSB
含义	表示后面有 6 个字节	读写器的广播地址	表示本命令为 01 的广播地址	表示场内标签数量约等于 2 的 Q 值次方，05 表示 32		根据前 5 位计算出的校验位	

LSB、MSB 为 CRC 校验码，把前面字节的数值 06 FF 01 05 01 放入 RFID 用户手册提供的 CRC 校验码计算程序，可以算出校验码为 2F FB。

因为确定了发送 01 命令的代码为十六进制码：'06 FF 01 05 01 2F FB'。python 语句为：

```
d=bytearray.fromhex('06 FF 01 05 01 2F FB')
ser.write(d)
```

发送了 01 命令后，使用语句：c=ser.read(20480)，将 RFID 读写器应答的一串十六进制数据读到列表 c。得到 c 如图 12 所示。

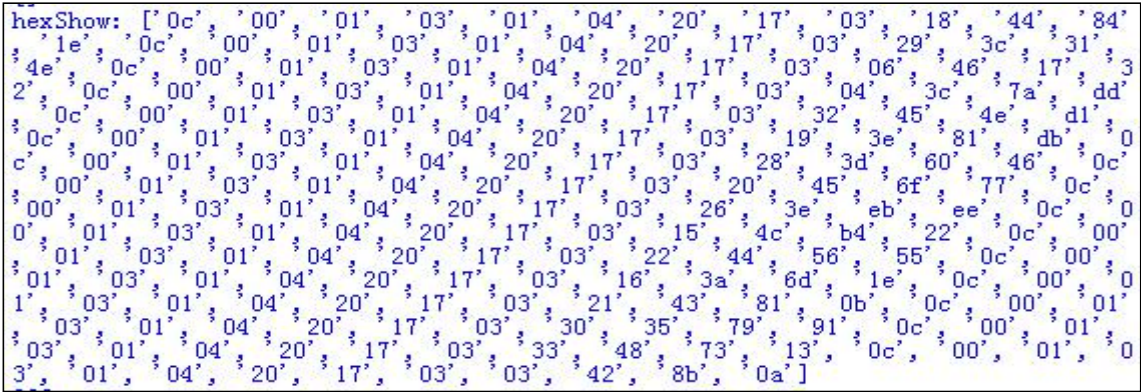


图 12 串口读到的标签数据

对照串口协议，图 12 中应答数据格式如下表，可见每 13 个字节中含有 1 个标签信息。

名称	Len	Adr	reCmd	Status	Data[]		CRC-16	
					Num	EPC ID		
图 12 中数值	0c	00	01	03	01	EPC-1,EPC-2,EPC-3...	LSB	MSB
含义	表示当前帧后续还有 12 个字节	读写器地址		03 表示这条数据结束后还有数据	当前一帧中包含的电子标签个数为 1	04（表示后续 4 位为标签号）+学号+RSSI 值，因此共 6 个字节	根据前面 11 个字节计算出的校验码	

最后对读到的串口数据 c 进行解析，分离出的本次读取到的学号信息并排序，

得到如下结果：

```
['20170304', '20170306', '20170315', '20170316', '20170318', '20170319', '20170320', '20170321', '20170322', '20170326', '20170328', '20170329', '20170330', '20170332', '20170333']
```

图 13 程序取出 RFID 中学号数据

从串口数据列表 c 中解析出学号的算法如图 14 所示：

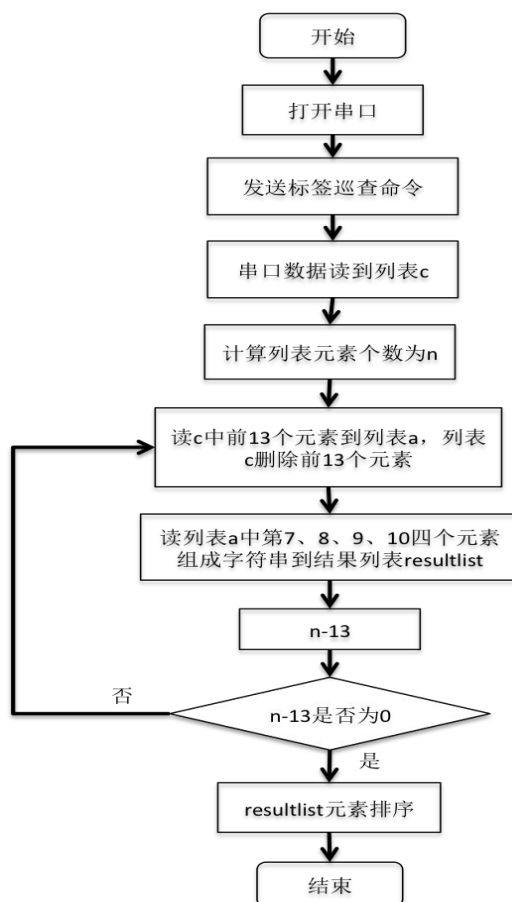


图 14 从串口数据中解析出学号的软件流程

(五) 数据库设计

本系统数据库采用 SQLite 数据库。SQLite 是一款轻型的数据库，它占用资源非常的低，处理速度快，它能够支持 Windows/Linux/Unix 等等主流的操作系统，同时能够跟很多程序语言相结合。

本系统的设计主要是 2 个数据表。

学生信息表，记录学生基本信息：

序号	字段名	字段类型	说明	备注
1	STUNUM	TEXT	长度 15	学号
2	NAME	TEXT	长度 15	姓名
3	CLASS	TEXT	长度 3	班级
4	GRADE	TEXT	长度 3	年级

提交作业的信息表：

序号	字段名	字段类型	说明	备注
1	STUNUM	TEXT	长度 15	学号
2	SUBJECT	TEXT	长度 15	作业学科
3	SUB_TYPE	TEXT	长度 20	作业类别
4	RESULT	TEXT	长度 10	作业等级
5	COMDATE	TEXT	长度 10	交作业日期

（六）用户界面设计

本系统的用户界面有收作业客户端用户界面和 Web 查询客户端用户界面。

收作业客户端用户界面采用 python tkinter 设计，使用了 Menu 组件、Button 组件、OptionMenu 组件、ListView 组件等。界面如图（HM 为我们小组的名称）：



图 15 收作业客户端界面图

Web 查询客户端用户界面采用 Python flask 实现，Flask 是 Python 中一个微型的 Web 开发框架。本系统设计的界面如下图：

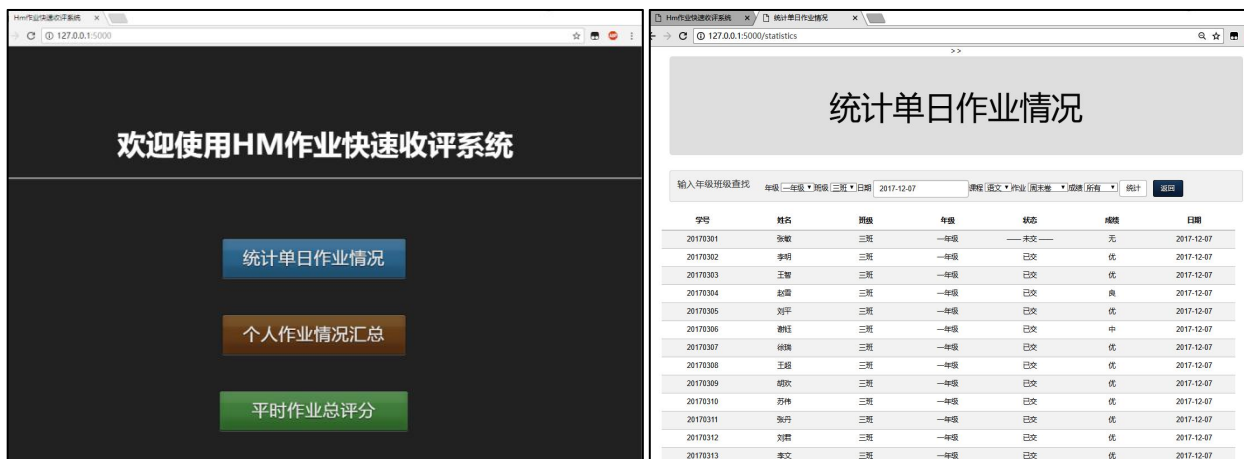




图 16 Web 查询客户端界面图

(七) 软件实现

收作业客户端基于 Windows 下 python2.7+pyserial 模块开发，并采用 python 内置组件包 tkinter 实现一个图形界面，实现串口初始化、RFID 数据读取和解析、数据显示、数据提交、数据清除等功能。收作业客户端将作业数据提交到 sqlite 数据库里。软件流程如图 17 所示：

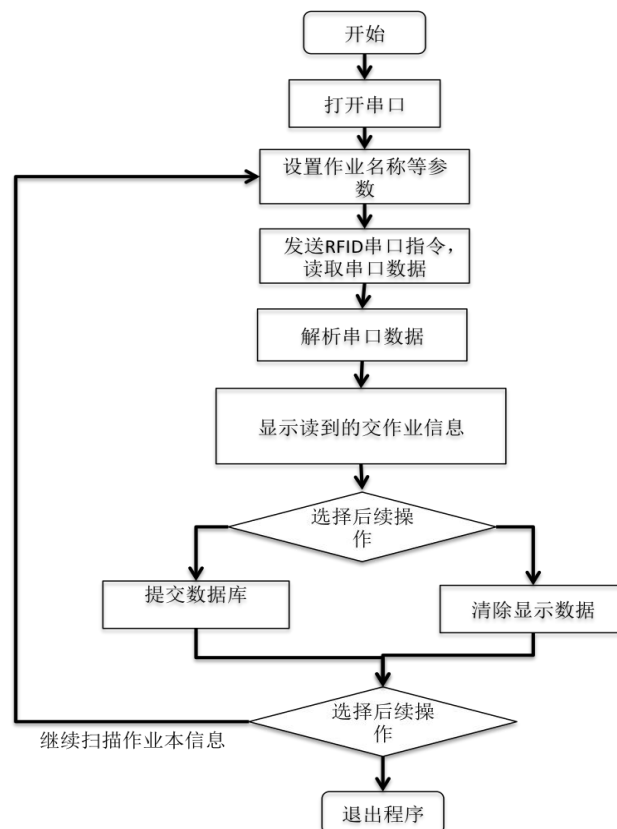


图 17 收作业客户端软件流程图

服务器端软件采用 Python 的 flask 框架实现了一个简易的 WebServer, 提供了单日作业统计、个人作业情况汇总、平时作业总评等功能。其中平时作业总评是将作业等第和不交作业赋予不同分值, 将统计时间段内的作业等第赋分值进行加权平均

后得到每个人的平时成绩分数。flask 框架提供了 webserver 的基本架构，只需要增加相应的模块和页面模板，即可实现相应的功能。每个模块获取用户的请求，分析需要实现的功能，从数据库中取出满足条件的数据，利用模板构造相应的页面，返回给客户端浏览器。

四、总结和改进

（一）本项目研究成果与其他比较

本项目采用多重标签识别功能的 RFID 系统与其他单个标签识别的 RFID 系统、条形码标签系统相比有如下优势：

- 1、与单个标签识别技术相比，本项目快速同时读入信息功能使操作时间缩短至秒级完成一堆本子识别。
- 2、条形码扫描枪需对准标签，而本项目本子的摆放不需要十分精准放置到操作台某位置，在操作台上或者在操作台一定的范围内的标签都可识别。
- 3、与条形码技术相比，操作简单，只需一个摆放本子到操作台的操作便可完成任务，不需要额外使用扫描枪。

本项目还开发了老师批量写入作业成绩等第的功能，老师可将一个班作业本按作业等第分批次放到操作台进行批量写入成绩，快速登记了成绩。从而，方便分析查询学生的作业历史情况，并在期末一键输出班级每个学生平时成绩总分。

（二）创新点

基于 RFID 的作业快速收评系统的创新点在于快速、同时、准确读入一叠作业本信息，确保此功能是采用了高速多重识别标签性能卓越的超高频 RFID 读写器，精心调整相关串口参数，使得达到同时读入一个班级作业信息稳定可靠的要求。

老师可在批改时可将作业本根据作业等第分开摆放，最后将作业等第相同作业本的学生信息和等第信息一起由收作业客户端读入数据库。每天单个班级一项作业情况登记和成绩等第登记的工作时长由 10~20 分钟缩短至 1~2 分钟。

采集到平时作业成绩信息后，本系统具有自动计算学期作业成绩总评分的功能，能客观公正评价学生平时学习情况。

另外，Web 查询页面还提供了单个学生的某段时间内作业情况分析功能，方便督促学生提高作业质量。

（三）应用与价值

本系统可以广泛用于中小学，将老师、课代表每日统计交作业情况的工作量

大大降低。另外教育减负的要求，中小学作业成绩都采用等第制，本系统方便将成绩等第信息化，使作业等第数据具有后续分析价值。本系统在一班级的一项作业进行了试用，得到了老师们的好评并期待推广。因此本系统有很好的推广价值。

（四）改进与进一步研究方向

通过本项目的研究制作，小组成员们了解了创新思维，学习了完成项目相关科学知识，锻炼了动手能力和解决问题的能力。对于系统改进和进一步研究方面，我们考虑还有以下几点：

1、超高频 RFID 读写范围为 3~5 米，在读写器天线范围内 RFID 标签信息可以被读到，因此在此范围内的非收交作业的 RFID 标签会被误读或对系统产生干扰。对此改进的方法，考虑采用某些方向屏蔽的外壳使 RFID 读写器的读写方向为上方标签，同时软件中编写非学号信息标签的去除功能。

2、增加手机微信查看作业情况功能以及将本系统 Web 查询功能集成至校园网，方便学生、家长及老师查询情况。

3、进一步美化客户端界面和完善系统功能，如增加用户权限管理、增加作业补交、成绩补登等功能，完善各种查询统计功能，以更适合实际运用的需要。

4、标签虽然价格低廉，但作业本练习册用完标签并未损坏，需要考虑标签在本子上的合适固定方式，在本子使用期间标签牢固美观不易掉又能在更换本子时方便标签取下反复利用。

五、致谢

感谢校外辅导老师对我们小组完成项目给予的悉心教导和启发，感谢校内辅导老师对项目完善和论文的精心指导，感谢小组成员的精诚合作，也感谢项目期间家人的全力支持。



图 18 老师作业收评操作场景

参考文献

- [1] [美] 戴维 I.施奈德 (David I.Schneider) 著 《Python 程序设计》 机械工业出版社 2016 年
- [2] 小甲鱼 编著 《零基础入门学习 Python》 清华大学出版社 2016 年
- [3] 王佳斌 张维伟 黄诚惕 主编 《RFID 技术及应用》 清华大学出版社 2016 年
- [4] 邓小莺 汪勇 何业军 编著 《无源 RFID 电子标签天线理论与工程》 清华大学出版社 2016 年