

教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会

中国大学生计算机设计大赛



软件开发类作品文档简要要求

学 校：_____西安电子科技大学_____

作品名称：_____基于生物特征识别的 IOT 门禁系统_____

作 者：_____任俊杰_____

版本编号：_____3.0_____

填写日期：_____2019 年 4 月 27 日_____

填写说明：

- 1、 本文档适用于**所有**涉及软件开发的作品，包括：软件应用与开发、大数据、人工智能、物联网应用；
- 2、 正文一律用五号宋体，一级标题为二号黑体，其他级别标题如有需要，可根据需要设置；
- 3、 本文档为简要文档，不宜长篇大论简明扼要为上；
- 4、 提交文档时，以 PDF 格式提交本文档；
- 5、 本文档内容是正式参赛内容组成部分，务必真实填写。如不属实，将导致奖项等级降低甚至终止本作品参加比赛。

目录

第一章 需求分析.....	1
1.1 开发本作品原因.....	1
2.1 竞品及本作品优势.....	2
第二章 概要设计.....	3
2.1 机械结构设计.....	3
2.2 嵌入式系统设计.....	3
2.3 人脸识别/物联网算法设计.....	3
第三章 详细设计.....	4
3.1 机械结构.....	4
3.3 嵌入式系统.....	5
3.3.1 整体介绍.....	5
3.3.2 电路接线图.....	5
3.3.3 嵌入式系统程序流程图.....	5
3.4 技术难点与创新.....	7
3.4.1 技术难点.....	7
3.4.2 技术创新.....	7
3.5 人机交互界面设计（按使用流程依次展示）.....	7
第四章 主要测试.....	8
第五章 安装及使用.....	8
5.1 安装环境要求.....	8

5.2 安装过程.....	8
5.3 使用流程图.....	8
第六章 项目总结.....	10
6.1 后续升级.....	10
6.1.1 优化结构.....	10
6.1.2 提高人脸识别体验性.....	10
6.1.3 改进嵌入式系统.....	10
6.1.4 丰富 IOT 功能.....	10
6.2 项目感悟.....	10

第一章 需求分析

1.1 开发本作品原因

我们通过市场调研得出以下结论：

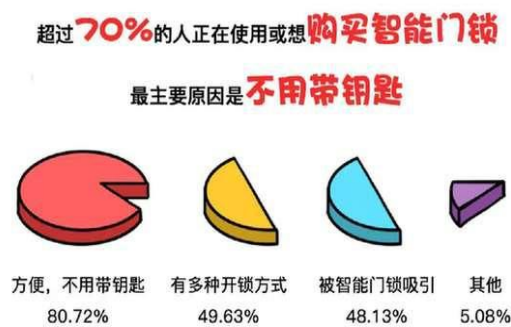


图 1.1 中国市场对智能锁需求量巨



图 1.3 中国市场上智能锁占有率比较低

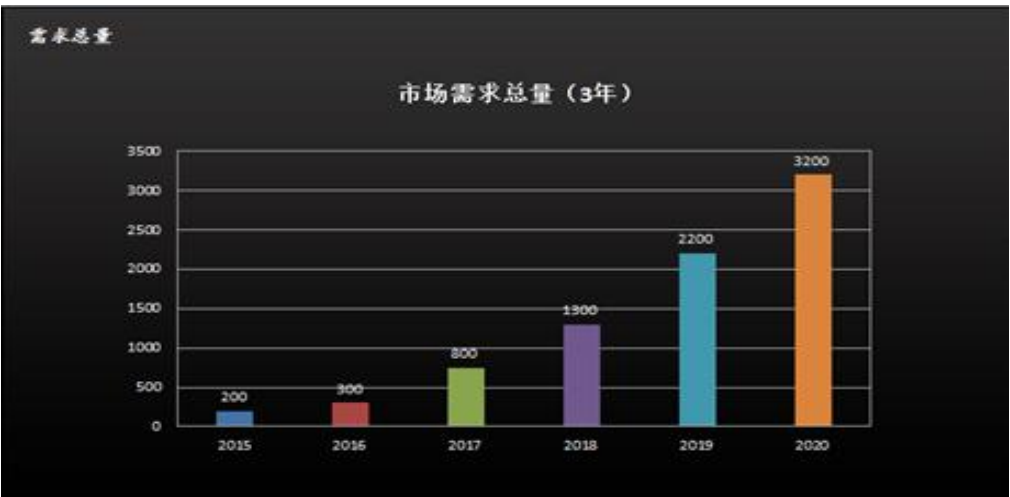


图 1.2 用户对智能锁需求日益增加

综合以上分析可以得出中国市场对智能门锁需求量很大，我们基于此提出自己的解决方案：

设计一款通过密码开锁，指纹识别，人脸识别三种方案来实现开锁功能，通过发送邮件来实现实时监控，以提高安全性的智能门禁系统。

2.1 竞品及本作品优势

	我们的产品	指纹识别锁	凯迪仕指纹锁
面向用户	高、中、低等收入人群 各单位机构 大、中、小型商户及工厂	高、中、低等收入人群	高端收入人群
主要功能	指纹识别 生物识别 密码开锁 IOT	指纹识别	指纹识别 感应卡识别 钥匙开锁
主要性能	指纹部分：AS608 识别率 99% 指纹存储容量：980 枚 安全等级：5 级 认假率<0.001% 拒真率<1.0% 搜索时间：<1.0 秒 人脸识别率：80% IOT：可以向用户发送邮件达到实时监控的目的	安全性较差	指纹识别率 99%
成本	500	200	3480

表 1.1 竞品对比分析表

作品优势分析：

与指纹识别锁对比，我们的产品功能更加多样化，安全性更好，更值得信赖。

与凯迪仕指纹锁对比，我们的产品用人脸识别替代了感应卡开锁

相比于感应卡开锁，人脸识别开锁的安全性更好，也更加便捷。并且相比于凯迪仕指纹锁，我们的产品还增加了 IOT 功能，使的我们的门禁系统可以更好的融入智能家居系统，更加符合未来人们的需求，以及市场的变化。最重要的是我们的产品成本比较低，绝大多数的人都可以负担，我们的受众更加广泛。

第二章 概要设计

根据上述需求分析,我们的系统分为以下三个部分设计:

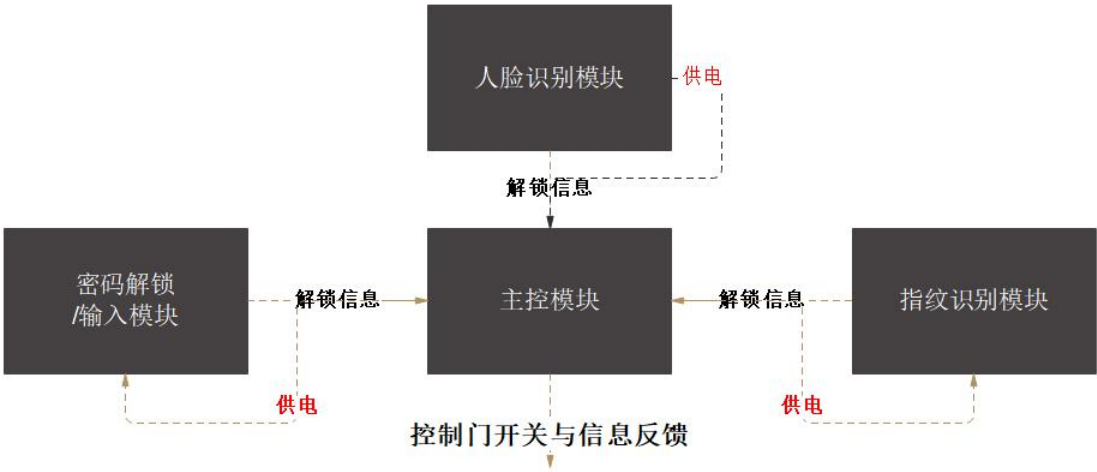
2.1 机械结构设计

我们首先设计房屋的实体模型,用于后续硬件的安装固定,具体硬件设计思路如下:



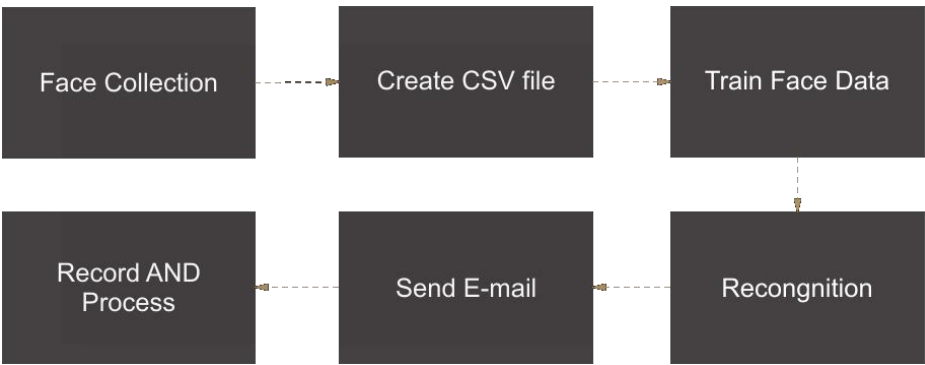
2.2 嵌入式系统设计

首先完成密码解锁、指纹解锁、人脸识别解锁三个独立模块的功能。最后通过主控模块将三者功能整合并写出人机交互界面,使系统得以脱机独立运行。具体模块关系如下:



2.3 人脸识别/物联网算法设计

算法部分通过三部分完成:人脸信息收集模块、人脸模型训练模块、识别人脸模块(人脸识别模块包含最后通过邮件发送人脸识别信息实现物联网操作,并生成日志文件保存人脸信息功能),具体如下:



第三章 详细设计

3.1 机械结构

结构方面，通过 3d 打印、激光雕刻、手工打孔等方式，采用亚克力板、树脂、和 3mm 内六角螺丝等材料，搭建了可适配该系统的房屋模型。

1.用齿轮的传动结构联系门与舵机，通过控制舵机，来实现门的自动开关。

2.用建模软件来设计一批用于固定电子元器件的 3D 打印件，将电子元器件固定在墙面上。

3.房子的主体部分用定制亚克力板搭建，手工打孔用 3mm 的螺丝和角码固定在一起。

3.2 算法部分

我们采用 OpenCV3 视觉库，调用其训练好的人脸分类器，检测分割人脸，借助 opencv 中的 `Facerecongnizer` 类，很方便实现人脸识别功能。在树莓派（或 ubuntu）环境下利用 `mailutils` 等邮件发送工具，调用指令，通过 SMTP 实现自动的邮件发送。并综合功能。

人脸识别核心算法是在配置好 opencv 的树莓派（或 ubuntu）上运行，分为数据收集和预处理、训练模型、人脸识别三大部分。分别存放于：

收集：算法/face_v3.0/core/collection/collection.cpp

训练：算法/face_v3.0/core/train/train.cpp

人脸识别：算法/face_v3.0/core/recongnition/recongnition.cpp 中

两个特殊说明：

算法/face_v3.0/core/orl_face：用于存放人脸数据集（有 2 组是 opencv 给出的一个数据集）和生成 csv 文件的 python 脚本。

算法/face_v3.0/main/main.cpp：用于调用各个可执行文件，用于用户的交互操作。

3.2.1 数据收集和预处理

询问用户要录入人脸的标签与录入的次数，收集 15 张照片，对照片进行预处理，调用 opencv 训练好的分类器，分割出人脸，将人脸存放在 `orl_face` 对应的标签文件夹里。

3.2.2 训练模型

用 `train` 里面的 python 脚本自动生成所有图片信息的 csv 文件。借助 opencv 中的 `Facerecongnizer` 类，使用 opencv 的 `fisherfaces` 人脸识别算法生成 xml 文件。

3.2.3 识别人脸

加载 opencv 给出的人脸检测器，加载上一步训练好的人脸模型，分割人脸，将分割出的人脸与人脸模型里面的对比，返回人脸标签。将人脸标签与用户所存储的标签进行对比，若不符合即认定为 `stranger`，连续 10 帧画面都检测为 `stranger` 就保存人脸照片，向用户邮箱发送警告信息；若为用户认定过的人脸，识别到 5 帧以上就保存人脸和当前时间信息，发送邮件。方便用户之后查看，并通过 RaspberryPi 中 linux 的串口通信向 arduino 主控板发送开门信息。

3.2.4 邮件发送

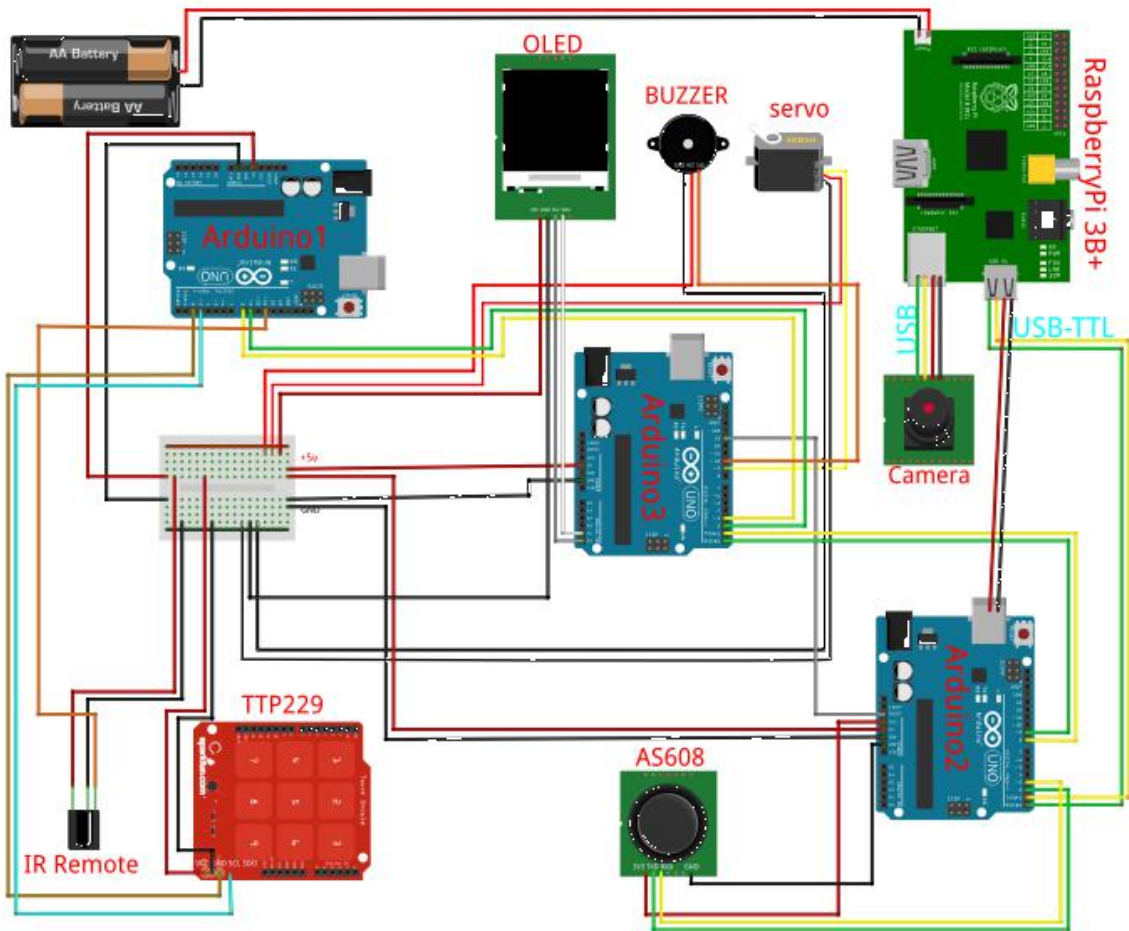
邮件发送是通过 sh 脚本自动检测识别结果的文件，若有变动就发送文件内容。实现最基本的 IOT。

3.3 嵌入式系统

3.3.1 整体介绍

嵌入式系统设计部分最初计划采用 3 块 arduino 主控板,一块树莓派 3b+,结合了 oled、工业摄像头、舵机、蜂鸣器、红外解码、TTP229 触控键盘、光学指纹识别模块等个模块。通过两种输入方式,实现用户对门锁的基本操作,包括录入、删除指纹人脸,设置初始密码、解锁等具有一系列反馈功能的人机交互,实现密码、指纹、人脸开锁的基本功能。

3.3.2 电路接线图



具体三块主控板功能分配如下（也即实现步骤）：

Arduino1: 键值输入与密码存储模块,主要负责传统密码识别的控制、以及为其他操作输入键值。

Arduino2: 生物特征识别处理模块,主要负责对指纹模块的命令控制,并作为桥梁传输从树莓派发送来的人脸识别结果。

Arduino3: 中控模块,主要负责对其他主控板的调度与图像、声音反馈处理,控制门开关。

RaspberryPi 3b+: 图像处理与物联网模块,通过 linux 串口通信,反馈人脸识别结果,并联网进行实时邮件发送操作。

3.3.3 嵌入式系统程序流程图

3.4 技术难点与创新

3.4.1 技术难点

1. Arduino UNO 的动态内存和存储空间有限，而且程序不能并行运行，仅仅靠一个板子无法完成多模块协调运行。

2. 开锁状态是即时信息，用户操作后不方便查看，后期无法分析。

3. 普通单片机设备计算能力差，无法实现人脸识别等复杂算法，考虑到成本、功耗问题，miniPC 也不能使用。

3.4.2 技术创新

1. 使用三块 Arduino 板子共同工作，解决了复杂的通信问题，利用 linux 串口通信解决了人脸识别结果的通信问题。

2. 将所有的人脸开锁信息通过邮件实时发送给用户，并保存开锁人照片，生成日志文件。

3. 利用 Raspberry PI 3B+在 linux 平台下易于开发的特性，很方便完成 WIFI/蓝牙连接，并可作为智能家居的中心，处理分析大量数据，后期还可增加更为复杂的算法。

4. 使用了两种输入方式，用户既可以在门前输入密码，又可以在距离们有一定距离时用红外遥控或者手机红外遥控输入密码开门，提升了便捷性。

3.5 人机交互界面设计（按使用流程依次展示）

交互界面主要依靠 oled 进行信息反馈提示，并有蜂鸣器的声音反馈，以下按使用流程仅展示部分交互界面：

初始密码设置：



```
1. Select remote
2. Select the keyboard
Input your init key: SET UP!!!
```

指纹设置：



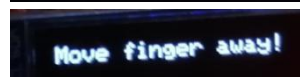
```
1. New fingerprint
2. Delete fingerprint
3. Check the number
4. <--Back
```



```
What is the label of
this entry?
```



```
Please press finger..
```



```
Move finger away!
```



```
Please press finger a
gain...
```



```
Successfully deleted!
```

人脸和其他设置与上述相似，不再展示，演示视频中有全部过程。

第四章 主要测试

经过大量测试，我们得出以下结论：

1. 红外遥控距离经过 10 次测试，**有效遥控距离**稳定在 **10-15 米**之间。
2. 经过我们对主控板内存的极限测试，**密码长度**设定在 **0-31 位**，系统均能稳定工作。
3. 我们录入了 80 组指纹，并进行了 200 次解锁测试，**指纹识别率**稳定在 **98.7%**，并且没有任何误识情况。
4. 上述 200 次测试中，指纹识别的**指纹开锁速度**在 **0.5-1s** 左右。
5. 并进行了 50 组不同有效长度的遥控及键盘密码解锁，均成功，**密码识别率**保证在 **100%**。
7. 人脸在纯净背景下，平均 10 次 9 次成功，复杂背景下，5 次成功，**人脸识别率**平均 **60-70%**。
8. 上述人脸识别测试，**人脸解锁速度**平均 **3s** 左右，短间隔时间**邮件发送全部成功**。
9. 人脸录入速度因录入数量决定，**50 张人脸**，**录入加训练 30s 完成**。
10. 我们找了 6 位不熟悉我们产品的人使用，均可根据交互界面，顺利完成各种操作，**可用性高**。
11. 本系统的数据均可接入互联网，后期经过物联网平台的综合，可成为智能家居的一员，拓展性强。
12. **本系统部署方便**，只需要接入电源即可使用。

第五章 安装及使用

5.1 安装环境要求

注：人脸识别运行环境要求，我们已经配置好的树莓派无需任何安装，直接可以使用，以下仅针对需要重新编译的 Ubuntu

```
## Software Requirements
```

- Ubuntu14.04 or Ubuntu16.04
- OpenCV 3.0.0 or higher
- CMake 3.1 or higher

```
## Build and Run
```

```
```shell
```

```
mkdir build && cd build
```

```
cmake ..
```

```
make
```

```
./main
```

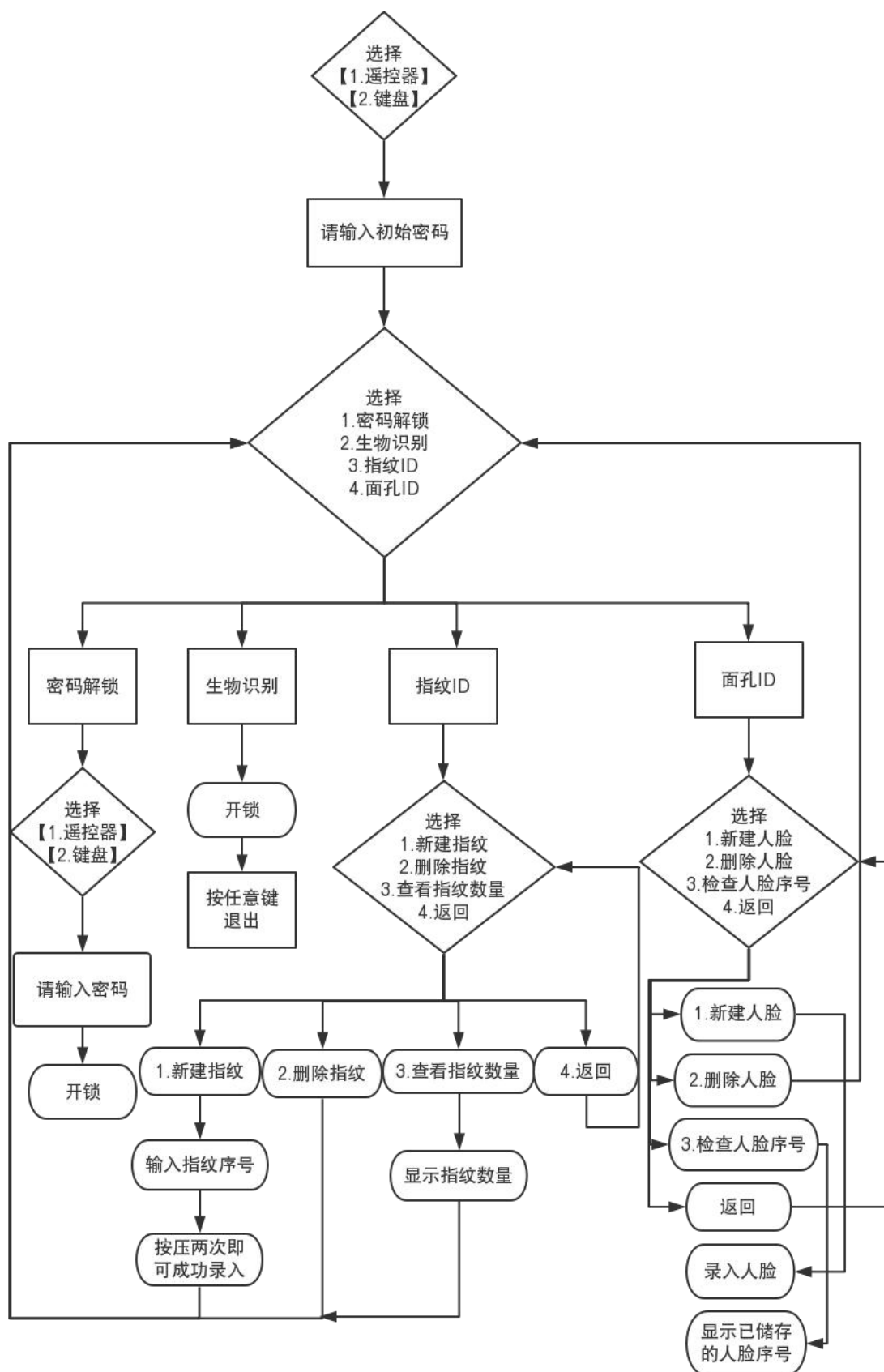
```
```
```

5.2 安装过程

无需任何安装，执行 main 可执行文件，将设备通电即可使用。

5.3 使用流程图

进入系统界面后操作流程如下



第六章 项目总结

6.1 后续升级

6.1.1 优化结构

1. 对现有的结构进行升级使其与的生活结合的更加紧密。
2. 对门的传动结构进行升级。

6.1.2 提高人脸识别体验性

1. 优化算法，提高识别率和鲁棒性。
2. 提高帧率，部署树莓派流畅运行。
3. 使用专业 API，如华为云/face++。

6.1.3 改进嵌入式系统

1. 使用更大显示区域的 oled，优化交互便捷性。
2. 优化串口通信逻辑，简化电路。

6.1.4 丰富 IOT 功能

1. 向用户发送开锁人脸照片
2. 接入 OneNET/Blinker 等物联网平台，实现更多的 IOT 操作

6.2 项目感悟

这次我们备赛时间不足一个月，时间紧，加之是第一次把该想法付诸于实践，涉及到各方面的知识，任务重。我们按照以往的经验，把整个任务分解为机械、电控、视觉和物联网，经过协调，由陈泗成负责机械，任俊杰负责电控和视觉，梁慰赟负责物联网。但我们由于前期重心放在了机械结构上，又因为 3d 打印件与定制亚克力板误差较大，进行了多次迭代，并且因为学校周边买不到想赢配件，只能在网上买，们的机械传动结构进行了多次改版，浪费了大量时间，导致后期代码任务紧，调试少，物联网功能实现较少。

项目制作过程中也面临了众多困难，比如：

1. 成本太高 最后门的主体结构使用亚克力板来减少成本。
2. 门的传动结构 采用了齿轮传动的结构，节省空间且较容易实现。
3. 3D 打印件与定制亚克力板之间存在较大误差，难以组装。进行了多次迭代，最后成功组合。
4. 买来的 oled 芯片不兼容上一版，多次更换 oled 库，并且触摸键盘等多个模块使用麻烦，支持库很少。
5. Arduino 的串口通信问题难以解决，涉及到众多串口，软硬串口监听冲突，导致电路连接换了很多种方案。
6. 人脸识别存在误差，仅靠一帧识别结果不能很准确识别。
7. 用 sh 脚本写好的发送邮件，由于用到循环，邮箱被误认为恶意广告，多次被封，多次更换物联网方案。

但这个项目很好的提升了自身各种的技术水平，让我们深入了解了人脸识别、3d 建模等知识，认识到了当前智能门锁的市场趋势，极大的提高了我们的动手能力、解决问题能力，丰富了自己多方面的课外知识，给我们进一步产品的改进提供了思路。