东 莞 理 工 学 院

本 科 毕 业 设 计

**毕业设计题目：**

**学生姓名：**

**学 号：**

**学 院：**

**专业班级：**

**指导教师姓名及职称：**

**起止时间：** 2021 年 11 月—— 2022 年5 月

**摘 要**

**三号 黑体加粗 居中 段前段后各0.5行，1.5倍行距**

单独使用密码去解锁，对于人们现在生活还是不够便利。所以需要一种可靠方便的验证方式。识别指纹技术在目前是认证身份的一种可靠手段，而且各个领域都有指纹识别的身影。在单独的密码锁上添加指纹解锁来，设计一款具有两种开锁方式，用户权限分级的指纹密码锁。采用STM32F103C8T6作为微控制器，具有键盘单元、液晶显示、指纹模块、警告电路等部分。使用将数据写入stm32内部flash的方式，来保存密码，用户的指纹的信息。当输入密码错误3之后，会有声光警告功能。

通过实验测试表明，设计的指纹密码锁能够实现密码开锁和指纹开锁两种方式开锁，在管理员模式下进行指纹的添加、删除、更改密码等操作，满足安全性能的设计要求。

【**正文首行缩进2字符，宋体小四，1.5倍行距， 摘要字数不少于200字**】

**关键词：**指纹识别；电子锁；管理员模式；警告

【**关键词顶格，加粗，宋体小四，1.5倍行距，与摘要正文之间空一行， 关键词个数不超过5个**】

**Abstract**

**三号 Times New Roma 居中 段前段后各0.5行，1.5倍行距**

This paper introduces the significance and context of the appearance of Inverted Pendulum System. It illustrates several kinds of inverted pendulum and their application and highlights the crucial part that the system plays in automatic control field. By using Lagrange Formulation, it founds the mathematic model of Inverted Pendulum System and analyzes stability, controllability and observability of the model with the use of MATLAB. It applies different arithmetic to the established model and compares one with another with the simulated performance form SIMULINK to attain the best PID control. Eventually, it input the algorithm to a STM32 microprocessor to control a virtually established physical system, which is consist of angle sensor, DC servo motor and so on, in a pattern of radio. It verifies correctness of the algorithm and offers a valid and cheap platform to simulation for arithmetic in the future. 【**正文首行缩进2字符，Times New Roma小四，1.5倍行距**】

**Keywords：**PID Algorithm; Rotary Inverted; Pendulum System; Wireless Control

【**关键词顶格，加粗，Times New Roma小四，1.5倍行距，与摘要正文间空一行**】

**目 录**

【**黑体三号加粗，居中，段前0.5行，段后0.5行，1.5倍行距**】

**1 引言**1

1.1 研究意义及背景1

1.1.1 理论意义1

1.1.2 工程背景1

1.2 倒立摆的分类2

1.3 本文主要研究内容及任务3

1.3.1 倒立摆的选择3

1.3.2 本文主要工作4

**2 系统数学建模与性能分析**5

2.1 拉格朗日方程建模5

2.2 旋转式倒立摆建模5

2.3 系统性能分析8

2.3.1 稳定性8

2.3.2 能控性8

2.3.3 能观性9

**3 PID算法仿真实验**9

3.1 P控制9

3.2 PI控制10

3.3 PID控制11

**4 倒立摆系统设计**12

4.1 旋转式倒立摆系统结构和控制目标12

4.1.1 系统结构12

4.1.2 控制目标12

4.2 系统硬件部分设计13

4.2.1 系统总体框图13

4.2.2 主控芯片13

4.2.3 角位移传感器15

4.2.4 电机及其编码器16

4.2.5 驱动电路17

4.2.6 无线传输17

4.2.6 液晶显示18

4.3 软件部分设计18

4.3.1 位置式PID控制算法19

4.3.2 程序设计20

4.4 实验结果22

**5 实验结果分析**

**6 结论与展望**23

**参考文献**24

**致谢**25

[**附录**25](#_Toc293165429)

[附录1——位置式PID代码 25](#_Toc293165430)

[附录2——初始化代码 26](#_Toc293165431)

附录3——接收端原理图27

[附录4——实物图 28](#_Toc293165430)

**【目录和正文中的章节标题安排，请根据实际情况进行调整，此处目录内容仅作为参考】**

1 引言

在现实生活中，在大部分居民的门禁系统中，机械锁使用的是最多的，剩下的就是一些密码锁，磁卡锁等等。这些门禁系统对应的锁有着丢失和被别人伪造的可能，对于密码则有被遗忘的可能。这些问题往往给人们的生活带来困扰，甚至可能会造成生命财产的危害。在如今如此发达的社会，使用先进的传感器技术可以进行基于人体生物特征的识别技术，则是生物识别技术。

指纹是指人的手指末端正面皮肤上凹凸不平的排列成不同纹型的纹线。纹线的起点、终点、结合点和分叉点，称为指纹的细节特征点。指纹识别是指通过比较不同指纹的细节特征点来进行身份确认。由于每个人的每一个手指的指纹具有唯一性且终生不变，因此指纹可用于身份识别，指纹识别也几乎成为生物特征识别的代名词【1】。经过那么多年的发展，指纹识别技术是多种生物识别技术中比较稳定可靠的。通过指纹识别技术开发的指纹密码锁，安全性具有保障，在操作上也是简单便捷，在平常生活中可以广泛的应用。本文设计开发一款指纹密码锁，具有密码和指纹开锁两种方式，并且设计了管理员模式，警告等功能。该设计有助于更多人了解指纹识别技术和其广阔应用，促进智能锁的发展。

**1.1研究意义及背景**

1.1.1 理论意义

1.1.2 工程背景

**1.2 倒立摆系统的分类**

图1.1 倒立摆的分类

【**图注放图形下方，居中，黑体五号，1.5倍行距**】

**【注意：图注和图要在同一页，下面的表格也是一样，要在同一页】**

1.3 本文的主要研究内容和任务

1.3.1倒立摆的选择

1.3.2本文的主要工作

在课题的研究中，作者所做的主要工作如下：

首先对市面大多数类型锁具进行分析，基于指纹密码锁的优越性，设计出指纹密码锁方案。

（1）进行整体方案设计。先设计指纹密码锁的整体的操作逻辑及结构框架，确定指纹模块的选型、微控制器类型、电源、电源、显示、存储、警告等设计方案

（2）硬件电路方案。硬件电路方案主体：电源电路、单片机最小系统模块、指纹模块、警告电路、TFTLCD显示电路等

（3）软件方案。安

（4）

2．整体方案设计

2.1指纹密码锁方案总体设计思路及结构框架

指纹密码锁设计方案主要实现指纹和密码开锁、指纹和密码的管理、友好的界面提示、检测按键输入、存储数据信息、警告功能等功能。原理款图如图2-1所示

图2】指纹密码防盗锁控制方案原理框图

如上所示，该设计方案使用高性能的控制单元作为控制核心，来协调控制各个模块电路进行有

序工作，实现人性化的交互效果，从而让用户得到满意的使用体验。除控制单元外，其它各

个模块的具体功能如下：

1）指纹模块功能：采集用户的指纹信息并存储，比对用户指纹，识别成功后开锁：

2）密码模块功能：使用按键键盘输入，可设置管理密码、开锁密码等，用户输入密码

比对成功后开锁：

3）显示模块功能：通过信息提示的界面来指引用户使用；

5）按键模块功能：通过检测按键输入来实现人机交互的功能；

6）存储模块功能：存储密码、用户指纹、系统参数等信息：

8）继电器模块功能：模拟开门这个动作：

9）电源模块功能：给整个系统提供稳定可靠的电源输入。

2.2指纹采集传感器选型

采用高性能光学指纹识别模块，如图2-3所示。

ATK-AS608指纹识别模块是ALIENTEK推出的一款高性能的光学指纹识别模块。ATK-AS608模块采用了国内著名指纹识别芯片公司杭州晟元芯片技术有限公司（Synochip）的AS608指纹识别芯片。芯片内置DSP运算单元，集成了指纹识别算法，能高效快速采集图像并识别指纹特征[2]。它可以快速进行指纹录入、图像处理、指纹对比等功能，还具有以下优点：

1）采用蓝光LED背光，较之传统红光LED背光，蓝色照明可以让使用户感觉更到更加炫酷，同时还可以发挥出CMOS对蓝色分辨率更敏感的特性，获得清晰度更高的指纹图像。

2）模块配备了串口、USB通讯接口，用户无需研究复杂的图像处理及指纹识别算法，只需通过简单的串口、USB按照通讯协议便可控制模块。

3）有触摸感应输出的功能。当有指纹放上去时，相关引脚就会产生高电平。方便去检测有无指纹放在传感器上，操作起来更方便。

4）同样支持手指360°旋转，方便根据不同的结构进行设计安装。

5）高强度的玻璃表面，保证了日常生活的各种应用需求。

6）价格较低，大大降低了方案的成本。

通过以上的分析可知得，高性能的光学指纹识别模块不仅有利于降低成本，而且还有触摸感应输出来检测，性能优异，良好的结构外形和蓝色的LED采集灯更可以丰富产品的设计。因此最终选择高性能的光学指纹识别模块，型号为ATK-AS608.

2.3控制单元方案

微控制器控制单元作为系统的控制核心，它的性能优劣直接决定了整个系统的性能。进行方案的设计时，发现系统对控制器的片上资源要求比较多，需同时满足如下要求：

1）光学指纹识别模块的控制需要使用UART外设。

2）用户信息，密码信息需要存储到微控制器的内部FLASH。

3）OLED屏的控制需要用到SPI接口。

4）平时调试也需要使用到UART外设

5）按键、继电器及LED等器件的控制需要用到诸多I/O接口资源。

因为需要满足上述要求，经过种种筛选后，最终确定使用ST公司的

STM32F103C8T6芯片，如图2-7所示。

STM32F103C8T6是采用ARM公司Cortex-M3内核、高集成、高性能32位微控制器。它的特性如下：

1）内核时钟最高可以到达72MHz，还可以根据自己需求去调整频率来降低功耗。

2）具有UART、GPIO、TIMER、AD、CMP、SPI、I2C、USB等外设。

3）多达37个I/O，多数引脚可通过寄存器配置从而实现复用的功能。

4）可以对Flash进行编程/擦除/读取操作。

5）内存空间具有高达128KB的闪存和20KB的RAM.

6）内置看门狗功能以防程序异常运行。

7）宽工作电压输入：2.0V-3.6V，

8）宽温度运行范围：-40~+85°C

以上微控制器的特性基本能够满足本文设计的要求，所以最终选择微控制器型号为STM32F103C8T6。

2.4其他模块方案

（1）电源方案。为了让板上硬件设计没有很复杂，所以板上提供了5V接口。由外部电源来提供5V，以后也方便去使用常见的220V转5V模块。这里为了使用方便，采用充电宝提供5V电源输入，在经过稳压电路减压提供3.3V的方案。这里选用型号为HT7333的3.3V低功耗线性稳压芯片，静态电流<3μA@6.0V，且精度高达±3%，能够满足方案需求。

（2）显示方案。屏幕作为产品和用户的信息交互窗口，显示的效果异常重要。现在市场上显示器件主要有数码管、断码屏、TFTLCD屏、OLED屏等。数码管不可以显示字符、汉字、图片等信息，只可以显示数字。断码屏则需要根据自身方案的需求开模去定制，而且显示的内容同样有限、灵活性不足。TFTLCD屏和OLED屏可以实际根据用户的需求，通过编程显示上述提到的任意内容。OLED屏的每个像素点能够单独发光，不需要背光源、发光转换效率高、能耗低，但是现有的技术比较难做出高分辨率的屏幕。OLED屏对标同等分辨率的TFTLCD屏比较昂贵。另外，用户通常都是在门锁前操作，都是从上到下俯视屏幕，现在TFTLCD屏的视角也可以达到170度，从侧面也不会失真。综合考虑选择了1.44存的TFTLCD屏。

（3）存储数据方案。STM32F103C8T6内部有FLASH，可以掉电后保存数据。根据数据手册的描述，FLASH的擦写寿命的典型数值是10K次。在修改密码和修改用户信息时，才会去擦写FLASH， 对于这个系统的寿命是足够的。同时需要保存的数据量不大，所以就没有选择外挂存储器件方案。最终方案选择使用内部FLASH保存信息。

（5）继电器方案。需要使用继电器去控制LED来模拟开门和关门的状态。在本文的设计中有5V的电源的提供，且继电器是用来控制LED，不需要承受大功率的工作。选择HF46F/5-HS1型号功率继电器，线圈电压5V、一个开关。足以满足设计

（4）警告方案。为了能够提醒他人，则选择一个蜂鸣器和一个LED去进行声光警告。

（6）按键方案。密码输入需要使用到0至9类型数值，还有确定键、取消键、设置键等，需要对应的按键与之对应。选用市面常见的4×4键盘，对于以上功能足够了

2.5本章小结

本章主要明确指纹密码锁方案的整体思路和结构框架，对整体设计方案做了大致的说明。然后根据设计方案的实际需求，去选择核心元器件指纹传感器、微控制器进行了选型。同时对其他模块设计方案进行了说明。

3.硬件电路设计

硬件是整个系统的基础和框架，上一章已经介绍了系统的指纹传感器、微控制器、显示模块、继电器等核心器件。要达到预期的作品使用效果和实现整个系统的各个功能，各个器件之间连接需要相应的设计和优化，PCB的布局设计要合理，并且结构紧凑，相互干扰要少。

3.1电源电路设计

系统采用外接5V电源，而整个系统所需要的电压分别为5V和3.3V。因此需要电源电路设计出提供相应的电源。电源电路主要分为5V输入电路和3.3V稳压电路。

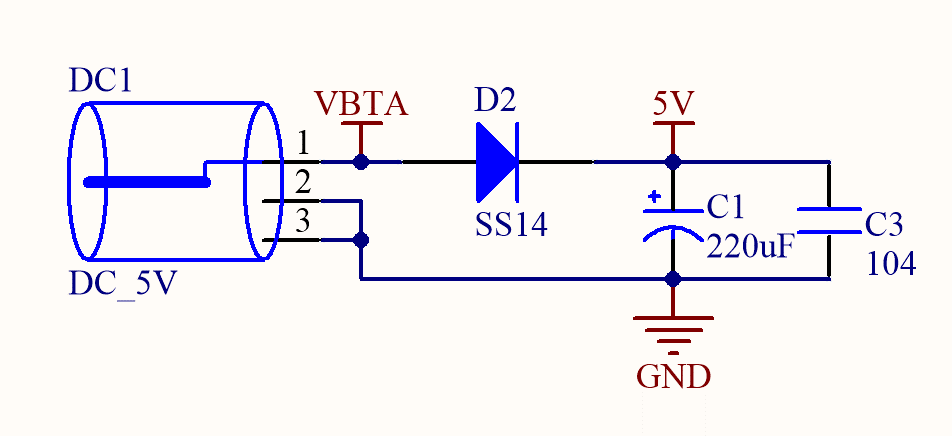


图3-1 5V输入电路

5V输入电路设计。如图3-1所示，采用DC接口，VBTA即是外部5V电压，输入后，经过单向导通二极管D2，防止电流倒灌的情况，再经过一个大电容C1和一个小电容C3精选稳压滤波，得到稳定的5V。

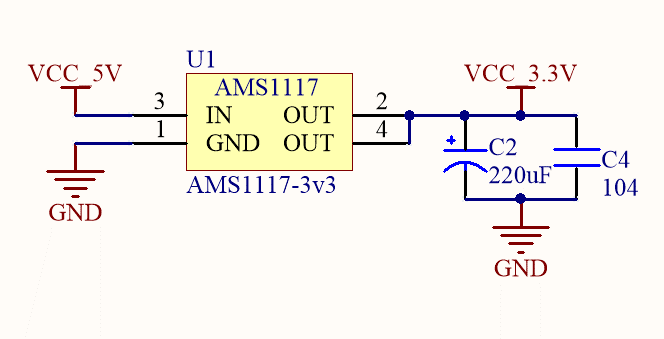


图3-2 3.3V稳压电路

如图3-2所示，VCC\_5V是稳定5V电压，输入到线性稳压器中，输出3.3V电压，同样的经过稳压滤波得到稳定的3.3V。

3.2单片机最小系统电路设计

微控制器仅依靠自身是无法运行的，需要其他元器件的配合才能运行。使用最少的元器件，让微控制器能独立工作的系统，称为单片机最小系统。本文采用单片机最小系统模块，然后在PCB上预留出相应的接口。这样的设计对于硬件后期出现问题修改比较方便。例如PCB某处设计不合理，需要重做，这时就不需要重新更改很多地方，重新焊接时也不用焊接所有的东西。

单片机最小系统模块和大多数单片机设计差不多，都有电源、复位电路、晶振电路、参考电压电路、SWD/JTAG调试接口电路等。

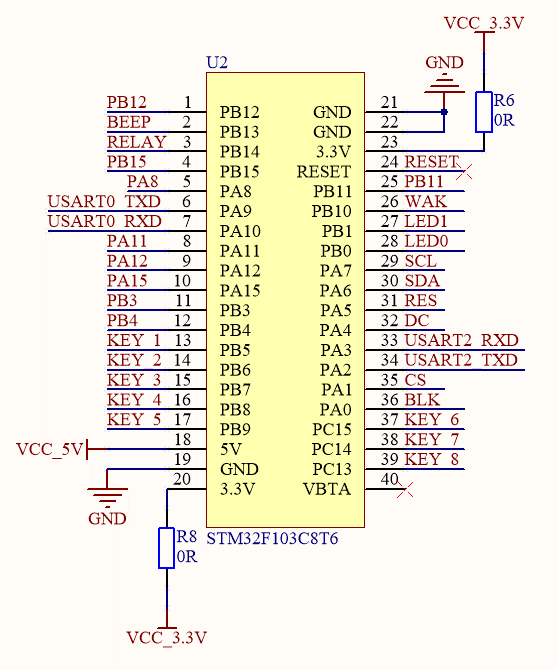


图3-3单片机接口电路

3.3 指纹电路设计

通过查询ATK-AS608数据手册可获得指纹接口电路，如图3-4所示。

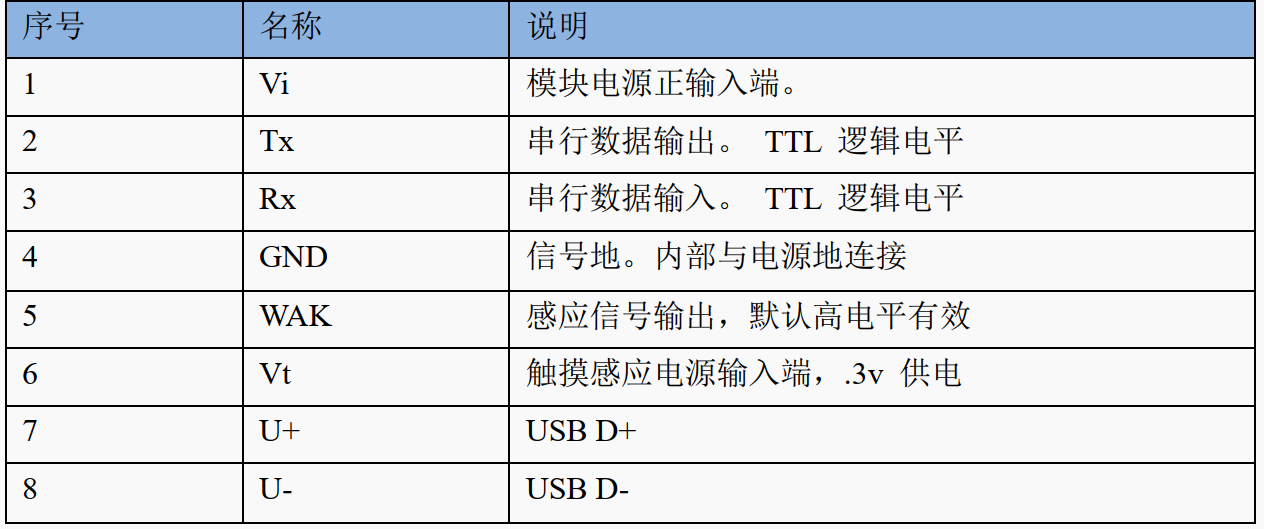


图3-4

ATK-AS608指纹模块以杭州晟元芯片技术有限公司(Synochip)的AS608指纹识别芯片为核心，模块与微控制器通过串行通信接口直接与单片机进行通信：模块数据发送脚（2脚TX）接微控制器的数据接收端（RXD），模块数据接收脚（3脚RX）接单片机的数据发送端（TXD）。若需要与上位机（例如：PC机）进行通信，需在模块与上位机之间增加电平转换电路（例如：MAX232电路）。这里就模块的USB接口留空。WAK引脚接微控制器的普通IO口，将IO配置成输入模式就可以。Vi引脚要一直3.3V供电，在ATK-AS608指纹模块在没有检测指纹时就会关断触摸感应电源电路Vt引脚输入，微控制器一直检测WAK引脚状态，当有手指放置在指纹采集窗上，WAK引脚输出由低电平（OV）转换为高电平（3.3V），ATK-AS608指纹模块再控制Vt的电源输入，指纹采集传感器开始工作，等工作结束后，ATK-AS608指纹模再控制关断Vt的电源输入，从而达到省电的目的。这样降低系统的功耗，不需要进行指纹比对时，关闭指纹模块的触摸感应电源，模块进入不工作状态：当需要进行指纹的录入、比对等操作时，开启指纹模块的触摸感应电源，指纹模块开始去工作。指纹模块与微控制器接口如

图3-5所示

图3-5所示

3.4其他电路设计

1. TFTLCD显示电路设计
2. 警告电路设计
3. 继电器电路设计

3.5硬件抗干扰设计

PCB板（印刷电路板）上结构复杂，布局紧凑，包含了电源电路、单片机最小系统电路、指纹采集传感器电路、TFTLCD显示电路等，并且是比较密集和集中的。所以在PCB板上如何布局上述电路就显得尤为重要。如果电路布局布置的不合理，电路之间就会相互干扰，造成信号失准，控制失灵等问题。所以还需要进行抗干扰设计。抗干扰设计又称为电磁兼容设计，为了防止系统之间电磁、信号相互干扰，本系统中采用下述抗干扰措施：

(1)地线设计

1)接地线加粗

如果PCB板上的地线不够粗，电路振荡引起的电路上电流急剧变化会在一定程度上造成传输信号的不稳定，从而影响信号的传输效果。因此本方案设计通过在PCB的TOP Layer和BOOTM层就会进行铺铜来抑制电平信号的干扰。

2接地线构成闭环电路

通过将电路中的PCB板接地形成闭环电路可以降低噪声。这个主要是因为在一块小型电路板上面布局了很多电路，如果遇到大元件，因为受到线条粗细的限制和地线宽度的限制，从而产生电阻使地线产生电位差，从而降低了抗击噪声的能力。如果在TOP Layer和BOOTM层的在地网络设置足够多的过孔，就可以减低线条产生的电阻，为电流提供了最短的信号回流路径，同时也增加了散热量。

(2)电源线布置

各个支路的电流都会汇集到电源线，布置有两个原则：(1)在条件允许下，尽量加粗线条的宽度，满足电路在各种情况下的电流变化。(2)电源线的布置走向尽量与数据的走向一致，这样可以有效的防止干扰。

(3)元器件布置

在元器件布置方面，要进行模块化的设计。在设计时将各个模块所需的元器件放得尽可能靠近模块，以此来提高抗干扰能力。同时根据各个模块电路功能之间的联系进行布局设计

(4)印刷尺寸

PCB板的尺寸要合适。尺寸过大，虽然带来布局的方便，但是会增加材料的量，成本会增加；尺寸过小，布局的难度就会上升，工作量加大，也会影响散热。所以要选用合适的尺寸。

3.6小结

本章主要设计开发了指纹密码防盗锁系统各部分的硬件电路，包括电源电路、单片机系统电路、指纹电路、触摸电路、数据存储电路、时钟电路、OLED显示屏电路、语音电路、触摸指示灯电路、电机电路等，并且根据系统抗干扰性的要求，提出了跟地线、印刷电路板的尺寸与器件布置、电源线布置相关的硬件抗干扰的相关措施。

4．软件设计

在我们生活中常见的嵌入式电子设备，比如鼠标、键盘、显示器等硬件。如果没有软件在硬件上跑的话，产品是无法正常工作的。指纹密码锁作为嵌入式设备，只有硬件和硬件电路，根本无法运行，还需要配合合适的软件程序，才能发挥出硬件的功能和实现系统功能。

在本章中，介绍系统的功能目标和控制方式，重点探讨软件程序设计，用C语言编写软件控制程序，实现指纹密码锁的解锁控制功能和管理员模式功能。IDE使用Keil MDK-ARM软件，该软件为基于Cortex-M、Cortex-R4、ARM7、ARM9处理器设备提供了一个完善的开发环境。底层库使用ST公司提供的HAL(Hardware Abstraction Layer)库进行开发，节约开发的时间，

本设计所用指纹模块采用的指纹算法是基于特征点匹配的算法，通过采集个体指纹的图像，对指纹图像进行切割、增强、滤波、二值化等处理，转化成指纹特征，再进行特征匹配操作。

4.1指纹密码锁功能目标

指纹密码锁功能目标有：在第一次使用时，需要进行初始化，录入密码和管理员指纹。接下来就进入解锁状态，用户通过按键和触摸指纹模块来进行解锁，系统开始对比验证密码或指纹是否合法有效，并能通过人性化的交互界面来指引用户操作。用户按下设置键后就进入管理员模式，能够去进行用户添加、用户删除、更改密码等功能。详细功能定义详见下列表：

表4-1指纹功能定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 指纹功能 | 总指纹数量 | 300枚 |
| 指纹是否可查询、添加、删除 | 是 |
| 是否可以用指纹开锁 | 是 |

表4-2密码功能定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 密码功能 | 密码是否可查询、添加、修改、删除 | 是 |
| 是否可以用密码开锁 | 是 |
| 连续错误3次进行声光警告 | 支持 |

表4-3菜单框架定义

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 指纹功能 | 初始化界面 | | | |
| 密码设置 | 指纹 | 是否可以用密码开 | 是 |
|  |  | 连续错误3次进行声光警告 | 支持 |
|  |  |  |  |  |

4.2指纹密码锁软件设计

该软件的核心设计功能是通过控制TFTLCD显示模块、指纹模块、内部FLASH存储、继电器模块等模块有序工作。为了让用户达到得到良好的使用体验，该软件设计了人性化的TFTLCD显示界面来提示内容引导用户进行操作，使用户能够直观的根据屏幕提示进行相应的操作。此外，在本软件里加入了菜单管理系统，主要应用在设置模式状态来对不同功能进行分级管理，主要包括添加用户、删除，更改密码等功能。为了用户使用的便利性和实用性，指纹管理又分为管理员指纹、普通用户指纹。

为了保证软件的稳定性和可靠性，本软件采用单任务机制来处理各个事件，只有一个事件结束之后才会去执行另一个事件。系统上电时执行系统初始化操作，然后进入到解锁状态，等待着外部输入操作。外部输入操作有按键输入操作和指纹触摸输入操作。在按键输入操作中输入不同的键值去到不同的处理，按下设置键，就会去到设置状态。操作流程图如图4-1所示

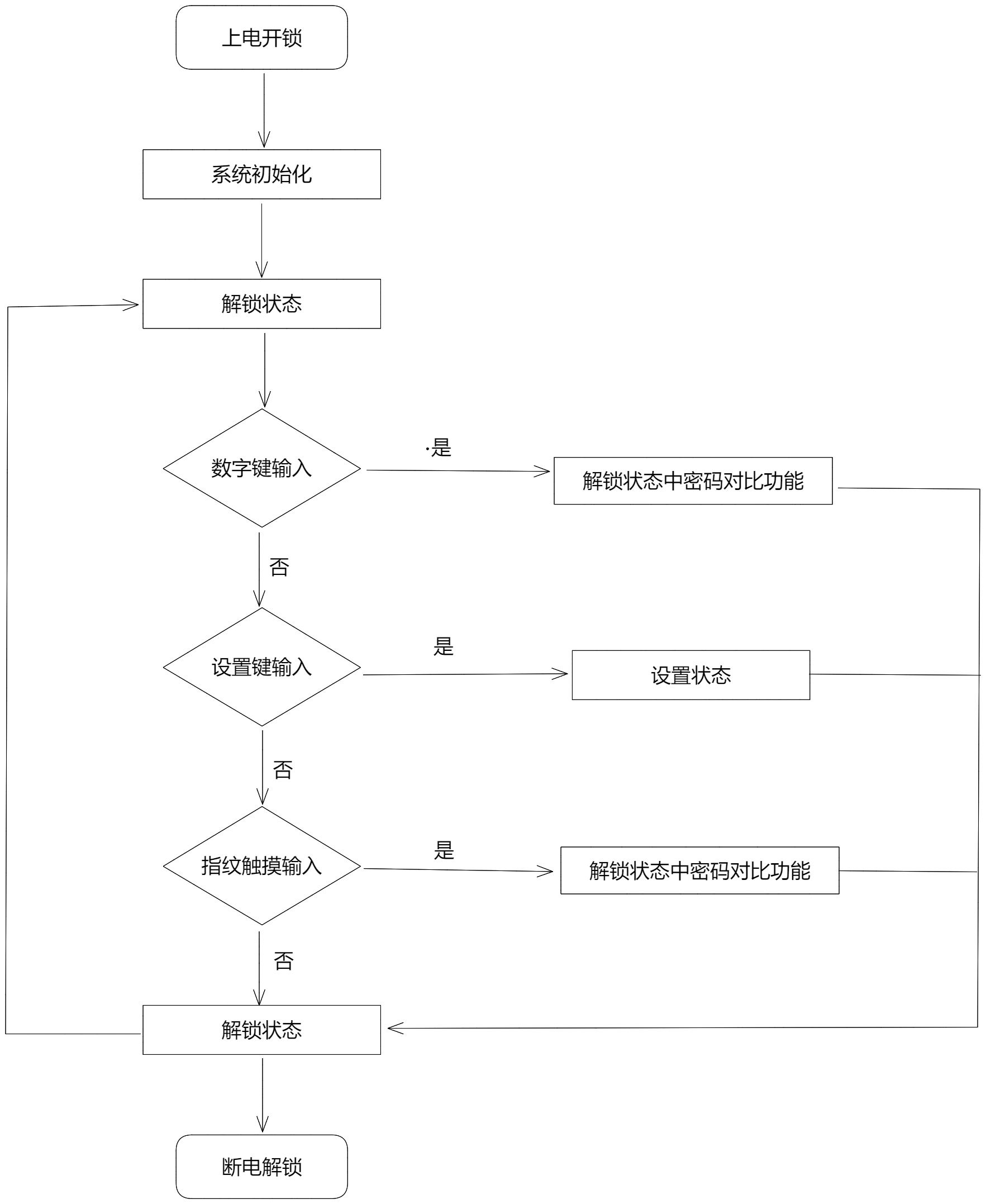


图4-1 软件总体框架图

4.2.1系统初始化程序设计

系统初始化主要的工作是初始化运行硬件所需的资源和用户第一次使用的情况，将系统各个外围电路设置到合理的状态。流程图如图4-2所示.

初始化硬件的主要工作包括：设置系统工作的主频率，确保系统能在稳定的系统时钟工作；设置微控制相应IO口的状态；与外部模块进行通讯来初始化模块，并检测模块是否能正常工作。上电后，从STM32内部FLASH中读取系统关键信息。系统关键信息有六位数密码，用于判断是否第一次使用的标志位，用户信息，这些是系统正常运行所需的信息。

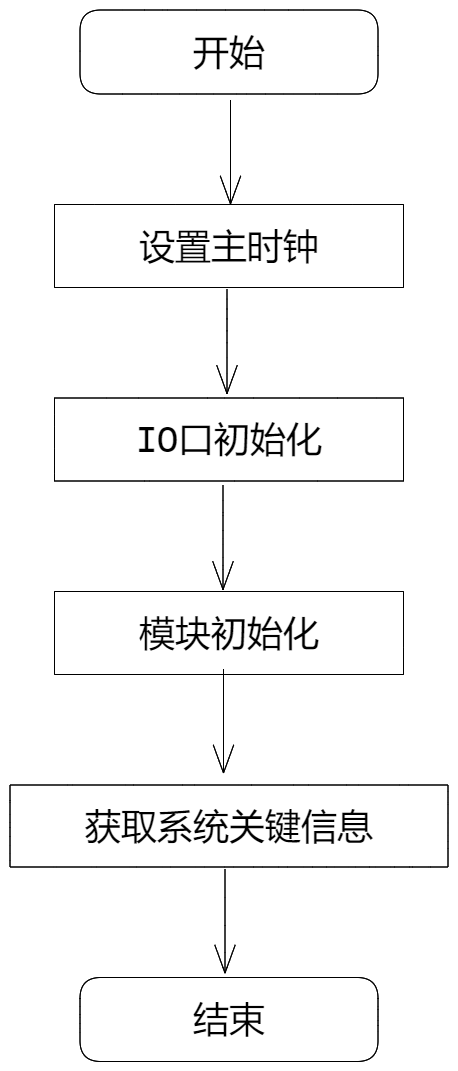


图4-2 系统初始化流程图

4.2.2解锁状态程序设计

系统初始化后就会进入到解锁状态。解锁状态如图4-3。解锁状态如这个解锁状态实现是一个死循环，根据不同的外部输入去到不同的处理。在解锁状态中，不断进行按键检测和指纹检测。如果检测到数字键输入，就会去判断是否符合密码格式，再去判断密码是否正确，密码正确就会开锁。如果检测到设置键摄入，就跳转到设置状态。如果检测指纹模块的WAK变为高电平，说明检测到指纹，判断指纹是不是记录在系统的用户指纹，匹配后就会去开锁。

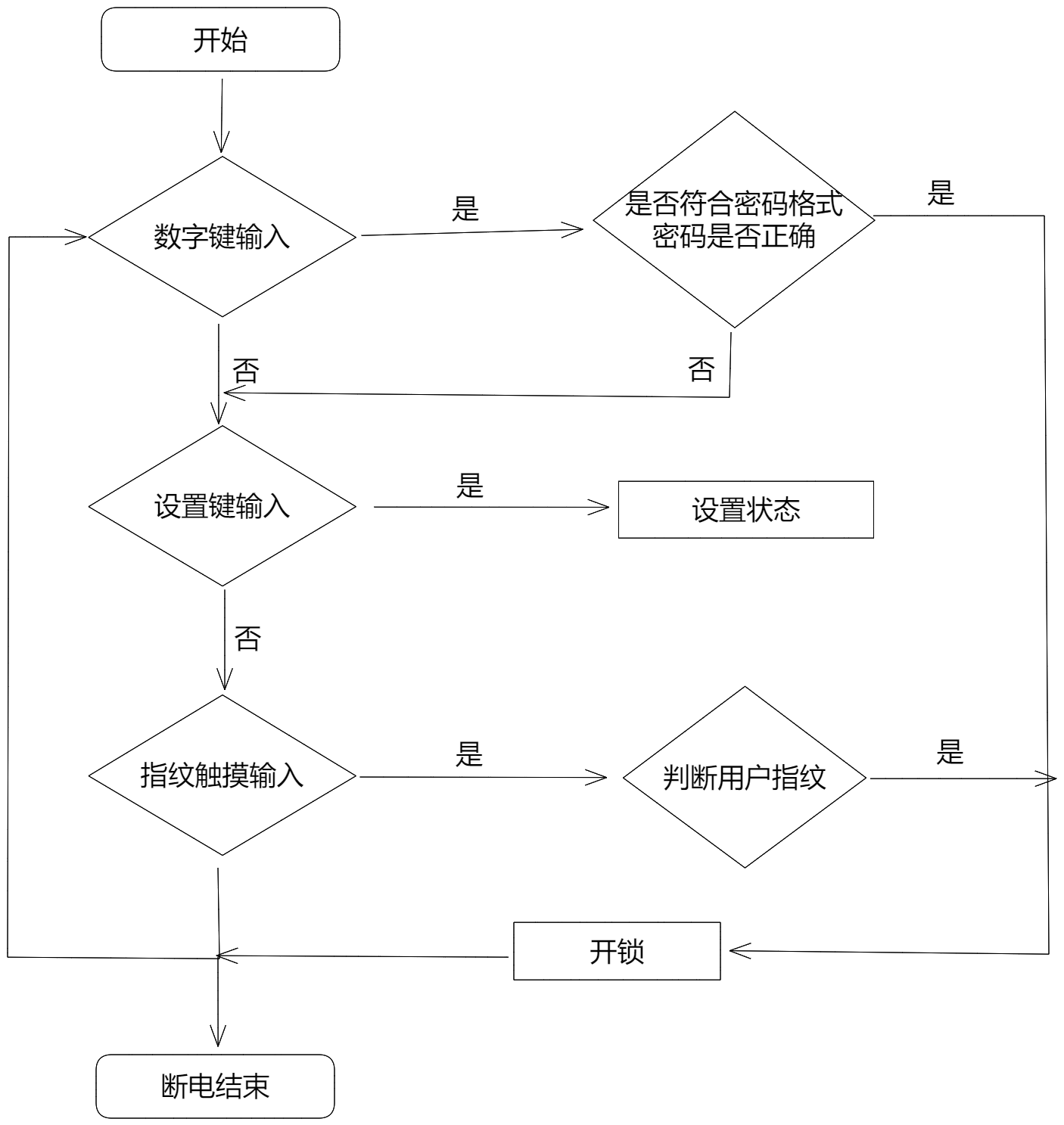


图4-3 解锁状态流程图

4.2.3设置状态程序设计

在解锁状态检测到设置键输入后，就开始进入设置状态。一开始管理员登入，将手指放在指纹传感器上，系统就会判断这个指纹是不是管理员指纹。只有判断为管理员登入，才可以成功进入设置状态。设置状态也是个死循环，里面运行一个简单菜单管理和按键检测。菜单管理着两级目录，比如“添加用户”是第一级目录，“添加管理员用户 添加普通用户”是第二级目录。不同的选项有着不同的功能，通过按键检测可以选择目录。退出设置状态只需要再按一次设置键就可以退出了。

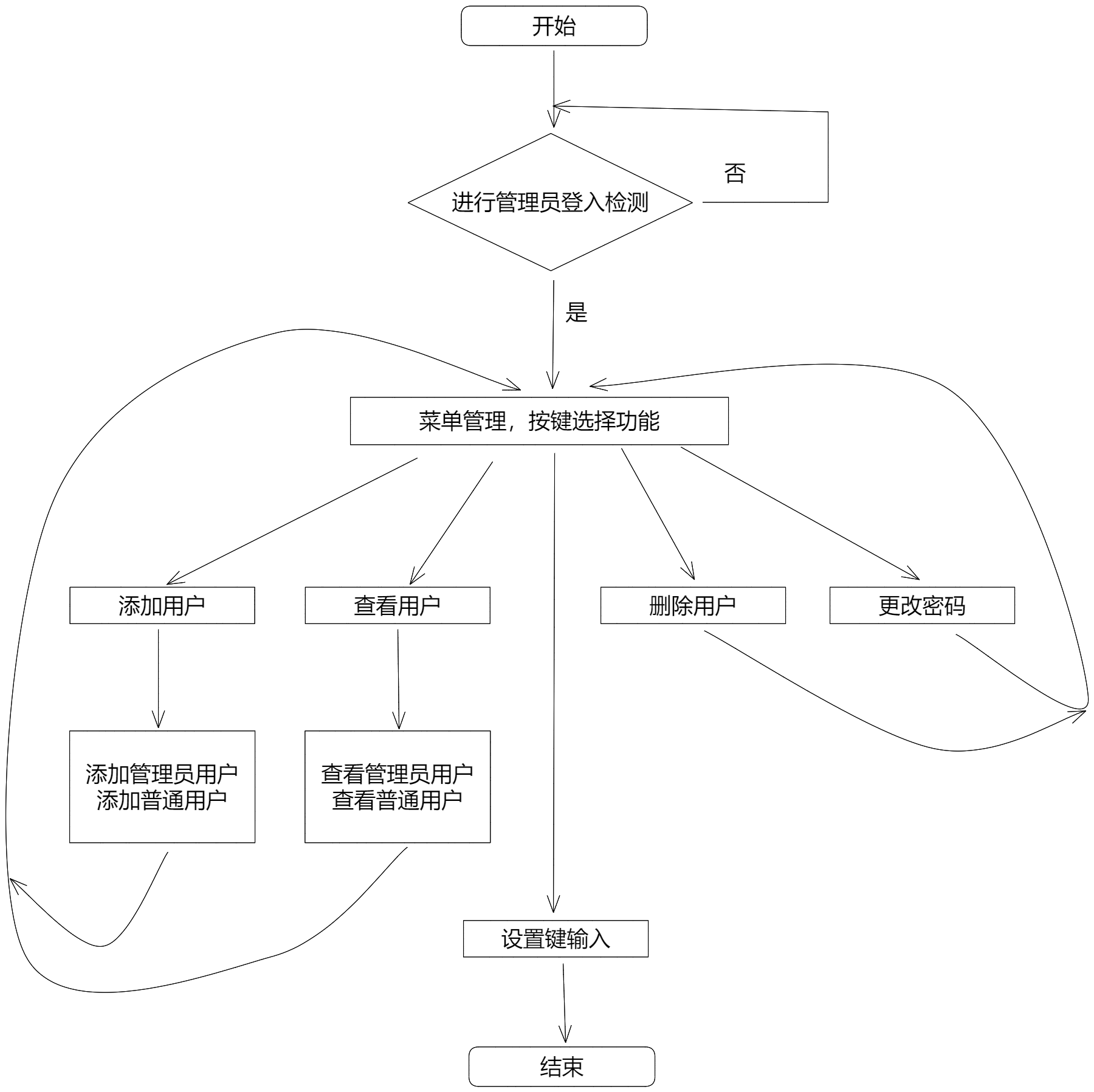


图4-4设置状态流程图

4.2.4键盘程序设计

4.3指纹算法

4.3.1指纹图像获取

指纹图像获取是进行指纹识别的第一步，得到高质量指纹图像是运行指纹算法的关键。从指纹图像获取方式进行分类，有捺印指纹、活体指纹和模糊指纹等三类。捺印指纹是将手指沾上印油按压在纸上得到手指印迹，再经处理转化为数字信息，从而得到指纹图像。这种采集方式很难去控制指纹图像的质量，而且采集速度比较慢，现在这类采集方式比较少。活体指纹是经采集设备直接采集到的指纹。模糊指纹是指人们在无意中留下的指纹痕迹（比如在犯罪现场采集到的指纹），该指纹痕迹需经过显影、拍照和扫描等技术处理后才能得到较清晰的指纹图像【3】。通过以上的对比，通过活体指纹采集设备得到的数字化指纹图像的质量是最好的，本文使用的ATK-AS608指纹模块采用的是活体指纹采集方式。

根据采集设备的采集原理不同，可以分光反射式、超声波反射式、半导体式和感温式等。本文使用的是光反射式，光反射式的指纹图像获取原理是利用光线照射到玻璃表面进行反射，当手指按在指纹采集板上时，采集设备发出一束光线照射到手指上，由于指纹是由凹凸不平的脊线和谷线组成，反射光线的强度和角度由指纹脊线和谷线的深度决定，采集设备收集到这些反射强度和角度不同的光线，从而在CCD图像传感器形成图像，这样就可以获得脊线和谷线分明的指纹图像【4】。使用光反射式的指纹模块成本低，技术比较成熟。ATK-AS608指纹模块光路设计优秀，在指纹图像采集时，对干手指或湿手指都有反应和准确判断，获得质量比较好的指纹图像。

4.3.2指纹图像特征点提取

指纹特征点提取是从细化的指纹图像中提取全局特任点和局部特征点的位置、角度信息和类型等。全局特征点是可以通过人的眼睛直接观察到的特征，比如有中心点、三角点、弓形等，局部特征点又称细节特性点，比如分叉点、端点、环形、断线等。这些特征点中的分叉点与端点是构建特征信息最主要的细节特征点。目前大部门指纹识别系统均采用分叉点和端点来进行提取比对，

指纹图像的特征点的数量和精度决定了指纹识别系统的性能，特征点数量越

多，精度越高，系统的识别率就越高。一副完整的指纹图像的特征点数量大概为

80-100个。通常由于受采集设备大小的限制以及指纹本身的差异，采集到的部分

指纹图像的真实特征点的数量在50个左右，但是由于在指纹图像预处理过程中受

噪声以及指纹干湿程度等影响，细化的指纹图像中必定含有一些伪特征点，所以

导致采集到的细节特征点的数量会增加到100个以上，那些多余的特征点称为伪

特征点，我们必须想办法剔除掉这些伪特征点，尽可能准确地提取到一幅指纹图

像的真实信息。

特征提取是指将分叉点和瑞点等指纹特征的位置（坐标）、角度和类型等信息

提取出来，存储到特征文件或特征模板中，即将指纹图像转化为由特征数据组成

的指纹模式空间向量，指纹图像经过预处理的各个步骤后，冗余的信息大大缩小，

只保留了区别于其他指纹图像的端点和分叉点（特征点），图22为纹线端点和

分叉点示意图。判断一个特征点的类型只需参考其周边的8个像素点即可，如图

23特征点表现形式所示，模式特征空间大大缩小。

4.3.3指纹图像处理

5.方案测试分析

6.结论与展望