

基于 STM32 的指纹识别门禁系统设计与实现

胡美臣, 谢晓东, 陈宇峰

成都工业学院自动化与电气工程学院, 四川 成都 611730

DOI:10.61369/ERA.2025090013

摘 要 : 为了满足现代智能化安防需求, 提高门禁系统的安全性及便捷性, 以 STM32F103C8T6 单片机作为控制核心, 采用 AS608 高精度光学指纹模块、矩阵按键模块、ESP8266 模块的 WiFi 技术实现远程通信, 再经过继电器驱动模块控制门锁和报警装置, 实现门禁系统的身份认证、远程控制和安全报警功能。多次试验结果表明: 指纹识别门禁系统能够准确识别用户身份、实时响应远程指令、及时预警异常情况, 满足现代智能安防的设计要求。

关 键 词 : STM32 单片机; 门禁系统; 指纹识别

Design of Fingerprint Recognition Access Control System Based on STM32

Hu Meichen, Xie Xiaodong, Chen Yufeng

School of Automation and Electrical Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 611730

Abstract : To meet the requirements of modern intelligent security systems and enhance the security and convenience of access control, this design employs an STM32F103C8T6 microcontroller as the core control unit. The system integrates an AS608 high-precision optical fingerprint module, a matrix keypad module, and ESP8266-based Wi-Fi technology for remote communication. Through relay driver modules, the system controls door locks and alarm devices, achieving functions such as identity authentication, remote control, and security alerting. Multiple experimental results demonstrate that the fingerprint recognition access control system accurately identifies user identities, responds promptly to remote commands, and provides timely warnings for abnormal situations, thus meeting the design requirements of modern intelligent security systems.

Keywords : STM32 Microcontroller; access control system; fingerprint recognition

引言

随着智能化的普及, 传统的门锁已经不能满足人们的生活需求。指纹识别门禁便随之而生, 指纹是每个人的独有特征, 用自己独一无二的特性来制作门禁系统, 突显其安全性与便捷性^[1]。在国外, STM32 单片机因其强大性能成为热门选择。例如 Tran 等人提出基于 STM32 单片机的 PrettyGoodPrivacy 协议实现方案, 将高效加密算法与指纹匹配技术相结合, 极大地优化了资源受限嵌入式平台的安全通信, 增强了门禁系统在复杂网络环境下的安全性^[2]。国内早期, 张新元对指纹门禁系统提出分级管理与多权限设置理念, 为现代门禁系统在诸如大型社区、商业综合体等复杂场景的应用提供了思路, 有效解决了不同用户权限管理的难题^[3]。近年来, 万丽娟设计的基于 STM32 单片机的多重认证智能锁极大地增强了系统的安全性, 充分满足了多场景下不同用户的多样化安全需求^[4]。针对传统门禁系统存在的易复制、管理不便、安全性能低等缺陷, 本设计决定采用 STM32F103C8 作为核心控制单元, AS608 指纹模块进行指纹识别, 借助 ESP8266 模块的 Wi-Fi 技术实现稳定的远程通信, 让用户能随时随地掌控门禁状态, 系统还配备 OLED 显示屏、按键模块和蜂鸣器报警模块, 为用户设计清晰直观的操作指引和安全性, 保障使用便捷与数据安全。

一、指纹识别门禁系统的总体设计

指纹识别技术是指通过对不同指纹的细节特征点通过比较后进行鉴别的一种生物识别技术^[5]。人的皮肤纹路(包括指纹)大不相同, 表现出独特和终身不变的特征。这些特征为门禁系统提供

了易用、稳定的保证。目前生物识别技术中运用最广、最成熟、可靠的是指纹识别技术^[6]。

系统从指纹识别和按键触发开始, 经单片机处理判断, 控制继电器执行开锁或闭锁操作, 并通过显示模块反馈结果, 搭配报警和远程通信, 构建起从信息采集、处理到动作执行的完整智能

门禁体系，保障出入安全与便捷。系统的整体框图如图1所示。

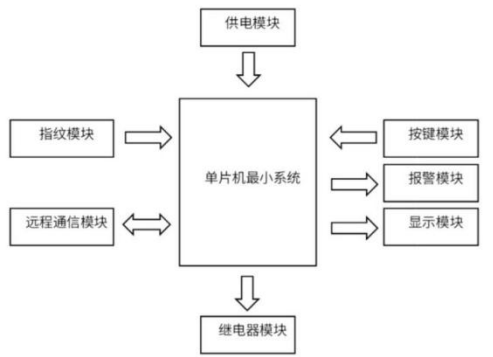


图1 系统框图

二、指纹识别门禁系统的硬件电路设计

（一）单片机基础电路

经过对比，选用 STM32F103C8 芯片，该芯片配备 64KB-Flash 存储和 20KB SRAM，能满足复杂程序的存储和实时数据处理需求。其外设资源丰富，集成多个定时器、串口、SPI、IIC 等接口，便于与各类外部设备通信。芯片内置 12 位高精度 ADC，可快速采集模拟信号，同时为系统扩展提供多个灵活接口。且支持多种低功耗模式，全速运行 72MHz 时典型电流约 30mA，而低功耗模式下可降至微安级，适合电池供电场景，嵌套中断系统，确保高速数据传输与实时响应能力。

（二）AS608 指纹模块设计

AS608 指纹识别模块是一款经济适用的指纹识别设备，电容式传感器通过感知电容变化采集指纹图像，能精准捕捉指纹纹路细节；高性能处理器则承担着图像处理、特征提取及外部通信的重任，确保指纹识别流程高效运行。

AS608 指纹传感器采用串口的方式与单片机进行数据传输，所以只需要将指纹模块接入到单片机串口引脚上就可以实现其功能^[7]。指令、模块的应答以及数据交换通过数据包来进行。数据包包头：0xEF01^[8]。

（三）OLED 显示模块电路

OLED 显示模块采用基于有机发光二极管技术。OLED 显示模块内置驱动芯片 SSD1306，采用 IIC 通信方式，以半双工方式传送的串行总线，保障信号稳定传输与高效驱动。连接部分采用 Header4 接口，具备良好的机械稳定性与电气连接可靠性，便于与单片机及外部电路快速精准连接，确保数据和电源稳定传输^[9]。

（四）矩阵键盘电路

矩阵键盘采用 4×4 行列扫描结构。通过将按键排列成矩阵形式，仅需较少的单片机 I/O 口就能实现较多按键的检测。在硬件连接上，行列线分别与单片机的相应引脚连接，通过软件编程实现按键的识别与处理，为系统提供便捷的人机交互输入方式。

（五）WiFi 通信电路

WiFi 通信电路选用 ESP8266 模块搭建。ESP8266 是一款高度集成的 WiFi 芯片，内置 TCP/IP 协议栈。它通过 UART 接口

与单片机相连，可实现单片机与无线网络的连接。单片机通过发送 AT 指令对 ESP8266 进行配置，连接目标 WiFi 热点、建立网络连接等。该电路能使系统接入互联网，实现远程数据传输与控制，极大拓展了系统的应用范围，可通过手机 APP 远程控制门禁系统。

（六）蜂鸣器电路

蜂鸣器电路主要是实现报警功能，当指纹识别不正确或者输入密码不正确时，超过五次之后，蜂鸣器会发出警报声。本设计在蜂鸣器电路中添加 PNP 型三极管，基极串联一个 1kΩ 的电阻连接到单片机的 I/O 口^[10]。

（七）继电器驱动电路

继电器驱动电路用于控制继电器的吸合与释放，以实现门锁控制。单片机通过控制引脚输出高电平或低电平，经驱动电路放大后，使继电器线圈通电或断电，进而控制继电器触点的状态。这种电路实现了单片机弱电信号对外部强电设备的安全可靠控制。

三、指纹识别门禁系统的软件程序设计

在系统初始化阶段，完成 USART、IIC、GPIO 等外设初始化，加载指纹模块、OLED、ESP8266 等各模块驱动，同时从片内 Flash 读取开锁密码、指纹特征向量、管理密码等数据。接着进入循环监测与事件处理环节，通过循环实时扫描按键输入、指纹模块状态以及 Wi-Fi 通信缓冲区，利用按键查询中断、串口中断等事件触发机制，激活相应处理函数，通过多任务调度确保各项任务有序执行。

四、指纹识别门禁系统系统测试及分析

为了检验指纹识别门禁系统的解锁性能，现对密码、指纹和远程三种解锁模式开展性能测试，内容涵盖响应速度、通信距离、抗干扰稳定性，确保硬件系统符合设计技术指标。

（一）响应速度测试

在响应速度测试方面，对每一种解锁模式，均测试 100 次。本次测试借助秒表来记录响应时间，指令发出瞬间启动秒表，门禁系统解锁成功时停止秒表，响应速度结果见下表 1 所示。

表1 响应时间

解锁模式	测试次数	平均响应时间
密码解锁	100	0.5s
指纹解锁	100	1.2s
远程解锁	100	2s

（二）通信距离测试

通信模块是系统实现远程交互的关键组件，其不同距离下的性能直接影响系统的实用性。本次测试于空旷无扰的室外场地展开，该测试明确了通信模块的有效作用范围，为系统远程功能的优化与应用场景选择提供了重要依据。通信距离测试结果见下表 2 所示。

表2 通信距离		
距离	测试次数	解锁成功率
10m	40	100%
30m	40	95%
50m	40	82.5%

(三) 抗干扰性测试

对于三种解锁方式，均测试100次并且设置了针对性的干扰源，表3记录三种解锁模式在干扰情况下的解锁结果，同时计算方差值来衡量系统稳定性，数值越小，表明系统稳定性越高。

表3 抗干扰解锁情况			
解锁模式	干扰情况	解锁成功率	方差值
密码解锁	其他按键	95%	0.02
指纹解锁	潮湿指纹	92%	0.15
远程解锁	电磁干扰	80%	3.36

综上分析，在三种解锁模式中，从响应时间、通信距离和抗干扰测试方差值可知，密码解锁耗时最短最稳定；远程解锁耗时

最长；从安全性能以及适用的场合考虑，密码解锁安全性不高；指纹识别解锁在安全性和响应速度更加综合，后期可针对指纹识别技术进行更深入学习，通过算法来提高抗干扰能力的识别优化。

五、结束语

在嵌入式智能安防技术发展的背景下，将指纹识别算法与嵌入式开发技术融合，实现了指纹信息从采集、存储，到对比、智能匹配的全流程自动化处理，同时集成报警、密码开锁、远程开锁等功能模块，形成闭环安全管理体系。经测试验证，门禁系统的识别率达到92%，拒真率均控制在极低水平，充分满足用户对门禁系统安全性与可靠性的日常需求。后续将持续探索算法优化路径，推动门禁系统向更安全、智能的方向升级。

参考文献

[1] 王越, 翟少成, 陈青松. 基于人脸识别技术的社区智能门禁系统的实现 [J]. 电子测量技术, 2018, 41 (16): 70-73.

[2] Tran S, 트랑상, Pham K V, et al. An implementation of a Pretty Good Privacy Protocol based on STM32 MCU [J]. 대한전자공학회 학술대회, 2023.

[3] 张新元. 指纹门禁系统的设计与开发 [D]. 西北工业大学, 2003.

[4] 万丽娟, 林伟, 徐源, 等. 基于 STM32 单片机的三重认证门禁系统设计和实现 [J]. 萍乡学院学报, 2022, 39(06): 46-49+61.

[5] 刘振, 王国仕, 莫云, 等. 指纹识别技术在身份认证中的应用与研究 [J]. 信息记录材料, 2018, 19(11): 93-94.

[6] 张伟, 塞尔玛·帕劳格, 王晨. 基于 STM32 指纹识别门禁系统的设计 [J]. 电子设计工程, 2023, 31(09): 151-155+160.

[7] 李沙沙, 汪东霞, 连俊豪. 基于单片机的指纹门禁系统设计 [J]. 现代信息科技, 2021, 5(11): 82-85.

[8] 张菲, 郭庆峰, 张帅, 等. 基于 UML 的生产过程建模研究 [J]. 中国管理信息化, 2020, 23 (6) : 72-74.

[9] 束仁义, 徐锋, 王健, 等. 基于 STC12C5A60S2 单片机显示模块的实验研究 [J]. 廊坊师范学院学报 (自然科学版), 2024, 24(03): 83-88.

[10] 孙鹏飞. 潍坊市企业安全生产监督管理系统设计及实现 [D]. 济南: 山东大学, 2013.