

陆永鸿, 董玉华. 基于 STM32 的智能家居门禁系统设计[J]. 智能计算机与应用, 2025, 15(2): 65-69. DOI:10.20169/j.issn.2095-2163.250210

基于 STM32 的智能家居门禁系统设计

陆永鸿, 董玉华

(大连民族大学 信息与通信工程学院, 辽宁 大连 116600)

摘要: 针对目前人们对家居安全的需求, 设计了一种基于 STM32 的智能家居门禁系统。本设计使用 STM32 单片机作为主控制器, 扩展无线通信模块, 实现门锁控制功能, 并通过 APP 调用百度 API 的人脸识别技术, 实现身份验证功能。测试结果表明, 该智能家居门禁系统便捷可靠, 身份验证具有较高的准确度, 可以提升家庭的安全性, 给用户带来便捷与良好的使用体验。

关键词: STM32; 门禁系统; 人脸识别; 智能家居

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2025)02-0065-05

Design of an intelligent home access control system based on STM32

LU Yonghong, DONG Yuhua

(School of Information and Communication Engineering, Dalian Minzu University, Dalian 116600, Liaoning, China)

Abstract: In response to the current demand for home security, a smart home access control system based on STM32 is designed. In this design, the STM32 microcontroller is used as the main controller, with an extended wireless communication module to achieve door lock control functionality. Additionally, an APP is incorporated to utilize Baidu's API for facial recognition technology, enabling identity verification. Test results show that this smart home access control system is convenient and reliable, with high accuracy in identity verification. It enhances home security and provides users with a convenient and optimal user experience.

Key words: STM32; door security; face recognition; smart home

0 引言

近年来,随着科技的发展,智能家居受到了广泛关注。2013 年,国家将智能家居作为战略新兴产业来发展,并加入到九大重点领域应用示范工程。智能家居门禁系统在智能家居设备中具有重要地位^[1-2]。智能家居门禁系统将现代门禁系统与传统门禁相结合,利用 ID 卡、生物识别等现代技术控制传统的机械门锁^[3],极大地提高了家庭的安全性,同时解决了传统门禁需要随时携带钥匙的不便。由于智能家居门禁系统在智能家居行业中具有广阔的市场前景和发展空间,因此国内外公司与学者对智能家居门禁系统的研究做了很多的工作。

国外对智能家居门禁的应用较早,其技术更先进,使用的普及程度也更高。如:Poirier D C 等^[4]设

计了一款基于微处理器的电子密码锁,推动了锁具行业的创新发展,为智能家居领域的发展奠定了基础。2012 年,Narendra K V K^[5]开发出基于指纹识别的智能锁,利用人体生物特征进行门禁系统识别走进人们的生活。2015 年,美国加州大学伯克利分校的研究团队提出了一种基于无线射频识别(RFID)技术的智能家居门禁系统设计方案。2018 年,英国谢菲尔德大学的研究团队提出了一种基于人类动态特征(gait)识别技术的智能家居门禁系统设计方案。新加坡国立大学的研究团队^[6]提出了一种基于深度学习和多模态传感器技术的智能家居门禁系统设计方案。同年谷歌推出了智能家居门禁系统产品—Nest x Yale Lock,具有防撬设计和远程开门等功能。苹果公司推出了智能家居门禁系统产品—Apple HomeKit^[7],支持多种智能设备的联动和控制。

作者简介: 陆永鸿(2000—),男,本科生,主要研究方向:嵌入式系统开发。

通信作者: 董玉华(1978—),女,硕士,副教授,主要研究方向:智能信息处理与应用系统开发。Email:dongyuhua@dlmu.edu.cn。

收稿日期: 2023-08-20

相比于国外,中国对智能家居门禁系统的研究起步较晚,但随着近年来国内技术的发展,以及社会经济不断变好,进步相对而言也比较大,一些院校学者、企业对该方面的研究取得了不错的成功。如:中南大学的张波等^[8]提出了一种基于语音识别和人脸识别技术的智能家居门禁系统设计方案。同年阿里巴巴旗下的智能家居品牌天猫精灵发布了智能门锁产品,支持语音控制、指纹识别等多种开门方式。华为推出了基于 5G 技术的智能家居门禁系统—华为 5G 智能门禁,支持高速网络连接和远程开门等功能。海康威视推出了智能家居门禁系统产品—海康威视智能门禁,集成了人脸识别、语音控制和实时监控等多种功能。由此可见,国内对智能家居门禁系统的研究发展非常迅速,不仅将人工智能融入其中,就连 5G 技术也应用到了智能门禁中,相信随着科技的发展,智能家居门禁系统一定会愈发完善。

综上所述,本文研究一种基于 STM32 的智能家居门禁系统。该系统以 STM32F103C8T6 为主控制

器,扩展红外传感器、光敏电阻传感器、摄像头、WIFI 等一系列模块,实现检测人体、门锁控制与实时监控等功能,同时通过 APP 调用百度 API 的人脸识别,对用户身份进行验证。在保证家居安全的同时,极大提高用户的便捷性。

1 系统整体设计

1.1 总体设计方案

本设计主要分为门控端与用户端。门控端以 STM32 单片机为主控制器,扩展光敏电阻传感器模块与红外传感器模块,用以实现光强数据检测以及人体检测的功能,WIFI 模块通过 MQTT 协议实现门控端与用户端互联。用户端通过 APP 实现线上管理,通过调用百度 API 实现人脸识别,满足用户身份验证的功能需求,还可将获取数据,通过 MQTT 协议将指令发送给门控端;使用者还可在用户端实现用户管理、监控与抓拍等功能。系统方案设计框架如图 1 所示。

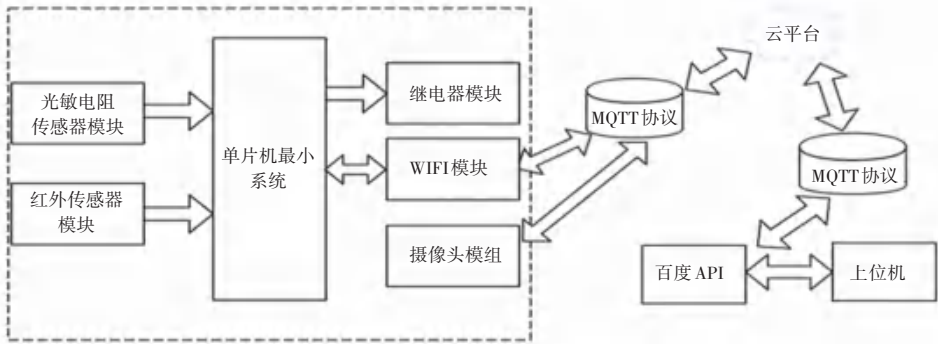


图 1 系统方案框图

Fig. 1 Frame diagram of system scheme

1.2 硬件电路设计

系统总体电路原理如图 2 所示。其中,光敏电阻与红外传感器模块用以实现人体检测的功能,当有人在门前时,单片机会将红外传感器的信号,通过 WIFI 传输到用户端,并在用户端显示有人。若用户通过人脸识别认定,或者用户端发送开门指令时,此时图中继电器模块会控制门锁打开。

1.2.1 主控制器

STM32F103C8T6 增强型系列单片机具有高性能,丰富的外设和通信接口,广泛的工作温度范围和供电电压范围,以及省电模式等特点,是现代电子领域中广泛应用的一种微控制器。该型号单片机适合用于构建可靠、高效的门禁系统^[9],因此本设计选择 STM32F103C8T6 型号单片机作为系统的控制器。

1.2.2 无线通信模块

ESP8266 是一款超低功耗的 UART-WIFI 透传模块,专为移动设备和物联网应用设计,其内置了 WIFI 模块和 TCP/IP 协议栈,可以通过串口或 SPI 接口将用户的物理设备连接到 WIFI 无线网络上,进行互联网或局域网通信,实现联网功能^[10]。因此,本设计使用 ESP8266 模块通过 WIFI 实现与用户端交互。

1.2.3 摄像头模组

ESP32-CAM 是一款集成了 ESP32 芯片与摄像头的模组,ESP32 芯片拥有双核 Tensilica LX6 微控制器,主频可达 240 MHz,同时内置 520 KB SRAM 和 4 MB Flash 存储空间,提供了强大的计算和存储能力。其还具有自动增益控制(AGC)和自动白平衡(AWB)等特性,提供了较好的图像质量和灵活

性。同时,ESP32-CAM 的内置 WIFI,支持无线网络连接和数据传输,使得其可以通过无线网络将图像传输到云端或移动设备上^[11]。因此,针对安全需求

及以上优点,选择该摄像头模组,以实现实时监控与抓拍的功能。

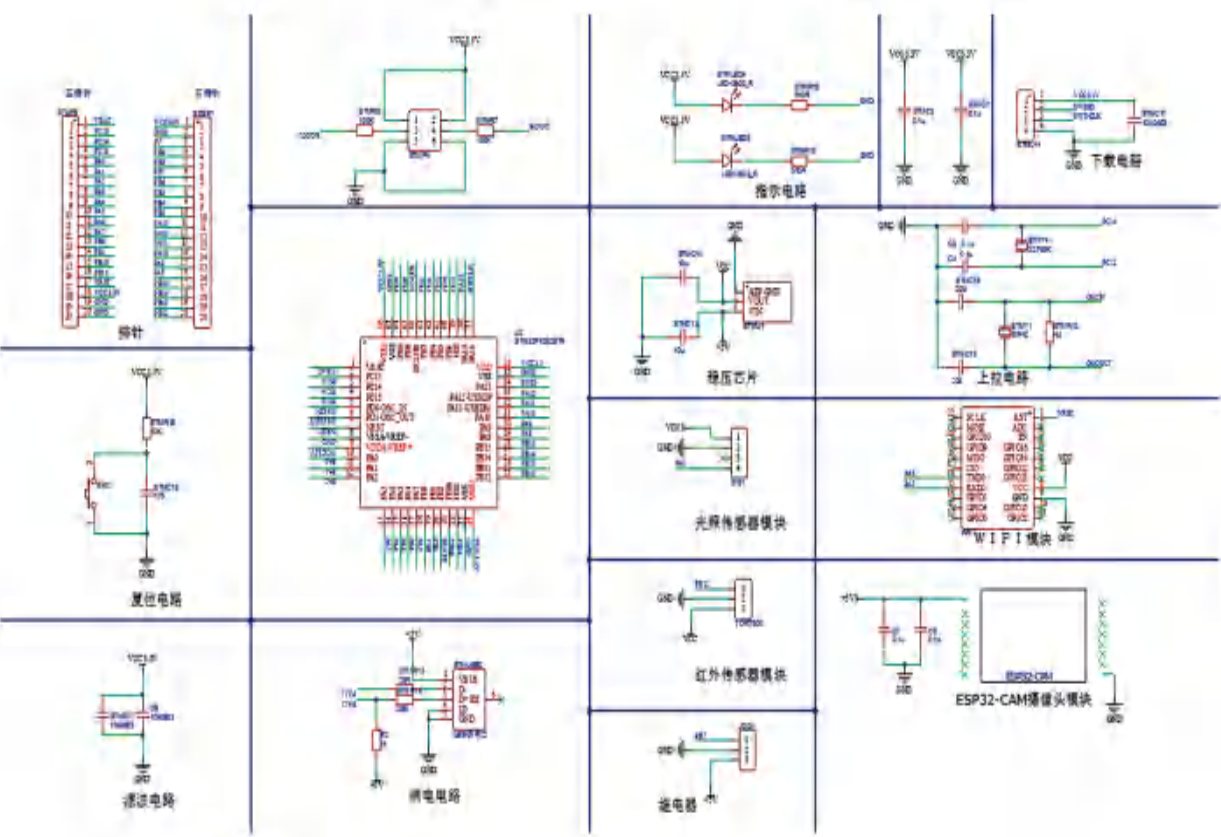


图 2 系统电路原理图
Fig. 2 System circuit schematic

1.3 软件设计

1.3.1 主程序设计

在主程序中,系统首先进行初始化,之后在 timer_loop() 函数中,用于定时器中断执行的任务,包括读取传感器数据、发送数据到服务器、接收用户指令等任务。当接收到用户端指令,身份验证通过则控制门锁打开,5 s 后自动关闭;反之,继续等待指令。

本设计通过 WIFI 模块使用 MQTT 协议实现门控端与百度 API 的通信,从而实现门禁控制功能。工作流程包括初始化 WIFI 模块、连接到 MQTT 服务器、门控端发送相应的 MQTT 报文等多个步骤。其中,初始化 WIFI 模块需要设置热点名称和密码,并连接到 WIFI 网络;连接到 MQTT 服务器需要建立 TCP 连接,订阅特定的主题,发布和接收消息,实现双向通信;门控端还需要发送相应的 MQTT 报文,才能与百度 API 建立有效的通信,从而实现门禁控

制、使用百度 API 进行人脸识别等功能。

1.3.2 用户界面设计

用户终端采用 APP 调用百度 API 进行设计,进入 APP 后需要输入用户名和密码进行登录,如果用户不存在将会提示错误。验证成功后,将进入主界面验证与门控端硬件电路的链接状态,即是否与门控端连在同一个 WIFI 下,如果未连接会有离线提示;如连接正常,用户可在用户菜单选择进入人脸识别、用户管理、监测控制与视频监控子界面,并在子界面选择完成相应功能。用户端程序设计框架如图 3 所示。

1.3.3 监控与抓拍程序设计

本设计采用 ESP32-CAM 摄像头模组,通过 WIFI 连接到用户端进行实时监控。摄像头模组需要在程序开始执行时进行初始化,包括设置参数、配置接口和引脚,并启动摄像头。成功初始化后,可以使用相应的指令或函数来捕获图像,并将其转换为数字图像数据。捕获的图像数据由 ESP32 专用图

像处理单元来执行,其中包括增强、滤波、裁剪等。实现实时监控,使用 WIFI 将捕获到的图像实时传输到 APP^[12]。检测到抓拍指令后,ESP32-CAM 会将处理后的图像传输到云端,最后在 APP 上显示。

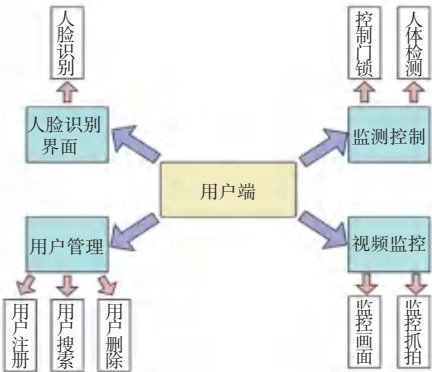


图 3 用户端界面设计框图

Fig. 3 Diagram of user interface design

2 系统功能测试

2.1 人脸识别测试

本设计最重要的功能是利用人脸识别进行用户身份验证。用户登录后,进入人脸识别子界面进行人脸识别时,要保证摄像头前方没有其它物体,用户应站在摄像头设备前方 30~100 cm 内。

对未进行登记的用户进行人脸识别时,检测界面下方会提示“没有找到该用户!”,此时门锁处于关闭状态,继电器右边绿灯呈灭的状态;对已登记注册的用户进行人脸识别时,界面会提示人员信息,并提示 5 s 后重新识别,此时继电器右边绿灯亮起,表示门锁已打开,持续 5 s 后门锁关闭,并重新识别人脸。经过测试,人脸识别开锁的功能已经实现。随后,对已注册用户与未注册用户进行了测试,分别测试已登记人数 10 人,未登记人数 10 人,每人测试 10 次,从而得到百度 API 人脸识别的精确度。

表 1 是错误拒绝率测试结果,按照测试内容对已登记的测试人员进行了 100 人次测试,其中 99 人次识别成功,1 人次识别失败,错误拒绝率为 1.0%。

表 1 错误拒绝率			
Table 1 Error rejection rate			
测试次数/ 人次	通过次数/ 人次	未通过次数/ 人次	错误 拒绝率/%
100	99	1	1.0

表 2 是错误接收率测试结果,按照测试内容对未登记的测试人员进行了 100 人次测试,其中识别成功 0 人次,识别失败 100 人次,错误接收率为 0%。

表 2 错误接收率

Table 2 Error reception rate			
测试次数/人次	通过次数/人次	未通过次数/人次	错误拒绝率/%
100	100	0	0

通过测试结果表明,系统错误接收率极低,未登记用户无法通过认证,保障了系统的安全性。系统错误拒绝率为 1%,通过再次测试,发现当阳光直射摄像头时,导致不能正常成像。

2.2 人脸识别的优势

在理想条件下,指纹识别的错误拒绝率可以低至 1%左右,错误拒绝率也能控制在较低水平,通常在 0.01%~0.10%。但在实际应用场景中,如手指有污渍、磨损或采集不佳时,错误拒绝率会上升 5%~10%,错误接受率也会出现波动^[13-14]。另外,随着数据库规模增大,指纹特征的相似性误判概率会增加,导致整体的识别准确率下降至 90%~95%^[15]。

对于智能卡识别,传统的磁条卡识别由于磁条容易受到磁场干扰、磨损等问题,错误率相对较高,整体准确率在 90%~98%。而 IC 卡识别的准确率在 95%~99%左右,但存在一些风险,如卡片克隆、读卡器故障等,导致身份的不唯一性^[16-17]。

相比之下,人脸识别系统采用先进的算法,能够适应不同的环境。通过以上的测试结果表明,在正常使用环境下,准确率达到了 99%以上。同时,人脸识别基于每个人独一无二的面部特征,能够准确识别每个个体,确保进入门禁区域的人员身份真实可靠^[18]。综上所述,人脸识别的准确率以及安全性的优势更大。

2.3 人体检测测试

用户端通过红外传感器反馈的数据进行判断,当有人距离门控端 30 cm 时,用户端将会判断门口有人,此时在监测控制界面可以看到人体一栏显示“有人”,若在视频监控界面,还可看到提醒“有人,抓拍!”,如图 4 和图 5 所示。



图 4 人体检测反馈图

Fig. 4 Human body detection feedback map

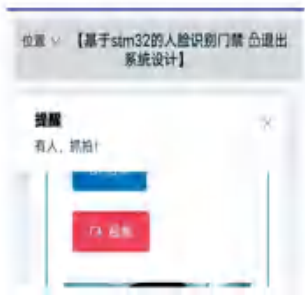


图 5 视频监控界面
Fig. 5 Video surveillance interface

3 结束语

为了将现代科技与传统门禁相结合,以提高家居的安全性及便捷性,本文设计一种基于人脸识别的智能家居门禁系统。通过对人脸识别测试的结果分析,该系统对用户身份的验证十分精准,并且设有实时监控的界面,极大提高了家居的安全性。同时系统设计有高效直观、易操作的用户 GUI 界面,给用户带来便捷的体验。该系统安全便捷、功能全面,具有较好的稳定性与实用性。

在实际应用中,可以使用热红外感应技术替换红外传感器,以提高人体检测的准确性。同时,可以将该系统与其它的智能家居系统相结合,以带来更好的使用体验。

参考文献

[1] 王二飞. 单片机技术在智能家居中的应用[J]. 信息与电脑(理论版),2022,34(20):197-200.
[2] 马玉茹,梁运吉,林科娇. 基于物联网的智能家居发展探究[J]. 智能建筑与智慧城市,2023(7):108-110.
[3] 刘婷. 基于物联网和云平台的智能家居系统设计[J]. 无线互联科技,2023,20(9):21-23.

[4] POIRIER D C, VISHNUHOTLA S R. A microprocessor - controlled door lock system[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1990, 36(2):129-136.
[5] NARENDIRA K V K. Design and development of e-passports using biometric access control system[J]. International Journal of Advanced Smart Sensor Network Systems,2012,2(3):51-62.
[6] LIU Hanwen, FENG Wei, TAN Xiaoyang, et al. Design of an intelligent home access control system based on deep learning and multimodal sensors[J]. Sensors and Actuators A Physical, 2020, 311:112098.
[7] Anonymous. Abode is Now Apple HomeKit Compatible [J]. TWICE,2020,35(1):50.
[8] 张波,王晶晶,肖宏伟,等. 基于语音识别和人脸识别的智能家居门禁系统设计[J]. 计算机工程与应用,2017,53(12):33-38.
[9] 刘建军. 基于 STM32 和树莓派的智能门禁系统[J]. 电子技术,2021,50(10):24-25.
[10] 蒋文美,杨海彬,李德威,等. 基于云端的公共智能防疫监控系统[J]. 物联网技术,2022,12(7):15-17.
[11] LIM J M, JUNG K D, KWON M Y. An image analysis system design using Arduino sensor and feature point extraction algorithm to prevent intrusion[J]. 인공지능연구,2021,9(2):1.
[12] KANAKARAJA P, SUNDAR P S, VAISHNAVI N, et al. IoT enabled advanced forest fire detecting and monitoring on Ubidots platform[J]. Materials Today: Proceedings, 2021,46(9):3907-3914.
[13] SMITH A, JOHNSON B. Biometric recognition technologies: A comparative analysis[J]. Biometrics Journal, 2015, 12(2):100-115.
[14] 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(9):151-155.
[15] 中国科学院北京国家技术转移中心. 基于大容量指纹识别的实时身份认证系统[J]. 中国科技信息,2022,688(23):1.
[16] GREEN E, WHITE F. Access control technologies; card - based systems and their limitations[J]. Security Systems Engineering, 2012,5(1):50-65.
[17] 朱晓林. 基于射频识别的嵌入式门禁系统设计[D]. 天津:河北工业大学,2012.
[18] 宋天慧,曾建,钱进. 基于单片机的智能家庭门禁系统的设计[J]. 电脑知识与技术,2023,19(7):98-101.