

摘 要

本文提出了一种基于 WIFI 的智能人脸指纹蓝牙多功能门锁系统，该系统利用了 Haar 特征分类器算法实现人脸检测和基于特征的人脸识别算法实现了人脸识别。STM32F407 开发板、OV2640 摄像头模组、4.3 寸 TFTLCD 显示屏等硬件都有采用，利用 220V 交流电源和 5V 触发继电器实现了门禁的自动开关控制。软件设计，利用 OpenCV 库实现了人脸检测和识别算法，通过对合法人脸数据集进行特征脸空间的计算和存储，实现了快速的人脸识别，经过实验验证，基于 STM32 单片机的自动人脸门禁控制系统，通过结合 Haar 特征分类器算法和基于特征的人脸识别算法，利用指纹模块进行开关锁设计，并结合 WIFI 模块进行数据的传输，使用蓝牙模块进行信息通信。实现了高效、准确、安全的人脸检测和识别功能。

关键词：人脸门禁；指纹模块；WIFI 模块；蓝牙

ABSTRACT

In this paper, an automatic face access control system based on STM32 single-chip microcomputer is proposed. The system uses Haar feature classifier algorithm to realize face detection and feature-based face recognition algorithm to realize face recognition. In terms of hardware, STM32F407 development board, OV2640 camera module, 4.3-inch TFTLCD display and other hardware are used, and the automatic switch control of access control is realized by 220V AC power supply and 5V trigger relay. The software design uses OpenCV library to realize the face detection and recognition algorithm. Through the calculation and storage of the characteristic face space of the legal face data set, the fast face recognition is realized. After the experimental verification, the automatic face access control system based on STM32 single-chip microcomputer, through combining Haar feature classifier algorithm and feature-based face recognition algorithm, uses the fingerprint module to design the switch lock, And combine with WIFI module for data transmission, and use Bluetooth module for information communication. It realizes efficient, accurate and safe face detection and recognition functions.

Key words: Face access control; Fingerprint module; WIFI module; Bluetooth

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究意义和目的.....	1
1.2 国内外研究现状.....	1
1.2.1 国外研究现状	1
1.2.2 国内研究现状	2
1.3 本文研究内容.....	2
第 2 章 人脸识别相关技术研究	4
2.1 人脸图像采集.....	4
2.2 人脸图像预处理.....	4
2.3 人脸检测算法研究.....	4
2.3.1 Haar 特征分类器	4
2.3.2 训练分类器	5
2.2.3 检测人脸	5
2.2.4 实现过程	5
2.4 人脸识别算法研究.....	5
2.4.1 数据准备	5
2.4.2 特征提取	5
2.4.3 模型训练	6
2.4.4 人脸识别	6
第 3 章 人脸门禁控制系统硬件系统设计	7
3.1 硬件整体方案设计.....	7
3.2 主控模块.....	7
3.3 摄像头人脸采集模块.....	8
3.4 温度采集模块.....	9
3.5 指纹模块.....	10
3.6 电磁锁控制模块.....	12
3.7 显示模块.....	13
3.8 蓝牙模块.....	14
3.9 WiFi 模块.....	15

第 4 章 软件程序设计	16
4.1 程序开发环境	16
4.2 主程序设计	16
4.3 人脸采集程序设计	17
4.4 人脸识别程序设计	18
4.5 温度采集程序设计	19
4.6 TFT 显示器程序设计	20
4.7 上位机程序设计思路	21
第 5 章 系统测试	23
5.1 硬件调试	23
5.2 系统程序调试	23
5.3 系统实物测试	24
5.4 测试结果分析	24
第 6 章 结论与展望	25
参考文献	26
致谢	27
附 录	28
附录 A: 原理图	28
附录 B: 部分程序	28

第 1 章 绪论

1.1 研究意义和目的

门禁系统作为一种安全管理系统，可以追溯到古代城门、城墙时代。随着科技的发展，门禁系统的形式不断发展，逐步实现了自动化、智能化、信息化等方面的提升 **ERROR! REFERENCE SOURCE NOT FOUND.**。20 世纪 70 年代，电子技术的发展促进了门禁系统的自动化和智能化发展。最早的门禁系统采用的是磁卡识别技术，需要通过磁卡进行身份验证。后来，随着射频技术和红外线技术的应用，门禁系统逐渐实现了无线感知和远程控制。21 世纪初广泛应用于门禁系统中，实现了对人体生物特征的高效识别和认证。同时，互联网技术的发展也使门禁系统实现了远程控制、数据共享和监控管理等功能。当前，门禁系统已经成为各种场所必备的安全管理系统，如企事业单位、学校、医院、公共场所等。随着人工智能技术、大数据技术的不断发展，门禁系统也将不断升级，更好地满足人们对安全和便捷的需求。人脸识别技术是近年来快速发展的一种生物识别技术，它能够对人脸图像进行特征提取和比对，从而实现对人脸的自动识别与认证。随着 STM32 单片机技术的不断发展，其在嵌入式系统领域中得到了广泛应用 **ERROR! REFERENCE SOURCE NOT FOUND.**。因此，基于 STM32 单片机的自动人脸门禁控制系统是目前研究的热点之一。

通过对算法的优化和改进，可以提高门禁系统的识别能力和稳定性。在门禁系统的研究中，需要考虑到门禁设备的硬件设计、人脸识别算法的优化、门禁控制策略的制定等方面 **ERROR! REFERENCE SOURCE NOT FOUND.**。通过将 STM32 单片机和人脸识别技术相结合，可以实现门禁系统的高效运行，提高门禁系统的安全性和稳定性。因此，基于 STM32 单片机自动人脸门禁控制系统的研究具有重要的实际意义和应用价值。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

人脸识别门禁系统随着计算机视觉和人工智能技术的迅猛发展，在国外已有广泛的研究和应用。本文将从技术、应用及发展趋势三个方面介绍目前国外在人脸识别门禁系统设计方面的研究现状。

基于深度学习的人脸识别算法在最近几年取得了非常显著的进展，具有更好的识别精度和鲁棒性。例如，Facebook 提出的 DeepFace 算法、Google 提出的 FaceNet 算法和微软提出的 DeepID 等算法，在人脸识别领域都取得了很好的成果 **Error! Reference source not found.**。应

用方面，国外人脸识别门禁系统在各个领域都得到了广泛的应用。人脸识别门禁系统在机场、火车站、地铁站等公共场所广泛使用，可以快速识别犯罪嫌疑人和可疑人员。

在金融领域，人脸识别门禁系统被广泛应用于银行、ATM 等场所，可以有效识别用户身份，防止欺诈和盗窃 **Error! Reference source not found.**。在教育领域，人脸识别门禁系统被广泛应用于学校、图书馆等场所，可以识别学生身份，防止非法进入 **Error! Reference source not found.**。

发展趋势方面，国外学者正在努力研究和开发更加智能化、安全化、实用化的人脸识别门禁系统。例如，针对虹膜和面部特征的多模态生物识别技术被广泛研究，以提高系统的安全性和鲁棒性。同时，基于云计算、大数据和物联网技术的智能化门禁系统也受到了广泛关注。这些系统可以实现远程监控、数据共享和智能化控制，为人们提供更加便捷和安全的 living 环境。

国外人脸识别门禁系统在技术、应用和发展趋势方面都取得了非常显著的进展和成果。然而，也存在一些问题和挑战，例如隐私保护、系统安全、识别准确度等方面仍有待解决。因此，未来的研究方向将集中在解决这些问题，提高系统的可靠性和智能化程度。同时，国际间的合作和交流也将得到进一步加强，以推动人脸识别门禁系统的进一步发展和应用。

1.2.2 国内研究现状

国内的许多专家在人脸识别算法研究方面也做了大量工作。虽然国内在人脸识别门禁系统领域的发展相对于外国来说起步较晚，但伴随着人工智能技术的快速发展，我国的人脸识别技术已经逐渐赶上国外的水平。国内学者也采用了类似于 PCA、LDA、Gabor 滤波等算法，同时也将深度学习技术应用于人脸识别门禁系统。例如，中科院自动化研究所提出的 DeepID3 算法、商汤科技提出的 DeepID2+ 算法等，均取得了不错的识别效果 **Error! Reference source not found.**。

国内人脸识别门禁系统在技术、应用和发展趋势方面都取得了显著的进展和成果，但也存在一些问题和挑战，如识别准确度、对多角度、遮挡、光照等情况的适应性、大规模人口数据的处理等方面仍有待解决 **Error! Reference source not found.**。此外，随着人工智能技术的发展，越来越多的学者开始关注人脸识别技术的可解释性和公正性，以及个人隐私的保护。因此，未来的研究方向将围绕这些问题展开，以提高人脸识别门禁系统的智能化、安全性和可靠性 **Error! Reference source not found.**。同时，加强国内外的学术交流和合作也是非常重要的，以推动人脸识别门禁系统的进一步发展和应用。

人脸识别门禁系统在国内外的研究和应用已经取得了不俗的成果，但也面临一些挑战和问题。未来的研究方向将集中在提高识别准确度、适应性、安全性和智能化程度等方面，并加强国内外学术交流和合作，以推动人脸识别门禁系统的进一步发展和应用，为人们提供更加便捷和安全的 living 环境。

1.3 本文研究内容

该设计以 STM32 单片机自动人脸门禁控制系统为基础，通过人脸识别算法研究，对 STM32 单片机进行编程

、硬件设计和系统集成与测试等方面，实现门禁系统的自动化控制和人脸识别功能，提高门禁系统的智能化、安全性和可靠性。研究内容主要包括以下几个方面：

（1）人脸识别算法研究：针对当前一些常见的人脸识别算法，比如卷积神经网络和循环神经网络等进行深度研究与优化，进而提高系统识别的准确度。

（2）STM32 单片机编程：主要使用 Keil uVision 编程软件来编写 STM32 单片机的程序，实现人脸图像的采集、处理和识别，并控制门禁系统的开关。

（3）硬件设计：设计门禁系统的硬件电路，包括摄像头、显示屏、开关等元件的选型和连接方式。

（4）系统集成与测试：将硬件电路和 STM32 单片机程序进行集成，进行系统测试和调试，确保系统的可靠性和稳定性。

第 2 章 人脸识别相关技术研究

2.1 人脸图像采集

在开展关于人脸识别研究之前，需要大量的人脸图像样本作为样本库。目前常用的数据库有 Feret 人脸数据库，ORL 人脸数据库和 AR 人脸数据库等。在做人脸识别之前，先把人的脸收集起来，这是一个必备的前提条件。采集到的人脸图像需通过摄像机 A/D 转换，系统在接收到转换后的数字信号之后然后将其进行存储，为下一步骤的研究提供信息。用不同的人脸采集设备或者拍摄条件的不同会导致采集人脸图像有差异，所以需要选择质量更加完美的设备再进行采集，并进一步提高算法的准确度，以至提高系统的整体运行速度和识别精度。

2.2 人脸图像预处理

进行人脸图像采集这一步骤时，不可避免会受到外界一些因素的制约，比如周边环境、光照等，所以采集到的人脸图像质量会有一定差异。因此，需要对采集到的人脸图像进行预处理，从而降低后续的运算次数。外界常见的干扰因素有也有后台。光线对画面的捕捉影响很大，过暗或过亮的光线会破坏画面造成画面畸变程度不同。背景也是不可忽视的干扰因素，相机摄像头比不过人眼那么灵敏，从背景中很难精准识别到采集目标。对于一些简单、单一的背景，人脸图像采集难度也相对简单，反之，相对于复杂的背景，会增加人脸图像采集和提取的难度。因此，选择适当的采集设备和处理算法，以提高采集质量和后续处理效率，是人脸识别研究的重点。

2.3 人脸检测算法研究

Haar 人脸检测算法是通过训练分类器对图像中的检测的一种基于机器学习的检测算法。

2.3.1 Haar 特征分类器

Haar 特征是基于矩阵计算的图像特征，可以用来描述图像区域亮度与纹理特点。由多个 Haar 特征组成的分类器叫做 Haar 特征分类器，每个 Haar 特征都可被视为一种模式。通过学习和训练样本图像，可以得到各模式的分类器阈值与权重。Haar 特征分类器可以通过级联的方式将其组合在一起，变成一个层级的分类器，从而提高检测的准确率。

2.3.2 训练分类器

训练分类器对正负样本图像的质量要求很高。正样本通常是指包含人脸的形象，负样本是指不包含人脸的形象。第一步，要对正样本以及负样本图像进行特征提取，得出各图像的 Haar 特征向量。接下来，每个 Haar 特征向量会通过 Adaboost 算法进行权重分配，进而再得到一个弱分类器。然后，把弱分类器组合成级联的 Haar 特征分类器。

2.2.3 检测人脸

检测人脸需要使用训练好的 Haar 特征分类器。首先，需要将待检测的图像按照不同的大小和比例进行缩放，得到多个不同大小的图像。然后，在每个图像中滑动分类器，检测其中是否包含人脸。对于每个检测到的人脸，可以计算其位置和大小，并进行进一步的识别和跟踪。需要注意的是，Haar 特征分类器虽然在人脸检测领域有一定的应用，但其性能相对较低，可能存在较高的误检和漏检率。在实际应用中，一般采用更先进的深度学习方法，如基于卷积神经网络的人脸检测方法，可以获得更好的性能。

2.2.4 实现过程

在实现过程中，人脸检测需要使用 OpenCV 库中提供的 Haar 特征分类器功能。首先需要加载训练好的 Haar 特征分类器模型，然后调用 OpenCV 提供的检测功能。对于每一个检测到的人脸，可以通过 OpenCV 提供的函数获取其位置和大小，并进行进一步的处理和识别。

2.4 人脸识别算法研究

人脸识别是一种图像处理技术，目的是从图像或视频中对人脸进行识别与认证。该设计实现门禁系统人脸识别是以特征为基础的人脸识别算法，把采集到的人脸特征向量和之前收集好的人脸特征向量进行比对，从而实现人脸识别算法。实现过程如下：

2.4.1 数据准备

收集合法人脸数据集，包括多张人脸图片，每张图片都需要经过标准化处理，包括对齐、缩放、裁剪等。同时需要为每个人脸指定一个唯一的标识符，作为后续识别的参考。采集人脸图像并将其转换为灰度图像，然后对灰度图像进行直方图均衡化或其他预处理操作，以提高图像的对比度和质量。

2.4.2 特征提取

使用特征提取算法（如局部二值模式 LBP 算法、主成分分析 PCA 算法、线性判别分析 LDA 算法等）从对齐后的人脸图像中提取出人脸的特征向量，这些特征向量可以用来表示每个人脸的唯一特征。将每张经过标准化处理的人脸图像，转化为高维的向量表示。这里采用主成分分析（PCA）算法进行特征提取，将高维向量映射到一个低维度的空间中。PCA 算法的目的是减少特征向量的维度，去除冗余的信息。

2.4.3 模型训练

采用已经提取好的特征向量，训练一个分类器模型，可以使用支持向量机（SVM）或者 k 最近邻（KNN）算法进行训练。在训练过程中，需要对数据集进行分割，其中一部分是对模型进行训练，另一部分测试模型的精确度。

2.4.4 人脸识别

对于待识别的人脸图像，同样需要进行标准化处理，并提取特征向量。接着，将特征向量输入训练好的模型，判断其属于哪一个已知的人脸类别。通常使用欧氏距离或余弦相似度等距离度量方法来判断特征向量之间的相似度。在识别过程中，将输入的人脸图像经过预处理和对齐后，使用同样的特征提取算法提取其特征向量，然后将其与存储在数据库中的所有人脸特征向量进行比较，选取与其最相似的特征向量作为其身份识别结果。

第 3 章 人脸门禁控制系统硬件系统设计

3.1 硬件整体方案设计

本设计基于 STM32 单片机自动人脸门禁控制系统，主要硬件包含 STM32F407ZGT6 芯片主控芯片开发板、OV2640 摄像头模块、SD 卡、电磁锁、继电器和 3.5 寸 RGB 屏幕。人脸门禁控制系统主要包含人脸识别部分以及门禁控制部分。

系统采用 OV2640 摄像头模块连接到 STM32F407ZGT6 单片机开发板的 DCMI 接口，然后通过 DMA 方式将摄像头采集到的图像信息传送到 FSMC 接口，通过这一系列处理来实现人脸识别。此部分利用了 DCMI 接口的高速数据传输特性，实现了快速高效的图像采集和处理。门禁控制部分主要通过单片机对门禁的电磁锁进行控制，根据人脸识别的结果控制门禁电磁锁是否打开。由于电磁锁功率较高，设计了电磁锁驱动模块来实现控制。这部分利用了 STM32 单片机的 GPIO 输出功能，通过继电器和电磁锁驱动模块实现了对门禁电磁锁的可靠控制。整体系统的框图如图 3-1 所示，展示了系统的硬件组成和数据流向，实现了基于 STM32 单片机的自动人脸门禁控制系统。通过人脸识别部分和门禁控制部分的协同工作，实现了高效安全的门禁系统，保障了门禁的安全性和可靠性。

图 3-1 系统整体框图

3.2 主控模块

该设计采用正点原子探索者 V3 STM32F407 开发板作为主控模板，主控芯片是 STM32F407ZGT6，STM32F407ZGT6 是基于意法半导体(STMicroelectronics)公司的 STM32F407ZGT6 单片机设计的开发板，是一款功能强大、性能优越的微控制器开发平台。同时还配置了许多外设接口，包括 USB、CAN、SPI、I2C 等，可支持多种通讯协议和应用场景。此外，STM32F407ZGT6 开发板还配备了丰富的外设和扩展接口，包括 LED 指示灯、按键、串口、SD 卡、以太网口等，可方便地与其他外围设备连接和通信。同时，该开发板支持 JTAG 和 SWD 两种调试方式，可方便地进行程序烧录和调试，为开发者提供了一个高效、稳定的开发平台。STM32F407ZGT6 开发板是一款性能优越、扩展性强的微控制器开发平台，适用人脸门禁控制系统的应用场景和开发需求。STM32F407 开发板如图 3-2 所示。

STM32F103C8T6 是一款基于 ARM 内核的芯片，具有以下优点：

处理能力强：搭载 Cortex-M3 内核，最高主频为 72MHz，能够迅速处理各种复杂的控制任务。

外设支持全面：内部集成有多种常用外设，如 ADC、I2C、SPI、USART 等，可以满足各种应用的需求。

扩展性强：STM32F103C8T6 提供了多种扩展接口，可连接更多的外设或接入外部存储器。

低功耗：该芯片提供多种低功耗模式，可以在保证性能的同时降低功耗。

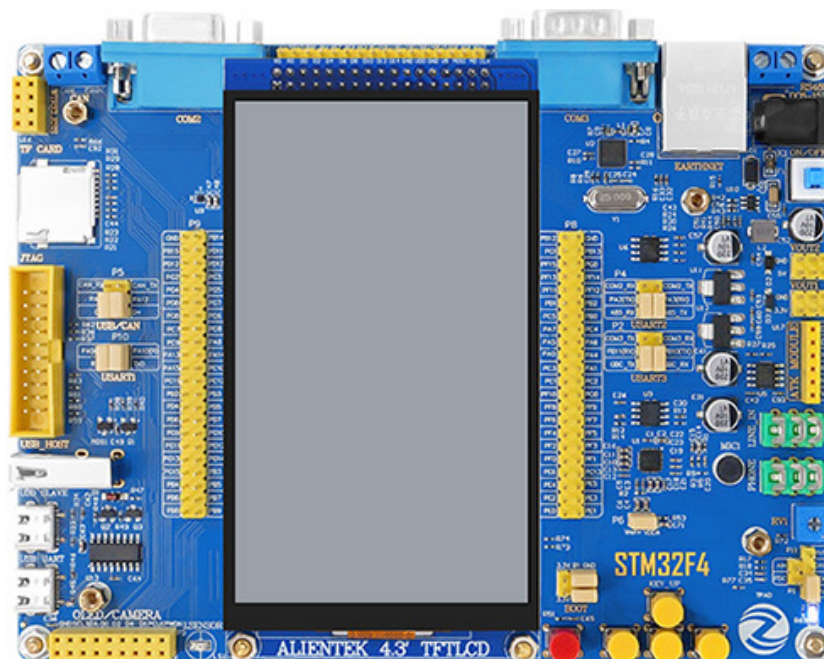


图 3-2 STM32F407 开发板

3.3 摄像头人脸采集模块

本设计采用 OV2640 摄像头模组实现人脸图像采集，OV2640 摄像头模组是一种小型化的图像采集设备，常用于物联网、嵌入式系统、机器视觉等领域。该模组具有 800 万像素的高分辨率、支持 JPEG 输出、自动曝光控制、自动白平衡调节等功能，非常适合于人脸数据采集。在设计过程中，首先，将 OV2640 摄像头模组连接至 STM32F407ZGT6 开发板的相应引脚上，然后在开发板上编写相应的程序，实现摄像头的初始化和数据采集。在程序中，需要设置摄像头的分辨率、帧率、图像输出格式等参数，并对摄像头的曝光时间和白平衡进行自动调节，以保证采集到的人脸数据具有较高的清晰度和真实性。然后，利用开发板上的 SD 卡存储器，将采集到的人脸图像数据保存到 SD 卡中。OV2640 摄像头模组如图 3-3 所示。

OV2640 摄像头模块是一款常见的图像传感器模块，具有以下优势：

高分辨率：OV2640 摄像头模块具有 200 万像素的分辨率，可提供清晰、细致的图像捕捉和视频录制。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/155334234231011130>