

文章编号:1000-582X(2004)09-0026-03

基于 DSP 的指纹识别模块设计与实现

胡小虹,李见为,刘元兵

(重庆大学 教育部光电技术及系统重点实验室,重庆 400030)

摘要:提出了一种以定点 DSP 芯片 TMS320VC5410 及 FPS200 指纹采集传感器为核心的自动指纹识别模块,并对指纹识别算法采用 DSP 专用汇编指令集与 C 语言混合编程的方法,以此实现了一个高效低功耗的嵌入式系统。文中介绍了其组成原理、硬件结构设计、系统功能设计、图像采集电路的实现,以及指纹识别算法的处理流程和实现方法。通过试验,该模块的采集效率高、识别速度快且准确可靠,总体性能是令人满意的。

关键词:指纹识别; DSP; 传感器; 识别算法

中图分类号:TP 391.41

文献标识码:A

指纹识别是生物特征识别技术中最重要、应用最广泛的技术。它利用指纹特征的唯一性和终身不变性对个人身份进行认证,具有极高的安全性和易用性。随着计算机硬件性能的飞速提高和价格的不断降低,指纹识别技术已经突破司法、刑侦领域进入民用领域,并取得了快速的发展。

民用指纹识别市场以普通大众为目标,实现方便、快捷、高效、安全的个人身份认证功能。人们对易用性、方便性和舒适性的追求,促使指纹识别设备向小型化、嵌入式和全自动方向发展,这对指纹识别设备的设计与实现提出了重大的挑战。

笔者设计并实现了一种基于 DSP 的指纹识别独立模块,可以脱机工作,也可通过接口进行二次开发,从而方便快捷地整合到其它系统中去。整个模块具有体积小、成本低、开发简单、应用灵活等优点。本文内容包括 3 个部分:自动指纹识别模块组成原理,系统软、硬件设计与实现,以及实验结果。

1 自动指纹识别模块组成原理

自动指纹识别模块的基本原理如图 1 所示:

图 1 中,图像采集模块负责采集用户的指纹图像,并将其转换为二进制数据输出。目前常用的指纹传感器有光学指纹传感器、固态晶体传感器和超声波传感器。指纹图像的质量将直接影响系统的整体性能。

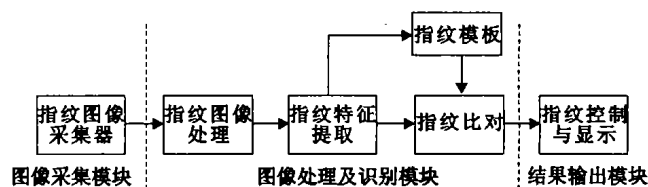


图 1 自动指纹识别模块框图

图像处理与识别模块实现了整套指纹识别算法。该模块对输入的指纹图像进行预处理、后处理和特征提取,然后将得到的指纹特征数据(指纹模板)登记到指纹库,或是和已有的指纹模板进行匹配识别。这是系统的核心。

结果输出模块则根据前面指纹比对的情况,显示比对结果或者直接输出相应的显示控制信号。

2 系统硬件设计与实现

2.1 结构组成及特点

系统采用美国德州仪器(TI)公司的高性能定点 DSP 芯片 TMS320VC5410^[1]进行指纹识别算法的运算。该芯片采用地址总线 and 数据总线分开的多总线结构,能进行非流水线的单周期乘/累加并行操作。内部还具有锁相环,可用软件设定时钟倍频,能达到 100 MIPS,从而有效提高算法的运行速度。该芯片采用 3.3 V 和 2.5 V 的双电压供电,可工作在三种低功耗状态,休眠状态下只有 2.5 V 的核电压供电系统工作,大

• 收稿日期:2004-04-10

作者简介:胡小虹(1979-),女,江西宜春人,重庆大学硕士生,主要研究方向为图像获取、处理技术及系统。

大降低了功耗。芯片提供的多种外部接口更为系统功能扩展提供了丰富的资源。

系统的硬件结构如图2所示:

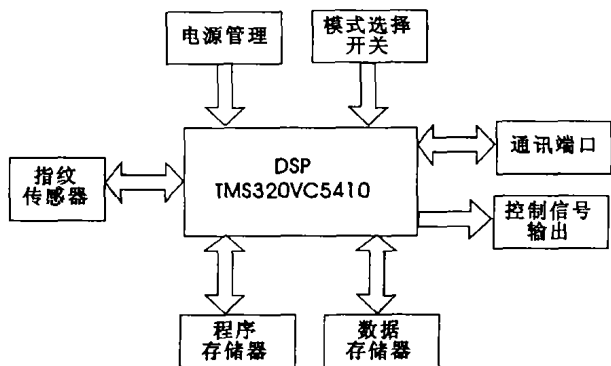


图2 系统硬件结构

系统包括 DSP 芯片 TMS320VC5410、指纹传感器 FPS200、程序存储器和数据存储器、RS232 通讯接口、扩展 SPI 接口、电源管理芯片等几个主要部分。使用了两类存储器,SRAM 用于存放运算中的临时指纹图像,FLASH 则是用于存放程序代码和指纹特征模板。电源管理模块可提供 3.3 V 和 2.5 V 电压。系统带有 LED 以及结果输出信号线,用于指示比对结果及控制信号的输出。模式选择开关则用于设定和选择系统上电后的 3 种工作方式:

- 1) 指纹录入方式:录入新的指纹到指纹模板库。
- 2) 指纹比对方式:将输入指纹与指纹模板库中的指纹搜索比对,输出比对结果。
- 3) 上位机命令方式:通过接口函数,系统在上位机的命令下完成指纹录入、比对等工作,这是在二次开发系统中使用的工作方式。

5410 没有集成通用的异步缓冲串口,利用片上 2 个专用输入输出引脚 XF 和 BIO/模拟 RS232 数据接收和发送时序,以此实现异步串口通讯。芯片上的 3 组多通道缓冲串口也可作为通用 I/O 引脚使用,可利用它们扩展 SPI 接口、指示信号输出、以及模式选择开关等。

指纹图像的数据量大,FPS200 采集的指纹图像为 256×300 像素(字节),运行指纹识别算法和存储特征模板均需大量存储空间。本系统对存储资源进行了合理的分配管理。系统外部存储器包括 128 K 字(2 字节/字)的 FLASH 和 512 K 字的 SRAM。程序代码消耗 64 K 的 FLASH;算法运行过程中的临时指纹图像数据存放于片外 SRAM,每幅指纹图像大小为 77 K;最后的指纹特征模板则存储于 FLASH EEPROM 当中,方便于使用过程中进行添加或删除。指纹传感器则通过 IOSTRB 选通线映射到 I/O 空间,以此避免了总线冲突的问题。

2.2 图像采集电路及接口

图像采集电路是系统中极其重要的组成部分,高质量的指纹图像可以在很大程度上降低指纹识别算法的复杂度,提高系统整体性能。

系统采用了美国 Veridicom 公司的 FPS200 电容式固态指纹传感器^[2]作为核心。该传感器体积小、功耗低、具有自动探测指纹功能。它采用 CMOS 技术制造,获取的图像为 256×300 像素,分辨率为 500 dpi。传感器提供了三种接口方式:即 8 位微机总线接口、集成 USB 全速接口、集成 SPI 接口。本文采用 8 位微机总线接口方式。

FPS200 指纹传感器表面集成了 256×300 个电容,通过手指接触时电容的充放电来获取指纹图像。传感器的灵敏度可通过读写其内部的放电电流寄存器(DCR)、放电时间寄存器(DTR)和增益控制寄存器(PGC)来进行控制。对传感器的所有控制操作都通过读写内部的 19 个索引寄存器和数据寄存器来完成。

FPS200 与 DSP 的电路接口如图 3 所示:

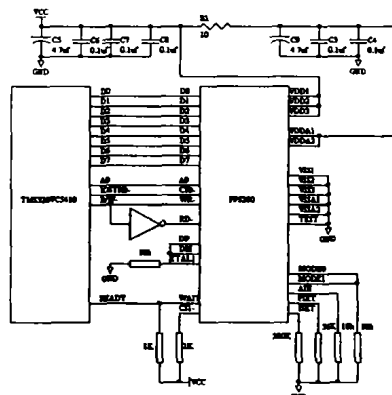


图3 FPS200与DSP的接口电路

在图3的MCU接口方式中,通过DSP的IOSTRB选通线将传感器映射到DSP的I/O空间,与DSP低8位数据线进行并行传输。A0作为地址选通线,为低时选通地址索引寄存器,为高时选通数据缓冲器。

指纹图像的采集效果与传感器的三个寄存器(DTR、DCR和PGE)的参数值的设定有关,通过反复实验,当参数值为DCR = 0x02、DTR = 0x40、PGC = 0x0B时,现场采集到的指纹图像纹线清晰,抗噪性好,有助于提高系统的整体性能。

3 指纹识别算法

系统中指纹图像处理及识别算法均在DSP中实现,关键代码直接采用汇编指令^[3]编写,充分利用DSP功能强大的汇编指令集和其结构特点,并与C语言结合进行混合编程,提高了算法的运行效率。

指纹识别算法^[4]的流程如图4所示。

指纹图像处理主要包括预处理和后处理两大部

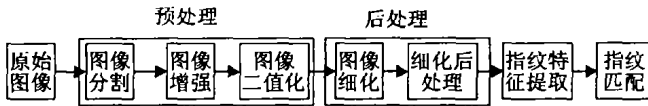


图4 指纹识别算法流程

分。预处理又包括指纹图像分割、图像增强和二值化。

指纹图像分割的目的是从指纹图像中分离出清晰的指纹区域和有噪声但仍可以恢复的指纹区域,使后续处理能够集中于这些有效区域进行。我们实现了一种指纹图像的多级(三级)分割算法:第一级分割背景,第二级从前景中识别出模糊区域,第三级则从模糊区域中分割掉不可恢复的指纹区域部分。实验表明,该算法能够精确地对不同类型的指纹图像进行分割,具有很强的自适应性。

在图像增强部分,笔者实现了基于 Gabor 滤波器^[5]和方向滤波器的复合图像增强算法。该算法结合 Gabor 滤波器善于分离粘连脊线和方向滤波器善于连接断裂脊线的特性,能对低质量指纹图像进行有效增强。同时,将二值化运算提前到图像增强阶段进行,图像增强后即直接输出二值指纹图像,有效减少了总体处理时间。

后处理阶段对二值指纹图像进行细化,并修复细化后骨架线上的毛刺、粘连、桥、环等假特征结构。文中采用一种最近邻点方式抽取纹线骨架,满足了指纹细化的保持性、连接性、中轴性和快速性要求。

原始指纹灰度图经过预处理和细化后处理,图像线纹清晰、流畅,间距大致相同,脊线基本没有断裂和粘连,而原图像中存在的一些断裂和粘连又被有效地连接和分离。指纹图像处理结果如图5所示:

在特征提取阶段,选择脊线端点和分歧点作为特征点,记录每一特征点的类别、位置和方向信息,从而得到特征点集(特征模板)。通常对同一枚指纹提取2~3个样本,分别对这些样本进行预处理、后处理和特征提取,根据特征点间的相互位置关系判断样本图像是否两两匹配,并由特征点被匹配的次数确定特征点的匹配权值。从样本图像中找出权值大于给定阈值的特征点,以这些特征为模板建立特征模板并存储在数据库中。对待匹配的指纹图像,经预处理、后处理和特征提取后,得到一个特征模板,该模板与指纹数据库中已有的模板进行比较,最终得到识别结果。



(a)原始指纹图像

(b)分割后的图像



图5 指纹图像处理

对该模块在现场应用环境中进行了实验。实验数据显示,指纹录入时间小于0.5 s,处理及比对时间小于1 s;在误识率(FAR)小于0.01%的情况下,拒识率(FRR)小于3%,结果是令人满意的。

4 结论

本文提出并实现了一种基于 DSP 的嵌入式自动指纹识别模块。它既能脱机工作,又可以通过接口进行二次开发,具有体积小、功耗低、使用方式灵活的特点。实验数据表明,该模块总体性能是令人满意的。

参考文献:

- [1] TEXAS INSTRUMENTS. TMS320VC5410 Fixed-point digital signal processor data Manual [DB/OL]. <http://focus.ti.com/lit/ds/sprs075e/sprs075e.pdf>, 2000.
- [2] VERIDICOM. FPS200 Data Sheet V2.1 [M/CD]. America, 2002.
- [3] TEXAS INSTRUMENTS. TMS320C54x Instruction Set Simulator Technical Overview [DB/OL]. <http://focus.ti.com/lit/ug/spru598a/spru598a.pdf>, 2002.
- [4] 王崇文. 自动指纹识别方法研究 [D]. 重庆:重庆大学, 2002.
- [5] LING HONG, WAN YIFEI, ANIL K JAIN. Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation [J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1997, 20(1): 777-789.
- [6] ANDY SURYA RIKIN, WANG YIWEN, TARO NAKADA. Realization of fingerprint identification module on DSP board [C]. Proceedings of 2002 IEEE Asia Pacific Conference on Circuit and System, 2002: 509-512.

[8] HWANG C L, CHAU JAN. Optimal and reinforced robustness designs of fuzzy variable structure tracking control for a

piezoelectric actuator system[J]. IEEE Transaction on Fuzzy System, 2003, 11(4): 507-517.

Fuzzy Adaptive Variable Structure Control of Speed Process of DC Motor

YANG Zhi-ping^{1,2}, CHAO Chang-xiu²

(1. Department of Modern Education Technology, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

2. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The load changed of motor affects normal run. If it is not adjusted, the state of motor will become poor, while it affects steady of the system. This paper presents an efficient method for the motor speed controlling, it applies Takagi-Sugeno's method that each linear submodels are connected for fuzzy algorithm, an algorithm of the fuzzy model identifying and fuzzy control is fulfilled through whole nonlinear model which are replaced with local linear models. It makes speed of motor to maintain steady, and variable structure control is applied to guarantee performance of dynamic flowing for process controlled, the design of stability and robustness is proposed in the scheme. Practice running results show that it is efficient that uncertain dynamic processes are controlled.

Key words: speed controlled of motor; uncertain course; fuzzy connecting of sub-models; fuzzy adaptive control; fuzzy variable structure control

(编辑 吕赛英)

(上接第 28 页)

Design and Implementation of Fingerprint Identification Module Based on DSP Chip

HU Xiao-hong, LI Jian-wei, LIU Yuan-bing

(Key Laboratory of Optoelectronic Technology and System Under the State Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: An automatic fingerprint identification module based on the fixed DSP chip TMS320VC5410 and the fingerprint sensor FPS200 is presented. The program of fingerprint identification algorithm mixes the assemble language and C, which implements a high effective and low cost embedded system. The software and hardware design and implementation of this system are introduced later. In experiments, the module is fast speed and accurate, and takes a very good performance.

Key words: fingerprint identification; DSP; sensor; identification algorithm

(编辑 张小强)