

DM642 在机器视觉中的应用研究

Applied Research of DM642 in Machine Vision

(天津工程师范学院)刘媛 邢志刚 张健 王娟

LIU YUAN BING ZHIGANG ZHANG JIAN WNG JUAN

摘要:在高端嵌入式平台 TI TMS320DM642 基础上,完成了机器视觉系统的总体设计,具体给出了系统硬件设计和系统软件设计。在 PC 平台上进行了机器视觉相关算法的验证和实现。以门牌识别为例,详细介绍了机器视觉算法在 DM642 平台上的移植和优化的实现过程。最后对本文所研究的系统功能和创新点进行了总结。实际应用表明,本文设计的机器视觉系统具有较好的合理性和实用性。

关键词:数字信号处理器;机器视觉;小波;神经网络

中图分类号:TP368

文献标识码:A

Abstract:The general design of machine vision, based on TI TMS320DM642, a kind of high-end embedded platform, is proposed. The hardware and the software design of the machine vision system are given. The relative arithmetic are verified and fulfilled on the PC platform. The program migration from PC to DSP and the program optimization on the TI TMS320DM642 platform are introduced at length, and the demonstration is give by the doorplate recognition process. The system function and the innovation of the work are summarized. Practical application indicates the rationality and practicality of the system design.

Key words:DSP,Machine vision,Wavelet,Neural network

技
术
创
新

目前,一般机器视觉信息处理平台主要有(1)基于通用 PC:主要是用软件实现图像处理和识别,能够提供中等的图像处理和识别能力,但是要占用 CPU 过多的处理能力;(2)基于通用 DSP 芯片:优点是设计简便、灵活,特别适合于新型产品的研究开发;(3)基于可编程 FPGA:采用的是硬件描述语言(VHDL),用其开发图像处理算法难度较大。

机器视觉中,图像处理与识别技术的特点是处理的数据量大,计算复杂,计算中间结果精度要求高,具有大量的乘法运算,并且在实现机器人视觉方面实时性要求较高;而 DSP 具有运算速度快,精度高,有专门的硬件乘法器,可实现单周期乘法与累加的运算等特点,所以特别适合运用在对实时性要求较高的场合。DM642 是 TI 公司推出的专门用于处理视频图像和语音的微处理器,具有速度快,并行处理能力强等特点,非常适合于图像实时地处理与识别。本文在国家自然科学基金(60575048)“竞争型机器人遥操作机理的研究”,以及教育部科学技术研究重点项目(205010)“基于远程脑的隔离病房机器人”的研发的资助下,开展了 DM642 在机器视觉中的应用研究,完成了较为实用的基于 DM642 的机器视觉应用系统。

1 TI DM642 DSP 简介

DM642 是德州仪器(TI)公司最新推出的针对多媒体处理领域应用的 DSP。DM642 建立在 C64x DSP 核心架构基础上,采用德州仪器公司开发的第二代高性能长指令架构 VelociTI.2TM,其每个乘法器对于每个时间周期内可执行两个 16 位乘以 16 位的乘法或者四个 8 位乘以 8 位的乘法。另外六个算术逻辑单

元,在每个时间周期内可执行两个 16 位或 8 位的加减、比较、移位等运算。在并行架构下,每个时间周期最高可执行八个指令,且在 600MHz 频率下,DM642 每秒可执行 24 亿次 16 位的乘累加或 48 亿次 8 位的乘累加。在这种强大运算能力下,对于复杂度较高与数据量较大的视频编码以及图像处理可进行实时的数据运算,并提供相关的指令集,例如图像与视频处理库(Image and Video Processing Library),让开发者能够更加容易的开发图像或视频的相关产品。

2 系统的总体设计思路

由于图像识别算法的设计需要大量的测试和分析,而直接在嵌入式环境下对其进行开发以及调试都相对比较困难,因此,本文针对 DSP 开发图像识别算法,总体设计思路和开发步骤为视觉处理的相关算法首先在 PC 平台上进行验证和实现,进而移植到 DSP 平台上,并加以优化。

2.1 系统的硬件结构设计

本文硬件平台系统原理框图如图 1 所示:摄像机选用普通的 PAL 制式彩色摄像机,解码芯片采用 TVP5150;外扩 2 个大小为 4Mx32 位的 SDRAM。外扩的 FLASH 大小为 4Mx8 位;RS-232 电平转换芯片选用 TL16C752BPT;TVP5150A 是一种超低功耗的 NTSC/PAL/SECAM 的视频解码芯片,可以把 NTSC/PAL/SECAM 转换成 8-bit ITU-R BT.656 格式。

2.2 系统的软件流程设计

下面以机器视觉中比较典型的问题——门牌号识别为例,介绍 DM642 在机器视觉中的应用。门牌号识别算法主要功能模块如图 2 所示。

3 视觉相关算法在 PC 平台上的验证与实现

门牌号识别算法方案确定后,需要在 PC 平台上进行验证,

刘媛:讲师 硕士

基金资助:国家自然科学基金(60575048),教育部科学技术研究重点项目(205010)

测试其实际效果,调整相关参数,为算法移植到 DSP 平台上实现做好准备。本文使用集成开发环境 Visual C++,充分利用微软基本类库(MFC),从而加快开发速度、提高开发效率。本文为了测试识别算法,开发了基于 MFC 的测试平台,前端的图像采集部分主要利用 VFW。小波神经网络的数字样本通过文件菜单加载进去,训练后的输入层到隐含层的权值保存在 wih.txt 中,隐含层到输出层的权值保存在 who.txt 中。

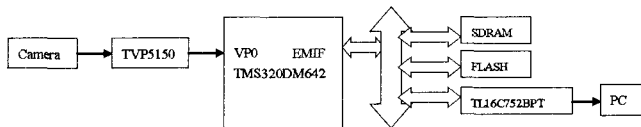


图1 系统硬件原理图

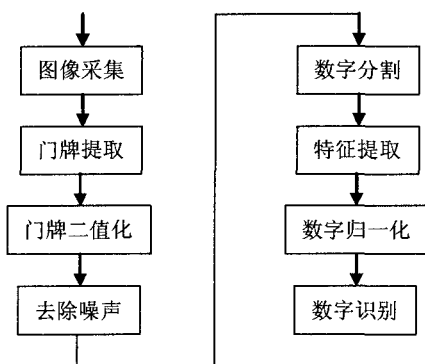


图2 软件功能模块流程图

4 视觉识别算法在 DSP 平台上的实现

在上文算法验证基础上,可进一步实现基于 DM642 的门牌识别系统。根据 PC 平台与 DM642 平台的不同,程序移植主要注意以下几个问题:

(1)删除或替换 DSP 不支持的 C 函数

PC 平台上所有使用 MFC 的代码一律删除,因为 DSP 不支持任何 MFC 的类和对象。

(2)变量的存取方式调整

在 DM642 中程序按段存储,主要包括 .text、.cinit、.switch、.bss、.far、.stack、.system 等。CCS 的 C 编译器支持两种内存模式:大内存模式和小内存模式。不同的内存模式影响对 .bss 段变量的访问。程序中的全局和静态变量都分布在 .bss 段内,小内存模式下其总和不超过 32KB。由于程序的全局变量和静态变量已经超过 32KB,所以应采用大内存模式,即在编译选项中设置为 -ml3。

(3)更改数据类型

PC 机平台上 long 型是 32 位的,而 DSP 的 long 型是 40 位的。因为 DM642 通用寄存器为 32 位,访问 40 位数据时需要两个寄存器进行读写操作,从节省程序运行时间的角度考虑,应将程序中所有的 long 型改成 INT32 或 UINT32。

(4)存储空间的分配

在进行存储空间分配前必须了解芯片内外的存储空间的大小,编译后的 C 程序“跑飞”往往是超出存储区访问允许范围造成的;另外,还应注意堆栈的分配,在程序“跑飞”时注意检查是否发生堆栈溢出。

4.1 存储空间的分配

在本系统中,内存空间包括:DM642 的 256KB 字节的二级

缓存 L2,可部分或全部作为 SRAM 存储空间,存取速度快;32MB 字节的 SDRAM 片外内存,存取速度慢。内存使用的一个原则是应尽量把数据和代码放入片内内存。但由于片内内存容量的限制,往往不可能将所有数据和代码都放入片内内存,而将编程过程中频繁使用的一些关键数据(如滤波的模板、图像二值化的阈值、图像提取的阈值、门牌倾斜的角度等)放入片内保存。片外 SDRAM 中主要放置图像数据(如图像采集的数据等)。

在本系统程序存储器的分配中, capChaAYSpace 存放采集的图像的亮度信号 Y; capChaACbSpace 存放采集的图像的色度信号 Cb; capChaACrSpace 存放采集的图像的色度信号 Cr; WEIGHT 存放小波神经网络训练好的权值; INPUT 存放小波神经网络输入值,即特征化后的图像数据; tempYbuffer、tempY1buffer 和 tempY2buffer 主要存储各个算法模块处理前和处理后的数据。

4.2 系统程序的实现

程序的实现部分主要包括图像采集部分的实现和图像处理与识别算法的实现。

图像采集部分的程序是通过设置在视频端口控制寄存器(VPCTL)中的 TSI(transport stream interface)位和在视频捕获通道控制寄存器(VCxCTL)中的 CMODE 位以选择视频捕获的模式。本文选择的是 8-Bit ITU-R BT.656 捕获模式,主要是因为选用的解码芯片 TVP5150 支持 BT.656 格式。本文只需要处理 YCbCr 中的亮度信号 Y。图像采集部分主要过程是: PAL 摄像头通过 TVP5105 解码器产生 BT656 格式的数据流,然后通过 EDMA 传送给 SDRAM。BT656 格式为隔行扫描,每帧实际图像大小为 720×576,每帧分为奇偶两场,奇场的行数范围为 0~288,偶场为 289~576。为了提高实时性;在本文中只取奇场的数据,即程序只处理 0~288 行。在识别算法实现部分中,本文列出了图像经过各个算法功能模块的结果。图像显示的设置 CCS 中路径为 view->graph->image。

下面以门牌号 523 为例说明基于 DSP 的图像处理的各个过程:通过摄像头采集原始门牌图像,其中视频流采用 BT.656 标准,隔行扫描。每一帧的大小为 720×576。在这里只取奇场的数据,即图 3(a)的大小为 720×288,可以看出图像质量并没有明显的下降;图 3(b)为二值化后的图像,主要是根据直方图信息选取阈值,具有较好的效果;图 3(c)为倾斜度校正后的图像;图 3(d)为归一化后的图像,此图像是被放大后的图像,原图像的大小为 8×16;图 3(e)为特征提取后的结果,本文主要是把数组中的数据提取出来,然后进行编排,从而便于理解。



图3(a) 采集的图像



图3(b) 二值化后的图像



图3(c) 倾斜校正后的图像

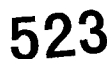


图3(d) 归一化后的图像

11111110	00111100	01111100
11111110	01111110	01111110
11000000	01100110	11000110
11000000	11000110	11000110
11011000	11000110	00000110
11111100	00000110	00000110
11100110	00000110	00011100
.....

图3(e) 特征提取结果

实验结果表明本文设计的系统识别单个门牌数字准确率
达到 100%, 识别 3 个数字门牌识别率为 90% 以上。

4.3 代码的优化

本文系统中涉及的识别算法具有数据量大, 计算复杂, 二
重循环多等特点。在没有优化前, 系统资源利用率低、运行速度
慢、远远没有达到系统实时性的要求。本文通过代码优化技术
使系统具有较好的实时性, 具体包括开发 C/C++ 代码、优化 C/
C++ 代码和编写线性汇编代码等几个阶段。

5 结束语

本文提出的基于 DM642 的机器人视觉系统完成了以下基
本功能:

- (1) 在走廊中实现机器人的自定位和目标定位功能;
 - (2) 在走廊中可以实现对操作者和典型障碍物的识别功能。
- 本文的创新点主要体现在以下 2 个方面:

(1) 实现了基于 DSP 平台的门牌识别和优化, 有效地提高了
系统的目标的识别速度;

(2) 探索了基于图像识别技术、RFID 技术、传感器技术相融
合的自主移动机器人的机器视觉系统, 这种方法有效地提高了
系统的可靠性和鲁棒性。

实际应用表明, 本文设计的机器视觉系统具有较好的合理
性和实用性。

参考文献:

- [1] Texas Instruments Incorporated, TMS320C6000 Optimizing
Compiler User's Guide, 2005.
 - [2] Texas Instruments Incorporated, TMS320C6000 Programmer's
Guide, 2002
 - [3] 王思为, 基于 DM642 机器视觉系统的设计与实现, 北京[J]微计
算机信息, 2006, 12-2: 175-177
 - [4] 张志辉, 基于 DM642 的人民币图像系统研究[D], 沈阳: 东北大
学, 2006
 - [5] 陶军, 车牌识别技术研究及实现[D], 南京: 南京理工大学, 2004
 - [6] 候艳丽, 杨国胜等, 基于字符识别的门牌号识别算法研究[J], 河
南: 河南大学学报, 2004, 34(1): 76-79
 - [7] 薛宏全, 基于小波分析的车牌识别系统研究 [D], 成都: 电子科
技大学, 2004
 - [8] 吕鸿波, 多媒体处理库在 DM642 上的优化研究[D], 杭州: 浙江
大学, 2006
 - [9] 季昱, 林俊超等, DSP 嵌入式应用系统开发典型实例[M], 北京:
中国电力出版社, 2005
- 作者简介: 刘媛(1974—), 女(汉族), 辽宁本溪人, 天津工程师
学院电子工程系讲师, 工学硕士, 主要从事智能检测与信号处
理、嵌入式开发等方面研究。

Biography: Liu Yuan (1974-), female (the Han nationality), Ben Xi
city Liao Ning province, working in electronic department of Tian Jin
university of technology and education, lecturer, master of science,
engaged in intelligent detection and signal processing, embedded
system development.

(300222 天津 天津师范学院 学生处) 刘媛

(300222 天津 天津师范学院 自动化工程系) 郝志刚

张健 王娟

(Students' Affairs Office of Tianjin University of Technology
and Education, Tianjin, 300222, China) Liu Yuan

(Automation Department of Tianjin University of Technology

and Education, Tianjin, 300222, China) Bing Zhigang Zhang
Jian Wang Juan

通讯地址: (300222 天津 天津市河西区柳林东天津工程师
学院学生处) 刘媛

(收稿日期: 2007.1.23)(修稿日期: 2007.2.25)

(上接第 187 页)

[4] 陶益凡, 唐慧强. 基于 AD9854 的信号发生器设计[J] 微计算机
信息, 2006, 2: 241-243

[5] AD9854 Data Sheet. Analog Devices[S], 2004

[6] ACEX1K50 Data Sheet. Altera[S], 2001

作者简介: 马陆(1981—), 男, 安徽安庆人, 汉族, 中国科学院研
究生院硕士研究生, 研究方向是电子设计自动化、DSP 技术; E-
mail: ml@impcas.ac.cn; 乔卫民, 男, 汉族, 研究员, 博士生导师,
研究方向是计算机控制技术。

Biography: Ma Lu, male, was born in November 1981, Han nation-
ality, a master of GUCAS, and major is Electronics Design Au-
tomation and DSP technology.

(730000 甘肃 甘肃兰州中国科学院近代物理研究所) 马陆
乔卫民 范进 敬岚

(100039 北京 北京中国科学院研究生院) 马陆 范进

(Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences,
Lanzhou 730000) Ma, Lu Qiao, Wei-ming Fan, Jin Jing, Lan
(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing
100039) Ma, Lu Fan, Jin

通讯地址: (730000 甘肃 甘肃省兰州市 31 信箱 18 分箱) 马陆
(收稿日期: 2007.1.23)(修稿日期: 2007.2.25)

(上接第 203 页)

常规情况是把四声道信号采集、打包进行传送, 但实践证明此
种方法占用芯片空间过大, 所以我们在实际中采用四路分时采
集、一位一位传送的方法, 这样减少了占用芯片的空间, 同时还
了解决了解码时的时序问题。

参考文献:

- [1] 段吉海, 黄智伟. 基于 CPLD/FPGA 的数字通信系统建模与设
计. 电子工业出版社, 2004.8.
 - [2] 韩相军. 嵌入式视频采集系统的设计与实现[J]. 微计算机信息,
2006, 1-2: 26-28.
 - [3] 林明权等. VHDL 数字控制系统设计范例. 2003.1.
 - [4] EDA 先锋工作室. FPGA/CPLD 设计工具—Xilinx ISE5.X 使用
详解. 人民邮电出版社, 2003.6.
 - [5] 郑碧月等. 数字通信原理及应用. 广东科技出版社, 2003.10.
- 作者简介: 胡银全, 男, 1978—, 汉, 重庆通信学院, 硕士研究生,
电气自动化专业, 研究方向为电力电子技术、DSP 技术, Email:
hyq161@tom.com.

Biography: Hu Yinquan, Male, 1978 - , the Han nationality,
Chongqing communication institute, master, electric automatization,
power electronics and DSP technology.

(400035 重庆市重庆通信学院) 胡银全 李广位 易文翠

(Chongqing Communication Institute, Chongqing, 400035) Hu
Yinquan Li Guangwei Yi Wencui

(400035 重庆市重庆通信学院地管部网络安全教研室) 胡银全

(收稿日期: 2006.12.17)(修稿日期: 2007.1.15)