

文章编号:1671-637X(2008)12-0082-04

## 基于 DM642 的 H. 264 视频压缩系统设计与优化

王新栋<sup>1</sup>, 高宏昌<sup>2</sup>, 万里青<sup>2</sup>

(1. 河南科技大学, 河南 洛阳 471003; 2. 中航一集团洛阳电光设备研究所, 河南 洛阳 471009)

**摘 要:** 给出一种基于 TMS320DM642 的视频压缩系统设计方案, 然后从系统结构、硬件设计和软件设计优化 3 个方面介绍 DM642 在开发该视频压缩系统中的具体应用, 最后给出了试验结果。

**关键词:** 视频编码; 视频压缩; DM642; H264/AVC

**中图分类号:** V247.1

**文献标识码:** A

## Design and optimization of a H. 264 video compression system based on DM642

WANG Xin-dong<sup>1</sup>, GAO Hong-chang<sup>2</sup>, WAN Li-qing<sup>2</sup>

(1. Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China; 2. Luoyang Institute of Electro-Optical Equipment, AVIC I, Luoyang 471009, China)

**Abstract:** The design scheme of a video compression system based on TMS320DM642 is described. The application of DM642 in the development of the video compression system is introduced from three aspects as system architecture, hardware design and software design optimization. The experiment result is presented in the end.

**Key words:** video encoding; video compression; DM642; H264/AVC

### 0 引言

随着计算机、多媒体和数据通信技术的推广, 视频压缩技术得到了极大发展, 并在多媒体等多个领域得到了广泛的应用。针对不同的应用, 国际上制定了很多相应的视频编码标准。H. 264/AVC 是目前大力发展研究的、适应于低码率传输的新一代视频压缩标准, 它具有更高的压缩比、更好的 IP 和无线网络信道的适应性, 体现着视频编码技术的很多优势, 在数字视频通信和存储领域得到越来越广泛的应用<sup>[1]</sup>。

另外, 近几十年来 DSP 技术的高速发展可为实现复杂的新一代视频编、解码系统提供平台, 而且采用通用 DSP 来实现视频编码, 灵活性更好, 方便升级更新算法。TI 公司的 TMS320DM642 产品是专门面向多媒体开发的专用 DSP 芯片, 具有高主频、多流水线、高并行度以及专门的视频信号处理指令等优点,

使其成为视频处理领域优选的 DSP 芯片之一。

### 1 系统整体结构

系统设计的嵌入式视频处理流程如下: 视频编码器 (Video A/D) 对由 CCD 传感器送来的视频模拟信号进行采样, 把模拟信号转换为数字信号, 并通过 PPI 接口进入送给 DM642 来进行处理, DM642 芯片对接收的数字信号进行识别、压缩编码等运算, 最后通过外部存储器接口将数据进行存储。考虑到监控的需要, 可以将经过压缩处理的数字视频信号由视频解码器 (Video D/A) 直接输出到 LCD 上显示。系统结构见图 1。

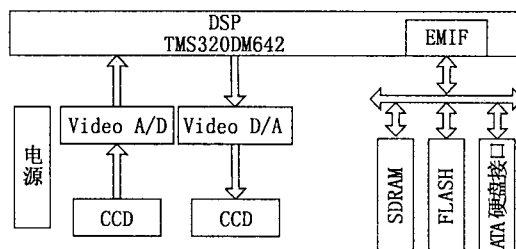


图 1 系统结构图

Fig. 1 System configurable diagram

收稿日期: 2007-10-15

修回日期: 2007-11-22

作者简介: 王新栋 (1982 -), 男, 河南焦作人, 硕士生, 主要研究方向为图形图像处理。

## 2 系统组成的硬件设计

该系统硬件实现部分主要分为视频采集模块、DSP 模块、外部存储模块和电源管理模块 4 个部分。

### 2.1 视频采集模块

视频采集由 SAA7113 完成。SAA7113 是 Philips 公司生产的视频捕获芯片<sup>[2]</sup>,该芯片主要完成模拟视频信号的数字采样,将模拟彩色视频信号转换成符合 ITU656 标准输出格式的数字视频信号,前端输入的视频信号可以是 PAL 制式、NTSC 制式或者 SECAM 制式。它不仅能够实现输入信号的幅度钳位和静态、动态增益自动调整,而且还包含一个可编程的亮度、对比度、饱和度和色度控制器,可实时地调整采集到的数字图像参数。SAA7113 在 DM642 的 I<sup>2</sup>C 总线时序的控制下,将采集到的 ITU656 YUV 4:2:2 格式的数字图像数据通过视频输入接口传送到 DM642。

### 2.2 DSP 模块

本模块 DSP 芯片采用 TI 的 TMS320DM642,它是 TI 公司发布的专门面向多媒体应用的 DSP,采用了特殊的指令来提高视频处理的性能。同时,类 RISC 指令集和多级流水的广泛应用,也使得程序的执行效率大大提高。高性能的双级 Cache 的设计通过自动传输片内外数据减少了程序的执行时间,其主要功能是将采集到的数字视频流进行压缩编码处理。其内部结构图如图 2 所示。

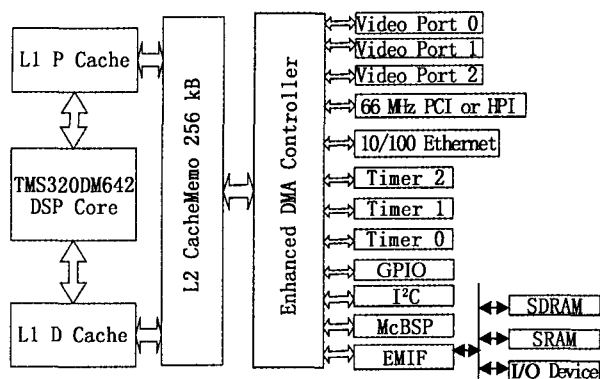


图 2 TMS320DM642 内部结构图

Fig. 2 Functional block diagram of TMS320DM642

DM642 的主要外围接口包括:3 个可配置双通道视频端口 (VPort0, VPort1, VPort2);多通道缓冲串口 McBSP;1 个 I<sup>2</sup>C 总线模块;3 个 32 位 Timer;1 个用户可配置的 16/32 位主机接口 HPI;1 个 16 针通用输入输出 GPIO;1 个 64 位外部存储器接口 EMIF;1 个具有 64 路独立通道的增强型直接内存存取 EDMA;10/100 MB/s 以太网口,便于网络应用等。上

面这些丰富的外设接口以及两级内存/缓冲区使得 DM642 非常适合视频编码算法的实现。

由摄像头采集的模拟视频信号经 SAA7113 模数转换后,形成 YUV 4:2:2 格式的数字视频信号,从 DM642 的 VPort0 和 VPort1 输入,由基于 DM642 的软件编码器编码压缩处理,编码压缩生成视频码流数据,同时视频信号可由 VPort2 经视频编码芯片数模转换后输出模拟视频信号到监视器进行本地回显。通过 DM642 的 EMIF 接口,可连接 SDRAM 和 FLASH 存储器,其中 SDRAM 用来扩展系统的存储空间,FLASH 用来保存系统的初始化和配置信息。VPort0 和 VPort1 可分别获取两路视频输入,根据应用的需要,可灵活地设置单路或多路视频输入。

### 2.3 存储模块设计

图像数据存储模块包括 FLASH、SDRAM 以及 ATA 硬盘<sup>[3]</sup>。FLASH 存储器具有可在系统进行电擦写,掉电后信息不会丢失的功能,用它来保存系统自启动代码和系统程序代码,FLASH 接在 EMIF 的 CE1 空间。SDRAM 存储器的存取速度较高,用它来存放系统运行时的代码以及临时图像数据,接在 DSP 的 EMIF 接口的 CE0 空间。如果有录制视频图像的需要,可以考虑扩展大容量 ATA 硬盘。

### 2.4 电源管理模块

该系统采用 TPS54310PWP 的专用电源芯片,输入 5 V,输出为 1.4 V 和 3.3 V,分别给 DSP 和各个 I/O 端口供电,产生另外一个 3.3 V 给视频编解码器以及其他芯片供电。另外,把 1.4 V 电源输出的有效引脚 PG 连接到 3.3 V 的允许电压输出引脚 EN,这样可以保证 DM642 的内核电压先于 I/O 电压上电<sup>[4]</sup>。

## 3 软件设计实现

下面先对 H.264 视频编码进行简要叙述,然后再具体介绍 DSP 移植过程中的优化问题。

### 3.1 H.264 视频编码

H.264 是 ITU-T 和 ISO/IEC 联合制定的最新编码标准,它最先由 ITU-T 于 1997 年提出,目标是提出一种较以往标准更高性能的视频编码标准,它仍然是采用了变换和预测的混合编码算法结构,其编码流程如图 3 所示。

从图 3 可以看出,H.264 的编码过程是将图像分割为子图像块,以子图像块作为编码单位,当采用帧内编码时,对图像块进行变换、量化和熵编码,消除图像的空间冗余。当采用帧间编码时,对帧间图

像采用运动估计和运动补偿的方法,仅对变化部分编码来消除时间冗余。H. 264 正是增加了预测部分的比重,才大大提高了预测的准确度和编码效率。

H. 264 较以往标准采用了很多全新的编码技术:帧内预测、可变大小的图像分块、多参考帧预测、1/4 和 1/8 精度的运动估计、基于内容的自适应二值算法编码、残差图像的整数变换编码、去除方块效应滤波器。

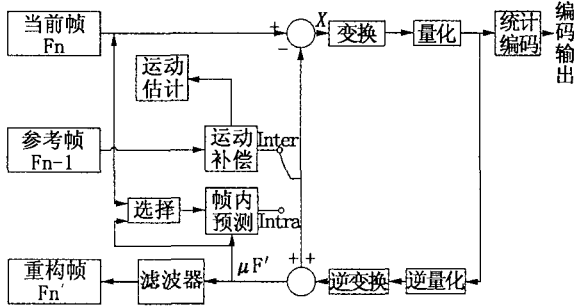


图 3 H. 264 编码流程图

Fig. 3 Encoding flowchart of H. 264

### 3.2 DSP 优化

在本系统中,图像压缩选取 ITU - T 公布的 JM8.6 参考软件作为优化对象。要实现该系统,要先在 PC 机上完成代码的编译,然后运用 CCS 开发环境,更改部分程序的流程和数据结构。由于 PC 机上的程序往往只注重功能的实现,没有从硬件资源和代码运行效率上对程序结构和数据组织作详细的考虑,因此优化代码是程序设计的重点。

系统软件的优化工作主要有以下几个方面:首先在 PC 机上对算法进行实现优化,其次将代码移植到 DSP 中,分析编码程序的流程,优化程序的代码结构和数据结构,减少不必要的代码运行;最后按照 DSP 嵌入式系统和硬件结构的特点,对各个模块进行优化,从而充分利用 DSP 系统资源。下面对优化过程中主要的优化方法逐一介绍。

#### 3.2.1 代码编译

充分利用 CCS 提供的编译选项进行优化,TI 的编译开发工具 CCS 给程序开发人员提供了多种优化选项,常用的编译选项有 `-o3` 和 `-pm`,分别在文件级和程序级对 C 代码进行极大的优化。

#### 3.2.2 算法优化

通过研究发现,运动估计部分是占用总运算量最大的一块,为了提高预测的精确度,往往会采用多参考帧预测、亚像素运动估计等,可能占用的运算比例会更大,对系统的性能有很大的影响,因此必须选择高效的运动搜索算法。

与运动估计相关的搜索算法,常见的有全搜索算法、分数精度搜索算法、对数搜索算法等。其中最简单的是全搜索算法,它是对搜索范围内的所有像素点进行匹配运算从而得到最优的运动矢量,视频压缩效果最好,但是该方法运算量过大,在 DSP 上不易实现。本文选择了一种基于自适应搜索范围的快速运动估计算法<sup>[5]</sup>,特别对于大运动序列,该算法会自动调节搜索点数,比较适合于实时、低码率视频编码。

#### 3.2.3 存储器分配

DM642 处理器从外到里依次有片外存储器、片内 L2 内存、片内 L1D 和 L1P 缓存几个层次的存储空间<sup>[6]</sup>,CPU 对不同的存储单元的访问速度差别很大,CPU 可直接访问 L1P 和 L1D,访问速度最高,但其容量最小。视频压缩编码处理的数据量大,主要包括当前帧和重构参考帧,如果图像是 CIF 格式,1 帧图像的大小约为 148 kB,占用存储空间很大,因此合理安排程序以及数据的存储方式对系统整体效率影响很大。在程序设计中,将当前帧和参考帧放在片外内存中,宏块编码时,再提前将这个宏块搬移到片内内存,这样可以大大提高工作效率,减少 CPU 的等待时间。同时将用于系统配置的全局变量和核心处理过程中经常用到的表格、状态变量放在片内存储器,从而提高了访问速度。

同时,运动估计、运动补偿、DCT/IDCT、量化/反量化是系统运算的瓶颈,它们占用了系统绝大部分的运算量,这些运算不但复杂,而且被频繁调用。将这些使用频率高的函数,放在片内存储器中。

#### 3.2.4 利用 EDMA 传递数据

DM642/C64X 支持 EDMA,EDMA 是一种独立于 CPU 之外的寄存器访问方式,可以通过 EDMA 技术提前把需要的数据搬移到片内,把不需要的数据搬移到片外,并不占用 CPU 时间,这样 CPU 需要的数据总是在片内,没有阻塞发生,减少了等待时间。DM642 提供一组 DAT 函数<sup>[7]</sup>,如 `DAT_open`、`DAT_copy`、`DAT_copy2d` 等来控制 EDMA 传递数据。

#### 3.2.5 利用线性汇编改写

在视频编码过程中,为了提高代码性能,对影响处理速度的关键代码利用线性汇编重新编写。线性汇编技术是 TI 公司为了简化 C6000 汇编语言程序而设计开发的,与标准汇编语言相比,不需要考虑安排并行指令,指令延迟以及寄存器的分配和优化等问题,这些工作都是由汇编优化器自动完成的。在编码运算过程中,运动估计和运动补偿模块、DCT 变换等操作需要被大量的反复执行,大大影响到执

行速度,必须对其用线性汇编重新编写<sup>[8]</sup>。

除了上述方法之外,还采用了 DM642 提供的库函数、软件流水、CACHE 的优化等优化方法。

### 4 结论

本文介绍了一种采用 TI 公司的高性能多媒体芯片 DM642 设计的视频压缩系统设计以及实现方案,详细叙述了硬件设计和软件设计的优化方法。基于这些优化策略,在该平台上采用 CIF 格式图像,编码帧率可以达到 23 帧/s,达到了实时编码要求。以 DM642DSP 为核心,可以根据不同的需要采用其他的编码程序,实现其他的图像压缩编码,灵活性强,具有良好的应用价值。

#### 参考文献:

[1] RICHARDSON E G. H. 264 and MPEG-4 video compression video coding for next-generation multimedia [M].

UK:John Wiley & Sons,2003:99-156.  
 [2] SAA7113H 9-bit video input processor[Z]. Philips Semiconductors,1999.  
 [3] 刘源,朱善安,叶旭东. 基于 DM642 的嵌入式视频监控系统硬件设计[J]. 电子器件,2006(9):907-908.  
 [4] 郭祥东. 基于 TMS320DM642 的视频监控系统的设计与实现[J]. 科技咨询,2006(27):8-9.  
 [5] VENKATACHALAPATHY K, KRISHNAMOORTHU R, VISWANATH K. A new adaptive search strategy for fast block motion estimation algorithms[J]. Journal of Visual Communication & Image Representation,2004(2):203-213.  
 [6] 吴鹏,刘清. 多媒体处理器 DM642 及其在视频监控中的应用[J]. 电信工程技术与标准化,2006(3):68-69.  
 [7] TMS320C6000 chip support library API help[Z]. Texas Instruments Incorporated,2003:121-126.  
 [8] TMS320C6000 optimizing compiler user's guide[Z]. Texas Instruments Incorporated,2002:86-88.

(上接第 77 页)

算法的平均时间为 14.2 s,改进后的算法的实时性较传统的 SB/MHT 简化算法有了大的提高。

### 4 结束语

本文讨论了把基于结构化分枝的多假设跟踪算法用在红外搜索跟踪系统中,主要做了两方面的工作:1)结合红外搜索跟踪系统的实际特性,采用了 IMM + MHT 的多目标跟踪算法。2)为保证算法的性能对 MHT 算法进行了适当的改进和简化。仿真结果表明,本文的 IMM + MHT 跟踪方法是成功的,在高虚警且目标相距很近的恶劣环境下,能够对多个机动目标进行跟踪,跟踪结果没有发生误跟踪或失跟现象。

#### 参考文献:

[1] 周宏仁,敬忠良,王培德. 机动目标跟踪[M]. 北京:国防工业出版社,1991.  
 [2] 何友,修建娟,张晶炜,等. 雷达数据处理及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

[3] REID D B. An algorithm for tracking multiple targets[J]. IEEE Tran on Automatic Control,1979,AC-24(6):843-854.  
 [4] BLACKMAN S ,DEMPSTER R,BROIDA T. Multiple hypothesis track confirmation for infrared surveillance systems[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems,1993,29(3):810-823.  
 [5] BLACKMAN S S,DEMPSTER R J,FAGARASON J T. Continuous time representation of multiple hypothesis track data [C]//Proc of Signal and Data Processing of Small Targets,SPIE,1993,1954:352-360.  
 [6] WERTHMANN J R. A step-by-step description of a computationally efficient version of multiple hypothesis tracking[C]//SPIE,1992,1698:288-300.  
 [7] DEMOS G C,RIBAS R A,BROIDA T J,et al. Applications of MHT to dim moving targets[C]// Proc of Signal and Data Processing of Small Targets,SPIE,1990,1305:297-309.  
 [8] 刘士建. 红外图像中点目标的检测与跟踪算法研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2004.

## 声 明

为适应我国信息化建设的需要,实现科技期刊编辑、出版发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,我刊现已全文上网。本刊录用的稿件,将一律由编辑部统一纳入“中国期刊网”、“万方数据—数字化期刊群”等。本刊作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意将文章编入数据库,请在来稿时说明,本刊将做适当处理。

《电光与控制》编辑部