

基于 DM642 的 H.264 编解码器的优化实现

■文 / 北京邮电大学信息与通信工程学院 李平

摘要: 文章简要介绍了 TI 的多媒体处理定点芯片 TMS320DM642 的结构特点、工作原理及 H.264 编解码器实现的硬件系统框架。说明了系统工作流程和工作原理, 并重点阐述了基于 DM642 的系统平台上的 H.264 视频编解码器的实现和优化, 并给出实验结果。由实验结果表明, 优化后可以实现 CIF 格式图像的实时处理。

关键字: DM642 H.264 优化 实时 编解码 DSP

H.264 是目前压缩效率最高、网络适应能力最强的视频压缩标准, 其在数字视频监控领域得到了广泛应用。但是 H.264 在提高编码效率的同时, 其算法复杂度也大大提高, 因而要满足图像压缩的实时性要求, 需要对现有的 H.264 编解码器进行优化, 进一步提高编解码算法的运算速度, 实现 H.264 的实时编解码。数字信号处理器 (DSP) 技术的高速发展为高效媒体处理器的实现提供了可靠的硬件平台。

C64X 系列 DSP 是 TI (Texas Instruments) 公司推出的处理能力很强的定点 DSP。本项目基于

TMS320DM642 芯片搭建平台, 与 H.264 的先进技术相结合, 对实现高效的媒体通信平台有着很好的工程意义和市场价值。

一、硬件平台简介

1. TMS320DM642 结构特点

TMS320DM642 是 TI 推出的一款面向数字多媒体应用的 DSP, 它采用的是 C64 × DSP 核, 其 CPU 工作主频最高达 720MHz, 是基于 TI 第二代高性能超长指令字 (VLIW) 架构 VelociTI.2 (tm) 的高性能 DSP, 提供 8 个并行运算单元, 数字处理能力可

达 5760MIPS, DM642 拥有两级高速缓存结构, 其结构框图如图 1 所示。CPU 和一级程序高速缓存 L1P (16KB)、一级数据高速缓存 L1D (16KB) 直接相连, 第二级缓存由程序空间和数据空间共享, 总共 256KB, 可以设置成 L2cache 和片内 SRAM, DM642 具有 64 个独立通道的 EDMA (扩展的直接存储器访问) 控制器, 负责片内 L2 存储器与外设之间的数据传输, 可以提供超过 2GB/s 的数据传输带宽。容量较大的二级缓存和 EDMA 通道是 DM642 高性能的体现之一, 对其合理使用和管理, 将能大幅度提高程序的运行速度。

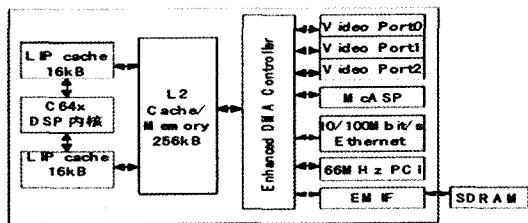


图1 DM642结构示意图

2. 基于DM642的系统结构框架

采用TMS320DM642芯片、32MB SDRAM、4MB flash、视频解码器SAA7115H，视频编码器SAA7121H，电子硬盘搭建系统平台。具体框图如图2所示：

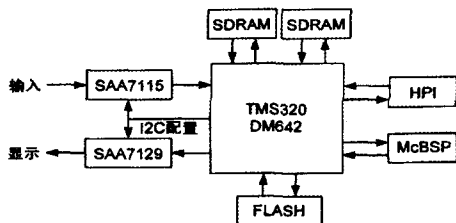


图2 H.264编解码器系统结构

系统的工作过程：DM642的视频端口通过视频解码芯片SAA7115能很方便地实现与CMOS摄像头的无缝连接。摄像头输出的模拟视频信号经SAA7115模数转换后，形成BT.656格式的数字视频信号，从DM642的视频端口输入，由基于DM642的软件编解码器处理，处理后生成的数字视频码流数据通过视频编码器SAA7121H将数据数模转换后输出PAL制式信号到监视器进行本地回显。

二、软件开发工具

由TI公司发布的DSP集成开发环境CCS (Code Composer Studio)，

是一个基于Windows的DSP开发平台，是目前最优秀、最流行的DSP开发软件之一。CCS集成可视化的编辑界面可直接编写C、汇编语言，除了扩展了基本的代码产生工具，CCS还集成了C编译器、C优化器、汇编器、汇编优化器和连接器等。并支持RTDX (Real Time Data Exchange) 技术，可在不中断目标系统运行的情况下，实现DSP与其他应用程序 (OLE) 的数据交换。此外，CCS的断点工具、探针工具和分析工具使得开发者的一切开发过程都是在CCS这个集成环境下进行，包括项目的建立、源程序的编辑以及程序的编译和调试。

三、基于DSP的代码优化

为了利用DM642芯片的并行处理功能，利用C64x CPU的VLIW (超长指令字) 和流水线结构，必须采用合理的开发和优化流程，提高程序的执行效率，使程序无冲突地并行执行。本项目使用的编译器是TI公司提供的CCS编译器，它支持C语言和汇编混合编程。优化的大体流程为：

1. 项目级优化

项目级优化主要是通过设置CCS提供的编译选项 (buildoptions) 中的编译优化参数，根据H.264系统的要求进行优化。如编译器选择-03选项。

2. DSP存储空间分配优化

对L2cache的设置，把部分DSP芯片的片内存储空间作为数据交换的cache (高速缓存)，以提高片内外

数据的交换速度。在C64x中，支持4种4路L2cache的大小设置，分别为32K、64K、128K和256K。

cache的设置可以通过调用CCS的CSL (芯片支持库) 中的函数并相应调整.cmd文件中的可用内存大小ISRAM来实现。

例如要设置64Kcache，可以调用如下CSL函数

```
CSL_init ();
```

```
CACHE_enableCaching (CACHE_EMIFA_CE00);
```

```
CACHE_setL2Mode (CACHE_64KCACHE);
```

并在.cmd文件中相应设置ISRAM的大小为0xF0000，防止代码被写入cache造成存储访问错误。

3. 使用内联函数 (intrinsics)

C6000编译器提供的intrinsics实际上是一些直接映像为C6000指令的特殊函数，可以象普通函数一样调用，编译器用相应的汇编指令展开。借助C6000编译器提供的内联函数可以提高代码的运行速度。

4. 减小存储器相关性

关键字restrict用来消除数据间的相关性，编译器从而可以安排语句的并行执行。



5. 数据打包处理

即对短字长的数据使用宽长度的存储器访问，减少访问CPU的次数。内联函数_nassert有助于数据的打包处理。对于要使用的大量数据，尽量采用_amemd8/memd8伪汇编指令进行读写操作，并将获取的短型数据(8-bit/16-bit)通过打包指令(-pack2等)整合为长型数据(32-bit)，然后运用并行处理指令进行批量操作。

6. 软件流水

程序中一般的循环体都满足并行处理的条件，并且循环体往往是程序中耗时最长的，而且循环语句不能充分利用C6000的软件流水线，因此进行优化时循环体是重点。将多重循环展开成单层循环，调整语句，提高程序并行执行的能力。

7. EDMA (扩展的直接存储器存取)

EDMA是C6000提供的一种快速DMA传输方式，在视频实时性和数据速率要求高的场合，数据搬移部分适合采用EDMA。对于正在编码的帧，通过EDMA功能将当前帧中当前宏块搬移到片内。同时在片内

表1 EDMA前后编码器效率对比

编码帧类型	EDMA前(待编码数据均在外存)	EDMA后
I帧	25f/s	48f/s
P帧	15f/s	28f/s

注：表格中的数据是优化编码器过程中的阶段性数据，只反映了大体的趋势

表2 C代码和线性汇编代码执行效率对比表

函数	C程序执行周期数	线性汇编执行周期数
InterQuant	8798	598
InterDeQuant	10138	642

表3 编解码器试验结果

测试系列		编码速率(f/s)	解码速度(f/s)	平均PSNR/dB		
				Y分量	U分量	V分量
Silent	优化前	3.79	8.28	35.26	39.17	40.39
	优化后	36.11	75.23	34.97	39.02	40.13
Football	优化前	2.46	7.05	33.14	36.43	38.07
	优化后	31.09	65.38	33.03	36.23	37.98

开辟2个缓冲区，采用ping.pang模式存放和处理当前宏块，实现搬移和处理数据的同时进行，以提高编解码速度。见表1。

8. 用线性汇编改写低效率代码

在经过C程序的优化之后，还不能满足性能上的要求，则可以通过profile clock工具找出效率很低的部分，使用线性汇编重新改写。本设计中程序主框架采用C语言编写，对于调用频繁和耗时的函数采用了线性汇编实现。

汇编优化是整个系统实现很关键的部分，要想写出高质量的线性汇编代码，需要熟悉DM642的CPU结构和指令集，认真设计代码并充分利用编译器的反馈信息去合理修改代码。见表2。

四、实验结果

在搭建的硬件开发平台上对优化前和优化后的性能进行了多次测试。为了验证优化实现的效果，使用两个具有代表性的CIF格式标准图像序列进行测试，一个是运动缓慢的视频序列“silent”，另一个是运动剧烈的视频序列“football”。见表3。

由试验结果表明，经过优化后的编解码器，编解码速度达到30 fps以上，平均峰值信噪比(PSNR)33 dB以上，实现了CIF分辨率图像的实时编解码。长时间的系统测试表明，编码器工作高效稳定。研究基于DSP的H.264编码器，具有很大的实用价值，它的优异的压缩性能也将在数字电视广播以及视频实时通信等各个方面发挥重要作用。

五、结束语

本论文介绍了H.264视频编解码器实现的硬件平台和软件工具，给出了在基于DM642的硬件平台上对编解码器的实现和优化的方法，针对DM642芯片的特点和H.264视频编解码程序自身的特点，对程序进行了优化。测试结果表明，经过优化后的编解码器能够满足CIF格式图像的实时性处理要求。©CMCC