

基于DM642平台的x.264编码器 EDMA技术的设计与实现

宋宇¹ 余育² 王滨³

西安通信学院(西安·710106) 2解放军61413部队(襄樊·441003)

3解放军理工大学通信工程学院研4队(南京·210007)

摘要: TI公司的TMS320C64x DSP系列图像多媒体处理的DSP芯片强大的处理能力为H.264复杂编码算法的实时实现提供了可能。作为对x.264编码器基于DM642平台优化编码效率的一个环节,文章在分析DM642中EDMA硬件结构以及参数空间的基础上讨论了基于该平台的EDMA技术的设计思路,并以一帧视频源图像由外存搬移到内存为例说明具体的实现方法,最后对完成EDMA通道的配置后,在实际编码过程中的EDMA数据传输过程进行描述。

关键字: H.264协议, 视频编码, DM642, EDMA

中图分类号: TN919.81 **文献标识码:** A

文章编号: 1673-1131(2009)01-024-03

一、引言

新一代视频压缩编码标准H.264以高压缩率,在低码率下具有更优良的图像主客观质量而成为目前视频应用领域的首选压缩方式。但是由于它的算法复杂度较高。所以在资源有限的嵌入式设备上实现实时编码需要相应硬件平台的支持, TI公司的TMS320C64x DSP系列芯片是专门用于图像多媒体处理的DSP芯片。其强大的处理能力为H.264的实时编码提供了可能。

TMS320DM642是TI推出的一款面向数字多媒体应用

的DSP,它在TI的C64x DSP内核的基础上进一步集成了完备的视频/音频输入/输出接口、以太网接口、PCI-66总线等片上外设,不仅能使用户很方便地对音频/视频等各种复杂地运算进行高速处理,还能方便、无缝的接口视频/音频编解码器件和以太网/PCI总线等数据传输接口。

本文所做的工作都是基于H.264算法标准的软件模型x.264。x.264在程序结构和算法方面和JM模型相比,在不明显降低编码性能的前提下, x.264努力降低编码的计算复杂度。

二、基于DM642的EDMA技术

在基于DSP平台的视频应用中,庞大的数据量意味着要求DSP芯片具有大容量快速存储空间。TMS320DM642处理芯片采用分层的存储器结构,在片上集成快速的存储器,然后采用访问速度较慢的DRAM等器件做为片外存储器。

在实际编码测试过程中,涉及到大量数据的操作。例如,一帧4:2:0采样格式CIF尺寸的视频图像大小为 $352 \times 288 \times 3/2 = 148.5\text{kByte}$,而内存空间最大只有 256kByte 。除此之外,还有重构图像数据、差值图像数据等等,只能存放在外存空间中。对于这些数据的操作会导致内部缓存和外存之间数据频繁的换入换出。

为了提高系统的实时处理能力,可以将数据在内部存储

EDMA technology design and realization of x.264 encoder based on DM642 platform

Song Yu¹, Yu Yu², Wang Bin³

(1. Xi'an institute of communication, Xi'an, 710106, 2. NO.61413 Unit of PLA, XiangFan 441003,

3. Postgraduate Team 4 ICE,PLAUST, Nanjing, 210007)

Abstract: TMS320C64x DSP provide a powerfully process capacity of multimedia, which could actualize the Real-time encoding of x.264 encoder on embedded platform. As an element of optimize x.264 encoder efficiency based on DM642, the paper puts forward a EDMA technology design way based on the hardware framework and parameter space of the EDMA in DM642, and explain the concrete method through an example. Finally, the EDMA data transfer process in practical encoding time is described.

Keyword: H.264 protocol, video encoding, DM642, EDMA

空间与外部存储空间进行搬移的任务交由EDMA来完成,而CPU只用于数据的计算。同时,EDMA对数据重排功能可以优化图像数据在内存中的存储,这不仅可以提高内部存储空间的利用效率,而且可以提高数据的传输速率。虽然对图像数据的传输也可由软件实现,但将消耗大量的CPU时钟周期,使DSP的高速性能难以发挥。而由EDMA来完成同样的工作极大的节省了CPU耗费在数据搬移上的时钟周期。

三、EDMA的配置

DM642中EDMA共有64个通道,每一个通道都有一个事件与之关联,由具体的事件触发相应的通道进行数据的传输。在开启一路EDMA通道进行数据传输之前,首先需要对通道进行参数配置。

EDMA的配置参数空间是基于RAM的结构,从地址01A0 0000H开始,依次每6个字(24个字节)构成一个通道的配置参数集。每个通道的参数集可由任何一种方式进行触发,包括:事件触发、链式触发、CPU触发。图1是EDMA通道的参数集结构。

Word	EDMA parameter
Word 0	EDMA Channel Options Parameter (OPT)
Word 1	EDMA Channel Source Address (SRC)
Word 2	Array/frame count (FRMCNT) Element count (ELECNT)
Word 3	EDMA Channel Destination Address (DST)
Word 4	Array/frame index (FRMIDX) Element index (ELEIDX)
Word 5	Element count reload (ELERLD) Link address (LINK)

图1 EDMA通道参数集

其中,参数集的第一个字OPT包含了EDMA通道的选项参数信息,包括:通道优先级、传输基本单位的元素大小、源地址和目的地址的数据传输及更新方式(一维/二维)、传输完成标识、传输完成代码以及事件参数集的链接标识等(如图2所示);SRC字段指定了EDMA进行数据搬移的源地址;CNT字段中FRMCNT指明了EDMA通道总共要传输的帧数+1(一维传输)或数组数(二维传输)+1,ELECNT指明了传输一帧数据中的元素个数(一维传输)或传输一组在存储空间中连续存放的数组中的元素个数(二维传输);DST字段指定了EDMA进行数据传输的目的地址;IDX字段中FRMIDX用于指定一维传输的帧地址间隔或二维传输的数组地址间隔,ELEIDX用于指定一维传输中的元素地址间隔;最后,RLD字段中ELERLD用于通道完成一帧数据的传输后每帧元素个数的重加载,LINK指定了链接参数集的地址,用于通道完成所有数据传输后,对该通道参数集信息的更新。

31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	16
PRI	ESIZE	2DS	SUM	ZDD	DUM	TCINT						TOC
R/W-x						R/W-x						

15	14	13	12	11	10	5	4	3	2	1	0
Revdl	TCOM	ATCINT	Revdl	ATCC		Revdl	POTS	POTD	LINK	FS	
R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x		R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x

图2 OPT参数选项信息

下面以一幅视频源图像由外存搬移到内存进行编码为例,说明EDMA的配置过程。

考虑到在编码过程中,如果EDMA通道在每次同步事件产生后搬移的数据量过小,则搬移次数就会过于频繁;如果每次搬移的数据量过大,对于内存空间资源的需求就会增大。在实际应用中,规定每产生一次同步事件,将一幅图像的一个宏块行数据由外存移入内存中进行编码,并在内存中开辟三块缓存空间用于分别存放一个宏块行的亮度Y和色度UV像素数据(4:2:0采样格式CIF尺寸的视频图像一个宏块行包含22个宏块,因此,三块缓存空间的大小分别为5.5KB、1.375KB、1.375KB)。考虑到CPU在每次完成对一个宏块行的数据进行编码后能立刻开始下一个宏块行数据的编码。因此,采用ping-pong缓存的方式,在内存中再开辟同样大小的三块缓冲区用于下一个宏块行数据的缓存。这样,在CPU完成ping缓冲区数据的编码后,立刻对pong缓冲区数据进行编码,同时触发EDMA通道将下一宏块行的数据搬移到ping缓冲区中;CPU完成对pong缓冲区数据的编码后,再对ping缓冲区中的数据进行编码,同时触发EDMA通道将下一宏块行数据移入pong缓冲区。这样,就可以避免CPU等待EDMA数据搬移的时间耗费。另外,由于每次EDMA操作需要对一行亮度宏块和色度宏块分别进行搬移,因此,在产生一次同步事件时,可以利用EDMA的传输链,依次进行多个通道的数据搬移操作,将对应通道的数据搬移到指定的缓存空间中。

由于采用ping-pong缓冲的方式,因此需要3个EDMA通道,每个通道连接两个参数集,以实现向ping-pong缓冲区中数据的交替搬移。三个通道的第一组参数集用于ping缓冲区中宏块行数据的搬移,第二组参数集用于pong缓冲区中宏块行数据的搬移。将三个通道配置为EDMA传输链,以实现产生同步事件时,宏块行亮度部分和色度部分依次连续的搬移。具体实现如图3所示。

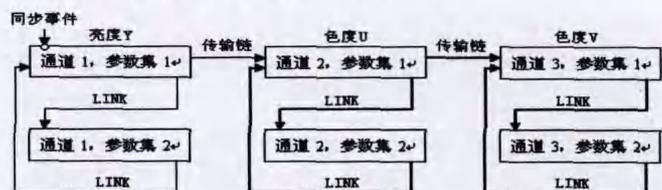


图3 EDMA通道配置结构框图

在通道1的参数集1配置中,由于源地址递增,目的地址不变,源地址中的数据在外存空间中连续储存。所以,采用二维到一维(2D-1D)的数据传输方式。首先,在OPT字段中设置源地址和目的地址的传输方式和更新方式:2DS=SUM=1,2DD=DUM=0;TCINT位置1允许通道配置为传输链方式;设置传输基本元素ESIZE为0,以字(word)做为基本传输单位;设置LINK位为1,并设置传输同步类型标

识FS为0;另外,设置TCCM:TCC指定传输链上的下一个通道—色度U的传输通道(还需要在通道链使能寄存器CCERL或CCERH中设置相应的位来使能对应通道的传输链功能)。其次,设置源地址为图像亮度数据在外存中的首地址;设置目的地址为内存中ping缓冲区中的亮度缓冲区首地址。接着,在CNT字段中设置ELECNT为一个宏块行的数据大小,由于传输元素以字为基本单位,一个亮度宏块行共有 $22 \times 256/4=1408$ 个字,设置ELECNT为1408;FRMCNT为一帧图像亮度宏块行的行数 $18/2-1=8$ 。最后,设置IDX字段中的FRMIDX为亮度宏块行的地址间隔;RLD字段中LINK设置为pong缓冲区中通道1参数集2的低16位地址。

其它通道的参数集配置方式基本相同,需要注意的是对于pong缓冲区中通道参数集的设置,必须连接到ping缓冲区对应的通道参数集上,以实现传输过程中宏块行数据在ping-pong缓冲中的交替存放;负责色度U数据搬移的通道2中也要指定传输链上通道3的操作。在完成一帧图像数据的搬移后,所有通道的参数集进行复位,对下一帧图像重复进行相同的操作。

四、EDMA的数据传输过程

完成对EDMA通道的配置后,在实际编码过程中的EDMA数据传输过程如图4所示。

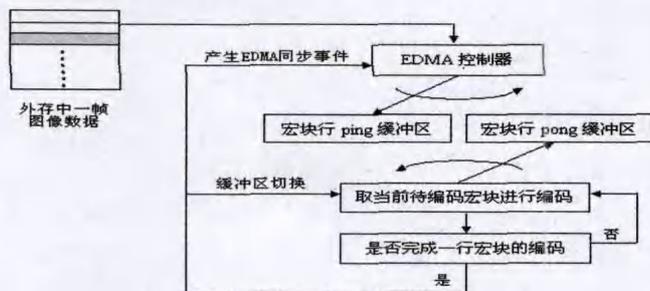


图4 视频源图像的EDMA数据传输过程

在进行第一帧图像的编码之前,首先产生两次EDMA同步事件,将第一帧图像的第一宏块行和第二宏块行分别移入内部ping-pong缓冲区。开始编码后,编码器先从ping缓冲区中取出一个待编码宏块进行编码,当完成ping缓冲区中的宏块编码后,立即进行缓冲区切换,从pong缓冲区中读取待编码宏块进行编码;同时,触发一次从外存读取新宏块行数据的EDMA同步事件,根据参数集1的配置由相应通道将数据移入ping缓冲区中。完成pong缓冲区中的宏块编码后,立即进行缓冲区切换,从ping缓冲区中读取待编码宏块继续进行编码;同时,触发一次从外存读取新宏块行数据的EDMA同步事件,根据参数集2的配置由相应通道将数据移入pong缓冲区中。

在外存中图像的最后一个宏块行由EDMA移入到pong

缓冲区中后,触发视频端口采集下一帧图像数据存入外存的视频图像缓冲区中覆盖当前的图像数据。当编码器完成倒数第二宏块行数据的编码后,切换到pong缓冲区,并产生EDMA事件将新一帧图像的第一宏块行数据读入到ping缓冲区中,搬移过程将循环下去。

参考文献

- [1] Iain E. G. Richardson, H.264/MPEG-4 Part 10 White Paper, www.vcodex.com, May, 2003.
- [2] 朱飞, 吴裕斌, 曹丹华, 在TMS320C6711 DSP上实现H.263视频编码器的EDMA数据存取策略, 电子技术应用, 2005, 7.
- [3] TMS320C6000 DSP Enhanced Direct Memory Access (EDMA) Controller Reference Guide. Mar. 2005: Texas Instruments Incorporated.
- [4] 华斌, 陈健, DM642 DSP高效率视频编码优化方法, 微计算机信息, 2006, 7.
- [5] TMS320 C6000 Programmer's Guide, Texas Instruments Incorporated, July 2003
- [6] TMS320 C6000 Optimizing Compiler User's Guide, Texas Instruments Incorporated, May 2004
- [7] TMS320 C6000 Assembly Language Tools v6.0 Beta User's Guide, Texas Instruments Incorporated, July 2005
- [8] TMS320C64x DSP Video Port/VCXO Interpolated Control(VIC) Port. Jan. 2006: Texas Instruments Incorporated.
- [9] 毕厚杰主编. 新一代视频压缩编码标准-H.264/AVC(第1版). 人民邮电出版社. 2005,5.
- [10] 张雄伟, 陈亮, 徐光辉. DSP芯片的原理与开发应用(第3版). 电子工业出版社. 2004,2

作者简介

宋宇(1983-), 男, 陕西西安人, 西安通信学院助教, 硕士, 主要研究方向为语音视频编码;

余育(1982-), 男, 重庆人, 解放军61413部队助理工程师, 主要研究方向为嵌入式系统;

王滨(1981-), 男, 甘肃兰州人, 博士生, 主要研究方向为语音视频编码。