

●应用与设计

EDMA在实时图像处理系统中的应用

耿磊, 吴晓娟

(山东大学信息科学与工程学院, 山东济南 250100)

摘要: 增强型直接内存存取(EDMA)是数字信号处理器(DSP)中用于快速数据交换的重要技术,具有独立于CPU的后台批量数据传输的能力,能够满足实时图像处理中高速数据传输的要求。以TI公司的TMS320DM642型DSP为例,介绍EDMA控制器的特点。结合实例给出EDMA在图像数据实时传输中的具体控制和实现方法。实验结果表明,通过灵活控制EDMA不仅能够提高图像数据的传输效率,而且能够充分发挥DSP的高速性能。

关键词: EDMA; 实时图像处理; 数字信号处理器; Sobel; TMS320DM642

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1006-6977(2006)01-0008-04

Application of EDMA in real-time image processing

GENG Lei, WU Xiao-juan

(School of Information Science & Engineering, Shandong University, Ji'nan 250100, China)

Abstract: The enhanced direct memory access(EDMA) is an important technology used for fast speed data transfer in data signal processor (DSP). EDMA is able to move data block independent of CPU, and this capability meets real-time image processing. The DSP(TMS320DM642) is taken as an example, EDMA controller characteristic is introduced. According to EDMA application in real-time image processing, the specific control ways and realization steps are given out. The research result shows that the flexible control EDMA can not only raise image data transfer efficiency, but also improve DSP speed.

Key words: EDMA; real-time image processing; DSP; Sobel; TMS320DM642

1 引言

数字图像处理技术在科学研究、工业生产和管理部门中得到越来越多的应用。在目标跟踪、机器人导航、自动驾驶、交通监视等领域中的应用也极大地促进了实时图像处理技术的发展。实时应用要求实时图像处理系统必须具有强大的运算功能。DM642(TMS320DM642)型处理器是TI最新推出的面向多媒体处理领域的数字信号处理器(DSP),给多媒体设备的实现提供了另一种有效的手段。DM642建立在C64x DSP核基础上,采用德州仪器公司开发的第二代高性能的先进的超长指令字结构VelociTI.2™,在600MHz的时钟频率下,DM642每秒可以进行24亿次16位的乘累加或48亿次的8位的乘累加。这样强大的运算能力使得DM642可以进

行实时多视频图像处理。它的增强型直接内存存取(EDMA)对DSP图像处理系统是非常重要的,它可以在没有CPU参与的情况下完成映射存储空间中数据搬移。灵活使用EDMA可以大大提高数据传输效率。以DM642为例,结合Sobel算法给出EDMA的一种具体控制和实现方法。

2 DM642的EDMA控制器

DM642的EDMA能提供超过2Gb/s的外部带宽,支持64路独立触发的事件传输,总共有85个参数对“Linking”或“Chaining”进行配置。Linking是在1个事件被触发时允许1个序列进行传输。Chaining是当1个通道的数据传输完毕时触发另1个通道的数据传输。Linking和Chaining使得仅仅被CPU初始配置之后EDMA能够连续的自动运行。EDMA的

特点决定了其适合图像处理的功能。由于图像处理的原始数据量很大,同时图像处理中也会产生同等量的中间数据,对于片内存储资源有限的高速 DSP 来说,一般需要借用外部存储空间。为了提高系统的实时处理能力,可以将数据在不同存储空间转移的任务交给 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 来完成同样的工作几乎不占用 CPU 的时钟周期。

在 C64xDSP 中,EDMA 控制器负责片内 L2 存储器与其他设备之间的数据传输。EDMA 控制器和 DMA 在结构上有很大的不同,其增强之处包括:

- 提供了 64 个通道;
 - 通道间的优先级可以设置;
 - 支持不同结构数据传输的链接。
- EDMA 控制器由以下几部分组成:
- 事件和中断处理寄存器;
 - 事件编码器;
 - 参数 RAM;
 - 硬件地址产生。

其中,事件寄存器控制对 EDMA 事件进行捕获。1 个事件相当于 1 个同步信号,由它触发 1 个 EDMA 通道开始数据传输。如果有多个事件同时发生,则由事件编码器对它进行分辨。EDMA 的参数 RAM 中存放了有关的传输参数,这些参数会被送入地址发生器硬件,进而产生读写操作所需要的地址。

EDMA 支持 8bit、16bit 和 32bit 数据的存储。在 EDMA 中定义了下列概念:

(1) 数据单元(element)的传输。单个数据单元从源地址向目的地址传输,如果需要,每 1 个数据单元都可以由同步事件触发传输;

(2) 帧(frame)。1 组数据单元组成 1 帧,1 帧中的数据单元可以是相邻连续存放的,也可以是间隔存放的,帧传输可以选择是否受同步事件控制,“帧”一般在 1 维传输中提及;

(3) 阵列(array)。1 组连续的数据单元组成 1 个阵列,在 1 个阵列中的数据单元不允许间隔存放。1 个阵列的传输可以选择是否受同步事件控制。“阵

列”一般在 2 维传输中提及;

(4) 块(block)。多个帧或者多个阵列的数据组成 1 个数据块;

(5) 1 维(1-D)传输。多个数据帧组成 1 个 1 维的数据传输。Block 中帧的个数可以是 1~65536。

(6) 2 维(2-D)传输。多个数据阵列组成 1 个 2 维的数据传输。第 1 维是阵列中的数据单元,第 2 维是阵列的个数。

3 EDMA 的控制机制

3.1 事件与事件控制寄存器

EDMA 有 64 个通道,每 1 个通道都有 1 个事件与之关联,由这些事件触发相应通道的传输。

3.2 传输参数与参数 RAM

EDMA 控制器与 DMA 控制器在结构上有所区别。C64x 的 EDMA 控制器是基于 RAM 结构。参数 RAM(Parameter RAM, PaRAM)的容量是 2KB,总共可以存放 85 组 EDMA 传输控制参数。多组参数还可以彼此连接起来,从而实现某些负责数据流的传输,例如循环缓存和数据排序等。参数 RAM 中保存的内容包括:

64 个 EDMA 通道对应的入口传输参数,每组参数包括 6 个字;

用于重加载/链接的传输参数组,每组参数包括 24 字节;

8 字节空余的 RAM 可以作为“草稿区”(scratch pad area)。

一旦捕获到某个事件,控制器将从 PaRAM 顶部的 64 组入口参数中读取数据对应的控制参数送往地址发生器硬件。

表 1 给出 1 组 EDMA 传输参数的内部结构,总共 6 个字,192bit。可以通过 32bit 的外设总线对 EDMA 的参数 RAM 进行访问。

表 1 EDMA 的参数存储结构

Option(可选参数)		Word 0
SRC Address(源地址)		Word 1
Array/frame count (帧/阵列计数)	Element count (数据单元计数)	Word 2
DST address(目的地址)		Word 3
Array/frame index (帧/阵列索引)	Element index (数据单元索引)	Word 4
Element count reload (数据计数的重加载)	Link address (连接地址)	Word 5

可选参数 (Option Parameter), 32bit, 用户可以根据情况选择设置该参数。

SRC/DST 地址, 32bit, 用于存放 EDMA 访问起始的源地址和目的地址, 可以通过可选参数中的 SUM/DUM 位设定对 SRC/DST 地址的修改方式。

数据单元计数 (Element Count), 16bit 无符号数, 存放 1 帧 (1-D 传输) 或 1 个阵列 (2-D 传输) 中的数据单元数。

帧/阵列计数 (Frame/Array Count), 16bit 无符号数, 存放的是 1-D 数据传输中的帧计数, 或是 2-D 数据传输中的阵列计数。

数据单元/帧/阵列索引 (Element/Frame/Array Index), 16bit 无符号数, 作为地址修改的索引值。数据单元索引只应用于 1-D 传输, 为下一数据单元的地址偏移值 (2-D 传输不允许数据单元间隔存放)。帧/阵列索引用于控制下一帧/阵列的地址索引。

数据计数的重加载 (Element Count Reload), 16bit 无符号数, 用于在每帧最后一个数据元素传输之后, 重新加载传输计数值。这个参数只能用于 1-D 传输中。

链接地址 (Link Address), 16bit。当设定可选参数中的 LINK=1 时, 可以由链接地址确定下一个 EDMA 事件采用参数的装载/重装载地址, 从而使多组 EDMA 传输参数形成 EDMA 传输链。

4 EDMA 的传输操作

EDMA 进行数据传输时有 2 种启动方式, 1 种是 CPU 启动, 另 1 种是由同步事件触发。每 1 个通道的启动是相互独立的。

4.1 CPU 启动 EDMA/非同步的 EDMA

CPU 可以通过写事件置位寄存器 (ESR) 启动 1 个 EDMA 通道。向 ESR 中某 1 位写 1 时, 将强行触发对应的事件。此时, 与正常的事件响应过程类似, EDMA 的 PaRAM 中的传输参数被送入地址发生器, 完成对 EMIF、L2 存储器或外设的存取访问。由 CPU 启动的 EDMA 属于非同步的数据传输。EER 中的事件使能与否不会影响这种 EDMA 传输的启动。

4.2 由事件触发 EDMA

一旦事件编码器捕获到 1 个触发事件并锁存在 ER 寄存器中, 将导致 PaRAM 中对应的参数被送入地址发生器, 进而执行有关的传输操作。尽管是由事件启动传输操作, 但是事件本身必须首先被 CPU

使能。EER 寄存器负责控制事件的使能。触发 EDMA 传输的同步事件可以源于外设, 外部器件的中断或某个 EDMA 通道结束。与 DMA 的情况不同, 与 EDMA 的每 1 个通道相关联的触发事件是固定的。因此, 如果假设 EER 中的 EVT4=1, 那么 EXT_INT4 引脚的外部中断信号就会启动 EDMA 通道 4 的传输。所以, 每个事件也就指定了 1 个特定的 EDMA 通道。

5 在实时图像处理系统中的应用

在实时图形处理系统中, 经常是把数据块转移, 例如从视频通道采集数据传送到 SDRAM 中作为后续处理的缓存, 或是把数据传送到片内 RAM 中。EDMA 使数据的传送简单易行。下面以把数据从视频通道传送到片内 RAM 中并作 Sobel 边缘提取算法和把数据从视频通道传送到 SDRAM 中并作 Sobel 边缘提取算法为例。

(1) 把数据从视频通道通过 1 维方式传送到片内 RAM 中并作 Sobel 边缘提取算法

只对摄像头采集的 1 块数据进行 Sobel 边缘提取。采用一维 EDMA 传送方式, 每 1 次传送采集 1 行中的部分数据 (DAT_copy() 函数)。在 PAL 制式下, 先把 1 行数据放到 nMemTemp 数组中, 然后对从 144 行到 432 行、从 180 列到 435 列的图像进行 Sobel 边缘提取, 最后把变换后的数据输出到显示缓冲区, 如图 1 所示。

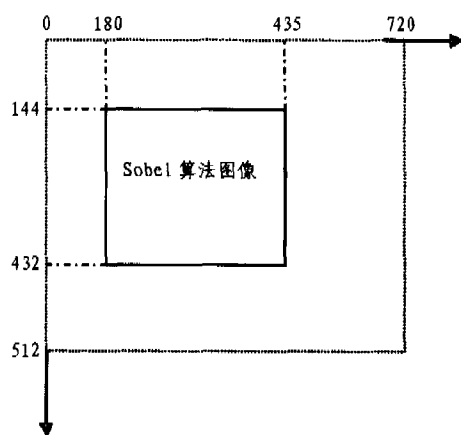


图 1 EDMA 转移数据块

```
unsigned char nMemTemp[720];
for ( i = 0; i < numLines; i ++ )
    { m_nID = DAT_copy ( capFrameBuf -> frame.iFrm.y1 +
    i * capLine Pitch, nMemTemp, numPixels);
```

```

DAT_wait(m_nID);
if ( i>144 && i<432 )
Sobel();
DAT_copy (nMemTemp,disFrameBuf ->frame.i
Frm.y1+i*disLinePitch,numPixels);
}

```

因为 Sobel 算法需要 3 行数据,所以可以开辟 1 个可以存放 3 行数据的缓冲区,通过指针的交换把从视频通道过来的数据分别放到缓冲区中。保存的 3 行图像使用翻卷的缓冲区管理,3 个变量分别指示当前使用的 y 行、y-1 行和 y-2 行在缓冲区中的起始偏移量。可以这样:轮流往 3 块缓存区拷贝数据,只要改变拷贝的指针就可以。在拷贝当前这一块的时候,已经拷贝的另外 2 块数据依然没有变化,所以就可以实现 3 块数据保存采集图像中的相邻 3 行数据,如表 2 所示。

3 个指针 *pImg1、*pImg2、*pImg3 分别轮流指向 3 个缓冲区。

```

m_nOffset1=0;
m_nOffset2=256;
m_nOffset3=512;
unsigned char cLines[256*3];
void Sobel()
{
    unsigned int m_nID;
    m_nID =DAT_copy (nMemTemp +180,cLines +
m_nOffset3,256);
    pImg1=cLines; pImg1+=m_nOffset1;
    pImg2=cLines; pImg2+=m_nOffset2;
    pImg3=cLines; pImg3+=m_nOffset3;
    x1>(*pImg1); pImg1++; x2>(*pImg1); pImg1++;
    x4>(*pImg2); pImg2++; x5>(*pImg2); pImg2++;
    x7>(*pImg3); pImg3++; x8>(*pImg3); pImg3++;
    for ( mi =0;mi <256;mi ++ ,pImg1 ++ ,pImg2 ++ ,
pImg3++)
    {
        x3>(*pImg1); x6>(*pImg2); x9>(*pImg3);
        m_nWork1=x7+x8+x8-x2-x2-x3;
        m_nWork2=x3+x6+x6-x4-x4-x7;

```

```

if ( m_nWork1<m_nWork2 )
    m_nWork1=m_nWork2;
m_nWork2=m_nWork1+x9-x1;
if ( m_nWork2>255 ) m_nWork2=1;
else if ( m_nWork2<0 ) m_nWork2=0;
nMemTemp[mi+180]=m_nWork2;
x1=x2; x2=x3;
x4=x5; x5=x6;
x7=x8; x8=x9;
}
nMemTemp[mi]=0;
m_nWork=m_nOffset1; m_nOffset1=m_nOffset2;
m_nOffset2=m_nOffset3; m_nOffset3=m_nWork;
}

```

(2) 把数据从视频通道通过 2 维方式传送到 SDRAM 中并作 Sobel 边缘提取算法

可以通过 DAT_copy2d () 函数直接把采集的 1 幅图像亮度分量存放到 SDRAM 中,如下:

```

DAT_copy2d(DAT_2D2D,
            capFrameBuf->frame.iFrm.y1,
            m_dbFrameBufferTemp,
            numPixels,
            numLines,
            numPixels);

```

其中,m_dbFrameBufferTemp 是指向 SDRAM 中缓冲区的指针,numPixels 是 1 行的像素数,numLines 是行数。当把数据存放到 SDRAM 的 1 个数组中后,Sobel 算法的实现就非常简单了。当然也可以参照 1 维的方法来实现。

6 结束语

大批量的图像数据传输和复杂算法的处理一直是高速数字图像处理器的速度瓶颈,利用 DSP 的 EDMA 功能可以在不中断信号处理器算法处理工作的同时完成图像数据的搬移,在有效地解决了大批量图像数据传输速度瓶颈的同时,又能让 DSP 的处理器核专门从事算法处理工作,极大地提高了系统的并行性能。

参考文献:

- [1] 李方慧,王飞,何佩琨.TMS320C6000 系列 DSP 的原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [2]Texas Instrument incorporated.TMS320DM642 E

表 2 缓存区分配

缓冲区 1	cLines[0 - 255]
缓冲区 2	cLines[256 - 512]
缓冲区 3	cLines[513 - 768]

●应用与设计

MAX504 型数/模转换器在无刷同步发电机励磁控制装置中的应用

陈建峰, 李国锋, 徐龙堂

(北车集团永济电机厂, 山西 永济 044502)

摘要:在无刷同步发电机励磁控制装置中,要将 80C196MC 型单片机输出的数字控制信号转换成模拟电压信号, MAX504 型 D/A 转换器能很好地满足这种要求。主要介绍 MAX504 型 10 位串行 D/A 转换器的特点、工作原理及应用。

关键词:MAX504; 串行 D/A 转换器; 励磁控制; 应用

中图分类号:TN409 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-6977(2006)01-0012-03

Application of MAX504 in excitation control device of brushless synchronous generator

CHEN Jian-feng, LI Guo-feng, XU Long-tang

(Yongji Electric Machine Factory, CNR, Yongji 044502, China)

Abstract:In excitation control device of brushless synchronous generator, it is required that digital control signal which 80C196MC microcontroller outputs is converted to analog voltage signal. MAX504 can greatly satisfy this requirement. The characteristics, operating principle and application of 10 bits MAX504 are introduced.

Key words:MAX504; serial D/A converter; excitation control; application

1 引言

无刷同步发电机励磁控制装置主要应用于 DF11 型和 DF8B 型铁路内燃干线机车的交流辅助传动系统。无刷励磁控制装置和交流辅助发电机共为一体,对发电机的励磁机励磁进行控制,从而达到控制发电机励磁的目的。通过无刷励磁控制装置的控制信号,使交流辅助发电机在不同工况下保证 U/f 比恒定。当负载突然变化时,励磁控制装置能迅速

调节励磁电流,使发电机输出特性变硬,保证辅助系统稳定工作。无刷同步发电机励磁控制装置的结构如图 1 所示,无刷同步发电机励磁控制装置需采集发电机输出交流电压 V_a 、 V_b 、 V_c 等模拟量,经过信号测量电路取得电压信号和转速信号,发电机转速信号输入到 80C196MC 型单片机,通过 MAX504 转换成模拟基准电压信号,此信号即为上述电压检测信号与经过 PI 计算后输出的控制信号,控制无刷同步发电机励磁机的励磁,从而控制其输出电压。

valuation Module Technical Reference[Z], 2003.

[3]Texas Instrument incorporated.TMS320DM642 Video/Imaging Fixed-Point Digital Signal Processor [Z]. 2003.

[4]Texas Instrument incorporated.TMS320C64x EDMA Performance Data[Z]. 2004.

[5]赵训威.基于 MS320C6200 系列 DSP 芯片的应用

与开发[M].北京:人民邮电出版社,2002.

作者简介:耿 磊(1982-),男,汉族,山东大学信息科学与工程学院硕士研究生,主要研究方向是信号与信息处理。

收稿日期:2005-06-11

咨询编号:060102