

**美国德州仪器公司**

- 公司介绍
- 联系公司
- 公司新闻
- 加入收藏夹

## HPI方式自举在TMS320VC5402 DSP芯片上的实现

王进军 宋道元 黄本雄

武汉华中科技大学电信系(430074)

2008-11-07

**摘要:** 在由TI系列DSP组成的多机系统中,往往用HPI进行多机数据交换。由于HPI的功能特性,产生了一种新的应用——使用HPI对DSP进行自举。介绍了使用HPI对TMS320C5402进行自举,从而省掉了DSP的EPROM,使DSP只使用SRAM,提高了处理速度,并使HOST CPU具有更大的控制权,很适合多处理器系统。

**关键词:** 自举 DSP Bootloader

当前,数字信号处理器(DSP)芯片以其强大的运算能力在通信、电子、图像处理等各个领域得到了广泛的应用。使用DSP的系统可以按处理器使用的数目分为单处理器系统和多处理器系统。单DSP的系统尽管结构简单,但系统的功能将不可避免地有所限制。由于DSP的控制功能不是非常强大,在应用中往往不得不把DSP作为目标系统专门负责复杂的运算,而另外使用一个主机(PC机或是单片机)对整个系统的运行实行控制。所以,在使用DSP的多处理器系统中,主机(单片机、PC机、另一个DSP芯片)与目标系统 DSP的数据交换就成为应用系统设计中必须考虑的重要问题。

### 1 主机接口的传统解决方案

解决主机与目标系统的数据交换是一个非常复杂的问题。传统的方式是采用 DMA(Direct Memory Access)或全局存储器(Global Memory)完成多机系统中的数据共享。在DMA方式下,读写共享内存必须要求其它处理器处于停止工作的状态,所以DMA共享存储器的方式往往不为人所用。全局存储器是多个处理器共享的存储器。在使用全局存储器的应用系统中,DSP的地址空间被分成局部块(Local Section)和全局块(Global Section)。局部块用于完成处理器自己的工作,而全局块则用来完成与其它处理器的通信工作。在TMS320C5x器件中,使用全局存储器分配寄存器GReg完成对全局内存的管理工作。GReg指定部分DSP内存为全局内存。比如,TMS320C5x器件能够分配全局数据内存空间,并通过BR(Bus Request)和 hcs控制信号实现与该内存的通信。当需要寻址全局内存空间时,BR和hcs信号变低电平。于是外部逻辑进行全局内存控制权的裁决,裁决的结果将通过选通信号通知某个TMS320C5x,从而使该DSP现在就拥有对全局内存的控制权。显然,使用全局内存的方式来完成多DSP的共享数据通信是非常方便的。但是,应用系统往往由单片机作为主机,DSP作为目标系统构成。由于当前使用最多的单片机往往是8位机,使用16位机的共享内存完成主机与DSP的数据交换不是处理太复杂就是资源利用不充分。为了解决DSP与低档 8位主机的数据交换问题,TI公司在TMS320C54x系列中使用了HPI接口。HPI将以往一些需片外实现的功能集成在片内,简化了与主机的连接,同时主机可以达到很高的访问速度。该HPI端口在TI TMS320C6x系列的器件中也得到了保持,且功能有所增强。

### 2 TMS320VC5402的HPI

TMS320VC5402是TI公司的54X系列定点DSP,具有低功耗、高性能的特点。

**CPU** 增强的多总线结构,三条独立的16bit数据存储器总线和一条程序存储器总线;40bit运算逻辑单元(ALU),包括一个40bit的桶形移位器和两个独立的40bit累加器,17bit×17bit并行乘法器;连接一个40bit的专用加法器,可用于进行非流水单周期乘/加(MAC)运算;比较、选择和存储单元(CSSU)用于Viterbi运算器的加/比较选择;指数编码器在一个周期里计算一个40bit累加器的指数值;两个地址发生器中有八个辅助寄存器和两个辅助寄存器运算单元(ARAUs);数据总线具有总线保持特性。

**存储器** 扩展地址模式可最大寻址到1M×16bit外部程序空间,4K×16bit片上ROM,16K×16bit双访问片上RAM。

**指令集** 支持单指令循环和块循环,存储块移动指令提供了高效的程序和数据存储器管理,支持32bit长字操作数指令,支持两个或三个操作数读指令,支持并行存储和并行加载的算术指令、条件存储指令和中断快速返回,支持定点DSP C语言编译器。

**片上硬件资源** 软件可编程等待状态发生器和可编程存储单元转换,连接内部振荡器或外部时钟源的锁相环(PLL)时钟发生器,两个多通道缓冲串口(McBSPs),增强型8bit并行主机接口(HPI8),两个16bit定时器,6通道直接存储器访问(DMA)控制器。

**电源** 低功耗,工作电源有3.3V和1.8V(内核),用节电模式的IDLE1、IDLE2及IDLE3指令做功率控制,可禁止CLKOUT信号。

**速度** 在3.3V供电(1.8V核心电压)下单周期定点指令的执行周期为10ns(100MIPS)。

**仿真** 符合IEEE1149.1边界扫描逻辑标准的片内扫描仿真逻辑接口。

TMS320C54x系列DSP芯片中的HPI,能够顺序传送或随机传送数据,产生HOST中断和C54x中断,接口灵活,并可通过DMA总线访问片内RAM。当TMS320C54X与主机(或主设备)交换信息时,HPI是主机的一个外围设备。HPI有8根数据线HD(0~7),在TMS320C54x与HOST传送数据时,HPI能自动将外部接口传来的连续数据组合成16位数后传送给DSP。如果HOST和DSP竞争同一个地址,则HOST优先,DSP等待一个HPI周期。

TMS320C54x系列发展到TMS320VC5402的时候,其HPI已经得到了增强,被称为HPI-8。和TMS320C54x系列前几款芯片中的标准HPI相比,HPI-8在几个方面有所不同,见表1。

### 热点专题

- 信心09,冬天来了,春天还会远吗?
- 低功耗技术,是鸡还是蛋?
- 华北计算机系统工程研究所(电子六所)总结表彰春节联欢会
- Powerwise高效能解决方案
- 2008Security China中国国际社会公共安全产品博览会
- 视频信号处理技术
- 2008嵌入式技术创新及...
- 2008飞思卡尔技术论坛
- Altera公司SOPC...
- 第十届高交会电子展
- 科技闪耀北京奥运
- ADLINK DAY—2008年量测与自动化技术国际高峰论坛
- 中国电子学会Xilinx杯开放源码硬件创新大赛
- 赛灵思公司Virtex-5系列FPGA
- 3G知识
- IPTV
- 触摸屏技术
- RoHS

### 杂志精华

- 基于CC2430的无线传感器...
- 无线传感器网络应用系统综述
- 无线传感器网络在野外测量中的...
- 基于竞争的无线传感器网络
- 用于矿井环境监测的无线传感器...
- 具有自适应通信能力的无线传感...
- 基于传感器网络技术的深孔测径...
- 基于无线传感器网络的家庭安防...
- 基于ATmega128L与C...
- 无线传感器网络中移动节点设备...

表 1 HPI-8 和标准 HPI 的主要差别

增强型 HPI(HPI-8)	标准 HPI
可访问所有片内 RAM 空间	可访问所有片内 2K 的 RAM 空间
HOST 访问总是与 TMS320C54x 时钟同步	HOST-Only 模式下 HOST 访问与 TMS320C54x 时钟同步
HOST 和 TMS320C54x 都可访问片内 RAM	HOST-Only 模式下, HOST 具有独立的访问权

HPI-8的使用是通过HPIA、HPI C和HPID三个寄存器赋值实现的。HPIA是地址寄存器,HPI C是控制寄存器,而HPID是数据寄存器。简单地讲,HOST通过外部引脚HCNTLO和HCNTL1选中不同的寄存器,则当前发送的8位数据就送到该寄存器。在使用上,由于HPI C是16位寄存器,而HPI-8是8位的数据宽度,所以在HOST向HPI C写数据时,需要发送两个一样的8位数据。而地址寄存器HPIA选择后,直接向它写数据就可以了,但是要注意MSB和LSB的顺序。另外,HPIA具有自动增长的功能,在每写入一个数据前和每写入一个数据后,HPIA会自动加1。这样,如果使能了该功能,只需设定一次HPIA即可实现连续数据块的写入和读出。数据寄存器HPID,严格说应该叫做数据缓冲寄存器,因为最终数据是要写到片内RAM的。只是在实现上,数据首先从HOST发到HPID中,然后根据HPIA指定的地址,HPID中的数据再写到片内RAM的地址中。不过对用户而言,该过程是透明的。

### 3 使用HPI对DSP进行自举

HPI是作为多机数据交换而出现的,但是由于其功能特性,又产生了一种新的应用——使用HPI对DSP进行自举。实际上,TMS320VC5x系列DSP在片内固化的Boot loader程序中对HPI自举提供了全面的支持。笔者在VOIP系统的开发中,实现了使用HPI对DSP TMS320VC5402的自举,从而省掉了DSP的EPROM,使DSP只使用SRAM,提高了处理速度,并使HOST CPU具有更大的控制权,很适合多处理器系统。对于计算机插卡式的DSP系统,程序可以从PC机的硬盘上获取,从而减小了插卡版面空间占用,提高了处理速度。

在实现上,需要解决以下几个问题。

#### 3.1 DSP片内固化的Boot loader程序对HPI自举的支持

自举从本质上说就是在DSP启动后通过某种方式获取运行代码并开始运行,这个过程是在固化在DSP片内的Boot loader程序辅助下完成的。在DSP上电以后,Boot loader程序按照一定的顺序依次检验何种自举方式可用,自举方式包括HPI方式、Serial EEPROM方式、标准Serial Port方式、Parallel方式和I/O方式。

Boot loader查询HPI方式是否可用是这样进行的:在启动以后,DSP片内0x7F地址的值被置为0,Boot loader不断检验0x7F地址处是否出现了可用的程序指针的跳转地址。当其发现该地址内的值不为0时,即判定为DSP已由外部HOST CPU进行了HPI自举程序加载,并按照该值跳转PC指针,开始运行,从而完成HPI方式自举。

#### 3.2 突破4K的空间限制

由于HPI-8的特性,HOST能够访问所有的片内RAM空间,对于TMS320VC5402来说,其片内RAM地址空间从0000H到3FFFH,一共4K。这已经大大超过了标准HPI的2K的大小,但是对于大多数DSP应用程序来说,片内RAM除了放置程序代码以外,很可能还需要留出一部分供数据空间使用。实际上,大部分代码都可能放置在片外的程序空间,而这部分空间并不是HOST通过HPI-8所能够访问得到的。所以需要某种技术突破4K的片内RAM空间限制。由于DSP程序本身是能够访问到所有DSP程序、数据空间的,所以HOST可以首先放置一个体积不大于4K的程序到DSP内,再由该程序和HOST协作完成超出片内RAM的代码的放置工作。

一般将上述的首先放入DSP的程序称为kernel程序,其功能比较简单,本身不超过4K,可以由HOST全部放入到TMS320VC5402的片内RAM中,并被启动。

基于此种思路的流程图如图1所示。

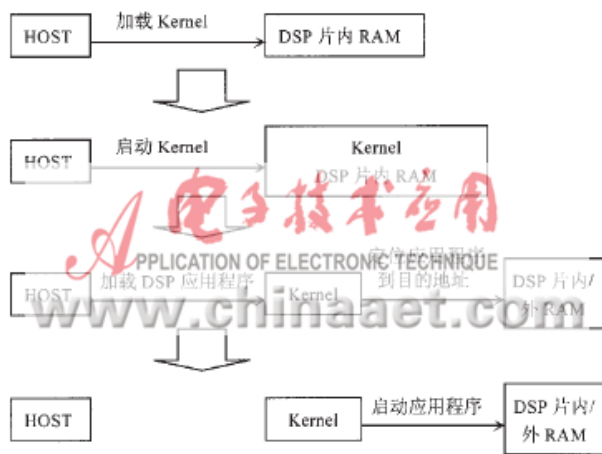


图 1 使用 Kernel 突破 4K 空间限制的流程图

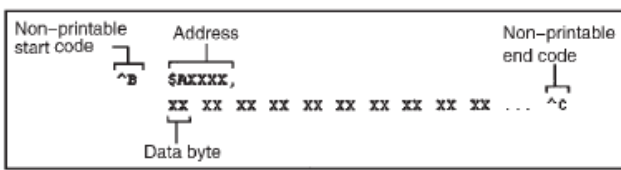
#### 3.3 程序代码的定位

编程的时候使用符号作为地址,经编译、链接后,符号所表示的相对地址已经转化为绝对地址。要使程序能够正常运行,需要将程序代码写到指定的位置——绝对地址。在HOST→Kernel→DSP应用的HPI自举方式中,HOST和Kernel需先后完成Kernel代码和DSP应用程序代码的定位工作。

因此,在HOST CPU的外存储器中,至少需要保存DSP程序代码和相应的地址信息。这些数据在由自举程序写到DSP后,被拼接成正确的可执行代码、已初始化数据等,并被正确定位。一般来说,HOST CPU的外存储器中的DSP自举数据是HEX格式的。虽然HEX格式有很多种,但任何一种包含有地址等信息的16进制HEX格式文件都是适用的。

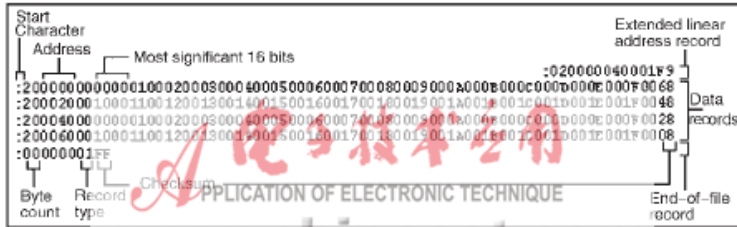
常见的HEX格式有ASCII、Intel、TI-Tagged等格式,如图2所示。

## ASCII-Hex Object Format

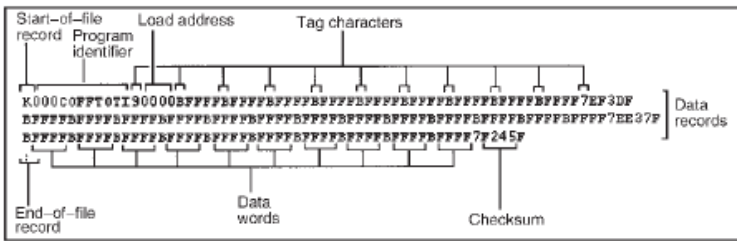


ASCII 格式

## Intel MCS86 Hexadecimal Object Format



## TI-Tagged Object Format



TI-Tagged 格式

图2 常见的 HEX 格式

在各种HEX格式中, Intel 格式相对来说比较适宜, 因为在Intel 格式的HEX文件中, 代码被分为每行一个块, 这种分块的最大长度固定, 因此在DSP内预留的缓冲区的大小容易计算。Intel 格式的HEX文件的格式为: BYTE1作为每块的起始标志, 总是“:”; BYTE2-3表示该块中有效数据的长度, 最长为32个BYTE。这种有效数据可能是程序代码, 也可能是扩展地址信息; BYTE4-7表示该块内代码的起始地址; BYTE8-9是类型, 00表示程序代码, 01表示结束, 04表示扩展地址信息; BYTE10之后是代码, 直到最后两个BYTE, 表示校验位。校验位的值是块中先前数据值和的补码。

根据选定的HEX格式, CPU首先按照该格式的定义对Kernel 的HEX数据进行解释, 获取各种信息后, CPU将其在TMS320VC5402片内RAM中组成可执行DSP程序。然后在CPU和kernel 的共同作用下, 对DSP应用程序的HEX数据进行解释, 最后完成其在DSP中的拼接、定位并启动DSP应用程序——跳转到DSP应用程序的起始地址。

## 4 系统软硬件设计与实现

### 4.1 系统框图

在笔者开发的VOIP系统中, 使用了HPI对DSP (TMS320VC5402)进行自举的功能。其中相应部分的框图如图3所示。

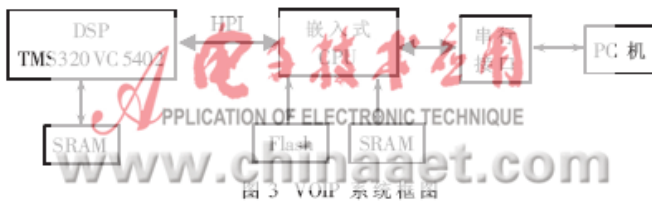


图3 VOIP系统框图

对于PC机插卡的系统, 该框图更可以省略掉HPI 以右的部分, 而直接使用PC机的CPU和硬盘作为相应的控制和只读存储器件。这样, 仅需要为DSP配备RAM即可使其正常运行。

### 4.2 Kernel程序设计

按照前面所说, kernel 程序的作用是用于突破TMS320VC5402 4K片内RAM空间限制的中间程序, 其功能无非就是按照和HOST CPU的某种约定, 获取DSP程序代码和相应地址信息, 在DSP所能够访问到的存储器空间(片内和片外)生成DSP程序代码。由于 Kernel 的功能比较少, 故其可以做得非常小。其中关键的生成DSP程序代码部分的代码如下:

```

...
.bss addr, 1 ;程序代码目的地址
.bss length, 1 ;程序代码长度
.bss codedata, 20 ;接收程序代码缓冲区
...
.text
START:
...
MOVE:

```

```
STM #addr, AR4 ;获取程序代码目的地址
LD *AR4, A
STM #codedata, AR3 ;获取程序代码
MVDM #length, AR5 ;获取程序代码长度
NOP
MAR *+AR5(#-1)
RPT *(AR5) ;定位
WRITA *AR3+
```

```
...
ENDLOAD:
    B app_start ;启动
...
```

#### 4.3 运行流程

按照前述的系统构成, 首先将PC机上调试好的Kernel 程序和DSP应用程序(一般为COFF格式)转换成HEX文件, 并通过串口将这些文件存放到CPU的Flash中, 在存放过程中应将HEX文件原样保存, 以保留其中所有的信息。在系统启动后, CPU从Flash中获取Kernel 的HEX数据, 通过HPI 将其在TMS320VC5402中组合出Kernel 运行程序并启动。然后, CPU从其Flash中获取DSP应用程序的HEX数据, 通过HPI 将其分块放入TMS320VC5402, 并和已经开始运行的Kernel 程序最终完成DSP引用程序的正确定位工作。最后启动DSP应用程序。

在实践中发现, 虽然HPI 的设计初衷是为了和低速8位机接口进行数据交换, 但是HPI 本身的工作速度非常高。通过HPI 方式加载一段不小于130K的DSP应用程序代码所需要的时间不超过3秒钟。

T1 系列DSP提供了如此丰富的应用方式, 无疑给DSP系统开发者带来了极大的方便。

#### 参考文献

- 1 TMS320C54x Assembly Language Tools User' s Guide. Texas Instruments Incorporated, (SPRU102)Copyright 2000
- 2 TMS320VC5402 and TMS320UC5402 Bootloader. Texas Instruments Incorporated, (SPRA618)Copyright 2000
- 3 TMS320 C54x DSP Reference Set Volume 5: Enhanced Peripherals. Texas Instruments Incorporated, (SPRU302) Copyright 2000
- 4 戴明桢. 320C54x 数字信号处理器结构、原理及应用. 上海: 上海交通大学, 1999. 7

#### 在线联系

[添加到收藏夹](#)

关于“ [HPI 方式自举在TMS320VC5402 DSP芯片上的实现](#)”, 我有如下需求或意向:

用户名:  密码:  验证码:   [欢迎注册](#)

#### 相关应用

- 基于FIFO的DDC与DSP高速数据传输实现
- 两类DSP芯片的引导过程分析
- 用高速DSP在频域上实现LFM信号的实时脉冲压缩
- 低功耗MSP430单片机在3V与5V混合系统中的逻辑接口技术
- 开放的多媒体应用平台OMAP
- 基于TMS320F206 DSP的冗余度TT—VGT机器人的...

[版权声明](#) | [投稿须知](#) | [《电子技术应用》投稿](#) | [网站地图](#) | [帮助中心](#) | [广告中心](#) | [关于我们](#) | [管理员信箱](#)

[回到顶端](#)

《电子技术应用》编辑部版权所有

地址: 北京海淀区清华东路25号电子六所大厦

联系电话: 82306084 / 82306085 传真: 62311179 京ICP备05053646号

推荐分辨率1024\*768 IE6.0版本

