

# 多 DSP 系统独立加载模块在线编程软件设计

刘峰, 卫晋, 龙腾

(北京理工大学信息科学技术学院, 北京 100081)

**摘要:** 基于 PCI、MAILBOX 通信机制和 LINK 接口, 设计了针对独立加载模块中 FLASH 存储器的在线编程软件, 满足了由多个标准 DSP 模块构成的多 DSP 实时信号处理系统对独立加载模块提出的多片加载数据文件生成、在线快速编程等实际工程需求。此编程方法与采用的 FLASH 芯片无关, 也可以适应多 DSP 系统提供的不同接口形式, 具有较强的灵活性。

**关键词:** FLASH; 在线编程; 多 DSP 系统; TigerSHARC; PCI; LINK 接口

## In-circuit Programming Software Design for Agile Booting Module in Multi-DSP System

LIU Feng, WEI Jin, LONG Teng

(School of Information Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

**【Abstract】** Based on the techniques such as PCI, MAILBOX handshake protocol and LINK port which belong to TigerSHARC processor, an in-circuit FLASH ROM programming software is designed, which is required by the agile booting module in multi-DSP system. The software can generate booting data file for multi-DSP system, facilitate the swift in-circuit FLASH ROM programming process, and be compatible with FLASH ROM from various chip vendors and various booting module hardware interface.

**【Key words】** FLASH; in-circuit programming; multi-DSP system; TigerSHARC; PCI; LINK port

嵌入式系统往往需要复位加载、数据保存等功能。因此, 要求系统中具备大容量、可快速多次重复编程的非易失性(nonvolatile)存储器<sup>[1]</sup>。FLASH存储器是一种常用的非易失性存储介质, 相比EPROM和EEPROM, 它具有体积小、容量大、功耗低、多次(1万次以上)电可编程、读写速度快等优点; 相比硬盘, 它具有抗振动、抗干扰等优点, 已广泛应用于数据采集系统、实时信号处理系统、便携式计算机、工业控制系统等领域。

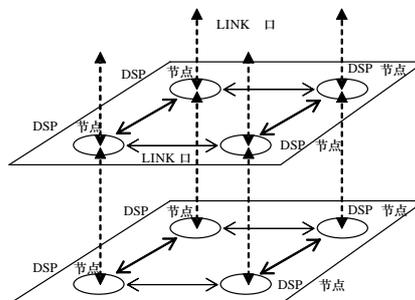
对FLASH的在线编程<sup>[2]</sup>(in-circuit programming)是指允许嵌入式处理器内部运行的程序去改写FLASH的内容, 这样, 不仅可以在运行过程中修改某些运行参数, 也为研制新型嵌入式应用开发工具提供了技术基础, 是必不可少的技术环节。在由多个标准DSP模块构成的多DSP系统中, 复位加载与参数数据保存等功能是通过与标准DSP模块动态连接的独立加载模块实现的, 需要设计一套软件流程满足对独立加载模块中FLASH存储芯片在线编程的需求。

### 1 标准 DSP 模块构成的多 DSP 系统

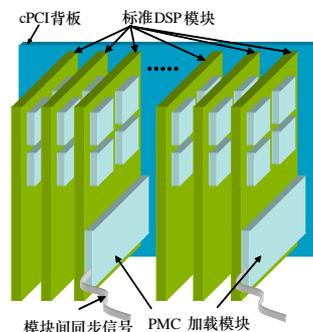
DSP是专用于数字信号处理的处理器芯片, 其强大的处理能力和可编程能力, 可以满足雷达、通信等诸多实时应用系统的运算需求。应用载有多个DSP芯片并具有超级计算机体系结构的标准DSP模块构建系统<sup>[3]</sup>可以通过简单的硬件扩展来适应处理规模的变化, 缩短研制周期, 简化系统结构, 已在很多实际工程中得到了成功应用。对于不同芯片数量、不同互连形式的标准DSP模块的开发方法参见文献[4~6]。

本文讨论的标准DSP模块为6UcPCI板型, 每个标准DSP模块内部有4片TigerSHARC处理器ADSP-TS101, 通过SHARC、TigerSHARC系列DSP处理器特有的LINK口连接

成环路, 各个标准DSP模块间亦通过LINK口连接, 最终形成MESH结构的DSP网络, 如图1(a)所示。



(a)多标准 DSP 模块构成 MESH 结构的 DSP 网络



(b)插在底板上的多 cPCI 板型标准 DSP 模块

图 1 由标准 DSP 模块构成的多 DSP 系统示意图

**作者简介:** 刘峰 (1978—), 男, 博士、讲师, 主研方向: 雷达信号处理, 实时数字信号处理; 卫晋, 博士研究生; 龙腾, 博士、教授、博士生导师

**收稿日期:** 2006-07-30 **E-mail:** weijin@bit.edu.cn

为了提高标准 DSP 模块的性能,减少总线负载,同时也为了适应不同封装、不同容量的 FLASH 芯片,提高通用性和可靠性,标准 DSP 模块不采用在 DSP 处理器总线上挂接 FLASH 的方案,而是采用载有 FLASH 芯片的独立加载模块与标准 DSP 模块动态连接,实现多 DSP 复位加载与数据存储功能。多个标准 DSP 模块在 cPCI 底板上插接,构成多 DSP 系统,而独立加载模块以 PMC 板型实现,插接在任意标准 DSP 模块上,两者通过 LINK 口进行通信,如图 1(b)所示。

当系统规模较大时,可以配备多个独立加载模块,其间使用同步信号进行同步。独立加载模块组成框图,如图 2 所示。独立加载模块实物,如图 3 所示,采用 ALTERA 公司的 Cyclone 系列 FPGA(EP1C6Q240C8)、ATMEL 公司的 FLASH 芯片(AT49BV322A)。

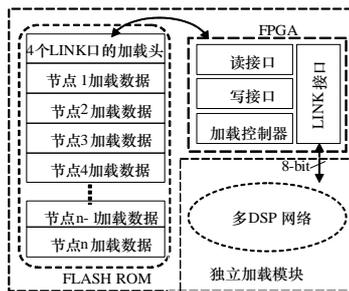


图 2 独立加载模块组成框图



图 3 加载模块实物图

由于独立加载模块中的 LINK 接口和 FLASH 接口均在 FPGA 中实现,为多 DSP 系统和编程软件屏蔽了数据传输接口,并能适应不同 FLASH 的不同封装形式、接口时序和容量大小。文献[1]详细介绍了有关 FLASH 编程的工作原理,此处不再赘述。

针对独立加载模块的在线编程软件需要完成如下工作:

- (1)生成多 DSP 系统加载数据文件;
- (2)对单个独立加载模块在线编程;
- (3)对多个独立加载模块在线编程。

## 2 常用的 FLASH 编程方法

目前,有很多嵌入式系统的 FLASH 编程方法<sup>[1,7]</sup>,5 种常用方法如下:

(1)通过 FLASH 编程器进行编程

此方法需要将 FLASH 芯片取下,再使用特定的编程器进行编程,适用于便于拆装的 FLASH 芯片封装,如双列直插封装。随着芯片工艺的发展,如今的嵌入式系统中大多使用表面贴装的 FLASH 芯片,这种方法已很少使用。

(2)通过专用数据接口编程(如网口、串口)

此方法连接形式简单,但需要设计专用的编程接口和辅助电路,需要考虑应用系统的具体要求实现。

(3)通过控制 JTAG 口进行编程

通过并口,连接上位机与主控芯片的 JTAG。依据上位机软件输出的控制指令,改变主控芯片系统总线引脚的状态,

实现 FLASH 编程。此方法使用简便、灵活,适用于支持 JTAG 的主控芯片,但需要获得主控芯片的 JTAG 指令码,以及描述芯片引脚在 JTAG 链上具体排布方式的 BSD 文件,其次要开发控制 JTAG 接口的应用程序,开发调试周期较长。

(4)通过开发系统进行编程

芯片厂商或板卡提供商会提供针对芯片的开发系统(emulator)。开发系统提供了程序在线调试功能,以及直接访问特定地址空间的手段。可将加载数据分批写入 FLASH,简单、可靠,开发难度小,但在处理多批加载数据烧写时操作过程略显复杂。

(5)通过上位机软件,结合通信接口编程

一些嵌入式处理系统可以实现总线接口逻辑,支持标准的总线协议,如 cPCI、VME 等。嵌入式系统作为挂在标准总线上的子设备,可以与作为主设备的主机进行通信。在挂接 FLASH 的处理器上运行一段代理程序,同时与上位机进行通信,可以完成 FLASH 的读、写操作。该方法开发难度小,编程速度快。

以上 5 种编程方法各有优点,在不同的应用中都收到了良好的效果。但针对前述多 DSP 系统中的独立加载模块而言,直接使用以上任意一种方法都不能奏效。考虑到该多 DSP 系统的特点,结合方法(2)和方法(5)的优点,设计基于 PCI、LINK 接口的编程软件可以满足多 DSP 系统对 FLASH 编程的需要。

## 3 独立加载模块 FLASH 的在线编程

(1)多 DSP 加载数据文件生成

首先,需要生成各个 DSP 节点的加载数据文件。TigerSHARC 处理器支持 EPROM(包括 FLASH)、LINK、HOST 3 种加载方式<sup>[8,9]</sup>。使用 Visual DSP++ 开发环境对用户创建的工程进行编译,可以生成各个 DSP 节点对应于特定加载方式的加载数据文件,每个文件包含加载核(kernel)和用户数据代码(loader)两个部分<sup>[9]</sup>。其中, kernel 是一段 256 字长的自覆盖加载引导程序,针对不同加载方式略有区别; loader 是以固定的格式对用户代码进行组织而生成的。文献[9]对加载过程中 kernel 和 loader 的运行机制进行了深入描述。由于在 TigerSHARC 处理器构成的多 DSP 系统中,通过 LINK 相互连接构成了灵活多变的网络拓扑,因此,各个 DSP 节点须配以 LINK 加载方式的 kernel,并通过 LINK 方式进行加载。

其次,需要对各节点加载数据文件进行排序。多 TigerSHARC 系统须依据一定的加载路径以 LINK 方式进行网络加载。TigerSHARC 处理器共引出 4 个 LINK 口,从图的角度来看,多 TigerSHARC 系统的网络加载路径形成二叉树结构。因此,可以按照节点在网络加载路径中的位置对这些加载数据文件进行统一排序,图 4 所示为 25 个节点依照自左至右、深度优先的原则完成的排序结果。最终,须按顺序将所有节点加载数据文件组合成一个全网络的加载数据文件,写入 FLASH 中,如图 2 中左部所示。

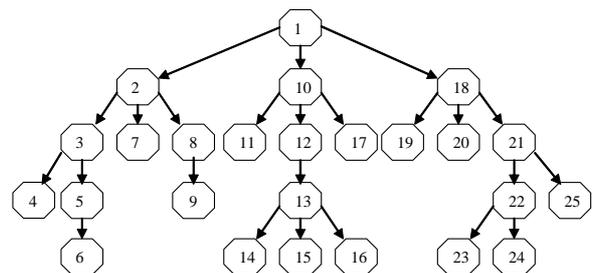


图 4 二叉树结构各个 DSP 节点的位置排序

## (2) 单个独立加载模块在线编程

欲将全网络的加载数据文件写入加载模块中的 FLASH 存储器, 首先需要构建从上位机到独立加载模块中 FLASH 的数据传输通路。如图 5 所示, 第 1 步, 上位机通过 PCI 总线, 以 HOST 方式加载标准 DSP 处理模块中与独立加载模块相连的节点 DSP, 使其运行一段代理程序, 如图 6 所示。该代理程序的任务是将上位机通过 PCI 写入 DSP 内部缓存的全网络加载数据文件, 通过该节点 DSP 的 LINK 口, 发送到独立加载模块中由 FPGA 实现的 LINK 接口。当加载数据文件很长, 不能在一次 PCI 传输中完成时, 通过标准 DSP 模块 PCI 桥接芯片中的 MAILBOX 实现握手机制, 分多次完成。第 2 步, 独立加载模块在加载控制器的控制下, 将接收到的加载数据文件写入 FLASH。为了验证对 FLASH 编程是否成功, 需要对写入 FLASH 的加载数据进行校验。校验以一次写入的数据长度为单位, 按照 PCI、LINK、FLASH 接口 3 个环节分别进行 3 次, 出现错误时, 统一由 DSP 节点向上位机软件报告错误类型。如果 3 次校验都没有出现错误, 则独立加载模块编程成功。上位机程序流程如图 7 所示。

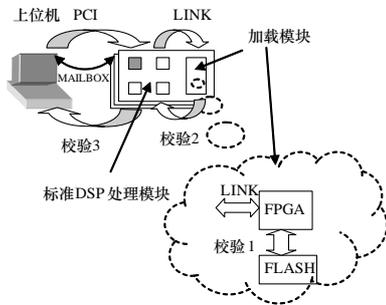


图 5 独立加载模块 FLASH 编程流程

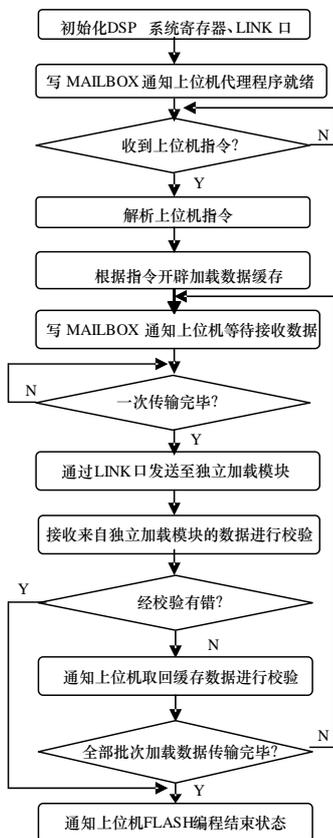


图 6 DSP 代理程序流程

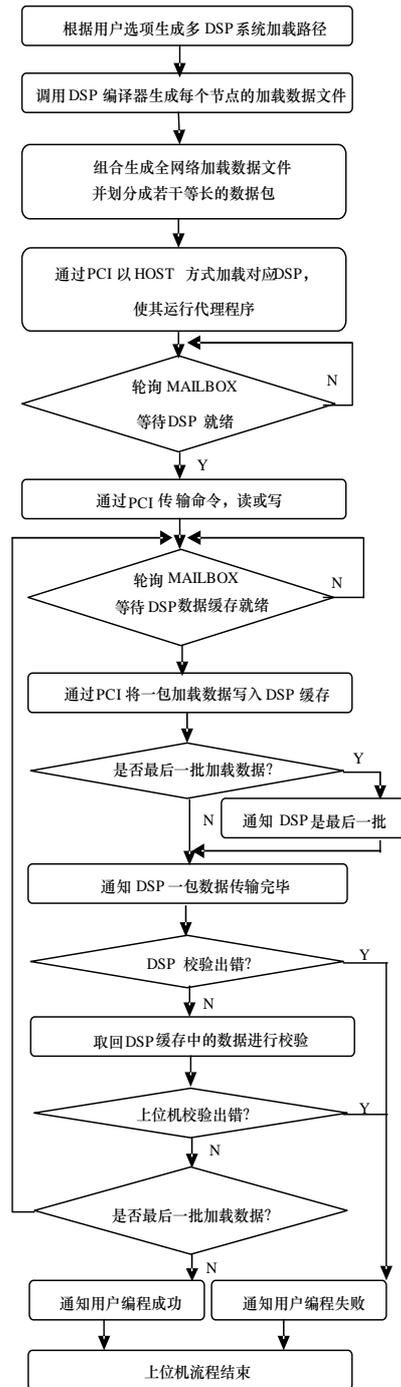


图 7 上位机软件流程

## 4 多个独立加载模块的在线编程

当多 DSP 系统由相当数量的标准 DSP 模块构成, 规模较大时, 由于受到加载实时性的限制, 或是 FLASH 容量的限制, 可能需要多个独立加载模块完成复位加载、数据保存等任务, 于是, 需要对多个独立加载模块在线进行编程, 如图 1(b) 所示。因为系统设置或总线驱动能力的限制, 并不是全部与独立加载模块相连的 DSP 节点都可以被上位机通过 PCI 直接访问, 这时, 需要考虑制定通用的 LINK 路由机制, 构建从上位机到各个独立加载模块的数据通路。在引入 LINK 路由机制后, 所有的独立加载模块对上位机来说, 都成为可寻址的网络节点, 而 LINK 路由表则是由节点间互连的 LINK 口编号组成。

以图 4 所示的 25 节点网络为例, 各个节点的地址就是节

点在三叉树的上的标号,其中1号节点与上位机相连,接收上位机送来的加载数据,与上位机实现握手机制,并完成与其 LINK 口连接的独立加载模块的 FLASH 编程。通过1号节点的其余3个 LINK 口,可以将相应的加载数据发送到任意位置的独立加载模块。

在图4所示网络中,设独立加载模块B连接在3号节点上,欲对其进行编程,构建数据通路的具体方法如图8所示。(1)由上位机通过 PCI 加载1号节点,使其运行代理程序;(2)上位机发送指令并送出 LINK 路由表,指示1号节点须按照 LINK 路由表转发加载数据至独立加载模块 B;(3)1号节点通过 LINK 方式加载 LINK 路由表中的下一个节点,2号节点,使其运行与1号节点相同的代理程序,只是将 MAILBOX 通信机制替换为与1号节点的 LINK 通信机制,之后,1号节点将 LINK 路由表送至2号节点;(4)同(3)一样,2号节点加载3号节点,并使其运行代理程序;至此,已经构建好从上位机到独立加载模块 B 的数据通路,可以按照前述对单个独立加载模块编程的方法完成独立加载模块 B 的编程操作。

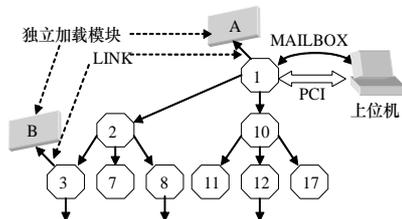


图8 多个独立加载模块进行编程时构建编程数据通路流程

(上接第248页)

质量信息的写入:工位处挡铁既受装配线 PLC 控制又受多品种管理系统 PLC 控制,当工人按下放行按钮时,多品种管理系统 PLC 采集蘑菇推杆附近两位置传感器信号,并控制读写器将此工位质量信息 OK 或 NOK 写入托盘随行信息存储器的相应地址。操作完成后,多品种管理系统 PLC 才同意放行,工位挡铁放行,托盘流入下一工位。由于所选读写器 SLG72 的读写速度很快,写 2.8ms/B,因此整个过程在很短时间内完成,不影响生产节拍。

当带着不合格信息的托盘流入本工时,控制系统作出判断后,不作任何读写,直接放行。

#### 4 工位防错

当托盘到达工位时,工位读写器读取变速箱品种信息,显示屏显示相应的品种提示信息,操作工根据提示信息去料架上寻找相应品种零件,有些零件形状相近就要进行防错,在这些料架上用指示灯的形式提醒工人应拿取的正确品种,同时在相应位置有一按钮,拿取时按下按钮:(1)如果指示灯灭,说明拿取零件正确;(2)如果指示灯依然亮,说明拿取零件不正确,系统灯光报警提示。这样就实现了多品种防错的功能。

#### 5 变速箱试验台架多品种转换

当变速箱被机械手抓起送入试验台架时,条码扫描仪读到变速箱品种信息并将信息送到试验台架 PLC,由试验台架 PLC 判断是否要转换试验数据,是否转换夹持器位置,是否要更换压堵头。在试验台架操作面板上增加带灯按钮,提示

#### 5 总结

本文对多 DSP 系统中独立加载模块的在线编程方法进行了说明,设计了相应的软件流程。该软件能够满足多个标准 DSP 模块构成的多 DSP 系统中单个乃至多个独立加载模块的在线编程要求,具有较高的编程效率和较强的扩展性,具有一定的工程应用价值。

#### 参考文献

- 1 邓宗明,蒋祺明.基于PowerPC开发板的Flash编程方法与实现[J].计算机工程,2004,30(1).
- 2 王宜怀.嵌入式应用在线编程开发系统的研制[J].计算机工程,2002,28(12).
- 3 王祖斌,彭应宁,王秀坛,等.一种新型多DSP并行计算结构及其应用[J].系统工程与电子技术,2001,21(3).
- 4 杨钧智,薛国义,李悦丽,等.一种新型多DSP并行处理结构[J].电子技术应用,2004,13(3).
- 5 蒋志焱,黄银河,夏映玲.基于DSP的雷达数字信号处理通用模块[J].现代雷达,2003,25(4).
- 6 郭春生,沙南生,朱兆达,等.可扩展机载SAR信号处理机的研究[J].南京航空航天大学学报,2001,33(6).
- 7 赵海舰,甘萌.嵌入式系统中的Flash编程技术研究[J].计算机工程与设计,2005,26(11).
- 8 Analog Device Inc.. TigerSHARC DSP Hardware Specification Part # ADSP-TS101S[Z].2002.
- 9 Lerner B. ADSP-TS101S TigerSHARC Processor Boot Loader Kernels Operation[EB/OL].2003. <http://www.analog.com/dsp>.

操作工转换试验程序及夹持器位置,更换压堵头。

如果产品型号所对应的夹持器的位置与夹持器实际位置一致,就不做操作;不一致时,自动将夹持器旋转到相对位置,并提示操作工更换新的压堵头。

实现夹持器的自动转角。采用薄型气缸,在转角机构上通过圆柱销和凸轮槽,将气缸活塞杆的轴向位移转变为夹持器的圆周运动,转动角度 50°。因为夹持器转角时是无负载的,所以气缸可选择得很小,结构也很轻巧,体积小,重量轻(缸径 32mm,行程 40mm),对换挡机构不作改动,只须卸下现在的中件杆(长 190mm),换上现在的结构即可。

#### 6 结束语

本系统界面简捷明了,操作简单易用。随着我国实行轿车质量召回制后,对汽车加工过程、装配过程信息化网络化管理要求越来越迫切,多品种工件加工、装配的自动信息检测及管理必将得到进一步的推广应用。

#### 参考文献

- 1 Gou H M, Huang B Q, Liu W H, et al. A Framework for Virtual Enterprise Operation Management[J]. Computer in Industry, 2003, 50(3): 333-355.
- 2 王继生,李宏灿.企事业物流信息系统的总体构思[J].矿山机械,2004,32(9): 106-110.
- 3 和延立.基于Agent和工作流的跨企业协同制造支持系统[J].中国机械工程,2005,16(22): 2010-2014.
- 4 程涛,胡春华,吴波,等.基于CORBA的分布式多自主体系统研究[J].中国机械工程,2000,11(4): 441-445.