

## 1394—VXI 零槽控制器模块设计和实现

汪国有, 孙天春, 项国平

(华中科技大学 图像识别与人工智能研究所  
图像信息处理与智能控制教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**阐述了基于 IEEE 1394 总线的 VXI 零槽扩展基器件的基本原理, 给出了 1394/VXI 零槽控制器的逻辑结构、软硬件设计和实现过程。试验结果表明该系统可以稳定地工作, 能够和 HP 系列的 VXI 总线设备进行互连和集成。

**关键词:** IEEE 1394 总线; VXI 总线; 零槽控制器;

**中图分类号:** TN914 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2004)01-0097-04

## Design and implementation of VXI slot 0 controller module with IEEE 1394 interface

WANG Guo-you, SUN Tian-chun, XIANG Guo-ping

(Institute for Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Key Laboratory of Ministry of Education for Image Processing and Intelligent Control, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** At first the principle of VXI slot 0 extended instrument based on IEEE 1394 bus is introduced, and then its logic architecture, software and hardware design and implementation procedure are given. The experimental result demonstrates that the VXI slot 0 controller can work correctly and be integrated with HP serials VXI equipments as a measurement system.

**Keywords:** IEEE 1394 bus; VXI bus; Slot 0 controller

### 0 引言

IEEE 1394 总线是为 PC 和消费类电子设备之间的数据传输而定义的一种高速串行总线, 可以支持 100/200/400 Mbps 的数据传输速率, 具有即插即用、消除主处理器内存瓶颈、支持等时应用等优点<sup>[1]</sup>, 而 VXI 总线测试平台是一种公认的 21 世纪仪器总线系

统和自动测试系统的优秀平台。目前, VXI 总线模块仪器的适用范围已覆盖了所有的传统电子仪器领域, 具有标准化程度高、规范性好、开放性高、模块化、优良的交互操作性、数据传输速率高、可靠性高、易维修、体积小、质量轻、功耗低、可移动性好等特点<sup>[2~4]</sup>。将上述两者结合起来可以实现高速数据传输和模块化测试, 具有广阔的应用前景。

收稿日期: 2003-03-17; 修订日期: 2003-05-22

作者简介: 汪国有(1965-), 男, 安徽休宁县人, 教授, 主要从事图像建模与匹配制导、计算机视觉、目标检测和 VXI 虚拟仪器等方面的教学和研究, 在国内外发表学术论文 60 余篇, 获国家教委科技进步一、二等奖多次。

### 1 基本原理

1394-VXI 零槽控制器的系统由 1394 总线物理层接口、链路层接口、微处理器以及 VXI 总线接口 4 部分组成,如图 1 所示。其工作过程为:PC 机的

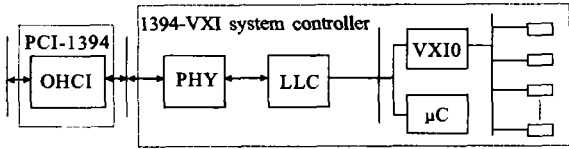


图 1 1394/VXI 零槽控制器的系统结构框图

Fig. 1 Structure of PCI-1394/VXI slot 0 system controller

上层应用程序发出 VXI 总线命令,经 1394 总线驱动程序发送至 PCI-1394 总线卡(PCI 插卡),1394 卡将命令按 1394 协议串行化处理后,经 1394 电缆发送至 1394-VXI 零槽控制器模块,1394 零槽模块内部的本地处理器接收到 1394 数据包后拆包并按指定的 VXI 命令完成要求的动作。图 2 是上述实现的软硬件逻辑组成结构。

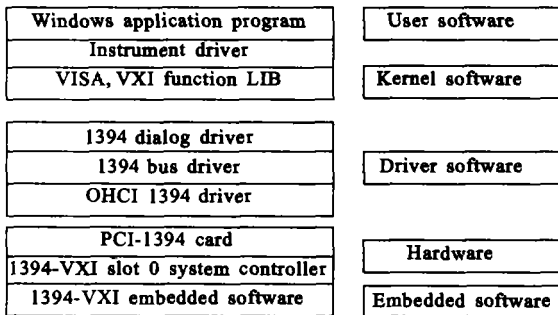


图 2 软硬件逻辑组成结构

Fig. 2 Logic composition of software and hardware

VISA 库函数作为整个硬件运行的关键部分,是在 1394 卡的驱动程序基础上,按 VPP4.3 规范开发的具有应用程序编程标准接口的动态链接库,是开发 VXI 总线虚拟仪器软面板开发的共性基础部件。

### 2 硬件设计

1394-VXI 零槽控制器的结构是由 1394 链路层、物理层控制器组成提供 1394 数据包传输的 1394 接口电路,接收和解释 1394 数据包的本地处理器电

路,以及按照 VXI 和 VME 规范实现的具有 VXI 零槽功能的 VXI 接口电路 3 部分组成,如图 3 所示。

VXI 零槽控制器实现 VXI 总线协议与 1394 总线协议的转换,1394 接口电路完成 1394 数据包的传输,本地处理器电路负责协议格式的转换,它完成从 1394 协议到 VXI 协议的转换。VXI 接口部分完成 VXI 总线仲裁控制、中断优先权的处理、定时器溢出、A16、A24、A32 访问、中断响应及零槽管理服务等功能。图 3 给出了各部分的具体框图。

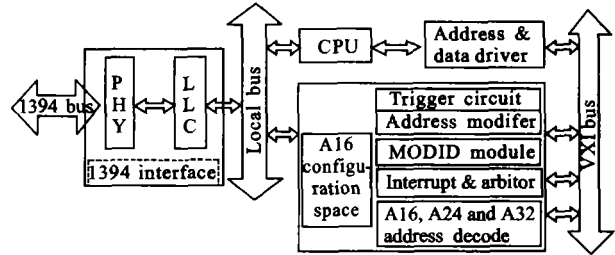


图 3 零槽控制器的系统框图

Fig. 3 Slot 0 system controller function module

#### 2.1 1394 接口设计

IEEE 1394 高速串行总线可采用异步传送和等时传送方式与其他 1394 结点通信。异步传送不需要按固定的速率传输数据,它是通过唯一的地址确定某一特定的节点,不需规则地使用总线,但必须获取时间上的公平访问,即通过公平仲裁协议保证在一个公平间隔内,拓扑结构中的每个节点都有一次获取总线控制权的机会。等时传输则是把信道号码作为结点访问的标识,实现实时的数据传输过程。该设计按照技术参数的要求,采用物理层控制器 TSB41AB3 和链路层控制器 TSB12LV01B,支持 400 Mbps 的速度和 1394 a,可在低功耗省电状态下工作,使用异步方式进行数据通信,以保证操作的可靠性。

1394 接口电路的物理层完成 1394 总线所有权的仲裁、总线信息编码和总线协议的交互等操作,物理层和链路层之间的接口遵循链路物理规范,由于设计中支持最大的 400 Mbps 传输速率,所以需要选用 8 根数据线,链路层提供主机接口,以便和处理器电路连接,可供用户访问的资源是链路层配置寄存器和接口 FIFO,用户只需初始化内部配置寄存器,操作接口 FIFO 即可控制发送的数据或者接收的数据。

图 4 给出了 1394 物理层控制器和链路层控制器

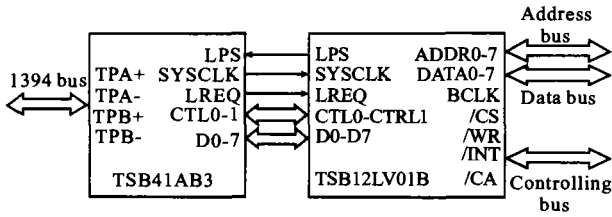


图 4 物理层控制器 TSB41AB3 和链路层  
控制器 TSB12LV01B 的连接图

Fig. 4 Interconnection of physical chip TSB41AB3 and  
link chip TSB12LV01B

的连接框图,左边和 1394 端口相连,右边和本地处理器局部总线接口相连,处理器通过向异步发送 FIFO 写入 1394 规范规定的数据包就可以和上位机通信,而上位机和本地处理器之间的交互信息放置在 GRF (通用接收 FIFO) 中。在软件设计中将给出实现上述访问的操作步骤。

### 2.2 本地处理器电路的设计

本地处理器电路是 1394 数据格式和 VXI 数据格式转换的主要部件,是控制器模块中 1394 接口的事务层。当本地处理器接收到来自其他 1394 节点的中断触发请求时,CPU 就进入 1394 中断服务程序。该中断处理程序对收到的包含 VXI 命令的 1394 数据包进行解释,然后按特定命令进行 VXI 操作。除充当 1394 事务层外,本地处理器必须对 VXI 配置空间、控制空间、外围器件以及 VXI 的 A16, A24, A32 访问操作进行处理。在本处理器设计中,具体的地址空间映射方案划分为:从 0x0000~0x7FFF 的 32 K 的地址空间映射到本地处理器外围的 RAM 和 ROM,0x8000~0xBFFF 映射到外围 IO 器件,比如 1394LLC 芯片的 FIFO 和内部寄存器,0xC000~0xFFFF 用作 VXI 访问映射的地址空间。

### 2.3 VXI 接口设计

VXI 接口是实现 VXI 协议的关键,它负责将本地总线转换为 VXI 总线操作,该模块包含的功能块为:数据读写、仲裁、寄存器组操作、总线定时、中断处理、数据宽度转换(D08, D16, D32),模块识别(MODID)线驱动和地址修改线(AM5~AM0)驱动等。

#### 2.3.1 中断和中断响应电路

零槽模块具有中断控制和中断处理能力,能够对来自 VXI 标准接口的中断信号进行响应和处理。零

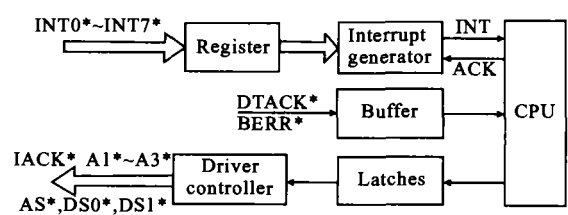


图 5 中断处理原理图

Fig. 5 Interrupt processor

槽软件可管理 VXI 机箱内部的有中断能力的模块并分配中断资源,与菊花链中断响应结构结合在一起,形成具有一定优先级的完备的中断系统,为了加快中断响应的速度,来自 VXI 总线上的中断信号经过该逻辑电路处理后发送到本地处理器电路,该电路响应这个中断,还可根据需要产生相应的控制包,发送到 PC 方。

#### 2.3.2 总线仲裁电路

VXI 总线系统中,存在很多设备,这些设备需要控制总线所有权来进行必要的数据传输功能。VXI

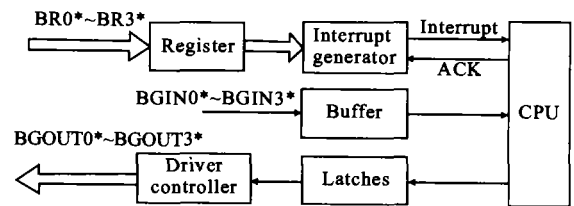


图 6 仲裁器框图

Fig. 6 Arbitor diagram

的总线仲裁信号有总线请求线 BR0—BR3,总线允许线 BGIN0—BGIN3,总线允许输出线 BGOUT0~BGOUT3,总线忙信号 BBSY 以及总线清除线 BCLR,VXI 接口电路必须对 4 条总线请求线进行仲裁,并与本板子访问进行比较,最终让优先级高的总线请求获得总线控制权,此时驱动 BGxIN 到总线上。当多个模块共享 BGxIN 线时,应该遵循菊花链规范。

#### 2.3.3 MODID 电路

MODID 线是 VXI 总线用来鉴别模块是否存在,并用于地址静态和动态分配和管理。它必须由一个位于零槽的模块内部偏移地址 08H 的 16 位寄存器来驱动。该寄存器包括 MODID0~MODID12 和输出使能位。在上电之后,零槽控制器模块的软件需要控制该字,以对位于 VXI 机箱中的模块进行地址识别。

零槽控制器依次驱动每个槽位的 MODID 线,然后发出对地址  $49152 + VX64 + 8$  的读信号(其中  $V$  为  $A13-A6$  值)。如果零槽模块在模块识别中没有响应,那么会出现总线操作超时,FPGA 必须返回总线错误信号。

实现上述功能可有多种备选方案:分立元件实现方法、FPGA 方法和专用接口方法。分立元件实现方法占据大量的板上空间,而且在调试时过程也比较繁琐;专用接口电路实现方法可以采用 IDT 公司或者 CYPRESS 公司生产的 VME 接口芯片,但是由于价格比较高;综合考虑之后,设计中采用 FPGA,不但成本低,而且还可修改系统设计中的问题,便于硬件改动,方便灵活。

#### 2.3.4 A16, A24, A32 地址窗口译码电路

零槽控制器支持的地址空间有 3 种:  $A16$ 、 $A24$  和  $A32$ 。由于本地处理器地址空间只有 64 K,为实现对整个 VXi 地址空间的访问,需利用分页寻址技术进行地址空间映射。本电路设计中采用本地空间直接存储映射的方法,配合页面寄存器来寻址 VXi 操作的单元空间。由于存在 3 个地址空间,为实现硬件的独立操作,定义了 3 个独立的页面寄存器。

#### 2.3.5 D08, D16, D32 数据宽度控制电路

该零槽硬件支持 VME 规范定义的所有总线带宽类型(D08, D16, D32),需要定义一条能实现动态控制总线带宽的逻辑电路,控制数据驱动电路的开闭,即该逻辑电路能驱动  $DS0, DS1, A01, LWORD^*$  信号线表示的组合,确定哪几个字节存储单元被访问,实现需要的数据带宽。

### 3 软件设计

该模块嵌入式软件包括基本系统、资源管理器、1394 命令的翻译、解释和执行以及寄存器基模块的驱动程序几个部分。软件的流程如图 7 所示。

#### 3.1 基本系统

该部分包括 DTB 仲裁算法、中断管理程序、VXi 总线的读写控制程序,主要完成总线仲裁、中断处理和读写控制。

#### 3.2 资源管理器

该部分在系统中可完成的工作有:(1) 通过扫描

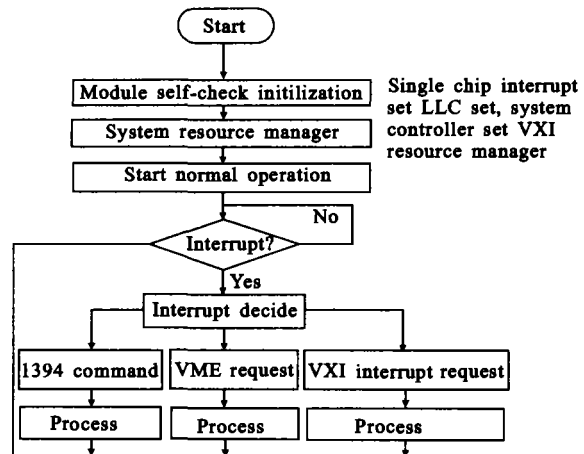


图 7 软件设计流程图

Fig. 7 Embedded resource manager software

各逻辑地址来识别系统内所有的 VXi 总线器件,读出器件信息,包括厂商代码、器件类型、器件型号代码、存储器需求等,同时建立器件表。(2) 系统自检:通过读取器件的状态寄存器进行判断,对于自检未通过的器件进行软复位,若器件还不能通过自检,则使器件处于无效状态,记录错误信息。(3) 分配  $A24$ 、 $A32$  地址空间,对需要  $A24$ 、 $A32$  存储器空间的器件,利用专用的存储算法统一计算和分配地址。(4) 分配总线的中断信号线,为具有可编程中断的器件分配。(5) 发送开始正常操作指示。

该部分软件固化在本地处理器 EEPROM 中,可加快程序执行速度,减少主控制机的干预。

#### 3.3 1394 总线命令的翻译、解释和执行

从主控计算机发送过来的各种 1394 命令数据包要通过本地处理器翻译、解释才能执行,1394 命令翻译程序就是识别来自其他 1394 结点的 quadlet 读写请求、读写响应和 block 读写请求,完成读写响应操作后转移到相应的后续操作中。上述软件采用 MCS-51 汇编语言编写,固化在单片机外围的 EEPROM 中。

#### 3.4 驱动程序设计

为实现硬件操作的无关性,需在 PC 端用 VISA 库函数包装 1394 设备驱动程序和 PCI 设备驱动程序部分,提供符合 VPP 4.3 规范的应用编程接口,便于用户开发各种 VXi 仪器软面板。因此,零槽控制器须提供满足 VPP 4.3 规范的 VISA 库函数,而 VISA

(下转第 106 页)

各参数取值为:  $c=0.1, d=0.9, \rho_c=0.9, \beta_c=1.3, \sigma_c=1$ 。实验中原 ART-2 的分类效果最差, 实际上, 它根本就无法把 5 类样本有效地分开。参考文献[6]中的算法则在样本顺序输入的情况下性能显著变差。而文中所提出的两种改进算法表现出了良好且稳定的性能。

## 5 结 论

ART-2 神经网络广泛地应用于模式识别中的聚类问题, 但是它在处理数据时存在着丢失模式幅度信息的缺点。在详细分析参考文献[6]改进算法缺陷的基础上, 提出了两种改进的 ART-2 算法, 改进算法通过加入一个幅度限定子系统或修正调整子系统的检验条件, 有效地利用了模式的幅度信息。文中的改进算法实际上是原 ART-2 算法的加强, 当改进算法 1 中  $\beta_c$  和  $\sigma_c$  取足够大, 改进算法 2 中  $t$  和  $\sigma_c$  分别取零和足够大时, 它们即为原 ART-2 算法。另外, 由于两种改进算法中分别需要确定  $\beta_c, \sigma_c$  和  $\beta_c, \sigma_c, t$ , 因此它们能较好地应用于具有一定样本幅度先验知识的实际问题中, 但在不具备样本幅度先验知识的应用中, 需要进行多次实验以确定各参数良好的取

值范围或者进一步研究如何自适应确定各参数的方法, 而这种方法的研究, 将成为我们的后续工作。

## 参考文献:

- [1] Carpenter G A, Grossberg S. A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine[J]. Comp Vision Graphics and Image Process, 1987, 37(1): 54-115.
- [2] Carpenter G A, Grossberg S. ART-2: self-organization of stable category recognition codes for analog input pattern[J]. App Optics, 1987, 26(23): 4919-4930.
- [3] Carpenter G A, Grossberg S. ART-3: hierarchical search using chemical transmitters in self-organizing pattern recognition architectures[J]. Neural Networks, 1990, 3(2): 129-152.
- [4] Carpenter G A, Grossberg S, Rosen D B. ART-2A: an adaptive resonance algorithm for rapid category learning and recognition [J]. Neural Networks, 1991, 4: 493-504.
- [5] 韩小云, 刘瑞岩. ART-2 网络学习算法的改进[J]. 数据采集与处理, 1996, 11(4): 241-245.
- [6] 申岸伟, 俞斌, 关海鹰. ART-2 神经网络分类器的研究[J]. 北方交通大学学报, 1996, 20(2): 146-151.
- [7] 任广升, 李东平, 孙智刚, 等. 楔横轧三维变形光塑性模拟研究 [J]. 吉林工业大学学报, 1992, 22(2): 86-915.

(上接第 100 页)

库函数则由 1394 驱动程序基础上开发的 IO 库函数包装而成。WDM 作为微软 WINDOWS 2000 及后续版本的新驱动模型, 支持 PNP, 可以兼容所有的 WINDOWS 操作平台。所以, 本项目的软件利用 WDM 程序设计技术, 以提高驱动程序的移植性<sup>[5]</sup>。

## 4 结 论

利用 NI 公司和 HP 公司多种 VXI 总线消息基和寄存器仪器, 对设计的 1394/VXI 零槽控制器进行了大量的性能和功能的测试, 测试结果表明, 该 1394/VXI 零槽控制器符合 1394 总线和 VXI 总线规范相关的软硬件技术规范<sup>[1,6,7]</sup>, 能满足 VXI 总线综合自动化测试系统集成应用开发的需要。

## 参考文献:

- [1] 姜汉龙译. FIREWIRE 系统体系[M]. 北京: 中国电力出版社出版, 2001.
- [2] 陈光禹. VXI 总线测试平台技术[M]. 成都: 电子科技大学出版, 1996.
- [3] 王岳环, 汪国有, 李巍, 等. VXI 总线消息基器件的研制[J]. 红外与激光工程, 2000, 29(1): 37-39.
- [4] 奚全生, 孟汉城. VXI 总线测试系统[M]. 北京: 宇航出版社, 1992.
- [5] Chris Cant. WINDOWS WMD 驱动程序开发指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [6] GB/T 18471-2001, VXI 总线系统规范[S].
- [7] VXIbus Mainframe Extender Specification, VXI-6 Revision 1.0. [M] VXIplug&Play Systems Alliance Published, 1991.