PCI-1394 接口卡的设计与实现

汪国有 , 操家成

(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:介绍了 TI 公司的 PCI-1394 接口芯片 TSB43AA22 的工作原理、功能特点以及 PCI-1394 接口控制卡的硬件和软件设计。结果表明 ,通过该接口转换电路能将个人的计算机按照 1394 电缆连接到各种 1394 视频音频设备。

关键词:PCI 总线; 1394 总线
中图分类号:TP364.7 **文献标识码**:A **文章编号**:1007-2276(2004)02-0216-05

Development and implementation of PCI-1394 interface card

WANG Guo-you , CAO Jia-cheng
(Institute of Pattern Recognition and Artificial Intelligence , State Education Commission Key Laboratory for Image Processing and Intelligent Control , Huazhong University of Science & Technology , Wuhan 430074 ,China)

Abstract : Theory and character of Integrated PCI-1394 bridge chip TSB43AA22 are presented. The design of hardware and software of PCI-1394 interface card are also introduced. Using this integrated physical and link layer controller chip , PC can be connected to all kinds of 1394 video and audio devices according to 1394 bus.

Key words :PCI bus; 1394 bus

0 引 言

PCI 总线是计算机中最常见的地址数据复用总线。它是一种高性能的 32/64 位总线 ,传输峰值速率可达 528 Mbps ,支持即插即用(PNP)。

1394 总线是近年来发展迅猛的一种高速串行总线 ,具有完整的传输协议和规范。其中 ,IEEE 1394-1995 是 1394 体系的原始规范 ,定义了 1394 的总线结构、数据传输协议和传输媒介 , IEEE1394a 是附加的规范 ,对原规范中含糊的地方做出了详尽的解释 ,增强了产品的兼容性 ,同时规定了增强性能的措施 ,并且对电源管理特性做了较大的改进。IEEE-1394 开放的主机控制器接口 (OHCI) 规范 ,是基于 1394 基础规范之上制定的 ,定义了 1394 总线介入主机的方式 ,是向所有支持 1394 厂商提供的开放式标准。该规范定义 IEEE1394 OHCI 接口由物理层、链路层、传输层和串行总线管理四个部分组成。功能

收稿日期:2003-06-02; **修订日期**:2003-08-28

作者简介:汪国有(1965-) ,男 ,安徽黄山人 ,博士 ,教授 ,主要从事图像建模与匹配制导、计算机视觉、目标检测和虚拟仪器等方面的教学和研究工作。

如下:

(1) 物理层提供设备和线缆之间的电气和机械连接,处理数据传输和接收,确保所有设备可以正常访问总线。

(2) 链路层提供同步和异步模式下的数据包接收确认、定址、数据校验,以及数据分帧等。

(3) 传输层只处理异步数据包,提供 Read、Write 和 Lock 命令。Read 命令向命令发出方传回数据;Write 命令向接收方发送数据;Lock 命令通过生成往返通路实现 Read 和 Write 功能。

(4) 总线管理层提供全部总线的控制功能,包括电气供应、优化定时机制、分配同步通道 ID 和处理出错信息,后两层由软件实现。

现在的 PC 机上一般都没有提供 1394 接口,事实上,1394 接口的设备已经大量普及,带有 IEEE 1394 接口的数字视频(DV)摄影机和数字卫星接收器目前均已上市,是消费类影音(A/V)电器、存储、打印和高分辨率扫描与其他便携设备互连的理想选择,所以有必要设计满足需要的 PCI-1394 控制器。

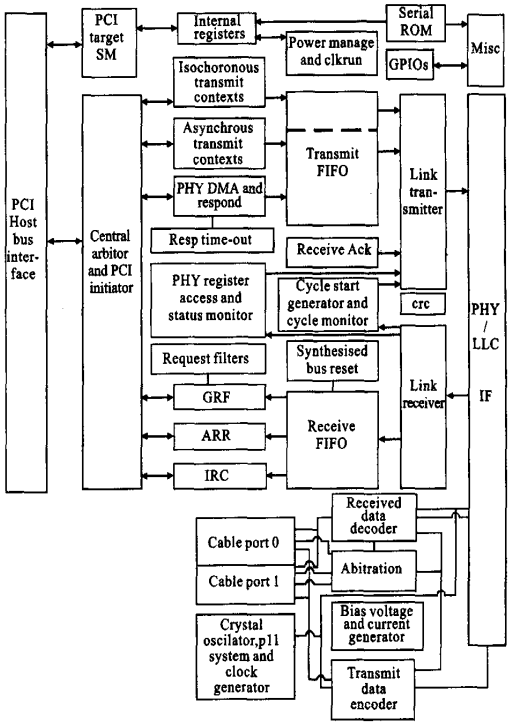

图 1　PCI-1394 桥路芯片内部功能模块划分

Fig. 1　Internal function block of PCI-1394 bus bridge chip

1　PCI-1394 卡的逻辑结构

应用 TI 公司生产的集成链路层与物理层为一体的 1394 芯片 TSB43AA22,设计了 PCI-1394 卡,其结构框图见图 1。PCI-1394 控制器 TSB43AA22 兼容 PCI 本地总线规范、PCI 总线电源管理接口规范、IEEE1394-1995 标准、IEEE1394-2000 补充和 1394OHCI 规范。能够在 33 MHz 的 PCI 和 1394 总线之间以 100、200 或者 400 Mbps 的速度来进行数据传输。另外 TSB43AA22 也支持 IEEE1394a-2000 power down 特性和仲裁增强的性能。

2　PCI-1394 卡数据传输原理

2.1　1394 总线数据传输方式

(1) 异步传输

不需要以固定的速率来传送数据。异步传输通过唯一的地址确定某一特定的节点,这种传输不要求有稳定的总线宽度。因此不需要规则地使用总线,但是必须获得时间上的公平。每个事务由两步构成:请求子务——从请求节点向响应节点传输地址、命令和数据(写入和锁定操作)。响应子务——向请求节点返回完成状态(写入操作),或者在读入和锁定事务中返回数据。

(2) 等时传输

要求数据以稳定的间隔传送,这种传输规定一个信道号码而不是一个唯一的地址。等时数据流根据信道号码向一个或多个节点传播。这种传输要求有规则的总线访问,因此比异步传输具有更高的总线优先级。(要求通过总线以不变的速率传输)并不要求确认数据传输,等时事务每隔 125 μs 向目标设备发送数据并且不从接收节点接收任何类型的回执。

2.2　1394 总线数据发送和接收模型

在发送过程中,通过 PCI 接口传输过来的 32 位数据位,是从 TSB43AA22 内部的 2、4 或者 8 条(根据所需的传输速率而定)并行线路上的 LLC 接收的,并且在其内部被锁存,以同步 49.152 MHz 的系统时钟。这些数据位被串行组合、编码,并以 98.304、196.608 或者 392.216 Mbps 的数据传输速率作为数据选通信息流向物理层并向外传输。在传输过程中,

编码的数据信息在 TPB 线缆对上差动传输,编码的选通信息在 TPA 线缆对上差动传输。

在接收数据包的过程中,TPA 和 TPB 接收线缆端口的发送器被置为无效,而该端口的接收器仍然有效。数据编码信息在 TPA 线缆对上接收,选通编码信息在 TPB 线缆对上接收。通过将接收到的数据信息和选通编码信息解码,恢复初始信号和串行数据位。串行数据位被划分成 2、4 或者 8 位的并行数据流,并重新同步本地的 49.152 MHz 系统时钟,最后被发送至相连的 LLC 上。接收到的数据也可以在其他激活的(已经连接的)端口上传送(重发)。在进行初始化和仲裁时,TPA 和 TPB 的线缆接口内有差动比较器用来监测线路的状态,内部逻辑通过这些比较器的输出来决定仲裁状况。TPA 信道监测输入电缆的共模电压。共模电压的值在仲裁时用以决定下一个数据包的传输速率。另外,TPB 信道检测输入 TPB 线缆组的共模电压,以确定此时远方供电双绞线上是否有偏压存在。共模电压存在与否可用来指示线缆的连接状况。线缆连接状态信号在 TSB43AA22 内部可用来初始化总线复位。

自动配置:当系统初始化加电和节点加入或移出总线时,自动配置完成。与连入 PC 的大多数总线不同,串行总线不依赖于一个处理器(唯一处理器)来执行配置代码。相反,串行总线定义了一种决定性的配置机制,并指定节点在广播执行配置的 RESET 后必须采取的操作。所有节点都参与局限于串行总线的配置进程,配置会使某节点负责执行 1394 总线的管理功能。

3 PCI-1394 控制器的硬件设计模块

(1) PCI 接口模块

该模块包括地址数据复用线、命令控制字线、时钟线、控制线、一条中断线。直接连接标准 PCI 金手指到 TSB43AA22 相应的 PCI 接口管脚即可。

(2) 时钟电路模块

TSB43AA22 需要外接 24.576 MHz 的晶体,晶体振荡器驱动一个内部锁相回路,用以产生 393.216 MHz 的参考信号。这个参考信号内部分频,以提供用于控制向外输出的编码选通信息和数据信息的时钟信号。49.152 MHz 的时钟信号供给 LLC 使得芯片内部的物理层和链路层同步,并用于重新同步接收到的数据。

(3) 电源模块

由 PCI 接口插槽供电,该插槽能够提供 5、3.3 V 的电源。另外还提供了一个 12 V 的电源插座、一个拨挡开关,用来选择由 PCI 插槽供电或者另外的电源供电。该 12 V 电源还可以通过 1394 电缆对其他 1394 接口设备供电。TSB43AA22 上的三个供电模式选择开关 PC0 ~ PC2 设置为:001,即芯片引脚 99:98:97分别连接到电源地和 3.3 V 电源正。说明本 1394 节点自供电,并且有能力提供 15 W 的电源给 1394 连接电缆。

(4) 配置 ROM 模块

该模块完成对有关 PCI 配置寄存器的配置。上电复位期间,TSB43AA22 自动将配置内容读至各个相应的寄存器模块当中(包括 PCI 配置寄存器和 OHCI 寄存器)。

(5) 1394 总线端口模块

根据 TSB43AA22 所提供的手册,共有两个 1394 输出端口,PORT0、PORT1;这两个端口都是六针(如图 1 所示)的标准 1394 连接器。按照 1394 协议规定,必须在电路板上加上终端阻抗匹配。实际设计采用的是 56.2 Ω 匹配电阻。

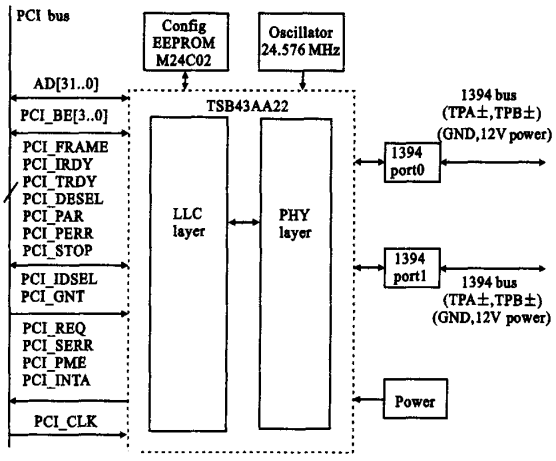

图 2 硬件电路的连接框图

Fig. 2 Interconnect diagram of hardware

电路板设计的布线要求电路板为 5 V、32 位短板。

(1) 走线长度的限制:所有连接 PCI 信号线的最大走线长度为 38.1 mm;PCI 时钟线长度为 63.4 mm ±2.5 mm。TPA、TPB 低压差分信号线对要求等长,布局时要尽量靠近输出端口。

(2) 布线布局的要求:要求在电路板的电源接入端使用一个 10 μF 的电容滤波,每个接到 TSB43AA22 管脚的电源应在尽可能靠近管腿处使用 0.1、0.001 μF 的高速电容并联去耦。建议在信号布局中尽量不要让高速信号跨在两个电源层面上,将其全部布置在 3.3 V 或 5 V 平面上方。如果有的信号要跨越两个区域,可以将它放在板的另一面,使它在地线平面上方走线,因为地线平面没有裂缝。

(3) 阻抗的要求:扩展板上共享的 PCI 信号线的无负载特性阻抗应当控制在 60～100 Ω 以内。线上的信号速率必须在 150～190 PS/s 范围内。

(4) 因为没有实现 JTAG 扫描,所以必须把 PCI 插槽引脚 TDi 和 TDo 连接起来,以避免扫描链不能断开。

电路板的调试,首先进行电气特性测量,可以用逻辑分析仪跟踪 PCI 接口时序波形和 1394 接口 TPA、TPB 两组端口的信号波形;测量端口偏置电压和工作电压。其次,Windows 硬件安装向导自动调用 Win2000 自带的设备,安装驱动程序为 1394bus.sys, ohci1394.sys;安装成功之后,就可以利用 Windriver 对板卡内部寄存器进行访问操作,可以访问到的资源 TSB43AA22 中共有三种类型的寄存器:PCI 配置寄存器、OHCI 寄存器、内部物理寄存器,如图 3 所示。各自功能和访问方式如下:

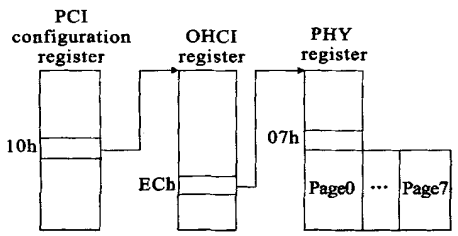

图 3　PCI-1394 卡配置空间映射框图

Fig. 3　Space diagram of PCI-1394 card configuration

PCI 配置寄存器:完成 PCI 总线的配置功能,遵从 PCI 配置寄存器定义规范,由最少的 64 字节组成。PCI 总线管理者可以直接访问,包含所有的 PCI 兼容设备必须支持的 Vendor ID, Device ID, Command, Status, Revision ID, Class Code, Header Type 等域。

OHCI 寄存器:PCI 配置空间的 10 h 处定义了 OHCI 寄存器的基地址,如图 3 所示。该寄存器由 1394(Open Host Controller Interface Specification)开放的主机接口规范映射到一个 2 K字节的内存空间。这些寄存器用来控制 TSB43AA22 的 IEEE 链接功能。

物理层寄存器:TSB43AA22 中共有 16 个可访问的内部物理寄存器,其中 0～7 h 的配置地址是固定的,而 8 h～Fh(页面寄存器)依赖于通过 07 h 单元的内容高三位(7:6:5)来指定具体页面。通过对 OHCI 寄存器的 ECh 单元的读写可以对物理寄存器进行读写访问。

以上步骤完成之后,可以外挂 1394 设备进行控制验证,如外接 1394 数码相机,应用 ULead 公司的 Video Studio DV SE4.0 软件,进行视频数据传递控制。

4　应用软件设计原理

Windows2000 操作系统下内核模式驱动程序(WDM)是分层的,即在不同层上的驱动程序有着不同的优先权。在该模式下,硬件设备至少需要两个驱动程序,即功能驱动程序和总线驱动程序。功能驱动程序就是设备驱动程序,它包含硬件操作的所有细节;总线驱动程序则负责将硬件和计算机联系起来。在设计中,驱动程序采用 Windows2000 自带的 1394 总线驱动程序,包括 PCI 总线驱动程序、1394bus.sys 和 OHCI1394.sys。用户接口程序可以直接调用 1394api.h。只需要编写一个应用 1394API 接口函数的程序即可。

应用软件的开发与安装:

在以上硬件电路的调试结束之后,既可以利用 2000DDK(Driver Development Kit)开发用户自定义的 WDM(Windows Driver Module)驱动程序;也可以

借鉴 DDK 开发包中的 1394diag. sys 的程序例程调用用户接口 API 函数。即利用 1394diag. sys 设备对象间接引用 1394bus. sys 驱动程序,将 1394diag. sys 和 1394api. dll 作为 1394 总线测试类设备的驱动程序。以 win1394. exe 软件作为用户应用控制台软件与用户进行信息交互,运行 NTDDK/ src/ wdm/ 1394/ tools/ win1394/ objfre/ i386/ win1394. exe。向 1394 设备栈发送 IRP,即可完成运行对所设计的板卡的 1394 协议规定的各种操作。如要给连接的 1394 设备发命令,采取的步骤为:先发送 IRP-MJ-DEVICE-CONTROL IRP,和 IOCTL-1394-CLASS 代码。驱动程序将要传递的参数封装在 IRB 中,并且传递一个指向该参数的指针。其余的参数包含在 IRP 中。IRB 结构包含所有总线请求参数和特定含义参数。IRB 中的功能代码决定了操作的类型,U 参数描述了具体的操作,用户驱动程序通过运用 IOCTL-1394-CLASS IRP 给总线和主机控制器传递一个接口。详细的内容可以参考 MSDN 中的 DDK 文档。

实际设备的软件安装过程如下:

(1) PCI 总线枚举器根据 PCI 总线规范的要求,检测 PCI 总线上可能存在的设备;

(2) 若存在某个 1394 控制器设备,则发送一个新设备消息给 PnP 管理器;

(3) PnP 管理器根据新设备消息,寻找 1394 控制器对应的驱动程序(1394bus. sys 和 ohci1394. sys)和 Inf 文件;

(4) 若都找不到,则提示用户输入要求的 Inf 文件;

(5) 若找到,则自动装载要求的驱动程序软件(1394bus. sys 和 ohci1394. sys);

(6) PnP 管理器发送 AddDevice 消息给 1394bus. sys 驱动程序,调用该驱动程序的 AddDevice 例程;

(7) AddDevice 例程利用 IoCreateDevice() 创建一个设备对象,并利用 IoRegisterDeviceInterface 和 Guids 向系统注册一个设备标识符名(如 1394bus0 等);

(8) 调用 IoAttachDeviceToDeviceStack (DeviceObject, PhysicalDeviceObject) 将设备对象 DeviceObject (1394bus0) 挂到设备栈;

(9) PnP 管理器发送 StartDevice 消息给 1394bus. sys 驱动程序,调用该驱动程序的 StartDevice 例程;

(10) StartDevice 例程启动 1394bus0 设备的工作。

5 设计与应用

文中所描述的 PCI-1394 接口卡实现的性能指标为:

(1) 实现了高速数据传输功能:100/ 200/ 400 Mbps。

(2) 支持即插即用和热插拔功能。使用户可以简单地通过 1394 电缆链接 pc 机和用户设备。

(3) 遵从 IEEE 1394-2000a 规范,以及 OHCI 规范,兼容 1394-1995 规范。

(4) 32 位 5 V 短板的 PCI 插槽连接器,遵从 PCI V2. 1 规范。

(5) 提供两个 1394 六针接口,支持 4. 5 m 长的连接线缆,可以级联多达 63 个 1394 设备。

(6) 操作系统为 Windows2000,Driver 使用系统自带的 TI 公司 1394 驱动程序。

参考文献:

[1] Texas Instruments. TSB43AA22 Data Sheet[M]. US: Texas Instruments, 2000.

[2] IEEE standard 1394-1995. IEEE Standard for a high performance Serial Bus[S].

[3] Don Andson; 姜汉龙. FIREWIRE 系统体系(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社, 2001.

[4] 1394 Open Host Controller Interface Specification (Release 1. 1)[S].

[5] PCI Local Bus Specification(Revision 2. 2)[S].

[6] OHCI-ROM Users Guide[S].

[7] Chris Cant. WINDOWS WMD 驱动程序开发指南[M]. 北京:机械工业出版社,2001.