

# 基于 PXI 总线 RS422 数据通信卡 WDM 驱动程序设计

张 伟, 吴 菲, 刘亚斌

(北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 以基于 PXI 总线 RS422 数据格式通信卡的设计为例, 介绍 PXI 总线在目前高速数据通信中的一种应用及 Windows2000/XP 下 WDM 设备驱动程序的运行机理和编程要点; 针对开发调试工具 DriverStudio 给出了基于一定实时性要求的驱动程序实例, 重点讨论了驱动程序设计中的中断处理实现及与 Win32 应用程序异步通信等关键问题; 实验结果表明, 多线程技术和中断传输方式相结合, 实时响应速度有了显著提高, 满足了系统要求。

**关键词:** RS422; 中断处理; 事件通知; WDM 驱动模型

## WDM Driver Design of RS422 Data Communication Card Based on PXI

Zhang Wei<sup>1</sup>, Wu Fei<sup>1</sup>, Liu Yabin<sup>1</sup>

(1. School of Automation Science And Electrical Engineering, BUAA, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Taking the design of RS422 data communication card based on PXI bus for example, an application in current High-Speed data communication of PXI is introduced, the principle and programming key points for WDM driver design of PXI device based on Windows2000/XP are presented. It demonstrates an instance with a developing and debugging tool DriverStudio based on the real-time requirements to certain extent, and discuss specially some key problems such as resources, interrupt, the communication between Win32 application and driver for PXI device. The test data shows the driver meets the defined objection.

**Key words:** RS422; interrupt service response; event Notification; WDMdriver model

### 0 引言

在航空航天领域, 各种串行和并行总线得到了极大的应用和发展, 特别是在工业控制中应用非常广泛的 RS422 总线, 在高端制空制导武器中也得到了很好的应用。RS422 总线以差动方式发送和接收, 不需要数字地线, 通过两对双绞线全双工工作, 互不影响, 传输距离可达数千米, 而且抗干扰能力非常强。为了满足各种串行设备和计算机之间的高速数据通信, 有必要设计一种即插即用、高数据传输速率、低数据传输延时的 RS422 总线数据格式通信卡。PCI 总线作为一种高性能、低成本的局部总线协议, 支持线性突发传输, 不需要主机干预。Windows2000 操作系统出于安全性的考虑, 在应用程序中不允许对 IO 端口、内存 RAM、硬件中断及 DMA 进行直接操作<sup>[1]</sup>。只能在驱动程序的方式实现上层软件和底层硬件的交互。而不同的操作系统对应不同的驱动程序模型, 在 Windows2000 及 XP 下, 微软力推 WDM。

### 1 RS422 数据通信卡硬件结构

按照项目的技术要求, 要求该卡两路发送和两路接收, 传输速率 2MB/S 可调, 发送和接收每一组数据最多包含 64 帧数据, 每帧数据为奇偶校验, 停止位为 1 比特。本卡的硬件设

计结构如图 1 所示。

主要分为 6 个部分: PXI 总线连接器、PCI 总线接口芯片 PLX9054、FPGA 逻辑控制芯片、422 协议转换芯片 DUART、单端变差分模块及输入输出连接器。其中 FPGA 和 DUART 为主要部分, 完成发送和接收 422 协议数据。

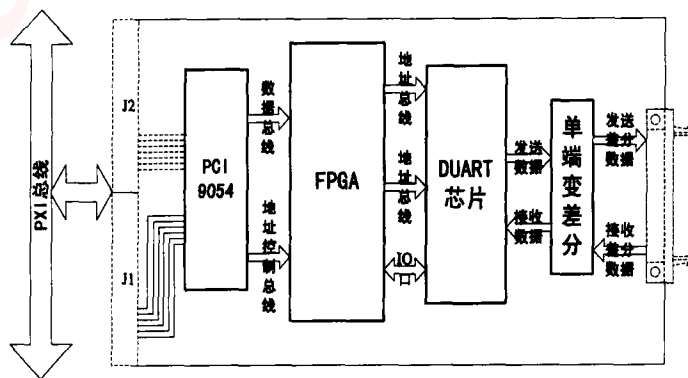


图 1 RS422 数据通信卡硬件结构图

FPGA 主要用来对上位机指令进行译码, 并且配合上位机和 DUART 芯片的读写时序, 使上位机将数据发送到 DUART、从 DUART 模块读取数据, 并根据设计触发上位机中断。DUART 模块选用 PHILIPS 公司最新推出的 SC28L202 芯片, 该芯片功能强大, 通过配置其内部寄存器来进行发送接收参数设定。芯片有两个发送和两个接收通道, 接收和发送 FIFO 可设定为 256byte, 完全符合技术要求。单端变差分模块采用 MAX-3077E 芯片, 工作电压 3.3 V, 最高转换速度可达 16 Mbit/s, 完全符合 2M 波特率要求。

422 总线通信卡中, DUART 模块是核心部分, 采用

收稿日期: 2007-09-21; 修回日期: 2007-11-19。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50375008 和 60575052)。

作者简介: 张伟 (1983-), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要从事检测技术、系统集成和 PXI 总线驱动程序开发方向的研究。

刘亚斌 (1963-), 男, 北京人, 教授, 主要从事分布式测试技术、故障诊断算法、大规模信号切换技术、高速信号长线驱动传输技术、多路高速信号同步采集等方向的研究。

SC28L202 完全满足设计要求，缩短开发周期，提高板卡的可靠性。但是这型芯片是 PHILIPS 公司于 2004 年刚刚推出，在最初的应用过程中需要摸索。SC28L202 功能强大，两路接收和发送通道的波特率最高可以达到 3.125 Mbps，兼容 3.3 V 和 5 V 电压，256 字节的发送接收 FIFO 深度，上电后自动配置默认参数，支持 intel 和 motorola 两种模式，16 路 IO 通道等等<sup>[3]</sup>。

## 2 WDM 驱动程序设计

目前很多商业商业板卡普遍采用微软公司提供的 DDK 驱动开发包进行驱动程序的开发。DDK 开发方式有其独到的优点，比如像开发流程比较直观。但是开发环境及调试环境是老式的 DOS 环境，界面不友好，不方便用户调试。即使设置为 VC 环境下调试方式，每次更换目录，还要设置环境变量，对于新手需要较长的时间才能入门。考虑开发效率和在 Windows2000/XP 平台下的兼容性，选择使用 DriverStudio 来开发驱动程序，包含驱动开发极其重要的调试工具：Monitor 和 SoftICE。

针对项目的技术要求，传输速度和实时性是其板卡功能实现的关键点。常用的数据传输方式有查询、中断和 DMA，本卡采用中断方式，因为数据量相对比较小，每帧数据均小于 256 个字，所以不采用 DMA 方式，而采用缓冲区读取方式。根据预先设置的接收个数，当板卡协议芯片上 FIFO 计数满足要求时，SC28L202 会将其一个 IO 口拉地，从而触发 PLX9054 接口芯片的 Local 中断，进而触发 PCI 中断，由 CPU 查询中断向量表连接到特定的板卡驱动 ISR 中断服务程序。在 ISR 中，查询 SC28L202 的状态寄存器 SR 来判断是哪一个通道收满数据，然后上位机读取确定的接收 FIFO 中的数据，这时清 Local 中断，SC28L202 的 IO 管脚重新拉高。

## 3 驱动程序设计中的几个关键性问题

(1) 地址映射：PCI 总线宽度为 32 位，而局部总线端采用 16 位总线，故信号线 LBE [1] 要接，而 LBE [0] 悬空不接。PCI9054 一共有 6 个基地址寄存器，其中基地址 0 和基地址 1 是 9054 芯片 Local 配置寄存器映射到内存空间和 IO 空间后的基地址，由系统上电时系统 BIOS 自动分配，不需要人为设置<sup>[2]</sup>。基地址 2 到 5 是本地空间，可以由用户根据板卡需要来配置相关的 Local 配置寄存器，从而在系统初始化时分配硬件资源。

### (2) 寄存器相关配置

```
00H: 0422 10B5 ;PCIIDR[31:16] PCIIDR[15:0]
04H: 0680 000B ;PCICCR[23:8] PCICCR[7:0]/
PCIREV[7:0]
14H: FFFF 0000 ;LASORR[31:16] LASORR[15:0]
18H: 0000 0001 ;LASOBA[31:16] LASOBA[15:0]
```

对本地端空间的访问采用内存映射的方法，映射大小为 64k，映射的相对基地址为 0x0000000，映射到内存空间。板卡中只映射 LOCAL SPACE0。PLX9054 配置芯片为 Micro-Chip93C56，是 PLX 推荐使用的 PCI 接口芯片配置 EEPROM。将重要的寄存器信息烧写到配置芯

片中，如 DeviceID、VendorID、中断引脚配置、映射空间和大小等信息。待板卡上电时，按照映射顺序将这些值填写到 9054 配置寄存器中，然后由系统 BIOS 按照这些信息为板卡分配所需要的硬件资源如内存、IO、DMA、中断等。

(3) 中断传输方式的实现：中断处理是驱动程序中最关键的地方。Windows 提供从 IRQ0-IRQ31 共 32 级中断，其中每个中断号可以被好几个设备所共享。在创建板卡设备对象的时候将 BIOS 提供的中断对象与驱动中的 ISR 挂接，从而可以用软件来响应硬件的中断。

```
DisableInterrupt(true);
m_Irq.InitializeAndConnect(ptranlated, isr, pcontext);
```

这里，请注意，在挂接中断服务程序之前，应该先禁止 PCI 中断。由于中断服务程序的 IRQL 级别很高，为了不影响对其他例程的执行，不宜在 ISR 中过多的对硬件执行操作，尽可能很快的从 ISR 中退出<sup>[4]</sup>。将需要执行的操作放在延迟过程调用 DPC 中由系统排队等候执行。在本卡中中断服务处理流程如下：

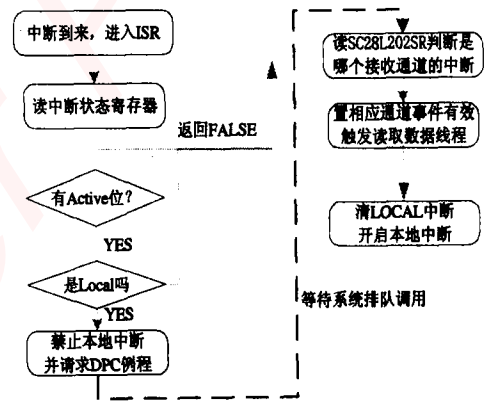


图2 中断服务处理流程

## 4 驱动程序和应用程序之间的通信

驱动程序仅仅实现对硬件设备的操作，那么要实现人为的控制对设备的操作应该实现用户程序和内核驱动程序的某种连接，这样才会有更大的实际价值。

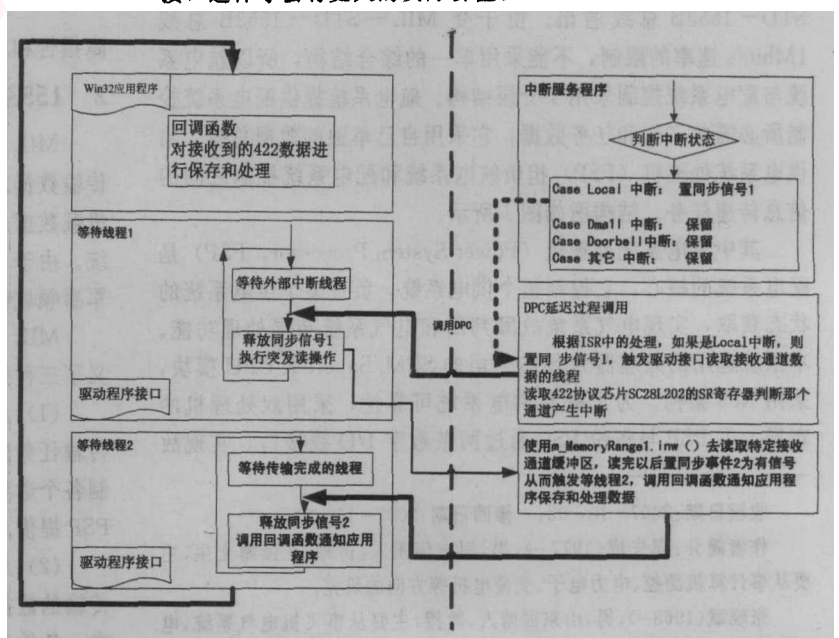


图3 RS422 通信卡接收数据流程

(下转第 883 页)

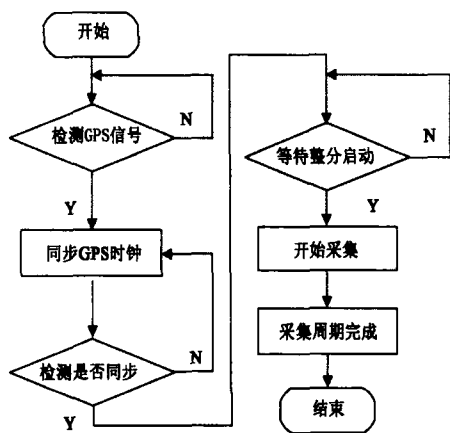


图3 采集软件流程图

GPS的报文信息通常使用NMEA-0183格式输出，目前广泛使用V2.0版本，输出的数据代码为ASCII码字符。在NMEA-0183的主要语句中，GPRMC为时间、定位和日期输出语句，其标准格式为：

```
$GPRMC,hhmmss.ss,a,ddmm.mmnn,n,dddmm.mmmm,w,z,z,y,y,ddmmyy,d,d,v*CC
```

每一项以逗号相隔，第一项为格林威治时间的时、分、秒信息；第二项为定位数据是否有效信息，“A”表示有效，“V”表示警告或者数据无效。第九项为格林威治时间的日、月、年信息。该系统就是通过解读此报文信息来判断GPS是否同步。

采集后的数据以采集起始时间为文件名，以采集站的台站号为后缀，存入CF卡。用户可自定义采集周期，具体不同的采集周期可通过修改相关参数实现，采集完成后，用户可以取下CF卡，对其中的地震数据进行处理，从而得到地层结构的分布。

## 4 系统测试

本地震数据采集系统包括3个采集通道，用来处理检波器

.....

(上接第873页)

通常控制板卡的流程如下：使用CreateFile去打开板卡，然后使用DeviceIOControl去和驱动程序进行通信或者利用其读写少量的数据，进行大数据量连续的数据传输则考虑使用ReadFile和WriteFile的DMA方式去实现<sup>[5]</sup>，当操作完成以后，直接使用CloseHandle去关闭设备。

本卡设计中驱动程序与应用程序采用多线程及回调函数的传输策略。即当接收满中断到来时，根据不同的通道用不同的内核事件对象去触发接口中一直等待接收满中断的线程，在该线程中通过驱动程序读取特定接收通道的数据。当驱动程序中读取完毕以后，再次置位一个内核事件对象去触发接口中的等待传输完成的线程，在该线程中，使用回调函数去通知应用程序保存并处理传输完成的数据。具体流程示意图如图3所示。

发送的过程比较简单，发送使能之后，上位机写SC28L202的发送FIFO，SC28L202即可将数据自动发出。这里不再详细讨论。

## 5 实验结果

针对本卡专门编写了测试程序，进行通信卡的接收通道和发送通道的实验。为了确认板卡功能的完整性和可靠性，特别使用了美国NI公司专用RS422/485通信板卡PXI8431进行对接实验，在2Mbytes/s传输速率以内单次传输数据大小为32，

输入的3路检波信号。系统测试时选用的西安思坦公司的超低频4.5 Hz三分量检波器，其中1路纵波，2路横波。图4是利用专用的数据处理软件根据1分钟内采集所得数据而绘制出的波形，其中第1路和第3路为横波信号，第2路为纵波信号，经测试该系统可基本满足地震检测对系统总的动态范围的要求，并已投入使用。

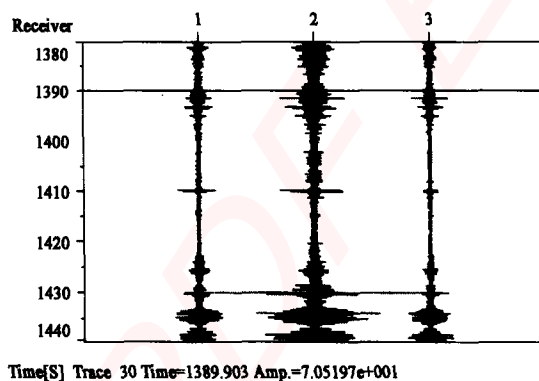


图4 采集数据反绘波形

## 参考文献：

- [1] 刘益成. 地震信号的时-频特性与瞬态动态范围 [J]. 石油物探, 1996, 35 (1): 66-70.
- [2] 刘益成, 罗维炳. 信号处理与过抽样转换器 (第一版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 1997.
- [3] 黄灿杰, 毛凯. 基于FPGA的PXI数据采集系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (1): 123-130.
- [4] 24-bit Variable Bandwidth A/D Converter Chipset CS5321/22. Crystal, USA, 1999.
- [5] 邓明, 邓靖武, 等. 四阶 $\Delta\Sigma$ 过抽样电路原理及其在微弱地学信号检测中的应用 [J]. 地学前缘, 2002, 9 (4): 417-421.
- [6] 杨振宇, 高峰等. 强震观测系统中数字抽取滤波器的实现研究 [J]. 传感器技术, 2005, 24 (8): 28-33.

64, 128, 256字, 分别以125k, 250k, 500k, 1M, 2M的传输速率进行接收通道和发送通道的验证, 没有出现错帧、丢帧的情况。目前该板卡已在中国空空导弹研究院某新型导弹飞控组件性能测试系统中得到了应用, 运行情况稳定。

## 6 结束语

驱动程序合理利用了中断处理和核心事件通知的优点, 同时接口部分采用了多线程和回调函数的传输等待策略, 实现了对实时数据的快速存储和处理。本卡充分利用了高性能的PXI总线, 并结合RS422的抗干扰能力强、传输距离远、传输速率较高, 并且可以实现多台计算机之间的连接和通信。在工业控制领域得到普遍采用, 在高端的制空制导武器性能的测试系统中也得到广泛的应用。

## 参考文献：

- [1] 司玉美, 申会民, 等. 基于PCI总线数据通信卡WDM驱动程序设计 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (2): 259-261.
- [2] PCI9054 Data Book [Z]. PLX Technology Inc., 2000.
- [3] SC28L202 Data Sheet [Z]. Philips, 2005.
- [4] 武安河, 邵铭, 于洪涛. Windows2000/XPWDM设备驱动程序开发 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [5] Oney W. Programming the Microsoft Windows Driver Model [Z].