

基于多系统的 1553B 和串行通信的 PXI 板卡设计

詹来龙, 刘刚军, 戚立淳, 李可, 么启

(北京航天自动控制研究所, 北京 100854)

摘要: 为了满足箭上单机设备的通用化测试需求, 设计了适用于航天领域的基于多系统的 1553B 总线和串行通信的 PXI 板卡; 介绍了板卡的主要功能、基本原理、硬件设计、Windows 系统和 VxWorks 系统下软件驱动开发, 用户层软件设计等; 工程应用表明: 板卡在 $-40\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下, 1553B 通信速率 1 Mbps, 多路串行通信波特率 800 bps 至 8M bps 的条件下实时传输无误码, 运行稳定, 在多系统平台下图形显示实时性能高, 板卡已经在多种箭上设备的通用测试中得到广泛应用。

关键词: PXI; 1553B; UART; 多系统

Design of 1553B and UART PXI Bus Board Based on Multi-OSP

Zhan Lailong, Liu Gangjun, Qi Lichun, Li Ke, Yao Qi

(Beijing Aerospace Automatic Control Institute, Beijing 100854, China)

Abstract: In order to satisfy the general test requirements for launch vehicle control equipments, we designed the 1553B and UART PXI bus board applied in aerospace test field. The main function, the constitution, the working principle, the hardware design, the board driver program based on Windows or VxWorks operating system, the user application software are described. The experiments show that the PXI bus board is reasonable in design, high reliability, good result for performance and measurement of parameters test. It can flexibly realize 1553B bus and multi-channel RS-232 or RS-422 or RS-485 serial communication function. The board has been successfully used in testing of some electronic devices.

Keywords: PXI; 1553B; UART; Multi-OSP

0 引言

在火箭的控制中, 箭上单机设备的可靠性直接影响着整个飞行试验的成败, 箭上单机设备需要通过测试才能够及时发现它们在设计、生产、应用等环节中出现的问題, 以保证产品的可靠性, 因此对箭上单机设备的测试十分重要。但测试设备的研制存在以下难点: (1) 测试设备依据不同的工程应用测试需求, 需要设计不同的硬件, 造成成本昂贵、研制周期慢, 影响型号的生产进度。(2) 测试软件需要依据不同的工程应用开发设计, 无法做到通用, 造成人力资源的短缺和软件设计的浪费。

目前, 1553B 总线标准在航天领域得到广泛应用, 箭上设备之间通过 1553B 总线和 UART 完成数据交互和控制^[1]。地面测试设备大多采用 PXI 总线规范, 基于 Windows 系统和实时性要求较强的 VxWorks 系统平台。本文介绍了一种基于多系统平台的 1553B 和串行通信的 3U 的 PXI 板卡的设计, 板卡采用 Eurocard 的坚固机械结构, 模块化设计、数据吞吐量。

1 总体设计

基于多系统的 1553B 和串行通信总线的 PXI 板卡具有如下功能: (1) 1553B 总线: 协议芯片 BU61580 (可兼容国产芯片); 1 个 BC (总线控制器) 或 0~31 个 RT (远程终端) 或 1 个 MT (总线监视器) 可设; BC 方式下支持自动 BC 重试, 支持帧重复发送, 可设置 BC 帧间隔时间和消息间隔时间, 支持时标模式, 时标分辨率可设; RT 方式下可设置非法命令表;

MT 方式下支持过滤功能; 双冗余通道数据发送和接收; 变压器隔离。(2) UART 部分: 4 路 RS422 或 RS485 或 RS232 可设, 全双工/半双工可设; 波特率 800 bps 至 8 Mbps 可设, 数据位长度 5 至 8 位可设, 奇偶校验方式可设, 停止位长度可设; 支持中断方式和查询方式, 共 32 Mbytes 的 FIFO 缓存, 提供 FIFO 空、满标志; 光电隔离: 隔离电源功率为 1 W, 隔离电压为 2.5 KVrms。具有防浪涌功能, 浪涌脉冲时间持续为 1 ms 时, 允许的最大脉冲功率为 600 W。

2 硬件设计

2.1 板卡硬件组成及原理

板卡主要由 1553B 协议芯片、1553B 总线隔离变压器、FPGA 逻辑控制、串行通信协议芯片、PXI 协议芯片等组成, 板卡原理框图如图 1 所示。

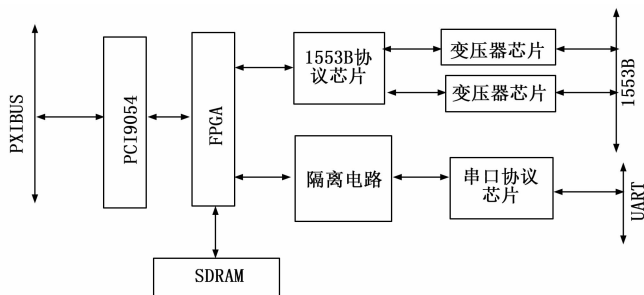


图 1 基于多系统的 1553B 总线和串行通信的 PXI 板卡原理框图

板卡集成了 MIL-STD-1553A/B 协议和 UART 协议。MIL-STD-1553A/B 协议芯片采用 DDC 公司的 BU61580, 可实现 BC/RT/MT 切换功能。隔离变压器采用 B-3226。串

收稿日期:2014-04-10; 修回日期:2014-05-13。

作者简介:詹来龙(1981-),男,山西大同人,硕士,工程师,主要从事弹载计算机和测试系统方向的研究。

口部分采用了 MAX3160E 芯片作为 RS422 的驱动芯片，此芯片只实现 TTL 电平到 RS422 电平的转换并不实现串口的协议，所以串口的协议实现是在 FPGA 中完成。FPGA 中实现了串口协议的收发、数据的存储功能。SDRAM 作为异步串口数据的缓存区，选用 HY56V561620 芯片，可提供 16M×16bit 的存储区。板卡通过 PXI 接口与 PC 机通讯，接口芯片选用 PCI9054^[2]。

2.2 板卡硬件设计中的难点

板卡设计的难点在于通用性测试需求，板卡在设计之初就需要自顶向下分析各种工程项目应用和多种箭上单机设备测试的硬件接口差异和测试需求。1553B 总线接口电路采用变压器耦合方式，使得传输距离较远而且稳定可靠。1553B 总线协议芯片考虑国产化的要求，兼容 DDC 公司的 BU61580 和国产芯片 BM1553B 等。在 FPGA 程序设计方面，为适应外部被测设备不同时序输入获得更加稳定的效果，FPGA 设计完全采用同步设计，所有时序电路全部采用统一的时钟，对于外部输入的异步信号也进行了同步处理。FPGA 设计采用模块化方式，每个模块实现不同的功能，条理清晰，便于查找问题和做时序分析。在串行通信接口部分，通过焊接不同的电阻值和采用跳线的方法，实现 RS422 差分信号和 RS232 信号之间的兼容。针对可能出现的较大测试数据，外接了两片 SDRAM 作为 1553B 总线和异步串口数据的缓存区。串行接口部分设计了光耦隔离电路和防浪涌电路，保证被测设备和板卡的安全性。

3 基于 Windows 系统的板卡开发

板卡根据被测设备的不同，模拟的操作对象也不同。当箭上设备是 RT 的时候，板卡需要模拟 BC，需要配置各种消息以及消息的周期和时序；当箭上设备是 BC 的时候，板卡需要模拟 RT，并配合 BC 的时序来配置消息。在 1553B 设计上要考虑灵活性和通用性的配置接口和任意消息类型。板卡的驱动程序采用 WDM (Windows Driver Model)，提供为应用层发来的数据读写请求的服务处理部分 (IRP 派遣函数)，板卡设备采用中断方式处理^[3]。图 2 说明从应用程序到驱动程序如何操作板卡。

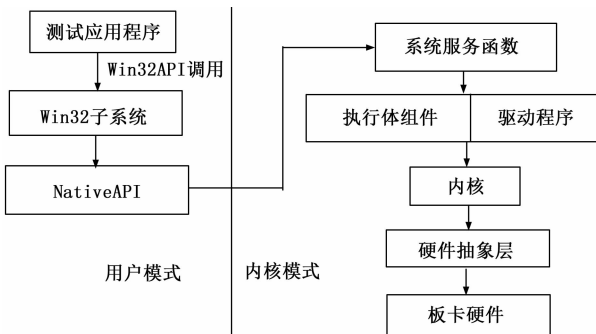


图 2 板卡软件架构简图

1553B 和串行通信总线的 PXI 板卡的工作流程如图 3 所示。本板卡采用中断方式处理，驱动程序里中断处理函数部分是重点。当中断发生时该函数被调用，处理步骤如下：

是否为本板卡的中断，如果是，则开始处理；如果不是，则直接返回假，中断处理就此返回。

(2) 关闭 FPGA 本地的总中断使能。

(3) 读取通道状态寄存器，获取中断状态，接收数据处理。

(4) 关闭在本次中断过程中所有分路发生中断的使能，即对相应分路使能位写 0 操作，最终目的是为了清除本次中断后各通道中断状态标位，即清 0 操作。

(5) 重使能各分路中断。

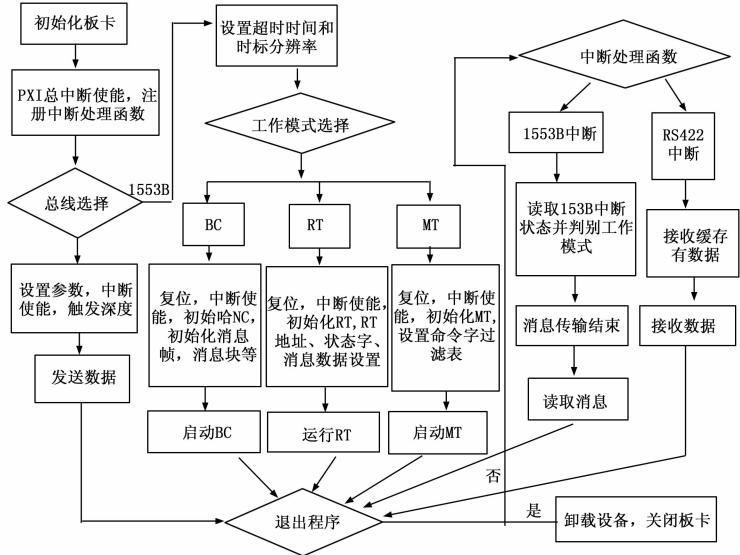


图 3 板卡工作流程图

(6) 使能 FPGA 本地的总中断使能。

板卡使用的函数接口和功能如表 1 所示。

4 基于 VxWorks 系统的板卡开发

VxWorks 是一个高性能、可裁剪的嵌入式实时操作系统，提供了高效的实时多任务调度、中断管理、实时的系统资源以及实时的任务间通讯^[4]。一些型号箭上设备对实时要求较高，为了尽可能模拟箭上设备状态，我们需要开发基于 VxWorks 的板卡。VxWorks 平台需要手动实现开发流程如下：

(1) 依据硬件环境，通过 BSP 配置好 VxWorks。

(2) VxWorks 平台下识别板卡，函数 MCLibInit () 初始函数库，枚举系统内设备初始化函数库，通过内核函数 pciFindDevice 枚举系统内 1553B 总线和串行通信的 PXI 板卡设备，获取设备占用 Memory、IO、中断资源，其他函数会依照这些资源完成对设备操作。函数 MCGetNumofCards () 返回系统内板卡个数；函数 MCDeviceOpen () 打开板卡，分配板卡资源；

(3) 板卡在 VxWorks 下的地址映射，设置中断向量，挂接中断处理程序；中断处理程序主要完成读取中断状态寄存器、识别中断类型、屏蔽中断、通知处理任务、打开中断的操作。

(4) 将板卡的 API 库添加到 VxWorks 中，API 库实现对板卡操作的封装，如打开板卡、板卡复位、关闭、使能、读写指定寄存器数据等。

(1) 读取板卡中断状态寄存器得到中断状态值，判断该值

表 1 板卡使用的函数接口和功能

函数名称	功能	函数名称	功能
MCLibInit	库初始化获取设备数量	MC1553SetResponseTimeout	设置超时时间
MCDeviceOpen	打开板卡	MC1553SetTTagResolution	设置时标的分辨率
MCDeviceReset	复位板卡	MCDeviceInstallIntHandler	注册中断处理函数
MCGlobalIntEnable	PXI 总中断使能	MC1553SetWorkMode	设置板卡工作模式为
BCMC1553BCReset	BC 模式复位	MC1553BCSetFrameGapBC	帧设置设置帧间隔
MC1553IntEnable	中断使能	MC1553BCFrameAutoRepeatBC	帧设置启动帧重复发送
MC1553BCInit	初始化 BC	MC1553BCSetRetryCaseBC	模式设置重试的条件
MC1553BCStart	启动 BC	MC1553BCSetRetryNumBC	模式设置重试的次数
MC1553GetIntState	读取中断状态	MC1553BCStatusSet	设置状态置位对消息发送的影响
MC1553BCReadMsg	BC 消息读取	MC1553BCSetStopOnErrCase	设置消息停止处理的条件
MC1553RTReset	RT 模式复位	MC1553BCSendDataFrame	BC 模式发送数据帧
MC1553RTInit	初始化 RT	MC1553BCIsMSGOver	(按消息读取数据)判断消息传输是否结束
MC1553RTSetAddress	设置 RT 地址	MC1553BCIsFrameOver	判断帧传输是否结束
MC1553RTSendMSG	RT 模式发送消息	MC1553BCReadDataFrame	若帧传输结束,则读取数据帧
MC1553RTReadMSG	RT 模式接收消息	MC1553RTCclearTTagOnSync	RT 模式清时标
MC1553BMReset	MT 模式复位	MC1553RTLloadTTagOnSync	RT 模式置时标
MC1553BMInit	初始化 MT	MC1553RTSetWorkMode	启动 RT 模式
MC1553BMStart	启动 MT	MC1553RTSetStatusWord	设置 RT 状态字
MC1553BMReadMSG	MT 模式读取消息	MC1553BMSetWorkMode	设置 MT 模式
MCSerSetParams	RS422 设置参数	MC1553BMSetCmdFilterTable	MT 模式设置命令字过滤表
MCSerIntEnable	RS422 中断使能	MCSerSetRecvTrigLevel	RS422 设置触发深度
MCSerSend	RS422 发送数据	MCSerGetIntStat	RS422 获取中断状态
MCSerRecv	RS422 接收数据	MCSerGetRecvFifoCount	RS422 获取接收缓冲计数
MCSerOutPulseEnable	使能脉冲输出	MCSerSetPulseFrequency	RS422 设置脉冲输出频率
MCSerIntEnable	RS422 设置中断使能	MCSerOutPulseEnable	RS422 停止脉冲输出
MCLibUnInit	卸载设备	MCDeviceClose	应用程序退出时,关闭板卡

5 用户层的设计

在 Windows 系统平台下, 设计了 1553B 和串行通信总线的 PXI 板卡测试软件如图 4 所示。一方面为了验证板卡硬件及驱动程序各项功能的正确性, 另一方面为了方便用户使用并为用户提供设计参考, 该软件包含了板卡的全部功能, 通过不同的设置, 可以验证不同功能。



图 4 1553B 和串行通信总线的 PXI 板卡测试软件

6 应用简况

该板卡已经在多个工程项目的测试设备中得到广泛应用。如图 5 所示多功能测试设备组成框图, 多功能测试设备中包括 1553B 和串行通信总线的 PXI 板卡、开关量输入板卡和开关量输出板卡。该设备可以分别测试 4 台箭上单机设备, 箭上单机设备的软件均为嵌入式软件, 多功能测试设备中的软件基于 VxWorks 开发, 提供人机交互的平台。

7 结束语

本文从多种航天箭上设备的实际测试需求出发, 将传统的

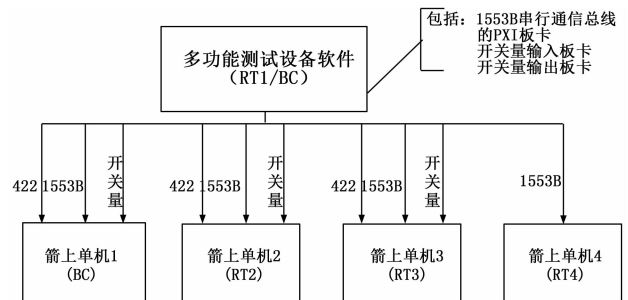


图 5 多功能测试设备应用实例组成框图

测试设备和先进的 PXI 技术相结合, 将 1553B 总线和多路可设的 RS422/RS232/RS485 的串行通信集成到 3U 的 PXI 板卡, 并且在 Windows 和 VxWorks 系统下均可使用。同时, 基于 3U 的 PXI 板卡可以方便快捷搭建测试平台, 有效缩短了研制周期, 一台多功能测试设备可以测试多台箭上单机, 节省了软硬件成本, 而且为实现航天测试设备的产品化、规模化、灵活化和信息化提供了解决方案。

参考文献:

[1] 陈亮, 刘丽霞, 刘经宇. 基于 1553B 协议的导弹控制系统信息流设计探讨 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (8): 2180-2182.
 [2] PLX Technology Inc. PCI9054 Data Book [Z]. 2000.
 [3] 张帆. Windows 驱动开发技术详解 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
 [4] 曹桂平. VxWorks 设备驱动开发详解 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.