

基于 USB2.0 的高速图像传输系统设计

赵鞭¹, 唐俊², 徐兴¹

(1.北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院,北京 100191;

2.西安石油大学 电子工程学院,陕西 西安 710065)

摘要:针对油气井视频检测高速图像采集传输的要求,设计一种基于通用串行总线 USB2.0 协议的高速图像采集系统。该系统设计是以 TMS320DM6437 型 DSP 为系统核心,并通过 USB 接口器件与 PC 主机相连,实现与 PC 主机的高速数据传输。该高速图像采集系统应用于油气勘探实现井下视频检测。

关键词: 图像采集; 采集系统; USB2.0 协议; DSP; TMS320DM6437; CY7C68033

中图分类号: TN38615

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2009)12-0051-03

Design of high speed image acquisition system based on USB2.0

ZHAO Bian¹, TANG Jun², XU Xing¹

(1.School of Instrumentation Science&Opto-electronics Engineering,Beihang University, Beijing 100191, China;

2.School of Electronic Engineering,Xi'an Petroleum University,Xi'an 710065,China)

Abstract:On the purpose of high speed image acquisition for video detection in borehole,a high speed image acquisition system based on USB2.0 is developed.The system design uses TMS320DM6437 as the system core,and realizes the high data transfer speed with PC through USB interface chip.The high speed acquisition system is applied to oil exploration, and realizes the video detection in borehole.

Key words: image acquisition; acquisition system; USB2.0 protocol; DSP; TMS320DM6437; CY7C68033

1 引言

图像处理、瞬态信号检测等领域要求高速度、高精度、高实时性的数据采集与处理技术^[1-2],因此对高速图像采集系统的数据传输提出更高要求。现在高速图像采集系统一般采用高性能数字信号处理器(DSP)和高速总线的框架结构^[3-4]。DSP完成计算量巨大的实时处理算法,高速总线实现处理结果或采样数据的快速传输,可采用ISA、PCI、USB等高速总线,而USB总线具有安装方便、高带宽、易扩展、传输速率高达480 Mb/s,已成为计算机接口的主流。因此,这里介绍一种采用USB2.0接口和高性能DSP的高速图像采集处理系统,主要应用于井下视频检测,也可应用于光纤通信、雷达信号处理等领域^[5]。

2 图像采集系统硬件设计

2.1 系统硬件设计架构

图1为该高速图像采集系统硬件设计架构。该系统设计选用ICX205AL型CCD传感器来采集图像,前端被测物体的光线经光学系统聚集在CCD传感器上,然后输出信号经低噪声的OP37传输至高速、高精度的AD9220型A/D转换器,所转换的数据再经DSP预处理,通过USB接口器件传输给PC机,这样就完成了图像采集过程。

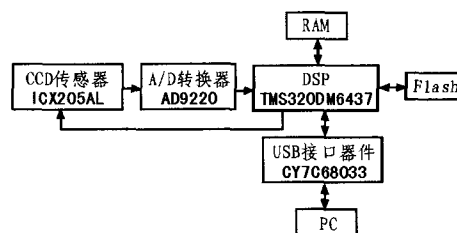


图1 高速图像采集系统硬件设计框图

ICX205AL型高速面阵CCD传感器的有效像素可达到1 145 M(1 392 H×1 040 V),水平驱动频率141 318 MHz,并具有灵敏度高、暗电流小、分辨率高、转移速度快、连续可调电子快门等特点。

该系统设计选用TMS320DM6437型高性能的数字媒体处理器DSP^[6]作为核心控制器。TMS320DM6437通过HPI接口访问USB接口器件。HPI接口是一个并行端口,16位数据总线宽度,8级深度内部读写缓存,通过HPIC、HPIA、HPID 3个寄存器组合易于实现主机对DSP的控制。主机(上位机)通过HPI接口直接访问DSP的全部存储空间,包括存储映射的外围设备。主机和DSP都可访问HPI的控制寄存器(HPIC),此外,主机还可访问地址寄存器(HPIA)和数据寄存器(HPID)。

USB接口器件采用Cypress公司的CY7C68033^[7],其内部集成有USB2.0收发器、串行接口引擎(SIE)、增强型的8051内核和可编程控制的外围接口(GPIF),可提供高速数据传输

收稿日期:2009-06-30

稿件编号:200906102

作者简介:赵鞭(1976-),男,四川乐山人,硕士研究生。研究方向:图像处理、数据采集。

有效、方便的解决方案。CY7C68033的固件程序位于内部RAM中,由USB或电子可擦写可编程只读存储器(EEPROM)下载;具有4个可以自由编程分配控制的端点;8位或16位外部数据接口;内部具有4个集成的FIFO,对外有两种接口模式,Master模式使用GPIF接口,Slave FIFO模式使用集成的FIFO供外部设备读写,很容易与外部的专用集成电路或DSP器件连接;内置增强型的8051内核时钟最高可达48MHz,其指令周期只需4个时钟周期;具有2个通用异步收发器(UART)、3个定时计数器、扩展的中断系统;内置2个I²C总线控制模块。

2.2 USB接口设计

图2是该高速图像采集系统的USB接口电路连接图。

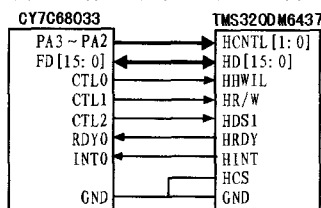


图2 USB接口电路连接图

图2中,CY7C68033的PA3~PA2引脚作为地址线与TMS320DM6437 DSP的HCNTL[1:0]相连,用于选择HPI的寄存器与工作模式;FD[15:0]作为16位数据总线与HPI的数据总线HD[15:0]相连,用于交换数据;CTL_x引脚为GPIF的输出控制信号,RDY0引脚为GPIF的输入控制信号。由于访问HPI寄存器需两次半字传输,因此使用CY7C68033的CTL0引脚进行控制。TMS320DM6437的HR/W接至CTL1,用来作为读/写选择标志;HDS1与CTL2相连,作为数据选通信号。HRDY与输入信号线RDY0相连,用于查询HPI接口状态,GPIF通过监测该信号以控制内部存取操作。TMS320DM6437的HINT与CY7C68033的INT0引脚相连,DSP复位时HINT引脚启用,该引脚也用于DSP向CY7C68033发送外部中断请求。另外,TMS320DM6437的HCS3引脚接地表示可对HPI进行连续存取操作。

3 图像采集系统软件设计

当USB设备插入计算机时,计算机和USB设备之间产生一个枚举过程^[9]。计算机检测到有设备插入,自动发出查询请求;USB设备回应该请求,发送出该设备的Vendor ID和Product ID;计算机根据这两个ID装载相应设备驱动程序,完成枚举过程。然后就可以传输数据,接收数据,即TMS320DM6437 DSP向PC机传输数据时,首先向CY7C68033发送一硬件中断信号,CY7C68033接收该中断,并启动接收程序,通过HPI接口设置DSP的HPIC寄存器的HINT标志位,使DSP下一次仍通过该位发出中断;然后通过端口6将固定长度(512字节)的数据读入FIFO;端口6读取数据时,为了保证较高的传输速度,CY7C68033中的CPU不能干预数据传输,当FIFO中的数据达到一定数量后,

CY7C68033自动将数据打包传送给USB总线;发送数据时,它将数据包直接传输给CY7C68033,CY7C68033接收到数据后,按指定字节长度将数据读到发送端口2的FIFO中,然后自动启动GPIF,将数据传送给DSP,接下来CY7C68033通过HPI接口设置DSP的HPIC寄存器中的DSPINT位(将其置1),向DSP发送请求中断,通知DSP有数据包。

USB设备的软件开发包括设备固件、设备驱动程序以及应用程序3方面设计。

3.1 设备固件

设备固件设计是由主程序和中断处理程序2部分组成,其中,主程序负责系统外设器件的互联以及初始化设置USB端口等。系统上电时,通过USB电缆将固件程序下载到CY7C68033的内部RAM,为了传输可靠,固件程序下载采用批量传输方式。由于系统要求快速持续传输大量数据,因此采用同步传输方式。

3.2 USB设备驱动程序

USB设备驱动程序设计一般采用Windows DDK(device driver kit)设计,但由于DDK的复杂性和调试难度,难以开发稳定完善的USB驱动程序。因此,这里选用NuMega公司的开发软件DriverWorks,它是面向对象的思想完全封装DDK的所有库函数。

通过DriverWorks提供的类,编写大部分驱动程序。最重要的是DriverWorks提供对USB总线的封装,这样大大简化对USB总线的操作接口。DriverWorks通过向导生成USB驱动程序的框架,并利用KDriver、KPNPDevice、KPNPLowerDevice等类简化WDM(Win32 driver module)驱动程序编程,它们分别对应的封装是WDM中的PDO、FD0、FiD0。每一个WDM驱动程序都有一个入口函数AddDevice,当PC机监测到USB接口中接入新设备时,立刻调用入口函数AddDevice并且创建设备的PDO,接着将其保存到函数参数指针中。成员函数AddDevice同时创建另外一个设备对象FD0,它被KPNPDevice封装。对WDM总线驱动程序的上层接口通过KPNPLowerDevice类实现FD0和PDO之间的连接,同时它也提供对PDO的操作接口。对USB客户驱动程序从KLowerDevice类派生出的KusbLowerDevice类封装USB的底层设备对象,通过其接口操作USB总线的驱动程序。

3.3 客户应用程序

PC机上的应用程序使用VC++编写。应用程序通过调用Windows API函数实现系统所要求的功能。应用程序主要采用以下3个函数:ReadFile、WriteFile和DeviceIoControl。ReadFile从前端图像采集系统读取数据;WriteFile向图像采集系统写入数据;DeviceIoControl在PC机中从图形采集系统读取数据或向图像采集系统写入数据前向DSP发送交换数据的请求。

4 实验验证

DSP系统采集图像后将数据发送至USB端口,主机应用

程序打开设备,先从设备读取设备描述符和通道信息,接着读取 USB 端口数据。采用 BUS HOUND 监控 USB 端口数据流,如图 3 所示。从图 3 看到:从 USB 端口读取的数据包括设备描述符数据、通道信息数据,以及从 USB 端口写入的数据块。实验测试数据传输率达 29.5 MB/s,1 s 能够传输 15 帧未经压缩图像,完全满足高速图像传输要求。

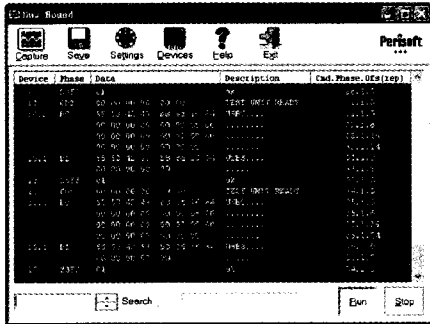


图 3 USB 端口数据流

5 结束语

高速图像采集系统 DSP 通过 CY7C68033 的底层驱动以及简单实用的编程结构,可方便建立上层 PC 机与 DSP 之间的 USB 通信信道。

根据 DSP 的 HPI 接口读/写控制时序,连接 CY7C68033 的 GPIF 接口,将 HPI 接口的各个寄存器映射为 CY7C68033

=====

(上接第 50 页)

说,在 USB 设备插入主机后,主机检测到 USB 设备,读取设备描述符,然后主机根据设备描述符中提供的厂商 ID 和产品 ID 等,启用相应 USB 设备驱动程序,读取 USB 设备中的配置描述符、接口描述符和端点描述符,根据需要选择恰当的配置、接口和端点,确定传输方式^[9]。这一过程完成后,PC 机与 USB 设备之间就可传输数据。

3.3 应用程序设计

应用程序是测试系统软件的核心,其对 USB 设备的操作功能为:开启或关闭 USB 设备,检测 USB 设备,设置 USB 数据传输管道,设置数据端口的初始状态,通过 USB 接口回传数据、存储、显示并分析数据。

4 结论^[7-9]

本文设计的数据传输系统具有低功耗、控制简单、实施方便等特点,系统将 USB2.0 接口技术与红外传输技术结合,实现了测试仪与 PC 机之间的无线数据传输,达到了设计应用要求。

为了保证传输数据的正确性,避免其他光波对传输数据的干扰,系统壳体安装红外滤光片^[6]:一方面,消除或减少散射辐射或背景辐射的有害影响;另一方面,分出具有特定波长区的红外波长。经多次试验证明,该系统能够可靠稳定传输

的外部地址,使得 CY7C68033 能够方便读写 DSP 内部 RAM,从而建立基于 USB2.0 接口的 PC 机与 DSP 之间的高速图像采集通信通道。

该系统设计充分利用 USB 的即插即用功能,高速图像采集设备操作方便快捷,因此具有高使用价值。

参考文献:

- [1] 唐俊.基于 FPGA 和 DSP 的瞬态测量系统的设计[J].微电子学与计算机,2008,25(12):148-150.
- [2] 梁星辉,谭志明.基于 USB2.0 的通用 PC 之间高速通信模块的设计[J].计算机与数字工程,2008,36(6):175-177.
- [3] 王红亮,赵纯.基于 USB2.0 的数字摄像系统设计[J].电测与仪表,2008,45(1):55-57.
- [4] 浦国斌,张涛,范志永.基于 USB2.0 接口的 CCD 数据采集系统设计[J].微计算机信息,2008,24(12):74-75,66.
- [5] 唐俊,党瑞荣.基于 DSP 的 USB 通信接口的 EMC 设计[J].电子测试,2008,16(3):34-37.
- [6] Texas Instruments. TMS320DM6437 digital media processor[EB/OL].2006.http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tms320dm6437.pdf.
- [7] CYPRESS. EZ-USB NX2LP-Flex flexible USB NAND flash controller [EB/OL].2005.http://www.cypress.com/?docID=5721.
- [8] 万逸珠,戚文芽.嵌入式实时操作系统下 USB2.0 接口驱动的实现[J].现代电子技术,2008,14(13):49-51.

数据,具有很好的实用性。

参考文献:

- [1] 周立功.USB2.0 与 OTG 规范及开发指南[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [2] 钱峰.EZ-USB FX2 单片机原理、编程及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [3] IR.3/16 encode/decode IC technical data[EB/OL].2009.http://www.21ic.com.
- [4] Cypress 公司.EZ-USB FX2 technical reference manual[EB/OL].2001.http://www.cypress.com/?docID=4385.
- [5] 张秀艳,林小波.基于 USB 单片机的红外数据传输装置设计[J].仪表技术与传感器,2008(4):48-49.
- [6] 严后选,张天宏,孙健国.近距离红外无线数据通信技术研究[J].应用基础与工程科学学报,2004,12(4):410-414.
- [7] 李秀娟.四通道红外监控无线报警系统的设计[J].电子设计工程,2007,15(12):3-6.
- [8] 柳兰,何娜,黄智伟.基于 USB 接口的数据采集与控制系统设计[J].电子设计工程,2009,17(6):38-40.
- [9] 王文英,李华.基于 USB2.0 接口的沥青拌和站数据采集系统设计[J].电子设计工程,2009,17(4):52-54.