

TMS320VC5502 图像传输系统的 USB 接口扩展

何平征, 许 茹, 王德清

(厦门大学信息科学与技术学院, 福建省厦门市 361005)

摘要:介绍了 DSP(数字信号处理器)图像传输系统中 USB 接口扩展的软硬件设计, 对 USB 物理层和链路层的数据传输管理通过 USB2.0 接口芯片 CY7C68001 完成, 并由 DSP 芯片 TMS320VC5502 进行控制, 通过编程完成 USB 设备枚举、数据读写和中断处理等过程。系统采用批量传输方式与 PC 机进行高速数据传输, 在 Windows 系统下为用户进行图像传输建立友好的图形界面, 对其他系统的接口扩展设计有一定的参考价值。

关键词:数字信号处理器; 通用串行总线; CY7C68001; 通用设备驱动程序; 枚举

中图分类号: TP334.7

0 引言

一个典型的水下图像传输系统采用 DSP(数字信号处理器)作为实时图像处理的核心单元, 并用 PC 机建立良好的人机界面, 以完成图像的采集和显示。因此, PC 上位机与 DSP 间需进行一种高效、快速的数据传输。目前 PC 机和 DSP 常采用 RS-232 串口通信方式实现数据交换, 其通信协议简单, 但在大数据量的图像信息传输中, 很难满足系统的实时性要求。此外, PC 机本身串口资源也十分有限。而 USB(通用串行总线)作为一种快速且有弹性的新式接口, 可以满足多数情况下大数据量实时交换的要求。

本文提出一种基于 USB 接口的图像传输系统方案, 介绍 DSP 和上位机间的 USB 接口设计, 利用 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320VC5502 和 Cypress 公司 EZ-USB SX 系列芯片 CY7C68001, 完成 USB 接口扩展的软硬件设计, 实现 DSP 与上位机间的高速数据传输。

1 系统整体方案

系统整体结构如图 1 所示。

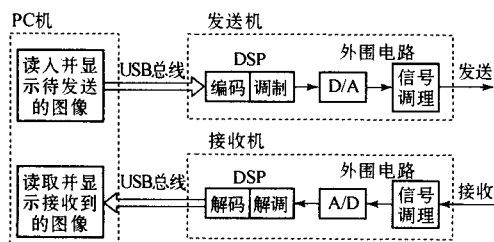


图 1 系统整体结构

在发送端, PC 机将待发送图像转换为数据比特流送到 USB 总线上, 同时, 在主机屏幕上显示原图像。图像数据经 DSP 和外围电路的处理后送入信道。接收机对接收信号进行处理后, 通过 USB 总线把图像数据传回上位机并显示接收图像。其中, DSP 和上位机间的 USB 接口设计是本文的重点。

2 硬件设计

USB 接口扩展的硬件设计如图 2 所示。

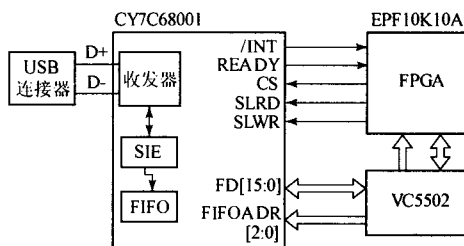


图 2 系统硬件连接示意图

TMS320VC5502 是一款定点 16 位芯片, 作为 TI 公司 TMS320C5000 DSP 平台上性价比最佳的新型产品, 其运算速度高达 600 亿次乘加运算每秒。它具有 1 条 32 bit 的程序读总线和 5 条 16 bit 的数据总线, 片上集成有 ROM(16 k × 16 bit)、DARAM(32 k × 16 bit) 等存储器和丰富的外设资源, 可满足大数据量的图像处理要求。此外, 芯片低功耗(不到 200 mW)的特点使它可以应用到水下图像传输系统中。

由于 DSP 的 I/O 口资源有限, 系统采用 FPGA 芯片 EPF10k10A 完成地址译码。它具有 66 个用户 IO 口, 将 DSP 的部分地址线连接到 FPGA 的 IO 口并配置为输入端口, 通过 FPGA 程序模拟译码器逻辑, 可以产生 Flash 存储器、SDRAM、USB、UART 等所有与 DSP 通信的模块片选信号, 从而实现 DSP 的 I/O 口扩

展。

USB 通信协议较复杂,因此,本系统采用 Cypress 公司的 CY7C68001 芯片实现 USB2.0 接口,该芯片集成了 USB2.0 收发器和 SIE(串行接口引擎),分别完成物理层和链路层的数据通信管理,USB 的应用层协议由 TMS320VC5502 编程实现。

CY7C68001 芯片支持高速(480 Mbit/s)或全速(12 Mbit/s) USB 数据传输;内部有 4 个端点(Endpoint)共享 4 kB 的 FIFO,每个端点对应的 FIFO 空间大小及 FIFO 状态可编程;芯片还具有智能 SIE 功能,可在不借助微处理器中断的前提下完成枚举。

CY7C68001 具有 16 根数据总线 FD[15:0],3 根地址线 FIFOADR[2:0]用于选通命令接口或指定的 FIFO。此外,/INT 信号表明 CY7C68001 有中断事件发生,或通知 DSP 对 CY7C68001 的读操作结束;READY 信号表明 CY7C68001 处于可读写状态。

3 软件编程

3.1 主机端程序

USB 协议中包含控制型(control)、等时型(Isochronous)、中断型(Interrupt)和批量型(Bulk)4 种基本的数据传输类型。其中,批量传输特别适合大数据量的传输,在没有带宽和间隔时间要求时,可以保证快速准确的传输。因此,本系统采用批量传输方式进行 PC 机与 DSP 间的图像数据传输。

主机端软件包括 3 个部分:

a) CY7C68001 的驱动程序,用于实现 USB 设备的发现、配置和关闭,实现数据传送接口与控制等功能。结合 EZ-USB 的 GPD(通用设备驱动程序),在 Windows WDM DDK 环境下编译生成驱动程序的系统文件(.sys)。

b) 安装 USB 时的信息文件(.inf),用于将驱动程序绑定到特定设备的 Vendor ID(VID)和 Product ID(PID)。当 USB 设备插入计算机时,计算机检测到设备插入后自动发出查询请求;USB 设备回应该请求,并送出设备的 VID/PID。计算机根据这两个 ID 装载相应设备驱动程序,完成枚举。

c) 系统上位机(PC)处理程序,采用 Microsoft Visual C++ 软件编写,通过对界面上控件的操作产生消息,使 CPU 执行相应的动作。以发送端为例,主机程序流程如图 3 所示。

驱动程序与应用程序的接口函数定义如下:

```
BOOLEAN OpenDriver();
BOOLEAN CloseDriver();
PVOID Sx2GetDeviceDesc();
```

```
PVOID Sx2GetStringDesc(int stringIndex);
PVOID Sx2GetConfigDesc();
BOOLEAN Sx2GetPipeInfo(PVOID pInterface);
BOOLEAN Sx2SendVendorReq(PVOID myRequest, char * buffer, int bufferSize, int * recnBytes);
BOOLEAN Sx2GetPipeInfo(PVOID pInterface);
```

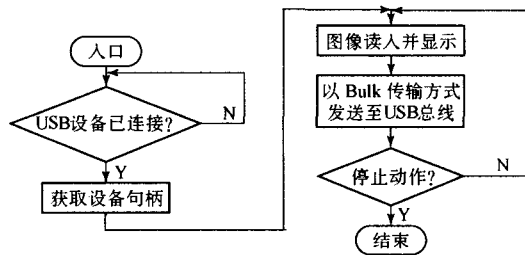


图 3 发送端主机程序流程

对用户而言,所有应用程序均通过 IO 控制来访问 EZ-USB GPD。以上接口函数主要调用两个 Win32 API 函数:首先通过 CreateFile()连接 USB 设备并获取访问设备驱动程序的句柄;再调用 DeviceIoControl()提交 I/O 控制码(IOCTL),向驱动程序发送相应命令,并为 CreateFile()返回的设备句柄设置 I/O 缓冲区。部分源代码如下:

```
hDevice = CreateFile("\\.\\decusb-0"
    GENERIC_READ | GENERIC_WRITE,
    FILE_SHARE_WRITE,
    NULL,
    OPEN_EXISTING,
    0,
    NULL);
bResult = DeviceIoControl(hDevice,
    ioctl_val,
    bulkControl,
    sizeof(BULK_TRANSFER_CONTROL),
    buffer,
    bufferSize,
    (unsigned long *)&nBytes,
    NULL); //以 bulk 方式传送数据
```

3.2 DSP 端程序

USB 主机与设备间的数据传输是通过设备中的端点(Endpoint)进行的。这些端点通过端点号和输入输出方向来进行标识,并为数据传输分配固定 FIFO 存储区。本系统在初始化时将 CY7C68001 的 4 个端点配置为批量传输类型。其中,FIFO2、FIFO4 为输出端点,用于接收上位机传来的数据;FIFO6、FIFO8 为输入端点,用于存放待发送的数据。各个 FIFO 设置为异步工作模式。

DSP 经初始化后打开 USB 外部中断,向 CY7C68001 写入描述符表,等待其枚举中断。枚举成

功后,DSP对CY7C68001进行其他配置并清空FIFO,然后等待主机发送用户请求并进行相应处理。

程序流程如图4所示。程序在TI CCS 2.2集成开发环境下进行编译并调试通过。

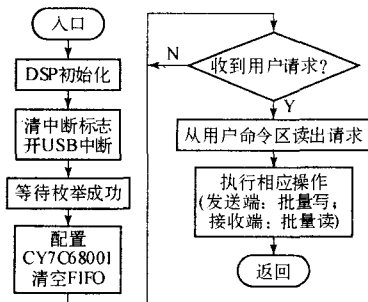


图4 DSP端软件流程

3.2.1 USB的初始化

在每个USB设备的内部都有一个设备描述符(descriptor)表,它包含了设备的全部要求和特性。通过主机与设备间的控制传输来辨识并配置新连接上的USB设备的过程称为设备枚举(enumeration)。CY7C68001芯片内有一个大小为500字节的描述符RAM,用于存放描述符表,内部寄存器DESC用于存放描述符表的长度。

CY7C68001的枚举方式有EEPROM自举和通过DSP自举(默认)2种。本系统采用默认方式,先由DSP向DESC寄存器写入2字节的描述符表长度,再通过命令口将描述符表按字节写入描述符RAM。描述符表写入后,DSP等待CY7C68001的枚举成功中断。枚举成功后,CY7C68001完成对各端点的配置。

3.2.2 CY7C68001的寄存器读写

DSP采用二次寻址方式对CY7C68001寄存器进行读写,即首先通过命令口将要寻址的寄存器地址和操作类型(读/写)写入,然后通过命令口将数据读出或写入。具体步骤可参考CY7C68001芯片手册。

3.2.3 CY7C68001的中断

SX2共有以下6个中断源:

SETUP: SX2收到无法自动处理的上位机请求;

EPOBUF: 端点0的缓冲区处于可读/写状态;

FLAGS: OUT端点FIFO转为非空状态;

ENUMOK: SX2枚举成功;

BUSACTIVITY: 总线挂起/恢复;

READY: 从低功耗通过WAKEUP引脚被唤醒。

当有中断事件发生时,CY7C68001通过INT信号触发DSP中断。DSP在USB的ISR(中断服务子程序)中通过读命令口来判断中断源,并设置相应中断标志。若为SETUP中断,即SX2收到无法自动处理的用户请求(如用户定义的批量读/写),则在随后的中断处理中,ISR从命令口依次读入8个字节,存入用户命令缓冲区中,再由主程序解析执行。

4 结束语

本系统利用USB2.0接口芯片CY7C68001实现上位机和DSP的高速图像数据传输,为水下图像传输系统建立良好的人机界面,用户利用PC机将待发送的图像送入发送机的DSP,接收机的DSP将收到的图像数据送回PC机并显示,用户可对发送和接收到的图像进行直观对比。

参考文献

- [1] 汪春梅,孙洪波,任治刚. TMS320C5000系列DSP系统设计与开发实例[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 胡晓军,等. USB接口开发技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2005.

何平征(1984-),女,硕士研究生,主要研究方向为嵌入式系统、水声通信。

Design of USB Interface Extending in TMS320VC5502

Image Transmission System

HE Pingzheng, XU Ru, WANG Deqing

(School of Information Science & Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: This paper presents a new software and hardware design for USB interface extending in the image transmission system. Data transmission of physical layer and data link layer is managed by the USB2.0 interface chip CY7C68001, which is controlled by TMS320VC5502 DSP chip. The software is designed to implement USB device enumeration, data read-write and interrupt processing. The bulk transfer mode is adopted, which makes the system communicate with PC at a high speed. A friendly graphical interface is provided for the users of the Windows system during image transmission. It is of good value to be referenced for other system interface extending to some extent.

Keywords: digital signal processor; universal serial bus; CY7C68001; GPD; enumeration