

基于 TMS320VC5509 DSP 片内 USB 接口的数据通信

冷 华,李欣然,李志军,李村晓

(湖南大学 电气与信息工程学院,湖南 长沙 410082)

摘要: 采用通用串行总线(USB)用于数据信号处理(DSP)数据采集系统和后台 PC 机之间的大容量实时数据传输。以 TMS320VC5509 DSP 芯片为基础,利用 DSP 芯片内部的 USB 模块,设计了硬件接口电路和控制软件,给出了相应的接口框图和关键代码。结合 Visual C++6.0 和开发平台 Code Composer Studio 实现了 USB 模块的固件设计,利用 Driver Studio 开发了后台 PC 机 Windows 客户驱动程序。所设计的系统已成功地应用于变电站现场的数据实时采集,满足数据采集的快速性和实时性要求。

关键词: USB; TMS320VC5509; 驱动程序; 数据通信; 负荷特性; 数据采集

中图分类号: TN 919

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)07-0087-03

0 引言

基于量测的总体测辨法电力负荷建模研究所需要的大量现场实测数据是电力系统数据采集与处理的重要应用实例之一^[1-2]。

以数字信号处理器(DSP)为核心的数据采集与处理系统中,前端采集装置与后台 PC 机(或工控机)的高速数据通信是开发数据采集系统必须认真解决的重要技术问题。早期数据采集系统的数据传输大致分为 2 类:一类是利用后台 PC 机主板上的串行接口(COM)和并行接口作为数据传输的载体构成主从式传输系统^[3];另一类则为大容量高速度数据传输系统,一般采用内插式板卡,利用后台 PC 机的 ISA、PCI 插槽进行数据传输,这类系统充分利用 PCI 等协议(133 MB/s)的高速优点,可达到相当快的传输速度^[4]。通用串行总线 USB(Universal Serial Bus)技术以其成本低、速度快、总线供电、可热插拔、较强的纠错能力、使用简单等特点^[5]得到越来越广泛的应用。当前设计以 DSP 为核心的 USB 传输采集系统一般是利用各大公司的 USB 模块进行外部扩展,在系统设计时需要额外设计延时单元以进行调和,当传输数据量过大时,该方案往往不能充分发挥具有高速便捷数据传输特点的 USB 的资源优势^[6]。

DSP 芯片 TMS320VC5509 集成了一个 USB 控制模块(全速 USB 1.1),可以完成和 USB 主机系统之间的读写操作,具有无需外加逻辑电路、使用方便等优点。这里使用 TMS320VC5509 的片上 USB 模块,完成 DSP 前端数据采集系统与后台 PC 机之间的通信硬件电路设计,简化了数据采集系统的硬件结构,提高了系统的可靠性。同时,编写了相应的 DSP

控制软件和后台 PC 机的驱动程序。所开发的数据采集系统已成功地应用于电力系统负荷特性数据现场实时记录装置,有效地实现了前端采集数据的实时回传,发挥了 USB 在高速数据传输方面的优势。

1 TMS320VC5509 USB 模块简介

TMS320VC5509 是 TI 公司新的 5000 系列 DSP 中的一款,其结构为改进型的哈佛总线,工作电压为 1.6 V,指令周期为 6.94 ns,片上的 USB 模块是其设计的一大特色,支持块、中断和同步传输 3 种方式的高速(12 Mbit/s)USB 从接口^[7]。模块分为 5 部分。

a. 串行接口引擎(SIE),主要处理 USB 接口层协议。

b. USB 缓存管理器(UBM)和控制状态寄存器,负责 SIE 和缓存之间的数据流动。

c. 缓存区,管理各端口的寄存器和数据缓冲器在 DSP 的 I/O 地址空间的映射。

d. USB DMA 控制器和 DMA 寄存器,控制 DSP 存储器和各端口对应缓存之间的数据流动。

e. 缓存仲裁器,负责 DSP、CPU、UBM 和 USB DMA 控制器,同时访问缓存时进行仲裁。

SIE 是 5 部分中最为重要的部分,它处理总线接口层的协议,保证提交给上一设备层数据是绝对有效的,进而设备层可以可靠地将数据通过 SIE 上传至主机(后台机)^[8]。

2 硬件电路设计

USB 系统包含 3 类硬件设备:USB 主机(USB Host)、USB 设备(USB Device)、USB 集线器(USB Hub)。从物理结构上,USB 系统是星形结构;但在逻辑结构上,每个 USB 逻辑设备都是直接与 USB Host 相连进

行数据传输的^[9],USB 数据的传输模型如图 1 所示。

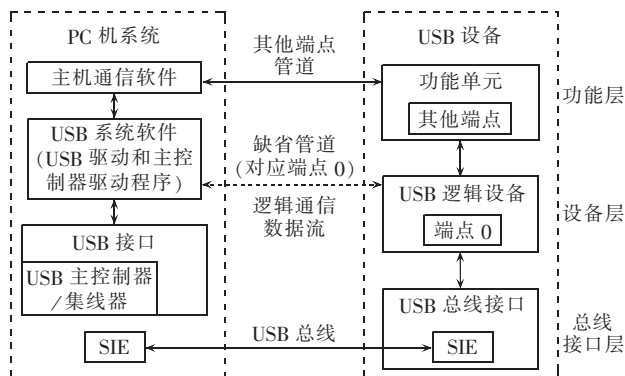


图 1 USB 数据传输图

Fig.1 Block diagram of USB data transfer

图 2 描述了所设计的 DSP 片内 USB 模块与后台 PC 机(或工控机)进行数据通信的硬件接口电路。其中左边 3 个引脚 PU、DP、DN 是 TMS320VC5509 的片上引脚,右边的 4 个引脚组成了一个 MiniUSB 接口,利用 USB 连接线就可以完成与后台 PC 机的连接。中间的阻容电路起加强输入输出可靠性的作用。该设计方案已通过实验仿真调试,可以直接应用于 TMS320VC5509 的外围电路设计。

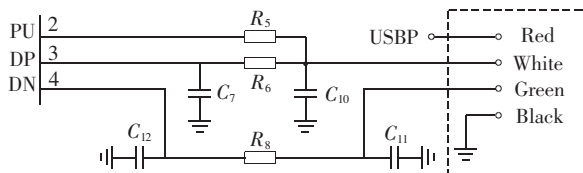


图 2 USB 接口硬件设计图

Fig.2 Hardware interface of USB

3 系统软件设计

USB 系统软件主要有 2 部分:一是 USB 设备端软件(固件程序),主要完成 USB 协议处理与数据交换(多数情况下是一个中断子程序)及其他应用功能程序^[10];二是后台 PC 端程序,由 USB 通信程序和用户服务程序 2 部分组成,用户服务程序通过 USB 通信程序与系统 USBDI(USB 设备接口)接口。

3.1 DSP 端 USB 固件程序

固件的主要设计任务是:在 DSP 的平台上编写程序,以完成 USB 通信协议所定义的标准请求及用户根据需要自己定义请求。为了完成设计目标,整个设计分为 4 个步骤^[11]。

a. 在 DSP 的开发软件 CCS 中分配固件程序代码存放的程序存储空间,编写中断向量入口表,这是所有 DSP 程序开发所必须的基础工作。

b. 按照 USB 传输协议定义传输中的控制和数据格式,以头文件的形式定义格式描述符,并且定义 USB 传输和控制函数。

c. 编写中断函数,响应总线枚举过程中的复位信号并置对应的读写标志位,告诉程序后台机选择的是哪个节点和操作类型。

d. 编写读写标志位响应函数,当对应的读写标志位被置位时,按照响应函数中的程序进行数据的传输和分析。

开发实践表明,有 2 点必须在程序设计中给予足够的注意,它们直接关系到程序设计质量和系统运行的可靠性:首先,接收到后台 PC 机的请求包后,一定要重新使能控制端口;其次,在往输出端口写完数据后,必须指明缓冲区里有数据,可写往后台机。

所设计的固件程序采用 C 语言编写,其他数据采集和判断程序采用汇编语言编写,所有程序在 Code Composer Studio2.2 环境下调试通过。

3.2 PC 端 USB 通信程序

PC 端通信程序的主要设计任务是:在后台 PC 机的平台上编写客户驱动程序和用户操作界面,用户操作界面利用客户驱动程序与系统 USBDI(USB 设备接口)接口,由 PC 系统产生 USB 数据的传送动作,使 DSP 固件程序响应各种来自系统的 USB 请求,完成数据交换和事件处理。

3.2.1 后台 PC 机 USB 驱动程序开发

对于 USB 设备,其驱动程序可分为 USB 底层驱动程序和 USB 功能驱动程序。USB 底层驱动程序由操作系统提供,它位于 USB 功能驱动程序的下层,负责与实际的硬件联系,实现繁琐的底层通信^[12]。USB 功能驱动程序由设备开发者编写,位于 USB 底层驱动程序的上层,不与实际的硬件联系,而是通过向 USB 底层驱动程序发送包含 USB 请求块 URB(USB Request Block)的 I/O 请求包 IRP(I/O Request Packet),实现对 USB 设备信息的发送和接收^[13]。

选用 Driver Studio 开发工具开发 USB 驱动程序,Driver Studio 对设备驱动程序开发工具 DDK(Device Development Kit)中操作进行封装,减少了开发时间,提高了效率。通过 Driver Studio 的工具 Driver Wizard 生成的驱动程序为开发者提供了一个基本框架,针对具体的设备,使用者只需修改较少的或者基本不用代码就可以实现相应的功能^[14]。

3.2.2 后台 PC 机用户程序开发

后台 PC 机用户程序采用 Visual C++6.0 编写,主要功能是利用开发的 USB 驱动程序完成数据的发送和接收,并将数据保存为自己定义的格式,方便以后负荷特性建模平台的分析。下面将详细介绍利用 USB 驱动程序中定义的控制通道和块传输通道进行数据接收和保存的过程,并给出部分关键代码。

a. 打开 USB 设备。

BOOL usbMark; //当前选定的 USB 设备是否打开标志。

usbMark = OpenUSB(); //OpenUSB 函数的功能是调用设备对应的驱动程序,并获得设备的描述,其返回值为 BOOL 型,可以依此判断设备是否正确工作。

b. 定义命令请求和数据结构。

char buffer[64]; //定义数据缓冲区;

```
ULONG venderlong=0;
```

```
REQUEST_DATA usbRequest; // 定义 USB 数
据传输的请求结构。
```

所有的 USB 设备是通过缺省控制通道对主机的请求发出响应,这些请求是由驱动程序控制传送而完成的,请求以及请求的参数通过包的形式发向设备^[15],这里定义的 usbRequest 就是请求的数据包,包的数据域结构如下:

```
usbRequest.wIndex // 根据接收者信息表明接收
接口或端结点;
```

```
usbRequest.wValue // 此域传送当前的参数;
```

```
usbRequest.bRequest // 这个域标识特别的请求;
```

```
usbRequest.direction // 传输方向;
```

```
usbRequest.requestType // 请求种类;
```

```
usbRequest.requestreceiver // 请求接收者信息。
```

c. 填写数据传输的请求并发送数据传输请求。

```
USBSendReq (&usbRequest,&buffer[0],vender-
long); // 函数将请求交给 USB 驱动程序,由驱动程序
完成向 USB 设备的发送,USB 设备接到请求后根据
DSP USB 固件中的程序将数据发送回后台 PC 机。
```

d. 进行数据的接收,这里采用的是块传输模式。

```
BULK_DATA usbBulkdata; // 定义块传输结构;
```

```
bulkControl.pipeNum=1; // 选择传输管道,管道
号和管道在驱动程序中已经定义;
```

```
buffer=&receivedat[0]; // 定义接收缓存区;
```

```
ULONG length=64; // 预接收的数据长度;
```

```
BulkdataSend (&usbBulkdata, buffer, length);
```

```
// BulkdataSend 为数据接收函数,函数调用后传回
的数据保存在 buffer 中。
```

经过上述步骤即可把数据从 DSP 保存到后台 PC 机内存中,然后再保存成给定格式的文件。

4 结语

从电力负荷特性数据实时采集系统的开发要求出发,完整论述了以 DSP 片上 USB 模块开发数据通信软、硬件的设计方法,开发的以 TMS320VC5509 USB 为通信接口的电力系统负荷特性采集系统已经投入现场运行,完全满足预定数据采集与传输要求,取得了良好的应用效果,充分验证了系统方案的可行性和具体设计的正确性。所阐述的硬件与软件设计方案在传输方式上具有高速、可靠、实现简便、使用方便等特点,具有较强的通用性和实用性。

参考文献:

- [1] 周文,贺仁睦,章健,等. 电力负荷建模问题研究综述[J]. 现代电力,1999,16(2):83-84.
ZHOU Wen,HE Ren-mu,ZHANG Jian,et al. Review of electric load modeling research[J]. Modern Electric Power,1999,16(2): 83-84.
- [2] 苏盛,李欣然,陈元新,等. 电力负荷特性记录装置的开发与应用[J]. 长沙电力学院学报:自然科学版,2002,17(2):27-28.
SU Sheng,LI Xin-ran,CHEN Yuan-xin,et al. Application of

power system load recorder[J]. Journal of Changsha University of Electric Power:Natural Science,2002,17(2):27-28.

- [3] 谢超,杜海峰. PC 机和 DSP 间的几种通信方式[J]. 荆门职业技术学院学报,2000,15(3):8-10.
XIE Chao,DU Hai-feng. The communication mode between DSP and PC[J]. Journal of Jingmen Vocational Technical College, 2000,15(3):8-10.
- [4] 张海峰,苏涛,张登福. USB 在数据采集中的应用[J]. 电力自动化设备,2004,24(3):63-65.
ZHANG Hai-feng,SU Tao,ZHANG Deng-fu. Application of USB in data collection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004,24(3):63-65.
- [5] 陈启美,王刚,丁传锁,等. USB 技术概况[J]. 电力自动化设备, 2001,21(2):55-59.
CHEN Qi-mei,WANG Gang,DING Chuan-suo,et al. An introduction to USB technology[J]. Electric Power Automation Equipment,2001,21(2):55-59.
- [6] 卢虎,李勇. 高速数据处理系统及数据 USB 传输的新方案及其实现[J]. 计算机工程与应用,2005,5(13):120-121.
LU Hu,LI Yong. A novel system about high-speed data processing and transmission by USB[J]. Computer Engineering and Applications,2005,5(13):120-121.
- [7] Texas Instruments Inc. TMS320VC5509 fixed-point digital signal processor data manual[EB/OL]. (2004-01-11)[2006-09-02]. <http://www.ti.com>.
- [8] Texas Instruments Inc. TMS320VC5509 DSP universal serial bus (USB) module reference guide[EB/OL]. (2004-02)[2006-09-29]. <http://www.ti.com>.
- [9] ONEY W. Windows driver model[M]. USA:Microsoft Press,1999.
- [10] 廖济林. USB 2.0 应用系统开发实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [11] Texas Instruments Inc. TMS320C55x CSL USB programmer's reference guide[EB/OL]. (2001-10)[2006-09-15]. <http://www.ti.com>.
- [12] 王萍,赵刚. Windows 下的 USB 设备驱动程序开发[J]. 计算机时代,2005,10(10):22-23.
WANG Ping,ZHAO Gang. The driver design of USB device under Windows[J]. Computer Era,2005,10(10):22-23.
- [13] ANDERSON D,DZATKO D. USB 系统体系[M]. 2版. 孟文,译. 北京:中国电力出版社,2003.
- [14] 郭学涛. 基于 DriverStudio 的 USB 设备驱动程序开发[J]. 现代电子技术,2004,19(2):6-7.
GUO Xue-tao. Development of USB device driver based on DriverStudio[J]. Modern Electronic Technique,2004,19(2):6-7.
- [15] 陈启美,夏耐,丁传锁,等. USB 设备架构[J]. 电力自动化设备, 2001,21(4):55-60.
CHEN Qi-mei,XIA Nai,DING Chuan-suo,et al. USB device structure[J]. Electric Power Automation Equipment,2001,21(4): 55-60.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

冷 华(1982-),男,湖南长沙人,硕士研究生,研究方向为电力系统负荷建模(E-mail:lh1435@163.com);

李欣然(1957-),男,湖南涟源人,教授,博士研究生导师,主要从事电力系统负荷建模、电力系统运行与控制的研究与教学工作;

李志军(1982-),男,湖南郴州人,硕士研究生,研究方向为电力系统负荷建模;

李村晓(1980-),男,湖南长沙人,硕士研究生,研究方向为电力系统负荷建模。

(下转第 105 页 continued on page 105)

Data communication based on USB interface of TMS320VC5509 DSP

LENG Hua, LI Xin-ran, LI Zhi-jun, LI Cun-xiao

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: USB(Universal Serial Bus) is used in real-time mass data transfer between backstage PC and DSP-based data acquisition system. Using the internal USB module of TMS320VC5509 DSP chip, the hardware interface circuit and control software are designed and the corresponding interface diagram and key codes are provided. The firmware of USB module is programmed with Visual C++ 6.0 on Code Composer Studio and the Windows driver is developed with Driver Studio in backstage PC. The system designed is successfully used in substation for real-time data acquisition, meeting requirements of speed and real-time performance.

Key words: USB; TMS320VC5509; driver; data communication; load characteristic; data acquisition