文章编号:1671-5497(2005)02-0166-04

嵌入式USB主/从机应用模块

辛华峰[1],于 枫[1],谭 健[1],王文丽[2]

(1.吉林大学 电子科学与工程学院,长春 130022;2.长春经济技术开发区,长春 130031)

摘 要:基于Cypress公司的USB主/从控制芯片SL811HS,参考最新技术USB OTG,开发了一种遵循USB1.1协议、多功能的嵌入式USB主/从机系统模块。该模块作为主机时,支持精简的FAT文件系统,可以对普通U盘进行自动识别,并把设备配置为标准的磁盘驱动器进行数据采集及存储;作为从机时,又可以当作一般的USB接口,在进行数据采集的同时与上位机进行通信和数据传输。测试运行结果表明:该模块可广泛应用于各种便携式、嵌入式数据系统中,可靠地实现了USB OTG功能。

关键词:电子技术;嵌入式USB主/从机;USB OTG;SL811HS;FPGA;固件程序

中图分类号:TP333 **文献标识码**:A

Embedded USB Host/Slave Application Module

XIN Hua-feng[1], YU Feng[1], TAN Jian[1], WANG Wen-li[2]

(1. *College of Electronic Science and Engineering, Jilin University, Changchun* 130022, *China;* 2. *Changchun Economy and Technology Development Zone, Changchun* 130031, *China*)

Abstract: Using USB embedded host/slave controller chip SL811HS, on the basis of the latest technology USB OTG, a multifunction embedded host/slave system module conforming to USB 1.1 was developed. The module can support FAT simplified file system, automatically identify ordinary flash memory disk, and configure a device as a standard disk drive in order to realize data collection and store when it is on host mode. If the module is on slave mode, it can be regarded as a general USB interface to conduct data collection, data communication and transmission with PC. The testing results show that the module can be widely used in various portable and embedded data systems, and implement USB OTG functions safely.

Key words: electronic technology; embedded USB host/slave; USB OTG; SL811HS; FPGA; firmware

0 引 言

在数据采集领域,通用串行总线[1] USB(Universal Serial Bus)具有通用性好、实时性强、传输方式多样、成本低、速度快、易于扩展且便于使用等诸多优点,越来越受到人们的重视。但大多数都只是以从机的角度、针对PC个人电脑作为主机出发设计的,没有PC,这些设备就无法工作。目前随着USB体系结构的逐步完善,移动数据交换和存储设备大量涌入市场,U盘在计算机上的应用已经十分常见。因此,USB主机的嵌入

收稿日期:2004-05-12.

作者简介:辛华峰(1978-),男,硕士研究生. 研究方向:计算机信息处理装置. E-mail:xhf800424@hotmail.com

通讯联系人:于枫(1948-),男,教授. 研究方向:计算机信息处理装置及智能系统. E-mail:yufeng@email.jlu.edu.cn

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

式应用就成了 USB 领域新的研究焦点。在此基础上人们也十分希望以嵌入式 USB 主机为核心的系统还能够同时兼容通用 USB 设备的功能,在需要的时候依然可以作为通用 PC 机的可移动存储器。这就是 USB 技术领域所谓最新的"USB On-The-Go"[2,3](简称 USB OTG)理念和技术。作者遵循这种新的设计思想对具有 USB 主/从机功能的数据采集传输模块进行了开发和实践。

1　USB On-The-Go 简介

1996 年 2 月 USB1.0 版本发布后的短短几年内,USB 已经成为 PC 主板上的标准接口。在 2001 年底,USB 开发者论坛(USB Implementers Forum,USB IF)又发布了专门用于 USB 外设间"可移动互连"的 USB2.0 补充规范 USB On-The-Go,旨在使 USB 技术可以方便地应用在便携式移动设备中。该补充规范又称"移动 USB",简称 USB OTG。OTG 技术实现了 USB 主机的嵌入式系统方案,有非常好的发展前景。符合 USB OTG 的设备既可以作为 USB Host,也可以作为 USB Slave,所以也被称为是双角色设备 DRD(Dual-Role Device)。

作为 USB 主机,所要实现的主要功能包括以下几个方面:检测外设的连接和断开;对设备进行枚举;管理和控制主机与设备之间的控制通道和数据流;提供 USB 端口电源管理等。

同样,作为 USB 外设也具有相应的特定功能:响应和执行 USB 主机的控制和命令;提供自供电电源等。

2　硬件电路设计

作者设计的数据采集模块整体主要由高性能微控制器 W77E58、USB 主/从控制芯片 SL811HS[4,5]、FPGA 芯片 EP1C6-Q240 等构成,如图 1 所示。

W77E58 是 Winbond 公司推出的与 8051 系列单片机兼容的高速微处理芯片,非常符合本模块高速数据转换和传输,方便系统扩展等设计需求,而且熟悉 C51 编程的设计人员也十分容易操作。

SL811HS 芯片是 Cypress 公司的一种遵从 USB1.1 协议,专门为嵌入式系统设计使用的

图 1　嵌入式主/从机控制模块

Fig. 1　Embedded USB host/slave control module

USB Host/Slave 接口控制器,符合 DRD 标准。片上集成了 SIE、单端口根 Hub、USB 收发器以及拥有 256 字节的内部 SRAM 空间,并且具有 8 bit 双向数据总线,能方便地连接各种微控制器。虽然该芯片与真正的 OTG 芯片还有差别,不能同时连接 USB 主机和设备,但在本系统应用中它却表现了很高的性价比,可以先设置硬件(其中 M/S 脚接 GND 时为 Host 模式,接 Vcc3.3V 时为 Slave 模式),再通过软件来实现主机和设备功能的切换,如图 2 所示。

图 2　USB-BUS 切换电路

Fig. 2　USB-BUS switch unit

FPGA 芯片采用 Altera 公司最新的 CYCLONE 芯片 EP1C6-Q240。这是一款低价格、中等密度的 FPGA。采用 0.13 μm 全铜 SRAM 工艺,其存储器密度可达 5980 个逻辑单元,包含 20 个内嵌存储块 M4K,每块 4K bit。可以配置成移位寄存器,支持真正双端口存储器,带奇偶校验位。有 Byte enable 功能,高位字节和低位字节可以分开操作,并且还内嵌了 2 个锁相环电路和一个用于连接 SDRAM 的特定双数据率接口。此外,该芯片还支持多种不同的 I/O 标准。在模块中,一方面 EP1C6-Q240 与 SDRAM 一起构成数据缓存 FIFO,满足高速数据实时传

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

输的需要以及完成一些控制功能;另一方面,运用 Verilog HDL 或者 VHDL 语言通过对其进行系统编程,可以方便系统扩展,根据具体需要连接各种功能模块。

3 主要软件设计

3.1 USB通信流模型

USB 系统的实现比较复杂,必须从不同的层次观察[6,7]。由图3可见,主机与设备都被划分成不同的层次。主机上垂直的箭头是实际的通信流。设备上对应的接口是基于不同层面实现的。在主机与设备之间的所有通信最终都通过 USB 的电缆进行。然而,在上层的各层之间存在逻辑主机←→设备通信流。主机上的客户软件和设备功能部件之间的通信基于实际的应用需求及设备所能提供的能力。

图3 通信模型的层次关系

Fig. 3 Interlayer communications module

3.2 W77E58 与 SL811HS 的通信

这部分是整个固件程序的基础。

```
typedef unsigned char BYTE;
void SL811_Write (BYTE a,BYTE b)
  //往 SL811HS 写数据
BYTE SL811_Read (BYTE a)
  //从 SL811HS 读数据
```

3.3 Host/slave 的模式切换

首先设置 M/S 引脚的高低选择 host/slave 模式,然后置低 Reset 脚使 SL811HS 芯片重启,在 SL811HS 的 0FH 寄存器里写入适当值,再根据不同模式下对各个寄存器的具体要求进行配置,实现软件初始化:

```
void Host_to_Slave_init (void)
  //主机模式转到从机模式的初始化
void Slave_to_Host_init (void)
  //从机模式转到主机模式的初始化
```

3.4 Host 模式下的程序设计

目前数据传输 USB 设备类固件程序的研发已经非常成熟,本模块软件设计的关键是 USB 主机部分的固件设计与实现,这里仅以对 U 盘进行批量读写以及格式化等作为实现目标。USB 主机通信的逻辑结构如图 4 所示。USB 主机在

图4 USB主机通信

Fig. 4 USB Host communications

USB系统中是一个起协调作用的实体,它不仅占有特殊的物理位置,而且控制所有对 USB 的访问。一个 USB 设备想要访问总线必须由主机赋予它使用权。主机还负责监督 USB 的拓扑结构。作者设计的软件流程图如图 5 所示。由 3 个主要部分构成:①USB 主机控制器的驱动程序(HCD)。它位于 USB 主机控制器与 USB 系统软件之间。为了使模块具有通用性,通过中断来调度,使各个任务的程序设计风格符合 USB 体系的要求。程序中用 SL811HS.c 和 SL811HS.h 实现整个 USB 主机协议栈以及包括 USB 的数据传输、端点控制、USB 标准请求命令等函数。②USB 驱动程序(USBD)。USB 系统软件与客户软件之间的接口给客户软件提供一些方便使用 USB 设备的功能。本文遵循 USB MassStorage 设备类协议。该类协议主要用于软磁盘接口、ATA 接口、IDE 硬盘接口及 Flash 存储器等设备建立的 USB 接口,类代码为 0x08。程序中用

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

图 5　USB主机软件流程

Fig. 5　USB Host software flow diagram

MassStorage.c 和 MassStorage.h 实现单批量 Bulk-Only 传输协议和 UFI 子类命令定义。③ USB 用户软件:建立一个精简的 FAT 文件系统,通过 USB Mass Storage 的 UFI 子类命令与 U 盘建立联系。程序中用 FAT.c 和 FAT.h 在主机体系中建立外设磁盘的空间结构,建立 FAT 表、FDT 表,并实现对 U 盘中的数据和文件进行访问和管理。

4　结束语

本模块在实验室按照如下方式进行了测试运行:在主机模式下,根据控制指令将数据写入 U 盘,然后拔下 U 盘在微机上对数据进行静态分析;在从机模式下,根据控制指令将数据直接传入微机,可以进行实时分析。结果表明:基于上述方案实现的"嵌入式 USB 主/从机应用模块"[8]可以广泛应用于各种便携式、嵌入式数据采集系统中,可靠地实现了 USB OTG 功能。本方案包括应用 FPGA 和微控制器正确选型在内的技术路线正确,不仅方便系统功能的开发,而且使这种灵活的 USB 接口器件的产品化成为可能。

参考文献:

[1] USB 说明(修订版 1.1)[EB/OL]. http://www.usb.org, 1998.
USB Specification (Revision 1.1) [EB/OL] http://www.usb.org, 1998.

[2] 基于 USB 2.0"On-The-Go"容顺策略的说明(修订版 1.0)[EB/OL]. http://www.usb.org, 2002.
On-The-Go Compliance Plan for the USB 2.0 Specification (Revision1.0) [EB/OL]. http://www.usb.org, 2002.

[3] USB 2.0 的"On-The-Go"补充说明(修订版 1.0a)[EB/OL]. http://www.usb.org, 2003.
On-The-Go Supplement to the USB 2.0 Specification (Revision 1.0a) [EB/OL]. http://www.usb.org, 2003.

[4] SL811HS 嵌入式主从机控制器[EB/OL]. http://www.cypress.com, 2002.
SL811HS Embedded USB Host/Slave Controller Specification [EB/OL]. http://www.cypress.com, 2002.

[5] SL811HS 应用笔记[EB/OL]. http://www.cypress.com, 2001.
SL811HS-Application-Notes [EB/OL]. http://www.cypress.com, 2001.

[6] Microsoft Corporation. Microsoft Extensible Firmware Initiative FAT32 File System Specification[Z], 2000.

[7] USB 主机调试指南[EB/OL]. http://www.cypress.com, 2001.
USB Host Debugger User Manual[EB/OL]. http://www.cypress.com, 2001.

[8] 马伟. 计算机 USB 系统原理及其主/从机设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2004.

(责任编辑　张祥合)

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.