

VxWorks 下 USB 主机接口开发

刘永健 刘昊昱

(中国电子科技集团公司第五十四研究所 石家庄 050081)

[摘要] USB 是通用串行总线接口,具有速度快、即插即用、接口灵活、独立供电等显著优点。给出了一种在嵌入式系统中实现 USB 主机功能的方案,采用 PHILIPS 公司 PCI 桥接 USB 芯片作为控制器,配合相应的软件系统,实现 U 盘和移动硬盘等大容量存储设备上数据的读写。详细描述了系统的软硬件设计方案和工作原理,给出 VxWorks 下 PCI 设备驱动的框架和 USB 驱动程序的挂接。

[关键词] USB Host VxWorks PCI

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1008-1739(2012)14-44-3

Development of USB Host Interface Based on VxWorks

LIU Yong-jian, LIU Hao-yu

(The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract: USB is one of the most popular serial bus interface, with such advantages as high speed, plug and play, flexible interface and independent power supply. This paper proposes a solution which can realize USB host functions in the embedded system. This solution uses PCI bridge chip of USB from PHILIPS as controller and relevant software system to implement data read-write on USB flash drive and mobile hard drive. The characteristics of PCI bus and USB communication modules including hardware, software and firmware are also discussed in detail. The software and hardware design scheme and operation principle of system are described in detail and the PCI drive frame and USB drivers integration based on VxWorks are put forward.

Key words: USB Host; VxWorks; PCI

1 引言

在嵌入式应用中 USB 接口的开发是一个难点,要求设计人员对 USB 的标准、Firmware(固件)编程及驱动程序的编写等有较深入的理解。ISP1563 芯片由 PHILIPS 公司推出,基于 32 位,33MHz PCI 总线实现了 USB 主机功能,使用简单、性能卓越,只要熟悉控制器编程及简单的 C 应用程序编程,就可以很容易地进行产品开发。文章提出了基于该 PCI 桥接芯片在嵌入式系统中实现 USB 主机功能的方法,实现了对 U 盘等大容量存储设备的读写。详细描述了 MPC8270 下系统硬件设计和 VxWorks 操作系统下软件框架。

2 USB 主机结构

USB 接口设备按结构可分为 USB Host(主机)和 USB Device(外部设备)。USB 主机控制 USB 设备进行通信,而主机与主机之间,或 USB 设备与 USB 设备之间是不能通信的,且每次通信由 USB 主机发起。USB 主机的功能框架图如 1 所示。



图 1 USB 主机结构图

定稿日期 2012-06-26

USB 主机控制器硬件是以主机控制器为核心的硬件部分,包括串行接口和 USB 根 Hub,提供与 USB 设备的连接。USB 主机控制器驱动程序(host controller driver,HCD)是 USB 软件协议栈最底层的部分。处理主机和设备的状态、数据串行/并行化形成数据帧、数据处理和协议引擎等。USB 核心驱动程序(USB driver,USBD)是整个体系的中枢,向上通过管道机制和命令机制接受 USB 驱动程序和应用程序的各种请求命令和数据,向下把处理好的各种数据发送给 HCD,并最终与设备进行通信。USB 设备类驱动(device class driver),用于管理主机与各种 USB 设备如 USB 键盘、USB 鼠标之间的数据传输。

3 硬件设计

系统采用 Power PC 处理器 MPC8270 作为硬件核心,运行 VxWorks 嵌入式操作系统。采用 MPC8270 片上集成的 PCI 控制器作为主控制器,外接 PCI 桥接芯片 ISP1563,内部集成了主机控制器驱动 OHCI 核和 EHCI 核,实现了 4 个标准的 USB 主机接口,能够处理所有 USB 的传输模式:高速(480 Mbit/s)、全速(12 Mbit/s)和低速(1.5 Mbit/s)。多种操作系统如 Windows XP、Windows 2000、Red Hat Linux 的驱动都提供对 ISP1563 支持。系统硬件设计如图 2 所示。USB 主机接口电路原理如图 3 所示。

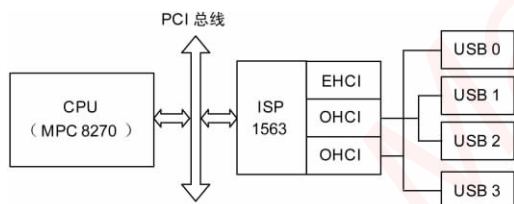


图 2 系统硬件设计示意图

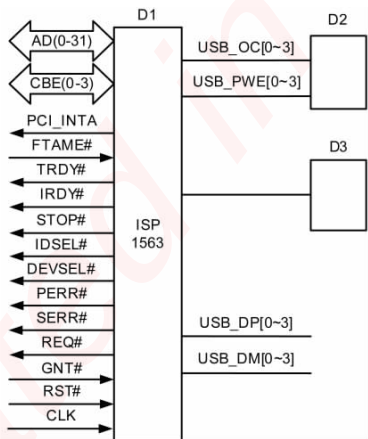


图 3 USB 主机接口电路图

芯片 D1 为 PCI 桥接芯片 ISP1563,PCI 总线信号包括:系统信号有复位信号 RST# 和时钟信号 CLK。仲裁信号有总线申请 REQ# 和总线授权信号 GNT#。接口控制信号包括主

设备启动 PCI 的 FRAME# 信号,主设备数据有效信号 IRDY# 和目标完成数据传输信号 TRDY# 等。PCI 没有一般数据周期的读写信号,而是采用命令编码形式定义 PCI 周期的读写属性。每个 PCI 周期由主设备启动,在第一个时钟周期,AD[31..0]信号传输地址信息,C/BE#[3..0]形成控制命令,定义 PCI 周期。第二个时钟后,AD[31..0]进行数据传输,C/BE#[3..0]标识字节有效信息。详细情况可参阅 PCI 规范。芯片 D2 为电源管理芯片,当电流过大时芯片会停止对 USB 设备的供电,从而保护系统。芯片 D3 为系统时钟提供电路,如果不支持 USB 高速传输模式,建议使用低频晶体,以减少 PCB 板间 EMI。

4 软件设计

4.1 USB 主机功能

要在嵌入式系统中实现 USB 主机接口,驱动程序需要实现 3 大部分功能:

① USB 主机控制器的初始化。完成对主机控制器的相关寄存器设置,开放系统中断;

② 配置 USB 设备,读取 USB 设备的信息,判断属于哪一类 USB 设备。完成主机重启设备、主机给设备供电、设备通过地址 0 与主机通信、主机给设备分配地址、主机请求设备的描述符及其它功能等;

③ 完成特定类 USB 设备的操作命令。USB 协议规定了多种类别的 USB 设备,如人机接口设备 HID 类、Mass Storage 类、音频类等。在嵌入式系统中的 USB 主机接口选择需要支持的类别,实现其对应的命令。

4.2 USB 组件配置

VxWorks 提供了对 USB 接口操作的支持,针对 2.3.1 中 USB 主机的 3 个功能只需要对工程中的组件进行有效的配置和裁减即可实现 U 盘的读写功能。必要的组件包括:

① Hardware ->buses->USB Hosts:2 OHCI;3 UHCI;4 EHCI;5 USB Host Stack;其中 OHCI、UHCI、EHCI 至少要包括一种,ISP1563 集成了 2 个 OHCI 核和一个 EHCI 核,可以选择一种或 2 种,支持图 1 中的 HCD 功能。USB Host Stack 则是必需包含,它实现了图 1 中的 USBD 功能。然后将所选择项的初始化包含;

② hardware->peripherals->USB Devices 下则提供了不同 USB 设备的支持。实现图 1 中的 USB 设备类驱动的功能。由于要对 U 盘进行大数据量读写操作,将 Mass Storage - Bulk 包含,将所选择项的初始化包含;

③ operating system components ->IO system components->file system and disk utilities 则将 USB 设备挂接

了文件系统,从而可对 U 盘进行 copy、format 等文件操作。

4.3 USB 接口初始化

USB 初始化驱动程序至少要调用一次 `usbInitialize()`, 其主要实现了 2 个功能。

(1) 分配和初始化 USB、HCD、HUB、USB 设备类 (CLASS) 驱动软件所需的数据结构。由于 VxWorks 支持的 HC 设备都是 PCI 总线器件, 因此提供了大量的 PCI 总线操作函数, 有专门的 PCI 函数来对设备进行查找和物理空间的获取。驱动程序首先就要在初始化过程中确定内存映射地址、I/O 端口在设备加电后自动分配的初值。根据设备类别号 OHCI_CLASS、OHCI_SUBCLASS、OHCI_PGMIF 调用 `usbPciClassFind` 函数找到设备的位置, 确定其总线号、设备号和功能号; 然后根据总线号、设备号和功能号调用 `pciConfignLong` 及 `pciConfignByte` 函数确定设备的基地址、寄存器基地址和中断号。

下面以 OHCI 协议为例给出如何找到 OHCI 并分配物理内存的操作步骤: ① 分配物理内存; ② 查找 PCI 设备; ③ 找到 OHCI 控制器, 读取配置参数; ④ 使能内存和 I/O 访问; ⑤ 读取设备基地址 0 的起始地址; ⑥ 保存设备基地址、中断号; ⑦ 映射系统物理内存。

(2) 调用 `usbHcdAttach()` 挂接一种 HCD 到 USB。ISP1563 内部集成了 2 个 USB 主机控制器 OHCI 核和一个 EHCI 核, 通过 PCI 总线实现 HCD 功能。安装中断服务程序 ISR, 初始化完成后, 安装中断服务程序。

由于 PCI 设备是中断复用的, 所以在挂接中断函数时应采用 `pciIntConnect` 函数, 它与 `intConnect` 函数的区别是: `intConnect` 函数为每个中断向量挂接一个中断服务程序, 而 `pciIntConnect` 函数则使中断服务程序挂接到一个中断服务链中, 在中断到来的时候, 中断管理程序会依次从中断服务链中调用服务程序, 实现中断共享。通过上面初始化寄存器, 利用初始化 PCI 时获得的中断号 `irq` 和操作系统提供的函数 `pciIntConnect` 将中断服务程序与中断向量连接起来; 然后打开中断, 使能够响应中断。注意此时中断号要利用 `INUM_TO_IVEC` 转换为中断向量才可使用。因为是共享中

断的 PCI 设备, 需要把 PCI 中断类型设置为 level 模式 (即电平模式), 不可以设为 edge 模式。下面的代码给出如何挂接中断服务程序及中断服务程序中的处理。

```
/* 挂接中断服务程序 usbOhciIsr, */
uStatus = REGISTER_INTERRUPT_HANDLER (pOhci-
ControllerInfo->uIrqNumber,usbOhciIsr, uTemp);
/* 使能中断 */
uStatus=ENABLE_BUS_INTERRUPT(pOhciControllerIn-
fo->uIrqNumber);
/* 启动中断处理任务 */
pOhciControllerInfo ->isrThreadId =OS_CRE-
ATE_THREAD("usbOhciIsr", 100,usbOhciPollingIsr,uHostCon-
trollerIndex);
```

在中断服务程序中由于要尽量减少处理, 所以只发送了一个信号量触发中断处理任务, 由中断处理任务作具体的处理。

5 结束语

文章讨论了 VxWorks 系统 USB 主机设备开发的详细流程, 在对 USB 接口协议不是十分了解的情况下, 可以借助 VxWorks 提供的驱动程序, 用 PCI 桥接 USB 接口芯片实现嵌入式应用中 USB 接口功能, 对在其它平台上开发嵌入式应用有一定的借鉴参考意义。

参考文献

- [1] 林宝如,张帆,陈怡.嵌入式计算机系统的 USB 主机驱动分析[J].重庆大学学报,2008(03)57- 64.
- [2] 孔祥营,柏桂枝.嵌入式实时操作系统 VxWorks 及其开发环境 Tornado[M].北京:中国电力出版社,2002:2- 4.
- [3] 杨小彬.基于 USB 接口的无线传输模块设计[D].电子科技大学,2008.
- [4] ISP1563 High-Speed Universal Serial Bus PCI Host Controller Product Data Sheet[R],Rev.01,2005.7.

XP 系统最经典的 2 个应用技巧

彻底关闭“安全中心”

“安全中心”可能是 SP2 中最显而易见的一个新功能, 它会监视你的防病毒软件、防火墙以及自动更新功能, 这对于初学者来说是比较有用的, 而有经验的用户完全可以自行管理那些功能。依次单击“开始”“运行”输入“services.MSC”并按回车键, 找到 Security Center 服务, 右键单击它并选择“属性”, 然后把它的启动类型改为“已禁用”。你也可以在命令行方式下输入下面的命令“`sc config wscsvc start= disabled`”, 注意: 在等号后面必须加一

个空格。

配置内存保护机制

Microsoft 在 SP2 中加入了新的内存保护功能——数据执行保护 (DEP)。有些软件可能会与这个功能发生冲突, 这时你可以到“控制面板”“系统”中去关掉它, 选择“高级”选项卡, 在“性能”一节中单击“设置”按钮, 进入“数据执行保护”选项卡, 然后选择“为除下列选定程序之外的所有程序和服务启用 DEP”并把冲突的程序加入其中即可。