

基于 CY7C68013 芯片 USB 虚拟串口实现

于红毅,慕德俊

(西北工业大学 自动化学院,陕西 西安 710072)

摘要:文中以实际需求为背景,结合 USB 数据传输的高效性,实现了一种基于 USB 总线的虚拟串口系统。该系统以 CY7C68013 芯片作为 USB 处理芯片,采用 USB 协议规定的标准子类通信设备类,通过 USB 总线在物理层为主机提供一个虚拟串口。在硬件上设计了系统硬件连接电路,软件上实现了 USB 固件程序,并给出了 USB 虚拟串口和普通串口以及 USB 转串口器件的数据传输速率。经过测试,该 USB 虚拟串口系统传输速率相比普通串口提高了 45.6 倍,传输效率大幅提高,完全满足工业现场的需求。

关键词:USB 总线;CY7C68013 芯片;通信设备类;虚拟串口;固件编程

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)10-0250-04

Realization of USB Virtual Serial Port Based on CY7C68013 Chip

YU Hong-yi, MU De-jun

(School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: With the practical requirement for background, a kind of virtual serial port system based on the USB bus is implemented, combining with the high efficiency of USB data transmission. The system takes CY7C68013 chip as USB processing chip, and provides a virtual serial port for host using USB standard subclass communication device class through USB bus in the physical layer. In hardware the hardware connection circuits are designed, and in software the USB firmware programs are realized. Data transfer testing rates among USB virtual serial port, serial port and USB to serial port device are introduced. After testing, the USB virtual serial port system has a faster transfer rate than the serial port by 45.6 times, and fully meets the needs of industrial filed.

Key words: USB bus; CY7C68013 chip; communication device class; virtual serial port; firmware programming

0 引言

通用串行总线(USB)是一种新的工业总线标准,也是计算机领域的一种新型接口技术。USB 接口以其使用简单、支持即插即用、传输速度快、便于端口扩展等一系列优点^[1],在高速实时数据传输系统、数据采集系统等工业领域得到了广泛的应用^[2]。然而在工业现场,许多工业设备还在使用串行接口完成数据采集,如何在没有串口的情况下得到串口数据,并完成采集设备和工业设备之间数据传输成为一个亟待解决的问题。目前,市场也有一些 USB 转串口的器件,通过 USB 转串口芯片实现,在芯片内部完成串口到 USB 协议的转换,需要在系统上安装额外的设备驱动。另外,由于不是操作系统自带的设备驱动,当调试遇到问题时常常无法准确地定位问题在串口还是 USB。诸多问

题限制了 USB 转串口器件的应用^[3]。

通信设备类(Communication Device Class)是 USB 组织定义的一类专门给各种通信设备使用的 USB 子类,是一种可以实现虚拟串口通信的协议^[4]。CDC 类对实现 USB 接口和串口之间的转换提供了一个很好的解决办法。由于采用的是 USB 的标准子类,Windows 和 Linux 系统默认提供支持 CDC 类设备的驱动程序,相比市场上的 USB 转串口器件,既省去了开发设备驱动的时间,又保证了系统的稳定性和可靠性。

1 USB 虚拟串口系统简介

基于 USB 实现的虚拟串口系统,USB 通信设备类在物理层通过 USB 总线,采用虚拟串口的方式为主机提供一个物理串口^[5]。在系统内部,USB 芯片提供一个批量传输 IN 端点和一个批量传输 OUT 端点,用于数据的接收和发送,模拟串口的 RXD 线和 TXD 线;另外,芯片还提供中断 IN 端点,发送当前串口的状态,实现对串口传输的控制。

串口设备的数据,由系统的串口采集,在芯片内完成 USB 包的封装,通过 USB 总线上传至主机,再由相

收稿日期:2012-02-27;修回日期:2012-05-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60803158)

作者简介:于红毅(1985-),男,陕西西安人,硕士研究生,主要从事网络信息安全与嵌入式方面的研究;慕德俊,博士生导师,主要从事自动控制以及网络信息安全方面的研究。

应的串口应用程序(串口调试助手)进行处理。对用户来说,看到的是基于串口的数据采集和传输,而实际上实现的是基于 USB 协议包的数据传输。

2 USB 虚拟串口系统硬件实现

USB 虚拟串口系统硬件连接部分主要由 USB 处理芯片,串口电压转换芯片和串口组成。硬件连接图如图 1 所示。其中粗线部分为串口数据走向。

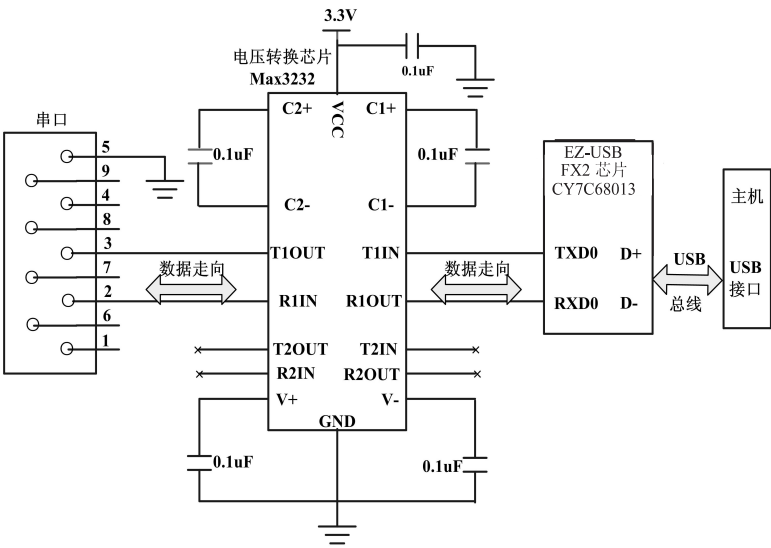


图 1 USB 虚拟串口硬件连接图

USB 处理芯片采用 Cypress 公司的 EZ-USB FX2 系列芯片 CY7C68013^[6]。CY7C68013 通过集成的发送器、SIE、8051 微控制器、存储器和可编程 I/O 接口,可以实现 480Mb/s 的 USB2.0 最大数据传输速率,具有 USB2.0 的全带宽能力^[7]。串口电压转换芯片采用 Max3232 芯片,可以确保在 120kbps 数据速率下维持稳定的串口输出电平。

3 虚拟串口系统软件程序实现

USB 虚拟串口系统的软件主要由 USB 固件程序实现。USB 固件程序是整个设计的核心,是 USB 设备实现其功能的软件基础。固件程序运行在 CY7C68013 芯片的 CPU 中,主要完成 USB 设备的识别、重枚举、设备请求、USB 协议处理、外部硬件的功能、负责与 USB 主机之间的数据通信等^[8]。固件程序框架如图 2 所示。

USB 虚拟串口系统的固件主要由三个模块实现:系统初始化模块、设备请求模块和用户函数模块。初始化模块,对应固件框架中的 TD_Init() 函数,实现虚拟串口相关端点的配置和串口参数的初始化;设备请求模块,对应固件框架中的设备请求部分,除了完成标准的 USB 设备请求之外,还需要处理 CDC 类的指定类请求^[9];用户函数模块,对应固件框架中的 TD_Poll()

函数,实现读写串口数据,完成串口设备的数据与 USB 数据之间的转换。

3.1 虚拟串口系统初始化模块

通常 CDC 类由通信类接口和数据类接口组成,在 USB 虚拟串口系统中,所有与设备管理相关的串行通知都由通信类接口处理,需要一个中断 IN 端点来通知主机当前控制信号的状态。所有主机与设备之间的数据传输则由数据类接口实现,需要两个批量型传输端点,分别作为 IN 和 OUT 端点,其中

IN 端点实现数据的读,OUT 端点实现数据的写。CY7C68013 芯片提供 EP0、EP1OUT 和 EP1IN 三个小端点,以及 EP2、EP4、EP6 和 EP8 四个大端点,用来进行处理高带宽的 USB2.0 传输。这些端点均可由相应的寄存器完成配置,实现系统所需的功能^[10]。

结合 FX2 端点特性,在 TD_Init() 初始化函数中,实现相关端点的配置。其中,配置 EP1IN 为中断传输 IN 端点,配置 EP1OUT 为批量传输 OUT 端点,配置 EP8 为批量传输 IN 端点。相关寄存器配置如下:

```
EP1INCFG = 0xB0;
EP1OUTCFG = 0xA0;
EP8CFG = 0xE0;
```

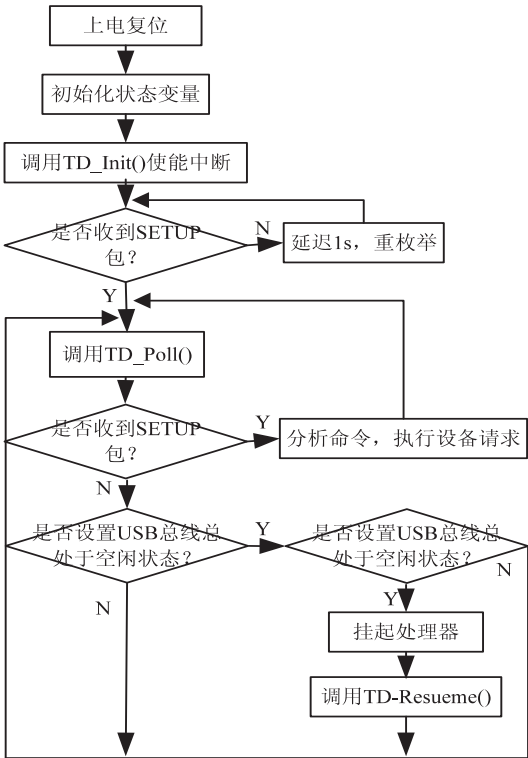


图 2 固件框架流程图

3.2 虚拟串口系统设备请求模块

USB 设备连接到主机后,主机对设备进行一系列读取和配置操作,以便于加载相应的驱动程序。在 USB 协议中,USB 主机对 USB 设备的各种配置操作是通过设备请求来实现的。对于标准的 USB 设备请求,所有的 USB 设备必须支持,并能够对其响应。除了标准的 USB 设备请求,CDC 类还定义了三个指定类请求:

SET_LINE_CODING 20H

GET_LINE_CODING 21H

SET_CONTROL_LINE_STATE 22H

分别用于设置串口参数,请求串口参数和设置串口信号。当用户在串口参数设置的时候,USB 虚拟串口系统会触发 SUDAV 中断,此时控制端点接收到设备请求的 SETUP 令牌包,FX2 自动响应该中断,调用固件对 SETUP 令牌包进行译码,固件通过分析包命令,来响应不同的请求,实现串口参数的请求和设置。

3.3 USB 虚拟串口系统用户函数模块

USB 虚拟串口系统数据读写主要由用户函数模块实现,是整个数据传输的核心部分。当设备处于空闲状态时,程序重复调用用户函数 TD_Poll(),检测各个端点当前的状态,判断是否需要进行端点数据的读写。

下面以 EP8 端点为例,描述串口数据的读过程。EP8 端点在初始化阶段被配置成批量 IN 端点,用于串口数据的读。处理流程如图 3 所示。

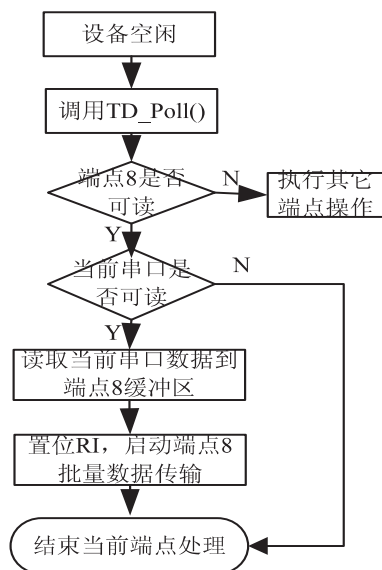


图 3 端点 8 读数据操作流程

在设备工作期间,用户函数 TD_Poll() 一直被重复调用,并检测端点 8 当前状态是否为空。当串口接收到数据时,系统检测到端点 8 不为空,程序将当前串口数据读到端点 8 缓冲区,置位 RI 为 0,更改端点 8 字节计数器,告知主机当前端点已准备好,可进行输入传输,此时则启动 USB 的数据传输,数据经 USB 总线上

传至上位机串口应用程序,完成一次串口数据的读操作。其它端点的处理类似,此处不再赘述。

3.4 USB 虚拟串口系统设备配置描述符

USB 设备配置描述符是主机对 USB 设备识别的基础,固件程序通过 GET_DESCRIPTOR 请求获取这些描述符。

USB 描述符类型有以下五种:

(1) 设备描述符,用于描述整个设备,它提供了供应商 ID 产品 ID,以使主机加载正确的驱动程序。

(2) 配置描述符,用于描述设备的一个配置。

(3) 接口描述符,描述配置中的一个接口,说明了这个接口中通信端点的个数。

(4) 端点描述符,具体描述了接口中各个端点的类型、方向和大小。

(5) 字符串描述符,一个 Unicode 串,该串用自然语言描述设备、配置、接口和端点^[11]。

用户提供的描述符表,在固件框架中的 DSCR.A51 文件中实现。结合 USB 虚拟串口系统,文中简要给出前四种类型描述符字段的相关参数配置。

(1) 设备描述符, DeviceDscr: bDeviceClass 02H VID 4705H PID 0310H 分别指明该设备所属的设备类,以及设备的 VID 和 PID。

(2) 高速配置描述符, HighSpeedConfigDscr: bNumInterface 2 指明该配置所支持的接口数为 2; bmAttributes 10100000b 指明该配置支持远程唤醒。

(3) 接口描述符, CDC 类由通信接口和数据接口组成,此处接口描述符需要分开说明。

(a) 通信接口描述符, bInterfaceNumber 0 说明通信接口的接口号为 0; bNumberEndpoints 1 说明通信接口使用一个端点; bInterfaceClass 02H 指明该接口属于通信接口类。

(b) 数据接口描述符, bInterfaceNumber 1 说明通信接口的接口号为 1; bNumberEndpoints 2 说明通信接口使用两个端点; bInterfaceClass 0AH 指明该接口属于数据接口类。

(4) 端点描述符,系统三个端点描述符功能不同,各自也不相同,分别如下:

(a) bEndpointAddress 81H bmAttributes ET_INT wMaxpacketSize 0010H 指明 EP1IN 为中断 IN 端点,最大数据包长度为 16 字节。

(b) bEndpointAddress 01H bmAttributes ET_BULK wMaxpacketSize 0040H 指明 EP1OUT 为批量 OUT 端点,最大数据包长度为 64 字节。

(c) bEndpointAddress 88H bmAttributes ET_BULK wMaxpacketSize 0200H 指明 EP8 为批量 IN 端点,最大数据包长度为 512 字节。

3.5 USB 虚拟串口系统驱动程序设计

CDC 类是 USB 的标准子类,Windows 系统提供了默认的驱动 usbser.sys 来支持 CDC 类设备,因此针对 CDC 类实现的 USB 虚拟串口系统,不需要再进行额外的设备驱动开发。

当设备连接到 USB 总线完成上电复位后,系统检测到有一个 EEPROM 连接到 IIC 总线上,通过识别首地址的值,FX2 将事先下载到 EEPROM 中的固件程序加载到内部 RAM 中,同时设置 RENUM 位为 1,通过固件程序处理设备请求,完成重枚举工作,使内核正常工作^[12]。主机根据固件提供的 VID/PID 寻找并安装驱动程序 usbser.sys,从而实现主机与设备正常的通信。

4 USB 虚拟串口测试

主机正常识别 USB 虚拟串口之后,可以在设备管理器的端口一栏下看到一个新增串口设备 Virtual Com Port(com19),此处串口号由主机自主分配。

下面就主机自带的普通串口,以及市场上常用的 USB 转串口设备和文中所实现的 USB 虚拟串口三者之间的传输速率来进行测试比较。

测试环境:
硬件部分:一台带有 RS-232 串口的 Windows 主机,HXSP-2108D USB 串口转换器,USB 虚拟串口硬件板卡,USB 数据线。
软件部分:串口调试助手 sscom32,Bus Hound。
设置串口参数:波特率为 9600bps,8 位数据位,1 为停止位,无校验位。
串口调试软件在主机端通过串口发送不同大小的文件,Bus Hound 检测相应硬件端口数据,并测试数据传输速率,测试结果如表 1 所示。其中 COM1 为普通串口,COM2 为 HXSP-2108D USB 串口转换器,COM3 为 USB 虚拟串口。

通过发送不同大小的文件,可以看出普通串口和 USB 串口转换器的数据传输率基本一致,而 USB 虚拟

串口与普通串口和 HXSP-2108D 串口相比,由于采用高速 USB 处理芯片,在芯片内部通过批量传输方式,因此在传输速率上相比前两种方法则有大幅度提高,平均传输速率提高了 45.6 倍。

5 结束语

目前市场上现有 USB 转串口工具,不但需要专用的驱动,其传输速率也极为有限,而文中使用 USB 标准子类通信设备类(CDC 类),在 CY7C98013 芯片的基础上实现的 USB 虚拟串口则完全解决了上述问题。
该方法无需开发专用驱动,显著缩短了开发周期,且传输速度比传统 USB 转串口工具提高了 45.6 倍,极大降低了数据传输时间,尤其在批量数据传输情况下具有非常明显的优势,大幅提高了串口的传输性能。经过测试证明:该虚拟串口系统能够稳定工作,满足工业现场数据采集的需求。

参考文献:

[1] Ing Cherng-Ying, Lee Tzao-Lin. USB Device Sharing Server for Office Environment[C]//Asia-Pacific Services Computing Conference. [s. l.]:[s. n.],2008:953-956.
[2] 秦旭,范蟠果,李玲.基于 51F340 的 USB 高速高精度实时数据采集[J].测控技术,2010,29(10):24-26.
[3] 吴明琪,马潮.嵌入式系统的 USB 虚拟串口设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2005,5(4):62-63.
[4] Universal Serial Bus Class Definitions for Communication Devices[M]. [s. l.]:[s. n.],1999.
[5] 广州长悦电子科技有限公司.虚拟串口简介[EB/OL]. 2010. www.link-com.com/UploadFile/ftp-load/虚拟串口简介.pdf.
[6] 刘静,耿国华.基于 USB2.0 的高速大容量数据采集存储系统[J].计算机技术与发展,2011,21(6):143-146.
[7] 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,2006.
[8] 蔡国强,黄兴利,慕德俊.USB 总线测量平台数据采集系统设计与实现[J].计算机技术与发展,2011,21(6):161-164.
[9] Kumar P. Implementing a Virtual COM Port in FX2LP[M]. [s. l.]:[s. n.],2010.
[10] 薛园园,赵建领.USB 应用开发宝典[M].北京:人民邮电出版社,2011.
[11] 陈玉辉,钟洪声,李廷军.基于 CY7C68013a 的 USB2.0 接口设计[J].大众科技,2010(10):23-24.
[12] 刘荣.圈圈教你玩 USB[M].北京:北京航空航天大学出版社,2009.

表 1 串口传输速率测试

测试文件大小	COM1 速率	COM2 速率	COM3 速率
512KB	0.938 KB/s	0.948 KB/s	45.90 KB/s
1024KB	0.959 KB/s	0.966 KB/s	48.05 KB/s
2048KB	0.958 KB/s	0.964 KB/s	46.88 KB/s
4096KB	0.938 KB/s	0.960 KB/s	47.59 KB/s
8192KB	0.930 KB/s	0.956 KB/s	46.73KB/s
10240KB	0.925 KB/s	0.952 KB/s	44.64 KB/s

基于CY7C68013芯片USB虚拟串口实现

作者: [于红毅, 慕德俊](#)
作者单位: [西北工业大学 自动化学院, 陕西 西安710072](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2012(10)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201210065.aspx