

## 无线激光通信系统 USB 接口的设计与调试\*

鲍黎波,艾 勇,左 韬,胡 晟

(武汉大学 电子信息学院,湖北 武汉 430079)

**摘 要:**提出一种无线激光通信系统 USB 接口的设计方案。该方案采用 Cypress 公司 EZ-USB 系列的 AN2131Q 芯片为核心作为 USB 外围设备,AN2131Q 芯片在 USB 外围设备上电加载后运行其固件程序,负责管理 USB 外围设备及其与主机的通信。论述了如何利用该公司的 EZ-USB 开发板和配套软件调试系统。

**关键词:**USB 接口; 无线激光通信; 调试

**中图分类号:**TN92 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2004)05-0473-04

## Designing and debugging of the USB interface for wireless laser communication system\*

BAO Li-bo, AI Yong, ZUO Tao, HU Sheng

(School of Electronics Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** A USB interface firmware applied to the wireless laser communication system is formulated. This system is a USB peripheral that is based on AN2131Q in EZ-USB serial of Cypress. After a USB peripheral is loaded, AN2131Q runs the firmware to manage the USB peripheral and communications with the host. How to use EZ-USB development kit and interrelated software to debug the system is discussed.

**Key words:** USB interface; Wireless laser communication; Debug

### 0 引 言

无线激光通信又称为自由空间光通信(FSO),与传统的通信方式相比,有许多优点,如光束方向性好,保密性高,不需无线电频率使用许可,不影响市政建设,通信频带宽。虽然在长距离通信时易受天气因

素影响,但在一般情况下,载波级(99.999%的可信度)“全天候”最大通信距离在 200 m 以上,因此激光无线通信技术已经作为一种无线宽带接入手段逐步为人们所认可,成为一种新的“最后一公里”解决方案的主导技术<sup>[1]</sup>。

USB 接口是计算机中最快的外设接口之一。它具有数据传输可靠、可同时挂接多个外设、独立供电、

收稿日期:2003-11-05; 修订日期:2003-12-13

\* 基金项目:武汉大学创新基金项目(212270047)

作者简介:鲍黎波(1978-),男,湖北监利人,硕士生,主要从事无线激光通信方面的研究。

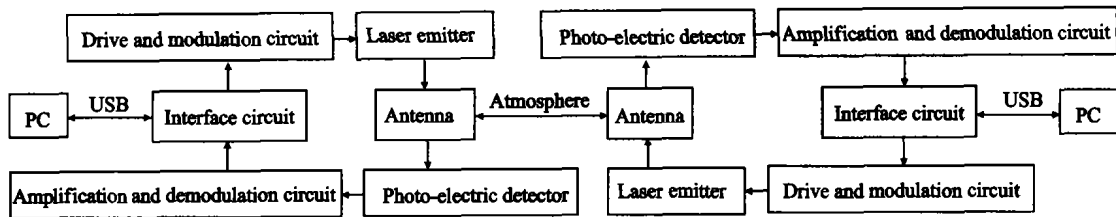


图 1 无线激光通信系统的结构图

Fig. 1 Structure of wireless laser communication system

支持热拔插等诸多优点。计算机通过该 USB 接口电路和激光驱动调制与解调装置可以实现点对点高速激光无线通信,这种通信形式突破了接口设备和通信载体对通信速率的限制,实现了高速化和无线化。

USB 无线激光通信系统的原理图如图 1 所示。在该方案中,计算机之间通过 USB 接口进行无线中高速双工通信,无线传输以激光为载体,大气作为传输介质,由计算机终端软件控制通信。整个系统由以下两大部分组成:

(1) 光无线传输单元:即激光通信机,实现激光通信机之间的双工通信,相互向对方发射被调制后的激光脉冲信号,接收并解调来自对方的激光脉冲信号。主要包括光学收发天线、激光驱动调制与解调装置及光电信号处理收发模块。其中收发模块的设计与开发参考了参考文献[2]中的设计原理,为适合本系统的通信要求,局部做了必要的改动。

(2) USB 接口电路:连接计算机的 USB 接口和激光通信机。包括接口的硬件电路和 USB 协议处理软件。这是本文介绍的重点<sup>[3]</sup>。

USB 接口电路的主要功能是将计算机传送来的 USB 数据流转变为适合于光传输的串行数据并实现其逆过程(如图 2 所示)。这里采用的是 Cypress 公司生产的 EZ-USB 系列的 AN2131Q 芯片。该芯片内部集成一片增强型 8051,支持 12 Mbit/s 的全速传

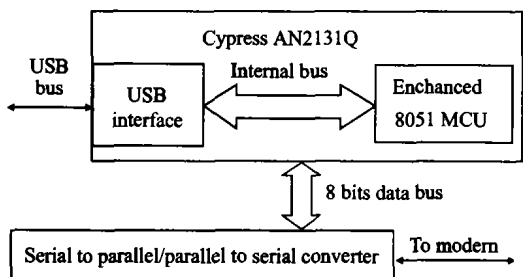


图 2 USB 接口框图

Fig. 2 Block diagram of USB interface

输,拥有 32 个端点,完全满足各种 USB 外设的需求<sup>[4]</sup>。USB 接口芯片直接与计算机 USB 接口相连,并将串行的 USB 数据流转换为 8 位并行数据交由单片机读取,经过处理,再由单片机控制的串/并变换模块将数据发送至激光发射器。其逆过程亦可类推。

本系统在开发和调试过程中,采用了 Cypress 公司设计的开发电路板和其提供的开发工具、控制平台以及另外一套 Keil C complier 工具软件。在开发调试过程中,遇到了许多问题,本文将对调试过程中应注意的问题与读者探讨。

### 1 USB 接口电路硬件调试<sup>[5]</sup>

#### 1.1 外围芯片地址选择

开发电路板上 AN2131Q 芯片中的 SIE 已经完成了 USB 信号转化为 8 位并行数据的工作,而无线激光通信单元只能传输串行数据,两者之间必须进行并行数据和串行数据的相互转换。因而,在开发电路板上外接了一块可编程并串转换芯片 TL16C550C。分配芯片地址的时候应注意 AN2131Q 共有 16 根地址线,在 AN2131Q 没有外接 RAM 的情况下,仅内部的 8 KRAM(0x0000~0x2000)有效,用于存储 AN2131Q 的程序和数据。该开发板可以扩展 2 片 32 K 外部 RAM,是否扩展和扩展几片是由开发板上的 RAM 选择开关 SW3 和 SW4 决定的。开发板默认的配置为 11(SW3:on;SW4:on),此时 AN2131Q 扩展 2 片 32K 外部 RAM,这种情况下扩展的 2 片 32 KRAM 占用了可用的所有地址,造成没有多余的地址分配给并串转换芯片。当配置为 00(SW3:off;SW4:off)时,AN2131Q 没有扩展外部 RAM,并串转换芯片可以占用剩余的 0x2001~0xFFFF 地址空间。对于本接口,程序和数据不会超出 8 K 空间,故采用该配置。并串转换芯片 TL16C550C 有 3 个地址引脚(A<sub>0</sub>、A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>),如果和开发板上 AN2131Q 芯片的

$A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$  连接,就可以作为低 8 位地址的一部分,芯片的 CS0、CS1、/CS2 这 3 个片选引脚必须同时有效;如果和开发板上 AN2131Q 芯片的  $A_{15}$ 、 $A_{14}$ 、 $A_{13}$  连接,就可以作为高 8 位地址的一部分,综合可得基地址为 0xC000,这样连接正好避开了系统程序和数据占用的地址空间。

### 1.2 寄存器读写测试

我们使用的器件都是可编程器件,必须对寄存器进行读写操作,特别是在调试阶段,要读取一些特殊寄存器的默认值来判断芯片是否处于正常工作状态。Cypress 公司提供的开发工具、控制平台以及范例程序为寄存器读写测试提供了方便。在控制平台上有 Vendor 请求工具栏,但是在使用前必须下载 Vend\_Ax 固件范例,该固件定义了几个 Vendor 请求命令,0xA2:读写 EEPROM;0xA3:读写外部数据存储器等。

默认情况下为 0xA2,可以对开发板上的 EEPROM 进行读写,该功能主要用于 USB 驱动程序的编写,EEPROM 保存着 USB 设备的 VID/PID,默认情况下为 0x0547/0x0080 (0x0547 表示 Anchor Chips 所使用的 USB 制造商是 Cypress 公司,0x0080 表示本开发电路板的产品 ID 码)。如果点击“Vend Req”按钮,就可以看到 EEPROM 里的值是“B0 47 05 80 00 01 00”。完成整个系统的设计后,如果要给此系统指定一个产品 ID 码(PID),就需要修改 EEPROM 里的值。例如,假定本接口的 PID 为 1004,要将这个 PID 写入 EEPROM,就要在工具栏上的 Dir 下拉列表中选择“0 OUT”,将“Hex Bytes”里的值改为“B0 47 05 04 10 01 00”,点击“Vend Req”按钮就可将设定的值写入 EEPROM 里了。

当要读写外部的 RAM 时,例如本系统中的并串转换芯片 TL16C550C 的寄存器里的值,需注意与上文提到的 RAM 存储器选择开关配合使用,将开关设置为 00 (SW3: off; SW4: off),并且将工具栏里的“Req”值改为 0xA3, Value 表示读写操作开始的地址,这里从 0xc000 开始。如果要读取芯片寄存器里默认的值,选择 Dir 为 IN,点击“Vend Req”按钮,就可以读出从地址为 0xc000 开始的寄存器的值,通过与该芯片给出的默认值进行比较就可以知道该芯片是否工作正常。相应的要设置寄存器的值,将 Dir 选择为 OUT,将要设置的值写在“Hex Bytes”里,点击

“Vend Req”按钮就可以了。

## 2 USB 接口电路软件调试<sup>[6]</sup>

### 2.1 固件的调试

利用 Keil Debugger 工具进行固件调试,其调试步骤为:

(1) 下载 Keil Debugger Monitor 到开发板上运行。一般将开发板插上主机时,Keil Debugger Monitor 会自动下载到开发板上,但是默认的 Keil Monitor 会被装入片外的 RAM 空间 0xe000~0xFFFF,前面已经知道 RAM 存储器选择开关配置为 00 时,开发板没有扩展外部 RAM,故这种方法不能使用。还可以使用 EZ-USB 控制平台下载 Keil Monitor 程序,该程序放在安装目录下的 Monitor 目录中,该目录下有 5 个文件,根据本系统的硬件配置应该选择 mon-int-sio1.hex 文件,该文件使用 SIO-1 串口并且使用内部 RAM 地址空间 0x0000~0x1075。

(2) 通过 RS232 串行口建立从主机到开发板的连接。开发板上有 SIO-0 和 SIO-1 两个串口可供选择,根据前面的选择确定使用 SIO-1 串口。使用 Keil Debugger 时必须使用正确的串行口和波特率,这里波特率使用 19200,串行口选择在主机上使用的 COM1。调试时,固件程序是通过串口下载到 AN2131Q 芯片内部的,Keil Monitor 程序是通过 USB 口下载到芯片内部的,它主要是在进行单步、多步、连续运行等调试操作时提供支持。

### 2.2 编写驱动程序

最终做出的产品要能自动完成固件下载以及设备重枚举,这就需要能完成这种功能的固件下载驱动程序。编写驱动程序是一件比较复杂的工作,但 Cypress 公司提供的 EZ-Loader 驱动程序模板为编写驱动程序提供了方便,使用该模板只需要少量的修改就可以开发出自己的设备驱动程序。除了 EZ-Loader 驱动程序模板外还应该有的 windows 98/2000 DDK、Visual C++ 和 Intel HEX 记录格式的文件转换为 C 文件的工具 hex2c.exe。hex2c.exe 在安装目录下的 cypress/usb/bin/目录下可以找到,具体制作方法如下:

(1) 新建一个目录,假设为 fso。将安装目录下的 ezloader 目录的文件和子目录的内容全部复制到

fso 目录下。

(2) 用文本编辑器打开 sources 文件, 将 TARGETNAME=ezloader 改为 TARGETNAME=fso。

(3) 利用 hex2c.exe 将 fso.hex(该文件为编译固件程序产生的 hex 文件)文件转换为 fso.c 文件。

(4) 打开 fso.c 和 firmware.c 文件, 将 firmware.c 中的 firmware[] 数组用 fso.c 中的 firmware[] 数组替换。

(5) 利用 windows DDK 创建目标驱动程序。运行 build.exe, 选择 DDK 的 free 或者是 checked 环境, 进入到 fso 目录, 键入 build-c 开始创建驱动程序。如果编译成功, 将会产生一个 fso.sys 文件, 这就是所需要的固件装载设备驱动程序。

在具体制作过程中还应注意以下几个问题:

(1) 一旦确定 PID 后, 应该按照前文所述的方法将该 PID 写入 EEPROM, 还应该在 INF 文件中将相应的 PID 也改为该值。

(2) 通过该方法制作的驱动程序只适用于 Windows 98 操作系统, 与 Windows 2000/XP 操作系统并不兼容。

(3) 要想使 USB 设备接入后能自动下载固件, 需将最后产生的 \*.sys 和 \*.inf 文件放在 c:/windows/system32/drivers 目录下。

### 3 结 论

通过对 Cypress 公司 EZ-USB 系列的 AN2131Q 芯片和并串转换芯片 TL16C550C 的综合调试, 在实验室成功地实现了 2 台计算机之间的无线激光通信,

传输率可以达 1 Mbit/s 以上, 误码率小于  $10^{-5}$ 。在调试的过程中, 可认为 AN2131Q 是一个增强型的 8051 芯片, 且集成了 USB 的 SIE(串口引擎)。这样在设计和调试的过程中, 可运用单片机的理论知识, 使得有过单片机开发经验的研发人员对 USB 设备的开发也能够迅速熟悉, 大大缩短了 USB 设备的开发周期。

由于本系统采用的并串转换芯片 TL16C550C 转换速率在 2 Mbit/s 以内, 最终影响了整个系统的传输速率, 如果能采用转换速率更快的芯片, 整个系统的传输速率会更高。在 1999 年, USB-IF 又公布了 USB2.0 规范, 它最高支持 480 Mbit/s 的全速传输。相信采用 USB2.0 规范的接口装置在无线激光通信时传输率可以更高, 将有更广阔的前景和市场<sup>[7]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 王海先. 大气中激光通信技术[J]. 红外与激光工程, 2001, 30(2):123-127.
- [2] 黄海波, 付薇, 孙未. 高速大气激光通信收发模块的研究与设计[J]. 激光与红外, 2003, 33(3):185-187.
- [3] 许永和. EZ-USB FX 系列单片机 USB 外围设备设计与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
- [4] 颜荣江. EZ-USB 2100 系列单片机原理、编程及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
- [5] Cypress Semiconductor. Universal Serial Bus Specification. Revision 1.1[Z]. US:Cypress Semiconductor:1998.
- [6] 余燕生, 李楚元, 李森生. Windows 2000/98 下 USB 驱动程序的开发[J]. 计算机工程与科学, 2003, 25(5):86-89.
- [7] 陈刚, 蔡燕民, 陈高庭, 等. 空间激光通信技术若干问题的讨论[J]. 红外与激光工程, 2000, 29(3):44-48.

### 书 讯

## 《熵与信息光学》简介

由美籍华人杨振寰教授著、哈尔滨工业大学宋瑛林教授、陈历学教授等人翻译、《红外与激光工程》编辑部编辑的《熵与信息光学》(Entropy and Information Optics)一书, 将于 2004 年第四季度由天津科学技术出版社出版。此书内容包括: 信息传输导论; 衍射与信号分析; 光学空间信道与编码原理; 熵与信息; 伏魔师与熵的耗费; 以及观测与信息; 像恢复与信息; 信息传播的量子效应; 光学相干理论; 光学小波变换; 光学模式识别; 光学计算和纤维光学通信。

全书共计 20 余万字, 约 330 页。有需求者请与《红外与激光工程》编辑部联系, 电话: (022)23666400; (022)23363000 转 3087。