

虚拟手持式示波表中 USB 通信设计

Design of USB Communication in Virtual Scopemeter

(湖南科技大学) 张小平 雷瑞庭 宋跃 周明辉

Zhang,Xiaoping Lei,Ruiting Song,Yue Zhou,Minghui

摘要:通用串行总线(USB)具有传输速度快,使用方便,连接灵活等优点得到广泛应用。本文介绍在以 ARM 为主控核心、FPGA 为数字载体的虚拟手持式示波表研制中,采用 Philips 公司的 USB 接口芯片 PDIUSBD12 实现 USB 通信的硬件及软件设计过程,实验表明:该设计是切实可行的,并成功应用于和 PC 机的通信。

关键词:USB 接口;PDIUSBD12 芯片;ARM;FPGA

中图分类号:TM930.9

文献标识码:A

文章编号:1008-0570(2005)04-0174-02

Abstract: Universal Serial Bus (USB) have the characteristics of transmission speedy, use convenient,join flexible and so on. Therefore it is applied far and wide. This article introduces that adoption USB interface chip (PDIUSBD12) actualizes hardware and software design of USB communication which is based on ARM master core and FPGA digital carrier in virtual scopemeter manufacture. Experiments indicate that this design is viable. And it is applied successfully to communication with PC.

Key words: USB interface;PDIUSBD12 IC;ARM;FPGA

引言

通用串行总线(USB)是一种新兴的计算机外围串行通信接口标准,因其具有传输速度快、支持热插拔、数据传输可靠、扩展方便、成本低等优点,因而自问世以来,得到了广泛的应用,当前它已成为计算机必备的接口之一。本文介绍在以 ARM 为主控核心、以 FPGA 为数字载体的手持式数字示波表中,以 PDIUSBD12 为 USB 接口芯片,实现 USB 通信的设计过程。

1 系统工作原理

系统原理框图如图 1 所示,其中 ARM 微控制器为系统的数据处理核心,采用 Philips 公司的 LPC2105,它具有很强的数据处理能力和极高的数据处理速度;FPGA 采用 Altera 公司的 EP1C6Q240C8,以它作为系统的数字平台;USB 接口芯片采用 Philips 公司的 PDIUSBD12(以下简称 D12),它完全遵循 USB1.1 协议;同时为使低速设备不致影响 ARM 的数据处理效率,在系统中加入一片单片机(采用 Philips 公司的 P89C51RD2)来专门处理低速设备事务,包括键盘处理、高精度 A/D 控制、USB 接口及液晶控制等;在多处理器系统中,为协调处理器之间的工作,利用 FPGA 构建高速双端口存储器(双口 RAM)来实现两个处理器间的数据传输和协调控制。

USB 的枚举过程由单片机完成,当枚举成功后,单片机向双

口 RAM 写入一个标志,当 ARM 查询到该标志时,就知 USB 设备已连接成功,即可和 USB 主机进行通信,并在液晶屏上给出提示。其通信过程为:

若 USB 主机向示波表的主端点发送一组数据,D12 接收到该数据后向单片机产生中断请求,单片机通过读取 D12 的中断寄存器,断定当前数据是主端点的输出包后,就将数据读取并写入双口 RAM 中,并向双口 RAM 写入标志通知 ARM 读取数据,当 ARM 进入查询外设的周期时,它首先读取标志位判断当前数据是否更新需要处理,若更新则将数据读入进行相应的处理,否则不予理睬;之后 ARM 根据数据性质确定是否需返回数据,需返回则将数据写入双口 RAM,并置标志位,以通知单片机再作处理。

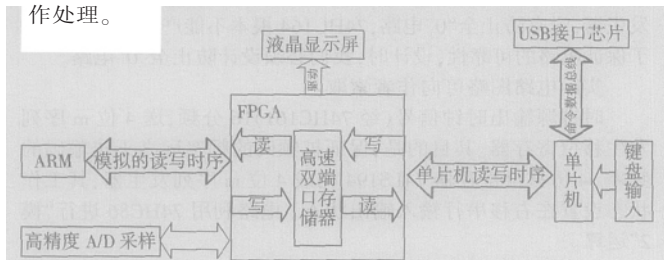


图1 系统原理框图

同理,当 USB 主机需向示波表外设的主端点读取数据时,单片机亦向双口 RAM 写入标志,ARM 查询到该标志时,就将数据送入双口 RAM 中,单片机读取该数据并发送给 D12,D12 再将数据传送给 USB 主机。

2 硬件电路设计

由 D12 和 P89C51RD2 及 FPGA 构成的 USB 接口电路图略可向作者索取,D12 的 8 位并行数据线接入 P89C51RD2 的 P0 口,D12 的片选 CS_N、命令/数据选择 A0、挂起 SUSPEND 及复位 RESET_N 等信号接 FPGA,单片机通过 FPGA 构建的数字电路对其进行控制;本设计采用多路地址/数据总线配置,故将 A0 直接置高电平;D12 与 P89C51RD2 的数据交换采用中断方式(外部中断 0),GL_N 端接 LED 对其状态进行监控。

USB 设备通过 4 线电缆接入 PC,这 4 线分别是:Vcc(总线电源),GND(地),D+和 D- (数据线)。主机通过 D+和 D-上的电压变化来检测设备的状态,当没有设备连接到 USB 端口时,D+和 D-线上的下拉电阻就将 2 条数据线拉到低电平,当主机检测到任一条数据线为高电平,则主机就知道设备已连接好。

3 软件设计

在该系统中,软件设计包括单片机固件编程、ARM 程序、驱动程序和应用程序。其中单片机固件编程和 ARM 程序是其重点。

3.1 单片机固件程序设计与实现

单片机固件完成对芯片 D12 的控制、USB 设备的各种请求、USB 接口数据的读取以及将各种请求和数据传给 ARM 等。固件设计成完全的中断驱动,当 CPU 处理前台任务时,USB 传输可在后台运行,这就保证了最佳的传输速率和更好的软件结构,同时简化了编程和调试工作。

张小平:副教授,高级工程师

基金项目:湖南省教育厅资助科研项目(03C524)、湖南省自然科学基金资助项目(02JJY5011)、湖南省科技攻关资助项目(03GKY3046)、湖南省教育厅资助重点科研项目(02A051)。

单片机与 D12 的通信采用多路地址/数据总线方式,使访问 D12 就像访问外部 RAM 一样,只要在代码中加入下列定义:

```
/*
*****
USB 控制引脚定义
*****
#define USB_SUSPEND    XBYTE[0x3000]//挂起控制
#define USB_RESET      XBYTE[0x4000]//复位控制
#define USB_COMMAND    XBYTE[0x2100]//命令
#define USB_DATA       XBYTE[0x2000]//数据
就能实现对 D12 的各种控制和数据的读写。
表 1 数据包格式

```

名称	功能说明
Unsigned char flag	数据更新标志
Unsigned char lx	数据包类型
Unsigned char usb_data_len	数据包长度
Unsigned char usb_data[]	数据

图 2 为 D12 中断服务程序流程。当 D12 接收到数据包时产生中断,单片机进入中断处理函数,通过读取 D12 的中断寄存器来确定进入那一个处理子函数;在设备枚举过程中所有的请求事务都由单片机单独处理完成,在数据传输过程中,单片机不对数据做任何处理,只将数据按照表 1 的格式重新打包,送入双口 RAM 中由 ARM 来处理。

表 1 中,变量 flag 为数据更新标志,单片机将数据打包时交替将该变量置 0、置 1,以便 ARM 区分当前数据是否更新需要处理,变量 lx 为数据包类型,如用 8 来表示端点 2 输出数据,变量 usb_data_len 表示当前数据包长度等。

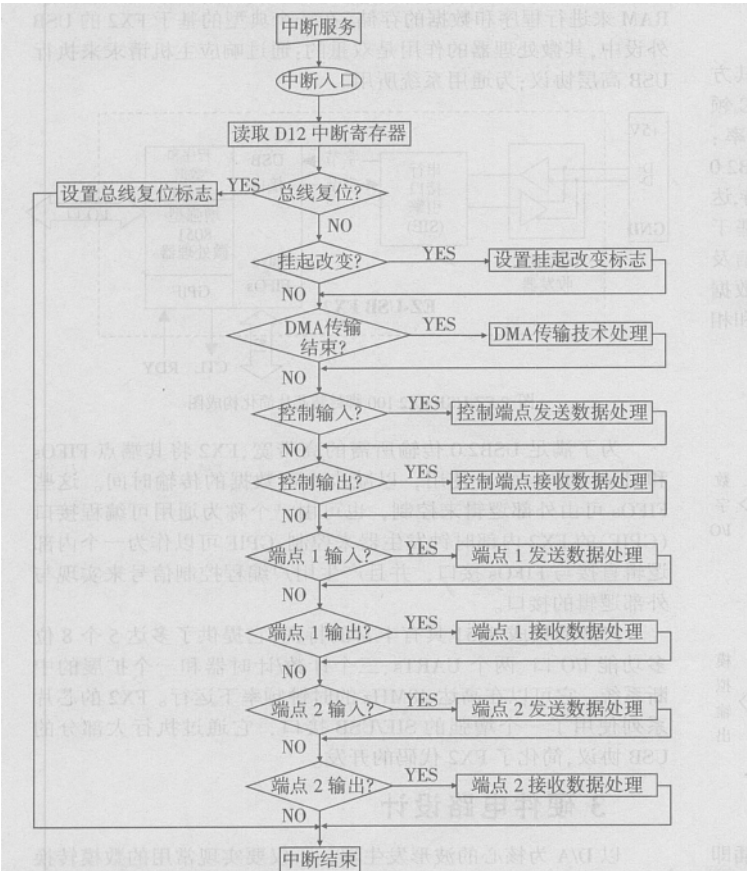


图 2 中断服务程序流程

3.2 ARM 的 USB 通信的实现代码

ARM 进入 USB 处理子函数,首先读取数据更新标志 flag,并与其内部所存上一次的 flag 值进行比较,若相同表示数据没

有更新,将跳出 USB 处理子函数不予处理;若不同表示数据已更新,则将数据读入,并根据类型变量 lx 对数据作相应的处理。若数据类型为端点 1 数据或端点 2 的输入,ARM 将数据处理后将再按表 1 的数据包格式将数据打包并写入到双口 RAM 中,单片机在主循环中一旦检测到 ARM 返回的 flag 变量的变化,就将数据从 RAM 读出并送到 D12 中,由其返回给上位机。

由于本设计所采用的 ARM 芯片 LPC2105 不具备外部地址数据总线,故利用 GPIO 口模拟了 C51 的外部读写总线,其中主要代码为:

```
/*
*****
* 功能:控制引脚定义
*****
#define WR      0x00000004 //写信号 P0.2
#define RD      0x00000008 //读信号 P0.3
#define ALE     0x00000010 //地址锁存信号 P0.4
#define ADD_BUS 0x07ffbfe0 //地址总线 P0.5-P0.13, P0.15-P0.26
#define DATA_BUS 0x00001fe0 //数据总线 P0.5-P0.12
上述代码定义了 ARM 与 FPGA 相连引脚的作用,由于将这些引脚当作 GPIO 口,则在主函数的开始,只要给寄存器 PIN-SELO 和 PINSEL1 的相应位置零即可。

```

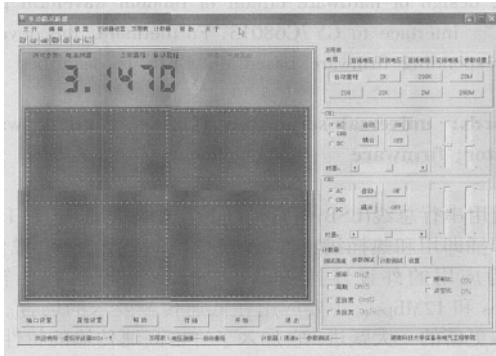


图 3

```
*****
名称:ZMH_WRITE()
功能:写端口数据函数
参数:dizhi:写数据的入口地址 shuju:写数据
*****
void ZMH_WRITE(uint32 dizhi,uint8 shuju)

uint32 a,k;
uint16 m;
a=(dizhi << 5) & 0X00003FE0; //低 9 位地址
dizhi=(dizhi <<6) & 0X07FF8000; //高 12 位地址
a+=dizhi; //实际地址
IOSET=a; //将地址输出
k=(~a) & ADD_BUS;
IOCLR=k;
IOSET=ALE; //发地址锁存信号
IOCLR=ALE;
IOCLR=WR;
IOCLR=ADD_BUS; //发数据口置 0
m=shuju; //将发送的数据
m=(m << 5) & DATA_BUS; //实际要发的数据
IOSET=m; //发数据 (见第 8 页)

```


向作者索取)

根据系统结构图,经过适当的简化处理,可以得到整个系统的传递函数。

$$G(s) = \frac{K_1 K_2 K_3 K_4 (T_1 s + 1)(\tau_L s + 1)}{[(T_1 T_L + \rho_b T_1 \tau_L) s^2 + (T_1 + T_2 + \rho_c \rho_b T_1) s + 1][T_1^2 s^2 + (T_2 - K_3 K_4 \tau_H) s + (1 - K_3 K_4)]}$$

3 Simulink 下的系统仿真研究

Simulink 是一个进行动态建模仿真和综合分析的软件包,它可以处理的系统包括线性非线性系统;离散连续和混合系统;单任务多任务离散系统事件。在 Simulink 提供的用户界面 GUI 上,只要进行鼠标简单的拖拉操作就可以构造出复杂的仿真模型,用户可以在仿真过程中改变感兴趣的参数,实时观察系统行为的变化。

根据转速控制系统结构图,对系统进行仿真研究,其中非线性环节的实现比较复杂,如图 1 所示

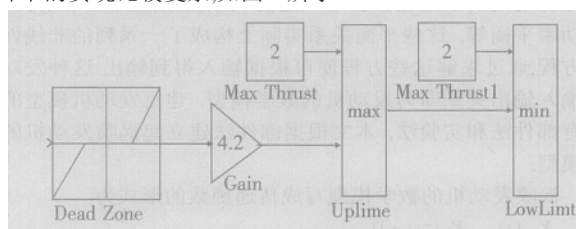


图 1 非线性环节仿真模型

仿真试验结果如下:

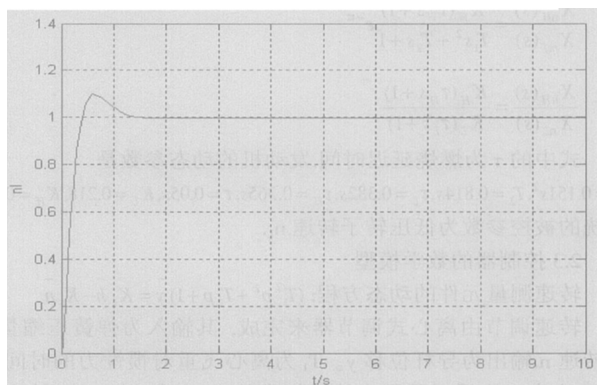


图 2 控制系统仿真结果

4 结论

通过对涡喷发动机主燃油系统各部件数学模型仿真计算看出,根据元部件之间的平衡关系所建立的控制器数学模型是准确的,模型中所作的假设符合发动机和调节器的工作情况。从液压机械调节器性能分析和仿真结果看出,从可靠性和实际情况出发,采用该液压机械调节器可以满足当前发动机的性能要求。

参考文献

- [1]樊思齐,徐芸华.航空推进系统控制.西北工业大学出版社,1995.
- [2]Carlin CM,Tjonneland E. Propulsion System Control Design and Simulation.AIAA-82-0322,Jan,1982.

作者简介:段翀(1981-),男,汉,山西运城人,在读博士研究生,当前研究方向为航空发动机智能诊断与信息融合。联系电话:13572842250,Email:longzheng_2000@163.com;谢寿生(1959-),男,汉,博士生导师,教授,空军著名专家,研究方向为控制理论、应用与故障诊断。

Author brief introduction: Duan chong (1981-),obtained his Bachelor degree in Aeroengine Engineering from AFEC Xi'an, University of AFEU PR China in 2002, Master degree in aeroengine

control theory and reliability design from AFEU in 2004, Now he is a PHD student in AFEU, PR China, working on aeroengine information fusion diagnosis, his research interests include machine learning, statistical learning theory, neural networks, chaos theory, feature extraction, information fusion, intelligent diagnosis, multi-class classifier design, time series analysis etc.Email: longzheng_20009@163.com;Xie Shou-sheng (1959-),is a famous professor and expert of Air Force, his research interests include control theory and using and fault diagnosis.

(710038 陕西西安空军工程大学工程学院机械工程系)段翀 谢寿生 陈敦军

(Dept of Mech Engin ,The Engineering Institute , Air Force Engineering University, Xi'an 710038,China) Duan,Chong Xie,Shousheng Chen,Dunjun

通信地址:

(710038 西安空军工程大学工程学院研究生管理大队三队)段翀

(收稿日期:2004.11.12)

(接第 175 页)

IOSET=WR;

}

3.3 驱动程序和应用程序的设计

本设计采用 DriverStudio 进行驱动程序的设计,DriverStudio 是一个不错的开发工具,不仅写代码时思路清晰,而且和 DDK 的结合很好。

应用程序采用 Delphi 6.0 编写,通过调用系列的 API 函数来完成与 USB 设备的通信。

4 结论

本设计已在虚拟手持式示波表和 PC 机间成功的实现了 USB 通信,工作稳定可靠,虚拟图形界面如图 3 所示。

参考文献

- [1]Universal Serial Bus Specification.Compaq,Intel,Micrisoft,NEC. Revision1.1,September23,1998
 - [2]Philips Corp.PDIUSBD12 Users Manual
 - [3]周立功等.PDIUSBD12 USB 固件编程与驱动开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003
 - [4]John Hyde(美).USB 设计应用实例[M].孙耀国,赵德刚译.北京:中国铁道出版社,2003
 - [5]肖踞雄,翁铁成,宋中庆.USB 技术及应用设计[M].北京:清华大学出版社,2003
 - [6]周立功等.ARM 微控制器基础与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003
- 作者简介:张小平,男,1966 年 3 月生,1987 年 7 月毕业于西安交通大学自动控制专业,工学学士,副教授,高级工程师,研究方向为数据采集、虚拟仪器、变频等。联系电话:13873204960,0732-8290042-814,E-mail:zxp836@163.com

(411201 湖南湘潭湖南科技大学南校区信息与电气工程学院)张小平 雷瑞庭 宋跃 周明辉

(College of Information and Electrical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China) Zhang,Xiaoping Lei,Ruiting Song,Yue Zhou, Minghui

(收稿日期:2004.11.25)