

基于STM32和 μ C/OS-II的USB数据采集系统

田 明¹, 徐 平^{1*}, 黄国辉², 姜周曙²

- (1. 杭州电子科技大学 生仪学院, 浙江 杭州 310018;
2. 杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为了满足对数据采集系统对高性能的需求,介绍了一种快速可靠的数据采集系统。该系统采用了Cortex-M3架构的ARM微处理器STM32作为基础,根据集成的USB接口模块的特点,设计了基于通信设备类(CDC)的USB通信模块;然后移植 μ C/OS-II实时操作系统进行了任务调度,并采用信号量和邮箱进行了数据采集和USB发送任务之间的通信;再利用ST公司提供的驱动程序,实现了以USB设备枚举为虚拟串口,达到PC机可以按通用串行总线(COM)方式访问USB端口的目的。实际测试结果表明,该数据采集系统处理传输速度快、数据可靠性高,综合性能显著。

关键词: STM32; μ C/OS-II; USB; 虚拟串口

中图分类号: TP274; TH39

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)04-0482-04

USB data acquisition system based on STM32 and μ C/OS-II

TIAN Ming¹, XU Ping¹, HUANG Guo-hui², JIANG Zhou-shu²

- (1. Institute of Life Information and Instrument Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;
2. Institute of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at meeting the high performance requirements, the design and realization of a kind of fast and reliable acquisition data system was introduced. ARM microprocessor STM32, which is in the frame of the Cortex-M3, was the foundation. According to the USB interface module's characteristics, USB communication was designed, based on the communication equipment class (CDC). Then the real-time operating system μ C/OS-II was transplanted to be carried out the task scheduling, at the same time, the communication signal and the email was served for communication between data collection and USB sending task. With the driver provided by ST Company, USB device was recognized as a virtual serial port, so as USB port can be visited by a PC in the way of the universal serial bus (COM). The test results indicate that, the system has the advantages with processing and transmission speed fast and data high reliable, the system's comprehensive performance is significant.

Key words: STM32; μ C/OS-II; USB; virtual serial

0 引 言

在现代工业生产和科学研究中,对数据采集系统的性能要求日益提高,从而对数据采集系统处理能力、采集实时性、采用何种接口进行通讯等提出了更高的要求。ARM嵌入式处理器因其低廉的成本和较好的性能被广泛地应用,STM32F103ZE就是其中一款高性

能、低功耗、外设资源丰富的32位微处理器; μ C/OS-II是专门为嵌入式系统应用设计的,且源码公开、实时性好、可移植裁剪;USB通用串行总线具有高传输速率、即插即用和易于扩展等优点。

本研究涉及的数据采集系统的在设计上将这3种技术结合起来:硬件上采用ARM嵌入式技术和USB技术;软件采用 μ C/OS-II多线程编程,使系统的整体性

收稿日期:2011-11-21

作者简介:田 明(1987-),男,湖南岳阳人,主要从事嵌入式系统方面的研究。Email:tianming_hd@163.com

通信联系人:徐 平,男,副教授,博士。E-mail:xuping@hdu.edu.cn

能得到提升。

1 系统设计

整个系统结构框图如图1所示,该系统由上位机和下位机两部分组成。STM32f103ZE微处理器模块、电源和时钟模块、键盘和LED显示模块、模拟量输入及信号调理模块、电平转换模块等组成系统下位机,完成数据的采集和传输;包含有RS232串口和USB虚拟串口的PC机作为系统的上位机,结合相应的上位机软件,实现数据的接收和处理。

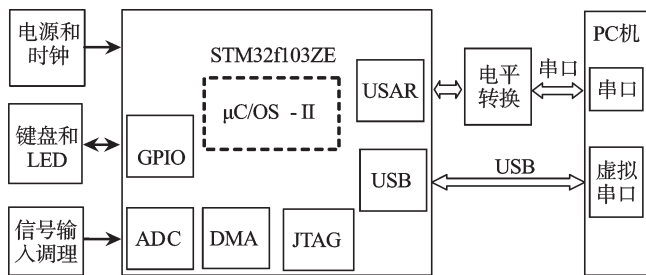


图1 系统框图

8 MHz外部晶振经由9倍频为72 MHz后作为微处理器主频,72 MHz再经1.5分频后得到准确的48 MHz时钟,作为USB通信的时钟;为了满足转换的量程要求,模拟信号经过信号调理模块对输入信号放大或者缩小处理后进行数据AD转换。为了添加多通道模拟量采集,则可以采用CD4051模拟多路切换开关实现通道选择;以键盘和LED作为人机接口,接受用户输入和作为系统输出;系统工作时会在PC机上产生一个COM口和一个虚拟COM口,其中COM口由USART产生,经过MAX3232电平转换作为显示和调试信息输出通道,虚拟COM口由下位机USB枚举产生,作为大批量数据传输通道。

1.1 STM32单片机

STM32单片机是ST公司在业界最先推出的基于ARM Cortex—M3内核的、专为高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用设计的32位微控制器。STM32单片机带有众多高性能的外设,尤其适用于高速、大容量的分布式数据采集系统。以STM32F103ZE为例,它包含3个12位的ADC、12通道的DMA控制器以及多达11个定时器,还包含标准和先进的通信接口:2个PC、3个SPI、5个USART、1个USB、1个SDIO和1个CAN。同时STM32F103ZE具有512 KB程序Flash和64 KB的RAM:Flash不仅可以用于存放代码,还可以供用户存储使用;大容量的RAM可以满足数据采集系统大缓存的要求。

1.2 USB接口模块

USB接口模块为上位机和由STM32微控制器实现

的功能设备之间提供了符合USB规范的通信连接。USB接口模块通过和微控制器共享一块专用的数据缓冲区以实现上位机和系统存储器之间的数据传输。这块专用数据缓冲区的大小由所使用的端点数目和每个端点最大的数据分组大小来决定,每个端点最大可使用512 Bytes字节缓冲区,最多可用于16个单向或8个双向端点。USB接口模块根据USB规范实现了令牌分组的检测、数据发送/接收的处理和握手分组的处理。整个传输的数据格式由硬件自动生成,其中包括CRC的生成和校验。USB设备接口模块的结构示意图如图2所示。

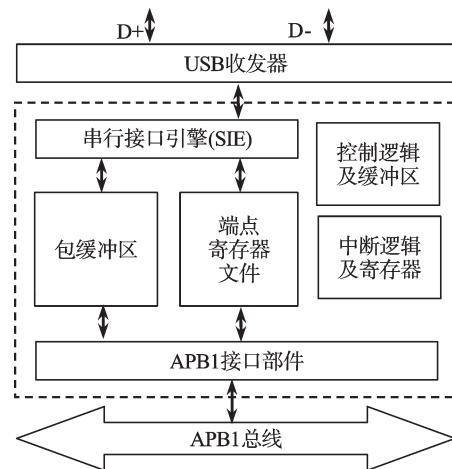


图2 USB2.0全速设备接口

2 软件设计

数据采集系统软件设计包括USB固件程序开发、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统移植程序开发、应用程序的开发3部分。

2.1 USB固件程序

为了被PC机当作COM端口,USB设备需要根据通信设备类(CDC)规范编写程序。USB规范定义了4种数据传输类型:控制传输、块传输、中断传输和同步传输。块传输适用于传输大量的且对传输时间和传输速率均无要求的数据;中断传输适用于传输少量或中量的且对传输时间有要求的数据;同步传输适用于传输大量的、速率恒定的且对传输时间有要求的数据;控制传输适用于传输少量数据且对传输时间和传输速率均无要求的场合,但必须保证数据传输的可靠性。

该系统的USB固件程序需要修改应用程序接口层中的代码,主要包括设计设备枚举、数据读取和发送等,其中设备枚举是程序设计的重点。设备的枚举主要完成2项任务:①通过控制端口0响应USB主机的读写请求和获得系统配置,实现USB设备与USB主机的连接;②将输入、输出端口配置成为块传输类型。该

系统通过 IN 端口 1 接收 USB 主机发送的控制指令,并通过 OUT 端口 3 把采集的数据传送给 USB 主机。USB 设备枚举流程图如图 3 所示,在枚举最后置位设备标志位,在 USB 发送数据前判断该标志位,以确定枚举成功后才能发送数据。设备初始化完毕后,命令的接收、解析及数据传输的所有操作均在中断服务程序中完成。

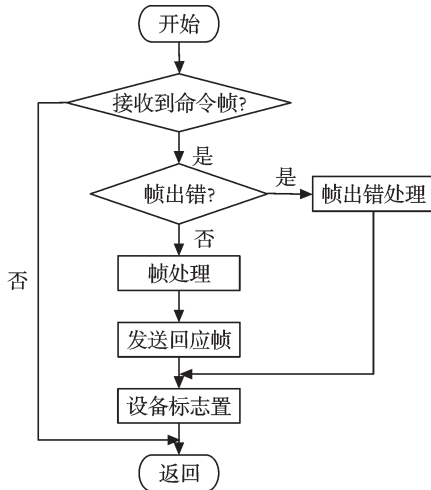


图3 USB设备枚举流程图

2.2 μC/OS-II 操作系统移植

μC/OS-II 在处理器上的移植需修改操作系统的 3 个文件,分别是 OS_CPU.H、OS_CPU_A.ASM、OS_CPU_C.C。同时修改启动文件 stm32f10x_vector.s,将 PendSVC 改为 OSPendSV,作为操作系统的中断入口,否则操作系统将不能进行任务切换;在 stm32f10x_it.c 中编写的滴答定时器 SysTickHandler 中断服务函数,使定时器给操作系统提供时钟。修改完毕后,便可以根据实际需要,添加相应的用户任务。

由于 μC/OS-II 是由事件(Event)驱动,一般事件包括信号量(Semaphores)、互斥信号量(Mutex semaphores)、消息邮箱(Message Mail boxes)等等。系统需要用到的信号量和消息邮箱为:

(1) 信号量(Semaphores): μC/OS-II 的信号量由 2 部分组成:一个是信号的计数值(0~65 535);另一个是由等待该信号量的任务组成的等待任务列表。系统申请了名为 sem 的信号量,作为 USB 数据发送完成的标志位。

(2) 消息邮箱(Message mail boxes):消息邮箱能使任务或中断服务向另外一个任务发送一个指针型的变量,这个指针指向一个包含指定“消息”的数据。系统申请了名为 dMbox 的邮箱,作为 USB 发送的数据。

2.3 应用程序

系统程序初始化流程如图 4 所示。在系统完成一系列初始化后,开始运行 μC/OS-II 多任务系统。多任务程序流程图如图 5 所示,图中列出了两个重要任务

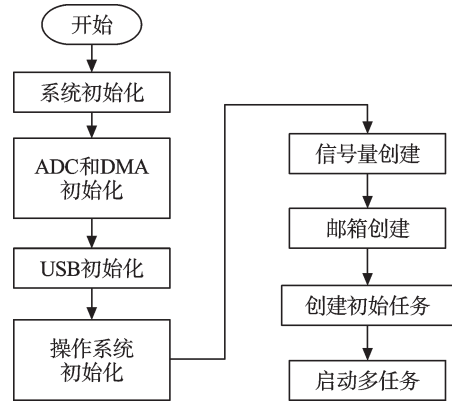


图4 初始化流程图

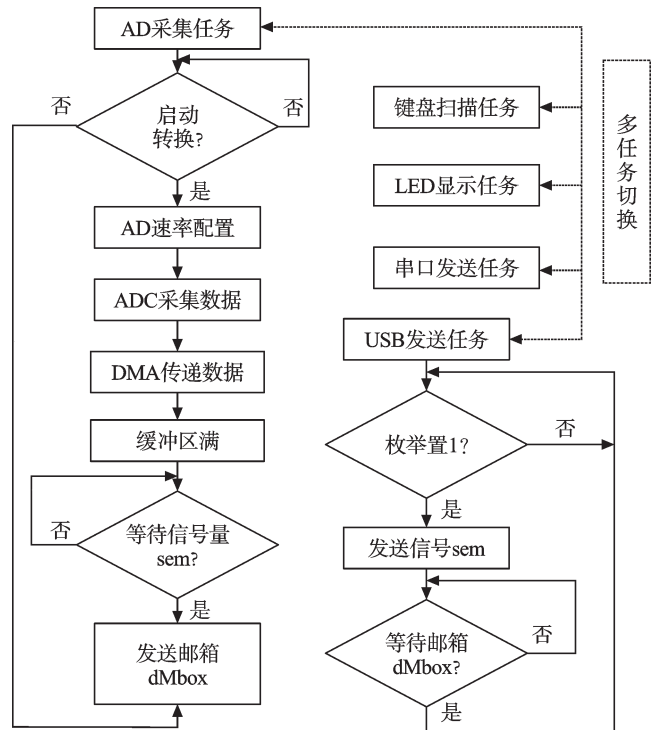


图5 多任务程序流程图

—AD 采集任务和 USB 发送任务、任务程序流程图以及相互之间的通信关系。

μC/OS-II 操作系统运行的任务、优先级和堆栈 RAM 大小如表 1 所示。除 OSTaskStat 和 OSTaskIdle 任

表 1 任务表

任务名	优先级	RAM	备注
Task_start	3	64	系统初始任务
Task_usb	4	128	USB 数据发送任务
Task_adc	5	128	AD 采集任务
Task_key	6	64	按键检测与处理任务
Task_usart	7	64	串口发送任务
Task_led	8	64	LED 显示任务
OSTaskSta	30	64	系统统计任务
OSTaskIdle	31	128	系统空闲任务

务为系统自带,其他6个任务均为用户创建。其中Task_start是系统的第一个任务,用于创建其他任务,随后一直挂起;Task_usart用于向PC机串口发送系统状态信息,也可以作为调试输出;Task_adc和Task_usb作为AD数据采集任务和USB数据发送任务,由图5可以看出,USB数据任务处于就绪(没有发送任务)时,向AD采集任务发送一个信号量sem,然后等待数据;而AD采集任务检查到DMA缓冲区满以后,同时又接到USB发送就绪信号量,就可以通过邮箱dMbox向USB发送任务传递打包好的数据了,这样两个任务实现了很好的互动和协调。

为了提高采集的效率,该系统使用了DMA。本研究配置DMA1的通道1,因为这个通道对应ADC1,并把DMA基地址设为ADC1的数据寄存器地址,DMA末地址设置为数据缓冲区数组。ADC每次转换结束之后,本研究使用DMA方式将转换后的16位数据顺序搬移到数据缓冲区中。待缓冲区满后,本研究通过邮箱dMbox发送到USB发送任务,并重新使能DMA。

3 测试结果分析

实验结果如图6所示。

本研究采用两个串口调试助手显示两个端口数据:COM2作为串口,显示调试信息;COM4作为虚拟串口,显示USB设备发送的AD数据。笔者测试条件:模

拟电压输入1.30 V,参考电压3.3 V。COM4波特率设置为最大115 200 bps时,未出现丢包现象;接收到的数据中,AD值在0x0641~0x0644之间波动,计算得到电压1.289 9 V~1.290 7 V电压,符合预期效果。

值得一提的是,下位机USB设备枚举成为虚拟COM口时需要安装相应驱动,这个驱动只需要从意法半导体公司官方网站下载即可,用户就可以按照通用串行端口的控制方式来使用虚拟COM口,而不需要再编写上位机驱动程序,从而大大缩短了开发周期。

4 结束语

数据采集在工业现场被大量应用,这对工业生产发挥了重要作用。本研究介绍的以集成USB外设的STM32f103ZE微控制器为核心,移植μC/OS-II实时操作系统,完成高速AD转换和与PC机快速数据通信的数据采集系统设计,通过测试达到了预期效果。

该数据采集系统具有容易实现、低成本、数据可靠性高的特点,是一种简单、通用、易实现的数据采集系统。

参考文献(References):

- [1] 周立功. ARM与嵌入式系统基础教程[M]. 广州:广州周立功单片机发展公司,2004.
- [2] 李驹光,聂学媛,江泽明,等. ARM应用系统开发详解[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [3] 杨啸宇,孙杰,熊瑛. 基于STM32的无线传感器网关设计[J]. 天津理工大学学报,2011,27(2):21-27.
- [4] 宋亮,苗琼. 嵌入式实时操作系统μC/OS-II串口通信的设计与实现[J]. 电子设计工程,2011,19(1):42-46.
- [5] 王立萍,吴黎明. 基于嵌入式的USB数据采集系统的设计开发[J]. 电子测量技术,2007,30(9):84-86.
- [6] 洪家平. 基于USB接口器件MAX3420E的高速数据采集系统设计[J]. 国外电子元件,2007(2):40-43.
- [7] 丁红斌,秦会斌. 基于STM32的虚拟示波器的设计与实现[J]. 电子器件,2009,32(6):1007-1010.
- [8] USB Implementer sForum. USB MassStorage Class Bulk-Only Transport Rev. 10[EB/OL]. [1999-01-01]. <http://www.usb.org>.

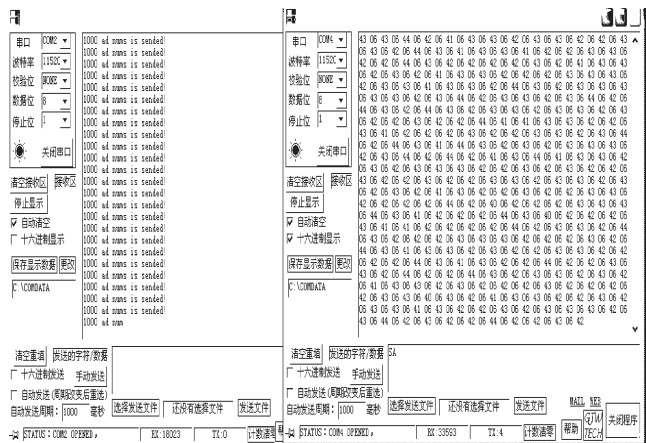


图6 串口调试助手接收数据显示

[编辑:李辉]