

基于 USB 的实时数据采集系统及其在 MATLAB 中的应用

武汉华中科技大学电信系(430074) 夏文芳 吴鸿修 李享元

摘 要: 应用越来越广泛的 USB 为实现实时数据采集提供了很大的便利,功能强大的 MATLAB 工具软件对数据分析和处理十分方便。介绍一种利用 MEX 文件将二者结合起来,实现在 MATLAB 平台下对数据实时采集,然后利用其库函数对采集到的数据进行处理和分析的方法。

关键词: USB MATLAB MEX 文件 数据采集 实时

1 MATLAB 的特点

MATLAB(Matrix Laboratory) 矩阵实验室是由美国 MathWorks 公司推出的一款集数值分析、矩阵计算、信号处理和图形显示于一体的工具软件。它的命令语句功能非常强大,包含了大量高度集成的可直接调用的函数,高效简洁;另一方面,它又是一个开放系统,针对不同的学科,推出了不同的工具箱。自 1984 年推向市场以来,经过十几年的发展和竞争,现已成为国际认可(IEEE)的最优化的科技应用软件之一。

正是由于 MATLAB 具有良好的扩展性以及强大的数据分析和处理能力,现已广泛应用于矩阵代数、数值计算、数字信号处理、振动理论、神经网络控制、动态仿真等领域。虽然 MATLAB 是一个完整的、功能齐全的编程环境,但在某些情况下,与外部环境的数据和程序的交互是非常必须而且有益的。例如, MATLAB 不能实现对数据的实时采集,它所处理的数据必须是现成的,因

此它不能很好地应用于需要在现场对数据进行分析 and 处理马上得出结论的环境。如果将 MATLAB 与外部的数据和程序进行交互,问题就可迎刃而解了。

MATLAB 是用 M 语言编程,尽管不能在 M 文件中直接调用 C 语言程序,但可以通过 MATLAB 提供的应用编程接口(API)来与外部接口,在 MATLAB 环境中调用 C 语言或 Fortran 程序、输入或输出数据以及与其他软件程序建立客户/服务器关系。在 MATLAB 中调用 C 语言程序,必须通过 MEX 文件来实现。

2 MEX 文件

MEX 文件是 MATLAB 命令解释器能够自动加载和执行的动态链接子函数。C 语言的 MEX 文件是一种动态链接子程序,可以象调用 M 文件一样调用它。MEX 文件主要有以下几方面的应用:

(1)在 MATLAB 中,M 文件的计算速度特别是循环迭代速度远比 C 语言慢,因此可以把大量循环迭代用 C 语

(接上页)

执行 make xconfig,在弹出的对话框中选择“Target Platform Selection”,出现图 1 所示的对话框。

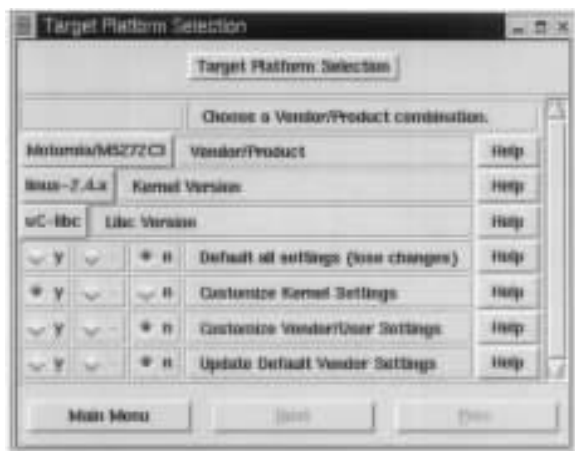


图 1 对话框

由于直接对 M5272C3 评估板的代码进行修改,因此目标板选择 M5272C3。内核版本号选择 2.4,采用 uC-libc 库。另外选中“Customize Kernel Settings”以定制需要的内核。在内核配置对话框中,将 RAM 大小配置为 16MB,确认 ROMFS 为 RAM 驻留。为了可以直接 mount 宿主机硬盘以方便调试,还需给内核添加对 NFS 文件系统的支持。

配置完毕后,在源代码目录执行“make dep”以及“make”,就得到了需要的二进制内核映像 image.bin,可以直接下载到目标板运行。

参考文献

- 1 MCF5272 ColdFire Integrated Microprocessor User's Manual, Rev. 1, 02/2001
- 2 Daniel P.Bovet, Marco Cesati. Understanding the Linux Kernel, 1st Edition, October 2000
- 3 M5272C3 Evaluation Board Schematic. Rev. 1.2, 2000

(收稿日期:2002-08-22)

言编写为 MEX 文件,提高计算速度,解决 MATLAB 中循环的瓶颈问题;

(2)已经开发的 C 语言程序,不必将其转化为 M 文件而重复劳动,通过添加入口程序 mexFunction,可以由 MATLAB 调用;

(3)直接控制硬件,如 A/D 采集卡、D/A 输出卡等,以用于数据采集或控制应用。

MEX 文件与动态链接库从某种意义上来说有很多相似之处,不同之处在于 MEX 文件是专门针对 MATLAB 的动态链接库,可以像 MATLAB 自身的库函数一样被调用。

C 语言的 MEX 文件的源程序由两个部分组成:

(1)计算程序,即在 MEX 文件中完成计算功能的程序代码。计算程序可以是普通的 C 语言程序,按照 C 语言规则编写即可;

(2)入口程序,即将计算程序与 MATLAB 连接的入口函数 mexFunction。入口函数 mexFunction 相对复杂一些,函数中有四个参数 nlhs、plhs、nrhs 和 prhs。这里 nlhs 是输出数据的个数,plhs 是指向 mxArray (MATLAB 中所有数据都由 mxArray 定义)的输出数据的指针,nrhs 是输入数据的个数,prhs 是指向 mxArray 的输入数据的指针。

3 USB 的特点

USB(Universal Serial Bus)就是通用串行总线,它是一种 PC 机的外挂总线,是多家主要电脑、电子科技厂商为了解决 PC 机外围设备的拥挤,提高设备的传输速度而联合提出的一种新型总线。当适合它的 Windows98 操作系统一出现,USB 便得到了迅猛的发展。USB 之所以具有如此魅力,还在于它具有许多其它总线无法比拟的优点。USB 规范能针对不同的性能价格比要求提供不同的选择,以满足不同的系统和部件及相应不同的功能,其主要优点可归结为以下几点:

(1)速度快。USB 有高速和低速两种方式,主模式为高速模式,速率为 12Mbps;另外为适应一些不需要很大吞吐量和很高实时性的设备,如鼠标等。USB 还提供低速方式,速率为 1.5Mbps。

(2)易扩展。用 USB 连接的外围设备可以分为 5 层,外设数目最多可达 127 个。

(3)能够采用总线供电。USB 总线提供最大 5V,500mA 电流,对于功耗较小的设备来说非常有效。

(4)设备安装和配置容易。USB 设备支持即插即用和热插拔,系统对其进行自动配置,不再占用中断资源或者 DMA 资源,彻底抛弃了过去的跳线和拨码开关设置。USB 为电缆和连接头提供了单一模型,解决了因外设越来越多造成的插槽紧张问题。

(5)使用灵活。USB 共有 4 种传输模式:控制传输(control)、同步传输(Synchronization)、中断传输(interrupt)、批量传输(bulk),以适应不同设备的需要。

(6)实现 USB 功能的模块价格低廉。

实现实时数据的采集,并利用 MATLAB 强大的数据处理和分析功能,最理想的情况当然就是在 MATLAB 中直接对 USB 总线进行控制。但是 MATLAB 自身并不能实现对 USB 的控制功能。众所周知,在 C 语言环境中,可以非常方便地实现对 USB 的驱动开发和控制。如果使用 C 语言对 USB 的数据采集部分进行驱动和控制,编译成 MEX 文件,然后在 MATLAB 中调用即可。

4 USB 数据采集系统

4.1 USB 驱动(USB D)

USB D 为客户提供两组工具:命令工具和通道工具。命令工具允许客户在配置和控制 USB D 操作的同时配置并控制 USB 设备,它提供了对设备标准通道的所有访问;通道工具允许 USB D 客户管理特定设备的数据,控制数据的传输,它不允许客户直接访问设备的标准通道。USB D 客户可以直接命令设备或从通道直接输入和输出数据流。

USB D 提供了供操作系统组件特别是设备驱动程序访问设备的一组接口。这些操作系统组件只能通过 USB D 来访问 USB。一个 USB D 可以访问一个或多个 HCD,而一个 HCD 可能与一个或多个主机控制器相连。某些操作系统可能允许对 USB D 进行初始化设置。从客户来看,与其进行通信的 USB D 管理着所有连接着的 USB 设备。

其通信过程如图 1 所示。

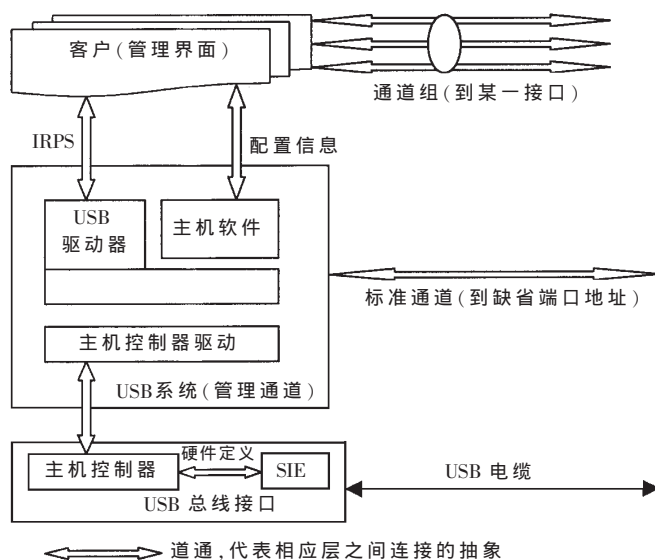


图 1 USB D 通信过程

从硬件连接的角度来看,系统由两部分构成:开发板和 PC 机。从软件角度来看,可以分为三个层次:板载程序、设备驱动程序和客户应用程序。

·板载程序由 8051 执行,完成控制开发板的工作。

·设备驱动程序是 Windows 核心的一部分,它与系统中的 USB 总线驱动程序一起完成对设备的管理。

·客户应用程序主要完成上层控制功能,将数据写入设备或者将设备中的数据读出显示。

4.2 采集系统硬件连接

一个实用的 USB 数据采集系统包括 A/D、微控制器及 USB 通信接口。为了扩展还可以加上多路模拟开关和数字 I/O 端口。系统硬件结构框图如图 2 所示。



图 2 系统硬件结构框图

一种方案就是采用普通单片机加上专用 USB 通信芯片。这种方案设计和调试比较麻烦,成本相对较高。

随着单片机制造技术的发展以及 USB 应用的日益广泛,还可以使用具有 USB 通信接口的单片机。这些单片机处理能力强,有的本身就具备多路 A/D。系统电路简单、调试方便、电磁兼容性好。

本系统从性能角度以及今后的发展方向出发,选用 Cypress 公司生产的具有 USB 通信功能的 CY7C64613。EZ-USB FX(CY7C64613)属于 Cypress 半导体第二代全速 USB 系列,它较第一代具有更好的性能和更高的集成度。CY7C64613 不但具备了 EZ-USB 的所有特征,还包括了一个智能的 USB 核心,一个增强 8051,8KB 的 RAM 和维持上层代码兼容性的高性能 I/O。该单片机可以与 USB1.1 协议和 2.0 协议兼容。

系统 A/D 采用 Analog Devices 公司的 AD7891。它是一个 8 通道的 12 位数据采集系统,可以任意选择并行或串行接口。这部分包括一个多路输入复用器,一个片上监控放大器,一个高速 12 位 ADC, +2.5V 参考电压和一个高速接口。AD7891 选择并行还是串行接口由 MODE 脚决定。无论是并行还是串行接口,它都具有标准的控制输入和快速的数据采集,从而保证了与现代微处理器、微控制器以及数字信号处理器的简单接口连接。AD7891 的每一个通道都有过压保护,这意味着未选通道的过压现象不会影响已选通道的数据传输。

系统框图如图 3 所示。

4.3 MEX 文件的编写

为了使程序具有良好的可移植性,实现功能的模块化,MEX 文件的两个部分分别放在两个不同的文件里。控制和实现部分主要完成对 USB 的读写以及管理功能,

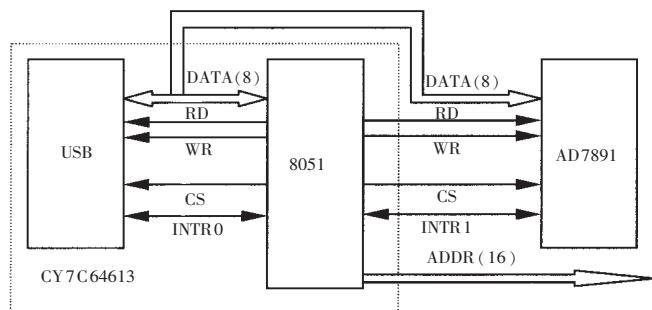


图 3 系统框图

入口程序调用它们,从而实现对 USB 发送控制命令、从 USB 读取数据以及存储数据的功能。

MEX 文件执行流程如图 4 所示。

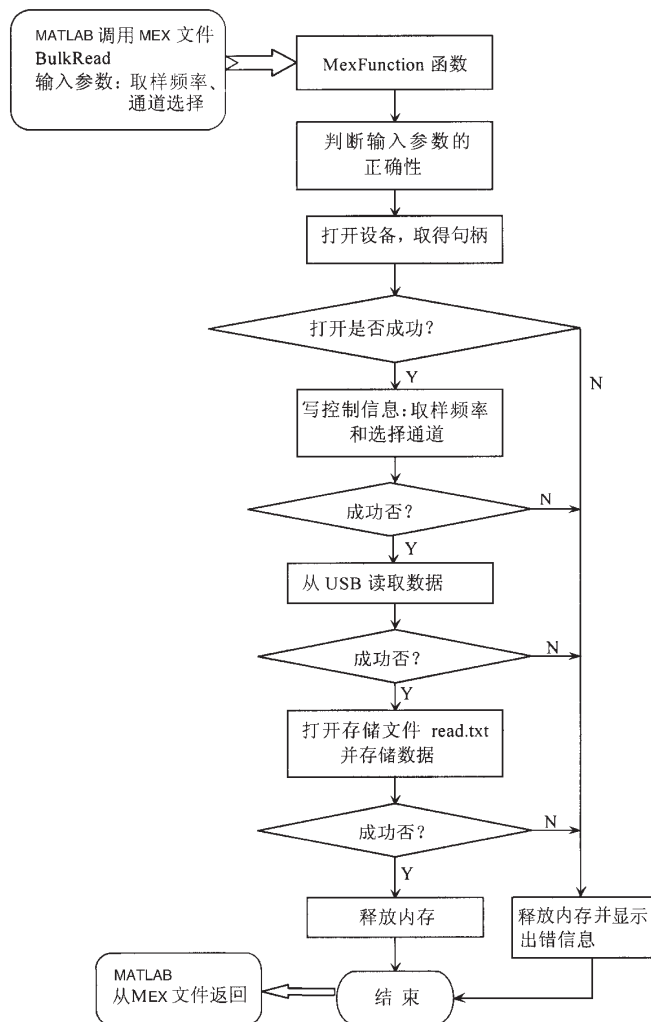


图 4 MEX 文件执行流程图

在传统的工程检测中,需要将采集到的数据存储起来,经过一系列的处理和转换,才能利用 MATLAB 进行分析和处理。实时性较差,造成人力物力的浪费。而该系统可以在 MATLAB 平台上直接调用,简洁明了,克服了传统方法的缺点。

参考文献

- (美)Jan Axelson 著,陈逸译.USB 应用大全.北京:中国电力出版社,2001
- 刘志俭.MATLAB 应用程序接口用户指南.北京:科学出版社,2000
- 程卫国.MATLAB5.3 应用指南.北京:人民邮电出版社,1999
- SanJose 编著.CY7C64601/603/613 EZ-USB FX USB Microcontroller Data Sheet.Cypress Semiconductor Corporation,2001
- LC²MOS 8-Channel,12-Bit High Speed Data Acquisition System Data Sheet (Rev.C.),2002

(收稿日期:2002-09-23)