

LabVIEW和USB2.0在磁力轴承系统中的应用

The application of LabVIEW and USB2.0 in AMB system

(武汉理工大学)薛斌 胡业发
XUE BIN HU YEFA

摘要:本文介绍了LabVIEW软件和USB2.0技术在磁力轴承控制系统中的应用。针对磁力轴承数字控制系统的特点,DSP控制器采用USB2.0接口与PC机进行实时数据交换,并采用LabVIEW开发磁力轴承调试与运行状态监控软件平台。LabVIEW和USB2.0的结合,使磁力轴承复杂的数字控制系统开发变得快捷、高效。

关键词:磁力轴承;LabVIEW;USB2.0;数字控制

中图分类号:TP277

文献标识码:B

Abstract:In this paper, the application of LabVIEW software and USB2.0 technology in magnetic bearings control system is introduced. Aims at the characteristics of the digital control system of magnetic bearings, the DSP controller exchanges data with PC using USB2.0 interface in real time, and the debugging and running status monitoring software platform of magnetic bearings system is developed with LabVIEW. The combination of LabVIEW and USB2.0 makes the complex development of digital control system of magnetic bearings becoming faster, easier and effective.

Key words:Magnetic Bearings, LabVIEW, USB2.0, Digital Control

1 引言

磁力轴承由于具有无机机械摩擦、无接触磨损、无需润滑、定位精度高、适应的转速范围广、对环境无污染等优良特性,在能源、交通、超高速超精密加工、航空航天、机器人等高科技领域有着广泛的应用前景。

在磁力轴承的开发过程中,开发人员需要能方便的对控制器参数进行整定并做系统调试,实时获取反映系统工况的相关数据,并能做出相应的分析处理,因此需要将功能强大的PC机和DSP控制器结合起来,且接口要灵活并具有较高的数据传输率;PC机的软件平台必须能把控制器参数传输给DSP,并能从DSP获取系统原始数据,提供最直观的数据诊断和分析,而且还应该具有以下重要特征:最短的开发时间,平台的独立性,高水平的数学计算和分析能力,WINDOWS环境下的专业的、高质量图形界面等。

通用串行总线USB(Universal Serial Bus)具有较高的传输速率、支持即插即用和热插拔、易于扩展以及可靠性高、成本低、功耗低等特点,USB2.0接口的传输速率高达480Mbps,完全能满足PC机和外设进行大量数据交换的要求。

LabVIEW是美国国家仪器公司(NATIONAL INSTRUMENTS™,简称NI)的产品,是目前国际上应用最广的数据采集和控制开发环境之一,主要应用于仪器控制、数据采集、数据分析、数据显示等领域,并适用于多种不同的操作系统平台。与传统程序语言不同,LabVIEW采用强大的图形化语言(G语言)编程,面向测试工程师而非专业程序员,编程非常方便,人机交互界面直观友好,具有强大的数据可视化分析和仪器控制能力等特点。使用LabVIEW开发

环境,用户可以创建32位的独立的可执行程序,从而为常规的数据采集、测试、测量等任务提供了更快的运行速度。LabVIEW提供了400多个测量分析、信号处理及数学函数对数据进行处理。这些函数均采用高效并行的标准LAPACK/BLAS算法,处理能力实现了最优化。这些算法也是常用数学处理软件包,例如Wolfram的Mathematica或MathWorks公司的MATLAB所采用的底层算法。

因此,根据磁力轴承控制系统的开发需要,本文采用了USB2.0接口连接DSP与PC机,同时利用LabVIEW开发PC机的软件平台。

2 系统总体结构及设备端硬件接口电路设计

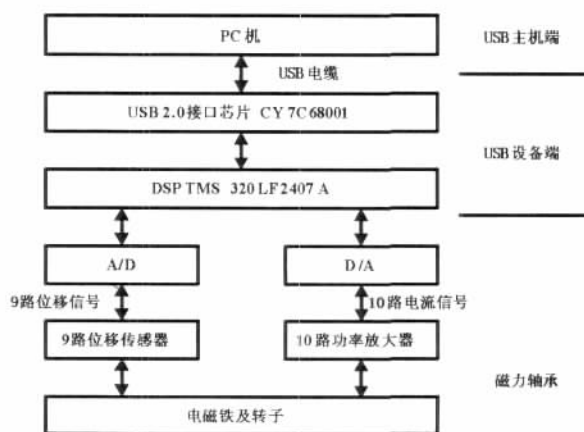


图1 系统硬件总体框图

系统总体硬件结构如图1所示,由传感器将被测转子位移转换为电压信号,经过信号调理电路,A/D转换电路,最终DSP获取数据并通过USB接口与PC机通信。DSP芯片采用TI公司

薛斌:硕士

基金项目:国家自然科学基金资助项目:(磁悬浮硬盘转子精度控制理论与技术的研究,50375113)

的 TMS320LF2407A, USB 设备接口芯片采用 CYPRESS 公司的 USB2.0 设备接口芯片 CY7C68001, 该芯片的串行接口引擎(SIE)能完成大部分的 USB 协议操作, 使用户可以摆脱复杂的协议细节, 简化了用户配置代码, 加快了程序开发过程。但是由于采用的是不带 MCU 内核的 USB 接口芯片, 设备端的 USB 的应用层协议应该由 DSP 编程实现, USB 固件的加载必须靠 DSP 控制 CY7C68001 完成。

主机端的 PC 机已有 USB 接口硬件, 所以只需要开发设备端 USB 硬件接口, 其硬件接口电路如图 2 所示。CY7C68001 的寄存器映射在 DSP 的数据空间和 I/O 空间, DSP 通过外部数据总线和 CY7C68001 交换数据, 并通过 DSP 的 GPIO 查询 CY7C68001 的相关状态。

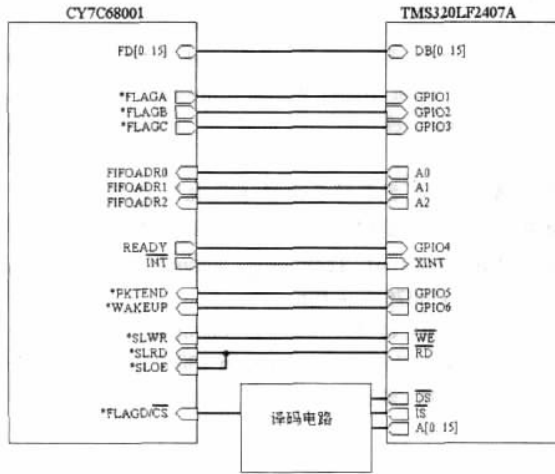


图 2 TMS320LF2407A 与 CY7C68001 的硬件接口电路

3 系统软件设计

图 3 是系统软硬件结构与数据流向图, 本文根据此图设计相应软件。主机端程序包括了 LABVIEW 用户应用程序, USB 设备驱动程序, USB 系统软件, 以及在 LABVIEW 环境下应用程序如何与 USB 设备驱动程序接口。其中 USB 系统软件由主机控制器驱动程序和 USB 驱动组成, 并由操作系统提供, 不需要再次开发。设备端程序主要完成 DSP 与 USB 进行数据与命令的交换的功能。

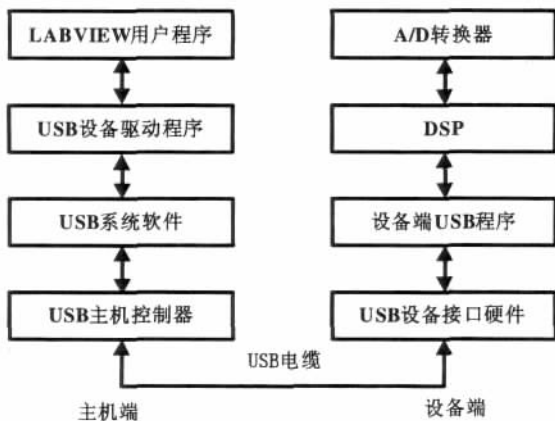


图 3 系统软硬件结构及数据流向图

3.1 主机端 USB 设备驱动程序与设备端程序设计

主机端 USB 设备驱动程序采用 WDM 模式, WDM(Win32 Driver Model), 即 Win32 驱动程序模型, 是 Microsoft 力推的全新

驱动程序模式, 旨在通过提供一种灵活的方式来简化驱动程序的开发, 在实现对新硬件支持的基础上减少并降低所必须开发的驱动程序的数量和复杂性。WDM 为 Windows98/2000/xp 操作系统的设备驱动程序的设计提供了统一的框架。它支持更多的特性, 如即插即用(PhP)、电源管理、WMI 和 NT 事件。驱动程序的开发采用 DriverStudio 中的 DriverWorks 软件, 它为开发 WDM 程序提供了一个完整的框架, 包含一个可快速生成 WDM 驱动程序框架的代码生成向导工具 DriverWizard, 而且还带有许多类库, 在用 DriverWizard 生成的程序框架中写入设备的特定代码, 编译后即可得到所需的驱动程序。

主机端 USB 驱动程序主要完成的功能如下:

- (1)对相应的 USB 设备建立设备驱动对象并完成对 USB 设备的初始化;
- (2)USB 设备的即插即用功能;
- (3)USB 设备电源的管理;
- (4)对 USB 设备的控制与数据的交换;
- (5)对 USB 通讯措施的处理。

设备端 USB 程序, 首先完成 USB 自举, USB 有 EEPROM 自举和通过 DSP 自举 2 种自举方式, 系统中采用这两种方式均可以, 本系统采用通过 DSP 自举的方式, DSP 必须向相应的寄存器写入相关数据。运行于 DSP 中的设备端程序主要完成以下功能:

- (1)对命令接口的读与写;
- (2)对 FIFO 接口的读与写;
- (3)TMS320LF2407A 对 USB 的自举;
- (4)TMS320LF2407A 与 USB 的控制命令的传输;
- (5)TMS320LF2407A 与 USB 的各种方式的数据传输;
- (6)系统所需要的相关数据的传输。

考虑到系统运行速度的要求, DSP 采用汇编语言编写设备端程序。

3.2 主机端应用程序设计

主机端应用程序采用 LabVIEW 开发, LabVIEW 应用程序访问计算机硬件的方法有三种:其一, 直接用 LabVIEW 的 Function 模板内 Advanced 子模板的 Port I/O 图标编程, 通过手动方式对基地址的设置, 直接从特定的地址内存中读取数据;其二, 利用 LabVIEW 的 Functions 模板内 Advanced 子模板中 CIN (Code Interface Node)图标, 它适用于直接调用文字编程语言(如 VC)所编写的代码;其三, 用 LabVIEW 的 Functions 模板内 Advanced 子模板中 Call Library Function Node 节点图标, 动态链接外设的 DLL 库函数形式的驱动程序。LabVIEW 通过配置该节点来直接调用 DLL, 关键是要了解被调用的函数名称、功能及其输入输出参数。配置节点的目的在于指定 DLL 模块中与 LabVIEW 数据交换的相应的驱动函数。

本文中 LabVIEW 应用程序通过调用 USB 设备驱动程序动态链接库的方式与 USB 接口, 并通过 USB 向 DSP 控制器发送或接收相关命令和数据。

首先在控制器参数整定与系统调试的过程中, 开发人员在 PC 机应用程序中设置控制器参数, 并通过 USB 传输给 DSP, 发送悬浮命令, DSP 接收到命令后开始实时控制, 并把转子位移数据通过 USB 传输给 PC 机, 应用程序图形化显示数据, 开发人员可以看见转子位移曲线, 根据是否满足控制要求, 决定是否需要修改控制器参数。这可以使开发人员对控制器参数如何影响控制效果有直观的掌握, 有利于开发人员对控制器参数的整定。图 4 是 PC 机磁力轴承软件平台的功能之一的磁力轴承控制器参

技术创新

数整定与系统调试程序界面。

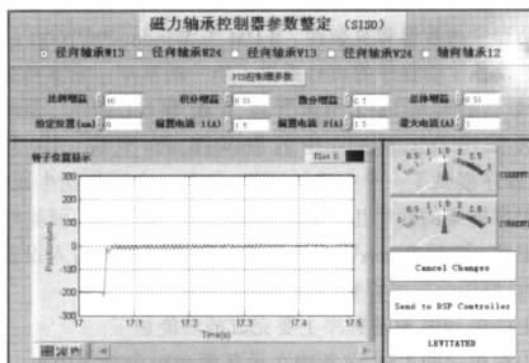


图4 磁力轴承控制器参数整定与系统调试程序界面

此外,在转子稳定悬浮的状态下,则可以通过相关程序观察转子在不同转速下的振动,同时观察电流等相关动态曲线,整个过程中转子的相关信息开发人员都可以直观的得到。在系统运行时,应用程序实时记录相关数据,待系统运行结束,利用LabVIEW的事后记录波形控件将数据重现,以观察转子相关数据的短期和长期变化趋势,方便了开发人员对控制系统做出评估,为控制器控制参数的优化设计提供参考。还可以利用LabVIEW提供的测量分析、信号处理及数学函数对所获取的数据进行后处理,以获得转子更深层次的信息。

根据磁力轴承控制系统的需要,LabVIEW应用程序完成的主要功能有:控制器参数整定;各自由度转子位置、电磁铁线圈电流和计算所得的磁力的显示;传感器灵敏度测试和偏移标定;转子圆心轨迹显示;转子振动频谱分析和阶次分析等。

4 结束语

本文采用USB2.0作为磁力轴承DSP控制器与PC机的高速数据交换的接口,并利用虚拟仪器软件LabVIEW开发磁力轴承调试和运行状态监控软件平台。USB2.0的高速数据传输率、软件平台的图形化显示和强大的数据处理能力等优点,使开发人员可以准确地看到转子运行的全过程,并可以获取转子更深层次信息。此外,USB还可以方便的与网络接口,LabVIEW具有网络编程能力,这将为今后开展磁力轴承网络化系统监测与控制奠定基础。这些技术将降低磁力轴承数字控制系统的设计、调试和实现的复杂程度,加快磁力轴承系统开发进度,保障科研人员专心研究更高效的控制算法。

本文作者创新点:

- 1.将虚拟仪器技术LabVIEW和USB2.0技术结合应用到磁力轴承控制系统中,这将降低磁力轴承数字控制系统的设计、调试和实现的复杂程度,加快磁力轴承系统开发进度,保障科研人员专心研究更高效的控制算法。

- 2.利用图形化编程软件LabVIEW 8设计了系统的可视化操作界面和监控调试程序,实现了在线动态改变控制器参数,实时观察系统运行状态等功能,实用方便。

项目经济效益(300万元)

参考文献

- [1]G.施韦策, H.布鲁勒, A.特拉克斯勒. 主动磁轴承基础、性能及应用[M]. 虞烈,袁崇军译.北京:新时代出版社,1997.
- [2]杨乐平,李海涛,杨磊编著.LabVIEW程序设计与应用.北京:电子工业出版社,2005
- [3]萧世文编著.USB2.0硬件设计.清华大学出版社,2002.

[4]LabVIEW User Manual [Z]. National Instruments Corporation,2005.

[5]Cypress semiconductor Corporation. The EZ-USB Integrated Circuit, Technical Reference Manual, 2005.

[6]王淑芳.基于虚拟仪器技术的多轴步进电机控制系统.[J]微计算机信息,2006,9-1:97-99.

[7]Fedigan, S.J., "A Real-Time Operating System for a Magnetic Bearing Digital Controller," Master of Science Thesis, University of Virginia, June 1993.

作者简介:薛斌(1981-),男(汉族),湖北钟祥人,武汉理工大学,硕士,主要研究方向:智能控制;胡业发(1961-),男(汉族),湖北武汉人,武汉理工大学,教授,主要研究方向:数字制造,磁悬浮技术。

Biography:Xue Bin(1981-), male(Han nationality), ZhongXiang HuBei,Wuhan University of Technology, Master,The research activities focus on intelligent control;Hu YeFa (1961-), male(Han nationality), WuHan HuBei,Wuhan University of Technology, Professor, The research activities focus on digital manufacturing, magnetic levitation.

(430070 湖北武汉 武汉理工大学 自动化学院)薛斌

(430070 湖北武汉 武汉理工大学 机电工程学院)胡业发

(Wuhan University of Technology, School of Automation, Wuhan Hubei 430070)Xue Bin

(Wuhan University of Technology, School of Mechanical and Electronic Engineering, Wuhan Hubei 430070)Hu YeFa

通讯地址:(430070 湖北 武汉市武汉理工大学西院 61 信箱)薛斌

(收稿日期:2007.8.23)(修稿日期:2007.9.25)

(上接第19页)

参考文献

[1]Labrosse Jean J. uC/OS-II—嵌入式实时操作系统. 邵贝贝译,北京航空航天大学,2003

[2]王永吉等. 单调速率及其扩展算法的可调度性判定. 软件学报,2004

[3]Alan Burns, Andy Wellings. 实时系统与编程语言. 王振宇,陈利等译,机械工业出版社,2004

[4]黄元峰,李育清,姜生元. 基于μC/OS的嵌入式系统应用开发研究.[J]微计算机信息,2006,2-2 P100-102.

[5]沈胜庆. 嵌入式操作系统的内核研究.[J]微计算机信息,2006,2-2 P72-74.

作者简介:周岩(1983-),男,江西南昌人,南昌大学计算中心硕士研究生,研究方向:软件工程,嵌入式系统应用与开发;陶俊才,(1956-),男,籍贯:江西南昌,南昌大学计算中心,教授,主要研究方向:软件工程,嵌入式系统应用与开发。

Biography:Zhou Yan(1983-), Male, Nanchang JiangXi, Computer Center Nanchang University graduate student, Research Orientation: software engineering, application and exploitation of embedded system;TAO Juncai (1956-), Male, Professor of NanChang University of Computer Center. Research Orientation: Software engineering, Application and development of the embedded system.

(330031 江西南昌 南昌大学计算中心)周岩 陶俊才

通讯地址:(330031 江西南昌 红谷滩新区学府大道999号南昌大学计算中心)周岩

(收稿日期:2007.8.23)(修稿日期:2007.9.25)