

# 基于 LabVIEW 和 USB- CAN 卡的实时数据采集系统及应用

杜青, 汪殿龙, 王兴媛, 齐铂金  
(北京航空航天大学 机械学院, 北京 100083)

摘要: 针对燃料电池电动汽车所用大功率 DC/DC 变换器开发了一套基于 LabVIEW 和 USB-CAN 卡的实时数据采集和控制系统, 实现了 PC 机与 CAN 总线间的通信。

关键词: 虚拟仪器 LabVIEW USB- CAN ActiveX 数据采集

大功率 DC/DC 变换器在燃料电池电动汽车中是关键零部件之一。为了研究其变换规律及进行数据分析, 需要对其各类参数进行数据采集。LabVIEW 是美国 NI 公司推出的一种虚拟仪器软件开发工具, 是当今计算机辅助测试 (CAT) 领域的一项重要技术, 功能强大, 开发效率高, 界面友好美观, 因此采用基于 LabVIEW 的开发平台研究大功率 DC/DC 变换器数据采集系统是一种有效可行的途径。

## 1 测试系统结构图

燃料电池电动汽车用 DC/DC 变换器功率高达 100kW 以上, 输入输出电压电流、工作温度是变换器的主要状态参数。为了及时准确地了解和分析 DC/DC 的工作状态就需要记录并分析上述各参数, 因此, 开发一套 DC/DC 变换器实时数据采集系统是必要的。

CAN 总线因具有实时性强、可靠性高、通信速率快、总线协议错误处理机制完善等特点而广泛应用于汽车电子业; USB 总线因其传输速率快、即插即用、通用性强、易扩展和性价比高等特点而愈来愈多地应用于数据采集系统中。本系统采用 TI 公司的 DSP2407 作为下位机 DC/DC 变换器控制板主控芯片, 通过改变 PWM 驱动波形来控制主电路 IGBT 开关管通断, 以实现对外电压电流的调节。同时通过霍尔传感器将上述参数采集到 2407 芯片中通过 CAN 总线经 USB- CAN 转换器将信号发送到 PC 机的 USB 口, 并用 LabVIEW 处理显示, 硬件平台如图 1 所示。

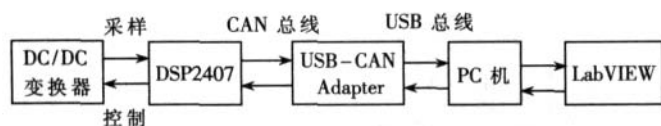


图 1 测试系统结构图

LabVIEW 提供了 PCI 总线、GPIB 总线、VIX 总线、串口总线的图形化驱动程序, 但是没有直接支持 USB 总线

驱动程序的功能模块, 这给使用 USB 设备完成数据采集的用户带来了一定的困难。

## 2 软件编程设计思路

### 2.1 虚拟仪器开发层次图

虚拟仪器的核心思想是“软件即是仪器”, 用软件来代替传统的硬件仪器, 以节约成本, 提高开发效率和增强系统的灵活性。它的层次结构图如图 2 所示<sup>[1]</sup>。

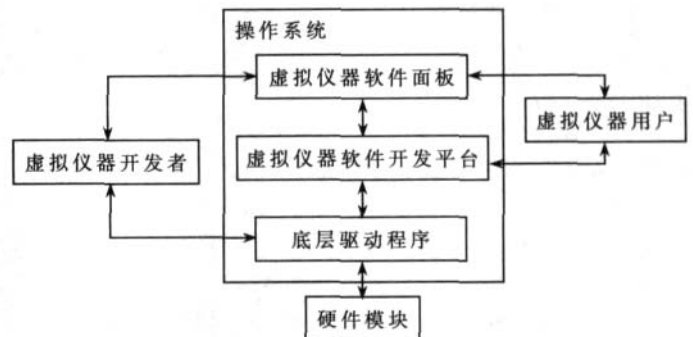


图 2 虚拟仪器层次图

图 2 中每个模块都具有标准化接口, 可以纵向与相邻的模块互相通信, 也可以使同层次的虚拟模块之间互连。底层驱动程序是整个软件的基础, 其功能首先是利用硬件模块标准接口对其进行控制和管理, 同时为上一层模块提供标准的调用接口, 使上一层软件设计与硬件无关, 从而使整个系统的开发与仪器的硬件变化无关。

### 2.2 USB 总线驱动模型

由于本系统的硬件平台是通过 USB 总线实现与 PC 机通信, 了解和掌握 USB 总线的驱动机制是有必要的。Windows 操作系统下 USB 总线驱动模型如图 3 所示<sup>[2]</sup>。

USB 驱动程序属于 WDM (Win32 Driver Module) 驱动程序, 采用分层驱动模式。驱动程序最上层包含一个函数驱动程序, 它可以是一个类别驱动程序或一个特定的设备驱动程序, 用于管理应用层与较低层总线间的通

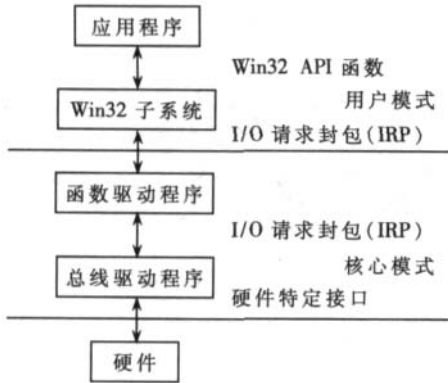


图3 Windows操作系统下USB总线驱动模型

信;驱动程序模型最底层包含一个总线驱动程序,用于管理函数驱动程序与设备硬件之间的通信;驱动程序中间有一个或数个过滤驱动程序用来辅助函数驱动程序与总线驱动程序。应用程序使用 Win32 API 函数与操作系统通信,驱动程序彼此间使用 I/O 请求封包 IRP(I/O Request Packet)来通信。Windows 定义了一群驱动程序可以使用的 IRP,每一个 IRP 执行一个输入或输出要求。总线驱动程序由操作系统提供,用户不需要自己编程开发,设备驱动程序可以由操作系统提供,也可以由设备生产厂商提供<sup>[2]</sup>。

### 3 具体编程实现

#### 3.1 VCI 函数调用流程图

本系统采用德国 IXXAT 公司的 USB-CAN 卡完成信号转换。与诸多 CAN 卡厂商一样,IXXAT 公司为其每块 PC/CAN-Interface 都提供了一套功能强大的软件开发包 VCI(Virtual CAN Interfaces),以备用户在 PC 机上开发应用程序使用,该开发包包含了基于 Windows API 函数的 Demo 程序和通用通信程序模块 DLL 文件,剩下的工作主要是通过 LabVIEW 实现提供的各种功能函数的调用,从而完成应用程序对设备的访问。具体操作流程如图 4 所示。

#### 3.2 LabVIEW 编程实现

在 LabVIEW 中实现对 VCI 的访问有两种方法:一种方法是通过 Advanced 面板中 CLF(Call Library Function)节点调用动态链接库,另一种方法是通过 Communication 面板中的 ActiveX 控件<sup>[3]</sup>直接使用 VCI 中的方法和属性。

CLF 节点的配置方法如图 5 所示:用户通过 Library Name or Path 来选择 DLL 存放的路径,通过 Function Name 来选择要使用的函数名,Calling Conventions 来选择 WinAPI 或是自己开发的 C 函数,通过 Add/Delete Parameter 来增加或删除参数,通过 Parameter 来设置参数名,通过 Type 来指定参数类型。该节点使得 LabVIEW 的功能更加全面灵活,应用极为广泛。本系统采用的是第二种方法,即用 ActiveX 控件来实现函数的调用。

##### 3.2.1 ActiveX 简介

ActiveX 通常翻译为“微软倡导的网络化多媒体对象

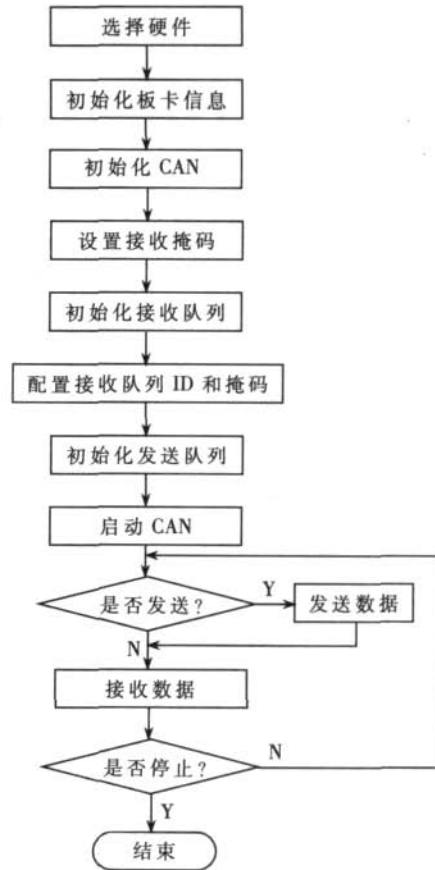


图4 VCI函数调用流程图

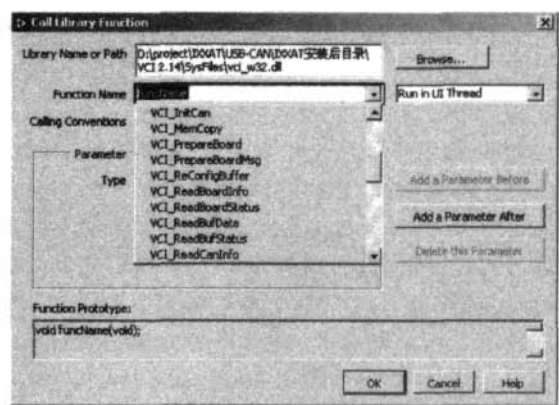


图5 CLF节点设置

技术”,它实际上是一整套建立在 COM(The Component Object Model 组件对象模型)和 OLE(Object Linked And Embedded 对象连接与嵌入)基础之上跨越编程语言的软件开发方法与规范。所有的 ActiveX 控件都是属性和方法的组合体,一组属性和方法就构成了通常所说的接口。通过利用 ActiveX,LabVIEW 既可以作为客户机控制其他外部应用程序,又可以担当服务器,从外部应用程序控制 LabVIEW<sup>[3]</sup>。LabVIEW 中的 ActiveX Controls 子模板提供的控制型控件包括:容器(container)、变体数据类型(variant)、自动化标志(automation refnum)、调用节点

(Invoke Node)及属性节点(Property Node)。对于这些控件来说, LabVIEW 已经变为客户端。一般情况下, 任何 ActiveX 控件都可以嵌入到 LabVIEW 中, 然后使用其属性和方法, 实现所需的功能<sup>[4]</sup>, 从而使程序功能更加强大, 节约开发时间。

本系统是以 LabVIEW 作为客户端, 以 VCI 作为服务器实现 PC 与 USB- CAN 卡的通信。

### 3.2.2 USB- CAN 卡初始化

欲调用 VCI 对象的属性和方法, 首先要通过 Automation Open 节点来开启 ActiveX 服务器, 而 Automation Open 节点的 Refnum 输入是由 Automation Refnum 节点提供的。如图 6 所示, 在前面板放置 Automation Refnum 节点, 右击鼠标弹出菜单, 选择 Select ActiveX Class, 从子菜单选择 "Browse", 可以看到能够获取的控件及其属性列表以及系统中的 LabVIEW 接口, 在这里笔者选择 VCIWrapper 1.0 Type Library Version 1.0 中的 VCIWrap 对象, 再将该节点与 Automation Open 节点相连, 这样就打开了与 VCI 服务器相连的 Refnum。通过该 Refnum 传递给模板中其他节点函数, 进而编程实现具体功能。

USB- CAN 卡初始化是通过 Invoke Node 节点调用 VCI\_SelectHardware 和 VCI\_PrepareBoard 两个函数完成, 前者读取设备号、设备类型、名称、厂商等信息, 后者生成 Board- Handle 以供后续程序使用。

### 3.2.3 CAN 总线初始化

CAN 总线初始化是通过 VCI\_InitCan、VCI\_SetAccMask、VCI\_ConfigQueue、VCI\_ConfigRx-QueObj 和 VCI\_StartCAN 这几个函数完成的。根据约定的协议, 调用 VCI\_InitCan 设置 CAN 通道、波特率 (250kbps) 和工作模式 (扩展帧), 调用 VCI\_SetAccMask、VCI\_ConfigQueue 和 VCI\_ConfigRxQueObj 设置 PC 机接收 ID 及其掩码以及接收和发送队列长度等准备工作, 最后由 VCI\_StartCAN 启动 CAN 总线。

### 3.2.4 数据发送和接收

发送采取手动方式, 当发送按钮按下时, 给定的电压、电流和电源工作方式信号将通过 VCI\_TransmitObj 函数送出给 DSP2407。接收端采用循环采样方式接收 2407 每隔 50ms 发送过来的数据, 该数据包括 DC/DC 实际电流、电压、温度、life 值和 Status\_Flag 状态码。

### 3.2.5 数据显示和储存

采样进来的电压和电流信号可以通过 LabVIEW 前面板中的 Numeric Control 以数字方式显示, 也可以通过 Waveform Chart 以波形方式实时显示, 温度信号可以通过 Thermometer 显示, Life 值通过 Horizontal Graduated Bar 显示; 数据存储一般是用 Excel 表完成的, 可以通过使用 LabVIEW 中文件 I/O 模块或用 ActiveX 调用 Excel 组件<sup>[4]</sup>, 笔者认为前者更方便些, 用户可以根据自己的喜好选择。

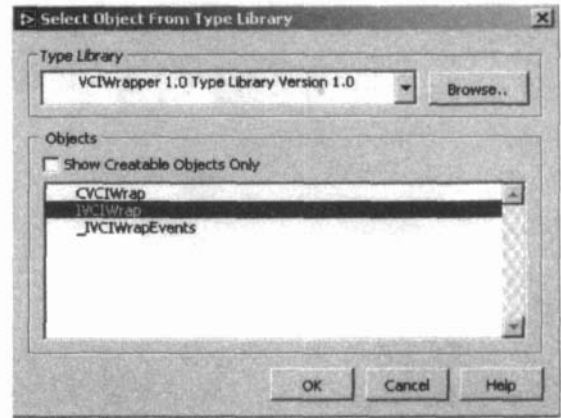


图 6 Automation Refnum 节点设置

### 3.2.6 实验数据结果

图 7 是通过 Excel 实时记下的实验数据。可以看出, 基于 LabVIEW 的大功率 DC/DC 变换器数据采集系统实现了数据采集的实时性, 在上位机上能够动态地显示采集到的电压、电流等数值和波形, 并将采集到的数据以电子表格的形式保存下来, 达到设计的要求。

时间	主DC/DC电流	主DC/DC实际输出电流	主DC/DC实际输出电压	主DC/DC内部温度	主DC/DC环境温度	主DC/DC寿命	主DC/DC状态标志
A	A	A	C	C	C	C	C
3	3668.4	110.2	108.2	343	27	-40	103
4	3668.4	110.2	108.2	343	27	-40	103
5	3668.4	110.2	108.2	343	27	-40	103
6	3668.5	110.5	108.2	343	27	-40	103
7	3668.5	110.5	108.2	343	27	-40	107
8	3668.7	110	108.2	343.5	27	-40	109
9	3668.8	110.2	108.2	343.5	27	-40	109
10	3668.9	111	109	343	27	-40	114
11	3669	111.2	109	343	27	-40	115
12	3669.1	110.8	108.5	343	27	-40	117
13	3669.3	110.8	108.5	343.5	27	-40	122
14	3669.4	110.8	108.2	343.5	27	-40	123
15	3669.5	110.5	108.5	343	27	-40	126
16	3669.6	110.8	108.2	343	27	-40	127
17	3669.7	110.5	108.5	343	27	-40	129
18	3669.8	110.5	108.2	343	27	-40	131
19	3669.9	110.8	108.5	343	27	-40	132
20	3670	110.8	108.5	343	27	-40	135
21	3670.1	110.8	108.2	343.5	27	-40	137
22	3670.2	110.5	107.8	343.5	27	-40	139
23	3670.4	110.8	108.5	343	27	-40	144
24	3670.5	110.8	108.5	343	27	-40	145
25	3670.6	110.5	108.2	343.5	27	-40	147
26	3670.7	110	108.2	343.5	27	-40	149
27	3670.8	110.2	108.2	343.5	27	-40	149
28	3670.9	110	107.8	343.5	27	-40	152

图 7 实验数据结果

本文设计了一种硬件基于 USB- CAN 卡, 软件基于 LabVIEW 的实时数据采集控制系统, 分析了开发虚拟仪器与 USB 总线通信的软件编程思路, 详述了基于 ActiveX 技术的 VCI 功能的调用, 成功实现了 LabVIEW 与 USB- CAN 卡的数据交换。通过调试和实际使用, 本测试系统达到了设计要求, 效果良好。

### 参考文献

- [1] 吴立力. 信号采集系统中的信号传输显示与处理[D]. 北京: 北京工业大学, 2001.
- [2] 宋吉超. 基于 USB2.0 接口的虚拟仪器研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2005.
- [3] 杨乐平, 李海涛, 赵勇, 等. LabVIEW 高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 雷振山. LabVIEW 7 Express 实用技术教程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.

(收稿日期: 2007- 02- 12)