

文章编号:1671-6833(2005)01-0100-03

USB 通信驱动程序设计

方舒燕, 陈新军

( 郑州电力高等专科学校电力工程系,河南 郑州 450004)

摘 要: 讨论了电力系统故障仿真测试装置中 USB 通信驱动程序的开发. 在视窗操作系统中, USB 设备驱动程序根据 WDM( 视窗驱动程序模型) 设计. 在 WDM 驱动程序模型中, 每个硬件设备至少有两个驱动程序, 其中一个驱动程序称为功能驱动程序, 通常就是硬件设备驱动程序. 它了解使硬件工作的所有细节, 负责初始化 I/O 操作, 处理 I/O 操作完成时所带来的中断事件, 为用户提供一种适合设备的控制方式; 另一个由操作系统提供的驱动程序称为总线驱动程序, 它负责管理硬件与计算机的连接.

关键词: USB; 通信; 驱动程序; 故障仿真

中图分类号: TM 734 文献标识码: A

0 引言

电力系统故障仿真测试装置为微机保护等各种数字化自动装置提供了有力和便捷的测试手段, 在运行单位和开发厂家获得普遍的应用. 图 1 为电力系统故障仿真测试装置原理图<sup>[1]</sup>.

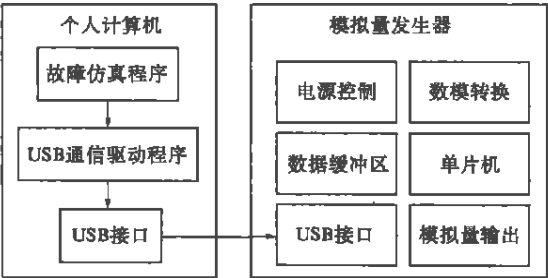


图 1 电力系统故障仿真测试装置原理图  
Fig. 1 Schematic diagram of power system faults simulation test device

从图 1 可以看出, 电力系统故障仿真程序在个人计算机上完成给定条件下的故障计算后生成的电气量故障数据, 将通过一定的通信方式发送给模拟量发生器, 模拟量发生器按照一定的大小比例生成相应的模拟故障量, 这些模拟故障量再作为输入信号接到微机保护装置上, 从而完成微机保护装置功能的测试, 这比动模实验灵活简便多了, 尤其是在需要测试微机保护多种故障保护功能或频繁测试微机保护在某种故障的多种形态下的故障保护功能时, 采用仿真装置要比通过动

模实验测试微机保护功能具有明显的优势<sup>[2~3]</sup>. 本研究将着重讨论仿真装置中采用 USB<sup>[4]</sup> 通信方式的驱动程序设计问题.

1 USB 通信驱动程序对各种实用功能的支持

任何计算机程序的执行必须有一个预先定义好的入口点, 在视窗操作系统的 WDM 驱动程序模型中规定这个入口点必须命名为 DriverEntry, 所以 USB 通信驱动程序的入口点就是 DriverEntry 函数, 在这个函数当中将对 USB 通信驱动程序进行初始化操作<sup>[5]</sup>.

1.1 USB 通信驱动程序对初始化功能的支持

USB 通信驱动程序的初始化工作分为两大部分: 第一部分就是创建一个驱动程序对象, 这一点和视窗操作系统中的用户程序创建文件对象是一样的道理, 这是因为视窗操作系统是按照基于对象的软件技术来设计的; 第二部分主要是告诉视窗操作系统 USB 通信驱动程序都有哪些分发 (Dispatch) 例程, 也就是设计了哪些功能. USB 通信驱动程序就是一个各种功能函数的集合体, 当故障仿真程序发出对模拟量发生器的读写请求后, 视窗操作系统就根据这个请求在 USB 通信驱动程序中寻找处理这个请求所对应的功能函数并执行它. USB 通信驱动程序包含 WDM 驱动程序模型所具有的全部基本功能, 例如创建、关闭设备

文件、卸载设备、输入输出控制处理、读设备文件、写设备文件、即插即用管理、电源管理等等,这些功能都是以函数的形式出现的,把这些函数名报告给视窗操作系统,视窗操作系统在需要的时候就可以根据函数名找到USB通信驱动程序用来处理相应操作的功能函数。

### 1.2 对即插即用功能的支持

即插即用功能函数:即插即用的功能代码为IRP\_MJ\_PNP,为了进一步说明设备状态,视窗操作系统还定义了好几个副功能代码,例如IRP\_MN\_START\_DEVICE IRP\_MN\_STOP\_DEVICE等。这些副功能代码的命名是自定义的,从名字可以直接看出其含义。USB通信驱动程序即插即用功能函数对它们都作了处理,例如对IRP\_MN\_START\_DEVICE的处理,首先调用内核功能函数KeInitializeEvent 初始化一个事件对象,接着调用I/O管理器功能函数IoCopyCurrentIrpStackLocationToNext,把当前IRP复制到下一个I/O堆栈单元,然后再调用I/O管理器功能函数IoSetCompletionRoutine 设置一个IRP完成例程,用于IRP完成以后发出回信,最后调用I/O管理器功能函数IoCallDriver 把IRP提交给USB总线驱动程序完成启动设备的即插即用IRP。

### 1.3 对电源管理功能的支持

电源管理功能函数:电源管理的基本机制就是视窗操作系统监视系统和设备的运行情况,然后发出电源管理IRP,USB通信驱动程序根据电源管理IRP的指示进行适当的处理,然后把信息传达到USB总线驱动程序,USB总线驱动程序最后对设备进行调整。电源管理IRP的主功能代码为IRP\_MJ\_POWER,当USB通信驱动程序接收到I/O管理器发送来的电源管理IRP后,视窗操作系统就调用USB通信驱动程序中的电源管理功能函数进行处理。电源管理和即插即用管理一样,不是一个单一的状态,而是一个多种状态的混合体,尽管在某时刻只能处于一种状态。所以,电源管理器还设有好几个电源管理副功能代码进一步来区分这种状态,例如IRP\_MN\_WAIT\_WAKE IRP\_MN\_SET\_POWER等。其中副功能代码IRP\_MN\_SET\_POWER的内容比较多,这是因为它又分解为两种情况:一种是系统电源状态,它又分为6种状态,也就是6个层级,从完全工作直到关闭;一种是设备电源状态,分为4种状态,也是从“完全工作”直到“关闭”,比系统电源状态少一个“睡眠”和“休眠”状态。这两项合在一起

有10种状态,因此对它的处理内容相应就多一些。

### 1.4 对添加设备功能的支持

添加设备功能函数:PnP管理器发现模拟量发生器接入个人计算机USB端口后,就将调用USB通信驱动程序的添加设备功能函数。USB通信驱动程序添加设备功能函数的任务比较简单,主要是创建模拟量发生器设备对象,向视窗操作系统说明模拟量发生器所使用的驱动程序是USB通信驱动程序,并把模拟量发生器设备对象放置在设备树的合适的位置上。

### 1.5 对删除设备功能的支持

删除设备功能函数:当驱动程序收到“删除设备”请求时,它必须通过删除设备功能函数应答。这个功能函数主要任务是等候I/O完成并停掉设备,关闭设备接口,脱离设备堆栈,删除设备对象和设备扩展,总之要释放任何全局内存资源。

## 2 USB通信驱动程序创建、删除和读写设备文件的功能

当故障仿真程序需要把它计算得到的故障数据文件发送到模拟量发生器时,它总是通过调用Wn32文件操作功能函数来完成任务,例如GenerateFile、WriteFile功能函数。USB通信驱动程序对创建、删除读写设备文件应有完整的支持。

这里需要澄清一下“文件”这个概念。在讨论驱动程序时,文件不仅仅是指存放在磁盘上的数据文件,外部设备也可看作是一种文件,可给它们取一个唯一的名字作为标记,可用对磁盘文件相同的操作来实现对它们的操作。模拟量发生器作为外部硬件设备在视窗操作系统中同样是被看作文件的,视窗操作系统提供的所有Wn32用户态文件操作功能函数都应该适用于模拟量发生器,但最终向模拟量发生器的读写等操作不会自动完成,因为Wn32用户态文件操作功能函数提供的只是一个标准的公共接口,实际上Wn32用户态文件操作功能函数只是按照标准格式提出了读写请求,具体的执行方法和执行方式必须通过驱动程序进行设计和安排,驱动程序根据它所管理的外部硬件设备的读写操作规范,完成对外部硬件设备的读写等操作。USB通信驱动程序起着同样的作用,它将把故障仿真程序发出的读写等请求,按照模拟量发生器规定的方式完整正确地向模拟量发生器作出解释,最后完成对模拟量发生器的读写等操作。

创建文件:USB 通信驱动程序的创建文件功能函数主要做了下面的工作,获取当前I/O堆栈单元,找到当前文件对象,核对模拟量发生器端点名,获取模拟量发生器端点信息,设置相关标志.

关闭文件:主要工作是获取当前I/O堆栈单元,找到当前文件对象,关闭模拟量发生器端点,设置模拟量发生器端点状态标志.

读文件:主要工作是获取当前I/O堆栈单元,找到当前文件对象,找到当前文件对象模拟量发生器相应端点,核查端点是否有效,判断传输类型,改造URB(USB请求数据块),设置完成例程,启动下一层驱动程序.

写文件:和读文件的要求完全一样,但功能代码和端点号不同.

USB 通信驱动程序还需要设计几个子程序用于IRP的通用处理,它们在通用操作中被调用.这些子程序包括IRP队列复位,取消全部等待中的IRP,撤除等待中的IRP,添加等待中的IRP等等.

### 3 USB 通信驱动程序的输入输出控制

故障仿真程序不仅使用ReadFile和WriteFile完成读写操作,还需要DeviceIoControl功能函数完成一些基本文件操作以外的其它一些特殊的输入输出操作.USB通信驱动程序的输入输出控制包括对管道复位、获取配置描述符、设备复位、获取设备描述符、读写注册表等等.名字就反映了它们的含义,它们在USB通信驱动程序开发时根据需要定义.这些操作虽然也是读写操作,但不同于数据文件的读写,和硬件设备的特性有较为密切的

关系,因此视窗操作系统把这一类操作单独列为一项,提供了DeviceIoControl功能函数.故障仿真程序调用功能函数DeviceIoControl主要用来完成对模拟量发生器硬件的控制操作.USB通信驱动程序对这一部分内容的支持涉及到USB硬件设备的标准规定和特征.

### 4 结束语

选择USB通信和选择其它通信方式一样,通信驱动程序的开发者最关心的首先是数据的读写功能,但一个好用的设备还必须具有完善全面的辅助功能,对电力系统故障仿真测试装置这样一种USB设备来说,只有充分利用了操作系统提供的即插即用和电源管理等特征,才能称作是一个功能完整的装置.因此开发者在注重读写功能的同时,还应该充分了解操作系统提供的各种辅助功能.

### 参考文献:

- [1] ANDERSON D. USB 系统体系[M]. 孟飞,译.北京:中国电力出版社,2000.
- [2] CANT C. Windows WDM 设备驱动程序开发指南[M]. 孙义,马莉波,国雪飞,译.北京:机械工业出版社,2000.9~31.
- [3] BAKER A, LOZANO J. Windows 2000 设备驱动程序设计指南[M]. 施诺,译.北京:机械工业出版社,2001.
- [4] 武安河,周莉莉. Window 设备驱动程序(VX与WDM)开发实例[M]. 北京:电子工业出版社,2001.
- [5] 方舒燕. 300 MW 火电机组增加厂用电系统的仿真研究[J]. 郑州工业大学学报,1999,20(3):92~94.

## USB Communication Driver Design

FANG Shu-yan, CHEN Xin-jun

(Department of Power Engineering, Zhengzhou Electric Power College, Zhengzhou 450004, China)

**Abstract:** The development of USB function driver used in power system faults simulation test device is discussed in this paper. In Windows operating system, USB device driver is designed according to the model WDM(Windows Driver Model). In WDM every hard device has two drivers at least. One is called function driver, usually the hard device driver. This driver knows all details of running the hardware, with responsibility for initializing I/O operation, processes the interruption events which happen when the I/O operation is completed, provides a kind of control mode adaptive to devices. Another driver coming from operating system is called bus driver, which takes charge of the connection between hard wares and computer.

**Key words:** USB; communication; driver; faults simulation