

CAN 总线在微机保护装置中应用

郑 峰,田大海

(东南大学 电气工程系,江苏 南京 210096)

摘要: 介绍了基于 ISA 300 CAN 网保护测控通信规约的保护装置,实现了上、下位机的联调。上位机采用 PCICAN 9810 CAN 卡,其接口可直接连接于总线;软件基于 VB 编程软件,采用 SQL Server 作为数据库服务器软件。下位机硬件采用 TMS 320LF 2407 自带的 CAN 控制器,软件基于微机控制系统(CCS)编程。初步的测试结果表明,该系统在对微机保护装置的监控方面,测量精度满足行业要求,能实现远方遥控、远程遥测、状态量遥信、在线修改定值、事件上传等基本功能。

关键词: 微机保护; CAN 总线; 协议

中图分类号: TM 734

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)11-0083-04

0 引言

微机线路保护装置是电力系统安全、稳定和经济运行的重要保障。随着电力用户对电力系统的自动化水平要求越来越高,以及微机电力系统和电力技术的发展,保护装置得到日益广泛的应用。CAN 总线作为一种现场总线,相对于传统的 RS-422 或 RS-485 串行通信,具有传输速率高、传输距离长、传输可靠性高等优点,被越来越多地应用在变电站综合自动化中^[1]。

本文设计的系统是采用微机保护和微机远动技术,采集变电站的模拟量、脉冲量、开关状态量以及一些非电量信号,对变电站实现自动化监视、测量和控制。该系统结合某一工程项目的实际情况,采用 CAN 总线实现远程数据通信,让微机保护装置与电力监测、主控制计算机进行有效的信息传递。

1 系统结构与功能简介

由于单片机控制系统程序功能复杂,采用模块化的设计方法,把本系统的软件部分划分为主程序、初始化子程序、存储子程序、数据采集比较子程序、计算查表子程序和通信子程序等。初始化时特别需

要对 CAN 相关寄存器进行设置。主程序按查询方式进行,当有中断时,系统将按照设定的优先级别执行子程序^[2]。

如图 1 所示,一次电流、电压经电流、电压互感器后送入保护装置,再经过保护装置内的电流、电压变换器降为标准的电流、电压信号,将其都转化为 0~5 V 电压信号,再经过带通滤波器和二级低通滤波器,让工频 50 Hz 左右的信号通过,并滤除 10 次以上谐波和高频干扰,然后将信号变为数字信号处理器(DSP)TMS320F2407A 所能处理的 3.3 V 之内的信号。DSP 对采集的小于 10 次谐波的分量用数字滤波算法加以提取,根据香农采样定理,每个周期的采样点数为 24 个,就足够满足采样频率大于 10 次谐波频率的 2 倍。经过处理的数据通过 CAN 总线接口上传给监测系统^[3]。

装置软件采用侦听任务和 CAN 接收中断相结合方式。侦听任务负责接收处理上位机的 2 类信息:一类是上位机周期下传的信息,如取全遥信、查询和校时命令;另一类是上位机的菜单命令信息,包括取事件、取定值、取测量值、取装置信息、遥控命令、取遥信状态及取全遥测量等。接收中断负责将接收的 CAN 帧放进缓冲区,以待侦听任务分发处理。

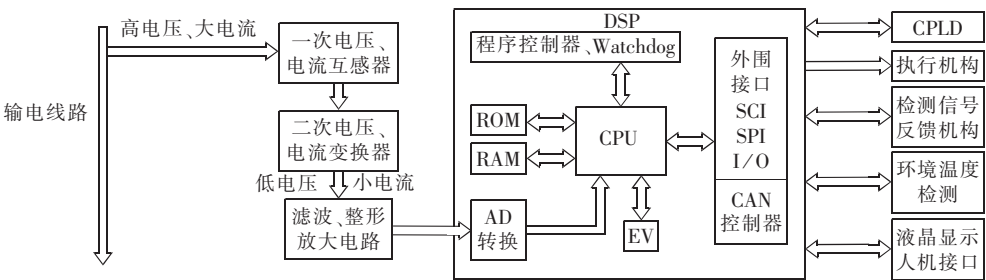


图 1 智能化断路器结构功能图

Fig.1 Structural functions of intelligent breaker

CAN 接收中断和侦听任务的通信采用全局变量进行通信,为避免同时对全局变量进行操作,在使用全局变量通信时,对全局变量的操作应在关中断状态下完成。CAN 接收中断和侦听处理任务的通信协调的流程如图 2 所示。假设图中 CAN 的数据寄存器为 $Data[1, \dots, 8]$ 。接收中断的缓冲区为 $BufferI[]$,用计数器 i 指示当前的存储位置,缓冲区空时 $i=0$;侦听处理任务用的缓冲取为 $BufferT[]$ 。

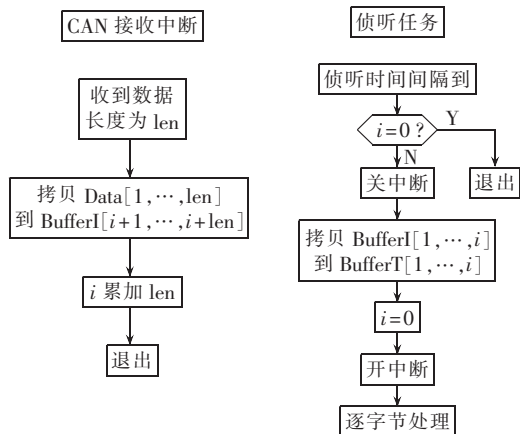


图 2 CAN 接收中断、侦听处理任务流程图

Fig.2 Flowcharts of CAN receiving interruption and interception task

2 基于 CAN 的微机保护装置硬件设计

CAN 收发器 PCA82C 250 是 CAN 协议控制器和物理总线的接口,对总线提供不同的发送能力和对 CAN 控制器提供不同的接收能力,完全和“ISO11898”标准兼容。图 3 所示是下位机与上位机之间相连接的原理图^[4-5]。

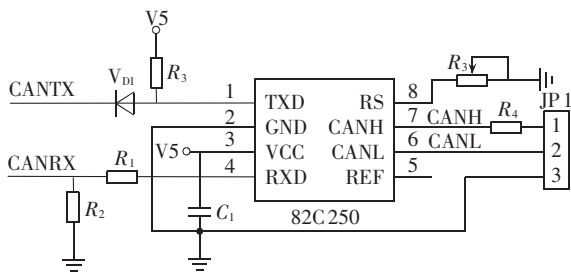


图 3 下位机 CAN 节点电平转换原理图

Fig.3 Voltage adaptation of subordinate computer CAN node

上位机:PC 机上装有 PCICAN 9810 非智能 CAN 接口卡,其接口可直接连于总线。

下位机:CAN 控制器与收发器 82C 250 相连,构成了一个基本节点,可直接连于总线上。

PCI-9810 非智能 CAN 接口卡是具有高性能价格比的 CAN 总线通信接口卡,该产品采用标准 PCI 接口,能使计算机方便地连接到 CAN 总线上,实现 CAN2.0B 协议(兼容 CAN2.0A)的连接通信。PCI-9810 接口卡上自带光电隔离,保护 PC 机而避免由于地环流的损坏,增强系统在恶劣环境中使用的可

靠性。此接口卡采用 WDM 驱动程序,支持 Win98、Win2000 和 XP 操作系统,并支持多个设备,能够在 VC++、VB、Delphi 和 C++ Builder 等开发环境下进行设计应用,另外,还支持高层次协议的驱动程序库接口,如 CANopen、DeviceNET 等。PCI-9810 接口卡上 CAN 控制器使用 16 MHz 晶振,用户可通过设置 Timing0 和 Timing1 的参数自定义波特率。

邮箱方式是 TI 公司 CAN 控制器的一大特点。它们于一个 RAM 空间(48×16),分为 6 个邮箱,每个占 8×16 的存储空间。邮箱 0~1 是接收邮箱,邮箱 4~5 是发送邮箱,而邮箱 2~3 则可以随意配置成发送或者接收邮箱,每个邮箱都由相应的寄存器控制。

由于 CAN 控制器内嵌于 DSP 芯片中,所以硬件设计较简单,只需添加收发器 82C 250 即可,但考虑到节点工作环境很恶劣,可在 DSP 和收发器之间添加光电耦合器进行隔离。

3 CAN 总线的软件实现

3.1 协议的实现(ISA300)

CAN 网络结构为 3 层结构,等效于 IEC 60870 系列的增强性能模型,这样可以大幅降低信息传输时延,尤其适合于对传输时延要求较严格的控制系统。

物理层:采用现场控制网络 CAN,带屏蔽双绞线为传输媒介,网络终端匹配电阻 R 为 120Ω ,总线驱动芯片采用 82C 250。

网络通信速率缺省取 80 Kbit/s,可人工调整。RLY(下位机底层继电器)可通过菜单选择网络通信速率,上位机也要作出相应的调整,以使网络通信速率一致。网络速率可在 5 K、10 K、20 K、40 K、80 K、200 K、400 K、800 K、1 000 K 之中任选一个。在具体选择时还必须注意几点^[6-7]。

a. 通信速率和传输距离成反比,通信速率越高,有效传输距离越短。5 K 的通信速率,对应 10 km 的有效通信距离;100 K 的通信速率,对应于 620 m 的有效通信距离;1 000 K 的通信速率,只对应于 40 m 的有效通信距离^[5-6]。

b. 选择通信速率时应考虑环境的影响。若环境较恶劣,可将通信速率下调或上调 1~2 档,以避免干扰频带。通信速率不宜过高。

c. 必须保证网上所有通信单元选择同一速率,包括上位机,否则将无法通信。

链路层:用户报文由 1 个或多个 CAN 数据包组成,目前除了录波数据外,每个用户数据仅由 1 个 CAN 数据包组成。如图 4 所示。

3.2 通信进程^[7]

采用点对多点和点对点 2 种主从式通信方式,仅在 MON(相当于上位机的监控层)与 RLY 之间通信,各 RLY 之间暂不互相通信,通信有周期定时通信、远方请求及控制台请求通信和主动上送通信 3 种进程。前 2 个进程,MON 为主站,各 RLY 为从站;第 3 个进程,相应的 RLY 为主站,MON 为从站。

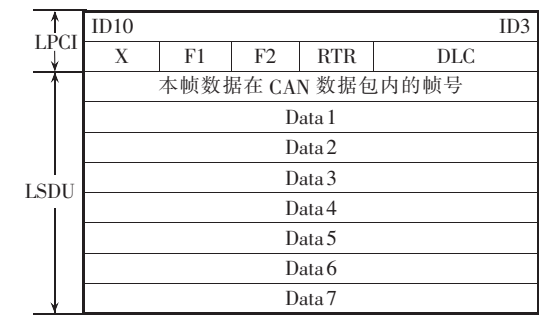


图 4 CAN 数据帧格式
Fig.4 CAN data frame

周期定时通信进程:一般情况下,MON 作为主站自动执行 polling 过程,包括 3 个过程。

a. 定时取全遥信,一般 MON 会定时地对每个 RLY 取全遥信,相应的 RLY 在收到该报文后,上送全遥信报文,以刷新当地后台或调度。同一个 RLY 连续 2 次取全遥信间隔应不小于 20 s。

b. 定时对 RLY 进行查询,相应的 RLY 应上送应答报文,该过程用于检测通信回路是否正常,并取 RLY 某些信息,同一个 RLY 的连续 2 次被查询间隔(t_1)应大于 500 ms,MON 相邻 2 次查询(不同 RLY)的间隔(t_2)应大于 100 ms,这样有利于主动上传,不至于使网络过载,MON 若在一定时间间隔(t_3)内未收到 RLY 应答信息,则判该次查询失败,推荐 $t_3 = 1\text{ s}$ 。

c. MON 用校命令定期对 RLY 进行校时,若是点对点校时,则 RLY 应上送应答报文,若是广播校时,则各 RLY 不上送信息,应保证每个 RLY 在一定间隔(t_4)内被校时至少一次,推荐 $t_4 = 30\text{ min}$ 。

以上 3 个过程为基本的通信进程,MON 应能及时收到 RLY 的应答报文,若超时未收到,则通信出错,若某一 RLY 连续出错 N 次,则判该 RLY 通信故障,相应自诊断报文($N = 5$)。即使某一 RLY 通信故障,MON 应仍对其进行基本通信进程操作,以期望该 RLY 通信恢复。若长时间不能通信恢复,则应怀疑其硬件故障^[8-9]。

MON 在收到 RLY 应答报文后,或等待时间结束后(t_3),则本次基本通信进程结束,才能对下一个 RLY 进行基本通信进程。

具体应用时,可只选用进程 1、3,而舍弃 2,也可全选用。

远方请求及控制台请求通信进程:远方操作或控制台操作以期获得保护信息,当有这类通信进程时,MON 应在本次基本通信进程结束后,立即执行这类通信进程,这类通信进程始于发出相应命令,止于收到相应应答报文,或超时或否认命令(无该类信息)。超时时间(t_5)为 1~10 s,随具体操作而不同。

RLY 主动上传通信进程:RLY 发生动作事件、自诊断事件、遥信变位信息和 SOE 事件信息以及需主动上送的录波信息后,需将相应的报文信息及时主动上送给 MON。该上送过程不管 CAN 总线上现行传输和 MON 当前通信进程,由 CAN 控制器通过伸

裁,及时获得总线控制权,立即上送相应信息。相应的 RLY 在收到 MON 的确认报文后,停止上送,否则 RLY 在隔一个时间间隔后(t_6),仍上送这类信息,直至收到 MON 相应的确认报文,推荐 $t_6 \leq 1\text{ s}$ 。该通信进程始于 RLY 开始获得总线控制权并发送这类报文,终止于收到相应的确认报文,若在一个时间间隔(t_6)内未收到 MON 的确认报文,则 RLY 将重发,最多重发 5 次,若仍未获得确认报文,丢弃该报文。

3.3 数据库的应用

变电站自动化系统软件对变电站运行自动进行监视、控制和管理时,一方面需要维护大量的共享数据和控制知识;另一方面应用活动的完成具有严格的时限,需要满足实时任务的实时性和高效性,关键问题在于内存数据库的设计和实时任务的调度^[10]。

内存数据库以内存作为数据库的存储介质,因而存取速度快,避免了数据库存储在外存的速度慢和执行时间不可预知等缺点。内存空间可通过操作系统和开发工具提供的动态或静态的申请,其具有 I/O 接口,同存储在外部的关系数据库交换数据,如 Windows 下 Create File Mapping()等。启动时,实时数据库从历史库中读取自身的结构,形成相应的实时库表,将其置在内存中,以保证数据查找,满足数据更新的实时性。

实时数据库提供与商用数据库类似的实时数据库的定义语言(DML:create table,drop table 等)和实时数据库的操作语言(DDL:select、update、delete、insert 等)。

VB 6.0 提供开放式数据库连接 ODBC (Open DataBase Connectivity),可通过直接访问或建立连接的方式使用并操作后台大型网络数据库,如可用结构化查询语言(SQL)Server、Oracle、My SQL 等。首先,将 Access 应用表格添加到 ODBC 数据源中,利用 VB 6.0 中 MSRDC 接口控件,输入表格的数据源名称,即 SQL 数据标准对数据库进行基本的操作。具体做法如下:

```
MSRDC1.SQL="update frame set name='“+
Text1.Text+"’;"
MSRDC1.UpdateControls //将 text1 所显示的内容保
存到 frame 表格的 name 变量中
MSRDC1.Refresh
MSFlexGrid1.Refresh //与 MSRDC1 绑定,显示数据
库中的资料
```

3.4 Win32 API 的应用

随着 VB 版本的提高,其功能也越来越强大。在推出 6.0 版时,VB 在数据访问、控件、语言、向导及 Internet 支持等方面增加了许多新的功能。但对 Windows 底层的操作略显不足,Win32 API 的引入,解决了这一问题^[9]。

API(Application Programming Interface)函数是一组用 C 语言编写的系统函数,存于 Kerne l32.dll、User 32.dll、Gdi 32.dll、Winmm.dll 等动态连接库中,它的使用可以弥补 VB 功能上的不足,从而快速高

效地开发出功能强大的应用软件。VB 中没有提供直接使用 API 函数的功能,要用它必须先用 Declare 语句将函数声明为外部过程,之后才能在程序中进行调用。下面是如何对注册表进行操作的过程:

```
Public Declare Function RegOpenKey Lib"advapi32.dll" Alias "RegOpenKeyA"_(ByVal HKey As Long,
ByVal lpSubKey As String,phkResult As Long) As Long //声明函数
```

```
RegOpenKey H_Key,HSubKey,HKey //打开注册表中相应键
```

4 如何处理应用 PCICAN 中的错误

PCICAN 中的错误分函数调用错误和 CAN-bus 通信错误^[10]。

函数调用错误一般是由参数错误引起的,例如设备号超出范围、类型号错误等,用 Win32 函数 GetLastError 返回的错误号是 87,还有的是对未打开的设备进行操作,实际是对一个非法句柄操作,根据具体函数调用情况都有相应的 Win 32 标准错误码提供,用户可以使用 GetLastError 进行错误分析,错误处理程序在设计时完成。

对于 CAN-bus 通信错误,它一般由 CAN 网络引起,也可能由用户设置不当引起,如波特率设置不一致、没有启动 CAN 总线便调用发送函数等。几乎所有可预见性的 CAN-bus 错误都已经在设备驱动中处理,用户可以通过调用 VCI_ReadCANStatus() 函数进行更深层次的错误分析,CAN Status 结构成员遵照 SJA1000T 数据手册进行描述,或者在设计调试过程中使用 Debug View 程序监控 CAN-bus 错误信息,这更详细和直观。注意:在设计中错误分析是必要的环节,这有利于组建一个可靠稳健的 CAN 网络。

5 结语

本文设计的基于 CAN 总线的线路保护装置,能直接与主计算机或其他电力监控装置进行信息交换,实现电力系统的远程监控,并可对电力系统的参量及状态进行测量,又能对配电回路的通断状态进

行控制。此外,该电力监控系统操作简单、测量准确、运行可靠。

参考文献:

- [1] 王晨皓. 现场总线技术及其在变电站自动化中的应用[J]. 河南科学,2004,22(6):859-862.
WANG Chen-hao. Field-bus technology and its application in the substation automation systems[J]. Henan Science,2004,22(6):859-862.
- [2] 高正中,姚福强,辛欣. CAN 总线技术在电力调度系统中的应用设计[J]. 电气传动自动化,2004,26(4):51-53.
GAO Zheng-zhong,YAO Fu-qiang,XIN Xin. Design application of CAN bus technology in the electric power attemper system[J]. Electrical Drive Automation,2004,26(4):51-53.
- [3] 周志敏. 智能断路器及现场总线[J]. 电气开关,2001(6):7-9,15.
ZHOU Zhi-min. Intelligent circuit breaker and field bus[J]. Electric Switchgear,2001(6):7-9,15.
- [4] 邹益仁,马增良,蒲维. 现场总线控制系统的设计和开发[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [5] 邹宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1996.
- [6] 尹红,唐煜. 单片机 RS-485 多机通讯的实现[J]. 计算机应用,1999,19(1):52-54.
YIN Hong,TANG Yu. Multi-computer's communication using RS-485 protocol[J]. Computer Application,1999,19(1):52-54.
- [7] 陶晓农. 分散式变电站监控系统中的通信技术方案[J]. 电力系统自动化,1998,22(4):51-54.
TAO Xiao-nong. The communication of open distributed monitoring and controlling system in substation[J]. Automation of Electric Power Systems,1998,22(4):51-54.
- [8] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京:水利电力出版社,1992.
- [9] 方大千. 实用继电保护技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [10] 崔江峰,王冬青. 实时数据库在变电站自动化系统中的应用[J]. 继电器,2004,32(12):47-50.
CUI Jiang-feng,WANG Dong-qing. Application of real-time database system in substation automation[J]. Relay,2004,32(12):47-50.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

郑峰(1980-),男,广东汕头人,硕士研究生,研究方向为电力系统及其自动化(E-mail:stzf@163.com);

田大海(1983-),男,安徽涡阳人,硕士研究生,研究方向为电力电子在电力系统中的应用。

Application of CAN-bus in micro-computer protection

ZHENG Feng,TIAN Da-hai

(Department of Electrical Engineering,Southeast University,Nanjing 210096,China)

Abstract: A kind of protective equipment is introduced,which applies ISA 300 CAN(Control Area Network) measurement and control communication protocol in its interconnection with superordinate computer. The super-ordinate computer utilizes PCICAN 9810 CAN card as its communication interface,directly connecting with bus. With SQL(Structured Query Language) Server as database software,its application software is programmed with Visual Basic. The protective equipment utilizes CAN controller as its communication interface,which is in-side DSP(Digital Signal Processor) TMS 320LF 2407,and its application software is programmed with CCS(Computer Control System). Preliminary experiment results demonstrate that the measurement accuracy conforms to industrial requirements and fundamental functions are realized,such as tele-control,tele-metering,tele-signalling,online setting modification,event information upstream transmission,and so on.

Key words: micro-computer protection; CAN bus; protocol