

基于 DSP 和嵌入式系统的便携式数据采集分析装置设计

刘东亮¹, 焦彦军², 张新国²

(1. 沧州供电公司, 河北 沧州 061001;

2. 华北电力大学 电气工程学院 继电保护与安全控制技术研究, 河北 保定 071003)

摘要: 介绍了以 TMS320F206 数字信号处理器(DSP)和嵌入式系统为核心的便携式数据采集分析装置的设计。该装置数据采集模块可实现 16 路模拟量和 8 路开关量的同时采集。数据分析模块硬件电路以嵌入式计算机为核心, 外围由译码电路、开入/开出电路组成。装置软件包括数据采集和数据分析 2 部分程序, 数据采集程序采用 TMS320C2XX 标准汇编语言编程, 完成数据的采集与上传, 给出了程序流程图; 数据分析软件采用嵌入式 Linux 实时多任务操作系统, 给出了装置软件程序主界面及各界面功能。所设计的装置运行后, 效果良好。

关键词: 嵌入式系统; PC/104; Linux; 数字信号处理

中图分类号: TM 711; TP 274 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2007)08-0106-03

0 引言

在我国 220~500 kV 电压等级的系统必须安装专门的故障录波装置。而中低压系统的电压等级较低、系统结构庞大, 一般没有专门的录波设备^[1-2]。便携式的数据采集分析装置可以应用于不同电压等级的系统中, 解决了低压系统无录波设备的问题。

装置能够根据启动条件自动记录系统的稳态数据及故障前后的暂态数据, 并且提供全面的数字信号处理工具。当进行系统调试或要对电力系统有较高故障的局部进行测量和分析时, 可以方便地将装置装设到现场, 采集信号并对数据做分析。

由于数字信号处理器(DSP)和嵌入式计算机的处理能力都非常强, 能保证装置较高的测量精度并提供比较全面的信号分析功能, 完全能满足电力系统暂态电气信号的录制分析的要求^[3]。

1 装置整体结构

本装置集数据采集与数据分析功能于一体, 整体结构如图 1 所示。DSP 数据采集模块分为模拟量采集单元和开关量采集单元; 数据分析模块负责对数据采集模块上传的数据进行计算和分析, 提取现场人员所需要的信息。

2 装置硬件结构

2.1 数据采集模块的硬件结构

数据采集模块主要由数字信号处理器 DSP 及其外围电路和芯片组成。DSP 采用 TI 公司的 TMS320F206, 它是 TMS320C2XX 系列的典型产品。由于

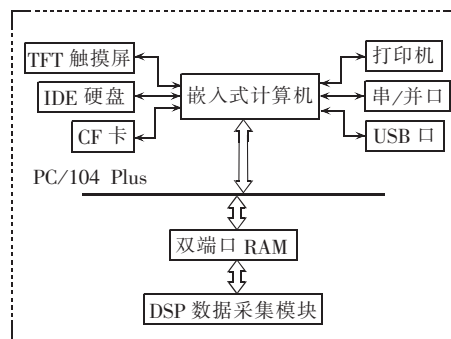


图 1 装置的整体结构

Fig.1 Overall structure of equipment

采用了改进型哈佛结构和多流水线操作, 同时采用片内外设、片内存储器 and 专用的指令集, 所以操作灵活、运算速度快^[4]。片内具有双访问的 544 Byte RAM 和 4.5 KByte 的片内单访问 RAM; 同时具有 32 KByte 的闪烁存储器, 利用此闪烁存储器存储程序, 不仅减小了体积, 而且系统升级方便。外围电路主要包括时钟、译码、看门狗、A/D 转换、通信和 JTAG 仿真器接口仿真等电路组成, 可实现 16 路模拟量和 8 路开关量的同时采集。

2.2 数据分析模块的硬件结构

数据分析模块硬件电路由嵌入式计算机、译码电路和开入、开出电路组成。

嵌入式计算机指操作系统和功能软件集成于计算机硬件系统之中, 系统的应用软件与系统的硬件一体化, 类似于 BIOS 的工作方式。它具有软件代码小、高度自动化、响应速度快等特点, 适合于要求实时的和多任务的体系^[5]。本装置采用的是嵌入式计算机 SCM/SPT, 它通过 PC/104 局部总线与外围扩展板上的双端口 RAM、开入/开出电路连接, 实现接收上传数据和信号处理功能。译码电路由 1 片

74HC 373 锁存器和 2 片 GAL16V8 地址译码器组成,实现寻址开入/开出芯片和双端口 RAM 芯片。开入电路由 1 片 74HC244 缓冲器和 1 片 74HC245 总线转换芯片组成,可实现 8 路开入信号。开出电路由 2 片 74HC 245、2 片 74HC 273 锁存器和 2 片 74HC 240 缓冲器组成,可实现 16 路的开关量输出。

装置在 PC/104 的基础上扩充了以下几个外设,以实现相应的功能:128 M CF(Compact Flash)卡,CF 卡温度适应范围大、存取速度快,主要存放经过裁剪的基本的 Linux 操作系统及数据分析软件程序,保证系统运行安全稳定,提高了程序的执行效率;20 G IDE 硬盘存放采集的数据,可以满足用户长时间数据采集的要求,同时可以保存多批次的数据,不会由于循环覆盖存储造成数据的丢失;TFT 触摸显示屏采用触摸屏,节省了鼠标和键盘开销,使装置结构更加简洁,并且方便运行人员操作;打印机,可将所采集数据的波形图、定值单和分析报告等现象运行需要的数据信息打印出来。

此外,通过 PC/104 的 2 个串行端口,可实现计算机之间或计算机与其他设备之间的数据通信和信息交换;PC/104 Plus 内部总线可实现数据采集系统和数据分析系统之间的数据传输;PC/104 还外扩了 2 个通用信号总线(USB)端口,可以通过 U 盘实现数据的拷贝。

3 装置软件设计

装置的软件设计包括数据采集程序 and 数据分析软件程序 2 部分。数据采集程序针对 DSP 数据采集模块,采用 TMS320C2XX 标准汇编语言编制,代码执行效率高,可满足实时性的要求,主要针对硬件进行操作,完成数据的采集与上传功能。数据分析软件基于嵌入式 Linux 实时多任务操作系统。嵌入式实时操作系统是多任务操作系统,是嵌入式应用软件的开发平台^[6]。Linux 是一种开放型 Unix 系统版本,属于“自由(Free)软件”,可以自由地获取程序及其源代码并能自由地使用^[7-8]。软件采用跨平台的 C++ 图形用户界面(GUI)工具包 QT 开发分析工具,具有多任务、多用户、设备独立性和良好的可移植性等特点,并且具有良好的用户界面^[9-10]。装置上的嵌入式 Linux 操作系统根据具体硬件资源进行了裁减,只保留了必要的功能模块,内核精炼、占用资源小、功能完善。程序的编制中采用了面向对象、模块化设计等思想,支持多线程和多任务。

3.1 数据采集模块程序

数据采集程序的主要功能是启动条件的设定与判断、数据采集和数据上传。装置采样频率、启动条件可定义,记录时间可设置。DSP 数据采集系统主程序流程图如图 2 所示。

启动记录条件有 3 个:定时连续记录、循环记录和按条件记录。定时连续记录指设定装置在某个特定的时间启动采样,对数据进行一定时间段长度的

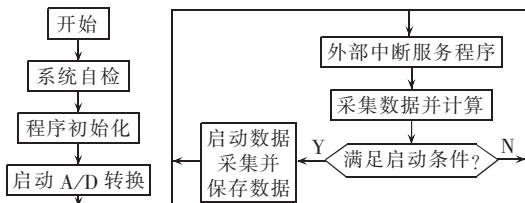


图 2 DSP 数据采集系统主程序流程图

Fig.2 Flowchart of data sampling system

连续记录;循环记录首先按要求设定循环记录数据的长度,然后对数据进行连续循环记录,数据记录达到设定长度后新的数据会自动覆盖旧的数据,从而保证所记录的数据都是最新的数据;按条件记录是设置装置在一定的条件下自动启动录波。

按条件启动又分以下几种方式:

a. 突变量启动,包括电压突变量和电流突变量启动;

b. 正序量启动,包括正常运行时过电压、低电压和过电流启动;

c. 负序量启动,利用三相电压、三相电流的采样值,计算获得负序电压和负序电流,包括负序过电压启动和负序过电流启动;

d. 零序量启动,零序量电压和零序量电流是直接采样获得,启动条件包括零序电压和零序电流的突变量启动及稳态过量启动;

e. 直流量启动,其他形式的物理量经传感器转换成直流电压量,启动条件包括过量和欠量启动;

f. 频率启动,含高频、低频和频率变化率启动。

数据采集过程分为 3 个阶段,即故障前采集大约 10 个周期的数据,故障开始后采集约 5 s 的数据,最后是 3~5 s 的正常情况下的数据。采样频率可调,3 个阶段分别采用不同的采样频率。

3.2 数据分析程序

数据分析软件主要完成装置的功能设定和数据的全面分析。程序采用面向对象的模块化设计,各功能模块间相互独立。主程序界面如图 3 所示。

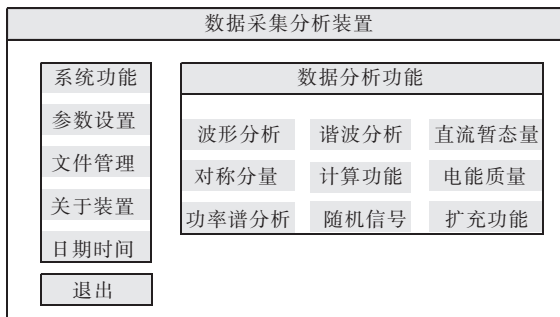


图 3 主程序界面

Fig.3 Main procedural interface of equipment

3.2.1 系统功能

a. 参数设置。主要设定装置的记录方式、模拟量参数和开关量参数。

b. 文件管理。提供所记录数据文件的查询和拷贝功能。

c. 关于装置。介绍装置性能特点和一些简单的操作方法,相当于装置的简易使用说明。

d. 日期时间。显示当前的日期和时间,并且每秒刷新一次。

3.2.2 数据分析功能

a. 波形显示。显示所采集模拟量的波形,并且能够对波形进行分析和编辑,可进行幅值和时间轴的放大和缩小。波形按通道显示,一次最多可显示 6 条通道信号波形。

b. 谐波分析。提供全周傅氏和快速傅里叶 2 种算法^[11],提取基波和各次谐波分量,得到实部、虚部、有效值、相角及所占比例的列表,并以直方图形式显示各次谐波所占百分比。

c. 直流暂态量。提取信号中衰减的直流分量成分,显示衰减直流分量波形,计算得到初始值和衰减时间常数^[12-13]。

d. 对称分量。以向量图的形式显示故障前后正、负、零序电压和电流量的变化。

e. 计算功能。可进行加、减、乘、除等计算,分为瞬时值和向量值计算 2 部分。瞬时值计算可计算瞬时量并输出波形;向量值计算可对基波及各次谐波按实部、虚部、幅值、相角进行计算。

f. 电能质量。提供电压、电流、有功功率、无功功率、频率等电能质量的基本参数,且能对电力系统的谐波、三相电压不平衡度、电压闪变等电能质量指标进行分析^[14]。

g. 功率谱分析。随机信号的傅里叶变换是不存在的,对随机信号的频域分析,不再是简单的频谱,而是功率谱。软件提供了功率谱分析功能,可对模拟信号单位频带内信号功率随频率的变换情况进行分析^[15-16]。

h. 随机信号。提供随机信号分析的专门工具,分离信号中的暂态量,提取特征分量,作为故障计算和信号分析的依据。

i. 扩充功能。提供了程序的标准接口,用于软件功能的扩充。

4 结语

装置设计方案充分利用了嵌入式系统在硬件上结构简洁、高效、针对性强,软件上具有实时、多任务、占用硬件资源小的特点,将传统的数据采集系统和数据分析系统合二为一。数据分析软件采用面向对象的设计方法,软件设计合理、功能完善、使用方便,能够很好地适应现代电力系统发展的新需求,并取得了良好的运行效果。

参考文献:

[1] 王铁军,董秀成. 电力系统故障录波综述[J]. 四川工业学院学报,2004,23(2):4-5.

WANG Tie-jun,DONG Xiu-cheng. Summary of power system fault record[J]. Journal of Sichuan University of Science and Technology,2004,23(2):4-5.

[2] 骆健,丁网林,唐涛. 国内外故障录波器的比较[J]. 电力自动化设备,2001,21(7):27-31.

LUO Jian,DING Wang-lin,TANG Tao. Comparison of domestic and foreign fault recorder[J]. Electric Power Automation Equipment,2001,21(7):27-31.

[3] 戴洪海. 基于 DSP 和嵌入式系统的继电保护测试仪研究与实现[D]. 武汉:华中科技大学,2004.

DAI Hong-hai. The research and realization of relay protection testing device based on DSP and embedded system[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2004.

[4] 张雄伟,曹铁勇. DSP 芯片的原理与开发应用[M]. 北京:电子工业出版社,2002.

[5] 杜新伟,李媛,刘涤尘,等. 基于嵌入式 PC 技术的电力故障波形重现装置[J]. 电力自动化设备,2005,25(2):59-61.

DU Xin-wei,LI Yuan,LIU Di-chen,et al. Power fault recurrence device based on embedded PC technology[J]. Electric Power Automation Equipment,2005,25(2):59-61.

[6] 邓洁清,郑建勇. 嵌入式实时操作系统在中低压综合测控保护装置的应用[J]. 电力自动化设备,2004,24(6):85-87.

DENG Jie-qing,ZHENG Jian-yong. Application of embedded real-time operation system in integrated measuring and protective device for mid- & low-voltage power system[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(6):85-87.

[7] 刘红岩. Linux 实用教程[M]. 北京:科学出版社,2000.

[8] 薛利民,孙海顺,王少荣,等. 基于 Linux 的电网状态监测系统软件[J]. 电力自动化设备,2004,24(7):65-67.

XUE Li-min,SUN Hai-shun,WANG Shao-rong,et al. Power grid state monitoring system software based on Linux[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(7):65-67.

[9] Xteam(中国)软件设计公司. Qt 程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[10] 李善平,刘文峰,王焕龙,等. Linux 与嵌入式系统[M]. 北京:清华大学出版社,2003.

[11] 郑兴华. 滤除衰减直流分量的全周傅氏精确算法[J]. 浙江电力,1998(1):46-48.

ZHENG Xing-hua. An accurate DTFT algorithm for decaying DC component filtration[J]. Zhejiang Power,1998(1):46-48.

[12] 侯有韬,张举. 一种滤除衰减直流分量的快速算法[J]. 继电器,2004,32(6):6-8.

HOU You-tao,ZHANG Ju. A fast algorithm for decaying DC component filtration[J]. Relay,2004,32(6):6-8.

[13] 侯有韬,张举,李炜. 提取衰减直流分量参数的改进算法[J]. 华北电力大学学报,2004,31(3):23-25.

HOU You-tao,ZHANG Ju,LI Wei. An improved algorithm for extracting decaying DC component[J]. Journal of North China Electric Power University,2004,31(3):23-25.

[14] 周强强. 新型电能质量监测装置的研究[D]. 保定:华北电力大学,2005.

ZHOU Qiang-qiang. Development of new equipment of monitoring power quality[D]. Baoding:North China Electric Power University,2005.

[15] 胡广书. 数字信号处理:理论、算法与实现[M]. 北京:清华大学出版社,1997.

[16] 崔翔. 信号分析与处理[M]. 北京:中国电力出版社,2005.

(责任编辑:汪玖珍)

作者简介:

刘东亮(1981-),男,河北沧州人,硕士,主要从事电力系统微机继电保护方面的工作与研究(E-mail:ldl605@163.com);

焦彦军(1963-),男,河北安国人,副教授,研究领域主要为微机继电保护及自动运动技术;

张新国(1956-),男,河北保定人,副教授,研究领域主要为微机继电保护及自动运动技术。