

基于 DSP +MCU 技术的新型故障录波器

胡林献¹, 杜万森¹, 李剑新²

(1. 哈尔滨工业大学电气工程系, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2 滨洲供电公司, 山东 滨洲 256610)

摘要: 介绍了采用嵌入式技术和 CPLD 技术的双 CPU 故障录波器的原理、结构及其特点。该装置具有高速采样、测量精度高、连续测量相量及动态回放、录波时间长等优点, 可以实现装置间的同步采样, 从而构造电网动态监视和控制系统。

关键词: 故障录波; 同步采样; GPS; 嵌入式系统

中图分类号: TM76 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)09-0054-04

0 引言

2003 年北美大停电要求我们对电力系统的安全稳定运行引起足够的认识。与此同时, 要想在事故后能正确地分析出事故的原因, 以便采取预防措施防止以后类似事故发生, 准确真实地再现事故发生前后的系统运行状况就显得极为重要。故障录波器做为电力系统“黑匣子”, 可以记录因短路故障、系统振荡、电压崩溃、频率崩溃等大扰动引起的系统电压、电流及其导出量, 如系统有功功率、无功功率及系统频率的变化全过程。

国内对故障录波器的研究已有好多年, 目前国内产故障录波器一般是采用“工控机 + 功能模块”的模式, 这类型故障录波器开发速度虽然快, 但是可靠性有赖于工控机, 因而可靠性不高。只不过实现了录波方式从模拟录波到数字录波的转变, 一般采样速率低 (低于 10 kHz), 采样控制和录波启动判断也一般由同一个 CPU 完成, 由于 CPU 性能的限制, 无法对数据进行高速计算, 实现内部信号触发录波, 因而不能详细记录系统暂态电气量。现在变电站规模越来越大, 对故障录波器提出了分布式安装的要求, 以节约成本, 因此, “工控机 + 功能模块”的故障录波器是难以实现的。

近年来, 随着电子技术的迅速发展, 电力自动装置采用嵌入式系统设计是个发展方向。本文研究的新故障录波器基于双 CPU 结构, 采用嵌入式技术采集和计算机存储通信技术, 不仅提高了数据处理能力, 增强了装置的可靠性、方便了通信存储, 而且在采用了 GPS 锁相同步采样技术后, 能满足现代电力系统厂站间装置严格同步采样的要求。

1 总体结构

故障录波器采用嵌入式系统设计, 包括故障测量单元和故障管理单元两个功能模块。

故障测量单元是整个装置的核心部分, 采用 DSP +MCU 的双 CPU 结构 (如图 1)。故障测量单元分成数据采集处理和数据通信系统、存储控制系统两个子系统。测量单元使用 CPLD 来控制、协调两个子系统的工作。他们利用共享存储器双口 RAM 来进行数据交换。

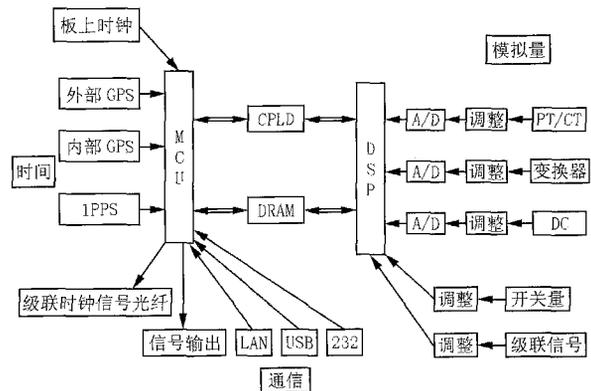


图 1 新型故障录波器结构框图

Fig 1 Structure of new fault recorder

故障管理单元主要负责接收故障测量单元以 COMTRADE 格式传送的故障数据, 故障信息管理的核心是故障分析后态软件, 它可以在工控机上运行完成分析任务, 并将数据及其分析结果送往调度中心 (如图 2)。

2 测量单元的硬件设计

2.1 数据采集处理系统

故障分析时对事故的“重现 越精细越好, 不仅

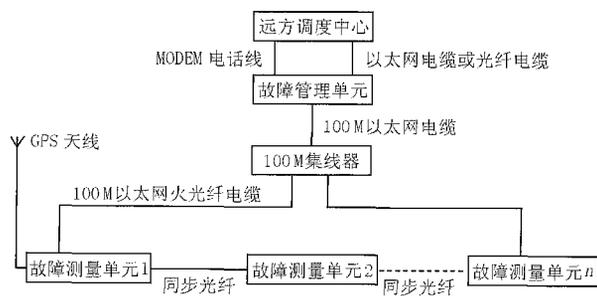


图 2 新型故障录波器分布式布置示意图

Fig 2 Disposition placement of the new fault recorder

要记录模拟量的基波,而且还要记录各高次谐波。这就要求系统的采样速率高,并同时执行相应的交流采样实时算法,以确保准确性和实时性。为此系统中采用 TI公司推出的 DSP数据信号处理芯片 TMS320F206 和 A/D 转换芯片 ADS8364。TMS320F206具有良好性价比,工作频率达 40 MHz,采用了改进的哈佛总线结构,程序存储器和数据存储器独立编址,数据吞吐量提高了一倍。内置专门的硬件乘法器使得乘法指令在一个周期内完成。ADS8364是 16位、转换速率为 250 kHz的 ADC,片内拥有 6路独立的采样/保持器和 A/D转换器,最大转换时间为 $4 \mu\text{s}$,模拟量测量精度为 0.5%。为了控制 DSP采集计算和 A/D转换,采样系统采用一片 CPLD芯片(Xilinx公司的 XC95108)来进行采样逻辑控制,它由许多内部功能模块组成,模块之间用可编程矩阵连接,通过软件编程可以实现各种逻辑器件的功能。

模拟量经变换、调理后进行 A/D 模数转换,模数转换器转换触发信号是 GPS提供、并经 CPLD处理过的同步触发脉冲,频率为 10 kHz。该触发脉冲作为所有装置的 A/D转换触发脉冲,实现所有装置间的严格同步采样,同时利用 GPS给故障数据贴上精确的时间标签,提供同步相角数据,可以升级作为将来要构建广域同步测量控制系统的终端设备。数据采集处理系统的结构图如图 3所示。

2.2 数据通信存储系统设计

数据通信存储系统的 CPU采用摩托罗拉的 32位嵌入式微处理器 MCF5272,具有 32位地址和数据寻址能力,工作主频为 66 MHz,处理指令速度最高可达 2.1 MIPS。它的处理能力已远超现有故障录波器的 CPU(单片机)处理能力。同时,MCF5272集成有 10/100 M以太网控制器和一个 USB 模块,使得录波器通讯方式多样化,也便于将来故障录波

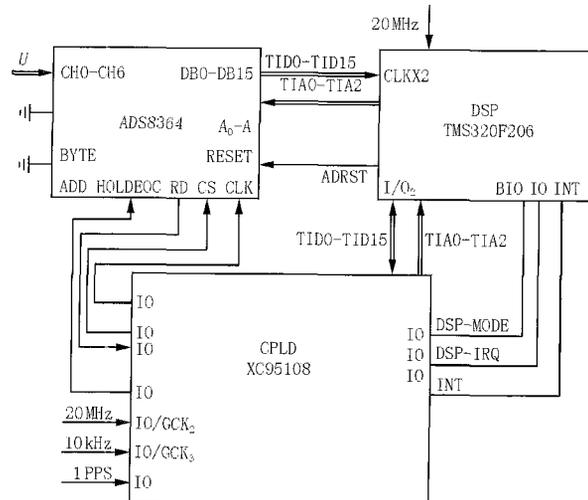


图 3 数据采集处理系统框图

Fig 3 Block diagram of data sampling and processing system

器联网。

为了满足实时性的要求,MCU采用嵌入式操作系统 uC/OS-2,安全、稳定、可靠,完全满足故障录波器实时、可靠的要求。

数据交换采用双端口方式(RAM是 DT7027),存储容量可达 $32 \text{ k} \times 16$,并提供两套独立的控制、地址和输入(输出)引脚,这样可以同步读(写)存储器中任一地址单元中的内容。为了避免 DSP和 MCU在同一时间内对同一共享存储单元访问时发生冲突,两个 CPU的地址信号和读写控制信号全部接入 DRAM的仲裁电路,以防发生操作冲突。在 CPLD控制逻辑控制下,MCU从 DRAM中读取 DSP写入的数据,进行录波启动判断。主 CPU模块中有一大容量的环形存储区,MCU从 DRAM读取的数据经处理后不断地写入该环形存储区、不断地更新。如果数据符合录波启动条件,MCU则启动录波,同时把环形存储区的数据存储下来,经过主 CPU板上的以太网口传给后台的工控机,由后台机上运行的录波分析软件对录波数据做进一步的分析,否则,MCU只是不断地更新环形存储区里的数据。

GPS模块不但提供 10 kHz的采样信号,并且为装置提供了用于校准时的秒脉冲信号 1 PPS,以校准整个装置的时钟精度。系统时间在 GPS授时脉冲精度不低于 $1 \mu\text{s}$ 的前提下,最大的对时误差为 $5 \mu\text{s}$,使得录波数据上的时间标签分辨率达到了 1 ms 。装置也可以串口方式收发 GPS时钟信号,实现装置 GPS时间级联,保证了在分布式安装方式下采

样时间的一致性及其精度,保证了双端测距的精度。

3 软件设计

3.1 测量单元软件设计

测量单元的嵌入式软件主要完成以下的功能:

1) 连续不断地对所监测的线路或机组的基本电气量进行快速的扫描采样,读取 A/D 转换结果,进行交流采样和实时计算,对继电保护和自动装置进行扫描。

2) 接受管理单元对测量单元系统参数的整定及数据采集处理系统启动定值的整定。

3) 实时采样计算及录波启动判断,如符合启动条件则启动录波,把测量单元中环形缓冲存储单元的录波数据打包成 COMTRADE 格式文件,通过以太网网口传送给故障管理单元,进行故障分析。

测量单元软件流程图如图 4 所示。

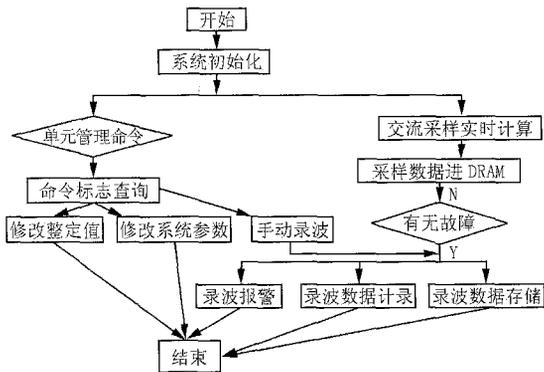


图 4 测量单元软件流程图

Fig 4 Flow chart of measuring unit software

3.2 数据通信存储系统应用程序的设计

应用程序的流程图如图 5 所示,各部分的工作过程如下。

上电复位初始化:uC/OS- 操作系统先对系统进行复位,由 CPLD 同意给出复位信号,然后转载主程序,对相应的系统进行初始化(包括装置时钟和故障录播标志位)。

录波终端子程序:当 DSP 初始化完成后,就通过 CPLD 给 MCU 握手信号要求通信,MCU 查询 DRAM 的状态字,读取 DRAM 中的数据,对其进行故障判断。

录波数据存储:判断是故障后,uC/OS- 调用故障存储控制块,通过以太网控制器把环形缓冲区的数据传送到管理单元的硬盘,同时,刷新环形缓冲区的数据,进行新一轮的故障判据。

系统参数设置:查询 RAM 的控制字,是否有数值

更新,如有则更新 DS1742 里的数值,并完成对装置刻度的校准、装置运行参数的设置。其流程图如图 5。

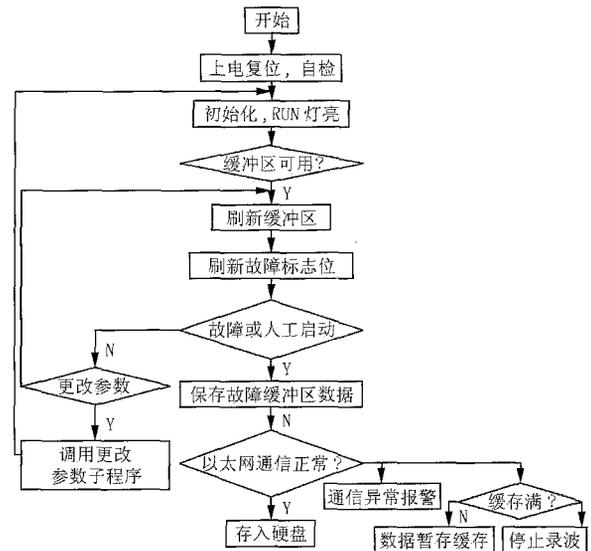


图 5 MCU 应用主程序流程图

Fig 5 Flow chart of the main applying process of MCU

4 结论

本文介绍了采用嵌入式技术和 CPLD 技术的双 CPU 故障录波器的原理、结构及其特点。该装置具有如下特点:

1) 可实现 48 路模拟量和 128 路开关量同步采集,采样频率 10 kHz,每次记录的采样数可达 1.68 M。辅之以多缓冲记录、变速度记录及 100 MB PS 高速以太网网络数据传输,各种复杂的故障过程都可实现无缝记录,得到故障发生前、发生过程中、发展和消除的全过程数据记录。

2) 具有高速采样、测量精度高、动态回放、录波时间长等优点,可以实现装置间的同步采样,从而构造电网动态监视和控制系统。

3) 能自动监视电网,不仅在扰动后启动暂态/动态记录,而且装置能连续不间断地自动记录各相电压/电流相量、频率、开关接点输入状态,并可导出有功、无功功率数据。

参考文献:

[1] 钟俊,吴言荪,张占龙,等.基于 DSP 的数据采集及故障录波模块[J].渝洲大学学报,2000,17(3):30-35.
 ZHONG Jun, WU Yan-sun, ZHANG Zhan-long, et al A Data Sampling and Fault Recorder on the Base of DSP [J]. Journal of the Yuzhou University, 2000, 17(3): 30-35.

- [2] 牟晓勇,黄益庄,李志康,等. 嵌入式双速暂态信号同步录波装置[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(20): 92-94.
MOU Xiao-yong, HUANG Yi-zhuang, LI Zhi-kang, et al The Synchronous Fault Recorder of Embedded Dual-speed Transient Signal[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(20): 92-94.
- [3] 罗杰. 一种基于双端口 RAM 的高速数据采集系统设计[J]. 电子学与计算机, 2001, (6), 52-54.
LUO Jie. The Design of High-speed Sampling System on the Base of Dual-port RAM[J]. Electronics and Comput-

er, 2001, (6): 52-54.

收稿日期: 2004-11-10; 修回日期: 2005-03-05

作者简介:

胡林献(1966-),男,博士,副教授,研究方向为电力系统分析与控制、电压稳定; Email: zhuhaol005@sohu.com
杜万森(1979-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统自动化装置;
李剑新(1971-),男,硕士,研究方向为电力系统规划和电力系统自动化装置。

A new fault recorder based on DSP+MCU double CPUs

HU Lin-xian¹, DU Wan-sen¹, LI Jian-xin²

(1. Dept of Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. Binzhou Electric Power Supply Company, Binzhou 256610, China)

Abstract: The principles, structure and characteristics of a new fault recorder based on the technology of DSP+MCU double CPUs are described. The embedded and CPLD technologies are used in the device. The recorder has some advantages, such as high-speed samplings, high-accuracy measurement, continuous phase recording and recurring, and longtime fault recording, et al. If synchronous-sampling based on the GPS is used in the devices, a dynamic monitoring and control system for power network will be erected.

Key words: fault record; synchronous sampling; GPS; embedded system

(上接第 11 页 continued from page 11)

Application of data fusion based on fuzzy neural network in transmission line fault diagnosis

LU Yan-yan

(College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: Multi-sensor data fusion technique used in transmission lines diagnosis system can distinguish the fault location and classification rapidly and accurately. In this paper, many sensor networks are distributed at different areas, firstly the local fuzzy neural network fuses the information from corresponding sensor network in character level, secondly the outputs, which are diagnosis conclusion, are fused by terminal neural network in decision level. This method is proved feasibility with lots of simulation experiments.

Key words: data fusion; fuzzy neural network; fault diagnosis; BP algorithm; membership degree

新书介绍

《基于晶闸管的柔性交流输电控制装置》中文版近期已由机械工业出版社出版,原著作者为加拿大 R. Mohan Mathur 教授和印度 Rajiv K. Vama 教授,2002年由 John Wiley & Sons 出版社出版。译者为浙江大学徐政教授。本书整合了分散在各种出版物上的相关资料,全面、系统、详尽地展示了 FACTS 技术的方方面面:包括不同种类 SVC 和 TCSC 的运行原理、控制技术及其模拟方法;控制系统的性能及其影响因素,如测量系统的影响,网络谐振的影响,谐波相互作用的影响等;不同控制目标的控制器的设计方法,如提高功率传输能力,改善系统稳定性,增强阻尼,缓解次同步谐振,防止电压不稳定等;不同控制装置之间的相互作用特性及 FACTS 控制装置之间的协调技术;新兴的 FACTS 控制装置,如 STATCOM、SSSC 和 UPFC 等。本书对 FACTS 技术的理论与实践都有系统、深入的讨论,书中含有大量分析和设计的实例,是一本综合性很强的专著,满足了本领域的迫切需求,是从事 FACTS 技术开发、教学和工程应用人员的不可或缺的技术手册。

本书的详细介绍和目录参见本网站首页。本书为 16 开本,434 页,56 万字,定价 49 元。购书联系电话:010-88379645 88379646 传真:010-68326287;汇款到:北京市西城区百万庄南街 1 号机工书店邮购部。加 15% 的邮寄费。邮编:100037