

基于 DSP 技术的新型微机线路保护装置

鲍雅萍¹, 李晓红²

(1. 安阳工学院 机械工程系, 河南 安阳 455000;

2. 安阳工学院 电气工程系, 河南 安阳 455000)

摘要: 介绍了一种基于数字信号处理器(DSP)芯片的新型微机线路保护装置。该装置采用数字保护、测控一体化设计,可同时实现输电线路的保护、测控、操作等功能。硬件方面采用 32 位定点 DSP 芯片 TMS320F2812 为核心部件,系统由 CPU 模块、模拟量采集模块、开关量输入/输出模块、液晶显示模块、电源模块和通信接口等模块统一组成。软件方面采用 DSP 芯片的集成开发环境 CCS 开发。

关键词: 线路保护; DSP; CCS

中图分类号: TM 774

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)09-0107-03

随着电力系统快速发展,传统的基于 8 位或 16 位单片机的微机产品,由于受硬件资源及功能过于简单的限制,其优势难以充分发挥。将数字信号处理器(DSP)应用于微机继电保护,可在硬件资源开发平台等方面取得很多优越性,并通过与复杂可编程逻辑器件(CPLD)的配合能极大提高装置可靠性和灵活性,同时缩短数字处理计算时间,完成一些复杂算法^[1]。这里介绍一种基于该方案的微机保护装置。

1 装置结构和功能

装置采用数字保护、测控一体化设计,可同时实现输电线路的保护、测控、操作等功能。装置的硬件系统结构如图 1 所示。

装置提供三段式电流和电压方向保护^[2]、小电流接地选线、三相一次重合闸、过负荷、后加速、低周减载、零序过电流等保护功能及测量功能,提供通信接口,可以和其他保护、自动化设备一起,通过通信接口组成变电站自动化系统,用于 35 kV 及以下各电压等级的中性点不接地或小电流接地系统。

2 装置硬件设计

硬件主要划分为电源模块、模拟量采样模块、主

CPU 及周边电路模块、通信接口模块、开关量输入/输出模块和人机接口 6 部分。硬件平台采用 DSP + CPLD 为核心的方式设计,装置的 CPU 采用 TI 公司生产的 TMS320F2812DSP 芯片,该种型号的 DSP 兼具数字信号处理和微控制器的特点,从而为其在本装置中的应用提供了成本和性能的一个很好的结合点^[3]。装置所用的 CPLD 芯片为 Lattice 公司高性能 ISPMACH4000 系列的 CPLD。采用这种 DSP+CPLD 的技术,可以大幅提高装置的可靠性和灵活性,并缩短研发周期^[4]。

2.1 CPU 主模块

处理器模块负责信号的调理滤波、采样保持、A/D 转换、数据计算、逻辑判断、开入/开出、通信、计时等功能。同时,该模块对系统有完善的自检功能,可检查报告电路板上元器件故障,提高了装置的可靠性^[5]。装置的处理模块由 32 bit 定点 DSP TMS320F2812 微处理器系统构成。

TMS320F2812 具有峰值运行每秒 150 万条指令(MIPS)的处理速度和单周期完成 32×32 bit MAC 运算功能,同时它还具有 128 K×16 bit 的片上 Flash, 18 K×16 bit 的片上 RAM 以及大量的片上外设,包括

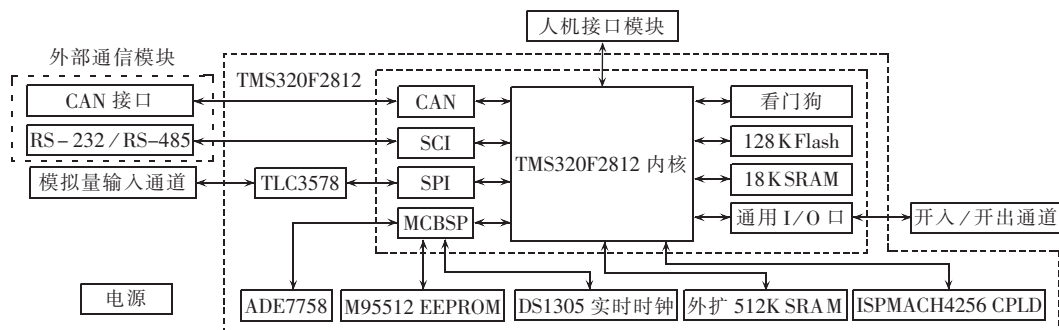


图 1 系统硬件结构图

Fig.1 Structure of system hardware

A/D 转换模块、2 个事件管理器(EVA 和 EVB), CAN 总线控制器、2 个串行通信接口模块(SCIA 和 SCIB)、串行外设接口模块(SPI)、多功能串行接口(McBSP)及 56 个通用 I/O 口^[6]。

外围控制电路采用 1 片 CPLD 即 ISPMACH 4256V 芯片进行地址译码、逻辑组合、I/O 接口扩展、信号分频、时序配合等。在系统接口有特殊要求时,只要更改其逻辑文件即可满足用户要求,使系统灵活方便,而且缩短了开发周期。CPLD 功能见图 2。

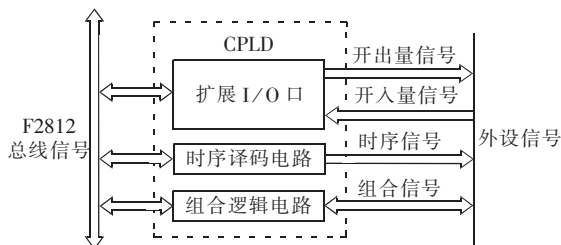


图 2 CPLD 的功能图

Fig.2 Functional diagram of CPLD

带实时时钟 NAVRAM 芯片采用 DS1305,通过多通道缓冲串口 MCBSP 扩展,进行实时时钟获取和定时,保持和 RAM 中的时间寄存器相一致,同时用于故障录波和事件顺序记录(SOE)^[7]。EEPROM 采用容量为 512 Kbit 的 M95512,用于存放保护定值和系统额定参数。同时外挂 2 片 SRAM 芯片 IS61LV25616AL,一片作为程序 RAM,另一片作为数据 RAM。通过 SPI 口接入电量芯片 ADE7758,它是一款高精度的三相电能测量芯片,可以测量 Y/Δ 三相结构的有功功率、无功功率和视在功率,电压有效值、电流有效值^[8]。另外,DSP 的工作电压是 3.3 V,而外围电路一般是 5 V,因此采用 74HC245 来实现 DSP 和外围芯片电压的转换^[9]。

2.2 其他组成模块

模拟量采集模块主要由调理滤波、采样保持、A/D 转换、过零检测等单元回路组成。由精密电位器构成调整电路,目的是调节 TV 和 TA 的输出电压。二

阶低通滤波器用来滤除高次谐波^[10]。虽然 F2812 处理器内含 2×8 通道 12 bit ADC,为了更好地符合精度要求采用了 14 bit 高精度串行 A/D 转换芯片 TLC3578,并通过 DSP 的串行外围接口 SPI 控制。过零检测主要完成频率和相位的测量^[11]。

开入/开出模块主要完成现场状态信号的输入和动作信号的输出。现场断路器、隔离开关、继电器、按钮等,其开入信号的电压一般都比较低,因此采用光电隔离器件处理^[12]。开出模块是执行环节,它包含出口信号的动作、出口跳合闸动作和断路器位置信号指示等。由于继电保护装置 CPU 的扩展口一般较少,不能满足输入/输出的需要,因此在读入开入量及输出量时需要进行口的扩展。本装置中此部分功能集成在 CPLD 中,并挂在其内部的地址/数据总线上。

人机接口模块采用人性化的面板设计,由单独的 AT89C51 单片机控制液晶显示模块(LCM)并采用 RS-232 接口同 CPU 主模块通信。液晶进行全汉化显示,共有 6 个薄膜按键,通过上、下、左、右、取消和确认的按键操作可轻松地监视装置采集的各种数据、通信状态,修改整定定值以及其他各种操作^[13]。

通信模块包括传统的 RS-232、RS-485 标准接口以及 CAN 总线现场通信接口。可以实现同前置工控机、后台 PC 机及各保护装置之间的通信要求。RS-232、RS-485 通过 DSP 自带的 SCI 接口实现,CAN 总线采用 SJA1000 控制器和 TJA1050 驱动器,大幅提高了装置通信的速度和稳定性^[14]。SJA1000 控制器和 TJA1050 驱动器的工作原理图如图 3 所示。

3 装置软件设计

为实现快速、实时、可靠的保护功能,采用 C 语言和汇编语言混合编程。根据微机线路保护装置数据采集、数字滤波、动作判别、信号输出、人机接口等功能不同的实时性要求,将各功能进行模块化处理^[15]。保护系统软件由主监控程序和中断服务子程序 2 部分组成。其中,主监控程序完成整个保护装置基本功

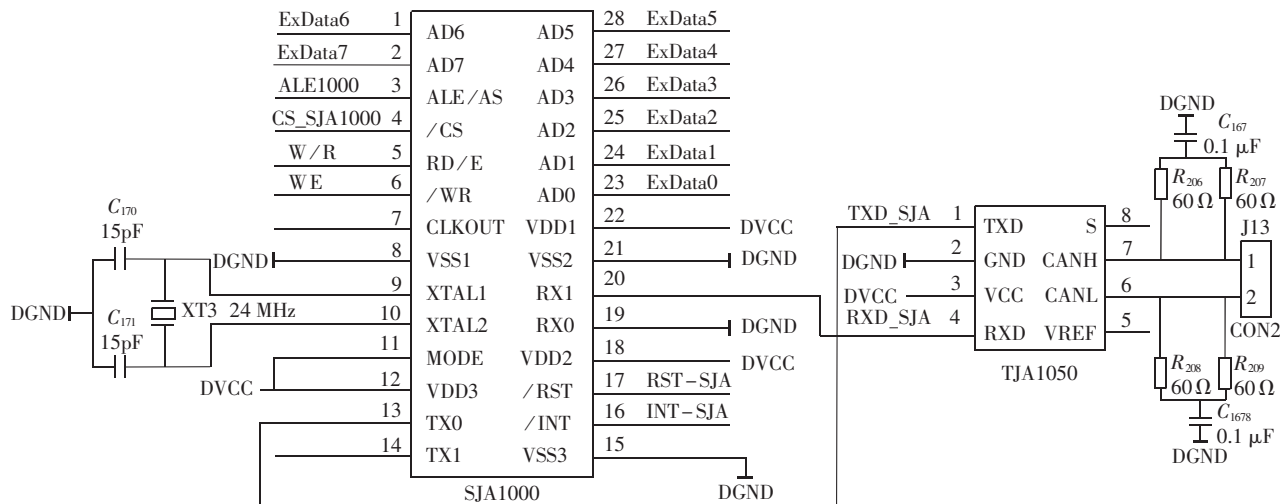


图 3 CAN 原理图

Fig.3 Principle diagram of CAN

能,包括保护装置的初始化、自检、数值处理、故障判断、出口动作等模块;中断服务子程序包括定时采样、A/D转换、键盘中断及串行通信中断等模块。交流采样算法中,由于保护装置所面对的是电力系统发生故障时的暂态过程,这一暂态信号除了正弦基波分量外,还含有衰减的非周期分量、高次谐波分量及其他干扰等,考虑到DSP强大的数字运算能力,及傅里叶算法较强的滤除高次谐波的功能,因此实际中采用快速傅里叶(FFT)算法。本保护装置的软件开发环境选用TI推出的用于开发其DSP芯片的集成开发环境CCS(Code Composer Studio)。该工具提供的编译器可将C语言程序编译为DSP的汇编语言程序,然后链接生成可在DSP上执行的COFF格式的文件^[8]。而CCS自身也提供优化器可对C代码进行优化,并生成汇编语言程序。它集编辑器、调试器、对象管理器、实时分析器、编译器、图形信号分析器等于一体,可满足复杂的DSP应用要求。

4 结语

随着电力系统的飞速发展和微电子技术、计算机技术与通信技术的不断进步,微机继电保护装置已经以其优良的性能、方便的操作和简单的维护在国内外各电网中得到迅速推广。这里所介绍的基于DSP的微机线路保护装置,不仅能达到继电保护可靠性、选择性、灵敏性和速动性的基本要求,而且随着DSP技术的快速发展,它代表着今后微机继电保护装置的发展方向。

参考文献:

- [1] 陈德树. 计算机继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1992.
- [2] 刘园, 周有庆, 彭红海, 等. 基于DSP的电力系统多功能微机保护实验装置的设计[J]. 继电器, 2005, 33(6): 56-58, 65.
LIU Yuan, ZHOU You-qing, PENG Hong-hai, et al. Design of multi-functional microcomputer protection device for power system based on DSP[J]. Relay, 2005, 33(6): 56-58, 65.
- [3] 苏奎峰, 吕强, 耿庆峰, 等. TMS320F2812 原理与开发[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 李刚, 王翠霞, 温渤婴. 一种新型微机继电保护实验装置的研制[J]. 继电器, 2005, 33(22): 16-20.
LI Gang, WANG Cui-xia, WEN Bo-ying. Research and development of a new experimental device for digital relay protection[J]. Relay, 2005, 33(22): 16-20.

- [5] 魏宜华, 焦彦军, 张新国, 等. 通用继电保护微机型实验装置的设计[J]. 电力系统及其自动化学报, 2005, 17(3): 95-98.
WEI Yi-hua, JIAO Yan-jun, ZHANG Xin-guo, et al. Design of general microprocessor-based experiment apparatus for relay protection[J]. Proceedings of the EPSA, 2005, 17(3): 95-98.
- [6] 杨奇逊, 刘建飞, 张涛, 等. 现代微机保护技术的发展与分析[J]. 电力设备, 2003, 4(5): 10-14.
YANG Qi-xun, LIU Jian-fei, ZHANG Tao, et al. Technical development and analysis on modern microprocessor-based protection[J]. Electrical Equipment, 2003, 4(5): 10-14.
- [7] INCORPORATED T. TMS320C28X 系统 DSP 的 CPU 与外设[M]. 张卫宁, 译. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [8] 刘和平, 张学锋, 严利平, 等. TMS320LF240x DSP 结构、原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [9] 杨奇逊. 微型机继电保护基础[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988.
- [10] 许正亚. 变压器及中低压网络数字式保护[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
- [11] 周芸, 杨奖利, 路青起. 基于 TMS320F2812 的线路保护系统[J]. 高压电器, 2005, 41(4): 289-291.
ZHOU Yun, YANG Jiang-li, LU Qing-qi. Transmission line protection system based on TMS320F2812[J]. High Voltage Apparatus, 2005, 41(4): 289-291.
- [12] 张壬寅, 夏锦胜. 基于 DSP 平台的中低压微机保护装置[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(9): 80-83.
ZHANG Ren-yin, XIA Jin-sheng. Research on DSP-based protective device for mid/low-voltage power system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(9): 80-83.
- [13] 荣彩霞, 张哲, 潘军军, 等. 新型高压线路微机保护装置研制[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(12): 55-58.
RONG Cai-xia, ZHANG Zhe, PAN Jun-jun, et al. Protective device for high-voltage transmission line[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(12): 55-58.
- [14] 姚志强, 盛孟刚. 基于数字信号处理和 CAN 总线的综合微机保护系统的设计[J]. 湘潭大学自然科学学报, 2005, 27(4): 108-113.
YAO Zhi-qiang, SHENG Meng-gang. Design of multifunctional microcomputer protection system based on digital signal processing and CAN bus[J]. Natural Science Journal of Xiangtan University, 2005, 27(4): 108-113.
- [15] 肖洪, 丁磊, 王瑞. 微机型变压器保护的研究[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(11): 48-50.
XIAO Hong, DING Lei, WANG Rui. Study on microprocessor-based transformer relay protection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(11): 48-50.

(责任编辑: 李玲)

作者简介:

鲍雅萍(1966-), 女, 河南获嘉人, 副教授, 研究方向为电气控制(E-mail: aydxby@sohu.com);

李晓红(1967-), 女, 河南安阳人, 工程师, 研究方向为电气控制。

Line protection based on DSP

BAO Ya-ping¹, LI Xiao-hong²

(1. Department of Mechanical Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China;

2. Department of Electrical Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang 455000, China)

Abstract: A line protection based on DSP(Digital Signal Processor) is introduced, which adopts integrative design of digital protection, measuring and control to realize the functions of transmission line protection, measuring, control and operation. With the 32-bit fix-point DSP as its core, the system hardware is composed of CPU module, analog sampling module, binary input/output module, LCD (Liquid Crystal Display) module, power supply module and communication module. The system software is developed in integrated development environment CCS(Code Composer Studio).

Key words: line protection; DSP; CCS