

基于 DSP的电力系统多功能微机保护实验装置的设计

刘园, 周有庆, 彭红海, 刘艳荣

(湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要: 提出了以 TMS320LF2407 DSP为核心处理器的电力系统多功能微机保护实验装置的设计方案,并针对装置的原理框图,对装置的主要硬件构成部分进行了具体介绍。还详细介绍了如何采用串口下载保护程序到 TMS320LF2407片内 Flash,正是通过这种保护程序下载可实现用一套微机保护实验装置完成多种不同的保护功能实验。

关键词: TMS320LF2407; 硬件; 程序下载

中图分类号: TM774

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2005)06-0056-03

0 引言

近十年来继电保护装置发展十分迅猛,微机保护设备以其维护调试方便、可靠性高、使用灵活方便、具有远方监控特性等独有的优势迅速淘汰了集成电路和晶体管继电保护装置,并且随着微型计算机及其应用技术的快速发展,新的微机保护装置还在不断推出,在我国新建的高中压变电站的输变电设备均采用了各种形式的微机保护装置,老变电站的输变电设备继电保护改造也采用了微机保护装置。但是大量投入运行的微机保护装置不允许用来进行试验、培训,因此提供一套多功能微机保护实验装置对于提高变电站运行人员和技术管理人员的微机保护技术水平,维护电力系统安全、可靠运行具有重要的意义。

正是在这样的背景下研制开发了这套实验装置,与利用 DSP研究的微机保护装置相比,本装置在系统设计上突破了传统的一套保护装置实现一种保护功能的局限,实现了多种保护功能集于一套实验装置中,实验者可分别选择电流保护、电压保护、距离保护、变压器保护、高频保护和综合重合闸等多种不同的保护程序,或自行设计保护算法、编制程序,通过上位机下载到实验装置,从而完成相应的保护功能实验。

1 系统总体方案

装置中采用高性能 DSP芯片 TMS320LF2407作为主 CPU,DSP是专门用于数字信号处理的芯片,它计算能力强、运算速度快,完全能满足保护对迅速性、可靠性的要求;另外为了方便地实现人机交互,

利用单片机 AT89C52较强的外围设备管理能力,完成对微机保护实验装置液晶显示器控制。主要工作流程是:进行微机保护实验时,先通过串口从上位机下载保护程序到 DSP芯片,再由 DSP发出采样命令,这时模拟输入信号经过滤波、采样保持、多路转换及模数转换(A/D)后,变成数字信号交给 DSP进行运算处理,以完成各种继电保护功能;同时 DSP还将得到计算结果通过串行通讯接口传给单片机,由单片机负责将计算结果显示在液晶显示器上。装置原理框图如图 1所示。

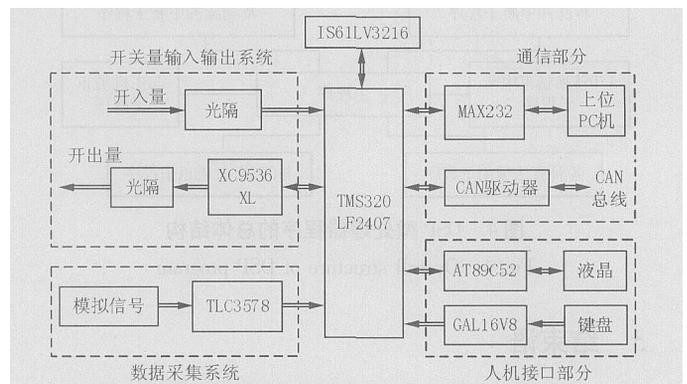


图 1 多功能微机保护实验装置原理框图

Fig 1 Block diagram of multi-functional microcomputer protection device

2 硬件电路设计

2.1 数据采集电路

信号采集和转换是由 TLC3578完成。TLC3578是双极性输入、8通道的 14位高速 A/D转换器,它采用逐次逼近原理进行 A/D转换,芯片内置模拟量多路转换开关,可编程实现 8路同时采样,或选择不

同通道采样,并自动实现采样保持功能,转换一路的最长时间为 $3\ \mu\text{s}$ 。TLC3578通过 SPI串行外围接口与 DSP的 I/O管脚相联,将采集到的模拟量转化为数字量送到 DSP进行计算。SPI串行外设接口是近年来新发展的一种高速同步串行通讯接口,它仅用 4个引脚就可实现与 DSP控制器之间的通信,这样一来大大减少引脚数目。

2.2 DSP主电路

DSP电路完成数值的采集、保护逻辑判断、保护故障巡检、开关量输入与输出及人机接口的串行通信等任务,是整个微机保护实验装置的核心。

本装置中的 DSP采用 TI公司生产的 TMS320LF2407,它是 TMS320C2000平台下的一种高速、高性价比、低功耗的 16位定点 DSP芯片,作为 DSP控制器 24x系列的新成员,具有以下突出特点:采用高性能静态 CMOS技术,使得供电电压降为 3.3V,减小了控制器的功耗;30 MIPS的执行速度使得指令周期缩短到 33 ns(30 MHz),从而提高了控制器的实时控制能力;片内有 32 k字的 Flash程序存储器,实验时上位机将保护程序通过串口下载到 Flash中执行;另外 TMS320LF2407还具有两个事件管理器模块 EVA和 EVB、控制器局域网络(CAN)模块、低电压检测和看门狗定时器模块和串行通信接口(SCI)、串行外设接口(SPI)。

TMS320LF2407 DSP芯片除了上述突出特点外,还提供有 C编译器,可支持通用 C语言编写程序。在本装置的软件开发过程中就主要是采用 C语言,特别是保护算法程序,这是因为一方面 C语言具有良好的模块化,易于维护和移植;另一方面利用定点 DSP研制实验装置,运算时可能会产生数据溢出,例如两个整型量(int型)相加,其和的范围就有可能超过 int型量的范围而溢出,而采用 C语言开发编写保护算法程序就可以解决这一问题,就以上面的两个整型相加为例,在其相加和有可能溢出时,可将其和的变量类型定义成长整型(long型),这样一来就可以完全避免数据溢出。

由于 TMS320LF2407芯片内数据/程序 RAM只有 2.5k字,因此在 DSP主电路上还扩展有 16位的高速静态存储器 IS61LV3216。该芯片的容量为 $32\ \text{k} \times 16$,用于存放数值计算及逻辑运算过程的中间数据及其结果。

2.3 开关量输入输出电路

为了提高保护装置的抗干扰能力,开入量经过

光电隔离后,直接接到 DSP芯片的 I/O口;而开出量则是先由 DSP芯片的 I/O口产生,经 CPLD芯片扩展后,通过光电隔离开出给继电器。CPLD采用 Xilinx公司的 XC9536XL,它除了用来扩展 I/O口,还和 DSP的其它控制信号相连,负责产生整个系统的片选信号。

2.4 人机接口电路

人机接口电路主要是指键盘输入、液晶显示电路,这一部分电路的主要作用是通过键盘和液晶显示器完成人机对话任务。

键盘输入电路是由键盘和可编程逻辑器件 GAL16V8组成。人机接口的面板上键盘有 7个键,加入 GAL16V8芯片后,可将原来对应的 7个输入量减少到 3个,接至 DSP芯片的 I/O口,这样一来可以大大地节省 I/O口线。

液晶显示电路主要由液晶显示模块和单片机 AT89C52构成。液晶显示模块采用 SED1335液晶显示控制器(最大驱动能力 640×256),它有较强功能 I/O缓冲器,支持图形和文本方式混合显示;AT89C52为 ATME公司的兼容 MCS51微控制器,它内含 8 k字节的 Flash存储器,用来存放液晶驱动显示程序和字库,不需要再外扩 ROM作为外部程序存储器。AT89C52与液晶模块一起构成一个相对完整独立的液晶显示电路,通过串口与 DSP主电路相连。

2.5 通信电路

通信电路包括上位机与装置 DSP之间的 RS232串口通信电路和多套装置 DSP之间的 CAN总线通信电路两部分。RS232总线通信方式的接口控制芯片采用常用的接收发送器芯片 MAX232。而 CAN总线接口主要由 Philips公司的 PCA82C250 CAN控制器接口芯片构成,同时在 DSP CAN控制器和接口芯片之间采用 6N137高速光耦进行光电隔离,从而有效地防止电磁干扰。

3 DSP程序的下载

为了在实验过程中,实现一套实验装置硬件完成多种不同的保护功能实验,需要将不同的保护程序下载到 DSP芯片的 Flash存储器中执行。TMS320LF2407片内有 32 k字 Flash阵列作为程序存储器,Flash阵列可以通过 JTAG口进行编程,但是采用 JTAG口编程不仅需要目标板上有 JTAG口,

同时还需要有专门的 JTAG 口接口电路。因此这种 Flash 编程的方法一般用于仿真器调试阶段。TMS320LF2407 还设计了另一种 Flash 编程的方法——串行引导加载,即用串行接口 (SCI) 对 Flash 存储阵列进行编程。TMS320LF2407 的 SCI (Serial Communication Interface) 是一种符合工业标准 RS232 的串行接口,它外接 RS232 驱动电路,可实现与 PC 主机的简易接口。这种串行口引导加载为 Flash 编程提供了一种很方便的方法,适用于装置的一般运行操作。

串行口引导加载程序的流程如图 2。TMS320LF2407 芯片的引导 ROM 中有两个加载器,在用串口对 Flash 编程时,要求先将芯片的 BOOT_EN 引脚置为低电平,从而激活引导 ROM 中的异步串口加载器,接着匹配波特率协议,从而同步主机和 TMS320LF2407 之间的通信。当这种同步通信建立起来,主机将下载一个内核到 TMS320LF2407,这个内核除了包括排列程序,还包括与异步串口的接口程序,一旦内核初始化正确,清零 (将 Flash 阵列中的每一位置 0)、擦除 (将 Flash 阵列中的每一位置 1)、编程 (写入需要下载到 Flash 中的数据) 算法就将被下载并执行。

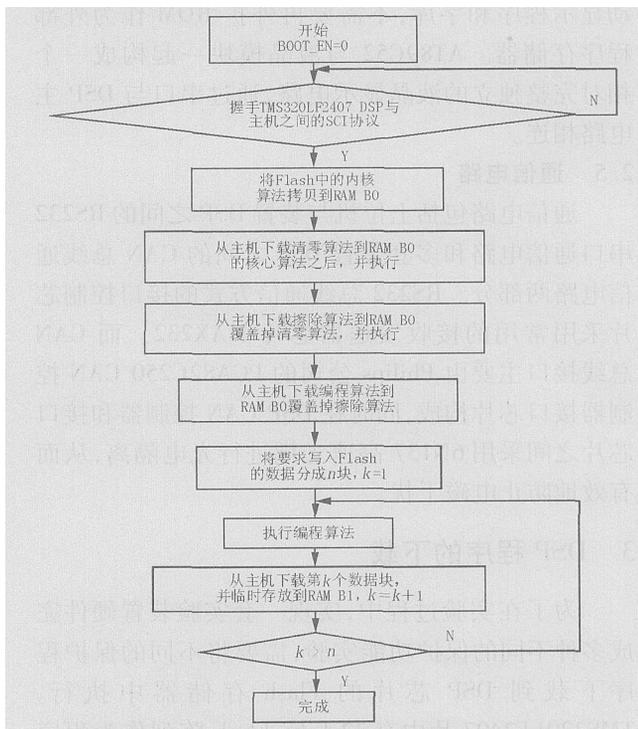


图 2 串行口引导加载编程的流程图

Fig 2 Flow chart of serial boot load programming

为了最小化引导加载代码在 Flash 存储器中所

占的常驻空间, TMS320LF2407 的 Flash 阵列中仅仅存储了内核算法,而清零、擦除和编程算法在每次执行 Flash 编程时从主机下载,这样一来常驻引导加载器的代码大大减少;另外,因为清零、擦除和编程算法由 TI 公司提供,所以将其保留在主机还有利于它们的实时更新。

4 结束语

针对投入运行的微机保护装置不允许用来进行试验、培训,而现有的用于电力系统试验、培训的微机保护实验装置种类少、功能单一的不足,开发了这套基于 DSP 的多功能微机保护实验装置。本装置采用 DSP 芯片 TMS320LF2407 作 CPU,在装置的硬件设计上发挥了 TMS320LF2407 处理性能好、外设集成度高、控制能力强的优点,同时还充分利用了 TMS320LF2407 的片内 Flash 可擦写编程特点,通过 RS232 串口在线引导加载多种不同的保护程序,从而实现了一套实验装置完成多种保护功能实验。

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
CHEN De-shu Principle and Technology of the Computer Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1992
- [2] 刘和平, 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
L I U He-ping, YAN Li-ping, et al Configuration Principle and Application of TMS320LF240x DSP [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1992
- [3] TMS320LF240x Flash Programming [EB/OL]. www. TI.com.

收稿日期: 2004-07-01; 修回日期: 2004-09-01

作者简介:

刘园 (1980 -), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统微机保护及自动化技术; E-mail: liuyuan_net@yahoo.com.cn

周有庆 (1944 -), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事电力系统继电保护与微机保护的教学和科研工作。

(下转第 65 页 continued on page 65)

- casting Technology and Its Application[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998. 16-24.
- [2] 邢棉. 季节性预测的组合灰色神经网络模型研究[J]. 系统工程理论与实践, 2001, (1): 31-35.
XNGMian Research on Combined Grey Neural Network Model of Seasonal Forecast[J]. Theory and Practice of System Engineering, 2001, (1): 31-35.
- [3] 牛东晓, 乞建勋, 邢棉. 二重趋势性季节性电力负荷预测组合灰色神经网络模型[J]. 中国管理科学, 2001, 9(6): 15-20.
N U Dong-xiao, Q I Jian-xun, XNGMian Combined Optimum Gray Neural Network Model of the Seasonal Power Load Forecasting with the Double Trends[J]. Chinese Journal of Management Science, 2001, 9(6): 15-20.
- [4] 牛东晓, 陈志业, 邢棉, 等. 具有二重趋势性的季节性电力负荷预测组合优化灰色神经网络模型[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(1): 29-32.
N U Dong-xiao, CHEN Zhi-ye, XNGMian, et al Combined Optimum Gray Neural Network Model of the Seasonal Power Load Forecasting with the Double Trends[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(1): 29-32.
- [5] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987. 11-79.
DENG Ju-long Gray System Theory of Forecast and Decision[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1987. 11-79.
- [6] 戴克铭. 采用时间序列法预测月供电量[J]. 华东电力, 1991, 19(7): 37-39.
DAI Ke-ming Forecast the Monthly Load by Time-series[J]. East China Electric Power, 1991, 19(7): 37-39.
- [7] Bakirtzis A G, et al Neural Network Short Term Load Forecasting Model for the Greek Power System[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1996, 11(2): 858-863.
- [8] N U Dong-xiao Adjustment Gray Model for Load Forecasting of Power System[J]. The Journal of Gray System, 1994, 6(2): 127-134.
- [9] 于渤, 于浩. 基于随动思想的月度用电量时间序列预测模型[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(14): 42-44.
YU Bo, YU Hao Follower Thought Based Sequential Forecast Model For Monthly Electricity Consumption[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(14): 42-44.

收稿日期: 2004-06-25; 修回日期: 2004-07-22

作者简介:

朱韬析(1980-),男,硕士研究生,从事负荷预测、电能质量检测的研究工作; E-mail: taoxi_zhu@hotmail.com

江道灼(1960-),男,教授,主要从事 HVDC 微机控制技术、FACTS 及其应用技术、配电网自动化等方面的科研;

汪泉(1957-),男,高级工程师,从事电力系统负荷预测工作。

A forecasting model for the electricity consumption in January and February

ZHU Tao-xi¹, JIANG Dao-zhuo¹, WANG Quan²

(1. School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Hangzhou Electric Power Bureau, Hangzhou 310009, China)

Abstract: Based on the traits of power requirements in January and February, a model to forecast the electricity consumption of these two months is built. Firstly, the sum of electricity consumption in those two months is forecasted by traditional methods. Then the ratio between the sum of January and February is calculated by the algorithm of analogy or approximation with manual adjustment. At last, electricity consumption of each month is got. With this model, the obvious error caused by the holidays of Spring Festival is avoided. By analyzing an actual example, it is confirmed that this method is effective in load forecasting.

Key words: load forecasting; sum of electricity consumption; analogy algorithm; approximation algorithm; manual adjustment

(上接第 58 页 continued from page 58)

Design of multi-functional microcomputer protection device for power system based on DSP

L U Yuan, ZHOU You-qing, PENG Hong-hai, L U Yan-rong

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The design of multi-functional microcomputer protection device for power system based on TMS320LF2407 DSP is presented. To the given block diagram, the major constituent hardware of the device is introduced concretely. That the device can carry out many multi-functional protection experiments through programming TMS320LF2407 flash memory array by making use of the serial communication interface, which is detailed as well.

Key words: TMS320LF2407; hardware; download program