

基于 DSP 平台的中低压微机保护装置

张壬寅¹, 夏锦胜²

(1. 漳州电业局, 福建 漳州 363000;

2. 国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 主要研究了基于 DSP 中低压电网设备的综合测控保护装置的开发, 包括保护原理的探讨、装置硬件系统的设计、制作、调试, 对装置硬件结构进行了系统设计。在模块化、统一化的微机测控保护装置的硬件结构方面进行了深入的研究和设计, 包括中央处理模块、人机接口模块、A/D 转换模块、出口模块、通信模块、频率和相位测量模块等。分析了各模块的设计和实现的功能, 并探讨了装置抗干扰能力的改进等问题。

关键词: 微机测控保护装置; 数字信号处理器; 模块化

中图分类号: TM 774

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2005)09-0080-03

0 引言

为了达到电力系统可靠运行的目的, 利用各种数字技术, 对中低压电网设备的各种电量和非电量参数进行数据采集、处理、分析、判断, 从而作出响应, 称为微机测控保护综合技术。该技术应用先进的保护原理、算法, 将保护、遥控、遥测、遥信、遥调、数据通信等功能集成在同一装置里, 不再需要分立的保护、监控装置, 从而简化了中低压电网设备保护、监控装置的结构。目前, 微机保护技术已趋于成熟, 各种类型的微机保护装置已在全国各大电力网络中投入运行^[1,2]。

1 DSP 芯片介绍

DSP 芯片, 也称数字信号处理器, 是一种特别适合于进行数字信号处理运算的微处理器, 其主要应用是实时快速地实现各种数字信号处理算法。

得益于数字信号处理技术的快速发展, DSP 技术和芯片在电力系统中也不断得到应用, 尤其是微机测控保护方面, 也已有较为成熟的 DSP 保护平台出现, 并成功地运用于实际中。DSP 作为中低压电网设备保护装置的核心 CPU 有以下优点。

a. 保护测控装置的首要性能评价指标之一是速度, DSP 的 RISC 指令系统可以在相同的机器周期下提供比传统的单片机高 4 倍的指令周期; 哈佛结构的存储器结构也可以大幅提高存储器寻址的时间; 硬件乘法器也极大提高了运算速度。因此采用 DSP 作为 CPU 可以大幅提高计算速度。

b. 35 kV 以下的中低压电网设备常常把保护和监控功能做在一个装置中, 因此虽然在普通的单一保护装置中提高精度的实际意义不大, 但是在综合测控保护装置中, 考虑到对测量的要求, 提高计算的

精度还很有必要。DSP 由于其自身的特点, 可以实现各种在普通单片机上难以实现的复杂算法, 因而以 DSP 为核心 CPU 可以提高计算精度。

DSP 芯片的基本结构包括:

a. 哈佛结构——并行体系结构, 程序和数据存储在不同的存储空间中, 每个存储空间独立编址, 独立访问, 相应的系统中设置程序和数据两条总线, 从而使数据吞吐率提高了一倍;

b. 流水线操作——采用流水线以减少指令执行时间, 增强了处理器的处理能力;

c. 专用的硬件乘法器——DSP 芯片的特征就是有一个专用的硬件乘法器, 乘法可以在一个指令周期内完成;

d. 特殊的 DSP 指令;

e. 快速的指令周期。

这些特点使得 DSP 芯片可以实现快速的 DSP 运算, 并使大部分操作在一个指令周期内完成。由于 DSP 芯片是软件可编程器件, 因此具有通用微处理器方便灵活的特点。

图 1 是本装置 DSP 处理单元的结构框图。以 TMS320F240(简称 F240)芯片为例, 该芯片是以 16 位定点数字信号处理器 TMS320C2xx 为核的微控制器, 在芯片内部提供如硬件定时器, PWM 波形产生, 精度为 10 位的 AD 通道, 硬件看门狗, 脉冲捕捉电路, SPI 和 SCI 接口等的电路。这些特性都更加有助于推广其在嵌入式系统中的应用。

F240 可以工作在处理器模式和微控制器模式两种状态下, 通过其 MP/MC 引脚选择, 主要用来区分选择片内还是片外的程序存储空间。硬件上用一个小跳线即可实现这两种模式的选择。由于系统调试阶段需要用到外部的程序存储空间, 且 F240 地址和数据线都为 16 位, 所以系统设计时增加一片 64 k×16 高速静态 RAM 作为外部程序空间。而考虑到实际需要, 外部数据空间则由另一片 64 k×16 的 SRAM

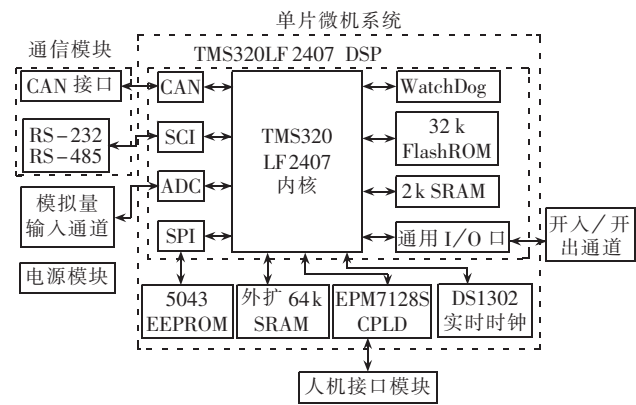


图 1 装置 DSP 处理单元结构框图

Fig.1 The structural block diagram of DSP processing unit

加一片 32 k×8 的带实时时钟芯片 (DS1644) 的非易失 RAM 组成。将一些重要的数据和定值存放于后者,保证了可靠性。同时在外扩展了一片 64 k 的 FlashROM,以实现将程序烧到存储器中。

TMS320F 240 DSP 的存储结构特点是程序、数据和 I/O 空间分离,每部分的寻址空间达 64 k 字。

系统采用 20 MHz 有源晶振作为时钟电路,由于 DSP 和存储器之间的速度匹配问题,F 240 有零等待和插入等待周期两种工作方式。当对一些慢速的外部设备进行访问时就需要插入一定的等待周期,而 F 240 的插入等待周期的 WSGR 寄存器只能对访问某个存储空间插入一个等待周期,所以在有些速度相对 DSP 特别慢的外设如液晶等,则需要使用专门生成的 READY 信号实现时序的匹配。

2 CPLD 芯片介绍

复杂可编程逻辑器件 (CPLD) 是在 PLD 的基础上发展起来的具有集成度高、通用性好、设计灵活、编程方便等特点的逻辑器件^[3]。本文分析以 XLINK 公司的 XC9500 系列的 XC95108 芯片为例,该芯片具有 108 个宏单元并且有 108 个 I/O 引脚,可以方便地进行编程以实现一定的逻辑输入和输出。CPLD 电路是产生该测控装置中很多控制信号的重要部分,同时 DSP 对一些外设的片选信号,以及开入/开出信号也要在 CPLD 电路中产生。该部分的功能框图如图 2 所示。

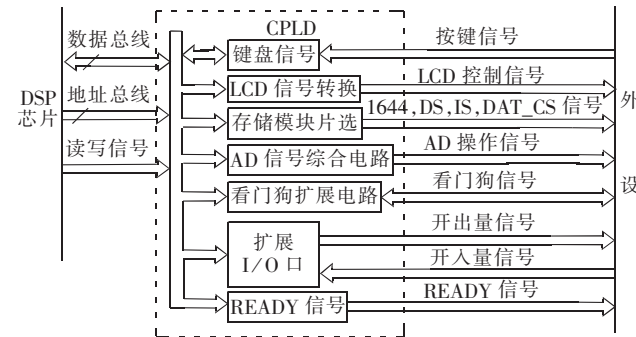


图 2 CPLD 的功能框图

Fig.2 The functional block diagram of CPLD

3 保护装置的设计

中低压电网设备微机保护装置一般从三相电压、三相电流的采样值序列中实时提取某一倍频分量的幅值和相位,并计算有功功率和无功功率,从而为微机保护动作提供判据^[4,5]。装置每周周期采样 64 点,要求达到测控精度±0.5%,保护精度±3%。本装置采用以 TMS 320F 240 定点 DSP 芯片为 CPU,采用 Xilinx 95108 pc84 CPLD 芯片实现控制逻辑,扩展片外程序和数据 RAM,装置配置了模拟量输入接口和 A/D 转换模块、I/O 扩展模块、RS-232/RS-485/CAN 总线的通信接口模块、键盘人机接口模块、基于 T6963C 的液晶显示模块的人机接口、看门狗单元等外围电路。硬件结构框图如图 3 所示。

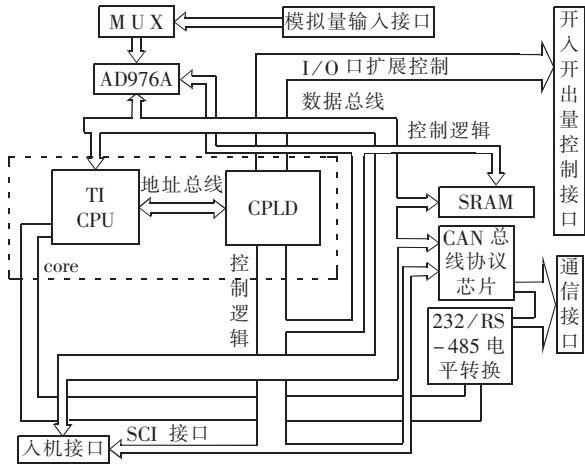


图 3 装置硬件结构框图

Fig.3 The hardware structure

3.1 采样模块

F 240 片内集成了 2 个 10 位的 ADC 共 16 路输入通道,对于一般的中低压电网设备而言,10 bits 的精度基本可以满足其对保护的要求 (通常 5% 级精度)。但是,本装置所实现的快速检测及监控混合式断路器的电气信号的功能则需要能够有较高的测量精度,一般需要达到 0.5% 级,同时要求 A/D 转换时间较短。基于这一原因,在本装置中,DSP 内部的 ADC 模块仅有的 10 bits 精度无法满足要求。因此,该装置中采用美国 AD 公司的 AD 976A 作为 AD 转换芯片,该芯片是一种高速 16 位模数转换器,其采样速率为 100 kbit/s,能够在单电源 5 V 供电情况下工作,具有极低功耗的特点,输入范围为-10~+10 V,可以满足装置的需要。AD 通道选择芯片采用 AD7506 芯片,该芯片是 16 选 1 通道的芯片,通过程序对芯片的 A₀,A₁,A₂,A₃ 管脚赋值选择通道 0~15。电压、电流传感器副边的测量信号经过 RC 低通滤波后接到 AD7506 的 0~15 通道,经过通道选择将信号送 AD976A 中进行转换,结果输出到 DSP 控制单元。具体设计中,将 AD7506 的通道切换信号引至 DSP 的 I/O 口上,由程序控制,而 AD976A 的片选和控制信号时序则在 CPLD 内部由 DSP 的地址信号和读写控制信号组合产生。

3.2 开关量 I/O 输出模块

输出通道部分是对断路器实现控制的出口通道,DSP 输出的是 3.3 V 的低压微电流信号,直接用 3.3 V 的电压来控制断路器显然是不可能的,因此输出通道的主要任务是将小信号转换为大功率的输出信号,满足驱动要求。另外,为了防止断路器对微机系统的反馈干扰,出口通道还要进行隔离^[2]。本装置中,采用光电耦合器和继电器相结合的办法实现微机系统和断路器之间的隔离。对于每一个开出量,本装置的 DSP 提供了两个通用 I/O 口来控制其输出,如图 4 所示,当要控制出口继电器 K_1 动作时,DSP_IOPB0 输出“0”,DSP_IOPB1 输出“1”,驱动光电耦合器 U_1 导通。这样的安排可防止在直流电源的通电过程中, K_1 短时误动。因为在拉合直流电源时,形同上电复位,DSP_IOPB0 和 DSP_IOPB1 都是相同的电平输出,不可能驱动光电耦合器 U_1 的导通,防止了可能发生的误动。

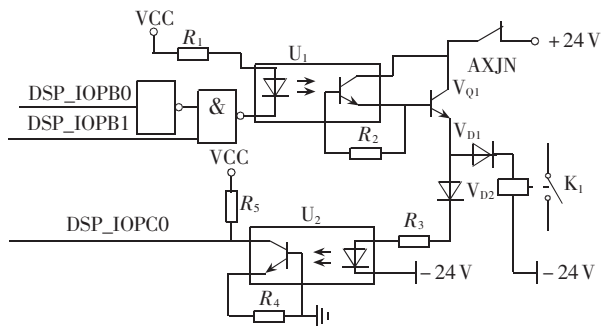


图 4 出口电路原理图

Fig.4 The principle diagram of outlet circuit

装置的开关量输入主要有两种,一种是来自断路器的辅助触头的输入;另一种是装置上保护投退连接片位置的输入和手动操作按钮的输入、继电器接点的输入等。为了避免外来干扰对装置稳定性的影响,任何开入量进入 DSP 之前要通过光电耦合器进行隔离^[4],其原理图如图 5 所示。

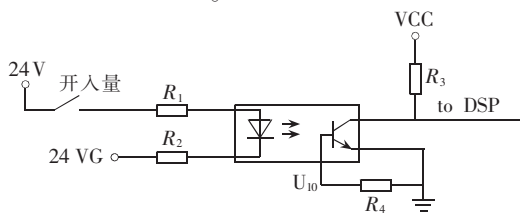


图 5 外部开关量输入回路

Fig.5 The input circuit of external binary variables

3.3 人机接口

采用 MGLS12864T 作为显示屏,控制器为 T6963C^[30],显示屏点阵为 128×64 点。液晶控制模块直接连接在系统总线上,接口简单,编程方便,很容易实现图文显示^[6]。CPU 可随时通过总线接口访问显示缓存区,并可进行位操作。利用这一特点,在图形方式下很容易实现汉字和各种图形的显示。

采用薄膜键盘,一共 9 个按键,结合显示菜单功

能可以实现在线、离线的整定定值,修改实时时间,就地操作开关以及查看故障记录等功能。

3.4 通信模块

随着新的通信技术和网络技术在电力系统中的不断应用,对各种微机测控保护装置都提出了新的要求,为了适应这种发展,需要对现有的一些通信手段进行改进,为此,在微机测控保护装置中内嵌了各种通信模块,主要包括传统的 RS-232C,RS-485 标准接口以及现场总线通信接口。为保持和传统通信方式的兼容性,装置保留了带有 RS-232/RS-485 标准硬件接口,通过 DSP 自带的 SCI 接口实现。另一方面,由于 CAN 总线接口本身的一些特点和功能使其更适用于电力系统设备组网,为了增强装置在电力系统综合自动化中的通信能力,装置设计了符合 CAN2.0B 协议的现场总线通信接口。

4 结论

以上就是基于 TMS320F 240 DSP 芯片的中低压电网设备综合测控保护装置硬件平台的总体结构。通过对各单元电路进行调试,基本达到了各功能模块的预期效果。各硬件模块工作正常,实现了与上位机的通信、模拟量的采集和转换、内存数据的存取、算法等功能。在此基础上,结合中低压电网设备的保护原理,编写相应的软件,即可以应用到不同的场合。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 陈德树,张哲,尹项根. 微机继电保护[M]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [3] 徐志军,徐光辉. CPLD/FPGA 的开发与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [4] 刘群,曹凯丽,武慧霞,等. 微机变压器保护典型设计介绍[J]. 电力自动化设备,2001,21(9):35-37,53. LIU Qun,CAO Kai-li,WU Hui-xia,et al. An introduction to the typical design of computer transformer protection[J]. **Electric Power Automation Equipment**,2001,21(9):35-37,53.
- [5] 王义刚,许云峰,张迎春. 基于实时多任务操作系统的微机线路保护装置的研究[J]. 继电器,2004,32(8):56-59. WANG Yi-gang,XU Yun-feng,ZHANG Ying-chun. Micro-computer-based line protection development based on real-time operation system[J]. **Relay**,2004,32(8):56-59.
- [6] 李维堤,郭强. 液晶显示应用技术[M]. 北京:电子工业出版社,2000.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

张壬寅(1971-),男,福建漳州人,工程师,主要从事继电保护技术管理工作;

夏锦胜(1974-),男,江苏南京人,主要从事电力市场营销工作。