

TMS320F2812 DSP 在线路保护中应用研究

高瑜

(西安科技大学 电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 传统电力线路微机保护中, 大多采用低位单片机, 其处理数据能力较低, 已不能满足保护可靠性、灵敏性要求。以 DSP+FPGA 为核心的控制模式, 设计了线路保护装置, 可以提高系统运算及处理能力, 并且具有与上位机通信的功能, 能够满足微机线路保护要求。

关键词: DSP; 线路保护; 人机对话; SCI

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)08-0016-03

The applied research of TMS320F2812 in line protection

Gao Yu

(Department of Electrical and Control Engineering, Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: Given that most traditional microprocessor-based protection of power system utilities single-chip microcomputer, which could not meet the demand of protection security and sensitiveness for its less efficient data processing ability. This paper proposes a feasible assumption about a design of line protection system which uses DSP&FPGA as a core mechanism in the designing of control mode. This design could strengthen the calculation and processing ability and enable the communication to upper computer. This paper elaborates the design of the hardware and software of protection system, with a view to providing sufficient demands of the microcomputer line.

Key words: DSP; line protection; man-machine dialogue; SCI

电力线路运行中, 常见故障是相间短路及接地短路。故障一旦发生, 必须迅速而有选择性地切除故障元件, 以保护线路安全, 这就需要微机线路保护装置采集电网大量数据进行计算和判定。目前许多保护装置 CPU 多为低位单片机, 速度较慢, 而数字信号处理器(DSP)具有强大的数据处理能力和多通道采样能力, 故取代现有装置为大势所趋。本文给出了以 TMS320F2812 DSP+FPGA 为控制核心的微机线路保护系统, 并辅以人机交换模块来实现对线路的保护^[1]。

1 系统组成及工作原理

系统以 TMS320F2812 DSP 为控制核心元件, 并辅以一片 Xilinx 公司 XC3S400 型 FPGA 作为逻辑控制, FPGA 控制系统输出 D/A 转换及开关量, 这样可以节约 DSP 资源。系统外围设备由四部分组成^[2]:

(1)故障信号采集及开关量输入, 系统采集电网 A、B、C 以及零序电压和电流共 8 路信号进行运算和处理; DSPF2812 内部自带 12 bit 单精度 A/D 转换器, 故不需要外扩 A/D 芯片。

(2)模拟信号输出及继电器跳闸输出, 系统采用具有 16 bit 转换精度 DAC8532 进行 D/A 转换, 输出模拟信号; 同时, 经过 ISO124 芯片隔离输出跳闸等开关信号。

(3)人机接口部分, 系统采用 SMG12864ZK 液晶显示屏作为人机接口输出设备, 键盘作为输入设备。

(4)SCI 通信接口, 应用 DSP 自带 SCIA 接口和 MAX232 芯片, 与上位机进行串口通信。由于系统共需要 1.8 V、3.3 V 和 5 V 三个电压等级, 系统采用了 TPS73HD318 电源芯片来实现给系统供电。系统框图如图 1 所示。

2 外围硬件模块设计

本系统采用 DSP+FPGA 控制模式。TMS320F2812 是一款高性能 32 bit DSP, 广泛应用于控制领域, 主频达到 150 MHz (6.67 ns), 可以满足 DSP 对外部电网信号计算和处理速度的要求, 并且内部提供 128 KB Flash 存储模块。通过使用 FPGA 控制 DAC 模块和 GPIO 输出模块, 可以节约 DSP 资源, 减少 DSP 控制外围器件所消耗的时间, 提高系统性能。外围电路分为信号采集电路、输出电路、人机对话单元和通讯单元。

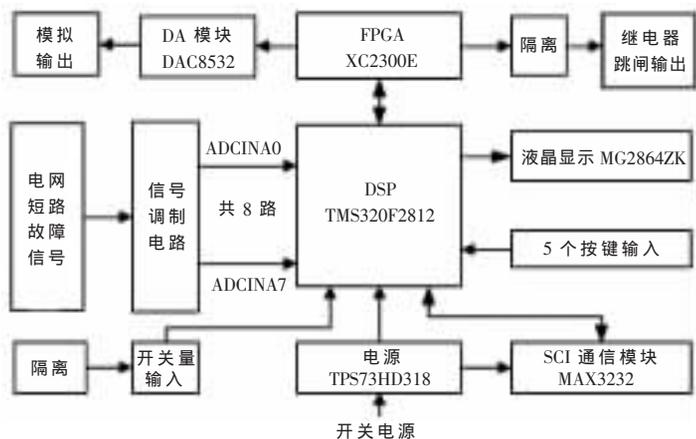


图1 系统框图

2.1 信号采集电路设计

通过 TA/TV 采集电网实时 A/B/C 及零序电流、电压、相位角等电网信息,采集后电流、电压信号均为交流信号,而 DSP 中 12 bit 精度(可满足保护 10 P 精度要求) A/D 转换器为单极性,必须对所采集交流信号进行调制,方可使用。在调制电路前需经过 I/V 电路把电流信号转为电压信号,送入信号调制电路,该调制电路分为滤波电路、偏置电路和反相电路,如图 2 所示。通过调整电路参数可以改变系统偏置电压大小,使调制后直流信号嵌位于满足 F2812 参考电压 0~3 V 之间^[3]。

在实际应用中,由于外围电路精度不够,在实际中采用 CJ431 电路产生电压基准对所采电压信号进行校准,从而提高系统转换精度,能够精确地为 DSP 提供实时电网信号,从而进行逻辑判断实现保护电网功能。

系统开关量通过键盘来输入,由 5 个薄膜按键及控制电路组成,分别控制画面切换、画面中行列切换和确定键,用于对保护参数整定和故障查询操作。

2.2 输出电路设计

系统输出开关量用作保护装置跳闸及指示断路器跳合位置等信息,通过 DSP 和 FPGA 来控制 GPIO 实现,输出开关量时经过隔离才能输出使其跳闸。

当系统输入电流大于设定的定值时,GPIOA3 输出电压 3.3 V 高电平,通过限流电阻加到三极管基极,从而导通三极管,使得三极管发射极和集电极等电位、电

压同时变为低电平。加在中间继电器 K1 线圈上的电压为额定导通电压。系统回路导通,从而断开负载。如果中间继电器的常闭触点上接的是系统的跳闸线圈,就可以实现系统的跳闸,断开故障电路,保护电网的安全运行^[4]。

2.3 人机对话单元设计

人机交互单元液晶显示和键盘来实现,液晶显示采用了长沙太阳人公司 SMG12864ZK 液晶模块,通过液晶模块可以实时显示系统工作状态和电路参数以及事件记录等信息,该系统所需 5 V 电源通过 TPS73HD318 来供给。该模块只需 11 根 GPIO 来进行控制(8 根数据线+片选+读信号+写信号),并不需要花费太多 DSP 中 GPIO 资源。键盘由 5 个薄膜按键及控制电路组成,用于参数整定和查询。

2.4 通信单元设计

装置预留了上位机或其他设备间的串口通信,采用 DSP 外设中 SCI 两个模块中的 SCIA 模块,通过与上位机连接可以进行上位机实时的电网信息读取并对故障信息进行查询,同时可以通过上位机对保护定值进行整定。

3 系统软件设计

软件设计采用了 TI 公司 CCS3.1 编程软件进行编制,系统软件采用模块化编程思想,主程序主要对系统和 PIE 进行初始化及调用子程序以及循环^[5]。

子程序主要分为 A/D 转换子程序、跳闸子程序及人机接口和 SCI 子程序三部分。

3.1 主程序

系统编程采用模块化思想,主程序可以实现系统的初始化以及 PIE 中断的初始化和控制,且可以调用子程序和循环。具体流程如图 3 所示。

3.2 子程序

3.2.1 A/D 转换子程序

系统采样信号精度直接影响着系统动作的可靠性,为了提高转换的精度,系统每个周期采样 72 个点,使其误差控制在 $\pm 2.5^\circ$ 的范围内。通过设置 F2812 内部自带事件管理器的 T1 进行周期匹配来触发 A/D 转换。同时加入 A/D 转换两路校验基准电路 CJ431 转换结果对系统采回结果进行校验,从而满足继电保护准确性要求^[6]。

图 4 为 AD 转换流程图。其转换结果如下,设结果

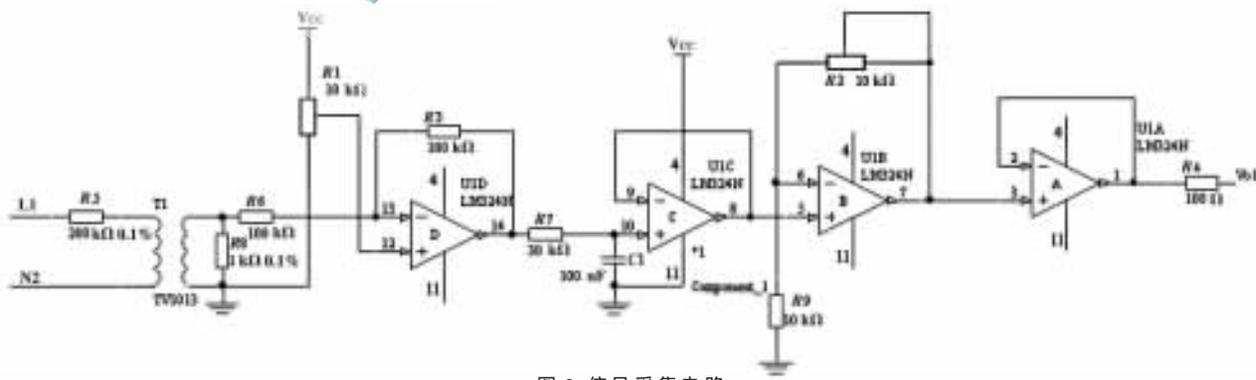


图2 信号采集电路

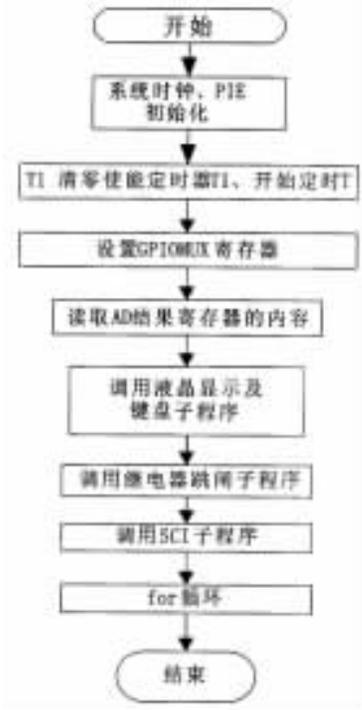


图3 主程序流程图

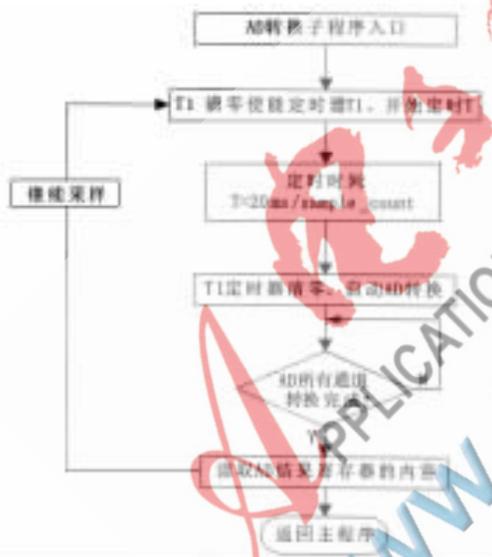


图4 A/D转换流程图

寄存器转换数字为 X , 输入模拟电压为 U_{A0} , 则转换结果 X 为式(1)所示。

$$\frac{X}{U_{A0}-ADCLD} = \frac{2^{12}-1}{3}$$

$$\Rightarrow X = \frac{4095}{3} \times (U_{A0}-ADCLD) \quad (1)$$

式中: ADCLD 为模拟输入参考地。

3.2.2 跳闸子程序

为了设定保护定值, 首先读取 ADCRESULT 寄存器中转换结果 X 。

当速断值 $\leq X$, GPIO 输出有效, 保护装置动作, 输出速断跳闸。

当限时速断 $\leq X \leq$ 速断值, 延时 $t=0.5s$, GPIO 输出有效, 保护装置动作, 输出限时速断跳闸。

当过流 $\leq X \leq$ 限时速断, 延时 $t=1s$, GPIO 输出有效, 保护装置动作, 输出过流跳闸。

当 $\leq X$ 过流定值, GPIO 输出无效, 保护装置运行正常。子程序流程图如图 5 所示。

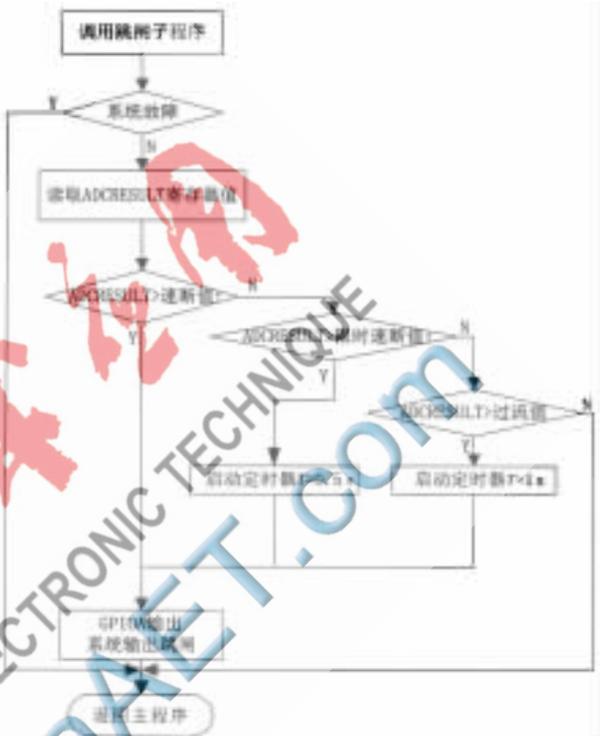


图5 跳闸子程序流程图

3.2.3 人机接口及 SCI 子程序

人机接口程序类似 F2812 中 XINTF 对外访问过程, 本系统采用并行通信方式进行通信, 具体显示过程如下: 片选信号 GPIOB2 (RS) 有效后, 读写信号 GPIOB0 (R/W) 变为低有效, 并行使能信号 GPIOB1 (E) 变为高有效, 数据线 D0~D7 数据变为有效, 对液晶屏写数据, 同时调用字库, 显示相关内容。

SCI 通信过程如下, 首先通过对 GPIOMUXF4 和 GPIOMUXF5 分别设置为专用 TX 和 RX 功能, 数据格式采用空闲模式进行传输, 以此提高其传输效率; 采用增强型 SCIFIFO, 可以 SCI 通信时缓冲深度。

为了使实验结果具有模拟真实电网的效果, 试验时采用 1.2 kW 吹风机作为感性负载, 当保护测试仪输入模拟量改变时, 可模拟线路三段保护。同时, 在液晶显示中可以查询跳闸原因。本文所设计的 DSP+FPGA 结构微机线路保护装置, 经过多次实验表明, 该系统运行稳定可靠, 可完成大多数常用的保护功能, 能够达到线路保护可靠性、灵敏性和速动性的基本要求。

参考文献

[1] 鲍雅萍, 李晓红. 基于 DSP 技术的新型微机线路保护装置

- 置[J].电力自动化设备,2007,27(9):107-109.
- [2] 万山明. TMS320F2812x DSP 原理及应用实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [3] 孙肖子.电子设计指南[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [4] 贺家李. 电力系统继电保护原理[M]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [5] 孙丽明. TMS320F2812 原理及其 C 语言程序开发[M]. 北京:清华大学出版社,2008.
- [6] 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.
- (收稿日期:2011-11-14)

作者简介:

高瑜,男,1978年生,工程师,主要研究方向:DSP及电气控制等方面的实验教学和研究。

