

文章编号:1671-251X(2011)09-0048-04

DOI:CNKI:32-1627/TP.20110828.1425.012

CPLD 在电力系统微机保护装置中的应用

温阳东, 范俊华, 余茂全

(合肥工业大学电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要:针对采用 DSP 和单片机设计的电力系统微机保护装置中 DSP 输入输出扩展口较少、电路设计复杂的问题,采用 CPLD 器件 EPM7128 设计了该微机保护装置的开入开出量扩展电路、握手信号电路、数据通信电路、频率测量电路等逻辑电路,着重介绍了 CPLD 在双 CPU 通信中的设计与实现。仿真结果验证了 CPLD 逻辑电路的正确性;在微机保护装置中的应用也表明了 CPLD 逻辑电路的灵活性与稳定性。

关键词:电力系统;继电保护;微机保护;双 CPU;CPLD;握手信号

中图分类号:TD611.5

文献标识码:B

网络出版时间:2011-08-28 14:25

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110828.1425.012.html>

Application of CPLD in Microcomputer-based Protection Device for Power System

WEN Yang-dong, FAN Jun-hua, YU Mao-quan

(School of Electrical Engineering and Automation of Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: For problems of few expandable IO of DSP and complex circuit design of microcomputer-based protection device for power system by use of DSP and single chip microcomputer, CPLD chip EPM7128 was used to design logic circuits of expanded digital IO, handshaking signal, data communication, and frequency measurement of the device, and design and implementation of CPLD in communication between dual CPUs were introduced emphatically. The simulation result verified correctness of the CPLD logic circuits. The application of the circuits in the microcomputer-based protection device also showed their flexibility and stability.

Key words: power system, relay protection, microcomputer-based protection, dual CPUs, CPLD, handshaking signal

收稿日期:2011-05-25

作者简介:温阳东(1955—),男,安徽合肥人,教授,主要研究方向为继电保护及调度自动化、嵌入式系统的设计与应用。E-mail: fjh850126@126.com

0 引言

电力系统继电保护的发展对微机保护装置性能的要求越来越高,微机保护装置的功能也逐渐趋于

参考文献:

- [1] 王凯敏,曾永华,顾义东.基于 CDMA 技术的矿井无线通信系统设计与应用[J].工矿自动化,2008(4):56-58.
- [2] LEE M J. Wavelet Domain Communication System (WDCS): Packer-based Wavelet Spectral Estimation and M-ary Signaling[D]. Wright-Patterson AFB: Air Force Institute of Technology, 2001.
- [3] ROBERTS M L, TEMPLE M A, MILLS R F, et al. Interference Suppression Characterization for Spectrally Modulated, Spectrally Encoded Signals[J]. IEEE Electronic Letters, 2006, 42(19): 1103-1104.
- [4] 任清华,李正刚.变换域通信系统及抗干扰性能仿真[J].空军工程大学学报:自然科学版,2009(2):86-90.
- [5] 史军,迟永钢,张乃通.变换域通信系统:原理、技术与发展趋势[J].南京邮电大学学报:自然科学版,2009, 29(1):87-94.
- [6] 郭彩丽,冯春燕,曾志民.认知无线网络技术及应用[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [7] 徐明远,邵玉斌. MATLAB 仿真在通信与电子工程中的应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2005.

完善。现阶段微机保护装置的主 CPU 逐渐由 8 位单片机向 32 位 DSP 过渡,并大多采用双 CPU 来完成强大的保护、测量、控制和通信功能。本文研究的微机保护装置采用 DSP 芯片 TMS320F2812 与 ARM7 系列处理器 LPC2458 作为 CPU 核心单元,使得装置的硬件系统具有极高的工作可靠性和较强的抗干扰能力^[1]。

由于 TMS320F2812 的输入、输出扩展口较少,如果采用大量的元器件设计输入、输出量扩展电路和通信电路等,势必造成装置电路复杂,可靠性降低,且不利于调试。

CPLD(可编程逻辑器件)因其编程方式简便、可进行多芯片串行编程、编程次数多(达 1 万次)、集成度高、时钟延迟小(达纳秒级)、可靠性高等性能而越来越多地被应用于工业控制、智能仪器仪表、通信等领域的电子系统设计和产品开发中。CPLD 设计开发所用的 EDA 工具功能完善而强大,仿真方式便捷而实时,开发过程形象而直观,且涉及硬件较少,使得工程师可以在实验室里设计出符合特定需要的专用集成电路,大大缩短了产品上市时间,降低了开发成本。另外,CPLD 还具有静态可重复编程和动态系统重构的特性,使得硬件功能可以像软件一样通过编程来修改,极大地提高了系统设计的灵活性和通用性^[2]。

因此,笔者采用 CPLD 器件 EPM7128 设计了微机保护装置的开入开出量扩展电路、握手信号电路、数据通信电路等,简化了装置的硬件系统,方便了调试。

1 微机保护装置整体设计

微机保护装置的整体结构如图 1 所示。

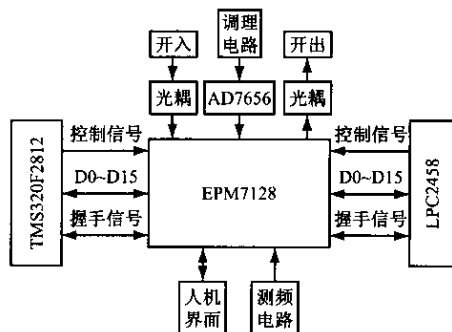


图 1 微机保护装置的整体结构

微机保护装置采用插件式结构设计,4 块插件分别为交流量输入及滤波插件、电源模块及开入量插件、操作回路插件及 CPU 插件,各插件之间实现

电气连接,显示板与 CPU 插件之间通过扁平电缆连接,既考虑了现场使用的便利性,又提高了装置的可靠性。

在微机保护装置中,CPU 插件担负着开关量输入/输出、数据采集与处理、人机接口以及与外部通信等复杂功能,因此是整台装置的核心。其中 TMS320F2812 是数据采集与处理模块的核心,通过对外接 ADC 的控制实现采集数据的模数转换功能,并完成预定的保护算法运算,同时在数据计算结果满足出口跳闸条件的情况下控制开关量的输出,以实现对外部回路的实时控制功能。LPC2458 是管理与控制模块的核心,主要完成数据整定、时钟管理、面板人机接口、串并行接口控制以及开关量输入等功能。TMS320F2812 与 LPC2458 之间通过 EPM7128 来传送数据。为避免数据传输过程中的不同步和冲突问题,CPU 之间采用握手信号来进行协调。另外,装置还能通过 LPC2458 将保护信息、错误信息等按照规约传送到上位机,实现对微机保护装置的遥测、遥信、遥控和遥调功能。

2 CPLD 在微机保护装置设计中的应用

2.1 开入开出量扩展电路设计

开关量主要是一些非电量保护信号、开关位置信号、控制信号及脉冲量信号。微机保护装置的作用是当回路出现故障时给出告警、提示以及输出相关信号,因此,它不仅要能做出正确反应,而且要读入正确的开入、开出量信息作为判断依据。在微机保护装置中,由于单片机的输入输出较少,一般不能完全满足输入输出量的需要,因此,采用 CPLD 进行了输入输出的扩展^[3]。

装置的键盘量输入也是通过 CPLD 扩展实现的。键盘量包括上/下键、左/右键、取消键、回车(确认)键,通过这 6 个键完成装置的浏览、输入和设置功能。键盘量经两个反相器 7404 去抖后直接接入 LPC2458,其逻辑电路如图 2 所示。

2.2 双 CPU 间的通信设计

2.2.1 CPLD 中握手信号的设计

由于 TMS320F2812 与 LPC2458 的内部时序和运行速度不同,数据交换过程中会出现不同步和冲突问题,因此,在双 CPU 通信过程中采用握手信号来协调该问题,实现方式是在 CPLD 内部逻辑设计方案中选用两片双 D 触发器 74HC74。本文以 DSP 写、ARM 读为例对握手信号的设计原理进行说明,如图 3 所示。

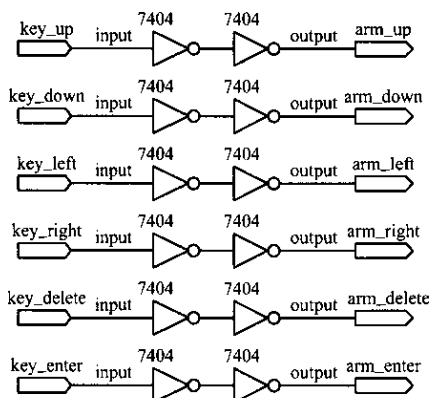


图2 键盘量输入逻辑电路

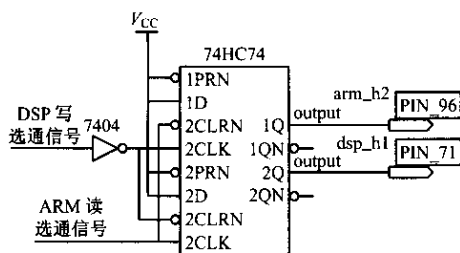


图3 握手信号设计原理

图3中, dsp_h1 (DSP 输入缓冲器空) 端接 TMS320F2812 的 GPIO 口, arm_h2 (ARM 输入缓

冲器满) 接 LPC2458 的一个中断引脚, 微机保护装置复位后, DSP 输入缓冲器满信号 dsp_h2 (图中未画) 和 arm_h2 变低。DSP 写选通以后, 选通信号经过一个反相器 7404, 当上升沿来临时使 74HC74 选通, arm_h2 的状态变为高电平, LPC2458 收到 TMS320F2812 写数据完成的信息后开始读数据, 同时 dsp_h1 变为低电平, 准备下次写数据。LPC2458 读取数据以后, ARM 读选通信号变为高电平, 当 CLK 上升沿来临时选通 D 触发器, 使 dsp_h1 变为高电平, arm_h2 变为低电平并等待下次读数据。不断重复上述步骤, 直到将所有数据读写完毕^[4]。当 ARM 写、DSP 读数据时握手信号同样适用。

2.2.2 数据通信

在微机保护装置中, 数据采集模块采集的被保护对象的电压、电流信号经信号调理及模数转换处理后, 经过 74HC373 分别进入 LPC2458 和 TMS320F2812 中进行相应处理。处理后的数据或保护定值通过 CPLD 在 LPC2458 和 TMS320F2812 之间传输^[5], 逻辑电路如图4所示。

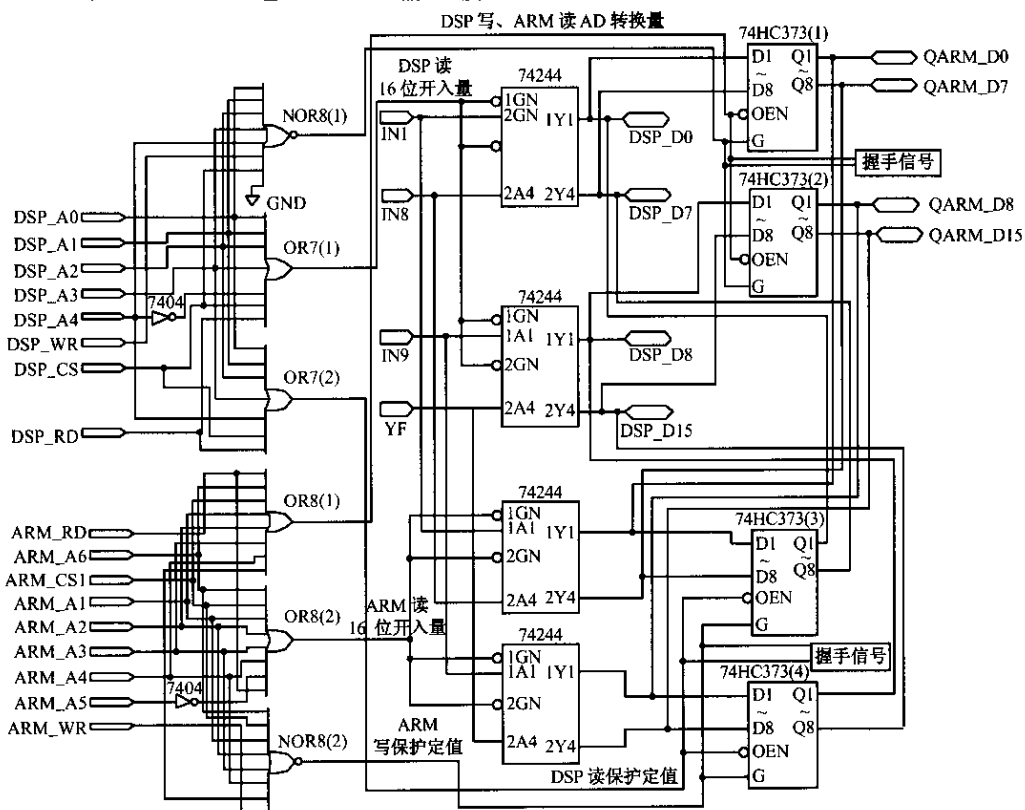


图4 LPC2458 和 TMS320F2812 数据通信的逻辑电路

以 DSP 写、ARM 读 16 位 AD 转换量为例进行说明。CPLD 根据 LPC2458 和 TMS320F2812 的地址量产生相应的控制信号, 当 TMS320F2812 地址

(DSPA0 ~ DSPA4) 为零时, 地址信号经或非门 NOR8(1) 变为高电平并输入 74HC373(1)、74HC373(2) 的 G 端, 此时 TMS320F2812 写选通;

当 LPC2458 地址 (ARM_A1~ARM_A6) 为零时, 地址信号经或门 OR8(1) 变为低电平并输入 74HC373(1)、74HC373(2) 的 OEN 端, 此时 LPC2458 读选通, 待 74HC373 选通后, 装置即可进行 TMS320F2812 写、LPC2458 读 16 位 AD 转换量的操作 (LPC2458、TMS320F2812 的同步问题由握手信号来解决)^[6]。同样地, 当 LPC2458 地址信号 ARM_A5=1、其它地址为 0 时, 地址信号经或非门 NOR8(2) 变为高电平, 当 TMS320F2812 地址信号 DSP_A4=1、其它地址为 0 时, 地址信号经或门 OR7(2) 变为低电平, 产生的信号使 74HC373(3)、74HC373(4) 选通, 当 LPC2458 写选通且 TMS320F2812 读选通时, 装置可进行 LPC2458 写、TMS320F2812 读保护定值的操作。

2.3 频率测量电路

频率测量原理: 来自电力系统的正弦电压信号经过微机保护装置内部的电压互感器变换后进入转换回路转换为方波信号; 该方波信号进入 CPLD 的一个 IO 口, 由 CPLD 通过逻辑电路来完成频率测量任务^[1]。

CPLD 中的频率测量方法: 在 CPLD 中设定一个 20 位的频率计数器, 用来在所测交流电压信号的正半周对 CPLD 的全局时钟进行计数, 在负半周对频率锁存寄存器中的值进行一次刷新, 以保存更新后的频率计数器中的数据, 然后根据装置要求的频率测量精度对频率锁存寄存器中的数据进行取舍, 取出测量结果的高 16 位值作为最终的测量值; CPLD 将该测量值送入 DSP 的捕获单元, 在 DSP 中做进一步处理。

3 仿真实验与分析

整个装置的逻辑部分用 Verilog 语言编写, 编程后首先编译总体设计图, 如编译无误即可对各个电路进行仿真, 结果如图 5~7 所示。仿真实验成功后, 将程序下载到微机保护装置中即可。

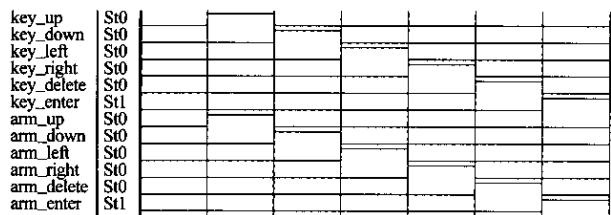


图5 键盘逻辑电路仿真波形

从图 5 可看出, 当上键输入为 0100000 时, 输出也为 0100000, 其它按键也符合逻辑, 达到了键盘量

直通的目的。从图 6 可看出, TMS320F2812 写信号经过反相器后, 当其上升沿来临时, arm_h2 变为高电平, dsp_h1 变为低电平; 当 LPC2458 读信号上升沿来临时, dsp_h1 变为高电平, arm_h2 变为低电平, 与握手信号电路的逻辑分析一致, 能够实现两片 CPU 数据同步传输。图 7 中, onems_valid 为 1 ms 有效时间, freq_out 为测量结果, freq_cnt 为计数, freq_mun 为计数器结果。可见, 在 1 ms 有效时间内计数结果为 100 000, 将结果左移 10 位 (二进制) 即可得到测量结果为 102 400 000, 这样设计可节省一个乘法器。

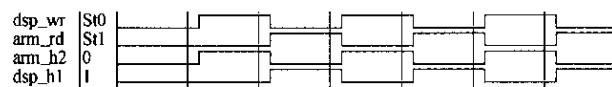


图6 握手信号电路仿真波形

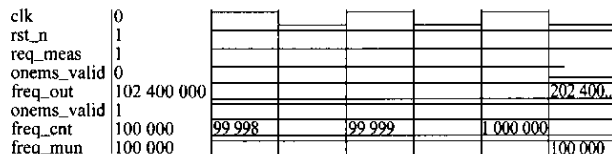


图7 频率测量电路仿真波形

4 结语

对于基于 TMS320F2812 和 LPC2458 双 CPU 的电力系统微机保护装置, 采用 CPLD 芯片 EPM7128 设计了其开入开出量扩展电路、握手信号电路、数据通信电路等。仿真结果证明了所设计电路的正确性。CPLD 在微机保护装置中的应用实现了 DSP 输入输出量的扩展, 使保护动作信息能快速上传, 且使频率测量更加方便。

参考文献:

- [1] 刘勇, 刘曙光, 柯善文, 等. 新一代微机保护装置的设计与实现[J]. 继电器, 2007, 35(增刊): 119-121.
- [2] 潘松, 王国栋. 基于 EDA 技术的 CPLD/FPGA 应用前景[J]. 电子与自动化, 1999(3): 3-5.
- [3] 蔡月明, 梅军, 曹晓华, 等. CPLD 在继电保护装置中的应用[J]. 继电器, 2001(10): 42-44.
- [4] 温阳东, 黎明. 基于 ARM_DSP 架构的嵌入式微机保护装置的设计[J]. 微型机与应用, 2011(4): 27-30.
- [5] 张景超, 张承学. CPLD 在电力系统微机保护装置中的应用[J]. 华北电力技术, 2004(9): 24-27.
- [6] 黄正谨, 徐坚. CPLD 系统设计技术与入门应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 4-16.
- [7] 宋华伟, 苗世洪, 张军民. CPLD 在高压微机保护装置中的应用研究[J]. 电气应用, 2006, 25(12): 64-66.