

一种新型数字式继电保护装置的设计方案

张延青, 焦彦军, 王增平, 张举

(华北电力大学电力工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 介绍了基于 MOTOROLA 嵌入式微处理器 MPC555 的新型微机继电保护装置的硬件系统, 并阐述了其基于 Nuclues FLUS 多任务实时操作系统的软件设计思想。

关键词: 嵌入式微处理器; MPC555; 多任务实时操作系统, Nuclues FLUS

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2003)07-0058-03

1 概述

微机保护在我国已经经历了近 20 年的发展历史, 形成了一整套相当成熟的理论体系。随着计算机技术的迅猛发展, 微机保护在硬件和软件两大方面仍然在不断地完善和发展。在硬件方面, 从 8 位单 CPU 结构的微机保护问世, 不到 5 年时间就发展到多 CPU 结构, 后又发展到总线不出模块的大模块结构。从 8 位单片机发展到 16 位单片机, 目前人们已经把注意力放到基于 16 位、32 位的数字信号处理器和高性能、高集成度的嵌入式微处理器的硬件系统的研究上。相对于硬件的快速发展, 软件方面的发展相对滞后, 大多数继电保护软件的规模较小、功能单一、智能化程度低, 而且多是采用汇编语言编写的线性程序。软件技术的落后已经成为制约微机保护进一步发展的最大障碍。因此, 构建新的硬件平台, 并采用全新的软件技术已经成为当务之急。

目前国内生产的微机保护装置存在以下几个需要改进的地方: (1) 硬件系统陈旧落后; (2) 软件的开发、维护困难, 软件生存期短; (3) 与厂站自动化系统接口功能弱, 网络通信功能不能满足要求; (4) 保护原理配置以及装置制造工艺等方面有待改善。为此, 我们提出了一套基于新的硬件平台并采用现代软件技术的新型微机继电保护装置的设计方案。

2 硬件平台的构建

2.1 硬件系统的整体设计思路

采用基于先进的 32 位嵌入式微控制器、16 位高精度 A/D 的硬件开发平台, 提供丰富的通讯接口, 使装置具有较强的组网功能以及通讯功能, 形成的硬件平台应该具有扩充升级的余地。

电路结构如图 1 所示, 整个硬件系统以 MPC555 嵌入式微控制器为核心, 可分为: MPC555 嵌入式微

控制器、存储器、通讯接口、A/D 转换、开入回路和开出回路等几个主要部分。

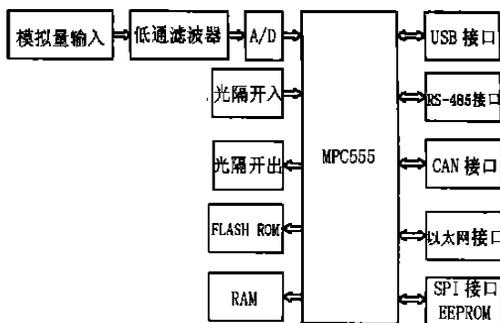


图 1 硬件电路结构框图

Fig. 1 The structure diagram of hardware circuit

2.2 MPC555 嵌入式微控制器简介

MPC555 属于 MOTOROLA 公司 MPC500 PowerPC 精简指令集系列微控制器, 主要特性如下:

(1) 精简指令集微控制器的中央处理单元

32 位的 PowerPC 结构; 标准内核执行速度: 52.7 Kmpis @40MHz; 集成的浮点单元; 具有仿真接口 0nCE。

(2) 总线接口单元 (USIU)

24 个地址引脚, 32 个数据引脚; 具有 IEEE1149、JTAG 测试接口; 支持 8 个外部中断和 8 个内部中断的中断控制器; 硬件总线监视器和软件看门狗定时器。

(3) 存储系统

26K 字节快速静态 RAM; 448K 字节 5V 可编程 Flash EEPROM。

(4) 通用 I/O 支持

地址 (24) 和数据 (32) 引脚在单片模式下可作为通用 I/O; 当不使用第一功能时, 许多外设引脚也可作为通用 I/O 使用。

(5) 两个时间处理单元 (TPU3)

16个独立的可编程通道和引脚;每个通道有一个事件寄存器,包含一个16位捕获寄存器、一个16位比较寄存器和一个16位比较器;9个预编程的定时器;每个定时器可以分配给多个通道;6K双口TPU RAM(DPTRAM)。

(6) 18通道的标准组件 I/O 系统

十个双作用的子模块;八个专用PWM子模块;两个16位系统计数器子模块;两个并行端口子模块。

(7) 两个队列式 A/D 转换模块(QADC)

使用内部多路技术,可达到16路模拟输入通道;使用内部和外部多路技术,总计可达到41路模拟输入通道;带有内部采样/保持的10位A/D转换器;转换时间10 μ s;可变长度的两个转换指令队列;64个结果寄存器。

(8) 两个 CAN2.0B 控制器模块(TbuCANs)

完全执行2.0A和2.0B的CAN协议规范;每个模块有16个8位的接收/发送信息缓冲区;可编程的发送优先表。

(9) 队列式串行多通道模块(QSMCM)

队列式串行外设接口(QSPI):四个可编程的外部选择引脚支持16种设备;为外设扩展或内部处理器通讯提供全双工通讯接口;多达32个预编程发送;160字节的队列长度;从8位到16位的可编程发送长度;系统时钟四分之一波特率的同步接口。

两个串行通讯接口(SCT):UART模式提供NRZ格式的半双工或全双工接口;16位寄存器接收/发送缓冲区;先进的错误检测功能,可选择奇偶发生和检测功能;8位或9位的可编程数据长度;可由外部时钟源产生波特率。

2.3 存储器

MPC555片内具有26K RAM和448K Flash ROM,又在片外扩充了4M \times 16Bit的Flash ROM、256K \times 16Bit的RAM和16K \times 8Bit SPI接口的EEPROM。片内Flash ROM用来存放保护程序,片外Flash ROM用来存放故障数据及报告, RAM用来存放正在运行的程序以及中间计算结果,EEPROM用来存放保护定值。

2.4 通讯接口

通讯接口包括USB接口、RS-485接口、CAN接口和以太网接口,通过各种接口芯片可以方便地从MPC555上扩展这些接口。通过RS-485接口与装置面板上的人机接口单元相连。通过USB接口可以与笔记本或台式计算机相连,在笔记本或台式计算

机上调试保护装置、显示各种保护信息。通过以太网或CAN接口与后台管理机或厂站自动化系统相连,完成保护信息的上传并且执行下行控制命令,还可以通过以太网或CAN接口方便地组成一个小型的计算机局域网。

2.5 A/D 转换

A/D转换回路由模拟量输入、低通滤波器和ADC构成。ADC采用16位高精度的A/D转换器ADS8364,同时,为了提高精度,采用了外部参考电压源来提供A/D转换的参考电压。此外还通过GPS接收电路为ADC芯片提供同步采样脉冲。

2.6 开入回路和开出回路

开入回路和开出回路均由快速光电隔离芯片和逻辑编码电路组成,增加了电路的抗干扰性能。

2.7 其它电路

除上述几个主要部分,硬件平台还包括电源监控、GAL译码、SPI串行时钟、看门狗、GPS秒脉冲接收等辅助电路。

3 软件系统的设计

3.1 实时多任务操作系统 RTOS

实时操作系统是事件驱动的、能对外界的作用和信号在限定的时间内作出响应的系统平台。它具有实时性、可靠性和灵活性等特点。在此平台上可以有多个并行的程序在运行,每个运行的程序,称之为任务。作为核心的RTOS为多任务创建运行环境,并完成任务间的切换、调度、通信、同步、互斥,以及管理时钟、中断等功能。系统中每项任务都被编制成无限循环的程序,等待特定的事件,然后执行相应的任务。以这样的系统为平台,可开发出实时、准确、可靠地完成各种复杂功能的实时多任务系统。

实时操作系统的使用使得实时应用程序的设计和扩展变得容易。不需要大的改动就可以增加新的功能。复杂的应用程序可以分解为若干独立的任务,每个任务的调试、修改几乎不影响其它模块,RTOS使得应用程序的设计过程大为简化。基于RTOS上的C语言程序具有极大的可移植性。优秀RTOS上跨处理器平台的程序移植只需要修改1%~5%的内容。在RTOS基础上可以编写出各种硬件驱动程序、库函数,和通用性的应用程序一起,可以进行移植,大大减轻了软件工程师的劳动强度,缩短了产品投入市场的时间。基于RTOS的C语言应用程序的开发可以完全采用软件工程的方法,这保证了整个软件开发的科学性,大大提高了软件的可

靠性,并使得软件的维护变得非常简单,极大延长了软件的寿命,并且为软件的复用和共享提供了可能。

3.2 Nuclues PLUS 实时多任务操作系统

Nuclues PLUS 是美国源代码操作系统商 ATI 公司推出的新一代嵌入式操作系统。属于抢先式实时多任务操作系统内核,95%的代码使用 ANSI C 编写,非常便于移植于各种处理器家族。从实现的角度讲,不同于传统嵌入式开发,Nuclues PLUS 是以函数库的形式链接到目标应用程序中,形成可执行目标代码,下载到目标板的 RAM 中或烧到 ROM/FLASH ROM 中去执行。Nuclues PLUS 内核在典型的 CISC 体系结构上占据大约 20K 空间,而在典型的 RISC 体系结构上占据空间为 40K 左右,其内核数据结构占据 1.5K 字节的空间。Nuclues PLUS 提供注释严格的 C 源级代码给每一个用户。这样,用户能够深入地了解底层内核的运作方式,并根据自己的特殊要求删减或改动系统软件。

Nuclues PLUS 内核的主要目的是管理实时任务的竞争运行(共享 CPU),为应用提供各种便利,快速响应外部事件,实现实时性。在 Nuclues PLUS 中,任务之间可以按照优先级和时间片方式来共享 CPU 资源,通过邮箱(mailbox)、队列(queue)和管道(pipe)进行通信,任务之间的同步和互斥是通过旗语(semaphore)、事件组(event group)和信号(signal)进行。Nuclues PLUS 提供动态和分区内存(dynamic/partition memory)两种存储器管理机制。Nuclues PLUS 还提供定时器(timer)来处理周期性事件和任务的睡眠和挂起超时。Nuclues PLUS 将这些机制称之为软件组件(SOFTWARE COMPONENT)。Nuclues PLUS 为每一个软件组件提供了一系列的系统调用,任务与 Nuclues PLUS 的交互是在系统调用的界面上进行的。利用 Nuclues PLUS 开发平台,用户只需编写任务代码(Task)和中断服务程序代码(ISR)。任务代码和中断服务程序代码利用系统调用实现与 Nuclues PLUS 的交互,由 Nuclues PLUS 来调度多个任务并行执行,实现 CPU 的共享。由于 Nuclues PLUS 根据优先级和时间片方式来共享 CPU 资源,所以只要任务和中断服务程序的优先级设置得当,系统的实时性就能保障。

3.3 任务的划分与整个软件的构思

在实际开发实时多任务系统时,首先要分析用户需求,定义系统的各功能模块,并进行各功能模块间数据流的分析,画出相应的数据流图,然后对系统内所实现的功能进行划分,构造在系统中运行的任

务。所划分任务的好坏直接影响到了系统性能的好坏和执行效率的高低。因此,在进行系统设计时,任务的划分应当成为设计的重点。

在软件设计时,应该尽量使软件和硬件脱离,改变传统的嵌入式软件过多依赖硬件的模式。这只要少数硬件工程师通过少量修改 RTOS 的源代码,编写出针对其硬件系统的驱动程序(板级支持包 BSP),并以 C 库函数的形式将其封装起来,提供给软件工程师,应用程序需要操作硬件时,只需调用函数即可。把 A/D 转换、中断服务、通讯等与硬件相关的程序按照功能划分为任务,由少数熟悉硬件的软件工程师编写其任务代码。把实现各种功能的保护程序按照功能划分为一个个的任务,每一种任务实现一种保护功能,任务之间相互独立,只通过 RTOS 的机制交换信息。这样,一个继电器保护装置的软件,可以由多个软件工程师共同完成。而每个软件工程师只需了解 RTOS 信息交换的机制以及实现本保护功能的算法,而不必了解整个继电器保护软件以及与其他程序复杂的接口。采用上述方法不仅大大延长了软件的生存期,而且从根本上保证了软件的可靠性和实时性。

4 结语

随着电力系统的高速发展和计算机技术、通信技术的进步,继电器保护技术正朝着计算机化,网络化,保护、控制、测量、数据通信一体化和人工智能化的方向发展。本文所介绍的基于嵌入式微处理器及多任务实时操作系统的继电器保护装置的设计方案采用了先进的硬件系统,并且屏弃了传统嵌入式软件的设计思路,依托嵌入式实时多任务操作系统,在嵌入式应用中引入了实时、多任务、并行运行的概念,采用了现代软件工程的方法来开发软件,这些都预示着这种设计方案巨大的潜力,代表着今后微机继电保护的发展方向。

参考文献:

- [1] MPC555/MPC556 USER'S MANUAL[Z]. Motorola Revised, 15 October 2000.
- [2] Nuclues PLUS Reference Manual[Z]. Accelerated Technology Inc, 2001.
- [3] 王保进,李建新,岳春生.一种嵌入式实时操作系统的分析[J].信息工程学院学报,1999,18(3):14-17.
- [4] 杨奇逊.微型机继电保护基础[M].北京:水利电力出版社,1988.

(下转第 63 页)

可靠性得到了提高。DSPs 的使用,提高了运算精度和速度。总之,保护装置的整体性能上了一个台阶。

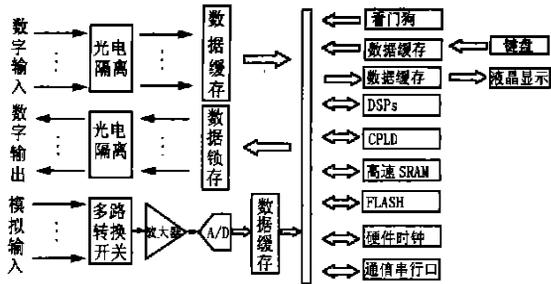


图3 系统原理图

Fig.3 The principle of system

5 结束语

继电保护是保障电力系统安全稳定运行的重要

手段。计算机化,保护、控制、测量、数据通信一体化和人工智能化是继电保护技术发展的趋势。RTOS和 DSPs 应用在继电保护装置中,会使保护性能更加完善、可靠,更有效地担当起确保电网安全的重任。

参考文献:

[1] Nucleus Plus Reference Manual[Z]. Accelerated Technology Inc,2000.
 [2] TMS320C3X User's Guide[Z]. Texas Instruments, 1997,7.
 [3] <http://www.embed.com.cn>,2002.

收稿日期: 2002-12-06;

修回日期: 2003-03-20

作者简介:

费怀胜(1975 -),男,本科,主要从事继电保护及自动装置的研究与设计工作。

The computer protection based on RTOS and DSPs

FEI Huai-Sheng¹, LI Zhi-yong¹, YU Yi-chuan¹, ZHANG Jian-hua²

(1. XI Electric Corporation, Xuchang 461000, Chian; 2. Zhengzhou Sino French Water Supply Co. Ltd, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: RTOS and DSPs are already applied in every field. The paper analyzes the character of the computer protection which is based on RTOS and DSPs. The computer protection based on Nucleus Plus and TMS320C32 were designed in some projects. The application of RTOS and DSPs in the computer protection can make the function of the computer protection be more perfect and dependable.

Key words: RTOS; real time; multitask; DSPs

(上接第 60 页)

[5] 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.
 [6] M V V S Yalla Beckwith Electric Co, Inc USA. design and development of A Digital multifunction relay for generator protection[A]. DPSP conference papers[C], 2001.

收稿日期: 2002-11-11

作者简介:

张延青(1975 -),男,硕士研究生,研究方向为电力系统微机保护;

焦彦军(1966 -),男,博士,副教授,从事电力系统微机保护教学、科研工作;

王增平(1964 -),男,博士,教授,从事电力系统微机保护教学、科研工作。

The design of a novel digital relay protection device

ZHANG Yan-qing, JIAO Yan-jun, WANG Zeng-ping, ZHANG Ju
 (North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: The hardware system of a novel microcomputer relay protection based on Motorola embedded microprocessor unit MPC555 is put forward, and the idea of its software based on Nuclues PLUS multitask real time operating system is introduced.

Key words: embedded microprocessor unit; MPC555; multitask real time operating system; Nuclues PLUS