

UC/OS-II 实时嵌入式系统在电机保护装置中的开发

Development of Protection Motor Equipment Utilizing UC/OS-II Embedded Real-time OS

任清珍 孙夫雄 黄天成 孙涛 尹文军

(武汉大学电子信息学院 430072)

摘要: 当前在工业自控领域,嵌入式实时操作系统的运用越来越得到广泛的重视,本文中就如如何在以DSP芯片为微处理器的电动机智能保护装置中开发基于UC/OS-II系统的实时多任务内核加以阐述.电动机保护装置的实时多任务系统容许多个任务的并发处理,充分的发挥了DSP微处理器的快速运算功能,很好的满足了电动机故障响应的时限要求.

关键词: UC/OS-II 操作系统 嵌入式实时系统 多任务 DSP 芯片

1 引言

目前的电动机保护及监控设备多为传统的热继电器型,或为单道程序系统的单片机型.在实时性、可扩展性、人机交互及智能化方面性能较低,较难保证电动机可靠的运行,不能满足工业生产自动化控制不断发展的要求.而同时,近年来嵌入式实时操作系统作为专用计算机系统的技术越来越成熟,且具有良好的可开发性,在工控领域得到越来越广泛的运用.鉴于此,本课题组设计的电动机智能保护装置,以uc/os-II嵌入式实时系统为基础开发实时多任务内核,充分利用了先进的DSP技术,可极大的提升工厂电动机运行自动化程度.

2 UC/OS-II 嵌入式系统

所谓嵌入式系统(Embedded Systems),即指

以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可裁剪,适用对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统.嵌入式系统的基础是以应用为中心的“芯片”设计和面向应用软件的软件产品开发.

目前市场上的商用嵌入式操作系统产品,如Vxwork、PSOS、Neculeus和Windows CE等已经十分成熟,提供有力的开发和调试工具,但开发成本昂贵,并不适用于一些小型系统的开发.而UC/OS-II是一种多任务实时操作系统,内核源代码公开,其核心代码短小精悍,移植性能较强,对于采用DSP芯片为微处理器的电动机智能保护装置的系统开发十分适用.

UC/OS-II的主要特点如下:

- 优先级可剥夺的实时多任务操作系统.
- 可以处理和调度最多达64个任务,任务的优先级可以动态调整.
- 提供任务间通信,同步使用的信号量函数,邮箱和消息队列.
- 具有良好的可裁减性,可尽量减小系统的ROM和RAM大小.

3 电机保护装置的实时系统开发

传统的电动机保护装置一般分为热继电器型和单片机型两种,热继电器型保护装置动作不灵敏,在过负荷保护中,其反时限特性与电动机实际过负荷能力相差很大,使电动机的过负荷能力得不到充分利用,另外还存在对于不对称故障不能及时有效的保护等缺点,而利用DSP微处理器快速计算分析能力,可以满足电动机故障时限反应的要求,弥补继电器保护装置的不足,但如果其

控制系统设计为单道程序系统,DSP的实时特性就得不到充分的发挥,同时,在人机交互及智能化方面的性能很差.而将UC/OS-II嵌入式操作系统移植到DSP微处理器中,实时多个任务的并行处理,一方面可充分发挥DSP的快速计算分析能力,准确快速的监控和诊断多台电机,另一方面可实现良好的人机交互,极大提高保护装置的智能水平.

UC/OS-II实时多任务内核移植到以DSP为微处理器的电机保护装置,需要根据装置的硬件环境和实现功能做相应的裁减和修改.

3.1 嵌入式系统的硬件平台

电动机保护装置以IT公司的TMS320C32为CPU,其时钟频率为40MHz,采用256Kx16位SRAM存储器,256Kx32位FLASH存储器,双路异步串行通信及A/D数据采集板等外围电路,如图1所示:

TMS320C32型DSP芯片有如下几个主要的特点:

(1) 芯片结构:

- 改进型哈佛结构 程序和数据空间相互独立,但数据可存放在程序存储器中,可同时访问指令和数据;指令存储在高速缓存(Cache)中.
- 流水线 取指译码和执行等操作可以重叠执行,对用户透明.
- 专用的硬件乘法器 在一个指令周期内可完成一次乘法和一次加法.
- 快速的中断处理和硬件I/O及低功耗和关断支持.

(2) 软件资源

- 丰富的指令系统,灵活的程序控制包括重

复跳转调用陷阱及返回等

• COFF—公共目标文件格式 有利于模块化编程, 编写的汇编或高级语言程序时, 不必为程序或变量指定目标地址, 为程序编写和程序移植提供了方便。

(3) 编程语言: 优化ANSI C编译器, 使得DSP芯片软件可以直接用C编写, 从而使得DSP片的开发和移植变的十分方便, 同时关键代码用汇编编写不影响性能。

图1中的液晶、键盘用于人机接口, 扩展的Flash Memory和SRAM用于固化程序和存放数据。

3.2 嵌入式系统的软件设计

根据电机保护装置的实现功能及TMS320C32微处理器的特性, 进行系统的任务分割, 确定各个任务优先级, 并修改UC/OS-II中与硬件相关的部分内核代码。

3.2.1 任务的划分

电机保护装置需实现的功能如下:

- (1) 完成电动机自动正常开停机。
- (2) 电动机运行监测, 实时显示。
- (3) 检测和显示设备故障状态。
- (4) 根据事故状态, 执行相应的保护动作。
- (5) 网络通信功能: 通过RS-485串口通信接口, 接入工业局域网。

根据上述实现功能, 划分系统的任务如图2所示。

图中的UC/OS系统任务即实时操作系统的内核, 提供任务调度, 任务管理, 时间管理, 任务间的通信及同步, 中断管理和内存管理等功能, 硬件驱动作为硬件或软件中断处理。

3.2.2 任务的创建及调度

在UC/OS-II中, 每个任务的工作状态如任务地址指针, 优先级, 运行状态, 堆栈信息, 信号量等由单独的任务控制块(OS_TCB)来记录

保存, 在系统启动时, 由初始化函数OSInit()调用OSTaskCreate()函数初始化任务控制块(OS_TCB)的成员变量, 并调用OSTaskStkInit()函数初始化任务的堆栈结构, 多个任务控制块(OS_TCB)组成双向链表, 是系统进行任务切换的最主要的数据结构。各个任务堆栈如图3。

在任务调度方面, UC/OS-II不支持时间片轮调度法, 系统中的各任务的优先级必须互不相同, UC/OS-II提供64个优先级的级别, 也就是说在UC/OS-II中最多能运行64个任务(系统的空闲任务处于最低优先级), 在本开发中, 将最多任务数OS_MAX_TASKS定义为16, 这样可缩减与任务相关的内核数据结构(如空任务控制块指针, 任务就绪表, 事件控制块等)的大小, 节省全局的内核数据结构在RAM中的占用。

在实时系统开发中, 给定任务优先级十分重要, 一般基于任务的重要性而定, 虽然这样会对

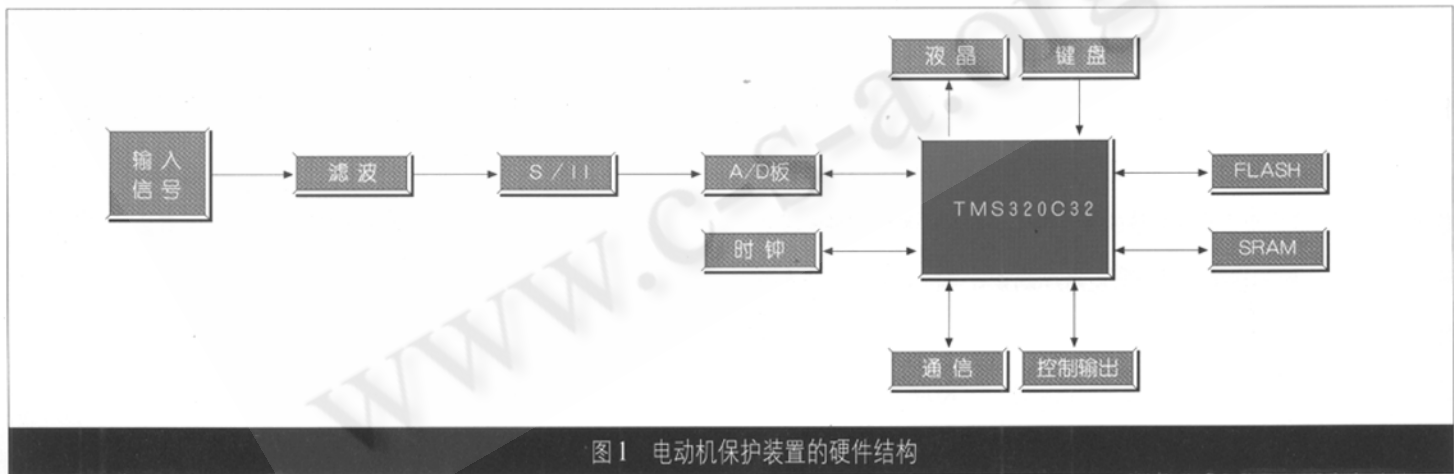


图1 电动机保护装置的硬件结构

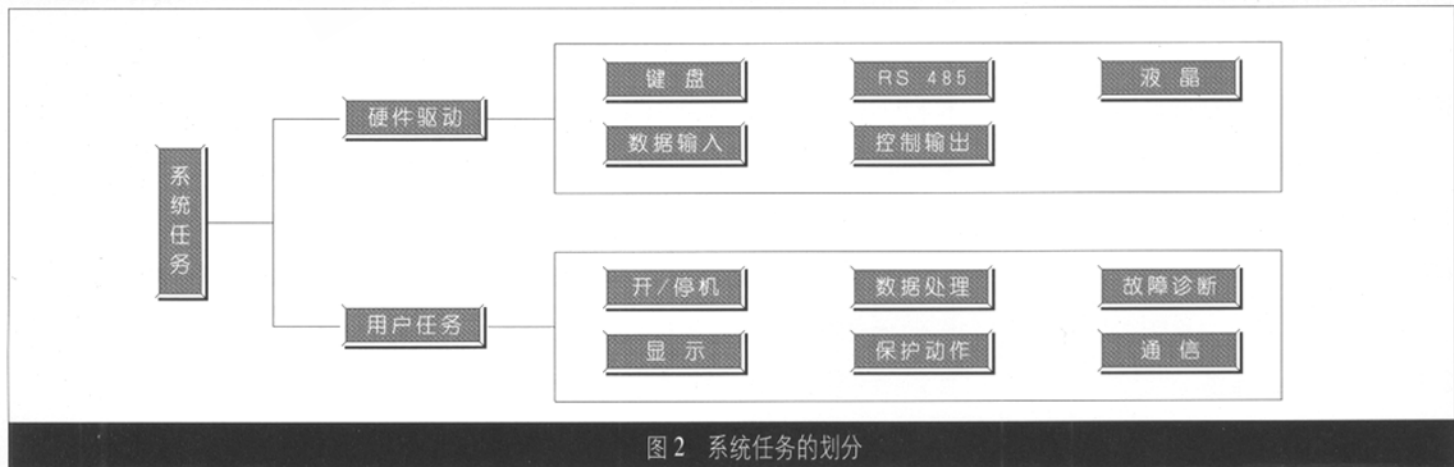


图2 系统任务的划分

CPU的工作效率产生一点负面影响。图2中的中断和任务优先级安排如下:

中断: (高)控制输出 > 数据输入 > RS485 > 键盘 > 液晶 (低)

用户任务: (高)开/停机 > 保护动作 > 故障诊断 > 数据处理 > 通信 > 显示 (低)

系统中任务的运行状态采用事件驱动方式改变。用户任务创建后,初始化为挂起状态,等待相应的事件触发。事件驱动的示意图如下:

图4中ECB是任务间的通信与同步的纽带。例如数据输入产生中断,在中断处理子程序中一方面将数据读入指定的内存,另一方面设置相应的ECB为可用状态,使系统激活等待该ECB上的数据处理任务的运行状态。当每个中断结束,系统调用OSIntExit()函数,查看任务就绪表中是否存在更高优先级的任务,有则就调用OSIntCtxSw()函数进行任务切换。任务切换过程是,首先将被挂起任务的微处理器寄存器推入堆栈,然后将高优先级的任务的寄存器值从栈中恢复到寄存器中。任务堆栈结构如图3。

3.2.3 内存配置

对于存储器容量的设计,要综合考虑UC/OS-II内核代码和任务代码的大小。UC/OS-II内核代码经过裁减编译大约15k左右,任务代码大约为20k,每个任务是独立运行的,必须给每个任务提供单独的栈空间(RAM)。在调试中可利用UC/OS-II提供的堆栈检验函数OSTaskStkChk(),查看任务堆栈使用情况。RAM总量的计算公式如下:

RAM总量 = 应用程序的RAM需求 + 内核数据区的RAM需求 + 各任务栈需求之总和 + 最多中断嵌套之栈需求

在本系统开发中,考虑到电动机保护的高实时性,未对存储器容量的设计作严格的要求,由于TMS320C32具有程序引导装载功能,在装置

上电时通过引导程序把FLASH内固化的系统程序装载到高速SRAM中运行,从而获得高速运行的效果。因此,SRAM存储器和FLASH存储器的容量皆为256K。在整个物理地址空间中,FLASH的地址范围是000000H~03FFFFFFH。

SRAM的地址范围是900000H~93FFFFFFH,中间部分地址包括一些寄存器的映射地址。

引导装载程序的执行过程是,上电复位后,DSP芯片(微处理器方式MC/MP=0)自动运行固化在0000H~0FFFFH中的搬运程序,这一程序将存放在FLASH中的主程序全部搬运到SRAM中。搬运完毕,执行一条跳转语句,从SRAM中的主程序开始执行。UC/OS-II操作系统在这里进行初始化工作。LOAD的相关代码如下:

```
ldi 8c00h,rc ; 系统程序长度
rptb ssss;
ldi *ar0++,r0
ssss: sti r0,*ar1++
br 900000h ;搬运的目的地址
```

3.2.4 相关代码的修改及系统编译

UC/OS-II中与硬件相关的内核代码都包含在OS_CPU.H,OS_CPU_A.ASM及OS_CPU_C.C三个文件中,基本上由80x86汇编语言编写,主要用于定义一些与处理器相关的数据结构,初始化中断向量表,底层任务切换及时钟处理等系统功能。开发中可根据DSP的汇编语言规则对这部分作了相应的修改,整个系统代码使用TI公司的C编译器汇编链接。装置系统经测试,基本上达到了预期的开发目的。

4 结束语

UC/OS-II嵌入式实时系统的应用领域很宽,已在多个CPU上移植成功,由于其开放的源代码及公开的开发文档资料,十分适用于国内小型实时系统的开发运用。 ■



图3 任务堆栈结构

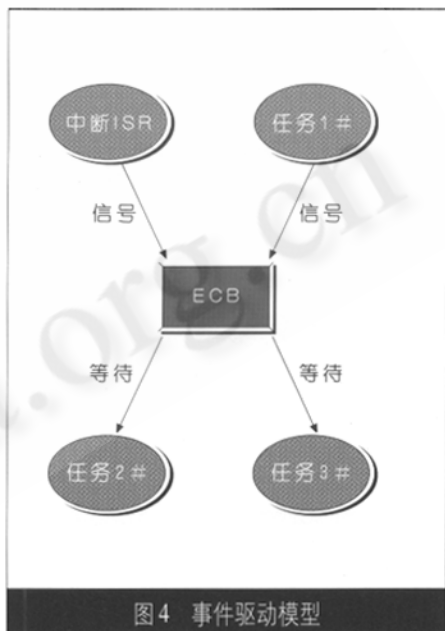


图4 事件驱动模型

参考文献

- 1 TMS320C3x General-Purpose Applications User' Guide Texas Instruments
- 2 DSP芯片的原理与开发应用 张雄伟 编著 电子工业出版社 2000年。
- 3 嵌入式系统构件 Jean J. Labrosse 著, 机械工业出版社 2002年。
- 4 UC/OS-II实时嵌入式系统 Jean J. Labrosse 著, 中国电力出版社 2001年。