维普资讯 http://www.cqvip.com

文章编号：1005-8451（2007）09-0036-04

μC/OS-II在TMS320F2812型数字信号处理器上的应用

赵玉其
（铁道科学研究院 机车车辆研究所，北京 100081）

摘 要：介绍μC/OS-II实时操作系统的特点：具有源码公开、可移植、可固化、可裁减、稳定性和可靠性高的特点，并且μC/OS-II的内核极小，它的使用使得实时应用程序的设计和扩展变得容易，使得应用程序的设计过程大为减化。说明基于TMS320F2812型数字信号处理器嵌入式系统的应用开发平台满足μC/OS-II的移植条件。μC/OS-II在TMS320F2812型数字信号处理器上移植的关键是与处理器相关的代码的移植，这部分代码只能使用TMS320F2812兼容的汇编语言来完成。用一个应用实例解析μC/OS-II怎样进行多任务调度。由于已经准备就绪的高优先级任务可以剥夺正在运行的低优先级任务的CPU使用权，使得所有时间要求苛刻的事件都得到尽可能快捷和有效的处理。

关键词：实时操作系统；μC/OS-II；移植；数字信号处理器；应用
中图分类号：TP391 **文献标识码**：A

Application of μC/OS-II to TMS320F2812

ZHAO Yu-qi
(Locomotive and Car Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstracts: The μC/OS-Ⅱ was a Real-time Operating System, which was source code-opened, portable, ROMable, stable and reliable. Its core was so small that the real-time application program could be easily designed and extended, and also μC/OS-Ⅱ could be ported to the developing platform of the Embedding System based on TMS320F2812, which satisfied the porting requirements. The key of this porting was how to port the code section relative to the processor. And this section must be written in assemble language. Finally, the application example clarified how μ C/OS-II scheduled its multiple tasks.

Key words: Real-time Operation System; μC/OS-II; port; digital signal processor(DSP); application

随着现代社会各种领域信息化的普及，嵌入式系统的应用日益广泛，而使用实时操作系统可提高嵌入式系统的可靠性和软件的开发效率，缩短开发周期。在车辆走行部故障的实时监测诊断系统中，包括了信号采集、信号调理、数据处理、故障诊断和数据通信等许多方面，并且由于各种故障的模式类型很多，触发的条件各不相同，有的还互相交叉，因此，系统需要处理的任务非常多，系统资源的管理非常复杂。为了更有效地进行系统资源管理和任务调度，系统采用μC/OS-II实时操作系统对系统资源进行调度管理，硬件核心选择了TMS320F2812型数字信号处理器（DSP）。

1 μC/OS-II实时操作系统特点

μC/OS -II是目前比较流行的一种实时操作系统，已成功应用于生命科学和航天工程等重大科研项目中，具有稳定和可靠的性能，同时还具有源码公开、可移植、可固化和可裁减的特点。μC/OS-II的主要作用是对系统资源进行管理和多任务调度，包括任务分配和调度、系统时钟服务、内存管理、消息机制和异常处理等。所有系统服务均由内核提供，最多可支持64个任务，其中系统保留8个自用。由于其内核极小，用户程序与系统内核紧密结合在一起，运行时存储器容量消耗、任务量、执行时间和结果都是可以预计的，这可进一步缩小对系统内核的功能需求，特别适用于对程序代码存储空间要求较严格的嵌入式系统的开发。

μC/OS-II是基于静态优先级的多任务实时内核，每一个任务都有一个明确的、与其他任务不同的优先级。通过调用改变任务优先级的函数，某个任务的优先级可根据时间的推移或条件的变化而发生改变，但改变后的优先级也必须是独有的。例如列车运行中系统监测到发生了一个需要关注的小故

收稿日期：2007-01-05
作者简介：赵玉其，助理研究员。

维普资讯 http://www.cqvip.com

障，要进行故障报警，刚开始由于任务优先级较低从而总是被高优先级任务占先，所以总是得不到执行；随着时间的推移，他的优先级可以逐渐提升，直到最后达到最高优先级，得以执行。任务完成后，将优先级恢复到起始状态。

μC/OS-II具有占先式和可剥夺性的特点，即已经准备就绪的高优先级任务可以剥夺正在运行的低优先级任务的CPU使用权。这个特点使得它的实时性比非占先式的内核要好。通常应用系统都是在中断服务子程序中使高优先级任务进入就绪态，这样退出中断服务子程序后，将进行任务切换，低优先级任务将被挂起，高优先级任务将被执行。

为了避免任务之间由于有共享资源出现了竞争或者死锁，μC/OS-II对共享资源提供了保护机制。最常用的方法是使用信号量。当一个任务需要使用一个共享资源时，必须先申请得到这个信号量。在这个过程中即使有优先权更高的任务进入了就绪态，因为无法得到信号量，也不能使用该资源。

2 基于TMS320F2812型数字信号处理器的嵌入式系统—μC/OS-II应用开发平台简介

TMS320F2812是高性能32 bit定点DSP。该芯片主要资源和性能指标如下：最高时钟频率可达150 MHz，有128 Kbit内部FLASH，18 Kbit内部SARAM，可外扩1 Mbit存储器，寻址空间达4 M；可支持45个外设级中断和3个外部中断；拥有双事件管理器EVA和EVB；串行通讯模块包括两个SCI口和一个SPI口，一个增强的eCAN总线，一个McBSP，具有数据缓存功能，能满足多种通讯的需要；16个通道的12 bitA/D接口；56个可编程且可复用的I/O口；有3个系统级定时器。

系统软件开发环境选用数字处理器集成开发环境CCS，这是一种针对标准TMS320调试接口的DSP集成开发环境。CCS集成了C编译器、C优化器、汇编器和连接器等工具，具有调试和实时分析功能。

由上可知，系统的硬件资源和开发环境满足μC/OS-II的移植条件：处理器的C编译器能产生可重入代码；用C语言就可以打开和关闭中断；处理器支持中断并且能产生定时中断；处理器支持容纳一定量数据的硬件堆栈；处理器有将堆栈指针和其他CPU寄存器读出和存储到堆栈或内存中的指令。

3 μC/OS-II在TMS320F2812型数字信号处理器上的移植

μC/OS-II的大部分代码用ANSI C编写，与微处理器硬件相关的部分代码用汇编语言编写，具有很强的可移植性。在移植μC/OS-Ⅱ之前，先要了解处理器的存储器和接口，正确配置处理器的运行模式，了解处理器的中断方式和中断向量地址等。

μC/OS-II内核将应用系统和底层硬件结合成一个完整的实时嵌入式系统，其软件体系结构主要分为4个部分：μC/OS-II内核中与处理器无关部分，μC/OS-II内核中与处理器相关部分，μC/OS-II内核中与应用相关部分，用户的应用系统（用户代码）等。将uC/OS-II移植到数字信号处理器上需要完成的工作，大部分集中在3个和体系结构相关的文件中，这3个文件是OS_CPU_C.c、OS_CPU_C.H以及OS_CPU_A.S。

移植的关键技术就是堆栈结构的设置。需要熟悉处理器的堆栈结构以及编译器指令在产生中断时对寄存器的使用和保护。TMS320F2812处理器堆栈由高地址向低地址增长，移植时需要置OS_STK_GROWTH为0。中断发生时，处理器自动保存了不少寄存器，但是如果中断服务子程序中要用其他寄存器，那么开始时要自己写现场保护程序。例如，辅助寄存器XAR4是用来在任务调度时，进行任务参数传递的，而中断子程序不会对XAR4的值进行自动压栈，如果在STaskStkInit()的起始没有对XAR4进行保护，则任务切换后将出现任务参数传递错误。

3.1 μC/OS-II内核中与处理器无关的代码

移植的时候μC/OS-II内核中与处理器无关的代码是不变的。这一部分主要包括各种数据结构定义和系统服务操作和管理函数，包括任务控制块、就绪表、调度函数、信号量、事件标志、消息邮箱、消息队列、内存管理和时间管理等。用户应用程序不能对该部分随意访问，只能使用μC/OS-II内核提供的功能服务来开发自己的应用系统。

3.2 μC/OS-II内核中与处理器相关的代码

μC/OS-Ⅱ在TMS320F2812型DSP上的移植工作大部分集中在多任务切换的实现上，因为这部分

维普资讯 http://www.cqvip.com

代码主要是用来保存和恢复处理器现场，许多操作如读写寄存器操作不能用C语言，只能使用TMS320F2812兼容的汇编语言来完成。这一部分也就是与μC/OS-Ⅱ内核中与处理器相关部分。这一部分代码分成3个文件：OS_CPU.H，OS_CPU_A.ASM，OS_CPU_C.C。

OS_CPU.H包括用#define定义的与处理器相关的常量，宏和类型定义，具体来讲有系统数据类型定义，栈增长方向定义，关中断和开中断定义，系统软中断的定义等等。

OS_CPU_A.ASM是移植的难点，这部分主要完成任务的切换和系统时钟中断服务，需要对处理器的寄存器进行操作，所以必须用汇编语言来编写。文件包括4个子函数：OSStartHighRdy()、OSCtxSw()、OSIntCtxSw()和OSTickISR()。OSStartHighRdy()在多任务系统启动函数OSStart()中调用，主要功能是设置系统运行标志位，将就绪表中最高优先级任务的栈指针装载到寄存器SP中，并强制中断返回。任务级任务的切换是通过TRAP指令调用的软中断来实现的，软中断服务子程序的向量地址必须指向OSCtxSw()。OSCtxSw()函数主要内容：保存任务的环境变量，将当前SP存入任务控制块结构中，载入就绪最高优先级任务的SP，恢复就绪最高优先级任务的环境变量。OSIntCtxSw()在退出中断服务函数OSIntExit()中调用，实现中断级任务切换。其主要功能是调整栈指针（因为调用函数会使任务栈结构与系统任务切换时堆栈标准结构不一致），保存当前任务SP，载入就绪最高优先级任务的SP，恢复就绪最高优先级任务的环境变量。OSTickISR()系统时钟节拍中断服务函数，这是一个周期性中断，为内核提供时钟节拍。频率越高系统负荷越重。其周期的大小决定了内核所能给应用系统提供的最小时间间隔服务。一般只限于毫秒级(跟处理器有关)，对于要求更加苛刻的任务需要用户自己建立中断来解决。

OS_CPU_C.C在该文件中共定义了6个函数。但是最重要的是OSTaskStkInit()，其他都是对系统内核的扩展时用的。STaskStkInit()是在用户建立任务时系统内部自己调用的，作用是对用户任务的堆栈进行初始化。使建立好的进入就绪态任务的堆栈，与系统发生中断并且将环境变量保存完毕时的堆栈结构一致。这样就可以用中断返回指令使就绪的任务运行起来。

4 应用实例

因为实际系统创建的任务很多，还有很多中断服务例程，这里只对主要的任务调度思想进行一下阐述。系统中主要创建3类任务。第1类任务实现监测信号采集和信号调理，并进行时域、频域的各种特征参数的抽取；第2类任务进行故障诊断和决策生成；第3类任务实现与主控计算机以及其他节点装置的数据通信。大致来说，任务优先级从高到低依次为第2类任务、第3类任务和第1类任务。每一类任务中的各类子任务的优先级根据需要又有高低之分。

将3类任务分别用Task1、Task2和Task3代表。任务优先级从高到低依次为Task2、Task3和Task1。各类任务之间的控制信号传递，采用信号量。多任务调度开始后，进入Task2。Task2等待信号量1，从而Task3开始运行。Task3等待信号量2，激活Task1。当Task1处理的数据量达到要求，发送信号量1。Task2被激活，进行决策。如果决策认为需要上传数据，Task2发送信号量2，激活Task3。传输数据

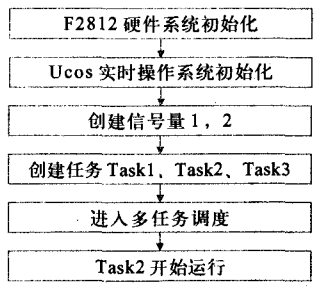

图1 主程序流程图

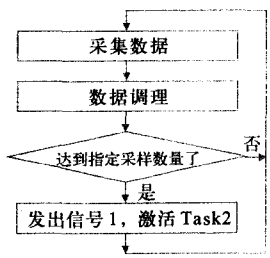

图2 Task1流程图

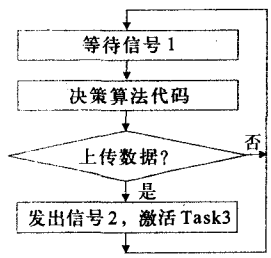

图3 Task2流程图

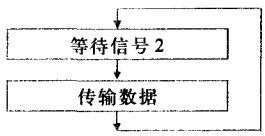

图4 Task3流程图

维普资讯 http://www.cqvip.com

文章编号：1005-8451（2007）09-0039-04

混合P2P分组网络研究及其在教学系统中的应用

杨 宁，丁照宇，陈 婷
（成都理工大学 信息工程学院，成都 610059）

摘 要：在现今网络教育中，协同化教育模式也成为其核心模式。然而传统的教育系统存在许多问题，系统可靠性和扩展性差，不能充分利用客户端资源，而且协同化不高。基于Agent的P2P协作模型恰好弥补了传统系统的缺陷。以此模型为基础设计出一套网络教学系统。

关键词：多Agent系统；混合P2P分组网络；协作系统；网络教学系统
中图分类号：TP391.6 文献标识码：A

Research on mix P2P packed network and its application in Teaching System

YANG Ning, DING Zhao-yu, CHEN Ting
(College of Information Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: In nowadays network education, collaboration education pattern was became its core pattern. However, the Traditional Collaboration Education System has many problems: the System reliability and the extension were bad, could not use the client side resources fully, moreover collaboration was not high. The computation model based on the Agent P2P was made up the traditional system flaw exactly. It was designet a set of Web Teaching System based on this model.

Key words: MAS; Mix Grouping P2P Net; Collaboration System; Web Teaching System

随着网络和信息技术的进步，网络教育技术得到飞跃发展。协作已成为网络教育的一个重要的研究课题。传统的网络教育系统并不是真正意义上的协作系统。它是基于客户服务器架构的，通过一个功能强大的服务器为师生提供服务。主要功能是为师生提供交流平台与信息资源。但是这种体系结构很不灵活，用户越多，就需要功能更强大的服务器，本质上是不可伸缩的。而且从教育模式上，传统的网络教育是一种个别化学习模式。虽然能够最大限度地发挥个人特长，培养人的个性，但是其陈旧的学习模式，不助于提高学生的学习兴趣，达不到好

收稿日期：2006-12-31
作者简介：杨 宁，在读硕士研究生；丁照宇，教授

结束后Task3等待信号量2，激活Task1。如果决策认为不需要上传数据，Task2将重新等待信号量1，Task1再次激活。

5 结束语

μC/OS-II是一个开放式内核，主要的特点就是源码公开，用户可以根据自己的需要对它进行修改。通过将应用程序分割成若干独立的任务，μC/OS-II使得应用程序的设计过程大为减化，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。同时利用系统的定时中断，设计一个超级任务来对其他任务进行监控，从而也提高了系统的可靠性。μC/OS-II内核的可剥夺性使得时间要求苛刻的事件都到了尽可能快捷和有效的处理。μC/OS-II的使用大大降低了嵌入式实时系统的开发难度，轻松地完成前后台编程方法难以完成的任务。

参考文献：

[1] TMS320F2810, TMS320F2812 Digital Signal Processors[S]. Literature Number:SPRS174H, April 2001Revised March 2003.
[2] TMS320C28x DSPCPU and Instruction Set Reference Guide[S]. Literature Number: SPRU430B, TI, 2002.
[3] TMS320x281x DSP Boot ROM Reference Guide[S]. Literature Number:SPRU095B, May 2003 — November 2004.
[4] TMS320C28x System Control and Interrupts Peripheral Reference Guide[S]. Literature Number: SPRU078, May 2002.
[5] JeanJ. Labrosse. 嵌入式实时操作系统μC / OS-II[M].（第2版）邵贝贝. 北京：航空航天大学出版社，2003.