实时操作系统信号量机制的设计与实现*

舒红霞 王继红

(武汉数字工程研究所 武汉 430074)

摘 要 信号量是用来控制共享资源互斥访问和线程同步通信的协议机制,它是操作系统中的重要部分。基于广泛使用的高性能数字信号处理器 ADSP-TS201,从线程创建、调度策略和信号量操作这三个方面,设计并实现实时操作系统中的信号量机制,为下一步开发完整的实时操作系统奠定了基础。

关键词 实时操作系统;信号量;ADSP-TS201芯片

中图分类号 TN911.7

随着数字信号处理技术的迅猛发展,各种高处理能力的 DSP芯片应运而生。为了适应 DSP应用的复杂性和多样性,缩短其开发周期,设计并实现满足用户需要的高性能实时操作系统就非常重要。信号量机制是实时操作系统中一个重要的组成部分。

美国 ADI公司 ADSP-TS201数字信号处理器[1~3]具有很强的数据处理能力和很高的运算速度,本文基于 ADSP-TS201芯片和 VisualDSP++4.0开发调试环境[4],采用 C语言和汇编语言编程,设计并实现了一个实时操作系统信号量机制。

1 ADSP-TS201简介

ADSP-TS201整合了 I/O接口、外部 SDRAM控制器、24Mbits的片内 DRAM、主处理器接口、以及适合多处理器的无缝共享总线连接。数据传输系统包括 4个链路通道对和由 DMA控制器支持的 14个 DMA通道,内部核时钟高达 600MHz,指令周期为 1.67ns,能够执行多达 4条指令,每秒可进行 48亿次 16bit定点全累加操作,或者每秒可进行 12亿次 32bit浮点全累加操作。

ADSP-TS201的主要优点在于它的四个全双工链路口,均使用低电压差分(LVDS)技术,每一个都具有 4-bit发送和接收 I/O能力。每一个链路口在一个方向,速率可高达 500M字节,综合起来每秒具有 4G字节的吞吐率,这使超高速数据传输成为可能。

ADSP-TS201还包含了一个新的通信逻辑单元(CLU),它包含 ADSP-TS101中控制管理 Trellis解码的增强型指令(如 Viterbi和 Turbo解码器),这个功能也可以在非通信算法中使用,这使得系统算法实现的效率和灵活性大大加强。

2 TigerSHARC堆栈结构

在信号量机制设计与实现中,堆栈操作非常重要。栈主要保存局部和临时变量、编译器寄存器的值、函数调用时参数的输入输出以及一些链接信息。

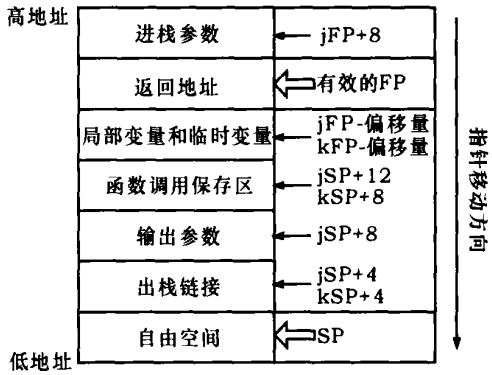

图 1 TigerSHARC堆栈结构

TigerSHARC DSP编译器使用两个栈,一个栈通过 IALU的 j寄存器寻址,另一个栈通过 IALU的 k寄存器寻址。TigerSHARC堆栈结构如图 1。

3 信号量机制的设计

3.1 线程创建

用户编写了任务函数后,必须为这些任务函数

* 收稿日期:2006年 10月 17日,修回日期:2006年 11月 7日

作者简介:舒红霞,女,硕士研究生,助理工程师,主要研究方向为分布式实时操作系统、并行计算。王继红,男,研究员,主要研究方向为分布式实时操作系统、并行处理系统软件开发环境。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

创建线程。每个线程拥有自己的栈空间，并有自己的优先级。为用户任务函数创建的线程，其优先级由用户定义。定义空闲任务（idle）的优先级为 255（最低），线程优先级最高为 0，其中优先级处于 0到 15之间的线程属于高优先级线程，其余的线程属于低优先级线程。

每个线程都有一个称为线程控制块 PCS的结构体，本文设计的线程控制块 PCS包含链表、优先级、挂起标识和现场保护区。通过链表可以将线程链接；通过优先级使系统具有按优先级高低进行线程调度的功能；通过挂起标识可以知道线程的状态；通过现场保护区保存线程的现场，线程栈的位置，并实现线程切换。

线程有运行态、就绪态和挂起态三种状态，每个线程在这三种状态之间变化，如图 2。

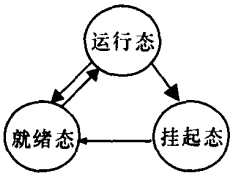

图 2　线程状态转换机

运行态：在任何时刻，均只有一个线程处于运行态。初始时刻，idle线程处于运行态。

3.2　调度策略

采用基于优先级的不可抢占调度机制，基于此调度机制，设计协同调度函数。当线程运行到一定阶段，通过调用协同调度函数，判断是否进行线程切换。也就是说，协同调度是指当前线程主动将 CPU 的控制权交给就绪队列中优先级最高的线程。在进行线程切换时，只需要保存部分寄存器集合。

3.3　信号量

信号量主要用于实现共享资源的互斥访问，通知某一事件的发生或者是两个线程同步。

本文设计的信号量是计数信号量，提供的操作有：发送信号量 Sema_ Signal和测试信号量 Sema_ tesW。

设计的信号量的数据结构包括信号量计数器、等待队列。其中，等待队列用来挂起等待信号量到来的线程。发送信号量主要完成对信号量计数器加 1操作，测试信号量主要完成对信号量计数器减 1操作。

当使用信号量来控制共享资源的使用时，若用户程序设计不当，存在着死锁的可能，OS－TS201内核不提供任何死锁的预防、检测和恢复措施，需要由用户在设计应用程序时仔细考虑。

4　信号量机制的实现

4.1　线程创建模块

根据第 3节中介绍的创建线程的原理，设计创建线程功能模块，如图 3。该模块实现的功能是为任务函数创建线程：首先为任务函数建立现成控制块 PCS，然后，为任务函数单独分配一个任务栈；最后将刚创建的线程按照其优先级插入到相应的高优先级就绪队列或者低优先级队列。

4.2　调度模块

基于不可抢占调度策略，设计了协同调度功能模块，如图 4。该模块实现的功能是：首先，获取就绪队列上优先级最高的线程；然后，根据线程优先级以及挂起标识来判断是否进行线程切换，若进行切换，则保存当前线程的线程并恢复获取的优先级最高线程的线程，并转入执行该线程。

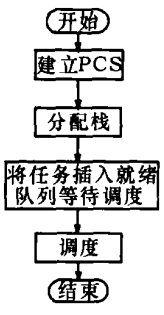

图 3　线程创建

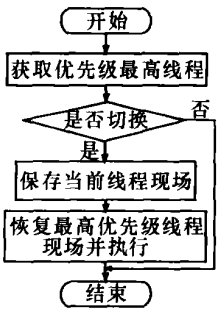

图 4　协同调度

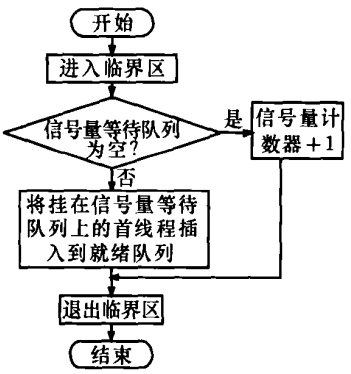

图 5　发送信号量

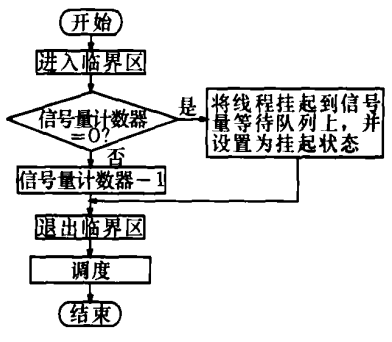

图 6　测试信号量

4.3　信号量模块

设计发送信号量发送信号量 Sema_ Signal和测试信号量 Sema_ tesW 功能模块，如图 5和图 6。

发送信号量 Sema_ Signal实现的功能是：首先判断信号量的等待队列上有无等待线程，若有等待线程，则将该线程解挂并根据该线程的优先级插入到就绪队列中；若无等待线程，则将该信号量的计

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

数器直接加 1。

测试信号量 Sema_ tesW 实现的功能是: 首先, 判断信号量计数器是否为 0, 若计数器为 0, 则将调用该模块的线程挂起到信号量的等待队列, 并设置该线程为挂起状态; 若计数器大于 0, 则将信号量计数器减 1。最后, 进行一次调度。

5 实验

在具有两个 ADSP - TS201处理器的 ADSP - TS201 EZ - KIT Lite Rev1. 1评估板上, 设计了两个信号量的双同步实验。其中, 设置了两个信号量 sema1和 sema2, 两个任务 task1和 task2。任务 task1和任务 task2的代码如下:

```
void task1(void)
{
   int count1=0;
   while(1)
   {
      Sema_ Signal(&sema1);
      count1++;
      printf("count1=%d\n", count1);
      Sema_ tesW(&sema2);
}
}
void task2(void)
{
   int count2=0;
  while(1)
{
      Sema_ tesW(&sema1);
      count2++;
      printf("count2=%d\n", count2);
      Sema_ Signal(&sema2);
      }
}
```

该实验效果良好, 图 7给出 idle线程、task1线程和 task2线程之间的切换图。其中, 横线上的数字代表线程执行时间, 斜线上的数字代表协同切换时间, 这些时间均以微秒为单位。实验结果表明, 使用该信号量机制能正确实现线程同步, 并且其协同调度切换平均时间为 0. 6微秒, 达到实时性要求。

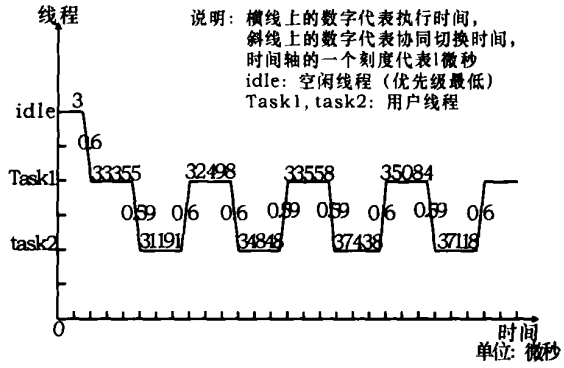

图 7 线程切换图

6 总结

在高处理能力的 DSP芯片上, 设计并实现一个满足用户需要的高性能实时操作系统可以大大缩短应用开发周期, 简化用户的开发设计过程。但是, 实现一个完整的操作系统是一件很复杂的工作, 本文基于高性能的 ADSP - TS201芯片, 设计并实现了实时操作系统中的信号量机制。在设计与实现该信号量机制过程中, 堆栈操作、调度策略以及保护和恢复线程现场是难点, 亦是重点, 通过对这些难点、重点的研究和突破, 为下一步开发完整的实时操作系统奠定了基础。

参 考 文 献

[1] ADSP - TS201TigerSHARC processor data sheet [M]. Anlaog Device Inc, 2004

[2] ADSP - TS201TigerSHARC processor hardware reference[M]. Anlaog Device Inc, 2004

[3] ADSP - TS201TigerSHARC processor programming reference[M]. Anlaog Device Inc, 2004

[4] VisualDSP++4. 0 C/C++ Compiler and Library Manual for TigerSHARC Processors Anlaog Device Inc, 2005

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Abstract The hull deformation influences the angle measurement accuracy of shipborne IRST. To analyse the model of hull deformation and gives an evulation. To derive the mathematic relationship between the hull deformation and angle measurement of shipborne IRST. Due to the great influence on the angle measurement, to adopt the local strapdown reference is proposed.
Key words hull deformation; IRST; angle measurement accuracy (Page, 86)

Research on the Method of Gravity Map Matching Navigation

by *Guo Xingwei*

Abstract A method of revising inertial navigation system by using gravity abnormal information is introduced. Actual gravity data and digital gravity map were analyzed correlatively and matched by certain method in order to get optimal route. Inertial equip error was estimated by extended Kalman filter through position error. In the end, the navigation status of inertial navigation system was revised so that optimal navigation status was acquired.
Key words inertial navigation; matching; extended Kalman filter (Page, 89)

Design of Security Access Control Strategy in Grid

by *Hu Yunqin*

Abstract The characteristic of grid is analyzed in detail. The traditional access control strategies are demonstrated briefly, and the RBAC model is proposed to be more applicable in grid. Based on the RBAC model, the security access control strategy in grid is designed, and the mul-strategy-fused access control mechanism in grid is studied.
Key words grid; DAC; MAC; RBAC; G_RBAC (Page, 91)

Research on Access Control Conflict Based on Granularity and Its Solution

by *Wu Xiaolu*

Abstract Access control regulates legitimate users' access and operation towards resources, so as to prevent resources from unauthorized access. Access control granularity specifies the authorization level which administrative domain provides service for users, such as directory authorization level, file authorization level etc. When users with different access granularity share resources, it easily lends to some problems such as privilege's change or conflicts. The paper analyzes the features of access control system with different granularity, points out how conflicts produce. Meanwhile, some rules that administrative domain should observe are proposed, and a solution is given towards access control granularity.
Key words access control; granularity; credential; authorization; policy (Page, 95)

Design and Implementation of the Semaphore of a Real-time OS

by *Shu Hongxia*

Abstract Semaphore is a protocol mechanism, which is applied in access shared resource mutually and synchronizing communication. It is an important scheme in operating system. According to thread creation, scheduling policy and semaphore operation, the paper describes the design and implementation of the semaphore mechanism of a real time operating system (RTOS), which is based on popularly used high performance digital signal processor ADSP-TS201. The mechanism lays a foundation for the following development of the integrated RTOS.
Key words real-time operation system; semaphore; ADSP-TS201 (Page, 98)

Research of Web Service Network Management Model Based on CORBA

by *Deng Zhaofeng*

Abstract This paper simply interprets the technique character of CORBA and web service, and based on which we propose a new integrative network management system model which syncretize CORBA and web service techniques. In addition, we carry out the designation of the new model. And at last we put forward corresponding ways of solving the problems arise from the realization.
Key words network management; web service; CORBA (Page, 101)

Analysis and Design of Web-Based Application

by *Li Jianyi*

Abstract Along with the Internet quick development, the technique of ASP.net is becoming essential technique of the Web-based application development gradually. At the same time, Web-based application especially the complexity of the Web-based information system, make the applied Web-based application need to carry on the earnest analysis and designs. Article with the method of UML analysis and designs Web-based application, aiming at the characteristics of the Web-based application, combining the technique of ASP.net, and carry on the research to the design of Web-based application.
Key words UML; ASP.net; Web-based application (Page, 105)

Communication Between Host and DSP Based on USB2.0 Interface

by *Zhou Wei*

Abstract USB is one of the most popular interfaces connecting peripheral devices to the host system. In this paper, the ASIC EZUSB-FX2 is used to implement the high speed serial communication between digital signal processor and host. First, the overall structure of the system and the structure of hardware is introduced, and then, the design of software is discussed in detail. Finally, a conclusion is reached.
Key words USB2.0; EZUSB FX2; DSP (Page, 109)

Circuit and Its Optimum Design Using VHDL

by *Yang Xianyan*

Abstract With growing development of the technology of integrated circuit and EDA, VHDL has become a standard IEEE's hardware description language. This paper analysis the advantages of VHDL's designation and explores the methods for improving circuit design with

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net