

实时多任务应用最坏情况设计的研究*

罗 蕾** 熊光泽

(电子科技大学微机所 成都 610054)

【摘要】 论述了实时应用软件从循环轮询系统,前后台系统到实时多任务系统的发展及实时多任务系统的特点;分析了实时操作系统所提供的典型性能指标、任务切换时间、中断延迟时间;研究了其性能指标与实时多任务应用的最坏情况设计的关系,最后提出实时操作系统应该提供的性能指标供应用设计。

关键词 实时应用; 实时多任务系统; 实时操作系统; 实时性能

中图分类号 TP311

随着社会的高速发展,实时系统日趋复杂,实时应用软件的结构已从早期的循环轮询系统(Polling Loop)事件驱动的前后台系统(Foreground/Background)(又叫中断驱动系统),发展成已被许多复杂系统采用的实时多任务系统(Multitasking)^[1]。实时多任务系统也是事件驱动的系统,它是在前后台基础上发展起来的,当采用中断处理程序加一个后台任务技术难以完成时,或存在一些互不相关的过程需要在一个计算机中同时处理时,就需要多任务的支持。实时多任务系统对于降低系统的复杂性,保证系统的实时性,保证系统的可维护性是必不可少的。实时多任务系统的实现需要在实时操作系统(RTOS)的支持下完成,RTOS具有一个完成任务切换、任务调度、任务间通信、同步、互斥、实时时钟管理、中断管理的实时内核。实时多任务系统实际上是由多个任务、多个中断处理过程、RTOS组成的有机的整体,在RTOS的统一管理下协调工作。

实时系统强调的是实时性,即快而确定,这就要求实时软件对外部事件作出反应的时间必须要快,在某些情况下还需要是确定的、可重复实现的,不管当时系统内部状态如何、负载多少,都是可预测的。许多强实时系统通常是无人操作的,例如一个监视敌人导弹到来的空中防卫系统,由于该项应用的特性,假设时间限制是要在检测到敌人导弹到来的15s内击毁该导弹。如果系统不能在规定的时限15s内完成击毁导弹的任务,可以想象后果将会怎样^[2]。因此,实时多任务应用系统的设计就必须考虑最坏情况的时间需要,只有最坏情况的时间需要满足系统的要求,实时系统才是可靠的。

目前,多数RTOS只用任务切换时间或上下文切换时间和中断延迟时间来刻画RTOS的性能。

1 任务切换时间

任务切换时间是指将当前运行任务的状态保存到该任务的控制块中,再将要运行的任务的状态从控制块中恢复的时间^[3]。

从定义上可以看出,任务切换时间实际上是没有多大意义的。因为它并不包括RTOS决定调

度哪个任务所需要的时间。任务切换时间通常包含在 RTOS 系统调用的执行时间中,在应用的设计中是没有任何参考价值的。例如:一个任务调用系统调用向邮箱发送一个信件,如没有任务等待信件,该调用需要执行 $15\mu s$; 如有低优先级的任务等待,该调用就要唤醒等待任务,需要执行的时间是 $20\mu s$; 如果有高优先级的任务等待,不但要唤醒该等待任务而且要发生任务切换,如果任务切换时间是 $5\mu s$,那么该系统调用在这种情况下的执行时间是 $25\mu s$ 。由此看来,大多数 RTOS 所提供的任务切换时间这个性能指标,对于指导应用设计是很成问题的。应用设计者不要根据任务切换时间来评价和比较 RTOS 的性能

2 中断延迟时间

中断延迟时间是指从中断发生到系统获知中断,并且开始执行中断服务程序 (ISR) 的第一条语句所需的最大滞后时间

系统的中断延迟时间 = $\max(\text{RTOS 中断延迟时间}, \text{应用的中断延迟时间})$

实时操作系统的中断延迟时间由三部分组成:

处理器硬件的中断延迟,通常忽略不计;

RTOS 处理中断到将控制传给合适的 ISR 所需的时间;

RTOS 的最大关中断时间。这是因为 RTOS 通常采用关中断方法来实现对系统数据的保护。

应用的中断延迟时间是处理器硬件的中断延迟与应用的最大关中断时间之和。因此,应用在设计中对于关中断要尽量避免和小心使用

中断延迟时间是 RTOS 一个重要指标,但只有这个指标对于应用的最坏情况设计还是不够的。例如下面二种情况:

1) 中断的最坏响应时间

在实时应用中,通常需要确定每个中断的最坏响应时间。对于只有一个中断的系统来说,中断的最坏响应时间是很容易确定的,它就是系统的中断延迟时间。然而,对于有多个中断的系统来说,就不能只使用中断延迟来确定,如图 1 所示。

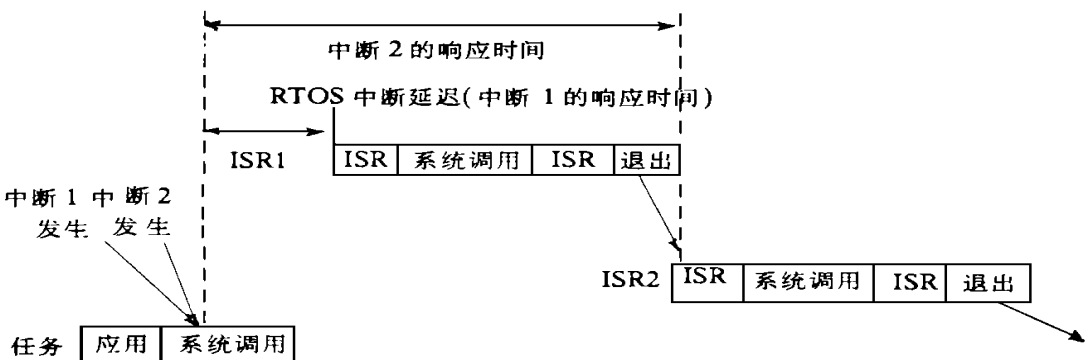


图 1 多个中断发生时的中断响应

当有两个中断同时发生时,假设中断 1 的优先级比中断 2 高,那么中断 2 的最坏响应时间就应该为:

RTOS 的中断延迟;

+ 中断 1 的 ISR1 的最大执行时间;

+ RTOS在中断退出时的开销。

第一个因素上面已讨论了,对于第二个因素来说,由于在实时多任务系统中,对外部中断的处理大多采用中断处理程序和任务结合的方法进行^[4]。中断处理程序只是识别中断事件的发生,做一些必需的、简单的处理或不做任何处理,向某个任务发信息(通过信号量、信箱、事件或队列),其余的大部分工作都由任务来完成。因此,几乎所有的ISR都要调用操作系统的系统调用来与相应的任务通信。这样,ISR的最大执行时间既与应用的ISR代码的最大执行时间有关,又与系统调用的最大执行有关。

大多数情况下,实时系统的ISR退出中断是要通过操作系统的系统调用而不是直接使用处理器的退出中断指令。如果这时没有别的中断发生,操作系统就要决定是否进行任务切换。因此,需要包含RTOS在中断退出时的开销。

2) 中断任务的最坏响应时间

在实时多任务系统中,对于一个外部事件的响应往往需要ISR和任务共同完成。例如,ISR将接收的字符放到缓冲区里然后将这个缓冲区传给任务,由任务来处理数据并且决定如何响应。在这种情况下,对该事件的响应时间就需要包括调度到该任务的最大执行时间即调度延迟。

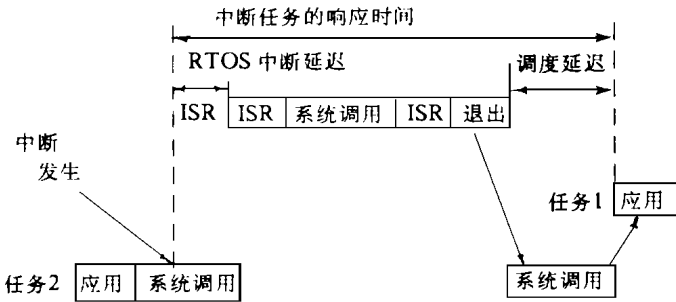


图 2 任务调度延迟情况

如果中断发生在执行操作系统调用时,调度延迟就与RTOS的内核是否能被抢占有关。多数商品化的RTOS都支持可抢占的任务调度,也就是说应用任务间彼此可以互相抢占。多数商品化的RTOS同样支持可被中断,即在RTOS运行时可以被中断。但是,也有一些为了处理方便内核是不能抢占的,即系统调用是不可抢占的。这就意味着,当中断发生在执行系统调用时,退出中断后不能马上调度任务,必须要等到执行完该系统调用以后才能调度。因此,调度延迟的时间就是系统调用的最大执行时间,如图2所示。

从图2可以看出,对于一个不可抢占的内核来说,最坏情况下的调度延迟的时间要包括完成系统调用所需的时间。中断任务的最坏响应时间为:

- 中断延迟;
- + ISR执行的最大时间;
- + 调度延迟

3 结 论

综上所述,当前许多商品化的RTOS只是公布几个性能指标,如:中断延迟、任务切换、小部分系统调用执行时间是远不能满足应用系统的最坏情况设计的。

RTOS应该提供以下的时间指标供应用参照

- 中断延迟时间;
- 中断退出时间;
- 所有系统调用的执行时间

当然,应用的最坏情况设计除了与 RTOS有关外,还需要考虑应用本身的很多因素,如应用的中断延迟,应用任务所采用的各种算法的时间确定性,因此还需要进行大量的实践,对这一课题的深入研究具有广泛的应用前景

参 考 文 献

- 1 Gomma H. Software design method for real time systems. Communications of the ACM, 1984, 27: 938~ 949
- 2 Levi Shem-Tov, Agrawala Ashok K. Real-time system design. New York: McGraw-Hill Publishing Company, 1990
- 3 Ready System Incorporated. V RTX32 timing reference. 1992: 23~ 34
- 4 Intel. IRM K user manual, 1993: 243~ 255

Research on Worst Case Design of Real Time Multitasking Applications

Luo Lei Xiong Guangze

(Inst. of Microcomputer, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract This paper illustrates the tendency of real-time application software from pollingloop system, foreground/background system to multitasking system and also the characteristics of multitasking system is presented. This paper analyses typical performances taskswitch timing, intermpt latency timing, which are provided by real time operating system. The relations between performances of real time operating system and worst case design in multitasking applications are also studied. Finally the performances, which real time operating system must offer for appication worst case design are put forward.

Key words real-time application; multitasking; real time operation system; real time performance

编辑 徐培红

.....

· 科研成果介绍 ·

3 mm 宽带电调谐波振荡器及信号源

主研人员: 樊 勇 吴正德 唐小宏 张 力 郑浩元 朱 勇 周良福 张显静

3 mm 宽带电调谐波振荡器根据“电调基频,提取谐波”的构想,设计了变容管串联调谐电路,实现了二次谐波电调振荡。采用国产 6 mm GaAs Gumm 器件和参放变容管,在 75~ 110 GHz 范围内电调带宽大于 10 GHz,输出功率大于 5 mW 用该振荡器研制的 3 mm 电调信号源工作频率连续可调,频率读数误差小于 100 MHz,在整个频带内的频率稳定度为 $(2\sim 9)\times 10^{-4}/h$ 。

3 mm 宽带电调谐波振荡器达到 90 年代初国际先进水平,处于国内领先地位。3 mm 电调信号源属国内首创。该项成果的研制成功将促进我国毫米波电子仪器的开发研究,具有良好的应用前景。

· 科 卞 ·