基于 DSP/BIOS 的视频监控系统多线程调度研究*

闫建强，马 莉*
（杭州电子科技大学 自动化学院，浙江 杭州 310018）

摘要：为了提高视频监控系统的实时性，提出了一种基于 TMS320DM642 实时内核 DSP/BIOS 的多线程调度软件框架实现方式，采用多线程的优先级 BIOS 下静态配置和信号灯（SEM）、邮箱（MBX）等多通信模块 API 函数动态调用的方法，并结合串口硬件中断来响应外部控制事件，实现了整个视频监控系统多线程之间的相互通信和数据共享，多种通信模块配合实时的完成了系统多线程的合理调度。在满足系统实时性和可靠性需求的前提下，经林区现场实验验证，此监控系统具有较高的准确性和实效性，系统设计和资源分配正确合理。

关键词：DSP/BIOS；多线程；实时性；串口中断
中图分类号：TH79；TP274 **文献标识码**：A **文章编号**：1001 - 4551(2010)09 - 0032 - 05

Researchs of multi-threading scheduling in a video monitoring system based on DSP/BIOS

YAN Jian-qiang, MA Li
(School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at improving the real-time ability in a video monitoring system, an implementation software framework of multi-threading scheduling based on TMS320DM642's DSP/BIOS was proposed. Combining with serial hardware interrupts in response to external control events, communication and data sharing among threads were achieved by the static priority configuration for multiple threads under BIOS and dynamic calling of modules' API such as semaphore(SEM) and mailbox(MBX). The reasonable multi-threading scheduling was realized in conjunction with multiple communication modules. Under the precondition of meeting the requirements of real-time and reliability, the monitoring system has higher accuracy and efficiency through the forest field tests. The system design and rational distribution of resources are correct and reasonable.

Key words: DSP/BIOS; multi-threading; real-time; UART interrupt

0 引 言

近几年，由于计算机技术、光电成像技术以及图像处理技术的不断发展，视频图像探测技术成为了新的林火监测解决方案。林区视频实时监控系统应具有自主管理、及时响应外部控制事件以及对采集到的图像进行实时火灾分析处理和及时报警的能力。随着数字信号处理技术和 CCD 摄像机的发展和运用，许多远程监控系统能实时播放现场图像，但火情的判断需要人工完成，而监控人员易于疲劳。TI 公司的 TMS320DM-642 产品为监控系统前端智能服务器的开发提供了支撑平台，其提供的 DSP/BIOS 可对实时多任务进行调度。国内基于 DSP/BIOS 开发的视频监控及其他应用系统中，如文献[1]提出的系统软件框架利用了 DSP/BIOS 的优先级抢占机制，并采用同优先级时间片轮询的方式实现任务线程调度，而文献[2-4]提出了 DSP/

收稿日期：2010 - 01 - 18
基金项目：国家自然科学基金资助项目(60775016)；浙江省重大科技专项资助项目(2007C13062)
作者简介：闫建强(1984 -)，男，山西阳泉人，硕士研究生，主要从事人工智能与模式识别方面的研究. E-mail: sd6722787@163.com
通信联系人：马 莉，女，博士，教授，硕士生导师. E-mail: mali@hdu.edu.cn

BIOS 下的系统软件框架,文献[5-6]给出了系统软件的实现过程,但它们并没有详细介绍多线程之间的调度和通信方式。文献[7]更注重于整个监控系统的设计,对软件部分只是简单叙述实现过程。

为了提高视频监控系统的实时性,本研究提出一种在 DSP/BIOS 环境下通过串口中断和信号灯、邮箱等通信模块实现多线程间同步以及数据共享的方法,并详细给出多任务线程之间调度以及通信机制调用的过程和核心代码。

1　基于 DSP/BIOS 的系统软件框架

DSP/BIOS 是 TI 公司设计开发的一个可裁剪实时多任务操作系统内核。通过使用 DSP/BIOS 提供的丰富内核服务,开发者能快速地创建满足实时性能要求的复杂多任务应用程序,并且针对 RTOS 开发提供对象的创建和删除、多线程服务(硬中断、软中断、任务和空闲)、线程之间的通信(信号灯(SEM)、邮箱(MBX)、队列(QUE)和资源锁(LCK))[8]。

在林火实时监控过程中,需要对所关注区域采集的图像进行分析,监测火情的发生和发展;同时,整个监测系统还需要其他辅助的硬件设备来完成视频流的传输、控制信息的收发等。根据系统的需求,林火视频监控系统硬件包括:TMS320DM642 开发板、数字重型万向云台、IP 模块和无线传输模块以及视频分配器,如图 1 所示,虚线框 1 中为承担视频采集和火焰检测以及响应外部控制事件的软件框架,是基于 TMS320DM642 开发板的实时可操作系统 DSP/BIOS 实现的;虚线框 2 中为视频编码和传输设备(IP 模块用来完成视频流的编码压缩和控制信息的转发;CDMA 模块用来进行无线传输以及与远程客户端通信)。

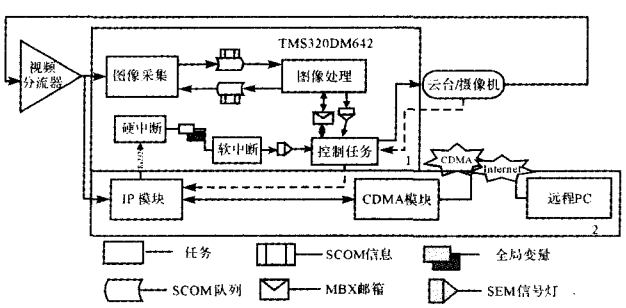

图 1　林火视频监控系统构架

系统工作流程如下:云台 CCD 摄像机采集连续图像帧,经过视频分配器后,分为两路模拟视频输入:一路经 IP 模块编码后,由 CDMA 模块经无线网络发给远程客户端播放;另一路经图像采集,通过 SCOM 队列传递给图像处理任务以进行火焰检测,判断是否林区发生火灾,是否需要报警。

同时,IP 模块通过 CDMA 无线网络接收来自远程客户端发出的云台控制信息,并通过其 RS232 串口将控制信息发送给 DM642。当 DM642 的串口有数据进来时,触发串口硬件中断,硬件中断通过所触发的软件中断接收外部数据,并放入指定的全局变量中;软件中断提高控制任务的优先级并通过 SEM 信号灯将数据共享给它。控制任务对数据进行分析检测,将提取的云台命令通过 RS485 串口发送给云台。如果云台有返回值(云台状态),则 DM642 将数据封装,通过串口发送给 IP 模块(虚线表示),由 IP 模块发给远程客户端。如果在火焰检测时发出报警信息,则可利用图像处理任务通过邮箱把报警信息传送给控制任务,并由后者将报警信息通过 IP 模块由无线网络发送给远程客户端。

2　DSP/BIOS 设置及多线程调度实现

根据系统软件需求,利用 DSP/BIOS 配置工具配置 2 个具有相同高优先级任务(TSKcapture、TSKprocess)和 1 个低优先级任务(TSKcontrol)以及 1 个硬件中断(UARTINT)、1 个软件中断(SWIproc)和通信模块信号灯(SEMproc)、邮箱(MBXproc)。其中 SCOM 队列对象在主函数程序中创建,一般用于传递大批量的同步信息,而 MBX 模块主要用来传递小的异步命令或消息。SEM 模块除了传送数据外,还可以解决线程间的互斥问题。使用多种通信模块配合,完成不同线程之间和不同情况下的信息处理,实现多线程的合理调度。

2.1　SCOM 模块实现图像任务通信

TSKcapture 和 TSKprocess 任务之间的通信是由两个 SCOM 模块实现的,分别表示不同数据传递方向。每一个 SCOM 队列内部使用一个队列对象(QUE)和一个信号灯对象(SEM),队列对象提供任意大小的数据缓冲区,信号灯指定当前可以对数据进行操作的任务,实现任务之间的数据共享。一旦这些 SCOM 队列被创建,则应分别在 TSKcapture 和 TSKprocess 任务线程中打开;接着可以通过函数 SCOM_putMsg( ) 和 SCOM_getMsg( ) 进行图像信息的传递。例如:图像采集任务 TSKcapture 将采集到的图像信息放入已创建并打开的 SCOM 队列 A 中,而图像处理任务 TSKprocess 则一直检测是否有信息存在于 SCOM 队列 A,无信息则一直等待;如果队列 A 的信息存在,则读取信

息,并且会通过另一个 SCOM 队列 B 返回一个确认信息给 TSKcapture;TSKcapture 收到确认信息后,继续将图像信息放入 SCOM 队列 A 中,循环往复,实现了图像信息在两个任务之间的传递。使用 SCOM 模块的 TSKcapture 和 TSKprocess 任务通信的核心代码[9]如下:

main( )函数代码:

```
{…/ * 创建 SCOM 队列对象 * /
SCOM_init( );
SCOM_create( "INTOPRO" , NULL);
SCOM_create( "PROTOIN" , NULL);
…}
```

图像采集任务中的核心代码:

```
void Tskcapture( )
{…/ * 打开 SCOM 队列对象 * /
fromInputtoProcess = SCOM_open( "INTOPRO" );
fromProcesstoInput = SCOM_open( "PROTOIN" );
…/ * 将图像信息放入 SCOM 队列 * /
while(1)
{SCOM_putMsg( fromInputtoProcess, &scomCapBuf);
SCOM_getMsg( fromProcesstoInput, SYS_FOREVER);}
}
```

图象处理任务中的核心代码:

```
void Tskprocess( )
{…/ * 打开 SCOM 队列对象 * /…
while(1)
{scomCapBuf = SCOM_getMsg( fromInputtoProcess, SYS_FOREV-
ER);
SCOM_putMsg( fromProcesstoInput, scomCapBuf);}
}
```

fromInputtoProcess、fromProcesstoInput 为自定义的 SCOM 句柄;scomCapBuf 是放置图像信息的缓冲区。

2.2 HWI 模块对外部控制事件的响应配置

用来响应外部控制事件的串口芯片 TL16C752B 引脚 5 的接收中断需要对与中断相关的寄存器进行动态配置和 BIOS 下特定 HWI 对象的静态设置。

(1) 中断相关的寄存器动态配置如下:

①CSR 控制状态寄存器:全局中断使能位置 0,等同于函数 IRQ_globalEnable( )[10];

②IER 中断使能寄存器:NMIE 置 1,等同于函数 IRQ_nmiEnable( );

③IER 相应中断位置 1:要实现 UART 口的接收中断,写控制字 0x01,将第 0 位置 1[11];

④TL16C752B 本身中断使能:MODEM 控制寄存器(MCR)的第 3 位置 1,中断管脚使能。

(2) BIOS 下特定 HWI 对象的静态设置:

在 DSP/BIOS 中 HWI 配置界面下,HWIService Routine Manager 中设置 exteranl pin5 的优先级为 Low to High,填入中断函数名,并且使用系统的 HWI 调度程序 Dispather(这样 ISR 可以使用 C 函数编写,并且在调用用户 C 函数的前后分别惊醒现场环境保护与恢复)。

与中断相关的寄存器动态配置的核心代码如下:

```
void UARTinit
{…
    IRQ_map(IRQ_EVT_EXTINT5, 5);
…
    IRQ_enable(IRQ_EVT_EXTINT5);
    IRQ_globalEnable( );
    IRQ_nmiEnable( );
}
TL16C752B 串口寄存器的初始化:
SEEDDM642_UART_Config UartConfig = {
      0x01,/ * 寄存器 IER * /
      …
      0x08,/ * 寄存器 MCR * /};
```

2.3 BIOS 下通信模块实现多任务调度

2.3.1 SEM 模块触发任务响应

当外部控制信息到来,产生串口 HWI 后,由于软件中断可以帮助硬件中断将一些非严格实时性的事件放到低优先级的线程(如任务线程)中处理,从而将外部事件交给任务来处理。硬件中断 ISR 调用函数 SWI_post 来触发软件中断;此时利用 SEM 模块可以实现软件中断和任务 TSKcontrol 之间的同步。当 SWI 接收外部数据后,利用 SEM_post 发布一信号灯,并调用函数 TSK_setpri 使得 TSKcontrol 任务的优先级高于 TSKcapture 和 TSKprocess 任务。TSKcontrol 任务之前处于阻塞状态,一直等待信号灯的发布。当 SWI 发布信号灯之后,TSKcontrol 转为就绪态进而开始运行,而 TSKcapture 和 TSKprocess 任务进入阻塞态;由于 BIOS 调度和抢占机制,当 TSKcontrol 任务结束后降低自身优先级自动进入阻塞状态,而 TSKcapture 和 TSKprocess 任务自动从阻塞状态进入就绪态并开始运行。使用 SEM 模块触发任务响应的核心代码如下。

(1) 软件中断函数核心代码:

```
void swiproc( )
{… / * 提高 TSKcontrol 优先级,发布信号灯 * /
    TSK_setpri(&TSKcontrol,10);
    SEM_post(&SEMproc);
…}
```

(2) 控制任务中的核心代码:

```
void tskcontrol( )
{ …
  while(1)
  { / * 等待信号灯到来 * /
  SEM_pend(&SEMproc,SYS_FOREVER;
  if(/ * 判断是否为云台信息 * /)
      {/ * 处理云台信息 * ./}
  else if(/ * 确认报警信息 * /)
```

```
    …
    TSK_setpri(&TSKcontrol,1);
    }
}
```

2.3.2　MBX 模块实现任务间信息传递

MBX 邮箱用来传递来自 TSKprocess 任务的火灾报警信息,一个固定长度的共享邮箱保证了任务间同步和信息流不会超过系统的处理能力。当 TSKprocess 任务检测到林区有火灾发生时,调用 SEM 模块发布信号灯并同时提高 TSKcontrol 的任务优先级,通过 MBX 传递报警信息给 TSKcontrol 任务;TSKcontrol 任务收到报警信息后经过确认处理,将通过串口连接的 IP 模块发送给远程客户端进行报警;报警信息发出后其优先级被降低并进入阻塞状态,其他任务进入就绪状态进而运行。使用 MBX 实现任务间信息传递的核心代码如下:

(1) 图像处理任务的火灾检测:

```
void tskprocess()
{ …
If(/*满足火焰检测条件*/)
{…TSK_setpri(&TSKcontrol,10);
  SEM_post(&SEMproc);
MBX_post(&MBXalarm,&msg,TIMEOUT);}
…}
```

(2) 控制任务的信息确认:

```
void tskcontrol()
{ …
while(1)
{  /*等待信号灯到来*/
  SEM_pend(&SEMproc,SYS_FOREVER;
  if(/*判断是否为云台信息*/)
      {/*处理云台信息*./}
  elseif(MBX_pend(&MBXgalarm,&msg,TIMEOUT)! =0)
  {/*处理报警信息*/}
  TSK_setpri(&TSKcontrol,1);
 }
}
```

3　系统性能分析

DSP/BIOS 提供了实时分析工具,辅助 CCS 软件以可视化的方式观察程序的性能,增强了对代码的实时分析能力。DSP/BIOS 提供的任务调度时序图可以用来观测以上多线程调度的实现过程,如图 2、图 3 所示(图中横轴为时间序列,粗实线表示线程为运行态,细虚线表示线程为就绪态,细实线表示线程无响应或处于阻塞态,竖线表示程序中设置的断点处)。

(1) HWI 产生时任务调度时序图(为了表述清楚,在图中添加 A、B、C 3 个时刻点)。

如图 2 所示,HWI 产生后在 A 时刻触发了软件中断,软件中断的中服发布信号灯,并提高任务 TSKcontrol 的优先级,则任务 TSKcapture 和 TSKprocess 会被挂起;在运行到 TSKcontrol 任务中 B 时刻的断点处,此任务之前一直处于 pending 状态,等待信号灯;在 C 时刻接收到信号灯,并开始处理信息。完成处理之后,任务 TSKcapture 和 TSKprocess 再次运行。

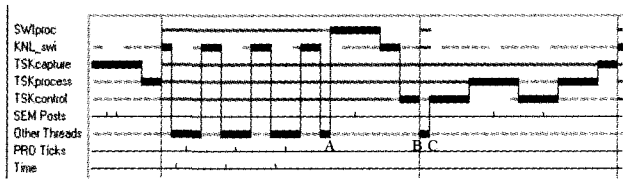

图 2　中断产生后任务调度时序图

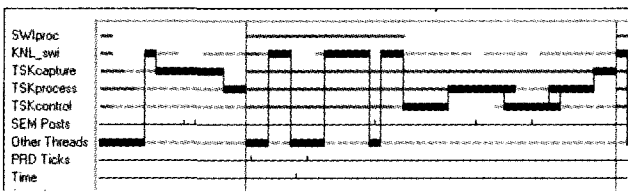

图 3　报警后任务调度时序图

(2) 报警信息产生时任务调度时序图。

如图 3 所示,系统无硬件中断产生,软件中断没有被触发;任务 TSKprocess 在运行过程中检测到林区有火灾发生,则通过 SEM 模块和 MBX 模块与任务 TSKcontrol 完成报警信息交互。

4　结束语

本研究利用 TMS320DM642 可裁剪的实时操作系统 DSP/BIOS,并综合运用 HWI、SWI、TSK 优先级设置和信号灯、邮箱等通信模块 API 的动态调用,结合串口硬件中断,实现了视频监控软件框架中模块间的同步以及通信。借助 DSP/BIOS 分析工具,实验结果表明,多模块的配合使用实现了任务间的信息传递以及多线程的合理调度。经过现场试验,在硬件平台上运行此软件系统,远程客户端可以浏览现场端视频图像,同时实施对云台的远程控制。实验现象表明,系统设计和资源分配正确合理,在满足林火视频监控的实时性和可靠性要求的同时,该系统有较高的准确性,在智能视频监控系统方面有一定的应用前景。

参考文献(References):

[1] 张　玲,张　烽,何　伟,等. DSP/BIOS 实时内核在视频目标跟踪系统中的应用[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2007,30(9):58 - 61.

[2] 魏　鹏,刘金清. 基于 DM642 的远程视频监控的设计[J]. 科技信息:科学教研,2007(28):52 - 53.

[3] 邹卫军. 制导控制系统的实时多线程软件设计[J]. 计算机工程,2008,34(9):268 - 269.
[4] 何 伟,陈 彬. DSP/BIOS 在基于 DM642 的视频图像处理中的应用[J]. 信息与电子工程,2006,14(1):60 - 62.
[5] 丁宜栋,华 芸. 基于 DSP/BIOS 的软件系统设计[J]. 船舰电子工程,2001(5):52 - 55.
[6] 谭小林,黄洪全. DSP/B IOS 多任务环境下电机保护装置的开发[J]. 电气开关,2009(3):20 - 22.
[7] 杨尚罡,黄席樾,李宝林,等. 基于 DSP/BIOS 的隧道视频监控系统[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2006,29(7):81 - 84.
[8] Texas Instruments Incorporated. TMS320 DSP/BIOS User's guide[EB/OL]. [2006 - 01 - 01]. http://www. Ti. com.
[9] Texas Instruments Incorporated. TMS320C6000 Chip Support Library API Reference Guide[EB/OL]. [2006 - 01 - 01]. http://www. Ti. com.
[10] Texas Instruments Incorporated. TMS320C6000 DSP/BIOS AP I Refenerce guide(Rev. F)[EB/OL]. [2006 - 01 - 01]. http://www. Ti. com.
[11] Texas Instruments Incorporated. TL16C752B. 3. 3-V Dual UART with64-Byte FIFO[EB/OL]. [2006 - 01 - 01]. http://www. Ti. com.

[编辑:张 翔]

(上接第 10 页)

真中各模块之间的衔接问题,使设计人员从繁重的编写代码的工作中解脱出来,专心致力于优化算法的开发和系统性能的提高。同时,降低了开发成本,缩短了开发周期。

参考文献(References):

[1] The Math Works Inc.. Real-time Workshop for User with SIMULINK[M]. The Math Works Inc. ,1999.
[2] 王中华,王兴松,徐卫良. 实时控制系统的快速成型及在运动控制中的应用[J]. 自动化仪表,2001,22(12):41 - 43.
[3] 达正花. 电压空间矢量脉宽调制原理[J]. 甘肃科学学报,2004,16(3):65 - 68.
[4] 王晓明,王 玲. 电动机的 DSP 控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
[5] PROFUMO F, BOGLIETTI A, GRIVA G, et al. Space vector and sinusoidal PWM techniques comparison keeping in account the secondary effects[C]//3rd Africon Conference, 1992:394 - 399.
[6] KUNG Y S, HUANG P G. High performance position controller for PMSM drives based on TMS320F2812 DSP[C]// Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Control Applications,2004:290 - 295.
[7] 王焕文. 基于 DSP 的数字式逆变控制器仿真系统研究[J]. 华中科技大学学报,2005,33(2):103 - 105.
[8] HERCOG D, CURKOVIC M, EDELBAHER G, et al. Programming of the DSP2 board with the Matlab/Simulink [C]//IEEE International Conference on Industrial Technology,2003:709 - 713.
[9] TENG F C. Real-time control using Matlab Simulink[C]// IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics,2000:2697 - 2702.
[10] 李真芳,苏 涛,黄小宇,等. DSP 程序开发:Matlab 调试及直接目标代码生成[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003.

[编辑:张 翔]

(上接第 13 页)

参考文献(References):

[1] GARRARD K, BRUEGGE T, HOFFMAN J, et al. Design tools for freeform optics [C]//Proceedings of the SPIE, 2005:95 - 105.
[2] YIU K L, TAM H Y. An alternate approach to free-form surface fabrication[J]. **Materials Processing Technology**, 2007(192):465 - 469.
[3] 李荣彬,李建广,张志辉,等. 虚拟精密加工系统开发的研究[J]. 机械工程学报,2001(6):66 - 71.
[4] 张以漠. 应用光学(下册)[M]. 北京:机械工业出版社,1983.
[5] LERNER S A. Optical Design Using Novel Aspheric Surfaces[D]. University of Arizona,2000:13 - 17.
[6] 辛企明. 投影显示系统中的非球面技术[J]. 现代显示,2003,37(3):20 - 23.
[7] 吴 丹,谢晓丹,王先逵. 快速刀具伺服机构研究进展[J]. 中国机械工程,2008,19(11):1379 - 1386.
[8] KIM H S, LEE K I, LEE K M. Fabrication of free-form surfaces using a long-stroke fast tool servo and corrective figuring with on-machine measurement[J]. **Machine Tools & Manufacture**,2009,6(11):1 - 7.
[9] 房丰洲,张效栋. 一种金刚石超精密车床自由曲面加工路径生成方法:中国,CN 101187807A[P]. 2008 - 05 - 28.
[10] 任松涛. NC 代码编译器的设计与实现[D]. 西安:西北工业大学机械电子工程学院,2007:3 - 5.
[11] 魏 林. 基于 VERICUT 的数控加工仿真系统的研究[D]. 沈阳:沈阳理工大学机械工程学院,2008:7 - 9.
[12] 李荣彬,杜 雪,张志辉,等. 光学曲面的超精密加工技术及应用[J]. 制造技术与机床,2004(1):17 - 19.
[13] HU Yong, XU Ming-xu, ZHANG Jun. Research on machining simulation system for optical free-form surfaces [J]. **Advanced Materials Research**,2010,101(97):3020 - 3023.
[14] 赵燕伟,朱双胜,卢 东,等. 基于直线插补的字体边缘识别技术[J]. 机电工程,2009,26(5):52 - 55.

[编辑:张 翔]