

基于 QNX 的实时数据采集系统

Real-time Data Acquisition System Based on QNX

(合肥中国科学院等离子体物理研究所) 吴勇 傅鹏 兰鲁光

Wu, Yong Fu, Peng Lan, Luguang

摘要:为满足核聚变装置 EAST 极向场电源控制系统的实时性要求,设计了基于 QNX 的实时数据采集系统。与一般的软件触发数据采集方式相比,本文采用的利用 QNX 系统时钟实现的数据实时采集方式显著减少了对 CPU 资源的占用。实践表明这种数据采集模式更适用于实时控制应用场合,是可靠而高效的。

关键词: QNX, PCI, 系统时钟, 实时采集

中图分类号: TP386

文献标识码: A

Abstract: The poloidal field power supply control system of the nuclear fusion device-EAST requires high real-time performance., so we designed this real-time data acquisition system based on QNX. Compared with normal software-trigger data acquisition mode, the real-time data acquisition mode described in this paper reduces system spending observably. The practice shows that the real-time data acquisition system based on QNX has high efficiency and reliability.

Keywords: QNX, PCI, system clock, real-time acquisition

1 引言

"EAST (Experimental Advanced Super-conducting Tokamak) 超导 TOKMAK 装置"是国家九五重大科学工程。极向场电源控制系统是托卡马克主要子系统之一,它为等离子体的产生、约束、维持、加热,以及等离子体的电流、位置、形状、分布和破裂的控制,提供必要的工程基础和控制手段。其实时性、可靠性要求甚高。在 1 毫秒的控制周期内,需完成数据采集,反馈计算,网络通讯,控制输出等实时任务。对于采样速率为 100k 的 PCI 1713 AD 采集卡,常规的数据采集模式不能满足系统的要求;FIFO 半满方式读取采集数据的时间间隔为 FIFO 大小/2/采样率,约为 20 毫秒,不能满足实时控制的要求;而常规软件触发数据采集方式每控制周期占用 CPU 的理想时间为 1/采样率×采样数,采集 32 路数据实际约需 400 微秒,影响了其它实时任务的完成。本文利用 QNX 实时操作系统提供的高精度系统时钟,设计了主机定时直接干预采集的实时数据采集模式,大幅度降低了 CPU 占用时间,并给出了实际测试的结果。

2 数据采集系统硬件构成

EAST 极向场电源电流,电压信号采集系统主要由工控机和 PCI 1713 AD 采集卡构成。

工控机机箱型号为 IPC-810A,是研祥公司的产品,处理器为 Pentium III 1.0 G,256MB 的 DDR 内存。

吴勇:硕士生

国家发展计划委员会“投资(1998)1303 号项目”(子项目)

PCI 1713 AD 采集卡是台湾研华公司的产品,具有 16 路差动模拟输入通道,也可以作为 32 路单端模拟输入通道使用;采样速率最高为 100K/s;AD 转换精度为 12 位;模拟输入范围为±10v,±5v,±2.5v,±1.25v,±0.625v,可编程选择;可编程增益为 0.5,1,2,4,8;板上 FIFO 大小为 4K;具有 3 个 82C54 计数器,可用来设定采样率。

PCI 1713 采集卡和工控机结合起来,构成性能优越的采集系统。EAST 极向场电源电流,电压信号由霍尔传感器采集,然后送入 PCI 1713 采集卡,经 AD 转换后,所获得的数据通过 PCI 总线送入工控机。主机将采集到的数据经平均值滤波处理后应用于实时控制,并通过以太网送往数据库。系统硬件框图如图 1 所示。

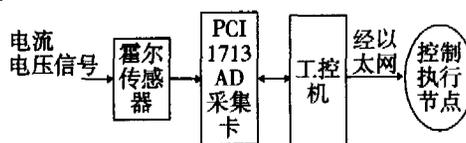


图 1 实时采集系统硬件框图

3 系统软件结构

本实时数据采集系统在实时操作系统 QNX 平台上实现。系统软件分为 QNX 系统时钟定时模块,采集卡初始化模块,数据采集模块。这些模块由 QNX 进程管理器按优先级协调控制。定时模块和数据采集模块之间采用 QNX 提供的消息传递机制传递定时信号。系统编程语言为 C 语言。软件框图如图 2 所示。

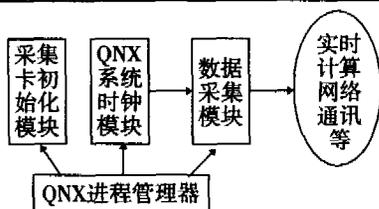


图2 实时采集系统软件框图

实时数据采集系统操作流程如下:设置并启动系统时钟;初始化并启动 PCI 1713 采集卡;当时间周期信号到达时,主机发命令停止采集,读取要求的采样数;清空 FIFO,重置多路转换开关位置,启动新周期采集;执行反馈计算,网络通信等其它实时任务;等待下一次时间周期信号,开始新一轮采集。

3.1 QNX 系统时钟定时模块

QNX 实时操作系统提供了较高精度的系统时钟。在 QNX 的系统页中,维护着一个 64 位的数据结构,记录从系统被引导启动到当前所经历的时间,单位是纳秒。这个 64 位计数器中的数字每 CPU 周期增加 1,对于 Pentium III 1.0 G 的 CPU 而言,每纳秒增加 1。QNX 操作系统以这个计时器为依据,提供了一些内核调用,供用户创建自己的软件定时时钟,并可自行选择时钟超时触发事件。值得注意的是,用户创建的软件时钟每跳间隔不能太小,否则系统处理时钟软中断的开销将很大,降低了系统性能。

对于我们控制周期为 1 毫秒的应用,选择的软时钟每跳间隔为 100 微秒。当 1 毫秒的时间周期到了时,选择发送 PULSE 消息通知数据采集模块。QNX 实时操作系统具有高性能的消息传递机制,本机 PULSE 消息的传递时间只需几个微秒。QNX 系统时钟定时模块的主要实现代码及说明如下:

```

clkper.nsec = 100000;
ClockPeriod ( CLOCK_REALTIME, &clkper,
NULL, 0 );设置每跳间隔 100000 纳秒。
timer_create (CLOCK_REALTIME, &timer_event,
&timer_id);创建软件时钟。
itime.it_value.tv_nsec = 1000000;
itime.it_interval.tv_nsec = 1000000;设置软件时钟
定时周期为 1 毫秒。
timer_event.sigev_notify = SIGEV_PULSE;时钟超
时触发事件为发送 PULSE。
timer_settime( timer_id, 0, &itime, NULL);启动软
件时钟。
  
```

3.2 采集卡初始化模块

在 QNX 操作系统平台上使用 PCI 1713 采集卡,需要用户自己编写采集卡的驱动。对于 PCI 设备,PnP BIOS 会将其配置寄存器映射到主机的 IO 端口空间。设备配置寄存器在主机 IO 端口空间的基地址是自动分配的。QNX 操作系统提供了一组读取 PCI 设备信息

和操作 PCI 设备的库函数。用户首先需要利用这些库函数找到采集卡配置寄存器的基地址,然后根据采集卡的说明手册和自己的应用需要配置这些寄存器的内容。

对于我们的实时采集系统而言,PCI 1713 采集卡在 QNX 平台下初始化工作包括:调用 pci_attach()库函数连接 PCI 服务器;调用 pci_find_device()库函数获取采集卡的基地址;设置采集的通道范围和每通道的增益;设置采集的触发方式;设置采样率。采集卡初始化模块的主要实现代码及说明如下:

```
ThreadCtl(_NTO_TCTL_IO, 0);获得执行 IO 端口操
作的权限。
```

```
pci_attach( 0 );连接 PCI 服务器。
```

```
iobase = find_pci_dev(ad_1713);获取 PCI 1713 采
集卡的基地址。
```

```
out8(iobase+4, ICHANNEL_START);
```

```
out8(iobase+5, ICHANNEL_STOP);设置采集的通
道范围。
```

```
ucgain = UC_GAIN | UC_UNIPOLAR | UC_DIF-
FERENTIAL;
```

```
for ( ichannel = ICHANNEL_START;
```

```
    ichannel <= ICHANNEL_STOP; ichannel
```

```
++)
```

```
{
    out8(iobase+4, ichannel);
    out8(iobase+2, ucgain);
```

```
} 设置每个采集通道的增益,单/双极性,单端/
差动输入方式。
```

```
uctrigsrc = UCTRIGSRC | UCIRQEN | UCFH;
```

```
out8 (iobase+6, uctrigsrc);设置触发方式为板载
82C54 时钟触发。
```

```
out8(iobase+30, 0x8010x3010x4);选定 82C54 计
数器 1。
```

```
out8(iobase+28, (((word) (10000/RATE+0.5))&0xff);
```

```
out8 (iobase+28, (((word) (10000/RATE+0.5))>>8)
&0xff);
```

```
out8(iobase+30, 0x4010x3010x4);选定 82C54 计
数器 2。
```

```
out8(iobase+26, 0x2&0xff);
```

```
out8 (iobase+26, (0x2>>8)&0xff);设置采样率为
RATE。
```

3.3 数据采集模块

数据采集模块实际上相当于实时采集数据从采集卡到计算机的接口。对于本实时数据采集系统而言,数据采集模块需要完成的功能是:在每毫秒周期接受系统定时时钟的信号;读取采集卡 FIFO 中本毫秒采集的数据;将数据存入预先开辟的共享内存中,供实时反馈运算使用。

由于本实时数据采集系统要求每毫秒读取数据,而此时 PCI 1713 采集卡的 FIFO 未达到半满,因此,数据采集模块在读取数据前需要主动暂停采集,以避免计算机和采集卡同时操作 FIFO 中同一数据队列造成冲突。数据读取到内存中后,需要重置采集卡的多路开关位置,以保证下一周期采集顺序仍然是从起始通道到结束通道。主要实现代码及说明如下:

```
timer_rcvid = MsgReceivePulse ( timer_attach ->
chid, &timer_pulse, sizeof(timer_pulse), NULL);
if (( timer_rcvid IS 0 ) && ( timer_pulse.code IS
TIMER_PULSE_CODE ))
```

..... 与系统时钟模块连接,等待时钟信号。

out8(iobase+6, 0); 清除触发源, 暂停采集。

wrawdata = in16(iobase); 读取 FIFO 中数据。

out8(iobase+4, ICHANNEL_START);

out8(iobase+5, ICHANNEL_STOP); 重置采集卡多路开关到起始通道位置。

uctrigsrc = UCTRIGSRC| UCIRQEN| UCFH;

out8(iobase+6, uctrigsrc); 重启触发源, 开始新一周期采集。

4 系统开销分析

本实时数据采集系统应用于控制周期为 1 毫秒的电源控制系统,此电源控制系统在 1 毫秒周期内还有反馈计算,网络通信,控制输出等实时任务,因此,数据采集系统所花费的系统开销必须尽量小,即占用 CPU 时间必须尽量少。从本实时数据采集系统的实现方式可以看出,本方式下数据采集开销主要由每周期的 IO 端口操作引起,此开销与采集的样点数无关。而一般的软件触发采集方式下,CPU 需要等待每次 A/D 转换结束,开销则与采样点数成正比。经过实测,在采集 32 路信号时,本文所设计的采集方式减少系统开销达 70%。图 3 给出了本采集方式下每毫秒采集所占用的 CPU 时间,并与一般软件触发采集方式作了比较。

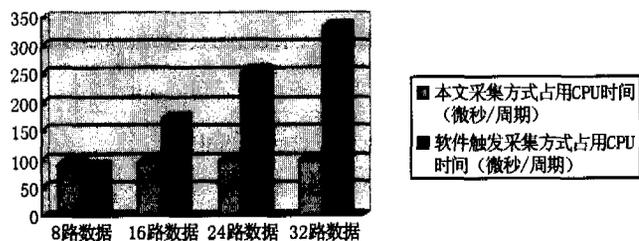


图 3 实时采集系统开销对比

5 结论

实测表明,本实时数据采集系统是可靠,高效的。利用 QNX 系统时钟实现的数据实时采集方式显著减少了数据采集所占用的 CPU 时间,适用于实时控制应用场合。

参考文献:

[1]PCI-1713 User's Manual. Advantech Co., Ltd. 1999

[2]Rob krten. QNX Operating System Architecture. QNX Software system Ltd.2000.2

[3]魏晨阳,朱健强.基于 LabVIEW 和声卡的数据采集系统[J].微计算机信息,2005,1:45-47

作者简介:吴勇(1979-),男,硕士生,研究方向为计算机局域网控制技术、实时计算机网络通信;傅鹏,研究员、博导;兰鲁光,硕士生,E-mail:wuyo216@yahoo.com.cn

Writer Brief introduction:wuyong(1979-),male, master, The research activities focus on LAN control and Computer real-time communication; Fupeng, male, Ph.D, Professor,The current research activities focus on power supply and its control system of fusion device.

(230031 合肥中国科学院等离子体物理研究所二室)

吴勇 傅鹏 兰鲁光

(Institute of Plasma Physics Chinese Academy of Science, Hefei, 230031)Wu, Yong Fu, Peng Lan, Luang

(投稿日期:2005.5.27) (修稿日期:2005.6.6)

(接第 44 页)Internet 连接可以节省 MCU 的资源,设计简单、方便、成本低。

5 结束语

随着网络的普及,网络产品已经渗透到了社会生活的每一个角落,网络产品与 Internet 的连接技术也是发展最快的一个领域。随着嵌入式系统产品研究的深入,网络接口芯片的研究也会快速发展,其技术必将会朝着标准化方向发展,使智能化产品的设计更趋简单、标准、成熟。本文的创新观点在于,机电产品网络化是应用的一个发展方向。

参考文献

[1]包建荣,基于单片机嵌入式网络接入模块的设计与实现,微计算机信息,2004,2:73-75

[2]王田苗主编 嵌入式系统设计与实例开发,北京,清华大学出版社,2002
作者简介:杨克俭,男,1962.11,汉族,本科,电气自动化专业,教学与研究。Email: ykj0862@sina.com.

Author brief introduction: Yang, Kejian, Male, 1962, the Han nationality, bachelor, electric automatization, teaching and scientific research

(075024 张家口河北建筑工程学院) 杨克俭 赵巍 庞慧 岳杰 吕英丽

(Hebei Institute of Architecture&Civil Engineering ZhangJiaKou,075024)Yang,Kejian Zhao,Wei Pang, Hui Yue,Jie Lv,Yingli

通信地址:

(075024 河北张家口建国路 33 号 河北建筑工程学院计算机系) 杨克俭

(投稿日期:2005.11.16) (修稿日期:2005.11.25)