

# 基于 ARM 和 VxWorks 的 PC104 总线模块检测系统

曹 硕, 王晓蔚, 杨全胜

(东南大学 计算机科学与工程学院, 江苏 南京 211189)

**摘 要:** PC104 总线在嵌入式系统中应用十分广泛, 近年来, ARM 微控制器凭借其强大的功能, 逐渐占据了市场的大部分份额。文中针对利用 ARM 微控制器控制 PC104 模块, 提出了一套软硬件解决方案; 在硬件设计中, FPGA 在不同时序的转换中起到了关键性的作用; 基于 VxWorks 操作系统实现了 PC104 模块的通用驱动设计和库的设计; 针对网络应用, 实现了基于双缓冲队列的多任务程序设计。

**关键词:** PC104; FPGA; I/O 子系统; 双缓冲队列

**中图分类号:** TP302.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)02-0250-04

## PC104 Bus Module Detecting System Based on ARM and VxWorks

CAO Shuo, WANG Xiao-wei, YANG Quan-sheng

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

**Abstract:** PC104 bus is widely applied in the embedded system, and ARM microcontroller, resorting to its formidable advantages, gradually occupies the major share of the market in recent years. Proposed a set of hardware and software solutions to the control of PC104 module with ARM microcontroller. And in the conversion of different timing, the FPGA played a key role. Based on the VxWorks operating system, implemented designs of the general drive and library, and in the end, according to network application, achieved the multi-task program design based on the double-buffer queue.

**Key words:** PC104; FPGA; I/O subsystem; double-buffered queue

### 0 引 言

PC104 总线是一种小型的、堆栈式的嵌入式控制总线, 其信号定义和 ISA 总线基本一致, 但是电气和机械特性规范却不相同。PC104 总线凭借着紧凑的外形、较低的功耗和丰富的软件资源, 在嵌入式领域得到了广泛的发展, 目前就有很多嵌入式模块采用 PC104 总线, 例如文中介绍的 Diamond 公司生产的数据采集模块(DMM)和定时器模块(QMM)。

ARM<sup>[1]</sup> 嵌入式处理器是一种高性能、低功耗的 RISC 芯片。它除了具有 RISC 体系架构特有的优点外, 还采用了一些特别的技术, 在保证高性能的前提下尽量缩小芯片的面积。比如: 所有的指令都可以根据前面指令的执行结果来决定是否被执行, 提高了指令的执行效率; 可用加载/存储指令批量传输数据, 提高

数据的传输效率; 可在一条数据处理指令中同时完成逻辑处理和移位处理等。凭借自身的特点, ARM 逐渐深入到工业控制领域、无线通讯领域、网络应用和消费类电子领域。

VxWorks 是专门为实时嵌入式系统设计开发的 32 位操作系统, 自从 20 世纪 80 年代由 Wind River 公司推出以来, 凭借着其高性能的内核和友好的用户开发界面, 得到了业界的一致好评, VxWorks 具备了其他的一些操作系统达不到或者优势不太明显的一些优点, 比如: 实时性强; 支持多任务; 体积小、可裁剪; 支持多种 CPU; 支持网络和串口通信; 汇编和 C 的编程模式; 利用 Tornado 开发工具, 内核和定制任务可以分开编译, 动态下载, 支持用户自定义的启动任务。

由于上述优点, 并针对实际应用, 文中提出了 ARM 处理器和 VxWorks 操作系统针对 PC104 模块的一套解决方案, 使得大量基于 PC104 总线的模块可以无缝地应用到 ARM 处理器上, 并针对 Diamond 公司的数据采集模块和定时器模块, 设计一个基于 VxWorks 的软件框架, 这样在上位机上, 可以方便地检测这些模块。

收稿日期: 2008-06-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(60773105)

作者简介: 曹 硕(1984-), 男, 安徽巢湖人, 硕士研究生, 研究方向为嵌入式系统; 王晓蔚, 副教授, 研究方向为计算机系统结构等; 杨全胜, 副教授, 研究方向为可重构计算技术、嵌入式系统和算法硬件化等。

## 1 硬件框架描述

因为 ARM 的时序和 PC104 总线的时序不同,并且速率上存在很大的差距,所以要无缝地在 ARM 端对这些模块进行操作,必须在它们之间加入用 FPGA 实现的转换接口,从而达到不同时序操作转换的目的。文中选用基于 ARM9 内核的 at91rm9200 微控制器,利用它外部存储器接口(EBI)上的静态存储器(SMC),通过 FPGA 操作 PC104 模块。FPGA 在此处的作用就是不同时序的转换和不同访问速率的缓冲。主要的硬件框架图如图 1 所示。

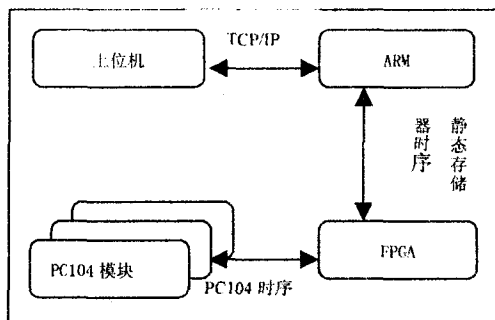


图 1 硬件框架图

图中所示的 PC104 模块是 Diamond 公司生产的,其中 DMM 板是一个全功能的数据采集板,一共有 32 个 16 位精度的采集通道,带 FIFO 操作的每秒 200000 次采集频率;QMM 板中内置 9513 定时器芯片,用于产生特定的脉宽输出。

当 PC104 模块和 ARM 连接好,并通过跳线设置了相关的基地址和中断级以后,启动 ARM 目标板,这样烧录到 NorFlash 中的 VxWorks 启动并初始化目标板,然后针对 PC104 模块初始化相应的驱动程序,最后启动网络服务器<sup>[2]</sup>,等待上位机的连接。当上位机发送相应的控制检测命令后,VxWorks 初始化并配置相应的模块,根据需要返回配置信息或者数据给上位机,以达到检测的目的。

## 2 PC104 模块的驱动设计

按照外设操作方式不相同,外部设备可以分为字符设备、块设备和网络设备<sup>[3,4]</sup>。而在 VxWorks 下,对外设进行了更加详细的分类,比如:字符设备、随机存储块设备、虚拟设备、控制监视设备和网络设备等。除了网络设备,所有这些设备的管理和操作都是通过 VxWorks 的 I/O 子系统来完成的,下层设备驱动可以很方便地添加到子系统中,并且 I/O 子系统对上层应用程序提供统一的调用接口,便于用户操作。这样,当增加一个新的设备,只需要按照 VxWorks 的驱动程序规范编写并添加该设备的驱动程序,应用程序就会按

照标准接口去管理和操作外部设备。这样做的好处是屏蔽掉了不同外设的差异,使用户无需了解外设的具体操作方式,便于模块化编程。在 VxWorks 中,应用程序、I/O 子系统和设备驱动程序的关系如图 2 所示。

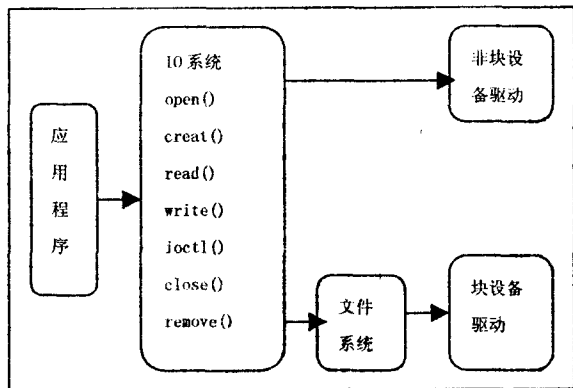


图 2 应用程序、I/O 系统和设备驱动程序的关系

在 I/O 子系统的内部,有三张表,即设备列表、驱动程序描述表和文件描述符表,这三张表构成了应用程序和设备之间的桥梁<sup>[5,6]</sup>。

首先,针对不同的设备,需要一个数据结构来描述该设备的相关特性,比如相关寄存器地址、中断级等等,这就是设备列表的功能,它为 open()、creat()、remove() 函数提供文件到设备的连接。它是一个双向列表,每一个节点代表一个设备的描述符结构。与另外两个表不同的是,设备列表的大小是动态变化的,当需要添加设备的时候,动态地向链表中添加新的节点。当应用程序执行上述三个函数中的任一个,I/O 子系统都将返回与用户给定的文件名参数最匹配的设备,用于应用程序对文件的其他操作。

前面提到的 Diamond 公司的数据采集模块和定时器模块具有相同的操作特性,都是对相应的寄存器进行配置,并且符合字符设备驱动程序的特征,均可以放到字符设备驱动程序里面,因此具有相同的设备描述符结构。

```

typedef struct dsudDev /* 数据采集模块和定时器模块驱动 */
{
    DEV_HDR devHdr; /* 设备描述符头,必须包含 */
    BOOL created; /* 创建与否标志 */
    UINT8 board; /* 标示是数据采集模块还是定时器模块 */
    DSCCB dsccb; /* 目标板句柄 */
    int intVector; /* 中断向量编号 */
    .....
    UINT16 cur_channel; /* 在数据采集模块中标示当前采集通道 */
    UINT8 error; /* 错误标示 */
    UINT8 isr_active; /* 标示中断服务程序是否活跃 */
}
  
```

IO\_DSCUD\_DEV;

第二个比较重要的表就是设备驱动程序表,当设备描述表存储了各个设备的特性参数之后,I/O 系统就能通过文件名找到该设备,但是要想操作该设备的话,还需要在设备驱动程序中提供相应的函数入口,而设备驱动程序表的作用就是存储这些函数入口,当用户通过 I/O 子系统的标准接口调用相应函数的时候,I/O 子系统的相应函数就是调用在此处登记的相应设备操作函数。在 VxWorks 中,这个表的大小是固定的,用户只能通过修改 BSP 的 configAll.h 中的宏定义 NUM\_DRIVERS 来修改表的大小。

第三个表就是文件描述符表,这个表的作用很简单。当用户通过 open()调用打开相应的设备的时候,返回打开设备文件描述符的索引,系统就在文件描述符表中填写与该描述符相对应的设备描述符号和驱动程序索引号。这样下次操作该设备的时候,就只需要提供文件描述符,而 I/O 系统就在文件描述符中找到相应驱动程序操作函数和设备描述符。

用户在使用设备驱动程序之前,必须挂载驱动程序,同时初始化相应的设备。在 VxWorks 中,是通过 iosDrvInstall()和 iosDevAdd()函数来实现的,前者把驱动程序的操作函数添加到驱动程序表中,后者则是把设备描述符结构添加到设备列表中。在初始化相应的数据结构之后,用户就可以通过正常的 I/O 操作来操作设备。首先,通过 open()来打开设备,通过 read()和 write()来读写设备,通过 ioctl()来控制设备的相应功能,最后,如不再使用设备,通过 close()函数来关闭设备,如果有必要的话,卸载驱动程序并复位设备。

在本驱动程序的设计中,有两点需要特别注意。第一个就是中断的处理,在传统的 ISA 总线中,可以通过设置跳线来使扩展板具有不同的优先级,对应到 8259 的相应的引脚,而在本设计中,需要针对不同的中断,通过 FPGA 映射到 ARM 微控制器的相应的中断引脚,而 ISA 的中断比较多,如果每个中断都映射到 ARM 相应的中断源的话,造成了很大的浪费,并且有可能中断源不够用,所以一种实现办法就是把所有的 PC104 的中断级别都映射到 ARM 的某一个中断源中,同时 FPGA 保存发生中断的中断级,在中断服务程序中,首先就需要询问是哪个中断级发生的中断,然后分别进行处理。另一个需要注意的问题就是 ARM9 的时钟频率是 PC104 的几倍,所以访问的时候,速度就不能兼容,这时候 ARM 在处理完一个操作的时候,需要等待一段时间,而这个等待完全由软件来实现,因为 SMC 时序的等待周期还不足以长到可以匹配 PC104 时序。由此而导致的情况是,写操作的时候,需

要延时;读操作的时候,需要先发送读命令,延时等待一定时间后,再进行数据读取,这时候才从 FPGA 里面拿到了需要读取的数据。

### 3 PC104 模块库的设计

虽然 I/O 子系统为用户程序提供了一致的接口,用户可以方便地操作相关的设备,但是每个设备还是有不同的差异的,而且相关的繁琐的配置参数特别容易出错。因此有必要针对每种类型的 PC104 模块,在 I/O 子系统的上层编写一套库例程,根据不同模块的操作特性封装相应的 I/O 子系统的操作规范,使得面向上层的结构变得异常的简单明了<sup>[7]</sup>。

按照驱动程序的功能,首先需要的库函数就是驱动程序和目标模块的初始化和卸载函数,然后就是针对不同目标模块的配置和操作库函数,这些库函数都是通过 I/O 子系统调用 PC104 模块的设备驱动程序实现的。具体的库函数列表和功能如表 1 所示。

表 1 PC104 模块库函数列表

函数名称	函数功能描述
dscInit()	驱动程序初始化
dscFree()	驱动程序卸载
dscInitBoard()	目标板初始化
dscFreeBoard()	目标板卸载
dscADSetSettings()	AD 采集设置
dscADSample()	AD 采集数据
dscADCCodeToVoltage()	采集到的 AD 数据转换成浮点数
dscQMMSetMMR()	设置 9513 的主模式寄存器
dscQMMSetCMR()	设置每个定时器的模式寄存器
dscQMPulseWidthModulation()	进行脉宽调制的设置
其他库函数	

### 4 VxWorks 下带网络功能的应用程序设计

为了和上位机通信,需要设计 VxWorks 的网络服务器,这样可以通过上位机发送相应的指令,来检测相应的 PC104 模块。在实际的网络通信中,TCP/IP 协议很好地保证了可靠性,但是嵌入式系统相对于 PC 来说,性能还不是很,因此为了保证信息的不丢失,在这里采用 2 个缓冲队列将所有要传送和接收的信息进行缓存,然后再逐个读出并执行。同时利用 VxWorks 多任务、优先级调度的特点,设计了多个任务,每个任务各司其职,共同完成 PC104 模块的检测任务。在这里一共有五类任务,分别是,信息发送任务,信息接收任务,信息解释任务,硬件轮询任务和中断服务任务<sup>[8~12]</sup>。具体的工作模式如图 3 所示。

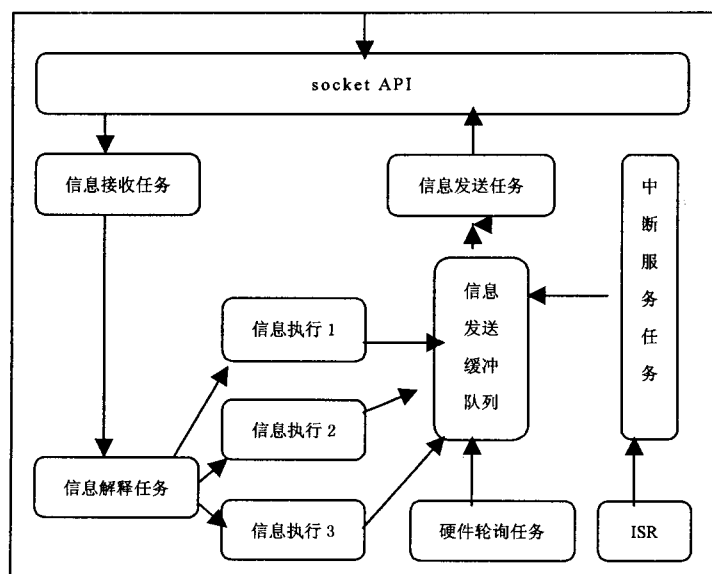


图3 基于缓冲队列的双工通讯模式

当目标板上电,VxWorks在初始化了一系列硬件和程序库之后,调用已经带有网络功能的应用程序入口函数。当应用程序在初始化网络和PC104模块之后,进入等待状态,等待上位机的连接。当连接上上位机之后,该应用程序就可以根据不同的命令,进行相应的操作,如果硬件不支持中断,则启动轮询任务,否则启动中断服务任务,这样就达到了检测PC104模块的目的。

## 5 结束语

本设计是针对用ARM和VxWorks检测PC104通用模块而提出了一个通用了软硬件设计框架,在文中的数据采集和脉宽输出检测系统中,根据该框架构建的系统能够很好地工作,证明了该框架的可行性。

(上接第249页)

(3)根据上述方法各业主多次所得金额进行累加:

A业主所得金额:  $= \sum A\_sum$  B业主所得金额:  
 $= \sum B\_sum; \dots O$  业主所得金额:  $= \sum O\_sum$

由于篇幅有限,算法中其他的函数的实现这里不做详细介绍。

## 3 结束语

该系统作为智能交通系统的一个重要部分正处于不断发展中。随着国内高速公路的不断发展,地区范围内高速公路实现联网收费,拆账系统孕育而生。虽然该项目是以湖南省背景,但对任何一个路网来说,只要分析其物理结构和路段收费规则等参数,就可以很快地生成该路网的收费数据拆分表,并计算出各业主所应分得的总金额,从而大大提高了工作效率,有比较

## 参考文献:

- [1] 杜春雷. ARM体系结构与编程[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [2] LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications[S]. [s.l.]:[s.n.],2000.
- [3] 汤小明,李引娟. VxWorks环境下串口驱动设计[J]. 微机发展(现更名:计算机技术与发展),2003,13(1):41-42.
- [4] 周启平. VxWorks下设备驱动程序及BSP开发[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [5] Wind River. VXWORKS网络程序员指南[M]. 王金刚,等翻译. 北京:清华大学出版社,2003.
- [6] Wind River. VXWORKS BSP开发人员指南[M]. 王金刚,等译. 北京:清华大学出版社,2003.
- [7] Diamond systems corporation. Diamond System Universal Driver Documentation [EB/OL]. 2004. <http://www.diamondsystems.com/support/techliterature#10>.
- [8] 李方敏. VxWorks高级程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [9] 程敬原. VxWorks软件开发项目实例完全解析[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [10] 陈荣,蔡志勇,胡保安. 基于嵌入式操作系统VxWorks数据采集系统软件设计[J]. 科技广场,2005(6):82-84.
- [11] 丛伟,王勇,于宏坤. 用VxWorks的信号量机制实现任务同步[J]. 微机发展(现更名:计算机技术与发展),2004,14(7):43-44.
- [12] 易金沙,吕炳朝. 基于ARM芯片的VxWorks嵌入式应用系统设计[J]. 微机发展(现更名:计算机技术与发展),2005,15(2):143-144.

强的通用性。

## 参考文献:

- [1] 刘连宇,舒勤. 高速公路联网收费清算系统的设计与实现[J]. 计算机应用,2001,21(8):29-31.
- [2] Hall R W,Intihar C. Commercial Vehicle Operations in Inter-model Transportation Management Centers[M]. California:[s.n.],1996:1055-1425.
- [3] Software Requirement Specification for the Lane Controller Write Reader Controller Card Version LCW-SRS-01[S]. [s.l.]:[s.n.],1997.
- [4] 杜海宁,张毅,送靖雁. 基于树状结构的高速公路路网扩展及收费清分实现[J]. 公路交通科技,2006(3):14-16.
- [5] 吴岳忠,何频捷,李长云,等. 一种基于路径的高速公路联网收费清分方法[J]. 计算技术与自动化,2006,25(3):92-94.