

基于双核 OMAP 5910 的变电站远程监控系统

李文进, 韩晓萍

(山东大学 电气工程学院, 山东 济南 250061)

摘要: 介绍了开放式多媒体应用平台(OMAP)5910 的软硬件结构及其特点, 提出了以 OMAP5910 为核处理器的变电站远程监控系统的设计方案。该方案充分利用了 OMAP 双核的特点: ARM (Advanced RISC Machines) 微处理器可满足控制、以太网通信及接口方面的处理需要, DSP 微处理器主要用于处理各种实时任务。应用该系统提高了变电站数据采集的准确度及实时性。

关键词: 开放式多媒体应用平台; Windows CE 操作系统; DSP/BIOS II 操作系统; TCP/IP 协议; 远程监控系统

中图分类号: TM 73

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)06-0070-05

0 引言

随着控制技术及通信技术的快速发展, 微处理器的应用程序设计变得越来越庞大、复杂, 使得微处理器芯片内必须混合各种各样的算法, 同时要完成高性能的、复杂的系统控制及同其他通用微处理器(如单片机、上位机及各种外围设备)的通信。对于演绎一个比较完善的复杂系统, 实时性是一个非常重要的因素。本系统采用德州仪器公司的开放式多媒体应用平台 OMAP(Open Multimedia Applications Platform)体系结构, 其采用一种独特的双核结构, 把高性能低功耗的 DSP 核与控制性能强的 ARM (Advanced RISC Machines) 微处理器结合, 成为高度整合性 SoC^[1]。它是一种开放式的、可编程的基于 DSP 的体系结构。由于 OMAP 先进独特的结构, 其芯片运算处理能力强、功耗低, 在远程通信及数据处

理方面具有明显优势。

1 OMAP 5910 介绍

1.1 OMAP 5910 的硬件结构

OMAP 硬件平台采用双核技术提高操作系统的效率和优化代码的执行, 如图 1 所示。OMAP 5910 是一个高度集成的硬件和软件应用平台, 为实现下一代嵌入式设备的应用而设计的。它具有独特的双核结构, 一个实现控制功能的带 TI 增强型 ARM 925 内核的 RISC 处理器和一个实现数据处理功能的高性能、低功耗的 TMS320C55x DSP 核。

1.1.1 MPU 内核

微处理器(MPU)内核采用 5 级管道化流水线 32 位 RISC 处理器架构的体系结构, 同时配备 Thumb 扩展。这款新型高性能、低功耗的微构架兼容 ARMv4T 指令集, 并通过使用协处理器 CP 15 使体系结构得到

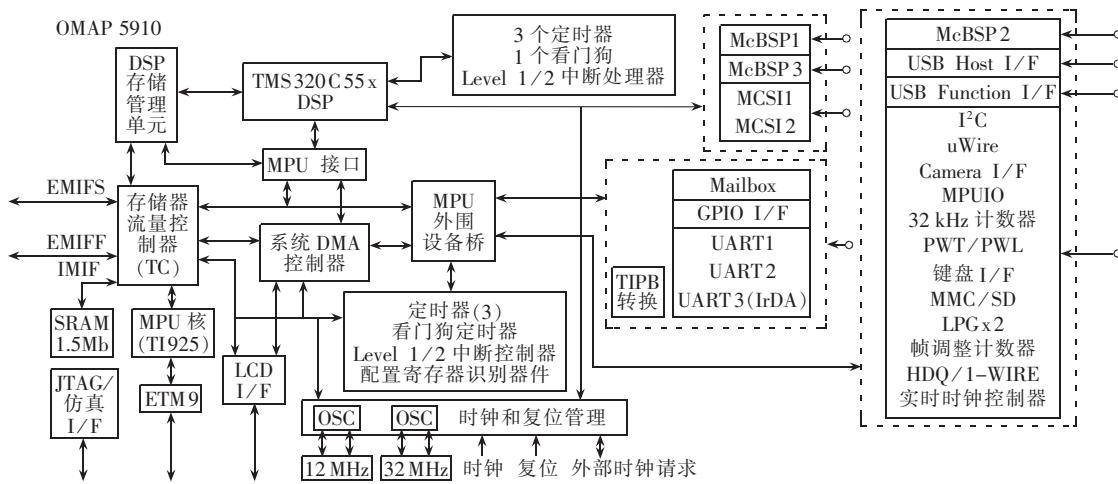


图 1 OMAP 5910 微处理器结构图
Fig.1 Structure of OMAP 5910 microprocessor

增强^[2]。系统中的控制寄存器可通过对协处理器 CP 15 的读写对存储管理单元(MMU)、cache^[3]和读写缓存控制器作存取操作。这种微构架在 ARM 核的周围提供了指令与数据存储器管理单元,指令、数据和写缓冲器,性能监控、调试和 JTAG 单元及协处理器接口,MAC 协处理器和内核存储总线。

TI925T 的 MMU 具有 2 个 64 项的转换旁路缓存器(TLB)用于指令和数据流,每项均可映射存储器的段、大页和小页。为保证内核周期的存取指令和数据,TI925T 包含了分别独立的 1 个 16 KByte 的指令 cache 和 8 KByte 的数据 cache。指令和数据 cache 都是 2 路相互关联的 cache,以 16 Byte 为 1 块进行操作,并采用最小最近使用 LRU 算法以刷新存储。另外, TI925T 还提供 1 个写缓冲用于提升内核性能,其能够缓冲数据容量高达 17 字。

1.1.2 DSP 内核

DSPC55 x 内核的主要特点是:有 1 个 64×8 位缓存队列,2 个 17×17 位乘法器,1 个 40 位算术逻辑部件(ALU),1 个 16 位 ALU,1 个 40 位桶形移位器和 4 个 40 位加法器。另外,还有 12 条独立的总线,即 3 条数据读总线,2 条数据写总线、5 条数据地址总线、1 条程序读取总线和 1 条程序地址总线,以及用户可配置的 IDLE 域。同时,内核主要由 4 个单元组成:指令缓冲单元(I 单元)、程序流单元(P 单元)、地址数据流单元(A 单元)和数据运算单元(D 单元)。

1.1.3 EMIFS 接口、EMIFF 接口、IMIF 接口和存储器

在 OMAP 5910 微处理器核心中,提供了 2 个扩充内存接口。一个扩充内存的外部满速存储器(EMIFS)接口可以支持 128 MByte 的 ASRAM,Flash 和 ROM。另一个扩充内存的快速片外存储器(EMIFF)接口可设定为用于操作 SDRAM,寻址空间高达 128 MByte^[4]。还有一个内部存储器区,用于连接 OMAP 5910 微处理器内部的内存,可以存取常用数据。这几个内存接口都是独立运作,可以同时经由微处理器核心存取数据,又可以利用 DMA 数据。而内存间数据传输的控制则由流量控制器(TC)控制,它会对各种传输需求依设定的优先级传送数据。

1.2 OMAP 5910 的软件结构

OMAP 5910 支持多种实时多任务操作系统在 ARM 925 微处理器上工作,用于对 ARM 925 微处理器的实时多任务调度管理,对 DSPC55 x 的控制和通信,同时也支持多种实时多任务操作系统在 DSPC55 x 上工作,实现复杂的信号处理。

OMAP 5910 的软件结构基于 2 个操作系统:一个是基于 ARM 的 Windows CE 和 Linux 等操作系统;另一个是基于 DSP 的 DSP/BIOS II^[5]。连接 2 个操作系统的核心技术是 DSP/BIOS 桥,它是实现和使用 OMAP 5910 的关键。对于软件开发者而言,DSP/BIOS 桥提供了一种使用 DSP 的无缝接口,允许开发

者在通用处理器(GPP)上使用标准应用编程接口访问并控制 DSP 的运行环境。利用 TI 公司的 CCS (Code Composer Studio)集成开发环境,从开发者角度,OMAP 好像仅用 GPP 处理器就完成所有处理功能。在 OMAP 体系结构下,开发者可像对单个 GPP 那样对 OMAP 的双处理器平台编程,最后由 DSP / BIOS 桥协调数据、I/O 流和 DSP 任务控制^[6]。

2 OMAP 在变电站远程监控系统中应用

为了实现基于 TCP/IP 网络的嵌入式远程监控系统,其结构图如图 2 所示。

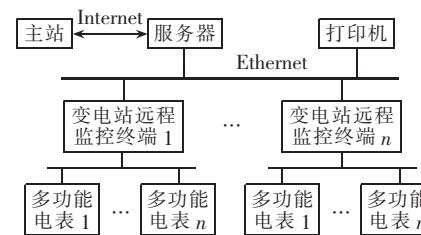


图 2 监控系统结构图

Fig.2 Structure of monitoring system

该系统采用 3 层体系结构:第 1 层(上层)是服务器层,其主要作用是负责存储多功能电表的数据、实现对仪表的远程监测、控制等功能。服务器与 Internet 连接,安装在客户服务中心的主站,通过 Internet 查收各个多功能电表的相关数据和参数。

第 2 层(中层)是控制层。控制层通过以太网与服务器层相连,通过 RS-485 总线与第 3 层的多功能电表通过 RS-232 通信方式相连。控制层的核心器件是变电站远程监控终端,其主要功能是对多功能电表的数据采集、计算和参数设置,并把采集到的数据通过以太网传输到主站。

第 3 层(下层)是多功能电表层。在监控终端中嵌入了各种国际标准通信规约,可实现对各种各样电表的采集。

TCP/IP 网络体系定义了 4 个协议层次,自下而上依次为网络接口层、网络互连层、传输层和应用层^[7]。嵌入式系统是为完成某种特定的功能而设计的专用系统。嵌入式系统不要求(也不可能)实现所有的 TCP/IP 协议,所以嵌入式 TCP/IP 是对 TCP/IP 协议族作选择而形成的协议集合。

在 OMAP 5910 内部,ARM 程序完成对数据的打包、解包。系统复位后,首先发送地址解析协议(ARP)请求,建立地址映射,并将内部中断定时更新。ARM 芯片根据情况将采集或收集到的数据按照 TCP 协议或用户数据报协议(UDP)格式打包,送入网卡芯片,由网卡芯片将数据输出到局域网中。反之,当有数据从 RJ45 输入时,网卡芯片产生外部中断,请求 ARM 处理。ARM 芯片对数据报进行分析,若是 ARP 数据包,则程序转入 ARP 处理程序;若是 IP 数据包,则进

一步判断是哪个协议向 IP 传送数据;若是网间控制报文协议(ICMP),判断是否为 Ping 请求,是则应答,否则丢弃该数据包;若是 TCP 或 UDP 协议,且端口正确则按相应的协议处理数据,否则丢弃数据包。

3 监控系统硬件设计

本系统的核心器件即 OMAP5910。其配备了功能齐全的外围设备接口,极大地满足了用户对功能的需求。硬件设计原理图如图 3 所示。

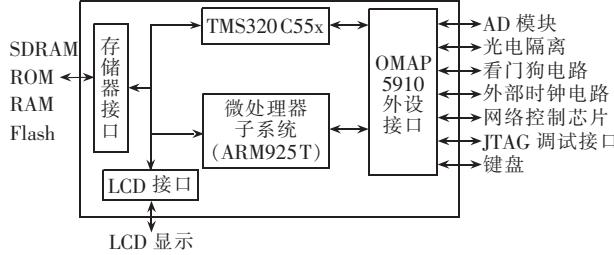


图 3 监控终端硬件原理图

Fig.3 Hardware principle of monitoring terminal

3.1 网络控制芯片

网络控制芯片采用 RTL8019AS,它是REALTEK公司出品的 10 Mbit/s 以太网控制器,支持 8 位或 16 位数据总线;内置 16 KByte 的 SRAM,用于收发缓冲;全双工收发同时达到 10 Mbit/s;兼容 IEEE 802.3,10BASE-T 等协议。网络控制芯片主要实现以太网媒介访问层(MAC)和物理层(PHY)的所有功能。嵌入式系统提供 RJ 45 接口连接 Ethernet 网络,也提供 1 个并行接口连接 LED 大屏幕。网络控制芯片 RTL 8019AS 接收 Ethernet 上计算机发送的数据包,ARM 处理器将数据包解析,也可将需要发送到 Ethernet 上的响应数据封装打包。另外,系统将 IP 地址、网卡 MAC 地址和其他重要参数保存在 EEPROM 24C02 中,用于网卡程序初始化和地址识别。

3.2 看门狗、DS12887 时钟及液晶显示

DS12887 是 DALLAS 公司生产的实时日历时钟芯片,其主要功能包括非易失性时日历时钟、报警器、百年历、可编程中断、方波发生器和 114 Byte 的非易失静态 RAM。可实现与 ARM 处理器相同的时钟频率,从而保证 ARM 处理器与外部电路的时序一致。

采用 MAXIM 公司的 MAX1232 芯片,监视电源电压和 ARM 处理器的工作状态,结构简单、功能丰富,提高了系统的可靠性和准确度。

液晶系统采用精电蓬远公司的 MOBI2006 液晶显示,为 128×64 点阵图形液晶,可显示 8 行西文、数字字符或者 4 行汉字,实时显示电网有关参数,直观显示预置参数。

3.3 AD 转换模块

本系统采用 14 位的 MAX125 转换模块可满足处理多路模拟信号,采用逐次逼近法完成 AD 转

换;其片内带有锁存功能的 8 路模拟开关,可对 8 路 0~5 V 的模拟电压信号转换,完成 1 次转换约需 100 μs。其输出具有 TTL 三态锁存缓冲器,可直接接到 DSP 核的 P0 口。

4 监控系统软件设计

OMAP 是一个高度集成的硬件和软件应用平台,它支持多种的嵌入式操作系统、高级语言编程以及丰富的 DSP 算法^[8]。本系统在 RISC 处理器中采用 Windows CE 操作系统,在 DSP 处理器采用 DSP/BIOS II。在 OMAP 上开发程序通常分为 2 部分,一部分是使用 Embedded Visual C 开发 ARM 端程序,另一部分是使用 TI CCS 开发 DSP 端程序。前者主要是为了使设计的算法与 xDAIS(eXpressDSP TM 算法标准)兼容,在 ARM 端程序中调用一些 DSP/BIOS 桥的 API 实现在 DSP 发出的数据流进行缓冲、暂停、继续、删除 DSP 任务并进行资源状态查询等。而具体的功能实现则是在 DSP 端完成。图 4 显示了 ARM925T 应用程序与 DSP 节点间的关系。

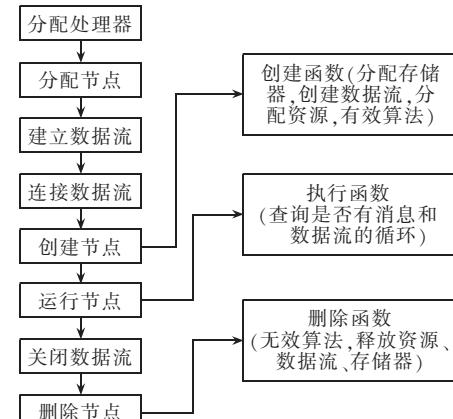


图 4 ARM 应用程序与 DSP 节点间的关系

Fig.4 Relationship between ARM application programs and DSP nodes

4.1 GPP 软件设计

Windows CE 是一个功能强大的开放的 32 位实时嵌入式操作系统,适用于快速构建新一代内存少、体积小的智能设备^[9]。Windows CE 具有全新的内核和任务调度、内存管理策略,不是简单地从 Windows 9X/NT 系统移植的。Windows CE 操作系统几乎完全是用 C 语言编写的,具有很强的可移植性。支持 32 位的 ARM 处理器,微软为每个支持的处理器家族提供完整的系统库,提供了标准的开放式平台。Windows CE 3.0 支持嵌套中断、256 个线程优先级、支持信号量、改善线程响应时间等技术手段,使其比以前的版本具有更强的实时性能。

对于 GPP 操作系统(ARM)而言,DSP/BIOS 桥增加了 APIs,使 GPP 的多个客户程序能够同时利用

DSP 的资源。GPP 应用程序或设备驱动程序使用 DSP / BIOS 桥增加的 APIs,与运行在 DSP 上的关联任务通信。GPP 应用程序或设备驱动程序可以通过 APIs 实现功能如下:

- a. 初始化 DSP 上的信号处理任务;
- b. 与 DSP 任务交换信息;
- c. 与 DSP 任务双向交换数据流;
- d. 停止、激活、删除 DSP 任务;
- e. 查询资源的状态。

4.2 DSP 软件设计

实时操作系统内核(RTOS)DSP / BIOS II 实际上是一个可调用的系统模块的 API 集合,主要包括以下核心模块。

4.2.1 任务调度模块

任务调度模块完成的主要功能是任务调度,任务调度的高效性、流畅性、实时性等是决定一个操作系统优劣的重要指标。DSP / BIOS II 通过硬件中断 HWI(Hardware Interrupt)、软件中断 SWI(Software Interrupt)、任务 TSK(Tasks)3 个核心模块实现任务调度,具体包括 4 个模块。

a. HWI 主要负责同外部交换信息。它的优先级最高、响应延时最小、不存在任务调度的问题,即它的响应是无条件的,所以它的中断服务程序 ISR 应尽可能地短小精悍。

b. SWI 是 DSP / BIOS II 任务调度的核心,尤其是实时性比较强的任务,它有 14 个优先级,每个优先级又可有多个任务,SWI 的任务是抢断式的,即高优先级的任务抢断低优先级的任务。同一优先级的任务按“先来先执行”的原则调度。所有的软件中断都共享一个堆栈,所以软件中断是不支持阻塞的,即本身不能干涉程序的执行。这样做减少了执行开关程序(context switching)的时间,能支持快速响应及快速处理,适合实时性要求比较高的进程。

c. TSK 独立使用 CPU 的进程,真正体现了多线程的思想,支持阻塞和优先级抢断。TSK 共有 15 个优先级,每个任务都有自己独立的堆栈,故增加了执行开关程序的时间,响应延时比较长,适合于对实时性要求不是很高的进程。

4.2.2 进程同步模块

进程同步模块(SEM / QUE / MBX)在多任务操作系统中,有时进程间需要同步协调。协调的方法多种多样,DSP / BIOS II 提供了 SEM,QUE 和 MBX 3 种协调机制。

4.2.3 数据输入 / 输出模块

数据输入 / 输出模块(PIP / SIO)。DSP / BIOS II 提供了 2 种常用于接口对象 PIP 和 SIO,数据通道(PIP)含有读 / 写通知函数依此来完成读写的协调。同时它的数据交换是拷贝形式的,即读完后要调

PIP-free()函数清空,否则不能继续使用。数据流(SIO)的数据传递过程是一个传递指针的过程,因此,对于比较大的数据量 SIO 的效率要高得多。

4.2.4 调试模块

调试模块(LOG / RTDX / STS)经常设置断点或单步运行来观察变量及寄存器的设置是否正确。但是,对于实时程序而言,一旦停止就意味着破坏了所谓实时性。常规的调试方法已不能满足新的调试要求,故 DSP / BIOS II 提供了 LOG,RTDX 和 STS 3 种供调试使用的模块。LOG 模块的功能相当于 C 语言中 Printf() 函数。STS 是用于跟踪程序段运行周期的统计模块。实时数据交换 RTDX(Real Time Data eXchange)是 DSP / BIOS II 提供的比较新的功能模块,主要用在调试过程中,当数据量比较大时,实时地通过 JTAG 口向主机传送数据而基本不影响程序的正常运行。

4.3 处理器的交互通信

ARM 和 DSP 之间通过一个邮箱以中断机制通信,该机制在处理器之间提供了灵活的软件协议。该邮箱位于系统的共享存储空间中(ARM 的位地址为 0x FFFC:F000,DSP 的字地址为 0x 0F800)。系统有 4 套邮箱寄存器,2 套用于 ARM 向 DSP 发送信息和产生中断,另外 2 套用于 DSP 向 ARM 发送信息和产生中断。每套邮箱寄存器包含 2 个 16 bit 寄存器和 1 个 1 bit 标志寄存器,其中 1 个 16 bit 寄存器由产生中断的处理器传递 1 个数据字到被中断的处理器,另外 1 个 16 bit 寄存器用于传递命令字。

2 个处理器间的通信这样实现:当 1 个处理器将合适的命令写到寄存器后,该寄存器会产生中断,对另外 1 个处理器的标志寄存器进行正确设置。被中断的处理器通过读标志寄存器响应中断并清空标志寄存器。每套邮箱寄存器中,还有 1 个附加的数据字寄存器,可以在每次中断时在处理器间传送 2 个字的数据,而不光只有命令字。

DSP / BIOS 桥用于非对称的、由 1 个通用的处理器(GPP)和 1 个或多个 DSP 组成的多处理器环境。DSP / BIOS 桥作为 GPP 和 DSP 的软件组合,把 2 个操作系统连接在一起^[10],能使 GPP 端客户与 DSP 上的任务交换信息和数据。连接分为消息子连接和数据流子连接 2 种。每种子连接都按顺序传递消息,先到消息链的消息就先被传递;同样,先到数据流链的数据流就先被传递。每个子连接都独立操作,例如:GPP 先发送数据流,然后发送消息,如果消息有高优先级,则消息比数据流先到 DSP。

5 结语

本文提出了以 OMAP 5910 为核心处理器的变电站远程监控系统的设计方案。利用 OMAP 强大

的功能,变电站数据采集的实时性和准确度有了很大提高。利用广泛存在的以太网资源传输电表数据,真正实现了无距离限制的通信传输,为变电站监控系统数据采集提供了有效的解决方案。

参考文献:

- [1] Texas Instruments. TI's OMAP processors enable high-performance wireless applications for 2.5G and 3G mobile devices[EB/OL]. (2001-01-17)[2005-10-30]. <http://www.ti.com>.
- [2] 吴明晖. 基于 ARM 的嵌入式系统开发与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [3] 马忠梅,马广云,徐英慧. ARM 嵌入式处理器结构与应用基础 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [4] Texas Instruments. OMAP5910 application processor for wireless devices[EB/OL]. (2001-04-10)[2005-10-30]. <http://www.ti.com>.
- [5] 汤子瀛,哲凤屏,汤小丹. 计算机操作系统[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [6] 姜超,刘济林,王兴国. 基于 OMAP 的 MPEG-4 实时解码器的实现[J]. 电子技术应用,2004,30(1):168-169.
- JIANG Chao, LIU Ji-lin, WANG Xing-guo. Realization of MPEG

-4 real-time decode device based on OMAP[J]. Application Electronic Technique,2004,30(1):168-169.

- [7] 张立云,马皓,孙辨华. 计算机网络基础教程[M]. 北京:北京交通大学出版社,2003.
- [8] 彭启琼. 开放式多媒体应用平台——OMAP 处理器的原理及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [9] 卢建宁,杜广永. 一种基于 Windows CE 的抄表设计方案[J]. 电测与仪表,2003,40(4):38 - 40.
- LU Jian-ning, DU Guang - yong. The design of meter reader based on Windows CE [J]. Electric Measure and Instrument, 2003,40(4):38 - 40.
- [10] 谢凯. 开放式的多媒体应用平台 OMAP[J]. 电子技术应用, 2001,27(11):12 - 14.
- XIE Kai. Open multimedia applications platform — OMAP [J]. Application Electronic Technique,2001,27(11):12 - 14.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

李文进(1981-),男,山东泰安人,硕士研究生,研究方向为电力系统运行与控制(E-mail:liwenjinn@126.com);

韩晓萍(1957-),女,山东平度人,副教授,研究方向为电力系统发电厂及变电站自动化。

Substation tele-monitoring system based on dual-kernel OMAP5910

LI Wen-jin, HAN Xiao-ping

(School of Electrical Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: The software and the hardware of OMAP(Open Media Application Plat)5910 are introduced in structures and features, based on which a scheme of substation tele-monitoring system is designed. It makes the best of dual kernels of 5910, of which the ARM(Advanced RISC Machines) MPU(Micro Processing Unit) can satisfy the need of control, interface and Ethernet communications and the DSP(Digital Signal Processor) MPU can deal with all kinds of real-time tasks. It improves the precision and real-time performance of the substation data acquisition.

Key words: OMAP; Windows CE operation system; DSP/BIOS II operation system; TCP/IP protocol; tele-monitoring system