维普资讯 http://www.cqvip.com

电能质量监测系统的嵌入式以太网接入实现

何丙年

(仙桃职业学院 机械电子工程学院，湖北 仙桃 433000)

摘要：电能质量问题取决于供电方和用电方。为了切实维护电力部门和用户的合法利益，提高电网的电能质量水平，必须加强电网电能质量的监测和管理。采用 DSP TMS320F2812 和 SMSC 以太网控制器 LAN91C111 设计的以太网通信硬件平台，并将 μC/OS- II 实时操作系统和 LwIP 协议栈移植到该平台上。利用 DSP 和以太网控制芯片实现的接入方案具有低成本、高传输率等特点，从而能够将现场测控得到的数据方便快捷地送到异地的管理监控层。

关键词：电能质量监测；TMS320F2812；LAN91C111；嵌入式以太网

中图分类号：TP393.11 **文献标识码**：A **文章编号**：1007-1687(2008)02-0072-02

作者简介：何丙年(1967-)，男，湖北仙桃人，讲师，研究方向为电子电工技术。

随着现代社会的飞速发展，电能的需求量在不断增加，同时电能质量问题也越来越引起人们的关注。为了切实维护电力部门和用户的合法利益，保证电网的安全运行，净化电气环境，必须加强电力系统电网电能质量的监测和管理。[1] 电力监测设备的网络接入已经成为发展的趋势，将嵌入式设备的网络技术推进到工业控制网络中，形成了工业以太网技术，是一种低成本、高性能的控制网络解决方案。

本文设计了具有以太网为基础的电能质量监测系统，硬件结构框图如图 1 所示。主控芯片采用 TI 公司的高性能 TMS320F2812 芯片，对信号进行实时采集、计算、分析处理，外接 SMSC 公司的第三代快速以太网控制芯片 LAN 91C111，实现与 Internet 连接。[2][3]

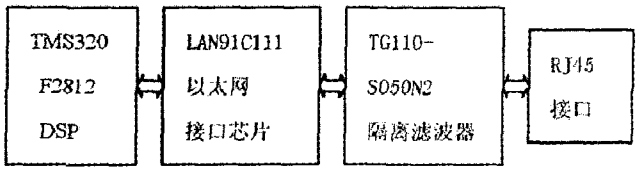

图 1 硬件结构框图

1 硬件设计

1.1 TMS320F2812 芯片的功能特点。TMS320F2812 是基于代码兼容的 C28x 内核的新型高性能 32 位定点数字信号处理器，其代码与 F24x/LF240x 系列 DSP 代码及部分功能相兼容，C2812 内核的指令执行周期达到了 6.67ns，最高运行频率可以达到 150MHz，保证了控制系统有足够的运算能力。此外，F2812 集成有许多外设，提供了整套的片上系统，从而降低了系统成本，实现更简单、高效的控制。其片上外设主要包括 2 ×8 路 12 位 ADC (最快 80ns 转换时间)，2 路 SC I，1 路 SP I，1 路 McBSP，1 路 eCAN 接口等，并带有两个事件管理模块 (EVA、EVB)，分别包括 6 路 PWM /CMP，2 路 QEP，3 路 CAP，2 路 16 位定时器 (或 TxPWM / TxCMP)。另外，该器件还有 3 个独立的 32 位 CPU 定时器，以及多达 56 个独立编程的 GPIO 引脚[4]。

由此可见，该款芯片既具有数字信号处理能力，又具有强大的事件管理能力和嵌入式控制能力，特别适用于大批量数据处理的测控场合，如工业自动化控制和电力电子技术应用等。

1.2 LAN91C111 的特点。以太网控制芯片采用 SMSC 公司的 LAN91C111，该芯片是自适应 10M/100M 第 3 代快速以太网控制器芯片，集成了 CSMA/CD 载波侦听多路接入协议的 MAC (媒体层) 和 PHY (物理层)。符合 IEEE802.3 /802.U2100Base2Tx/10Base2T 规范，可以实现与 32 位、16 位控制总线的无缝连接，具有很高的灵活性。[5][6]主要特点有：(1)支持 IEEE802.3 /802.3U 以太网标准；(2)自动诊断：10 /100M，全双工/半双工收发方式；(3)片上 8 KB 的 F IFO RAM；(4)内部 32 位数据通道，外部支持 8 /16 / 32 位处理器；(5)硬件 MMU，并支持先进的传输队列管理；(6)支持 ARM、PowerPC、DSP 等嵌入式处理器的接口；(7)内含介质无关接口 M II 的介质访问控制 MAC 和内部物理接口 PHY。

1.3 LAN91C111 及与 DSP 芯片之间互连。LAN91C111 及与 DSP TMS320F2812 芯片之间互连如图 2。AT 93C46 是 EEPROM，存放 91C111 配置参数和网卡 MAC 地址等信息；TG110- S050N 2 网络滤波器用于 LAN91C111 与 RJ45 接口之间的连接。

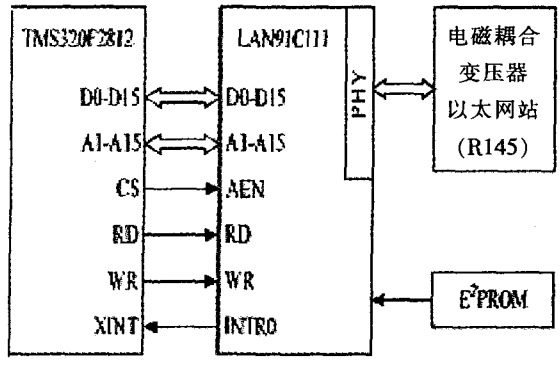

图 2 LAN91C111 及与 TMS320F2812 芯片的连接

LAN91C111 内部寄存器可通过对地址线 A0,A1,A2,A3… 的操作来访问，地址总线 A1-A15 与 DSP 的 A1-A15 相连，A0 没有

收稿日期：2007-12-03

维普资讯 http://www.cqvip.com

被使用。数据总线 D0-D15 与 DSP 的 D0-D15 相连,用于 16 位数据传输。LAN91C111 端的片选信号 AEN 由 DSP 信号 CS 提供,两元件的读电平 RD, 写电平 WR 相连, LAN91C111 端的中断输出信号 INTR0 送入 DSP 外部中断脚 XINT 触发中断。

当系统加电复位时, LAN91C113 自动读入预先设定的 E-PROM 中的基本配置到 MAC 寄存器组, 然后执行寄存器的软复位命令, 再配置发送/接收、中断允许等工作方式。接着对 PHY 寄存器组复位, 再配置 PHY 工作模式, 然后根据网络情况调整自已的配置。收发网络数据包时由内存管理单元(MMU)申请分配缓冲区使用权。

2 软件实现

为了实现以太网通信的功能, 实现对仪表的网络控制, 软件平台的实现可分为 4 个部分:μC/OS- II 实时操作系统的移植、LwIP 协议栈的实现、LAN91C111 驱动程序和 PC 机应用程序的编写。

2.1 μC/OS- II 实时操作系统的移植。μC/OS- II 是一个源码开放的抢占式实时操作系统, 它的内核可裁减、时间可确定、短小精悍。系统大部分代码采用 C 语言编写, 与硬件有关的部分集中在一两个文件中, 并给出了规范的接口说明, 移植非常方便。[7]

μC/OS- II 的移植主要有以下几个方面的工作:(1) 用 #define 设置一个常量的值(OS_CPU.H) ,以及用定义与处理器相关的常量宏和类型等。(2) 用 C 语言在 OS_CPU.C 中编写 6 个简单的函数, 分别是:OSTaskStkInit ()、OSTaskCreatHook ()、OSTaskDelHook ()、OSTaskSwHook ()、OSTaskStatHook ()、OSTimeTickHook(), 都是用于服务任务方面的控制, 主要完成任务初始化、创建、删除等等。(3) 用汇编编写 4 个与处理器相关的汇编函数 OSStarHighRdy()、OSCtxSW()、OSIntCtxSw()、OSTickISR(), 分别是指向优先级最高的任务控制块、任务的中断控制以及切换、时钟节拍中断功能。

2.2 LwIP 协议栈的实现。LwIP 即 Light Weight(轻型)IP 协议, 是瑞士计算机学院 (SICS) 的 Adam Dunkels 等开发的一套用于嵌入式系统的开放源码的 TCP/IP 协议栈。LwIP 在设计时就考虑到了将来的移植问题, 它把所有与硬件、操作系统、编译器相关的部分独立出来,放在/src/arch 目录下, 因此 LwIP 在 μC/OS- II 上的实现就是修改这个目录下的文件, 其他文件一般不需要修改。下面分别予以说明:(1) 与 CPU 或编译器相关的 include 文件: /src/arch/include/arch 目录下 cc.h、cpu.h、perf.h 中有一些与 CPU 或编译器相关的定义, 如数据长度、字的高低位顺序等,这应该与用户实现 μC/OS- II 时定义的数据长度等参数是一致的。(2) 与操作系统相关部分: sys_arch.[ch]中的内容是与 OS 相关的一些结构和函数, 主要可以分为 4 个部份: sys_sem_t 信号量; sys_mbox_t 消息 ;sys_arch_timeout 函数; sys_thread_new 创建新线程。(3) lib_arch 中库函数的实现: LwIP 协议栈中用到了 8 个外部函数, 这些函数通常与用户使用的系统或编译器有关。

类似于 μC/OS- II 在硬件平台上的移植, LwIP 的移植也是根据实现的硬件以及操作系统对象, 对相应的文件进行修改, 通信协议可以很快实现。

2.3 网络设备驱动程序的实现。LWIP 的网络驱动有一定的模型, 用户为自己的网络设备实现驱动时应参照此模板, 在驱动中主要做的, 就是实现网络接口的收、发、初始化以及中断处理函数。驱动程序提供给上层(IP 层)的接口函数有:网卡初始化函数 ehternerif_init;网卡接收函数 ethemetif_input;网卡发送函数 ethernetif_output; 网卡中断处理函数 ethernetif_isr。

针对 LAN91C111 网络芯片, 网卡初始化部分包括了网络复位函数 (reEthernet)、网络使能函数 (Etherneten), 网卡配置函数 (phy_config)三部分。部分关键代码如下:

```
/* 使能接收、发送功能 */
write (BANK_SELECT,O);
write (TCR_EG,TCR_DEFAULT);
write (RCR_REG,RCR_DEFAULT);
pISR_EINTI=(int) netISR;
//获得物理地址
phyaddr=PHY_ADDR;
//复位 PHY
write_phy_register (PHY_CNTL_REG,PHY_CNTL_RST);
write_phy_register (PHY_INT_REG, Oxffff);
/* 配置 Receive/Phy 控制寄存器 */
write (BANK_SELECT, 0);
write (RPC_REG, RPC_EFAULT);
```

2.4 PC 机应用程序的编写。网络化应用程序一般都采用所谓的客户机-服务器(Client/Server)模式,其中最常见的为 Web 服务器和客户机类型,其通过 TCP/IP 协议栈中的应用层协议 HTTP 实现相互间通信[8]。由于 Web 浏览器(HTTP 客户机)的普遍使用,嵌入式 HTTP 服务器通过简单发送含多媒体信息的 HTML 文本,便可为用户提供丰富的 HTML 页面显示[9]。因此,通过 Web 浏览器进行对远程设备管理及远程监测成为一种发展的趋势。

本文采用该协议实现对电网的远程监测, 所设计的嵌入式 HTTP 服务器主要支持动态内容显示及 CGI 接口功能。HTTP 服务器对动态内容的支持使其能够提供对动态变化的实时监测内容。

参考文献:

[1][2]唐良.瑞祁兵,龚钢军.基于 DSP 技术的电能质量在线监测仪[J]. 计算机工程与应用,2006,(13).

[3][4]TMS320F2812 datasheet [Z]. Texas Instruments, http://www.ti.com

[5]LAN91C111 Datasheet [Z]. http://www.smsc.com.

[6]施海锋.基于 LAN91C111 的嵌入式高速网络设计[J]. 测控技术, 2007,(8).

[7]Jean J. Labrosse. 嵌入式实时操作系统 μc/os- Ⅱ[M].北京航空航天大学出版社, 2003.

[8]赵汉龙,杨恩明,廖胜蓝. 基于 TCP/IP 协议栈电网远程监测系统设计[J].低压电器, 2005,(4).

[9] W. Richard Stevens,等著.范建华, 胥光辉, 张涛等译.TCP/IP 详解(卷 1, 卷 2, 卷 3)[M].北京:机械工业出版社, 2000.

(下转第 77 页)

维普资讯 http://www.cqvip.com

所提高,但是难以获得致密度非常高的产品,且这些技术并不能适用于所有体系。SHS 存在的问题主要表现在:(1)合成过程难以控制,这是 SHS 技术面临的最大问题,因此研究如何通过人为地控制外部环境(使用如微波、超声波、电磁场等)和工艺参数,使反应按照人们的意志进行,这是 SHS 科学工作者的首要任务。(2)理论研究明显滞后于技术开发,迫切需要在原有理论基础上发展新的理论。(3)由于体系的多样化,迫切需要对各种体系进行试验和总结。(4)超细粉末和纳米粉末的研究还不广泛。

7 未来 SHS 的研究方向

未来 SHS 的研究方向,主要集中在:(1)多维 SHS 计算机模拟模型;(2)气相之间和气相与悬浮物的自蔓延燃烧合成;(3)SHS 技术应用于有机体系;(4)SHS 技术制造非传统性粉末;(5)SHS 技术制造非平衡材料;(6)一步法净成形制品工艺;(7)产品的大规模生产;(8)自蔓延机械化学合成法;(9)空间实验:微重力影响。

参考文献:

[1]殷声,赖和怡.自蔓延高温合成法(SHS)的发展:自蔓延高温合成技术和材料.冶金工业出版社,1995.

[2]江国建,庄汉锐等.自蔓延高温合成材料制备新方法.化学进展,1998,(3).

[3]严新炎,孙国雄,张树格.材料合成新:技术自蔓延高温合成.材料科学与工程,1994,(4).

[4]韩杰才,王华彬,杜善义.自蔓延高温合成的理论与研究方法.材料科学与工程,1997,(2).

[5]向传三,张树格.对于 SHS 燃烧波方程的讨论:蔓延高温合成技术研究进展.武汉工业大学出版社,1994.

[6]吴忍耕,韩杰才,李光福.自蔓延高温合成技术研究动态,材料导报,1994,(6).

[7]欧阳世翕,傅正义,袁润章.自蔓延高温合成技术的研究动向.材料导报,1993,(3).

(上接第 73 页)

Implementation of Embedded Ethernet Access for Power Quality Monitoring System

HE Bing-nian

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Xiantao Vocational College, Xiantao Hubei 433000, China)

Abstract: With the development of society, power quality is paid more and more attention. To stick up for the legal interests of electricity departments and users indeed and to raise the power quality of power grid, the inspection and management of the power quality must be strengthened. This paper puts forward a scheme of intelligent instrument' s embedded ethernet access based on DSP TMS320F2812 and LAN91C111 of SMSC company. Especially μC/OS-Ⅱ real-time system and LwIP protocol stack are transplanted to processor DSP. The design realized by single chip processor and network card chip has low cost, high-speed transmission performance and some other characters. It provides transparent data communication between intelligent instrument and distant terminal through Ethernet.

Key words: power quality monitoring; TMS320F2812; LAN91C111; embedded ethernet