

嵌入式技术在电力串口设备 网络化中应用

习 博,方彦军

(武汉大学 自动化系,湖北 武汉 430072)

摘要: 在嵌入式 uCLinux 系统中将需要网络化的串口设备置入一个嵌入式网络化装置管理下以实现在串口和以太网之间的数据通信。设计的系统由上位机、串口设备(智能仪表)、嵌入式网络化装置等组成;网络化装置的处理器采用 ARM7TDMI 内核的 32 位高速处理器 S3C4510B。系统软件包括:数据包处理和转发、各级任务调度、硬件设备驱动等。网络化装置中应用程序包括:人机界面显示、数据处理、数据包转发、网络通信等。网络数据通信采用 TCP 协议,低优先级数据采用 UDP 协议。该方案设计的装置得到实现,应用结果证明设计方案高效、可靠。

关键词: 嵌入式技术; 网络化; 串口设备; ARM; uCLinux

中图分类号: TM 73;TN 915;TP 336 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2007)08-0099-03

0 引言

以传输控制协议/网间协议 TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol)和以太网为代表的成熟度较高的开放式网络技术,在工业控制、生产过程管理等领域得到了越来越广泛的应用。而在现代电力自动化控制中,大量的仪器仪表、传感器、可编程逻辑控制器(PLC)等设备只提供 RS-232 或 RS-422/RS-485 串行通信接口,随着企业业务的广域性和高合作性的不断深入,原有串行通信方式已经不能满足需求^[1]。

Zworld 公司推出的串口设备联网服务器除具备串口-网络协议转换器的所有功能之外,内嵌了网络管理方面的网络协议及网络服务器,由于使用的处理器芯片处理能力较强,硬件配置和价格相对较高^[2-3]。针对电力串口设备网络化需要,把对嵌入式系统和工业以太网的研究成果应用到需要网络化的传统通信接口设备中,开发出一个具有工业以太网通信功能的嵌入式网络化装置,支持利用以太网连接并控制所有设备,实现设备的远程控制、数据的远程传输,满足了网络测控系统集成的要求。

1 整体设计

系统由上位机、串口设备(智能仪表)、嵌入式网络化装置等组成,图 1 是系统的网络连接示意图。系统通过嵌入式网络化装置,将串口设备(智能仪表)连入以太网,进而通过上位机对仪表进行实时监控、数据存储。同时,由于该系统是基于以太网的,所以还可以将它直接连入 Internet,利用远程计算机进行访问控制。

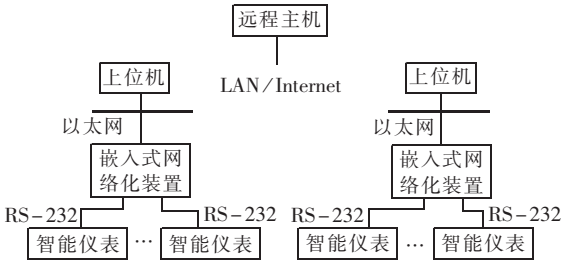


图 1 系统网络连接图

Fig.1 System network topology

2 硬件设计

在工业控制领域应用的处理芯片品种较多,工业现场由于其复杂性和特殊性,32 位 ARM 处理器在应用上恰好都有优势,用于开发硬件平台必定是理想的选择^[4-5]。在具体实现中,网络化装置的处理器采用基于 ARM7TDMI 内核的 32 位高速处理器 S3C4510B。S3C4510B 芯片属于 ARM7 系列,典型处理速度为 0.9 MIPS/MHz,系统时钟可达到 50 MHz。除了高性能、低功耗和低成本的 ARM7TDMI 内核以外,芯片中还集成了丰富的外围功能模块^[6]。整体硬件结构如图 2 所示。

采用一片 HY29LV160 构建 16 位的 Flash 存储器系统,其存储容量为 2 MB,存放用户应用程序、

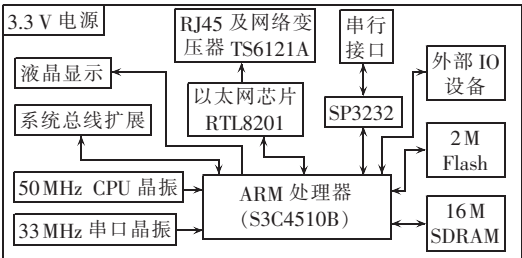


图 2 S3C4510B 结构及其部分外围电路图

Fig.2 Structure of S3C4510B and its peripherals

uCLinux 嵌入式操作系统和在系统掉电后需要保存的用户数据等。为充分发挥 S3C4510B 芯片 32 位的数据处理能力,选用的 2 片 HY57V641620 并联构建 32 位 SDRAM 存储器系统,共 16 MB 的 SDRAM 空间,是存储器作为系统运行时的主要区域,用于存放嵌入式系统及用户数据、堆栈。

S3C4510B 芯片本身自带有 2 个可编程的串口,采用德州仪器公司 TL16C554A 芯片扩充至 4 个通信串口,考虑到 RS-232 与 RS-485 的转换,需要增加 1 个 232-485 转换电路。由于 RS-232-C 标准所定义的高、低电平信号与 S3C4510B 系统的 LVTTTL 电路所定义的高、低电平信号完全不同,需要增加 1 个电平转换电路,使用 SIPEX 公司 SP3232 芯片。S3C4510B 内部实际上已包含了以太网媒体访问控制子层 MAC(Media Access Control)控制,只需外接一片物理层芯片以提供以太网的接入通道即可,这里选用 RTL8201BL 芯片。

3 系统软件设计

3.1 软件任务

软件任务划分是与硬件设计相对应的,除完成串口和以太网联网外,系统软件还包括:数据包处理和转发、各级任务调度、硬件设备驱动等。这里引入 uCLinux 嵌入式系统对硬件资源和软件任务进行管理调度。uCLinux 系统是近年迅速发展起来的一种专门用于微控制领域的嵌入式操作系统,沿袭了 Linux 系统的绝大部分性能,主要针对无内存管理单元 MMU(Memory Management Unit)的处理器设计,支持多任务,具有完备的 TCP/IP 协议栈,在低端网络设备、工业控制领域、数据采集和传输等方面有着广泛的应用^[7-10]。整个嵌入式系统结构如图 3 所示。

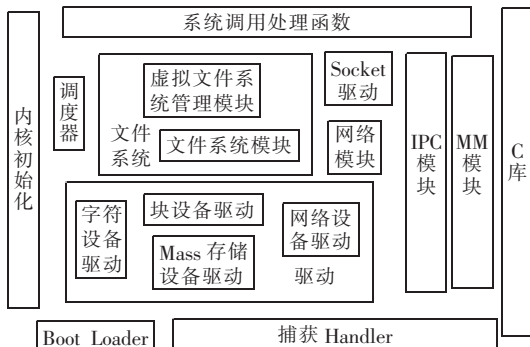


图 3 uCLinux 嵌入式系统结构

Fig.3 Structure of uCLinux embedded system

根据要实现的功能,程序划分为几个可以并行运行的任务:读取串口接收到的数据包;根据数据包计算设备相应状态,并进行网络通信;将网络数据根据数据帧头发送到控制器各个相应串口上。这些任务中数据包的读取对实时性要求最高,所以用中断程序处理,其他的任务则由应用程序实现。当一帧

数据发送完成后,CPU 由中断触发进行串口的读或写操作。数据转存入片内缓冲区后,中断程序采用异步触发机制通知数据处理进程,开始进行数据处理,同时将处理完的数据包发向以太网或串口。由于 uCLinux 系统中的串口驱动程序已对地址寻址方式、通信方式进行了封装,多串口的双向数据通信可方便地调用系统库函数完成。

3.2 网络通信程序

网络化装置中应用程序包括:人机界面显示、数据处理、数据包转发、网络通信等,这里主要介绍一下网络通信程序。为了保证数据转发的速度,设计了一个串口中断程序,负责将电力仪表的数据通过串口放入串口缓冲区,以及将 PC 机通过以太网传递过来的数据送给智能仪表。串口设备的中断注册如下:request_irq(0,uartirq_handler,UART_INTERRUPT,“uartirq”,NULL);同时在驱动的初始化部分还要对 S3C4510B 的中断控制寄存器进行设置,中断服务在函数 uartirq_handler()中实现。为了避免数据处理被新的中断打断,进入中断程序后首先屏蔽中断,等数据读完再开中断^[11-15]。另外,在网络通信程序中,对于实时性、可靠性要求较高的数据,网络数据传输采用 TCP 协议,而实时性、可靠性要求一般的数据,则采用用户数据报协议 UDP (User Datagram Protocol)传输,通信中的数据流如图 4 所示。

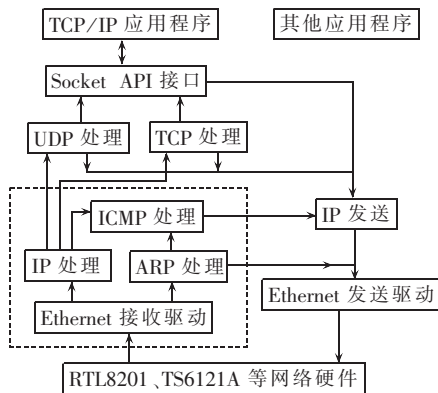


图 4 数据通信流程图

Fig.4 Flowchart of data communication

其中,TCP/IP 应用程序是自己编写的串口数据接收、发送任务,位于整个程序的最高层。TCP/IP 应用程序调用 Socket API 接口函数对网络进行相应的操作。TCP、UDP 处理模块是协议栈程序中处理传输层协议的模块,负责对传输层的数据进行封装和解拆,保存传输层连接状态。以实现的 TCP 协议工作为例,当 TCP 连接建立后,TCP 进入数据传送状态。智能仪表的数据以 TCP 报文发送给 PC 机,同时将该报文送 TCP 重发缓冲区,设置重发标志有效。由 PC 机传来的 TCP 报文经过校验和检验正确后,将数据送入串口发送缓冲区,由串口中断程序给智能仪表,并且根据 TCP 报文首部的确认序号,对 TCP 重发缓冲区进行处理。如 PC 机收到报文,则清除该

报文重发标志。在 TCP 重发计时标志有效时,如 TCP 重发缓冲区的重发标志有效,则重发该 TCP 报文。

4 测试分析

完成开发后,设定嵌入式网络化装置的 IP 地址为 192.168.1.10,接入网关地址为 192.168.1.1 的 100 M 以太网网段,用串口线连接网络化装置和一台工控机,用工控机模拟电力现场设备,分别以不同的数据帧长和发送频率往嵌入式网络化装置的串口发送数据。另外,采用 IP 地址为 192.168.1.22 的 PC 机进行结果测试与分析,该 PC 机使用 WinXP 操作系统和 D-Link DFE-530TX PCI FAST Ethernet Adapter 10 M/100 M 自适应网卡接入该网段,使用网络监听工具 SpyNet Sniffer 的 CaptureNet 进行监测。系统连接方式如图 5 所示。

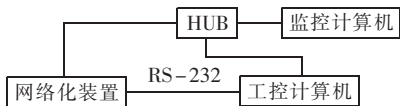


图 5 系统测试连接图

Fig.5 Connections for system test

网络化装置的系统时钟为 50 MHz,用外部 33 MHz 时钟信号作为串口波特率发生器的输入时钟,设置串口波特率为 19 200 bit/s(理论上最大通信速率 2.4 kbit/s)、8 位数据、1 位停止位、有校验。在仿真测试中,为了体现系统进程及数据包转发的时间性,设置工控机分别以每次 10~1 000 bit 数据量向装置串口发送数据,发送频率为 1~1 000 ms/次,即串口接收到的数据量为 10 bit/s~1 Mbit/s。在实验室环境中对该网络化装置进行连续长时间(24 h 以上)的测试。

测试结果表明:uCLinux 操作系统及应用程序性能稳定,网络状况基本稳定,监控软件输出数据的平均速度为 1.9 kbit/s,装置处理数据请求所花费的平均时间为 90 ms,回应数据请求到输出 TCP 数据量的平均值为 1 900 Byte。增加每次发送的数据帧长或者数据发送频率,都能提高串口转发速率,在数据包准确率 95% 以上,测得串口和以太网相互转发的最大速率为 1.942 kbit/s(串口波特率为 19 200 bit/s)。采用 100 M 以太网时,由于网络传输速率远大于串口数据转发速率,数据转发效率被串口速率限制,提高整体通信效率的瓶颈在于串口通信的速率。另外,要想寻求网络化装置一直工作在较优状态,就必须寻找一个合适的数据转发频率,可通过调整数据帧长和发送频率来实现。

5 结语

嵌入式网络化方案使得原先通过 RS-232/422/485 串口通信的电力设备,如仪器、终端、调制解调器、传感器等,可以通过以太网组成网络,实现设备的远程控制、数据的远程传输,让 PC 主机接收下层

设备串口数据就如同接收以太网数据一样方便。与传统数据通信方式相比,具有以下优点:具有相当高的数据传输速率(目前已达到 1 000 Mbit/s),能够提供足够的带宽;由于具有相同的通信协议,以太网很容易集成到企业管理网络;能在同一总线上运行不同的传输协议,从而能建立企业的公共网络平台或基础构架;在整个网络中,运用了交互式 and 开放的数据存取技术;允许使用不同的物理介质和构成不同的拓扑结构。

参考文献:

- [1] 习博,方彦军. 嵌入式监测系统中网络通信的研究与实现[J]. 电力自动化设备,2004,24(7):68-72.
XI Bo,FANG Yan-jun. Study and implementation of network communication in embedded monitoring system[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(7):68-72.
- [2] IYENGAR A,CHALLENGER J. Improving web server performance by caching dynamic data[C]//Proceedings of USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems. Berkeley, USA:[s.n.],1997:49-60.
- [3] 方彦军,习博. 基于嵌入式 uCLinux 系统工业以太网接口的设计与实现[J]. 电测与仪表,2005,42(4):59-63.
FANG Yan-jun,XI Bo. Design of industrial Ethernet interface on uCLinux embedded system[J]. Electrical Measurement and Instrumentation,2005,42(4):59-63.
- [4] Samsung Electronics. S3C4510B user manual[EB/OL]. [2006-10-25]. <http://www.lumit.org/download/document/>.
- [5] ARM Limited. ARM7TDMI technical reference manual[EB/OL]. [2006-10-25]. <http://www.lumit.org/download/document/>.
- [6] 李驹光,聂雪媛,江泽明,等. ARM 应用系统开发详解——基于 S3C4510B 的系统设计[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [7] 郭玉东,王非非. Linux 操作系统结构分析[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [8] RUBINI A,CORBET J. Linux device drivers[M]. 2nd ed. [S.l.]: O'Reilly & Associates Press,2001.
- [9] CHEN Ji-ming,WANG Zhi,SUN You-xian. Switch real-time industrial ethernet with mixed scheduling policy[C]//28th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 02). Piscataway,NJ,USA:IEEE,2002:2317-2321.
- [10] RYTTING T. End-to-end device networks:interfaces for man and machine[C]//Embedded Systems Conference. San Francisco:[s.n.],2001:210-212.
- [11] de BLAQUIERE J. Building devices with embedded Linux[J]. IEEE Journals on Micro System,2000,27(10):55-59.
- [12] NUTT G. Kernel projects for Linux[M]. [S.l.]:Addison-Wesley Press,2000.
- [13] SCOTT M. Linux core kernel commentary[M]. [S.l.]:Corliles Press,1999.
- [14] BOVET D P,CESATI M C. Understanding the Linux kernel [M]. [S.l.]:O'Reilly & Associates Press,2000.
- [15] WRIGHT G R,STEVENS W R. TCP/IP 详解:卷 1 协议[M]. 范建华,胥光辉,张涛,等,译. 北京:机械工业出版社,2000.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

习 博(1980-),男,湖北宜昌人,博士研究生,从事嵌入式系统、计算机控制的学习与研究(E-mail:whuxb@qq.com);
方彦军(1957-),男,福建福州人,教授,博士研究生导师,从事过程检测与控制方面的教学与研究(E-mail: yjfang@263.net)。

(下转第 105 页 continued on page 105)

Application of embedding technology in networking of serial-port devices

XI Bo, FANG Yan-jun

(Department of Automation, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The electric devices with serial port are put under the management of embedded networking equipment in uCLinux embedded system environment to realize the data communication between serial bus and Ethernet. The designed system is composed of superordinate computer, serial-port devices(intelligent instrument) and embedded networking equipment, which applies 32-bit S3C4510B processor with the core of ARM7TDMI. The system software includes data packet processing and forwarding, assignment scheduling at all levels, hardware device drivers and so on. The application software of embedded networking equipment includes man-machine interface, data processing, data package forwarding, network communication and so on. Network data communication adopts TCP(Transfer Control Protocol), while low-priority data takes UDP(User Datagram Protocol). The application of the designed system proves its effectiveness and reliability.

Key words: embedding technology; networking; serial-port device; ARM; uCLinux