

远程测控系统中嵌入式网关的设计

王 慧, 谢 东, 薛保珊, 胡春桥, 胡开成

(铜陵学院电气工程学院, 安徽 铜陵 244000)

摘要:随着嵌入式技术广泛的运用于远程测控系统,低端的16位微处理器已无法满足嵌入式系统的性能要求,为此,本文设计一种基于32位微处理器的远程测控系统嵌入式网关。阐述了嵌入式网关硬件电路及软件的设计以及Internet技术在网关中的应用。嵌入式网关性能的提高,使远程测控系统能克服条件的限制对工业现场设备进行远程的监视与控制,从而可保证生产过程的高效性。

关键词:嵌入式技术;网关;以太网通信;CAN通信

中图分类号:TP273+.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2018)04-0085-05

Design of Embedded Gateway for Remote Measurement and Control System

WANG Hui, XIE Dong, XUE Bao-shan, HU Chun-qiao, HU Kai-cheng

(College of Electrical Engineering, Tongling University, Tongling, Anhui 244000, China)

Abstract: With the wide application of embedded technology in remote measurement and control system, the low-end 16 bit microprocessor no longer satisfied the performance requirements of embedded system. Therefore, this paper designs an embedded gateway based on 32 bit microprocessor for remote measurement and control system. In this paper, the design of the hardware circuit and software of the embedded gateway, as well as the application of the Internet technology are described in detail. With the performance improvement of the embedded gateway, the remote measurement and control system can overcome the condition limitation and achieve remote monitoring and control of industry field devices, so as to ensure the efficiency of production process.

Keywords: embedded technology, gateway, ethernet communication; CAN communication

嵌入式网关将嵌入式技术与Internet技术完美结合,能实现对现场设备的远程数据采集,具有速度快、成本低的优点,使传统测控系统不能进行复杂、远程、大范围测控的问题得到了很好的解决。目前,采用16位微处理器的嵌入式网关已不能满足测控系统的性能要求,为此,本文提出了一种基于高性能32位微处理器的远程测控系统的嵌入式网关设计方法。

1 远程测控系统及嵌入式网关简介

随着微电子技术、互联网技术和嵌入式技术等技术的飞快发展,远程控制的应用变得越来越普遍,对测控技术也提出了越来越高的要求。所谓远程测控指利用本地计算机经通信线路对处于远端工作现场的设备进行状态监测与控制。远程测控系统具有通信网络化、现场设备分布式化以及控制

智能化、数字化等特点。通过远程测控,企业工作人员不需要亲临现场就可监视现场工作状况,并完成获取信息、诊断和恢复设备故障以及设置参数等操作。随着对远程控制技术的要求不断提高,为解决工作人员不容易到达或者不能长时间滞留的条件恶劣场所测控问题,基于嵌入式技术的远程控制系统诞生了。它有效解决了以往在测控领域存在的诸多问题,所以在智能家电、矿山监控、机车调度、楼宇自动化和电力监测与控制等场合得到了非常广泛的应用。为解决传统测控系统通信功能不强的问题,基于Internet技术的工业远程测控正日益兴起,受到业界非常广泛的重视。

网关又称作协议转换器或者网间连接器,可以在两个不同协议间进行转换,使得不同的网络之间实现互联。网关具有路由的功能,同时它也是测控系统的核心部分。网关既可用于各种局域网络的

互联,也能用于实现广域网的互联。

嵌入式网关是指通过嵌入式装置使两个或多个分离、异构网络相互联通的设备,它实现了通信协议的转换以及路由功能,具有体积小、可靠性强、功耗低的特点。嵌入式网关使 TCP/IP 数据包能够与串行数据进行转换,把以太网与现场总线连接起来,以实现工业自动化系统中的设备网络化。

2 嵌入式网关硬件电路的设计

本文设计的嵌入式网关,其功能是接收、储存与处理位于工业现场的各智能控制单元所采集的设备数据信息,实现 TCP/IP 通信协议与 CAN 通信协议间的转换,并用获得的设备数据信息制作出网页,使远端用户借助于浏览器能够在互联网上对设备信息进行查询与处理。

2.1 嵌入式网关硬件总体结构的设计

嵌入式网关硬件包括主控制器模块、CAN 通信接口模块和以太网通信的接口模块共三个主模块,采用了模块化硬件设计法。在主控制器模块中,使用的 CPU 型号为 S3C44B0X,它是韩国三星公司为嵌入式设备以及其它应用所提供的微控制器,性能优良且性价比很高。其主要功能就是实现以太网通信和 CAN 通信的协议转换与控制,使远端用户通过 Internet 进行现场设备的远程监控。S3C44B0X 片内集成了 ARM7TDMI 核,工作频率达到 66 MHz,在实现 ARM7TDMI 核功能的基础上,S3C44B0X 的芯片内部还集成了许多外围功能模块,其外围存储电路由 8 M 容量的 SDRAM 芯片和 8 M 的 Flash 芯片构成。Flash 存储器中存储了嵌入式操作系统的内核以及应用程序,在系统刚启动时,S3C44B0X 微控制器把 Flash 中的程序输入到 SDRAM 存储器运行。图 1 为嵌入式网关总体结构框图。

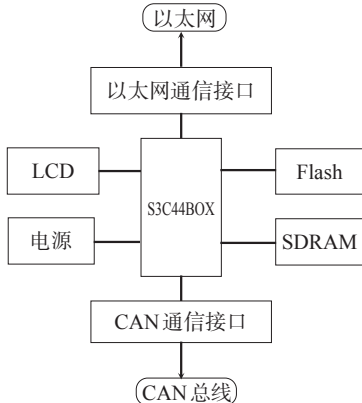


图 1 嵌入式网关总体结构

2.2 以太网通信的硬件实现

以太网通信采用以太网控制器 RTL8019AS、型

号为 20F001N 的滤波器件和 8 针模块插口 RJ45 组成的接口电路来实现,图 2 为其原理框图。

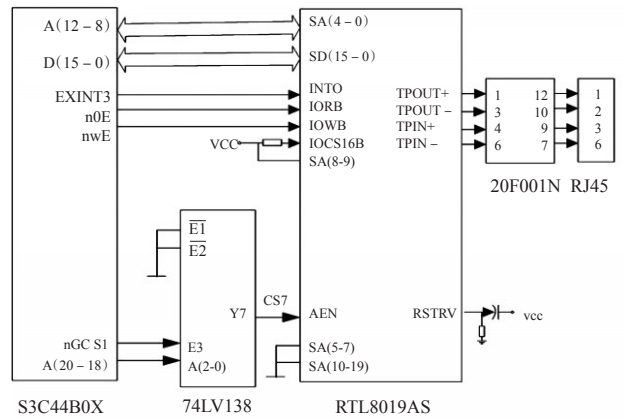


图 2 以太网通信原理框图

以太网控制器 RTL8019AS 是由台湾 Realtek 公司出的一款高集成度的以太网通信控制芯片,具有 8/16 位总线模式,集成有 IEEE802.3 通信协议中介质访问的控制子层(MAC 子层)以及物理层的通信功能,内置了本地和远程两个 DMA 通道以及 FIFO 单元,可实现简单的数据包管理,有效完成数据帧的接收和发送。

以太网控制器和主机之间有 PnP 模式、跳线模式以及 RT 模式这三种接口模式,本网关采用了跳线模式。为防止干扰其它的数字芯片,RTL8019AS 接地均采用了模拟地。RTL8019AS 的输出端口连接 20F001N 滤波器,其目的是进行通信信号的滤波与变换。最后,由 20F001N 经过带 RJ45 插口的双绞线接入到以太网。

2.3 CAN 通信的硬件实现

CAN 通信硬件电路的组成包括 CAN 控制器、CAN 收发器以及光耦器件,图 3 为其原理框图。

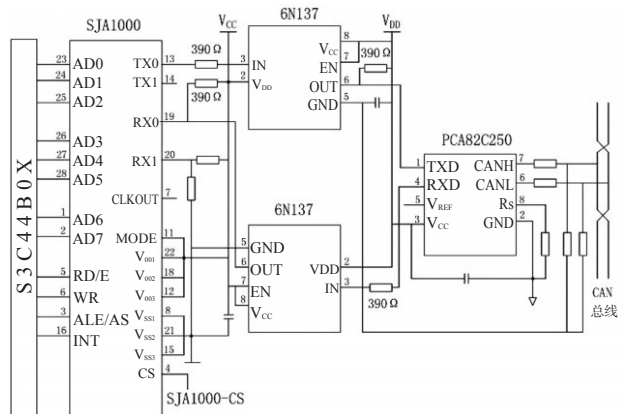


图 3 CAN 通信原理框图

CAN 控制器采用的是 SJA1000 芯片,它是在 Philips 公司的 PCA8200CAN 基础上增加了新操作

模式(即 PeilCAN 模式)的独立的 CAN 控制器, PeilCAN 模式可以支持 CAN2.0B 协议,它拥有多种新的特性,提高了数据收发效率。SJA1000 对数据的接受与传送是在 S3C44B0X 微控制器的控制下完成的。

CAN 收发器采用了 PCA82C250 芯片,该芯片保证了数据高速传输,它也是 CAN 控制器 SJA1000 和数据传输线路间的接口。PCA82C250 的 RS 脚用于设置工作模式:待机模式、高速模式或斜率控制模式,本网关选定了斜率控制模式。

另外,本网关为了增强抗干扰性能,采用光耦器件 6N137 置于 SJA1000 芯片与 PCA82C250 芯片之间,以实现电气隔离。

3 嵌入式网关的软件设计

3.1 嵌入式 WEB 服务器的实现

嵌入式的 Web 服务器是基于嵌入式系统而实现的 Web 服务器,在相应的软件和硬件平台的支持下,将服务器引入到现场监控和测试设备中,以实现基于 TCP/IP 协议的测控系统的底层通信。同时,标准的通信协议和接口形式的存在,使内嵌在设备中的 Web 服务器能够提供基于浏览器的、统一的操作与控制界面,给接入到其所在网络的任何合法的用户提供测控信息。

本远程测控系统的网关所采用的嵌入式操作系统为 μ Clinux。在嵌入式操作系统的支持下,以 32 位微控制器 S3C44B0X 作为平台,利用 Java Applet、公共网关接口 CGI 等技术构建嵌入式 Web 服务器系统,其结构框图如图 4 所示。

图 4 中的监听模块主要执行监听端口的任务,它利用 TCP 三次握手过程使客户浏览器与本远程测控系统之间建立连接。如果浏览器有通信连接请求,监听模块便由端口号来判定是 Java Applet 还是 HTTP 请求,再根据请求类别分别调用相应的请求处理模块来实现处理进程。Java Applet 数据的请求处理模块是客户端想了解设备状态信息时调用的,按事先设置好的频率将从现场采集到的设备状态数据发送给客户端,那么设备的有关信息便可以在客户端浏览器上动态显示出来;HTTP 请求处理的模块是远程客户端要向现场的设备发送控制命令或浏览静态网页时调用的,它根据 HTTP 请求再调用文件模块,并将处理好的结果根据 HTTP 协议返回客户端。

嵌入式 WEB 中的文件模块包括有公共网关接口处理文件、Java Applet 代码处理文件以及静态网

页生成文件。文件模块采用 μ Clinux 中的文件系统来实现,其公共网关接口处理文件执行的功能是完成用户身份的安全认证,以及用户在浏览器上设置设备控制参数时,能够从 HTTP 消息中将参数解析出来,并作出正确的处理。

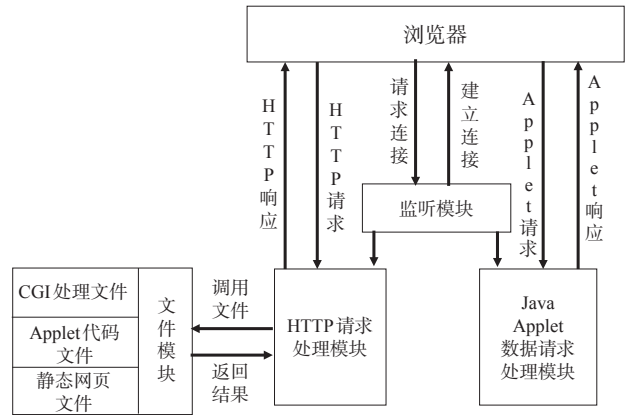


图4 嵌入式WEB服务器的结构框图

3.2 以太网通信软件的设计

3.2.1 RTL8019AS的驱动软件设计

RTL8019AS 的驱动软件由数据的发送驱动、数据的接收驱动和芯片初始化三个子程序组成。初始化子程序的作用是对 RTL8019AS 芯片内部的 DCR、BNCY、RCR、CURR、TCR 等寄存器参数进行初始化设置,使得芯片工作时能正常完成其启动、存储、复位等操作。寄存器设置的内容有先入先出的缓存门限、数据接收和发送缓冲区的大小、数据总线的宽度(8/16 位)、中断服务种类、物理地址、接收数据包类型等。

数据的发送驱动子程序是使 S3C44B0X 微控制器分别启动远程 DMA 和本地 DMA,将数据先发送到 RTL8019AS 的缓存,再发送到以太网传输线上。数据发送驱动子程序完成以下四个步骤:第一步是装帧,根据 802.3 以太网协议将需要发送的数据先封装成以太网帧;第二步是将封装完的数据帧发送到 RTL8019AS 发送缓存区;第三步是设置好发送控制的寄存器,其中 TPSR 中需设定发送缓存区的起始页地址,TPCR0 和 TPCR1 中需设定发送数据包长度;第四步是 RTL8019AS 启动,把该帧信息发送到网络上。

数据的接收子程序实现与上述发送子程的完全相反的过程:首先通过 RTL8019AS 经由本地 DMA 将接收的数据帧储存在接收缓存,再由 S3C44B0X 微控制器启动远程 DMA,使该帧信息从 RTL8019AS 接收缓存读入网关中 RAM 缓存区内。

3.2.2 嵌入式 TCP/IP 协议的实现

在嵌入式网关的通信设计中, TCP/IP 协议栈为互连网络通信的基本条件,它是当今最为流行的一种组网形式。本网关在从网线接收数据并提供给网关的应用程序,或将数据送到以太网之前,需进行相应的 TCP/IP 协议处理。因为嵌入式网关的存储容量比较小且处理速度相对比较慢,必须根据其特定的功能需求合理裁剪、优化 TCP/IP 协议体系,这是实现以太网通信的关键。TCP/IP 的体系结构共有四层,其协议族主要包括传输控制协议(TCP)、网间网协议(IP)、地址解析协议(ARP)、简单网络的管理协议(SNMP)、用户数据报协议(UDP)、超文本传输协议(HTTP)、文件传输协议(FTP)以及互联网的控制信息协议(ICMP)等。考虑到嵌入式网关资源的局限性,本网关根据实际通信需要对其协议族中协议进行了必要的取舍,选择了 TCP、IP、ARP、ICMP 和 HTTP 协议组成嵌入式网关的 TCP/IP 协议栈,以完成以太网通信。基于 TCP/IP 协议的数据包处理流程框图如图 5 所示。

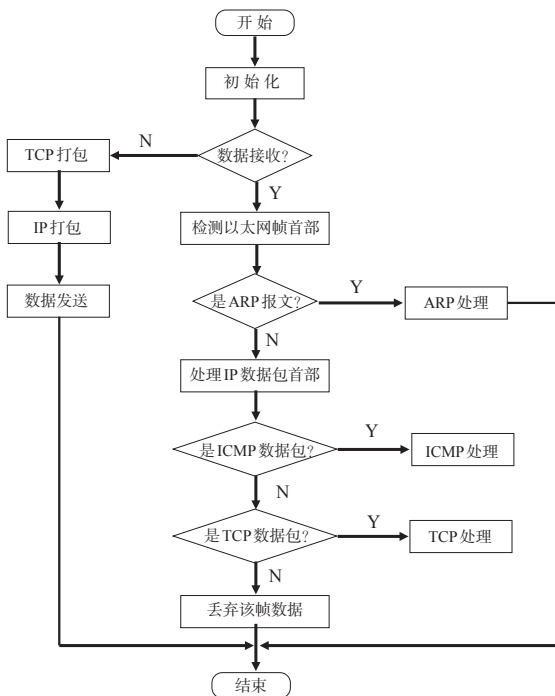


图 5 TCP/IP 数据包处理流程框图

3.3 CAN 通信实现及以太网与 CAN 通信协议间的转换

本系统网关采用 CAN2.0B 通信协议实现 CAN 通信,其数据帧有两种格式,即标准帧(含 11 位标识符)和扩展帧(含 29 位标识符)。本网关采用标准帧传输数据,11 位标识符设定为:ID.0 ~ ID.3 是对应信息帧号, ID.4 ~ ID.7 是下位机的设备编码, ID.8 ~

ID.10 是数据类型编码,类型编码与上位机各种命令相对应。系统启动后先进入复位模式,然后对 SJA1000 CAN 控制器进行初始化,SJA1000 初始化包括设置工作方式、设置接收代码寄存器和接收屏蔽寄存器、设置接收滤波方式、设置中断允许寄存器以及设置波特率参数等。初始化结束后 SJA1000 即进入操作模式,可实现正常通信。

嵌入式网关执行以太网和 CAN 通信的协议转换,其软件流程是:以太网送来的有关命令由微控制器通过 TCP/IP 协议栈进行数据解包,再利用 CAN 协议进行数据封装并写入 SJA1000,然后送往现场的智能控制单元。相反,现场每个智能控制单元要上传设备状态数据或参数测量值,先由 SJA1000 读取,再利用 CAN 协议进行解包,然后使用 TCP/IP 协议栈进行封装,最后通过以太网将数据发送出去。

4 嵌入式网关性能的实验测试

为检验本文所设计嵌入式网关的实际应用效果,构建了一个基于嵌入式网关的远程测控平台,对工业现场的设备进行远程监控。图 6 为该远程测控平台的结构框图,现场的智能控制单元将检测的设备参数上传嵌入式网关,由嵌入式网关将这些数据进行处理和通信协议转换后再上传以太网,使远端用户通过互联网能够实时掌握现场设备的有关信息。

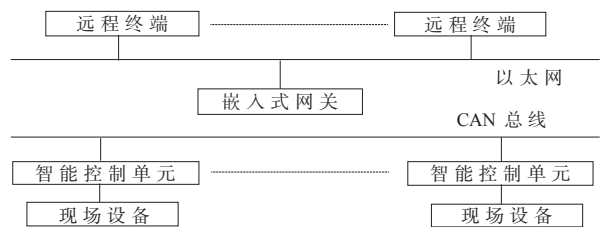


图 6 嵌入式远程测控平台结构框图

容性设备在变压器中占重要的地位,容性设备受潮后其介质损耗将增大,则介质的温度会升高,从而导致变压器出故障。所以,监测变压器容性设备介质损耗和电容量大小,对变压器的故障检测有实际意义。表 1 给出了用本文构建的远程测试平台

表 1 嵌入式网关性能的实验测试

实验	远程测试结果		现场电桥测试结果	
	电容/pF	介损/%	电容/pF	介损/%
144 980	443.06	0.312	441.1	0.31
145 090	443.24	0.303	441.1	0.30
221 618	443.33	0.256	441.2	0.26
222 181	443.38	0.282	441.2	0.28
251 923	443.40	0.298	441.3	0.29
252 050	443.42	0.268	443.3	0.27

所检测到的相关数据,作为对照,表1中同时给出了设备原有的电桥式参数测试电路所检测数据。由表1的检测结果可以看出,本文所构建的远程测控平台所检测数据,与原有参数检测电路的检测结果误差很小,相对误差全部在2%以内,说明本文所设计的嵌入式网关性能优良,能满足对现场设备的远程监控需求。

5 结语

本文对基于16位微控制器的低性能嵌入式网

关进行了技术改造,通过对嵌入式网关硬件和软件的设计,实现了嵌入式技术和Internet的完美结合,使得远端用户可通过浏览器对现场有关设备的工作状况进行监控。由于嵌入式Web将Web服务器引入现场的监控及测试设备中,向任何接入其所在网络的合法用户提供基于浏览器的统一操控界面,所以这种远程测控系统具有不受地域限制和高可靠性、安全性的特点,也因此工业自动化领域得到了良好的应用。

参考文献:

- [1] 冯增卓.嵌入式远程测控系统的设计与实现[J].信息与电脑,2005(22):169-170.
- [2] 张强,李伟.煤矿自动化系统中嵌入式网关的设计[J].温州职业技术学院学报,2015(4):46-48.
- [3] 彭席汉,鲍全禄,杨世锡,等.嵌入式WEB在设备状态监测中的应用研究[J].工业控制计算机,2005(5):23-24.
- [4] 吴梅梅,王德永,冯贺平,等.基于802.11协议无线网络的嵌入式远程测控系统研究[J].现代电子技术,2016(3):58-67.
- [5] 刘虎.一种智能家居多协议嵌入式网关方案设计及其实现[J].电气应用,2014(14):41-44.
- [6] 刘举涛,陈华杰,金文,等.基于ModBus通讯协议的远程测控设计[J].导弹与航天运载技术,2012(2):50-53.
- [7] 沈克宇,林锦沪,李志俊,等.基于SC28L198的多串口服务器设计[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2011,33(2):203-206.
- [8] 李远静,胡浩.基于S3C44B0X的协议转换器的设计与实现[J].电脑与信息技术,2009,17(5):19-21.
- [9] 朱丹,何伟.基于嵌入式微处理器的不燃性材料性能测试系统[J].仪表技术与传感器,2010(1):38-41.
- [10] 江崇科,黄智刚,张军,等.嵌入式网关的设计与实现[J].计算机工程与设计,2006,27(1):43-46.

(责任编辑:曲继鹏)