

基于单片机的以太网接入系统的实现及网络性能分析

[摘要] 介绍以太网控制芯片 RTL8019AS, 并设计在有限存储空间的单片机中嵌入 TCP / IP 协议的以太网接入系统, 实现了 RS-485 现场总线设备通过嵌入 TCP / IP 单片机系统接入以太网, 完成 PC 机与终端设备的远程通信和控制, 最后对系统性能进行测试分析, 取得了满意的效果。

[关键词] 单片机; 以太网; RTL8019AS 芯片; TCP / IP 协议; 网络性能分析, YL18-1001D

1 引言

互联网络硬件、软件的迅猛发展, 使得网络用户呈指数增长, 在电子设备日趋网络化的背景下, 越来越多的嵌入式应用需要支持网络功能。TCP / IP 是一套把因特网上的各种系统互连起来的协议组, 成为事实上最常用的网络标准之一。在使用计算机进行网络互联的同时, 各种家电设备、仪器仪表以及工业生产中的数据采集与控制设备在逐步地走向网络化, 以便共享网络中庞大的信息资源。只要那些设备上实现了 TCP / IP 协议并增加一个网络接口, 就可方便地接入到现有的网络中。考虑到单片机成本低廉, 利用 TCP / IP 协议中的 UDP (用户数据报协议)、IP (网络报文协议)、ARP (地址解析协议) 及简单的应用层协议, 根据应用的需要做相应的裁减, 文中将介绍用 AT90S8515 单片机与 10Mbps 以太网控制器芯片 RTL8019AS 设计嵌入式 TCP / IP 单片机系统, 成功地实现了 RS-485 现场总线设备通过嵌入 TCP / IP 的单片机系统接入以太网, 完成 PC 机与终端设备的远程通信和控制, 最后对系统性能进行分析。

2 以太网控制器 RTL8019AS 简介

RTL8019AS 是台湾 REALTEK 公司生产的基于 ISA 总线的 10 Mbps 以太网控制器芯片。由于其优良的性能、低廉的价格, 使其在市场上 10Mbps 网卡中占有相当的份额。

主要性能:

- (1) 符合 Ethernet II 与 IEEE802. 3 (10Base5、10Base2、10BaseT) 标准;
- (2) 支持全双工, 收发可同时达到 10Mbps 速率;
- (3) 16KB 片内 SRAM, 用于收发缓冲, 降低对主处理器的速度要求;
- (4) 支持 8 / 16 位数据总线, 8 个中断请求线以
- (6) 支持跳线和非跳线模式;
- (7) 允许 4 个诊断 LED 引脚可编程输出;
- (8) 100 脚的 PQFP 封装。

该芯片功能很强, 它集成介质访问子层 (MAC) 和物理层的功能, 对 RTL8019 做了很大改进, 处理能力更强, 操作更灵活。但与一般单片机接口时, 只需要用到其中一部分即可完成网络通信功能, 其它引脚悬空。

3 与 AT90S8515 单片机系统的接口电路

该文选用 AT90S8515 单片机，与 8051 系列单片机相比，具有系统内可编程 8KFLASH，内部集成了在片 512 字节 EEPROM 和 512 字节 SRAM，使用精简指令集，编写程序简练，调试程序方便。

系统硬件连接如图 3-1 所示，系统提供 RJ45 接口连接 Ethernet 网络，提供一个 RS-485 接口与现场设备连接，实现数据的网络传输和设备的远程控制。

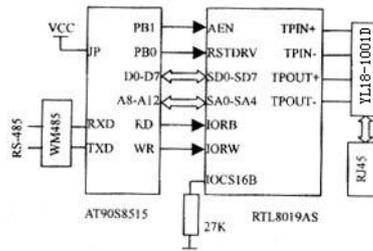


图 3-1 单片机接入以太网的硬件连接图

AT90S8515 单片机所提供的接口信号线为：PA 口的 8 位数据总线 D0~D7、5 根地址线 A8~A12、读信号线 RD、写信号线 WR、2 根控制线 PB0、PB1。这些信号线与 RTL8019AS 的各信号线对应连接。其中，RTL8019AS 的 IOCS16B 接下拉电阻，使芯片工作在 8 位总线方式，复位通过 PB0 控制，PB1 片选地址使能。时钟电路为单片机 8MHz 和网络芯片 20MHz。在现场控制端，需要一个 RS-232 转 RS-485 的 485 芯片（WM485），在网络接入端需要一个网络隔离滤波器（YL18-1001D），这样接口电路设计完成，然后计算并分配地址空间，编写汇编程序。该系统中网络芯片在单片机中地址映射空间为 $80\times H-0x9F\times H$ ，网络芯片的内部 I/O 基地址为 300H。

对设计电路的几点说明，RTL8019AS 的 JP 引脚接高电平，使芯片工作在跳线模式；没有使用地址锁存器，直接用地址数据复用口读写 RTL8019AS 数据，网络芯片只用到 5 位地址线，没有冲突；系统采用查询工作方式，没有连接中断信号线，简化电路设计。

4 软件设计

4.1 嵌入 TCP / IP 协议的单片机汇编程序设计

单片机接入以太网，必须嵌入 TCP / IP 协议，用户终端的应用程序才可以使用通用的网络编程技术，例如使用 Socket 套接字，与单片机建立连接，实现数据通信。汇编流程图如图 4-1 所示，单片机首先初始化堆栈和串口，初始化 RTL8019AS 网络芯片，系统的 IP 地址存放在单片机的片内 EEPROM 中，单片机复位后首先读取这些数据以初始化网络。由于单片机的资源有限，所以网络协议根据嵌入式应用的需求作了裁剪，系统中使用了 ARP、RARP、IP、UDP 等部分协议，既保证单片机接入以太网，又保证足够小的代码量。单片机主要完成网络数据的解包和串口 RS-485 数据的打包。当以太网有数据到达该设备，单片机采用查询方式，读取网络数据并分析，如果是 ARP（物理地址解析协议）数据包，则转入 ARP 处理程序，并发送 RARP 数据包，将 IP 地址和物理地址加入到局域网中建立映射。如果是 UDP 数据包且 IP 地址和端口号正确，则接收数据包，数据解包后，将数据部分通过串口输出，控制 RS-485 现场设备。反之，

如果现场通过串口发送数据到单片机，单片机将数据按照 UDP 协议格式打包，送入 RTL8019AS，由 RTL8019AS 将数据输出到局域网中。根据需要还可以在收到串口数据时，先完成数据预处理，再将处理好的数据送到局域网。

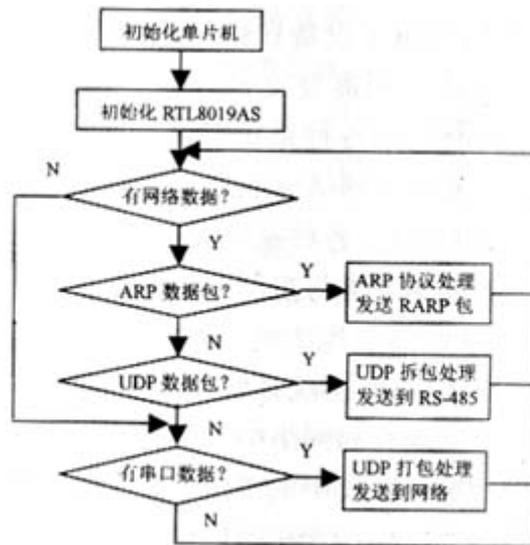


图 4—1 嵌入 TCP/IP 协议单片机汇编程序总流程框图

TCP / IP 协议的 4 层模型中，链路层部分由 RTL8019AS 完成，网络层和传输层由单片机来处理，应用层则根据需要可以在单片机内完成，也可以由单片机转给用户或终端设备完成。

在单片机的程序处理中，主要有完整的 ARP、RARP 协议模块，UDP 协议模块，其它协议根据需要取舍，完成系统要求，网络芯片的初始化是必须的，对 RTL8019AS 各寄存器的配置正确，才能使硬件正常工作。

4. 2 用户终端程序设计

为了实现对嵌入 TCP / IP 的单片机通信系统设备的控制，笔者用 VC++6.0 在用户终端 PC 上编写一个数据传输的应用程序。通常采用 Winsock 编程，先创建一个套接字，绑定 IP 地址和端口号，使用 UDP 数据报，与嵌入 TCP / IP 单片机系统的套接字建立连接，当有网络数据到达时，VC++ 响应 Receive () 消息，读取数据并处理；当用户需要控制嵌入式设备，调用 Send () 函数发送控制命令或数据。

在调试试验中，PC 机上采用 Sniffer 软件来监视（或截获）PC 机同单片机之间通信的 TCP / IP 协议包数据流，测试系统的性能，取得了满意的效果。

5 系统性能分析

网络性能的主观评价可以用如下的指标来体现：容量、利用率、最优利用率、吞吐量、可供负载、精确度、效率、延迟、延迟变化量、响应时间等。网络性能的最终表现形式就是最终用户在使用过程中的主观评价。

下面主要从各网络层对系统性能的影响分别进行分析：

(1) 物理层、数据链路层性能。从系统的硬件上看，这两层的功能主要由 RTL8019AS 完成，每帧最大传输包为 1K 字节，但是数据的读写都是由单片机完成，所以整个系统的带宽受到单片机速度的限制，文中设计系统理论最大带宽为 8Mbps，最优利用率为 3~4Mbps。

(2) 网络层性能。在这里主要考虑传输协议的选择。对于使用有重传机制的 TCP 协议，意味着在

网络环境恶劣的情况下，存在大量的数据报重传，降低了网络利用率，同时还有很大的延时。在系统的具体应用中，采用 UDP 协议满足了数据采集的实时性要求，对于丢包现象，可以在应用层上采取必要的控制策略加以改善。

(3) 应用层性能。主机、服务器、应用协议构成网络应用层性能的要三要素。主机和服务器是网络连接的两端，应用协议是网络连接的两端数据传输过程的一个约定。方案采用在以太网嵌入系统中运行一个套接字程序作为服务器，应用 RS-485 通讯协议对远程设备控制和数据采集。这个过程中，网络服务器的性能问题影响最大：服务器的负载、请求队列过长、协议参数设置不当等等。

6 结束语

以太网的低成本、开放性、广泛的开发和应用软件、硬件支持，使得这种嵌入了 TCP / IP 协议的单片机数据通信系统，具有成本低、硬件少、运行稳定可靠、传输速度快、开发周期短等优点，有着广泛的应用前景，特别是数据采集、数据传输等远程监控领域，以及智能家电的网络信息化方面。目前，该系统在变电站监控系统、远程数据采集系统中得到成功应用。