

基于LPC2214的传感器网关设计

何一鸣 鲍玉军 钱显毅

(常州工学院电子信息与电气工程学院,常州,213002)

摘要:针对物联网上数据信息传输的正确性、实时性及安全性要求,在对标准TCP/IP协议进行分析的基础上,提出了一种适应物联网需求的嵌入式传感器网关设计方案。对标准TCP/IP协议进行了裁剪并予以实现,设计了面向物联网的传感器网关的基本构造和网络模块的接入电路,并将嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 移植到性能优异的32位ARM核微处理器LPC2214上。研究结果表明:该传感器网关可有效地应用于物联网中局部传感网的数据转换,使其能够在互联网上进行传输,具有结构简单、成本低、性能可靠等优点。

关键词:物联网;网关; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$;TCP/IP;LPC2214

中图分类号:TP212.9;TP929.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-2615(2012)06-0911-06

Design of Sensor Gateway Based on LPC2214

He Yiming, Bao Yujun, Qian Xianyi

(School of Electronic Information & Electric Engineering, Changzhou Institute of Technology, Changzhou, 213002, China)

Abstract: To make the transmitted data information in Internet of things achieves such characteristics as high correctness, good real-time property and security, a kind of embedded sensor gateway is designed. It can meet the requirements of Internet of things based on the analysis of the standard TCP/IP. In the design scheme, the scale of standard TCP/IP is reduced and realized, a basic structure of embedded sensor gateway and a functional Internet introducing circuit which both meet Internet of things are proposed, and the embedded operating system $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ is transplanted on 32-bit ARM kernel microprocessor LPC2214 with advanced performance. The research results indicate that the gateway can be applied to local sensor network of Internet of things efficiently, thus the converted data can be transmitted on the Internet with such advantages as simple structure, low cost and reliable performance.

Key words: Internet of things; gateway; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; TCP/IP; LPC2214

物联网是未来信息产业发展的一个方向,目前它是互联网的一种延伸应用。通过在农业生产、工业监控、城市管理、远程医疗、交通管理等各个生活领域嵌入海量传感器的方式构成物联网,再将其与现有互联网进行整合,利用性能优越的计算机群对物联网所获得的信息进行处理,并进而对物联网内的人员、设备、设施等各种目标进行有效的管理和控制,可大大提高资源利用率和生产力水平,最终

实现人类社会与物理系统的整合^[1]。

通过现场总线技术,可将大量传感器数据采集节点分配在需要监控的各个区域,再利用传感器网关将所需要采集的信息进行进一步的处理,进而传送至Internet。

TCP/IP协议就是将物联网信息接入Internet的基础,它除了Internet远程接入的应用之外,亦可应用在工业现场总线方面。本文所提出的嵌入式

基金项目:国家高技术研究发展计划(“八六三”计划)(2001AA423310)资助项目;国家自然科学基金(19172033)资助项目;江苏省高校自然科学基金(10KJD480003)资助项目。

收稿日期:2012-03-21;**修订日期:**2012-09-12

通讯作者:何一鸣,男,副教授,1958年1月生,E-mail: heyim@czu.cn。

TCP/IP 协议是对标准 TCP/IP 的一种裁剪,使之能够更加有效地适应于物联网传输数据信息^[2]。

1 面向物联网的传感器网关设计

通过现场总线技术,可将大量传感器数据采集节点分配在需要监控的各个区域,以构成传感器网络。该传感器网络中各个数据采集点的数据再通过

现场总线传输至嵌入式传感器网关,由传感器网关对待发送的数据进行 TCP/IP 协议数据格式的处理,进而传送至 Internet;反之,传感器网关对来自 Internet 的指令数据报进行拆分解包,再将具体的指令通过现场总线传送至具体的数据采集节点。图 1 说明了面向物联网的嵌入式传感器网关的基本结构。

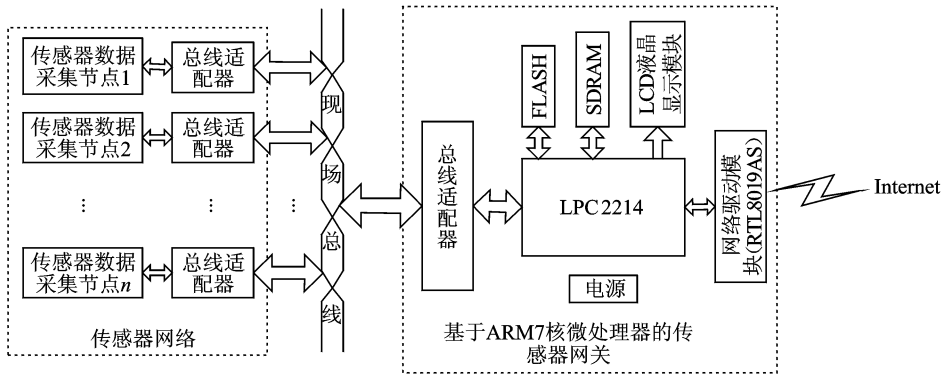


图 1 面向物联网的传感器网关的基本结构

由 NXP 公司生产的微处理器 LPC2214 是基于 ARM 公司开发的、目前应用最广泛的 32 位 RISC 嵌入式微处理器内核 ARM7TDMI。本设计所提出的嵌入式传感器网关中的 TCP/IP 协议正是依靠这款高性能微处理器实现的,按照 TCP/IP 协议结构模型,数据报依照“接收”和“发送”的路线进行,具体实现了 Ethernet 协议和 IP、ARP、ICMP、UDP、TCP 等协议,其中物理层和数据链路层的工作由硬件网络芯片 RTL8019AS 完成。整个网关系统依赖 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 操作系统来管理,可稳定、可靠地运行。本系统可适应于以太网数据传输,能满足普通传感器网络的基本通讯^[3]。

2 嵌入式 TCP/IP 协议实现

标准 TCP/IP 协议采用 4 层结构,即应用层、传

输层、网络层和网络接口层(数据链路层),每一层都利用它下一层所提供的网络服务来完成自己的需求。

TCP/IP 协议最先是在 UNIX 系统中实现的,后来也相继在 LINUX、DOS、WINDOWS 中实现。嵌入式传感器网关的核心技术之一是实现 TCP/IP 协议,但由于 TCP/IP 协议本身比较庞大、复杂,且嵌入式系统是直接面对硬件,所以本系统不需要实现 PC 机上运行的全部 TCP/IP 协议。通过对标准 TCP/IP 协议进行一定规模的裁剪以获得能够在嵌入式系统中运行的嵌入式 TCP/IP 协议^[4]。其裁剪前后的 TCP/IP 协议与标准 TCP/IP 协议的比较如表 1 所示。

具体裁剪原则是考虑到嵌入式系统的具体运行环境,以及该传感器嵌入式网关具体所使用的环

表 1 嵌入式 TCP/IP 协议与标准 TCP/IP 协议比较

结构	嵌入式 TCP/IP 协议	标准 TCP/IP 协议
应用层	根据用户需要和链路层协议来选择并简化应用层的协议。	PC 机环境可实现多种应用层协议。
传输层	对 TCP 协议中的连接、断开进行简化,采用单窗口机制。不使用流量控制、拥塞控制等可靠传输机制。	TCP 协议采用了许多机制来保证传输过程的可靠性。
网络层	无法容纳 65 KB 的 IP 数据报,不支持分段、重装传输。	IP 数据报最大可以为 65 KB,可以分段、重装传输。
网络接口层	无内存管理机制。通常仅开辟容量有限(如 1 546 B)的缓冲区来存放接收到的数据,其存储地址是固定的,而不是动态分配的。需要用户编写 Socket 函数以实现通讯。	不需要考虑内存,采用“虚拟内存”机制,由操作系统完成内存管理、分配。

境,对标准 TCP/IP 协议中与用户环境无关的协议进行了裁剪,在该嵌入式网关中给予舍弃。

3 网络模块硬件电路设计

RTL8019AS 是一款高度集成的以太网控制

芯片,芯片在全双工模式下,可实现数据的同时接收和发送。LPC2214 与其硬件接线如图 2 所示,其中 LPC2214 最小系统没有画出。

RTL8019AS 采取“跳线方式”的工作模式(不使用配置寄存器),其基地址是由芯片 IOS3~IOS0

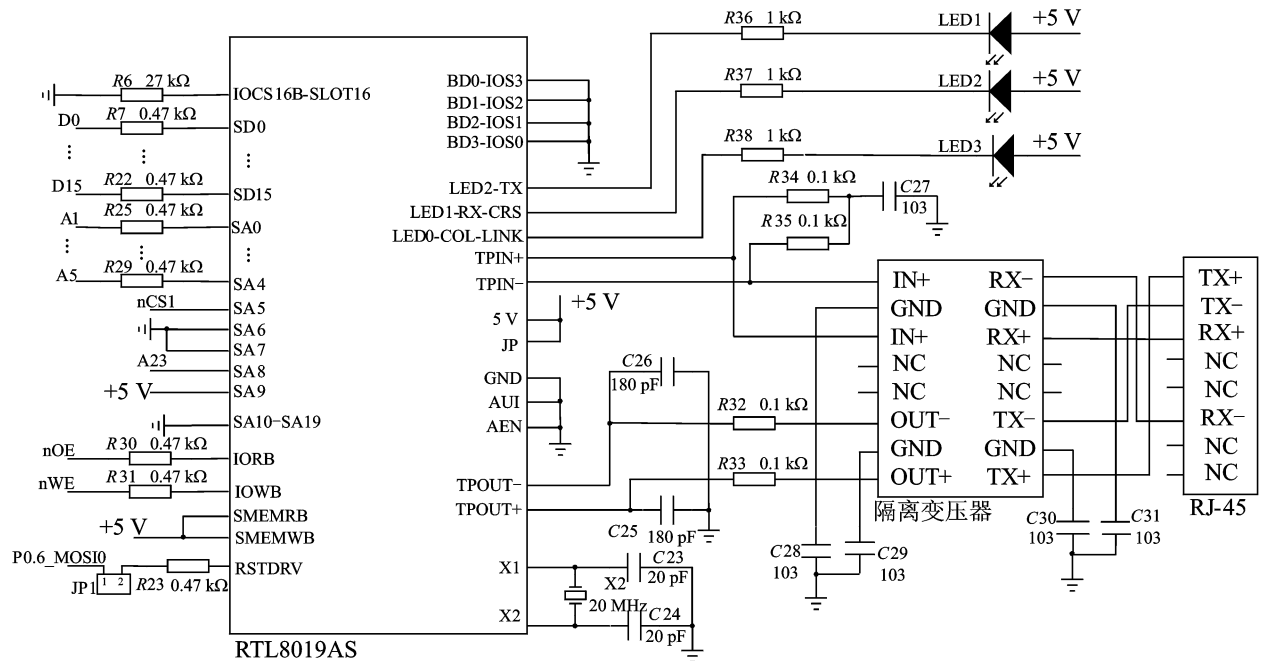


图 2 网络接口模块

引脚来选择。在本设计中设置 IOS3~IOS0 值全为 0,则选中 RTL8019AS 的 I/O 口基地址为 00300H。因为 RTL8019AS 地址线为 20 位地址线 (SA19~SA0),所以将 SA19~SA10、和 SA7 以及 SA6 全接地,SA9 接高电平,并将 LPC2214 的 A23 脚接 RTL8019AS 的 SA8,LPC2214 的 CS1(低有效)接 RTL8019AS 的 SA5,且将 LPC2214 的 A1~A5 接 RTL8019AS 的 SA0~SA4。所以 LPC2214 可以访问到 RTL8019AS 的内部寄存器地址范围为: 0X81800300~0X818003FF。但 RTL8019AS 实际只具有 32 个输入输出地址,地址偏移量为 00H~1FH,则按照图 2 电路接口设计,实际意义上的地址则为 0X81800300~0X8180031F。

LPC2214 的 P3.27 引脚(WE)接 RTL8019AS 的 30 脚(IOWB)、LPC2214 的 P1.1 脚(OE)接 RTL8019AS 的 29 脚(IORB),从而可使 LPC2214 对 RTL8019AS 进行读写控制操作。另外,LPC2214 的 P0.6 脚接 RTL8019AS 的 33 脚,实现对 RTL8019AS 的开机上电复位(冷复位)。RTL8019AS 芯片使用 20 MHz 晶振,其 96 引脚接地,以选择 DMA 数据操作为 16 位方式。

考虑到 LPC2214 用的是 3.3 V 和 1.8 V 双电源供电,而 RTL8019AS 是 5 V 电压供电,故在两芯片之间的通讯接口上都串联了 0.47 kΩ 的电阻。

4 嵌入式传感器网关软件设计

4.1 μC/OS- II 在 LPC2214 上的移植及系统任务设置

因为 μC/OS- II 在读/写 CPU 寄存器的时候只能通过汇编语言程序来进行,所以针对 LPC2214,需要用汇编语言编写一些与其硬件相关的代码,这个过程便是移植,具体使一个实时内核能在其他微处理器上运行。

根据 μC/OS- II 的要求,移植 μC/OS- II 到一款具体 CPU 需要编写 3 个文件:在 C 语言头文件 OS_CPU.H 中,要定义一些与编译器无关的数据类型;定义所使用的堆栈数据类型,以及堆栈的增长方向;还要定义一些有关 ARM 核的软中断。在 C 程序源文件 OS_CPU.C 中,主要是 μC/OS- II 任务堆栈初始化函数;在汇编程序源文件 OS_CPU.AS 中,主要是时钟节拍中断服务函数,中断退出时的任务切换函数,以及 μC/OS- II 第一次进入多任

务环境时运行最高优先级任务的函数^[5-6]。

根据 $\mu\text{C}/\text{OS- II}$ 对之应用软件“任务化”的要求,按照任务优先级从高到低的方向,设计嵌入式网关系统任务如下:

任务0:完成系统各部分初始化工作后,采用时间片的方式进行数据报的接收。

任务1:UDP 数据包的接收处理。

任务2:TCP 数据包的接收处理。

任务3:ICMP 数据包的接收处理。

任务4:针对UDP 数据报中的应用数据进行响应。

任务5:针对TCP 数据报中的应用数据进行响应(Web 服务器功能)。

各任务之间联系如图 3 所示。

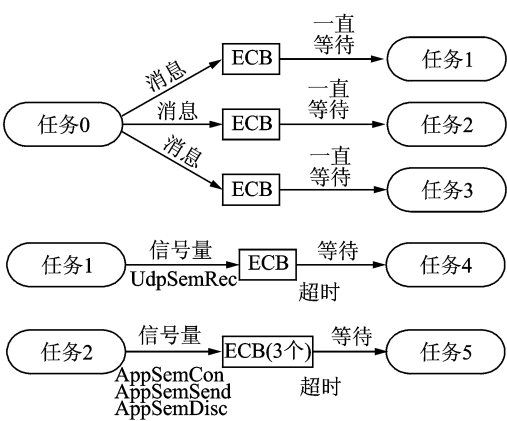


图 3 系统任务之间通讯

任务之间通讯所用的信号量及消息队列定义为:

OS_EVENT * SendFlag; //发送信号量,仅在取得该信号量后才能发送 IP 报。

//初始化值为“1”(有效)。

#define Q_Max_Size 20;

OS_EVENT * RecUdpQFlag; //消息队列,对应UDP 处理任务,初始化为0(清空)

OS_EVENT * RecTcpQFlag; //消息队列,对应TCP 处理任务,初始化为0(清空)

OS_EVENT * RecIcmpQFlag; //消息队列,对应ICMP 处理任务,初始化为0(清空)

void * RecUdpQ[Q_Max_Size]; //定义消息队列的规模

void * RecTcpQ[Q_Max_Size];

void * RecIcmpQ[Q_Max_Size];

OS_EVENT * UdpSemRec; //信号量,用于激活任务 4

OS_EVENT * AppSemCon; //信号量,表示TCP 连接连接成功

OS_EVENT * AppSemSend; //信号量,表示TCP 连接过程中发送数据成功

OS_EVENT * AppSemDisc; //信号量,表示本次TCP 连接断开成功

4.2 RTL8019AS 收、发数据

硬件网络芯片 RTL8019AS 的数据收、发实质上是通过 RTL8019AS 的 16 KB 双端口 RAM 进行读写操作来完成的,具体过程涉及到 RTL8019AS 内部较多的寄存器^[7]。

4.2.1 RTL8019AS 接收数据包

网络中数据包进入 RTL8019AS 内的数据接收缓冲区,这一过程是由芯片硬件自动完成的,是以页为单位进行存放,数据包不足一页时仍按照一页数据存放。

“任务0”以时间片的方式利用函数 uint8 rcve_frame() 查询 RTL8019AS 内部数据接收缓冲区是否有新数据。若有,则 rcve_frame() 函数将以“远程 DMA”方式将数据包从 RTL8019AS 内部接收缓冲区读入 LPC2214 内部 RAM 预先分配好的一段内存空间,再由后面 TCP/IP 协议处理函数进行处理^[8]。

考虑到 RTL8019AS 接收数据包的速度有时可能比较快,例如在建立 TCP 连接“三次握手”之后,随即开始发送数据传送请求,如果 rcve_frame() 不采取一定措施,则很有可能造成系统因丢失这个“TCP 数据请求报”而出错。具体完善措施为:在 rcve_frame() 接收数据时,当接收完一个数据包就随即查询 RTL8019AS 的内部接收缓冲区中是否又有新的数据包,如果有,就立即再次进行“远程 DMA”读取。这样就可确保系统接收到所有发来的数据包。函数 rcve_frame() 的流程图如图 4 所示。

4.2.2 RTL8019AS 发送数据包

这里定义了一个比较重要的数据结构 Send_Ptr,发送数据时被用于指明“被发送数据”的起始地址和长度。其中,STPTR 为结构本身类型指针,用于指向前一个发送结构。发送时,多个 Send_Ptr 结构组成一个链表,按链表顺序发送数据。当它指向空指针时表示后面没有要发送的数据,则结构链表结束。

```
struct Send_Ptr {
    struct Send_Ptr * STPTR;
    unsigned int length; //要发送的数据
```

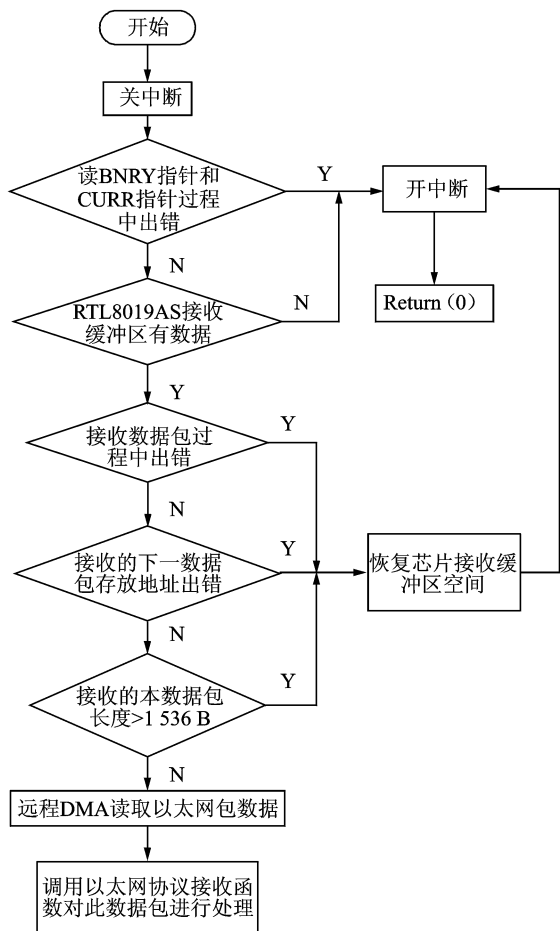


图4 RTL8019AS接收以太网数据包流程

长度

unsigned char * DAPTR; //指向发送数据起始地址的指针

};

RTL8019AS发送数据包时,首先根据传来的Send_Ptr结构链表算出整个以太网数据报的总长度。再选择RTL8019AS内部一个发送缓冲区(有2个,轮流发送),把数据“远程DMA”写到这个发送缓冲区。再设置芯片发送缓冲区的起始地址,当数据少于60 B时则按60 B发送。

函数void send_frame()先从以太网报头开始,然后顺着“Send_Ptr发送链表”的顺序发送,直到最终发送完一个完整以太网数据报。其流程图如图5所示。

5 结束语

本嵌入式传感器网关在当今“物联网”环境中可得到较广泛的应用,如用于风光互补发电场中风电采集数据的转换传输,通过CAN总线构建风光

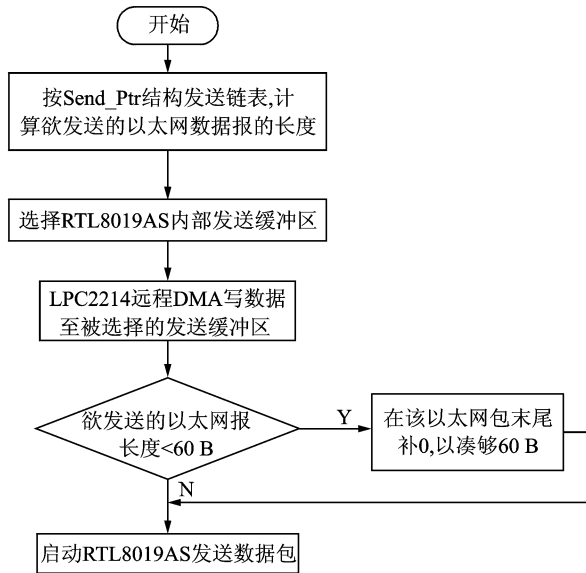


图5 RTL8019AS发送以太网数据包流程

互补发电场中各电站数据采集传输网络,并将各电站的运行状态参数通过本嵌入式网关按照TCP/IP协议格式进行处理,再经过互联网传输至后台电场监控中心,以对信息作进一步的处理;反之,本嵌入式传感器网关亦可对监控中心发出的各种操作命令进行解析并实现对电站的远程控制,从而实现对该发电场内的人员、设备、设施等进行有效的管理和控制。

通过实际测试,本文设计的嵌入式TCP/IP协议栈能适应于以太网传输数据,能够有效地对传感网所获得的数据信息进行TCP/IP协议格式转换,具有简单、成本低、通用性好等多方面优点。

参考文献:

- [1] 邱书波,陈伟. 基于ARM的轻量级TCP/IP协议栈的研究及移植[J]. 计算机应用与软件, 2009, 26(8): 90-92.
Qiu Shubo, Chen Wei. Study and porting of light weight TCP/IP protocol stack based on ARM[J]. Computer Applications and Software, 2009, 26(8): 90-92.
- [2] Yujun Bao, Design of the Net data information acquisition for electric energy meter[C]//SPIE Fourth International Symposium on Precision Mechanical Measurements. Hefei, China: [s. n.], 2008.
- [3] 鲍玉军. 基于ARM核微处理器的网络化电能表设计[J]. 常州工学院学报, 2008, 21(2): 36-40.
Bao Yujun. Design of net-electric energy meter which based on ARM microprocessor[J]. Journal of Chanzhou Institute of Technology, 2008, 21(2): 36-

40.

[4] 何晓妮,肖兵. 基于 TCP/IP 新型高性能网关的设计与实现[J]. 工业仪表与自动化装置,2011(2):38-40.
He Xiaoni, Xiao Bing, Design and implementation of new high performance gateway based on TCP/IP [J]. Industrial Instrumentation & Automation, 2011 (2):38-40.

[5] 鲍玉军. 基于 ARM 与 GPRS 技术的 SCADA 系统在风光电厂中的应用[J]. 电子技术应用,2011,37(6): 131-134.
Bao Yujun. Application of SCADA system based on ARM and GPRS technology in wind-solar hybrid power plant [J]. Application of Electronic Technique,2011,37(6):131-134.

[6] 朱欣华,黄亮亮,万德钧. 基于实时多任务操作系统的分布式捷联姿态基准姿态算法实现[J]. 南京理工大学学报:自然科学版,2008, 32(4):71-75.
Zhu Xinhua, Huang Liangliang, Wan Dejun. Implementation of attitude algorithm in distributed strap-down attitude reference system based on real-time multitask operating system[J]. Journal of Nanjing University of Science and Technology: Natural Science,2008, 32(4):71-75.

[7] 鲁力,张波. 嵌入式 TCP/IP 协议的高速电网络数据采集系统[J]. 仪器仪表学报,2009,30(2):405-409.
Lu Li, Zhang Bo. High-speed power grid data acquisition system based on embedded TCP/IP protocol [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2009, 30(2):405-409.

[8] 陈红彦,费凌,郑亮. 基于 RTL8019 的 ARM 和 PC 机间的 TCP/IP 通信[J]. 工业控制计算机,2010,23(8): 57;89.
Chen Hongyan, Fei Ling, Zheng Liang. Communication between ARM and PLC based on RTL8019 [J]. Industrial Control Computer,2010,23(8):57; 89.