

基于 Ethernet 的冗余 CAN 总线协议转换器设计

周 震,雷志广

(兰州空间技术物理研究所,甘肃 兰州 730000)

摘 要:采用 Ethernet 接口的 CAN 总线协议转换器,可实现通过以太网接口方便地监听 CAN 总线上的数据,实现总线数据的收发等功能。文中以单片机 C8051F340、以太网接口芯片 CP2200 和 CAN 总线协议芯片 SJA1000 等为硬件平台,设计了一个以太网与 CAN 总线的协议转换电路,实现了通过以太网进行 CAN 冗余总线的协议分析、总线数据的远程监控等功能。同时采用双通道 CAN 总线的冗余设计以提高电路的可靠性,而以太网端口供电的设计,使其具有携带方便、易于操作的特点。该设计已在航天器地面测试设备中得到很好的应用,其性价比高、实用性强的特点,非常适合工业控制领域。

关键词:以太网;双通道;CAN 总线;协议转换器

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)03-0249-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.03.063

Design of CAN Bus Protocol Convertor Based on Ethernet

ZHOU Zhen, LEI Zhi-guang

(Lanzhou Institute of Physics, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Using a CAN bus protocol convertor with Ethernet interface can monitor the data on bus and achieve transmit-receive of the data between CAN bus and Ethernet. It takes the single chip C8051F340, Ethernet interface chip CP2200 and CAN bus protocol chip SJA1000 as hardware platform, design a protocol conversion circuit between Ethernet and CAN bus, realized the functions of CAN redundant bus protocol analysis through the Ethernet, data remote control and so on. The redundancy design of dual channel CAN bus makes the convertor more reliable. The convertor power by POE technology, which makes the convertor more portable and easy to use. This design was applied successfully to test device of spacecraft, and suited to industrial control.

Key words: Ethernet; dual channel; CAN bus; protocol convertor

0 引言

CAN(Controllor Area Network)总线又称控制局域网,最早由德国 BOSCH 公司推出,用于汽车内部测量与执行部件之间的数据通信,已被公认为几种最有前途的现场总线之一^[1]。CAN 总线采用短帧结构、非破坏仲裁技术,具有传输速度快、可靠性高、结构简单、实时性和抗干扰能力较强等诸多优点^[2],可以满足控制系统安全性、可靠性、快捷性的要求,但收发器驱动能力的限制使它不适合远距离数据传输及远程控制。而以太网技术成熟、通信速度快、软硬件产品丰富和外围技术支持全面,可以进行远距离通信,因此将以太网和 CAN 总线进行互联,能够有效解决分布式控制系统中现场总线和上层信息管理层的互联问题,可以方便地将现场总线控制系统改造为基于以太网的分布式控制系统,既能满足控制网络的实时性,又能满足控

制系统的分布性,极大地促进了信息从节点设备到管理层的集成。文中设计了基于 Ethernet 接口的双通道 CAN 总线协议转换器,能够方便地实现以太网与现有 CAN 总线网络的直接数据互联,从而达到通过上位机进行总线数据远程监控、总线协议分析等目的。

1 系统硬件设计

本设计的硬件电路主要由单片机电路、双通道 CAN 总线接口电路、以太网接口电路、EEPROM 电路、POE 电路等电路组成。主控芯片电路是将 CAN 协议数据包与 UDP/TCP 协议数据包进行转换,并负责对以太网接口芯片和 CAN 接口芯片进行控制;CAN 通信接口电路主要用于采集现场仪表的数据和与主控芯片电路之间的数据传递;以太网通信接口电路主要负责主控芯片电路与以太网之间的数据传输;EEPROM 电路实现 CAN 总线初始化参数的写入与读取功能。

工作原理如下:当以太网接口芯片收到以太网数据后,触发单片机的中断,单片机调用中断响应程序把数据从以太网接口芯片的数据缓冲区存储到自己的内

收稿日期:2012-06-26;修回日期:2012-09-27

基金项目:总装国防重大科技研究项目(RWZY510312)

作者简介:周 震(1978-),男,工程师,研究方向为空间电子学。

存空间,然后将数据转换成 CAN 格式再通过 CAN 接口芯片转发到 CAN 总线网络;当 CAN 总线上的节点设备需要将数据发送到以太网,就会通过 CAN 总线接口芯片向单片机发出中断信号,单片机响应中断将来自 CAN 总线的数据存入相应的内存空间,然后将数据拷贝至以太网接口芯片的发送缓冲区转发数据,最后由以太网接口芯片通过 RJ45 插座发至以太网。

1.1 单片机电路

主控芯片选择的是 Silicon Labs 公司的单片机 C8051F340,采用 12V 直流电源供电或采用以太网 48V 供电,使用内部看门狗单元及内部晶体振荡器。C8051F340 是一款完全集成的混合信号片上系统型 MCU^[3],其高速 8051 微控制器内核具有流水线指令结构,70% 的指令执行时间为一个或两个系统时钟周期,速率最高可达 48MIPS;片内调试电路提供全速、非侵入式的在线系统调试(不需仿真器),使得调试更加方便,比使用仿真芯片、目标仿真头和仿真插座的仿真系统具有更优越的性能;USB 控制器支持 8 个端点通道,集成收发器并具有 1 KB 的 USB 缓存;具有一个 10 位的单端/差分 ADC,转换速率可达 200ksps,并带有模拟多路复用器,数字外设方面具有 16 位可编程计数器/定时器阵列,具有 5 个捕捉比较模块,同时具有 4 个通用 16 位计时器/定时器和 40 个耐 5V 电压的端口 I/O;存储器方面具有 4352Byte 的数据 RAM 和 64KB 的 FLASH 存储器;内部高速振荡器出厂时已经较准为 12MHz±1.5%,时钟恢复电路允许内部振荡器与 4 倍时钟乘法器配合,提供全速方式 USB 时钟源;具有片内上电复位、时钟丢失检测器和 VDD 监视器,电路原

理图见图 1。

1.2 CAN 总线接口电路

采用 NXP 公司 SJA1000 作为 CAN 总线转换器、NXP 公司 TJA1050 用做 CAN 总线收发器。为了提高 CAN 总线电路的可靠性,在设计中采用双冗余的 CAN 总线结构,具体设计为:在各节点设备之间布下两条基于 CAN 的系统通信总线,即用两套 CAN 总线控制电路分别连接到两路 CAN 总线通路上,正常情况下在两条总线上传送相同的通信数据,当一条总线出现故障时通信数据仍然可以通过另一条正常的总线传输,不影响节点设备的正常通信,然后对故障总线重新初始化使其恢复正常投入使用,这样即使一条通信通道出现故障也不会影响整个系统的数据传输;同时考虑工业应用,在 CAN 总线控制器和 CAN 总线收发器之间进行隔离。

在电路中将 SJA1000 的 AD0 ~ AD7 直接与主控芯片的低 8 位地址/数据复用总线相连,MODE 引脚与 +5V 相连使得 SJA1000 工作于 Intel 模式^[4],两路 SJA1000 的中断输出信号分别连接至 C8051F340 的端口 P0.2 和 P0.7,使得 CAN 通信可以采用中断或查询两种方式工作,其中双冗余 CAN 总线电路的晶振均为 16MHz,复位信号采用软件复位,详细电路原理图见图 2。

1.3 以太网接口电路

在以太网接口电路选用 Silicon Labs 公司的 CP2200 作为以太网控制器,采用 HanRun 公司的内部集成以太网隔离变压器、指示灯和 RJ45 插座的 HR911175A 与以太网接口。CP2200 是 Silicon Labs 公

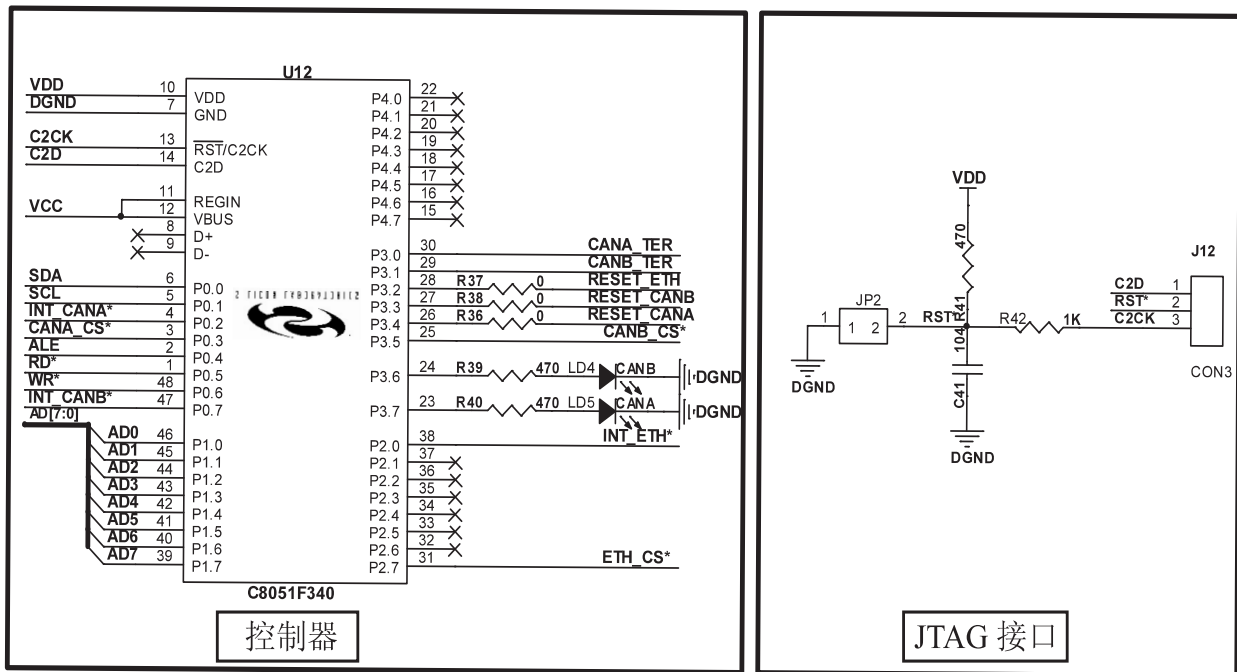


图 1 主控芯片及周边电路

司推出的一款主流的 8 位总线控制的以太网驱动芯片,其外围电路非常简单,集成了 IEEE 802.3 以太网媒体访问控制器 (MAC)、10 BASE-T 物理层 (PHY)^[5],完全兼容 100/1000 BASE-T 网络,具有自动极性检测和纠正功能,可以自适应地工作在全双工或半双工模式,具有接收数据包中断和网络唤醒中断功能。CP2200 内部带有 2K 字节的专用发送缓冲 RAM 和 4KB 接收 FIFO 缓冲 RAM,同时还具有 8K 字节的内部非易失性 Flash 存储器,用于存储用户常数、Web 服务器内容,它的最后 6 个存储单元是工厂预编程的

唯一 48 位 MAC 地址^[6],不需外部 EEPROM。此芯片 8 位并行总线接口支持 Intel 和 Motorola 总线方式,可以为具有 11 个以上端口 I/O 引脚的主处理器或微处理器增加以太网通信功能,可以使用复用或非复用方式寻址,在非复用模式下数据传输率超过 30Mbps,可以直接连接 LED 表示网络“连接”、“活动”状态。

在电路中 CP2200 采用数据地址复用模式,晶体频率为 20M,CP2200 的 TX、RX 引脚连接到 RJ45 插座的收发引脚,同时将信号 LINK、ACK 也连接到后者的 LED 控制引脚上,详细电路原理图见图 3。

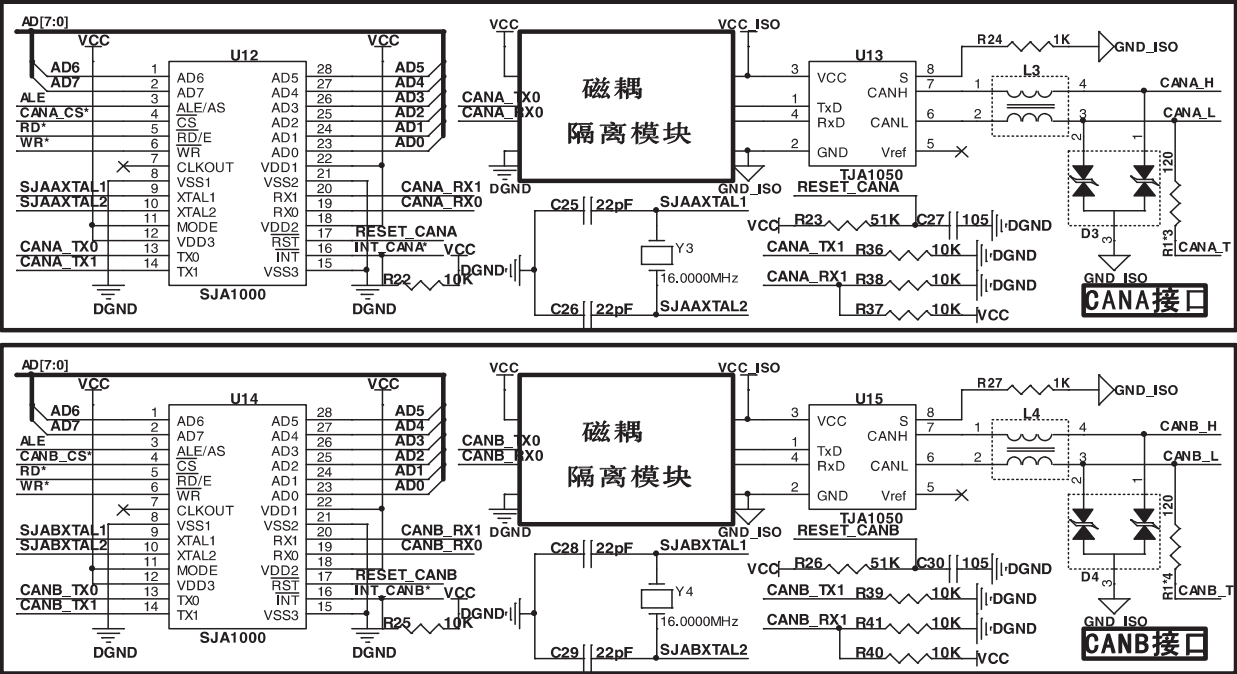


图 2 双通道 CAN 总线电路

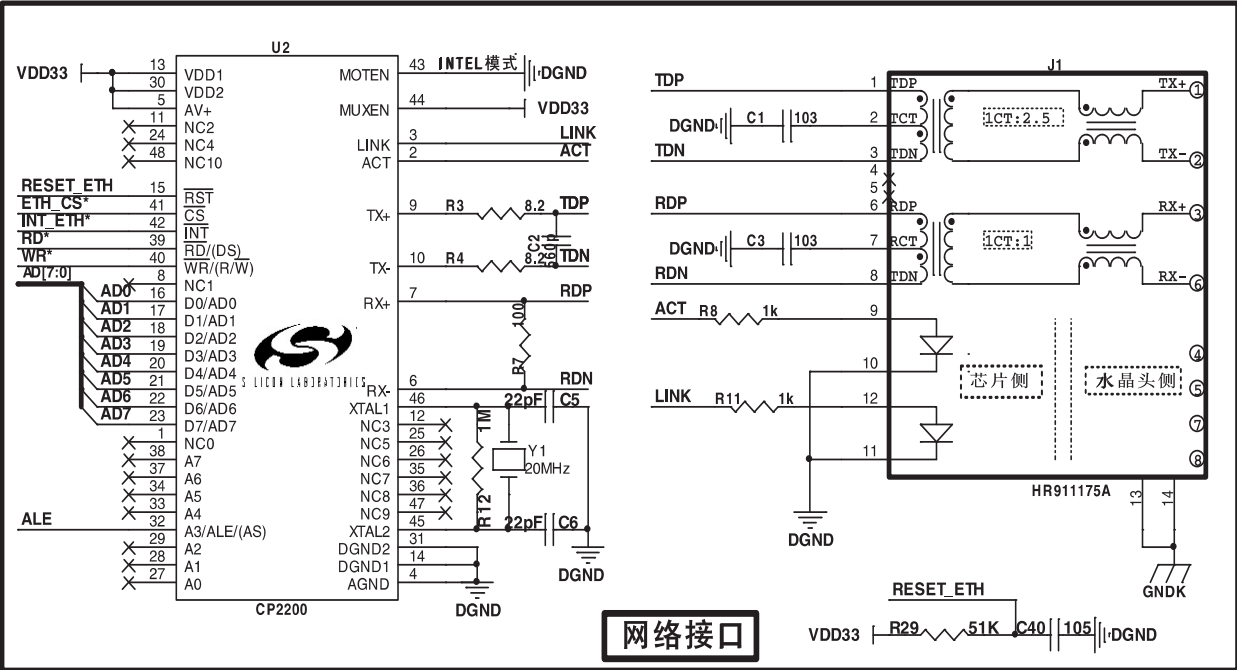


图 3 以太网接口电路

1.4 EEPROM 接口电路

该电路的作用是实现 CAN 总线初始化参数的写入与读取功能,设计中选用了 512KB 的 EEPROM 24C512 芯片。详细电路原理图见图 4。

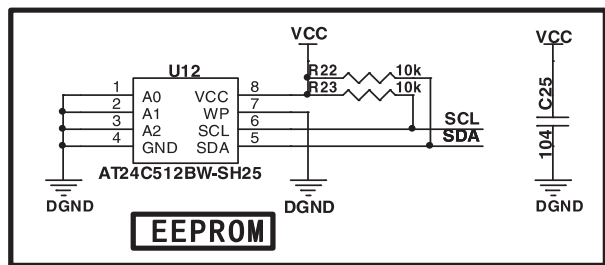


图 4 EEPROM 接口电路

1.5 POE 电路

以太网供电电路分别采用 TI 公司的电源管理器芯片 TPS 2383 和电源接口芯片 TPS 2370,这 2 款芯片完全符合以太网供电标准 IEEE 802.3af,利用这 2 款芯片即可通过 1 条标准的以太网线缆就实现同时传输电能和数据。

2 软件设计

本设计的软件主要分为三部分:CAN-以太网协议转换程序、CAN 通信程序和以太网通信程序。软件整体的设计思路为:当 CAN 总线节点设备需要向以太网发送数据时,首先通过 CAN 通信程序读取 CAN 总线节点设备产生的 CAN 协议数据包,并将其存储在 CAN 总线接口发送缓冲区中,然后调用 CAN-以太网协议转换程序将 CAN 协议数据包解析并重新封装成 TCP 或 UDP 数据包,最后调用以太网通信程序将数据发送到以太网;要将数据通过以太网发送给一个 CAN 节点设备时,首先通过调用以太网通信程序将以太网传输层上的 TCP 或 UDP 数据包存储到以太网接口的发送缓冲区,然后调用以太网-CAN 协议转换程序将 TCP 或 UDP 数据包解析并封装成 CAN 协议数据包,之后再调用 CAN 通信程序将 CAN 接口发送缓冲区中的数据发送到 CAN 总线上的指定节点。

2.1 CAN 通信程序

CAN 通信程序主要包括以下几部分:SJA1000 初始化程序、读写 SJA1000 内部寄存器程序、CAN 数据发送程序、CAN 数据接收程序、CAN 总线冗余控制程序。

SJA1000 的初始化程序主要作用是设定总线上所有节点的地址、所有总线上节点设备的波特率、设置控制器的工作模式、设置中断寄存器、命令寄存器等相关的芯片寄存器^[7]。CAN 数据发送程序的功能是当发送 CAN 协议数据包给节点设备时,调用 CAN 数据发送程序,通过将数据写入 SJA1000 的数据发送寄存器

中来实现数据发送。CAN 数据接收程序的功能是当 SJA1000 接收到数据时,向单片机发出中断请求,单片机响应中断后调用 CAN 数据接收程序读取 SJA1000 的内部寄存器程序,将其数据接收缓冲区中接收到的数据读取到单片机的相应存储空间内。

CAN 总线冗余控制程序的基本设计思路为:在上电初始化时同时激活两个总线控制器的中断,在节点设备向上位机发送数据的情况下,单片机通过两路 CAN 总线向上位机发送相同内容的数据来实现冗余效果。在节点设备接收通信数据的情况下,当两个总线控制器同时接收到来自上位机的报文时,将分别通过不同的中断端口向单片机发出中断请求,单片机在响应先到达的中断请求信号后进入中断服务程序关闭中断,并在对数据进行处理完成后,清除中断并在一段延时后再打开所有中断,这样就可以屏蔽后到的另一个 CAN 控制器中断信号。如果一路 CAN 总线接口电路出现故障,那么它就不会产生中断信号,单片机只能接收到另一路正常 CAN 总线控制器的中断信号,从而通过正常的 CAN 总线接收数据,这样就可以实现双通道冗余的目的;在节点设备与上位机之间完成数据发送和接收后,节点设备会通过两路 CAN 总线以每秒 1 次的频率交替向上位机发送“心跳”信号,并接收上位机回传的响应信息,如果一路 CAN 总线状态异常,不能正常发送“心跳”信号,则节点设备的单片机就不会收到响应信息,从而无法对错误计数器进行清零,当错误计数器的值累加到设定值时,单片机就会对异常的 CAN 总线接口电路复位,重行初始化使其恢复正常,保证双通道 CAN 总线冗余电路的正常。

2.2 CAN/以太网协议转换程序

CAN/以太网协议转换程序的大致流程如下:在系统接收到数据后会先对数据的数据类型进行判断,如果接收到的数据是以太网数据,就会依次去掉 IP 头、TCP 或 UDP 头和应用层头^[8],然后将解析后的数据封装为 CAN 报文格式,并存入 CAN 接口电路发送缓冲区,由 CAN 接口电路发往 CAN 总线中相应的节点设备。如果接收到的数据是 CAN 协议报文,便解析出数据部分,然后将报文数据部分封装成规定的应用层格式并存入以太网接口发送缓冲区,最后将数据封装成以太网帧格式后通过以太网接口电路发往以太网。

协议转换流程图见图 5。

2.3 以太网通信程序

以太网通信程序主要包括 CP2200 初始化程序、以太网数据发送程序和接收程序。CP2200 芯片的初始化程序的作用主要是对芯片寄存器进行常规配置^[9],这里就不进行详细说明。

以太网数据的发送和接收程序:由于主控芯片

C8051F340 的处理速度以及内部集成的资源有限,不可能集成所有的 TCP/IP 协议,因此需要对 TCP/IP 协议进行适当的剪裁后才能使用^[10]。在本设计中的协议栈主要包括 IP 协议、ICMP 协议、TCP 协议、ARP 协议^[11]。

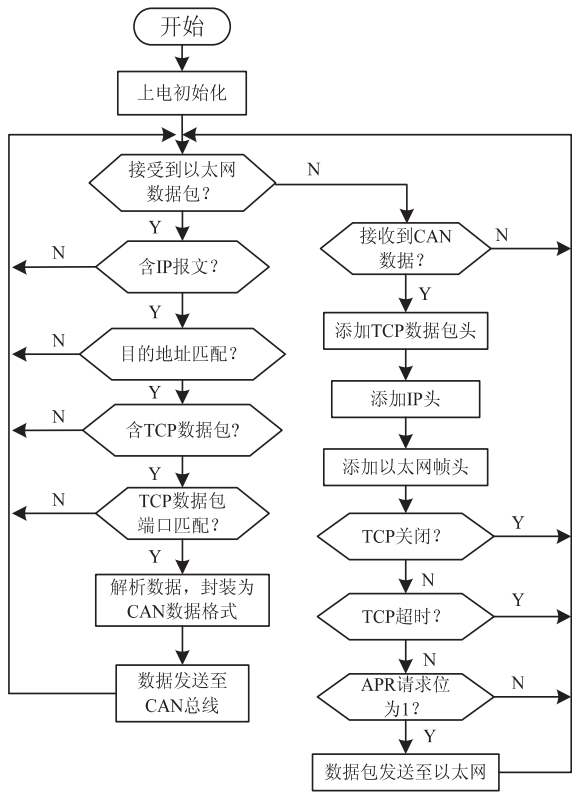


图5 协议转换程序流程图

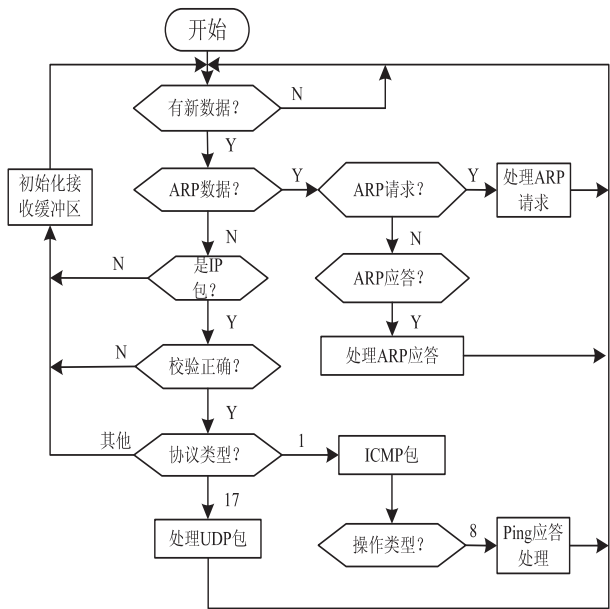


图6 TCP/IP 协议栈的流程图

本设计的嵌入式 TCP/IP 协议栈的流程见图 6。基本流程为在 CP2200 芯片从以太网接收到有效数据后,单片机会调用相关程序将该数据包从 CP2200 的接收缓冲区读取,然后判断该数据帧是 IP 数据包还是

ARP 数据^[12],如果判断为接收到的是 IP 数据包时,那么就继续判断是 UDP 数据包还是 ICMP 数据包,如果是 UDP 数据包,就根据 UDP 数据包首部的读取结果来处理相应数据,完成 CAN 协议数据的提取并将其存储到相应的数据缓冲区,从而实现以太网数据的解码;如果判断结果是 ICMP 数据包那么就处理该数据包并进一步处理 IP 数据包;如果接收到的是 ARP 数据,就判断其是 ARP 请求还是 ARP 应答并根据结果进行相应的处理,如果该数据帧既不是 IP 数据包又不是 ARP 数据,那么就将该数据视为无效数据而抛弃,并初始化数据接收缓冲区。

3 结束语

通过在航天器地面仿真测试设备上的实际应用,表明该以太网与双通道 CAN 总线协议转换器可以满足使用要求,性能稳定,可实现 CAN 总线数据的监测、总线参数的设计、总线数据的收发,并且其具有的低成本、高可靠性等特点还可以扩展应用于工厂、变电站等工业场合,实现分布式控制系统中管理监控层与生产测控层之间的远程互联。

参考文献:

[1] 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1996.

[2] SJA1000 datasheet. Philips semiconductor[M]. [s. l.]:[s. n.],1999.

[3] 潘琢金,施国君. C8051FXXX 高速 SOC 单片机原理及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.

[4] Semiconductors P. Datasheet TJA1050 High Speed CAN Transceiver[M]. [s. l.]:[s. n.],2000.

[5] Silicon Laboratories Inc. CP2200/1 Complete Datasheet[M]. [s. l.]:Silicon Laboratories Inc,2006.

[6] 李 国,秦培龙,李艳红. 基于 CP2200 的嵌入式以太网接口设计[J]. 微计算机信息,2007,23(20):31-33.

[7] 蒋浩天,雷 航. 基于协议栈的现场总线协议转换通用化设计[J]. 计算机技术与发展,2007,17(11):15-18.

[8] 赵国锋,邱作雨,张 毅. 基于单片机的嵌入式 TCP/IP 协议栈的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(3):137-140.

[9] 肖洪详,邵彭飞,才 娟. 基于 CP2200 的嵌入式系统以太网接口设计[J]. 微计算机信息,2007(17):33-35.

[10] 雷必成. 嵌入式系统中 TCP/IP 协议的精简与实现[J]. 微计算机信息,2006,22(2/6):107-109.

[11] Behrouz A F, Sophia C F. TCP/IP 协议族[M]. 谢希仁译. 北京:清华大学出版社,2001.

[12] 陈学泉,关宇东. 嵌入式 TCP/IP 协议单片机技术在网络通信中的应用[J]. 电子技术应用,2002(8):48-49.

基于Ethernet的冗余CAN总线协议转换器设计

作者: 周震, 雷志广
作者单位: 兰州空间技术物理研究所, 甘肃 兰州 730000
刊名: 计算机技术与发展
英文刊名: Computer Technology and Development
年, 卷(期): 2013(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201303065.aspx