

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2018.6.06

工业以太网 EtherCAT 通信控制器

王 豪, 吕洪武, 王宏志*

(长春工业大学 计算机科学与工程学院, 吉林 长春 130012)

摘 要: 基于 S3C2440 微处理器和 PTL8019AS 以太网控制器建立了嵌入式 EtherCAT 通信控制器的硬件平台。通过 PC 机软件对控制器参数的设置,达到了对通信节点的开发,完成了逻辑控制主从设备之间的通信。

关键词: EtherCAT 协议; 以太网控制器; 微处理器

中图分类号: TP 332 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2018)06-0551-05

Industrial ethernet EtherCAT communication controller

WANG Hao, LYU Hongwu, WANG Hongzhi *

(School of Computer Science and Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

Abstract: An embedded EtherCAT communication platform is designed based on S3C2440 microprocessor and PTL8019AS Ethernet controller. Through PC software, controller parameters are set up for developing communication nodes and logic control between master and slave devices.

Key words: EtherCAT protocol; ethernet controller; microprocessor.

0 引 言

以太网通信具有传输速率高、数据容量大、传输距离远、性价比高和技术成熟等优越性,使得当今的工业控制网络逐渐从传统的现场总线向工业以太网方向发展,因此,很多工业以太网被提出来: Modbus/TCP、Ethernet/IP、Ethernet Powerlink、EPA、PROFINET RT、EtherCAT、SERCOS-III、PROFINET IRT^[1]。德国倍福公司提出的以太网 EtherCAT 网络通信技术完全兼容普通的以太网技术,充分体现了高可靠性和高有效

传输率等特点, EtherCAT 网络由主站和从站组成,全双工特性使其数据的传输率达到了 90% 以上。

在文献[2]中,嵌入式以太网控制器的核心器件为 S3C44B0X 微处理器,设计了一种通用的嵌入式系统以太网接口,其不足之处是 S3C44B0X 微处理器的性能过低,实时性差,仅用于一般的工业控制网络。考虑到 EtherCAT 网络在非 PC 计算机系统和嵌入式控制系统中的通信,文中设计 S3C2440 微处理器的嵌入式 EtherCAT 通信控制器,在主站与从站通信过程中,以太网控制器不仅

收稿日期: 2018-06-22

基金项目: 吉林省发改委基金资助项目(2018C039-2)

作者简介: 王 豪(1994—),男,汉族,河北石家庄人,长春工业大学硕士研究生,主要从事嵌入式系统方向研究, E-mail: 1142794809@qq.com. * 通讯作者: 王宏志(1961—),男,汉族,黑龙江牡丹江人,长春工业大学教授,博士,主要从事数字信号处理方向研究, E-mail: wanghongzhi@ccut.edu.cn.

采用冲突检测和载波监听多路访问协议的功能,而且传输速率甚至达到 100 Mbit/s。在工业以太网 EtherCAT 通信过程中,文中设置了 3 个通信节点进行数据帧的传输。

通过 PC 机软件对通信控制器的参数进行配置,实现了主从设备之间的逻辑通信。

1 EtherCAT 系统组成及工作原理

EtherCAT 是一种以太网控制自动化技术,通信过程使用主从模式访问结构,充分体现了以太网的全双工特性。EtherCAT 网络通信主站的设定往往采用 PC 计算机, EtherCAT 主站使用标准的 100Base-TX 以太网卡,从站使用专门的 EtherCAT 从站控制器 ESC (EtherCAT Slave

Controller)。物理层同样使用标准的以太网物理层器件^[3]。

一个完整的 EtherCAT 网络通信系统包括一个 PC 机主站和若干个从站设备。

当 EtherCAT 网络通信系统运行时, EtherCAT 系统控制的通信周期起始站为 PC 机,由主站 PC 机发送下行电报,每个从站设备都可以直接处理接收到的报文,并从指定的报文中提取用户数据,或者将从站设备的用户数据插入到指定的报文中,经过处理的报文传输到下一个 EtherCAT 从站设备,最后一个 EtherCAT 从站设备返回经过各个从站设备完全处理的报文^[3]。当主站 PC 机接收到上行电报时,表示一次完整有效的数据通信结束。系统结构原理如图 1 所示。

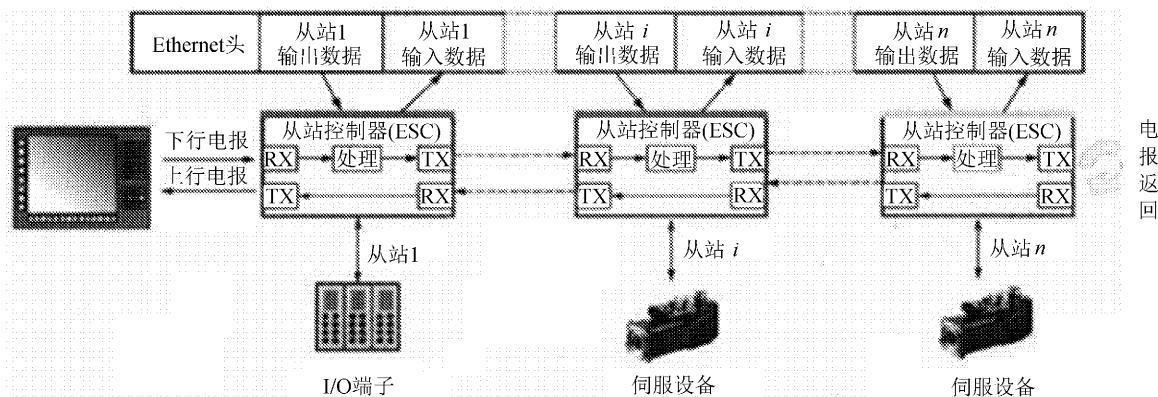


图 1 EtherCAT 运行原理

2 EtherCAT 协议介绍

2.1 EtherCAT 数据帧结构

EtherCAT 数据传输方式是通过 EtherCAT 数据帧直接传输的, EtherCAT 数据帧的通用帧类型为 0x88A4^[4]。以太网帧头包括 6 个字节的地址、6 个字节的源地址和 2 个字节的帧类型,其中目的地址的定义为接收 MAC 地址,源地址的定义为发送 MAC 地址; EtherCAT 数据区包含 44~1 498 字节的 EtherCAT 数据,其中 EtherCAT 数据区长度代表了所有的子报文长度的总和,数据区可以由一个子报文组成,也可以由多个子报文组成,每个子报文包括 10 个字节子报文头,最多 1 486 个字节的数据和 2 个字节的计数器,并且每个独立的设备都有与之对应的子报文,给出了 EtherCAT 报文嵌入数据帧的结构图如图 2 所示。

2.2 EtherCAT 工作计数器

每个 EtherCAT 子报文包括子报文头、数据区域和工作计数器(WKC)^[5]。工作计数器位于数据区的末尾,大小为 2 个字节,工作计数器工作状态是由从站控制器(ESC)处理传输的数据帧的同时进行计数的,不同的通信服务有不同工作计数器的增量方式。因此在通信过程开始之前,主站为每个参与通信服务的子报文都设定了工作预期值,初始值设定为 0,在遍历从站设备过程中,子报文被有效的处理后,工作计数器的数值加 1,主站通过对比预期的工作计数器的数值和返回主站子报文的工作计数器的数值来判断子报文是否在从站中被正确处理。假如工作计数器的数值为有效数值,即从站设备对子报文进行了正确的读写操作,假如工作计数器的数值为无效数值,即存在某一个从站设备或是多个从站设备读写操作不正确。工作计数器的工作原理如图 3 所示。

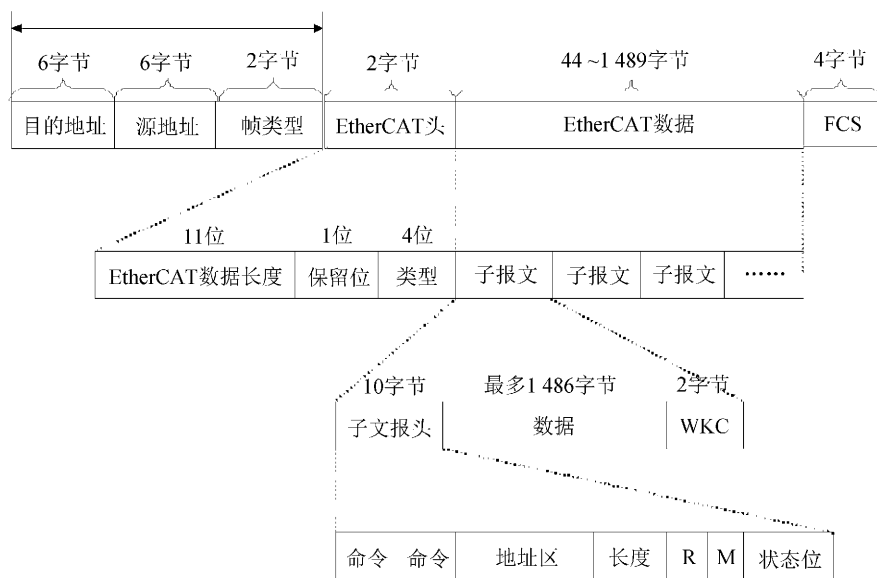


图 2 EtherCAT 报文嵌入以太网数据帧

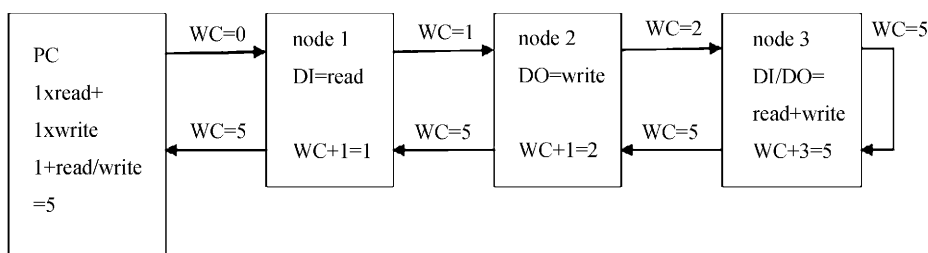


图 3 EtherCAT 工作计数器工作原理图

3 EtherCAT 通信控制器的硬件设计

基于 S3C2440 微处理器和 RTL8019AS 以太

网控制器为硬件平台设计的 EtherCAT 通信控制器。EtherCAT 通信控制器的硬件设计电路如图 4 所示^[6]。

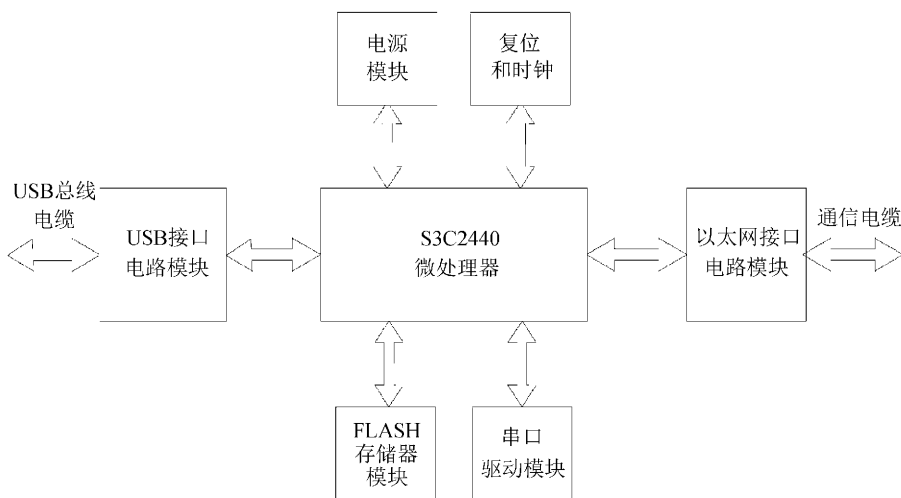


图 4 EtherCAT 通信控制器的硬件设计电路

EtherCAT 通信控制器的硬件组成包括 2 个核心模块和 6 个外围模块。核心模块为 S3C2440 微处理器、RTL8019AS 以太网控制器；外围模块为以太网接口电路模块、USB 接口电路模块、FLASH 存储器模块、串口驱动模块、电源模块和时钟和复位^[6]。

通信控制器的核心器件是 S3C2440 微处理器,该处理器是由三星公司开发的一款基于 ARM920T 内核和 0.18 μm CMOS 工艺的 16/32 位 RISC 微处理器,其功能特性包括低成本、低消耗、高性能等。RTL8019AS 以太网控制也被叫做以太网适配器,一个特定的物理层和数据链路层标准作为以太网控制器的使用,提供了一个完整的网络协议堆栈,能够使得在同一局域网中的小型计算机组或者是通过路由协议连接的广域网都能够实现通信^[7-8]。

通信控制器设计的核心器件为微控制器^[9],工业以太网 EtherCAT 通信控制器的参数是通过 USB 接口在上位 PC 机进行离线配置的,通信控制器中的 FLASH 存储器用来存储离线配置完成的参数,可用于系统独立的工作。

4 PC 机程序的配置

上位 PC 机程序由 EtherCAT 主站微处理器的通信程序和 PC 机的配置软件两部分构成:通

信控制器的参数是通过上位 PC 机软件进行设置;离线(off line)配置参数是由 PC 机直接通过 USB 接口对控制器设计。配置完成的参数存储在硬件 FLASH 存储器模块中,供通信系统独立运行时使用^[10-11]。离线(off line)配置的参数包括:数据帧传输周期时间的设定、报文的地址和长度的设定。由 PC 机软件配置 EtherCAT 通信控制器的示意图如图 5 所示。

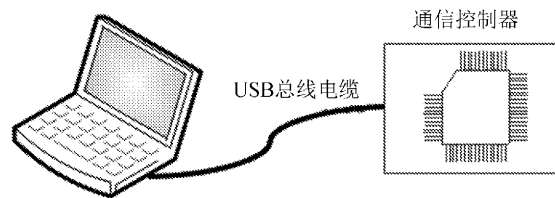


图 5 PC 计算机配置通信控制器示意图

在上位 PC 机上通过配置软件对通信控制器进行程序配置,并且通信控制器上的系统配置参数是通过 USB 总线电缆的读写传输到 PC 计算机上的。

5 系统的实验操作运行过程

通信控制器产生和控制 EtherCAT 数据帧的线路循环图如图 6 所示。

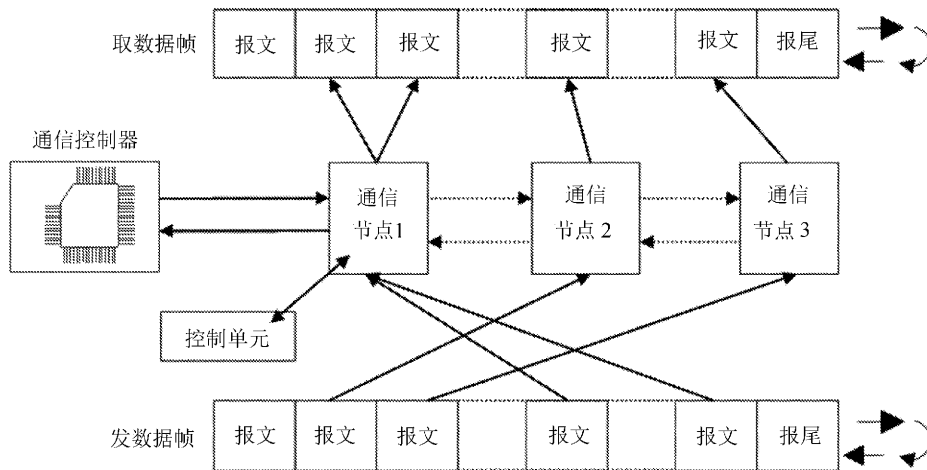


图 6 通信控制器产生和控制 EtherCAT 数据帧的线路循环图

将通信节点 1 定义为逻辑控制主站,由 EtherCAT 主站控制单元进行操作;将通信节点 2、节点 3 定义为逻辑控制从站。两个 EtherCAT 数据帧构成了主站通信程序的一个通信周期^[12]。

第一个 EtherCAT 数据帧为取数据帧,其作用读取各个从站通信节点的输出数据,第二个 EtherCAT 数据帧为发数据帧,发数据帧通过处理接收的数据又重新返回到原来的通信节点,进

而完成了主从设备之间的数据转换。

通信过程运行步骤如下:

1)由通信控制器发出取数据帧,当通信控制器产生的取数据帧经过通信节点1时,即到达第一个逻辑控制主站,取数据帧在逻辑控制主站被有效处理,对逻辑控制从站的控制命令被写到规定的报文中;当取数据帧途径逻辑控制主站时,其主要目的是将对逻辑控制从站的控制命令写入到规定的报文;经过通信节点2、节点3时,即到达第二、三个逻辑控制从站,取数据帧在第二、三个逻辑控制从站被有效地处理,并将各自逻辑控制从站的通信服务状态写到规定的报文中。

2)当取数据帧按原传输路径返回到通信控制器时,通信控制器对返回的取数据帧进行处理分析,再由通信控制器产生发数据帧。

3)由通信控制器发出发数据帧,当通信控制器产生的发数据帧经过通信节点1时,即到达第一个逻辑控制主站,对写入逻辑控制从站规定的报文的通信服务状态进行读取,当通信控制器产生的发数据帧经过通信节点2、节点3时,即到达第二、三个逻辑控制从站,每个逻辑控制从站都能读取各自的控制命令,其控制命令写在了逻辑控制主站规定的报文中,给出了通信过程软件流程图如图7所示。

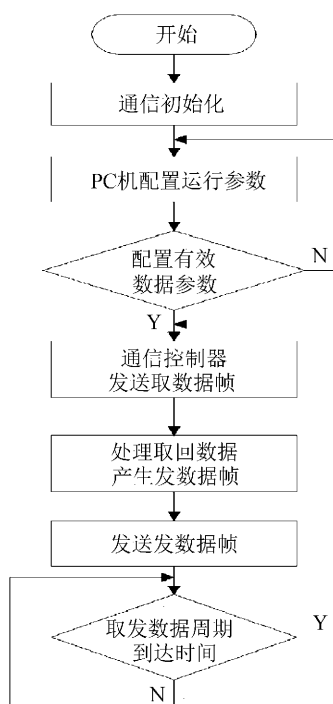


图7 通信过程软件流程

6 结 语

嵌入式系统具有系统内核小、专用性强、低功耗、可靠性高、多任务操作等优点,以太网的工业控制系统由嵌入式系统来设计与实现,文中设计了一种基于S3C2440微处理器和PTL8019AS以太网控制器硬件平台结合的嵌入式EtherCAT通信控制器,PC机软件对通信控制器的参数进行配置,对整个EtherCAT通信系统中的各个通信节点读写操作,实现了主从设备控制之间的逻辑通信。文中设计的以太网EtherCAT通信控制器不仅实现了以太网驱动模块的设备控制,而且扩大了EtherCAT技术的使用范围,已成功应用到工业控制系统中。

参考文献:

- [1] 任计羽,范永坤,熊皓.EtherCAT高性能从站的设计与实现[J].计算机应用,2014(6):18-20.
- [2] 徐功伟,戴学丰,刘树东,等.嵌入式以太网控制器设计[J].通信技术,2009,42(5):183-184.
- [3] 邹极,刘艳强.工业以太网现场总线EtherCAT驱动程序设计及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2010:1-4.
- [4] 刘艳强,王健,单春荣.基于EtherCAT的多轴运动控制器研究[J].制造技术与机床,2008(6):100-103.
- [5] 陈威铭,苗长云,高瑞.基于以太网多功能控制器的研究[J].仪表技术与传感器,2015(7):48-51.
- [6] 廖焕柱,方康玲,曹晶.基于S3C2440的Ethercat实时工业以太网从站节点设计[J].计算机与信息技术,2009(6):10-11,14.
- [7] 康存锋,杜斐斐,马春敏,等.EtherCAT协议芯片与单片机通信系统的研究[J].现代制造工程,2011(7):113-117.
- [8] 王志军.工业控制专用嵌入式以太网模块的开发[J].长春工业大学学报:自然科学版,2005,26(2):117-119.
- [9] 蔡华锋,廖冬初,王小平,等.嵌入式以太网串口服务器设计[J].湖北工业大学学报,2018(2):9-12.
- [10] 李林锋,游有鹏.嵌入式以太网接口的设计与应用[J].机械制造与自动化,2017(8):199-201.
- [11] 南扬.EtherCAT工业以太网控制系统站设计与实现[D].西安:西安电子科技大学,2017.
- [12] 施勇,温阳东.基于DM9000A的嵌入式以太网接口设计与实现[J].合肥工业大学学报,2011,34(4):519-524.