

SPI接口以太网控制器 ENC28J60 及其应用

Ethernet Controller with SPI™ Interface ENC28J60 and Its Application

(西安航空技术高等专科学校) 祁树胜

Qi, Shusheng

摘要:目前大多数以太网控制器都是为个人计算机而设计的,在精简的嵌入式系统中使用比较繁杂,常常需要采用扩展总线的方式,本文介绍了全球目前最小封装的以太网控制器 ENC28J60,由于采用 SPI 串行接口方式,简化了设计,本文介绍了其特性、内部结构和引脚功能,详细分析了其寄存器设置和工作过程,给出了与微控制器接口的应用电路。

关键词:以太网控制器;SPI;ENC28J60

中图分类号: TP393 文献标识码: B

Abstract: Today, most of the Ethernet controller is designed for personal computer, so its applying is much complicated. The mode of extending bus is often needed. This paper introduces the world's smallest package Ethernet controller ENC28J60 at present. Adopting the SPI serial interface mode, so the designing process is predigested. In this paper, it is introduced of the characters, inside structure and PIN function of Ethernet controller ENC28J60. Further more, the paper analyzes the setting of register and process of work in detail and illustrates the application circuit with the interface of MCU.

Key Words: Ethernet controller, SPI, ENC28J60

1 ENC28J60 概述

ENC28J60 是全球目前最小封装的以太网控制器,在此之前,嵌入式设计人员在为远程控制或监控提供应用接入时可选的以太网控制器都是专为个人计算系统设计的,既复杂、又占空间,且比较昂贵。目前市场上大部分以太网控制器采用的封装均超过 80 引脚,而符合 IEEE 802.3 协议的 ENC28J60 只有 28 引脚,就能既提供相应的功能,又可以大大简化相关设计,并减小占板空间。此外,ENC28J60 以太网控制器采用业界标准的 SPI 串行接口,只需 4 条连线即可与主控单片机连接。这些功能加上由 Microchip 免费提供的、用于单片机的 TCP/IP 软件堆栈,使之成为目前市面上最小的嵌入式应用以太网解决方案。

ENC28J60 的主要特点如下:

- * 兼容的 IEEE 802.3 协议的以太网控制器
- * 集成的 MAC 和 10BASE-T 物理层
- * 支持全双工和半双工模式
- * 数据冲突时可编程自动重发
- * SPI 接口速度高达 10Mbps
- * 8K 数据接收发送双端口 RAM
- * 提供快速数据移动的内部 DMA 控制器
- * 可配置的接收发送缓冲区大小
- * 支持单播、多播和广播
- * 两个可编程 LED 输出
- * 带 7 个中断源的两个中断引脚

* TTL 电平输入

2 ENC28J60 的内部结构及其引脚功能

ENC28J60 采用 28 引脚封装, 内部接口引脚如图 1。

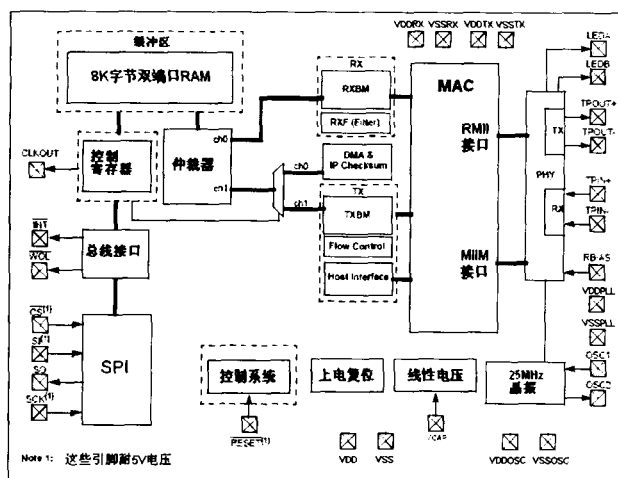


图 1 ENC28J60 内部结构框图

ENC28J60 兼容 IEEE 802.3 协议, 内部集成了物理层, 支持全双工和半双工模式, 芯片内的 8K 双端口 RAM 可以自由进行配置, 特殊的过滤器, 包括 Microchip 的可编程模式匹配过滤器, 可自动评价、接受或拒收 Magic Packet、单播 (Unicast)、多播 (Multicast) 或广播 (Broadcast) 信息包, 以减轻主控单片机的处理负荷。

各个引脚功能如下:

祁树胜:讲师

| 引脚 | 功能 | 引脚 | 功能 |
|--------|--------------|--------|-----------|
| VCAP | 内部稳压 2.5V 输出 | LEDA | LEDA 驱动输出 |
| CLKOUT | 可编程时钟输出 | LEDB | LEDB 驱动输出 |
| INT | INT 中断输出 | OSC2 | 时钟输出 |
| WOL | LAN 中断唤醒输出 | OSC1 | 时钟输入 |
| SO | SPI 数据输出接口 | VDD | 电源 3.3V |
| SI | SPI 数据输入接口 | VSS | 地 |
| SCK | SPI 时钟输入接口 | VDDOSC | 晶振 3.3V |
| CS | SPI 片选输入接口 | VSSOSC | 晶振地 |
| RESET | 复位输入 | VDDPLL | 物理接口 3.3V |
| TPIN- | 网络差分输入接口 | VSSPLL | 物理接口地 |
| TPIN+ | 网络差分输入接口 | VDDR | 物理接收 3.3V |
| TPOUT+ | 网络差分输出接口 | VSSRX | 物理接收地 |
| TPOUT- | 网络差分输出接口 | VDDTX | 物理发送 3.3V |
| RBIAS | 物理接口偏置电流输入 | VSSTX | 物理发送地 |

ENC28J60 引脚简单, SPI 接口和单片机相连接, 网络的四个引脚通过网络变压器后连接到 RJ45 接口, 两个中断引脚接单片机的外部中断或者连接到通用 IO 口, 两个指示灯引脚外接发光管连接到地或者电源, 其余引脚是电源和地。

ENC28J60 内部采用 3.3V 电源, 但是其接口都可以容忍 5V 的电压值, 在使用 3.3V 电源的单片机系统中, 可以直接将 SPI 接口和中断连接到单片机, 如果使用 5V 的单片机, ENC28J60 的输入引脚直接连接到单片机, 输出引脚需要外接一个与门或者三态门进行 5V 的驱动。振荡器可以选用无源晶体或者有源晶振。

3 ENC28J60 的寄存器设置和工作过程

ENC28J60 内部的静态 RAM 分为三种类型, 控制寄存器, 以太网缓冲区和物理层寄存器, 控制寄存器用来进行芯片的配置和控制等功能, 直接 SPI 读写; 以太网缓冲区可以由 SPI 接口配置为接收和发送以太网数据包的 RAM 区; 物理层寄存器用来配置, 控制和监测物理层的状态, 此寄存器不能直接由 SPI 接口读写, 只能通过媒体独立接口 MII 访问。

ENC28J60 控制寄存器中最基本和重要的 5 个寄存器是 EIE, EIR, ESTAT, ECON2 和 ECON1, 其功能分别如下, EIE: 以太网中断使能控制寄存器, 分为总中断使能和各部分使能控制, EIR: 以太网中断标志寄存器, 在接收和发送数据包时根据不同的标志位进入不同的执行程序, ESTAT: 以太网状态寄存器, 反映以太网当前是否数据碰撞、忙信息、错误信息、时钟状态等信息, ECON2: 以太网辅助控制寄存器, 设置数据指针, 芯片节能等, ECON1: 以太网主控制寄存器, 这个是芯片最常用的寄存器, 主要用来设置不同层的寄存器空间, 下面将详细论述。在这 5 个寄存器中, 需要设置的是 EIE、ECON2 和 ECON1, 需要判断标志位的是

EIR 和 ESTAT。ENC28J60 的控制寄存器分为 4 层, 由 ECON1 寄存器中的最后两位 BSEL1:BSEL0 进行设置, 每一层包含 32 个控制寄存器, 最后 5 个寄存器地址映射的位置一样, 即为上述的 5 个基本寄存器, 0 层寄存器包括设置发送缓冲区起始地址 ETXST 和结束地址 ETXND, 接收缓冲区起始 ERXST 和结束地址 ERXND, 数据指针的初始化位置 EWRPT 和 ERDPT, DMA 控制等。1 层寄存器设置包括数据过滤用的 64 位的 hash 表, 数据过滤用的 EPM, 网络中断唤醒使能位 EWOLIE, 接收滤波控制 ERXFCN, 以太网数据包计数 EPKTCNT, 2 层寄存器设置包括 MAC 配置 MACCON、数据冲突 MACLCN、最大帧长 MAMXFL、MII 寄存器等, 3 层寄存器设置包括 MAC 地址 MACADR、自检 EBST、MII 状态 MISTAT、以太网版本信息 EREV-ID、时钟输出控制 ECOCON、以太网流控制 EFLOCON、暂停时间值 EPAUSL。

以太网缓冲区大小共 8K 字节, 可以通过 SPI 接口编程配置成接收和发送缓冲区两大部分, 由以太网控制器相关寄存器进行设置。

物理层寄存器共有 32 个寄存器, 其中只有 9 个可以使用, 每个寄存器为 16 位宽度, 不能直接由 SPI 总线读写, 主要配置的寄存器包括物理层的复位、节电、双工设置, LED 的设置等, 读取的方法为先将需要读取的物理层地址写入 MIREGADR, 设置 MICMD.MIIRD 位, 延时后判断 MISTAT.BUSY 是否被自动清除, 然后清除 MICMD.MIIRD, 从 MIRD L 和 MIRD H 中读取数据, 写物理层寄存器要求一次写入 16 位, 先将需要写的物理层地址写入 MIREGADR, 然后写低 8 位到 MIWRL, 高 8 位到 MIWRH, 写入数据期间 MISTAT.BUSY 自动置位, 写入结束后该位自动清除。

在 ENC28J60 接收和发送数据包之前, 需要对相应寄存器进行设置和初始化, 一般情况下这部分工作放在系统复位完成后执行, 初始化设置工作包括接收和发送缓冲区、接收过滤、晶振启动时间、MAC 寄存器、物理层。初始化芯片之前先关闭单片机的中断输入, 对 RESET 引脚给定一个持续的低电平复位信号, 然后对相应的寄存器进行设置。设置完成所有需要的寄存器后, 判断以太网状态中的时钟启动标志位是否置位, 然后开中断, 以上的流程图如 2 所示。

硬件连接的两个中断引脚都对应多种中断条件, EIE 和 EWOLIE 分别使能不同的中断, 均指向中断入口处, 因此需要在入口处进行判断每次的中断输入什么条件, EIR 是中断标志位, 包含了 7 中不同的中断条件, 根据不同的标志位进入不同的执行程序。

4 ENC28J60 的应用

由于采用串行 SPI 接口, ENC28J60 可以很方便地和各种微控制器和处理器接口, 构成嵌入式以太网模块, 使用 UDP, TCP 进行通信, 或者构建嵌入式 WEB

服务器,对于没有 SPI 接口的微控制器,也可以用通用 IO 模拟 SPI 总线的方法,下图是一个 51 内核单片机 C8051F133 和 ENC28J60 的接口, C8051F133 采用 3.3V 供电, 70% 的指令的执行时间为一个或两个系统时钟周期, 内部 8k 字节内部数据 RAM, 64K 程序 FLASH, 速度可达 100MIPS, 与 ENC28J60 可构成最佳以太网应用。C8051F133 的 SPI 接口 SCK、MISO、MOSI 分别连接 ENC28J60 的 SCK、SI、SO 引脚, C8051F133 的两个外部中断输入引脚连接 ENC28J60 的 INT 和 WOL, 系统中还有一片 X5043 用于看门狗, 复位和保存以太网参数。

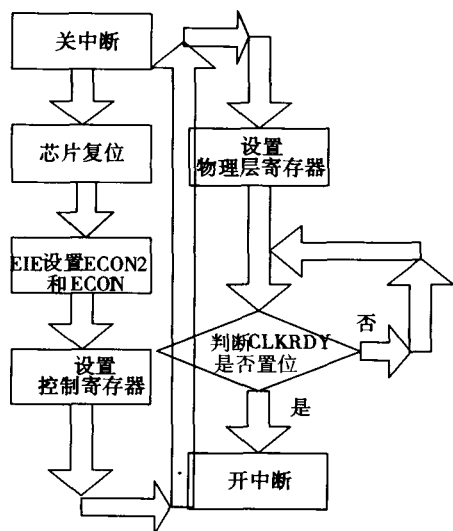


图 2 主程序初始化流程图

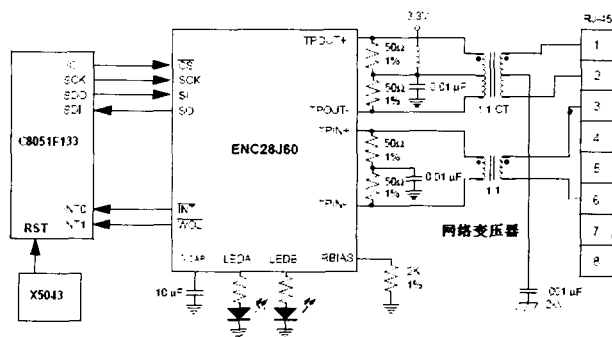


图 3 ENC28J60 与 C8051F133 接口电路图

5 结论

由 ENC28J60 构成的嵌入式以太网模块电路连接简单, 功能强大, 与目前大多数需要并行数据和地址总线的以太网控制器相比, 不需要小封装的微控制器外扩地址和数据总线, 有很大优点, 根据需要配合不同的微控制器可以将电路板做到最小尺寸, 完全符合未来工业以太网控制器的发展趋势, 本文中的应用电路已经应用于嵌入式控制系统, 目前仍在稳定运行中。

文章的主要创新之处如下:

1. 首次应用 ENC28J60 构成嵌入式以太网模块电路。

2. 克服了市场上已有以太网控制器封装引脚多的缺点, 简化了设计, 减小了占板空间。

ENC28J60 以太网控制器采用标准的 SPI 串行接口, 只需 4 条连线与主控单片机相连。

参考文献:

- [1] ENC28J60 Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface 2004 Microchip Technology Inc.
- [2] 陈奎 吴爱国 游洲 用 ENC28J60 和 FPGA 设计通用以太网控制器, 电子产品世界 2005.11 94 页-95 页
- [3] 林安兵. 使用华恒 HHARM4510-R2 进行嵌入式开发[J], 微计算机信息, 2005.2: 113-115
- [4] 郁继宗, 彭树生. 基于 PIC 单片机的以太网数据采集与控制电路设计[J], 微计算机信息, 2005.2: 72-74

作者简介: 祁树胜 (1965.4-), 男, 1985 年毕业于天津大学自动化工程系, 工学学士, 1985 年以来在西安航空技术高等专科学校从事教学及智能仪表, 计算机测控等科研工作。

Biography: Qi Shusheng, Man, was born in may.1965. He received the bachelor's degree in electrical engineering from Tianjin university. Since 1985, he has been engaged in teaching and research in XI'AN AEROTECHNICAL COLLEGE. His research interest is in the intelligent instrument, computer measurement and control.

(710077 西安航空技术高等专科学校) 祁树胜
(XI'AN AEROTECHNICAL COLLEGE 710077)

Qi, Shusheng

通讯地址: (710077 西安航空技术高等专科学校) 祁树胜

(收稿日期: 2005.12.24) (修稿日期: 2006.1.22)

(接 34 页) 足系统的特殊需求。作为嵌入式网关, 本系统可小量修改移植到其他应用系统中, 具有较好的发展前景。

参考文献:

- [1] DOUGLAS E. COMER internetworking with TCP/IP vol.1 Prentice-Hall International, Inc.
- [2] John T. Moy 著 胡光明 皮学贤 李铭译 OSPF 协议剖析 中国电力出版社 2002.8
- [3] 王峰, 张宏伟. 嵌入式 Internet 技术及其实现方案[J] 微计算机信息, 2003.12

作者简介: 张颖 (1977.11-), 汉族, 女, 河南省商丘市人, 清华大学电子工程系硕士研究生, 主要研究方向计算机网络、嵌入式系统。Email: zhang-ying03@mails.tsinghua.edu.cn. 林孝康 (1947-), 汉族, 男, 清华大学电子工程系博士生导师。

(100084 清华大学电子工程系) 张颖 林孝康
(The Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing, China 100084) Zhang, Ying Lin, Xiaokang

通讯地址: (100084 北京市清华大学电子工程系 微波与数字通信国家重点实验室 11 区 424) 张颖

(收稿日期: 2005.12.1) (修稿日期: 2006.1.1)