文章编号:1008-0570(2008)05-2-0306-03

基于 ENC28J60 的嵌入式网络接口的设计

Design of embedded network interface based on ENC28J60

(长沙民政学院) 刘 琼 朱志伟 周志光 LIU Qiong ZHU Zhi-wei ZHOU Zhi-guang

摘要:设计了以 ENC28J60 为核心的以太网接口实现方案,描述了该系统硬件架构的设计方法。在简要介绍了以太网控制器 ENC28J60 的结构、功能、外围电路的基础上,对 ENC28J60 与 Atmega16 的 SPI 通讯进行了阐述。此方案不仅成本低,而且可以实现 500Kbps 以上的传输速率,满足了嵌入式系统的 Internet 控制要求。

关键词: 嵌入式系统; ENC28J60; SPI 中图分类号: TP393 文献标识码: A

Abstract: A solution of ethernet interface based on the core of ENC28J60 and its architecture of hardware is illustrated. Following a brief introduction of the structure, functions and external connections of the ENC28J60. The solution how to make ENC28J60 communicate with Atmega16 are expatiated. This solution not only can reduce the cost but also can obtain the transmitted rate of 500Kbps, and can satisfy the requirements of controlling embedded system through Internet.

Key words: Embedded system; ENC28J60; SPI

1 引言

随着 Internet 的出现和以太网的迅速发展,基于以太网的设备控制越来越多。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,如 RTL8019AS, DM9008、CS8900A 等。这些器件不仅结构复杂,面积庞大,且系统开销较大。近来, Microchip推出全球首枚 28 引脚独立以太网控制器 ENC28J60,可为嵌入式系统提供低引脚数、低成本、精简的远程通讯解决方案。

2 ENC28J60 网络接口体系结构

ENC28J60 是带有行业标准串行外设接口(Serial Peripheral Interface, SPI)的独立以太网控制器。它符合 IEEE 802.3 的全部规范,采用了一系列包过滤机制以对传入数据包进行限制。它还提供了一个内部 DMA 模块,以实现快速数据吞吐和硬件支持的 IP校验和计算。与主控制器的通信通过两个中断引脚(INT和 WOL)和 SPI 脚(SO、SI、SCK、CS)实现,数据传输速率高达 10 Mb/s。两个专用的引脚(LEDA、LEDB)用于连接 LED,进行网络活动状态指示。图 1 所示为 ENC28J60 的典型应用电路。

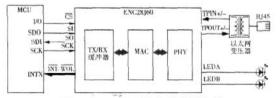


图 1 ENC28J60 的典型应用电路

ENC28J60 由 7 个主要功能模块组成:SPI 接口, 充当主控制器和 ENC28J60 之间通信通道;控制寄存器,用于控制和监视 ENC28J60; 双端口 RAM 缓冲器,用于接收和发送数据包; 判优

刘 琼: 副教授

基金项目:湖南省教育厅科技攻关项目名称:(05D007) 嵌入式 TCP/IP 协议单片机技术在信息家电网络中的应用 器,当 DMA、发送和接收模块发出请求时对 RAM 缓冲器的访问进行控制;总线接口,对通过 SPI 接收的数据和命令进行解析; MAC 模块:实现符合 IEEE 802.3 标准的 MAC 逻辑; PHY 模块,对双绞线上的模拟数据进行编码和译码。ENC28J60 还包括其他支持模块,诸如振荡器、片内稳压器、电平变换器(提供可以接受 5V 电压的 I/O引脚)和系统控制逻辑。

根据以上说明, ENC28J60 应用于嵌入式网络接口是非常合适的, 有广阔的应用发展前景。

3 ENC28J60 在嵌入式网络接口的应用

3.1 硬件电路设计

利用 ENC28J60 可以构成不同功能的网络终端节点,如网络服务器、带 Internet 功能的设备、远程监控(数据采集,诊断)设备等。图 2 所示为基于 ENC28J60 的嵌入式网络接口的硬件电路原理图。电路中有:2 个 LED 状态指示灯主要用来显示网络连接状态,包括 PHY 是否冲突、连接是否建立、是否接收数据、连接速度、双工模式等;必需的偏置电阻 R3(2k ,精度为 1%);高速局域网电磁隔离模块 (即 RJ45 以太网接口),应用中,ENC28J60 的物理端口与隔离变压器 HR901170A 连接时必须符合 IEEE802.3 对物理层规范的要求,如 RJ45 的插孔与隔离变压器的间隔应尽量小,输出和输入差分信号对的走线要有很好的隔离。

电路中的主控制器采用 Atmel 公司的 ATmega16 单片机,它具有先进的 RISC(精简指令集计算机)结构、16 kB 可编程 Flash 存储器、512 B 的 EEPROM 和 1 kB 片内 SRAM,具有丰富的外设接口,其 SPI 接口允许 ATmega16 与外设进行高速的同步数据传输。本设计中 ATmega16 SPI 配置为主机模式,ENC28J60 为从设备。ATmega16 的 SPI 工作模式由 CPOL、CPHA 设置,根据 ENC28J60 的 SPI 读写时序,ATmega16 的 SPI 工作模式应设置为模式 0。ATmega16 通过将 ENC28J60 的 CS

引脚置低实现与其的同步。SPI 时钟由写入到 SPI 发送缓冲寄 存器的数据启动, SPI MOSI (PB5)引脚上的数据发送秩序由寄存 器 SPCR 的 DORD 位控制, 置位时数据的 LSB(最低位)首先发 送, 否则数据的 MSB(最高位)首先发送。我们选择先发送 MSB, 同时接收到的数据传送到接收缓冲寄存器, CPU 进行右对齐从 接收缓冲器中读取接收到的数据。应该注意、当需要从 ENC28J60 中读取多个数据时, 即使 ENC28J60 并不需要 ATmeca16 串行输出的数据、每读取一个数据前都要向 SPI 发 送缓冲器写一个数据以启动 SPI 接口时钟。由于 SPI 系统的发 送方向只有1个缓冲器,而在接收方向有2个缓冲器,所以在 发送时一定要等到移位过程全部结束后,才能对 SPI 数据寄存 器执行写操作: 而在接收数据时, 需要在下一个字节移位过程 结束之前通过访问 SPI 数据寄存器读取当前接收到的数据, 否 则第1个数据丢失。

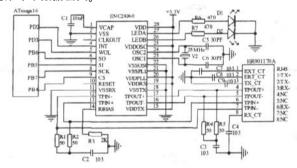


图 2 基于 ENC28J60 的嵌入式网络接口的硬件电路原理图

3.2 ENC28J60 软件初始化

在使用 ENC28J60 发送和接收数据包前,必须对器件进行 初始化设置。根据不同的应用,一些配置选项可能需要更改。初 始化设置工作包括接收和发送缓冲器、接收过滤器、晶振启动时 间、MAC寄存器、PHY寄存器。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。

系统初始化后进入主程序循环,包括单片机的控制作用和 网络数据传输。对于以太网传输部分来说.主要有两个作用:一 是对要发送的数据按照以太网数据帧格式进行封装并发送:二 是对接收的以太网数据帧进行解包,供应用程序使用。

3.3 ENC28J60 发送数据包

在进行数据包发送或接收时,要先对写缓冲存储器(Write Buffer Memory, WBM)命令掌握。WBM 允许主控制器将字节写 入8KB发送和接收缓冲存储器。如果ECON2寄存器中的 AUTOINC 位置 1, 那么在写完每个字节的最后一位之后, EWRPT 指针将会自动地递增指向下一个地址 (当前地址加 1)。 如果写入地址 1FFF 且 AUTOINC 置 1,则写指针加 1 指向 0000h。将 CS 引脚拉为低电平启动 WBM 命令。然后将 WBM 操 作码及随后的 5 位常量 1Ah 送入 ENC28J60。在发送 WBM 命 令和常量之后,由 EWRPT 指向的存储器中的数据将移入 ENC28J60, 首先移入最高位。在接收到8个数据位后,如果 AUTOINC 置 1, 写指针将自动递增。主控制器可以继续在 SCK 引脚提供时种信号、在SI引脚发送数据同时保持/CS为低电 平,从而可以连续写入存储器。 当 AUTOINC 被使能时,以该 方式就可以连续地向缓冲存储器写入字节而无需多余的 SPI

命令。拉高 CS引脚电平可结束 WBM 命令。在 WBM 操作期间, SO 引脚一直为高阻态, WBM 操作时序, 请参见图 3。

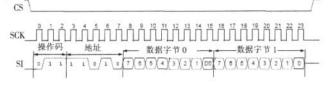


图 3 写缓冲存储器时序图

ENC28J60 内的 MAC 在发送时会自动生成前导符和帧起 始定界符。 此外, MAC 可根据配置生成填充(如果需要)和 CRC 字段。主控制器必须生成所有其他帧字段,并将它们写入缓冲 存储器,以待发送。此外, ENC28J60 还要求在待发送的数据包 前添加一个包控制字节。主控制器应:1.正确编程 ETXST 指针, 使之指向存储器中未用的单元。它将指向包控制字节,在本设 计方案中, 指针应编程为 0120h; 2.使用 WBM SPI 命令写入包 控制字节、目标地址、源 MAC 地址、类型/长度和数据有效负 载: 3.正确编程 ETXND 指针。它应指向数据有效负载的最后一 个字节, 在本设计方案中, 指针应编程为 0156h; 4.将 EIR.TXIF 位清零、将 EIE.TXIE 位和 EIE.INTIE 位置 1 允许在发送完成后 产生中断(如果需要); 5.将 ECON1.TXRTS位置 1 开始发送。如 果在 TXRTS位置 1 时正在进行 DMA 操作, ENC28J60 会等待 DMA 操作完成再发送。 这种等待是必需的, 因为 DMA 和发送 引擎共享同一个存储器访问端口。同样如果在 TXRTS 已置 1 后, ECON1中 DMAST 位才置 1, DMA 在 TXRTS 位清零前不会 采取任何动作。 如果正在进行发送, 不应通过 SPI 读取或写入 任何待发送的字节。主控制器将 TXRTS位清零可取消发送。如 果数据包发送完成或因错误取消而中止发送, ECON1.TXRTS 位会被清零、一个7字节的发送状态向量将被写入由 ETXND+ 1指向的单元, EIR.TXIF会被置1并产生中断(如果允许)。要验 证数据包是否成功发送, 应读取 ESTAT.TXABRT 位。如果该位 置 1, 主控制器在查询发送状态向量的各个字段外, 还应查询 ESTAT.LATECOL 位, 以确定失败的原因。下面给出写数据包的 源代码:

```
void encWriteBuffer(unsigned int len,unsigned char * data)
PORTB &= ~CS ENJ:
// send write command
SPDR = ENC28J60_WRITE_BUF_MEM;
while(! (SPSR & (1<<SPIF)));
while(len--)
// write data
SPDR = * data++;
while(! (SPSR & (1<<SPIF)));
 PORTB |= CS_ENJ;
}
3.3 ENC28J60接收数据包
```

假设接收缓冲器已完成初始化, MAC 已正确配置而且接收 过滤器已配置为接收以太网数据包,主控制器应该:1.如果需要 在接收到数据包时产生一个中断,就要将 EIE.PKTIE 位和 EIE. INTIE位置 1; 2. 如果需要在由于缓冲空间不足导致数据包丢失时产生一个中断,就要将 EIR.RXERIF 位清零,并将 EIE.RX-ERIE 位和 EIE.INTIE 位置 1; 3. 通过将 ECON1.RXEN 位置 1 使能接收。在将 RXEN 置 1 后,将不能修改双工模式和接收缓冲器起始和结束指针。此外,要阻止不期望接收的数据包,在更改接收过滤器配置寄存器 (ERXFCON) 和 MAC 地址前建议将RXEN 清零。在使能接收后,没有过滤掉的数据包将写入循环接收缓冲器。任何不符合过滤条件的数据包将被丢弃,但主控制器无法识别一个数据包已被丢弃。当接收到一个数据包并将其完整写入缓冲器时,EPKTCNT 寄存器将递增,EIR.PKTIF 位将置 1,并产生一个中断(如果允许),同时硬件写指针ERXWRPT自动递增。

4 结束语

随着数字化、智能化仪器的飞速发展,采用以太网进行通信的应用将会越来越广泛。ENC28J60芯片是网络技术与单片机技术的完美结合,用它可以方便地实现嵌入式系统的以太网连接,可广泛用于智能交通、汽车电子、工业控制、信息家电、医学仪器等各种嵌入式系统应用场合。

本文作者的创新点:通过 ENC28J60 芯片所设计的嵌入式 网络接口可以在多种环境中应用,能按需要进行配置来完成系统功能,并且在成本、体积、功耗、灵活性等方面具有明显的优势,能为智能化仪器与设备、信息家电等开拓新的应用前景。参考文献

[1]祁树胜. SPI 接口以太网控制器 ENC28J60 及其应用[J].微计算机信息 2006, 8-2:266-268.

[2]Microchip Technology Inc. ENC28J60 Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface. http://www.microchip.com/.

作者简介:刘琼(1965-),女(汉族),湖南长沙人,副教授。主要研究方向:智能控制与工业自动化。

Biography:Liu Qiong (1965-), female (the Han nationality), Changsha, Hunan, associate professor. Orientation of Study: Intelligence Control and Industry automation.

(410004 湖南 长沙民政学院电子信息工程系) 刘琼 朱志伟周志光

(Department of Electronics Communication Engineering, Changsha Social Work College, Changsha Hunan 410004, China) Liu Qiong Zhu Zhiwei Zhou Zhiguang 通讯地址:(410004 长沙民政学院电子信息工程系)朱志伟

(收稿日期:2008.03.13)(修稿日期:2008.4.25)

(上接第 206 页)

[2]赖晓铮, 张小燕 赖声礼, 等. 基于 Hilbert 分形结构的 RFID 标签天线[J]. 华南理工大学学报:自然科学版 2006.34(6): 26-28 [3]Kyeong- Sik Min etc. A Study of Capacity Change Antenna for RFID Tag Depending on Ground Plane [C]. APMC Proceedings, 2005,12, Suzhou, Chima

[4]Saeed I. Latif, Lotfollah Shafai, and Satish Kumar Sharma. Bandwidth Enhancement and Size Reduction of Microstrip Slot Antennas [J]. IEEE Trans. on antenna and propagation, Vol. 53, No. 3, 2005, 994-1003

[5]周永明、赖声礼. RFID 标签用缝隙天线分析与设计[J].暨南大学学报:自然科学版, 2007.28 (1): 74-78

[6] Zhou Y. M and Lai S. L. A Design of RFID Tag Antenna Based

on Bowtie[C]. IEE Proc. on Wireless, Mobile & Multimedia Networks, Hangzhou, China, 2006, 11, Vol. 1: 374-377. [7]Rao K V S. An overview of backscattered radio frequency identification system (RFID) [C]. Asia Pacific Microwave Conference, IEEE 1999, Vol. 3: 746-749.

[8]陈默,田茂.蝶形天线的计算机仿真设计[J].微计算机信息, 2006,22 (2-1) 255-256

作者简介: 周永明(1963-),男(汉族),在职博士生,副教授, 研究方向为 RFID 标签天线与信号处理; 赖晓铮, 博士; 赖声礼,教授、博导; 张瑞娜,硕士生。

Biography: ZHOU Yongming1,2(1963-), male(Han nationality), Doctor candidate, Research area is RFID tag antenna and signal processing.

(韶关大学)周永明

(510640 广州华南理工大学电子与信息学院) 周永明 赖晓铮 赖声礼 张瑞娜

通讯地址: (512023 广东省韶关市韶关大学韩家山校区 27 幢802 室) 周永明

(收稿日期:2008.03.13)(修稿日期:2008.4.25)

(上接第 310 页)

[6]200510040346.5 基于现场可编程外围芯片的分析仪器智能测控平台[P].中华人民共和国国家知识产权局.北京.2006, 1: 6-8 作者简介:张定群(1971.04-),男,河南省南阳市,讲师,硕士,主要研究领域为计算机自动化;路艳斌(1971.04-),男,山西省长治市,工程师,硕士,研究方向:自动化

Biography: ZHANG Dingqun (1971.4-), Male, Born in Henan Nanyang, Lecturer, Master Degree, Research Areas: Computer Automation. E-mail: zhangdingqun@163.com.Lu Yanbin(1971.4-), Male, Born in Shanxi Changzhi, Engineer, Master Degree, Research Areas: Automation.

(473004 河南 南阳 南阳理工学院 电子与电气工程系) 张定群 (065000 河北 廊坊 中国石油天然气管道局 华南分公司) 路艳斌 (Dept. of Electronics & Electrical Engineering, Nanyang Institute of Technology, Nanyang Henan Province 473004, china) Zhang Dinggun

(Dept. of market, China Petroleum & Natural Gas Pipeline Bureau South China Subsidiary, Langfang Hebei Province 065000, china)Lu Yanbin

通讯地址:(473004 河南南阳长江路 80 号南阳理工学院电子与电气工程系)张定群

(收稿日期:2008.3.13)(修稿日期:2008.4.25)

书讯

砚场总线技术应用 200 例》 110 元 / 本(免邮资)汇至

ぐ LC 应用 200 例》
110 元 / 本(免邮资)汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室 微计算机信息杂志收 邮编:100081

电话: 010-62132436 010-62192616(T/F)