

## Design of embedded network interface based on ENC28J60

《现场总线技术应用 200 例》

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 ATmega16 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。

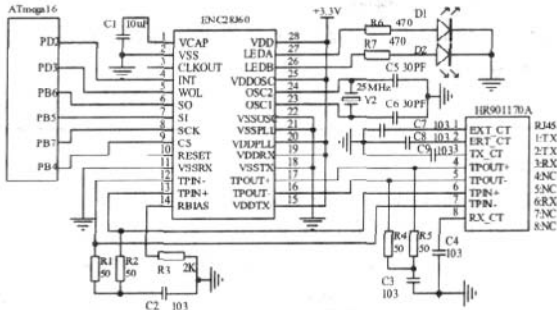


图 2 基于 ENC28J60 的嵌入式网络接口的硬件电路原理图

### 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。主控制器可以继续从 SCK 引脚提供时钟信号、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。

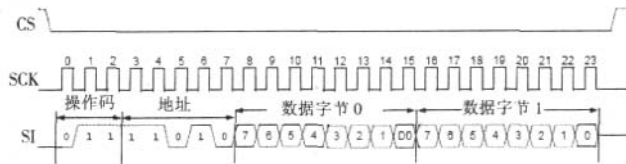


图3 写缓冲存储器时序图

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, China

[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 Yongming, 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: (510203 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 Dingqun

(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

《现场总线技术应用 200 例》  
110 元 / 本 (免邮资) 汇至

《PLC 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)