

# MSP430 系列多单片机间的 SPI 主从通信

■ 北京交通大学 李福俊 姜学东

摘要

串行通信接口少、效率高,能较好地提高系统性能,是单片机之间进行数据传送和通信时经常使用的方法。本文针对 MSP430 系列单片机的串行通信特点和 SPI 总线的接口性能,介绍 MSP430F449 和 MSP430F149 之间的三线主从式 SPI 通信的硬件电路和软件设计;阐释寄存器的初始化和收发模块的设置;为如何提高数据传输效率,提供一些实际应用经验。

关键词 MSP430F449 MSP430F149 SPI 主从通信

## 引言

串行外围设备接口 SPI(Serial Peripheral Interface)是 Motorola 公司推出的一种同步串行接口,因其硬件功能强,与 SPI 有关的软件就相当简单,可使单片机有更多的时间处理其他任务。由 TI 公司推出的 MSP430 系列单片机(MCU)是具有精简指令集的 16 位单片机。它以极低的功耗、丰富的片内外设、卓越的工作性能和方便灵活的开发手段,得到了越来越广泛的应用;同时,MSP430 系列单片机中大部分具有支持 SPI 的片内串行通信接口<sup>[1]</sup>。本文给出了 MSP430F449 与 MSP430F149 单片机之间基于 SPI 总线的三线主从式通信的设计方法。

## 1 硬件连接

### 1.1 SPI 接口

SPI 接口要求设备按照主-从方式进行配置,且同一时间内只能有一个主器件。一般情况下,实现 SPI 通信需要 3~4 根线:第 1 根是同步时钟(SCK)线,用于实现主器件和从器件在 MISO 和 MOSI 线上串行数据传输的同步;第 2 根是主输出/从输入(MOSI)线,用于主器件的输出或者从器件的输入;第 3 根是主输入/从输出(MISO)线,用于主器件的输入或者从器件的输出;第 4 根是从选择(NSS)线(可选)。实际上,当 SPI 工作在三线方式时,NSS 线被禁用;当其工作在三线方式时,NSS 线被禁用;当其工作在三线方式时,NSS 线被禁用。根据 MISO 线及 MOSI 线上的数据在 SCK 的时钟极性(CPOL)和时钟相位(CPHA)的不同,SPI 可以分为 SPI0、

SPI1、SPI2、SPI3 四种工作模式。工作时序如图 1 所示。

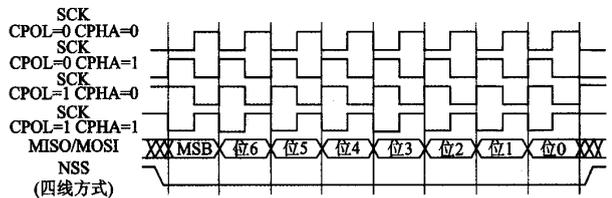


图 1 SPI 总线工作时序

### 1.2 硬件电路

MSP430F449 和 MSP430F149 均有两个串行通信模块 USART0、USART1,均可设定在 SPI 方式下进行工作。以 MSP430F449 作为主机,MSP430F149 作为从机,二者分别通过串行通信模块 USART0、USART1 进行 SPI 通信,每次数据的发送均由作为主机的 MSP430F449 发起。MCU 之间的硬件连接电路如图 2 所示。SPI 通信一般为点对点的通信,在多个从器件的情况下,可在硬件上设定

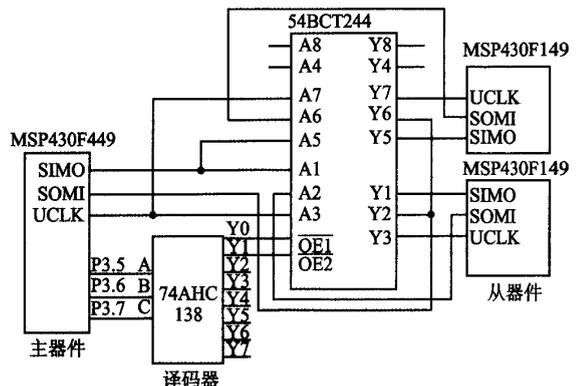


图 2 主从 MCU 的硬件连接电路

各个从器件的地址,用译码器对从器件进行选择,确定和哪一个从器件进行通信。TI公司推出的54BCT244是8位三态驱动/缓存芯片,用于提高MSP430F449的驱动能力,实现数据的缓存。

## 2 软件设计

针对MSP430系列单片机的开发平台(称为“IAR Embedded Workbench EW430”,简称为“EW430”)支持汇编语言和C语言的编写。在此,使用C语言对两款单片机进行编程。

### 2.1 初始化

串口通信模块的功能很强,设置灵活。初始化主要包括控制部分、波特率部分、接收和发送部分的设置。 $U_xCTL(x=0$  或者  $1)$ 寄存器是一个8位寄存器。通过对该寄存器的设置,可确定通信模式、通信协议和校验位的选择。通过寄存器 $U_xCTL$ 设置串行通信模块时,要复位寄存器 $UCTL0$ 中的 $SWRET$ 位,允许串行通信模块正常工作。当该寄存器中的 $SYNC$ 位为0时,MCU设置为SPI模式。波特率由作为主机的MSP430F449决定。波特率的设置主要包括时钟的选择和波特率的调整。主机选择辅助时钟 $ACLK$ 为时钟源,从机MSP430F149直接选定外部时钟 $UCLK$ 为时钟源。 $U1BR0$ 、 $U1BR1$ 和 $U1MCTL$ 寄存器用来确定波特率。波特率的调整非常灵活, $U1BR0$ 寄存器和 $U1BR1$ 寄存器用来粗调波特率,确定波特率的整数部分。其中 $U1BR0$ 为低字节, $U1BR1$ 为高字节,结合起来是一个16位的字,为 $UBR$ 。 $U1MCTL$ 寄存器用来细调波特率,确定波特率的小数部分。波特率的计算公式为:

$$\text{波特率} = \text{BRCLK} / (\text{UBR} + (\text{M7} + \text{M6} + \dots + \text{M0}) / 8)$$

其中, $M7$ 、 $M6$ 和 $M0$ 为 $U_xMCTL$ 寄存器的相应位。当需要设置时,相应位为1,否则为0。

下面是SPI的初始化设置程序:

#### 主机 MSP430F149

```
void M_Spi_Init (void) {
    U0CTL&.=~SWRST;    //SWRET复位,USART0
                        //模块允许
    U0CTL=CHAR+SYNC+MM; //SPI主模式,8位数据
    U0TCTL=STC+SSEL0;  //选定 ACLK 作为时钟源
                        //三线 SPI 模式
    U0BR0=0x04;        //波特率分频因子为 4
    U0BR1=0x00;
    U0MCTL=0x00;
    ME1|=USPIE0;      //SPI0 模块允许
    P3SEL|=0x0b;      //P3.1~P3.3 被模块占用
    P3SEL&.=~BIT2;    //P3.2 为输入模式
```

```
P3DIR|=0x0E;
```

```
//P3.1(SIM00)、P3.3(UCLK0) 设为输出模式
```

```
IFG1 &.=~URXIFG0;
```

```
IE1|=URXIE0;    //接收中断允许
```

#### 从机 MSP430F149

```
void S_Spi_Init (void) {
    UCTL1&.=~SWRST;
    UCTL1=CHAR+SYNC; //USART1 模块允许
                        //主从式三线方式
    UTCTL1=STC;
    ME2=USPIE1;
    P5SEL|=0x0F;
    P5DIR&.=0x04;
    P5DIR|=0x04;
    IE2|=URXIE1;
}
```

### 2.2 收/发数据的实现

通信模块在不使用时可以关闭,以降低功耗;而在接收和发送每一字节数据时都可以触发中断,从而使CPU退出低功耗模式<sup>[3]</sup>。 $URXBUF$ 寄存器是用来接收数据的寄存器。接收数据时,从该寄存器读出数据。 $UTXBUF$ 寄存器是用来发送数据的寄存器,当有数据需要发送的时候,将数据写入该寄存器。收发过程中要注意:①当有多个从器件时,主MCU和一个从MCU通信完成后,考虑到硬件电路中芯片元件的关断及导通时间,要经过一定的延时才能和第二个从MCU进行通信,否则会出现从器件无响应的状况。②SPI通信过程中,发送和接收中断有两个独立的中断控制位控制,即可以由 $URXIFG$ 或者 $UTXIFG$ 来实现。一般使用前者。接收到数据后,在接收中断中写入 $TXBUF$ 。③SPI主从式通信有一个显著特点是,从器件不能够主动发起传输,必须要由主器件来控制。解决的办法是,每隔一段时间就由MSP430F449向MSP430F149进行查询;另外也可以通过其他I/O线向MSP430F449提出中断请求,使其作出响应。④SPI是全双工串行接口,在发送数据的同时也在接收数据,即使对方没有发送数据。比如有时MSP430F449向MSP430F149发送数据时,尽管从机没有数据要送给主机,MSP430F449还是会接收来自MSP430F149的 $U1TXBUF$ 寄存器的数据并作数据处理。为了避免主机作无用的工作,当从机没有数据要发送时,可将 $U1TXBUF$ 寄存器写入 $0xFF$ ;在MSP430F449收到1帧数据均为 $0xFF$ 字节的情况下,可不作任何处理。

MSP430F449 的 SPI 通信主要软件流程图如图 3 所示。

在实验中发现, SPI 通信作为芯片级的通信, 在较好的电磁环境中一般不会发生数据的传输错误, 误码率极低, 但是为了使命令和数据的发送更为准确, 在某些场合 UCLK 引脚可拉高, 以保证通信自始至终 UCLK 引脚无意外的脉冲引入, 可有效避免因异常时钟信号引起误码。在软件中设置合理的波特率和数据帧格式, 也可极大提高数据传输的准确性。

RS-485 通信的帧格式如下:

帧标志	源地址	目标地址	控制命令	数据长度	数据	CRC 校验码
1 字节	1 字节	1 字节	2 字节	1 字节	由长度字节决定	2 字节

源地址: 发送该帧数据的单片机地址。

目标地址: 接收该帧数据的单片机地址。

数据长度: 数据帧中, 该数据帧携带的数据个数, 不包括控制字段和校验码。

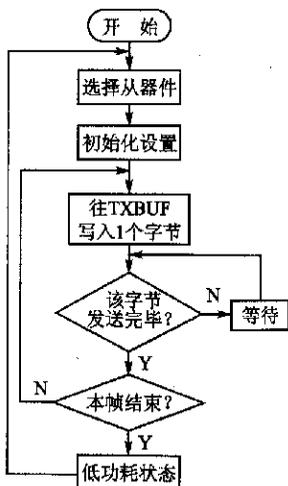


图 3 MSP430F449 的 SPI 通信流程

校验码: 采用的是 CCITT 的 CRC 校验方法, 对整个帧(除校验码本身)进行校验, 生成多项式为  $G(X) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$ 。

### 3 实际应用与小结

在基于 MSP430 系列单片机的采集系统中, MSP430F449 作为主机, 负责数据的存储、键盘控制、液晶显示和远程通信等功能; MSP430F149 作为从机, 进行数据的采集与分析。二者通过三线主从式的 SPI 通信进行命令发布与数据交流, 硬件电路简单, 通信快速、准确, 效果良好, 可满足工程需要。

#### 参考文献

- [1] 魏小龙. MSP430 系列单片机接口技术及系统设计实例 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [2] 李桐宇, 杨家玮. 用 SPI 总线实现 DSP 和 MCU 之间的高速通信 [J]. 电子元器件应用, 2006, 8(11): 28-30.
- [3] 胡大可. MSP430 系列单片机 C 语言程序设计与开发 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.

李福俊(硕士), 主要研究方向为单片机控制与信号处理; 姜学东(副教授), 主要研究方向为高频高压电源和工业控制。

(收稿日期: 2007-05-08)

只需要配置发送数据的物理地址、源地址、目的地址、数据类型及发送数据即可。数据的发送由两步完成: 首先, 把内存中的数据传入 MC9S12NE64 的发送缓冲区; 然后设置寄存器启动本地 DMA 将数据送入 FIFO 发送出去。

#### (3) 接收数据

在初始化程序中已经分配好了接收缓冲区的位置, 并且配置好了中断的模式。当有一个正确的数据包到来时, 控制器发出中断请求, 中断申请响应后, 进入中断服务程序并开始接收数据。在查询方式下, 通过查询 CURR 和 BNRY 两个寄存器的值来判断是否收到 1 帧数据。当 BNRY + 1 与 CURR 不等时, 说明接收缓冲区接收到了新的数据帧。若收到新数据帧, 则先读取前 2 个字的数据, 这 2 字的数据代表此次传输的数据帧的基本状态: 第 1 个字的低字节表示接收状态, 第 1 个字的高字节为下一个包的开始地址指针; 第 2 个字节为本数据包的长度(以字节为单位计算)。本课题采用中断和查询组合的方式接收数据包。

### 结 语

将 MC9S12NE64 以总线方式与 FPGA 进行通信具有

以下优点: 速度快, 其通信工作时序是纯硬件行为; 节省 FPGA 的 I/O 口线; 相对于非总线方式, 编程简单控制可靠; 在 FPGA 中通过逻辑切换 MC9S12NE64 易于与 SDRAM 或 ROM 接口。该设计增强了系统的灵活性, 实现了高速的以太网数据传输, 具有广阔的应用前景。

编者注: 自定义接口源代码见本刊网站 [www.mesnet.com.cn](http://www.mesnet.com.cn)。

#### 参考文献

- [1] 徐光辉, 黄如. 基于 FPGA 的嵌入式开发与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [2] 任爱锋. 基于 FPGA 的嵌入式系统设计 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [3] 彭澄廉. 挑战 SOC——基于 NIOS 的 SOPC 设计与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [4] 江国强. SOPC 技术与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

张嘉森, 主要研究方向为宽带综合数据光同步网节点计算机接口设计。

(收修改稿日期: 2007-05-17)

# MSP430系列多单片机间的SPI主从通信

作者: [李福俊](#), [姜学东](#), [Li Fujun](#), [Jiang XueDong](#)  
作者单位: [北京交通大学](#)  
刊名: [单片机与嵌入式系统应用](#)  
英文刊名: [MICROCONTROLLERS & EMBEDDED SYSTEMS](#)  
年, 卷(期): 2007, (9)  
引用次数: 0次

## 参考文献(3条)

1. 魏小龙 [MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例](#) 2002
2. 李桐宇, 杨家玮 [用SPI总线实现DSP和MCU之间的高速通信](#) 2006(11)
3. 胡大可 [MSP430系列单片机C语言程序设计与开发](#) 2003

## 相似文献(3条)

1. 期刊论文 [李福俊, 姜学东, 郝得宁, LI Fu-jun, JIANG Xue-dong, HAO De-ning 基于双MSP430单片机的风力数据采集系统—仪表技术与传感器2008\(5\)](#)

利用多路测风传感器采集风速和风向数据,设计了一种新型的基于双MSP430系列单片机的风力数据采集系统.介绍了系统的硬件电路和软件设计.2个单片机协同工作,从机MSP430F149负责数据采集、计算与分析,主机MSP430F449负责存储、显示和时间读取.利用MSP430单片机固有的USART模块,采用SPI总线进行串行通信,实现处理器之间的命令控制和数据交换,提高了系统的实时性.硬件结构紧凑,满足了多任务、低功耗、便携式的工程需要.

2. 学位论文 [李福俊 基于MSP430单片机的气象数据采集系统 2007](#)

该气象数据采集系统主要用来采集和处理风速、风向、雨量、气压、温度、湿度六个气象要素,具有功耗低、自动化、设置灵活等特点. 本课题是与新疆信通水利有限公司合作的横向课题.根据实际工程的需要,采用了具有卓越低功耗性能的MSP430系列单片机作为核心器件,组成主从式的多处理器系统.整个系统由管理模块、模拟量模块、数字量模块和通信模块四部分组成.管理模块作为主模块,采用MSP430F449等元器件,实现时钟读取、信息配置、液晶显示、键盘控制、MMC卡便携式数据存储等功能;其他三个模块作为从模块,分别采用MSP430F149等元器件,其中数字量、模拟量模块分别实现数字量、模拟量气象数据的采集、计算和分析,通信量模块通过RS-485、RS-232等通信接口,接收上位机的命令并对上位机进行数据发布.主模块和三个从模块通过SPI通信方式进行命令发布与数据传输,保证了通信的效率和可靠性.系统采用C语言进行编程,易于维护和修改. 文章首先介绍了气象数据采集系统的整体功能;其次介绍了各个模块的硬件电路设计,说明了相应元器件的选择和应用,阐述了各部分控制原理和软件调试;然后介绍了主机和从机之间的SPI通信,描述了通信协议的制定和编程思路,最后说明了整个设计的注意事项和实际测试情况. 实践应用表明,该气象数据采集系统是可行的.它不但能够满足西北落后地区自动气象站对数据采集的要求,也为其他数据采集系统提供了思路和方法.

3. 学位论文 [王治伟 珩磨轮“愚一埋”法电镀CBN工艺自动控制系统的研究与开发 2006](#)

现代微电子技术和计算机技术的迅猛发展,使传统的工业生产发生了深刻的变化.新一代高性能微控制器的普遍应用,将许多传统制造工艺的过程控制技术提高到了一个崭新的阶段. 本文针对珩磨轮“愚一埋”法电镀CBN原有工艺中主要以人工操作为主,制备周期长,效率低,成本高,受人因为因素影响大,CBN镀层质量难以保证等问题,应用新一代高性能16位单片机MSP430对珩磨轮电镀CBN工艺自动控制系统进行了研究和开发.根据已有珩磨轮电镀CBN的工艺要求,本文通过控制电镀过程中珩磨轮转速和转角以及控制电镀流程开始和结束时珩磨轮的升降运动,实现了珩磨轮电镀工艺过程的程序自动控制;通过控制电镀液的温度,满足了珩磨轮电镀CBN工艺对保持镀液温度恒定的要求. 本文首先分析研究了原有珩磨轮电镀CBN工艺的特点,制定了程序控制的电镀CBN工艺流程,同时完成了电镀CBN工艺自动控制系统机械传动部分的设计,其中包括减速器的设计和升降运动控制机构的设计.

本文对系统的控制原理、硬件组成及控制方式进行了深入研究,采用分级控制结构,PC机为第一级,单片机控制模块为第二级,变频调速主电路、加热器驱动主电路和执行部件为第三级.为保证各级之间的协调控制,设计了系统的串行通信功能. 通过性能对比,选用MSP430F449和F149型单片机作为系统的主控芯片,同时研究了MSP430单片机的结构原理及其FET开发方法.根据各控制模块的工作原理,设计制作了单片机控制模块的实验电路板,并给出了相应的控制电路及部分控制代码. 本系统以异步电机作为动力源,采用变频调速的方法,应用MSP430F149单片机通过规则采样法来输出三相SPWM波形,从而实现了逆变器的SPWM控制.为提高变频系统的控制性能,对珩磨轮电镀中的转速和位置进行闭环PID控制,用增量式光电脉冲编码器将珩磨轮的转速和位置信号反馈给系统,控制系统根据给定值与反馈值计算偏差,进而对控制量进行调节. 对温度控制模块,根据原有珩磨轮电镀CBN实验槽槽的结构特点,在内、外槽槽分别配以不同的温度测量元件,使用双向可控硅作为加热器的开关元件,设计了镀液温度控制模块的硬件电路.针对本系统大惯性、大滞后的特点,运用模糊控制算法对温度进行控制,较好地解决了其他控制方式难以解决的温度控制的超调问题. 最后,论文详细的介绍了PC机和主单片机之间、主单片机和从单片机之间的通信方法,编制了PC机通信控制界面,并进行了通信实验.另外,利用PC机的实时监测功能,对珩磨轮转速闭环PID控制参数进行了测定,从而验证了PID控制器的有效性,取得了较为满意的控制效果.

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_dpjyqrsxtyy200709006.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dpjyqrsxtyy200709006.aspx)

下载时间: 2010年1月11日