



# 串行外设接口协议SPI模式

# 主要内容

- SPI总线协议
  - 总线结构
  - 工作模式
  - 数据传输时序
- MSP430 SPI模块
  - 模块的特性
  - 主从机模式
  - SPI模块寄存器

# SPI总线介绍

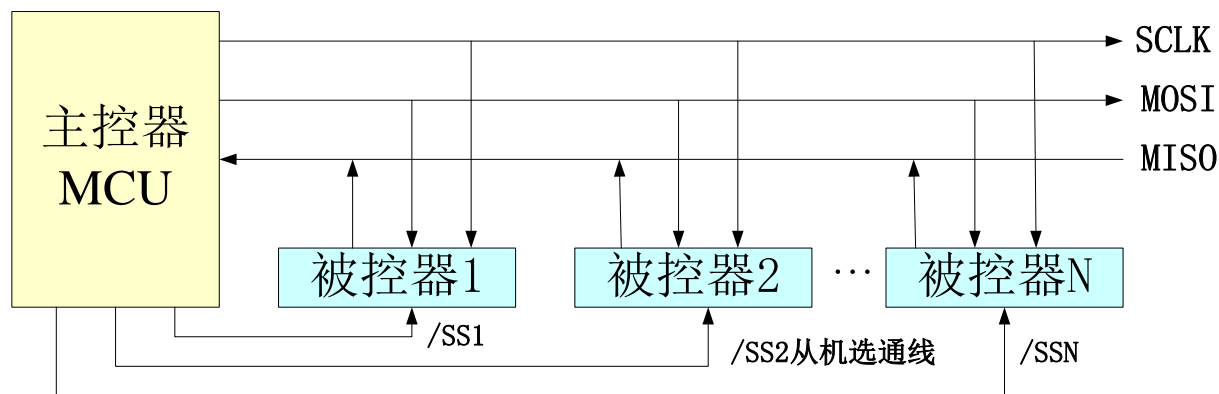
- SPI接口是Motorola首先提出的**全双工**三/四线**同步**串行外围接口，采用主从模式架构，支持多从设备应用，一般只支持单主设备。
- 利用3~4条线完成两个芯片之间的双工高速通信。两条数据线用于收发数据，一条时钟线用于同步，一条作为从机选择。
- 时钟由主设备控制，当主机发送一字节数据（通过主出从入MOSI引脚）的同时，从机返回一字节数据（通过主入从出MISO引脚）。
- 总线上允许连接多个设备，在同一时刻只允许一个主机操作总线，并且同时只能与一个从机通信。主机控制数据的传输过程。
- 目前应用中的数据传输速率可达Mbps级（每秒传输的位数，波特率）。

# SPI总线结构

SPI总线可在软件的控制下构成各种简单的或复杂的系统：

- 1个主MCU和几个从MCU
- 几个从MCU相互连接构成多主机系统(分布式系统)
- 1个主MCU和1个或几个从I/O设备 <常用>

SPI典型结构如下：



# SPI工作模式

- 主机模式：

当器件作为主机时，使用一个IO引脚拉低相应从机的选择引脚(STE)，传输的起始由主机发送数据来启动，时钟(SCLK)信号由主机产生。通过MOSI发送数据，同时通过MISO引脚接收从机发出的数据。

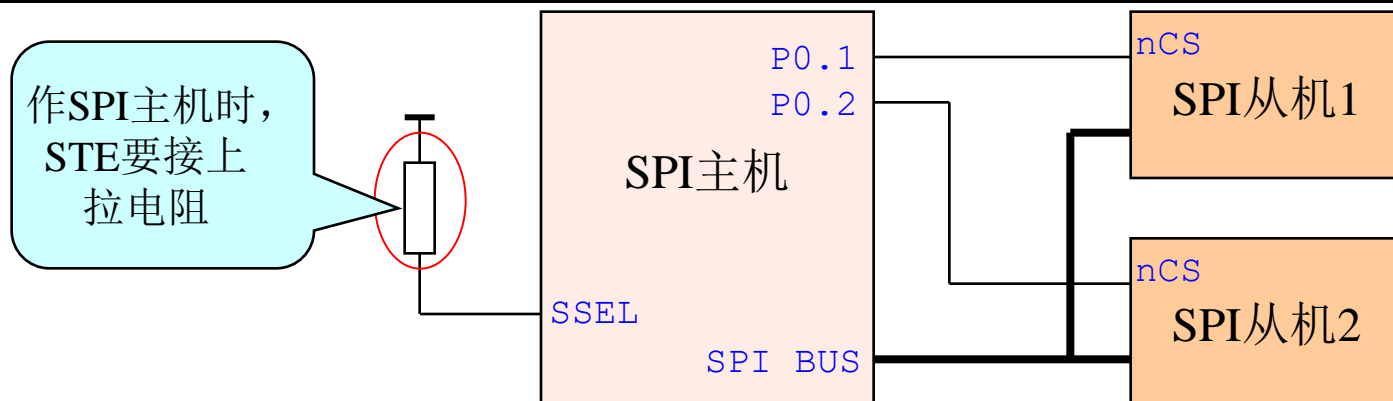
- 从机模式：

当器件作为从机时，传输在从机选择引脚(STE)被主机拉低后开始，接收主机输出的时钟信号，在读取主机数据的同时通过MISO引脚输出数据。

# SPI电气连接

以 4 线SPI为例，其通信时需要的4个引脚分别为：

引脚名称	类型	描述
SCLK	输入/输出	<b>串行时钟</b> ，用于同步SPI接口间数据传输的时钟信号。该时钟信号总是由主机驱动，并且从机接收
STE	输入	<b>从机选择</b> ，SPI从机选择信号是一个低有效信号，用于指示被选择参与数据传输的从机。每个从机都有各自特定的从机选择输入信号。
MISO	输入/输出	<b>主入从出</b> ，MISO信号是一个单向的信号，它将数据由从机传输到主机。
MOSI	输入/输出	<b>主出从入</b> ，MOSI信号是一个单向的信号，它将数据从主机传输到从机。



# STE引脚作用

- STE：从机模式发送接收允许控制引脚，控制多主从系统中的多个从机。该引脚不用于3线SPI操作，可以在4线SPI操作中使多主机共享总线，避免发生冲突。
- 4线SPI操作主模式中，STE的含义如下：
  - SIMO和SCLK被强制进入输入状态
  - SIMO和SCLK正常操作
- 4线SPI操作从模式中，STE的含义如下：
  - 允许从机发送接收数据，SIMO正常操作
  - 禁止从机发送接收数据，SIMO被强制进入输入状态

# SPI数据传输

数据传输格式：

通常是高位(MSB)在前，低位(LSB)在后。一些增强型MCU中可以通过软件设置高位在前或低位在前。

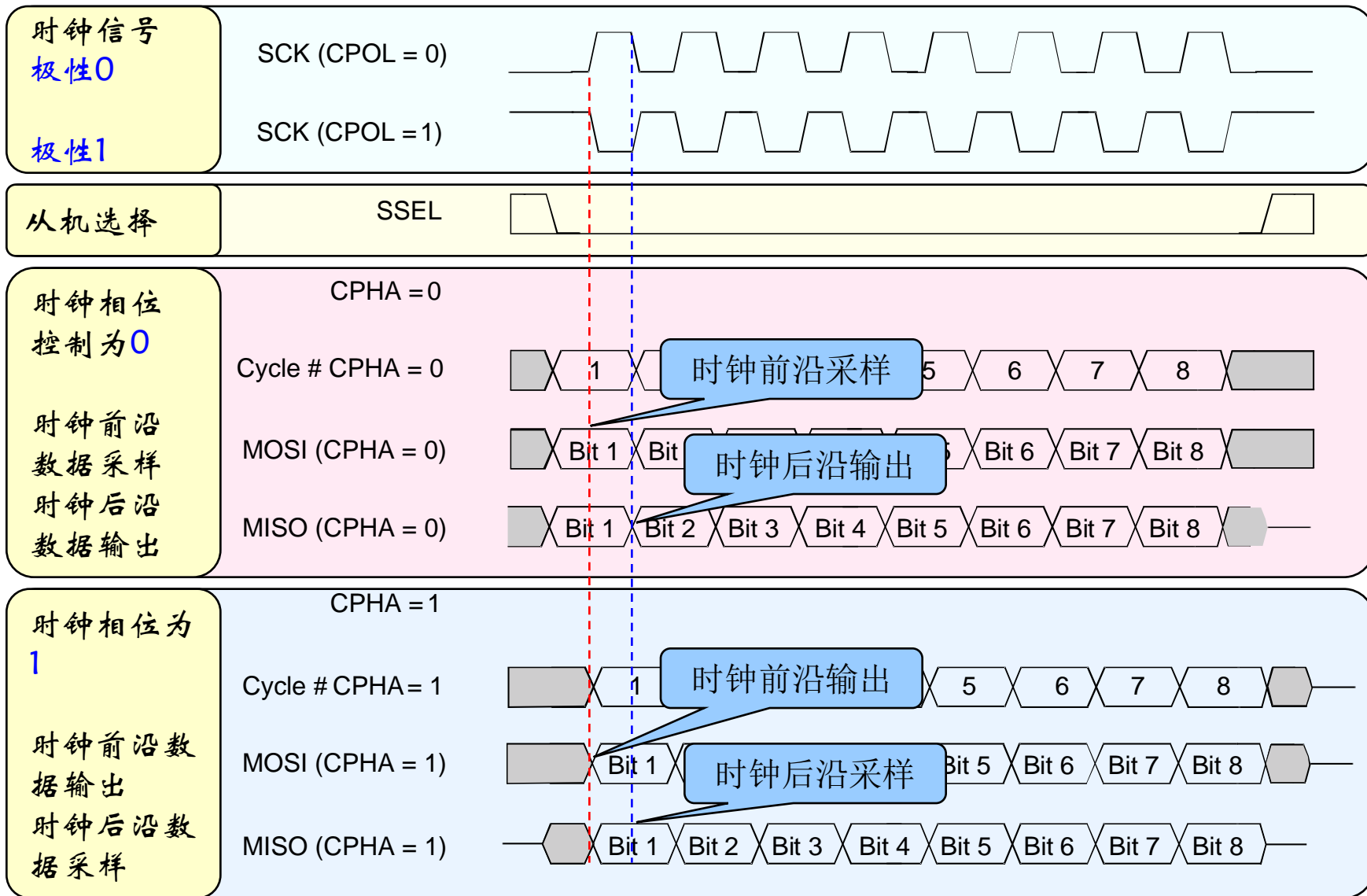
下面以8位数据的传输为例，看一下4种不同数据传输格式的时序。首先介绍两个概念：

**1.时钟极性：**表示时钟信号在空闲时是高电平还是低电平。

**2.时钟相位：**决定数据是在SCLK的上升沿采样还是在SCLK的结束沿采样。



# SPI传输时序



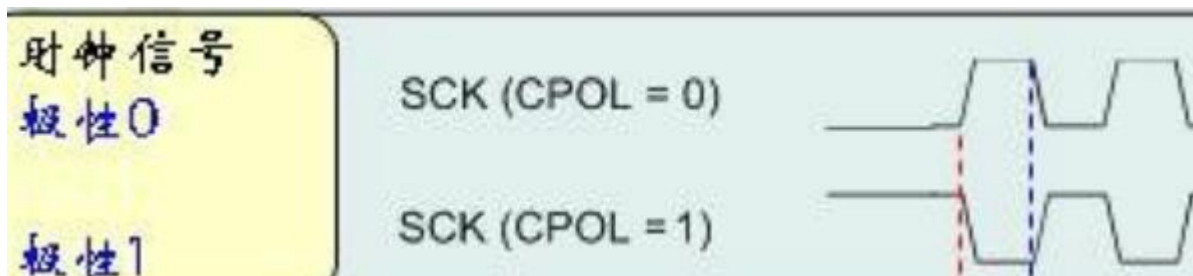
# 传输模式

根据时钟极性(CPOL)及相位(CPHA)不同可以组合成4种工作模式：SPI0, SPI1, SP2, SP3.

- (1) SPI0: CPOL=0,CPHA=0
- (2) SPI1: CPOL=0,CPHA=1
- (3) SPI2: CPOL=1,CPHA=0
- (4) SPI3: CPOL=1,CPHA=1

# 传输模式

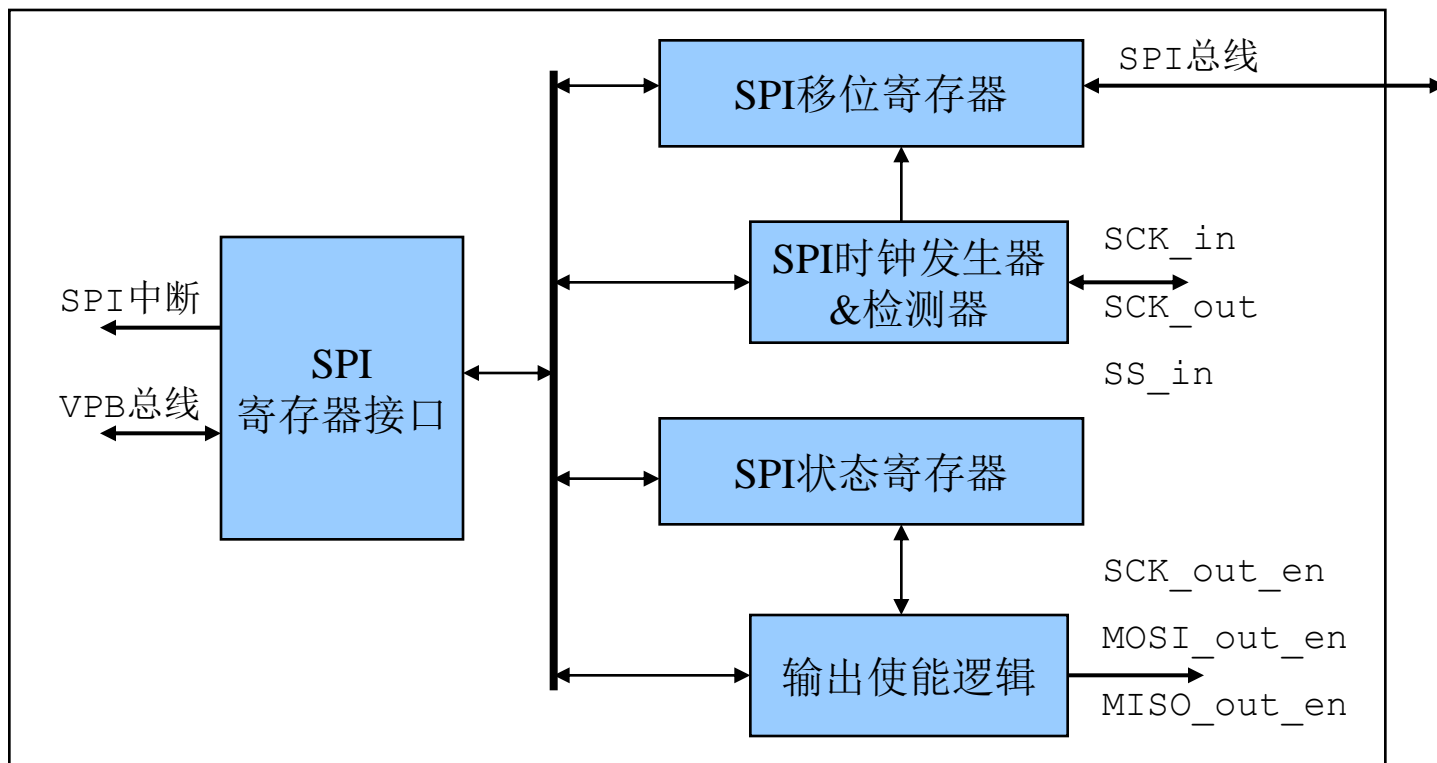
- 时钟极性(CPOL)定义了时钟空闲状态电平，对传输协议没有重大影响。
- CPOL=0：时钟空闲状态为低电平。
- CPOL=1：时钟空闲状态为高电平。



# 传输模式

- 时钟相位(CPHA)定义数据的采样时间。
- CPHA=0: 在时钟的第一个跳变沿(上升沿或下降沿)进行数据采样。
- CPHA=1: 在时钟的第二个跳变沿(上升沿或下降沿)进行数据采样。

# SPI接口内部结构



# 特点

- 优点：
  - (1) 接口简单，利于硬件设计与实现。
  - (2) 时钟速度快，且没有系统开销。
  - (3) 相对抗干扰能力强，传输稳定。

# 特点

缺点：

- (1) 缺乏流控制机制，无论主器件还是从器件均不对消息进行确认，主器件无法知道从器件是否繁忙。因此，需要软件弥补，增加了软件开发工作量。
- (2) 没有多主器件协议，必须采用很复杂的软件和外部逻辑来实现多主器件架构。

# 通用串行通信接口(USCI)模块

- 通用串行通信接口(USCI)模块支持多种串行通信模式。不同的USCI 模块支持不同的模式
- USCI\_Ax 模块支持：
  - UART 模式
  - IrDA 通信的脉冲整形
  - LIN 通信的自动波特率检测
  - SPI 模式
- USCI\_Bx 模块支持：
  - I2C 模式
  - SPI 模式



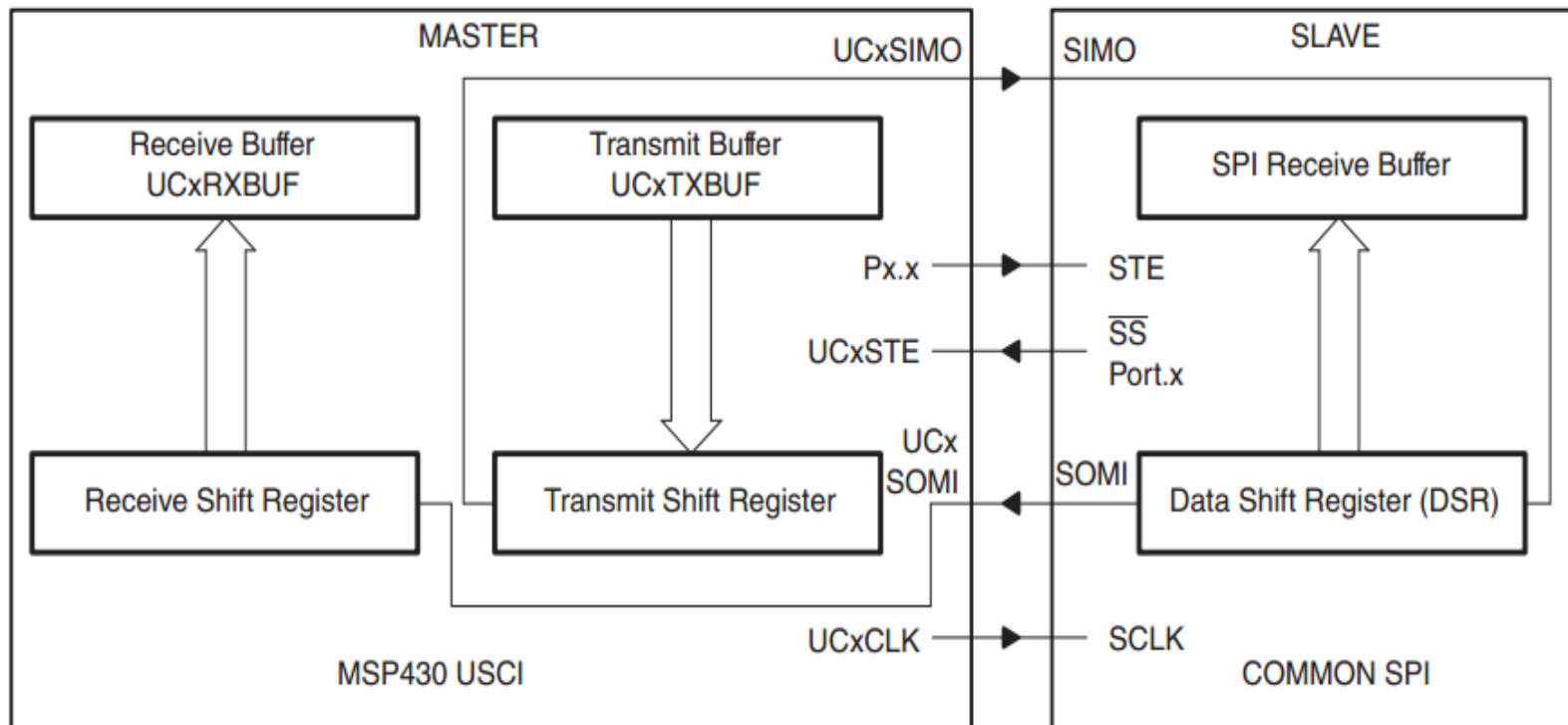
# MSP430模块特点

MSP430的SPI模块有如下特点：

- 支持3线或4线SPI操作
- 支持7位或8位数据格式
- 接收和发送有单独的移位寄存器
- 接收和发送有独立的缓冲器
- 接收和发送有独立的中断能力
- 时钟的极性和相位可编程
- 主模式的时钟频率可编程
- 传输速率可编程
- 支持连续收发操作
- 支持主从方式

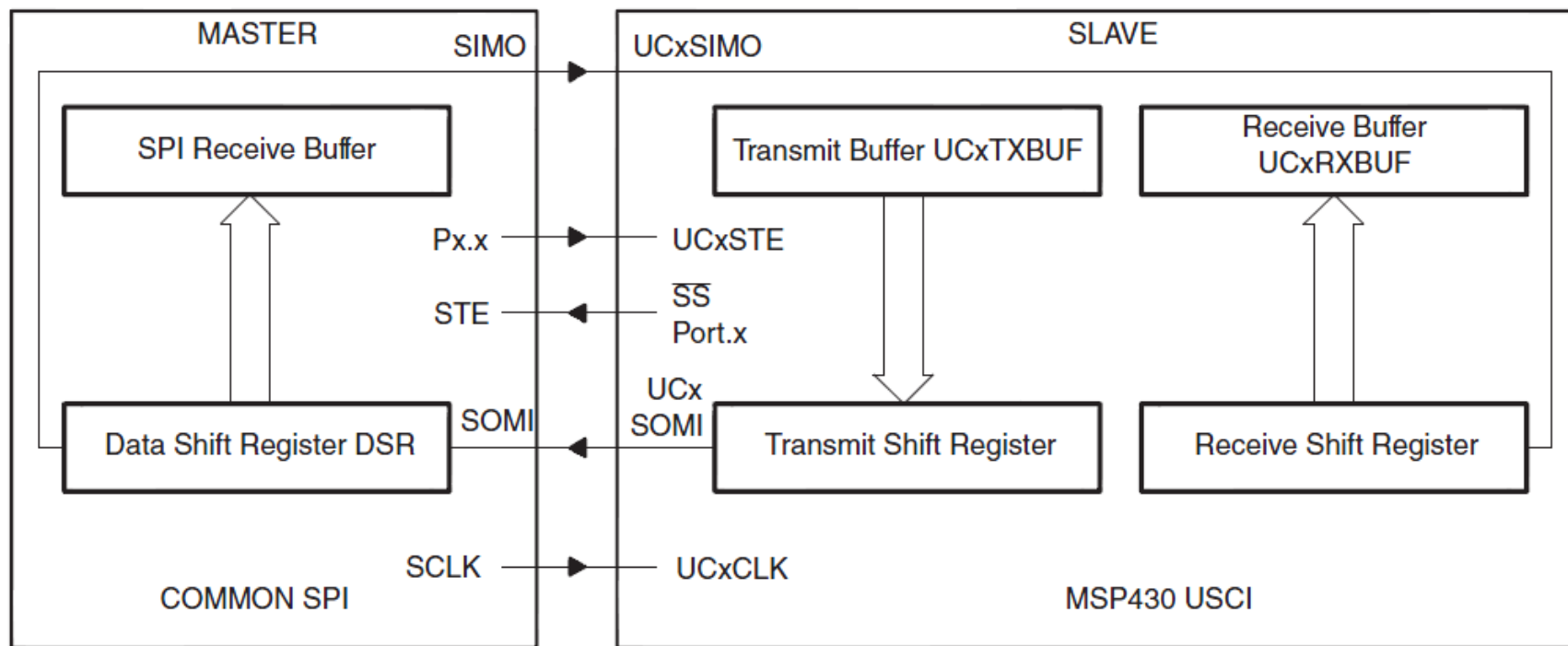
# 主模式

MSP430 USCI作为主机、外围设备作为从机

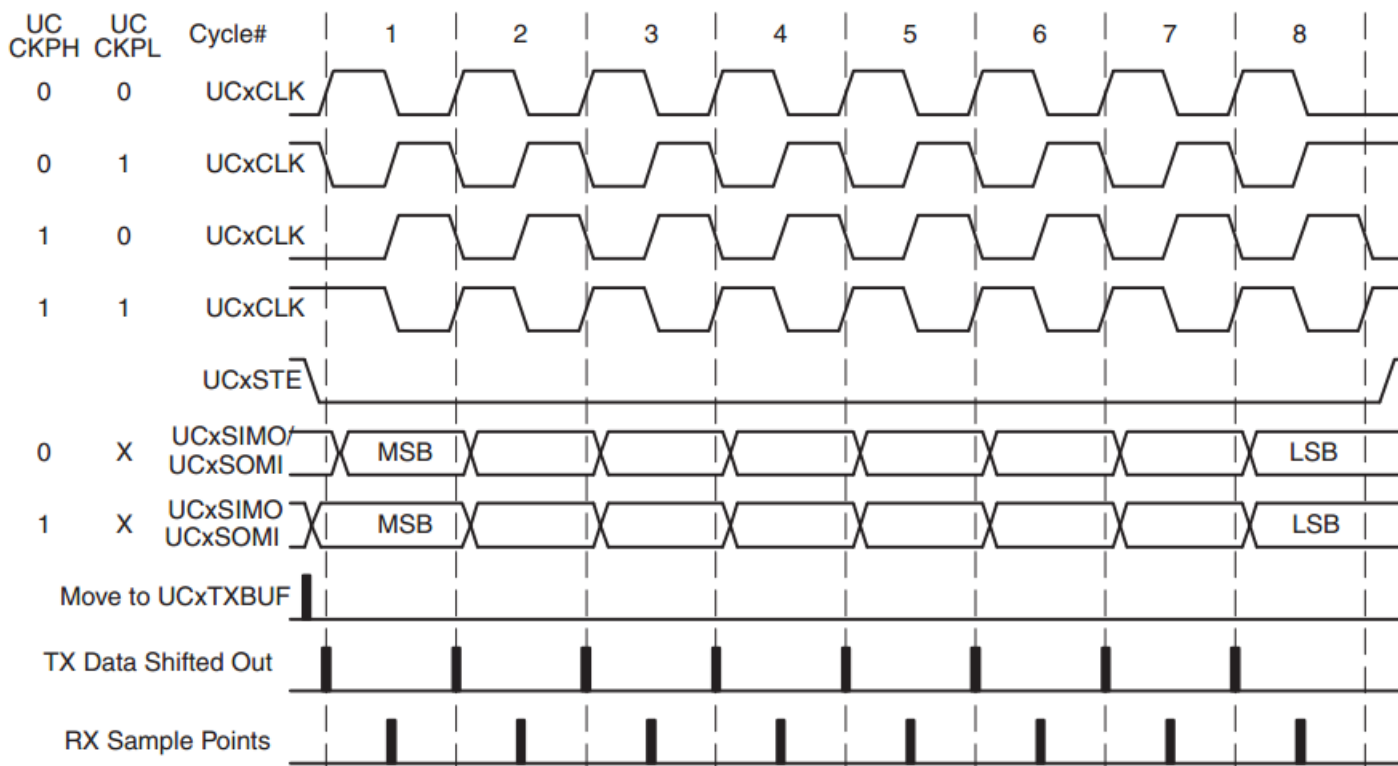


# 从模式

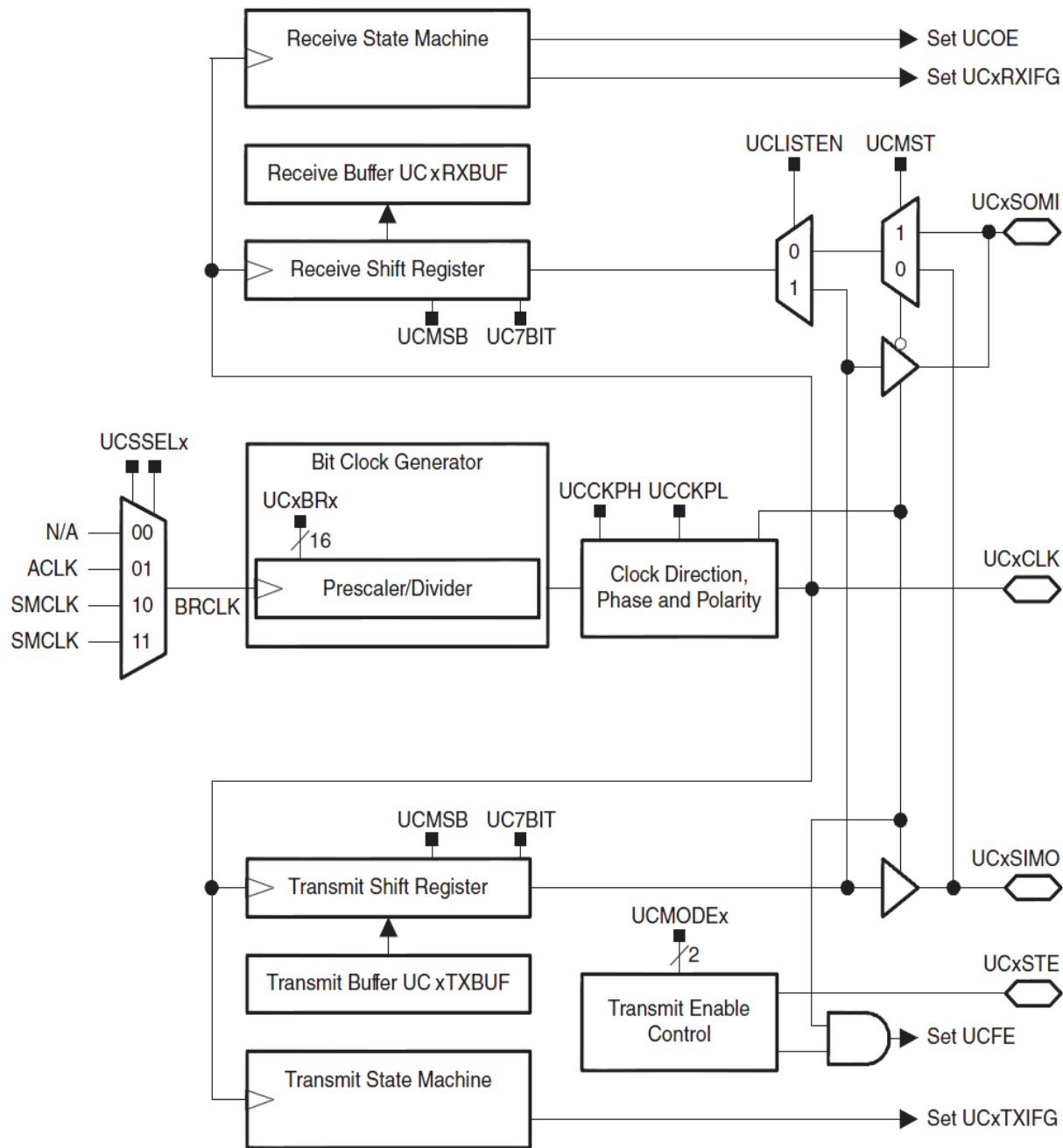
外围设备作为主机，MSP430 USCI作为从机



# UCSI串行时序



同步串行通信时序，**UCMSB=1**



# SPI模式下可用的USCI寄存器

USCI\_Ax和USCI\_Bx都有SPI模块，下面以USCI\_Bx为例，介绍相关寄存器

名称	描述	访问	复位值	寄存器访问
UCBxCTLW0	USCI_Bx控制字0	读/写	0001h	字
UCBxBRW	USCI_Bx波特率控制字	读/写	0000h	字
UCBxMCTL	USCI_Bx调制器控制			
UCBxSTAT	USCI_Bx状态寄存器	读/写	00h	字节
UCBxRXBUF	USCI_Bx接收缓存	读/写	00h	字节
UCBxTXBUF	USCI_Bx发送缓存	读/写	00h	字节
UCBxI2COA	USCI_Bx I2C本机地址	读/写	0000h	字
UCBxI2CSA	USCI_Bx I2C从机地址	读/写	0000h	字
UCBxICTL	USCI_Bx中断控制	读/写	0200h	字
UCBxIE	USCI_Bx中断使能	读/写	00h	字节
UCBxIFG	USCI_Bx中断标志	读/写	02h	字节
UCBxIV	USCI_Bx中断向量	读	0000h	字







# 课堂任务+作业

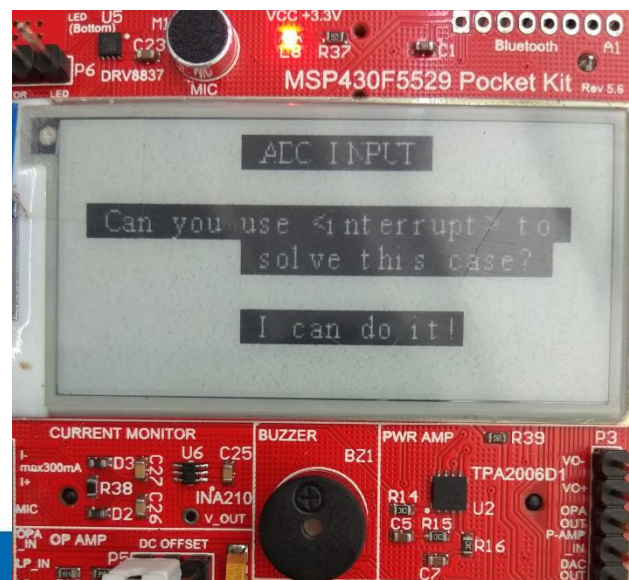
- 课上实验:

指导书中SPI实验内容，下载老师提供代码查看电子纸屏幕显示内容并做记录。

要求 (1) 结合给定电子纸屏幕用户说明书和老师课上SPI通信内容的讲解，学习电子纸屏幕的驱动代码。  
(2) 记录电子纸屏幕显示内容。

- 作业(选做):

(1) 指导书P57页4.4.2节。



谢谢