

## 第9章 串行外设接口SPI

SPI是一个高速同步串行输入/输出端口, 传送速率可编程, 应用: 外部移位寄存器、D/A转换器、A/D转换器、串行EEPROM、LED显示驱动器等外部设备进行扩展。

### 9.1 串行外设接口的结构

4个外部引脚, 以下引脚都可用作数字I/O引脚。

- **SPISIMO**, SPI从输入、主输出;
- **SPISOMI**, SPI主输入、从输出;
- **SPICLK**, SPI时钟;
- **SPISTE\***, SPI从发送使能。

SPI 模块中有**9个寄存器**用于控制该模块的操作：

- (1) **SPICCR**: SPI 配置控制寄存器。
- (2) **SPICTL**: SPI 操作控制寄存器。
- (3) **SPISTS**: SPI 状态寄存器。
- (4) **SPIBRR**: SPI 波特率寄存器。
- (5) **SPIRXEMU**: SPI 仿真缓冲寄存器。
- (6) **SPIRXBUF**: SPI 串行输入缓冲寄存器。
- (7) **SPI TXBUF**: SPI 串行发送缓冲寄存器。
- (8) **SPI DAT**: SPI 串行数据寄存器。
- (9) **SPI PRI**: SPI 优先级控制。

## 9.2 SPI操作

图9-2是SPI用于两个控制器（一个主控制器和一个从控制器）通信的典型连接方式。



图9-2 SPI主/从控制器连接

- 由图9-2可知，SPI有**两种**工作模式：**主模式**和**从模式**，操作模式由**SPICTL. 2 (MASTER/SLAVE位)** 决定。
- 主控制器控制SPICLK信号，通过发出SPICLK信号启动数据发送，从控制器则通过检测SPICLK信号接收数据。
- 一个主控制器可以连接多个从控制器，但是**一次只允许一个从控制器给主控制器发送数据**

SPI可工作于主模式或从模式。

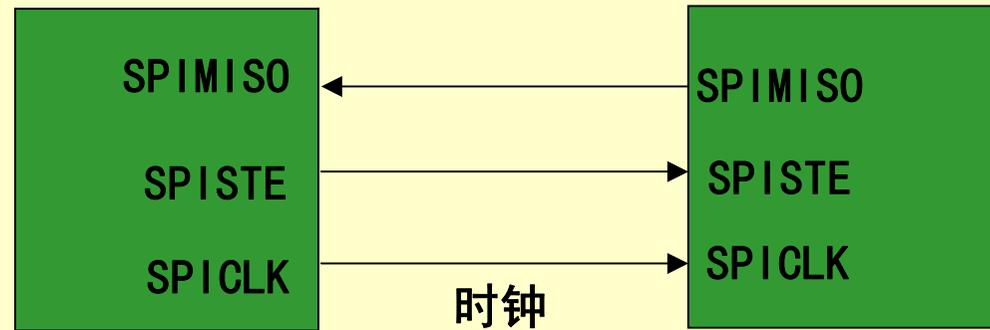
SPICTL. 2位——MASTER/SLAVE用来选择操作模式和  
SPICLK的源。

### (1) 主模式

将Master的数据传送给Slave，8位数据传送，传送完毕，  
申请中断。



## (2) 从模式



8位数据传送，传送完毕，申请中断。

## 9.3 串行外设接口中断

有五个控制位用于初始化串行外设接口的中断：

- SPI 中断使能位：SPI INT ENA (SPICTL. 0)；
- SPI 中断标志位：SPI INT FLAG (SPISTS. 6)；
- SPI 超限中断使能位：OVERRUN INT ENA (SPICTL. 4)；
- SPI 接收器超限中断标志位：RECEIVER OVERRUN FLAG (SPISTS. 7)
- SPI 中断优先级选择位：SPI PRIORITY (SPIPRI. 6)。

## 9.4 数据格式



- SPI通信时，要发送的数据从SPIDAT寄存器的MSB依次移出，接收的数据则从SPIDAT的LSB依次移入。
- SPI数据字符位数（1-16位）由SPICCR. 3-0指定。
- 当写入SPIDAT或SPITXBUF时，数据必须是左对齐的。
- 数据从SPIRXBUF读回时是右对齐的。

## 9.5 SPI波特率和时钟模式

SPI模块支持**125种**不同的波特率和**4种不同的时钟模式**。SPI**最大波特率**为CLKOUT频率的四分之一。

## 9.5.1 SPI波特率的确定

SPI波特率取决于CLKOUT和SPIBRR的值。

(1) 对于SPIBRR=3-127

$$\text{SPI波特率} = \text{CLKOUT} / (\text{SPIBRR} + 1)$$

(2) 对于SPIBRR=0-2

$$\text{SPI波特率} = \text{CLKOUT} / 4$$

$$\text{SPI最大波特率} = \text{CLKOUT} / 4 = 10\text{MHz}$$

## 9.5.2 SPI时钟模式

SPI有四种时钟模式，由CLOCK POLARITY 和CLOCK PHASE位控制。 CLOCK POLARITY 位选择时钟的有效

沿是上升沿还是下降沿， CLOCK PHASE位选择是否有半个时钟周期的延时。

(1) **下降沿，无延时**：SPI在时钟下降沿发送数据，在时钟的上升沿接收数据；

(2) **下降沿，有延时**：SPI在时钟下降沿前半个周期发送数据，在时钟的下降沿接收数据；

(3) **上升沿，无延时**：SPI在时钟上升沿发送数据，在时钟的下降沿接收数据；

(4) **上升沿，有延时**：SPI在时钟上升沿前半个周期发送数据，在时钟的上升沿接收数据。

4种时钟模式如图9-4所示。

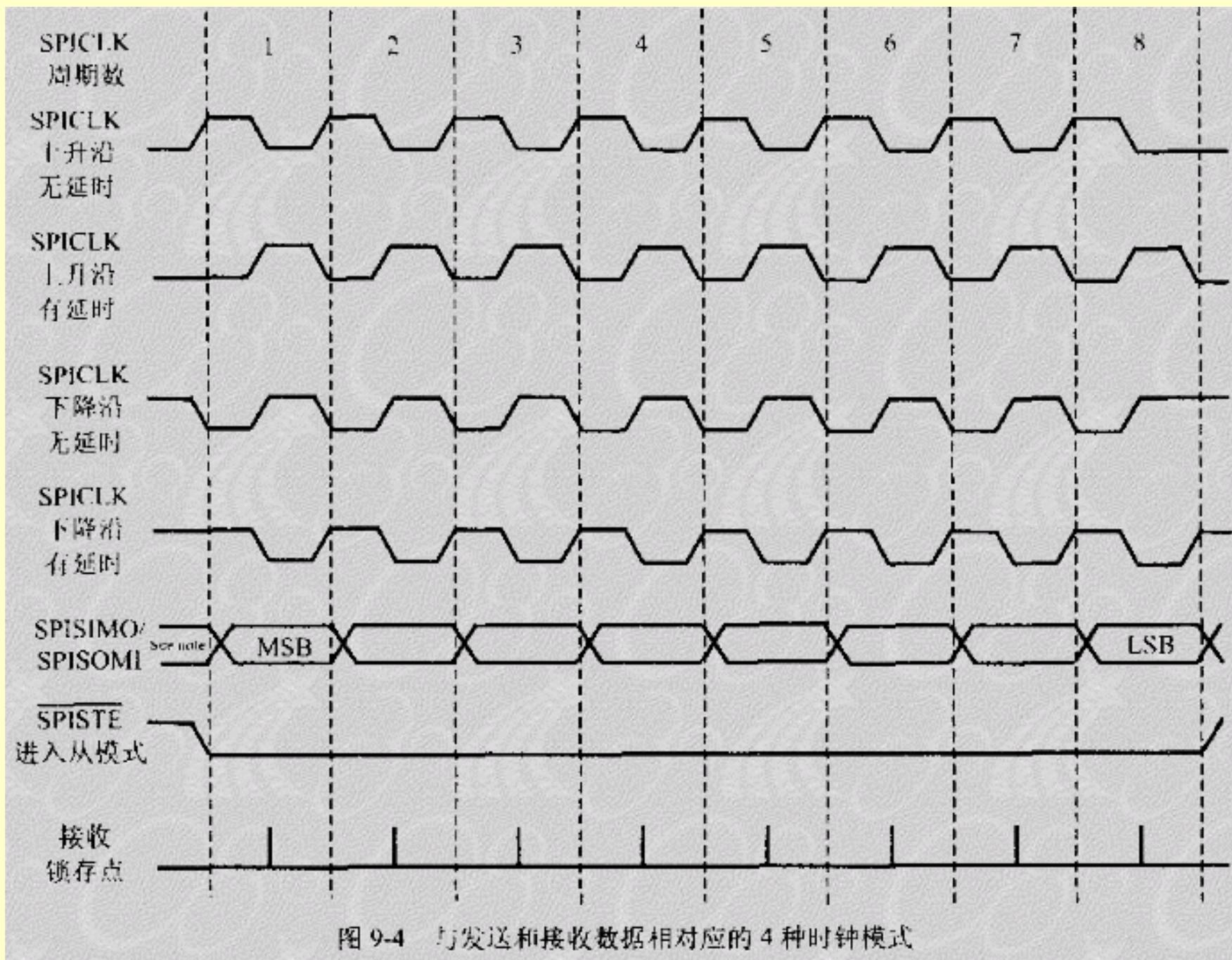


图 9-4 与发送和接收数据相对应的 4 种时钟模式

## 9.6 SPI的复位和初始化

系统复位使SPI管脚功能被选定为通用输入，要对SPI的配置，需要做以下工作：

- (1) 设置SPI SW RESET位（SPICCR. 7）的值为0，强制SPI复位；
- (2) 初始化SPI的配置、格式、波特率和管脚功能为期望值；
- (3) 设置SPI SW RESET位为1，从复位状态释放SPI；
- (4) 向SPIDAT或SPITXBUF写数据；
- (5) 数据发送完成后（SPISTS. 6=1），读取SPIRXBUF已确定接收的数据。

## SPI应用实例（控制串行D/A）

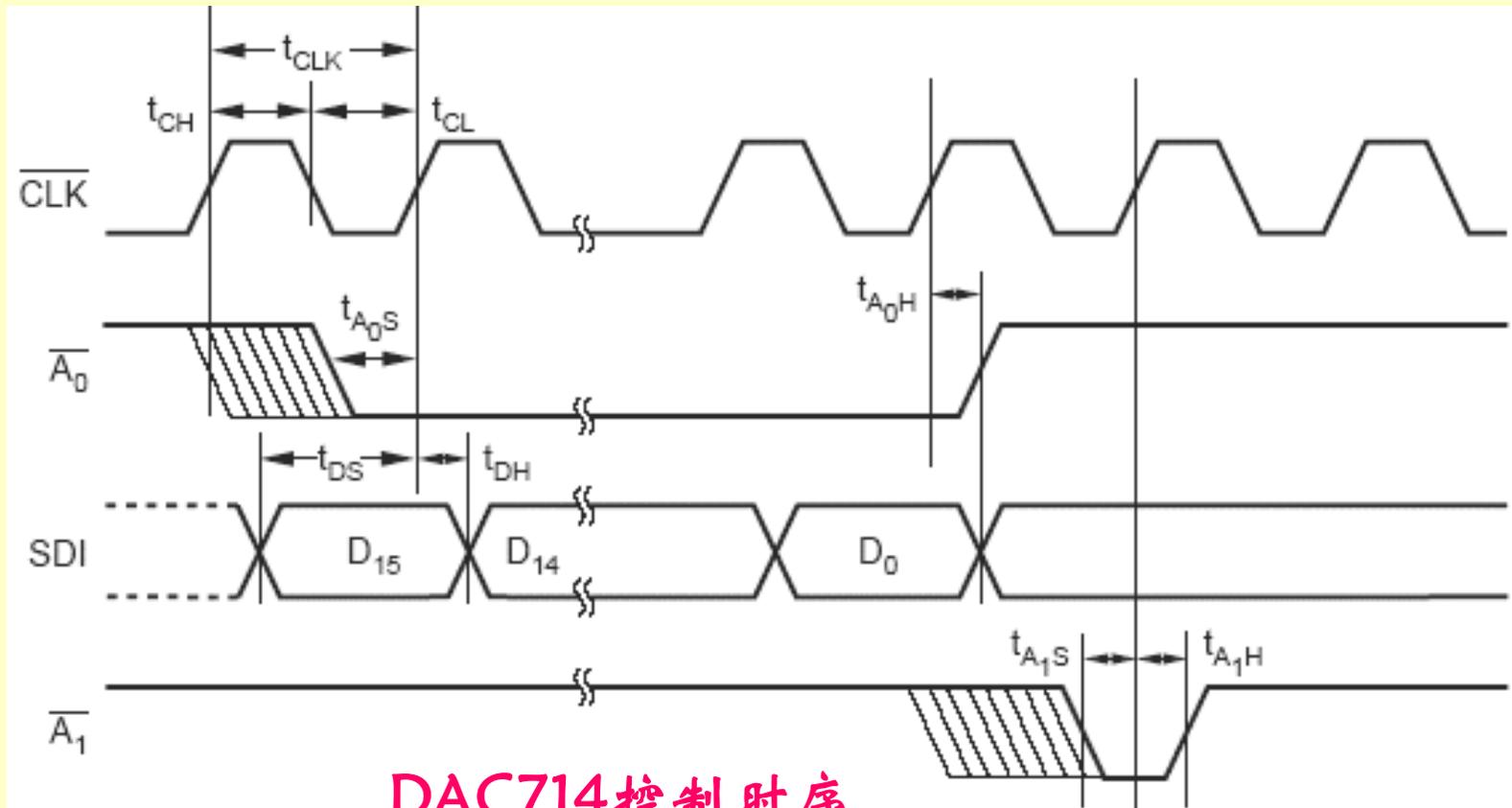
**DAC714**是美国BB公司生产的16位具有串行接口的数模转换器，电压输出型，输出范围是-10V+10V。

串行时钟

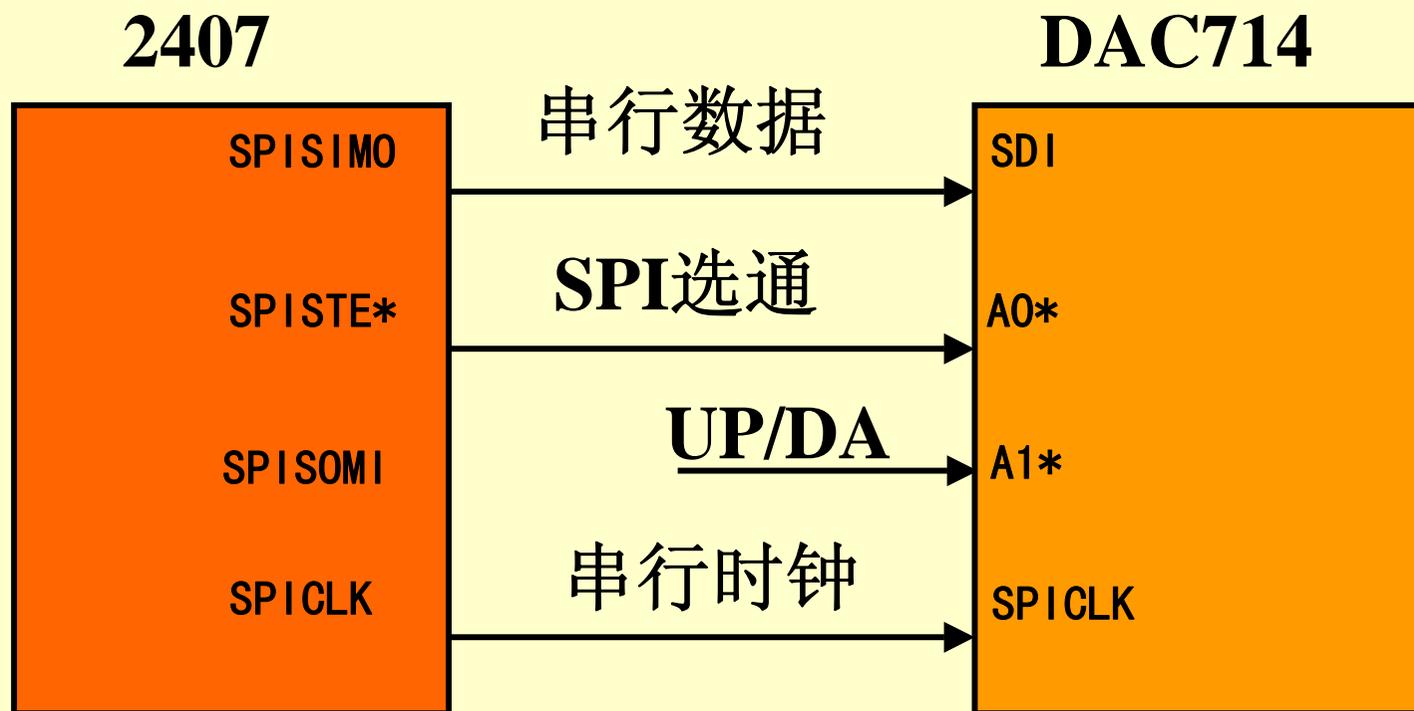
数据输入使能引脚

串行数据输入引脚

数据更新使能引脚



DAC714控制时序



DSP与DAC714连接框图

由控制时序图可知，SPI时钟模式应为下降沿，无延时。即SPI在时钟下降沿发送数据，在时钟的上升沿将数据锁存到DAC714。