

第10章 串行外设接口SPI

SPI: 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、A/D、串行EEPROM、LED显示驱动器等外部设备进行扩展。

10.1 串行外设接口的结构

(1) 4个外部引脚, 以下引脚都可用作数字I/O引脚。

- **SPI SIMO**—SPI从输入、主输出
- **SPI SOMI**—SPI主输入、从输出
- **SPI CLK** —SPI时钟
- **SPI STE***—SPI从发送使能

(2) 主 / 从操作模式。

(3) 发送、接收双缓冲。

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) SPITXBUF: SPI 串行发送缓冲寄存器。

(8) SPIDAT: SPI 串行数据寄存器。

(9) SPIPRI: SPI 优先级控制。

10.2 SPI 操作

下图是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。

SPI 主控制器

SPI 从控制器



SPI 主/从控制器连接

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。

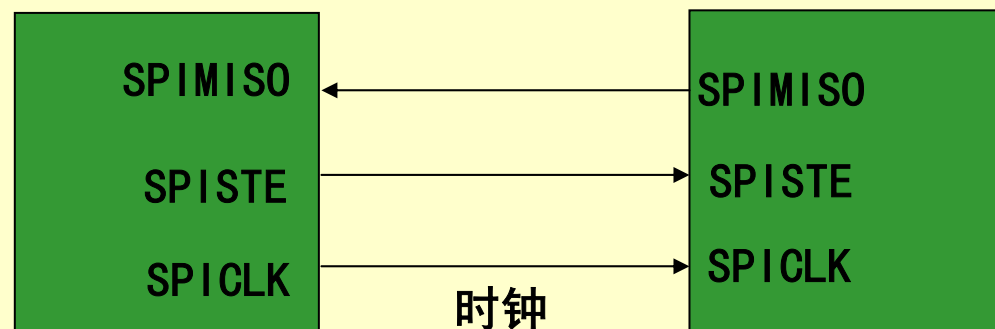
(1) 主模式

将Master的数据传送给Slave，数据传送完毕，申请中断。



(2) 从模式

将 Slave的数据传送给 Master，数据传送完毕，申请中断。



- 由图知，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。
- 数据的**发送方式**有三种：
 - (1) **主控制器**发送数据，**从控制器**发送**伪数据**；
 - (2) **主控制器**发送数据，**从控制器**发送**数据**；
 - (3) **主控制器**发送**伪数据**，**从控制器**发送**数据**。
- **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

10.3 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)。

10.4 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。

10.5 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。

10.5.1 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

$$\text{SPI波特率} = \text{CLKOUT} / 4$$

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

10.5.2 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。

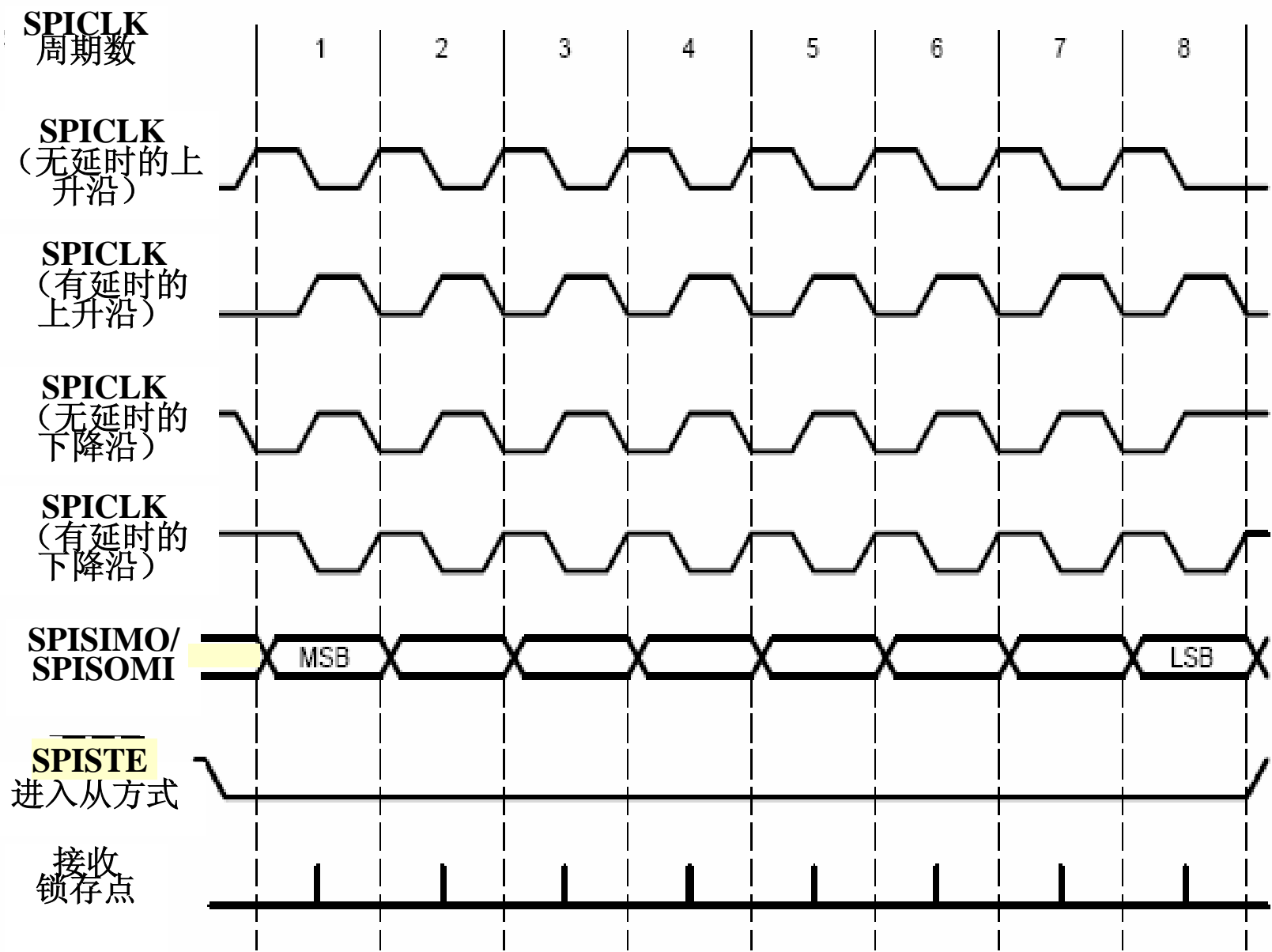
(1) 下降沿，无延时：SPI在时钟下降沿发送数据，在时钟的上升沿接收数据；

(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，在上升沿接收数据。

4种时钟模式如图所示。



10.6 SPI的复位和初始化

系统复位使SPI引脚功能被选定为通用输入，要对SPI的配置，需做以下工作：

- (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、波特率和引脚功能为期望值；
- (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以确定接收的数据。

SPI应用实例（控制串行D/A）

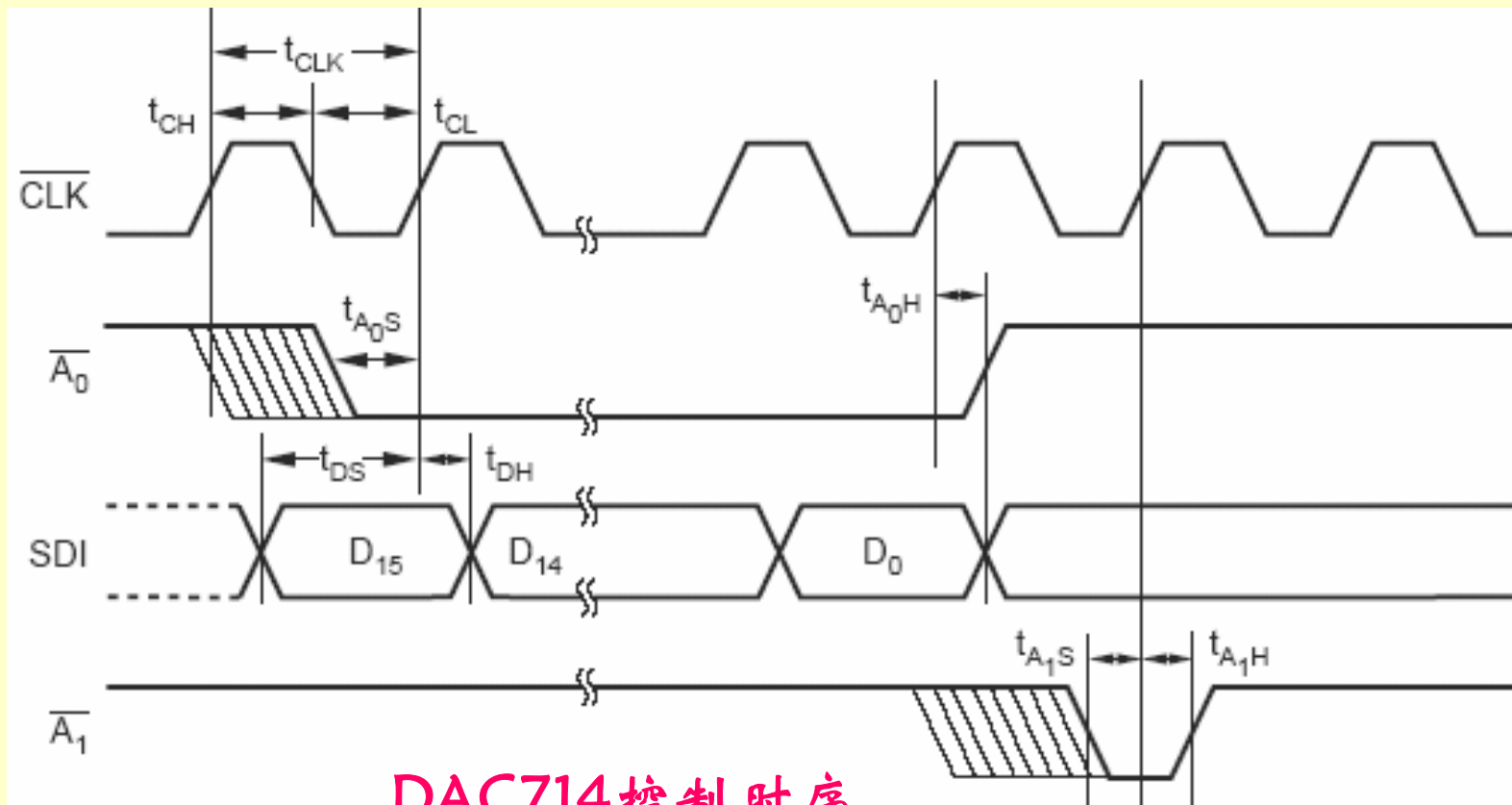
DAC714是美国BB公司生产的16位具有串行接口的数模转换器，电压输出型，输出范围是-10V+10V。

串行时钟

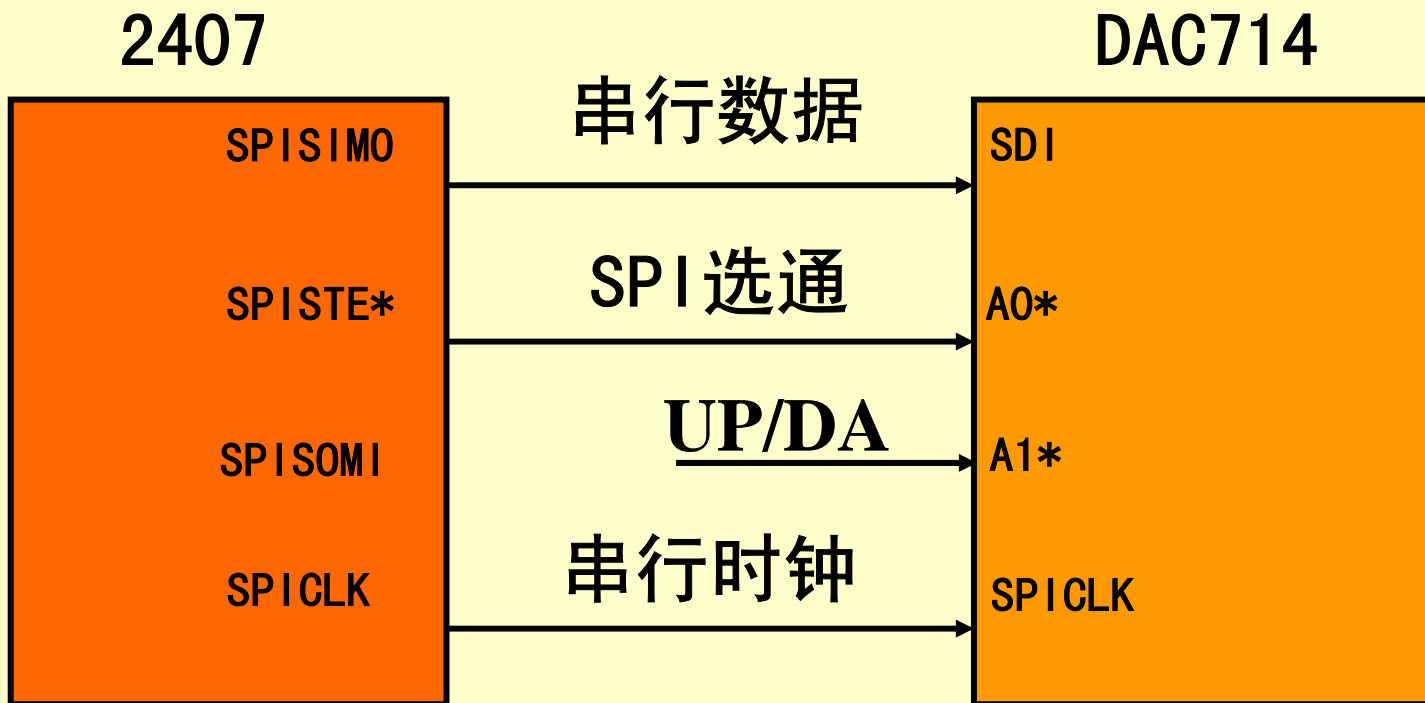
数据输入使能引脚

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。