

## Comunicação Série Sincrona

# **SPI (Serial Peripheral Interface)**

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

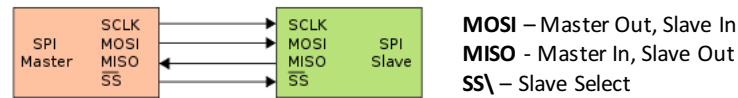
1

## Serial Peripheral Interface (**SPI**)

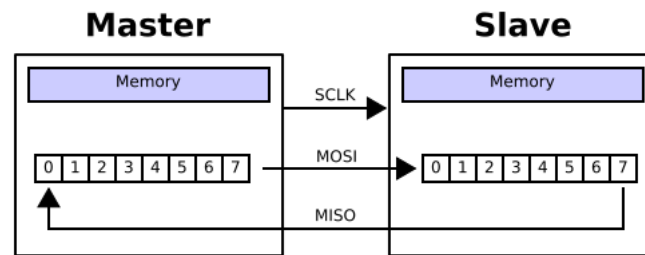
- Comunicação série síncrona em 4 linhas
- Standard de facto introduzido pela Motorola (1980)
- Usado para comunicar a curta distância com um ou mais dispositivos periféricos
- Bus Síncrono com um único master (usualmente um microcontrolador) que opera por troca de informação entre o master e um slave
- Utilizado para ligar 2 circuitos integrados no mesmo tipo de aplicações que o I2C
  - Sensores de temperatura, pressão, controladores de jogos vídeo, touchscreens, ...
  - Codecs audio, potenciómetros digitais, DAC, ADC
  - Memória Flash e EEPROM
  - ...

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

2



**SPI** – transferência feita por troca de informação entre o Master e um Slave



**PIC32:** SDIx = MISO; SDOx = MOSI; SCKx = SCLK; SSx\ = SS\

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

3

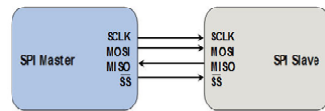
## As linhas do Bus SPI

- **MISO** (Master In Slave Out) – linha do slave para enviar dados para o master
- **MOSI** (Master Out Slave In) – linha do master para enviar dados para o slave
- **SCK** (Serial Clock) – o relógio gerado pelo master que sincroniza a transmissão de dados
- **SS** (Slave Select) – o pin em cada dispositivo que o master pode usar para fazer o enable/disable do dispositivo
  - **SS = 0** o dispositivo comunica com o master
  - **SS = 1** o dispositivo ignora o master

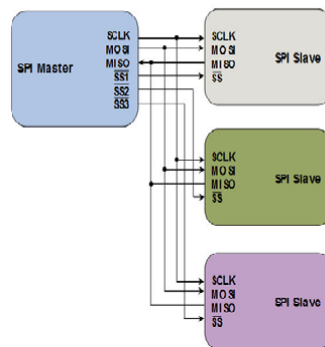
ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

4

## SPI – single-slave vs. multi-slave



Configuração Single-Slave

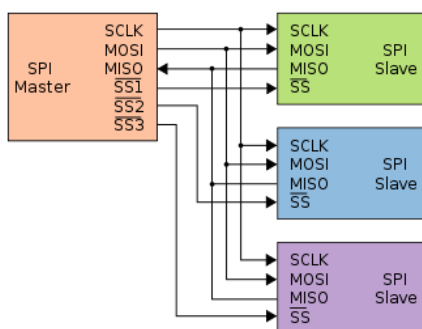


Configuração Multi-Slave

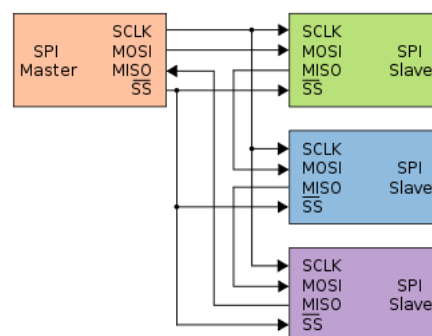
ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

5

## SPI – configurações multi-slave



Independent Slave Configuration

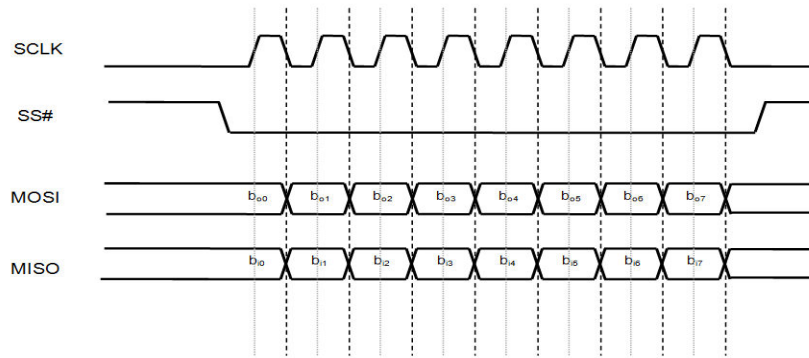


Daisy-chain Configuration

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

6

## SPI – comunicação (troca) de dados



### Mode 0

Figure 2 : A simple SPI communication. Data bits on MOSI and MISO toggle on the SCLK falling edge and are sampled on the SCLK rising edge. The SPI mode defines which SCLK edge is used for toggling data and which SCLK edge is used for sampling data.

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

7

## SPI – modos de operação

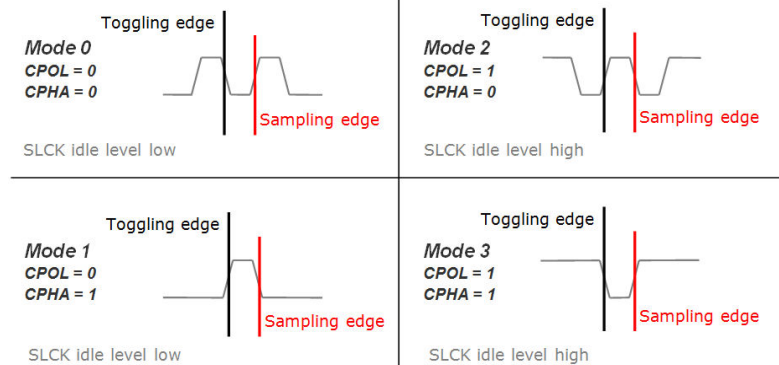
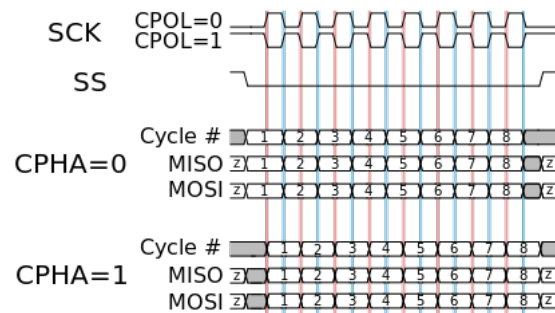


Figure 3 : SPI modes are defined with the parameters 'CPOL' – clock polarity and 'CPHA' – clock phase, which explicitly define 3 parameters: the edges used for data sampling and data toggling and the SCL clock signal idle level – that is the conventional level SCLK is set at when the bus is not in communication.

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

8



- Mode 0 CPOL = 0, CPHA = 0 - novo dado na frente descendente (1 → 0) do relógio  
 SCK idle low - amostragem na frente ascendente (0 → 1) do relógio
- Mode 1 CPOL = 0, CPHA = 1 - novo dado na frente ascendente (0 → 1) do relógio  
 SCK idle low - amostragem na frente descendente (1 → 0) do relógio
- Mode 2 CPOL = 1, CPHA = 0 - novo dado na frente ascendente (0 → 1) do relógio  
 SCK idle high - amostragem na frente descendente (1 → 0) do relógio
- Mode 3 CPOL = 1, CPHA = 1 - novo dado na frente descendente (1 → 0) do relógio  
 SCK idle high - amostragem na frente ascendente (0 → 1) do relógio

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

9

## SPI – o que o protocolo não define

- Taxa máxima de transferência
- Mecanismo de endereçamento
- Mecanismo de *Acknowledgement* para confirmar receção
- Modos de controlo do fluxo de dados
- Características do interface físico (valores das tensões,...)
- Inicialmente a maior parte das implementações usava um relógio não contínuo e transferências byte a byte. Atualmente existem muitas variantes que usam um relógio contínuo e transferências de comprimento arbitrário
  - relógio contínuo: **SS** usado como para sincronizar as frames

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

10

## PIC32 SPI

- 4 módulos SPI
- Transferências de 8, 16 ou 32 bits configuradas pelo utilizador
- 2 modos de operação:
  - Normal – relógio não contínuo
  - Framed (SSx\ sinal que sincroniza a *frame*) – relógio contínuo (*free running*)
- Data Register implementado como um duplo FIFO
- Designação dos pins:
  - **SDIx** – Serial Data Input (**MISO**)
  - **SDOx** – Serial Data Output (**MOSI**)
  - **SCKx** – Serial Clock (**SCLK**)
  - **SSx\** - Slave Select/Frame Synchronization (**SS\**)

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

11

## SPI: Data Register: **SPIxBUF**

- Implementado como um duplo buffer circular (2 FIFOs):
  - Receive Buffer – armazena os dados recebidos do periférico
    - Receive Buffer Head – CRPTR (CPU Read Pointer)
    - Receive Buffer Tail – SWPTR (SPI Write Pointer)
  - Transmit Buffer – onde o master coloca os dados a enviar para o periférico
    - Transmit Buffer Head – SRPTR (SPI Read Pointer)
    - Transmit Buffer Tail – CWPTR (CPU Write Pointer)

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

12

## SPI Control Registers: **SPIxCON**, **SPIxCON2**

- **SPIxCON<28>** - **MSSEN** – Master Mode *Slave Select* Enable
  - **1** – pin SSx\ automaticamente ativado durante a transmissão em modo Master
- **SPIxCON<26-24>** - **FRMCNT** - controla o nº de bytes, 1 a 32, transmitidos por frame
- **SPIxCON<15>** - **ON** – SPI module enabled
- **SPIxCON<11-10>** - Communication select bits
  - **SPIxCON<11-10> = 1x** – 32-bit data
  - **SPIxCON<11-10> = 01** – 16-bit data
  - **SPIxCON<11-10> = 00** – 8-bit data
- **SPIxCON<6>** - **CKP** – Clock Polarity select
  - **CKP = 1** – Clock idle level high
  - **CKP = 0** – Clock idle level low
- **SPIxCON<8>** - **CKE** – Clock Edge select
  - **CKE = 1** – Toggling edge active -> idle
  - **CKE = 0** – Toggling edge idle -> active
- **SPIxCON<5>** - **MSTEN** – Master Enable: **1** – Master mode; **0** – Slave
- **SPIxCON<3-2>** - **STXISEL** – Transmit Buffer Empty IT bits
- **SPIxCON<1-0>** - **SRXISEL** – Receive Buffer Full IT bits

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

13

## SPI Status Register: **SPIxSTAT**

- **SPIBUSY**: **1** – módulo com transações em curso
- **SPIROV** – Receive Overflow Flag
  - **1** – um novo dado foi recebido e perdido; o programa do utilizador não leu o dado anterior no registo SPIxBUF
- **SPITBE** – Transmit Buffer Empty
- **SPITBF** – Transmit Buffer Full
- **SPIRBE** – Receiver Buffer Full
- **SRMT** – Shift Register Empty

ABF - AC II\_Com.Série\_SPI\_I2C

14

