

Interfaces Seriais

- Assíncronas:

- RS232

- RS422

- RS485

- USB

- Síncronas:

- SPI

- I²C

Interface USB



- Comunicação entre dispositivos e computadores
- Desenvolvido por Ajay Bhatt (Intel) em 1995.
- Acronismo de “Universal Serial Bus”
- Desenvolvida para conectar um controlador (*Host*) a vários dispositivos (*devices*)

Interface USB

■ Evolução:

- 1.0: 1996; "Low Speed" 1,5 Mbps e "Full Speed" 12 Mbps (100 mA)
- 1.1: 1998; resolução de problemas na 1.0
- 2.0: 2000; "High Speed" 480 Mbps (500 mA)
- 3.0: 2009; "SuperSpeed" 4,8 Gbps, versões elétrica e óptica (900 mA)
- 3.1: 2013; "SuperSpeed+" 10 Gbps

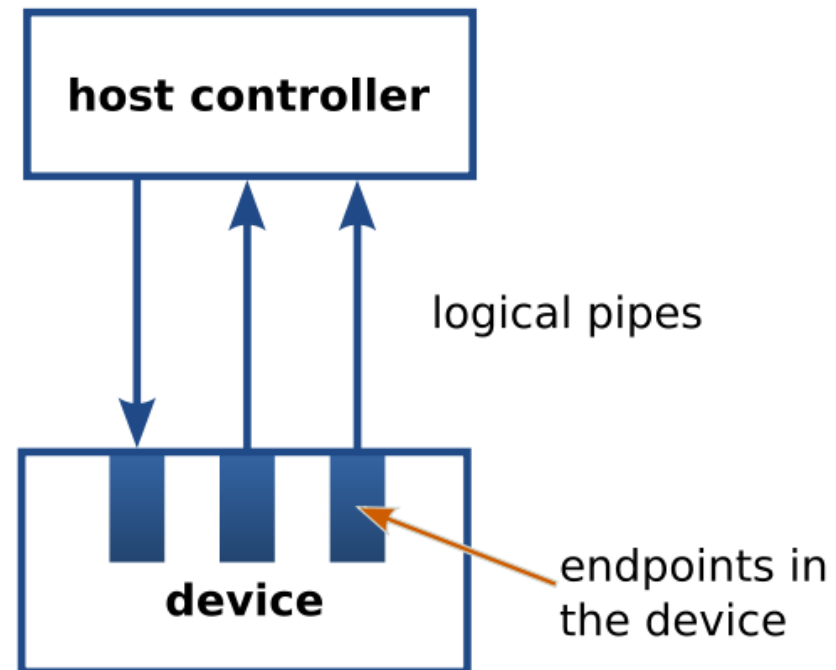
Interface USB

- Características principais:
 - Comunicação “half-duplex”: 1 “host” e até 5 “hubs” e 127 dispositivos (3.0: “full-duplex”)
 - Linha balanceada diferencial
 - Opera com tensões de 0 a 3,3 V
 - Taxa de transmissão: de 12 Mbps a 10 Gbps
 - Comprimento máx da linha: 5 m
 - Conectores específicos para USB

Interface USB

- Arquitetura padrão: “mestre/escravo”

- Controlador: “host” ou “hub”
- Dispositivos: possuem uma via independente de comunicação com o controlador (ponto-a-ponto)



Interface USB

■ Arquitetura OTG: “On-the-go”



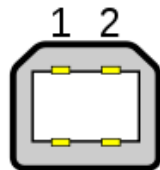
- Permite que um dispositivo possa ser um “host” quando atua como um mestre ou um “periférico” quando atua como um escravo
- A escolha entre as funções “host” e “periférico” é tratada no início da comunicação
- Uma impressora é tratada como “periférico” quando conectada a um computador e como “host” quando um “pen-drive” é conectado à mesma

Interface USB

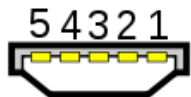
Conectores:



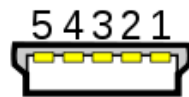
Type A



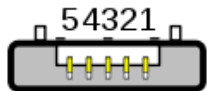
Type B



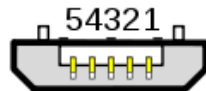
Mini-A



Mini-B



Micro-A



Micro-B

USB 1.x/2.0 standard pinning

Pin	Name	Cable color	Description
1	VBUS	Red	+5 V
2	D-	White	Data -
3	D+	Green	Data +
4	GND	Black	Ground

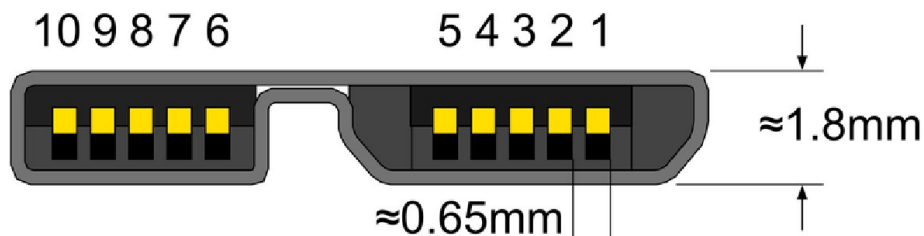
USB 1.x/2.0 Mini/Micro pinning

Pin	Name	Cable color	Description
1	VBUS	Red	+5 V
2	D-	White	Data -
3	D+	Green	Data +
4	ID	none	A plug: GND B plug: NC
5	GND	Black	Signal Ground

Interface USB



Conectores: USB 3.0



Micro-B USB 3.0 compatible socket

USB 2.0 connector on the side of the specification standard micro USB 3.0 connector are aligned pin-minute increase in the standard.

No.1:power (VBUS)

No.2:USB2.0 differential pair (D-)

No.3:USB2.0 differential pair (D+)

No.4:USB OTG ID for identifying lines

No.5:GND

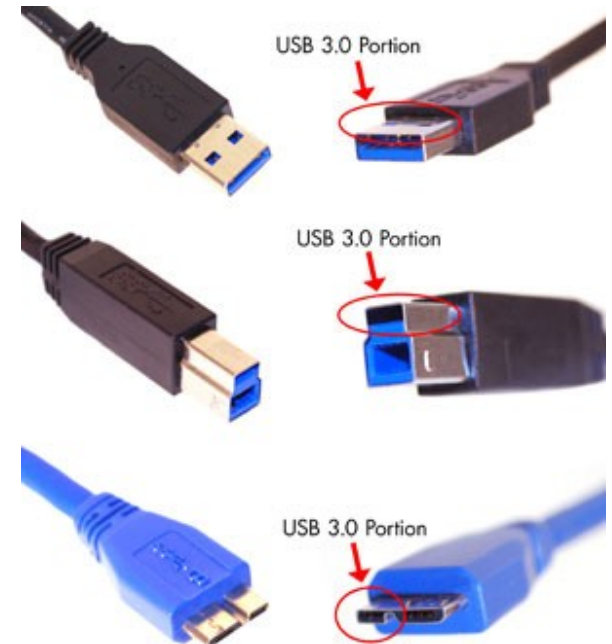
No.6:USB3.0 signal transmission line (-)

No.7:USB3.0 signal transmission line (+)

No.8:GND

No.9:USB3.0 signal receiving line (-)

No.10:USB3.0 signal receiving line (+)

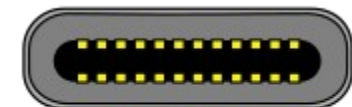


Conector tipo C:

- possui 24 pinos (reversível)

-conecta-se a hosts e periféricos

-possui um chip de identificação do fabricante e configurações



Type-C

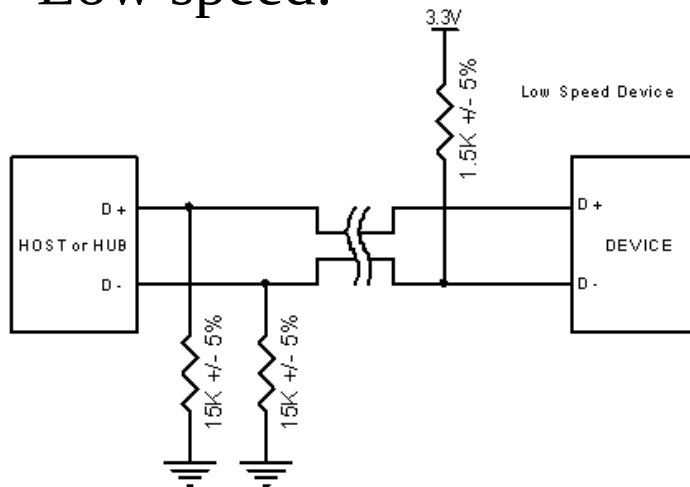
Interface USB

- Níveis de tensão: 0 a 3,6 V
- Bit “1”:
 - | D+: 1,9 a 3,6 V
 - D-: 0 a 1,7 V
$$\Delta V_{\min} = +200 \text{ mV}$$
- Bit “0”:
 - D+: 0 a 1,7 V
 - D-: 1,9 a 3,6 V
$$\Delta V_{\min} = -200 \text{ mV}$$

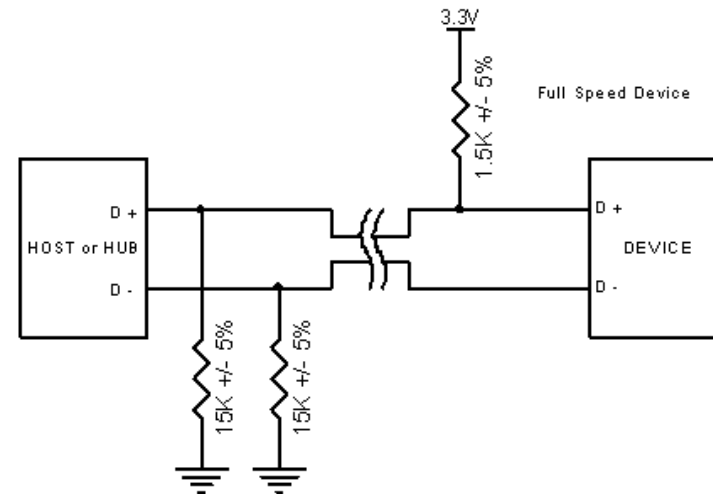
Interface USB

- Identificação de velocidade:

Low speed:

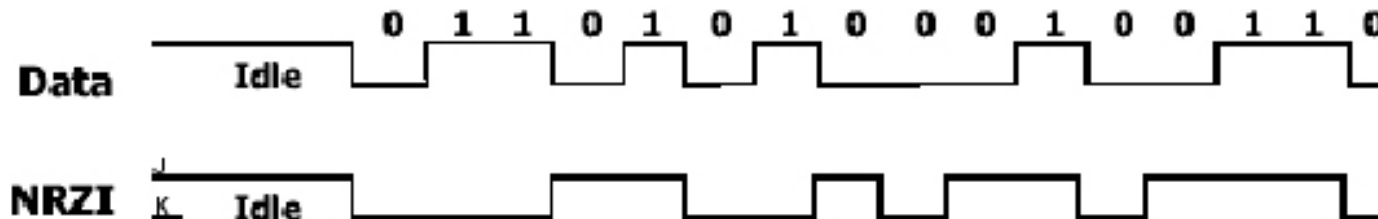


High speed:



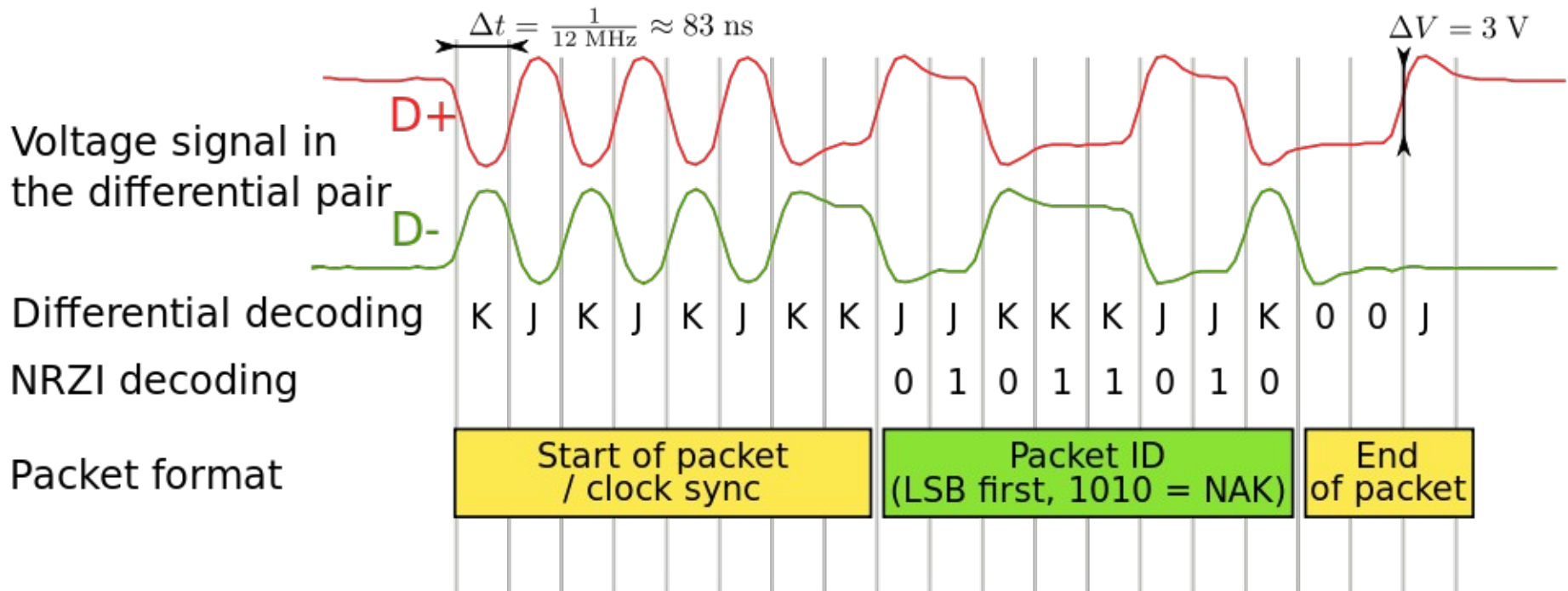
Interface USB

- Codificação dos dados:
 - Codificação NRZI (Non Return to Zero Inverted)
 - Dado “0”: transição de nível
 - Dado “1”: mantém nível anterior
 - “Bit-stuffing”: um zero é inserido a cada 6 “1” consecutivos (evita perda de sincronismo)



Interface USB

- Codificação dos dados:



Interface USB

- Protocolo de comunicação:
- Varios níveis de protocolos pré-definidos
- Dados enviados sob a forma de pacotes:
 - # Pacote de símbolos
 - # Pacote de dados
 - # Pacote de status
- Os pacotes enviados pelo “host” contém:
 - Informação de endereço
 - comandos
 - dados
 - Verificação de erros (CRC)

Interface USB

- Protocolo de comunicação:
- Descritores da USB
- Hierarquia: informação do “host”
 - O que é o dispositivo
 - Fabricante
 - Que versão USB ele suporta
 - Quais os modos de configuração
 - Número e tipo de pontos finais
 - Etc.

Interface USB

- **Classes:**
 - Human Interface Device (HID): mouse, teclado, etc
 - Audio Class: MP3 player, CD player
 - Communications Device Class: telefones
 - HUB Class
 - Imaging Class: scanner, aparelhos fotográficos
 - Mass Storage: “pen drives”
 - Physical Interface Devices (PID)
 - Printer Class: impressoras
 - Smart Card Class
 - Test & Measurement Class
 - Video Class

Interface USB

- Tipos de transferência:
- Por interrupção: transferência apenas quando solicitado; até 512 bytes
- Isócrona: transferência intermitente de dados por pequenos blocos (musica, video); até 1k bytes
- Bulk: transferência de blocos de até 1 Mbytes (grandes arquivos)

Interface USB

- Conversores Serial - USB:
 - Adaptadores de protocolo usados para converter sinais de dados USB para outros padrões de comunicação serial
 - Conversão bidirecional
 - Simplifica o desenvolvimento a nível de *hardware e software*
 - Padrões de conversão mais comuns: RS232, RS485, RS422 ou TTL.

Interface USB

- CI's Conversores USB:
 - FT232R - conversor bidirecional USB para RS232
 - FT245R - conversor bidirecional USB para barramento paralelo de 8 bits
 - PL-2303 - conversor bidirecional USB para RS232
 - CP2110 - conversor bidirecional USB para RS232
 - CP2112 - conversor bidirecional USB para I²C

Interfaces USB

- Referências USB:
- http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus
- http://www.faculty.iu-bremen.de/birk/lectures/PC101-2003/14usb/FINAL%20VERSION/usb_protocol.html
- www.usb.org/developers/devclass_docs/HID1_11.pdf

Interfaces Seriais

- Assíncronas:

- RS232

- RS422

- RS485

- USB

- Síncronas:

- SPI

- I²C

Interface SPI

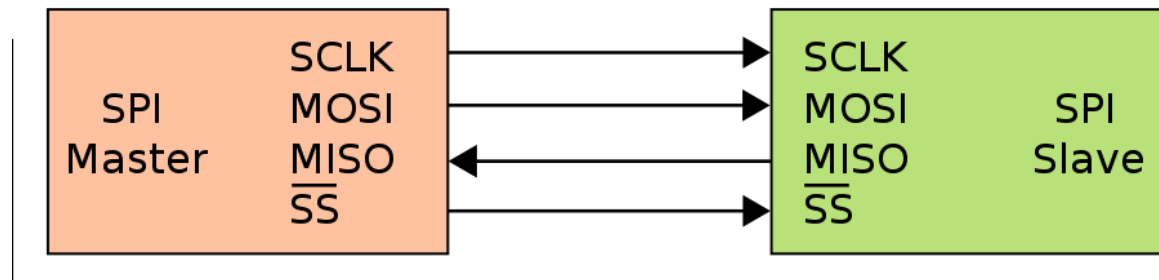
- Padronização para comunicação serial entre CI's (em uma mesma PCI)
- Desenvolvido pela Motorola em 2001
- Acronismo de “Serial Peripheral Interface Bus”
- Conecta um controlador (*master*) a vários CI's (*slave*)
- Comunicação síncrona

Interface SPI

- Características principais:
 - Comunicação “full duplex” ponto a ponto ou multi-ponto (multi-point): até 32 CI's (slaves)
 - Linha não balanceada
 - Opera com tensões de 0 e 5 V (compatível com 3,3 V)
 - Taxa de transmissão: até 70 Mbps
 - Comprimento máx da linha: 10 cm

Interface SPI

- Conexões:
- SCLK: clock serial
- MOSI: dado saindo do master para o slave
- MISO: dado saindo do slave para o master
- SS: seletor de “slave” (chip selector)



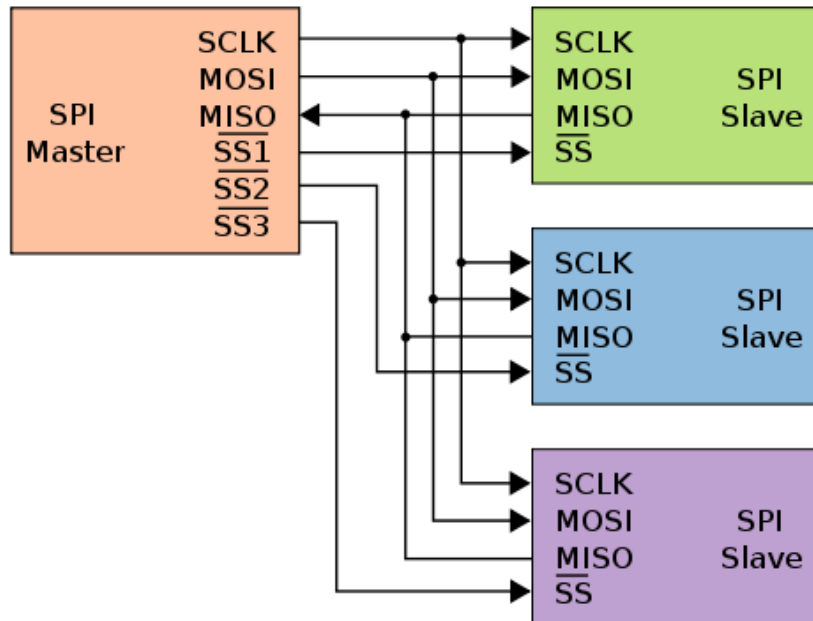
Interface SPI

- Nomenclaturas alternativas
- SCK; CLK: Serial Clock (output from master)
- SDI; DI, SI: Serial Data In; Data In, Serial In
- SDO; DO, SO: Serial Data Out; Data Out, Serial Out
- nCS, CS, CSB, CSN, nSS, STE: Chip Select, Slave Transmit Enable (active low, output from master)

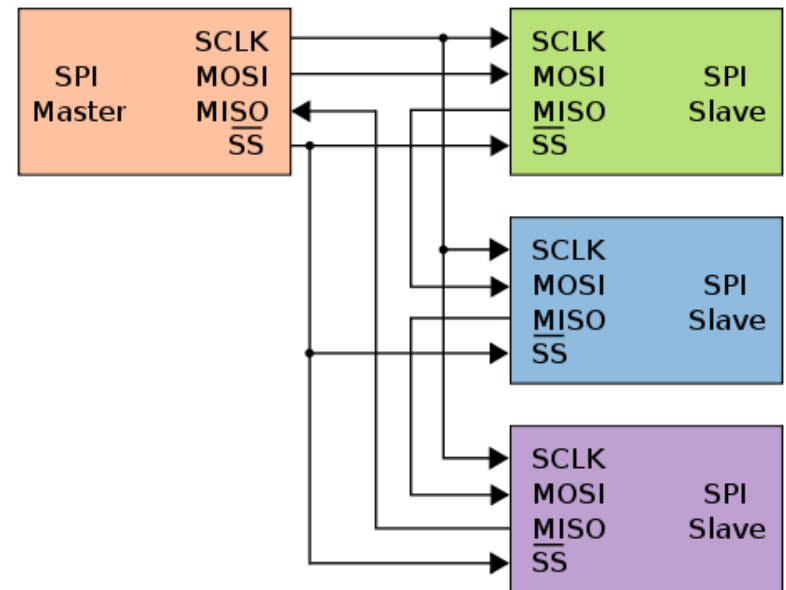
Interface SPI

■ Conexões:

Master e vários “slaves”



Daisy-chain: 1 master and cooperative slaves

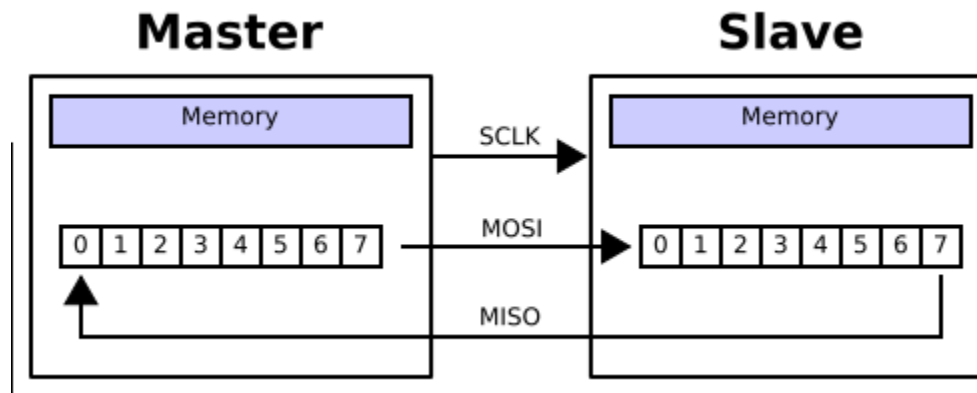


Interface SPI

- O CI “master” define inicialmente a frequência, polaridade e fase do clock
- Comunicação bidirecional simultânea:
 - o “master” envia um bit na linha MOSI; o “slave” faz a leitura
 - o “slave” envia um bit na linha MISO; o “master” faz a leitura

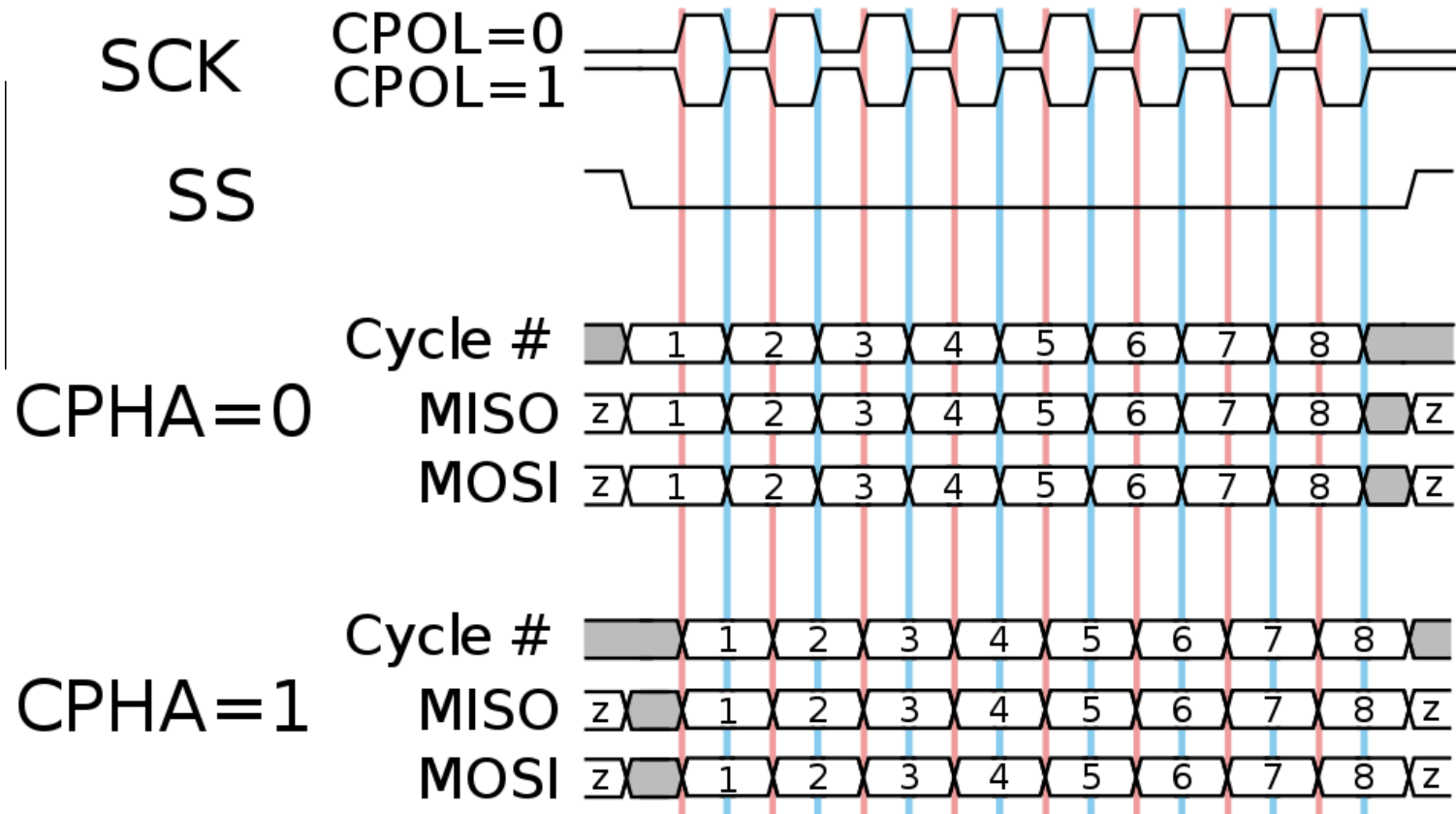
Interface SPI

- Dados enviados em sequências de 8 (padrão), 12 ou 16 bits
- Início definido pela linha de SS (não há bit de start ou stop)
- Apenas 1 slave é acionado a cada tempo (os demais “slaves” permanecem desativados)



Interface SPI

- Polaridade e Fases do clock:



Interface SPI

■ Polaridade e Fases do clock:

CPOL=0 : valor de referência do clock é “0”

CPHA=0 : dado lido na subida do clock (0 → 1); dado propagado na descida do clock (1 → 0).

CPHA=1 : dado lido na descida do clock (1 → 0); dado propagado na subida do clock (0 → 1).

CPOL=1 : valor de referência do clock é “1”

CPHA=0 : dado lido na descida do clock (1 → 0); dado propagado na subida do clock (0 → 1).

CPHA=1 : dado lido na subida do clock (0 → 1); dado propagado na descida do clock (1 → 0).

Interface I²C



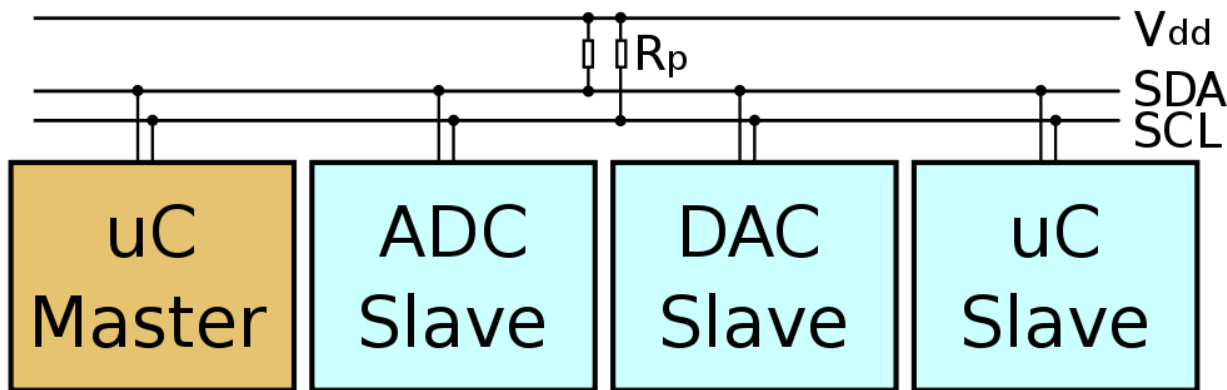
- Padronização para comunicação serial entre CI's (em uma mesma PCI)
- Desenvolvido pela Philips em 1990
- Acronismo de “Inter Integrated Circuit”
- Conecta um controlador (*master*) a vários CI's (*slave*)
- Comunicação síncrona

Interface I²C

- Características principais:
 - Comunicação “half duplex” ponto a ponto ou multi-ponto (multi-point): até 112 CI's (slaves)
 - Linha não balanceada
 - Opera com tensões de 0 e 5 V (compatível com 3,3 V)
 - Taxa de transmissão: até 3,4 Mbps
 - Comprimento máx da linha: 20 cm

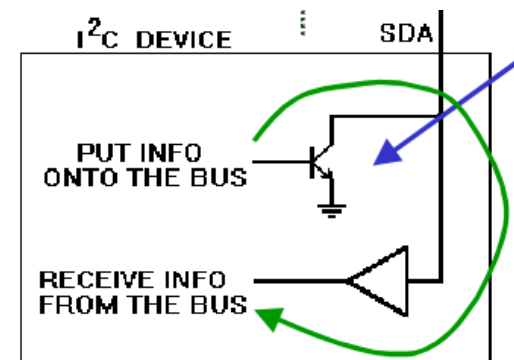
Interface I²C

- Conexões:
- SCL: clock serial
- SDA: dado serial



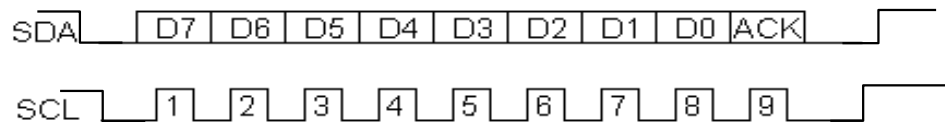
Obs: resistores de “pull-up” R_p são necessários pois os circuitos de saída são “coletor aberto” (1 kΩ a 10 kΩ)

Circuito interno

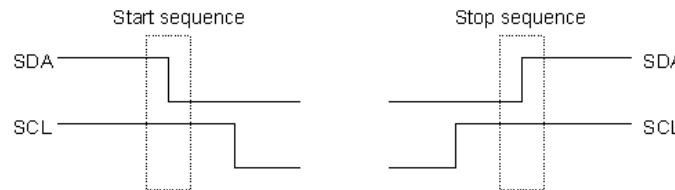


Interface I²C

- Dados enviados em sequências de 8 bits iniciando pelo MSB, mais um bit de ACK ao final da recepção, totalizando 9 pulsos de clock:



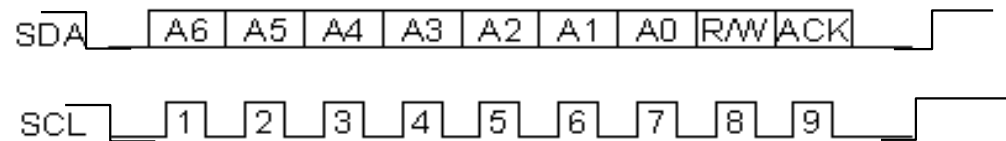
- A sequência é iniciada por uma condição de “start” e finalizada com uma condição de “stop”



- O bit de ACK é enviado ao “master” pelo “slave”, indicando correta recepção do comando (“0”: OK; “1”: ocupado ou comando não recebido)
- Apenas 1 “slave” é acionado a cada tempo (os demais permanecem desativados)

Interface I²C

- A primeira sequência enviada pelo “master” corresponde ao endereço do “slave”:



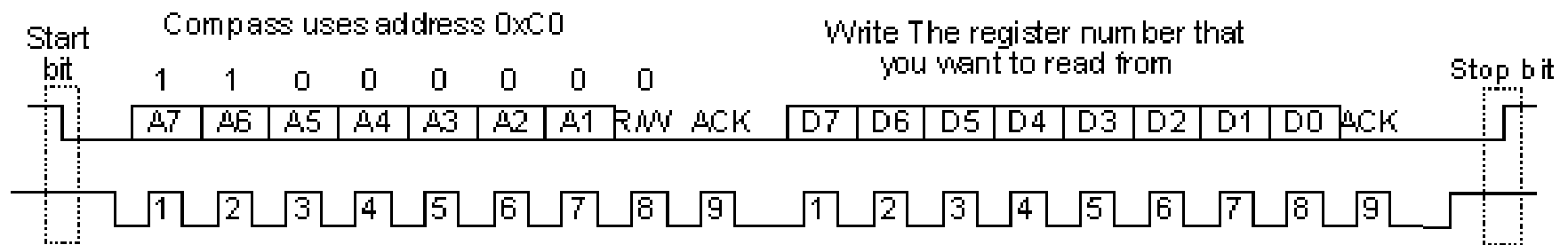
- Os 7 primeiros bits da sequência correspondem ao endereço de 0 a 127
- O oitavo bit da sequência corresponde a:
 - “0”: “master” escreve no “slave”
 - “1”: “master” lê do “slave”
- O nono bit da sequência corresponde ao ACK

Interface I²C

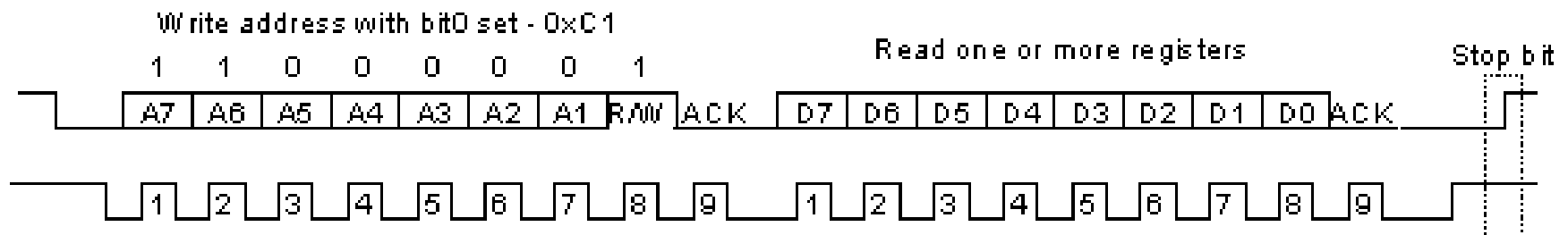
- 3 tipos de mensagens básicas
 - Mensagem única de escrita em um “slave” por um “master”;
 - Mensagem única de leitura de um “slave” por um “master”;
 - Mensagem combinada de leitura/escrita de um ou mais “slaves” por um “master”

Interface I²C

Sequência de escrita:



Sequência de leitura:



Interfaces SPI e I²C

■ Referências SPI:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus
- www.intersil.com/data/an/an1340.pdf
- ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/spi.pdf

■ Referências I²C:

- <http://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- http://www.robot-electronics.co.uk/acatalog/I2C_Tutorial.html
- www.nxp.com/documents/application_note/AN10216.pdf

Interfaces SPI e I²C

Exercício 2.4

Seja um magnetômetro de 3 eixos (X, Y, Z) com saída digitalizada em 8 bits conectado a um microcontrolador através de uma interface I²C operando com um *clock* de 100 kHz (conjunto de dados em 8 bits). Para a leitura de cada eixo é necessário escrever no magnetômetro um byte contendo o endereço do eixo a ser lido (X=0x00; Y=0x01; Z=0x02). Considere que o magnetômetro possui endereço 0x3C (hexadecimal).

- a) Desenhe o diagrama de conexões entre os dois CI's
- b) Desenhe um diagrama de tempos para efetuar a leitura do campo magnético no eixo Y, indicando o sinal SDA, tendo como referência o sinal SCL. Considere a numeração dos pulsos SCL como contagem dos ciclos de *clock*. O dado lido é 0x0A.
- c) Determine a máxima taxa de amostragem possível para a leitura dos 3 eixos. Considere que é necessário um tempo equivalente a 2 períodos de *clock* entre cada mensagem enviada ou recebida.

Interfaces SPI e I²C

Exercício 2.5

Seja um conversor A/D de 12 bits conectado a um microcontrolador através de uma interface SPI operando com um clock de 20 MHz (conjunto de dados em 8 bits):

- a) Desenhe o diagrama de conexões entre os dois CI's
- b) Desenhe um diagrama de tempos para a leitura do resultado de uma conversão do A/D, indicando os sinais SCLK, MOSI, MISO, SS. Assuma os dois componentes operando no modo CPOL=0 e CPHA=0 e que o A/D envia os 4 bits mais significativos no primeiro Byte e os 8 menos significativos no segundo Byte. Considere o dado de saída do A/D: 2100.
- c) Determine a máxima taxa de amostragem possível para o sistema, considerando desprezível o tempo entre duas conversões consecutivas.