

# EA075

## Comunicações: Protocolos



Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Rafael Ferrari

(Documento baseado nas notas de aula do Prof. Levy Boccato)

# Introdução

- O processo de comunicação entre dispositivos pode ser realizado em camadas:
  - Esta ideia reduz a complexidade do protocolo de comunicação através da divisão em partes de fácil desenvolvimento e compreensão.
  - Estrutura hierárquica na qual a camada inferior fornece serviços para a camada superior.
  - Fornece serviços tanto de baixo nível como para alto nível.
    - O baixo nível pode lidar com bits, enquanto o alto nível tende a trabalhar com pacotes de dados.
  - **Camada física:** corresponde ao meio utilizado para o transporte de dados de um dispositivo a outro.

# Introdução

- Modos de comunicação:

- **Simplex**



- **Half-duplex**

- Dados podem fluir nas duas direções, mas apenas em uma direção a cada instante de tempo.



- **Full-duplex**

- Dados podem fluir nas duas direções simultaneamente.



# Introdução

- **Estratégias de comunicação:**

- **Serial:** camada física transporta um bit de cada vez.
- **Paralela:** camada física capaz de transportar vários bits de dados.
- **Sem fio:** não há necessidade de conexões por fios entre os dispositivos para o transporte de dados.

# Introdução

- **Estratégias de comunicação:**
  - **Síncrona:** o receptor inicialmente entra em sincronismo com o relógio do transmissor, o qual é incorporado ao fluxo de dados transmitidos.
    - Isto permite que o receptor mantenha o sincronismo durante a recepção de longas mensagens.
  - **Assíncrona:** o receptor não inicia a detecção até que ele receba um bit de partida, o qual, usualmente, tem o nível de tensão oposto ao de descanso e permite que o receptor entre em sincronismo com o transmissor para os dados subsequentes.

# Introdução

- **Comunicação paralela**

- Múltiplas linhas de dados e de controle (1 bit por linha).
- Tipicamente utilizado para conexão entre dispositivos no mesmo CI ou na mesma placa de circuito impresso.
- Alto custo, grande volume.
  - Isolamento para reduzir a interferência entre as trilhas aumenta o volume.
- Barramento deve ser curto:
  - Trilhas paralelas longas resultam em altos valores de capacitância que necessitam de mais tempo para carregar/descarregar.
  - Problemas de alinhamento entre os dados nas trilhas aumenta com o comprimento da linha.

# Introdução

- **Comunicação serial**

- Baseada no uso de linhas de dados simples (possivelmente com linhas de energia e de controle, além de uma para dados).
- Palavras são transmitidas um bit de cada vez.
- Grandes quantidades de dados podem ser transmitidas ao longo de distâncias maiores.
  - Capacitância média menor – conseqüentemente, mais bits transmitidos por unidade de tempo para o mesmo gasto de energia.
- Mais barata e ocupa um volume menor.
- Interface lógica (circuitos) e protocolos de comunicação mais complexos.
  - É preciso quebrar palavras em bits, sequenciar a transmissão e reagrupar os bits para compor as palavras novamente.
  - Sinais de controle e de dados podem ser multiplexados na mesma linha (trilha), o que aumenta a complexidade do protocolo de comunicação.

# Introdução

- **Comunicação sem fio**

- **Infravermelho:**

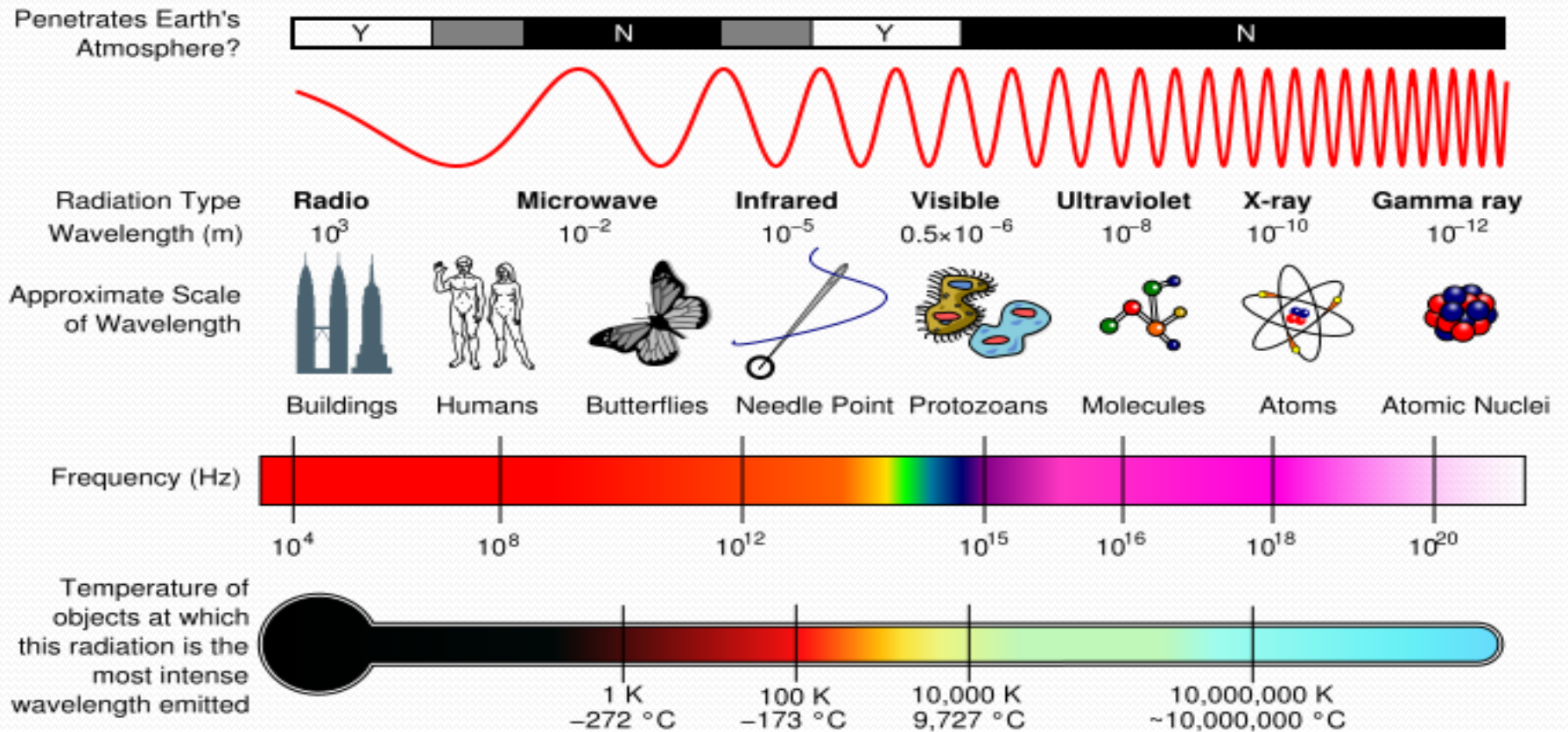
- Onda luminosa cuja frequência é menor do que o espectro de luz visível.
- Na geração do sinal, um diodo emite luz infravermelha.
- Um transistor infravermelho detecta o sinal e conduz quando é exposto à luz infravermelha.
- Opção de baixo custo de construção, porém necessita de linha de visada (alcance limitado).

- **Rádio frequência (RF):**

- Ondas eletromagnéticas cujas frequências estão contidas no espectro de rádio.
- Circuitos analógicos e antenas são necessários em ambos os lados da transmissão.
- Não há necessidade de linha de visada.
- O alcance é determinado pela potência de transmissão.

# Introdução

- Comunicação sem fio



# Introdução

- **Detecção e correção de erros**

- Correção de erro: habilidade do receptor e do transmissor de trabalharem em cooperação para que um evento de erro seja revertido.
  - Usualmente é realizado por um protocolo que inclui reconhecimento / retransmissão.
- Muitos protocolos trazem algum mecanismo para descobrir a ocorrência de erros na transmissão e, até mesmo, para corrigir tais erros.
- **Paridade:** bit extra é enviado juntamente com a palavra para a detecção de erro.
  - Capaz de detectar a ocorrência de erro em um único bit; insensível a um número par de erros de bits.
- **Soma (*checksum*):** palavra extra enviada com o pacote de dados formado por muitas palavras.
  - Exemplo: palavras extras contêm a soma (XOR) de todas as palavras de dados do pacote.

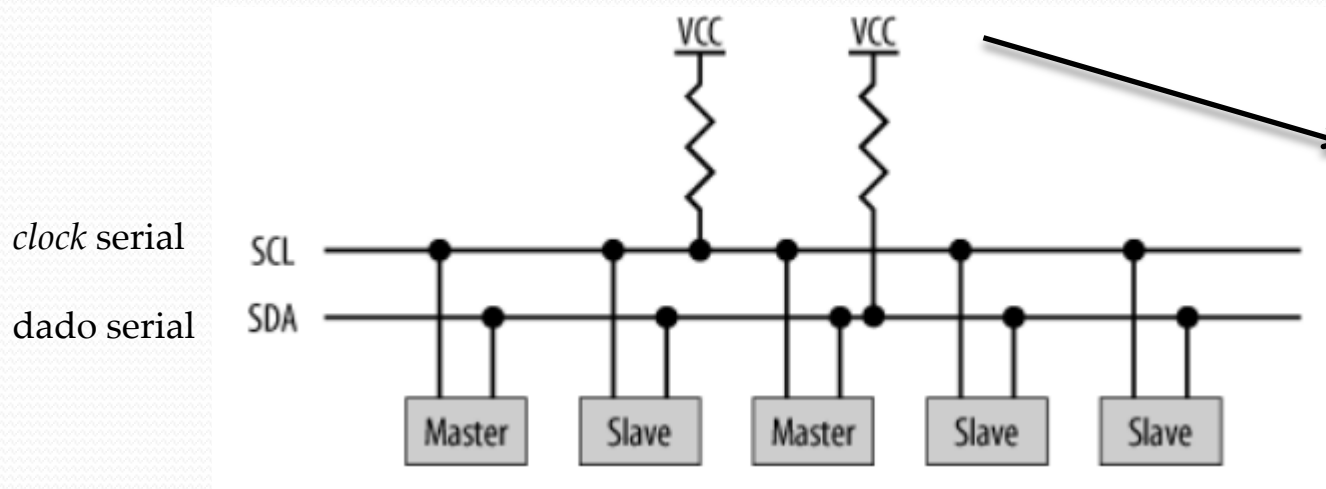
# Protocolos Seriais

- **I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit):**

- Projetado pela Philips Semiconductors há mais de 20 anos, é um protocolo de barramento serial com dois fios.
- O barramento é bidirecional, de baixa velocidade e síncrono com um *clock* em comum.
- Dispositivos podem ser acrescentados ou removidos do barramento I<sup>2</sup>C sem afetar os demais.
- I<sup>2</sup>C é um protocolo de barramento multimestre: mais do que um dispositivo pode assumir o papel de mestre do barramento.
- Cada dispositivo conectado ao barramento I<sup>2</sup>C tem um endereço único e pode operar como um transmissor (mestre do barramento), um receptor (escravo) ou ambos.

# Protocolos Seriais

- I<sup>2</sup>C (Inter-IC):



Garante que as linhas ficam no nível lógico ALTO quando ociosas.

Os dispositivos conectados ao barramento ou deixam a linha em seu nível normal ou forçam seu nível lógico para BAIXO.

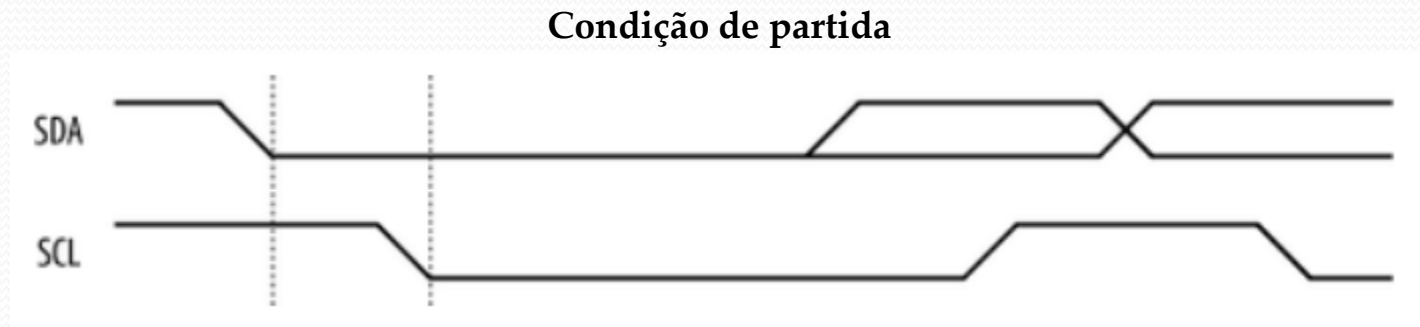
- I<sup>2</sup>C compartilha a mesma linha para a transmissão do mestre ao escravo e para a resposta do escravo (multiplexação no tempo).

# Protocolos Seriais

- **I<sup>2</sup>C (Inter-IC):**

- Como é feita a comunicação via I<sup>2</sup>C?

- Quando inativos, SDA e SCL ficam no nível ALTO.
- A transferência **começa** com SDA indo para BAIXO (enquanto SCL está ALTO), seguido de SCL indo para BAIXO.



- Isto indica a todos os receptores no barramento que um pacote de transmissão está em seu início. Enquanto SCL está BAIXO, SDA recebe o valor (ALTO ou BAIXO) do primeiro bit válido de dado.

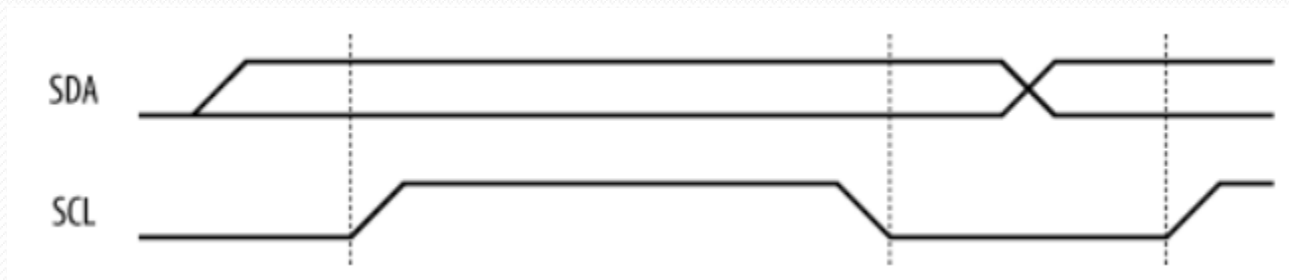
# Protocolos Seriais

- **I<sup>2</sup>C (Inter-IC):**

- Como é feita a comunicação via I<sup>2</sup>C?

- Cada bit a ser transmitido precisa ser colocado na linha SDA enquanto SCL está BAIXO. O bit é, então, amostrado na borda de subida do SCL e deve permanecer válido até que SCL vá para BAIXO novamente.

Transmissão de cada bit

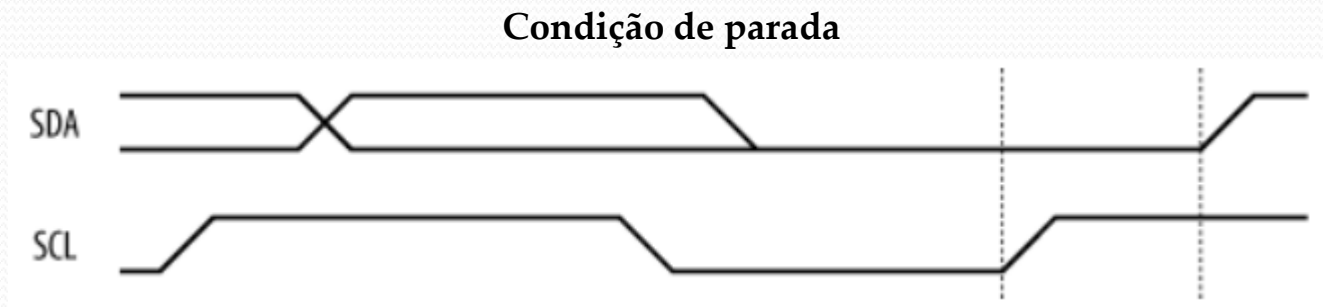


# Protocolos Seriais

- I<sup>2</sup>C (Inter-IC):

- Como é feita a comunicação via I<sup>2</sup>C?

- A transferência **termina** com SCL retornando para o nível ALTO, seguido por SDA indo de BAIXO para ALTO.



# Protocolos Seriais

- I<sup>2</sup>C (Inter-IC):

- Como é feita a comunicação via I<sup>2</sup>C?

- Cada *byte* transmitido deve ser confirmado pelo receptor.
- Após a transmissão do oitavo bit de dado, o mestre libera a linha SDA e gera um pulso adicional de *clock* em SCL. Isto aciona o receptor, que, então, confirma o *byte* recebido colocando a linha SDA em BAIXO.
- Se o receptor não faz isto, o mestre aborta a transmissão e toma medidas apropriadas de tratamento de erro.
- Qualquer número de *bytes* pode ser transmitido em um pacote I<sup>2</sup>C. Se o receptor está impossibilitado de receber mais *bytes*, ele aborta a transmissão segurando o *clock* em BAIXO. Isto força o transmissor a aguardar até que SCL seja liberado.

# Protocolos Seriais

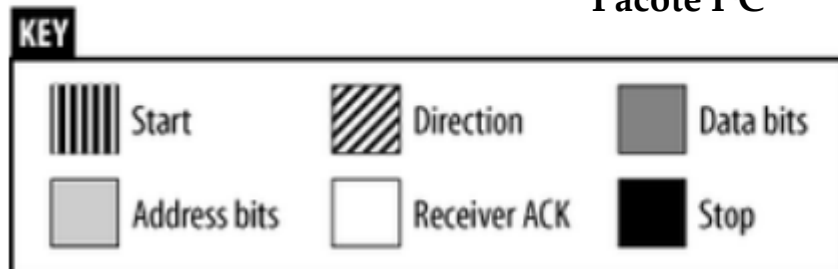
- I<sup>2</sup>C (Inter-IC):

- Como lidar com múltiplos dispositivos e mestres?

- Cada dispositivo conectado ao barramento tem um endereço único e qualquer transmissão se inicia com o envio dos bits de endereço.
- O primeiro byte transmitido contém os 7 bits de endereço mais um bit de direção (0 = escrita, 1 = leitura).



Pacote I<sup>2</sup>C



# Protocolos Seriais

- **I<sup>2</sup>C (Inter-IC):**

- Como lidar com múltiplos dispositivos e mestres?

- Dois mestres podem iniciar uma transmissão ao mesmo tempo: como SDA fica em ALTO naturalmente, o mestre que colocar um bit 1 (ALTO), mas perceber que a linha está no nível BAIXO, entenderá que há outro mestre usando o barramento e interromperá sua ação.
- Existem endereços associados a chamadas especiais de um mestre. Por exemplo, o endereço 0000000 com bit de direção 0 indica que o mestre deseja identificar quais escravos estão disponíveis.

# Protocolos Seriais

- **I<sup>2</sup>C (Inter-IC):**

- Transferência de dados ocorre segundo uma taxa de 100 kbit/s e usando endereçamento com 7 bits no modo normal.
- 3,4 Mbits/s e 10 bits de endereçamento no modo rápido.
- Dispositivos capazes de interfacear com o barramento I<sup>2</sup>C: EEPROMS, flash, algumas memórias RAM, relógios de tempo real, temporizadores *watchdog* e microcontroladores.

# Protocolos Seriais

- **USB** (*Universal Serial Bus*):

- Conexão simples entre PC e monitores, impressoras, alto-falantes digitais, *modems*, *scanners*, câmeras digitais, *joysticks*, equipamentos de jogos multimídia.
- Taxas de dados:
  - **USB 1.0 e 1.1:** 12 Mbps para dispositivos de grande largura de banda e 1,5 Mbps para dispositivos de baixa velocidade (*joysticks*, *game pads*). **USB 2.0:** até 480Mbps. **USB 3.0:** até 5Gbps.
- Topologia hierárquica em estrela:
  - Um dispositivo USB (*hub*) conectado ao PC.
    - *Hub* pode ser embutido em dispositivos como em monitores, impressoras, teclados ou pode ser utilizado em modo *standalone*.
  - Muitos dispositivos USB podem ser conectados ao *hub*.
  - Até 127 dispositivos podem ser conectados a uma porta do computador dessa maneira.
- Controlador *host* USB:
  - Gerencia largura de banda.
  - Aloca potência necessário para o funcionamento de cada dispositivo conectado.

# Protocolos Paralelos

- **Barramento PCI** (*Peripheral Component Interconnect*):
  - Barramento de alto desempenho desenvolvido pela Intel no começo dos anos 90.
  - Padrão adotado pela indústria e administrado pela PCISIG (*PCI Special Interest Group*).
  - Interconecta chips, placas de expansão, subsistemas de memória de processadores.
  - Transferência de dados na taxa de 127,2 a 508,6 Mbits/s e 32 bits de endereçamento.
    - Especificação mais recente: inclui 64 bits e mantém compatibilidade com esquemas em 32 bits.
  - Barramento síncrono.
  - Linhas de dados/endereços multiplexadas.

# Protocolos Sem Fio

- **Bluetooth:**

- Padrão mundial de conectividade sem fio.
- Baseado em tecnologia de rádio de baixo custo e pequeno alcance.
- Não há necessidade de campo de visão – por exemplo, conexão entre PC e impressora em cômodos distintos.
  - Classe 1: 100 mW (20 dBm) até 100 metros
  - Classe 2: 2,5 mW (4 dBm) até 10 metros
  - Classe 3: 1 mW (0 dBm) ~ 1 metro
- Taxas de transmissão: 1Mbps, 3 Mbps, 24Mbps.
- Dispositivos Bluetooth operam na faixa ISM (Industrial, Scientific, Medical) centrada em 2,45 GHz.

# Protocolos Sem Fio

- **IEEE 802.11:**

- Padrão proposto para LANs *wireless*.
- Parâmetros específicos para camadas PHY e MAC
  - Camada PHY
    - ✓ Camada física.
    - ✓ Manipulação dos dados transmitidos entre nós.
    - ✓ Transferência de dados em taxas da ordem de 1 ou 2 Mbps.
    - ✓ Opera em largura em banda de frequência na faixa compreendida entre 2,4 a 2,4835 GHz (RF), ou entre 300 e 428.000 GHz (Infra-vermelho).
  - Camada MAC (*Medium access control layer*).
    - ✓ Protocolo responsável pela manutenção da ordem no compartilhamento do meio físico.
    - ✓ Possui mecanismos de redução de colisões.