

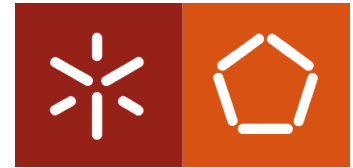
Nível Físico

Mestrado Integrado em Engenharia de Comunicações

3º ano, 1º semestre
2012/2013



Sumário



- Camada Física: funções
- Conceitos de transmissão: Dados e Sinais
- Meios Físicos
- Técnicas de codificação (dados digitais, sinais digitais)
- Técnicas de modulação (dados digitais, sinais analógicos)
- Comunicação série assíncrona
- Comunicação série síncrona

Este módulo é maioritariamente baseado no livro
William Stallings, *Data and Computer Communications*



- **Funções da camada física**

- Preocupa-se com a transmissão de bits sobre um canal de transmissão
- codificação, modulação, multiplexagem física
- definição e normalização das características das interfaces físicas:
 - mecânicas (conectores, n° de pinos e funções)
 - eléctricas (níveis eléctricos)
 - funcionais (controlo, dados, temporização)
 - procedimentais (sequência de acções entre circuitos)

Transmissão de dados



Conceitos e Terminologia

- **A transmissão dos dados ocorre entre um emissor e um receptor através de um meio físico de transmissão (guiada ou não guiada).**
- **O sucesso da transmissão depende de dois factores: a qualidade do sinal a ser transmitido e as características do meio de transmissão**
- **O caminho de propagação dos sinais entre dois sistemas (ligação) pode classificar-se em:**
 - Ligação ponto a ponto (directa, sem intermediários, entre apenas dois sistemas)
 - Ligação multiponto (directa, mais do que dois sistemas)
- **A transmissão pode ser simplex, half-duplex e full-duplex**
 - A transmissão full-duplex implica partilha do mesmo meio físico em duas direcções opostas

Transmissão de dados

Sinais Analógicos e Sinais Digitais

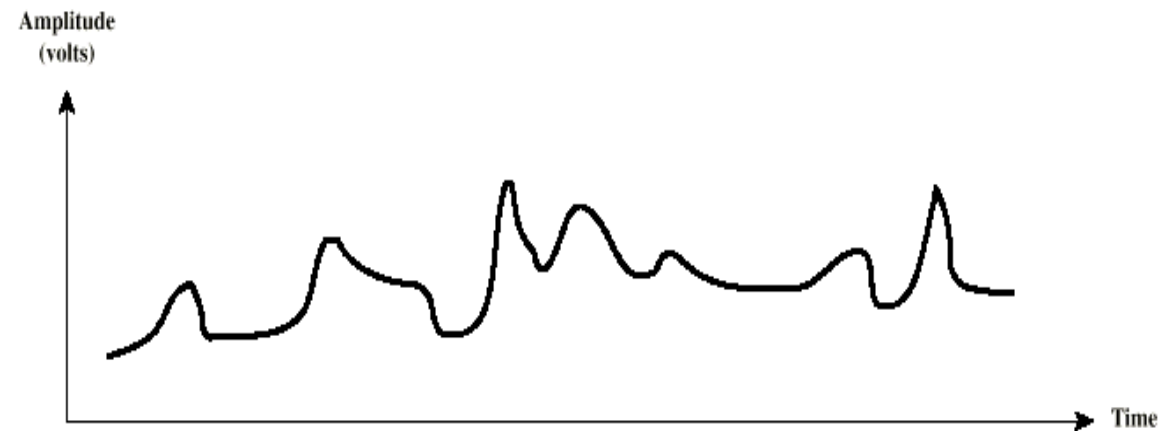


Conceitos e Terminologia

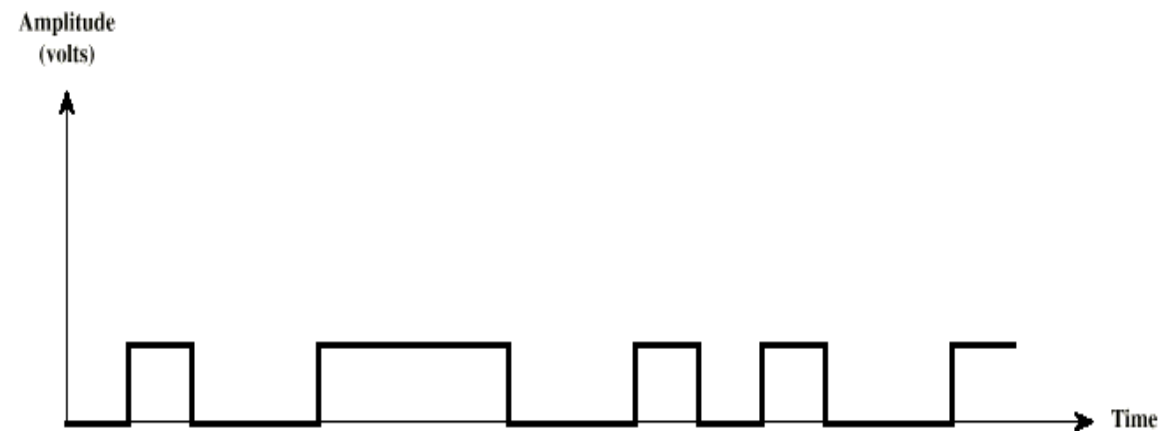
- **Os dados a transmitir podem ser analógicos ou digitais.**
 - Dados analógicos: variam de forma contínua num determinado intervalo (por exemplo, a voz e o vídeo)
 - Dados digitais: variam de forma discreta assumindo habitualmente apenas dois valores (por exemplo texto e números): 0 e 1
- **Os dados são propagadas através de sinais eléctricos, electromagnéticos, ópticos, etc**
 - Os sinais são representações dos dados
 - A transmissão é a comunicação de dados através da propagação de sinais
- **Os sinais podem também ser analógicos ou digitais;**

Transmissão de dados

Sinais Analógicos e Sinais Digitais



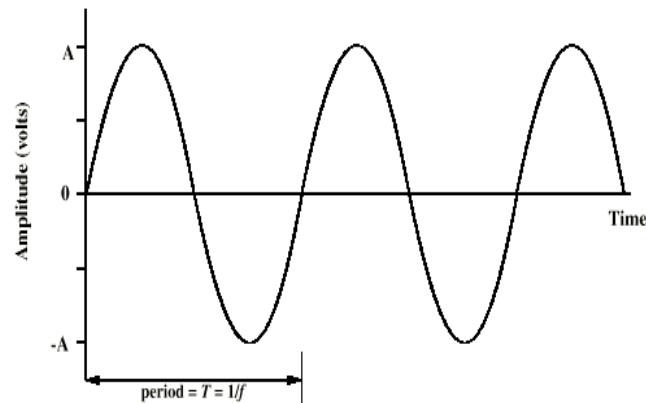
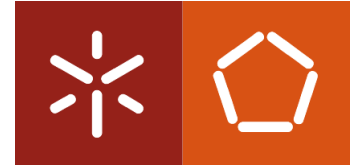
(a) Continuous



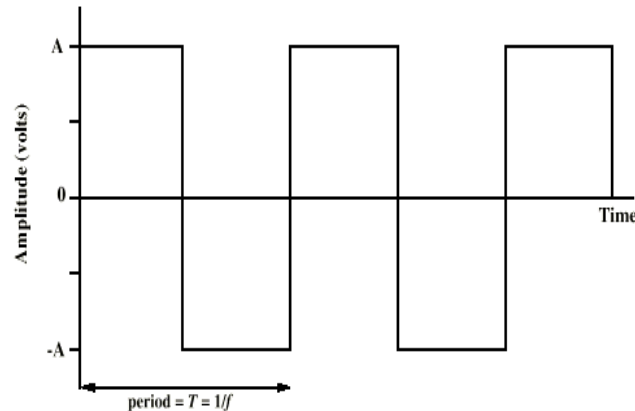
(b) Discrete

Transmissão de dados

Sinais Periódicos



(a) Sine wave

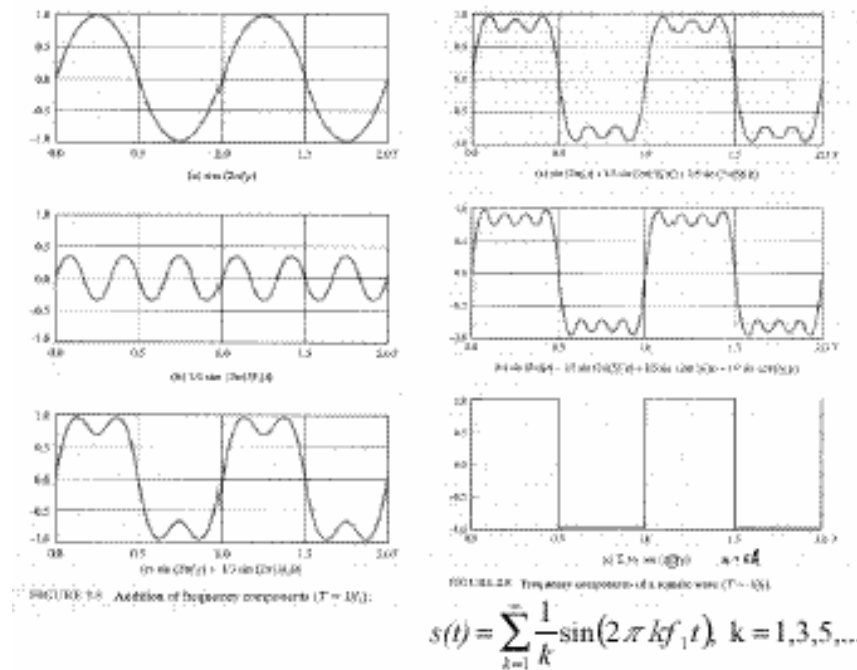
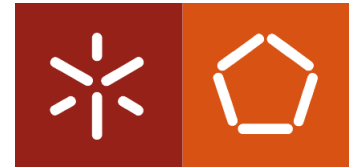


(b) Square wave

- Amplitude (A): strength of signal (volts)
- Frequency (f): rate of change of signal (Hertz (Hz) or cycles per second)
 - Period (T): time for one repetition (seconds)
$$T = 1/f$$
- Phase (ϕ): Relative position in time

Transmissão de dados

Largura de Banda



Qualquer sinal Electromagnético é constituído por um número de diferentes frequências, ou seja, pode ser re-construído através do somatório de diferentes sinais periódicos (com diferentes frequências e amplitudes). No extremo, o número de frequência que constituem um sinal pode ser infinito.

- Espectro de um sinal – gama de frequências do sinal
- Largura de banda (W) – largura do espectro ($W = f_{\max} - f_{\min}$)
- Largura de banda efectiva – contém a maior parte da energia do sinal

Transmissão de dados

Largura de Banda versus Taxa de Transmissão

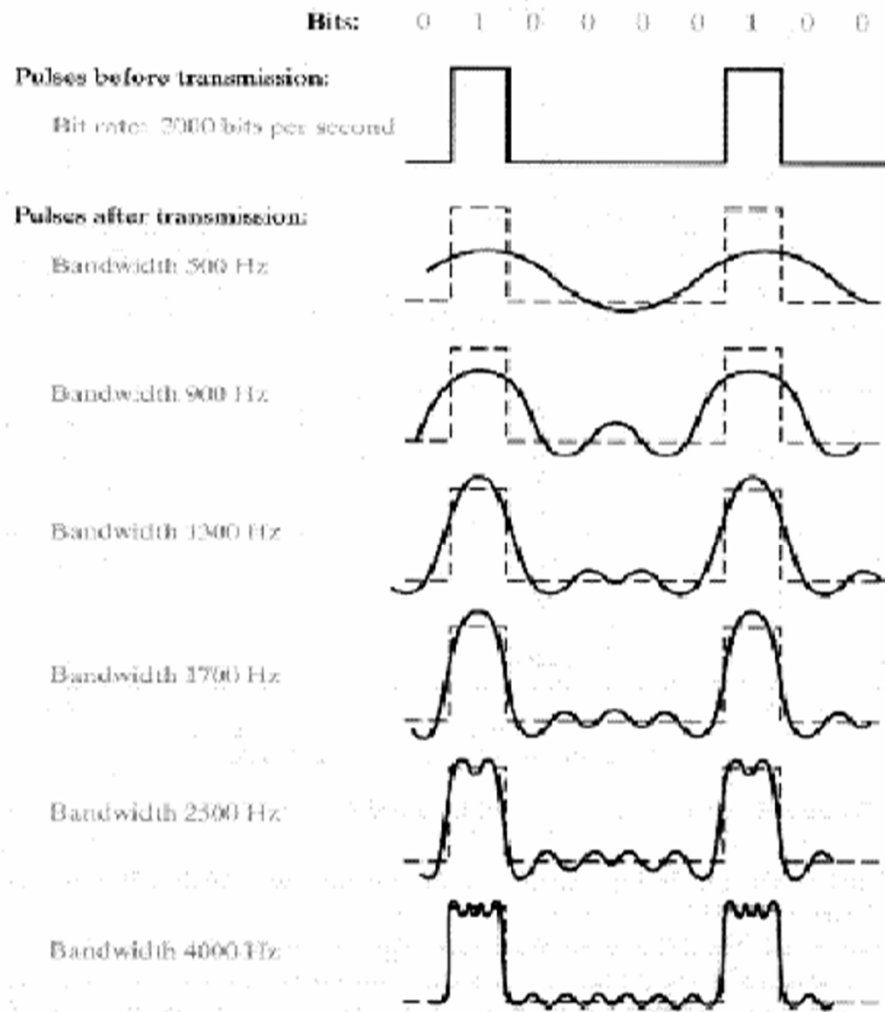
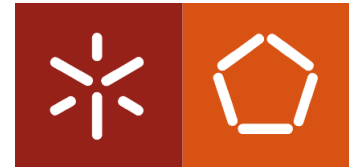


FIGURE 2.9 Effect of bandwidth on a digital signal.

- Os Dados binários podem ser representados por um **senal digital** (para transmissão através de um meio).
 - Um **senal digital** exigiria uma largura de banda infinita, se o objectivo fosse preservar a forma dos impulsos
 - Um **canal** físico tem largura de banda finita e limitada
- Quanto maior for a taxa de transmissão maior é a largura de banda efectiva do sinal
- Quanto maior for a largura de banda do canal, maior é a taxa de transmissão possível no canal
- (se a taxa de transmissão for de W bps, então com $2W$ Hz consegue-se uma boa representação do sinal).

Meios Físicos de Transmissão



- **Bit:** propaga-se entre um par constituído por um emissor e um receptor
- **Ligação física:** o que está entre o emissor e o receptor
- **Meios guiados:**
 - Os sinais propagam-se num meio sólido: cobre, fibra, coaxial
- **Meios não guiados**
 - Os sinais propagam-se livremente: rádio

Par entrançado (TP)

- Dois fios de cobre isolado
- Vários tipos: UTP3 (16Mhz), UTP5 (100Mhz)
- Atenuação elevada, sobretudo a altas frequências
- Susceptível a interferências e ruído
- Débitos elevados em pequenas distâncias, mas decresce acentuadamente com a distância
- Aplicações: Redes Telefónicas em edifícios, LANs,



Meios Físicos de Transmissão



Cabo coaxial:

- **Dois condutores concêntricos**
- **Boa imunidade a interferências**
- **Largura de banda elevada**
(centenas de MHz / Mbit/s)
- **Aplicações**
 - LANs das primeiras gerações
 - Sistemas de transmissão de longa distância (ultrapassados)
 - Sistemas de TV



Cabo de fibra óptica:

- **Fibra de vidro que transporta pulsos de luz (ópticos), cada pulso corresponde a um bit**
- **Transmissão de alta velocidade**
 - As ligações ponto a ponto podem atingir os 10's-100's Gbps
 - Baixas taxas de erros: pouca atenuação, e imunidade ao ruído



Meios Físicos de Transmissão



Radio

- **O sinal é transportado através de um espectro de frequências**
- **Sem fios**
- **Bidireccional**
- **Efeitos adversos do ambiente em que o sinal é propagado**
 - reflexo
 - obstrução por objectos
 - interferências

Ligações Típicas:

- **Micro-ondas terrestres**
 - e.g. no máximo canais de 45 Mbps
- **LAN (e.g., Wifi)**
 - 2Mbps, 11Mbps, 54 Mbps
- **Longas Distâncias (e.g., celular)**
 - e.g. 3G: milhares de kbps
- **Satélite**
 - Canal de Kbps a 45Mbps (ou múltiplos canais mais pequenos)
 - Atrasos fim a fim de 270 ms

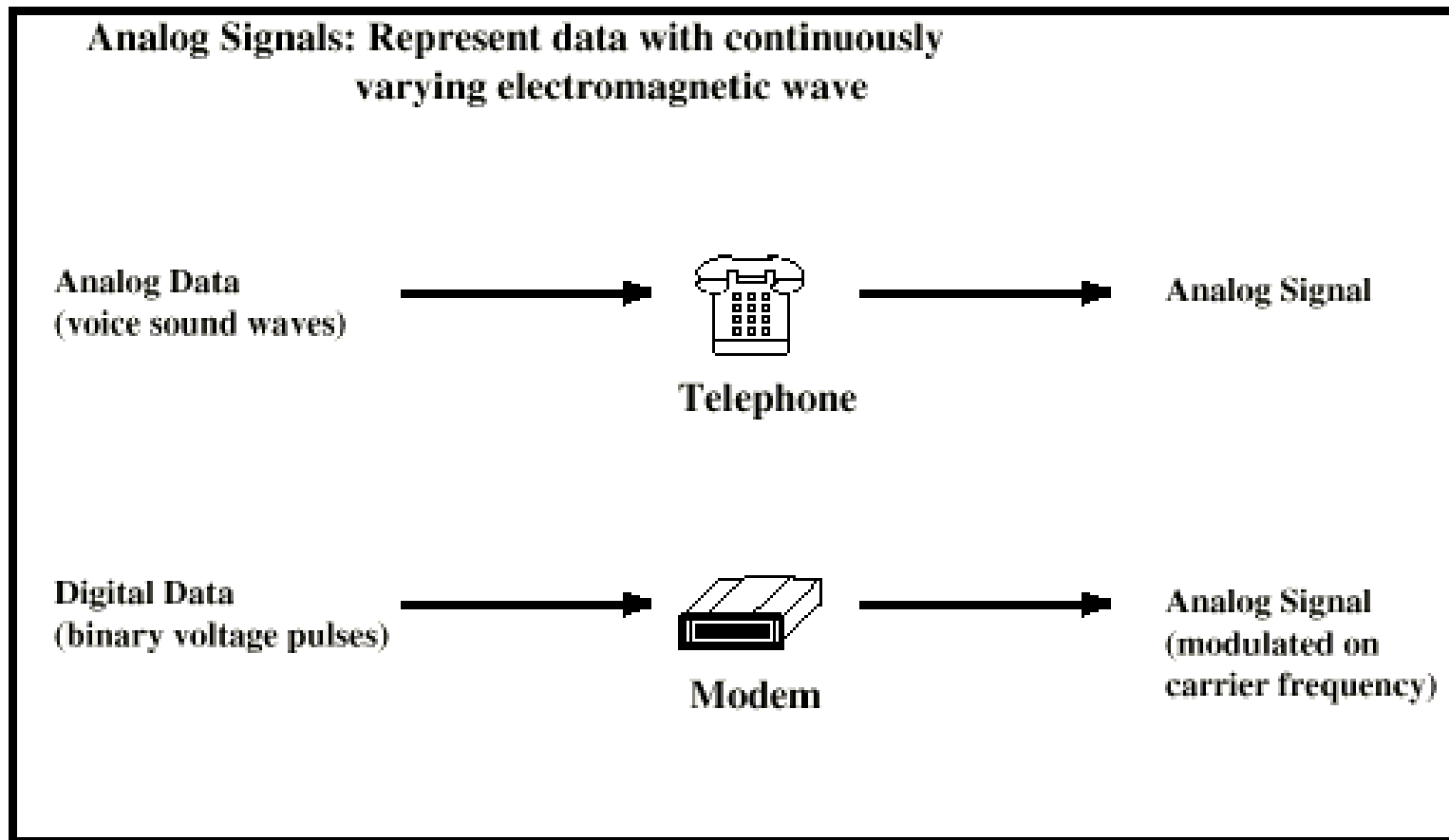
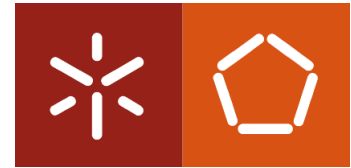
Transmissão de dados



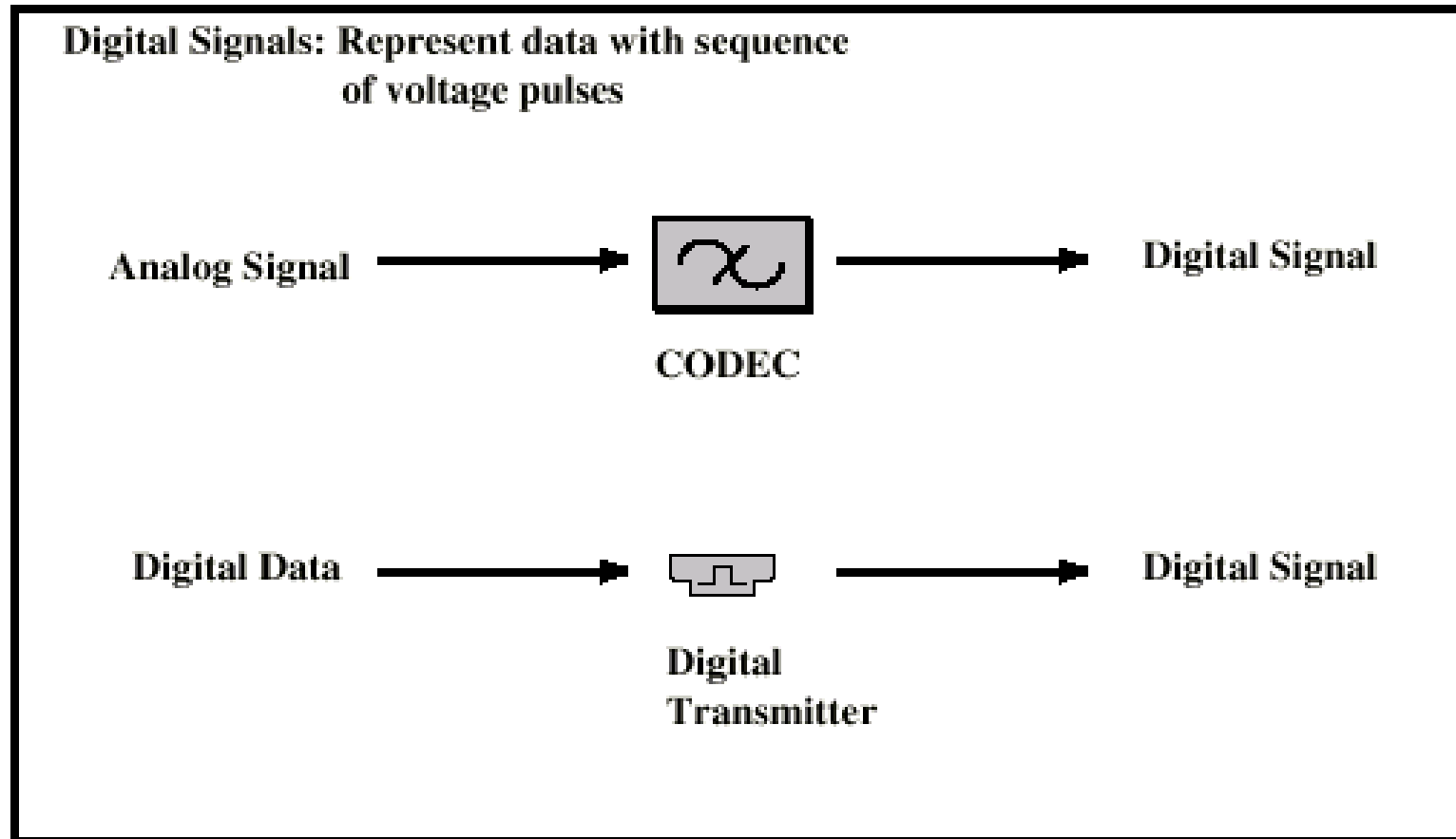
- **Como “dados” e “sinais” podem ser analógicos ou digitais, podemos ter que:**
 - Transformar dados analógicos em sinais analógicos
 - Transformar dados analógicos em sinais digitais
 - Transformar dados digitais em sinais analógicos
 - Transformar dados digitais em sinais digitais

Dado o âmbito (comunicações por computador), vamos concentrar-nos na transmissão de sinais analógicos ou digitais de dados digitais (zeros e uns).

Transmissão de dados



Transmissão de dados

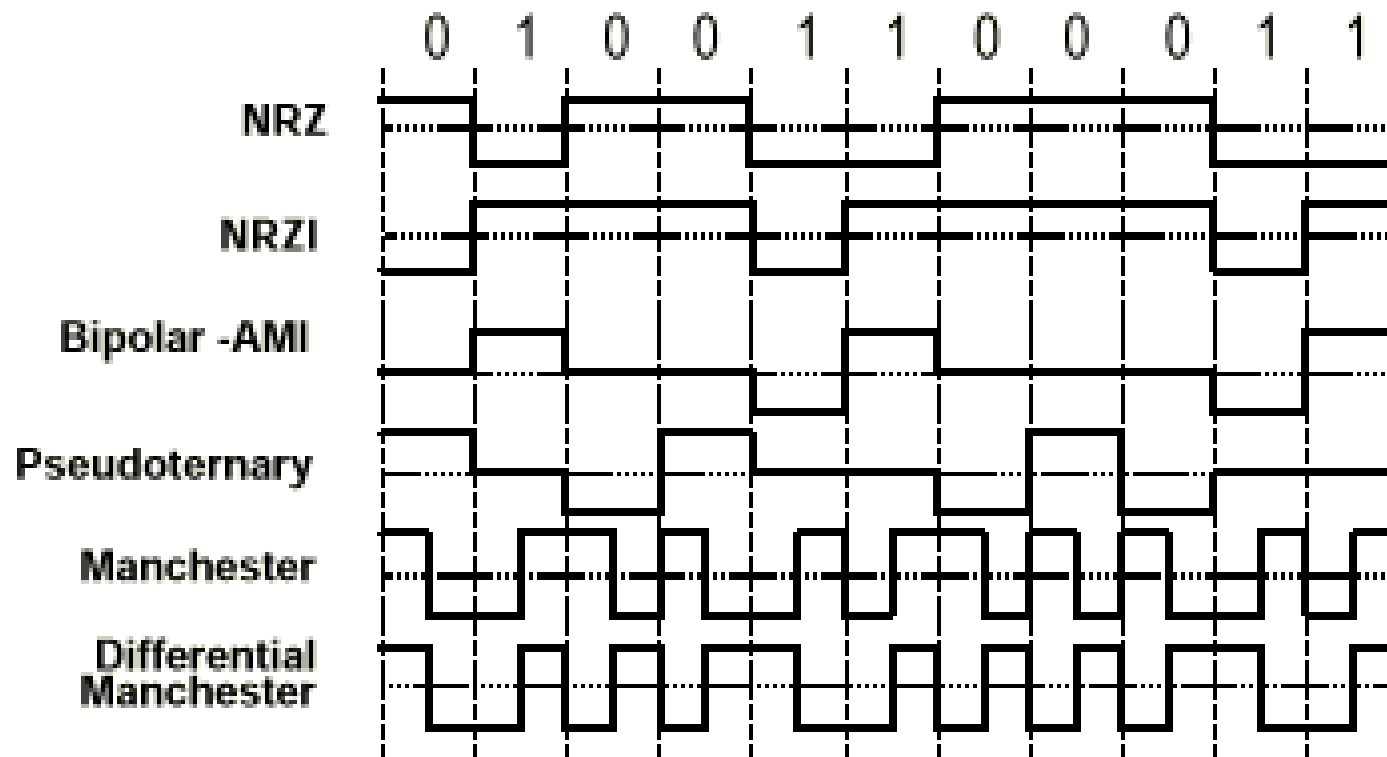


Transmissão de dados

Dados Digitais e Sinais Digitais



- **Técnicas de codificação**



Transmissão de dados

Dados Digitais e Sinais Digitais



- **Non Return to Zero-Level (NRZ-L)**

- Duas voltagens diferentes para os bits 0 e 1, por exemplo voltagem negativa para o 1 e positiva para o 0
- Voltagem constante durante o intervalo de um bit

- **Non Return to Zero Inverted (NRZI)**

- O bit 1 é codificado através de uma transição (da maior voltagem para a menor ou da menor para a maior)
- O bit 0 é codificado não procedendo a nenhuma transição
- Voltagem constante durante o intervalo de um bit

- **Bipolar-AMI**

- Usa três níveis de voltagem: o 1 é codificado por uma voltagem positiva ou negativa alternadamente e o 0 por ausência de sinal

- **Pseudoternary**

- Usa três níveis de voltagem: o 0 é codificado por uma voltagem positiva ou negativa alternadamente e o 1 por ausência de sinal



- **Manchester**

- A transição é efectuada no meio do período do bit
- O 1 é codificado através de uma transição de baixa voltagem para alta voltagem e o 0 é codificado através de uma transição de alta voltagem para baixa voltagem
- Usado em: Ethernet (IEEE 802.3)

- **Differential Manchester**

- A transição é efectuada no meio do período do bit
- O 0 é codificado através de uma transição no início do período do bit e o 1 é codificado através da ausência de transição no início do período do bit.
- Usado em: Token Ring (IEEE 802.5)



- **Comparação das técnicas**

- Espectro do sinal

- Ausência de componentes de altas frequências, significa menos largura de banda necessária para a transmissão
- Ausência de componentes contínuas (DC) permite isolamento eléctrico;

- Sincronismo do Relógio

- Não é fácil determinar o início e o fim de um bit
- Pode-se recorrer a *clocks externos*, mas...
- O sinal pode fornecer sincronismo

- Detecção de erros

- É útil se existir alguma forma de detecção de erros no próprio sinal

- Interferências e imunidade ao ruído

- Custo e complexidade



- **A codificação NRZ**

- De fácil engenharia
- Requer pouca largura de banda

- **A codificação multi-nível**

- Menos eficiente que o NRZ porque usa três níveis para dois símbolos
- Menor largura de banda que o NRZ
- Evita problemas com longas sequências de um dos bits (mas não do outro)
- Permite alguma sincronização do relógio com as transições
- É possível alguma detecção de erros no próprio sinal, quando se espera alternância na variação e ela não ocorre



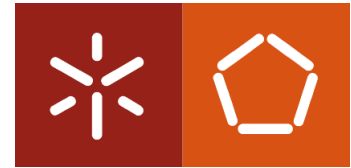
- **A codificação biphase**

- Há pelo menos uma transição em cada bit e no máximo duas
 - A taxa de modulação é duas vezes superior à do NRZ
 - Requer mais largura de banda
- As transições ajudam a manter o sincronismo do relógio de recepção (são designadas de codificações *self-clocking*)
- Não existe componente contínua (DC)
- Detecção de erros: a inexistência de transições esperadas pode ser usada para detectar erros

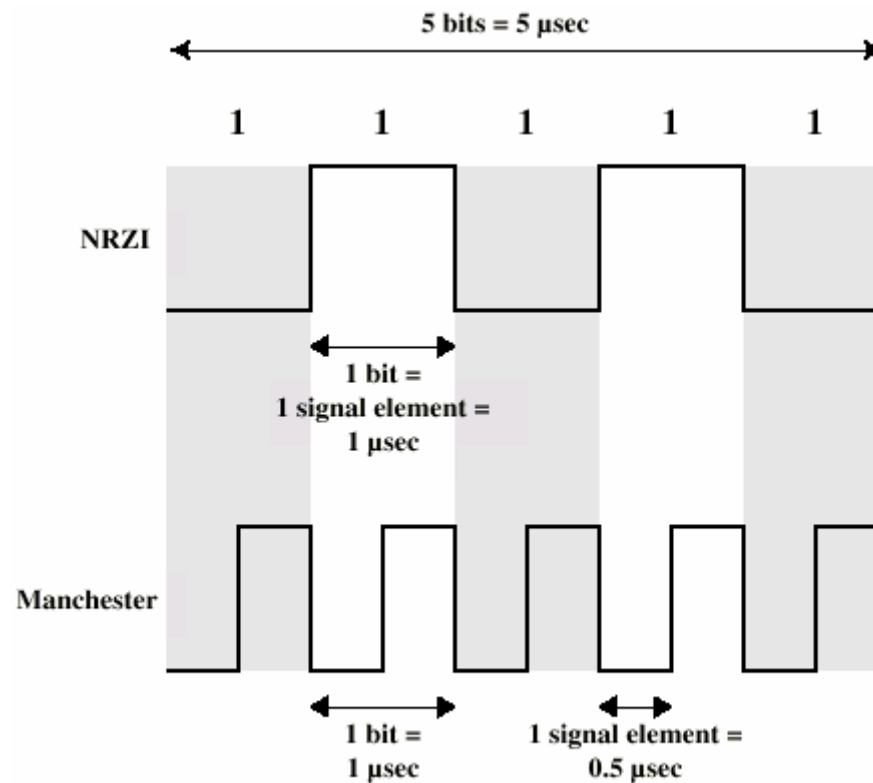
- **A codificação diferencial**

- Os bits são representados por variações em vez de níveis
- É mais fiável detectar uma transição que um nível
- Em transmissões complexas é fácil perder o sentido da polaridade

Transmissão de dados



- **Taxa de modulação (baud) *versus* Taxa de transmissão (bps)**
- **Podem ser iguais se um bit equivale a uma transição**

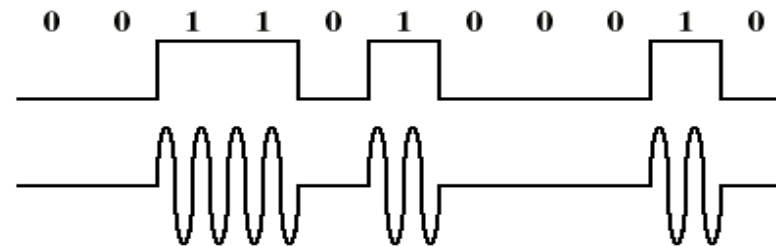


Transmissão de dados

Dados Digitais e Sinais Analógicos



- Técnicas de *modulação* (em amplitude, frequência e fase)



(a) Amplitude-shift keying



(b) Frequency-shift keying



(c) Phase-shift keying

Transmissão de dados

Dados Digitais e Sinais Analógicos



- **Modulação em amplitude**
 - 1200 bps máxima nas linhas telefónicas
- **Modulação em frequência**
 - Os mesmos 1200 bps, mas mais robusta
- **Modulação em fase**
 - Pode-se usar modulação diferencial (inverter a fase nos uns, por exemplo)
- **Modulação em fase e amplitude**
 - Ex: modem 9600bps, usa 12 mudanças de fase, 4 delas com duas amplitudes, num total de 16 valores (4 bits de cada vez); portanto 2400baud

Transmissão de dados

Transmissão Analógica ou Digital



- **A transmissão analógica *versus* transmissão digital**
 - A transmissão analógica é um forma de transmitir sinais analógicos (de dados analógicos ou digitais) sem ter em conta o seu conteúdo.
 - O sinal é propagado através de amplificadores que amplificam não só o sinal mas também o ruído no fim deste ter percorrido determinada distância.
 - A transmissão digital em contrapartida está preocupada com o conteúdo do sinal.
 - De forma a manter a integridade do sinal são colocados repetidores a distâncias razoáveis que recuperam o sinal e produzem um novo, eliminando o ruído.

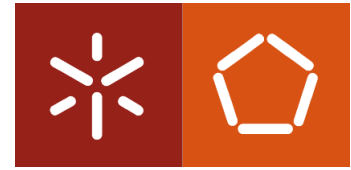
Comunicação de dados



- **Comunicação: bit-a-bit**
 - duração? espaçamento? ritmo?
- **Transmissão série ou paralelo?**
- **Técnicas de transmissão de dados em *série*:**
 - transmissão *assíncrona* e *síncrona*

Comunicação de dados

transmissão em série ou paralelo



- A transmissão em paralelo só costuma ser usada internamente ao computador (*barramentos*), ou na ligação a periféricos que estejam a curtas distâncias (ex: impressoras)
- Em telecomunicações utiliza-se normalmente a transmissão em série. Neste tipo de transmissão os sinais são enviados um de cada vez através de um mesmo caminho.
- Os PCs normalmente possuem uma ou mais portas série (COM1, COM2) e portas paralelas (LPT1, LPT2)
- A recepção de um sinal digital envolve a amostragem do sinal de entrada, pelo menos uma vez durante o tempo que demora um bit para determinar o seu valor (1 ou 0).
- O receptor necessita de saber quando começa um bit e quanto tempo demora para interpretar correctamente os sinais enviados pelo transmissor.

Necessidade de sincronização entre o transmissor e o receptor da informação



- **Exemplo**

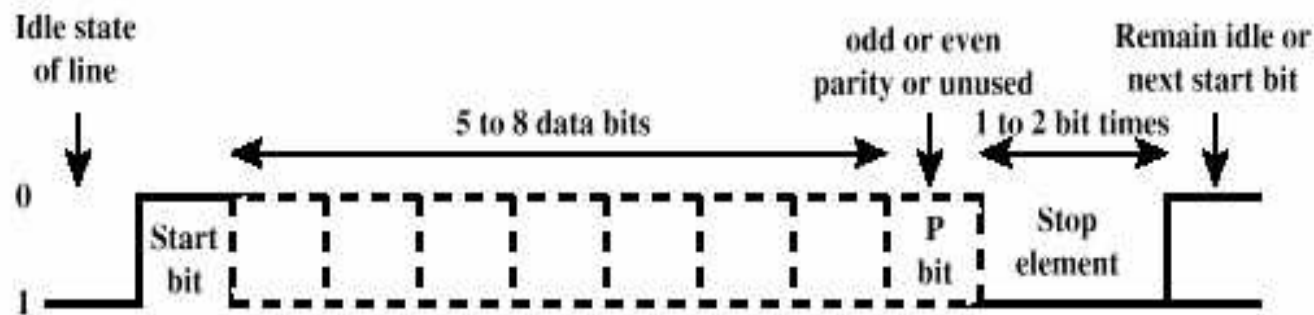
- Suponha que uma determinada fonte está a transmitir a uma taxa de 1 Mbps (ou seja, um bit demora 1 microsegundo a ser transmitido)
- A amostragem efectuada pelo receptor tem de ocorrer com intervalos de 1 microsegundo
- O que acontece se houver um pequeno desvio entre os relógios do emissor e do receptor? Por exemplo, se o relógio do receptor for 1% mais rápido ou mais lento do que o relógio do transmissor? Ao fim de 50 bits o receptor pode começar a errar. Porquê?

Comunicação de dados

transmissão assíncrona



- Uma das formas de resolver este problema é através da transmissão assíncrona
- Estratégia:
 - enviar dados em pequenas unidades (caracter)*
 - envia código de caracter (5 a 8 bits) de cada vez
 - os caracteres ocorrem assincronamente



Formato de um caracter

[DCC, Stallings99]

Comunicação de dados

transmissão assíncrona



- Quando não está a ser transmitido nenhum carácter a linha entre o transmissor e o receptor está livre; a definição de livre é equivalente ao sinal usado para o bit 1 (no caso da codificação NRZ-L, que é comum na transmissão assíncrona o bit 1 e a definição de linha livre são codificados através da presença de uma voltagem negativa na linha);
- O início de um carácter é assinalado através do start bit que tem o valor do bit 0 (voltagem positiva na linha)
- O start bit é seguido por 5 ou 8 bits que representam o carácter (começando pelo bit menos significativo)
- Habitualmente o bit mais significativo do carácter é usado como bit de paridade (bit usado pelo receptor para detectar erros de transmissão)
- O último elemento é um stop que pode ocupar 1, 1,5 ou 2 bits e corresponde ao valor do bit 1

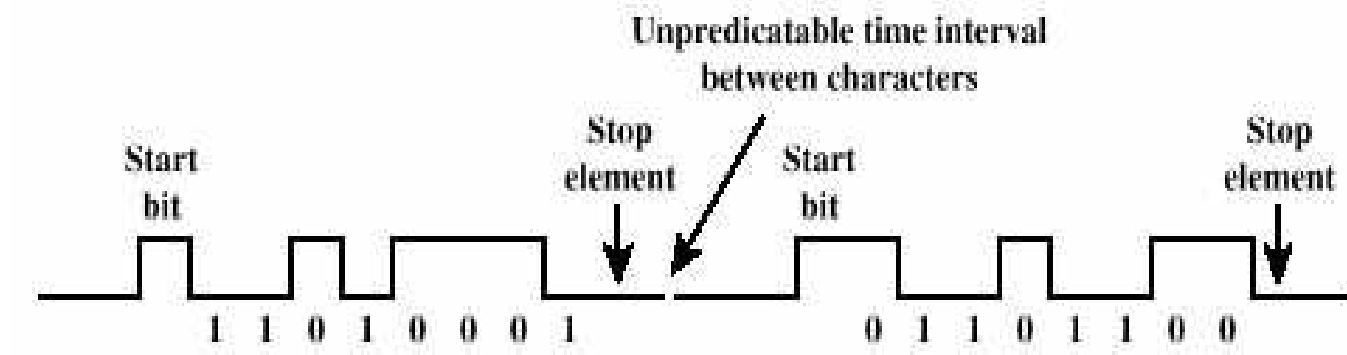
Comunicação de dados

transmissão assíncrona



- **Vantagens:**

- (re)sincronização no início de cada caracter
- esquema simples e económico



Assincronismo entre caracteres

[DCC, Stallings99]

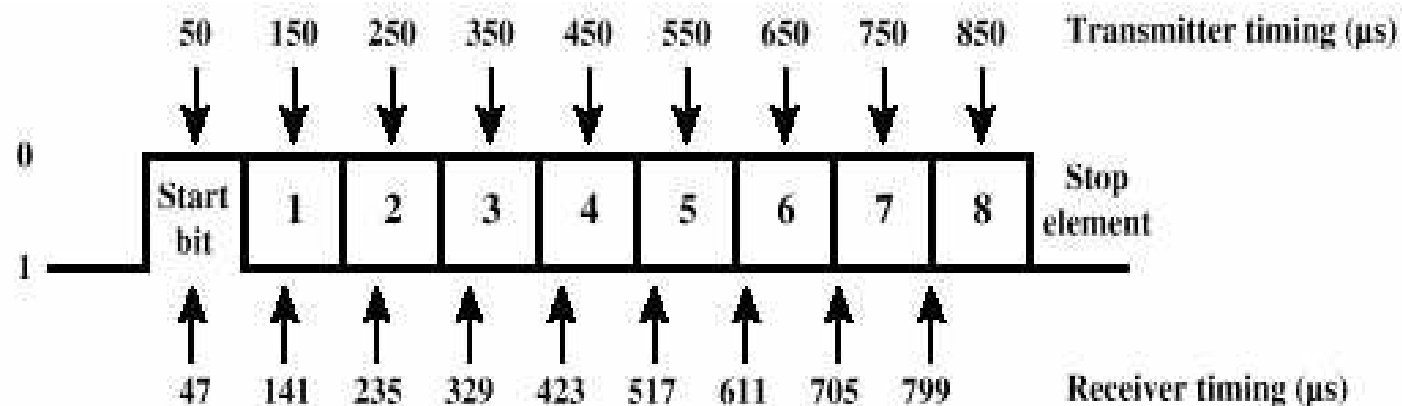
Comunicação de dados

transmissão assíncrona



- **Desvantagens:**

- *overhead* elevado (em geral $> 20\%$)
- apesar de tudo podem ocorrer erros
- Exemplo: taxa de 10kbs (cada bit demora 100 microsegundos) e o relógio do receptor é 6% mais rápido do que o relógio do transmissor)



Timing error

[DCC, Stallings99]

Comunicação de dados

transmissão síncrona



- **Usada para transmitir unidades de dados maiores**
- **Sincronização transmissor (Tx) com receptor (Rx):**
 - não são usados *start/stop* bits
 - ou existe um canal separado de sincronização
[chamada *sincronização fora da banda*]
 - ou a sincronização faz-se no canal dos dados
[chamada *sincronização dentro da banda*]
- **O formato de cada trama depende do tipo de transmissão ser orientado ao caracter ou ao bit.**

Comunicação de dados

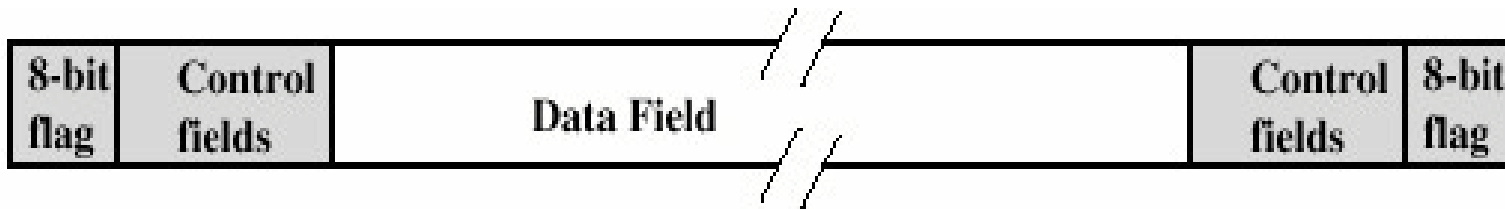
transmissão síncrona



- **Trama = campo de controlo + campo de dados**
 - campo de controlo = endereço(s) destino/origem, comprimento da trama, número de sequência, tipo dos dados, etc
(*Trama* é a designação dada à *unidade de dados* ao nível físico)
- **Deteção de início e fim de trama:**
 - caracteres especiais (orientados ao carácter) ou padrão de bits de alinhamento (*flag*) (orientados ao bit).

Exemplos: SYN<trama> [SYN=caracter de control]

<flag><trama><flag>



Formato geral de uma trama

[DCC, Stallings99]