

Redes de Comunicação de dados

Módulo 1
(40 aulas)

Transmissão de dados

- São feitas entre um **transmissor e um receptor através de um canal de comunicação.**
- Os dados são transportados por ondas electromagnéticas ou luminosas.
- Os meios de transmissão podem ser **guiados ou não guiados. Os guiados** orientam as ondas – caso dos cabos – e os não guiados não orientam – caso do ar ou da água do mar.

Componentes de uma RCD

Para um normal funcionamento de uma rede de comunicação de dados é necessário ter:

- Pelo menos dois DTE'S (Data Terminal Equipment);
- Meios de transmissão;
- Pacote de dados;
- Protocolos;
- Interface com utilizador.

Vantagens de uma RTD

- Transferência de dados
- Partilha de recursos
- Partilha de informação
- Pesquisa de informação
- Optimizar/Rentabilizar tempo/Recursos

Modos de Transmissão

- Relacionado com os sentidos em que a informação pode ser transmitida através de um canal e entre emissores e receptores, foram definidos 3 principais modos de operação:

Simplex:

- Unidireccional;
- Transmissões efectuadas num só sentido.

Modos de Transmissão

Half Duplex:

- Bidireccional;
- Transmissões nos dois sentidos alternadamente.

Full Duplex:

- Bidireccional;
- Transmissões nos dois sentidos simultaneamente.

Sistemas digitais e analógicos

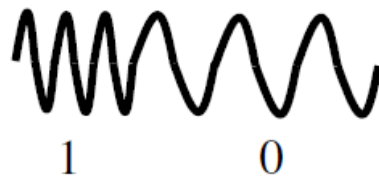
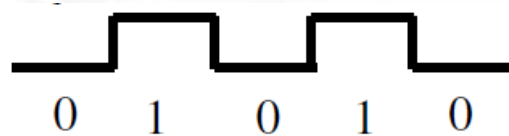
- Como os computadores utilizam a linguagem digital trabalham com a base binária (0,1) o termo 'digital' neste âmbito fica normalmente restringido a tudo aquilo que se refere aos valores 0 e 1 (bit) ou a dois quaisquer valores ou estados que lhes podem estar associados

Sinais digitais e analógicos

- A tendência actual é para a generalização da utilização dos sinais digitais mesmo nas redes telefónicas.
- RDIS (Redes Digitais com Integração de Serviços).
- Em contrapartida, o conceito **analógico refere-se a tudo aquilo** que pode ser representado por valores contínuos e/ou trabalha com esses tipos de valores.

Sinais digitais e analógicos

- **Sinais Digitais** - sinais com apenas duas amplitudes que deste modo codificam os bits (0 e 1) que transportam.
- **Analógicos** - sinais cujas amplitudes e/ou frequência são usadas para codificar os bits da informação transmitida.



Sinais digitais e analógicos

Transmissão

- **Analógica – Meio de transmitir** sinais analógicos (como voz ou dados digitais modulados por um MODEM). O sinal, ao longo do canal, perde energia e fica distorcido. Por isso, usam-se amplificadores que recuperam a energia mas não a forma original; pelo contrário, aumentam a distorção.

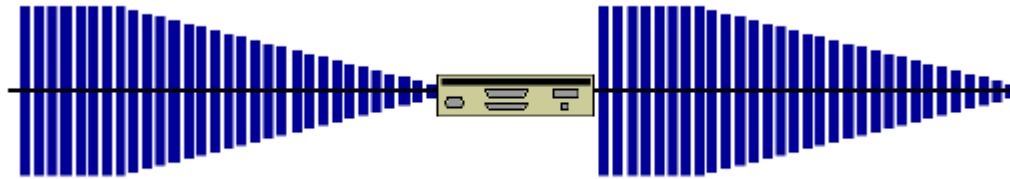
Sinais digitais e analógicos

Transmissão

- **Digital – Meio de transmitir** sinais digitais, binários no nosso caso. O sinal, ao longo do canal, perde energia e fica distorcido. Mas aqui usam-se repetidores que lêem o padrão de 0's e 1's do sinal e reenviam-no num sinal 'limpo' e com a energia inicial.

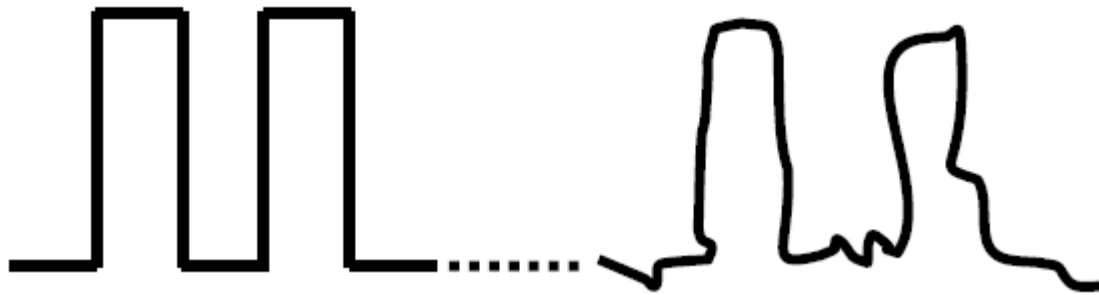
Atenuação do Sinal

- Perda de **amplitude do sinal ao longo** da transmissão. Pode obrigar ao uso de **repetidores para corrigir essa perda**.



Distorção do Sinal

- Perda de **forma** do sinal durante a transmissão.



Vantagens do sinal digital

- Podemos transmitir ficheiros, som, imagem, filmes, multimédia, etc.
- Transmissão com boa qualidade: velocidade, imunidade a ruídos.

Em contrapartida:

- Informação mais “pesada”, o processo de comunicação é mais complexo.
- Necessidade de compatibilidade entre equipamentos e transmissão digital.

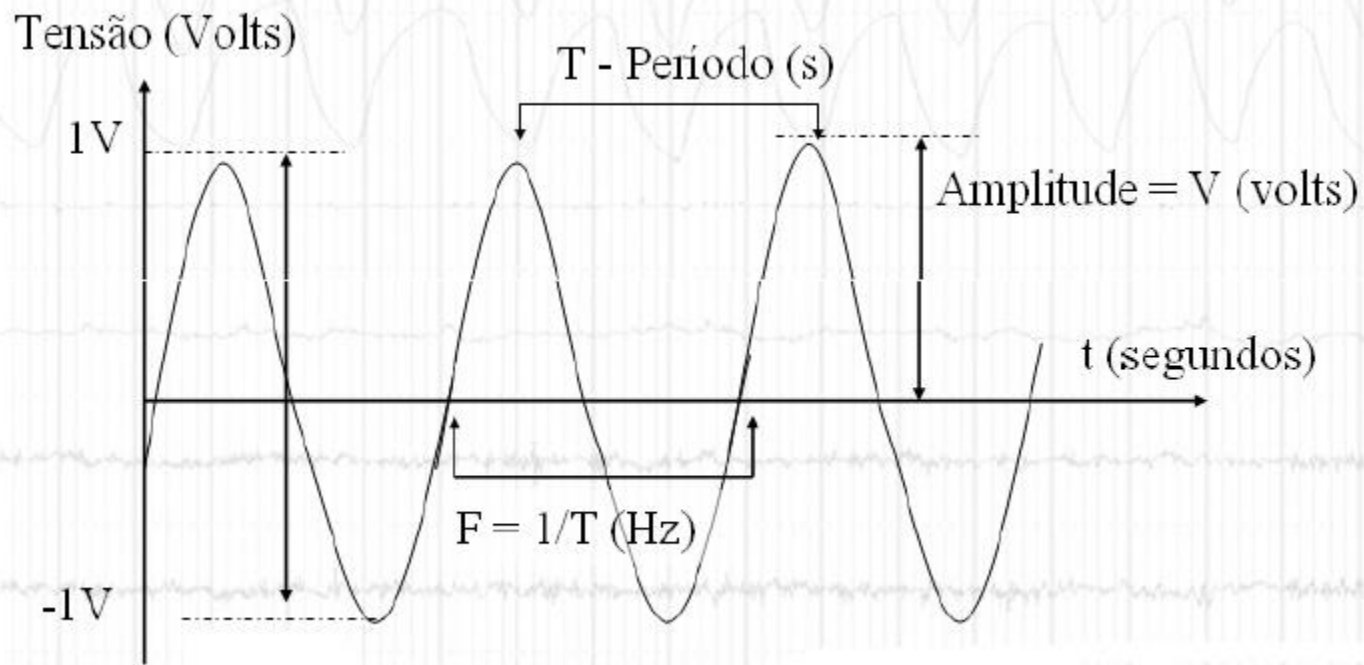
Vantagens do Sinal analógico

- Ainda é utilizado, apesar de saturado.
- Existência de inúmeros equipamentos analógicos que persistem no mercado.
- É mais fácil a sua transmissão.
- Ocupam menos espaço.

Fases de um Sinal

- **Amplitude:** codifica o sinal 0 e o sinal 1 (por exemplo) na mudança de amplitude; Quanto maior for a amplitude, mais forte é o sinal.
- **Frequência:** número de ciclos que ocorrem num determinado período de tempo (hertz).
- **Fase:** forma como o sinal muda a sua relação com o tempo e exprime-se em graus.
- **Tempo:** medido em segundos, é o intervalo de tempo em que um sinal periódico leva a repetir a sua forma.
- **Período:** tempo necessário para acontecer uma

Representação de um sinal

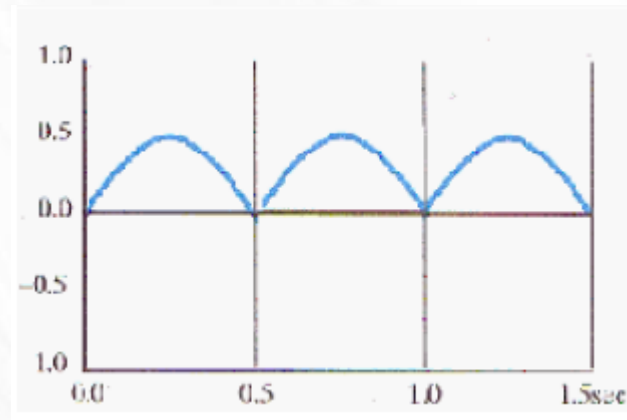


Tipos de sinais

- Sinal contínuo
- Sinal alterno
- Sinal periódico
- Sinal aleatório

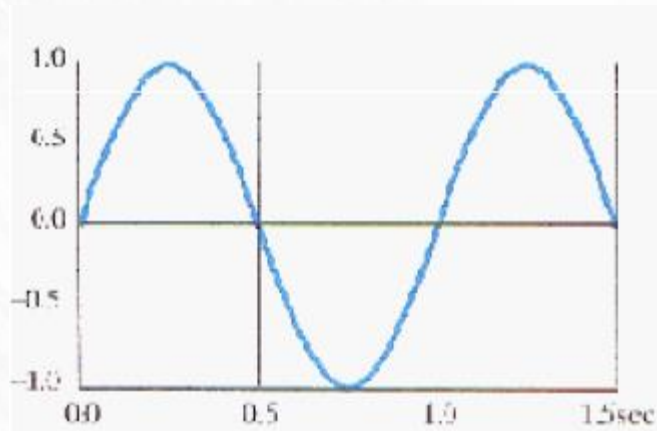
Sinal Contínuo

- Movimento de cargas no mesmo sentido.



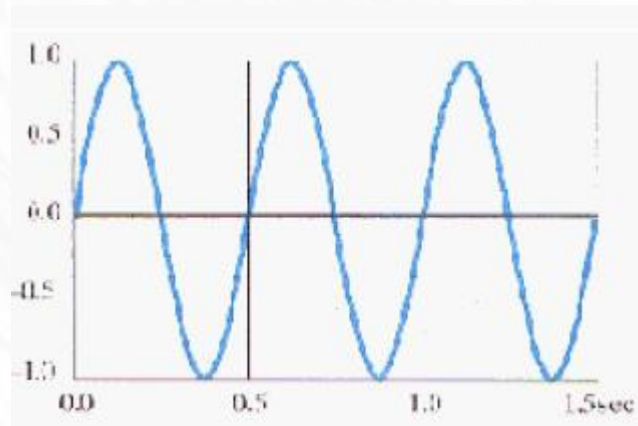
Sinal Alterno

- Movimento de carga em sentidos opostos.



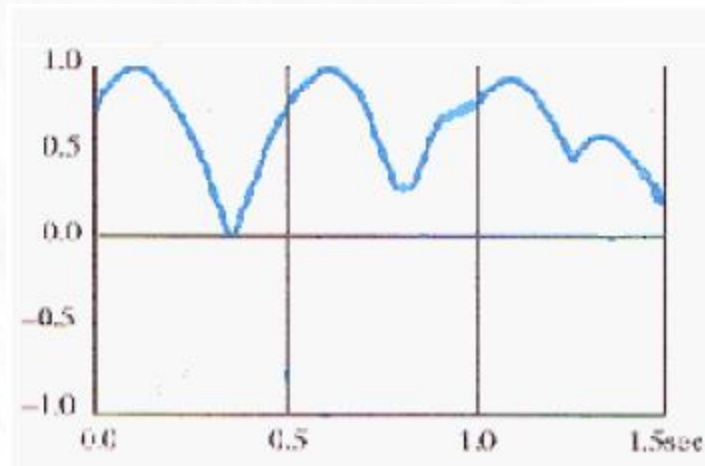
Sinal periódico

- Quando a sua forma se repete em intervalos de tempo regulares.



Sinal aleatório

- A sua forma varia no tempo de maneira aleatória.



Taxas de Transmissão

- **Consiste no número de *bits por segundo* (bps) que podem ser transmitidos por um canal.**
- Não confundir com o *baud rate* (ou apenas *baud*) que mede o número de transições (de 'voltagem' ou frequência) por segundo, de um sinal. Devido às técnicas de compressão, é possível ter um número de **bps superior ao do baud.**

Taxa de transmissão depende:

- Das características dos cabos utilizados;
- Da quantidade de tráfego de mensagens provenientes dos vários nós da rede;
- Utilização da largura de banda para transmissão de um só ou vários fluxos de mensagens ao mesmo tempo;
- Das taxas de transmissão máximas dos equipamentos activos;
- Ruídos;
- Modos de transmissão.

Largura de banda

- É a diferença entre a maior frequência e a menor frequência que o canal suporta.
- As frequências são expressas em hertz.
- Quanto maior for a largura de banda, maior a capacidade de transmissão do sinal, permite:
 - **Desdobrar o canal para circular maior número de transmissões;**
 - **Aumentar a velocidade de transmissão.**
- A linha telefónica, por exemplo, tem uma largura de banda típica de 3100Hz.

Taxa de Transmissão Vs Taxa de Modulação

- Taxa de Modulação – Número de mudanças do sinal por segundo – baud

$$\text{Taxa Transmissão} = \text{Taxa Modulação} \times K$$

- $K = \log_2 n$ $2^k = n$
- Taxa de Transmissão é dada pelo nº de bits por segundo levando-se em conta que a linha pode assumir N estados diferentes.
- Taxa Modulação = $1 / d$
- d - Duração do elemento básico do sinal

Potências

- BEL – Unidade que relaciona logicamente duas potências.
- Decibel – Subunidade do Bel (dB).
- Pout – Potencia de saída.
- Pin – Potencia de entrada.

$P_{out} > P_{in}$ - Perda Potencia

$P_{out} < P_{in}$ – Ganho Potencia

$$\text{Ganho} = 10 \log (P_{out} / P_{in})$$

Throughput

- Largura de banda realmente medida, numa hora do dia específico, com caminhos de Internet usados e durante a transmissão de um conjunto de dados na rede.
- Infelizmente, por muitas razões, o **throughput** é muito menor que a largura de banda digital máxima possível do meio que está a ser usado.

Codificação

- A forma como os dados são introduzidos no meio físico de transmissão e ao formato como eles são transmitidos na onda portadora chama-se Codificação.
- A transmissão de dados entre computadores é sempre feita através de ondas. A onda que é utilizada para transportar dados entre computadores designa-se por ***portadora***.

Transmissões síncronas e assíncronas

- Para que o receptor seja capaz de reconhecer os bits que foram transmitidos terá, no mínimo de conseguir saber onde começa e acaba cada símbolo recebido.

– Transmissão Síncrona

- O transmissor consegue manter sempre perfeitamente sincronizado o relógio do receptor.

– Transmissão Assíncrona

- Inserem-se alguns bits adicionais no início (start bit) e no final (stop bit) de cada caracter

Transmissões síncronas

- Há um sincronismo entre o emissor e o receptor.
- A sincronização entre o DTE (Data Terminal Equipment) transmissor e DTE receptor é estabelecida no início de cada mensagem.
- Cada mensagem é precedida de caracteres de sincronização.
- Inserção de caracteres especiais (caracteres de controle no início e no final do bloco).

Transmissões síncronas

Vantagens:

- A transmissão de dados é muito mais rápida.

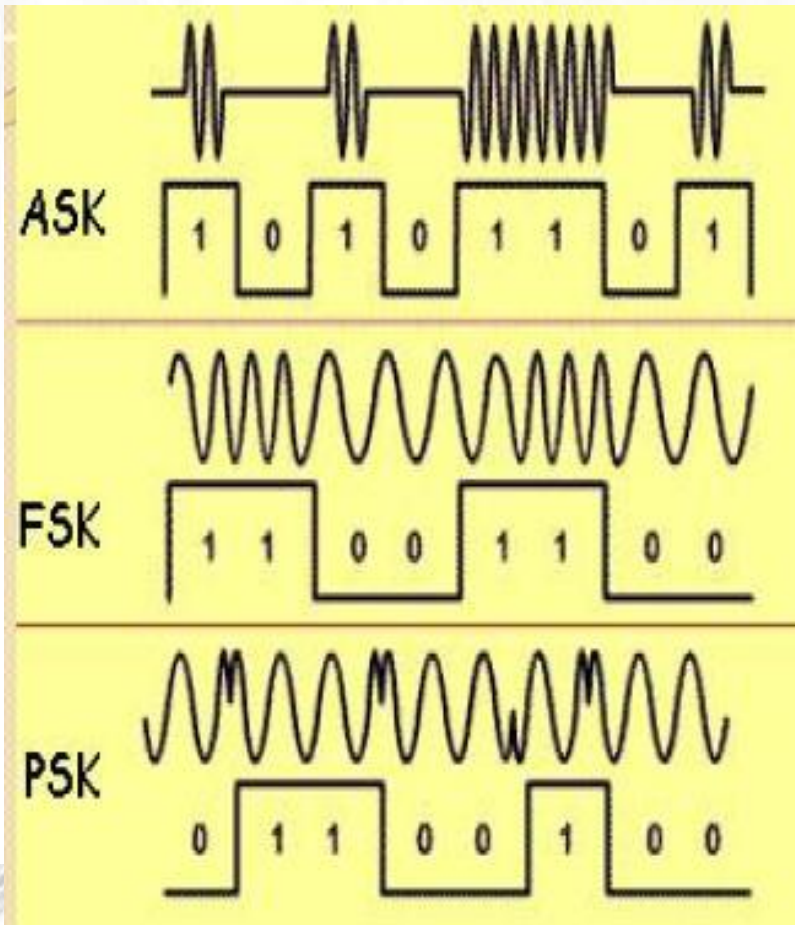
Desvantagens:

- Mais caro;
- Tem que haver um Sistema de Recuperação do Relógio;
- Relógios mais precisos, maior sincronismo de relógios;
- Necessita de um melhor desempenho do Hardware.

Transmissões Assíncronas

- É caracterizada por não possuir nenhum vínculo com o tempo.
- A sincronização entre o emissor e o receptor só é conservada durante o tempo necessário para a transmissão de cada carácter (start e stop bits).

Modulação



Conversão do sinal digital em sinal analógico

• **Amplitude – ASK (Amplitude Shift Keying) AM**

- A amplitude varia;
- A frequência mantém.

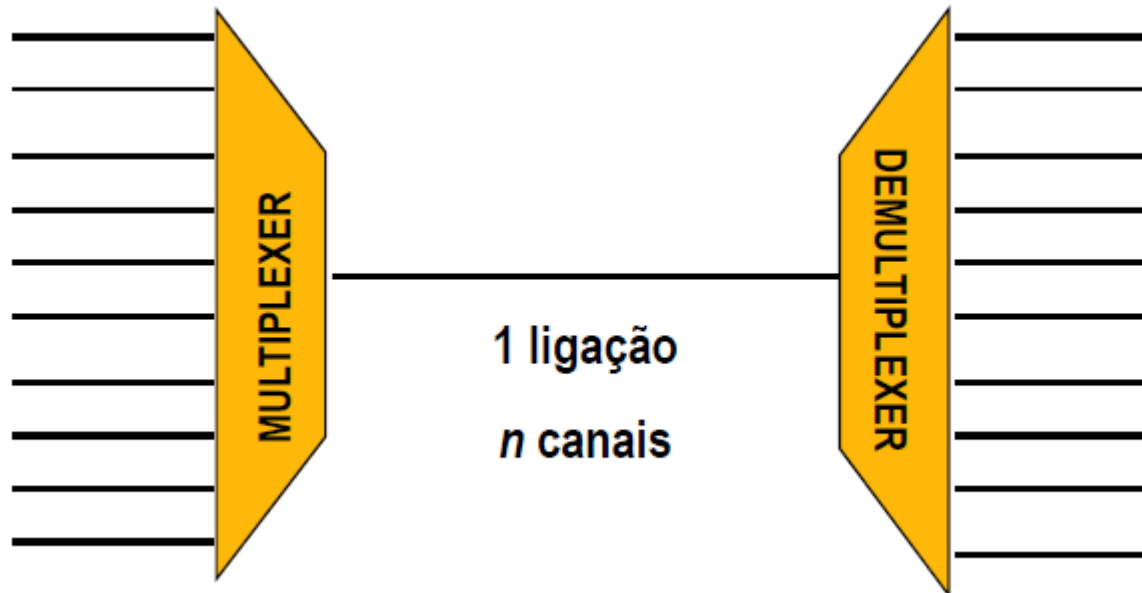
• **Frequência – FSK (Frequency Shift Keying) FM**

Multiplexagem

- Consiste na operação de transmitir varias comunicações diferentes ao mesmo tempo através de um único canal físico; o dispositivo que efectua este tipo de operação chama-se Multiplexador.

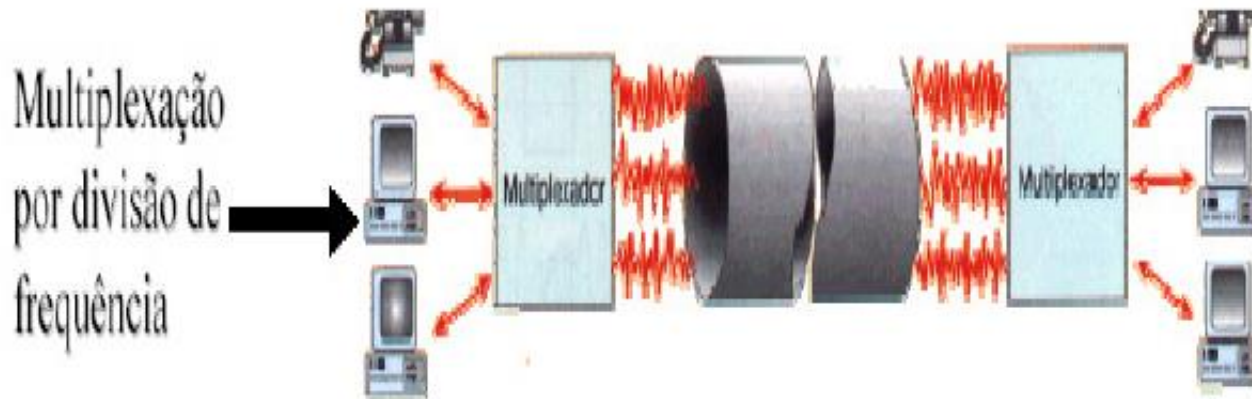
n entradas

n saídas



Multiplexagem

- **Multiplexagem em frequência, em que cada sinal é modulado por uma portadora com frequência diferente. A largura de banda do canal tem de ser maior do que as somas das larg**



Multiplexagem

- **Multiplexagem por divisão no tempo**, através de diferentes algoritmos, mas todos com uma base comum: a de durante uma fatia de tempo, a largura de banda do meio de transmissão estar ocupada



Multiplexagem

Síncrona no tempo (STDM)

- Todos os terminais recebem uma fatia de tempo, independentemente se utilizam ou não. É ineficiente porque existe desperdício de tempo, uma vez que o canal de comunicação poderia estar a ser utilizado por outros terminais, no momento a quem este foi destinado a fatia de tempo.

Multiplexagem

Assíncrona no tempo (ATDM)

- Este método permite que o canal de comunicação seja utilizado de forma mais eficiente. O terminal que pretende comunicar aloca o canal de transmissão para o envio dos pacotes de dados sendo-lhe destinado um determinado intervalo de tempo. Desta forma o tempo é dividido apenas pelos DTE's que pretendem estabelecer uma comunicação.

Técnicas de Conversão A/D

- O processo de conversão de um sinal analógico em digital é composto por 3 fases:
 - Amostragem
 - Quantização (Atribuição de valores discretos ao sinal)
 - Codificação
- O Teorema de Nyquist afirma que um sinal pode ser completamente reconstruído se deste forem extraídas amostras a um ritmo do dobro da frequência máxima (f_{\max}) do sinal original (f_s).

Técnicas de Conversão A/D

- Conversão A/D usando uma frequência de amostragem $1/t$ e 4 níveis de quantização.

Etapas do Processo de Conversão (A/D)						
Amostragem (valor das amostras)	2,0	1,8	0,6	0,3	3,0	2,1
Quantização	2	2	1	0	3	2
Codificação	10	10	01	00	11	10

Técnicas de Conversão A/D

- O teorema de Nyquist afirma também que a taxa máxima de transmissão de um canal é dada pela seguinte fórmula:

$$C = 2 * B * \log_2 M$$

Onde **C** é a velocidade máxima de transmissão em bits/s; **M** é o número de estados diferentes que o sinal pode assumir e **B** é a largura de banda do canal expressa em Hz.

Lei de Shannon

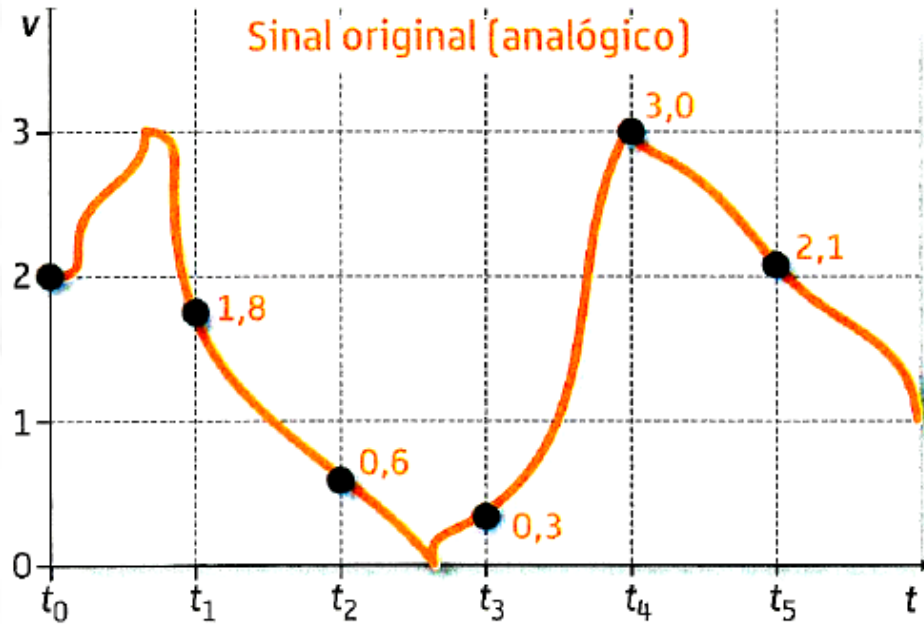
• A velocidade máxima de transmissão de um canal isento de erros é dada pela seguinte expressão:

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N)$$

Onde **B** é a largura de banda do canal expressa em Hz, **S/N** é a razão sinal - ruído expressa em db, e **C** é a taxa de transmissão expressa em bits por segundo.

Técnicas de Conversão A/D

- Consideremos o seguinte sinal analógico:



Técnicas de Codificação

NRZ (“Nonreturn to zero”): Indica que o sinal não necessita obrigatoriamente de ir a zero entre transições de bit. Existem 3 tipos desta codificação:

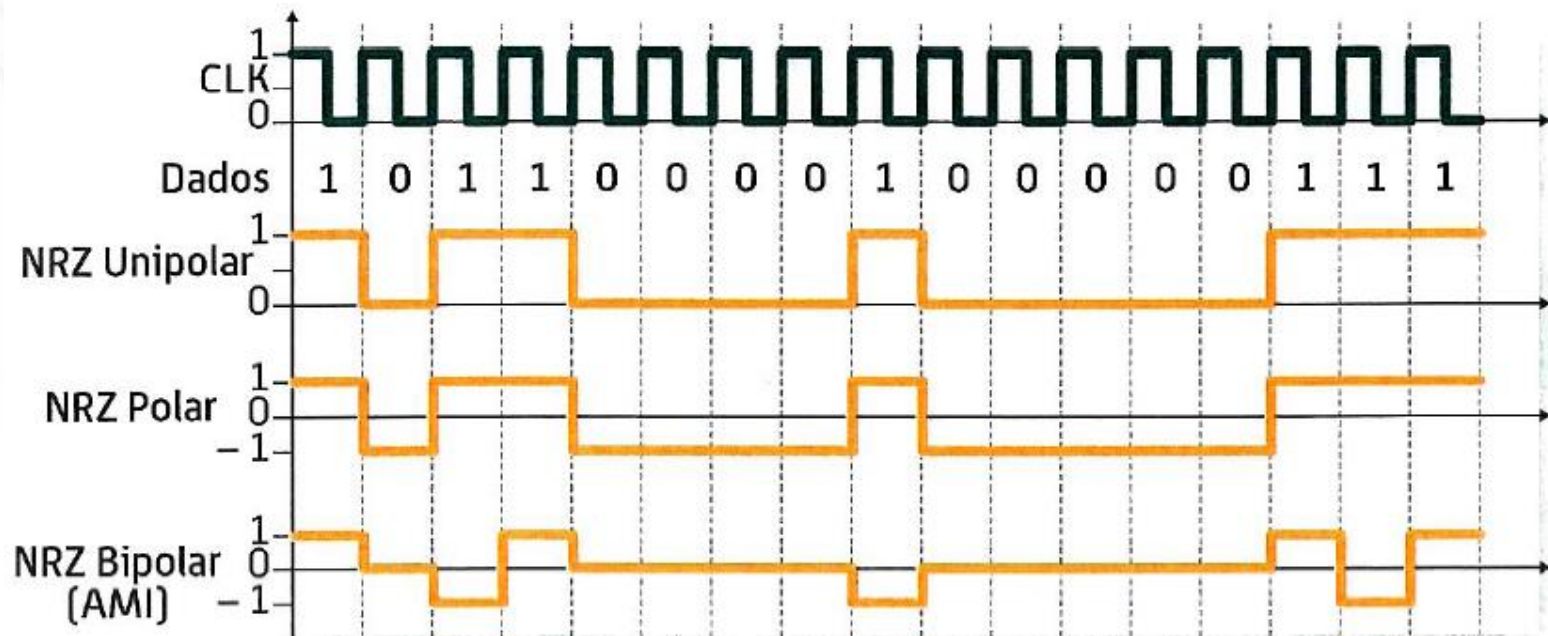
- **Unipolar**: Os limites de onda estão sempre entre 0 e 1 e tomam o valor 1 quando o bit a codificar é 1 e 0 quando o bit a codificar é 0.

- **Polar**: Os limites da onda neste tipo de codificação estão entre -1 e 1. A onda codificada toma o valor 1 quando o bit a codificar é 1 e toma o valor -1 quando o bit a codificar é 0.

Técnicas de Codificação

- **Bipolar:** Os limites da onda neste tipo de codificação estão entre -1, 0 e 1. Toma o valor 0 quando o bit a codificar é 0 e toma o valor 1 e -1 alternadamente quando o bit a codificar é 1.
- **Exemplo:** Codifique a seguinte sequência de bits 10110000100000111 com os códigos de linha anteriores:

Técnicas de Codificação



Técnicas de Codificação

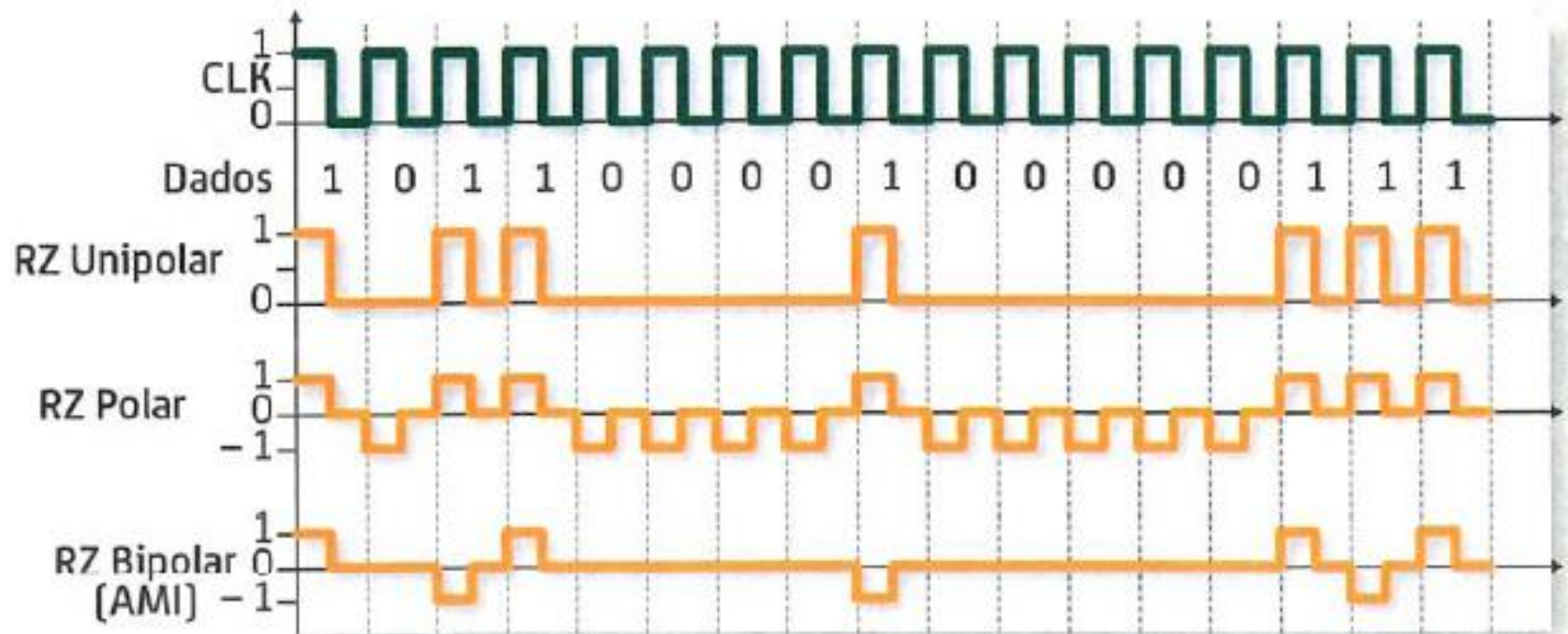
RZ (“Return to zero”): Indica que, em cada transição, metade do bit do sinal vai a zero. Existem 3 tipos desta codificação:

- **Unipolar**: Os limites de onda estão sempre entre 0 e 1 e tomam o valor 1 quando o bit a codificar é 1 e 0 quando o bit a codificar é 0. No entanto só permanecem nesses valores metade do tempo do bit.
- **Polar**: Os limites da onda neste tipo de codificação estão entre -1 e 1. A onda codificada toma o valor 1 quando o bit a codificar é 1 e

Técnicas de Codificação

- **Bipolar:** Toma o valor 0 quando o bit a codificar é 0 e toma o valor 1 e -1 alternadamente quando o bit a codificar é 0 e toma o valor 1 e -1 alternadamente quando o bit a codificar é 1. Contudo, só permanecem nesses valores metade do tempo do bit
- **Exemplo:** Codifique a seguinte sequência de bits 10110000100000111 com os códigos de linha anteriores:

Técnicas de Codificação



Técnicas de Codificação

Manshester: Semelhante ao RZ no entanto nunca perde o sincronismo do relógio e permite a detecção de erros. Existem 2 tipos desta codificação:

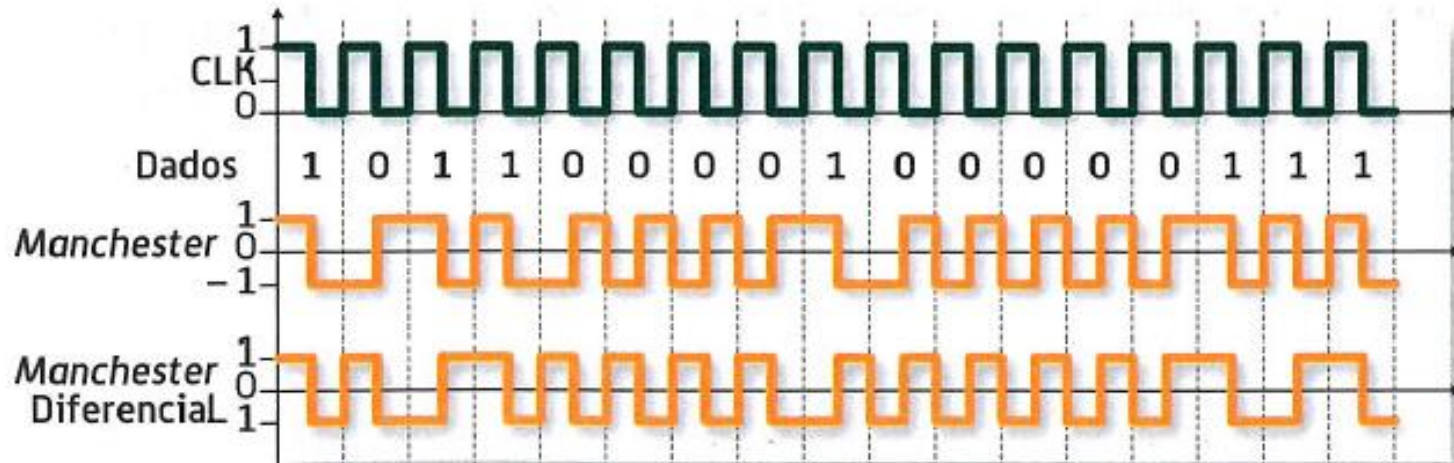
- **Normal:** Os limites da onda neste tipo de codificação estão entre 1 e -1. Neste código de linha, as decisões são sempre tomadas a meio de cada bit. Assim, as transições entre $0 \rightarrow 1$ e $1 \rightarrow 0$ ocupam a largura de um bit desde o meio do bit anterior até ao meio do bit seguinte. As restantes transições, $0 \rightarrow 0$ e $1 \rightarrow 1$, ocupam apenas meio bit.

Técnicas de Codificação

- **Diferencial:** Os limites da onda neste tipo de codificação estão entre -1 e 1. À semelhança do anterior, as decisões são sempre tomadas a meio de cada bit. A diferença aqui reside apenas, nas transições para 1 que ocupam a largura de um bit desde o meio do bit anterior até ao meio do bit seguinte. As restantes transições, $0 \rightarrow 0$ e $1 \rightarrow 0$, ocupam apenas meio bit.

Técnicas de Codificação

- **Exemplo:** Codifique a seguinte sequência de bits 10110000100000111 com os seguintes códigos de linha: Manchester, Manchester Diferencial.



Técnicas de detecção de erros

- Quando um pacote de dados é recebido é importante saber se existem erros.
- Igualmente importante é a existência de mecanismos que permitam a sua correcção.

Mecanismos:

- Detecção de erros auto-corrector (“error-correcting code”)
- Pedir ao emissor que efectue a retransmissão do pacote de dados (“backward error correction”)
- Verificação de paridade (“parity check”)

Técnicas de detecção de erros

- Verificação de paridade (“parity check”)
- É um dos mecanismos mais simples para detecção de erros.
- A cada carácter transmitido é acrescentado um bit de tal modo que o total de bits 1 seja par (“even parity”) ou ímpar (“odd parity”).
- É habitual a utilização de paridade par para comunicações assíncronas e a paridade ímpar para comunicações síncronas.

Técnicas de detecção de erros

• *Paridade Par:*

Caracter	Bit de Paridade	Sequência a transmitir
10010111	1	100101111
11000110	0	110001100

• *Paridade Impar:*

Caracter	Bit de Paridade	Sequência a transmitir
10010111	0	100101110
11000110	1	110001101

Técnicas de detecção de erros

- O DTE emissor calcula o bit de paridade para cada carácter transmitido
- O DTE receptor calcula um novo bit de paridade em cima dos bits recebidos e compara este bit com o que foi enviado pelo DTE emissor
 - Se forem iguais, a transmissão é considerada correcta
 - Se não, haverá necessidade de retransmitir o carácter

Técnicas de detecção de erros

Checksums (Somadas de controlo)

- Indique qual o valor em binário a juntar ao 2º byte (00111101 e 00001101) de informação para que estes sejam transmitidos com um código detector de erros do tipo *checksum*.
- 1º Passo: Calcular a soma da informação a enviar (emissor).
- 2º Passo: Obter a soma de controlo invertida (emissor)

Técnicas de detecção de erros

- 3º Passo: Enviar os 2 bytes e a soma de controlo (emissor);
- 4º Passo: Somar os 2 bytes recebidos e calcular a soma de controlo (receptor);
- 5º Passo: Somar a soma de controlo recebida do emissor com a soma de controlo calculada no passo anterior.
 - Se obtiver tudo 1's a transmissão não possui erros.

Técnicas de detecção de erros

- **CRC – Cyclic Redundancy check**
- O método consiste em adicionar um conjunto de bits (FCS – Frame Check Sequence) à mensagem original a transmitir. Os bits FCS são calculados através da seguinte expressão:

$$FCS(x) = \text{resto} \left[\frac{M(x) x^n}{G(x)} \right]$$

Correcção de erros

- Anteriormente identificámos formas de detectar os erros. Porém, esses erros apenas eram detectados e não corrigidos.

Distância de Hamming (m): calculada através da diferença entre os bits da mensagem enviada e recebida.

- Dependendo desta distância “m” o código de Hamming permite:

- Detectar** até $m - 1$ bits errados;

- Corrigir** até $(m-1)/2$ (arredondado para baixo) bits errados.

Algoritmo de Hamming

- Os bits de controle de dados (também designados por "bits de Hamming") estão em posições 2^k (ou seja: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc.)
- As restantes posições são para o bloco de dados a enviar (Ou seja: 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, etc.)
- Cálculo da operação lógica XOR.
- Representa-se em binário as posições em que o bloco de dados tem o valor binário de 1. Essas posições são referenciadas da esquerda para a direita

Compressão de dados

- Comprimir é:
- Tornar menor, através de um algoritmo de compressão;
- Reduzir a quantidade de bits para se representar um dado;
- Retirar a redundância (muitos dados contém informações redundantes que podem ou precisam ser eliminadas).

Objectivos da compressão de dados

- Numa transmissão, ao enviar determinada informação, tentamos sempre enviar o menor número de bits possível por forma a:
 - Diminuir o tempo necessário para completar a transmissão;
 - Diminuir os custos;
- Podemos ter como exemplo: a transmissão de imagens em canais com baixa largura de banda (linha telefónica).

Técnicas de Compressão de dados

- A compressão de dados envolve a codificação da informação de modo que o arquivo ocupe menos espaço.
- Há muitos algoritmos de compressão de dados, todos eles diferentes entre si e, mais importante, são as diferentes taxas de compressão.
- Duas técnicas:
 - Compressão sem perdas
 - Compressão com perdas

Compressão de dados sem perdas

- A informação é recuperada sem qualquer alteração após o processo de descompressão.
- É usada em texto e algumas aplicações multimédia críticas onde a informação é essencial.
- Como exemplo, aplicações médicas, trocas de informação entre duas sucursais bancárias, etc.

Compressão de dados sem perdas

- Este tipo de compressão é também designada por compressão reversível
- Exemplos mais conhecidos: .zip ou .rar
- Alguns formatos de imagem: PNG e GIF
- Exemplos de algoritmos de compressão sem perda de dados:
 - Algoritmos de Modelos Estatísticos
 - Transformação de Burrows-Wheeler
 - LZ77
 - LZW
- Algoritmos codificados que produzem

Algoritmo de Huffman

- 1º Passo: Contar as ocorrências de cada símbolo na cadeia a ser comprimida;
- 2º Passo: Ordenar os símbolos por ordem decrescente de frequência;
- 3º Passo: Unir os dois nós símbolos de menor frequência (somando as frequências respectivas). Voltar ao 2º Passo.
- 4º Passo: Quando todos os símbolos estiverem unidos e a árvore construída, determinar o código de cada caracter percorrendo a árvore desde a raiz até ao caracter pretendido

Algoritmo de Huffman

Exemplo:

AAAAAABBBBBBCCCCDDDEEF



Caracteres	A	B	C	D	E	F
Codificação	00	10	11	010	0110	0111

Codificação Aritmética

- Determina-se a quantidade de símbolos idênticos consecutivos na cadeia
- Cada uma das sub-sequências máximas de símbolos na cadeia é substituída por um número.
- Esse número indica a frequência do símbolo em questão.

Codificação Aritmética

Exemplo:

CCTTTNNMMTVVVVAAAMMMMMPPPGGHH

HHJL



2C3T2N2M1T4V3A6M3P2G4H1J1L

Codificação Aritmética

Exemplo com um símbolo numérico:

BBB4444CDDD111999MMM



3B4@41C3D3@13@93M

Neste caso, emprega-se um símbolo especial, ex., @, para indicar que o item após esse símbolo representa um número.

Compressão com perdas

- Também designada por irreversível.
- A informação descomprimida é diferente da original.
- Técnicas irreversíveis são pouco comuns em ficheiros de dados, mas existem situações em que a informação perdida é de pouco ou nenhum valor, como em compressão de voz e imagem.
- O facto de na compressão sem perdas a informação descomprimida ser diferente da original não significa que a percepção de um

Compressão com perdas

- Perdem-se dados sucessivamente, à medida em que se aplica o algoritmo várias vezes, ao comprimir e descomprimir.
- Exemplo: a maioria das imagens .jpg na internet e ficheiros MPEG.
- Existem dois esquemas básicos:
 - Método de Transformação
 - Método Preditivo

Compressão com perdas

- A compressão com perda:
 - Consegue ocupar menos espaço em disco;
 - Possui uma qualidade inferior em relação ao original;
 - É mais comum usar em sons, vídeos e imagens, principalmente na troca de informações pela internet.