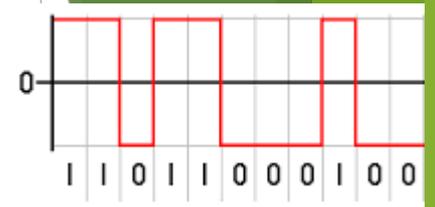
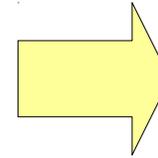
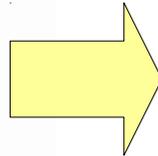


Parâmetros de transmissão

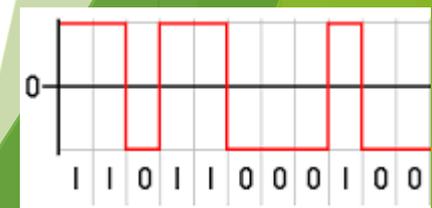
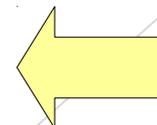
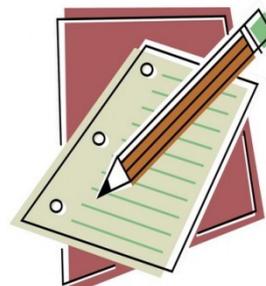
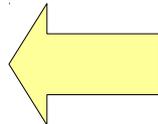
Professor: Cleber Jorge Amaral

2016-1

Processo de comunicação

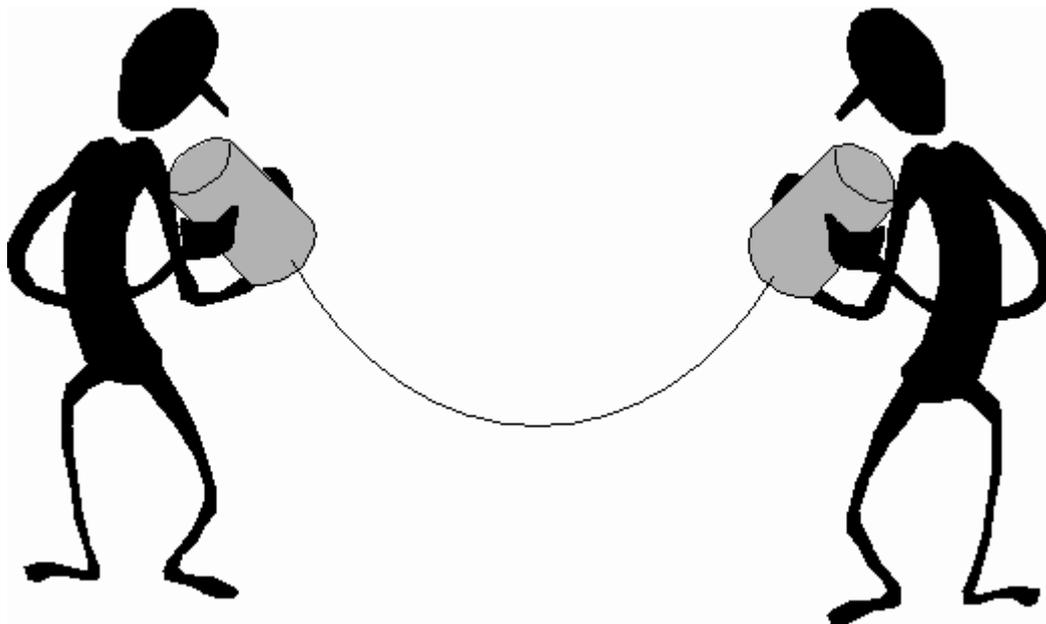


- 1) Geração de uma ideia, padrão ou imagem na origem
- 2) Descrição desta ideia com certa precisão utilizando símbolos
- 3) Codificação dos símbolos de forma a ser transmitida pelo meio
- 4) Transmissão deste código ao destino
- 5) Decodificação
- 6) reprodução dos símbolos
- 7) Recriação da ideia transmitida

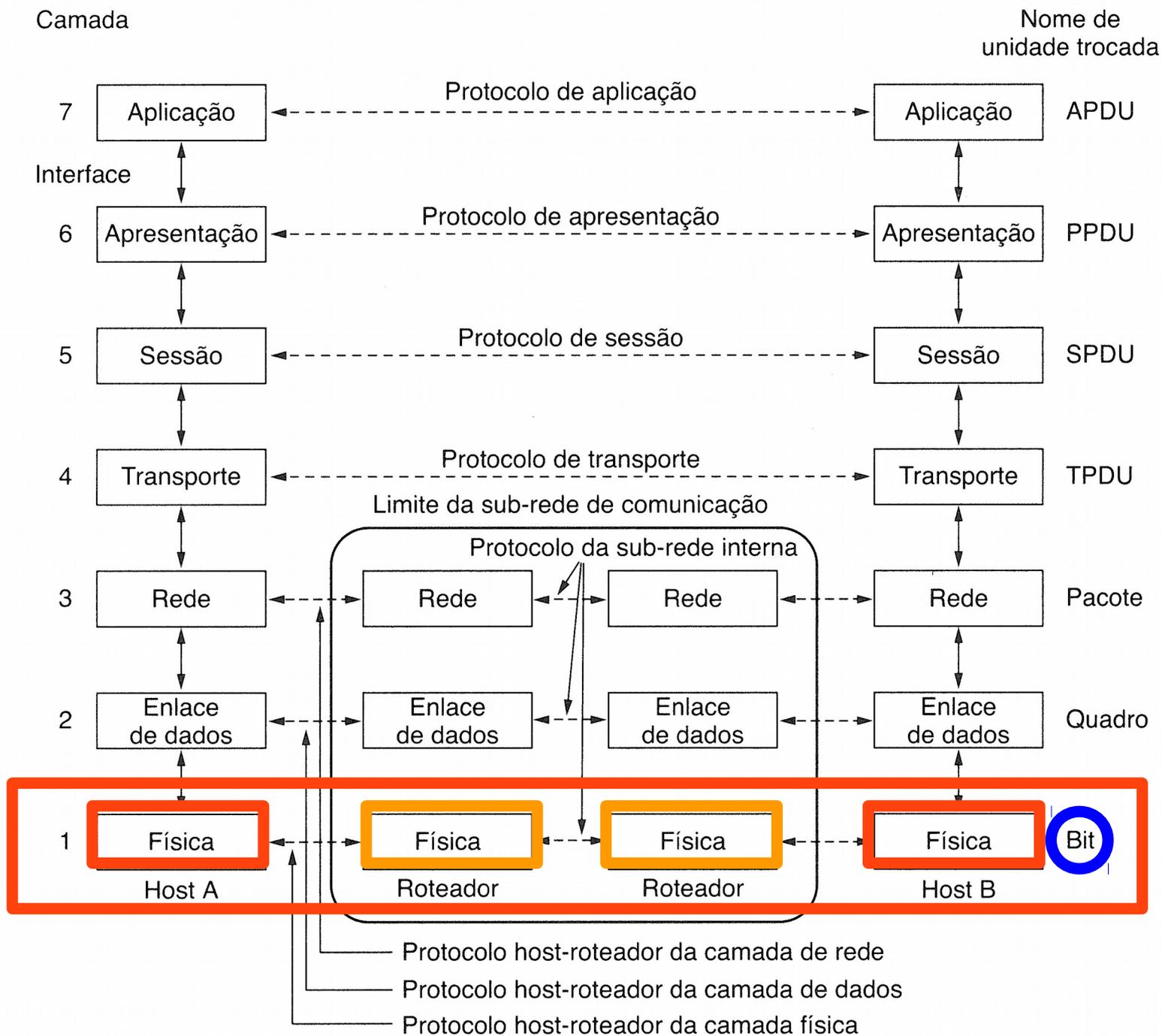


Informação e sinal

- ▶ A transmissão de informação através de sistemas de comunicação pressupõe a passagem de sinais através dos meios físicos de comunicação que compõem as redes;
- ▶ Sinais são ondas que se propagam através de algum meio físico.



Modelo OSI



Cabeamento estruturado no modelo OSI (Camada 1 - Física)

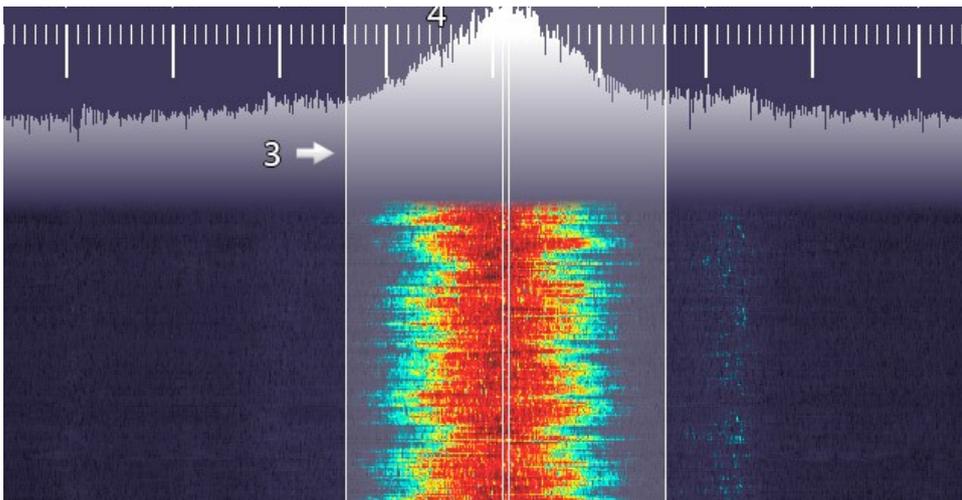
- ▶ Preocupa-se com a transmissão de bits no canal;
- ▶ Especifica os padrões elétricos e temporais para representações lógicas;
- ▶ Se uma transmissão pode ou não ocorrer simultaneamente em ambos os sentidos;
- ▶ Como se estabelece uma conexão inicial e como se finaliza;
- ▶ Que tipos de cabos e conectores, qual a configuração da pinagem, etc...
- ▶ O projeto então se refere a questões mecânicas, elétricas de temporização e sobre o meio físico de transmissão.

Transmissão de dados e voz – parâmetros relevantes

- ▶ Para que tenhamos uma via de dados segura que atenda os requisitos mínimos para transmissão do volume de dados e velocidade pretendidos, é necessário atentar para alguns parâmetros, os mais importantes são:
 - Banda passante e largura de banda (BW);
 - Velocidade de transmissão ou taxa de bits (bit rate);
 - Banda base x Modulação;
 - Códigos de linha.

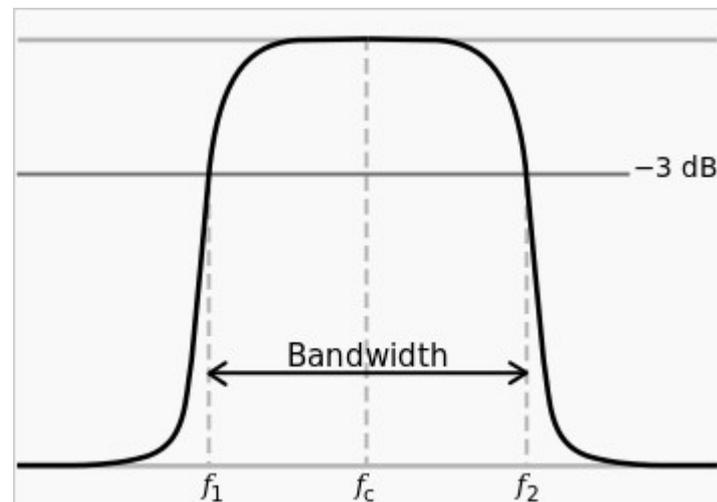
Banda passante e largura de banda (BW)

- ▶ O intervalo de frequências que compõem o sinal transmitido é a banda passante;
- ▶ O tamanho da banda passante é a largura de banda (bandwidth).
- ▶ Há ainda necessidade de se transmitir várias informações distintas numa mesma linha (canais) o que pode fazer com que vários sinais de mesma largura de banda tenham diferentes bandas passantes.



Banda passante e largura de banda (BW)

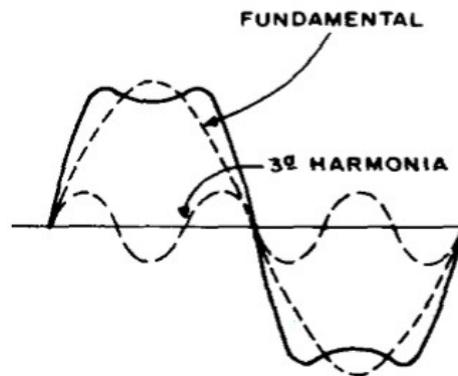
- ▶ Banda passante é portanto o conjunto de frequências que não estão sendo atenuados (dentro de um limite em dB) por filtros e pelo meio.
- ▶ A banda de um canal é definida por duas frequências de corte f_1 e f_2 (Exemplos: 1 e 100MHz, 300 e 3400Hz, 16 e 20 kHz).
- ▶ A largura de banda é definida pela diferença entre as frequências de corte (nos exemplos acima 100MHz, 3100Hz e 20kHz)



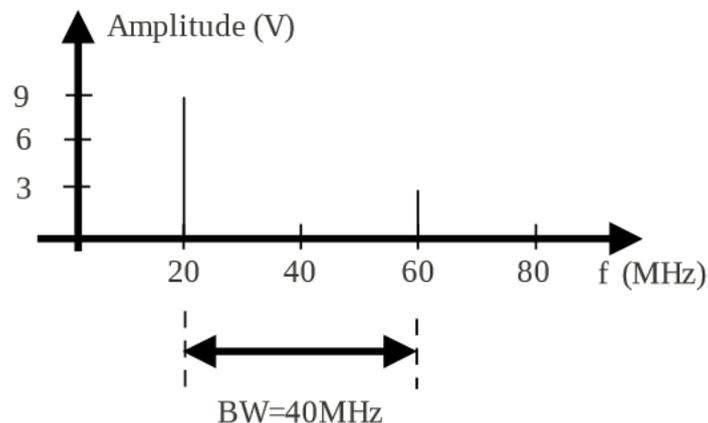
- ▶ Em redes como a transmissão é feita em banda base os conceitos se confundem, podemos tratar como sinônimos.

Largura de banda (BW) - Exemplo 1

- ▶ Banda passante de um sinal formado por duas senóides
- ▶ Formado pelo sinal fundamental (20 MHz) e seu terceiro harmônico (60 MHz)

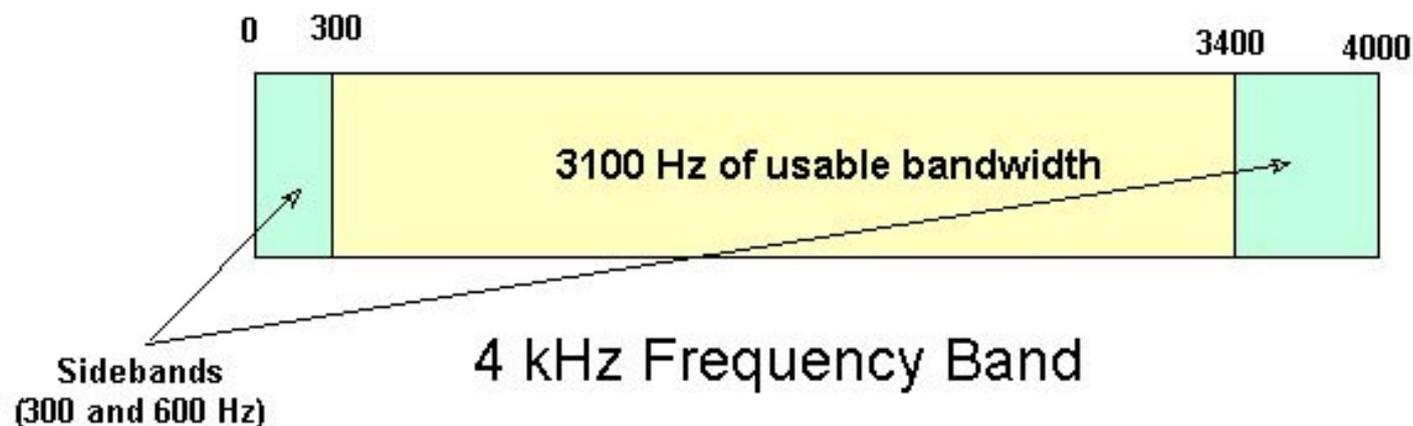


- ▶ A banda passante deste sinal será de $BW = 60 - 20 = 40\text{MHz}$, conforme indica o gráfico abaixo.



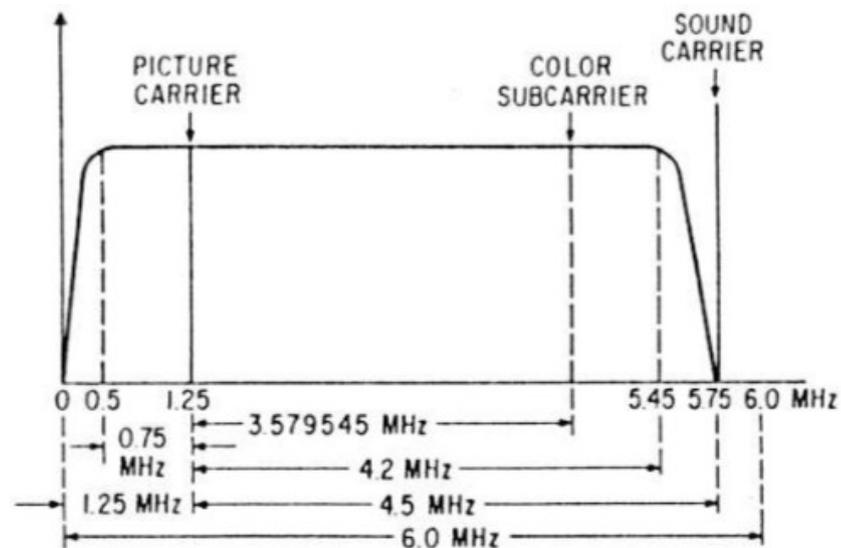
Largura de banda (BW) - Exemplo 2

- ▶ A voz humana apresenta componentes frequências entre 100 e 8000 Hz
- ▶ O ouvido humano distingue frequências entre 20 Hz e 20KHz aproximadamente.
- ▶ Em telefonia são transmitidos as componentes frequências entre 300 e 3400 Hz, normalmente multiplexados em canais de 4kHz;
- ▶ $BW = 3400 - 300 = 3100 \text{ Hz}$ ou 3,1kHz.



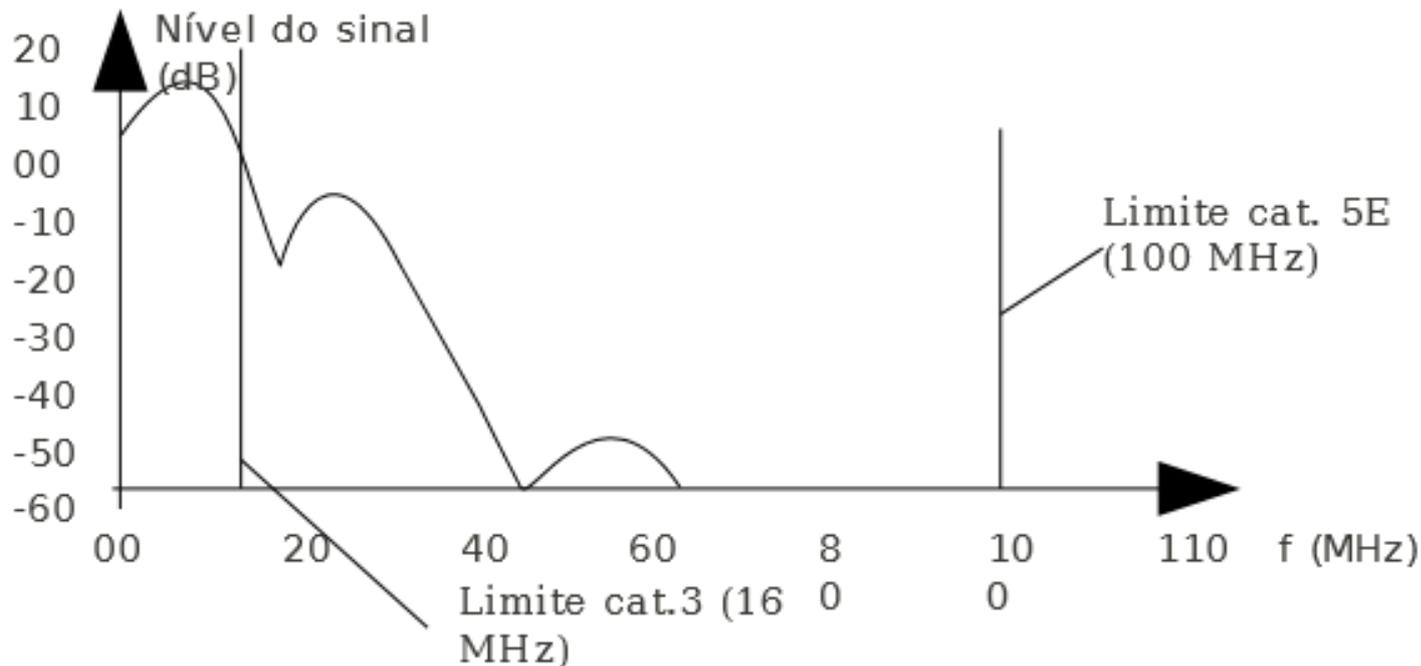
Largura de banda (BW) - Exemplo 3

- ▶ Banda passante do sinal de um canal de TV analógico
- ▶ São transmitidos sinais de áudio e sinal de vídeo.
- ▶ O sinal de vídeo ocupa uma banda de 5,25MHz, o sinal de áudio ocupa 0,05 MHz.
- ▶ Considerando a necessidade de bandas de guarda, espaçamento das frequências entre canais e entre sinais de vídeo e áudio, um canal de TV apresenta uma banda de 6MHz (5,25 do vídeo, 0,05 MHz do áudio e 0,70 MHz distribuído entre as bandas de guarda)



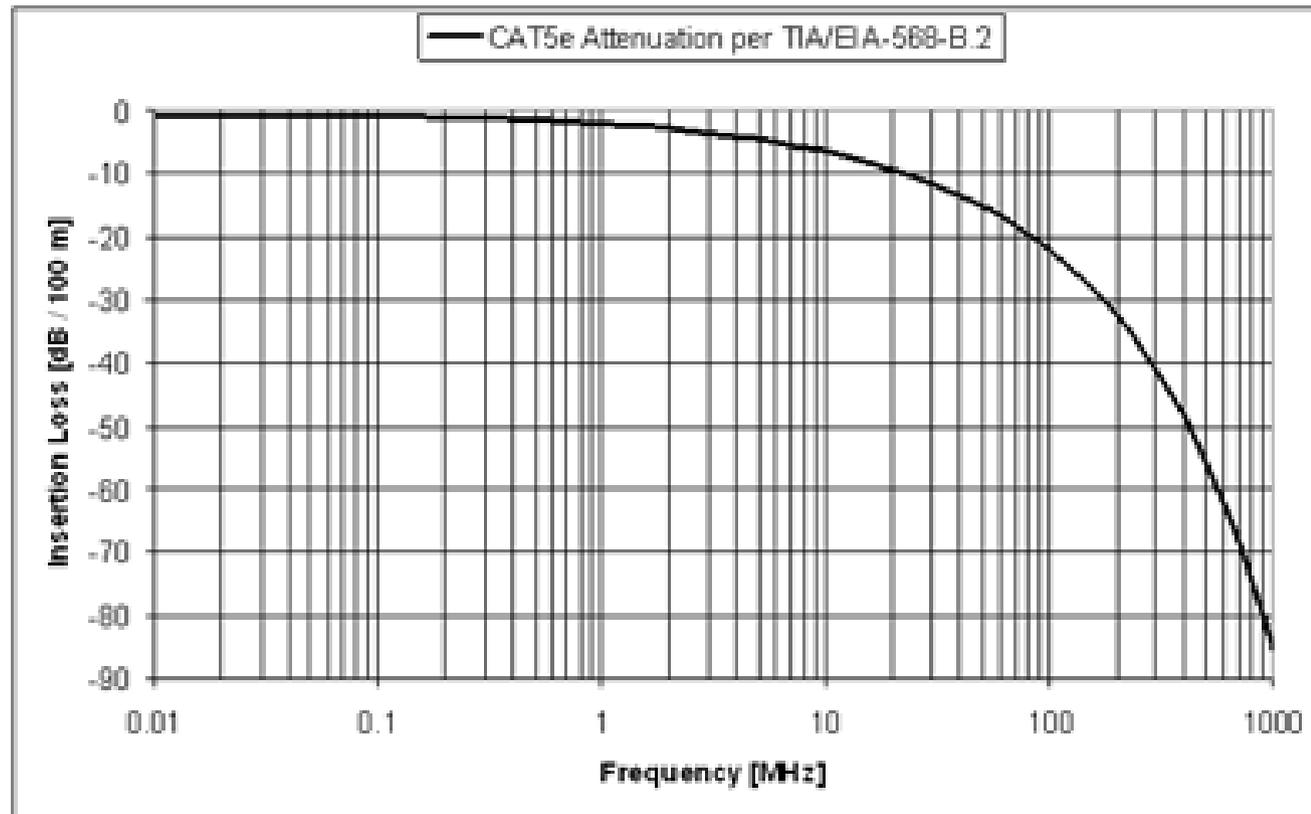
Largura de banda (BW) - Exemplo 4

- ▶ Banda passante de uma rede local ethernet 10 Mbps.
- ▶ A rede local IEEE 802.3 (ethernet) com velocidade de 10 Mbps utiliza código de linha Manchester, que apresenta uma banda passante igual a 1,6 vezes a velocidade de transmissão para recepção sem distorções da forma de onda.
- ▶ Nas redes IEEE 802.3 as especificações determinam meios de transmissão com no mínimo 16 MHz de banda.



Largura de banda (BW) - Exemplo 5

- ▶ Perda de inserção é a atenuação que o sinal sofre ao longo dos canais, enlaces e componentes.
- ▶ Cabo Classe D/Cat 5e devem ter uma perda máxima de:
 $1,05 \cdot (1,9108 \cdot \text{raiz}(f) + 0,0222 \cdot f + 0,2/\text{raiz}(f)) + 4 \cdot 0,04 \cdot \text{raiz}(f)$.
- ▶ Para frequências críticas:
 - 1MHz: 4,0dB
 - 10MHz: 9,1dB
 - 100MHz: 24,0 dB



Outros exemplos

▶ Banda Estreita - Narrowband

- Modem 56k (8000/8000 baud) (V.92): 56 kBit/s
- ISDN Basic Rate Interface: 128 kBit/s

▶ Banda Larga - Broadband

- ADSL2+: 24.5/3.5 MBit/s
- Ethernet (10BASE-T): 10 Mbit/s
- 100 Gigabit Ethernet (100GBASE-X): 100 Gbit/s
- IEEE 802.11a: 54 Mbit/s
- IEEE 802.11n: 600 Mbit/s

Taxa de bits (bit rate)

- ▶ Quando nos referimos a dados digitais medimos em bps (bits por segundo), refere-se a taxa de transmissão de bits em um canal ou enlace (redes) por segundo;
- ▶ Em computação usam-se termos como network bandwidth, data bandwidth, digital bandwidth ou simplesmente bandwidth (largura de banda) referindo-se a taxa de bits (bps).
- ▶ O bit é a unidade de informação em computadores digitais que pode ser representado pela variação de um sinal em dois níveis como também pode-se ter mais variações por período com 4 níveis, por exemplo, pode-se transmitir 2 bits por período.

Exemplos de Taxas de bits

▶ WAN

- A largura de banda de comunicação pode variar de 56kbps a 155 Mbps, ou seja podemos transmitir de 56 mil a 155 milhões de bits de informação por segundo.

▶ LAN

- A largura de banda de 10Mbps a 10Gbps, pode-se transmitir de 10 milhões a 10 bilhões de bits de informação por segundo

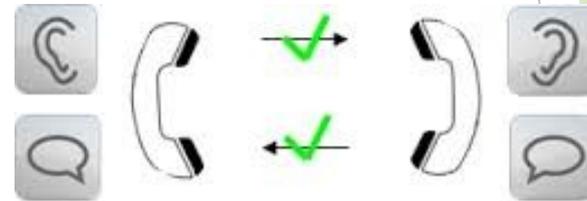
Banda base (Sem modulação)

- ▶ Os sinais utilizados nas redes de telecomunicações podem ser analógicos (voz, vídeos) ou digitais (dados, voz, vídeo).
- ▶ Estes sinais podem ser transmitidos
 - Em banda base (sem modulação), mantendo a frequência original;
 - Através de sistemas de modulação onde a faixa de frequência depende da portadora e do tipo de modulação.
- ▶ Os sinais digitais nas redes locais de computadores são transmitidos em banda base, isto é, não são modulados, ocupando sua faixa de frequência “natural”.

Modos de operação

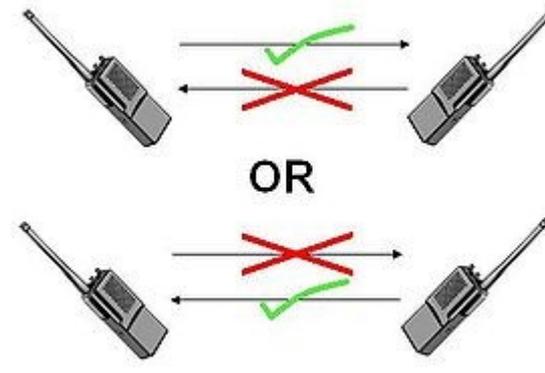
- ▶ Comunicações ponto-a-ponto que podem operar em ambos os sentidos
- ▶ Full-Duplex: As pontas podem transmitir e receber informações simultaneamente

- Exemplo: Telefone



- ▶ Half-Duplex: Uma ponta assume o papel de transmissor (e neste momento apenas tem capacidade de transmitir) e a outra de receptor (tendo capacidade apenas de receber) neste dado momento.

- Exemplo: Rádios PX, Nextel

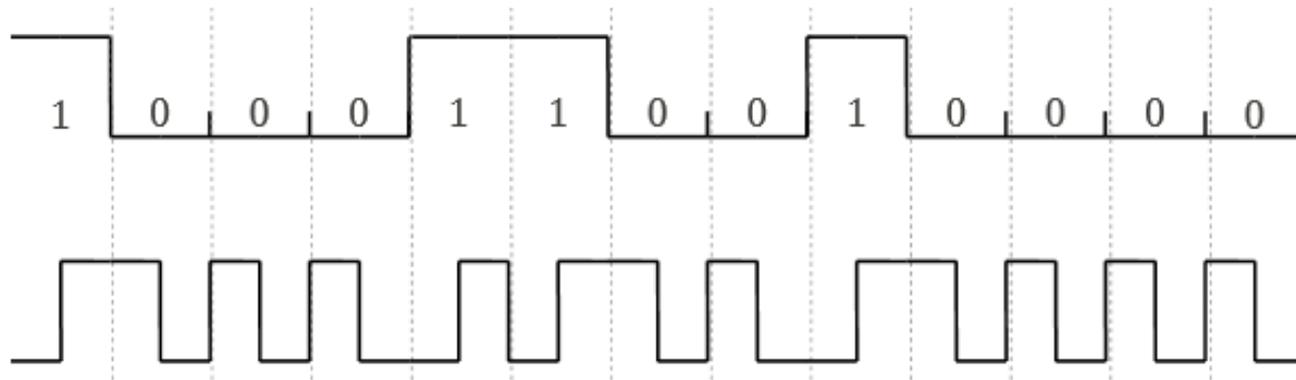


Códigos de linha e mapas de bits

- ▶ A forma de onda deve atender ao máximo os seguintes quesitos:
 - Ausência de componente contínua
 - Menor largura de banda possível
 - Transmissão adequada de relógio
 - Ter facilidade de detectar erros de transmissão
- ▶ Para atender ao máximo estes quesitos usam-se os códigos de linha e mapas de bits
- ▶ Esquemas de codificação digital são técnicas que conseguem compactar os bits de dados que estão sendo transmitidas em faixas de frequência.
- ▶ Em alguns padrões a relação é de um para um como o caso do Ethernet 10BASE-T onde 1 Mbps é compactado em uma faixa de 1 MHz.
- ▶ Códigos de linha eficientes transmitem muitos bits em cada hertz da banda de frequências utilizada.

Código de linha: Manchester

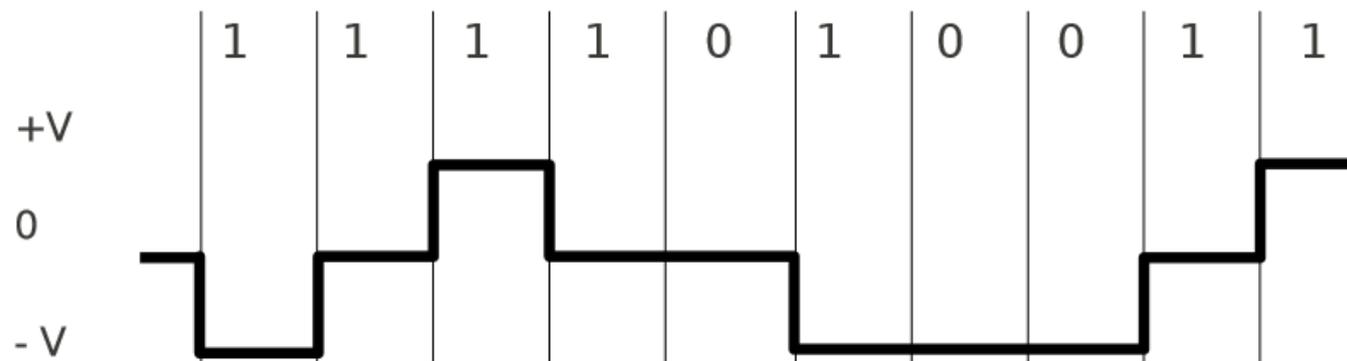
- ▶ A codificação Manchester, também conhecida como bifásica de nível, é a técnica especificada pelo IEEE 802.3 de 10Mbps para uma rede padrão Ethernet.
- ▶ Cada período do bit é dividido em metades complementares
- ▶ Assim, uma transição de tensão de negativa para positiva no meio do bit indica um número binário "1" enquanto uma transição de positiva para negativa representa um "0"



- ▶ Esse código é mais utilizado em enlaces curtos, quando o custo do codificador é mais significativo que o custo dos meios de transmissão com BW apropriada

Código de linha: MLT3 - Multi-Level Transition 3

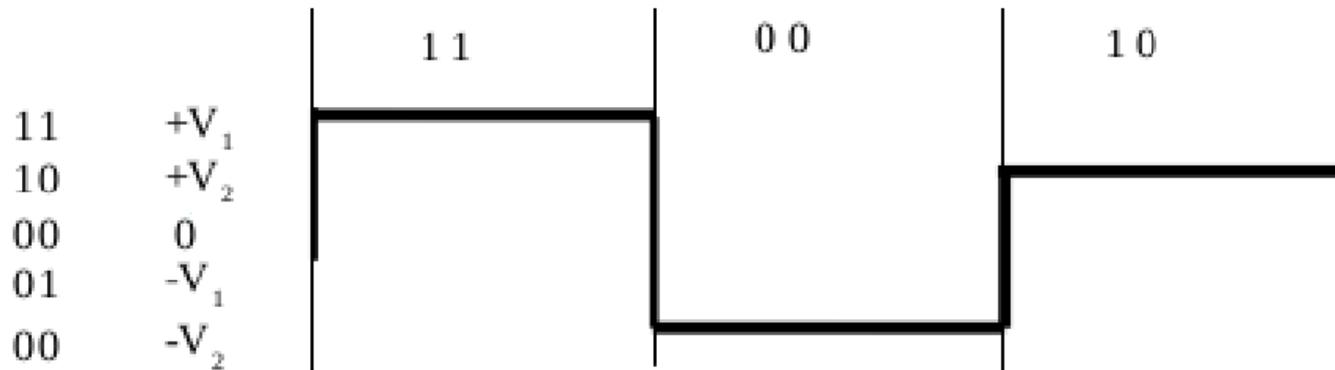
- ▶ Este código apresenta três níveis de tensão.
- ▶ Tem como principal objetivo diminuir a BW necessária para transmitir sinais digitais com altas taxas de transmissão.
- ▶ O nível do sinal é alterado a cada ocorrência de um bit alto (1), nos bits baixos não há transição de nível



- ▶ Este código é utilizado pela rede IEEE 802.3 de 100 Mbps.
- ▶ Para evitar a perda da informação de clock, devido a uma sequência grande de zeros, antes de iniciar a codificação MLT-3, o sinal é embaralhado através do mapeamento de 4 bits em 5 (4B5B).

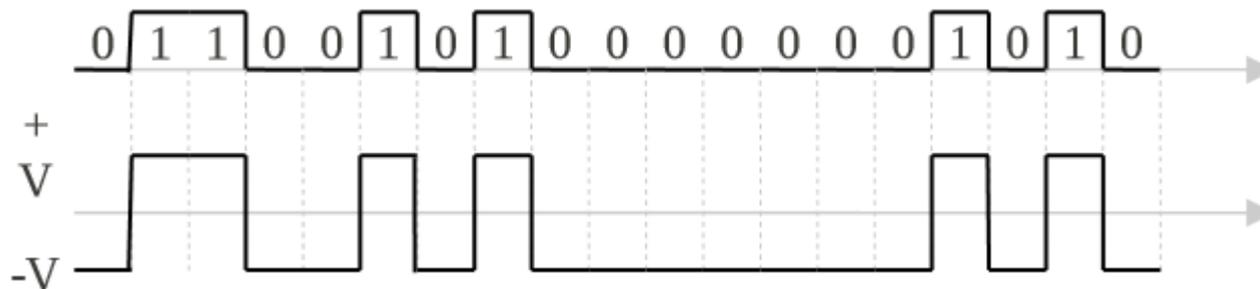
Código de linha: PAM 5 - Pulse Amplitude Modulation - Level 5

- ▶ Neste código os bits são pareados e cada par é representado por um nível de tensão diferente
- ▶ O padrão ethernet gigabit (IEEE 1.000BaseT) utiliza o código de linha PAM5.
- ▶ Codigos multiníveis são utilizados para transmitir altas taxas de transmissão



Código de linha: NRZ (Não Retorno a Zero)

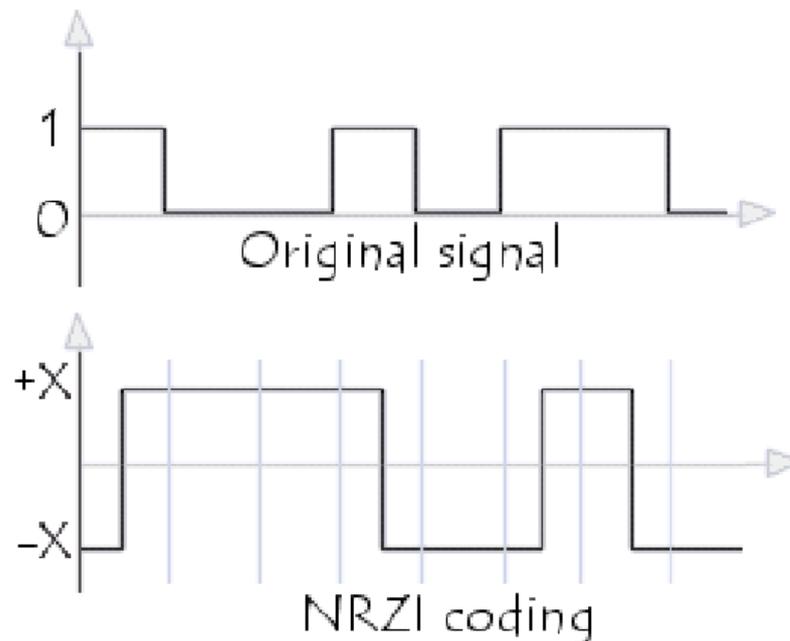
- ▶ A codificação polar NRZ (que significa No Return to Zero, ou seja, não Regresso a Zero) é o mais simples, permite eliminar acentuadamente a componente DC do sinal.
- ▶ Consiste muito simplesmente em transformar o “0” lógico em $-V$ e o “1” lógico em $+V$, desta maneira tem-se uma codificação bipolar na qual o sinal nunca é nulo.
- ▶ Por conseguinte, o receptor pode determinar a presença ou não de um sinal.



Código NRZ. A forma de onda superior é a sequência de bits a ser transmitida. A forma inferior é o código NRZ.

Código de linha: NRZI – Non Return Zero Inverted

- ▶ A codificação NRZI é sensivelmente diferente da codificação NRZ.
- ▶ Com esta codificação, quando a bit é “1”, o sinal muda de estado após o toque do relógio. Quando a bit é “0”, o sinal não sofre nenhuma mudança de estado.



Mapa de bits: 4B/5B

- ▶ Substitui as 16 combinações de 4 bits por outras de 5 bits sem a possibilidade de termos mais de 3 zeros consecutivos.
- ▶ Porém, há o envio de um bit adicional, reduzindo a efetiva taxa de transferência de dados.

Data (Hex)	Data (Binary)	4B5B Code
0	0000	11110
1	0001	01001
2	0010	10100
3	0011	10101
4	0100	01010
5	0101	01011
6	0110	01110
7	0111	01111
8	1000	10010
9	1001	10011
A	1010	10110
B	1011	10111
C	1100	11010
D	1101	11011
E	1110	11100
F	1111	11101

Codificações utilizadas nos padrões da família IEEE 803.2 (Parte 1/2)

Padrão	Interface	Tipo de meio	Codificação			Distância
			FDX	"Mapeamento" dos Dados	Código de linha	
IEEE 802.3a-t Ethernet	10BASE-2	Cabo coaxial "thin" 50 Ω	H	4B/5B	Manchester	< 185 m
	10BASE-5	Cabo coaxial "thick" 50 Ω	H	4B/5B	Manchester	< 500 m
	10BASE36	Cabo coaxial 75 Ω (CATV)	H	4B/5B	Manchester	< 3600 m
	10BASE-T	Dois pares UTP categoria 3 ou superior	H/F	4B/5B	Manchester	<100 m
	10BASE-FP	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	H	4B/5B	Manchester	<1000 m
	10BASE-FL	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	F	4B/5B	Manchester	< 2000 m
	10BASE-FB	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	H	4B/5B	Manchester	< 2000 m
IEEE 802.3u Fast Ethernet	100 BASE – T4	Quatro pares UTP categoria 3 ou superior	H	8B/6T	MLT3	< 100 m
	100 BASE – T2	Dois pares UTP categoria 3 ou superior	H/F	PAM5x5	PAM5	< 100 m
	100 BASE – TX	Dois pares UTP categoria 5 ou superior	H/F	4B/5B	MLT3	< 100 m
	100 BASE – TX	Dois pares STP	F	4B/5B	MLT3	< 200 m
	100 BASE – FX	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	F	4B/5B	NRZI	< 2km
	100 BASE – FX	Duas fibras ópticas mono modo 50 μm	F	4B/5B	NRZI	< 40 Km

Codificações utilizadas nos padrões da família IEEE 803.2 (Parte 2/2)

Padrão	Interface	Tipo de meio	Codificação			Distância
			FDX	“Mapeamento” dos Dados	Código de linha	
IEEE 802.3z/ab Gigabit Ethernet	1000 BASE - CX	Dois pares STP	F	8B/10B	NRZ	< 25m
	1000 BASE - T	Quatro pares UTP categoria 5e ou superior	H/F	4D-PAM5	PAM5	<100m
	1000 BASE - SX	Duas fibras multimodo 50 µm, 850 nm	F	8B/10B	NRZ	500/750 m
	1000 BASE - SX	Duas fibras multimodo 62,5 µm, 850 nm	F	8B/10B	NRZ	220/400 m
	1000 BASE - LX	Duas fibras multimodo 50 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	550/ 2000m
	1000 BASE - LX	Duas fibras multimodo 62,5 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	550/100 m
	1000 BASE - LX	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	5 Km
	1000 BASE - ZX	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	80 Km
IEEE 802.3ae 10G Ethernet	10 GBASE-SR	Duas fibras multimodo 50 µm, 850 nm	F	64B/66B	NRZ	2 – 300 m
	10 GBASE-SW	Duas fibras multimodo 62,5 µm, 850 nm	F	64B/66B	NRZ	2 – 33 m
	10 GBASE-LX4	Duas fibras multimodo 50 µm, WDM 4 sinais	F	8B/10B	NRZ	300 m
	10 GBASE-LX4	Duas fibras multimodo 50 µm, WDM 4 sinais	F	8B/10B	NRZ	300 m
	10 GBASE-LX4	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm, WDM 4 sinais	F	8B/10B	NRZ	10 Km
	10 GBASE-LR	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	64B/66B	NRZ	10 Km
	10 GBASE-LW	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	64B/66B	NRZ	10 Km
	10 GBASE-ER	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1550 nm	F	64B/66B	NRZ	2 – 40 Km

Tabela 1: Padrões IEEE 802.3

Parâmetros limitantes

Atenuação

- ▶ A atenuação (medida em dB) é a perda de potência de um sinal transmitido ao longo do caminho de transmissão (enlace).
- ▶ A atenuação depende da conexão nas tomadas, do comprimento do cabo no segmento considerado, da temperatura e da capacitância.
- ▶ O meio atenua as componentes do sinal em intensidades diferentes de acordo com a frequência, havendo então distintas intensidades de perda de potência para as componentes do sinal.
- ▶ A atenuação é dada pela equação:

$A \text{ (em dB)} = 10 \cdot \log(\text{Potência Recebida} / \text{Potência Transmitida})$

Ex.: -3dB significa que a relação de potência é 2:1, de 10dB significa 10:1, 13dB de 20:1, etc.

Limitações dos Sinais nos Meios de Transmissão

- ▶ Nas redes de telecomunicações as informações são transmitidas na forma de sinais elétricos, eletromagnéticos ou luminosos (variações de tensão e corrente, variações de ondas de radiotransmissão e variações de ondas luminosas).
- ▶ Tais sinais percorrem o caminho entre Tx e Rx através dos meios de transmissão (fios e cabos metálicos, ar ou fibras ópticas) e dos elementos de conexão (conectores e tomadas).

Erros na transmissão de sinais

- ▶ Ao percorrer o caminho entre Tx e Rx os sinais sofrem alterações, se estas alterações forem muito grandes as informações serão perdidas. Para evitar a perda é necessário que as características dos meios de transmissão e conexões sejam compatíveis com as exigências dos sinais transmitidos.
- ▶ Um dos critérios mais utilizados para avaliar o desempenho de um sistema de transmissão é medir o grau de confiabilidade na transmissão de bits, isto é, a capacidade do meio de transmitir bits corretamente. Esse critério é chamado taxa de erro de bit (BER Bit Error).
- ▶ O BER é representado como um número médio de erros que poderiam ocorrer em uma sequência de n bits.

Erros na transmissão de sinais (continuação)

BER = Numero de erros de bits / Numero total de bits

- ▶ Exemplo: Um sistema de transmissão com taxa de erros 10^{-9} , corresponde a um sistema em que, em média ocorre um erro de transmissão a cada um bilhão de bits transmitidos.
- ▶ Em redes locais, a taxa de erros típica é da ordem de 10^{-9} a 10^{-12} . Uma baixa taxa de erros é a prova de que o sistema de cabeamento não está interferindo no processo de transmissão da rede.

Ruído

- ▶ Definição: Toda espécie de interferência não desejada em um sinal transmitido
- ▶ O ruído limita o desempenho de um sistema de comunicação.
- ▶ Podem ser internos (não induzidos pelos meios de transmissão) como por aquecimento dos componentes e condutores ou externos (provenientes de chaveamentos eletroeletrônicos, partida de motores elétricos, descargas atmosféricas, de linhas de transmissão de energia e sinais de outros sistemas).

Relação Sinal/Ruído

- ▶ A quantidade de ruído presente na comunicação é medida pela razão entre a potência do sinal transmitido e a potência do ruído, denominada relação sinal/ruído
- ▶ Considere a potência do Sinal como S e a potência do Ruído como R. A razão Sinal/Ruído é dada por RSR. O resultado é dado em decibéis (dB).

$$RSR = 10 * \text{Log}_{10} (S/R) \text{ (dB)}$$

Tipos de ruído

- ▶ As fontes de ruído podem ser as mais variadas, o que dificulta sua modelagem. Podemos caracterizar os tipos de ruído como:
 - Ruído térmico
 - Ruído de intermodulação
 - Crosstalk (diafonia)
 - Ruído impulsivo

Ruído térmico

- ▶ O ruído térmico (ou ruído branco*) existe em qualquer frequência e seu valor depende da temperatura.
- ▶ Geralmente, este ruído é gerado pela agitação térmica dos elétrons nos componentes como semicondutores e resistores e nos condutores.

*Chamamos ruído branco quando tratamos do domínio da frequência daqueles ruídos que apresentam componentes em todo o espectro de frequência e colorido apresenta componentes em uma ou mais frequências

Ruído de intermodulação

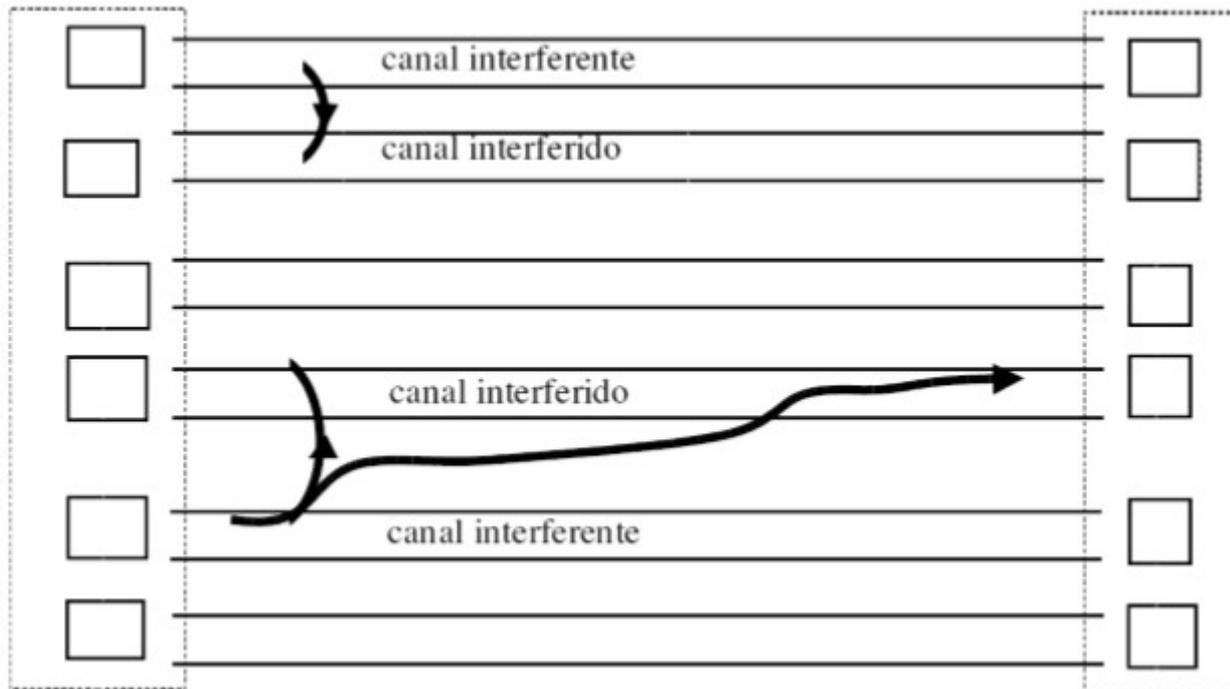
- ▶ Quando sinais de diferentes frequências compartilham um mesmo meio físico, através de multiplexação, pode-se ter perturbações de um sinal com uma frequência em outro sinal com frequência diferente

Diafonia ou crosstalk

- ▶ Definição: A diafonia é a transferência de energia entre dois canais adjacentes provocada pelo acoplamento capacitivo ou indutivo (indução eletromagnética) entre duas linhas, normalmente de um mesmo cabo. Esta transferência de energia provoca ruído no canal interferido.
- ▶ Esta é a principal fonte de ruído no cabeamento estruturado.

Paradiafonia (diafonia próxima ou NEXT) e Telediafonia (Diafonia distante ou FETX)

- ▶ Paradiafonia ocorre entre transmissores e receptores de um mesmo terminal
- ▶ Telediafonia ocorre entre transmissores e receptores de terminais diferentes.



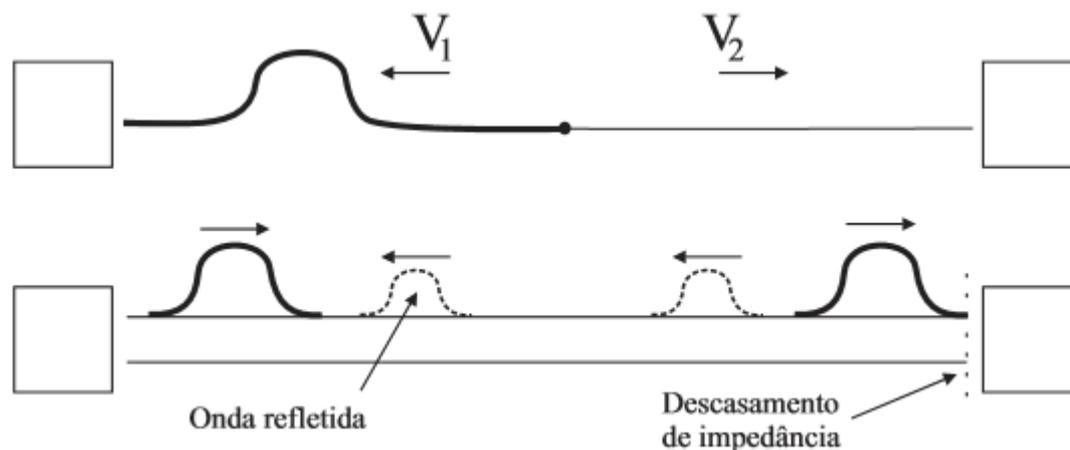
Ruído impulsivo

- ▶ Consiste em pulsos irregulares (manifestações repentinas*) e com grandes amplitudes, normalmente causado por descargas atmosféricas, distúrbios na rede elétrica, descargas eletrostáticas, etc.

*Além de expressos no domínio da frequência (brancos e coloridos) no domínio do tempo chamamos de impulsivos (repentinos e aleatórios) ou contínuos (sempre presentes no sinal).

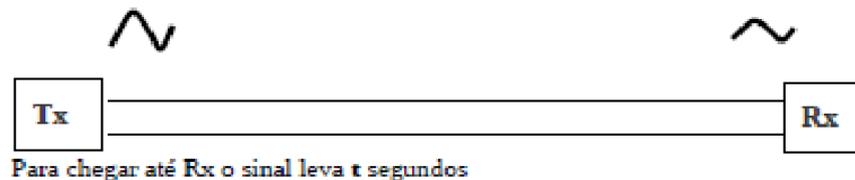
Reflexão e potência de retorno

- ▶ A perda de retorno é um tipo de atenuação, pois é a medida de todas as reflexões causadas por anomalias de impedância ao longo do cabo.
- ▶ Um bom casamento de impedância entre o cabo e os conectores, bem como o hardware de conexão, pode minimizar muito as reflexões de sinais, diminuindo estas perdas.
- ▶ Cada vez que ocorrer descasamento de impedância, haverá reflexão com parcela do sinal retornando ao transmissor.
- ▶ Em fibra ótica não há mudança de impedância mas sim de índice de refração do meio

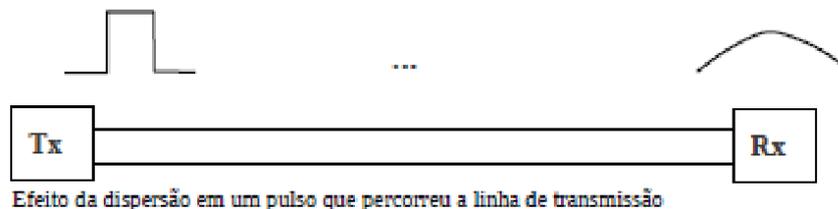


Atraso de propagação (Skew Delay) e dispersão de sinal

- ▶ O tempo que determinado sinal precisa para percorrer um meio pode ser obtido a partir de sua velocidade e da distância do link
- ▶ Todos os sinais elétricos e ópticos são ondas eletromagnéticas e como ondas apresentam velocidades de propagação diferentes para meios diferentes.
 - No vácuo a velocidade da onda eletromagnética é 300.000 km/s (c)
 - Nos cabos de cobre está entre 40 % e 60 % de c (120.000 km/s a 180.000 km/s).
 - A fibra óptica monomodo permite atingir 70 % de c (210.000 km/s).



- ▶ O tipo do meio também gera pequenas alterações na frequência do sinal podendo causar distorção dada defasagem de algumas componentes de frequência
- ▶ Os vários componentes de frequência do sinal tendem a chegar no receptor em intervalos de tempo diferentes, resultando em uma dispersão do sinal



Obrigado pela
atenção e
participação!