

Cap. 2 - Camada Física

- 2.1 Aspectos Teóricos de Comunicação de Dados
- 2.2 Meios de Transmissão dos Sinais
- 2.3 Transmissão Analógica
- 2.4 Transmissão Digital
- 2.5 Transmissão e Chaveamento
- 2.6 Redes ISDN (Integrated Services Digital Network)
- 2.7 Gerenciamento e Compartilhamento de Terminais

... Cap. 2 - Camada Física

- ✧ **função:** trata da geração de sinais e sua propagação através do meio físico.
 - ... a camada física deve especificar:
 - a natureza do meio físico;
 - a forma como os *hosts* e IMPs são conectados ao meio físico;
 - a forma como 0s e 1s são codificados em sinais do meio físico;
 - parâmetros e respectivas tolerância de sinais;
 - o procedimento de multiplexação de sinais no meio, se houver.
- ✧ Alguns Padrões: IEEE 802, CCITT X.21, etc.

... Cap. 2 - Camada Física

- ★ Andrew S. TANENBAUM; **Computer Networks**, Prentice-Hall International, Inc., Second Edition, 1989, ISBN 0-13-166836-6
- ★ Eleri CARDOZO; Maurício MAGALHÃES; **Redes de Computadores: Modelo OSI/X.25**, Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, Fac. de Engenharia Elétrica e de Computação, UNICAMP, 1996.
- ★ Eleri CARDOZO; Maurício MAGALHÃES; **Redes de Computadores: Arquitetura TCP/IP**, Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, Fac. de Engenharia Elétrica e de Computação, UNICAMP, 1994.

... Cap. 2 - Camada Física

- ✧ Transmissão dos quadros oriundos da camada de enlace pode se dar:
 - *full duplex* - os 02 *hosts* comunicantes transmitem simultaneamente;
 - *half duplex* - apenas um *host* por vez transmite.
- ✧ Transmissão de *bits* pelo meio físico pode ser:
 - serial - um *bit* é transmitido a cada intervalo de tempo;
 - paralela - os *bits* são transmitidos serialmente por N dutos independentes
=> N *bits* por unidade de tempo.
- ✧ Transmissão Síncrona e Assíncrona:
 - síncrona - um *bit* é transmitido a cada intervalo de tempo bem definido;
 - assíncrona - um *bit* é transmitido num intervalo de tempo arbitrário.
- ✧ Na prática que tipo de transmissão é utilizada ?
Transmissão Assíncrona com bloco de *bits* ou Transmissão *Start / Stop*.

2.1 - Aspectos Teóricos de Comunicação de Dados

- ✧ **2.1.1 - Análise por Série de Fourier:** informações podem ser transmitidas através de meios físicos variando-se algumas propriedades físicas do meio;
 - ... representando o valor deste sinal como uma função do tempo, $f(t)$, pode-se modelar o comportamento do sinal e analisá-lo matematicamente.
- ✧ Jean Fourier provou que uma função periódica $g(t)$, com período T pode ser construída somando-se funções seno e cosseno com diferentes amplitudes:

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

... onde $f = 1/T$ é a frequência fundamental e a_n e b_n são as amplitudes dos termos (harmônicas) das funções seno e cosseno.

2.1.2 - Limitações na Banda de Transmissão

- ✧ **banda de transmissão:** o tempo T necessário para transmitir o caracter depende do método de codificação e da velocidade de sinalização, ou seja, o número de vezes por segundo que o sinal muda seu valor (medido em **baud**);
 - ... uma linha de **b baud** não transmite necessariamente **b bits/s**, dado que o sinal pode acomodar mais de um bit;
- ✧ **exemplo:** dado uma taxa de **b bits/s**, o tempo requerido para enviar 8 bits é **8/b s**, ou seja, a frequência da primeira harmônica é **b/8 Hz**;
 - ... se utilizarmos uma linha telefônica com frequência de corte de 3 KHz para transmitir esta informação, o número da maior harmônica transmitida será **3000/(b/8)** o que pode alterar o sinal no receptor.

... 2.1.1 - Análise da Série de Fourier

- ✧ Através da Série de Fourier, uma função pode ser reconstruída, ou seja, se o período T é conhecido e as amplitudes são dadas, a função original pode ser achada realizando-se as somas da equação anterior;
- a_n pode ser obtido para uma função $g(t)$ multiplicando ambos os lados da equação anterior por $\sin(2\pi nft)$ e integrando de 0 a T :

$$\int_0^t \sin(2\pi kft) \sin(2\pi nft) dt = \begin{cases} 0 & \text{for } k \neq n \\ T/2 & \text{for } k = n \end{cases}$$

- ... para o cálculo dos coeficientes, vale as relações:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^t g(t) \sin(2\pi nft) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^t g(t) \cos(2\pi nft) dt \quad c = \frac{2}{T} \int_0^t g(t) dt$$

... 2.1.2 - Limitações na Banda de Transmissão

- ... para algumas taxas comumente usadas, os números são os seguintes:

Bps	T (msec)	First Harmonic (Hz)	Number of Harmonic Sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

... 2.1.2 - Limitações na Banda de Transmissão

- ✧ **baud** - frequência com que o sinal pode se propagar no meio de transmissão, ou seja, um canal de 10 M *bauds* permite 10^6 variações do sinal por segundo.
- ... p.ex.: um canal de N *bauds* poderá transportar **N bits/s** com codificação On/Off ou **N/2 bits/s** com codificação Manchester.
- ✧ Como transportar em um Canal de N bauds um número maior que **N bits/s** ?
 - ... p.ex.: usando sinal digital com codificação On/Off e 4 níveis de tensão representando as ocorrências dos *bits* 00, 01, 10 e 11 => $2 N \text{ bits/s}$.
 - ... isto acarreta uma alta taxa de falhas na decodificação do sinal.

2.1.3 - Capacidade de Transmissão do Canal

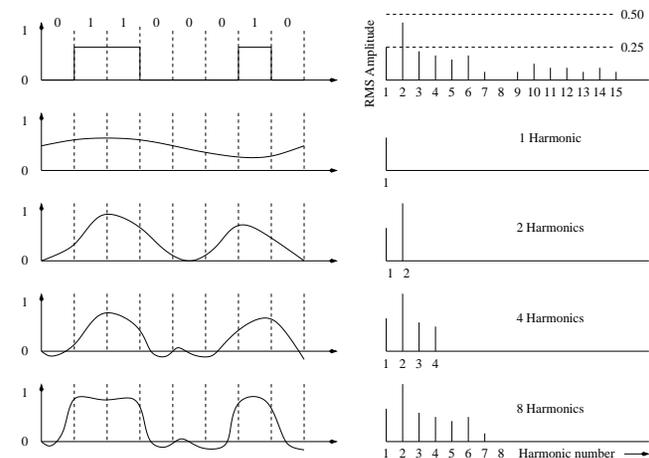
- ✧ **Teorema de Nyquist:** um canal livre de ruído com largura de banda B transmitindo um sinal com V bauds possui uma taxa de transmissão T :

$$T \leq 2B \log_2 V \text{ bits/segundo}$$

- ... intuitivamente, o limite de Nyquist se deve a filtragem de frequências altas pelo canal tornando inútil amostragem com taxa maior que 2B.
- ... p.ex.: pra um canal sem ruído de 3 KHz, não é possível transmitir sinais binários (2 níveis) a uma taxa superior a 6000 bps.
- ✧ Alguns valores para Taxas de Transmissão:
 - ... elétricos - 10 *Mbits/s*;
 - ... fibras óticas - 100 *Mbits/s*;
 - ... ATM - faixa de *Gbits/s*.

... 2.1.2 - Limitações na Banda de Transmissão

- ✧ **exemplo:** considere a transmissão do caracter **b** codificado em 8 bits:



... 2.1.3 - Capacidade de Transmissão do Canal

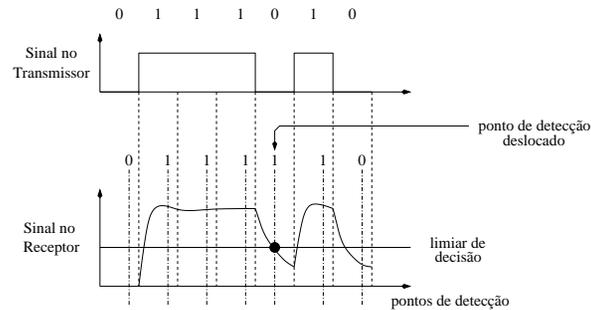
- ✧ Entretanto, se ruído está presente no canal, Shannon mostrou que a máxima taxa de transmissão T para um canal com largura de banda B é:

$$T \leq B \log_2 (1 + S/N) \text{ bits/segundo}$$

- ... normalmente a relação sinal/ruído não é fornecida, ao invés disso, a quantidade $10 \log_{10} S/N$ é fornecida (decibels - dB);
- ... p.ex.: um relação S/N de 10 é 10 dB, uma de 100 é 100 dB, uma de 1000 é 30 dB e assim por diante.
- ✧ **exemplo:** para um canal de 3000 Hz de largura de banda e relação sinal/ruído de 30 dB (parâmetro típico para linha de telefone), o canal não poderá transmitir a mais que 30.000 bps não importando quantos níveis de sinal.

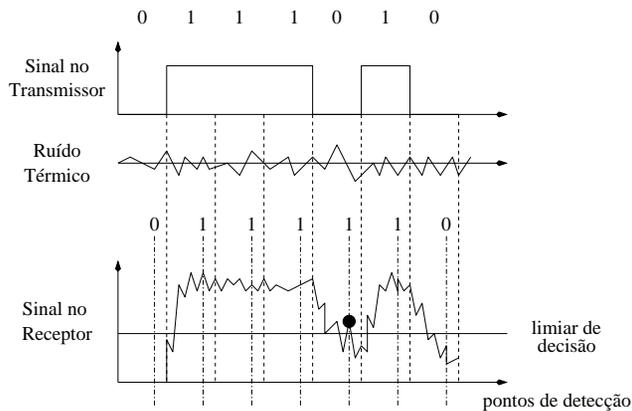
2.1.4 - Fontes de Distorção de Sinal

- ✧ **Característica Passa-faixa do Meio** - ... distorção de um sinal periódico pela ausência (ou atenuação) de suas componentes de alta frequência.
- ✧ **Interferência entre Símbolos**: suponha a ocorrência de um bit 1 seguido de 0 - o decaimento suave da tensão pode fazer com que o receptor detecte o bit 1 no lugar do 0, caso a amostragem se dê mais próxima do início do intervalo.



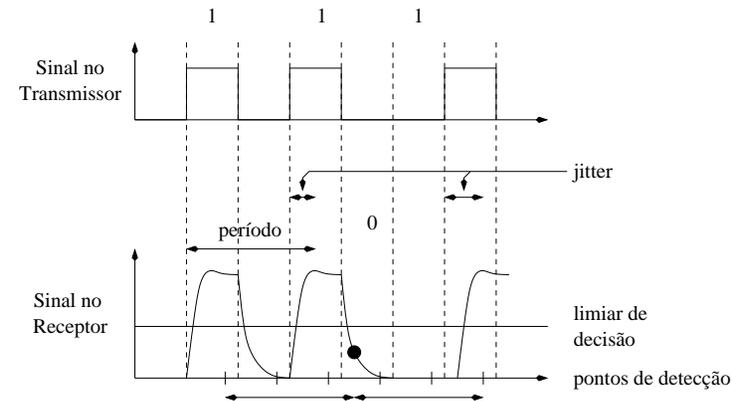
... 2.1.4 - Fontes de Distorção de Sinal

- ✧ **Ruído Térmico**: é uma perturbação de natureza aleatória que distorce o sinal. Transitórios térmicos e eletromagnéticos são alguns exemplos.



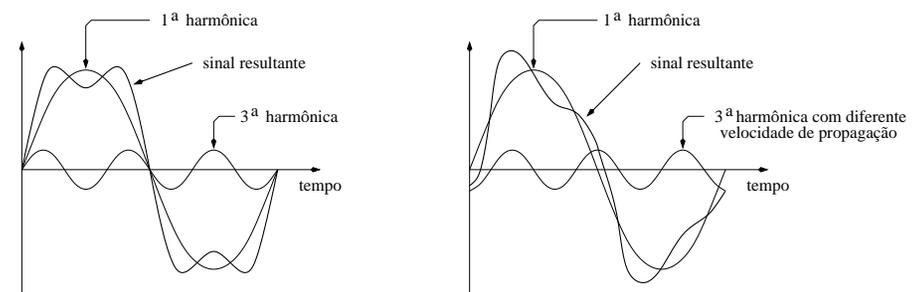
... 2.1.4 - Fontes de Distorção de Sinal

- ✧ **Jitter de Fase**: é uma imprecisão na fase do sinal digital causada por alteração do ponto de operação normal dos circuitos eletrônicos devido a variações de temperatura, oscilações da tensão de alimentação, etc.



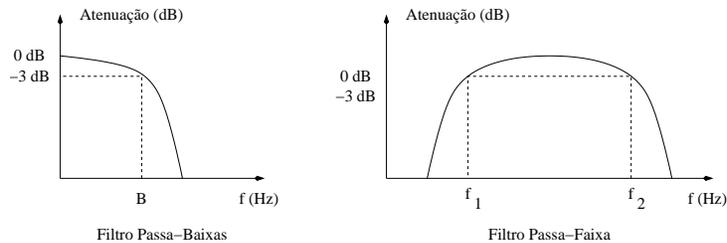
... 2.1.4 - Fontes de Distorção de Sinal

- ✧ **Distorção por Atraso de Propagação**: nos meios físicos a velocidade de propagação de uma onda senoidal depende de sua frequência.



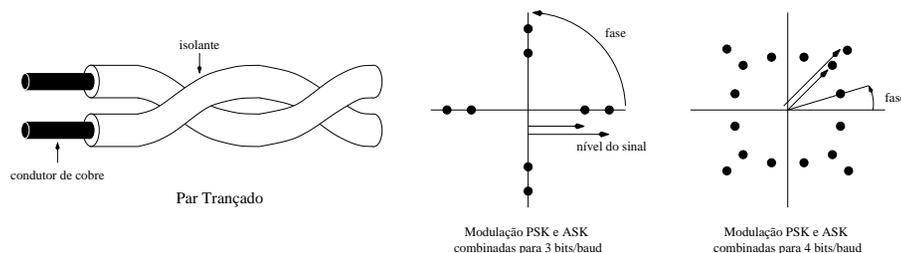
2.2 - Caracterização dos Meios de Transmissão

- ✧ Via de regra, os meios de transmissão elétricos permitem a propagação de freqüências baixas até determinado limiar (largura de banda B).
- ... em geral, a largura de banda é definida como a freqüência em que o sinal injetado num extremo tem sua potência diminuída em 50% (-3 dB) na outra extremidade (lado receptor).



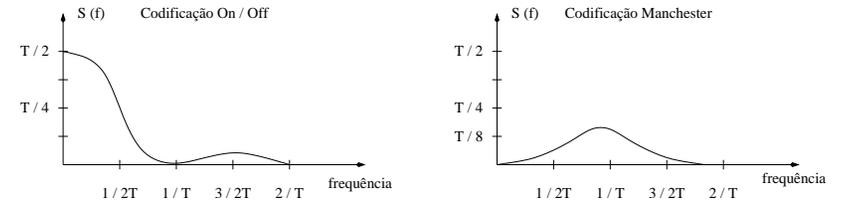
... 2.2 - Meios de Transmissão: Par Trançado

- ✧ 02 fios enrolados de forma helicoidal para evitar que os fios assumam característica de antena e minimiza a componente indutiva da impedância;
- ... a componente resistiva da impedância sofre o efeito pelicular.



... 2.2 - Caracterização dos Meios de Transmissão

- ✧ A característica passa-faixa de um meio de transmissão é a razão pela qual utiliza-se codificação de sinais diferentes da Codificação On/Off.
- ... espectro de potência de um sinal de amplitude e período de ocorrência de bits igual a T.



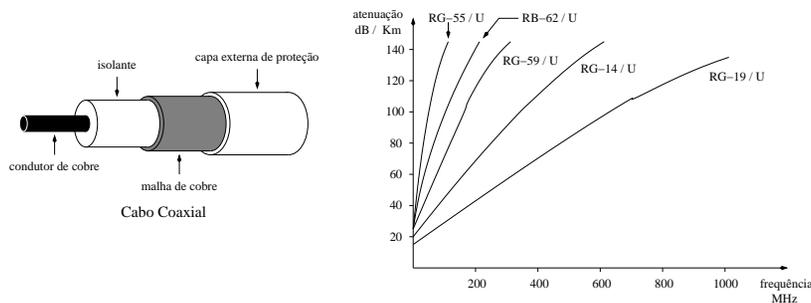
... 2.2 - Meios de Transmissão: Par Trançado

- ✧ Utilizados para transmissão de Sinais Analógicos e Digitais, por apresentarem baixo custo e facilidade de instalação.
- ✧ Freqüência máxima de transmissão depende do comprimento e espessura do par de fios, o que em última instância dita a impedância elétrica do par.
 - alguns quilômetros => transmissão não ultrapassa 2 Kbits/s
 - dezenas de metros => transmissão pode atingir 100 Mbits/s
- ... é comum redes na faixa de 10 Mbits/s ter como meio de transmissão pares trançados para distâncias inferiores a 1 Km.

... 2.2 - Meios de Transmissão: Cabo Coaxial

✧ Composto por um condutor cilíndrico isolado envolto por uma malha de cobre e uma capa plástica de proteção com as seguintes funções:

- a blindagem forma uma capa de proteção eletrostática ao condutor;
- sua forma de construção minimiza as perdas em altas frequências;
- estrutura assimétrica contribui para a atenuação da amplitude do sinal.



... 2.2 - Meios de Transmissão: Cabo Coaxial

✧ Cabos de 50 Ω ou cabos banda básica: adequados ao suporte de uma frequência básica de transmissão ou duas no caso de modulação FSK.

✧ Cabos de 75 Ω ou cabos de banda larga: possuem largura de faixa estendida permitindo a multiplexação pela divisão da frequência (FDM) de vários canais.

- ... distância máxima de um cabo depende da atenuação imposta ao sinal, mas o limite máximo de 30 dB é comumente estabelecido.
- ... a atenuação depende do comprimento do cabo, de suas características elétricas, da frequência do sinal e do número de conectores existentes.

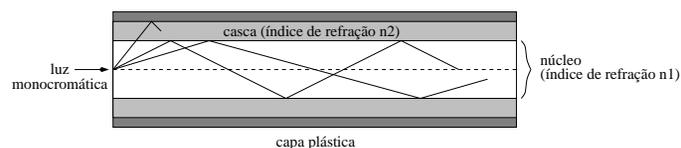
... 2.2 - Meios de Transmissão: Fibra Ótica

✧ Fibra Ótica - composta de um núcleo de sílica envolto por uma casca também de sílica, tudo protegido por uma camada plástica.

- princípio - a luz é mantida no núcleo por reflexão na casca (Fibra Multimodo);
- ... possuem diâmetros entre 50 e 200 μm ;
- ... atenuação de 1 a 5 dB / Km na potência do sinal ótico.

✧ Características de um Sinal Ótico:

- luz policromática de comprimento de onda centrado em 0.8 μm ;
- o sinal é produzido por diodos LED e captado por fotodetectores;
- totalmente imune a interferências eletromagnéticas.



... 2.2 - Meios de Transmissão: Fibra Ótica

✧ Utilização de Fibras Óticas:

- ... são de difícil instalação e por isso utilizadas em redes com topologia em anel, onde o tráfego de informação se dá num único sentido;
- ... conexão de um *host* numa fibra ótica é um processo complicado.

✧ Características de Redes baseadas em Fibra Ótica:

- ... operam a taxas de 100 *Mbits/s*
- ... taxas de *Gbits/s* com percursos de longas distâncias necessitam fibras monomodo (diâmetros de 5 a 10 μm e luz produzida por diodos laser).

2.3 - Transmissão Analógica

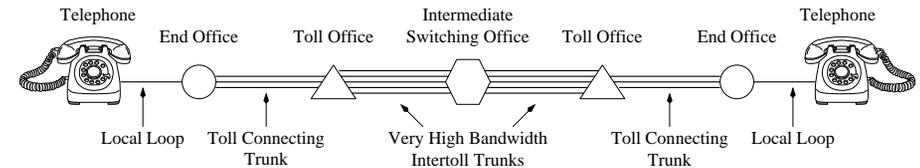
- ✧ Nos últimos 100 anos a Transmissão Analógica dominou as comunicações, em particular o sistema de telefones baseado integralmente na sinalização analógica.
- ✧ **2.3.1 - Sistema Telefônico:** obriga o usuário que deseja interconectar computadores fora de sua propriedade a solicitar tal serviço à empresa de telecomunicações existentes, por não ter a autorização para tal;
 - ... entretanto tais sistemas não foram projetados para acomodar tráfego de dados e sim transmitir voz humana numa forma reconhecível.
- ✧ Para termos idéia da magnitude do problema, considere 02 computadores:
 - ... se interconectados por um cabo, taxas de transmissão entre 10^7 e 10^8 bps com taxas de erros de um em cada 10^{12} e 10^{13} bits enviados são comuns;
 - ... se interconectado por uma linha discada, a máxima taxa de transmissão terá ordem de 10^4 bps com taxa de erros de um em cada 10^5 bits enviados.

2.3.2 - Modens (Modulator-Demodulator)

- ✧ Inserido entre o Computador (digital) e o Sistema telefônico (analógico), o dispositivo recebe um *stream* de bits como entrada e produz uma portadora modulada como saída ou vice-versa, pois também é um demodulador.
- ✧ **modulação:** consiste em variar a amplitude, frequência ou fase de um sinal senoidal para representar determinado nível de um sinal digital;
 - **ASK** (*Amplitude Shift Keying*)
 - **FSK** (*Frequency Shift Keying*)
 - **PSK** (*Phase Shift Keying*)

... 2.3.1 - Sistema Telefônico

- ✧ Sistema Telefônico é organizado em múltiplos níveis hierárquicos acomodando alto grau de redundância, como mostra a figura abaixo:



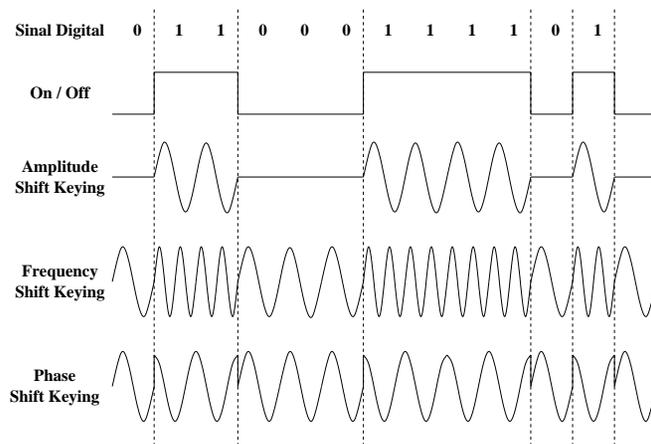
- ... uma grande variedade de meios de transmissão são utilizados nestes sistemas, p.ex.: *loops* locais são constituídos de pares trançados;
- ... entre os roteadores (*switching offices*) são utilizados cabos coaxiais, micro-ondas e fibras óticas pela enorme banda oferecida.

... 2.3.2 - Modens (Modulator-Demodulator)

- ✧ **ASK** (*Amplitude Shift Keying*) - emprega uma onda senoidal de frequência fixa e dois níveis de amplitude que representam os níveis do sinal digital.
- ✧ **FSK** (*Frequency Shift Keying*) - emprega 02 frequências para codificar o sinal digital. A passagem da frequência alta para a baixa pode se dar de forma contínua (FSK Contínua) ou discreta (FSK Coerente).
 - FSK Contínua: há tempo máximo para ocorrer a transição e uma variação máxima de amplitude correspondentes às frequências alta e baixa.
 - FSK Coerente: empregam N ciclos de frequência baixa para representar um nível binário, e 2N ciclos de frequência alta para o outro nível.
- ✧ **PSK** (*Phase Shift Keying*) - representa os níveis binários por um avanço ou atraso de fase no sinal senoidal.

... 2.3.2 - Modems (Modulator-Demodulator)

✧ Modulação de um sinal binário: **011000111101**



2.3.3 - RS-232C e RS-449

✧ A interface entre o computador ou terminal e o modem é um exemplo de protocolo de camada física e, portanto, deve especificar os detalhes os aspectos eletrônicos, funcionais e procedurais.

✧ **RS-232-C:** terceira revisão do Padrão RS-232, foi projetada pela *Electronic Industries Association* e é referenciada como EIA RS-232-C; na versão internacional está contemplada na Recomendação CCITT V.24;

- ... o terminal ou computador é oficialmente chamado DTE (*Data Terminal Equipment*) e o modem de DCE (*Data Circuit-Terminating Equipment*).
- ... a especificação elétrica é que a tensão negativa -3 volts representa o bit 1 e a positiva +4 volts representa o bit 0 suportando taxas de transmissão de até 20 kbps e cabos com até 15 metros;

... 2.3.2 - Modems (Modulator-Demodulator)

✧ Padrão IEEE 802.4 (Token Ring) - FSK Contínua

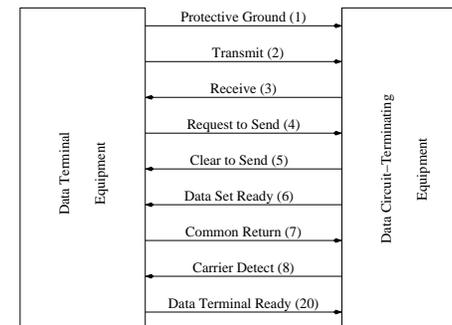
- frequências de 3,75 e 6.25 MHz com tolerância de ± 80 KHz;
- variação de amplitude das frequências alta e baixa deve ser $\leq 10\%$.

✧ Padrão IEEE 802.4 (Token Ring) - FSK Coerente

- frequências de 5/10 MHz (ou 10/20 MHz);
- um ciclo de frequências baixa para representar o *bit 1*.

... 2.3.3 - RS-232C e RS-449

✧ **especificação funcional:** informa que circuitos são conectados a cada um dos 25 pinos e o que significam como pode ser vista abaixo:



... 2.3.3 - RS-232C e RS-449

- ✧ **RS-449:** novo padrão que acomoda três padrões em um, ou seja, a interface mecânica, procedural e funcional são contempladas no próprio padrão, mas a especificação elétrica é fornecida pelos padrões RS-423-A e RS-422-A;
 - ... RS-423-A compartilha o mesmo *ground* para os seus circuitos e, por isso, também é conhecida como transmissão não balanceada;
 - ... RS-422-A não compartilha o mesmo *ground* entre seus circuitos e, por isso, usa transmissão balanceada, o que possibilita transmissões até 2 Mbps em cabos com até 60 metros ou taxas maiores em cabos menores.

2.4 - Transmissão Digital

- ✧ **transmissão digital:** seqüências de 0s e 1s são transmitidas em vez de sinais contínuos no tempo, o que proporciona superioridade em vários aspectos;
 - ... primeiramente pela menor taxa de erros;
 - ... voz, dados, música e até mesmo imagens podem ser multiplexadas em conjunto como forma de melhor utilizarem o canal;
 - ... utilizando-se as mesmas linhas, maiores taxas de dados podem ser obtidas.

... 2.3.3 - RS-232C e RS-449

- ✧ Comparação entre RS-232-C, V.24 e RS-449:

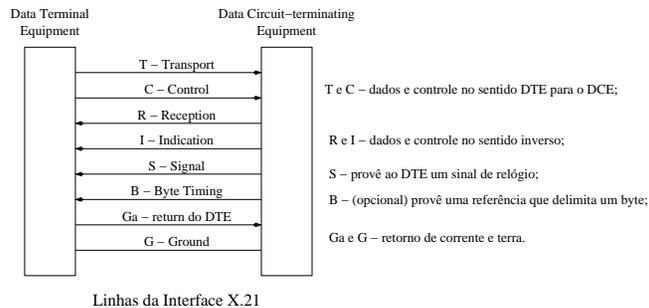
Pin	RS-232-C Circuit			Pin	RS-449 Circuit
1	Protective Ground			1	Signal Ground
7	Signal Ground			19	Send Common
				37	Receive Common
				20	Receive Common
2	Transmitted Data			4, 22	Send Data
3	Received Data			6, 24	Receive Data
4	Request to Send			7, 25	Request to Send
5	Clear to Send			9, 27	Clear to Send
6	Data Set Ready			11, 29	Data Mode
20	Data Terminal Ready			12, 30	Terminal Ready
22	Ring Indicator			15	Incoming Call
8	Line Detector			13, 31	Receiver Ready
21	Signal Quality			33	Signal Quality
23	DTE Rate			16	Signaling Rate
18	DCE Rate			2	Signaling Indicators
				28	Terminal in Service
				34	New Signal
				16	Select Frequency
24	DTE Timing			17, 35	Terminal Timing
15	DCE Timing			5, 23	Send Timing
17	Receiver Timing			8, 26	Receive Timing
14	Transmitted Data			3	Send Data
16	Received Data			4	Receive Data
19	Request to Send			7	Request to Send
13	Clear to Send			8	Clear to Send
12	Line Detector			2	Receiver Ready
				10	Local Loopback
				14	Remote Loopback
				18	Test Mode
				32	Select Standby
				36	Standby Indicator

2.4.1 - Pulse Code Modulation

- ✧ Quando um assinante realiza uma chamada a uma central telefônica digital, o sinal analógico que sai do *loop* local é digitalizado na central telefônica por um **codec** (coder-decoder), produzindo números de 7 ou 8 bits;
 - ... um codec amostra 8000 vezes por segundo ($125 \mu\text{sec/sample}$), pois segundo Nyquist esta taxa de amostragem é suficiente para capturar toda a informação de um canal com largura de banda de 4 KHz;
 - ... esta técnica é conhecida como **Pulse Code Modulation**.

2.4.2 - Interface Digital X.21

- ✧ Em 1996, para encorajar o uso de linhas digitais, a CCITT recomendou a interface de sinalização digital conhecida por X.21;
- ... a recomendação especificava como o DTE deveria estabelecer e encerrar chamadas através da troca de sinais com o DCE.



2.4.3 - Codificação de Sinais Digitais

- **On / Off** - valor alto de tensão representa o código 1 e valor baixo de tensão representa o código 0.
- **Unipolar NRZ (Non Return to Zero)** - idêntico o sinal On/Off, exceto que duas polaridades são empregadas.
- **Unipolar RZ (Return to Zero)** - *bit* 1 coincide com o pulso do relógio e o *bit* 0 é representado pela ausência de pulso.
- **Manchester** - uma transição sempre ocorre no meio de um *bit*, se positiva representa o *bit* 1, se negativa representa o *bit* 0.
- **Bifase** - idêntico ao Manchester, mas empregando transições NRZ.

... 2.4.2 - Interface Digital X.21

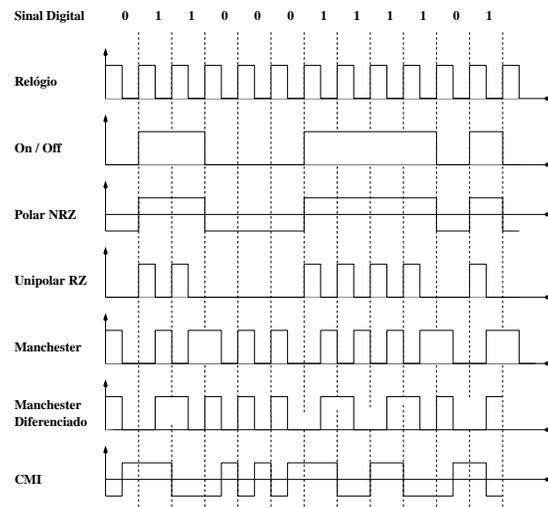
- ✧ Embora X.21 seja um documento longo e complicado que referencia outros documentos longos e complicados, o exemplo abaixo ilustra suas principais funcionalidades (DTE estabelecendo chamada para outro DTE):

Step	C	I	Event in Telephone Analogy	DTE sends on T	DCE sends on R
0	Off	Off	No connection-line idle	T = 1	R = 1
1	On	Off	DTE picks up phone	T = 0	
2	On	Off	DCE gives dial tone		r = ++++++
3	On	Off	DTE dials phone number	T = address	
4	On	Off	Remote Phone Rings		R = call progress
5	On	On	Remote Phone Picked Up		R = 1
6	On	On	Conversation	T = data	R = data
7	Off	On	DTE says Goodbye	T = 0	
8	Off	Off	DCE says Goodbye		R = 0
9	Off	Off	DCE hangs Up		R = 1
10	Off	Off	DTE hangs Up	T = 1	

... 2.4.3 - Codificação de Sinais Digitais

- **Manchester Diferenciado** - uma transição sempre ocorre no meio de um *bit*, sendo que uma transição adicional no início do intervalo representa o *bit* 0, enquanto a ausência desta representa o *bit* 1.
- **Bifase Diferencial** - idêntico ao Manchester Diferencial, mas empregando transições NRZ.
- **CMI - Code Mark Invocation** - o *bit* 0 é representado por uma transição positiva no meio do intervalo, e o *bit* 1 é a ausência de transição positiva. Uma transição no final de intervalo ocorre quando *bits* 1s se repetem.

... 2.4.3 - Codificação de Sinais Digitais



2.5 - Transmissão e Chaveamento

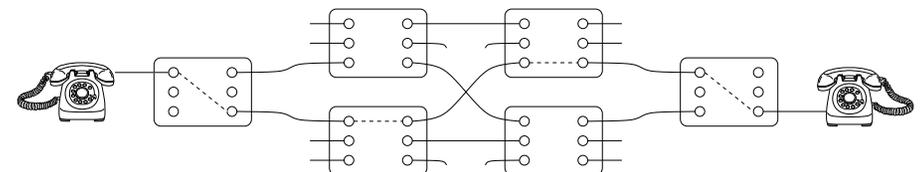
- ✧ **2.5.1 - Multiplexação FDM e TDM:** processo pelo qual o meio físico é compartilhado entre 02 ou mais pares transmissor-receptor;
- ✧ **FDM** (*Frequency Division Multiplex*) - diferentes bandas de frequências são alocadas a diferentes pares transmissor-receptor.
- ✧ **TDM** (*Time Division Multiplex*) - o meio físico é compartilhado no tempo:
 - TDM Síncrona - o meio físico é alocado alternadamente e por um período de tempo fixo para cada *host* ou terminal;
 - TDM Assíncrona - o *host* querendo transmitir quadros precisa executar um procedimento de acesso ao meio físico.

... 2.4.3 - Codificação de Sinais Digitais

- ✧ Padrão IEEE 802.3 (CDMA/CD) - utiliza transmissão digital com Codificação Manchester e pulsos de tensão variando entre 0 e -2.05 volts.
- ✧ Padrão IEEE 802.4 (Token Bus) - emprega modulação (geração de sinais senoidais a partir de um sinal digital) na transmissão de sinais digitais.

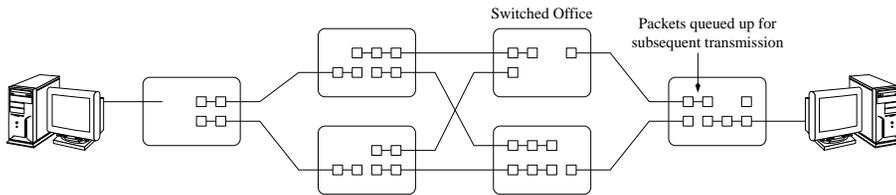
... 2.5.2 - Chaveamento por Circuito versus Pacotes

- ✧ **chaveamento por circuito:** antes da troca de dados, é necessário que um circuito físico seja estabelecido entre o par transmissor e receptor;
- ... antes que os dados possam ser transmitidos através do circuito, sinais de controle caminham em ambos os sentidos que modo que sejam *acknowledged*.



... 2.5.2 - Chaveamento por Circuito versus Pacotes

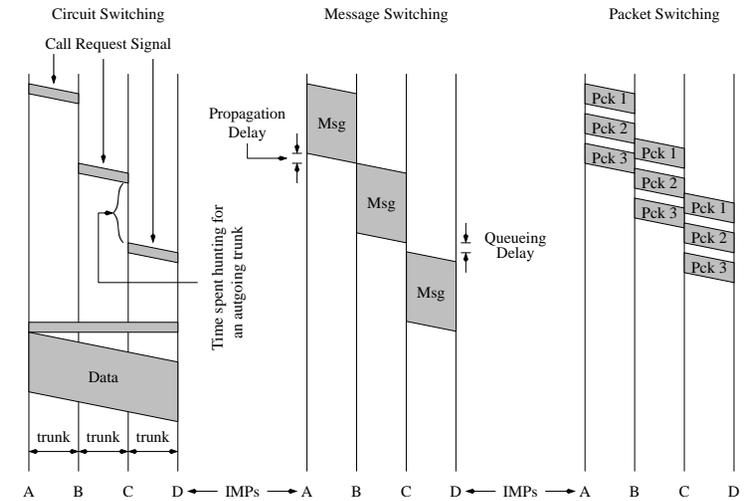
- ✧ **chaveamento por pacote:** não exige o estabelecimento de um circuito pelo qual os pacotes irão passar, mas exige que cada IMP pelo qual irá passar possa armazená-lo temporariamente para depois reenviá-lo (**store-and-forward**);
- ... no chaveamento por pacotes, a rede impõe um limite para o tamanho do bloco que pode ser transmitido, ou seja, pacote;
- ✧ **chaveamento por mensagens:** análogo ao anterior, com a ressalva de que não se impõe limite no tamanho do bloco que será transmitido.



2.6 - Redes ISDN (Integrated Services Digital Network)

✧

... 2.5.2 - Chaveamento por Circuito versus Pacotes



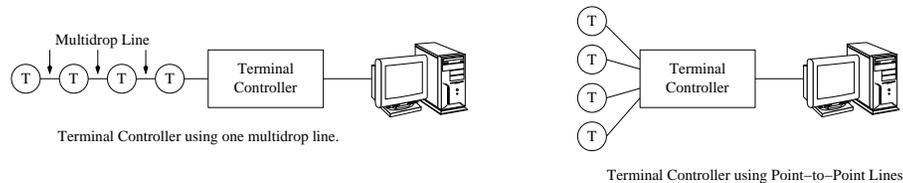
... 2.6 - Redes ISDN (Integrated Services Digital Network)

✧

2.7 - Gerenciamento e Compartilhamento de Terminais

✧ **problema:** para muitas aplicações, o custo das linhas de comunicação excede o custo dos equipamentos conectados a ela, por isso, operadoras de redes buscam maneiras que possibilitem o compartilhamento dessas linhas;

- ... cada controlador de terminal aceita entrada de um *cluster* de terminais e afunila a saída para uma única linha, assim como a operação reversa.



2.7.2 - Multiplexação versus Concentração

✧ **classificação:** controladores de terminais podem ser subdivididos em duas grandes classes, a de multiplexadores e a de concentradores.

✧ **multiplexador:** dispositivo que recebe dados de uma ou mais entradas numa seqüência estática e pré-determinada e dá vazão a esses dados por uma saída única na mesma seqüência que foram coletados;

- ... a linha de saída deve ter a mesma capacidade que a soma das capacidades das linhas de entrada, p.ex.: para 4 terminais TDM que operam a 1200 bps, o canal de saída deve suportar 4800 bps;

- ... a grande desvantagem no TDM é o desperdício de *slots* quando algum terminal não tem o que transmitir, entretanto, dados sem significado são utilizados por causa do rastreamento nos pontos de recepção.

2.7.1 - Polling

✧ **polling:** método que disciplina o acesso ao canal exigindo que o terminal mantenha-se em espera enquanto não receber um sinal para ir em frente;

✧ **rool-call polling:** no caso multidrop, o controlador envia uma mensagem para cada terminal, perguntando se tem ou não algo para transmitir;

- ... cada terminal conhece o seu próprio endereço e somente responde para o seu próprio *poll*, não obstante, ele recebe de todos os *polls*.

✧ **hub polling:** usado geralmente em linha *half-duplex*, o controlador recebe votos do terminal que esteja mais distante dele;

- ... o terminal endereçado toma o canal e transmite caso tenha o que transmitir, senão endereça a mensagem ao seu vizinho no canal até chegar no controlador.

... 2.7.2 - Multiplexação versus Concentração

✧ **concentrador:** quando muitos *slots* da saída são desperdiçados, é possível utilizar-se de uma saída cuja capacidade é menor que a soma das capacidades das linhas de entrada;

- ... nessa abordagem são transmitidos apenas dados e não caracteres sem significado, mas por outro lado, um caracter adicional informa o número do terminal ao qual se destina o dado.

