

Redes Industriais

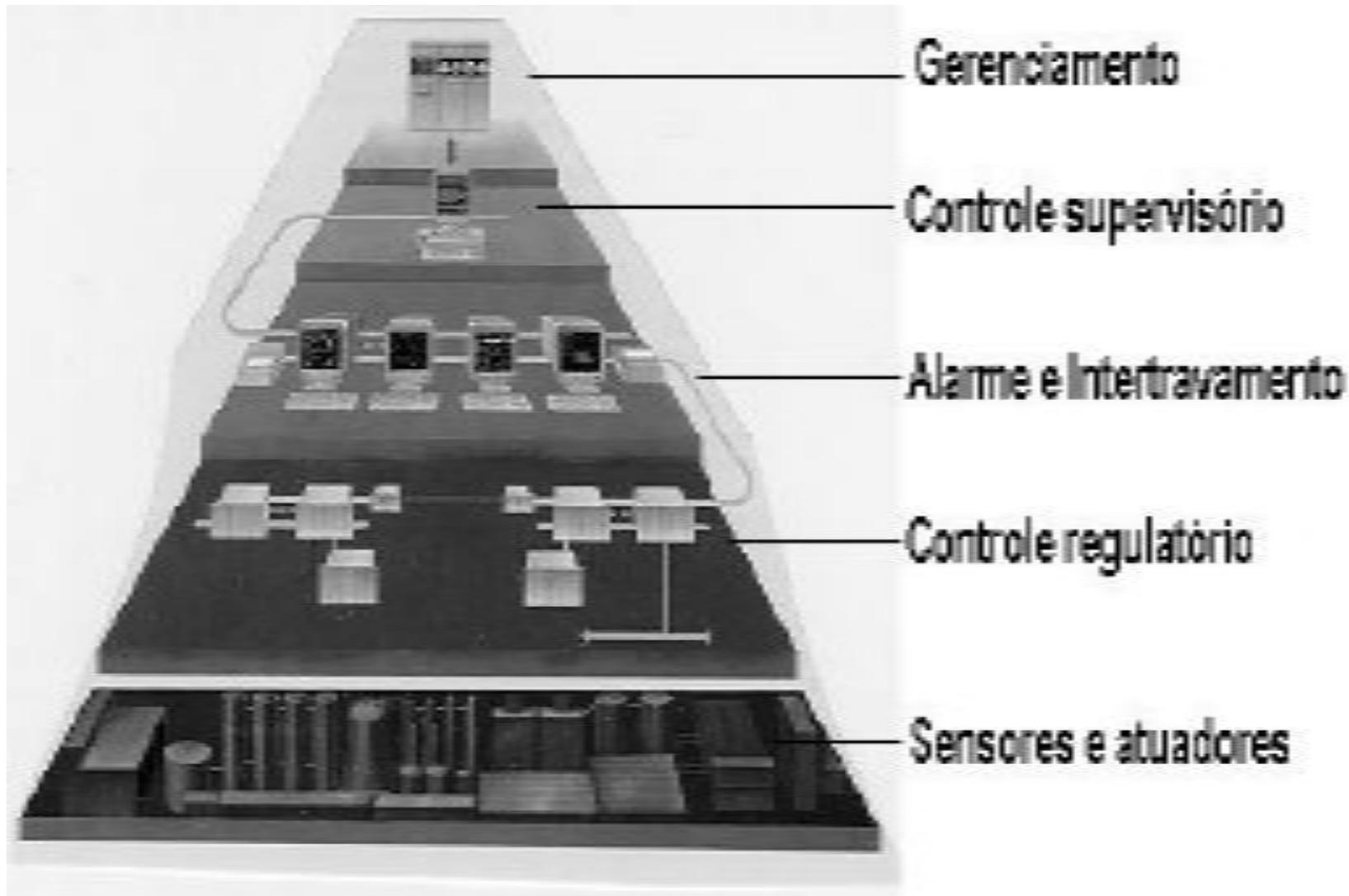
Wagner Aguiar

Wa.aguiar@bol.com.br

Redes Industriais

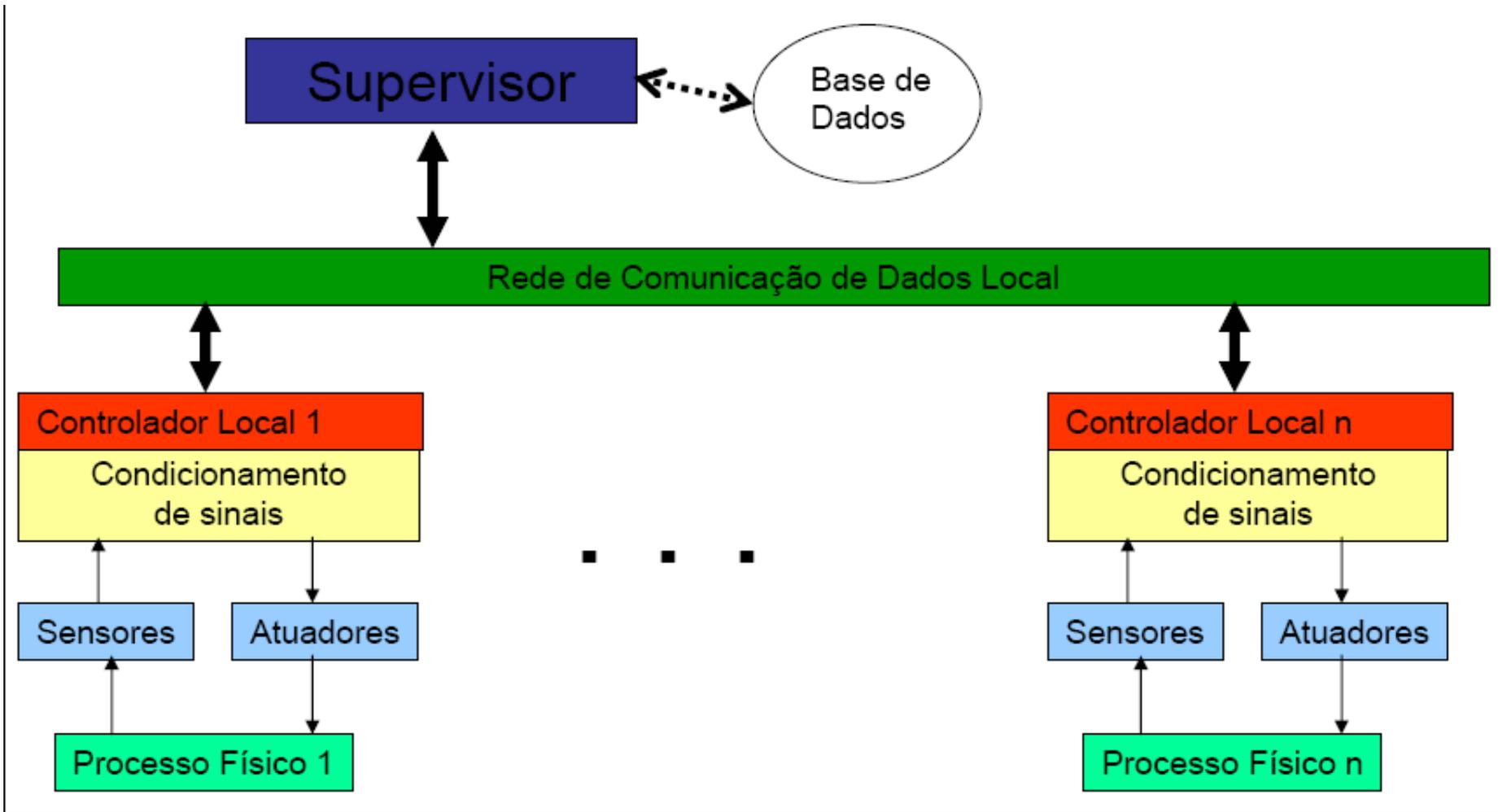
- Redes industriais são necessárias devido à crescente informatização das empresas.
- Todas as etapas do processo produtivo devem ser informatizadas.
 - O projeto do produto
 - A produção em escala industrial
 - O controle de qualidade
 - O controle do estoque de peças ou da matéria-prima usada para produção
 - O sistema de vendas ou de encomenda do produto
- O objetivo final é aumentar a eficiência, reduzindo os custos de produção, venda e distribuição do produto.

Localização do Problema da Automação



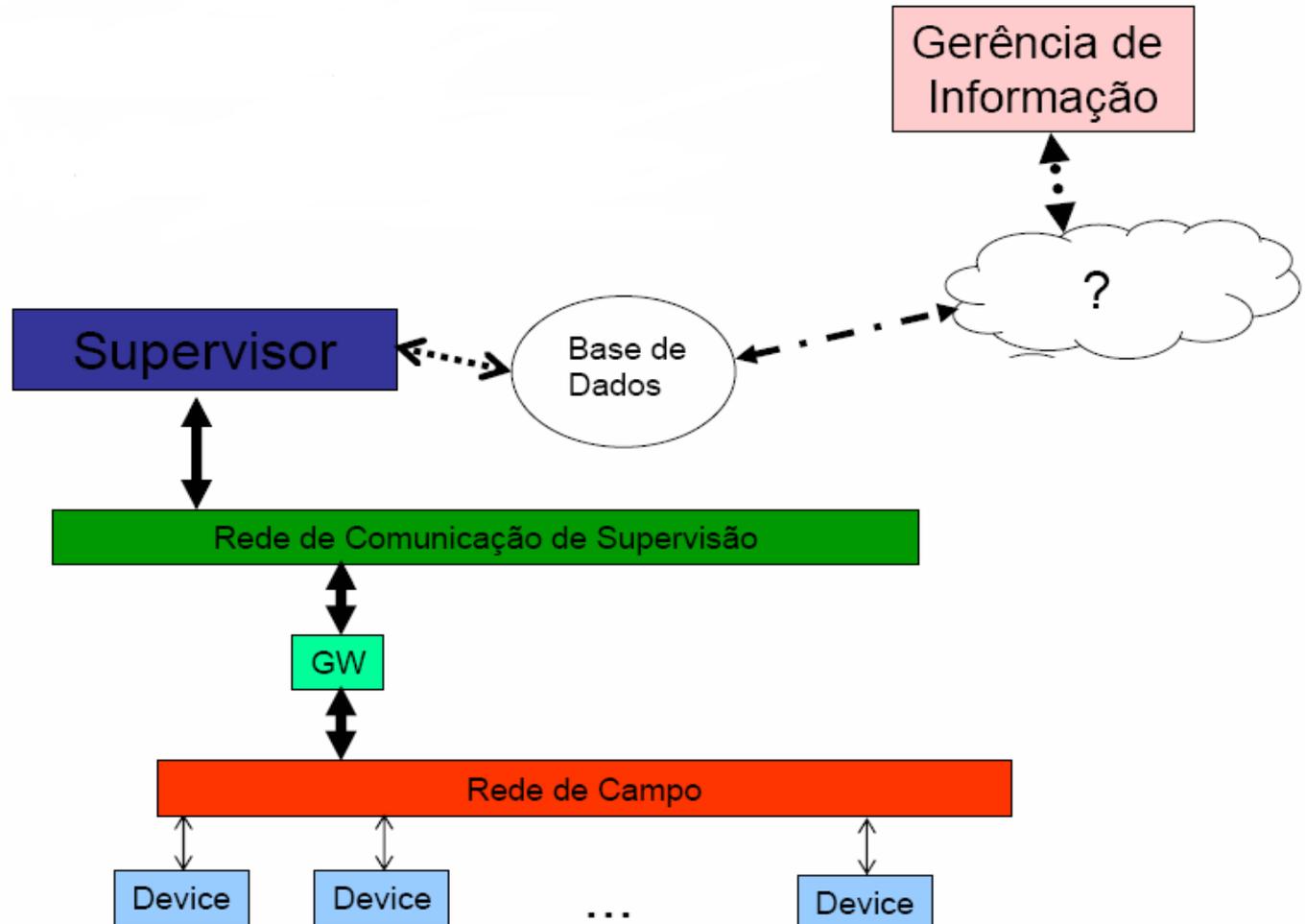
Redes Industriais

Estrutura Atual da automação industrial



Redes Industriais

Tendência para estrutura da automação industrial



Os Devices têm função de sensores, atuadores e controladores

Redes Industriais

Nova abordagem para os níveis de abstração



Redes Industriais



Gerenciamento Integrado.
Sistemas de ERP/MÊS.
Banco de dados relacional.

Controle de Processo:
Contínuo e Batch.
Diagnóstico.

Controle Lógico: discreto e analógico.
Variáveis de processo.
Diagnóstico.

Redes Industriais

Sistemas de automação industrial.

- São apresentados, de forma sucinta, alguns dos principais conceitos que formam a base dos sistemas de automação industrial, dando ênfase a definições, modelos, elementos, características e organização dessas facilidades.
- O escopo desse tema pode ser visto de diferentes perspectivas. Aqui será abordada a estrutura hierárquica dos sistemas industriais relacionada à definição e atendimento dos requisitos de suporte de comunicação de dados.

Redes Industriais

Redes de Comunicação para Aplicações Industriais

Entre os problemas da Tecnologia Atual da Automação, já discutidos, temos:

Distancia da Sala de Controle Central, Milhares de conexões que indica diversos pontos de falha, Difícil compreensão que provoca uma alta probabilidade de erro de operação, dificuldade de rastreabilidade.

Redes Industriais

Fatores de Mudança

Entre os fatores de mudança, existe a necessidade de:

- Um ambiente de maior competitividade, com a redução de custos e facilidade na implementação e manutenção da rede.
- Hoje a informática permite uma integração de circuitos em larga escala com a utilização de computadores na indústria.
- Com o surgimento dos microcomputadores (palms, notebooks) ficou mais fácil a implementação da redes de comunicação digital.
- Controladores Lógicos Programáveis que substituem dos painéis de relés.

Redes Industriais

- Alterações no automatismo sem alterar fiação, permitindo um aumento na velocidade de processamento.
- Um “Hardware” cada vez mais confiável e permitindo uma ampla oferta de recursos de programação.
- A utilização de computadores para supervisão em substituição dos painéis de controle. Permitindo uma significativa economia de cabos e facilitando a organização das informações apresentadas ao operador. Os computadores ligados aos CLP’s acaba provocando uma forte dependência da rede de comunicação digital, aumentando a sua importância.

Redes Industriais

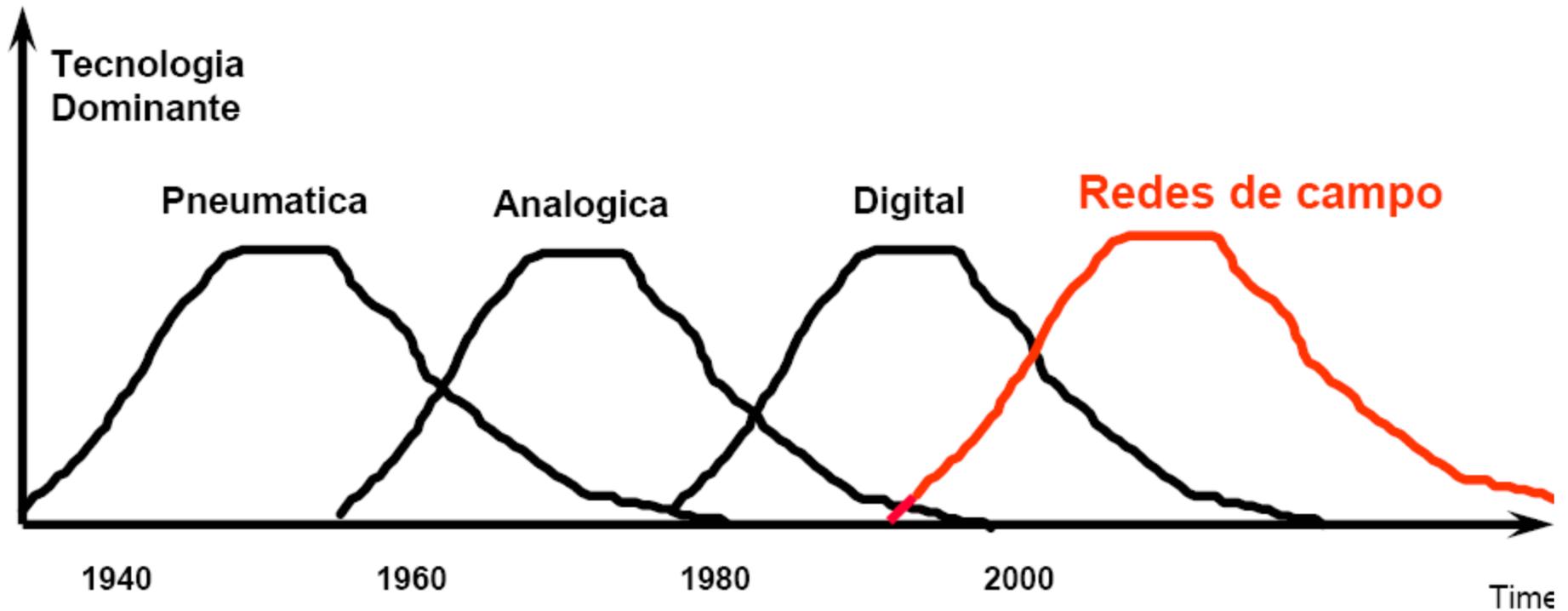
Situação Atual

Controlador programável / Instrumentação

- Tendência à distribuição das E/S
 - Economia muito significativa de fiação
- Principais fatores de mudança
 - Instrumentos inteligentes
 - Várias opções de redes p/ comunicação a nível de “chão de fábrica”
- Padronização
 - Nenhuma rede atende a todas as aplicações
 - Surgimento de novas tecnologias
- Mais recursos do que simples substituição de cabos
- Viabilização de novos tipos de solução

Redes Industriais

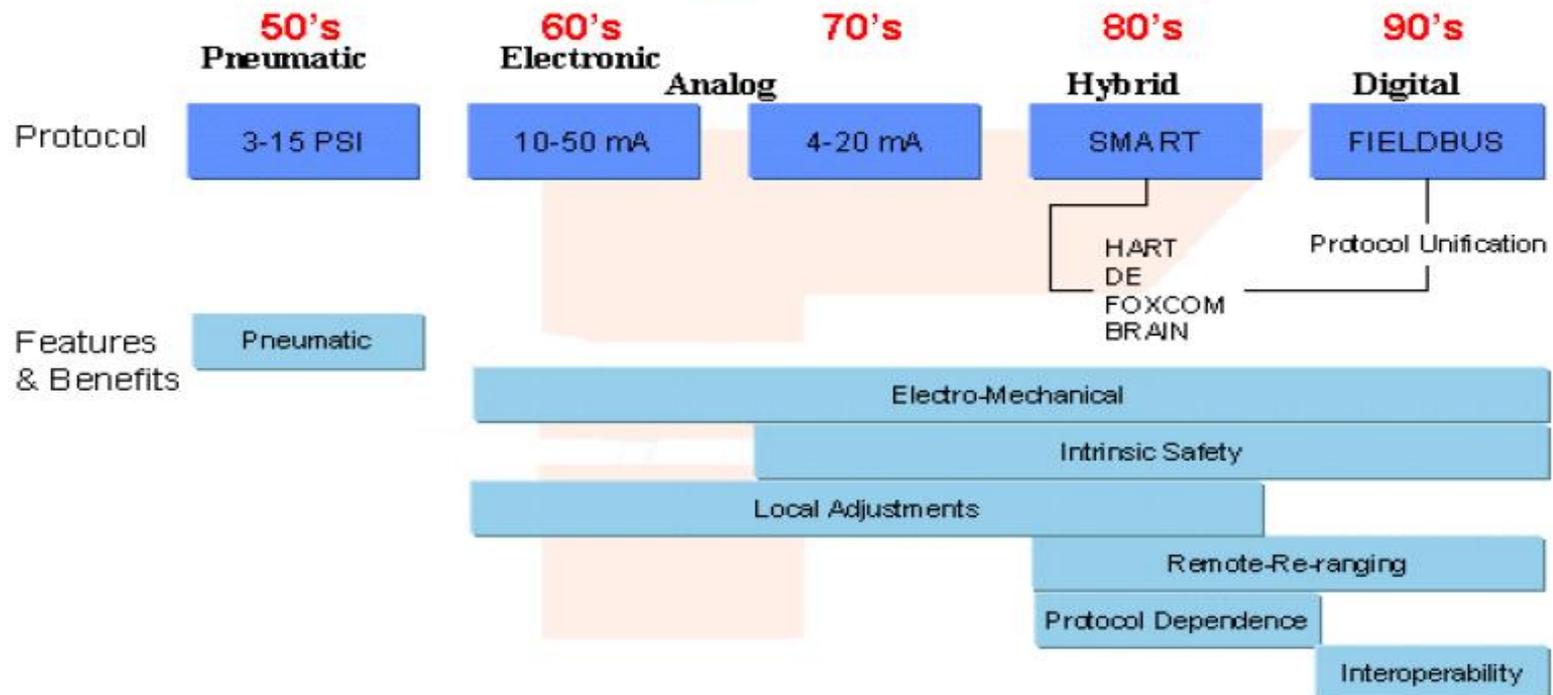
Evolução do conceito de sistemas de comunicação em automação industrial



Redes Industriais

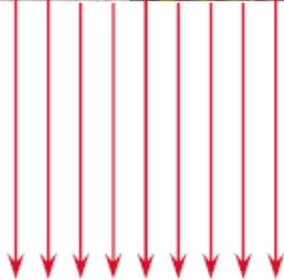
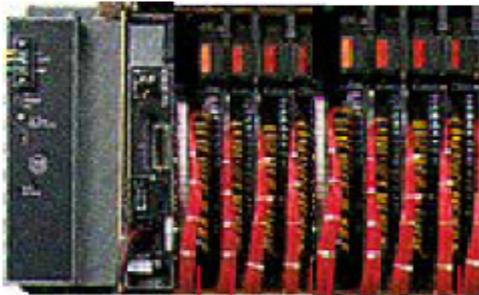


Technological Paradigms



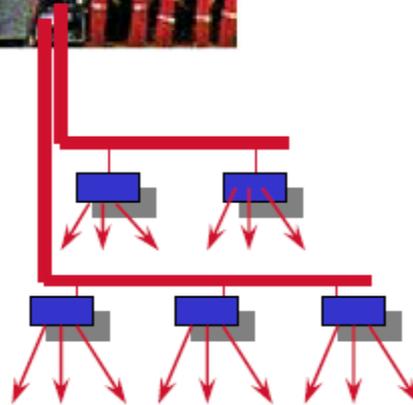
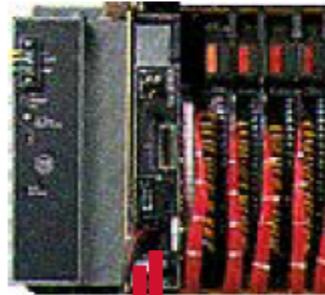
Redes Industriais

Distribuição E/S



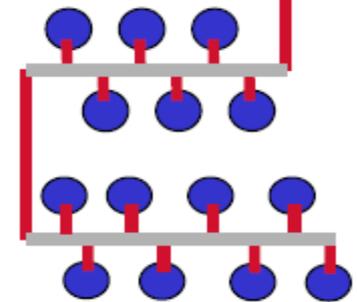
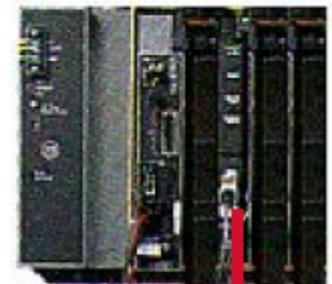
Tradicional

Cada dispositivo e ligado individualmente ao CLP
Alto custo de instalação



Atual

Distribuição de E/S ao longo da fabrica.
Menor custo de instalação



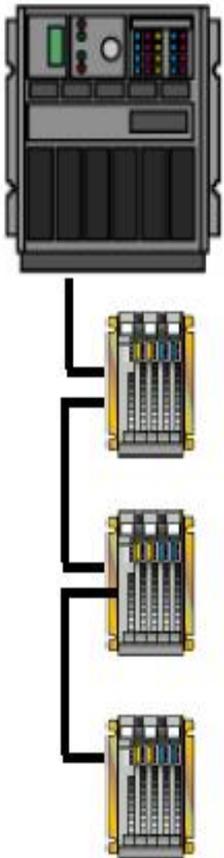
Tendência

Sensores inteligentes:
Ganho funcional
Baixo custo de instalação

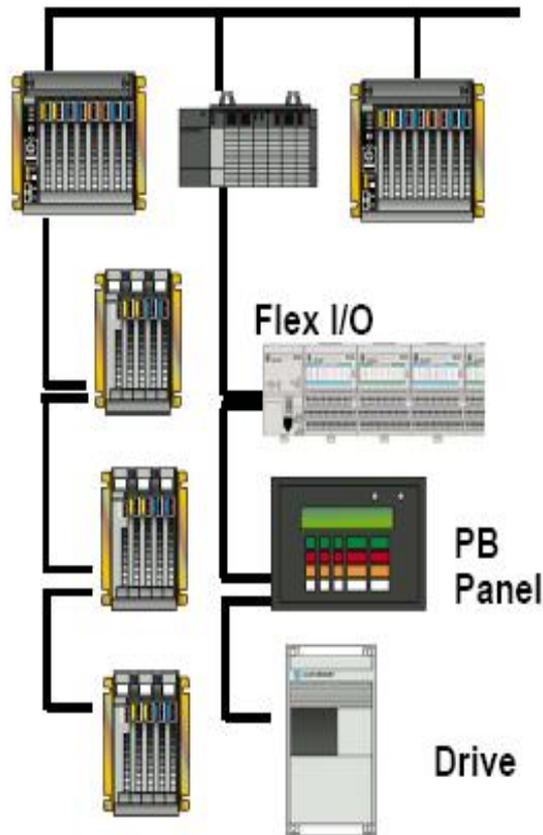
Redes Industriais

Paradigma do Controle Distribuído

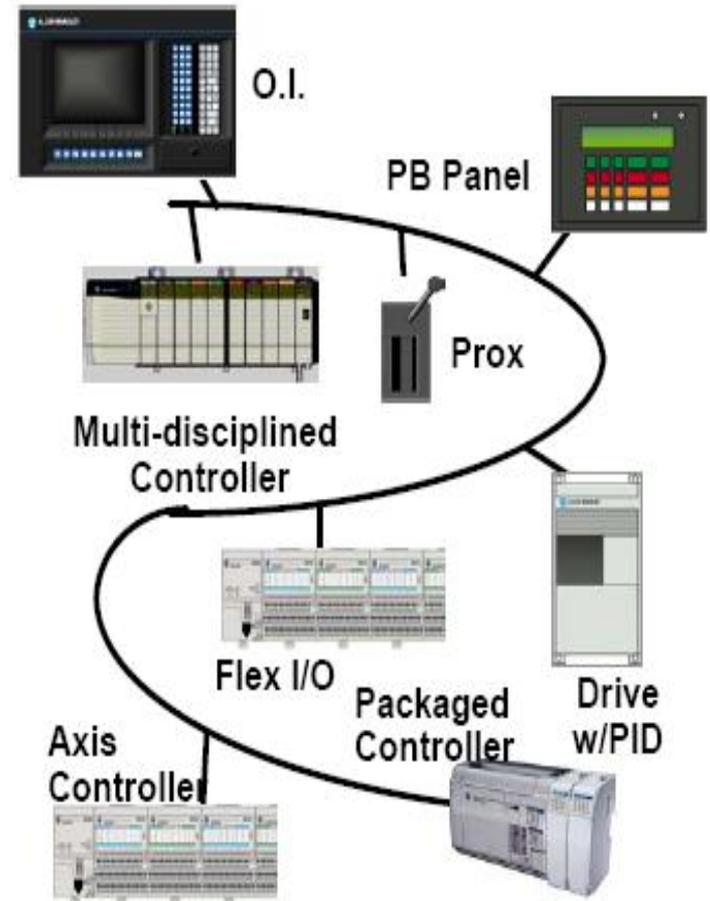
1980's



1990's



2000



Redes Industriais

Redes de Comunicação

- Interligação de Computadores
- Integração de computadores aos CLP's
- Integração dos CLP's a dispositivos inteligentes
 - **Controladores de solda**
 - **Robôs**
 - **Terminais de válvulas**
 - **Balanças**
 - **Sistemas de identificação**
 - **Sensores**
 - **Centros de Comando de motores**

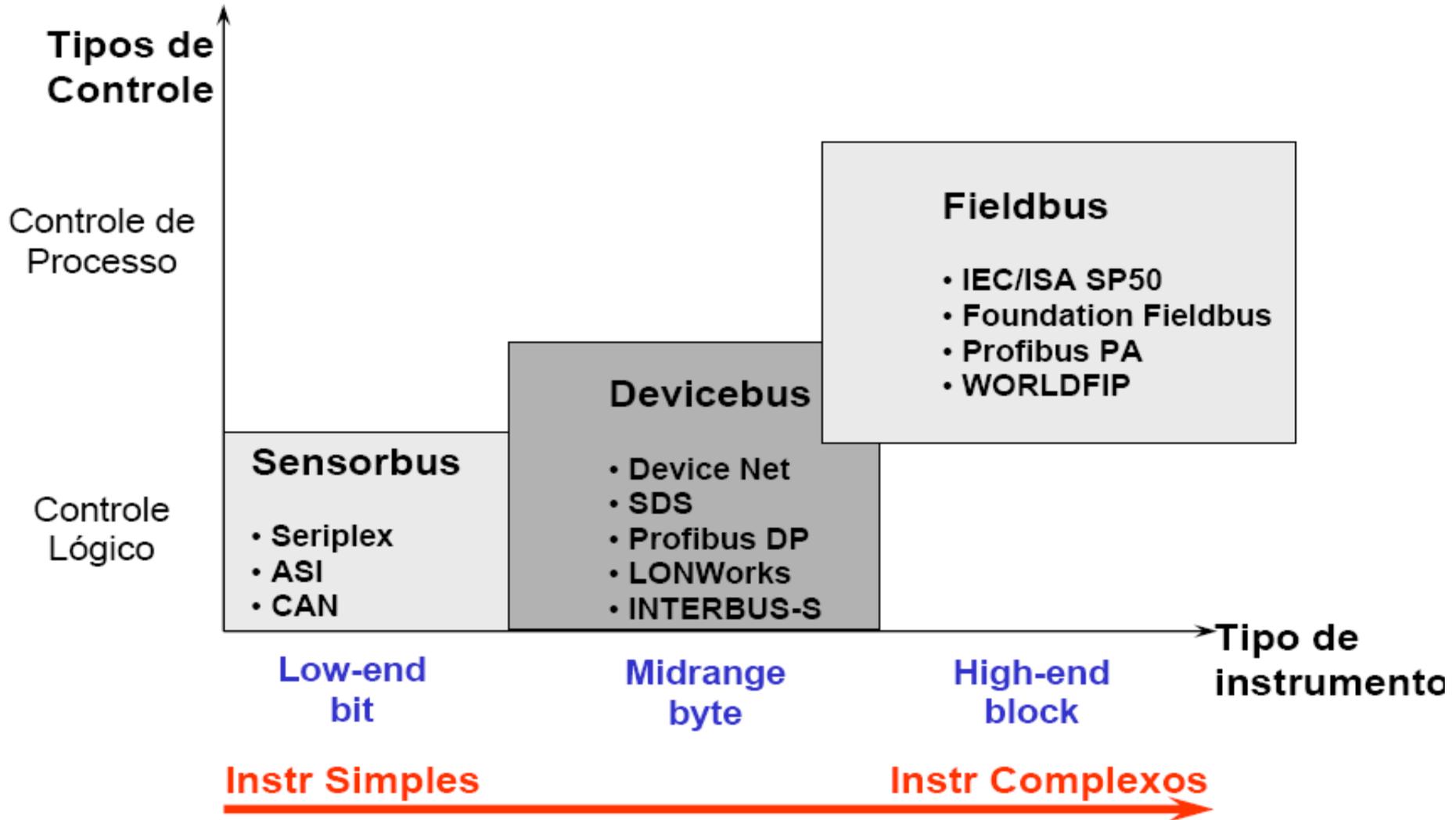
Redes Industriais

Caracterização de uma Rede

- Taxa de transmissão
 - velocidade dos “bits” no fio
- Eficiência do protocolo
 - bytes de dados x total de bytes na rede
 - Forma de arbitragem do acesso ao meio
- Modelo da rede
 - conceituação do fluxo de informação
 - número de mensagens necessárias
 - frequência de troca das mensagens

Redes Industriais

Classificação de Redes Digitais de Controle



Redes Industriais

Requisitos dos sistemas industriais:

- A rede de comunicação é um dos principais recursos de suporte para o intercâmbio de informações entre as entidades da estrutura de produção permitindo o monitoramento e gerenciamento do processo produtivo.
- A flexibilidade é um dos requisitos de maior importância para o sistema pois dela dependem a facilidade de projeto, o planejamento, a manutenção e o controle da operação de máquinas para a execução das tarefas complexas de modo eficiente e econômico.

Redes Industriais

O Processo de Produção

- O processo de produção passa por várias etapas executadas por diferentes elementos presentes no ambiente industrial.
- A tendência no ambiente industrial é de se ter vários subsistemas com uma certa autonomia, com cada um sendo responsável por parte do processo de produção.
- Tipos de equipamento presentes em cada subsistema do ambiente industrial são bastante diversificado.
 - Computadores são usados p/ projeto e supervisão.
 - Controladores de alto nível coordenam todo o processo de produção.
 - No chão de fábrica são usados robôs, esteiras, tornos, sensores, atuadores ...

Redes Industriais

Uso de Redes no Ambiente Industrial

- Redes são usadas para integrar os equipamentos presentes em um determinado subsistema responsável por parte do processo de produção.
- Cada subsistema adota o tipo de rede mais adequado para si levando em conta o tipo de equipamento que utiliza e os requisitos da atividade que executa.
- Subsistemas devem estar interligados para que sejam feitos a coordenação das atividades e a supervisão do processo produtivo como um todo.
- Resultado: não existe um tipo de rede que seja capaz de atender a todos os requisitos dos diversos subsistemas existentes em um ambiente industrial

Redes Industriais

Requisitos de Redes Industriais

- Os requisitos do ambiente industrial e seus processos de produção são geralmente diferentes daqueles presentes em redes locais de computadores.
- Tipos de rede específicos para o ambiente industrial podem ser necessários.
- Exemplo de requisitos de redes industriais:
 - Boa resistência mecânica
 - Resistência a chama, umidade e corrosão
 - Alta imunidade a ruídos
 - Taxa de erros baixa ou quase nula
 - Tempo de acesso e de propagação limitados
 - Tempo entre falhas e tempo de reparo baixos
 - Boa modularidade e possibilidade de interconexão

Redes Industriais

Meio de Transmissão

- Em ambiente industrial geralmente se usa codificação digital por variação da corrente (4-20mA) por esta ser menos susceptível a interferências eletromagnéticas

	Custo	Erro	Distância	Taxa de Transm.	Resist. Mecânica
Par trançado (2 fios)					baixa
Par trançado assíncrono (4 fios)					baixa
Cabo coaxial					alta
Fibra ótica					baixa

Redes Industriais

Conceitos Gerais

- componentes de uma rede genérica
- topologias mais utilizadas
- redes: WAN e LAN
- conceito geral de protocolos de comunicação

Componentes de uma rede

- computadores hospedeiros (host)
- nós de comutação (switch node)
- meios de transmissão
- centro de controle da rede (NCC)
- protocolo de comunicação

Redes Industriais



Redes Industriais

Equipamentos de interface de sinais utilizados em Redes Industriais ABB

Produtos e soluções para conexões no sistema S800 I/O



Power Supply Units



Surge Protection



Terminal Blocks



Signal Isolators & Transducers



Quick Cabling & Industrial Relays



Redes Industriais

Power Supply Units



Serial Converter & Repeater



Surge Protection



Equipamentos de interface de sinais utilizados em Redes Industriais Emerson

Produtos e soluções para conexões no sistema DeltaV

Terminal Blocks



Signal Isolators & Transducers



Quick Cabling & Industrial Relays



Redes Industriais



Hub



switch



Placa de Rede



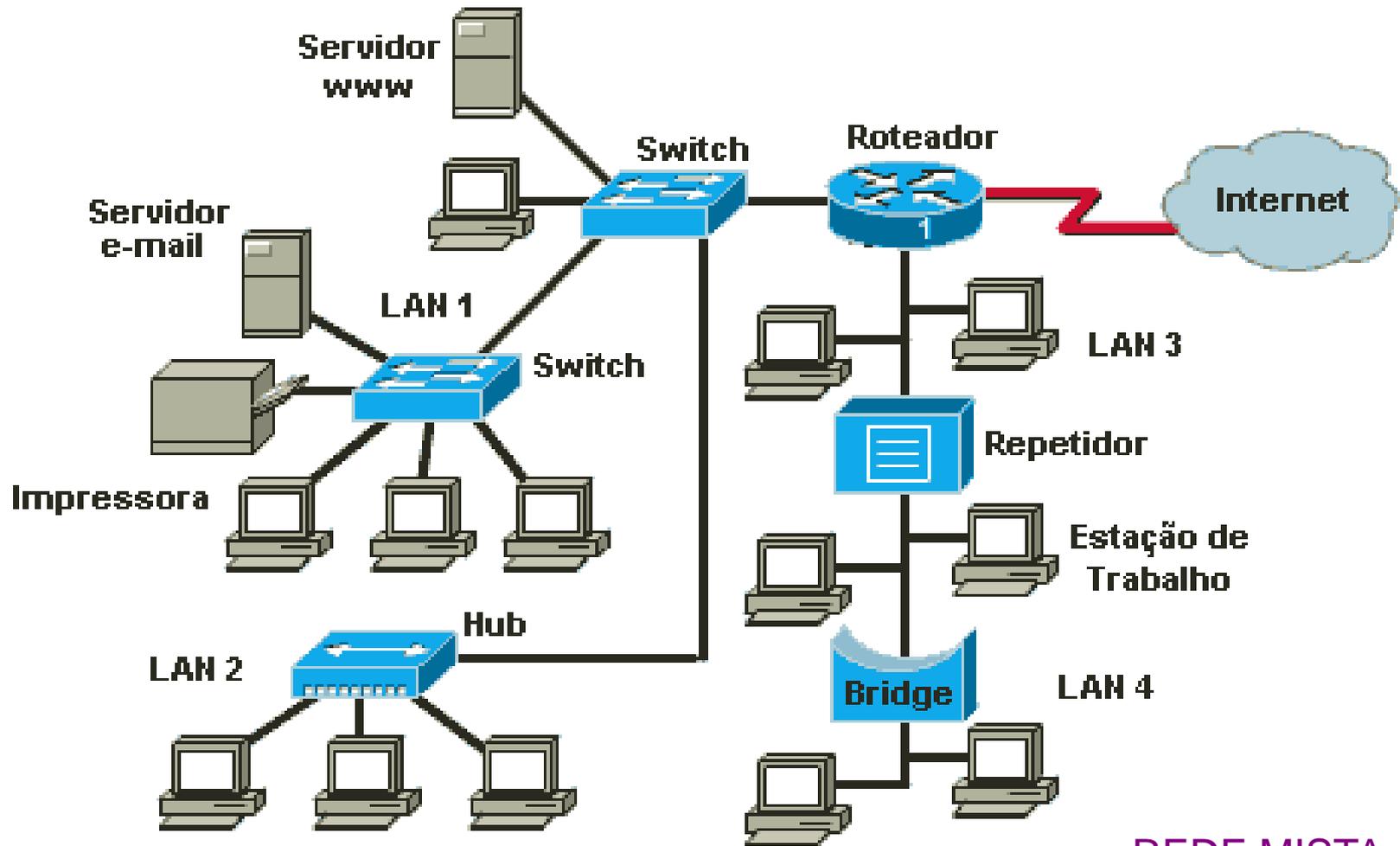
Roteador



Gateway



Redes Industriais



REDE MISTA

Redes Industriais

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

A função básica de um sistema de comunicação é a transferência de informações entre uma unidade geradora e uma unidade receptora. As técnicas de transferência de informações de sinais digitais num sistema de comunicação variam conforme a necessidade particular de cada usuário, onde principalmente o canal do sistema de comunicação possui características próprias que devem ser respeitadas, mas qualquer que seja a técnica empregada, deve-se garantir que a informação seja recebida com a melhor qualidade de serviço possível. A maior preocupação no dimensionamento de um sistema de comunicação é fazer com que o conjunto, que é composto pelo transmissor o canal e o receptor, sejam o mais transparente possível para as aplicações dos usuários.

Redes Industriais



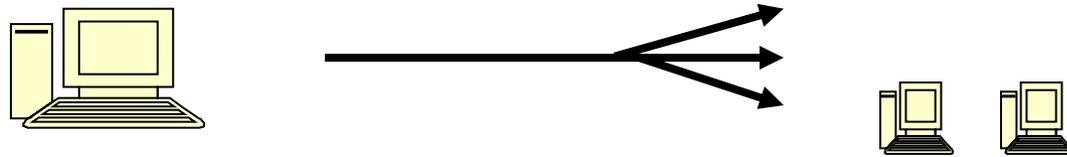
Sistema de comunicação

Antes da realização do envio do sinal através do meio ou canal é necessário processar a informação antes de ser transmitida e na recepção devemos realizar o processo inverso, onde recebemos a informação e depois a processamos para que possa ser compreendida. Os meios por onde trafegam a informação é o elemento físico que irá determinar as características finais do canal de comunicação e como exemplo podemos citar, os fios da rede de telefonia pública, o ar, as fibras ópticas, entre outros.

Redes Industriais

Podemos dividir os sistemas de comunicação em três tipos: Simplex, Half-Duplex e Full-Duplex.

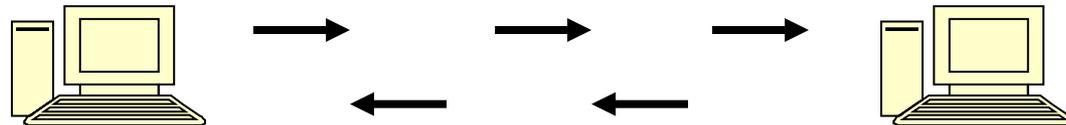
Simplex : Onde a transferência de informação acontece somente em um sentido de transmissão, que é unidirecional, não existe retorno ao receptor. Como exemplos clássicos desse tipo de transmissão podemos citar as transmissões de rádio (OC, AM, FM) e as transmissões de televisão, onde neste caso a emissora seria a unidade geradora e a televisão a unidade receptora.



Transmissão simplex ou unidirecional

Redes Industriais

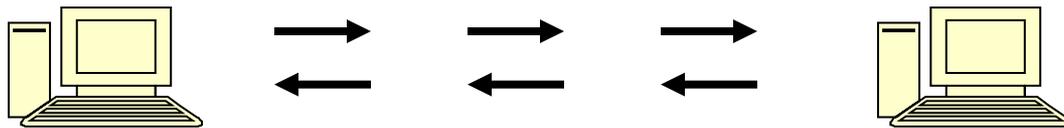
Half-Duplex : Onde a transferência de informação ocorre nos dois sentidos e a transmissão são bidirecionais, as unidades são transmissoras e receptoras de informação, porem não simultaneamente, transmitindo em um sentido de cada vez na unidade de tempo. Isto significa que no momento em que uma unidade esta transmitindo sinais, sua unidade correspondente devera manter-se coletando informações, e vice-versa. Como exemplo podemos citar os sistemas de radioamadores.



Transmissão Half-Duplex

Redes Industriais

Full-Duplex : Onde a transferência de informações ocorre nos dois sentidos ao mesmo tempo, a transmissão é em ambos os sentidos por meio de dois canais simultaneamente. Nos modems que operam no modo full-duplex, são utilizadas duas frequências, sendo uma para transmissão de dados e outra para recepção, por meio de um mesmo canal.



Transmissão Full-Duplex

Redes Industriais

As transmissões **Serial** e **Paralelo**.

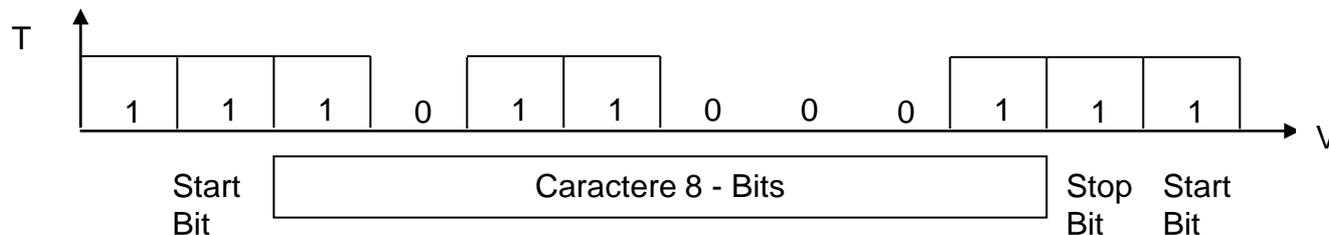
Na transmissão **serial** temos o envio de um bit por vez na unidade de tempo. É a transmissão de dados em seqüência numa única via física, onde podem ser enviados de forma síncrona ou assíncrona.

Já na transmissão **Paralela**, o meio utilizado para o transporte dos dados é na forma de barramento, onde vários bits são enviados ao mesmo tempo.

Redes Industriais

Existem dois modos de transmissão de sinais digitais, o modo **assíncrono** ou o modo **síncrono**.

Na forma **assíncrona** de transmissão, os bits são transmitidos de forma que seja inserido um bit de start no início de transmissão do caractere e um ou mais bits de stop no final da transmissão do caractere. Neste tipo de transmissão é desnecessária a sincronização dos bits que estão sendo enviados, são utilizados alguns bits iniciais no processo de sincronização



Transmissão Assíncrona

Redes Industriais

Numa transmissão no modo de transmissão **síncrona**, temos o envio de grandes blocos de dados em intervalos de tempos fixos, ou seja, os dados trafegam na rede com velocidade e capacidade de transferência de dados constantes. Na transmissão síncrona é necessário sincronizar o sinal antes de enviá-lo. O sincronismo é realizado primeiramente com o sincronismo de bit, em seguida o sincronismo de caractere (byte) e por último o sincronismo de mensagem ou de dados.

Redes Industriais

Para que a informação seja enviada corretamente é necessário acrescentar bytes de controle antes e após a transmissão dos dados.



Sync – Caractere de sincronismo antes do envio da mensagem normalmente de 8 – bits

Start – Caractere que informa o início de mensagem

Stop – Caractere de fim de mensagem

BBC – Caractere de checagem de erro em mensagem (Bloc of Bits Check)

Redes Industriais

O código de caracteres mais popular é denominado ASCII (American Standard Code for Information Interchange) Código padrão americano para intercâmbio de informações. Esse código usa um esquema de codificação de 7 bits – cada caractere consiste de uma combinação exclusiva de sete 1's e 0's. Por exemplo, a letra “T” maiúscula é representada pelo código ASCII 1010100, o número “3” pelo ASCII 0110011. O número Máximo de caracteres diferentes que podem ser codificados em ASCII é de 128.

Outro código de caractere é denominado ASCII Estendido. Uma criação da IBM, baseia-se no código de caractere ASCII existente. O ASCII Estendido codifica os caracteres em oito bits, fornecendo 256 representações de caractere. Os 127 caracteres extras representam letras de idiomas estrangeiros e outros símbolos úteis.

Redes Industriais

Comunicação Local Assíncrona

- Há apenas dois componentes: DTE e DCE.
- DTE (Data Terminal Equipament):
 - equipamento do usuário conectado à rede → computador.
- DCE (Data Circuit-terminating Equipament)
 - equipamento que interconecta o DTE com a rede → modem
 - O padrão de interface X.21 (ITU), muito parecido com a RS-232, é o mais utilizado na interconexão de DTE com DCE em rede públicas de longa distância.

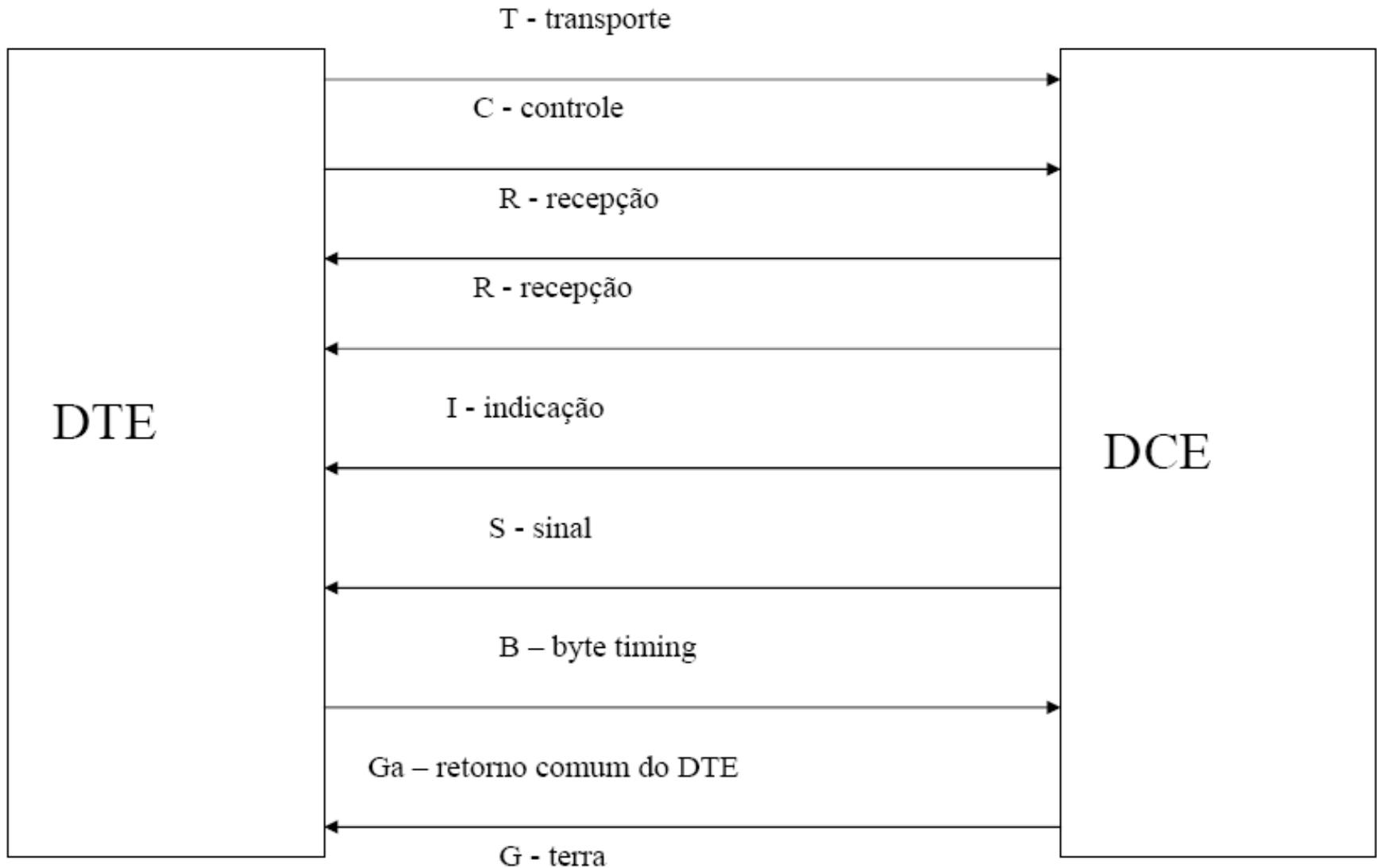
Redes Industriais

Comunicação Local Assíncrona

- Comunicação Assíncrona Full Duplex



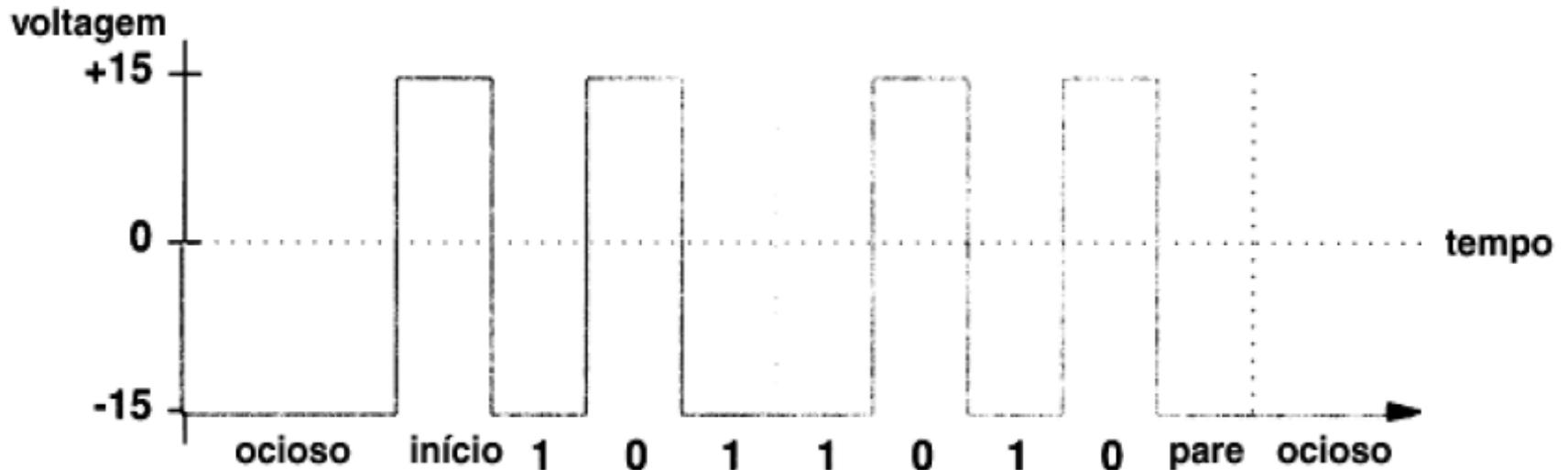
Redes Industriais



Redes Industriais

Comunicação Local Assíncrona

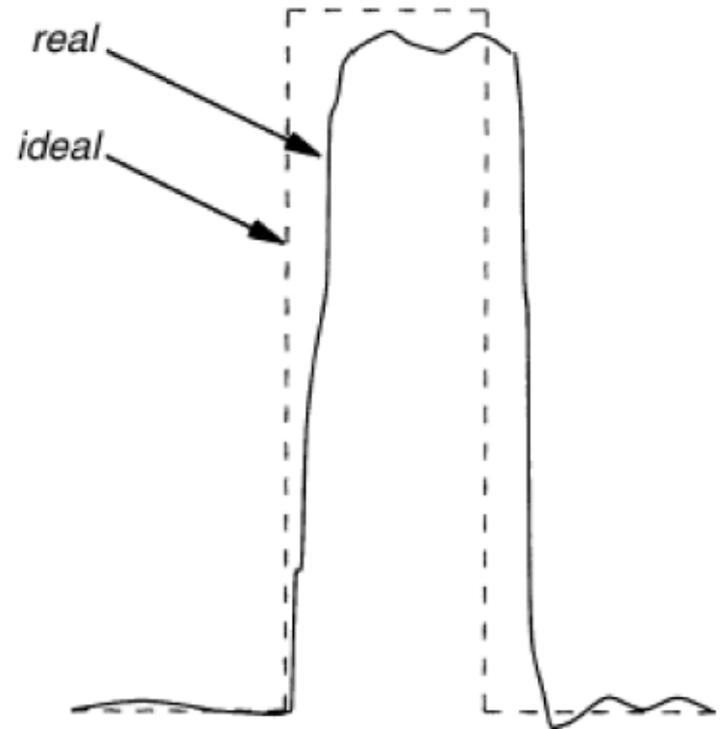
- Padrão RS-232
 - Start bit (zero lógico)
 - Stop bit (1 lógico)



Redes Industriais

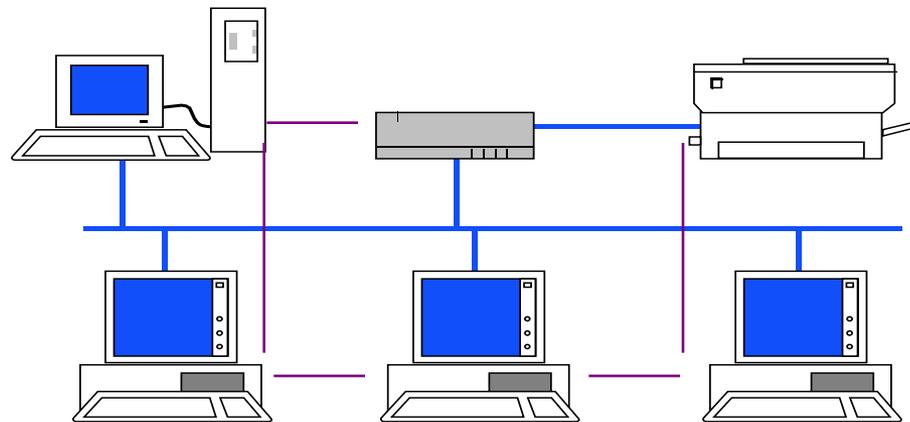
Limitações do Hardware Real

- A amostragem não pode ser instantânea.
 - Devido às distorções no sinal.



Redes Industriais

Topologias



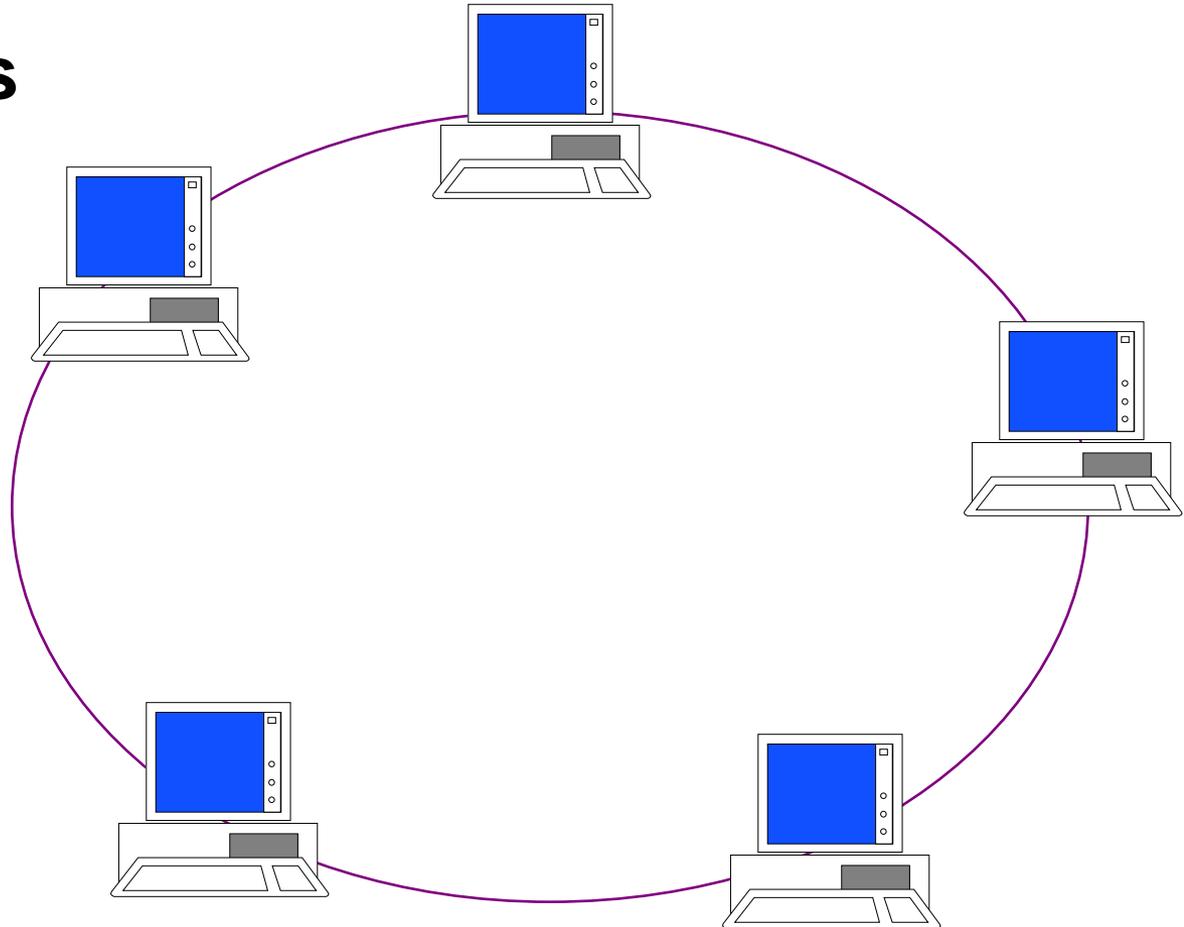
TOPOLOGIA EM BARRA

Ex: Rede Ethernet

Redes Industriais

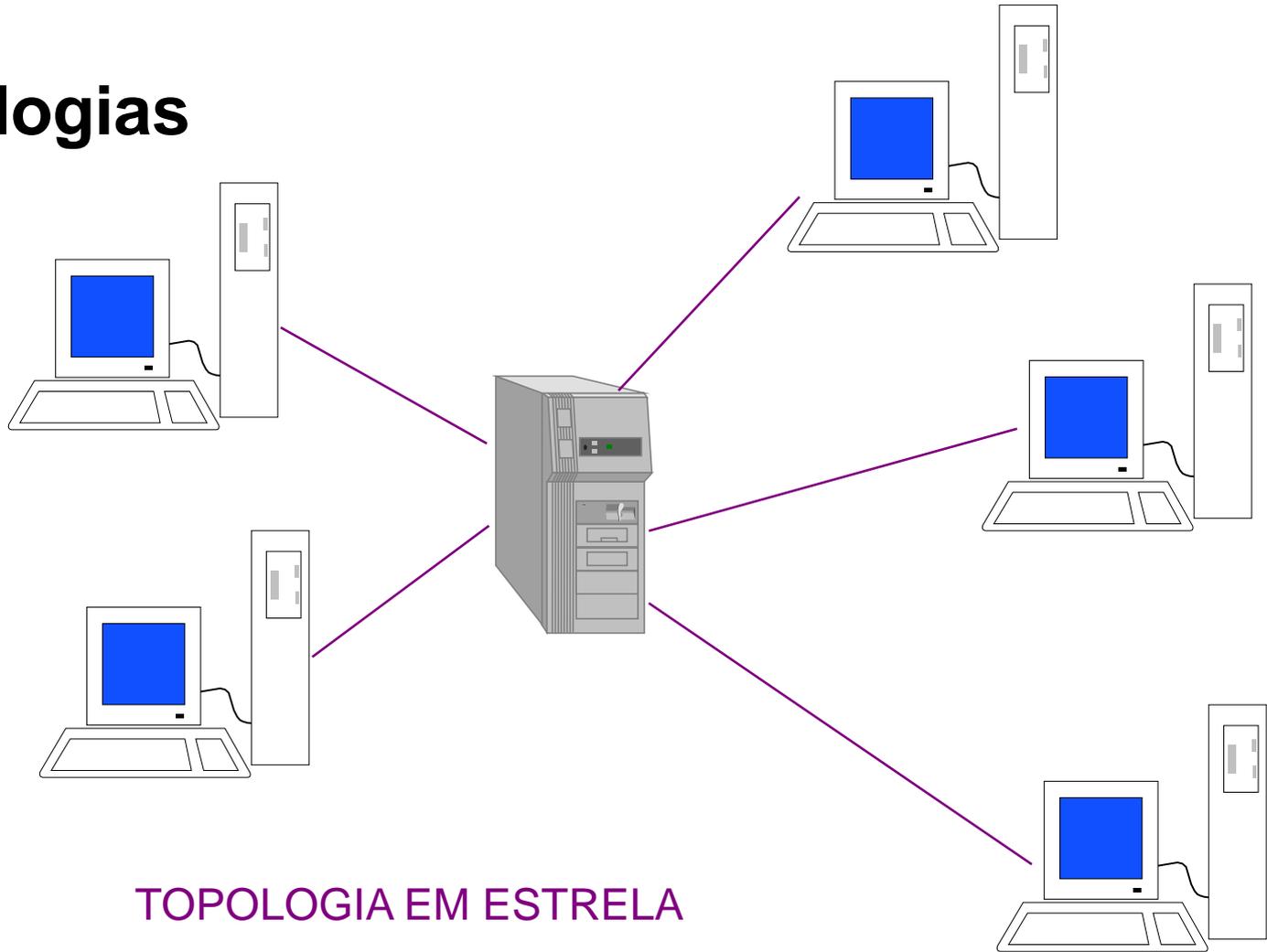
Topologias

TOPOLOGIA EM
ANEL
(Token Ring)



Redes Industriais

Topologias

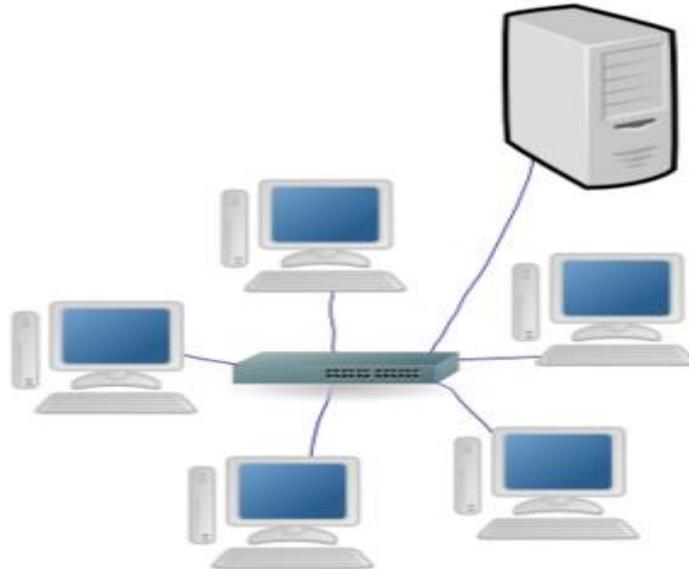


TOPOLOGIA EM ESTRELA

Redes Industriais

LAN - Local Area Network

- redes locais, que abrangem pequenas áreas, trabalham com altas taxas de transmissão, etc.
- Geografia limitada : Interligam computadores de uma sala, prédio ou conjunto de prédios.
- Oferecem taxas tipicamente maiores que as WAN : 10 Mbps, 100 Mbps, 1Gbps.

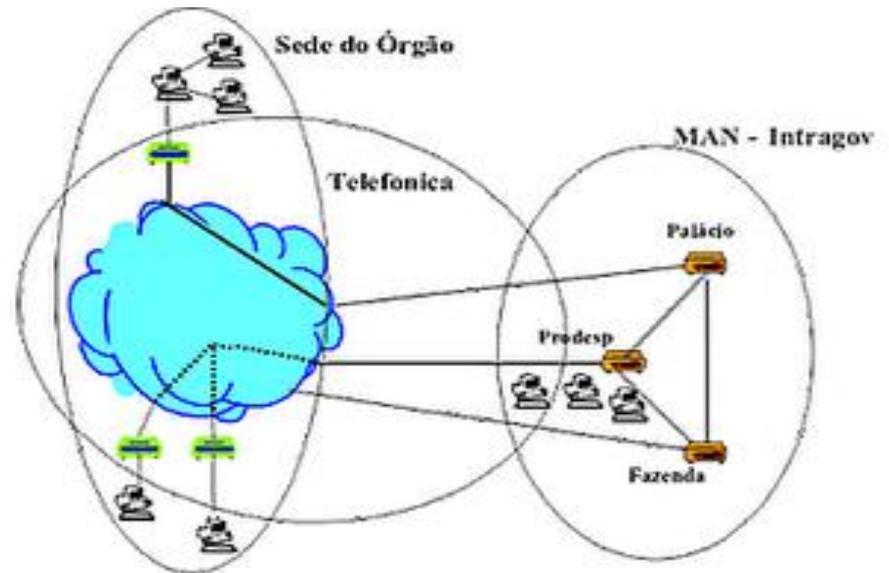


Redes Industriais

MAN - Rede de área metropolitana

Áreas urbanas, Interliga instituições com interesses comuns. Utilizam tecnologias semelhantes às LANs (ATM, FDDI).

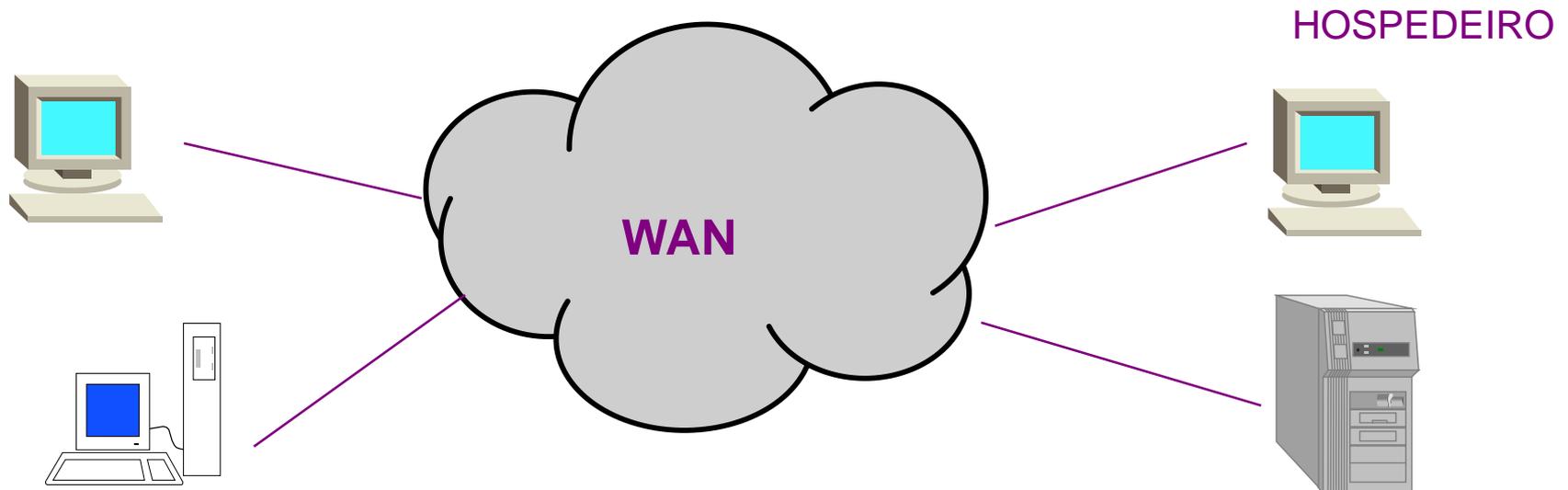
- São otimizadas para distâncias intermediárias (FDDI, DQDB).
- Apresentam um tempo de retardo e taxa de erros um pouco maiores que as LANs.
- Otimizam a relação custo/benefício : oferecem taxas superiores às das WANs, por custos semelhantes ao das LANs.



Redes Industriais

WAN - Wide Area Network

- Redes de longa distância Interligam computadores em cidades, países e até continentes distintos.
- Geralmente são redes públicas ou de grandes companhias que prestam serviços (Telebras).
- Oferecem taxas típicas mais baixas que as redes locais : 9600bps, 64Kbps, 1.5Mbps 2Mbps, 34Mbps, 155 Mbps.
- Envolvem infra-estrutura dispendiosa : fios, cabos, centrais comutadoras, cabos submarinos, sistemas de rádio terrestre ou de satélite.



Redes Industriais

GAN - Global Area Network

O Inmarsat criou um sistema chamado de Global Area Network (GAN), conhecido também como Inmarsat M4, que provê a comunicação de voz e dados até 64Kbps. O Inmarsat é um grupo que foi criado em 1979, na Inglaterra e sua tarefa inicial foi desenvolver a comunicação global via satélite oferecendo serviços de voz e dados para diversas aplicações.

Na realidade, uma Global Area Network (Rede de Área Global) é uma implementação de uma WAN com uma cobertura mundial e capaz de conectar sistemas em rede situados em diferentes países e continentes. Esse sistema oferece a possibilidade da conexão de um usuário em qualquer lugar do mundo de uma forma abrangente através de terminais móveis.



Redes Industriais

Modalidades de Comutação

- o que é comutação?

Tipos de comutação:

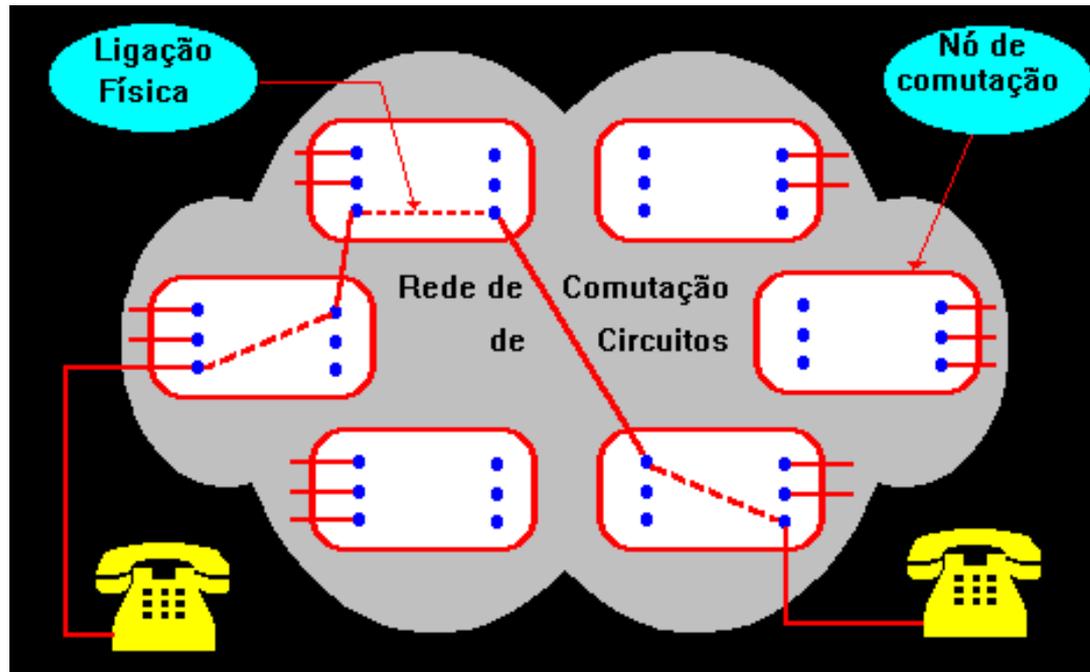
- comutação por circuito
- comutação por mensagem
- comutação por pacotes



Redes Industriais

Comutação por Circuito

- semelhante a uma ligação telefônica
- limitações: interfaces precisam ser homogêneas (velocidade, protocolo, etc)
- vantagem: em situações de tráfego intenso



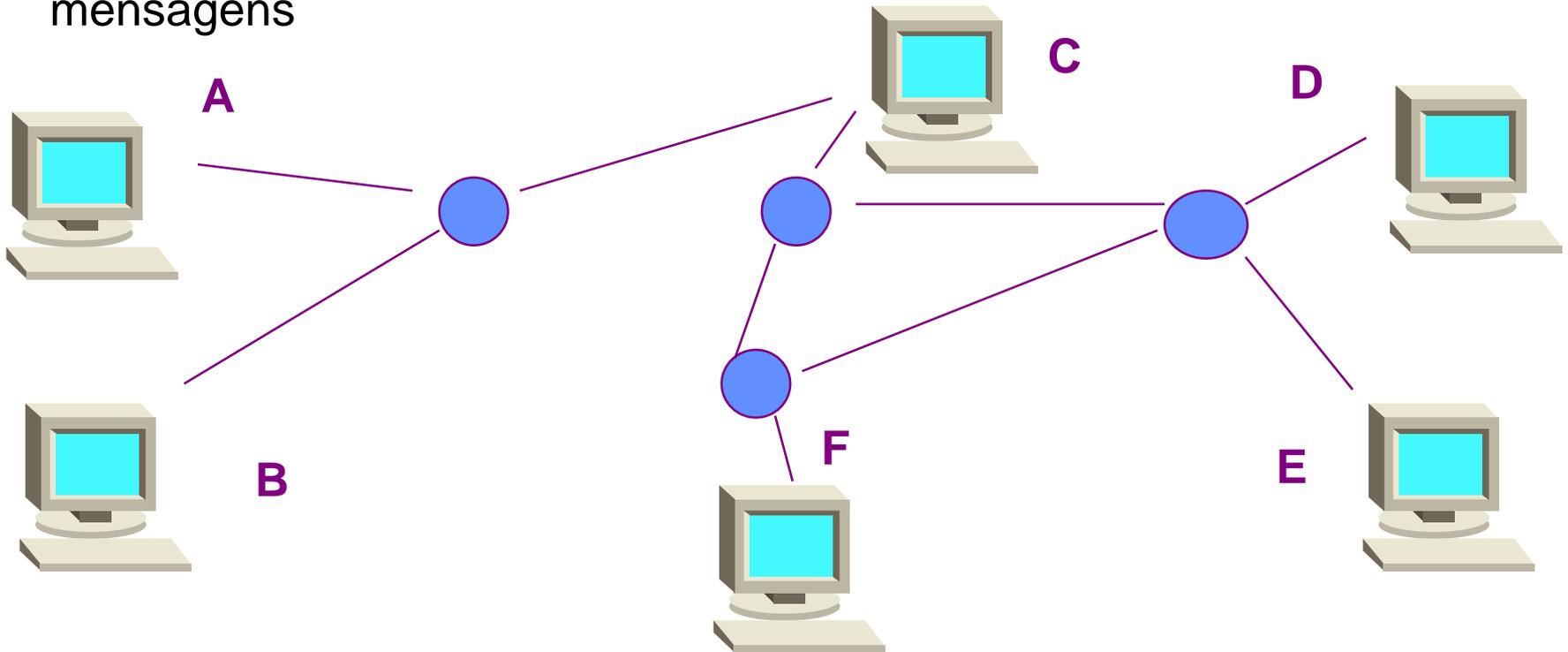
Redes Industriais

Comutação por Mensagens

- mensagem é transmitida nó a nó

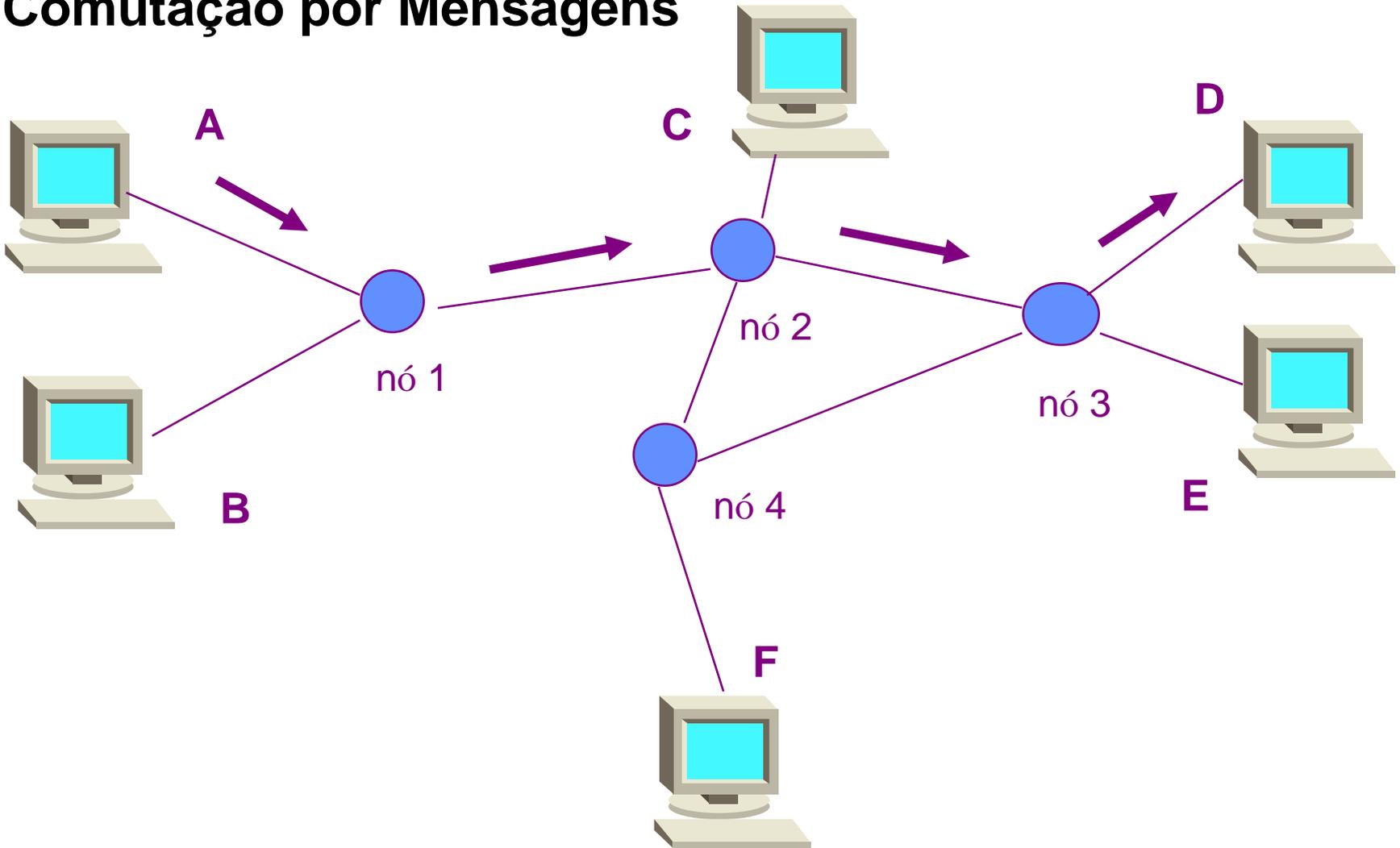
Consequência:

- otimiza o uso do meio, permitindo mais de uma conexão
- os nós de comutação precisam de buffers para armazenar as mensagens



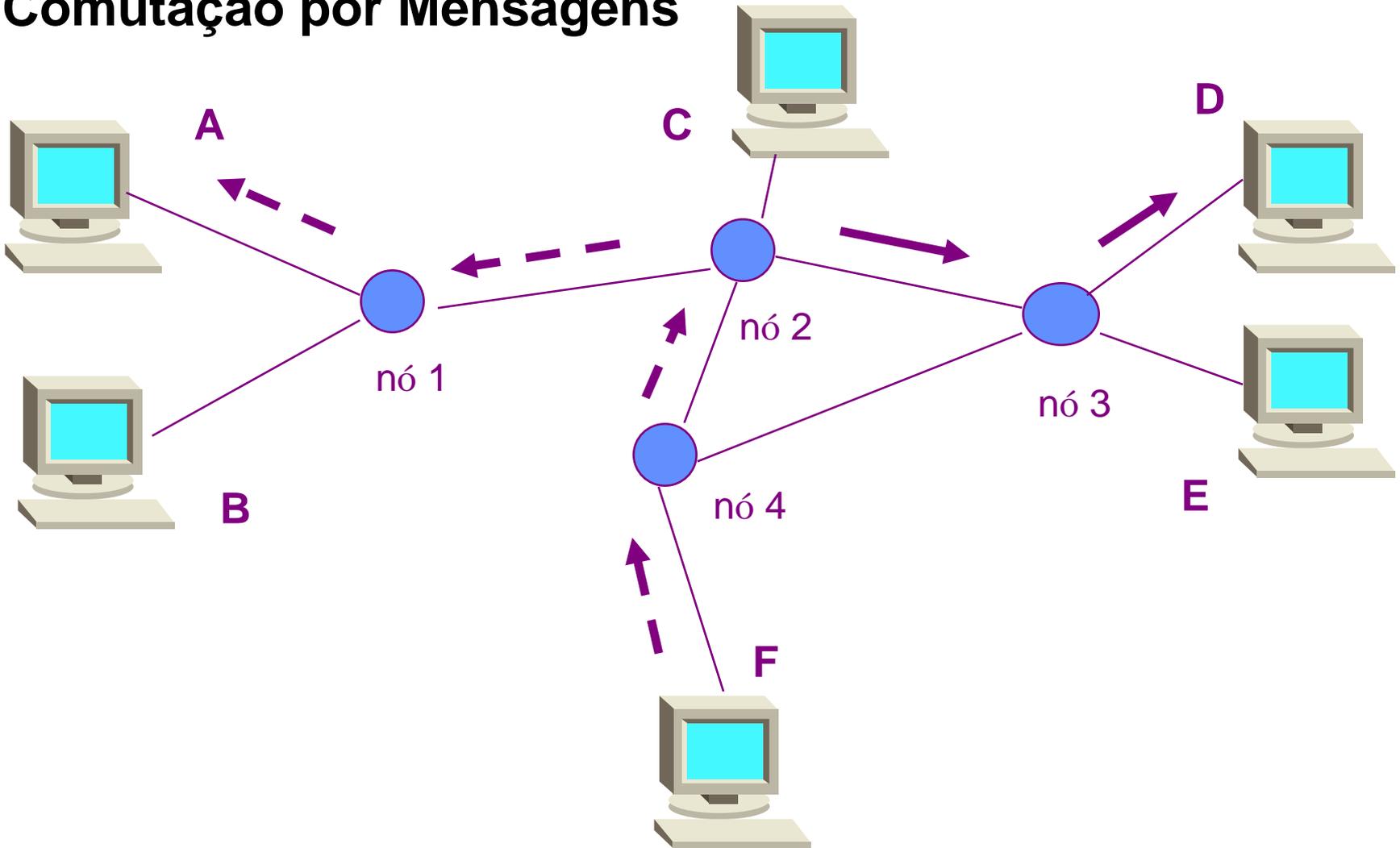
Redes Industriais

Comutação por Mensagens



Redes Industriais

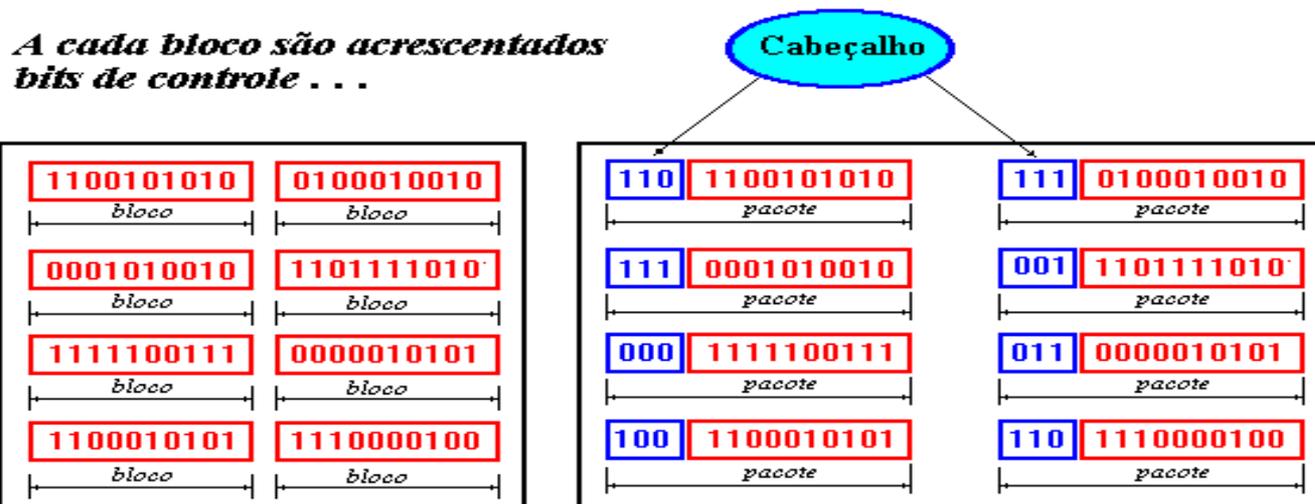
Comutação por Mensagens



Redes Industriais

Comutação por Pacotes

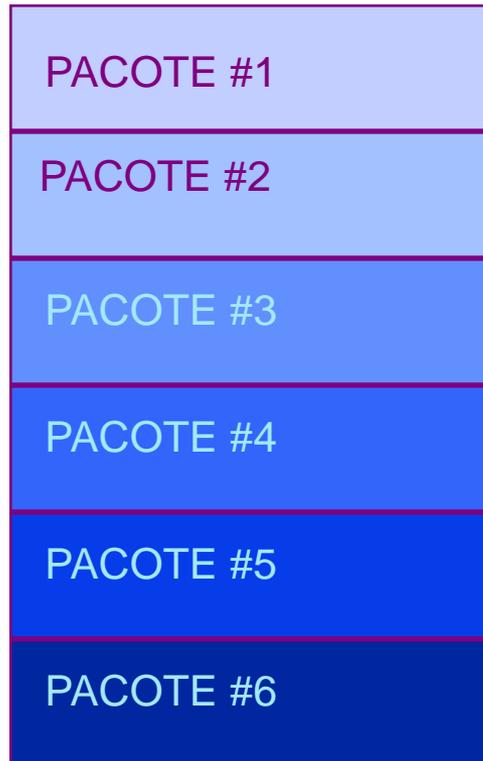
- Nas redes de comutação de pacotes, a informação (DATA), quer esta seja constituída por voz, video ou por dados de computador, apresenta-se sempre sob forma digital , sendo os bits agrupados em blocos, aos quais se juntam bits de controle, tomando então a designação genérica de PACOTES, ou seja, segmenta a mensagem em pequenos fragmentos, que são os “pacotes”.
- Transmite pacote por pacote, em sequência.
- Nós de comutação não precisam de buffer muito grande, porém precisam de mais recursos de software para gerenciar a transmissão.



Redes Industriais

Comutação por Pacotes

MENSAGEM



TRANSMISSÃO DOS PACOTES

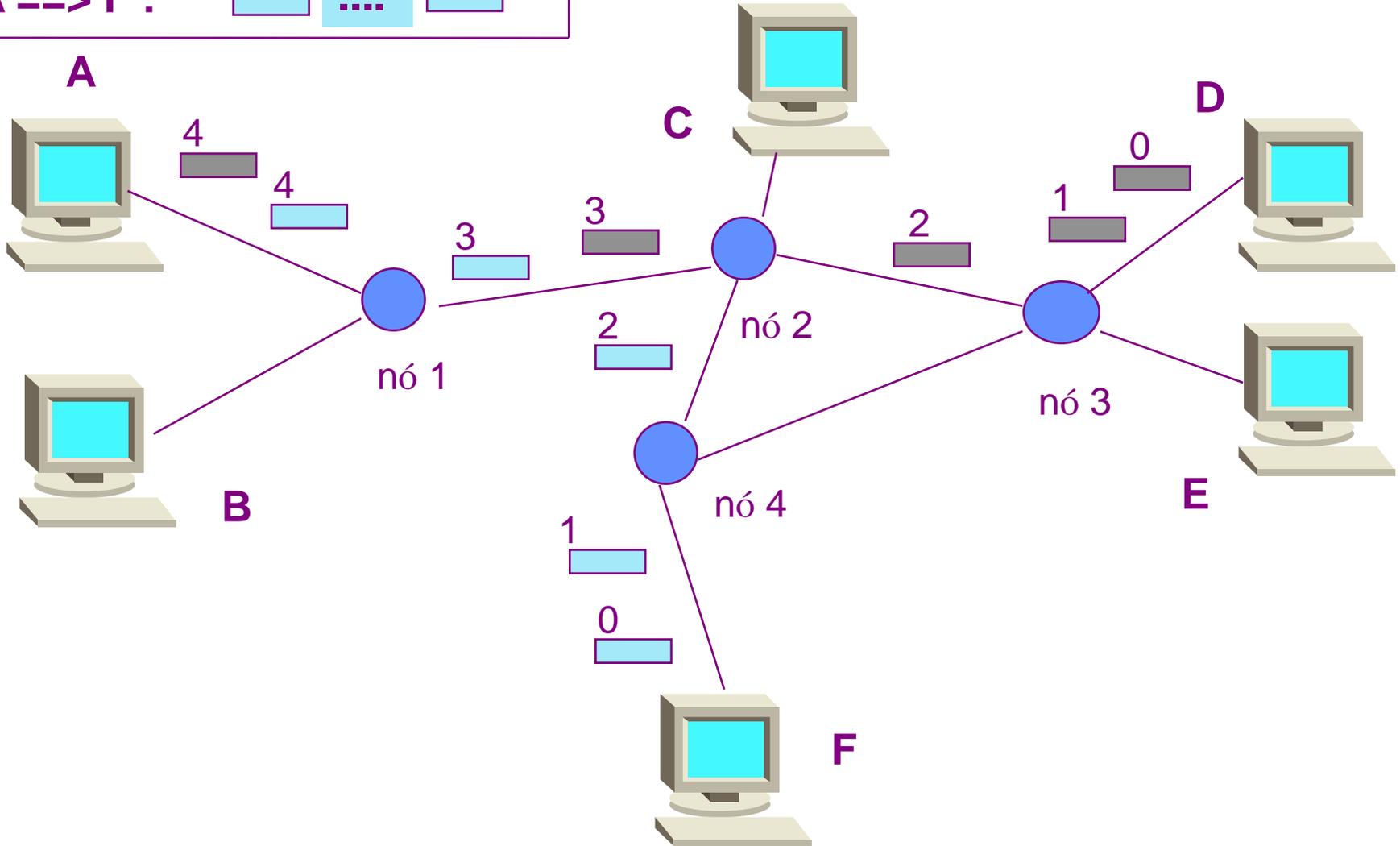


Redes Industriais

Comutação por Pacotes

A ==> D :  

A ==> F :   



Redes Industriais

Transmissão de Dados

Os sinais usados podem ser divididos em duas grandes categorias: **analógicos** ou **digitais**.

Um sinal digital possui um número finito de estados (níveis) com transições bruscas (descontínuas) entre estados. As operações de colocação e extração dos dados do sinal são conhecidas por **codificação** e **descodificação**. Os dispositivos que realizam estas operações são conhecidos por **CODEC**.

Um sinal analógico é por definição contínuo podendo tomar qualquer valor intermediário, tipicamente é utilizado ondas senoidais. As operações de colocação e extração dos dados do sinal são conhecidas por **modulação** e **demodulação**. Os dispositivos que realizam estas operações são conhecidos por **MODEM**.

Redes Industriais

Potência de sinal e atenuação

As potências de sinais são normalmente expressas em Watts. Para que a informação que o sinal transporta seja extraída pelo receptor em boas condições é necessário que a potência de recepção do sinal seja superior a um dado valor mínimo.

A potência de recepção é em geral inferior à potência de emissão, isto é o meio físico através do qual o sinal circula tem perdas provocando uma atenuação na potência do sinal.

As perdas e ganhos de potência são expressadas geralmente em decibéis. O decibel é uma unidade logarítmica usada para medir relações entre duas grandezas do mesmo tipo.

Redes Industriais

Neste caso usa-se para medir ganhos (amplificação) e perdas (atenuação) de potência:

Supondo uma potência de emissão P_E e uma potência de recepção P_R , então a atenuação será:

$$G(dB) = 10.1 \log_{10} \left(\frac{P_R}{P_E} \right)$$

Como P_E é maior do que P_R , então obtemos necessariamente um valor negativo o que indica que se trata de uma atenuação.

A atenuação é uma característica do meio de transmissão, mas deve ser sempre especificada para um dado valor de frequência de sinal podendo nestes casos ser especificada por unidade de distância.

No caso de sinais elétricos pode existir interesse em obter os ganhos de potência em função dos valores de tensão, então:

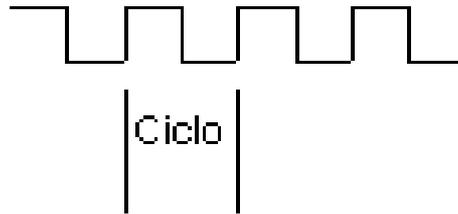
$$, \text{como } P = \frac{V^2}{R} \quad ; \quad G(dB) = 10.1 \log_{10} \left(\frac{V_R^2}{V_E^2} \right)$$

$$G(dB) = 2.10.1 \log_{10} \left(\frac{V_R}{V_E} \right) = 20.1 \log_{10} \left(\frac{V_R}{V_E} \right)$$

Redes Industriais

Largura de Banda

Invariavelmente os sinais incluem variações cíclicas de intensidade (sinais periódicos).



Designa-se por período e representa-se normalmente por T o tempo de duração (em segundos) de um ciclo. Designa-se por frequência e representa-se normalmente por f o número de ciclos que ocorrem durante um segundo. A frequência é medida em ciclos por segundo (c/s) ou Hertz ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ c/s}$).

Seja qual for a forma das variações de intensidade do sinal periódico, estes são sempre compostos por uma soma de sinais sinusoidais puros (**$A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$**) de frequências múltiplas do sinal base e intensidades decrescentes. Estas ondas sinusoidais com frequências múltiplas da frequência base do sinal são conhecidas por harmônicas.

Redes Industriais

O espectro de um sinal é o conjunto de frequências que contém. A largura de banda absoluta de um sinal é a largura do espectro do sinal.

Os sinais discretos, com transições de nível bruscas, tal como a onda quadrada antes apresentada possuem uma largura de banda que se estende até infinito.

Na prática, como as harmônicas possuem intensidades que decrescem com a frequência, considera-se apenas a parte do espectro onde se concentra a maioria da energia do sinal, designando esta gama por largura de banda efetiva ou simplesmente largura de banda.

A largura de banda de um canal de comunicação representa a frequência máxima que é possível usar nesse canal mantendo um conjunto de condições predefinidas, nomeadamente quanto à atenuação de sinal.

Redes Industriais

Potência de ruído

Os meios de transmissão estão sujeitos a diversos tipos de ruído com diversas origens. Designamos por ruído todos os sinais presentes que não transportam informação útil.

O ruído vai afetar de modo decisivo a recepção dos sinais já que o receptor deve ter a capacidade de distinguir o sinal útil e filtrar todos os outros.

Quando o ruído possui características físicas semelhantes ao sinal a filtragem é complexa e geralmente o sinal aparece ligeiramente distorcido o que pode provocar erros na interpretação da informação que está a ser transmitida.

Mais do que a potência de ruído interessa quantificar a relação entre a potência de sinal e a potência de ruído, a qual é normalmente expressa em decibéis:

$$S / N(dB) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)$$

Onde S (“sinal”) representa a potência de sinal e N (“noise”) representa a potência de ruído. Esta análise deve ser realizada no ponto de recepção já que devido à atenuação é o ponto onde S é menor.

Redes Industriais

O ruído que surge num meio de transmissão elétrico pode ter diversas origens:

Ruído térmico

Este tipo de ruído é inevitável, deriva da agitação que os elétrons têm acima do zero absoluto (0° K). Quanto maior for a temperatura maior é a agitação e logo maior é o ruído térmico.

Ruído de intermodulação

São originados por ineficiências dos equipamentos, os equipamentos que lidam com sinais devem manter a sua forma, quando isso não acontece produzem-se distorções no sinal.

Ruído de “crosstalk”

Quando diversos sinais circulam em cabos elétricos próximos uns dos outros, existe a tendência para que os sinais passem de uns cabos para os outros, este fenómeno é tanto mais intenso quanto maior for a frequência dos sinais.

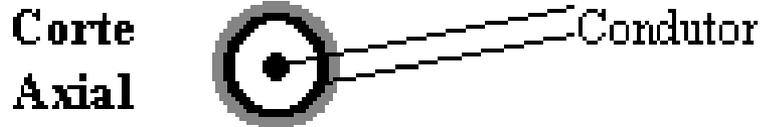
Ruído de impulsos

Tal como o anterior, este tipo de ruído é induzido por fontes externas ao sistema de transmissão, a diferença é que consistem em picos de energia muito intensos e geralmente de curta duração. Podem ser provocados por diversos tipos de equipamentos, por exemplo, o arranque de uma lâmpada fluorescente.

Os ruídos externos (“crosstalk” e impulsos) podem ser combatidos com uma blindagem. Um cabo blindado tem o fio condutor que transporta o sinal, totalmente rodeado por uma malha condutora ligado ao potencial zero (blindagem).

Redes Industriais

O exemplo mais corrente é o cabo coaxial:



Os cabos coaxiais são dispendiosos, uma solução mais barata consiste na utilização de pares entrelaçados, blindados ou não:

- UTP - “Unshielded Twisted Pair”
- STP - “Shielded Twisted Pair”

Um par entrelaçado é constituído por dois condutores de cobre isolados torcidos em espiral um sobre o outro.

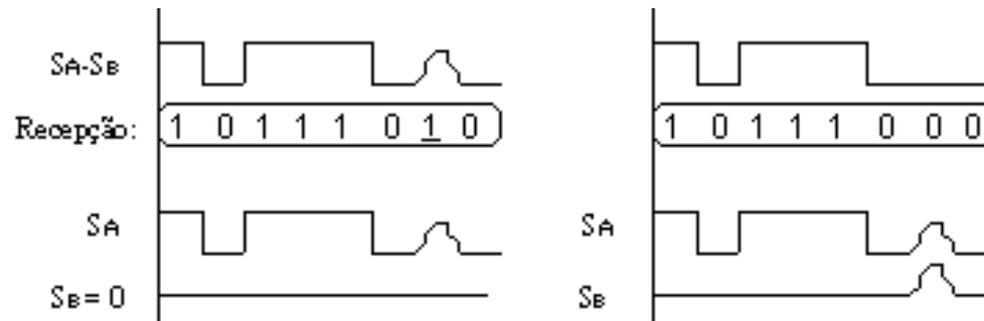
Os pares entrelaçados são cada vez mais usados e com taxas de transmissão cada vez mais elevadas (Ethernet 100baseT). Os pares entrelaçados sem blindagem estão à partida muito sujeita a qualquer ruído externo. Para uma utilização eficaz utiliza-se transmissão balanceada:

Se o par é não balanceado, tal significa que uma das duas linhas é mantida ao potencial zero e a outra linha é usada para transporte do sinal que terá como referência o potencial zero.

Redes Industriais

Num par balanceado o sinal é transmitido sob a forma de uma diferença de potencial entre os dois condutores. Um exemplo é a técnica conhecida por “differential signaling” usada em transmissão binária onde os “bits” são representados por correntes (tensões) num sentido ou noutro.

Como o sinal é transmitido sob a forma de diferença de potencial entre os dois condutores e ambos os condutores estão sujeitos às mesmas fontes de ruído externas, sob o ponto de vista de sinal o ruído é eliminado.



Como foi referido o ruído térmico é inevitável, contudo é perfeitamente previsível e quantificável, normalmente é medido em Watt por Hertz e simbolizado por N_0 e pode ser calculada por: **$N_0 = k \cdot T$**

Onde k é a constante de Boltzmann ($1,3803 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$) e T é a temperatura absoluta em graus Kelvin ($^\circ \text{K}$).

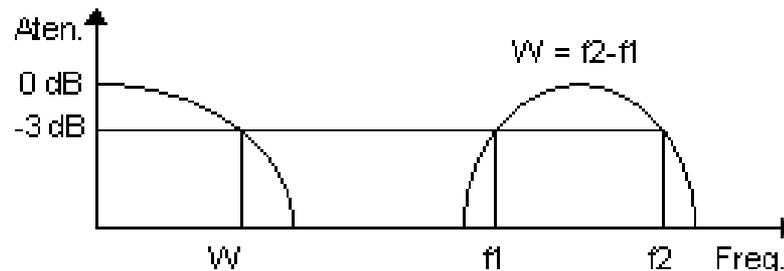
Redes Industriais

Atenuação e frequência

A atenuação de um dado meio físico esta diretamente relacionada com a frequência do sinal. Para um sinal periódico, quando a frequência aumenta a atenuação também aumenta. Dependendo dos meios de transmissão usados, também podem existir valores de atenuação elevados para as frequências baixas. Resumindo, um canal de comunicação comporta-se como um filtro de frequências.

A fibra óptica que atualmente permitem atenuações inferiores a - 1 dB / Km com frequências na ordem dos GHz, têm aqui uma grande vantagem relativamente aos cabos de cobre.

Qualquer canal de transmissão pode ser caracterizado por uma curva de resposta em frequência que condiciona de modo decisivo a transmissão do sinal. A figura seguinte ilustra comportamentos típicos para um sistema de banda base (à esquerda) e um sistema de banda canal (à direita).



Redes Industriais

Os sistemas de banda-base são tipicamente usados para transmissão de sinais digitais em que é comum existirem componentes contínuas ($f = 0$). Os sistemas de banda-canal são habitualmente usados para sinais analógicos que utilizam ondas portadoras cuja frequência se encontra muitas vezes centrados entre f_1 e f_2 .

Considera-se como largura de banda (W) a zona onde a atenuação tem um valor superior a - 3 dB (acima da linha horizontal assinalada). A atenuação de - 3 dB corresponde a uma perda de cerca de 50% da potência de sinal:

$$-3 = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{100\%} \right) \Leftrightarrow \log_{10} \left(\frac{P}{100\%} \right) = -0,3$$

$$\Leftrightarrow \frac{P}{100\%} = 10^{-0,3} \Rightarrow P \approx 50\%$$

Estas curvas são conhecidas por funções de transferência do domínio de frequências e são normalmente representadas por $H(f)$.

Redes Industriais

Interferência intersimbólica

Num canal de banda-base (sinal digital) o sinal é tipicamente constituído por impulsos que se traduzem num espectro de frequências muito extenso.

Com uma largura de banda limitada procede-se a uma atenuação das frequências elevadas sendo produzidas distorções no sinal que deixará de ser constituído por impulsos a passara a ser constituído por elevações de tensão mais progressivas (resposta de frequência).

O atraso de propagação dos sinais depende da sua frequência, logo com um espectro extenso as diversas componentes do sinal vão chegar defasadas ao receptor produzindo distorções significativas (resposta de fase).

O formato do sinal fica mais arredondado e espalha-se no domínio dos tempos, como consequência os bits sobrepõem-se causando dificuldades na recepção, este fenómeno que afeta os sinais digitais é conhecido por Interferência Intersimbólica.

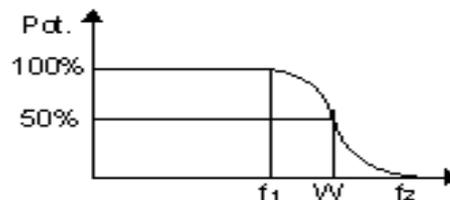
Redes Industriais

Canal de Nyquist

O modo de reduzir a Interferência Intersimbólica consiste em aplicar um filtro apropriado (geralmente na recepção) de modo a eliminar as frequências que produzem este efeito. Na realidade o filtro deve funcionar em consonância com o meio de transmissão de modo a que o somatório dos efeitos produza o resultado desejado.

Um canal de transmissão com estas características é conhecido por **Canal de Nyquist**, a sua resposta de amplitude e fase em frequência, é tal que elimina a **Interferência Intersimbólica**.

Um canal de transmissão de sinais digitais é do tipo banda-base (comportamento filtro passa-baixo):



Onde $W - f_1 = f_2 - W$, será igual a zero para o filtro ideal (canal de Nyquist). O factor de “roll-off” é:

$$\alpha = \frac{W - f_1}{W} = \frac{f_2 - W}{W}$$

O factor de “roll-off” varia entre 0 e 1, correspondendo o zero a um filtro de Nyquist ideal (transição brusca em B de 100% para 0%) e o valor 1 a um filtro muito progressivo em que $f_1=0$ e $f_2=2W$.

Redes Industriais

Capacidade de um canal

A capacidade de um canal é a taxa de transmissão máxima (bps) que é possível usar nesse canal.

A capacidade de um canal está diretamente relacionada com a sua largura de banda, mas depende de outros fatores, em especial do ruído presente e dos métodos de codificação usados.

Nyquist estabeleceu que num canal isento de ruído e considerando a ausência de interferência intersimbólica na transmissão de um sinal digital, a capacidade do canal (C) seria o dobro da sua largura de banda (W).

$$C = 2.W$$

Esta expressão supõe que se trata de uma transmissão digital binária do tipo NRZ (o zero e um são representados por níveis altos e baixos e em cada ciclo são transmitidos dois bits), onde temos 2 bit/Hz. Se não for esse o caso a expressão deverá ser corrigida, por exemplo numa codificação 1 bit/Hz temos $C = 1.W$.

Redes Industriais

Se forem usados não dois, mas L níveis distintos de tensão, a quantidade de bits transportada em cada instante é $\log_2(L)$, então a expressão anterior fica:

$$C = (2.W).\log_2(L)$$

As expressões anteriores supõem que se trata de um canal de Nyquist perfeito ($a=0$), se não for esse o caso, a expressão toma a forma:

$$C = (2.W).\log_2(L) / (1+a)$$

Como na prática o ruído está presente e vai limitar a capacidade do canal. Shannon, mediante algumas simplificações, chegou a uma expressão que define um máximo teórico em função da relação sinal/ruído:

$$C = W.\log_2(1 + S/N)$$

Redes Industriais

Modulação

A modulação consiste na colocação de dados digitais num sinal analógico. A transmissão de dados sobre sinais analógicos justifica-se pela necessidade de aproveitar algumas infra-estruturas analógicas, o exemplo mais corrente é a rede telefônica pública.

Devido às características dos sistemas analógicos o sinal é uma onda sinusoidal (portadora) com frequência apropriada, por exemplo na rede telefônica a banda disponível está entre os 300 Hz e os 3400 Hz (3,1 kHz de largura de banda). As técnicas básicas de modulação são:

ASK (“Amplitude Shift Keying”)

a cada valor binário dos dados vai ser associada uma amplitude distinta para a portadora.

FSK (“Frequency Shift Keying”)

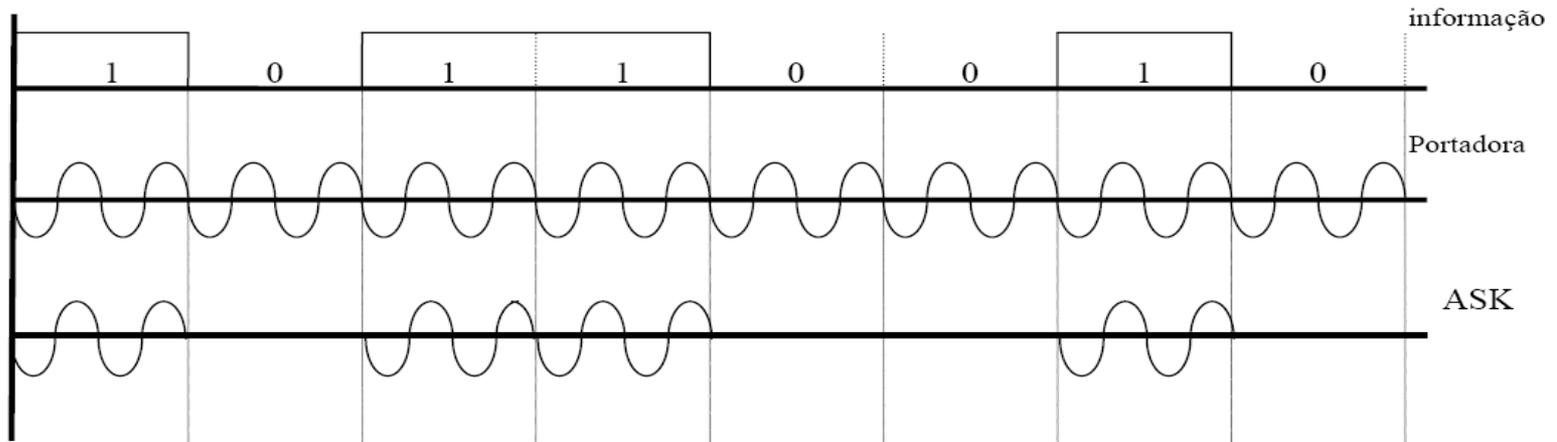
para cada valor binário dos dados é produzido um desvio na frequência da portadora, geralmente em dois sentidos diferentes.

PSK (“Phase Shift Keying”)

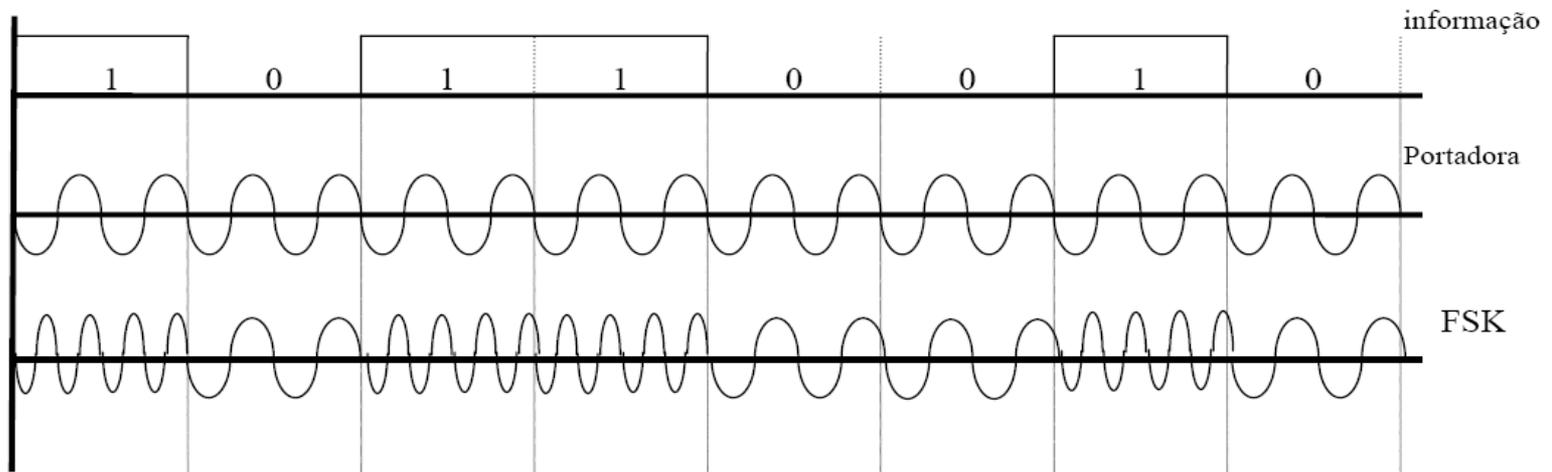
para cada valor binário dos dados é produzido um desvio na fase da portadora.

Redes Industriais

Modulação em amplitude - ASK

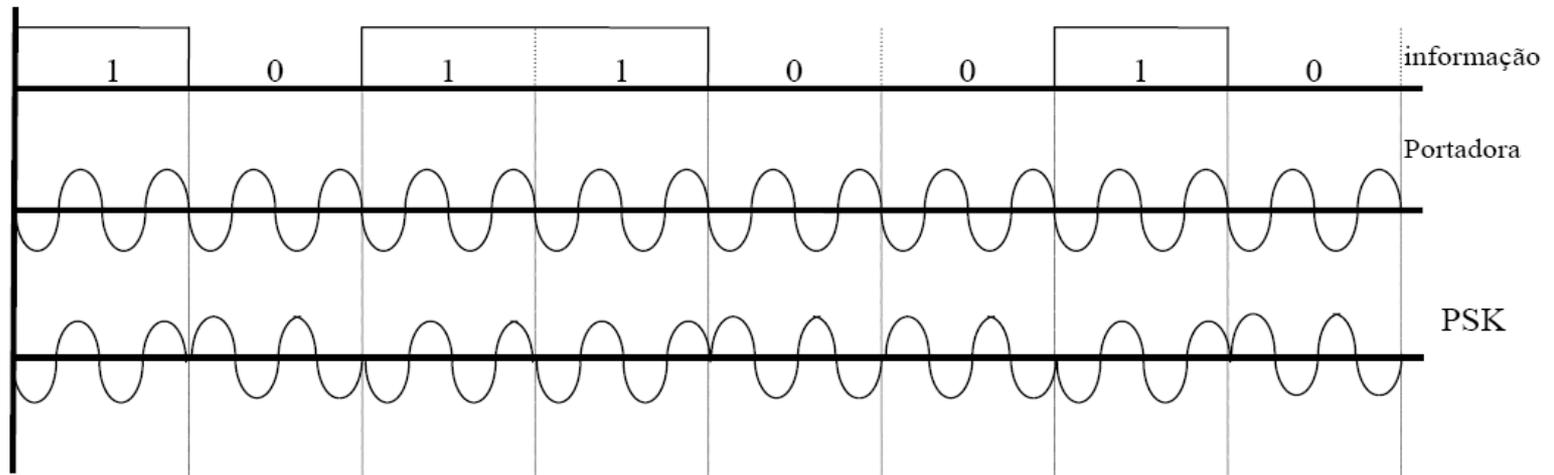


Modulação em frequência - FSK



Redes Industriais

Modulação em fase - PSK



Redes Industriais

A taxa ou velocidade de sinalização de um código de linha é determinada pela escala de medida (BAUDS), que mede a quantidade de variações do sinal de linha em relação à quantidade de variações do sinal de informação digital.

Toda técnica de codificação de sinais digitais onde uma variação do sinal de linha é associada a apenas uma variação do estado lógico do sinal de informação, é classificada como uma técnica de codificação do tipo MONOBIT. Por exemplo: Um sinal digital de 9600 bits/seg. é inserido num modulador FSK. Qual é a taxa de sinalização do sinal de linha? Resposta: Igual a 9600 Bauds.

Redes Industriais

As técnicas de codificação de sinais DIBIT, caracterizam-se pela associação de cada uma das variações dos parâmetros do sinal de linha a um conjunto formado por dois estados lógicos do sinal de informação. Por exemplo: Um sinal digital de 9600 bps codificado através de uma técnica DIBIT, apresentará um sinal de linha de 4800 Bauds.

Nas Técnicas de codificação de sinais TRIBIT, caracterizam-se pela associação de cada uma das variações de parâmetros do sinal de linha a um conjunto formado por três estados lógicos do sinal de informação. Por exemplo: Um sinal digital de 9600 bps codificado através de uma técnica TRIBIT, apresentará um sinal de linha de 3200 Bauds.

Redes Industriais

(DPSK – 4 ou QPSK) com a técnica DIBIT

A modulação diferencial por chaveamento de 4 Fases é uma variação da modulação DPSK, onde se realiza uma associação entre a variação da fase da portadora do sinal de linha com um conjunto de dois bits do sinal de entrada. Criando-se uma codificação do tipo DIBIT ou 2:1.

Mesmo tendo um bom aproveitamento da largura de banda da linha de transmissão, esta técnica necessita de circuitos de modulação e demodulação mais caros e complexos, para implementação.

Bits do sinal de informação	Estado de Sinalização de Linha
00	0 graus
01	90 graus
10	270 graus
11	180 graus

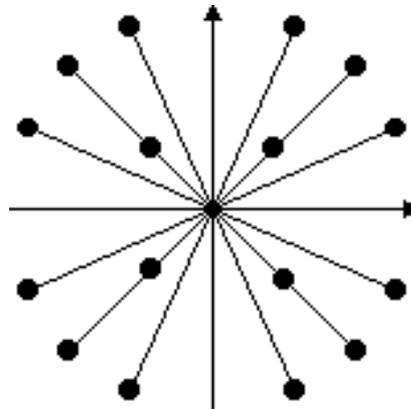
Sequência de bits transmitidos	00	01	10	11
Diferença de Fase no Sinal	225°	315°	135°	45°

Redes Industriais

A técnica QPSK (“Quadrature phase-shift keying”)

Esta técnica é usada na norma V.22 para debitar 1200 bps com uma taxa de modulação de 600 baud, em “full-duplex” (duas portadoras) num canal telefonico. O defasamento do sinal é sempre referente ao valor anterior, isso significa que seja qual for a informação a transmitir, existe variação de fase em cada modulação, isto é importante porque permite manter o receptor sincronizado com o emissor.

Os Modem “Standard” de 9600 bps “simplex” usam uma taxa de modulação de 2400 baud porque combinam 12 fases distintas (PSK), quatro das quais possuem duas amplitudes diferentes (ASK).



Redes Industriais

(DPSK – 8) com a técnica TRIBIT

Na modulação diferencial por chaveamento de 8 Fases, realiza-se uma associação entre a variação da fase da portadora do sinal de linha com um conjunto de três bits do sinal de entrada. Criando-se uma codificação do tipo TRIBIT.

Bits do sinal de informação	Estado de Sinalização de Linha
000	0 graus
001	45 graus
010	90 graus
011	135 graus
100	270 graus
101	315 graus
110	225 graus
111	180 graus

Redes Industriais

ECC e Paridade

Por melhor que seja a qualidade, todos os tipos de memória são passíveis de erros, que podem ser causados por inúmeros fatores, que vão desde interferências momentâneas à defeitos físicos nos módulos de memória.

Atualmente, os métodos usados para a detecção de erros nas memórias são a Paridade e o ECC (“Error Correcting Code” ou “código de correção de erros”), que se baseiam em técnicas totalmente diferentes:

A Paridade é um método mais antigo, que somente é capaz de identificar alterações nos dados depositados nas memórias, sem condições de fazer qualquer tipo de correção. A paridade consiste na adição de mais um bit para cada byte de memória, que passa a ter 9 bits, tendo o último a função de diagnosticar alterações nos dados.

Redes Industriais

A operação de checagem dos dados na paridade é bem simples: são contados o número de bits “1” de cada byte. Se o número for par, o bit de paridade assume um valor “1” e caso seja ímpar, o 9º bit assume um valor “0”. Quando requisitados pelo processador, os dados são checados pelo circuito de paridade que verifica se o número de bits “1” corresponde ao depositado no 9º bit.

Caso seja constatada alteração nos dados, ele envia ao processador uma mensagem de erro.

Exemplo de Byte de dados	Número de Bits “1” no Byte	Bit de paridade
00000000	0	1
10110011	5	0
00100100	2	1
11111111	8	1

Redes Industriais

O uso da paridade não torna o computador mais lento, pois os circuitos responsáveis pela checagem dos dados são independentes do restante do sistema. Seu único efeito colateral, é o encarecimento das memórias, que ao invés de 8 bits por byte, passam a ter 9. Antigamente quase não se fabricavam memórias sem paridade.

Para sistemas destinados a operações críticas, foi desenvolvido o ECC, um método de diagnóstico bem mais eficiente, por ser capaz de além de identificar erros nos dados, corrigi-los através de algoritmos especiais. Numa memória com ECC encontramos mais 1, 2 ou até 3 bits para cada byte de memória.

Apesar de ainda não ser muito usado em memórias RAM, justamente devido à boa confiabilidade das memórias atuais, o ECC é item obrigatório em discos rígidos e CD-ROMs, pois neles o corrompimento de dados é muito comum.

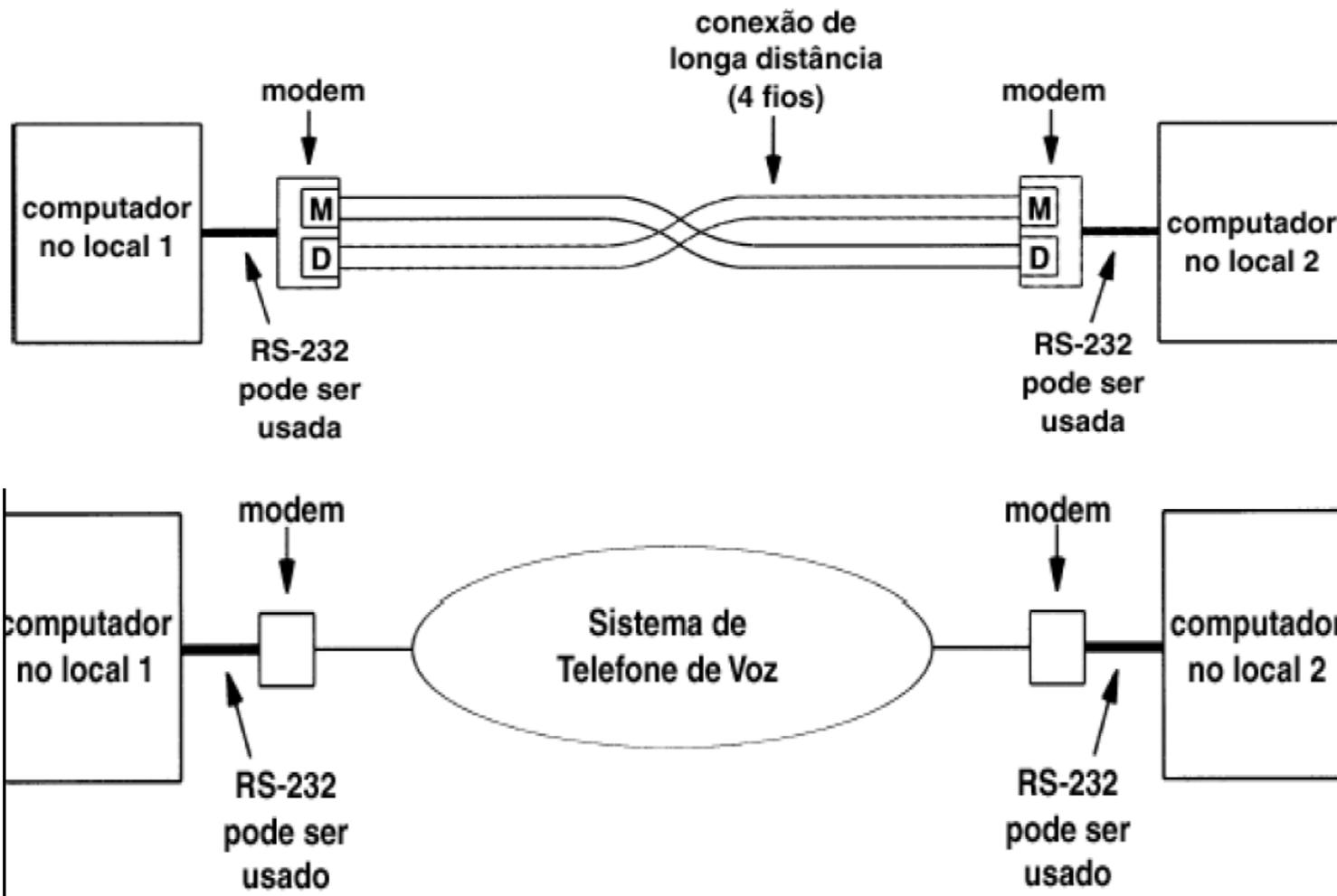
Redes Industriais

Resolva:

- 1 - Um sinal digital de 9600 bits/seg. é inserido num modulador FSK. Qual é a taxa de sinalização do sinal de linha?
- 2 - Qual o tempo necessário em segundos para enviar uma informação de 16Kbits em um modulador utilizando a técnica dibit FSK de 300bauds?
- 3 - Em uma modulação PSK utilizando a técnica Dibit tenho que enviar 256 bits, em uma frequência de 900hz. Informe quantos bauds por segundo e o tempo necessário para que a informação seja enviada.
- 4 - Quantos bits foram transmitidos em uma comunicação serial do tipo tribit com modulação PSK, em 60ms e com uma taxa de sinalização de 16000 bits/seg.?
- 5 - Um sinal digital de 3600 bits/seg é inserido num modulador PSK, utilizando uma comunicação assíncrona. Determine é a taxa de sinalização do sinal de linha?

Redes Industriais

Modem- MOdulação e DEModulação



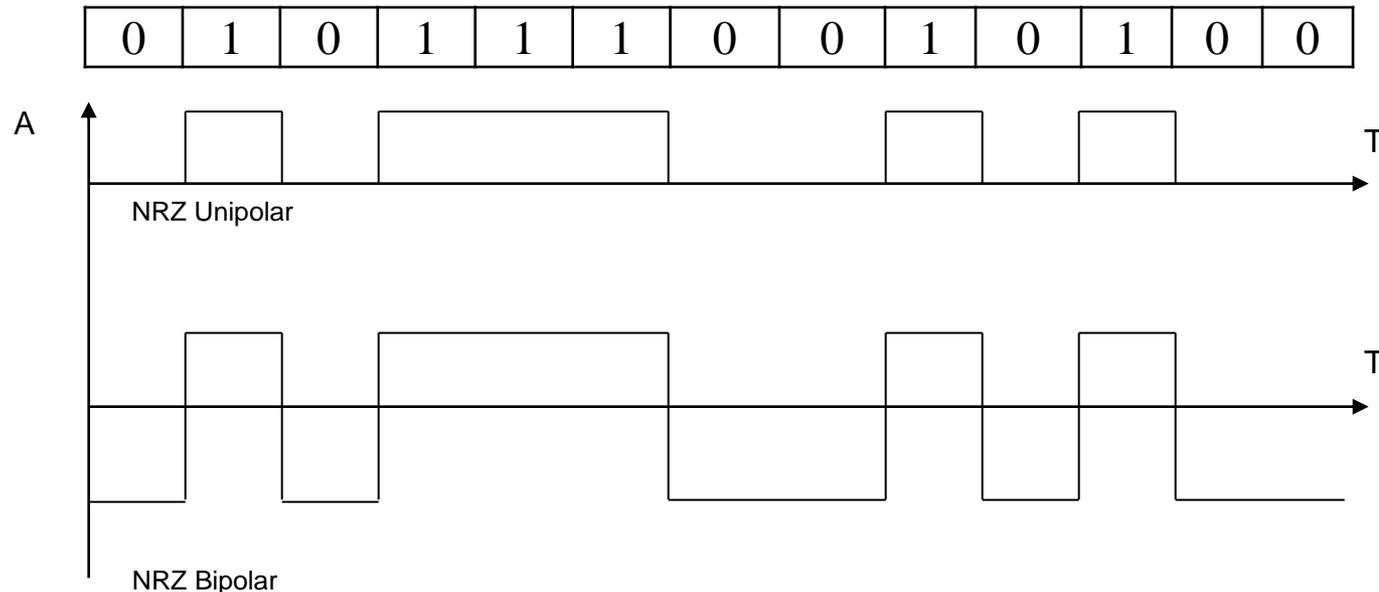
Redes Industriais

Codificação Digital de Sinais

Quando implementamos o sinal digital numa comunicação digital, é necessário adaptá-lo ao canal de comunicação, o que é realizado através de técnicas de codificação de sinais. Dentre estas técnicas podemos destacar:

- **Codificação NRZ (Not Return to zero)**

O sinal de linha permanece em um valor constante de tensão durante o intervalo de tempo de duração de um bit do sinal de informação digital, podendo ser unipolar e bipolar.

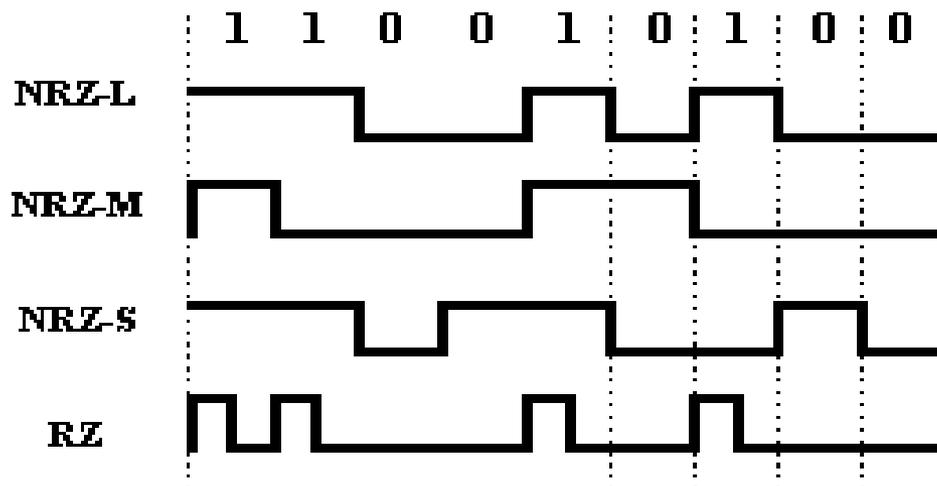
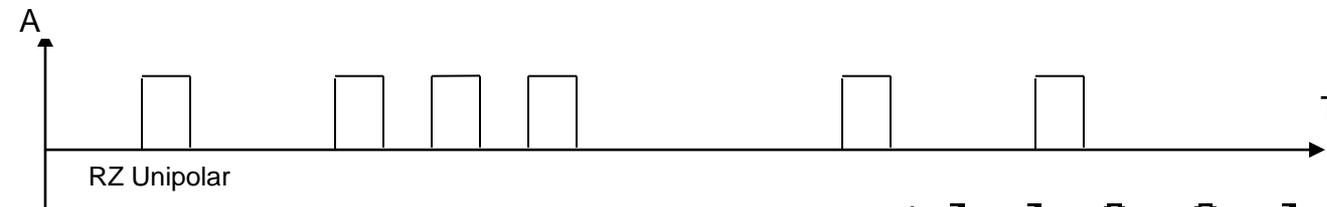


Redes Industriais

- **Codificação RZ**

A codificação de linha RZ, apresenta um numero maior de transições no sinal de linha em relação à codificação do tipo NRZ. Apresenta como principal desvantagem transmissão de informações que apresente uma longa seqüencial digital de níveis “0”.

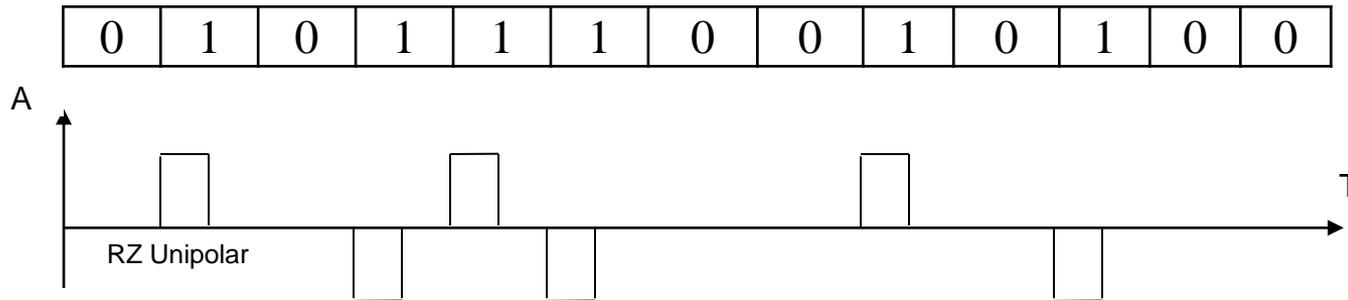
0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Redes Industriais

- **Codificação AMI (Alternate Mark Inversion)**

A codificação AMI (Inversão Alternada de Marcas) é uma codificação do tipo bipolar, que utiliza três níveis de tensão de linha (positivo, negativo e zero). Possui como desvantagem o mesmo que a codificação RZ, onde não é possível enviar uma longa seqüência de bits “0”.

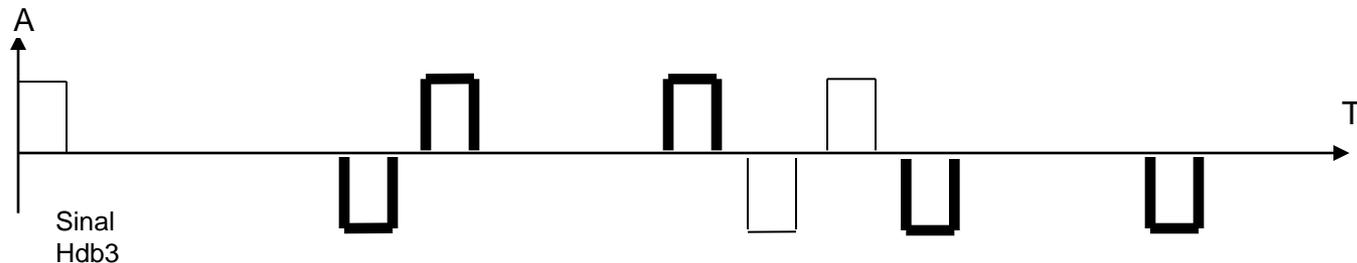
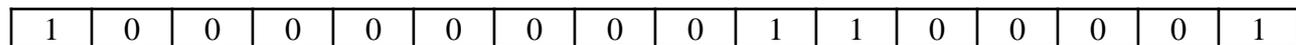


Redes Industriais

• Codificação HDB-3 (high density bipolar with 3 zero maximum)

A codificação Hdb-3 (Codificação com alta densidade de pulsos), foi criada para que fosse possível eliminar a limitação da codificação AMI, quando da ocorrência de uma longa seqüência de bits zeros. Para evitar este problema optou-se por a cada seqüência com quatro bits iguais a zero, a seqüência deverá ser substituída pela seqüência “V00V”, onde “V” é o bit de violação e deve ser igual a “1” e com polaridade definida a partir das regras de codificação AMI.

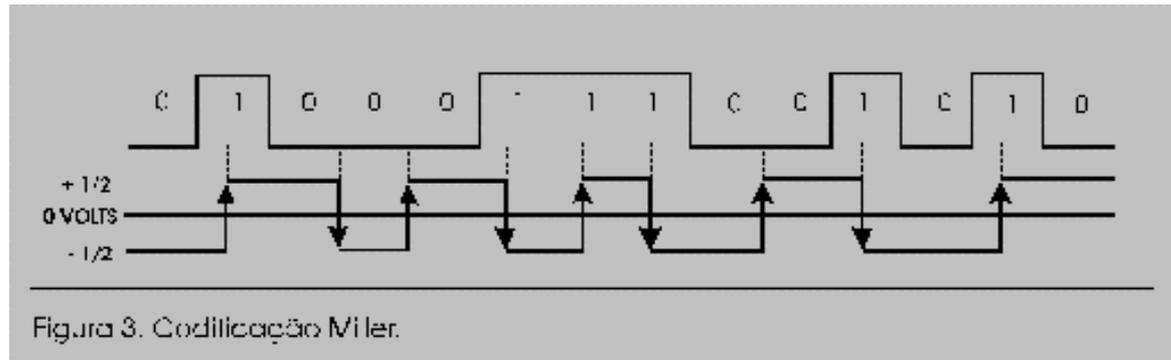
Numa seqüência de quatro zeros consecutivos o último zero será substituído por um pulso V (violação da regra AMI) de mesma polaridade do pulso anterior. Os pulsos de violação também alternarão polaridade entre si de forma a prevenir surgimento de componente DC.



Redes Industriais

- **Codificação Miller**

Esta codificação, também conhecida como modulação por retardo de fase ou, ainda, FM modificada, ocorre da seguinte forma: para o bit '1', realiza-se uma transição no meio do intervalo significativo do bit, para o bit '0' realiza-se a uma transição no fim do intervalo significativo do bit, se o próximo bit for '0'; caso o próximo bit seja '1', nenhuma transição é realizada no final do seu intervalo significativo .



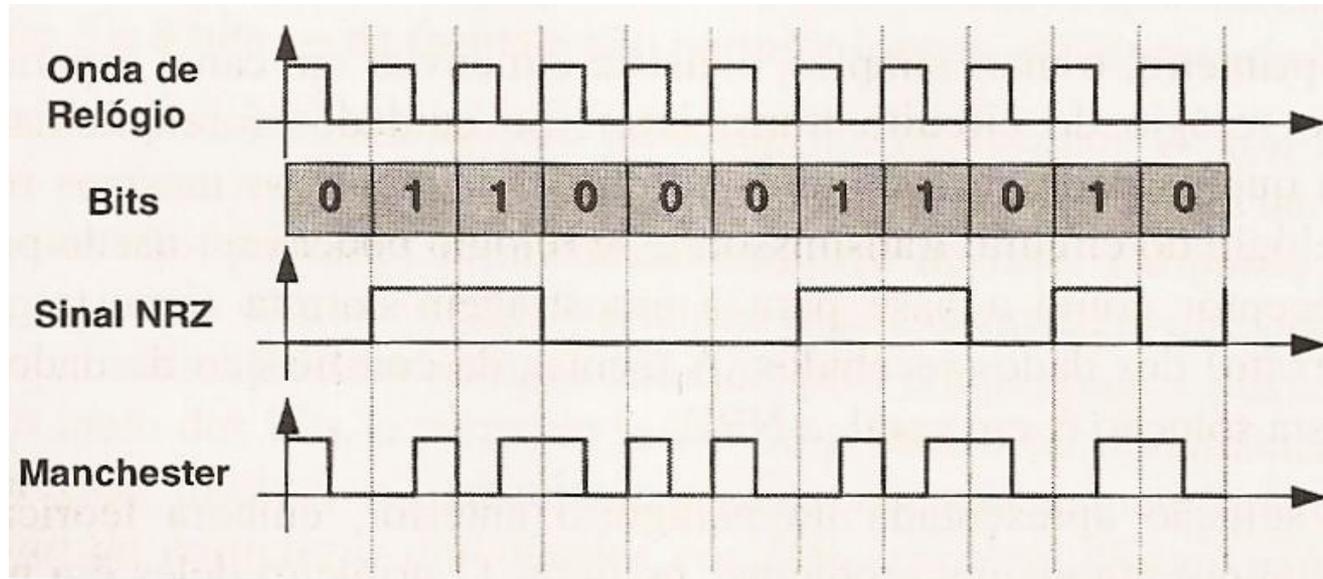
Observa-se que ocorre uma transição no centro do bit, quando ele for '1', e uma transição entre dois bits '0' consecutivos. O código Miller apresenta boa imunidade a ruído. O Código Miller também utiliza as transições do sinal para representar os bits de informação. O bit 1 corresponde a uma transição no meio do intervalo significativo do bit, enquanto o bit 0 corresponde a uma transição no fim do intervalo significativo do bit se o próximo bit for um 0. Caso contrário, isto é, quando o bit 0 é imediatamente seguido por um bit 1, nenhuma transição é usada no final do seu intervalo significativo.

Redes Industriais

Propriedades Codificação Manchester

Cada bit é representado por uma transição do sinal exatamente na metade do ciclo de *clock*:

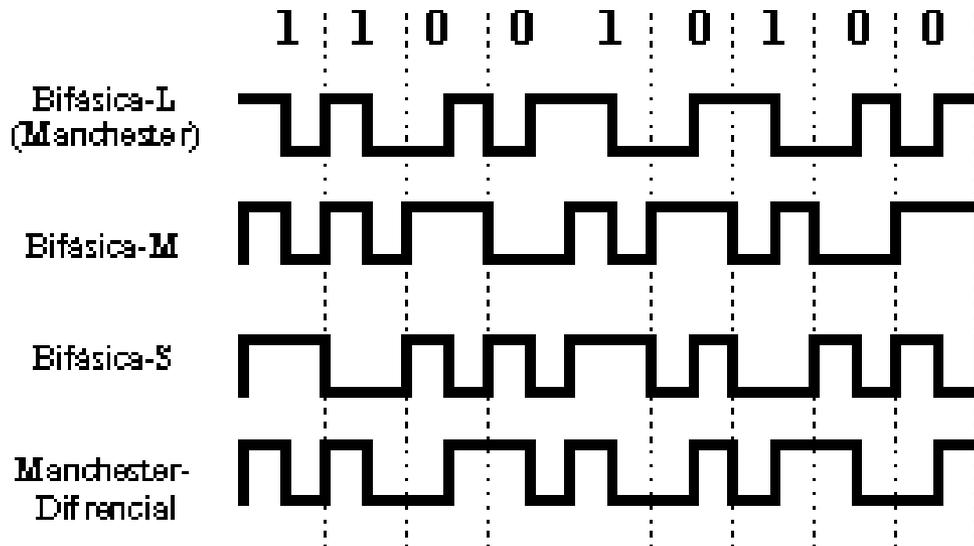
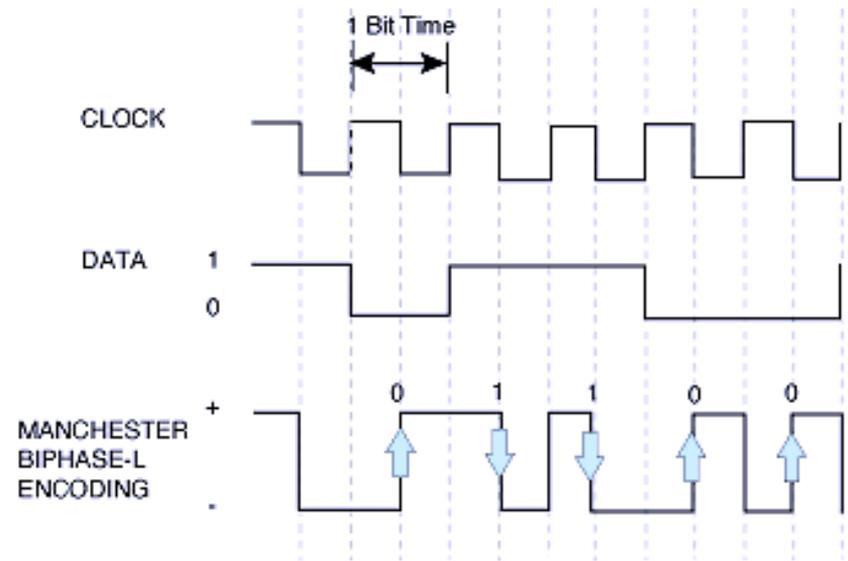
- Transição positiva (0 → 1) indica *bit* 1.
- Transição negativa (1 → 0) indica bit 0.
- Toda a transmissão de bit implica em uma transição, mas nem toda transição representa um *bit*.
- Isso pode causar problemas na recuperação do sinal de *clock*.



Redes Industriais

Codificação Manchester

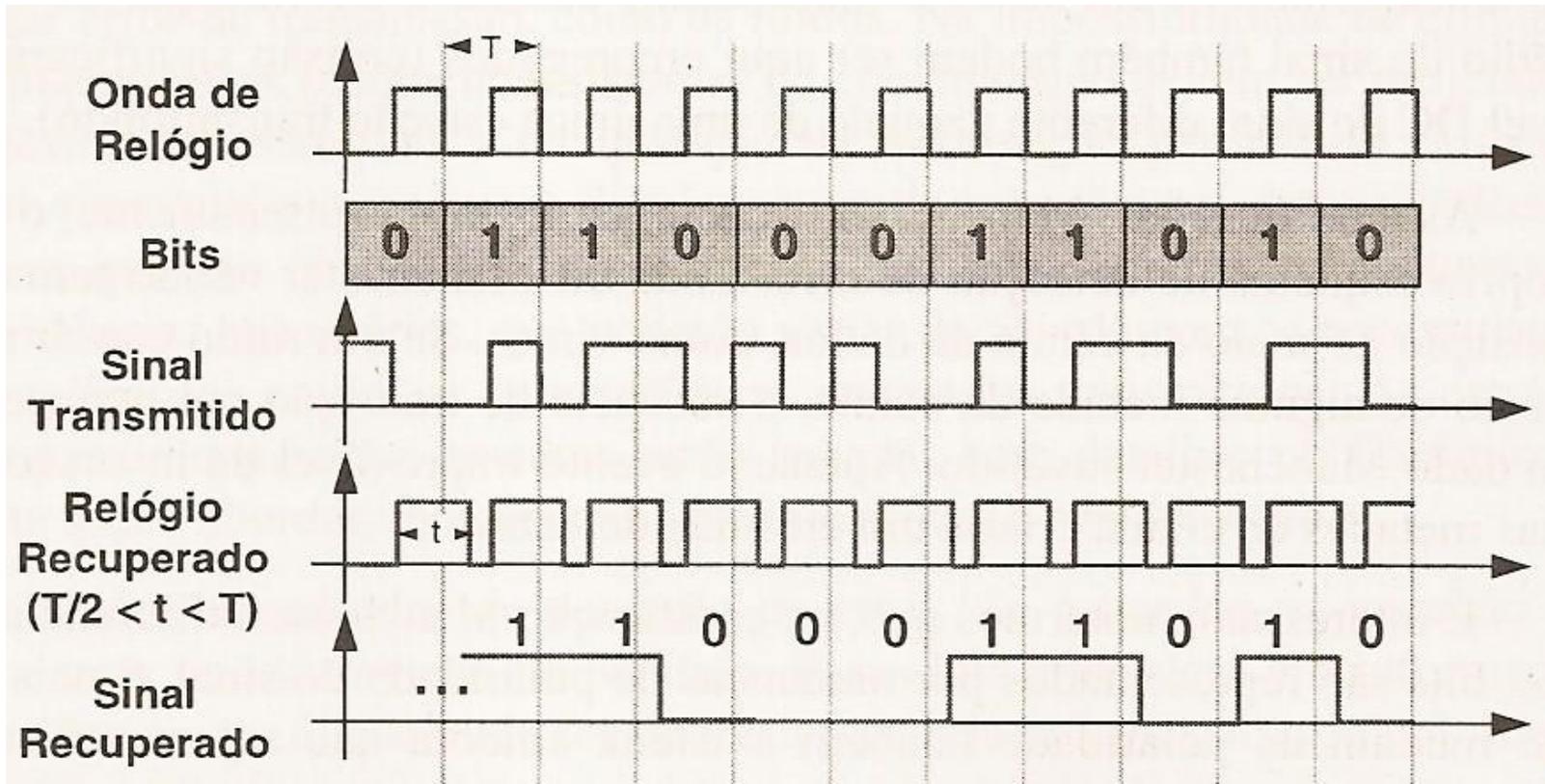
Existem outros modos de codificação Manchester, e entre elas podemos citar a Bifásica - L, M, S e a diferencial. Cada uma delas com características distintas, mas baseadas no mesmo princípio.



Redes Industriais

Codificação Manchester

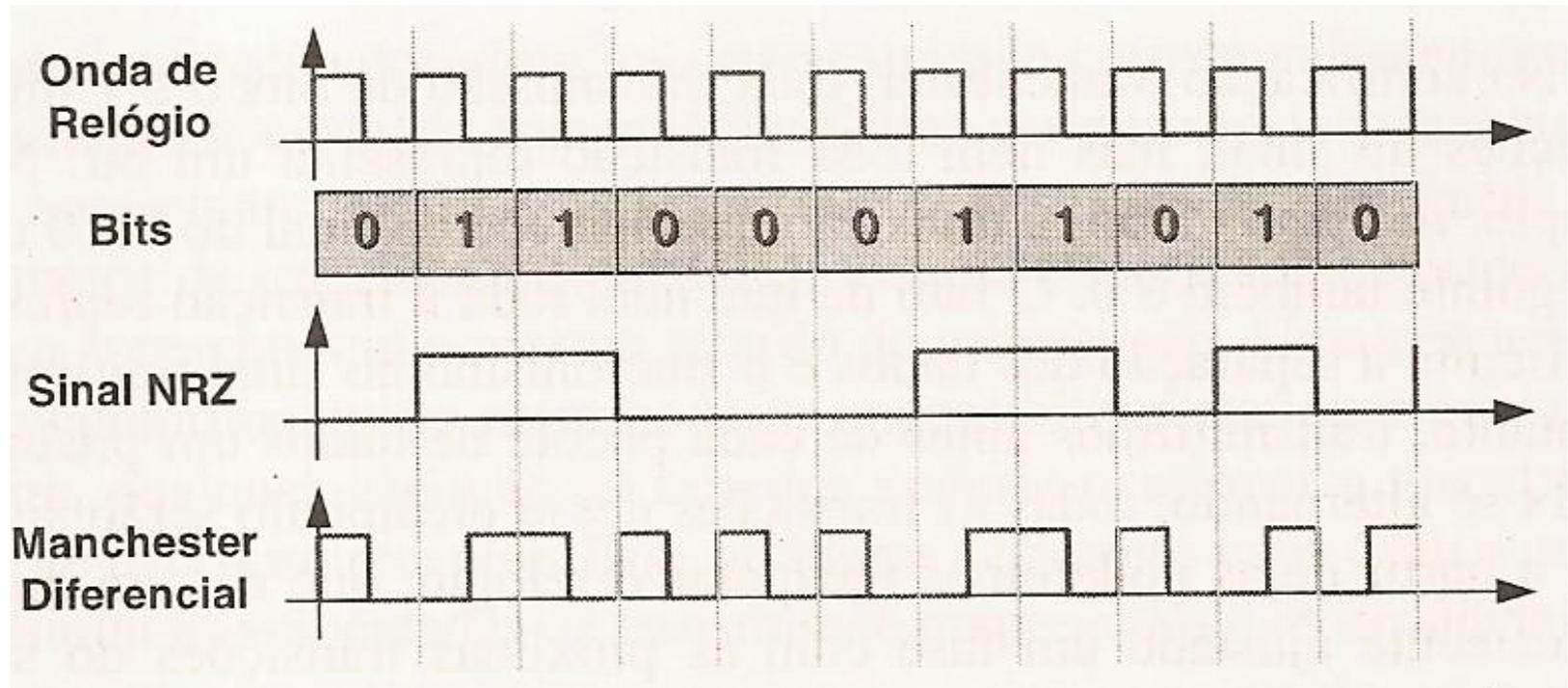
- Para recuperar o sinal de *clock* utiliza-se o seguinte procedimento:
 - Usa-se a transmissão de um *preâmbulo* (0's e 1's alternados) para se obter uma seqüência de transições válidas.
 - A partir de uma transição válida, espera-se $\frac{3}{4}$ do período de sinalização (*clock recuperado*) e amostra-se o sinal recebido na descida do *clock* recuperado.
 - Este sinal amostrado é o inverso do sinal transmitido.



Redes Industriais

Codificação Manchester Diferencial

- Cada *bit* é representado por duas metades, sendo sempre a segunda metade com polaridade invertida em relação a primeira metade.
- Um *bit 0* é representado por uma mudança de polaridade no começo da transmissão do *bit*.
- Em Um *bit 1* não existe troca de polaridade no começo da transmissão do *bit*.



Redes Industriais

Vantagens da codificação Manchester

- Não possui componente CC, o que é vantajoso pois:
 - Acoplamentos CA (transformadores) são mais simples e baratos que acoplamentos CC.
 - Mecanismos de detecção de colisão, por variação do nível médio do sinal, são fáceis de implementar.
 - A detecção de meio livre de transmissão é feita pela verificação de ausência de transições.
 - Apresenta um esquema intrínseco de detecção de erros.

Exemplos de uso das codificações Manchester

- Codificação Manchester:
 - Todas as variações da Ethernet (IEEE 802.3).
 - Token Bus (IEEE 802.4).
- Codificação Manchester Diferencial:
 - Token Ring (IEEE 802.5).