

# Redes de Computadores I

## Camada Física

- Introdução
- Meios de Transmissão
- Transmissão sem Fio
- Interconexão de Redes Locais

# A Camada Física

- |                          |
|--------------------------|
| 5 - Camada de Aplicação  |
| 4 - Camada de Transporte |
| 3 - Camada de Rede       |
| 2 - Camada de Enlace     |
| 1 - Camada Física        |

O objetivo da camada física é transmitir um fluxo bruto de bits de uma camada para outra

## Serviços prestados pela Camada Física

---

- Estabelecimento e Encerramento de Conexões
- Transferência de Dados
- Sequenciação
- Notificação e Correção de Falhas

- Geração de uma informação
- Descrição da informação em símbolos
- Codificação
- Transmissão
- Decodificação
- Recepção pelo destinatário

## Escolha do meio de transmissão

---

- Parâmetros a considerar :
  - ◆ Velocidade (largura de banda e retardo);
  - ◆ Custo e
  - ◆ Facilidade de instalação e manutenção.

## Meios de Transmissão - Tipos

---

- Meios Guiados - Fios elétricos e fibras óticas
- Meios Não-Guiados - Ondas de Rádio e de luz (ondas eletromagnéticas)

# Sinais Analógicos e Digitais

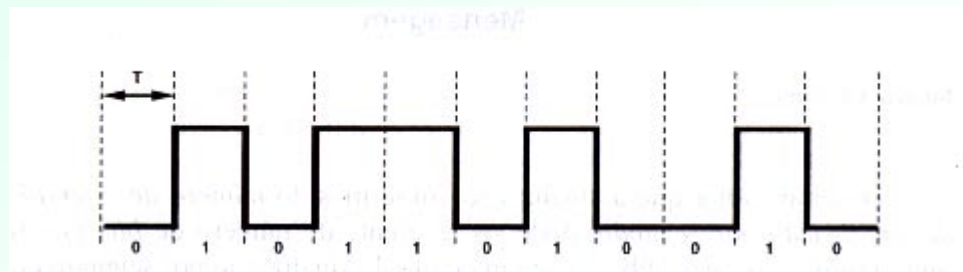
## **Analógico:**

Variação contínua de Frequência ou Amplitude



## **Digital:**

Frequência e Amplitude fixas



### ***Transmissão analógica***

- Sinais analógicos industriais típicos: 0 a 20 mA, 4 a 20mA, +10V a –10V (toda a faixa é significativa)
- Rede telefônica convencional: frequência e amplitude das ondas sonoras convertida em sinal elétrico equivalente pelo microfone, transmitida (faixa 300 a 3400 Hz) e convertida em som no receptor pelo alto-falante.

### ***Transmissão digital***

- Permite introduzir técnicas para detectar erros de transmissão (CRC, etc.)
- Repetidores e reforçadores de sinal mais simples e eficientes
- Pode-se ter sinal analógico e informação digital !



- **Simplex** – só uma direção
- **Half duplex** – Transmissão em ambas as direções não simultâneas.
- **Full Duplex** – Transmissão em ambas as direções simultâneas

### ***Forma de envio de bits:***

**Paralela:** várias linhas => todas referenciadas a um terra comum => bom para curtas distâncias (~20m)

**Serial:** uma linha composta de um par de fios => usa diferença de potencial entre fios como sinal => bom para longas distâncias e mais barato

- **Síncrono** – Referência única de tempo. Utiliza o NRZ (um canal para o relógio e outro para o sinal) ou codificar o sinal e o relógio em um mesmo canal.
- **Assíncrono** – A referência de tempo do transmissor e do receptor não é única. Só sincroniza o início da transmissão e segue em fluxo contínuo e constante. É mais caro pois tem que possuir um buffer que permita transmissão ininterrupta.

## Banda Base X Banda Larga

---

- **Banda base** (baseband):
  - Suporte de transmissão usado por um único canal, que ocupa todo o espectro de frequências
- **Banda larga** (broadband):
  - Suporte de comunicação dividido em múltiplos canais, com sinais modulados
  - Requer MODEM (modulador / demodulador) => caro
  - Alcança distâncias muito maiores
  - Única forma de se usar certos meios físicos para fins de transmissão de dados

- *Taxa de transmissão* (bit rate): número de bits transmitidos por segundo, expressa em *bps* (bits per second).
- *Taxa de sinalização* (baud rate): número de intervalos de sinalização (mudanças de amplitude) por segundo do sinal, expressa em *bauds*.
- Se usarmos uma amplitude para 0 e outra para 1, então baudrate = bitrate.
- Se utilizarmos um nível de amplitude para 2 bits (dibits), então baudrate = bitrate/2.
- Se usarmos um nível de amplitude para 3 bits (tribits), então baudrate = bitrate/3.
- Para codificar  $n$  bits agrupados em um mesmo nível de amplitude, são necessários  $2^n$  amplitudes.

## Bit-rate X Baud-rate

- Relação entre baudrate e bitrate:
  - ◆  $n$  = número de bits representados por cada nível de amplitude.
  - ◆  $L$  = número de níveis de amplitude necessários =  $2^n$
  - ◆  $\text{bitrate} = \log_2 L \cdot \text{baudrate}$

- Exemplos:

Baudrate	n	L	Bitrate
9.600 Bauds	1	2	9.600 bps
9.600 Bauds	2 (dibit)	4	19.200 bps
9.600 Bauds	3 (tribit)	8	28.800 bps

- Isto explica como um modem capaz de gerar apenas 9.600 intervalos de sinalização por segundo (9.600 baud) pode transmitir 28.800 bps: ele opera com tribits, ou seja, 3 bits codificados em 8 níveis de tensão.

### ■ Sinalização Digital

O sinal é colocado na rede sem qualquer tipo de modulação.

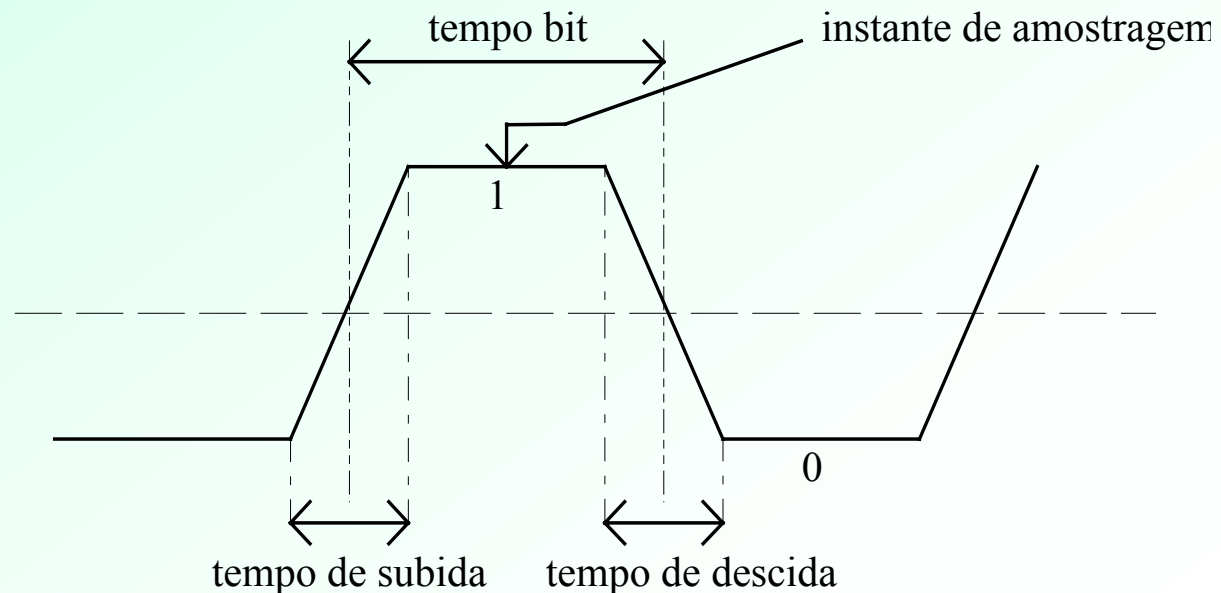
Neste tipo de transmissão são usados sinais digitais em frequência constante. Toda a capacidade do canal de comunicação é usado para transmitir cada dado.

A frequência de transmissão caracteriza um canal de transmissão, pois a largura de banda varia com a frequência.

A Transmissão pode ser feita por meio de sinais elétricos ou de luz e pode também ser feita em uma ou duas direções simultaneamente.

## Codificação e Sincronização de Bits (Banda base)

- Transmissão serial de dados requer sincronização entre emissor e receptor
- Receptor tem que amostrar sinal na mesma frequência em que este foi gerado
- Frequência do sinal define o “tempo bit” (intervalo de sinalização)
- Amostragem deve ocorrer aprox. no meio do tempo bit





## Codificação e sincronização de bits

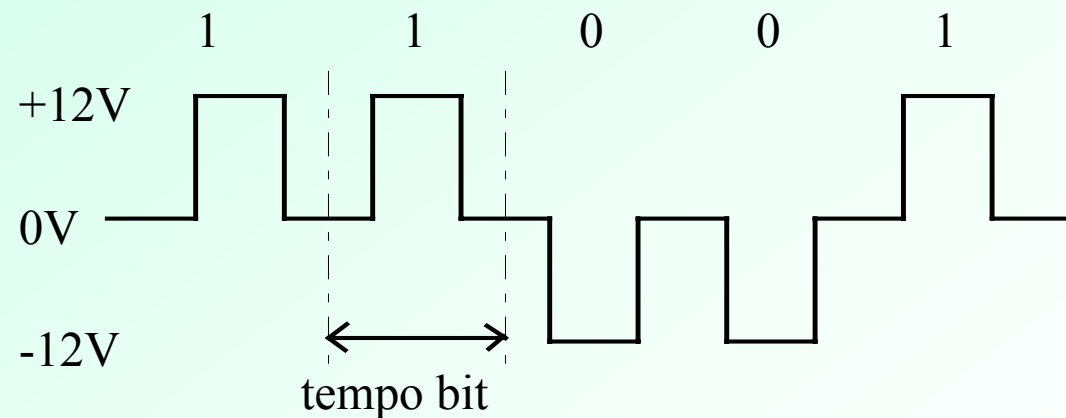
---

- O sinal de sincronização pode ser enviado em fio separado daquele que envia a mensagem => funciona bem, permite altas frequências de transmissão, mas mais caro
- Requer cabo com 4 fios => 2 para dados e 2 para sinal de sincronização

## Codificação e sincronização de bits

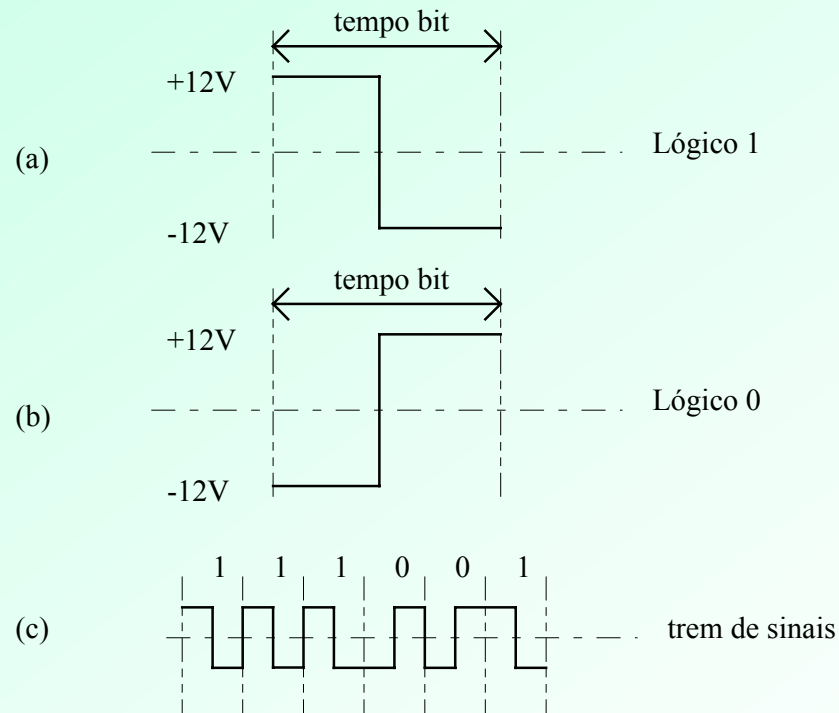
- Outra opção: codificar na própria mensagem sinais que geram sincronização
- Transições (flancos) facilmente detectáveis eletronicamente
- Outras formas de codificação de bits foram criadas para este fim:

### - **Codificação RZ (Return to Zero):**



# Codificação e Sincronização de Bits

## Codificação Manchester :

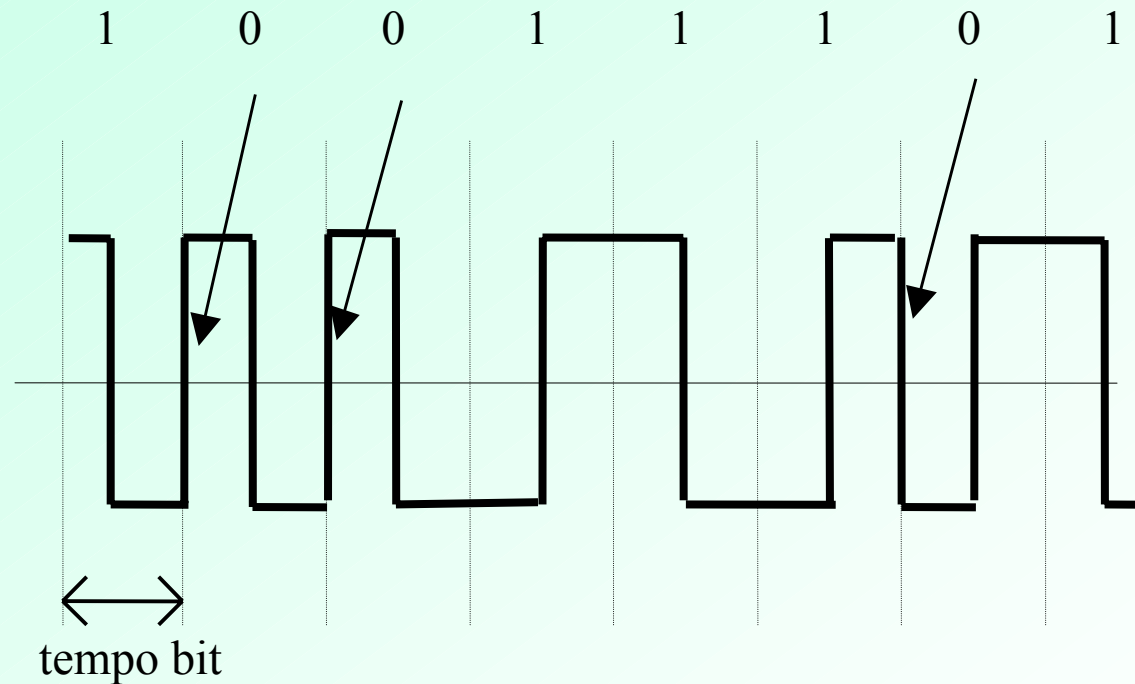


**Obs.: baudrate = 2 x bitrate!**

## Codificação e Sincronização de Bits

### ***-Codificação Manchester diferencial***

***- 0 = transição      1 = falta de transição***



- ◆ É o intervalo de frequências que compõem um sinal.
- Largura de Banda
  - ◆ Quantidade de dados que podem ser transmitidos em um canal em um intervalo de tempo
  - ◆ É proporcional à qualidade, ao tipo e natureza do sinal, ao meio de transmissão.
  - ◆ Nem sempre o custo é proporcional ao desempenho.

## Taxa Máxima de Transmissão sem Ruído

- Em 1924 H. Nyquist percebeu a existência de um limite máximo para a taxa de transmissão em um meio (canal).
- Nyquist provou que, se um sinal atravessar um meio com banda passante  $W$ , o sinal poderia ser completamente reconstruído a partir de apenas  $2W$  amostras por segundo.
- Realizar amostras a uma taxa superior a  $2W$  por segundo seria inútil pois todos os componentes de alta frequência já foram filtrados.
- **Teorema de Nyquist** para um sinal com  $L$  níveis, onde  $C$  é a taxa de transmissão máxima do canal:

$$C = 2 \cdot W \cdot \log_2 L \text{ bps}$$

# Fontes de Distorção de um Sinal

- Ruído
  - ◆ Térmico - elétrons em movimento geram calor
  - ◆ Intermodulação - sinais de outra frequência
  - ◆ Crosstalk - Linha cruzada
  - ◆ Impulsivo - distúrbios elétricos ou falhas nos equipamentos
- Atenuação
  - ◆ Redução da potência de um sinal no meio físico
- Eco
  - ◆ Reflexão do sinal ao mudar a impedância entre um e outro meio

## Taxa Máxima com Ruído

- Em 1948 Claude Shannon aprofundou o trabalho de Nyquist e adaptou-o para o caso de um canal sujeito a ruídos randômicos.
- Na presença de ruídos a taxa máxima do canal fica bastante comprometida.
- O volume de ruído presente é medido pela relação de potência entre o sinal e o ruído.
- Em geral a relação S/N (signal to noise ratio) é medida em unidades de decibéis (dB) utilizando a quantidade  $10 \cdot \log_{10} S/N$ .
- **Teorema de Shannon** para um canal com ruído:

$$C = W \cdot \log_2 (1 + S/N) \text{ bps}$$



### ■ Sinalização Analógica

Transmite os sinais de forma analógica utilizando multiplexação em frequência. Neste caso as transmissões são sempre unidirecionais. Como em certas transmissões a largura de banda pode ser insuficiente para a transmissão como em sinais de TV o sistema pode aceitar sinais simultâneos com frequências diferentes.

Em cada cabo só pode haver transmissão em uma direção usando um mesmo canal (frequência). Para conseguir transmitir em duas direções pode-se usar a divisão de frequência, onde cada direção usa uma frequência (canal) diferente ou par de cabos, com cada um transmitindo num sentido.

- Variação do sinal original (portadora) com a informação.
  - ◆ Técnicas Básicas:
    - AM - Modulação em Amplitude
    - FM - Modulação em Frequência
    - PM - Modulação em Fase (Phase)

- ASK - Amplitude Shift Keying  
(modulação por chaveamento de Amplitude)
- FSK - Frequency Shift Keying  
(modulação por chaveamento de Frequência)
- PSK - Phase Shift Keying  
(modulação por chaveamento de Fase)

## Modulação (Banda larga)

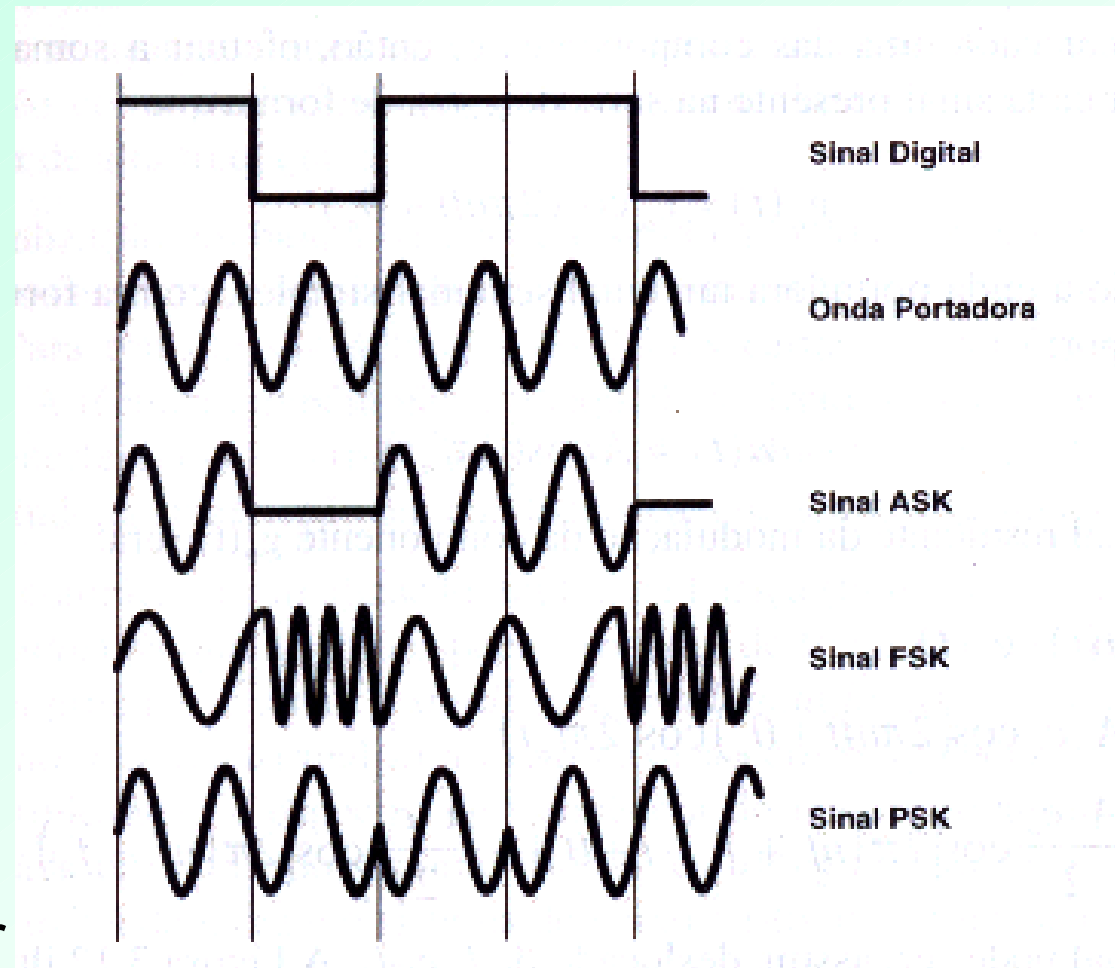
Banda base →

Banda larga →

amplitude

freqüência

fase



### ■ Possível combinar

- ◆ Ex. QAM-16 (Quadrature Amplitude Modulation) combina 4 amplitudes e 4 fases, permitindo 16 valores por transição do sinal. Ou seja, 4 bits por baud ( $2^4 = 16$ ); →  $\text{bitrate} = 4 * \text{baud rate}$

- Ao se transmitir um sinal há um intervalo ocioso na banda passante.
  - ◆ A Multiplexação é a inserção de diversos sinais em um canal, aproveitando a sua banda passante.
  - ◆ Existem duas formas básicas de multiplexação:
    - ☞ FDM - Frequency Division Multiplexing
    - ☞ TDM - Time Division Multiplexing

- É a alocação de recursos de uma rede para a transmissão pelos diversos dispositivos conectados.
- Pode ser:
  - ◆ Comutação de Circuitos
  - ◆ Comutação de Mensagens
  - ◆ Comutação de Pacotes

- Numa transmissão, por falhas nos canais, o sinal transmitido se altera e chega diferente ao destino.
- Para verificar a existência de erros são inseridos bits de controle que, ao serem analisados no destino, permitem a sua correção, seja pela reorganização do sinal original, seja pelo pedido de retransmissão do dado.
- São usados os algoritmos de:
  - ◆ Paridade
  - ◆ CRC

- Cabos Elétricos
- Fibras Óticas
- Dispositivos de Comunicação
- Interfaces



# Cabos Coaxiais

- São os muito utilizados em redes pois são mais leves, flexíveis, baratos e fáceis de usar.



Cabo Coaxial



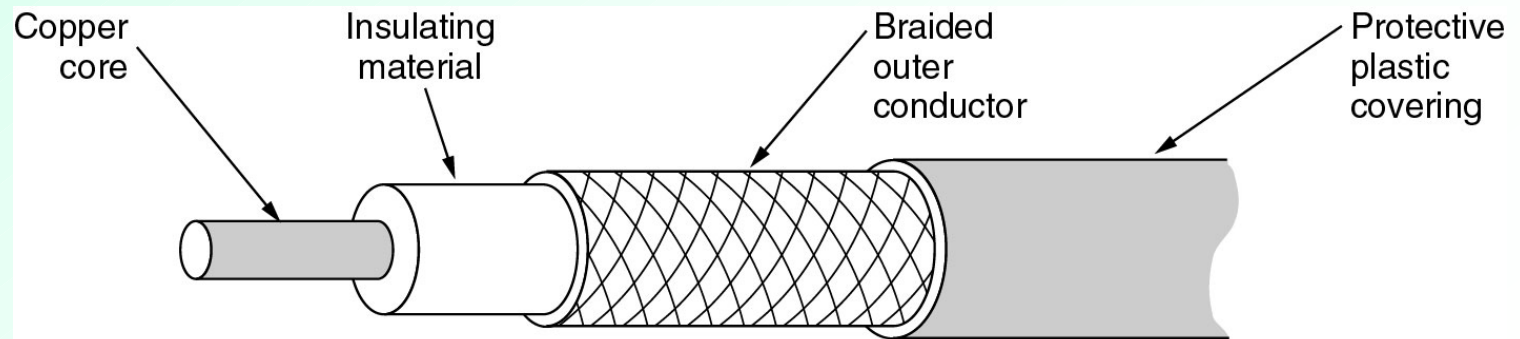
Conector



Cabo conectado a  
placa com terminador

# Cabos Coaxiais

- O cabo coaxial é composto de uma malha metálica e de um fio de cobre em seu interior, entre eles há uma camada de PVC ou Teflon, que serve de isolante e de uma capa plástica que envolve todo o conjunto.
- A malha metálica é feita de material que isola a interferência de campos eletromagnéticos externos.



## Cabo Coaxial Fino - Ethernet 10Base2

- Pode ser diretamente conectado na placa de rede e tem alcance de cerca de 185m.
- Os cabos coaxiais finos estão incluídos na família RG-58 e tem os seguintes tipos:
  - ◆ RG-58 /U      Possui o Fio Interno do Tipo rígido (único)
  - ◆ RG-58 A/U      Possui o Fio interno composto de vários Fios finos
  - ◆ RG-58 C/U      Cabo fisicamente mais resistente usado para aplicações militares
  - ◆ RG-59      Cabos para transmissão de Banda Base como os Cabos de Televisão
  - ◆ RG-6      Idêntico ao RG-59 e com diâmetro um pouco maior.
  - ◆ RG-62      Cabo para redes ArcNet

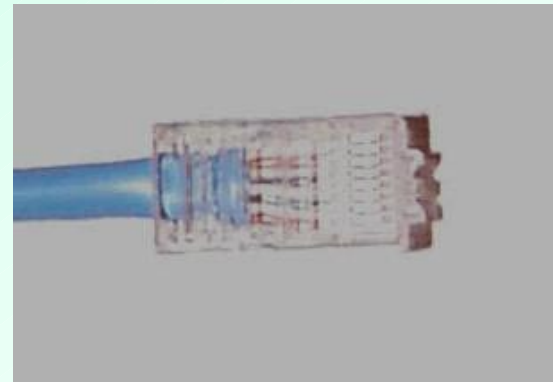
## Cabos de Par Trançado - Ethernet 10BaseT

---

- Os cabos de par trançado são divididos em dois grandes tipos:
  - ◆ Não-Blindados e
  - ◆ Blindados.

# Cabos de Par Trançado Não Blindado

- UTP (Unshielded Twisted Pair)
  - ☞ Os Cabos UTP são referenciados no formato 10BaseT.

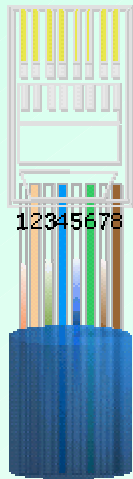


# Cabos de Par Trançado Não Blindado

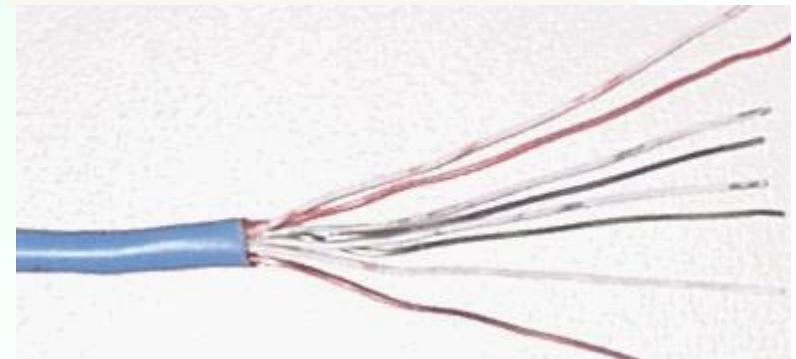
- UTP (Unshielded Twisted Pair)
  - ➡ O formato mais simples é o cabo duplo composto de um par de fios de cobre isolados entre si. O fato dos cabos serem trançados elimina a interferência eletromagnética gerada pelo fluxo de elétrons de um cabo em outro.
  - ➡ O alcance médio deste tipo de cabo é de cerca de 100 m.
  - ➡ Um dos motivos para a popularização do uso dos cabos de par trançado é o aproveitamento de instalações telefônicas para uso nas conexões de redes de computador.

# Cabeamento Categorias

- Categoria 1 2 pares (cabo Telefônico Tradicional) – Voz
- Categoria 2 4 Pares Trançados para transmissões até 4 Mbps
- Categoria 3 4 Pares Trançados para transmissões até 10 Mbps
- Categoria 4 4 Pares Trançados para transmissões até 16 Mbps
- Categoria 5 4 Pares Trançados para transmissões até 100 Mbps



- 1- Branco mesclado com Laranja
- 2- Laranja
- 3- Branco mesclado com verde
- 4- Azul
- 5- Branco mesclado com Azul
- 6- Verde
- 7- Branco mesclado com marrom
- 8- Marrom



- STP (Shielded Twisted Pair)
  - ◆ Os cabos de par trançado blindado utilizam um isolador extra para cada um dos pares.
  - ◆ É também conhecido por Yellow Cable por ser fabricado na cor amarela no mercado americano.

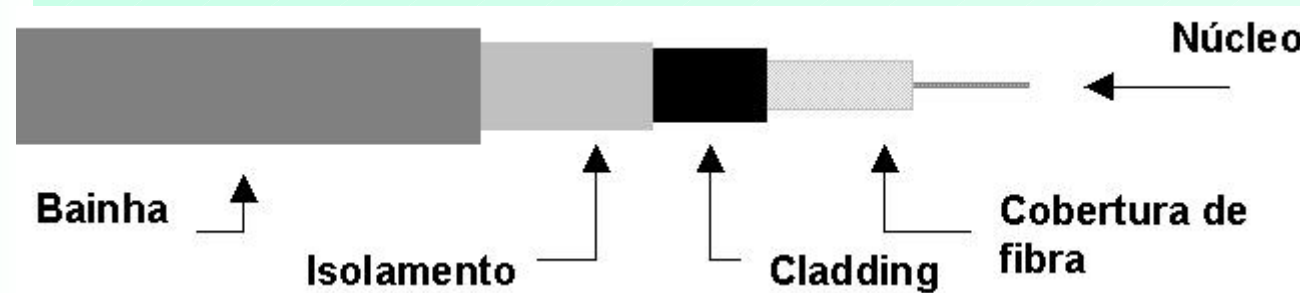


- Os cabos de fibra ótica transmitem sinais digitais sob a forma de sinais luminosos, o que faz com que ele tenha características muito especiais características da luz:
  - ◆ Grande Alcance
  - ◆ Nenhuma interferência de campos eletromagnéticos
  - ◆ Velocidade ilimitada se comparada à transmissão de elétrons.

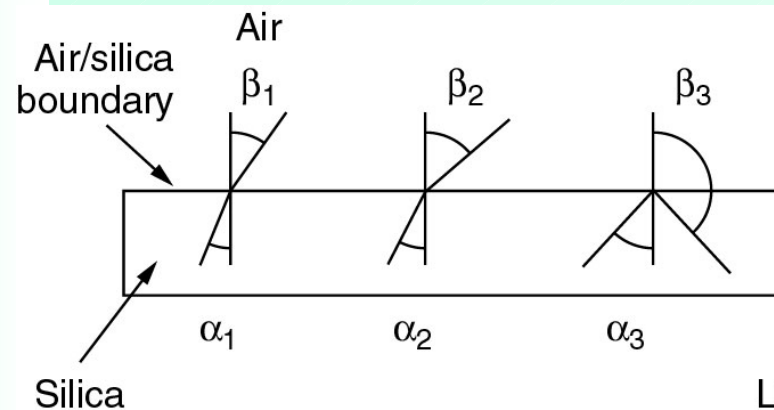
# Fibras Óticas

- A composição de um cabo de fibra ótica é um par de fios compostos de finíssimos cilindros de vidro protegidos por uma camada de plástico.
- A grande dificuldade no uso de fibra ótica é o seu difícil manuseio além do seu elevado custo.
- O alcance é de cerca de 2000 m e sua velocidade de transmissão é entre 100 e 200 Mbps.
- Os limites em alcance e velocidade são determinados pela capacidade das interfaces e pela impossibilidade industrial de produzir um vidro ou cristal absolutamente perfeito, pois, teoricamente, com o uso da luz, não teríamos limite para alcance e velocidade, pelo menos com os parâmetros empregados hoje.

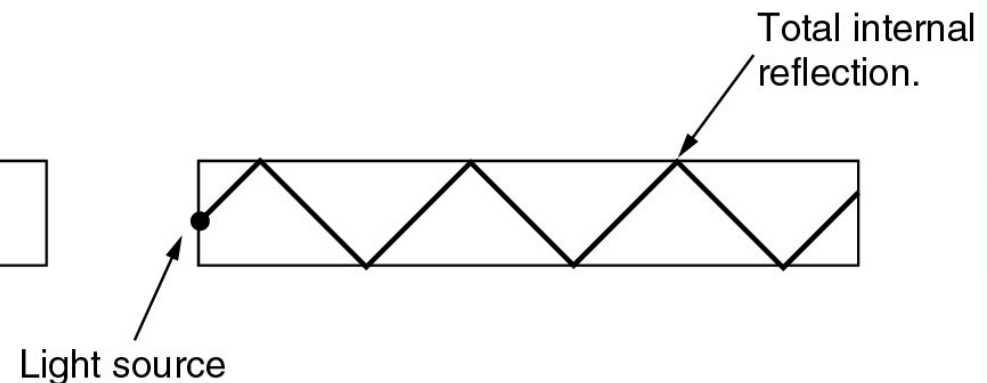
# Fibras Óticas



Estrutura da Fibra



(a)



(b)

(a) Três exemplos de raios de luz dentro de uma fibra de sílica, incidindo sobre o limite ar/sílica da fibra em diferentes ângulos.

(b) Na transmissão a luz fica "presa" dentro da fibra pela reflexão interna total.

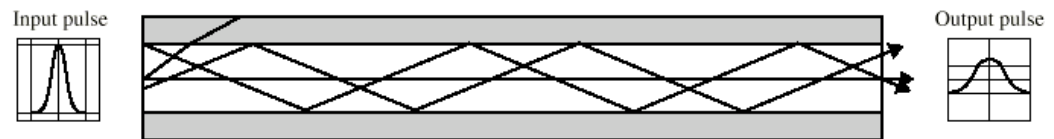
## ■ Tipos de Fibras Óticas

Multimodo  
degrau

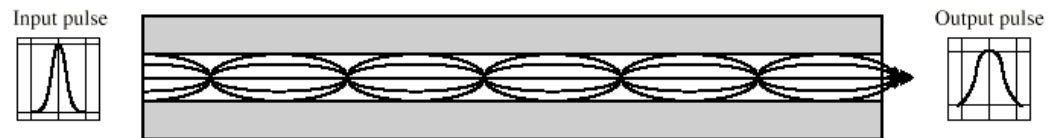
Multimodo  
refração gradual

Monomodo

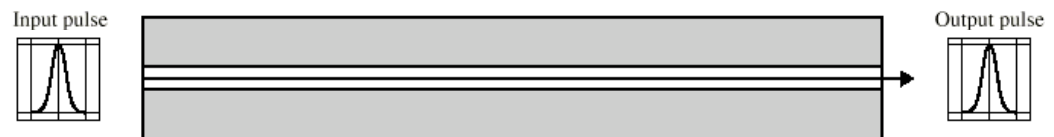
### FIBRA ÓTICA (TIPOS)



(a) Step-index multimode



(b) Graded-index multimode



(c) Single mode

- Componentes do sistema:
  - ◆ Codificador - transceiver
  - ◆ Emissão da Luz – LED ou LASER
  - ◆ Meio - sílica
  - ◆ Receptor – fotodiodo com sensibilidade limite de 1 Gbps

### ■ Fibras Óticas

Item	LED	LASER
👉 Taxa de dados	Baixa	Alta
👉 Modo	Multimodo	Multimodo ou monomodo
👉 Distância	Pequena	Longa
👉 Vida Útil	Longa	Curta
👉 Sensibilidades à Temperatura	Pequena	Substancial
👉 Custo	Baixo	Alto

- Comparação de Fibras óticas e dos fios de cobre
  - ◆ Fibra – Banda mais alta, baixa atenuação, maior alcance, economia, mais leve, mais cara.

# Dispositivos de Codificação e Decodificação do Sinal

---

- Placas de Rede
- Modems



- Todos os cabos exigem o uso de um adaptador capaz de servir de interface entre o meio físico do cabeamento e o computador.
- As placas de rede têm as seguintes funções:
  - ◆ Preparar os dados para a transmissão no cabo
  - ◆ Transmitir os dados
  - ◆ Controlar o fluxo de dados no cabeamento.

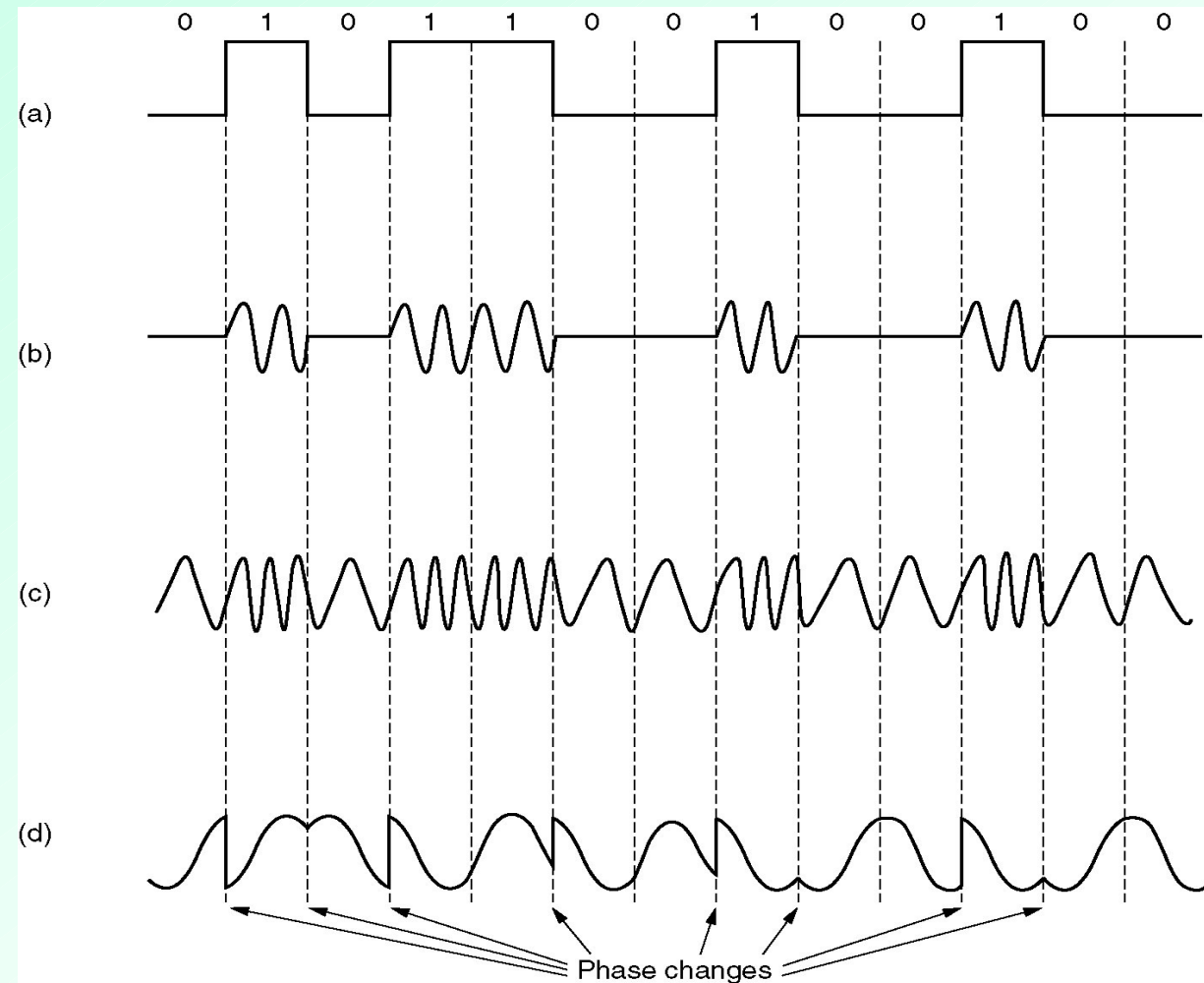


- As placas de rede podem ser dos tipos:
  - ◆ ISA (Industry Standart Architecture)
  - ◆ EISA (Extended ISA)
  - ◆ PCI (Peripheral Component Interconect)
  - ◆ Micro Channel Architecture
  - ◆ Para sistemas Sem Fio
  - ◆ Boot Remoto

- É um dispositivo que habilita o computador a transmitir informações através de uma linha telefônica normal.
- O computador opera com sinal digital e a linha telefônica com sinais analógicos.
- O MODEM converte os sinais de digitais para analógicos e vice-versa.

- Amostra – Sinal modulador.
- BAUD – Bit por amostra.
- A linha telefônica suporta, no máximo 3000 Hz
  - ◆ Ex: padrão V32 bis – 14.400 bps é igual a 2400 BAUD a 6 bit por amostra.
- Os modem para comunicar-se devem ter o mesmo padrão e os de maior velocidade emulam a velocidade dos mais lentos, ou seja, reduzem a quantidade de bit por amostra.

## Exemplos de modulação



(a) Sinal binário banda base    (c) Modulação por frequência  
(b) Modulação por amplitude    (d) Modulação por fase

- Define os padrões de conexão entre:
  - ◆ Computador e Modem
  - ◆ Entre Computadores
  - ◆ Entre Computador e Outros Periféricos

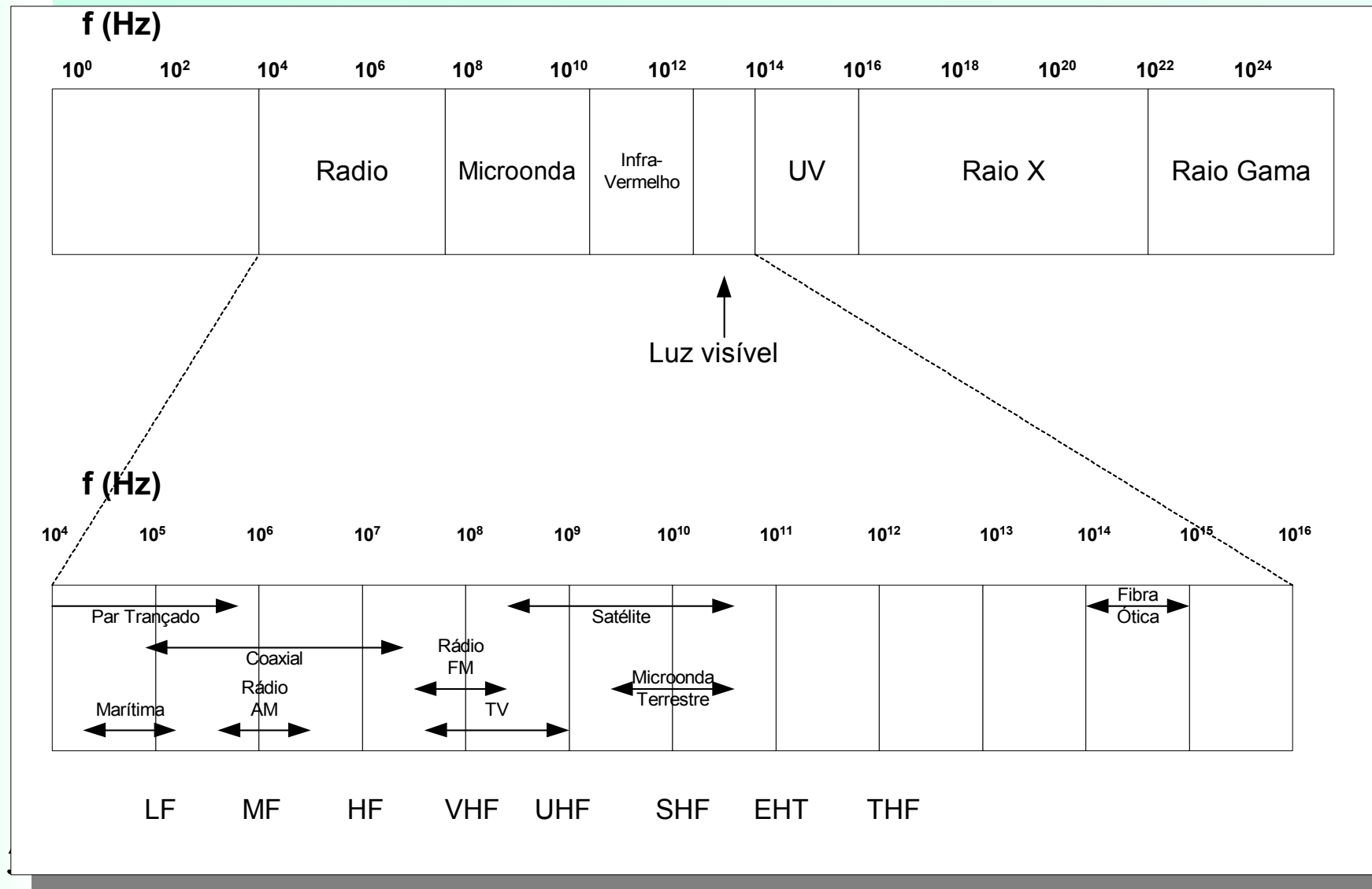
- Trata-se de um protocolo da camada física que especifica detalhes de ordem:
  - ◆ Mecânica - conector de 25 pinos
  - ◆ Elétrica
    - ☞ uma voltagem mais negativa que  $-3$  volts é um 1 binário
    - ☞ uma voltagem mais positiva que  $+4$  volts é um 0 binário.
  - ◆ Funcional - especifica quais circuitos estão conectados a cada pino e o que eles significam.
  - ◆ Procedural - especifica o protocolo, a seqüência legal de eventos.

- O RS-449, é um novo padrão (três em um), no qual as interfaces mecânica, procedural e funcional estão nele próprio mas a elétrica está em dois padrões distintos (442-A e 423-A).
  - ◆ vários circuitos ausentes no 232 foram adicionados (teste do modem)
  - ◆ conector de 37 pinos



- Diversos são os motivos que podem impor o uso de redes sem fio:
  - ◆ Conexões temporárias durante a fase de manutenção ou instalação de cabeamento;
  - ◆ Conexões em áreas difíceis como construções históricas;
  - ◆ Praticidade em sistemas portáteis;
  - ◆ Aumentar os limites de alcance impostos pelo cabeamento físico;
  - ◆ Obter independência das concessionárias de telefonia etc
  - ◆ Mobilidade da comunicação e da computação.

# O espectro eletromagnético



- Em VLF, VF e MF, as ondas de rádio obedecem à curvatura da terra, em HF elas ricocheteiam na ionosfera.
- Zona de sombra.

- Nas redes sem fio são usadas quatro modelos de transmissão de dados
  - ◆ Infravermelho
  - ◆ Laser
  - ◆ Micro-Ondas
  - ◆ Ondas de Rádio Difusão

- Linha de visada
- Dispersão de onda
- Reflexão de onda
- Transmissão ótica de banda larga (multimídia)

- Funciona de forma idêntica ao infravermelho porém com mais alcance e com riscos aos usuários que estejam no caminho dos raios.

- Formato unidirecional de transmissão de broadcast. O usuário deve sintonizar o transmissor e o receptor na mesma frequência fixa. Como o sinal é de alta frequência não deve haver nenhum anteparo metálico à transmissão. A sua taxa de transmissão é de, no máximo, 4.8 Mbps.

- Com este formato podemos transmitir sinais de broadcast através de um intervalo de frequência. A faixa de frequência é dividida em canais. A intervalos de tempo a frequência de trabalho é modificada e apenas os computadores daquela rede são sincronizados.
- Sua velocidade típica é de 250Kbps porém é possível atingir 2Mbps até 3000 m em ambientes abertos ou 130 m em ambientes edificadas.



- Onda direcional.
- Não atravessa neblina ou chuva e é desviado pelo calor na superfície.

- Satélites de Comunicação
  - ◆ A 36.000 Km acima do Equador um satélite gasta um dia para uma volta completa na Terra.
- Satélites Geossíncronos
- Satélites de baixa órbita 750 Km – Projeto Iridium da Motorola.

## Satélites em comparação com fibra ótica

---

- Largura de banda.
- Alcance
  - ◆ Atingir qualquer ponto.
- Broadcast
- Custos

# Interconexão de Redes Locais

Problemas da interconexão:

- Como realizar o roteamento entre estações em subredes diferentes ?
- Como interconectar subredes que usam protocolos diferentes e incompatíveis ?
  - ex. IBM Token-Ring x Ethernet
- Como interconectar subredes com arquiteturas diferentes ?
  - (ex.: ISO/OSI x TCP/IP)

## As diferentes possibilidades de interconexão

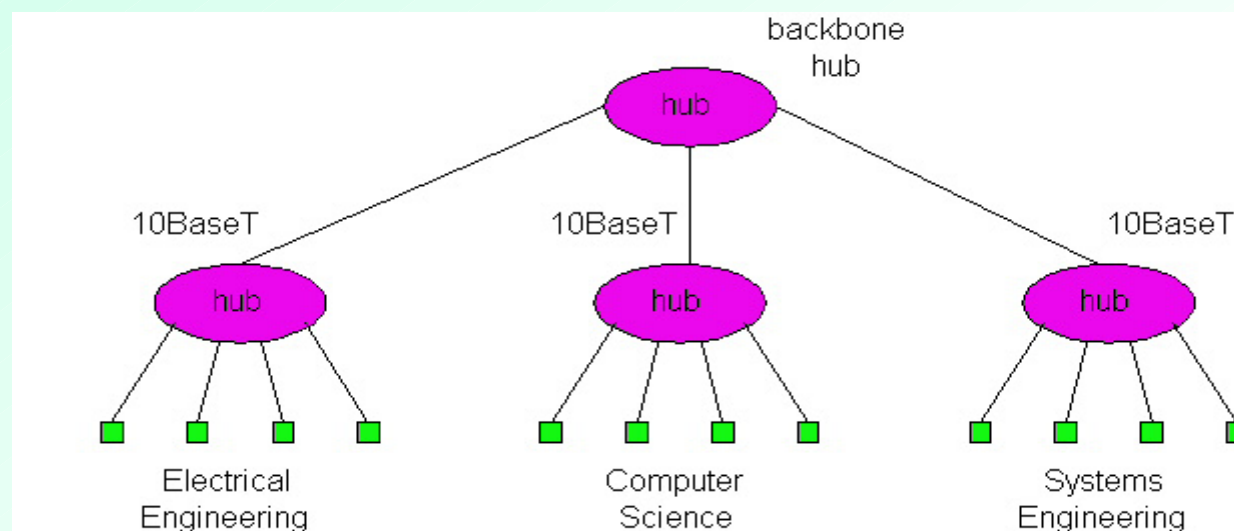
---

- **Repetidores (Repeaters)**: operam a nível da camada física, reforçando sinais elétricos no meio.
- **Pontes (Bridges)**: operam a nível da camada de enlace, armazenando, modificando e retransmitindo quadros.
- **Passarelas (Gateways)**, classificados em 2 tipos:
  - **Gateway conversor de meio** (media-conversion gateway), também chamado **Roteador (Router)**: opera a nível da camada de rede e pode realizar funções de roteamento, além das funções das pontes.
  - **Gateway tradutor de protocolos** (protocol-translation gateway), que chamaremos aqui simplesmente de **Gateway**: opera a nível de camada de aplicação e permite interligar subredes completamente diferentes.

# Hubs, Pontes e Comutadores

- Usados para estender as características das redes locais: cobertura geográfica, número de nós, funcionalidade administrativa, etc.
- Diferem entre si em respeito a:
  - ◆ isolamento de domínios de colisão
  - ◆ camada em que operam
- Diferentes de roteadores
  - ◆ “plug and play”
  - ◆ não provêem roteamento ótimo de pacotes IP

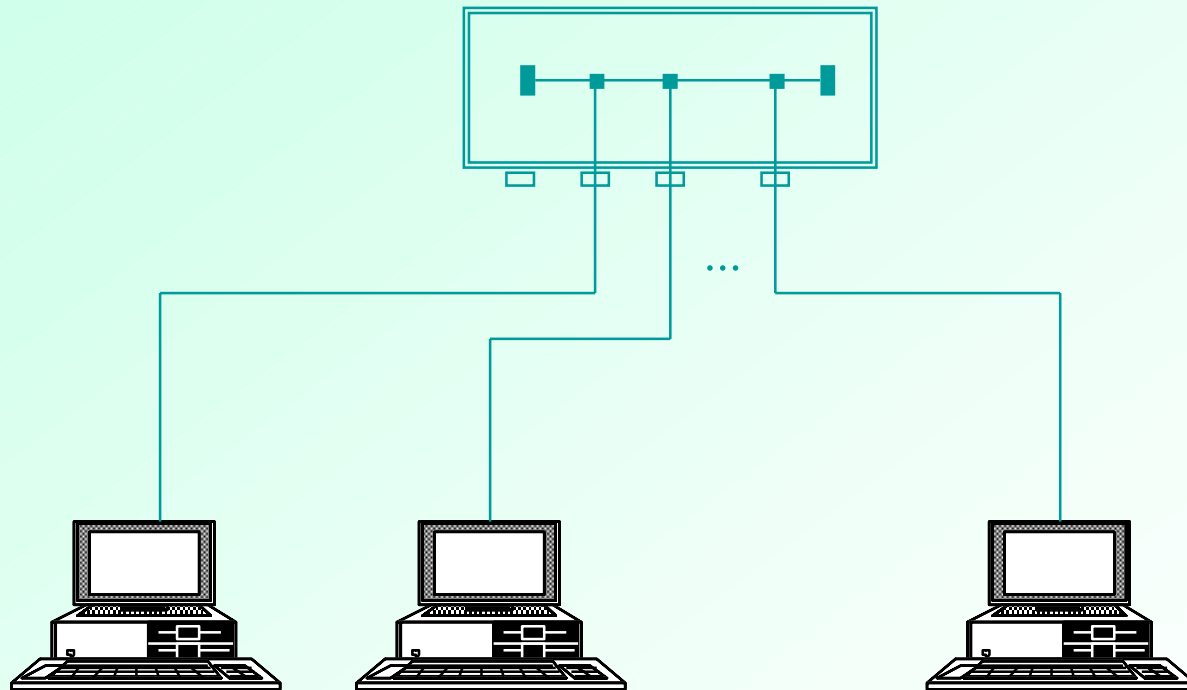
- Dispositivos da camada física: basicamente são repetidores operando ao nível de bit: repete os bits recebidos numa interface para as demais interfaces
- Hubs podem ser dispostos numa hierarquia (ou **projeto de múltiplos níveis**), com um hub **backbone** na raiz



- Vantagens de Hubs:
  - ◆ Dispositivos simples, baratos
  - ◆ Configuração em múltiplos níveis provê degradação suave: porções da rede local continuam a operar se um dos hubs parar de funcionar
  - ◆ Estende a distância máxima entre pares de nós (100m por Hub)
- Desvantagens de Hubs:
  - ◆ Não se pode misturar tipos diferentes de Ethernet (p.ex., 10BaseT and 100BaseT)
  - ◆ **não** isolam domínios de colisão: um nó pode colidir com qualquer outro nó residindo em qualquer segmento da rede local



# Hubs



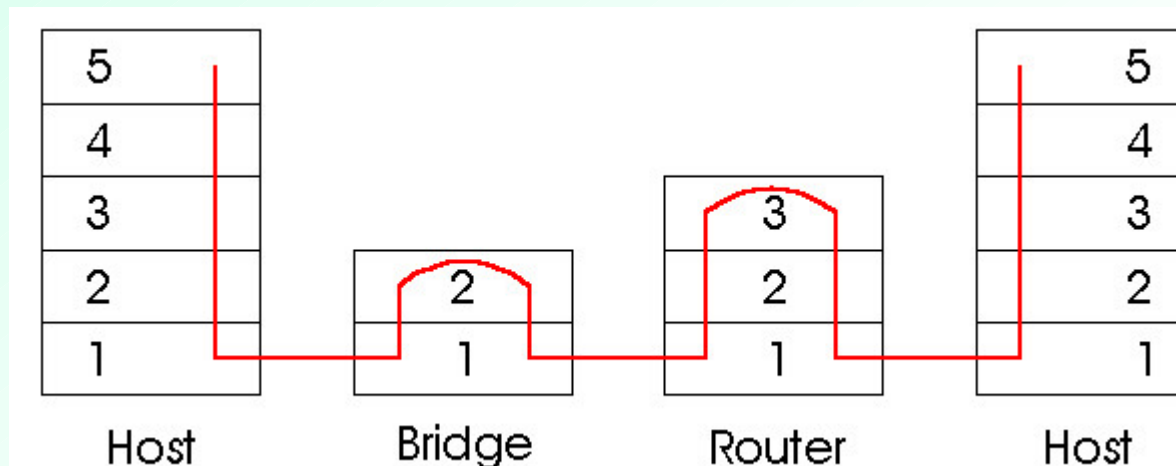
- ◆ **Dispositivos da camada de enlace:** operam em quadros Ethernet, examinando o cabeçalho do quadro, e reencaminhando seletivamente um quadro com base no seu endereço de destino
- ◆ Ponte **isola domínios de colisão** pois ela armazena e reencaminha os quadros (resulta em aumento de vazão máxima total)
- ◆ Pode interligar **tipos diferentes** de Ethernet pois é um dispositivo “armazena e reencaminha”
- ◆ **Transparente:** não requer nenhuma modificação aos adaptadores dos nós da rede local

## Pontes (“Bridges”)

- Pontes são elementos inteligentes bidirecionais: escutam todas as mensagens enviadas em cada subrede
- Para cada mensagem, endereço de destino é verificado em uma tabela que indica em qual subrede este se encontra
- Se endereço de destino está na mesma subrede de origem, ponte ignora a mensagem
- Se endereço de destino está na outra subrede, ponte retransmite a mensagem na subrede destino

## Pontes x Roteadores

- Ambos são dispositivos “armazena e reencaminha”, porém Roteadores são dispositivos da Camada de Rede (examinam cabeçalhos da camada de rede) enquanto Pontes são dispositivos da Camada de Enlace
- Roteadores mantêm tabelas de rotas e implementam algoritmos de roteamento; pontes mantêm tabelas de filtragem e implementam filtragem

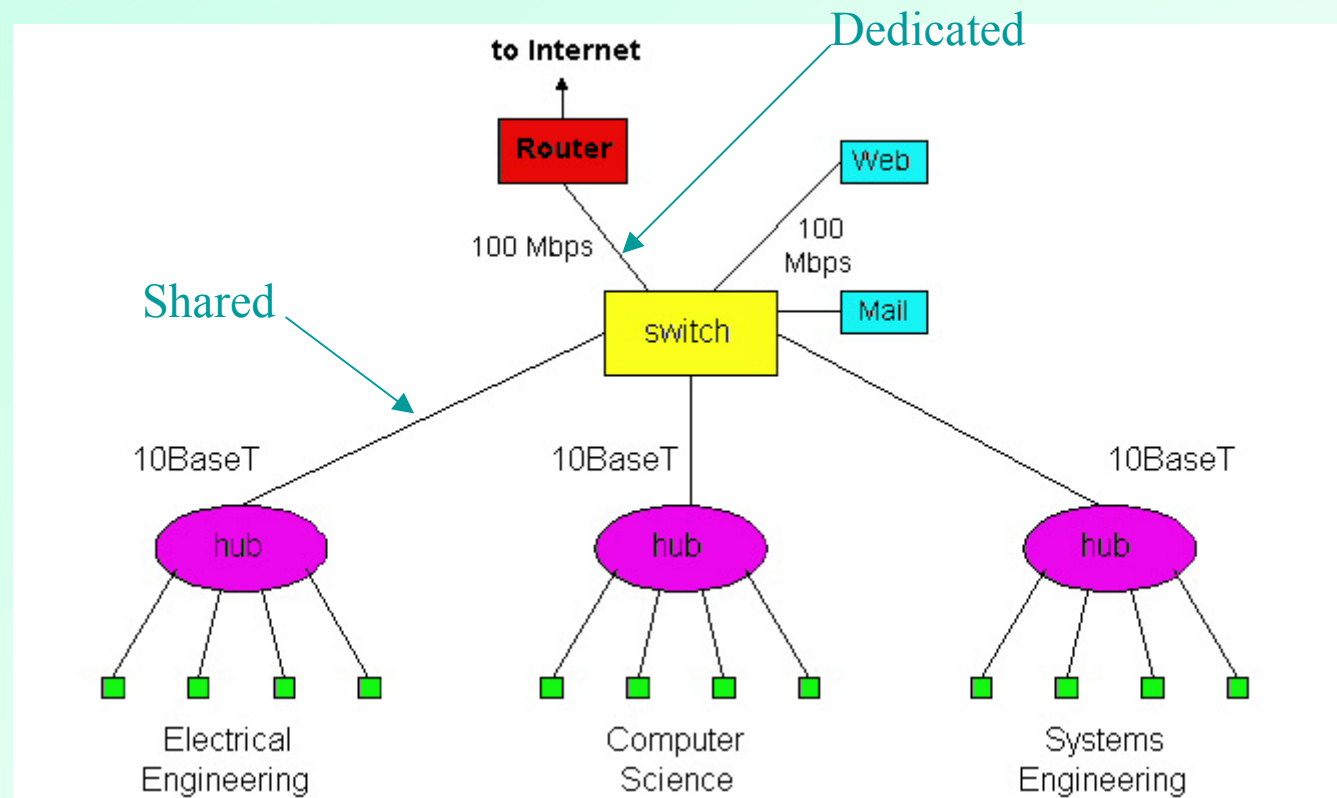


## Pontes x Roteadores (cont)

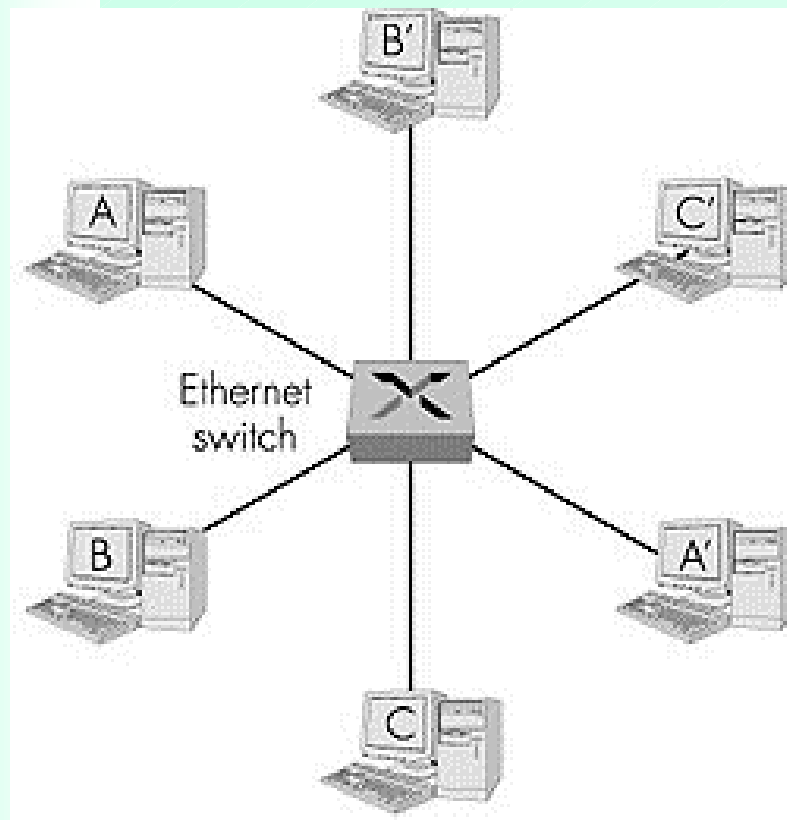
- Operação de uma Ponte é mais simples requerendo menor capacidade de processamento
- Roteadores: Requerem configuração de endereços IP (não são “plug and play”)
- Requerem maior capacidade de processamento
- Pontes são melhores em redes pequenas (algumas centenas de nós) enquanto roteadores são necessários em grandes redes (milhares de nós)

- Um comutador Ethernet (“Ethernet switch”) é um dispositivo que estende funções normais de ponte para incluir “conexões dedicadas” ponto-a-ponto
- Uma estação ligada a um comutador através de uma conexão dedicada ponto-a-ponto sempre detecta que o meio está ocioso: não haverá colisões nunca!
- Comutadores Ethernet provêem combinações de conexões compartilhadas/dedicadas, a 10/100/1000 Mbps

# Uso de um Computador Ethernet



## Exemplo de Computador Ethernet



- A pode transmitir para A'
  - enquanto B transmite para B' e
  - C transmite para C',
  - simultaneamente.
- 
- **A vazão agregada corresponde às três transferências simultâneas.**
  - **Por exemplo, 3 x 10 Mbps.**



# Switchers (Comutadores)

