# 4. Nível Físico

A camada número 1 do Modelo de Referência OSI, a mais básica, é a do Nível Físico. É aqui que são definidos fios, conectores, formas de onda, níveis de tensão e coisas semelhantes. Enquanto as outras seis camadas definem o software da rede, o Nível Físico é normalmente implementado inteiramente em hardware.

## 4.1. Meios Físicos

Para haver comunicação entre dois sistemas, é preciso que o processamento de um possa influir no outro de alguma maneira. Isto pode ser obtido pelo uso de fenômenos físicos de longa distância como ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas ou correntes elétricas.

Os meios fisícos podem ser os previamente disponíveis ( como o ar ) ou podem ser condutores dedicados ao transporte de informações. No segundo caso existe um custo ( incluindo o custo de instalação ) e uma limitação na mobilidade dos equipamentos, mas a vantagem da flexibilidade adicional no projeto é tão grande que todas as redes que estudaremos mais detalhadamente no curso possuem meio físico dedicado.

O principal meio de comunicação das pessoas é o da fala - ondas acusticas. A taxa de informações que pode ser transmitida na forma de sons, entretanto, é muito baixa em relação às alternativas disponíveis de modo que este meio é empregado apenas para aproveitar sistemas de comunicação já desenvolvidos para voz ( por exemplo: o sistema telefônico ).

Rádio e televisão transmitem informações na forma de ondas eletromagnéticas. Como meio há anos em uso público, o espectro de radiofreqüência está rigorosamente regulamentado por organizações nacionais e internacionais. As aplicações de redes de computadores que pretendam usar este meio terão que disputar as poucas faixas disponíveis com outras tecnologias emergentes ( como a telefonia celular, por exemplo ) ou evoluir para conviver com as mesmas. Uma das primeiras redes do mundo, a Aloha no Havaí, usava a tecnologia de rádio, mas só agora está surgindo um interesse comercial por este meio graças à explosão no uso de computadores portateis e ao desenvolvimento de novas técnicas como a "spread spectrum". Em um movimento paralelo, os radiomadores adaptarem equipamentos desenvolvidos para a transmissão de voz e software de redes de computadores para montarem o "packet radio".

Nas altas freqüências, as ondas eletromagnéticas formam a luz. É razoavelmente popular o uso de luz infravermelha para a comunicação entre equipamentos muito próximos, principalmente os controles remotos. A luz é facilmente bloqueada por qualquer objeto, o que torna seu uso ao ar livre muito limitado. As fibras óticas, descritas mais abaixo, tornam a comunicação por sinais luminosos bem mais prática.

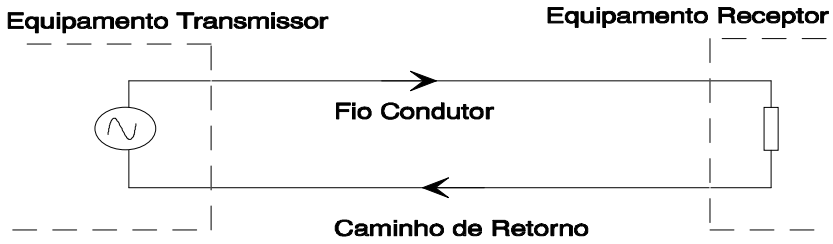



*Figura 4.1 - Transmissão de Informações por Fios Condutores*

O meio mais óbvio de se ligar dois computadores é através de um fio de cobre ( ou outro condutor elétrico ). Esta é, afinal, a tecnologia empregada internamente na construção dos equipamentos. Uma tensão ( ou corrente ) gerada em uma ponta do fio pode ser facilmente detectada na outra ponta. A grande vantagem é que podemos fazer as informações percorrerem um caminho bem definido. A figura 4.1

mostra que sempre existe um caminho de retorno do sinal, que pode ser um segundo fio ou o próprio sistema de distribuição de energia elétrica. O espaço entre os dois fios formam um laço que é atravessado por campos magnéticos variáveis - ondas de rádio, radiação cósmica, ruidos de gerados por outros equipamentos elétricos, etc.. Faraday nos informa que se houver variação na área de um laço condutor atravessado por um campo magnético ou uma alteração no valor deste ( nosso caso ) aparece uma Força Eletromotriz Induzida ao longo do laço que gera uma corrente que tende a cancelar o efeito da variação do fluxo. A conseqüência é que o receptor detecta o sinal transmitido somado a uma grande quantidade de ruído captado pelo que é na prática uma antena. O inverso também é verdadeiro: o sinal transmitido acaba sendo irradiado na forma de ondas eletromagnéticas que irão interfirir no funcionamento de aparelhos que estiverem próximos. Os meios físicos descritos a seguir, os únicos usados nas redes estudadas neste curso, foram desenvolvidos para minimizar este problema de interferência.

### 4.1.1. Par Trançado

A parte superior da figura 4.2 mostra um primeiro passo para resolver o problema da interferência: os fios se cruzam no meio do caminho dividindo o laço original em dois. Uma variação no campo magnético agora induzirá uma corrente que se soma ao sinal em um dos laços mas que subtrai do sinal no outro. Da mesma forma, qualquer onda emitida por um dos laços tenderá a ser cancelada pela emitida no sentido oposto pelo outro. Infelizmente os campos magnéticos não são uniformes no espaço, o que faz com que o cancelamento dos ruídos não seja completo. Isto pode ser melhorado se repetirmos o processo e dividirmos cada um dos laços em dois novamente. Repetindo o processo obteremos a parte de baixo da figura 4.2, que pode ser construido torcendo-se dois fios normais resultando em milhares de pequenos laços. Este meio de transmissão de sinais, o Par Trançado, reduz em muito o efeito antena.

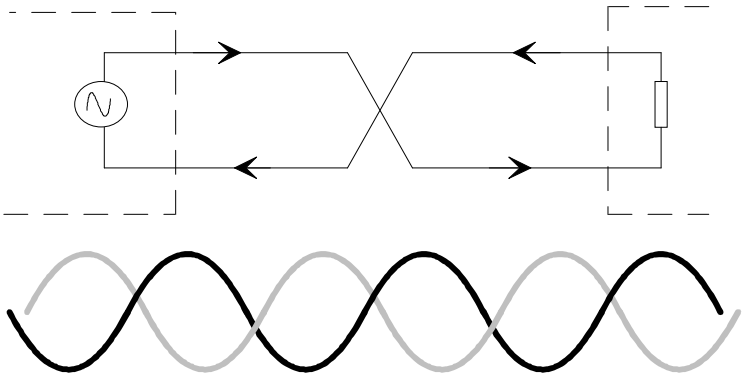


*Figura 4.2 - Par Trançado*

O par trançado é extensamente usado em aplicações de telefonia e já se encontra instalado na maior parte dos prédios comerciais. Este fato, aliado ao baixo custo dos fios em si, faz com que este meio físico seja um dos mais empregados nas redes de computadores. As caracteristicas elétricas inferiores às dos cabos coaxiais ( descrito logo abaixo ) limitavam, há pouco tempo, as taxas de transmissão a um décimo das destes últimos. Avanços recentes na tecnologia de transmissão de sinais, entretanto, têm reduzido bastante esta diferença.

### 4.1.2. Cabo Coaxial

O efeito antena de captação e transmissão de ruídos é tanto mais pronunciado quanto maior for a área do laço da figura 4.1. Se esta área fosse reduzida a zero o efeito indesejado seria eliminado. O

problema é que teríamos que colocar os dois fios exatamente no mesmo lugar, o que parece impossível. A figura 4.3 mostra a solução: usamos um fio normal e outro maior e oco e encaixamos um dentro do outro de modo a fazer seus exiso coincidir, o que leva ao nome de Cabo Coaxial. A parte mais da direita da figura mostra um corte do cabo indicando que o espaço entre o fio de fora e o de dentro é preenchido por um material isolante.

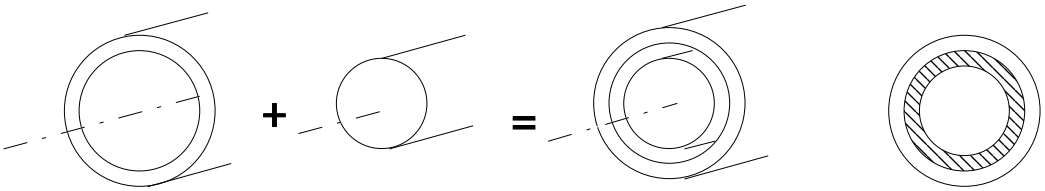


*Figura 4.3 - Cabo Coaxial*

Uma segunda maneira de se compreender o funcionamento do cabo coaxial é a "Gaiola de Faraday". Um sistema envolto por uma caixa condutora fica isolado do resto do universo já que ondas eletromagnéticas não podem atravessar a caixa. O fio externo do cabo coaxial acaba cumprindo esta mesma função na eliminação de interferências. Por este ponto de vista, podemos imaginar que envolver um par trançado em uma malha condutora poderia melhorar suas características. Isto realmente ocorre e é chamado de par trançado blindado ( "Shielded Twisted Pair" ou STP ) que pode ser empregado no lugar do par trançado comum ( "Unshielded Twisted Pair" ou UTP ).

Além do problema do custo maior em relação ao par trançado, o cabo coaxial é mais difícil de se instalar em função do seu tamanho e de sua pouca flexibilidade. Os conectores usados também tendem a ser mais caros. Mesmo com estes problemas, o cabo coaxial é largamente empregado na transmissão de sinais de vídeo e de televisão ( qual é a diferença? veja o itém 4.4 ) e já se encontra instalado em quase todos os prédios residenciais. São raras as redes que procuram ser compatíveis com estas instalações, que usam cabos com impedância característica de 75 Ohms. A maior parte das redes usam cabos coaxiais de 50 Ohms e algumas usam 98 Ohms.

### 4.1.3. Fibra Ótica

Já foi mencionado que a transmissão de informações por luz através do espaço livre não é muito conveniente. O desenvolvimento das Fibras Óticas, ilustradas na figura 4.4, nos forneceu uma alternativa conveniente aos condutores elétricos. As duas camadas mais internas é que formam a fibra ótica e podem ser de vidro ou, mais recentemente, de plástico. O uso do plástico reduz em muito os custos mas implica em uma perda enorme nas características operacionais, de modo que nossa discussão se limitará às fibras de vidro.

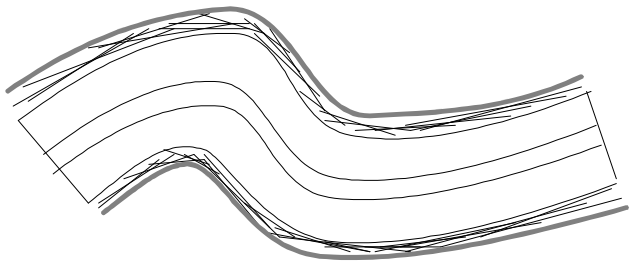


*Figura 4.4 - Estrutura da Fibra Ótica*

A camada mais interna é o núcleo e tem de de 8 a 200 microns de diametro. A camada seguinte, a casca, varia de 125 a 280 microns de diametro e, apesar de também ser de vidro, tem um índice de refração

um pouco menor do que a do núcleo. Quando um raio de luz atinge a interface entre dois meios com índices de refração diferentes ( como a superficie de uma piscina, por exemplo ) ele tem sua trajetória desviada ou, se o ângulo de incidência for pequeno, ele é refletido. A face do núcleo é perfeitamente polida e um raio de luz que atravesse uma face pecorrerá o caminho imposto pela fibra, se refletindo sempre que atingir a interface entre o núcleo e a casca, até saír pela face oposta. A camada seguinte é, normalmente, constituida por fibras finas para resistir à tração que é usada na instalação da fibra ótica em dutos. A capa externa evita a penetração de humidade e contaminantes.

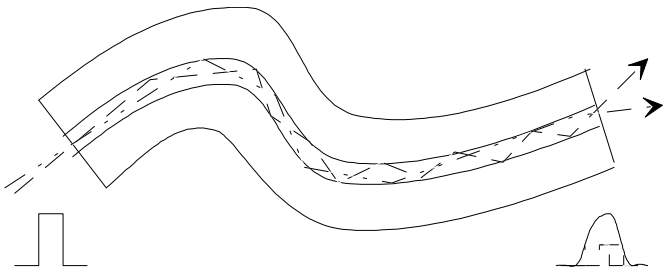


*Figura 4.5 - Problema da Dispersão Modal*

O sinal luminoso que entra na fibra sai quase sem perdas do outro lado, como mostra a figura 4.5. Uma dificuldade que surge é que os raios podem percorrer caminhos ligeiramente diferentes ou, na terminologia dos guias de onda, podem ter modos diferentes de transmissão. O resultado é a dispersão modal que distorce o sinal limita a taxa de transmissão de informações já que os pulsos deformados precisam estar mais separados para poderem ser entendidos corretamente. Se o núcleo for suficientemente reduzido, é fácil ver que o problema diminui até desaparecer completamente. Infelizmente estas **fibras óticas monomodais** implicam em maior precisão mecânica e, portanto, em um maior custo do que as **fibras multimodais**, que são as mais usadas. Existem, também, as **fibras óticas de índice gradual** em que o índice de refração varia continuamente do centro à borda da fibra sem um núcleo distinto. Os raios neste tipo de fibra percorrem caminhos curvos que compensam em parte as diferenças de caminho de modo a reduzir o efeito da dispersão.

O uso extenso das fibras óticas nas telecomunicações e de componentes óticos em produtos de consumo em massa está reduzindo os custos e tornando esta tecnologia cada vez mais atraente nas redes de computadores.

# 4.2. Comunicação Serial e Paralela

As interfaces de comunicação entre computadores são classificadas em duas categorias: as **seriais** e as **paralelas**. Aqui já temos uma visão um pouco mais abstrata do meio físico no sentido que não importam os detalhes descritos logo acima mas apenas o fato de que é possível transmitir infomações por um caminho condutor. As interfaces seriais transmitem as informações seqüencialmente no tempo por um mesmo meio enquanto que as paralelas dedicam um condutor separado para cada informação.

Toda comunicação não trivial poderia ser considerada serial uma vez que não é prático dedicar um condutor para cada bit de uma mensagem de 100 bytes, por exemplo. Reservaremos o termo serial para indicar canais de comunicação que transmitam apenas um bit de cada vez, sendo chamadas de paralelas todas as outras. A maior parte das interfaces paralelas transmitem oito bits ( um byte ) de cada vez.

Ao longo dos anos, foram desenvolvidos muitos padrões de interfaces seriais e paralelas para interconexão de computadores e periféricos. A melhor maneira de apresentar as características dessas interfaces é observando os exemplos destes padrões.

### 4.2.1. RS232

No contexto dos computadores pessoais, o termo interface serial indica o uso do padrão RS232. Esta norma surgiu para definir a ligação de terminais ( Data Terminal Equipment - DTE ) a modems ( Data Communications Equipment - DCE ) para a transmissão de dados por linhas telefônicas a computadores centrais. A primeira característica do RS232 que chama a atenção é o uso de fios separados para a transmissão e recepção de dados, o que permite que as duas coisas ocorram ao mesmo tempo. Por isso dizemos que é uma interface **full-duplex**. A maior parte dos meios físicos usados em redes locais são **half-duplex**, ou seja: a transmissão e recepção se dão pelo mesmo fio e não podem ser simultâneas.

Como os modems antigos eram muito símples em função da tecnologia disponível na época, o RS232 incluí diversos sinais de controle que eram ligados diretamente aos circuitos internos como: RI ( Ring Indicator - indicação de que o telefone está tocando ), DCD ( Data Carrier Detect - detecção de portadora ), CTS ( Clear To Send - livre para enviar ) e muitos outros. Hoje é bastante comum incluir um microprocessador dentro do modem, o que permite controlá-lo por informações enviadas pela própria linha de dados e faz com que algumas instalações usem apenas três fios ( transmite, recebe e terra ). Quando foi lançado o computador PC AT da IBM, foi introduzido um conector de 9 pinos só com os sinais mais usados como alternativa ao padrão de 25 pinos. Existem, então, três conectores padrão RS232: o DTE de 25 pinos, o DCE de 25 pinos e o DTE de 9 pinos. Quando dois equipamentos DTE precisam ser interligados, é usado um cabo que troca alguns pinos ( por exemplo: 2 com 3, 4 com 5, 6 e 8 com 20 ) chamado de null-modem. Com todas as combinações possíveis, a ligação de dois equipamentos compatíveis com a norma RS232 pode ser um desafio interessante.

Os fios da interface serial podem captar ruídos ( veja 4.1 ) que provocam erros na recepção dos dados. O padrão RS232 especifica que um bit 1 deve ser representado por uma tensão de -12V e o 0 por +12V. Assim, o ruído induzido fica pequeno em comparação com os sinais normais. O receptor deve interpretar qualquer coisa abaixo de -3V como sendo 1 lógico, e acima de +3V como 0. Isto é um exemplo do **princípio da tolerância** que empregaremos largamente no projeto de redes: uma implementação deve ser rígida em relação ao que transmite, mas liberal em relação ao que recebe. Criamos, assim, uma folga ( poderíamos dizer jogo de cintura ) que aumenta tremendamente a chance de comunicações bem sucedidas. Em função disso, não é nenhum defeito se um multímetro indicar -9V ou -8V em um pino de uma porta serial de um micro.

*Figura 4.6 - Formato dos Dados Assíncronos*

Existem vários padrões de comunicação por uma interface RS232, mas o mais popular é o assíncrono. A figura 4.6 mostra dois bytes sendo transmitidos neste estilo. Quando nada está sendo transmitido, a linha fica no nível lógico 1. A transição assícrona ( a qualquer instante não relacionado com nenhuma atividade interna do receptor ) para 0 inidica o início de um novo byte. Este é o **start bit** que é seguido sincronamente pelos 8 bits de dados. Para que o receptor possa interpretar corretamente estes bits, a taxa de comunicação deve ter sido previamente combinado entre as duas partes. As velocidades mais populares são: 300, 1200, 2400, 9600 e 19200 bits por segundo. Dada a taxa escolhida, cada bit aparece num instante conhecido após a transição inicial. É incluído um bit adicional, o **stop bit**, de valor 1 para garantir o reconhecimento correto do start bit do próximo byte em todas as circunstâncias. De cada dez bits transmitidos, portanto, dois são de controle e apenas 8 são de dados. Na comunicação síncrona, todos os bits de uma mensagem inteira ( possivelmente milhares de bits ) são especificados em relação

ao início da mensagem, o que melhora o aproveitamento do canal de comunicação. Alguns sistemas transmitem sinais de sincronização entre as mensagens de modo que nenhum bit transmitido após a inicialização do sistema pode ocorrer em um instante aleatório.

O formato dos dados descrito acima admite certas variações: podem ser usados dois stop bits, os dados podem variar de 5 a 8 bits e pode ser acrescentado um bit de **paridade** para detecção de erros. A paridade é calculada contando-se o número de bits 1 dentro do byte e acrescentado um bit que indica se esta contagem é par ou impar. Alguns exemplos de paridade par: 11010011**0**, 01010110**1** e 10000001**1**. Se um bit for alterado pelo caminho ( por ruído ), receberemos um dados com o número errado de 1s ( observe que se dois bits vierem errados não perceberemos nada - mas a probabilidade disto ocorrer é muito menor ). A solução normalmente adotada em redes para este tipo de ocorrência é pedir que o dados seja transmitido novamente. Isto nos leva a um resultado muito importante - a taxa de erros do sistema composto pelo meio físico mais o protocolo de detecção de erros e retransmissão é menor que a taxa do meio físico em si. A intuição nos diz que a confiabilidade de um sistema é menor do que a confiabilidade de seus componentes, o que tornaria inviável a construção de redes em camadas como o proposto - a taxa de erros resultante seria enorme. Felizmente, vemos que a intuição não vale para este caso.

Nem sempre é possível retransmitir informações: dados gravados em um disco, dados enviados por uma estação de rádio para muitos receptores, ou quando o atraso da retransmissão não é aceitável. A solução é usar códigos de correção de erros. Observe a seguinte seqüência de dados:

100111001
010001101
111011101
000001000
110111110

A última coluna é de bits de paridade da linha e a última linha é de bits de paridade da coluna. Um bit foi recebido errado - qual é? É só observar em que linha e que coluna os bits de paridade não batem com o esperado. Sabendo qual é o bit, basta invertê-lo para se obter a mensagem original sem retransmissão. O problema é que agora só 32 de 45 bits carregam informações úteis, os outros são redundantes. Se quisermos nos previnir contra mais de um bit errado no mesmo bloco, termos que usar técnicas mais sofisticadas como o código de Hamming, o de Fire ou de Reed-Solomon.

### 4.2.2. RS422

Quando dizemos que a tensão num ponto do circuito é 10 volts, isto significa que a diferença d potencial entre aquele ponto e outro de referência ( por convenção chamado de terra ) é de 10 volts. Se o petencial da referência se alterar, teremos uma medida diferente. Quando dois equipamentos são ligados a uma certa distância em uma instalação elétrica típica, é quase certo haver uma diferença de vários volts entre os dois terras. Assim, o que é -9V para um computador pode ser +4V para outro. Um fio terra entre os dois sistemas ajuda bastante, mas como tem uma resistência diferente de zero e é percorrido por correntes, pode até contribuir para gerar uma diferença entre as referências. O padrão RS422 é muito semelhante com o RS232 mas adota transmissão de dados por **tensão diferencial**. A diferença de tensão entre dois fios é que indica o nível lógico: +5V em TX+ e -5V em TX- são usados para enviar um nível 1, e -5V em TX+ e +5V em TX- significa um 0. Se do outro lado chegarem +12V e +2V, a diferença de tensão continua sendo de 10V e o 1 lógico é recebido corretamente. Da mesma forma, um ruído induzido em um dos fios normalmente aparece no outro também e acaba não tendo efeito. Como conseqüência, o RS422 normalmente pode ser usado em distâncias bem maiores que o RS232.

Os computadores Macintosh e a maioria das estações de trabalho adotaram a interface RS422, mas a maior parte dos periféricos existentes usam o padrão mais antigo. Felizmente, como mostra a figura

4.7, é possivel fazer os dois tipos de serial conversarem entre si.

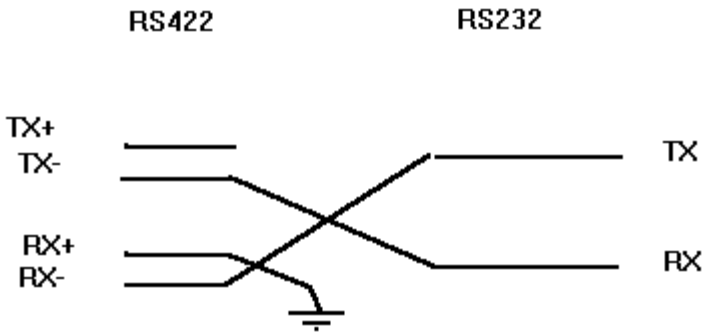



*Figura 4.7 - Ligação entre RS422 e RS232*

A facilidade de comunicação entre padrões diferentes mostrados neste exemplo é muito rara, mas quase sempre é possível desenvolver um adaptador adequado para tornar isto possível.

### 4.2.3. Outras Seriais

A interface $I^2C$ foi desenvolvida pela Phillips para ligar, de uma maneira econômica, os componentes de aparelhos de TV e de som. Ela tem dois fios: o de relógio e o de dados. O sinal de relógio simplifica a interpretação da linha de dados ( não é necessário ficar medindo intervalos precisos de tempo ).

O teclado dos computadores tipo AT usam uma idéia muito parecida. É claro que a presença de uma única linha de dados caracteriza um sistema half-duplex. ( dados caminham nas duas direções, mas apenas em uma de cada vez; o teclado PC XT tem uma interface simplex, pois o micro nunca envia dados ).

Foram desenvolvidas muitas outras interfaces seriais - HPIL, ADB, SPI e todas as redes que estudaremos.

### 4.2.4. Centronics

As impressoras Centronics dominaram o mercado da década de 70 e a interface desenvolvida para seus produtos foi copiada pelos concorrentes e é hoje conhecida por muitos apenas como “interface paralela”. Esta interface, como quase todas as paralelas, é assíncrona no sentido de que a transmissão dos dados é negociada entre as partes por meio de sinais de controle e não ocorre a uma taxa precisa ou em instantes predeterminados. O sinal -Strobe indica para a impressora que o computador colocou dados válidos nas oito linhas de dados. A impressora aciona -Acknlg para indicar que já leu os dados e que o computador por dar início ao envio do próximo byte. Note que o receptor não é totalmente passivo, mas controla a comunicação em conjunto com o transmissor.

Outros sinais de controle ( Busy, Paper Error e Select ) avisam o computador de condições especiais em que a impressora não está apta a ler novos dados mesmo que o -Acknlg indique que já leu o último byte enviado.

A operação descrita é simplex, que é suficiente para aplicações de impressão. Boa parte dos computadores compatíveis com o PC são capazes de, com o software apropriado, operar em half-duplex. Isto tem sido aproveitado para a comunicação entre micros ( exemplo: LapLink ), para a ligação de módulos de proteção de software e de periféricos em computadores portáteis ( principalmente interfaces com redes locais ).

### 4.2.5 Outras Paralelas

A interface GPIB ( General Purpose Instrument Bus ) já foi muito popular para ligar instrumentos inteligentes de laboratório. O seu uso intenso pela HP fez que também fosse conhecido como HPIB além da designação oficial de IEEE 488. A HP usou esta interface para ligar impressoras, “plotters”, discos e outros periféricos a computadores, além dos multímetros, osciloscópios, etc. O Pet da Commodore, o primeiro micro popular ( ainda em uso em muitas escolas nos EUA ), também era ligado aos periféricos pelo GPIB. Até 15 dispositivos podem ser ligados em um único barramento ( bus ). A característica mais interessante do IEEE 488 é o seu uso de três linhas no protocolo de transferência de dados, o que permite um equipamento enviar dados para vários outros com a velocidade regulada pelo mais lento..

O herdeiro do GPIB como interface universal é o SCSI ( Small Computer System Interface ) derivado da interface de disco rígido SASI. Este padrão da ANSI permite até oito dispositivos, incluindo mais de um computador. Dois padrões de conexões foram especificados: com sinais símples ou com sinais diferenciais ( que extende o comprimento máximo do barramento para 25 metros ). Dispositivos como “Scanners”, CD-ROMs e discos de maior capacidade adotam quase que invariavelmente a interface SCSI. Esta interface é padrão nos computadores Macintosh e em todas as estações de trabalho.

Nove linhas transferem os dados mais um bit de paridade ( para aumentar a confiabilidade ). Os sinais REQ e ACK sincronizam o transmissor e o receptor. O sinal BSY indica se o barramento está em uso e MSG, C/D e I/O indicam as fases de operação do barramento. Outros sinais são: ATN, SEL e RST.

Uma versão mais recente desta norma, o SCSI-2, cria comandos padronizados para todos os dispositivos, fornece a opção de aumentar o barramento para 16 ou 32 bits e permite operações mais rápidas. A compatibilidade com o padrão mais antigo foi a maior prioridade nesta definição.

As interfaces paralelas se parecem com a arquitetura interna dos computadores, o que resulta em adaptadores mais símples e mais baratos que os das seriais. O paralelismo é a maneira mais fácil de se aumentar o desempenho - é só colocar mais fios operando à mesma velocidade no lugar de aumentar a velocidade ( que exige tecnologias mais sofisticadas ). Para distâncias maiores que poucos metros, entretanto, o custo da fiação torna as paralelas inviáveis. Fora uma das primeiras redes para computadores Apple II, só em experiências acadêmicas foram desenvolvidas redes paralelas.

## 4.3. Ligações Dedicadas e Multiponto

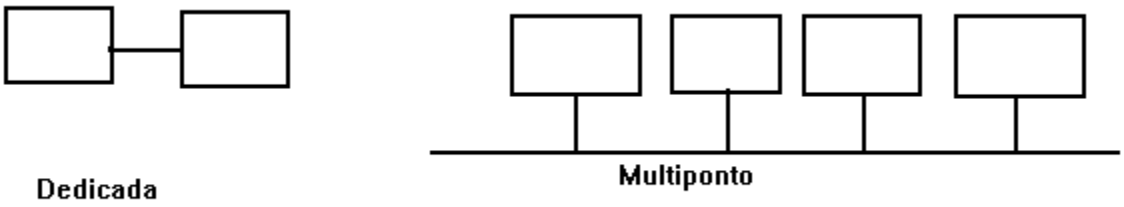



*Figura 4.8 - Ligações Dedicadas e Multiponto*

Ficou implícito, até aqui, que os canais de comunicação ligam exatamente dois equipamentos. Quando este é realmente o caso dizemos que é uma **ligação dedicada**, mas algumas interfaces mencionadas permitiam a criação de barramentos ligando diversos aparelhos simultâneamente. A figura 4.8 ilustra a diferença destas **ligações multiponto** em relação às dedicadas. Para se ligar quatro computadores diretamente entre si por ligações dedicadas seriam necessárias 6 ligações e 3 interfaces em

cada máquina. Para aumentar o número para cinco estações, cada uma teria que ter 4 interfaces. A solução multiponto é claramente bem mais barata e extensível, mas tem um desempenho menor e complexidade maior.

O problema de desempenho dos barramentos é mais teórico do que prático, uma vez que os computadores gastam apenas uma pequena parte do seu tempo se comunicando. Se, por exemplo, esta porcentagem fosse 10% do tempo quase não haveria perda de desempenho se dez estações partilhassem o mesmo meio físico.Em termos de complexidade, surge a necessidade de disciplinar o uso do canal partilhado de comunicação. Funções que normalmente fariam parte do nível de enlace no Modelo de Referência passam a depender intrinsicamente do nível físico. A norma IEEE 802.1 define a organização geral de seus padrões para redes locais e sua relação com o modelo OSI, como mostra a figura 4.9.

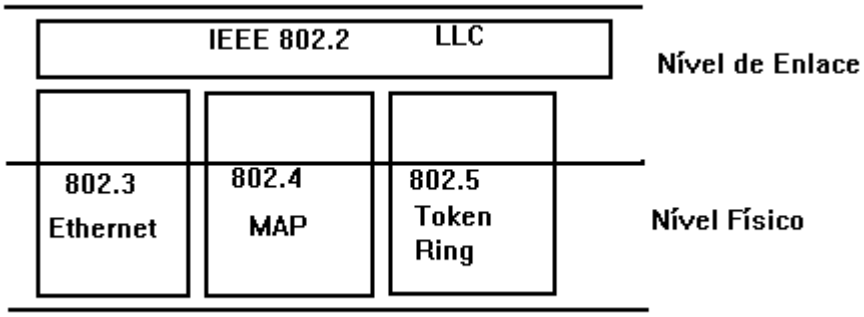



*Figura 4.9 - Padrões IEEE de Redes e o Modelo de Referência OSI*

# 4.4. Banda Larga e Banda Base

O uso de níveis de tensão para representar níveis lógicos nos restringe a transmitir uma informação de cada vez pelo meio físico. Esta técnica se chama transmissão em **banda base** e contrasta com o uso de **banda larga** ( modulação em AM e FM ) que permite a divisão do meio físico em diversos canais que podem existir simulataneamente sem interferência mútua.

Em um cabo coaxial que ligue todos os apartamentos de um prédio é possível transmitir um sinal de televisão pelo canal 4, por exemplo, sem atrapalhar a transmissão pelo mesmo cabo de um sinal no canal 9. Isto não vale para sinais de vídeo ( como o que normalmente saí de uma camera ) - este ocupa as freqüências de 0 a 6 MHz e não pode coexistir com outro sinal que ocupe a mesma faixa. Já o canal 4 ocupa de 66 a 72 MHz enquanto que o canal 9 fica entre 186 e 192 MHz. Poucas redes usam a técnica de banda larga apesar desta vantagem em função dos custos mais elevados.

O sinal em banda base transmitido pela RS232 mostrado na figura 4.6 tem uma tensão média que varia de acordo com o conteúdo - quando o intervalo entre os byte é muito grande a tensão fica próxima de -12V, mas se forem enviados muitos 0s ela passa a ser positiva. A desvantagem de sinais com freqüência zero é que estes sinais não podem passar através de transformadores ( que são muito importantes para isolar eletricamente os equipamentos para evitar que defeitos em uma estação possam queimar todos os computadores de uma instalação ). A fibras óticas resolvem o problema de isolação, mas os circuitos de conversão luz/tensão geralmente têm problemas com níveis contínuos. A maior parte dos códigos usados em redes de computadores não têm o componente de corrente contínua apesar de serem banda base.

# 4.5. Topologia

Uma visão ainda mais abstrata das redes de computadores é aquela em que vemos o sistema como um todo - diversas máquinas ligadas por interconexões genéricas. Neste nível vemos o aspecto geográfico, ou a **topologia**, da rede. Apenas quatro topologias diferentes descrevem todas as redes desenvolvidas até hoje.

### 4.5.1. Estrela

Com a evolução dos computadores de operação em “batch” para o uso interativo simultâneo por vários usuários surgiu naturalmente a configuração estrela. Um computador de grande porte tinha linhas dedicadas para um certo número de terminais de baixo custo.

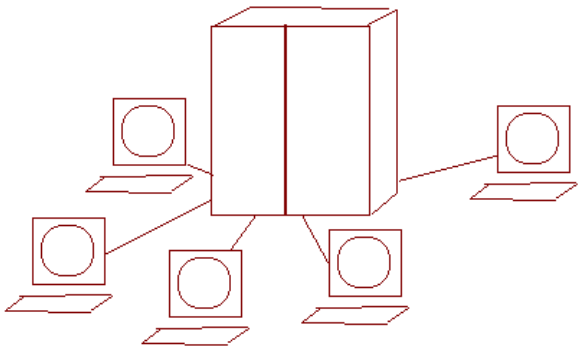


*Figura 4.10 - Topologia em Estrela*

Esta topologia está muito bem adaptada a este tipo de aplicação onde toda a comunicação ocorre entre o equipamento central e os terminais. Se for necessário haver comunicação entre dois terminais, basta executar um programa no computador central que repasse as mensagens de um para outro terminal. A confiabilidade da rede é totalmente dependente da confiabilidade do centro ( “hub” ) da estrela. Isto não é um problema no caso em que a comunicação é só com o equipamento central ( pois se este pifar não há com quem conversar ) mas fica inconveniente se o fluxo de informações entre terminais for significativo.

### 4.5.2. Malhar Irregular

Com o surgimento de vários Centros de Processamento de Dados ( CPDs ) apareceu a necessidade de comunicação entre eles. A rede que se desenvolve naturalmente com a solução caso a caso de problemas de transferência de dados é a malha irregular, analoga às redes rodoviárias e ferroviárias que evoluem da mesma forma. A falta de um planejamento prévio garante uma rede subotimizada, mas esta topologia funciona supreendentemente bem na prática. Quase todas as redes de computadores de longa distância têm esta estrutura.

Os centros de computação principais geralmente são ligado por canais de alto desempenho, formando a espinha dorsal de todo os sistema ( o “backbone network” ). Os centros secundários usam canais de mais baixo custo para se comunicarem entre si e com o centro principal mais próximo. Podemos ter centros terciários, e assim por diante. A figura 4.11 mostra um exemplo de malha irregular onde

podemos ver que esta hierarquia descrita não é rigidamente seguida.

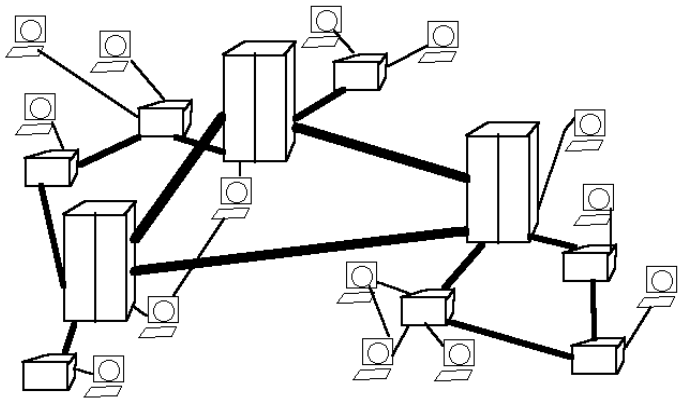


*Figura 4.11 - Malha Irregular*

A experiência acumulada com este tipo de rede é muito grande e está se mostrando preciosa nesta época de redes corporativas ( "enterprise networks" ). A diferença é que os nós da malha irregular passam a ser redes locais com dezenas de computadores no lugar de ( ou além de ) uma máquina de grande porte.

A confiabilidade de um sistema como este é problemática já que uma falha em algum elemento afeta de maneira bastante diversa cada nó de comunicação. Em alguns casos a rede pode acabar particionada em dois ou mais sistemas independentes.

### 4.5.3. Barramento

A topologia mais símples que pode ser imaginada é uma única ligação multiponto ( como a da figura 4.8 ) interconectando todos os equipamentos. A vantagem, em termos de simplicidade e uniformidade, em relação aos sistemas anteriores é muito grande. Não deve ser nenhuma surpresa, portanto, que o barramento foi adotado pela maioria das implementações de redes locais.

Surgem uma série da complicações físicas na implementação de barramentos de certo comprimento, mas o uso de padrões consagrados que levam estas dificuldades em conta em suas especificações permitem os usuários e fabricantes aproveitarem as vantagens mencionadas acima sem conhecimentos detalhados de linhas de transmissão.

### 4.5.4. Anel

Uma arquitetura de rede de fácil expanção, mesmo com o uso de ligações dedicadas, é o anel. Cada máquina é ligada sempre a duas outras de forma a completar um círculo, como mostra a figura 4.12. Normalmente os dados fluem em apenas uma direção, o que reduz os custos da implementação. Um nó da rede pode inserir uma nova mensagem no anel ou repetir o que estiver recebendo.

Um problema muito sério dos aneis é que seu funcionamento depende da operação correta de todos os elementos da rede, o que implica em uma baixa confiabilidade. Veja mais adiante a descrição do Token Ring para a solução encontrada pelo laboratório de Zurique da IBM. A eliminação de mensagens que estejam circulando no anel tem que ser feita explicitamente, ao contrário das outras rede em que as mensagens "desaparecem sozinhas" depois de enviadas.

Vários métodos de acesso ao meio foram desenvolvidas para as redes em anel. Estas técnicas decidem quando um nó pode inserir uma nova mensagem e quando deve retransmitir o que recebe. A

passagem de ficha ( "token passing" ) é a mais popular, mas redes academicas consagraram o "slotted ring", também conhecido como o anel de Cambridge, e a técnica de insersão de registradores.

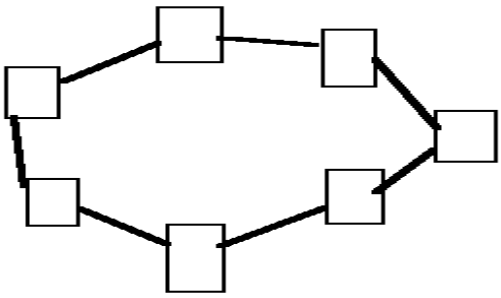


*Figura 4.12 - Topologia em Anel*

Observe que a disposição física dos computadores a serem ligados em rede geralmente defere bastante de um círculo, o que provoca um disperdício de cabos e dificuldades para quaisquer alterações.

# 4.6. Ethernet

No início da década de 1970, o grupo de Robert Metcalfe no laboratório de Palo Alto da Xerox inventou a rede Ethernet, com topologia em barramento, como parte do computador Alto, o avô do Macintosh e Windows. Hoje é comum os usuários decidirem entre uma "rede Novell" ou uma "rede Lantastic" ficando subentendido que o meio físico é o Ethernet.

Em 1979, a Xerox se juntou com a Intel e a DEC para transformar seu invento em um padrão aberto. A versão 1.0 foi divulgada no ano seguinte e a versão 2.0, também conhecida como Ethernet DIX em função das três empresas, ficou pronto em novembro de 1982. O IEEE adotou, com algumas alterações, o Ethernet como o padrão IEEE 802.3, mas a versão 2.0 DIX é ainda a mais popular.

### 4.6.1. Controle de Acesso ao Meio

A sigla CSMA/CD é uma descrição genérica de redes dos tipo do Ethernet - "Carrier Sense, Mutliple Access with Collision Detection". A primeira parte, Detecção de Portadora e Acesso Múltiplo, significa que uma estação que deseja usar o meio verifica a presença de alguma mensagem e espera o meio estar livre para iniciar sua transmissão. O termo "detecção de portadora" reflete a exeperiência dos inventores do sistema com a trnamissão pelo "ether" como radiomadores - para haver uma comunicação ordenada cada um evita ao máximo interfirir nas transmissões dos outros.

Quando duas estações resolvem transmitir aos mesmo tempo e encontram o meio livre ocorre um conflito que é indicado por níveis anormais de tensão no meio, a "detecção de colisão". Neste caso as estações transmitem um sinal especial, o "jam", para garantir que ninguem deixe de perceber que a transmissão não foi válida e esperam um tempo aleatório para tentar novamente. Se os tempos de espera das estações for diferente, uma transmite primeiro e a outra, vendo a presença da portadora quando termina seu tempo, envia sua mensagem logo em seguida. A probabilidade de colisões, normalmente muito pequena, pode ficar inaceitavelmente alta em instantes de pico de utilização da rede. Este efeito seria desastroso, já que justamente quando existe mais informação para ser transmistida é que a taxa de comunicação efetiva sofreria uma tremenda degradação em função do grande número de transmissões frustradas. Este é um fenômeno típico dos sistemas distribuídos: cada parte deve alterar seu comportamento sem informações completas sobre o estado global do sistema pois a complexidade de se obter estas

informações é muito grande e pode ( como neste caso ) interferir com a própria coisa que se deseja controlar (a rede de comunicação, por exemplo ). A solução adotada pelo Ethernet é a técnica da "retirada exponencial binária truncada". Isto significa que a cada colisão para uma mesma mensagem a estação dobra a faixa dentro da qual escolhe tempos aleatórios para esperar antes de outra tentativa. Este aumento exponencial de tempos de espera ocorre até atingir um limite máximo. O resultado disto é que quando a rede começa a ficar congestionada, as estações reduzem suas transmissões para contribuir para que a situação volte rapidamente ao normal.

As redes com colisões são chamadas de "não determinísticas" pela incerteza quanto ao tempo de transmissão de uma mensagem. Isto pode ser inaceitável em certas aplicações: não adianta nada se comando para fechar uma válvula chegar alguns milisegundos após a caldeira explodir. A preocupação com este aspecto fez com que várias alternativas fossem desenvolvidas para redes industriais ( como veremos mais adiante ); mas anos de experiência com uma ampla base instalada têm provado que o problema é mais teórico, o que, aliado ao baixo custo ( e o fato de que a maioria dos clientes nunca ouviu falar em "não determinismo" ), está popularizando o Ethernet mesmo em aplicações críticas.

### 4.6.2. PDU de nível físico

A figura 4.13 mostra o formato do pacote de dados ( PDU - Protocol Data Unit ) transmitido pelo Ethernet. Os bits são transmitidos na ordem indicada na figura da esquerda para a direita; o número que aparece em baixo dos campos fixos indica seu comprimento em bytes.

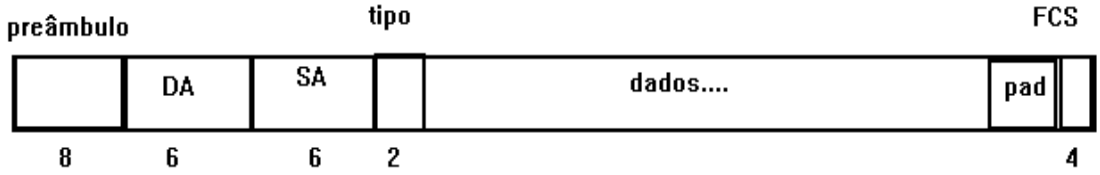



*Figura 4.13 - PDU do Ethernet DIX 2.0*

O preâmbulo serve para sincronizar os circuitos de recepção com a mensagem e é contituído sempre por sete bytes com valor binário 10101010 e um com valor 10101011 ( o padrão 802.3 define o preâmbulo como tendo sete bytes iguais seguido pelo campo SFD, "start of field delimiter", com exatamente o mesmo valor que o DIX, o que faz com que os dois padrões tenham exatamente os mesmo bits ). O campo DA significa endereço de destino ( "Destination Address" ) e indica qual máquina deve receber a mensagem. Isto é necessário na arquitetura em barramento pois todas as estações recebem tudo que passa pelo meio. Já o endereço de origem ( SA - "Source Address" ) serve para indentificar quem está enviando a mensagem e para onde devem ser enviadas quaisquer respostas.

O campo tipo, de dois bytes, indica qual protocolo de mais alto nível gerou os dados que seguem. Alguns números padronizados são ( em hexadecimal ): 8138 é Novell, 0800 é IP, 0806 é ARP e 8035 indica o protocolo RARP. No 802.3, este campo indica o comprimento dos dados em bytes ( de 0 a 1500 ), o que o torna incompatível com o DIX. Os dois protocolos podem coexistir na mesma rede, um ignorando os pacotes do outro, se forem escolhidos tipos maiores do que 1500 ( 05DC hexadecimal ).

Os dados têm comprimento variável e constituem o PDU de nível de enlace. Caso o número de bytes deste campo seja menor que o mínimo de 38, é incluído um campo "pad" ( que pode ser traduzido por enchimento ) com um conteúdo irrelevante para completar este número.

O campo FCS ( "Frame Check Sequence" - seqüência para conferência do pacote ) permite detectar qualquer erro que possa ocorrer na recepção. Seu cálculo é uma função de todos os outros bits do pacote com excessão do preâmbulo e, claro, dos próprio FCS. Quando o resultado calculado pelo receptor difere

do que foi recebido, o pacote é ignorado por conter um, ou mais, bits errados.

### 4.6.3. Endereços

Os campos DA e SA têm exatamente o mesmo formato, que é mostrado na figura 4.14. Os padrões IEEE 802 permitem o uso de endereços de 16 bits, mas este formato é incompatível com o Ethernet DIX não costuma ser usado, de modo que só consideraremos endereços de 48 bits.

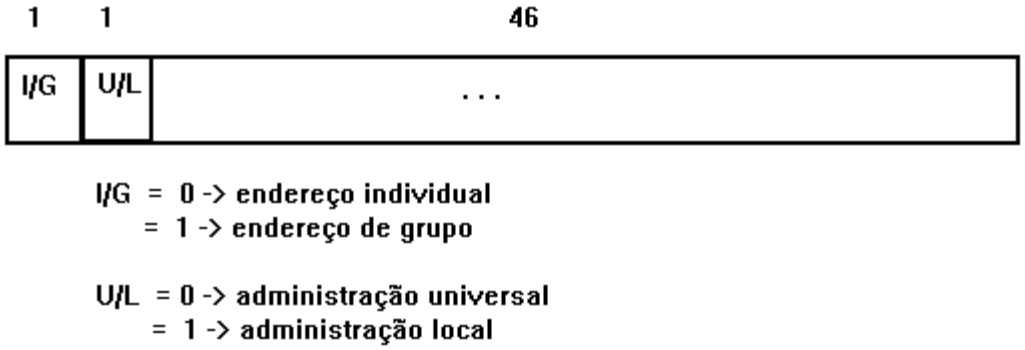



*Figura 4.14 - Formato dos Endereços IEEE 802*

O segundo bit do endereço distingue os endereços de administração local, onde a própria organização que instala a rede escolhe os endereços das estações ( podendo haver duplicatas destes endereços em outras redes ) dos endereços administrados universalmente pelo próprio IEEE. Neste segundo caso, um fabricante obtem do IEEE uma faixa de endereços e escolhe um valor diferente para cada aparelho construido, gravando em uma ROM este número. Estações que usem endereços de administração universal ( ou global ) podem ser ligadas em uma rede sem que o usuário tenha que se preocupar com detalhes de endereçamento, pois o endereço fornecido pelo fabricante é garantidamente único no mundo ( e, em conseqüência, único no universo já que não é provável que formas de vida extraterrestres tenham adotado os padrões IEEE ).

Até aqui ficou subentendido que uma mensagem é transmitida por uma estação e recebida por exatamente um outro nó. Isto é verdade no caso do primeiro bit indicar um endereço individual. Na topologia em barramento tudo que é transmitido é recebido físicamente por todos, mas o protocolo faz com que uma estação ignore pacotes cujo endereço de destino seja diferente do seu. Os endereços de grupo, indicados por um primeiro bit com valor 1, permitem várias estações receberem o mesmo pacote. No caso extremo, o endereço de "broadcast" ( 48 bits 1 ) deve ser recebido por todos os nós. Este recurso é bastante usado em protocolos ( como o ARP ) que veremos mais adiante. Toda estação lê pacotes com o seu endereço individual, o de "broadcast" e zero ou mais endereços de grupos definidos pelas aplicações. Um exemplo seria definir um endereço de grupo para as impressoras de modo que uma aplicação pudesse enviar um pedido a "qualquer impressora" mesmo que não saiba o endereço individual de nenhuma.

### 4.6.4. Código Manchester

As formas de onda que codificam os dados na rede Ethernet passam por transformadores de isolação e, portanto, não podem conter um nível de corrente contínua variável com o conteúdo da informação. O

código Manchester indica os bits pelas transições de tensões, e não pelos níveis. Uma transição positiva significa um bit 1 e negativa um 0. A figura 4.15 mostra que entre dois bits iguais é adicionada uma transição, chamada de transição de relógio, que não carrega informação. O resultado é uma onda quadrada de duas freqüências diferentes, o que faz certos autores chamarem este código de FM ( modulação em freqüência - mas note que não há relação direta entre o valor de um bit e a freqüência ).

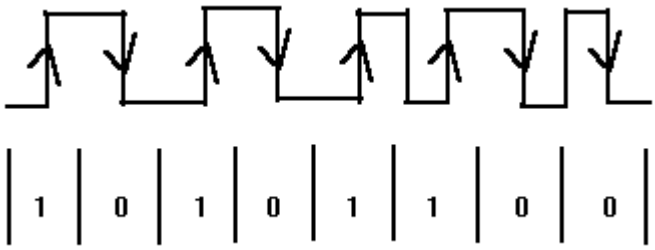



*Figura 4.15 - Código Manchester*

Dado uma transição, como saber se é de dado ou de relógio? O preâmbulo do pacote Ethernet contém um padrão de bits só com transições de dados e, uma vez sincronizado o receptor corretamente, as outras transições ocorrem em instantes bem definidos em relação a estes primeiros.

### 4.6.5. Meios Físicos

O meio físico original da rede Ethernet é hoje conhecido pelo código 10Base5. Este tipo de instalação possue um cabo coaxial de 50 Ohms com no máximo 500 metros de comprimento e com resistores de 50 Ohms em cada ponto para "terminar" o cabo. Quando um sinal se propaga por uma linha de transmissão e encontra uma variação na impedância do meio ocorre uma reflexão do sinal. Sem as terminações, o cabo Ethernet refletiria nas pontas todos os pacotes que passariam a colidir com eles mesmos, e a operação da rede se torna impossível. Normalmente este cabo ( quase sempre de cor amarela ) é instalado dentro das paredes de um edifício e, em pontos estratégicos, são inseridos MAUs ( Medium Access Units ) cujo conector passa a ser uma "tomada de rede". Dentro da MAU existe o "vampiro" que faz a conexão elétrica com o cabo fazendo pentrar seus "dentes" no mesmo. Um pequeno circuito combina os sinais de transmissão e recepção e detecta as colisões. Quatro pares de fios ligam a MAU à estação de rede: um par de transmissão, de recepção, colisão e alimentação do circuito da MAU. Foi padronizado um conector de 15 pinos para ligar estes fios que carregam sinais com tensão diferencial.

A intenção dos projetistas do Ethernet de permitir a instalação da infraestrutura das redes na construção dos prédios ( para que a instalação das estações fossem tão símples quanto a de aparelhos telefônicos em escritórios normais ) era muito boa, mas resultou em custos elevados demais para muitas configurações. O IEEE desenvolveu uma alternativa de meio físico, o 10Base2, popularmente conhecido por "Cheapernet" ( rede mais barata ) para indicar o seu objetivo de redução de custos. Toda a eletrônica da MAU é integrada à estação de trabalho, eliminando o cabo de ligação dos dois. O cabo coaxial usado é mais fino e barato e passa a ir até as estações. No conector tipo BNC das estações é ligado um "T" que tem dois outros conectores do mesmo tipo. Em cada um desses conectores é ligado um cabo até os vizinhos mais próximos. As estações das pontas do barramento só têm um vizinho e é comum o usuário novato ligar o último segmento se cabo diretamente à estação. A rede assim instalada não funciona - o cerreto é usar um "T" com o cabo em um conector e uma peça de "terminação" de 50 Ohms no outro para evitar reflexões do sinal. Apesar do cabo do Cheapernet ( tipo RG 58 ) ser da mesma impedância que o Ethernet normal ( mais conhecido no Brasil, quando é conhecido, como "Ethernet grosso" ) suas

características elétricas são inferiores o que, junto com a maior interferência dos Ts em relação aos vampiros, limita o comprimento de um segmento a 200 metros.

Os dois tipos de instalação podem ser extendidos com o uso de **repetidores**. Entre duas estações quaisquer de uma rede podem haver no máximo quatro repetidores. Isto limita o comprimento total de uma rede 10Base5 a 2,5 km.

Uma variante do Ethernet, a StarLan, foi desenvolvida em meados da década de 80 para aproveitar instalações de par trançados já presentes no prédios comerciais. Sua taxa de transferência era de 1 Mbit por segundo ( todas as outras versões do Ethernet são de 10 Mbps ) e sua topologia era físicamente em estrela. Cada estação era ligado por dois pares a um aparelho central, o "hub" ( centro ), que mistura os sinais que recebe, detecta colisões e amplifica e retransmite o resultado para que as estações operem como se estivessem ligadas por um barramento. Com o passar dos anos, a técnica de transmissão por par trançado foi sendo melhorada e foi desenvolvido o Ethernet de par trançado ( 10BaseT ) que é praticamente o StarLan operando a 10 Mbps. Apesar de muito recente, a 10BaseT ( T de "Twisted Pair Ethernet" ) já tem um número significativo de instalações. Além de aproveitar a fiação já existente, este tipo de rede é bem mais fácil de administrar em função de concentrar sua funcionalidade em um único lugar: o hub. Uma falha em um cabo coaxial pode obrigar um gerente de rede a percorrer um prédio inteiro ligando e desligando estações até encontrar um problema. Com a 10BaseT ele teria apenas que ir até o hub e apertar alguns botões até isolar o culpado ( certos hubs "inteligentes" podem ser operados à distância por um micro ligado à sua porta serial, o que facilita mais ainda ).

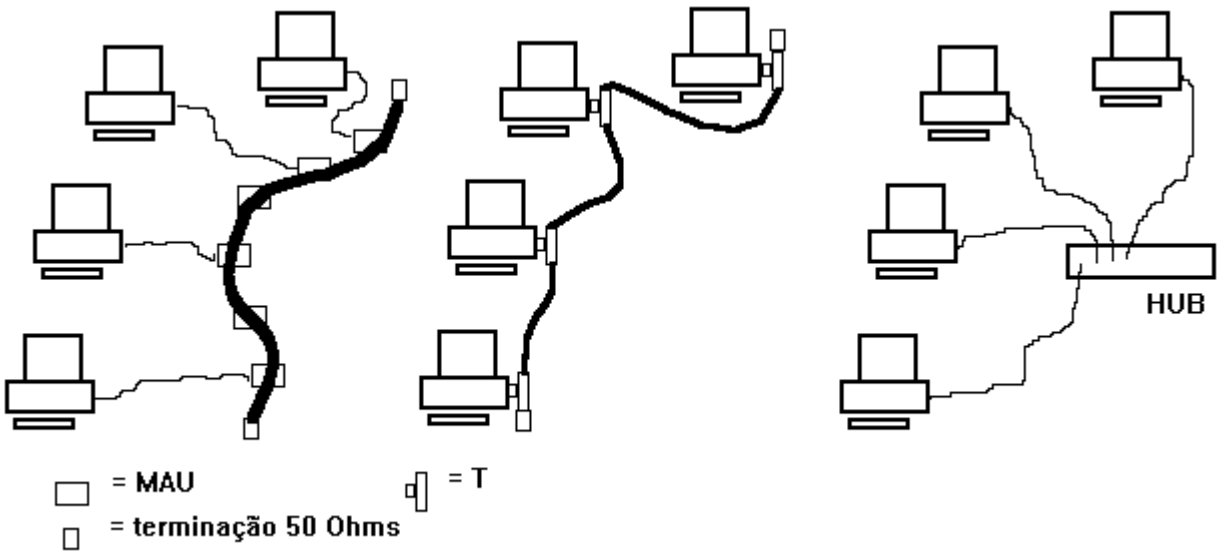



*Figura 4.16 - Configurações Básicas do Ethernet 10Base5, 10Base2 e 10BaseT*

Existem ainda outras variações, como a 10BaseF ( de fibra ótica ) e a estrela passiva de fibra ótica. Uma novidade é o EtherSwitch que é usado no lugar do hub e interliga diretamente as estações que desejam conversar. Assim, cada estação continua limitada a 10 Mbps, mas a rede passa a ter várias vezes esta capacidade ( desde que as mensagens estejam sendo enviadas para destinos diferentes ). A grande flexibilidade que todas estas opções oferecem deriva do fato de todas serem compatíveis entre si ( com a excessão do StarLan, que não é mais usada ). Podemos criar uma grande rede em que cada segmento usa a tecnologia mais apropriada para a sua situação particular.

# 4.7. Token Ring

A IBM desenvolveu uma rede em anel em seu laboratório de Zurich e a apresentou ao IEEE para ser transformada em padrão. O IEEE 802.5 é conhecido como Token Ring para indicar sua topologia em anel e controle de acesso ao meio por passagem de "ficha" ( token, em inglês ).

### 4.7.1 Passagem de Ficha

Cada estação opera em um de dois modos: transmissão ou repetição. Apenas uma estação de cada vez, aquela que possue a ficha, pode estar no modo transmissão. Depois de transmitir um pacote, a estação passa a ficha adiante e esta fica circulando pelo anel até atingir uma estação que tenha algo para transmitir. A figura 4.17 mostra uma estação adquirindo a ficha, transmitindo o pacote e, finalmente, passando a ficha adiante.

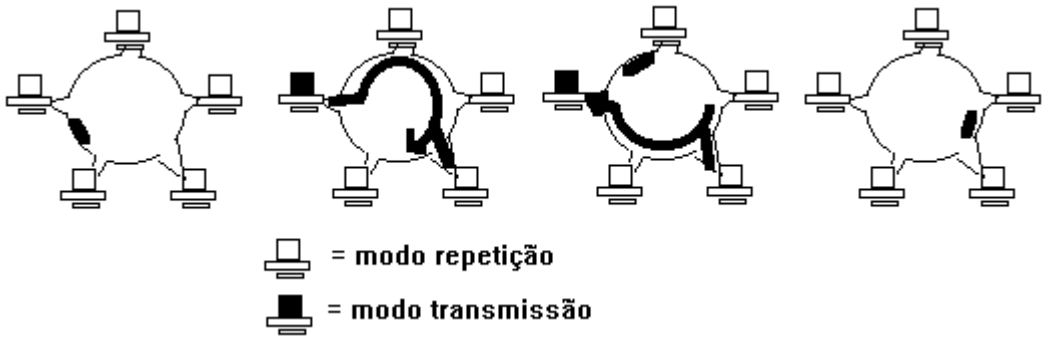



*Figura 4.17 - Operação da Passagem de Ficha*

Na figura os dados circulam no sentido horário. No desenho da esquerda a ficha está chegando a uma estação que tem dados para enviar. Ela captura a ficha e passa para o modo transmissão, inserindo sua mensagem no anel. As outras estações repetem o que recebem com um atraso equivalente ao tempo de alguns bits. Quando a mensagem passa pelo estação endereçada, esta copia a mensagem ao mesmo tempo em que repete ( o caso da estação inferior direita, na figura ). A estação transmissora absorve sua própria mensagem para que ela não fique circulando enternamente pelo anel e gera uma nova ficha que passa a circular logo após a própria mensagem ( na opção ETR - Early Token Release, envio rápido de ficha, pois na Token Ring original a estação tinha que receber completamente sua mensagem de volta para poder gerar a ficha ). Quando chega o último bit da mensagem a estação transmissora volta ao modo de repetição.

A passagem de ficha garante um comportamento determinístico pela ausencia de conflitos no acesso ao meio. Se aparecer uma mensagem para ser transmitida, é possível saber ( dado o tempo máximo que cada estação pode "segurar" a ficha e o número de estações ) qual é o tempo máximo até o destino receber a mensagem.

### 4.7.2. Formato do Pacote

O protocolo de passagem de fichas implica em dois formatos diferentes de PDUs de nível físico, como mostra a figura 4.18. Os campos SDEL ( Start Delimiter, indicador de ínicio ) e EDEL ( End

Delimiter, indicador de fim ) são codificados por formas de onda especiais que nunca ocorrem na transmissão normal de dados. Se ocorrer um SDEL seguido por um EDEL fica indicada a interrupção da transmissão e que o que foi transmitido logo antes deve ser ignorado. Tanto a ficha quanto as mensagens começam com um SDEL seguido pelo campo de controle de acesso, o AC. A diferença está no valor do bit T desse campo: 0 para a ficha e 1 para mensagens. Os bits PPP e RRR são relacionados com as prioridade e são explicados mais adiante.

Na inicialização da rede é escolhida uma estação monitora. Ela deve ficar atenta a falhas na operação da rede e tomar providências. Uma de suas funções é gerar o relógio de referência - se cada estação tentasse ajustar o seu transmissor de acordo com o que recebe da estação imediatamente anterior, a freqüência de operação da rede passaria a variar loucamente. O bit M do campo AC é usado pela estação monitora para determinar quando mensagens dão mais de uma volta na rede por falha no transmissor. Neste caso a monitora limpa a rede. Ela também é responsável por gerar a ficha inicial e insere um atraso de 24 bits para garantir o funcionamento adequado de aneis muito pequenos.

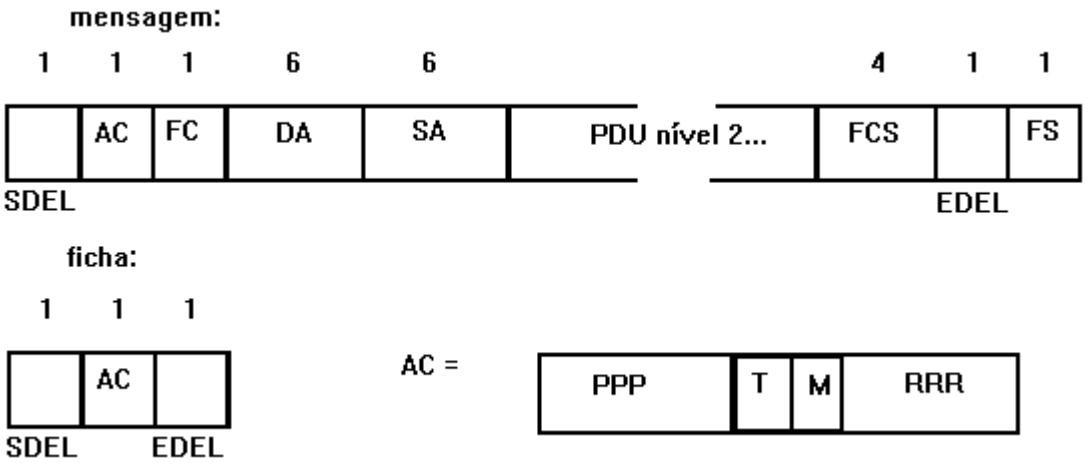



*Figura 4.18 - PDUs do nível físico da Token Ring*

O campo FC ( frame control - controle de pacote ) indica se o pacote contém dados dos níveis superiores ou informações de controles. Os seis pacotes de controle definidos permitem determinar a operação correta da estação monitora ou eleger outra monitora em caso contrário.

Os endereços de destino ( DA ), de origem ( SA ) e a seqüência de conferência de pacote ( FCS ) têm o mesmo formato e função que no Ethernet.

O status do pacote ( FS - frame status ) aparece, curiosamente, depois do fim do pacote. Seu formato é AC00AC00 onde os bits A e C são transmitidos como zero também. Se uma estação reconhecer seu endereço no campo DA ela muda os bits A para um e se ela receber ( copiar ) corretamente o pacote ela muda os bits C para o valor um. A duplicação garante uma resistência maior contra falhas de repetição. Ao receber de volta um pacote que transmitiu, uma estação examina o campo FS para ver se a estação endereçada está em operação e se recebeu sem problemas os dados.

### 4.7.3. Prioridades

Para que uma estação possa transmitir uma mensagem urgente em um tempo garantido, o tamanho dos pacotes é limitado e apenas uma mensagem pode ser enviada antes que a ficha tenha de ser passada adiante ( na realidade é definido um tempo máximo que e estação pode segurar uma ficha, mas a idéia

é parecida ). Isto cria um dilema: se os pacotes forem muito grandes a ficha pode levar muito tempo para dar a volta no anel e mensagens urgentes poderão ser atrasadas demais, mas com pacotes pequenos o desempenho fica muito ruim - se uma estação quer transmitir bastante dados quando a rede está vazia ele envia um pequeno pacote e espera a ficha circular completamente, envia outro pequeno pacote e novamente espera inutilmente e assim por diante. A solução adotada no IEEE 802.5 foi permitir pacotes bem grandes mas criar um esquema de prioriadades para garantir a entrega de informações urgentes. Existem oito níveis de prioridade: a 0 é a normal e mais baixa e a 7 é a mais alta. O atual nível de prioridade do anel é indicado pelos três bits P do campo AC. Uma estação só pode capturar a ficha se a mensagem que deseja transmitir for de prioridade igual ou mais alta do que PPP. Quando uma estação tem uma mensagem de alta prioridade para enviar e passa uma mensagem por ela, os bits RRR são alterados para reservar uma ficha de maior prioridade ( a não ser que o valor original destes bits já fosse maior que a prioridade da mensagem ) e isto avisa quem transmitiu a mensagem que deve gerar uma ficha de prioridade maior. Assim, mensagens de uma prioridade passam à frente das com prioridade menor, o que permite atender rapidamente informações urgentes sem restringir demais o tamanho dos pacotes.

Quando a estação que aumentou a prioridade de uma ficha recebe de volta a ficha, ela restara a prioridade ao seu nível anterior. Isto garante o "empilhamento" correto de prioridades com um esquema bem símples: apenas a estação que alterou a prioridade da ficha precisa lebrar deste fato.

### 4.7.4. Implementação Física

A grande dificuldade das redes em anel é garantir seu funcionamento na presença de falhas em uma ou mais estações. A solução foi adotar uma arquiteura física em estrela onde cada máquina é ligado a uma caixa central por dois pares de fios trançados. As taxas de transmissão usadas são 4 e 16 Mbps.

O hub do Token Ring, ao contrário do Ethernet 10BaseT, só contém componentes passivos como transformadores e reles e não tem fonte de alimentação. Quando uma estação é ligada e testada, ela envia uma tensão especial para o hub que fechar um rele e insere a estação elétricamente no anel. Se for desligada ou apresentar defeito, a estação é eliminada automaticamente da rede.

O código Machester tem o problema que uma inversão na polaridade da tensão recebida inverte o nível lógico dos dados. Isto pode acontecer facilmente com pares trançados de não for tomado cuidado em identificar qual fio é qual em cada uma das pontas ( nos cabos coaxiais não há como confundir os dois condutores ). O Machester Diferencial é uma variante onde uma transição de dados igual à anterior codifica um 0 e uma transição diferente significa um 1. A figura 4.19 mostra como uma inversão de polaridade não afeta a interpretação dos dados.

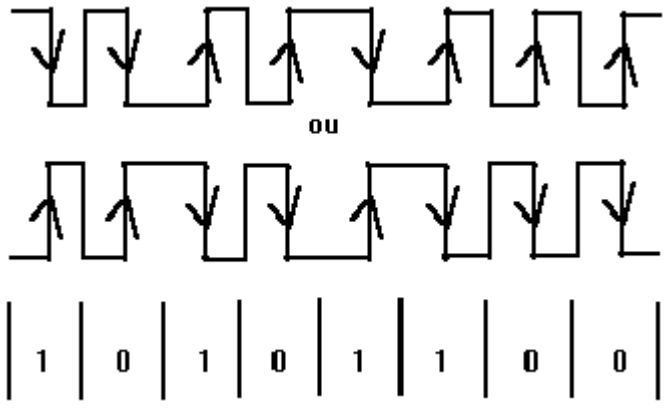


Figura 4.19 - Código Manchester Diferêncial

# 4.8. Outras Redes

O Ethernet e o Token Ring tendem a dominar completamente o cenário das redes locais de computadores no futuro próximo. Muitas outras redes já tiveram posição de destaque no mercado mundial ( como a Omninet, Proteon e Domain da Apollo ) e principalmente no mercado brasileiro onde a reserva de mercado e a existência de centros acadêmicos avançados na área favoreceram soluções proprietárias como da Cetus, Amplus, Itautec, Saga e muitas outras. Uma a uma estas soluções foram abandonadas em favor de padrões que garantiam os mesmos ( ou melhores ) resultados. Outras redes apresentam vantagens que garantem uma fatia própria do mercado, como veremos agora.

### 4.8.1. MAP

O padrão IEEE 802.4, mais conhecido como MAP ( Manufacturers Automation Protocol - protocolo de automação de fabricantes ), é um caso único de uma rede definida pelo cliente, e não pelos fornecedores. A GM resolveu usar seu considerável poder de compra para forçar os fabricantes de equipamentos a aderirem a um padrão especificado por ela junto com outros grandes fabricantes. Em função do problema do Ethernet ser uma rede não determinística, como já foi mencionado anteriormente, foi escolhida uma técnica de acesso ao meio por passagem de ficha e uma topologia em barramento. Isto faz com que o padrão também seja chamado de "Token Bus".

A parte complicada deste protocolo é a manutenção do "anel lógico" - cada estação sabe qual vem depois para poder passar a ficha, mas é preciso levar em conta que estações podem ser ligadas ou desligadas ou até apresentar defeitos. O Token Bus define sete PDUs de controle para passar a ficha, determinar se novas estações devem entrar para o protocolo, eliminar outras estações do protocolo e incializar a rede quando as primerias estações são ligadas. Na operação normal cada estação só transmite após receber a ficha e não há conflitos. Alguns PDUs de controle, entretanto, podem provocar respostas de mais de uma estação gerando uma colisão. A PDU de controle é retransmitida indicando uma restrição maior de quem deve responder e, se voltar a haver conflito, o processo é repetido até que apenas uma estação responda. Estas operações não são eficientes, mas devem ser bem raras em comparação com a operação normal de passagem de ficha. Note que a ficha incluí o endereço de destino pois a rede é fisicamente um barramento e todos recebem a PDU com a ficha, mas apenas a estação endereçada passa a possuir a ficha.

Curiosamente, o MAP foi definido com uma variedade de opções de meios físicos e taxas de transmissão. A modulação pode ser em canal único com FSK contínua, canal único com FSK coerente ou com canal duplo em Banda Larga.

Após o entusiasmo inicial, o uso deste padrão não teve o impacto esperado. O seu desenvolvimento continua, principalmente nas camadas de software específico para automação de fábricas, mas boa parte do seu mercado foi tomado por instalações Ethernet ou Token Ring.

### 4.8.2. Appletalk

Cada computador Macintosh vem com duas portas seriais RS 422 com capacidade para operar em ligações multiponto e até 230 Kbps com código Manchester. O software de rede Appletalk faz parte do sistema operacional da máquina, o que torna necessário ao usuário apenas fazer a fiação em barramento de até 32 máquinas. Este aspecto de rede "de graça" faz com que o Appletalk normalmente não apareça em análises de mercado apesar do número de instalações ser muito grande.

O software Appletalk implementa o algorítmo CSMA/CA ( Carrier Sense, Multiple Access, Collision Avoidance ) que procura evitar colisões. Como é usado um barramento de par trançado, fica muito difícil detectar a ocorrência de colisões - quando elas ocorrem a transmissão continua normalmente já que a estação não fica sabendo que o pacote já foi estragado. A técnica CSMA faz com que a maior parte das colisões aconteçam logo após o fim de um pacote longo. O CSMA faz com que as estações esperem um tempo aleatório depois do fim de um pacote antes de tentar transmitir. Assim, boa parte das colisões são evitadas com o custo de sempre haver um tempo perdido entre pacotes.

### 4.8.3. Arcnet

O Arcnet foi a primeira rede popular com passagem de ficha. Elétricamente as estações são ligadas em barramento; fisicamente a topologia é em estrela ou árvore. Mesmo limitada a uma taxa de 2,5 Mbps, o Arcnet tem um protocolo eficiente que garante um bom desempenho.

Cada estação recebe um endereço de oito bits. Quanto ocorre qualquer problema, as estações transmitem um sinal de "limpeza" do barramento ( parecido com o "jam" do Ethernet ) por um tempo determinado e quando volta o silêncio à rede, esperam um intervalo de tempo proporcional ao seu endereço e transmite uma identificação. Cada estação fica sabendo quais outras fazem parte da rede e pode ser reinicializada a passagem da ficha.

Os bits são representados por um par de pulsos de polaridade opostas. Recentemente foi criada o Arcnet Plus que usa quatro níveis de tensão para elevar a taxa para 20 Mbps. Na reconfiguração do "anel lógico" as estações Arcnet Plus notam quais outras usam o padrão mais antigo e usam o modo mais lento ao transmitir pacotes para elas.

### 4.8.4. FDDI

Acreditando que as aplicações futuras logo precisariam de redes com desempenho bem maior que o das estudadas até aqui, a ANSI criou o grupo de trabalho X3T9.5 para definir um padrão mais avançado. O resultado é a FDDI ( Fiber Distributed Data Interface ), que é uma rede em anel com passagem de ficha baseada na tecnologia de fibras óticas para operar à taxa de 100 Mbps.

Foram definidos dois tipos de estação: as com duas conexões ( cada uma com um transmissor e receptor ) que podem ser diretamente ligadas entre si formando uma duplo anel, e as com uma única conexão que são ligadas a um hub como no Token Ring. Os dois tipos de estações podem ser combinados em uma mesma rede. O segundo anel que aparece em redes com o primeiro tipo de estação normalmente não é usado, mas em caso de falha em uma ligação ou estação ele é combinado com o segmento intacto do anel principal para formar um novo anel que "dá a volta" no defeito. Uma segunda falha acaba particionando a rede em duas redes separadas.

A codificação dos dados é feita por um esquema de codificação de grupo, mais eficiente que o Manchester mas com uma complexidade um pouco maior no receptor. O número de transições no sinal é apenas 25% maior do que a taxa de transmissão de dados, e não o dobro como no Machester.

A FDDI não tem prioridades, mas divide as mensagens em dois tipos: as síncronas e as assícronas. Ao receber a ficha uma estação dispara um contador para marcar um intervalo de tempo e transmite as mensagens síncronas ( que seriam usadas para vídeo, voz e outros dados urgentes ). Se sobrar tempo depois de enviadas estas, podem ser transmitidas as mensagens assíncronas ( que são as "normais" de aplicações de rede ).

O padrão FDDI II foi proposto como uma extensão deste esquema. A capacidade de transmissão síncrona é dividida em canais que podem ser reservados pelas aplicações para garantir taxas de transmissão e tempos de entraga de dados.

# Exercícios

1. Como o problema de interferências é resolvido pelos pares trançados, pelos cabos coaxiais e pelas fibras óticas?

2. Por que as fibras óticas são consideradas melhores do que os fios de cobre para redes que operam em ambientes industriais ( onde existem máquinas elétricas de grande potência )?

3. Ligações multiponto são muito difíceis de se implementar com fibras óticas. Em função disto, qual é a topologia de rede que **praticamente nunca** usa este meio físico?

4. Por que a rede Ethernet é, muitas vezes, considerada inadequada para ambientes industriais?

5. Explique a diferença do formato da "ficha" ( token ) nas redes Token Bus e Token Ring.

Token Bus ( IEEE 802.4 ) = | SD | FC | DA | SA | FCS | ED |
Token Ring ( IEEE 802.5 ) = | SD | AC | ED |

onde SD = delimitador de inicio, FC = controle de quadro, DA = endereço de destino, SA = endereço de origem, FCS = seqüência de checagem de quadro, ED = delimitador de fim e AC = controle de acesso

6. Na rede Ethernet os equipamentos envolvidos podem ser ligados e desligados sem interferir no funcionamento da rede. Como isto pode ser conseguido em uma rede Token Ring? E em uma rede Token Bus?

7. Como é possível, em uma rede IEEE 802, transmitir uma mensagem tipo "estação 9 entrando no ar..." para todas as outras máquinas sem o envio de repetidos pacotes?

8. Para que servem as prioridades no Token Ring?

9. Por que o código Manchester diferencial é mais adequado em redes com par trançado ( como o Token Ring ) se o Manchester normal servia perfeitamente para cabos coaxiais ( Ethernet ) ?

10. Para que serve a paridade na transmissão de dados?

11. Por que é necessário colocar uma "terminação" de 50 Ohms em cada ponta de um cabo Ethernet?

12. Por que o par trançado está cada vez mais popular se tem características elétricas muito inferiores às do cabo coaxial?

13. Compare o Ethernet original, de cabo grosso ( 10 Base 5 ), com o Cheapernet, de cabo fino ( 10 Base 2 ).

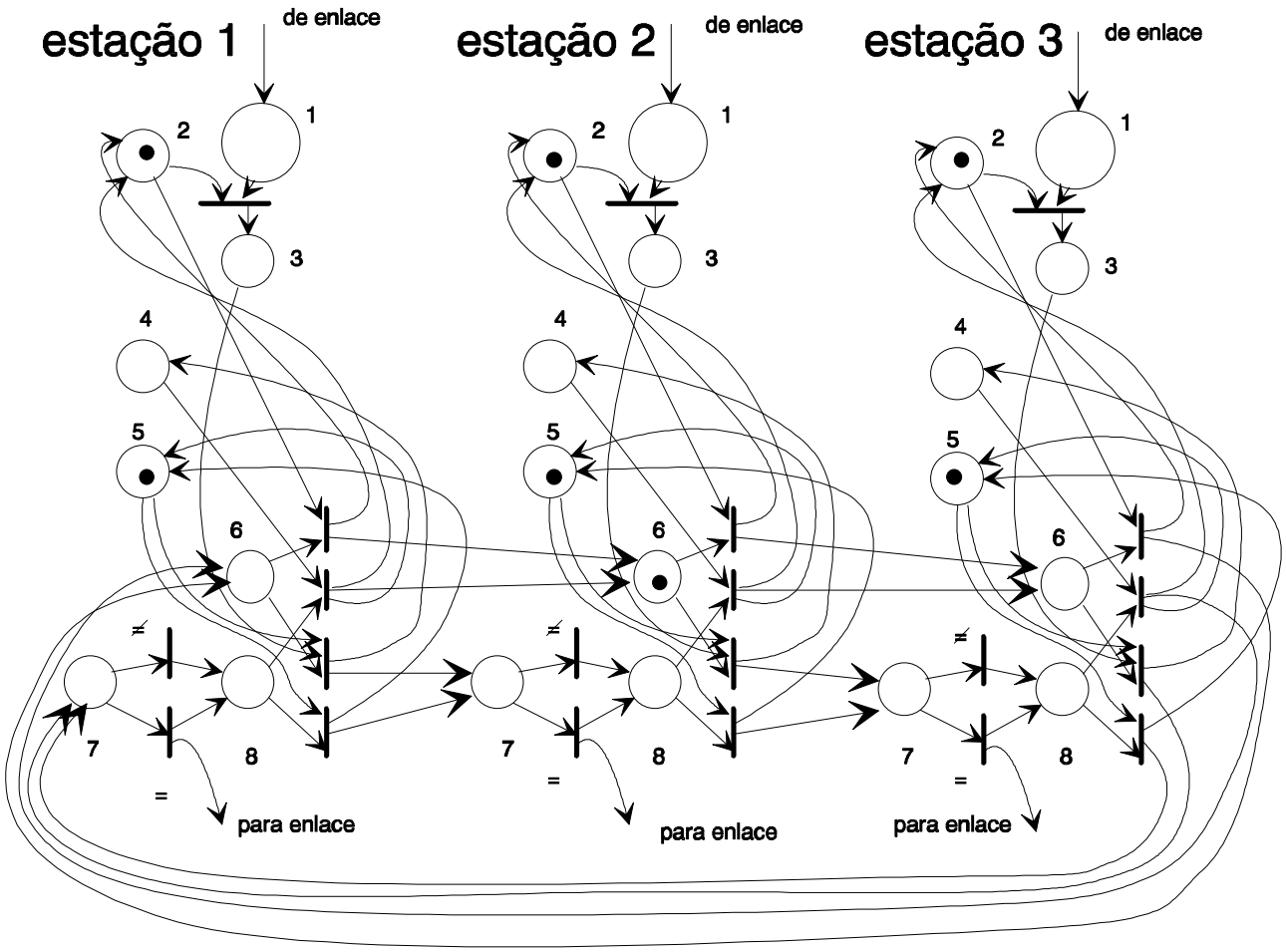
14. Que vantagens a fibra ótica tem em relação aos fios de cobre?

15. CSMA/CD ( ex.: Ethernet ) significa que as colisões são detetadas e CSMA/CA ( ex.: Appletalk ) significa que elas são evitadas. Qual é a vantagem de detetar ao invés de evitar?

16. Qual é a vantagem das interfaces seriais em relação às paralelas?

17. Por que os códigos usados no nível físico das redes locais evitam que a tensão média no meio varie com o conteúdo do que é transmitido ( geralmente esse nível médio é zero ) ?

18. Por que uma estação Ethernet espera tempos exponencialmente maiores ao detetar colisões seguidas na tentativa de enviar uma mesma mensagem?

19. Quando corrente é transmitida por um fio, ela volta por outro fio. O espaço entre estes dois fios forma um "laço" que irradia energia eletromagnética e causa interderências. Como este laço é evitado no par trançado? E no cabo coaxial?

20. A Rede de Petri reproduzida abaixo é um diagrama extremamente simplificado de qual rede padrão IEEE? Imagine que neste instante o nível de enlace da máquina 1 gere uma mensagem para a máquina 3 ( isto é: acrescente uma bolinha ao processo 1.1 ) - descreva o que ocorre até chegar novamente ao estado da figura.