



Redes Industriais

Aula 02 - Introdução às redes industriais - Parte
2



Material Didático do Instituto Metrópole Digital - IMD
Versão 5.0 - Todos os Direitos reservados

Apresentação

Nesta aula, conheceremos mais sobre a comunicação de dados, mostrando seus meios de transmissão, os aspectos que atrapalham uma boa comunicação e apresentando as principais técnicas de modulação para transmissão dos dados.

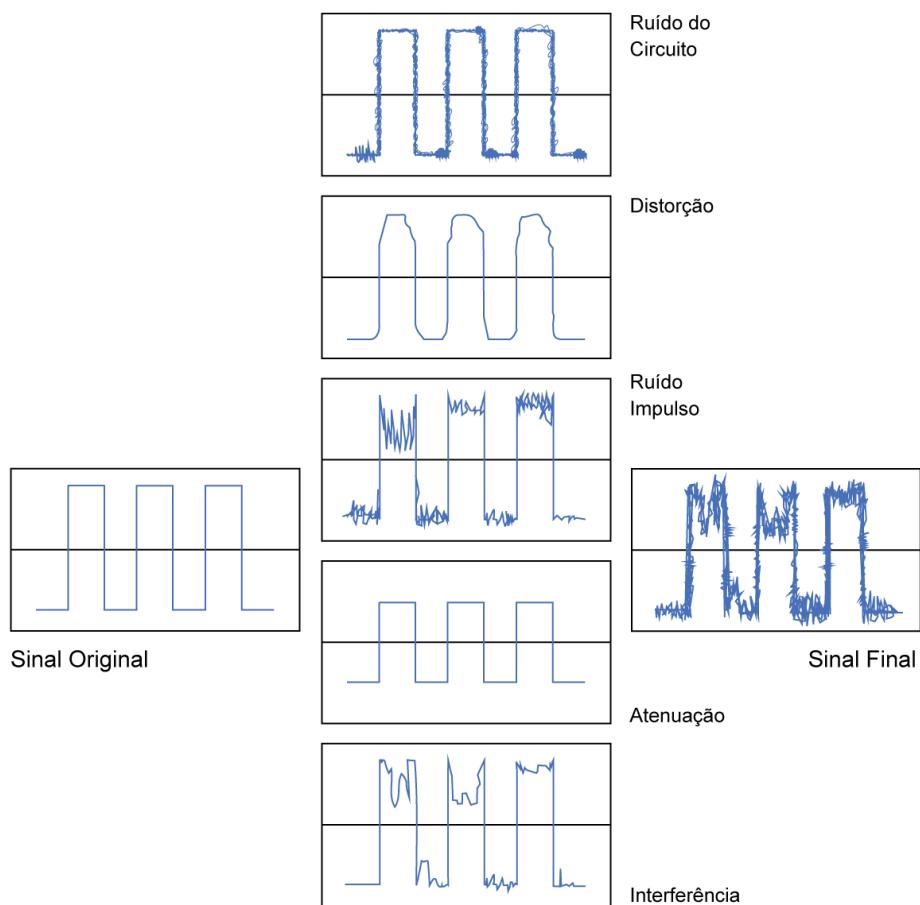
Objetivos

- Distinguir os elementos que atrapalham uma boa comunicação de dados.
- Descrever alguns meios físicos para transmissão dos dados.
- Estabelecer os conceitos de técnica de modulação para transmissão de dados

Meios de transmissão

Os meios de transmissão consistem em qualquer meio físico capazes de transportar informações eletromagnéticas. Eles oferecem um caminho ao fluxo de dados entre dois pontos. Normalmente, é utilizado o termo linha para designar o meio de transmissão físico usado entre esses pontos. Essa linha pode ser de um par de fios, um cabo coaxial, fibras óticas, comunicação por rádio frequência ou, até mesmo, por satélites. A forma como esses dados trafegam são afetados por diversos fatores tanto construtivos do meio físico como também os naturais no qual eles são inseridos. Entre esses destacamos os ruídos, a atenuação, a impedância característica, a reflexão de sinais e a banda passante. Eles causam uma distorção no sinal enviado como podemos ver na Figura 1.

Figura 01 - Interferências no sinal de comunicação.



Fonte: <http://www.smar.com/images/index147_fig05.jpg>. Acesso em: 26 fev. 2015.

Ruído

O ruído é toda interferência proveniente da EMI (Interferência eletromagnética) e ocorre, em sua maioria, em meios de transmissão a base de condutores metálicos. A interferência eletromagnética (EMI) é causada por campos eletromagnéticos gerados por tensões e correntes de equipamentos eletroeletrônicos como, por exemplo, lâmpadas fluorescentes, aquecedores, rádios, dispositivos eletrônicos, radares, motores, máquinas de solda, inversores de frequência, fontes chaveadas etc.

Para transmitir os dados são utilizados diversos tipos de meios de transmissão. Eles devem procurar proteger os dados que por eles trafegam. Os meios baseados em condutores metálicos, principalmente em um ambiente industrial, são submetidos à indução de tensões que podem levar a perda da informação transmitida. Os campos eletromagnéticos em torno de um meio de transmissão são a fonte de geração dessas tensões não desejadas. Quando a indução ocorre entre condutores de um mesmo cabo, ou em cabos próximos, chamamos este fenômeno de diafonia ou crosstalk. Antes, esse fenômeno era comum em ligações telefônicas quando ouvíamos outras conversas.

Atenuação

A atenuação é a perda de potência do sinal ao longo do meio de transmissão, sendo um dos seus principais fatores a limitação do comprimento do meio de transmissão. Todo sinal perde potência ao trafegar por um meio de transmissão. Essa potência perdida pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$\text{Atenuação} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$$

Em que, P_1 é a potência transmitida e P_2 é a potência recebida. A unidade de medida de atenuação e ganho é o **decibel (dB)**. É importante não confundir essa unidade com a usada para medir potências absolutas, que é o decibal miliwatt (dBm), já que essa unidade é utilizada como resultado do cálculo da potência de transmissão ou recepção (em Watts) em decibel comparada à potência de referência de 1mW (um miliwatt). É dada pela seguinte equação:

$$P_{dBm} = 10 \times \log_{10} (P_{mW})$$

As conversões das potências de transmissão e recepção e dos ganhos e perdas para decibel se devem ao fato que utilizar logaritmos é matematicamente mais fácil de trabalhar, já que os ganhos (multiplicações) e perdas (divisões) se tornam somas e subtrações respectivamente. Uma atenuação severa deve ser evitada para que o receptor não receba mais ruído do que o sinal transmitido.

Exemplo

Um exemplo de uso da formula a cima seria se em uma comunicação fosse enviado pelo transmissor um sinal de 15 mW e recebido no receptor no valor de 10 mW, qual seria o valor da atenuação desse sinal?

$$\text{Atenuação} = 10 \log_{10} \frac{15}{10} = 1.8dB$$

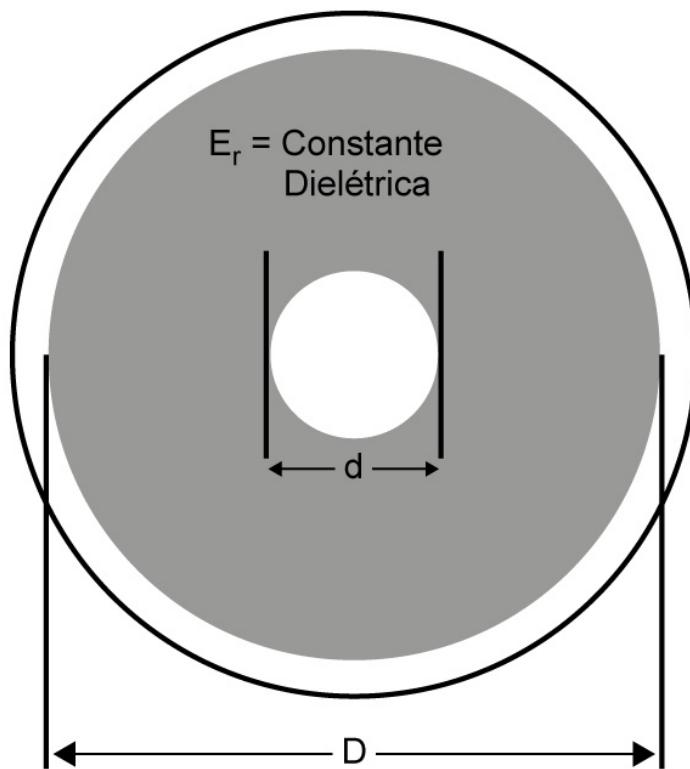
Atividade 01

1. Faça uma pesquisa sobre os meios de transmissão que sofrem atenuação e identifique qual a melhor forma de evitá-la.

Impedância característica

A impedância característica é uma propriedade exclusiva de cada linha de transmissão, função de sua geometria. Uma linha de dois condutores pode ser modelada pela resistência de seus condutores, a indutância própria, a capacitância dos condutores separados por um isolante e a condutância da isolação entre os condutores. Em geral, os meios de comunicação trabalham em altas frequências, portanto podemos considerar que a resistência pode ser desconsiderada por ser muito pequena frente à indutância e capacitância. Dessa forma, podemos afirmar que a impedância da linha depende da sua geometria, isto é, espaçamento e diâmetro dos condutores e tipo de material isolante utilizado, pois esses parâmetros são que definem a sua indutância e capacitância independentemente do seu comprimento.

Figura 02 - Corte transversal no cabo coaxial.



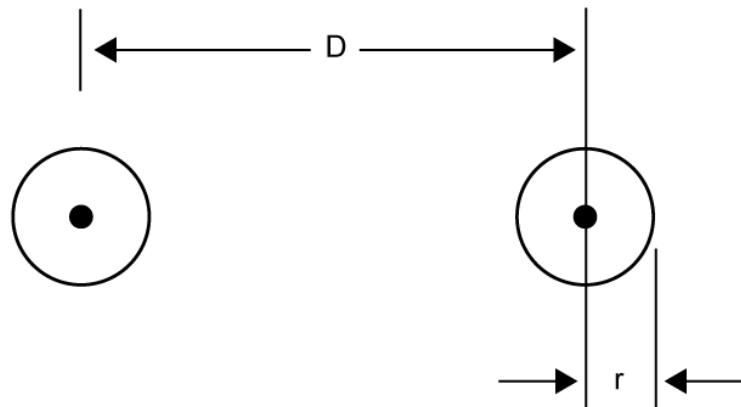
Em um cabo coaxial a impedância depende do diâmetro do condutor interno e externo e da constante dielétrica do material usado como isolante e pode ser calculado com a seguinte fórmula:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{E_r}} \log\left(\frac{D}{d}\right)$$

Onde,

- Z_0 é a impedância característica;
- E_r é a constante dielétrica do material;
- D é o diâmetro da seção do cabo;
- d é o diâmetro da seção do condutor.

Figura 03 - Corte transversal em cabos em paralelo.



Em um cabo paralelo separado pelo ar a impedância depende do espaçamento entre os condutores e o raio de sua isolação. Podemos calcular sua impedância usando a seguinte fórmula:

$$Z_0 = 275,9 \log\left(\frac{D}{r}\right)$$

onde,

- Z_0 é a impedância característica;
- D é a distância entre os cabos;
- r é o raio da seção do condutor.

Exemplo 1:

Se por exemplo tivéssemos um cabo coaxial de constante dielétrica igual a 0,5, diâmetro externo do cabo igual a 10mm e diâmetro do condutor de 5 mm, qual a sua impedância característica?!

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{0.5}} \times \log\left(\frac{10}{5}\right) = 58,7\Omega$$

Esse seria o valor da impedância desse tipo de cabo, ao longo de todo o percurso para a propagação da informação.

Exemplo 2:

Para calcular a impedância de um cabo espaçado no ar, podemos exemplificar como um sistema de calha onde estão alocados cabos em paralelo, os cabos estão separados por uma distância de 2 m e cada possui uma seção de 10 cm de diâmetro, qual a impedância característica desse cabo?

$$Z_0 = 275,9 \log\left(\frac{\frac{2m}{0,1m}}{2}\right) = 442,01\Omega$$

Percebam que esse valor encontrado é bem alto, pois é reflete a interferência de um cabo em outro.

Reflexão de sinais

Dado um sistema elétrico composto por fonte de sinal + cabo + carga, caso as impedâncias entre os elementos não estejam corretamente casadas (mesma impedância), ocorre um retorno de parte do sinal emitido pela fonte de volta para a própria fonte, após ter atingido a carga. Esse fenômeno chamamos de reflexão de sinais.

A importância do conhecimento da impedância característica é para evitar o aparecimento de reflexões no sinal transmitido. A melhor eficiência em um sistema de transmissão ocorre quando a impedância de saída da fonte, a impedância da linha e a impedância da carga são iguais não provocando reflexões.

Se a linha de transmissão é muito menor (cerca de dez vezes) do que o comprimento de onda do sinal transmitido, não teremos reflexões, pois a linha de transmissão se torna irrelevante em relação ao comprimento de onda.

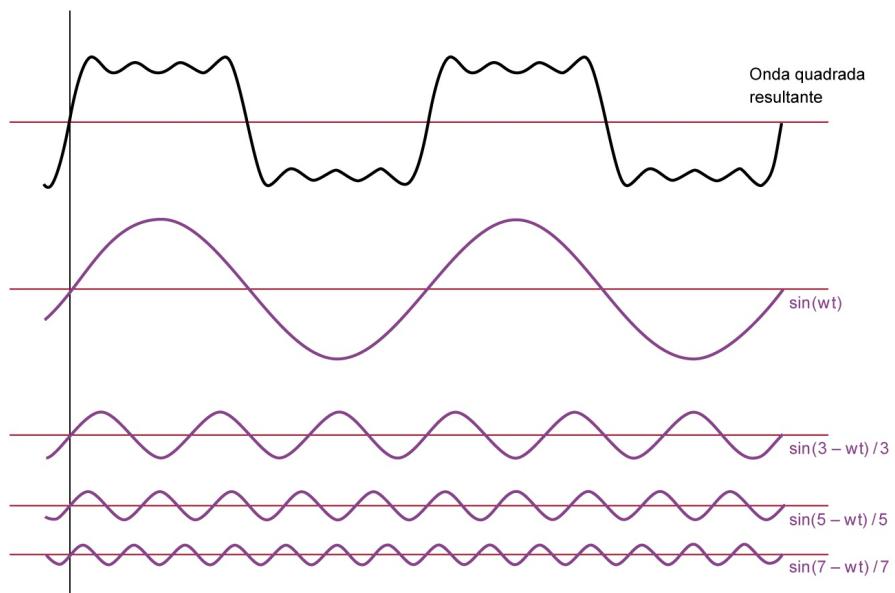
Alterações na geometria do cabo (tais como emendas, conexões mal feitas, conectores inadequados, dobras acentuadas etc.) alteram localmente a sua impedância e provocam consequentemente reflexões adicionais no sinal. Dessa forma, é importante que sejam utilizados cabos sem emendas e conectores com

impedância característica igual à do próprio cabo. Em uma rede temos vários consumidores do sinal em uma mesma linha, mas como as interfaces tem alta impedância é necessário o uso de terminadores na linha para evitar as reflexões.

Banda Passante

A banda passante é usada para especificar a quantidade de dados que podem trafegar em um canal de comunicação. Para o meio físico ela determina a faixa de frequência em que o meio é capaz de preservar o sinal transmitido. Todo meio de transmissão tem uma banda passante, que especifica os componentes de frequência de sinais senoidais que serão transmitidos com atenuação aceitável. Esse conceito é aplicado mesmo em ondas quadradas, considerando que uma onda quadrada pode ser decomposta em um somatório de sinais senoidais. O matemático Fourier mostrou que qualquer sinal periódico pode ser construído por uma série infinita de senoides com múltiplas frequências. Há uma frequência fundamental (período do sinal) e outras frequências múltiplas conhecidas como harmônicas.

Figura 04 - Decomposição de uma onda quadrada em componentes harmônicas.



Fonte: <<http://www.embarcados.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Onda-Quadrada-Fourier-1.gif>>. Acesso em: 26 fev. 2015.

Na Figura 4, podemos observar que a cada harmônico adicionado o sinal vai se aproximando da forma quadrada original e que as componentes com a frequência mais alta dão a forma final da onda quadrada.

Atividade 02

1. Faça uma pesquisa sobre matemático Fourier e liste, pelo menos, 5 contribuições dele para engenharia. Não se esqueça de colocar, ao final da resposta, suas fontes de pesquisa. Sua resposta não pode ser elaborada em tópicos.

Meios Físicos para Transmissão de Dados

A seleção de cabos para a instalação de uma rede é uma parte muito importante para o seu bom funcionamento. Os protocolos que estudaremos nas aulas adiante especificam quais cabos devem ser utilizados e em que situação. Devido a essa grande variedade a instalação torna-se uma tarefa bastante complexa. A seguir mostraremos os meios de transmissão mais comumente utilizados:

- Cabo coaxial;
- Cabo de par trançado;
- Fibra ótica;
- Transmissão sem fio.

Cabo coaxial

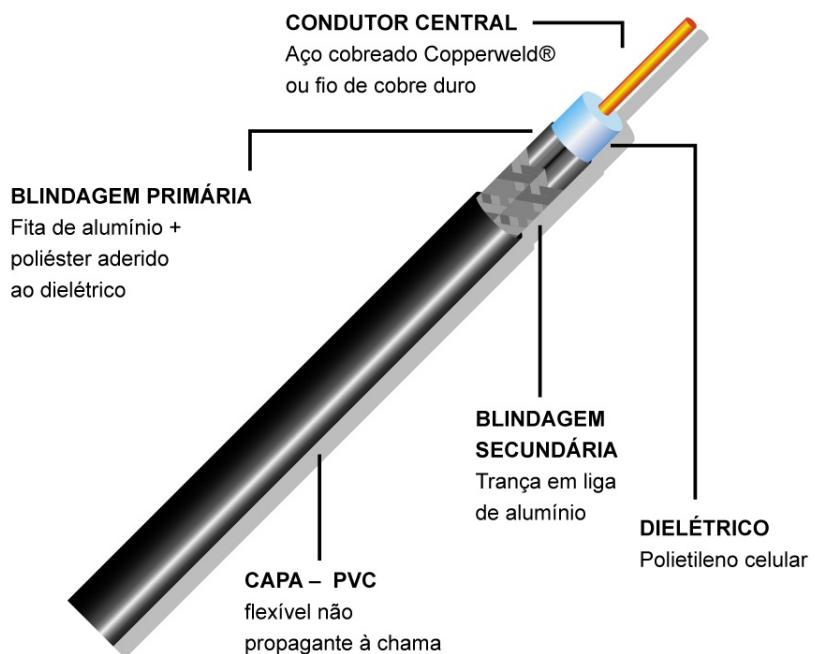
O cabo coaxial é usado por alguns tipos de redes industriais, principalmente nos níveis de controle e supervisão. Esse cabo tem uma vasta aplicação em outros tipos de comunicação de dados, como sinais de TV, rádio, áudio etc.

O condutor externo age como uma blindagem confinando o campo eletromagnético gerado pelo condutor interno dentro do cabo. O condutor externo também age como uma barreira impedindo que um ruído externo atinja o condutor

interno. A blindagem não é perfeita, ou pela incapacidade de uma malha ter uma cobertura de 100%, ou pela espessura insuficiente das camadas metálicas utilizadas.

Os cabos coaxiais são classificados em relação ao tipo de sinal que trafega por meio dele em **banda base** e **banda larga**. No cabo banda base, temos um sinal digital ou um sinal digital modulado em uma única portadora. No cabo banda larga, podem trafegar vários sinais em múltiplas portadoras, por exemplo: as dezenas de canais de uma TV a cabo. Os cabos coaxiais têm impedância característica de 75 ohms (vídeo) ou 50 ohms (Ethernet). A blindagem do cabo deve ser aterrada em ambas as extremidades a fim de manter a mesma impedância. Além disso, devem ser usados terminadores do mesmo valor da impedância característica do cabo. Na Figura 5, você poderá ter uma compreensão melhor desse tipo de cabo.

Figura 05 - Partes do cabo coaxial.



Cabo Par Trançado - 10 baseT

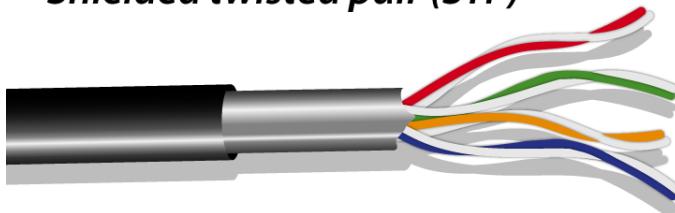
O cabo de par trançado é utilizado como meio físico pela maioria das redes industriais e corporativas pela sua facilidade de instalação e relação custo-benefício. O entrançamento dos condutores reduz o acoplamento magnético entre pares de um mesmo cabo e os campos eletromagnéticos de um par tendem a se cancelar devido aos seus valores opostos. Quanto maior o número de voltas por unidade de

comprimento, melhor o cancelamento, reduzindo a possibilidade de diafonia. No entanto, aumenta a atenuação, o atraso na propagação e o custo do cabo. Os cabos de categoria 5 têm entre uma e três voltas por polegada.

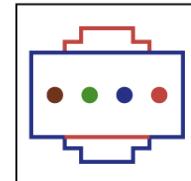
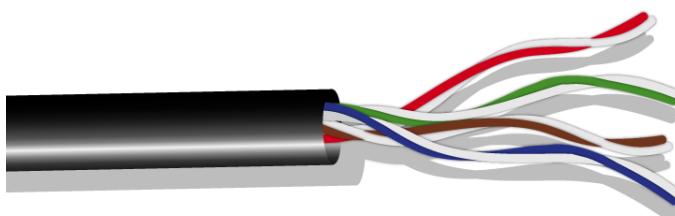
Nos protocolos que usam o cabo par trançado como meio físico os transmissores e receptores devem usar transmissão de dados balanceadas, para isso são usados dois fios para cada transmissão, usando a diferença de tensão entre eles para codificar a informação. O entrançamento tende a fazer com que o ruído induza tensões iguais em ambos os condutores. Assim, como o receptor irá calcular a diferença entre eles, o ruído tende a ser cancelado.

Figura 06 - Tipos de cabo par trançado.

Shielded twisted pair (STP)



Unshielded twisted pair (UTP)



Fonte: <<http://3.bp.blogspot.com/-YPjbewLH2uY/UF1gBunLyGI/AAAAAAAAdk/j9mSX6xaRNM/s1600/STP%20UTP.jpg>>.

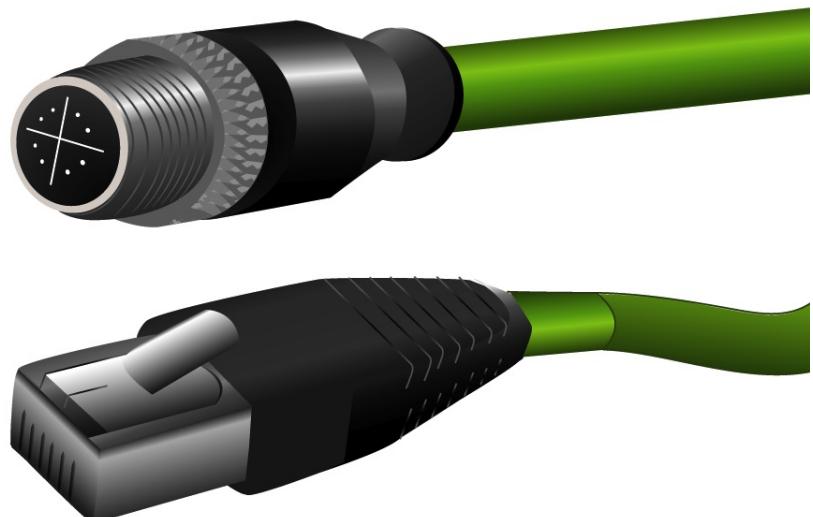
Acesso em:
28 abr. 2015.

Como você pode perceber na Figura 6, os cabos par trançados são divididos em não revestidos UTP (Unshield Twisted Pair) e revestidos STP (Shield Twisted Pair), que em geral são mais caros e menos flexíveis que o UTP, porém podem chegar a 500 Mbps. Essa padronização dos cabos par traçados é feita pela EIA (Electrical Industrial Association). As categorias definem principalmente a banda passante do cabo.

- Categoria 3: 16 MHz;
- Categoria 4: 20 MHz;
- Categoria 5: 100 MHz;
- Categoria 5e: 100 MHz;
- Categoria 6: 250MHz.

Quanto maior a banda passante, maior a susceptibilidade a ruídos. Esse tipo de banda usa conectores RJ-45 selados ou não, ou M-12 em ambientes industriais. Tem desempenho inferior aos cabos coaxiais, mas possibilitou o uso do cabeamento de voz existente nos prédios e facilitou a implantação da topologia em estrela.

Figura 07 - Conectores RJ-45 e M-12.



Fonte: <[http://www.metz-connect.com/
en/system/files/styles/large/private/productfiles/productimage_142M2X15010.png?
itok=enAun2Kf](http://www.metz-connect.com/en/system/files/styles/large/private/productfiles/productimage_142M2X15010.png?itok=enAun2Kf)>. Acesso em: 26 fev. 2015.

Cabo de Fibra Ótica

Quando temos que interligar dispositivos a grandes distâncias ou estamos em ambientes altamente ruidosos, ou ainda com grandes quantidades de dados a serem transmitidos, a solução para o meio físico recai sobre a fibra ótica. Nesse sentido, são encontradas fibras óticas de vários tipos, com variação no seu material construtivo, comprimento máximo (atenuação) e custo de aquisição e instalação.

Dentre as principais características das fibras óticas estão:

- Utiliza pulsos de luz para transmitir a informação;
- Proporciona isolamento elétrico entre os dispositivos;
- Imune a interferência eletromagnética;
- Transmissão em alta velocidade - 10 Mbps a 1 Gps;
- A atenuação exige uso de repetidores acima de determinadas distâncias;
- Instalação e manutenção com custo mais elevado;
- Comunicação bidirecional exige duas fibras.

Elas são divididas em multimodo (LED) até 50 micra mais utilizadas em redes curtas e monomodo (laser): 8 a 10 micra mais utilizadas em redes de longa distância.

As fibras óticas **monomodo** são feitas de vidro e possuem reduzido diâmetro, menores índices de atenuação, mas com os maiores custos de aquisição e requerendo equipamentos especiais para instalação. Elas são usadas na comunicação de dados a longa distância.

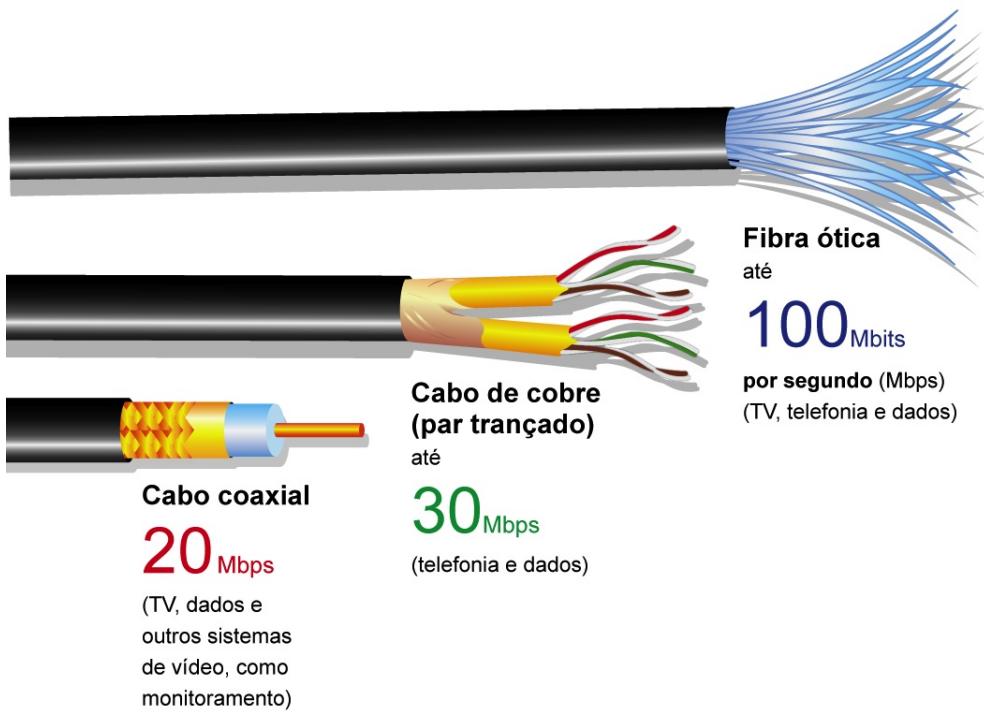
As fibras óticas multimodo são feitas de vidro e possuem um maior diâmetro, mas com atenuação superior a monomodo, podendo alcançar 3300 metros sem repetição. Elas são usadas em redes locais de computadores e alguns tipos de redes industriais.

As fibras óticas **HCS** são poliméricas com núcleo de vidro. Quando possuem atenuação superior, só permitem alcançar distâncias de 370 metros, mas dispensam equipamentos complexos para a sua conectorização. Devido ao menor custo, esse tipo de fibra é usado com frequência em redes industriais.

As fibras óticas **poliméricas** são as mais baratas e as mais utilizadas, mas tem acentuada atenuação podendo alcançar, no máximo, 70 metros.

Como fontes de luz, são usados LED e laser. Os comprimentos de onda são 850, 1300 e 1550 nm, sendo as fontes de luz em 850 nm mais acessíveis, embora tenham maior atenuação (3,5 db/km em 850 nm e 1,5 db/km em 1300 nm).

Figura 08 - Comparativo entre diferentes tipos cabos para transmissão em relação à banda passante.



Fonte: <<http://www.oficinadanet.com.br/imagens/post/2649/comparacao-cabos-transmissao.jpg>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

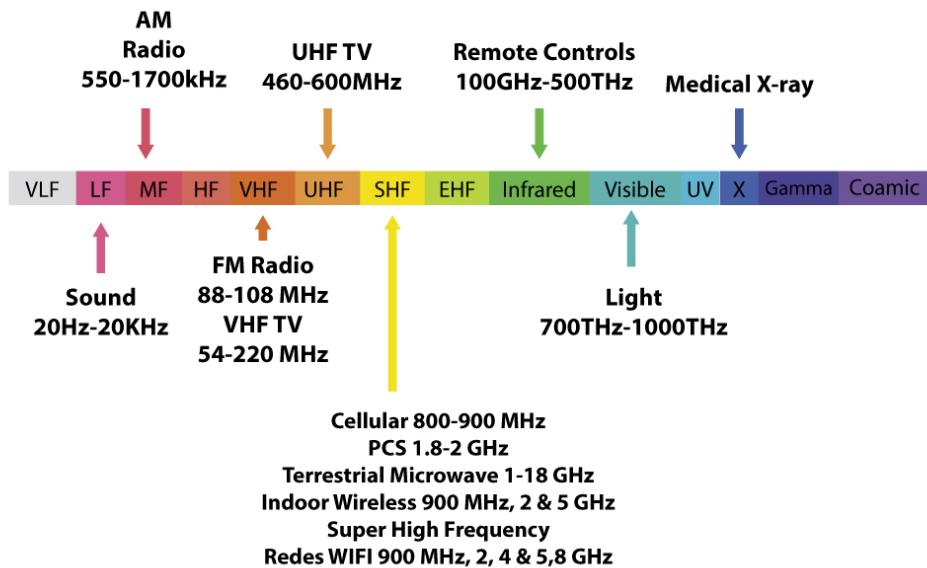
Transmissão sem fio

Os sistemas sem fio diferem de sistemas cabeados pelo uso da atmosfera como condutor. Em anos recentes, o preço da tecnologia sem fio tem caído consideravelmente e tem se tornado uma opção acessível.

Devido ao grande uso de rádios para inúmeras aplicações, o espectro eletromagnético é dividido em faixas e a sua utilização depende de autorização do órgão regulamentador no Brasil, a ANATEL. Empresas com instalações dispersas como a COSERN, PETROBRAS e CAERN fazem uso de sistemas de rádio de baixa potência (1 W), com alcances limitados, em pequenas faixas do espectro (900 MHz), para transferência de dados entre estações automatizadas.

Figura 09 - Divisão do espectro de frequências.

Spectro de Frequências



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm>. Acesso em: 28 abr. 2015.

Atualmente, as Micro-ondas são uma das tecnologias de transmissão de dados a longa distância mais popular. O uso de altas frequências na faixa dos GHz (gigahertz) disponibiliza maior largura de banda do que as rádios VHF e UHF. O custo desses sistemas é relativamente alto e necessita de técnicas avançadas para instalá-los. A atenuação de sistemas de micro-ondas é altamente dependente das condições atmosféricas; por exemplo, chuva e nevoeiro podem reduzir a distância máxima possível. Quanto maior a frequência, mais sensíveis são os sistemas. Esses são vulneráveis e necessitam de técnicas de encriptação para obter maior segurança.

A propagação de sinais é melhor efetuada com sinais senoidais, por isso os sinais digitais são modulados, usando técnicas específicas, em equipamentos chamados de **modem** (modulador e demodulador). Os rádios atuais permitem a configuração e o diagnóstico local e remoto por meio de softwares dedicados.

As antenas usadas para enviar e captar os sinais podem ser de vários tipos dependendo da frequência utilizada e do modo de transmissão dos sinais. As mais utilizadas são:

- Omnidirecional - projetada para transmitir dados em todas as direções, exceto para cima e para baixo.
- Unidirecional - projetada para concentrar a irradiação em uma única direção. A yagi, por exemplo, é uma das antenas muito usada na faixa de frequência de VHF e UHF. Ela é composta de elementos com tamanhos proporcionais ao comprimento de onda irradiado ou captado.

O ganho de uma antena é medido em dbi (decibel isótropo). Ele relaciona a potência do sinal irradiado com a potência de uma antena isotrópica, que irradia o sinal igualmente em todas as direções.

Técnicas de Modulação (Codificação)

Essas técnicas são empregadas para modificar um sinal para o seu envio por meio de um canal de comunicação e posterior recuperação da sua forma original fazendo o uso de equipamentos de modulação e demodulação (modem). Existem diversas técnicas de modulação de dados, mas elas se dividem basicamente em digital e analógica.

Na modulação digital o sinal é transmitido em ondas quadradas, por variações bruscas de tensão. O sinal está sujeito às atenuações e distorções intrínsecas dos meios de transmissão de cobre, limitando o alcance da transmissão de dados. Esse tipo de modulação não é adequado para as transmissões sem fio tendo em vista que a linha de transmissão do ar só permite transmissão em frequência. O sinal dessa modulação pode ser repetido para aumentar a distância de transmissão, mas pode causar atrasos no sinal. Uma de suas principais vantagens é a de possuir circuitos econômicos, pois há uma grande variedade de componentes eletrônicos para sistemas discretos no tempo.

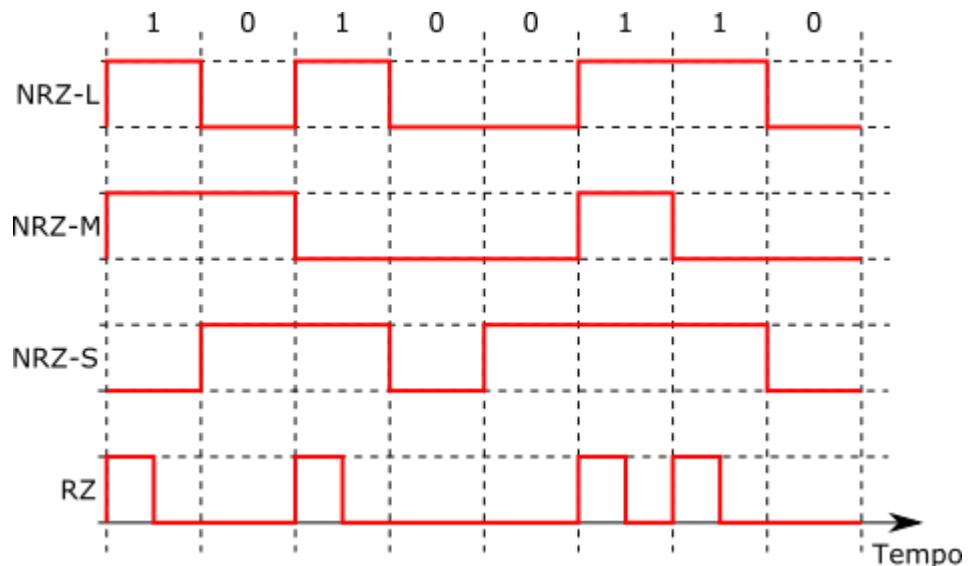
Na modulação analógica são usados sinais senoidais com determinada frequência e amplitude, chamados de portadoras. O sinal senoidal consegue alcançar maiores distâncias e pode ser amplificado em tempo real. Essa modulação tem um custo maior, devido ao uso de técnicas e circuitos complexos para codificar os dados digitais.

Técnicas de Modulação Digital

A modulação digital de dados é a colocação de dados digitais, em dados que originalmente podem ser analógicos ou digitais. O que na verdade acontece nessa modulação é a inserção de um componente harmônico (ou subarmônico) que é inserido dentro do dado como foi visto na figura 4. Essa modulação pode ser unipolar ou bipolar. No caso do unipolar, o bit 1 pode ser codificado com um nível tensão (usualmente positiva) enquanto o bit 0 é codificado com o nível zero de tensão (0 V), por exemplo. No caso do bipolar, o bit 1 assume o nível positivo de tensão (por exemplo) e o bit 0 assume outro nível de tensão (usualmente negativo). A seguir apresentaremos algumas dessas técnicas de modulação:

- Modulação NRZ-L (NRZ é Não Retorno ao Zero em tradução literal e L é referente à Nível) é a codificação mais simples, podendo ser unipolar ou bipolar, possui componente DC (dependendo da sequência de bits o valor médio de tensão se afasta do zero) e não tem capacidade de sincronização, isto é, longas sequências de "1" ou "0" trarão problemas de sincronismo entre transmissor e receptor (falta de referência ao clock, ou seja, falta de referência ao relógio de ambos, transmissor e receptor). O uso eficiente da banda passante é interessante, pois no pior caso, a frequência do sinal será igual à quantidade de bits transmitidos por segundo.
- A modulação NRZ-M (NRZ-Mark) produz uma transição de nível sempre que surge um bit 1.
- A modulação NRZ-S (NRZ-Space) produz uma transição de nível sempre que surge um bit 0.
- A modulação RZ (Return-zero ou retorno ao zero) difere das anteriores pelo fato do nível de tensão retornar sempre ao nível zero após uma transição provocada pelos dados a transmitir (retorna sempre ao nível zero no meio do tempo de transmissão de cada bit).

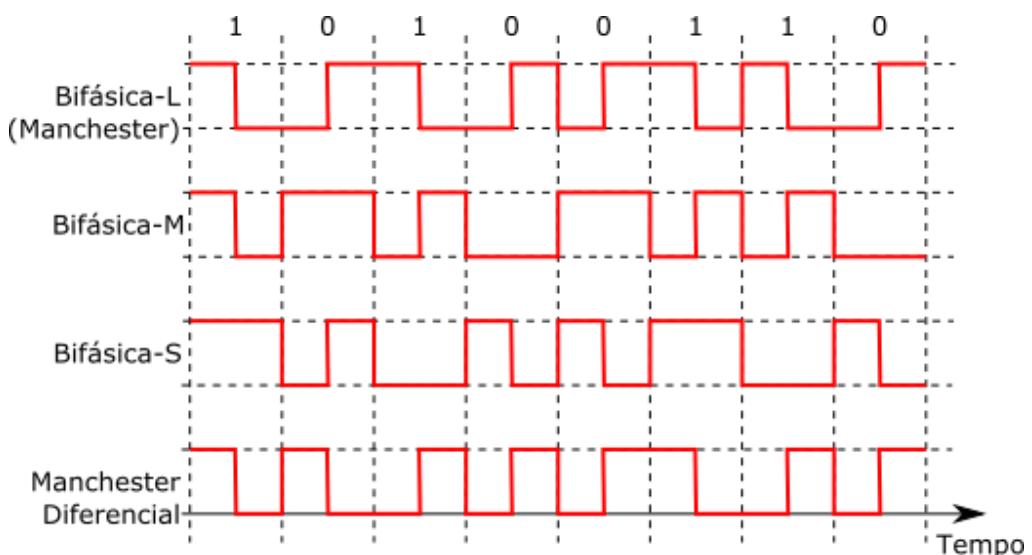
Figura 10 - Técnicas de codificação digital unipolar.



Fonte: <<http://www.dei.isep.ipp.pt/~andre/documentos/transmissao-dados.html>>. Acesso em:
28 abr. 2015.

A técnica de modulação Manchester possui capacidade de sincronismo, mas não possui componente DC, é bastante usada, inclusive na rede ethernet a 10Mbps, mas precisa de duas transições no sinal para transmitir um único bit. Nessa técnica, efetua-se uma operação, “ou exclusivo”, entre os dados e o sinal de clock. Dessa forma, sempre há uma transição negativa (bit “1”) ou uma transição positiva (bit “0”) no centro de cada bit do sinal codificado.

Figura 11 - Técnicas de codificação digital unipolar.



Fonte: <<http://www.dei.isep.ipp.pt/~andre/documentos/transmissao-dados.html>>. Acesso em:
28 abr. 2015.

A técnica de modulação Manchester Diferencial é utilizada em meios de transmissão que utilizam sinais diferenciais como par trançado, obtendo maior imunidade ao ruído. Nessa técnica, uma transição no início do bit representa um bit “0” e uma ausência de transição representa um bit “1”, mas sempre há uma transição no centro de cada bit do sinal codificado.

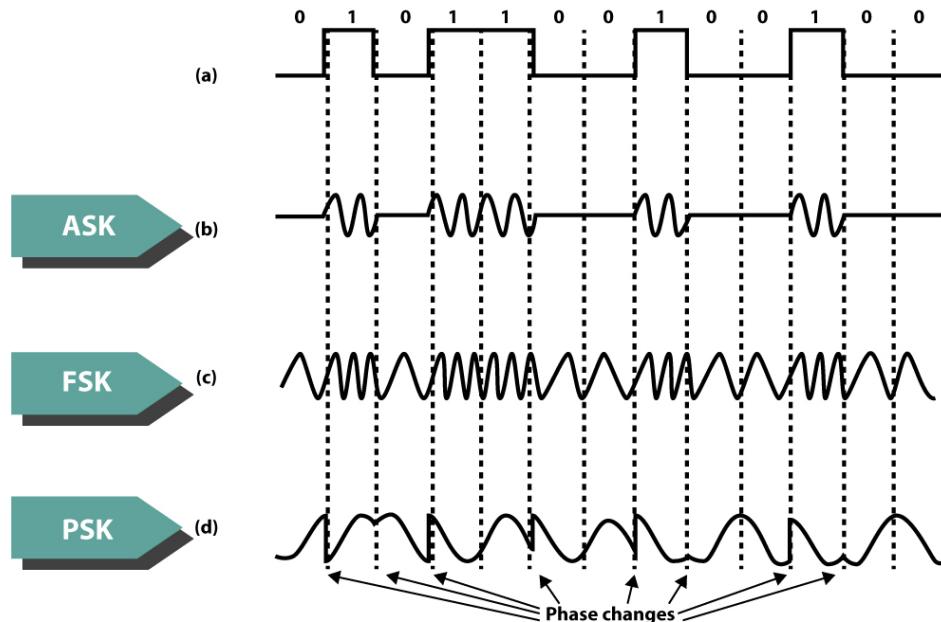
Com essas técnicas de modulação, procura-se provocar variações no sinal transmitido, evitando que o sinal permaneça por muito tempo fixo em um determinado nível de tensão, dificultando a sincronização do clock do receptor.

Técnicas de Modulação Analógica

As técnicas de modulação analógica consistem em codificar um sinal digital de forma analógica. As técnicas básicas de modulação analógica são:

- ASK (Amplitude Shift Keying) - modulação por amplitude;
- FSK (Frequency Shift Keying) - modulação por frequência;
- PSK (Phase Shift Keying) - modulação por fase.

Figura 12 - Modulação analógica



Fonte: Notas de Aula professor Walmir André.

A **técnica de modulação ASK** modifica a amplitude da portadora de acordo com o bit a ser codificado. Semelhante à modulação usada em rádios AM e também presente na transmissão de dados em fibras ópticas. Não é muito eficiente, pois as variações de ganho no meio podem levar a erros de recepção. No caso da **técnica FSK**, modifica-se a frequência entre dois valores pré-determinados para codificar o sinal binário. Semelhante à modulação usada em rádios FM. Já a **técnica PSK**, um pouco mais complexa, efetua modificações na fase do sinal transmitido, mantendo sua amplitude e frequência constante. Essa técnica é muito utilizada em transmissões usando linhas telefônicas.

Resumo

Nesta aula, foi apresentado os conceitos acerca dos meios de transmissão de dados, como as interferências contribuem para uma comunicação ruim e a forma de evitá-las, falou-se também do dimensionamento correto de condutores para uma boa comunicação. Também apresentamos os principais meios físicos, suas características e as técnicas de modulação dos dados para trafegar nesses meios físicos.

Autoavaliação

1. Um meio de transmissão, com 300 metros de comprimento, recebe um sinal senoidal de 10 MHz, com 150 mW de potência. Qual o valor da potência de saída sabendo que a atenuação desse meio é de 9 dB/100 m.
2. Quais os parâmetros que definem a impedância característica de um meio de transmissão?
3. O que é reflexão de sinais em meio de transmissão? Quais os seus efeitos e como podemos evitá-la?
4. Explique como funcionam os processos de modulação analógica ASK, FSK e PSK.

Para verificar suas respostas, [clique aqui](#).

Respostas

1. Atenuação total: $9 \text{ dB}/100 \text{ m} \times 300 \text{ m} = 27 \text{ dB}$

Pode-se resolver o problema de duas formas: Convertendo a potência de entrada para dBm, subtraindo a potência de entrada da atenuação e reconvertendo para mW ou convertendo a atenuação para um valor numérico para dividir a potência transmitida por ele, encontrando a potência de saída.

Vamos abordar o primeiro caso:

Convertendo a potência de 150mW para dBm temos:

$$P_{dBm} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right) = 10 \times \log_{10} \left(\frac{150mW}{1mW} \right) \cong 21,76dBm$$

$$P_{saída} = P_{transmitida} - Atenuação = 21,76 - 27 = -5,24dBm$$

$$P_{mW} = 10^{\left(\frac{P_{dBm}}{10}\right)} = 10^{\left(\frac{-5,24}{10}\right)} \cong 0,299mW$$

$$P_{saída} = 0,299mW$$

Para o segundo caso:

$$Atenuação = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_{tx}}{P_{rx}} \right)$$

$$27 = 10 \times \log_{10} \left(\frac{150}{P_{rx}} \right)$$

$$10^{\frac{27}{10}} = \left(\frac{150}{P_{rx}} \right)$$

$$P_{rx} = \left(\frac{150}{501,19} \right) = 0,299mW$$

$$P_{saída} = 0,299mW$$

2. A impedância característica é uma propriedade exclusiva de cada linha de transmissão, função de sua geometria. Uma linha de dois condutores pode ser modelada pela resistência de seus condutores, a indutância própria, a capacidade dos condutores separados por um isolante e a condutância da isolação entre os condutores. Em geral, os meios de comunicação trabalham em altas frequências, portanto podemos considerar que a resistência pode ser desconsiderada por ser muito pequena frente à indutância e capacidade. Dessa forma, podemos afirmar que a impedância da linha depende da sua geometria, isto é, espaçamento e diâmetro dos condutores e tipo de

material isolante utilizado, pois esses parâmetros são que definem a sua indutância e capacidade independentemente do seu comprimento.

3. Dado um sistema elétrico composto por fonte de sinal + cabo + carga, caso as impedâncias entre os elementos não estejam corretamente casadas (mesma impedância), ocorre um retorno de parte do sinal emitido pela fonte de volta para a própria fonte, após ter atingido a carga. Esse fenômeno chamamos de reflexão de sinais.

A melhor eficiência em um sistema de transmissão ocorre quando a impedância de saída da fonte, a impedância da linha e a impedância da carga são iguais não provocando reflexões.

Dessa forma, é importante que sejam utilizados cabos sem emendas e conectores com impedância característica igual à do próprio cabo. Em uma rede temos vários consumidores do sinal em uma mesma linha, mas como as interfaces têm alta impedância é necessário o uso de terminadores na linha para evitar as reflexões.

4. A técnica de modulação ASK modifica a amplitude da portadora de acordo com o bit a ser codificado (exemplo, bit 1, sinal da portadora transmitido, bit 0, sem sinal de portadora). Semelhante à modulação usada em rádios AM e também presente na transmissão de dados em fibras ópticas. Não é muito eficiente, pois as variações de ganho no meio podem levar a erros de recepção. No caso da técnica FSK, modifica-se a frequência entre dois valores pré-determinados para codificar o sinal binário (exemplo, bit1, frequência 1, bit 0, frequência 2). Semelhante à modulação usada em rádios FM. Já a técnica PSK, um pouco mais complexa, efetua modificações na fase do sinal transmitido, mantendo sua amplitude e frequência constante (exemplo, bit 1, fase 0, bit 1, avança a fase 90°). Essa técnica é muito utilizada em transmissões usando linhas telefônicas.

Referências

LUGLI A. B.; SANTOS M. M. D. **Redes Industriais para Automação Industrial: AS-I, PROFIBUS e PROFINET.** São Paulo: Editora Erica, 2010.

SILVA, W. A. C. M. **Notas de aula da disciplina Comunicação de Dados.** Natal: IFRN, 2005.