



Princípios de Telecomunicações

Princípios de Telecomunicações

Marcos Vinícius de Moraes

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Marcio Aparecido Artero

Thatiane Cristina dos Santos

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Letícia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Moraes, Marcos Vinicius de

M827p Princípios de telecomunicações / Marcos Vinicius de Moraes. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
200 p.

ISBN 978-85-522-0748-1

1. Telecomunicação. I. Moraes, Marcos Vinicius de.
- II. Título.

CDD 620

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Teoria das comunicações	7
Seção 1.1 - Introdução à teoria da comunicação	9
Seção 1.2 - Conceitos básicos de teoria das comunicações	24
Seção 1.3 - Princípios de redes sem fio e sistemas móveis GSM	37
Unidade 2 Comunicações analógicas e digitais	53
Seção 2.1 - Transmissão e recepção	55
Seção 2.2 - Processos analógicos e digitais	69
Seção 2.3 - Onda portadora	80
Unidade 3 Principais tipos de modulação e demodulação	95
Seção 3.1 - Introdução à modulação e demodulação	97
Seção 3.2 - Sistemas de portadora analógica	112
Seção 3.3 - Sistemas de portadora digital	126
Unidade 4 Tópicos em comunicações	143
Seção 4.1 - Multiplexação em telecomunicações	145
Seção 4.2 - Digitalização e compressão de sinais	162
Seção 4.3 - Ofuscação de sinais	178

Palavras do autor

Bem-vindo! É hora de começar a descobrir novos horizontes do conhecimento!

Você já se questionou sobre como o conhecimento da humanidade, de forma geral, evolui junto com a comunicação? Em menos de 200 anos, as informações transitavam entre as pessoas basicamente por cartas e livros.

Em 1847, nascia Alexander Graham Bell, inventor do primeiro sistema de telefonia por cabos (MEDEIROS, 2015) e, hoje, "uma criança de sete anos, na atualidade, provavelmente tem mais informações do que tinha um imperador no auge da Roma antiga e do que tinham Pitágoras, Sócrates, Platão, Aristóteles, enfim, os grandes pensadores da Grécia antiga" (CURY, 2013, p. 65), como isso é possível? A resposta a essa pergunta será a base de nossos estudos.

Como toda a quantidade de informação chega até nós? Como as informações são transmitidas? Como dados sigilosos são protegidos? Esses serão conhecimentos que agregaremos a esta disciplina.

Na primeira unidade, você terá a oportunidade de conhecer os conceitos básicos da teoria das comunicações, o funcionamento das redes sem fio, os sistemas móveis GSM, passando pelo conceito histórico e evolutivo das redes.

Na segunda unidade, serão apresentadas as principais formas de se transmitir e receber dados, tanto de forma analógica, como digital. Nela, também será abordado o conceito de onda portadora e a sua importância.

Já na terceira unidade, veremos formas de alterar a onda portadora de acordo com o sinal modulante, bem como as formas de modulação, os sistemas de portadora analógica e digital.

Na unidade final deste livro, serão discutidas as formas de multiplexação de sinal, ou seja, formas de combinar canais e transmiti-los por um mesmo meio de comunicação. Também serão apresentadas a digitalização e a compressão de sinais, além de ofuscação de sinais, ou seja, formas de criptografia de dados.

Mãos à obra, é hora de começar esta jornada rumo ao conhecimento, a cada nova fase, uma nova visão de coisas do nosso cotidiano vai se abrir a você.

Teoria das comunicações

Convite ao estudo

É muito difícil encontrar alguém totalmente incomunicável nos dias de hoje, seja por meio de computadores, smartphone, tablet, rádio ou televisor, estamos conectados com o mundo a nossa volta. O mundo tem se tornado uma verdadeira pangeia no que se refere à comunicação, pois barreiras geográficas têm praticamente latência zero para a informação. O que acontece aqui ou na Europa chega praticamente ao mesmo tempo para nós, e a evolução dos meios de comunicação é a responsável por isso.

Até mesmo crianças conseguem se comunicar por esses *gadgets*. Um trabalho massivo tem sido feito para que os meios de comunicação fiquem altamente intuitivos, com interfaces simples e práticas para o uso, porém é necessário analisar a forma como nos comunicamos a fim de que possamos de fato entender como os meios e mensagens são interligados, transmitidos e entregues aos seus destinatários da forma correta e segura.

Para fixar melhor o conhecimento e a compreensão dos princípios da teoria das comunicações, trabalharemos esses conceitos, no seguinte cenário: você é o protagonista, caro aluno, um profissional de tecnologia que trabalha em uma grande empresa de telefonia, a E_@ Telecom. Dada a sua experiência, você foi convidado a prestar consultoria na empresa *X Generation*, na qual será instalado um novo sistema de transmissão. Como parte desse novo sistema, você deverá treinar a equipe responsável pela implementação do projeto. A temática do treinamento será "telecomunicações" e, de forma bem didática, você terá de exemplificar um sistema de comunicação completo, demonstrando todas as etapas

e elementos da comunicação. Para facilitar o entendimento, será utilizado o sistema de telefonia sem fio em que celulares dominam um mundo altamente conectado, onde tudo é transmitido praticamente em tempo real.

Nesta jornada, cabe a você, caro aluno, analisar de forma simples e prática todos os elementos envolvidos na comunicação, na forma de um relatório descritivo, cujo objetivo é analisar e detalhar todos os personagens e processos envolvidos na comunicação para que o projeto seja um sucesso.

Para começar as suas tarefas, algumas perguntas podem funcionar como ponto de partida; o que é de fato a comunicação? Como ela funciona? Quem são os personagens envolvidos? Toda comunicação é de fato efetiva?

A partir de agora, você verá o que faz rotineiramente de uma forma diferente: falar com um amigo, assistir a um programa de TV ou mandar um SMS para sua mãe.

Seção 1.1

Introdução à teoria da comunicação

Diálogo aberto

Caro aluno, você é um profissional de tecnologia que trabalha em uma grande empresa de telefonia, a E_@ Telecom. Dada a sua experiência, você foi convidado a prestar consultoria na empresa *X Generation*, na qual será instalado um novo sistema de transmissão. Como parte desse novo sistema, você deverá treinar a equipe responsável pela implementação do projeto.

Dentro do material-chave da apresentação, você apresentará uma ilustração, em forma de diagrama, apontando todos os envolvidos em uma comunicação entre duas pessoas por meio do envio de SMS: fazer esse diagrama será a sua primeira entrega.

Identifique corretamente a fonte de informação, a mensagem, o meio e o destinatário no modelo de comunicação exemplificado no cenário a seguir: João é o namorado de Júlia. Eles estão completando um ano de namoro, e ela está voltando de viagem com o seu carro. João, que é responsável, não deseja fazer uma chamada para Júlia, já que ela está dirigindo. Então, ele resolve fazer um convite via SMS com a seguinte mensagem: "Olá, Júlia, tudo bem? Vamos comer pizza hoje?".

Esta análise consiste na primeira etapa do material de treinamento, pois conseguir analisar os envolvidos e os processos da comunicação é a base de todo o entendimento do treinamento.

Não pode faltar

Princípios de comunicação e telecomunicação

Olá, caro aluno, bem-vindo ao conteúdo que pode modificar a forma como vemos os meios de comunicação. "Telecomunicações", segundo Medeiros (2016), é o ramo da engenharia que trata do projeto, implantação e manutenção de todo o sistema de comunicações, que tem como foco atender à necessidade da comunicação à longa distância.

Esse é um tema bem extenso, mas o conteúdo vai avançar aos poucos, por isso, para começar, veremos alguns conceitos de comunicação em geral, vamos analisar um cenário bem simples e funcional:

Pedro diz "olá" para Ana.

Ana, muito educada, responde: "olá" a Pedro.

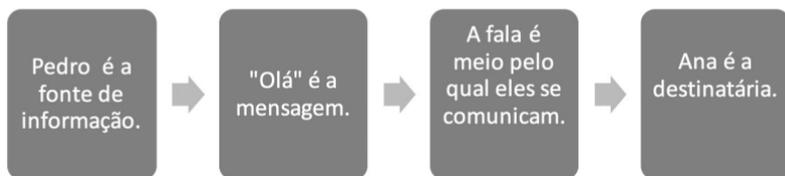
Pedro acena com mão para ela e dá um sorriso.

Logo, podemos ver que há ao menos dois envolvidos nesse diálogo; Ana e Pedro. Também é possível entender que Ana recebeu e entendeu a mensagem de Pedro, visto que ela lhe respondeu; Pedro também entendeu a mensagem de Ana, visto que ele continuou a se comunicar, com um aceno e um sorriso, mas, propositalmente no cenário acima, não podemos saber se Ana entendeu a segunda mensagem de Pedro. Um aceno e um sorriso poderiam ser considerados uma forma de comunicação? Ana entendeu a mensagem?

Analise os elementos

O diálogo começa com Pedro dizendo "olá" para Ana. Nesse momento, Pedro é a fonte de informação da mensagem, a fala é o meio pelo qual eles se comunicam, "olá" é a mensagem, e Ana é a destinatária, que interpreta corretamente e responde a Pedro. Exemplificando o caso em forma de diagrama na Figura 1.1.

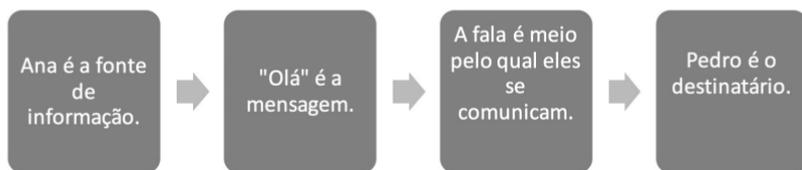
Figura 1.1 | Comunicação em diagrama



Fonte: elaborada pelo autor.

Quando Ana lhe responde, todo o cenário se inverte, ela passa a ser a fonte de informação, Pedro, o destinatário, usando o mesmo meio e a mesma mensagem. Exemplificando o caso em forma de diagrama na Figura 1.2:

Figura 1.2 | Comunicação em diagrama



Fonte: elaborada pelo autor.

Para que a comunicação seja efetiva, ela precisa ser interpretada corretamente pelo destinatário da mensagem.



Refleta

A comunicação está em todos os lugares: placas de aviso, nas conversas entre as pessoas, até mesmo os animais se comunicam.

De que maneira você pode contribuir com novas formas inclusivas de conversar com deficientes auditivos e mudos, utilizando os meios de comunicações que usamos? Seja criativo e desenvolva novos meios de incluí-los.

Certamente, você está acompanhando o conteúdo, mas deve estar se questionando: “o que isso tem de relação com telecomunicação?” A resposta é simples: tudo.

Vamos usar outro exemplo simples.

Lais manda um e-mail para Carla, dizendo:

“Bom dia, Carla, tudo bem?”

A reunião que aconteceria amanhã foi cancelada, desculpe-me não avisar com maior antecedência, mas houve um imprevisto de última hora. Desculpe-me novamente.

Atenciosamente.”

É possível afirmar que a comunicação foi efetiva? Depende, se esse e-mail não for lido a tempo, se ele cair na caixa de spam, ou se, por qualquer outro motivo, não for visto e interpretado pela receptora, a mensagem não é efetiva.

O mesmo vale para pacotes de dados e para o tráfego de informações e dados. Se você envia um arquivo com extensão “.zip” a

seu amigo de classe, contendo um trabalho da disciplina “Princípios de Telecomunicações”, mas o arquivo está corrompido, a comunicação/transferência de arquivos não foi efetiva e terá de ser refeita.

Esse também é um problema que rotineiramente acontece com provedores de internet, a conexão fica instável devido à perda de pacotes e dados.

A história da telecomunicação

Se você for um aluno curioso, certamente estará analisando todos os tipos de comunicação agora, mas, para fixar melhor esse conceito, será importante apresentar um panorama histórico.

Estamos habituados com o mundo da tecnologia: tirar o smartphone do bolso para fazer uma chamada, ler um e-mail e navegar pelos sites é tão comum que parece que sempre existiu, mas não era assim em um passado nada distante quando comparados aos milhares de anos que a raça humana existe. Mesmo quando comparamos nossa realidade com uma ou duas décadas atrás, temos a impressão de falar de um passado muito distante.



Pesquise mais

O canal da Inatel tem um vídeo interessante que conta a história das telecomunicações, não deixe de vê-lo.

INATEL TECNOLOGIAS. A história das telecomunicações. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=F7KH3oR6Kdo>>. Acesso em: 6 out. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

Veja um breve relato com os principais eventos que nos permitiram chegar ao que temos instalado nos dias de hoje.

Segundo Carvalho (2014), em 1835, Samuel Morse, um pintor que gostava de fazer experiências elétricas, descobriu que, a partir de um eletromagneto (um eletroímã), poderia criar um meio de comunicação, o qual foi batizado de “telégrafo”, em equipamento que envia mensagens por meio da eletricidade. Em 1837, Morse patenteou, juntamente com essa máquina, a forma de utilizá-la, tivemos, então, código Morse, que envia mensagens por meio de pulsos, curtos ou longos.

Carvalho (2014) também conta que Baltimore e Washington foram as primeiras cidades a ter uma linha telegráfica instalada, em 1843. O código Morse foi aperfeiçoado, mas é utilizado até hoje.

Medeiros (2016) também relata que 1876 foi o ano em que Alexander Graham Bell apresentou e recebeu aprovação para sua patente do telefone. Essa foi a primeira vez na história da humanidade que se conseguiu transferir a voz humana eletricamente por meio de fios.

Em 1893, o primeiro brasileiro entra para história da telecomunicação, o padre Roberto Landell de Moura projetou um transmissor de rádio e, com sucesso, fez a primeira transmissão da voz por meio de ondas eletromagnéticas. A uma distância de 8 km, foi possível ouvir com clareza a transmissão feita da Av. Paulista e ouvida no alto de Santana. Essa pode ser considerada a primeira transmissão pública do mundo (MEDEIROS, 2016).

Mas Marchese Guglielmo Marconi é considerado o inventor do rádio, pois em 1897 conseguiu fazer uma transmissão a 20 quilômetros de distância. Ele recebeu um prêmio Nobel de Física por esta conquista (MEDEIROS, 2016).

Em 1898, o russo Aleksandr Stepanovich Popov, trabalhando de forma independente, desenvolveu um sistema de comunicação por rádios para navios russos (MEDEIROS, 2016).

Também vale uma menção honrosa a Heinrich Rudolph Hertz, um físico alemão que dedicou sua vida ao estudo de ondas eletromagnéticas. Sem suas descobertas, a comunicação sem fio demoraria muito mais. Seus estudos foram tão importantes que, em 1894, Sir Oliver Lodge apresentou à sociedade real britânica um transmissor e um receptor de rádio em forma de homenagem póstuma a Hertz — guarde esse sobrenome, pois você ainda ouvirá muito sobre ele (MEDEIROS, 2016).



Pesquise mais

Analise como a telecomunicação avançou lentamente durante algumas décadas e, nos últimos 30 anos, desenvolveu-se rapidamente. Pesquise sobre o assunto e tire suas conclusões sobre os motivos que permitiram a aceleração desse avanço. Crie um pequeno texto, em forma de coluna, em que você possa expressar a sua opinião.

Conforme Carvalho (2014), somente em 1922, o Brasil teve a sua primeira transmissão de rádio: o discurso de Epitácio Pessoa. A televisão teve as primeiras demonstrações somente em 1927, e o primeiro telejornal foi exibido em 1943, em Schenectady (Estados Unidos).

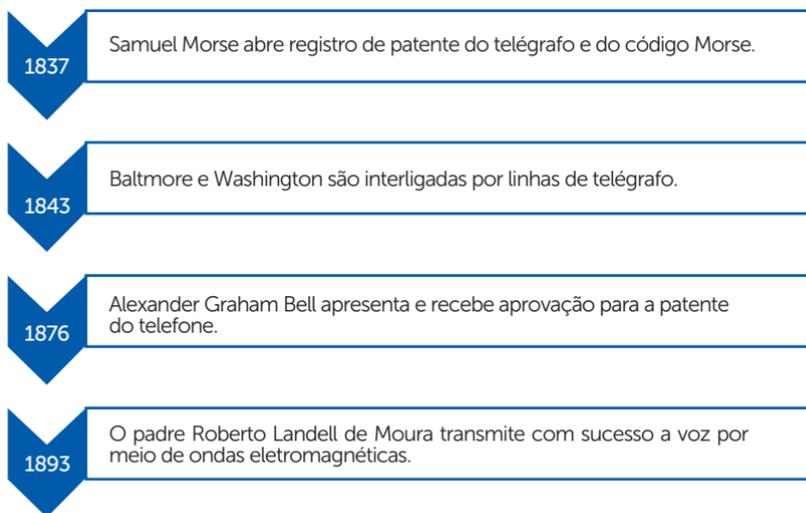
Na década de 1690, alguns militares, institutos e algumas universidades ligaram os primeiros computadores em rede: a Arpanet (CARVALHO, 2014). E, em 1970, houve a inauguração do sistema de DDD no Brasil, entre São Paulo e Porto Alegre.

Segundo a ANATEL (2017), em 1997, foi assinada a Lei Geral de Telecomunicação, que definiu o modelo de instituição e criou a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), a agência reguladora em todo território nacional. Em 1998, de acordo com a Lei Geral das Telecomunicações, o sistema da Telebrás foi privatizado.

Após esse período, as vendas de telefones celulares decolaram, e a criação da concorrência permitiu melhores ofertas. Também a integração de diversos dispositivos, como calculadora, agenda telefônica, acesso à internet e e-mails, fez com que o smartphone se tornasse praticamente indispensável nos dias de hoje, algumas pessoas até mesmo possuem mais de um aparelho, separando as atividades pessoais e comerciais em diferentes aparelhos.

Para melhor visualização dos marcos históricos, veja-os na linha do tempo do Quadro 1.1.

Quadro 1.1 | Evolução dos meios de comunicação



1897

Marchese Guglielmo Marconi consegue fazer uma transmissão de rádio a 20 quilômetros de distância.

1898

Aleksandr Stepanovich Popov desenvolve um sistema de comunicação por rádios para navios russos.

1923

Ocorre a primeira transmissão de rádio no Brasil.

1927

Invenção do televisor.

1943

Exibição do primeiro telejornal.

1970

Inauguração do sistema de DDD no Brasil, entre São Paulo e Porto Alegre.

1997

Criação da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Fonte: elaborado pelo autor.



Refleta

A integração de dispositivos foi, sem dúvida, um dos fatores que mais contribuiu para o crescimento das vendas dos smartphones. Com a evolução dos sistemas operacionais e desenvolvimento de aplicativos, muitas outras funções foram acrescentadas. Quais as funções e os aplicativos mais importantes no seu dispositivo? O que mais poderia ser agregado para que ele se tornasse ainda mais indispensável?

Tipos de comunicação aplicados à telecomunicação

Segundo Castro (2013), é possível dividir a comunicação em dois tipos: a comunicação verbal e a comunicação não verbal.

A comunicação verbal reúne todas as formas de expressões faladas ou escritas. Aplicando esse conceito em telecomunicações, podemos citar os seguintes exemplos:

- Envio de SMS ou mensagens de texto ou voz por redes sociais.
- Videochamadas, se utilizarmos a fala como meio de comunicação.
- Chamadas de áudio, seja por meio de telefone fixo, celular ou VoIP (voz sobre IP).
- Rádio.



Pesquise mais

Em *"From the Kid"*, Charlie Chaplin exemplifica como mensagens podem ser transmitidas de forma não verbal de uma forma bem divertida. Não deixe de assistir ao vídeo indicado a seguir.

CONHECIMENTO E HUMOR. Comunicação não verbal - O corpo fala - Linguagem corporal. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=1ow1oDkhkjo>>. Acesso em: 6 out. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

Já a comunicação não verbal compreende toda forma de expressão não falada ou escrita. Usamos este tipo de expressão quando utilizamos os *emojis*, ao compreendermos os sinais de trânsito, quando deficientes utilizam libras, quando nos expressamos pelo olhar, pelo sorriso, por sinais e gestos.

Aplicando esse conceito em telecomunicações, podemos ver os seguintes exemplos:

- Quando utilizamos *emojis* ou *gifs* sem textos nas redes sociais.
- Quando uma mensagem é interpretada por meio de libras por deficientes auditivos.
- Em comerciais, ícones e logomarcas que não possuem textos.
- Em animações e vídeos, muito usados no cinema mudo.



O cinema mudo foi, por muito tempo, uma forma de entretenimento e comunicação, devido à limitação na reprodução de sons, pois a comunicação verbal ainda era impossível ou limitada a pequenos textos. Nem por isso ele deixava de exibir mensagens e informações, por meio do vídeo, utilizando a expressão corporal dos atores, assim como a linguagem de sinais (libras) é utilizada hoje em dia.

Na Figura 1.3, podemos ver uma montagem com algumas expressões, que demonstram sentimentos, veja se consegue interpretar os sentimentos expressos, somente por estas figuras.

Figura 1.3 | Comunicação não verbal em forma de expressões



Fonte: Pixabay.

Vale a pena salientar que as tecnologias inclusivas são uma tendência, não só pelo mercado, que tem ficado cada vez mais forte, mas por sua suma importância social.

É importante que você, caro aluno, que está iniciando sua carreira, tenha isso em mente, pois será importante para sua carreira.

Características das comunicações aplicadas a telecomunicações

Desde a invenção do telégrafo (1837), o tempo de transmissão de informações caiu drasticamente. O envio de mensagens por meio de impulsos elétricos realmente mudou o mundo.

O envio de mensagens pelo telégrafo tinha necessidade de alguns pontos-chave, que vão além da infraestrutura e da fonte de informação

da mensagem. Ele necessitava, além de conhecimento da língua escrita, o conhecimento do código Morse, necessidade também aplicada ao destinatário, que recebia o código e tinha a necessidade de interpretá-la.

A habilidade do operador também era um ponto-chave no envio da mensagem, já que quem controlava o tempo do sinal como curto ou longo era o operador, que é a fonte de informação.

A transmissão de impulsos elétricos por meio de ondas, estudo iniciado por Hertz, foi a quebra da segunda barreira, o fio (ou cabo), para que a comunicação pudesse ser ainda mais acessível à população e menos limitada em relação à habilidade do receptor, já que a voz passou a ser o meio de comunicação e não mais um código, permitindo maior mobilidade e abrangência a um número maior de pessoas. As limitações dos rádios domésticos eram a necessidade de o aparelho ainda estar ligado à tomada, além de a comunicação ser unilateral, ou seja, o radialista informa (fonte de informação) e os ouvintes são seus espectadores.

Com a popularização do telefone fixo, a barreira da comunicação unilateral foi quebrada, pois era possível falar e ouvir ao mesmo tempo, mas ainda era necessário que ambos os envolvidos no diálogo se dirigissem a um terminal para que pudessem se comunicar.



Assimile

Nota-se que a evolução dos meios de telecomunicações está diretamente ligada, além da energia elétrica, à evolução de componentes eletrônicos. Essa evolução de componentes eletrônicos, tais como diodos, válvulas e transistores, permitiu que os componentes consumissem menos energia e reduzissem de tamanho, até que esses aparelhos pudessem ser ligados a pequenas fontes de alimentação, como as baterias, o que de fato permitiu mobilidade.

A flexibilidade que temos de nos comunicar nos dias de hoje com qualquer pessoa em quase qualquer lugar veio somente com a popularização do celular, que começou na década de 1980, e com a crescente evolução em diversos componentes eletrônicos até a chegada do smartphone, que além de fazer e receber chamadas por voz, ainda permite o envio de SMS, interação via redes sociais, leitura de e-mail e “n” outros tipos de comunicação. A tendência do smartphone

é que ele venha a substituir o desktop, tal tendência já pode ser vista se concretizando com modelos tal como o Galaxy S8, da empresa coreana de tecnologia Samsung, que possui um suporte, onde o celular é conectado e ganha acesso a teclado e mouse, além de exibir a imagem da tela em um monitor ou televisor.

Sem medo de errar

Caro aluno, agora que já conhece os conceitos de princípios de telecomunicações, os conceitos da evolução dos meios de comunicação e as características de comunicações aplicadas a telecomunicações, é possível analisar a situação-problema. Vale lembrar que você é um profissional de tecnologia que trabalha em uma grande empresa de telefonia, a E_@ Telecom. Dada a sua experiência, você foi convidado a prestar consultoria na empresa X *Generation*, na qual será instalado um novo sistema de transmissão. Como parte desse novo sistema, você deverá treinar a equipe responsável pela implementação do projeto. Para a primeira parte do projeto, uma análise em forma de diagrama deve ser montada, avaliando os processos envolvidos na comunicação por SMS.

Não podemos deixar de citar que a comunicação só é efetiva quando o destinatário consegue interpretar a mensagem corretamente, por isso, é muito importante que tenhamos o entendimento de elementos simples, tal como uma conversa por SMS.

Nesse primeiro desafio, João chama Júlia para comer uma pizza. Ele resolve convidá-la via SMS com a seguinte mensagem: "Olá, Júlia, tudo bem? Vamos comer pizza hoje?".

Fonte de informação: João, já que ele é responsável pelo envio da mensagem.

Forma de envio: João envia para Júlia uma mensagem de SMS.

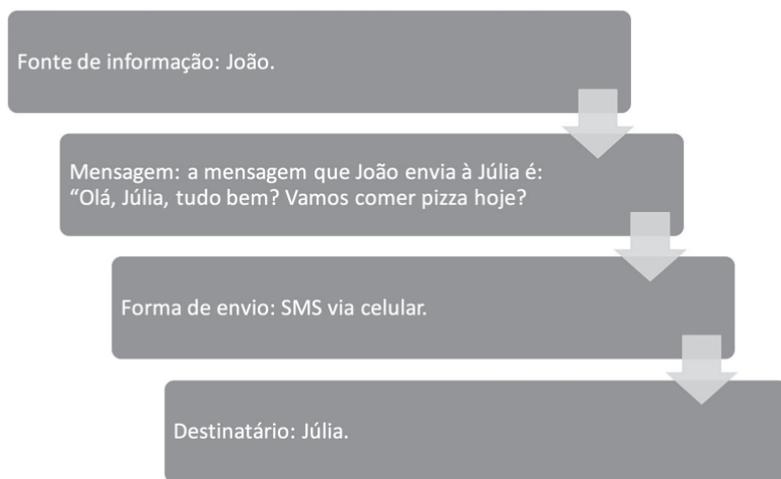
Mensagem: a mensagem que João envia a Júlia é: "Olá, Júlia, tudo bem? Vamos comer pizza hoje?".

Destinatário: Júlia, que recebe a mensagem.

Apresentando em forma de diagrama na Figura 1.4.

Vale a pena ressaltar que só podemos considerar que a comunicação está concluída quando Júlia ler a mensagem, ou que alguma confirmação de leitura apareça.

Figura 1.4 | Fluxo de informação



Fonte: elaborado pelo autor.

Avançando na prática

Telecomunicação para todos

Descrição da situação-problema

Você está trabalhando como produtora em uma empresa de tecnologia, e o departamento de desenvolvimento de aplicativos o convidou para participar de um briefing, devido à sua experiência com telecomunicações. Sua participação será a de criar e acompanhar o desenvolvimento de aplicativos com o tema "telecomunicações para todos", para uma feira em São Paulo.

Aplicando os conceitos aprendidos em princípios de telecomunicações e trabalhando com os conceitos da evolução dos meios de comunicação e as características de comunicações aplicadas a telecomunicações, sua tarefa é aplicar esses conceitos em aplicativos tecnológicos que utilizem comunicação verbal e não verbal, para todas as pessoas do evento, que inclusive conta com deficientes visuais, auditivos e cadeirantes. Você terá toda a liberdade para criá-los, pode ser em computadores com tela sensível ao toque, em tablets, projetores e até mesmo com novas tecnologias, incluindo

as já conceituais, como projeção mapeada, realidade aumentada e realidade virtual. Como o projeto ainda está na fase de apresentação do conceito, use a criatividade e não se limite.

Essa tarefa ajudará no processo de apreensão do conhecimento e compreensão dos princípios da teoria das comunicações, além de abrir a sua visão para novos métodos, de forma ainda mais inclusiva.

Resolução da situação-problema

Quando se trabalha com criação, não existe um modelo de resolução a ser seguido. Essa situação-problema é um case que pode existir em um estúdio de criação. Veja a seguir algumas sugestões de soluções inclusivas para o caso.

Voo panorâmico com realidade virtual, cujo público-alvo é de visitantes em geral, deficientes auditivos e especialmente cadeirantes.

Funcionamento: através de óculos *Rift*, os visitantes terão acesso a um mundo sem limites para interação. Eles farão um voo panorâmico sobre um parque, no qual toda a comunicação será feita de forma não verbal, ícones vão ser abertos em *hud* para que eles possam selecionar interações e controle do personagem, que pode subir e descer, ir para ambos os lados, soltar fotos e papel picado colorido, o que possibilita um clima mais alegre em uma viagem panorâmica. Esta atividade usa comunicação visual e não verbal.

Tradutor de libras: cujo público-alvo é de visitantes em geral, cadeirantes e especialmente deficientes auditivos.

Funcionamento: um aplicativo no qual você escreve, e as palavras cadastradas no banco serão exibidas em forma de libras, palavras com sinais não cadastrados serão exibidas soletradas com os sinais. O usuário também terá a possibilidade de ser filmado, caso saiba um sinal de libras de não está cadastrado no sistema. Essa atração usa linguagem verbal e não verbal.

Ouvindo o mundo: cujo público-alvo é formado por visitantes em geral, cadeirantes e especialmente deficientes visuais.

Funcionamento: em uma sala fechada, diversos sons são exibidos ao mesmo tempo. Ao identificar um dos sons, o visitante deverá dizer o som que ouviu e o som reconhecido deixará de ser executado, deixando todos os outros funcionando até que o usuário os identifique, o jogo termina quando o visitante reconhecer todos os sons.

O corpo fala: cujo público-alvo é de visitantes em geral, deficientes auditivos e cadeirantes.

Funcionamento: em duas salas separadas, um visitante entra na sala A e outro na sala B. Quem estiver na sala A recebe uma palavra no monitor, ele deverá fazer gestos para a câmera que está ligada ao monitor da sala B, onde, só com o uso da imagem, quem estiver terá de adivinhar a palavra que o visitante da sala A recebeu. Essa atividade utiliza comunicação verbal e não verbal.

Faça valer a pena

1. Segundo Medeiros (2016), em 1835, Samuel Morse descobriu que, a partir de um eletroímã e corrente elétrica, poderia criar um meio de comunicação. Em 1837, Morse patenteou este equipamento, juntamente com a forma de utilizá-la, um código, que tem seus caracteres representados por pulsos curtos ou longos.

O meio de comunicação criado por Samuel e seu código são, respectivamente:

- a) O rádio e o código Morse.
- b) O telégrafo e o código Morse.
- c) O rádio e o código Moose.
- d) O telefone e o código HTML.
- e) A TV e o código Moose.

2. Segundo Castro (2013), a palavra “comunicar” vem do latim “*communicare*” e tem como significado “tornar comum ou compartilhar”. A comunicação também é classificada como verbal e não verbal, e cada uma possui suas características e formas de aplicação.

Uma placa que possui uma caveira com os dizeres “Cuidado, alta tensão” é classificada como:

- a) Comunicação verbal.
- b) Comunicação não verbal.
- c) Ela possui características de comunicação verbal e não verbal.
- d) É impossível de classificar esse tipo de informação, pois possui imagem e textos.
- e) Comunicação visual.

3. Conforme Medeiros (2016), Marchese Guglielmo Marconi é considerado o inventor do rádio, devido à sua transmissão possível de ser ouvida a 20 quilômetros de distância. Ele até recebeu um prêmio Nobel de Física por esse feito. Desde então, transmissões de rádio se tornaram uma ótima fonte de informação.

Analisando a forma de comunicação do rádio, é possível afirmar que:

- a) O ouvinte e o radialista são fontes de informação entre si durante a transmissão.
- b) Somente o ouvinte é a fonte de informação, pois ele é que é informado.
- c) Nenhum dos dois pode ser considerado fonte de informação, pois eles não se comunicam.
- d) Somente o locutor é uma fonte de informação.
- e) O ouvinte não desenvolve nenhuma função nesse tipo de comunicação.

Seção 1.2

Conceitos básicos de teoria das comunicações

Diálogo aberto

Caro aluno, vale lembrar que você é um profissional de tecnologia e que, por sua experiência em telecomunicações, foi convidado a prestar consultoria em uma empresa em que será instalado um novo sistema de transmissão. Entre os procedimentos da consultoria, o treinamento é um dos passos importantes, no qual os processos de comunicação deverão ser explicados e exemplificados para que haja um bom entendimento.

Para que você possa ser efetivo no treinamento que ministrará, é necessário que mostre à empresa que o contexto atual da comunicação é fruto de um processo evolutivo contínuo.

Para a segunda parte do treinamento, é preciso fazer uma revisão panorâmica da história da evolução dos meios de comunicação. Para isso, cite exemplos de meios de comunicação de acordo com os seguintes modos de transmissão, avalie e faça um apontamento no processo de comunicação em cada um deles, incluindo fonte de informação, destinatário, canal, mensagem e ruído:

- simplex;
- semiduplex (*half-duplex*);
- duplex completo (*full-duplex*).

Ao concluir o treinamento, será necessário compor um relatório a ser entregue à empresa contratante do serviço — tarefa que conclui a segunda parte do seu relatório. Para que essa tarefa seja feita, é importante compreender os elementos da comunicação aplicados às telecomunicações, bem como os conceitos de “emissor” e “receptor”, “meio”, “mensagem”, “canal” e “ruído”. Seja simples e prático ao citar seus exemplos, mas não deixe de fazer uma análise desses modelos.

Não pode faltar

Elementos da comunicação aplicados a telecomunicações

Como visto anteriormente, a comunicação é a base das telecomunicações, e os conceitos que aplicamos em uma simples conversa são importantes para utilizarmos uma chamada telefônica ou para enviar um SMS. Vamos dar um exemplo na Figura 1.5, em que utilizaremos como base o seguinte cenário: João encontra sua amiga Patrícia em um café e, ao avistá-la, João diz "Olá!" à Patrícia.

Figura 1.5 | Diálogo

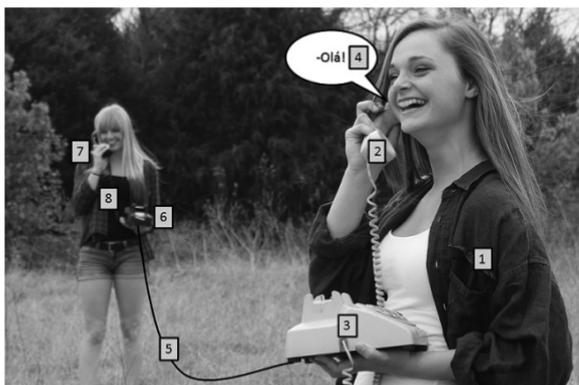


Fonte: Pixabay. Acesso em: 3 nov. 2016.

- 1- João é a fonte de Informação.
- 2- "Olá!" é a mensagem.
- 3- A mensagem foi transmitida pela voz.
- 4- Patrícia é a destinatária.

Segundo Medeiros (2016), o conceito de telecomunicações em uma comunicação analógica pode ser representado como ilustrado na Figura 1.6. Para ilustrar o conceito, vamos aplicar a mesma mensagem em um cenário um pouco diferente: Joana pega o telefone fixo e liga para sua amiga Tháís, para dizer "Olá!".

Figura 1.6 | Chamada telefônica



Fonte: adaptada de Pixabay.

Segundo Medeiros (2016), as características utilizadas nas etapas da ligação podem se descritas como:

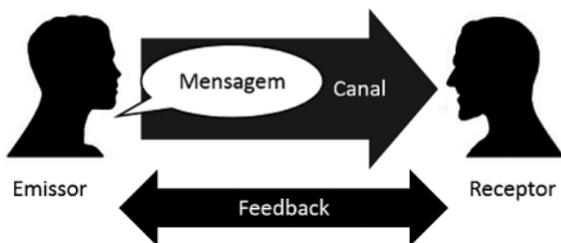
- 1- Joana é quem emite a mensagem, por isso, ela é a fonte de informação.
- 2- Por definição, todo aparelho que transforma uma forma de energia em outra é considerado um transdutor. Nesse caso, o microfone do telefone transforma as ondas mecânicas da voz em impulsos elétricos para serem transmitidos.
- 3- A parte do circuito interno que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal é transmissor.
- 4- "Olá!" é a mensagem.
- 5- A linha telefônica ou, mais especificamente, o par de cabos, que transmite a eletricidade até o destinatário, é o canal de comunicação.
- 6- O circuito elétrico destinado a receber o sinal elétrico e encaminhá-lo ao transdutor é o receptor.
- 7- O transdutor de recepção, responsável por converter os impulsos elétricos em vibrações mecânicas, reproduzindo-os em forma de som a voz de João é a fonte de informação.
- 8- Patrícia é a pessoa a quem se destina a mensagem, ela é considerada a destinatária.

É possível observar que os processos básicos da comunicação que estão presentes na Figura 1.5 também estão na Figura 1.6, a diferença é que novas informações e elementos foram adicionados.

Conceito de emissor e receptor

Nesse momento, é necessário separar telecomunicações de comunicação, pois o mesmo elemento tem funções diferentes de acordo com cada literatura. Segundo Castro (2013), em comunicação, o emissor é considerado a fonte de informação, já o receptor é o destinatário, conforme ilustrado na Figura 1.7.

Figura 1.7 | Elementos da comunicação



Fonte: adaptada de Pixabay.

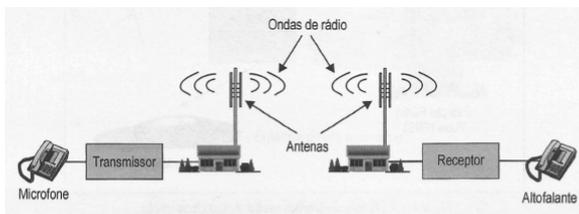


Pesquise mais

Para entender melhor os processos de comunicação, assista ao vídeo a seguir que retrata as funções do emissor e receptor de forma bem didática. CELSO MESQUITA. Ato de comunicação emissor e receptor. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=0NNR9XoXCgU>>. Acesso em: 6 nov. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

Já Medeiros (2016) trata o emissor como “fonte de informação” e o receptor como a parte do circuito responsável por receber os sinais elétricos da voz e os direciona para o transdutor da recepção, o que é possível observar na Figura 1.8.

Figura 1.8 | Transmissor e receptor



Fonte: Sverzut (2008, p. 15).

Até aqui, os personagens da comunicação foram tratados de forma a não confundir você, utilizando o emissor como “fonte de informação” e o receptor como “destinatário”, a fim de evitar confusão, dessa maneira, poderemos utilizar os mesmos nomes para os personagens em ambos os casos.



Refleta

O “receptor” é tratado de forma diferente mesmo trabalhando com conteúdos interligados, mas é importante saber identificá-los e criar formas de memorizá-los. Reflita sobre o motivo de o “receptor” ser tratado como a parte do circuito que recebe o sinal elétrico e como a que o envia ao transdutor da recepção e faça uma resenha sobre suas conclusões.

Conceito de meio e mensagem

Amaral (2015) classifica “mensagem” como o objeto da comunicação, cujas informações transmitidas a constituem. Basicamente, a mensagem é o conteúdo que será enviado ao destinatário, o código que ele deverá interpretar.

A fim de classificarmos o “meio”, vamos analisar a seguinte situação. Carlos diz a Danilo: “Acho que hoje eu vou para a feira”.

Figura 1.9 | Análise de diálogo



Fonte: adaptada de Pixabay.

Quando Carlos fala com Danilo, ele transmite a mensagem por meio da fala, por meios da voz, caso o exemplo dado não fosse um diálogo presencial entre os envolvidos, o diálogo poderia também acontecer por meio de chamadas telefônicas (fixas ou móveis), por meio de redes sociais, pela forma como o radialista se comunica no rádio e até mesmo como parte das mensagens transmitidas pela televisão. Uma mensagem escrita, por exemplo, pode ser enviada por redes sociais, por carta, e-mail, SMS, entre tantas outras formas.



Refleta

Mcluhan (1969) afirma em seu livro *Os meios de comunicação como extensões do homem*, ou seja, que o meio é a mensagem, pois o meio sem a mensagem não tem sentido.

Segundo a sua interpretação de "meio" e "mensagem", crie um texto com no máximo 10 linhas, apoiando ou refutando a afirmação de Mcluhan.

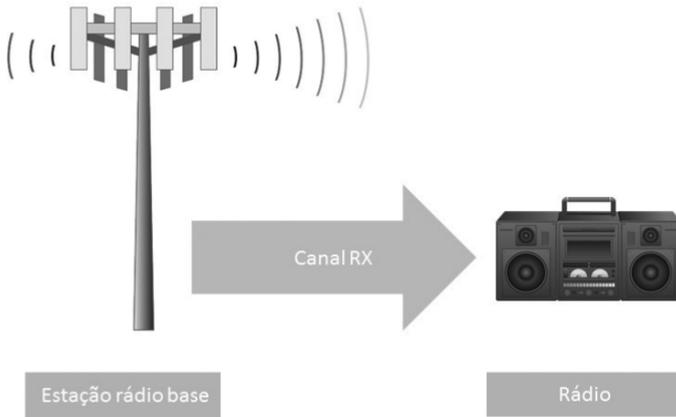
Conceito de ruído e canal

Segundo Medeiros (2016), o canal de comunicações é o meio físico entre o transmissor e o receptor: os sinais elétricos da informação nele transitam. No caso de uma chamada telefônica entre telefones fixos, o canal seria o par de fios condutores de eletricidade. O mesmo canal seria aplicado ao telégrafo, que também usava o mesmo par de condutores elétricos para transmitir os impulsos elétricos na transmissão da mensagem.

Partindo para exemplos em que os condutores não sejam empregados, há os sinais de rádio, onde as ondas eletromagnéticas são o canal de comunicação – como foi possível observar na Figura 1.8 de Sverzut (2008) –, o mesmo vale para o uso de celulares, para rádios de polícia, bombeiros etc.

O canal também pode trocar informações de acordo com o modo de transmissão utilizado. Veja a seguir alguns dos modelos de transmissão sem fio que mostram a direção que a informação percorre.

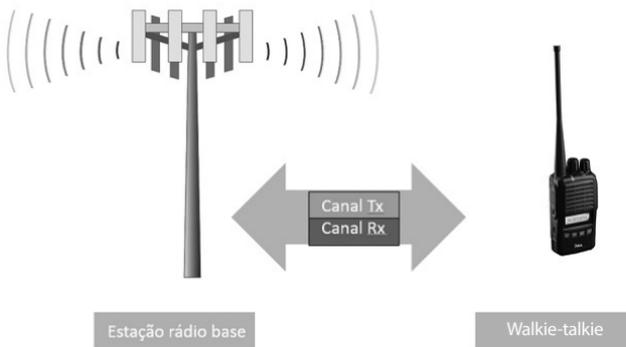
Figura 1.10 | Transmissão simplex



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 1.10 exemplifica o modelo de simplex, que opera com uma única frequência, a qual só pode ser transmitida pela Estação rádio base. Nesse caso, a unidade móvel somente pode receber informações e nunca poderá transmiti-la. São exemplos desse tipo de transmissão: o rádio AM e FM e a televisão convencional.

Figura 1.11 | Transmissão semiduplex

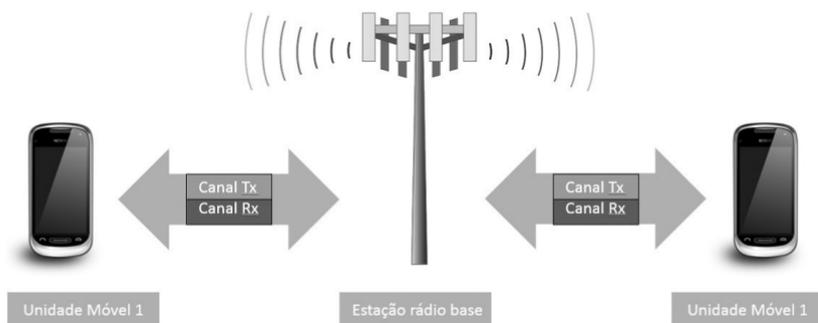


Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 1.11 representa o modelo semiduplex (*half-duplex*), que também opera com uma única frequência, mas suporta a comunicação nos dois sentidos (bidirecional), porém a transmissão de informação

ocorre em um sentido de cada vez. Esse modelo usa o conceito do PTT (*Push-to-talk*), que é utilizado em sistema de rádios walkie-talkie e em sistemas de radiocomunicação da polícia e bombeiros.

Figura 1.12 | Transmissão duplex completa de telefonia móvel



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 1.12 representa o modelo de duplex completo (*full-duplex*), que é o utilizado em sistemas de telefonia móvel. Nesse caso, cada usuário utiliza um canal de transmissão (Tx) e um canal de recepção (Rx).



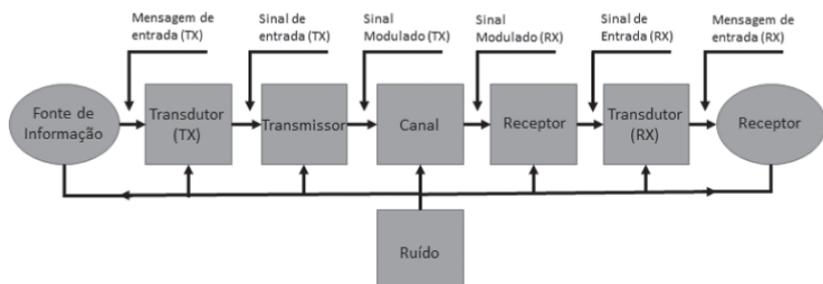
Assimile

Em tecnologias de acesso múltiplo, especificamente no CDMA, segundo Sverzut (2008), o número máximo de usuários em uma onda portadora é definido pelo nível de ruído aceitável em cada onda portadora. Há também o conceito de *soft-overload*, em que cada dupla de usuário adicional pode ser acomodada, caso necessário, mas acrescenta um pouco de ruído aos usuários.

Já o ruído é toda forma de som que pode interferir na comunicação. Amaral (2005) denomina o ruído como todo elemento que dificulta a compreensão ao destinatário, incluindo até mesmo a voz muito baixa ou, no caso de comunicação visual, borrões e rabiscos.

Podemos observar, na Figura 1.13, que o ruído pode estar presente em qualquer ponto da comunicação, ele pode ser um barulho próximo à fonte de informação ou do receptor, ou um ruído elétrico entre o transdutor de emissão ou recepção, do transmissor ou mesmo interferência e ondas eletromagnéticas nas ondas de rádio ou cabos do canal.

Figura 1.13 | Ruído



Fonte: elaborada pelo autor.



Exemplificando

Um exemplo de ruído que pode ser aplicado ao cotidiano é o caso de duas pessoas que conversam em um barzinho, mas apesar de estarem próximos, têm a necessidade de falar mais alto do que fariam em um lugar silencioso devido ao barulho do ambiente.

Finalizamos esta unidade com o conceito de ruídos. Agora é hora de começar as suas atividades: mãos à obra e boa sorte!

Sem medo de errar

Caro aluno, agora que você já conhece os conceitos dos elementos da comunicação aplicados às telecomunicações: os conceitos de emissor e receptor, meio e mensagem e ruído e canal, é possível analisar a situação-problema.

Vale lembrar que você, profissional de tecnologia que trabalha em uma grande empresa de telefonia e por sua experiência, foi convidado a prestar consultoria em uma empresa na qual será instalado um novo sistema de transmissão. Como parte desse novo sistema, você deverá treinar a equipe responsável pela implementação do projeto e, na segunda parte da apresentação, é preciso fazer uma revisão panorâmica da história da evolução dos meios de comunicação dos sistemas simplex, semiduplex e do duplex completo, citando os envolvidos em cada um deles.

Veja a seguir um exemplo de cada modelo, para que você tenha um modelo de base. Você é livre para escolher seus exemplos, basta aplicá-lo ao exemplo escolhido.

Sistema simplex: rádio AM/FM.

Locutor é a fonte de informação.

O microfone é o transdutor.

A mesa de som responsável pela captura e amplificação é o transmissor.

As ondas de rádio são o canal de comunicação.

O rádio do ouvinte é o receptor.

O autofalante do rádio é o transdutor.

O destinatário é o ouvinte.

Nesse sistema, somente o locutor é a fonte de informação.

Sistema semiduplex: walkie-talkie

O usuário que pressiona o botão para falar é a fonte de informação.

O microfone é o transdutor.

A parte do circuito interno, que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal, é o transmissor.

As ondas de rádio são o canal de comunicação.

O rádio do ouvinte é o receptor.

O autofalante do rádio é o transdutor.

O destinatário é o ouvinte com o outro rádio na mesma frequência.

Nesse sistema, ambos podem ser receptores e fontes de informação, porém alternadamente.

Sistema duplex completo: chamada de celular

O usuário que está falando é fonte de informação.

O microfone é o transdutor.

A parte do circuito interno, que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal, é o transmissor.

As ondas de rádio são o canal de comunicação.

O celular do ouvinte é o receptor.

O autofalante do rádio é o transdutor.

O destinatário é a pessoa para a qual foi destinada a ligação.

Nesse sistema, ambos podem ser fontes de informação e destinatários, quase que ao mesmo tempo, limitados somente pela capacidade de compreender e responder, visto que não há necessidade de alternância para a troca de papéis.

Avançando na prática

Solução para transportadora

Descrição da situação-problema

Caro aluno, você trabalha em uma empresa de telecomunicações e está analisando um caso de uma transportadora, cujo foco é realizar mudanças residenciais. A empresa atua principalmente na região de sua matriz, onde cerca de 90% dos trabalhos estão em um raio de 50 quilômetros.

A empresa em questão deseja criar um novo sistema de comunicação para seus caminhões, a fim de melhorar a comunicação entre eles e reduzir o custo que tem com as operadoras de celulares.

O sistema será usado somente no raio de maior ação da empresa, ou seja, no raio de 50 km em que está concentrada a maior parte de seus serviços. Veja a seguir informações importantes:

A matriz da empresa fica no alto de um morro e a construção, em um prédio alto, lugar ideal com vista da cidade, ideal para se construir uma ERB.

Será preciso ao menos um rádio na matriz e um rádio por caminhão.

A empresa fica localizada em uma região do interior; há poucos edifícios grandes, o que facilita a cobertura da região, sem a necessidade de repetidoras.

Com base nessas informações, cabe a você, caro aluno, montar um relatório de viabilidade, apontando os elementos básicos para a instalação desse sistema, segundo o seu entendimento e indicando todos os personagens envolvidos no processo de comunicação, de acordo com os conhecimentos aprendidos nesta seção.

Resolução da situação-problema

Como forma de solucionar esse problema, veja o caso de uma ERB, com sistema semiduplex, com rádios móveis nos caminhões e um rádio fixo na empresa, todos com o sistema de *push-to-talk* - processo que tem um ótimo custo benefício.

Como local de instalação da estação rádio base, como exposto na situação-problema, a localização privilegiada permite que seja instalada uma ERB dentro da empresa, o que evita também outros problemas, tal como acesso à manutenção e o fornecimento de energia elétrica.

O modelo analisado teria o seguinte fluxo de informação:

O usuário que pressiona o botão para falar é a fonte de informação.

O microfone é o transdutor.

A parte do circuito interno, que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal, é o transmissor.

As ondas de rádio são o canal de comunicação.

O rádio do ouvinte é o receptor.

O alto-falante do rádio é o transdutor.

O destinatário é o ouvinte com o outro rádio na mesma frequência.

Nesse sistema, ambos podem ser receptores e fontes de informação, porém alternadamente.

Faça valer a pena

1. Segundo Amaral (2015), todo elemento de interferência que dificulta a compreensão da mensagem pelo o destinatário, incluindo fatores com o volume da voz muito baixo, chiados, microfonia, poluição sonora no ambiente, tem uma denominação específica.

Selecione a alternativa que nomeia corretamente a denominação de tais interferências.

- a) Ruído.
- b) Barulho.
- c) Fator de complicação.
- d) Perda de sinal.
- e) Interferência.

2. Analise as sentenças abaixo e marque V para Verdadeiro e F para Falso.

() Segundo Medeiros (2016), por definição, todo aparelho que transforma uma forma de energia em outra é um transdutor.

() O microfone do telefone poder ser considerado um transdutor, pois transforma as ondas mecânicas da voz em impulsos elétricos para ser transmitido.

() O alto-falante do telefone também pode ser considerado um transdutor, pois transforma os impulsos elétricos em ondas mecânicas da voz.

Selecione a alternativa correta para a sentença.

- a) F, F e V.
- b) F, V e V.
- c) F, F e F.
- d) V, V e F.
- e) V, V e V.

3. A respeito dos sistemas de transmissão do canal de comunicação, veja as sentenças a seguir.

O sistema "X" opera com uma única frequência e somente a Estação Rádio Base pode transmiti-la. Nesse caso, a unidade móvel somente pode receber informações, nunca poderá transmiti-la.

O sistema "Y" opera com uma frequência para a transmissão e outra para a recepção, isso também permite que a comunicação seja bidirecional, simultaneamente entre os envolvidos.

O sistema "Z" opera com uma única frequência, mas suporta a comunicação nos dois sentidos (bidirecional), porém a transmissão de informação ocorre em um sentido de cada vez. Esse modelo usa o conceito do PTT (*Push-to-talk*).

Classifique os sistemas X, Y e Z corretamente de acordo com sua correspondência.

- a) Semiduplex, simplex e duplex completo.
- b) Simplex, duplex completo e semiduplex.
- c) Simplex, semiduplex e duplex completo.
- d) Duplex completo, simplex e semiduplex.
- e) Simplex, simplex e semiduplex

Seção 1.3

Princípios de redes sem fio e sistemas móveis GSM

Diálogo aberto

Caro aluno, conforme vimos nas seções anteriores, você é um profissional de tecnologia e, dada a sua experiência, foi convidado a prestar consultoria, além de organizar um treinamento, em uma empresa na qual será instalado um novo sistema de transmissão. Como parte desse novo sistema, você deverá treinar a equipe responsável pela implementação do projeto. Com os conceitos básicos de comunicação e uma revisão panorâmica-histórica da evolução da área, é hora de checar o conteúdo a fim de não deixar nada para trás, finalizando o material. Faça uma análise simples e exploratória dos elementos da comunicação, monte uma representação em forma de imagem, que ilustre todo o sistema de comunicação de uma chamada de celular, utilizando como base o seguinte cenário: Vinicius liga de seu celular para o celular de Luiz, que está fazendo aniversário, e diz: "Parabéns, Luiz, felicidades para você, muitos anos de vida! Amanhã eu passo aí para te dar um abraço. Até mais!".

Não deixe de indicar cada meio e etapa desse processo, apontando desde o emissor, os meios de conversão, transmissão até a chegada no receptor. Essa etapa é muito importante para a compreensão dos vários processos envolvidos em uma chamada telefônica via celular e conclui o treinamento. É necessária a composição de um relatório para entregá-lo à empresa contratante do serviço, aproveite a imagem que você desenvolverá e crie um texto descritivo de cada etapa do processo em forma de síntese, a qual não deve ter mais de 30 linhas.

Não pode faltar

Princípios básicos de sistema de comunicação sem fio

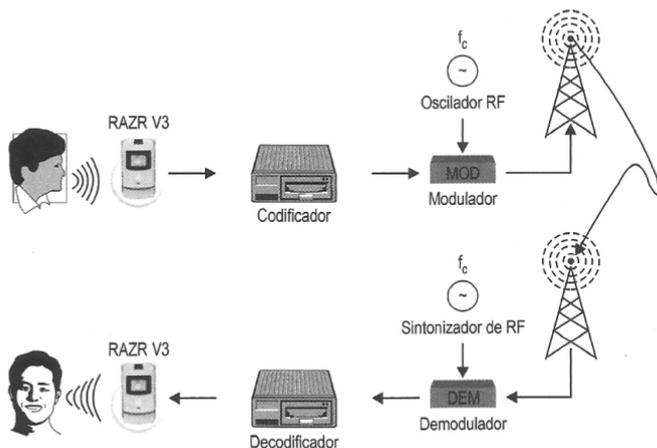
Medeiros (2016) afirma que um sistema de telefonia móvel celular é um sistema *wireless* de comunicação sem fio constituído basicamente por rádios móveis (celulares) e ERBs fixas (Estações rádio base). Também

é por meio das ERB que um celular se comunica com outro, ou até mesmo com outro telefone da rede fixa, à qual a ERB está ligada. Esse sistema de rádios sem fio permite comunicação por voz, vídeo, além de acesso à internet, entre outras.

Medeiros (2016) também afirma que a ERB cobre uma área que não necessariamente possui superfícies com áreas simétricas. Tanto áreas suburbanas quanto urbanas são cobertas por diversas ERBs, e o sistema pode ser estendido a outras áreas de maior fluxo, como áreas rurais. Segundo Sverzut (2008), esse é o sistema básico de radiotransmissão, em que a transmissão e a recepção de sinais de RF são realizadas nas seguintes etapas:

- modulação;
- codificação;
- demodulação;
- decodificação.

Figura 1.14 | Sistema básico de radiotransmissão



Fonte: Sverzut (2008, p. 31).

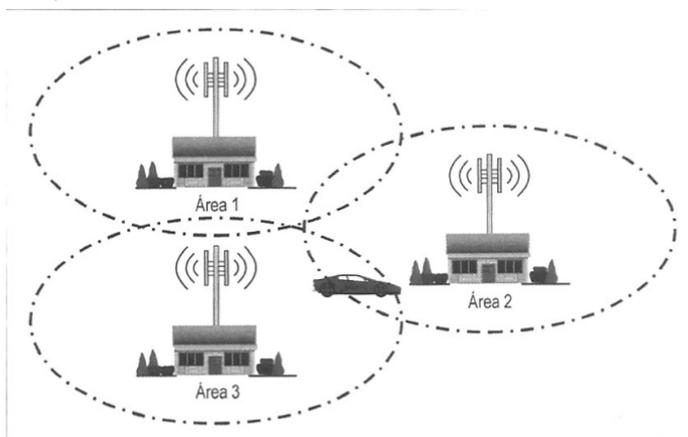
Medeiros (2016) define que o celular é um radiotransceptor portátil, de baixa potência de emissão, mas com elevada sensibilidade de recepção, e que o transceptor é o equipamento que integra o transmissor e o receptor, o que faz com que esse componente ocupe o mesmo volume. O celular envia sinais à ERB para informar sua presença na célula, até mesmo quando não está sendo usado.

O sistema de telefonia fixa celular é semelhante ao sistema de telefonia móvel, porém são restringidos a uma área específica. Esse sistema é implantado em locais onde não é viável instalar uma rede fixa com cabos ou um sistema alternativo de telefonia local. Já por força de regulamentação, a operadora não pode disponibilizar o acesso desses usuários a outras ERBs, a fim de evitar que seja categorizada como sistema de celular móvel.

Células, clusters e infraestrutura básica

Conforme Machado (2011), no processo evolutivo dos sistemas de comunicação sem fio, o serviço celular passou a trabalhar com divisões de regiões e cidades, em pequenas áreas que são denominadas de "células", em vez de um único transmissor. Cada célula é servida pelo seu próprio conjunto de radiotransmissores e radiorreceptores (canais) de baixa potência, conforme indicado Figura 1.15.

Figura 1.15 | Célula



Fonte: Sverzut (2008, p. 36).

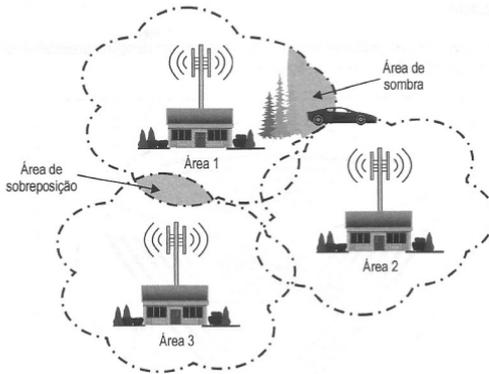
Segundo Sverzut (2008), apesar da impressão dada pela Figura 1.15 de que uma célula possui um sistema de cobertura circular, sob condições ideais e antenas de propagação em todas as direções, a tendência é que a cobertura seja uniforme, mas, na prática, ela não é assim.



Svezut (2008) afirma que, apesar de esse sistema se aproximar ao sistema circular, ele é totalmente irregular e, por esse fato, não é utilizado para a representação de células. O padrão adotado para a representação de células, segundo a teoria do padrão celular é a de um hexágono.

Quando existem várias células, surgem alguns problemas, tais como área de sombra (área sem sinal) e sobreposição de sinais, conforme pode ser visto na Figura 1.16.

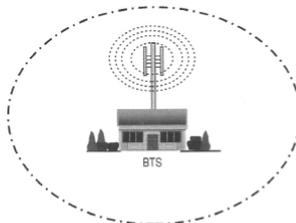
Figura 1.16 | Modelo de irradiação de uma célula



Fonte: Svezut (2008, p. 37).

Para Svezut (2008), apesar da presença de áreas de sobreposição parecer problemática, é desejável que haja determinado nível de sobreposição entre células adjacentes, pois isso evita falhas na cobertura. Elas também são utilizadas no provimento do serviço *handover*. As células também podem ser classificadas de duas formas: omnidirecional e setorizada. Veja na Figura 1.17 e na Figura 1.18.

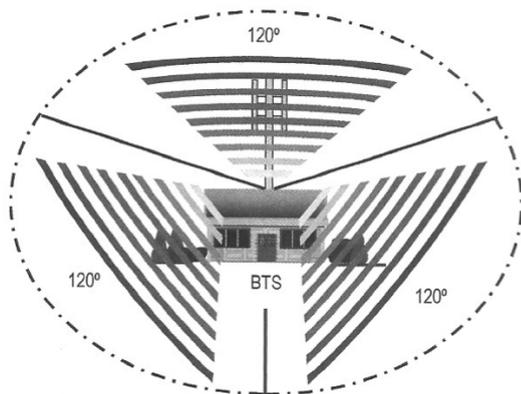
Figura 1.17 | Célula omnidirecional



Fonte: Svezut (2008, p. 37).

Segundo Sverzut (2008), esse tipo de célula é utilizado em áreas suburbanas e rurais, com baixa densidade e tráfego pequeno. A área de cobertura extensa é a principal vantagem desse tipo de célula.

Figura 1.18 | Célula setorizada



Fonte: Sverzut (2008, p. 38).

Sverzut (2008) afirma que, nesse tipo de célula, a BTS (*Base Transceiver Station*) é equipada com antenas diretivas, que operam em direções preestabelecidas chamadas de setores, geralmente formadas por ângulo de 120° , conforme a Figura 1.18. Esse tipo de célula é utilizado em regiões de grande tráfego, assim como em áreas urbanas.

Segundo Machado (2011), *cluster* é a denominação dada à repetição regular de frequências, obedecendo às seguintes regras: todas as frequências de um sistema de celular podem estar contidas dentro de um *cluster*, mas nenhuma frequência pode ser reusada.

ERBs podem ser classificadas em ao menos duas categorias quanto à sua estrutura: quando está sobre o topo de um prédio, como na Figura 1.19, é chamada de *roof-top*; já quando está instalada em uma torre, como na Figura 1.20, é chamada de *greenfield*. Vale lembrar que uma torre (seja *greenfield* ou *roof-top*) pode comportar mais de uma operadora, o chamado "compartilhamento".

Figura 1.19 | *Roof-top*



Fonte: Pixabay.

Figura 1.20 | *Greenfield*



Fonte: Pixabay.

Arquitetura básica de uma rede GSM

Segundo Sverzut (2008), estes são alguns dos elementos de uma arquitetura GSM (*Global System for Mobile Communications*):

Estação Móvel (*Mobile Station - MS*): é formada pelo equipamento móvel (*Mobile Equipment - ME*) e pelo módulo de identificação do assinante (*Subscriber Identity Module - SIM*). O ME é o responsável por interligar o assinante à rede GSM e possui um número de identificação o IMEI (*International Mobile Equipment Identity*). Já o módulo SIM é um cartão inteligente (*Smart Card*), que se conecta internamente ao ME.



Pesquise mais

Para ver mais detalhadamente a arquitetura GSM, recomenda-se a leitura do livro a seguir:

SVERZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS: Evolução a caminho da quarta geração (4G)**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008. p. 67-79.

Sistema de estação base (*Base Station System – BSS*): é responsável por conectar a MS e o MSC (*Mobile Services Switching Centre – MSC*).

Controlador de estação base (*Base Station Controller – BSC*): tem como função controlar um grupo de estações BTS (*Base Tranceiver Station – BTS*). É a BSC que recebe todas as operações requeridas pelas BTS.

Estação transceptora base (*Base Tranceiver Station – BTS*): é a responsável por prover as conexões na interface aérea com a MS, seu hardware básico é o de radiofrequência e antenas.

Transcodificador (*Transcoder XCDR*): é o equipamento que faz a conversão da voz em sinais provenientes da MSC, dentro das normas GSM.

Sistema de comutação da rede (*Network Switching System – NSS*): é encarregado pelas funções de comutação, controle e gestão da mobilidade e da base de dados dos assinantes de uma rede GSM.

Central decomutação celular (*Mobile Services Switching Centre - MSC*): é responsável pelo processamento de chamadas, operação, manutenção e supervisão, incluindo a gestão da base dados.



Os processos citados são uma síntese de alguns dos principais envolvidos em uma estrutura GSM. Aproveite o intervalo da aula ou o retorno à sua casa: observe a quantidade de pessoas utilizando seus dispositivos móveis e reflita sobre a quantidade de tráfego sem fio que está a sua volta.

Handover e transição de sinal por meio das células

O *handover*, segundo Sverzut (2008), ou *handoff*, conforme Medeiros (2016), é o processo que garante a mobilidade para o usuário por meio de um enlace contínuo da estação móvel (celular) com a ERB da célula em que ele se encontra. Sverzut (2008) afirma que, após o estabelecimento da conversação, o sinal sofre constante medição pela BTS e que, se qualidade do sinal ficar abaixo do valor especificado pela qualidade, a rede vai decidir entre:

- estabelecer um novo canal físico da mesma BTS, porém em setores diferentes; esse é o **Handover Intra BTS**;
- estabelecer um novo canal físico em outra BTSs, mas mantendo a mesma BSC; esse é o **Handover Intra BSC**;
- estabelecer um novo canal físico em outra BTSs, também utilizando BSCs diferentes, mas dentro da mesma MSC; esse é o **Handover Intra MSC**;
- estabelecer um novo canal físico em outra BTSs, mas utilizando MSCs diferentes; esse é o **Handover Inter MSC**.



Uma forma prática de visualizar o *handover* ou *handoff* é olhar para seguinte cenário.

Durante uma viagem de carro de Campinas até São Paulo, o passageiro de um veículo faz contato com sua família, via chamada de voz pelo seu celular, que dura todo o trajeto. É possível observar que não é uma viagem de poucos quilômetros e que o passageiro durante a chamada chegou até mesmo a mudar de código de área (saiu da 019 e foi para a 011). O processo que permite tal mobilidade é exatamente o *handover*, que mesmo durante a chamada faz medição do sinal, identifica que o celular do passageiro está em movimento e, quando chega no seu limite de qualidade previsto para a chamada, envia o sinal de uma BTS para outra, permitindo que a chamada não se desconecte durante o percurso.

Uma visão geral sobre um sistema de celulares

Para melhor fixação do conteúdo e visualização geral do sistema, vamos analisar os processos básicos de uma chamada.

- 1- A fonte de informação inicia uma chamada por meio da sua estação móvel.
- 2- O microfone e o auto-falante são os transdutores. Também na estação móvel, há o transmissor, parte do circuito interno, que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal.
- 3- O diálogo entre os envolvidos na ligação é a mensagem.
- 4- As ondas de rádio são o canal de comunicação.
- 5- A mensagem é transmitida da estação móvel para a estação rádio base.
- 6- A estação rádio base transmite a mensagem até a BSC.
- 7- A BSC transmite a mensagem até a MSC.
- 8- A MSC localiza em qual BSC a estação móvel o destinatário está. É aqui na MSC que é feita a tarifação da chamada.
- 9- A BSC localiza a qual estação rádio base o destinatário está conectado.
- 10- A estação rádio base, onde o destinatário está conectado, envia as informações da chamada para a estação móvel do destinatário.
- 11- O microfone e o autofalante da estação móvel do destinatário são os transdutores. Também na estação móvel do destinatário, há o receptor, isto é, o circuito elétrico destinado a receber o sinal elétrico e encaminhá-lo ao transdutor.
- 12- O destinatário é a pessoa a quem se destina a mensagem, por isso, ele é o destinatário.

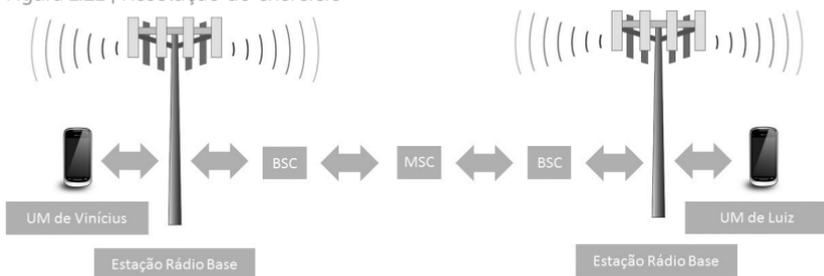
Essa análise finaliza esta seção, é hora de trabalhar nos exercícios, para melhor fixação do conteúdo.

Sem medo de errar

Caro aluno, vale lembrar que você é um profissional de tecnologia e que, por sua experiência, foi convidado a prestar consultoria, além de organizar um treinamento. Utilizando os conceitos já vistos de comunicação e os conceitos desta unidade, a tarefa é montar

uma representação em forma de imagem, ilustrando o sistema de comunicação de uma chamada de celular, utilizando como base o seguinte cenário: Vinícius faz uma ligação do seu celular para o celular de Luiz, que está fazendo aniversário, e diz: "Parabéns, Luiz, felicidades para você, muitos anos de vida! Amanhã eu passo aí para te dar um abraço. Até mais!". Não deixe de indicar cada meio e etapa desse processo, apontando desde o emissor, os meios de conversão, transmissão, até chegada ao receptor. Como modelo de resposta, podemos utilizar a figura e a descrição a seguir.

Figura 1.21 | Resolução do exercício



Fonte: elaborada pelo autor.

- 1- Vinícius é quem emite a mensagem, por isso, ele é a fonte de informação.
- 2- O telefone de Vinícius é a estação móvel, e o microfone e o auto-falante são os transdutores. Ainda na estação móvel, há o transmissor, parte do circuito interno, que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal.
- 3- "Parabéns Luiz, felicidades para você, muitos anos de vida! Amanhã eu passo aí para te dar um abraço. Até mais!" é a mensagem.
- 4- As ondas de rádio são o canal de comunicação.
- 5- A mensagem é transmitida da estação móvel para a estação rádio base.
- 6- A estação rádio base transmite a mensagem até a BSC.
- 7- A BSC transmite a mensagem até a MSC.
- 8- A MSC localiza em qual BSC a estação móvel Luiz está.
- 9- A BSC localiza a qual estação rádio base Luiz está conectado e transmite a mensagem para a estação móvel de Luiz.

10- O telefone de Luiz é a estação móvel do destinatário, o microfone e o auto-falante do celular são os transdutores. Ainda na estação móvel, há o receptor, parte do circuito elétrico, destinado a receber o sinal elétrico e encaminhá-lo ao transdutor.

11- Luiz é a pessoa a quem se destina a mensagem, por isso, ele é o destinatário.

Com essas imagens e esses conceitos, podemos analisar grande parte dos processos que são necessários para uma chamada telefônica, um processo longo, mas que acontece em questão de segundos toda vez que uma chamada via celular é iniciada. Com essa etapa pronta, é concluída a situação-problema.

Avançando na prática

Cobertura para uma área rural

Descrição da situação-problema

Caro aluno, você é o responsável técnico pela empresa Telecom e foi incumbido de apresentar um projeto de instalação para uma nova ERB, que dará cobertura para uma área rural, a qual a operadora tem interesse de cobrir. Apesar da baixa densidade de pessoas, é um ponto estratégico para cobrir duas fazendas e um pequeno vilarejo de produtores rurais.

O senhor João, responsável pela procura de novos locais para a implantação de ERBs, já visitou o lugar e apresentou algumas informações importantes para o projeto. Dentro da área estabelecida para a instalação da ERB, existe um provedor de internet, onde há bastante espaço livre. A área é extensa, mas possui pouco tráfego. A área possui energia elétrica, os acessos são livres, mas a via não é pavimentada.

Com essas informações, elabore um texto descritivo indicando modelo de ERB, local para a instalação e justificando o porquê de cada uma das suas escolhas.

Resolução da situação-problema

Caro aluno, objetivo desse projeto é realizar a instalação de uma nova ERB, que dará cobertura para uma área rural, a qual a operadora

tem interesse de cobrir. A melhor forma de solucionar esse problema é analisando as informações fornecidas pelo senhor João e procurando soluções de acordo com o conhecimento adquirido até aqui.

- A área é extensa, mas possui pouco tráfego, o que possibilita a instalação de ERB do tipo Omnidirecional, pois, segundo Sverzut (2008), esse tipo de célula é utilizado em áreas suburbanas e rurais, com baixa densidade e tráfego pequeno. A área de cobertura extensa é a principal vantagem desse tipo de célula.
- Dentro da área estabelecida para a instalação da ERB, existe um provedor de internet, no qual há bastante espaço livre. Com essas informações, podemos definir que o compartilhamento é a melhor forma de cobrir o local, visto que aproveitamos a infraestrutura existente, diminuindo os custos de uma nova construção, assim o trabalho para a instalação dessa nova estação será somente de realizar adaptações para a entrada da nova ERB.
- Como praticamente todas as tecnologias de comunicação, o fornecimento de energia elétrica é essencial para o funcionamento dos equipamentos.
- Os acessos são livres, mas a via não é pavimentada. O acesso fácil para estações rádio base é indispensável, mesmo que por vias não pavimentadas (o que é bem normal para torres no modelo *greenfield*), mas é frequente a necessidade de manutenção preventiva e corretiva, afinal, se a ERB está com algum defeito, toda a área de cobertura fica comprometida.



Faça você mesmo

Com base nos conceitos aprendidos até agora, crie um texto com informações adicionais ao cenário apresentado a seguir: você é o responsável pela instalação de uma nova ERB, todo o projeto de transmissão e estrutura do *greenfield* que ficará sobre um morro, ao lado de uma ERB já existente. Sua tarefa é planejar uma lista de itens adicionais para que esse projeto seja um sucesso, não deixe de listar a solução para os seguintes pontos: energia para alimentação dos equipamentos, formas de acesso, responsável pelas chaves do portão, vias de acesso, preparação do terreno e tudo que achar importante descrever. Bom trabalho!

Faça valer a pena

1. A popularização dos aparelhos celulares ou estação móvel tem como um de seus fatores principais a mobilidade que esse sistema permite ao usuário. O processo que garante a mobilidade para o usuário por meio de um enlace contínuo da estação móvel com a estação rádio base é classificado de duas formas diferentes, de acordo com os autores estudados, mesmo tratando-se do mesmo processo.

Assinale a alternativa correspondente ao nome dado à classificação desse processo.

- a) *Transcoder* e transdutor.
- b) Codificador e Modulador.
- c) *Handover* e *handoff*.
- d) *Handover* e *jump off*.
- e) BTS e MSC.

2. No processo evolutivo dos sistemas de comunicação sem fio, adotou-se a divisão de pequenas áreas para a cobertura de uma região maior em vez de um único transmissor. Sobre esse tema, analise as informações a seguir.

I – A evolução dos sistemas de comunicação sem fio fez com que o serviço de celular passasse a trabalhar com divisões de regiões e cidades, em pequenas áreas que são denominadas de “células”.

II – Áreas de sobreposição de sinais são sempre problemáticas, tendo impacto direto no *handover*.

III - O celular é um radiotransceptor portátil, de alta potência de emissão e elevada sensibilidade de recepção.

Assinale a alternativa correta.

- a) As afirmações I, II e III estão corretas.
- b) Somente a afirmação II está correta.
- c) As afirmações II e III estão corretas.
- d) Somente a afirmação I está correta.
- e) Todas as afirmações estão incorretas.

3. Estações rádio base cobrem áreas que não necessariamente são simétricas. Áreas suburbanas e urbanas necessitam de diversas ERBs para que tenham cobertura. Segundo Sverzut (2008), estações rádio base operam utilizando o sistema de radiotransmissão, onde a transmissão e a recepção de sinais de RF são realizadas em quatro etapas.

Identifique nas alternativas as etapas de rádio transmissão corretas.

- a) Modulação, codificação, demodulação e decodificação.
- b) Transmissão, recepção, mensagem e meio.
- c) Emissor, meio, mensagem e receptor.
- d) Emissão, codificação, demodulação e decodificação.
- e) Modulação, meio, mensagem e receptor.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES - ANATEL. **Institucional**. 2017. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/institucional/institucional>>. Acesso em: 6 out. 2017.

AMARAL, Suely. **Teoria da comunicação**: emissor, mensagem e receptor. 2005. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/portugues/teoria-da-comunicacao-emissor-mensagem-e-receptor.htm>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

CARVALHO, Luiz de. **Introdução a sistemas de telecomunicações** - abordagem histórica. São Paulo: LTC, 2014.

CASTRO, Isa Leão. **Linguagem verbal e não verbal**: o Ensino da língua portuguesa. 2013. Disponível em: <<http://www.faculdadefar.edu.br/artigo-cronica/detalhe/id/21>>. Acesso em: 6 out. 2017.

CURY, Augusto. **Ansiedade**: como enfrentar o mal do século. São Paulo: Saraiva, 2013.

MACHADO, Renato. **Telefonia Celular**. 2011. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/gpscom/professores/Renato%20Machado/Telefonia/TelCelular00Renato.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

MCLUHAN, Marshall. **Os Meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Cultrix, 1969.

MEDEIROS, Júlio César Oliveira. **Princípios de telecomunicações** - teoria e prática. 5. ed. São Paulo: Érica, 2015.

SVERZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS**: evolução a caminho da quarta geração (4G). 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

Comunicações analógicas e digitais

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta seção, iremos trabalhar a compreensão dos elementos de comunicações analógicas e digitais e entender seus usos e aplicações, para cada tipo de tecnologia.

Para que possamos navegar na internet, falar no celular ou até mesmo assistir a um programa de televisão, uma série de informações percorre um longo caminho e, para que essa informação chegue ao destinatário, existem os meios de transmissão. Para que exista a comunicação entre dois pontos, diversos modelos de transmissão podem ser aplicados, um mesmo sinal pode ser transmitido por um único meio e recebido por vários dispositivos, ou pode ser transmitido por diferentes meios e ser recebido por um único dispositivo, cada qual com sua aplicação e funcionalidade. A tarefa nesta seção é a de compreender os princípios de telecomunicações analógicas e digitais.

Nesta Seção 1 desta unidade, veremos os elementos de comunicação analógica e digital, suas características e aplicações, de forma a permitir que você compreenda e analise cada um destes elementos.

Para melhor fixação do conteúdo, você, caro aluno, será desafiado a criar um gadget de uso militar, aplicando os conceitos e fundamentos estudados, para a apresentação de um relatório de viabilidade de transmissão de um projeto do Exército Brasileiro.

Para viabilizar este projeto, algumas questões serão necessárias para seu progresso, tais como: qual tecnologia apresenta mais segurança? Qual é a melhor forma de trabalhar

um dispositivo que necessita de mobilidade em meios tão adversos quanto o campo de batalha?

Com o estudo desta unidade, poderemos ter um panorama geral das vantagens e desvantagens das comunicações analógicas e digitais, além de suas principais aplicações em diversas áreas.

Seção 2.1

Transmissão e recepção

Diálogo aberto

Caro aluno, para melhor fixação do conteúdo desta seção, trabalharemos com um cenário diferenciado: a criação de um novo produto que atenda a um nicho específico de pessoas. Neste momento, você já é um profissional experiente em telecomunicações que acaba de ser contratado para trabalhar em um instituto de pesquisa.

O projeto inicial que foi destinado a você consiste na apresentação de um relatório de viabilidade de transmissão para um gadget (um aparelho desenvolvido para atender a uma função específica, neste caso, de um nicho de pessoas) do Exército Brasileiro. O gadget, desenvolvido em território nacional, será um comunicador exclusivo, portátil, à prova d'água e à prova de choque. Evidentemente que o processo e suas informações são confidenciais, bem como tudo o que será transmitido por ele.

O processo inicial de desenvolvimento deste relatório consiste na criação do conceito da peça do gadget e de um texto descritivo de, no mínimo, 15 linhas. Nele também devem constar a forma de transmissão e os itens indispensáveis para o seu funcionamento, incluindo partes do circuito elétrico responsáveis pela conversão da voz em impulsos elétricos, e vice-versa. De acordo com os conceitos vistos anteriormente e também com o conteúdo aprendido nesta sessão, pense sobre a estação rádio base e os elementos que ela deve conter. Vale lembrar o quanto o design do produto é importante, por isso, seja criativo e crie conceitos até mesmo em forma de desenho e ilustração, segundo o seu entendimento e criatividade.

Não pode faltar

Definições de elementos de transmissão

Caro aluno, agora que já temos uma visão geral de um sistema de telecomunicações funcional (seção anterior), é hora de estudar alguns conceitos mais a fundo, iniciando pelos elementos de transmissão e recepção.

Os elementos de transmissão são diferentes para cada tipo de canal, pois utilizam tecnologias diferentes, por exemplo, se, em um caso de emergência, um grupo de sobreviventes utiliza uma lanterna para enviar um sinal de SOS por sinal de luz, o elemento que ele usa para transmitir a mensagem é a lanterna, e o sinal luminoso é o canal.

Segundo Carvalho (2014), no caso dos primeiros telégrafos sem fio, os transmissores iniciais utilizavam tensão elevada, através de um transformador, que por meio de um espaço vazio entre duas esferas, produzia o centelhamento (faísca), além de circuitos ressonantes, para que a tensão e a corrente oscilassem na frequência correta. Tal fenômeno teria de ser mantido durante todo o processo de transmissão, mas isso gerava muito ruído. Para que o som ficasse mais agradável, foram desenvolvidos sistemas que geravam centelhas com maior frequência, como consequência havia um áudio mais agradável devido à maior amplitude da onda.

Figura 2.1 | Telégrafo sem fio



Fonte: <<https://collections.museumvictoria.com.au/items/404170>>. Acesso em: 29 nov. 2017.



Refleta

A utilização da fibra óptica tem nos permitido transmitir dados de forma rápida e segura por meio de conceitos de física aplicados neste condutor.

Sob o seu entendimento, escreva um pequeno texto, de até 5 linhas, sobre como você explicaria o fato desses impulsos de luz serem transmitidos por esses condutores.

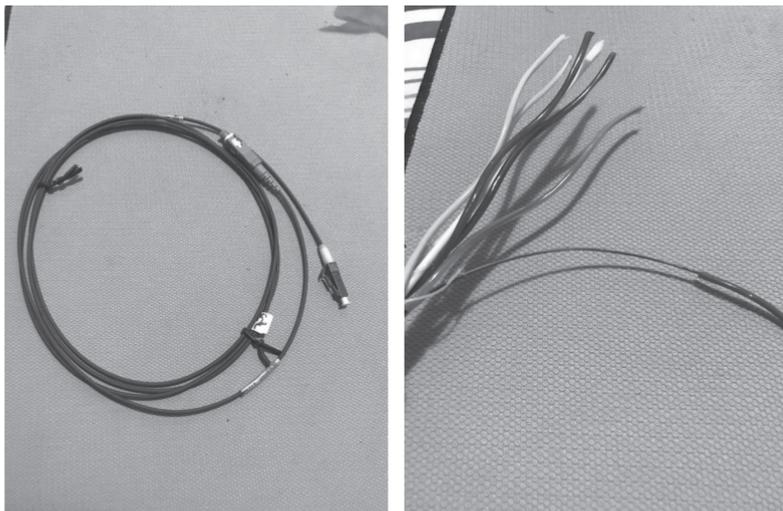
Depois de escrever tudo no papel, confira o vídeo disponível no link deste box e reflita sobre esses conceitos e, se necessário, acrescente ou corrija seu texto com conceitos sobre essa forma de transmissão.

HENRIQUE OLIVEIRA. Entenda os conceitos da fibra óptica. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VpfYeYSmfPY>>. Acesso em: 29 nov. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

Segundo Medeiros (2016), a fibra óptica é um condutor de luz monofilar, construído a partir de um material com estrutura cristalina. Sistemas de comunicação de fibra óptica possuem inúmeros dispositivos óticos, amplificadores e sensores. A luz é encaminhada em um sentido por cada elemento de fibra empregado, por isso, é necessário um par de fibras, para formar um circuito de comunicação, onde um é responsável pela transmissão, e outro pela recepção.

As informações, através de um sinal luminoso, percorrem a fibra, por meio de um feixe de luz estreito, gerado por laser e modulado por sinais elétricos que se propagam no canal por sucessivas reflexões internamente na fibra. Tal sistema é seguro, não reage a campos eletromagnéticos externos, além de operar com elevada taxa de transmissão, 10 Mbits/s.

Figura 2.2 | Fibra óptica, cordão ótico e cabo multifilar sem conector



Fonte: acervo do autor.



Para entender melhor a fibra ótica, acesse o vídeo a seguir que mostra o curioso processo de fabricação da fibra.

MEGA DOCUMENTÁRIOS. Como é feito: a fibra ótica. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iHyrQ6MW7YE>>. Acesso em: 29 nov. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

Como vimos na seção anterior, o sistema de celular móvel é um sistema de transmissão sem fio, que funciona à base de rádios móveis e estações rádio base, fixas, as denominadas "ERBs". Esse é o sistema no qual trafegam nossos dados, seja via mensagens de texto, voz, fotos, vídeos ou mesmo quando acessamos à internet. Tal sistema também permite a mobilidade entre regiões cobertas por diferentes ERBs, pelo processo de *handover* (resgatando o conceito da seção anterior, o *handover*, ou *handoff*, é o processo que garante que o celular possa se movimentar entre as células sem que a chamada "caia", por meio de um enlace contínuo da estação móvel (celular) com a ERB da célula em que ele se encontra).

Figura 2.3 | *Handover*



Fonte: elaborada pelo autor.

Também como já visto na seção anterior, dentro da unidade móvel (celular), a parte do circuito interno, que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal, é o transmissor.

Outro sistema de transmissão sem fio via sinal de rádio é o sistema de rádio em HF (*high-frequency*). Ele é um sistema monocal de alta frequência utilizado para longas distâncias, normalmente superiores a 100 quilômetros, na faixa de 3 a 30 MHz, sem empregos de estações

repetidoras. Esse sistema é utilizado no emprego de estações militares, navegação aérea e marítima e radioamador. A potência desse sistema é variável, de poucos watts ou até mesmo de quilowatts.

A irradiação principal é direcionada para o alto, para a ionosfera, que fica a aproximadamente 80 quilômetros da terra, esta é ionizada e atua como um refletor das ondas de rádio, enviando-as de volta para a terra. Importante dizer também que a Terra pode refletir tais ondas.

Ocorre um forte ruído elétrico, quando a "onda ionosférica", nome dado à onda direcionada ao espaço, é recebida. Já as partes da Terra onde não há incidência dessas ondas são chamadas de "áreas de silêncio de rádio" ou "áreas de sombra".

Definições de elementos de recepção

Tal como os elementos transmissão que são diferentes para cada tipo de canal, também são diferentes os elementos de recepção, devido ao uso de tecnologias diferentes.

Segundo Carvalho (2014), os primeiros telégrafos sem fio não eram levados muito a sério, ainda que, na época de sua invenção, tinham como principal utilidade, por questões de segurança, a comunicação em navios. Há ainda o caso do Titanic, que no momento de seu naufrágio em 1922, já possuía equipamentos de transmissão e recepção telegráfica; seu pedido de SOS, que não foi levado a sério, foi inclusive visto por outro navio, não muito distante dele.

A própria centelha (faísca) foi um dos processos iniciais de recepção do telégrafo sem fio, uma forma de tornar visível a existência de uma onda (foi usada muito mais em forma de experiência, do que na prática). Também foi utilizado o coesor, um dispositivo que "disparava" quando havia corrente de RF na antena. Ele conduzia a corrente de uma bateria, para que um eletromagneto funcionasse, que também era necessário ser desativado continuamente para saber se a onda continuava presente ou não.

Outro dispositivo de recepção é o detector magnético (CARVALHO, 2014). Esse dispositivo utilizava um fio de ferro magnetizado por um ímã através da histerese, neste caso, se não havia onda, a histerese mantinha a magnetização; porém, se havia,

a alternância da RF desmagnetizava o fio. Ambos modelos foram substituídos com a invenção da válvula eletrônica.

Para o sistema móvel celular, o circuito elétrico destinado a receber o sinal elétrico e encaminhar ao transdutor é o receptor, e o transdutor é o responsável por transformar os impulsos elétricos em ondas de voz.



Assimile

Todo aparelho que transforma uma forma de energia em outra é considerado um transdutor, parte primordial nos modelos de comunicação por voz.

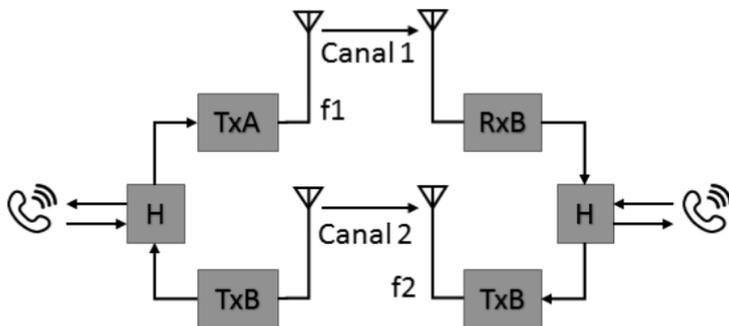
A mensagem de voz poderia ser enviada e recebida corretamente pela estação móvel, porém se os impulsos elétricos não fossem corretamente convertidos em som, esse processo seria completamente perdido.

Exemplos de transmissão e recepção

Para exemplificar um circuito funcional de transmissão, vamos entender como funciona o canal rádio e o circuito rádio.

Segundo Medeiros (2016), é considerado um **canal rádio** quando a operação é simples, unilateral, tal como funciona um rádio. Já no **circuito rádio**, a operação é duplex, ou seja, um circuito ocupa dois canais com frequências diferentes: um para transmitir, e outro para receber informações.

Figura 2.4 | Canal rádio



Fonte: elaborada pelo autor.

Enlace de comunicações

Um enlace de comunicação é a comunicação de pelo menos dois pontos. Eles podem ser classificados como:

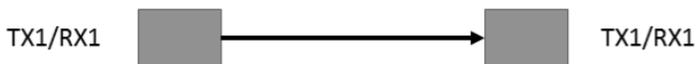
A- Entre dois aparelhos diretos. Ex.: dois operadores de walkie-talkie comunicando-se diretamente entre seus aparelhos.

B- Através de ERBs. Ex.: duas pessoas comunicando-se por chamada de celular, através do sistema de estação rádio base.

Há enlaces como:

1 – Enlace ponto a ponto: quando o enlace se dá somente entre dois pontos.

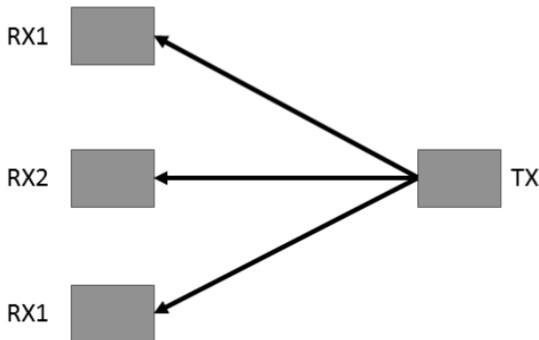
Figura 2.5 | Enlace ponto a ponto



Fonte: elaborada pelo autor.

2 – Enlace ponto-multiponto: este modelo é utilizado quando a transmissão é feita em um único ponto, e a recepção se dá entre diversos pontos, como funciona na radiofusão (AM ou FM), onde uma estação transmite um mesmo sinal para vários ouvintes.

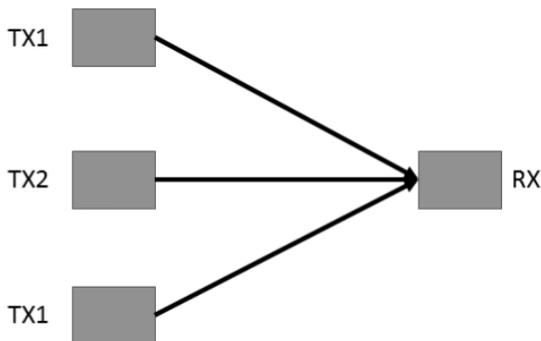
Figura 2.6 | Enlace ponto-multiponto



Fonte: elaborada pelo autor.

3 – Enlaces multiponto-ponto: este modelo é dado quando várias transmissões são feitas para um mesmo ponto, tal como é na transmissão de várias emissões terrenas para um satélite.

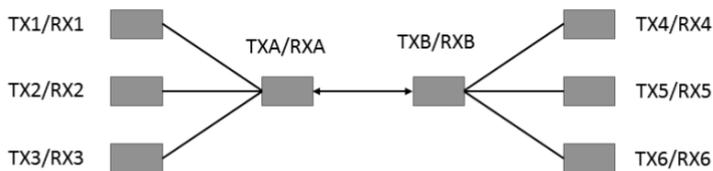
Figura 2.7 | Enlace multiponto-ponto



Fonte: elaborada pelo autor.

4 – Enlace multiponto-multiponto: este modelo é aplicado quando assinantes de um ou mais sistemas estabelecem enlaces entre si, como na teleconferência. O exemplo da Figura 2.8 mostra este modelo de comunicação utilizando conferências de assinantes sobre uma mesma central telefônica.

Figura 2.8 | Enlace multiponto-multiponto



Fonte: elaborada pelo autor.

Aplicação de elementos de transmissão e recepção

Medeiros (2016) descreve alguns modelos de comunicação. Conheça-os a seguir.

Comunicação fixa: este é o modelo dos enlaces que utilizam pontos fixos, através de uma rede fixa, que utiliza fio, cabos ou fibras óticas.

Comunicação rádio móvel: este é o modelo para os enlaces que utilizam rádios móveis, que podem ser terrestre, marítimo ou aeronáutico.

Para atender à comunicação do tipo rádio móvel terrestre de áreas extensas, podem-se utilizar estações repetidoras, distribuídas na região, instaladas sobre locais elevados, além de comunicação direta via satélite. Já nas comunicações de rádio móvel marítima e aeronáutica, utilizam-se sistemas de rádio em HF, VHF e UHF, além do sistema de satélite.

Comunicação rádio base: este modelo utiliza enlaces que são estabelecidos em estações fixas no terreno, que podem ser instaladas em casas e edifícios.

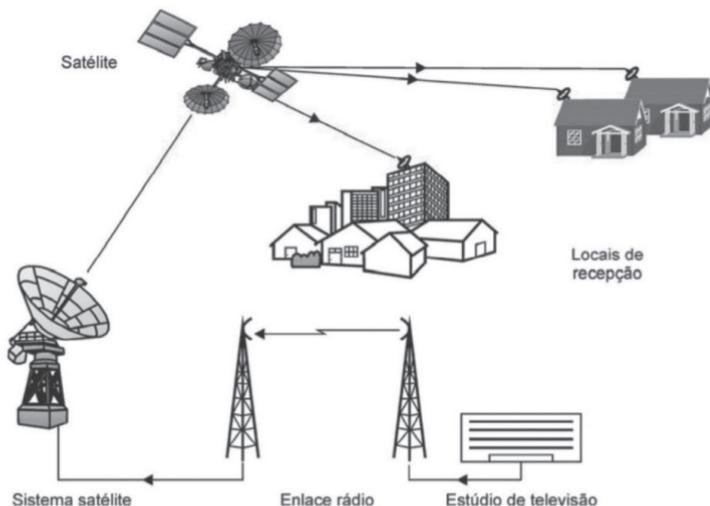
Comunicação mista: este modelo é o mais complexo, pois pode utilizar mais de um modelo de transmissão e pode ser estabelecido entre rede fixa e rádios.



Exemplificando

Os múltiplos sistemas são utilizados em diversos meios de transmissão. A Figura 2.9, analisada a seguir, exemplifica um modelo de aplicação.

Figura 2.9 | Múltiplos sistemas



Fonte: Medeiros (2016, p. 39).

Medeiros (2016) analisa que a fonte que gera informação é um estúdio de TV, distante da estação do satélite. Os sinais gerados no estúdio (de áudio e vídeo) chegam ao satélite por meio de um rádio enlace ponto a ponto (de visibilidade), e o satélite recebe a emissão da estação terrestre e retransmite a onda. A recepção do satélite é feita em vários locais (multiponto) por meio de antenas parabólicas, e os destinatários são os telespectadores.

Com esta análise, encerramos esta seção. Agora é hora de fixar o conteúdo através das atividades.

Sem medo de errar

Como um profissional experiente em telecomunicações e contratado para trabalhar em um instituto de pesquisa, você foi designado a trabalhar em um projeto de comunicação do exército. O seu objetivo é realizar a apresentação de um relatório de viabilidade, e, como processo inicial de desenvolvimento deste relatório, você deve criar uma peça conceito deste gadget e um texto descritivo, no qual devem constar a forma de transmissão e os itens indispensáveis para o funcionamento, incluindo partes do circuito elétrico responsáveis pela conversão da voz em impulsos elétricos, e vice-versa, além da estação rádio base e seus elementos básicos. Em relação ao rádio, podemos listar os itens: o microfone e o autofalante, que são os transdutores; o transmissor, circuito interno que garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal; o receptor, parte do circuito interno que recebe o sinal e o envia para o autofalante; e a antena.

Em relação à forma de transmissão, há o sistema de transmissão sem fio via sinal de rádio chamado de HF (*high-frequency*). Utilizado no emprego de estações militares, é um sistema monocanal, de alta frequência, utilizado em distâncias normalmente superiores a 100 quilômetros, na faixa de 3 a 30 MHz, sem empregos de estações repetidoras.

Em relação ao design do produto, como é uma “peça conceito”, todas as formas são aceitas, incluindo: a forma de rádio manual convencional; de rádio para o pulso, como um *smartwatch*; em forma

de *headset*; ou um novo formato, segundo a sua criatividade. Veja a seguir exemplos de modelos.

Figura 2.10 | Rádio comunicador



Pixabay.

Figura 2.11 | Smartwatch



Pixabay.



Fonte: Pixabay.

Avançando na prática

Transmissão para uma empresa em expansão

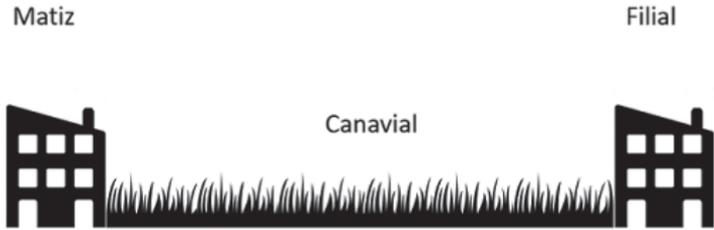
Descrição da situação-problema

A usina Etanol, é uma empresa em expansão. Recentemente, construiu uma filial para o processamento de novos produtos, localizada a 20 quilômetros de distância. Entre a matriz e a filial, há somente um canal, que pertence à empresa.

A usina, que logo entrará em fase de operação de sua unidade, tem como necessidade neste momento realizar a interligação dos dados entre as duas unidades, pois a área de tecnologia da empresa será consolidada somente na unidade da matriz, porém, ambas utilizam o mesmo sistema, do mesmo banco de dados e demais arquivos e processos já implantados na primeira unidade da usina.

Dado este problema, você, caro aluno, que trabalha em uma conceituada empresa de tecnologia, foi contratado para viabilizar este enlace entre as duas empresas. Nesta etapa, foi solicitada a apresentação de um estudo de solução para este caso, em forma de texto, apontando o meio de transmissão e tipo de enlace, incluindo uma argumentação de suas escolhas e uma justificativa para não ter escolhido um dos outros modos.

Figura 2.13 | Ilustração da situação-problema



Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

Caro aluno, existem várias possibilidades para interligar as duas empresas: realizar a ligação via cabos, fibra ótica, ou mesmo utilizando exemplos com os quais já estamos familiarizados, o uso da tecnologia via rádio, visto na unidade anterior. A solução mais adequada é a escolha da interligação via rádio para este enlace. O tipo de enlace é o ponto a ponto, pois somente duas empresas necessitam desse sistema, e o tipo de transmissão é o de sinais de rádio, com visada direta. Esta escolha se justifica, pois o canavial é uma plantação pequena, e o tráfego de colhedeadas, coletores de cana e caminhões não é muito intenso, de modo que uma pequena torre ou caixa d'água pode fazer com que a conexão direta entre as empresas seja estável.

Justifica-se a utilização da transmissão via rádio, em vez da fibra ótica ou outras conexões via cabo, dada a visibilidade e a proximidade entre as duas unidades da empresa, evitando até mesmo o uso de unidades repetidoras de sinal, além de impedir qualquer problema com o rompimento do cabo.

Faça valer a pena

1. Qual o nome dado à onda, cuja irradiação é direcionada para o alto, mais precisamente para a ionosfera, que fica a aproximadamente 80 quilômetros da Terra, a fim de que seja refletida novamente para Terra, além de ter como característica possuir forte ruído elétrico?

Identifique e assinale a alternativa correta.

- a) Onda senoidal.
- b) Onda ionosférica.
- c) Onda refletida.
- d) Onda espacial.
- e) Onda do satélite.

2. Utilizando os conceitos de canal rádio e circuito rádio vistos nesta seção, analise as sentenças a seguir.

I. O **canal rádio** utiliza operação simples, unilateral, tal como um rádio funciona.

II. O **circuito rádio** utiliza operação duplex, ou seja, um circuito que ocupa dois canais.

III. O **circuito rádio** utiliza frequências diferentes, onde um canal é utilizado para transmitir, e outro canal é utilizado para receber informações.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) I e III, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

3. Um enlace de comunicação é a comunicação de pelo menos dois pontos, entre dois aparelhos diretos ou através de estações rádio base. São várias as formas de aplicação de enlace, desde a ligação de simples dois pontos até a utilização de vários transmissores e receptores.

() O modelo de enlace ponto-multiponto tem como conceito a transmissão em um único ponto, e a recepção, em diversos pontos.

() O modelo de enlaces é classificado como multiponto-ponto quando várias transmissões são feitas para um mesmo ponto.

() O enlace ponto a ponto é um tipo de enlace que é feito somente entre dois pontos.

Analise as sentenças e marque V para Verdadeiro e F para Falso.

- a) V,F,V.
- b) F,V,V.
- c) F,F,V.
- d) F,V,F.
- e) V,V,V.

Seção 2.2

Processos analógicos e digitais

Diálogo aberto

Caro aluno, você é um profissional na área de telecomunicações e acaba de ser contratado para trabalhar em um instituto de pesquisa. Seu projeto inicial é a apresentação de um relatório de viabilidade de transmissão para um gadget do Exército Brasileiro, um comunicador exclusivo, desenvolvido em território nacional, aparelho portátil, à prova d'água e à prova de choque. Evidentemente que o processo e suas informações são confidenciais, bem como tudo o que será transmitido por ele.

Esse projeto nasceu de uma necessidade do exército, e será utilizado em campos de batalha, o que o torna muito mais desafiador, pois falhas de comunicação neste tipo de operação podem custar a vida de combatentes, logo, estabilidade e confiança são adjetivos realmente indispensáveis para a construção desse gadget em todo o projeto.

Na etapa anterior, foi criado o conceito do projeto em forma de descrição, um relatório, e também já foi escolhida a sua forma de transmissão. Sua atividade agora consiste em criar uma tabela com as principais características dos sistemas de comunicação digital e analógica e, a partir de sua análise, apontar qual é o modelo mais indicado para o desenvolvimento do gadget. Não se esqueça de que, além da tabela e do apontamento da tecnologia utilizada, você deve justificar sua resposta, pois ela deve estar nos moldes de um relatório técnico que deve ser entregue ao final para o Exército.

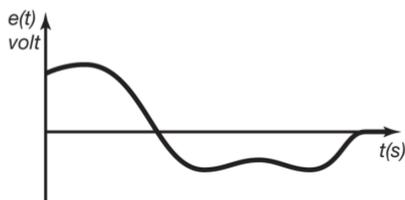
Lembre-se que sua decisão deve estar baseada no conceito do gadget desenvolvido na fase anterior, pois você está trabalhando no mesmo projeto.

Seja prudente, pois as informações devem ser muito bem protegidas! Bom trabalho.

Características de comunicações analógicas

Carvalho (2014) define que um sinal analógico é todo o sinal que pode assumir todos os valores, delimitados por um valor mínimo e um máximo, de forma contínua. Com os sinais analógicos, é possível transmitir sons, como música e voz humana, imagens, incluindo sinais de vídeo como a TV analógica, fotos e fax, ou até mesmo sinais de controle, como o controle. Normalmente, os sinais elétricos analógicos são gerados diretamente pelos transdutores, que na maioria das vezes precisam ser amplificados eletronicamente, pois são gerados em pequenas amplitudes. Na Figura 2.14, há um exemplo da representação de um sinal elétrico analógico, cujo eixo X representa o tempo em segundos, e o eixo Y representa a tensão.

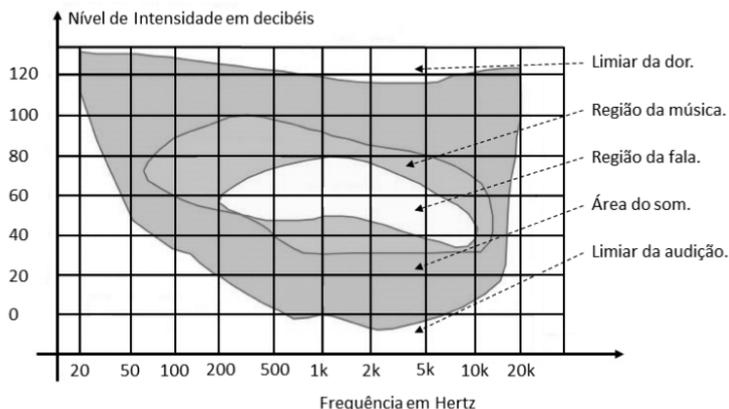
Figura 2.14 | Sinal analógico



Fonte: elaborada pelo autor.

A voz, que é a vibração das cordas vocais, é convertida em sinais elétricos analógicos através do microfone e, depois de ser amplificada, pode ser reproduzida pelo autofalante. Segundo Medeiros (2016), estudos demonstram que a voz varia entre frequências de 300 e 3,4 kHz, enquanto harmônicos podem atingir cerca de 6 kHz, isso faz com que o timbre da voz seja mais grave no homem e mais agudo na mulher. Assim como a voz, a música, que é obtida através de vibrações sonoras de instrumentos musicais, também pode ser captada e transformada em sinais elétricos analógicos pelo microfone e reproduzida pelo autofalante. Seu espectro musical é maior e se estende de poucos hertz até cerca de 19 kHz, valor considerado limite para a audição do homem.

Figura 2.15 | Frequências audíveis



Fonte: elaborada pelo autor.



Refleta

Um sinal analógico “é todo o sinal que pode assumir todos os valores, delimitados por um mínimo e um máximo, de forma contínua”, a partir da definição de Carvalho (2014, [s.p.]), reflita sobre outros produtos e medidas que podem ser considerados analógicos, tal como a medida de temperatura, ou uma lâmpada incandescente ligada a um potenciômetro, que faz com que sua luminosidade seja variável.

Características de comunicações digitais

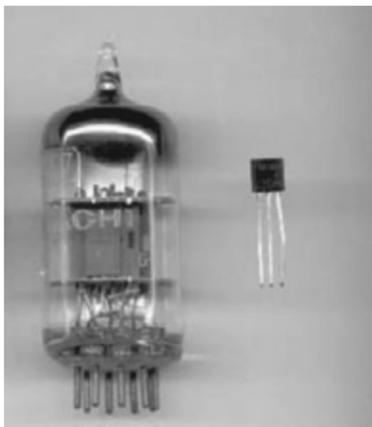
Segundo Medeiros (2016), as técnicas da eletrônica, limitadas pela tecnologia da época, foram concebidas há décadas. O maior limitante eram as válvulas termiônicas, que tinham a função de gerar e amplificar os sinais elétricos, tal avanço foi alcançado com as válvulas, que foram diminuindo de tamanho e depois substituídas por transistores.

Atualmente, os transistores são feitos de silício, material que substituiu a produção dos transistores feitos de germânio, pois estes eram deficientes em relação à estabilidade térmica.

O principal problema das antigas montagens eletrônicas era o tamanho das válvulas, além do calor gerado por elas. Também havia a necessidade de alimentação destas em corrente contínua na casa dos 250 volts. Já os transistores atuais são componentes muito menores, produzem menos calor e operam com tensão contínua entre 3 e 12

volts. Na Figura 2.16, podemos ver um comparativo entre o tamanho dos dois componentes, à esquerda, a válvula e, à direita, o transistor.

Figura 2.16 | Comparação de dimensões entre válvula (esquerda) e transistor (direita)



Fonte: Medeiros (2016, p.60).

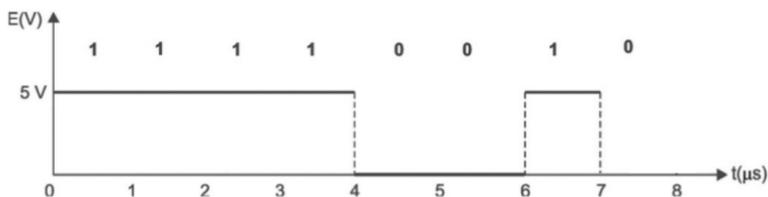
A diminuição do tamanho de componentes, bem como a melhoria da sua qualidade, permitiu o surgimento do CI (Circuito Integrado) e do microprocessador, componentes indispensáveis para o avanço das técnicas digitais. Além disso, este processo evolutivo fez com que diversas comunicações analógicas passassem a trabalhar com tecnologia digital, pois assim se tornam mais seguras e ampliam seus domínios.

Ao contrário do sinal analógico, que é obtido diretamente de transdutores, os sinais digitais são gerados eletronicamente, codificados e podem ser armazenados em circuitos de memórias, bem como removidos, se assim for desejado.

O sinal digital é transmitido por pulsos elétricos de uma fonte contínua, em forma de bits 0 e 1, que correspondem a dois estados: 0 – não tem tensão e 1 – tem tensão. Por ter somente dois estados possíveis, os sinais são denominados “binários”. Exemplificando, imagine que para representar de forma binária uma luz, que possui somente dois estados (acesa ou apagada), utilizamos a representação do algarismo 1, para o momento em que a luz estiver acesa, e a representação com o algarismo 0, para a lâmpada apagada. A largura do pulso é medida na unidade de tempo (segundos), a taxa de geração é medida em bits

por segundo, e os caracteres são representados por uma combinação de 8 bits, que corresponde a 1 byte. A seguir, a Figura 2.17 representa a transmissão dos bits 11110010, gerando 1 byte.

Figura 2.17 | Sinal digital



Fonte: elaborada pelo autor.

Segundo Medeiros (2016), é necessário transformar um sinal digital em analógico, para que as necessidades da visão e audição sejam atendidas. Para isso, é preciso utilizar um conversor analógico/digital para a reprodução de áudios e vídeos, o que pode ser tido como uma vulnerabilidade, quando considerados efeitos como o ruído elétrico, uma possível fonte geradora de erros, pois o ruído pode fazer com que o decisor considere que o bit recebido é um bit contrário ao enviado, assim, ele interpreta como 0 um sinal 1 enviado, ou vice-versa.

Decisor é um estágio do demodulador de recepção, responsável pela reprodução dos bits recebidos da onda portadora. Os bits errados podem distorcer a informação, até mesmo a ponto de inviabilizar a comunicação. Para evitar tais problemas, são utilizados códigos de correção de erros em sistemas de comunicações.



Pesquise mais

A litografia é o processo em que os transistores são gravados diretamente no silício, quanto menor a litografia, mais transistores são alocados em um espaço menor, aumentando o poder computacional.

Recomendo a leitura do artigo a seguir, que explica como são fabricados os microprocessadores atuais.

SEABRA, Antonio C. **Litografia para microeletrônica**. 2017. Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/~acseabra/pos/5838_files/Litografia_texto.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2017.

Elementos de comunicações digitais e analógicas

Comunicação analógica

Sistemas de comunicação analógicos seguem os conceitos de comunicação que vimos anteriormente: há um transmissor, um canal de comunicação e um receptor. São sistemas mais simples que têm comumente sinais gerados diretamente pelo transdutor, como apresentado no “Exemplificando”, que pode ser demonstrado e construído com experimentos bem simples.



Exemplificando

O canal “Manual do Mundo” mostra como criar um transdutor: um autofalante utilizando um motor elétrico, um circuito amplificador e um prato descartável. Vale a pena conferir o vídeo.

MANUAL DO MUNDO. Faça um alto-falante com prato descartável. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=k3GarjFw7c8>>. Acesso em: 17 nov. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

O processo de conversão do sinal analógico consiste na conversão do sinal em um código digital proporcional, através de um conversor chamado “conversor analógico-digital”, que transforma o sinal contínuo de tensão em dígitos binários (bits).

Segundo Carvalho (2014), pode-se dividir a conversão analógico-digital em três etapas: amostragem, quantização e codificação. Na etapa de amostragem, o sinal analógico é periodicamente amostrado, depois é convertido em um valor numérico (discreto), já a quantização é a etapa de conversão do sinal amostrado em números digitais.

Figura 2.18 | Representação de conversor A/D



Fonte: elaborada pelo autor.

Comunicação digital

A comunicação digital é a mais complexa entre os canais de comunicação, pois, além dos elementos básicos da comunicação

analógica, há também conversores analógicos/digitais (conversor A/D) para a transmissão, o modem e o corretor de erros, já na recepção, há a sequência inversa destes componentes, o corretor de erros, o modem e o conversor digital/analógico (conversor D/A).

O modem é o dispositivo que viabiliza a comunicação digital nos canais de rádio e fio, resultado da contração do modulador na transmissão e do demodulador na recepção.

O sinal digital também pode ser transformado em analógico. Esta conversão D/A é considerada a recuperação do sinal analógico, através de um sinal digital que o represente. O conversor digital/analógico é um circuito que fornece tensões proporcionais a cada número do sinal digital. O sinal então é filtrado a fim de limitar sua faixa de frequência entre os valores mínimo e máximo para o tipo conhecido de sinal (CARVALHO, 2014).

Figura 2.19 | Representação de conversor D/A



Fonte: elaborada pelo autor.

Para Carvalho (2014), conversores também podem ser utilizados para a criação de filtros, com a ajuda de um processador programado para este processamento. Já os filtros digitais são menos complexos de serem produzidos que os filtros analógicos.

Filtros digitais são comumente aplicados quando se trabalha com sinais digitais, porém nada impede que sejam utilizados nos filtros de um sinal analógico, mesmo que ele tenha como objetivo de saída o sinal analógico, assim como vemos na Figura 2.20

Figura 2.20 | Filtro de sinal utilizando filtro digital



Fonte: elaborada pelo autor.

Comparativo entre comunicações analógicas e digitais

Medeiros (2016) aponta a seguinte comparação entre os sinais analógicos e digitais: a comunicação digital é mais segura e muito

menos vulnerável à ação de ruído elétrico, quando comparada à comunicação analógica, e, em sua forma original, os sinais digitais não são inteligíveis.

Como os sinais digitais são gerados em bits, podem ser facilmente armazenados em memórias, DVD, HD etc. Já os sinais analógicos devem ser gravados na já obsoleta fita magnética. Ambos os sinais podem ser multiplexados (multiplexação é o ato de enviar sinais de várias fontes de informação por um único canal), porém a multiplexação digital feita por divisão de tempo é mais vantajosa em quantidade e qualidade que a multiplexação feita por divisão de frequência e usada no sinal analógico. Os sinais digitais são facilmente criptografados, o que dificulta a leitura da mensagem de forma indesejada, diferentemente do telefone fixo, que conhecidamente sofre grampos com facilidade.

Outras características já citadas: o sinal analógico assume todos os valores entre um máximo e um mínimo preestabelecido; o sinal digital utiliza o código binário, que equivale a um bit, e o conjunto de 8 bits equivale a um byte; ambos os sinais podem ser convertidos e filtrados; o sinal digital é gerado eletronicamente e pode ser processado, e o sinal analógico é comumente gerado diretamente pelos transdutores.



Assimile

O sinal da TV aberta no Brasil tem migrado do sinal analógico para o sinal digital, tal mudança permite melhor qualidade de som e imagem. Esta evolução é inevitável, tanto que, em breve, o sinal de rádio também migrará para o sinal digital.

Com este comparativo, encerramos esta seção. Agora é hora de fazer as atividades para melhor fixação do conteúdo. Bom trabalho!

Sem medo de errar

Caro aluno, você está trabalhando em um instituto de pesquisa, em um projeto do exército: um comunicador que será utilizado no campo de batalha. Nesse projeto, estabilidade e confiança são indispensáveis.

Na primeira seção, foram criados o conceito do gadget e o relatório, além da definição da forma de transmissão. Sua atividade nesta etapa

é criar uma tabela com as principais características dos sistemas de comunicação digital e analógica, para que você tenha uma boa base para analisar as duas tecnologias e, a partir dela, apontar qual é o modelo mais indicado para o desenvolvimento do gadget.

Quadro 2.1 | Comparação entre as tecnologias digital e analógica

Característica	Tecnologia indicada
Segurança	Digital
Facilidade de aplicação	Analógica
Facilidade de encriptação	Digital
Facilidade de armazenamento	Digital
Melhor resistência a ruído	Digital
Facilidade de multiplexação	Digital
Melhor tecnologia a ser aplicada	Digital

Fonte: elaborado pelo autor.

Como é possível observar no Quadro 2.1, comparando as tecnologias digital e analógica e de acordo com as necessidades do projeto, é indicado o uso da tecnologia digital, pois ela provê melhor segurança, melhor capacidade de encriptação, facilita o armazenamento em disco e tem melhor resistência a ruído e também facilita a multiplexação.

Avançando na prática

Transmissão de emergência

Descrição da situação-problema

Caro aluno, a empresa americana \$\$\$, preocupada com a grande incidência de furacões na região em que ela está situada, entrou em contato com a empresa em que você trabalha para a implantação de um projeto para prestar socorro em caso de novos furacões.

O projeto consiste no envio de um sinal de rádio que dê orientações para pessoas que resolveram não sair de suas moradias durante o aviso de incidentes climáticos. A rádio transmitirá em looping mensagens com a informação dos locais de distribuição de alimentos aos moradores e a indicação de locais seguros, a fim de evitar novas complicações.

Neste projeto, cabe a você levantar os requisitos para a implantação desse sinal de rádio, incluindo formas de transmissão, tecnologia de sinal (analogico ou digital), e até mesmo sugestões de locais para instalação desta estação de rádio. Mãos à obra e bom trabalho!

Resolução da situação-problema

Caro aluno, veja alguns pontos interessantes para a resolução deste problema. Como o sinal precisa ser transmitido para o maior número de pessoas, o uso de tecnologias do cotidiano e de maior abrangência é recomendado. Não há a necessidade de utilizar criptografia, ou grandes tratamentos do sinal, ele só precisa ser entendível para o receptor, pois só será utilizado em casos de emergência. Como o sinal será transmitido via rádio, ele pode ser simplex, ou seja, não precisa permitir a comunicação entre o destinatário e o emissor. O sinal pode ser transmitido de forma analógica, já que é menos complexo. Ele não precisa de segurança ou criptografia, pois deve ser recebido pelo máximo de pessoas possível; também pode ser transmitido em AM ou FM.

Como sugestão de local de instalação da estação de rádio, deve-se escolher lugares mais altos, como colinas, onde já existam antenas de outras empresas, ou topos de prédio, pois a altura facilita o processo de cobertura de área. Deve-se atentar também a outras condições que facilitam o acesso à estação de rádio. Como praticamente todas as tecnologias de comunicação, o fornecimento de energia elétrica também é essencial para o funcionamento dos equipamentos. Com estas informações, concluímos nossa atividade.

Faça valer a pena

1. Um sinal analógico é todo o sinal que pode assumir todos os valores, delimitados por um valor mínimo e um máximo, de forma contínua. Normalmente, os sinais analógicos são gerados diretamente pelos transdutores, e, na maioria das vezes, precisam ser amplificados eletronicamente, pois são gerados em pequenas amplitudes.

Identifique a alternativa correta que corresponde à forma de gravação e armazenamento dos sinais analógicos.

- a) Sinais analógicos não podem ser gravados.
- b) Sinais analógicos estão prontos para serem gravados em qualquer tipo de disco ou unidade flexível.

- c) Sinais analógicos podem ser gravados em HDs.
- d) Sinais analógicos devem ser gravados em fitas magnéticas.
- e) Sinais analógicos podem ser gravados em CDs, DVDs e disquetes.

2. A implantação da tecnologia digital só foi possível devido à miniaturização das válvulas. Depois, houve a substituição das válvulas pelos transistores, que são muito menores, mais eficientes, duráveis e não aquecem tanto quanto seus antecessores. Outra vantagem dos transistores é trabalhar com tensão entre 3 e 12 volts, contra os 250 volts das válvulas.

Para a fabricação dos transistores, materiais semicondutores são indispensáveis. Entre as alternativas a seguir, selecione os materiais a partir dos quais são fabricados os transistores.

- a) Sílica e quartzo.
- b) Calcário e arenito.
- c) Germânio e silício.
- d) Quartzo e calcário.
- e) Arenito e areia.

3. O sinal digital é transmitido por pulsos elétricos de uma fonte contínua, em forma de bits 0 e 1, já o sinal analógico é todo o sinal que pode assumir todos os valores, delimitados por um valor mínimo e um máximo, de forma contínua. Sobre eles, podemos afirmar que:

I - Em sua forma original, os sinais digitais são inteligíveis.

II - A comunicação digital é mais segura e muito menos vulnerável à ação de ruído elétrico, quando comparada à comunicação analógica.

III - Sinais digitais são facilmente criptografados, o que dificulta a leitura da mensagem de forma indesejada, diferente do telefone fixo, que conhecidamente sofre grampos com facilidade.

IV - Ambos os sinais podem ser convertidos e filtrados.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmações II, III e IV são corretas.
- b) Somente as afirmações I, II e IV são corretas.
- c) Somente as afirmações III e IV são corretas.
- d) Somente a afirmação III está correta.
- e) Todas as afirmações são corretas.

Seção 2.3

Onda portadora

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta unidade, já estudamos os conceitos de transmissão e recepção, bem como os de comunicações analógicas e digitais, agora veremos mais sobre o conceito de onda portadora, indispensável para vários tipos de transmissão, desde rádios AM e FM, até mesmo para TV e internet.

Estamos chegando ao final de mais uma unidade, e agora é hora de finalizar nosso desafio. Nesta seção, trabalharemos com um produto diferenciado, cuja criação e pesquisa são necessárias para o desenvolvimento de um produto exclusivo para as forças armadas de nosso país.

O projeto desenvolvido já passou por duas etapas. Uma delas era sobre as especificações para a transmissão, que terminou com a apresentação de um relatório de viabilidade de transmissão para o dispositivo. Lembrando que também era necessário apresentar uma peça conceito do gadget (um aparelho desenvolvido para atender a uma função específica, de um nicho de pessoas) que deve ser portátil, à prova d'água e à prova de choque. Evidentemente que o processo e as suas informações são confidenciais, bem como tudo o que será transmitido por ele.

Na segunda etapa, foi criada uma tabela, com as principais características dos sistemas de comunicação digital e analógica, e uma análise, que aponta para uma escolha entre tecnologia digital e analógica para ser utilizada no projeto.

É chegada a tarefa final desta etapa do projeto: hora de montar seu relatório e a sua defesa (texto explicativo que justifique as suas escolhas para o gadget), incluindo as informações que foram desenvolvidas nesta seção, tal como a necessidade de uma onda portadora e a forma recomendada de sua modulação. Lembrando que neste relatório também deverão ser anexados os itens já definidos anteriormente (conceito do gadget e o tipo escolhido de comunicação digital ou analógica). Boa sorte!

Não pode faltar

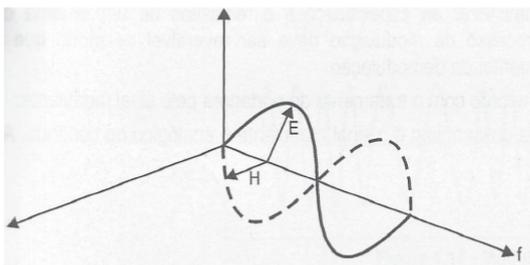
Definições e características de onda portadora

Caro aluno, nesta seção, estudaremos os conceitos e as aplicações da onda portadora, mas antes, é necessário entender mais sobre ondas eletromagnéticas.

As “ondas eletromagnéticas” são constituídas por um campo magnético (H) e um campo elétrico (E), cuja intensidade varia com o tempo. Tanto o campo elétrico, quanto o campo magnético, são mutuamente perpendiculares e ortogonais à direção de propagação da onda.

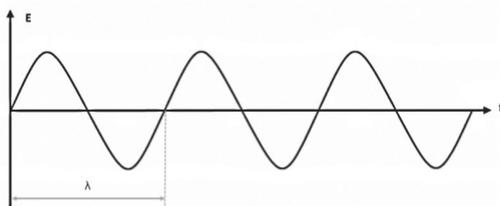
Segundo Sverzut (2008), ambas as oscilações são representadas por uma curva, chamada de “senóide”, que representa os ciclos máximos e mínimos da onda. A distância entre os dois mínimos, ou os dois máximos da onda de forma consecutiva, é o comprimento da onda (λ). Já a variação entre a quantidade de máximos e mínimos durante certo intervalo de tempo é a frequência, e a diferença entre o pico máximo e mínimo da onda é a amplitude.

Figura 2.21 | Campo eletromagnético



Fonte: Sverzut (2008, p. 21).

Figura 2.22 | Comprimento de onda



Fonte: elaborada pelo autor.

As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo na velocidade da luz, então, o comprimento da onda é representado pela expressão:

$$\lambda = c / f$$

Onde c está em m / s e f em Hz .

$c = \text{velocidade da luz } (3 \times 10^8) \text{ m / s}$



Refleta

Se a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo é igual à velocidade da luz, por que existem atrasos na utilização de meios de transmissão sem fio, assim como os segundos de atraso na recepção de sinal da TV digital?

A onda portadora é uma onda eletromagnética, como poderemos ver a seguir. Medeiros (2016) define que a onda portadora, (do inglês *carrier*), é o nome dado à onda senoidal gerada eletronicamente, em determinada potência e frequência, a fim de transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor.

A onda portadora, sinal senoidal com três grandezas variáveis: amplitude, frequência e fase, é utilizada para facilitar a transmissão do sinal.



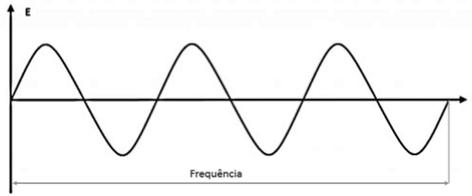
Pesquise mais

As ondas eletromagnéticas apresentam diversas aplicações e formas de acordo com o seu tamanho.

O link deste *box* poderá abrir seus horizontes em relação ao eletromagnetismo e suas aplicações de acordo com cada tamanho de onda.

FÍSICA UNIVERSITÁRIA. Eletromagnetismo - Espectro Eletromagnético. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>>. Acesso em: 12 dez. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

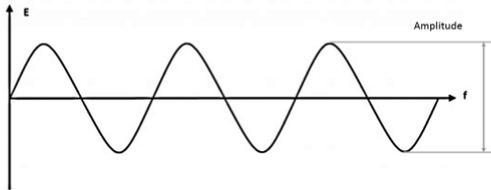
Figura 2.23| Frequência



Fonte: elaborada pelo autor.

A variação dos ciclos de uma onda senoidal é denominada "frequência".

Figura 2.24 | Amplitude



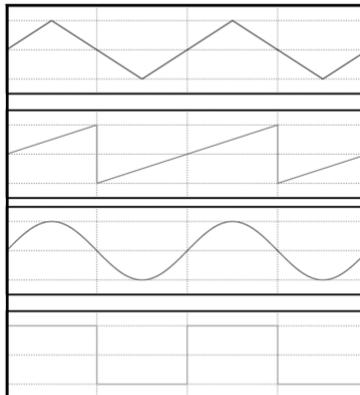
Fonte: elaborada pelo autor.

O espaço entre o pico máximo positivo e negativo da onda é a amplitude.

Sinais especiais na onda portadora

Até o momento, só trabalhamos com ondas em forma de senóide, mas existem diversos tipos de sinais, como podemos observar na Figura 2.25.

Figura 2.25 | Onda triangular, dente de serra, senoidal e trem de pulsos



Fonte: elaborada pelo autor.

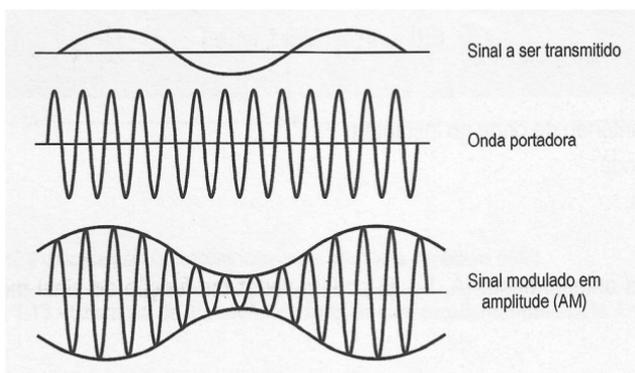
É importante salientar que todos os tipos de ondas mostrados na Figura 2.25 são de ondas eletromagnéticas. A única diferença entre elas é o formato, que pode ser de triângulo, dente de serra, senóide e pulsos.

Segundo Medeiros (2016), teoricamente, qualquer tipo de onda, das mais diferentes formas e frequências, pode ser utilizado como onda portadora, contudo, na prática, a onda senoidal é a forma mais utilizada devido à geração de sinais de espúrios, além de ser a mais resistente a interferências ocasionadas por irradiação.

Outro ponto importante é que a maioria dos sinais não convém ser transmitida diretamente, para isso, a onda é modificada para representar a informação a ser transmitida, o nome dado a esta alteração da onda é “modulação”.

As Figuras 2.26, 2.27 e 2.28 demonstram alguns meios analógicos de modulação, utilizando as três grandezas que já vimos anteriormente: amplitude, frequência e fase.

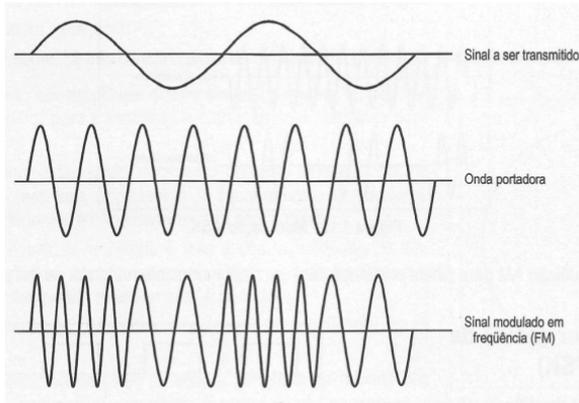
Figura 2.26 | Modulação em amplitude



Fonte: Sverzut (2008, p. 22).

A modulação em amplitude consiste, grosso modo, em “achatar” a altura da onda portadora na forma da mensagem a ser transmitida, em seus semiciclos positivos e negativos. Veja que a frequência da onda, neste caso, se mantém constante.

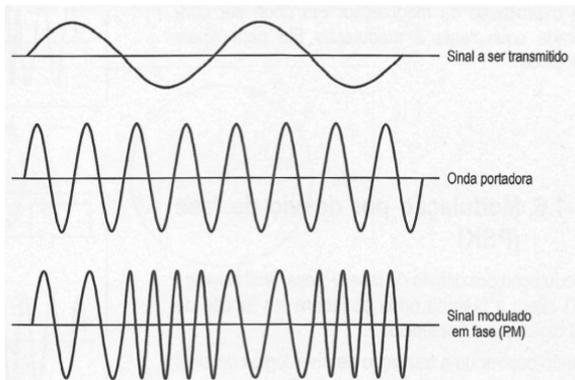
Figura 2.27 | Modulação em frequência



Fonte: Sverzut (2008, p. 22).

Já em ondas que são moduladas pela frequência, a onda portadora é “espremida” ou “alongada” a fim de se moldar ao sinal a ser transmitido. Perceba que, neste caso, a amplitude da onda não sofre qualquer tipo de alteração.

Figura 2.28 | Modulação em fase



Fonte: Sverzut (2008, p. 23).

A modulação em fase basicamente consiste em um tipo especial de modulação de frequência, que, em vez de “espremer” ou “alongar” a frequência, move rapidamente as ondas para pontos diferentes em seus ciclos. A modulação em fase é muito útil para a transmissão de dados, já que pontos diferentes de um ciclo podem representar bits.

Características de mensagem e onda portadora

Neste momento, é importante relembrar alguns conceitos e utilizar exemplos para entender a importância da onda portadora dentro dos conceitos de telecomunicações.

Segundo Sverzut (2008), a onda portadora é utilizada para facilitar a transmissão do sinal. Convém lembrar que "onda portadora" é o nome dado à onda senoidal gerada eletronicamente, em determinada potência e frequência, a fim de transportar as informações na forma de sinais elétricos até o aparelho receptor. Ela é um sinal senoidal com três grandezas variáveis: amplitude, frequência e fase.



Assimile

Para explicar a relação entre mensagem e onda portadora, veja a seguinte analogia: imagine que você deseja enviar uma carta a um amigo.

Para enviar a carta pelos correios, você não pode simplesmente entregar a carta esperando que ela chegue a seu destinatário, você precisará de um envelope que contenha os dados do seu destinatário. Nessa analogia, a carta enviada a seu amigo é a mensagem, e o envelope com as informações do destinatário é a onda portadora.

Figura 2.29 | Mensagem e onda portadora



Fonte: Pixabay.

Para entender as características entre a mensagem e a onda portadora, é necessário resgatar o conceito de mensagem. A mensagem é o objeto da comunicação, as informações que são transmitidas. Basicamente, a mensagem é o conteúdo que será enviado ao destinatário, o código que ele deverá interpretar.

Já sabemos que a onda portadora é a onda senoidal gerada eletronicamente, com potência e frequência predeterminadas, a fim de transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor.

A onda portadora para radioemissões trabalha com frequências geralmente acima de 100 kHz e pode ser transmitida com ou sem modulação. A onda pura é utilizada nas comunicações radiotelegráficas em código morse, já as ondas moduladas transportam informações, como é no caso da transmissão AM (altura modulada) e FM (frequência modulada).

É importante lembrar que mesmo com a onda portadora sendo modulada, a informação deve ser recebida pelo destinatário de forma íntegra, ou seja, o processo de modulação e de modulação de forma alguma deve alterar a mensagem.



Exemplificando

Quando ouvimos uma estação de rádio AM/FM, há um sinal de radiofrequência, modulado em altura ou frequência, aberto a todo o público. O aparelho de rádio recebe o sinal e, através dos transdutores, no caso, um autofalante, traduz a mensagem do locutor, que fora modulada anteriormente e demodulada no aparelho, para ser compreendida pelos ouvintes.

Diferença entre mensagem e onda portadora

Assim como já vimos, a onda portadora e a mensagem estão diretamente relacionadas, enquanto a onda portadora tem a função de facilitar o processo de transmissão e pode ser utilizada com modulações analógicas e digitais, a mensagem é o conteúdo transmitido (textos, imagens, vídeos e outros dados).

A onda portadora será sempre o caminho pelo qual a transmissão é feita, assim como demonstra o box "Assimile", em que a onda portadora fez o papel de envelope, enquanto a mensagem era

o conteúdo da carta. Veja outro exemplo que podemos utilizar como uma analogia de onda portadora: os índios primitivos não possuíam nenhuma forma de telecomunicações, contudo, podiam se comunicar em distâncias maiores que a limitada pelo alcance da voz. Eles criaram sinais de fumaça, em que mensagens eram exibidas por pequenos códigos liberando ou limitando o acesso da fumaça. Considerando que a fumaça produzida pela fogueira é a onda portadora, durante todo o tempo em que a fogueira estava acesa, a onda portadora estava lá, porém, a única mensagem que isso passaria é a de que havia um índio. Agora, imagine que ao avistar o perigo, um índio tampasse com um pano, por exemplo, a fumaça por alguns segundos, e então a liberasse novamente. Esta perturbação na fumaça seria a alteração da onda portadora que demonstraria uma mensagem, no caso, um alerta de perigo.

Com mais este conceito, encerramos esta seção. Aproveite para fazer os exercícios para maior fixação do conteúdo estudado.

Sem medo de errar

Caro aluno, convém lembrar que você está trabalhando em um projeto do exército: a construção de um comunicador que será utilizado em condições adversas. Neste projeto, estabilidade e confiança são indispensáveis.

Esta etapa consiste em reunir todas as informações das Seções 2.1 e 2.2, além de acrescentar suas ideias sobre a onda portadora, bem como sugerir uma forma de modulação para este meio de comunicação. Na etapa anterior, foi criado o conceito em forma de um texto descritivo, de relatório. Nela a forma de transmissão também já foi escolhida.

Em relação ao rádio, até o momento, serão necessários um microfone e um autofalante, que são os transdutores. O transmissor, que é o circuito interno, garante a potência necessária ao sinal elétrico para percorrer todo o canal, e o receptor, parte do circuito interno que recebe o sinal e o envia para o autofalante, e a antena.

Em relação à forma de transmissão, temos o sistema de transmissão sem fio via sinal de rádio, chamado de HF (*high-frequency*), um sistema monocal, de alta frequência, utilizado em distâncias normalmente

superiores a 100 quilômetros, na faixa de 3 a 30 MHz, sem empregos de estações repetidoras. Esse é o sistema utilizado no emprego de estações militares.

Também já decidimos que será utilizado um equipamento digital, dadas as vantagens do sistema: maior segurança, facilidade de encriptação e armazenamento e melhor resistência a ruído.

Nesta seção, também podemos acrescentar a importância da utilização da onda portadora e da sua modulação, a fim de facilitar o processo de transmissão e segurança. Lembrando que a modulação poderá ser escolhida entre frequência, amplitude e fase, mas o modelo recomendado para modelos digitais é em fase, pois ela é muito útil para a transmissão de dados, já que pontos diferentes de um ciclo podem representar bits. Com estes passos avançados, concluímos o desafio. Bom trabalho!

Avançando na prática

Ondas portadoras, uma pesquisa direcionada

Descrição da situação-problema

Caro aluno, você está trabalhando em uma empresa de tecnologia e aferição de ondas, uma pesquisa governamental, financiada pela Anatel, para estudar os efeitos e possíveis novas aplicações de tecnologias analógicas de ondas transmitidas por eletromagnetismo. Nesta pesquisa, você é o encarregado de criar um levantamento sobre as principais formas analógicas de transmissão de dados por ondas portadoras. Nesta etapa do projeto, somente ondas analógicas serão analisadas e estudadas, e cabe a você fazer um levantamento das principais características e das possibilidades de modulação para este tipo de onda.

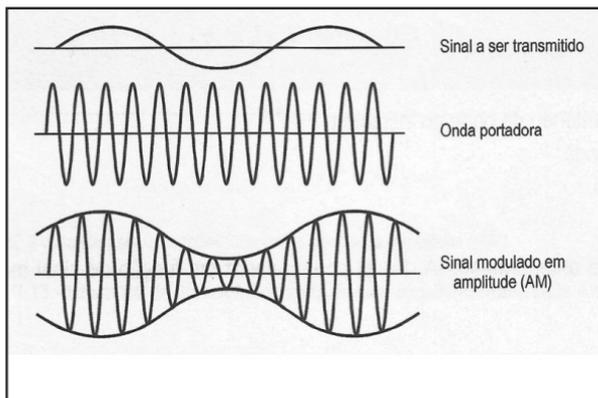
Resolução da situação-problema

Caro aluno, o ponto-chave para a pesquisa de ondas portadoras e sua modulação está nos conceitos estudados nesta seção.

Modulação de ondas por amplitude: este tipo de modulação consiste em alterar a “altura” da onda portadora na forma da

mensagem a ser transmitida, tanto em seus semiciclos positivos, como em seus semiciclos negativos. Neste caso, a frequência da onda não é alterada. Este tipo de modulação é utilizado nas transmissões de rádio AM (Altura Modulada).

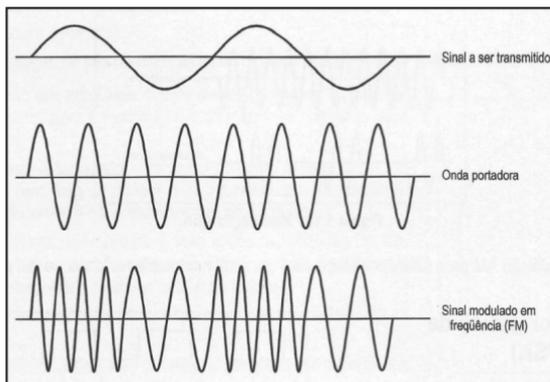
Figura 2.30 | Modulação em amplitude



Fonte: Sverzut (2008, p. 22).

Modulação de ondas por frequência: este tipo de modulação consiste em alterar a frequência da onda portadora, de forma que, ela seja “espremida” ou “alongada”, de acordo com a mensagem a ser transmitida. Neste caso, a amplitude da onda não sofre qualquer tipo de alteração. Este tipo de modulação é utilizado, por exemplo, em transmissões de rádio FM (Frequência Modulada).

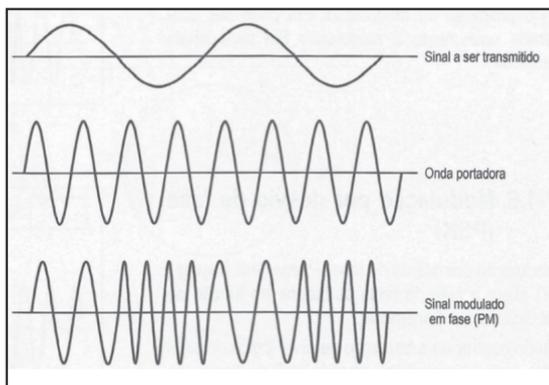
Figura 2.31 | Modulação em frequência



Fonte: Sverzut (2008, p. 23).

Modulação de ondas por fase: este tipo de modulação consiste em alterar a fase da onda portadora, que consiste basicamente em um tipo especial de modulação de frequência, que em vez de “espremer” ou “alongar” a frequência, move rapidamente as ondas para pontos diferentes em seus ciclos. Neste tipo de modulação, a amplitude da onda não sofre qualquer tipo de alteração.

Figura 2.32 | Modulação em fase



Fonte: Sverzut (2008, p. 23).

A modulação em fase é muito útil para a transmissão de dados, já que pontos diferentes de um ciclo podem representar bits.

Este resumo conclui esta tarefa. Bons estudos!

Faça valer a pena

1. “Onda portadora” (do inglês *carrier*) é o nome dado à onda senoidal gerada eletronicamente, em determinada potência e frequência, a fim de transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor. A onda portadora, sinal senoidal com três grandezas variáveis, é utilizada para facilitar a transmissão do sinal.

Assinale a alternativa que corresponda corretamente às três grandezas variáveis da onda portadora.

- a) Tensão, amplitude e frequência.
- b) Frequência, hertz e corrente.
- c) Amplitude, frequência e fase.

d) Fase, amplitude e campo magnético.

e) Corrente, tensão e resistência.

2. Em teoria, todo tipo de onda, das mais diferentes formas e frequências, poderia ser utilizado como onda portadora. Contudo, na prática, a onda senoidal é a forma mais utilizada por apresentar determinadas vantagens.

Selecione entre as alternativas os motivos pelos quais a onda senoidal é a mais utilizada.

a) Maior resistência à interferência e a sinais espúrios.

b) Maior facilidade para conversão digital.

c) Maior facilidade de processamento e filtragem.

d) Maior facilidade de geração de onda e uso em frequências mais altas.

e) Maior resistência à interferência.

3. É sabida a importância da onda portadora, bem como suas possibilidades de modulação.

Utilize os seus conhecimentos adquiridos na seção e analise as sentenças a seguir.

I- A modulação em amplitude altera os ciclos positivos da amplitude da onda, modelando-a de acordo com o sinal da onda portadora.

II- Na modulação pela frequência, a onda portadora é “espremida” ou “alongada” para ser moldada ao sinal a ser transmitido, sem que a amplitude da onda sofra qualquer tipo de alteração.

III- A modulação em fase basicamente consiste em um tipo especial de modulação de frequência, que em vez de “espremer” ou “alongar” a frequência, move rapidamente as ondas para pontos diferentes em seus ciclos.

IV- A mensagem é o objeto da comunicação. Basicamente, a mensagem é o conteúdo que sofre modulação diretamente, para ser enviada à onda portadora.

V- Já a onda portadora normalmente é senoidal, gerada eletronicamente, com potência e frequência predeterminadas, para transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor.

Assinale a alternativa correta dentre as alternativas a seguir.

- a) As afirmações I, II e III estão corretas.
- b) As afirmações II, III e V estão corretas.
- c) As afirmações I, III e V estão corretas.
- d) As afirmações III e V estão corretas.
- e) As afirmações I, II, III, IV e V estão corretas.

Referências

AMARAL, Suely. **Teoria da comunicação**: emissor, mensagem e receptor. 2005. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/portugues/teoria-da-comunicacao-emissor-mensagem-e-receptor.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

CAMPOS, A. L. P.S. **Laboratório de Princípios de Telecomunicações**, Rio de Janeiro: LTC, 2015.

CARVALHO, Luiz de. **Introdução a Sistemas de Telecomunicações**: Abordagem Histórica. São Paulo: LTC, 2014.

CASTRO, Isa Leão. **Linguagem Verbal e Não Verbal**: O Ensino da Língua Portuguesa. 2013. Disponível em: <<http://www.faculdefar.edu.br/artigo-cronica/detalhe/id/21>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

GOMES, Alcides Tadeu. **Telecomunicações, transmissão e recepção**. 21. ed. São Paulo: Érica, 2013.

MANUAL DO MUNDO. Faça um alto-falante com prato descartável. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=k3GarjFw7c8>>. Acesso em: 17 nov. 2017. **(Vídeo do Youtube)**

MEDEIROS, Júlio César Oliveira. **Princípios de Telecomunicações**: Teoria e Prática. 5. ed. São Paulo: Érica, 2016.

MUSEUMS VICTORIA COLLECTION. **Morse Key - Marconi's Wireless Telegraph**, circa 1899. 2017. Disponível em: <<https://collections.museumvictoria.com.au/items/404170>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

SVERZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS**: Evolução a Caminho da Quarta Geração (4G). 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

Principais tipos de modulação e demodulação

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta seção iremos trabalhar a compreensão dos elementos de comunicações analógicas e digitais voltadas à modulação, e entender os usos e aplicações para cada tipo de tecnologia.

Para que possamos navegar na internet, falar no celular ou até mesmo assistir a um programa de televisão, precisamos que uma série de informações percorram um longo caminho, e para que essa informação chegue ao destinatário utilizamos os meios de transmissão, e grande parte deles utilizam de modulação.

Para que a comunicação seja realizada, vários mecanismos de transmissão podem ser utilizados, e vários processos estão envolvidos neste meio. A modulação e demodulação estão entre os principais no tocante a esses mecanismos.

Na Seção 1 desta unidade, veremos os conceitos de modulação e demodulação, e nas Seções 2 e 3 veremos mais sobre ondas portadoras e modulação analógicas e digitais, suas características e aplicações, de forma a permitir que compreenda e analise cada um destes elementos.

Para melhor fixação do conteúdo, você caro aluno, será desafiado a criar um laudo para a empresa Dev&Cia, uma desenvolvedora de software que está abrindo uma filial. O projeto consiste em interligar duas empresas de forma que possam trocar informações e dados, via transmissão por rádio. Para convencer o cliente de que a LK Rádios é a melhor opção, terá de apresentar um laudo dividido em três etapas: a parte A

falando dos tipos de modulação, a parte B apontando os prós e contras ao se trabalhar com ondas portadoras analógicas, a parte C terá de falar sobre ondas portadoras digitais, além de apresentar um cenário completo, indicando, em sua opinião, qual deverá ser o meio de transmissão utilizado para o projeto.

Devidamente introduzido o assunto, é hora de começar os estudos. Boa sorte!

Seção 3.1

Introdução à modulação e demodulação

Diálogo aberto

Você, aluno, é um funcionário que trabalha na LK Rádios. Atualmente você está trabalhando no projeto da empresa Dev&Cia, uma empresa de desenvolvimento de software que está abrindo uma filial. O projeto consiste em interligar as duas empresas de forma que possam trocar informações e dados via transmissão por rádio. Para conseguir convencer o cliente de que a LK Rádios é a melhor opção, terá de apresentar um laudo dividido em três etapas: a parte A falando dos tipos de modulação, a parte B apontando os prós e contras ao se trabalhar com ondas portadoras analógicas, e a parte C terá de falar sobre ondas portadoras digitais, além de apresentar um cenário completo, indicando, em sua opinião, qual deverá ser o meio de transmissão utilizado para o projeto. Ao término deste laudo, a visão do cliente em relação ao produto escolhido deve constar uma análise exploratória dos mecanismos utilizados, bem como o sistema de modulação e demodulação do sinal.

Como o cliente não possui expertise em transmissão, o laudo deve ser iniciado com um breve resumo explicando sobre as características e funcionamento da onda portadora, modulação e demodulação, então, sua tarefa agora é fazer esta primeira etapa.

Hora de colocar o conteúdo de aprendizado desta unidade em prática, releia o conteúdo e certamente fará um bom trabalho. Bons estudos!!

Não pode faltar

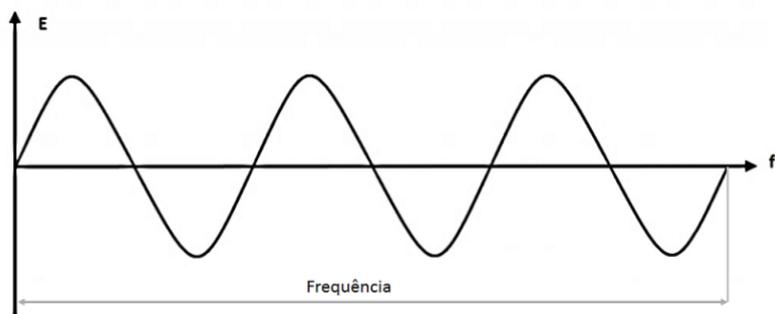
Histórico de modulação

Caro aluno, nesta seção veremos os processos e conceitos de modulação e demodulação, contudo é necessário resgatar alguns conceitos que já vimos anteriormente para melhor contexto.

Vimos que Heinrich Hertz (1857 - 1894) dedicou sua vida ao estudo das ondas eletromagnéticas e que suas descobertas foram essenciais para a criação e desenvolvimento das tecnologias sem fio. Também já vimos que as ondas eletromagnéticas que são constituídas por campo magnético (H) e um campo elétrico (E), e suas intensidades variam com o tempo.

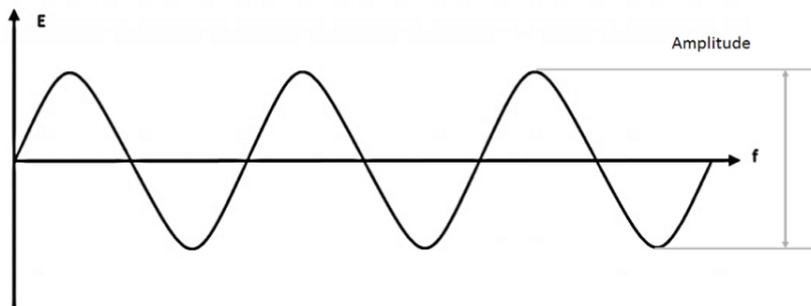
Segundo Sverzut (2008), a onda portadora que é o nome dado à onda senoidal gerada eletronicamente, em determinada potência e frequência, a fim de transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor, esta é utilizada a fim de facilitar a transmissão do sinal, ela é um sinal senoidal com três grandezas variáveis: amplitude, frequência e fase, tais grandezas são demonstradas nas Figuras 3.1 e 3.2.

Figura 3.1 | Frequência



Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 3.2 | Amplitude



Fonte: elaborada pelo autor.

Segundo Campos (2015), o ser humano tem um espectro limitado em relação à audição de ondas sonoras, que está situado entre os 20 Hz e 20 kHz, e agora poderemos ver o porquê de nem

todo tipo de onda ser viável para transmissão direta. Fisicamente falando, seria inviável transmitir sinais nessa frequência por antenas e fibra óptica, utilizando a transmissão via antenas, cujas dimensões físicas devem ser proporcionais ao tamanho da onda, com proporções de 9:1.



Exemplificando

Como exemplo, suponha que um sinal será transmitido na faixa dos 100 kHz, o comprimento desta onda é de 3 km, dado a equação de proporção 9:1, é possível entender o tamanho da antena necessária, isso explica a inviabilidade da construção de uma antena desta proporção.

O tamanho da onda é calculado pela equação:

$$\lambda = c / f \text{ [m]}$$

Onde:

c está em m/s

f está demonstrado em Hz

c = velocidade da luz (3×10^8) m/s

A equação demonstrada no exemplo pode ser resolvida da seguinte maneira:

$$\lambda = c / f$$

$$\lambda = 300.000.000 / 100.000$$

$$\lambda = 3.000m$$

ou seja, o tamanho da onda é de 3 km.

Carvalho (2014) cita dimensões de proporções diferentes para o tamanho de antena, na casa de um quarto ou metade do tamanho da onda, utilizando o exemplo do sinal telefônico que varia entre 300 Hz e 3400 Hz, calcula que o comprimento de onda estaria entre 88 km e 1000 km, deixando o tamanho das antenas entre 22 km e 500 km.

O que não é possível discordar, é que nem mesmo no melhor dos casos a transmissão direta seria possível.

Transmissões de sinais elétricos em baixa frequência geram ondas muito grandes, e isso impossibilita a transmissão do sinal por ondas elétricas. Para que o comprimento de onda possa ser menor basta aumentar a sua frequência, e isso é possível a partir de outro sinal elétrico de frequência elevada, alterando suas características e permitindo o transporte do sinal de informação.

O sinal de informação recebe o nome de sinal modulante, já o sinal de alta frequência é chamado de portadora, que estudamos na Seção 2.3. O sinal após modificado pela portadora, de maneira proporcional à informação recebe o nome de sinal modulado, já o processo de geração deste sinal é a modulação.



Refleta

Visto o tamanho de ondas e o tamanho de antenas que teriam de ser construídas, para que sinais de baixa frequência fossem transmitidos, reflita sobre o que seriam hoje dos meios de comunicação, e até mesmo como seriam o visual das cidades, se somente sinais com ondas tão grandes fossem possíveis de serem transmitidas.

Histórico de demodulação

Certamente neste ponto, você caro aluno, já sabe que o sinal que é modulado de pouco adiantaria se este processo fosse irreversível, afinal, um sinal que é transmitido e não pode ser interpretado iria contra todos os processos de comunicação que vimos nas Unidades 1 e 2 deste material.

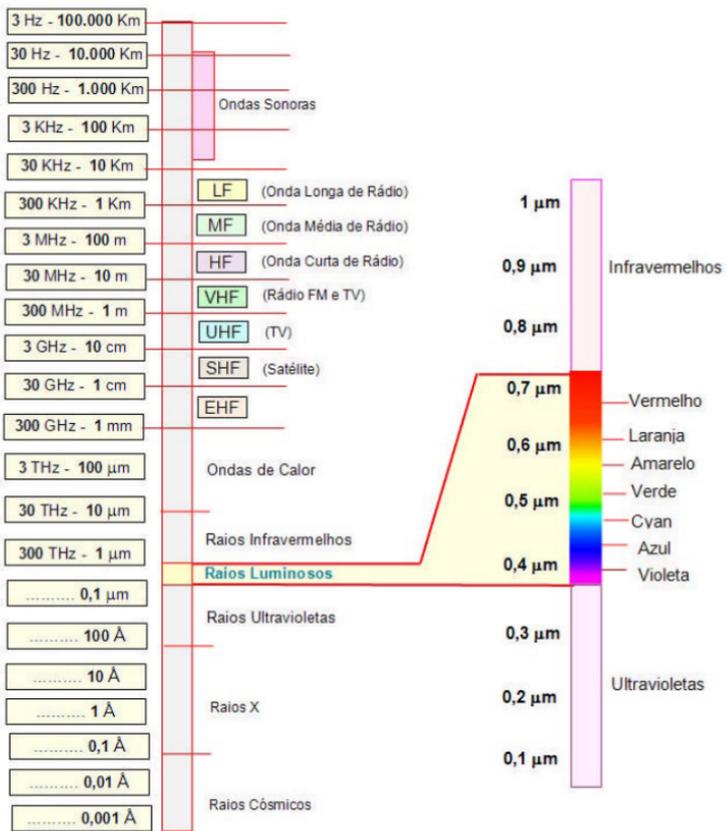
Então, vamos conhecer agora o processo contrário da modulação, que é o processo de demodulação que historicamente, por questões de viabilidade, anda de mãos dadas com o processo de modulação.

Segundo Azevedo (2007), a modulação consiste em alterar a onda portadora a fim de representar a informação a ser transmitida. A demodulação consiste no processo inverso: na recepção o sinal transmitido é recuperado através do processo reverso, ou seja, o sinal é "desmodulado", a fim de eliminar a onda portadora e

recuperar o sinal original.

De acordo com Carvalho (2014), apesar de ondas de maior frequência serem mais fáceis de serem transmitidas, o comprimento da onda ainda é limitado por questões físicas devido ao próprio comportamento da onda. As mesmas ondas eletromagnéticas que utilizamos para a transmissão em ondas de rádio assumem formas diferentes de acordo com o seu tamanho, a Figura 3.3 demonstra as diferentes formas que as ondas se comportam, de acordo com o seu tamanho, variando de ondas sonoras às ondas de rádio, TV, satélite, ondas de calor, raio infravermelho, raios luminosos, raio ultravioleta, raios X e raios cósmicos.

Figura 3.3 | Tamanho de ondas eletromagnéticas



$$\lambda = c / f \quad \lambda \text{ (em metros)} = 300 / f \text{ (em MHz)} \quad \text{exemplo: } 100\text{MHz} \Rightarrow \lambda = 3\text{m}$$

Fonte: Azevedo (2007, p. 18).



Perceba que os raios eletromagnéticos infravermelhos não deixam de ser raios luminosos, eles tão somente não podem ser interpretados por nossos olhos. Esse tipo de raio é utilizado por exemplo na visão noturna, onde sensores recebem esta luz e então exibem no display da visão noturna ondas em comprimentos que podem ser interpretadas por nossos olhos.

Definições de modulação e demodulação

Segundo Carvalho (2014), a modulação consiste na alteração da onda portadora, por meios eletrônicos, de um ou mais de seus parâmetros originais, de forma proporcional ao sinal modulante, lembrando que as características que podem sofrer alteração são a amplitude, a frequência e fase.

A onda portadora, depois de modulada, é transmitida pelo canal, transportando consigo os dados e informações, e é por isso que é chamada de portadora, ou em inglês *carrier*.

Quando a onda é recebida, o processo de demodulação é iniciado, no qual o demodulador remove as informações da onda portadora, e este é o processo de demodulação.

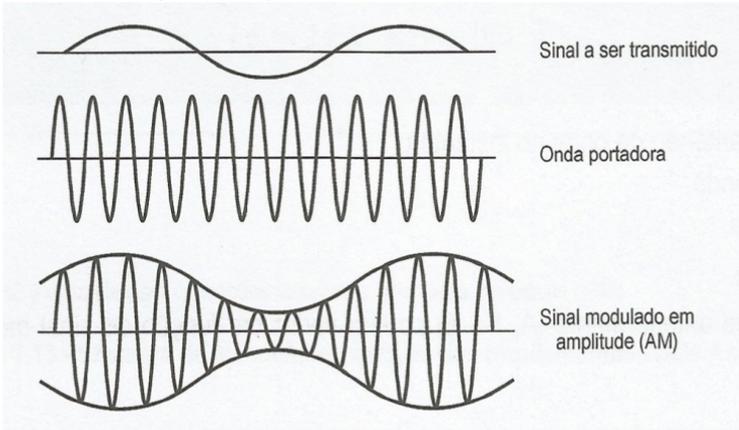
Segundo Sverzut (2008) são várias e diferentes as formas de modulação, e cada uma delas pode ser utilizada para satisfazer diferentes necessidades de vários tipos de sistemas de comunicação. Contudo, independente da forma de modulação do sistema, esse processo deve ser reversível para que o sinal possa ser devidamente interpretado pelo receptor. A princípio podemos dividir a modulação em dois tipos:

Modulação analógica: neste caso a onda portadora é uma onda cossenoidal e o sinal modulante é analógico ou contínuo, do qual os modos de modulação mais utilizados são:

- Modulação em Amplitude (AM, em inglês *Amplitude Modulation*).
- Modulação em Frequência (FM, em inglês *Frequency Modulation*).
- Modulação em Fase (PM, em inglês *Phase Modulation*).

Para melhor ilustração do conceito, veja a Figura 3.4.

Figura 3.4 | Modulação em amplitude



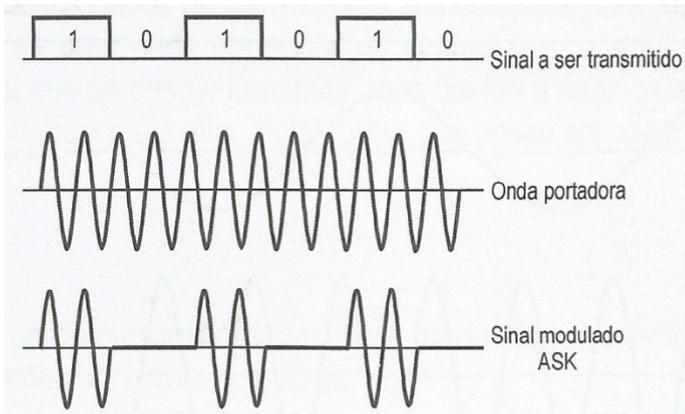
Fonte: Svezut (2008, p. 22).

Modulação Digital: este caso é utilizado para se transmitir ondas ou mensagens que pertençam a um conjunto finito, como o código binário, do qual os modos de modulação mais utilizados são:

- Modulação por desvio de amplitude (ASK, em inglês *Amplitude Shift Keying*),
- Modulação por desvio de frequência (FSK, em inglês *Frequency Shift Keying*),
- Modulação por desvio de fase (PSK, em inglês *Phase Shift Keying*).

Para melhor ilustração do conceito, veja a Figura 3.5.

Figura 3.5 | Modulação por desvio de amplitude



Fonte: Svezut (2008, p. 24).

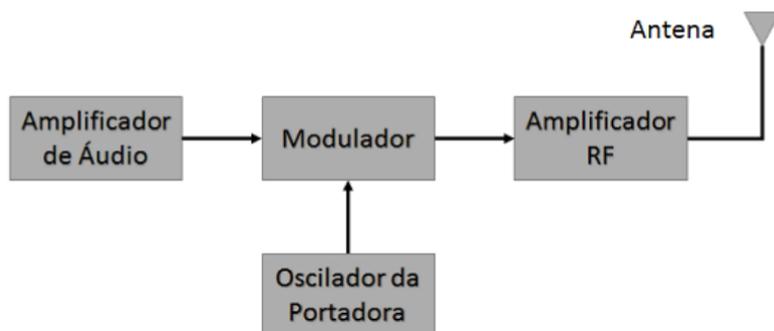
Perceba, que propositalmente ambos os exemplos ilustrados nas Figuras 3.4 e 3.5 são modulações por amplitude, a fim de facilitar a comparação.

Elementos de modulação e demodulação

No processo de modulação analógico, os sinais (analógicos) atuam sobre uma onda portadora que também é analógica, e como vimos anteriormente, preferencialmente, essa onda tem formato senoidal. Um exemplo de modulação analógica é a modulação AM, ou Amplitude Modulada.

A seguir analisaremos o conceito simplificado de uma estação de rádio AM

Figura 3.6 | Diagrama simplificado de uma estação de rádio AM



Fonte: adaptada de Azevedo (2007, p. 40).

Segundo Azevedo (2007), os transdutores recebem os sinais de áudio (voz ou música, por exemplo) e os transformam em sinais elétricos. O passo seguinte é o circuito oscilador da portadora que transportará o sinal de áudio na frequência estipulada pela emissora, em seguida o modulador misturará os sinais à onda portadora, resultando no sinal modulado em AM.

O sinal então é amplificado pelo amplificador de radiofrequência e então o sinal é transmitido pela antena.

O sinal então é recebido pelo rádio, e o detector de envoltório (demodulador) recupera a informação, nesse ponto a função da onda portadora está concluída.

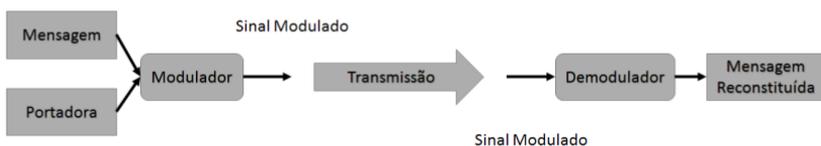
Segundo Medeiros (2016), no processo de modulação digital, os sinais da portadora interagem com sinais analógicos da

informação. Um exemplo de modulação digital é a modulação PAM, por amplitude de pulsos, em que na etapa inicial há a conversão do sinal analógico em digital.

A transmissão de pulsos não é recomendável para cabos e fios, pois o sinal sofre distorção, além de ser incompatível com o modulador do radiotransmissor, o que traz a necessidade de um modem (modulador - demodulador), a fim de criar compatibilidade entre essa transmissão híbrida (cabos/fios), esse modem "dá uma nova roupagem aos bits".

Segundo Medeiros (2016), a função do modem neste caso é receber os bits e fazer a modulação digital (chaveamento) da onda portadora analógica (senoidal), utilizando normalmente frequências entre 300 Hz e 4 kHz. O processo de modulação é justamente alterar uma das três características da onda senoidal, já que os bits são transmitidos de forma analógica, já no processo de recepção a portadora sofre a demodulação no receptor do modem e os bits são transformados novamente em pulsos.

Figura 3.7 | Processo de modulação e demodulação



Fonte: elaborada pelo autor.



Pesquise mais

As frequências de ondas eletromagnéticas, no Brasil, são controladas e regulamentadas pela Anatel, há frequências exclusivas para cada tipo de comunicação, inclusive faixas exclusivas para uso militar e faixas que são abertas ao público, pesquise mais sobre as faixas de frequência no Brasil no site da Anatel, disponível no link: <https://sistemas.anatel.gov.br/pdff/Default.asp?SISQSmodulo=1064&SISQSsistema=367>. Acesso em: 28 fev. 2018.

Este link é bem completo e mostra as faixas de frequência, regulamentações e serviços, um bom ponto de partida para sua pesquisa é a página 7 da seção faixas de frequência, e poderá te ajudar em desafios futuros.

Este outro link possui um mapa geral das frequências: <https://goo.gl/wWh8mE>. Acesso em: 28 fev. 2018.

Estas análises concluem esta seção. É preciso fazer os exercícios para melhor fixação do conteúdo.

Sem medo de errar

Você, caro aluno, como um experiente funcionário que trabalha na LK Rádios e que está fazendo parte do projeto da empresa Dev&Cia, uma empresa de desenvolvimento de software que está abrindo uma filial, terá de fazer um relatório que está dividido em três etapas, para auxiliar o cliente nesse projeto de interligação das duas empresas, a fim de trocar informações e dados, via transmissão por rádio.

Para a primeira etapa deste laudo, um breve resumo explicando sobre modulação e demodulação deve ser feito para apresentá-lo ao cliente, então vamos às definições:

Onda portadora:

A onda portadora (no inglês *carrier*) é o nome dado à onda senoidal gerada eletronicamente, em determinada potência e frequência, a fim de transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor.

A onda portadora é utilizada a fim de facilitar a transmissão do sinal, ela é um sinal senoidal com três grandezas variáveis: amplitude, frequência e fase.

Modulação:

A modulação consiste na alteração da onda portadora, por meios eletrônicos, de um ou mais de seus parâmetros originais, de forma proporcional ao sinal modulante, lembrando que as características que podem sofrer alteração são a amplitude, a frequência e a fase.

A onda portadora, depois de modulada, é transmitida pelo canal, transportando consigo os dados e informações, e é por isso que é chamada de portadora, ou em inglês *carrier*.

A modulação pode ser feita em:

- Amplitude, que consiste em modular a amplitude da onda portadora na forma da mensagem a ser transmitida, tanto em seus semiciclos positivos, quanto nos semiciclos negativos. Perceba que em modulações por amplitude a

frequência da onda se mantém constante.

- Frequência, onde a onda portadora tem a sua frequência moldada ao sinal a ser transmitido.
- Fase, que basicamente consiste em um tipo especial de modulação de frequência, em vez dos ciclos da frequência serem comprimidos ou estendidos, os ciclos da frequência são movidos rapidamente para pontos diferentes. Quando a modulação é feita em fase, a amplitude também não sofre alteração.

Já modulações para informações digitais, com onda portadora analógica podem ser:

Modulação ASK (*Amplitude Shift Keying*), que consiste basicamente em permitir ou barrar a portadora em função da sequência de bits, por exemplo para representar o bit "0" ele barra a onda portadora e para representar o bit "1" ele envia a portadora.

II - Modulação FSK (*Frequency Shift Keying*), que consiste basicamente na definição de dois valores de frequência fixos para representar cada bit.

III - Modulação PSK (*Phase Shift Keying*), este tipo de modulação consiste na variação do ângulo da fase para se representar os bits.

IV - Modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), que consiste na combinação das técnicas de modulação ASK e PSK, em que tanto a amplitude, quanto a fase da portadora são moduladas ao mesmo tempo.

Demodulação:

A demodulação consiste no processo inverso, na recepção o sinal transmitido é recuperado através do processo reverso, ou seja, o sinal é demodulado, a fim de eliminar a onda portadora e recuperar o sinal original.

Com essas definições você conclui a primeira parte do seu relatório, parabéns e bons estudos.

Propondo soluções a uma empresa com problemas

Descrição da situação-problema

Caro aluno, devido a sua experiência com telecomunicações, você foi procurado a prestar consultoria à empresa JJ, que está expandindo seus negócios, criando agora uma parceria com uma empresa de tinturaria, a Pintando o Sete, que agregará novas lavagens e pinturas a uma parte de seus tecidos. Como as duas empresas ficam próximas uma da outra, resolveram criar um sistema no qual os produtos que passaram por processo das duas empresas serão controlados de forma conjunta por um mesmo sistema. Para a comunicação das duas empresas, farão uma comunicação proprietária exclusiva via rádio, mas a empresa que estava com o projeto não tinha experiência com esse tipo de projeto, fazendo algumas confusões que agora terão de ser verificadas por você nessa consultoria.

O projeto da antiga empresa consistia em:

Usar a comunicação via rádio entre dois pontos.

Usar a frequência de 450 kHz para comunicar as duas empresas.

Instalar as antenas nas caixas d'água das empresas, pois foi constatado que há visada entre as duas antenas.

Com essa informação corrija as informações necessárias para que as empresas JJ e Pintando o Sete tenham sucesso na comunicação de seu novo sistema.

Resolução da situação-problema

Caro aluno, para que tenha sucesso nessa situação é necessário que entenda além da necessidade de ambas as empresas, entenda de modulação e da resolução vigente da Anatel; vamos resgatar a situação-problema:

Devido a sua experiência com telecomunicações, você foi procurado a prestar consultoria à empresa JJ, que está expandindo seus negócios e agora criou uma parceria com uma empresa de tinturaria, a Pintando o Sete. Como as empresas ficam próximas,

resolveram criar um sistema em que os produtos que passaram por processo das duas empresas serão controlados de forma conjunta, por um mesmo sistema e para a comunicação das duas empresas. Será feita uma comunicação proprietária exclusiva via rádio, mas a empresa que estava com o projeto não tinha experiência com esse tipo, fazendo algumas confusões que agora terão de ser verificadas por você nessa consultoria.

As informações que temos são:

1 - Usar a comunicação via rádio entre dois pontos.

Este ponto está correto, serão somente duas empresas que serão interligadas, então a comunicação do rádio será somente em dois pontos.

2 - Usar a frequência de 450 kHz para comunicar as duas empresas.

Este ponto está muito errado, conforme é possível ver no site da Anatel, que foi disponibilizado no box Pesquise mais a faixa de 450 kHz, a qual está dentro da frequência de uso exclusivo de militares, como é possível ver no link: (<https://sistemas.anatel.gov.br/pdf/Consulta/FreqConsulta.Asp?inpNumFaixa=61&intPagina=2&intLivro=0>). Acesso em: 1 mar. 2018). As faixas para uso de empresas privadas estão em outras faixas de frequência, tal qual pode ser observado nos links: (http://www.teleco.com.br/freq_no_brasil.asp e <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=325261&assuntoPublicacao=null&caminhoRel=null&filtro=1&documentoPath=325261.pdf>). Acesso em: 1 mar. 2018).

Pode ser usada a faixa de 10.700 MHz, por exemplo, que é liberada para enlaces de rádio ponto a ponto digitais.

3 - Instalar as antenas nas caixas d'água das empresas, pois foi constatado que há visada entre as duas antenas.

Esse ponto também está correto, antenas devem ser instaladas em lugares altos, a fim de que nada atrapalhe a visada da antena.

Com essas correções o projeto pode ter andamento, bom trabalho!

Faça valer a pena

1. Fisicamente falando é inviável transmitir sinais de baixa frequência por antenas, pois as dimensões físicas da antena devem ser proporcionais ao tamanho da onda.

Suponha que um sinal foi considerado ser transmitido na faixa dos 1000 kHz. Dado este sinal hipotético, calcule o tamanho da onda, sabendo que o tamanho da onda é calculado pela equação: $\lambda = c / f$ [m]

Onde:

f é a frequência de transmissão.

c = velocidade da luz (3×10^8) m/s.

Assinale a resposta correta entre as alternativas abaixo:

- a) A dimensão da onda é de 300 m.
- b) A dimensão da onda é de 3.000 m.
- c) A dimensão da onda é de 30 m.
- d) A dimensão da onda é de 3 m.
- e) A dimensão da onda é de 33 m.

2. Qual é o nome dado à onda senoidal gerada eletronicamente, em determinada potência e frequência, a fim de transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor, cujo formato do sinal normalmente é senoidal com três grandezas variáveis?

Assinale a resposta correta entre as alternativas abaixo:

- a) Onda modulada.
- b) Demodulação.
- c) Onda portadora.
- d) Onda eletromagnética.
- e) Onda cossenoidal.

3. Os estudos de Heinrich Hertz sobre ondas eletromagnéticas foram essenciais para a criação e desenvolvimento das tecnologias sem fio, muito se avançou no último século a partir dos estudos de Hertz e hoje temos novos conceitos seguindo sua base, tais como:

A modulação consiste na alteração da onda portadora, por meios eletrônicos, de um ou mais de seus parâmetros originais.

A demodulação é o processo inverso da modulação, que acontece na recepção do sinal transmitido.

A modulação analógica utiliza de onda portadora cossenoidal e o sinal modulante é analógico ou contínuo.

A modulação digital é utilizada para transmitir ondas ou mensagens que pertençam a um conjunto infinito de informações.

Onda portadora é o nome dado à onda senoidal gerada eletronicamente, em determinada potência e frequência, a fim de transportar as informações em forma de sinais elétricos até o aparelho receptor.

Assinale a alternativa correta dentre as alternativas abaixo.

- a) I, II e III, somente são corretas.
- b) II, III e V, somente são corretas.
- c) I, II, III e V, somente estão corretas.
- d) III e V, somente estão corretas.
- e) Todas as afirmações estão corretas.

Seção 3.2

Sistemas de portadora analógica

Diálogo aberto

Caro aluno, na seção foram introduzidos os conceitos de modulação e demodulação de sinais, além de seus usos e aplicações.

As técnicas de modulação sobre ondas portadoras analógicas que veremos a seguir são aplicadas no nosso dia a dia, desde quando utilizamos o rádio, a TV analógica ou até mesmo em quando utilizamos internet, no caso da conexão ADSL.

Vale lembrar que nesse desafio você é um funcionário que trabalha na LK Rádios e que está em um projeto de uma empresa de desenvolvimento de software que está abrindo uma filial. Este projeto consiste em interligar as duas empresas de forma que possam trocar informações e dados, via transmissão por rádio e nesta etapa está trabalhando em um relatório a fim de demonstrar para o cliente que a LK Rádios é a melhor opção para este projeto.

Na etapa passada foi apresentado um resumo dos principais tipos de modulação e agora é hora de demonstrar um comparativo entre os principais modos de modulação de portadoras analógicas, pois o cliente já conhece os conceitos de modulação e demodulação.

Para executar essa tarefa, recomendamos que você escolha quatro tipos diferentes de modulação e faça um comparativo, cujo objetivo é explicar cada técnica de modulação da onda portadora analógica, e por fim, indique o modelo que recomendará para o cliente e sua estrutura, justificando sua indicação.

Agora veremos os conceitos aplicados em ondas portadoras analógicas, tanto para o envio de informações analógicas, tal como é o rádio, como o uso da portadora analógica para o envio de informações digitais, assim como é a internet ADSL.

Bom trabalho e boa sorte!

Não pode faltar

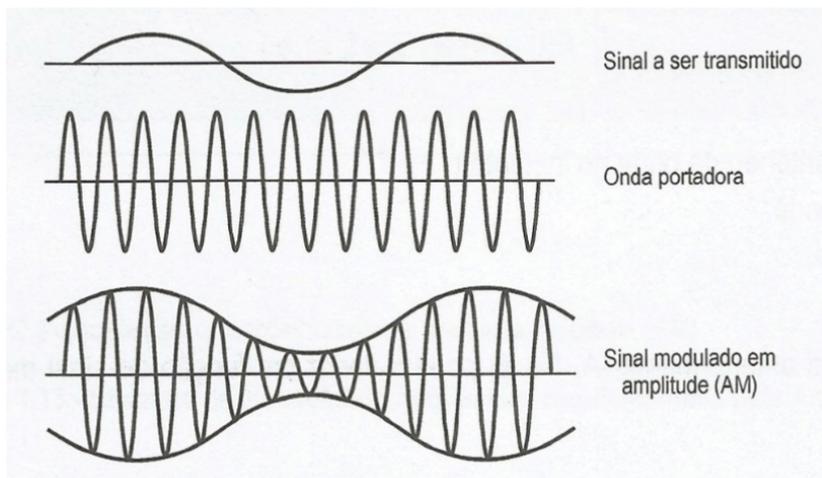
Sistemas de portadora analógica

Caro aluno, nesta seção estudaremos novos conceitos de ondas portadoras e modulação, contudo nesta seção veremos um pouco mais de tecnologias analógicas, pois até por uma questão histórica elas foram as primeiras implantadas.

Segundo Azevedo (2007), foi em 1905 que Fessenden realizou a primeira transmissão de áudio, via rádio utilizando modulação em amplitude. Ondas analógicas podem ser moduladas de três formas para transportar informações analógicas.

Nas Figuras 3.8, 3.9 e 3.10 retomaremos os conceitos de modulação em amplitude, frequência e fase, que já vimos na Seção 2.3.

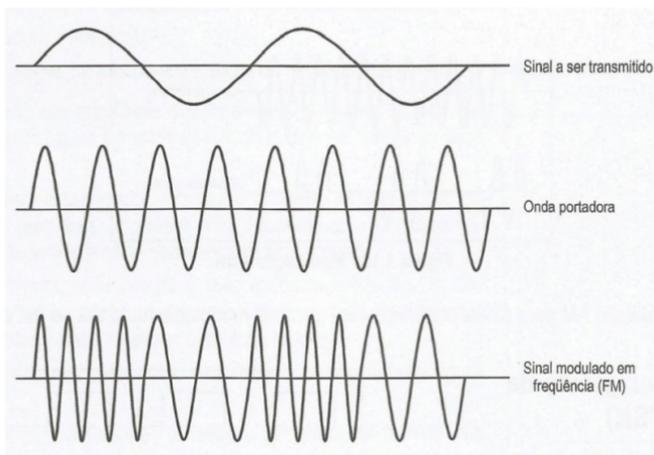
Figura 3.8 | Modulação em amplitude



Fonte: Sverzut (2008, p. 22).

A modulação em amplitude, consiste em modular a amplitude da onda portadora na forma da mensagem a ser transmitida, tanto em seus semiciclos positivos, quanto nos semiciclos negativos. Perceba em modulações por amplitude que a frequência da onda se mantém constante.

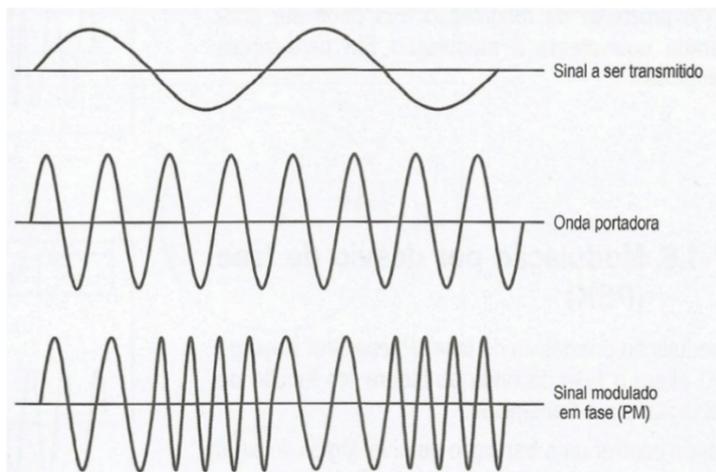
Figura 3.9 | Modulação em frequência



Fonte: Sverzut (2008, p. 23).

Quando a modulação é feita pela frequência, a onda portadora tem a sua frequência moldada ao sinal a ser transmitido. É possível visualizar na Figura 3.9 que a amplitude da onda não sofre qualquer tipo de alteração.

Figura 3.10 | Modulação em fase



Fonte: Sverzut (2008, p. 23).

Já quando a modulação é feita por fase, que basicamente consiste em um tipo especial de modulação de frequência, em vez dos ciclos da frequência serem comprimidos ou estendidos, os ciclos da frequência são movidos rapidamente para pontos

diferentes. Quando a modulação é feita em fase, a amplitude também não sofre alteração. A modulação em fase é muito útil para a transmissão de dados, já que pontos diferentes de um ciclo podem representar bits.

Sistemas de portadora informação analógica

Agora que já entendemos como funcionam os sistemas de modulação, veremos algumas características de cada um destes tipos de modulação.

Modulação AM (*Amplitude Modulation*)

Segundo Gomes (2012), emissoras de rádio AM podem utilizar um espaço de onda que varia entre 530 kHz e 1.600 kHz, essa transmissão, assim como toda transmissão de rádio, é feita pelo ar, através do campo magnético da terra. As ondas de rádio AM têm em torno de 100 m de comprimento, e claro, variam para mais ou para menos conforme a frequência, assim como já vimos na Seção 3.1.

A banda de passagem para rádios AM é de apenas 10 kHz, isso faz com que frequências que são abaixo ou acima desta faixa sejam descartadas. A banda de passagem pode ser considerada uma espécie de filtro, pois as frequências que estão fora dessa faixa poderiam interferir em transmissões de outras emissoras.

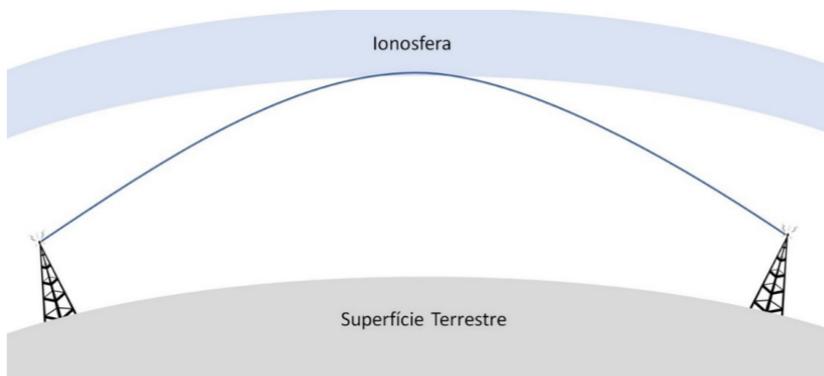
Esse filtro também implica diretamente a qualidade do som que chega ao receptor, apesar do som ser transmitido em alta qualidade, e este é o motivo de rádios AM parecerem um pouco mais “metalizados”.

Conhecendo essas características, os produtores de rádio AM sabem que suas programações não são recomendadas para a exibição de uma orquestra sinfônica, por exemplo, pois há limitação nos sons mais graves, bem como nos mais agudos.

Por outro lado, há vantagens de se trabalhar com esse tipo de modulação, como o comprimento da onda é grande e a frequência não tão alta, ele pode percorrer grandes distâncias, até mesmo o planeta, se tiver potência suficiente. Como já vimos anteriormente, a ionosfera reflete as ondas que são direcionadas a ela novamente para a terra, claro que a cobertura não é perfeita, tendo áreas de sombra, mas o alcance é realmente uma vantagem. Esse tipo de

modulação, além de útil para emissoras de rádio, também é útil para transmissões em alto-mar, claro que atualmente transmissões via satélite são mais viáveis, mas antes dos mesmos era a melhor maneira de transmissão, sem a necessidade de repetidores, já que a instalação destas em lugares como o mar, seria realmente inviável.

Figura 3.11 | Onda refletida na ionosfera



Fonte: elaborada pelo autor.



Exemplificando

Ao procurar uma estação de rádio AM, é possível ouvir transmissões feitas em outros idiomas, isto só é possível devido ao tamanho das ondas AM, bem como a reflexão das ondas na ionosfera.

Modulação em FM (*Frequency Modulation*)

Segundo Gomes (2012) rádios que trabalham com modulação de frequência operam com frequência entre 88 MHz e 108 MHz, ou seja, os ciclos de frequência por segundo desse tipo de modulação variam entre 88 e 108 milhões de vezes.

Outro ponto positivo da modulação FM é a qualidade dos sinais, por esse motivo na década de 1970, as emissoras que tinham em sua programação fundamentalmente música trabalhavam com modulação FM, enquanto emissoras em que o principal era a locução ficaram com modulações AM.

A melhor qualidade de som deste tipo de modulação é dada tanto com frequências baixas quanto com frequências altas, que oscilam dentro da mesma amplitude, então não há o corte da banda de passagem, ou seja, ela opera com maior qualidade, pois

nem graves, nem agudos são cortados, chegando ao receptor com perdas praticamente desprezíveis.

A desvantagem de se trabalhar com esse tipo de modulação é que o raio de alcance fica na casa dos 100 km. Outro ponto negativo é o efeito de captura, que consiste em se dois sinais tiverem na mesma frequência, o receptor só receberá as informações do sinal de maior potência, descartando o de menor frequência.



Pesquise mais

Paulo Gomes tem uma excelente apostila sobre modulação, vale a leitura de seu artigo todo, mas o desafio proposto aqui é o do entendimento do funcionamento de um circuito transmissor FM, que inclusive todos os componentes e até mesmo uma sugestão de layout de placa de circuito impresso estão disponíveis.

GOMES, P. **Tele 2**. p. 17-19. Disponível em: <http://pgomes.com.br/arquivos/7e55280848b003093bdeb621d54bda02.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2017.

Sistemas de portadora com características analógicas

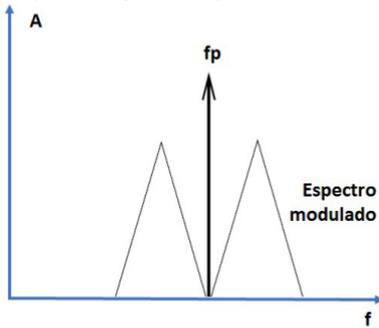
Como já vimos, a onda portadora pode ser modulada de diferentes formas, amplitude, frequência e fase, mas ainda há divisões destes processos de modulação, tais como os exemplos abaixo:

Modulação em banda lateral dupla DSB – (*Double Side Band*)

Este modelo de modulação a onda com altura modulado é constituído pela portadora e por duas frequências laterais.

Neste caso, o processo de modulação resulta na criação de duas bandas laterais, com frequências acima e abaixo da onda portadora, e essas bandas são transmitidas juntamente com a onda portadora. Na prática, a existência de bandas laterais faz com que o espectro da onda tenha 2 vezes o tamanho que deveria ter, por isso recebe o nome de AM-DSB (*double side band*).

Figura 3.12 | AM | DSB representação do espectro



Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 3.12, A representa a amplitude, f representa a frequência e f_p é a frequência da portadora.

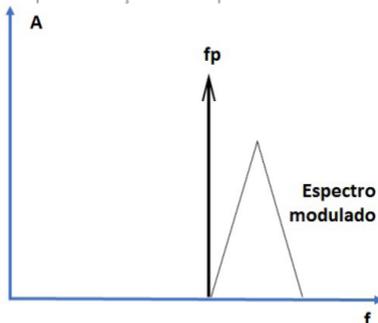
Modulação em banda lateral única SSB (*Single Side Band*)

Segundo Azevedo (2007), ambas as laterais do sinal DSB transportam a mesma informação, e isso faz com que uma delas possa ser retirada, isso é a técnica utilizada no sistema SSB (*Single Side Band*) ou banda lateral única.

Basicamente para se obter um sinal SSB, o sinal DSB é filtrado, deixando passar somente a onda portadora e o filtro lateral superior, bloqueando a onda inferior, conforme é exemplificado na Figura 3.13.

Apesar da redução do tamanho de um filtro SSB, este tipo de modulação também possui desvantagem, ele é mais complexo e por isso tem um custo elevado, isso faz com que o sinal DSB seja mais utilizado, mesmo utilizando o dobro do tamanho do espectro.

Figura 3.13 | AM – SSB representação do espectro



Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 3.13, A representa a amplitude, f representa a frequência e f_p é a frequência da portadora.

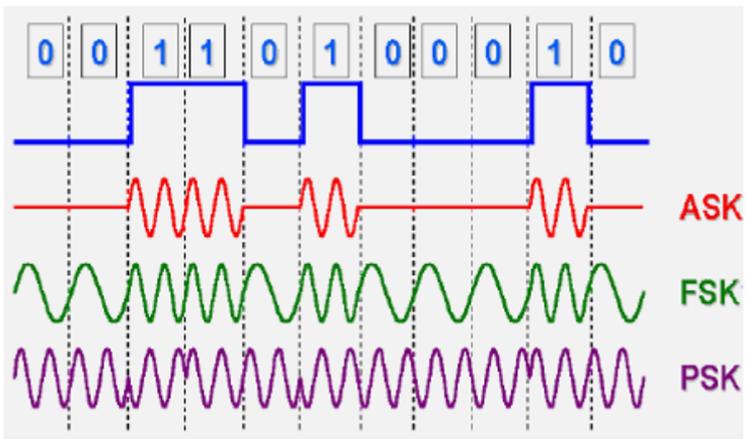
Sistemas de portadora de informação digital

Vejamos agora técnicas de modulação para enviar sinais digitais através da onda portadora.

Na década de 1990, era muito comum o uso de internet via ADSL (linha telefônica), contudo as linhas telefônicas são meios de transmissão analógicos e foram projetadas somente para voz (operando com frequência entre 300 Hz e 3.4 kHz).

Nesta época, para se conectar à internet, se usava um modem que produzia sinais na frequência operacional da linha, esses pulsos estão representados na Figura 3.14.

Figura 3.14 | Sinais digitais por transmissão analógica



Fonte: Azevedo (2007, p. 53).

Nesta imagem temos a portadora analógica, sendo modulada em fase (PSK), em frequência (FSK) e em amplitude (ASK).



Assimile

A Figura 3.14 mostra somente 3 tipos de modulação, deixando de fora o sistema de modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation* ou em português Modulação por Quadratura de Amplitude), este modelo utiliza ao mesmo tempo modulação em fase e amplitude.

Modulação ASK (*Amplitude Shift Keying*), em português modulação por desvio de amplitude, este tipo de modulação consiste basicamente em permitir ou barrar a portadora em função da sequência de bits, por exemplo para representar o bit "0" ele barra a onda portadora e para representar o bit "1" ele envia a portadora. Este sistema foi usado no telégrafo, por exemplo, mas ele possuía um problema, quando não se recebia a portadora, era difícil distinguir se realmente era a apresentação do bit 0 ou somente uma perda temporária de sinal.

A fim de corrigir esse problema, foi implementada a técnica do BASK (binary-ASK), na qual dois níveis de amplitude são enviados, em que o nível mais baixo representa o bit 0 e o nível mais alto representa o bit 1. Esta técnica de modulação pode ser visualmente vista na Figura 3.14.

Modulação FSK (*Frequency Shift Keying*), em português modulação por desvio de frequência, este tipo de modulação consiste basicamente na definição de dois valores de frequência fixos para representar cada bit. É possível observar na Figura 3.14, que para representar o bit a frequência é elevada, enquanto para se representar o bit zero a frequência é reduzida.

Como exemplo, imagine que para se enviar um bit 0 se usa a frequência de 500 Hz e para se representar o bit 1 se usa a frequência de 1000 Hz.

Modulação PSK (*Phase Shift Keying*), em português modulação por desvio de fase, este tipo de modulação consiste na variação do ângulo da fase para se representar os bits. Por exemplo, podemos utilizar a representação do bit 0 com o ângulo de 0° e o bit 1 em 180° , assim como demonstrado na Figura 3.14.

Modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), em português Modulação por Quadratura de Amplitude, que consiste na combinação nas técnicas de modulação ASK e PSK, em que tanto a amplitude, quanto a fase da portadora são moduladas ao mesmo tempo. Este modo de modulação pode transmitir de 2 a 8 bits ao mesmo tempo, aumentando muito a potência de transmissão do canal, contudo, quanto maior o número de símbolos, mais próximos os símbolos ficam um do outro, o que deixa o sistema muito suscetível a erros.



É possível ver que na modulação QAM a fase e a amplitude são moduladas ao mesmo tempo.

Refleta quais os motivos que levam esse tipo de modulação a não ser feito com a fase e a frequência simultaneamente.

Esses conceitos encerram a seção, hora de fazer os exercícios para melhor fixação. Bom trabalho e bons estudos.

Sem medo de errar

Caro aluno, etapa do desafio proposto, você é um experiente funcionário que trabalha na LK Rádios e está em um projeto de uma empresa que está abrindo uma filial e tem a necessidade de interligar as duas empresas, a fim de que possam trocar informações e dados, via transmissão por rádio.

A tarefa desta seção consiste em escolher quatro tipos diferentes de modulação e fazer um comparativo explicando como funciona cada técnica e indicando o modelo que recomendará para o cliente e sua estrutura, justificando sua indicação.

Como estamos trabalhando com portadora analógica, para transmitir informações digitais nossas escolhas entre o comparativo são: **Modulação ASK, Modulação FSK, Modulação PSK e Modulação QAM.**

I - Modulação ASK (*Amplitude Shift Keying*), em português modulação por desvio de amplitude, este tipo de modulação consiste basicamente em permitir ou barrar a portadora em função da sequência de bits, por exemplo para representar o bit "0" ele barra a onda portadora e para representar o bit "1" ele envia a portadora.

II - Modulação FSK (*Frequency Shift Keying*), em português modulação por desvio de frequência, este tipo de modulação consiste basicamente na definição de dois valores de frequência fixos para representar cada bit.

III - Modulação PSK (*Phase Shift Keying*), em português modulação por desvio de fase, este tipo de modulação consiste na variação do ângulo da fase para se representar os bits.

IV - Modulação QAM (Quadrature Amplitude Modulation), em português Modulação por Quadratura de Amplitude, que consiste na combinação nas técnicas de modulação ASK e PSK, em que tanto a amplitude, quanto a fase da portadora são moduladas ao mesmo tempo.

Dada a explicação de cada um dos modos de modulação, a recomendação para a troca de dados é dada para a Modulação no tipo QAM, por trabalhar com modulação dupla (fase e amplitude), além de permitir a transferência de muito mais bits, tal como os Estados Unidos Utilizam para a TV a cabo esta modulação no modelo 128-QAM e 256-QAM.

Esta explicação finaliza a atividade, bom trabalho!

Avançando na prática

Interligando duas empresas via cabo ADSL

Descrição da situação-problema

Caro aluno, devido a sua experiência com telecomunicações, você foi procurado para prestar consultoria à empresa F\$F, uma empresa com foco em produtos para os usuários que querem fazer reparos em sua casa, sem a ajuda de profissionais especializados. Essa empresa tem sido um sucesso, tem grande captação de clientes e esse sucesso fez com que ela tenha acesso ao banco de dados de estoque da MN_\$, a qual fornece toda a matéria-prima para os clientes da F\$F.

O problema neste caso, é que a F\$F quis utilizar de sua filosofia e tentar comprar os materiais para que você configurasse a ligação das duas empresas, mas o resultado não foi bom, agora cabe a você, caro aluno, fazer um projeto para que as duas empresas sejam interligadas, sabendo que as empresas são praticamente vizinhas e ficam a 50 m de distância.

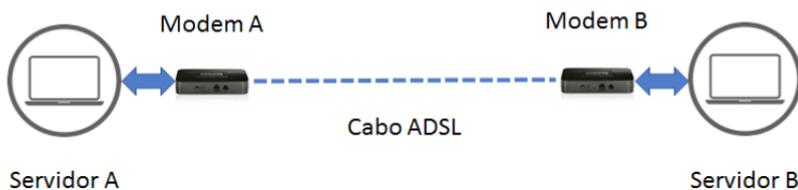
As empresas também já têm uma estrutura de cabos do tipo ADSL interligando as duas, e esse será o meio de transmissão por imposição do cliente, então cabe a você fazer um relatório, mostrando o hardware básico para a transmissão e indicar os tipos de modulação que o cliente pode escolher.

Resolução da situação-problema

Caro aluno, devido a sua experiência com telecomunicações, você foi procurado para prestar consultoria à empresa F\$F que compartilhará o acesso ao banco de dados de estoque da MN_\$.

Como as empresas ficam a somente 50 m de distância e pretendem usar cabos para transmissão via ADSL interligando as duas, o hardware básico do projeto consiste:

Figura 3.15 | Rede ADSL



Fonte: elaborada pelo autor.

- A configuração básica desta rede ponto a ponto consiste:
- No servidor da empresa F\$F.
- Um modem para a modulação/demodulação do sinal, na empresa F\$F.
- Cabo ADSL existente para a interligação.
- Um modem para a modulação/demodulação do sinal, na empresa MN_\$.
- No servidor da empresa MN_\$.

Como a empresa vai utilizar de dados digitais, por sistema de portadora analógica, ele terá de usar uma destas técnicas de modulação: **Modulação ASK, Modulação FSK, Modulação PSK e Modulação QAM.**

Faça valer a pena

1. Fessenden em 1905 foi quem realizou a primeira transmissão de áudio, via rádio utilizando modulação. Sabemos que ondas eletromagnéticas, utilizando ondas portadoras analógicas podem ser moduladas de três formas quando vão transportar informações analógicas.

Assinale abaixo a opção corresponde às formas de se modular a onda portadora para informações analógicas.

- a) AM, FM e PM.
- b) AM, QSM e PSK.
- c) PSK, PM e FM.
- d) ASK, QSM e PSK.
- e) QAM, QSM e ASK.

2. A Modulação ASK (*Amplitude Shift Keying*), em português modulação por desvio de amplitude, consiste em permitir ou barrar a portadora em função da sequência de bits.

Essa técnica de modulação foi usada no telégrafo, mas possuía um problema, que foi resolvido pela técnica conhecida como BASK (binary-ASK).

Assinale a alternativa correspondente ao problema resolvido pela implementação do sistema BASK.

- a) A presença de ruído neste tipo de modulação era muito grande, era impossível se interpretar o sinal em dias nublados ou chuvosos, por exemplo.
- b) O sinal deste tipo de modulação era muito instável, por ser modulado em amplitude.
- c) Quando não se recebia a portadora, era difícil distinguir se realmente era a apresentação do bit 0 ou somente uma perda temporária de sinal.
- d) A antena que era necessária para este tipo de modulação era muito grande, problema que foi resolvido com a nova técnica.
- e) Era necessário um sinal muito potente e o alcance era relativamente baixo.

3. Nesta unidade, vimos quatro tipos de modulação para o envio de informações digitais por ondas portadoras analógicas, que são:

I - Modulação ASK (*Amplitude Shift Keying*), em português modulação por desvio de amplitude, este tipo de modulação consiste basicamente em permitir ou barrar a portadora em função da sequência de bits.

II - Modulação FSK (*Frequency Shift Keying*), em português modulação por desvio de frequência, este tipo de modulação consiste basicamente na definição de dois valores de frequência fixos para representar cada bit.

III - Modulação PSK (*Phase Shift Keying*), em português modulação por desvio de fase, este tipo de modulação consiste na variação do ângulo da fase para se representar os bits.

IV - Modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), em português Modulação por Quadratura de Amplitude, que consiste na combinação das técnicas de modulação ASK e PSK, onde tanto a amplitude quanto a fase da portadora são moduladas ao mesmo tempo.

Assinale a alternativa correta dentre as alternativas abaixo.

- a) I, II e III, somente são corretas.
- b) II e III, somente são corretas.
- c) II, III e IV, somente estão corretas.
- d) III e IV, somente estão corretas.
- e) Todas as afirmações estão corretas.

Seção 3.3

Sistemas de portadora digital

Diálogo aberto

Caro aluno, estamos chegando ao final de mais uma seção, na qual vimos os conceitos de modulação e demodulação, finalizamos esta seção agora com ondas portadoras digitais, do tipo trem de pulso para transportar informações digitais e analógicas.

As técnicas que veremos agora também são utilizadas no nosso cotidiano, tal como a TV aberta digital que tem sido implantada em nosso país.

Só para recordar, neste desafio você é um funcionário que trabalha na empresa LK Rádios, e seu projeto atual é convencer uma empresa de desenvolvimento de software, que está abrindo uma filial, e que deverá interligar as duas empresas via rádio.

Você está confiante e o cliente tem estado bem receptivo aos conceitos apresentados, então é hora de fechar o laudo e garantir a aprovação do projeto. Utilizando como base as situações-problemas anteriores (o conceito de modulação e demodulação e as formas de fazê-lo), finalize o laudo justificando a forma de rádio como sendo a melhor, sabendo que:

- A empresa filial fica a 1 km de distância da matriz.
- O terreno entre as duas empresas é plano e o terreno entre elas é uma grande plantação de milho.

Ambas as empresas possuem uma caixa d'água bem alta, lugar estratégico para se instalar antenas que possuem visada direta entre si.

Não se esqueça de fazer um comparativo entre os três tipos de modulação para onda portadora digital em forma de relatório, pois até agora só foram apresentados os conceitos de ondas portadoras analógicas.

Na conclusão desta atividade, faremos uma análise exploratória e explicativa dos mecanismos de modulação e demodulação, bem como suas aplicações.

Este é o momento de aplicar os conceitos vistos nesta seção em um exemplo do cotidiano. Bom trabalho e boa sorte.

Não pode faltar

Elementos de sistemas de portadora digital

Caro aluno, nesta etapa vamos estudar sistemas com portadora digital, onde a onda portadora deixará de ser uma senoide e passaremos a trabalhar com uma onda na forma de trem de pulsos.

Segundo Campos (2015), modular sistemas com portadora do tipo trem de pulsos possui um conjunto de características que possibilitam uma maior variação de técnicas de modulação, quando se compara a ondas portadoras analógicas.

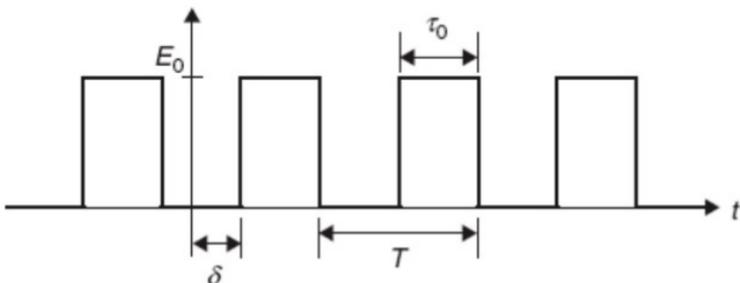
Na Figura 3.17 estão ilustradas as principais características e nomenclaturas para este tipo de sinal.

Nas ondas digitais temos grandezas relacionadas com as ondas portadoras analógicas, temos os conceitos de amplitude (E_0) e o período (T), porém novos conceitos são acrescentados. Um deles é a duração do pulso (τ_0), que consiste no tempo pelo qual o pulso permanece com amplitude E_0 . Também temos a posição do pulso (δ), que tem como função a comparação de ondas do tipo trem de pulso. Finalizando também temos o ciclo de trabalho (d), do inglês duty cycle.

As grandezas de um trem de pulsos podem ser ilustradas conforme mostra a figura a seguir:

Figura 3.16 | Trem de pulso

$$d(\%) = \frac{\tau_0}{T} 100$$

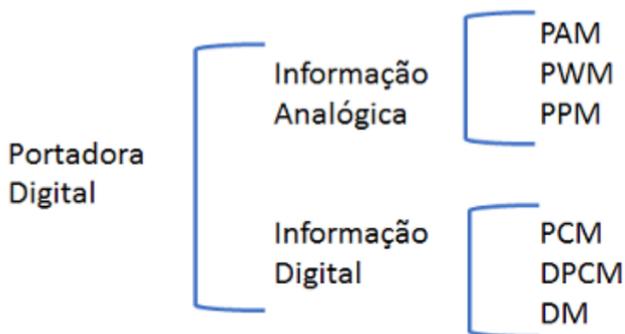


Fonte: Campos (2015, [s.p.]).

Sistemas de portadora de informação digital

Assim como as ondas portadoras analógicas, podemos enviar informações analógicas e digitais, e o mesmo se aplica às ondas portadoras digitais, que levam também os dois tipos de informação, podendo-se observar na Figura 3.17.

Figura 3.17 | Tipos de modulação



Fonte: adaptada de Azevedo (2007, p. 67).

Nas técnicas de modulação para informações analógicas temos as técnicas:

PAM – Modulação por amplitude de pulsos (em inglês *Pulse Amplitude Modulation* - PAM).

PWM – Modulação por largura de pulsos (em inglês *Pulse Width Modulation* - PWM).

PPM - Modulação por posição de pulsos (em inglês *Pulse Position Modulation* - PPM).

Já para a modulação digital, temos as técnicas:

PCM - Modulação por codificação de pulsos (em inglês *Pulse Code Modulation* - PCM).

DPCM Modulação por Codificação Diferencial de Pulso (em inglês *Differential Pulse Width Modulation* – DPCM).

DM - Modulação Delta (em inglês *Delta Modulation* – DM).

Como o tópico que estamos trabalhando agora é sistemas de

portadora de informação digital, vamos relembrar brevemente os meios de transportar informações digitais por onda portadora analógica, que vimos na Seção 3.2.

ASK (*Amplitude Shift Keying*), em português modulação por desvio de amplitude, este tipo de modulação consiste basicamente em permitir ou barrar a portadora em função da sequência de bits, por exemplo para representar o bit "0" ele barra a onda portadora e para representar o bit "1" ele envia a portadora.

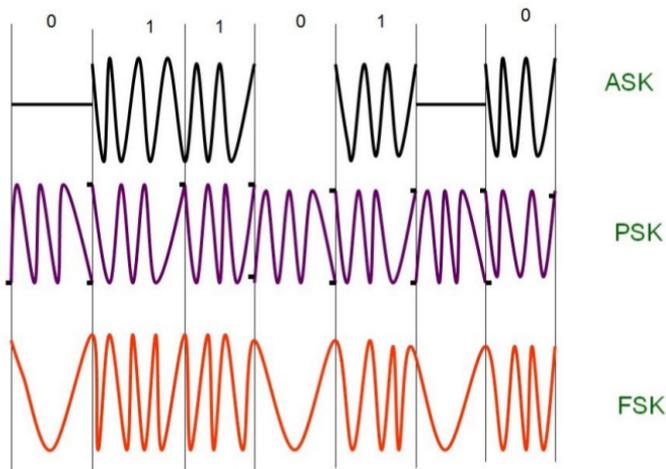
FSK (*Frequency Shift Keying*), em português modulação por desvio de frequência, este tipo de modulação consiste basicamente na definição de dois valores de frequência fixos para representar cada bit.

PSK (*Phase Shift Keying*), em português modulação por desvio de fase, este tipo de modulação consiste na variação do ângulo da fase para se representar os bits.

QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), em português Modulação por Quadratura de Amplitude, que consiste na combinação das técnicas de modulação ASK e PSK, onde tanto a amplitude quanto a fase da portadora são moduladas ao mesmo tempo.

Os modos de transportar informações digitais veremos no último tópico desta seção.

Figura 3.18 | Tipos de modulação

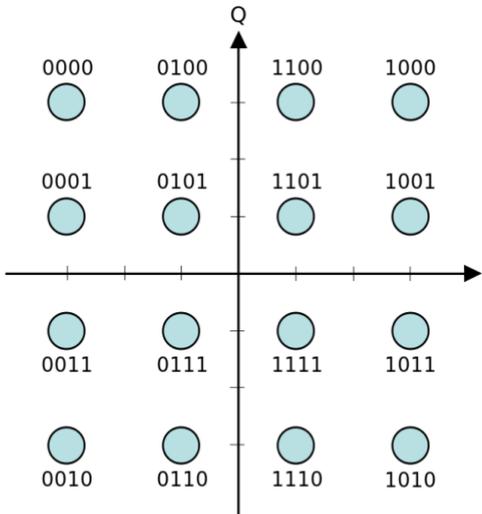


Fonte: Mousa (2012, p. 3).



A modulação QAM comumente é representada na forma de diagrama de constelação. Conforme demonstrado na figura a seguir, esta é a representação de um QAM de 16 bits.

Figura 3.19 | Tipos de modulação



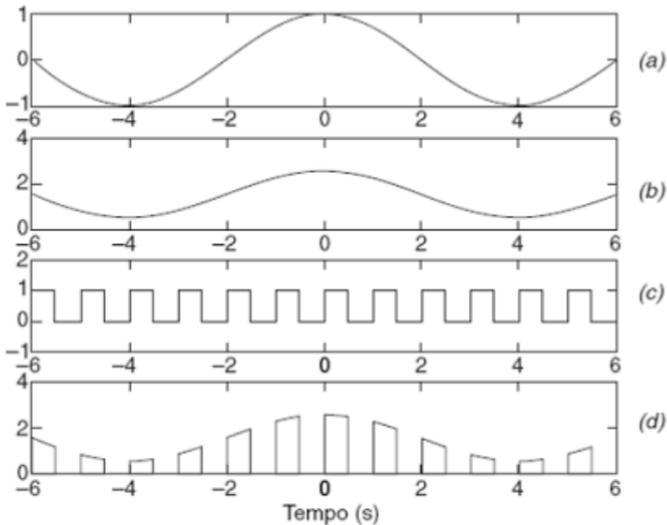
Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Constellation_diagram#/media/File:16QAM_Gray_Coded.svg>. Acesso em: 1 mar. 2018.

Sistemas de portadora digital e informação analógica

Como já vimos, as técnicas para a transmissão de dados analógicos por ondas portadoras digitais são: PAM - Modulação por amplitude de pulsos, PWM - Modulação por largura de pulsos e PPM - Modulação por posição de pulsos, vejamos então um pouco mais sobre elas.

Modulação tipo PAM, assim como o nome diz, ela funciona de forma semelhante à modulação AM, na qual o sinal é modulado conforme a amplitude do sinal a ser transmitido.

Figura 3.20 | Modulação PAM



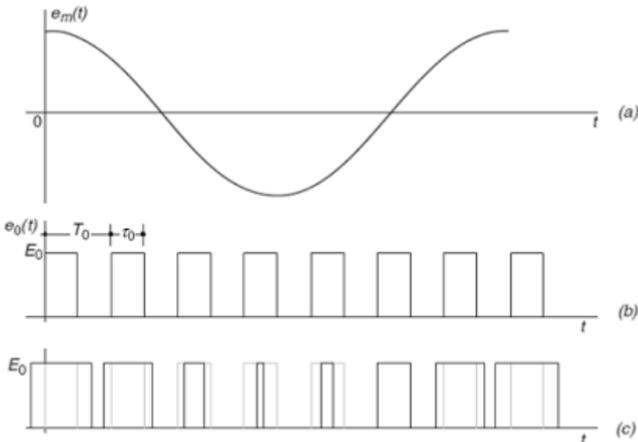
Fonte: Campos (2015, [s.p.])

Onde: "(a) sinal modulante, (b) sinal modulante com *offset*, (c) onda portadora e (d) sinal modulado." (CAMPOS, 2015).

A técnica do **PWM** consiste na modulação da frequência ou da largura da onda portadora digital. Nessa técnica, a amplitude e o intervalo original dos pulsos são mantidos, assim como acontece na modulação analógica FM, sendo alterado somente a largura dos pulsos.

Circuitos que utilizam essa técnica são relativamente simples e podem ser usados para a modulação FM do sinal senoidal.

Figura 3.21 | Modulação PWM



Fonte: adaptada de Campos (2015, [s.p.]).

Onde: "Modulação PWM: (a) sinal modulante, (b) onda portadora, (c) PWM simétrico." (CAMPOS, 2015).



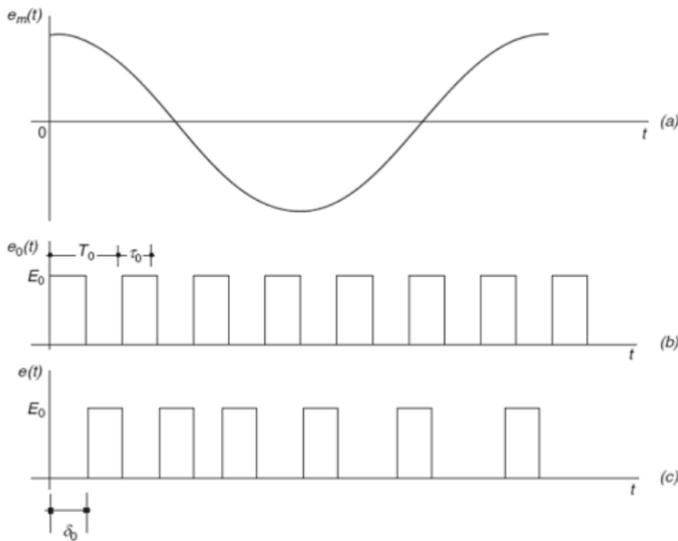
Campos (2015) demonstra que há basicamente três tipos de modulação PWM, o PWM simétrico, o PWM assimétrico de borda direita ou esquerda.

Não deixe de pesquisar e conhecer sobre essas outras técnicas, o livro está disponível na biblioteca virtual, prática 21, modulador por largura de pulso.

Segundo Medeiros (2016), a técnica de modulação **PPM** é obtida a partir do circuito PWM, que após o processamento através de um CI monoestável converte o sinal PWM no sinal PPM.

Como é possível observar na Figura 3.22, na modulação PWM, o pulso é deslocado proporcionalmente ao sinal analógico, sem alterar a largura e a amplitude do pulso.

Figura 3.22 | Modulação PPM



Fonte: Campos (2015, [5.p.]).

Onde: "Modulação PPM: (a) sinal modulante, (b) onda portadora e (c) sinal PPM." (Campos, 2015).

Sistemas de portadora digital e informação digital

Como já vimos, as técnicas para a transmissão de dados digitais por ondas portadoras digitais são PCM - Modulação por codificação de pulsos, DPCM Modulação por Codificação

Diferencial de Pulso e DM - Modulação Delta.

A modulação PCM tem a sua operação dividida em três processos para ser transmitida (amostragem, quantificação e codificação) e dois processos para a recepção (decodificação e filtragem).

Segundo Azevedo (2007), como um sinal analógico é contínuo e possui valores infinitos, é possível se pensar que seria necessária uma infinidade de bits para transmiti-lo, o que não é correto. Para se transmitir um sinal analógico (vídeo ou áudio, por exemplo), é necessário somente tirar uma amostra do sinal, em intervalos regulares, e as tensões que são medidas nesses instantes são transmitidas; é este o conceito do processo de amostragem.

Na Figura 3.23 é possível observar que o sinal analógico inicialmente passa pela modulação do tipo PAM (pulsos com modulação por amplitude). É importante ressaltar, que quanto maior o número de amostras coletadas, maior será a fidelidade da transmissão, contudo maior será o conteúdo a ser transmitido também.

Já o processo de quantificação consiste na conversão dos valores obtidos pelo processo de amostragem, em números binários. Segundo o teorema de Nyquist, a quantidade de amostras deve ser, no mínimo, o dobro da maior frequência do sinal.



Exemplificando

Segundo o teorema de amostragem, feito por Nyquist, a frequência amostrada deve ser no mínimo o dobro da maior frequência do sinal, caso contrário é impossível fazer a recuperação do sinal, pois ocorre um fenômeno chamado de aliasing.

Aplicando o conceito, se um canal de voz, com frequência máxima de 8 kHz for transmitido, a frequência mínima de amostragem é dada na seguinte equação:

$$F_a = 2 \times 8$$

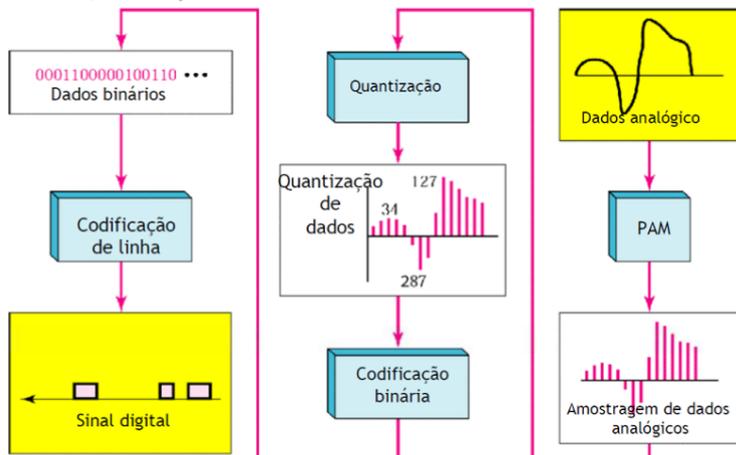
$$F_a = 16\text{kHz}$$

O processo de quantificação tem como resultado a obtenção de cada altura medida uma quantidade de 13 bits, sendo 1 para a paridade e os outros 12 para derivados da amostra.

No processo de codificação, o circuito eletrônico pega a

amostra de 13 bits e processa em um código preestabelecido, que comumente é comprimido para 8 bits, a fim de facilitar a transmissão.

Figura 3.23 | Modulação PCM



Fonte: Bezerra (2008, p. 5).

Já a **modulação DPCM**, consiste na análise somente da diferença das amostras sucessivas, o que resulta em um número consideravelmente menor de níveis de quantização. Esta técnica de modulação é utilizada em sistemas como o VoIP (voz sobre IP), pois converte o sinal a taxas menores que 64 kbits/s.

Por fim temos a **modulação DM**, que também é outra opção para digitalizar o sinal analógico, com origem em estudos da modulação DPCM, esta técnica consiste na utilização de somente um bit por amostra, 0 ou 1 e em sua forma bruta, a modulação DM consiste em fazer uma varredura na banda base do sinal analógico.

A vantagem desta modulação sobre o PCM é a melhor fidelidade do sinal, com menos erros, por isso esse sistema é bastante utilizado em MUX digital (multiplexação, que veremos na próxima seção).



Refleta

Bezerra (2008) afirma que nem sempre é recomendável utilizar tão somente transmissão digital, visto que a largura da banda para se transmitir esse tipo de sinal é alta. Quais seriam os motivos que fazem com que nem sempre é recomendável utilizar somente a transmissão digital?

Estes conceitos encerram nossa seção, hora de fazer as atividades e pôr em prática os conceitos aprendidos, boa sorte!

Sem medo de errar

Caro aluno, vale lembrar que neste desafio você é um funcionário que trabalha na empresa LK Rádios, e seu projeto atual é convencer uma empresa de desenvolvimento de software, que está abrindo uma filial, a fazer a interligação das duas empresas via rádio.

O cliente está receptivo aos conceitos apresentados, então é hora de fechar o laudo e garantir a aprovação do projeto. Utilizando como base as situações-problemas anteriores (o conceito de modulação e demodulação e as formas de fazê-lo), finalize o laudo justificando a forma de rádio como sendo a melhor sabendo que:

- A empresa filial fica a 1 km de distância da matriz.
- O terreno entre as duas empresas é plano e o terreno entre elas é uma grande plantação de milho.

Ambas as empresas possuem uma caixa d'água bem alta, lugar estratégico para instalar antenas que possuem visada direta entre si.

Também é necessário fazer um comparativo entre os três tipos de modulação para onda portadora digital, pois até agora só foram apresentados os conceitos de ondas portadoras analógicas.

Como nas seções anteriores apresentamos o conceito de modulação e modulação de onda portadora analógica, faz todo sentido que comecemos a resolver essa situação-problema com as técnicas de modulação de ondas portadoras digitais, ou trem de pulsos, apresentando o conceito de três delas:

Modulação PCM tem a sua operação dividida em três processos para ser transmitida (amostragem, quantificação e codificação) e dois processos para a recepção (decodificação e filtragem).

No qual o processo de **amostragem** consiste em tirar uma amostra do sinal, em intervalos regulares, e as tensões que são medidas nesses instantes são transmitidas.

Já o processo de **quantificação** consiste na conversão dos valores obtidos pelo processo de amostragem, em números binários, sendo que a amostragem de frequência mínima é 2 vezes o valor da maior frequência a ser transmitida, segundo o teorema de Nyquist.

O processo de quantificação tem como resultado a obtenção de cada altura medida uma quantidade de 13 bits, sendo 1 para a paridade e os outros 12 para derivados da amostra.

No processo de **codificação**, o circuito eletrônico pega a amostra de 13 bits e processa em um código preestabelecido, que comumente é comprimido para 8 bits, a fim de facilitar a transmissão.

Modulação DPCM consiste na análise somente da diferença das amostras sucessivas, o que resulta em um número consideravelmente menor de níveis de quantização. Esta técnica de modulação é utilizada em sistemas como o voIP (voz sobre IP), pois converte o sinal a taxas menores que 64 kbits/s.

Modulação DM, que também é outra opção para digitalizar o sinal analógico, com origem em estudos da modulação DPCM, esta técnica consiste na utilização de somente um bit por amostra, 0 ou 1 e em sua forma bruta, a modulação DM consiste em fazer uma varredura na banda base do sinal analógico.

A vantagem desta modulação sobre o PCM é a melhor fidelidade do sinal, com menos erros, por isso esse sistema é bastante utilizado em multiplexadores.

Agora vamos defender a utilização da interligação por rádio:

Tipo de transmissão:

Ponto a ponto. Transmitida via sinais de rádio, com visada direta, podendo ser justificada pela facilidade do uso proprietário, ou seja, sem a necessidade de pagamentos mensais a outras empresas, o que justifica o custo.

O uso da frequência para a interligação desses rádios deve obedecer aos critérios da Anatel para este tipo de técnica, pesquisa disponível no link: <https://sistemas.anatel.gov.br/pdf/Consulta/FreqConsulta.Asp?inpNumFaixa=61&intPagina=2&intLivro=0>. Acesso em: 2 mar. 2018.

Como a empresa fica entre uma plantação e o tráfego de caminhões pode ser um problema para o uso de cabos, o que viabiliza ainda mais o uso de rádio. E facilita também a visada entre as antenas.

Não é necessário o uso de repetidoras.

O tipo de modulação a ser utilizado pode ser qualquer um dos meios para transmissão de dados digitais, contudo recomendaríamos a modulação do tipo DM, devido à melhor fidelidade do sinal, com menos erros, e a facilidade do uso em multiplexadores.

Avançando na prática

Transmissão para sistema de segurança em uma joalheria

Descrição da situação-problema

Caro aluno, pela sua experiência com projetos de telecomunicações, você foi contratado pela empresa Ouro_1, uma joalheria que trabalha somente com produtos finos e por isso quer reforçar seu sistema de segurança, que atualmente já está implantado, o sistema consiste em um circuito fechado de TV, com monitoramento 24 horas, mas que contém uma falha que eles irão corrigir com esse projeto, os dados de gravação ficam armazenados somente no computador local da loja e agora eles pretendem transmitir esses dados via rádio para a casa do proprietário da empresa, o senhor Vinícius, onde um outro servidor irá armazenar essas gravações, além de ter acesso em tempo real a estas imagens.

Todo o sistema de câmeras, bem como o de armazenamento e visualização das imagens já estão prontos, deixando sua parte do projeto somente com a transmissão das imagens.

A loja fica no térreo de um prédio comercial, com 16 andares, que é o maior da cidade, mas entre esse prédio e a casa do proprietário existe um impedimento, que é um outro prédio, menor, mas como o senhor Vinícius mora em um condomínio de casas, a visada é interrompida, por sorte o prédio que fica entre os dois tem uma ERB lá em cima, e há espaço para compartilhamento dos dois lados do prédio, que dão visada ao ponto A e B.

Agora cabe a você, caro aluno, montar um sistema que comunique os pontos A e B deste enlace, via rádio, além de indicar a forma de modulação indicada para o projeto.

Resolução da situação-problema

Caro aluno, para resolver a situação-problema é necessário entender a necessidade, bem como suas peculiaridades.

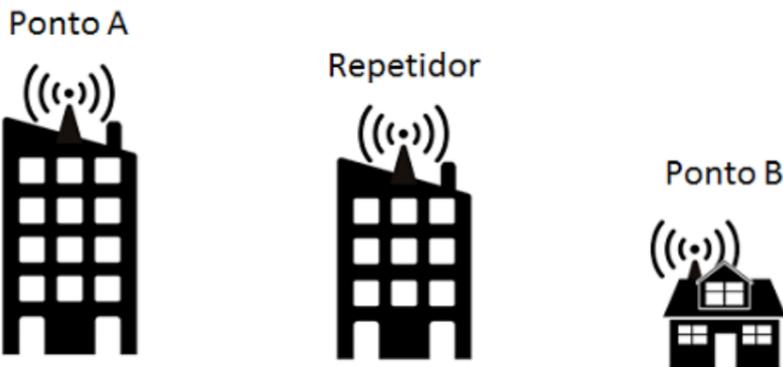
Como a empresa Ouro_1 está implantando uma melhoria no seu sistema de segurança para transmitir dados via rádio, a fim de armazenar gravações e acesso em tempo real a estas imagens, em um sistema já implantado, já temos as primeiras definições, é um sistema ponto a ponto, via rádio.

Como a loja fica no térreo de um prédio comercial, com 16 andares, que é o maior da cidade, o topo do prédio (rooftop) pode ser utilizado para a instalação da antena do ponto A, contudo sabemos que entre esse prédio e a casa do proprietário existe um impedimento, que é um outro prédio, menor, mas este prédio que interrompe a visada contém uma ERB, e possui espaço para compartilhamento, podemos utilizar esse prédio como repetidora do sinal, recebendo o sinal da ponta A e transmitindo para a ponta B, que é a casa do proprietário, já que este prédio dá visada direta aos dois pontos.

Podemos recomendar a modulação do tipo DM para este caso também, já que trabalharemos com imagens de alta definição e este tipo de modulação possui fidelidade do sinal, com menos erros, e a facilidade do uso em multiplexadores.

O projeto poderia ser ilustrado da seguinte maneira:

Figura 3.24 | Ilustração do projeto



Fonte: elaborada pelo autor.

Com a instalação dessa repetidora, que dá sinal entre os pontos A e B, podemos ter uma transmissão viável para essa situação-problema, bom trabalho!

Faça valer a pena

1. É possível utilizar várias técnicas de modulação para transmitir informações analógicas e digitais, por meio de ondas portadoras digitais, o trem de pulso. Se tratando de transmissão de informações analógicas, por onda portadora digitais, quais são as técnicas que podemos utilizar?

Assinale a alternativa correta dentre as alternativas abaixo.

- a) DPCM, DM e PAM.
- b) DM, PWM e PPM.
- c) PCM, PAM e PPW.
- d) PAM, PWM e PPM.
- e) ASK, FSK e PSK.

2. A modulação PCM tem a sua operação dividida em três processos para ser transmitida (amostragem, quantificação e codificação) e dois processos para a recepção (decodificação e filtragem), o processo de amostragem, segundo o teorema de Nyquist, a quantidade de amostras deve ter uma quantidade mínima em relação a maior frequência do sinal.

Segundo o teorema de Nyquist, qual é a frequência mínima que deve ser amostrada para um canal de voz com frequência de transmissão máxima de 22 kHz?

Assinale a alternativa correta dentre as alternativas abaixo.

- a) 11 kHz.
- b) 22 kHz.
- c) 44 kHz.
- d) 220 kHz.
- e) 2.2 kHz.

3. Analise as afirmações:

I - A modulação PCM tem a sua operação dividida em dois processos para ser transmitida (amostragem e quantificação).

II - A modulação DPCM consiste na análise somente da diferença das amostras sucessivas, o que resulta em um número consideravelmente menor de níveis de quantização.

III - A modulação DM foi desenvolvida através de estudos da modulação DPCM, esta técnica consiste na utilização de somente um bit por amostra, 0 ou 1.

IV – A vantagem de se trabalhar com onda portadora do tipo trem de pulso, tem como vantagem uma maior possibilidade de técnicas de modulação, quando se comparado com ondas analógicas.

Assinale a alternativa correta dentre as alternativas abaixo.

- a) As afirmações II e III estão corretas.
- b) As afirmações II, III e IV estão corretas.
- c) As afirmações III e IV estão corretas.
- d) As afirmações I e IV estão corretas.
- e) As afirmações I, II, III e IV estão corretas.

Referências

- AZEVEDO, P. **Manual de Modulações Analógicas e Digitais**. Nov. 2007. Disponível em: <http://opac.iefp.pt:8080/images/winlibimg.aspx?key=&doc=73175&img=1181>. Acesso em: 8 out. 2017.
- BEZERRA, R. **Transmissão Digital e Analógica. Material Didático** – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEFET), Bahia, 2008.
- CAMPOS, A. L. P. de S. **Laboratório de princípios de telecomunicações**, LTC, 2015.
- CARVALHO, L. de. **Introdução a Sistemas de Telecomunicações** – Abordagem Histórica. LTC, set. 2014.
- GOMES, A. T. **Telecomunicações, transmissão e recepção**. 21. ed. S.I: Érica 2013.
- GOMES, P. **Tele 2 – Moura Lacerda**. 02/2012. Disponível em: <http://pgomes.com.br/arquivos/7e55280848b003093bdeb621d54bda02.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2017.
- MEDEIROS, J. C. O. **Princípios de Telecomunicações** - Teoria e Prática, 5. ed. S.I: Érica, jun. 2016.
- MOUSA, A. **Digital Communications**. An Najah National University Telecommunication Engineering Department, ago. 2009. Disponível em: <http://moodle.najah.edu/mod/resource/view.php?id=18574>. Acesso em: 9 mar. 2018.
- SVERZUT, J. U. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS** – Evolução a caminho da quarta geração (4G). 2. ed. S.I: Érica, 2008.

Tópicos em comunicações

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta seção trabalharemos na análise e na compreensão dos elementos de multiplexação, digitalização, compressão e ofuscação de sinais para cada um destes tipos de tecnologia. Tais processos são vitais para que possamos ter sigilo de nossos dados e informações ao trafegarmos pela internet, ou até mesmo falarmos pelo celular, pois, apesar de não perceptíveis, esses conceitos estão em todos os lugares.

Na primeira seção desta unidade, veremos os elementos de multiplexação, podendo ser digitais ou analógicos, aplicados em diversos meios de transmissão, incluindo rádio e fibra ótica.

Na segunda seção, veremos os conceitos e as aplicações de digitalização de sinais, bem como meios de compressão para facilitar o tráfego da transmissão.

Na última seção, veremos os meios de criptografia e ofuscação de sinais, primordiais para o sigilo das informações.

Nesta seção, você será um funcionário da TBBS (*The Big Bang Solutions*), uma empresa especializada em transmissão de dados e ofuscação de sinais, e trabalhará em um projeto para o sr. John, um investidor muito respeitado em *Wall Street*, conhecido por seu planejamento assertivo e sua visão à frente do tempo. Ele está abrindo uma nova unidade da empresa no Canadá, pois o clima frio de lá reduzirá o uso de energia para refrigeração.

Pouca coisa é tão importante quanto segurança e o sigilo quando se trata de operações financeiras, e o sr. John sabe

disso. A quantidade de dados a ser transmitida também será grande, por isso é certo que o sistema de transmissão será de terceiros, ficando sob responsabilidade da TBBS, e a você, somente a análise e a implementação dos meios de ofuscação de sinal. Neste tipo de projeto, o fluxo de dados terá de ser comprimido para a otimização do uso da transmissão além do planejado, de forma que não possa ser interceptado.

Hora de começar os estudos e saber mais sobre este assunto indispensável para nossas formas de comunicação.

Seção 4.1

Multiplexação em telecomunicações

Diálogo aberto

Na seção anterior, vimos sistemas de modulação e sistemas com ondas portadoras analógicas e digitais e suas aplicações. Aqui veremos os conceitos de multiplexação, seus usos e características, primordiais para facilitar a transferência de dados utilizando o meio de transmissão, dado o número crescente de usuários em redes sociais, bem como o aumento da velocidade de conexão no passar dos anos. Portanto, atender vários usuários por um mesmo sistema é de extrema importância.

Para este caso, você é um funcionário da TBBS, uma empresa especializada em transmissão de dados e ofuscação de sinais, e trabalhará em um projeto para o sr. John, um investidor muito respeitado em Wall Street, conhecido por seu planejamento assertivo e sua visão à frente do tempo. Ele está abrindo uma nova unidade da empresa no Canadá, pois o clima frio de lá reduzirá o uso de energia para refrigeração.

Você, como funcionário responsável da TBBS, chegou à conclusão de que será necessário utilizar um modo de multiplexar esse sinal, para maximizar o fluxo de dados por meio de um canal de transmissão. Então, cabe a você apresentar um relatório mostrando as características, além dos prós e contras de três dos principais modos de multiplexação.

Agora é hora de colocar os conceitos dessa seção em prática e montar seu relatório.

Não pode faltar

Definição e características de multiplexação

É bem provável que, ao entrarmos nesta última unidade, você já esteja se questionando a respeito desse enorme fluxo de informações e dados e da forma como eles trafegam por nossas

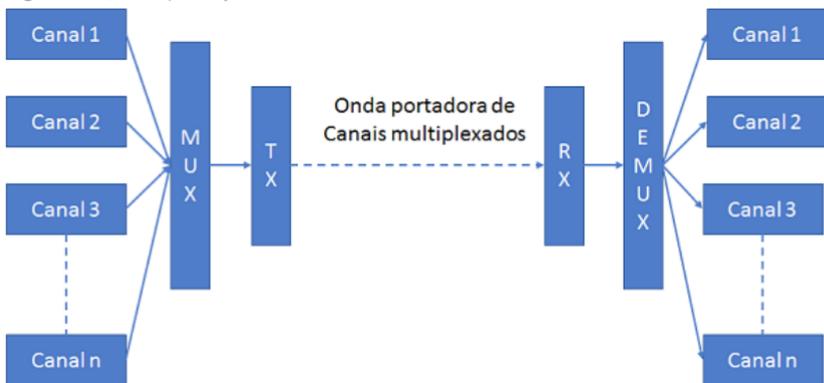
redes, e é sobre isso que falaremos nessa seção.

Certamente, já sabe que seria impossível uma Estação Rádio Base ser responsável por um único usuário ativo no momento. Agora estudaremos a forma como funciona essa técnica de transmitir várias informações através de um único meio, utilizando técnicas de multiplexação.

A multiplexação consiste basicamente em formas de transmitir um certo número de canais independentes por um único sinal, de forma que ele consiga ser recebido pelos destinatários com a mínima perda de qualidade possível.

Para melhor ilustração do conceito, veja a Figura 4.1.

Figura 4.1 | Multiplexação de canais



Fonte: adaptado de Medeiros (2016, p. 239).



Exemplificando

Como uma forma diferente de ilustrar a multiplexação, imagine que 40 pessoas desejam ir ao mesmo destino e todas saem do mesmo lugar. Se cada uma dessas pessoas fosse com seu próprio veículo, teríamos 40 pessoas em 40 carros trafegando pelas ruas da cidade. Agora, se essas 40 pessoas estivessem dentro de um ônibus, teríamos somente um veículo trafegando com 40 pessoas.

Segundo Medeiros (2016), a banda base é constituída pelo espectro dos sinais obtidos pela multiplexação e atua como sinal modulador do canal de comunicação.

O processo que acontece na recepção do sinal, ao se

receber o sinal multiplexado, é chamado de demultiplexação, ocorrendo após a demodulação do sinal. Os aparelhos que fazem multiplexação e demultiplexação são representados pelas siglas MUX e DEMUX, respectivamente.

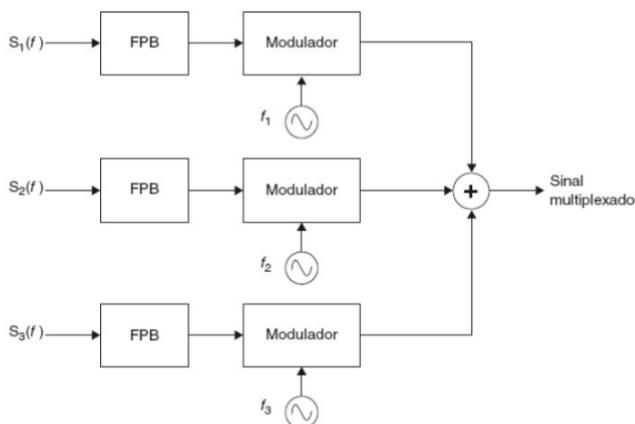
Mecanismos de multiplexação

Veremos agora algumas técnicas de modulação, a Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM), a Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM) e o Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA) e suas características.

A FDM, em inglês *Frequency Division Multiplexing*, é uma técnica de multiplexação analógica frequentemente encontrada em canais de voz. Ela também é a base da técnica de modulação digital Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência (OFDM, em inglês *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), utilizada na transmissão digital de radiodifusão, em que vários sinais são enviados por diversas pequenas portadoras diferentes, utilizando diferentes frequências.

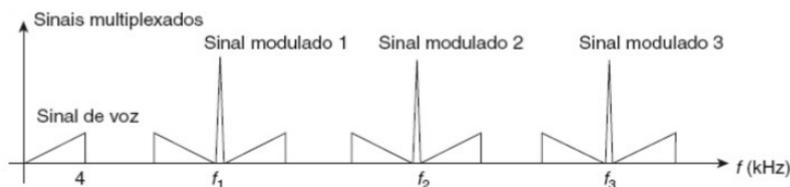
O processo de multiplexação de frequência pode ser visto nas Figuras 4.2, 4.3 e 4.4, em que o sinal é filtrado, modulado, multiplexado e depois transmitido, então o sinal é filtrado novamente, demodulado e entregue ao destinatário.

Figura 4.2 | Multiplexação por divisão de frequência



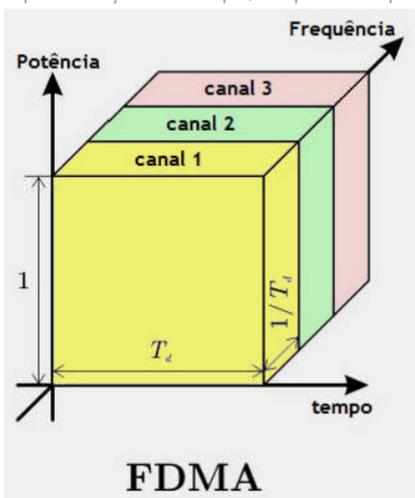
Fonte: Campos (2015).

Figura 4.3 | Representação dos canais modulados e multiplexados



Fonte: Campos (2015).

Figura 4.4 | FDMA – representação do tempo, frequência e potência



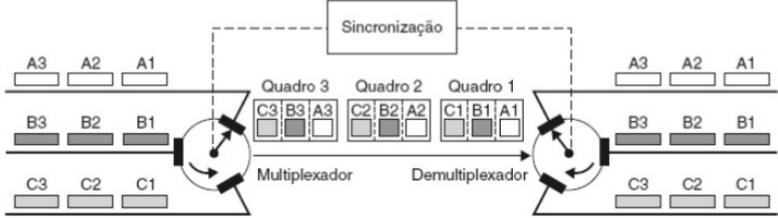
Fonte: Adaptado de Azevedo (2007, p. 88).

TDM (em inglês *Time Division Multiplexing*)

Segundo Campos (2015), no sistema TDM há a separação dos sinais em curtos espaços de tempo, e esse sinal é misturado no domínio da frequência. Apesar de teoricamente não poder afirmar que um sistema de multiplexação é melhor que o outro, na prática, a técnica de multiplexação por tempo apresenta vantagens quando comparados com sistemas do tipo FDM. Veremos as vantagens e as desvantagens ao longo desta seção.

No sistema TDM, os dados são representados em amostras quantizadas nos canais A, B e C, são selecionados sequencialmente e então transmitidos em intervalos de tempo distintos, os chamados frames. Esse processo está ilustrado na Figura 4.5.

Figura 4.5 | Multiplexação por divisão de tempo



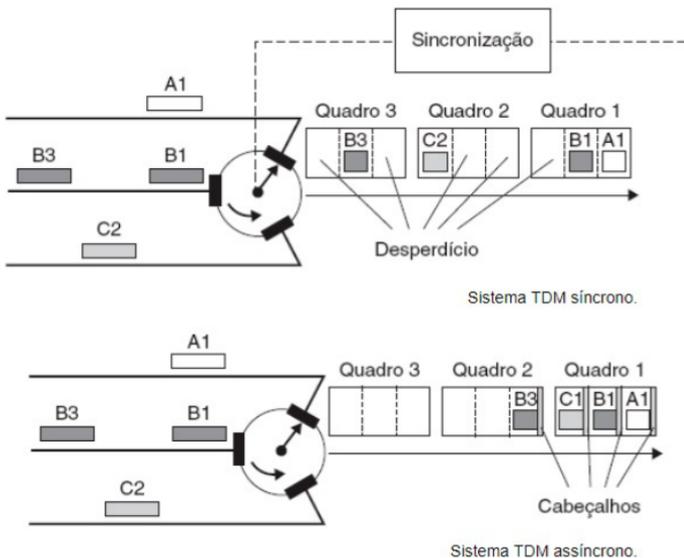
Fonte: Campos (2015).

O sistema TDM pode ser classificado basicamente em duas formas: síncrono e assíncrono.

O TDM síncrono utiliza um único sinal para a multiplexação e para a demultiplexação. Já no TDM assíncrono, é necessário o uso de um cabeçalho que identifica a mensagem que está sendo transmitida.

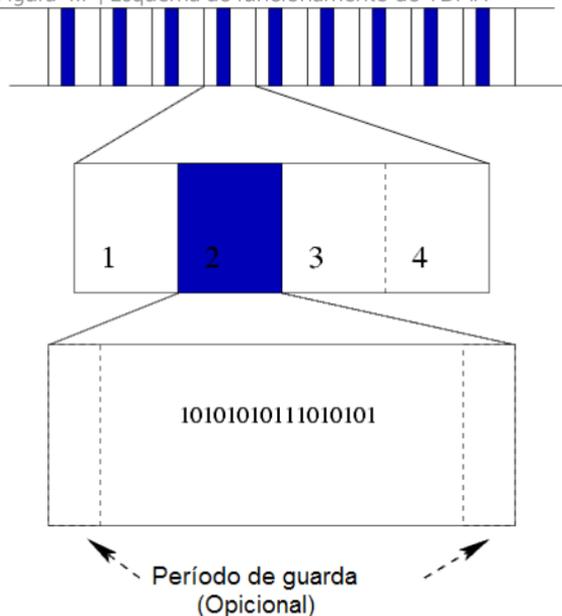
Na prática, pode-se observar que o sistema de TDM síncrono, como não utiliza Byte de sincronismo nos canais que estão inativos, continua a utilizar a banda de transmissão, gerando desperdício, como é possível observar na Figura 4.6.

Figura 4.6 | TDM síncrono e assíncrono



Fonte: Campos (2015).

Figura 4.7 | Esquema de funcionamento do TDMA



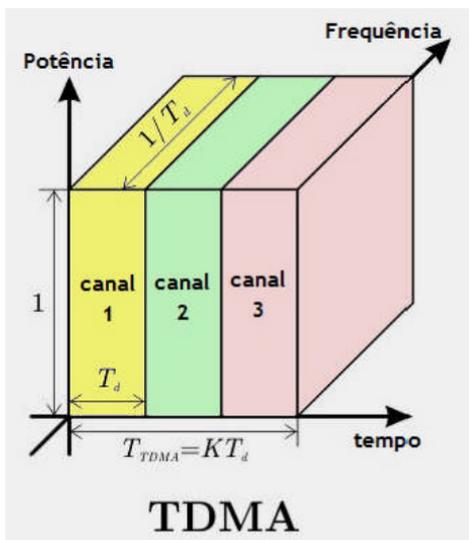
Divisão do fluxo de dados em frames.

Alocação dos dados nos slots de tempo, onde cada usuário recebe um slot.

Cada intervalo de tempo contém os dados, com um período de guarda, que é utilizado se necessário.

Fonte: adaptado de <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/Tdma-frame-structure.png>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

Figura 4.8 | TDMA – representação do tempo, frequência e potência



Fonte: adaptado de Azevedo (2007, p. 88).

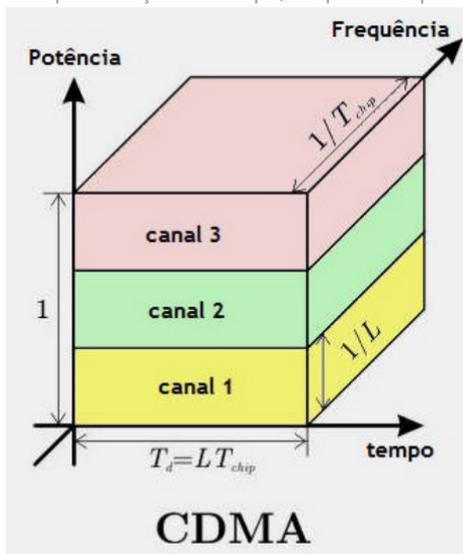
CDMA (em inglês *Code Division Multiple Access*)

Segundo Sverzut (2008), esta é a técnica mais segura de acesso múltiplo, utilizada a princípio somente em operações militares, e hoje em dia aplicada em larga escala em sistemas de telecomunicações.

O CDMA consiste na junção das técnicas de FDM e TDM, podendo transmitir simultaneamente na mesma frequência, além de utilizar toda a banda disponível, a partir de um código. Esta tecnologia é ortogonal e tem como base o Espelhamento Espectral (*Spread Spectrum*).

A segurança desta tecnologia é dada por saltos de sequência "pseudo-aleatórias", fazendo com que um possível interceptor deste sinal fique perdido, por não saber a sequência.

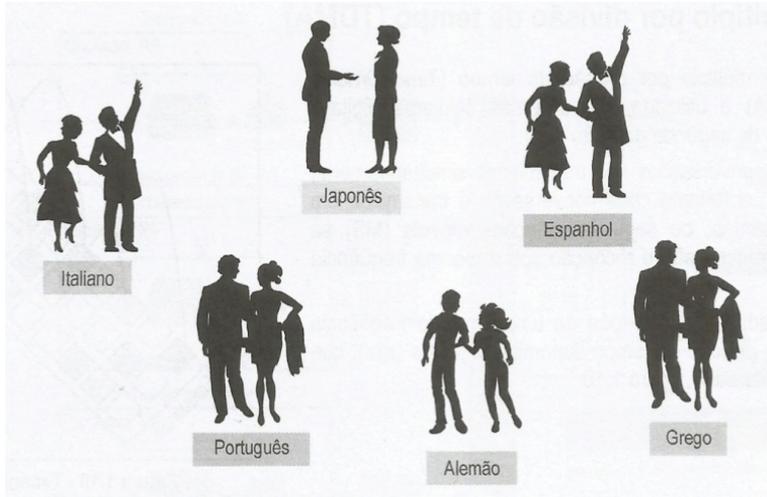
Figura 4.9 | CDMA – representação do tempo, frequência e potência



Fonte: adaptado de Azevedo (2007, p. 88).

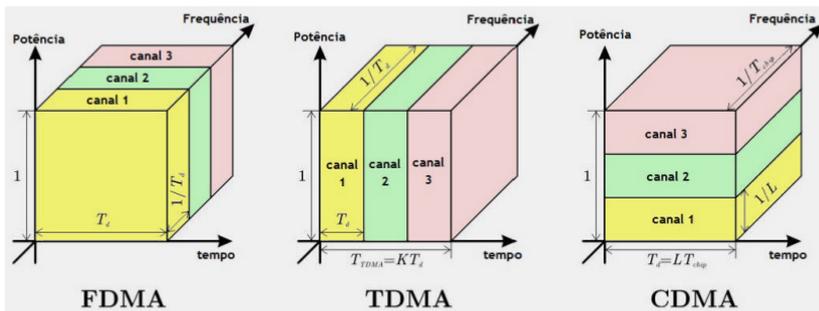
Sverzut faz uma excelente analogia para explicar o CDMA, comparando esta técnica com uma sala com várias duplas, onde cada par tem interesse somente na conversa de seu parceiro. Cada par somente sabe falar o seu idioma, ninguém é bilingue na sala, e cada par fala um idioma diferente das outras duplas. Isso faz com que os casais possam conversar livremente, com o mínimo de interferência dos outros.

Figura 4.10 | Filosofia do CDMA



Fonte: Sverzut (2008, p. 20).

Figura 4.11 | Comparação entre FDMA, TDMA e CDMA - resumo



Fonte: adaptado de Azevedo (2007, p. 88).

Vantagens e desvantagens de mecanismos de multiplexação

Segundo Bergamos (2009), comparando as técnicas de acesso múltiplo, temos:

- Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA)

- O sinal transmitido é dividido em um número determinado de canais, atribuídos de acordo com a demanda.
- Cada portadora tem seu sinal modulado por um sinal de informação.
- O sinal é separado por filtros na recepção.
- Utiliza banda estreita. Como a frequência é única para cada usuário, a banda é consideravelmente pequena em sistemas analógicos (25-30 KHz). Já em sistemas digitais, a codificação de voz pode ter redução ainda maior da banda.
- Baixa interferência intersimbólica que ocorre somente em sistemas digitais, devido às baixas taxas de transmissão.
- Baixo índice de *overhead* (sobrecarga de informação).
- Circuitos eletrônicos de baixa complexidade.
- Utilização de *full-duplex* por somente uma antena, isso também obriga o uso de um duplexador para fazer a filtragem.
- Custo alto para implantação das Estações Radio Base (ERBs).
- O processo de *Handoff* pode ser percebido pelo usuário de forma audível.
- Grande probabilidade de interferência, se comparada com sistemas digitais.
- Transmissão contínua: quando os canais são alocados e utilizados sem interrupção tanto pela ERB, quanto pela Estação Móvel (EM).
- Possibilidade de desperdício, caso algum canal não esteja sendo utilizado.

- Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA)

- Aceita vários canais por portadora.

- Economia de bateria (comparado ao FDMA), visto que a transmissão é feita em rajadas (*bursts*).
- Não é necessário o uso de duplexer, pois a transmissão e a recepção acontecem em diferentes *slots*.
- Menor custo, visto que vários canais são usados por portadora.
- *Handoff* eficiente e imperceptível ao usuário.
- Alta interferência intersimbólica e que requer tratamento especial.
- Além de todas as vantagens da utilização de tecnologias digitais, tal como a monitoração frame a frame, por exemplo.
- Requer tratamento para evitar o *overhead* (sobrecarga de informação).
- Sistema eletrônico complexo, por usar tecnologia digital.

- Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA)

- Os usuários compartilham a mesma frequência, já que a divisão é feita por código.
- Não possui um limite específico de capacidade, o que acontece é a adição gradativa de ruído a cada acréscimo de usuário, gerando perda de qualidade a todos os usuários.
- Há uma redução de efeitos nocivos à frequência, pois o sinal original está espalhado por toda a banda.
- *Handoff* eficiente.
- Alta segurança e sigilo.
- É necessário um controle de potência do sinal para evitar problemas com distâncias (longas ou curtas).

Quadro 4.1 | Comparação dos sistemas FDMA, TDMA e CDMA

	TDMA	FDMA	CDMA
Vantagens	Digital, flexível e amplamente utilizado.	Fácil aplicação e amplamente utilizado.	<i>Handover</i> imperceptível, menor planejamento de uso de frequência.

Desvantagens	Dificuldade de sincronização e necessidade do espaço de guarda.	Analógico, pouco adaptável e limitado pela frequência.	Necessidade de controle de potência, além de utilizar receptores completos.
---------------------	---	--	---

Fonte: adaptado de Barros (2017, p. 164).



Refleta

O CDMA é uma tecnologia que provê alta segurança às informações que trafegam. Antigamente, o CDMA era utilizado somente em operações militares, apenas depois de algumas décadas foi utilizado comercialmente. Reflita sobre outras tecnologias que durante certo tempo tiveram uso exclusivo das forças militares.

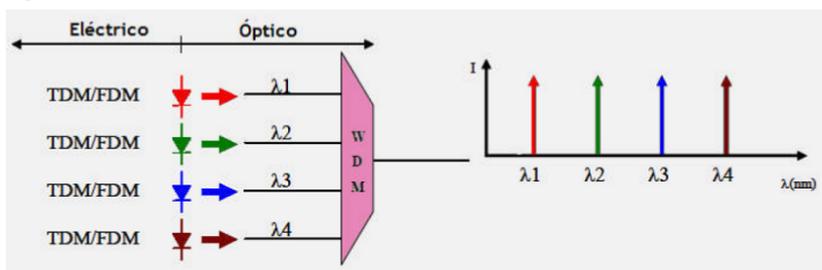
Exemplos práticos de mecanismos de multiplexação

Medeiros (2016) fala sobre a Multiplexação Ortogonal Codificada por Divisão de Frequência (COFDM, em inglês *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), uma tecnologia baseada no FDM com uma técnica adicional para a correção de erros, utilizada no Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD).

Azevedo (2007) utiliza o exemplo da Multiplexação por Divisão de Comprimento de Onda (WDM, em inglês *Wavelength Division Multiplex*), uma variação do sistema FDM, porém com utilização em sistemas de fibra ótica, em que portadoras óticas são moduladas por sinais elétricos (neste caso, as tecnologias TDM e FDM podem ser utilizadas) e, após a modulação, esses sinais podem ser transmitidos utilizando a mesma fibra ótica.

Esse sistema possui uma alta largura de banda, como já vimos quando falamos das propriedades da fibra, e centenas de canais podem ser transmitidos, desde que sejam separados por alguns GHz.

Figura 4.12 | WDM



Fonte: Azevedo (2007, p. 87).



Pesquise mais

O WDM, uma variação do FDM para utilização em fibras ópticas é um tema muito interessante. Veja mais sobre o assunto no link disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwdm/pagina_1.asp>. Acesso em: 12 abr. 2018.

Sverzut (2008) cita onde cada uma das tecnologias foi utilizada nas telecomunicações para celulares:

FDMA – Por ser a mais antiga, foi utilizada nos sistemas de celulares analógicos.

TDMA – Utilizada nos celulares de segunda geração (2G).

CDMA – Considerada a tecnologia mais avançada, foi utilizada tanto em transmissões da segunda geração (2G), assim como é utilizado nos celulares de terceira geração (3G).

Essas aplicações encerram a nossa seção. Agora, vamos fazer os exercícios para maior fixação do conteúdo.

Sem medo de errar

Caro aluno, vale lembrar que você é um funcionário da TBBS (*The Big Bang Solutions*), uma empresa especializada em transmissão de dados e ofuscação de sinais, e que está trabalhando em um projeto para o sr. John, quem está abrindo uma nova unidade da empresa no Canadá.

Para este projeto, você chegou à conclusão de que será necessário utilizar um modo de multiplexar esse sinal, para maximizar o fluxo de dados por meio de um canal de transmissão. Para tanto, é necessário apresentar um relatório, mostrando as

características e os prós e contras de três dos principais modos de multiplexação.

O sistema FDMA é uma técnica de multiplexação analógica frequentemente encontrada em canais de voz. Características:

- O sinal transmitido é dividido em um número determinado de canais, atribuídos de acordo com a demanda.
- Cada portadora tem seu sinal modulado por um sinal de informação.
- O sinal é separado por filtros na recepção.

Vantagens:

- Banda estreita. Como a frequência é única para cada usuário, a banda é consideravelmente pequena em sistemas analógicos (25-30 KHz). Já em sistemas digitais, a codificação de voz pode ter redução ainda maior da banda.
- Baixa interferência intersimbólica, que ocorre somente em sistemas digitais, devido às baixas taxas de transmissão.
- Baixo índice de *overhead* (sobrecarga de informação).
- Circuitos eletrônicos de baixa complexidade.

Desvantagens:

- Custo alto para implantação das ERBs.
- O processo de *Handoff* pode ser percebido pelo usuário, de forma audível.
- Grande probabilidade de interferência, se comparada com sistemas digitais.
- Transmissão contínua: quando os canais são alocados e utilizados sem interrupção tanto pela ERB, quanto pela EM.
- Possibilidade de desperdício, caso algum canal não esteja sendo utilizado.
- Utilização de *full-duplex* por somente uma antena, isso também obriga o uso de um duplexador para fazer a filtragem.

O sistema TDM faz a separação dos sinais em curtos espaços de tempo e mistura os sinais no domínio da frequência. Vantagens:

- Aceita vários canais por portadora.

- Economiza bateria (comparado ao FDMA), visto que a transmissão é feita em rajadas (*bursts*).
- Não é necessário o uso de duplexer, pois a transmissão e a recepção acontecem em diferentes slots.
- Menor custo, visto que vários canais são usados por portadora.
- *Handoff* eficiente, imperceptível ao usuário.
- Alta interferência intersimbólica e que requer tratamento especial.
- Além de todas as vantagens da utilização de tecnologias digitais, tal como a monitoração frame a frame, por exemplo.

Desvantagens:

- Requer tratamento para evitar o *overhead* (sobrecarga de informação).
- Sistema eletrônico complexo, por usar tecnologia digital.

O CDMA consiste na junção das técnicas de FDM e TDM, podendo transmitir simultaneamente na mesma frequência, além de utilizar toda a banda disponível a partir de um código. Vantagens:

- Os usuários compartilham a mesma frequência, já que a divisão é feita por código.
- Não possui um limite específico de capacidade, o que acontece é a adição gradativa de ruído a cada acréscimo de usuário, gerando perda de qualidade a todos os usuários.
- Há uma redução de efeitos nocivos à frequência, pois o sinal original está espalhado por toda a banda.
- *Handoff* eficiente.
- Alta segurança e sigilo.

Desvantagem:

- É necessário um controle de potência do sinal para evitar problemas com distâncias (longas ou curtas).

Como no caso do sr. John segurança é prioridade, o modo mais seguro de multiplexação para se transmitir os dados é pelo sistema CDMA. Este relatório finaliza a etapa do projeto.

Ampliação de uma estação de rádio

Descrição da situação-problema

Caro aluno, por ser um profissional de telecomunicações, você foi convidado a prestar consultoria em um projeto da rádio, que era só uma emissora regional, mas seu proprietário, o sr. Mendes, está abrindo uma nova emissora que terá somente programação musical. Essa nova estação ficará fisicamente situada com a emissora existente, mas como serão só músicas, ela será somente uma sala do escritório da Cidade News.

O nome dessa nova estação ainda não foi decidido, mas para esta fase do projeto já foi visto que o tráfego do rádio não suporta essa nova banda, e cabe a você definir se a estação será AM ou FM e também estabelecer opções para que essas duas rádios analógicas possam ter seu sinal enviado para a torre de transmissão, que fica no alto de uma colina, utilizando um mesmo rádio.

Resolução da situação-problema

A solução para este caso consiste em duas etapas:

A primeira é definir o tipo da modulação da rádio que, como visto na situação problema, a programação será somente musical. Sabemos também que o sistema de rádio FM tem maior qualidade sonora e, desde a década de 70, as rádios que tem como base de programação musical são primordialmente FM, pois a qualidade do som é melhor, pelo fato de frequências baixas e altas oscilarem dentro da mesma amplitude, não havendo o corte da banda de passagem, ou seja, ela opera com maior qualidade e não corta graves nem agudos, chegando ao receptor com perdas praticamente desprezíveis. O alcance da rádio FM é de cerca de 100 km, mais que o suficiente para atender a uma rádio regional.

Já para enviar os sinais das duas estações de rádio para a antena no alto da colina, a melhor solução é utilizarmos a modulação.

Como estamos falando de sinais analógicos, podemos utilizar a modulação do tipo FDM, uma técnica de multiplexação analógica frequentemente encontrada em canais de voz.

Faça valer a pena

1. O sistema FDM é uma técnica de multiplexação analógica frequentemente encontrada em canais de voz. Ela também é a base da técnica de modulação digital OFDM, utilizada na transmissão digital de rádio fusão.

O sistema FDM também é a base para o sistema de Multiplexação por Divisão de Comprimento de Onda, que é conhecido por qual sigla?

Assinale a alternativa correta entre as opções abaixo.

- a) WDM.
- b) FDM.
- c) ODM.
- d) RDM.
- e) FODM.

2. Na TDM, há a separação dos sinais em curtos espaços de tempo e misturados no domínio da frequência. Esse sistema pode ser classificado basicamente em duas formas, apresentando características diferentes, apesar de ambas serem sistemas de divisão por tempo.

Assinale a alternativa correspondente à classificação do sistema TDM.

- a) Com e sem orientação.
- b) TDM-S e TMD-NS.
- c) Síncrono e assíncrono.
- d) MUX e DEMUX.
- e) TDM e FDM.

3. O CDMA é uma técnica mais segura, de acesso múltiplo, utilizada a princípio somente em operações militares, e hoje em dia aplicada em larga escala em sistemas de telecomunicações. A respeito desse sistema, pode-se afirmar que:

- I – A frequência é compartilhada pelos usuários.
- II – A capacidade de transmissão não tem um limite específico.
- III – Há uma redução de efeitos nocivos à frequência, pois o sinal original está espalhado por toda a banda.
- IV – É uma tecnologia muito segura.

Assinale a alternativa correta:

- a) As afirmações I e III estão corretas.
- b) As afirmações II e IV estão corretas.
- c) As afirmações III e IV estão corretas.
- d) As afirmações I, III e IV estão corretas.
- e) As afirmações I, II, III e IV estão corretas.

Seção 4.2

Digitalização e compressão de sinais

Diálogo aberto

Caro aluno, na seção 1 trabalhamos a análise e a compreensão dos elementos de multiplexação, digitalização, compressão e ofuscação de sinais, processos vitais para o sigilo de nossos dados e informações.

Nesta seção, daremos continuidade no estudo dos meios de transmissão, agora veremos formas de digitalização e compressão de sinais. Lembrando que você é um funcionário da TBBS (*The Big Bang Solutions*), uma empresa especializada em transmissão de dados e ofuscação de sinais, e está trabalhando em um projeto para o sr. John, um investidor respeitado e conhecido por seu planejamento assertivo, além de sua visão à frente do tempo. Neste projeto, ele está abrindo uma nova unidade da empresa no Canadá, e o seu papel é cuidar de todo o planejamento para essa estrutura.

Durante o processo de análise dos sistemas de multiplexação, uma outra variável que pode ser um risco para o projeto foi levantada: a necessidade da digitalização dos sinais e as possíveis complicações com compressão de sinais.

O motivo desse alto fluxo é que o presidente da empresa sabe a importância do marketing e das aparências, pois ele tem um estúdio de filmagem dentro da empresa que fará todo o sistema de captura e gravação, tanto de vídeo promocionais internos, como de cobertura de eventos da empresa, além de vídeos para treinamento internos. Porém, todo esse material capturado a partir da inauguração da filial será trabalhado e editado no Canadá.

Outro fator que gerará consumo de banda é a comunicação interna local das empresas, podendo ser por voz ou texto, criando um fluxo de informação relevante internamente na rede.

Utilizando as características já conhecidas e suas pesquisas agregadas, crie a segunda etapa do relatório, com o apontamento dos possíveis problemas e das soluções ao se utilizar esse método.

Aproveite os conceitos desta seção para orientar o sr. John a fazer a melhor escolha para a empresa.

Não pode faltar

Digitalização de sinais

Como já vimos anteriormente, tanto sinais analógicos podem ser transformados em sinais digitais, como sinais digitais podem ser convertidos em analógicos. Nesta seção, aprofundaremos mais sobre estes conceitos.

Para usuários, é praticamente imperceptível esse processo de digitalização, pois quando pegamos nosso celular, fazemos uma chamada, mandamos uma mensagem de áudio ou até mesmo gravamos um vídeo, temos uma conversão automática e praticamente instantânea desse tipo de sinal, mesmo que o usuário não saiba.

Segundo Puhlmann (2015), esses processos de conversão de sinais só são possíveis por um componente muito importante que já vimos, o transdutor, responsável por converter as grandezas da natureza, tais como som, luz, pressão, etc., em grandezas elétricas. Tais sinais podem ser lineares e proporcionais ou não lineares, que devem ser compensadas posteriormente.

Após a transformação desse sinal, para que possa ser processado digitalmente, é necessário que haja a transformação para a forma digital. Essa conversão é feita pelo conversor Analógico-Digital (Conversor A/D).

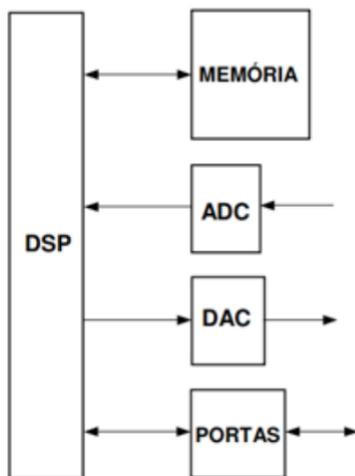
Segundo Campos (2015), a função de um conversor A/D é transformar um sinal de origem analógica em um sinal amostrado, discreto e quantizado dentro de valores pré-definidos em limites e inteiros, determinados pela capacidade do conversor de bits. Por exemplo, em um conversor binário de 8 bits, as amostras variam em valores entre 0 e 255, ou seja, 256 valores (2^8).

Difícilmente um conversor A/D é suportado sem a necessidade de conversão à faixa de entrada de tensão do conversor, que geralmente se situa entre 3,3 e 5 V.

Na entrada do conversor, há um circuito que realiza a amostragem periódica do sinal analógico: o circuito S/H (*Sample & Hold*).

Um circuito básico de conversão analógico para digital pode ser visto na Figura 4.13.

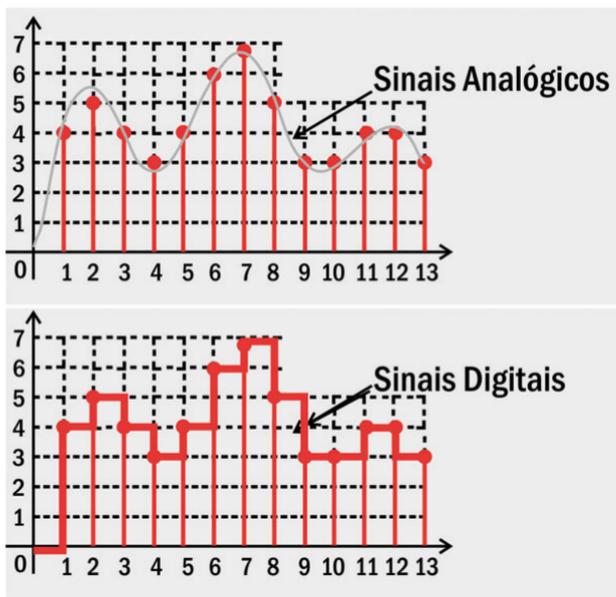
Figura 4.13 | Circuito de conversão A/D



Fonte: Pellenz (2005, p. 10).

Já o processo de digitalização do sinal pode ser visto na Figura 4.14.

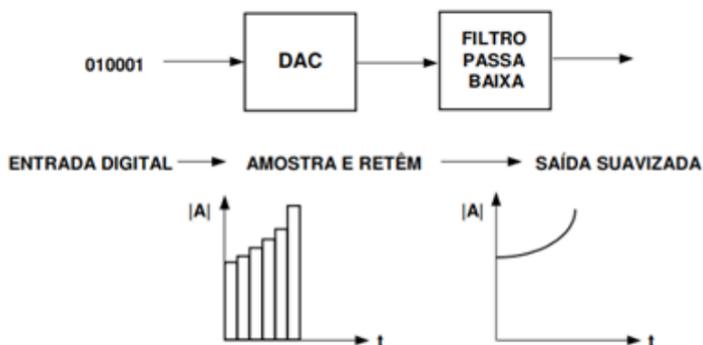
Figura 4.14 | Digitalização do sinal



Fonte: <<http://www.oficinabrasil.com.br/noticia/tecnicas/sinais-analogicos-e-digitais-de-um-sistema-embarcado-visao-geral-e-analise-dos-sistemas-automotivos>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

O processo de recuperação do sinal analógico pode ser visto na Figura 4.15:

Figura 4.15 | Conversor analógico digital



Fonte: adaptado de Pellenz (2005, p. 19).



Pesquise mais

Puhlmann tem um artigo excelente chamado Trazendo o mundo real para dentro do processador – Conversor A/D que vale a pena conferir.

PUHLMANN, Henrique. Trazendo o mundo real para dentro do processador - Conversor A/D 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/conversor-a-d/>>. Acesso em 12 abr. 2018.

Neste artigo, também é citado o programa Octava GNU, um software livre que permite plotar informações, tais como o comportamento da amostragem de ondas eletromagnéticas, assim como demonstrado no link desse box.

O software pode ser baixado gratuitamente pelo link: <<https://www.gnu.org/software/octave/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

Aproveite para comprovar os valores e os códigos demonstrados no artigo diretamente em seu computador.

O processo de amostragem, como já abordado ao falarmos de modulação, também segue o teorema de amostragem de Nyquist, em que a frequência, quantidade mínima de amostras analisadas, é igual ou maior ao dobro da maior frequência do sinal, a fim de evitar o *aliasing*.

Na prática, a limitação do sinal é feita por um filtro chamado

passa baixa, que limita a banda do sinal original.

Segundo Crepaldi (2016), os conversores são divididos em duas categorias: os que trabalham com frequências de 3 a 20 vezes maior que a frequência da amostragem, chamados de *Nyquist-Rate Converters*, e os que trabalham com frequências muito superiores, 512 vezes maior, por exemplo, chamados de *Oversampling Converters*.

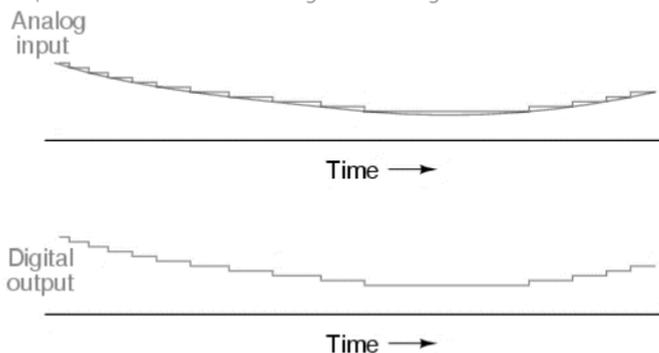
Digitalização de sinais: técnicas, vantagens e limitações

Segundo Crepaldi (2016), para a digitalização de sinais, veremos as quatro técnicas de topologia básica: *Flash* (Conversor Imediato), *Successive Approximation* (Aproximações Sucessivas), *Dual Slope* (Rampa Dupla) e *Sigma-Delta*.

O *ADC Flash*, nesta forma de digitalização, uma fonte de tensão estável, provê uma tensão de referência e um divisor resistivo, que possui 2^n resistores iguais e produz $2^n - 1$ níveis diferentes de tensão. É a partir destes níveis que os comparadores fazem a comparação do sinal de entrada com a tensão de entrada. Isso faz com que tenha alteração de estado (de baixo para alto) se a tensão de entrada for maior que o nível de comparação respectivo, então os sinais que saem dos comparadores passam por uma lógica de combinação, gerando um código binário equivalente.

O conversor *ADC Flash* é veloz, pois a limitação de sua velocidade é dada pelos comparadores, e o tempo é demandado pela propagação da lógica de combinação.

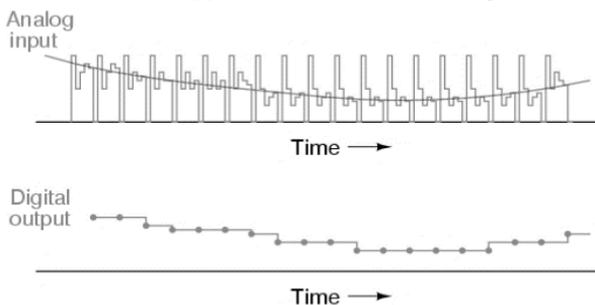
Figura 4.16 | ADC Flash - entrada analógica/saída digital



Fonte: <<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-13/flash-adc/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ADC Successive Approximation é uma técnica de digitalização feita a partir de um algoritmo que altera o bit mais significativo (MSB, do inglês *Most Significant Bit*) para 1 e os demais bits para 0. Ao fazer a comparação entre o sinal ADC e o de entrada, se o sinal do ADC for maior que o de entrada, o valor 1 do bit mais significativo é removido e enviado para o próximo bit mais significativo. Porém, se o valor do sinal de saída é menor que o sinal de entrada, o valor do MSB permanece em 1 e o próximo bit mais significativo também receberá o valor de 1. Nesta forma de digitalização, o valor 1 é testado e movido para cada bit do ADC até que o processo termine.

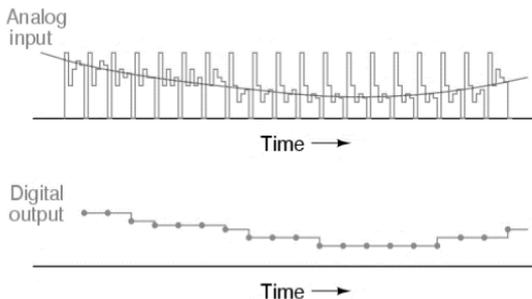
Figura 4.17 | ADC Successive Approximation - entrada analógica/saída digital



Fonte: <<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-13/successive-approximation-adc/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

Na forma de conversão *ADC Dual Slope*, a tensão de entrada se inicia de forma desconhecida por um tempo fixo. Após o processo de "De-Integra" (*de-integrates*), o sinal de referência passa a ser conhecido por um tempo variável. A relação deste período de tempo é proporcional à carga que fica acumulada em um capacitor. Um contador mede esse tempo e, ao final do processo, envia um bit equivalente. A imunidade a ruídos é a principal vantagem dessa forma de conversor.

Figura 4.18 | ADC Successive Approximation - entrada analógica/saída digital



Fonte: <<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-13/slope-integrating-adc/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

O modelo de digitalização *ADC Sigma-Delta* foi baseado na modulação de sinais por transporte de informações pelo domínio de frequência e possui hardware simples, porém é uma forma de conversão lenta, por trabalhar com trem de pulsos.

Figura 4.19 | ADC Sigma-Delta - entrada analógica/saída digital, sendo:

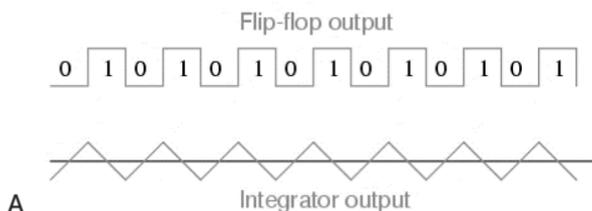
A - Sem tensão.

B - Com tensão levemente negativa.

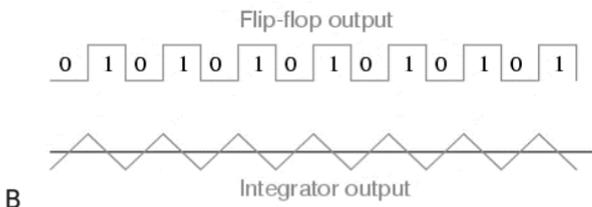
C - Com tensão negativa média.

D - Com tensão negativa elevada.

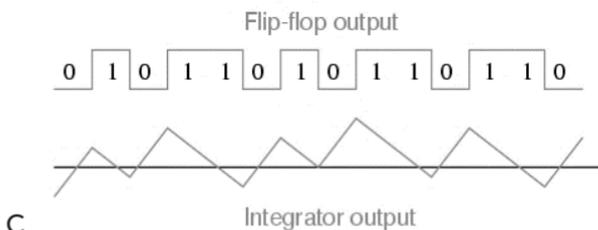
*$\Delta\Sigma$ converter operation with
0 volt analog input*



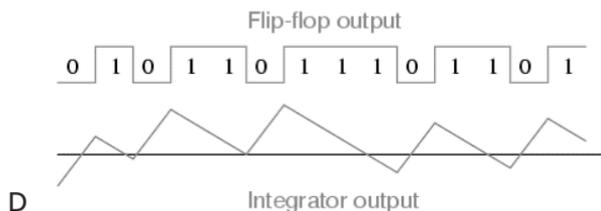
*$\Delta\Sigma$ converter operation with
0 volt analog input*



*$\Delta\Sigma$ converter operation with
medium negative analog input*



$\Delta\Sigma$ converter operation with large negative analog input



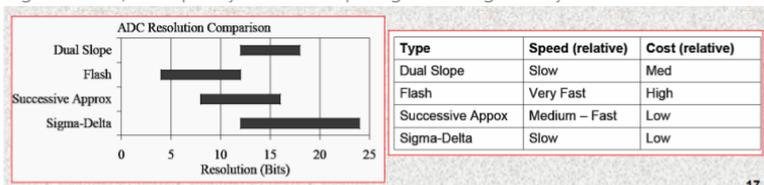
Fonte: <<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-13/delta-sigma-adc/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.



Exemplificando

Para melhor entender melhor as características entre as topologias de conversão de sinais, observe a Figura 4.20 de Crepaldi.

Figura 4.20 | Comparação entre topologias de digitalização de sinais



Fonte: Crepaldi (2016, p. 17).

Segundo Pellenz (2005), as vantagens e limitações da digitalização de sinais são:

- O poder de processamento digital é tão grande, que é improvável que o processamento analógico consiga desempenho parecido.
- O processamento analógico é feito através de resistores, capacitores e indutores, e a tolerância à temperatura, vibração mecânica, humidade e outros fatores pode afetar drasticamente o desempenho e a eficiência desses circuitos, fator mais bem controlado em sistemas digitais.
- Facilidade na alteração e na correção de aplicações.
- Facilidade em atualizar aplicações, pois enquanto em um sistema digital se aplica um novo software ou uma nova versão do software, em sistemas analógicos é necessário desenvolver um novo circuito ou adicionar ou substituir componentes.
- Maior resistência ao ruído.

- Menor tempo de desenvolvimento.
- Melhor custo benefício.
- Melhor relação energética entre consumo e potência.
- Com relação à programação, um mesmo hardware pode controlar várias tarefas.

Figura 4.21 | Multitarefa do hardware para aplicação digital



Fonte: adaptado de Pellenz (2005, p. 6).

Segundo Pellenz (2005), a limitação fica por conta da impossibilidade da operação em altas frequências, por duas razões:

- A complexidade da aplicação pode ser maior que a capacidade do processamento em tempo real.
- A velocidade de operação do circuito conversor analógico digital pode não ser suficiente para a aplicação.

Compressão de sinais

As técnicas de compressão de sinal e dados são outro fator do qual estamos rodeados e, por muitas vezes, não nos damos conta.

Segundo Dias (2011), se não possuíssimos nenhum tipo de compressão de arquivo, para armazenar 30 minutos de vídeo seriam necessários 50 Gb, para armazenar 2.000 imagens seriam necessários 15 Gb e 40 minutos de áudio estéreo, 0,4 Gb.

Sem as técnicas de compressão, até mesmo os HDs (*Hard Disk*) seriam um limitante para a exibição de mídias. Para reproduzir um vídeo com resolução 620x560, 24 bits a 30 frames por segundo seriam necessários 30Mb/s. Pense que a taxa de transferência de um CD-ROM é de 7,8 Mb/s a 52x, inferior a 1/3 da taxa necessária.

Vejamos agora alguns tipos de codificação que podem utilizados em sistemas de compressão, apresentados por Saade (2010):

- Codificação por entropia: cadeias de bits, sem se importar com o conteúdo da informação. Esse tipo de técnica é genérico, não perde nenhum tipo de informação e é completamente reversível.

Exemplo de uso: compactação de arquivos.

- Codificação na origem: utiliza a semântica dos dados como fator relevante. Essa técnica processa os dados de origem, analisando-os como relevantes ou irrelevantes, e então remove dados irrelevantes para comprimir o arquivo original. Exemplo de uso: codificação por sub-bandas.

- Codificações híbridas: mistura as duas técnicas anteriores, ou seja, mistura formas de codificação com e sem perdas. Exemplo de uso dessa técnica: MPEG e JPEG.



Assimile

Segundo Saade (2010), compactação e compressão não são sinônimos. As características da compressão são: perda de informação na redução dos dados, algumas técnicas só podem ser usadas em sinais específicos e, mesmo com perdas, nem todas são perceptíveis, como é no caso do MP3.

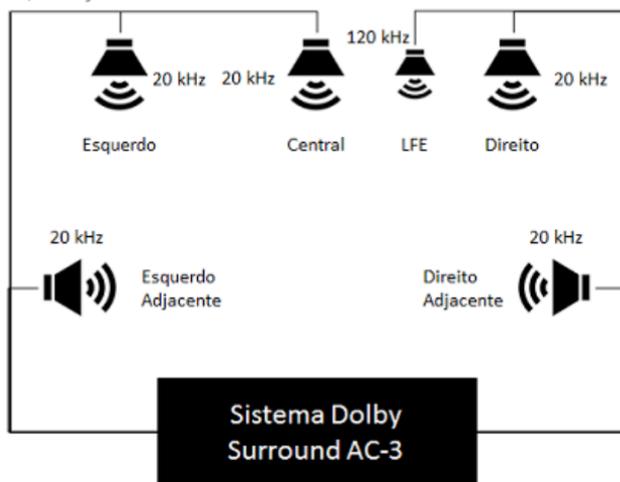
Já na compactação: somente são eliminadas a redundâncias dos sinais, não há perda de informação nem restrição de sinal (mídia) para utilização.

Compressão de sinais: técnicas, vantagens e limitações

Existem muitas técnicas de compressão de sinais para diversos tipos de aplicações, então, utilizaremos como base as técnicas de compressão de áudio da TV Digital.

A técnica utilizada na compressão do áudio da TV Digital americana é o *Dolby Surround AC-3*, que permite a reprodução de áudio de alta fidelidade com taxa de transmissão inferior aos 400 Kbit/s. Porém, ela está limitada à reprodução de áudio de até 5.1 canais.

Figura 4.22 | Dolby Surround AC-3



Fonte: elaborado pelo autor.

Outras técnicas de compressão de som são o MPEG-1, MPEG-2 BC e MPEG-2 AAC (utilizada no Japão).

O MPEG-1 pode trabalhar com áudio mono ou estéreo, com bandas de até 25 kHz e possui algoritmo dividido em três camadas: a primeira é a mais simples e que necessita de mais bits para se ter qualidade sonora, a segunda e a terceira faixas adicionam componentes de maior complexidade, quando comparadas à primeira camada, mas necessita de menos bits para manter uma boa qualidade sonora.

O MPEG-2 BC foi desenvolvido para ser compatível com o MPEG-1 e utiliza os mesmos algoritmos que o sistema MPEG-1, porém com funcionalidades adicionais, utilizando uma menor amostragem de áudio.

O algoritmo MPEG-2 AAC utiliza técnicas de compressão mais modernas, quando comparado ao MPEG-1 e ao MPEG-2 BC, contudo ainda mantém a compatibilidade com os sistemas anteriores. Essa norma é utilizada no Japão, no sistema ISDV de TV Digital.



Refleta

Certamente, neste momento você já entendeu a importância da compressão de sinais e dados para a transmissão e o armazenamento de dados. Tente imaginar agora como seria o mundo de hoje se os arquivos não fossem comprimidos.

Com essas informações, finalizamos nossa seção. Hora de fazer as atividades propostas para melhor entendimento e fixação do conteúdo.

Sem medo de errar

Caro aluno, neste estudo de caso, você é um funcionário da TBBS (*The Big Bang Solutions*), uma empresa especializada em transmissão de dados e ofuscação de sinais, e está trabalhando em um projeto para o sr. John, quem está abrindo uma nova unidade da empresa no Canadá. Seu papel é cuidar de todo o planejamento para essa estrutura.

Vimos que durante o processo de análise dos sistemas de multiplexação, uma outra variável que pode ser um risco para o projeto foi levantada, a necessidade da digitalização dos sinais e as possíveis complicações com compressão de sinais, além do fato de sabermos que o alto fluxo de dados é devido ao estúdio de filmagem dentro da empresa sede, que fará todo o sistema de captura e gravação, mas todo esse material capturado será editado no Canadá.

Outro fator que gerará consumo de banda é a comunicação interna local das empresas, podendo ser por voz ou texto, mas que gerará um fluxo de informação relevante internamente na rede.

Para se resolver esse problema, vamos trabalhar por etapas:

Começemos pelo mais simples, a comunicação interna. A digitalização dos sinais analógicos da voz, já é feita diretamente pelo transdutor do microfone e, com todos os drivers e plug-ins devidamente instalados, o processo de digitalização da voz é automático, e essa comunicação interna poderia ser feita facilmente por um programa de RTC (*real-time collaboration*), assim como o Spark ou o Openfire. Uma outra solução que dispensaria implantação no servidor seria o Skype, mas por abrir para contatos externos, algumas empresas não consideram utilizá-lo.

As chamadas externas da empresa podem ser feitas via celular, afinal, como já vimos, a partir da metade da segunda geração ele utiliza o CMDA, que é muito seguro e tem a mobilidade que grandes investidores necessitam.

Já em relação ao envio de imagens e vídeos que serão utilizados

para edição, um servidor que disponibilize os arquivos para as duas empresas é a solução ideal, contudo a compressão desses arquivos seria necessária, bem como sua avaliação. Quando se tratam de arquivos de empresas, principalmente de mídia externa, não há possibilidade de perdas ou falhas, ainda que pequenas na imagem, então o recomendado deve ser a procura pela exportação em formatos com qualidade, mas uma inspeção minuciosa é indispensável. Caso o arquivo tenha algum problema, temos de recorrer somente à compactação que, como vimos, é uma forma de compactar arquivos sem perda, além de ser totalmente reversível.

No caso da exportação do arquivo que não altere a qualidade, ainda podemos otimizar esses arquivos com a solução híbrida, ou seja, mesmo após a compressão, podemos compactá-lo para que ele possa ser reduzido novamente, otimizando sua transmissão.

Avançando na prática

Migração de uma TV analógica para Digital

Descrição da situação-problema

Imagine que você é um funcionário e foi destinado a prestar consultoria na TV & Cia, uma empresa regional de televisão. Eles estão sabendo da mudança do sistema brasileiro de televisão, mas estão muito céticos a esta mudança, por isso precisam saber as vantagens em migrar o sistema, já que eles são muito conservadores, afinal, utilizam esse sistema analógico há décadas e sempre foi um sistema funcional.

Neste estudo de caso, você, além de utilizar o conteúdo desta seção, também poderá recorrer às unidades 2 e 3 deste mesmo livro e a pesquisas adicionais para fazer essa tarefa, que consiste em demonstrar as vantagens de se utilizar sistemas digitais.

Resolução da situação-problema

Sua tarefa é montar um relatório, apontando as vantagens do sistema digital, onde devem constar:

A primeira vantagem da TV digital é, sem dúvidas, a grande qualidade do sinal, que passa a ser Full HD ou 1080p.

A segunda vantagem é a grande melhoria no sistema de som. Como visto anteriormente, há diversas formas de melhoria, e uma delas é que passa a utilizar o ISDB-TB, uma melhoria do sistema de áudio utilizado no Japão, e também o sistema de compressão MPEG-4 AAC 2.0 ou 5.1 canais.

Outro ponto positivo, agora com selo verde e amarelo, é a utilização do sistema Ginga, um software brasileiro desenvolvido para interatividade. Mais informações sobre esse software estão disponíveis em: <http://www.ginga.org.br/>. Acesso em: 12 abr. 2018.

Uma outra vantagem é que a TV & Cia não perderá audiência, pois pessoas que ainda não têm TV digital e estão cadastradas em programas sociais receberão o conversor gratuitamente, e os demais telespectadores que precisarem do conversor, podem adquiri-lo no mercado nacional.

O sinal digital é mais resistente à interferência, pode ser comprimido e pode ser transmitido utilizando uma faixa menor de frequência entre os canais, sem interferência de canais vizinhos. E, claro, por último e mais importante, o sinal analógico será descontinuado, obrigando a TV & Cia fazer a migração, para que possa continuar a transmitir sua programação.

Ficou curioso? Há mais informações nos seguintes links:

Site oficial da televisão digital brasileira, informações, como as cidades que estão migrando, são encontradas em: <<http://www.dtv.org.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

Aqui é possível ver um comparativo com as principais vantagens e desvantagens da televisão digital: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvsbtvd/pagina_4.asp>. Acesso em: 12 abr. 2018.

A tech tudo traz uma visão geral do nosso sistema de TV digital, com um breve resumo das tecnologias utilizadas: <<http://www.tech tudo.com.br/noticias/noticia/2013/10/qual-o-sistema-da-tv-digital-brasileira-e-como-ele-funciona.html>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

Faça valer a pena

1. A função de um conversor A/D é transformar um sinal de origem analógica em um sinal amostrado, discreto e quantizado dentro de valores pré-definidos em limites e inteiros, determinados pela capacidade do conversor de bits.

Utilizando uma amostra de 8 bits, qual a quantidade de valores amostrados?

Assinale a alternativa correta.

- a) 256 amostras.
- b) 8 amostras.
- c) 128 amostras.
- d) 512 amostras.
- e) 64 amostras.

2. Os conversores digitais podem ser divididos em duas categorias: *Nyquist-Rate Converters*, que trabalham com frequências de 3 a 20 vezes maiores que a frequência da amostragem, e *Oversampling Converters*, que trabalham com frequências muito superiores, 512 vezes maior por exemplo. Essas divisões são aplicadas nas técnicas de topologias que estudamos nesta seção.

Assinale a alternativa correta, correspondente à topologia de digitalização.

- a) PAM, PMW e MUX.
- b) *Flash*, *Successive Approximation*, *Dual Slope* e *Sigma-Delta*.
- c) TDM-S e TMD-NS.
- d) MUX e DEMUX.
- e) TDMA e CDMA.

3. Dada a importância da compressão e da compactação de arquivos, analise as afirmações:

I - Sem as técnicas de compressão, até mesmo os HDs seriam um limitante para a exibição de mídias, já que as taxas de transferências poderiam limitar a imagem a ser exibida.

II – A codificação por entropia consiste em uma cadeia de bits, sem se importar com o conteúdo da informação. É uma técnica genérica e não perde nenhum tipo de informação, além de ser completamente reversível.

III - Codificação na origem é uma técnica que utiliza a semântica dos dados como fator relevante, processa os dados de origem, analisando-os como

relevante ou irrelevante, e então remove os irrelevantes para comprimir o arquivo original.

IV - Codificação híbrida é uma técnica que mistura as duas formas de compressão anteriores, ou seja, mistura formas de codificação com e sem perdas.

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas I e III estão corretas.
- b) Apenas II e IV estão corretas.
- c) Apenas III e IV estão corretas.
- d) Apenas I, II e IV estão corretas.
- e) I, II, III e IV estão corretas.

Seção 4.3

Ofuscação de sinais

Diálogo aberto

Caro aluno, na seção anterior estudamos os conceitos de digitalização e compressão de sinais, além de suas aplicações. Aqui, veremos os conceitos de ofuscação de sinais, tema muito importante quando se trata de dados sigilosos. Imagine que quando acessa um banco, seus dados e informações trafegam para que o banco possa saber que o usuário que está acessando a conta corrente é realmente o proprietário dela.

Vale lembrar que você é um funcionário da TBBS (*The Big Bang Solutions*), uma empresa especializada em transmissão de dados e ofuscação de sinais, e está trabalhando em um projeto para o sr. John, um investidor muito respeitado em *Wall Street*, conhecido por seu planejamento e sua visão do futuro. Ele está abrindo uma nova unidade da empresa no Canadá, pois o clima frio de lá reduzirá o uso de energia para refrigeração.

Nesta etapa do projeto, ele já se sente confiante na abertura de sua unidade canadense, porém para o início da implantação do projeto ele só necessita estar 100% seguro da segurança de seus dados.

Usando como base sua pesquisa e os conceitos aprendidos nesta unidade, é hora de criar a última etapa do relatório, falando sobre a importância da criptografia e da ofuscação de sinais, lembrando de apontar e defender o método que considera mais indicado.

Não pode faltar

Histórico e definições: *scrambling*

Caro aluno, na seção final desta unidade, veremos um conteúdo de extrema importância: a criptografia. É perceptível a necessidade de segurança em todo tipo de informação e isso não é novidade. Nesta etapa, abordaremos formas de esconder mensagens, utilizadas antes mesmo da era eletrônica, muito antes até mesmo

da invenção da eletricidade.

Segundo Cunha (2012), Heródoto, um geógrafo e historiador grego que viveu no século V (a. C.), relata em *As Histórias* que mensagens eram tatuadas na cabeça de escravos e, após o crescimento dos cabelos, as mensagens eram escondidas pelos fios, ou pela aplicação de cera sobre uma tabuleta. Já era utilizado nesta época um processo chamado de esteganografia, que consiste na ocultação de uma mensagem.

Segundo Faleiros (2010), o processo de “embaralhamento”, no inglês *scrambling*, é um processo de embaralhar uma mensagem utilizada em vários processos criptográficos, a fim de ocultá-la para somente o receptor recebê-la e interpretá-la.

Esse processo de embaralhamento também não é nada novo, ele foi utilizado, por exemplo, pelos espartanos, usando como forma de criptografia uma tira de couro com a mensagem e dois bastões de espessuras semelhantes. Assim, a mensagem só poderia ser decifrada por quem possuísse, além da fita, o bastão com o diâmetro correto. A Figura 4.23 mostra este instrumento, conhecido como cícala ou bastão de Licurgo.

Figura 4.23 | Cítala espartana



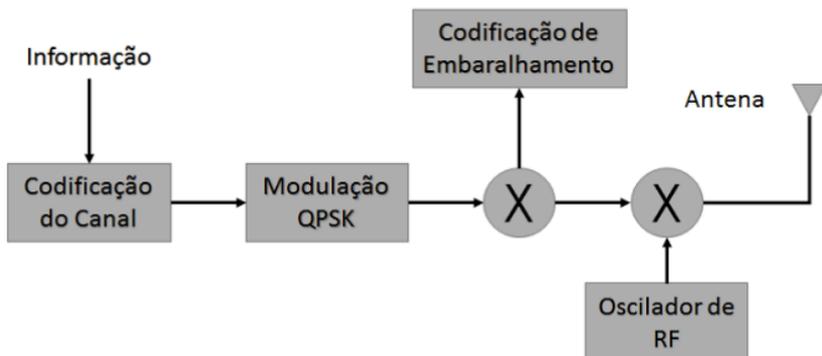
Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Skytale.png>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

Segundo Medeiros (2016), essa técnica não deixou de ser utilizada, pois os sistemas analógicos utilizam um codificador chamado de *scrambler*, que oferece baixa segurança, e seu decodificador é chamado de *descrambler*.

Mas em sistemas digitais, tal como o CDMA (*Code Division Multiple Access*, em português Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo), tecnologia muito segura utilizada no 3G, o processo de *scrambling* também está presente, assim como é possível visualizar nas Figuras 4.24 e 4.25,

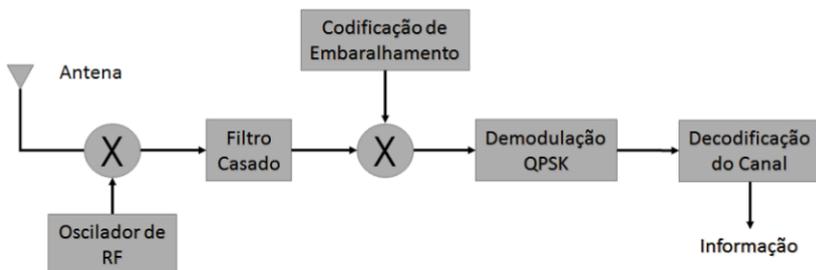
que demonstram um diagrama básico do processo de codificação e transmissão de decodificação do sinal digital de telefonia celular.

Figura 4.24 | *Scrambling* em telefonia celular (modulador CDMA)



Fonte: adaptado de Oliveira (2007, p. 19).

Figura 4.25 | *Scrambling* em telefonia celular (demodulador CDMA)



Fonte: adaptado de Oliveira (2007, p. 19).



Pesquise mais

Não deixe de conferir este vídeo que mostra de forma bem didática alguns dos passos da evolução da criptografia.

Criptografia | Nerdologia Tech. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_Eeg1LxVWa8&>. Acesso em: 13 abr. 2018.

Histórico e definições: criptografia

Segundo Medeiros (2016), o significado de criptografia é escrita oculta, de forma que ela fique ininteligível e, quando essa técnica é aplicada a sinais de voz, é chamada de criptovox, quando aplicada a

vídeo é chamada de criptovídeo.

Em telecomunicações, a criptografia é feita por um criptossistema, e a forma mais utilizada para esta técnica é a inserção de bits de informação em circuitos de memória, a fim de embaralhar a sequência de geração, utilizando uma chave que foi previamente definida ou aplicada por um gerador pseudoaleatório.

Essa aplicação é comandada por um circuito digital, fazendo essa mistura dos bits já na recepção temos o decryption, quando os bits são enviados para os bancos da memória realocados na sequência original, para reproduzir corretamente a informação enviada.

Criptossistemas são utilizados em aparelhos de telefone, fax e transceptores para prover mais segurança à comunicação. Esse tipo de tecnologia aumenta significativamente a segurança das mensagens.

Segundo Cunha (2012), a evolução histórica da criptografia é baseada pela luta entre duas frentes. De um lado estão os criptógrafos buscando códigos mais difíceis de serem “quebrados”, e de outro estão os chamados criptoanalistas, que são os que procuram entender e decifrar o código adotado em cada técnica.



Assimile

Singh defende em *O Livro dos Códigos* que utilizar técnicas fracas de criptografia é muito mais nocivo que não utilizar criptografia, pois gera uma falsa sensação de segurança.

Ele comprova este fato utilizando o caso de Maria Stuart, que em 1587 conspirava contra sua prima, a rainha Elizabeth, mas suas mensagens foram interceptadas e decifradas pelo chefe de espionagem inglesa, Sir Francis Walsingham, o que levou Maria Stuart à condenação.

Singh (1999) afirma que, historicamente, a criptografia foi desenvolvida com base em duas técnicas: por transposição, em que cada letra mantém sua identidade, tendo somente sua mensagem embaralhada na forma de um anagrama, e por substituição, em que as letras são de fato alteradas, mas se mantêm na mesma posição.

Figura 4.26 | Cifra por transposição

Mensagem: Mensagem Codificada

Passo 1: mensagemcodificada

Passo 2: m n a e c d f c d
 e s g m o i i a a

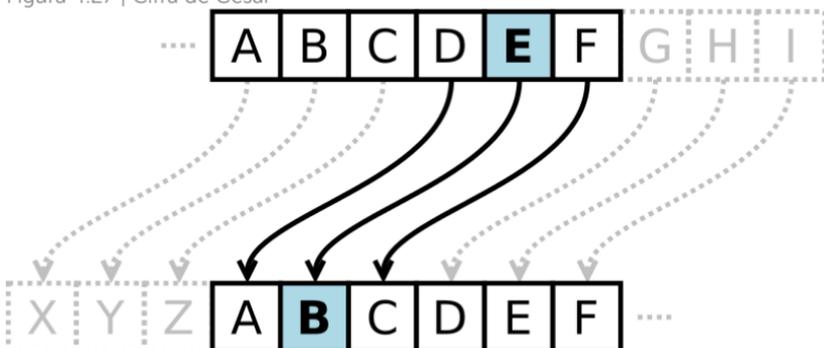
Passo 3: m n a e c d f c d e s g m o i i a a

Código: mnaecdfcdesgmoiaa

Fonte: adaptado de Cunha (2012, p. 2).

Outro método simples utilizado foi a cifra de César (também conhecido por troca de César e código de César), nome dado em homenagem a Júlio César, que utilizou esta técnica para falar com seus generais. Ela consiste na substituição de uma letra por outra, a partir de um deslocamento fixo de casas, utilizando como base o alfabeto original.

Figura 4.27 | Cifra de César



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Caesar_cipher_left_shift_of_3.svg>. Acesso em: 13 abr. 2018.



Exemplificando

Decifre o código a seguir utilizando a cifra de César de passo 2: dqo vtcdcnjq!

Para facilitar a interpretação, utilize a tabela o lado:

Decifre o código a seguir utilizando a cifra de César de passo 2: djo vtcdcnjq!

Para facilitar a interpretação, utilize a tabela o lado:

Tabela 4.1 | Alfabeto

01 - a	02 - b	03 - c	04 - d
05 - e	06 - f	07 - g	08 - h
09 - i	10 - j	11 - k	12 - l
13 - m	14 - n	15 - o	16 - p
17 - q	18 - r	19 - s	20 - t
21 - u	22 - v	23 - w	24 - x
25 - y	26 - z		

Fonte: elaborada pelo autor.

Para decifrar o código, basta pegar a letra corresponde ao código e substituir pela letra que fica 2 casas para trás da letra, como no exemplo:

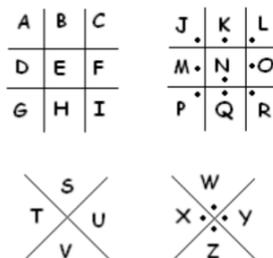
D = b, Q = o, O = m.

A frase decifrada é: bom trabalho!

Para se codificar a mensagem, é só fazer o processo inverso: escolha o valor do passo e substitua as letras por seu caractere correspondente ao adicionar o valor do passo.

Outra forma de criptografia apresentada por Singh (1999) é a cifra do chiqueiro, utilizada pela maçonaria no século XVIII, como na Figura 4.28.

Figura 4.28 | Cifra do chiqueiro



Fonte: Cunha (2012, p. 3).

Ao se tentar decodificar uma mensagem que utiliza cifra por substituição, a técnica de análise de frequência de letras é muito utilizada. Quando o texto a ser descoberto é longo, a criptografia do texto pode ser “quebrada”, baseando-se em uma tabela. O relato mais antigo desta técnica é atribuído ao árabe al-Kindi, com data do século IX, que mostrou a possibilidade de quebrar a cifra que até então era considerada invulnerável.

Tabela 4.2 | Tabela de frequência de repetição da língua portuguesa

Letra	A	B	C	D	E	F	G
Frequência	14,63	1,04	3,88	4,99	12,57	1,02	1,30
Letra	H	I	J	K	L	M	N
Frequência	1,28	6,18	0,40	0,02	2,78	4,74	5,05
Letra	O	P	Q	R	S	T	U
Frequência	10,73	2,52	1,20	6,53	7,81	4,34	4,63
Letra	V	W	X	Y	Z		
Frequência	1,67	0,01	0,21	0,01	0,47		

Fonte: adaptado de Cunha (2012, p. 4).

Ainda segundo Singh (1999), cada técnica criptográfica consiste em duas etapas: a primeira na criação do algoritmo e a segunda na chave do algoritmo, que contém as informações necessárias para se codificar e decodificar as mensagens.

Em 1883, o linguista holandês Auguste Kerckhoffs, definiu que, para que um sistema de criptografia seja seguro, não é importante que o algoritmo seja mantido em segredo, a segurança consiste na chave ser sigilosa.

Segundo Cunha (2012), outro conceito desenvolvido foi o criptosistema RSA (RSA é uma homenagem aos seus inventores, Ronald Rivest, Adi Shamir e Leonard Adleman, pesquisadores do

Massachusetts Institute of Technology (MIT)), que partiram do princípio de que a grande fraqueza do código era a chave ter de ser transmitida ao destinatário. Esta técnica consiste em uma chave pública, transmitida livremente. Mas agora ela passa a ser uma função (matemática), podendo ser aplicada facilmente, mas com reversão complexa. Esse conceito utiliza duas chaves, uma pública, em que qualquer um pudesse codificar e transmitir a mensagem, e outra privada, conhecida somente pelo receptor da mensagem, para que somente ele pudesse decodificá-la.

A segurança deste tipo de chave consiste na dificuldade de se fatorar grandes números, e este processo é totalmente dependente de computadores.

Este tipo de criptografia é baseado na escolha de dois números primos quaisquer, "p" e "q" (vale lembrar que números primos de maior valor oferecem mais segurança). Esses números "p" e "q" são a chave privada. Já o produto " $n = p \cdot q$ " consiste na chave pública do algoritmo. Isso faz com que a segurança da chave esteja em fatorar o valor de "n". Como computadores trabalham somente com código binário (0 e 1), antes de a mensagem ser cifrada, ela deve ser transformada em número.

Vale lembrar que tecnicamente é possível decodificar chaves RSA, contudo não é um processo rápido. Decodificar um sistema desse pode levar anos ou até mesmo décadas, devido ao poder computacional que temos. Contudo, para que esta chave se torne ainda mais segura, é necessário que utilizemos números ainda maiores.



Pesquise mais

Está curioso para saber mais a respeito do processo matemático envolvido no método RSA? Então não deixe de conferir esses links!

Aritmética - Aula 66 - Codificando uma mensagem. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=UTtyNUVxuC8>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

Aritmética - Aula 67 - Decodificando uma mensagem. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=27OUz-znW3U>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

Histórico e definições: esteganografia

Segundo Duarte (2006), esteganografia é originado do grego e significa escrita escondida ou escrita mascarada. Diferentemente da criptografia, a esteganografia não embaralha a mensagem, o objetivo é realmente escondê-la, de forma que somente o receptor possa ver a mensagem.

Durante toda a história, diversos tipos de esteganografia foram utilizados, e veremos alguns a seguir.

Segundo Petri (2004), na Grécia antiga, tábuas de madeira foram cobertas com cera e utilizadas para escrita. Quando a mensagem deixava de ser útil, a cera então era derretida, apagando a mensagem e uma nova camada de cera era aplicada a madeira, para que a tábua pudesse ser novamente utilizada. A esteganografia nesse tipo de comunicação era feita com o texto sendo escrito na madeira, então a cera era aplicada e cobria a mensagem a ser ocultada.

Gil (et al. 2008) descreve outro método de esteganografia, também utilizado na Grécia antiga, que consistia na tatuagem na cabeça de escravos, que após o crescimento dos fios, eram enviados para o destinatário, quem raspava novamente a cabeça do escravo a fim de revelar a mensagem.

Petri (2004) conta que foi na segunda Guerra mundial que as tintas invisíveis começaram a ser utilizadas, do tipo que revelava a mensagem após o aquecimento do papel. Nesta mesma época, no processo chamado de micropontos, as fotografias de mensagens eram reduzidas ao tamanho minúsculo e então eram enviadas. Utilizando essa técnica em modelos atuais, podemos esconder mensagens em imagens, o que vamos fazer agora.



Figura 4.29 | Imagem com esteganografia



Fonte: acervo do autor.

A imagem 4.28 contém uma mensagem que foi escondida para você, e vamos mostrar como é possível acessá-la, seguindo os passos abaixo:

Primeiro: baixe o programa *OpenPuff* gratuito e disponível neste link: <http://www.embeddedsw.net/OpenPuff_download.html>. Acesso em: 13 abr. 2018.

Segundo: baixe a imagem acessando: <<https://drive.google.com/file/d/1TbpZ8TA6keVuvH01MvKrdHE5d6md5Moo/view?usp=sharing>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

Então, extraia os arquivos compactados do *OpenPuff_release.zip* e execute o *OpenPuff.exe*.

Clique no botão *Unhide*.

Utilize a senha *Moraes2017* no campo *Cryptography (A)* e desmarque as senhas não habilitadas (campos B e C).

Clique em *Add Carries* e selecione a imagem baixada.

Agora, clique no botão *Unhide*, selecione a pasta onde deseja salvar a mensagem e então clique em OK.

Aguarde até que o processo seja concluído e pressione *Done*.

A mensagem então estará disponível para leitura, basta abrir o arquivo *mensagem.txt*.



A esteganografia é utilizada para diversas aplicações, e foi usada aqui para enviar uma mensagem a você.

Refleta de que outras maneiras a esteganografia pode ser utilizada, incluindo para fins comerciais e até mesmo como forma de registro.

Histórico e definições: projeto *Tempest*

Em 1985, Wim van Eck cria um sistema de deixar qualquer um com a pulga atrás da orelha: o projeto *Tempest*. No seu artigo, Eck, demonstra que é possível ler e ouvir, a distância e sem fios, a frequência gerada pelo monitor cinescópico. Isso deu margem à criação de uma nova forma de espionagem, que parece coisa de ficção científica, mas é realidade. A técnica era aplicada utilizando um dispositivo composto de um receptor AM e um hw/sw, que recriava com fidelidade a tela da vítima a distância.

Então, Erick Thiele criou um programa que exhibe em monitores de tubo uma série de barras horizontais que “tocam” a música Para Elisa, de Beethoven.

Segundo Ganassoli e Schankoski (2015), os ataques com o *tempest* não param por aí. Espiões bem equipados podem detectar as ondas eletromagnéticas emitidas pelo computador e monitorar até mesmo através de um caminhão devidamente equipado, estacionado próximo ao local a ser espionado, e capturar a distância os dados, incluindo até mesmo toques de teclado. Ainda segundo as autoras, pode-se evitar através da blindagem de computadores e cabos de rede, de modo que esses sinais não sejam emitidos.

Em 2009, no evento de segurança Hacking at Random (HAR2009), que aconteceu na Holanda, Andreas Bogk, um pesquisador de segurança que pertence ao grupo alemão Chaos Computer Club (CCC) apontou possíveis falhas na segurança de urnas eletrônicas, em que suas ondas eletromagnéticas podiam ser capturadas a 20 metros de distância.



Confira a matéria do G1 que conta sobre o HAR2009, disponível em: <http://g1.globo.com/Noticias/Tecnologia/0,,MUL1274579-6174,00-PESQUISADOR+DIZ+SER+POSSIVEL+ESPIONAR+URNA+ELETRONICA.html>. Acesso em 13 abr. 2018.

Caro aluno, este tema encerra não só esta seção, mas também a unidade e o livro. Espero que realmente tenha aproveitado os estudos, mas ainda não acabou, hora de fazer os exercícios para melhor fixação do conteúdo.

Sem medo de errar

Nesta situação-problema, você é um funcionário da TBBS (*The Big Bang Solutions*), uma empresa especializada em transmissão de dados e ofuscação de sinais, e está trabalhando em um projeto para o sr. John, um investidor muito respeitado em Wall Street e que está abrindo uma nova unidade da empresa no Canadá. Duas etapas do projeto já foram apresentadas e, na parte final, temos que criar um relatório demonstrando a importância da criptografia e da ofuscação de sinais, lembrando de apontar e defender o método que considera mais indicado para a empresa.

Começando o processo de proteção dos dados, devemos sugerir a implantação de sistemas blindados que reduzam as ondas eletromagnéticas, a fim de evitar problemas com invasão do sistema, assim como vimos ser possível ao estudarmos o projeto *Tempest*. Assim, garantíramos maior segurança, inclusive a senhas de arquivos.

Outra forma de segurança de dados, como já vimos que a empresa trabalha com muitas imagens, seria a aplicação da esteganografia em arquivos que fossem muitos sigilosos, apesar de já estarem protegidos pela blindagem e por criptografia, seria uma segurança extra para possíveis informações que necessitassem de sigilo.

Por fim, a forma de criptografia aplicada na rede deve ser o criptossistema RSA, que utiliza do princípio de que a grande fraqueza do código é a necessidade do envio da chave ao destinatário, a partir de uma chave pública, que é uma função matemática, e que pode ser aplicada facilmente, mas de reversão complexa dificultando a

“quebra” do algoritmo e aumentado a segurança.

Vale lembrar que este conceito utiliza duas chaves: uma pública, em que qualquer um pode codificar e transmitir a mensagem, e a outra privada, conhecida somente pelo receptor da mensagem, a fim de que somente as duas empresas possam decodificá-la.

Não será um problema aplicar esse sistema nas empresas, visto que o sistema é dependente de computadores e todo o sistema é computadorizado.

Para melhor entendimento do cliente, é bom salientar que esse sistema é baseado na escolha de dois números primos, “p” e “q”, e que estes números devem ser grandes, já que oferecem maior segurança.

Essas informações já são o suficiente para mostrar para o sr. John quais as melhores opções de segurança para a ofuscação de sinais da empresa, finalizando assim o relatório e esta atividade.

Avançando na prática

Criptografia para uma empresa de marketing

Descrição da situação-problema

Caro aluno, por trabalhar em uma empresa de segurança de dados, você foi convidado para prestar consultoria na *Super*, uma empresa de Marketing, Publicidade e Propaganda que está com uma grande preocupação: o uso indevido de suas imagens. Recentemente, eles encontram uma sendo utilizada imprpropriamente. Apesar de o problema ter sido resolvido, eles entenderam que há a necessidade de se precaver em relação a situações como essa.

Por um lado, a empresa já utiliza de contratos de confidencialidade jurídica, feitos por especialistas da área, então sua tarefa é apresentar um meio que garanta que a empresa é realmente a criadora e proprietária do material apresentado aos clientes até que o contrato seja concluído.

Seja criativo e apresente um meio de a empresa se precaver de direitos autorais de material ainda não patenteado, utilizando as maneiras aprendidas nesta unidade.

Resolução da situação-problema

Para resolver essa situação, pode ser utilizado o conceito utilizado na figura 4.18.

Figura 4.30 | Imagem com esteganografia - 2



Fonte: acervo do autor.

Uma imagem com leve adição de ruído e por muitas vezes imperceptível. Uma mensagem poder ser inserida na imagem, de forma que a empresa possa “desocultá-la”, caso venha a ter problemas com seu uso indevido, provando então seus direitos de propriedade sobre a mesma.

Esse é, sem dúvida, um dos usos mais práticos da esteganografia, e se optou por essa opção, parabéns, você entendeu corretamente o conceito de utilização desta técnica.

Faça valer a pena

1. Na Grécia antiga, tábuas de madeira eram cobertas com cera e utilizadas para escrita. Quando a mensagem deixava de ser útil, a cera era derretida, apagando a mensagem, e uma nova camada de cera era aplicada à madeira, para que a tábua pudesse ser novamente utilizada. A mensagem escondida nesse tipo de comunicação era feita com o texto sendo escrito na madeira, então a cera era aplicada e cobria a mensagem a ser ocultada.

Selecione a alternativa que corresponde ao meio de ocultação de sinal citado no texto base.

- a) Cifra de César.
- b) Cifra do Chiqueiro.
- c) Cítala.
- d) Esteganografia.
- e) *Scrambling*.

2. O conceito do criptossistema RSA (nome dado em homenagem aos seus inventores, Rivest, Shamir e Adleman) parte do princípio de que a grande fraqueza do código é o envio da chave ser transmitida ao destinatário. Essa técnica utiliza uma forma diferente de chave, que pode ser aplicada facilmente, mas de reversão complexa.

Selecione abaixo a alternativa correta referente ao modelo de chave utilizado no sistema RSA.

- a) Essa técnica não utiliza chaves, a própria criptografia faz esse papel.
- b) Essa técnica utiliza somente uma chave privada.
- c) Essa técnica utiliza duas chaves privadas.
- d) Essa técnica utiliza três chaves, duas privadas e uma pública.
- e) Essa técnica utiliza duas chaves, uma pública e uma privada.

3. Analise as afirmações abaixo:

I - *Scrambling* é um processo de embaralhar uma mensagem utilizada em vários processos criptográficos.

II - Criptografia significa escrita oculta, cujo objetivo é deixar uma mensagem ininteligível.

III - A criptografia quando aplicada a sinais de voz é chamada de criptosound e quando aplicada a vídeo é chamada de criptovídeo.

IV - Em telecomunicações, a criptografia é feita por um criptossistema e a forma mais utilizada para esta técnica é a inserção de bits de informação em circuitos de memória, a fim de embaralhar a sequência de geração utilizando uma chave previamente definida ou aplicada por um gerador pseudoaleatório.

Assinale a alternativa correta, dentre as alternativas abaixo.

- a) As afirmações I e III estão corretas.
- b) As afirmações II e IV estão corretas.
- c) As afirmações III e IV estão corretas.
- d) As afirmações I, II e IV estão corretas.
- e) As afirmações I, II, III e IV estão corretas.

Referências

- AZEVEDO, Paulo. **Manual de modulações analógicas e digitais**. CINEL: Lisboa, 2007, 102 p. Disponível em: <<http://opac.iefp.pt:8080/images/winlibimg.aspx?skey=&doc=73175&img=1181>>. Acesso em 12 abr. 2018.
- BARROS, Flávio Alencar do Rego. **Múltiplos acessos ao meio**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2017.
- BERGAMO, Rubem Toledo. **Comunicações Sem Fio I**. Sistemas em Telecomunicações - CEFET: Santa Catarina, 2009.
- BRAGA, Newton C. **Como funcionam os Conversores A/D - parte 1 (ART224)**. Instituto NBC, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/1508-conversores-ad>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- _____. **Como funcionam os Conversores A/D - parte 2 (ART224b)**. Instituto NBC, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/1509-conversores-ad-2.html>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- CAMPOS, Antonio Luiz Pereira de Siqueira. **Laboratório de princípios de telecomunicações**. LTC: São Paulo, 2015.
- CREPALDI, P. C. **Conversores de Dados (Amostragem de Sinais e Conversores A/D)**. Universidade Federal de Itajubá - Instituto de Engenharia de Sistemas e Tecnologias da Informação e Engenharia da Computação, 2010. Disponível em: <<http://elt2014.com.br/materiais/1-2016/ELT039-29/Crepaldi/ELT039%20Conversores%20AD.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- CUNHA, Marisa Ortegoza da. **Simon Singh: O livro dos códigos**. Universidade de São Paulo – Faculdade de Educação, 2012. Disponível em: <<http://www.nilsonjosemachado.net/sema20120427.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2018.
- DUARTE, Otto Carlos Muniz Bandeira. **Esteganografia**. GTA/UFRJ – Grupo de Teleinformática e Automação, 2006. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/stegano/introducao.html>. Acesso em: 13 abr. 2018.
- ECK, Wim van. Electromagnetic radiation from video display units: an eavesdropping risk? **Computers & Security**, 1985. Disponível em: <<http://cryptome.org/jya/emr.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2018.
- FALEIROS, Antonio Cândido. **Criptografia**. São Carlos: editora SBMAC, 2010.
- GANASSOLI, Ana Paula; SCHANKOSKI, Fernanda Ricardo. **Criptografia e Matemática**. PROFMAT – Departamento de Matemática, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2016/matematica_dissertacoes/dissertacao_fernanda_ricardo_scankoski.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2018.
- GIL, F. O. et al. **SEA – Sistema Esteganográfico de Arquivos**. In: VIII Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. 2008,

Gramado: Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://sbseg2008.inf.ufrgs.br/proceedings/data/pdf/st03_04_wticg.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2018.

GOMES, Alcides Tadeu. **Telecomunicações, transmissão e recepção**. 21. ed. São Paulo: Érica, 2013.

HIGUTI, Ricardo Tokio; KITANO, Cláudio. **Sinais e Sistemas**. UNESP – Departamento de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2003. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/optoeletronica/sinais_e_sistemas.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MEDEIROS, Júlio César Oliveira. **Princípios de Telecomunicações** - Teoria e Prática, 5. ed. São Paulo: Érica, 2016.

MOECKE, Marcos. **Curso de Telefonia Digital** - Multiplexação por Divisão de Tempo e Transmissão Digital. Escola Técnica Federal de Santa Catarina São José: Santa Catarina, 1995.

OLIVEIRA, Roberto Batista Vereza de. **Planejamento de Redes UMTS e Aspectos de Interoperabilidade Com Redes GSM/GPRS/EDGE**. Rio de Janeiro, 2007, 138 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10871/10871_1.PDF>. Acesso em: 13 abr. 2018.

PUHLMANN, Henrique. **Processamento Digital de Sinais** - DSP - Parte 1. Embarcados, fev. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-processamento-digital-de-sinais-dsp-parte-1/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

_____. **Processamento Digital de Sinais** - DSP - Parte 2. Embarcados, mar. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/processamento-digital-de-sinais-dsp-parte-2/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

_____. **Trazendo o mundo real para dentro do processador** - Conversor A/D. Embarcados, set. 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/conversor-a-d/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

PELLENZ, Marcelo E. **Processamento Digital de Sinais (PDS)**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná – CCET (Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia), 2005. Disponível em: <<https://www.ppgia.pucpr.br/~marcelo/pds/apostila%20pds.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

REIS, Fábio dos. **O que é esteganografia**. Bóson Treinamentos em Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/seguranca/o-que-e-esteganografia/>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

SAADE, Débora Christina Muchaluat. **Técnicas de Compactação e Compressão**. Departamento de Engenharia de Telecomunicações – UFF, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.midiacom.uff.br/~debora/fsmm/pdf/parte3.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SINGH, Simon. **O livro dos códigos**. Rio de Janeiro: Record, 1999.

SVERZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS** - Evolução a caminho da quarta geração (4G). 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

