

Introdução a Comunicações

Diego de Azevedo Gomes

Universidade Federal do Sul e Sudeste Pará
Instituto de Geociência e Engenharia
Facculdade de Computação e Engenharia Elétrica

4 de outubro de 2021

Agenda

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Um **Sistema de Comunicação** é um conjunto de elementos que tem por finalidade transmitir informações de sua origem para um destino a alguma distância.

- O mundo foi modificado profundamente com o desenvolvimento dos sistemas de comunicação.
- Modificaram a economia, indústria, o modo de viver, etc.
- Alguns especialistas comparam a chegada do 5G a uma nova revolução industrial.

Introdução

- Neste curso trataremos de comunicações por pulsos elétricos.
- No passado foram usados pombos, batidas de tambores, sinais de fumaça, tochas, etc
- Estes sistemas eram adequados para as distâncias e necessidade de taxa de dados do passado.
- Comunicações elétricas são confiáveis, importantes economicamente, e que atendem as demandas do paradigma social corrente.
 - ▶ Teleconferências para reuniões de negócios;
 - ▶ E-commerce;
 - ▶ Mídia via internet.
 - ▶ Jogos online.

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Sistemas de Comunicação

Componentes de um Sistema de Comunicação

- Sistemas de comunicação permitem que dois elementos (o transmissor e o receptor) troquem mensagens.

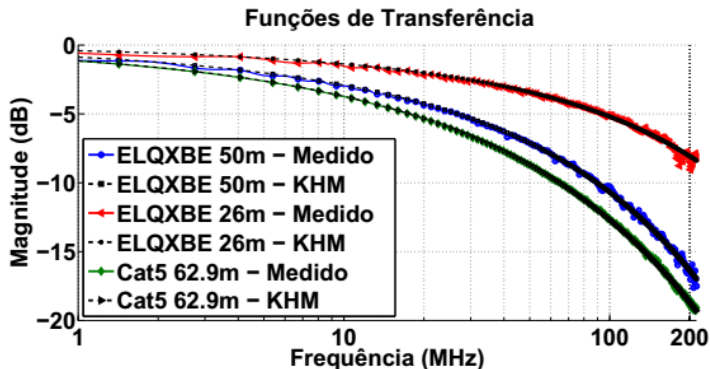


Componentes de um Sistema de Comunicação

- A **fonte** origina a mensagem. Voz humana, imagem de TV, etc
 - ▶ Estes dados são transformados em pulsos elétricos pelo **transdutor de entrada**.
- O **transmissor** modifica o sinal para que este consiga passar pelo canal com eficiência.
- O **canal** é o meio no qual o sinal trafega. Ar, cabo de cobre, fibra óptica, etc.
- O **receptor** compensa as modificações aplicadas pelo canal e pelo transmissor.
- Por fim, o **transdutor de saída** converte o pulso elétrico na forma de destino dos dados.

Efeitos dos Canal sobre o Sinal Transmitido

- O canal atua como um filtro, que atenua e distorce o sinal transmitido.
 - ▶ Em geral, quanto mais comprido o canal, maior a atenuação sobre o sinal transmitido.
 - ▶ As distorções ocorrem devido principalmente aos diferentes atrasos sofridos por cada componente de frequência.



Ruído e Interferência

- Além das distorções aplicadas pelo canal, o sinal também está sujeito a sinais **indesejados**.
- **Ruído**.
 - ▶ Ruídos internos ao sistema são atribuídos principalmente ao mal planejamento do sistema ou movimento **térmico** dos elétrons nos condutores.
 - ▶ Descargas atmosféricas e sinais de outros sistemas com potência máxima igual a do ruído térmico.
- **Inteferência**: sinais espúrios que originam-se de outros sistemas de comunicação.
 - ▶ Comunicações de rádio, comunicações cabeadas, Luzes fluorescentes, chaveamento de equipamentos, etc.
- Ruído tende a se acumular com a distância.
- Os danos causados por fontes externas podem ser minimizadas com o uso de **blindagem**.

Experimento

Experimento 1: Verificar como as modificações causadas pelo canal modificam o sinal transmitido. Arquivo `modificacoes_causadas_canal.m`

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Comunicações Digitais vs Comunicações Analógicas

Um sistema de comunicação digital é aquele que, durante um intervalo de tempo, transmite uma forma de onda de um **conjunto finito** de formas de onda possíveis.

Já os sistemas de comunicação analógicos são aqueles que tem **infinitas possibilidades** de formas de onda para transmitir.

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

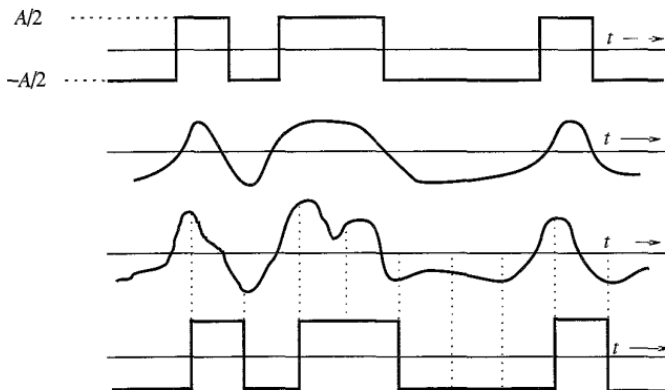
Imunidade a Ruído das Mensagens Digitais

Imunidade a Ruído dos Sistemas Digitais

- Mensagens digitais são transmitidas usando uma quantidade finita de formas de onda.
- Por exemplo, o código Morse pode ser transmitido usando um pulso de amplitude $A/2$ para o ponto e $-A/2$ para o espaço.
- Uma mensagem M-ária usaria M formas de onda, para representar cada um dos possíveis símbolos.
- Neste sistema, a tarefa do receptor é extrair a mensagem de um sinal distorcido e afetado por ruído.
- Em geral, a extração da mensagem é mais fácil em sinais digitais do que em analógicas.

Imunidade a Ruído dos Sistemas Digitais

- Como o receptor conhece a quantidade de símbolos possíveis, e a duração de cada símbolo, a única tarefa é distinguir os níveis.



- Por outro lado, nas mensagens analógicas, o que interessa é a forma de onda em si.
- Logo, fica difícil decodificar **exatamente** a mensagem que foi definida.

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais

Repetidores Regeneradores

- Uma das grandes vantagens das comunicações digitais sobre as analógicas, é a possibilidade de uso de Repetidores Regeneradores (RR).
- Os RRs são colocados ao longo do canal de comunicação, em distâncias curtas o suficiente para que as distorções e ruídos permaneçam dentro de um certo limite.
- Isto melhora a eficiência da decodificação no receptor.
- Em cada RR o sinal é decodificado, e um sinal limpo é novamente transmitido.
- Isto impede o acúmulo crítico de ruído ao longo da transmissão.
- Isto permite a transmissão a longas distâncias com impacto reduzido de ruído e distorções, e com uma boa RSR.

RRs são Inviáveis em Comunicações Analógicas

- Nas comunicações analógicas, os RRs são de pouca utilidade pela dificuldade na extração exata da mensagem transmitida.
- Neste caso, em transmissões de longas distâncias, os ruídos e distorções acumulam-se.
- Uma das poucas formas para melhorar a transmissão nestes sistemas é aumentar a potência de transmissão, a fim de alcançar uma boa RSR no receptor.

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Conversão Analógico-Digital

O Processo de Conversão AD

- O processo de conversão de um sinal analógico em um sinal digital é chamado de conversão AD.
- Este processo permite aplicar técnicas de transmissão digital a sinais que são por natureza analógicos.
- Na entrada deste processo há um sinal que é contínuo no tempo e na amplitude, e na saída do processo há um sinal discreto no tempo e em sua amplitude, **digital**.
- Neste processo de discretização da amplitude há o processo de **quantização**, em que o valor de cada amostra é **arredondada** para o nível mais próximo.

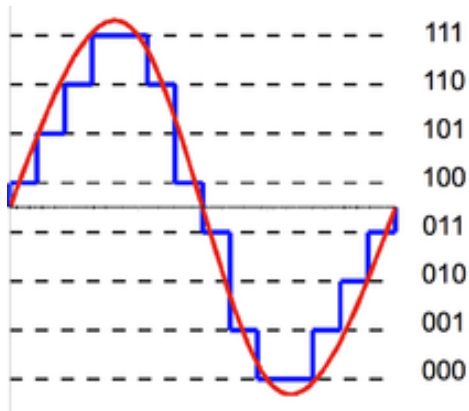
Introdução a Quantização

- Na quantização, os valores amostrados de um sinal analógico, são mapeados para um conjunto de patamares (níveis).
- A própria natureza do processo adiciona erros ao sinal quantizado, e de maneira geral

$$x_s(t) \neq x_q(t) \quad (1)$$

- Neste tópico veremos como quantificar este erro de quantização.

Sinal Quantizado



Parâmetros de um Quantizador

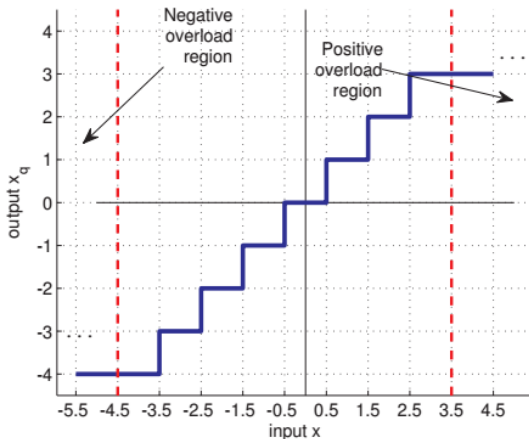
- No *quantizador uniforme* a distância, em *volts*, entre os níveis é constante, o qual chamamos **passo de quantização**, Δ_q ou q .
- A escala de valores de tensão que pode ser representada por um quantizador é chamada de **faixa dinâmica**.
- O quantizador ótimo, o qual minimiza o erro, deve levar em consideração as estatísticas do sinal.

Ruído de Quantização

- Quantização é o processo no qual a magnitude do sinal amostrado é mapeada para um conjunto finito de níveis.
- O número de níveis depende da quantidade b de bits, dada por 2^b .
- Um erro inerente a este processo é o que ocorre quando um valor de magnitude é arredondado ou truncado para um dos níveis permitidos.
- Este erro é chamado de *ruído de quantização*.
 - ▶ Modelamos a quantização como um sinal espúrio que é adicionado ao sinal de interesse.
- A quantidade de ruído neste processo é inversamente proporcional a quantidade de níveis na quantização.

Região Granular e de Saturação

- A *região granular* do quantizador é aquela para os quais os valores do sinal amostrado estão dentro da faixa dinâmica. Já a *região de saturação* é aquela em que os valores ultrapassam a faixa dinâmica.



Saturação do Quantizador

- Sistemas digitais mapeiam sinais amostrados para L níveis, os quais especificam o menor e o maior valor do sinal que será amostrado.
 - ▶ Por exemplo, o sistema está preparado para mapear sinais analógicos que variam de -5 V a 5 V .
- Todavia, o sinal de entrada pode exceder estes limites, situação na qual os valores excedentes são *saturados* para os níveis das extremidades.
- A diferença entre o sinal original e o saturado é conhecido como *saturação do quantizador*.
- Saturação pode ser combatido com o uso de um *controlador automático de ganho* (AGC).

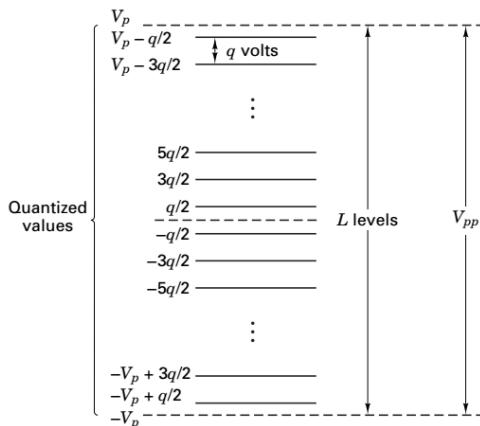
Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados

Quantizador Uniforme

- A figura abaixo, mostra um quantizador *uniforme* com L níveis para um sinal com tensão pico-a-pico $V_{pp} = V_p - (-V_p) = 2V_p$, e passo de quantização de q V.



Determinação do Passo de Quantização

- Quando usamos quantização uniforme os níveis de quantização podem ou não incluir os valores de pico.
- A abordagem escolhida modifica os valores dos níveis e do passo de quantização q .
- Quando **nenhum dos picos é incluído**, ou apenas um, o passo de quantização pode ser dado por

$$q = \frac{V_{max} - V_{min}}{L} \quad (2)$$

- Por outro lado, **quando incluímos ambos os picos**, temos

$$q = \frac{V_{max} - V_{min}}{L - 1} \quad (3)$$

Potência do Erro de Quantização

- Quando o passo de quantização é o mesmo para qualquer valor do sinal, dizemos que a quantização é *uniforme*.
- Neste caso, o maior erro que pode ocorrer no intervalo $-q/2$ ou $q/2$.
- Uma boa medida da intensidade do erro e , é o erro quadrático médio, ou variância.

$$\sigma^2 = \int_{-q/2}^{q/2} e^2 p(e) de = \int_{-q/2}^{q/2} e^2 \frac{1}{q} de = \frac{q^2}{12} \quad (4)$$

Relação Potência de Pico-Ruído (PSNR)

- A potência do valor de pico do sinal é dada por

$$V_p^2 = \left(\frac{V_{pp}}{2} \right)^2 = \left(\frac{Lq}{2} \right)^2 = \frac{L^2 q^2}{4} \quad (5)$$

- Assim, a PSNR para o ruído de quantização, pode ser dada por

$$\left(\frac{S}{N} \right)_q = \frac{V_p^2}{\sigma^2} = \frac{L^2 q^2 / 4}{q^2 / 12} = 3L^2 \quad (6)$$

- A equação acima mostra que a quantização terá melhor qualidade quanto mais níveis forem utilizados.
- Note que este valor foi definido assumindo-se que V_p esta dentro da escala do quantizador.

Experimento

Experimento 2: Verificar o efeito da quantização sobre a qualidade de um sinal de áudio e como suas características definem a PSNR. Código `quantizacao_sinal_audio.m`.

Exercício

Exercício 1: Quais são os níveis e a potência esperada do erro de quantização dos sistemas abaixo?

- Ⓐ $b = 2; V_p = 3,5V$.
- Ⓑ $b = 3; V_p = 3,5V$.
- Ⓒ $b = 3; V_p = 3,5V$.

Exercício 2: Qual é a PSNR de cada um dos sistemas acima?

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação

Introdução

- Os parâmetros fundamentais que controlam a qualidade da transmissão são a **largura de banda** B e a RSR.
- A largura de banda é o intervalo de frequência sobre os quais é possível transmitir com fidelidade.
- Por exemplo, no sistema de comunicação em que se pode transmitir com fidelidade na região de 0 Hz (DC) até 5000 kHz, dizemos que a largura de banda do canal é $B = 5\text{kHz}$.

Capacidade do Canal

- A **capacidade do canal** é dada por

$$C = B \log_2(1 + RSR), \text{ b/s} \quad (7)$$

- Ela indica a taxa de bits por segundo que pode ser transmitida em um canal com **probabilidade de erro próxima de zero**.
- Teoricamente, é impossível transmitir a uma taxa maior do que essa sem erros na recepção.
- Se não existisse o ruído, a $RSR \rightarrow \infty$ e $C \rightarrow \infty$.
- Isso indica que a ausência de ruído acarretaria na eliminação da incerteza na decodificação.

Relação Sinal-Ruído (RSR)

- A RSR é definida como a **razão entre a potência do sinal de interesse e a potência do ruído**.

$$RSR = P_s/P_n \quad (8)$$

- Quando maior esta métrica, mais informação pode ser transmitida, e melhor a qualidade do sinal recebido (em sistemas analógicos).
- Porém, com o aumento do comprimento do canal, maior a atenuação do sinal de interesse e mais ruídos se acumulam.
- A simples amplificação do sinal recebido não aumenta a RSR, pois ambos o sinal de interesse e o ruído são amplificados na mesma proporção.

Experimento 3: Verificar como a potência do ruído afeta a qualidade do sinal. Arquivo efeito_rsr_sinal_audio.m

O Efeito da Potência do Sinal sobre a Transmissão

- A potência do sinal tem diversas funções em um sistema de comunicação.
- Ele melhora a qualidade da transmissão.
- Ele reduz o impacto do canal+ruído sobre o sinal, **reduzindo a incerteza da decodificação no receptor.**
 - ▶ Uma grande RSR também permite transmissões a longas distâncias.
- Permite que a potência do sinal pode ser “trocada” por largura de banda para se alcançar taxas de transmissão desejadas.

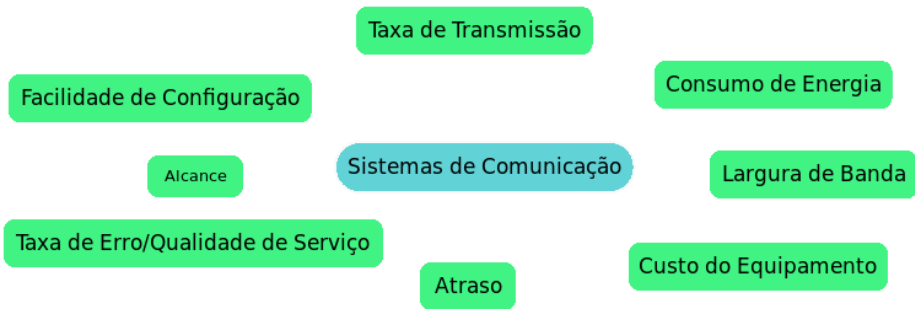
O Efeito da Largura de Banda sobre a Transmissão

- Para entender a função de B , considere que quanto mais pulsos por vez o sistema transmite, mais informação ele pode transmitir por segundo.
- Se reduzirmos pela metade a largura dos pulsos, dobramos a quantidade de informação que podemos transmitir.
- Todavia, pela relação largura no tempo largura na frequência, esta redução pela metade no comprimento do pulso acarreta em um consumo dobrado de banda no espectro.
- Logo, para alcançar grandes taxas de dados é necessário mais banda.

Probabilidade de Erro (PE)

- A **probabilidade de erro** avalia a fração de símbolos transmitidos que foram decodificados incorretamente.
- Esta métrica é adequada para avaliação de desempenho de sistemas digitais.
- Transmissões de arquivos compactados, por exemplo, tem pouca tolerância a erros.
- Já transmissões do tipo *streaming* conseguem “entregar” o serviço mesmo com erros.
- Quanto menor este valor, melhor é a transmissão.

Aspectos a Serem Avaliados em Sistemas de Comunicação



Próximo Tópico

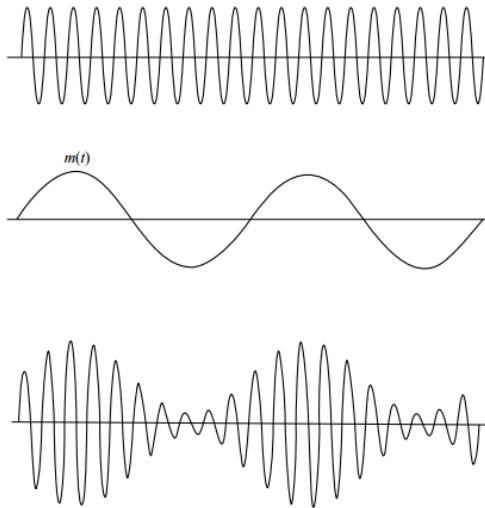
- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Modulação

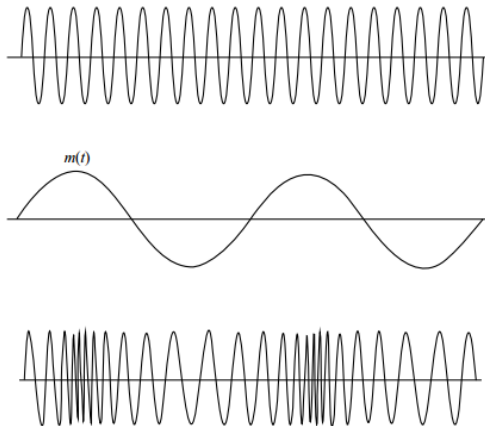
Tipos de Modulação

- Sinais de **banda base** produzidos por alguns fontes de informação nem sempre são adequados para serem transmitidos por um canal.
- Nesses casos, antes de ser enviado o sinal precisa ser **modulado** para que tenha características que favoreçam a sua propagação pelo canal.
- Neste processo, o sinal a banda base é usado para modificar alguns parâmetros de um sinal de alta frequência.
- Uma **portadora** é um sinal de alta frequência, em que uma das suas características (amplitude, frequência ou fase) é variada proporcionalmente ao sinal de banda base $m(t)$.
- Estes tipos de modulação podem ser chamados de modulação de amplitude (AM), modulação de frequência (FM) ou modulação de fase (PM).
- No receptor, a **demodulação** compensa os efeitos da modulação.

Modulação AM



Modulação FM



Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

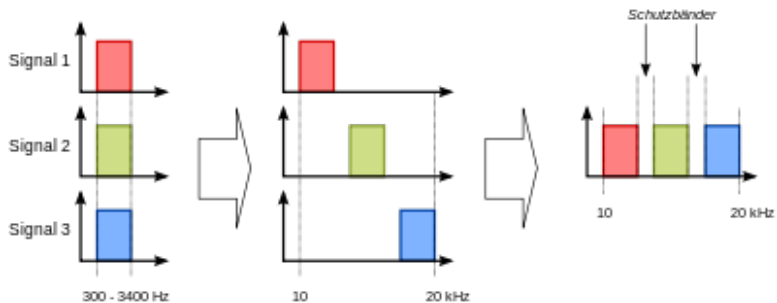
Transmissão Simultânea de Vários Sinais

Direções de Transmissão de Sinais

- Consideremos que em um sistema de comunicação possui uma **estação central** e **equipamentos de usuários**.
- Downlink: canal de comunicação na direção da estação central para o equipamento do usuário.
- Uplink: canal de comunicação na direção do equipamento do usuário para a estação central.
- Broadcast: transmissão de um sinal por um dos elementos da rede que será recebido por todos os outros.

- Considere a situação em que várias estações de rádio estão transmitindo sinais normalmente.
- Elas tenderão a interferir umas com as outras se estiverem utilizando regiões próximas do espectro para transmissão.
- Poderíamos utilizar modulação com portadoras diferentes para cada estação de rádio.
- Se a frequência das portadoras forem escolhidas suficientemente distantes, não haverá sobreposição entre os espectros.
- Este método é conhecido como **Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM)**.

FDM

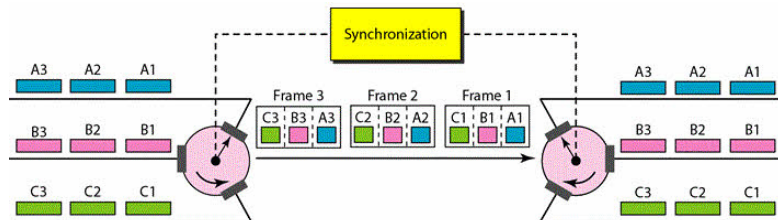


- Uma outra maneira de lidar com esta situação seria através da utilização de **Multiplexação por Divisão de Tempo**.
- Neste método cada estação transmitiria por um curto período, depois outra estação transmitiria, e assim por diante.
- Neste caso, o sinal que seria observado no receptor seria uma sequência de sinais pertencentes a várias estações.

Análise de Espectro com o Software Wifi Analyzer

- Este software permite avaliar o espectro na banda do Wifi.
- Nele é possível verificarmos uma aplicação de FDM, em que os vários canais disponíveis são separados na frequência.

TDM



FDD e TDD

- Além de separarmos o sinal de vários usuários em um mesmo sistema, ainda precisamos fazer com que os sinais de um mesmo usuário não se misturem;
- Quando a central ou estação envia sinais para um usuário, isso configura o *downlink* ou *downstream*.
- Quando o usuário envia sinais para a central ou estação, isso configura o *uplink* ou *upstream*.
- A duplexação tenta separar os sinais nestas duas direções.
- Quando esta divisão ocorre no domínio do tempo, chamamos *duplexação por divisão de tempo* (TDD).
- Quando ocorre no domínio da frequência, chamamos *duplexação por divisão de frequência* (FDD).

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação**
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Aleatoriedade, Redundância e Codificação

Aleatoriedade

- Um dos fatores importantes de transmissão é o ruído, que é um sinal aleatório (estocástico).
- Todavia, aleatoriedade é um termo chave na transmissão de informação.
- Aleatoriedade está relacionada com incerteza, imprevisibilidade.
- Se um sinal que será transmitido não possui imprevisibilidade, ele não carrega informação.
- Um dos engenheiros que foi proeminente na determinação da importância da aleatoriedade para as comunicações foi Claude Shannon.

Redundância

- Redundância em comunicações indica enviar mais dados do que o necessário para transmitir uma informação.
- É essencial para uma comunicação confiável.
- É uma das estratégias utilizadas para combater ruído.
- A redundância ajuda a recuperar uma informação que chegou danificada por ruído no receptor.
- É uma das estratégias mais utilizadas no que chamamos *codificação de canal*.

Conjunto de técnicas de processamento aplicada a sinais de forma a tornar a transmissão mais **eficiente**.

- Codificação de fonte.
- Codificação de criptografia.
- Codificação de canal.
- Codificação de modulação.

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Protocolos de Sistemas de Comunicação

- Em sistemas de comunicação, **protocolos** são um conjunto de regras que permitem duas ou mais entidades comunicarem-se entre si.
- Este conjunto de regras depende da tecnologia empregada: DSL, Ethernet, WiFi, LTE, etc.
- Estas regras podem ser organizadas em dois grupos:
- **treinamento:**
 - ▶ Fase em que há a sincronização dos equipamentos, avaliação do ambiente e definição de variáveis da transmissão.
- **showtime:**
 - ▶ Fase da transmissão de *dados úteis*.

Próximo Tópico

- 1 Introdução
- 2 Sistemas de Comunicação
 - Mensagens Analógicas e Digitais
 - Imunidade a Ruído dos Sinais Digitais
 - Viabilidade de Repetidores Regeneradores em Comunicações Digitais
- 3 Conversão Analógico-Digital
 - Relação Sinal-Ruído para Pulsos Quantizados
- 4 RSR, Largura de Banda e Taxa de Comunicação
- 5 Modulação
 - Transmissão Simultânea de Vários Sinais
- 6 Aleatoriedade, Redundância e Codificação
- 7 Protocolos de Sistemas de Comunicação
- 8 Decibéis

Decibéis

Introdução

- O **decibel** é uma unidade logarítmica que avalia a proporção da potência entre dois sinais.
- É definido por

$$dB = 10\log_{10} \left(\frac{P_x}{P_0} \right) \quad (9)$$

- Vantagens:
 - ▶ Cascatas de amplificação podem ser somadas em vez de multiplicadas.
 - ▶ Auxilia a visualização de escalas com variação de valores muito grandes.
- Podemos relacionar as tensões por

$$dB = 20\log_{10} \left(\frac{V_x}{V_0} \right) \quad (10)$$

Representação de potência em Comunicações

- Muitos sistemas de comunicação operam a potências muito baixas, que são melhor visualizadas em dB.
- Um relação comumente utilizada é a proporção da potência de interesse em relação a 1 W.

$$P_{dB} = 10\log_{10} \left(\frac{P_x}{1} \right) \quad (11)$$

- Ou em relação a 1 mW (dBm).

$$P_{dBm} = 10\log_{10} \left(\frac{P_x}{10^{-3}} \right) \quad (12)$$

Experimento

Experimento 4: No seu computador com SO Linux, digite no seu aplicativo de console o comando:

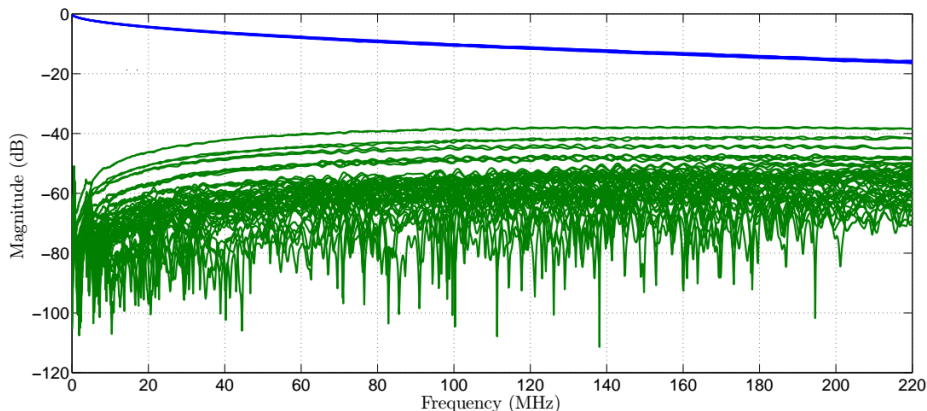
`iwconfig`

Anote o parâmetro “Signal Level” que é dado em dBm, e calcule o seu valor em Watts.

Experimento 5: Verificar o o valor da potência recebida de um receptor wifi em dBm. Código `process_Rec_WLAN_Power.m`.

Exercícios

Exercício 3: Considere que na frequência de 220 MHz, o valor em dB da curva azul seja -18 dB, e que o valor da curva verde mais intensa seja -38 dB. Entre estes dois valores, podemos dizer que a potência do valor azul é 20 W mais intenso que o verde? Justifique.



Exercício 4: Em determinado estágio de um sistema de comunicação, um sinal $x(t)$ com potência P_x W é amplificado, de maneira que a potência na saída deste amplificador é $P_y = 2P_x$ W. Represente a potência na saída do amplificador em dB ($P_{y,dB}$), como função da potência de $x(t)$ em dB ($P_{x,dB}$).



B. P. Lathi Zhi Ding, 'MODERN DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS', Oxford University Press, 2010.