

Comunicação de Dados

Tecnologia em Redes de Computadores
Prof. Macêdo Firmino

Aula 03

Introdução à Análise de Sinais e Transmissão de Sinais Analógicos
Periódicos



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

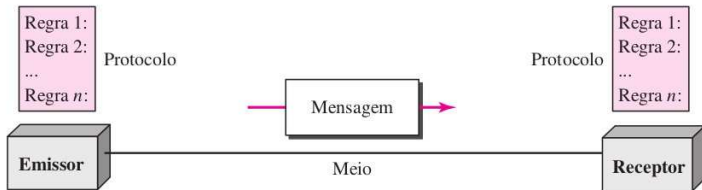
“O amor não prende, liberta! Ame porque isso faz bem à você, não por esperar algo em troca. Criar expectativas demais pode gerar decepções. Quem ama de verdade, sem apego, sem cobranças, conquista o carinho verdadeiro das pessoas. ”
(Chico Xavier)

O que Aprenderemos?

- Introduzir conceitos básicos de análise de sinais, mostrando a importância da transformação e manipulação de sinais na área de telecomunicações.
- Apresentar as técnicas e fundamentos necessários para compreender como sinais são gerados, analisados e processados.

Análise de Sinais

Na aula passada, aprendemos como as informações (texto, número, imagem e vídeo) são convertidas em binário. A próxima etapa para transmissão é converter os bits em sinais. Esta conversão ocorre na camada física (placa de rede). Mas o que é um sinal?



Introdução

Um sinal é uma variação de uma grandeza física, como corrente elétrica, ondas eletromagnéticas ou pulsos de luz, gerada para representar informações. Em sistemas de telecomunicações, o sinal é normalmente descrito matematicamente por uma função. Antes da inserção do sinal no sistema, ele possui uma forma funcional específica. Após a sua inserção, o sinal sofrer transformações devido a processos de modulação (por exemplo, na amplitude e frequência em sinais analógicos), resultando em uma nova função que representa o sinal modificado.



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

Introdução

Em telecomunicações, são exemplos de sinais:

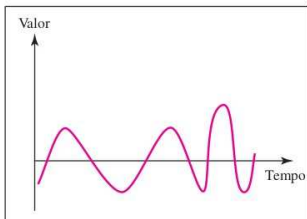
- Áudio em FM: é usado onda eletromagnética para carregar a informação do som, permitindo que ela seja recebida e decodificada em um rádio receptor.
- Telefone Analógico: a voz é convertida em um sinal elétrico analógico e transmitido na rede de telefonia.
- Ethernet (Cabos e Fibra Óptica): usa sinais digitais para transmitir dados em redes locais (LANs). Sinais elétricos (em cabos) ou pulsos de luz (em fibras ópticas) são usados para representar 0s e 1s.



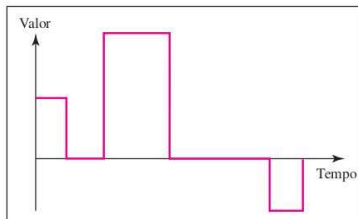
Classificação

Os sinais podem ser do tipo:

- Analógicos: variam de maneira contínua ao longo do tempo e podem assumir qualquer valor dentro de um intervalo. Exemplos incluem sinais de áudio e vídeo analógicos.
- Digitais: variam de forma discreta, assumindo apenas valores específicos, um número limitado de valores. São usados em sistemas digitais, como computadores e redes digitais.



a. Sinal analógico

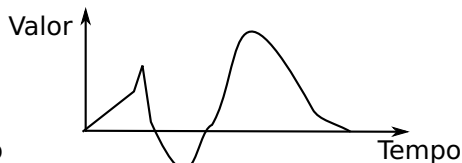
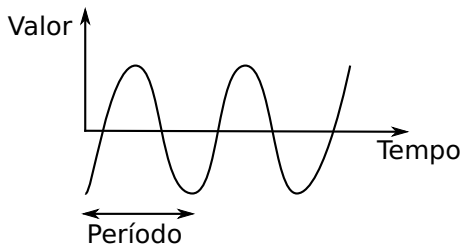


b. Sinal digital

Classificação

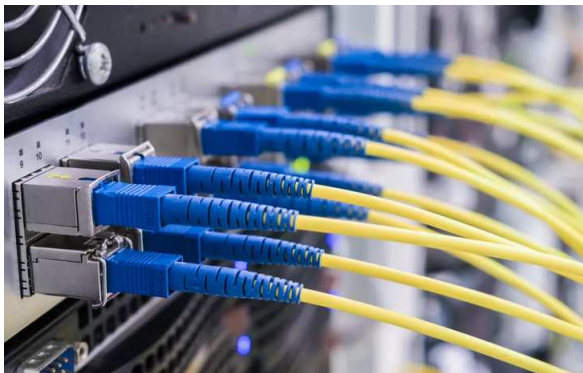
Tanto os sinais analógicos como os digitais podem ser:

- Periódicos: sinais que se repetem em intervalos regulares. Exemplo: ondas senoidais, sinais de rádio de frequência constante.
- Não Periódicos: sinais que não se repetem em intervalos regulares, evolui no tempo sem exibir um padrão. Exemplo: um pulso de luz, a fala humana.



Classificação

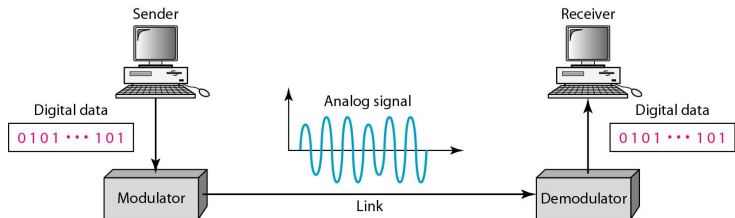
Em comunicação de dados, utilizamos geralmente sinais analógicos periódicos (Transmissão Banda-Larga) e sinais digitais não periódicos (Transmissão Banda-Base).



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

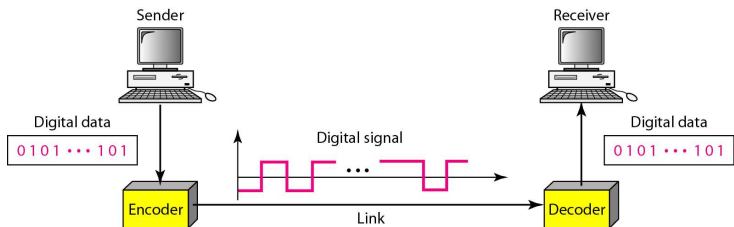
Transmissão Analógica (Banda-Larga)

Num sistema de comunicação analógico, o transmissor consiste num modulador, e o receptor num demodulador. Modulação é o processo de converter os dados binários para um sinal analógico compatível com as características do canal (meio físico).



Transmissão Digital (Banda-Base)

Na transmissão digital, o transmissor realiza a codificação convertendo o dado binários para uma transmissão digital. Normalmente, a codificação envolve pulsos elétricos ou luminosos.



Domínio do Tempo e da Frequência

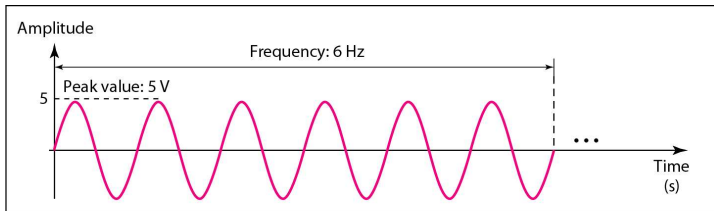
Os sinais podem ser representados no:

- Domínio do tempo: mostra a variação do sinal em função do tempo. Usado para sinais digitais e analógicos. Por exemplo, O sinal de áudio captado por um microfone pode ser visualizado como uma onda contínua ao longo do tempo, com picos e vales representando as mudanças de pressão sonora;
- Domínio da frequência: mostra quais frequências compõem o sinal e qual a intensidade (ou amplitude) de cada frequência presente. A análise no domínio da frequência revela o espectro de frequência do sinal, que é a distribuição das diferentes frequências componentes. Utilizado em sinais analógicos.

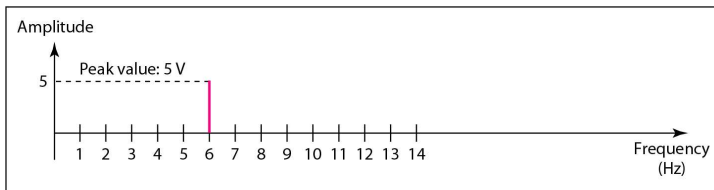


$$s(t) = 5 \times \text{sen}(2 \pi 6 t)$$

onde: 5 é a amplitude máxima, 6 é a frequência do sinal.



a. A sine wave in the time domain (peak value: 5 V, frequency: 6 Hz)

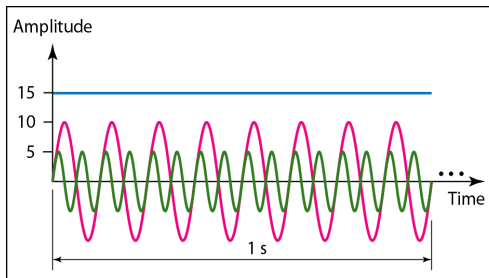


b. The same sine wave in the frequency domain (peak value: 5 V, frequency: 6 Hz)

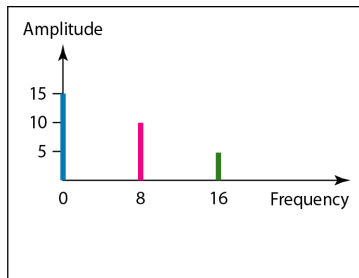


Domínio do Tempo e da Frequência

O domínio da frequência é mais útil quando lidamos com mais de um sinal analógico. Ele nos ajuda a identificar quais frequências são predominantes permitindo aplicar filtros para remover ruídos indesejados (interferência) ou realçar frequências de interesse.



a. Time-domain representation of three sine waves with frequencies 0, 8, and 16



b. Frequency-domain representation of the same three signals

Análise de Fourier

Existem algumas funções (chamadas de transformadas) que podem ser utilizadas para converter um sinal no domínio do tempo para o da frequência. A análise de Fourier é uma ferramenta que permite esta conversão, da seguinte forma:

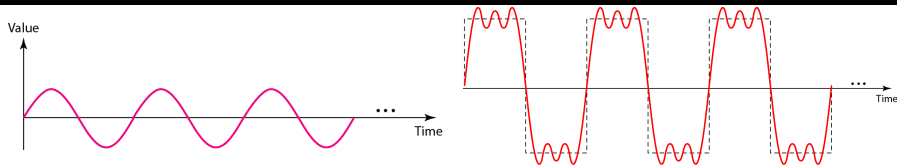
- Série de Fourier: para sinais periódicos no tempo.
- Transformada de Fourier: para sinais não periódicos no tempo.

A análise de Fourier é usada, por exemplo, em filtragem de sinais, segmentação de imagens, compressão de dados, reconhecimento de padrões, processamento de música e processamento de sinais biológicos. Não iremos abordar a matemática de Fourier nesta disciplina.



Sinais Analógicos Periódicos

Sinais Analógicos Periódicos são sinais que se repetem em intervalos regulares de tempo e podem ser descritos por funções matemáticas periódicas. Esses sinais possuem um padrão previsível de variação ao longo do tempo e são contínuos, ou seja, podem assumir infinitos valores em um intervalo contínuo.



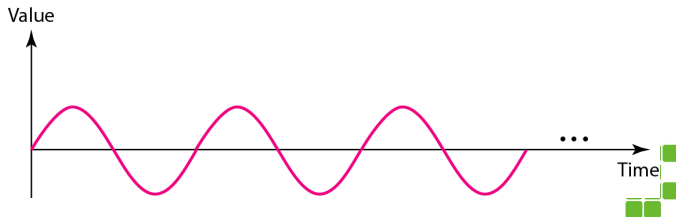
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

Sinais Analógicos Periódicos – Simples

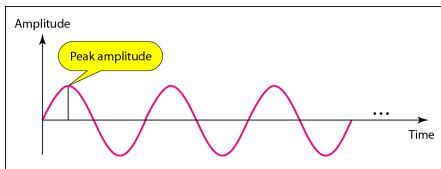
A onda senoidal é a forma mais fundamental de um sinal analógico periódico. Ela possui curvas oscilante, suave e contínuo. Esta onda possui cinco parâmetros: amplitude máxima, período, frequência, fase e comprimento de onda.

$$s(t) = A \times \text{sen}(2\pi ft + \Theta)$$

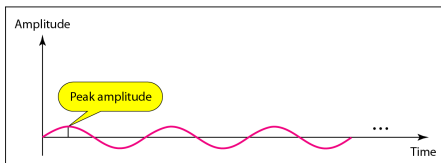
onde: A é a amplitude máxima, f é a frequência e Θ é a fase.



Amplitude máxima: é o valor absoluto da máxima intensidade, proporcional à energia que ele transporta. Para sinais elétricos, a amplitude máxima é normalmente medida em volts.



a. A signal with high peak amplitude

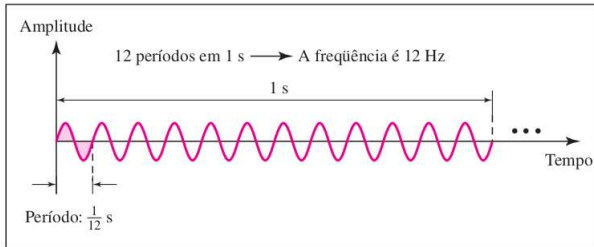


b. A signal with low peak amplitude

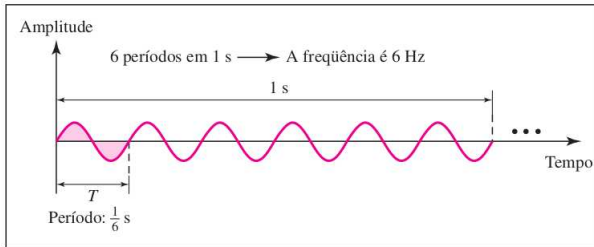
Período: é o intervalo de tempo, em segundos, que uma onda leva para completar um ciclo.

Frequência: corresponde ao número de períodos em 1 s. A frequência é expressa em hertz (Hz).

$$f = \frac{1}{T}$$



a. Um sinal com frequência de 12 Hz



b. Um sinal com frequência de 6 Hz

Unidades

Unidades de período e frequência são mostrados abaixo:

Unidade	Equivalência	Unidade	Equivalência
Segundos (s)	1s	Hertz (Hz)	1 Hz
Milissegundos (ms)	$10^{-3}s$	Quilohertz(KHz)	10^3 Hz
Microsssegundos (μs)	$10^{-6}s$	Megahertz (MHz)	10^6 Hz
Nanossegundo (ns)	$10^{-9}s$	Gigahertz (GHz)	10^9 Hz
Picossegundo (ps)	$10^{-12}s$	Terahertz (THz)	10^{12} Hz



Exercício

01. A energia elétrica que usamos pode ser considerada como uma onda senoidal simples que possui a frequência de 60Hz. Dessa forma, o período dessa onda senoidal é?

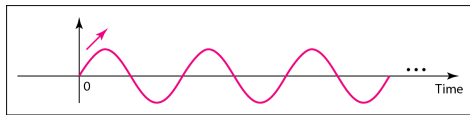
Exercício

01. A energia elétrica que usamos pode ser considerada como uma onda senoidal simples que possui a frequência de 60Hz. Dessa forma, o período dessa onda senoidal é?

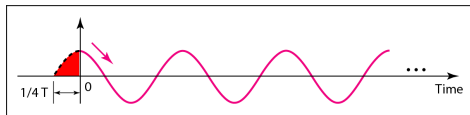
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 0,0166s = 16,6ms$$

Nossa visão não é suficientemente sensível para distinguir essas rápidas mudanças de amplitude.

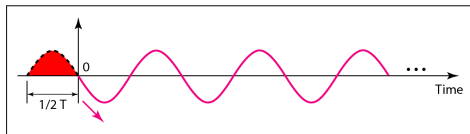
Fase: descreve a posição de uma forma de onda relativa ao tempo zero. A onda pode se deslocar para a frente e para trás ao longo do eixo de tempo, a fase quantifica esse deslocamento. A fase é medida em graus ($^{\circ}$) ou radianos (rad).



a. 0 degrees



b. 90 degrees



c. 180 degrees



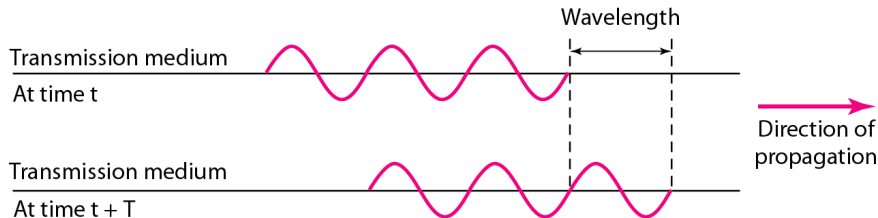
Comprimento de onda: é uma grandeza matemática que associa o período, ou frequência, à velocidade de propagação do meio. Em outras palavras, representa a distância que um sinal simples pode percorrer em um período. Em comunicação de dados usamos o comprimento de onda para descrever a transmissão de luz em uma fibra óptica. Ele pode ser calculado por:

Comprimento de onda (λ) = velocidade de propagação (c) x período (T)

Comprimento de onda (λ) = $\frac{\text{velocidade de propagação}(c)}{\text{frequência}(f)}$



Comprimento de Onda



Comprimento de onda (λ) = velocidade de propagação (c) x período (T)

$$\text{Comprimento de onda } (\lambda) = \frac{\text{velocidade de propagação}(c)}{\text{frequência}(f)}$$

Exercício

02. A luz se propaga, no vácuo, com velocidade de 3×10^8 m/s. Considere a luz vermelha, frequência de 4×10^{14} Hz, determine o seu comprimento de onda considerando a mesma se propagando no vácuo.



Exercício

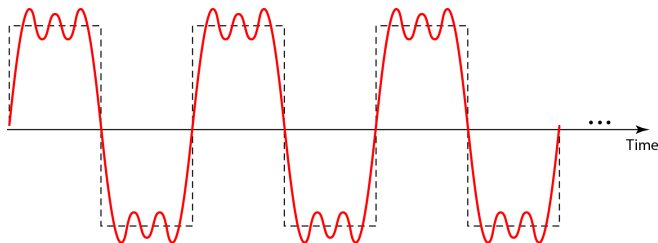
02. A luz se propaga, no vácuo, com velocidade de 3×10^8 m/s. Considere a luz vermelha, frequência de 4×10^{14} Hz, determine o seu comprimento de onda considerando a mesma se propagando no vácuo.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{14}} = 0,75 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,75 \mu\text{m}$$

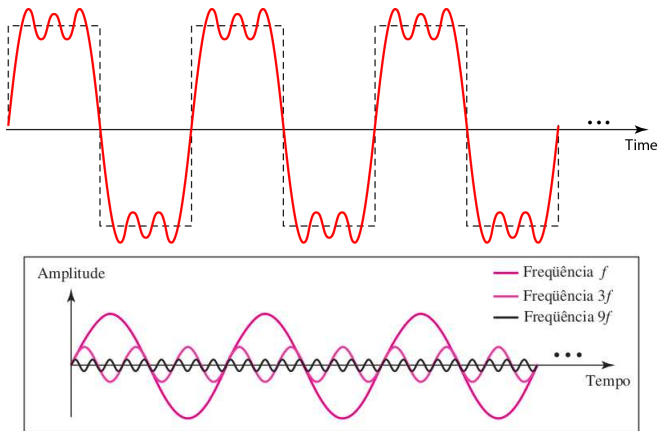


Sinais Compostos

Mas a informação irá num sinal simples? uma única onda senoidal simples não é muito útil em comunicação de dados, precisamos enviar um sinal composto. Um sinal composto é formado por várias ondas senoidais simples com diferentes frequência, amplitudes e fases. Onde cada sinal simples deverá representar uma informação.



Sinais Compostos



Os sinais compostos apresentam uma nova característica que é chamada de largura de banda.

Largura de banda: representa o intervalo de frequência contido em um sinal composto, ou seja, é a diferença entre a maior e a menor frequência contida nesse sinal. Por exemplo, Se um sinal periódico é formado por cinco ondas senoidais com frequências iguais a 100, 300, 500, 700 e 900 Hz, logo sua largura de banda é $900 - 100 = 800$ Hz.

Exercício

03. Se um sinal periódico for decomposto em cinco ondas senoidais com frequências iguais a 100, 300, 500, 700 e 900 Hz, qual será sua largura de banda?

Exercício

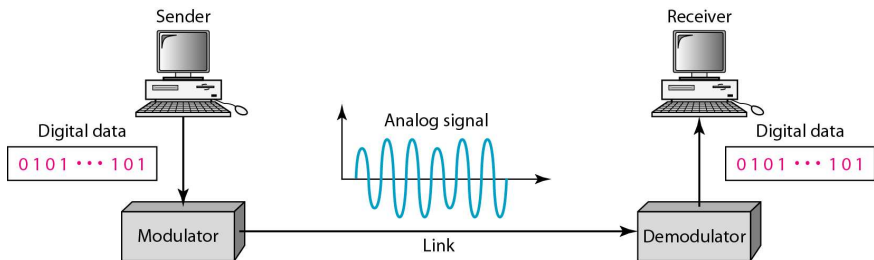
03. Se um sinal periódico for decomposto em cinco ondas senoidais com frequências iguais a 100, 300, 500, 700 e 900 Hz, qual será sua largura de banda?

$$B = f_h - f_l = 900 - 100 = 800\text{Hz}.$$



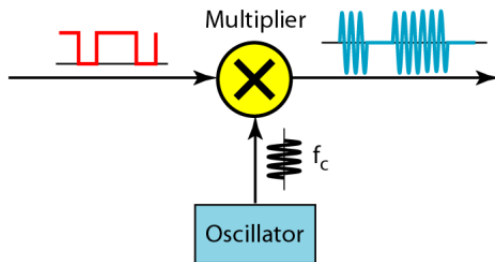
Conversão Digital-Analógica (Modulação)

Alguns canais de comunicação (por exemplo, sem fio) enviam de forma mais eficiente sinais analógicos, dessa forma precisamos converter os dados digitais em sinal analógico para transmissão. O equipamento que realiza estas conversões é chamado de modem.



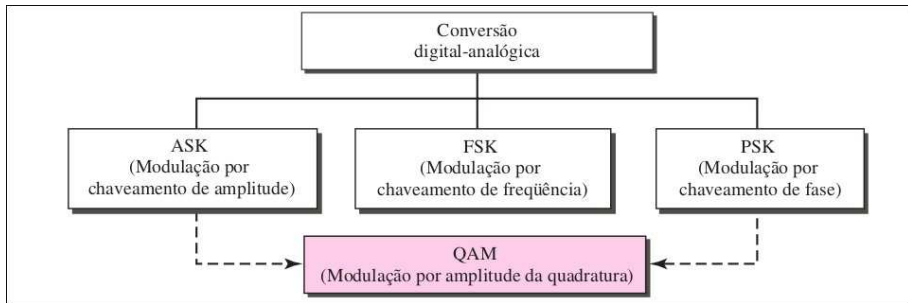
Sinal Portador

Na conversão digital-analógica, o dispositivo transmissor produz um sinal de alta frequência (chamado de portadora). A informação digital modulada (modifica) uma ou mais características (amplitude, frequência ou fase) do sinal portador.



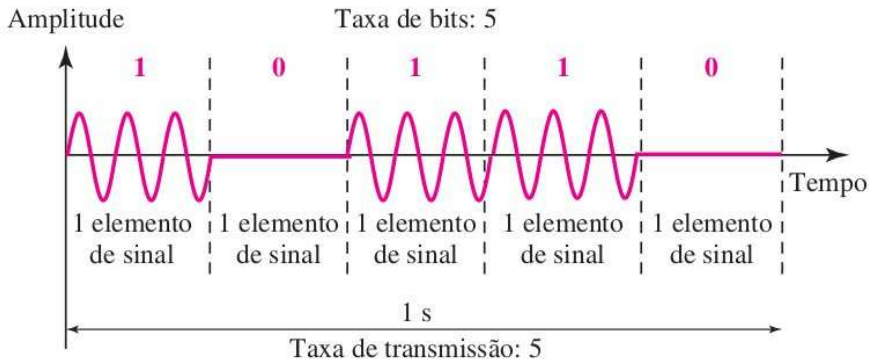
Tipos de Modulação

Os principais tipos de modulação são:



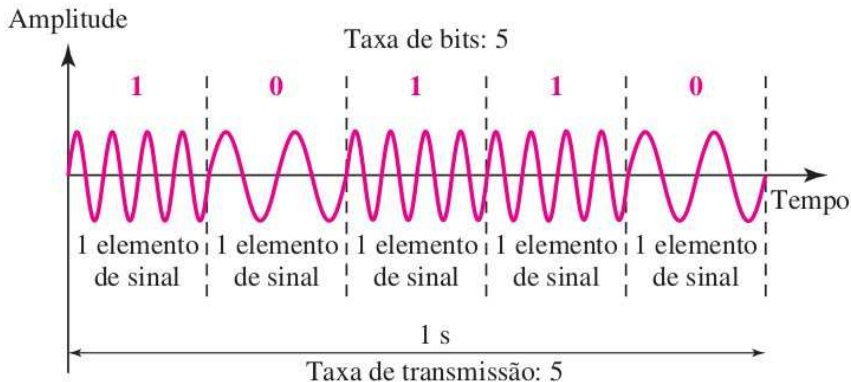
Modulação ASK

Na técnica ASK, a amplitude do sinal da portadora varia de modo a representar a informação binária (0 e 1).



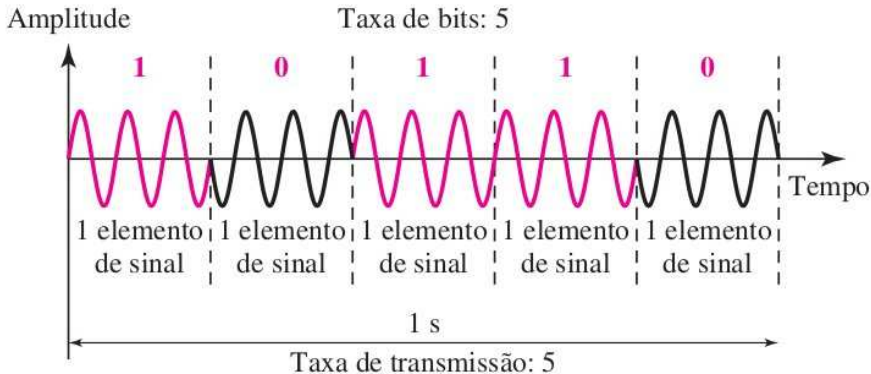
Modulação FSK

Na técnica FSK, a frequência do sinal portadora varia de modo a representar os níveis binários (0 e 1). Por exemplo, utilizando f_1 para representar o bit 0 e f_2 para o bit 1.



Modulação PSK

Na técnica PSK, a fase da portadora é variada de modo a representar os níveis binários (0 e 1). Por exemplo, a fase 0° para o bit 1 e a fase 180° para o bit 0.



Modulação PSK

Como o ruído afeta mais a amplitude do que a fase, a modulação PSK é mais utilizada do que a ASK. Além disso, como a PSK é superior ap FSK porque não precisamos de vários sinais de portadora. Dessa forma, o PSK é mais utilizado do que o ASK e FSK.



Modulação QAM

A técnica QAM é uma combinação das técnicas ASK e PSK elaborada de maneira a aumentar o número de *bits* transmitido para uma dada taxa de modulação. Essa técnica é a mais empregada na modulação digital-analógica.

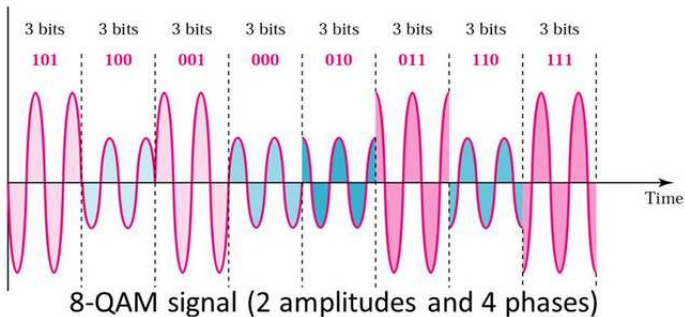


Diagrama de Constelação

Para representar melhor o QAM é utilizado um gráfico chamado de diagrama de constelação. No diagrama de constelação, o elemento de sinal é representado (através da sua amplitude e fase) como um ponto.

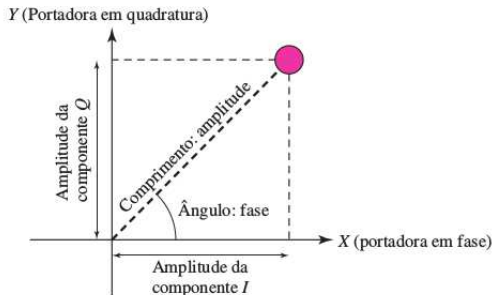
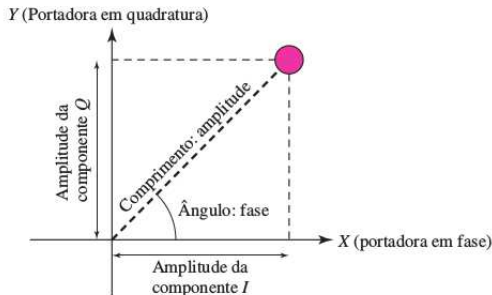


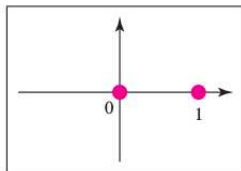
Diagrama de Constelação

O eixo horizontal X está relacionado com a portadora em fase (ângulo de 0°), o eixo vertical Y está relacionado com a portadora em quadratura (ângulo de 90°). O comprimento da reta que conecta o ponto à origem é a amplitude máxima do elemento de sinal. O ângulo que a linha faz com o eixo X representa a fase do elemento de sinal.

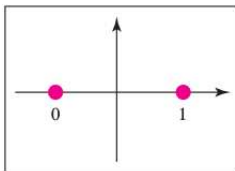


INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

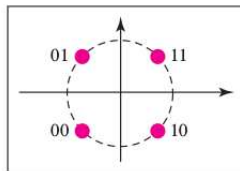
Diagrama de Constelação



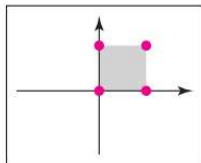
a. ASK (OOK)



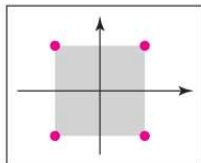
b. BPSK



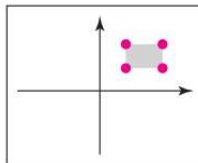
c. QPSK



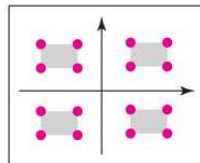
a. 4-QAM



b. 4-QAM



c. 4-QAM



d. 16-QAM

Implementações e Modulações

Implementação	Modulação
802.11a	PSK, 16-QAM ou 64-QAM
802.11b	PSK
802.11g	PSK, 16-QAM ou 64-QAM
802.11n	PSK, 16-QAM ou 64-QAM
802.11ac	PSK, 16-QAM, 64-QAM ou 256-QAM
802.11ax	PSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM ou 1024-QAM
GPS	PSK
3G	8PSK
4G	64-QAM

Obs.: As tecnologias Bluetooth e GSM utilizam as modulações GFSK e GMSK que são alteração na modulação FSK.



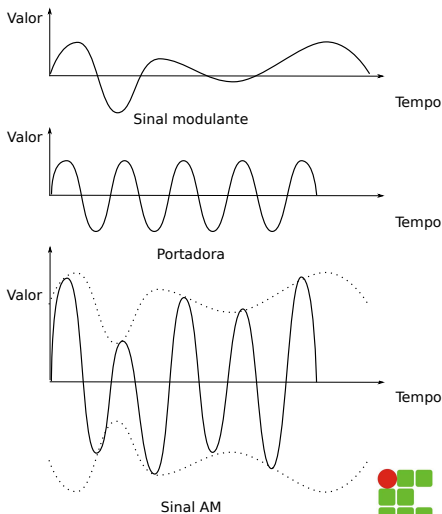
Transmissão Analógica-Analógica

A modulação analógica, é a representação da informação analógica por um sinal também analógico. As vezes esse conversão se faz necessária quando só podemos transmitir em uma determinada frequência que é diferente da frequência original do sinal. As principais modulações analógicas são:

- Modulação em Amplitude (AM);
- Modulação em Frequência (FM).

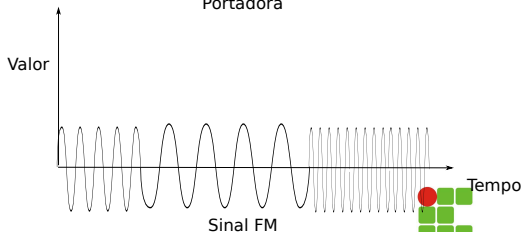
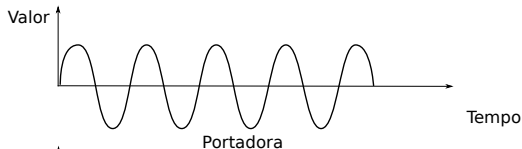
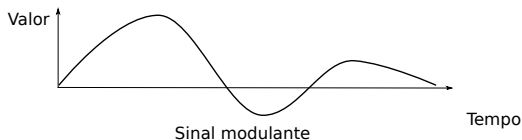
Transmissão AM

Na transmissão AM, o sinal portadora é modulado de forma que a sua amplitude varie com a variação de amplitude do sinal modulador, a frequência e fase permanecem inalterados.



Transmissão FM

Na transmissão FM, a frequência do sinal da portadora é modulado para acompanhar as mudanças no nível de tensão (amplitude) do sinal modulador, a amplitude máxima e fase da portadora permanecem inalterados.



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE