

Comunicação de Dados

Transmissão Analógica e Digital

Prof. Luiz Fernando Carvalho

luizfcarvalho@utfpr.edu.br

Material elaborado pelo Prof. Fernando Barreto

Agenda

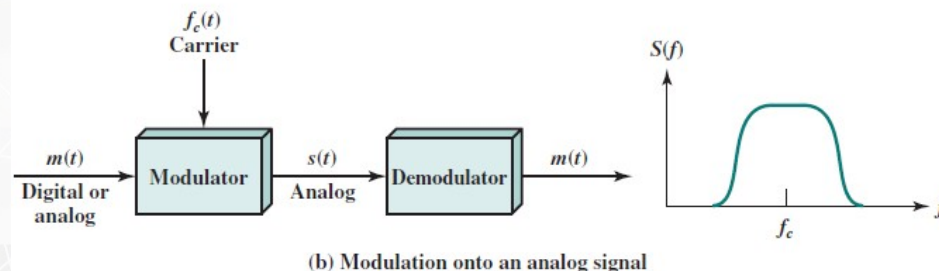
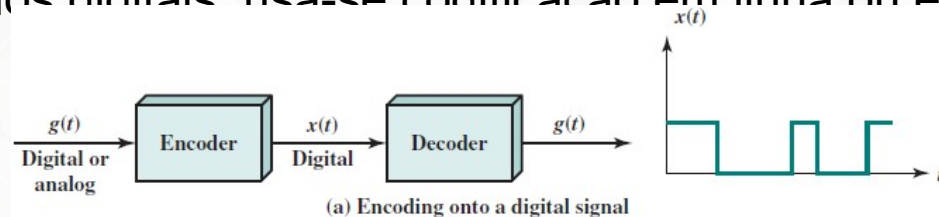
- Modulação
- Transmissão analógica
- Transmissão digital

Transmissão analógica e digital

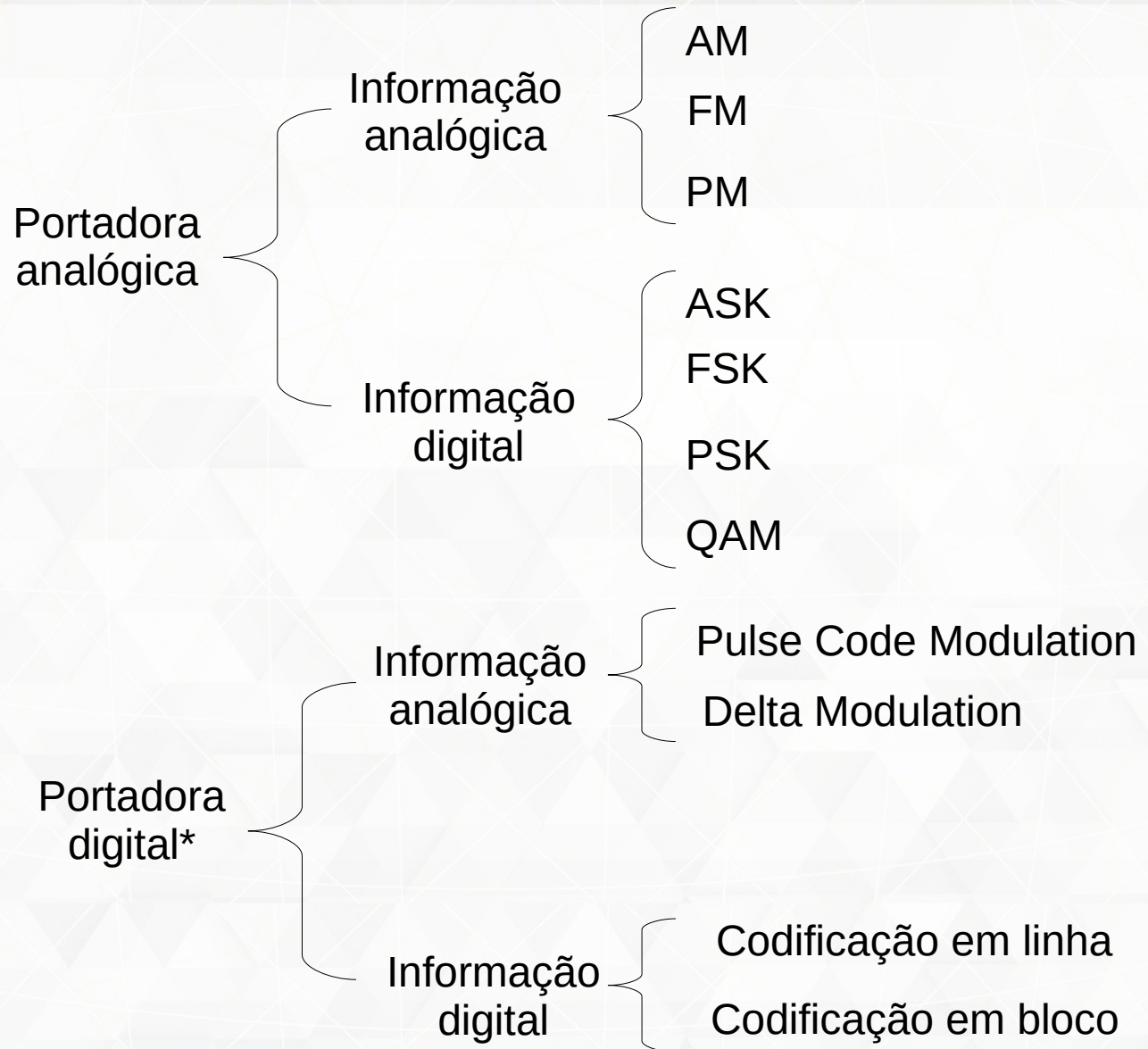
	Sinal analógico	Sinal digital
Dado analógico	Duas alternativas: (1) Sinal ocupa o mesmo espectro do dado analógico; (2) O dado analógico é codificado para ocupar uma porção diferente do espectro	O dado analógico é codificado por meio de um <i>codec</i> para produzir um fluxo digital de bits
Dado digital	Os dados são codificados usando um modem para produzir um sinal analógico	Duas alternativas: (1) O sinal consiste em dois níveis para representar os dois valores binários; (2) Os dados são codificados para produzirem um sinal digital com as propriedades desejadas

Transmissão analógica e digital

- Transmissão Analógica – modulação de portadora (modems)
 - Se dados analógicos, as modulação comuns são AM, FM
 - Se dados digitais, as modulação comuns são ASK, FSK, PSK
 - Usado em redes sem fio
 - OBS: A frequência fundamental (1^a harmônica) tem maior amplitude e por isso seu λ é utilizado para dimensionar antenas. Ex: dipolo de $\lambda/2$
- Transmissão Digital - adotar sinalização binária ao meio
 - Se dados analógicos, usa-se *codecs*
 - Se dados digitais usa-se codificação em linha ou em bloco



Transmissão analógica e digital



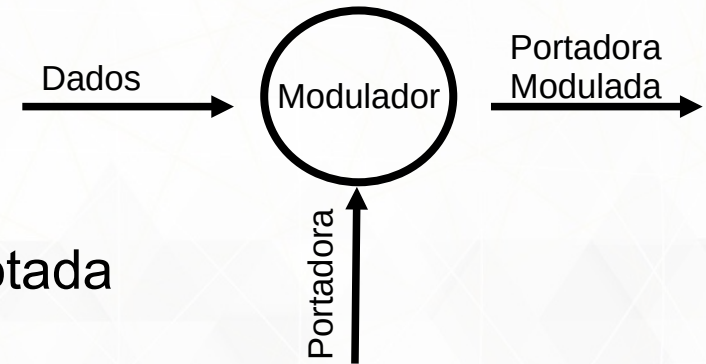
*Será visto com maior detalhe no próximo material

Modulação

- Processo pelo qual são **modificadas** uma mais características de uma **onda portadora**, segundo um **sinal modulante**.
- Portadora: Sinal de alta frequência. Transporta a informação modulante.
- Modulante: Sinal de baixa frequência que modula a portadora
 - Sons, telefonia, radiodifusão, etc.
- No receptor, a informação pode ser recuperada analisando-se as modificações na portadora

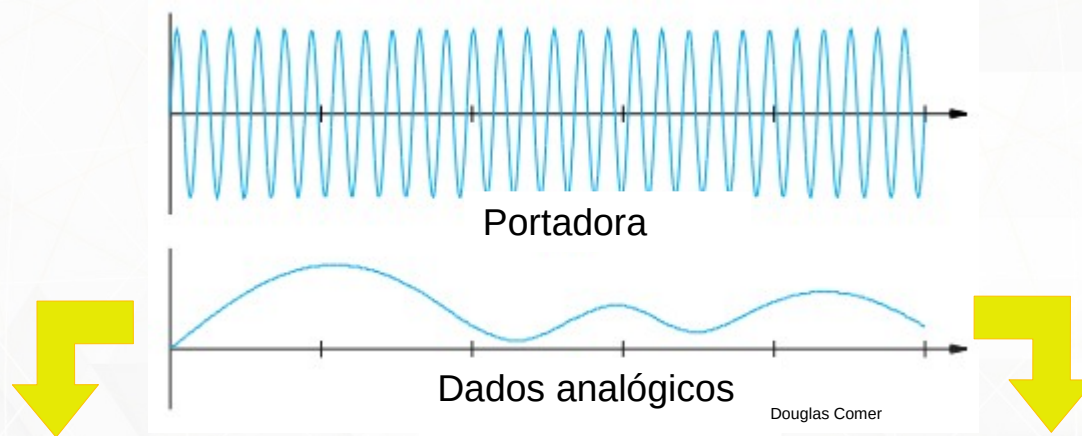
Transmissão Analógica

- Uma forma de transmitir sinais analógicos, indiferente do que é o conteúdo (se os dados são analógicos ou digitais)
 - Técnicas para modular (uso de modems) uma onda portadora alterando seus parâmetros dentro da largura de banda disponível, tornando-a **SEMPRE** um sinal composto analógico
 - Amplitude: tensão
 - Frequência: uso ou não de harmônicas
 - Fase: descolamento de tempo da onda
- Largura de banda: depende da técnica adotada e se dado analógico ou digital
- Atenuação é compensada com amplificadores
 - No entanto, os ruídos serão também amplificados
 - Em informações analógicas, os ruídos podem não ser um problema caso a informação ainda possa ser reconhecida (ex: voz um pouco distorcida, mas entendível)
 - Em informações digitais, ao invés de amplificadores, pode-se adotar repetidores para evitar a desfiguração do sinal.
 - Reconhece na transmissão analógica o padrão binário (mesmo com algum ruído) e regeira o padrão binário em nova transmissão analógica sem o ruído.



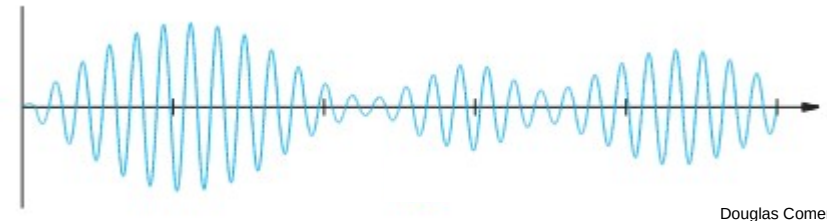
Transmissão Analógica

- **Dados Analógicos:** a modulação da portadora é contínua
 - Tipos comuns: AM, FM e PM



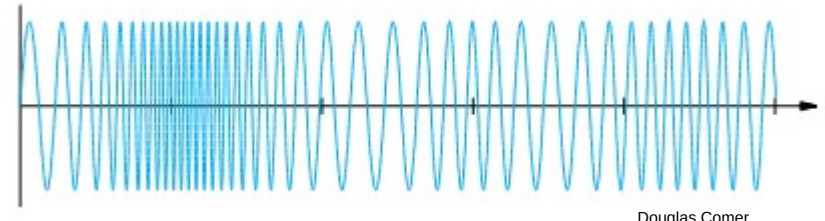
Amplitude Modulation (AM)

- A amplitude é modulada na portadora conforme os dados de entrada
- Usa-se frequências na largura de banda disponível (sinal composto)



Frequency Modulation (FM)

- A frequência é modulada na portadora conforme os dados de entrada
- Usa-se frequências na largura de banda disponível (sinal composto)



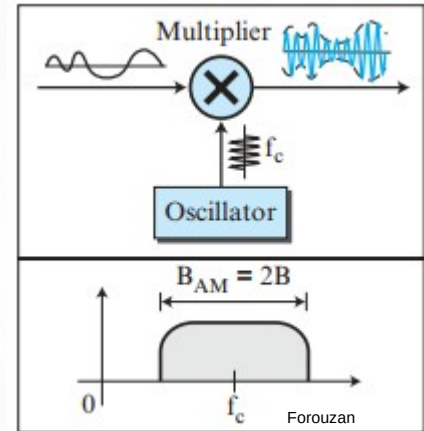
Phase Modulation (PM): não é aplicado na prática, pois assemelha-se à FM

Transmissão Analógica

Dados Analógicos:

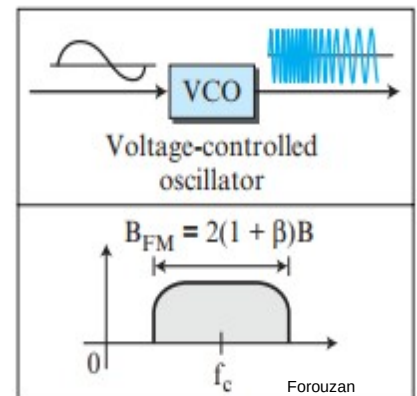
- **Amplitude Modulation (AM)**

- Largura de banda = $2 \times \text{Largura_banda_dados_analógicos}$
 - Ex: sinal de áudio (voz e música) necessita ~ 5 kHz, então a largura de banda B_{AM} precisa de 10kHz
- Características: Simples, mas muito suscetível a ruído e atenuação
- OBS: os componentes do sinal acima e abaixo de f_c transportam exatamente as mesmas informações



- **Frequency Modulation (FM)**

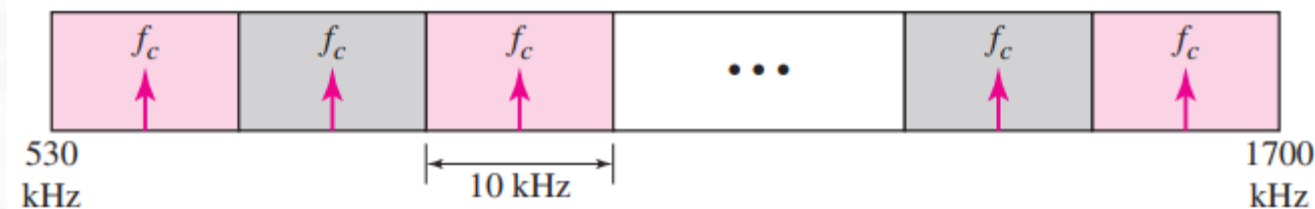
- Largura de banda $\approx 2(1+\beta) \times \text{Largura_banda_dados_analógicos}$ onde β depende da técnica FM, e adota-se como padrão 4
 - Ex: sinal de áudio (voz e música) estéreo necessita ~ 15 kHz, então a largura de banda B_{FM} precisa de 150kHz
 - Uma margem extra é usada para evitar sobreposição (totalizando 200 kHz)
- Características: melhor que AM em relação ao ruído e maior largura de banda



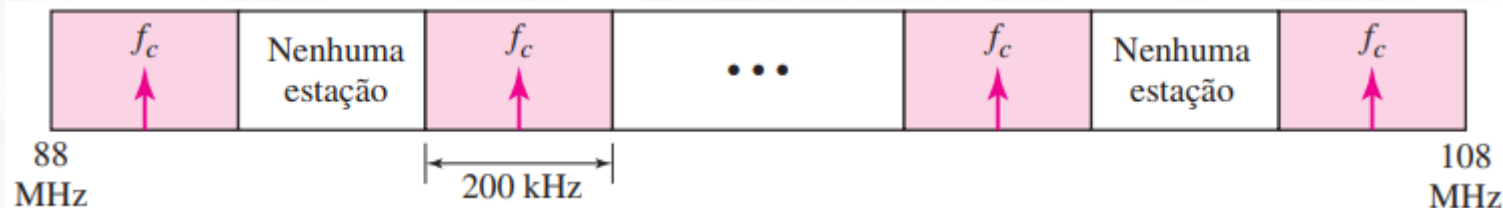
Transmissão Analógica

- Rádio AM e FM
 - AM: frequências de 530 a 1700 kHz, cada estação ocupa 10 kHz
 - FM: frequência de 88 a 108 MHz, cada estação ocupa 200 kHz
 - Cada estação usa uma frequência de portadora diferente
 - O receptor recebe todos os sinais pelo ar, mas filtra (sintoniza) apenas aquele desejado

AM



FM



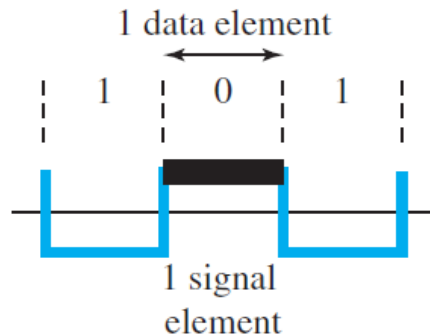
Transmissão Analógica

- **Dados Digitais:** termos usados

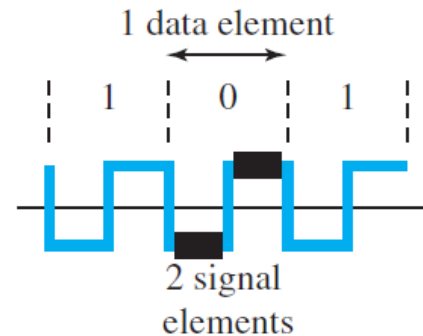
- **Elemento de dado:** é o bit
 - Taxa de dados ou bits (**N**): bits por segundo, **bps**
- **Elemento de sinal:** o que se transmite no meio físico, será o portador/transportador de um ou mais elementos de dados
 - **Taxa de transmissão ou sinalização ou modulação (**S**): **baud**** (quantos elementos de sinal envia-se por segundo)
 - Quando 1 elemento de sinal transporta 1 ou mais elementos de dados, então no pior caso 1 p/ 1, o que implica em **S == N**
 - **razão (**r**)** = quantos elementos de dados em 1 elemento de sinal. **A comunicação de dados procura sempre aumentar o r !!!**
 - **S = N * 1/r** , sendo o **baud**
 - **r = log₂ L**, onde L é a quantidade de elementos de sinal necessária
 - **Taxa de transferência/dados:** quantos bits por elemento de sinal envia-se por segundo
- **Largura de banda (**B**)** depende da técnica empregada

Transmissão Analógica

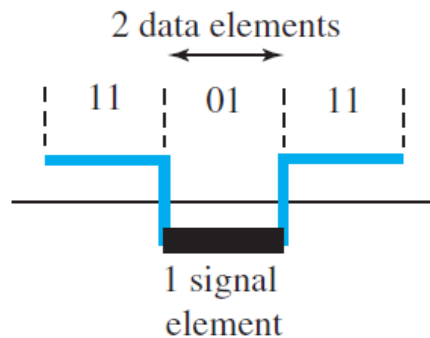
Elemento de dados *versus* Elemento de Sinal



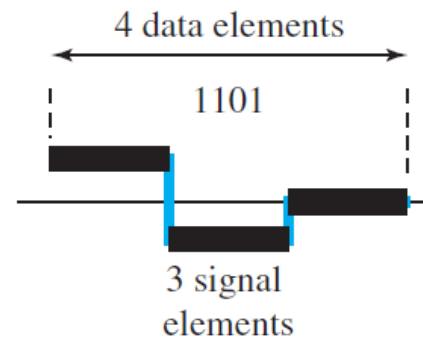
a. One data element per one signal element ($r = 1$)



b. One data element per two signal elements ($r = \frac{1}{2}$)



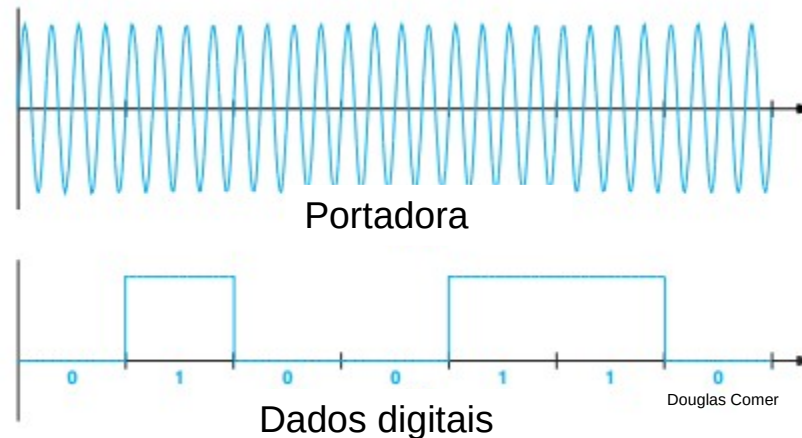
c. Two data elements per one signal element ($r = 2$)



d. Four data elements per three signal elements ($r = \frac{4}{3}$)

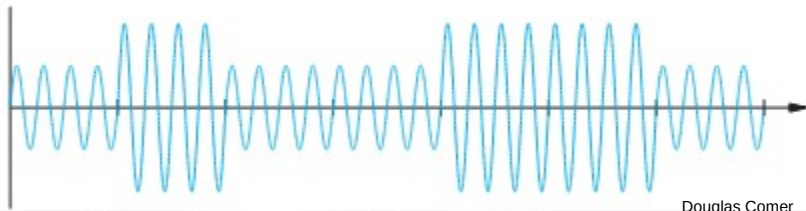
Transmissão Analógica

- **Dados Digitais:** a modulação usa valores discretos fixos (*shift keying*)
 - O sinal resultante é sempre composto



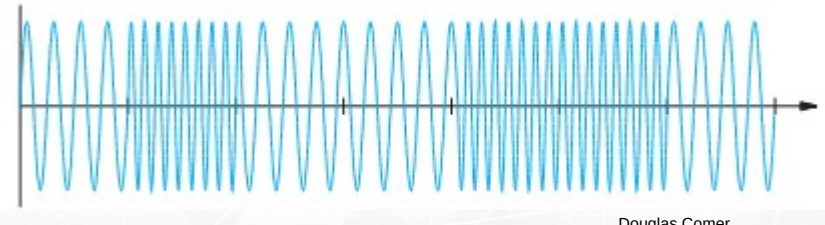
Amplitude Shift Keying (ASK)

- Valores discretos para amplitude
- Usa-se frequências na largura de banda disponível (sinal composto)



Frequency Shift Keying (FSK)

- Valores discretos para frequência
- Usa-se frequências na largura de banda disponível (sinal composto)

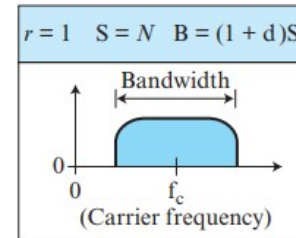
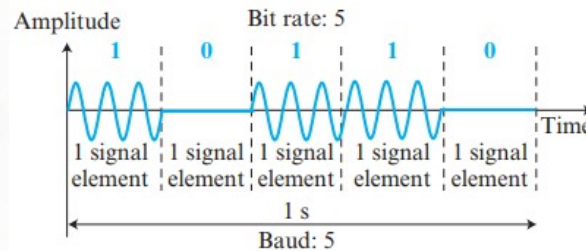


ASK e FSK: requerem 1 elemento de sinal p/ representar 1 bit (necessário outras técnicas...)

Transmissão Analógica

Dados Digitais:

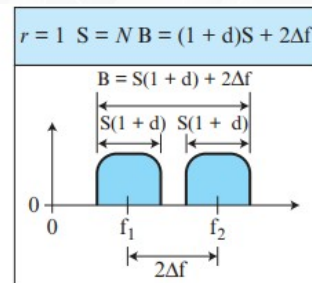
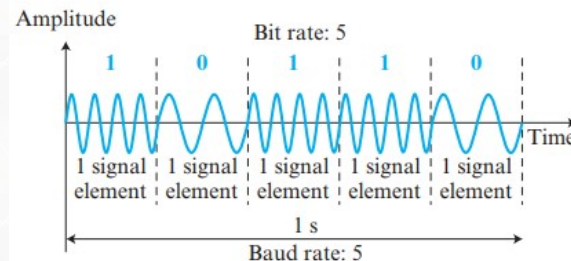
- **Amplitude Shift Keying (ASK)** – tipo comum OOK (*on-off-key*)
 - Largura de banda = $(1+d) \times \text{taxa_transmissão}$, d depende da técnica de modulação/filtro adotada varia de 0 até 1 (pior caso $2 \times \text{taxa_transmissão}$). Afetado pelo ruído.



Forouzan

- **Frequency Shift Keying (FSK)**

- Largura de banda = $(1+d) \times \text{taxa_transmissão} + 2 \times \text{diferença entre } f_2 - f_1$, d depende técnica de modulação/filtro e varia de 0 até 1. Precisa de 2 sinais de portadora



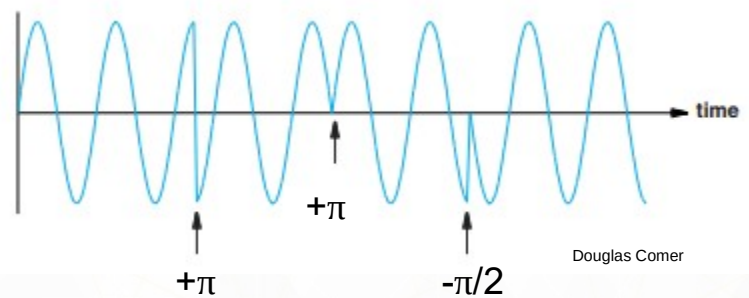
Forouzan

Transmissão Analógica

- **Dados Digitais**

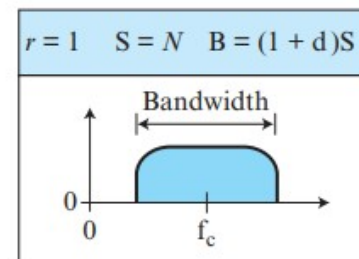
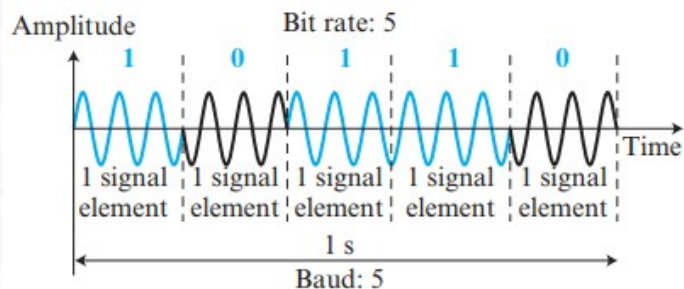
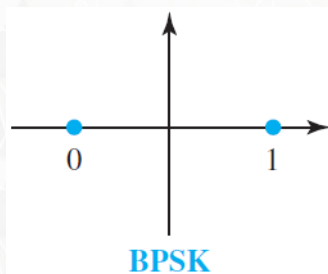
Phase Shift Keying (PSK)

- Valores discretos para Fase
- Usa-se frequências na largura de banda disponível (sinal composto)
- Mais imune a ruído que ASK
- Possui variações conforme utilize mais fases no quadrante para representar elementos de sinal, como a B-PSK e QPSK
- Muitas variações possuem limite: ruídos e atenuação



Binary - Phase Shift Keying (B-PSK)

- Valores de Fase 0 = bit 1, Fase π = bit 0
- Largura de banda = $(1+d)$ *taxa de transmissão, d depende técnica de modulação/filtro



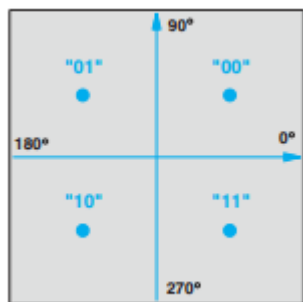
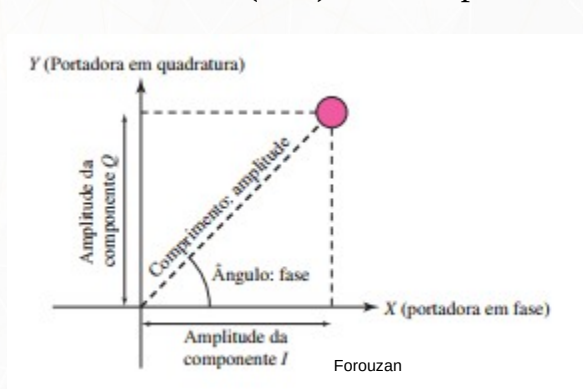
Forouzan

Transmissão Analógica

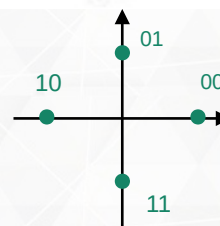
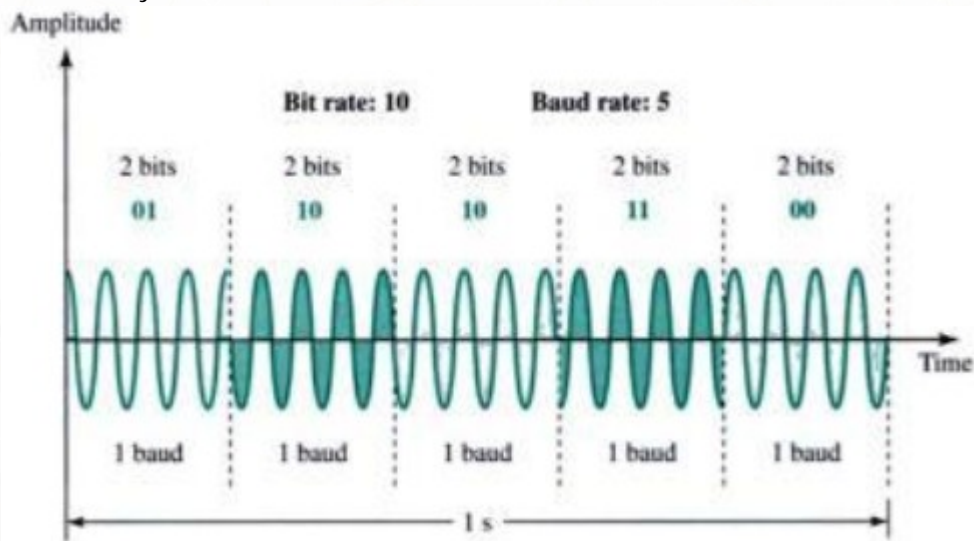
- **Dados Digitais:**

Quadrature Phase Shift Keying (4-PSK ou QPSK)

- Valores de Fase $\pi/4$ = bit 00, Fase $3\pi/4$ = bit 01, Fase $-3\pi/4$ = bit 10, Fase $-\pi/4$ = bit 11
- Mesmo valor de amplitude
- $r=2$, $S=N/2$, $B=(1+d)*S$, d depende técnica de modulação/filtro

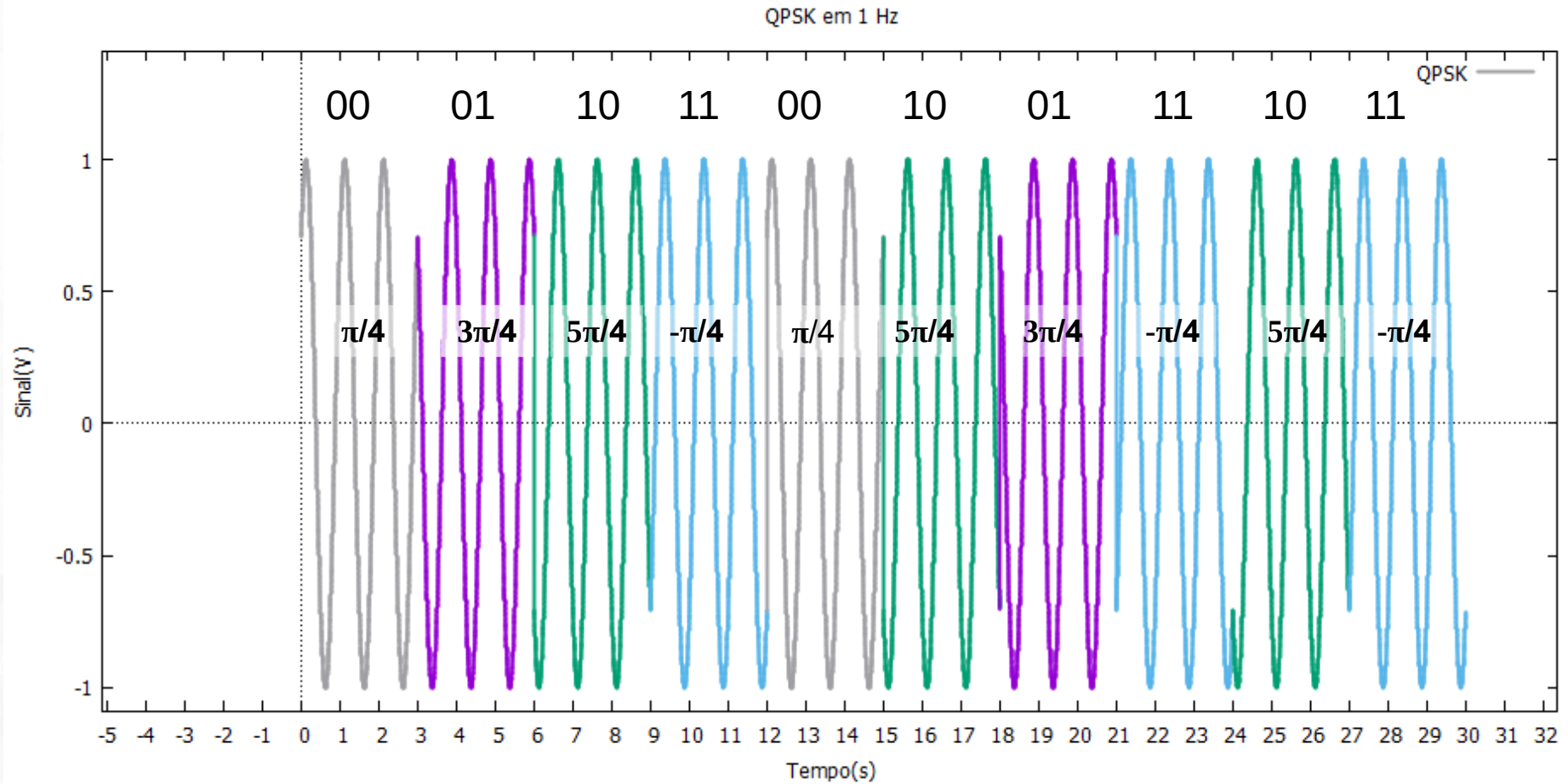


Douglas Comer



Exemplo de QPSK

- Envio de 10 bits, agrupados de 2 em 2 para transmitir em QPSK



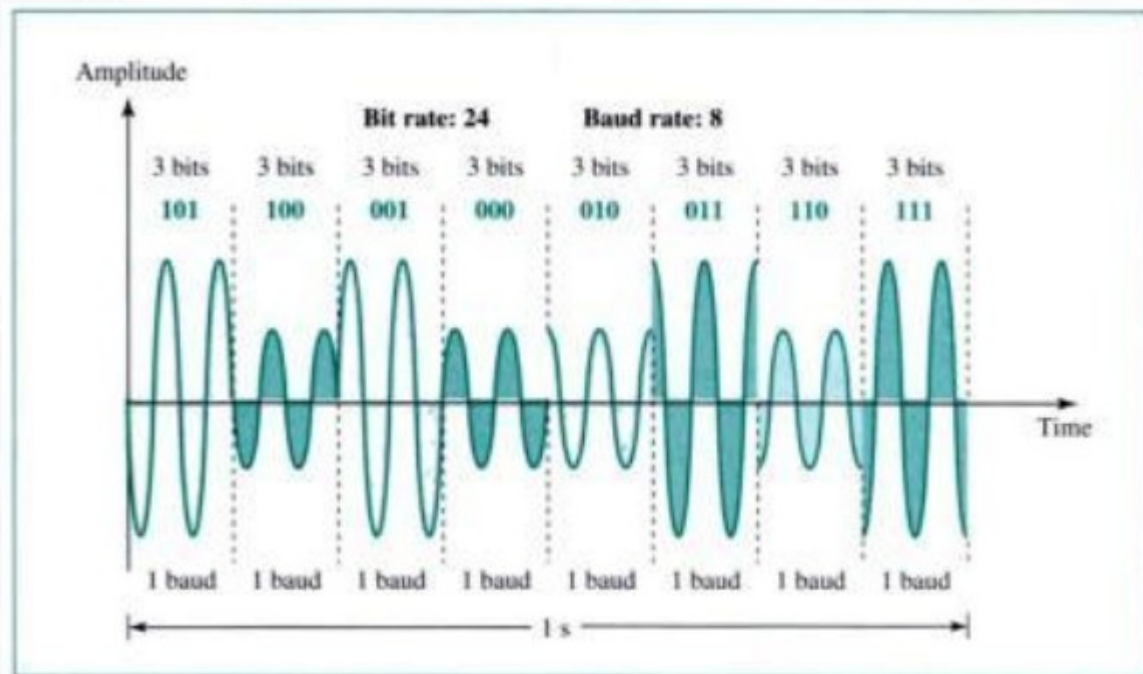
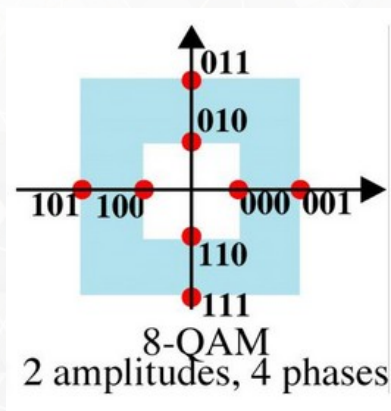
Transmissão Analógica

- Dados Digitais:

Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

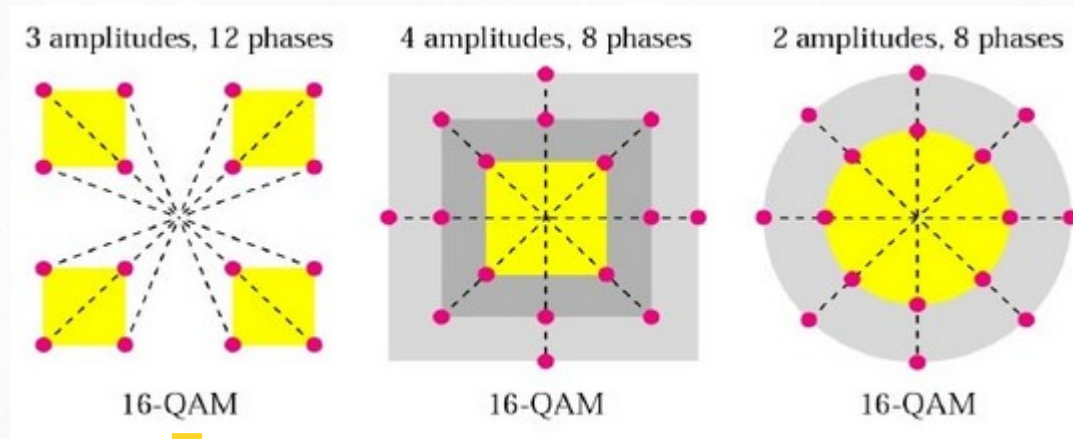
- Valores discretos para Fase e Amplitude
 - Podendo ter combinações diferente para uma variação (ver slide 16-QAM)
- Usa-se frequências na largura de banda disponível (sinal composto)
- Possui variações conforme utiliza mais Amplitudes Fases para representar elementos de sinal, como a 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM...
- Muitas variações possuem limite: ruído e atenuação

8 - QAM

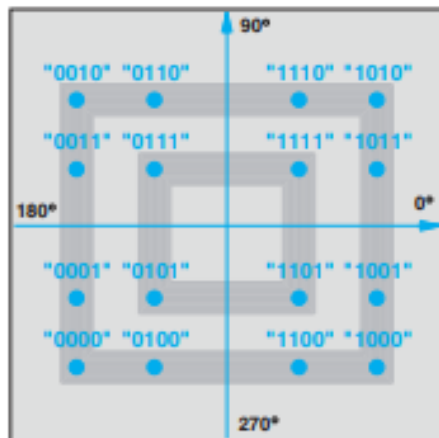


Transmissão Analógica

- 16-QAM (combinações para a mesma variação QAM)



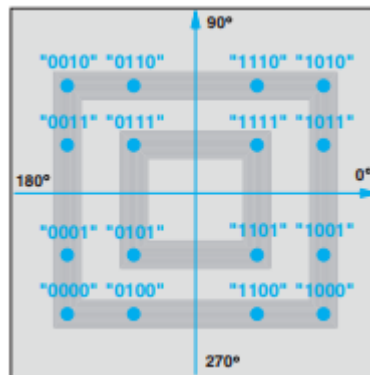
Essa combinação 3 amplitudes e 12 fases é a recomendada pela ITU-T por ser mais imune a ruído... (Forouzan, 3ª edição)



Transmissão Analógica

16 - QAM

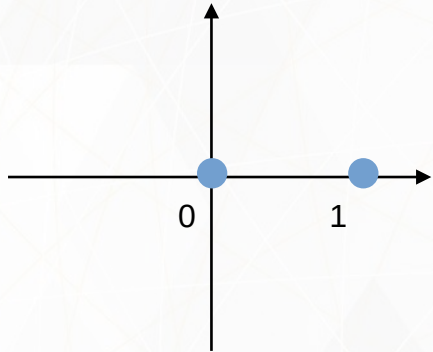
- Distância da origem (área cinza escuro) = Amplitude
- Posição no quadrante = Fase



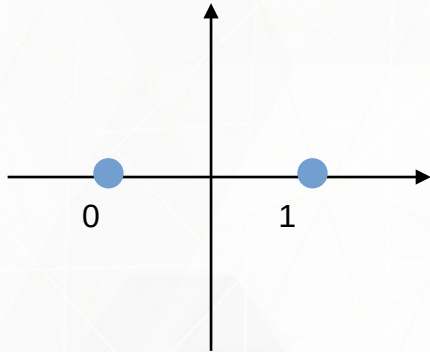
Douglas Comer

Transmissão Analógica

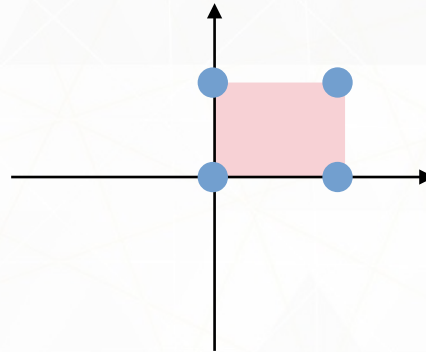
ASK(OOK)



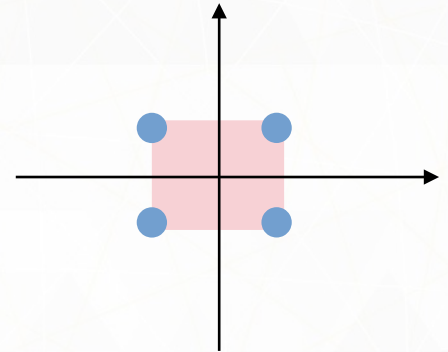
BPSK



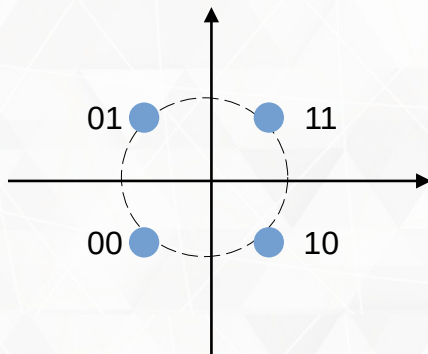
4-QAM



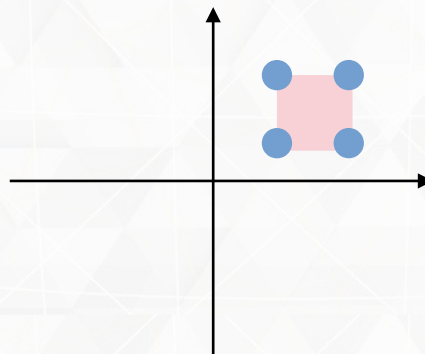
4-QAM



QPSK



4-QAM



16-QAM

