

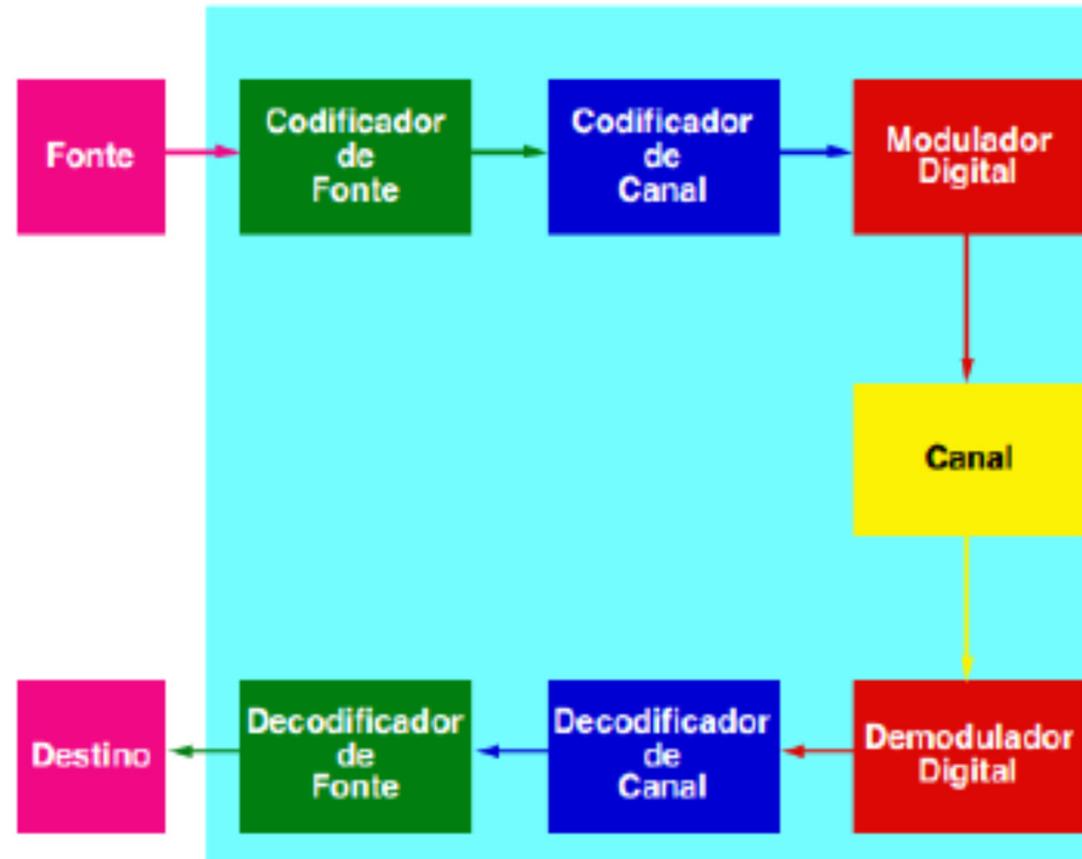


Comunicação Digital

- Introdução
- Modulações ASK, FSK e PSK.
- Modulações em fase e quadratura.
- Critério de Nyquist.

- Efeitos do ruído sobre uma transmissão digital.
- Taxa de transmissão e taxa de símbolo para as modulações digitais.

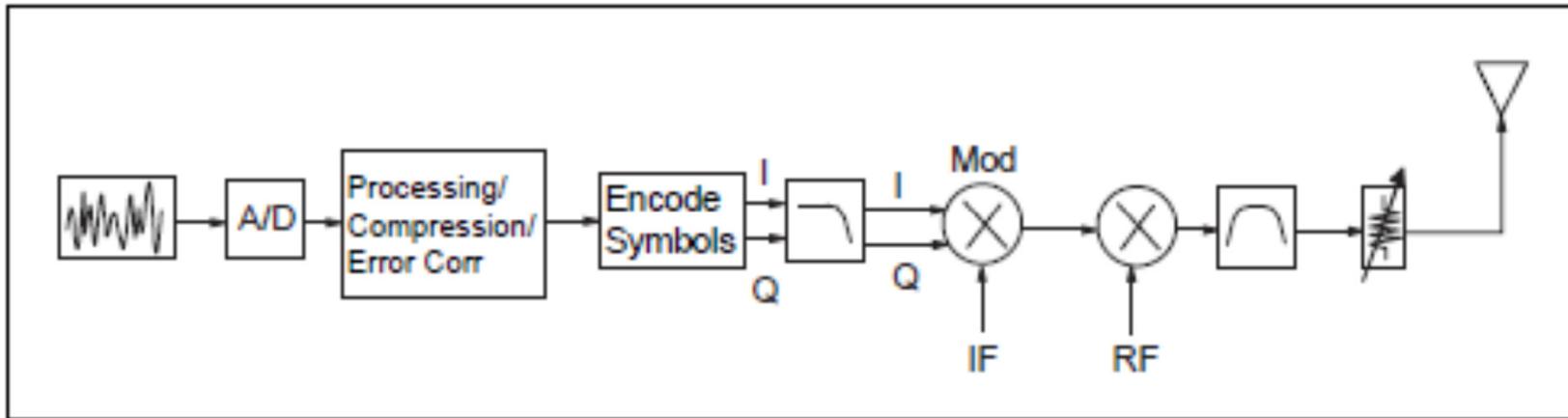
Sistema de Comunicação Digital



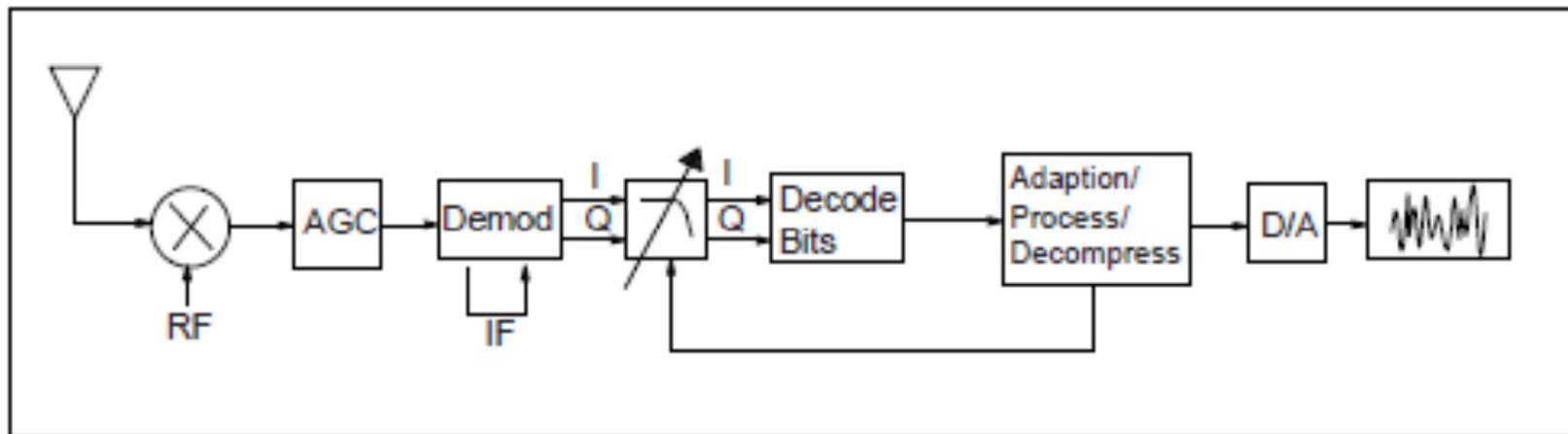
- Fonte: Geradora do sinal de informação podendo ser analógica ou digital (caracteres, sinal contínuo, dados binários, etc.)
- Codificador de Fonte: Converte sinal analógico em digital, comprime dados.
- Codificador de Canal: Introduce redundância na informação digital para combater erros introduzidos pelo canal.

- Modulador Digital: Transforma a informação digital e redundância em sinais adequados para transmissão pelo canal.
- Canal: Meio de transmissão, responsável por alterar as características do sinal a medida que este se propaga ao meio e introduz ruído e interferências nos sinais transmitidos.

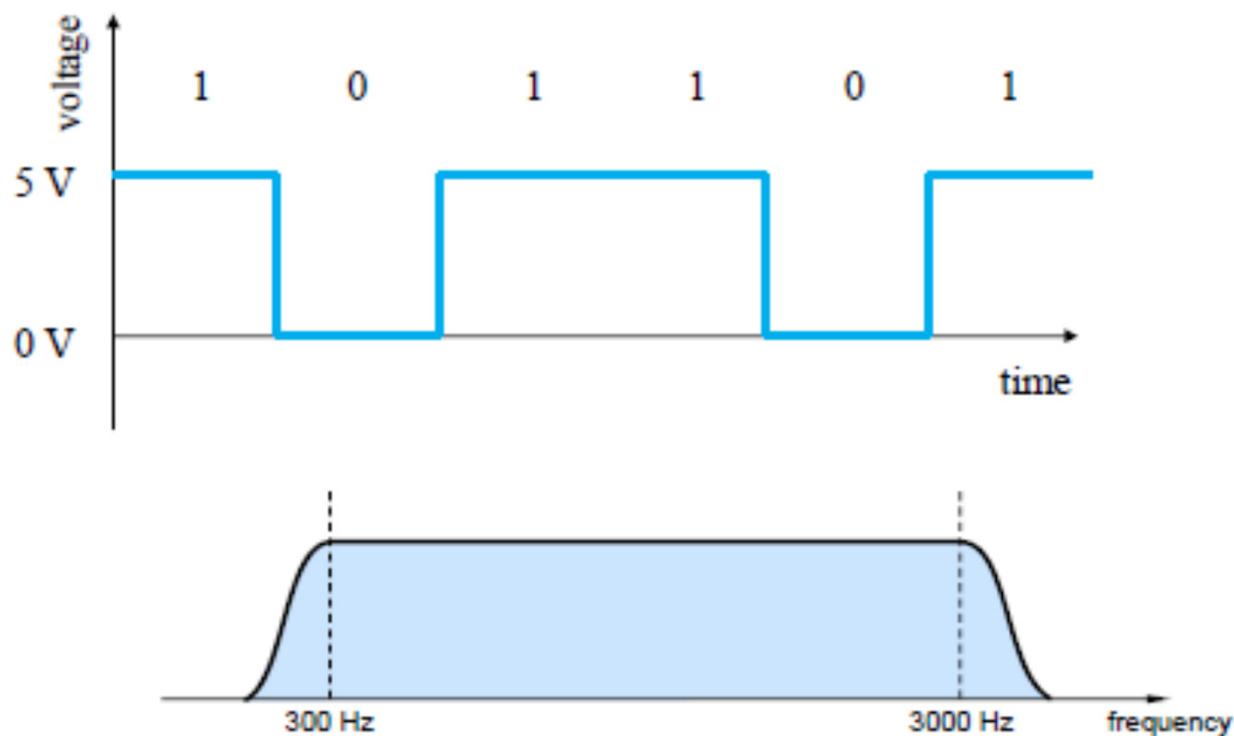
Transmissor - Exemplo



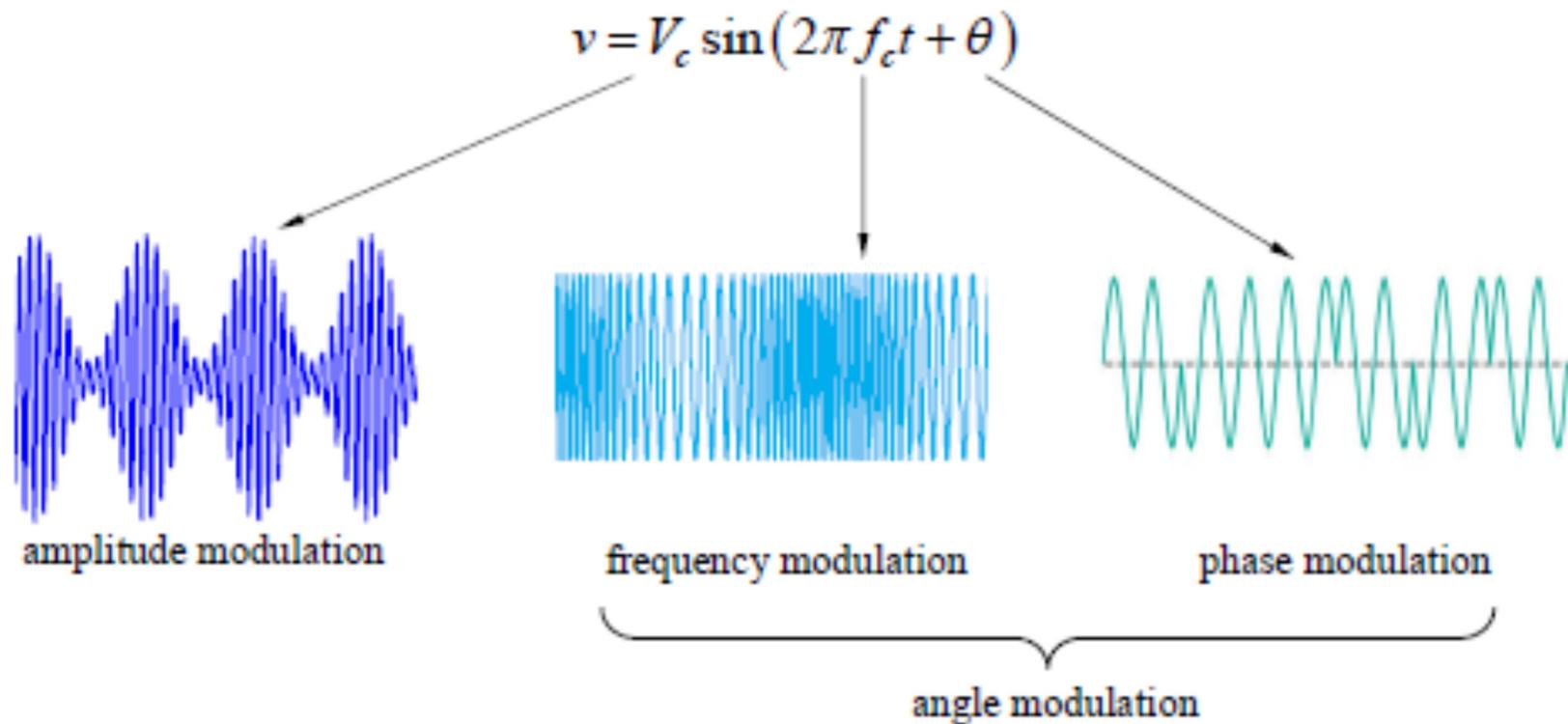
Receptor - Exemplo



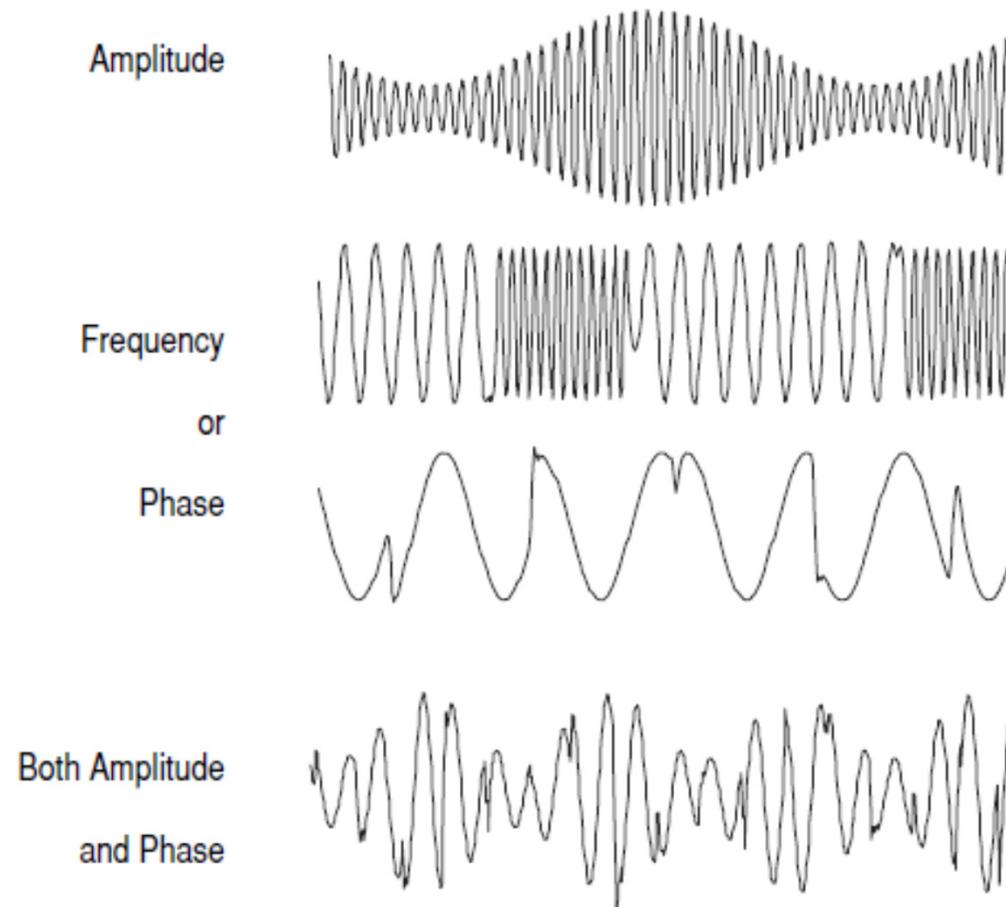
- Os sinais digitais representam 0 e 1 através de pulsos DC chaveados, porém para serem transmitidos sobre o meio físico necessitam ter as suas características alteradas, devido a largura de faixa do canal.



- O processo de alteração das características do sinal de informação em relação ao sinal modulante dá-se o nome de modulação.

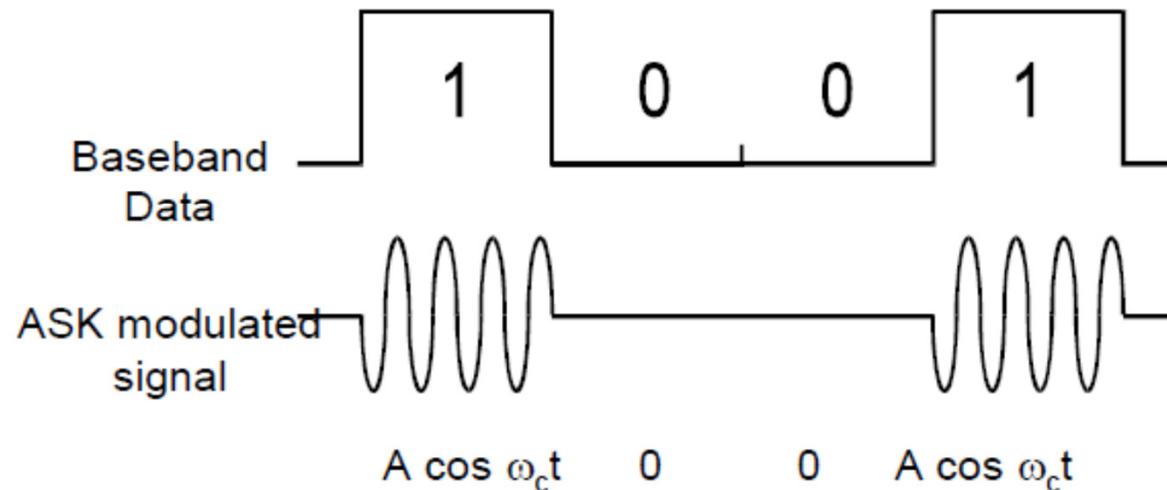


- ✓ Um sinal pode ter as suas características alteradas em relação a amplitude, frequência , fase ou ambas.

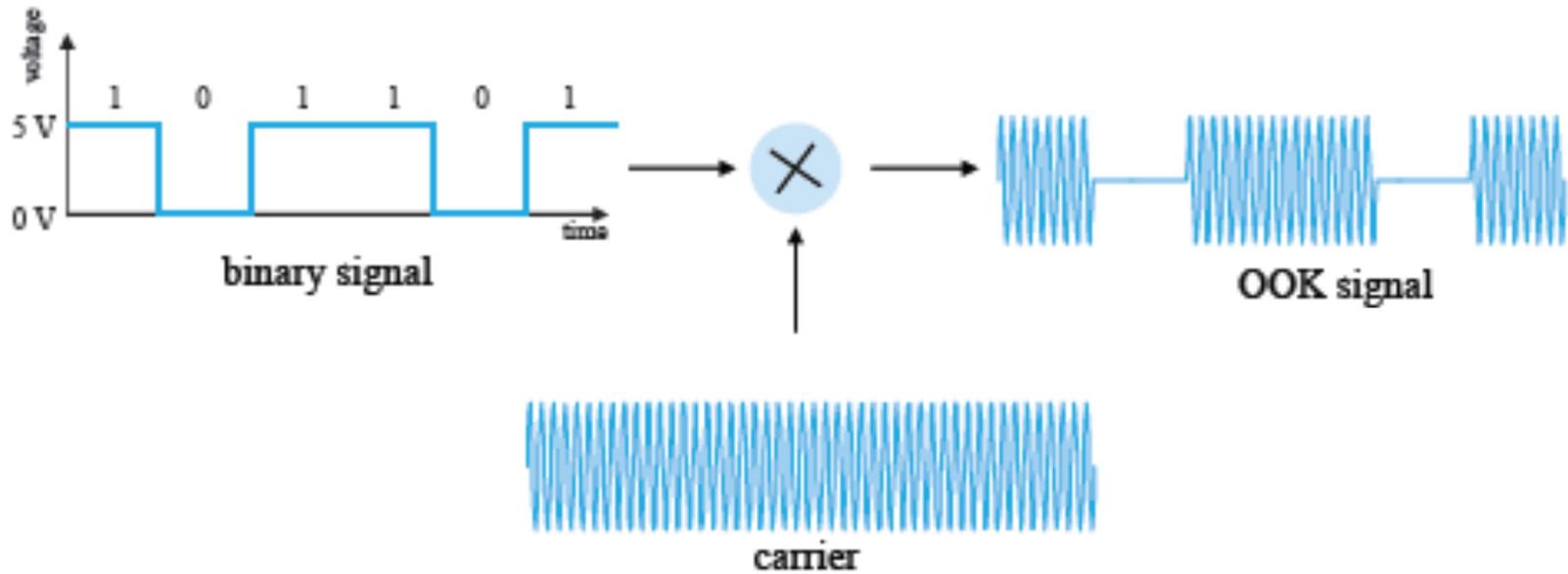


- A taxa de bits define a velocidade em que a informação é transmitida (bps) e a taxa de símbolos define o número de símbolos que é transmitido (baud/s), onde um símbolo pode conter um ou mais bits dependendo do tipo de modulação empregada .

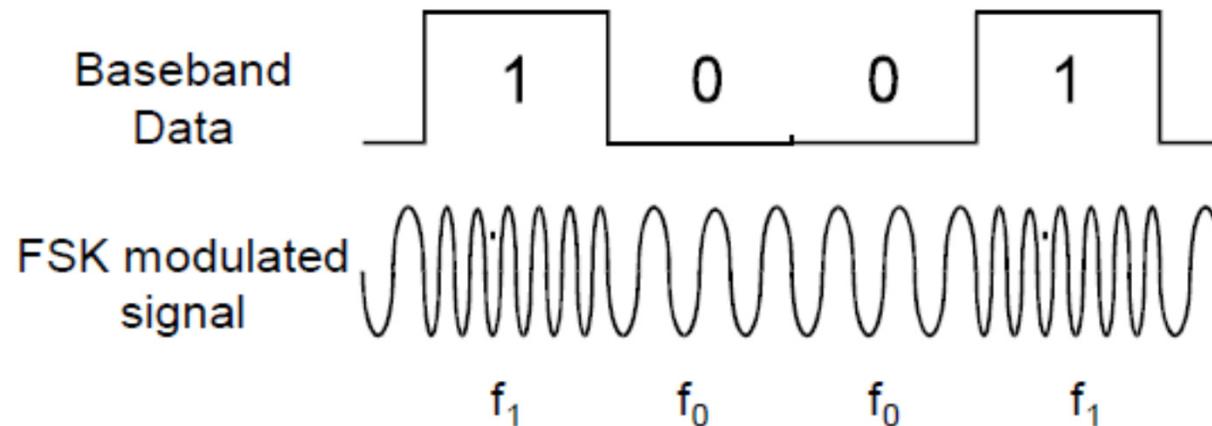
Amplitude Shift Keying (ASK)



- Neste processo o sinal digital é multiplicado por uma portadora resultando no seguinte sinal modulado.
- Esta modulação também é conhecida como OOK (*On-OFF-Keying*).



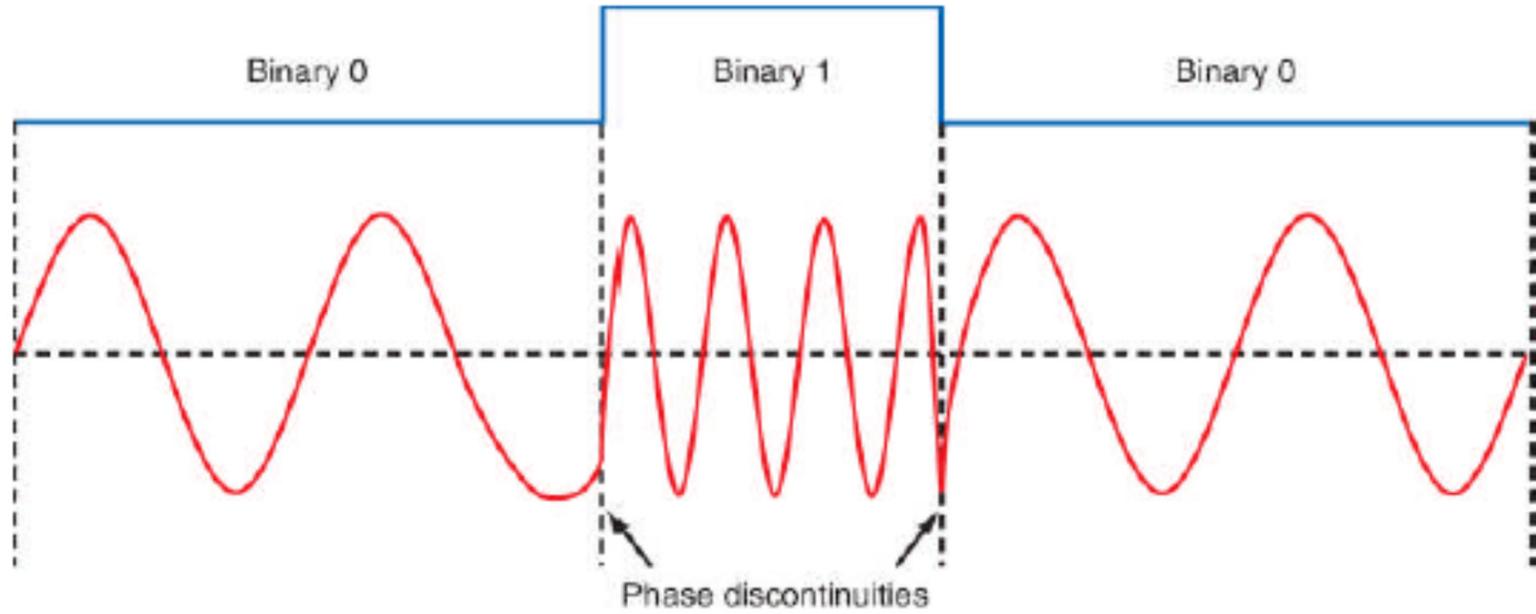
Frequency Shift Keying (FSK)



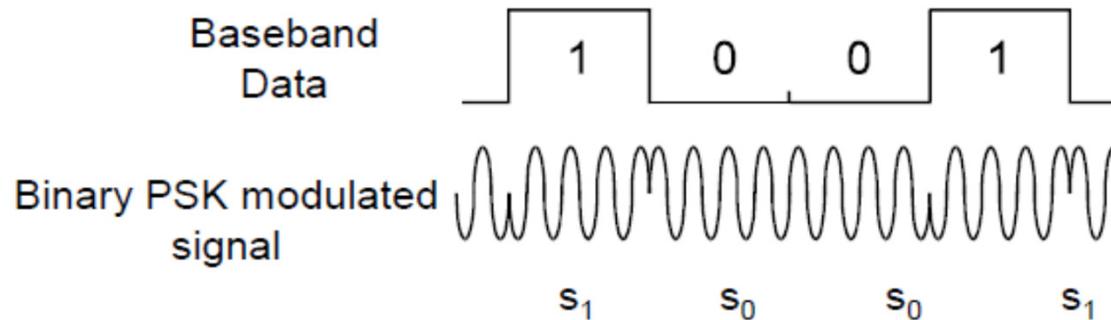
where $f_0 = A \cos(\omega_c - \Delta\omega)t$ and $f_1 = A \cos(\omega_c + \Delta\omega)t$

- Nesta modulação para cada símbolo transmitido é representado por uma frequência sendo elas separadas uma da outra em frequência por $1/2T$ onde T é a duração do símbolo transmitido.

- Este conceito pode ser expandido para um sistema *M-ário*, desde que as frequências envolvidas estejam separadas entre si de $1/2T$ uma da outra.
- O sinal FSK ocupa uma grande largura de faixa devido ao fato das bandas laterais serem produzidas através do processo de modulação em frequência (FM) e também pela descontinuidade durante a troca de símbolos.
- Existe uma variação da modulação FSK chamada de CPFSK que minimiza o problema da descontinuidade durante o processo de troca de símbolos.

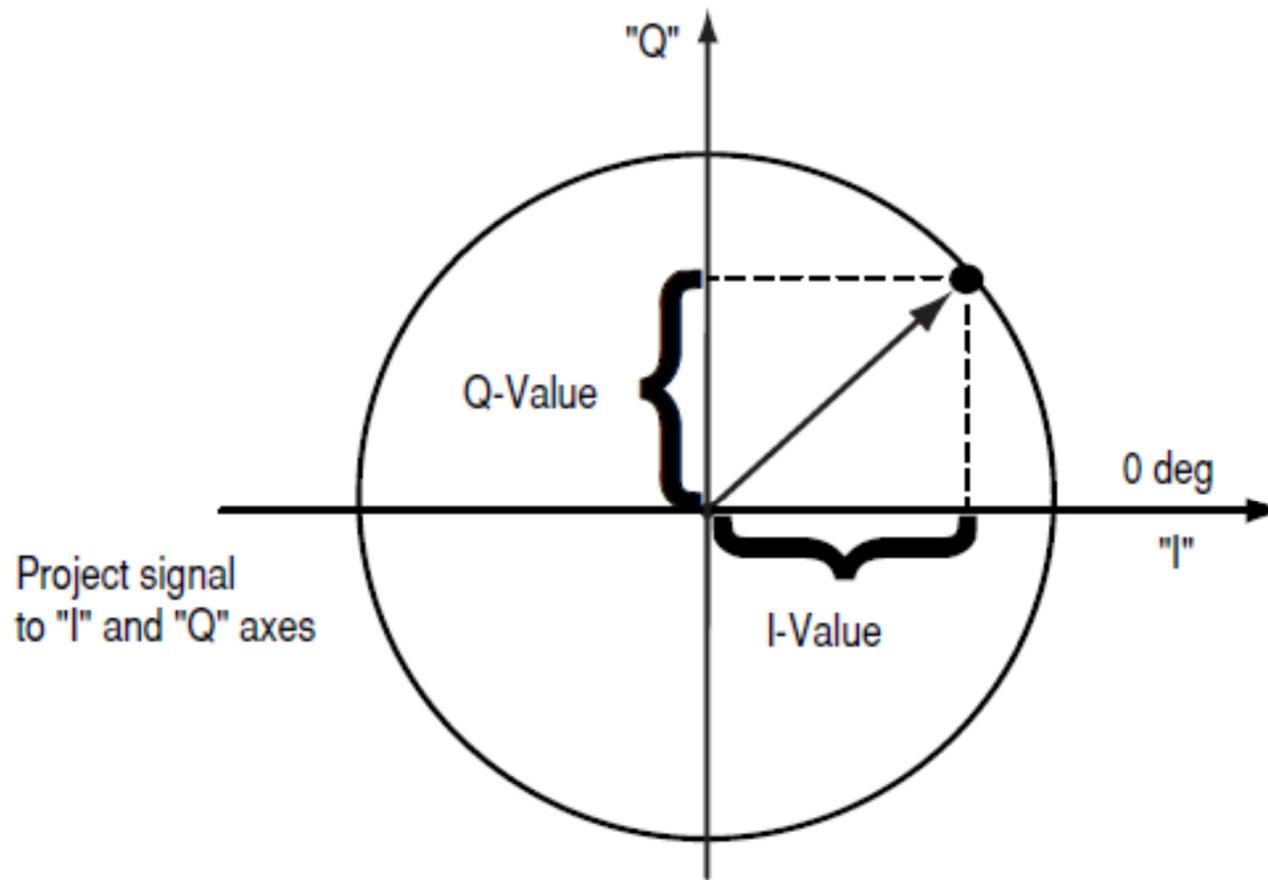


Phase Shift Keying (PSK)

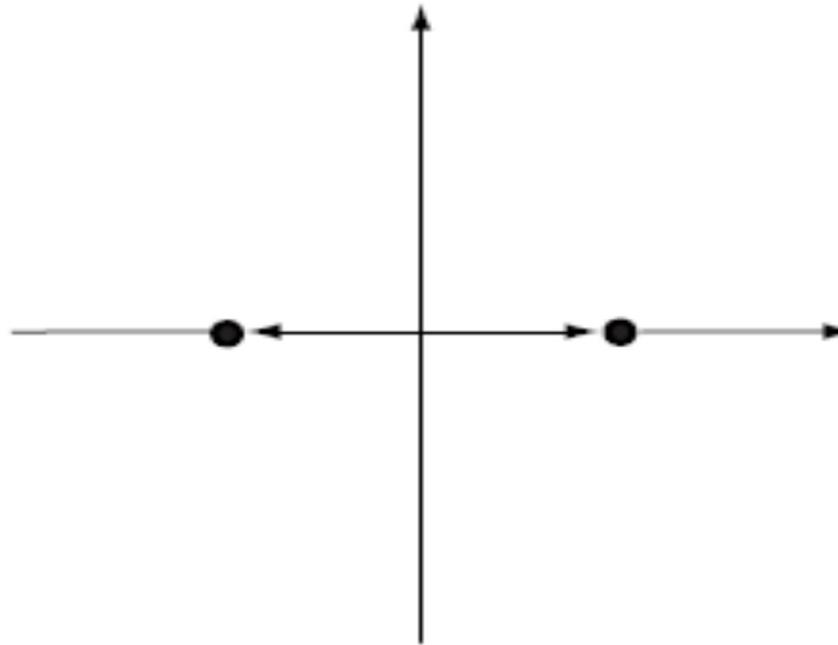


where $s_0 = -A \cos \omega_c t$ and $s_1 = A \cos \omega_c t$

- A modulação BPSK demonstra melhor desempenho do que a ASK e FSK.
- Ela pode ser expandida sobre um esquema M-ário, empregando múltiplos deslocamentos de fase e amplitudes de diferentes estados.

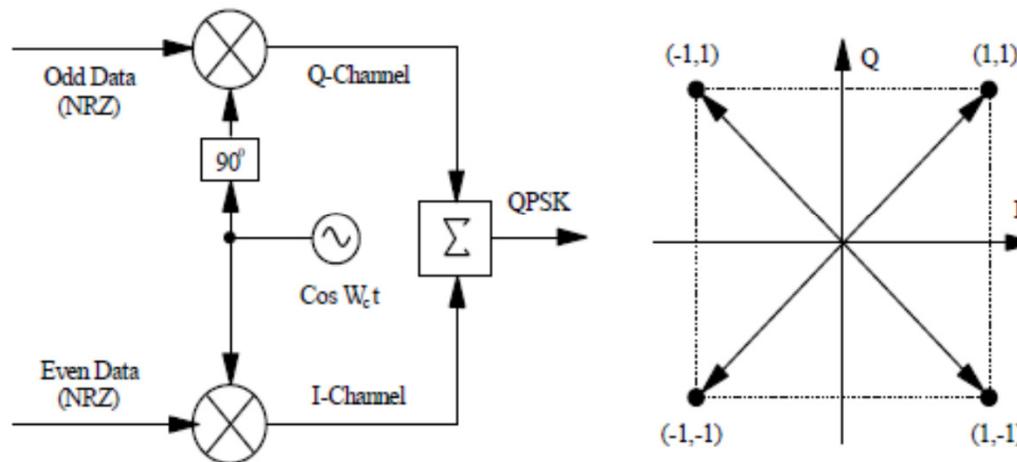


Polar to Rectangular Conversion



BPSK

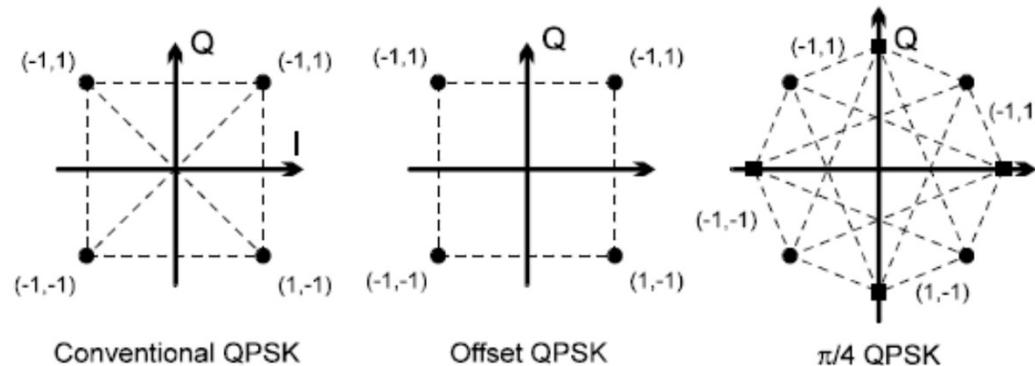
Modulation - QPSK



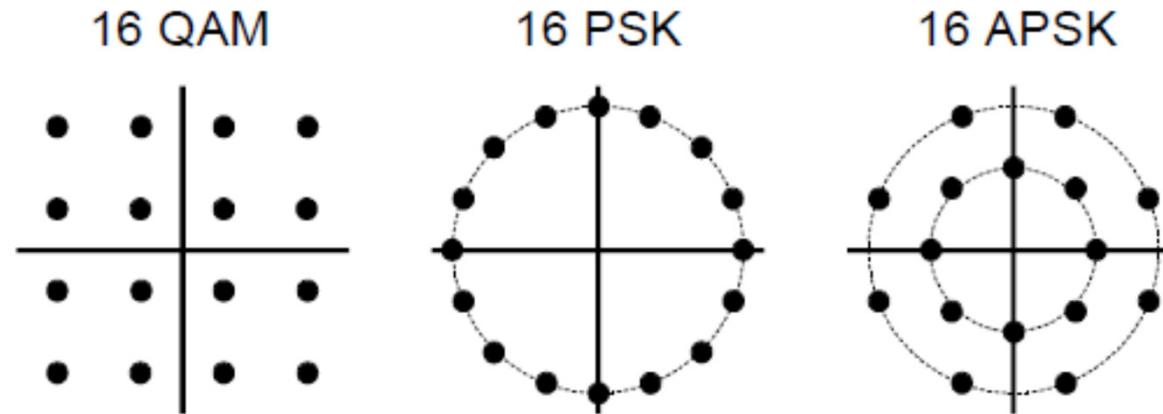
W_c = Carrier Frequency, I = In phase channel, Q = Quadrature channel

- A modulação QPSK consiste de dois independentes sistemas BPSK (I e Q).

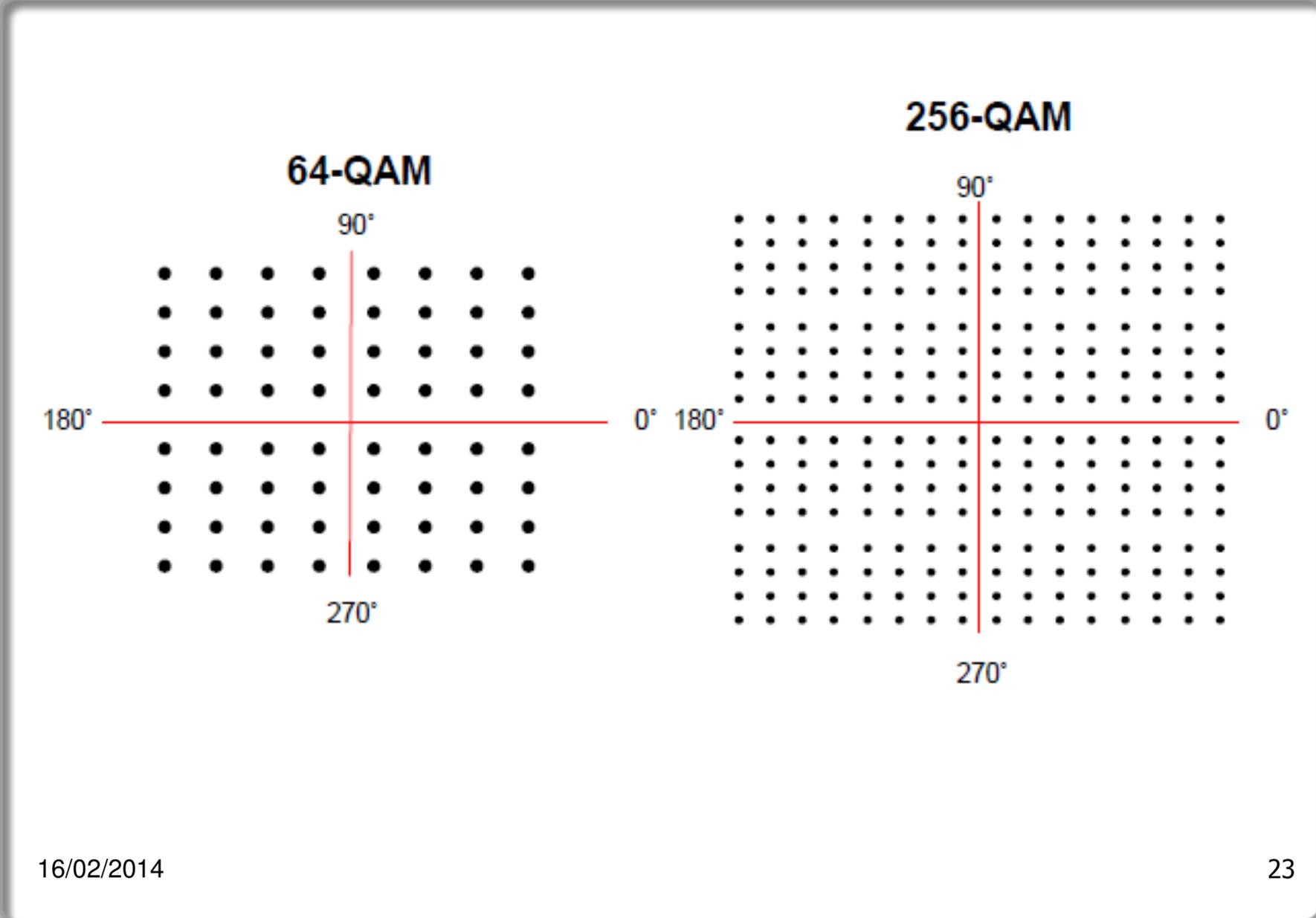
Types of QPSK

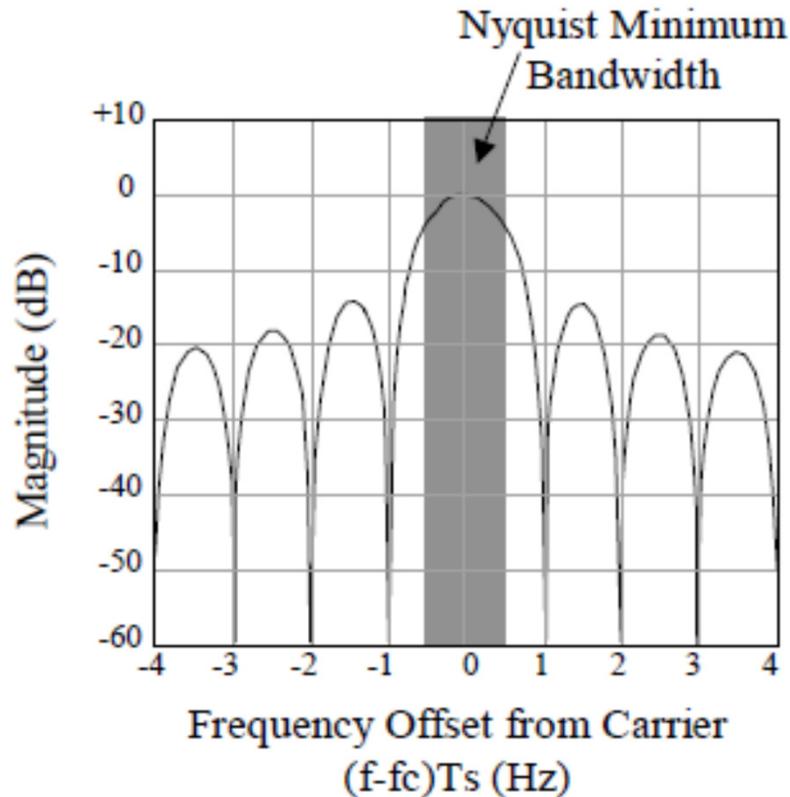


- ✓ QPSK convencional ocorrem transições de fase de 90° e 180° entre os símbolos;
- ✓ Offset QPSK ocorrem transições de fase de 90° entre os símbolos.
- ✓ $\pi/4$ -QPSK ocorrem transições de fase de somente 45° entre os símbolos.

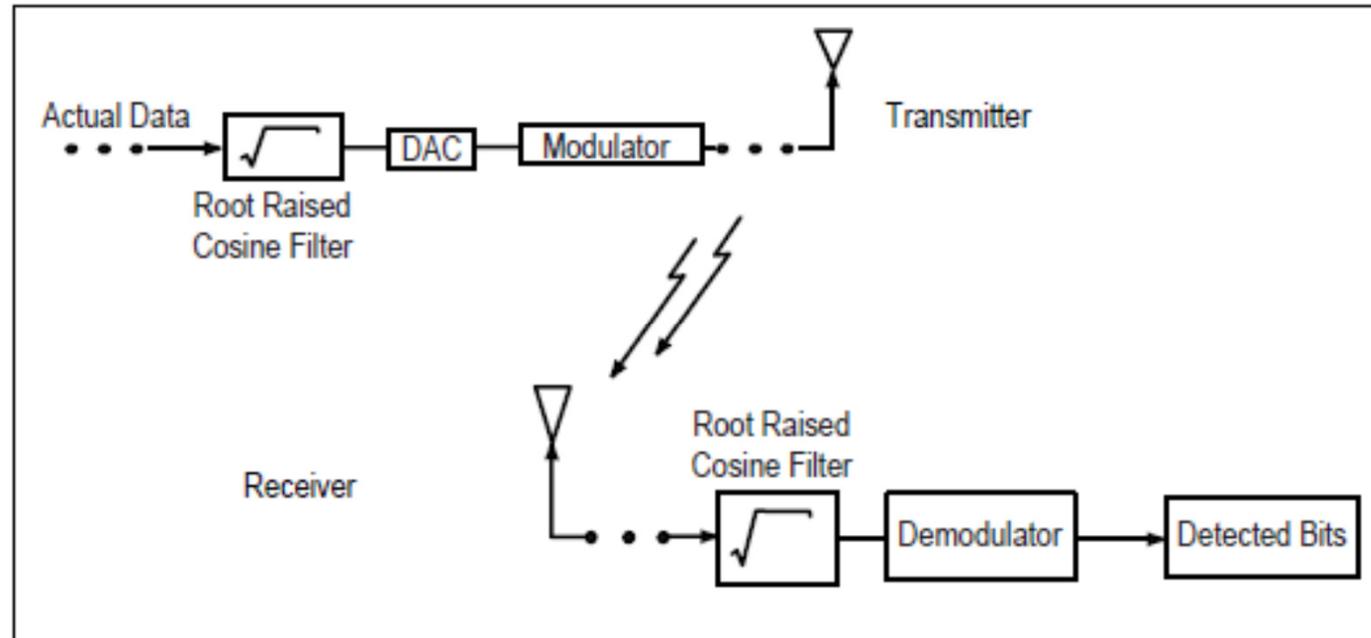


- As amplitudes e o deslocamento de fase podem ser combinados através da transmissão de múltiplos bits por símbolo.
- O sistemas M-ários possuem melhor eficiência spectral porém são mais susceptíveis aos efeitos de ruído.

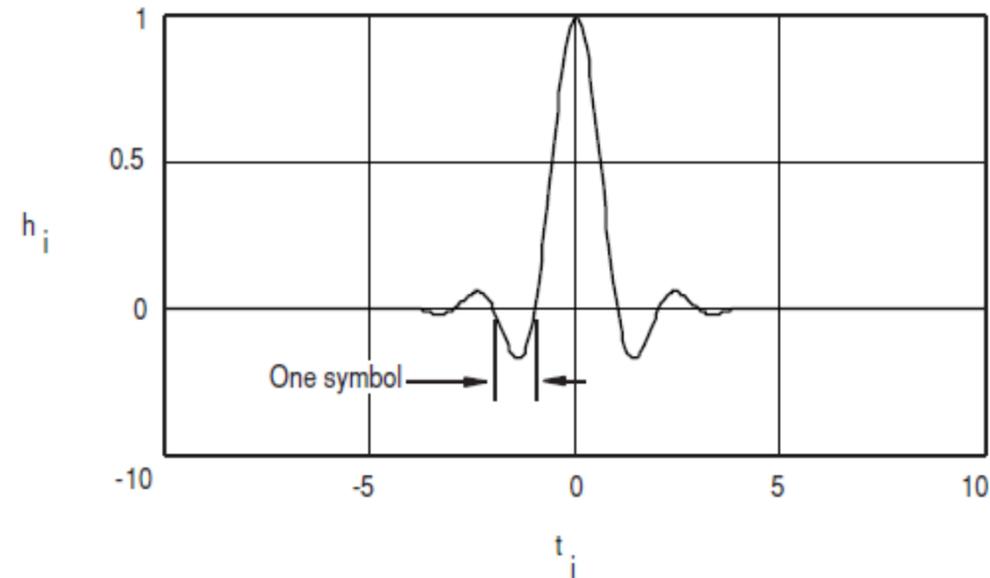




- O critério de Nyquist é o parâmetro chave que implica em uma largura de banda mínima para a transmissão de uma certa taxa de símbolo sem interferência intersimbólica (ISI).

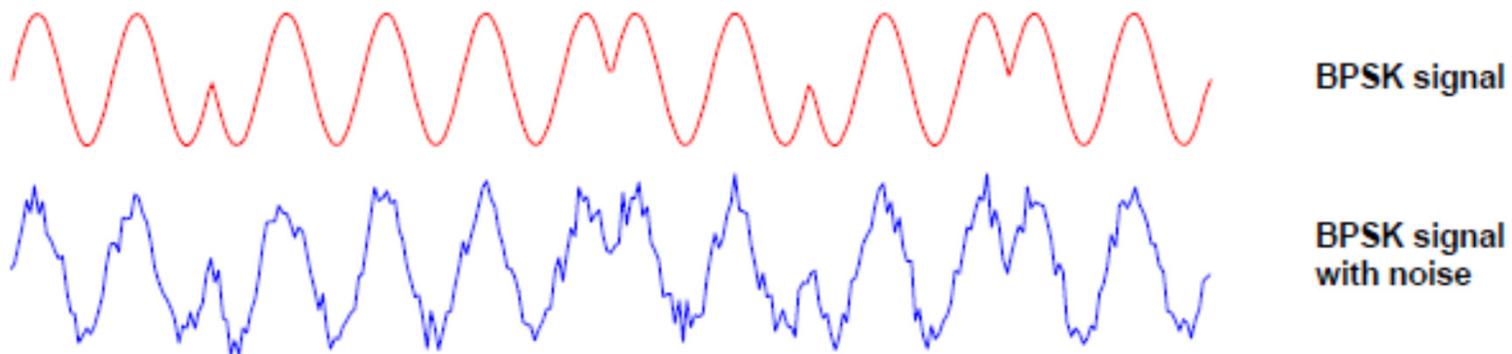


- Os filtros raiz de cosseno elevado fazem com que o critério de Nyquist seja respeitado e através da convolução entre o filtro da transmissão e o filtro da recepção temos na saída do demodulador um sinal similar ao que foi originalmente transmitido desconsiderando os efeitos do canal de comunicação.

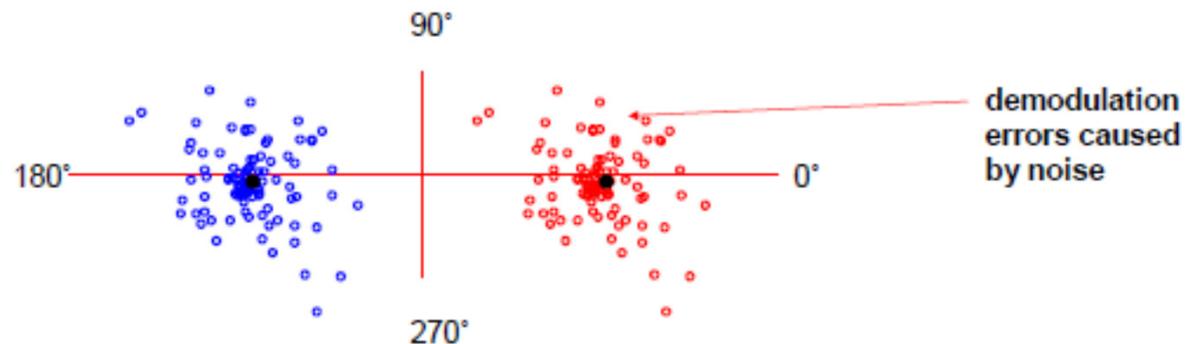


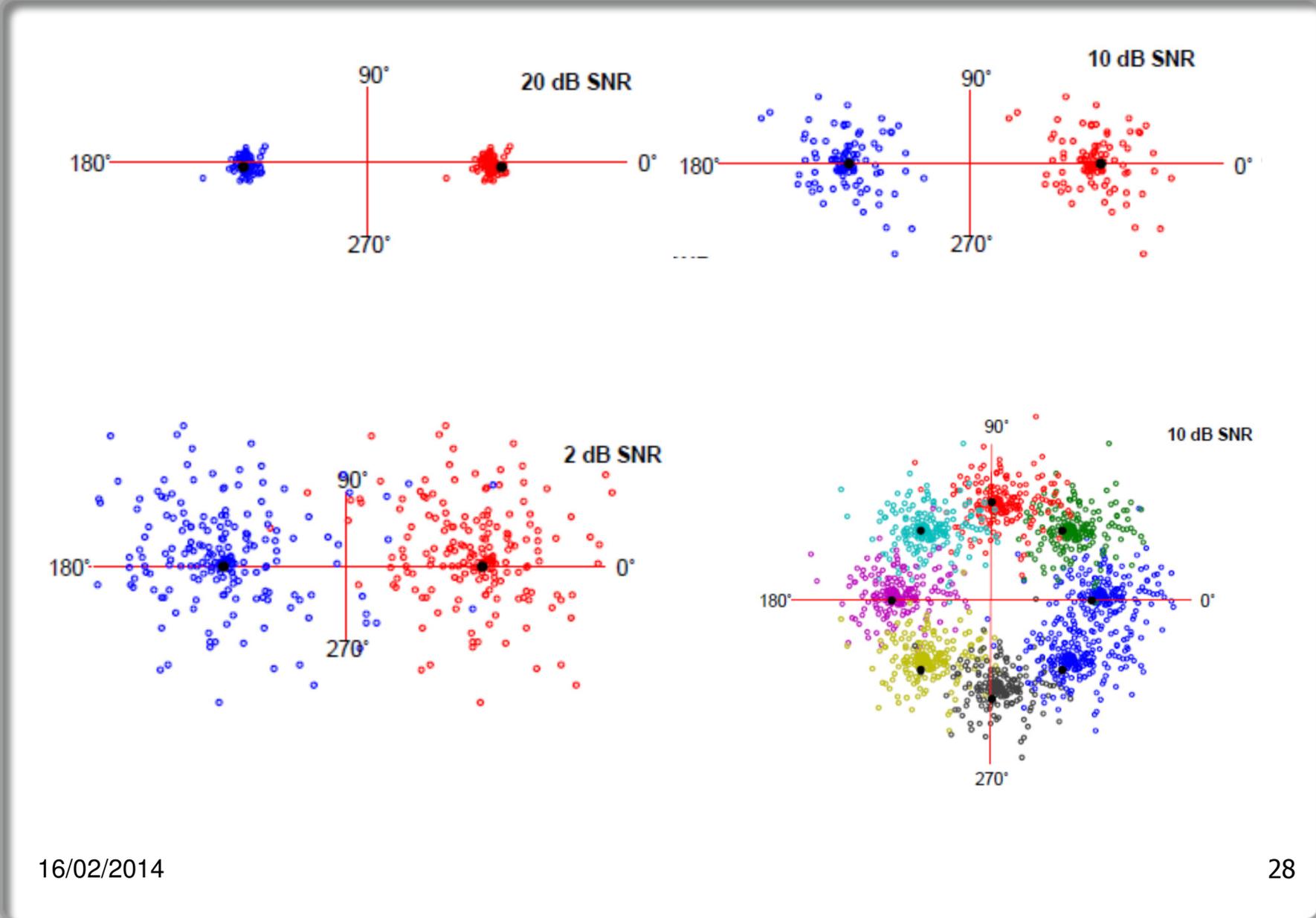
- Para remover as componentes de frequência mais elevada, utiliza-se o filtro raiz de cosseno levantado, diminuindo a largura de faixa e removendo a interferência de canal adjacente e se aproximando da largura de banda mínima dada pelo critério de Nyquist ($1/2T$).

- Em todas as transmissões o sinal recebido será degradado pelo ruído.



- Isto é representado sobre a forma fasorial como segue:





- ✓ A taxa de transmissão (R_b) indica a quantidade de bits transmitidos e é dado em bits por segundo (bps).
- ✓ A eficiência espectral (ν), consiste da quantidade de dados que podem ser transmitidos sobre uma dada largura de faixa (W) e é dada em bits/s/Hz (bps/Hz ou b/s/Hz).

✓ Para as modulações M-árias (fase e amplitude).

$$W = \frac{(1+\alpha)}{2T}$$

$$Rb = \frac{\log_2 M}{2T}$$

$$\nu = \frac{\log_2 M}{(1 + \alpha)}$$

✓ Para as modulações M-árias e frequência (FSK).

$$W = \frac{M}{2T}$$

$$Rb = \frac{\log_2 M}{T}$$

$$\nu = \frac{2\log_2 M}{M}$$

Modulation	Spectral efficiency (bps/Hz)
FSK	<1
BPSK	1
QPSK	2
8-PSK	3
16-QAM	4