

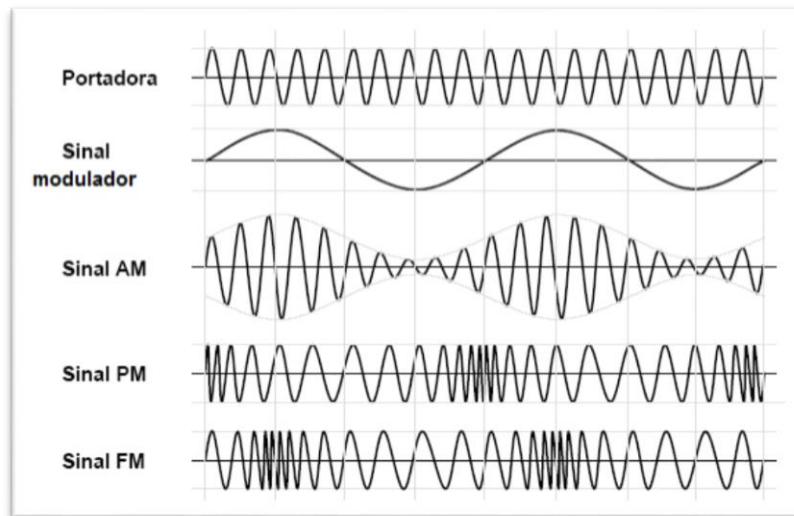
MODULAÇÃO 16-QAM

MODULAÇÃO

- ▶ O processo de **modulação** permite-nos adaptar as características do sinal a transmitir para que este fique adequado ao meio de transmissão.
- ▶ Para isso, é realizada a **variação de um parâmetro de uma onda portadora com a informação a transmitir**.

TIPOS DE MODULAÇÃO

- ▶ Na modulação em:
 - ▶ **amplitude** a portadora varia em função do sinal modulador, e a frequência e a fase são mantidas constantes;
 - ▶ **fase** faz-se variar a fase da portadora de acordo com o sinal modulador;
 - ▶ **frequência** varia-se a frequência da portadora.



MODULAÇÃO QAM

- ▶ A **modulação QAM** (*quadrature amplitude modulation*) é uma técnica de modulação que combina a modulação em **fase** e em **amplitude**.
- ▶ Utiliza-se esta modulação em sistemas com **alta taxa de transferência de informação**.

- ▶ Existem dois esquemas de modulação:

- ▶ **QAM analógica**

O sinal resulta na combinação de duas portadoras com um desfasamento de 90 graus (encontram-se em quadratura).

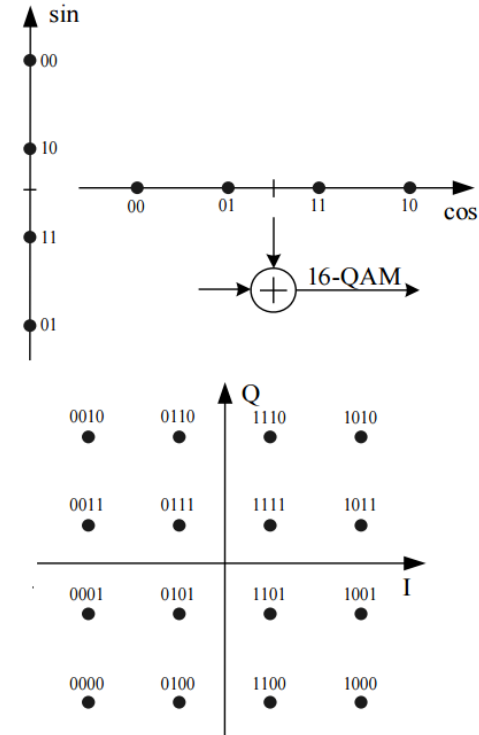
- ▶ **QAM digital**

O sinal é o resultado da combinação entre duas portadoras com diferentes amplitudes e/ou fases, sendo que é o número de bits de entrada que distingue os diferentes estados.

(16-QAM, 64-QAM, 256-QAM)

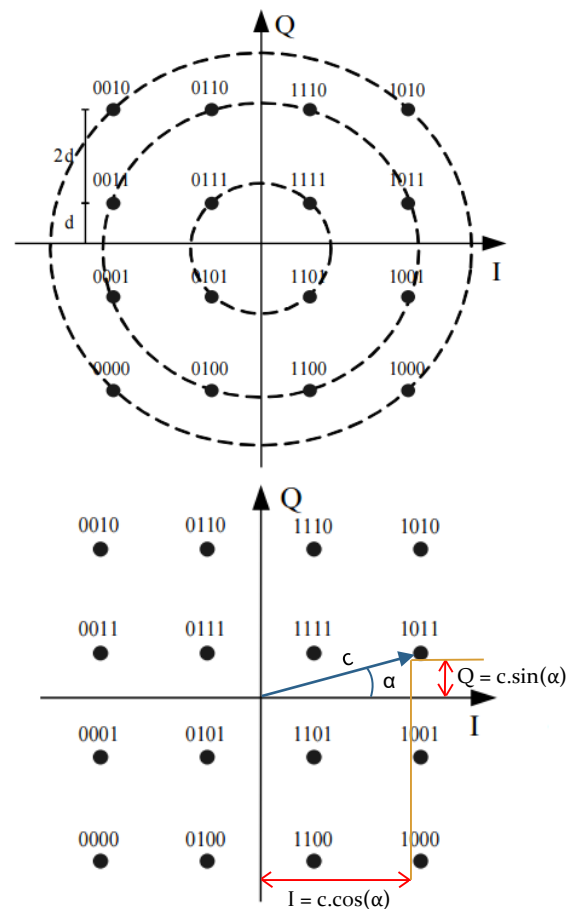
DIAGRAMA DE CONSTELAÇÃO

- ▶ O **diagrama de constelação** corresponde a uma representação gráfica das diferentes posições para os diferentes estados numa determinada modulação digital.
- ▶ Os símbolos são mapeados segundo um referencial definido pelos eixos ortogonais: **I (fase)** e **Q (quadratura)**.
- ▶ Cada símbolo encontra-se a uma distância específica da sua origem, representando a sua **amplitude**.
- ▶ Para uma **modulação eficaz** é necessário fazer uma correta distribuição dos pontos da constelação.
- ▶ Quando se utiliza a **modulação QAM** as constelações apresentam-se, tipicamente, numa grelha quadrada com o mesmo espaçamento vertical e horizontal.



MODULAÇÃO 16-QAM

- ▶ A modulação 16-QAM é uma técnica de modulação unicamente **digital**.
- ▶ O diagrama de constelação apresenta **16 símbolos** – 4 em cada quadrante, sendo que cada símbolo representa 4 bits.
- ▶ Os 16 símbolos encontram-se dispostos sobre **três circunferências** que correspondem aos três níveis de energia.
- ▶ O mapeamento é feito através do **código de Gray**, na qual entre símbolos adjacentes apenas modifica um bit, o que permite **minimizar a taxa de erro**.
- ▶ O ângulo do vetor c representa o **desfasamento do sinal**, o valor do vetor corresponde ao **valor da amplitude**.
- ▶ Os símbolos 1111 e 1010 têm a mesma fase (α) mas amplitude diferente.



VANTAGENS

- ▶ A quantidade de pontos que existem na constelação é maior, o que faz com que **mais bits por símbolo sejam transmitidos**.
- ▶ Desta forma, possibilita uma **maior eficiência** do sistema.

MODULATION	BITS PER SYMBOL	SYMBOL RATE
BPSK	1	1 x bit rate
QPSK	2	1/2 bit rate
8PSK	3	1/3 bit rate
16QAM	4	1/4 bit rate
32QAM	5	1/5 bit rate
64QAM	6	1/6 bit rate

DESVANTAGENS

- ▶ Os pontos existentes na constelação encontram-se mais próximos uns dos outros, logo a **ligação é mais suscetível a ruído e erros de dados**.
- ▶ A componente do sinal que é modulada em amplitude necessita de ser mantida, logo existe a necessidade de se utilizarem amplificadores lineares. Estes amplificadores além de serem **menos eficientes também consomem mais energia**.

REFERÊNCIAS

- ▶ [1] Jochen Schiller, “*Mobile Communications*”, Addison-Wesley, 2003.
- ▶ [2] Ian Poole, “*What is QAM-Quadrature Amplitude Modulation*”, <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/quadrature-amplitude-modulation-qam/what-is-qam-tutorial.php>.
- ▶ [3] Ian Poole, “*Comparison of 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM 128-QAM, 256-QAM, Types*”, <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/quadrature-amplitude-modulation-qam/8qam-16qam-32qam-64qam-128qam-256qam.php>.