



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

# 16-QAM

---

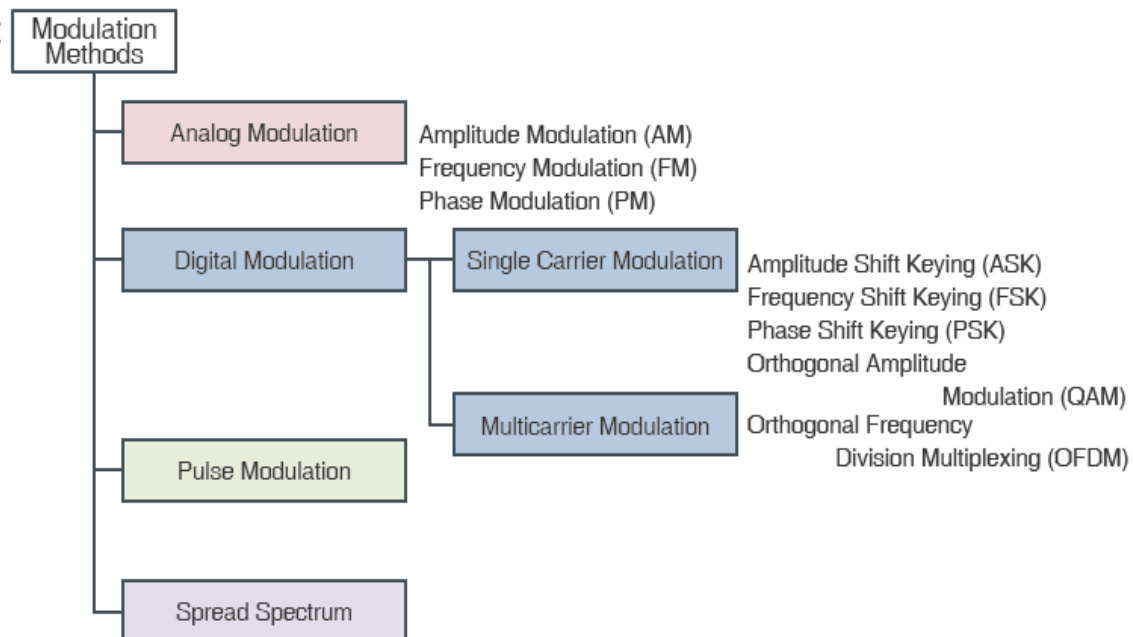
TRABALHO REALIZADO POR:  
FRANCISCO SILVA A68491

# Contextualização

Através das ondas rádio conseguimos transmitir informação ( p.e: audio, imagens) ponto a ponto. Isto é conseguido através da modulação de um sinal RF.

E o que é a modulação? Modulação é definido como a variação de um ou mais propriedades de um sinal RF para representar a informação que se pretende transmitir.

Existe vários tipos de modulação:





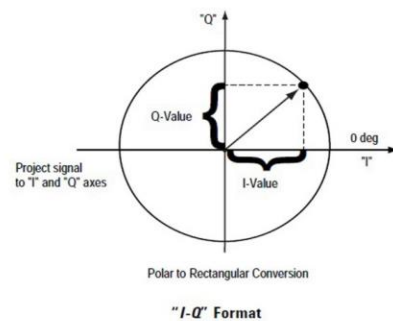
# Continuação

É possível modular a amplitude e a fase simultaneamente, onde separa-se o sinal original em dois tipos de componentes:

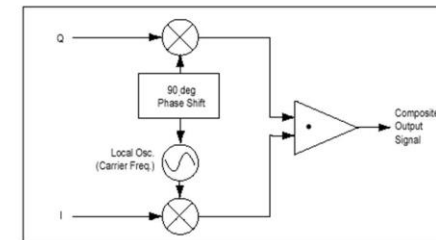
- I – em fase;
- Q – em quadratura.

## Digital Modulation - Why use I and Q?

I/Q formats



## Modulatore I Q



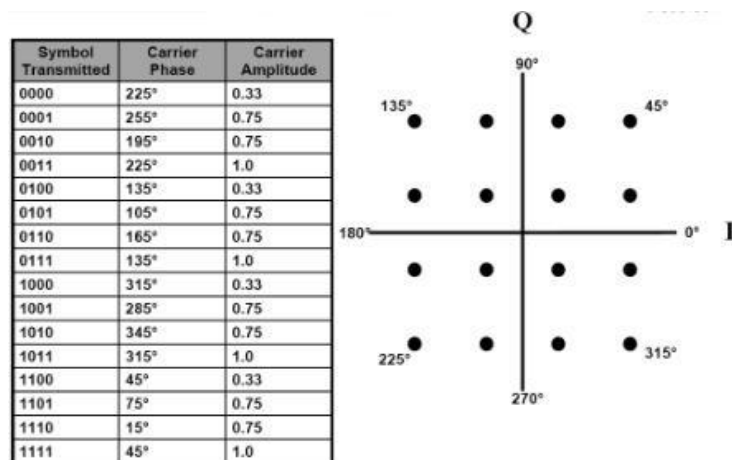
# 16-QAM

16-QAM: 16-state Quadrature Amplitude Modulation.

Quadratura tem o significado de quando o sinal se altera entre as fases de estados são separadas por  $90^\circ$ .

16 estados por causa de  $2^4=16$ , onde 4 são o número de bits por simbolo que são transmitidos.

Na figura seguinte podemos observar a constelação 16-QAM.





# Características

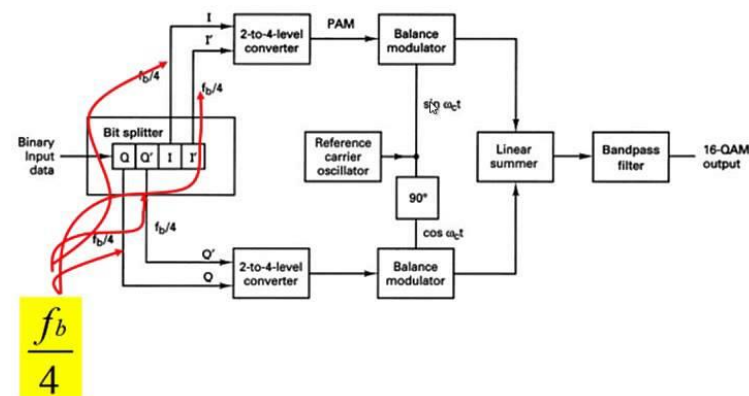
Aplicações principais:

- Rádio Digital;
- Televisão Digital;
- Modens ADSL.

Eficiência espectral à volta até 14 bits/s/Hz

## What Is 16QAM?

- **I, Q DETERMINE POLARITY; 0 = -, 1 = +**
- **I', Q' DETERMINE MAGNITUDE**



I	I'	Output
0	0	-0.22 V
0	1	-0.821 V
1	0	+0.22 V
1	1	+0.821 V

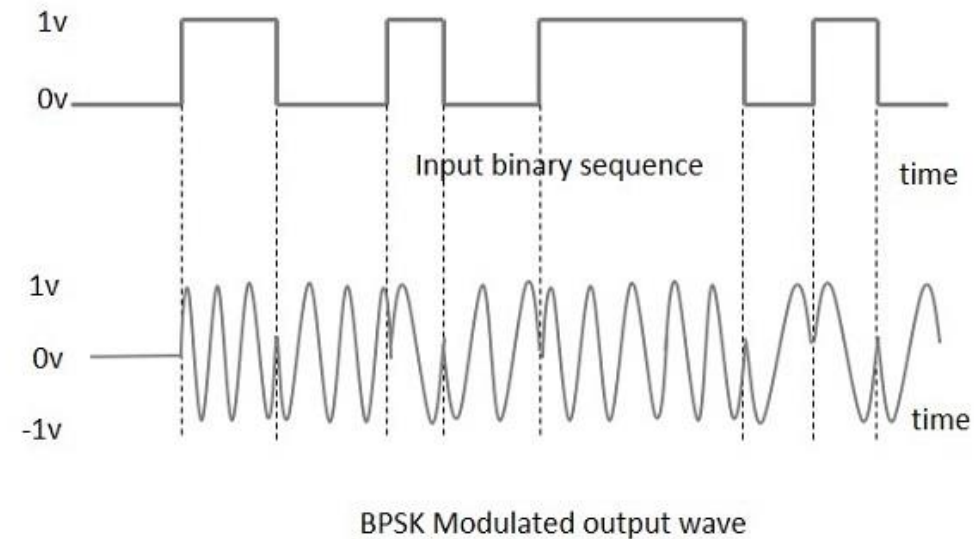
(a)

Q	Q'	Output
0	0	-0.22 V
0	1	-0.821 V
1	0	+0.22 V
1	1	+0.821 V

(b)

# BPSK

BPSK: Binary Phase Shift Keying – onde os 0's e 1's de uma mensagem binária é representada pelas diferentes fases de estado do sinal.  $\vartheta=0^\circ$  para bit 1 and  $\vartheta=180^\circ$  para bit 0.



# 16-QAM vs BPSK

A vantagem do uso de QAM é quanto maior for a ordem de modulação, será permitido ao carry transportar mais bits de informação por simbolo, selecionando uma maior ordem, teremos uma maior taxa de dados, porém encontramos uma enorme desvantagem pois quanto maior a ordem, mais susceptível o sinal a interferência e a ruído dos canais por isso é que BPSK encontramos um sinal mais resistência a interferência e menor ruído dos canais.

QAM FORMATS & BIT RATES COMPARISON

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

QAM FORMATS & NOISE PERFORMANCE

MODULATION	$\eta_B$	EB / NO FOR BER = 1 IN $10^6$
16QAM	2	10.5
64QAM	3	18.5
256QAM	4	24
1024QAM	5	28



# Referências

---

[http://erendemir.weebly.com/uploads/4/8/5/0/4850484/qpsk and 16-qam digital modulation.pdf](http://erendemir.weebly.com/uploads/4/8/5/0/4850484/qpsk_and_16-qam_digital_modulation.pdf)

<https://www.rohm.com/electronics-basics/wireless/modulation-methods>

<http://www.eletr.ufpr.br/marlio/te241/aula3.pdf>

<https://www.gaussianwaves.com/2010/04/bpsk-modulation-and-demodulation-2/>

<https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/quadrature-amplitude-modulation-types-8qam-16qam-32qam-64qam-128qam-256qam.php>