

INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA  
Campus São José

## MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Aluno: Vinícius Souza  
Matéria: COM1 - 2019/1

Data: 26/06/2019

# COM1 - Relatório QAM

## Seção I - Introdução

Este relatório tem como objetivo simular o processo de transmissão de um sinal através da modulação QAM. Para isto, iremos gerar valores aleatórios e modulá-los utilizando a modulação essa modulação.

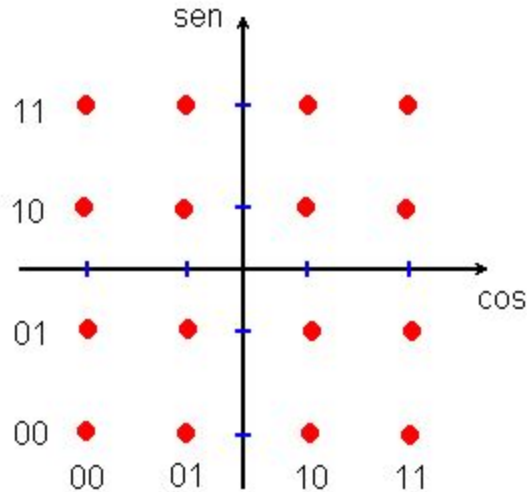
Para o desenvolvimento das atividades utilizaremos o software MatLab, bem como algumas funções disponibilizadas em sua biblioteca.

## Seção II - Embasamento Teórico

Alguns conceitos são importantes para o desenvolvimento e entendimento deste relatório, por conta disso, abordaremos estes conceitos nesta seção. Além disso, tem-se como premissa, a leitura dos relatórios anteriores, os quais servem de base conceitual para desenvolvimento deste.

**Modulação QAM (Quadrature Amplitude Modulation)** → tipo de modulação em que a informação está na amplitude e na fase do sinal modulado.

Para representação deste tipo de modulação, é possível utilizar um plano cartesiano com os eixos imaginário e real. Assumindo como base as funções seno e cosseno, podemos representar o eixo imaginário como sendo a função seno e o eixo real como sendo a função cosseno (podemos representar desta forma, pois essas funções se distanciam com uma variação angular de 90 graus). Desta forma, é possível definirmos um símbolo como sendo um ponto relacionado a partir destas duas funções. Sendo assim, um símbolo se distingue do outro em razão da sua variação na direção seno versus sua variação na direção cosseno. Além disso, na modulação QAM também temos a variação por amplitude, fazendo com que possamos representar os símbolos desta modulação através de uma constelação, como mostra a figura a seguir.



**Figura 1** - Constelação de símbolos modulação 16-QAM

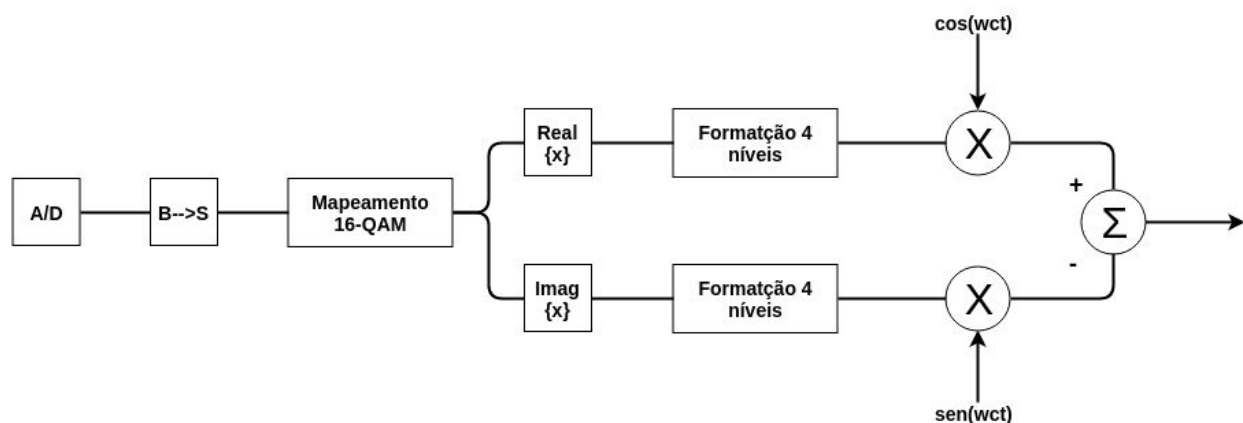
Neste relatório, utilizaremos 4 bits para representação dos símbolos, resultando em 16 símbolos, ou seja, utilizaremos a modulação 16-QAM (conforme imagem acima).

### Seção III - Desenvolvimento

Nesta seção serão apresentados os gráficos e os comentários referente as atividades desenvolvidas na elaboração do relatório, buscando relacionar os exercícios de acordo com os conceitos apresentados na seção anterior.

#### Exercício 1

Neste exercício, simularemos o processo de transmissão de um sinal modulado em 16-QAM tomando como base o seguinte diagrama:



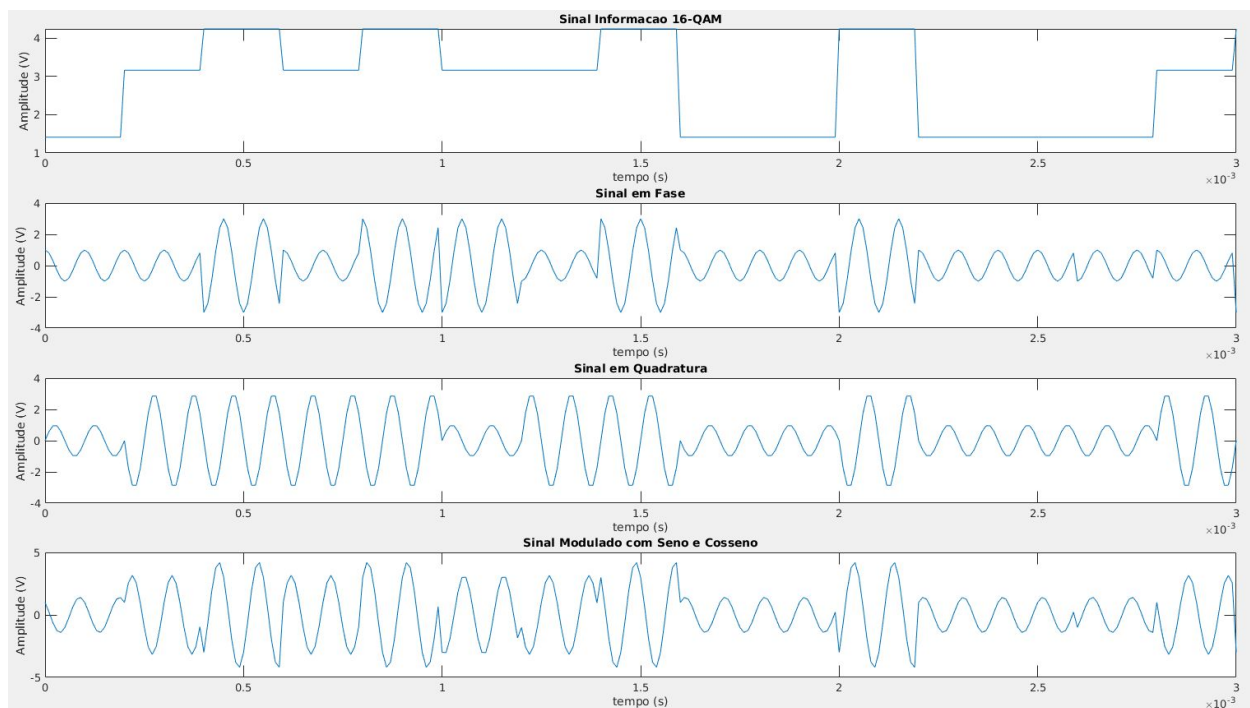
**Figura 2** - Diagrama transmissor trigonométrico 16-QAM

Visualizando o diagrama acima, podemos definir o processo como sendo:

1. Primeiramente o sinal, que neste caso é analógico, é convertido em digital através de um conversor A/D.
2. Em seguida, convertemos as amostras binárias em símbolos.

3. Na sequência, realizamos o mapeamento dos símbolos de acordo com a modulação escolhida (16-QAM). Como resultado deste processo teremos em números complexos ( $a+jb$ ) - de acordo com o que foi explicado na fundamentação sobre a modulação 16-QAM.
4. A partir do mapeamento gerado, esta implementação, separa as partes real e imaginária.
5. Em seguida, é realizada a formatação para os 4 níveis do 16-QAM.
6. Já na parte final do processo, a parte real é multiplicada por um cosseno, enquanto que a parte imaginária é multiplicada por um seno, ambos na frequência da portadora.
7. Por fim, a parte cosseno é subtraída da parte seno e o sinal é transmitido.

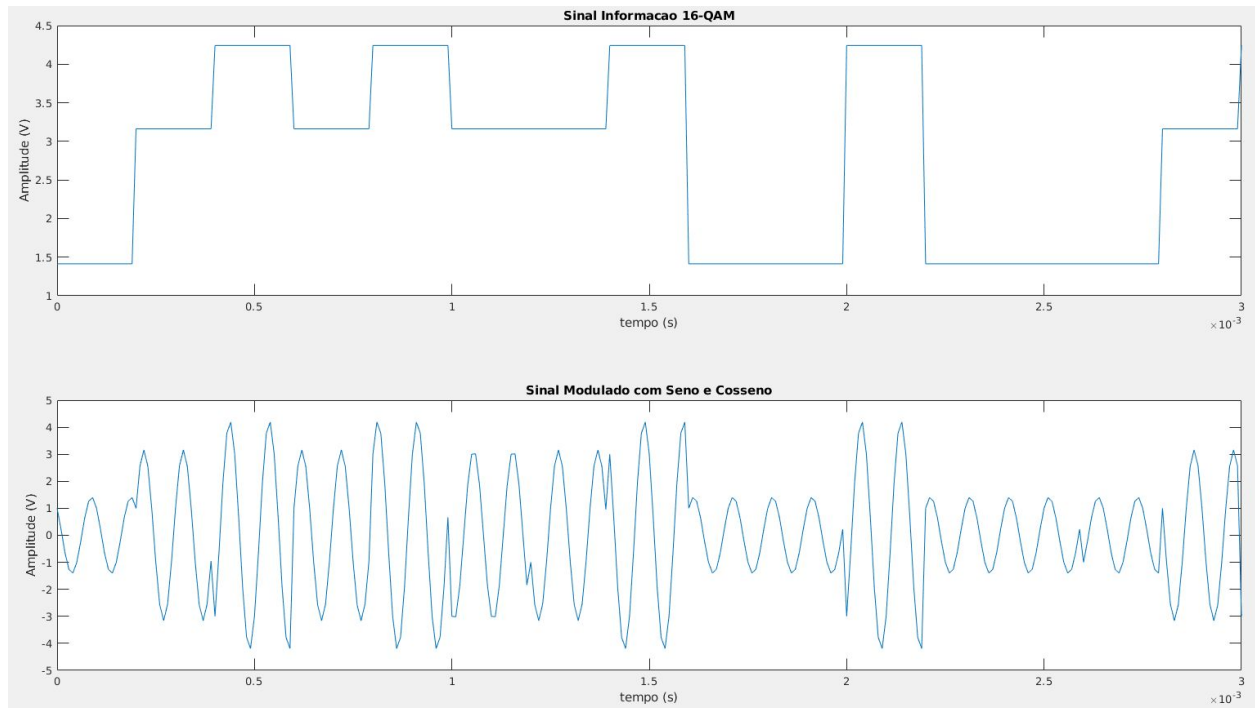
A figura a seguir exibe partes da etapa do processo explicado acima



**Figura 3 - Sinais gerados exercício 1**

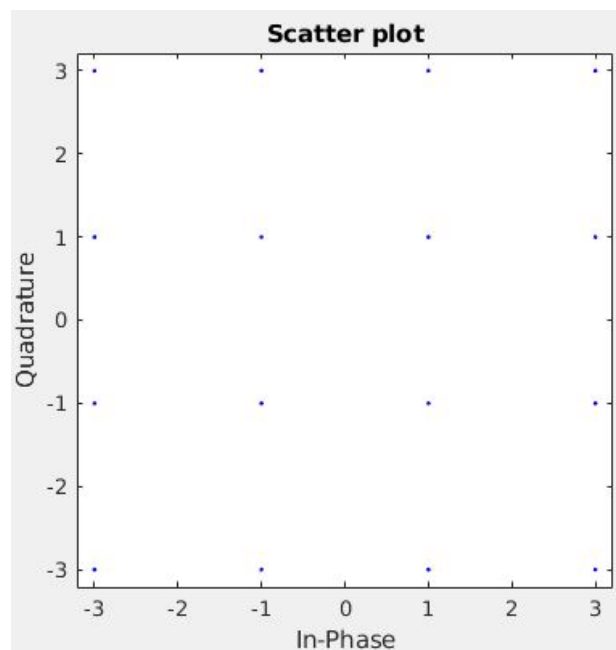
O gráfico entitulado “Sinal Informação 16-QAM” se refere a parte real do mapeamento 16-QAM. Em seguida, são exibidos o gráfico de “Sinal em Fase”, que se refere a parte real do mapeamento, ou seja, a parte do cosseno, enquanto que o gráfico “Sinal em Quadratura” se refere a parte imaginária do mapeamento, ou seja, a parte do seno. Por fim, no último gráfico, é exibida a onda que foi transmitida.

O gráfico a seguir exibe de forma mais nítida, a parte real do mapeamento e o que foi transmitido.



**Figura 4** - Sinal de valor real do mepeamento 16-QAM e sinal de saída do sistema exercício 1

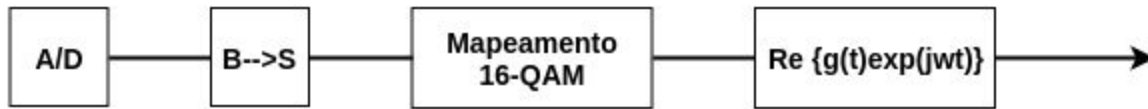
Além dos gráficos gerados acima, também é possível visualizarmos a constelação que foi gerada pelo processo de transmissão. Essa constelação pode ser observada no gráfico a seguir.



**Figura 5** - Constelação gerada exercício 1

## Exercício 2

Neste exercício, simularemos o processo de transmissão de um sinal modulado em 16-QAM tomando como base o seguinte diagrama:

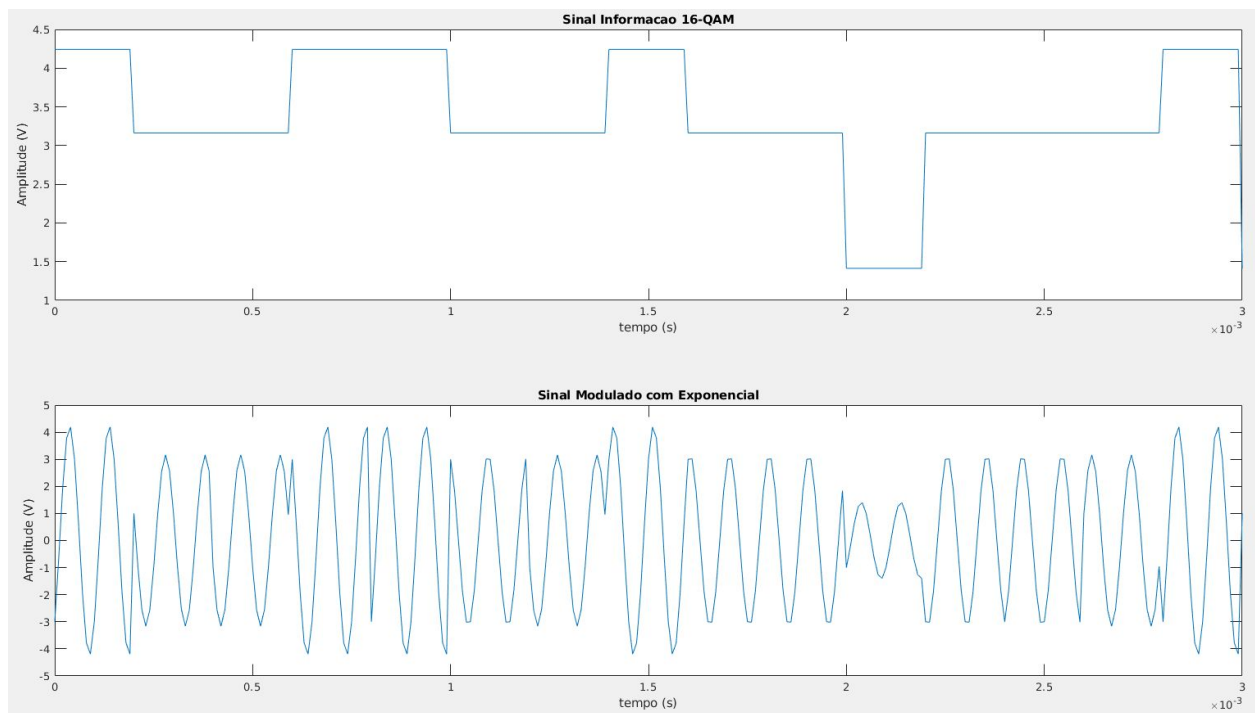


**Figura 2** - Diagrama transmissor trigonométrico 16-QAM

Visualizando o diagrama acima, podemos definir o processo como sendo:

1. Primeiramente o sinal, que neste caso é analógico, é convertido em digital através de um conversor A/D.
2. Em seguida, convertemos as amostras binárias em símbolos.
3. Na sequência, realizamos o mapeamento dos símbolos de acordo com a modulação 16-QAM. Até aqui, temos o mesmo processo do primeiro exercício.
4. Como último passo deste processo, temos a multiplicação da parte real dos símbolos por uma exponencial, que, de acordo com a identidade de euler, simboliza o mesmo que multiplicarmos por um seno e cosseno. Desta forma, apenas com este processo, já temos o mesmo sinal de saída obtido no exercício anterior.

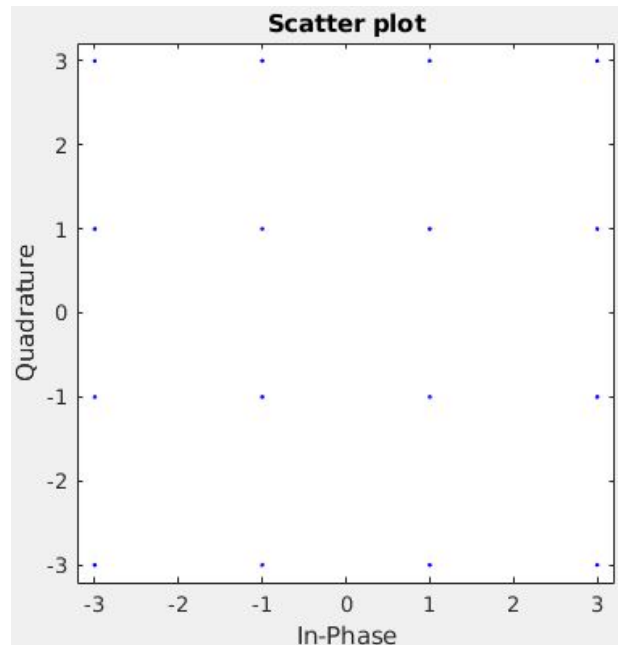
A figura a seguir exibe partes da etapa do processo explicado acima.



**Figura 6** - Sinal de valor real do mapeamento 16-QAM e sinal de saída do sistema exercício 2

O gráfico intitulado "Sinal Informação 16-QAM" se refere a parte real do mapeamento 16-QAM e o gráfico "Sinal Modulado com Exponencial" exibe a saída do sistema.

Assim como no exercício anterior, também é possível visualizarmos a constelação que foi gerada pelo processo de transmissão, que pode ser observada no gráfico a seguir.



**Figura 7** - Constelação gerada exercício 2

## **Seção IV - Conclusões**

Com os exercícios realizados foi possível fixar conceitos relacionados a modulação de sinais digitais, em especial, a modulação QAM. Além disso, foi possível observar duas implementações diferentes, em que o tamanho do circuito varia, ou seja, neste caso podemos levar em consideração a performance de ambos os circuitos, já que o resultado obtido pelos dois, é o mesmo.

## **Seção V - Códigos**

Os códigos utilizados para o desenvolvimento deste relatório estão disponíveis no seguinte endereço: [https://github.com/viniciusluzsouza/COM/tree/master/COM1/relatorio\\_qam](https://github.com/viniciusluzsouza/COM/tree/master/COM1/relatorio_qam)