

# Transmissão de sinais

---

V.C.Parro

Maio - 2020

# **Modulação em amplitude - AM**

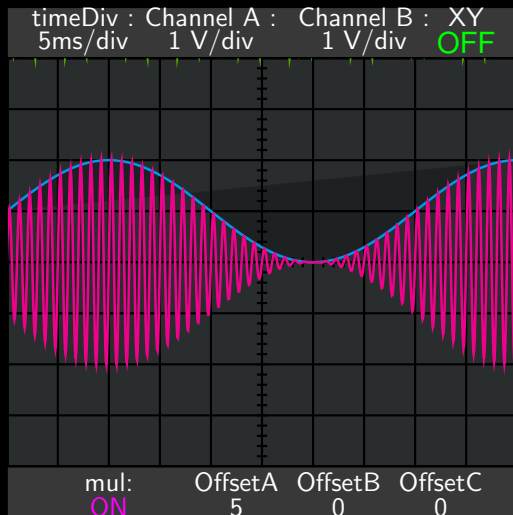
---

## 01 - Modulação AM

Um sinal modulado em amplitude está ilustrado noa Figura 1.  
Para este sinal, determine:

1. A função do sinal modulado -  $\phi_{AM}(t)$ .
2. A função da mensagem -  $m(t)$ .
3. A potência do sinal modulado -  $P_{AM}$ .
4. A potência da bandas laterais -  $P_{BL}$ .
5. A banda do sinal modulado -  $B_{AM}$ .

# 01 - Modulação AM



**Figura 1:** Sinal modulado em amplitude - mensagem senoidal.

## 02 - Modulação em amplitude

Um sinal modulado em amplitude está ilustrado noa Figura 2.  
Para este sinal, determine:

1. A função do sinal modulado -  $\phi_{AM}(t)$ .
2. A função da mensagem -  $m(t)$
3. A banda do sinal modulado -  $B_{AM}$

## 02 - Modulação em amplitude

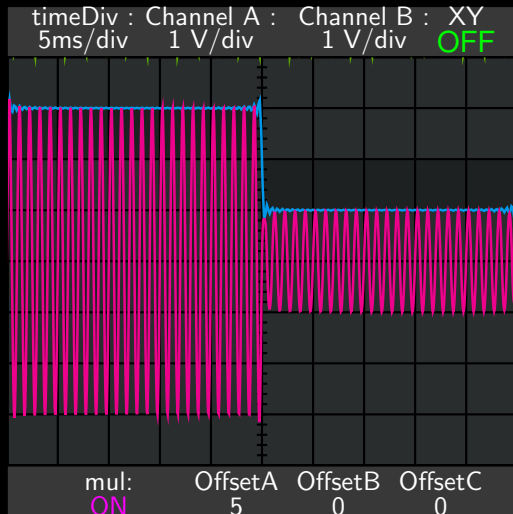


Figura 2: Sinal modulado em amplitude - mensagem pulsada.

### 03 - Modulação em amplitude

Uma sinal modulado por uma mensagem semelhante ao da Figura 2, foi transmitido por um canal de comunicação. Com resultado desta transmissão, obteve-se o sinal da Figura 3. Estime a **banda deste canal de comunicação** de comunicação admitindo que trata-se de um sistema linear.

### 03 - Modulação em amplitude - filtrado

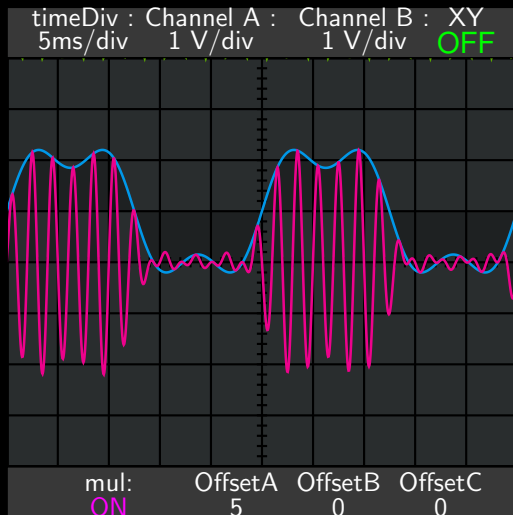


Figura 3: Sinal modulado em amplitude - filtrado.

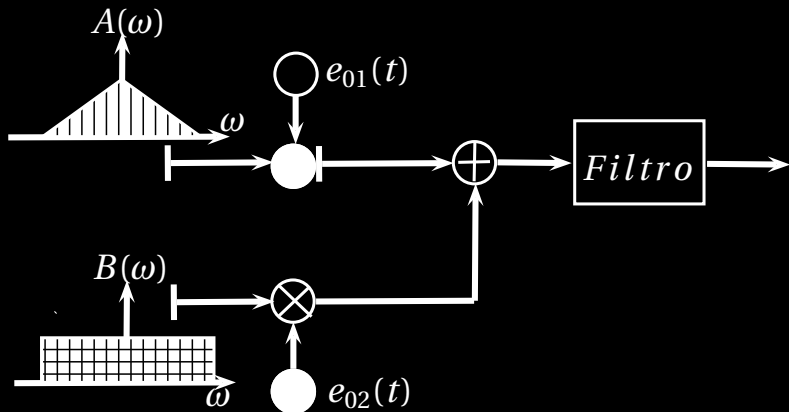


## 04 - Sistema de comunicação em AM

Um sistema de dois canais em AM, cada canal utilizado por um usuário diferente, é ilustrado na Figura 4. Os dois canais ocupam uma banda de  $B_{canal} = 10kHz$  cada. O sinal de portadora  $e_{01}(t) = \cos(200.000\pi t + \frac{\pi}{2})$  é aplicado a um misturador (multiplicador) e somado ao outro canal, também modulado. Considerando esta arquitetura, determine:

1. A portadora  $e_{01}(t)$  que deve ser utilizada para que a soma não gere interferência e ocupe a mínima banda possível no sinal composto antes do filtro.
2. Que tipo de filtro devemos utilizar e quais suas características: Banda passante e frequência central.

## 04 - Sistema de comunicação em AM

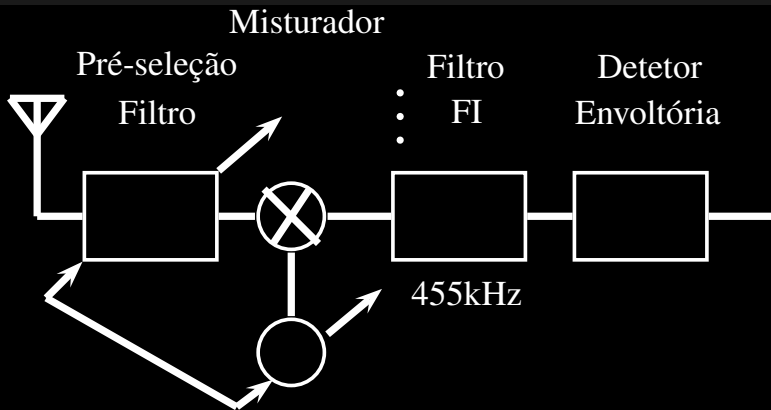


**Figura 4:** Sistema de modulação em dois canais.

## 05 - Receptor super heteródino

O diagrama em blocos de um receptor superheteródino ilustrado na Figura 5 está sintonizado em  $455kHz$ . Qual o valor do filtro de pré-seleção e do oscilador local para sintonizarmos uma emissora com portadora  $f_c = 1000kHz$ .

## 05 - Receptor super heteródino



**Figura 5:** Diagrama de um receptor superheteródino para AM.

# **Modulação em frequência - FM**

---

## 06 - Comparação AM e FM

Um canal de comunicação privado tem banda total de  $B = 5000\text{MHz}$ , este canal comporta 10 canais modulados do tipo AMDSB. Considerando a mesma mensagem aplicada, estime o número de canais considerando que o índice de modulação é  $\beta = 1$ .

## 07 - Modulação angular - cálculo de banda

Considerando um sinal modulado em ângulo, utilizando como mensagem  $m(t) = \cos(t)$  o sinal modulado em ângulo é indicado na Equação 1. Indique se o resultado é uma modulação em fase ou frequência e a respectiva constante de modulação  $K_f$ .

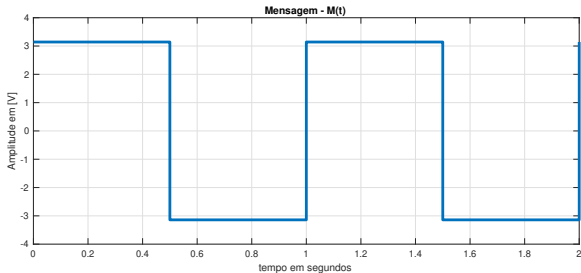
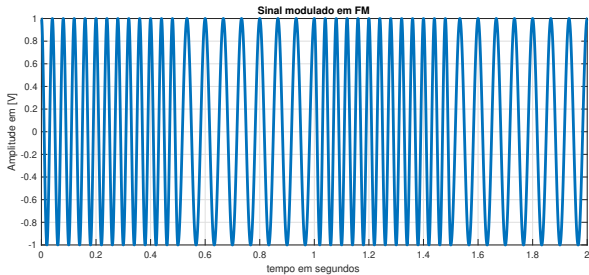
$$\phi(t) = \cos(200\pi t + 10\sin(t)) \quad (1)$$

Considerando o sinal Modulado da Figura 15, determine os parâmetros da modulação em frequência:

1. A constante de modulação em frequência  $K_f$ .
2. A frequência da portadora  $\omega_c$ .
3. A equação do sinal modulado  $\phi_{FM}(t)$



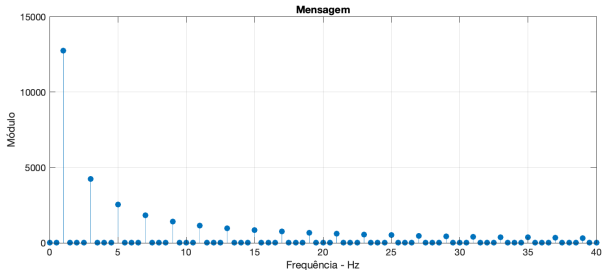
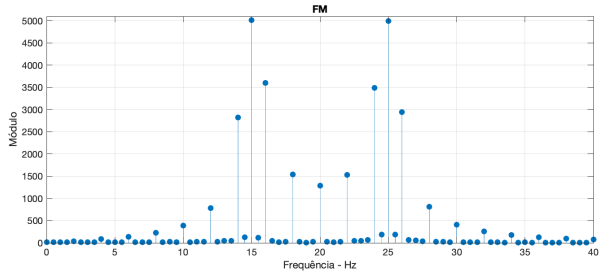
## 08 - Análise temporal de FM



Considerando o sinal Modulado da Figura 17, determine os parâmetros da modulação em frequência:

1. A constante de modulação em frequência  $K_f$ .
2. A frequência da portadora  $\omega_c$ .
3. Um esboço do sinal modulado  $\phi_{FM}(t)$  e da mensagem  $m(t)$ .

## 09 - Análise espectral de FM



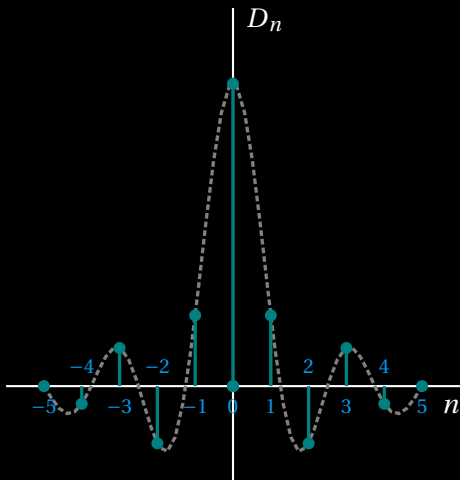
# Análise espectral

---

## 10 - Análise espectral

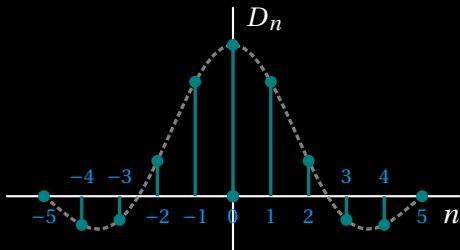
Considerando os três espectros ilustrados nas Figuras 6, 7 e 8, que foram obtidos a partir de pulsos de mesma amplitude (pico-a-pico) porém com diferentes relações entre nível alto ( $\tau$ ) e nível baixo. Analisando os três, esboce os mesmos no domínio do tempo sabendo que o período é  $T_0 = 1s$ .

## 10 - Análise espectral



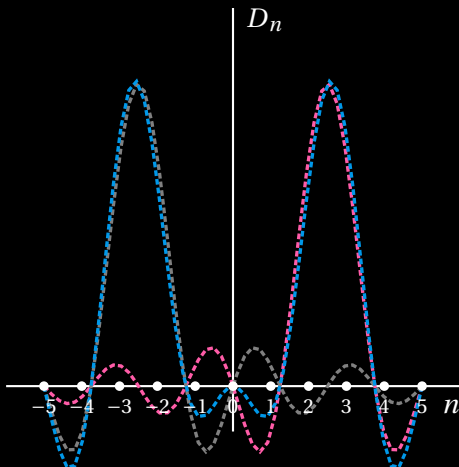
**Figura 6:** Série exponencial para  $\tau = 4$ .

## 10 - Análise espectral



**Figura 7:** Série exponencial para  $\tau = 2$ .

## 10 - Análise espectral



**Figura 8:** Série exponencial para o sinal correspondente ao pulso deslocado em frequência.

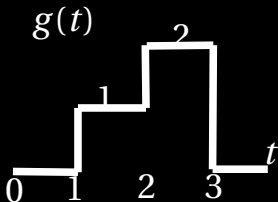


## **11 - Transformada de Fourier**

---

## Transformada de Fourier de um sinal composto

Determine a Transformada de Fourier para o caso do sinal da Figura 9.



**Figura 9:** Sinal  $g(t)$

# Transmissão de sinais

---

## 12 - Resposta impulsiva e filtragem de sinais

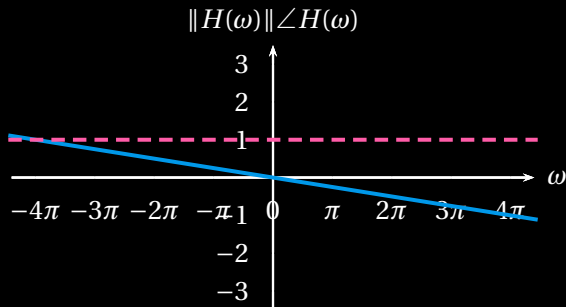
A resposta impulsiva de um sistema dinâmico é caracterizada pela equação 2. Com base na análise apropriada resposta impulsiva justifique de que tipo de filtro se trata (FPB, FPF, FRFou FPA). É possível determinar a banda total disponível para este tipo de filtro? Se aplicarmos na entrada do filtro um sinal do tipo  $x(t) = \cos(t)$  qual o sinal de saída  $y(t)$ ?

$$g(t) = \delta(t) - e^{-t}u(t) \quad (2)$$

## 13 - Sistema de transmissão

Considerando a resposta em frequência ilustrada na Figura 10 referente a um canal de comunicação, se aplicarmos o sinal  $g(t)$  ilustrado na Figura 9 a este canal, esboce o sinal que será recebido pelo receptor.

## 13 - Sistema de transmissão

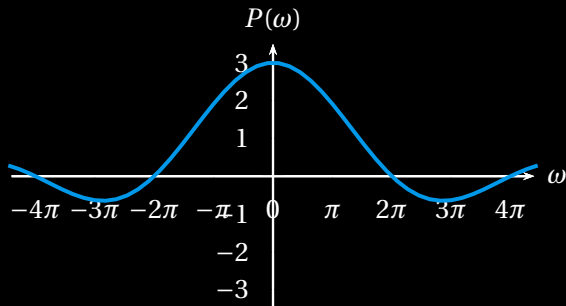


**Figura 10:** Transformada de Fourier da resposta impulsiva de um sistema  $h(t)$ .

## 14 - Transformada de Fourier de um pulso

A transformada de Fourier de um sinal do tipo pulso, pode ser analisada na figura 11. Com base na análise gráfica (está em escala) esboce o pulso e, se o mesmo for aplicado na entrada do canal da questão anterior, determine o sinal na saída do canal.

## 14 - Transformada de Fourier de um pulso



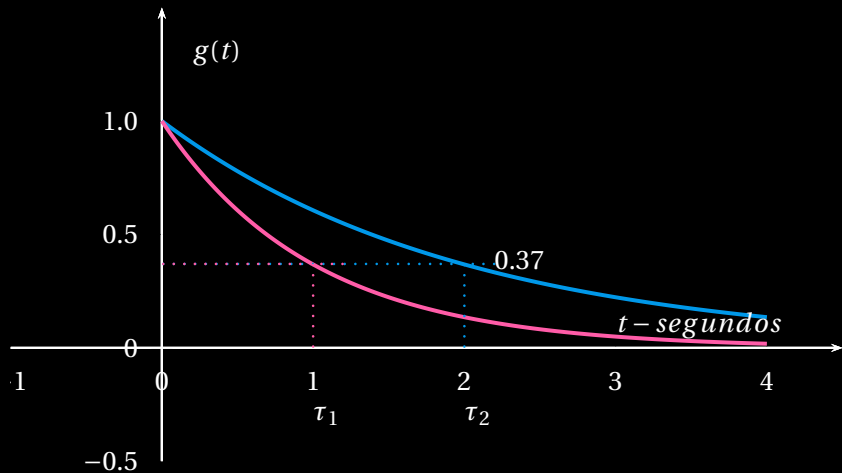
**Figura 11:** Transformada de Fourier de um pulso de amplitude  $A$  e largura  $\tau$ .



## 15 - Resposta impulsiva

Dois canais de comunicação tem como resposta impulsiva os sinais ilustrados na Figura 12. Determine qual a natureza destes canais de comunicação no que tange a filtragem, qual deles tem maior banda passante e qual tem maior atraso de transmissão.

## 15 - Resposta impulsiva



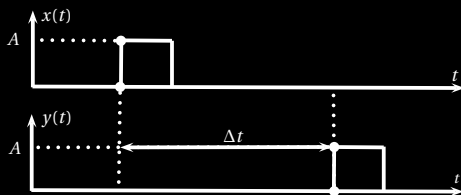
## 16 - Canal de comunicação

Um canal de comunicação pode ser implementado por um cabo, uma fibra, uma trilha de circuito impresso ou pela comunicação entre duas antenas entre outras possibilidades. O conhecimento das características do canal é relevante pois permite identificar a priori eventuais deformações que o sinal a ser transmitido venha a sofrer. Considerando um canal de comunicação 13 com entrada  $x(t)$  e saída  $y(t)$  em que condição teríamos a transmissão dos sinal  $x(t)$  de forma ideal?

## 16 - Canal de comunicação



**Figura 13:** Canal de comunicação -  $H(f)$ .



**Figura 14:** Entrada e saída do canal.

## 16 - Canal de comunicação

Modelando o problema no domínio do tempo 14, observe que o sinal de saída, na condição ideal é idêntico ao sinal de entrada a menos de um atraso  $\Delta t$ . Nesta situação podemos modelar matematicamente este efeito pela equação 3.

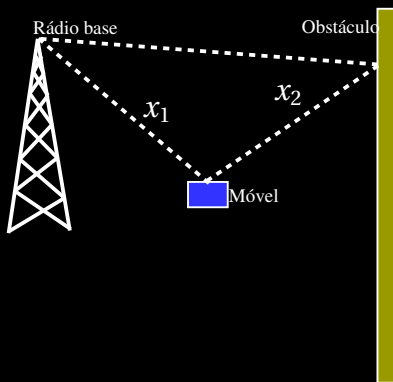
$$y(t) = x(t - \Delta t) \quad (3)$$

**Pergunta:** considerando um meio de transmissão onde o atraso seja  $\Delta t = 1ns$  determine o sinal de saída para o caso onde a entrada seja  $x(t) = 1\cos(2\pi 10^9 t)$ .

## 17 - Transmissão de sinais em canais abertos de comunicação.

Considerando um canal de comunicação aberto ilustrado na figura ???. Discuta se o sinal  $y(t)$  recebido pelo sistema móvel sofre alterações em relação ao sinal transmitido na Rádio Base  $x(t)$ .

## 17 - Transmissão de sinais em canais abertos de comunicação.



**Figura 15:** Diagrama de comunicação simplificado para um canal *wireless* em espaço aberto.



## 17 - Transmissão de sinais em canais abertos de comunicação.

O canal da Figura 15 pode ser modelado pela Equação 3?  
Compare a resposta do canal com a resposta em frequência descrita na Figura 10.

*<https://github.com/vparro/sinais>*