

# *Modulação FM*

Leticia Coelho

Abril 2018

## 1 Introdução

Em comunicações móveis o processo de transmissão de dados necessita do processo de modulação, o qual consiste entre outros passos em adicionar a informação (voz, música e outros sinais) em uma onda senoidal especial (portadora) e alterar diferentes aspectos desta onda para adequar suas propriedades para cada tipo de modulação. Ou seja, a modulação é a variação de um parâmetro da onda portadora para efetuar sua transmissão por um meio escolhido, podendo ser realizados através da variação de amplitude (AM), frequência (FM) e fase (PM). Este trabalho tem o objetivo de demonstrar uma análise simples da modulação em frequência - FM. Na Figura 1 podemos verificar a demonstração das modulações mais usuais.

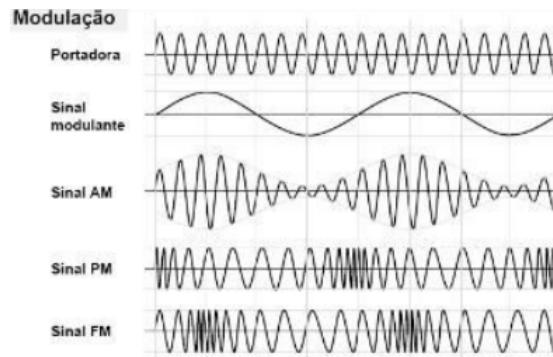


Figure 1: Tipos de modulação

## 2 Modulação em Frequência - FM

A modulação em Frequência (FM) é dita angular, ou seja, a modulação é feita sobre o ângulo da portadora e a amplitude do sinal permanece constante, [?] utilizando como característica de variação nos parâmetros da onda portadora a frequência. Ao transmitir um sinal modulado a frequência do transmissor oscila acima e abaixo da frequência central conforme este sinal. Considerando

as oscilações na frequência a largura de banda irá ocupar mais espaço para a frequência, assim a largura de banda necessária pode ser estimada considerando o número de banda laterais concentradas ao redor da portadora, portanto a banda final será o dobro da relação entre a frequência máxima do sinal modulante e o número de faixas laterais [? ]. Na Figura 2 podemos verificar uma demonstração do sinal modulado em frequência.

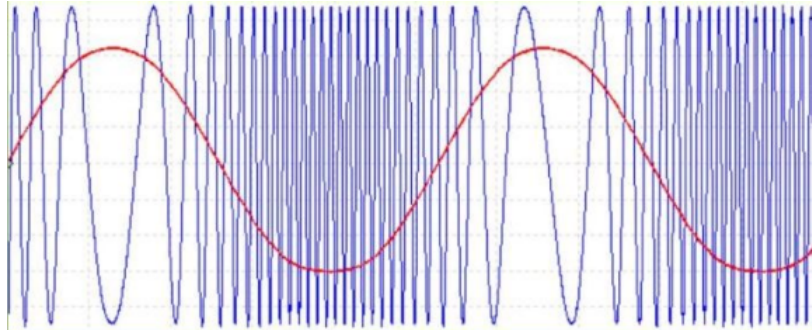


Figure 2: Tipos de modulação

Apesar da desvantagem de ocupar mais espaço de frequência e possuir a característica de efeito de captura (quando há dois ou mais sinais de FM emitidos na mesma frequência, o receptor de FM responde ao sinal de maior potência e ignora os menores) a modulação FM possui a vantagem de qualidade de áudio e imunidade a ruído, pois a maioria dos ruídos está relacionada a amplitude e um receptor FM não responde a sinais de amplitude, além disso, geralmente os sinais FM trabalham em altas frequências o que exclui ruídos de frequências inferiores [? ].

A modulação FM pode ser executada em dois modos dependendo do seu índice de modulação, faixa estreita e faixa larga. A modulação com faixa estreita realizam dentre outros serviços a transmissão dos dados para a comunicação em serviço público e radioamador e a modulação com faixa larga é responsável pela transmissão de sinais de áudio de TV analógica, comunicações ponto a ponto e Radiodifusão comercial.

### 3 Modulação FM - Equações

A modulação FM pode ser definida através de expressões, considerando  $m(\tau)$  o sinal a ser transmitido,  $f_c$  a frequência da portadora,  $k_f$  o fator de sensibilidade, podemos verificar que o sinal modulado  $s(t)$  será :

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 2\pi k_f \int_0^t m(\tau) d\tau) \quad (1)$$

Além disso, considerando as variáveis já citadas, a frequência instantânea do sinal modulado será representada por:

$$f_i(t) = f_c + k_f * m(t) \quad (2)$$

## 4 Demodulação FM

O processo de demodulação consiste em recuperar o sinal que foi transmitido através do modulador FM. Para realizar a demodulação o ciclo demonstrado na Figura 3 deve ser executado, ou seja, o processo consiste em utilizar um detector de envoltória (detector de envelope) e um circuito de rampa que funciona como circuito de inclinação. Assim sendo, este circuito em conjunto com uma malha de realimentação realizam a demodulação FM. [1]

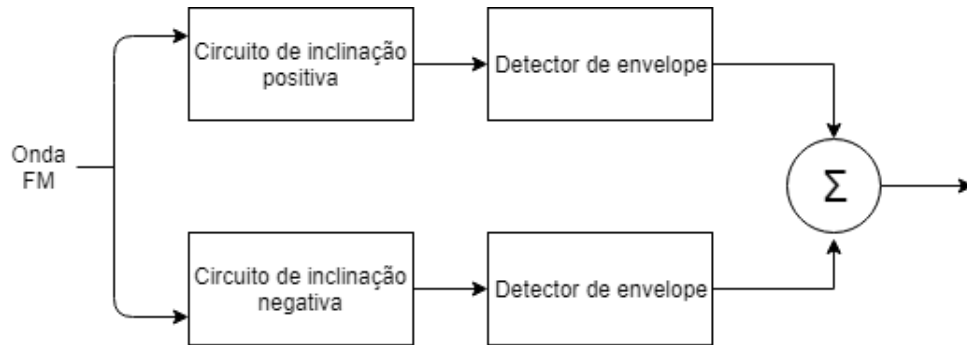


Figure 3: Demodulação FM

## References

- [1] Michael. Haykin, Simon; Moher. *Introdução aos Sistemas de Comunicação*. 4ª Edição.
- [2] Wikipedia. *Relação sinal-ruído*. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Relação\\_sinal-ruído](https://pt.wikipedia.org/wiki/Relação_sinal-ruído).