Insper

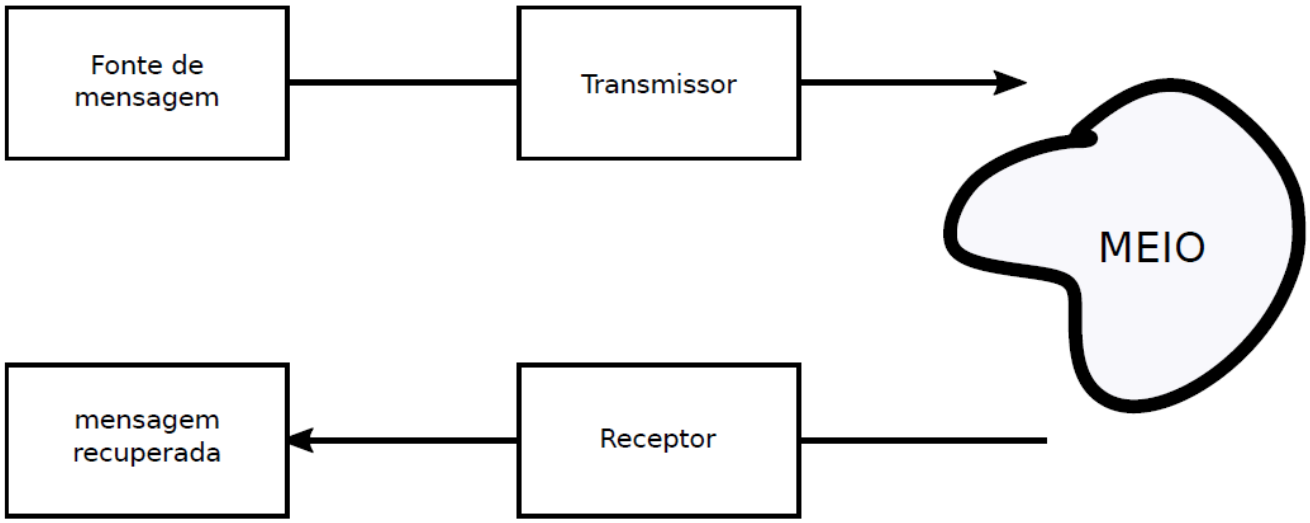
Camada Física da Computação

Aula 14 – Modulacao AM

2018 – Engenharia da computação

Rodrigo Carareto

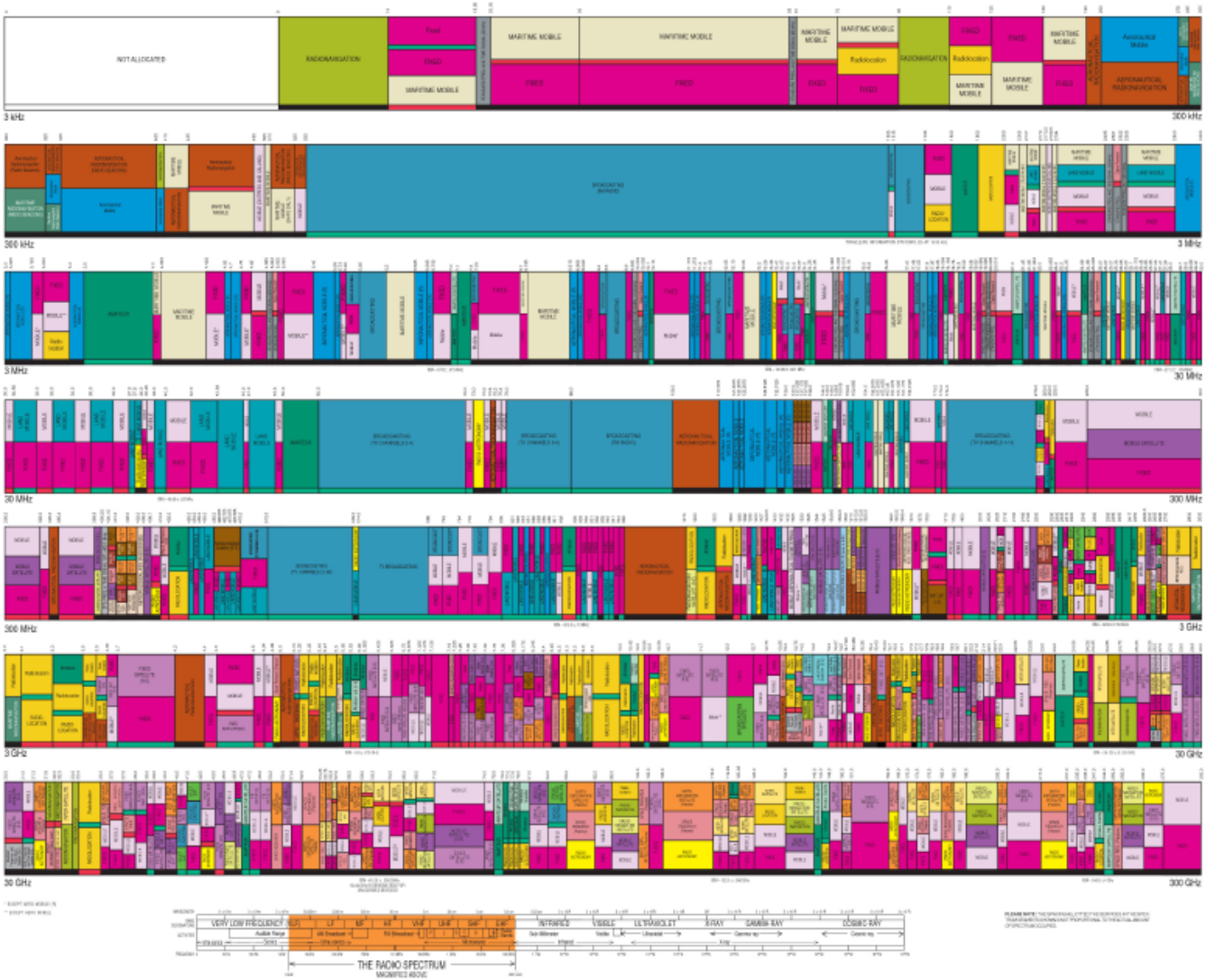
Várias fontes, vários receptores, bandas passantes...



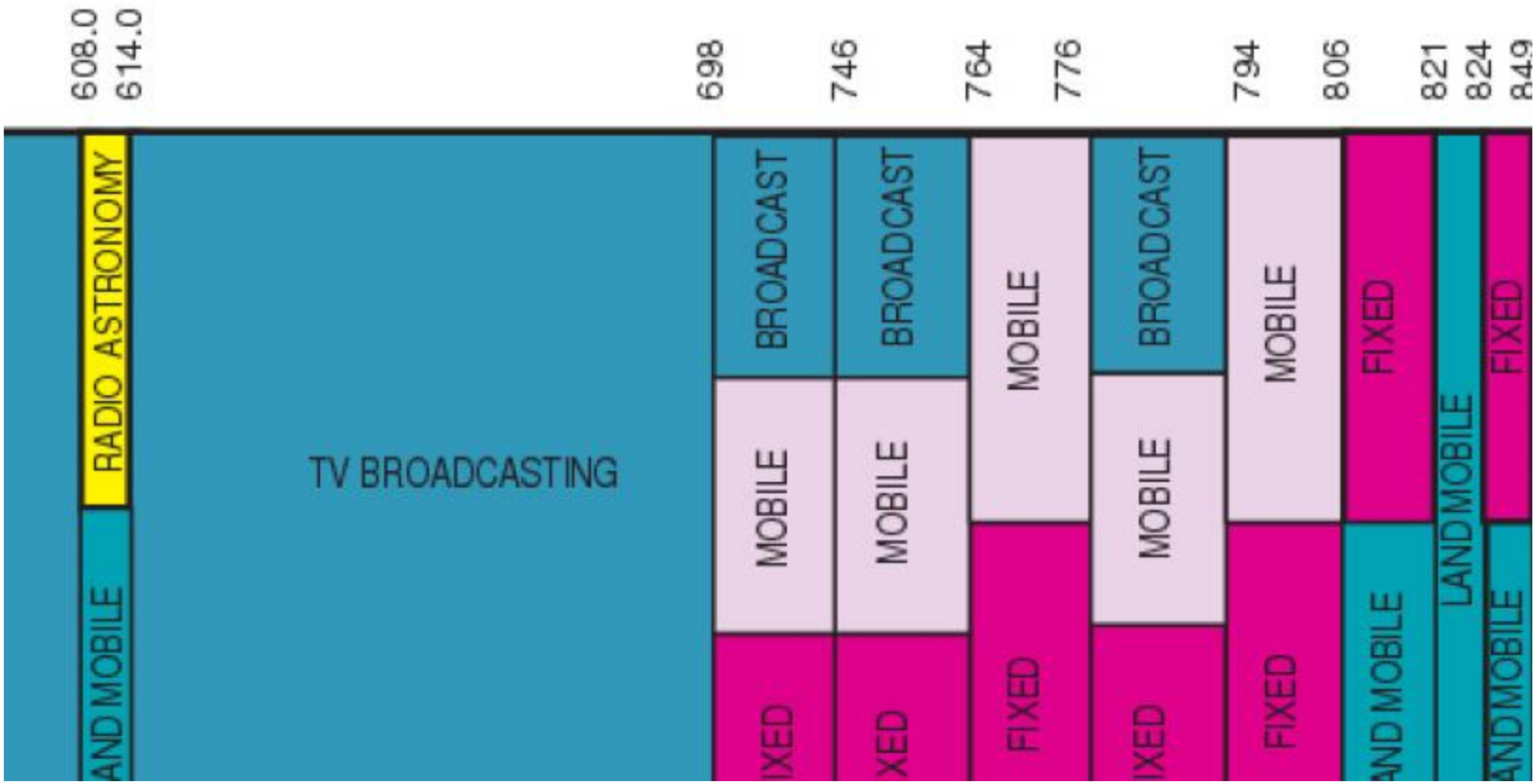
O problema a ser enfrentado: vários emissores, vários receptores

Insper

Bandas americanas

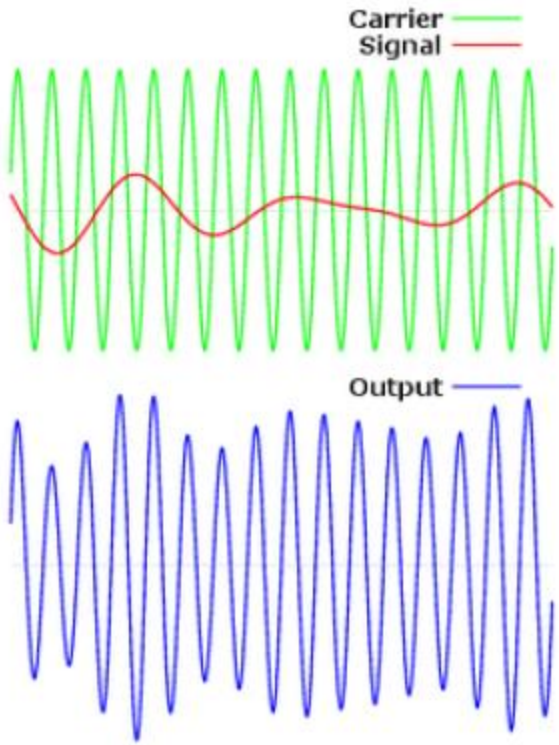


Bandas americanas



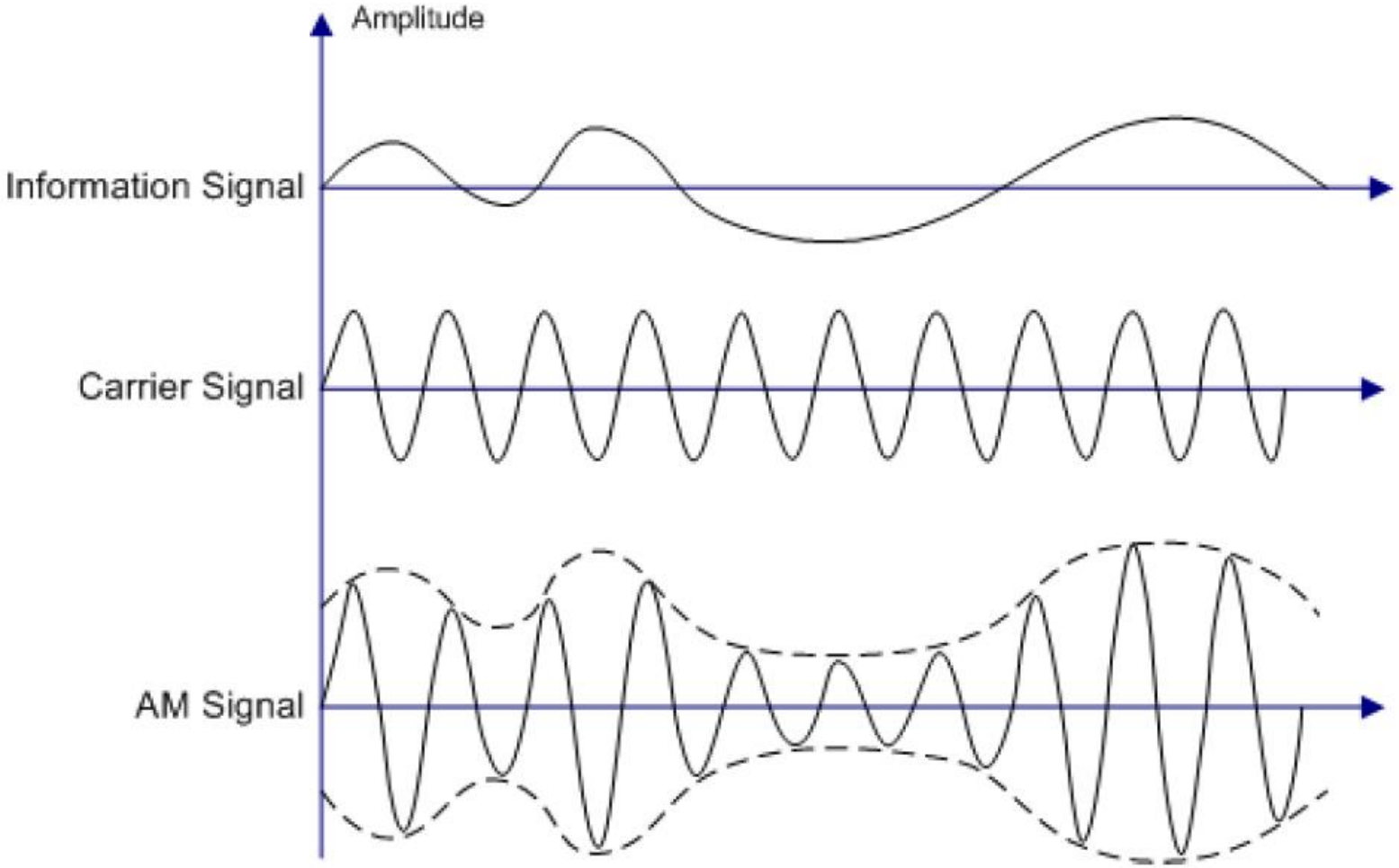
Insper

Como colocar informação em uma frequência única de recepção?



Insper

Modulação AM



Insper

Modulação AM

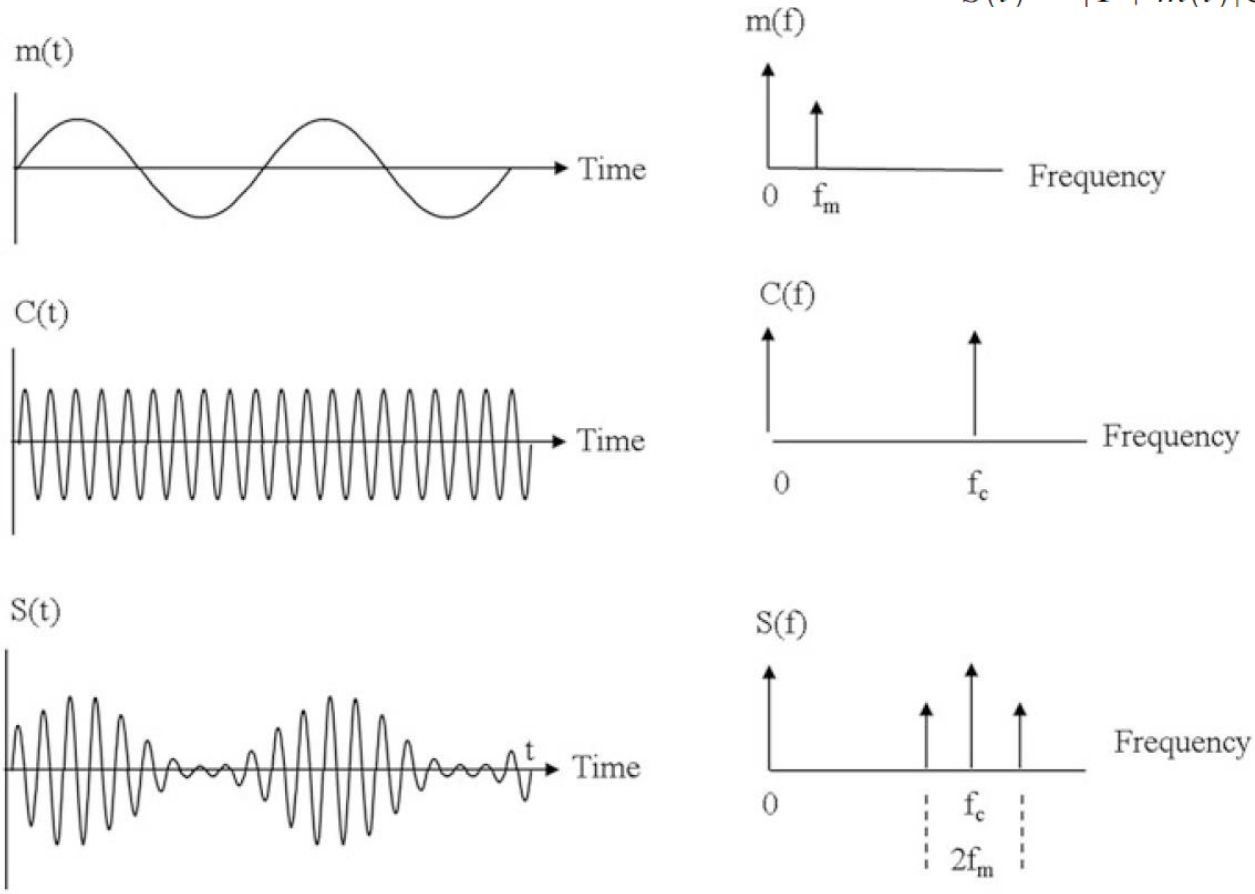
- $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$
- $C(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) f_c \gg f_m$
- $$S(t) = [1 + m(t)]C(t)$$
  $$= C(t) + m(t)C(t)$$

Modulação AM DSB-FC *(double-sideband full carrier)*

- $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$
- $C(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) f_c \gg f_m$

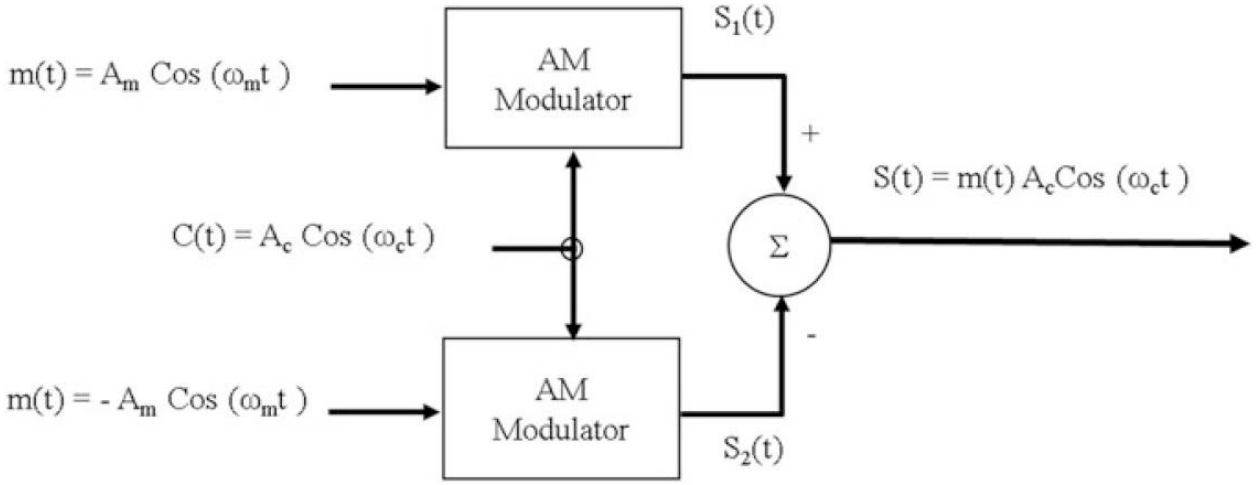
$$S(t) = [1 + m(t)]C(t)$$

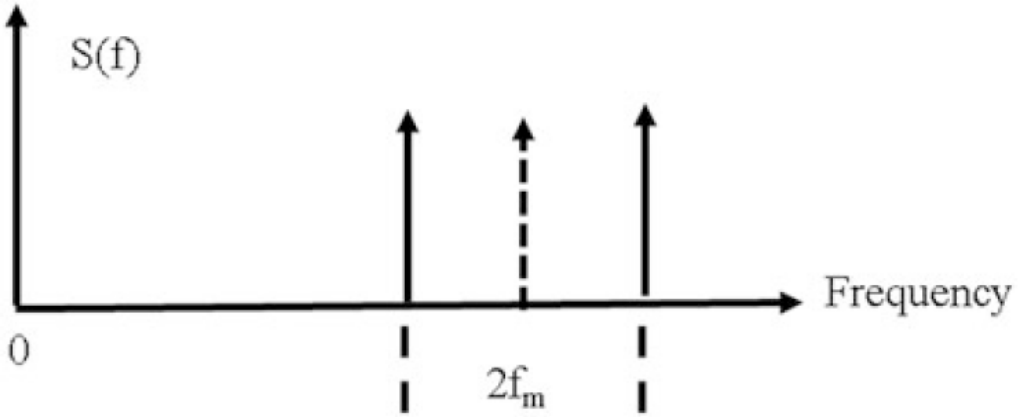
)



Insper

Modulação AM DSBSC *double-sideband supressed carrier*





Insper

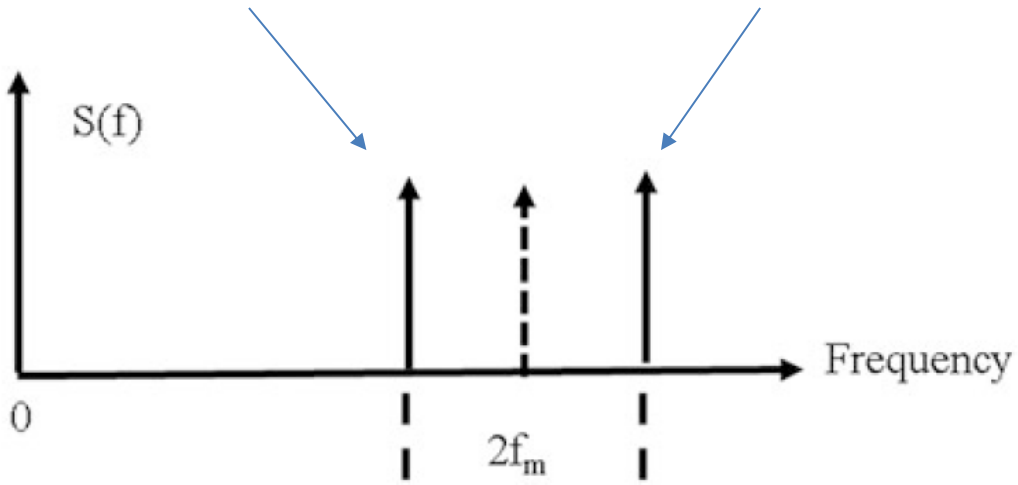
Modulação AM DSBSC

$$S(t) = \mathrm{M}\cos(2\pi f_m) \,.\, C\cos(2\pi \mathrm{f}_c)$$

$$S(t) = \mathrm{M}\sin(2\pi f_m + \phi) \,.\, C\sin(2\pi \mathrm{f}_c + \phi)$$

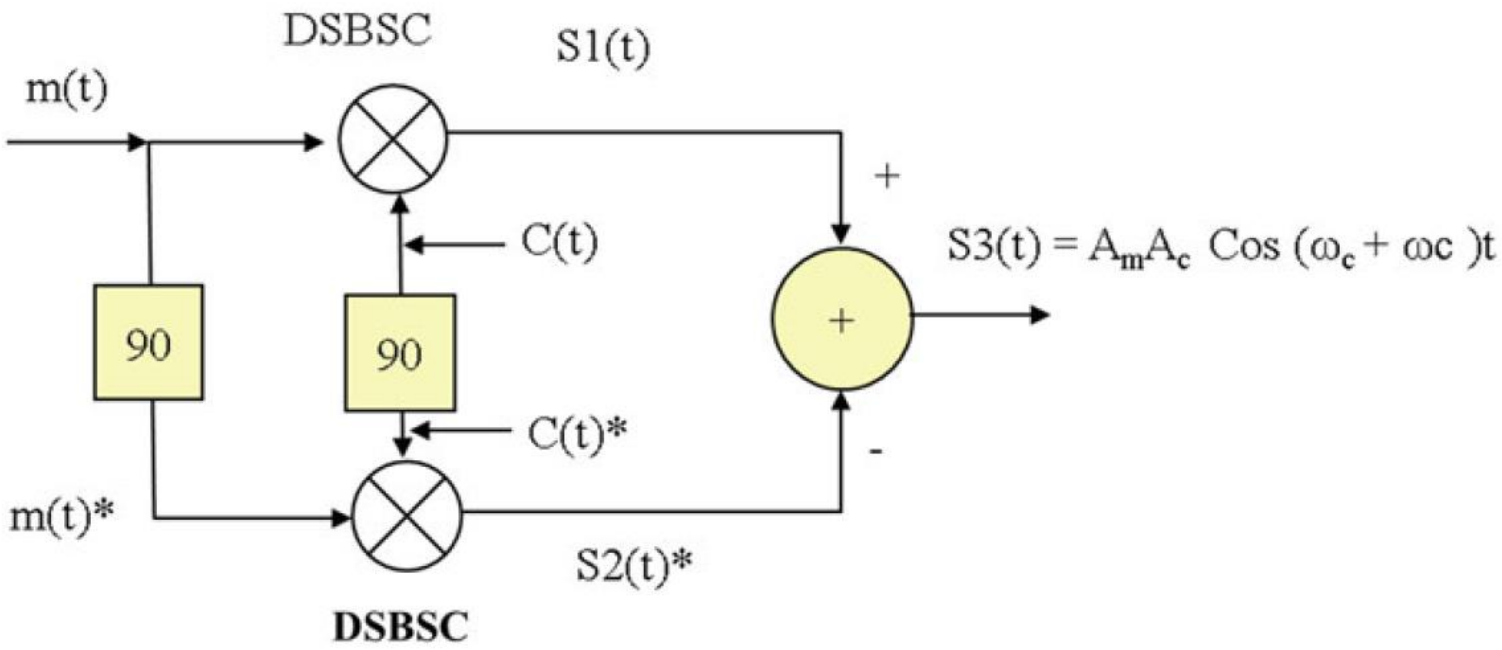
$$\sin(\mathrm{a})\cos(\mathrm{b}) = \frac{1}{2}(\sin(a+b) + \sin(a-b))$$

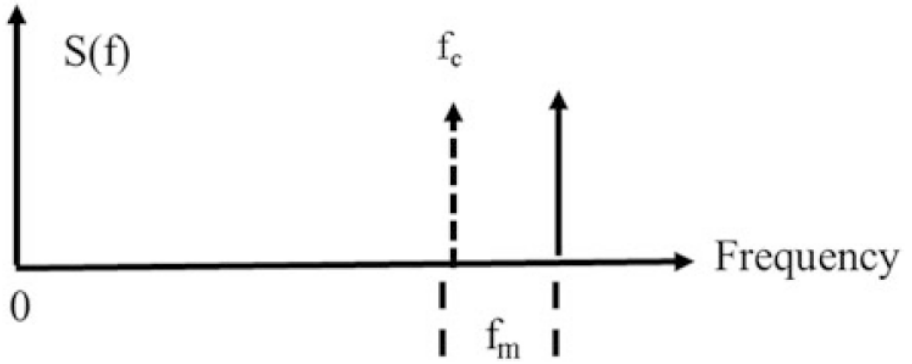
$$S(t) = \frac{MC}{2}\sin(2\pi(f_c - f_m)t - \phi) + \frac{MC}{2}\sin(2\pi(f_c + f_m)t + \phi)$$



Insper

Modulação AM SSB *(single-sideband)*





Insper

Demodulação

$$S(t) = \frac{MC}{2}\sin(2\pi(f_c - f_m)t - \phi) + \frac{MC}{2}\sin(2\pi(f_c + f_m)t + \phi)$$

Multiplica-se o sinal pela portadora novamente!

$$S(t) = [\frac{MC}{2}\sin(2\pi(f_c - f_m)t - \phi) + \frac{MC}{2}\sin(2\pi(f_c + f_m)t + \phi)]\ C\sin(2\pi f_c t)$$

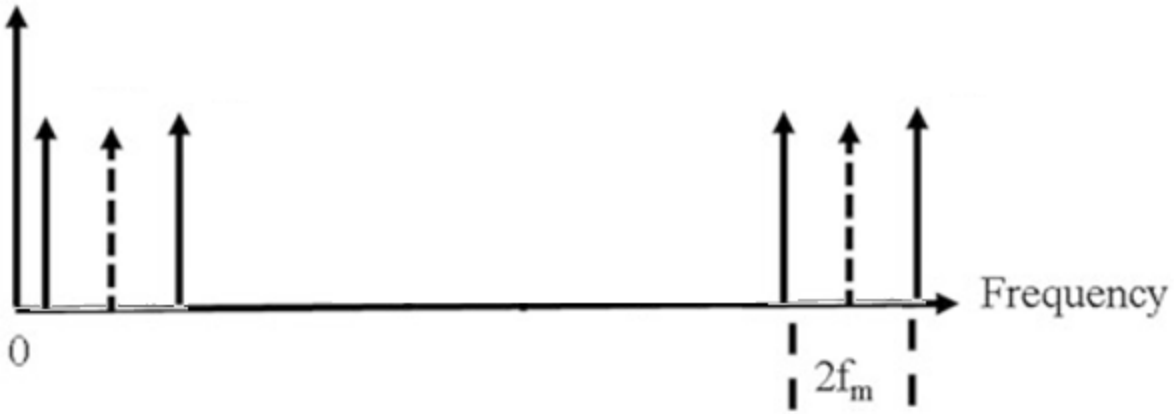
Como

$$\sin(a)\cos(b) = \frac{1}{2}(\sin(a+b) + \sin(a-b))$$

$$S'(t) = \underbrace{\frac{1}{4}[\cos(2\pi f_m t)}_{\text{informação}} \underbrace{- \cos(2\pi(2f_c + f_m)t)]}_{\text{Alta freq}} + \underbrace{\frac{1}{4}[\cos(-2\pi f_{mt})}_{\text{informação}} \underbrace{- \cos(2\pi(-2f_c + f_m)t)]}_{\text{Alta freq}}$$

Demodulação

$$S'(t) = \frac{1}{4}[\cos(2\pi f_m t) - \cos(2\pi(2f_c + f_m)t)] + \frac{1}{4}[\cos(-2\pi f_{mt}) - \cos(2\pi(-2f_c + f_m)t)]$$



Insper

Objetivos:

Construir um software que:
Faça a leitura de um arquivo de áudio previamente gravado com uma taxa de amostragem de 44100Hz.
Codifique esse sinal de áudio em AM.
Construa o gráfico do sinal modulado (nos domínios do tempo da frequência).
Execute o áudio do sinal modulado.
Demodule o sinal.
Execute o áudio do sinal demodulado.
Mostre o gráfico do sinal demodulado (no tempo e da frequência).

Importantdo o sinal

1. Importar um arquivo .wav: Você poderá usar a biblioteca soundfile, que contém uma função .read(...)
2. Após importar o arquivo, você deverá extrair o vetor com as amplitudes e então normaliza-lo (valores entre 0 e 1)
3. Para melhores resultados, você poderá tratar o sinal lido aplicando um filtro passa baixa (mostrado abaixo) utilizando-se a a classe *signal (from scipy import signal)*
4. A execução do áudio pode ser feito com a função *play* da biblioteca *sounddevice*
5. *Filtro passa baixa:*

```
# https://scipy.github.io/old-wiki/pages/Cookbook/FIRFilter.html
nyq_rate = samplerate/2
width = 5.0/nyq_rate
ripple_db = 60.0 #dB
N , beta = signal.kaiserord(ripple_db, width)
cutoff_hz = 4000.0
taps = signal.firwin(N, cutoff_hz/nyq_rate, window=('kaiser', beta))

yFiltrado = signal.lfilter(taps, 1.0, yAudioNormalizado)
```

Modulando e demodulando

1. A modulação do sinal poderá ser feita com a multiplicação entre a portadora de amplitude 1 e o sinal importado e normalizado.
2. A demodulação deverá ser feita com um filtro passa-baixa na frequência de corte do sinal importado. O módulo do sinal poderá ser obtido com a multiplicação do sinal de áudio e a portadora.

Insper

www.insper.edu.br