Insper

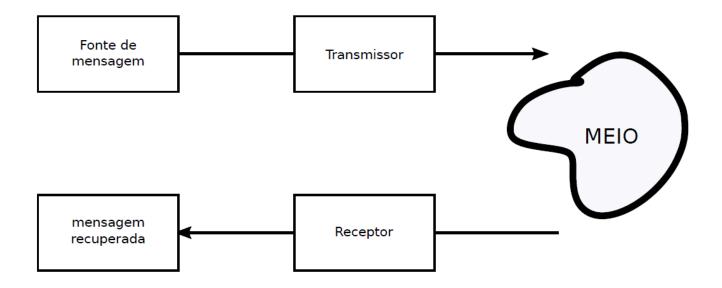
Camada Física da Computação

Modulacao AM

Engenharia da computação

Rodrigo Carareto

Várias fontes, vários receptores, bandas passantes...



O problema a ser enfrentado: vários emissores, vários receptores



Bandas americanas

UNITED

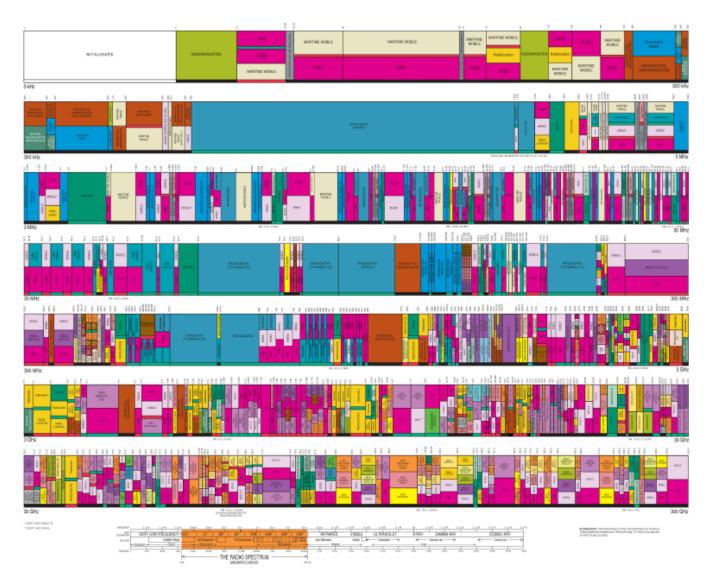
STATES

FREQUENCY

ALLOCATIONS

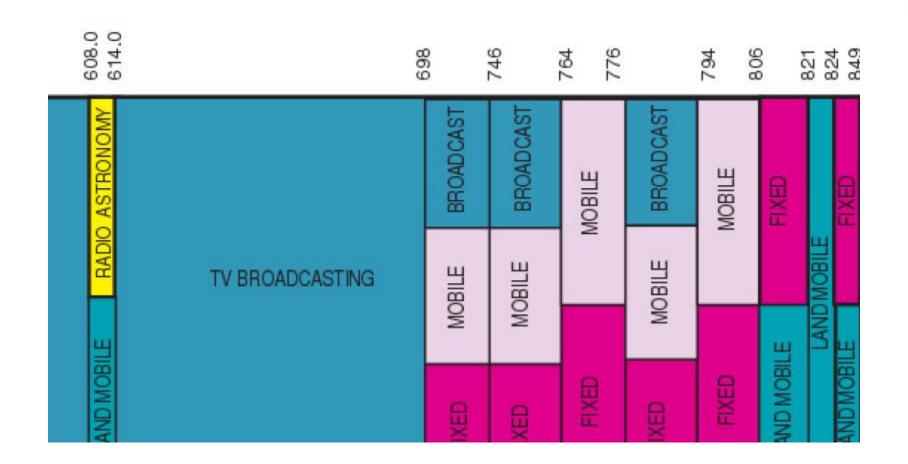
THE RADIO SPECTRUM



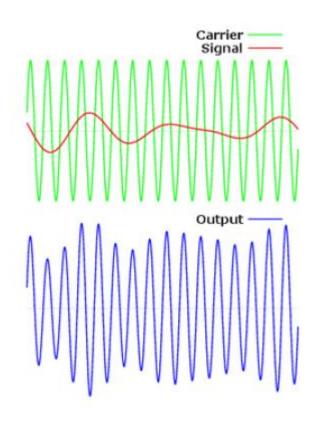




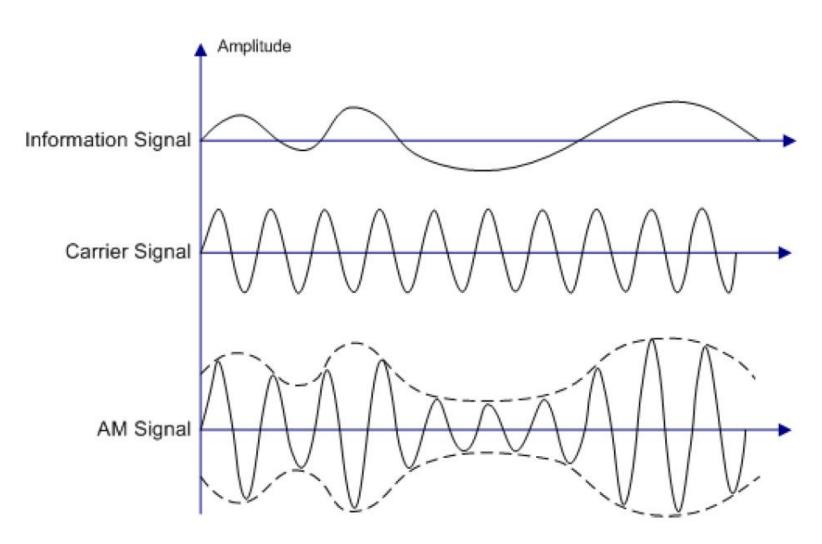
Bandas americanas



Como colocar informação em uma frequência única de recepção?



Modulação AM

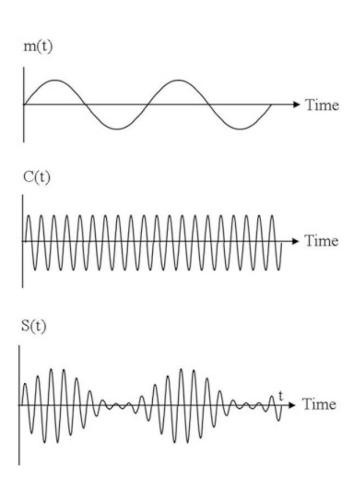


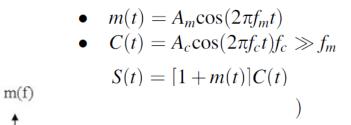
Modulação AM

•
$$m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$$

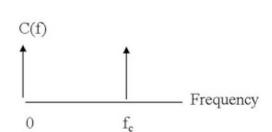
• $C(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) f_c \gg f_m$
• $S(t) = [1 + m(t)]C(t)$
• $= C(t) + m(t)C(t)$

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

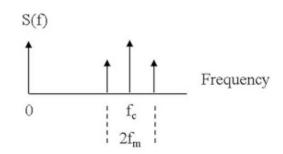




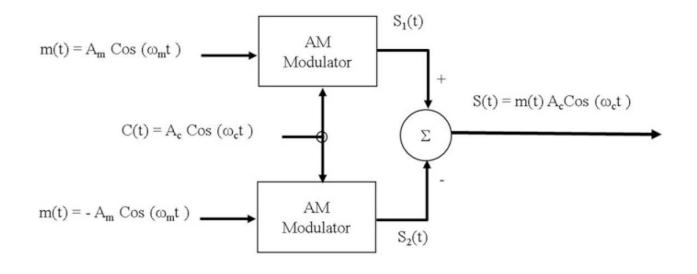
Frequency

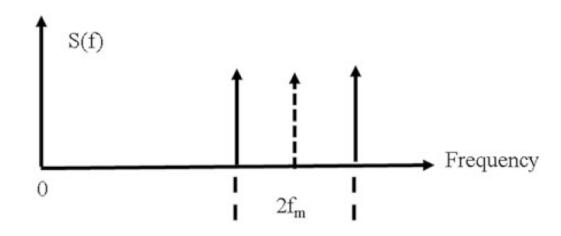


0 f_m



Modulação AM DSBSC double-sideband supressed carrier





Modulação AM DSBSC

$$S(t) = \operatorname{M} \sin(2\pi f_m) \cdot C \sin(2\pi f_c)$$

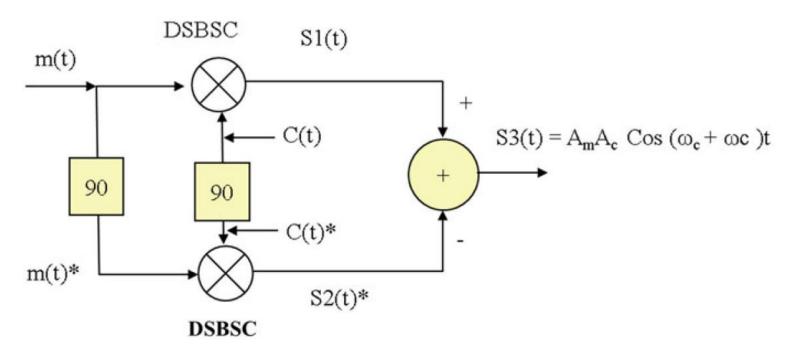
$$S(t) = \operatorname{M} \sin(2\pi f_m) \cdot C \cos(2\pi f_c + \phi)$$

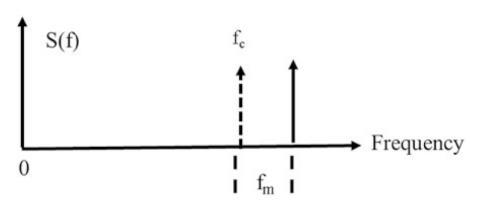
$$\sin(a)\cos(b) = \frac{1}{2}(\sin(a+b) + \sin(a-b))$$

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

$$S(t) = \operatorname{S}(t)$$

Modulação AM SSB (single-sideband)





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!

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

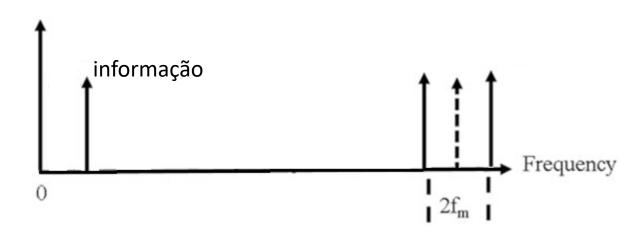
Como

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

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

Demodulação

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



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