

Prática no. 2  
**Modulação em Amplitude**

Considere o sinal de áudio digital do arquivo *audio.mat*, o qual possui qualidade AM, ou seja, banda de 5 kHz, e frequência de amostragem  $f_s = 176,4$  kHz (e período de amostragem  $T_s = 1/f_s$  s). Pede-se:

1) Obtenha o sinal modulado em AM-DSB  $s(t)$  utilizando a Equação (1),

$$s(t) = m(t) \cdot c(t) \quad (1)$$

sendo  $m(t)$  o áudio e  $c(t)$  a portadora com frequência  $f_c = 12$  kHz:

$$c(t) = \cos(2\pi f_c t) \quad (2)$$

(a) Apresente em uma figura usando *subplots* em 3 linhas:

(i) o sinal modulante  $m(t)$  (use a função **grid on** depois do **plot**),

(ii) a portadora  $c(t)$ ,

(iii) o sinal modulado  $s(t)$  (use **grid on**).

Coloque rótulos nos eixos e títulos em todas as figuras deste lab.

(b) Repita a mesma figura acima, mas agora limitando o sinal no tempo entre 0.4 e 0.42 segundos com o comando **xlim**. Além disso, no 3o subplot apresente o sinal modulado  $s(t)$  e o sinal  $m(t)$  também na mesma figura. Note que as amplitudes de  $s(t)$  são iguais ao do sinal  $m(t)$ .

(c) Em outra figura, apresente uma figura usando *subplots* em 3 linhas.

(i) o espectro de frequências do sinal modulante  $m(t)$  com o comando **fft** (exatamente como no lab01).

(ii) o espectro de frequências da portadora  $c(t)$ ,

(iii) o espectro de frequências do sinal modulado  $s(t)$ .

Use **xlim** para limiar as frequências de 0 a 18 kHz.

(d) Em outra figura, apresente o espectro de potências desses três sinais ( $m(t)$ ,  $c(t)$  e  $s(t)$ ) em dB usando o comando **pwelch**. Use 1024 para o número de amostras em **pwelch**. Neste exemplo abaixo, o vetor  $f$  vai receber os valores de frequência com 1024 valores para utilizar respectivamente com  $Sx$ . Exemplo:

```
[Sx,f]= pwelch(x,[ ],[ ], 1024, f_s)
```

2) A partir do sinal modulado  $s(t)$ , realize a demodulação para recuperar o sinal de áudio modulante  $m(t)$ . Para realizar a demodulação, utilize o detector coerente da Figura 1 e o filtro passa-baixa abaixo.

(a) Inicialmente obtenha o resultado inicial da demodulação síncrona DBS-SC  $v(t)$  da Figura 1:

$$v(t) = s(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) \quad (3)$$

- (b) Para realizar a segunda etapa da demodulação AM DSC-SC da Figura 1, crie um vetor  $H$  com mesmo tamanho do vetor de  $M(f)$  e crie um filtro passa-baixas na frequência  $H(f)$  com as seguintes amplitudes:

Para  $f \leq 5 \text{ KHz}$ ,  $H(f) = 1$

Para  $f > 5 \text{ KHz}$ ,  $H(f) = 0$

- (c) Calcule o `fft` de  $v(t)$ , como no lab01, e realize a filtragem na frequência, como na Figura 1, e obtenha:

$$V0(f) = V(f) \cdot H(f) \quad (4)$$

Atenção para o tamanho dos vetores de  $V(f)$  e  $H(f)$  pois precisam ter o mesmo número de variáveis.

- (d) Depois disso, faça o a transformada de Fourier inversa com `ifft`, para recuperar o sinal de áudio  $v0(t)$ , igual ao sinal envia  $m(t)$ . As letras (c) e (d) já estão no lab02modelo.m.

- (d) Apresente uma figura usando `subplots` em 4 linhas.

(i) o espectro de frequências do sinal modulado  $S(f)$ .

(ii) o espectro de frequências do sinal  $V(f)$ ,

(iii) o espectro filtro passa-baixas  $H(f)$ .

(iii) o espectro do sinal de áudio recuperado após a filtragem na frequência  $V0(f)$ .

Use `xlim` para limiar as frequências de 0 a 30 kHz.

- (e) Compare visualmente o espectro de  $V0(f)$  com  $M(f)$  e veja se ficaram iguais. Compare o áudio com a função `sound`.

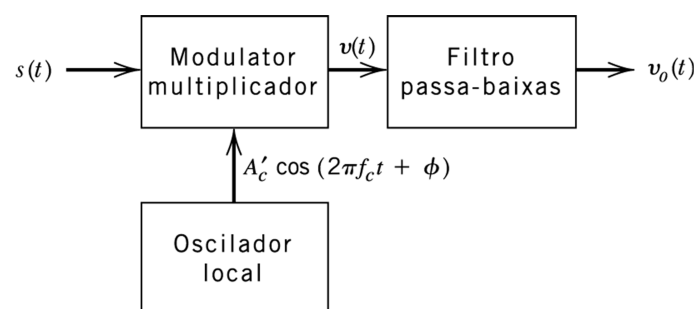


Figura 1: Demodulador AM coerente.

**3)** Considere que o demodulador perdeu o sincronismo. Ou seja, o sinal senoidal do demodulador da equação (3) agora possui uma fase diferente da portadora do modulator. Repita o seu código do lab02 trocando o  $v(t)$  da equação (3) pelas duas equações abaixo.

- (a) Demodulador defasado de  $\pi/3$

$$v(t) = s(t) \cdot \cos(2\pi f_c t + \pi/3) \quad (5)$$

- (b) Demodulador defasado de  $\pi/2$

$$v(t) = s(t) \cdot \cos(2\pi f_c t + \pi/2) \quad (6)$$

- (c) Compare o espectro do sinal de áudio recuperado e o próprio áudio com a função **sound**, se possível. Apenas comente no final do seu código o que aconteceu com o sinal recuperado nas letras (a) e (b).

### Relatório:

- entrega pelo Moodle;
- seguir o modelo do Moodle lab02modelo.m;
- apresentar os resultados usando o comando **publish** do Matlab;
- criar um arquivo do tipo PDF (ir em “Edit publish options” e alterar o “Output file format” de html para pdf;
- prazo máximo de 21 dias a partir da data de realização da prática até as 23:55.
- A cada dia de atraso será diminuída 25% da nota original.