



# FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

## Fundamentos de Telecomunicações Eng<sup>a</sup> de Sistemas e Informática

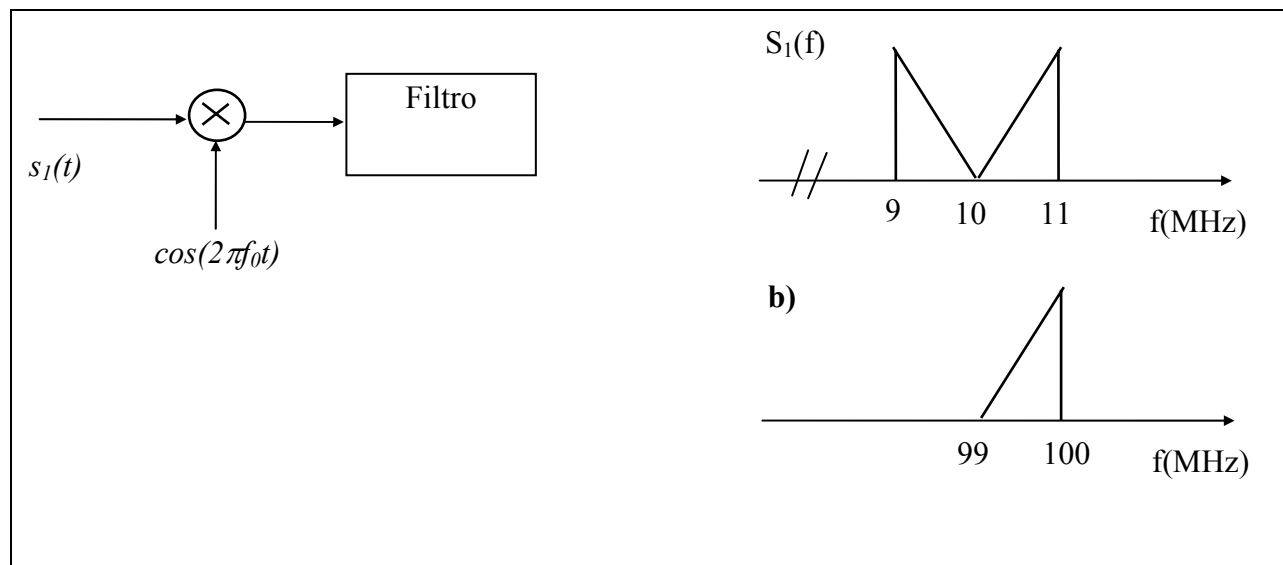
### EXERCÍCIOS DE APOIO

#### SÉRIE I

1) Considere o sinal AM  $s(t) = (1 + f(t))\cos(2\pi f_c t)$  em que a frequência da portadora  $f_c = 150 \text{ KHz}$  e  $f(t) = 20\cos(10 \times 10^3 \pi t) + 20\cos(5 \times 10^3 \pi t)$  (mensagem).

- Represente o sinal AM  $s(t)$  no domínio da frequência e do tempo.
- Esse sinal poderá ser desmodulado por um detector de envolvente? Justifique.
- Qual será a saída do detector de envolvente.

2) Considere o sistema de conversão de frequência representado na figura abaixo. O sinal de entrada  $s_1(t)$  é um sinal cujo espectro está representado na figura.



Qual a frequência  $f_0$  do oscilador local e qual a função de transferência do filtro para os casos seguintes:

- A saída é um sinal banda base, de 0 a 1 MHz.
- A saída é um sinal de banda lateral dupla centrado em 20 MHz.
- A saída é um sinal de banda lateral única com as características de b).

3) Considere um amplificador com uma pequena não linearidade em que a sua característica entrada/saída é dada por:

$$s_{out} = A_1 s_{in} + A_2 s_{in}^2$$

Considerando que  $s_{in}=0.1 \cos(2\pi 2500 t) + 0.2 \cos(2\pi 3000 t)$  e que a tensão de saída é filtrada usando um filtro ideal passa banda, cuja banda passante é de 50 a 4000 Hz e ganho unitário. Calcule a potência de saída do filtro para os termos de frequência gerados pelo amplificador não-linear. Determine a razão entre a potência das componentes de frequência 2500 e 3000 à saída do filtro.

4) Considere o sinal AM

$$x_c(t) = A_c[1 + \mu x(t)]\cos(2\pi f_c t)$$

considerando o sinal mensagem  $x(t)$  normalizado de modo a que  $|x(t)| < 1$  e  $\langle x(t) \rangle = 0$   
Calcule a potência média do sinal  $x_c(t)$ .

5) Uma portadora representada por  $10 \cdot \cos(2\pi \times 10^6 t)$  V é modulada em amplitude por um sinal modulador representado por  $3 \cdot \cos(2\pi \times 10^3 t)$  V. Calcule:

- a) o índice de modulação
- b) as frequências das bandas laterais
- c) a amplitude das bandas laterais
- d) a percentagem da potência transmitida nas bandas laterais.

6) Um emissor de AM emite um sinal com potência de 5kW e com um índice de modulação de 60%. Calcule a potência transmitida na portadora e em cada banda lateral.

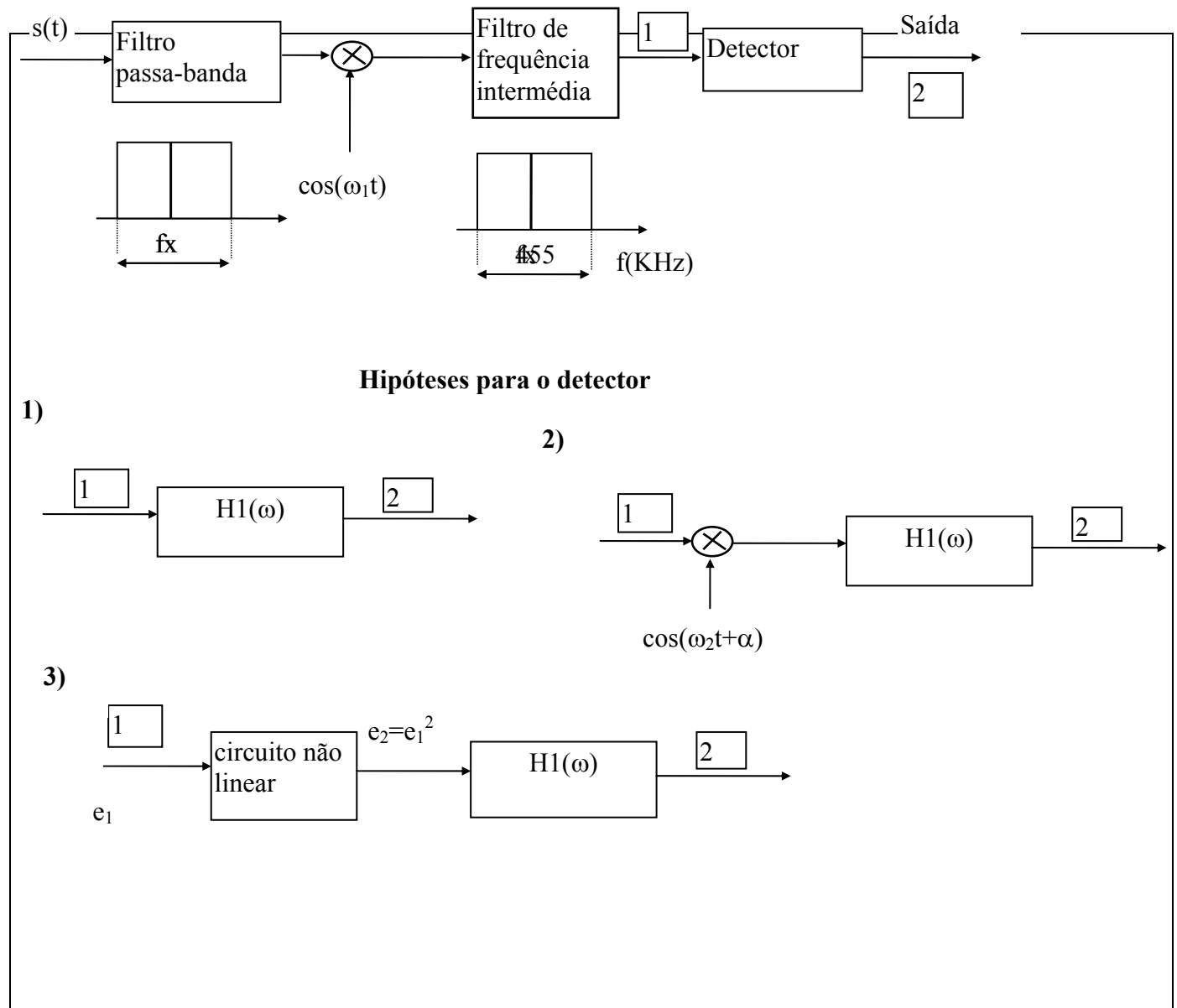
7) Um emissor de AM emite um sinal com uma potência 24kW quando modulado a 100% por uma senoide. Determine a potência do sinal quando:

- a) a portadora não é modulada
- b) a portadora é modulada a 60%, uma banda lateral é suprimida e a portadora é atenuada de 26dB.

8) A corrente na antena de um emissor AM é de 8A quando só é transmitida a portadora, e passa a 8,93A quando a portadora é modulada por uma senoide. Calcule o índice de modulação. Calcule a corrente na antena quando a portadora for modulada a 80%.

9) Um emissor radia 9kW quando a portadora não está modulada e 10,125kW quando está modulada por uma senoide. Se outra senoide modular simultaneamente a portadora com um índice de modulação de 0,4 qual será a potência radiada.

10) Um sinal AM é descrito pela equação  $s(t) = [1 + \mu f(t)] \cos(\omega_0 t)$  e  $|\mu f(t)| \leq 1$ . A LB de  $f(t)$  é  $B \ll f_0$ . Considere o receptor:



a) Especifique  $f_x$ ,  $B_x$ ,  $f_l$  e  $B_e$  se se pretender uma replica de  $f(t)$  à saída.

b) Mostre qual dos três detectores reproduz  $f(t)$  à saída. Desenhe as características do filtro correspondente. Se a resposta para o detector 2 for afirmativa qual o valor de  $f_2$  e  $\alpha$ .

11) Um emissor de AM tem uma potência de saída de 24 KW quando modulado com  $\mu=1$ .

Calcular a potência de saída quando:

a) A portadora não é modulada.

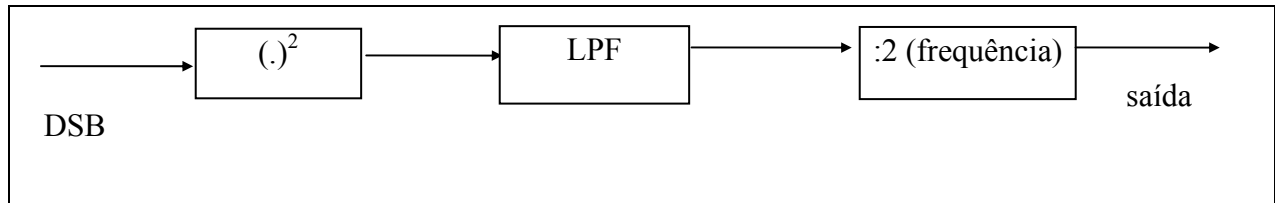
b) A portadora é modulada com  $\mu=0.6$  e se suprime uma banda lateral e se reduz a componente da portadora de 26 dB.

12) Pretende-se produzir um sinal SSB-SC utilizando o método de filtragem. O sinal mensagem ocupa a banda de 300-3000 Hz e a frequência da portadora é de 40 M Hz. Suponha que estão disponíveis filtros que proporcionam uma atenuação de 40 dBs num intervalo de 1% da frequência de corte respectiva.

Desenhe o diagrama de blocos do sistema e faça um esboço da região espectral ocupada pelo sinal em cada ponto do sistema.

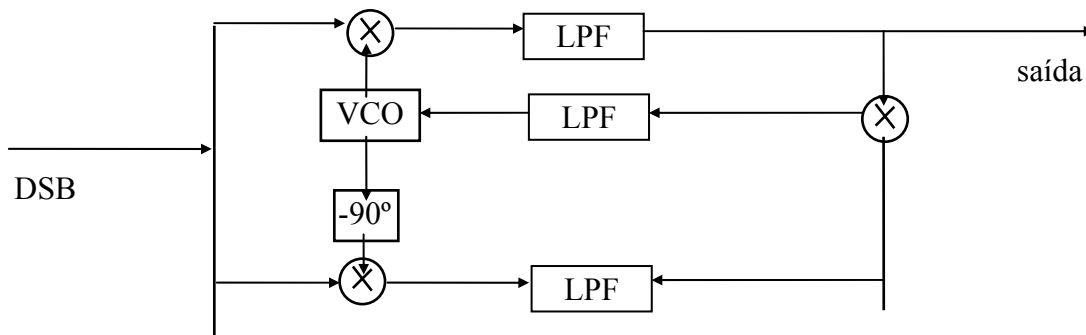
**13)** Um dos problemas mais delicados na detecção coerente de portadora modulada é a produção de um sinal local com a mesma frequência e fase da portadora do sinal recebido.

a) Considere um sinal DSB, mostre que o circuito representado na figura seguinte produz à saída um sinal com a mesma frequência da portadora recebida. Qual deverá ser a largura de banda do filtro passa-banda ?



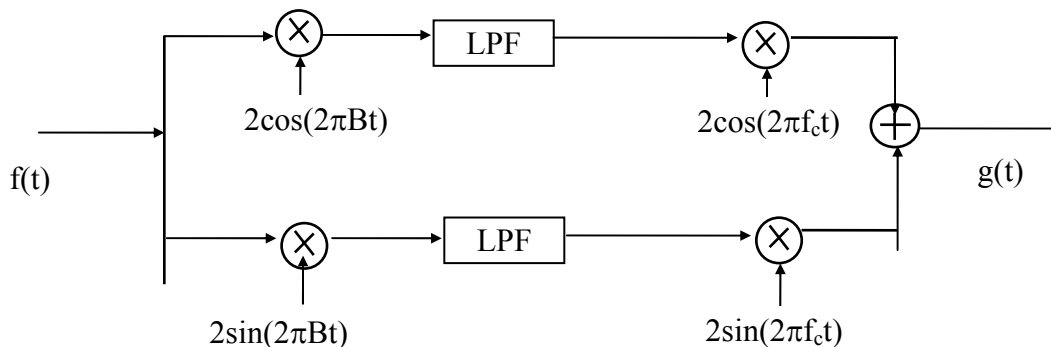
b) Ainda em relação ao circuito da figura anterior mostre que a fase do sinal nem sempre é igual à fase da portadora de entrada. Quais os problemas que daí advêm para os sistemas analógicos ? Como poderia evitar estes problemas ?

c) Considere o circuito da figura seguinte, mostre que este circuito detecta a diferença de fase entre o oscilador local e a portadora de entrada permitindo assim um controlo adequado do oscilador local.

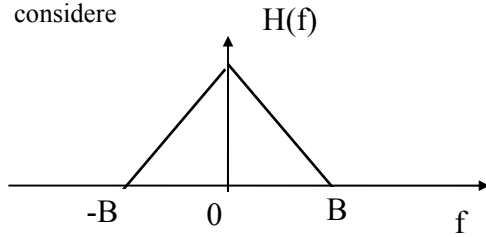


**14)** Na recepção de um sinal modulado em amplitude usando modulação DSB, a fase do oscilador local varia  $\pm 13^\circ$  em redor do seu valor óptimo. Qual a influência deste erro de fase na amplitude do sinal detectado.

**15)** Considere o sistema da figura abaixo. Demonstre que a saída deste circuito é um sinal SSB. Trata-se de um sinal SSB de banda lateral superior ou banda lateral inferior. Considere  $f_c \gg B$ .



considere



**16)** Considere uma estação de rádio que emite 2 sinais  $x(t)$  e  $y(t)$ . Considere que tanto  $x(t)$  como  $y(t)$  só têm componentes de frequência no intervalo da 30 Hz a 19 K Hz. A estação transmite na realidade o sinal

$$s(t) = [A + x(t) + y(t)] \cos(2\pi f_{ct}) + [A + x(t) - y(t)] \cos(2\pi f_{ct})$$

em que  $f_c = 10^6$  Hz e  $A \ll x(t) + y(t)$

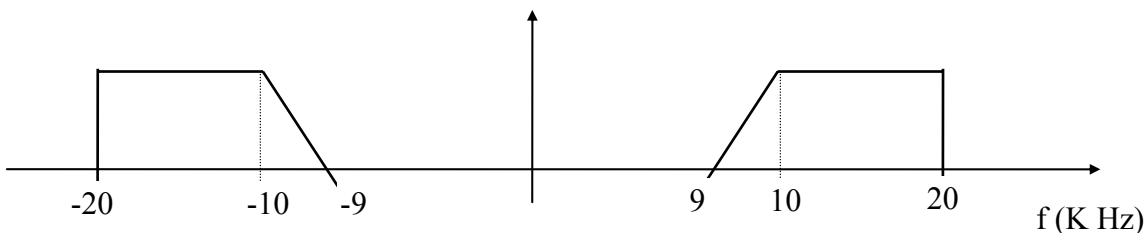
a) Desenhe o esquema de um receptor cujas saídas sejam  $x(t)$  e  $y(t)$ . Considere que a fase e a frequência da portadora são conhecidas no receptor.

b) Qual seria a saída de um receptor consistindo somente de um detector de envolvente e um filtro passa-baixo.

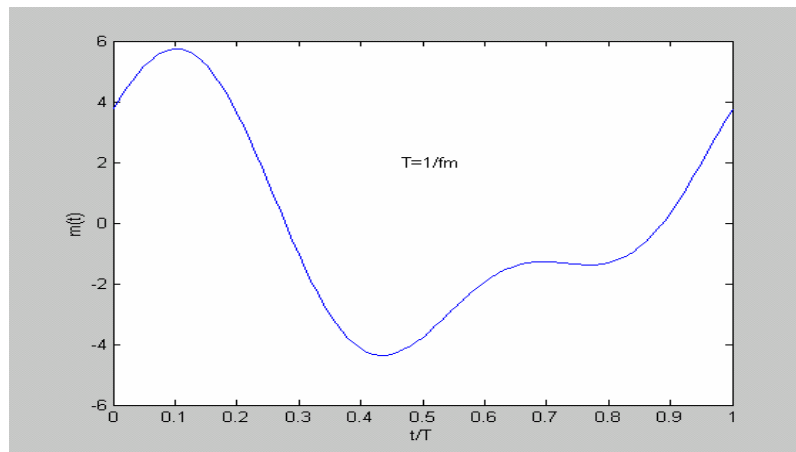
**17)** Um sinal de banda lateral vestigial é gerado, passando-se um sinal DSB através de um filtro de banda lateral residual. Se a função de transferência desse filtro é a amostrada na figura, encontre a expressão para o sinal de banda lateral resultante, quando o sinal modulador é dado por:

- $f(t) =$
- (a)  $A \sin(100\pi t)$
  - (b)  $A[\sin(100\pi t) + \cos(200\pi t)]$
  - (c)  $A \sin(100\pi t) \cos(200\pi t)$

A frequência da portadora é 10 K Hz e a amplitude da portadora é  $4A$ . Esboce o espectro do sinal de banda lateral vestigial resultante em cada caso.



**18)** Considere modulação AM. Se a potência da portadora for de 50 KW e se o índice de modulação for 0.5 e o sinal mensagem  $m(t) = 4 \cos(2\pi f_m t - \pi/9) + 2 \sin[4\pi f_m t]$ , como representado na figura abaixo:



- Encontre a expressão matemática para o sinal AM no domínio temporal.
- Represente o sinal AM no domínio do tempo e da frequência
- A potência média de saída.
- A eficiência da transmissão.
- Considere que o sinal é transmitido por um canal de transmissão que não causa distorção, mas introduz ruído branco Gaussiano com densidade espectral de potência  $G_n(f) = 10^{-18} \text{ W / Hz}$ .  
Calcule a relação sinal ruído à saída do receptor. Considere que se trata de um receptor coerente e faça justificando as considerações que achar necessárias.

**19-** Considere o sinal mensagem  $m(t)$  cuja densidade espectral de potência é  $G_m(f)$

$$G_m(f) = \begin{cases} \frac{\eta_m |f|}{2f_m}; & |f| \leq f_m \\ 0; & \text{outros valores de } f \end{cases}$$

Este sinal é transmitido por um emissor SSB (Banda Lateral Única).

- Projecte um emissor capaz de modular este sinal em SSB com uma frequência de portadora de 1 MHz.  
Represente o sinal (no domínio da frequência) nos vários pontos do emissor
- Calcule a potência do sinal do sinal à entrada e à saída do modulador SSB.
- Projecte um receptor capaz de desmodular o sinal em SSB.
- Deduza a relação Sinal/Ruído na recepção considerando quando o sinal é transmitido é lhe adicionado ruído branco de densidade espectral de potência  $\eta/2$ . Considere que o sinal é desmodulado por um desmodulador coerente. Faça as considerações apropriadas.