

Teoria das Comunicações

Lista de Exercícios 2.1 Modulação em Amplitude (AM)

Prof. André Noll Barreto

Exercício 1 (4.2-1)

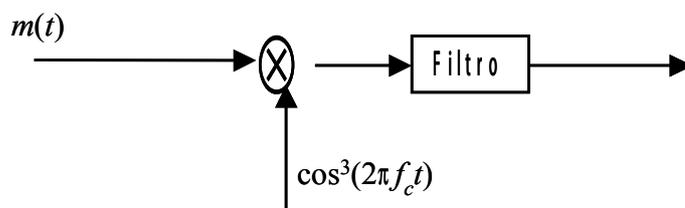
Para cada um dos sinais abaixo:

1. $m(t) = \cos 1000\pi t$
2. $m(t) = 2\cos 1000\pi t + \cos 2000\pi t$
3. $m(t) = \cos 1000\pi t \sin 3000\pi t$
4. $m(t) = \text{sinc}(100\pi t)$

- a) Esboce o espectro de $m(t)$.
- b) Esboce o espectro do sinal DSB-SC $m(t)\cos 10000\pi t$
- c) Identifique a banda lateral superior (USB) e inferior (LSB)
- d) Esboce o espectro do sinal DSB-SC $m(t)\cos(10000\pi t - \pi/4)$

Exercício 2 (4.2-4)

Você deve projetar um modulador DSB-SC para gerar um sinal modulado $km(t)\cos(2\pi f_c t)$, onde $m(t)$ é um sinal limitado à banda B Hz. Só temos à disposição o circuito abaixo, com gerador de portadora que gera o sinal $\cos^3(2\pi f_c t)$. Como podemos gerar o sinal desejado utilizando este equipamento?



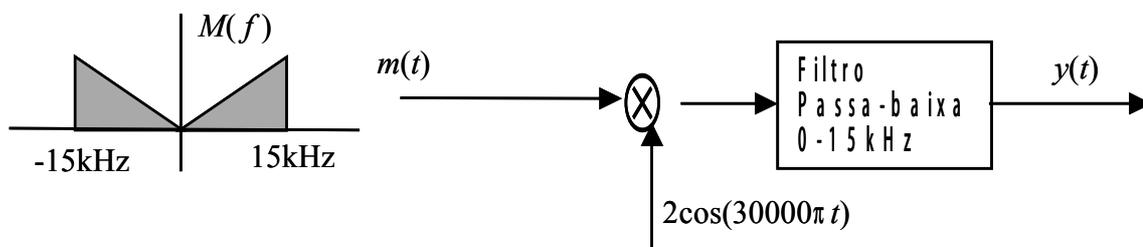
- a) Qual filtro deve ser utilizado?
- b) Esboce o espectro dos sinal antes e depois do multiplicador e depois do filtro.
- c) Qual o valor mínimo de f_c ?
- d) Este esquema funcionaria se o gerador de portadora fosse $\cos^2(2\pi f_c t)$?
- e) Este esquema funcionaria se o gerador de portadora fosse $\cos^n(2\pi f_c t)$, para qualquer inteiro $n > 3$?

Teoria das Comunicações

Exercício 3 (4.2-9)

O sistema abaixo é utilizado para o embaralhamento de sinais de áudio. O sinal $y(t)$ é a versão embaralhada da entrada $m(t)$.

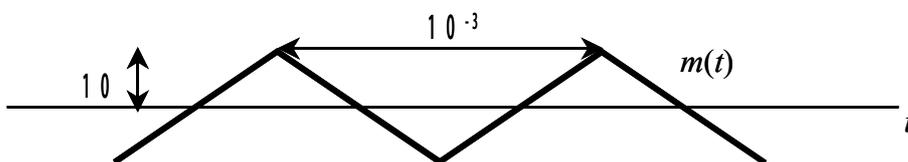
- Qual o espectro de $y(t)$?
- Como pode ser feito o desembaralhamento do sinal $y(t)$?



Exercício 4 (4.3-2)

Esboce o sinal AM $[A+m(t)]\cos(2\pi f_c t)$ para o sinal periódico triangular $m(t)$ abaixo para os índices de modulação (a) $m = 0,5$ (b) $m = 1$ (c) $m = 2$ (d) $m = \infty$.

Com $\mu = 0,8$ qual a amplitude e potência da portadora? Qual a potência das bandas laterais e a eficiência de potência η ?



Exercício 5 (4.3-8)

Sinais AM eram antigamente demodulados por um detector de cristal seguido por um filtro passa-baixa e um bloqueador de DC, como mostrado na figura abaixo. Podemos considerar um detector de cristal como um elemento quadrático. Determine os sinais $\phi_{AM}(t)$, $x(t)$, $z(t)$ e $y(t)$ na figura abaixo. Aponte a distorção na saída $y(t)$. Mostre que se $A \gg |m(t)|$, a distorção é pequena.



Teoria das Comunicações

Exercício 6 (4.5-1)

Três sinais são dados por

a) $m(t) = \cos(100t)$

b) $m(t) = \cos(100t) + 2\text{sen}(300t)$

c) $m(t) = \cos(100t) \cos(500t)$

Para cada um destes sinais

i) Esboce o espectro de $m(t)$.

ii) Determine e esboce o espectro de $2m(t)\cos(1000t)$.

iii) Obtenha o espectro USB dos sinais em (ii).

iv) Escreva a expressão $\phi_{\text{USB}}(t)$ para os sinais acima.

v) Repita os passos (iii) e (iv) para o sinal LSB.

Exercício 7 (4.5-6)

Um sinal USB é gerado pelo método do desvio de fase (transformada de Hilbert). Se a entrada para este sistema for $m_h(t)$ em vez de $m(t)$, qual será a saída? Este sinal ainda é um sinal SSB, com largura de banda igual à de $m(t)$? Podemos demodular este sinal para recuperar $m(t)$? Como?

Teoria das Comunicações

Exercício 8

(Interferência de Modulador AM em Modulador AM-SSB.)

Considere que um sistema de comunicações AM-SSB/SC sofre interferência de um sistema AM convencional. O sinal na entrada do demodulador SSB correspondente à transmissão desejada é

$$s(t) = a \cos(2\pi f_a t) \cos(2\pi f_c t) + a \sin(2\pi f_a t) \sin(2\pi f_c t)$$
$$f_a = 1 \text{ kHz}, f_c = 1 \text{ MHz}$$

e o sinal interferente é

$$s_I(t) = b [1 + \mu \cos(2\pi f_b t)] \cos(2\pi f_c t)$$
$$f_b = 0,5 \text{ kHz}; \mu = 0,1$$

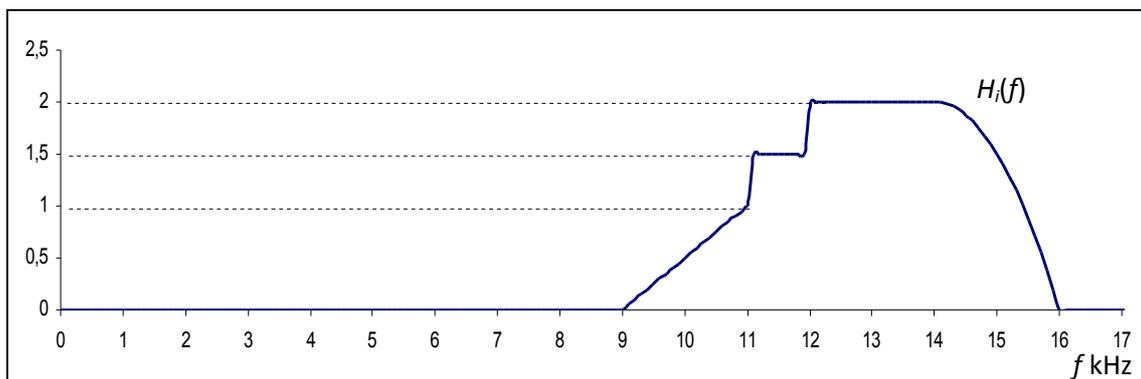
(Obs.: o Filtro Passa Baixa no receptor é ideal com largura suficiente para receber o sinal modulado sem distorção.)

(a) Calcule a relação $RSI_I = P_S/P_I$ entre a potência P_S do sinal desejado e a potência P_I do sinal interferente, ambas medidas na entrada do demodulador.

(b) Calcule a relação entre a potência $RSI_O = P_D/P_{DI}$ do sinal desejado e a potência do sinal interferente, ambas medidas na saída do demodulador.

Exercício 9 (4.6-1)

Um filtro $H_i(f)$ para a geração de um sinal VSB é mostrado na figura abaixo. A frequência da portadora é $f_c = 10\text{kHz}$ e o sinal de banda base tem largura de banda 4kHz. Qual a função de transferência do filtro de equalização no receptor $H_o(f)$?



Teoria das Comunicações

Exercício 10 (4.8-1)

Um transmissor transmite um sinal AM com frequência de portadora 1500kHz. É utilizado na recepção um receptor barato, com uma seletividade baixa no seu filtro passa-faixa do estágio de RF. A frequência intermediária IF é 455kHz. Quando o receptor é sintonizado para 1500kHz o sinal é ouvido perfeitamente. O mesmo sinal é recebido, embora não tão bem, quando o receptor é sintonizado em outra frequência. Qual é esta frequência?