

Lista de Exercícios

Princípios de Comunicação SEL0360

"Eu ouço, eu esqueço - eu vejo, eu me lembro - eu faço, eu compreendo."
anônimo chinês

Primeira lista – sinais e sistemas

- Classifique os seguintes sinais como periódicos ou aperiódicos. Para os periódicos encontre o período.
(a) $\cos 2t + \cos 5t$; (b) $\cos 2t + \cos 4t$; (c) $\sin(10t)\exp(-2t)$; (d) $\exp(j2\pi t)$

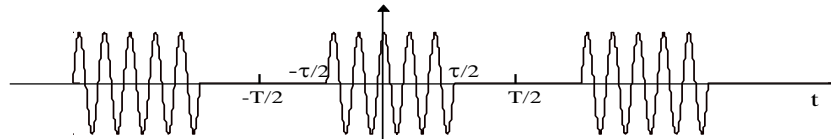
- Admitindo $x(t)$ uma função par, mostre que:

$$A(nf_0) = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} x(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

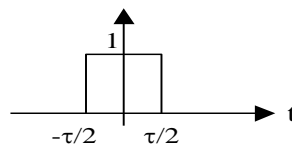
- Determine a série exponencial de Fourier para os seguintes sinais:

(a) $x(t) = A|\sin 2\pi f_0 t|$ (b) $x(t) = A\left(1 - \frac{4|t|}{T}\right), \quad |t| \leq \frac{T}{2}$ (periódica)

- (c) Pulso de RF.



- Suponha que todos os componentes de frequência para $|f| > 1/d$ sejam removidos do espectro de um trem de pulsos retangulares com período T e largura d . Utilize o teorema de Parseval para calcular a potência percentual que permanece quando $d/T = 0.5$ e $d/T = 0.2$.
- Determine a transformada de Fourier do pulso retangular com largura τ , centrado na origem. Esboce o espectro de amplitudes (módulo).



- Considerando $x(t)$ uma função real e periódica, mostre que:
 - $A(nf_0) = A^*(-nf_0)$,
 - Se $x(t)$ é par, então $A(nf_0)$ é real,

(c) Se $x(t)$ é ímpar, então $A(nf_0)$ é imaginário.

7. Determine as seguintes transformadas de Fourier em função de $X(f)$:

(a) $x(t - 2)$; (b) $x(2 - t)$; (c) $x(2t)$; (d) $x(t/2 - 1)$; (e) $x(t)\cos(2\pi f_0 t)$

8. Mostre que:

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df \quad (\text{Teorema de Parseval})$$

9. Encontre a transformada de Fourier dos seguintes sinais:

a) $x(t) = 2\cos(10\pi t)$

b) $x(t) = 2\cos(10\pi t) + 10\sin(20\pi t)$

c) $x(t) = 10\sin(10\pi t) + 20(\cos 10\pi t)$

d) $x(t) = \text{sinc}(10t)$

e) $x(t) = \exp(-\alpha t)\mu(t)$, em que $\alpha > 0$

f) $x(t) = \mu(t)$

sugestão: considere $\mu(t) = \int_{-\infty}^t \delta(t) dt$

g) $x(t) = t\exp(-t)\mu(t)$

h) $x(t) = \exp(-t)\mu(t)\cos(2\pi f_c t)$, $f_c \gg 1$

i) $x(t) = \text{tri}(t/T)$

9. Determine a transformada de Fourier de $x(t) = A\exp(-\pi(t/T)^2)$. Desenhe $|X(f)|^2$ para $T = 4$ e $T = 1$. Observe que para valores menores de T o espectro se espalha.

10. Esboce as características ideais dos seguintes filtros:

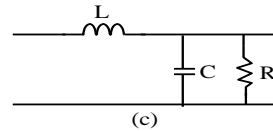
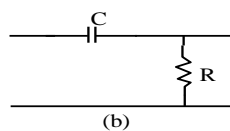
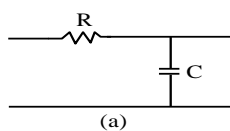
(a) Passa-baixas, $f_c = 1$ kHz,

(b) Passa-altas, $f_c = 10$ kHz,

(c) Passa-banda, $f_o = 5$ kHz,

(d) Esboce o efeito de cada um desses filtros em uma onda quadrada com frequência igual a 100 Hz, 600 Hz, 5 kHz e 12 kHz.

11. Encontre $H(f)$ para cada um dos filtros mostrados abaixo e esboce o espectro de amplitude e fase em função da frequência.

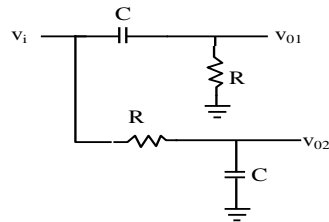


12. Para o circuito da figura 11.a mostre que para $\omega \gg 1/RC$ ele se comporta como um integrador.

13. Para o circuito da figura 11.b mostre que para $\omega \ll 1/RC$ ele se comporta como um diferenciador.

14. O circuito abaixo é utilizado para produzir sinais em quadratura, isto é, para uma entrada senoidal as saídas estão defasadas de 90° . Assim, mostre que a diferença de fase entre os dois sinais de saída é de 90° .

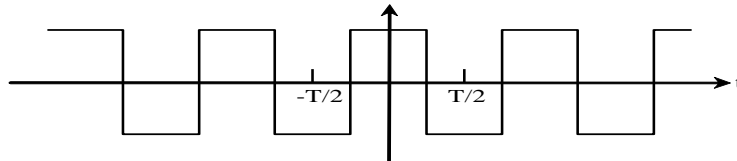
sugestão: $\arctg(a) + \operatorname{arccotg}(a) = \arctg(a) + \arctg(1/a) = \pi/2$



marcelobj

Segunda lista - am

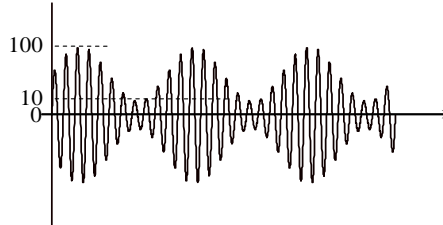
1. Mostre que a modulação em amplitude é um processo linear.
2. Determine e esboce o espectro de frequências de um sinal AM-DSB modulado por um trem de pulsos retangulares como o mostrada na figura abaixo.



2. A modulação em amplitude é produzida pelo sinal $m(t) = 3\cos(2\pi 10^3 t)$ volts modulando a portadora $c(t) = 10\cos(2\pi 10^6 t)$ volts. Determine:
 - (a) Índice de modulação m ,
 - (b) Equação do sinal AM,
 - (c) Espectro de amplitude,
 - (d) Frequências laterais e largura de faixa,
 - (e) Porcentagem da potência total contida nas bandas laterais.
3. Sugira uma expressão para o cálculo do índice de modulação de um sinal modulado em amplitude admitindo que o sinal mensagem seja do tipo: $m(t) = A_1 \cos(w_1 t) + A_2 \cos(w_2 t)$.
 resposta: $\beta = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2^2}$ em que β é o índice de modulação.
4. Admitindo que I_c seja a corrente (sem modulação) na antena de um radio transmissor e I_T a corrente total (com modulação) na antena, mostre que: $I_T = I_c \sqrt{1 + \beta^2/2}$.
5. Um analisador de espectro mostra que um sinal é constituído de três componentes de frequências, 600 KHz e 1 V, 597 KHz e 0,5 V, 603 KHz e 0,5 V. Pede-se:
 - a. A expressão do sinal modulado,
 - b. O sinal modulante,
 - c. A portadora,
 - d. O índice de modulação.
6. Seja $m(t)$ um sinal limitado em banda (W_{\max}). Determine a frequência da portadora se o sinal é transmitido tal que a largura de banda seja 1% do valor da portadora.
7. A potência de entrada em um receptor de 50Ω é 200 pW. Determine o ganho do amplificador para que na entrada do detector a potência seja de 3 dBm.

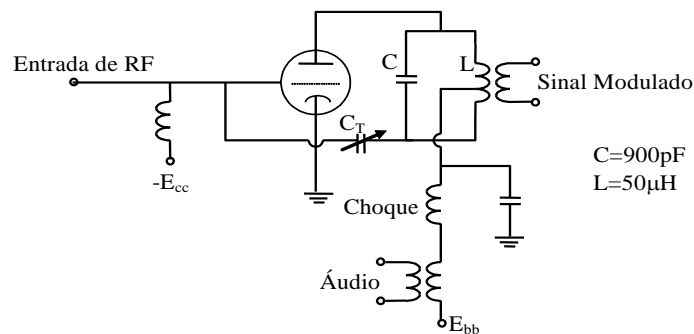
8. Para o sinal AMDSB da figura abaixo, pede-se:

- Índice de modulação,
- Amplitude da portadora.



9. Na figura abaixo se tem um modulador em placa, onde a portadora apresenta uma potência de saída de 1 kW. Esta portadora deverá ser modulada por um sinal de áudio com 85% de modulação. Pede-se:

- Potência contida nas bandas laterais,
- Potência total após a modulação,
- Frequência da portadora,
- Função do trimer C_T .



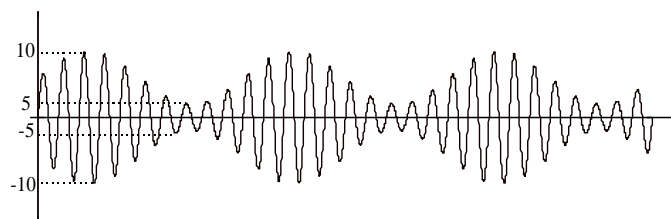
10. Determine a eficiência de potência (E) na modulação AMDSB para um tom senoidal com $m = 1$ e $m = 0.7$.

Obs: $E = P_{BL}/P_T$

11. Determine a eficiência de potência (E) na modulação AMDSB admitindo qualquer sinal modulante.

12. Para o sinal AM mostrado na figura abaixo determine:

- Índice de modulação,
- Potência da portadora, potência das bandas laterais e eficiência.



13. Um receptor super-heteródino cobre a faixa de ondas entre 175 e 525 metros. Sabendo que a FI é de 455 kHz determine as frequências máximas e mínimas do oscilador local.

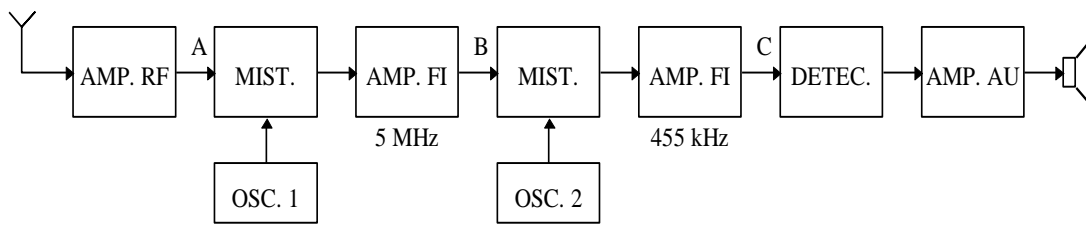
14. Um sinal AM apresenta a seguinte equação:

$$s(t) = 10\{1 + 0.5\cos 2000\pi t + 0.5\cos 4000\pi t\}\cos 20000\pi t$$

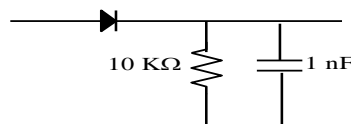
- (a) Desenhe o espectro de potências de $s(t)$,
(b) Determine o índice de modulação,

15. O diagrama em blocos de um receptor AMDSB com conversão dupla é mostrado abaixo. Admitindo que ele sintonize uma emissora em 2.7 MHz modulada por um tom senoidal de 3 kHz. Pede-se:

- (a) Frequências dos osciladores (1) e (2) (acima da portadora),
(b) Espectro de frequências nos pontos A, B e C.
(c) Frequência presente na saída do detector.



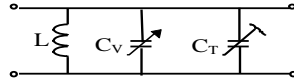
16. O detector de envoltória mostrado abaixo deverá demodular frequências de áudio entre 30 Hz e 5 kHz. Calcule o valor máximo do índice de modulação para que não ocorra distorção. Determine o novo do capacitor para $m = 75\%$.



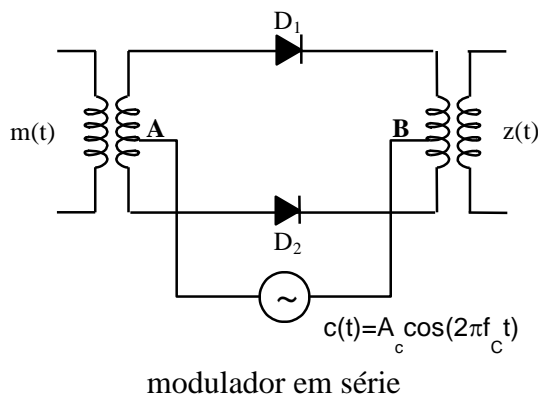
17. Determine a frequência imagem de uma emissora cuja portadora está alocada em 620 kHz. Explique o que poderá ocorrer se existir uma outra emissora próxima da anterior transmitindo com portadora exatamente igual à frequência imagem.

18. Um receptor super-heteródino para a faixa de ondas médias deverá ter um circuito de sintonia de entrada operando entre 525 e 1620 kHz. O capacitor variável empregado tem capacitâncias mínima e máxima de 10 pF e 256 pF respectivamente. Supondo que a frequência de sintonia seja determinada basicamente pelo circuito mostrado abaixo, pede-se:

- (a) Indutância da bobina,
(b) Capacitância do *trimmer*,
(c) O porquê da necessidade do *trimmer*,
(d) L e C_T do circuito tanque do oscilador local.



19. Qual a função do amplificador de FI nos receptores super-heteródinos?
20. Mostre que na modulação AMDSB-SC á necessidade de sincronismo de frequências e fase.
21. Porque um sinal piloto (parcela da portadora) é transmitido em um sistema AMDSB-SC?
22. Discuta os méritos relativos dos três principais tipos de modulação em amplitude. Para cada um deles forneça pelo menos uma vantagem e desvantagem de um em relação ao outro. Forneça também a principal aplicação comercial de cada um dos tipos.
23. Mostre que $x(t) = \sum [\cos w_c t \cos(w_i t + \theta_i) - \sin w_c t \sin(w_i t + \theta_i)]$ é um sinal SSB-SC. Ele é de banda lateral superior ou inferior? Escreva uma expressão análoga para a outra banda.
24. Seja o sinal AMDSB $f_1(t) = E_0[1 + m \cos w_m t] \cos w_c t$ em que é suprimida a banda lateral inferior para se obter o sinal AMSSB com portadora presente: $f_2(t) = e_0 \cos w_c t + m(E_0/2) \cos(w_c + w_m)t$. Mostre que o detector de envoltória recupera o sinal modulante se $m \ll 1$.
25. Admita que a portadora tenha amplitude alta e que os diodos sejam ideais. Mostre então que o circuito abaixo é um modulador AMDSB-SC (modulador em série).



26. Um sinal senoidal com frequência igual a 1 kHz modula uma portadora em SSB. Se no receptor o oscilador local estiver 10 Hz acima da frequência da portadora, qual a frequência do sinal detectado na saída do filtro passa-baixa do demodulador?
OBS: $\cos(A)\cos(B) = \frac{1}{2} \cos(A+B) + \frac{1}{2} \cos(A-B)$

27. Há necessidade de se utilizar demodulação coerente (sincronismo de fase) na demodulação SSB? Porque?

marcelobj

Terceira lista - fm

1. Mostre que a modulação em ângulo é um processo não linear.
2. Um modulador FM com sensibilidade de frequência $k_f = 3 \text{ kHz/volt}$ é modulado por um sinal senoidal com 4 v de tensão de pico frequência 1 kHz. Pede-se:
 - (a) O desvio máximo da frequência da portadora.
 - (b) O pico do desvio de fase ou índice de modulação.
 - (c) O índice de modulação se a tensão for reduzida pela metade.
3. Considere um sinal FM $s(t) = A_c \cos(\theta(t))$ tal que $\theta(t)$ satisfaz a condição: $\theta(t + \Delta t) - \theta(t) = \pi$. Admitindo Δt suficientemente pequeno, determine a frequência instantânea do sinal FM. (resposta: $f_i(t) \approx \frac{1}{2\Delta t} \text{ Hz}$).
4. Admitindo: $f_m = 3 \text{ kHz}$, $A_m = 3 \text{ V}$, $\beta = 4$, $A_c = 2 \text{ V}$, e $f_c = 200 \text{ kHz}$, determine:
 - (a) Desvio de frequência (Δf),
 - (b) Sensibilidade de frequência (k_f),
 - (c) Frequências instantâneas, máxima e mínima,
 - (d) Largura de faixa (por Carlson e por tabela),
 - (e) Espectro de amplitudes, mostrando a largura de faixa.
5. Repita o exercício anterior para $\beta = 0.25$ e $\beta = 10$.
6. Dado o sinal modulado em frequência: $s(t) = 100\cos(2\pi 10^6 t + 3\sin 2\pi 10^3 t)$. Pede-se:
 - (a) Frequência da portadora,
 - (b) Índice de modulação,
 - (c) Desvio de frequência,
 - (d) Espectro do sinal modulado,
 - (e) Potência das bandas laterais, da portadora e total.
7. Dispõe-se de um modulador FM tal que $k_f = 2 \text{ kHz/volt}$. Sendo o sinal modulante $m(t) = 2\cos(2\pi 10^3 t)$, pede-se:
 - a) Desvio máximo de frequência,
 - b) Largura de faixa do sinal,
 - c) Amplitude do sinal modulante que irá produzir um espectro de amplitude cuja componente correspondente à portadora é nula.
8. Uma portadora é modulada em frequência por um sinal senoidal com frequência f_m e amplitude A_m .
 - (a) Determine os valores do índice de modulação para os quais a componente da portadora se anula.

Obs: $J_n(\beta) \approx (2/\pi)^{1/2} \cos(\beta - \pi/4 - n\pi/2)$

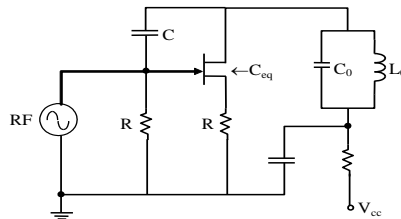
- (b) Em uma experiência de laboratório, utilizando $f_m = 1$ kHz, verificou-se que aumentando A_m (a partir de 0 v) a componente da portadora se anulava para $A_m = 2$ volts. Qual a sensibilidade de frequência do modulador? Qual o valor de A_m para o qual a componente da portadora se anula pela segunda vez?

9. Considere o seguinte sinal modulado em frequência por dois tons senoidais:

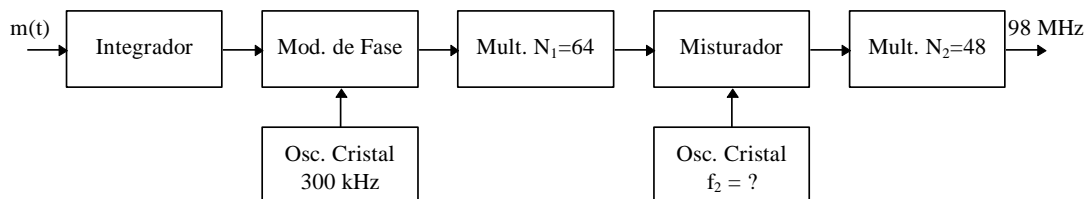
$$s(t) = \cos[2\pi f_c t + \beta_1 \sin 2\pi f_1 t + \beta_2 \sin 2\pi f_2 t]$$

- (a) Exprima este sinal em série de Fourier,
(b) Encontre o espectro de amplitude de $s(t)$ considerando: $f_c = 100$ MHz; $f_1 = 5$ kHz; $f_2 = 3$ kHz; $\beta_1 = \beta_2 = 0.3$

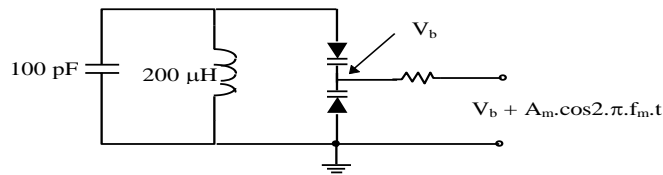
10. Um modulador de reatância capacitiva é utilizado para variar a frequência de 10 MHz de um oscilador por ± 100 kHz. A transcondutância do dispositivo varia linearmente com a tensão aplicada (0 - 628 μ A/v) e a resistência utilizada vale 1/10 da reatância capacitiva. Nestas condições, calcule a indutância e a capacitância do circuito tanque do oscilador.



11. O diagrama em blocos abaixo representa um transmissor FM onde a portadora final é de 98 MHz. O sinal de audio contém frequências na faixa de 30 a 15 kHz, e o desvio máximo permitido é de 75 kHz. Nestas condições calcule:
(a) A frequência do segundo oscilador,
(b) O desvio produzido pelo modulador de fase.

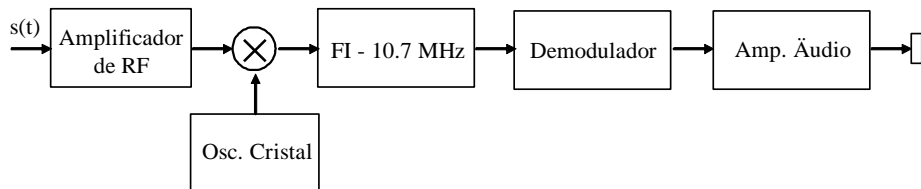


12. A figura seguinte mostra o circuito que determina a frequência de um VCO. Um sinal modulado em frequência é produzido aplicando o sinal modulante $A_m \cos 2\pi f_m t$ ao par de diodos varicap ligados através da combinação paralela de um indutor de 200 μ H e um capacitor de 100 pF. A frequência do oscilador é de 1 MHz e a capacitância de cada diodo é relacionada com a tensão aplicada através de seus terminais pela seguinte expressão: $C_D = 100V^{-1/2}$ pF. Sabendo-se que a saída deste circuito é aplicada em um multiplicador para produzir uma onda FM com frequência da portadora igual a 64 MHz e índice de modulação igual a 5, pede-se:
(a) O valor da tensão de polarização V_b ,
(b) A amplitude A_m do sinal modulante. (considere $f_m = 10$ kHz)



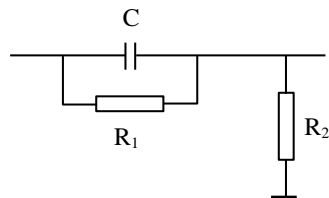
13. Um sinal FM, $s(t) = A \cos(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t)$, é aplicado em um filtro RC passa-altas. Admitindo que $\omega RC \ll 1$ na banda de frequências ocupada por $s(t)$, mostre que a tensão de saída através do resistor é um sinal modulado em amplitude. Encontre o índice de modulação do sinal AM.
14. O diagrama de blocos da figura abaixo tem como entrada um sinal modulado em frequência cuja expressão é dada por:

$$s(t) = A_c \cos \left(\omega_c t + k_f \int_0^t v_m dt \right), \text{ em que } k_f \text{ é a sensibilidade da modulação.}$$



Sendo: $f_c = 90 \text{ MHz}$, $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$, e o sinal na banda base entre (30 Hz e 15 kHz), determine:

- Extremos do índice de modulação,
 - Largura de faixa por Carlson,
 - Frequência do oscilador local,
 - Largura de faixa prática.
15. Projete um circuito de pré-ênfase (equalização de $75 \mu\text{s}$), tal que para sinais de frequências baixas (antes da atuação da equalização) ele apresenta uma atenuação de 17 dB. Considere $C = 10 \text{ nF}$.



$$H(f) = \frac{R_2}{R_2 + R_1 // X_C}$$

marcelo bj