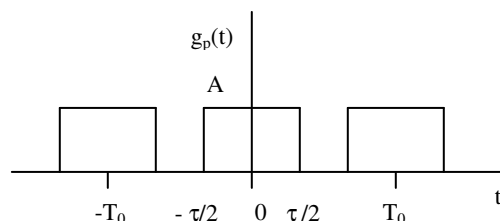


**UTFPR – CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA**  
**PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES - PROF. EMILIO WILLE**

**EXERCÍCIOS PROPOSTOS**

1) Prove que a Série Trigonométrica de Fourier para o sinal periódico abaixo ( $A = 1$  e  $\tau = T_0/2$ ) é dada por:

$$g_p(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)} \cos[2\pi f_c (2n-1)t]$$



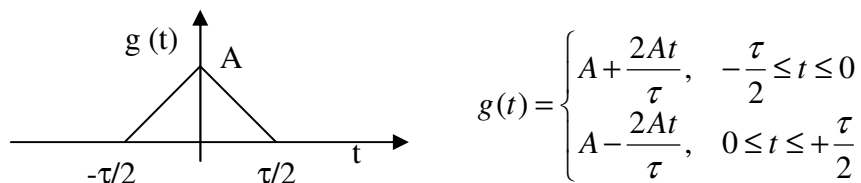
2) Determine os coeficientes da Série Exponencial Complexa de Fourier para o sinal periódico do exercício 1.

3) Calcule, usando propriedades, a Transformada de Fourier de :

- a)  $g(t) = \exp(-a.t).u(t)$
- b)  $g(t) = A.\text{rect}[(t - \tau/2)/\tau]$
- c)  $g(t) = A.\text{rect}(t/\tau).\cos(2\pi f_c t)$
- d)  $g(t) = A.\text{sinc}(2Wt)$

4) Determine a Transformada de Fourier para o sinal periódico do exercício 1.

5) Determine a TF do Pulso triangular usando diferenciações sucessivas.

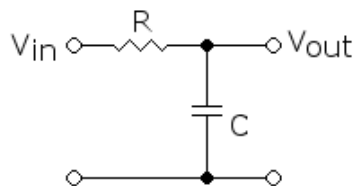


6) Calcule a Energia Total do sinal  $g(t) = \exp(-t).u(t)$  fazendo os cálculos no domínio da frequência.

Obs:  $\int \frac{dx}{a^2 + x^2} = \frac{1}{a} \arctg\left(\frac{x}{a}\right)$

7) Determine a Potência Média do sinal  $g(t) = A.\cos(2\pi f_c t)$ .

- 8) Determine a Potência Média contida no intervalo de frequências  $|n.f_o| \leq 1/\tau$ , para o sinal periódico do exercício 1, utilizando o Teorema de Parseval. ( $A = 1$  e  $\tau = T_o/2$ ).
- 9) Determine a Função Autocorrelação para o sinal periódico do exercício 1, considere  $\tau = T_o/2$ .
- 10) Determine a Função Autocorrelação para o sinal  $g(t) = A.\cos(2\pi f_o t)$ .
- 11) Determine a Autocorrelação e a Potência Média do sinal  $x(t) = A.g(t).\cos(2\pi f_c t)$ , considere  $g(t)$  real e periódico.
- 12) Determine a Transformada de Hilbert do sinal  $g(t) = \cos(2\pi f_c t)$ .
- 13) Considerando o filtro passa-baixa tipo RC (onde  $R = 10 \text{ k}\Omega$  e  $C = 20 \text{ nF}$ ), cuja frequência de corte é dada por  $f_{3dB} = 1/(2\pi RC)$ , determine os valores do *atraso de fase* e do *atraso de grupo* quando a frequência do sinal de entrada é igual a 400 Hz. Refaça o exercício com a frequência do sinal de entrada igual a 800 Hz.



$$H(f) = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_{3dB}}}$$

- 14) Dada uma onda portadora de  $10 \text{ V}_{pp}$  e frequência de 1 MHz e uma modulante cossenoidal de  $5 \text{ V}_{pp}$  e 5 kHz, considerando  $k_a = 0,2 \text{ V}^{-1}$ , determine :
- A expressão do sinal modulado AM-DSB.
  - A expressão do espectro do sinal modulado.
  - A potência média do sinal modulado.
  - A largura de espectro do sinal modulado.
  - O sinal AM-DSB é demodulado com o uso de um detector de envoltória. Determine a constante  $R_L C$  de modo a minimizar a *distorção de corte diagonal*.
- 15) No detector de Lei Quadrática, qual deve ser o valor de  $k_a$  para que a *razão sinal-interferência* (SIR) corresponda a 20 dB. Sabe-se que a potência média da mensagem vale 1 Watts.
- 16) Determine a expressão do sinal modulado DSB/SC, a expressão do espectro e a potência média, caso o sinal modulante seja:  $m(t) = A_m.\cos(2\pi f_m t)$ .
- 17) O sinal  $v(t)$ , abaixo, foi obtido no processo de detecção coerente para sinais DSB/SC. Supondo que este sinal é filtrado com o uso de um FPB tipo Butterworth de 1º ordem (onde  $f_{3dB}$  é a *freq. de corte* do filtro), determine o valor de  $f_c$  para que as componentes indesejadas de  $v(t)$  sejam atenuadas em pelo menos 20 dB. Considere que  $f_{3dB} = 1,5.f_m$ .

$$v(t) = \cos(2\pi f_m t) \cdot \cos(2\pi 2f_c t) + \cos(2\pi f_m t) \quad |H(f)| = (1 + (f/f_{3dB})^2)^{-1/2}$$

18) Determine a expressão do sinal modulado U-SSB para a modulação tonal.

19) O sinal  $m(t) = \cos(2\pi f_m t)$  é usado para gerar o seguinte sinal modulado VSB:

$$s(t) = \alpha \cdot \cos[2\pi(f_c + f_m)t] + (1-\alpha) \cdot \cos[2\pi(f_c - f_m)t], \text{ onde } \alpha \leq 1.$$

- Determine as componentes em fase e quadratura de  $s(t)$ .
- O sinal  $s(t)$  mais uma portadora  $c(t) = \cos(2\pi f_c t)$  são aplicados a um detector de envoltória. Determine a distorção criada pela componente em quadratura.

20) Esboçar os sinais modulados FM e PM com os seguintes dados:  $A_m=1$ ,  $f_m=10$  kHz (senoidal),  $f_c = 100$  kHz,  $k_f=1$  kHz/V e  $k_p=0,1$  rad/V

21) Dada uma onda portadora de  $12 V_{pp}$  e frequência de  $1$  MHz e uma modulante cossenoidal de  $5 V_{pp}$  e  $5$  kHz, considerando um sinal FM com  $k_f = 1$  kHz/V, pede-se:

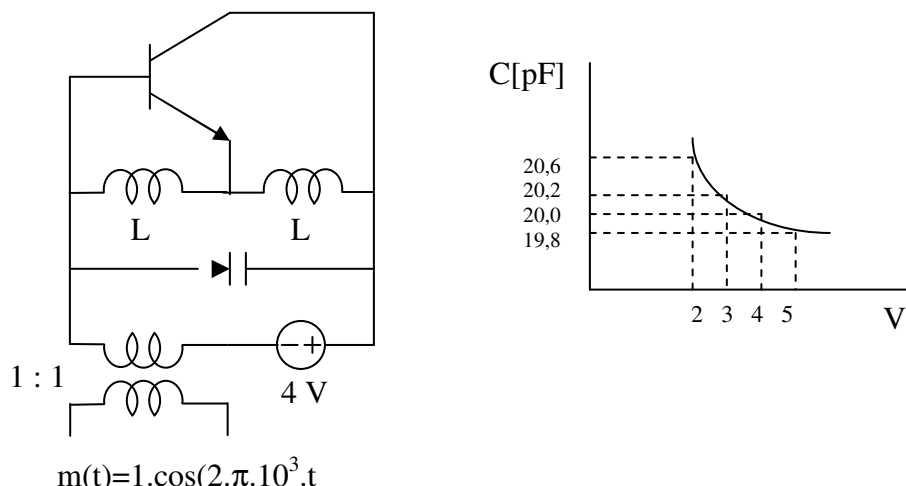
- O sinal possui modulação banda estreita ou banda larga?
- A expressão do sinal modulado FM.
- Um esboço do espectro do sinal modulado.
- A potência média do sinal modulado e sua largura de espectro.

22) Dada uma onda portadora de  $40 V_{pp}$  e frequência de  $1$  MHz e uma modulante cossenoidal de  $4 V_{pp}$  e  $10$  kHz, considerando  $k_f = 15$  kHz/V, determine :

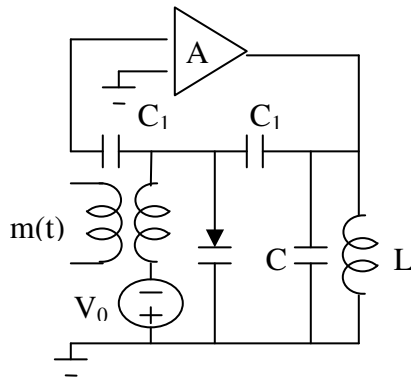
- A expressão do sinal modulado FM.
- A expressão do espectro do sinal modulado.
- A potência média do sinal modulado.
- A largura de espectro do sinal modulado (por Carson e Curva Universal).

23) Considere uma estação FM comercial ( $\Delta_f = 75$  kHz e  $W = 15$  kHz). Determine  $B_T$  usando a lei de Carson e a Curva Universal. Refaça o problema considerando o sinal modulado de áudio em TV (FM,  $\Delta_f = 25$  kHz e  $W = 15$  kHz).

24) Dados o circuito e gráfico abaixo. Calcular:  $f_c$ ,  $k_f$ ,  $\beta$ , equação de  $f_i(t)$ ,  $B_T$  (Carson + Curva); sabendo que  $L1 = L2 = 650 \mu H$ .



25) Provar que o oscilador da figura abaixo produz um sinal FM com frequência portadora  $f_c$  e sensibilidade em frequência  $k_f$ , dados pelas equações apresentadas. Obs: Os capacitores  $C_1$  não tem influência sobre a frequência de oscilação do sistema.



$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.(C + C_0)}}$$

$$k_f = -\frac{k_c \cdot f_c}{2.(C + C_0)}$$

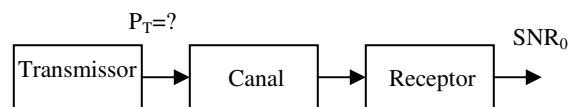
26) Determinar a figura de mérito para a modulação AM-DSB tonal (em função de  $\mu$ ).

27) Um receptor AM-DSB, operando com modulante cossenoidal a 80% de modulação, tem uma  $SNR_0 = 30$  dB. Sabendo-se que  $f_m = 2,4$  kHz, e  $N_0 = 10^{-6}$  W/Hz, pede-se:

- Qual o valor da  $SNR_C$  em decibéis?
- Qual é a potência média do sinal AM-DSB recebido?
- De quantos decibéis se pode diminuir a  $SNR_C$  sem que o sistema deixe de funcionar?

28) Determinar a figura de mérito para a modulação FM tonal (em função de  $\beta$ ).

29) Projete um sistema FM tonal com SNR na saída do receptor igual a 40 dB e que necessite de uma quantidade mínima de potência transmitida. Considere: canal com largura de faixa  $B = 120$  kHz, sinal modulante com  $f_m = 10$  kHz, fator  $N_0 = 10^{-8}$  W/Hz. Pergunta-se: qual é a potência de transmissão necessária se o sinal é atenuado em 40 dB no canal de transmissão?



30) Um sinal FM tonal com  $\beta = 1$  é aplicado a um demodulador. Sabendo-se que  $f_m = 8$  kHz,  $A_C = 2$  V, e  $N_0 = 10^{-6}$  W/Hz, pede-se:

- Qual o valor da  $SNR_C$  em decibéis?
- Qual é o valor da  $f_0$  associada ao sistema pré(dê)-ênfase se a  $SNR_0$  mínima para funcionamento é de 35 dB?

31) O sinal  $g(t) = \cos(40\pi t)$  é amostrado de forma ideal com frequência de amostragem igual a 60 Hz, pede-se :

- Determine a expressão matemática e esboce o espectro do sinal amostrado na faixa  $|f| \leq 150$  Hz.
- É possível recuperar o sinal original  $g(t)$ ? Como?

c) Determine o menor valor da frequência de amostragem para a recuperação de  $g(t)$  com o uso de um FPB tipo Butterworth de 1º ordem. As componentes indesejadas devem ser atenuadas em pelo menos 20 dB. Considere que  $f_{3dB} = 30$  Hz.

32) Um sinal, com espectro limitado a 100 Hz, é amostrado por um trem de pulsos de largura 1 ms, amplitude 5 V, e frequência fundamental 200 Hz, pede-se :

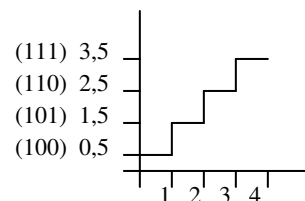
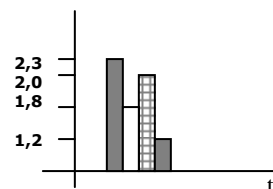
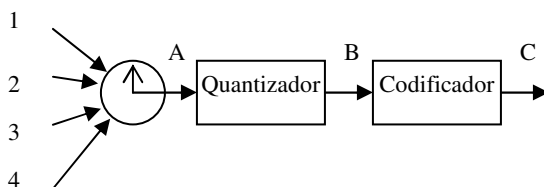
- Determine a expressão matemática e esboce o espectro do sinal amostrado.
- É possível recuperar o sinal original  $g(t)$  ? Como?

33) Um sinal ocupa a faixa de 100 kHz à 116 kHz. Quais as possíveis frequências de amostragem no caso?

34) Dois sinais, um limitado em 1 kHz e outro limitado em 4 kHz, são multiplexados por um sistema TDM de 2 canais. Determine a mínima frequência permitida para o amostrador.

35) Um sistema TDM-PCM tem 4 canais, quantização de 8 níveis e frequência do amostrador de 8 kHz. Os sinais a serem multiplexados são limitados em 3,2 kHz. Uma porção do sinal multiplexado presente no ponto A é apresentada, bem como a função de transferência do quantizador. Pede-se:

- A frequência de amostragem é adequada?
- O erro de quantização máximo em relação à amplitude de pico (percentual).
- A taxa de transmissão do multiplexador em amostras/seg (ponto A).
- Um esboço do sinal obtido após o quantizador (ponto B).
- Um esboço do sinal obtido após o codificador (ponto C).
- A taxa de transmissão do codificador em bps.
- A largura de espectro do sinal codificado.



36) Uma sequência de dígitos binários, à taxa de 56 kbps, deve ser transmitida através de um canal limitado em 42 kHz. Qual é o fator de roll-off a ser usado neste caso ?

37) Dada a sequência binária a ser transmitida 1000010110000000001, determine o sinal de linha nos formatos:

- AMI
- Manchester
- HDB3