UFCG – Universidade Federal de Campina Grande
CEEI – Centro de Engenharia Elétrica e Informática
DEE – Departamento de Engenharia Elétrica
Disciplina: Princípios de Comunicações (2013.1)
Professor: Waslon Terllizzie Araújo Lopes
Aluno(a): gabarito

8,2

Prova Final

1ª Questão: (2,0 pontos) Considere o sinal periódico $f(t)$ dado por

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} g(t-2n),$$

em que $g(t)$ é dado por

$$g(t) = \frac{1}{2}\, t\, [u(t+1) - u(t-1)].$$

Esboce o sinal $f(t)$ e determine o valor de n para o qual

$$\frac{F_n}{F_{n+1}} = \frac{4}{3},$$

em que F_n e F_{n+1} são dois coeficientes consecutivos da Série Exponencial de Fourier do sinal $f(t)$.

2ª Questão: (1,0 ponto) Uma emissora de rádio transmite um sinal senoidal de potência 50 kW. Em virtude das perdas de propagação, o sinal recebido por uma antena com impedância 50 Ω é senoidal mas com valor eficaz (RMS) igual a 0,002 volts. Determine a atenuação do sinal em dB.

3ª Questão: (1,5 pontos) Este problema trata da conversão analógico-digital (A/D). Considere um sinal $m(t)$ com frequência 5 kHz e faixa dinâmica de 24 volts, *i.e.*, -12 V $\leq m(t) \leq 12$ V .

(a) O sinal é amostrado com o dobro da taxa de Nyquist. Qual a taxa de amostragem?

(b) Depois, as amostras são quantizadas. Qual o menor número de bits por amostra que garantem que o erro de quantização ϵ satisfaça a condição $-0,25$ V $\leq \epsilon \leq 0,25$ V .

(c) Qual a taxa de bits resultante?

4ª Questão: (2,0 pontos) Num esquema de modulação AM-DSB, a portadora modulada é dada por

$$s(t) = [1 + \Delta_{AM} m(t)]\text{sen}(\omega_c t + \phi),$$

em que $m(t)$ é o sinal mensagem com média nula, ω_c é a frequência da portadora, Δ_{AM} é o índice de modulação e ϕ é uma variável aleatória uniformemente distribuída entre zero e 2π. Determine a autocorrelação e a densidade espectral de potência (DEP) da portadora modulada.

5ª Questão: (1,0 ponto) Deseja-se transmitir três sinais mensagem $m_1(t)$, $m_2(t)$ e $m_3(t)$. Os sinais $m_1(t)$ e $m_2(t)$ são limitados a 500 Hz enquanto que o sinal $m_3(t)$ é limitado a 1000 Hz. O sinal $m_1(t)$ modula em AM-DSB uma portadora com frequência $f_1 = 2000$ Hz. Os outros dois sinais mensagem, $m_2(t)$ e $m_3(t)$, modulam em AM-SSB duas portadoras com frequências f_2 e f_3, respectivamente, com $f_1 < f_2 < f_3$.

(a) Determine os menores valores de f_2 e f_3 para os quais e possível recuperar os três sinais mensagem utilizando filtros ideais e demoduladores.

(b) Qual a banda passante total utilizada?

6ª. Questão: (1,5 pontos) Considere um transmissor FM em que a portadora de 20 MHz é modulada por um sinal mensagem $m(t) = 0,5\cos(2\pi \cdot 500 \cdot t)$ produzindo um índice de modulação $\beta = 300$.

(a) Encontre o máximo desvio em frequência da portadora modulada.

(b) Determine a banda passante do sinal modulado usando a Regra de Carson.

(c) Escreva uma expressão para frequência instantânea da portadora em Hertz.

7ª Questão: (1,0 ponto) Considere o diagrama de blocos apresentado na Figura 1 em que

$$H_1(\omega) = \begin{cases} 1, & |\omega| \geq \omega_c \\ 0, & \text{caso contrário,} \end{cases} \quad \text{e} \quad H_2(\omega) = \begin{cases} 1, & |\omega| \leq 2\omega_c \\ 0, & \text{caso contrário,} \end{cases}$$

e um sinal mensagem $m(t)$ limitado em frequência, *i.e.*, $S_M(\omega) = 0$ para $|\omega| > \omega_M$. Determine o que se pede:

(a) Escolha um espectro arbitrário para $m(t)$ e esboce o correspondente espectro do sinal $s(t)$.

(b) Encontre uma relação entre ω_M e ω_c que possibilite a recuperação de $m(t)$ a partir de $s(t)$.

(c) Apresente o diagrama de blocos de um sistema que obtenha $m(t)$ a partir $s(t)$.

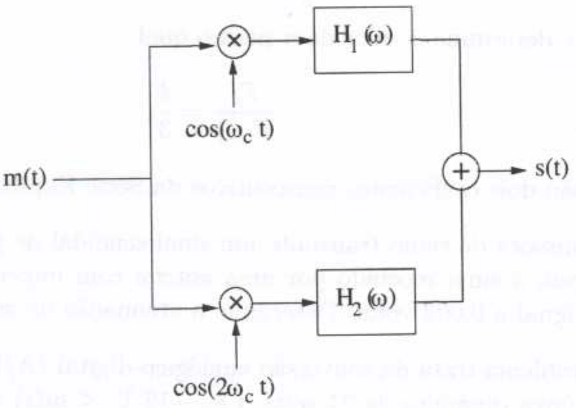
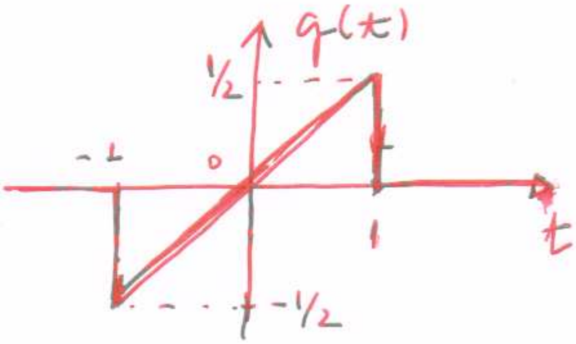


Figura 1: Diagrama de blocos de um modulador não convencional.

Boa Prova e boas férias!
W. T. A. Lopes

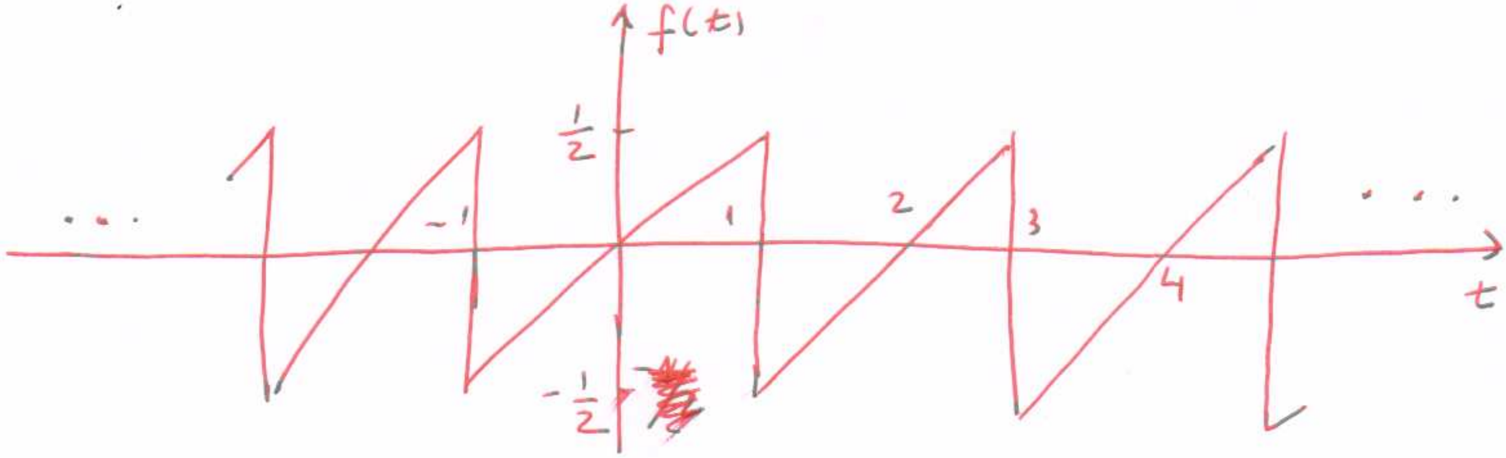
1ª questão

(A)



$T = 2$

$\omega_0 = \pi$



$$F_n = \frac{1}{T}\int_T f(t) . e^{-jn\omega_0 t} dt$$

$$= \frac{1}{T}\int_T f(t) \left[\cos(n\omega_0 t) - j\,\text{sen}(n\omega_0 t)\right] dt$$

$\hookrightarrow$ f(t) é ímpar

$$= \frac{1}{T}\int_T j f(t) . \text{sen}(n\omega_0 t)\, dt$$

$$= \frac{2j}{T} . \int_0^{T/2} f(t)\, \text{sen}(n\omega_0 t)\, dt$$

$$= \frac{2j}{2} \int_0^{1} \tfrac{1}{2}\, t . \text{sen}(n\pi t)\, dt$$

$$F_n = \frac{1}{2}\int_0^1 t \,\text{sen}(n\pi t)\,dt$$ (B)

Obs:

$$\int t\,\text{sen}(at)\,dt = -\frac{t}{a}\cos(at) + \frac{1}{a}\int \cos(at)\,dt$$

$u = t$ $\quad$ $v = -\frac{1}{a}\cos(at)$

$du = dt$ $\quad$ $dv = \text{sen}(at)\,dt$

$$\boxed{\int t\,\text{sen}(at)\,dt = -\frac{t}{a}\cos(at) + \frac{1}{a^2}\text{sen}(at)}$$

$$F_n = \frac{1}{2}\cdot\left[-\frac{t}{n\pi}\cos(n\pi t) + \frac{1}{(n\pi)^2}\text{sen}(n\pi t)\right]\Big|_0^1$$

$$\boxed{F_n = \frac{1}{2}\left[\frac{-1}{n\pi}\cdot\cos(n\pi t)\right]}$$ //

$$\boxed{\frac{F_3}{F_4} = -\frac{4}{3}}$$ // $\Rightarrow$ $\boxed{n = 3}$ //

2ª questão

$P_S = 50\ kW = 50\cdot 10^3\ W$

$P_R = \frac{(0{,}002)^2}{50} = 8\cdot 10^{-8}\ W$

c

$$A = 10 \log \frac{50 \cdot 10^{3}}{8 \cdot 10^{-8}} \Rightarrow \boxed{A = 117{,}96 \text{ dB}}$$

3.ª questão

a) $f_s = 2 \cdot 2{,}5 \cdot 5 = 20 \text{ kHz}$

b) $L = \dfrac{24}{0{,}5} = 48$ níveis $\Rightarrow n = \lceil \log_2 48 \rceil$

$$\boxed{n = 6 \text{ bits}}$$

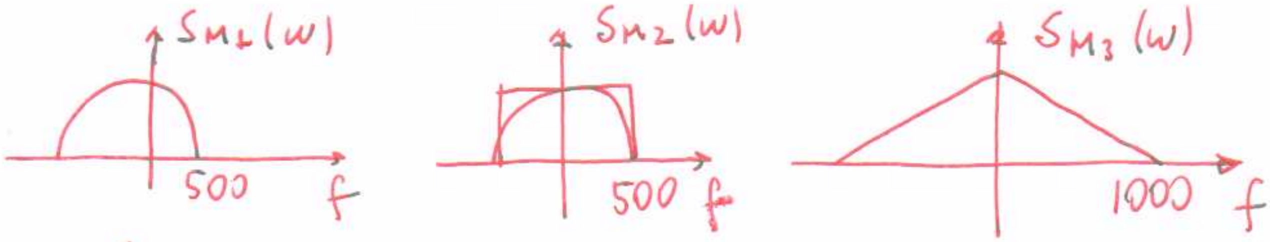
c) $R = 20 \cdot 6 = 120$ kbit/s

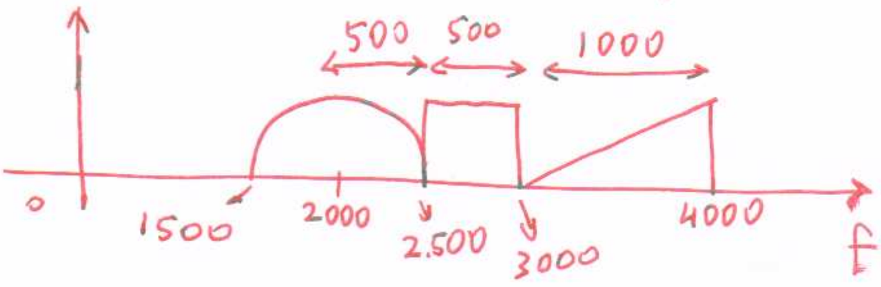
4.ª questão

$$S_s(\omega) = \frac{\pi}{2}\,\delta(\omega \pm \omega_c) + \frac{\Delta_{AM}^{2}}{4}\, S_M(\omega \pm \omega_c)$$

$$R_s(\tau) = \left[1 + \Delta_{AM}^{2} R_M(\tau)\right] \frac{\cos(\omega_c \tau)}{2}$$

5.ª questão





(D)

a) $f_2 = 2.500\ Hz$

$f_3 = 3.000\ Hz$

c) $BP = 4000 - 1500 = 2.500\ Hz$

6ª questão

a) $\beta = \frac{\Delta f}{f_{MAX}} \Rightarrow \Delta f = \beta \cdot f_{MAX}$

$\Delta f = 300 \cdot 500 = 150.000$

$\boxed{\Delta f = 150\ kHz}$ //

b) $BP = 2(\beta + 1) f_M$

$= 2 \cdot (300 + 1) \cdot 500 = 301\ kHz$

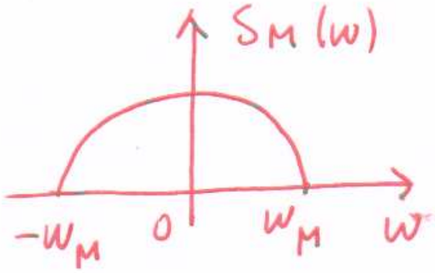
c)

$w(t) = w_c + \Delta_{FM} \cdot m(t)$

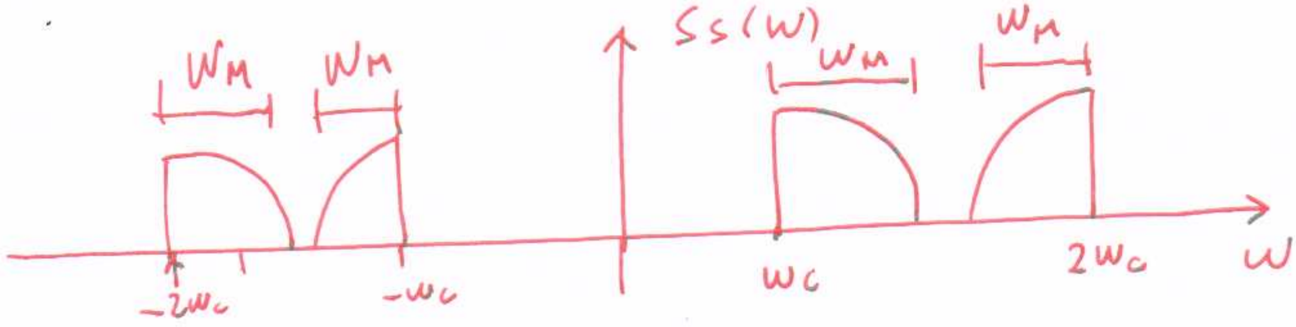
$\boxed{f(t) = 20 \cdot 10^6 + 150 \cdot 10^3 \cdot sen(2\pi\, 500 \cdot t)}$ //

7ª questão

E



a)



b) $w_c \geq 2w_M$

c)