



Universidade de Brasília

Princípios de Comunicações (FGA - 203815)
Segunda Prova 03/novembro/2016

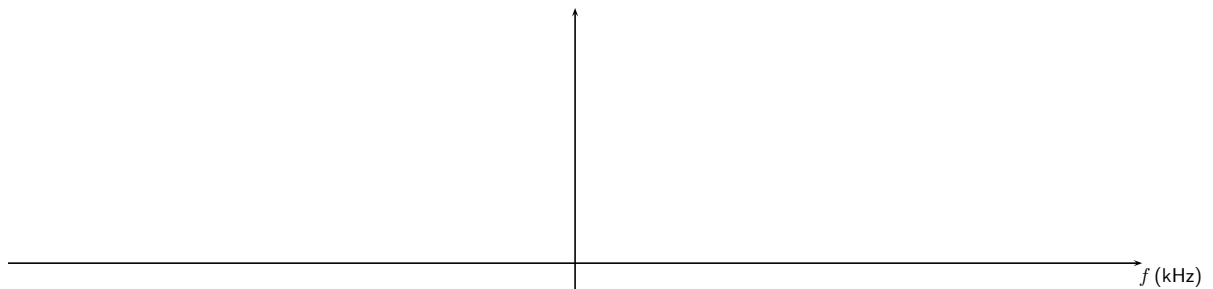
Nome: _____ Matrícula: _____

| Questão | 1 | 2 | 3 | 4 | Total |
|---------|----|----|----|----|-------|
| Pontos | 30 | 30 | 30 | 20 | 110 |
| Nota | | | | | |

Questão 1 30 Pontos

Considere a modulação tonal em FM do sinal $m(t) = 4 \cos(2\pi f_m t)$, medido em volts, com $f_m = 20 \text{ kHz}$. A frequência da portadora é de 500 kHz . O modulador é implementado com um VCO com $k_F = 10 \text{ kV/Hz}$, e o sinal modulado tem amplitude $A_c = 10 \text{ V}$.

- Desenhe o espectro (bilateral) do sinal modulado;
- Observando o espectro, encontre sua largura de banda e compare com a estimativa dada pela fórmula de Carson;
- Ainda com base nas informações do espectro, calcule a potência do sinal modulado.



Largura de banda (Carson) = _____ Hz

Largura de banda obtida pelo espectro = _____ Hz

Potência obtida pelo espectro = _____ V^2

Potência do sinal modulado (via amplitude do sinal modulado) = _____ V^2

Questão 2 30 Pontos

Considere o projeto de um sistema de modulação angular, com duas opções: PM ou FM. Nos dois casos, o desempenho referente à qualidade do sinal no receptor deve ser o mesmo, isto é, a $\left(\frac{S}{N}\right)$ deve ser a mesma. O sistema tem a mesma potência de transmissão nos dois casos.

- Encontre uma relação entre k_P e k_F que permita que a restrição de qualidade seja satisfeita à saída do demodulador;
- Repita o item anterior, de modo que a restrição seja à entrada do demodulador;
- É possível compatibilizar as duas restrições simultaneamente? Justifique.

Questão 3 30 Pontos

A modulação FSK binária (Binary Frequency Shift Keying) faz uso de duas portadoras, de frequências f_1 e f_2 , cada uma associada a um bit. Uma possível expressão para o sinal modulado é dada por

$$s(t) = A_c \text{rect}\left(\frac{t - kT_b}{T_b}\right) [(1 - b_k) \cos(2\pi f_1 t) + b_k \cos(2\pi f_2 t)],$$

onde b_k é o k -ésimo bit a ser transmitido (0 ou 1), A_c é a amplitude da portadora e T_b é a duração de um bit. Se $f_1 = 100 \text{ kHz}$, $f_2 = 200 \text{ kHz}$ e $T_b = 1 \text{ ms}$:

- (a) Desenhe o sinal transmitido correspondente à sequência de bits (0, 0, 1, 0, 1);
 (b) Lembrando que

$$\text{rect}\left(\frac{t}{T_b}\right) \xleftrightarrow{\mathcal{F}} T_b \text{sinc}(\pi f T_b),$$

desenhe o módulo do espectro correspondente a uma sequência de bits aleatória e infinita. Sugestão: observe que, neste caso, na metade do tempo são transmitidos bits 1, e na outra metade, bits 0.

- (c) Encontre uma expressão para a frequência instantânea $f_i(t) = f_c + k_F m(t)$ que possa representar o sinal FSK com os parâmetros dados; deixe claro quais os valores de f_c , k_F , e qual a relação de $m(t)$ com os bits transmitidos.



Questão 4 20 Pontos

Para implementar um processo de modulação indireta pelo método de Armstrong, você dispõe de dois multiplicadores de frequência, de fatores 5 e 6. A frequência inicial da portadora é de 2 kHz, e o sinal de saída tem frequências que podem estar em qualquer ponto da faixa entre 30 kHz e 60 kHz, com desvio de frequência $\Delta f = 3 \text{ KHz}$. A frequência específica dentro desta faixa é determinada por um oscilador com frequência ajustável, com frequência máxima de 17 kHz. Nestas condições:

- (a) Determine a faixa de valores de frequência do oscilador;
 (b) Faça um diagrama de blocos de seu modulador, especificando em cada ponto de relevante as frequências da portadora e os respectivos desvios de fase.

Formulário

Funções de Bessel

| β | J_0 | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 | J_6 | J_7 | J_8 | J_9 | J_{10} | J_{11} | J_{12} |
|---------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| 0,25 | 0,98 | 0,12 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 0,94 | 0,24 | 0,03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,8 | 0,85 | 0,37 | 0,07 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,0 | 0,77 | 0,44 | 0,11 | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1,5 | 0,51 | 0,56 | 0,23 | 0,06 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2,0 | 0,22 | 0,58 | 0,35 | 0,13 | 0,03 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2,40 | 0 | 0,52 | 0,43 | 0,20 | 0,065 | 0,016 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3,0 | -0,26 | 0,34 | 0,49 | 0,31 | 0,13 | 0,04 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4,0 | -0,4 | -0,07 | 0,36 | 0,43 | 0,28 | 0,13 | 0,05 | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5,0 | -0,18 | -0,33 | 0,05 | 0,36 | 0,39 | 0,26 | 0,13 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| 5,52 | 0 | -0,34 | -0,123 | 0,25 | 0,40 | 0,32 | 0,19 | 0,09 | 0,03 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| 6,0 | 0,15 | -0,28 | -0,24 | 0,11 | 0,36 | 0,36 | 0,25 | 0,13 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 |
| 7,0 | 0,3 | 0 | -0,3 | -0,17 | 0,16 | 0,35 | 0,34 | 0,23 | 0,13 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0 |
| 8,0 | 0,17 | 0,23 | -0,11 | -0,29 | -0,11 | 0,19 | 0,34 | 0,32 | 0,22 | 0,13 | 0,06 | 0,03 | 0,01 |
| 8,65 | 0 | 0,27 | 0,062 | -0,243 | -0,23 | 0,03 | 0,27 | 0,34 | 0,29 | 0,18 | 0,1 | 0,05 | 0,02 |

PM, FM e Ruído em Sistemas Analógicos

$$\varphi_{AM}(t) = A_c (1 + \mu m(t)) \cos(2\pi f_c t)$$

$$\varphi_{DSB}(t) = A_c m(t) \cos(2\pi f_c t)$$

$$\varphi_{SSB}(t) = \frac{A_c}{2} [m(t) \cos(2\pi f_c t) \pm m_h(t) \sin(2\pi f_m t)]$$

$$\varphi_{PM}(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + k_P m(t))$$

$$\varphi_{FM}(t) = A_c \cos \left(2\pi f_c t + 2\pi k_F \int_{-\infty}^t m(\alpha) d\alpha \right)$$

$$e^{j\beta \sin(2\pi f_m t)} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} J_n(\beta) e^{-j2\pi n f_m t}$$

$$B_T = 2 B_m (\beta + 1) = 2 (\Delta f + B_m)$$

$$\beta_{FM} = \frac{k_F m_P}{B_m} \quad \beta_{PM} = \frac{k_P \dot{m}_P}{2\pi B_m}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{IN}^{DSB-SC} = \frac{A_c^2 P_m}{2} \frac{1}{2N_0 B_m}$$

$$\left(\frac{(S/N)_{OUT}}{(S/N)_{IN}} \right)^{DSB-SC} = 2$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{IN}^{SSB} = \frac{A_c^2 P_m}{4} \frac{1}{N_0 B_m}$$

$$\left(\frac{(S/N)_{OUT}}{(S/N)_{IN}} \right)^{SSB} = 1$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{IN}^{AM, Sincr} = \frac{A_c^2 (1 + \mu^2 P_m)}{2} \frac{1}{2N_0 B_m}$$

$$\left(\frac{(S/N)_{OUT}}{(S/N)_{IN}} \right)^{AM, Sincr} = \frac{2\mu^2 P_m}{1 + \mu^2 P_m}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{IN}^{FM} = \left(\frac{S}{N} \right)_{IN}^{PM} = \frac{A_c^2}{2N_0 B_T}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{OUT}^{FM} = \frac{3A_c^2 \beta_{FM}^2 P_m}{2N_0 B_m m_P^2} = 3\gamma \beta_{FM}^2 \left(\frac{P_m}{m_P^2} \right)$$

$$\left(\frac{(S/N)_{OUT}}{(S/N)_{IN}} \right)^{FM} = 6\beta_{FM}^2 (\beta_{FM} + 1) \frac{P_m}{m_P^2}$$

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{OUT}^{PM} = \frac{A_c^2 k_p^2 P_m}{2N_0 B_m} = \gamma k_p^2 P_m$$

$$\left(\frac{(S/N)_{OUT}}{(S/N)_{IN}} \right)^{PM} = 8\pi^2 \beta_{PM}^2 (\beta_{PM} + 1) \frac{P_m}{\dot{m}_P^2} B_m^2$$

FOLHA PARA SOLUÇÃO