

**Teoria de Comunicações (FGA - 203815)**  
**Segunda Prova 30/outubro/2014**

Para responder às questões, use o verso da folha se for necessário. Prova **sem** consulta.

Nome: \_\_\_\_\_ Matrícula: \_\_\_\_\_

Questão	1	2	3	Total
Pontos	25	30	45	100
Nota				

**Questão 1** ..... 25 Pontos

Considere a geração de um sinal FM de banda larga usando o método indireto de Armstrong.

- (20) (a) Projete o modulador, tendo em vista tenha as seguintes características para os sinais em banda estreita e banda larga:
- Em banda estreita, desvio de frequência de 15 Hz e frequência de portadora em 200 KHz.
  - Em banda larga, desvio de frequência de 75 KHz e frequência de portadora em 100.1 MHz.
- Você dispõe de, no máximo, 5 triplicadores e 7 duplicadores de frequência.
- (5) (b) Desenhe o diagrama de blocos do modulador, explicitando as frequências e desvios de fase à entrada e saída de cada um dos blocos.

**Questão 2** ..... 30 Pontos

Considere a modulação tonal de uma senoide  $m(t) = 5 \cos(2\pi f_m t)$ , usada como representante da frequência máxima de uma mensagem a ser transmitida em FM. A frequência  $f_m$  deve ser especificada para que três condições sejam satisfeitas ao se realizar a modulação FM de  $m(t)$ :

- A frequência de  $m(t)$  deve ser a maior possível, porém não pode ultrapassar 50 KHz;
- A largura de banda do sinal modulado em FM deve ser de 500 KHz;
- O sinal modulado não pode ter potência alocada na frequência da portadora.

- (10) (a) Encontre a frequência do sinal modulante,  $f_m$ , assim como o valor de  $k_F$ , em Hz/V.
- (20) (b) Desenhe o espectro bilateral do sinal modulado, para portadora com  $A_c = 20$  V e  $f_c = 2$  MHz.

**Questão 3** ..... 45 Pontos

Na entrada de um receptor, considere um sinal de ruído modelado por um ruído branco gaussiano de média nula e densidade espectral de potência de  $10^{-10}$  W/Hz. Para todos os casos de demodulação, a potência de sinal recebido é a do sinal transmitido atenuada de 30 dB. As demodulações AM são síncronas. Sabendo que a mensagem  $m(t)$  possui as seguintes características:

- Largura de banda de 20 KHz;
- Potência média de 1 W;
- Valor máximo de 10 V;
- Derivada com valor máximo de  $0,5 \cdot 10^6$  V/s,

complete a tabela abaixo, explicitando todos os seus cálculos. Sabe-se também que, em todos os casos, a amplitude da portadora na usada no transmissor é de 20 V.

MODULAÇÃO	$S_{IN}$ (mW)	$B_T$ (KHz)	$N_{IN}$ ( $\mu$ W)	$(S/N)_{IN}$ (dB)	$(S/N)_{OUT}$ (dB)
AM-DSB-SC					
AM-SSB-SC					
AM-DSB+C, $\mu = 0.5$					
PM, $\beta_{PM} = 8$					
FM, $\beta_{FM} = 6$					

**[Desafio, 10 pontos]:** mostre que ao usarmos pré-ênfase em  $m(t)$ , a relação sinal-ruído à saída de um demodulador FM é melhorada de um fator

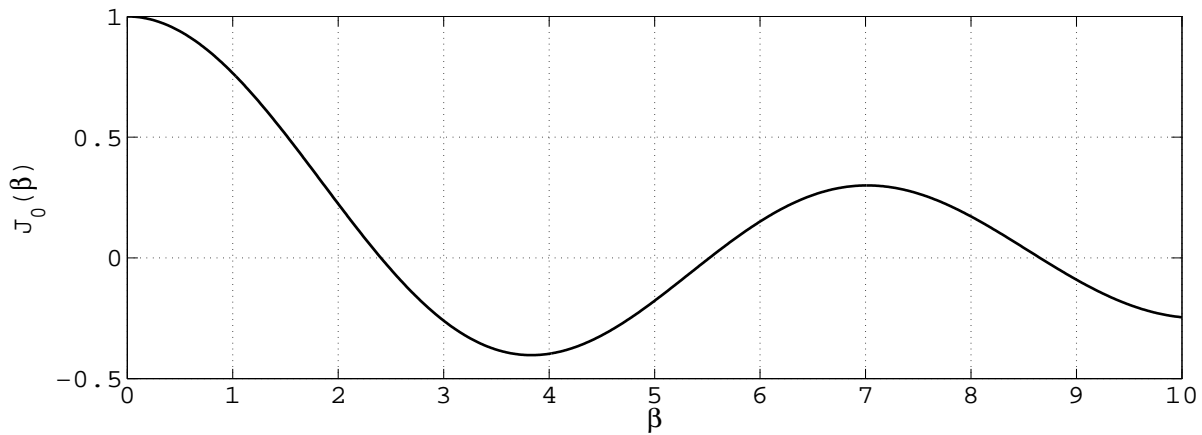
$$\frac{1}{3} \left( \frac{B_m}{B_{pe}} \right)^2,$$

onde  $B_{pe}$  é a largura de faixa sobre a qual atua a pré-ênfase no transmissor.

# Formulário

## Funções de Bessel

$\beta$	$J_0$	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$	$J_6$	$J_7$	$J_8$	$J_9$	$J_{10}$	$J_{11}$	$J_{12}$
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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

