



UFCEG – Universidade Federal de Campina Grande  
CEEI – Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
DEE – Departamento de Engenharia Elétrica

Disciplina: Princípios de Comunicações (2014.2)

Professor: Waslon Terlizzie Araújo Lopes

Aluno(a): Gabanto

8,0

**Quarta Avaliação**

1ª Questão: (2,0 pontos) Quantos canais de voz (filtrado em 5 kHz) é possível alocar num canal de 4 MHz utilizando-se FM com índice de modulação  $\beta = 4$ . Quantos seriam alocados com QAM e quantos caberiam com FM faixa estreita?

2ª Questão: (2,0 pontos) Um sinal em banda básica  $m(t)$  com valor de pico  $m_p = 1$  V e largura de faixa 50 kHz deve ser transmitido usando modulação em frequência (FM). Dado que a banda alocada para transmissão do sinal modulado varia de 41 a 45 MHz, determine quais valores de frequência de portadora e de índice de desvio em frequência poderão ser utilizados para gerar o sinal modulado.

- (a)  $f_c = 41$  MHz e  $\Delta_{FM} = 100\pi$ ;
- (b)  $f_c = 43$  MHz e  $\Delta_{FM} = 100\pi$ ;
- (c)  $f_c = 42$  MHz e  $\Delta_{FM} = 100\pi$ ;
- (d)  $f_c = 43$  MHz e  $\Delta_{FM} = 200\pi$ ;
- (e)  $f_c = 46$  MHz e  $\Delta_{FM} = 200\pi$ .

3ª Questão: (2,0 pontos) De forma geral, um sinal modulado em fase (PM) é dado por

$$s(t) = A \cos(\omega_c t + \Delta_{PM} m(t) + \phi),$$

em que  $\Delta_{PM}$  é o índice de desvio em fase,  $m(t)$  é o sinal mensagem,  $\phi$  é a fase inicial da portadora (uniformemente distribuída entre zero e  $2\pi$ ), e  $A$  e  $\omega_c$  são a amplitude a frequência da portadora, respectivamente. Quando  $|\Delta_{PM} m(t)| \ll 1$ , tem-se o esquema de modulação PM faixa estreita (NBPM). Neste caso o sinal PM pode ser aproximado por

$$s(t) \approx A[\cos(\omega_c t + \phi) - \Delta_{PM} m(t) \text{sen}(\omega_c t + \phi)]$$

A partir dessa aproximação, apresente um diagrama de blocos para o modulador NBPM e determine uma expressão para a densidade espectral de potência do sinal NBPM.

4ª Questão: (2,0 pontos) Uma portadora senoidal é modulada em frequência com faixa larga por um sinal mensagem cuja densidade de probabilidade de uma sinal mensagem é dada por

$$p_M(m) = \alpha e^{-\alpha|m|} \cdot (u(m + m_p) - u(m - m_p)).$$

Qual o valor de pico do sinal mensagem? Esboce a densidade espectral de potência da portadora modulada. Determine a banda passante real, efetiva e de 3 dB do sinal modulado.

5ª Questão: (2,0 pontos) Esboce o diagrama de constelação para o sinal PSK dado por

$$s(t) = A \cos\left(\omega_c t + \frac{\pi}{2} m(t) + \frac{\pi}{3}\right)$$

em que

$$m(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} m_k p(t - kT_b)$$

e  $m_k = \{0, 1, 2, 3\}$ . Determine as resultantes em fase e amplitude para cada caso.

Boa Prova!  
W. T. A. Lopes

1ª questão

$$BP = 2(\beta + 1) \cdot f_m$$

$$= 2(4 + 1) \cdot 5$$

$$BP = 50 \text{ KHz}$$

$$\# \text{canais}_{FM} = \frac{4 \text{ MHz}}{50 \text{ KHz}}$$

$$\# \text{canais}_{FM} = 80$$

P/ QAM  $\Rightarrow BP = f_m$

$$BP = 5 \text{ KHz} \Rightarrow$$

$$\# \text{canais} = 800 \text{ QAM}$$

2ª questão

Amplada!: freq. instantânea  $\neq$  freq. espectral

3ª questão

$$R_s(\tau) = E[S(t) \cdot S(t + \tau)]$$

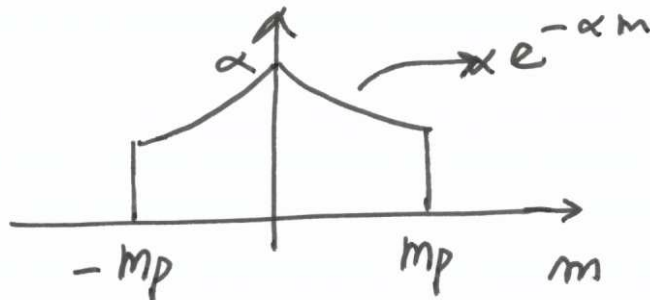
$$S_s(\omega) = F \{ R_s(\tau) \}$$

$$S_s(\omega) = \frac{\pi A^2}{2} \delta(\omega \pm \omega_c) + \frac{\Delta_{FM}^2 A^2}{4} S_m(\omega \pm \omega_c)$$

4ª questão

(B)

$$p_M(m) = \alpha e^{-\alpha|m|} [\mu(m+m_p) - \mu(m-m_p)]$$



$$\int_0^{m_p} \alpha e^{-\alpha m} dm = 1/2$$

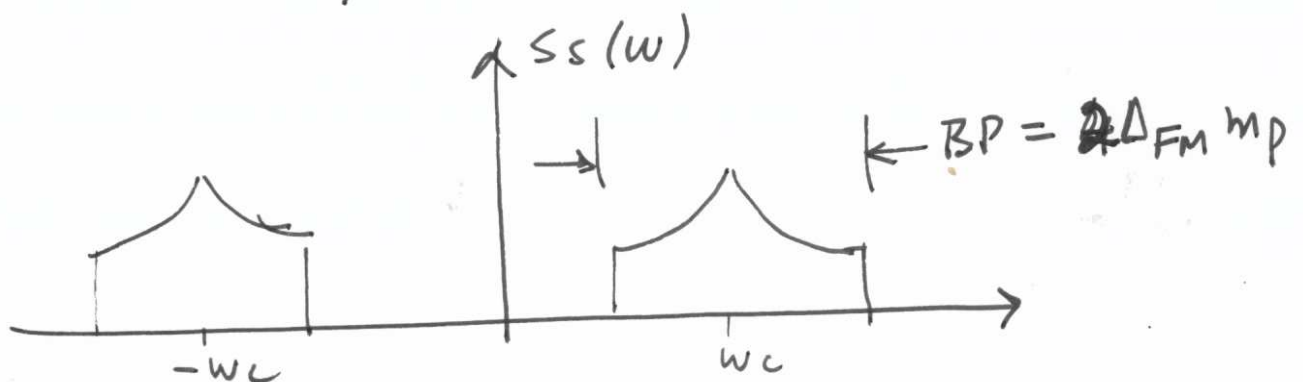
$$-e^{-\alpha m} \Big|_0^{m_p} = \frac{1}{2}$$

$$1 - e^{-\alpha m_p} = 1/2$$

$$e^{-\alpha m_p} = 1/2$$

$$-\alpha m_p = \ln(1/2)$$

$$m_p = \frac{\ln 2}{\alpha}$$



(C)

$$BP_{\text{total}} = 2 \cdot \Delta_{\text{FM}} \cdot m_p$$

$$BP_{\text{effective}} = 2 \Delta_{\text{FM}} \sqrt{P_M}$$

$$P_M = 2 \cdot \int_0^{m_p} m^2 \alpha e^{-\alpha m} dm$$

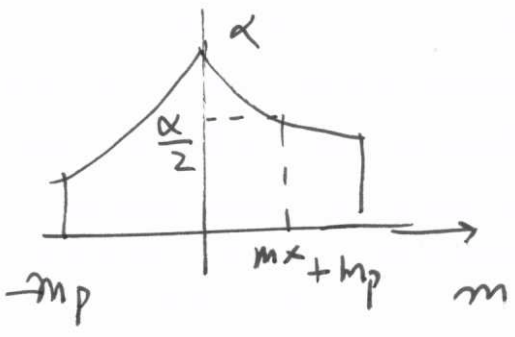
$$= 2\alpha \int_0^{m_p} m^2 e^{-\alpha m} dm =$$

$$= 2 \cdot \left[ \frac{e^{-\alpha m} (\alpha^2 m^2 + 2\alpha m + 2)}{\alpha^2} \right] \Big|_0^{m_p}$$

$$= 2 \left[ \frac{e^{-\alpha m_p} (\alpha^2 m_p^2 + 2\alpha m_p + 2)}{\alpha^2} - \frac{2}{\alpha^2} \right]$$

$$= 2 \cdot \left[ \frac{1/2 (\ln 2)^2 + 2 \ln 2 + 2}{\alpha^2} - \frac{2}{\alpha^2} \right]$$

$BP_{3dB} = ?$



$$\alpha \cdot e^{-\alpha m_x} = \frac{\alpha}{2}$$

$$e^{-\alpha m_x} = 1/2$$

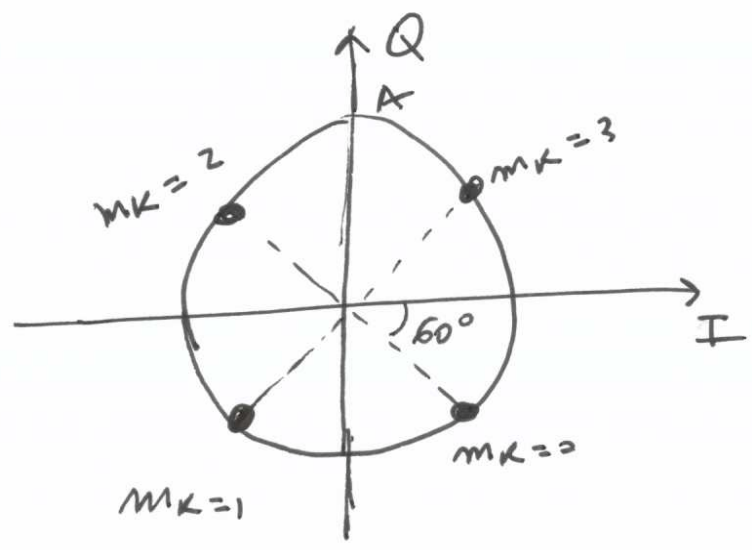
$$\alpha m_x = \ln 2$$

$$m_x = \frac{\ln 2}{\alpha}$$

$$BP_{3dB} = 2 \cdot \Delta_{\text{FM}} \cdot \frac{\ln 2}{\alpha}$$

5ª questão

$$s(t) = A \cdot \cos\left(\omega_c t + \frac{\pi}{2} m(t) + \frac{\pi}{3}\right)$$



$$\begin{aligned} \text{p/ } m_k = 0 &\Rightarrow |s(t)| = A \\ \angle &= -60^\circ \end{aligned}$$