



UFCG – Universidade Federal de Campina Grande  
CEEI – Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
DEE – Departamento de Engenharia Elétrica  
Disciplina: Princípios de Comunicações (2013.2)  
Professor: Waslon Terllizzie Araújo Lopes  
Aluno(a): gabranito da Silva

8.7

**Terceira Avaliação**

1ª Questão: (2,0 pontos) Considere um sistema de modulação em ângulo no qual a portadora modulada é dada por

$$s(t) = 4 \cos(10^7 \pi t + 3 \sin(4000 \pi t + 0.3 \pi) - 3 \pi \cos(200 t)) .$$

- (a) Qual o valor máximo e o valor mínimo da envoltória da portadora modulada. Qual a potência transmitida por este sistema?
- (b) Estime a banda passante deste sistema utilizando a Regra de Carson.

2ª Questão: (2,0 pontos) Um sinal mensagem, dado por  $m(t) = \cos^3(2\pi t)$ , é utilizado para modular duas portadoras: a primeira portadora é modulada em fase e a segunda em frequência. Determine a razão  $\frac{\Delta_{FM}}{\Delta_{PM}}$  que faz com que os dois sinais modulados tenham a mesma banda passante.

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

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

A partir dessa aproximação, apresente um diagrama de blocos para o modulador NBPM bem como uma expressão alternativa 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

$$p_M(m) = \frac{1}{2} u(m+1) - \frac{1}{2} u(m-1),$$

em que

$$u(m) = \begin{cases} 1, & m \geq 0, \\ 0 & m < 0. \end{cases}$$

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

5ª Questão: (2,0 pontos) Um sinal QPSK com diagrama de constelação apresentado na Figura 1 é transmitido por um canal com desvanecimento provocando uma perda de potência da ordem de 3,01 dB. Além disso, o canal também provoca um desvio de 15° na fase do sinal transmitido. Escreva as expressões para o sinal no receptor quando os bits 00011011 são transmitidos.

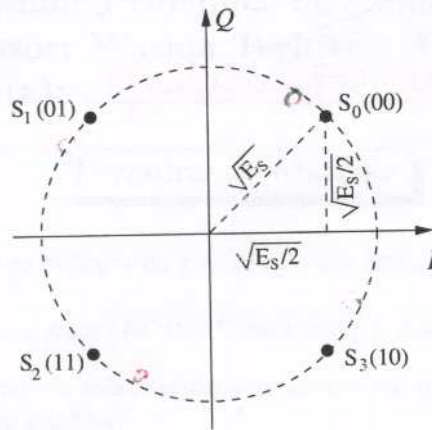


Figura 1: Constelação PSK com quatro símbolos.

Boa Prova!  
W. T. A. Lopes

## 1ª questão

(A)

$$a) S_{\max} = +4V$$

$$S_{\min} = -4V$$

$$P_s = \frac{4^2}{2} = 8W$$

$$b) w(t) = 10^7 \pi + 12000\pi \cos(4000\pi t + 0,3\pi) + 600\pi \sin(200t)$$

$$\Delta w = 12000\pi + 600\pi = 12600\pi$$

$$\beta = \frac{\Delta w}{w_M} = \frac{12600\pi}{4000\pi} = 3,15$$

$$BP = 2(\beta + 1)w_M = 2(3,15 + 1) \cdot 4000\pi$$

$$BP = 33.200 \cdot \pi \text{ rad/s} = 16,6 \text{ kHz}$$

## 2ª questão

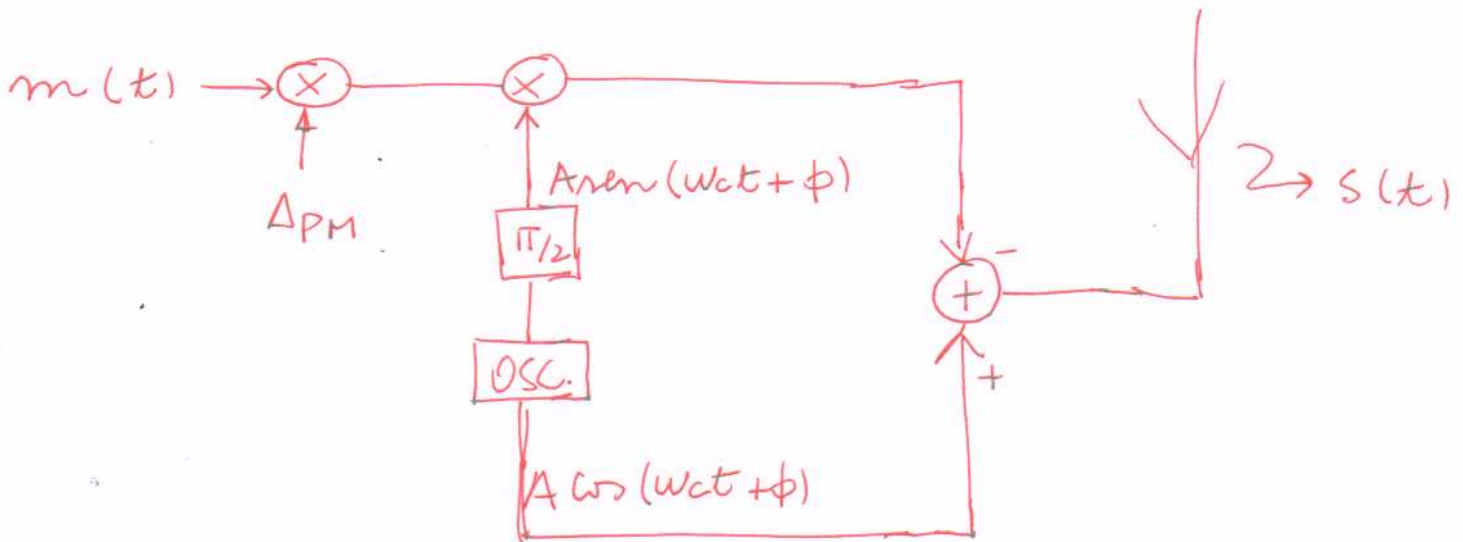
Igual a da lista com  $w_0 = 2\pi$ . Logo

$$\frac{\Delta_{FM}}{\Delta_{PM}} = 1,1547 \cdot w_0 = 1,1547 \times 2\pi$$

$$\frac{\Delta_{FM}}{\Delta_{PM}} = 7,26$$

### 3ª questão

(B)



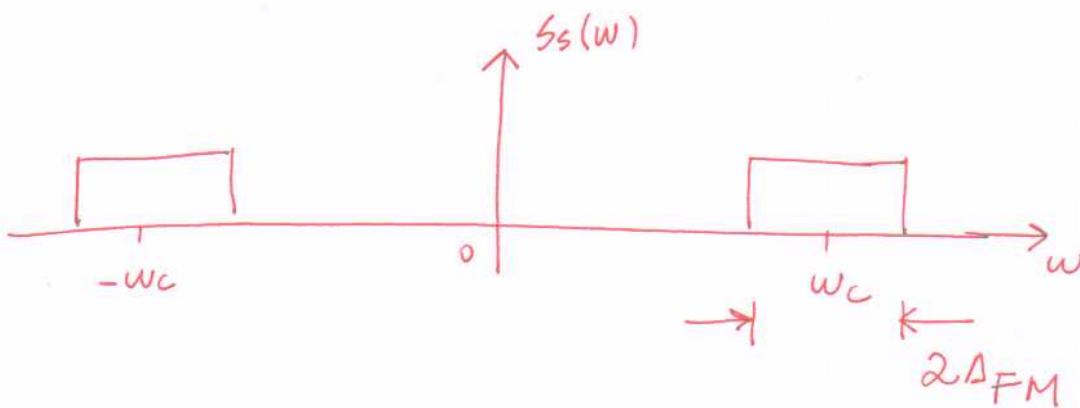
$$R_s(\tau) = E [s(t) \cdot s(t + \tau)]$$

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

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

### 4ª questão

$$m_p = 1 \text{ V}$$



$$BP_{\text{real}} = 2\Delta_{FM}$$

$$BP_{\text{ef}} = 2\Delta_{FM} \sqrt{P_m} = 2 \cdot \Delta_{FM} \cdot \sqrt{\frac{(2)^2}{12}} = \frac{2\Delta_{FM}}{\sqrt{3}}$$

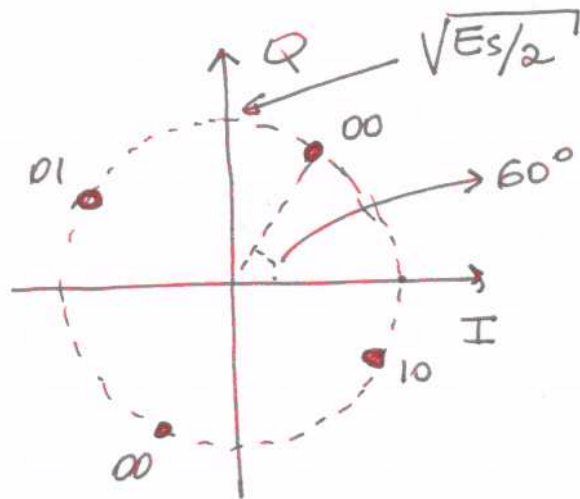


5ª questão

©

Perda de 3,01 dB  $\Rightarrow$  metade da potência  $\Rightarrow$   
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{amplitude} \\ \sqrt{2} \end{array} \right.$

Desvio de fase de  $15^\circ \Rightarrow$  rotação da constelação



Sequência de sinais no receptor

$$00: \sqrt{\frac{E_s}{2}} \cos(\omega_c t - \pi/3)$$

$$01: \sqrt{\frac{E_s}{2}} \cos(\omega_c t - 2\pi/3)$$

$$10: \sqrt{\frac{E_s}{2}} \cos(\omega_c t - 5\pi/3)$$

$$11: \sqrt{\frac{E_s}{2}} \cos(\omega_c t + \pi/3)$$