

UTFPR – CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA  
PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES - PROF. EMILIO WILLE

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – LISTA 3

- 1) Seja um sistema de comunicação analógico banda-base com ruído branco aditivo. Considere-se que o canal de transmissão é sem distorção e que a densidade espectral de potência de ruído é  $N_0 = 10^{-9}$  Watts/Hz. O sinal de áudio a ser transmitido possui largura de espectro  $W = 4$  kHz. No lado receptor, um filtro RC passa-baixa, com frequência de corte de 8 kHz, é utilizado para limitar a potência do ruído na saída. Determine a potência do ruído na saída.
- 2) O sinal  $r(t) = s(t) + n(t)$  recebido em um sistema de comunicação é aplicado a um FPB ideal com largura de faixa  $W$  e ganho unitário. O sinal  $s(t)$  possui densidade espectral de potência  $S(f)$  dada abaixo, onde  $B$  é a largura de espectro. O ruído  $n(t)$  possui densidade espectral de potência  $N_0/2$  para todas as frequências. Determine e plote a razão sinal-ruído (SNR) como função da razão  $W/B$ . Qual é o valor de  $W$  que produz a máxima SNR?

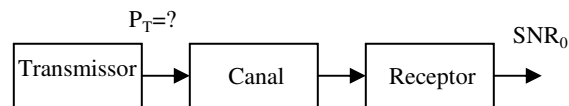
$$S(f) = \frac{P_0}{1 + \left(\frac{f}{B}\right)^2}$$

- 3) Considere-se um sistema AM-DSB com ruído térmico aditivo e densidade espectral de potência  $N_0 = 10^{-12}$  Watts/Hz. O sinal modulante possui largura de espectro  $W = 4$  kHz e potência média  $1/6$  Watts. O sinal é demodulado por um detector de envoltória e filtragem posterior adequada. Sabe-se que  $k_a = 1 \text{ V}^{-1}$ . Determine:
  - a) A amplitude mínima de portadora que resultará em  $\text{SNR}_0 \geq 40 \text{ dB}$ .
  - b) A amplitude mínima de portadora que garante funcionamento normal do sistema.
- 4) Em um sistema de comunicação broadcasting a potência de transmissão é 40 kWatt, a atenuação do canal é 80 dB, a densidade espectral de potência é  $10^{-10}$  Watts/Hz. O sinal de mensagem a ser transmitido possui largura de espectro 10 kHz. Determine:
  - a) A razão sinal-ruído de canal,  $\text{SNR}_C$ .
  - b) A razão sinal-ruído de saída,  $\text{SNR}_0$  (considerando modulação DSB).
  - c) A razão sinal-ruído de saída,  $\text{SNR}_0$  (considerando modulação SSB).
- 5) Um receptor AM-DSB opera com modulação tonal e índice de modulação  $\mu = 0,3$ . O sinal de mensagem é  $m(t) = 20 \cdot \cos(1000 \pi t)$ . Determine:
  - a) A figura de mérito do sistema.
  - b) A melhora (em dB) da  $\text{SNR}_0$  resultante do aumento do índice de modulação de 0,3 para 0,7.

- 6) Um sinal de áudio é transmitido por um canal de rádio frequência com ruído térmico aditivo e densidade espectral de potência  $N_0 = 10^{-10}$  Watts/Hz. O sinal de áudio possui largura de espectro  $W = 15$  kHz e potência média  $1/2$  Watt. O canal de rádio frequência provoca uma atenuação de 50 dB. Necessita-se uma  $SNR_0 \geq 40$  dB. Determine a largura de faixa de transmissão e a potência média de transmissão para:

- A modulação DSB.
- A modulação FM com índice de modulação igual a 5.

- 7) No sistema abaixo o transmissor produz um sinal FM tonal de potência  $P_T$  e índice de modulação  $\beta$ . Determine tais valores de modo a que o sistema opere usando uma quantidade mínima de potência transmitida. Considere: sinal modulante com  $f_m = 12$  kHz, canal com largura de faixa  $B = 200$  kHz e atenuação de 20 dB, fator  $N_0 = 10^{-5}$  W/Hz, e SNR na saída do receptor igual a 35 dB.



Hint: Dado  $x^3 + p.x^2 + q = 0$ , se  $x = 1/(y - p/(3qy))$ , então  $q^3 y^6 + q^2 y^3 - p^3/27 = 0$ .

- 8) Um sinal de mensagem possui largura de espectro 5 kHz e potência média 0,1 Watt. O canal de comunicação possui largura de faixa 100 kHz e atenuação 80 dB. A densidade espectral de potência é  $0,5 \times 10^{-12}$  Watts/Hz. A potência de transmissão é 10 kWatt.

- Se a modulação AM-DSB com  $k_a = 0,02 \text{ V}^{-1}$  é considerada, qual é a  $SNR_0$ ?
- Se a modulação FM é considerada, qual é a maior  $SNR_0$  possível?

- 9) Um sinal FM tonal com  $\beta = 2$  é aplicado a um demodulador. Sabendo-se que  $f_m = 10$  kHz,  $A_c = 2 \text{ V}$ , e  $N_0 = 5 \cdot 10^{-7}$  Watt/Hz, pede-se:

- Qual o valor da  $SNR_C$  em decibéis?
- Qual é o valor da  $f_0$  associada ao sistema pré(dê)-ênfase se a  $SNR_0$  mínima para funcionamento é de 38 dB?

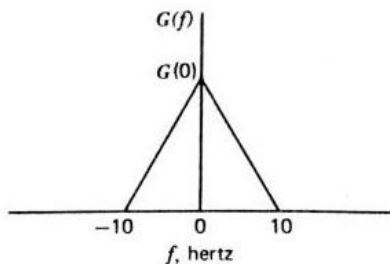
- 10) Determine a taxa de Nyquist e o intervalo de Nyquist para cada um dos sinais:

a)  $g(t) = 10 \cdot \cos(10^3 \pi t) \cdot \cos(4 \cdot 10^3 \pi t)$ .

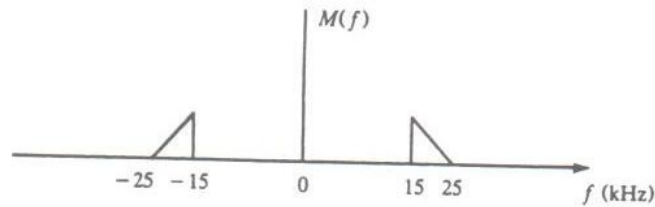
b)  $g(t) = \frac{\sin(200 \pi t)}{\pi t}$

c)  $g(t) = \left( \frac{\sin(200 \pi t)}{\pi t} \right)^2$

- 11) O sinal  $g(t) = \cos(200\pi t) + 2.\cos(320\pi t)$  é amostrado idealmente com  $f_s = 300$  Hz. Se o sinal amostrado for aplicado a um FBP ideal com frequência de corte de 250 Hz, quais componentes de frequência estarão presentes na saída?
- 12) O sinal  $g(t) = 2.\cos(60\pi t).\cos(800\pi t)$  é amostrado idealmente com  $f_s = 1$  kHz. Determine a faixa de possíveis valores para a frequência de corte de um FBP ideal utilizado para recuperar  $g(t)$  a partir de suas amostras.
- 13) O sinal  $g(t) = 10.\cos(30\pi t).\cos(200\pi t)$  é amostrado idealmente com  $f_s = 250$  Hz.
- Determine o espectro do sinal amostrado resultante.
  - Determine a frequência de corte de um FBP ideal utilizado para recuperar  $g(t)$  a partir de suas amostras.
  - Qual é a taxa de Nyquist para  $g(t)$ ?
- 14) O sinal  $g(t) = 5.\cos(3\pi 10t).\{\cos(2\pi 70t) + \cos(2\pi 90t)\}$  é amostrado idealmente com  $f_s = 190$  Hz.
- Determine o espectro do sinal amostrado resultante.
  - Determine a frequência de corte de um FBP ideal utilizado para recuperar  $g(t)$  a partir de suas amostras.
  - Considerando  $g(t)$  como um sinal passa-faixa, determine a menor taxa de amostragem que pode ser utilizada neste caso.
- 15) O sinal  $g(t) = \cos(40\pi t)$  é amostrado de forma ideal com frequência de amostragem igual a 30 Hz, pede-se :
- Determine a expressão matemática e esboce o espectro do sinal amostrado na faixa  $|f| \leq 100$  Hz.
  - É possível recuperar o sinal original  $g(t)$ ? Como?
  - Determine o menor valor da frequência de amostragem para a recuperação de  $g(t)$  com o uso de um FBP tipo Butterworth de 1º ordem. As componentes indesejadas devem ser atenuadas em pelo menos 24 dB. Considere que  $f_{3dB} = 20$  Hz.
- 16) Considere-se um sinal  $g(t)$  com espectro mostrado na figura abaixo. Esse sinal é amostrado à taxa de Nyquist com um trem de pulsos periódicos de duração 50/3 ms. Esboce o espectro do sinal amostrado na faixa de frequências de até 50 Hz.



- 17) Considerando um sinal  $m(t)$  com espectro mostrado na figura abaixo, esboce o espectro do sinal amostrado (idealmente) obtido quando a frequência de amostragem vale: 25k, 45k e 50k Hz. Indique se e como o sinal original pode ser recuperado.



- 18) Cinco sinais de telemetria, cada um com largura de espectro de 1 kHz, são transmitidos usando PCM binário e TDM. O maior erro admitido na amplitude de amostra é 0,5% da amplitude de pico do sinal. Os sinais são amostrados a uma taxa 20% maior que a taxa de Nyquist. A sincronização e formatação de quadro exigem um acréscimo de 0,5% de bits extras. Determine:
- A taxa de transmissão do sistema (em bps).
  - A menor largura de faixa necessária à transmissão TDM.
- 19) O sistema de portadora T1, utilizado na telefonia digital, que multiplexa 24 canais de voz, é baseado em um PCM de 8 bits. Cada sinal de voz passa por um FPB com frequência de corte 3,4 kHz. Os sinais filtrados são amostrados em 8 kHz. Além disso, um único bit é adicionado ao fim do quadro (grupo de 24 canais) para efeito de sincronização. Determine:
- A duração de cada bit.
  - A taxa de transmissão do sistema (em bps).
  - A menor largura de faixa necessária à transmissão.
- 20) A largura de espectro de um sinal de TV acrescido do sinal de áudio é 4,5 MHz. Se esse sinal for convertido para um sinal PCM com 1024 níveis de codificação, calcule a taxa de transmissão (em bps). Assuma que o sinal é amostrado a uma taxa 20% maior que a taxa de Nyquist.
- 21) Seja um sistema TDM-PCM tem 4 canais, quantização de 64 níveis e frequência do amostrador de 5 kHz. Os sinais a serem multiplexados são limitados em 2,5 kHz. Pede-se:
- A frequência de amostragem é adequada?
  - A taxa de transmissão do multiplexador (em amostras/seg).
  - A taxa de transmissão do sistema (em bps).
  - A largura de espectro do sinal codificado.

22) Seja um sistema TDM-PCM tem 4 canais, quantização de 32 níveis e frequência do amostrador de 5 kHz. Os sinais a serem multiplexados são limitados em 4 kHz. Pede-se:

- a) A frequência de amostragem é adequada?
- b) A taxa de transmissão do multiplexador (em amostras/seg).
- c) A taxa de transmissão do sistema (em bps).
- d) A largura de espectro do sinal codificado.

23) Uma certa linha telefônica possui largura de faixa de 3,5 kHz. Calcule a taxa de transmissão (em bps) que pode ser obtida se utilizarmos sinalização binária com pulsos cosseno deslocado e fator de roll-off de 0,25.

24) Dada a sequência binária abaixo, represente o sinal elétrico correspondente nos formatos NRZ unipolar, AMI e HDB3.

0000010100000011000000100000100001

25) Dada a sequência binária abaixo, represente o sinal elétrico correspondente nos formatos Manchester e HDB3.

100001010000001

26) Dada a sequência binária abaixo, represente o sinal elétrico correspondente nos formatos NRZ unipolar e AMI.

10000011000010