

Se pretende efectuar o Teste 1 ou o Teste 2 indique tal no início da prova.

Duração dos testes: 1h30 (Frequência: 3h); **Justifique as suas respostas;**

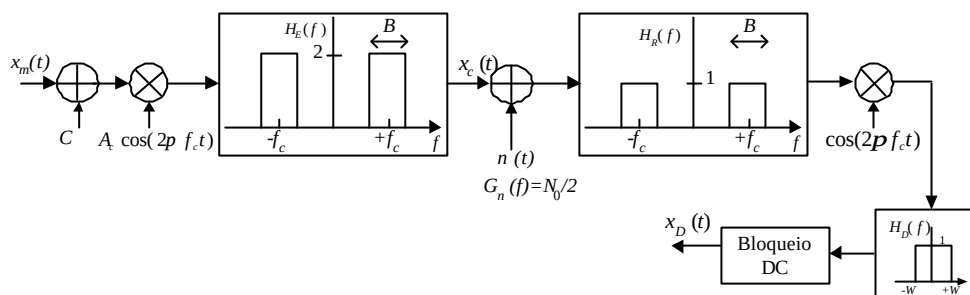
Coloque a identificação nas folhas de resolução dos problemas;

Coloque a identificação na pág. do enunciado de escolha múltipla.

Problemas da Parte I (7,5 valores) / 1º Teste (15 valores)

1-(4 valores)

Considere um sistema de transmissão analógica sobre portadora sinusoidal como a da figura. Nela estão expressos o filtro de emissão, $H_E(f)$, o filtro de recepção, $H_R(f)$ e o filtro passa-baixo $H_D(f)$. O sinal modulante é $x_m(t)=5\sin(188,5 t)$ Volt. Tem-se $C=6V$. O sinal é modulado numa portadora de $f_c=400$ Hz.



- Que tipo de modulação e que tipo de receptor estão a ser usados? Considera o receptor aplicado uma boa opção para este caso? (1 valor)
- Quais as larguras de banda mínimas B e W dos filtros por forma à transmissão ser possível? (1 valor)
- Represente graficamente o sinal emitido $x_c(t)$ e o seu o espectro, $X_c(f)$. (1 valor)
- Qual o valor da amplitude da portadora, A_c , quando o sinal desmodulado possui uma potência $P_{xD}=3\text{dBm}$? (1 valor)

2- (1,5 valores)

Um sinal $x(t)$ é o sinal modulante numa modulação de ângulo em que o sinal emitido é da forma

$$x_c(t) = A_c \cos \left[\omega_c t + 2\pi f_\Delta \int_{-\infty}^t x(l) dl \right], \text{ com } \omega_c = 2\pi f_c \text{ e } f_c = 10 \text{ MHz}$$

- Identificando a expressão da frequência instantânea deste sinal mostre que é um sinal FM. [Sugestão: comece por identificar a expressão da fase instantânea $q(t)$.] (0,5 valores)
- Descreva detalhadamente o circuito a ser usado para desmodular este sinal. (1 valor)

3- (2 valores)

Considere um sistema de telefonia múltipla por divisão na frequência de 300 canais em que 299 sinais de largura de banda $W=5$ kHz são pré-modulados em *single side band* restando um sinal em banda de base (despreze bandas de guarda). A soma dos sinais é depois modulada em FM, obtendo-se um desvio de frequência máximo $\Delta f_{\max} = 1\text{MHz}$.

- Qual a largura de banda do sinal composto em banda base e qual a largura de banda aproximada do sinal de FDM? (1 valor)
- Se a transmissão dos mesmos 300 canais fosse feita em TDM, qual o ritmo total mínimo de amostras por segundo no sinal TDM? (1 valor)

Formulário para a parte I / Teste 1:

$$\cos^2(a) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(2a)$$

$$\text{Banda de Carson: } B_{RF} = 2 \times (\Delta f_{\max} + f_{\max})$$

Se pretende efectuar o Teste 1 ou o Teste 2 indique tal no início da prova.

Duração dos testes: 1h30 (Frequência: 3h); **Justifique as suas respostas;**

Coloque a identificação nas folhas de resolução dos problemas;

Coloque a identificação na pág. do enunciado de escolha múltipla.

Problemas da Parte II (7,5 valores) / 2º Teste (15 valores)

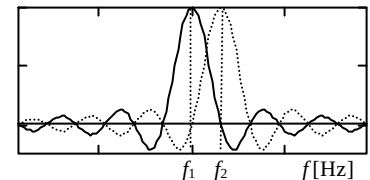
1-(3 valores)

Considere a recepção de um sinal binário unipolar NRZ cujos símbolos são $a_k \in \{0, +A\}$, com $A=4V$, sendo o ritmo binário de transmissão $R_b = 200$ kbit/s. Tem-se $P(\text{bit } 0) = P(\text{bit } 1) = 1/2$.

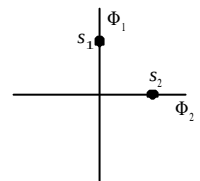
- Qual a energia média de bit e qual a componente DC? [Lembre-se que $P = \overline{a_k^2}$] (1 valor)
- Escreva analiticamente o espectro deste sinal, $X(f)$, e represente-o graficamente. (1 valor)
- Represente detalhadamente um receptor óptimo para detectar este sinal com AWGN e indique o padrão de olho que com ele se obtém. (1 valor)

2- (3,0 valores)

Considere um sinal BFSK com $R_b = 40$ kbps, com uma frequência de desvio de 20 kHz, estando o sinal centrado em 2MHz. O sinal é $x_c(t) = \cos(2\pi f_i t)$ em cada intervalo $t \in [iT_b, (i+1)T_b]$. Ao lado esboça-se o espectro de cada um dos símbolos constituintes do sinal.



- Dê uma aproximação para a largura de banda utilizada. (1 valor)
- Este tipo de sinal digital pode ser descrito num espaço de sinais bidimensional como na figura ao lado (sinalização ortogonal). Estabeleça a relação entre a distância euclidiana e a energia de bit numa modulação desse tipo. (1 valor)
- Qual a probabilidade de erro dessa modulação quando $P/n_0 = 252 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$. (1 valor). [Se não fez b) use a expressão $P_b = Q(\sqrt{2E_b/N_0})$] (1 valor)



3- (1,5 valores)

Considere o sinal digital $x_c(t) = \sum_k a_k \text{sinc}\left(\frac{t - kT_s}{T_s}\right) A_c \cos(2\pi f_c t)$. Os símbolos de canal $a_k \in \{-3, -1, +1, +3\}$.

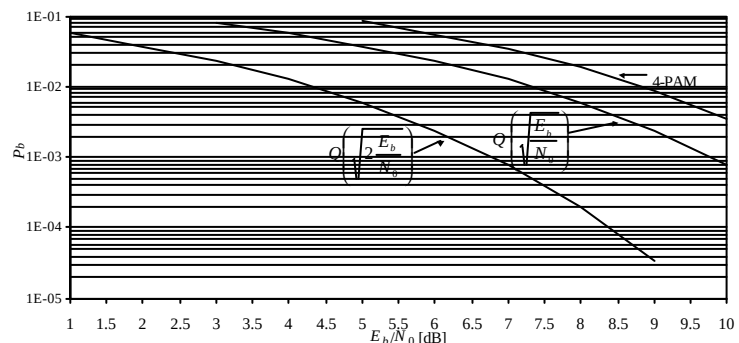
O tempo de símbolo é $T_s = 50$ ms e a portadora tem amplitude $A_c = 2V$ e frequência $f_c = 500$ kHz.

- Identifique este tipo de modulação digital (tipo, M-idade, formatação de impulso) e represente graficamente seu espectro $X_c(f)$. (1 valor)
- Qual a probabilidade de erro no caso do sinal ser recebido com $C/N = 10,5$ dB? (0,5 valores)

Formulário para a parte II/ Teste 2:

$$TF\left\{\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right)\right\} = T \text{sinc}(fT)$$

Representam-se ao lado três casos de curvas de P_b em função de E_b/N_0 :



Identificação do aluno

Nome: _____

Nº _____

Perguntas de escolha múltipla da Parte I (2,5 valores) / 1º Teste (5 valores)

Para responder às perguntas de escolha múltipla, faça **apenas uma cruz** no quadrado junto da resposta que achar mais correcta. Cada questão vale 0,5 valores (no Teste: 1,0 valor) mas cada resposta incorrecta desconta 0,125 valores (no Teste: 0,25 valores)

1. Uma onda quadrada cuja potência medida numa resistência de 1Ω é 13 dBm, tem amplitude
 - ☐ 9.96 mV
 - ☐ 4.47 mV
 - ☐ 84.5 mV
 - ☐ 6.32 mV

2. Quando se está a transmitir via ionosfera um dos objectivos da modulação é garantir que
 - ☐ o espectro dos sinais seja transladado para junto de uma portadora cuja frequência seja tão alta quanto possível de modo a minimizar a atenuação.
 - ☐ o espectro dos sinais se localize numa banda em que não exista outro sinal de modo a evitar interferências entre os sinais.
 - ☐ a banda do sinal transmitido seja bastante superior à do sinal modulante de modo que melhorar a eficiência de potência.
 - ☐ o espectro dos sinais a transmitir não seja atenuado.

3. A relação sinal-ruído à saída de um receptor síncrono de *double side band* é independente
 - ☐ da existência de um filtro passa-banda.
 - ☐ da largura de banda do filtro passa-baixo.
 - ☐ da amplitude da portadora.
 - ☐ da amplitude do sinal do oscilador local.

4. Acerca dos 3 sistema TDM: *pulse amplitude modulation* (PAM), *pulse duration modulation* (PDM) e *pulse position modulation* (PPM), indique a afirmação verdadeira:
 - ☐ PAM é o que facilita mais o sincronismo no receptor.
 - ☐ PDM é o que ocupa menos banda.
 - ☐ PPM é o que ocupa maior largura banda.
 - ☐ PPM é o que exige menos sincronismo.

5. Qual das seguintes operações pode não existir ao transmitir um sinal analógico num sistema de transmissão digital:
 - ☐ Codificação
 - ☐ Quantificação.
 - ☐ Modulação.
 - ☐ Amostragem.

Identificação do aluno

Nome: _____

Nº _____

Perguntas de escolha múltipla da Parte II (2,5 valores) / 2º Teste (5 valores)

Para responder às perguntas de escolha múltipla, faça **apenas uma cruz** no quadrado junto da resposta que achar mais correcta. Cada questão vale 0,5 valores (no Teste: 1,0) mas cada resposta incorrecta desconta 0,125 valores (no Teste: 0,25)

1. O filtro adaptado usado num sistema de transmissão digital em banda modulada
 - ☐ maximiza a relação sinal-ruído num dado instante do intervalo de símbolo.
 - ☐ pode substituir a função do filtro passa-banda de um receptor.
 - ☐ maximiza a relação sinal-ruído em todos os instantes dentro de um tempo de bit.
 - ☐ é necessário para obter o padrão de olho da transmissão.
2. Numa modulação *quadrature amplitude modulation* *M*-ária (*M*-QAM)
 - ☐ todos os símbolos de canal têm igual energia.
 - ☐ a probabilidade de erro é a igual à duma modulação digital de fase de igual *M*-aridade (*M*-PSK)
 - ☐ a relação entre a energia de bit e a energia de símbolo é a mesma que existe numa modulação digital de fase de igual *M*-aridade (*M*-PSK)
 - ☐ a ocupação espectral é sempre superior à de qualquer modulação digital de frequência (FSK).
3. A redução do factor de excesso de banda numa transmissão digital com formatação de Nyquist
 - ☐ É a única forma de reduzir a largura de banda do sinal modulado.
 - ☐ Permite reduzir a largura de banda equivalente de ruído.
 - ☐ Torna o padrão de olho mais fechado no instante óptimo de amostragem.
 - ☐ Aumenta os requisitos de sincronismo do sistema.
4. Indique a afirmação verdadeira:
 - ☐ A codificação de fonte permite reduzir o número médio de bits por mensagem tanto quanto se queira.
 - ☐ A codificação de fonte elimina redundância na informação e a codificação de canal introduz redundância na informação transmitida.
 - ☐ Tanto codificação de fonte e a codificação de canal reduzem ambas a redundância na informação transmitida.
 - ☐ A eficiência do codificador de fonte tem de compensar a razão do código de correcção de erros usado.
5. Uma fonte de informação discreta e sem memória gera caracteres de texto à taxa de 2000 caracteres por segundo. Admita que o alfabeto consiste em 4 caracteres cuja probabilidade de ocorrência é 1/2, 1/4, 1/8 e 1/8. A taxa de geração de informação que sai desta fonte é
 - ☐ 4000 bps
 - ☐ 3500 bps
 - ☐ 2000 bps
 - ☐ 1750 bps