

Duração: 2h30; **Justifique as suas respostas;**

Coloque a identificação quer nas folhas de resolução dos problemas quer na página de escolha múltipla.

Problemas (15 valores)

1- (7 valores)

Considere uma onda triangular (com simetria par) de período $T=2\text{ms}$ e amplitude $A=3\text{ V}$, que é a modulante $x_m(t)$ de uma modulação AM *standard* com índice de modulação $\mu=0,4$ e sobre uma portadora sinusoidal de frequência $f_c=100\text{kHz}$ e com amplitude $A_c=5\text{ V}$. O filtro de emissão é

$$H_E(f) = 2 \cdot \text{rect}\left(\frac{f + f_c}{2,5\text{kHz}}\right) + 2 \cdot \text{rect}\left(\frac{f - f_c}{2,5\text{kHz}}\right)$$

O receptor usado é um receptor de envolvente.

- Represente o sinal modulado radiado, $x_c(t)$. (1 valor).
- Represente o espectro do sinal modulado radiado, $|X_c(f)|$. (1 valor)
- Qual a potência do sinal modulante, $x_m(t)$? (1 valor)?
- Qual a potência do sinal emitido, $x_c(t)$ (1 valor)
- Neste esquema definido houve vantagem em incluir na transmissão a portadora? Se sim, indique porquê; se não, indique que valor alteraria no emissor para que essa vantagem surgisse. (1 valor)
- Exprima analiticamente a amplitude e o argumento do sinal desmodulado em função do tempo, sendo a transmissão afectada por AWGN. (1 valor)
- Exprima analiticamente a relação sinal ruído após o detector de envolvente. (1 valor)

2- (6 valores)

Pretende-se projectar uma ligação digital em banda de base com $P_b \leq 10^{-3}$ usando formatação de Nyquist com factor de excesso de banda $\alpha=0,3$. A largura de banda disponível é $W = 40\text{ kHz}$. O canal é afectado apenas por AWGN com D.E.P. $N_0/2 = 10^{-4}\text{ W/Hz}$. Estão disponíveis apenas esquemas binários, quaternários ou octonários.

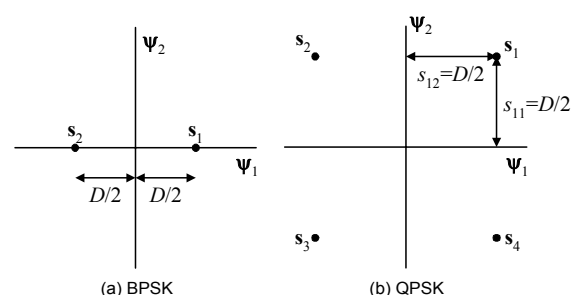
- Qual o ritmo binário mais elevado que conseguiria transmitir com cada um dos 3 esquemas que lhe são disponibilizados (independentemente da potência necessária)? (1 valor)
- Represente graficamente o espectro desses sinais que considerou em a). (1 valor)
- Qual a potência de ruído em dB_W que entra no receptor neste caso de a)? (1 valor)
- Se pretender efectuar a transmissão a um ritmo $R_b=120\text{ kbit/s}$ qual o esquema que utilizaria e qual a relação S/N em dB que teria de usar? (1 valor)
- Se realizar a transmissão com $E_b/N_0 = 8\text{ dB}$, indique qual o esquema que utilizaria e qual o ritmo máximo possível?(1 valor)
- Se fossem usados impulsos de Manchester qual o ritmo binário máximo que poderia alcançar no caso da alínea d)? (1 valor)

3- (2 valores)

Considere as seguintes constelações na figura, representadas num espaço linear de sinais em que cada um

dos M pontos da constelação é $s_i = \sum_j s_{ij} \Psi_j$, $i=1, 2, \dots, M$.

- Para cada uma das modulações, exprima as distâncias euclidianas respectivas em função da energia de bit, E_b . (1 valor)
- Para as duas modulações da figura, deduza a probabilidade de erro de cada uma usando o que obteve em a) (1 valor)



Formulário para o Exame de 2ª Época de Modulação e Codificação
Ano lectivo 03/04 (12/07/2004)

Representação da onda triangular (com simetria par) de período T num intervalo T :

$$1 - \frac{4|t|}{T}, \quad |t| < T/2$$

Coefficientes de Fourier de uma onda triangular (com simetria par) de período T :

$$c_n = \begin{cases} 0, & n \text{ par} \\ \left(\frac{2}{n\pi}\right)^2, & n \text{ ímpar} \end{cases}$$

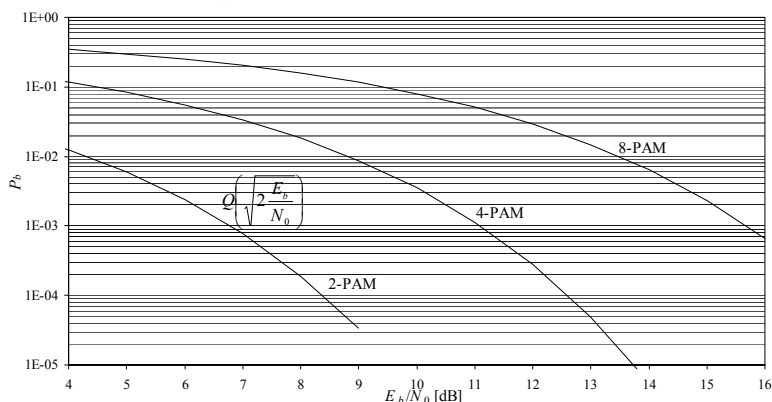
com $n \in Z$

Teorema de Parseval: $P = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |c_n|^2$

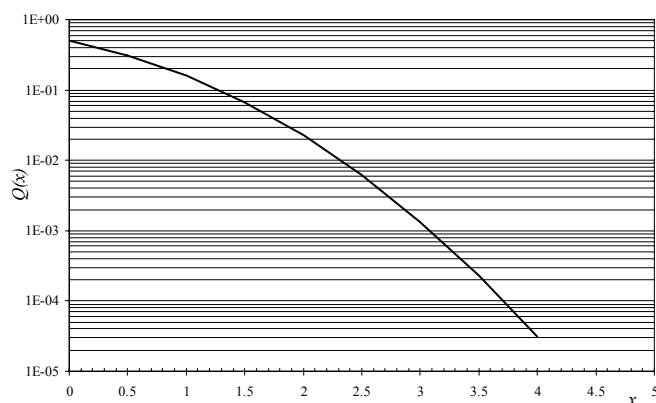
Transmissão M -ária em banda base com formatações NRZ, Manchester ou de Nyquist:

$$P_b \cong 2 \frac{M-1}{M \log_2(M)} Q\left(\sqrt{\frac{6 \log_2(M)}{M^2-1}} \frac{E_b}{N_0}\right);$$

3 curvas de BER para transmissão M -ária em banda base com formatações NRZ, Manchester ou de Nyquist em função de E_b/N_0 [dB]



Função $Q(x) = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{+\infty} e^{(-\lambda^2/2)} d\lambda \right)$



Identificação do aluno (Teste A)

Nome: _____

Nº _____

Perguntas de escolha múltipla (5 valores)

Para responder às perguntas de escolha múltipla **leia-as com muita atenção e faça apenas uma cruz no quadrado junto da resposta que considerar correcta**. Cada questão vale 0,5 valores mas cada resposta incorrecta desconta 0,125 valores.

1. Um sistema FDMA com vários sinais de áudio *Hi-Fi* modulados em FM
 - não pode usado em bandas acima de 1 GHz por ser uma modulação mais vulnerável à atenuação
 - não pode usado em bandas abaixo de 100 kHz por escassez de largura de banda
 - não pode ser usado em bandas acima do 1GHz por escassez de largura de banda
 - não pode usado em bandas abaixo de 100 kHz devido à elevada atenuação
2. No receptor super-heterodínico
 - não é necessário existir um oscilador local
 - existe um oscilador local de frequência variável e um oscilador local de frequência fixa
 - existem dois osciladores locais de frequências variáveis
 - existe sempre um detector de envolvente
3. A largura de banda de um sinal após um processo de modulação→canal→desmodulação é
 - sempre igual à do sinal de informação no emissor
 - só depende do filtro de emissão à saída do emissor
 - definida pela menor largura de banda de todos os filtros do emissor e receptor
 - definida apenas pela largura de banda do filtro passa-baixo no receptor
4. Um receptor de envolvente só consegue desmodular sinais em
 - AM *standard* sem sobremodulação
 - AM *standard* com sobremodulação
 - DSB
 - FM com pré-ênfase
5. Acerca da relação $(S_o/N_o)/(S_i/N_i)$ pode-se dizer que
 - em AM *standard* ela é sempre <1
 - em AM *standard* ela é sempre $=2$
 - Em FM ela cresce com o aumento do factor de expansão de banda
 - Em AM ela decresce com o aumento do índice de modulação
6. Acerca dos esquemas de multiplexagem FDMA e TDMA pode dizer-se que
 - para transmissões digitais o FDMA é mais robusto em termos de desempenho (BER) que o TDMA
 - quando o número de canais aumenta, o *hardware* em FDMA tende a ser muito superior ao do TDMA
 - quando o número de canais aumenta a largura de banda em FDMA tende a ser superior à do TDMA
 - o TDMA consegue sempre uma melhor utilização da banda disponível
7. O padrão de olho de uma transmissão *M*-ária com filtragem de Nyquist sem ruído
 - é sobreposição de todas as transições possíveis dentro de um intervalo de bit
 - possui *M* patamares no instante num dado instante óptimo do intervalo de símbolo
 - possui $\log_2(M)$ patamares no instante num dado instante óptimo
 - é sobreposição de todas as transições possíveis dentro de *M* intervalos de bit
8. A entropia de uma fonte discreta é uma medida
 - do número de símbolos emitidos por segundo
 - do número médio de símbolos por bit
 - do número médio de bits do código de fonte usado
 - da quantidade de informação média por símbolo da fonte
9. A Codificação de Fonte permite
 - melhorar o desempenho de potência
 - aumentar o ritmo binário de transmissão no canal até ao limite da entropia da fonte
 - otimizar as palavras binárias atribuídas aos símbolos da fonte
 - reduzir a entropia da fonte
10. Em 16-QAM com formatação de Nyquist
 - todos os símbolos têm igual energia
 - a largura de banda é independente do factor de excesso de banda dos impulsos
 - há 3 conjuntos de amplitudes dos símbolos da constelação
 - a largura de banda é igual que se teria com formatação rectangular

Identificação do aluno (Teste B)

Nome: _____

Nº _____

Perguntas de escolha múltipla (5 valores)

Para responder às perguntas de escolha múltipla **leia-as com muita atenção e faça apenas uma cruz no quadrado junto da resposta que considerar correcta**. Cada questão vale 0,5 valores mas cada resposta incorrecta desconta 0,125 valores.

1. Um receptor de envolvente só consegue desmodular sinais em
 - AM *standard* sem sobremodulação
 - DSB
 - FM sem pré-ênfase
 - AM *standard* com sobremodulação
2. Acerca da relação $(S_o/N_o)/(S_i/N_i)$ pode-se dizer que
 - em AM *standard* ela é sempre >1
 - em AM *standard* ela é sempre $=1/2$
 - Em FM ela decresce com a diminuição do factor de expansão de banda
 - Em AM ela decresce com o aumento do índice de modulação
3. Um sistema FDMA com vários sinais de áudio *Hi-Fi* modulados em FM
 - não pode usado em bandas acima de 1 GHz por ser uma modulação mais vulnerável à atenuação
 - não pode ser usado em bandas acima do 10GHz por escassez de largura de banda
 - não pode usado em bandas abaixo de 100 kHz por escassez de largura de banda
 - não pode usado em bandas abaixo de 1 kHz devido à elevada atenuação
4. A largura de banda de um sinal após um processo de modulação→canal→desmodulação é
 - sempre igual à do sinal de informação no emissor
 - definida pela menor largura de banda de todos os filtros do emissor e receptor
 - só depende do filtro de emissão à saída do emissor
 - definida apenas pela largura de banda do filtro passa-baixo no receptor
5. No receptor super-heterodínico
 - não é necessário existir um oscilador local
 - existe um oscilador local de frequência variável e um oscilador local de frequência fixa
 - existem dois osciladores locais de frequências variáveis
 - existe sempre um detector de envolvente
6. A Codificação de Fonte permite
 - otimizar as palavras binárias atribuídas aos símbolos da fonte
 - melhorar o desempenho de potência
 - aumentar o ritmo binário de transmissão no canal até ao limite da entropia da fonte
 - aumentar a entropia da fonte
7. O padrão de olho de uma transmissão *M*-ária com filtragem de Nyquist sem ruído
 - é sobreposição de todas as transições possíveis dentro de um intervalo de bit
 - possui *M* patamares no instante num dado instante óptimo do intervalo de símbolo
 - possui $\log_2(M)$ patamares no instante num dado instante óptimo
 - é sobreposição de todas as transições possíveis dentro de *M* intervalos de bit
8. Em 16-PSK com formatação de Nyquist
 - há 3 conjuntos de amplitudes dos símbolos da constelação
 - todos os símbolos têm igual energia
 - a largura de banda é independente do factor de excesso de banda dos impulsos
 - a largura de banda é igual que se teria com formatação rectangular
9. Acerca dos esquemas de multiplexagem FDMA e TDMA pode dizer-se que
 - quando o número de canais aumenta, o *hardware* em FDMA tende a ser muito superior ao do TDMA
 - quando o número de canais aumenta a largura de banda em FDMA tende a ser superior à do TDMA
 - para transmissões digitais o FDMA é mais robusto em termos de desempenho (BER) que o TDMA
 - o TDMA consegue sempre uma melhor utilização da banda disponível
10. A entropia de uma fonte discreta é uma medida
 - do número médio de bits do código de fonte usado
 - do número de símbolos emitidos por segundo
 - da quantidade de informação média por símbolo da fonte
 - do número médio de símbolos por bit