

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

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

## Problemas (15 valores)

### 1-(4,5 valores)

Considere uma onda triangular de amplitude 2,0V e período  $T=5,0\text{ ns}$  que é modulada em SSB numa portadora de 2 GHz e de amplitude 10V.

- Represente graficamente o sinal modulado,  $x_c(t)$ , e o seu espectro,  $X_c(f)$ . (1,5 valor)
- Qual a potência que é medida por um sensor que mede apenas a potência concentrada na banda  $f \in [1,9; 2,7]$  GHz? (2 valores)
- Qual a potência recebida na saída de um desmodulador síncrono, supondo que a banda disponível no sistema é infinita (não há outros utilizadores)? (1 valor)

### 2- (2,5 valores)

Considere um sinal analógico de TV de largura de banda 6MHz

- Qual a largura de banda necessária para o transmitir de forma analógica em FM (com um desvio de frequência de 15 MHz) e em DSB, e de forma digital em 64-QAM com formatação de Nyquist com  $\alpha=0,3$  (amostras codificadas com 16 bits cada uma)? (1,5 valores)
- Sabendo que a potência do ruído no receptor 64-QAM é 6 mW, qual a DEP unilateral do ruído térmico,  $n_0$ ? (1 valor)

### 3-(4,5 valores)

Considere um sistema de transmissão binária na banda de base tal que o sinal à saída do emissor é da forma

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k r(t - kT_b), \text{ com } r(t) = \text{rect}(t/T_b) \text{ e } a_k = \pm A.$$

O sinal à entrada do receptor pode ser descrito por  $\alpha x(t-t_0) + n(t)$ , onde  $\alpha$  traduz a atenuação do canal e  $n(t)$  é AWGN de média nula e DEP bilateral  $N_0/2$ . O filtro de recepção é  $\mathbf{b}x(t)$  ( $\mathbf{b}$  constante).

- Para a sequência de dados “1, 0, 0, 1, 0, 1, 1” represente graficamente o sinal  $x(t)$  e o sinal  $y(t)$  obtido à saída do filtro de recepção para  $0 < t < 6T_b$ . (1,5 valores)
- Represente o respectivo padrão de olho. (0,5 valores)
- Descreva a estrutura do bloco de decisão e explique de forma precisa o seu funcionamento. (1 valor)
- Deduza a expressão de probabilidade de erro de bit, supondo que os bits  $a_k$  são equiprováveis. (1,5 valor)

### 4- (3,5 valores)

Uma fonte discreta emite de forma independente 3 mensagens  $M_1, M_2$  e  $M_3$ , ao ritmo de 100 mensagens por segundo.

- Para que probabilidades das mensagens a fonte emitiria a máxima quantidade de informação por segundo? (1 valor)
- Considere o caso particular em que  $P(M_1)=0,5$ ,  $P(M_2)=P(M_3)=0,25$ . Qual a quantidade de informação emitida por segundo? Codifique esta fonte com o melhor código de fonte que conhece (sem usar extensão de fonte). Seria possível encontrar um código de fonte que conduza a um ritmo de informação menor? (1 valor)
- Considere o caso particular em que  $P(M_1)=0,6$ ,  $P(M_2)=0,3$  e  $P(M_3)=0,1$ . Obtenha o melhor código que conhece, primeiro para o caso sem extensão e depois usando extensão de fonte de 1ª ordem. Sem ter de calcular a entropia desta fonte,  $H$ , obtenha a razão as duas eficiências conseguidas. Indique um limite superior para  $H$ . (1,5 valores)

Coefficientes de Fourier de uma onda triangular

de amplitude  $A=1$  e de simetria par:  $c_n = \begin{cases} \frac{2}{(n\pi)^2}, & n \text{ ímpar} \\ 0, & n \text{ par} \end{cases}$

$$P = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |c_n|^2$$

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

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

$$\text{Função } Q(x) = \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt \right)$$

**Identificação do aluno**

Nome: \_\_\_\_\_

Nº \_\_\_\_\_

**Perguntas de escolha múltipla (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 mas cada resposta incorrecta desconta 0,125 valores

1. Um dos motivos para se preferir um sistema de comunicação digital face a um analógico é
  - o sincronismo ser sempre mais fácil de conseguir
  - a probabilidade de erro ser sempre inferior
  - ser sempre mais barato e mais simples de implementar
  - ser sempre possível reduzir a banda usada à custa da complexidade do sistema
2. Os sinais das rádios em FM estéreo padrão
  - incluem o sinal L e o sinal R pré-modulados em SSB
  - incluem uma sub-portadora para ser mais fácil desmodular o sinal L-R
  - incluem uma sub-portadora para ser mais fácil desmodular o sinal de FM
  - não podem ser desmodulados num rádio de FM mono
3. O sinal  $x_c(t) = 4[2,1 + m_m(t)]\text{sen}(2\pi f_c t)$ , onde o sinal modulante observa  $|x_m(t)| < 3$ ,
  - só pode ser desmodulado por um detector síncrono se  $m < 0,7$
  - só pode ser desmodulado por um detector de envolvente se  $0 < m < 2,1$
  - só pode ser desmodulado por um detector de envolvente se  $0 < m < 0,7$
  - não pode ser desmodulado por um detector de envolvente
4. Num receptor síncrono a desfasagem de fase
  - só é importante se o sinal for AM
  - só é importante se o sinal for SSB
  - só é importante se o sinal for DSB
  - Nenhuma das anteriores
5. O facto dos impulsos de amostragem numa transmissão por codificação de impulsos PAM não constituírem um pente de Dirac's ideal mas sim um trem de impulsos rectangulares
  - torna a reconstrução do sinal impossível
  - não tem implicações espectrais
  - torna o espectro do sinal PAM mais compacto
  - torna o espectro do sinal PAM infinito
6. A potência de um sinal PSK
  - é independente da  $M$ -aridade
  - é independente do impulso suporte
  - é independente da frequência da portadora
  - é independente da amplitude da portadora
7. A largura de banda do sinal FSK aumenta como número de símbolos distintos ( $M$ -aridade)
  - para que o sincronismo seja mais fácil de conseguir
  - porque o número de frequências distintas aumenta
  - porque os saltos de fase existem sempre em FSK
  - porque o filtro de Nyquist tem de acomodar mais frequências distintas
8. Sendo  $P_b$  a probabilidade de erro e  $\epsilon$  a eficiência espectral, pode dizer-se que a observação das constelações 16-PSK e 16-QAM com igual energia média de símbolo
  - permite concluir que  $\epsilon(16\text{-PSK}) = \epsilon(16\text{-QAM})$
  - não permite concluir nada acerca das modulações
  - permite concluir que  $P_b(16\text{-PSK}) > P_b(16\text{-QAM})$
  - permite concluir que  $\epsilon(16\text{-PSK}) > \epsilon(16\text{-QAM})$
9. No contexto da análise duma transmissão digital afectada por AWGN, a função  $Q(x)$  é invocada porque
  - permite obter a distância euclidiana entre dois símbolos de canal
  - permite exprimir a probabilidade de erro para um outro símbolo da mesma constelação
  - permite exprimir a probabilidade de erro de bit entre um bit e o limiar de decisão
  - permite exprimir a probabilidade de erro entre dois símbolos vizinhos numa constelação
10. Qualquer modulação digital pode ser analisada à luz de um espaço de sinais cuja dimensão deve ser
  - igual ou superior à  $M$ -aridade da modulação
  - igual ou superior ao número de funções de base necessárias para descrever o sinal transmitido
  - inferior à  $M$ -aridade da modulação
  - igual ou superior ao ritmo binário