

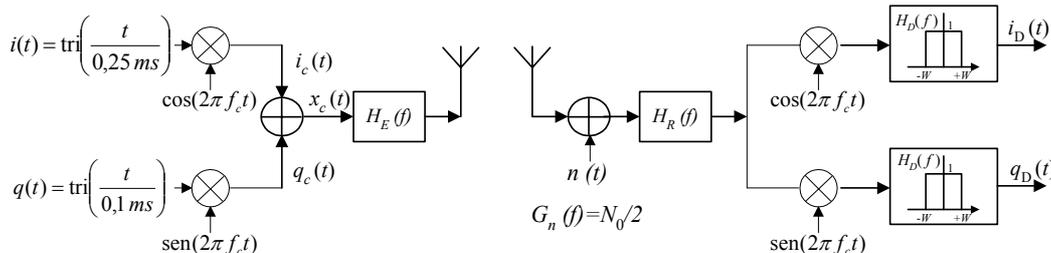
Duração: 2h30; **Justifique as suas respostas;**

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

### Problemas (15 valores)

#### 1-(4 valores)

Considere o seguinte esquema de transmissão onde o canal rádio não provoca distorção de fase nem de amplitude. A portadora é  $f_c=40$  kHz. Considera-se aceitável receber apenas o lobo principal e dois lobos secundários dos sinais  $i(t)$  e  $q(t)$ .



- Exprima analiticamente e represente graficamente o sinal temporal  $i_c(t)$ . (1 valor)
- Exprima analiticamente o espectro do sinal total emitido  $X_c(f)$  e esboce-o graficamente. (1,5 valores)
- Mostre que este esquema consegue efectuar uma transmissão dos sinais  $i(t)$  e  $q(t)$  em simultâneo e na mesma frequência um em cada um dos ramos (em fase e quadratura), obtendo-se  $i_D$  e  $q_D$ . (1,5 valores)

#### 2- (4 valores)

Considere um sinal analógico de TV com largura de banda  $W=8$  MHz em banda de base.

- Qual é a largura de banda necessária para transmitir este sinal de forma analógica em FM (com  $\Delta f_{\max}=3$  MHz/V), em DSB e em SSB? (1 valor)
- Qual é a largura de banda necessária para o transmitir de forma digital em 128-QAM com formatação de Nyquist com  $\alpha=0,1$  (considere as amostras codificadas com 16 bits cada uma)? (1,5 valores)
- Projecte um sistema de multiplexagem TDM para 2 canais de TV como este e ainda um outro sinal com  $W_2=15$  MHz. O multiplexer deve ter 5 entradas, sendo uma para o *marker*. Qual o ritmo de símbolos do sinal TDM à saída? (1,5 valores)

#### 3-(4 valores)

Pretende-se efectuar uma transmissão binária ( $a_k=\pm A$ ) em banda base com  $P_b < 10^{-4}$ . Tem-se  $P \cdot B / N = 205,4 \times 10^4$  Hz ( $P$  é a potência do sinal,  $B$  a largura de banda e  $N$  a potência do ruído).

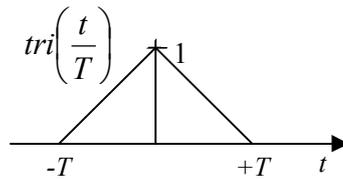
- Descreva o *hardware* do receptor óptimo para detectar o sinal recebido. (1 valor)
- Qual o ritmo binário máximo possível para esta transmissão? (1,5 valores)
- Qual a largura de banda mínima que o canal deverá possuir? Que tipo de impulsos está a considerar e porquê? (1 valor)
- Se ele não tivesse essa largura de banda, aponte soluções de alteração ao projecto para poder transmitir a informação. (0,5 valores)

#### 4- (3 valores)

Uma fonte emite 4 símbolos ao ritmo de 2000 Baud, sendo  $P(s_1)=0,4$ ,  $P(s_2)=0,3$ ,  $P(s_3)=0,2$  e  $P(s_4)=0,1$ .

- Qual a quantidade de informação emitida por segundo? (1 valor)
- Codifique esta fonte com codificação de Shannon-Fano e calcule a eficiência de codificação alcançada (1 valor)
- Codifique esta fonte com codificação de Huffman e calcule a eficiência de codificação alcançada. Comente este resultado comparando-o com o de b). (1 valor)

**Formulário para o Exame de 1ª Época de Modulação e Codificação**  
**Ano lectivo 03/04 (29/06/2004)**



$$TF\left\{\text{tri}\left(\frac{t}{\tau}\right)\right\} = \tau \text{sinc}^2(f\tau)$$

$$\text{sen}(a) = \cos\left(a - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\cos(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\cos(a-b) + \cos(a+b)]$$

$$\text{sen}(a)\text{sen}(b) = \frac{1}{2}[\cos(a-b) - \cos(a+b)]$$

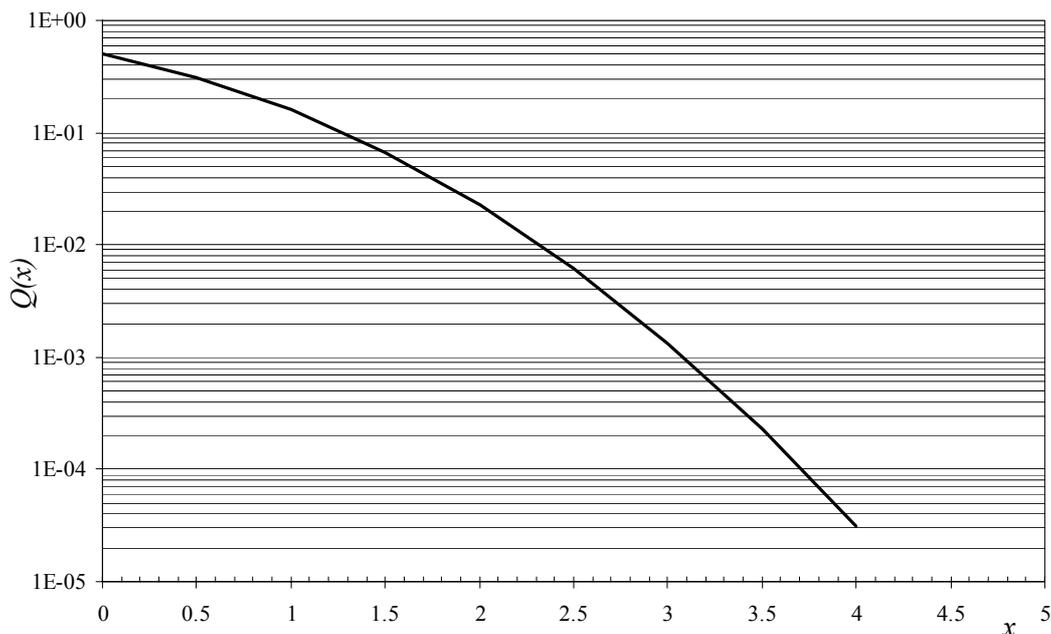
$$\text{sen}(a)\cos(b) = \frac{1}{2}[\text{sen}(a-b) + \text{sen}(a+b)]$$

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

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

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

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



## 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. A modulação de um sinal é sempre necessária para
  - compensar a função de transferência do canal e de dispositivos tais como antenas, fotodetectores, etc
  - multiplexar sinais num canal
  - adaptar o sinal à função de transferência do canal e de dispositivos como antenas, fotodetectores, etc
  - compensar a distorção de amplitude e fase
2. Num receptor em RF, o ruído que pode ser expresso na forma  $n(t) = \text{Re}\{[n_I(t) + jn_Q(t)] \cdot \exp(j\omega t)\}$  é o
  - ruído branco após o filtro de RF
  - ruído passa-banda após o filtro de RF
  - ruído branco na antena
  - ruído que afecta o sinal desmodulado
3. Um modulador de fase (PM) pode ser realizado com
  - um VCO seguido de um discriminador
  - um VCO seguido de um diferenciador
  - um diferenciador seguido de um VCO
  - um discriminador seguido de um VCO
4. A eficiência de potência numa transmissão em AM em que o sinal modulante é  $x_m(t) > 0, \forall t$ 
  - é máxima para um índice de modulação  $\mu = 0,5$
  - depende da frequência da portadora e da largura de banda do sinal modulante
  - aumenta quando o índice de modulação  $\mu$  aumenta
  - aumenta quando índice de modulação  $\mu$  diminui
5. Num esquema de transmissão TDMA
  - o sincronismo de “time-slot” é menos importante que o sincronismo das tramas
  - todas as tramas transportam sempre os mesmo sinais
  - é possível multiplexar sinais com diferentes larguras de banda
  - tem-se uma melhor utilização da banda disponível do que num esquema FDMA
6. Em comunicação digital, a função principal de um igualador é
  - compensar a atenuação do canal
  - minimizar a interferência inter-simbólica
  - compensar a distorção de fase do canal
  - compensar o atraso do canal
7. Conhecendo o padrão de olho após um dado filtro (conhecido), será possível
  - calcular qual o impulso de suporte que foi usado
  - saber qual o limiar de decisão,  $v_{th}$ , que foi usado
  - saber qual o instante óptimo que foi usado
  - conhecer toda a sequência de bits transmitidos
8. A largura de banda equivalente de ruído do filtro de Nyquist com um factor de excesso de banda  $\alpha = 0,5$  numa transmissão em banda base
  - só depende do ritmo binário
  - é independente do ritmo de símbolo
  - só dependente do factor de excesso de banda
  - é independente do factor de excesso de banda
9. A energia média de bit,  $E_b$ , numa transmissão digital em banda de base pode ser aumentada
  - escolhendo impulsos de suporte mais compactos
  - aumentando a amplitude média dos símbolos de canal ( $a_k$ ) ou diminuindo o ritmo binário
  - aumentando a amplitude média dos símbolos de canal ( $a_k$ ) ou aumentando o ritmo binário
  - aumentando a  $M$ -aridade dos símbolos de canal
10. A adição de codificação de canal num sistema de transmissão digital, permite
  - reduzir a largura de banda usada
  - aumentar o ritmo de símbolos no canal
  - usar uma modulação com maior  $M$ -aridade
  - aumentar a eficiência de potência em troca dum aumento da largura de banda

**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. eficiência de potência numa transmissão em AM em que o sinal modulante é  $x_m(t) > 0, \forall t$ 
  - aumenta quando o índice de modulação  $\mu$  aumenta
  - aumenta quando índice de modulação  $\mu$  diminui
  - é máxima para um índice de modulação  $\mu = 0,5$
  - depende da frequência da portadora e da largura de banda do sinal modulante
  
2. Um modulador de fase (PM) pode ser realizado com
  - um diferenciador seguido de um VCO
  - um VCO seguido de um diferenciador
  - um VCO seguido de um discriminador
  - um discriminador seguido de um VCO
  
3. Num esquema de transmissão FDMA
  - é sempre necessário ter receptores de envolvente
  - todos os sinais de informação têm de ter a mesma largura de banda
  - a complexidade do *hardware* necessário é tipicamente superior à complexidade com TDMA
  - é necessário incluir um canal para sincronismo
  
4. A modulação de um sinal é sempre necessária quando se quer
  - compensar a atenuação do canal
  - multiplexar sinais num canal
  - efectuar FDMA
  - compensar a distorção de amplitude e fase
  
5. Num receptor em RF, o ruído que pode ser expresso na forma  $n(t) = \text{Re}\{[n_r(t) + jn_i(t)] \cdot \exp(j\omega t)\}$  é o
  - ruído que afecta o sinal desmodulado
  - ruído branco na antena
  - ruído branco após o filtro de RF
  - ruído passa-banda após o filtro de RF
  
6. Mantendo a mesma energia média de símbolo, a energia média de bit,  $E_b$ , numa transmissão digital diminui quando se
  - escolhem impulsos de suporte de Nyquist
  - aumenta a  $M$ -aridade dos símbolos de canal
  - diminui a potência média dos símbolos de canal ( $a_k$ ) ou se diminui o ritmo binário
  - diminui a amplitude média dos símbolos de canal ( $a_k$ ) ou se diminui o ritmo binário
  
7. A adição de codificação de fonte num sistema de transmissão digital, permite
  - usar uma modulação com maior  $M$ -aridade
  - usar uma modulação com um desempenho em potência inferior
  - reduzir o ritmo binário no canal
  - aumentar o ritmo de símbolos emitidos
  
8. A largura de banda equivalente de ruído do filtro de Nyquist com um factor de excesso de banda  $\alpha = 0,2$  numa transmissão em banda passante
  - é independente do ritmo de símbolo
  - só depende do factor de excesso de banda
  - é independente do factor de excesso de banda
  - só depende do ritmo binário
  
9. Em comunicação digital, a função principal de um igualador é
  - amplificar o sinal e estimar o ruído
  - minimizar a interferência intersimbólica
  - compensar a atenuação do canal
  - compensar o atraso do canal
  
10. Conhecendo o padrão de olho após um filtro (desconhecido), será possível
  - saber qual o instante óptimo que foi usado
  - conhecer parcialmente a sequência de bits transmitidos
  - calcular qual o impulso de suporte que foi usado
  - calcular o limiar de decisão óptimo,  $v_{th}$ , a usar