



MIEI - Comunicação de Dados

Ficha de Exercícios – Digitalização

Duas aulas

1. Indique e explique quais são as principais fases de um processo de digitalização. Complemente a sua resposta com um exemplo ilustrativo.
2. Considere que um determinado sinal analógico possui o espectro de amplitude apresentado na Figura 1.
 - a) Tendo em conta o Teorema da Amostragem (apresentado na sebenta da disciplina na pp. 104), indique qual será a frequência de amostragem mínima necessária para o caso do sinal apresentado na Figura 1.
 - b) Tenha em consideração a Equação 5.4 apresentada na pp. 103 da sebenta. Apresente um esboço do espectro do sinal amostrado quanto é utilizada uma frequência de amostragem abaixo do valor mínimo exigido.

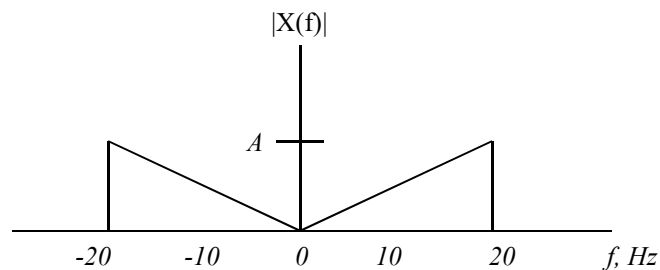


Figura 1

3. O formato áudio designado por *Compact Disc Digital Audio* (CD-DA) assume a gravação de dois canais de áudio em formato PCM, cada um amostrado a uma frequência de 44.1 KHz e com 16 bits por amostra.
 - a) O que pode concluir quanto à banda de frequências do sinal analógico original que é considerada relevante por este formato de digitalização?
 - b) Qual a capacidade de armazenamento necessária para gravar 10 minutos de áudio?

4.

	Um sinal analógico com $B = 15$ KHz deve ser quantizado a $q \geq 200$ níveis e transmitido em PCM M-ário com $M = 2^n$. Pretende-se encontrar os valores permissíveis para K (nº de dígitos por amostra), f_a (frequência de amostragem) e o correspondente valor de n se a largura de banda de transmissão disponível for $B_T = 50$ KHz.
A1	A combinação $f_a = 30$ KHz; $n = 1$ e $K = 8$ permite a transmissão do sinal.
B2	A combinação $f_a = 30$ KHz; $n = 2$ e $K = 4$ permite a transmissão do sinal.
C3	Face aos requisitos apresentados não é possível a transmissão deste sinal.
D4	Em termos gerais, na digitalização, para um determinado valor de q , o erro de quantização introduzido pode ser compensado utilizando frequências de amostragem acima de $2*B$.

Indique se considera cada uma das afirmações anteriores verdadeira (V) ou Falsa (F):

A1		B2		C3		D4	
-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--



5. Um sinal de voz com $B = 3$ KHz e $S = 1/4$ W deve ser transmitido em PCM M-ário. Determinar os valores para a base da numeração M , número de dígitos K , e frequência de amostragem f_a , de modo a que $(S/N_q)_{dB} \geq 40$ se $B_T = 16$ KHz.

6.

Um sistema de transmissão possui um conversor AD para poder transmitir o sinal numa linha digital. A conversão AD precisa de ter uma potência do ruído de quantização uniforme inferior a 14×10^{-4} Watt. O sinal para transmissão tem uma largura de banda máxima de 1 KHz. A codificação das amostras, depois de quantizadas, é realizada em dígitos binários.

A1	Cada amostra será digitalizada, no mínimo, com quatro bits.
B2	Sem codificação adicional, a largura de banda do canal de transmissão tem que ser, no mínimo, igual a 4 KHz.
C3	A utilização de um mecanismo de quantização não uniforme garantiria sempre uma digitalização de melhor qualidade.
D4	Independentemente da probabilidade de erro (por bit) na linha de transmissão, a potência total do ruído no destino será mais influenciada pelo ruído de quantização do que pelo ruído de decodificação.

Indique se considera cada uma das afirmações anteriores verdadeira (V) ou Falsa (F):

A1		B2		C3		D4	
-----------	--	-----------	--	-----------	--	-----------	--

7. Um sistema de transmissão possui um conversor analógico-digital para poder transmitir um sinal áudio numa linha digital para posterior gravação no destino. O sinal para transmissão tem uma largura de banda de 12 KHz. Pretende-se utilizar um mecanismo de quantização uniforme. A codificação das amostras, depois de quantizadas, é realizada em binário e a largura de banda do canal de transmissão é igual a 200 KHz.
- Comente a seguinte afirmação: “É possível atingir uma potência do ruído de quantização inferior a 100 pW”.
 - Qual seria a capacidade de armazenamento necessária para gravar no destino 32 segundos do sinal áudio transmitido?
8. Comente a seguinte afirmação: “Num processo de digitalização, para diminuir o ruído de quantização teremos que aumentar o número de níveis quânticos. No entanto, isso originará, obrigatoriamente, um maior débito binário à saída do digitalizador.”
9. Em que consistem e quais os objetivos da utilização de técnicas de compressão não-linear de sinal, tal como seja o exemplo da aplicação da lei-A a determinados sinais analógicos.



Ritmo de Nyquist (ritmo teórico máximo de símbolos digitais/discretos) depende da largura de banda do canal de transmissão (B_T): $r_s \leq 2 * B_T$ símbolos/seg

Frequência de amostragem depende da largura de banda da fonte/sinal (B): $f_a \geq 2 * B$ Hz

Definição do número de símbolos digitais (K) por amostra na quantização uniforme para q intervalos fixos de quantização:

$K = \text{int}[\log_M q]$ símbolos digitais/discretos (se $M = 2$, então dígitos digitais são bits)

Nota: $\text{int}(x)$ é o mínimo número inteiro, maior ou igual a x .

Ritmo de símbolos digitais/discretos gerados na conversão AD: $r_c = K * f_a$ símbolos/seg

Relação entre a potência do sinal (S) e a potência do ruído de quantização (N_q):

$$\left(\frac{S}{N_q}\right)_{dB} = 10 * \log_{10} \left(\frac{S}{N_q}\right) \text{ e } N_q = \frac{1}{3 * q^2} \text{ W}$$

Se $S \leq 1 \text{ W}$ e $M = 2$, então:

$$\left(\frac{S}{N_q}\right)_{dB} \leq 4.8 + 6 * K$$

1 miliwatt (mW) = 10^{-3} watts

1 microwatt (μW) = 10^{-6} watts

1 nanowatt (nW) = 10^{-9} watts

1 picowatt (pW) = 10^{-12} watts

1 femtowatt (fW) = 10^{-21} watts