



## 5º Laboratório de Sistemas e Sinais (LEIC – Alameda – 2011/12)

**Data de realização e de entrega:** aula da semana 7-11.5.2012.

**Local da realização:** Laboratório de Controlo, Automação e Robótica, localizado no piso 1 (cave) do Pavilhão de Mecânica III.

**Relatórios:** Os relatórios seguem a estrutura descrita na secção *Aulas de Laboratório* do site de SS no fenix. Os ficheiros resultantes devem ser comprimidos num único ficheiro, cujo nome segue a norma **SS\_5\_<turno>\_<#grupo>**. A entrega do ficheiro é feita na própria aula. O laboratório está cotado em 18 valores. A qualidade do relatório e participação dos alunos está cotada em 2 valores.

---

### PARTE I

Nesta parte do laboratório pretende-se caracterizar SLITs discretos no domínio da frequência pela utilização da Transformada de Fourier Discreta.

Considere os sistemas SYS1 e SYS2 dados na forma de equação às diferenças:

$$\begin{aligned}y(n) &= x(n-2) \quad (\text{SYS1}) \\y(n) &= 0.5 x(n) + x(n-1) \quad (\text{SYS2})\end{aligned}$$

Considere também três sinais de teste sinusoidais do tipo  $x_k(t) = \cos(\omega_k t)$ , com  $\omega_1 = \pi/0.08$  rad/s,  $\omega_2 = \pi/0.04$  rad/s e  $\omega_3 = \pi/0.02$  rad/s.

### Exercício 1 (8 valores)

- i) **[1.0 val]** Construa os três sinais de teste  $x_{1t}$ ,  $x_{2t}$  e  $x_{3t}$  considerando  $t = 0:0.001:0.25$  s, e em seguida recolha nos vectores  $x_{1n}$ ,  $x_{2n}$  e  $x_{3n}$  amostras dos vectores originais tiradas a cada 0.01 s (ou seja com um tempo de amostragem  $T_s = 0.01$  s). Apresente numa figura com três eixos os sinais amostrados sobrepostos aos sinais originais como função do tempo.  
(NOTA: Represente os sinais através da função `plot`, os originais como linhas e os amostrados como 'o' ou '\*')
- ii) **[1.0 val]** Determine analiticamente a resposta em frequência  $H_1(\omega)$  para o sistema SYS1.
- iii) **[2.0 val]** Represente em dois gráficos adjacentes a magnitude  $|H_1(\omega)|$  e a fase  $\angle H_1(\omega)$  de SYS1 para uma gama de frequências  $\omega \in [0.001 \dots \pi/2]$  rad/amostra com passo de 0.001 rad/amostra. Analise e comente o andamento de  $|H_1(\omega)|$  e  $\angle H_1(\omega)$  na gama de frequências dada.  
(NOTA: defina  $H$  em termos de  $j\omega$  e utilize as funções `abs` para a magnitude e `angle` para a fase. Ver a função *exemplo* no material de apoio do laboratório, que foi implementada para a resposta em frequência  $H(\omega) = 1 + e^{-j\omega}$ .)
- iv) **[2.0 val]** Crie uma função que implemente o sistema SYS1 na forma de equação às diferenças (tendo por entrada um vector completo), e em seguida aplique cada um dos sinais de teste amostrados ao sistema SYS1. Sobreponha os sinais obtidos na saída aos gráficos respectivos apresentados na alínea 1.i). Descreva o efeito que o sistema está a exercer no sinal em termos de magnitude e de fase. Relacione com o que observou na alínea 1.iii) tendo em conta as frequências dos sinais de teste.
- v) **[2.0 val]** Calcule os vectores  $z_k(n) = |H_1(\omega_k)| \times \cos(\omega_k n + \angle H_1(\omega_k))$  para  $k \in \{1,2,3\}$ , onde as frequências  $\omega_k$  estão obviamente em unidades de rad/amostra. Sobreponha estes resultados aos gráficos respectivos obtidos na alínea 1.iv). Qual a relação entre os vectores  $z_k(n)$  e as saídas do sistema obtidas na alínea 1.iv)?

## Exercício 2 (6 valores)

- i) [1.0 val] Determine analiticamente a resposta em frequência  $H_2(\omega)$  para o sistema SYS2.
- ii) [2.0 val] Represente em dois gráficos adjacentes a magnitude  $|H_2(\omega)|$  e a fase  $\angle H_2(\omega)$  de SYS2 para uma gama de frequências  $\omega \in [0.001 \dots \pi/2]$  rad/amostra com passo de 0.001 rad/amostra. Analise e comente o andamento de  $|H_2(\omega)|$  e  $\angle H_2(\omega)$  na gama de frequências dada.
- iii) [1.5 val] Calcule os vectores  $y_k(n) = |H_2(\omega_k)| \times \cos(\omega_k n + \angle H_2(\omega_k))$  para  $k \in \{1,2,3\}$ . Sobreponha os sinais obtidos aos gráficos respectivos apresentados na alínea 1.i). Relacione o efeito que o sistema está a exercer no sinal com o que observou na alínea 2.ii) tendo em conta as frequências dos sinais de teste.
- iv) [1.5 val] Calcule com base na função  $H_2(\omega)$  a resposta do sistema SYS2 a uma entrada  $x(n) = x_1(n) + x_2(n)$ . Apresente graficamente a resposta obtida.

## PARTE II

O método JPEG (Joint Photographic Experts Group) é um algoritmo para compressão de imagem que se baseia na divisão da imagem original em áreas mais pequenas, ver Figura 1, às quais são aplicadas transformações para o domínio da frequência. O resultado destas transformações é depois guardado num ficheiro de formato *jpg*. O princípio deste método vai ser utilizado nesta parte para comprimir imagens com base na Transformada Discreta de Cosenos (TDC).



**Figura 1:** aplicações do método JPEG a uma imagem com vários níveis de compressão – os níveis de compressão aumentam da direita para a esquerda da imagem. (Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG>)

O princípio de compressão no método JPEG pressupõe que as altas frequências na imagem são menos perceptíveis ao olho humano, pelo que estas poderão ser descartadas obtendo-se assim um ficheiro mais pequeno. O número de componentes truncadas é determinado a partir de um valor de referência, ou *threshold*, dado em termos da magnitude dos coeficientes da TDC.

A função *dct2* (disponível apenas na *toolbox* de processamento de imagem) implementa a TDC, produzindo a matriz de coeficientes, enquanto a *idct2* faz a reconstrução da imagem a partir de uma matriz de coeficientes. Estude os exemplos apresentados para a ajuda das funções *dct2* (escreva *doc dct2* na linha de comandos, ou então consulte: <http://www.mathworks.com/help/toolbox/images/ref/dct2.html>) e *idct2* (escreva *doc idct2* na linha de comandos, ou então consulte: <http://www.mathworks.com/help/toolbox/images/ref/idct2.html>) antes de resolver o exercício. Caso não disponha desta *toolbox*, utilize as funções *TDCos2.m* e *invTDCos2.m* disponibilizadas no material de apoio.

### Exercício 3 (4 valores)

Escreva uma função denominada *compressao.m*, que recebe como argumentos o nome da imagem a processar e nível de *threshold*, e devolve o tamanho em bytes da imagem produzida. Esta função deve carregar a imagem a partir do ficheiro indicado, fazer o seu processamento pela aplicação da TDC, seguida da truncagem de coeficientes e da reconstrução da imagem pela TDC inversa. O resultado da compressão deve ser gravado num ficheiro. Utilize o seguinte código para gravar a imagem no sistema de ficheiros do PC e obter o respectivo tamanho em bytes (**NOTA:** o código foi testado apenas no SO Windows 7):

```
imwrite(K, 'imagem.png', 'png') % K é a matriz da imagem
info=imfinfo('imagem.png');
tamanho =info.FileSize;
```

- i) **[2.0 val]** Aplique a função que implementou à imagem “*img\_1.png*” utilizando os seguintes níveis de *threshold*: 5000, 1000, 600, 200, 20. Apresente a imagem original assim como as imagens comprimidas. Indique em cada caso o tamanho do ficheiro resultante, e descreva qualitativamente as imagens obtidas.
- ii) **[2.0 val]** Repita o procedimento da alínea 3.i) aplicando-o à imagem “*img\_2.png*”.