**Pós-Graduação em Modelagem Computacional**

GA-038 Processamento Digital de Sinais – **Segunda Lista de Exercícios**

(**Prazo de entrega: dia 27 de outubro de 2011, 9h)**

**Indique a linha de raciocínio pela qual chegou às soluções e embase as suas respostas com argumentações e justificativas adequadas. Para os exercícios que envolverem simulação computacional, apresente também os scripts e resultados gráficos produzidos.**

### Exercício 1

Classifique os sistemas abaixo (entrada e saída ) quanto à linearidade, à causalidade e à invariância no tempo. Para aqueles que forem lineares, encontre também a resposta impulsiva .

1. , com

### Exercício 2

Considere os sistemas lineares com as respostas ao impulso abaixo (hipotéticas). Determine se tais sistemas são estáveis ou instáveis no sentido BIBO (*Bounded-Input Bounded-Output*).

1. , com

### Exercício 3

Os dois primeiros termos da série de Fibonacci são e . Para , os termos da série podem ser obtidos pela recursão , que pode ser vista como uma equação de diferenças (ED) homogênea de segunda ordem.

1. Obtenha uma expressão em forma-fechada (sem recursão) para , para .
2. Encontre um sistema causal LTI, representado por uma ED não-homogênea de segunda ordem, cuja reposta impulsiva seja idêntica a , para .

### Exercício 4

Discuta as afirmativas abaixo, i.e., justifique se são verdadeiras ou falsas.

1. É BIBO-estável um sistema composto pela ligação em série de dois sub-sistemas LTI distintos, ambos BIBO-estáveis.
2. A convolução das respostas impulsivas de dois sistemas LTI distintos, um causal e outro não-causal, resulta sempre em um sistema LTI equivalente não-causal.
3. Pode ser invariante no tempo um sistema LTI formado pela ligação em paralelo de dois sub-sistemas LTI distintos, um invariante e outro variante no tempo.

### Exercício 5

No processo de gravação de um sinal analógico de áudio em um disco de vinil, o sinal de corrente elétrica produzido pelo microfone, depois de amplificado, serve de entrada para uma cabeça de corte que esculpe um sulco em trajetória espiral na superfície de um disco. Por sua vez, tal cabeça de corte opera segundo a Lei de Faraday da indução eletromagnética, de modo que o deslocamento espacial de uma lâmina de corte (relativo à própria cabeça) ao longo do tempo é proporcional à integral do sinal elétrico de entrada. Por exemplo, o sinal elétrico , com frequência em rad/s, produz um deslocamento da lâmina de corte . Logo, fica evidente que a excursão espacial do sulco é diretamente proporcional amplitude, mas inversamente proporcional à frequência do sinal de entrada. Em outras palavras, a gravação de um sinal com baixas frequências, algo abundante em áudio, exige um espaçamento radial entre duas voltas adjacentes do sulco maior do que o necessário para gravar um sinal de mesma amplitude e frequências mais altas. Naturalmente, isso diminui a capacidade temporal de armazenamento de sinal do meio.

Para contornar o problema acima, a RIAA (*Recording Industry Association of America*) definiu nos anos 50 um esquema padrão de pré-ênfase de sinal (antes da gravação do sulco no disco) em que componentes frequenciais abaixo de 1000 Hz são progressivamente atenuadas em amplitude, enquanto aquelas acima desse valor são gradativamente amplificadas. Essa distorção intencional deve ser obrigatoriamente desfeita durante a reprodução do disco pelo amplificador de áudio que recebe o sinal do toca-discos.

Considere a seguinte aproximação grosseira (já em tempo discreto) para o sistema de pré-ênfase: , onde é o sinal original de interesse e a sua versão após a aplicação da pré-ênfase.

1. Determine a resposta impulsiva do sistema e a classifique quanto à duração.
2. Encontre um sistema LTI causal que seja o inverso de , i.e., .
3. Determine a resposta impulsiva do sistema inverso e a classifique quanto à duração.
4. Escreva scripts em Matlab (ou outra linguagem usual de programação) que implementem os sistemas de pré-ênfase e o seu inverso. Dica: fazer o processamento amostra-a-amostra.
5. Verifique experimentalmente o efeito auditivo do sistema de pré-ênfase sobre o sinal disponibilizado no link abaixo. Em seguida, verifique experimentalmente o efeito auditivo do sistema inverso sobre o sinal distorcido. Comente os resultados obtidos.

[Link para baixar o sinal de teste](http://www.lncc.br/~pesquef/GA038_4t11/listas/sinal_lista2.wav):

http://www.lncc.br/~pesquef/GA038\_4t11/listas/sinal\_lista2.wav