



Universidade Federal de Uberlândia

Disciplina de Sinais e Sistemas 2

– Lista 1 de exercícios extras –

Prof. Alan Petrônio Pinheiro

Faculdade de Engenharia Elétrica

Versão 1.2

Observações:

- Você pode (e deve, se necessitar) tirar dúvidas sobre a resolução de problemas desta lista durante o horário de atendimento
- Importante: a sua solução deve vir acompanhada dos arquivos (.m ou equivalente) usados para gerar os resultados das questões. A questão que não vier com estes arquivos será zerada.
- Esta lista tem que ser entregue digitalizada por email (alan_petronio@yahoo.com.br) até a data estipulada. Não serão recebidos trabalhos entregues posteriormente. Sua caixa “enviados” será seu comprovante de entrega.
- A maior parte das questões (senão todas) pode ser resolvida computacionalmente. Empregue o software que desejar. Um dos propósitos da lista é incentivar o(a) estudante a aprender (extra-classe) ferramentas que podem auxiliá-lo na aprendizagem a na resolução de problemas de forma intuitiva e profissional.
- Onde não for claramente explicitado, o estudante pode escolher em resolver a questão de forma puramente computacional e/ou algébrica
- Observe que acompanhando esta lista devem ver mais arquivos contendo sinais de áudio (.wav) e códigos em Matlab já prontos.
- Se você desejar fazer alguns cálculos no papel, fique à vontade. Depois de feitos, escanei eles (digitalize-os) e insira no arquivo digital que você deve enviar. Não há necessidade de “perder tempo” digitando equações em editores de texto. Mas tenha capricho, pelo menos na organização e sistematização do seu pensamento.
- Recomenda-se o uso do Matlab para solução desta lista. Ele tem versões gratuitas para estudantes. Contudo, se preferir, use outro programa qualquer para fazer esta lista. Mesmo usando outro, você deve enviar o código usado para resolver as questões.

1¹) (10%) Considere que um dado sistema é constituído por uma ligação em cascata (série) de dois sistemas contínuos no tempo com resposta em frequência $H_1(j\omega)$ e $H_2(j\omega)$, respectivamente. Considere que o sistema como um todo tem resposta $H_{\text{total}}(j\omega)$ e que a função transferência destes dois sistemas são das pelas equações abaixo.

$$H_1(j\omega) = \frac{640(j\omega+1)}{(j\omega+8)(j\omega+40)} \quad H_2(j\omega) = \frac{0.01(j\omega+40)}{(j\omega+1)(j\omega+8)}$$

Com base nisto, pede-se:

- Qual equação de $H_{\text{total}}(j\omega)$?
- Esboce o gráfico de Bode de $H_1(j\omega)$, $H_2(j\omega)$ e $H_{\text{total}}(j\omega)$. Compute também os gráficos (em escala log) destas três equações e compare a diferença entre o esboço assintótico de Bode com o gráfico precisamente calculado por computador. Mostre os gráficos.
- Passe os gráficos anteriores para escala linear.
- Se injetarmos uma frequência de 1Hz e 60Hz, de quanto será o ganho/atenuação para estas duas frequências? Mostre como você chegou a este valor.

Observação: não use a função ‘bode’ do Matlab para gerar o gráfico aqui nesta questão. Faça esta plotagem de forma mais manual (ponto a ponto) para entender como se dá o processo de construção da curva de resposta em frequência.

¹ Questão baseada no exercício 6.12 do livro texto

2) (15%) Este exercício tem o propósito de trabalhar com sinais, sistemas e como sistemas processam sinais. Para isto, faça em algum software de simulação numérica:

- a) Gere 1 sinal composto pelos componentes indicados na fórmula abaixo. Plote o sinal gerado no tempo e na frequência. Para isto, pode usar uma adaptação do código da questão 3.

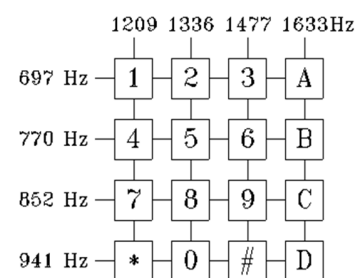
$$x(t) = 5\sin(2\pi 1000t) + 2\cos(2\pi 3000t) + 0.5\cos(2\pi 5000t)$$

b) Agora, deve-se produzir um sistema capaz de suprimir de $x(t)$ as componentes de 3k e 5kHz. Um sistema (digital, pois estamos usando o computador) é um conjunto de coeficientes. Para te ajudar no projeto, estude o código da “questao2.m” e o adapte para gerar os coeficientes do sistema que deve ser usado para tirar estas componentes de frequências indesejadas. Plote a resposta em frequência do sistema produzido.

c) Utilizando o recurso de convolução, filtre² o sinal $x(t)$ gerado passando-o pelo sistema que você fez no item anterior. Ao final, mostre o sinal filtrado (no tempo e na frequência). Observe que a amplitude (de pico) dele é aproximadamente 4. Este era o valor esperado? Justifique.

3) (15%) Considere os sinais “sinal_questao3a.wav” e “sinal_questao3b.wav” que acompanham esta lista. A partir disto, faça:

- a) Mostre o espectro de ambos os sinais e faça comentários sobre as características dos mesmos.
- b) No caso do sinal “sinal_questao3b.wav”, avalie em separado os trechos entre amostras $2000 \leq n \leq 2800$ e $3.600 \leq n \leq 4.400$, por exemplo. Observe que são trechos selecionados do sinal no tempo. Repita isto para todos os outros trechos.
- c) Com base no que foi feito na letra anterior e sabendo que este é um sinal de telefonia conhecido como DTMF (ver figura ao lado), pergunta-se: qual foi a sequência numérica que foi digitada no telefone do celular? Se precisar, faça uma breve leitura sobre “codificação DTMF”.



Observação: esta questão já vem com um arquivo em Matlab, nomeado como questao3.m. Você pode usar ele para exibir espectros de sinais.

4) (30%) Você está recebendo um arquivo de áudio “sinal_questao4.wav” que contém um trecho música. Foi inserido nela um ruído “leve” nele. Ouça o áudio e tente identificar este ruído no fundo. Use fone de ouvido, se possível. Adicionalmente, para suprimir este ruído, foi projetado dois sistemas discretos que foram designados de “sistema 1” e “sistema 2”. Para representar estes sistemas, foi gerado os coeficientes ‘a1’ e ‘b1’ (para o sistema 1) e ‘a2’ e ‘b2’ (para o sistema 2). Os coeficientes de ambos estão disponíveis no arquivo questao4.m. Eles são calculados dinamicamente (em tempo de execução) e a forma como são calculados, não é objeto de estudo aqui. Com base nisto, faça:

- a) Analisando o espectro, qual é a faixa de ruído?

² Dica: você pode usar a função “conv” ou montar a equação de diferenças

- b) Qual a resposta em frequência destes sistemas³? Mostre o gráfico de ambos (em magnitude) e compare com o encontrado pela função `freqz` vista no código.
- c) Compare qual sistema é mais eficiente: o 1 ou o 2? Descreva as diferenças e explique elas⁴.
- d) Pegue um dos sinais filtrados e dê um ganho de $1.5x$ e $5x$ nele. Ou seja: multiplique todos os elementos do vetor ou matriz que contém o áudio pela constante $1.5x$. Faça o mesmo para o ganho de $5x$. Qual o efeito de ambas multiplicações no áudio? Porque apareceram “ruídos” em alguns casos e de onde vieram estes?
- e) Pegue o sinal filtrado e multiplique por -1 . Ou seja: multiplique todos os elementos do vetor ou matriz que contém o áudio pela constante -1 . O que esta multiplicação faz no áudio e quais seus efeitos?

Observações: (i) Observe que o código para aplicar a equação de diferença de um sistema a um sinal no Matlab é a ‘filter’. Consulte esta função no help do Matlab para ver como usá-la. Se preferir, aplique a equação de diferenças por programação usando laço ‘for’.

(ii) O código que acompanha esta questão está praticamente todo pronto. A intenção dela é mais estimulá-lo a entender o processo de interação sinal-sistema com base neste exemplo e “ver” (melhor dizendo, ouvir) os resultados de maneira mais prática para se entender a “magia” da matemática e dos sinais aqui.

5) (15%) Para resolver esta questão, você deve agora fornecer os sinais. A princípio serão necessários dois sinais. A saber:

- Sinal 1: grave sua voz (no celular, por exemplo) durante uma vocalização de uma vogal ou consoante de forma sustentada (constante).
- Sinal 2: procure uma música instrumental ou registro de áudio que você gosta de instrumentos de fundo.

Depois de selecionados os sinais, pede-se:

- a) no sinal 1, selecione um curto trecho da sua voz (≤ 1 seg) onde ela é constante e plote o espectro de magnitude. Quais são suas principais componentes de frequência? Indique qual é a frequência fundamental de vibração da voz dele e até que harmônica ele consegue chegar.
- b) agora pegue um trecho maior (≥ 3 seg) do seu sinal 1 e “some” ao sinal 2. Tente obedecer a certas obviedades (tamanho de sinal, frequência amostragem, amplitude média). Gere o áudio resultante e plote o espectro.

Obs.: antes de obter os sinais, sugere-se ouvir a música “Francisco” do paranormal Milton Nascimento (você achará com facilidade no youtube). Observe que o cantor usa essencialmente vocalização sustentada e a voz dele foi adicionado um sinal 2 (instrumentos de fundo). Naturalmente que não se pretende que você faça igual (não se avalia aqui sua qualidade vocal ou musical, lógico!), mas pode ser uma boa sugestão de início para escolha do tipo de seus sinais.

³ Você não pode usar a função `freqz` ou similar. Faça “na mão” (dica: lembre-se da função impulsiva). Você já deve ter conhecimentos suficientes para descobrir isto. A função `freqz` você pode usar para os outros itens, mas não para este.

⁴ Dica: lembre-se de sistemas FIR e IIR.

6) (15%) Considere o sinal $x(t)$ da questão 2. Ele tem três componentes de frequência e vai da banda de 1k até 5kHz. Usando a propriedade de modulação de Fourier, desloque o espectro deste sinal para a faixa de 101k até 105kHz. O espectro tem que ser mantido em sua forma. Ele deve apenas ser deslocado. Para isto, mostre o espectro do sinal original e o espectro do sinal modulado (deslocado). Indique como isto foi feito.

Obs.: esta questão deve vir acompanhada do código usado para resolver o problema. Na solução você deve mostrar apenas os gráficos dos espectros dos sinais usados e o resultado final.
