



Universidade Federal de Uberlândia

Disciplina de Sinais e Sistemas 2

– Lista 2 de exercícios extras –

Prof. Alan Petrônio Pinheiro

Faculdade de Engenharia Elétrica

Versão 1.1

Observações:

- a) Você pode (e deve, se necessitar) tirar dúvidas sobre a resolução de problemas desta lista durante o horário de atendimento
- b) Importante: a sua solução deve vir acompanhada dos arquivos (.m ou equivalente) usados para gerar os resultados das questões. A questão computacional que não vier com estes arquivos será zerada.
- c) Todas as questões devem vir com comentários a respeito de sua avaliação do resultado ou do gráfico resultante. Não é o “número” que vale e sim a sua interpretação.
- d) 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.
 - i. Você deve entregar a lista em formato pdf (sem compactação, para evitar corromper arquivo). Mande também os arquivos .m diretamente (sem compactação). Já outros arquivos, de áudio, se a soma for maior que 10MB, pode mandar compactado.
 - ii. Não serão aceitos em hipótese alguma envios de links para trabalhos armazenados em repositórios ou nuvens ou afins. O seu trabalho deve estar disponível na caixa de email do professor. Todo trabalho enviado na forma de link vai ser desconsiderado.
 - iii. Verifique, antes de mandar, se o arquivo está correto e se pode ser aberto sem erros. Você é o único responsável pelo envio correto do trabalho.
- e) 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 e na resolução de problemas de forma intuitiva e profissional.
- f) Onde não for claramente explicitado, o estudante pode escolher resolver a questão de forma puramente computacional e/ou algébrica. As questões computacionais devem ter algum comentário a respeito de sua avaliação do resultado ou do gráfico resultante.
- g) Se você desejar fazer alguns cálculos no papel, fique à vontade. Depois de feitos, escaneie 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**, especialmente na organização e sistematização do seu pensamento. O capricho e organização do trabalho também valem (você está sujeito a perder pontos por trabalhos não organizados). Deixe seu trabalho e sua formatação aparentáveis. Trabalhos desleixados terão notas desleixadas e reclamações não irão resolver ou mudar isto.
- h) Erros de português também são avaliados e você pode perder pontos por isto. Sua forma de comunicação escrita também é analisada.
- i) 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.

1) Considere o sinal abaixo:

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

Desenvolva um sistema discreto para atender as seguintes condições:

- i. Deve extrair a componente de 3kHz deste sinal. As outros devem ser preservados ou até mesmo amplificados (não desejável, mas tolerável) em no máximo 10%.
 - ii. Quando $x(t)$ passar por este seu sistema, produzindo $y(t)$, este último não pode ter amplitude maior do que 0.2 Volts (de pico).
 - iii. Você pode usar tanto sistemas FIR quanto IIR.
 - iv. Ainda, a localização de zeros (e polos, se for o caso) deve ser feita manualmente por você. Nada de usar funções ou métodos próprios para isto (como Butterworth, Chebbychev, Winner, etc). Você deverá posicionar manualmente tanto estes elementos para produzir a
-

curva desejada. Se desejar, pode fazer uso da ferramenta de visualização 3D do espaço Z disponível no site.

O que você demonstrar:

- Mostre seu diagrama de polos e zeros, a curva de resposta em frequência gerada e justifique a localização destes elementos (polos e zeros).
- Mostre a superfície Z gerada e a resposta em frequência do seu sistema (magnitude e fase).
- A equação de diferenças produzida indicando os coeficientes a e b (se for o caso). Indique também qual foi sua taxa de aquisição usada.
- Mostre o sinal de saída versus o sinal de entrada. Um gráfico no tempo e outro na frequência mostrando esta comparação.
- Sem usar funções prontas (como filter, conv ou lsim, por exemplo), estime $y[n]$ com base em $x(t)$ aplicando a equação de diferenças usando um laço for.

2) Um sistema discreto é regido pela seguinte equação de diferenças:

$$y[n] - y[n-1] + \frac{1}{4}y[n-2] = x[n] + \frac{1}{4}x[n-1] - \frac{1}{8}x[n-2]$$

- encontre numericamente a equação de sua resposta em frequência (magnitude e fase) e plote seu gráfico.
- Este sistema é estável? Justifique
- Se aplicarmos um degrau $u[n]$ à entrada deste sistema, qual sua saída? Mostre o gráfico de $y[n]$.

3) Considere o sistema abaixo:

$$H(z) = \frac{1 + z^{-2}}{2 + z^{-1} - \frac{1}{2}z^{-2} + \frac{1}{4}z^{-3}}$$

- Esboce no plano Z (em 2 dimensões) a localização dos polos e zeros. Com base nisto, o que você pode dizer sobre este sistema?
- Se aplicado um impulso a este sistema, como é sua saída $y[n]$?

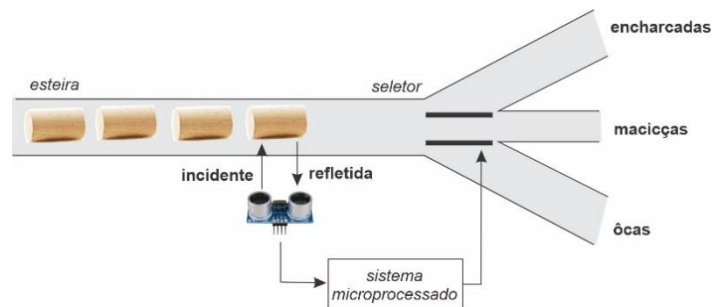
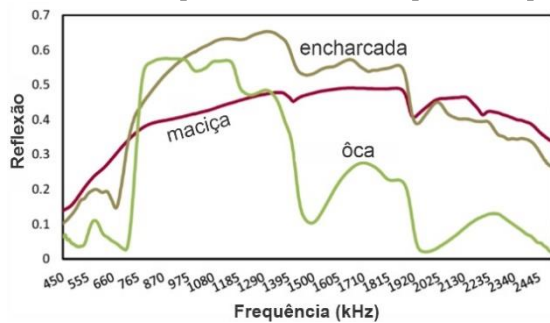
4) Considere que um motor elétrico tem H dado pela equação abaixo. Considere que a entrada do sistema seja tensão e que a saída seja velocidade angular (radianos por segundo).

$$H(s) = \frac{10s + 5}{s^2 + 2s + 5}$$

- Mostre o gráfico de: (i) resposta em frequência, (ii) resposta ao impulso e (iii) resposta ao degrau. Interprete ambos os gráficos e quando possível, estabeleça relações entre eles.
- O que deve ser feito para que o *overshoot* de resposta ao degrau deste sistema não ultrapasse 1.2 rad/seg? Mostre.

- c) O que deve ser feito de mudança em $H(s)$ para que a velocidade do motor dobre em regime nominal? Pode-se dizer que a relação entre aumento de tensão e velocidade angular e linear?

5¹⁾ Considere um sistema fabril de seleção de rolhas de garrafa. Este sistema deve automaticamente classificar rolhas em 3 categorias conforme desenho esquemática. Para isto ele utiliza um sistema de ultrassom que injeta (em igual amplitude) todas as frequências de 450kHz a 2445kHz. Em laboratório constatou-se que a assinatura espectral típica destes tipos de rolhas é conforme gráfico da sequência.



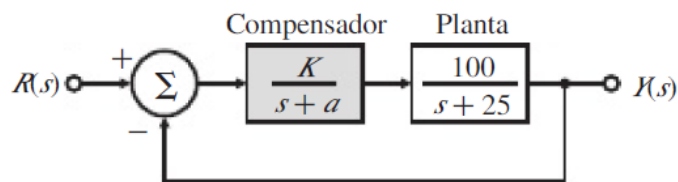
Pede-se que você projete um código que seja capaz de receber o sinal de ultrassom refletido e com base nisto classificar o sinal como um dos valores: (i) maciço; (ii) encharcado; (iii) ôco e (iv) não aplicável. Para isto siga as etapas:

- (i) Monte um algoritmo ou diagrama de blocos de como deve se comportar seu sistema, focando na análise e processamento de sinais.
- (ii) Faça as definições de projeto que você julgar necessário (taxa de aquisição, potência de sinais, etc). Especifique suas limitações.
- (iii) Gere sinteticamente 4 sinais (no tempo) para testes. Cada um deles deve pertencer a uma das quatro potenciais classificações possíveis que seu sistema deve fazer. Mostre o espectro de cada um deles e como você fez para gerar eles. Eles devem ser usados para você testar sua solução. Se desejar, pode gerar maiores quantidades de exemplos para fortalecer os cenários de teste.
- (iv) Implemente seu algoritmo. A entrada dele é um sinal e a saída é um número a saber:
 - 8 (ou $1000_{(2)}$) = encharcada
 - 4 (ou $0100_{(2)}$) = maciça
 - 2 (ou $0010_{(2)}$) = ôca
 - 1 (ou $0001_{(2)}$) = não aplicável ou não pode ser classificada corretamente

Disponibilize seu código para teste.

6) Para o dado sistema abaixo com realimentação unitária, especifique o ganho e a localização dos polos do compensador tal que a resposta ao degrau do sistema em malha fechada tenha um sobressinal não maior que 25% e um tempo de acomodação (1%) igual ou inferior a 0,1s.

¹ Esta questão tem peso maior que as demais.



Com base nisto, faça:

- Mostre graficamente como o sistema ao todo se comporta quando aplicamos a ele um degrau;
- Mostre graficamente onde estão os polos e zeros do sistema. Como você fez matematicamente para achar o valor de 'a' e 'K' na figura para que eles atendessem ao enunciado?

7) Deseja-se construir um motor elétrico que deve acionar uma antena de comunicações. Este motor deve obedecer a alguns requerimentos para que possa atualizar a posição da antena. São eles:

- Ele deve gastar no máximo 9 segundos para posicionar a antena com estabilidade (sem vibrações). Ou seja: tempo de acomodação seja ≤ 9.0 s
- Depois de acionado, em no máximo 1 segundo ele já deve começar a posicionar a antena na posição desejada com velocidade angular constante dentro de um intervalo. Ou seja: tempo de subida seja ≤ 1.0 s,
- O disjuntor usado para proteger o circuito elétrico contra surtos indesejados, será dimensionado a 20% de sobressinal do regime permanente do motor. Isto quer dizer que qualquer variação acima de 20% deverá abrir o disjuntor. Ou seja: overshoot menor que 20%.

Considere que o sistema modelado tem que ser simples e neste sentido entenda-se por simplicidade a limitação de se usar apenas um par de polos. Se desejar, pode convencionar que não existe zeros finitos no modelo. Com base nisto, esboce a região (no plano-s ou $a+j\omega$), na qual os polos podem ser alocados de modo que o sistema irá atender a todas as especificações. Se desejar, pode atribuir valores para estes polos. Considere que para este caso $H = Q/V$ onde Q é a velocidade angular do motor e V é a tensão aplicada.

8) Para o sistema de segunda ordem com função de transferência determine:

$$G(s) = \frac{3}{s^2 + 2s - 3}$$

- O ganho DC
- O valor final para uma entrada em degrau

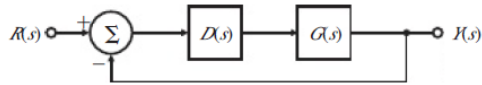
9) A função de transferência em malha aberta de um sistema com realimentação unitária é

$$G(s) = \frac{K}{s(s+2)}$$

A resposta ao degrau desejada do sistema é especificada para ter tempo de pico $t_p=1$ s e sobressinal $M_p=5\%$.

- Determine se ambas as especificações podem ser atendidas simultaneamente, selecionando o valor correto de K .
- Esboce a região associada no plano-s em que ambas as especificações são atendidas, e indique locais possíveis para as raízes considerando valores prováveis de K .

10) Considere o sistema mostrado na Figura deste exercício e os seus valores de funções como:



$$G(s) = \frac{1}{s(s+3)} \quad \text{e} \quad D(s) = \frac{K(s+z)}{s+p}.$$

Encontre K , z e p tal que o sistema em malha fechada tenha um sobressinal de 10% a uma entrada em degrau e um tempo de acomodação de 1,5s (critério 1%)
