



Universidade Federal de Uberlândia

## Disciplina de Sinais e Sistemas 2

### – Lista 2 de exercícios extras –

*Prof. Alan Petrônio Pinheiro*

Faculdade de Engenharia Elétrica

Versão 1.0

---

#### 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, 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, 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.

---

#### 1) (25%) 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:

- 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%.
- 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).
- Você pode usar tanto sistemas FIR quanto IIR.
- 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 deve demonstrar:

- Mostre seu diagrama de polos e zeros, a curva de resposta em frequência gerada e justifique a localização destes elementos (polos e zeros).
  - A equação de diferenças produzida indicando os coeficientes a e b (se for o caso). Indique também qual foi sua taxa de aquisição usada.
-

- c. Mostre o sinal de saída versus o sinal de entrada. Um gráfico no tempo e outro na frequência mostrando esta comparação.
- d. Sem usar funções prontas (como filter, conv ou lsim, por exemplo), estime  $y[n]$  com base em  $x[n]$  aplicando a equação de diferenças usando um laço for.

2) (15%) Um sistema discreto é regido pela seguinte equação de diferenças:

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

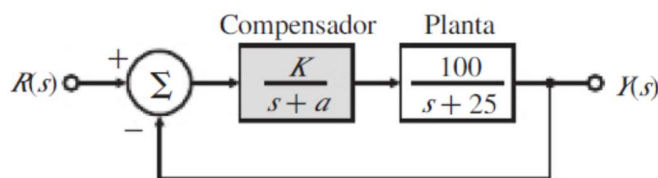
- a) encontre a equação de sua resposta em frequência e plote seu gráfico.
- b) Este sistema é estável? Justifique
- c) Se aplicarmos um degrau  $u[n]$  à entrada deste sistema, qual sua saída? Mostre o gráfico de  $y[n]$ .

3) (15%) 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).

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

- a) 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.
- b) 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 é linear?

4) (20%) 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.

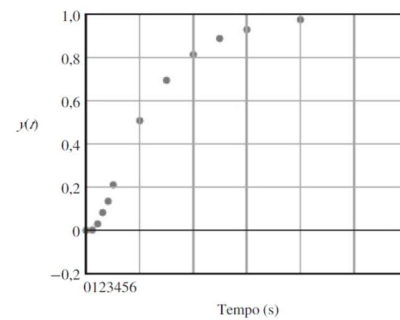


Com base nisto, faça:

- a) Mostre graficamente como o sistema ao todo se comporta quando aplicamos a ele um degrau;
- b) 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?

5<sup>1</sup>) (25%) Encontre a função de transferência que gera os dados apresentados na tabela abaixo os quais também são apresentados no gráfico. Estes dados foram coletados de um determinado sistema em laboratório.

$t$	$y(t)$	$t$	$y(t)$
0,1	0,000	1,0	0,510
0,1	0,005	1,5	0,700
0,2	0,034	2,0	0,817
0,3	0,085	2,5	0,890
0,4	0,140	3,0	0,932
0,5	0,215	4,0	0,975
		$\infty$	1,000



Com base nisto, responda:

- Qual a função transferência (comportamento matemático) deste sistema?
- Mostre graficamente o comportamento em frequência (ou Bode) deste sistema.

<sup>1</sup> Adaptação do exemplo 3.35 da sexta edição do livro "Sistemas de Controle para Engenharia" dos autores Gene Franklin e co-autores.