

# CONTROLE E SERVOMECANISMO I

## 1ª LISTA DE EXERCÍCIOS

11/09/2009

1ª) Classifique os seguintes sistemas. Justifique as respostas.

a)  $\frac{dy(t)}{dt} + ty(t) = u(t)$

b)  $y(t) = \int_{-\infty}^t e^{(t-\tau)^2} u(\tau) d\tau$

c)  $y(t) = \int_{-\infty}^t e^{t^2-\tau^2} u(\tau) d\tau$

d)  $y(t) = \sin(u(t))$

e)  $y(k-2) - \frac{5}{6}y(k-1) + \frac{1}{6}y(k) = u(k-1) + \frac{1}{2}u(k)$

2ª) A resposta ao impulso unitário de um sistema linear e invariante no tempo é mostrado na Fig.

01. Determine a resposta ao sinal  $u(t)$  mostrado na Fig. 02.

Fig 01: Resposta ao impulso

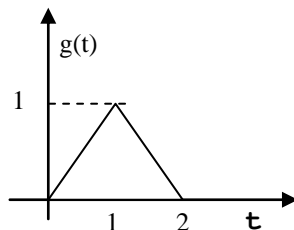
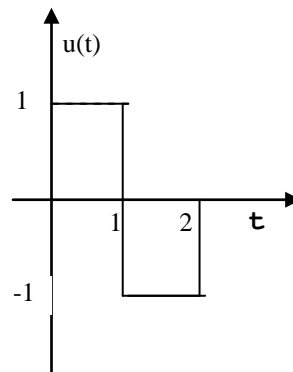


Fig 02: Entrada



3ª) Determine a transformada de Laplace dos sinais definidos nos itens a seguir para  $t \geq 0$ .

a)  $u(t) = (t-1)e^{-3t-3}$

b)  $u(t) = 2te^{-2t} \cos 3t$

c)  $u(t) = \sin 2t \cdot \cos 2t$

d)  $u(t) = 3(1 - e^{-3t})$

4ª) Determine a transformada de Laplace inversa dos sinais definidos nos itens a seguir.

a)  $U(s) = \frac{10}{(s+4)(s^2+4)}$

b)  $U(s) = \frac{1}{(s+1)^3}$

c)  $U(s) = \frac{10(s+2)}{s(s+1)(s^2+2s+2)}$

d)  $U(s) = \frac{e^{-2s}}{s^2(s+2)}$

5ª) Determine a função de transferência para cada um dos sistemas.

a)  $2\frac{d^2y(t)}{dt^2} + \frac{dy(t)}{dt} + 5y(t) = u(t) + 2u(t-1)$

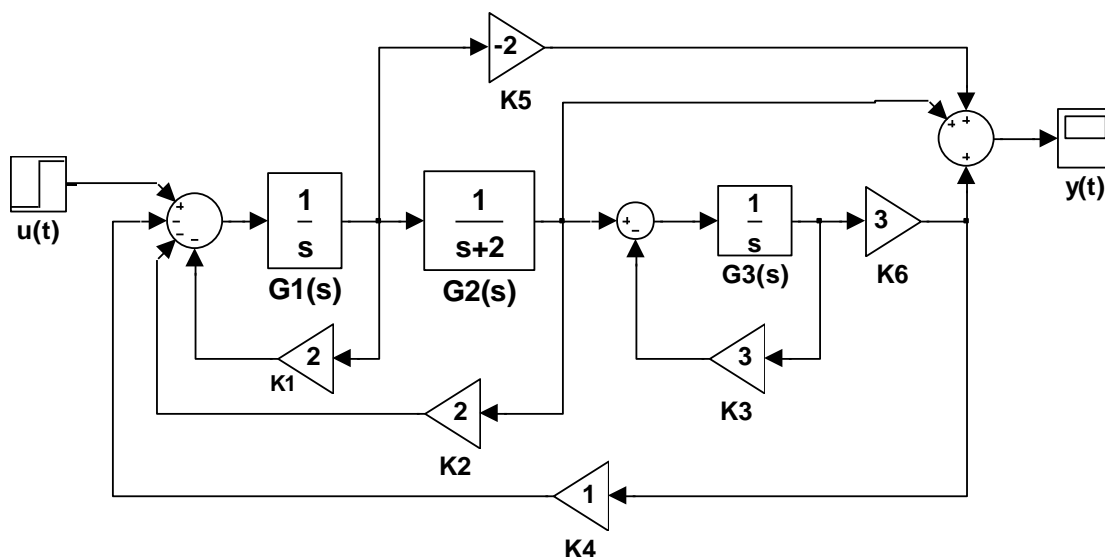
b)  $\frac{d^3y(t)}{dt^3} + 2\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 5\frac{dy(t)}{dt} + 6y(t) = 3\frac{du(t)}{dt} + u(t)$

c)  $g(t) = \frac{1}{2}e^{-2t}\sin 3t$  (resposta ao impulso)

d)  $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -2 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 1 \\ 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} u(t)$

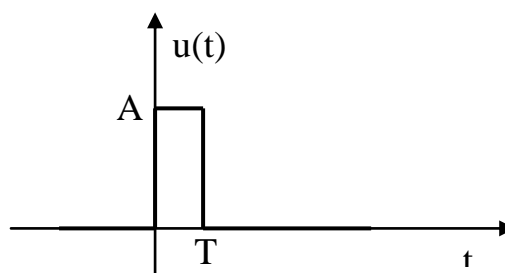
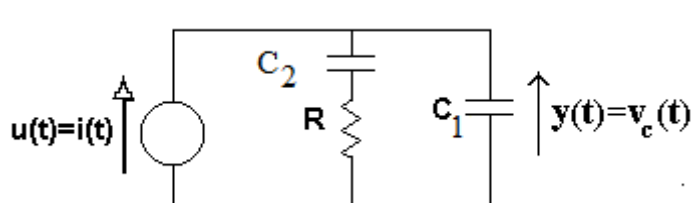
$y(t) = [0 \ 0 \ 1] x(t) + u(t)$

6ª) O diagrama de blocos de um sistema de controle é mostrado abaixo.



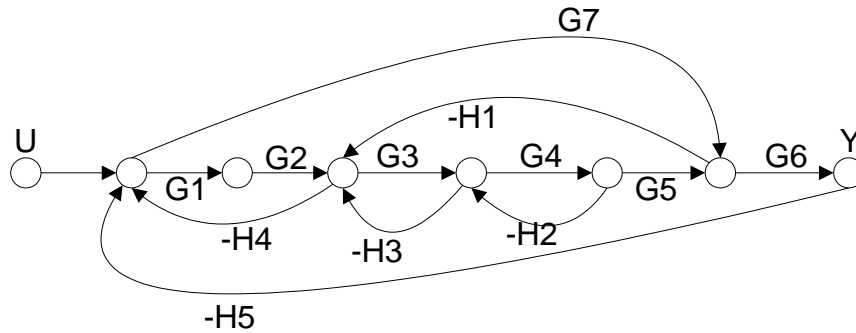
- Esboce o diagrama de fluxo de sinal do sistema
- Determine a função de transferência global equivalente
- Represente o sistema por modelo de espaço de estados

7ª) Para o circuito elétrico da figura abaixo.

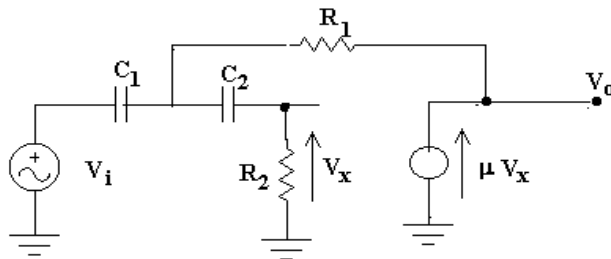


- Determine a resposta ao impulso unitário
- Determine a resposta ao degrau unitário
- Determine a resposta para a entrada pulso representada na figura

8ª) Determine a função de transferência equivalente do diagrama de fluxo de sinal do sistema mostrado na figura abaixo.

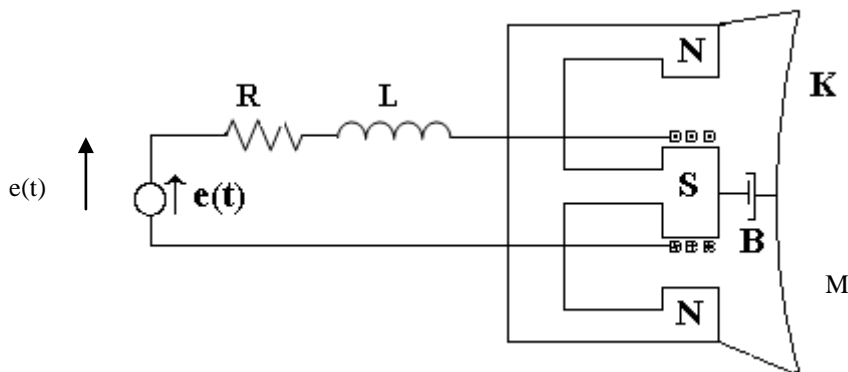


9ª) Para o circuito elétrico abaixo.



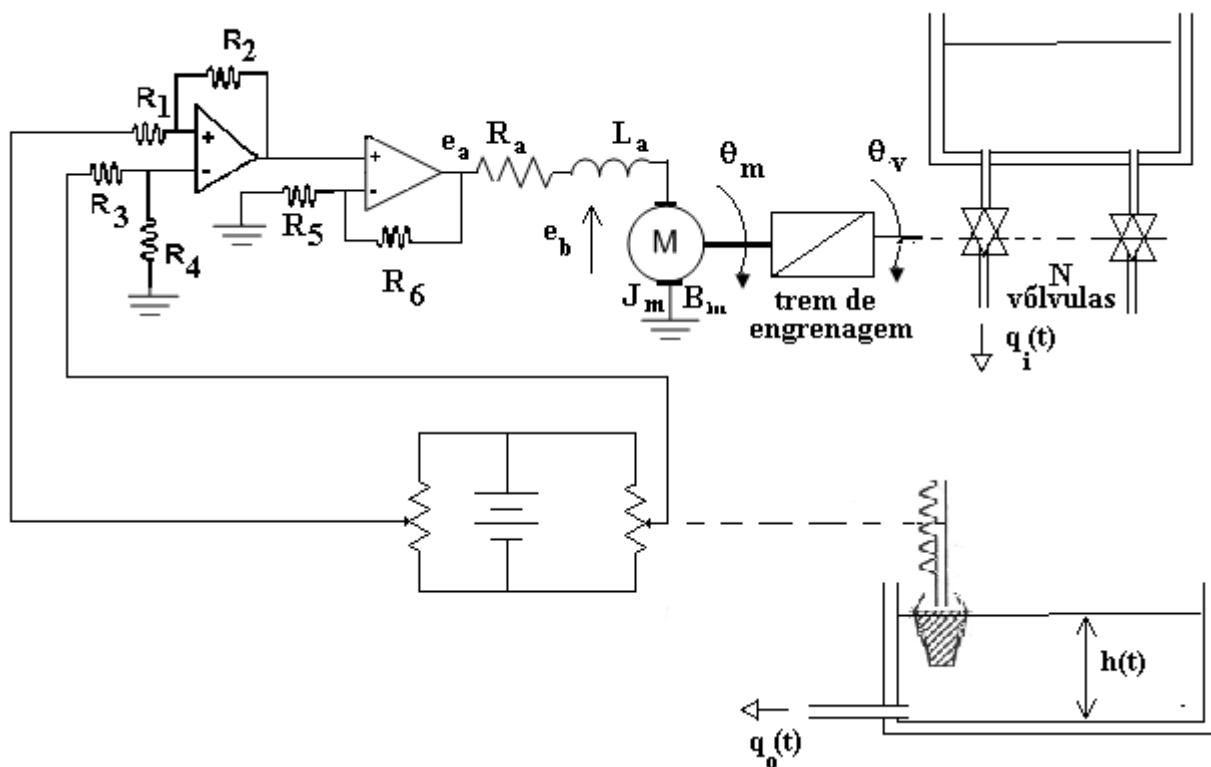
- Determine a função de transferência do circuito
- Fazendo análise de regime transitório e regime permanente, determine os coeficientes que estão faltando na função de transferência  $G(s) = \frac{(?s^2 + (?))}{s^2 + (?s + \frac{1}{R_1 C_1 R_2 C_2})}$
- Converta o modelo para espaço de estado
- Quais as condições iniciais deixadas nos capacitores, quando o circuito é excitado por um impulso unitário. Considere o sistema relaxado em  $t = 0$ .

10ª) Uma vista em corte de um alto-falante é mostrada na figura. A bobina é rigidamente ligada a um diafragma móvel constituindo um corpo de massa  $M$  e com constante de elasticidade  $K$ , de maneira que um sinal de áudio  $e(t)$  movimenta o diafragma produzindo ondas sonoras. Considere que o ímã permanente produz um campo magnético uniforme com densidade de fluxo  $\beta$  e que o comprimento total dos condutores da bobina móvel é  $\ell$ .



- Desenhe o circuito eletromecânico equivalente
- Modele o sistema supondo que a saída é o deslocamento do diafragma

11<sup>a</sup>) Um sistema de controle de nível é mostrado na figura



As  $N$  válvulas são idênticas e têm vazões controladas simultaneamente por ação do motor de forma proporcional a  $\Theta_v$ . Cada uma das  $N$  válvulas tem constante de proporcionalidade de  $K_v=10 \text{ ft}^3/\text{s}.\text{rad}$ , enquanto que a válvula de saída tem constante  $K_o=10 \text{ ft}^3/\text{s}.\text{rad}$ .

Considere.

Resistência do motor  $R_a=10 \Omega$

Inércia na carga  $J_L=10 \text{ oz}.\text{in}.\text{s}^2$

Constante de torque  $K_i=10 \text{ oz}.\text{in}/\text{A}$

Relação de transmissão engrenagens  $n=1/100$

Constante de fcm  $K_b=0,0706 \text{ V}/\text{rad}/\text{s}$

Indutância do motor  $L_a=0 \text{ H}$

Área da base do tanque  $A=50 \text{ ft}^2$

Atrito nos mancais  $B=0 \text{ N}/\text{ft}/\text{s}$

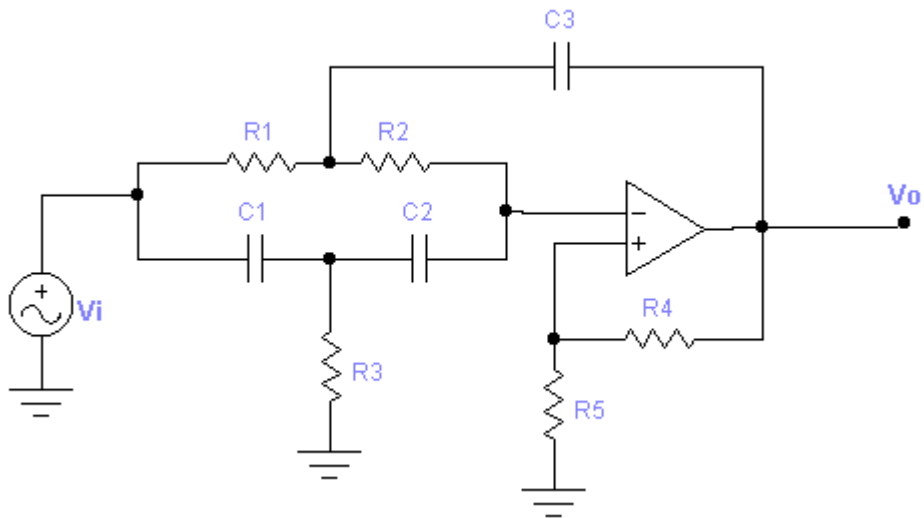
Inércia do motor  $J_m=0,005 \text{ oz}.\text{in}.\text{s}^2$

Constante do conjunto potenciômetro, bóia sensor de nível  $K_s=1 \text{ V}/\text{ft}$

$$\frac{R_6}{R_5}=49 \quad ; \quad \frac{R_2}{R_1}=\frac{R_4}{R_3}$$

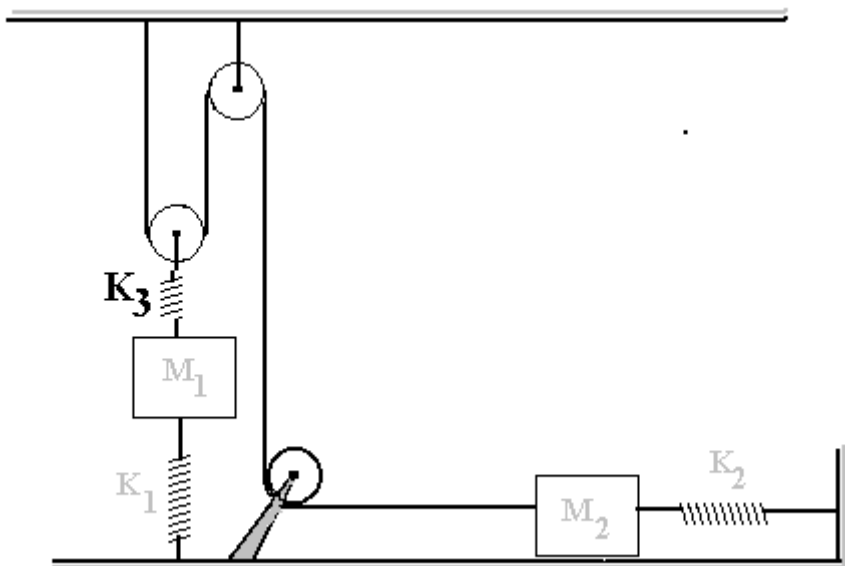
- Faça um diagrama de blocos para o sistema. identifique a planta, controlador, etc
- Determine a função de transferência de cada bloco
- Determine a função de transferência do caminho direto (Sistema em malha aberta) ?
- Determine a função de transferência global ( Sistema em malha fechada) ? Considere  $\frac{R_2}{R_1}=1$
- Modele o sistema por variável de estado. Considere  $x_1=$  ;  $x_2=\theta_m$  ;  $x_3=\frac{d\theta_m}{dt}$  como estados.

12<sup>a</sup>) Um filtro do tipo noch é mostrado na figura .  $R_1=R_2=R$ ,  $R_3=R/2$   $C_1=C_2=C$  e  $C_3=2C$



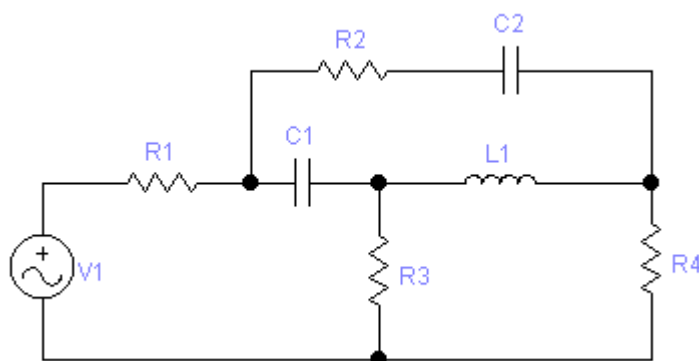
- Modele o filtro por espaço de estado
- Faça um diagrama de fluxo de sinal
- Determine a função de transferência

13<sup>a</sup>) Para o sistema mecânico mostrado na figura, considere desprezível a inércia das polias e que a corda não sofre elasticidade. A entrada do sistema é uma força aplicada em  $M_1$  e a saída a velocidade da massa  $M_2$  . Há atrito entre  $M_2$  e solo.



- Modele o sistema por equação diferencial
- Determine a função de transferência
- Qual a resposta ao impulso para  $M_1=M_2=0,8$  Kg.  $K_1=K_2=K_3=0,5$  N/m e  $B_2=0,2$  N/m/s<sup>2</sup>.

14<sup>a</sup>) Determine as condições iniciais do circuito quando excitado por um impulso unitário de tensão



$$R_1 = 4\Omega \quad R_2 = 1\Omega \quad R_3 = 2\Omega \quad R_4 = 3\Omega$$

$$C_1 = C_2 = 0,5 F \quad L_1 = 1 H$$

**Simulações** - Questões para entrega«, com solução analítica, simulação e interpretação dos resultados

14<sup>a</sup>) Simule a questão 7

- Considere  $R = 5\Omega$  e  $C = 0.6 F$  e  $T = 4s$ . Mostre as respostas ao pulso e ao impulso bem como faça a interpretação dos resultados
- Considere  $R = 5\Omega$  e  $C = 25 \mu F$  e  $T = 4s$ . Mostre as respostas ao pulso e ao impulso bem como faça a interpretação dos resultados

15<sup>a</sup>) Simule a questão 9. Considere  $R_1 = 20 K\Omega$ ,  $R_2 = 10 K\Omega$ ,  $C_1 = 50 \mu F$  e  $C_2 = 100 \mu F$ .

- Faça a realização com o modelo de função de transferência . Mostre a resposta ao degrau unitário. para o ganho  $\mu = 1$ ;  $\mu = 2$ ;  $\mu = 3$ ;  $\mu = 4$  e  $\mu = 8$  . Interprete o resultados .
- Faça a realização de estado, simule para  $\mu = 3$  , entrada nula e condições iniciais encontradas em 9c.

16<sup>a</sup>) Simule a questão 11. Considere  $\frac{R_2}{R_1} = 1$ . Mostre a resposta ao degrau unitário.

- Faça a realização com o modelo de estado  $N=1$  e  $N=10$ .
- Suponha que a constante do conjunto potenciômetro, bóia sensor de nível  $K_s = 0,75 V/ft$  , Quais os valores dos resistores  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  de modo que a unidade de referência se ajuste para realizar um controle proporcional ao sinal de erro. Siimule para  $N=2$ , mostre a saída e o sinal de erro. Interprete.

17<sup>a</sup>) Simule a questão 12. Considere  $\left(\frac{1}{RC}\right)^2 = 14,21 \times 10^4$ . Faça a realização com o modelo de função de transferência e mostre a resposta ao degrau unitário.

- Simule para  $R_1 = 10 K\Omega$  e  $R_2 = 3 K\Omega$
- Simule para  $R_1 = R_2 = 3 K\Omega$
- Simule para  $R_1 = 5 K\Omega$  e  $R_2 = 10 K\Omega$
- Agora considere  $R_1 = 10 K\Omega$  e  $R_2 = 3 K\Omega$  e que a entrada é  $v_i(t) = 1 + \sin(\omega t)$ . Simule para uma frequência de 60 Hz, 20 Hz e 42,8 Hz

18<sup>a</sup>) Simule a questão 13.  $M_1 = M_2 = 1 Kg$ ;  $K = 0.5 N/m$  e  $B = 0,2 N/m/s^2$

- Para entrada nula e  $M1$  com condições iniciais: velocidade nula e posição igual a 2 m.
- Repita a simulação pra  $B=0$