INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

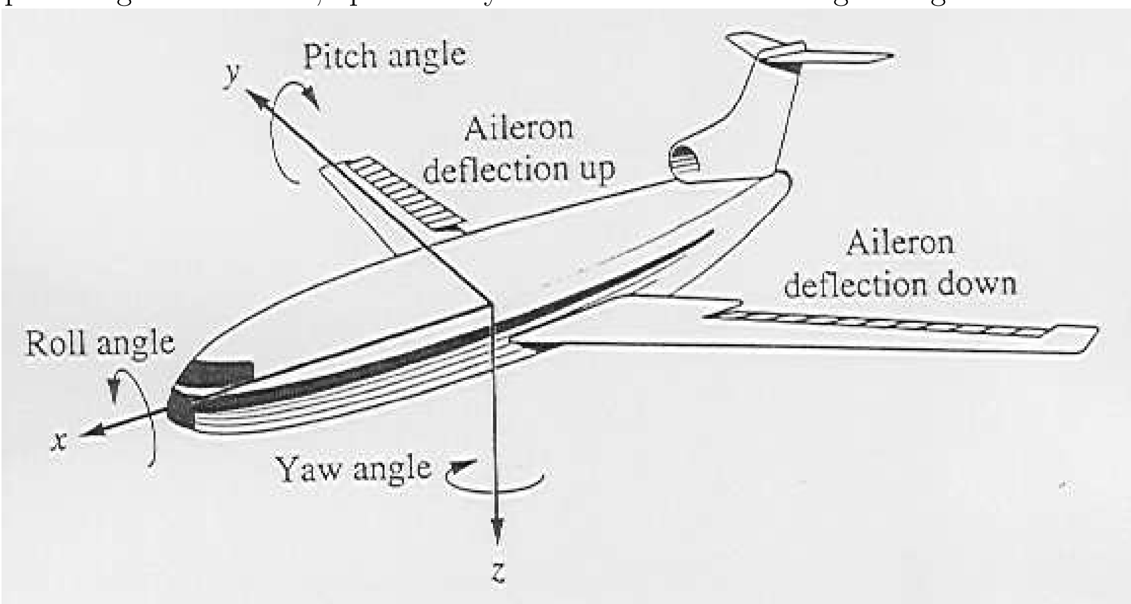
ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

CONTROLO

1^a **Série (modelação)**

- **As questões assinaladas com * serão abordadas na correspondente aula de apoio.**
- **Os alunos devem procurar resolver as referidas questões antes das aulas. Nas aulas de apoio, a discussão dos problemas vai ser feita a partir das dúvidas surgidas nas resoluções previamente feitas pelos alunos.**
- **Para o seu estudo individual sugere-se ainda que os alunos procurem resolver mais problemas que podem ser encontrados nos livros apontados na bibliografia da cadeira.**

*** 1.** (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 1, problema 3) A atitude de um avião é definida pelos ângulos de "roll", "pitch" e "yaw" como se indica na figura seguinte

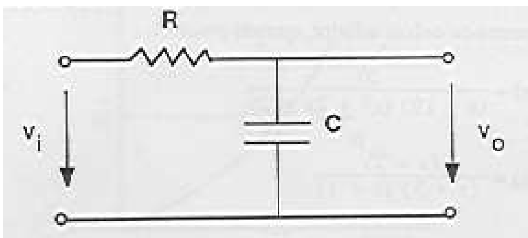


Desenhe um diagrama de blocos de um sistema em cadeia fechada que estabilize o ângulo de "roll" da seguinte maneira: o sistema mede o ângulo actual com um giroscópio e compara o seu valor com valor desejado. Os "ailerons" respondem ao erro no ângulo de "roll" através de uma deflexão. O avião responde a esta deflexão angular com uma variação do ângulo de "roll". Identifique os transdutores de entrada e saída, o controlador e o sistema a controlar. Identifique também o tipo dos sinais presentes.

2. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 1, problema 6) Uma universidade pretende estabelecer um modelo de sistema de controlo que represente a população de estudantes como saída e a população de estudantes desejada como entrada. A administração determina a taxa de admissões comparando os valores actual e desejado da população de estudantes. A secretaria usa depois esta taxa para admitir estudantes. Desenhe um diagrama de blocos que inclua a administração e a secretaria como blocos do sistema. Identifique também os sinais seguintes: a população de estudantes desejada, a população de estudantes real, a taxa de admissões desejada tal como especificada pela administração, a taxa de admissões actual gerada pela secretaria, a taxa de desistências e a taxa de entrada.

3. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 1, problema 7) Pretende-se construir um sistema de controlo que, automaticamente, ajuste o volume do rádio de um motociclo em função do ruído gerado pelo motor do motociclo. O ruído gerado pelo motor aumenta com o aumento da velocidade. Com o aumento do ruído, o sistema de controlo aumenta o volume do rádio. Assuma que o nível de ruído pode ser representado por uma tensão gerada pelo cabo do velocímetro e o volume do rádio é controlado por uma tensão DC. Se a tensão DC representa o volume desejado distorcido pelo ruído do motor, desenhe o diagrama de blocos do sistema de controlo de volume, incluindo os blocos de transdutor de entrada, circuito de controlo de volume e transdutor de velocidade. Inclua também os sinais seguintes: o volume desejado como entrada, o volume actual como uma saída e as tensões que representam a velocidade, o volume desejado e o volume actual.

*** 4.** (E. Morgado, Controlo-problemas, 1999) Considere o circuito da figura seguinte



a) Determine a equação diferencial que relaciona $v_i(t)$ com $v_o(t)$.

b) Determine a função de transferência $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$.

c) Determine a resposta no tempo $v_o(t)$ a um escalão unitário $v_i(t) = u(t)$. Esboce $v_o(t)$.

d) Discuta a variação da resposta como função dos valores de R e C.

5. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 2, problema 7) Um sistema é descrito pela equação diferencial seguinte:

$$\frac{d^3y}{dt^3} + 3\frac{d^2y}{dt^2} + 5\frac{dy}{dt} + y = \frac{d^3x}{dt^3} + 4\frac{d^2x}{dt^2} + 6\frac{dx}{dt} + 8x$$

Determine a expressão para a função de transferência do sistema, $Y(s)/X(s)$.

6. (N. S. Nise, “Control Systems Engineering”, capítulo 2, problema 8) Para cada um das seguintes funções de transferência, determine as correspondentes equações diferenciais

a) $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1}{s^2+2s+7}$

b) $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{10}{(s+7)(s+8)}$

c) $\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{s+2}{s^3+8s^2+9s+15}$

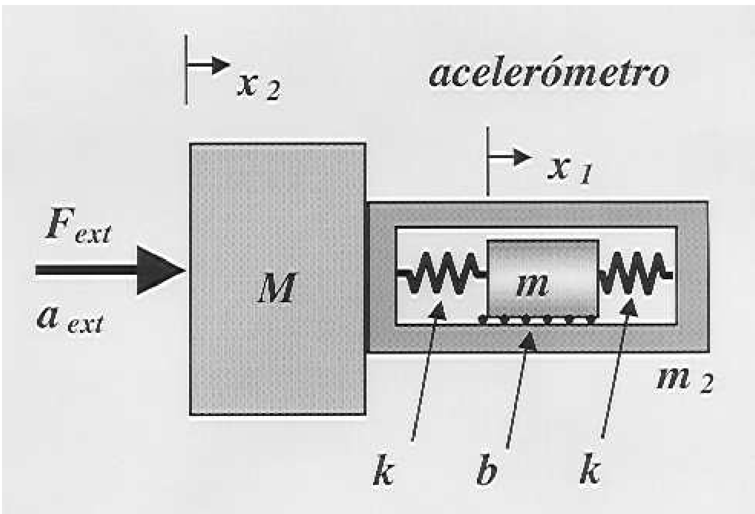
7. (adaptado de N. S. Nise, “Control Systems Engineering”, capítulo 2, problema 11) Um sistema é descrito pela equação diferencial

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\frac{dx}{dt} + 3x = 1, \qquad \text{com condições iniciais} \qquad \begin{cases} x(0) = 1 \\ \dot{x}(0) = -1 \end{cases}$$

a) Desenhe um diagrama de blocos do sistema que inclua a sua função de transferência e todas as entradas e saídas pertinentes (sugestão: as condições iniciais aparecerão como entradas adicionais).

b) Determine a evolução temporal de x.

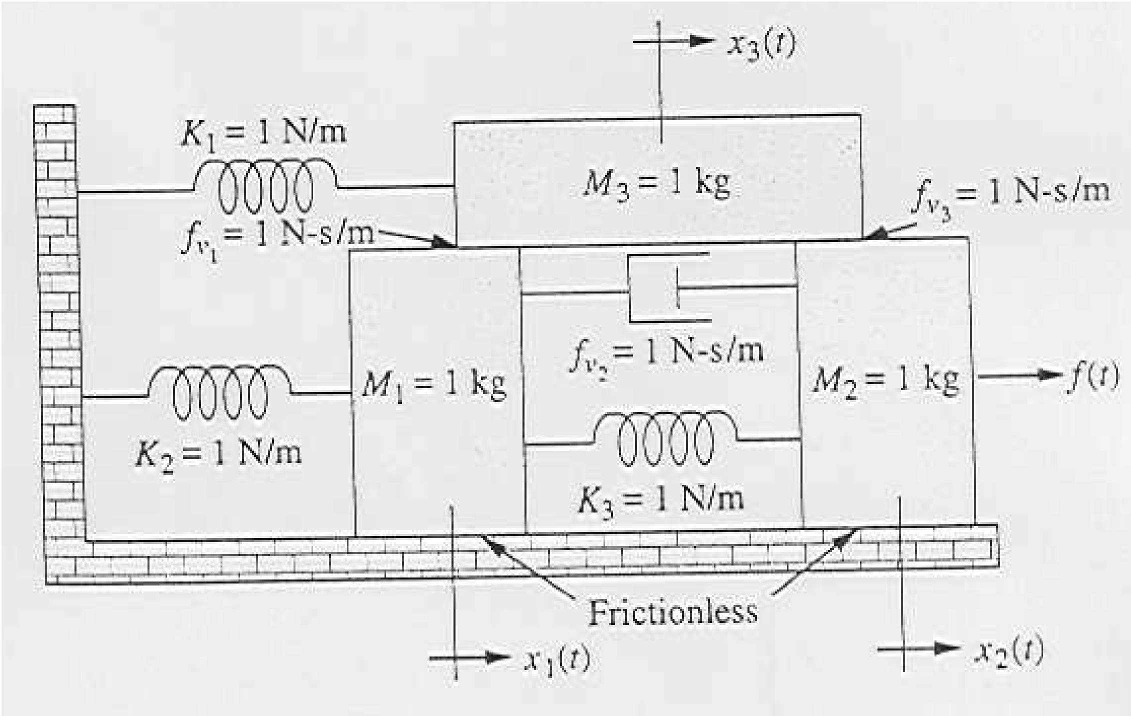
* **8.** Considere o acelerómetro inercial representado na figura seguinte



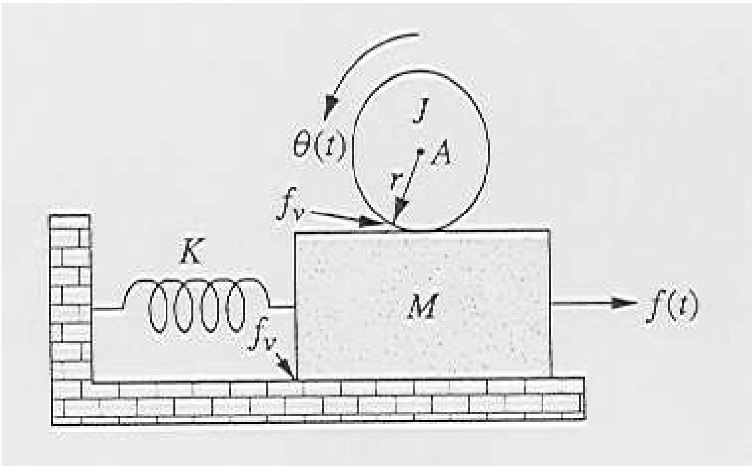
k = const. elasticidade = $0.2 N/m$
b = coef. atrito viscoso = $0.056 N/ms^{-1}$
$m = 2g$
$M >> m, M >> m_2$

Escreva as equações da dinâmica. Descreva em particular o movimento da massa m em relação à massa $M + m_2$, i.e., $x = x_1 - x_2$, em função da aceleração a_{ext}.

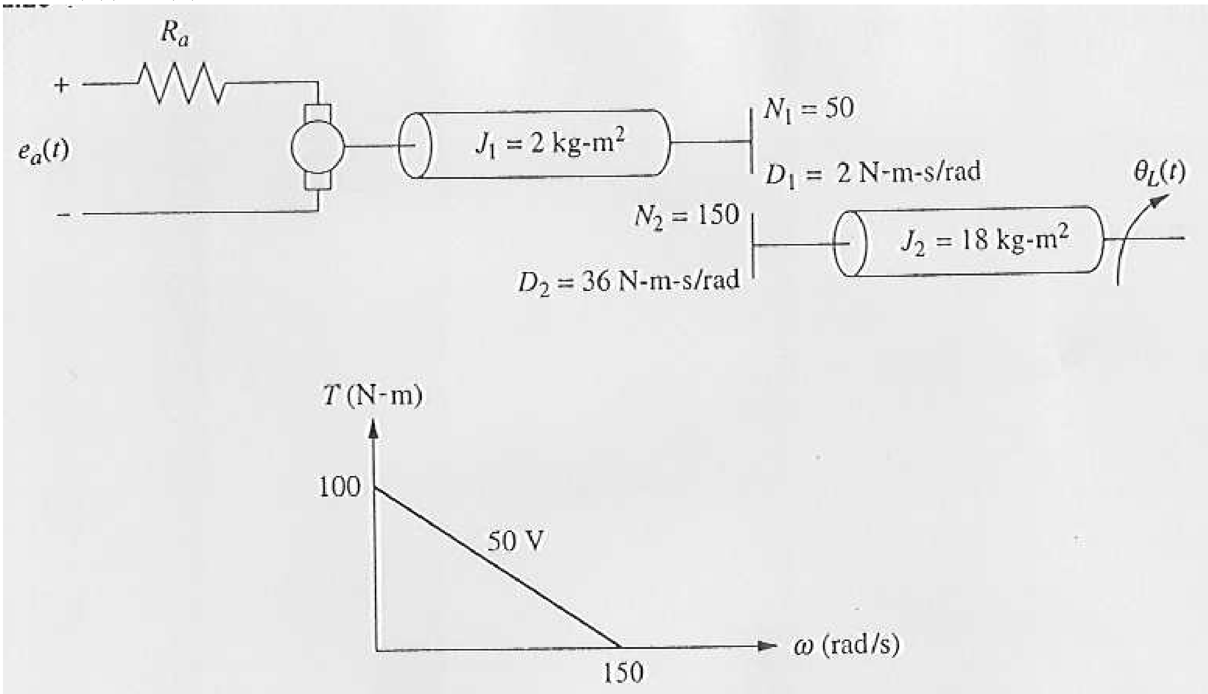
9. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 2, problema 29) Escreva, sem resolver, as equações do movimento para o sistema mecânico da figura seguinte



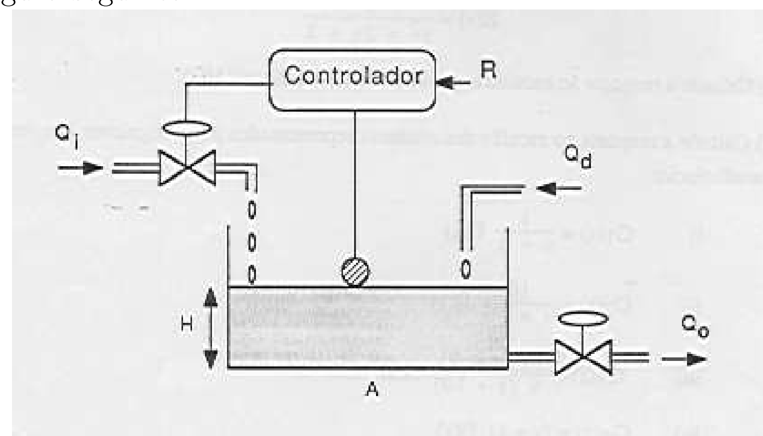
10. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 2, problema 39) No sistema mecânico da figura seguinte, o movimento do corpo J efectua-se em torno de um eixo estacionário A. Existe uma força de atrito viscoso de translação f_v entre os corpos J e M. Determine a função de transferência $G(s) = \Theta(s)/F(s)$ quando se aplica uma força externa $f(t)$ ao corpo M.

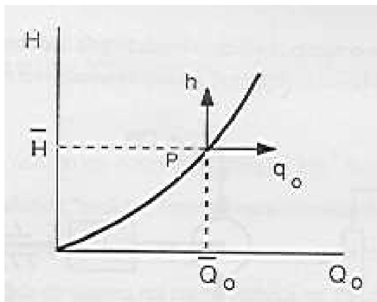


11. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 2, problema 42) Para o motor, carga e gráfico torque-velocidade apresentados na figura seguinte, determine a função de transferência $G(s) = \Theta_L(s)/E_a(s)$.

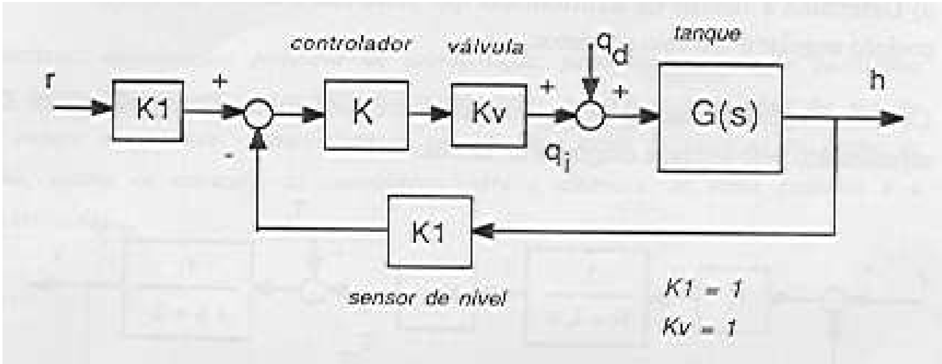


*** 12.** (E. Morgado, Controlo-problemas, 1999) Considere o sistema de controlo de nível representado na figura seguinte





Na vizinhança de um ponto de funcionamento P, o sistema é representado pelo seguinte diagrama de blocos, em termos de variáveis incrementais



a) Determine $G(s)$ para $A = 4m^2$ e $R = \frac{dH}{dQ_0}\Big|_P = 1m^{-2}s$.

(sugestão: determine um modelo linear em termos das variáveis incrementais em torno do ponto de funcionamento nominal P. No estabelecimento das equações tenha em conta a "lei de conservação da massa para fluidos imcompressíveis" : $A\frac{dH}{dt} = Q_{in} - Q_{out}$).

Soluções

4 - a) $\frac{dv_o(t)}{dt} + \frac{1}{RC}v_o(t) = \frac{1}{RC}v_i(t)$; b) $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1/RC}{s+1/RC}$; c) $v_o(t) = (1 - e^{-t/RC})u(t)$.

8 - $\frac{X(s)}{A_{ext}(s)} = \frac{-1}{s^2+(b/m)s+(2k/m)}$

12 - a) $G(s) = \frac{H(s)}{Q_{in}(s)} = \frac{R}{1+sRA} = \frac{1}{1+s4}$.