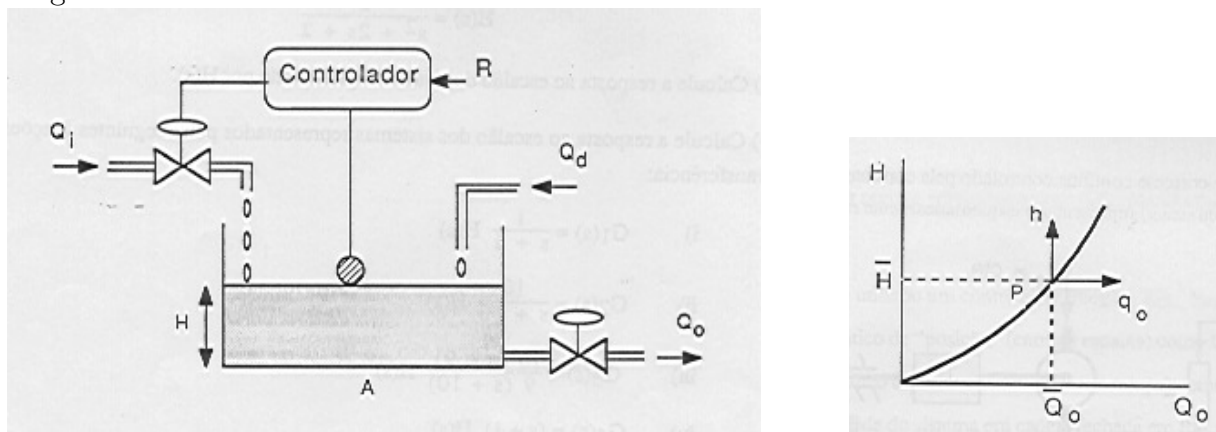


INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
 ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES
 CONTROLO

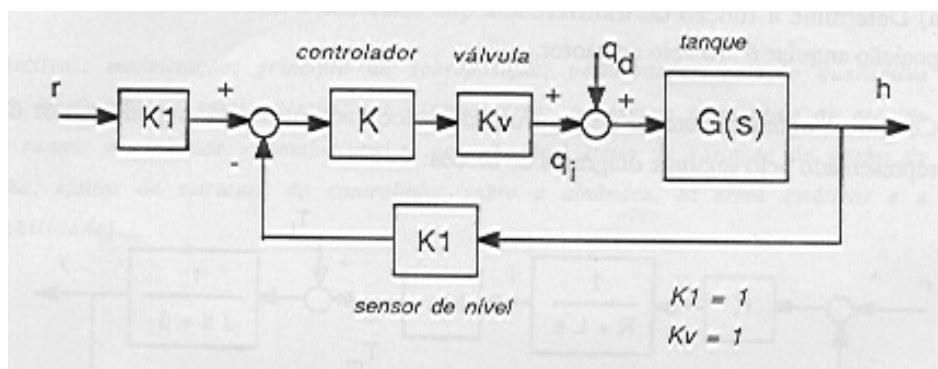
3ª Série (diagramas de blocos, estabilidade, erro estático)

- 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. (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) Sabendo que a relação entre o caudal Q_o e a altura H é dada por $Q_o = (H/\alpha)^{1/2}$, com $\alpha = 3m^{-5}s^2$ determine $G(s)$ para um valor nominal $H = 3m$ e área $A = 2m^2$.

- b) Determine a resposta $h(t)$ a um escalão unitário $r(t) = u(t)$ para $K = 1$ e $K = 2$. Esboce a resposta. Comente o resultado em termos dos regimes transitório e permanente.
- c) Repita a alínea b) para o caso de realimentação positiva. Esboce $h(t)$.
- d) Considere uma perturbação escalão $q_d(t) = u(t)$. Determine e esboce $h(t)$ para $K = 1$ e $K = 2$. Discuta o efeito da perturbação sobre o nível $h(t)$ em função do ganho K .
- e) Considere a utilização de um controlador integral, cuja relação entrada-saída é da forma $v_o(t) = K \int v_i(t) dt$, e repita a análise das alíneas b) e d).

* 2. (N. S. Nise, “Control Systems Engineering”, capítulo 5, problema 3) Determine a função de transferência equivalente, $T(s) = C(s)/R(s)$, para o sistema representado na figura 1.

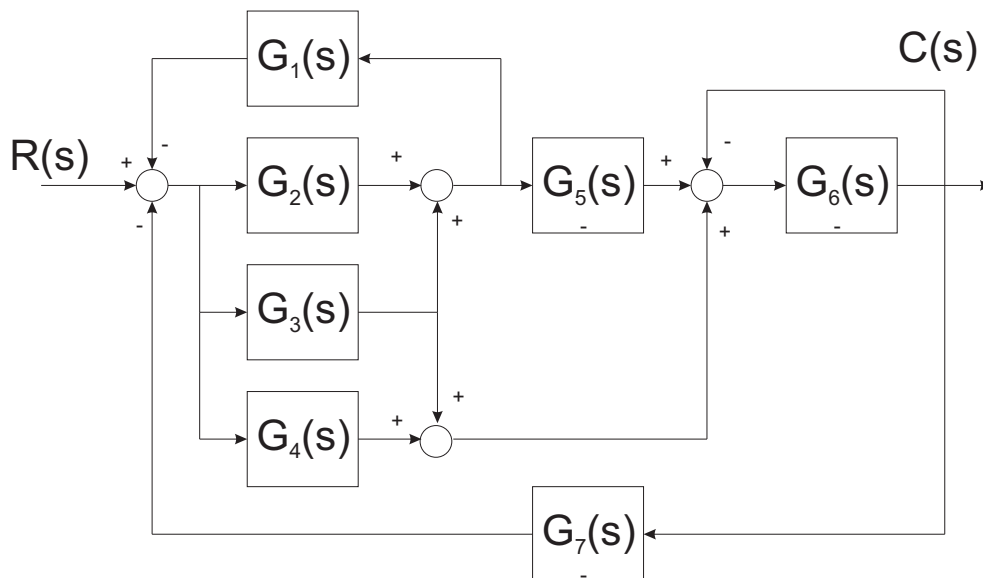


Figure 1:

* 3 (I. Lourtie, Sinais e Sistemas, Escolar Ed., 2002) Considere um SLIT contínuo, causal, com função de transferência

$$G(s) = \frac{1}{(s + 10)(s + 5)(s + 4)(s - 1)} .$$

a) Desenhe o mapa polos-zeros e classifique o sistema quanto à estabilidade. Justifique a resposta.

b) Considere um novo sistema cujo diagrama de blocos é o representado na figura 2.

Utilizando o critério de Routh-Hurwitz, determine:

b.1) O domínio de K de modo a garantir que o sistema seja estável. Justifique a resposta.

b.2) O valor de K para o qual o sistema tem um par de polos imaginários conjugados. Determine os polos do sistema e classifique-o quanto à estabilidade. Justifique a resposta.

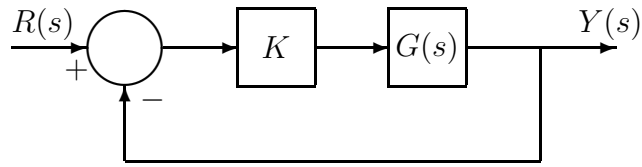


Figure 2:

4. (I. Lourtie, Sinais e Sistemas, Escolar Ed., 2002) Considere o SLIT contínuo causal representado na figura 3.

- a) Determine a sua função de transferência.
- b) Utilizando o critério de Routh-Hurwitz,
 - b.1) determine que condições devem satisfazer K_1 e K_2 para que o sistema seja estável;
 - b.2) considerando $K_1 = 1$, determine que condição deve satisfazer K_2 para que o sistema seja criticamente estável.

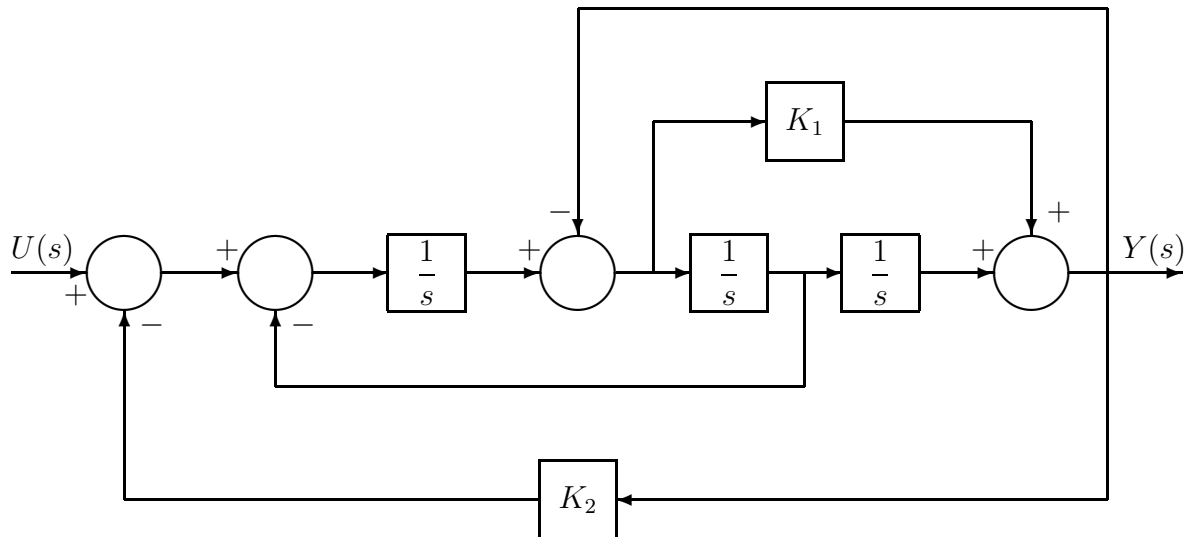


Figure 3:



Figure 4:

* 5. (N. S. Nise, “Control Systems Engineering”, capítulo 7, problema 9) Para o sistema de retroacção unitária representado na Figura 4, onde

$$G(s) = \frac{5000}{s(s + 75)},$$

- Qual a sobrelevação ?
- Qual o tempo de estabelecimento ?
- Qual o erro em regime estacionário para a entrada $5u(t)$?
- Qual o erro em regime estacionário para a entrada $5tu(t)$?
- Qual o erro em regime estacionário para a entrada $5t^2u(t)$?

* 6. (N. S. Nise, “Control Systems Engineering”, capítulo 7, problema 35) Determine os valores de K_1 e K_2 no sistema da Figura 5 de modo a serem cumpridas as seguintes especificações:

- a componente do erro em regime estacionário devida a uma perturbação escalão unitário é -0.000012 ;
- a componente do erro em regime estacionário devida a uma entrada rampa unitária é 0.003 .

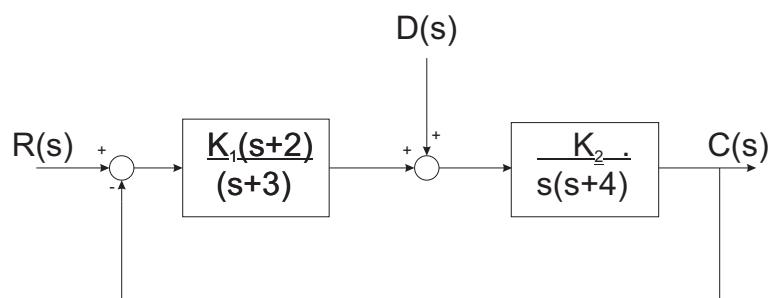


Figure 5:

* 7. (N. S. Nise, “Control Systems Engineering”, capítulo 7, problema 16) Para o sistema de retroacção unitária representado na Figura 4, onde

$$G(s) = \frac{K}{s(s + 5)(s + 10)},$$

- a) Determine o valor de K de modo a que o erro em regime estacionário para a entrada $(1/10)t$ seja 0.01.
- b) Determine K_v para o valor de K determinado em a).
- c) Qual o valor mínimo possível do erro em regime estacionário para a entrada referida em a) ?

8.(I. Lourtie, Sinais e Sistemas, Escolar Ed., 2002) Considere o sistema causal representado na figura 6.

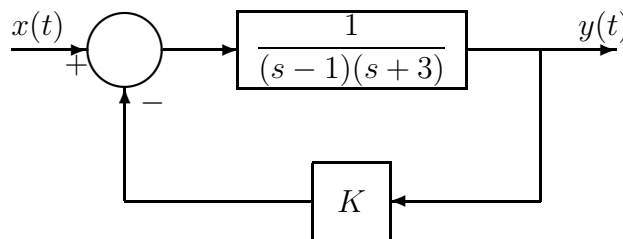
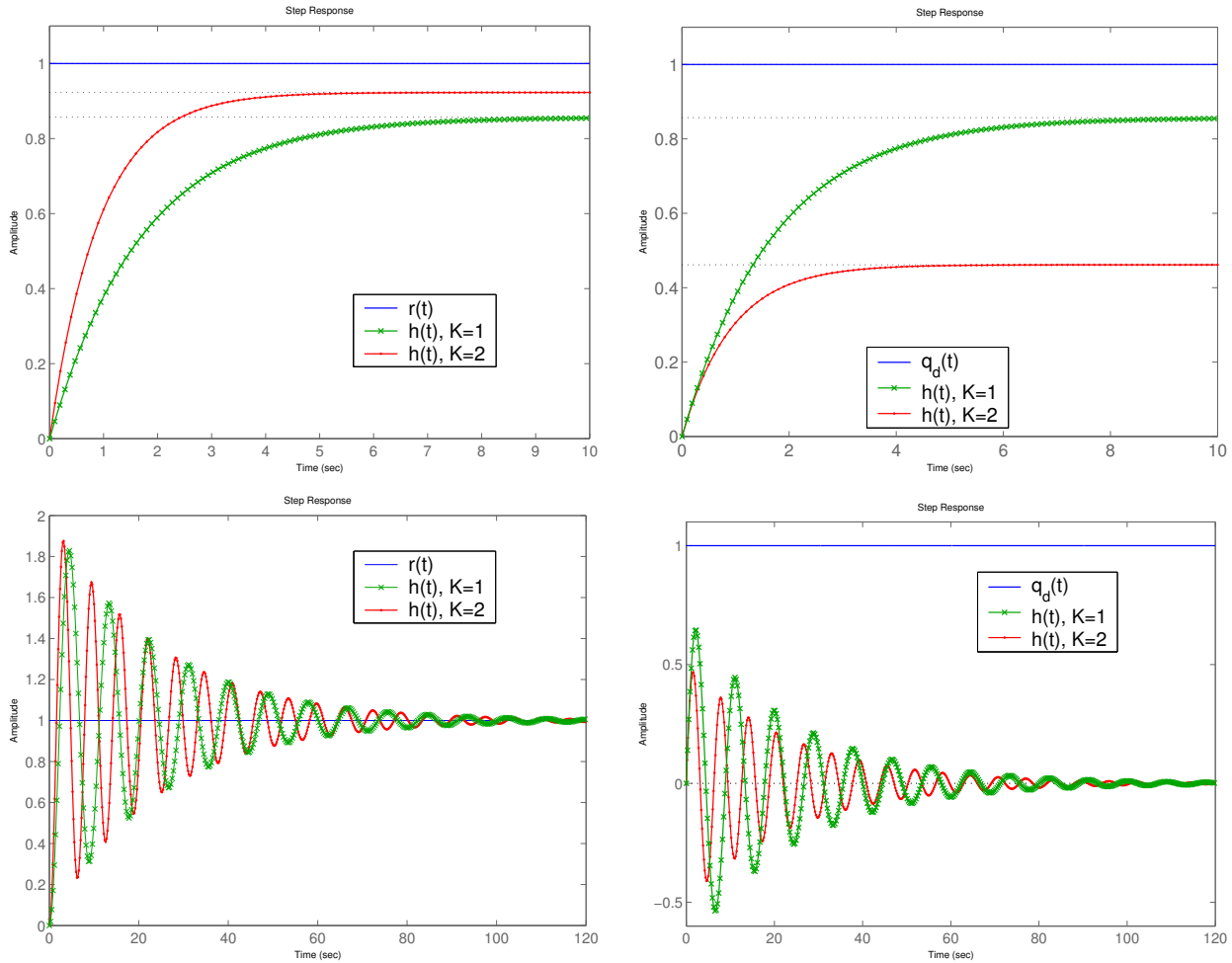


Figure 6:

- a) Para $K = 0$ o sistema é estável ? Justifique.
- b) Considerando valores positivos e negativos de K , desenhe, no plano s , o lugar geométrico dos pólos do sistema global. Para que valores de K é o sistema estável?

Soluções

1 - a) $G(s) = \frac{6}{1+s12}$; b) $h(t) = 0,857(1 - e^{-t/1,714})u(t)$, $h(t) = 0,923(1 - e^{-t/0,923})u(t)$; c) instável ; d) $h(t) = 0,857(1 - e^{-t/1,714})u(t)$, $h(t) = 0,462(1 - e^{-t/0,923})u(t)$; e) pólos complexos, erro de seguimento da referência nulo em regime permanente, rejeição total da perturbação em regime permanente.



Problema 1 - respostas no tempo.

$$2 - \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{[G5(G2+G3)+G3+G4].G6}{[1+G1(G2+G3)].(1+G6)+[G5(G2+G3)+G3+G4].G6.G7}$$

3 - a) instável; b.1) $200 < K < 630$; b.2) $K = 630, \pm j\sqrt{5}$, marginalmente estável.

5 - a) 14% ; b) $t_{s(2\%)} = 0,107$ seg ; c) 0 ; d) 0,075 ; e) ∞ .

6 - $K_1 = 1,25 \times 10^5$, $K_2 = 1,6 \times 10^{-2}$.

7 - a) $K=500$; c) $1/150$.