

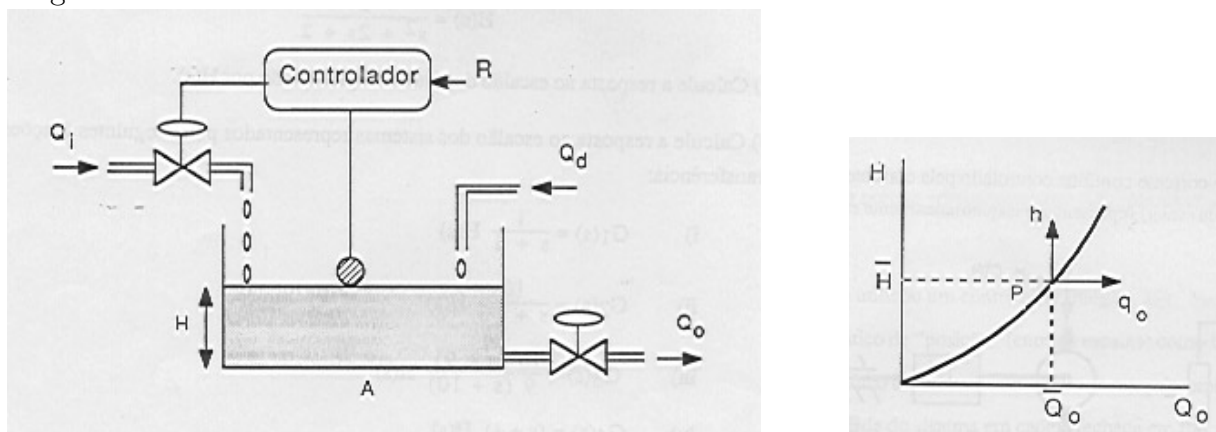
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

CONTROLO

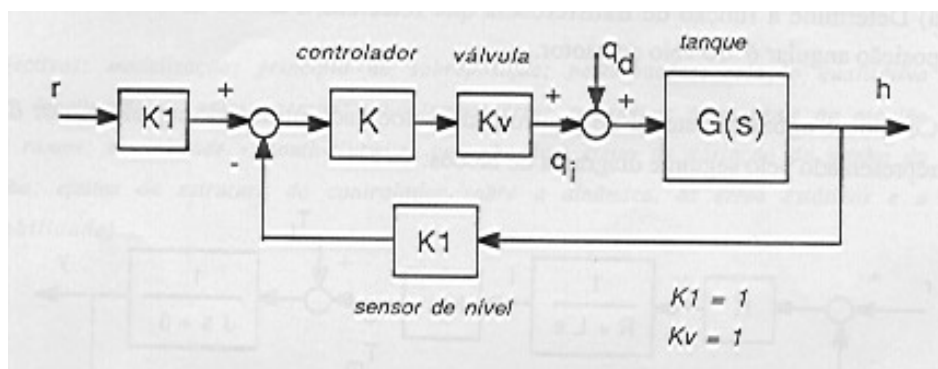
3ª Série

- 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  $Q_o = (H/10)^{1/2}$ , determine  $G(s)$  para um valor nominal  $H = 10m$  e área  $A = 2m^2$ .

- b) Determine a resposta  $h(t)$  a um escalão unitário  $r(t) = u(t)$  para  $K = 1$  e  $K = 10$ . 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  $q_a(t) = u(t)$ . Determine e esboce  $h(t)$  para  $K = 1$  e  $K = 10$ . 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.

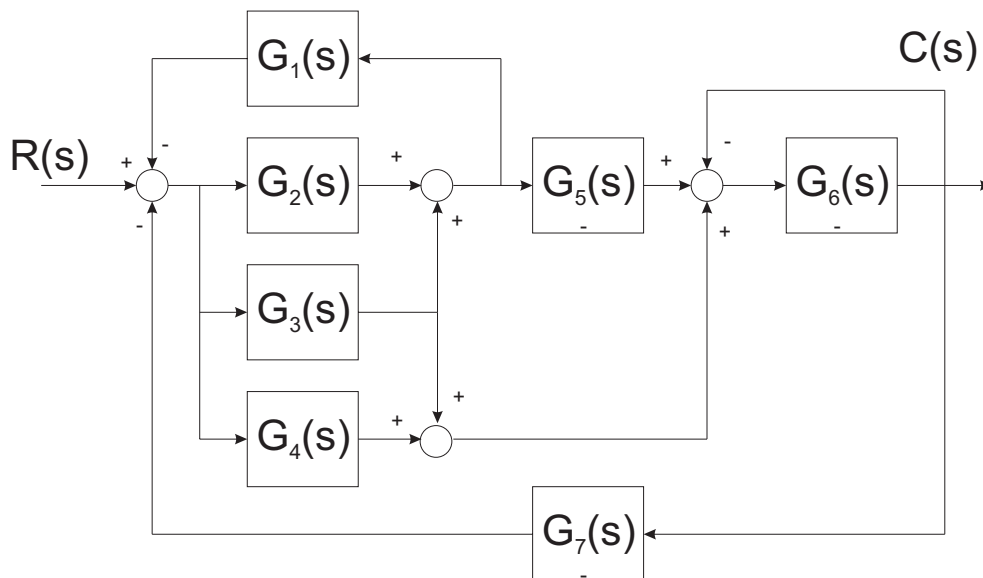


Figure 1:

\* 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.

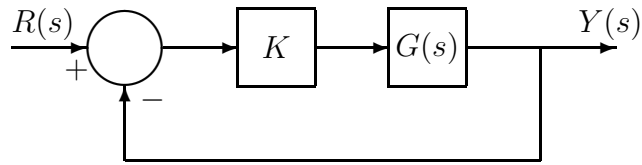


Figure 2:

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.

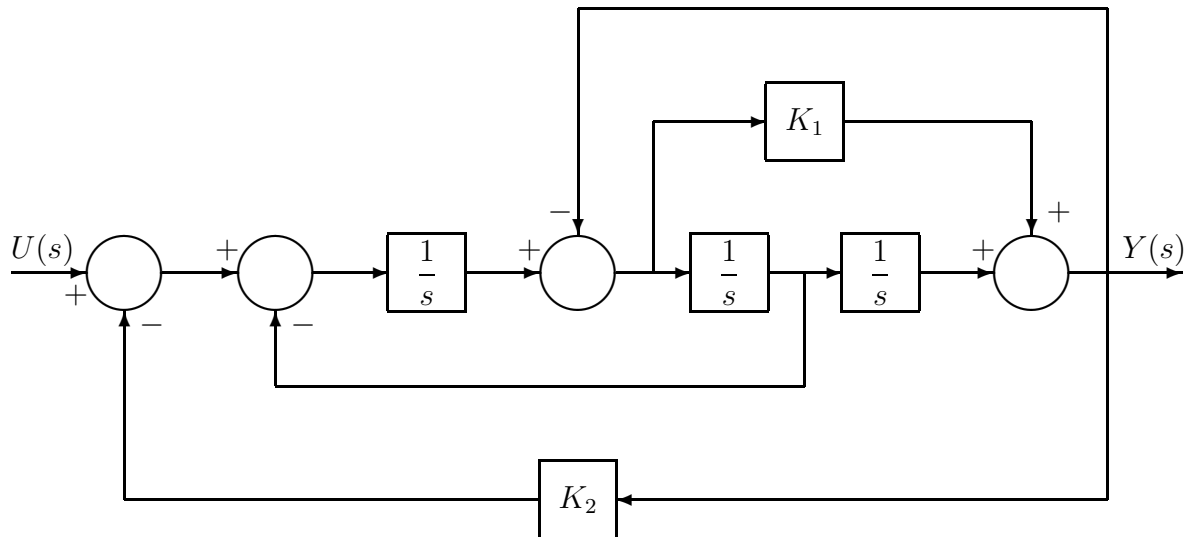


Figure 3:

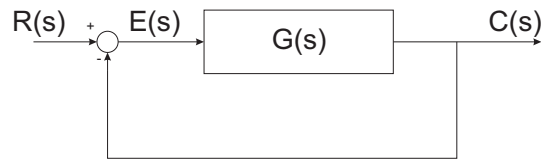


Figure 4:

\* 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  $0.003$ .

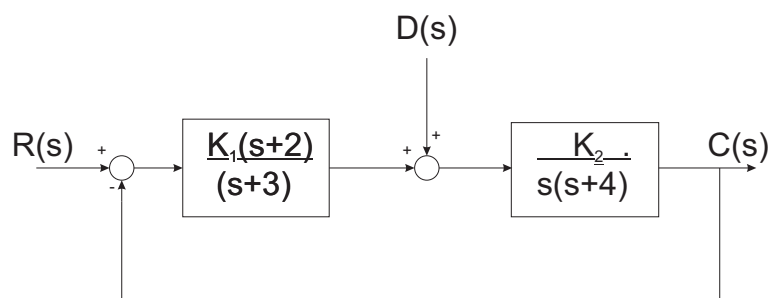


Figure 5:

\* 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.

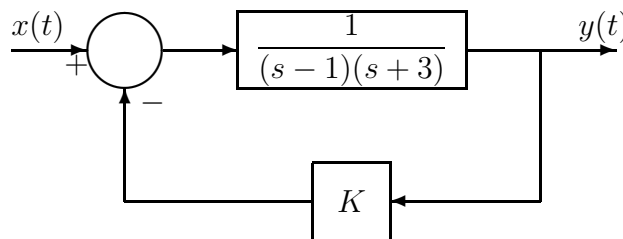


Figure 6:

- 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 polos do sistema global. Para que valores de  $K$  é o sistema estável?