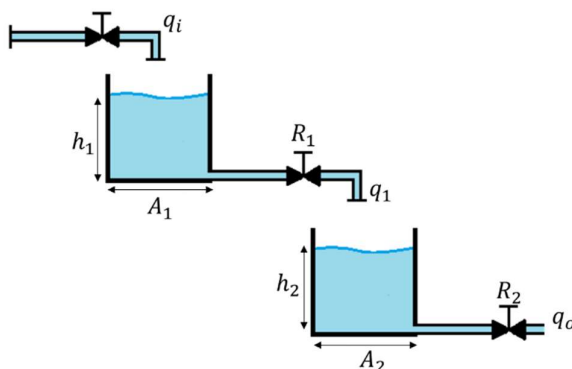


**Notas:**

- Qualquer tentativa de fraude implica a anulação do exame;
- Pode trocar a ordem das questões, desde que as identifique convenientemente;
- **Identifique as suas folhas de exame com o seu nome e número de estudante;**
- Numere as suas folhas de exame;
- Identifique as suas respostas de acordo com a numeração das questões;
- **Utilize uma caligrafia legível.**

• **Cotação:** 1- 12,5 valores 1- 5,5 valores 0,25 – 2 valores

1. Considere o sistema apresentado na figura composto por dois tanques. Considere os seguintes valores para os parâmetros: $R_1 = 1\text{ m/s}$; $R_2 = 0,5\text{ m/s}$; $A_1 = 1\text{ m}^2$; $A_2 = 1\text{ m}^2$

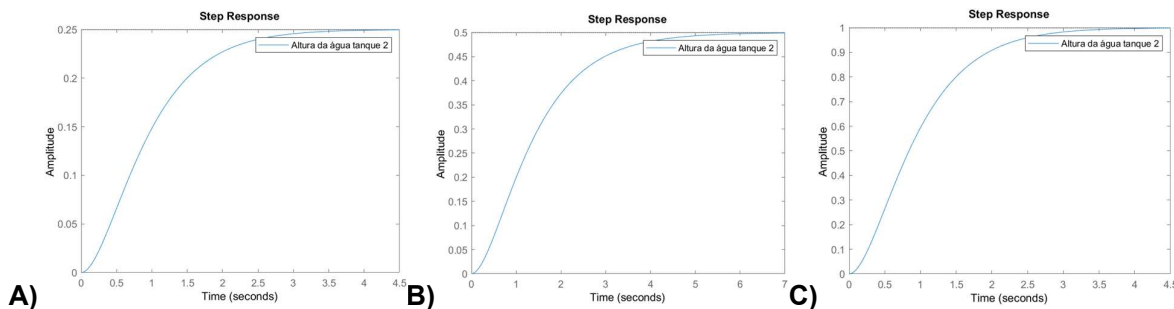


- 1.1. Deduza a equação que traduz a relação entre a posição de saída ($H_2(s)$) e a força de entrada ($Q_i(s)$).
(Nota: considere as condições iniciais iguais a zero) (2 val.)

Nota: Caso não tenha conseguido efetuar a questão 1.1, considere para as restantes alíneas que

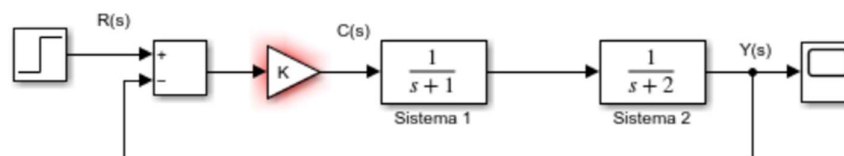
$$\frac{H_2(s)}{Q_i(s)} = \frac{0,5}{0,5s^2 + 1,5s + 1}$$

- 1.2. Considere que se aplica uma entrada em degrau unitário, calcule a altura da água após 2 segundos. (1 val.)
- 1.3. Considerando que se aplica uma entrada em degrau unitário, quanto tempo demora para a água no tanque 2 chegar aos 0,25m de altura? (1 val.)
- 1.4. Calcule os polos do sistema, represente-os no plano s e classifique-o quanto a estabilidade. (0,5 val.)
- 1.5. Qual o gráfico que representa a resposta do sistema a uma entrada ao degrau unitário? (1 val.)





- 1.6. Considere que o sistema sofre uma perturbação, que resulta na inclusão de um integrador na função de transferência do sistema (multiplicação por $1/s$). Aplique a 2ª regra de Ziegler- Nichols para sintonizar corretamente um controlador PID a aplicar no sistema. **(3 val.)**
- 1.7. Obtenha a expressão do controlador PID e represente em diagrama de blocos o sistema realimentado com o controlador PID. **(1 val.)**
- 1.8. Represente o sistema sob a forma matricial, utilizando espaço de estados. Considere $h_1(t)$ e $h_2(t)$ como saídas. **(2 val.)**
- 1.9. Deduza a equação que traduz a relação entre $Q_o(s)$ e $Q_i(s)$ **(1 val.)**
2. Considere o sistema da figura onde K é o ganho do controlador Proporcional:



- 2.1. Obtenha a função de transferência em malha aberta. **(1 val.)**
- 2.2. Obtenha o ganho em regime permanente, o coeficiente de amortecimento e a frequência natural correspondentes. Como classifica este tipo de sistema? **(1 val.)**
- 2.3. Considere agora o sistema em malha fechada. Calcule o valor do ganho Proporcional para que o sistema em malha fechada apresente um coeficiente de amortecimento de 0,7. O sistema é estável em malha aberta? Justifique **(2,5 val.)**
- 2.4. Considerando a alínea 2.3, calcule o tempo de subida, o tempo de estabelecimento a 2% e o tempo de pico. **Nota: Caso não tenha conseguido encontrar o valor de k , considere $k = 2$. (1 val.)**
3. Para as afirmações abaixo deve responder simplesmente verdadeiro ou falso (V/F) **(2 val.)**
- 3.1. No controlador PID o ganho proporcional diminui o tempo de subida (rise time).
- 3.2. No controlador PID a parte integral aumenta o overshoot.
- 3.3. No controlador PID a parte derivativa diminui o overshoot.
- 3.4. A ação integral produz respostas lentas e oscilatórias. Tende a instabilizar a malha.
- 3.5. Na acção derivativa, a resposta é proporcional a derivada do erro.
- 3.6. A ação derivativa é indicada para processos com ruído.
- 3.7. Ação proporcional é imediata e proporcional ao valor do erro atual.
- 3.8. A ação integral aumenta o tempo de subida.