Instruções: Esta prova contém 5 (cinco) Questões e 4 (quatro) Figuras, numeradas e distribuídas em 2 (duas) páginas. Não é permitido o uso de qualquer dispositivo eletrônico durante a realização desta prova. As soluções numéricas podem ser arredondadas até a primeira casa decimal.

Questão 1: Considere o diagrama em blocos da Figura 1, no qual $\mathcal{P}$ é o sistema descrito pela Equação (1), com $K_1,\ K_2 \in \mathbb{R}$. Calcule os valores de K_1 e K_2 para que a resposta ao degrau do sistema em malha fechada tenha um fator de amortecimento $\zeta = 0,7$ e tempo de acomodação $t_{ac} = 5$ segundos. Justifique sua resposta apresentando todos os desenvolvimentos de forma clara e detalhada. Adote o critério de 5 constantes de tempo para t_{ac}.

$$\mathcal{P}: \begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} u\,, \\ \\ y = \begin{bmatrix} 2 & 1 \end{bmatrix} X. \end{cases} \tag{1}$$

Questão 2: No diagrama da Figura 2, as constantes $M_1,\ M_2$ representam as massas dos blocos, $K_1,\ K_2$ representam as constantes das molas, e $B_1,\ B_2$ são as constantes de atrito dos blocos com a superfície lateral do anteparo. Obtenha um modelo matemático no formato da Equação (2)

$$\begin{cases} \dot{X} &= AX + Bu\,, \\ y &= CX + Du\,, \end{cases} \tag{2}$$

em função dos valores de $M_1,\ M_2,\ B_1,\ B_2,\ K_1,\ K_2$. Considere que a variável de saída y do sistema é o deslocamento vertical da massa M_2, e a variável de entrada u é a aceleração g da gravidade. Apresente os desenvolvimentos de forma organizada, clara e detalhada.

Questão 3: No diagrama da Figura 3, encontre os valores das constantes K e a de tal forma que o sistema em malha fechada oscile permanentemente com uma frequência de 2 rad/s. Apresente os desenvolvimentos de forma organizada, clara e detalhada.

Questão 4: Para o sistema discreto ilustrado na Figura 4, calcule a função de transferência de malha fechada $Y(z)/U(z)$ e determine a resposta $y(n)$ para $n \geq 0$, ao degrau unitário. Utilize a Equação (3) e considere o período de amostragem $T = 1$ segundo. Apresente e comente a solução de forma detalhada.

$$\mathcal{Q}: \quad x(n) \ = \ 2,1\ x(n-1) - 0,44\ x(n-2) + e(n-1) - 0,2\ e(n-2)\,. \tag{3}$$

Questão 5: Considere o sistema de segunda ordem descrito pela Equação (4),

$$\ddot{y} = (b \pm \Delta b)u \ + \ d_0\,, \tag{4}$$

na qual $y \in \mathbb{R}$ é a variável de saída, $u \in \mathbb{R}$ é a variável de entrada (controle), $b > 0$ é uma constante real e conhecida, Δb é uma incerteza constante e desconhecida, e d_0 é uma perturbação constante e conhecida. Para o sistema da Equação (4) foi escolhida a lei de controle u da Equação (5):

$$u = \left(\frac{1}{b}\right)\left[-\lambda_1 \dot{y} - \lambda_0 y - d_0\right]. \tag{5}$$

Assumindo que $|\Delta b| < |b|$, $\lambda_1 > 0$, $\lambda_0 > 0$, apresente a análise de estabilidade do sistema em malha fechada. Teça comentários sobre a robustez da lei de controle u proposta quanto à estabilidade em malha fechada e à convergência assintótica da saída y para zero. Apresente e comente a análise de forma detalhada.

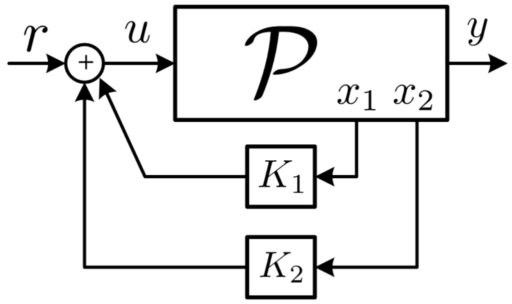

Figure 1: Questão 1.

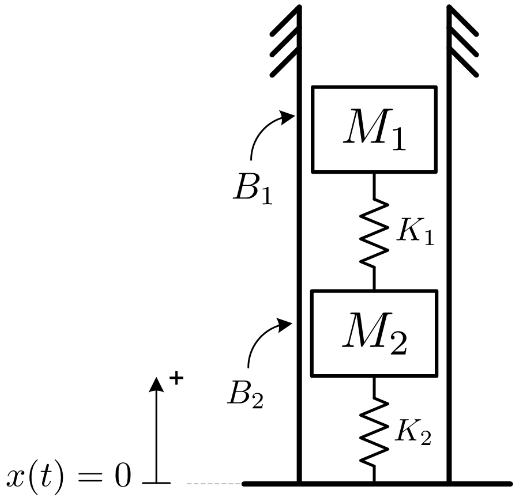

Figure 2: Questão 2.

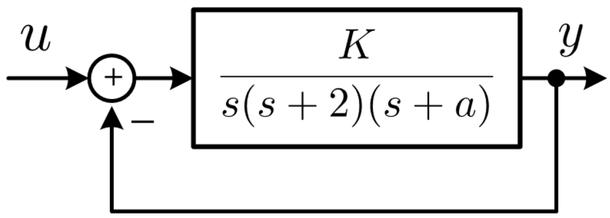

Figure 3: Questão 3.

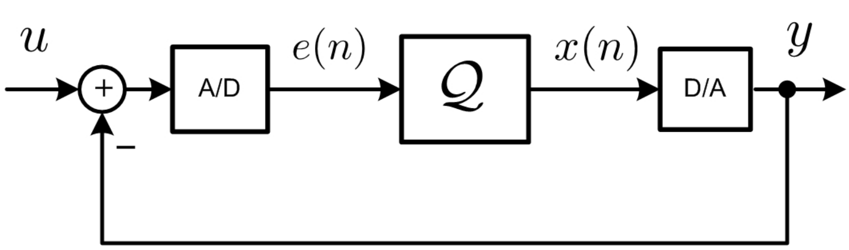

Figure 4: Questão 4.