MARINHA DO BRASIL

SERVIÇO DE SELEÇÃO DO PESSOAL DA MARINHA

GABARITO DESENVOLVIDO

CP-CEM/2025 - ENGENHARIA DE MECATRÔNICA

1ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(3 pontos)*

$$V_o = -\left[\frac{R_2}{R_4}\left(-\frac{R_2}{R_1}V_1\right) + \frac{R_2}{R_3}V_2\right]$$

$$V_o = -\left(\frac{R_2}{R_3}V_2 - \frac{R_2}{R_4}\frac{R_2}{R_1}V_1\right)$$

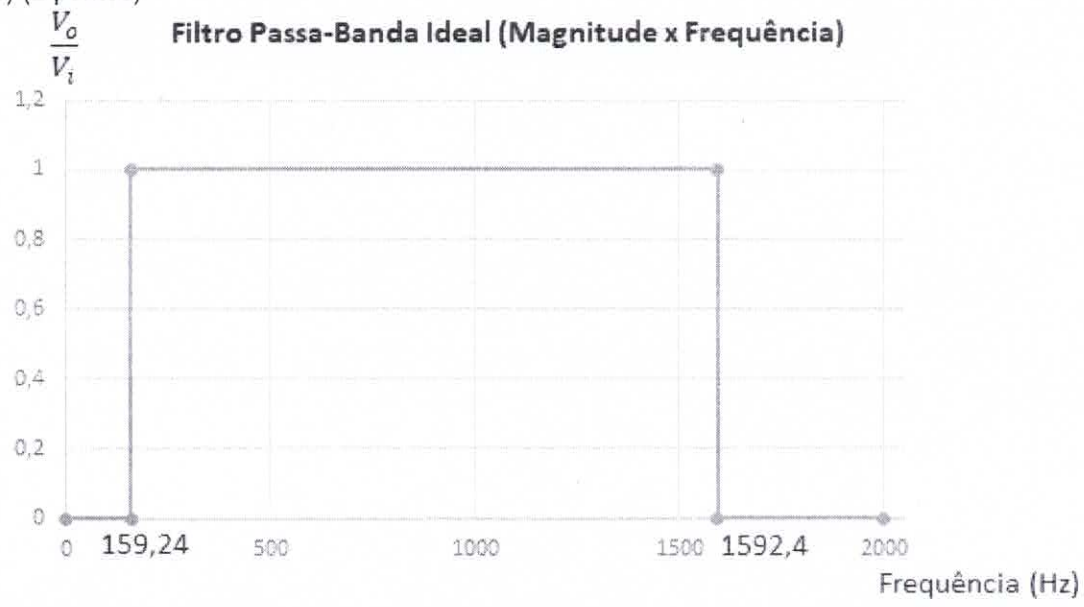
b) *(3 pontos)*

$$f_{passa-alta} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi\left(10^3\right)\left(10^{-6}\right)} = 159{,}24 \ Hz.$$

$$f_{passa-baixa} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} = \frac{1}{2\pi\left(10^3\right)\left(0{,}1*10^{-6}\right)} = 1592{,}4 \ Hz.$$ *(2 pontos)*

Trata-se de um filtro passa banda, no qual as frequências de corte são $f_{passa-alta} = 159{,}24\ Hz$ e $f_{passa-baixa} = 1592{,}4\ Hz$. Para um filtro ideal, todas as frequências menores que $f_{passa-alta}$ e maiores que $f_{passa-baixa}$ terão os valores de V_1 zerados na saída V_o.
(1 ponto)

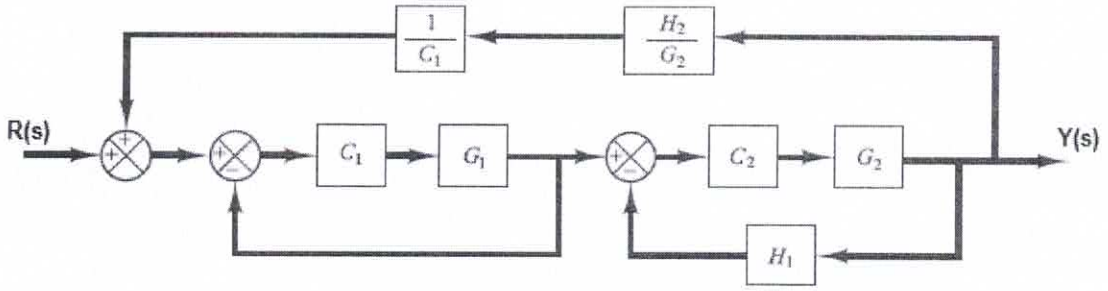
c) (2 pontos)



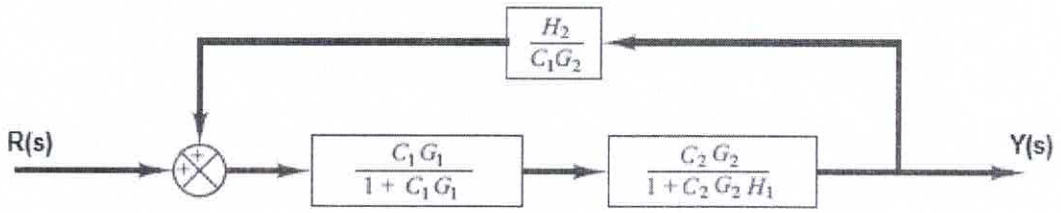
(Colocou corretamente todas as informações de frequências de corte e de ganho, 2 pontos).
(Colocou uma parte das informações de frequências de corte e de ganho corretamente, 1 ponto).
(Colocou incorretamente todas as informações de frequências de corte e de ganho, 0 ponto).

2ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(3 pontos)*
Após remanejamentos do diagrama de blocos da primeira figura, encontramos os diagramas de blocos abaixo, equivalentes à primeira figura:



(1 ponto)



Esse sistema equivale a uma função de transferência $T(s)$ igual a:

$$T(s)=\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{C_1G_1C_2G_2}{1+C_1G_1+C_2G_2H_1-G_1C_2H_2+C_1G_1C_2G_2H_1}$$ *(2 pontos)*

b) (3 pontos)
Os valores apresentados para $C_1(s)$, $G_1(s)$, $C_2(s)$, $G_2(s)$, $H_1(s)$ e $H_2(s)$ geram o seguinte sistema de malha fechada de segunda ordem:

$$T(s)=\frac{K}{s^2+(10+K)s+24+5K}$$ *(1 ponto)*

$$2\xi\omega_n=10+K$$

$$\frac{4}{\xi\omega_n}=\frac{8}{10+K}=0{,}4=T_{aco\bmod acao}$$

K = 10. *(2 pontos)*

c) *(2 pontos)*
O sistema em malha fechada da figura deste item tem a seguinte função de transferência:

$$\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{C_2G_2}{1+C_2G_2H_1}$$

Logo:

$$\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{4P}{(s+2)(s+5)(s+6)+4P}=\frac{4P}{s^3+13s^2+52s+60+4P}$$ *(1 ponto)*

Pelo critério de Routh-Hurwitz, sabe-se que:
$a_0=1; a_1=13; a_2=52; a_3=60+4P$. Logo, $b_1=\frac{a_1a_2-a_0a_3}{a_1}>0$, para que haja estabilidade no sistema. Logo:

$\frac{13*52-60-4P}{13}>0$

P < 154*(1 ponto)*

3ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(2 pontos)*
A expressão booleana baseada em todos os componentes do circuito digital da figura é:

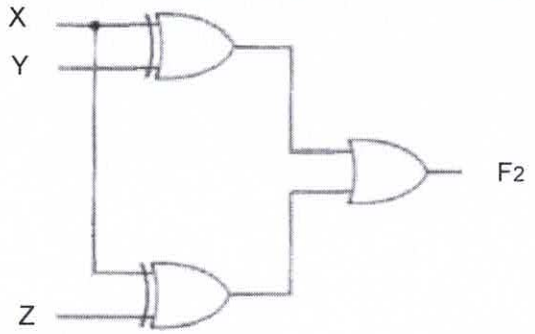
$$F_2 = x'y'z + x'yz + xy' + x'y + z'x$$

b) (3 pontos)

$\boldsymbol{F_2 = x'z + xy' + z'x + x'y}$ *(1 ponto)*

$F_2 = (x \oplus z) + (x \oplus y)$ *(1 ponto)*

Desenho do circuito equivalente, usando apenas portas lógicas XOR e OR:



(1 ponto)

c) *(3 pontos)*

X	Y	Z	F_2
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

4ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(5 pontos)*

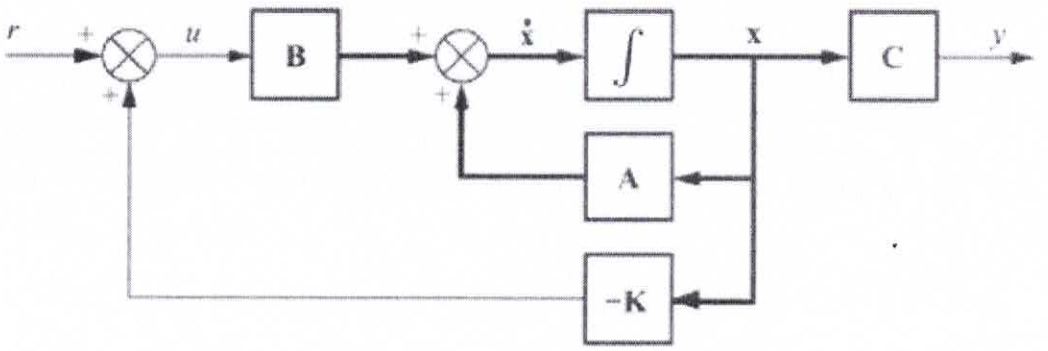
O sistema é controlável, pois a matriz $Controlab = [B \quad AB]$ possui linhas linearmente independentes.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & -1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$Controlab = [B \quad AB] = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix} \rightarrow rank(Controlab) = 2$$

Logo, é possível alocar os polos de malha fechada do sistema controlado em $s = -2$ e $s = -5$. *(2 pontos)*

Considere o sistema abaixo, que representa o sistema em malha fechada com o controlador de ganhos K:



Com a realimentação de estados, tem-se que:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}(\mathbf{K}\mathbf{x} + r) = (\mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{K})\mathbf{x} + \mathbf{B}r$$

Logo:

$$A + BK = \begin{bmatrix} 1 + K_1 & 3 + K_2 \\ 2 & -1 \end{bmatrix}$$

Deseja-se alocar os polos de malha fechada em:

$$p_c(s) = (s - p_1) * (s - p_2) * (s - p_3) \ \ldots \ (s - p_n)$$

E sabe-se que:

$$\det(sI - [A + BK]) = p_c(s)$$

Para qualquer polinômio $p_c(s)$.

$$\det(sI - [A + BK]) = s^2 + K_1 s + (-7 - K_1 - 2K_2)$$

Polos em malha fechada: $(s+2)(s+5) = s^2 + 7s + 10$

Logo: $K = [K_1 \quad K_2] = [7 \quad -12]$ *(3 pontos)*

b) *(3 pontos)*

O sistema é observável. A matriz de observabilidade pode ser calculada para esse sistema como sendo:

$$Observ = \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11 & -4 \\ 3 & 37 \end{bmatrix} \rightarrow rank(Observ) = 2$$

As linhas da matriz *Observ* são linearmente independentes.

5ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(3 pontos)*
Trata-se de um algoritmo que representa uma sequência F, determinada abaixo.
F = { 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89 ... }

$$F(n) = F(n-1) + F(n-2)$$
$$F(9) = F(8) + F(7)$$
$$F(8) = F(7) + F(6)$$
$$F(7) = F(6) + F(5)$$
$$F(6) = F(5) + F(4)$$
$$F(5) = F(4) + F(3)$$
$$F(4) = F(3) + F(2)$$
$$F(3) = F(2) + F(1)$$
$$F(2) = F(1) + F(0)$$
$$F(1) = 1$$
$$F(0) = 0$$

Logo, recursivamente: F(9) = Proc1(9) = 34. *(3 pontos)*

b) *(3 pontos)*
O algoritmo 2, de nome Proc2, é um algoritmo de ordenação de um vetor de entrada (no exemplo do algoritmo Proc2, o vetor A com n elementos). Trata-se do "Bubblesort", que é o mais primitivo dos métodos de ordenação de um vetor. A ideia é percorrer um vetor de n posições n vezes, a cada vez comparando dois elementos e trocando-os caso o primeiro seja maior que o segundo. *(1 ponto)*

O algoritmo 3, de nome Proc3, representa uma árvore de busca binária. Ele busca um elemento armazenado na árvore, podendo a mesma ser representada como uma lista. Trata-se de um método eficiente para encontrar um valor dentro de uma lista ou array ordenada. Ele funciona dividindo a lista repetidamente pela metade, comparando o valor de pesquisa com o elemento central e, a partir daí, focando na metade que potencialmente contém o valor procurado. *(2 pontos)*

c) *(2 pontos)*
Para o algoritmo 2, a comparação **(a[j-1]>a[j])** será executada **n*(n-1)** vezes. No caso de um vetor na ordem inversa, as operações da atribuição triangular poderão ser executadas até 3*n*(n-1) vezes, já uma troca de elementos não significa que um dos elementos trocados tenha encontrado o seu lugar definitivo. Logo, o algoritmo 2, de nome Proc2, possui complexidade $O(n^2)$. *(1 ponto)*

O algoritmo 3, de nome Proc3, tem uma complexidade de tempo $O(\log n)$ para o caso do Vetor denominado "lista" estar previamente ordenado. A busca binária funciona dividindo a lista pela metade em cada passo. Isso significa que, a cada iteração, o tamanho da área de busca é reduzido pela metade. Essa redução logarítmica do espaço de busca é o que confere à busca binária a complexidade $O(\log n)$. Isso o torna muito mais eficiente do que uma busca linear, com complexidade $O(n)$ para grandes listas. *(1 ponto)*

6ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(4 pontos)*

$$A_0^1 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & C_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A_1^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad A_2^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_3^4 = \begin{bmatrix} C_4 & 0 & S_4 & 0 \\ S_4 & 0 & -C_4 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Onde C_i é cos(θ_i) e S_i é sen(θ_i).

(Para cada matriz corretamente identificada e preenchida, *1 ponto)*

b) *(4 pontos)*

$$R_0^2 = R_0^1 R_1^2 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 \\ S_1 & 0 & C_1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 \\ S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_0^3 = R_0^2 R_2^3 = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 \\ S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 \\ S_1 & 0 & C_1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_0^4 = R_0^3 R_3^4 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 \\ S_1 & 0 & C_1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_4 & 0 & S_4 \\ S_4 & 0 & -C_4 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 C_4 & -S_1 & C_1 S_4 \\ S_1 C_4 & C_1 & S_1 S_4 \\ -S_4 & 0 & C_4 \end{bmatrix}$$

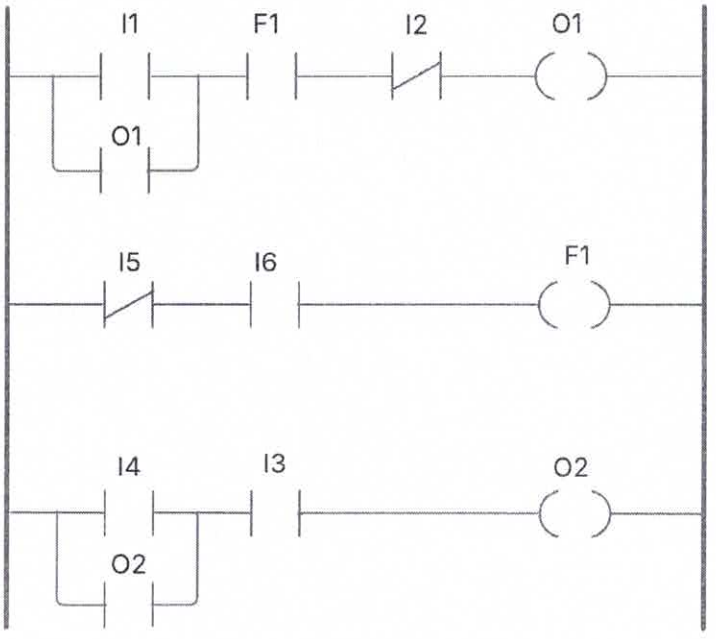
(Para R_0^2 *e* R_0^3 corretamente identificadas e preenchidas, *1 ponto. Para* R_0^4 corretamente identificada e preenchida, *2 pontos)*

7ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(2 pontos)*

VARIÁVEL DO PLC	NOMECLATURA REAL	FUNÇÃO
I1	S1	Switch 1 – Ligar
I2	S2	Switch 2 – Desligar
I3	T1	Sensor de Temperatura 1 – θ_1
I4	T2	Sensor de Temperatura 2 – θ_2
I5	T3	Sensor de Temperatura 3 – θ_3
I6	P1	Sensor de Pressão 1
O1	C1	Contator MCP
O2	C3	Contator Bomba Arrefecimento
F1	-	Interlock Lubrificação e Temperatura

b) *(6 pontos)*



Sendo F1 um relay interno, podendo o contato NF I5 e contato NA I6 substituírem F1 na primeira linha.

8ª QUESTÃO (8 pontos)

a) *(5 pontos)*

$\dot{Q} = \dot{m}\,(h_2 - h_1)$

440000 = $\dot{m}$ (3675-47,6) $\dot{m}$ = 121,299 kg/s

b) *(3 pontos)*

Eficiência isentrópica para bombas compressoras é obtida colocando trabalho isentrópico sobre trabalho real. Para calcular o trabalho isentrópico devemos, a partir da entalpia anterior a bomba, 4, calcular a entalpia na situação posterior, h_{1s} em 1, somado somente o trabalho realizado pela bomba: $h_4 + PdV + VdP$

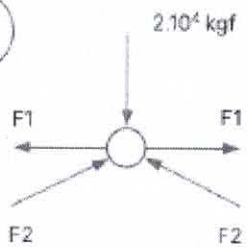
$dV = 0{,}000002\ m^3/kg$

$V = 0{,}001\ m^3/kg$
$dP = 39{,}9877bar = 3998{,}77kPa \cong 4000kPa$
$P = 4000kPa$
$h_{1s} = h_4 + PdV + VdP = 46{,}008$ *(1 ponto)*
$\eta = (h_{1s} - h_4)/(h_1 - h_4)$ = 4,008 / 5,6 = 71,57% *(2 pontos)*

9ª QUESTÃO (8 pontos)

(8 pontos)

C



$$\frac{6}{5}F_2 = 2.10^4 kgf$$

$$F_2 = \frac{5}{3}.10^4 kgf \ldots\ldots (1)$$

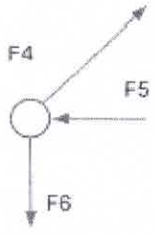
$$\frac{\sqrt{2}}{2}F_4 = F_1 \ldots\ldots (2)$$

D

$$\frac{\sqrt{2}}{2}F_4 = F_3 \ldots\ldots (3)$$

$$De\ (2)\ e\ (3): F_3 = F_1 \ldots\ldots (4)$$

F



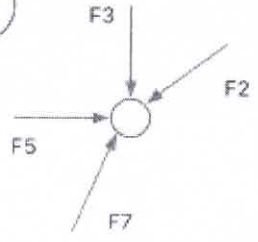
$$\frac{\sqrt{2}}{2}F_4 = F_5 \ldots\ldots (5)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2}F_4 = F_6 \ldots\ldots (6)$$

$$De\ (2), (3), (5)\ e\ (6): F_5 = F_6 \ldots\ldots (7)$$

$$\frac{3}{5}F_2 + F_3 = \frac{4}{5}F_7 \ldots\ldots (8)$$

G



$$\frac{3}{5}F_7 + F_5 = \frac{4}{5}F_2 \ldots\ldots (9)$$

$$Substituindo\ (7) e\ (9): \frac{3}{5}F_7 + F_3 = \frac{4}{5}F_2 \ldots\ldots (10)$$

Somando (8) e (10): $F_2 = F_7$ ..... (11)

Substituindo (1) em (11): $F_7 = \frac{5}{3}10^4 kgf$ ..... (12)

Substituindo (11) e (12) em (8): $F_3 = \frac{1}{3}10^4 kgf$ ..... (13)

Substituindo (13) em (7): $F_1 = F_3 = F_5 = F_6 = \frac{1}{3}10^4 kgf$ ..... (14)

Substituindo (14) em (2): $F_4 = \frac{\sqrt{2}}{3} 10^4 kgf$ ..... (15)

Considerando a treliça em equilíbrio, chegamos às seguintes forças normais, seguindo a convenção para força normal de compressão negativa e força normal de tração positiva:

$F_{DC} = F_{CE} = F_{AF} = F_{BI} = \frac{1}{3} 10^4 kgf$ *(2 pontos)*

$F_{FG} = F_{DG} = F_{HI} = F_{EH} = -\frac{1}{3} 10^4 kgf$ *(2 pontos)*

$F_{AG} = F_{GC} = F_{CH} = F_{BH} = -\frac{5}{3} 10^4 kgf$ *(2 pontos)*

$F_{EI} = F_{DF} = \frac{\sqrt{2}}{3} 10^4 kgf$ *(2 pontos)*

10ª QUESTÃO (8 pontos)

$$E_{C-antes} = E_{C-depois}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{I_b w^2}{2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{ML^2 w^2}{6}$$

$$w = \sqrt{\frac{3m}{M}}\frac{v}{L}$$