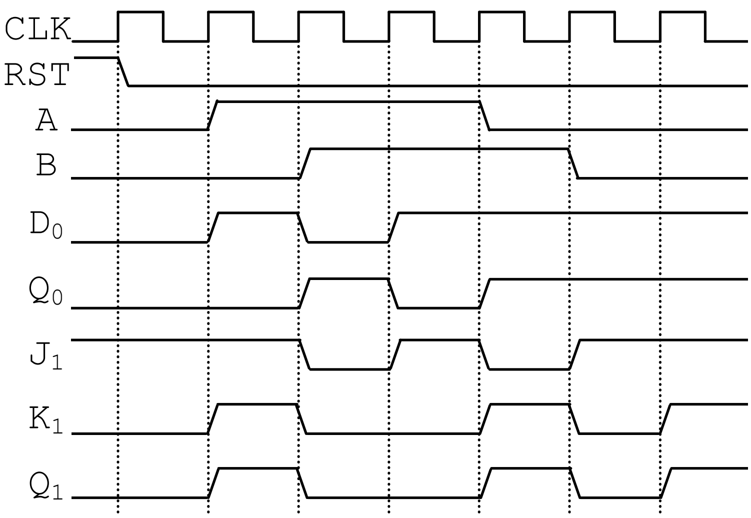
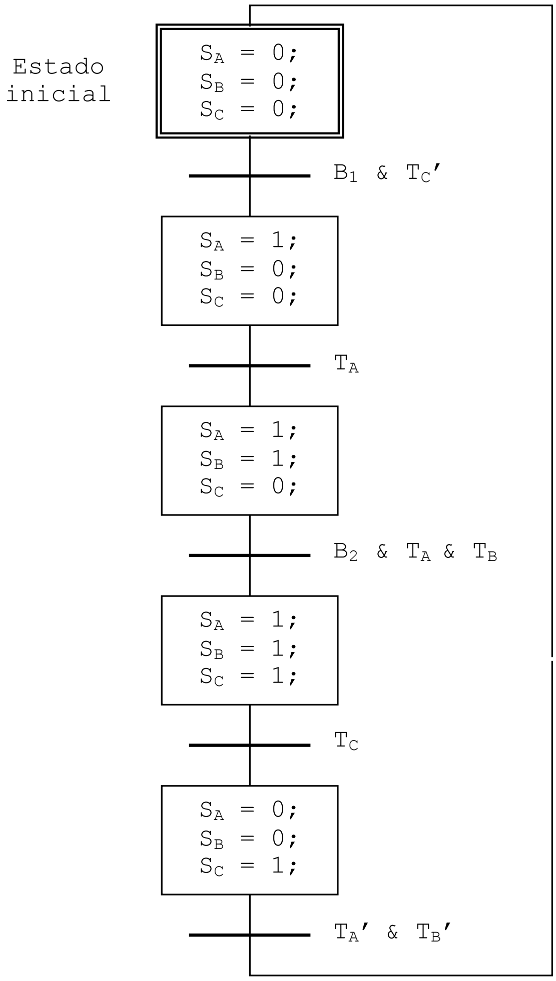
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

GABARITO

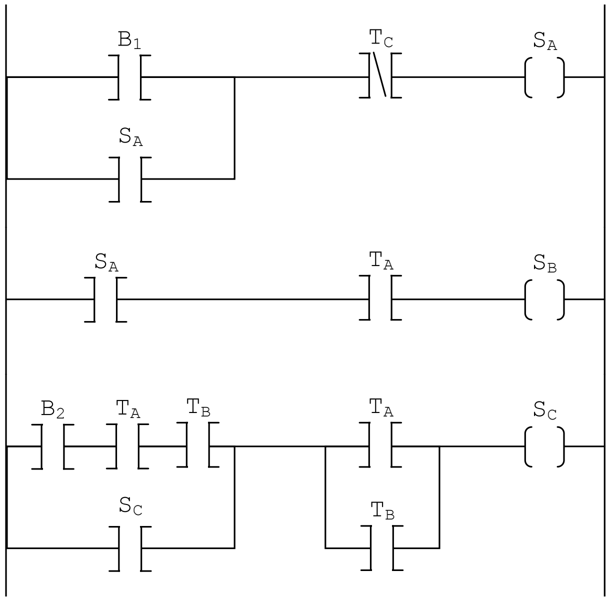
ENGENHARIA MECATRÔNICA

Questão	Resposta
1 (8 pontos)	a) Como o motor é de 2 polos, a frequência mecânica é igual à frequência elétrica, que é de f = 60 Hz. A rotação síncrona é: $N_S = 60.f = 3600$ rpm (1 pontos) Com escorregamento s = 10%, a rotação N será $N = (1 – s).Ns = 0{,}9.3600 = 3240$ rpm (3 pontos) b) Pelo gráfico, o motor fornece 20 Nm de torque na rotação $0{,}8.N_S$ e este é um ponto de operação estável. Na rotação $0{,}4.N_S$ o torque fornecido também é de 20 Nm, mas o torque diminui com a redução da rotação e o motor tende a parar. Portanto, $N = 0{,}8.3600 = 2880$ rpm (4 pontos)
2 (8 pontos)	a) $D_0 = A'.Q_0 + A.Q_0'$ (ou $D_0 = A \oplus Q_0$) (0,5 pontos) $J_1 = (B.Q_0)'$ e $K_1 = Q_1$ (0,5 pontos) b) Q_0 inicial é 0. Para A = 0, tem-se $D_0 = Q_0$ e Q_0 se mantém após cada borda de CLK. Para A =1, $D_0 = Q_0'$ e Q_0 se inverte a cada borda. (3 pontos) c) Q_1 inicial é 0. Para B = 0, tem-se $J_1 = 1$. Para B = 1, tem-se $J_1 = Q_0'$. $K_1 = Q_1$ sempre, e Q_1 transita após cada borda de acordo com o valor de J_1 e K_1 imediatamente anterior à borda, seguindo a tabela característica dada. (4 pontos) 

3 (8 pontos)	Em SFC:



Em diagrama *ladder*:



(8 pontos)

<table>
<tr>
<td>4
(8 pontos)</td>
<td>
A estabilidade de um sistema de tempo discreto pode ser determinada através da localização dos pólos do sistema ou raízes da equação característica no plano complexo z:

1. Para um sistema de tempo discreto ser estável todos os pólos ou raízes da equação característica devem se encontrar no interior do círculo unitário no plano z. Qualquer pólo fora do círculo unitário torna o sistema instável.
2. Se existirem pólos distintos com módulo = 1 e todos os outros pólos tiverem o módulo menor <1 então o sistema é marginalmente estável. Pólos múltiplos com módulo =1 tornam o sistema instável.

a) (4 pontos)

$$G(z) = \frac{(z^{-1} + z^{-2})}{1 - \sqrt{2}z^{-1} + z^{-2}}$$

Calculando os pólos desse sistema obtemos:

$$z_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2}j$$
$$z_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}j$$

Os pólos complexos conjugados possuem módulos $|z_1| = |z_2| = 1$, logo o sistema é marginalmente estável.

b) (4 pontos)

$$G(z) = \frac{z^{-1} + 0.5z^{-2}}{1 + 3z^{-1} + 2z^{-2}}$$

Calculando os pólos desse sistema obtemos:

$$z_1 = -1$$
$$z_2 = -2$$

Como $|z_2| > 1$ então o sistema é instável.
</td>
</tr>
</table>

5 (8 pontos)	a) $\frac{E(s)}{E_i(s)}$ (4 pontos) O circuito relativo ao amplificador operacional op_1 possui a configuração inversora. A função de transferência $\frac{E(s)}{E_i(s)}$ pode ser calculada como: $$\frac{E(s)}{E_i(s)} = -\frac{Z_2}{Z_1}$$ Onde $Z_1 = \frac{R_1}{R_1C_1s+1}$ e $Z_2 = \frac{R_2}{R_2C_2s+1}$, portanto: $$\frac{E(s)}{E_i(s)} = -\frac{R_2(R_1C_1s + 1)}{R_1(R_2C_2s + 1)}$$ b) $\frac{E_o(s)}{E_i(s)}$ (4 pontos) O circuito relativo ao amplificador operacional op_2 também possui a configuração inversora. A função de transferência $\frac{E_o(s)}{E(s)}$ pode ser calculada como: $$\frac{E_0(s)}{E(s)} = -\frac{R_4}{R_3}$$ Como: $$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{E(s)}{E_i(s)}\frac{E_0(s)}{E(s)}$$ Logo: $$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{R_2(R_1C_1s + 1)}{R_1(R_2C_2s + 1)}\frac{R_4}{R_3}$$

6
(8 pontos)

a) (4 pontos)

O algoritmo apresentado é um algoritmo de ordenação em ordem crescente denominado **INSERTION SORT**. Ao final de cada iteração **i**, as **i** primeiras posições **A[1..i]** devem estar ordenadas.

O algoritmo se inicia com **i=2**. A mudança de estado passo a passo é mostrada a seguir:

1. O estado inicial é dado por:

Índice	0	1	2	3	4	5	6	7
Conteúdo	-1	27	80	02	46	16	12	54

2. Na primeira iteração **i=2**:

Índice	0	1	2	3	4	5	6	7
Conteúdo	-1	**27**	**80**	02	46	16	12	54

3. Na segunda iteração **i=3:**

Índice	0	1	2	3	4	5	6	7
Conteúdo	-1	**2**	**27**	**80**	46	16	12	54

4. Na terceira iteração **i=4:**

Índice	0	1	2	3	4	5	6	7
Conteúdo	-1	**2**	**27**	**46**	**80**	16	12	54

b) (4 pontos)

O trecho de programa se encerra na 6ª iteração onde **i=7**:

Índice	0	1	2	3	4	5	6	7
Conteúdo	-1	**2**	**12**	**16**	**27**	**46**	**54**	**80**

<table>
<tr><td>7
(8 pontos)</td><td>

a) O modulo da velocidade do baricentro do primeiro elo e dado por

$$v_1^2 = \frac{(L\omega_1)^2}{4}$$

Seja v_{2x} a componente da velocidade do baricentro do segundo elo na direção paralela ao primeiro elo.

Seja v_{2y} a componente da velocidade do baricentro do segundo elo na direção paralela ao primeiro elo.

Assim,

$$v_{2x} = -\frac{L\sin\theta_2}{2}(\omega_1 + \omega_2)$$

$$v_{2y} = \omega_1 L\left(1 + \frac{\cos\theta_2}{2}\right) + \omega_2 L\frac{\cos\theta_2}{2}$$

Finalmente,

$$v_2^2 = v_{2x}^2 + v_{2y}^2 = \frac{L^2}{4}[(5+\cos\theta_2)\omega_1^2 + (1+2\cos\theta_2)\omega_1\omega_2 + \omega_2^2]$$

b) A Energia cinética total U é dada por:

$$U = \frac{mL^2}{8}[(6+\cos\theta_2)\omega_1^2 + (1+2\cos\theta_2)\omega_1\omega_2 + \omega_2^2] + \frac{I(\omega_1^2+\omega_2^2)}{2}$$

c) Pela equação de Lagrange, o torque na junta 1 é dado por:

$$\mathrm{T}_1 = \frac{d}{dt}\frac{\partial U}{\partial\omega_1} - \frac{\partial U}{\partial\theta_1}$$

Percebe-se que,

$$\frac{\partial U}{\partial\theta_1} = 0$$

E

$$\frac{\partial U}{\partial\omega_1} = I\omega_1 + \frac{mL^2}{4}[(12+4\cos\theta_2)\omega_1 + (1+\cos\theta_2)\omega_2]$$

Derivando-se no tempo, considerando que ω_1 e ω_2 são constantes e que $d\theta_2/dt=\omega_2$,

$$\mathrm{T}_1 = -\frac{L}{2}l^2\sin\theta_2\omega_2(2\omega_2-\omega_1)$$

Assim o torque será nulo para $\omega_2 = -\omega_1/2$

</td></tr>
<tr><td>8
(8 pontos)</td><td>

O momento angular total no referencial r é o vetor J = $[I_x\omega_x, I_y\omega_y, I_z\omega_z]$.
Como o sólido está em livre rotação, tem-se dJ/dt = 0.
Assim,
$(dJ/dt)_r = [\omega_x, \omega_y, \omega_z] \times [I_x\omega_x, I_y\omega_y, I_z\omega_z]$
Donde,

$I_x\alpha_x = (I_y - I_z)\omega_y\omega_z$
$I_y\alpha_y = (I_z - I_x)\omega_z\omega_x$
$I_z\alpha_z = (I_x - I_y)\omega_x\omega_y$

</td></tr>
</table>

9 (8 pontos)	Como a barra está simetricamente apoiada, cada apoio resiste ao peso total/2. Assim, a força em cada apoio é $L\gamma/2$ Seja $<x> = \max\{0,x\}$, ou seja, uma função que vale x quando $x>0$ e 0 quando $x<0$ O momento fletor em função de x é dado por: $\gamma x^2/2 - L\gamma/2(<x - (L - b)/2> - <x - (L + b)/2>)$ a) Em particular, sobre o apoio à esquerda, $x = -(L - b)/2$ e assim $M= \gamma(L - b)^2/8$. (4 pontos) b) Para $x=L/2$, $M= \gamma L(L/2 - b/4)$. (4 pontos)
10 (8 pontos)	Pela tabela 1, no estado inicial, o volume específico é 1,46847 m^3/kg, a energia interna é 4052,0 kJ/kg e a entropia é 9,3360 kJ/kg K. Assim, há 0,68086 kg de vapor de água no cilindro. Como o cilindro está isolado termicamente, pode-se considerar o processo reversível. Não havendo troca de calor, a entropia do vapor d´água se conserva. Assim, o estado final é tal que a pressão atmosférica é de 100kPa e a entropia é 9,3360 kJ/kg K. Interpolando-se os dados da tabela 1, chaga-se a T=698,43°C, v=4,48265 m^3/kg e u=3476,42 kJ/kg (o estado é tão próximo do estado T=700°C que considera-se uma aproximação aceitável usar este estado). a) Neste caso o volume total do vapor é 3,0547m^3 (4 pontos). b) A energia cinética é igual ao trabalho realizado pelo vapor d´água menos o trabalho realizado pela atmosfera. Pela primeira lei da termodinâmica o trabalho realizado é igual à variação total da energia interna, ou seja, 0,68086(4052-3476,42) = 391,89kJ. Por outro lado, o trabalho da atmosfera é igual a pressão externa vezes a variação total de volume, ou seja, 100(3,0547-1)=186,422. Assim a energia cinética total da massa é 186.422kJ (4 pontos)