ENG. MECATRÔNICA

DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

Prova de Engenharia Mecatrônica 2017
RESPOSTAS – Questões Efetivas

Questão	Resposta
1 (8 pontos) Item a (pontos)	a) Com a chave fechada, independentemente da corrente I_A, a tensão de armadura é dada por $V_A = V_S$, portanto $\boldsymbol{V_A = 36}$ **V** (1 PONTO) A velocidade angular do eixo vale $\omega = 2\pi\, N/60 = 2\pi\ 600/60$, ou seja $\omega = 20\pi$ rad/s No motor, a tensão contraeletromotriz E é dada por $E = K_E.\ \omega = 0{,}5.20\pi$, e portanto $E = 10\pi$ V Em regime, a tensão sobre o indutor é nula, e tem-se $V_S = R_A.I_A + E$, de onde $I_A = (V_S - E)/R_A = (36 - 10\pi)/2$, ou seja, $\boldsymbol{I_A = 18 - 5\pi}$ **A** (aprox. 2,3 A) (3 PONTOS)
Item b (pontos)	b) Imediatamente após a abertura da chave, a corrente de armadura não se altera devido à indutância e a inércia do motor. Portanto $\boldsymbol{I_A = 18 - 5\pi}$ **A** (aprox. 2,3 A) (2 PONTOS) No entanto, o diodo D conduz para garantir a continuidade da corrente. Como se trata de um diodo ideal, $\boldsymbol{V_A = 0}$ **V** (2 PONTOS)
2 (8 pontos)	Como o ganho diferencial é infinito, a tensão de erro é nula: $V_+ - V_- = 0$. Como a entrada '+' está aterrada e o ponto b corresponde a entrada '–', $V_+ - V_- = 0 - V_b = 0$ ou seja, $\boldsymbol{V_b = 0}$ **V** (1 PONTO) Sendo o amplificador operacional ideal, a corrente na entrada '–' é nula e a tensão no ponto c é igual a do ponto b, independentemente do valor de k. Ou seja, $V_c = V_b$ e portanto $\boldsymbol{V_c = 0}$ **V** (1 PONTO) A corrente no resistor R_1 é dada por $I_1 = (V_E - V_c)/R_1$, e como $V_c = 0$, $\boldsymbol{I_1 = V_E/R_1}$ (3 PONTOS) Como a impedância de entrada do amplificador é infinita, toda a corrente I_1 flui para o ponto a. Dessa forma a tensão de saída será $V_S = V_c - k.R_2.I_1 = 0 - k.R_2.V_E/R_1$ Portanto: $\boldsymbol{V_S = -k.V_E.R_2/R_1}$ (3 PONTOS)

3
(8 pontos)

Resolvendo-se por mapa de Karnaugh, tem-se

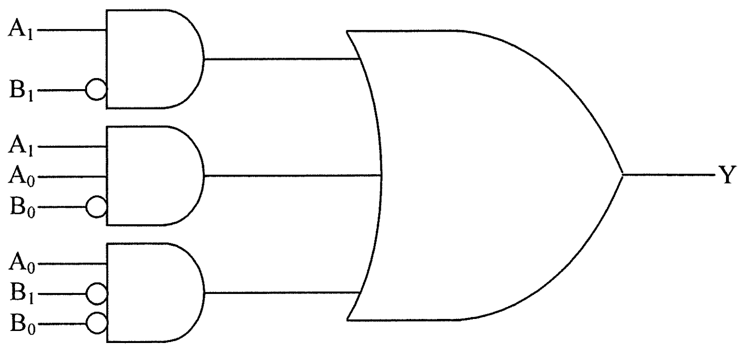
A_0B_0 \ A_1B_1	00	01	11	10
00				1
01				1
11				1
10	1		1	1

De onde se obtém diretamente a expressão simplificada:
$\mathbf{Y = A_1.B_1' + A_1.A_0.B_0' + A_0.B_1'.B_0'}$ (6 PONTOS)

Alternativamente, a expressão de Y pode ser obtida a partir da soma de seus mintermos:
$Y = A_1'.A_0.B_1'.B_0' + A_1.A_0'.(B_1'.B_0' + B_1'.B_0) + A_1.A_0.(B_1'.B_0' + B_1'.B_0 + B_1.B_0')$

que após simplificação algébrica se reduz a expressão anterior.

O diagrama lógico do circuito que implementa a expressão simplificada é

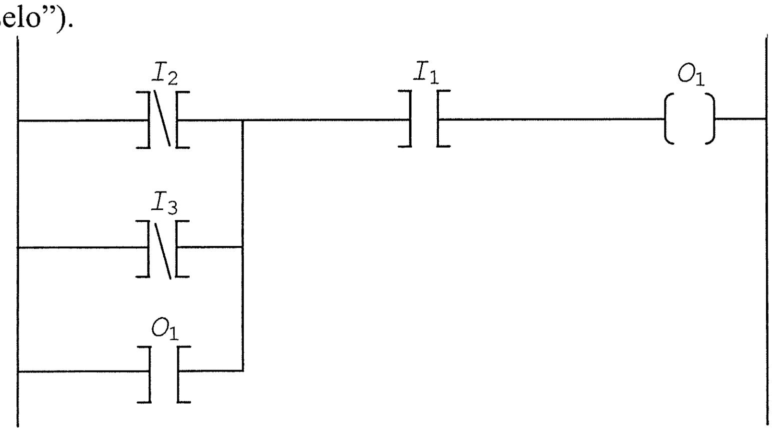


(2 PONTOS)

4
(8 pontos)

Item a
(3 pontos)

a) Como I_2 e I_3 não devem afetar a saída O_1 após esta ser energizada, é necessário incluir o contato associado a saída O_1 em paralelo com I_2 e I_3 (o chamado "contato selo").

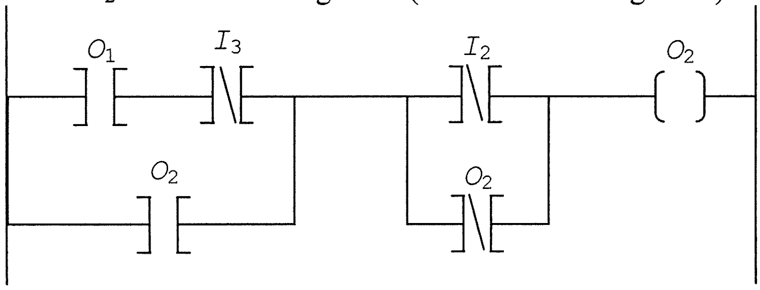


(3 PONTOS).

<table>
<tr>
<td>4
(continuação)

Item b
(5 pontos)</td>
<td>

b) Analogamente, deve-se incluir contato selo O_2 em paralelo com os contatos O_1 e I_3. Além disso, o contato I_2 normalmente fechado (NF) deve ser inserido em série para poder desligar a saída O_2, mas deve estar associado em paralelo com o contato selo normalmente fechado O_2. Isto é necessário para que I_2 seja ignorado quando O_2 estiver desenergizado (antes de ser energizado).



(5 PONTOS)

</td>
</tr>
<tr>
<td>5
(8 pontos)

Item a
(4 pontos)

Item b
(4 pontos)</td>
<td>

a) A equação que descreve o movimento do sistema sob a ação da força $p(t)$ pode ser escrita como:

$$f(t) = m\ddot{y}(t) + b\dot{y}(t) + ky(t)$$

Fazendo
$x_1(t) = y(t)$,
$x_2(t) = \dot{y}(t)$,

$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$.

Podemos escrever a equação de estados:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\dfrac{k}{m} & -\dfrac{b}{m} \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ \dfrac{1}{m} \end{bmatrix} f(t)$$

$$y = [1 \quad 0] x(t)$$

(4 pontos)

b) Podemos aplicar a fórmula $det(\lambda I - A)$ (det=determinante) onde

$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m} \end{bmatrix}$ e $I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Ou calcular os pólos da (nesse caso são coincidentes com os auto-valores) função de transferência:

$$\frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + bs + k}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4mk}}{2m}$$

(4 pontos)

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

6
(8 pontos)
	<pre>/* todos os numeros sao diferentes por hipotese */
	x : **integer**;
	A[] : **integer**;
	
	pointer := 1;
	while A[pointer] <> -1 /* procura uma posicao vazia */
	    begin
	     if x < A[pointer] **then**
	        pointer := 2*pointer /* sub-arvore esquerda */
	     else
	        pointer := 2*pointer+1;/* sub-arvore direita */
	   end
	/* pointer agora deve conter o indice de uma
	   Posicao vazia */
	A[pointer] := x;</pre>**(8 pontos)**

7 (8 pontos)	O cálculo da posição do ponto P descrito no sistema de coordenadas $O_1 - X_1Y_1$ em função das grandezas θ_1, L_1, θ_2, L_2, pode ser sistematizado através do uso de transformações homogêneas entre os vários sistemas de coordenadas. A transformação entre os sistemas de coordenadas no plano necessita apenas da descrição de uma operação de translação e uma rotação em torno do eixo Z. Denomina-se A_2^1 (3 × 3) a transformação homogênea que relaciona os sistemas de coordenadas $O_1 - X_1Y_1$ e $O_2 - X_2Y_2$: $$A_2^1 = \begin{bmatrix} R_2^1 & t_2^1 \\ 0\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 & L_1\cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & L_1\sin\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$ Denomina-se A_3^2 (3 × 3)a transformação homogênea que relaciona os sistemas de coordenadas $O_2 - X_2Y_2$ e $O_3 - X_3Y_3$ $$A_3^2 = \begin{bmatrix} R_3^2 & t_3^2 \\ 0\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & L_2\cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & L_2\sin\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$ Logo obtemos: $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{bmatrix} = A_2^1 A_3^2 \begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ 1 \end{bmatrix}$, **(8 pontos)**

8 (8 pontos)	A força de atrito entre a bola e a pista faz a bola perder momento linear e ganhar momento angular. Seja $f(t)$ a força de atrito entre a bola e a pista. A quantidade de momento linear perdida Δp é dada por: $$\Delta p = -\int_{t_i}^{t_f} f(t)dt$$ Do mesmo modo, a quantidade transferida de momento angular Δl é dada por: $$\Delta \mathrm{l} = r\int_{t_i}^{t_f} f(t)dt$$ Assim tem-se $\Delta l = -r\Delta p$ (4 pontos). Por outro lado, $\Delta p = m(v_f - v_i)$ e $\Delta l = I\omega_f$. Finalmente, $r\omega_f = v_f$. Assim, $$\frac{Iv_f}{r} = rm(v_i - v_f)$$ Donde $$v_f = \frac{mr^2}{I + mr^2} v_i$$ Substituindo-se a expressão para I chega-se a $v_f = 5v_i/7$, ou seja, $v_f = 5\text{m/s}$ (4 pontos)
9 (8 pontos)	Por equilíbrio estático, a força normal N que age em cada barra é igual a F. Integrando-se a lei de Hooke sobre a variável de extensão, a energia total em cada barra é: $$U = \frac{F^2 L}{2EA}$$ (4 pontos) Por outro lado, o trabalho aplicado pela força F gerando a deflexão x é: $$T = \frac{Fx}{2}$$ Como $T = 2U$, $$x = \frac{2L}{EA}F$$ (4 pontos)
10 (8 pontos)	O calor total perdido pela barra de aço é $Q_i = 0{,}5\times970 = 485$ kJ (2 pontos) O calor total transferido à água restante é $Q_a = 4{,}2\times5(10-m)$, onde m é a massa perdida por evaporação (2 pontos). O calor necessário para aquecer a massa de água m até 100°C e depois transformá-la em vapor saturado é $Q_v = (4{,}2\times75 + 2265)m = 2580m$ (2 pontos) Por conservação de energia, $Q_i = Q_a + Q_v$ Assim, $m = 107{,}5$ g (2 pontos). **Nota:** O estudante experiente em termodinâmica pode intuir (corretamente) que a massa de água evaporada é desprezível diante da restante. Deste modo ele pode considerar é $Q_a = 21$ kJ donde $m = 106{,}6$ g. Esta abordagem deve ser considerada **correta**.