

Questão 1

Padrão de Resposta Esperado

- a) Em R1 deve ser dissipada a potência: $P1 = 100 \left(\frac{W}{m} \right) \cdot 1(m) = 100(W)$

Sabemos que: $R1 = \frac{V_{AB}^2}{P1} = \frac{144}{100}$, logo $R1 = 1,44\Omega$

(valor: 3,0 pontos)

- b) É preciso notar que os ramos CABD e CEFD são iguais, e têm comprimento de 1,5 m. Trabalhando com um desses ramos,

$$R2 + 2R3 = \frac{144}{100 \cdot 1,5} = 0,96\Omega$$

Como a dissipação de potência é idêntica e a mesma corrente (denominada i) atravessa $R2$ e $R3$, escrevemos:

$$\frac{R2}{1,0} \cdot i^2 = \frac{R3}{0,25} \cdot i^2 \Rightarrow R2 = 4 \cdot R3$$

Substituindo na equação anterior: $4 \cdot R3 + 2 \cdot R3 = 0,96\Omega$, logo $R3 = \frac{0,96}{6} = 0,16\Omega$

Calculamos em seguida: $R2 = 4 \cdot 0,16 = 0,64\Omega$

(valor: 5,0 pontos)

- c) O comprimento total da rede resistiva é igual a 4m, assim a resistência equivalente R_{AB} é facilmente calculada pela expressão:

$$P_{AB} = 100 \cdot 4 = 400W, \text{ logo } R_{AB} = \frac{V_{AB}^2}{P_{AB}} = \frac{144}{400} = 0,36\Omega$$

(valor: 2,0 pontos)

Solução alternativa para o item c, envolvendo a associação de resistores:

$$R_{AB} = (R2 + 2 \cdot R3) // (R1) // (R2 + 2 \cdot R3) = \frac{(R2 + 2 \cdot R3)}{2} // (R1) = \frac{0,64 + 2 \cdot 0,16}{2} // 1,44$$

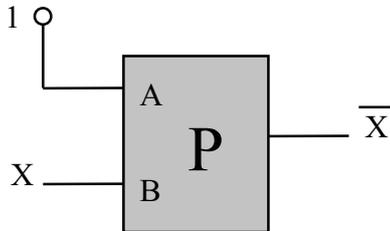
$$R_{AB} = \frac{0,48 + 1,44}{0,48 \cdot 1,44} = 0,36\Omega$$

Questão 2

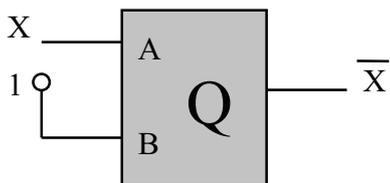
Padrão de Resposta Esperado

Para a solução de todos os itens consideram-se X e Y como as variáveis de entrada da configuração.

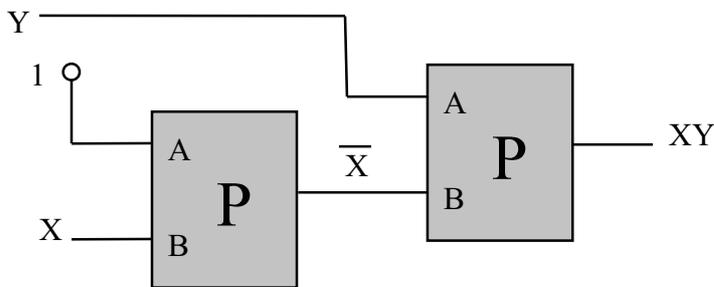
- a) Observa-se na tabela que $P = A\bar{B}$, então, se $A=1$, obtém-se $P = 1 \cdot \bar{B} = \bar{B}$, logo, a configuração da figura a seguir é a solução. **(valor: 2,0 pontos)**



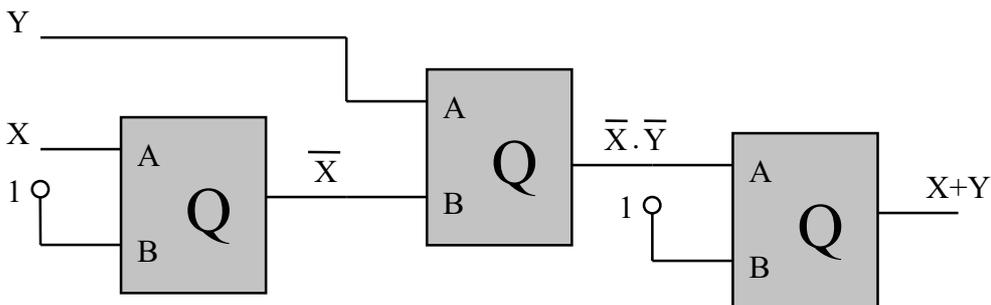
- b) Observa-se na tabela que $Q = \bar{A}B$, então, se $B=1$, obtém-se $Q = \bar{A} \cdot 1 = \bar{A}$, logo, a configuração da figura a seguir é a solução. **(valor: 2,0 pontos)**



- c) Se $P = A\bar{B}$, então, fazendo $B = \bar{X}$ e $A = Y$, geramos o produto $X \cdot Y$. Assim, a configuração da figura a seguir é a solução. **(valor: 3,0 pontos)**



- d) Se $Q = \bar{A}B$, então, fazendo $A = Y$ e $B = \bar{X}$, geramos o produto $\bar{X} \cdot \bar{Y} = \overline{X+Y}$, com um inversor na saída. Assim, a configuração da figura a seguir é a solução. **(valor: 3,0 pontos)**



Questão 3

Padrão de Resposta Esperado

- a) O método M_1 pode gerar uma medida falsa porque o Ohmímetro estaria medindo a resistência R_1 em paralelo com R_2 em série com a resistência equivalente do circuito eletrônico. Dependendo dos valores de R_1 , R_2 e da R_{eq} , a medida pode ser FALSA.

O método M_2 é correto porque faz uso do TERRA VIRTUAL do amplificador operacional. Em consequência, o ponto A está aterrado e a medida é obtida pela equação de ganho do amplificador operacional.

Como $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_1} \rightarrow R_1 = -\frac{R_f \cdot V_i}{V_o}$ (valor: 5,0 pontos)

- b) Medindo diretamente do gráfico, com valores aproximados, podemos escrever a seguinte tabela (na região do joelho da curva).

V(volt)	I(ampére)	P = VI(watt)
10,0	6,6	66,0
12,0	6,4	76,8
13,2	6,0	79,2
14,0	5,5	77,0

O ponto de potência máxima ocorre quando a tensão é de 13,2 V e a corrente é 6,0 A. Neste caso, a potência máxima é:

$$P_{\max} = 13,2 \cdot 6 = 79,2 \text{ W}$$

A resistência de carga neste ponto é obtida por:

$$R_C = \frac{13,2}{6} = 2,2 \Omega$$
 (valor: 5,0 pontos)

Obs: A construção da tabela não é obrigatória na solução. O formando pode deduzir os dados diretamente do gráfico. Se os valores forem coerentes com as grandezas acima calculadas, a solução estará correta.

Questão 4

Padrão de Resposta Esperado

a) Escrevendo-se as equações correspondentes a cada amplificador operacional no domínio de Laplace, tem-se:

$$(1) \quad Z(s) = -U(s)$$

$$(2) \quad X(s) = -\frac{R_1}{R} Z(s) - \frac{R_1}{R} Y(s)$$

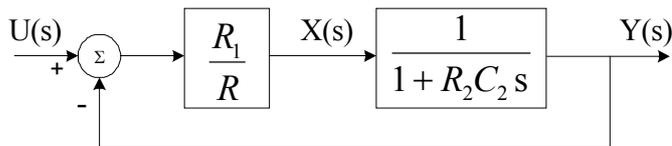
$$(3) \quad W(s) = -\frac{Z_2(s)}{R_2} X(s), \text{ onde } Z_2(s) = \frac{R_2}{1 + R_2 C_2 s}$$

$$(4) \quad Y(s) = -W(s)$$

De (1) e (2) obtém-se $X(s) = \frac{R_1}{R} [U(s) - Y(s)]$

De (3) e (4) obtém-se $Y(s) = \frac{Z_2(s)}{R_2} X(s) = \frac{1}{1 + R_2 C_2 s} X(s)$,

de onde se deriva o diagrama seguinte:



onde

$$K = \frac{R_1}{R} \quad \text{e} \quad T = R_2 C_2$$

(valor: 5,0 pontos)

b) A Função de Transferência em Malha Fechada se escreve

$$F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\frac{K}{1+Ts}}{1 + \frac{K}{1+Ts}} = \frac{K}{1+Ts+K} = \frac{K}{(1+K)} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{T}{1+K}s\right)}$$

que corresponde a um sistema de 1ª ordem com um pólo em $-\frac{(1+K)}{T}$.

Obs.: F(s) pode ser também calculada em função dos componentes do circuito $F(s) = \frac{R_1}{R+R_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R R_2 C_2}{R+R_1} s}$

(valor: 3,0 pontos)

c) A condição de estabilidade se expressa, então, como $\frac{(1+K)}{T} \geq 0$ ou,

$$\frac{1 + \frac{R_1}{R}}{R_2 C_2} \geq 0, \text{ o que vale para qualquer } R_1 \text{ tendo em vista que } R_2 C_2 > 0 \text{ e } R > 0.$$

(valor: 2,0 pontos)

Questão 5**Padrão de Resposta Esperado**

Construindo a função objetivo, tem-se:

$$C = K_A \cdot A - K_p \cdot P = K_A \cdot 100(1 - e^{-0,05T}) - K_p \cdot 0,05T$$

Derivando C em relação a T e igualando a zero, tem-se:

$$\frac{dC}{dT} = 100 \cdot 0,05K_A \cdot e^{-0,05T} - 0,5K_p = 0$$

$$\text{Então, } 5K_A e^{-0,05T} = 0,5K_p \rightarrow e^{0,05T} = \frac{5K_A}{0,5K_p} \rightarrow 0,05T = \ln\left(\frac{10K_A}{K_p}\right) \rightarrow T = 20 \ln\left(\frac{10K_A}{K_p}\right)$$

Para $K_A = 1$ e $K_p = 4$

$$T = 20 \ln(2,5) = 18,32\%$$

Conclui-se, então, que o tamanho ótimo da memória cache será de 18,32% que corresponderá a uma taxa de acessos

$$A = 100(1 - e^{-0,05 \cdot 18,3}) \cong 60\%$$

(valor: 10,0 pontos)

Questão 6**Padrão de Resposta Esperado**

Uma rápida análise permite concluir que os circuitos (2) e (4) violam as leis.

CIRCUITO 2:

Com o chaveamento do conversor eletrônico, duas tensões (a da fonte e a do capacitor) poderiam ser conectadas diretamente, contrariando a Lei de Kirchhoff das tensões.

CIRCUITO 4:

Com o chaveamento do conversor eletrônico, as correntes nos indutores, de valores diferentes, estariam sendo conectadas, contrariando a Lei de Kirchhoff das correntes.

Nos demais circuitos (1, 3 e 5), o chaveamento conecta sempre uma tensão com uma corrente, ou vice-versa, não contrariando imediatamente as leis de circuitos elétricos.

CIRCUITO 1:

Com o chaveamento do conversor eletrônico, a fonte de tensão E é conectada a um indutor, que se comporta como uma fonte de corrente nesse momento.

CIRCUITO 3:

Com o chaveamento do conversor eletrônico, a corrente no indutor é conectada à tensão do capacitor.

CIRCUITO 5:

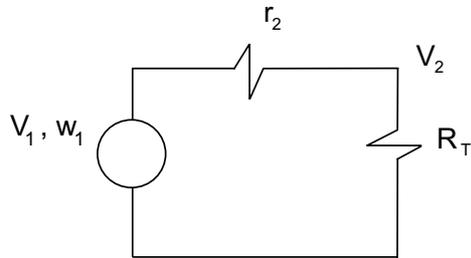
Com o chaveamento do conversor eletrônico, a fonte de tensão E é conectada a um circuito indutivo, que se comporta como uma fonte de corrente nesse momento. **(valor: 10,0 pontos)**

Obs.: Foi atribuída uma pontuação parcial para respostas pertinentes, porém incompletas.

Questão 7

Padrão de Resposta Esperado

a) Circuito equivalente simplificado

A tensão V_2 é calculada pelo divisor resistivo:

$$V_2 = \frac{R_T}{R_T + r_2} V_1 = \frac{\frac{r_2(1-s)}{s}}{\frac{r_2(1-s)}{s} + r_2} V_1 = (1-s)V_1$$

A potência elétrica transformada em mecânica é obtida da seguinte forma:

$$P_M = \frac{V_2^2}{R_T} = \frac{[V_1(1-s)]^2}{\frac{r_2(1-s)}{s}} = \frac{V_1^2(1-s)s}{r_2}$$

$$\text{Como: } \begin{cases} s = \frac{w_1 - w_m}{w_1} \rightarrow 1-s = \frac{w_m}{w_1} \\ w_2 = w_1 - w_m \end{cases}$$

$$\text{Obtém-se } P_M = \left(\frac{V_1}{w_1} \right)^2 \frac{w_m \cdot w_2}{r_2}$$

$$\text{Logo: } T = \frac{P_M}{w_m} = \left(\frac{V_1}{w_1} \right)^2 \frac{w_2}{r_2}$$

Assim, o torque é diretamente proporcional a w_2

(valor: 3,0 pontos)

Solução alternativa:

$$\text{Torque Total Trifásico} = 3 \left(\frac{V_1}{w_1} \right)^2 \frac{w_2}{r_2},$$

que também é diretamente proporcional a w_2 .

b) Mantendo invariáveis w_1 , r_2 e w_2 e reduzindo de 30% a tensão V_1 , temos o torque proporcional:

$$T = K (0,7 V_1)^2 = 0,49 K V_1^2$$

Logo, o torque será 51% menor para uma mesma velocidade de escorregamento w_2 .

(valor: 3,0 pontos)

c) Na expressão do torque, mantendo-se a relação $\left(\frac{V_1}{w_1}\right)$ invariável, obtém-se a mesma capacidade de torque.

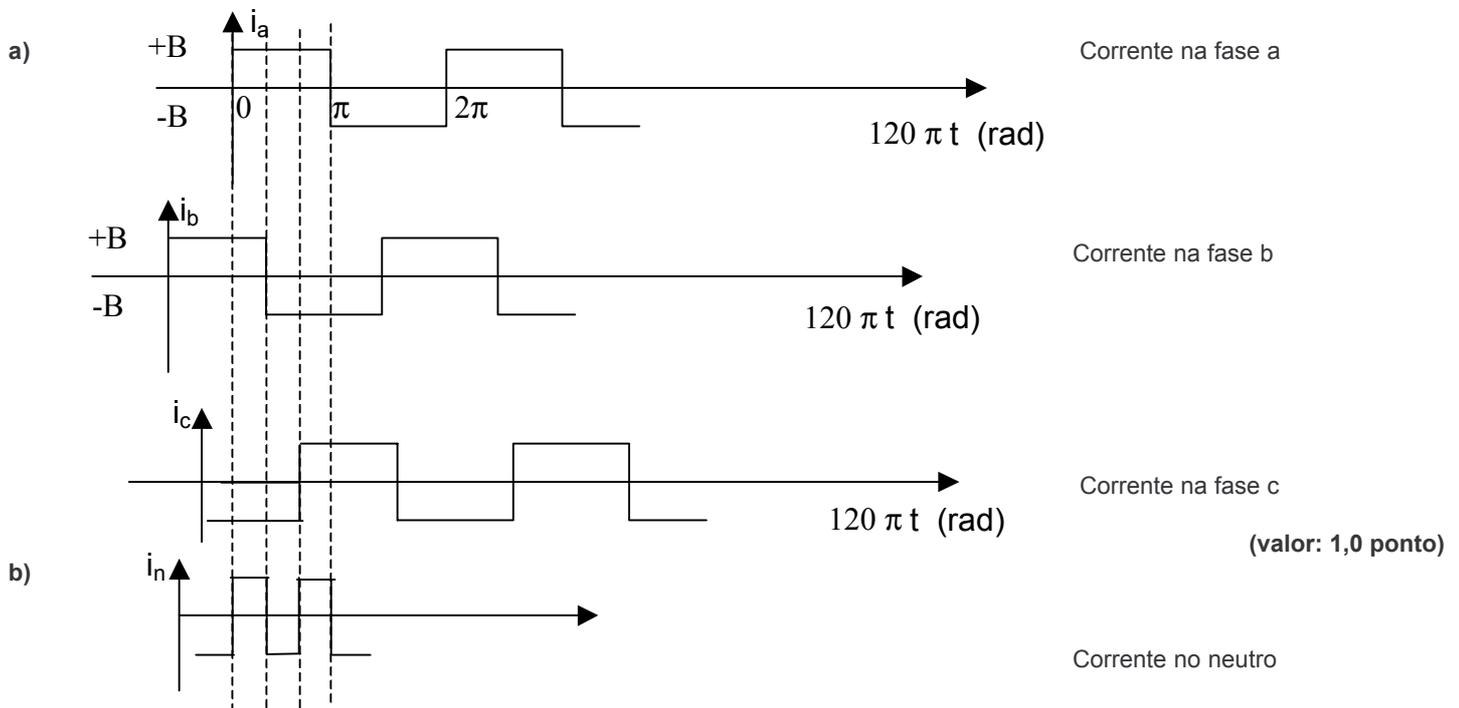
No caso anterior, por exemplo, se a queda de 30% na tensão V_1 for acompanhada de uma queda de 30% na frequência (w_1)

de alimentação, mantendo-se a velocidade de escorregamento (w_2), o torque não se altera, permanece constante.

(valor: 4,0 pontos)

Questão 8

Padrão de Resposta Esperado



A amplitude e o período da corrente do neutro são obtidos diretamente do gráfico construído a partir da expressão $i_n = i_a + i_b + i_c$

Logo,

- o período da corrente de neutro é igual a $1/3$ do período das correntes de fase;
- a amplitude é $\pm B$.

(valor: 3,0 pontos)

c) Ordens harmônicas múltiplas de 3 e ímpares. Portanto: 3, 9, 15, 21

Explicação:

- a onda final tem simetria de meia onda, logo, só apresenta harmônicos ímpares;
- os harmônicos múltiplos de três são os únicos em fase, portanto, os únicos que se somam no neutro;
- os harmônicos NÃO múltiplos de três estão defasados de 120 graus nas fases e, portanto, são cancelados no neutro.

(valor: 3,0 pontos)

d) O quadrado das correntes de fase, assim como o quadrado da corrente de neutro, vale B^2 .

Como este valor é constante, o seu valor médio também vale B^2 .

Assim, a raiz quadrada do valor médio quadrático, ou seja, o valor eficaz ou rms, vale B em todos os casos. (valor: 3,0 pontos)

Questão 9**Padrão de Resposta Esperado**

- a) Analisando o diagrama para a condição de equilíbrio no comparador de fase, obtém-se a equação para N inteiro e f_{OL} em MHz.

$$\frac{f_{OL}}{20N} = \frac{1,28}{128} \rightarrow N = \frac{f_{OL} \cdot 128}{20 \cdot 1,28} = 5 f_{OL}$$

Na expressão f_{OL} é adimensional (valor da frequência do oscilador local).

- Para o 1º canal de operação do serviço de radiodifusão FM:

$$N = 5 \cdot f_{OL1} = 5 \cdot 98,6 = 493$$

- Para o 2º canal

$$N = 5 \cdot f_{OL2} = 5 \cdot 98,8 = 494$$

- Para o 3º canal

$$N = 5 \cdot 99,0 = 495$$

E assim, sucessivamente, até o 100º canal.

- Para o 100º canal

$$N = 5 \cdot f_{OL100} = 5 \cdot 118,4 = 592$$

Portanto, a faixa de valores de N varia de 493 a 592, com incremento de 1.

(valor: 6,0 pontos)

- b) É empregado um oscilador a cristal para proporcionar maior estabilidade de frequência, isto é, manter constante o valor da frequência de operação.

(valor: 2,0 pontos)

- c) O estágio Y é um filtro passa-baixas para evitar flutuações no VCO pelas componentes espúrias de alta frequência.

(valor: 2,0 pontos)

Obs.: Serão aceitas outras respostas desde que sejam coerentes.

Questão 10

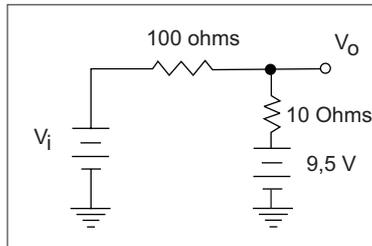
Padrão de Resposta Esperado

a) Usando as informações do gráfico, escrevemos: $R_z = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{10,50 - 9,51}{(100 - 1) \times 10^{-3}} = 10 \Omega$

Com o modelo, temos: $V_z = 10 - 10 \cdot 50 \times 10^{-3} = 9,5V$

(valor: 3,0 pontos)

b) Substituindo o diodo Zener pelo seu modelo, tem-se:



Corrente mínima pelo Zener:

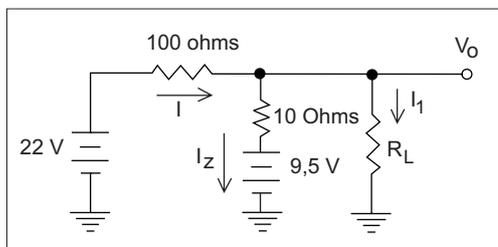
$$I_{zk} = 1mA \rightarrow V_i = (100 + 10) \cdot 10^{-3} + 9,5 = 9,61V \rightarrow V_o = 9,51V \text{ (do gráfico)}$$

Corrente máxima pelo Zener:

$$I_{zm} = 100mA \rightarrow V_i = (100 + 10) \cdot 0,1 + 9,5 = 20,5V \rightarrow V_o = 10,5V \text{ (do gráfico)}$$

(valor: 3,0 pontos)

c) Substituindo novamente o diodo Zener pelo seu modelo, tem-se:



Menor valor de R_L corresponde à menor corrente pelo diodo Zener:

$$I_{zk} = 1mA \rightarrow V_o = 9,51V$$

$$\text{Corrente pelo resistor de } 100\Omega: I = \frac{22 - 9,51}{100} = 124,9mA$$

$$\text{Menor valor de } R_L: R_L = \frac{9,51}{(124,9 - 1) \times 10^{-3}} = 76,76\Omega$$

Maior valor de R_L corresponde à maior corrente pelo diodo Zener:

$$I_{zm} = 100mA \rightarrow V_o = 10,5V$$

$$\text{Corrente pelo resistor de } 100\Omega: I = \frac{22 - 10,5}{100} = 115mA$$

$$\text{Maior valor de } R_L: R_L = \frac{10,5}{(115 - 100) \times 10^{-3}} = 700\Omega$$

(valor: 4,0 pontos)

Questão 11

Padrão de Resposta Esperado

a) $Fls = \bar{F} \cdot B \cdot C$

Como a expressão Fls não depende da variável P (protetor da lente), o controlador digital vai disparar o *flash* com a objetiva tampada, com a condição lógica (F = 0, B = 1 e C = 1). **(valor: 3,0 pontos)**

b) Expressão do obturador: $Obt = \bar{P} \cdot B \cdot (F \oplus C)$

Expandido a operação ou-exclusivo, tem-se:

$$\bar{P} \cdot B \cdot (F\bar{C} + \bar{F}C) = \bar{P} \cdot B \cdot F \cdot \bar{C} + \bar{P} \cdot B \cdot \bar{F} \cdot C$$

Observa-se que quando há luz suficiente (F=1) e o *flash* está carregado (C=1), condições do ou-exclusivo anulam o disparo do obturador. Em outras palavras, o obturador não dispara nessas duas condições, contrariando o seu funcionamento. **(valor: 3,0 pontos)**

c) O preenchimento e a leitura dos Mapas de Karnaugh são:

		FB			
		00	01	11	10
PC	00	0	0	1	0
	01	0	1	1	0
	11	0	0	0	0
	10	0	0	0	0

$$Obt = B\bar{P}C + FB\bar{P} = \bar{P}B(F + C)$$

		FB			
		00	01	11	10
PC	00	0	0	0	0
	01	0	1	0	0
	11	0	0	0	0
	10	0	0	0	0

$$Flash = \bar{F}B\bar{P}C$$

(valor: 4,0 pontos)

Questão 12**Padrão de Resposta Esperado**

a) A potência de saída, expressa em dBW, é $P_T = 10 \log(100) = 20 \text{ dBW}$.

Sendo a potência efetivamente irradiada $P_{ERP} = 37 \text{ dBW}$, o ganho da antena em relação à isotrópica é

$$G_{Ti} \text{ (dBi)} = P_{ERP} \text{ (dBW)} - P_T \text{ (dBW)} = 37 - 20 = 17 \text{ dBi.} \quad (\text{valor: 1,0 ponto})$$

b) A perda básica é $L_{(dB)} = 32,44 + 20 \log d_{(km)} + 20 \log f_{(MHz)} = 32,44 + 20 \log 36\,000 + 20 \log 4\,000 = 195,61 \text{ dB}$
 (1)

A potência do sinal P_R na entrada do receptor da estação terrena é:

$$P_{R(dBW)} = \text{potência efetivamente irradiada } P_{ERP(dBW)} - \text{perda básica } L_{(dB)} + \text{Ganho da antena receptora da estação terrena } G_{R(dB)}, \text{ logo, } P_R = 37 - 195,61 + 39 = -119,61 \text{ dBW} \quad \text{..... (2)}$$

$$\text{A energia de bit no receptor é: } E_b = S D = P_R / R_b, \quad \text{..... (3)}$$

onde:

$S = P_R$ é a potência do sinal recebido, em W;

$R_b = \frac{1}{D}$ é, por definição, a taxa de sinalização, em baud.

Por (3), a relação *energia de bit / densidade espectral de potência de ruído* E_b/N_o , na entrada do receptor, poderá ser expressa por

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{P_R}{R_b N_o}$$

$$\text{Assim, } R_b = \frac{\frac{P_R}{N_o}}{\frac{E_b}{N_o}}, \text{ implicando:}$$

$$R_{b(dB)} = P_{R(dBW)} - N_o(dBW/Hz) - E_b/N_o(dB)$$

$$\text{A densidade espectral de potência de ruído é } N_o(W/Hz) = k_B(W/Hz K) T_{(K)} \quad \text{..... (5)}$$

$$N_o = 1,38 \times 10^{-23} \times 300 = 414,0 \times 10^{-23} \text{ W/Hz.}$$

Expressando em dBW/Hz, resulta:

$$N_o(dBW/Hz) = 10 \log N_o(W/Hz) = 10 \log 414 - 230 \cong -203,83 \text{ dBW/Hz}$$

Para uma E_b/N_o mínima especificada de 10 dB e por (2), (4) e (5), resulta:

$$\text{Taxa de sinalização máxima } R_{b(dB)} = P_{R(dBW)} - N_o(dBW/Hz) - E_b/N_o(dB) = -119,61 + 203,83 - 10 = 74,22 \text{ dB (em relação a 1 baud).}$$

..... (6)

Por (6), a taxa de sinalização, em baud, será $R_b = 10^{7,422} \cong 26\,424,0876 \text{ kbaud}$.

(8) Como a sinalização é ternária, a taxa de bits é: $C = 3 \times R_b = 3 \times 26\,424,0876 \text{ kbps}$

$$C \cong 79\,272,2628 \text{ kbps.}$$

(valor: 9,0 pontos)

Questão 13**Padrão de Resposta Esperado**

a) $P_L \geq 0,60 \cdot P_{in}$ (1)

Como o guia está casado, o coeficiente de reflexão σ_L é nulo e tem-se:

$$P_L = P_{in} \cdot e^{-2 \cdot \alpha \cdot L} \Rightarrow P_{in} / P_L = e^{2 \cdot \alpha \cdot L} \text{ (2)}$$

Das equações (1) e (2) acima, resulta:

$$1/0,60 \geq e^{2 \cdot \alpha \cdot L} \Rightarrow e^{2 \cdot \alpha \cdot L} \leq 10/6 \Rightarrow 2 \cdot \alpha \cdot L \cdot \ln(e) \leq \ln(10/6) \Rightarrow 2 \cdot \alpha \cdot L \leq \ln(10/6)$$

$$L \leq 0,2554 / \alpha \text{ (3)}$$

É necessário calcular α :

$$A(\text{dB}) = 10 \cdot \log(P_{in} / P_L)$$

$$\Rightarrow A = 10 \cdot \log e^{2 \cdot \alpha \cdot L}$$

$$\Rightarrow A(\text{dB}) = 20 \cdot \alpha \cdot L \cdot \log e \Rightarrow A(\text{dB}) \leq 8,686 \cdot \alpha \cdot L$$

$$A(\text{dB/m}) = 8,686 \cdot \alpha \text{ (4)}$$

Pela Fig. 1, com a freqüência de 11GHz, obtém-se:
 $A \approx 0,1 \text{ dB/m}$

Por (4)

$$\Rightarrow 0,1 = 8,686 \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = 0,0115 \text{ NP/m}$$

Substituindo α na equação (3):

$$\Rightarrow L \leq 0,2554 / 0,0115 \Rightarrow L \leq 22,2 \text{ m.}$$

O comprimento máximo do guia empregado é 22,2 m.

(valor: 7,0 pontos)

b) $P_{\text{desviada}} = P/3$

$$K = 10 \cdot \log(P / P_{\text{desviada}}) = 10 \cdot \log(3) = 4,77 \text{ dB}$$

(valor: 3,0 pontos)

Obs.: Se o formando considerar $\sigma_L \neq 0$ e colocar as expressões coerentes tem os pontos integrais do item a.

Questão 14**Padrão de Resposta Esperado**

- a) • Tempo para a transmissão de um bloco T_{BLOCO} (ida)

Retardo de propagação: $T_P = d / v = 10\,000 / 250\,000 = 0,040$ s
 Número de bytes de um bloco: $1 + 4 + 1 + 200 + 1 + 2 + 1 = 210$ bytes
 Tempo de transmissão de 210 bytes: T_{210}
 $T_{210} = (210 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits}) / 9\,600 \text{ bps} = 0,175$ s
 Retardo adicional: $T_R = 0,010$ s
 $T_{\text{BLOCO}} = T_P + T_{210} + T_R = 0,040 + 0,175 + 0,010 = 0,225$ s

- Tempo para a transmissão do *acknowledgement* T_A (volta)

Retardo de propagação: $T_P = d / v = 10.000 / 250\,000 = 0,040$ s

- Tempo de transmissão de 8 bytes de *acknowledgement* T_8 :
 $T_8 = (8 \text{ bytes} \times 8 \text{ bits}) / 4\,800 \text{ bps} = 0,013333\dots$ s
 Retardo adicional: $T_R = 0,010$ s
 $T_A = T_P + T_8 + T_R = 0,040 + 0,013333 + 0,010 = 0,063333$ s

- Tempo de ida e volta para transmissão e *acknowledgement* de um bloco $T_{\text{I-V}}$

$$T_{\text{I-V}} = T_{\text{BLOCO}} + T_A = 0,225 + 0,063333 = 0,288333 \text{ s}$$

- Tempo de ida e volta para transmissão e *acknowledgement* de 8.000 blocos T_C , supondo que todos os blocos estejam corretos

$$T_C = 8.000 \times T_{\text{I-V}} = 8\,000 \times 0,288333 = 2\,306,6664 \text{ s} \quad (\text{valor: 6,0 pontos})$$

- b) BLER = 1% corresponde a $0,01 \times 8.000 = 80$ blocos retransmitidos por terem sido recebidos como incorretos na sua primeira transmissão.

O tempo adicional referente à transmissão de 80 blocos é $T_{80} = 80 \times T_{\text{I-V}} = 80 \times 0,288333 = 23,066664$ s.

O tempo total gasto T_E para a transmissão de 8.000 blocos, com uma taxa de erros de bloco BLER de 1,0 %, é:

$$T_E = T_C + T_{80} = 2\,306,6664 + 23,066664 = 2\,329,733 \text{ s} \quad (\text{valor: 2,0 pontos})$$

- c) *Taxa de transferência de bits de informação* TTBI para a transmissão de 8.000 blocos, considerando a taxa de erros de bloco BLER nula.

Número de bits de informação N_{info} :
 $N_{\text{info}} = 200 \text{ bytes de informação} \times 8 \text{ bits} \times 8\,000 \text{ blocos} = 128 \cdot 10^5$.

$$\text{TTBI} = N_{\text{info}} / T_C = (200 \times 8 \times 8\,000) / 2\,306,6664 = 5\,549,1335 \text{ bps.} \quad (\text{valor: 2,0 pontos})$$

Questão 15

Padrão de Resposta Esperado

- a) O valor da variável VOLT é 8 e o valor da variável AMPERE é 4.
- Na chamada do procedimento **CIRCUITO(VOLT, AMPERE)** ocorre passagem de parâmetro por valor da variável VOLT para HENRY e, por referência, da variável AMPERE para FARAD.
 - Na passagem de parâmetro por valor, é passada uma cópia do conteúdo de VOLT para HENRY e, ao término da execução do procedimento, a variável VOLT permanece com o seu valor original.
 - Na passagem de parâmetro por referência, é passado o conteúdo da variável AMPERE para FARAD e todas as alterações na variável FARAD refletem diretamente na variável AMPERE, não preservando o valor original. **(valor: 6,0 pontos)**
- b) Procedimento CIRCUITO empregando a estrutura Enquanto ... Faça:

```

Procedimento CIRCUITO(HENRY:numérico;var FARAD:numérico);
Início-do-procedimento
Variável MAXWELL : lógica;
  Atribuir 3 a HENRY;
  Atribuir 7 a FARAD;
  Atribuir VERDADEIRO a MAXWELL;
  Enquanto MAXWELL faça
    início
      Atribuir HENRY - 1 a HENRY;
      Atribuir (FARAD - HENRY) a FARAD;
      Se HENRY = 0 então Atribuir FALSO a MAXWELL;
    fim;
  fim_enquanto;
Fim-do-procedimento

```

Solução alternativa para o item b)

```

Procedimento CIRCUITO(HENRY:numérico;var FARAD:numérico);
Início-do-procedimento
Variável MAXWELL : lógica;
  Atribuir 3 a HENRY;
  Atribuir 7 a FARAD;
  Atribuir FALSO a MAXWELL;
  Enquanto NÃO MAXWELL faça
    início
      Atribuir HENRY - 1 a HENRY;
      Atribuir (FARAD - HENRY) a FARAD;
      Se HENRY = 0 então Atribuir VERDADEIRO a MAXWELL;
    fim;
  fim_enquanto;
Fim-do-procedimento

```

(valor: 4,0 pontos)

Questão 16**Padrão de Resposta Esperado**

- a) O equipamento mais adequado é o roteador.

Justificativa: o ambiente é heterogêneo e opera sob protocolo TCP/IP.

(valor: 3,0 pontos)

- b) A solução é substituir o *hub* na sub-rede SUN Solaris por um *switch*.

Justificativa: o objetivo é o de segmentar a rede em domínio de colisão e, dessa forma, o problema estaria facilmente resolvido.

(valor: 3,0 pontos)

- c) Protocolo: PPP (*Point-to-Point Protocol*)

Deverão ser indicadas três das seguintes vantagens:

- transporta o IP no segmento de linha entre modems;
- é multiprotocolo (além do IP transporta outros protocolos);
- possui implementado mecanismo de detecção de erros;
- possibilita o emprego em linhas de maior velocidade (superior a 19.200 bps – limitação do SLIP);
- permite o endereço IP dinâmico (DHCP).

(valor: 4,0 pontos)

Questão 17

Padrão de Resposta Esperado

a) Configuração I:

Determinação da capacidade de armazenamento em disco rígido:

38792 cilindros x 16 cabeçotes x 63 setores x 512 bytes por setor = 20020396032 bytes = 20 Gbytes

Configuração II:

Determinação da capacidade de armazenamento em disco rígido:

38792 cilindros x 24 cabeçotes x 126 setores x 512 bytes por setor = 60061188096 bytes = 60 Gbytes

Configuração III:

Determinação da capacidade de armazenamento em disco rígido:

19396 cilindros x 32 cabeçotes x 126 setores x 512 bytes por setor = 40040792064 bytes = 40 Gbytes

Resposta: Configuração II

(valor: 4,0 pontos)

b) USB X Firewire

	USB	FIREWIRE
Conceito	constitui um barramento serial para periféricos, onde, através de um único plugue na placa-mãe, todos os periféricos externos podem ser conectados. A cada porta USB podem ser conectados até 127 dispositivos	constitui um outro tipo de barramento serial para periféricos de alto desempenho conectados externamente ao micro. A cada porta Firewire podem ser conectados até 63 dispositivos
Topologia	A troca de dados entre os dispositivos depende diretamente de um controlador-host da CPU	Conexão peer-to-peer (qualquer dispositivo pode trocar dados com outro sem a necessidade de um controlador-host)
Iniciador / Alvo	O controlador-host é o iniciador e os dispositivos periféricos são alvo	Todos os dispositivos podem ser iniciadores ou alvos
Disponibilidade comercial nos equipamentos	todos os chipsets para placas-mãe de PCs atualmente suportam o USB	o Firewire é um barramento mais utilizado em equipamentos Machintosh do que PCs e quase nenhum chipset para placa-mãe de PCs suporta o Firewire
Taxas de transferência	<ul style="list-style-type: none"> • USB versão 1.1 , oferecendo duas taxas de transferência: 12 Mbps (câmeras digitais, modems, impressoras e scanners) e 1,5 Mbps (teclados, joysticks e mouse) • Versão 2.0 permite taxas de até 480 Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> • Firewire (IEEE 1394) permite taxas de até 400 Mbps. • Uma nova versão IEEE 1394b permite taxas de até 800 Mbps

(valor: 5,0 pontos)

- c) O Windows XP Professional requer que a configuração da máquina onde vai ser instalado o produto tenha 64 MB de RAM (mínimo suportado), sendo recomendado o mínimo de 128 MB para um melhor desempenho. Além disso, a configuração deverá conter uma unidade de CD-ROM, pois a instalação é realizada a partir de um CD. Assim, a configuração possível é a III. (valor: 1,0 ponto)

Questão 18

Padrão de Resposta Esperado

- a) No projeto do controlador, devem ser consideradas as três especificações. A especificação de erro em regime está assegurada pelo integrador presente no controlador.

Para satisfazer a especificação de resposta tipo 1ª ordem, deve-se escolher o parâmetro $T = 0,5$ de modo a se cancelar o pólo dominante do motor. Assim, a FTMA fica

$$C(s)G(s) = \frac{10K}{s}$$

A FTMF do sistema é

$$FTMF = \frac{CG(s)}{1+CG(s)} = \frac{\frac{10K}{s}}{1+\frac{10K}{s}} = \frac{10K}{s+10K} = \frac{1}{1+\frac{1}{10K}s}$$

que corresponde a um sistema padrão de 1ª ordem com constante de tempo $\tau = \frac{1}{10K}$.

Para que o sistema apresente tempo de acomodação a 5%, $t_{r,5\%} \cong 0,1$ segundo, deve-se ajustar o ganho K de modo que $3\tau = 0,1$, ou seja,

$$3\tau = \frac{3}{10K} = 0,1$$

$$K = 3$$

Assim, o controlador projetado é

$$C(s) = \frac{3(1+0,5s)}{s}$$

(valor: 3,0 pontos)

- b) O controlador considerado produz um cancelamento do pólo correspondente a $\tau_L = 0,5$. Portanto, a resposta de malha fechada esperada, considerando-se o modelo apresentado, seria do tipo 1ª ordem. A resposta produzida indica uma influência da constante elétrica τ_E para o ajuste de ganho feito.

O modelo do motor, levando em conta sua constante de tempo τ_E , é

$$G(s) = \frac{10}{(1+0,5s)(1+\tau_E s)}$$

Com o controlador considerado, a FTMA do sistema fica

$$CG(s) = \frac{15,6}{s(1+\tau_E s)}, \text{ ou } CG(s) = \frac{15,6}{\tau_E s(s + \frac{1}{\tau_E})}$$

A FTMF fica, então,

$$FTMF = \frac{15,6}{s(1+\tau_E s) + 15,6} = \frac{15,6}{\tau_E s^2 + s + 15,6} = \frac{\frac{15,6}{\tau_E}}{s^2 + \frac{1}{\tau_E}s + \frac{15,6}{\tau_E}}$$

Confrontando com a forma padrão de 2ª ordem, tem-se:

$$\omega_n^2 = \frac{15,6}{\tau_E} \quad \text{e} \quad 2\xi\omega_n = \frac{1}{\tau_E}$$

Da tabela fornecida, para um sobressinal de 25% obtém-se $\xi = 0,4$

Da resposta observada, com sobressinal de 25% e $t_{r,5\%} \cong 0,6$ segundo, obtém-se:

$$\frac{3}{\xi\omega_n} = 0,6, \text{ donde } \xi\omega_n = \frac{3}{0,6} = 5 \text{ e } \omega_n = \frac{5}{0,4} = 12,5$$

Resolve-se, então, para τ_E , por exemplo, fazendo $\tau_E = \frac{1}{2\xi\omega_n} = \frac{1}{2 \times 5} = \frac{1}{10} = 0,1$

(valor: 4,0 pontos)

c) Para esboçar o lugar das raízes, considera-se a FTMA

$$KC(S)G(S) = \frac{10K(1+0,5s)}{s(1+0,5s)(1+\tau_E s)} = \frac{10K}{s(1+\tau_E s)}$$

Obs.: Na correção das respostas devem ser aceitas duas possibilidades: uma, onde o LR foi traçado qualitativamente em função do parâmetro τ_E ; e outra, quantitativa, que considera os valores obtidos em (b) para τ_E .

Os pólos finitos de malha aberta são $p_1 = 0$ e $p_2 = -\frac{1}{\tau_E}$, ou $p_2 = -10$.

As assíntotas cruzam o eixo real em $-\frac{1}{2\tau_E} = -\xi\omega_n$, ou seja, em -5.

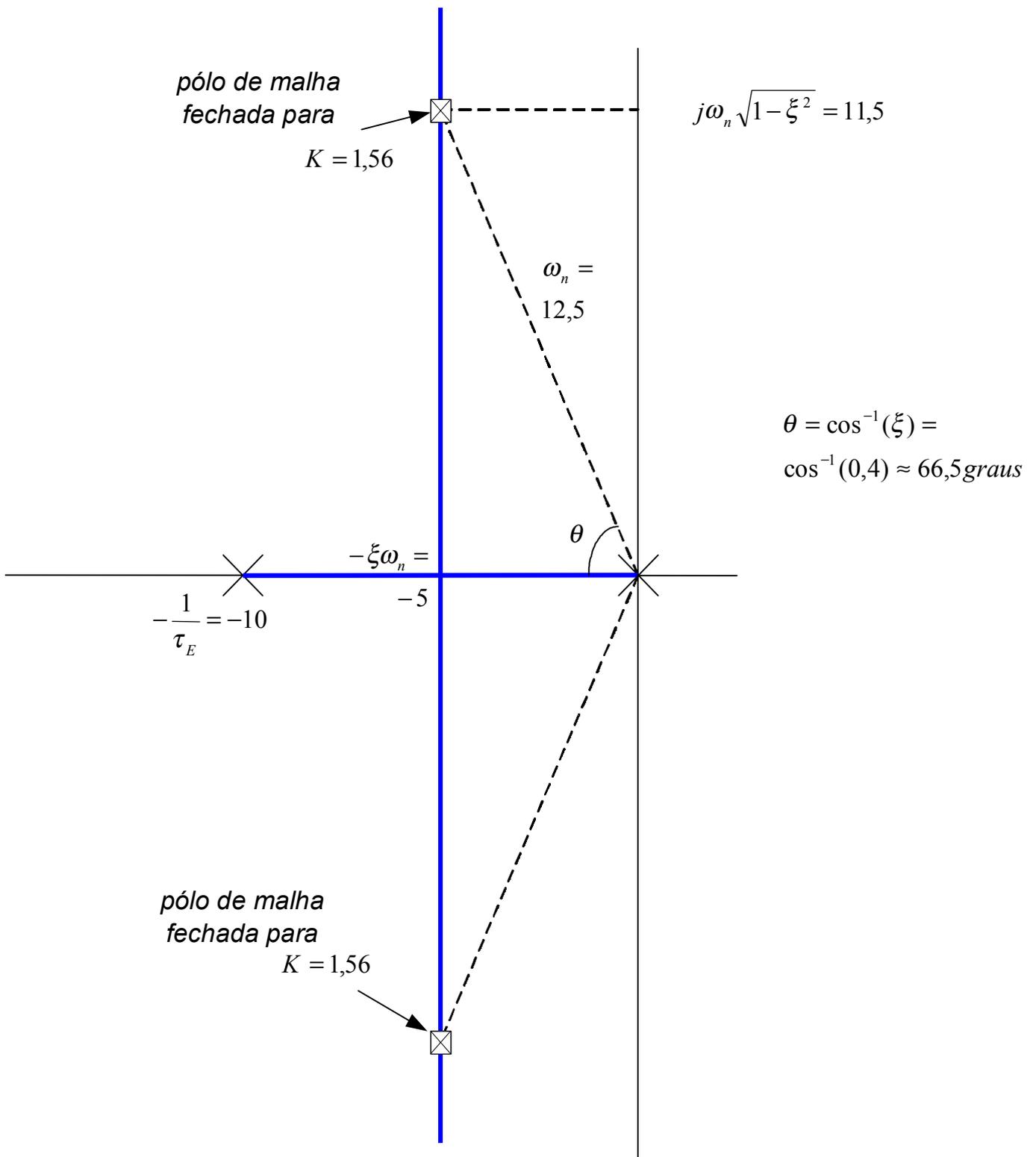
Para 2 pólos finitos e nenhum zero finito de malha aberta, o traçado do LR deve ser como o esboçado a seguir.

Para localizar os pólos de malha fechada para $K = 1,56$, é preciso considerar os valores obtidos a partir da resposta e dos valores de ξ e ω_n correspondentes. Estes pólos estão em

$$-\xi\omega_n \pm j\omega_n\sqrt{1-\xi^2}$$

ou seja, $-5 \pm j11,5$

(valor: 3,0 pontos)



Questão 19**Padrão de Resposta Esperado**

- a) Da figura, observa-se que a saída se comporta como um sistema de 1ª ordem, atrasado de 5 segundos em relação ao instante de aplicação do degrau. Assim, $a = 5$ segundos.

Para identificar o termo de 1ª ordem de $G(s)$, considera-se a origem em $t_0 = 5$ segundos. A resposta de 1ª ordem atinge 95% do valor de regime em $t = 35$ segundos, ou seja,

$$t_{r,5\%} = 3b = t - t_0 = 35 - 5 = 30 \text{ segundos.}$$

Portanto,

$$b = 10 \text{ segundos} \quad (\text{valor: 3,0 pontos})$$

- b) Do diagrama de resposta em frequência, considerando a aproximação de Padé, pode-se estimar a margem de ganho do sistema como

$$MG_{dB} = -20 \log |GH(j\omega_\phi)|, \text{ para } \phi[GH(j\omega_\phi)] = -180^\circ$$

No caso, $\omega_\phi \cong 0,9$ rad/s, e, portanto, $MG_{dB} = -20 \log |GH(j0.9)| \cong -(-19) = 19 \text{ dB}$

O ganho K_{MAX} é, então, obtido de

$$20 \log K_{MAX} = 19$$

$$\log K_{MAX} = \frac{19}{20}$$

$$K_{MAX} = 10^{\frac{19}{20}} \cong 8,9 \quad (\text{valor: 4,0 pontos})$$

Obs.: Considerar respostas que expressem este ganho em dB, ou seja $K_{MAXdB} = 19 \text{ dB}$

- c) Observa-se nos diagramas que as frequências de cruzamento de fase exata e aproximada são muito próximas e, conseqüentemente, as correspondentes estimativas para K_{MAX} também o são.

Além disso, para frequências inferiores a ω_ϕ , os diagramas são praticamente iguais. Portanto, para qualquer ajuste de ganho $K < K_{MAX}$, as margens de ganho e fase resultantes aproximadas serão boas estimativas dos seus valores exatos, resultando em projetos adequados. (valor: 3,0 pontos)

Questão 20

Padrão de Resposta Esperado

- a) Se o quadro é formado por 14 caracteres, cada um de 11 bits, o tamanho do quadro, em bits, será de $L_b = 14 \times 11 = 154$ bits. Como a taxa de transmissão do barramento é de 500 kbits/s, ou 500000 bits/s, o tempo para envio de um quadro será de

$$T_Q = \frac{L_b}{BR} = \frac{154}{500000} = 0,000308, \text{ ou } T_Q = 308 \mu\text{s}$$

Como cada operação envolve a transmissão de 2 quadros, o tempo necessário para se completar uma operação mestre-escravo será de

$$T_{op} = 2T_Q = 616 \mu\text{s}.$$

Sendo $n = 5$, o número de dispositivos escravos do sistema, o tempo total de um ciclo de varredura do CLP será de

$$T_C = nT_{op} = 5 \times 616 = 3080 \mu\text{s}$$

ou

$$T_C = 3,08 \text{ ms}$$

Como $T_C < T_{MAX} = 10 \text{ ms}$, o sistema atende aos requisitos considerados.

(valor: 3,0 pontos)

- b) Deve-se considerar o pior caso. Neste caso, cada operação mestre-escravo falha uma vez, o que implica uma espera e um reenvio de um quadro. O tempo total da operação será, portanto, de

$$T_{op} = 3T_Q + T_{SL} = 3 \times 308 + T_{SL} = 924 + T_{SL} \mu\text{s}$$

O tempo de ciclo total é, então, no pior caso,

$$T_C = nT_{op} = 5 \times (924 + T_{SL}) = 4620 + 5T_{SL} \mu\text{s}$$

Para que este tempo não exceda T_{MAX} , deve-se ter

$$T_C = nT_{op} = 5 \times (924 + T_{SL}) = 4620 + 5T_{SL} < 10000 \mu\text{s}$$

ou

$$T_{SL} < \frac{10000 - 4620}{5} = 1076 \mu\text{s}$$

(valor: 4,0 pontos)

- c) A produtividade da linha pode ser estimada a partir do 1º gráfico como

$$P = \frac{500}{10} = 50 \text{ itens/h}$$

O tempo médio para se produzir um item é, então,

$$M = \frac{1}{P} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ h, ou}$$

$$M = 0,02 \times 60 = 1,2 \text{ minuto}$$

Para o cálculo da eficiência da linha deve-se calcular P_I , a produtividade da linha em condições de operação sem falhas. No 2º gráfico, observa-se que no período considerado a linha ficou em condições de operacionalidade por 8,5 horas. Deste modo, obtém-se

$$P_I = \frac{500}{8,5} \text{ itens/h}$$

e

$$E = \frac{P}{P_I} = \frac{50 \times 8,5}{500} = 0,85$$

(valor: 3,0 pontos)