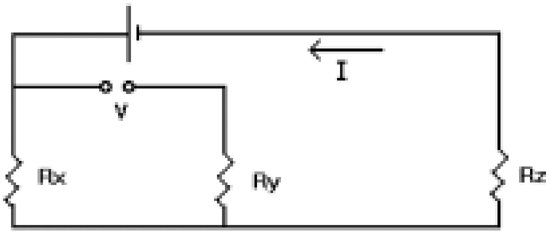
Questão nº 1

Padrão de Resposta Esperado:

a)



Como o voltímetro e o amperímetro são ideais, a resistência de terra no eletrodo de teste é calculada por:

$$R_x \approx V/I$$ **(valor: 8,0 pontos)**

b) Para reduzir a resistência de terra, deverão ser citadas duas entre as seguintes possíveis soluções:
- aumentar o número de eletrodos;
- empregar eletrodos de maior espessura;
- aumentar a profundidade dos eletrodos;
- dissolver sais na terra para diminuir a sua resistividade;
- interligar com outros sistemas de aterramento já existentes. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 2

Padrão de Resposta Esperado:

a) No Ponto de Equilíbrio, as RECEITAS equilibram as DESPESAS TOTAIS: não há lucro.
Considerando x o número de componentes

Receitas = Despesas
$633\,x = 1.480.000 + 485\,x$
$(633 - 485)\,x = 1.480.000$
$148\,x = 1.480.000$
$x = 10.000$

PONTO DE EQUILÍBRIO = 10.000 componentes/mês (valor: 5,0 pontos)

b) Neste nível de produção, as RECEITAS equilibram as DESPESAS TOTAIS mais 10% das RECEITAS.
Considerando y o número de componentes

Receitas = Despesas + Lucro
$633\,y = (1.480.000 + 485\,y) + 0,1 \times 633\,y$
$633\,y = 1.480.000 + 485\,y + 63,3\,y$
$633\,y = 1.480.000 + 548,3\,y$
$(633 - 548,3)\,y = 1.480.000$
$84,7\,y = 1.480.000$
$y = 17.473,436$

NÍVEL DE PRODUÇÃO = 17.474 componentes/mês (valor: 5,0 pontos)

Questão nº 3

Padrão de Resposta Esperado:

a) $Série = \sum (-1)^N \cdot \frac{X^{2N}}{(2N)!}$ **para N = 0, .. 16** **(valor: 3,0 pontos)**

b) Lacuna 1:

```
se   NR < 2   então   FATORIAL:=1
              senão   FATORIAL:=NR*FATORIAL(NR-1);
fim-se
```

(valor: 3,0 pontos)

c) Lacuna 2:

```
    Y ← –30
    repetir
      Y ← Y + 30
      X ← (Y / 180)*PI
      cosx ← 0;
      para  n ← 0  até   16  faça
            se  n = 0  então  termo:=1
                       senão
                                   início
                                          se  X <> 0  então  termo:=(EXP((2*n)*LN(X)))/FATORIAL(2*n)
                                          fim-se
                                          se  ( resto da divisão de n  por  2  =  1 )  então   termo:=(-1)*termo
                                          fim-se
                                   fim
            fim-se;
                 cosx := cosx + termo
            fim-para
            escreva  (‘O coseno de ‘,Y,’ , igual a = ‘,cosx)
até que   Y = 360
```

(valor : 4,0 pontos)

Outros algoritmos que levem ao resultado correto serão aceitos.

Questão nº 4

Padrão de Resposta Esperado:

Circuito 1:

Ch1 fechada e Ch2 aberta.

Somente os semiciclos positivos são entregues à lâmpada.

Potência utilizada para a iluminação: $P = \frac{1}{2}110 = 55W$ **(valor: 2,5 pontos)**

Circuito 2:
Ch1 fechada e Ch2 aberta.

Resistência interna da lâmpada: $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(110)^2}{110} = 110\Omega$

É formado um divisor resistivo e a tensão sobre a lâmpada é de 55V.

Potência utilizada para a iluminação: $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(55)^2}{110} = 27,5W$ **(valor: 2,5 pontos)**

Circuito 3:

Ch1 fechada e Ch2 aberta.

É o caso de uma lâmpada de 220V ligada em 110V.

Resistência interna da lâmpada de 220V: $R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{110} = 440\Omega$

Potência utilizada para a iluminação: $P = \frac{V^2}{R} = \frac{110^2}{440} = 27,5W$ **(valor: 2,5 pontos)**

Circuito 4:

Solução 1:
Não existe modo de baixo consumo, pois a lâmpada só se acende com as duas chaves fechadas.

Potência utilizada para a iluminação: $P = \frac{V^2}{R} = \frac{110^2}{110} = 110W$ **(valor: 2,5 pontos)**

Obs.: Considerando que a solução deste item apresenta uma incoerência com o enunciado, os pontos referentes ao circuito 4 serão distribuídos entre os itens 1, 2 e 3, durante a correção.

A explicação a seguir não faz parte da solução da questão 4, serve apenas como ilustração para o problema da não-linearidade da lâmpada incandescente.
A resistência de uma lâmpada varia muito com a tensão aplicada em conseqüência da grande variação de temperatura de funcionamento. Em freqüências muito baixas a curva tensão corrente é não linear: a corrente, em módulo, é aproximadamente proporcional à raiz quadrada do módulo da tensão. Em freqüências da ordem de 1 Hz aparece uma histerese nesta curva (pois a variação de temperatura ocorre segundo uma equação diferencial de primeira ordem). Em freqüências superiores a alguns Hertz, a curva tensão corrente é reta (resistência linear) mas sua inclinação depende da tensão eficaz aplicada. A corrente eficaz é proporcional, aproximadamente, à raiz quadrada da tensão eficaz.

Este modelo permite um cálculo mais preciso para as potências pedidas na questão 4. Chamando respectivamente i e v a corrente e a tensão eficaz na lâmpada, vem

$$i = k\sqrt{v}$$

com

$$k = \frac{p_{nominal}}{\left(v_{nominal}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

e

$$p = p_{nominal}\left(\frac{v}{v_{nominal}}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Então, para o circuito 1

$$v = \frac{v_{nominal}}{\sqrt{2}}$$

vem

$$p = 65,4W$$

Para o circuito 2, chamando v a tensão eficaz na lâmpada e com k definido acima vem

$$v + 110 \times k\sqrt{v} = 110$$

Esta equação fornece

$$v = 42V$$

e

$$p = 26W$$

(Trata-se da potência dissipada na lâmpada. Incluindo a potência dissipada no resistor de 110 ohms, a potência seria

$p = 68W$)

No circuito 3 muda a lâmpada. A tensão aplicada é metade da nominal. Vem

$$p = 39W$$

Questão nº 5

Padrão de Resposta Esperado:

$\vec{F} = \int NI\, d\vec{L} \text{ x } \vec{B}$ é a força que atua no condutor de comprimento elementar dL, percorrido por uma corrente NI, devido à presença de uma indução externa B. Como L e B são fixos, a fórmula pode ser simplificada para:

$$\vec{F} = NI\ \vec{L} \text{ x } \vec{B}$$

$L = \pi\ D \Rightarrow \vec{L} = \pi D \vec{a}_\phi$

$D = 2cm \Rightarrow D = 0,02m$

$\vec{B} = -0,85\vec{a}_r\ Wb/m^2$

$\vec{F} = NI\,\vec{L} \text{ x } \vec{B} \Rightarrow \vec{F} = (NI\pi\ D\ \vec{a}_\phi) \text{ x } (-0,85\vec{a}_r) \Rightarrow \vec{F} = 30\,I\,\pi\ 0,02.0,85\,\vec{a}_z$

$\vec{F}/I = 1,60\vec{a}_z$ newton/ampère

$\Rightarrow F/I = 1,60N/A$ é a força aplicada no diafragma.

$\Rightarrow F$ aponta na direção positiva de z. **(valor: 10,0 pontos)**

Questão nº 6

Padrão de Resposta Esperado:

a) As duas assíntotas traçadas sobre o diagrama de módulo (linhas tracejadas) permitem identificar que a freqüência angular do único pólo existente é de 1000 rad/s.

Valor de R_1:

$$\frac{1}{R_1 C} = 1000 \rightarrow \quad R_1 C = 10^{-3} \rightarrow \quad R_1 = 10^{-3}\,10^{5} \rightarrow \quad R_1 = 100 \quad \Omega$$

A assíntota horizontal mostra o módulo de G(jω) tendendo para 20 dB , quando ω tende para infinito.

Valor de R_2:

$$\lim_{\omega\to\infty} \left|G(j\omega)\right| = 20\log(K) = 20dB \quad \rightarrow 20\log(K) = 20\log\left(\frac{R_2}{R_1}\right) = 20dB$$

$$\rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 10 \rightarrow \quad R_2 = 1000 \quad \Omega$$

(valor: 6,0 pontos)

b) Os diagramas de módulo e fase, na freqüência de 100 rad/s , apresentam os seguintes valores aproximados:

$$20\log_{10}\left|G(j\omega)\right| = 0 \quad \rightarrow \left|G(j\omega)\right| = 1 \quad \text{e} \quad Arg\left[G(j\omega)\right] = -90°$$

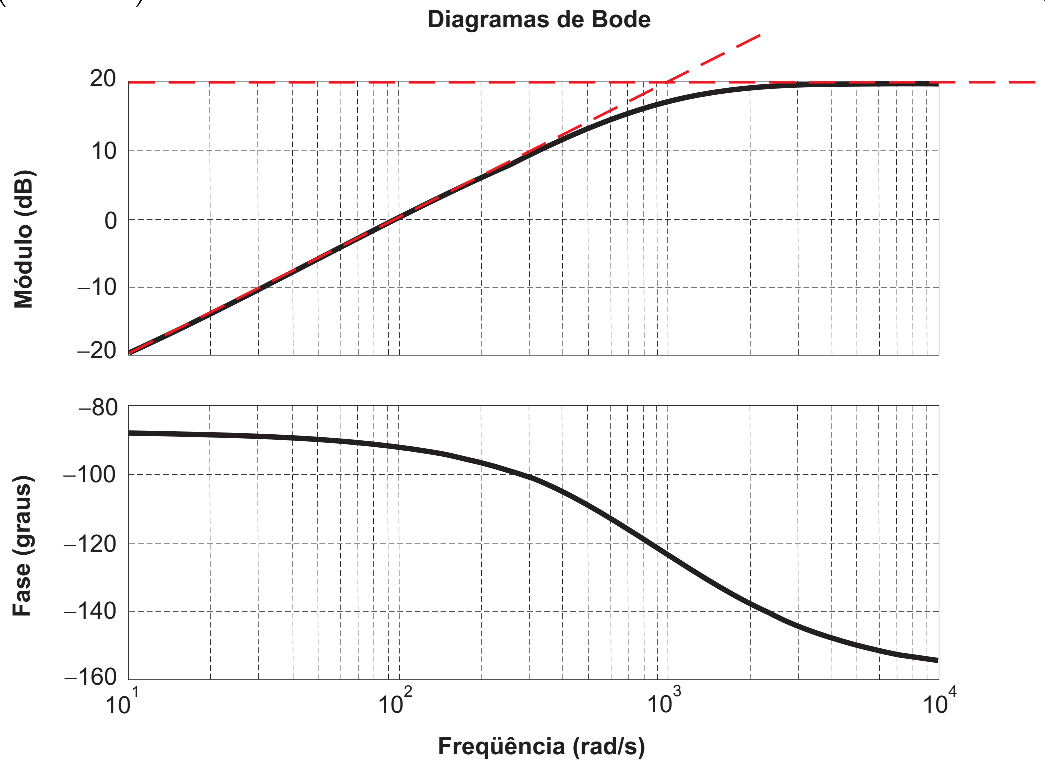
Tensão fasorial de saída V_o:

$$V_o = G\left(j10^2\right)\; V_i \;=\; e^{-j90}\,10e^{j40} = 10e^{-j50}$$

Assim, para uma tensão de entrada $v_i(t) = 10\cos\left(10^2 t + 40^{o}\right)$, a tensão de saída terá a mesma amplitude, com ângulo de fase: $40° - 90° = -50°$, ou seja,

$$v_o(t) = 10\cos\left(10^2 t - 50^{o}\right)$$

(valor: 4,0 pontos)



Questão nº 7

Padrão de Resposta Esperado:

a) Se a tensão de 127 volts for considerada nos terminais dos motores (pontos A e B), a solução é:

Motor 1:

Potência de saída: $P_{S_1} = 1 \times 746 = 746$ watts

Potência de entrada: $P_{E_1} = \dfrac{746}{0,6} = 1243,33$ watts

Corrente: $I_1 = \dfrac{P_{E_1}}{V \times fp} = \dfrac{1243,33}{127 \times 0,7} = 13,98$ ampères

Potência reativa: $Q_1 = P_{E_1} \tan(\cos^{-1}(fp)) = 1243,33 \times \tan(45,57) = 1268,32$ var indutivos

Motor 2:

Potência de saída: $P_{S_2} = 2 \times 746 = 1492$ watts

Potência de entrada: $P_{E_2} = \dfrac{1492}{0,7} = 2131,43$ watts

Corrente: $I_2 = \dfrac{P_{E_2}}{V \times fp} = \dfrac{2131,43}{127 \times 0,95} = 17,67$ ampères

Potência reativa: $Q_2 = P_{E_2} \tan(\cos^{-1}(fp)) = 2131,43 \times \tan(18,19) = 700,37$ var capacitivos

Potência total:

$P = P_{E_1} + P_{E_2} = 1243,33 + 2131,43 = 3374,76$ watts

$Q = Q_1 - Q_2 = 1268,32 - 700,37 = 567,95$ var indutivos

$S = P + jQ = 3374,76 + j567,95 = 3422,22\angle 9,55^\circ$ VA

Se a tensão de 127 volts for considerada na saída da fonte de alimentação, o graduando deverá desenvolver um problema de solução iterativa, similar a um problema de fluxo de potência. Essa solução será considerada satisfatória mesmo que o graduando não a tenha concluído numericamente. **(valor: 3,0 pontos)**

b) Fator de potência do conjunto:

$$fp = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right)\right) = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{567,95}{3374,76}\right)\right) = 0,986$$ indutivo **(valor: 3,0 pontos)**

c) Corrente total

$$I = \left(\frac{S}{V}\right)^* = \frac{3422,22\angle -9,55^\circ}{127} = 26,95\angle -9,55^\circ$$ ampères **(valor: 2,0 pontos)**

d) Queda de tensão:

$\Delta V = 0,2 \times 26,95\angle -9,55^\circ = 5,39\angle -9,55^\circ$ volts **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 8

Padrão de Resposta Esperado:

a) Carga total = 50% carga do tipo potência constante + 50% carga do tipo impedância constante.

Carga total = 50% $(V \times I)$ + 50% $\left(\frac{V^2}{Z}\right)$

Carga total = 50% (P_P) + 50% (P_Z), onde $P_p = V \times I$ e $P_Z = \frac{V^2}{Z}$

Para pequenas variações de tensão, as cargas do tipo potência constante requerem proporcionalmente mais corrente, mantendo, assim, a potência requerida constante (P_P = constante).
As cargas do tipo impedância constante requerem proporcionalmente menos corrente, conseqüentemente, menos potência de forma quadrática (P_Z varia quadraticamente com a tensão).

Considerando que a tensão nominal é igual a 1,0 pu, a tensão reduzida é 0,95 pu (5% de redução).

Considerando que a carga total na tensão nominal é igual a 1,0pu, com a tensão reduzida, a nova carga total será:
$0{,}5 + 0{,}5 \text{ x } (0{,}95)^2 = 0{,}95125$ pu

Redução da carga total: $\frac{1{,}0 - 0{,}95125}{1{,}0} \times 100\% = 4{,}875\% \cong 5\%$ **(valor: 5,0 pontos)**

b) Devem ser citadas três das seguintes desvantagens:
• redução da vida útil de motores;
• diminuição da luminosidade das lâmpadas;
• maior lentidão nas operações de elevação de temperatura;
• maior lentidão nas operações de resfriamento. **(valor: 3,0 pontos)**

c) A energia demandada pelas cargas de aquecimento ou resfriamento, que tenham controle de temperatura, não sofrerá alteração. Justificativa: Para manterem a temperatura constante, com a tensão reduzida, estas cargas permanecerão ligadas por mais tempo.
(valor: 2,0 pontos)

Questão nº 9

Padrão de Resposta Esperado:

a) Definindo, DMG própria = D_S

Por simetria, a DMG própria de cada fase é igual.

$$D_{SA} = D_{SB} = D_{SC} = D_S$$

Tomando a fase A para calcular D_S , tem-se:

$$D_S = \sqrt[4]{D_{aa} \times D_{a'a'} \times D_{aa'} \times D_{a'a}}$$

$$D_S = \sqrt[4]{1,2 \times 1,2 \times 50 \times 50} = 7{,}75 \text{ cm}$$

(valor: 2,0 pontos)

b) Definindo, DMG mútua = D_{eq}

A DMG mútua da linha é a média geométrica das DMG mútuas entre as três fases, ou seja:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{AB} \times D_{BC} \times D_{AC}}$$

onde

$$D_{AB} = \sqrt[4]{D_{ab} \times D_{a'b'} \times D_{ab'} \times D_{a'b}}$$

$$D_{AB} = \sqrt[4]{5,0 \times 5,0 \times 5,5 \times 4,5} = 4{,}99 \text{ m}$$

Por simetria, tem-se: $D_{AB} = D_{BC}$

A DMG mútua entre as fases A e C é:

$$D_{AC} = \sqrt[4]{D_{ac} \times D_{a'c'} \times D_{ac'} \times D_{a'c}}$$

$$D_{AC} = \sqrt[4]{10,0 \times 10,0 \times 10,5 \times 9,5} = 9{,}99 \text{ m}$$

Finalmente, a DMG mútua da linha é:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{4,99 \times 4,99 \times 9,99} = 6{,}29 \text{ m}$$

(valor: 2,0 pontos)

c) A indutância da linha por unidade de comprimento é:

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \ln\left(\frac{D_{eq}}{D_S}\right) = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \ln\left(\frac{6,29}{0,0775}\right) = 8,79 \times 10^{-4} \text{ H/km}$$

A reatância indutiva da linha por unidade de comprimento é:

$$X_L = 2\pi fL = 377 \times 8,79 \times 10^{-4} = 0{,}331 \text{ ohms/km}$$

(valor: 2,0 pontos)

d) Qualquer uma das razões a seguir será considerada satisfatória:
- diminuir a impedância da linha;
- minimizar / eliminar o efeito corona;
- Aumentar a capacidade de transmissão.

(valor: 2,0 pontos)

e) As linhas de transmissão que apresentam espaçamentos não equilibrados entre suas fases devem ser transpostas para equilibrar a reatância das fases.

(valor: 2,0 pontos)

Questão nº 10

Padrão de Resposta Esperado:

a) A potência ativa entre os barramentos 2 e 3 é dada por:

$$P_e = \frac{V_t V_\infty}{X_{13}} \sin\theta \qquad (1)$$

$$X_{13} = 0,1 + \frac{0,5}{2} = 0,35 \text{ pu}$$

De (1)

$$1,0 = \frac{1,0 \times 1,0}{0,35} \sin\theta \Rightarrow \theta \cong 20,5^\circ$$

A tensão terminal é $V_t = 1,0\angle\ 20,5^\circ = 0,937 + j0,35$

A corrente de saída do gerador é:

$$I_g = \frac{V_t - V_\infty}{X_{13}} = \frac{(0,937 + j0,35) - (1,0 + j0,0)}{j0,35} = \frac{0,355\angle 100,2^\circ}{0,35\angle 90^\circ} = 1,014\angle 10,2^\circ \text{ pu}$$

A tensão interna transitória do gerador é:

$$E' = V_t + jX'_d \times I_g = (0,937 + j0,35) + j0,2 \times (0,998 + j0,179) = 0,9012 + j0,5496 = 1,055\angle 31,4^\circ \text{ pu}$$

Então, o ângulo da tensão interna é: $\delta_0 = 31,4^\circ = 0,548 \text{ rad}$

O ângulo máximo em que o sistema permanece estável é:

$$\delta_{\max} = \cos^{-1}\left[\left(\pi - 2\delta_o\right)\sin(\delta_o) - \cos(\delta_o)\right]$$

$$\delta_{\max} = \cos^{-1}\left[\left(\pi - 2\times 0,548\right)\sin(31,4^\circ) - \cos(31,4^\circ)\right]$$

$$\delta_{\max} = 77,75^\circ = 1,357 \text{ rad}$$

O tempo máximo de abertura dos disjuntores, para que o gerador permaneça em sincronismo, é:

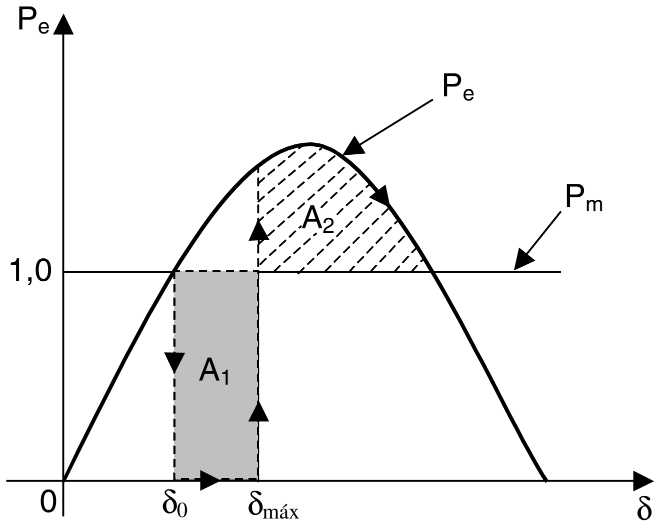
$$t_{\max} = \sqrt{\frac{4H\left(\delta_{\max} - \delta_o\right)}{\omega_s P_m}}$$

$$t_{\max} = \sqrt{\frac{4\times 2,0\left(1,357 - 0,548\right)}{377\times 1,0}} = \sqrt{\frac{6,472}{377}} = 0,131 \text{ segundo}$$

(valor: 4,0 pontos)

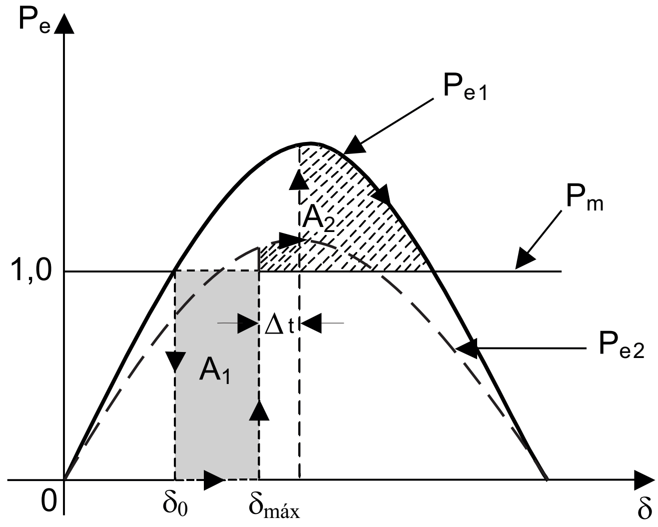
b) A potência mecânica (P_m) deve ser considerada constante e a potência elétrica, igual a $P_e = P_{máx} \times \sin\delta$.

O ângulo máximo $\delta_{máx}$ é definido quando $A_1 = A_2$. O gráfico abaixo considera Δt=0 (Δt é o tempo de abertura e fechamento do disjuntor).



(valor: 3,0 pontos)

O gráfico mostrado abaixo é a solução do problema caso não seja considerado o religamento instatâneo dos disjuntores c e d. $\Delta t \neq 0$, conforme mostrado na figura abaixo.



(valor: 3,0 pontos)

Onde P_{e1} é a curva de potência elétrica para o caso quando as duas linhas de transmissão estão ligadas e P_{e2} é a curva de potência elétrica para o caso quando apenas um alinha de transmissão está ligada.

c) Um gerador fisicamente maior tem sua constante de inércia (*H*) maior, conseqüentemente suportando um tempo mais longo de eliminação do curto-circuito para manutenção do sincronismo. **(valor: 2,0 pontos)**

d) Na barra infinita, a tensão e a freqüência são constantes, independentemente das variações que ocorram no sistema a ela conectado. **(valor: 1,0 ponto)**

Questão nº 11

Padrão de Resposta Esperado:

a) Cálculo das tensões na porta e no dreno:

$V_G = 12\frac{6}{4+6} = 7,2\ V$ e $V_S = 5 \cdot I_D$

(resistências em kΩ e correntes em mA)

Serão usadas duas equações: $\begin{cases} V_{GS} = V_G - V_S = 7,2 - 5 \cdot I_D \\ I_D = \frac{1}{2} \cdot \mu_n \cdot C_{0x} \cdot \frac{W}{L} \cdot (V_{GS} - V_t)^2 \end{cases}$

$$I_D = \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{250}{10} \cdot ((7,2 - 5 \cdot I_D) - 1)^2 \Rightarrow I_D^2 - 2,56\, I_D + 1,5376 = 0$$

Duas raízes: $I_D = 1,5975\ mA \Rightarrow V_S = 7,9875\ V \Rightarrow V_S > V_G \Rightarrow$ sem significado

$I_D = 0,96252\ mA \Rightarrow V_S = 4,8126\ V \Rightarrow$ valor adequado **(valor: 4,0 pontos)**

b) $V_{GS} = V_G - V_S = 7,2 - 4,8126 = 2,3874\ V$ **(valor: 2,0 pontos)**

c) Para que o transistor se mantenha operando na região de saturação é preciso: $V_D > V_G - V_t$ e $V_D = 12 - I_D \cdot R_d$

Valor máximo de R_d: $V_D = V_G - V_t \rightarrow 12 - I_D \cdot R_D = V_G - V_t \rightarrow 12 - 0,96252 \cdot R_d = 7,2 - 1$

$R_d = 6,0258\ K\Omega$ **(valor: 4,0 pontos)**

Questão nº 12

Padrão de Resposta Esperado:

a) Escrevendo a expressão do relógio (CLK) de cada “flip-flop”, no caso de acionamento de cada chave:

$CLKA = ChA \cdot * B \cdot * C$, $CLKB = ChB \cdot * A \cdot * C$ e $CLKC = \left(ChC \cdot * A\right) + * B$

Fica claro que o circuito da chave C está errado !
Para gerar o produto, deve-se usar uma porta NOU.
Assim, deve-se substituir a porta P9 por uma porta NOU. **(valor: 5,0 pontos)**

b) É preciso calcular o atraso para cada saída.
Chave A: antecipação de 60 ns;
Chave B: antecipação de 70 ns;
Chave C: antecipação de 50 ns;
Os atrasos indicam a antecipação necessária para garantir o acendimento de somente um LED. **(valor: 3,0 pontos)**

c) Devido aos atrasos já analisados, o acionamento simultâneo das três chaves resulta no acendimento dos três LEDs. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 13

Padrão de Resposta Esperado:

A tabela a seguir apresenta os dados de interesse gerados pela execução do programa "PROG"

			A	XD1	XD0	SAÍDA	Tempo
	MOV	B,#ENDER	?	?	?	?	12
LB	CLR	A	0	?	?	?	12
	OUT	[B],A	0	0	0	?	12
	INC	A	1	0	**0**	?	12
	OUT	[B],A	1	0	**1**	0	12
	CLR	A	0	0	1	0	12
	OUT	[B],A	0	0	0	0	12
	OUT	[B],A	0	0	0	0	12
	INC	A	1	0	0	0	12
	INC	A	2	0	0	0	12
	INC	A	3	0	**0**	0	12
	OUT	[B],A	3	1	**1**	1	12
	JUMP	LB	3	1	1	1	24
LB	CLR	A	0	1	1	1	12
	OUT	[B],A	0	0	0	1	12
	INC	A	1	0	**0**	1	12
	OUT	[B],A	1	0	**1**	0	12
	CLR	A	0	0	1	0	12
	OUT	[B],A	0	0	0	0	12
	...						

a) Acompanhando a lógica do programa:
SINAL = 0 durante 7x12 períodos, logo 7 μs;
SINAL = 1 durante 6x12 períodos, logo 6 μs. **(valor: 5,0 pontos)**

b) Para poder ativar o 74LS373, é preciso verificar o nível de cada linha de endereço:

A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
1	0	1	0	0	0	1	1	1	0

Logo, constante "ENDER" = 10 1000 1110 = 28Eh **(valor: 5,0 pontos)**

Questão nº 14

Padrão de Resposta Esperado:

a) Como em visada direta a diferença na intensidade média de sinal é de 4 dB, o ganho do conjunto está 4 dB acima do ganho do monopolo. Se numa abertura de 16º a diferença na intensidade média de sinal recebido pelo conjunto é de 4 dB relativamente ao monopolo, pode-se dizer que os multipercursos incidentes no receptor estão concentrados em ângulos de elevação menores que 16º. (Isto sugere o uso de antena diretiva como uma forma de diversidade, trazendo aumento à intensidade de sinal na recepção.)

(valor: 3,0 pontos)

b) O que se deseja é que o diagrama vertical do conjunto forneça máxima irradiação numa direção apontando para baixo, em $\theta = 105^o$.

Para isso é necessário que o fator de ganho dado por C_N seja máximo nesta direção.
Isto ocorre quando:
$C_N = 1$

Nesse caso, para a menor defasagem relativa:
sen $N\Phi = 0$
ou seja: $\Phi = 0$

Substituindo em Φ:
$0 = (k \,.\, a \,.\, \cos\theta - \alpha)/2$

Como $k = 2.\pi/\lambda$, $a = \lambda/2$ e $\theta = 105^o \Rightarrow 0 = (2.\pi/\lambda) \,.\, (\lambda/2) \,.\, \cos 105^o - \alpha$

$\Rightarrow \alpha = \pi \,.\, \cos 105^o \Rightarrow \alpha = -0{,}2588\pi$ rad ou $\alpha \approx -46{,}6^o$ **(valor: 7,0 pontos)**

Serão aceitas outras soluções, desde que cheguem com coerência ao mesmo resultado final.

Questão nº 15

Padrão de Resposta Esperado:

a) $(S/N)_i = F \cdot (S/N)_o$

$10 \cdot \log (S/N)_i = F_{dB} + (S/N)_{oldB}$

$10 \cdot \log (S/N)_i = F_{dB} + 30 \qquad (*)$

Obtenção de F:

$G_1 = 30\ dB \Rightarrow 30 = 10 \cdot \log G_1 \Rightarrow G_1 = 10^{30/10} \Rightarrow G_1 = 1000$

$G_2 = 20\ dB \Rightarrow 20 = 10 \cdot \log G_2 \Rightarrow G_2 = 10^{20/10} \Rightarrow G_2 = 100$

$G_3 = 40\ dB \Rightarrow 40 = 10 \cdot \log G_3 \Rightarrow G_3 = 10^{40/10} \Rightarrow G_3 = 10.000$

$$F = 2 + \frac{60 - 1}{1000} + \frac{15 - 1}{1000.100} \Rightarrow F = 2{,}059$$

$F_{dB} = 10 \cdot \log F \Rightarrow F = 10 \cdot \log 2{,}059 \Rightarrow F = 3{,}136\ dB$

Substituindo na equação (*):

$10 \cdot \log (S/N)_i = 3{,}136 + 30 \Rightarrow 10 \cdot \log (S/N)_i = 33{,}136$

$\Rightarrow \log (S/N)_i = 3{,}3136 \Rightarrow (S/N)_i = 10^{3{,}3136} \Rightarrow (S/N)_i = 2058{,}732$

Mas: $(S/N)_i = \delta_{si} / \delta_{ni} \Rightarrow \delta_{si} = (S/N)_i \cdot \delta_{ni} \Rightarrow \delta_{si} = 2058{,}732 \cdot \delta_{ni}$

$\Rightarrow S_i / W = 2058{,}732 \cdot \delta_{ni} \Rightarrow S_i = 2058{,}732 \cdot \delta_{ni} \cdot W$

Como $W = 100 \cdot 10^6$, resta obter a densidade espectral de potência na entrada do receptor.

$\delta_{ni} = k \cdot T \Rightarrow \delta_{ni} = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 14 \Rightarrow \delta_{ni} = 19{,}32 \cdot 10^{-23}\ W/Hz$

Substituindo em S_i:

$S_i = 2058{,}732 \cdot 19{,}32 \cdot 10^{-23} \cdot 10^8$

$\Rightarrow S_i = 39{,}77 \cdot 10^{-12} \Rightarrow S_i = 39{,}77 \cdot pW$

Assim, a potência mínima à entrada do receptor deve ser 39,77 pW. **(valor: 6,5 pontos)**

b) Tomando a área da antena como $1,5 . \pi . r^2 = 1,5 . \pi . D^2/ 4$

Sistema 1: - p/ T = 30 K $\Rightarrow D_{antena} = 1,4$ m
$\Rightarrow$ Área $= 1,5 . \pi . 1,4^2/ 4 \Rightarrow$ Área $= 2,3090$ m^2
$\Rightarrow$ Custo = 2,3090. R\$ 300,00 = R\$ 692,72

Sistema 2: - p/ T = 35 K $\Rightarrow D_{antena} = 1,6$ m
$\Rightarrow$ Área $= 1,5 . \pi . 1,6^2/ 4 \Rightarrow$ Área $= 3,0159$ m^2
$\Rightarrow$ Custo = 3,0159 . R\$ 300,00 = R\$ 904,77

Sistema 3: - p/ T = 60 K $\Rightarrow D_{antena} = 2,15$ m
$\Rightarrow$ Área $= 1,5 . \pi . 2,15^2/ 4 \Rightarrow$ Área $= 5,4457$ m^2
$\Rightarrow$ Custo = 5,4457. R\$ 300,00 = R\$ 1.633,41

Antena + Receptor 1 = R\$ 692,72 + R\$ 600,00 = R\$ 1.292,72

Antena + Receptor 2 = R\$ 904,77 + R\$ 300,00 = R\$ 1.204,77

Antena + Receptor 3 = R\$ 1633,41 + R\$ 150,00 = R\$ 1.783,41

Das 3 soluções, a mais econômica é a 2ª, que utiliza o receptor de 35 K de temperatura de ruído. **(valor: 3,5 pontos)**

Questão nº 16

Padrão de Resposta Esperado:

a) Taxa de Amostragem: 8000 bits/s $\Rightarrow T_a = 1/8000 \Rightarrow T_a = 125\ \mu s$

Tamanho do quadro: $Q = 30 \times 8 + 32 \Rightarrow Q = 272$ bits

Taxa de bits na saída do multiplex: $r_b = Q/T_a \Rightarrow r_b = 272/125 \Rightarrow$
$r_b = 2{,}176$ Mbit/s **(valor: 3,0 pontos)**

b) Cálculo da potência na saída do transmissor:

$$RPR_{dB} = 10.\log(P_{port}/P_{ruído}) \text{ e } RPR_{dB} = 10.\log\left(\frac{E_b \cdot r_b}{N_0 \cdot B}\right)$$

$$P_{port} \geq P_{ruído} \cdot 10^{0,1 \cdot RPR} \Rightarrow P_{port} = N_o \cdot B \cdot 10^{0,1 \cdot RPR}$$

- Obtenção de RPR_{dB}

Para a transmissão de voz, com a probabilidade máxima de erro igual a 10^{-3} obtém-se, na tabela, as relações RPR_{dB} para os dois sistemas:

QAM16 $\Rightarrow RPR_{dB} = 17{,}6$ e DPSK4 $\Rightarrow RPR_{dB} = 7{,}9$

- Obtenção da banda passante dos sistemas:

QAM16 $\Rightarrow B = r_b/4 = 2{,}176.10^6 / 4 \Rightarrow B = 544$ KHz

DPSK4 $\Rightarrow B = r_b/2 = 2{,}176.10^6 / 2 \Rightarrow B = 1088$ KHz

Substituindo os valores obtidos na potência da portadora na entrada do receptor:

QAM16 $\Rightarrow P_{port} = N_o \cdot B \cdot 10^{0,1 \cdot RPR} \Rightarrow P_{port} = 0{,}8.10^{-10}.544.10^3.10^{1,76} \Rightarrow P_{port} \approx 2{,}5$ mW

DPSK4 $\Rightarrow P_{port} = N_o \cdot B \cdot 10^{0,1 \cdot RPR} \Rightarrow P_{port} = 0{,}8.10^{-10}.1088.10^3.10^{0,79} \Rightarrow P_{port} \approx 0{,}54$ mW

Visto que o cabo apresenta uma atenuação de 10 dB:
$10.\log P_{trans}/P_{port} = 10 \Rightarrow P_{trans} = 10.P_{port}$, o que resulta em:

QAM16 $\Rightarrow P_{trans} \approx 10 \cdot 2{,}5$ mW $\Rightarrow P_{trans} = 25$ mW
DPSK4 $\Rightarrow P_{trans} \approx 10 \cdot 0{,}54$ mW $\Rightarrow P_{trans} = 5{,}4$ mW **(valor: 5,0 pontos)**

c) Custo do sistema QAM16

$$Custo = Custo_{amp} + Custo_{cabo} + Custo_{modem}$$

$$Custo = 25.10^{-3}.40.10^3 + 0{,}01 \cdot 544 + 4.10^3 \Rightarrow Custo = 5005{,}44 \text{ u.m.}$$

Custo do sistema DPSK4

$Custo = 5{,}4.10^{-3}.40.10^3 + 0{,}01.1088 + 2.10^3 \Rightarrow Custo = 2226{,}88$ u.m.(mais econômico) **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 17

Padrão de Resposta Esperado:

a) Os terminadores atuam como casadores de impedância, que, no caso do cabo coaxial, é de 50 ohms. Caso não seja utilizado este terminador, o sinal que se propaga ao longo do meio, ao atingir as extremidades do barramento, irá refletir de volta, o que provocará colisão e mau funcionamento da rede. O terminador atua como um ponto de absorção do sinal, não permitindo que o mesmo retorne, sendo de fundamental importância o seu uso. **(valor: 2,0 pontos)**

b) A fibra óptica deve ser usada em substituição ao cabo coaxial quando:

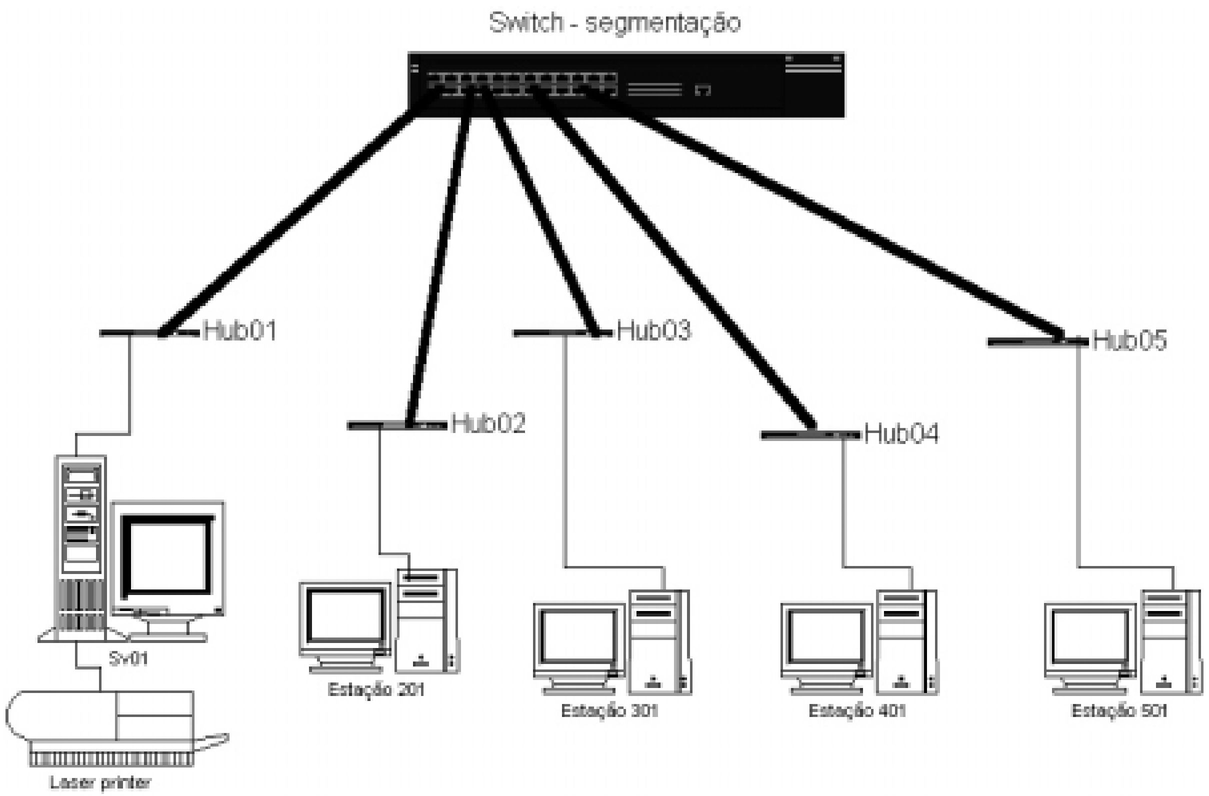
- nas instalações onde a rede será implantada houver elevada indução eletromagnética, ou seja, alto nível de ruído. (No caso, nas instalações da empresa existe um pavilhão onde operam máquinas e motores de indução).

- houver necessidade e interesse em se dotar a rede com tecnologia de vida útil elevada e que suporte dispositivos de mais alta velocidade. **(valor: 2,0 pontos)**

c) Conectores: Indicados na figura como V (ST) e VI (SC). **(valor: 2,0 pontos)**

d)

Topologia: Estrela ou Radial



Obs: Este esboço é uma referência para solução. Serão aceitas as soluções utilizando diagramas em blocos. **(valor: 4,0 pontos)**

Questão nº 18

Padrão de Resposta Esperado:

a)

Sub-faixa	endereços	
	de	até
1	193.187.135.0	193.187.135.31
2	193.187.135.32	193.187.135.63
3	193.187.135.64	193.187.135.95
4	193.187.135.96	193.187.135.127
5	193.187.135.128	193.187.135.159
6	193.187.135.160	193.187.135.191
7	193.187.135.192	193.187.135.223
8	193.187.135.224	193.187.135.255

(valor: 2,0 pontos)

b)

faixa	endereços		Sub-rede
	de	até	
6	193.187.135.160	193.187.135.191	Novel NetWare
2	193.187.135.32	193.187.135.63	Windows 2000
4	193.187.135.96	193.187.135.127	Unix

(valor: 2,0 pontos)

c) O endereço IP da empresa INFOVIA é 193.187.135.0. Logo, como 193 está compreendido entre 192 e 223, a classe é **C**.
(valor: 2,0 pontos)

d) Porta 1 : 193.187.135.161
Porta 2 : 193.187.135.33
Porta 3 : 193.187.135.97

(valor: 2,0 pontos)

e) Qualquer endereço na sub-faixa entre 193.187.135.32 e 193.187.135.63, exceção para

- 193.187.135.34, 193.187.135.35 e 193.187.135.36 (que já foram atribuídos às estações 222, 224 e 223),
- 193.187.135.32 (número de sub-rede),
- 193.187.135.33 (roteador padrão) e
- 193.187.135.63 (“broadcasting” para a sub-rede).

(valor: 2,0 pontos)

Questão nº 19

Padrão de Resposta Esperado:

a) "Firewall" - é conceituado como “um dispositivo de segurança que protege a rede de computadores contra o acesso não autorizado pela Internet, tanto de dentro para fora como de fora para dentro da rede, permitindo somente o tráfego autorizado pela Política de Segurança”.

"Softwares" empregados no mercado:

- o "hping" é uma ferramenta que funciona enviando pacotes TCP a uma porta de destino e informando os pacotes que ele recebe de volta, podendo fornecer uma visão clara dos controles de acesso de um FIREWALL;
- o "Firewalk" é uma ferramenta que, do mesmo modo que os varredores de porta, descobre portas abertas atrás de um FIREWALL;
- FIREWALLs de pacote de filtragem: "Check Point Firewall-1", "Cisco PIX" e "Cisco IOS";
- o popular FIREWALL de proxy "WinGate" para Windows95/NT.

(valor: 3,0 pontos)

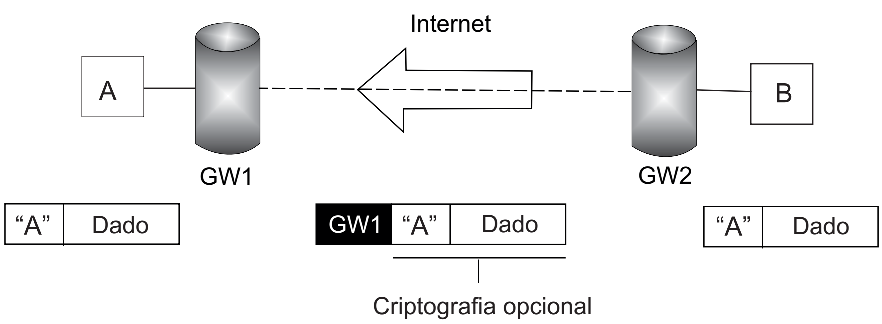
b) Problemas que podem ser solucionados com o "Firewall":
- evitar a ação dos "hackers" que invadem o "site" da organização com relativa freqüência;
- o livre acesso de funcionários à Internet , o que tem ocasionado sobrecarga na rede de computadores, como conseqüência do acesso a "sites" de jornais, de sexo e "Chats". **(valor: 2,0 pontos)**

c) RAID - Guardar muitos dados em um grande disco rígido é arriscado, e fazer cópias de segurança ("backup") do disco servidor constitui um processo lento. Atualmente, grandes empresas estão adotando o arranjo de discos como uma maneira mais segura de armazenar grande volume de dados. O arranjo de disco é um conjunto de discos rígidos, ocorrendo a distribuição de duplicatas ou partes de cada arquivo entre diferentes discos rígidos. Dessa forma, se um disco sofrer danos, o arquivo poderá ser recuperado. Um termo utilizado para descrever o arranjo de discos é RAID ("Redundant Array of Inexpensive Disks"). Cada disco rígido de tamanho médio no arranjo de discos custa muito menos do que um único disco rígido de grande capacidade.

As técnicas de espelhamento e "stripping" existentes no RAID:
- espelhamento: faz cópias idênticas dos arquivos em dois ou mais discos rígidos. Além de oferecer maior segurança, o espelhamento acelera o processo de dados da matriz, considerando que as diferentes unidades de disco rígido podem ler simultaneamente partes diferentes do arquivo;

- "striping" (“separação em tiras”): quando um arquivo é gravado nesse esquema, partes diferentes do arquivo são gravadas em diferentes discos. Um outro disco é utilizado para gravar dados que são usados na verificação de erros. Quando o arquivo é lido, os dados do último disco asseguram a correção dos dados dos outros discos. **(valor: 3,0 pontos)**

d) O esquema ilustra uma tecnologia direcionada à segurança, a VPN – "Virtual Private Networking" entre as entidades A e B (que podem ser "hosts" individuais ou redes inteiras), empregando o conceito de "tunneling".



VPN representa um conceito que envolve “encapsular” ou “tunelar” ("tunneling") dados por meio da Internet, com criptografia opcional. De forma resumida, o tunelamento ("tunneling") envolve o encapsulamento de um datagrama criptografado. Para explicar o seu funcionamento, consideremos que B envia um pacote para A por meio do "Gateway" GW2, que, por sua vez, encapsula o pacote em outro, destinado ao "Gateway" GW1. Este remove o cabeçalho temporário e entrega o pacote original a A. O pacote original pode ser opcionalmente criptografado para a travessia pela Internet (linha pontilhada). **(valor: 2,0 pontos)**

Questão nº 20

Padrão de Resposta Esperado:

a) Para identificar o tipo de compensador, deve-se:
- considerar que a planta é de 2ª ordem, com pólos $p_1 = -2$ e $p_2 = -8$, e
- verificar em cada gráfico as demais singularidades (pólo e zero) correspondentes ao compensador.

Assim, considerando p_c o pólo do compensador e z_c o zero do compensador,

Gráfico 1 : Compensador Tipo 2

Gráfico 2 : Compensador Tipo 3
Pólo do compensador : $p_c = 0$

Gráfico 3 : Compensador Tipo 1
Pólo do compensador : $p_c = 0$
Zero do compensador : $z_c = -2{,}5$ (valor aproximado)

Gráfico 4 : Compensador Tipo 1
Pólo do compensador : $p_c = -4$
Zero do compensador : $z_c = -2$ **(valor: 7,0 pontos)**

b) Para escolher o gráfico cujo compensador permite atender aos dois requisitos de desempenho, seguem-se os passos abaixo.

i) Utilizar o Teorema do Valor Final, ou fazer apelo ao *Princípio do Modelo Interno*, para verificar quais gráficos permitem atingir o requisito de regime permanente. O atendimento desse requisito pode ser analisado a partir da função de transferência

$$\frac{e(s)}{r(s)} = \frac{1}{1 + C(s)G(s)} \quad ,$$

pois, utilizando o Teorema do Valor Final, tem-se:

$$\lim_{t\to\infty} e(t) = \lim_{s\to 0} s\, e(s) = \lim_{s\to 0} \frac{s}{1 + C(s)G(s)} \, \frac{1}{\mathrm{s}} = \frac{1}{1 + \lim_{s\to 0} C(s)G(s)} \quad .$$

Logo, o requisito de erro nulo em regime será verificado se *C(s)* contiver um integrador (*Princípio do Modelo Interno*), ou seja, um pólo na origem (*s=0*). Essa condição é verificada apenas nos Gráficos 2 e 3.

ii) Encontrar o valor de $\xi\omega_n$ a partir do qual se verifica o tempo de acomodação desejado. Então:

$$t_s = \frac{3}{\xi\omega_n} < 1{,}2 \;\Rightarrow\; \xi\omega_n > 2{,}5$$

Para o atendimento do requisito de tempo de acomodação, deve-se verificar os gráficos do Lugar das Raízes nos quais é possível determinar algum valor (ou faixa de valores) de $K > 0$ tal que o par de pólos dominantes em malha fechada esteja à esquerda de uma linha vertical traçada em *s=–2,5*. Isso ocorre nos gráficos 1, 3 e 4.

Da análise realizada nos itens *i)* e *ii)* anteriores, deduz-se que o gráfico cujo compensador permite atender aos dois requisitos de desempenho é o **Gráfico 3**. **(valor: 3,0 pontos)**

Questão nº 21

Padrão de Resposta Esperado:

a) A partir do diagrama de blocos, tem-se:

$$u(t) = -K\hat{x}(t) + r(t)$$

Ao ser aplicada à equação de estado do sistema, resulta em:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) - BK\hat{x}(t) + Br(t) \quad .$$

Como o objetivo é equacionar o sistema em malha fechada em função das variáveis de estado do sistema e do erro de estimação, a partir da definição deste último, tem-se:

$$\hat{x}(t) = x(t) - e(t)$$

Substituindo-se na equação anterior, tem-se:

$$\dot{x}(t) = (A - BK)x(t) + BKe(t) + Br(t)$$

A equação de estado do modelo desejado é obtida ao se escrever conjuntamente a equação acima e a equação dinâmica do erro, sob a forma:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{e}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A - BK & BK \\ 0 & A - LC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ e(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} r(t)$$

A equação de saída é:

$$y(t) = \begin{bmatrix} C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ e(t) \end{bmatrix}$$

(valor: 4,0 pontos)

b) Devido à forma bloco triangular da matriz de estados aumentada, no modelo acima, podem ser aplicadas as duas propriedades de matrizes fornecidas, como segue:

$$\det\left(\begin{bmatrix} \lambda\mathrm{I} - A + BK & -BK \\ 0 & \lambda\mathrm{I}\text{-}A + LC \end{bmatrix}\right) = \det\,(\lambda\mathrm{I} - A + BK)\det\,(\lambda\mathrm{I} - A + LC)$$

Conclui-se que o conjunto dos autovalores em malha fechada corresponde à união dos conjuntos de autovalores de $(A - BK)$ e $(A - LC)$.

(valor: 2,0 pontos)

c) O cálculo da matriz de ganhos do observador, neste caso de 2ª ordem, pode ser realizado por comparação de polinômios. Para $L = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix}$, deve-se escrever:

$$A - LC = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 3 & 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_1 & 1 \\ 3 - l_2 & 0 \end{bmatrix},$$

cujo polinômio característico é:

$$\det\,(\lambda\mathrm{I} - A + LC) = \det\left(\begin{bmatrix} \lambda + l_1 & -1 \\ l_2 - 3 & \lambda \end{bmatrix}\right) = \lambda^2 + l_1\lambda + (l_2 - 3)$$

Por comparação dos coeficientes do polinômio característico com os coeficientes do polinômio seguinte, cujas raízes são os autovalores desejados para $(A-LC)$, tem-se:

$$\lambda^2+10\lambda+50$$

$$l_1=10$$
$$l_2-3=50 \Rightarrow l_2=53$$

(valor: 4,0 pontos)

Questão nº 22

Padrão de Resposta Esperado:

a) Em regime permanente tem-se a situação de equilíbrio na qual $\dot{x}(t) = 0$. Então,

$$\dot{x}(t) = 0 = k_1\sqrt{x_e} + k_2 u_e$$

Portanto,

$$u_e = -\frac{k_1}{k_2}\sqrt{x_e}$$

(valor: 2,0 pontos)

b) Para obter o modelo linearizado, parte-se de

$$\dot{x}(t) = f(x,u) = k_1\sqrt{x(t)} + k_2 u(t)$$

e utiliza-se a aproximação linear

$$f(x,u) = f(x_e,u_e) + (x - x_e)\left.\frac{\partial f}{\partial x}\right|_{x=x_e,u=u_e} + (u - u_e)\left.\frac{\partial f}{\partial u}\right|_{x=x_e,u=u}$$

Pela definição dos valores de x_e e u_e, tem-se $f(x_e,u_e) = 0$.

Os dois outros termos da aproximação linear são determinados a seguir.

$$(x - x_e)\left.\frac{\partial f}{\partial x}\right|_{x=x_e,u=u_e} = (x - x_e)\left[\frac{1}{2}\frac{k_1}{\sqrt{x}}\right]_{x=x_e,u=u_e} = \frac{1}{2}\frac{k_1}{\sqrt{x_e}}\Delta x \quad \text{pois} \quad x = x_e + \Delta x$$

e

$$(u - u_e)\left.\frac{\partial f}{\partial u}\right|_{x=x_e,u=u_e} = k_2\Delta u \quad \text{pois} \quad u = u_e + \Delta u$$

De $x(t) = x_e + \Delta x(t)$, tem-se também:

$$\dot{x}(t) = \frac{d\Delta x(t)}{dt} = \dot{\Delta x}(t)$$

Portanto, a partir da expressão $\dot{x}(t) = f(x,u) =$ aproximação linear, e como $\sqrt{x_e} = -\frac{k_2 u_e}{k_1}$, obtém-se:

$$\dot{\Delta x}(t) = \frac{1}{2}\frac{k_1}{\sqrt{x_e}}\Delta x + k_2\Delta u = -\frac{1}{2}\frac{k_1^2}{k_2 u_e}\Delta x + k_2\Delta u$$

(valor: 8,0 pontos)