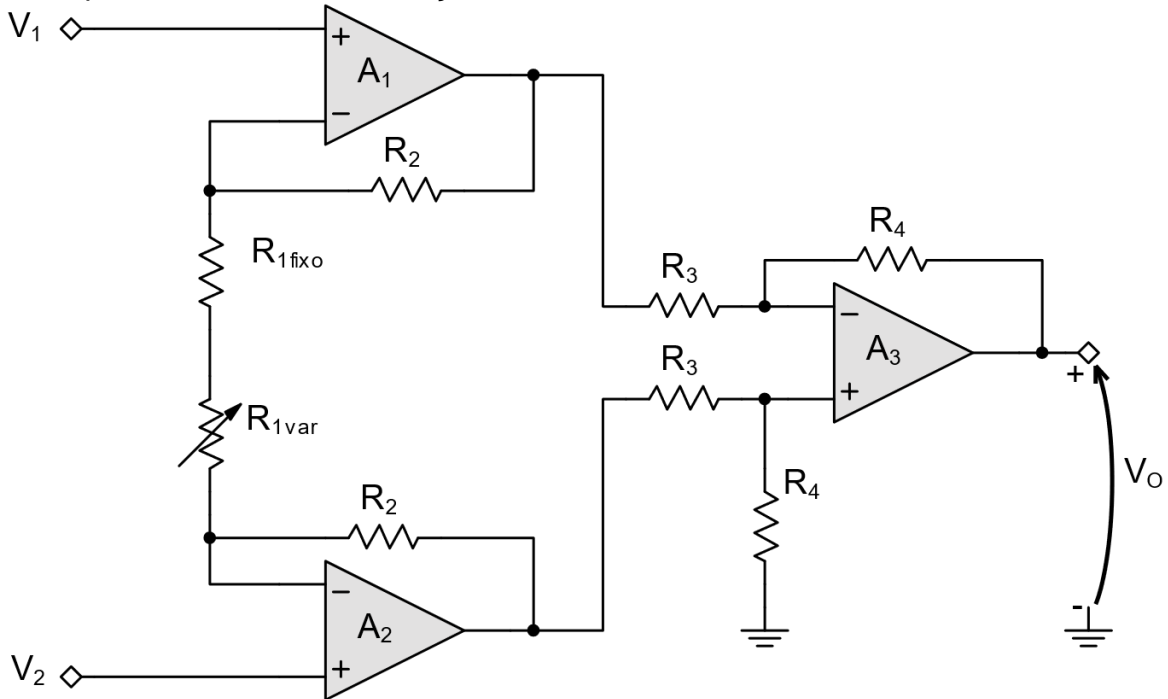


GABARITO DA PROVA P1
PSI3321 – ELETRÔNICA I

1ª Questão: (2,5 pontos) Amplificadores Operacionais.

Dado o amplificador de instrumentação abaixo:



- a) Obtenha a expressão do ganho de tensão ($v_o/(v_2-v_1)$). (1,0)
- b) Calcule os valores de R_2 e R_{1fixo} , para que o ganho varie entre **10** e **50** considerando $R_3 = R_4 = 20k\Omega$ e o potenciômetro R_{1var} variando de 0 a 4 k Ω . (1,5)

2ª Questão (2,5 pontos)

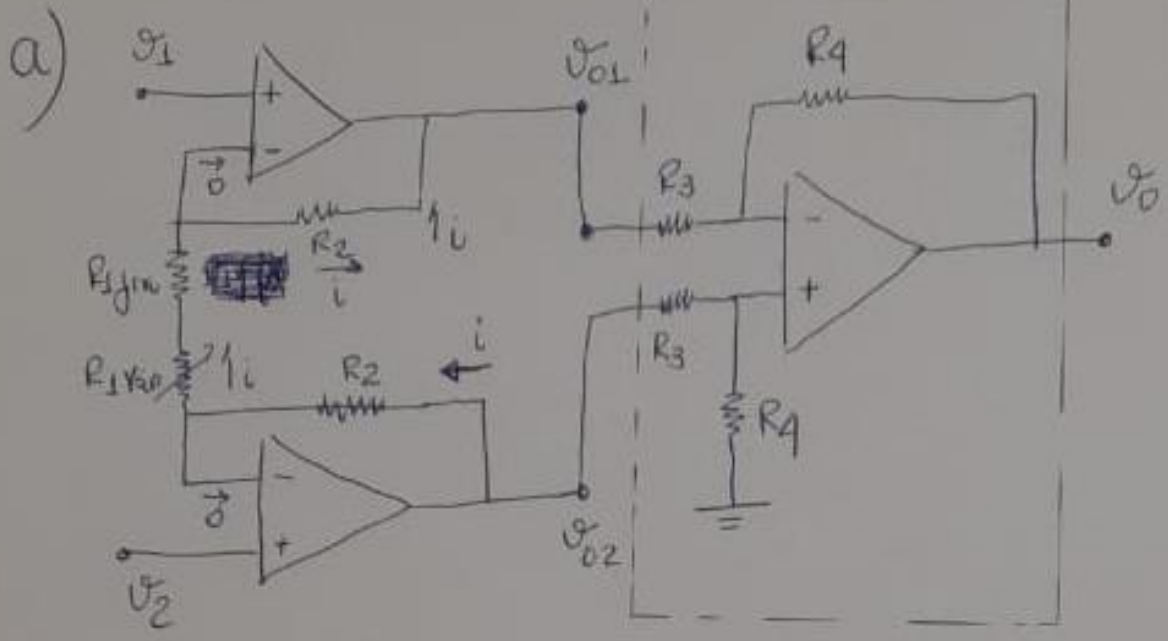
- a) Desenhe um circuito utilizando amplificadores operacionais e outros componentes passivos necessários para realizar a função $v_o(t)$ abaixo. (1,5)

$$v_o(t) = a \cdot \left(\frac{dv_1}{dt} \right) + b \cdot \int v_2 dt + c \cdot [v_3(t) - v_2(t)]$$

- b) Relacionar os valores dos componentes do circuito com os coeficientes **a**, **b**, **c** da expressão. Qual deve ser a carga inicial de cada capacitor? (1,0)

GABARITO

1ª Questão



Temos inicialmente

$$V_0 = \frac{R_4}{R_3} (V_{02} - V_{01}) \quad \text{Amplificadores de diferenças}$$

Podemos escrever

$$V_{02} - V_{01} = (2R_2 + R_{fixa} + R_{var}) i$$

considerando curto virtual nas entradas dos Amplificadores operacionais

$$i = \frac{V_2 - V_1}{R_{fixa} + R_{var}} \Rightarrow V_0 = \frac{R_4}{R_3} \cdot (2R_2 + R_{fixa} + R_{var}) \cdot \frac{V_2 - V_1}{R_{fixa} + R_{var}}$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{R_4}{R_3} \cdot \left(\frac{2R_2}{R_{fixa} + R_{var}} + 1 \right) \cdot (V_2 - V_1)$$

b) Cálculo de R_2 e R_{1fixo}
 considerando $R_3 = R_4 = 20 \text{ kN}$ e R_{1var} variando
 entre 0 e 4 kN.

Da expressão obtida no item a

$$\frac{g}{0} = \frac{R_4}{R_3} \left(\frac{2R_2}{R_{1fixo} + R_{1var}} + 1 \right) (g_2 - g_1)$$

considerando o ganho variando de 10 a 50, temos

$$\textcircled{A} \quad \frac{2R_2}{R_{1fixo}} \cdot \frac{R_4}{R_3} = 50 \Rightarrow R_2 = 25 R_{1fixo}$$

$$R_{1var} = 0$$

$$\textcircled{B} \quad \frac{2R_2}{R_{1fixo} + \underbrace{R_{1var}_{max}}_{4 \text{ kN}}} \cdot \frac{R_4}{R_3} = 10 \Rightarrow 2R_2 = 10 (R_{1fixo} + 4 \text{ kN})$$

$$R_{1var} = 4 \text{ kN}$$

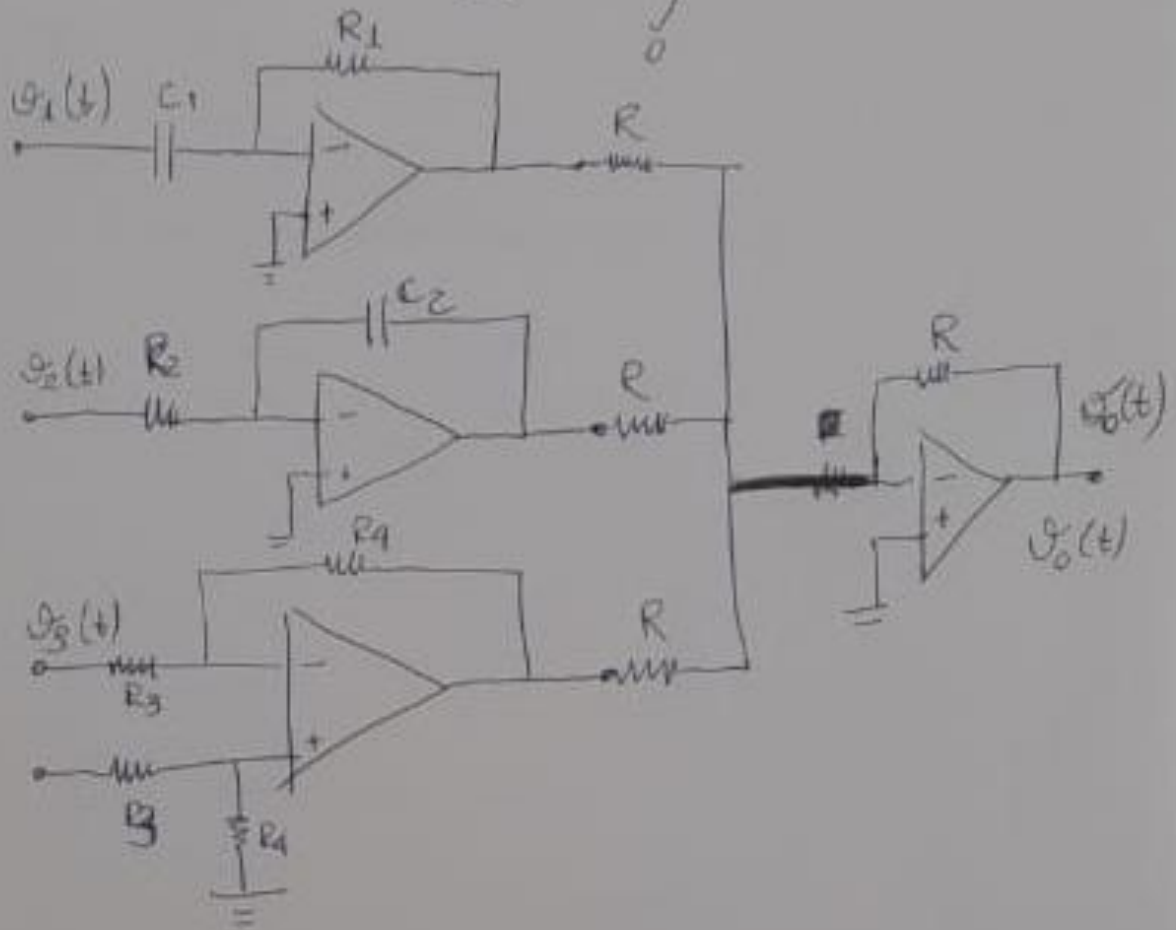
$$\textcircled{B} \Rightarrow 50 R_{1fixo} = 10 R_{1fixo} + 40 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow 40 R_{1fixo} = 40 \text{ kN} \Rightarrow$$

$R_{1fixo} = 1 \text{ kN}$
$R_2 = 25 \text{ kN}$

SEGUNDA QUESTÃO:

a)
$$V_o(t) = a \frac{dV_1(t)}{dt} + b \int V_2(t) dt + c (V_3(t) - V_4(t))$$



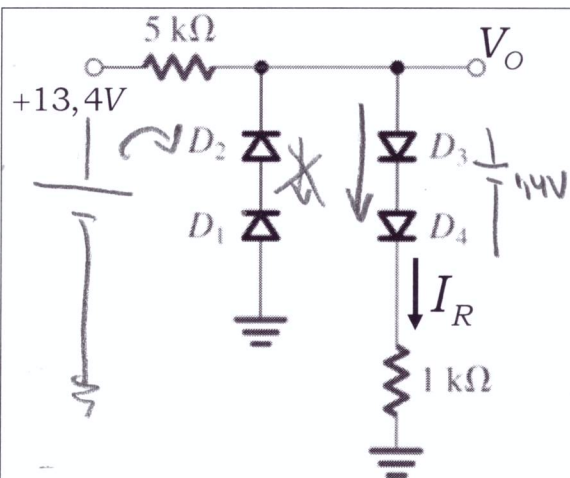
b)
$$a = R_1 C_1$$

$$b = \frac{1}{R_2 C_2}$$

$$c = \frac{R_4}{R_3}$$

Já muito tempo depois da transição

Questão (2 pontos): Para cada um dos circuitos apresentados determine V_o e I_R quando cada circuito está com valores estáveis (regime permanente). Considere que quando um diodo está conduzindo ele tem $V_D = 0,7V$. A interpretação faz parte da questão.



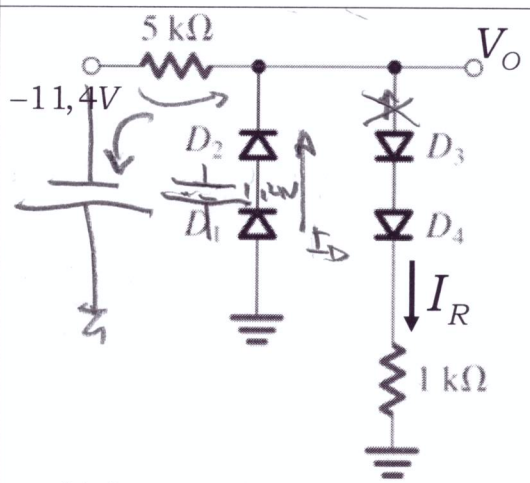
$$I_R = \frac{13,4 - 1,4}{5k + 1k} = \frac{12}{6k} = 2mA$$

$$V_o = 1k \cdot 2mA + 1,4V = 3,4V$$

(a) (0,7 pontos)

$V_o = 3,4V$

$I_R = 2mA$



~~$$11,4 - 5k \cdot I_D - 1,4V = 0$$~~

$$10V = 5k I_D$$

$$I_D = 2mA$$

D_3 e D_4 abertos, $I_R = 0!$

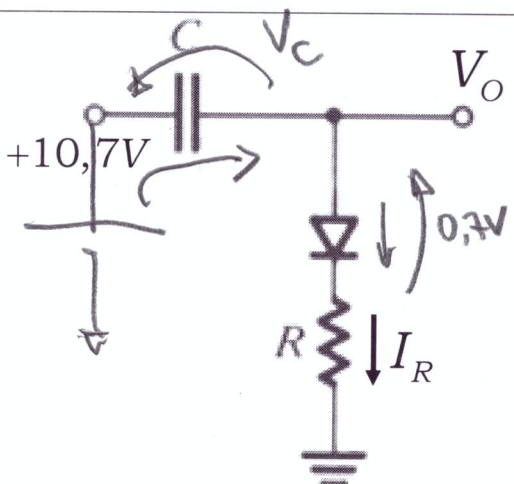
$$V_o = V_{D2} + V_{D1} = 1,4V$$

ou $V_o = -11,4V + 5k \cdot 2mA = 1,4V$

(b) (0,7 pontos)

$V_o = 1,4V$

$I_R = 0mA$



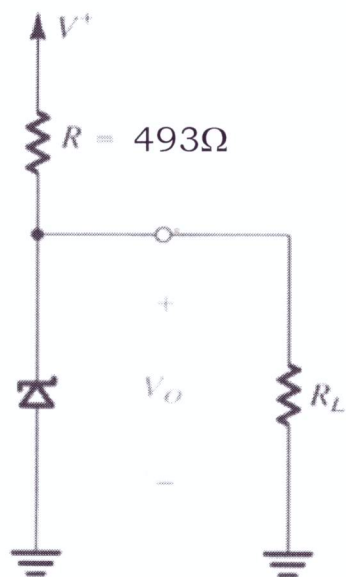
Em RP $I_C = 0$
 Capacitor carrega com $10,7V - 0,7V$
 $V_C = 10V$
 $V_o = 10V$ e $I_{R,RP} = 0mA$

(c) 0,6 pontos

$V_o = 10V$

$I_R = 0mA$

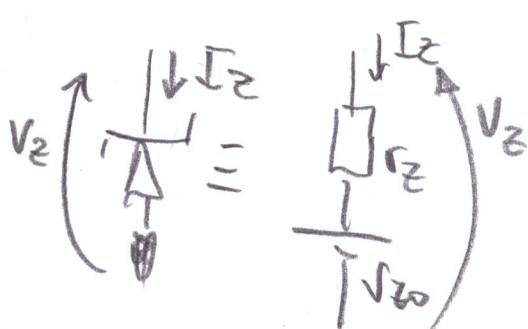
Questão (2 pontos): Dado o circuito regulador zener abaixo, que emprega um diodo zener 1N4740A, a partir da folha de especificações de dados (utilizando valores típicos) determine as seguintes características:



ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Device	V_Z (V) @ I_Z (Note 2)			Test Current I_Z (mA)	Max. Zener Impedance		
	Min.	Typ.	Max.		Z_Z @ I_Z (Ω)	Z_{ZK} @ I_{ZK} (Ω)	I_{ZK} (mA)
1N4728A	3.135	3.3	3.465	76	10	400	1
1N4732A	4.465	4.7	4.935	53	8	500	1
1N4733A	4.845	5.1	5.355	49	7	550	1
1N4734A	5.32	5.6	5.88	45	5	600	1
1N4735A	5.89	6.2	6.51	41	2	700	1
1N4736A	6.46	6.8	7.14	37	3.5	700	1
1N4737A	7.125	7.5	7.875	34	4	700	0.5
1N4738A	7.79	8.2	8.61	31	4.5	700	0.5
1N4739A	8.645	9.1	9.555	28	5	700	0.5
1N4740A	9.5	10	10.5	25	7	700	0.25
1N4741A	10.45	11	11.55	23	8	700	0.25

a) (0,5 ponto) Desenhe o modelo equivalente para o diodo zener indicando os valores numéricos para cada um de seus parâmetros. A interpretação da folha de especificação faz parte da questão.



$V_Z = r_z I_Z + V_{Z0}$ e da FED:
 $V_Z \text{ tip} = 10\text{V}$ qdo $I_Z = 25\text{mA}$, e $r_z = 7\Omega$, logo
 $10\text{V} = 7 \cdot 25\text{mA} + V_{Z0}$,
 $V_{Z0} = 10 - 0,175\text{V} = 9,825\text{V}$

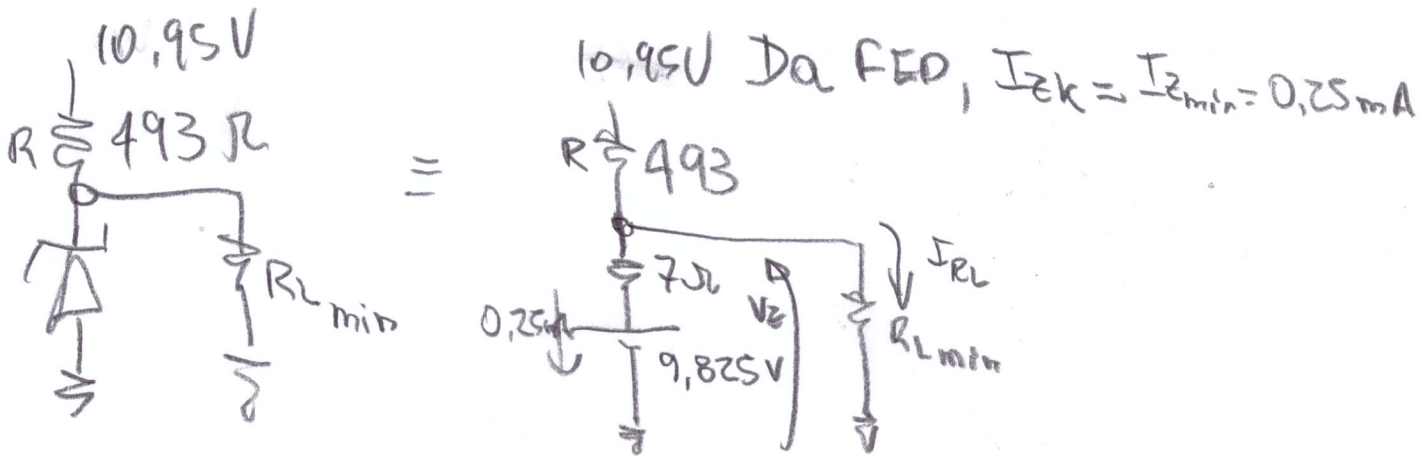
Use quantos retângulos forem necessários para colocar em cada um deles um valor de cada um dos parâmetros.

(indique o nome do parâmetro, p.ex. $V_R = \underline{\hspace{2cm}}$)

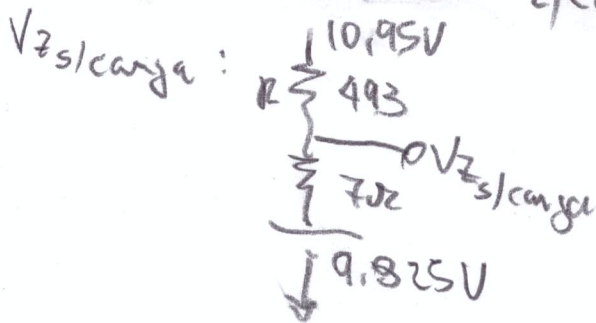
r_z	=	<u>7Ω</u>
V_{Z0}	=	<u>9,825V</u>
$\underline{\hspace{1cm}}$	=	<u>\hspace{1cm}</u>

10,95

b) (1,5 pontos) Considerando $V_+ = 11V$, qual o valor numérico mínimo de R_L para o qual o circuito regulador zener deixa de operar adequadamente? Considere I_{ZK} (I_Z de Knee - $I_{Z\text{ Joelho}}$) como a corrente mínima necessária para o zener operar adequadamente. Faça as ponderações e os arredondamentos que julgar convenientes.



Considerando, como em aula, que V_Z pouco varia, vamos considerar inicialmente que $V_{Z\text{ c/carga}} = V_Z\text{ s/carga}$



$$I_{Z\text{ s/carga}} = \frac{10,95 - 9,825}{493 + 7} = \frac{1,125}{500}$$

$$I_{Z\text{ s/carga}} = 2,25\text{mA}$$

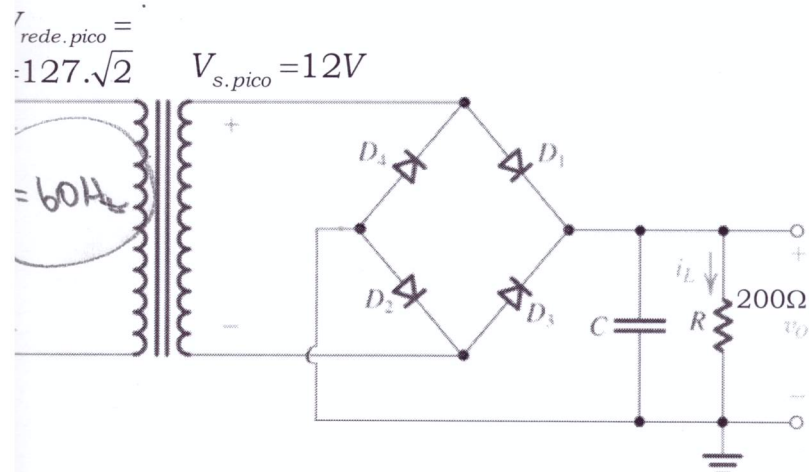
Qdo a carga é $R_{L\text{ min}}$, No tener teremos apenas $I_{ZK} = 0,25\text{mA}$ e i. na carga $I_{RL} = 2,25\text{mA} - 0,25\text{mA} = 2\text{mA}$

Como $V_{Z\text{ s/carga}} = 9,825 + 7 \cdot \frac{2,25\text{mA}}{0,0158} = 9,825 + 0,016 = 9,84\text{V}$ (ou, nominal) 10V

$$R_{L\text{ min}} = \frac{9,84\text{V}}{2\text{mA}} = 492\Omega \text{ (ou } 500\Omega \text{ no nominal)}$$

$R_{L\text{ min}} = 4,9\text{k}\Omega \text{ ou } 500\Omega$

Questão (2,0 pontos): Dado o circuito retificador em ponte abaixo e considerando que os diodos podem ser modelados como chaves abertas/fechadas pede-se:



Formulário (onda completa)

- ① $V_{O(médio)} = V_p - \frac{1}{2}V_r$
- ② $i_{L(médio)} = I_L = \frac{V_p}{R}$
- ③ $V_r = \frac{I_L}{2fC}$
- ④ $\Delta t \cong \frac{\sqrt{V_r / 2V_p}}{2\pi f}$
- ⑤ $I_{D(médio)} = I_L(1 + \pi\sqrt{V_p / 2V_r})$
- ⑥ $i_{D(pico)} = i_{L(médio)}(1 + 2\pi\sqrt{V_p / 2V_r})$

a) (1,0 ponto) Determine o valor da Capacitância para que a saída tenha uma ondulação de $\pm 1V$.

de ③ $V_r = \frac{I_L}{2fC} \Rightarrow \pm 1V \Rightarrow V_r = 2V$ e ② $I_L = \frac{V_p}{R} = \frac{12-0-0}{200} = 60 \text{ mA}$
 e $f = 60 \text{ Hz}$ Logo $C = \frac{I_L}{2fV_r} = \frac{60 \text{ mA}}{2 \cdot 60 \cdot 2} = \frac{1 \text{ m}}{4} = 250 \mu\text{F}$

$C = 250 \mu\text{F}$

b) (1,0 ponto) No gráfico abaixo esboce as formas de onda da tensão na saída (v_o), cotando os valores de V_{DC} e V_r , e apenas esboçando (sem valores) a forma de onda da corrente I_{D3} no diodo D_3 . Considere as informações do enunciado do item a) e que o circuito já está com valores estáveis (regime permanente).

do item a) $V_r = \pm 1V$. Da figura $V_p = 12V$

D_3 conduz durante o semiciclo \ominus logo $I_{D3} = 0$ no semi \oplus e D_3 conduz no semi \ominus apenas durante Δt da fig abaixo. A forma de onda de I_{D3} está apresentada na figura

