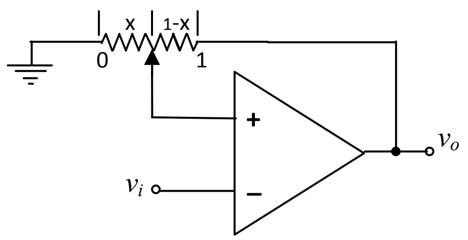
Gabarito da 1ª lista adicional de exercícios - PSI3321

1) [Rec 2007] *Dado o circuito abaixo:*



[0,5] *a) Deduza a expressão de v_0 em função de v_i e de x.*

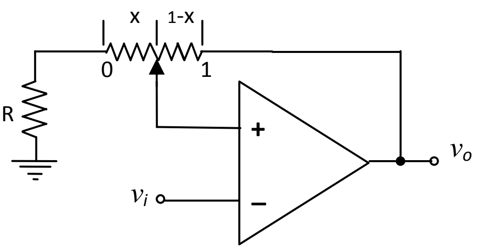
$$v_o = \left(1 + \frac{1-x}{x}\right)v_i$$

[0,5] *b) Qual a faixa de valores que pode ser obtida para o ganho de tensão com x variando de 0 até 1?*

$$para\ \ x = 0 \ \rightarrow \ A_v = {}^{v_o}/_{v_i} = \infty$$

$$para\ \ x = 1 \ \rightarrow \ A_v = {}^{v_o}/_{v_i} = 1$$

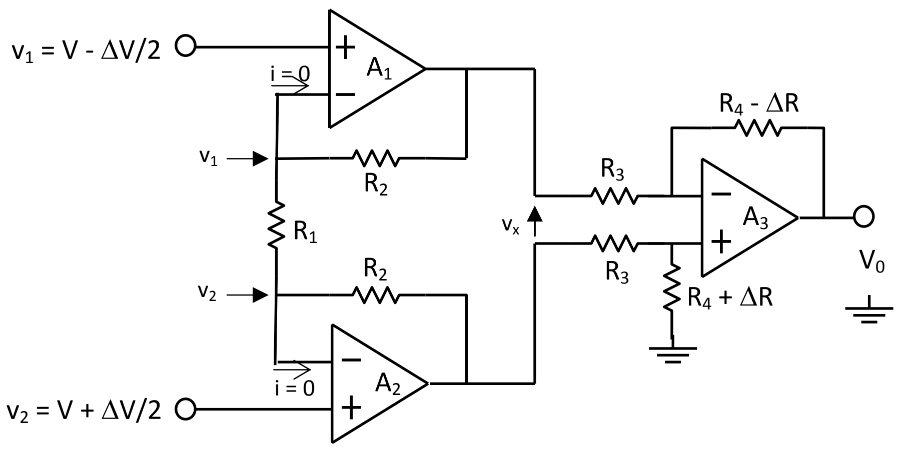
[0,5] *c) Mostre como a partir da colocação conveniente de um resistor (desenhe o novo circuito) com valor fixo de modo que a faixa de valores para o ganho possa va riar de 1 a 11. Qual o valor deste resistor?*



$$A_v = 1 + \frac{(1-x).10k\Omega}{x.10k\Omega + R} = \frac{10k\Omega + R}{x.10k\Omega + R} \quad com\ \ R\ (k\Omega)$$

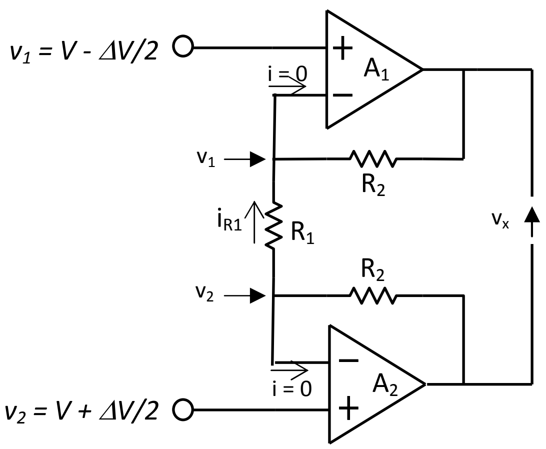
$$para\ x = 0 \ \rightarrow \ A_v = \frac{10k\Omega + R}{R} = 11 \ \rightarrow \ R = 1k\Omega$$

2) [2ª prova 2002] *Dado o circuito do amplificador de instrumentação abaixo:*



a) ***[1,0]*** *Considerando-se todos os componentes ideais, e no caso de termos resistores precisos ($\Delta R = 0$), deduza a expressão do ganho diferencial $A_d = v_0/\Delta V$*

v_x será dado por:



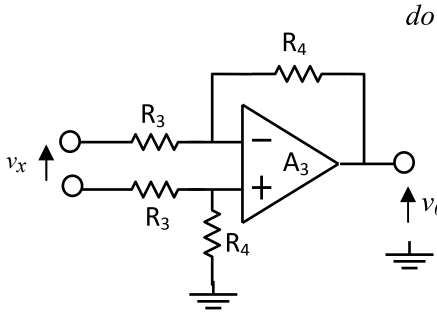
$$i_{R_1} = \frac{(v_2 - v_1)}{R_1}$$

$$v_x = -(R_1 + 2R_2).i_{R_1}$$

$$v_x = -(R_1 + 2R_2).\frac{(v_2 - v_1)}{R_1}$$

$$v_x = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right).(v_1 - v_2)$$

do amplificador de diferenças abaixo, vem:



$$v_0 = -\frac{R_4}{R_3}.v_x$$

$$v_0 = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right).\left(\frac{R_4}{R_3}\right)\underbrace{(v_2 - v_1)}_{\Delta V}$$

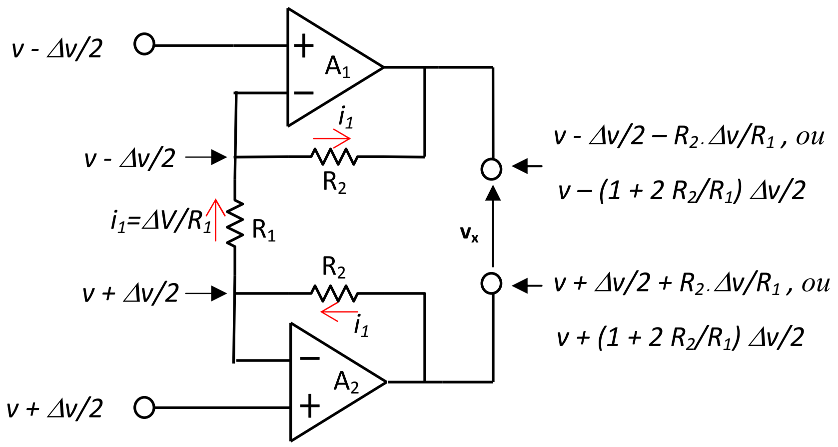
$$\boxed{A_d = \frac{v_0}{\Delta V} = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right).\left(\frac{R_4}{R_3}\right)}$$

b) **[0,5]** *Na condição do item (a), calcule A_d para R_1=10kΩ e R_2= R_3= R_4=100kΩ*

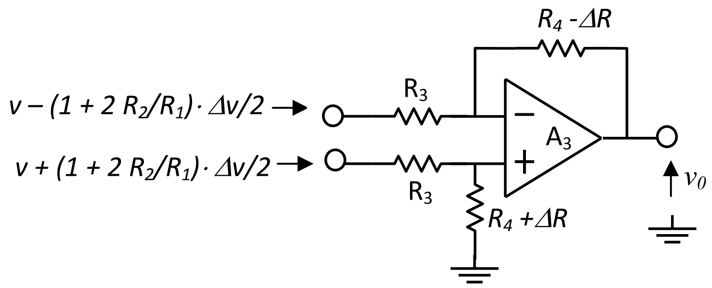
$$A_d = \frac{v_0}{\Delta V} = \left(1 + \frac{200}{10}\right) . \frac{100}{100} = 21$$

c) **[1,5]***Considerando-se que os resistores R_4 ($\Delta R \neq 0$) estejam desbalanceados, obtenha a expressão de v_0 do tipo:* $v_0 = A_d . \Delta V + A_c . V$

Obs: Considerar que : $\frac{R_3 + R_4 - \Delta R}{R_3 + R_4 + \Delta R} \cong 1$



Resolvendo agora por superposição, vem:



$$v_{0_1} = -\frac{(R_4 - \Delta R)}{R_3} \cdot (v - (1 + 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2)$$

$$v_{0_2} = \frac{(R_4 + \Delta R)}{(R_3 + R_4 + \Delta R)} \cdot \left(1 + \frac{R_4 - \Delta R}{R_3}\right) \cdot (v + (1 + 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2)$$

$$v_{0_2} = \frac{(R_4 + \Delta R)}{(R_3 + R_4 + \Delta R)} \cdot \left(\frac{R_3 + R_4 - \Delta R}{R_3}\right) \cdot (v + (1 + 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2)$$

Considerando que:

$$\frac{R_3 + R_4 - \Delta R}{R_3 + R_4 + \Delta R} \cong 1$$

$$v_{0_2} = \frac{(R_4 + \Delta R)}{R_3} \cdot (v + \ (1 \ + \ 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2)$$

$$v_0 = \ v_{0_1} + \ v_{0_2}$$

$$v_0 = -\frac{R_4}{R_3} v + \frac{R_4}{R_3}(1 \ + \ 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2 + \frac{\Delta R}{R_3} v - \frac{\Delta R}{R_3}(1 \ + \ 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2 + \frac{R_4}{R_3} v + \frac{R_4}{R_3}(1 \ + \ 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2 + \frac{\Delta R}{R_3} v + \frac{\Delta R}{R_3}(1 \ + \ 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v/2$$

$$v_0 = \frac{R_4}{R_3}(1 \ + \ 2\, R_2/R_1) \cdot \Delta v + \frac{2\Delta R}{R_3} v$$

$$v_0 = A_d . \Delta V + A_c . V$$

Então, tem-se

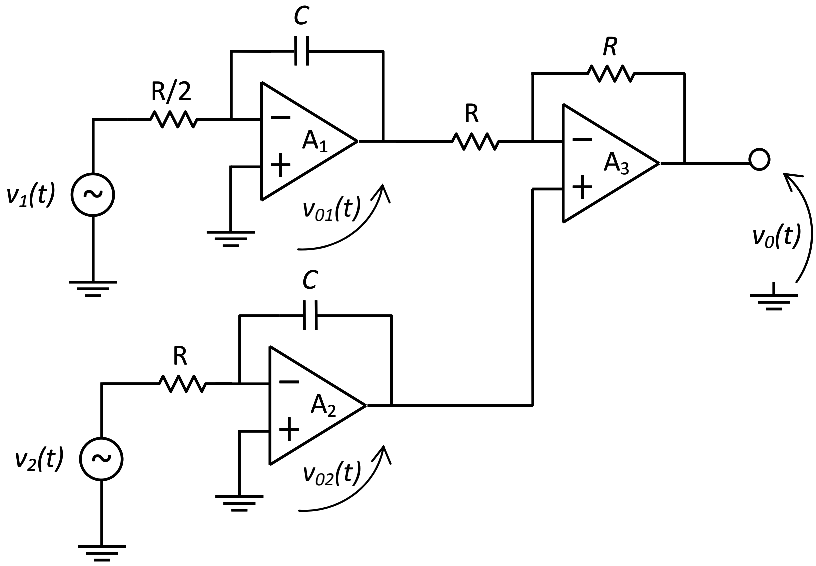
$$A_d = \frac{R_4}{R_3} \cdot (1 \ + \ 2\, R_2/R_1) \quad e \quad A_c = \frac{2\Delta R}{R_3}$$

d) ***[0,0]*** $A_d = \frac{100k\Omega}{100k\Omega} \cdot (1 \ + \ 2 \cdot 100k\Omega/10k\Omega) = 21$

$$A_c = \frac{2 \cdot 1k\Omega}{100k\Omega} = 0{,}02 \quad e \quad CMMR = 20 \cdot log \frac{A_d}{A_c} \cong 60dB$$

e) ***[0,0]*** $R_i = \infty$

3) (1ª prova de 1999) *Dado o circuito eletrônico abaixo onde foram empregados amplificadores operacionais ideais ($A_0 \to \infty$, $Z_{in} \to \infty$, $Z_{out} \to 0$):*



a) *Determine a expressão de $v_0(t)$ como função dos sinais de entrada $v_0(t)$ e $v_0(t)$*

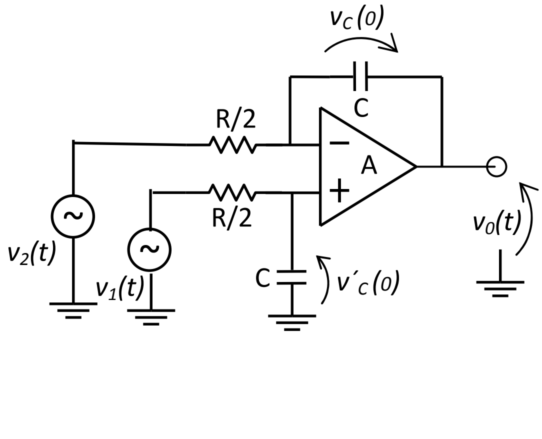
$$v_{0_1}(t) = -\frac{2}{RC}\int v_1(t)dt \qquad e \qquad v_{0_2}(t) = -\frac{1}{RC}\int v_2(t)dt$$

$$v_0(t) = -\frac{R}{R}v_{0_1}(t) + \left(1 + \frac{R}{R}\right)v_{0_2}(t) = -v_{0_1}(t) + 2v_{0_2}(t)$$

$$v_0(t) = \frac{2}{RC}\int v_1(t)dt - \frac{2}{RC}\int v_2(t)dt$$

$$\therefore \quad v_0(t) = -\frac{2}{RC}\int [v_2(t) - v_1(t)]dt$$

b) *Um circuito que satisfaz a relação deduzida no item (a) empregando 1 AmpOp. e dois capacitores é o integrador de diferenças mostrado abaixo.*



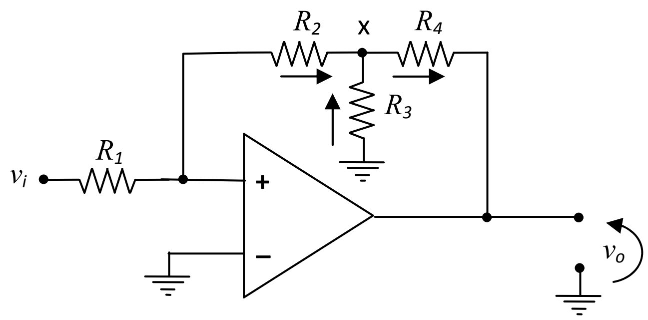
$$em\ que: \quad v_0(t) = v_0(0) + \frac{2}{RC}\int [v_1(t) - v_2(t)]dt$$

$$onde: \quad v_0(0) = v_C(0) + v'_C(0) = v_{A1}(0) - 2v_{A2}(0)$$

$$V_0(s) = \frac{Z_2}{Z_1}\cdot[V_1(s) - V_2(s)] = -\frac{1/_{sC}}{R/_2}\cdot[V_2(s) - V_1(s)] = -\frac{2}{sRC}\cdot[V_2(s) - V_1(s)]$$

$$e\ no\ domínio\ do\ tempo: \quad v_0(t) = -\frac{2}{RC}\int [v_2(t) - v_1(t)]dt$$

4) (2ª. Prova 2011) [2,5 pontos] *Dado o circuito abaixo com o amplificador operacional ideal:*



a) ***[1,5]*** *Determine a expressão* $v_o = f(v_i)$.

$$v_x = -\frac{R_2}{R_1}\cdot v_i \quad e \quad i_{R_4} = i_{R_2} + i_{R_3} = \frac{v_i}{R_1} - \frac{v_x}{R_3}$$

$$v_o = v_x - v_{R_4} = -\frac{R_2}{R_1}\cdot v_i - \left(\frac{v_i}{R_1} - \frac{v_x}{R_3}\right).R_4 = -\frac{R_2}{R_1}\cdot v_i - (\frac{1}{R_1} + \frac{R_2}{R_1\cdot R_3})R_4\,.v_i$$

$$v_o = -\left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_1} + \frac{R_2\cdot R_4}{R_1\cdot R_3}\right).v_i$$

b) ***[1,0]*** *Determine R_1 e R_3 para que o circuito tenha uma resistência de entrada de 50 kΩ e um ganho de tensão de -104V/V. Sabe-se que R_2 e R_4 = 100 kΩ.*

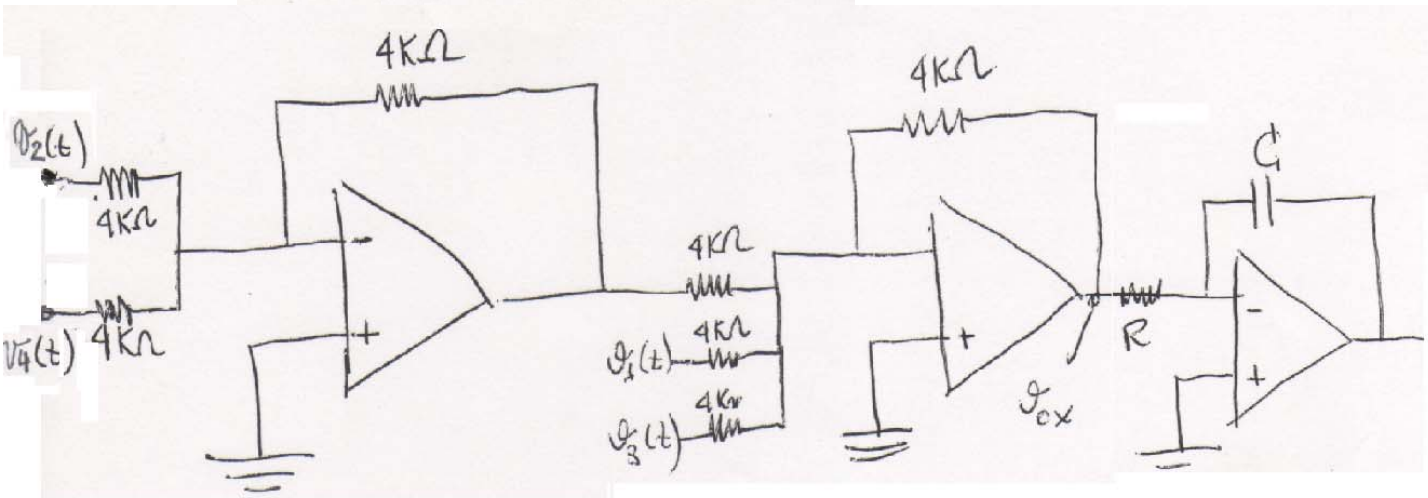
$$R_i = 50k\Omega \quad então \quad R_1 = R_i = 50k\Omega$$

$$-\left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_1} + \frac{R_2\cdot R_4}{R_1\cdot R_3}\right) = -104 = -\left(\frac{100k}{50k} + \frac{100k}{50k} + \frac{100k\cdot 100k}{50k\cdot R_3}\right)$$

$$\frac{100k\cdot 100k}{50k\cdot R_3} = 104 - 2 - 2 \quad \rightarrow \quad R_3 = 2k\Omega$$

$\boxed{R_1 = 50k\Omega}$ $\boxed{R_3 = 2k\Omega}$

5) $$v_o(t) = 2\int_0^t [v_1(t) - v_2(t) + v_3(t) - v_4(t)].dt$$



$$v_{ox}(t) = -\left[v_1(t) - v_2(t) + v_3(t) - v_4(t)\right]$$

$$v_o(t) = \frac{-1}{RC}\int_0^t v_{ox}(t)\,dt + v_c(0)$$

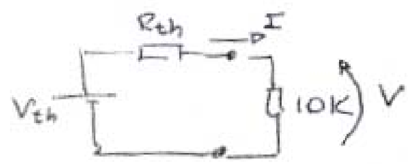
para $\boxed{RC = 0{,}5\,s}$ e condição dada $v_o(0) = v_c(0)$

$\Rightarrow$

$$v_o = 2\int_0^t \left[v_1(t) - v_2(t) + v_3(t) - v_4(t)\right] dt$$

6) a) Diodo conduzindo:

Teo de Thevenin



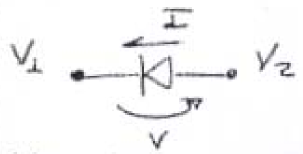
$$V_{th} = \frac{20K}{20K+20K} \cdot 20 = 10V$$

$$R_{th} = 20K // 20K = 10K$$

$$I = \frac{V_{th}}{R_{th}+10K} = \frac{10}{10K+10K} = \underline{0{,}5mA}$$

$$\underline{V = 10K \cdot 0{,}5m = 5V}$$

b) Diodo cortado:



$$V_2 = \frac{10K}{10K+10K} \cdot 10 = 5V$$

$$V_1 = \frac{20K}{20K+10K} \cdot 30 = 20V$$

$$V = V_2 - V_1 = 5 - 20$$

$$\underline{V = -15V}$$

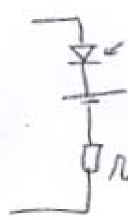
$$\underline{I = 0}$$

c) $\begin{cases} D_1 \text{ conduz} \\ D_2 \text{ cortado} \end{cases}$

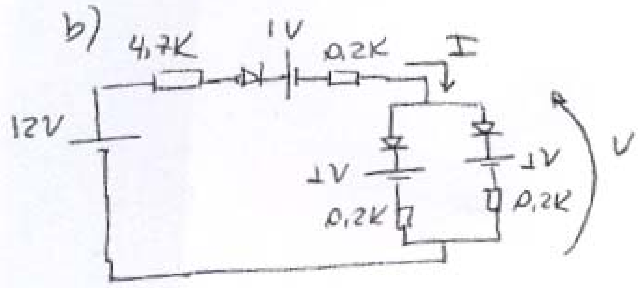
$$I = \frac{10-2}{1K} = 8mA$$

$$V = 2V \ (D_1 \text{ conduz})$$

7) a) modelo



b)



$$I = \frac{12-1-1}{4{,}7K+0{,}2K+0{,}1K} = 2mA$$

$$V = 1 + \underbrace{0{,}1K}_{0{,}2K // 0{,}2K} \cdot 2m = 1{,}2V$$

8)

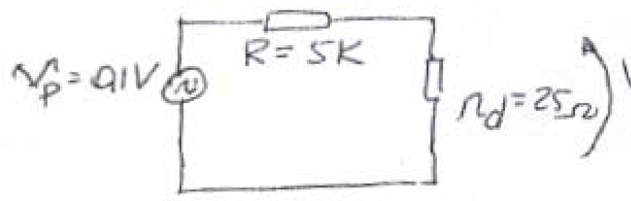
Temos: $\begin{cases} V_D = 60m \log\left(\frac{I_D}{I_S}\right) \\ 10V - (R_1+R_2) I_D - V_D = 0 \\ I_D = I \end{cases}$

Para dizermos que $I = I_D$ está próximo a 1mA que será nosso valor inicial

$$V_D = 60\,mV \log\left(\frac{10^{-3}}{10^{-15}}\right) = 60mV \cdot 12 = 0{,}72V$$

9) a) Como $I_D = 2mA$

$$r_d = \frac{nV_T}{I_D} = \frac{2 \cdot 0{,}025}{2m} = 25\,\Omega$$



$$v_d(pico) = V_p \cdot \frac{r_d}{R + r_d}$$

$$v_d(pico) = 0{,}1 \cdot \frac{25}{5000+25} \cong 5mV$$

b) condição de pequeno sinal:

$$v_d \ll nV_T = 2 \times 25 = 50mV$$

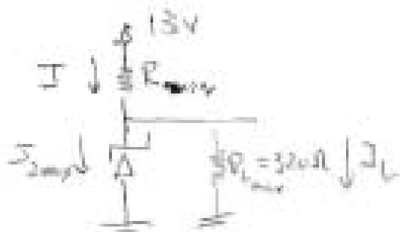
Como $V_d = 5mV \ll 50mV \Rightarrow$ Condição de pequeno sinal está garantida.

10)

a) R_{Min}

Pior Situação

R_L máximo $= 320\Omega$ e V^+ máximo $= 13V$



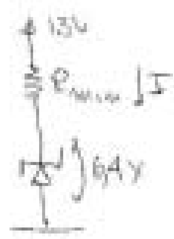
$\Rightarrow I_Z = I_{Zmax} = 200\,mA \Rightarrow V_Z = 6{,}0 + 2\Omega \cdot 0{,}2A = 6{,}4V$

Logo $I_L = \dfrac{6{,}4V}{R_{L_{max}}} = \dfrac{6{,}4V}{320\Omega} = 20\,mA$

Portanto a corrente I em R(mínimo) será

$I = 220\,mA = I_{Zmax} + I_L$

$\Rightarrow$



$$R_{Lmin} = \frac{13 - 6{,}4}{I} = \frac{6{,}6V}{220\,mA}$$

$$\boxed{R_{Lmin} = 30\,\Omega}$$

b) R_{max}

Pior Situação

$R_L\ min$
$V^+\ min$
$I_Z \cong 5\ mA$

$I_Z = 5mA \Rightarrow V_Z = 6{,}0 + 2 \cdot 0{,}05A = 6{,}01V$

$\Rightarrow I_L = \dfrac{V_Z}{R_{Lmin}} = \dfrac{6{,}01V}{60{,}1\,\Omega} = 100\ mA$

Logo I em R é igual

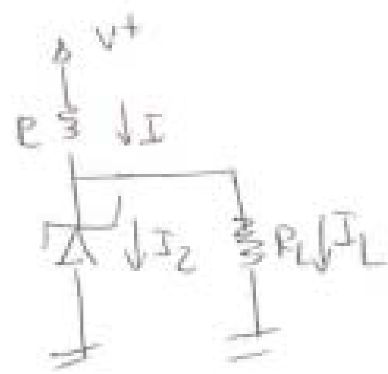
$I = I_{Zmin} + I_L = 5mA + 100mA = 105mA$

$R_{max} = \dfrac{11{,}26 - 6{,}01}{I} = \dfrac{5{,}25V}{105\ mA} = 50\Omega$

$\boxed{R_{Lmax} \cong 50\Omega}$

c) para não lhe passar $I_{Z\,max}$

$I_{Z_{max}} = 200\ mA \Rightarrow V_Z = 6{,}4V$



$I_L = \dfrac{6{,}4V}{R_L} = \dfrac{6{,}4\ V}{100\ \Omega} = 64\ mA$

$I = I_L + I_{Z_{max}} = 264\ mA$

$V^+_{max} = V_Z + R \cdot I = 6{,}4V + 40\Omega \cdot 264\ mA = 6{,}4V + 10{,}56V = 16{,}96V$

$\boxed{V^+_{max} = 16{,}96\ V}$

para manter a regulação

$I_{Z_{min}} = 5mA \Rightarrow V_Z = 6{,}01V$

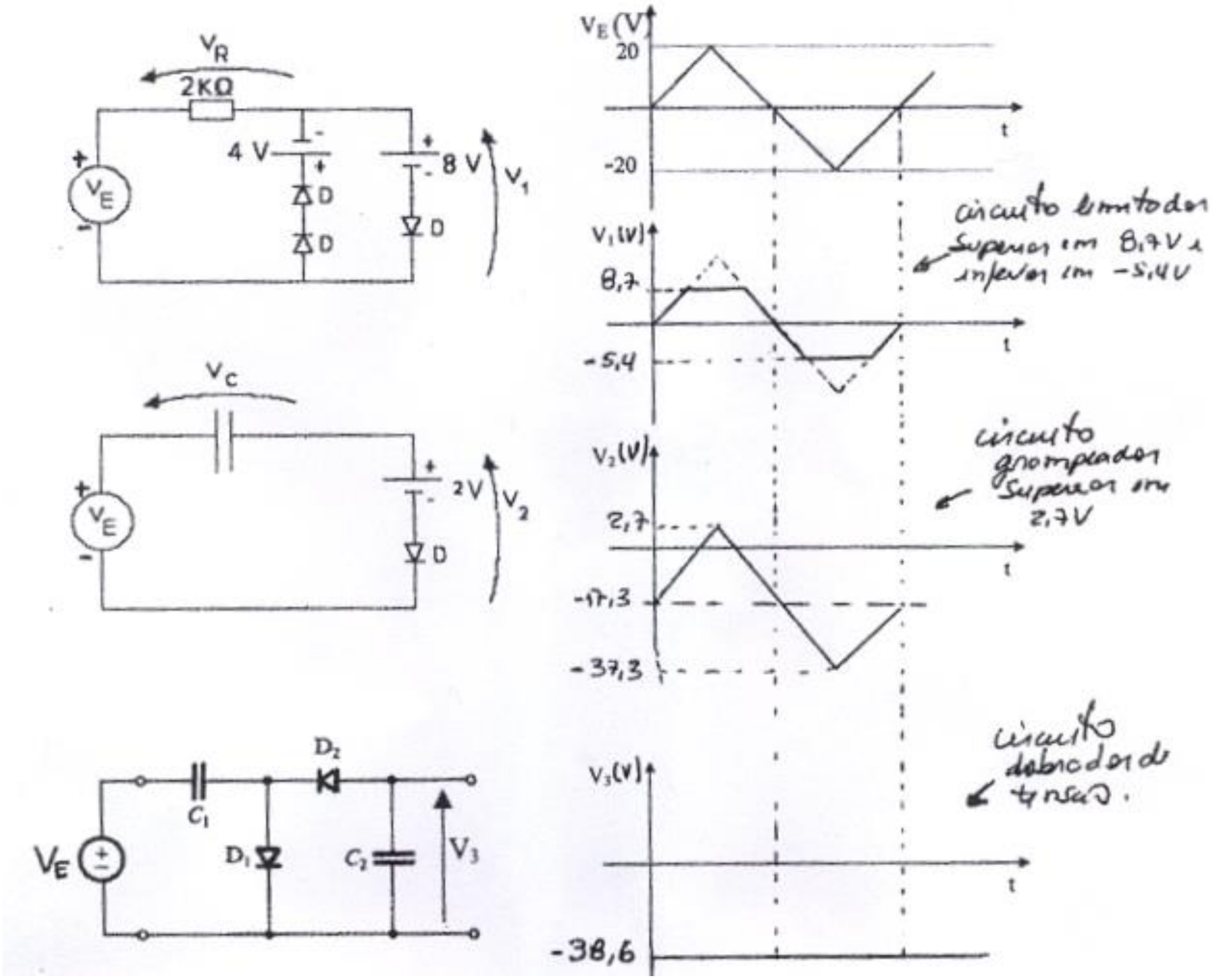
$I_L = \frac{6{,}01V}{100\Omega} = 60{,}1\,mA$

$I = I_{Z_{min}} + I_L = 65{,}1mA$

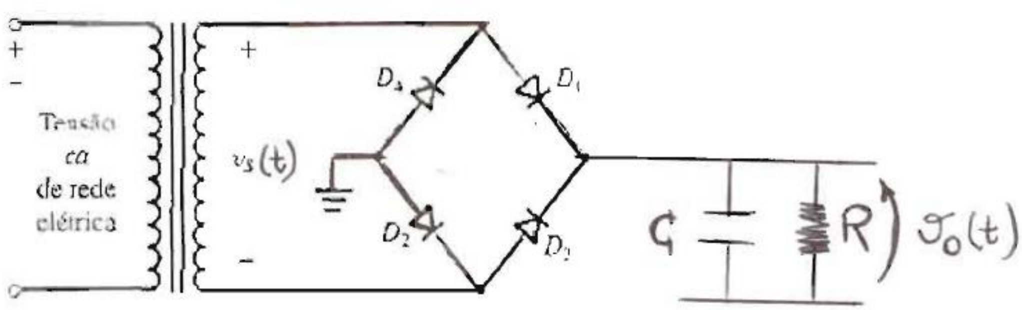
$V^+_{min} = 6{,}01V + 40\Omega \cdot 65{,}1mA = 6{,}01V + 2{,}604V = 8{,}614V$

$\boxed{V^+_{min} = 8{,}614V}$

11) (Prova 2007) - Para os circuitos abaixo, desenhar as formas de onda da tensão V_1, V_2 e V_3 sincronizadas com o sinal de entrada V_E, após o eventual transitório, indicando os respectivos valores de tensão. Considere para o diodo o modelo de tensão constante, V_{D0} = 0,7 V.



12) (Prova 2016)



a) determine o valor do capacitor para garantir, na pior situação, uma tensão de pico a pico de ondulação(Vr) menor ou igual à 0,2V.

$v_S(t) = 17{,}5 sen(2\pi 50 t)$ onde f = 50Hz

$V_{S_{pico}} = 17{,}5V$,

$V_{O_{pico}} = 17{,}5V - 2V_D = 17{,}5 - 2x0{,}75 = 16V$

$T = \dfrac{1}{50Hz} = 20ms$ (onda senoidal)

Desta forma:

$V_r = V_{O_{pico}} .T / (2.C.R)$ (retificador de onda completa)

Na pior situação, R= 500 Ω, portanto:

$$C \geq \frac{16Vx20ms}{2x0{,}2x500} = 1{,}6mF$$

b) Qual a corrente máxima e a tensão inversa (PIV) que os diodos devem suportar? (Despreze o efeito de ondulação para determinar a tensão média na carga). Calcule ainda o ângulo de condução.

Considere: √5 = 2,23 √10 = 3,16 √20 = 4,47 √30 = 5,48 π = 3,14

$V_P = V_{O_{pico}}$

A pior situação de i_{Dmax} ocorre para R= 500Ω

Temos também,

$I_L = V_P/R$ = 16V/500Ω = 32mA (pior situação)

Portanto,

$i_{Dmax} = I_L\, [\, 1 + 2.\pi\, (V_P / 2.V_r)^{1/2}\,]$ (retificador de onda completa)

$i_{Dmax} = 32\, [\, 1 + 2.\pi\, (16 /(2x0{,}2))^{1/2}\,]$ = 1302mA = 1,3A

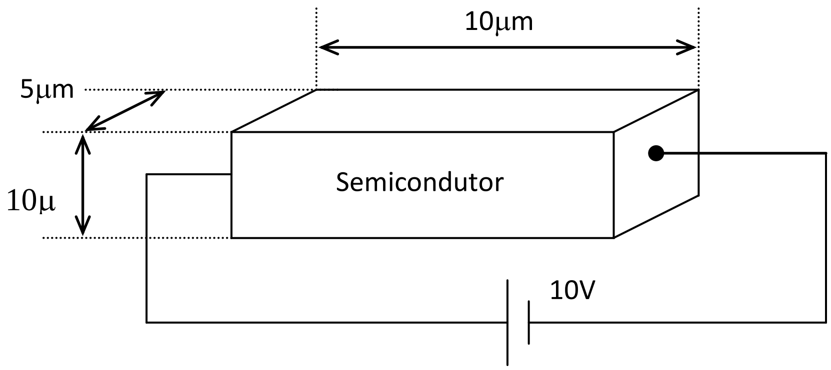
A tensão inversa máxima é dada por:

$$PIV = V_{S_{pico}} - V_D = V_P + V_D = 17{,}5 - 0{,}75 = 16{,}75V$$

O ângulo de condução é dado por:

$$\theta_{condução} = \omega.\Delta t = \sqrt{2V_r/V_P} = \sqrt{2\,0{,}2/16} = 0{,}223rad$$

13) (Prova - 2003)



a) Determine a concentração de elétrons e lacunas. O semicondutor é tipo N ou tipo P? Justifique.

$N_A = 9x10^{15}cm^{-3}$, $N_D = 5,9x10^{16}cm^{-3}$.

$N = N_D - N_A = 5,0x10^{16}cm^{-3}$ (o semicondutor é tipo N).

$n = N = 5x10^{16}cm^{-3}$, $p = ni^2/n = 10^{20}/5x10^{16} = 2x10^3cm^{-3}$

$$\boxed{\begin{array}{c} n = 5x10^{16}cm^{-3} \\ p = 2x10^3cm^{-3} \end{array}}$$

b) Calcule a corrente elétrica desta barra de material semicondutor quando uma tensão de 10V é aplicada através da mesma.

$$\varepsilon = \frac{V}{l} = \frac{10}{10x10^{-4}} = 10^4 V/cm \qquad A = 5x10^{-4}.10x10^{-4} = 5x10^{-7}cm^2$$

$$I_n = q.A.\mu_n.(N_D - N_A).\varepsilon = 1,6x10^{-19}.5x10^{-7}.1000.5x10^{16}.10^4 = 25x1,6x10^3 = 40mA$$

$$\boxed{I_n = 40mA}$$

c) Ainda considerando a tensão de 10V aplicada através do material, qual o tempo médio que leva o elétron para percorrer a distância de 10μm de uma extremidade a outra do material.

$$\overline{v_n} = \mu_n.\varepsilon = 1000x10^4 = 10^7 cm/s \qquad \overline{t} = \frac{\Delta d}{\overline{v_n}} = \frac{10x10^{-4}}{10^7} = 100ps$$

$$\boxed{t = 100ps}$$

d) Desenhe o diagrama de cargas equivalentes (indicar apenas cargas fixas e móveis majoritárias).