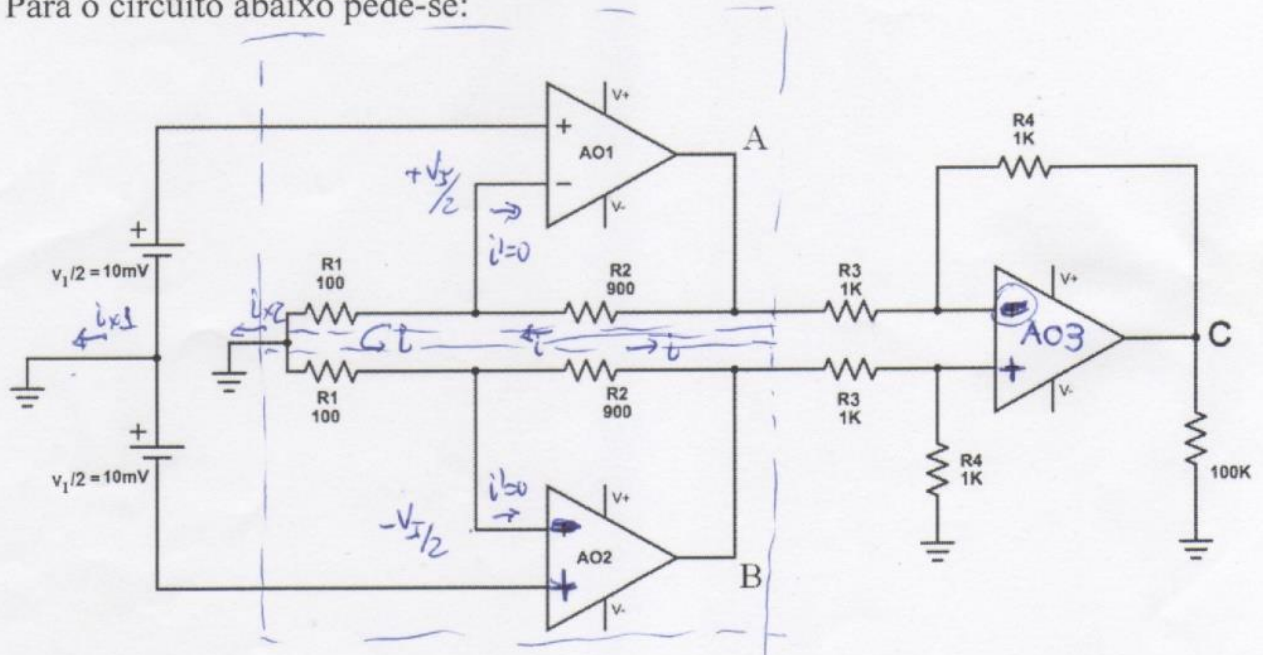


# 1ª Questão (3,0 pontos) – Amplificadores Operacionais

Para o circuito abaixo pede-se:



a) (1,0) Sabe-se que  $v_I/2 = 10\text{mV}$  na figura acima. Inicialmente obtenha a expressão literal de  $v_C/v_I$  em função  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$ .

O bloco constituído pelo AO3 é um amplificador de diferenças e portanto:

$$V_C = \frac{R_4}{R_3} \cdot (V_B - V_A) \quad \text{onde} \quad V_A - V_B = 2(R_2 + R_1) \cdot i \quad \text{e} \quad i = \frac{V_I}{2R_1}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_C = -\frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_I} \Rightarrow \frac{V_C}{V_I} = -\frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$i_{x1} = i_{x2} = 0 \quad (\text{simetria})$$

b) (1,0) Considerando o sinal diferencial de entrada  $v_I = 20\text{mV}$  ( $= v_{I1}/2 + v_{I2}/2$ ), obtenha os valores das tensões contínuas (com polaridade) nos pontos A, B, e C da figura. Considere o A.O. ideal.

O Amplificador AO1 está inserido num bloco com configuração não inversora. Logo

$$V_A = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{V_I}{2} = \left(1 + \frac{900\Omega}{100\Omega}\right) \cdot 50\text{mV} = 100\text{mV}$$

De forma análoga:

$$V_B = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(-\frac{V_I}{2}\right) = -100\text{mV}$$

Considerando o Amplificador de Diferença,

$$V_C = \frac{R_4}{R_3} (V_B - V_A) = 200\text{mV}$$

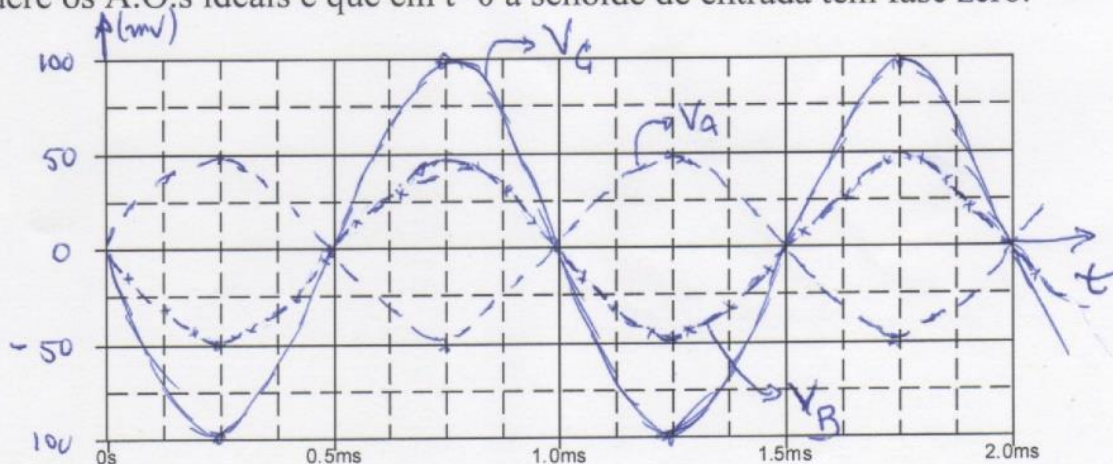
$$G = \frac{V_C}{V_I} = -10 \text{ V/V}$$

$$V_A = 100\text{mV}$$

$$V_B = -100\text{mV}$$

$$V_C = -200\text{mV}$$

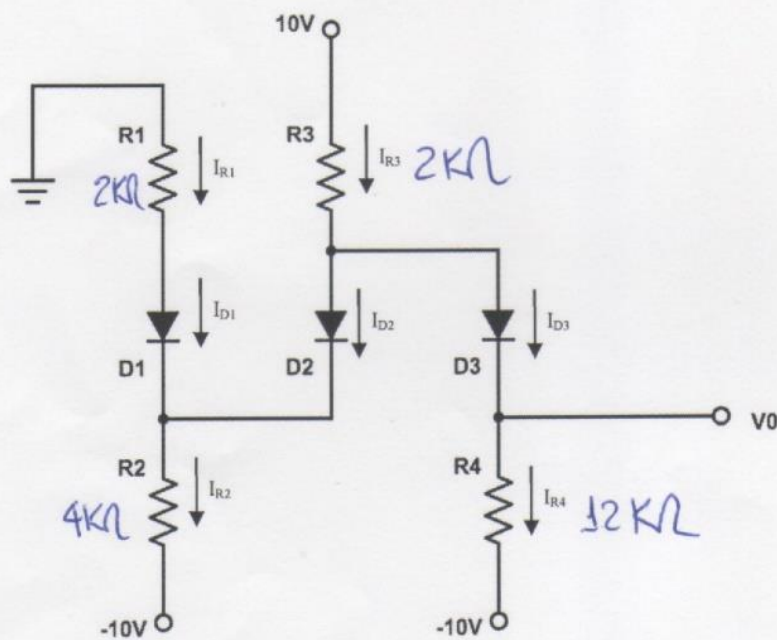
c) (1,0) Substituindo-se a tensão cc diferencial de entrada  $v_I = 20\text{mV}_{cc}$  por um sinal de entrada senoidal  $v_I = 20\text{mV}_{pp}$  (valor de pico a pico) com frequência de  $1\text{kHz}$ , esboce as formas de onda nos pontos A, B, e C. Considere os A.O.s ideais e que em  $t=0$  a senóide de entrada tem fase zero.





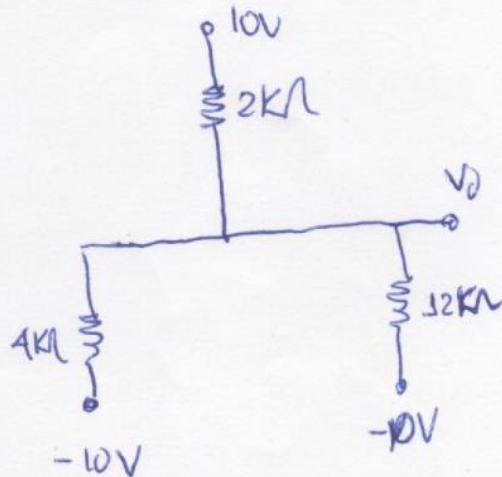
2ª Questão (2,0 pontos) Dado o circuito abaixo :

a) (1,0) Calcule o valor  $v_o$  para  $R_1 = 2k\Omega$ ,  $R_2 = 4k\Omega$ ,  $R_3 = 2k\Omega$  e  $R_4 = 12k\Omega$ , considerando os diodos ideais. Calcule ainda os valores de todas as correntes indicadas na figura ( $I_{R1}$ ,  $I_{R2}$ ,  $I_{R3}$ ,  $I_{R4}$ ,  $I_{D1}$ ,  $I_{D2}$  e  $I_{D3}$ ).



Dio dos Ideais  
 $I_D > 0 \quad V_D = 0$

Hipótese  $D_1$  não conduz  
 $D_2$  e  $D_3$  conduzem  $\Rightarrow$



$$\frac{10 - v_o}{2k\Omega} - \frac{v_o + 10}{4k\Omega} - \frac{v_o + 10}{12k\Omega} = 0$$

Tinendo o mímimo

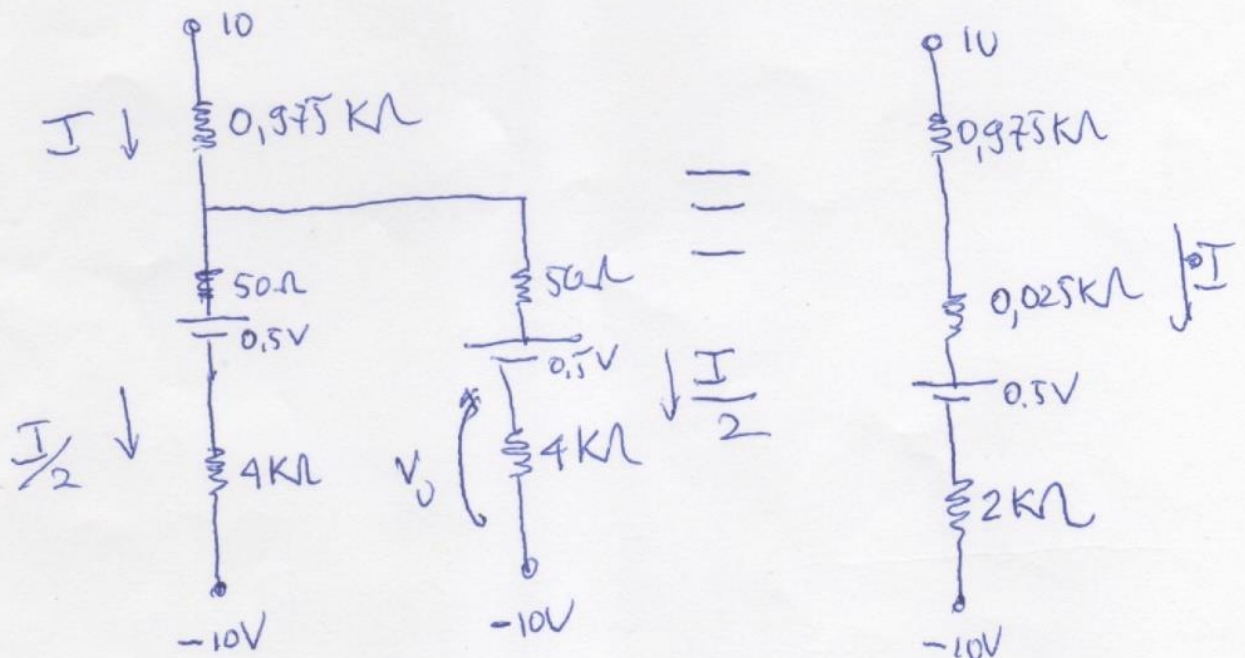
$$\frac{60V - 6v_o - 3v_o - 30V - v_o}{12k\Omega} = 0 \Rightarrow 10v_o = 20V$$

$$v_o = 2V$$

Hipótese correta.

b) (1,0) Considerando  $R_1 = 1k\Omega$ ,  $R_2 = 4k\Omega$ ,  $R_3 = 0,975k\Omega$  e  $R_4 = 4k\Omega$ , calcule o valor  $v_0$ , adotando para os diodos o modelo de dois segmentos onde  $r_D = 50\Omega$  e  $V_{D0} = 0,5V$ . Calcule ainda os valores de todas as correntes indicadas na figura ( $I_{R1}$ ,  $I_{R2}$ ,  $I_{R3}$ ,  $I_{R4}$ ,  $I_{D1}$ ,  $I_{D2}$  e  $I_{D3}$ ).

Hipótese  $D_1$  cortado  
 $D_2$  e  $D_3$  conduzem



$$\Rightarrow (2k\Omega + 0,025k\Omega + 0,975k\Omega) \cdot I = 10 - (-10) - 0,5V$$

$$3k\Omega \cdot I = 19,5V \Rightarrow I = 6,5mA \quad I/2 = 3,25mA$$

$$v_0 = 10V + 4 \cdot 3,25mA = 3V$$

$$v_0 = 3V$$

$$I_{R1} = I_{D1} = 0$$

$$I_{R2} = 3,25mA = I_{D2}$$

$$I_{R3} = 6,5mA$$

$$I_{D3} = I_{R4} = 3,25mA$$

$$I_{R1} = I_{D1} = 0$$

$$I_{R3} = 6,5mA$$

$$I_{R2} = I_{R4} = I_{D2} = I_{D3} = 3,25mA$$