

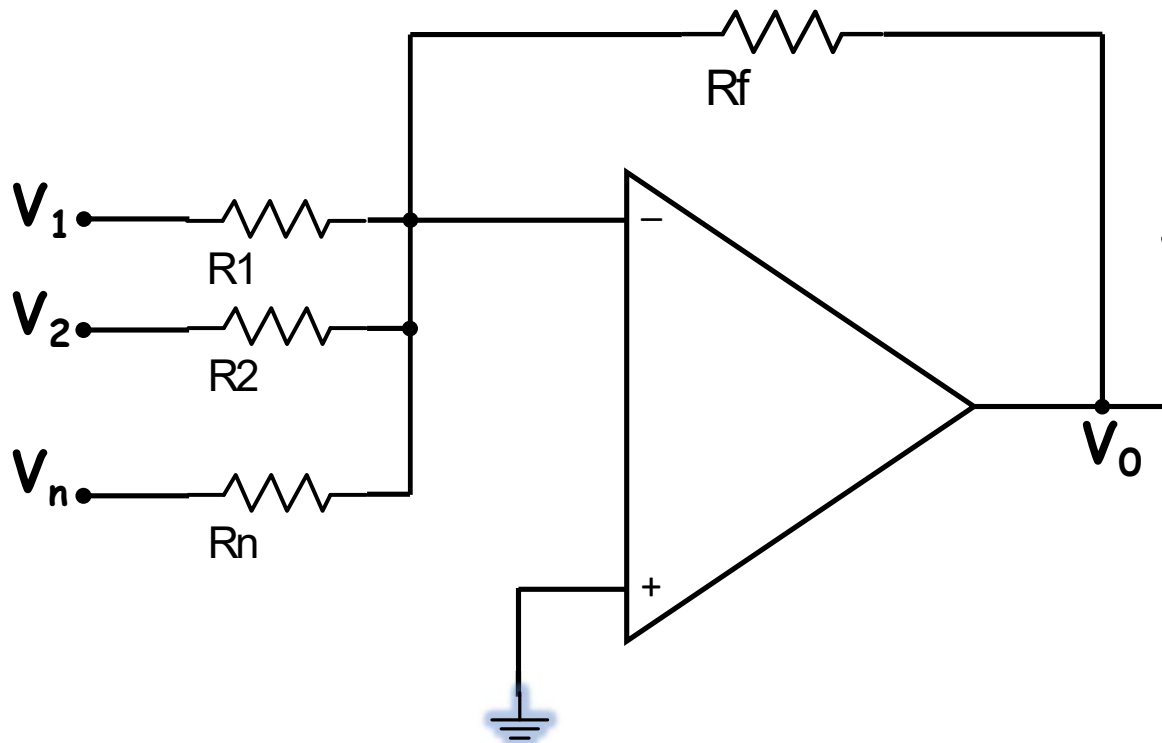
CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula - Aplicações

1 - Somador e subtrator analógico

1.1 Somador analógico.



A expressão de saída V_0

$$V_0 = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \dots + \frac{R_f}{R_n} V_n\right)$$

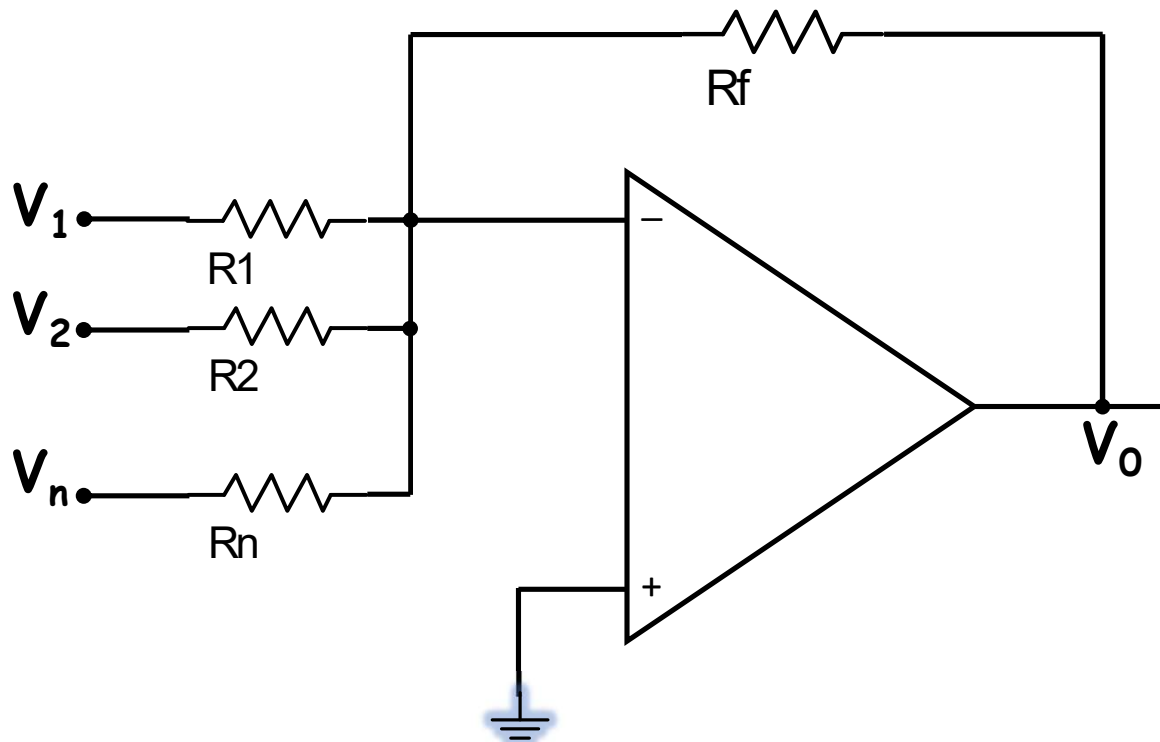
CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula - Exemplos

1.2 Exemplo de somador analógico.

Determinar os valores dos resistores de entrada, para um somador cuja equação de saída obedeça: $V_0 = - (2V_1 + 10V_2 + 4V_3)$, sabendo-se que $R_f = 100K$.



A expressão de saída V_0

$$V_0 = - \left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 \right)$$

$$\frac{R_f}{R_1} = 2 \Rightarrow R_1 = 50K$$

$$\frac{R_f}{R_2} = 10 \Rightarrow R_2 = 10K$$

$$\frac{R_f}{R_3} = 4 \Rightarrow R_3 = 25K$$

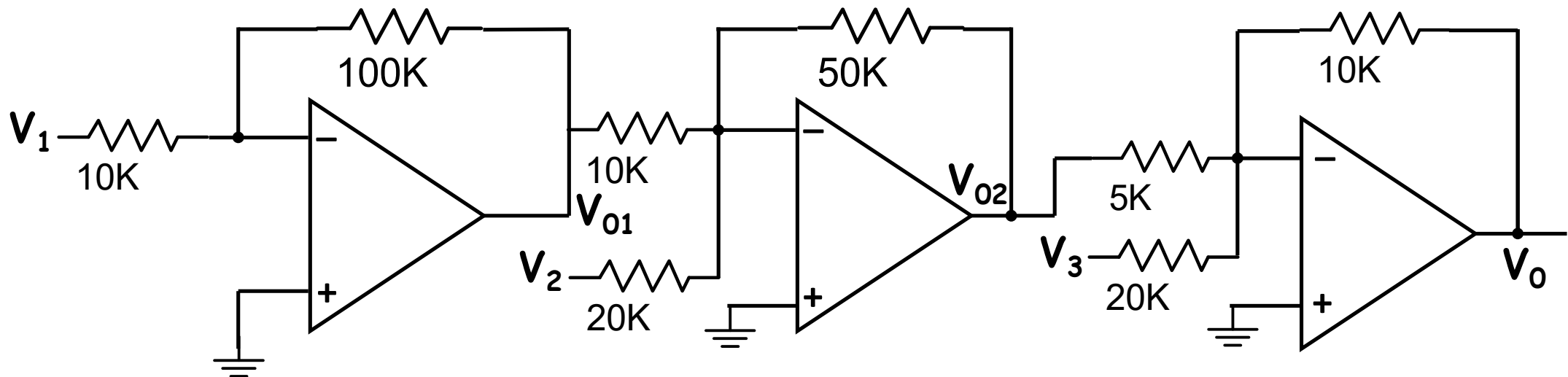
CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula - Exemplos

1.3 Exemplo de somador analógico.

Para a configuração a seguir determinar a tensão de saída ($V_1 = -0,002V$, $V_2 = +0,1V$ e $V_3 = -1V$).



$$V_{01} = -100K/10K = -10V_1 \quad V_{02} = -(50K/10K.V_{01} + 50K/20K.V_2)$$

$$V_{01} = -10.(-0,002) = 0,02V \quad V_{02} = -0,1V - 0,25V = -0,35V$$

$$V_0 = -(10K/5K.V_{02} + 10K/20K.V_3) = +0,7 + 0,5 = +1,2V$$

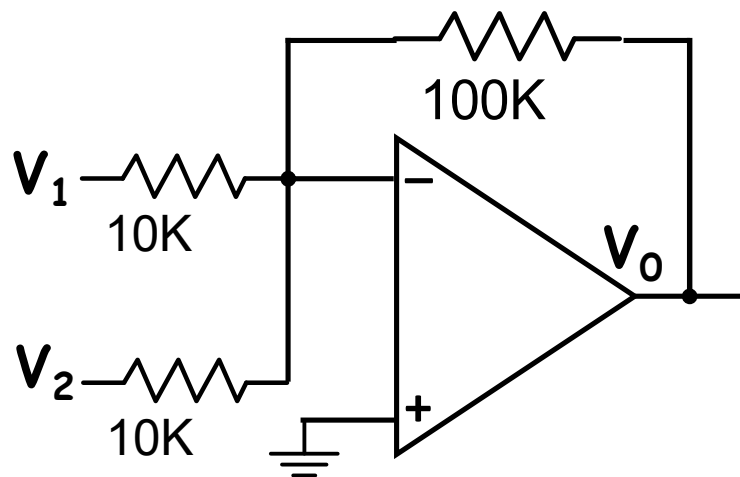
CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



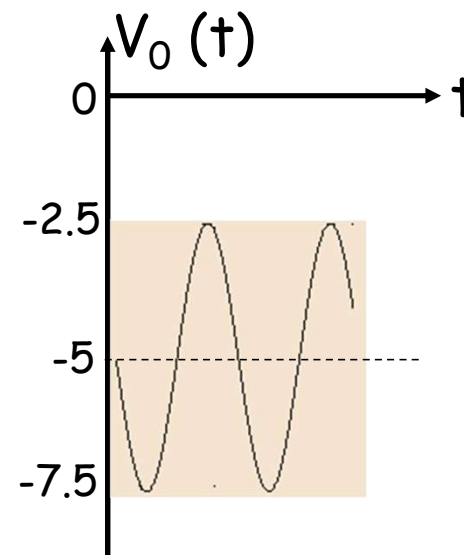
Prof. Luis Caldas
Aula - Exemplos

1.4 Exemplo de somador analógico.

Para a configuração a seguir determinar a tensão de saída e desenhar a forma de onda para $V_1(t) = 0,25\text{sen}1.000t$ e $V_2 = + 0,5\text{V}$.



$$V_0 = - 100\text{K}/10\text{K}(V_1 + V_2) = - 2,5\text{sen}1000t - 5$$



$$\text{SQRT}[(2.5/\text{SQRT}(2))^2 + 5^2]$$

$$\text{Vorms} = 5,30\text{V}$$

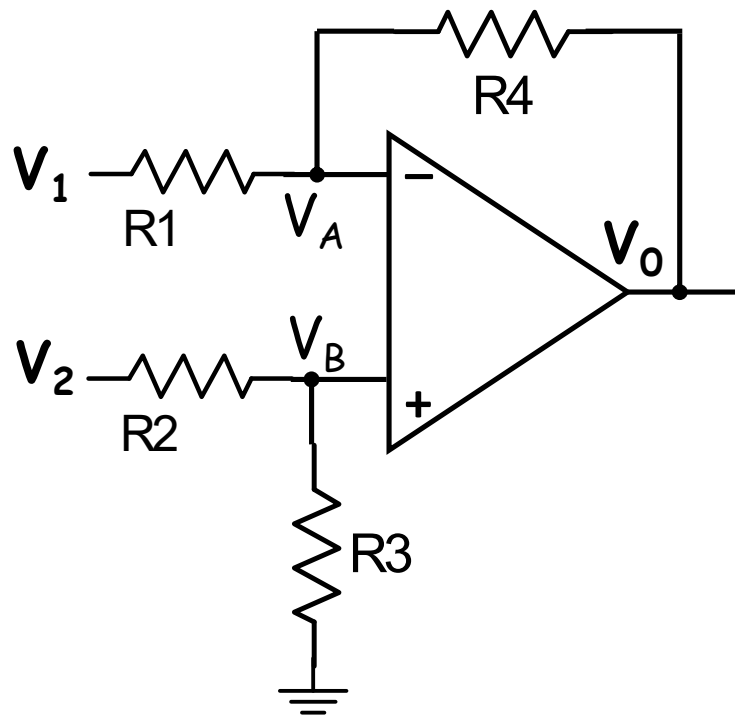
$$\text{Vodc} = -5\text{V}$$

CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula - Aplicação

1.5 Subtrator analógico.



$$V_B = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_2$$

$$V_A = \frac{R_4}{R_1 + R_4} V_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_4} V_0$$

$$V_A = V_B$$

$$V_0 = \frac{R_1 + R_4}{R_1} \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_2 - \frac{R_4}{R_1} V_1$$

$$V_0 = \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) V_2 - \frac{R_4}{R_1} V_1$$

$$V_0 = aV_2 - bV_1$$

CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula - Aplicação

1.6 Subtrator analógico.

$$V_0 = aV_2 - bV_1$$

$$a = \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2}\right) = (1 + b)K \Rightarrow (1 + b) = \frac{a}{K} \quad (K < 1) \Rightarrow (1 + b) > a$$

$$b = \frac{R_4}{R_1} \quad p/R_1 = R_2 \quad p/R_4 = R_3$$

$$K = \frac{R_3}{R_3 + R_2} \quad V_0 = \frac{R_1 + R_4}{R_1} \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_2 - \frac{R_4}{R_1} V_1$$

$$V_0 = \frac{R_B}{R_A} (V_2 - V_1) \quad R_B = R_4 \quad R_A = R_1$$

Obs.: A condição para que o subtrator seja implementável é que a seja menor do que a soma de b com a unidade, enfim:

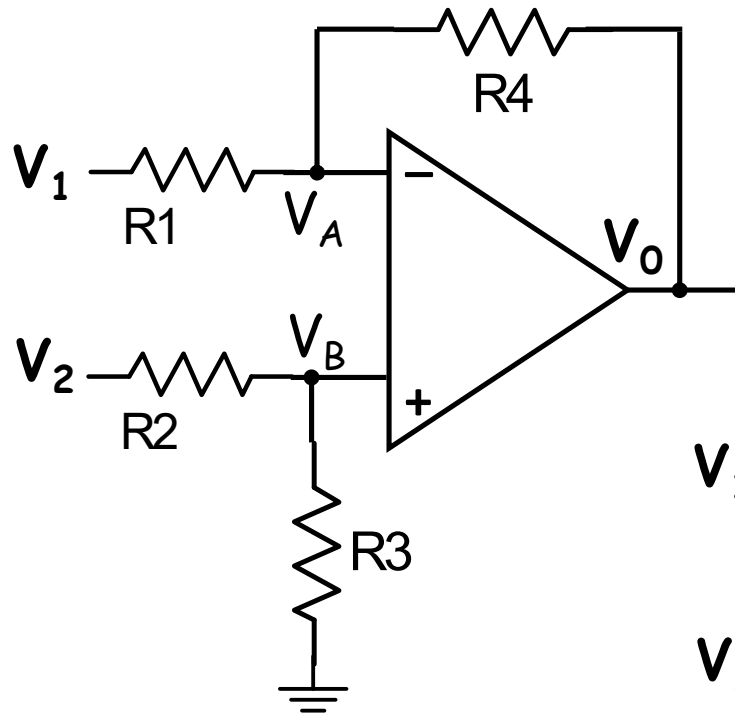
$$a < (1 + b).$$

CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



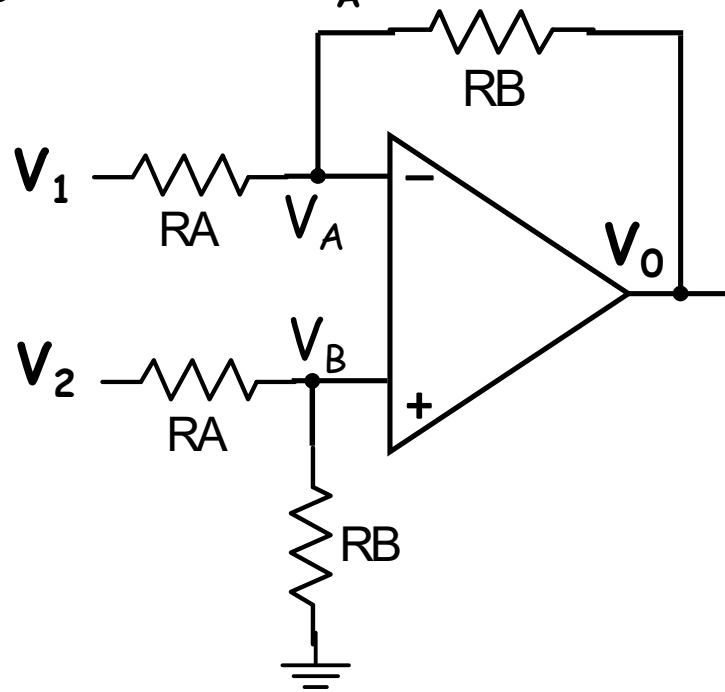
Prof. Luis Caldas
Aula - Aplicação

1.4 Caso particular.



Faça $R_1 = R_2 = R_A$ e $R_3 = R_4 = R_B$, temos:

$$V_0 = \frac{R_B}{R_A} (V_2 - V_1)$$

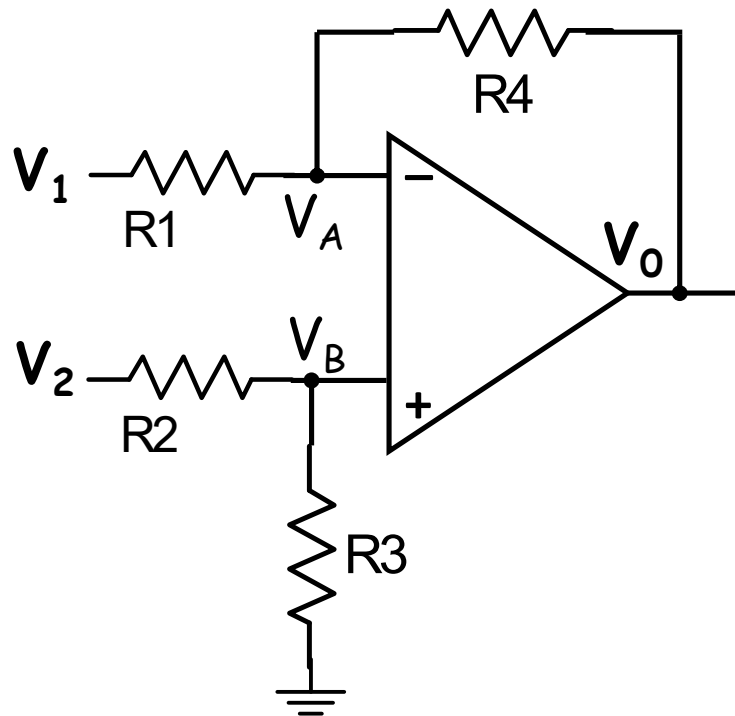


CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula – Exemplo

1.7 Verificar se é possível a implementação do subtrator



1. Gerar $V_0 = 5V_2 - 3V_1$, temos:
 $a = 5$ e $b = 3$

Condição: $a < 1 + b \Rightarrow 5 < 1 + 3 \rightarrow$ Impossível

2. Gerar $V_0 = 2V_2 - 5V_1$, temos:
 $a = 2$ e $b = 5$

Condição: $a < 1 + b \Rightarrow 2 < 1 + 5 \rightarrow$ Possível

Para $R_1 = R_2 = 10K$, determinar R_3 e R_4 sendo $a = 2$ e $b = 5$, temos:

CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



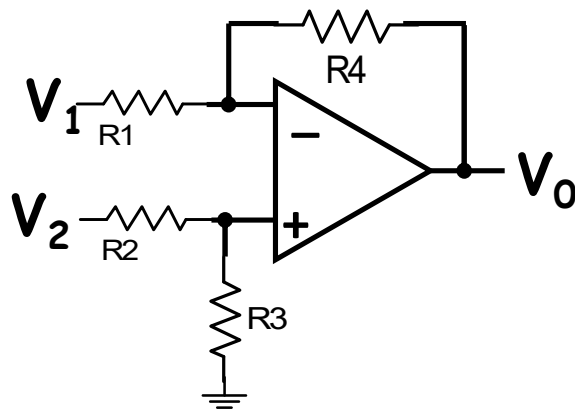
Prof. Luis Caldas
Aula – Exemplo

Para $R_1 = R_2 = 10K$, determinar R_3 e R_4 sendo $a = 2$ e $b = 3$, temos:

$$a = \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2}\right) \quad a = (1 + 3)K = 4K \Rightarrow K = 2/4 = 1/2 \text{ e } b = R_4/R_1 =$$

$$R_4 = 3R_1 = 3 \cdot 10K = 30K\Omega.$$

$$K = R_3/(R_3 + R_2) = 1/2 = R_3/(R_3 + 10K) = 2R_3 = R_3 + 10K \Rightarrow R_3 = 10K$$



Para $V_2 = 5V$ e $V_1 = 3V$, a tensão $V_0 = 2V_2 - 5V_1$

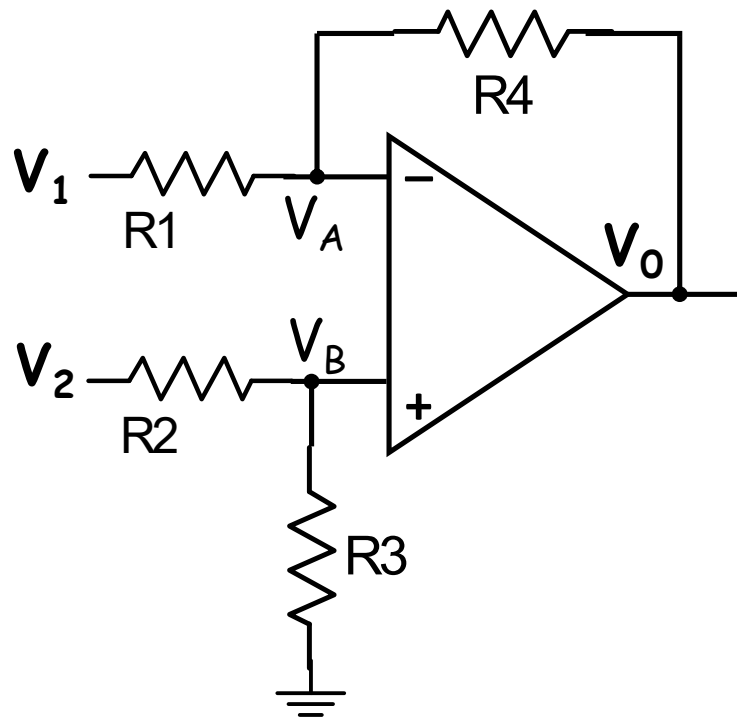
$$V_0 = 2 \cdot 5 - 5 \cdot 3 = 10 - 15 = -5V.$$

CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula – Exemplo

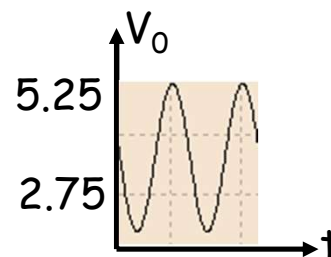
1.8 Determinar a expressão de V_0 para a configuração a seguir para:
 $R_1 = R_2 = 10K$, $R_3 = 10K$ e $R_4 = 100K$. Gerar a forma de onda $V_2 = 0,5V$
 $V_1 = 0,25\text{sen}1000t$.



$$V_0 = \frac{R_1 + R_4}{R_1} \frac{R_3}{R_3 + R_2} V_2 - \frac{R_4}{R_1} V_1$$

$$V_0 = 11 \cdot 0,5 \cdot 0,5 - 10 \cdot 0,25\text{sen}1000t$$

$$V_0 = 2,75 - 2,5\text{sen}1000t$$

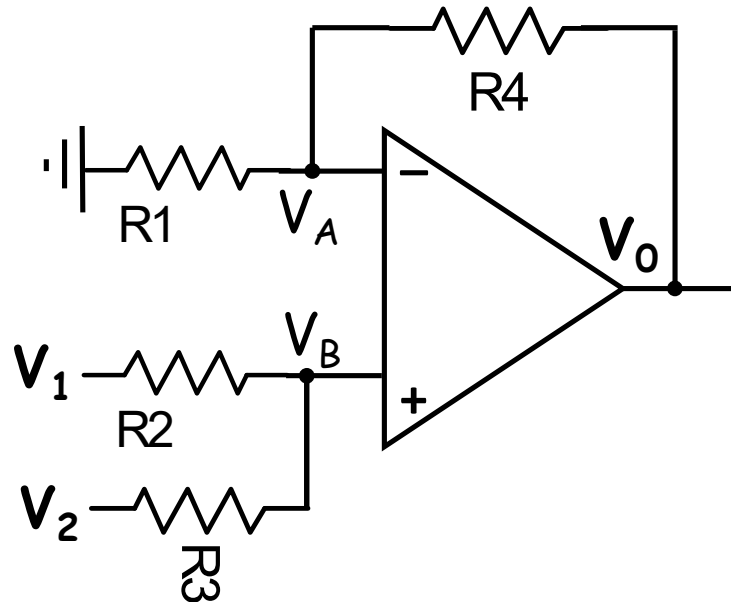


CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula – Exemplo

Exercício: Determinar a expressão de V_0 para a configuração a seguir:
 $R_1 = 1K, R_2 = 2K, R_3 = 3K$ e $R_4 = 9K$.



$$V_A = V_B \text{ onde}$$

$$V_A = \frac{R_1}{R_1 + R_4} V_0 \text{ e } V_A = \frac{V_0}{10}$$

$$V_B = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_1 + \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_2 \quad V_B = \frac{3K}{5K} V_1 + \frac{2K}{5K} V_2$$

$$\frac{V_0}{10} = \frac{3}{5} V_1 + \frac{2}{5} V_2 \quad V_0 = 6V_1 + 4V_2$$

Desligando R_1 da terra e conectando a uma fonte V_3 . Qual a expressão V_0 ?

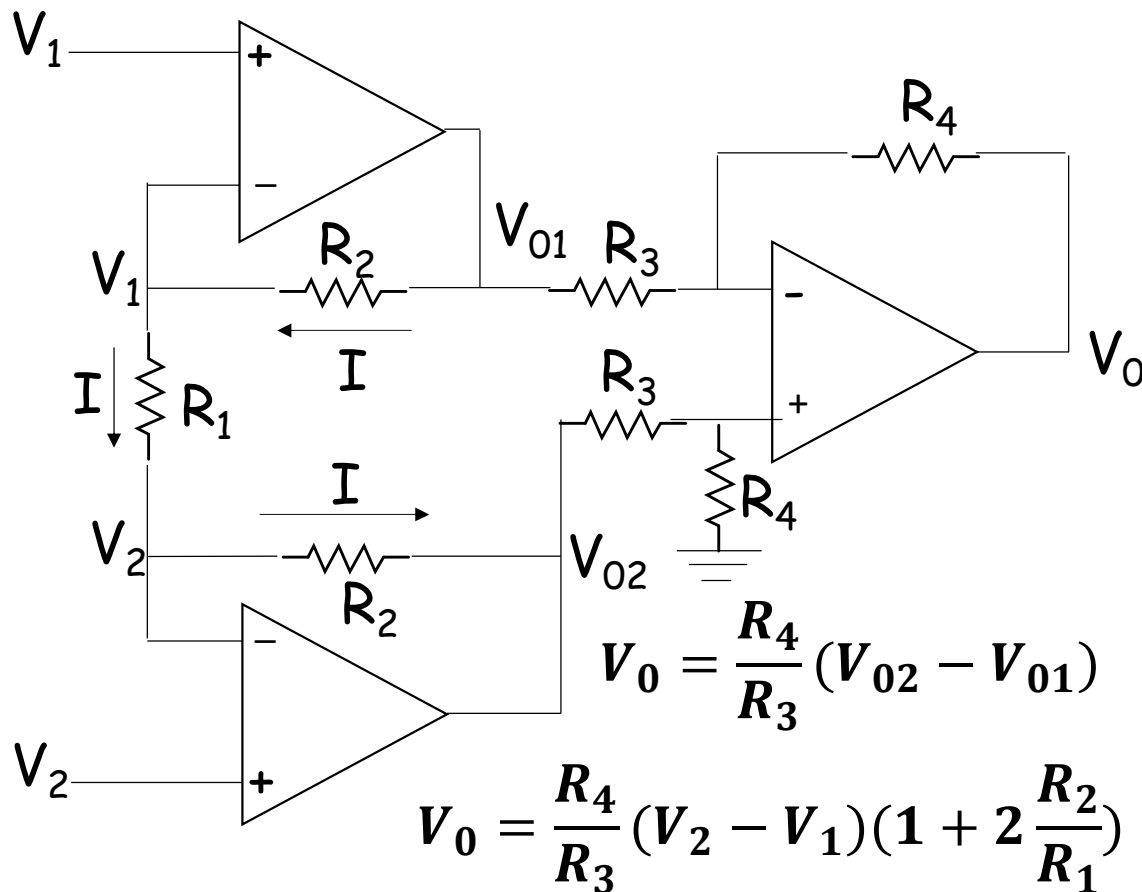
$$V_A = \frac{1}{10} V_0 + \frac{9}{10} V_3 \quad V_B = \frac{3K}{5K} V_1 + \frac{2K}{5K} V_2 \quad V_A = V_B \Rightarrow V_0 = 6V_1 + 4V_2 - 9V_3$$

CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula – Desafio

1.10 Determinar a expressão de V_0 para a configuração a seguir:



A corrente I será:
$$\frac{V_{01} - V_1}{R_2} = \frac{V_1 - V_2}{R_1}$$

$$V_{01} = -\frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) + V_1$$

A corrente I será:
$$\frac{V_2 - V_{02}}{R_2} = \frac{V_1 - V_2}{R_1}$$

$$V_{02} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) + V_2$$

$$V_{02} - V_{01} = 2 \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) + V_1 - V_2$$

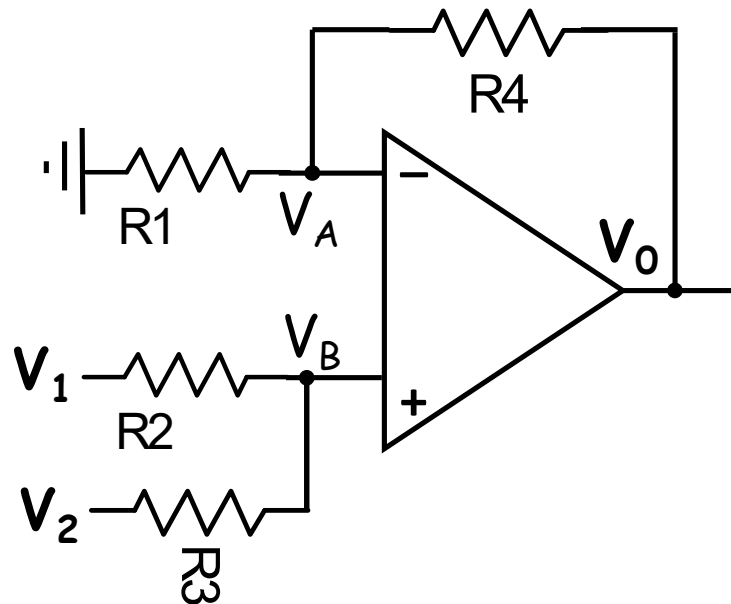
$$V_{02} - V_{01} = (V_2 - V_1) \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1}\right)$$

CAP. 03 - ELETRÔNICA APLICADA



Prof. Luis Caldas
Aula – Desafio

Exercício: Determinar a expressão de V_0 para a configuração a seguir:
 $R_1 = 1K$, $R_2 = 2K$ $R_3 = 3K$ e $R_4 = 9K$.



$$V_A = V_B \text{ onde}$$

$$V_A = \frac{R_1}{R_1 + R_4} V_0 \text{ e } V_A = \frac{V_0}{10}$$

$$V_B = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_1 + \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_2 \quad V_B = \frac{3K}{5K} V_1 + \frac{2K}{5K} V_2$$

$$\frac{V_0}{10} = \frac{3}{5} V_1 + \frac{2}{5} V_2 \quad V_0 = 6V_1 + 4V_2$$

Desligando R_1 da terra e conectando a uma fonte V_3 . Qual a expressão V_0 ?

$$V_A = \frac{1}{10} V_0 + \frac{9}{10} V_3 \quad V_B = \frac{3K}{5K} V_1 + \frac{2K}{5K} V_2 \quad V_A = V_B \Rightarrow V_0 = 6V_1 + 4V_2 - 9V_3$$