

# LOM3221 – LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA

## AULA 6

Prof. Dr. Emerson G. Melo

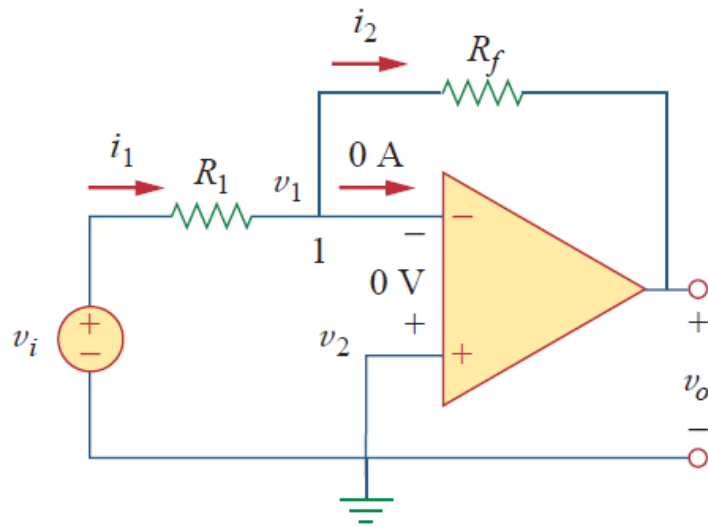
## Circuitos com Amplificadores Operacionais;

- Amplificador Inversor;
- Amplificador Não Inversor;
- Amplificador Somador;
- Amplificador Diferenciador;

## Experimentos.

- Amplificador Inversor: Calcular os valores de  $R_f$  e  $R_1$  para obter um ganho de malha fechada igual a  $-7$  e para que a corrente  $i_2$  seja de no máximo  $2 \text{ mA}$  quando  $v_o = 10 \text{ V}$ .

$$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$



Cálculo de  $R_f$

$$v_o = 10 \text{ V}$$

$$i_2 = 2 \text{ mA}$$

$$R_f = \frac{v_o}{i_2} = \frac{10}{0,002} = 5 \text{ k}\Omega$$

Cálculo de  $R_1$

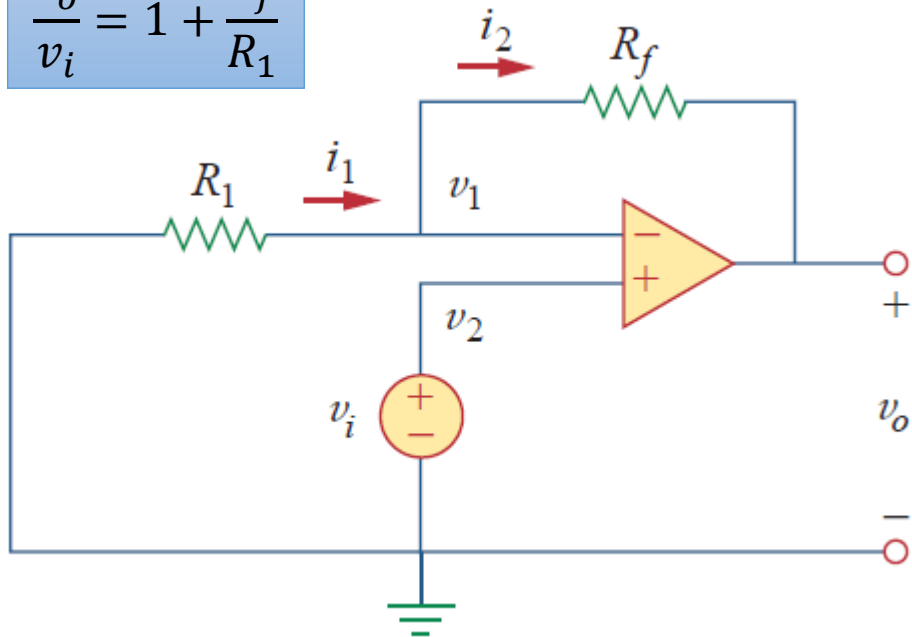
$$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$

$$-7 = -\frac{R_f}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{R_f}{7} = \frac{5 \text{ k}\Omega}{7} = 714 \Omega$$

- Amplificador Não Inversor : Calcular os valores de  $R_f$  e  $R_1$  para obter um ganho de malha fechada igual a 20 e para que a corrente  $i_2$  seja de no máximo  $5 \mu A$  quando  $v_o = 4 V$ .

$$\frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$



Equação 1

$$v_o = 4 V$$

$$i_2 = 5 \mu A$$

$$R_f + R_1 = \frac{v_o}{i_2} = \frac{4}{5 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^5$$

$$19R_1 + R_1 = 8 \times 10^5$$

$$R_1 = \frac{8 \times 10^5}{20} = 40 k\Omega$$

Equação 2

$$20 = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

$$\frac{R_f}{R_1} = 20 - 1 = 19$$

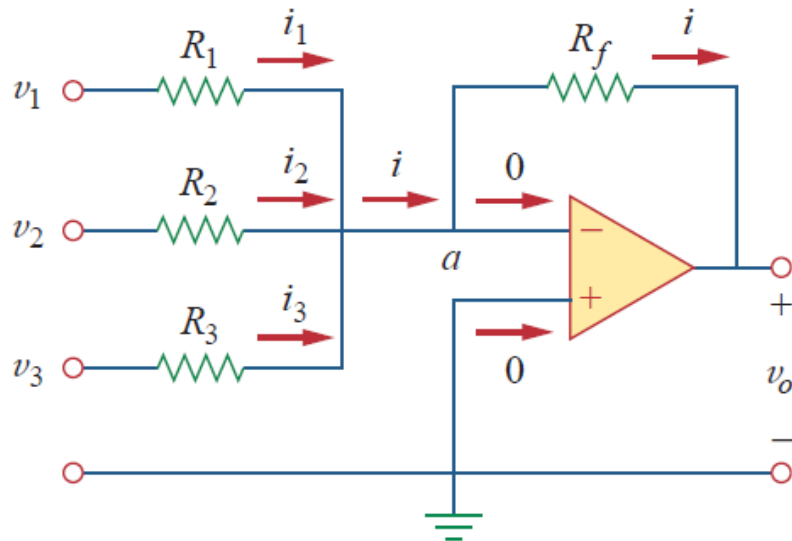
$$R_f = 19R_1$$

$$R_f = 760 k\Omega$$

# Circuitos com Amplificadores Operacionais

- Amplificador Somador : Calcular os valores de  $R_f$ ,  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  para executar a seguinte operação matemática:  $v_o = -2v_1 - v_2 - 5v_3$ . A máxima corrente drenada da saída deve ser  $\pm 100 \mu A$  e a tensão de alimentação é  $V_{CC} = \pm 10 V$ .

$$v_o = - \left( v_1 \frac{R_f}{R_1} + v_2 \frac{R_f}{R_2} + v_3 \frac{R_f}{R_3} \right)$$



## Cálculo de $R_f$

$$v_o = 10 V$$

$$i = 100 \mu A$$

$$R_f = \frac{v_o}{i} = \frac{10}{100 \times 10^{-6}} = 100 k\Omega$$

## Cálculo de $R_1$

$$\frac{R_f}{R_1} = 2$$

$$R_1 = \frac{100 k\Omega}{2} = 50 k\Omega$$

## Cálculo de $R_2$

$$\frac{R_f}{R_2} = 1$$

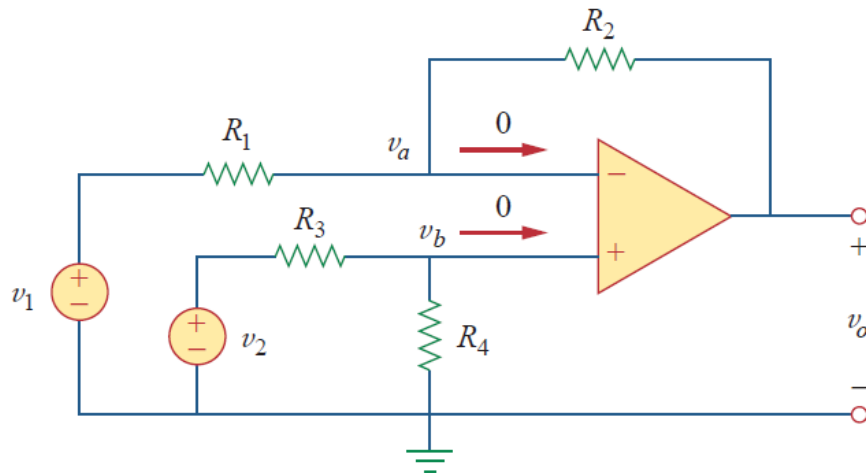
$$R_2 = 100 k\Omega$$

## Cálculo de $R_3$

$$\frac{R_f}{R_3} = 5$$

$$R_3 = \frac{100 k\Omega}{5} = 20 k\Omega$$

- Amplificador Diferenciador: Considerando  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ , calcular os valores de  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$  para executar a seguinte operação matemática:  $v_o = 3v_2 - 5v_1$ .



$$v_o = \frac{R_2(1 + R_1/R_2)}{R_1(1 + R_3/R_4)} v_2 - \frac{R_2}{R_1} v_1$$

Cálculo de  $R_2$

$$\frac{R_2}{R_1} = 5$$

$$R_2 = 5 \times 10 \text{ k}\Omega = 50 \text{ k}\Omega$$

Cálculo de  $R_3$  e  $R_4$

$$\frac{R_2(1 + R_1/R_2)}{R_1(1 + R_3/R_4)} = 3$$

$$\frac{50(1 + 10/50)}{10(1 + R_3/R_4)} = 3$$

$$\frac{5(1 + 1/5)}{(1 + R_3/R_4)} = 3$$

$$\frac{6}{(1 + R_3/R_4)} = 3$$

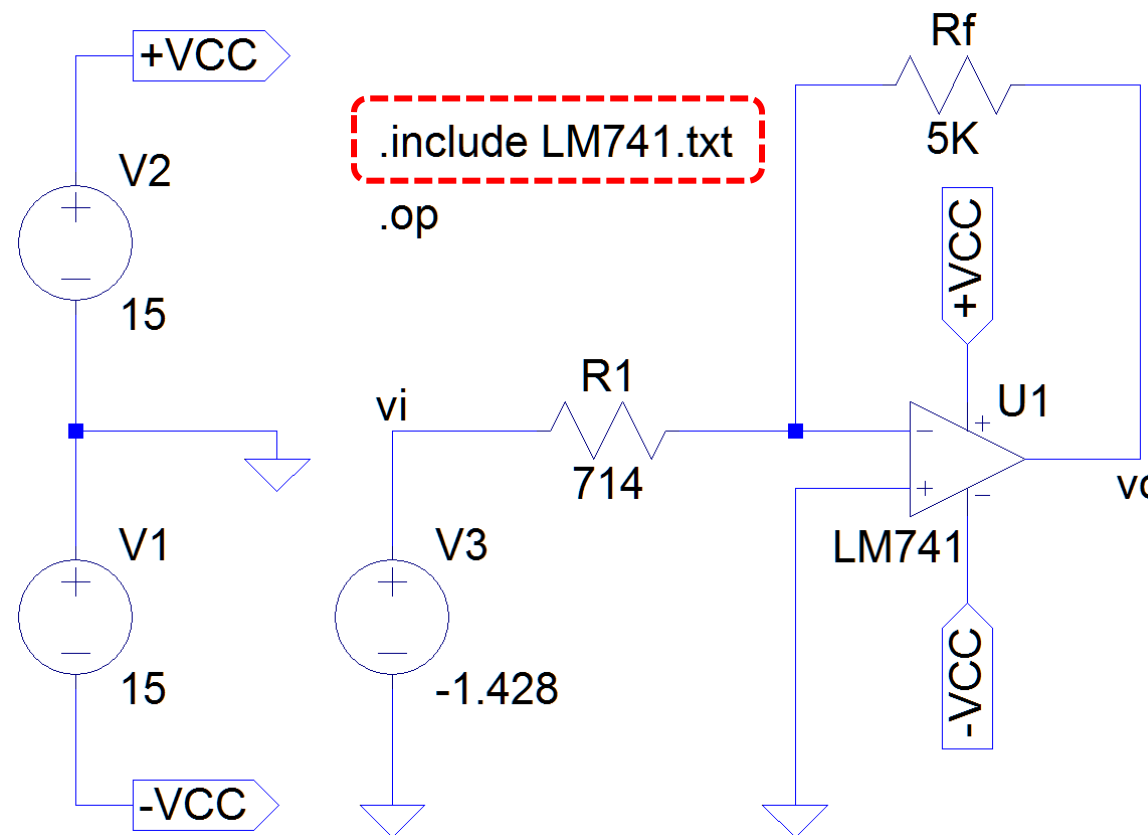
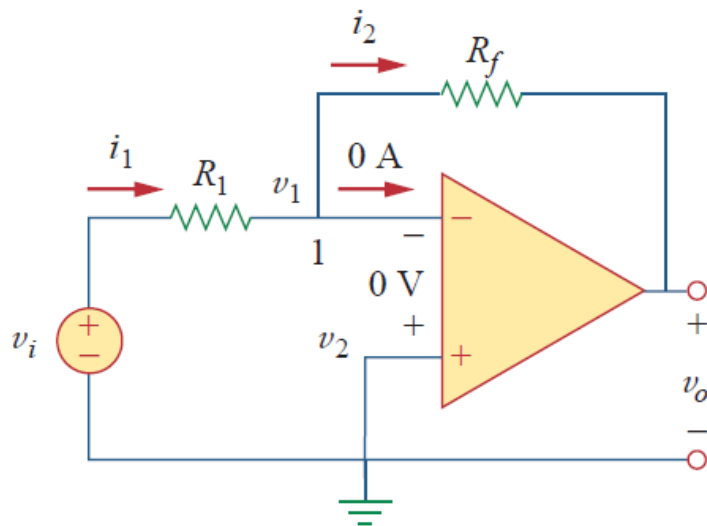
$$\frac{6}{3} = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

$$\frac{R_3}{R_4} = 1 \quad \begin{array}{l} R_3 = 10 \text{ k}\Omega \\ R_4 = 10 \text{ k}\Omega \end{array}$$

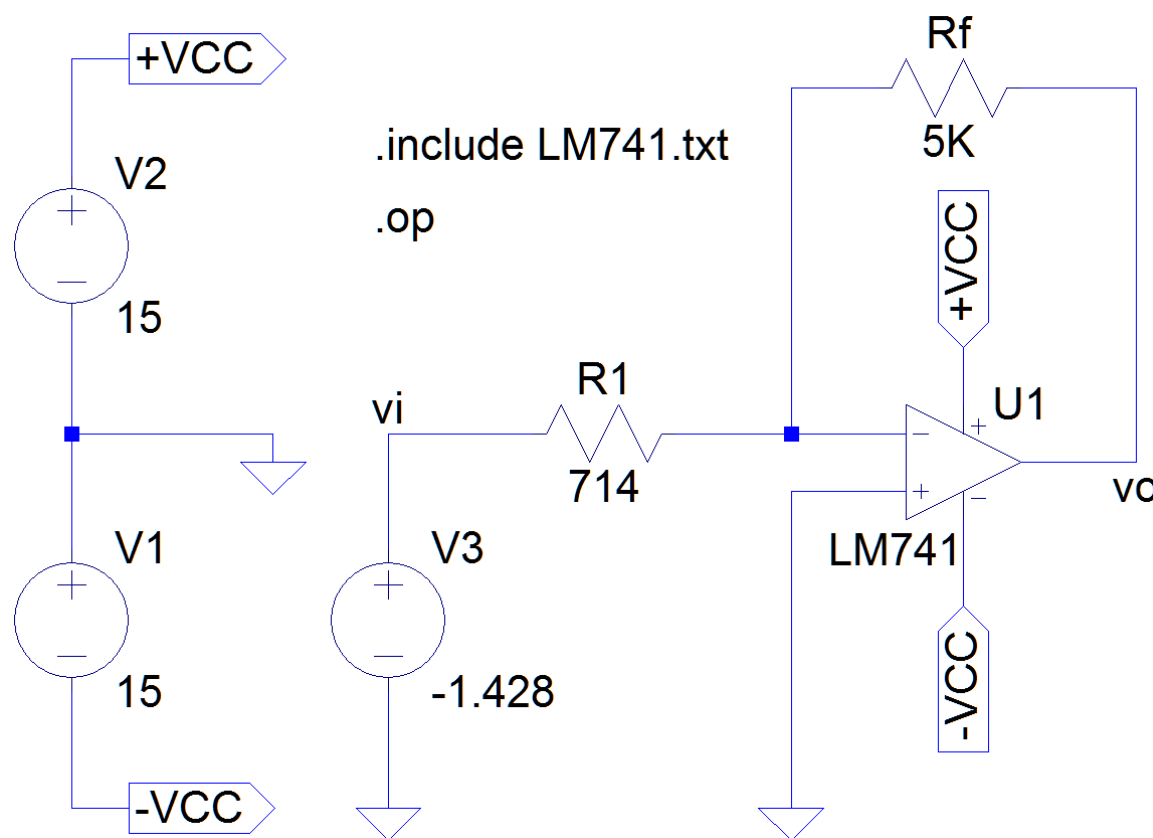
Exemplo 1: Calcular os valores de  $R_f$  e  $R_1$  para obter um ganho de malha fechada igual a  $-7$  e para que a corrente  $i_2$  seja de no máximo  $2 \text{ mA}$  quando  $v_0 = 10 \text{ V}$ . Verificar os resultados através de simulação utilizando o LM741.

$$R_f = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 714 \Omega$$



- Exemplo 1: Calcular os valores de  $R_f$  e  $R_1$  para obter um ganho de malha fechada igual a  $-7$  e para que a corrente  $i_2$  seja de no máximo 2 mA quando  $v_o = 10\text{ V}$ . Verificar os resultados através de simulação utilizando o LM741.



\* C:\Users\Emerson\OneDrive - usp.br\EEL\Disciplin

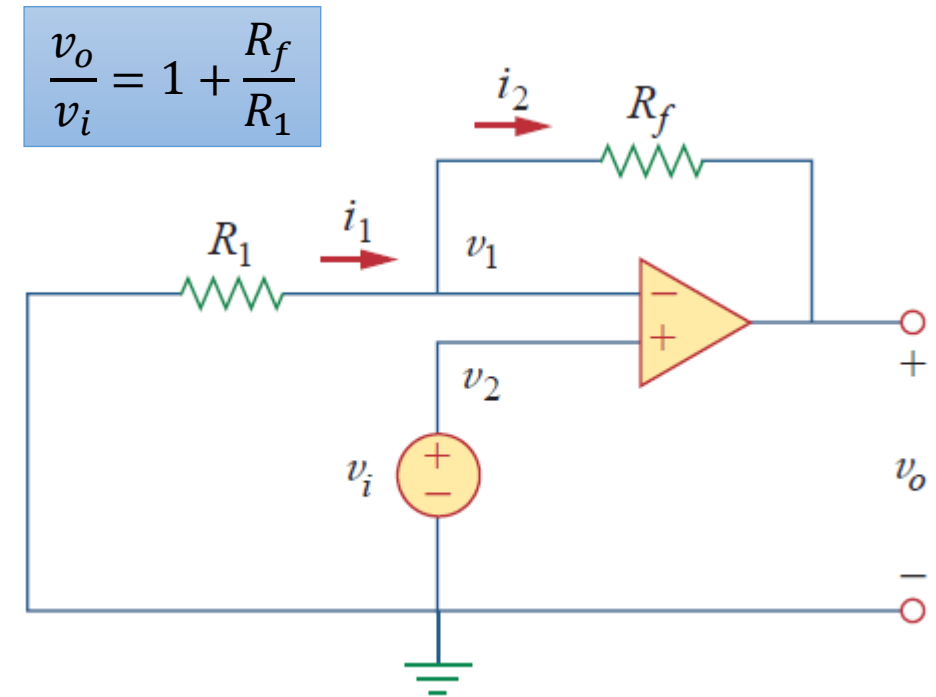
--- Operating Point ---

V(n001) :	0.000949326	voltage
V(-vcc) :	-15	voltage
V(+vcc) :	15	voltage
V(vo) :	10.0081	voltage
V(vi) :	-1.428	voltage
I(R1) :	0.00200133	device_current
I(Rf) :	0.00200143	device_current
I(V3) :	0.00200133	device_current
I(V2) :	-0.00362676	device_current
I(V1) :	-0.00162549	device_current
Ix(u1:1) :	5.80375e-08	subckt_current
Ix(u1:2) :	1.01678e-07	subckt_current
Ix(u1:3) :	0.00362676	subckt_current
Ix(u1:4) :	-0.00162549	subckt_current
Ix(u1:5) :	-0.00200143	subckt_current



# Experimento 1: Amplificador Não Inversor

- ❑ **Objetivo:** Conferir o dimensionamento de um amplificador não inversor através de simulação.
- ❑ A) Calcular os valores de  $R_f$  e  $R_1$  para obter um ganho de malha fechada igual a 5. A corrente  $i_2$  deve ser de no máximo  $200 \mu A$  quando  $v_0 = 5 V$ .
- ❑ B) Construir o circuito do amplificador não inversor no LTspice e verificar se as condições foram atendidas.



# Experimento 2: Análise do Ponto de Operação

- ❑ **Objetivo:** Desenvolver um circuito para executar operações matemáticas simples.
- ❑ A) Desenvolver um circuito utilizando amplificadores operacionais para realizar a seguinte operação matemática:  $v_0 = -2v_1 - 4v_2 + 3v_3$
- ❑ B) Construir o circuito no LTspice e verificar se as condições foram atendidas.

- ❑ Boylestad, Robert L.; Nashelsky, Louis “Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos”, 6 ed., Rio de Janeiro, LTC (1998)
- ❑ Boylestad, Robert L.; Nashelsky, Louis “Electronic Devices and Circuit Theory”, 11 ed., Boston, Pearson (2013).