



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Docente: Rildo Afonso de Almeida

Dispositivos Eletrônicos



O Amplificador Operacional

O Amplificador Não Inversor



O Amplificador Operacional

Características do Amp. Não Inversor

- ▶ Alta impedância de entrada (igual ao valor de R_{in} do próprio OPAMP);
- ▶ Baixa impedância de saída;
- ▶ Não defasa o sinal;
- ▶ O ganho sempre será maior que 1.



O Amplificador Operacional

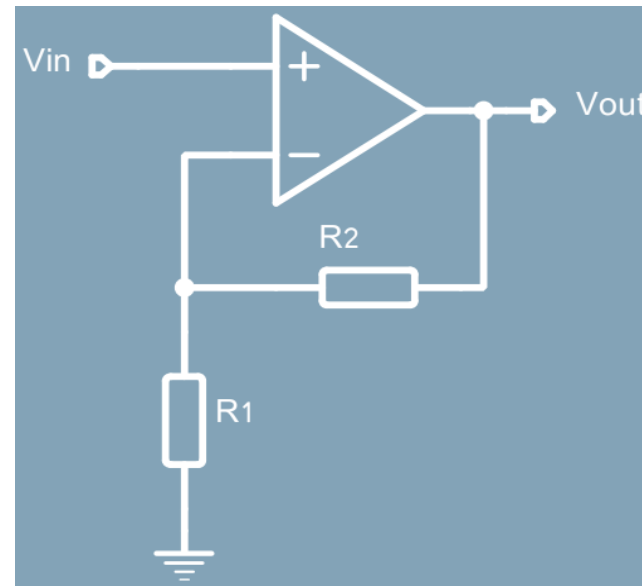
Ganho de tensão de um Amp.

- ▶ É a razão entre a tensão de saída e a tensão de entrada do circuito.

O Amplificador Operacional

Topologia e equação para projeto

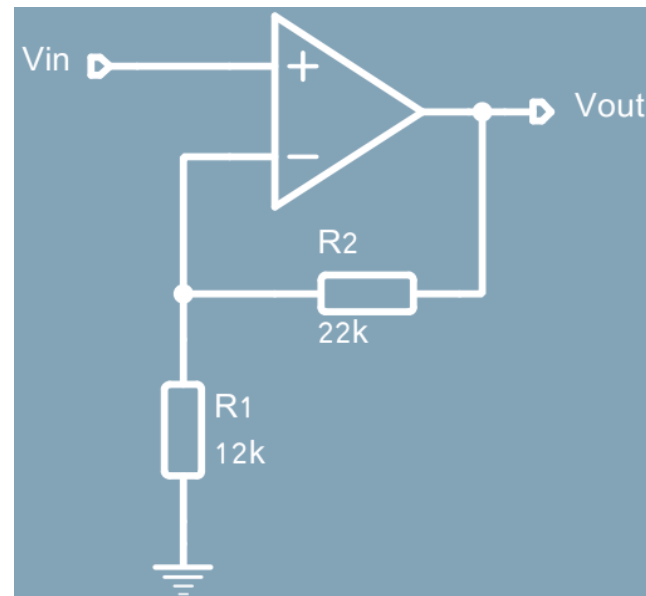
- ▶ $A_V = \frac{R_2}{R_1} + 1$
- ▶ $R_2 = A_V - 1 \times R_1$
- ▶ $R_1 = \frac{R_2}{A_V - 1}$



O Amplificador Operacional

Calculando o ganho

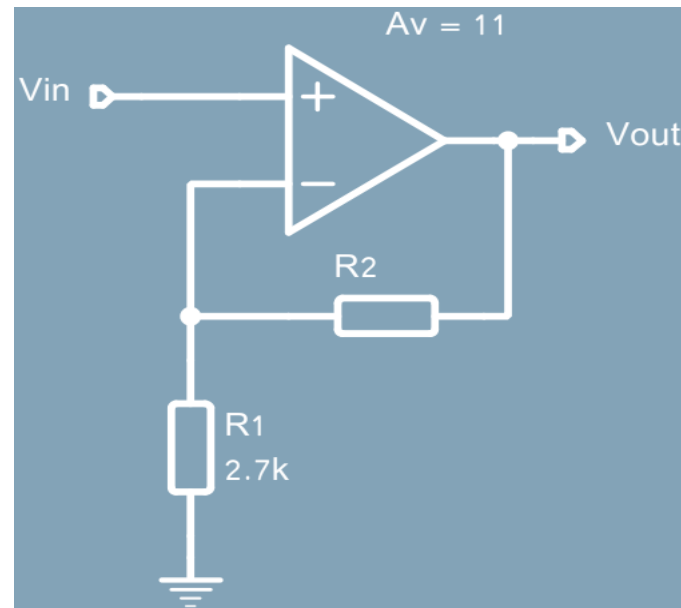
- ▶ $A_V = \frac{R_2}{R_1} + 1$
- ▶ $A_V = \frac{22000}{12000} + 1$
- ▶ $A_V = 2,8333$



O Amplificador Operacional

Calculando o valor de R2

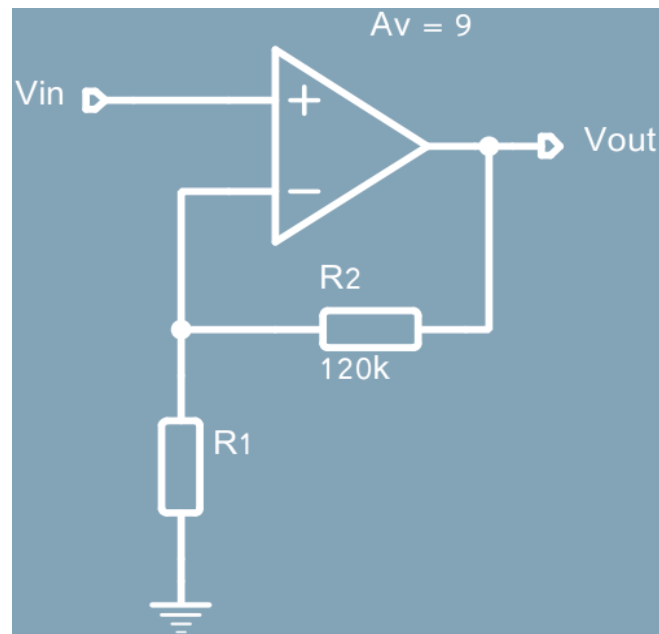
- ▶ $R_2 = A_V - 1 \times R_1$
- ▶ $R_2 = 11 - 1 \times 2700$
- ▶ $R_2 = 27k\Omega$



O Amplificador Operacional

Calculando o valor de R1

- ▶ $R_1 = \frac{R_2}{A_v - 1}$
- ▶ $R_1 = \frac{120000}{9 - 1}$
- ▶ $R_1 = 15k\Omega$





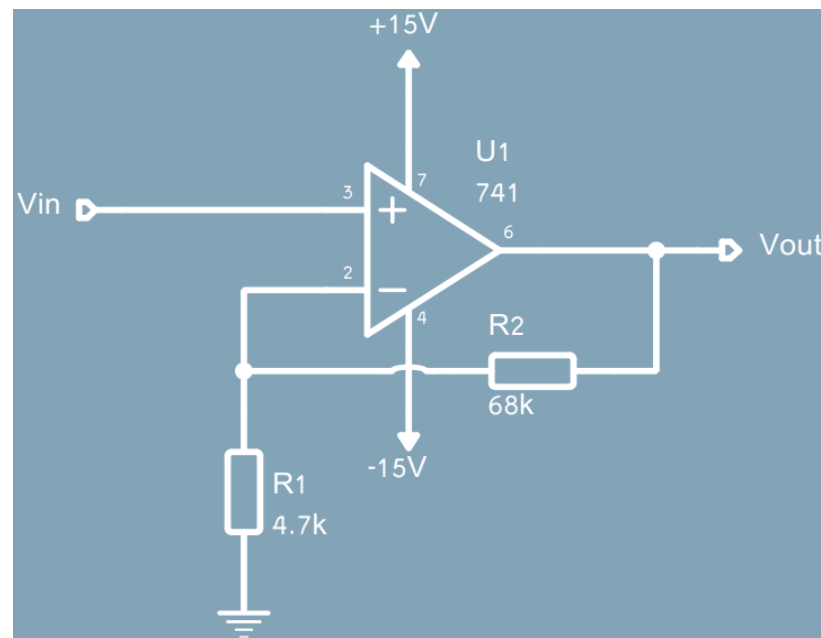
O Amplificador Operacional

Projeto de Amplificador Não Inversor

- ▶ Projete um amplificador na topologia não inversora, que contenha um ganho próximo de 15 e uma impedância de entrada elevada. O sinal de saída deverá excursionar de
 - ▶ -12V a +12V.
- ▶ Arbitraremos um valor para R2 e calcularemos R1. Normalmente selecionamos valores na faixa de quilo Ohms. Vamos arbitrar o valor de 68k.
- ▶ Podemos utilizar o valor comercial de 4,7k, fazer associação de mais resistores ou um trimpot para ajustar no valor exato do projeto.

O Amplificador Operacional

Circuito Prático Amp. Não Inversor





O Amplificador Operacional

Exercício sugerido

- ▶ Projete um amplificador não inversor que tenha alta impedância de entrada e ganho próximo de 12. O sinal de saída deverá excursionar de -12V a +12V.



O Amplificador Operacional

O Amplificador Inversor



O Amplificador Operacional

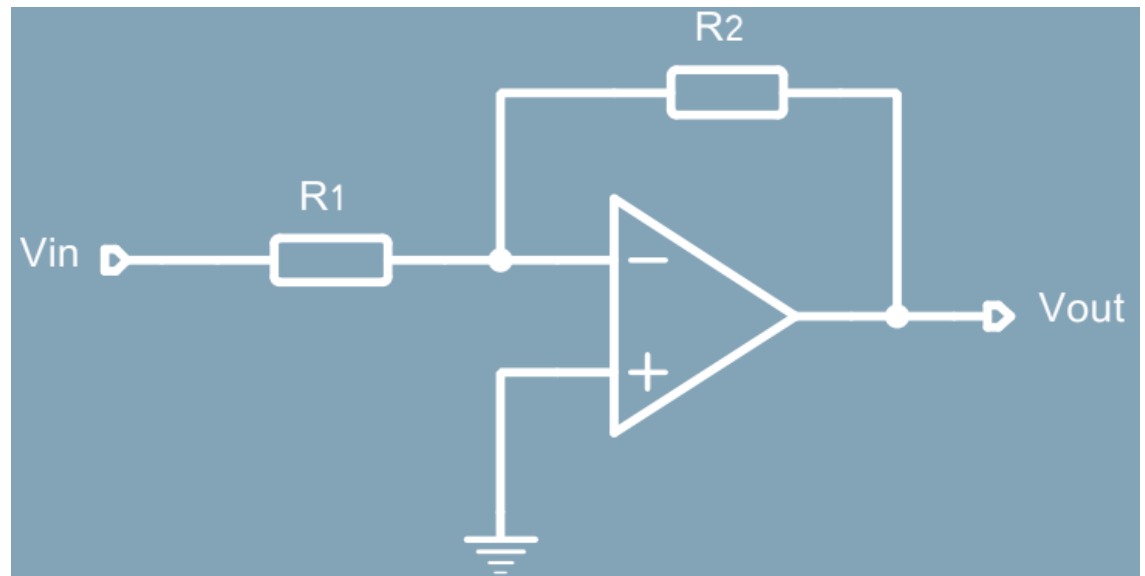
Características do Amp. Inversor

- ▶ Impedância de entrada conforme resistor utilizado (valor será bem próximo);
- ▶ Baixa impedância de saída;
- ▶ Defasa o sinal em 180° ;
- ▶ Permite ganho unitário e atenuação de sinal.

O Amplificador Operacional

Topologia e equação para projeto

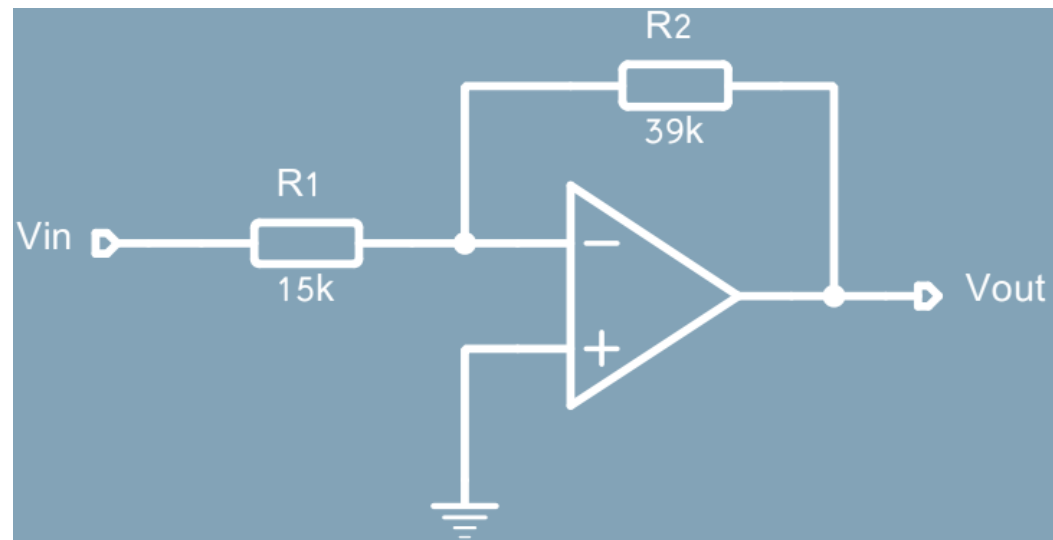
- ▶ $A_V = -\frac{R_2}{R_1}$
- ▶ $R_2 = -A_V R_1$
- ▶ $R_1 = -\frac{R_2}{A_V}$



O Amplificador Operacional

Calculando o ganho

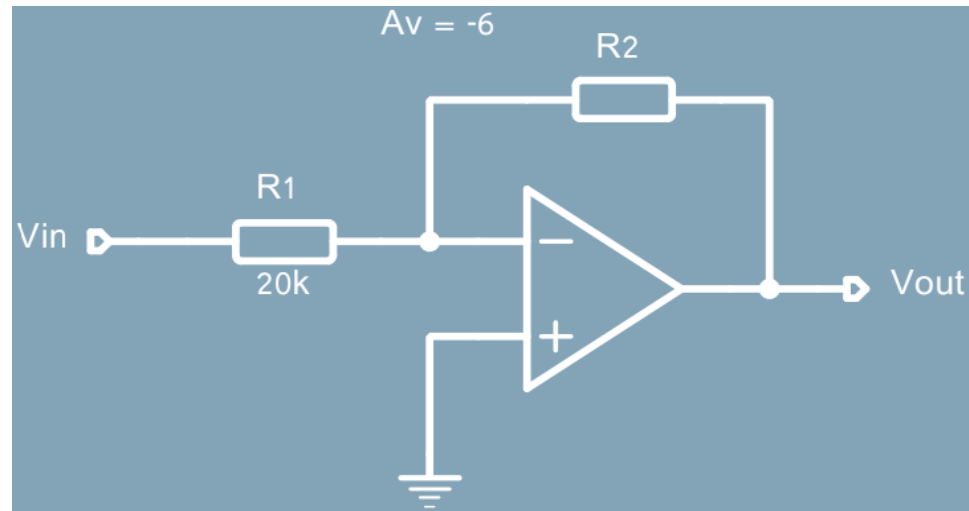
- ▶ $A_V = -\frac{R_2}{R_1}$
- ▶ $A_V = -\frac{39000}{15000}$
- ▶ $A_V = -2,6$



O Amplificador Operacional

Calculando o valor de R2

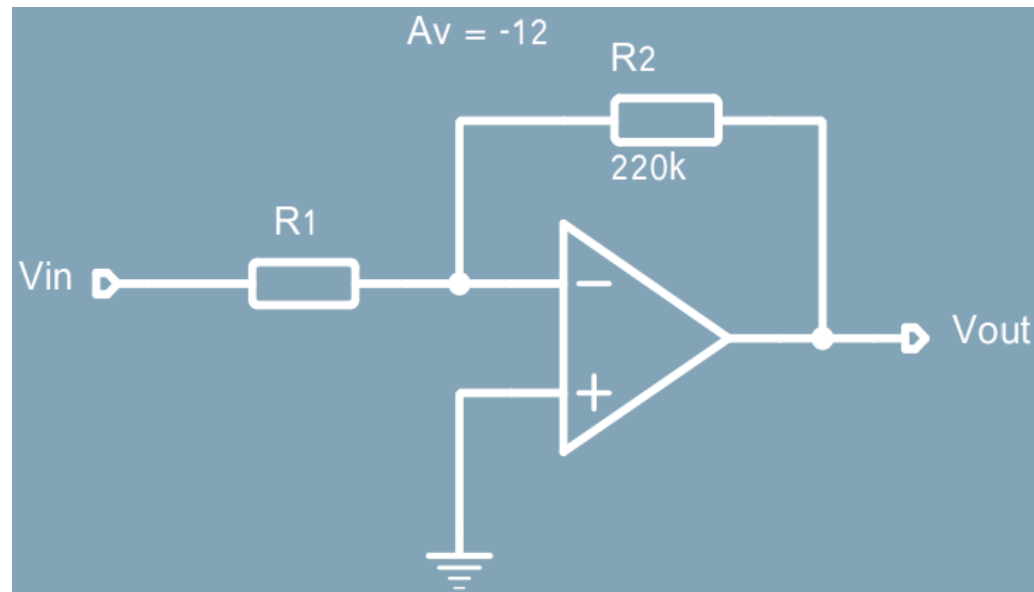
- ▶ $R_2 = -A_V R_1$
- ▶ $R_2 = -(-6 \times 20000)$
- ▶ $R_2 = 120k\Omega$



O Amplificador Operacional

Calculando o valor de R1

- ▶ $R_1 = -\frac{R_2}{A_v}$
- ▶ $R_1 = -\frac{220000}{-12}$
- ▶ $R_1 = 18,33k\Omega$



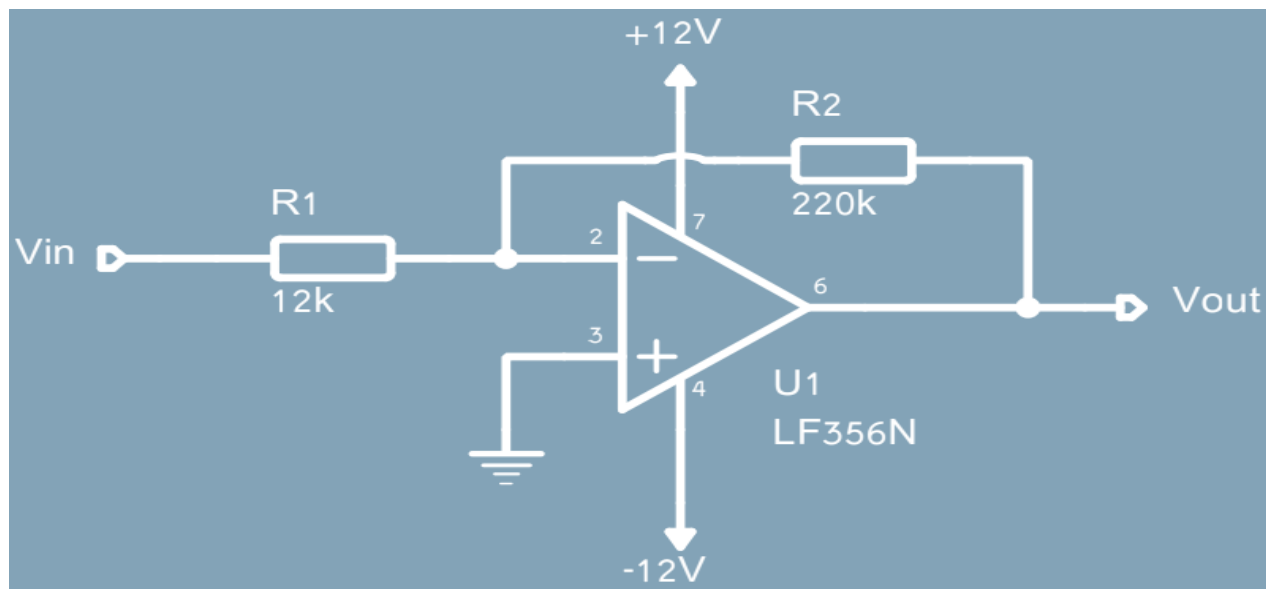
O Amplificador Operacional

Projeto de Amplificador Inversor

- ▶ Projete um amplificador na topologia inversora, que contenha um ganho próximo de -18 e uma impedância de entrada de 12k. O sinal de saída deverá excursionar de
- ▶ -8V a +8V.
- ▶ O valor de R1 será 12k para respeitar a impedância de entrada. Agora é só calcular R2
- ▶ $R_2 = -A_V R_1$
- ▶ $R_2 = - -18 \times 12000 = 216k\Omega$
- ▶ Podemos utilizar o valor comercial de 220k, fazer associação de mais resistores ou um trimpot para ajustar no valor exato do projeto.

O Amplificador Operacional

Circuito Prático Amp. Inversor





O Amplificador Operacional

Exercício sugerido

- ▶ Projete um amplificador inversor que tenha impedância de entrada de $27k$ e ganho próximo de -10 . O sinal de saída deverá excursionar de $-8V$ a $+8V$.



O Amplificador Operacional

O Amplificador Somador



O Amplificador Operacional

Características do Amp. Somador

- ▶ Impedância de entrada conforme OPAMP utilizado;
- ▶ Baixa impedância de saída;
- ▶ Faz a soma de N níveis de tensão DC ou sinais AC;
- ▶ Existe a configuração não inversora e inversora.

O Amplificador Operacional

Topologia e equação (somador não inversor)

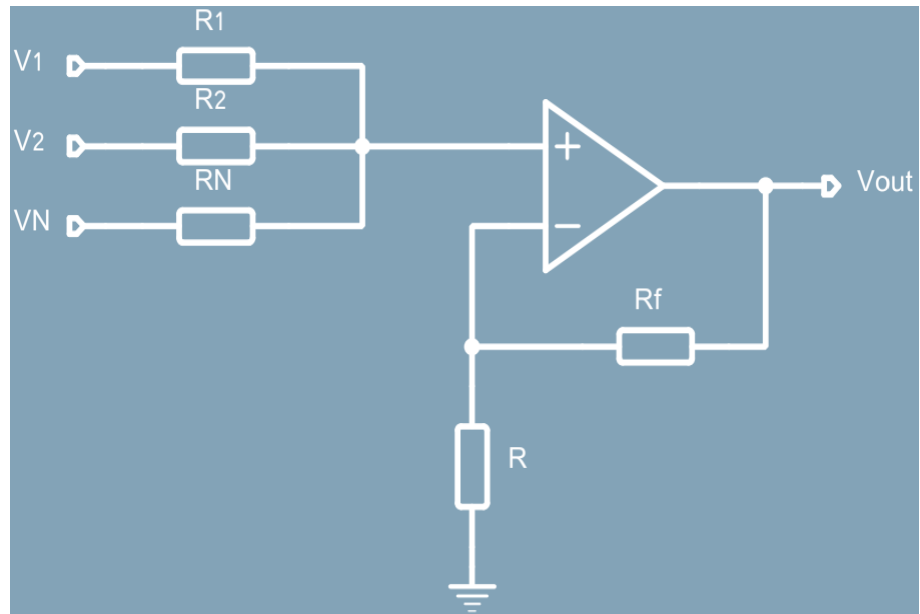
▶
$$V_{OUT} = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_N}{R_N}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}} \times \frac{R_f}{R} + 1$$

- ▶ Se todos os resistores de entrada forem iguais:

▶
$$V_{OUT} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_N}{N} \times \frac{R_f}{R} + 1$$

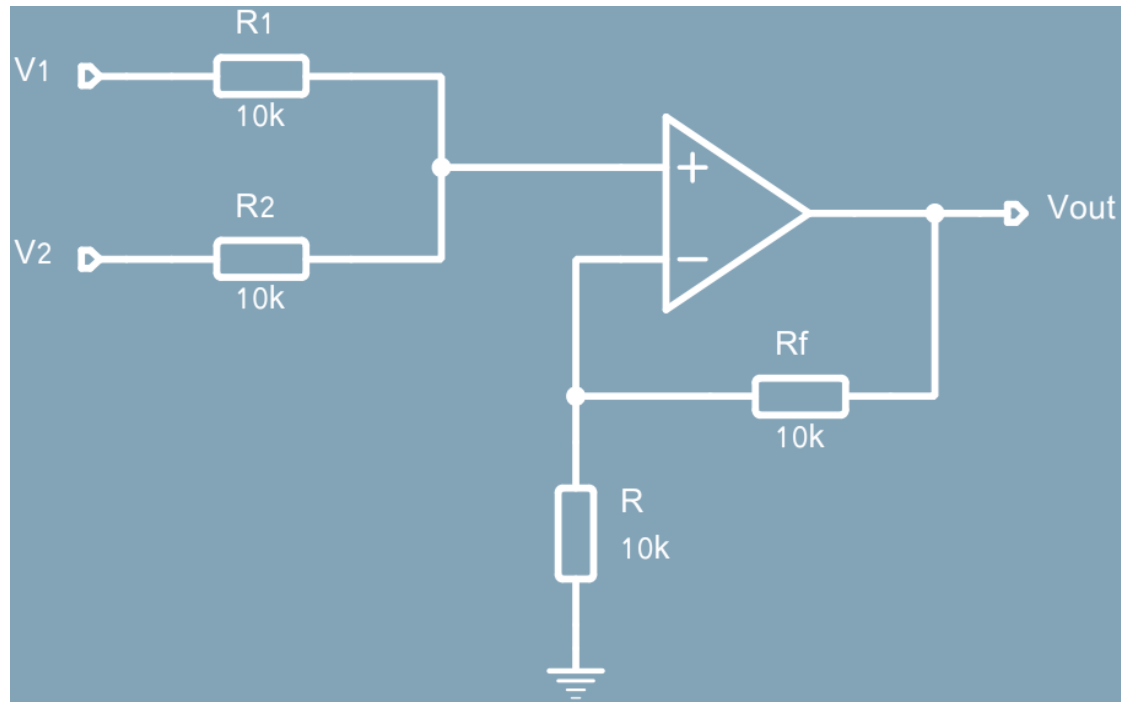
- ▶ Se todos os resistores forem iguais:

▶
$$V_{OUT} = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_N}{N} \times 2$$



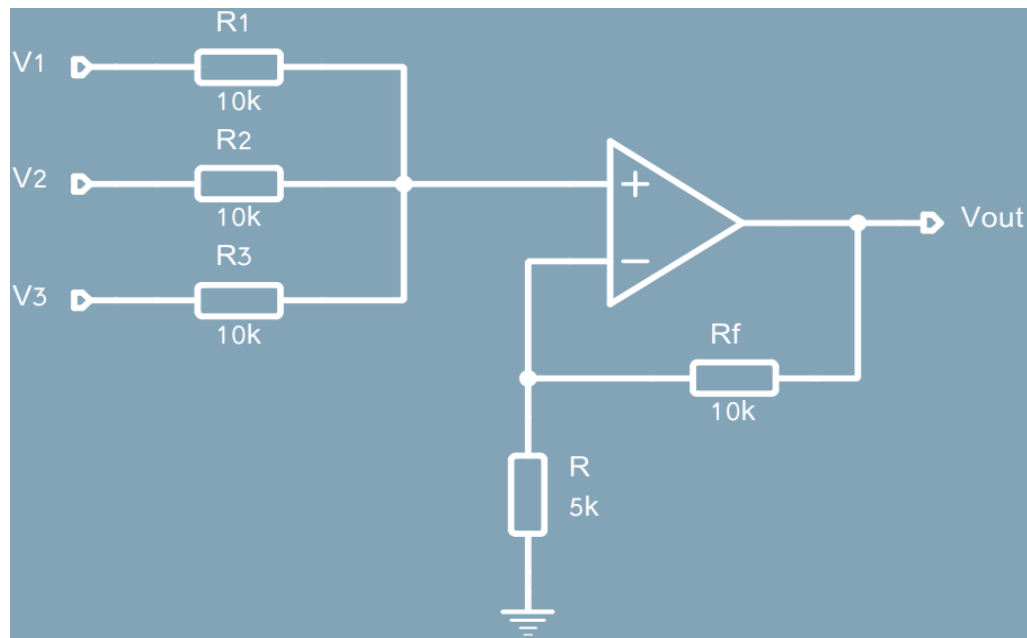
O Amplificador Operacional

Circuito somador de duas entradas



O Amplificador Operacional

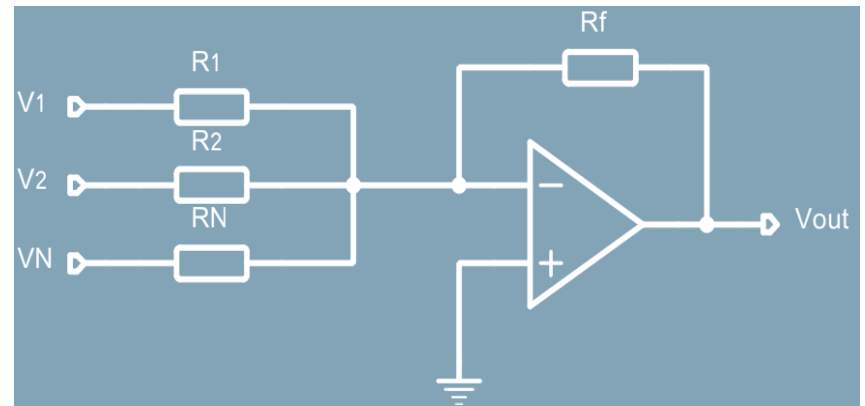
Circuito somador de três entradas



O Amplificador Operacional

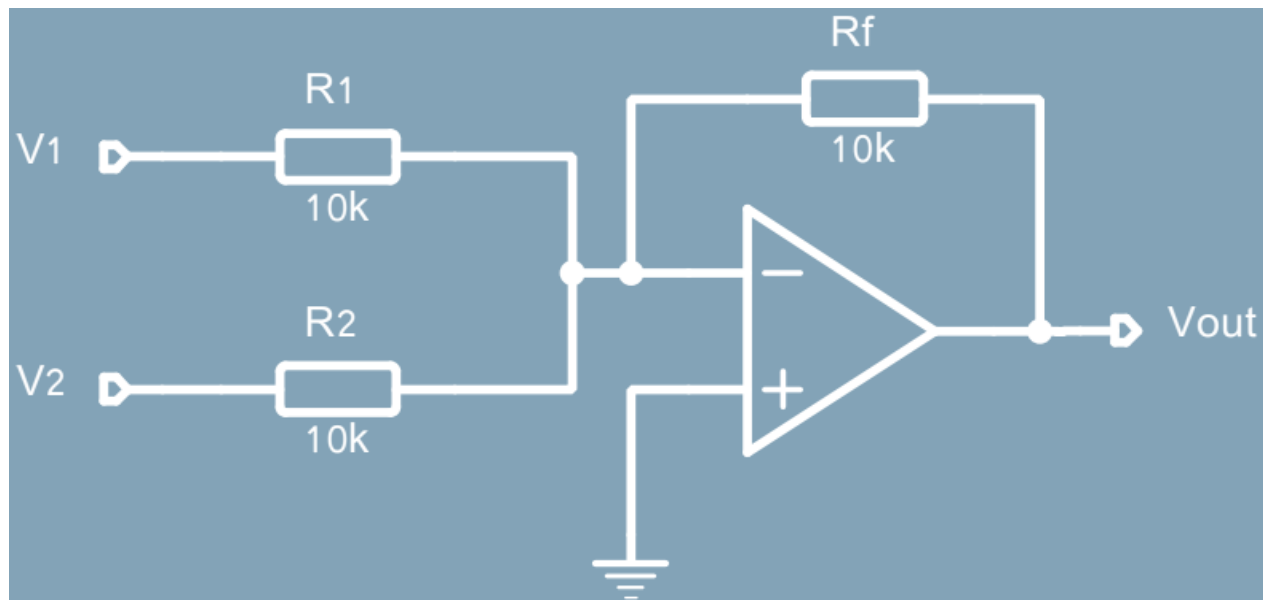
Topologia e equação (somador inversor)

- ▶ $V_{OUT} = -R_f \times \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_N}{R_N}$
- ▶ Se todos os resistores de entrada forem iguais a $N \times R_f$:
- ▶ $V_{OUT} = -\frac{V_1 + V_2 + \dots + V_N}{N}$
- ▶ Se todos os resistores forem iguais:
- ▶ $V_{OUT} = -(V_1 + V_2 + \dots + V_N)$



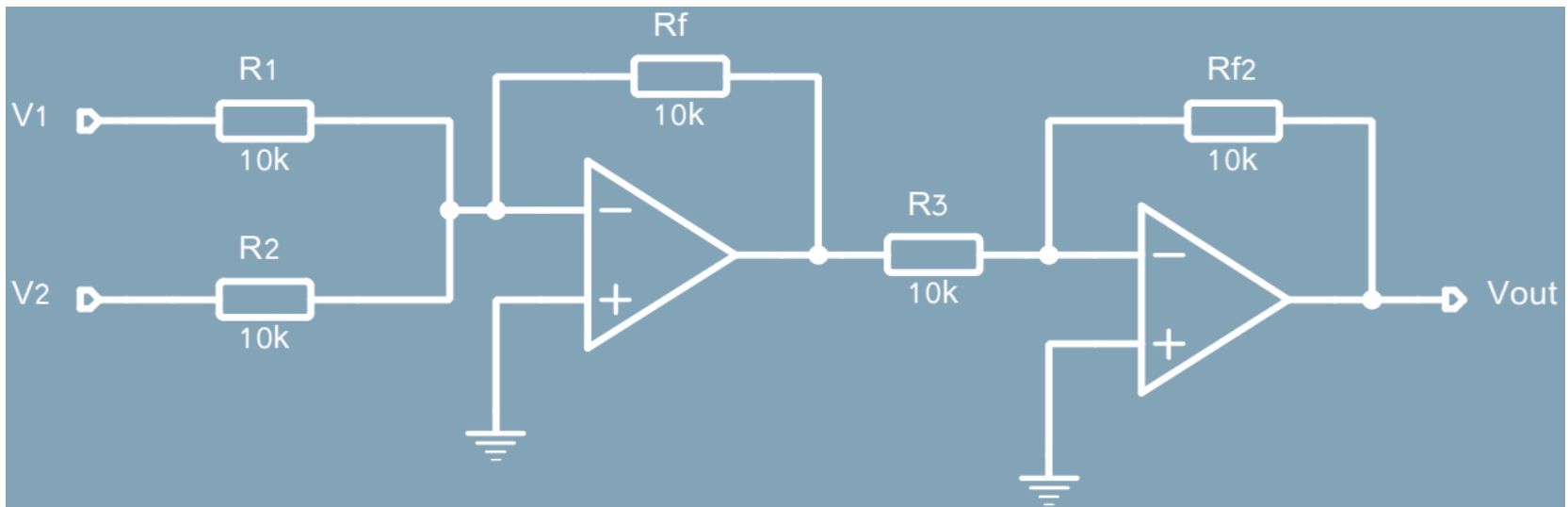
O Amplificador Operacional

Circuito somador inversor de duas entradas



O Amplificador Operacional

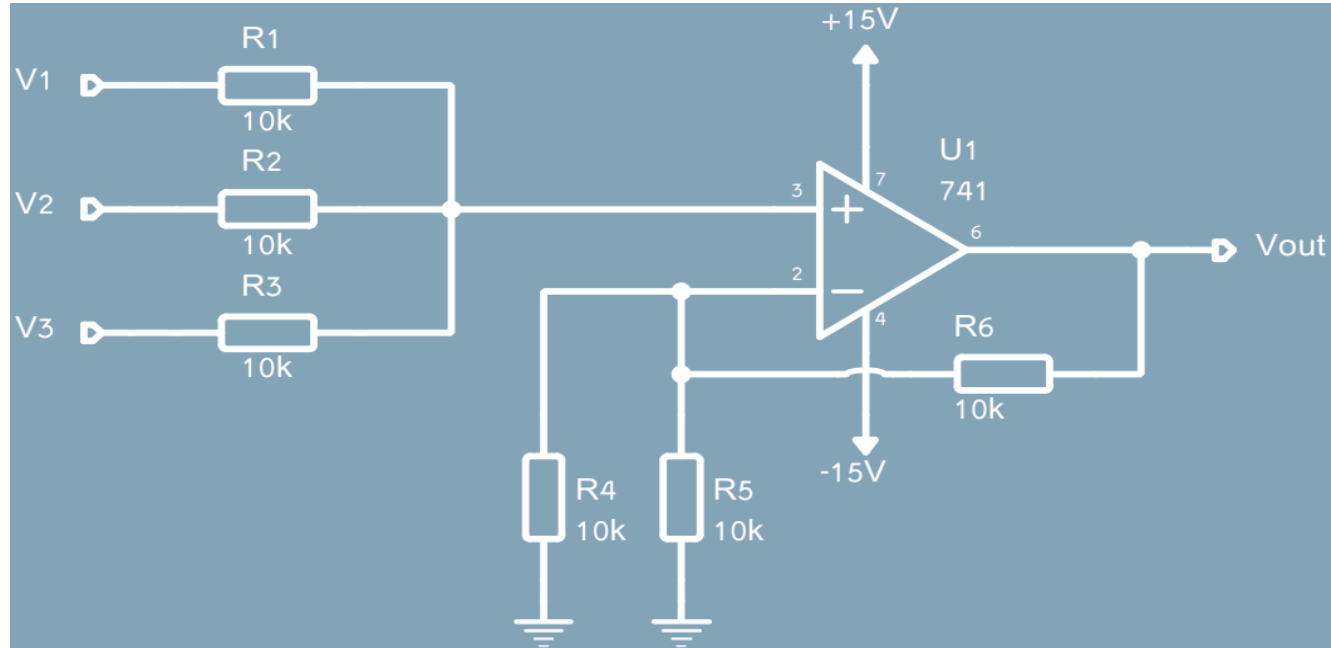
Circuito somador de duas entradas versão com 2 OPAMPs em top. inversora



O Amplificador Operacional

Prática

Somador de 3 entradas com 741





O Amplificador Operacional

O Amplificador Subtrator



O Amplificador Operacional

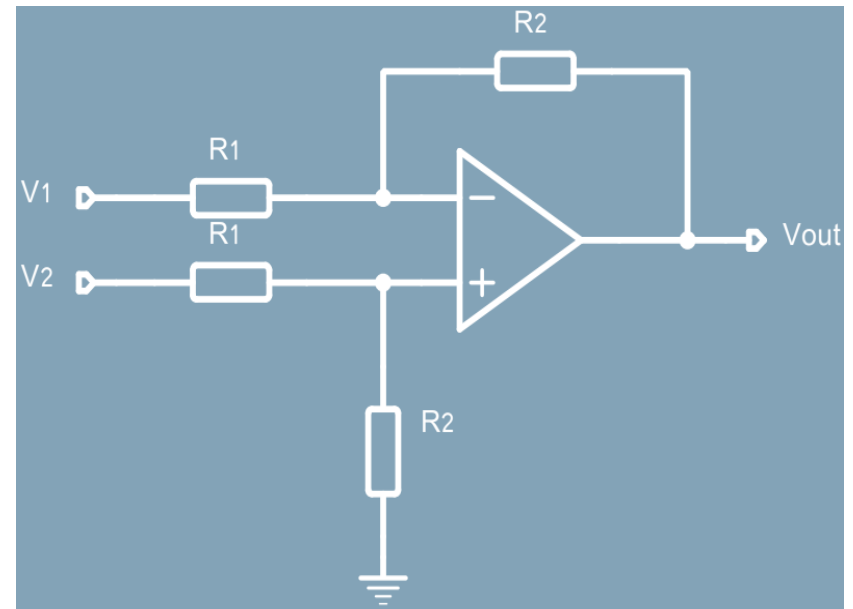
Características do Amp. Subtrator

- ▶ Impedância de entrada conforme resistores utilizados;
- ▶ Baixa impedância de saída;
- ▶ Faz a subtração de N níveis de tensão DC ou sinais AC;
- ▶ Também conhecido como Amplificador Diferencial;
- ▶ Muito utilizado em circuitos de instrumentação.

O Amplificador Operacional

Topologia e equação do subtrator

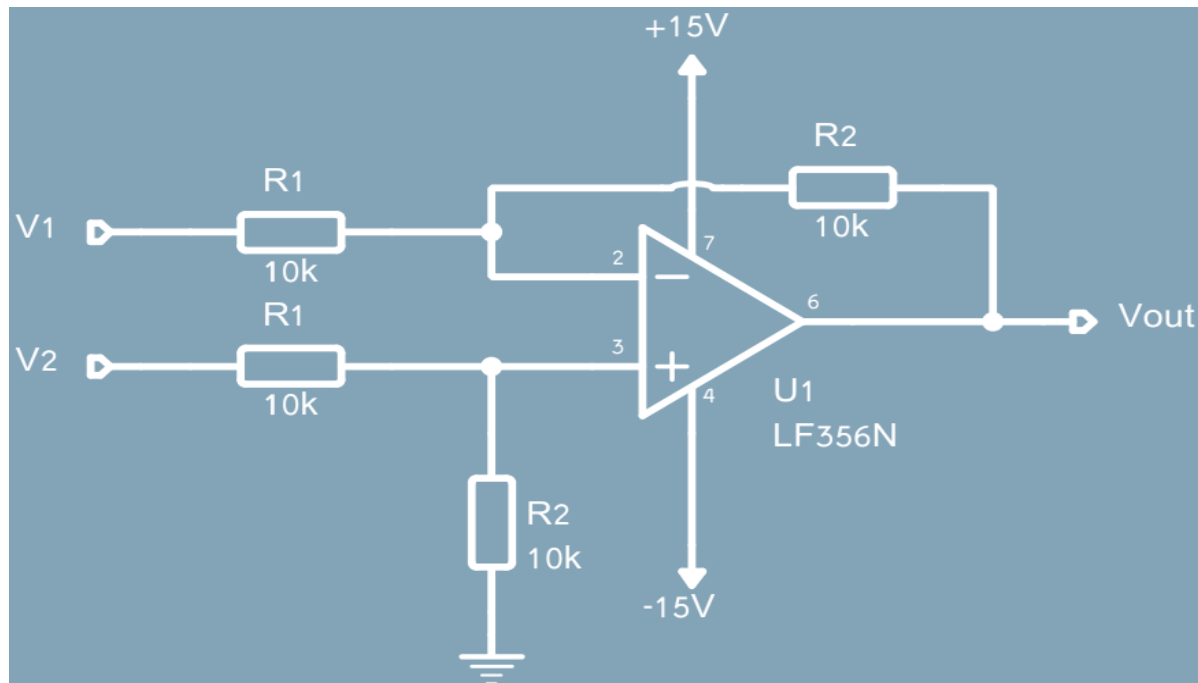
- ▶ $V_{OUT} = \frac{R_2}{R_1} \times V_2 - V_1$
- ▶ Se todos os resistores forem iguais
- ▶ $V_{OUT} = V_2 - V_1$



O Amplificador Operacional

Prática

Subtrator com LF356N





Bibliografia Básica

- 1-SEDRA, A.S. &SMITH, C. **Microeletrônica**, 4ª ed, Makron Books,2005.
- 2-MILLMAN, J. & HALKAIS, C.C, **Eletrônica**, 2ª ed, vol ½, McGrawHill do Brasil, 1981.
- 3-RASHID, M. H. **Power Electronics: Circuits, Devices and Applications**, 2ª ed, Prentice-Hall International, 1988.



Bibliografia Complementar

- 1-MALVINO, Albert Paul. **Electronic Principles with Simulation CD**. McGraw-Hill Professional. 7ª edição. 2006.
- 2-BOYLESTAD, Robert ; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. Prentice Hall. 8a edição. , 2007.
- 3-MOHAN, N.; UNDERLAND, T. M. & ROBBINS, W.P **Power Electronics: Converters, Applications and Design**, 2ª ed, John Wiley and Sons, 1995.
- 4-RESENDE, S. M. **A física de materiais e dispositivos eletrônicos**, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil, 1996