



ICEA
Instituto de Ciências Exatas e
Aplicadas - Campus João Monlevade

UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

Amplificadores Operacionais

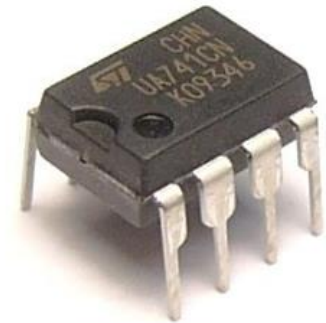
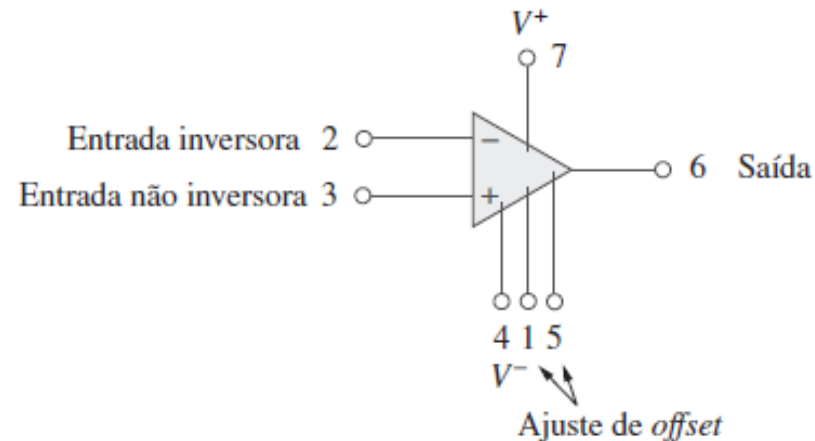
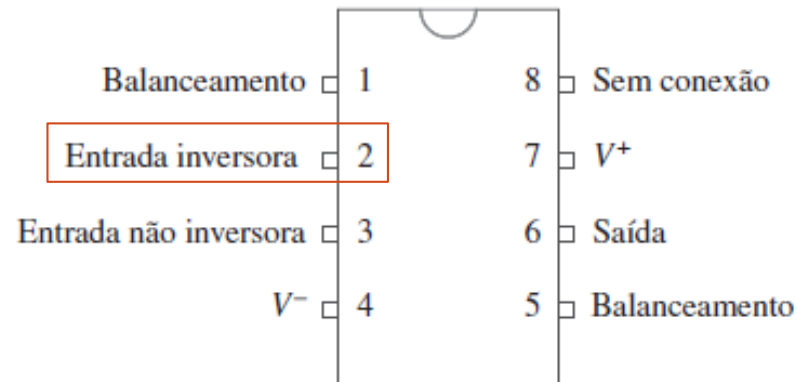
JOÃO PAULO ASSUNÇÃO DE SOUZA

Introdução

- O amplificador operacional é um elemento fundamental da instrumentação eletrônica.
- Instrumentação é o estudo de instrumentos de medição de grandezas físicas
 - Tensão
 - Corrente
 - Pressão
 - Temperatura
- O amplificador operacional é uma unidade eletrônica que se comporta como uma fonte de tensão controlada por tensão.
- Também pode ser utilizado na construção de uma fonte controlada de corrente.
- É capaz de realizar operações matemáticas com sinais como: somar, amplificar, integrar e diferenciar
- Analisaremos apenas os terminais utilizando o método nodal.

Introdução

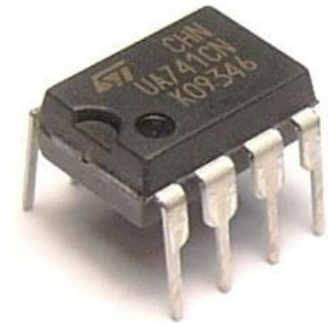
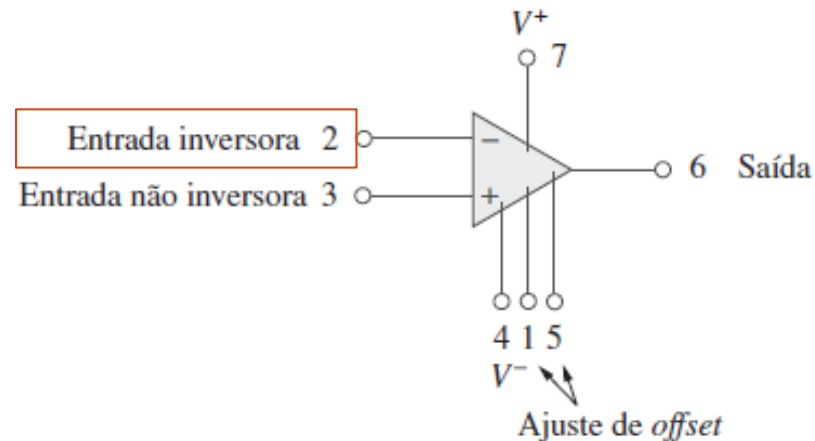
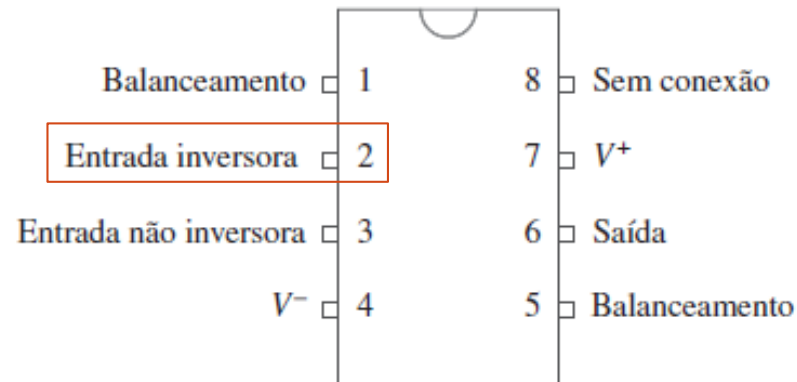
- Formado por um arranjo complexo de transistores, resistores, capacitores e diodos.
- Vamos considerar o amplificador operacional como um elemento **básico** de circuitos elétricos e, estudar somente o que acontece em seus terminais.



Amplificador Operacional

Introdução

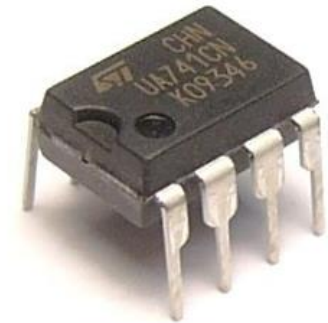
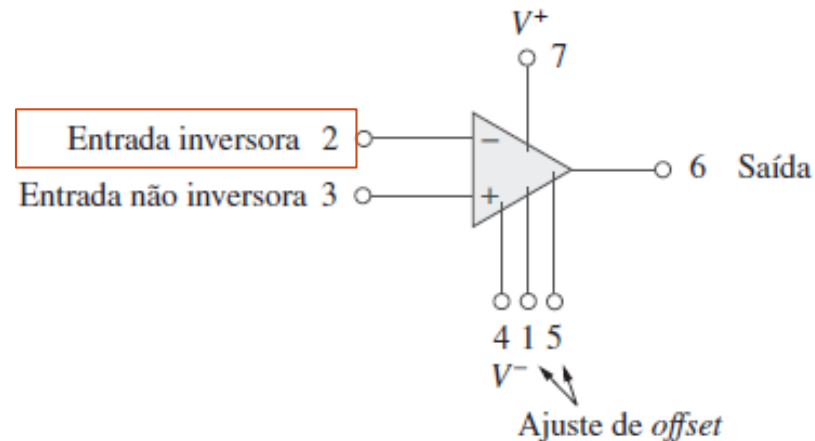
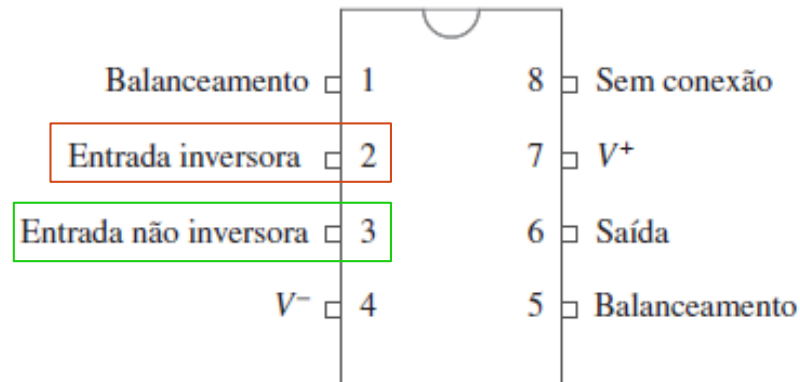
- Formado por um arranjo complexo de transistores, resistores, capacitores e diodos.
- Vamos considerar o amplificador operacional como um elemento **básico** de circuitos elétricos e, estudar somente o que acontece em seus terminais.



Amplificador Operacional

Introdução

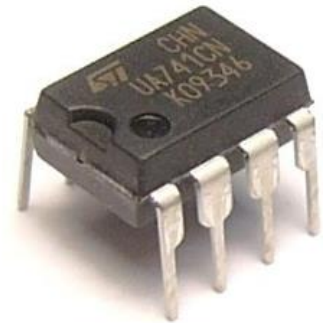
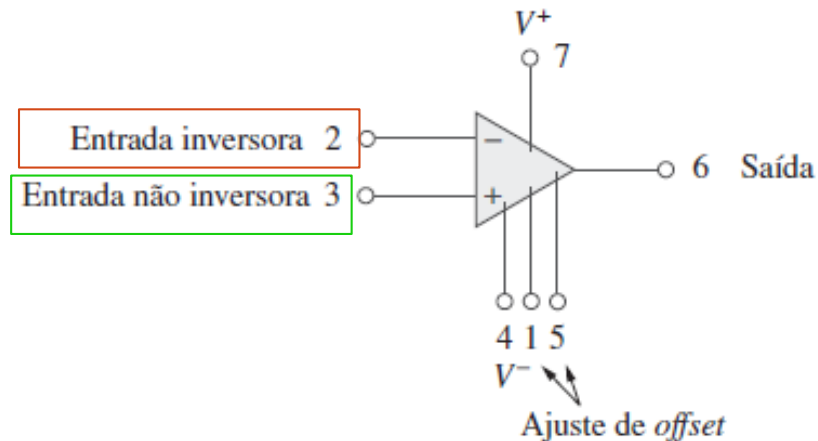
- Formado por um arranjo complexo de transistores, resistores, capacitores e diodos.
- Vamos considerar o amplificador operacional como um elemento **básico** de circuitos elétricos e, estudar somente o que acontece em seus terminais.



Amplificador Operacional

Introdução

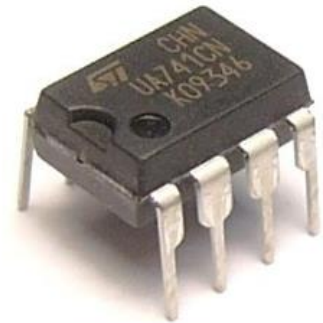
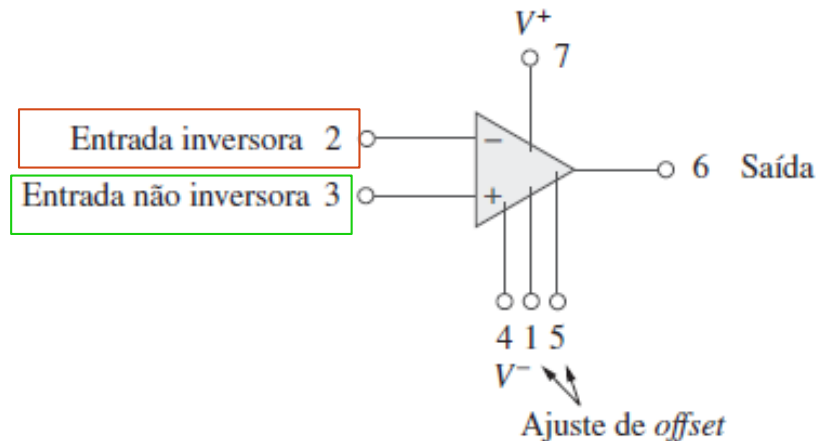
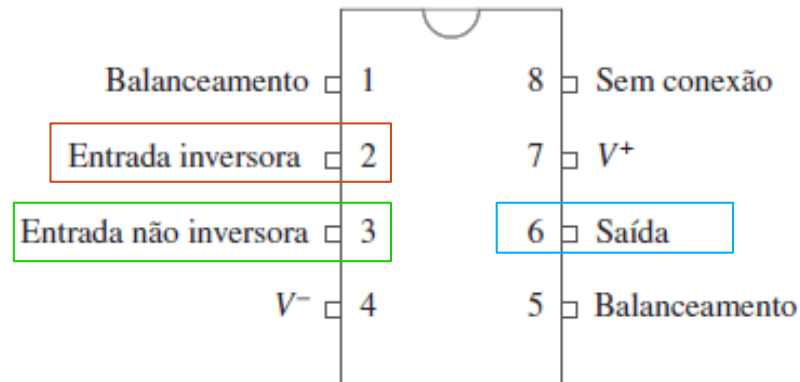
- Formado por um arranjo complexo de transistores, resistores, capacitores e diodos.
- Vamos considerar o amplificador operacional como um elemento **básico** de circuitos elétricos e, estudar somente o que acontece em seus terminais.



Amplificador Operacional

Introdução

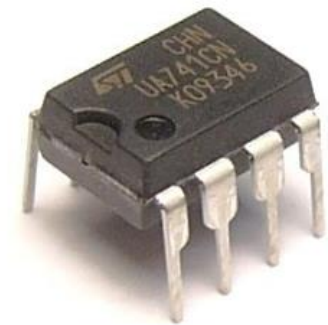
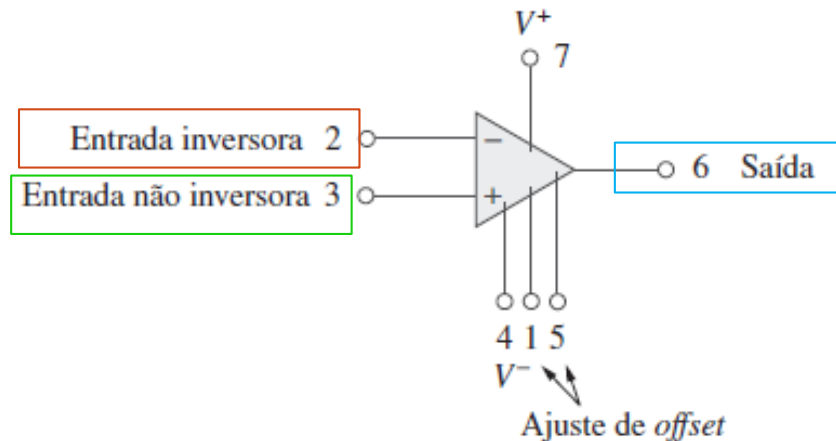
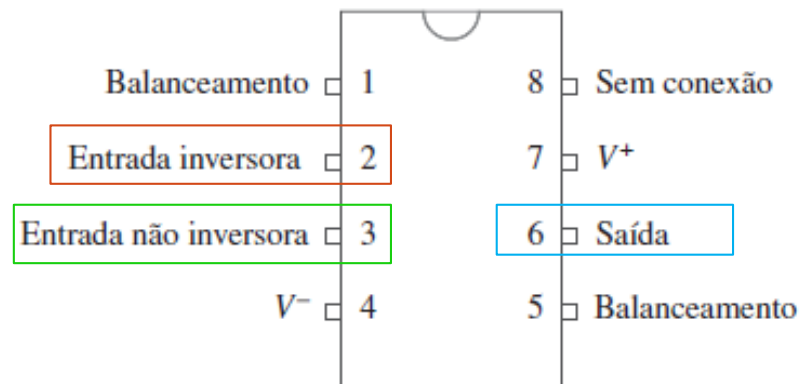
- Formado por um arranjo complexo de transistores, resistores, capacitores e diodos.
- Vamos considerar o amplificador operacional como um elemento **básico** de circuitos elétricos e, estudar somente o que acontece em seus terminais.



Amplificador Operacional

Introdução

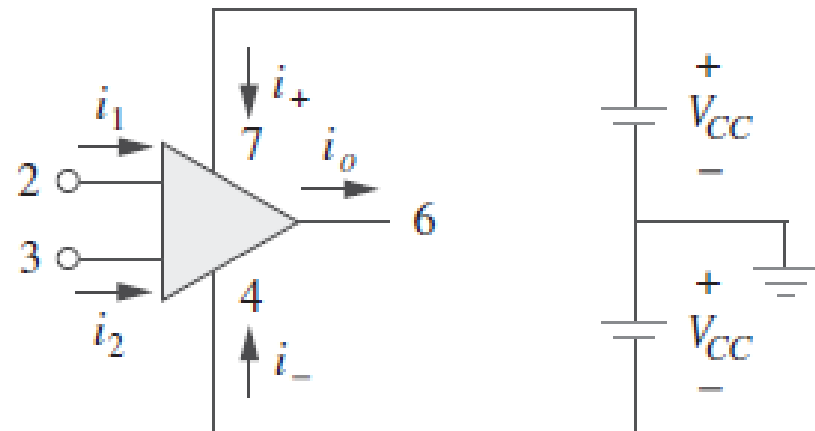
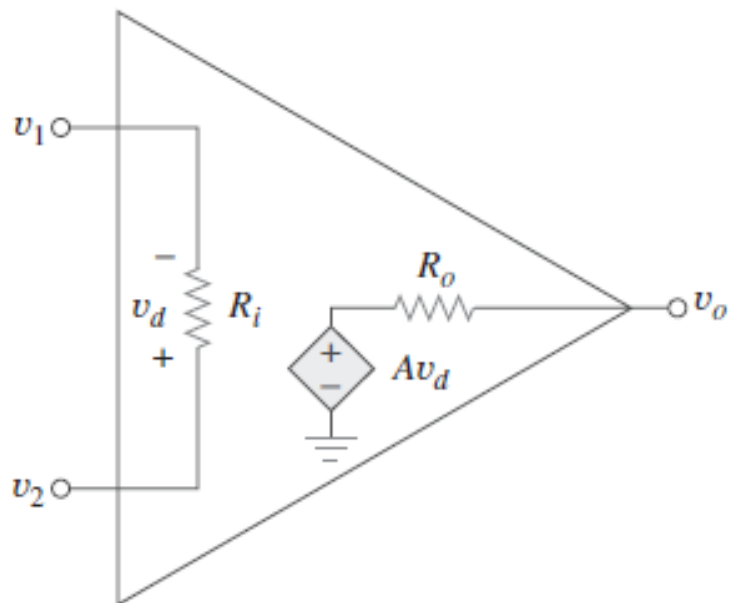
- Formado por um arranjo complexo de transistores, resistores, capacitores e diodos.
- Vamos considerar o amplificador operacional como um elemento **básico** de circuitos elétricos e, estudar somente o que acontece em seus terminais.



Amplificador Operacional

Introdução

Circuito equivalente do AMPOP

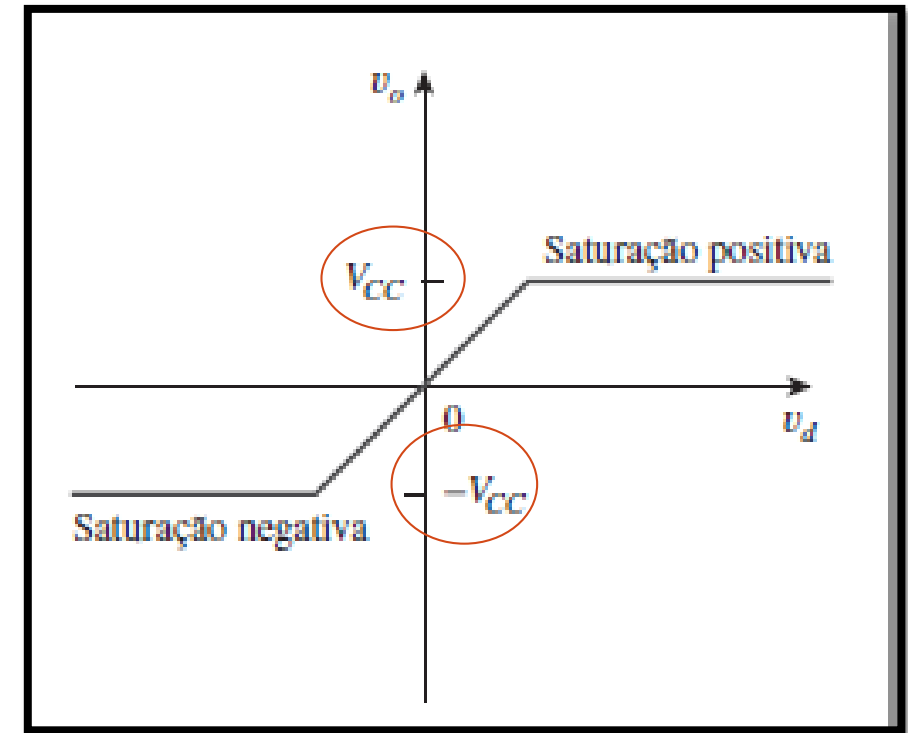
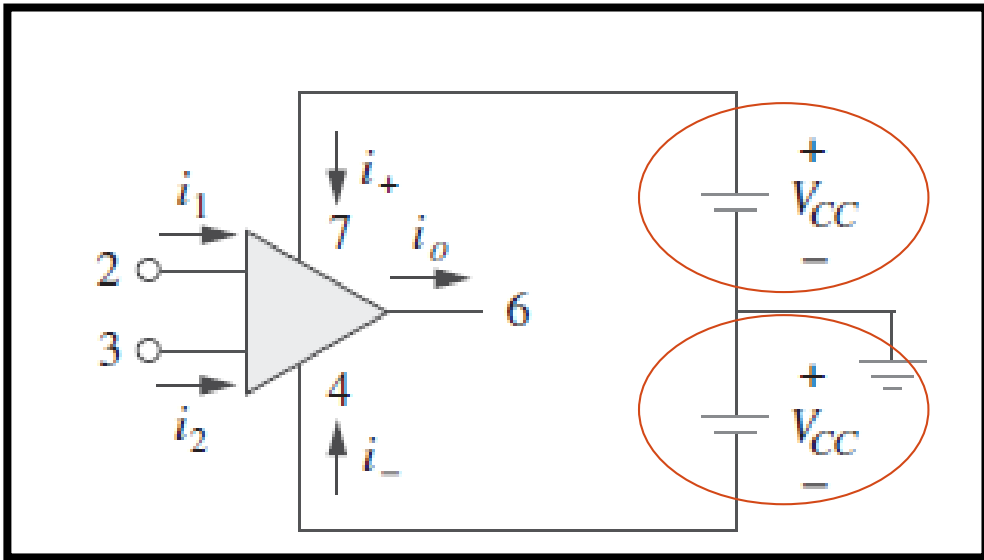


Alimentação do AMPOP

Introdução

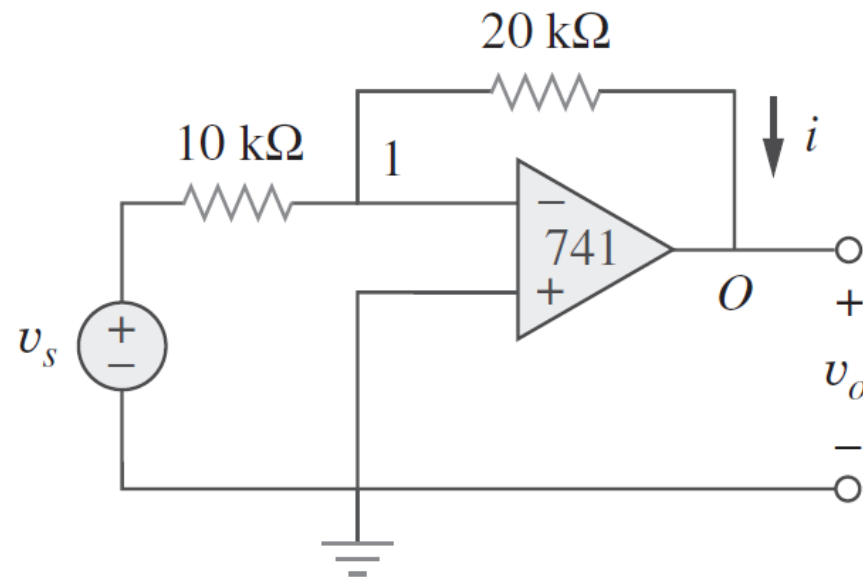
Saturação: se trata de uma limitação prática dos amplificadores operacionais.

A amplitude da saída não pode exceder $|V_{CC}|$



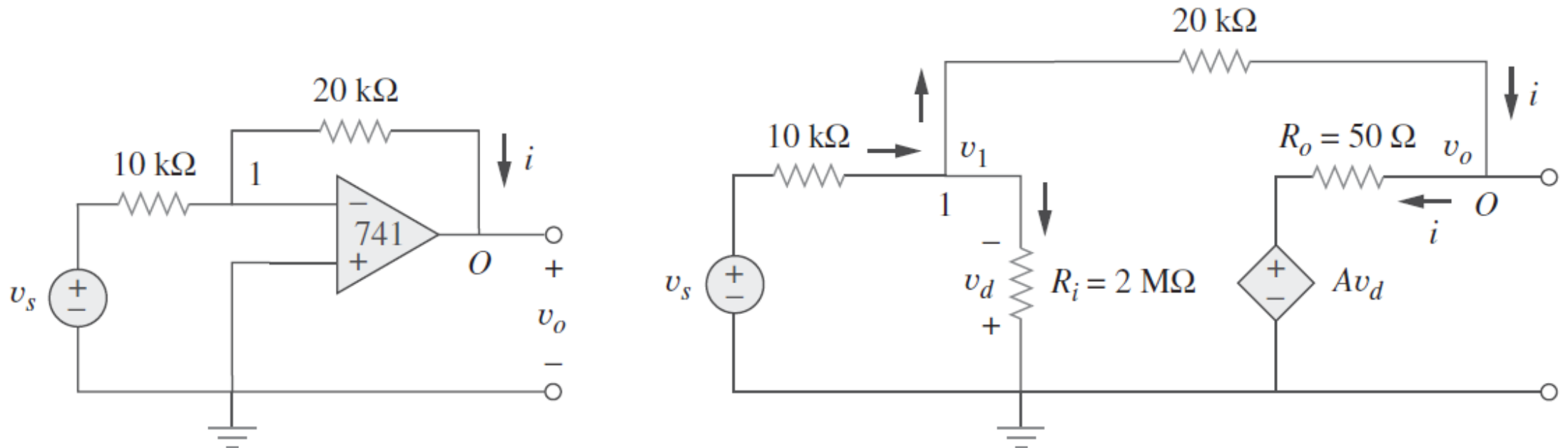
Exemplo

Um AMPOP 741 tem um ganho de tensão em malha aberta igual a 2×10^5 , resistência de entrada de $2 \text{ M}\Omega$ e resistência de saída de 50Ω . O AMPOP é utilizado na figura abaixo. Determine o ganho em malha fechada V_o/V_s . Determine a corrente i quando $V_s = 2V$.



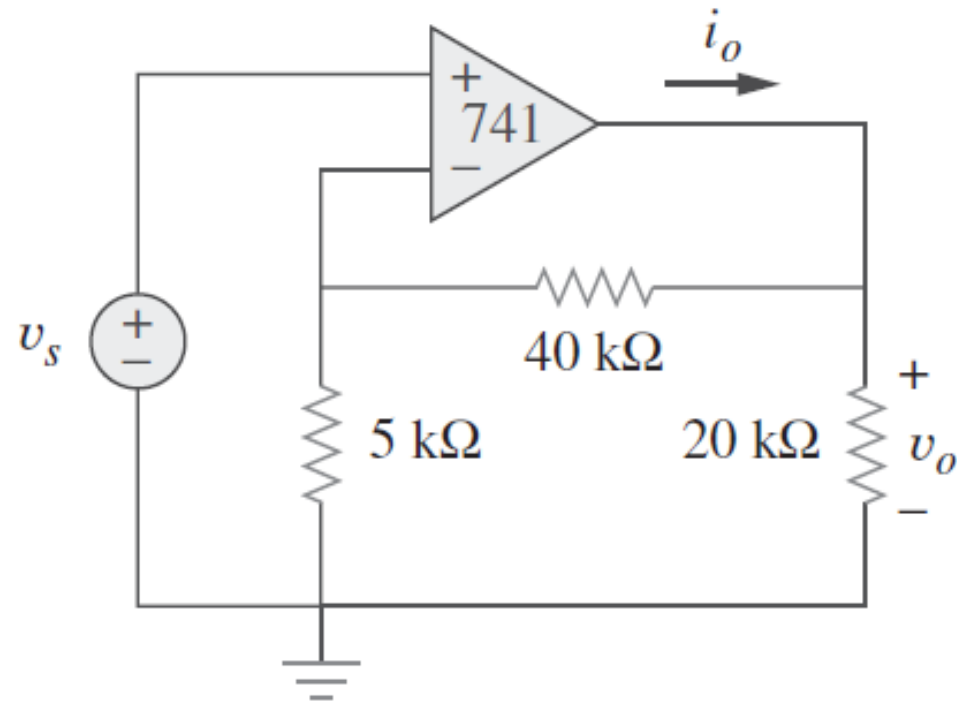
Exemplo

Um AMPOP 741 tem um ganho de tensão em malha aberta igual a 2×10^5 , resistência de entrada de $2 \text{ M}\Omega$ e resistência de saída de 50Ω . O AMPOP é utilizado na figura abaixo. Determine o ganho em malha fechada V_o/V_s . Determine a corrente i quando $V_s = 2 \text{ V}$.



Exemplo

Para o mesmo amplificador utilizado no circuito anterior, utilizado no circuito a seguir, calcule o ganho em malha fechada e determine i_o quando $V_s = 1\text{ V}$.



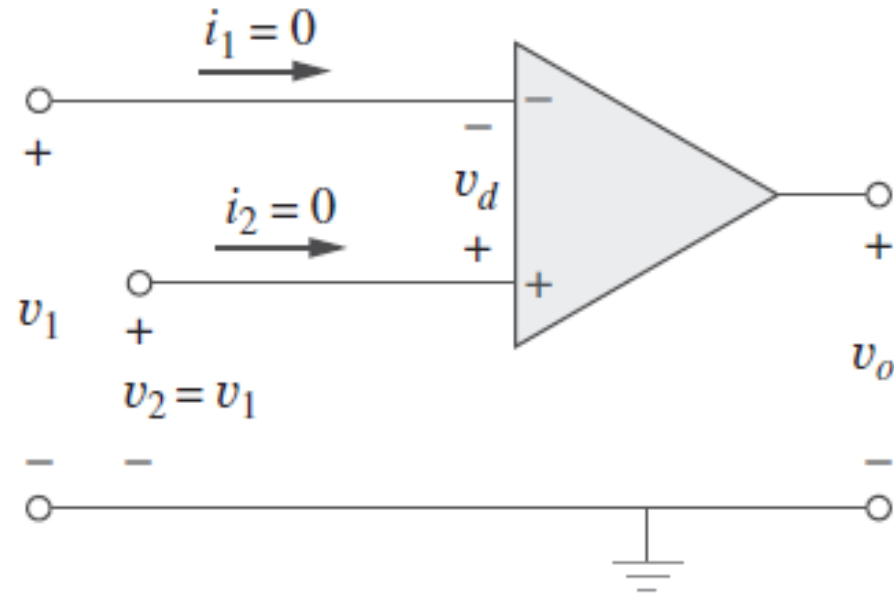
O amplificador ideal

O amplificador operacional ideal apresenta as seguintes características:

- Ganho de malha aberta infinito ($A \approx \infty$)
- Resistência de entrada infinita ($R_i \approx \infty$)
- Resistência de saída zero ($R_o \approx 0$)

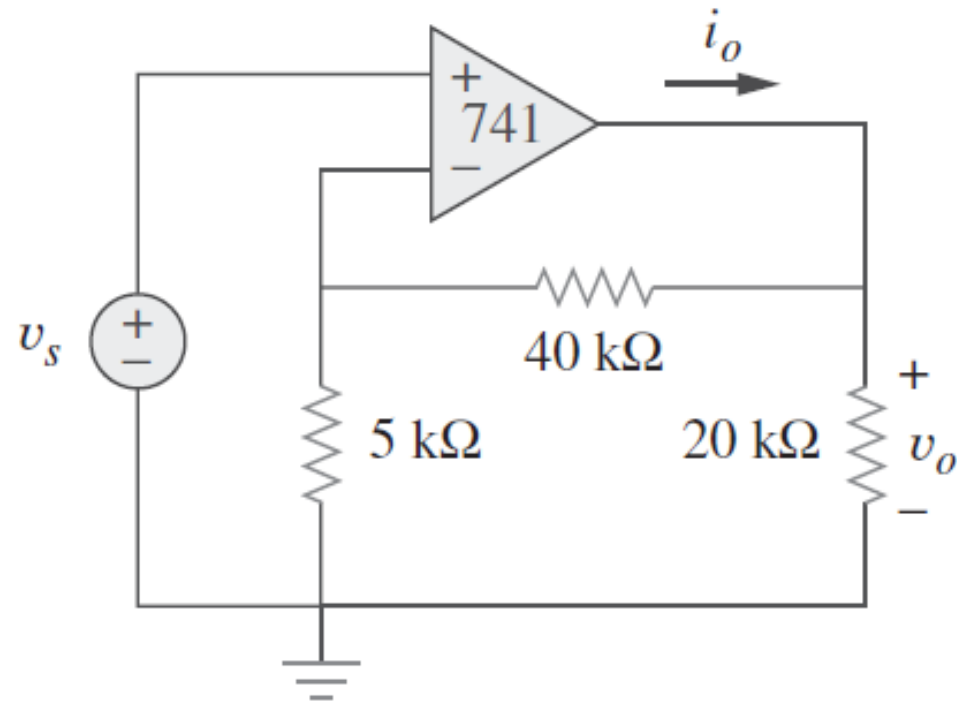
Parâmetro	Faixas de valores	Valores ideais
Ganho de malha aberta (A)	10^5 para 10^8	∞
Resistência de entrada (R_i)	10^5 para $10^{13} \Omega$	$\infty \Omega$
Resistência de saída (R_o)	10 para 100Ω	0Ω
Tensão de alimentação (V_{CC})	5 para 24 V	

O amplificador ideal



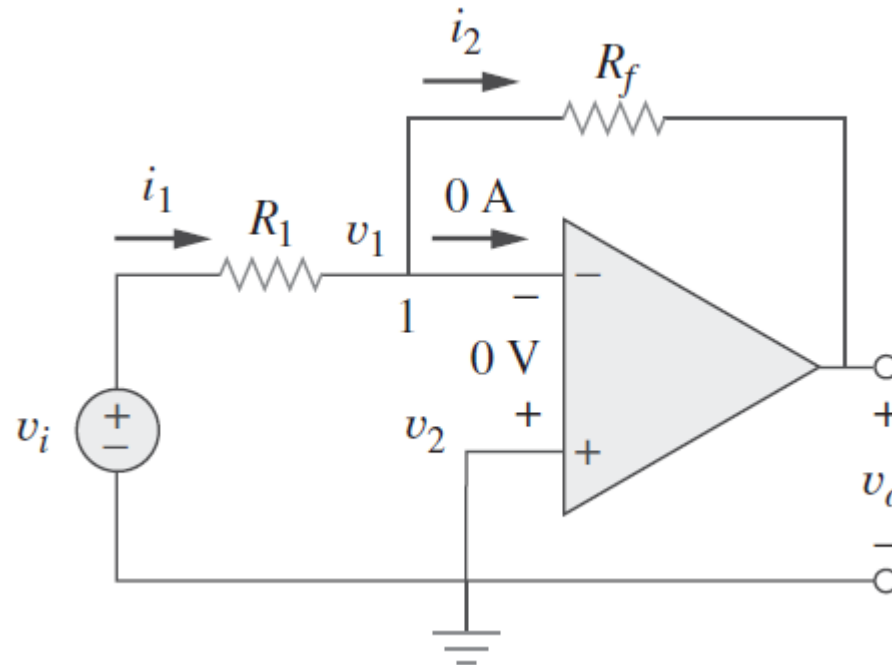
Exemplo

Utilizando o modelo do amplificador ideal, calcule o ganho em malha fechada e determine i_o quando $V_s = 1\text{ V}$.



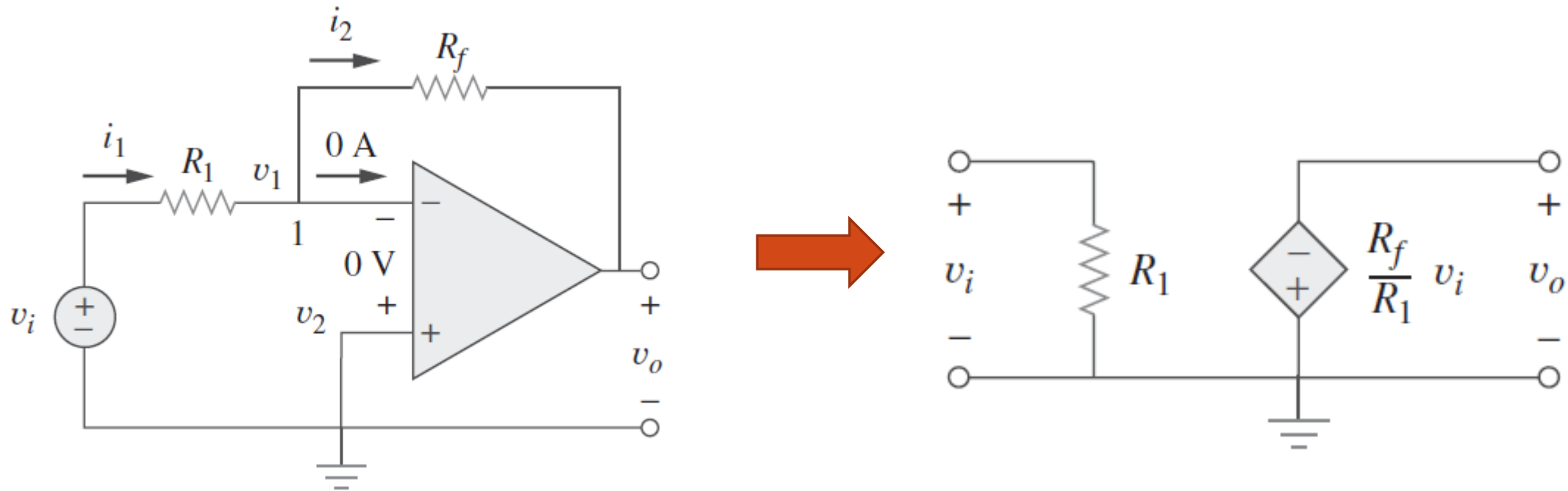
Amplificador Inversor

O **amplificador inversor** inverte a polaridade do sinal de entrada amplificando-o ao mesmo tempo.



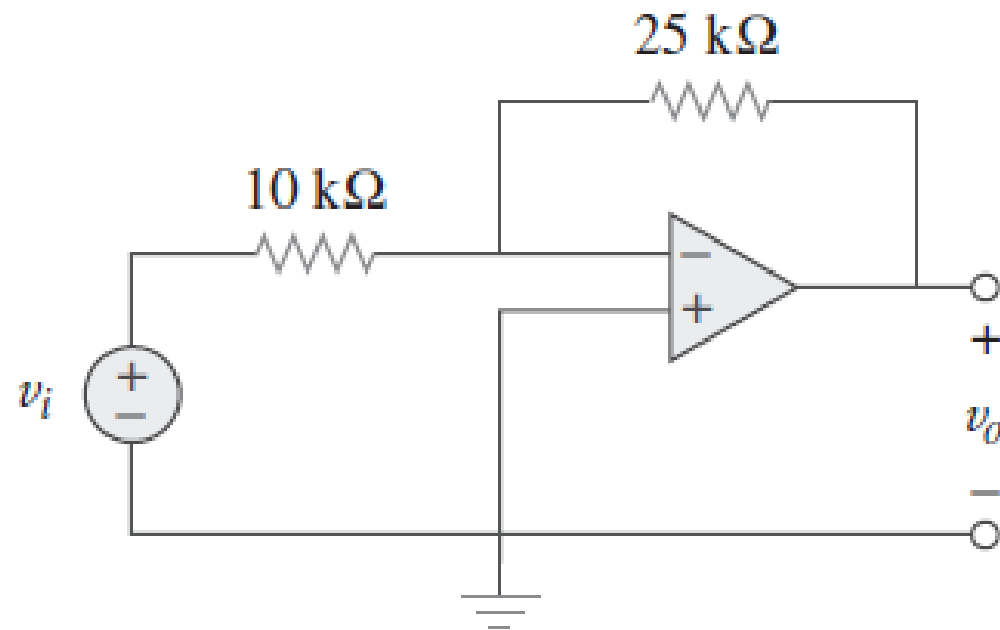
Amplificador Inversor

O **amplificador inversor** inverte a polaridade do sinal de entrada amplificando-o ao mesmo tempo.



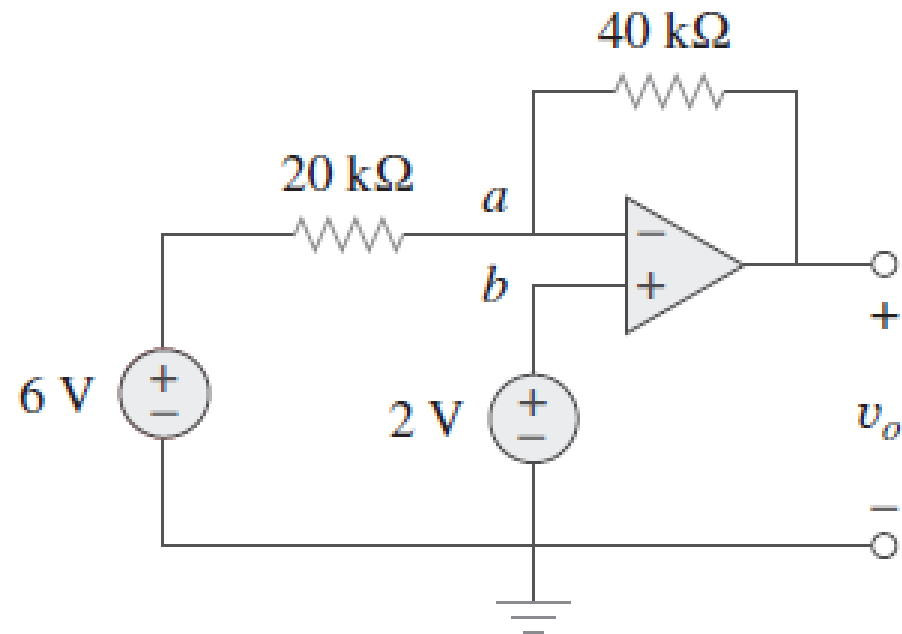
Exemplo

Determina a tensão de saída e a corrente no resistor de $10\text{ k}\Omega$.



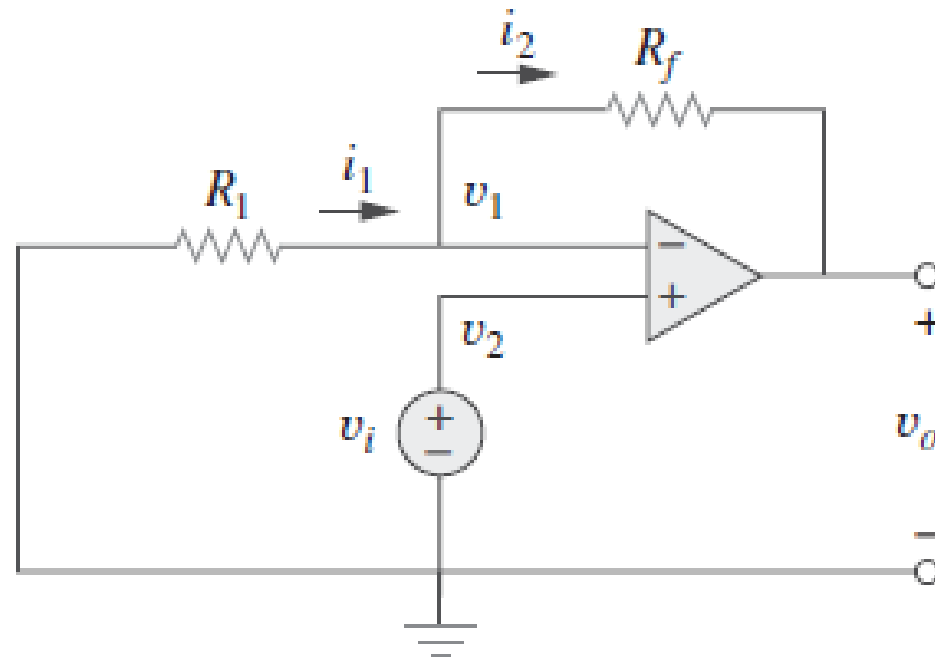
Exemplo

Determine a tensão de saída



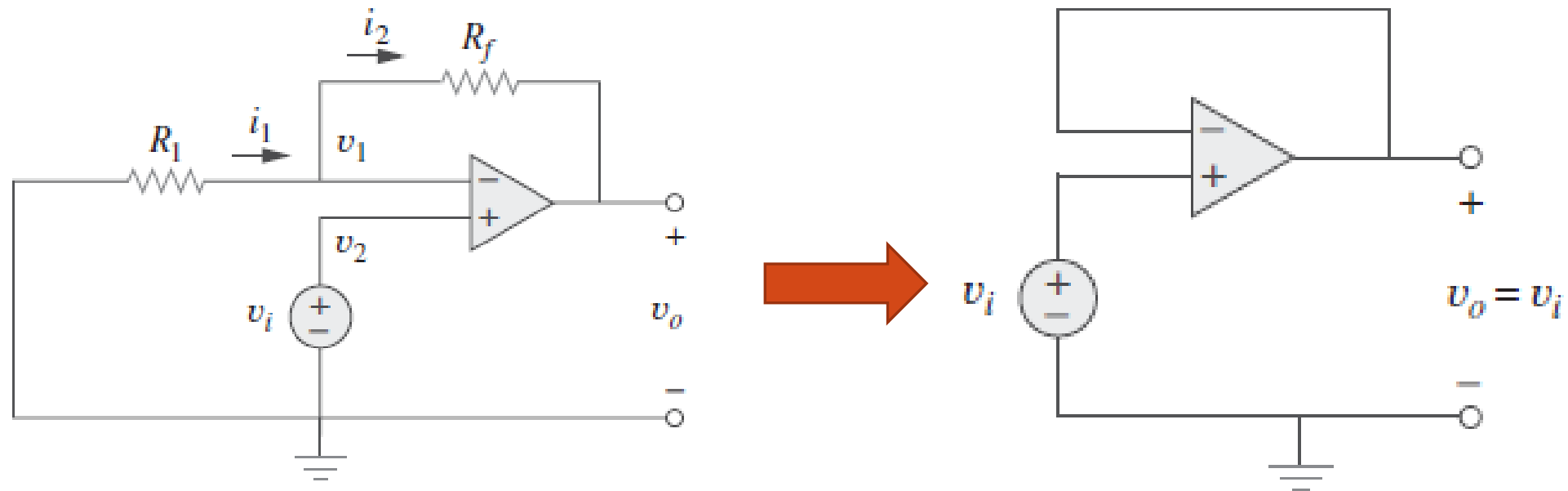
Amplificador não inversor

Um amplificador não inversor é um circuito com amplificador operacional projetado para fornecer ganho de tensão positivo.



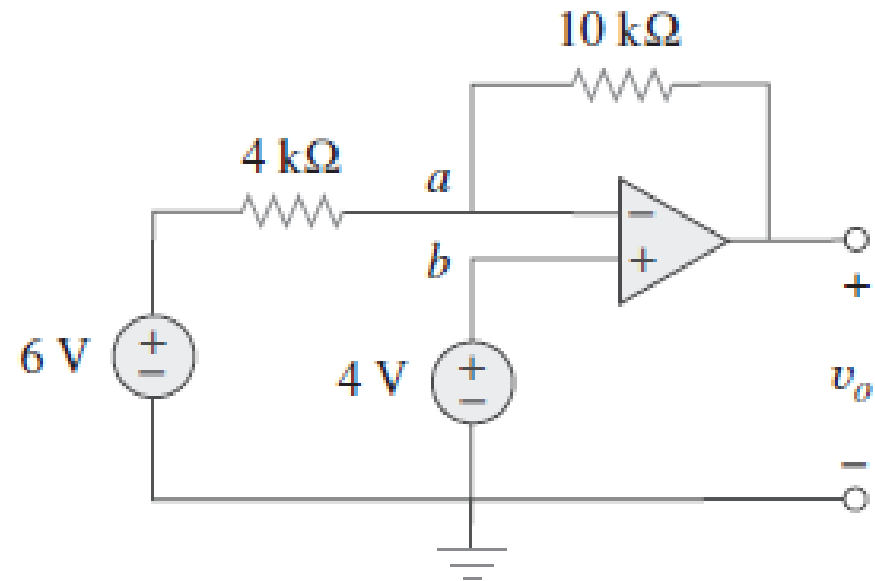
Seguidor de tensão

Se $R_f = 0$ e $R_1 = \infty$, ou ambos, a entrada será igual a saída. Este circuito é conhecido como seguidor de tensão.



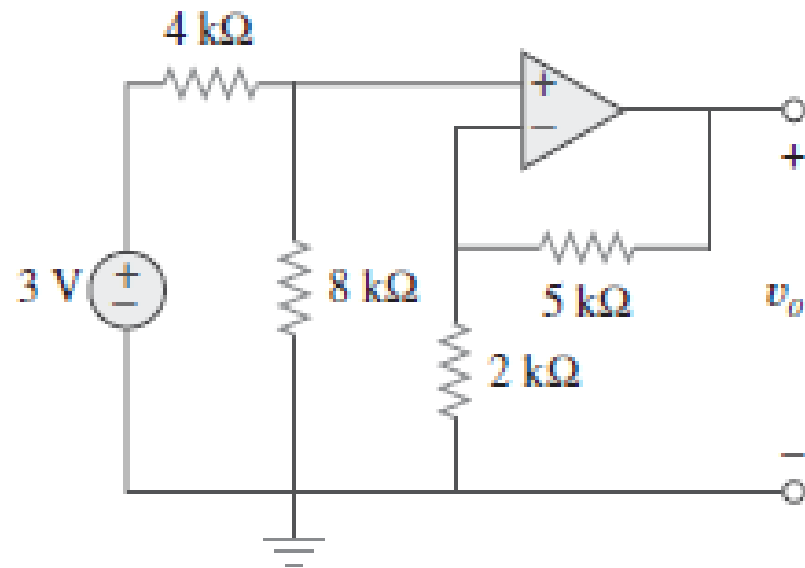
Exemplo

Calcule a tensão de saída do circuito abaixo.



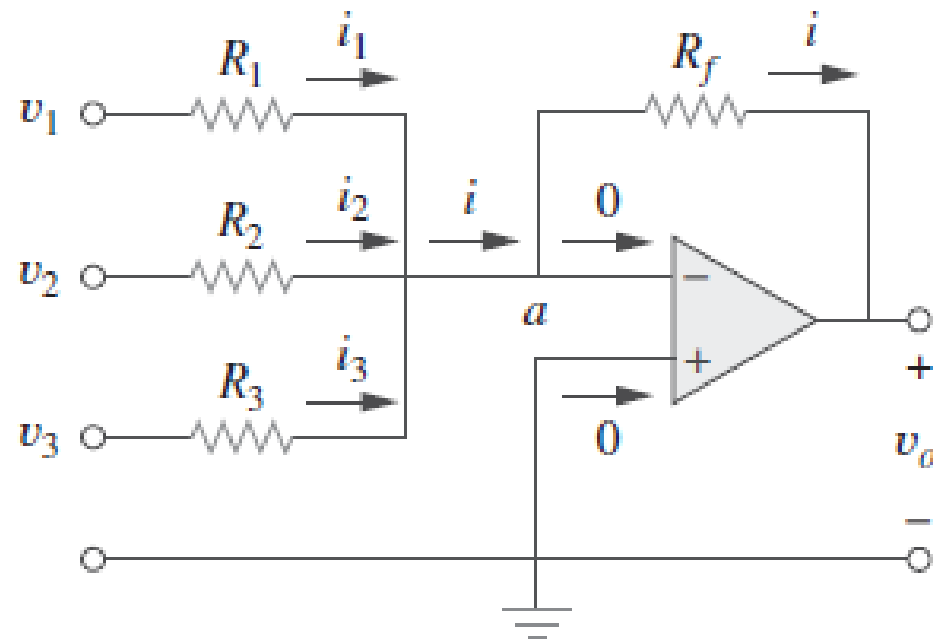
Exemplo

Calcule V_o no circuito abaixo.



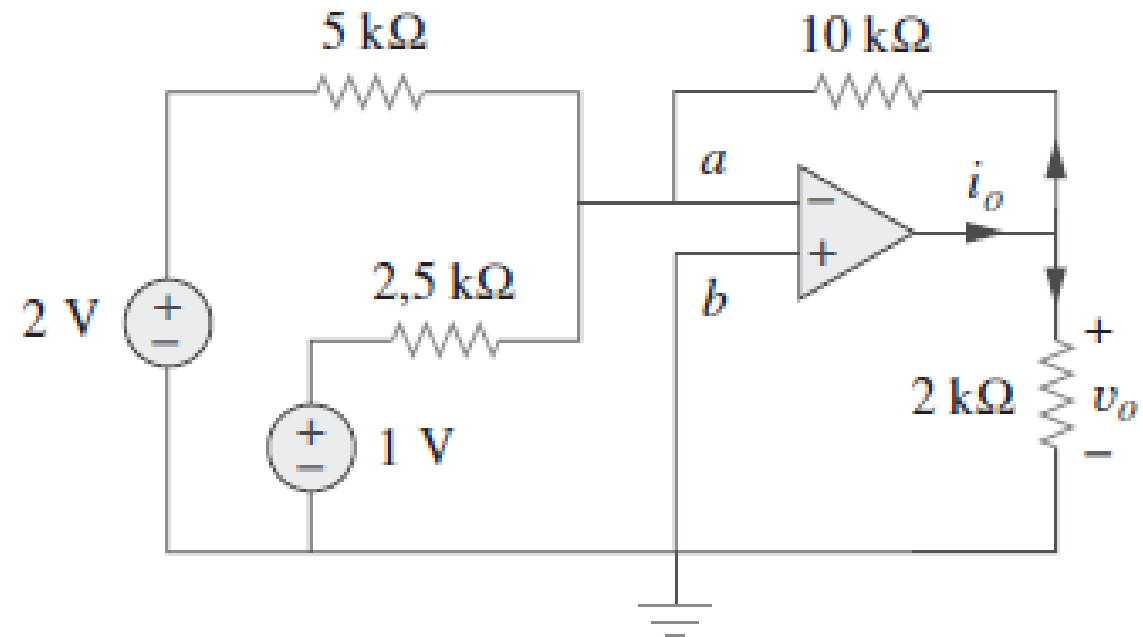
Amplificador Somador

O amplificador somador é um circuito com amplificador operacional que combina várias entradas e produz uma saída que é a soma ponderada das entradas.



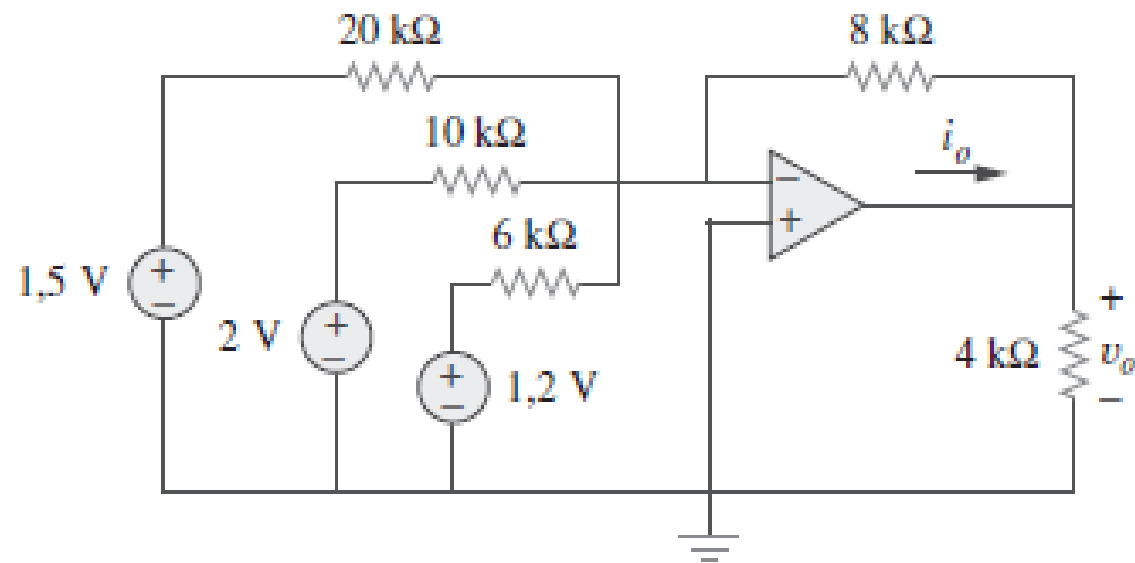
Exemplo

Calcule V_o e I_o no circuito abaixo.



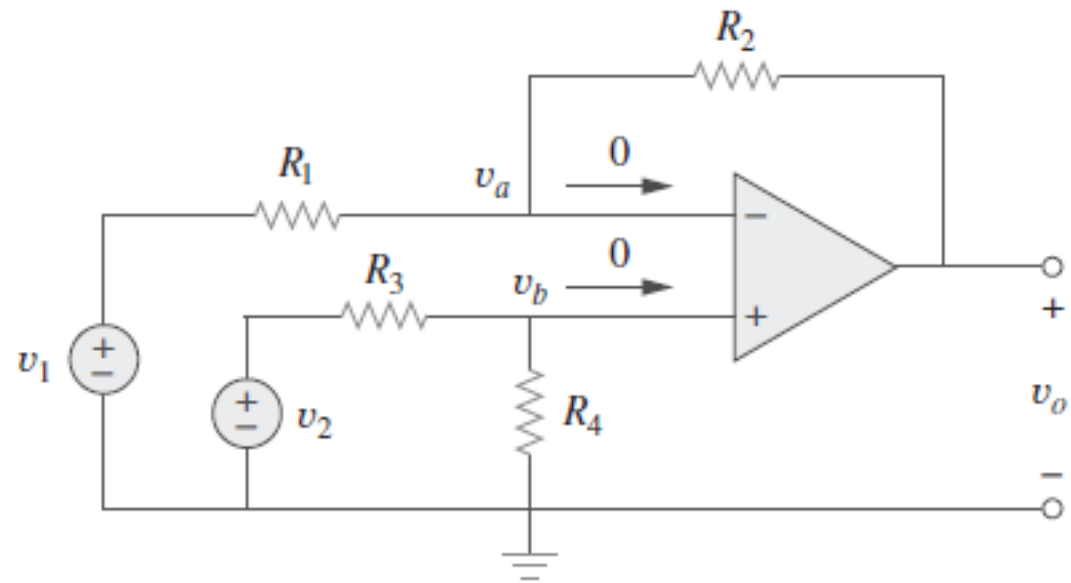
Exemplo

Determine V_o e I_o no circuito da figura abaixo.



Amplificador diferencial

Um amplificador diferencial é um dispositivo que amplifica a diferença entre as duas entradas, porém rejeita quaisquer sinais comuns as duas entradas.



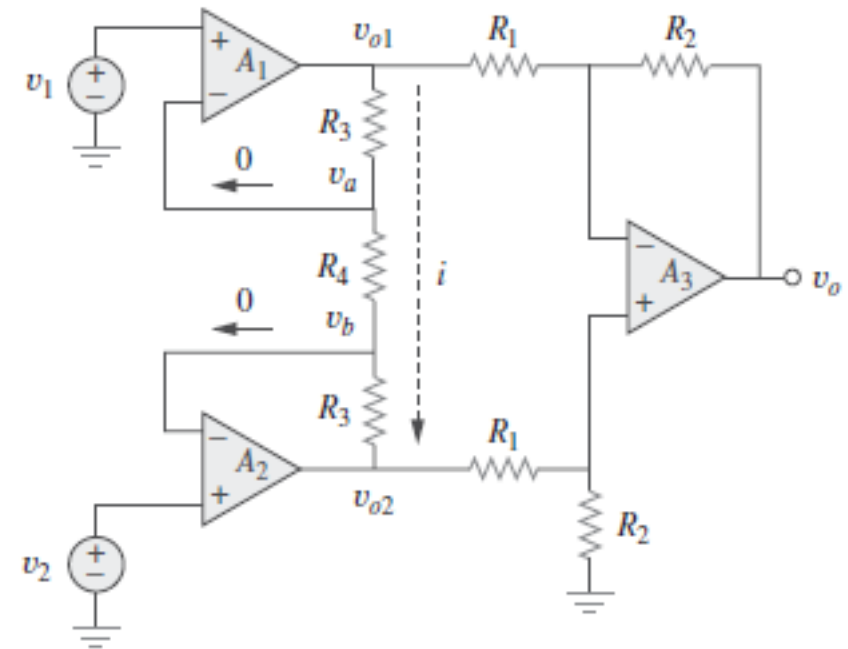
Exemplo

Projete um circuito com amplificador operacional com entradas V_1 e V_2 tal que a saída seja $V_o = 3V_2 - 5V_1$

Exemplo

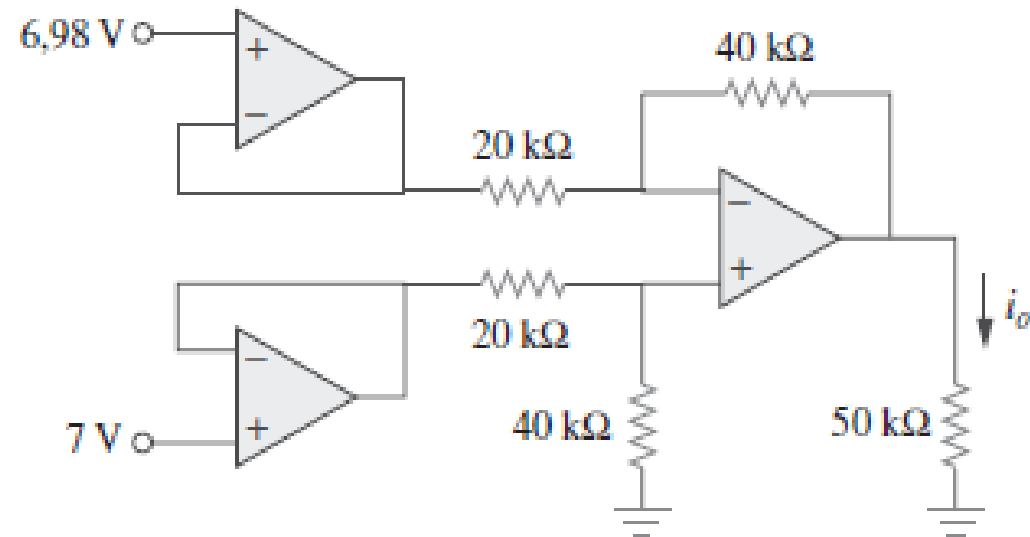
Um amplificador de instrumentação, mostrado na figura abaixo, é um amplificador de sinais de baixo nível usado em controle de processos ou em aplicações de medição, e se encontra disponível comercialmente em um único encapsulamento (CI).

Demonstre que $v_o = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{2R_3}{R_4} \right) (v_2 - v_1)$



Exemplo

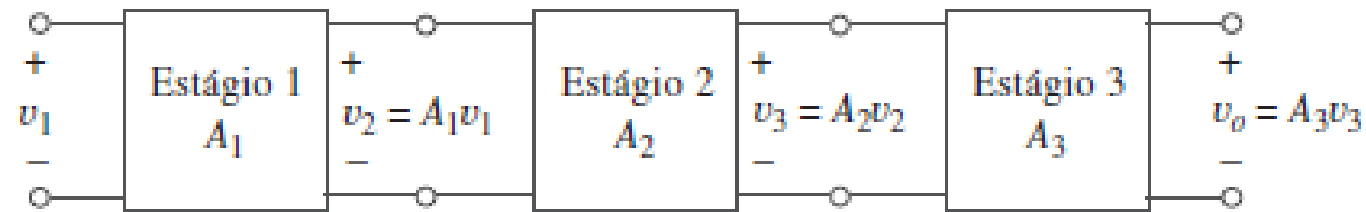
Obtenha i_o no amplificador de instrumentação da figura abaixo.



Circuitos com amplificadores operacionais em cascata

Uma conexão em cascata é um arranjo em sequência de dois ou mais circuitos com amplificadores operacionais conectados de forma que a saída de um seja a na entrada do seguinte.

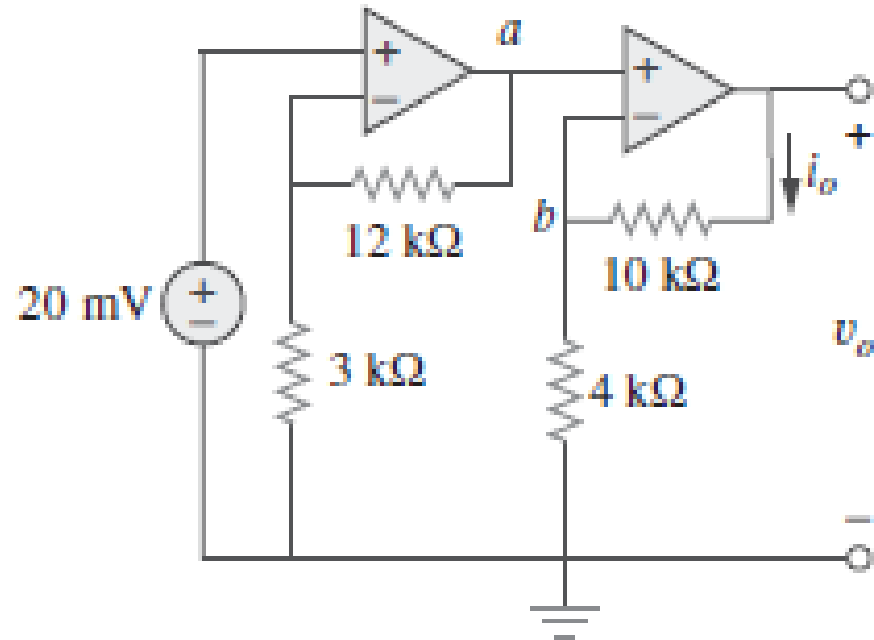
Quando circuitos com amplificadores operacionais estão em cascata, cada circuito é denominado estágio.



$$A = A_1 A_2 A_3$$

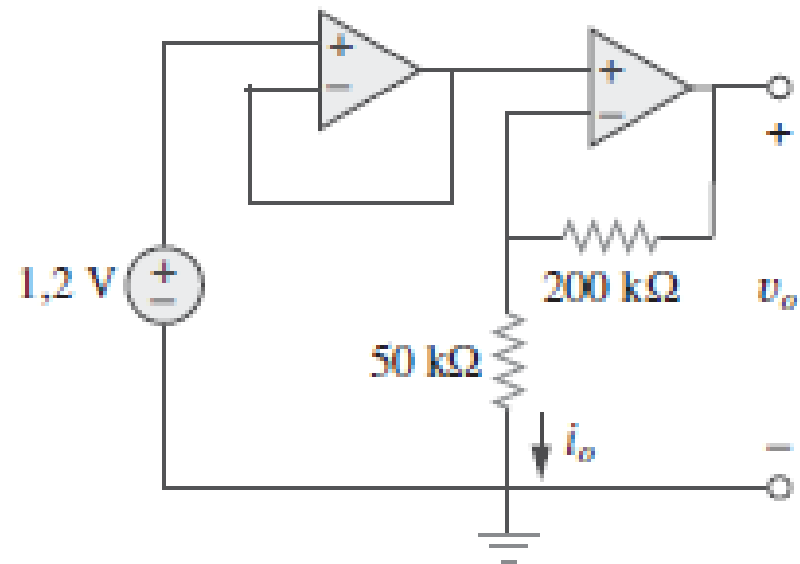
Exemplo

Determine i_o e v_o



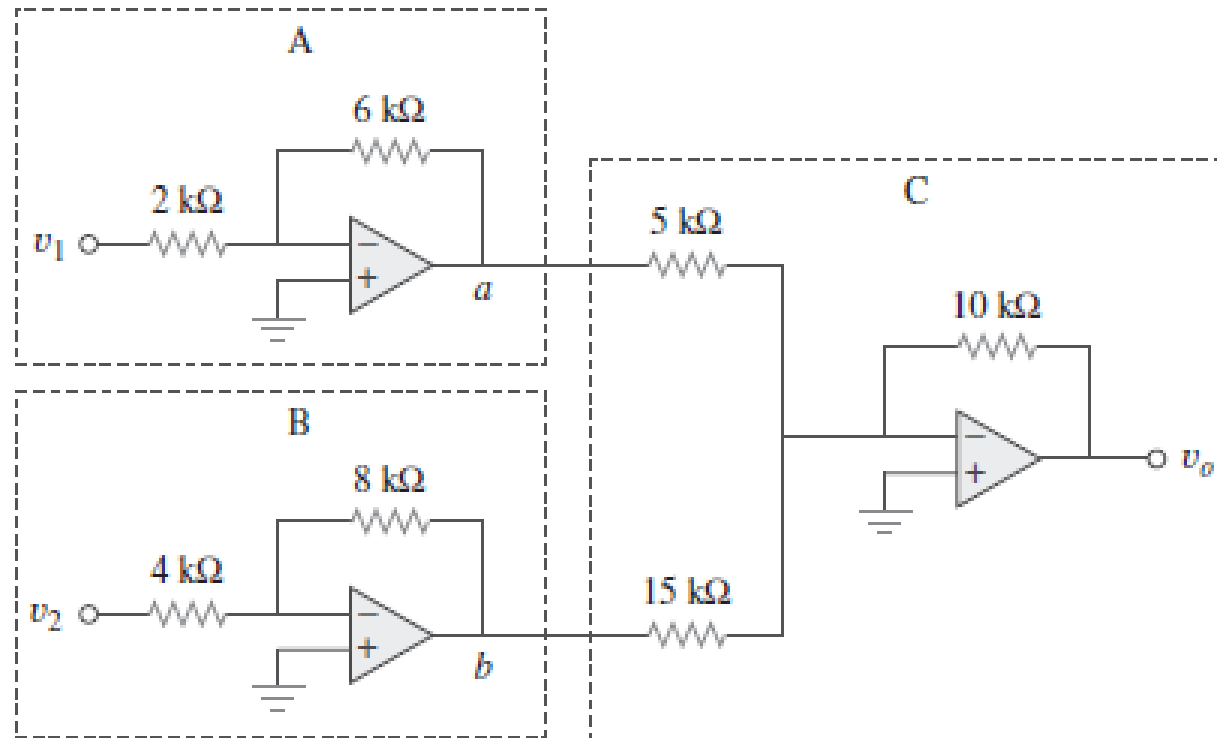
Exemplo

Determine v_o



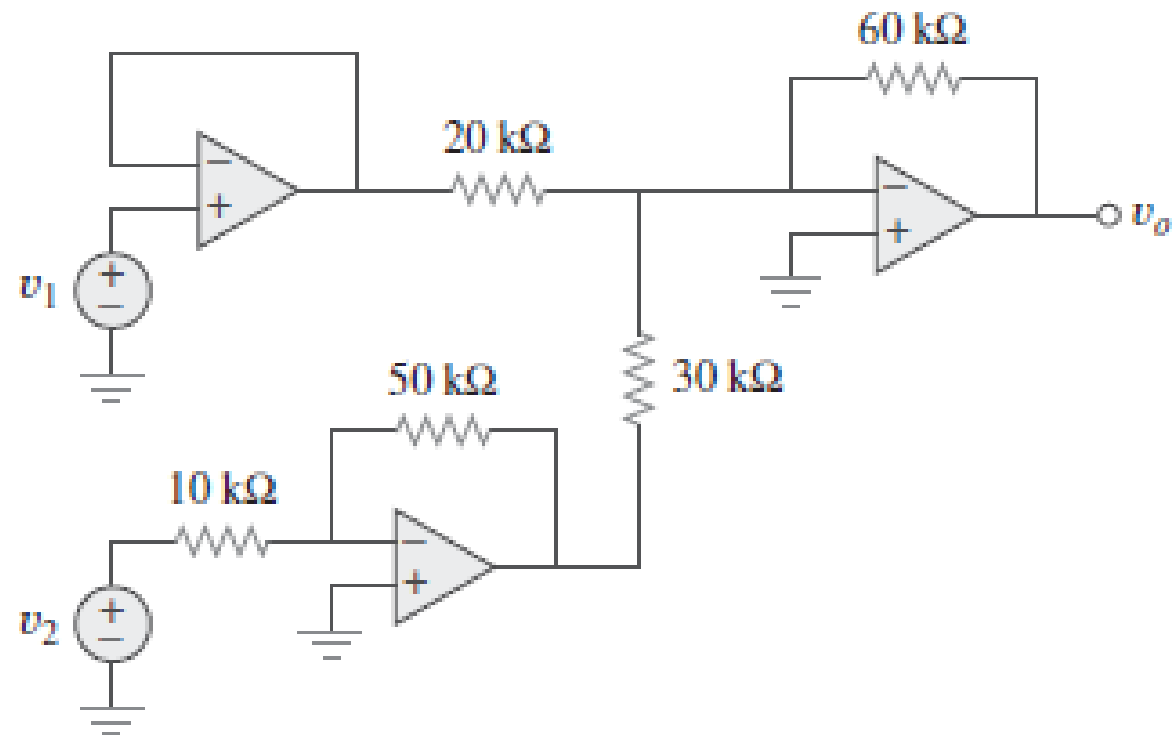
Exemplo

Determine v_o



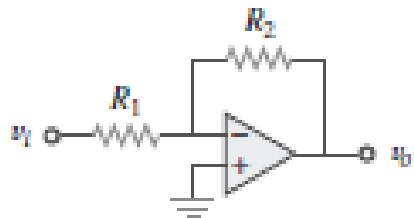
Exemplo

Determine v_o



Resumo

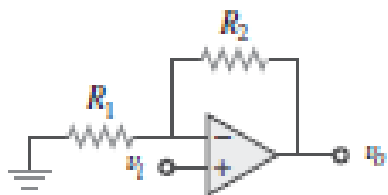
Circuito com AOP



Nome/relação entrada/saída

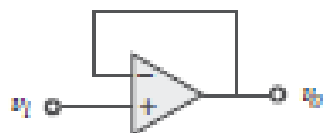
Amplificador inversor

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1}v_i$$



Amplificador não inversor

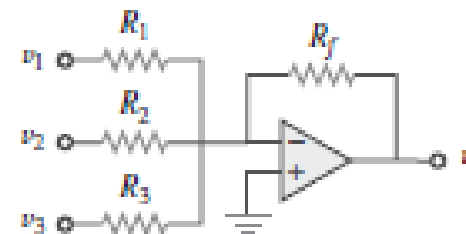
$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)v_i$$



Seguidor de tensão

$$v_o = v_i$$

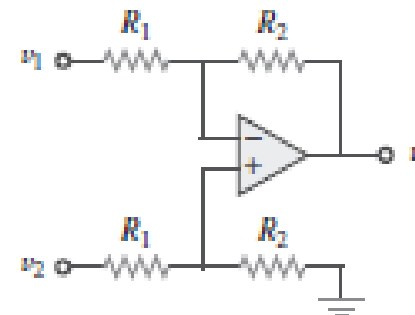
Circuito com AOP



Nome/relação entrada/saída

Somador

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

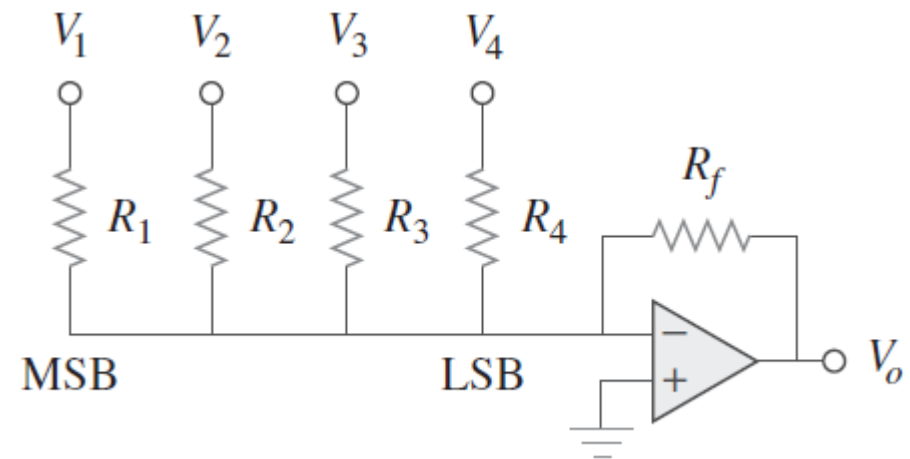
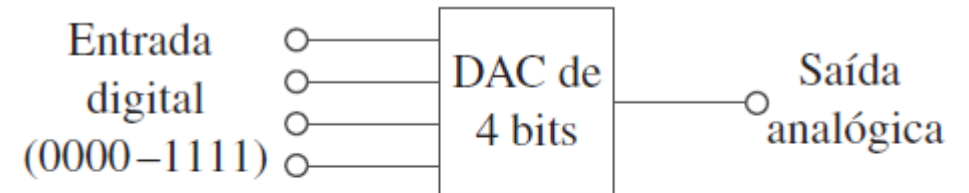


Amplificador diferencial

$$v_o = \frac{R_2}{R_1}(v_2 - v_1)$$

Conversor Digital Analógico

O amplificador operacional pode ser utilizado para implementar um conversor digital-analógico



Bibliografia

- [1] SADIKU, M.N.O; ALEXANDER, A, K. Fundamentos de Circuitos Elétricos. 5ª edição, AMGH Editora LTDA, 2013. 840 p.