

Amplificadores Operacionais

Eletrônica para Ciência da Computação

PROFESSOR: RUBENS T. HOCK JR.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEE



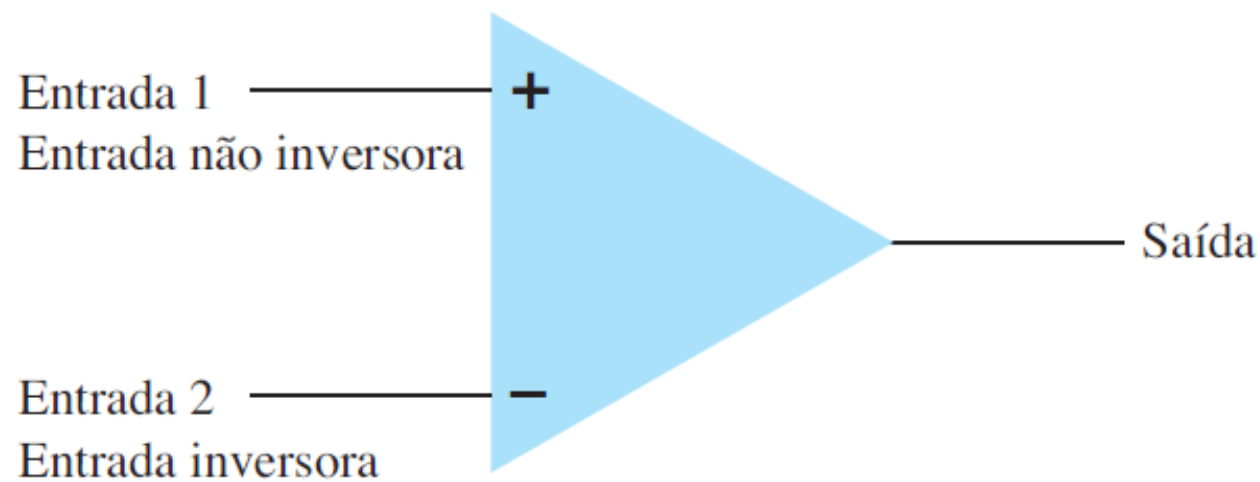
Amplificadores Operacionais

Introdução

Introdução

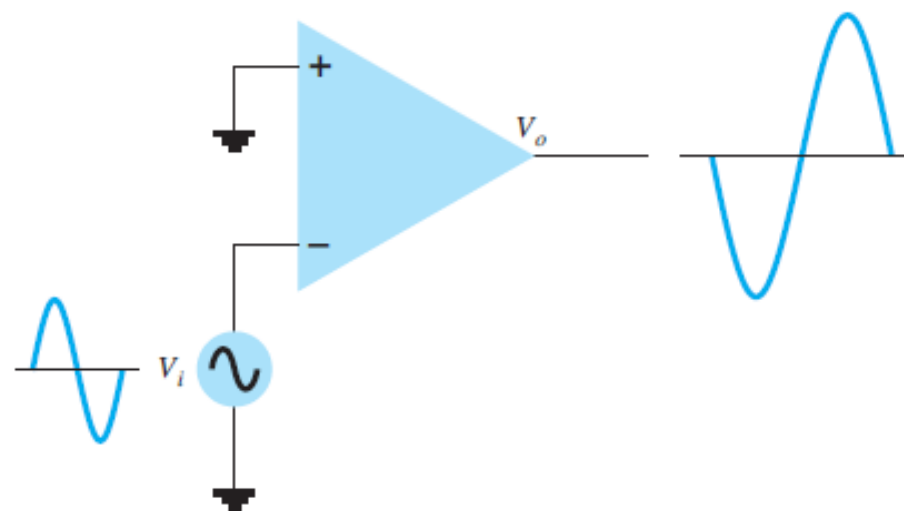
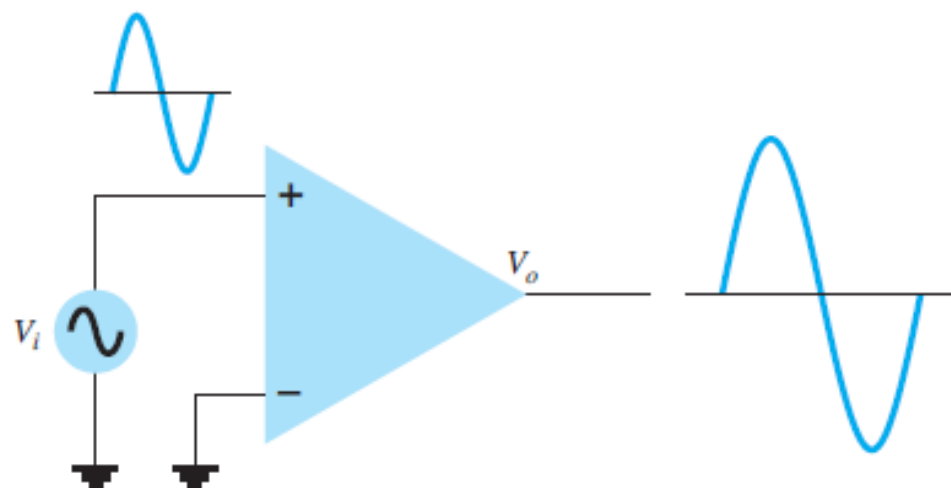
Um amplificador operacional, ou Ampop, é um amplificador diferencial de ganho muito alto com impedância de entrada muito alta e baixa impedância de saída.

Utilizações típicas do amplificador operacional compreendem alterações em valores de tensões (amplitude e polaridade), osciladores, filtros e diversos tipos de circuitos de instrumentação.



Introdução

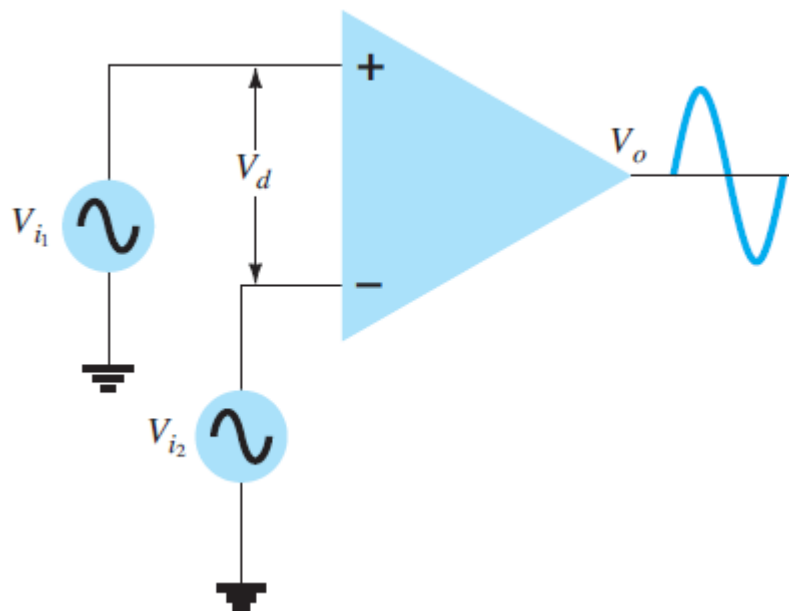
Amplificador sem alteração de polaridade x Amplificador com alteração de polaridade



Introdução

Amplificador diferencial

$$V_d = V_{i1} - V_{i2}$$

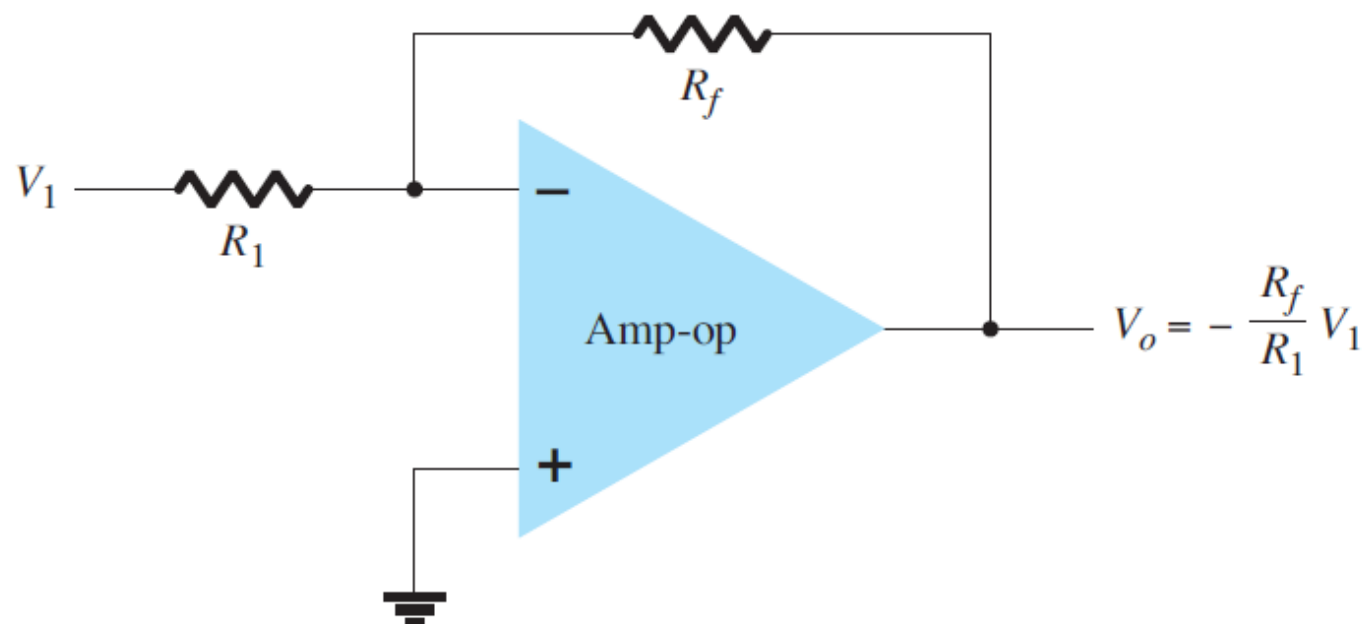


Amplificadores Operacionais

Aplicações

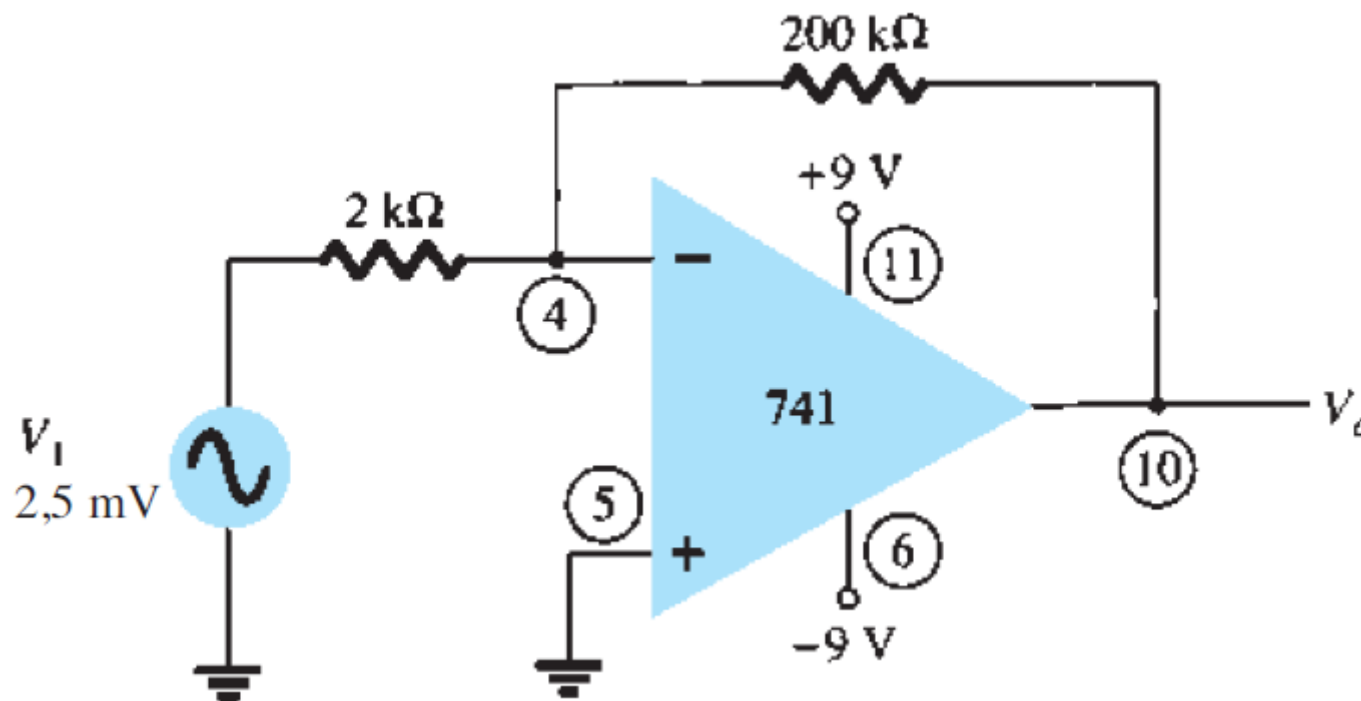
Circuito Inversor

A tensão de saída de um circuito amplificador inversor é obtida pela multiplicação da tensão de entrada por um ganho, definido pelo resistor de entrada (R_1) e pelo resistor de realimentação (R_f) com saída invertida em relação à entrada



Circuito Inversor

Determine a tensão de saída para o circuito com uma entrada senoidal de 2,5 mV.

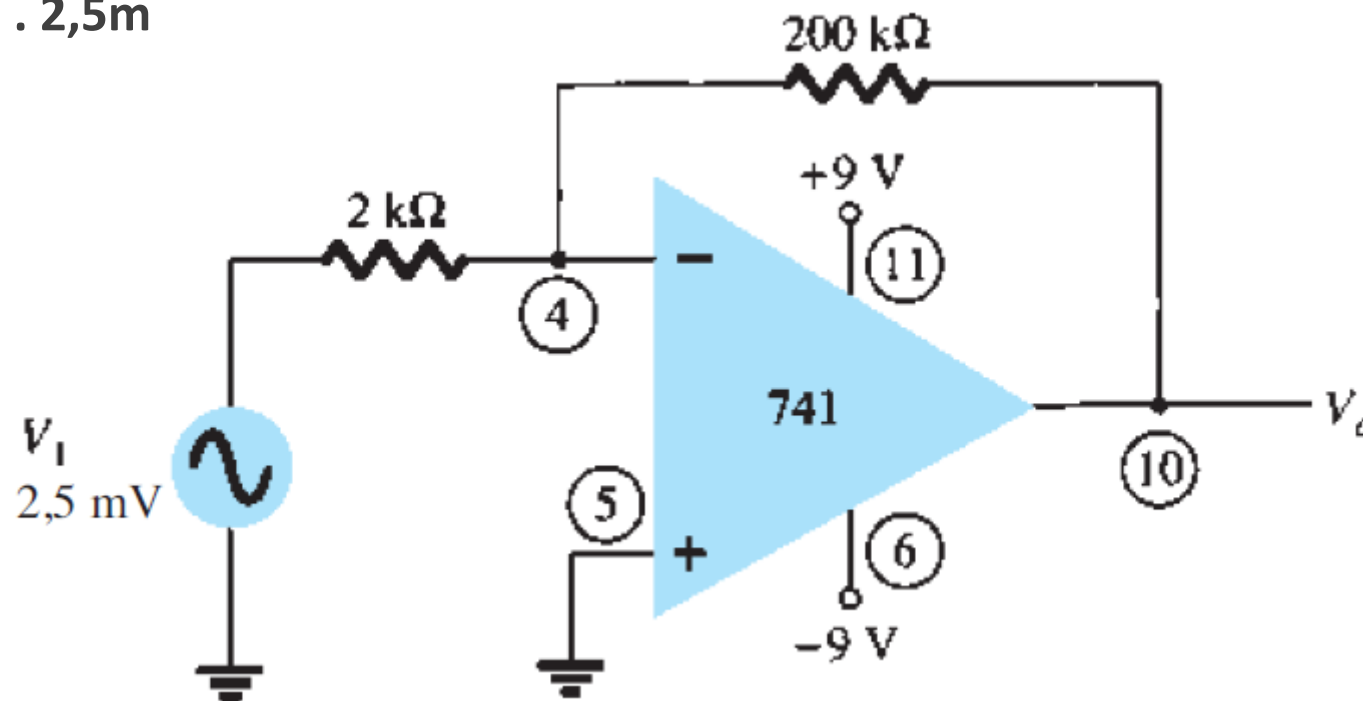


Circuito Inversor

Determine a tensão de saída para o circuito com uma entrada senoidal de 2,5 mV.

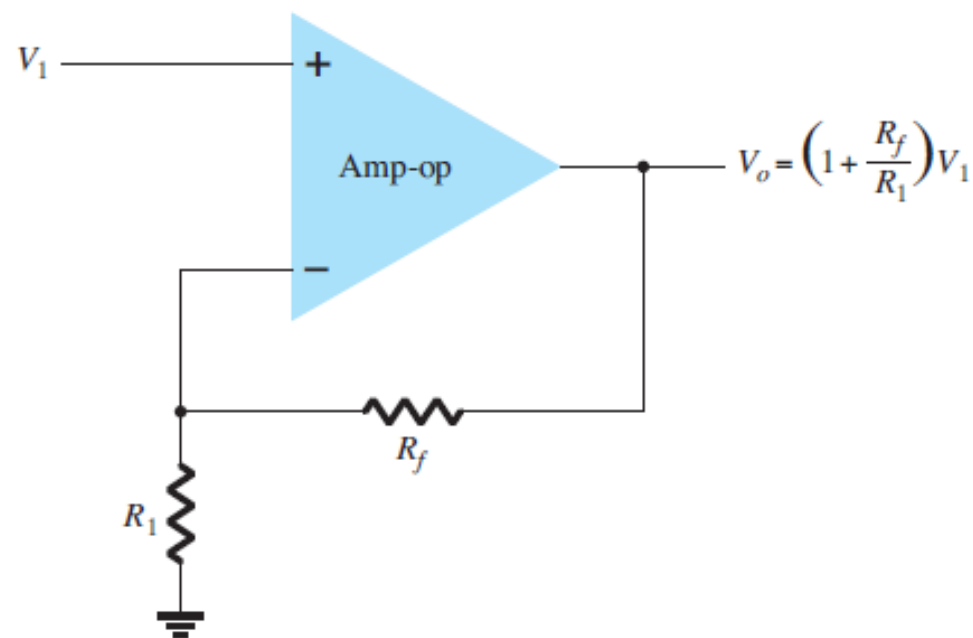
$$V_o = - (200\text{k} / 2\text{k}) \cdot 2,5\text{m}$$

$$V_o = -250 \text{ mV}$$



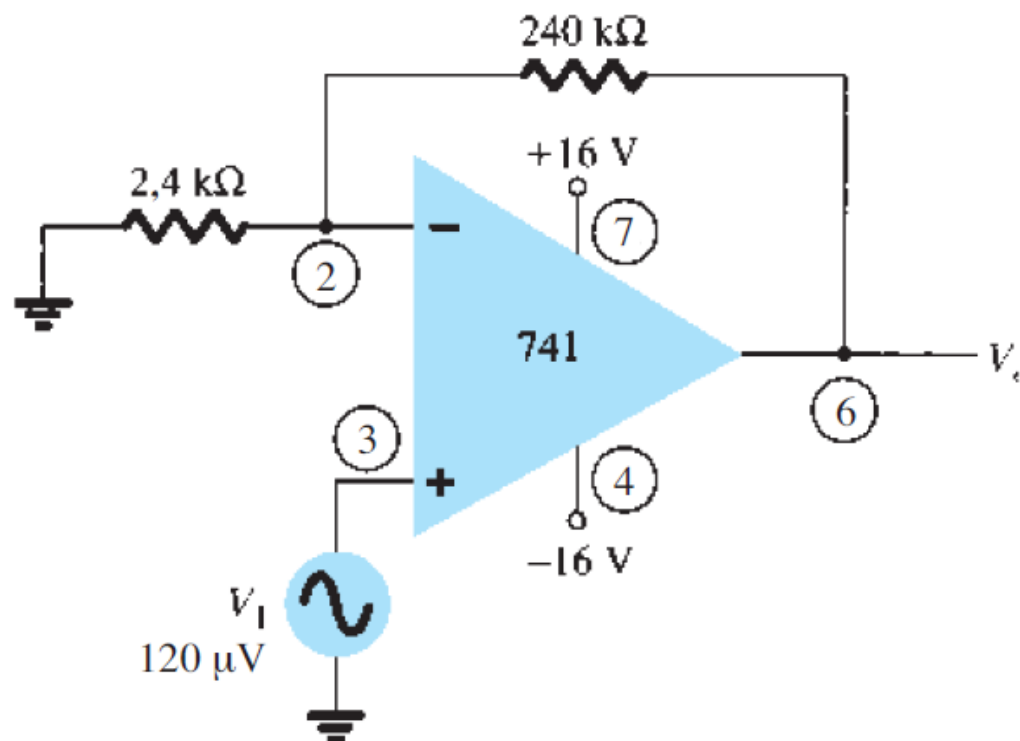
Circuito Não Inversor

A tensão de saída de um circuito amplificador não inversor é obtida pela multiplicação da tensão de entrada por um ganho, definido pelo resistor de entrada (R_1) e pelo resistor de realimentação (R_f) com saída em fase em relação à entrada



Circuito Não Inversor

Calcule a tensão de saída do circuito para uma entrada de $120\ \mu\text{V}$.

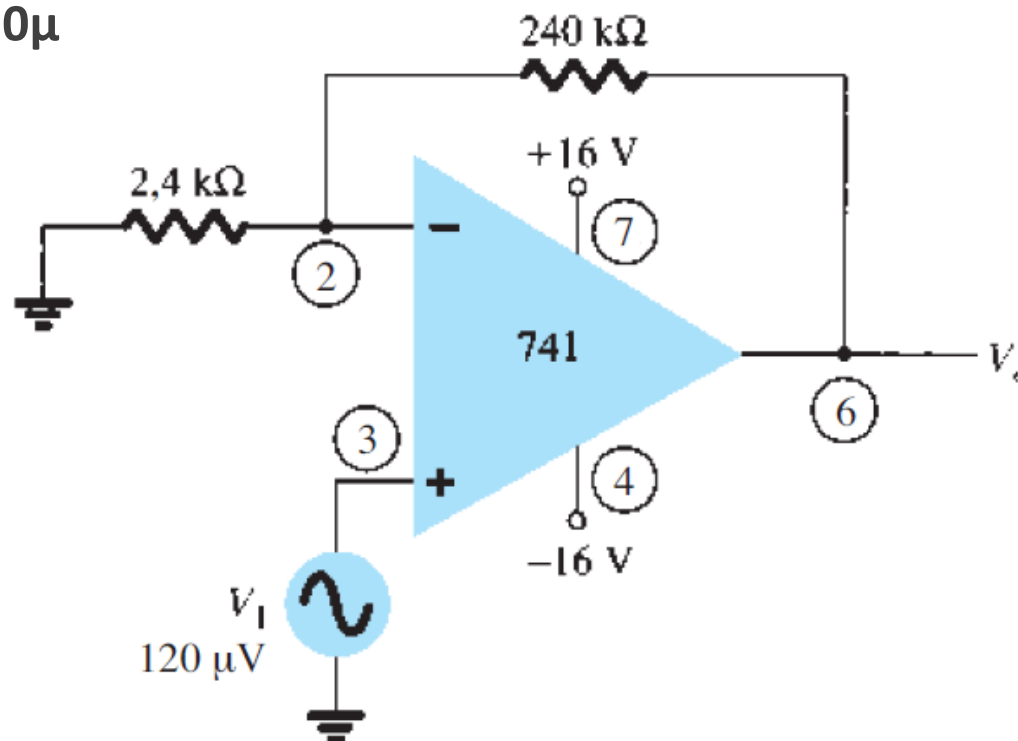


Circuito Não Inversor

Calcule a tensão de saída do circuito para uma entrada de $120\ \mu\text{V}$.

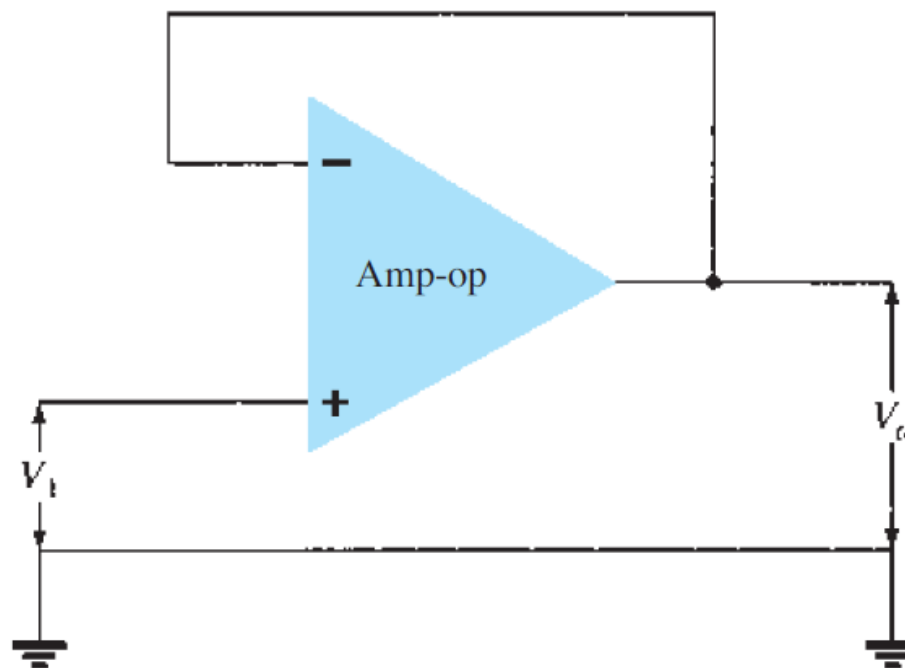
$$V_o = (1 + 240\text{k} / 2,4\text{k}) \cdot 120\mu$$

$$V_o = 12,12\ \text{mV}$$



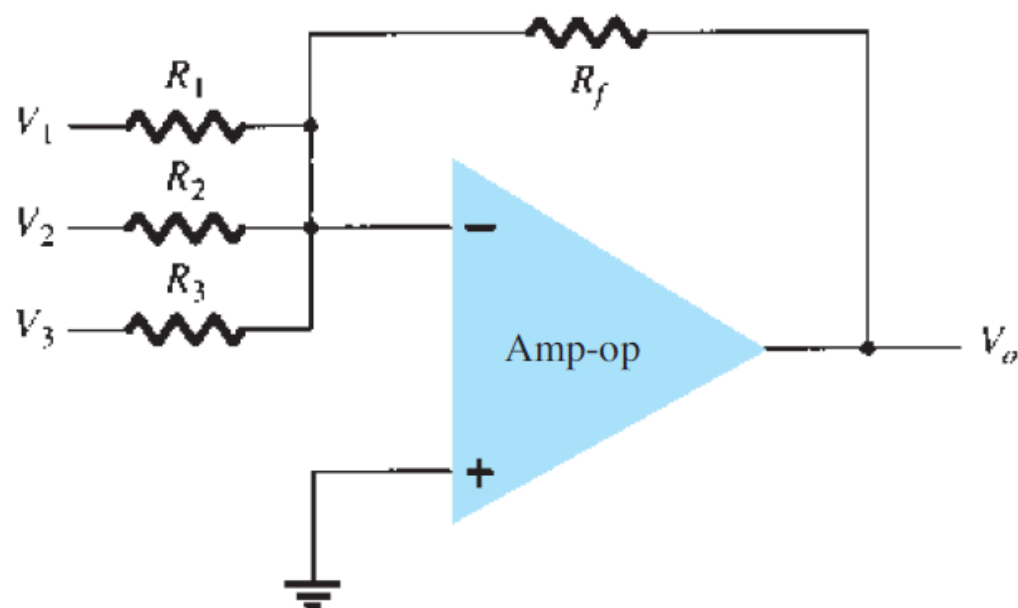
Circuito Buffer

Um circuito do tipo Buffer tem como característica que o valor da tensão de saída é igual ao valor da tensão de entrada, ou seja, ganho igual a 1 sem a inversão da polaridade do sinal de entrada.



Circuito Somador

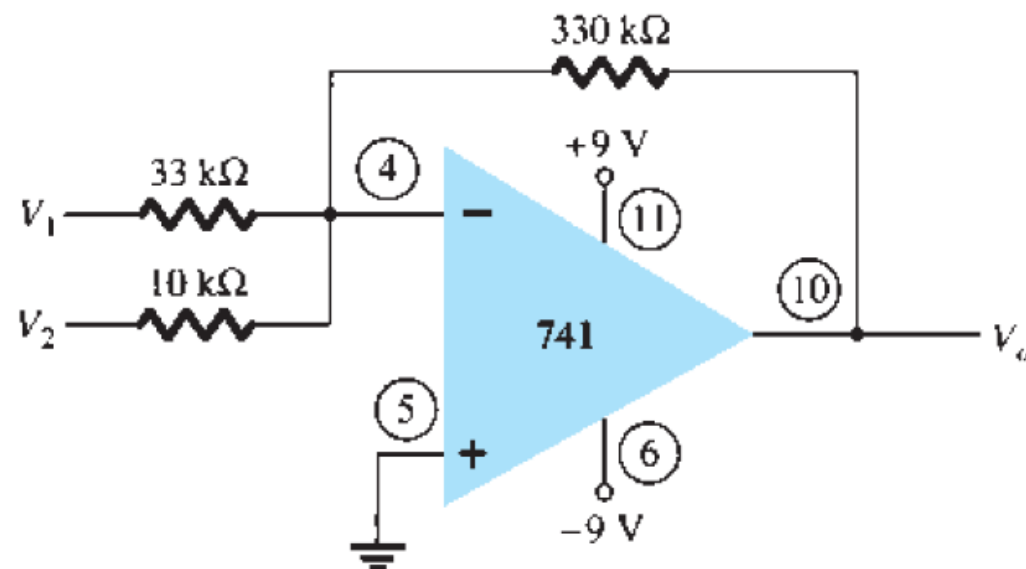
O circuito somador utiliza mais de uma entrada de tensão, onde cada entrada de tensão adiciona uma tensão à saída multiplicada pelo seu correspondente fator de ganho, de forma similar ao amplificador inversor.



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

Circuito Somador

Calcule a tensão de saída para o circuito abaixo. As entradas são $V_1 = 50 \text{ mV sen}(1000t)$ e $V_2 = 10 \text{ mV sen}(3000t)$.

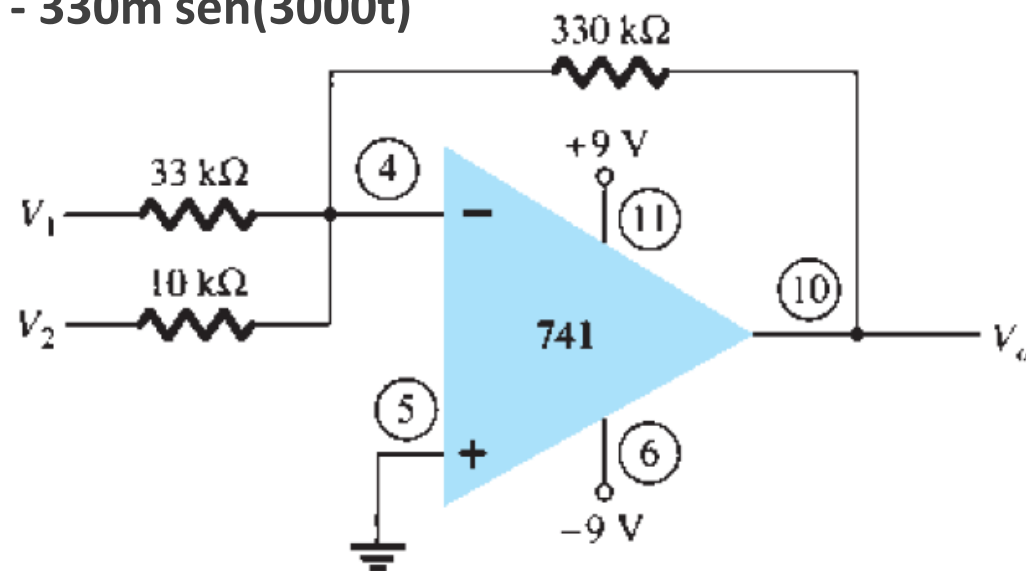


Circuito Somador

Calcule a tensão de saída para o circuito abaixo. As entradas são $V_1 = 50 \text{ mV sen}(1000t)$ e $V_2 = 10 \text{ mV sen}(3000t)$.

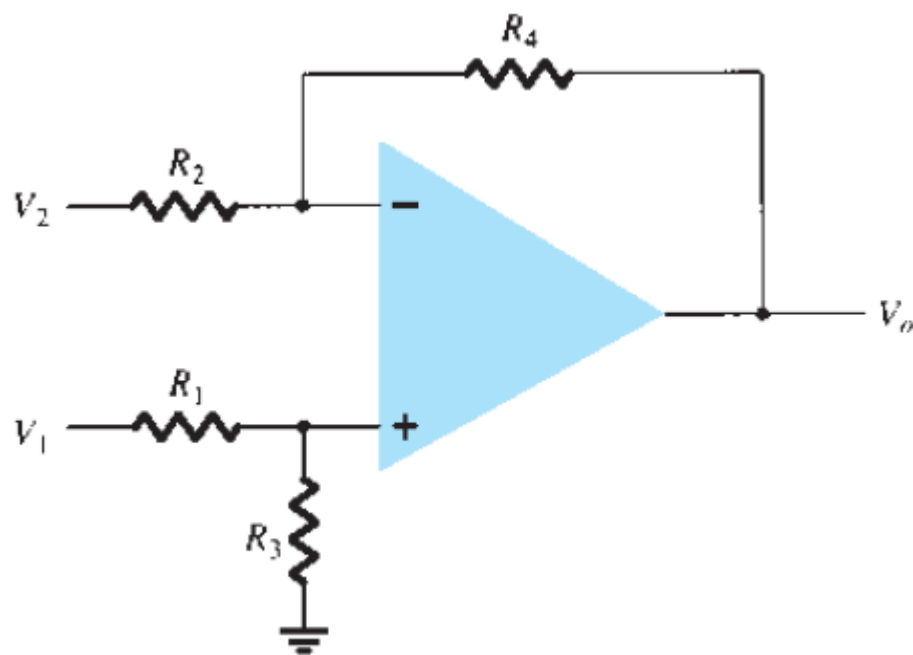
$$V_o = -(330k / 33k) \cdot 50m \text{ sen}(1000t) - (330k / 10k) \cdot 10m \text{ sen}(3000t)$$

$$V_o = -500m \text{ sen}(1000t) - 330m \text{ sen}(3000t)$$



Circuito Subtrator

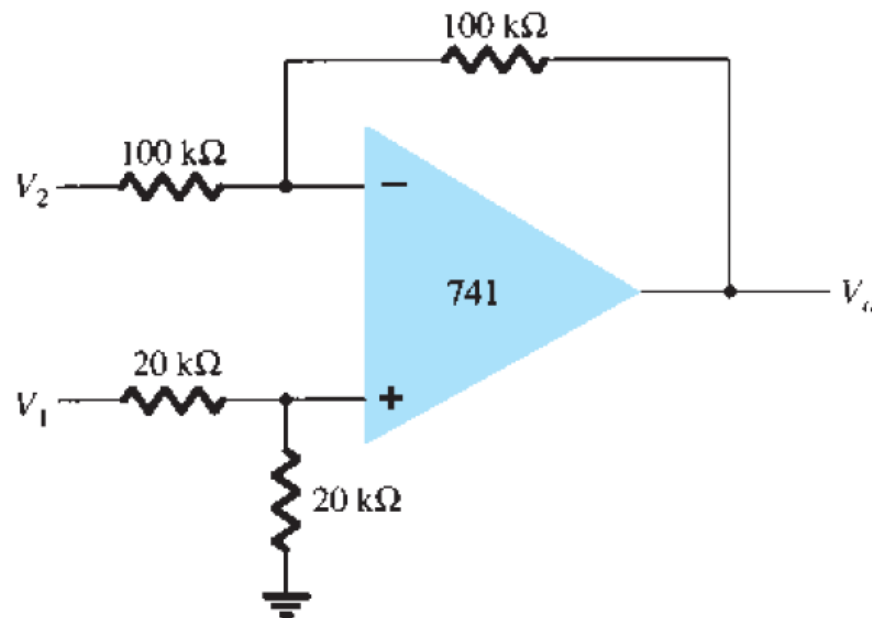
O circuito subtrator utiliza mais de uma entrada de tensão, onde cada entrada de tensão adiciona uma tensão à saída multiplicada pelo seu correspondente fator de ganho, mas de polaridades opostas.



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

Circuito Subtrator

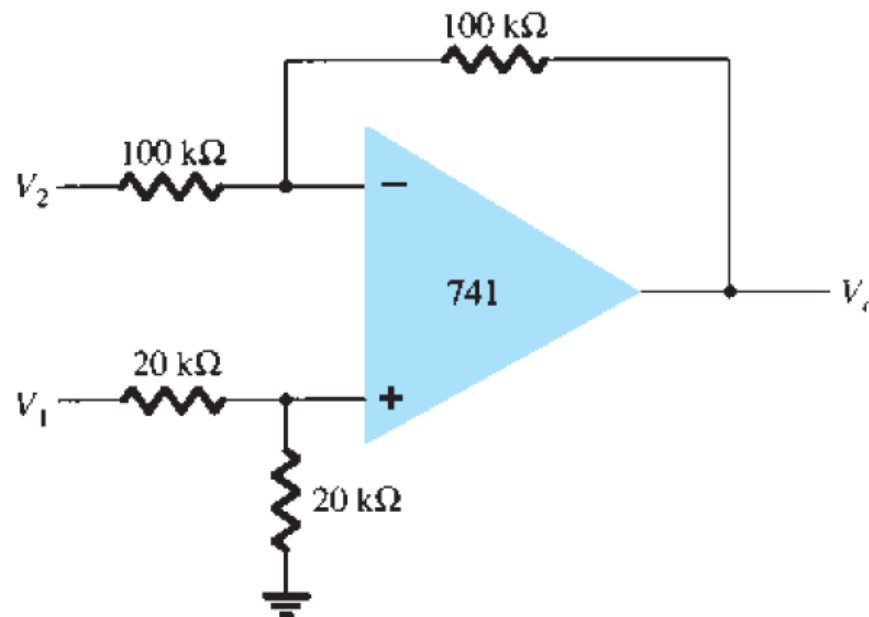
Determine a tensão de saída para o circuito



Circuito Subtrator

Determine a tensão de saída para o circuito

$$V_o = \left(\frac{20 \text{ k}\Omega}{20 \text{ k}\Omega + 20 \text{ k}\Omega} \right) \left(\frac{100 \text{ k}\Omega + 100 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega} \right) V_1 - \frac{100 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega} V_2 = V_1 - V_2$$

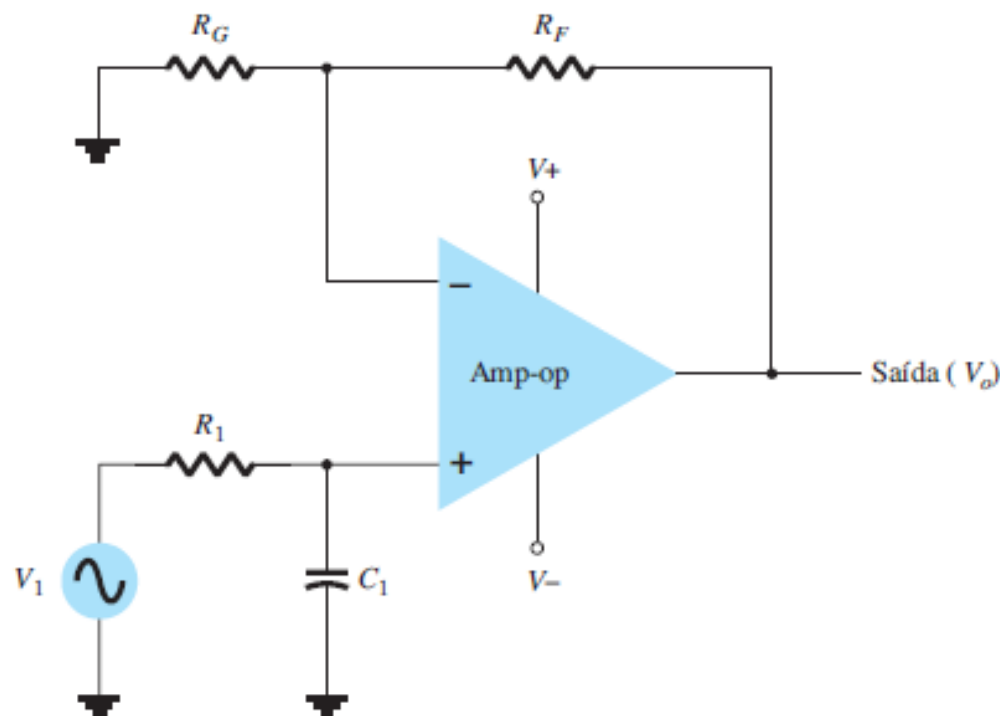


Amplificadores Operacionais Aplicações Avançadas

Filtro Passa Baixa

Ampops podem ser utilizados com a função de implementar filtros que, além de além de prover a filtragem, permite a amplificação do sinal filtrado.

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G}$$

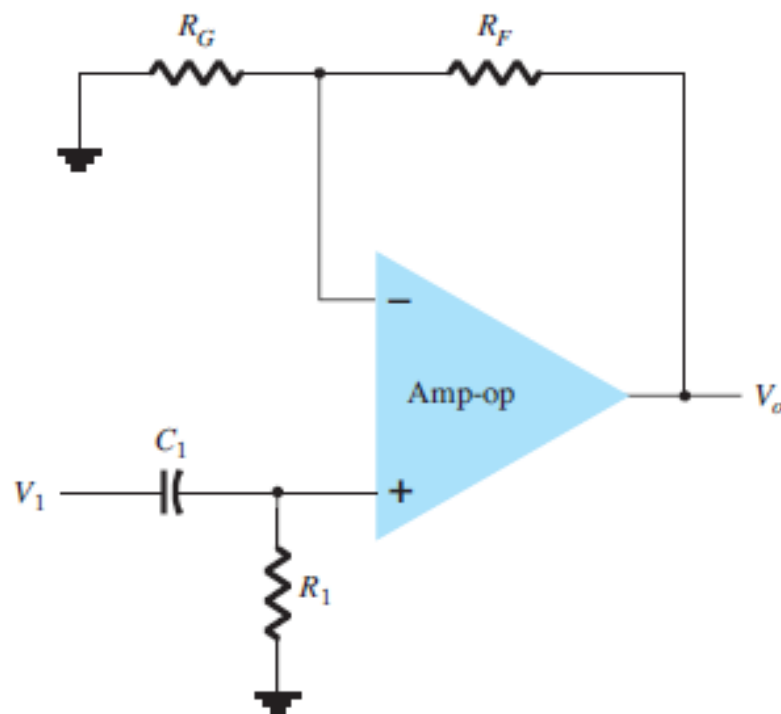


$$f_{OL} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Filtro Passa Alta

Ampops podem ser utilizados com a função de implementar filtros que, além de além de prover a filtragem, permite a amplificação do sinal filtrado.

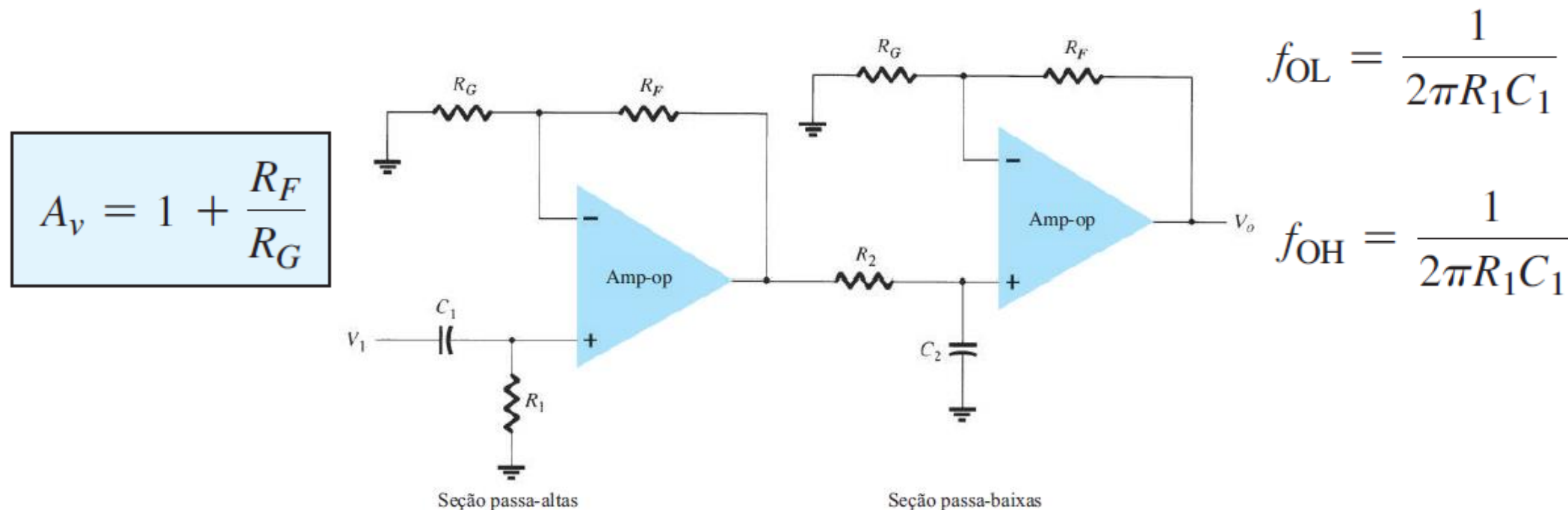
$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G}$$



$$f_{OH} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

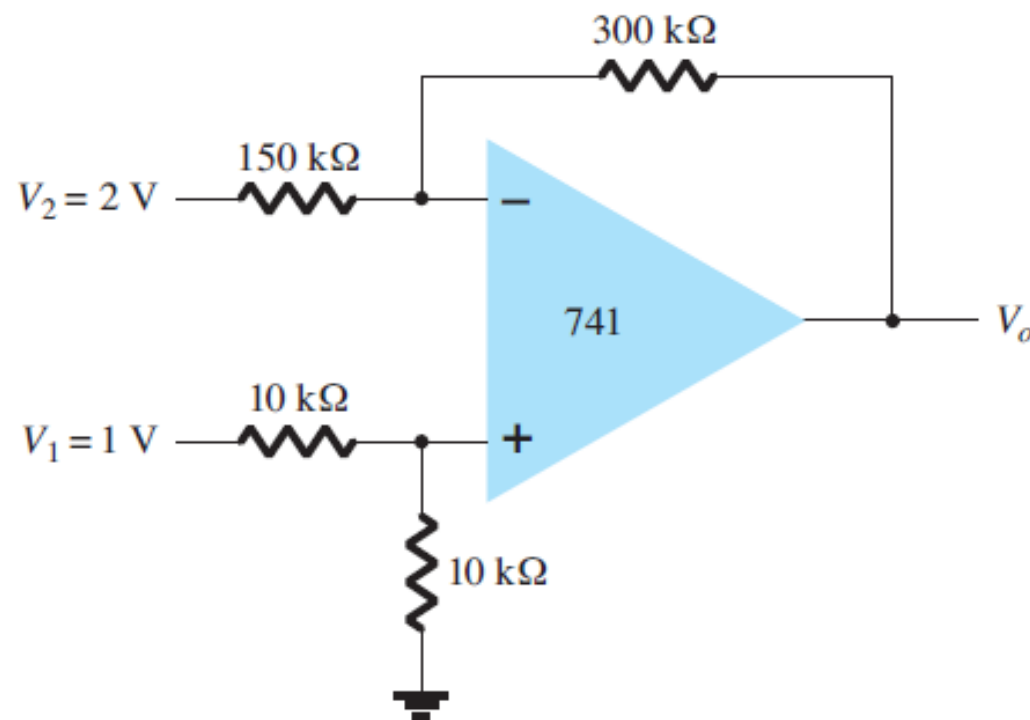
Filtro Passa/Rejeita Faixa

Ampops podem ser utilizados com a função de implementar filtros que, além de além de prover a filtragem, permite a amplificação do sinal filtrado.



Exercícios

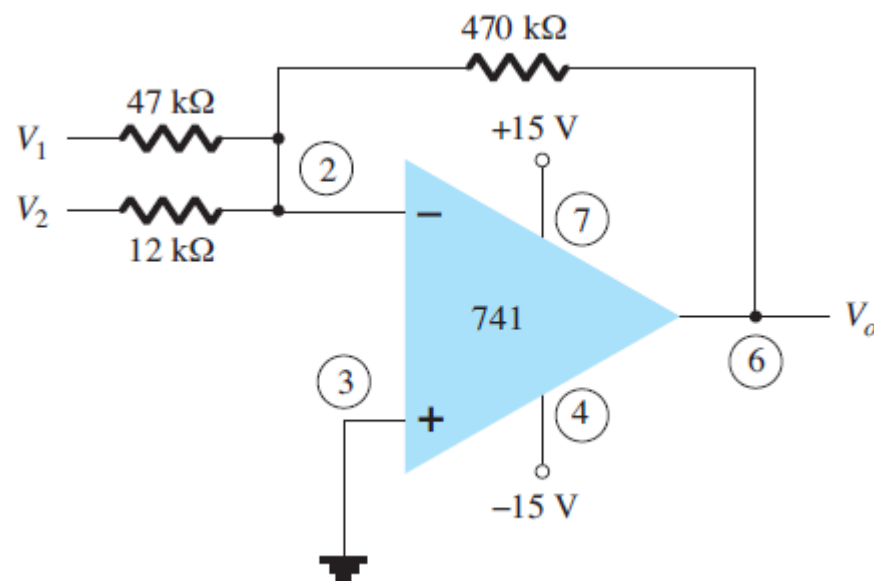
Determine a tensão de saída do circuito abaixo:



Exercícios

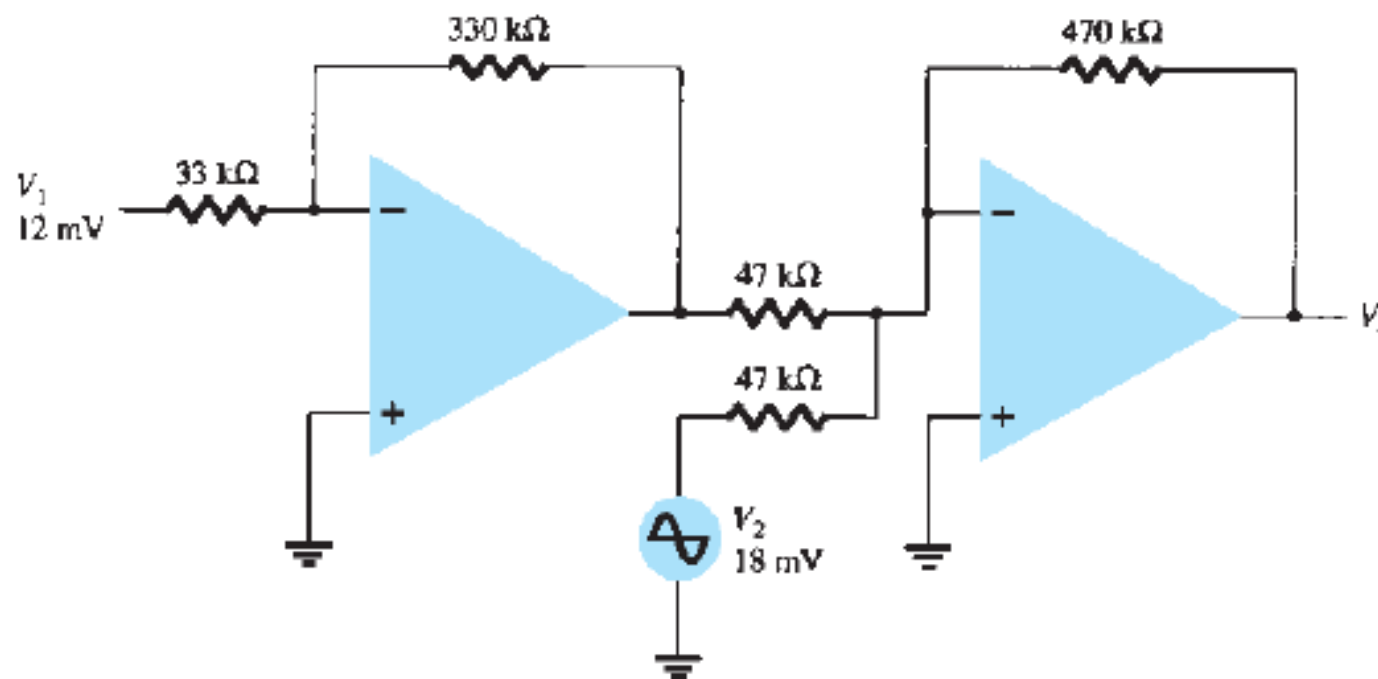
Determine a tensão de saída do circuito abaixo:

$$V_1 = 40 \text{ mV} \cos(1000t) \text{ e } V_2 = 200 \text{ mV} \cos(10000t)$$



Exercícios

Determine a tensão de saída do circuito abaixo:



Bibliografia

BOYLESTAD, R. L. Introdução à Análise de Circuitos. Prentice-Hall. São Paulo, 2004.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 6ª edição, Prentice Hall do Brasil, 1998.

CIPELLI, Antonio Marco Vicari; MARKUS, Otavio; SANDRINI, Waldir João. Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos. 18 ed. São Paulo: Livros Erica, 2001. 445 p. ISBN 8571947597.