



Universidade Federal de Uberlândia

FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica



Sistemas e Controle

Roteiro 03B

Gabriel Alves Caixeta Custódio - 12011ECP008

Uberlândia 2023

Questão 01

a) No amplificador operacional ideal, as correntes de entradas são 0, pois a impedância de entrada é infinita, a impedância de saída é igual a 0, o ganho diferencial A é infinito, necessita tensões de alimentação simétricas e possui ganho constante em todas as frequências.

b) O seguidor de tensão (ou buffer de tensão) mantém a tensão de entrada na saída e sua utilidade vem do fato do amp-op possuir alta impedância de entrada e baixa impedância de saída, mantendo a amplitude do sinal.

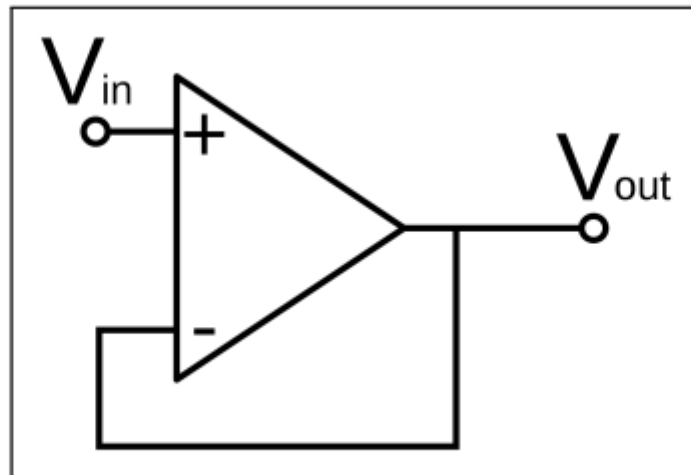


Figura 01: esquema de um amplificador operacional na configuração buffer.

Uma aplicação desse circuito é o isolamento da carga, onde o buffer fornece um meio de isolar um sinal de entrada de uma carga ao utilizar um estágio com ganho unitário de tensão, sem inversão de fase ou polaridade e garantir baixa impedância na carga do circuito.

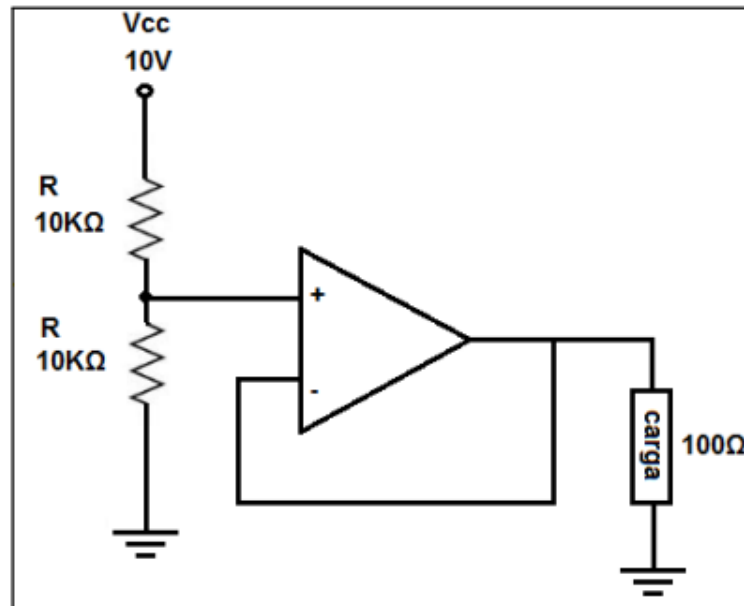


Figura 02: exemplo de seguidor de tensão para isolamento de carga.

c) A configuração de amplificador operacional subtrator (ou diferencial) é usada para obter uma diferença entre tensões de entrada. A entrada v_+ do amp-op é conectada a um sinal de entrada, e a entrada v_- é conectada a outro sinal de entrada. O sinal ligado à entrada v_+ é uma tensão de referência e o sinal da v_- é o que precisa ser subtraído. A configuração fica da seguinte forma:

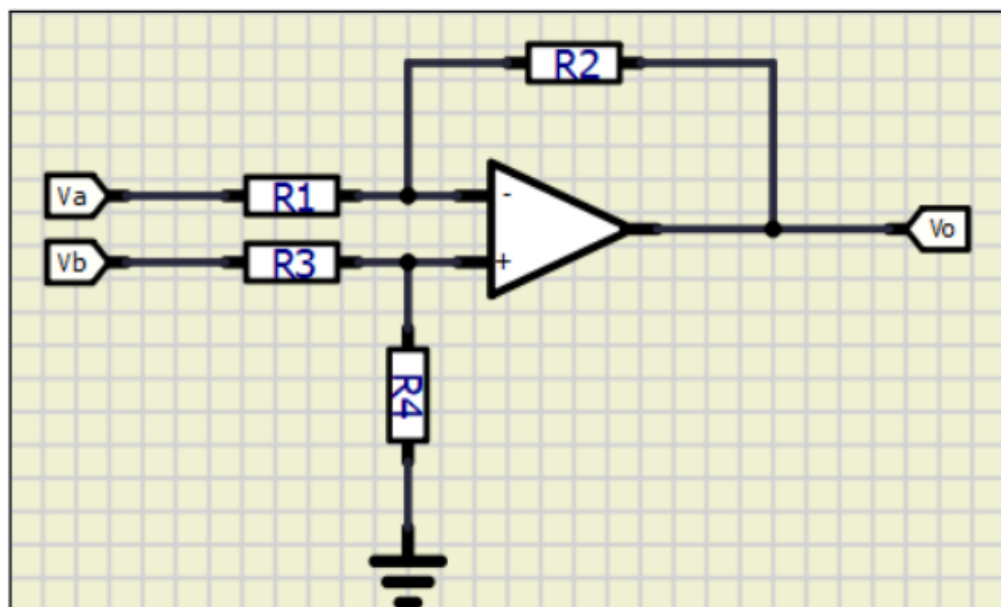


Figura 03: esquema de um amplificador operacional subtrator.

Para simplificar a análise do sistema, usa-se que $R_1 = R_3 = R$ e $R_2 = R_4 = R_f$. Então, a equação que descreve essa relação é:

$$v_o = \frac{R_f}{R} \times (V_2 - V_1)$$

Questão 02

a)

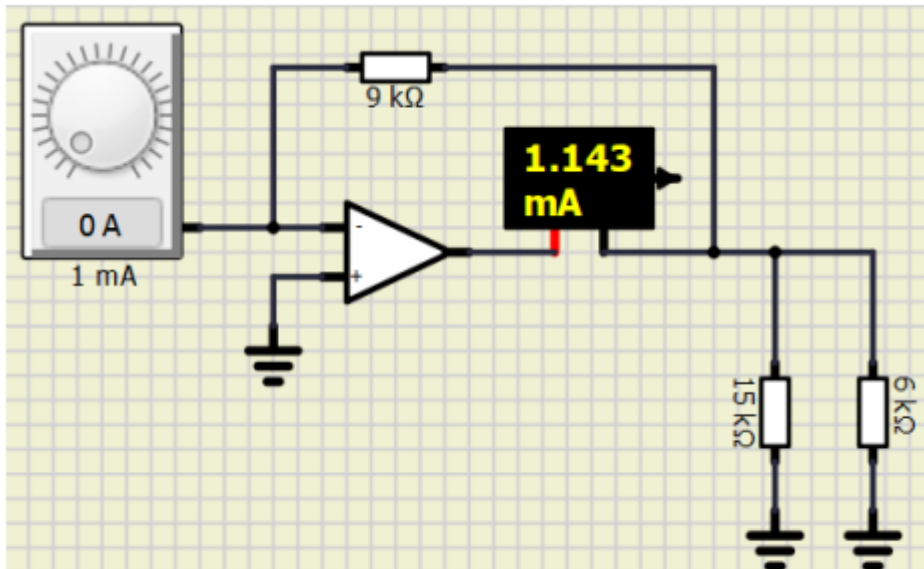


Figura 04: exemplo de um circuito com amplificador ideal.

b)

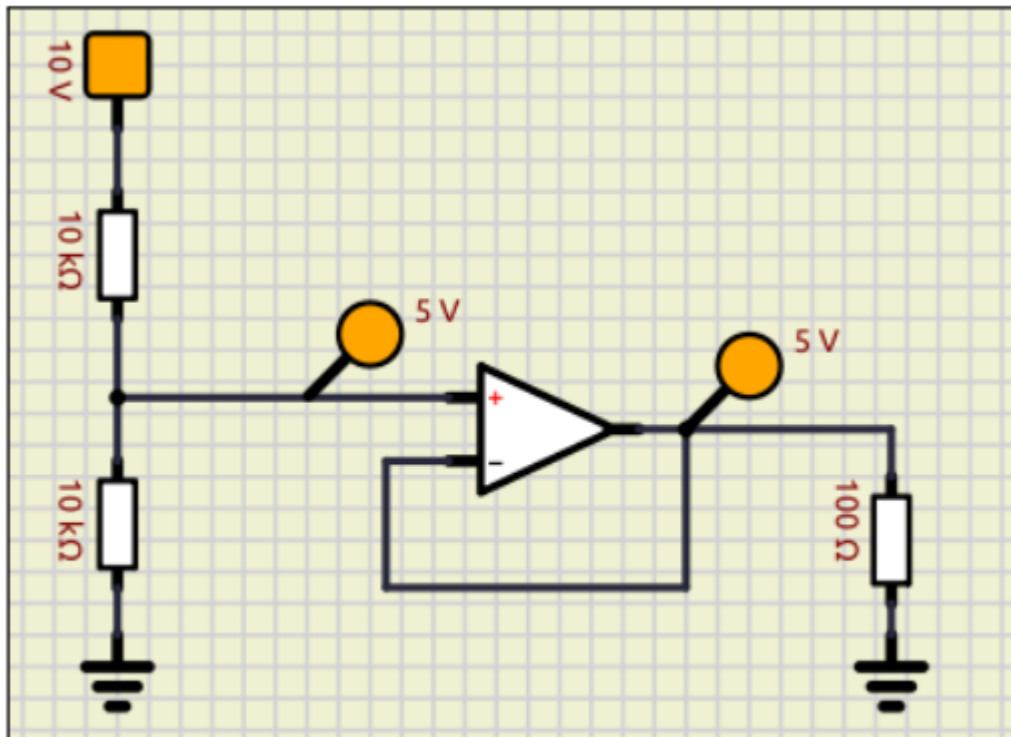


Figura 05: exemplo do seguidor de tensão.

No divisor de tensão, tem-se:

$$V_i = 10 * (10k/10k + 10k) = 5V$$

Como os resistores de 10kΩ e 100Ω estão em paralelo, a tensão de saída é igual à V_i :

$$V_o = V_i = 5V$$

Pela característica do amp-op ideal nessa configuração, espera-se que a saída seja 5V.

c)

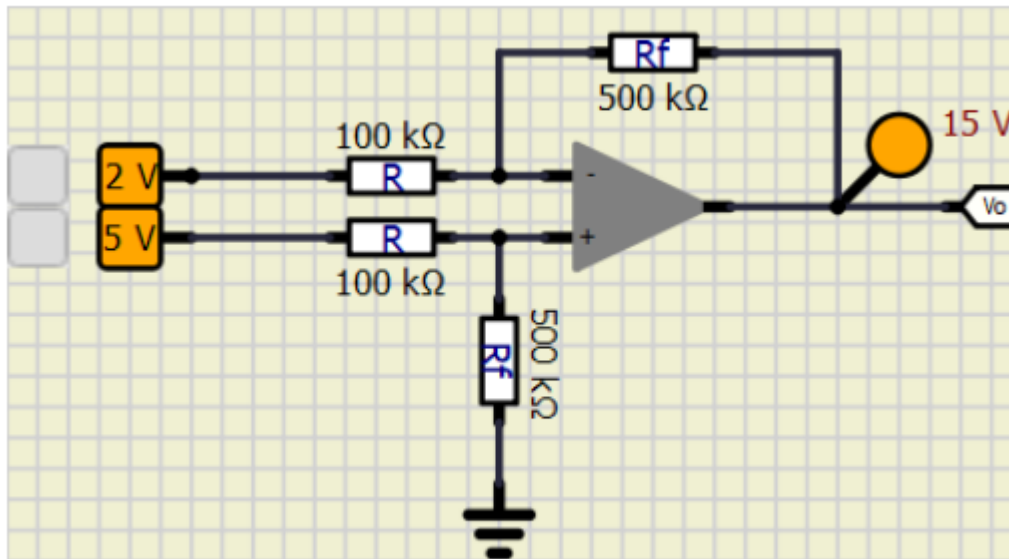


Figura 06: exemplo do amplificador operacional subtrator.

Exemplo de um amp-op subtrator, com valores de $R = 100k\Omega$, $R_f = 500k\Omega$, $V_{i1} = 2V$ e $V_{i2} = 5V$:

$$v_o = \frac{R_f}{R} \times (V_2 - V_1)$$

$$v_o = \frac{500k}{100k} \times (5 - 2) = 5 \times 3$$

$$v_o = 15V$$

Questão 03

Nos amplificadores reais, existem limites de excursão de sinal na saída, pois no circuito interno do amp-op existem transistores que possuem tensão de alimentação mínima e existem limite na tensão de alimentação desse amp-op, fazendo com que a tensão de saída seja limitada à $V_{cc} - V_{tran}$.

Também existe tensão de desbalanceamento de entrada (de offset), pois, no caso de curto circuito entre v_+ e v_- e os transistores do circuito interno nas tensões de entrada sejam diferentes, existirá uma tensão no ramo de saída, enquanto se esperaria que fosse 0. Para corrigir isso, há pinos de offset no amplificador para ajustar a tensão.

Também existem as correntes de polarização e de offset: a de polarização decorre do fato de existir corrente de base (muito próxima de zero, mas diferente o suficiente para gerar offset) nos mesmos transistores de entrada e, por normalmente serem levemente diferentes, fazem com que a tensão de saída seja diferente de 0; e é dessa diferença entre correntes que decorre a corrente de offset de entrada, que pode ser obtida em análises mais detalhadas pela relação:

$$i_{os} = |i_{b+} - i_{b-}|$$

No circuito interno do amp-op, existem capacitores que fazem com que a forma de onda tenha o comportamento RC. Dependendo da tensão de entrada, pode acontecer outro fenômeno, chamado de Slew Rate.