

Aula de Eletrônica

Circuitos divisores de tensão e corrente

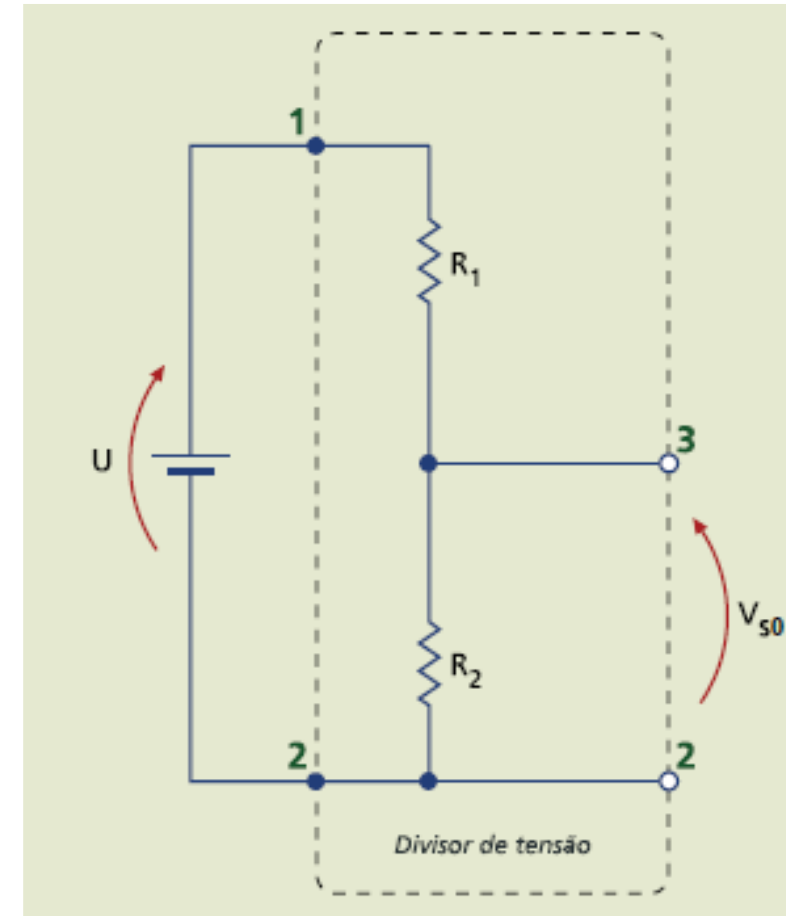
Prof. Dr. Ricardo Luiz Barros de Freitas

Divisores

- Os circuitos divisores fornecem em sua saída uma tensão ou uma corrente com valor menor que o de entrada.

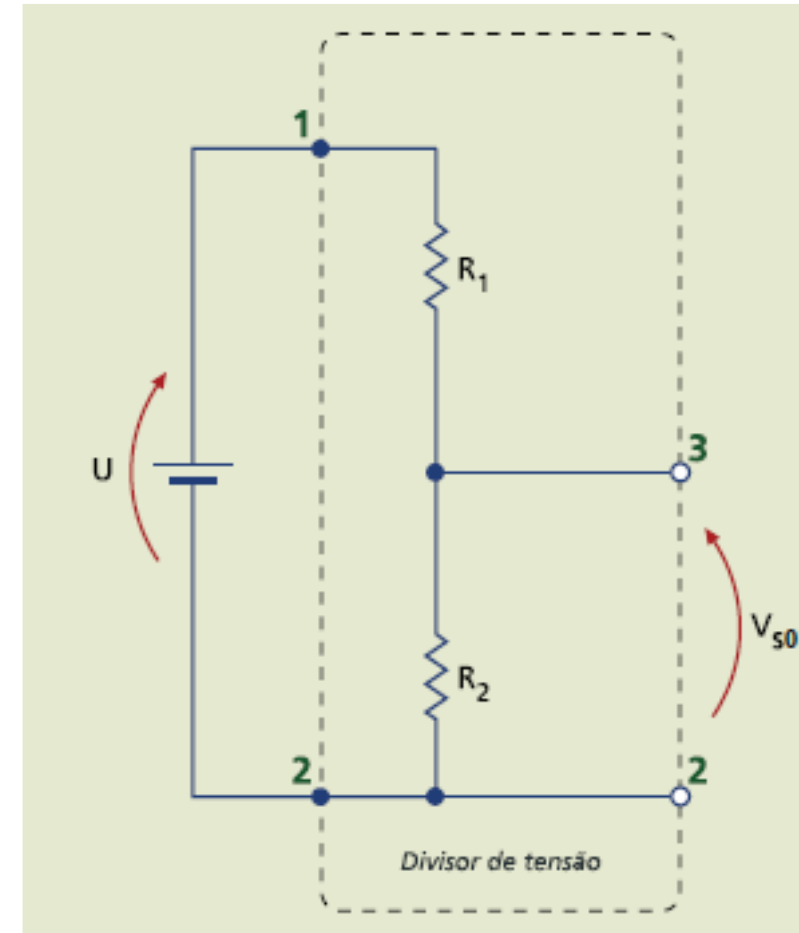
Divisores de tensão

- A figura ilustra o circuito divisor de tensão básico.
- A tensão de entrada U é aplicada nos terminais 1 e 2.
- A tensão de saída V_{S0} é obtida entre os terminais 3 e 2, sendo este último comum para a entrada e para a saída.
- Nesta seção, vamos estudar os circuitos divisores de tensão sem carga e com carga, cada tipo permitindo diferentes configurações.
- Em cada caso, a tensão de saída será representada por V_{S0} (sem carga) ou por V_S (com carga).
- A seguir, vamos calcular a tensão de saída tanto para o circuito da figura como para variantes desse circuito empregadas na prática.



Divisor de tensão sem carga

- Nessa situação, **nenhuma carga** (resistência) é conectada aos terminais 3 e 2 da saída.
- A divisão de tensão pode ser feita com tensão de saída constante ou variável.



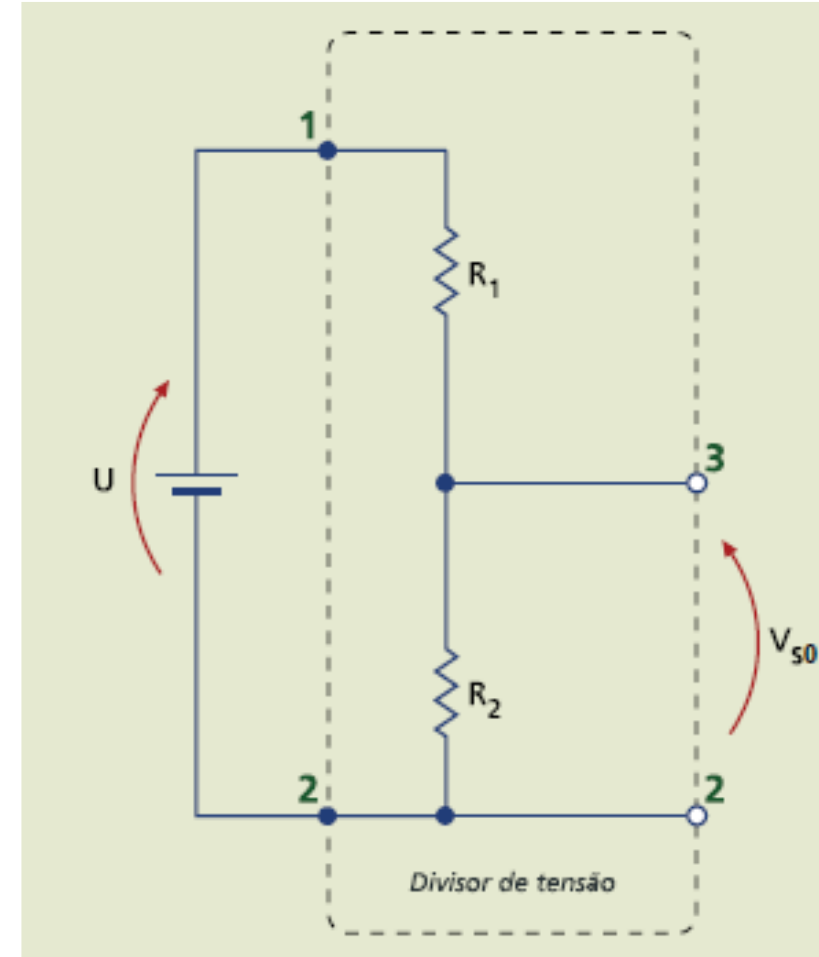
Divisor de tensão sem carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- Retomando a figura, vamos calcular a tensão de saída V_{SO} em função da tensão de entrada U e das resistências R_1 e R_2 .
- A resistência total da associação em serie de R_1 e R_2 vale:

$$R_T = R_1 + R_2$$

- A corrente i que passa pelos resistores e obtida pela lei de Ohm:

$$i = \frac{U}{R_T} = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

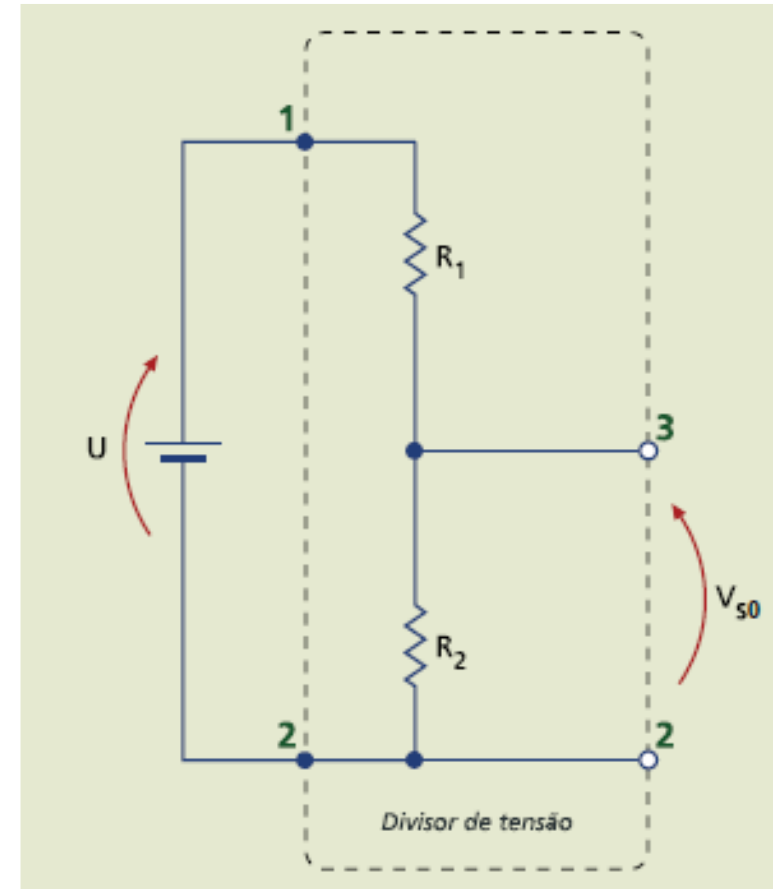


Divisor de tensão sem carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- Como a tensão de saída V_{SO} e a tensão sobre o resistor R_2 , podemos obtê-la pela lei de Ohm e pela equação:

$$V_{SO} = R_2 \cdot I = R_2 \cdot \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$V_{SO} = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

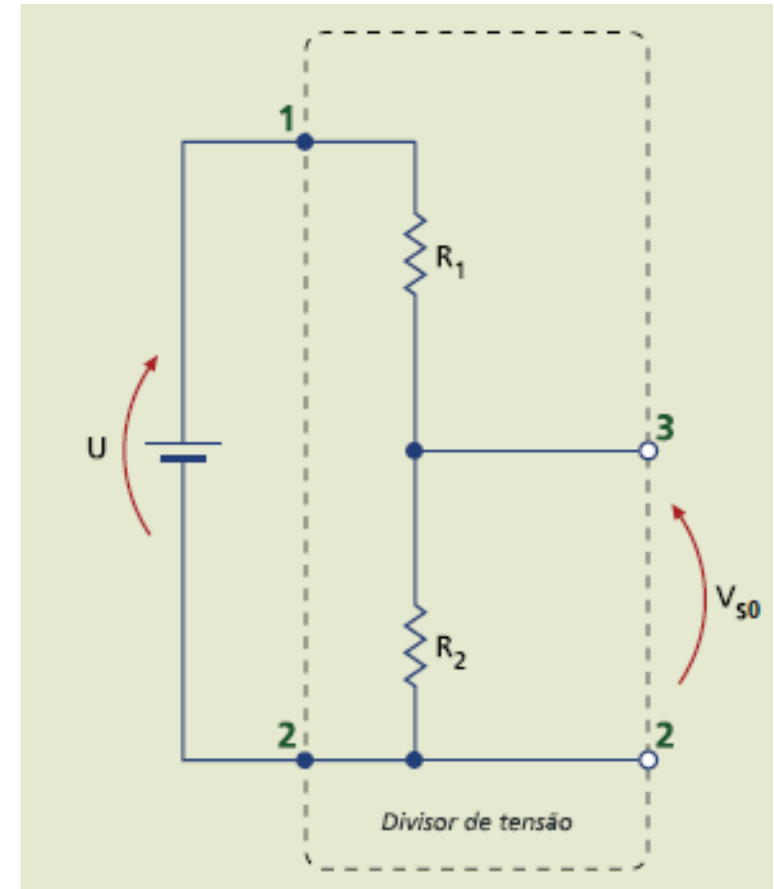


Divisor de tensão sem carga

- **Divisor com tensão de saída constante**

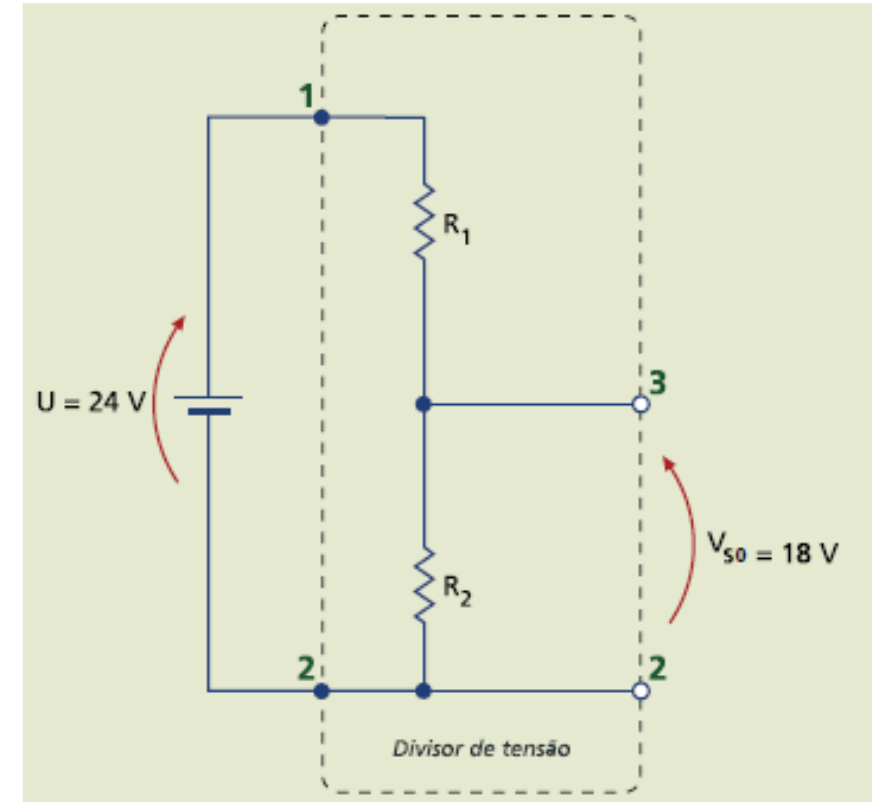
$$V_{so} = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- Essa é a equação da tensão de saída do circuito divisor de tensão em vazio (sem carga), que pode ser descrita da seguinte forma:
- A tensão de saída (V_{so}) é igual a tensão U da fonte (gerador) multiplicada pela razão entre a resistência R_2 sobre a qual se mede V_s e a somatória das resistências do circuito $R_1 + R_2$.



Divisor de tensão sem carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Exemplo:**
- Determine as resistências do circuito divisor de tensão de modo a obter a tensão de saída em vazio de 18 V, sabendo que a resistência total do circuito vista da fonte ($R_1 + R_2$) é de 6 k Ω e a tensão de entrada é de 24 V.



Divisor de tensão sem carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Solução:**
- O enunciado diz que:

$$R_T = R_1 + R_2 = 6k\Omega = 6000\Omega$$

$$V_{so} = 18 = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 24 \cdot \frac{R_2}{6 \times 1000}$$

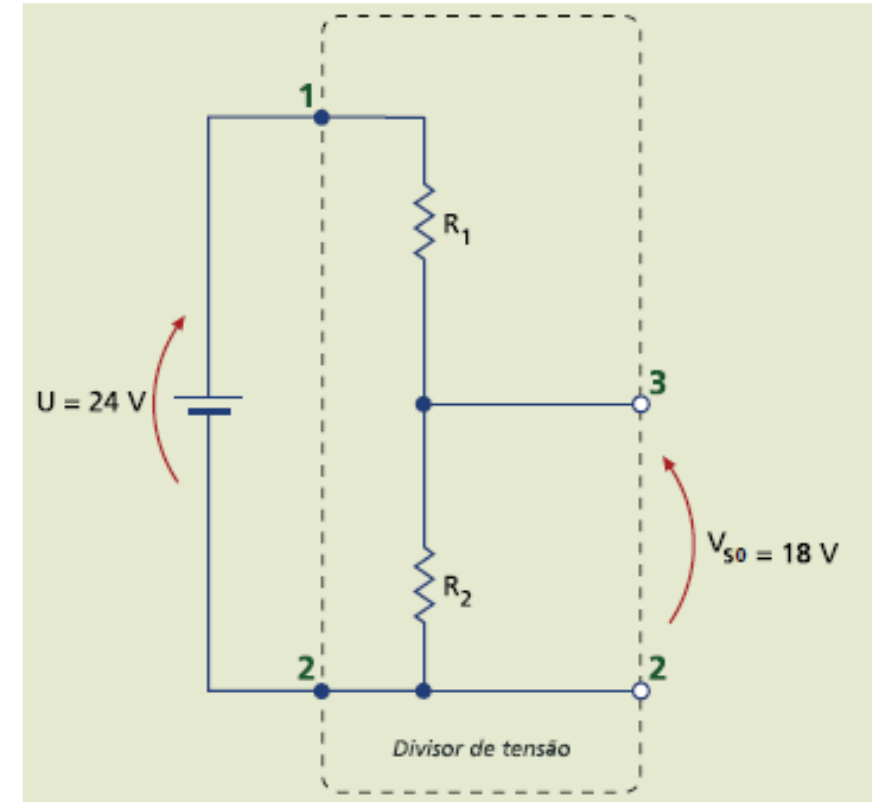
$$24 \cdot \frac{R_2}{6 \times 1000} = 18$$

$$R_2 = 4500\Omega = 4,5k\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_2$$

$$R_1 = R_T - R_2 = 6k - 4,5K = 6000 - 4500 = 1500\Omega$$

$$R_1 = 1,5K\Omega$$



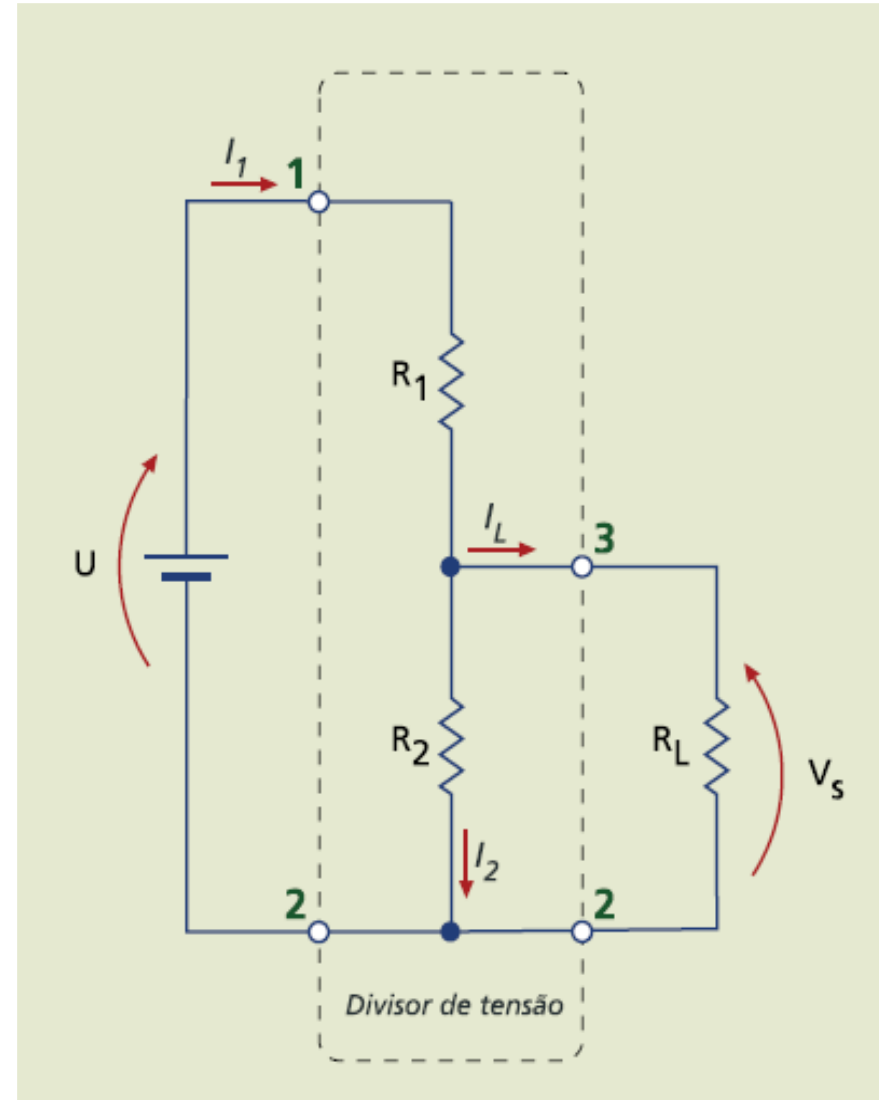
Solução :

$$R_1 = 1,5K\Omega$$

$$R_2 = 4,5K\Omega$$

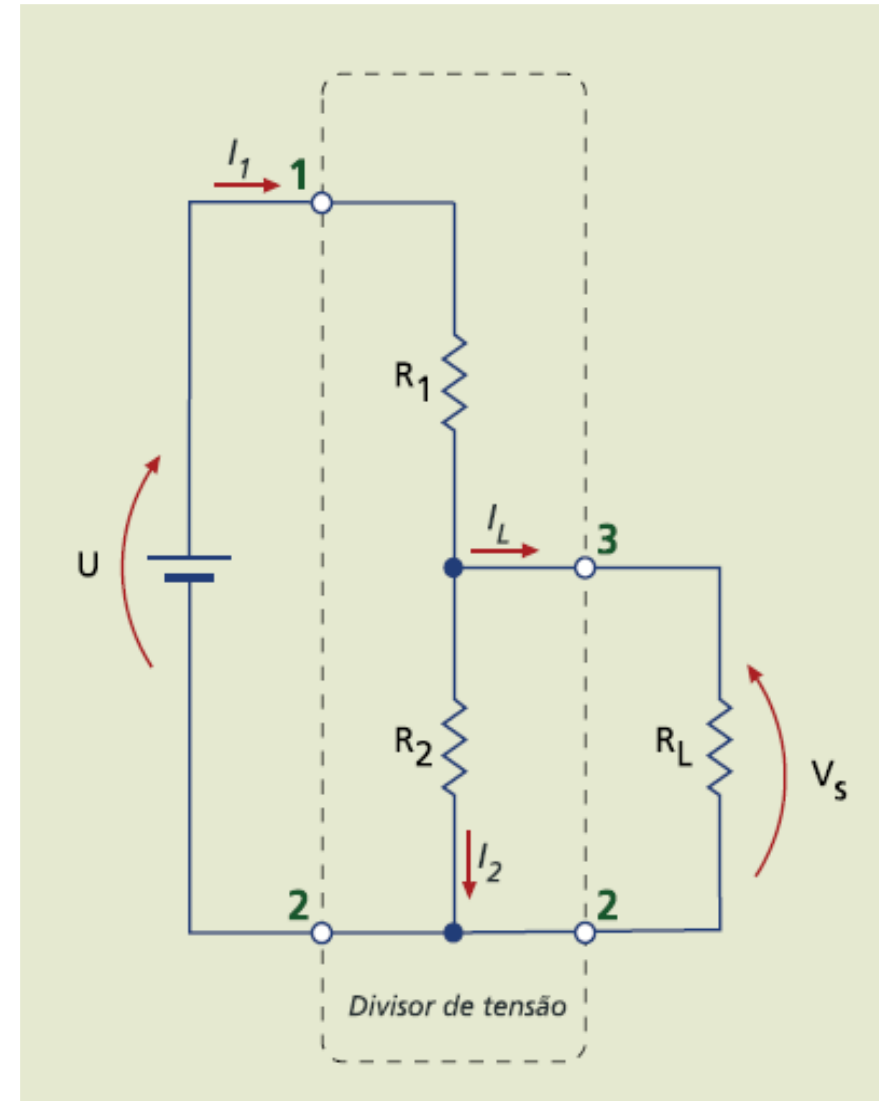
Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- Consiste em acrescentar a saída de um dos circuitos anteriores uma carga denominada R_L .
- A tensão de saída com carga V_s é menor que os valores V_{s0} anteriormente calculados sem a inserção de carga.



Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- Ao inserir R_L nos terminais de saída, a corrente I_1 através do resistor R_1 sofre acréscimo, passando a ser $I_1 = I_2 + I_L$.
- Aumento na corrente significa queda de tensão maior no resistor R_1 , causando decréscimo em V_s .
- Nota-se na figura que R_L está em paralelo com R_2 , reduzindo o valor da resistência equivalente entre os terminais 3 e 2.
- Assim, verifica-se que a tensão de saída sofre decréscimo.

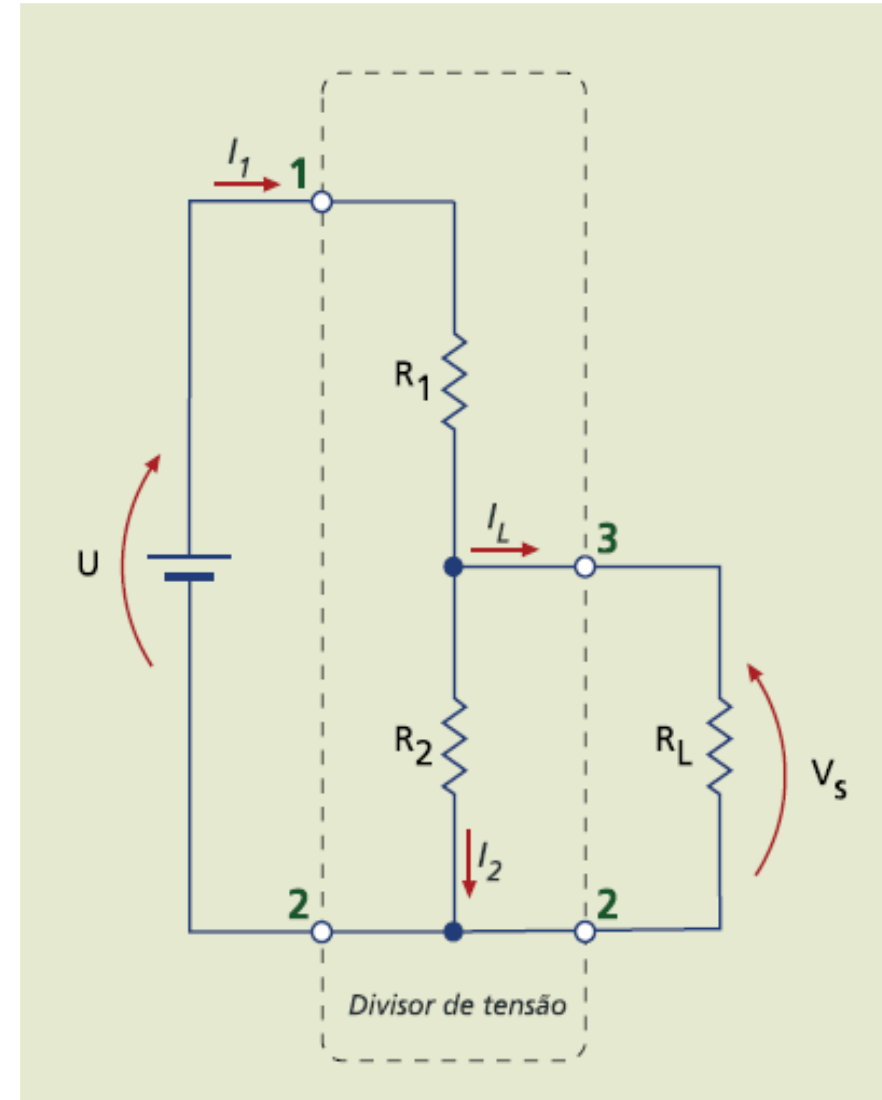


Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Cálculo de V_S**
- Associando R_L em paralelo com R_2 , obtém-se o resistor equivalente R' .
- Tem-se um novo divisor de tensão com resistor superior de valor R_1 e resistor inferior de valor R_2 , dado por:

$$R' = R_2 // R_L$$

$$R' = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$$

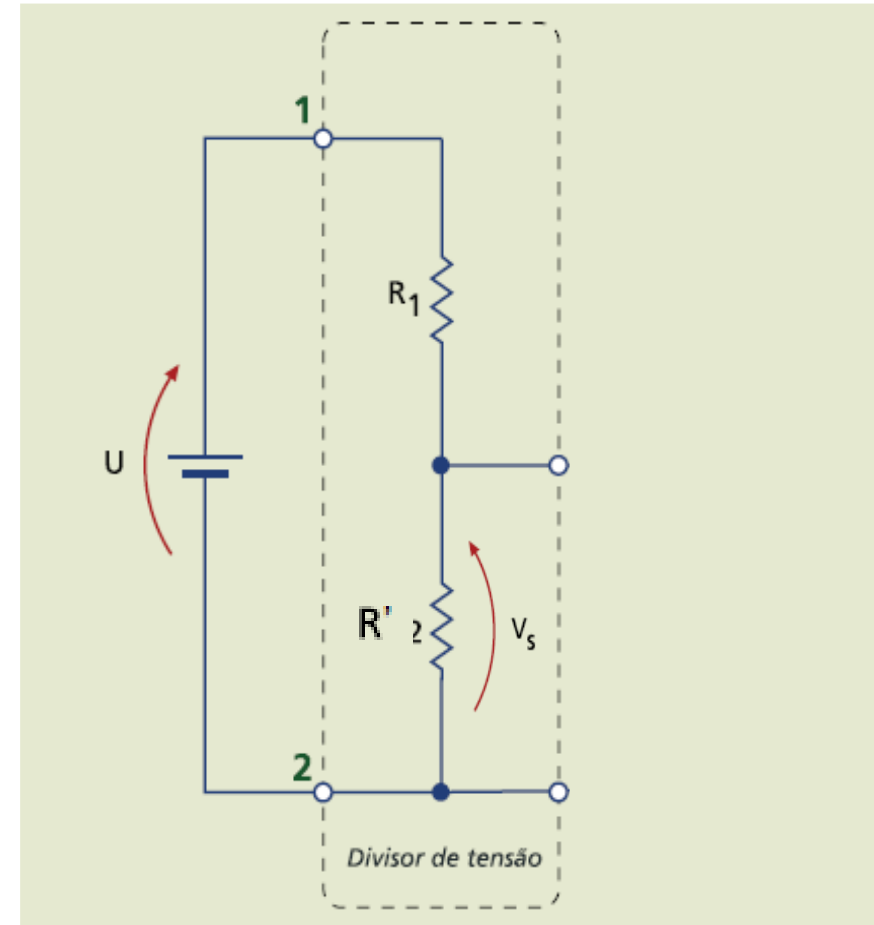


Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Cálculo de VS**
- O circuito da figura anterior pode ser, então, redesenhado, conforme a figura ao lado:

$$R' = R_2 // R_L$$

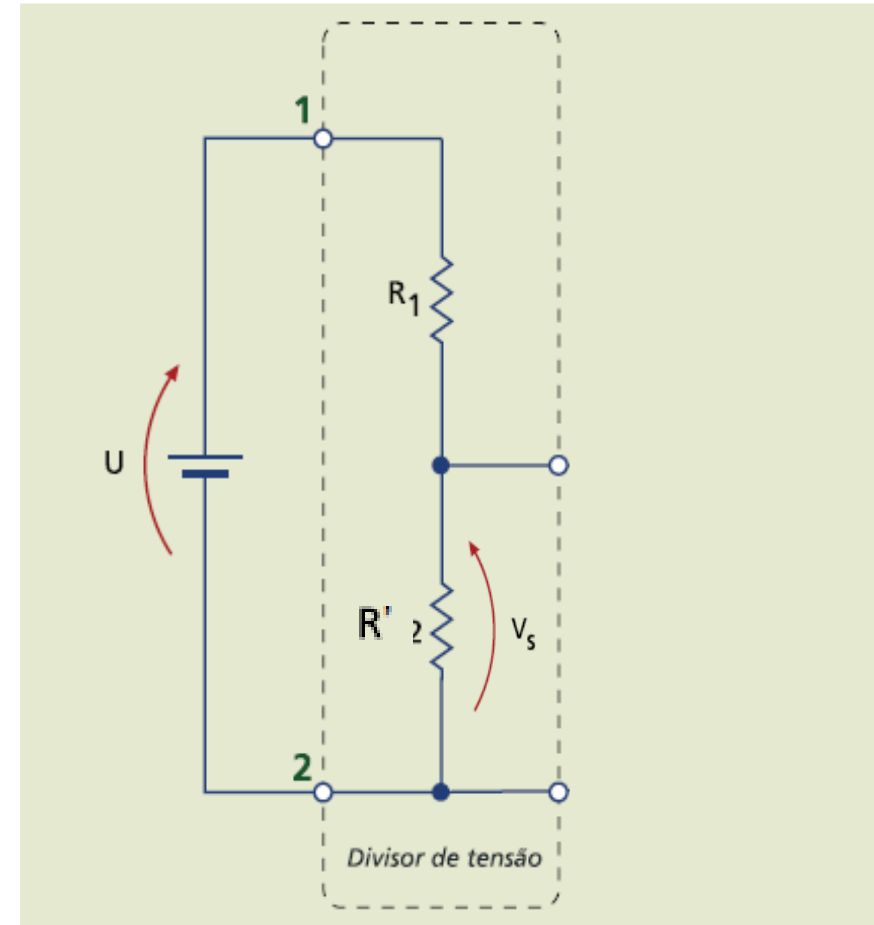
$$R' = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$$



Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Cálculo de VS**
- A resistencia total vista entre os terminais 1 e 2 vale:

$$R_T = R_1 + R'$$



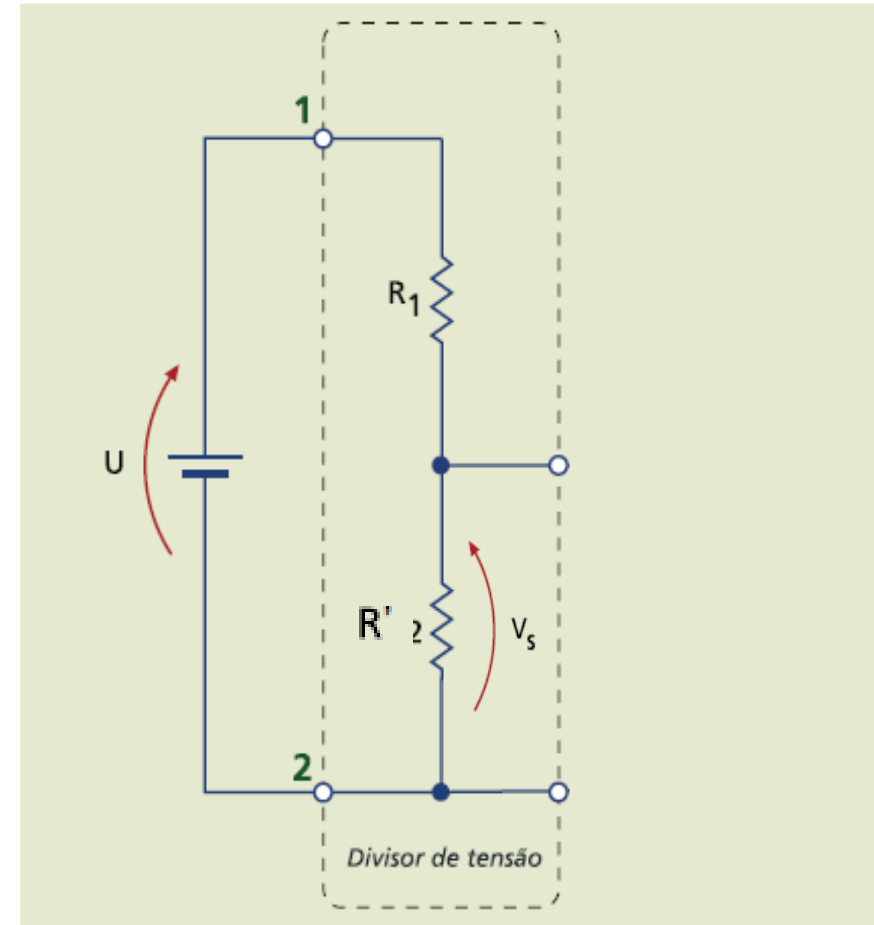
Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Cálculo de VS**
- A resistência total vista entre os terminais 1 e 2 vale:

$$R_T = R_1 + R'$$

- Assim:

$$R_T = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$$



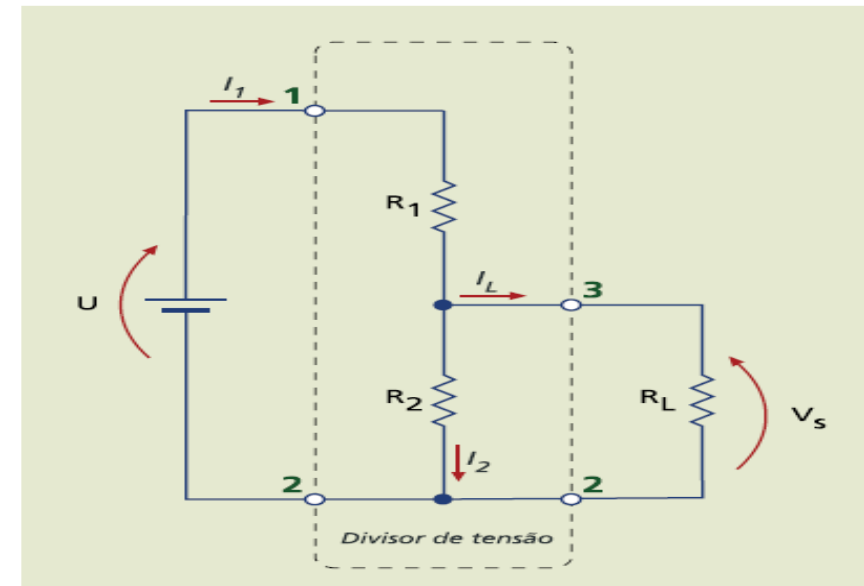
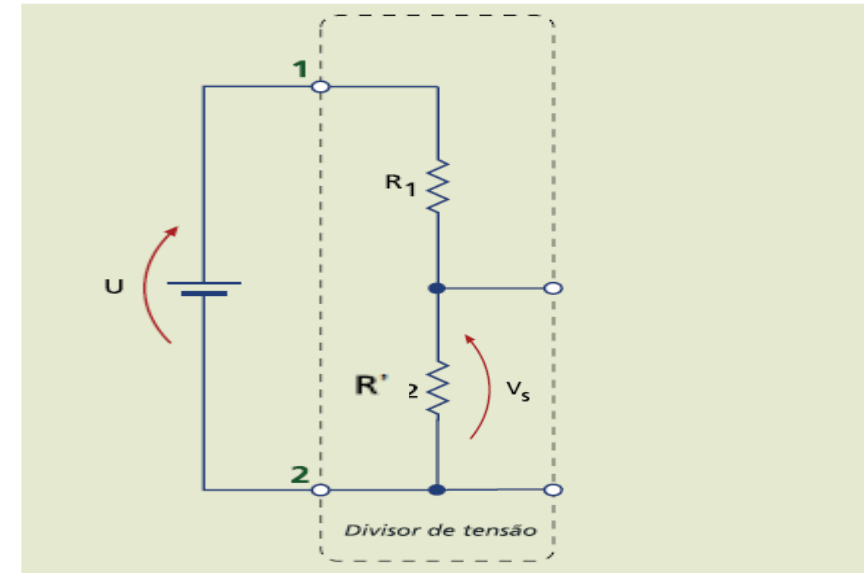
Divisor de tensão com carga

- Divisor com tensão de saída constante
- Cálculo de V_s
- A tensão de saída V_s pode ser facilmente calculada pela formula do divisor de tensão sem carga:

$$V_s = U \cdot \frac{R'}{R_1 + R'}$$

$$V_s = U \cdot \frac{\frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}}{R_1 + \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}} = U \cdot \frac{\frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}}{\frac{R_1(R_2 + R_L) + R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}}$$

$$V_s = U \cdot \frac{R_2 \cdot R_L}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_L + R_2 \cdot R_L}$$

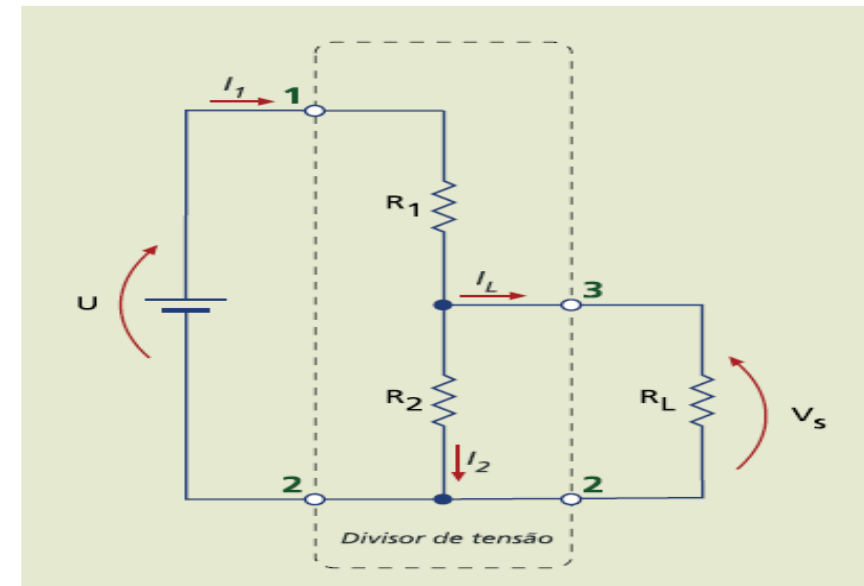
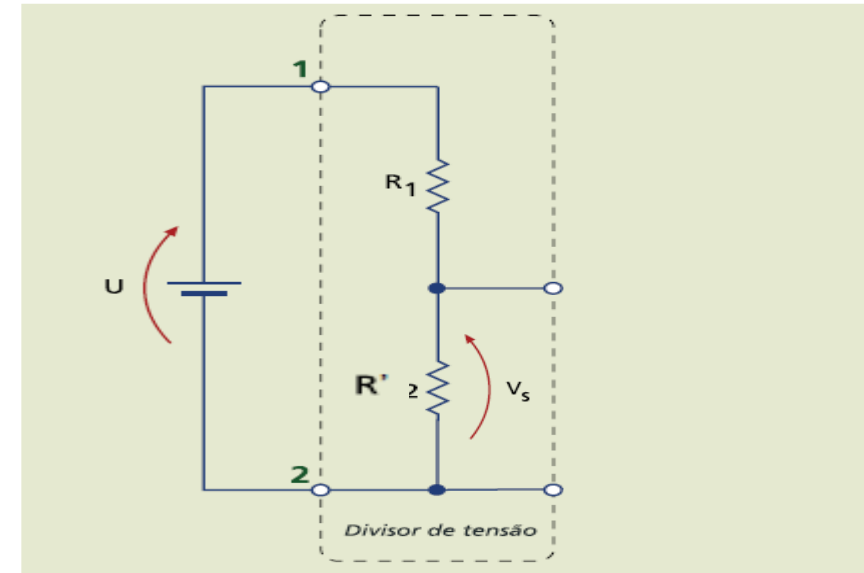


Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Observação**
- Se o numerador e o denominador da equação forem divididos por R_L , obtém-se:

$$V_s = U \cdot \frac{(R_2 \cdot R_L) \div R_L}{(R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_L + R_2 \cdot R_L) \div R_L}$$

$$V_s = U \cdot \frac{R_2}{\left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_L} \right) + R_1 + R_2}$$



Divisor de tensão com carga

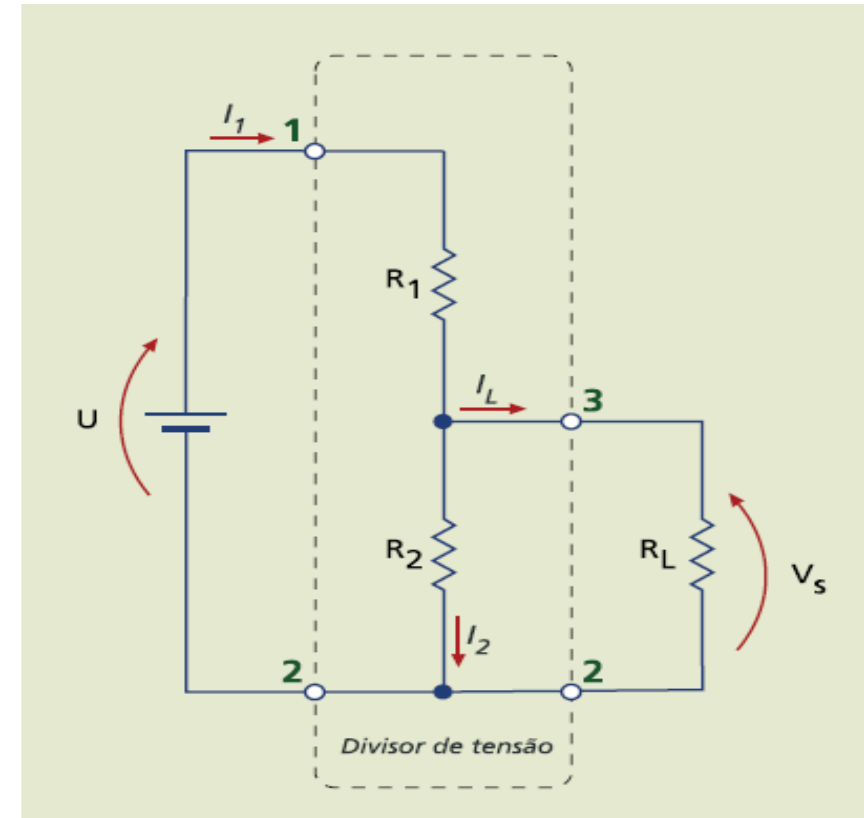
- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Observação**
- Se R_L for muito maior que R_1 e R_2 , o termo:

$$\left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_L} \right)$$

- Torna-se muito pequeno, valendo a relação:

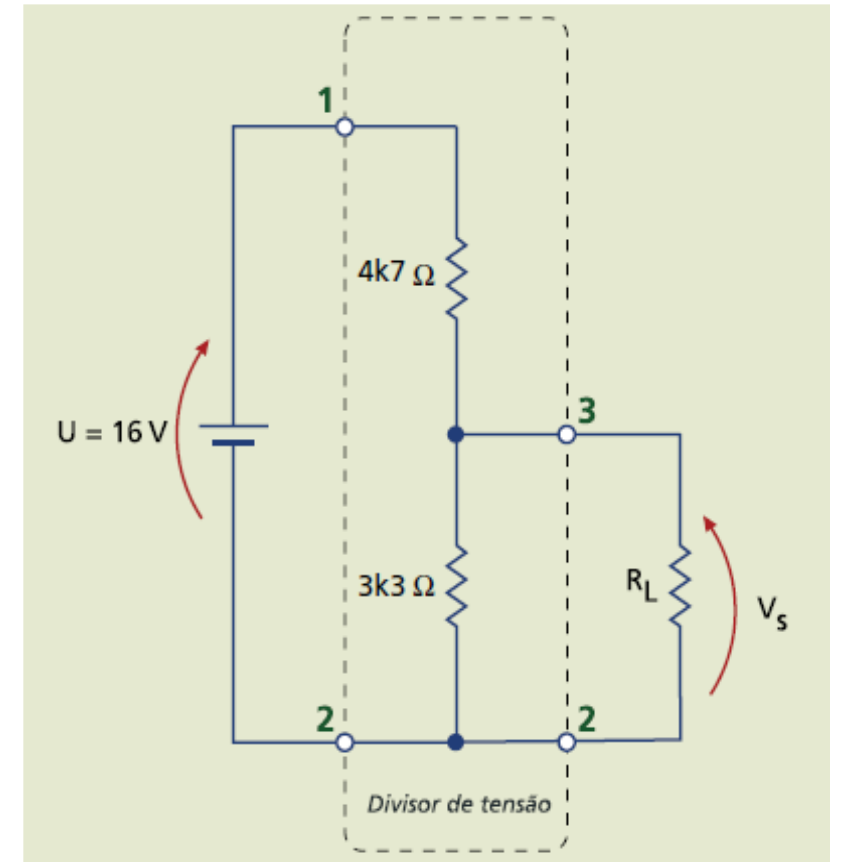
$$V_s = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- Essa é a equação do divisor de tensão sem carga.



Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Exemplo**
- Determine a tensão de saída V_s no circuito da figura para os seguintes valores de R_L :
 - $R_L = 3\text{k}3\ \Omega$
 - $R_L = 30\ \text{k}\Omega$
 - $R_L = 100\ \text{k}\Omega$
 - $R_L = \infty$ (divisor de tensão sem carga)

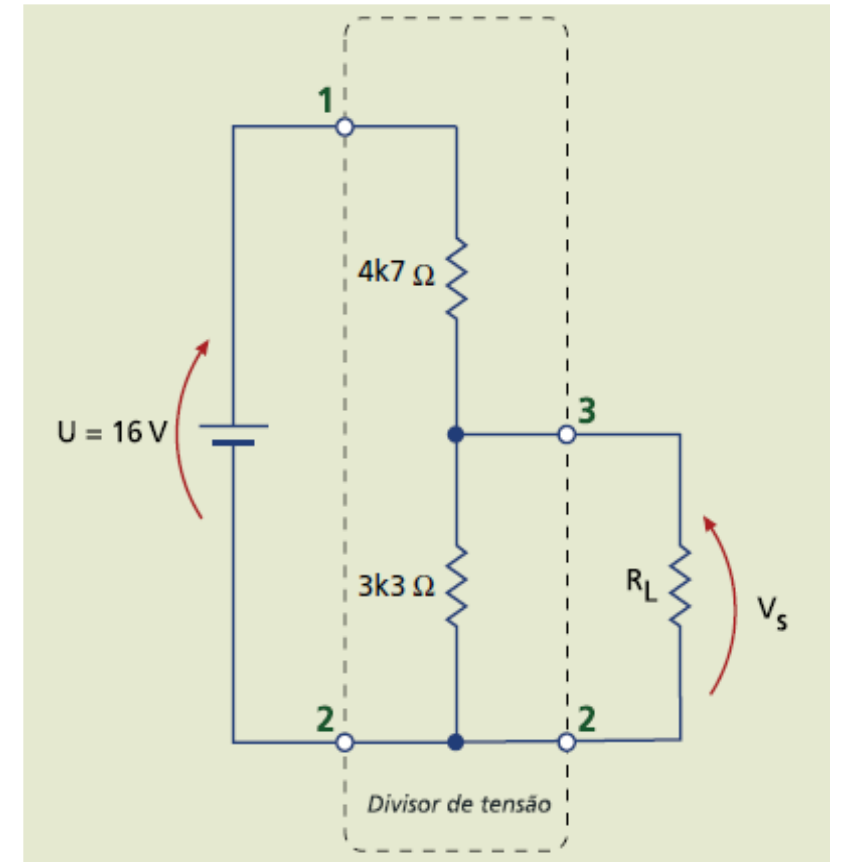


Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Solução:**
- Determine a tensão de saída V_s no circuito da figura para os seguintes valores de R_L :
- Para $R_L = 3k3 \Omega$:

$$V_s = 16 \cdot \frac{3k3 \times 3k3}{4k7 \cdot 3k3 + 4k7 \cdot 3k3 + 3k3 \cdot 3k3}$$

$$V_s = 4,16V$$

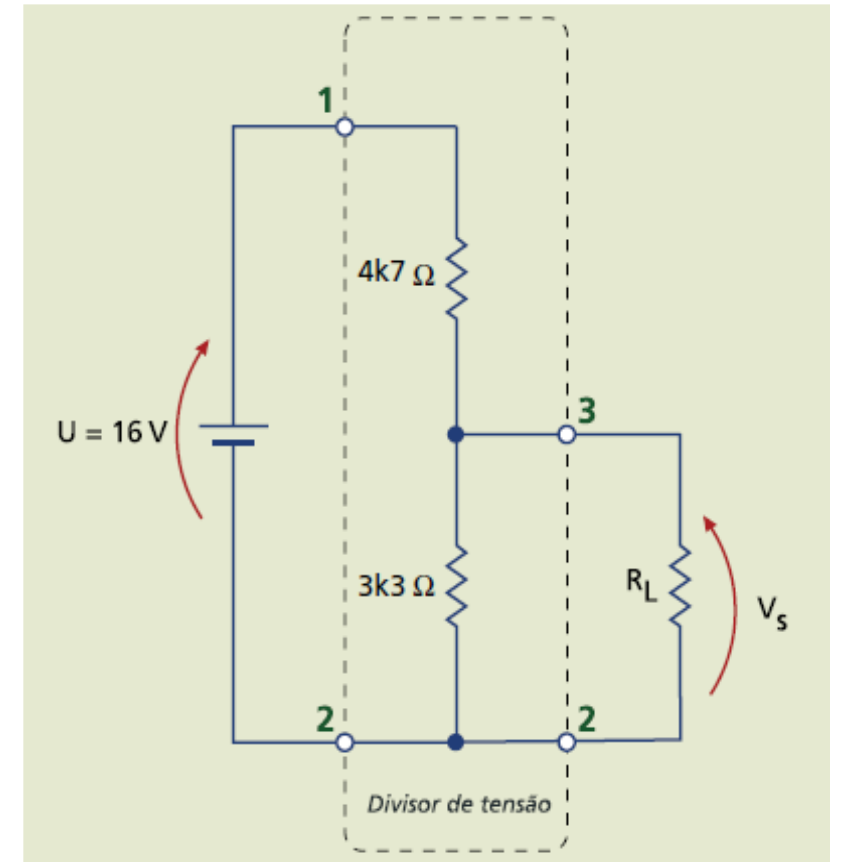


Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Solução:**
- Determine a tensão de saída V_s no circuito da figura para os seguintes valores de R_L :
- Para $R_L = 30k\ \Omega$:

$$V_s = 16 \cdot \frac{3k3 \times 30k}{4k7 \cdot 3k3 + 4k7 \cdot 30k + 3k3 \cdot 30k}$$

$$V_s = 6,20V$$

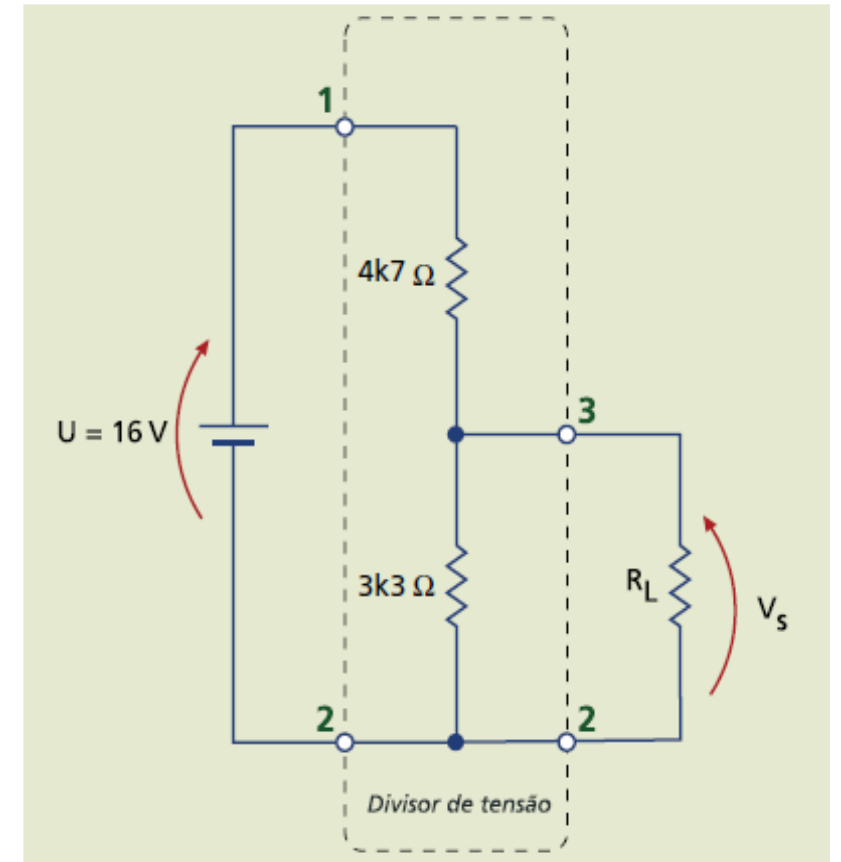


Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Solução:**
- Determine a tensão de saída V_s no circuito da figura para os seguintes valores de R_L :
- Para $R_L = 100k\ \Omega$:

$$V_s = 16 \cdot \frac{3k3 \times 100k}{4k7 \cdot 3k3 + 4k7 \cdot 100k + 3k3 \cdot 100k}$$

$$V_s = 6,47V$$

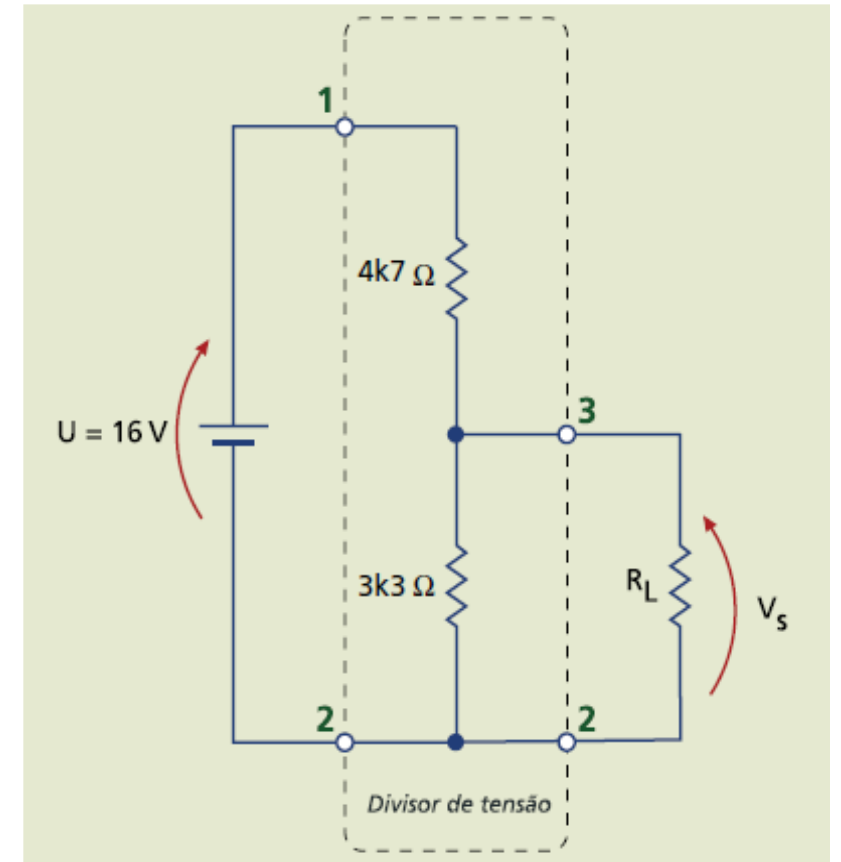


Divisor de tensão com carga

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Solução:**
- Determine a tensão de saída V_S no circuito da figura para os seguintes valores de R_L :
- Para $R_L = \infty$:

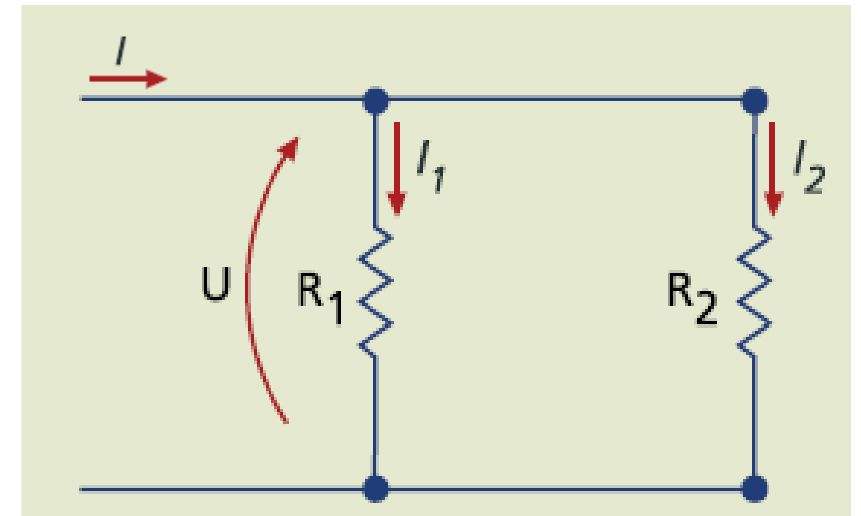
$$V_S = 16 \cdot \frac{3k3}{4k7 + 3k3}$$

$$V_S = 6,60V$$



Circuito divisor de corrente

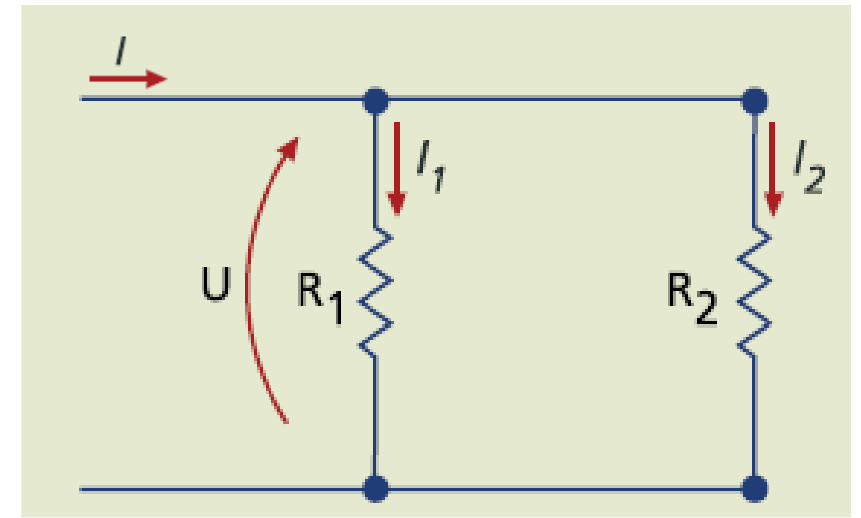
- **Divisor com corrente de saída constante**
- Vamos analisar aqui apenas a situação do divisor de corrente fixo.
- Calculam-se a seguir as correntes I_1 e I_2 em função da corrente total I e das resistências R_1 e R_2 , mostradas na figura:



Circuito divisor de corrente

- **Divisor com corrente de saída constante**
- Aplicando a lei de Ohm, obtém-se as correntes I_1 e I_2 sobre os resistores R_1 e R_2 .
- Como estão associados em paralelo, eles ficam submetidos a mesma tensão U .

$$\begin{cases} I_1 = \frac{U}{R_1} \\ I_2 = \frac{U}{R_2} \end{cases}$$

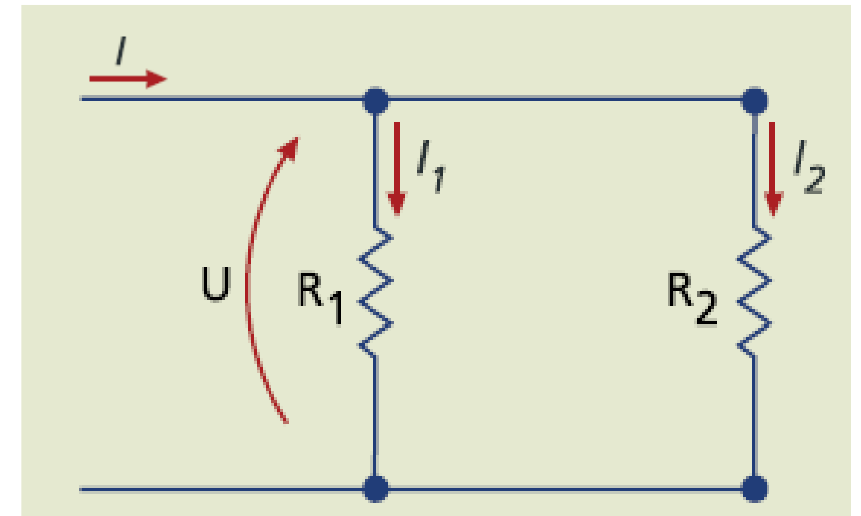


Circuito divisor de corrente

- **Divisor com corrente de saída constante**
- Agora, calcula-se a corrente total I :

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = \frac{U}{R_{eq}}$$



Circuito divisor de corrente

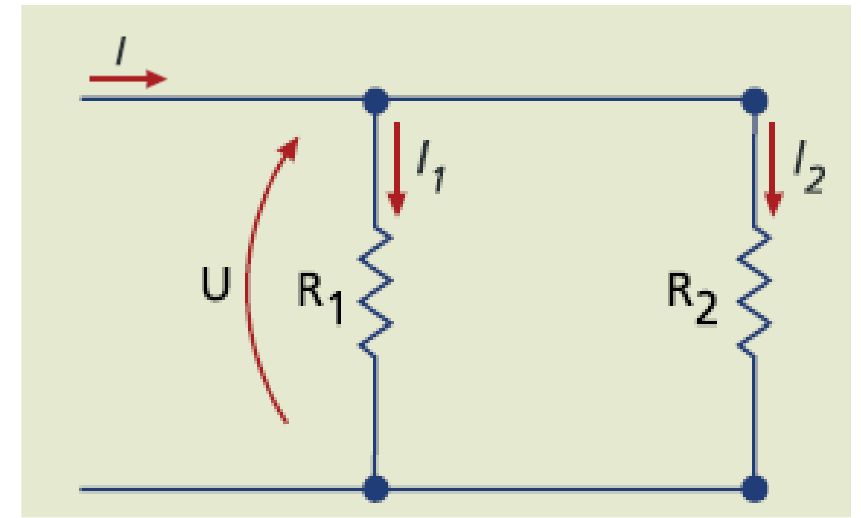
- **Divisor com corrente de saída constante**
- R_{eq} é a resistência equivalente da associação em paralelo de R_1 e R_2 , calculada por:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

- E lembrando que:

$$I = \frac{U}{R_{eq}}$$

$$U = R_{eq} \cdot I$$



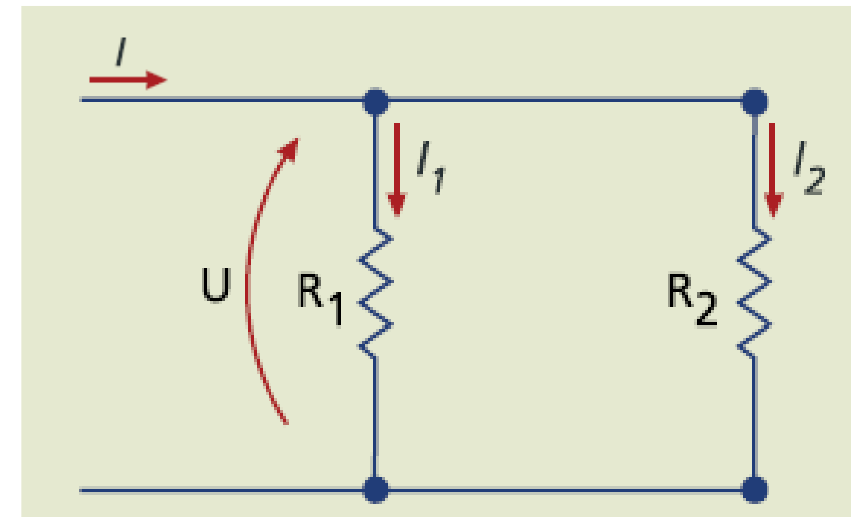
Circuito divisor de corrente

- **Divisor com corrente de saída constante**
- Calculamos as correntes:

$$I_1 = \frac{R_{eq} \cdot I}{R_1} = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$$

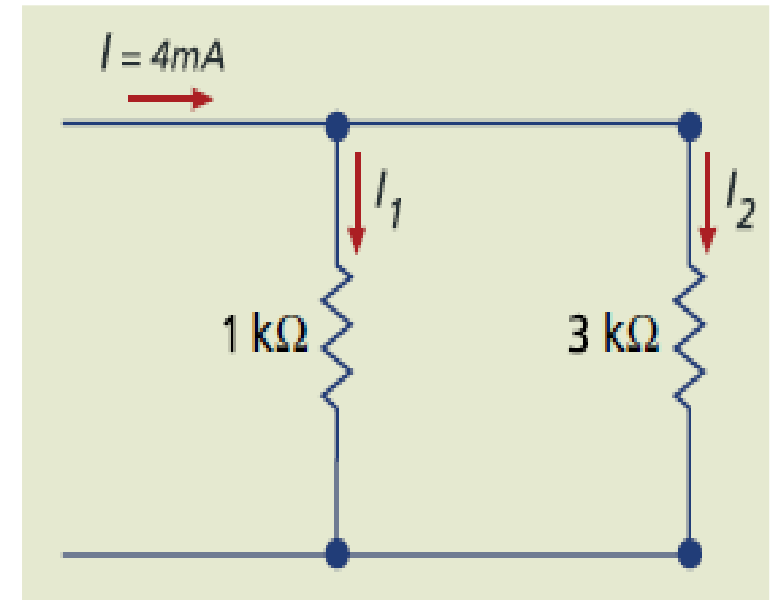
$$I_2 = \frac{R_{eq} \cdot I}{R_2} = \frac{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$$

- Uma vez conhecida a corrente total no circuito em paralelo, a corrente em cada resistência é o produto da corrente total pela razão entre a resistência do outro ramo e a soma das resistências do circuito em paralelo.



Circuito divisor de corrente

- **Divisor com tensão de saída constante**
- **Exemplo**
- Determine as correntes I_1 e I_2 do circuito da figura:



Circuito divisor de corrente

- **Divisor com corrente de saída constante**
- **Solução:**

$$I_1 = \frac{3k}{1k + 3k} \times 4m = 3,00mA$$

$$I_2 = \frac{1k}{1k + 3k} \times 4m = 1,00mA$$

