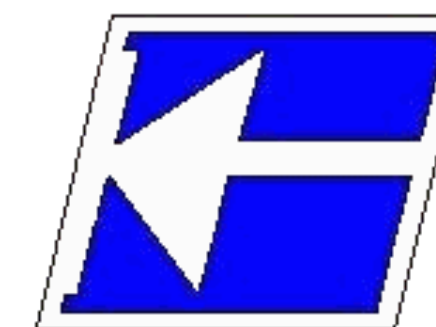




Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Circuitos Elétricos I



Teoremas de Thévenin e Norton

Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, outubro de 2020.

Curso Básico de Circuitos Elétricos I

O material do curso está disponível em:

1. Moodle para os alunos matriculados na disciplina.
2. Página do professor.
3. Canal no youtube do professor.



<https://moodle.ifsc.edu.br>



www.ProfessorPetry.com.br



<https://www.youtube.com>

Agenda

Esta aula está organizada em:

1. Teorema de Thévenin:
 - definição;
 - exemplos de aplicação.
2. Teorema de Norton:
 - definição;
 - exemplos de aplicação.



Motivação

A simplificação de circuitos para sua análise é comum, por exemplo, no estudo de amplificadores de áudio.

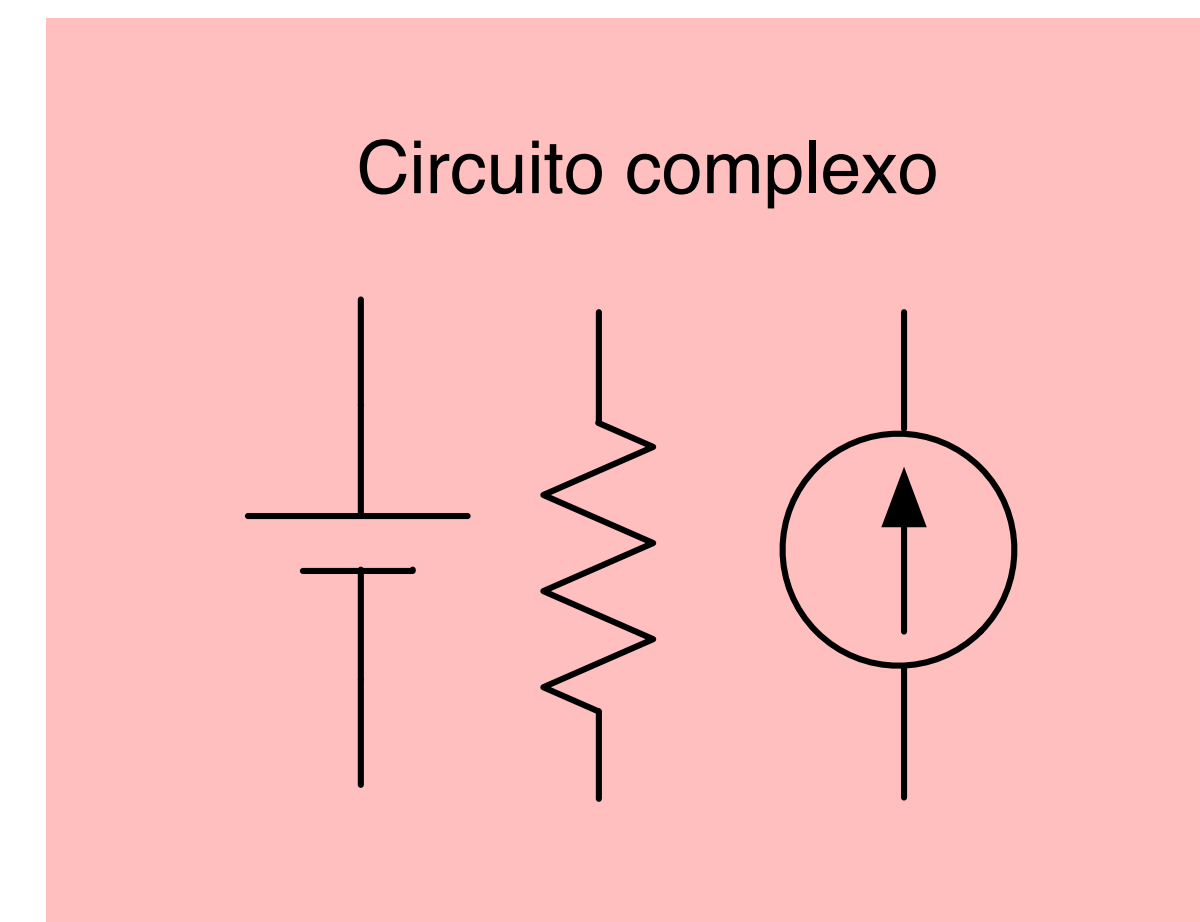
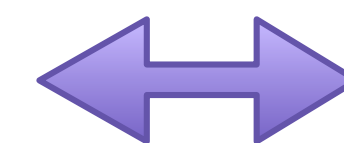
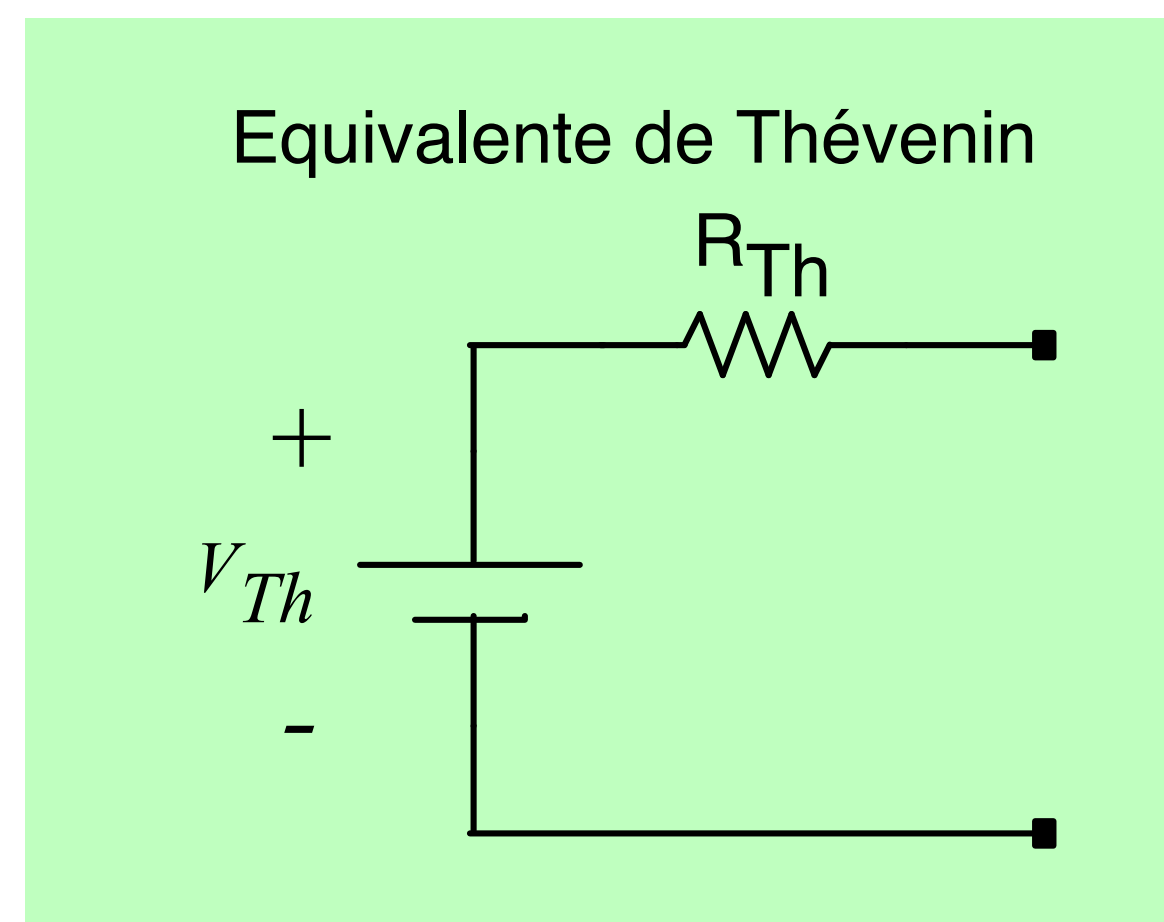


<https://frahm.com.br>

Teorema de Thévenin

Definição:

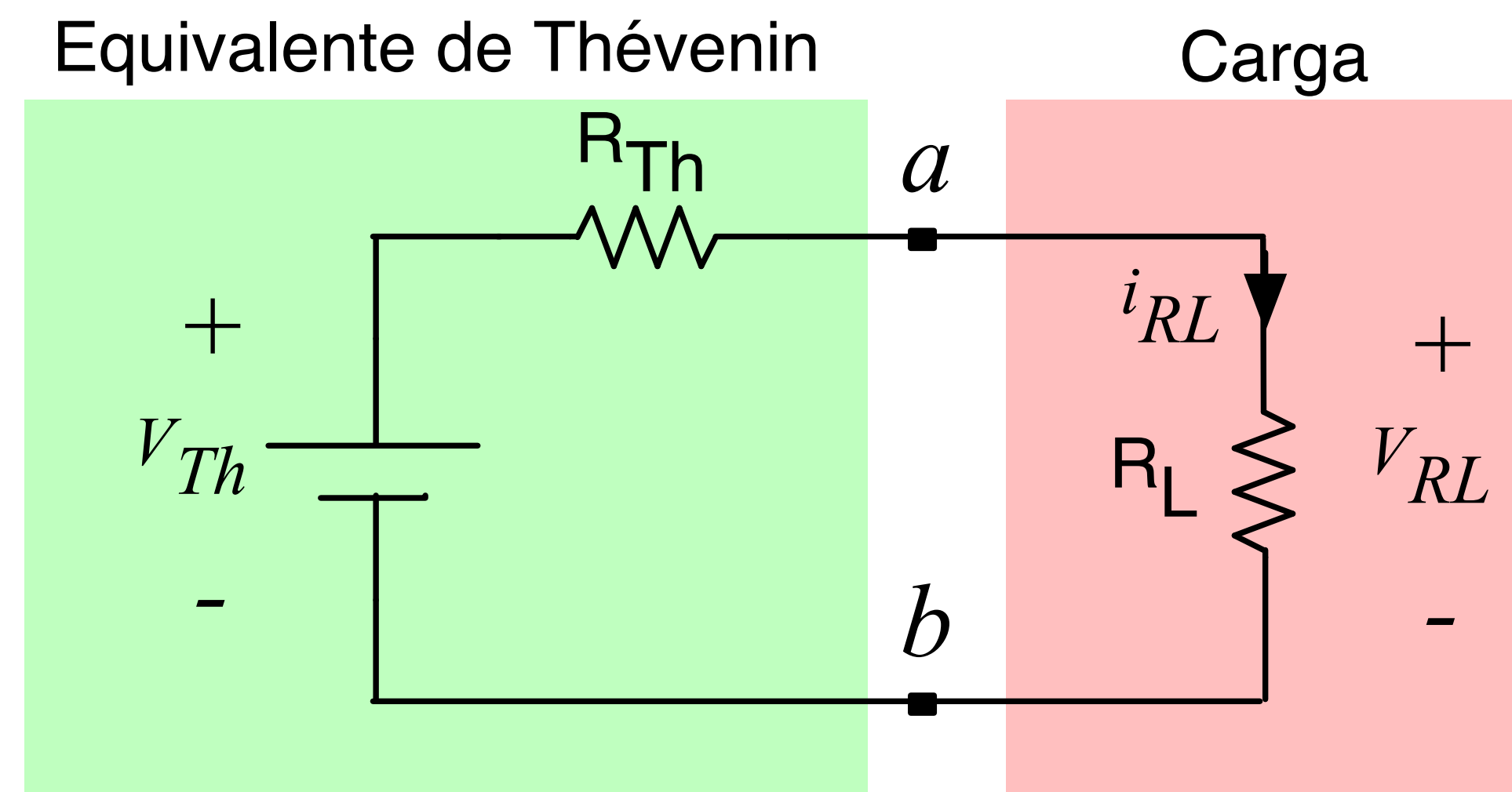
- Qualquer circuito de corrente contínua de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente que consista somente de uma fonte de tensão e de um resistor em série.
- Fonte de tensão de Thévenin (V_{Th}) - representa a tensão equivalente ou resultante, vista dos terminais de saída (a e b) do circuito;
- Resistência de Thévenin (R_{Th}) - representa a resistência total ou equivalente, vista dos terminais de saída (a e b) do circuito, quando as fontes deste circuito forem anuladas.



Teorema de Thévenin

Passos para aplicar o Teorema de Thévenin:

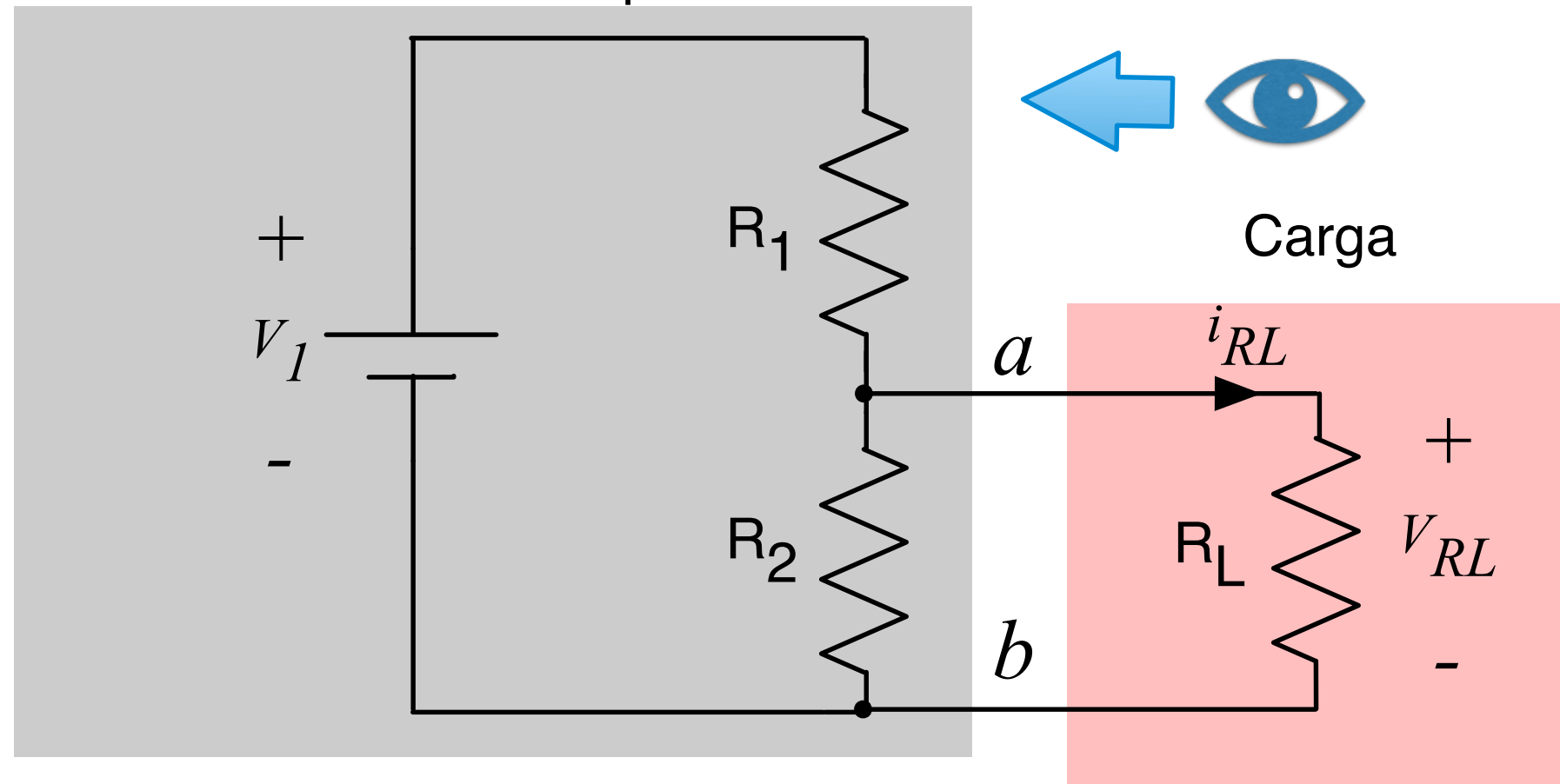
1. Identificar os terminais de interesse, a partir dos quais se deseja obter o circuito equivalente de Thévenin;
2. Anular as fontes do circuito (curto-circuitando as fontes de tensão e abrindo as fontes de corrente), para obter a resistência de Thévenin;
3. Calcular a tensão resultante entre os terminais de interesse, mantendo apenas o circuito que estiver sendo simplificado, ou seja, desligando-se a carga ou os componentes que não fazem parte do circuito equivalente de Thévenin;
4. Redesenhar o circuito original pelo equivalente de Thévenin.



Teorema de Thévenin

Circuito com fonte de tensão:

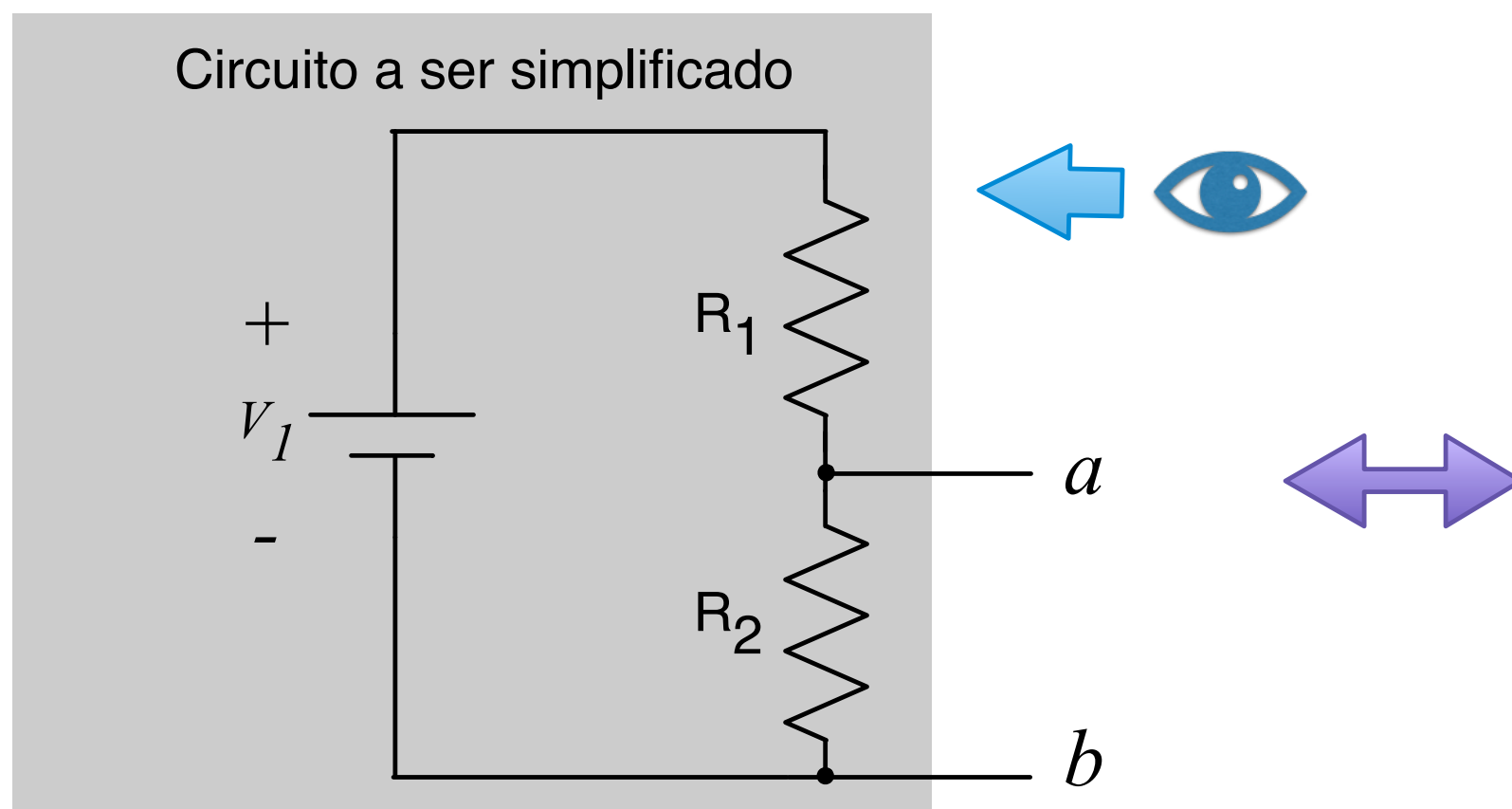
Circuito a ser simplificado



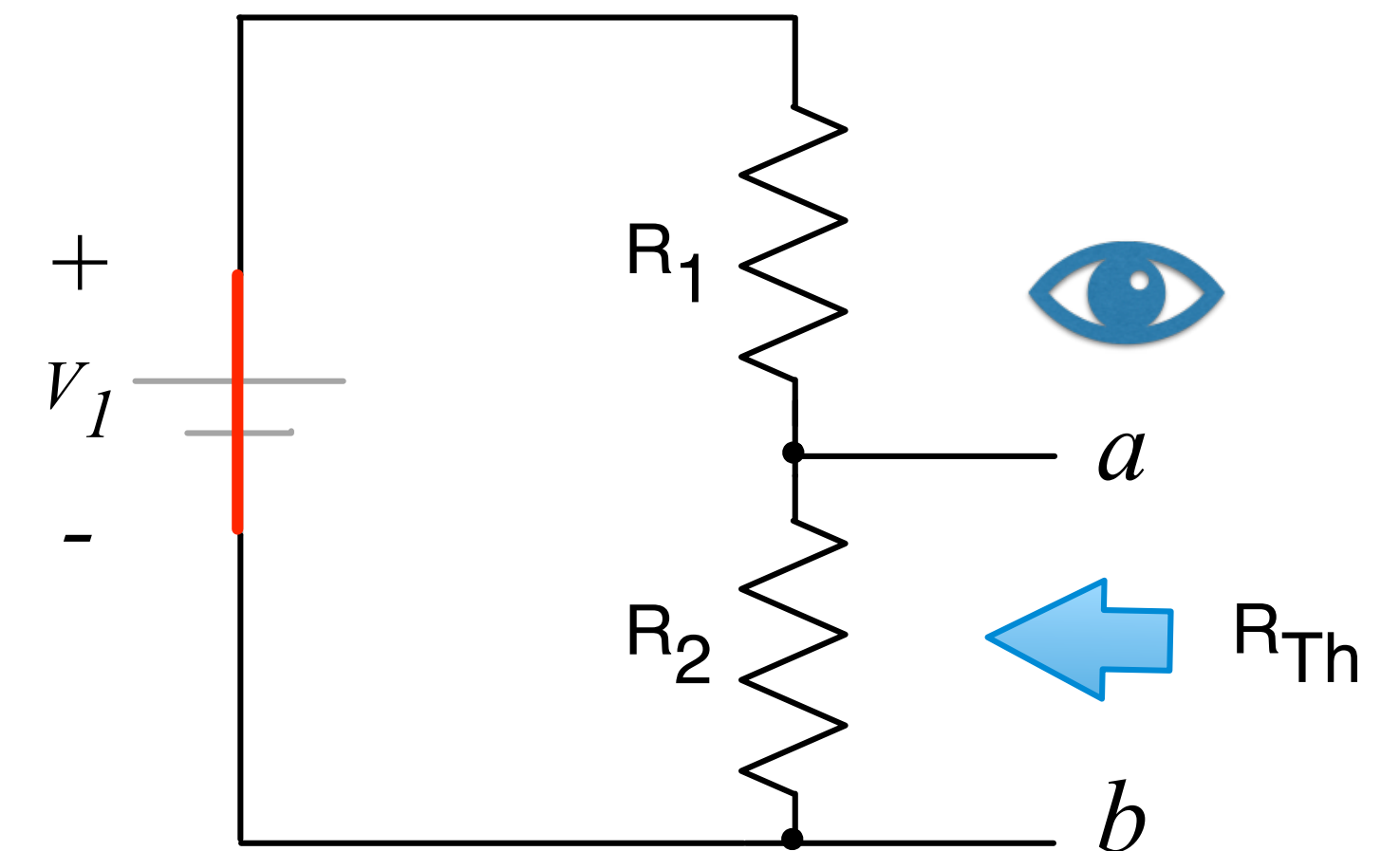
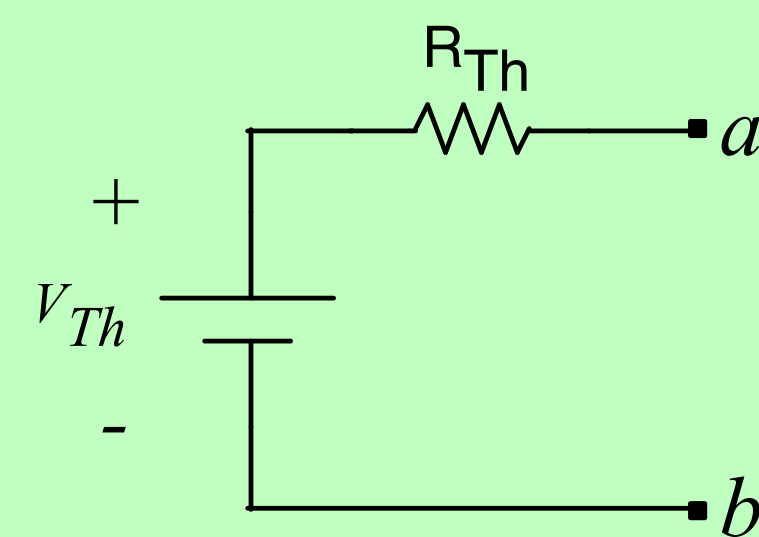
$$V_{Th} = V_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{Th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Circuito a ser simplificado

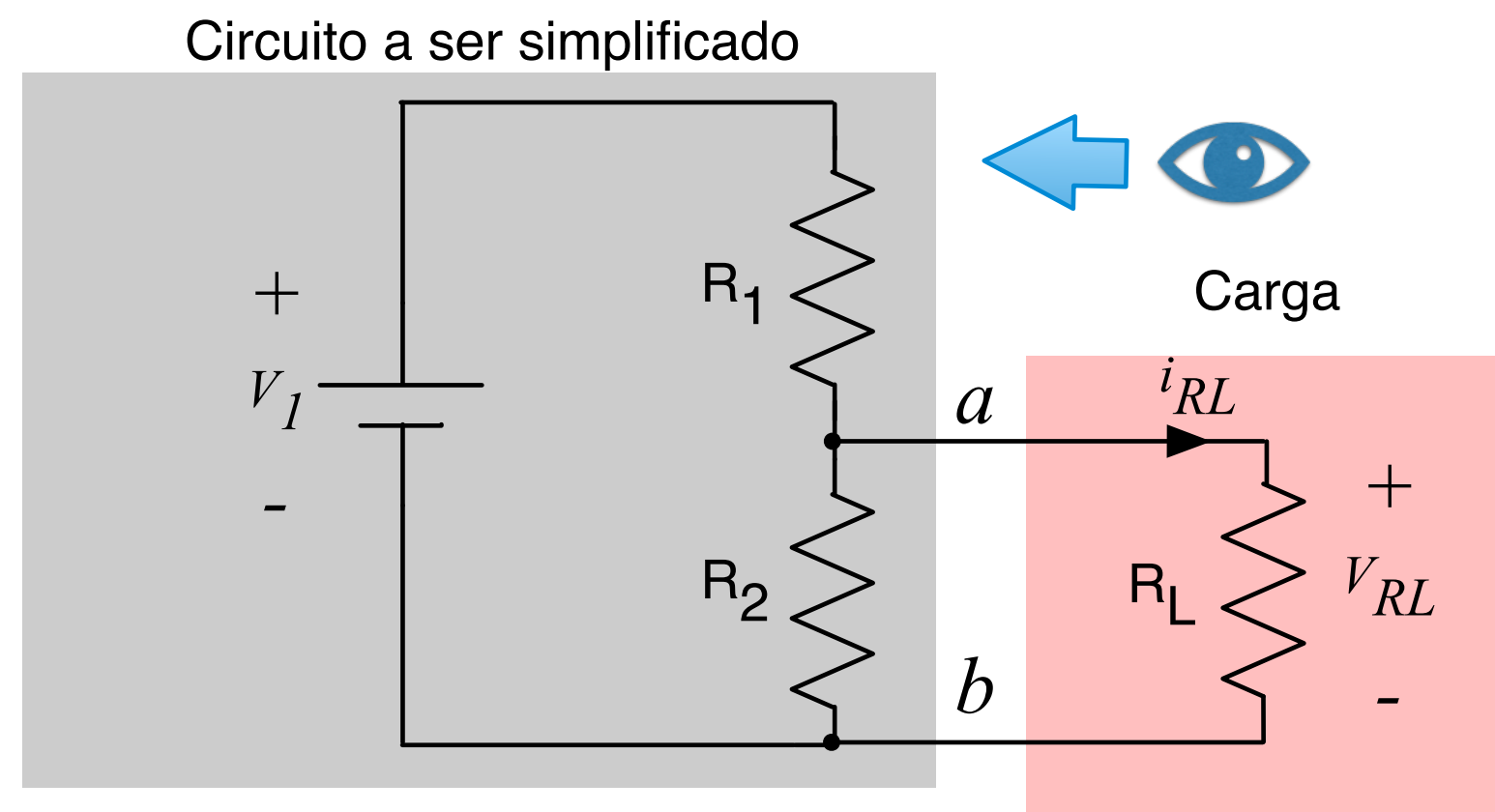


Equivalente de Thévenin



Teorema de Thévenin

Circuito com fonte de tensão:



Exemplo 1:

- O circuito da figura ao lado possui uma fonte de tensão de 12 V e os resistores R_1 e R_2 são de 10 Ω e 5 Ω , respectivamente. Determine o circuito equivalente de Thévenin para este circuito.

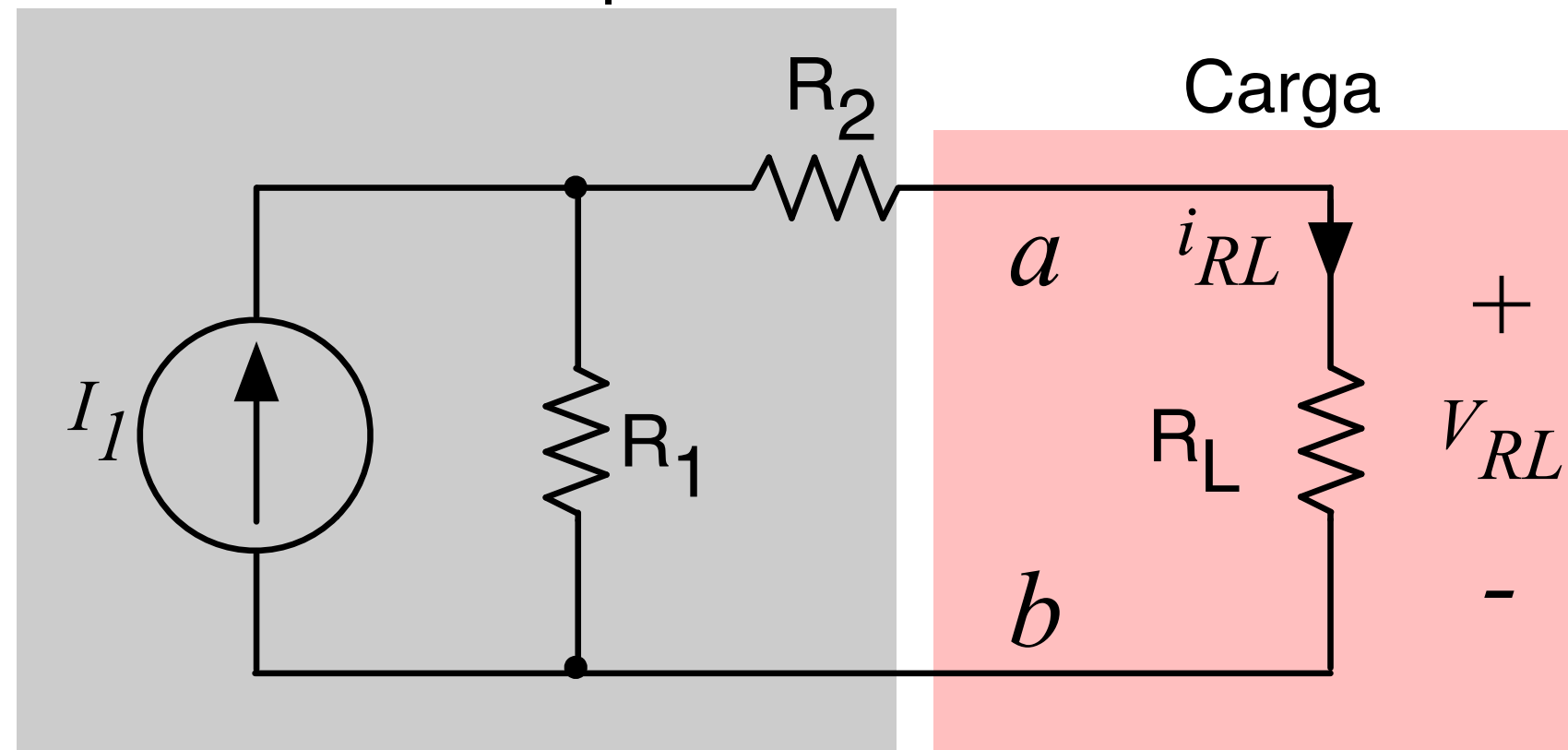
$$R_{Th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 \Omega$$

$$V_{Th} = V_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \cdot \frac{5}{10 + 5} = 4V$$

Teorema de Thévenin

Circuito com fonte de corrente:

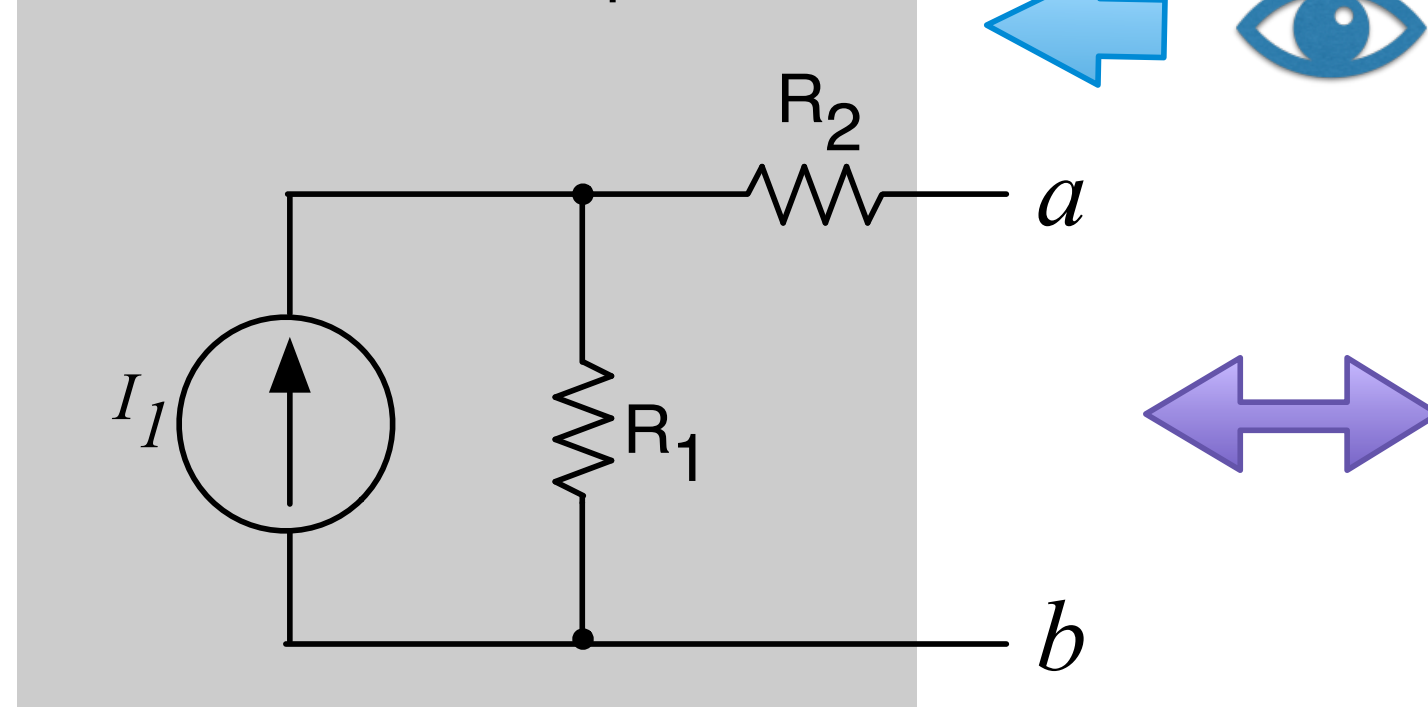
Circuito a ser simplificado



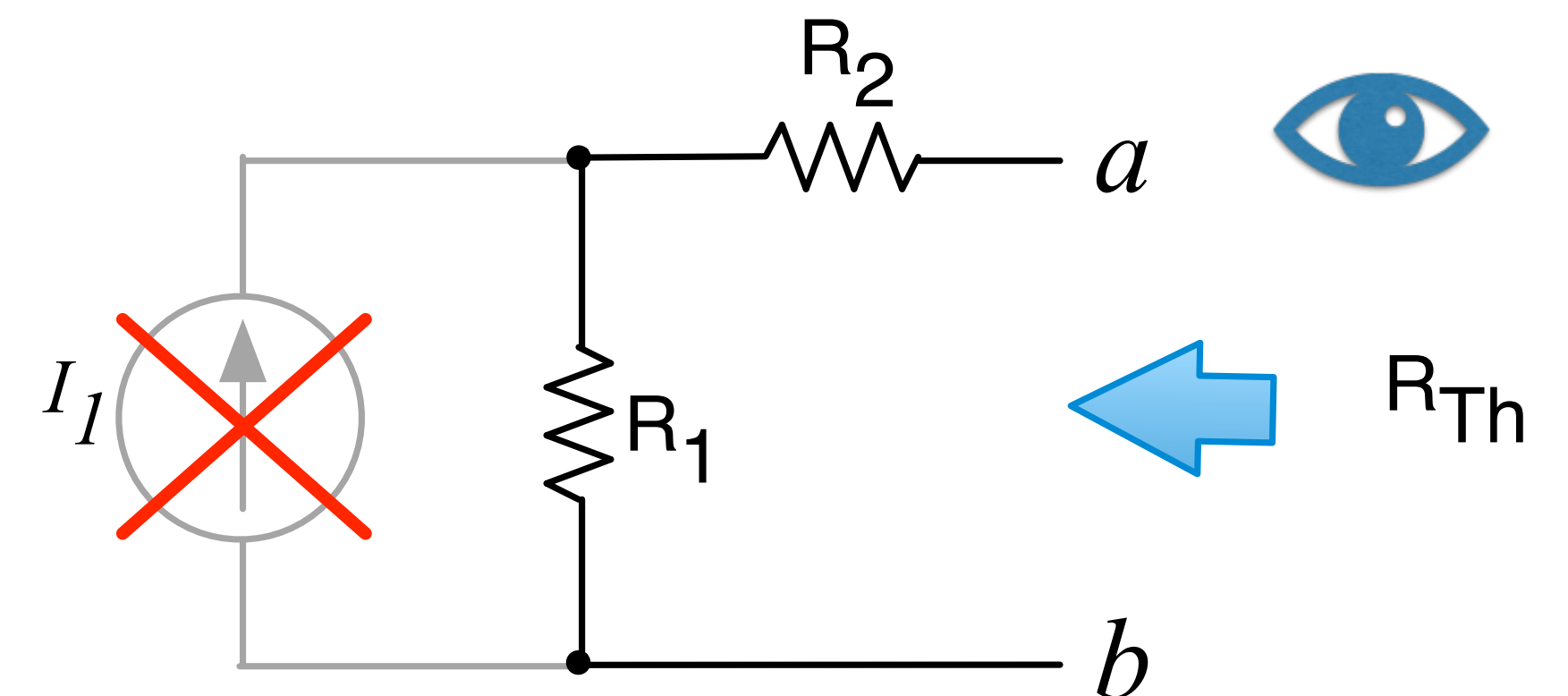
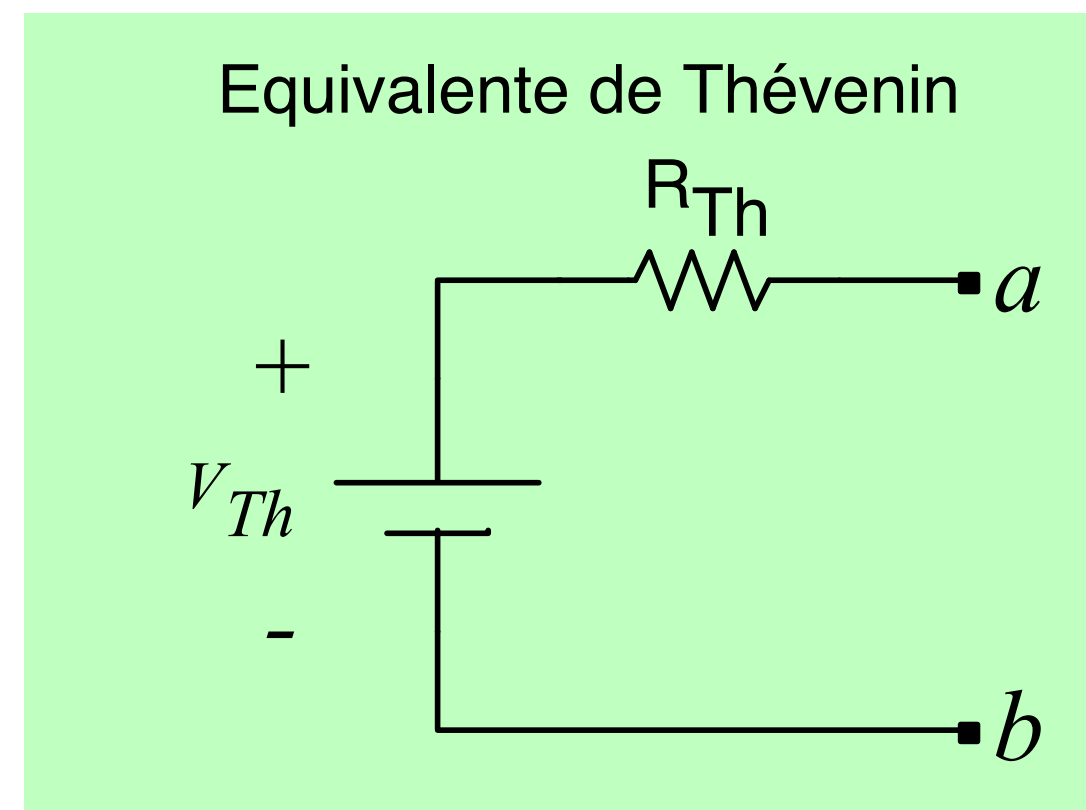
$$V_{Th} = V_{R1} = R_1 \cdot I_1$$

$$R_{Th} = R_1 + R_2$$

Circuito a ser simplificado



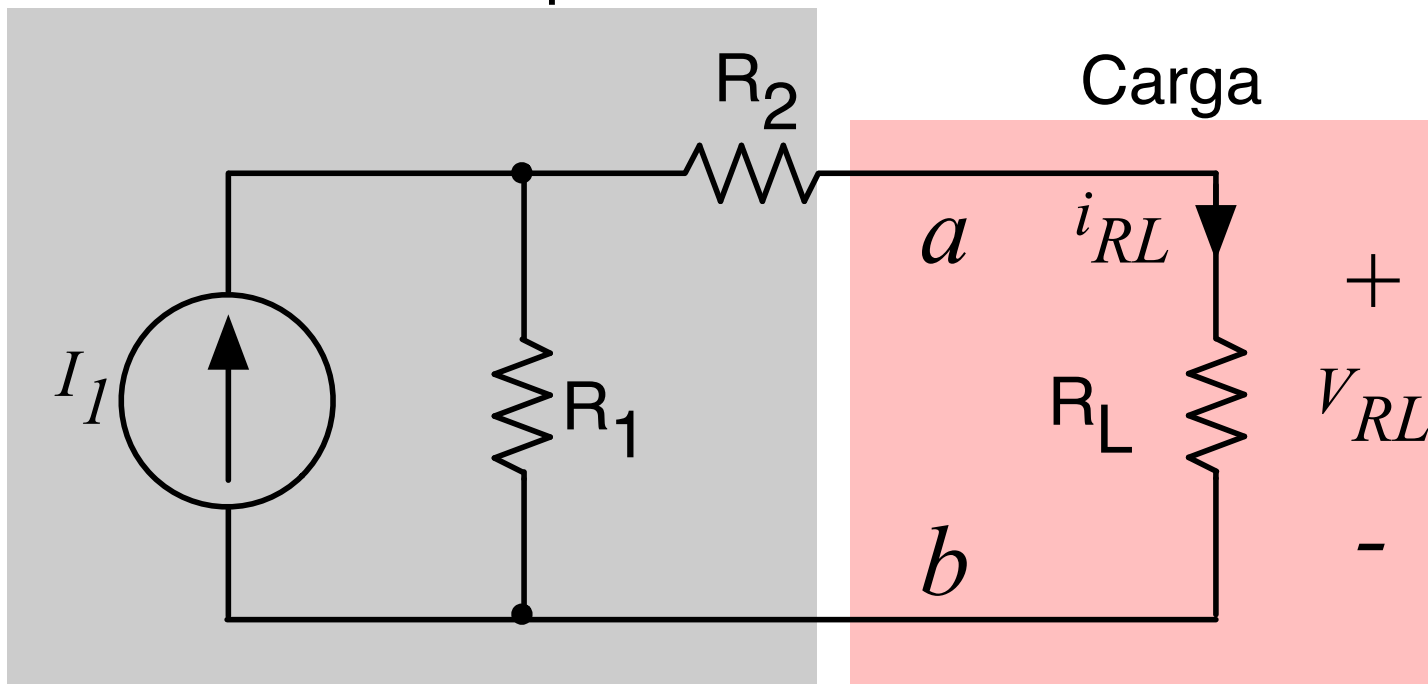
Equivalente de Thévenin



Teorema de Thévenin

Circuito com fonte de corrente:

Circuito a ser simplificado



Exemplo 2:

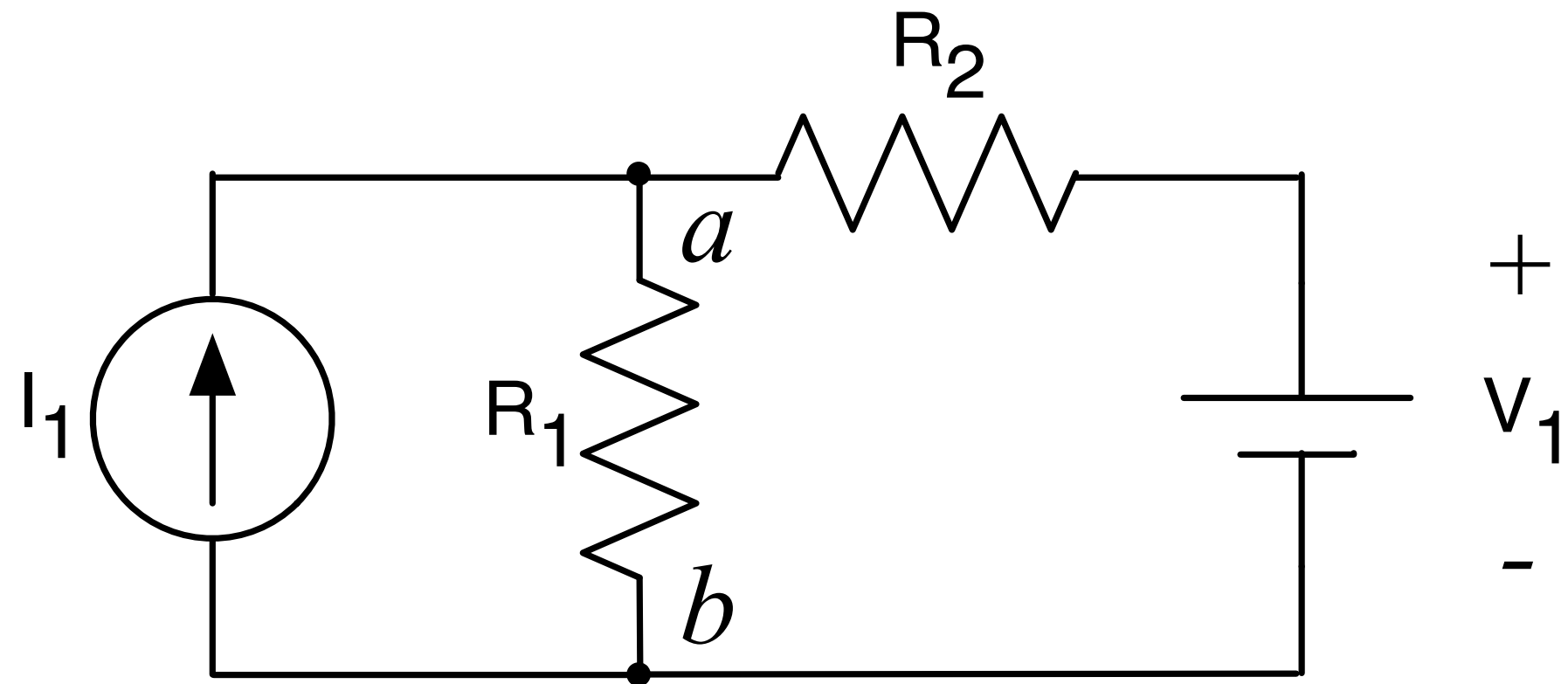
- O circuito da figura ao lado possui uma fonte de corrente de 3 A e os resistores R_1 e R_2 são de $10\ \Omega$ e $5\ \Omega$, respectivamente. Determine o circuito equivalente de Thévenin para este circuito.

$$R_{Th} = R_1 + R_2 = 10 + 5 = 15\ \Omega$$

$$V_{Th} = V_{R1} = R_1 \cdot I_1 = 10 \cdot 3 = 30V$$

Teorema de Thévenin

Circuito com fontes de tensão e de corrente:



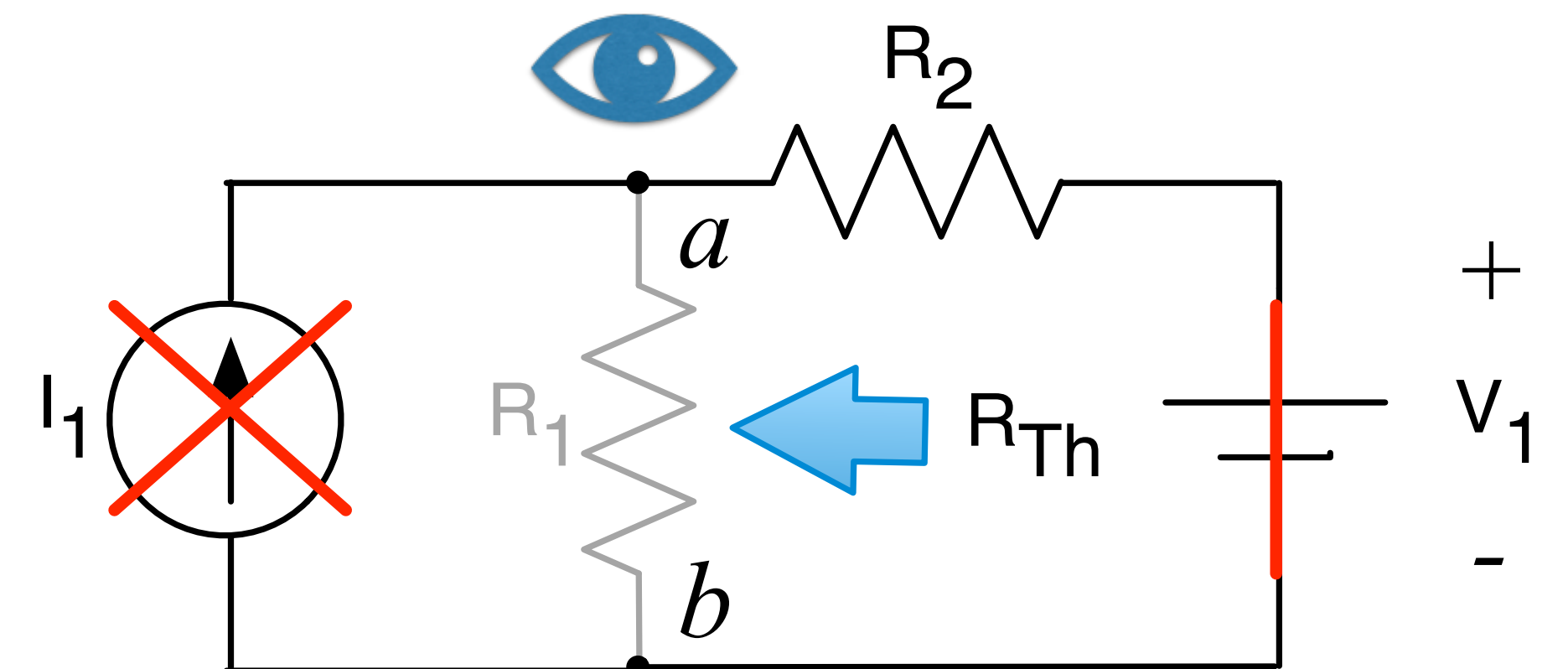
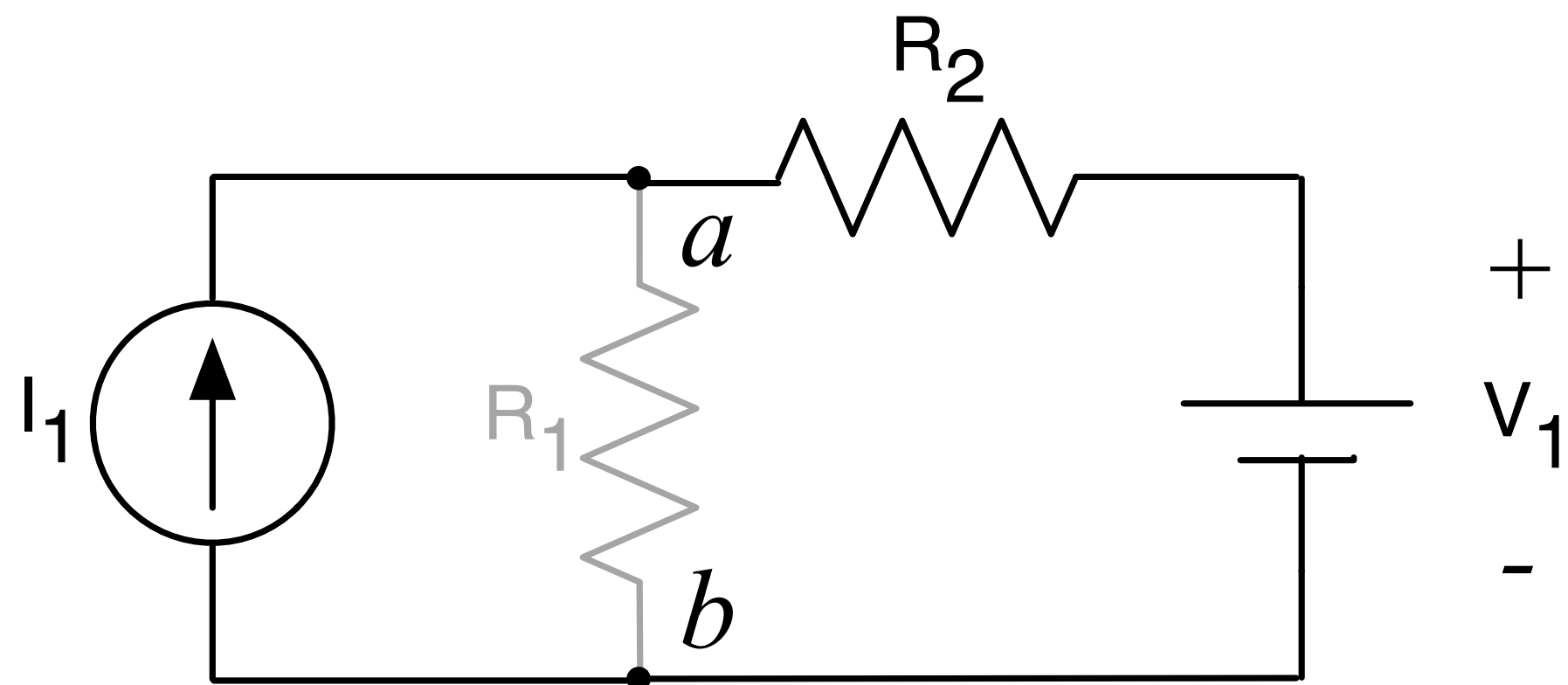
$$R_{Th} = R_2$$

$$V_{R_2} = R_2 \cdot I_1$$

$$-V_{ab} + V_{R_2} + V_1 = 0$$

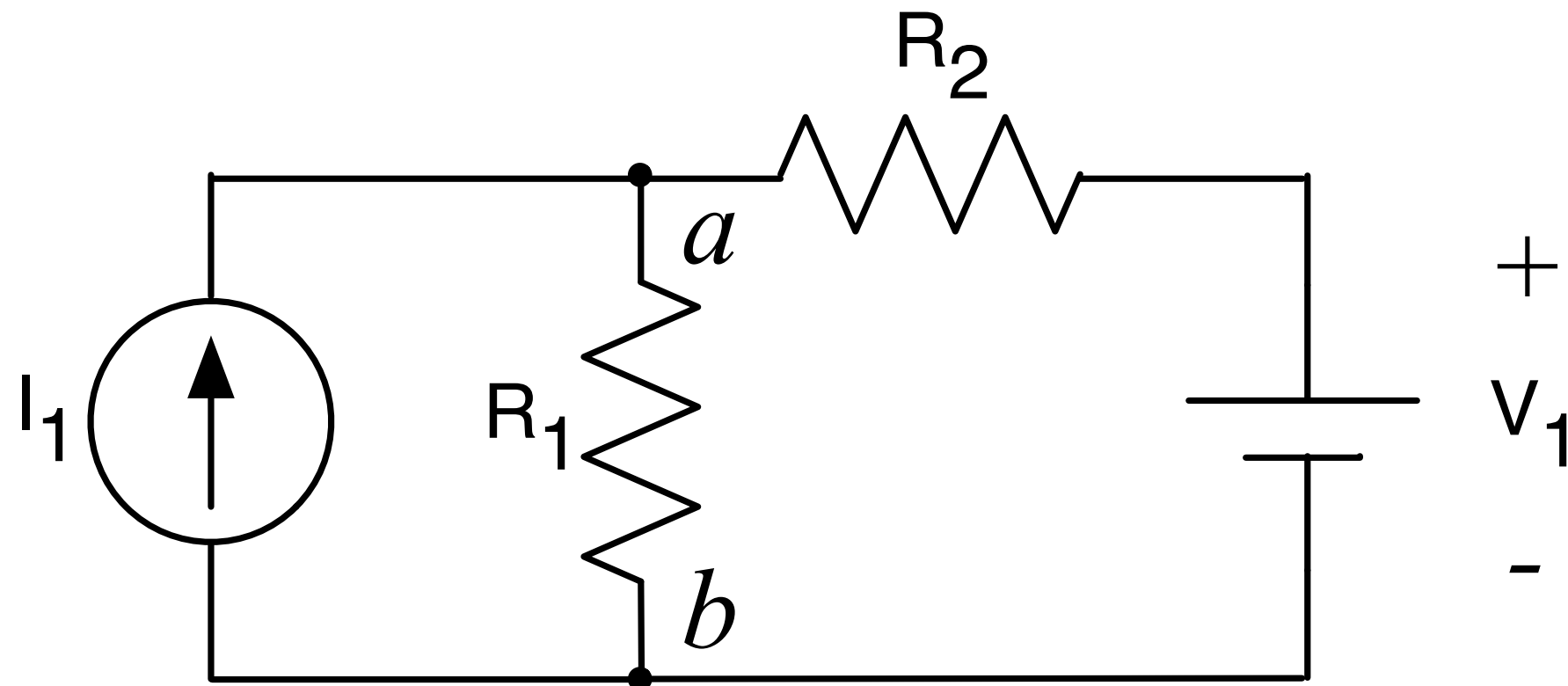
$$V_{ab} = V_a - V_b = V_{R_2} + V_1$$

$$V_{Th} = V_{ab} = V_a - V_b = V_{R_2} + V_1$$



Teorema de Thévenin

Circuito com fontes de tensão e de corrente:



Exemplo 3:

- O circuito da figura ao lado possui uma fonte de tensão de 12 V e uma fonte de corrente de 3 A e os resistores R_1 e R_2 são de 10Ω e 5Ω , respectivamente. Determine o circuito equivalente de Thévenin, considerando que o resistor R_1 seja o resistor de carga do circuito.

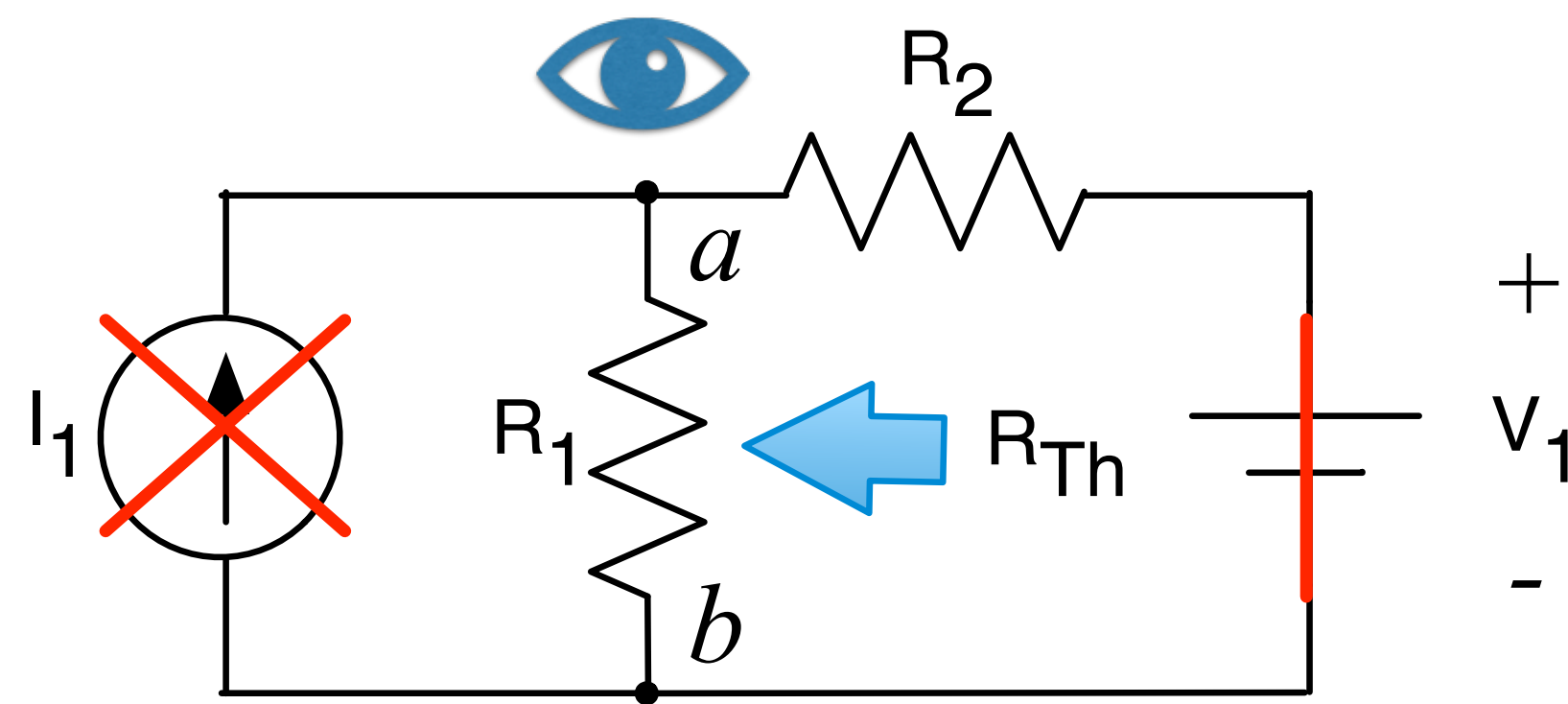
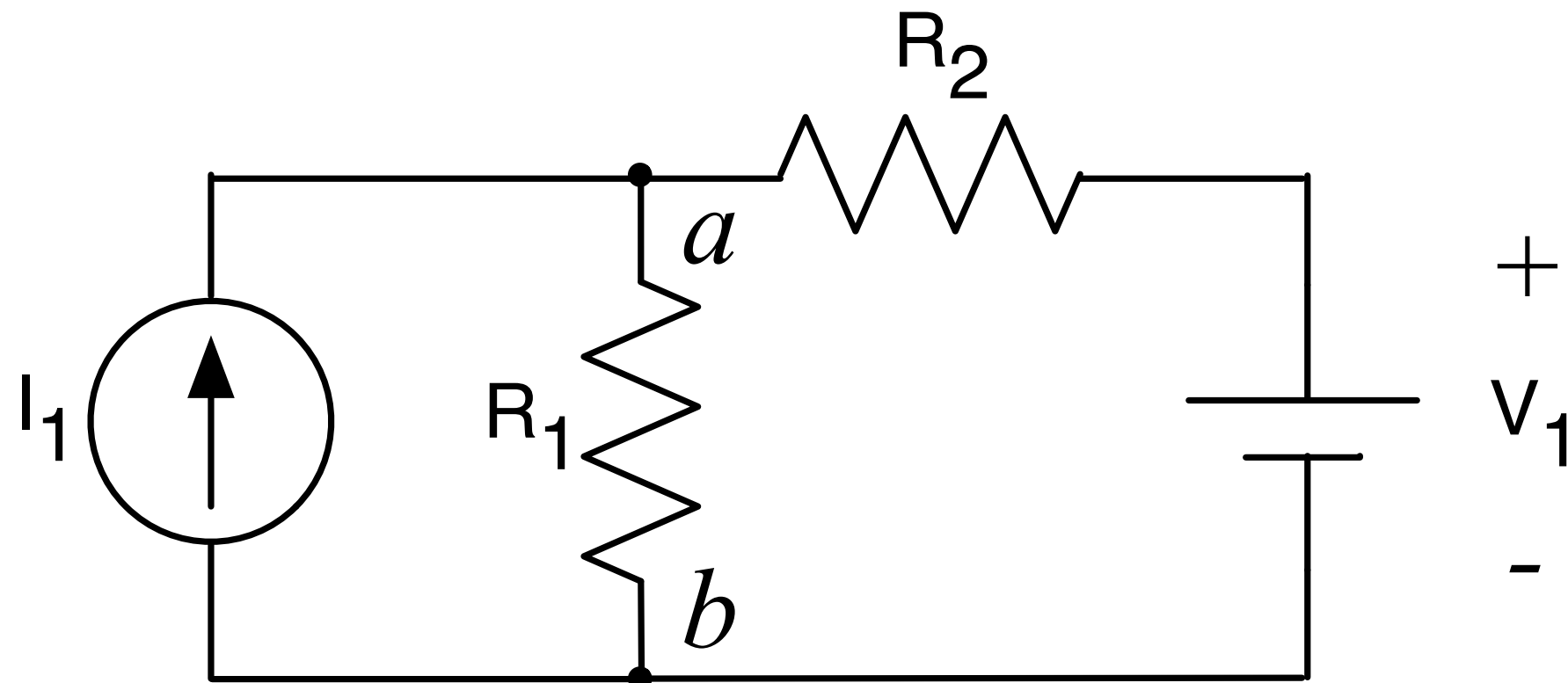
$$R_{Th} = R_2 = 5\Omega$$

$$V_{R_2} = R_2 \cdot I_1 = 5 \cdot 3 = 15V$$

$$V_{Th} = V_{ab} = V_a - V_b = V_{R_2} + V_1 = 15 + 12 = 27V$$

Teorema de Thévenin

Circuito com fontes de tensão e de corrente:



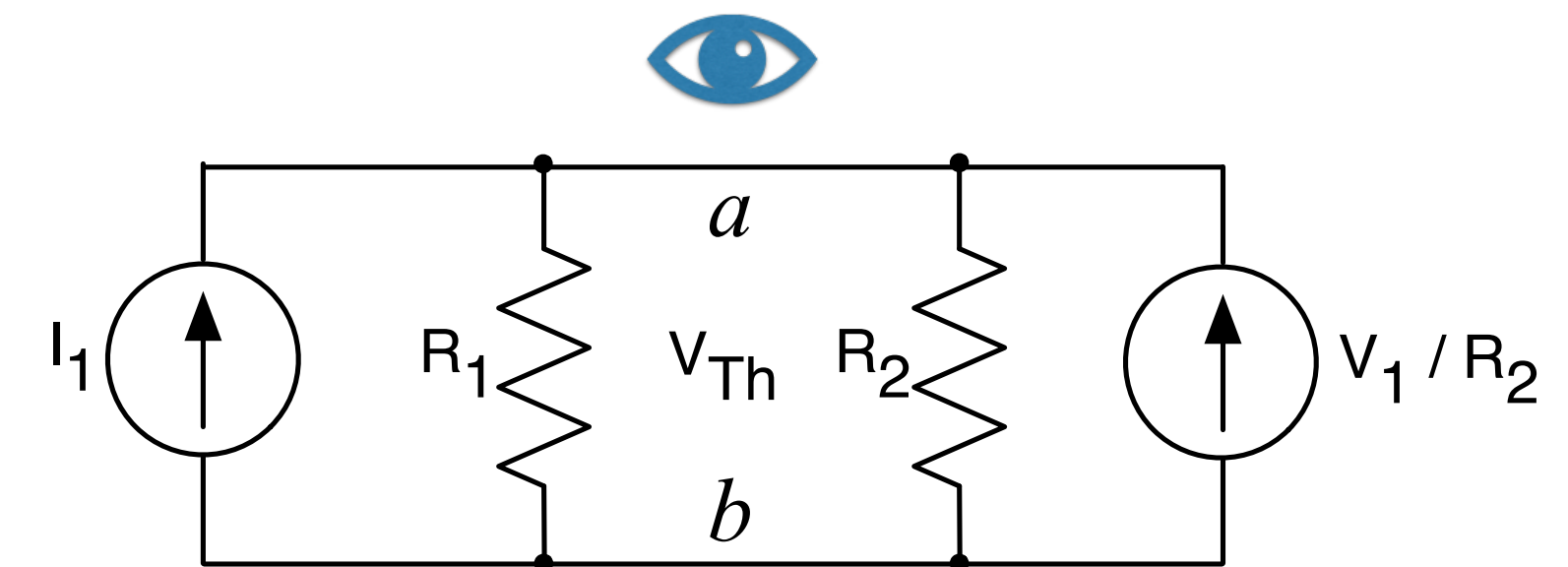
Exemplo 4:

- O circuito da figura ao lado possui uma fonte de tensão de 12 V e uma fonte de corrente de 3 A e os resistores R_1 e R_2 são de 10Ω e 5Ω , respectivamente. Determine o circuito equivalente de Thévenin, considerando todos os componentes no equivalente de Thévenin.

$$R_{Th} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,33 \Omega$$

$$-I_1 - \frac{V_1}{R_2} + \frac{V_{ab}}{R_1} + \frac{V_{ab}}{R_2} = 0 \rightarrow V_{ab} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = I_1 + \frac{V_1}{R_2}$$

$$V_{Th} = V_{ab} = \frac{I_1 + \frac{V_1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{3 + \frac{12}{5}}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5}} = 18V$$



Teorema de Norton

Definição:

- Qualquer circuito de corrente contínua de dois terminais pode ser substituído por um circuito equivalente que consista somente de uma fonte de corrente e de um resistor em paralelo.
- Fonte de corrente de Norton (I_N) - representa a corrente de curto-circuito, entre os terminais de saída (a e b) do circuito;
- Resistância de Norton (R_N) - representa a resistância total ou equivalente, vista dos terminais de saída (a e b) do circuito, quando as fontes deste circuito forem anuladas.

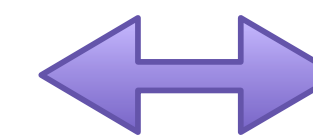
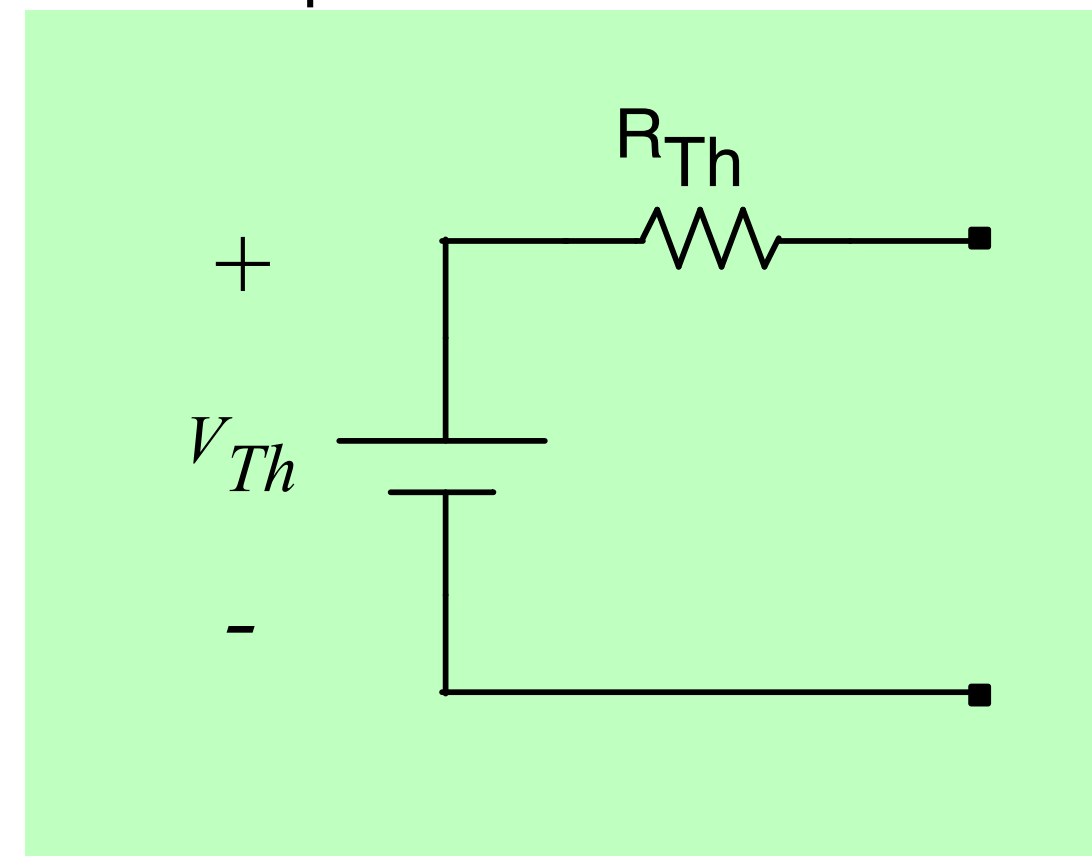
$$R_N = R_{Th}$$

$$R_{Th} = R_N$$

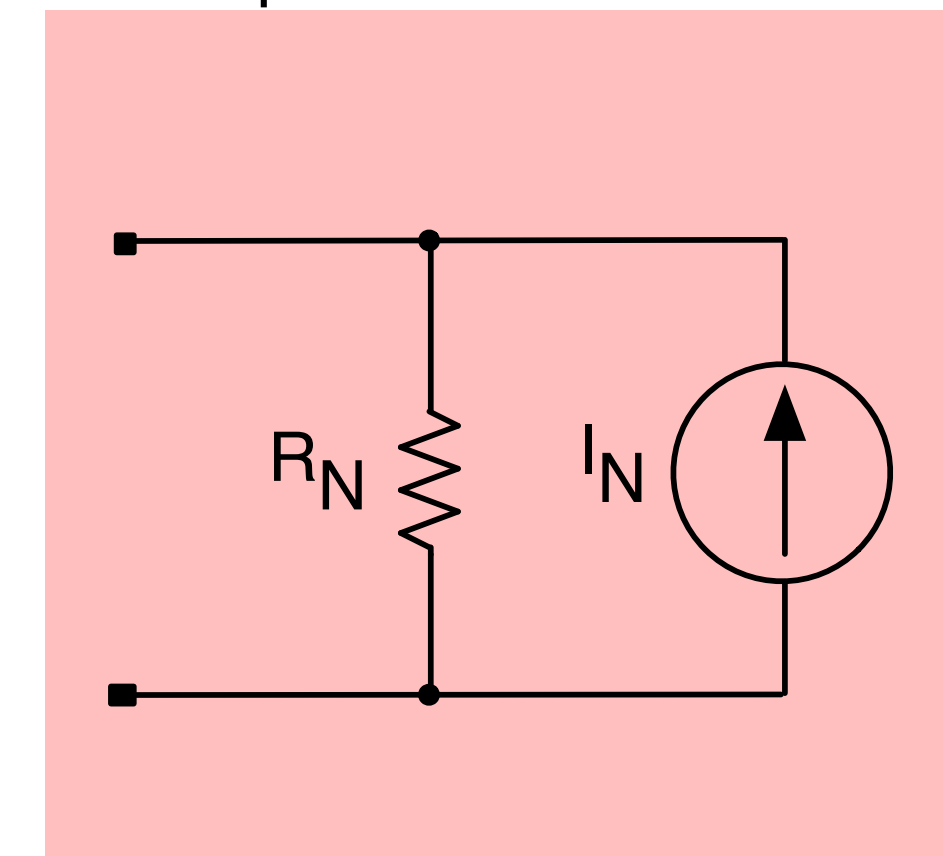
$$I_N = \frac{V_{Th}}{R_{Th}}$$

$$V_{Th} = R_N \cdot I_N$$

Equivalente de Thévenin



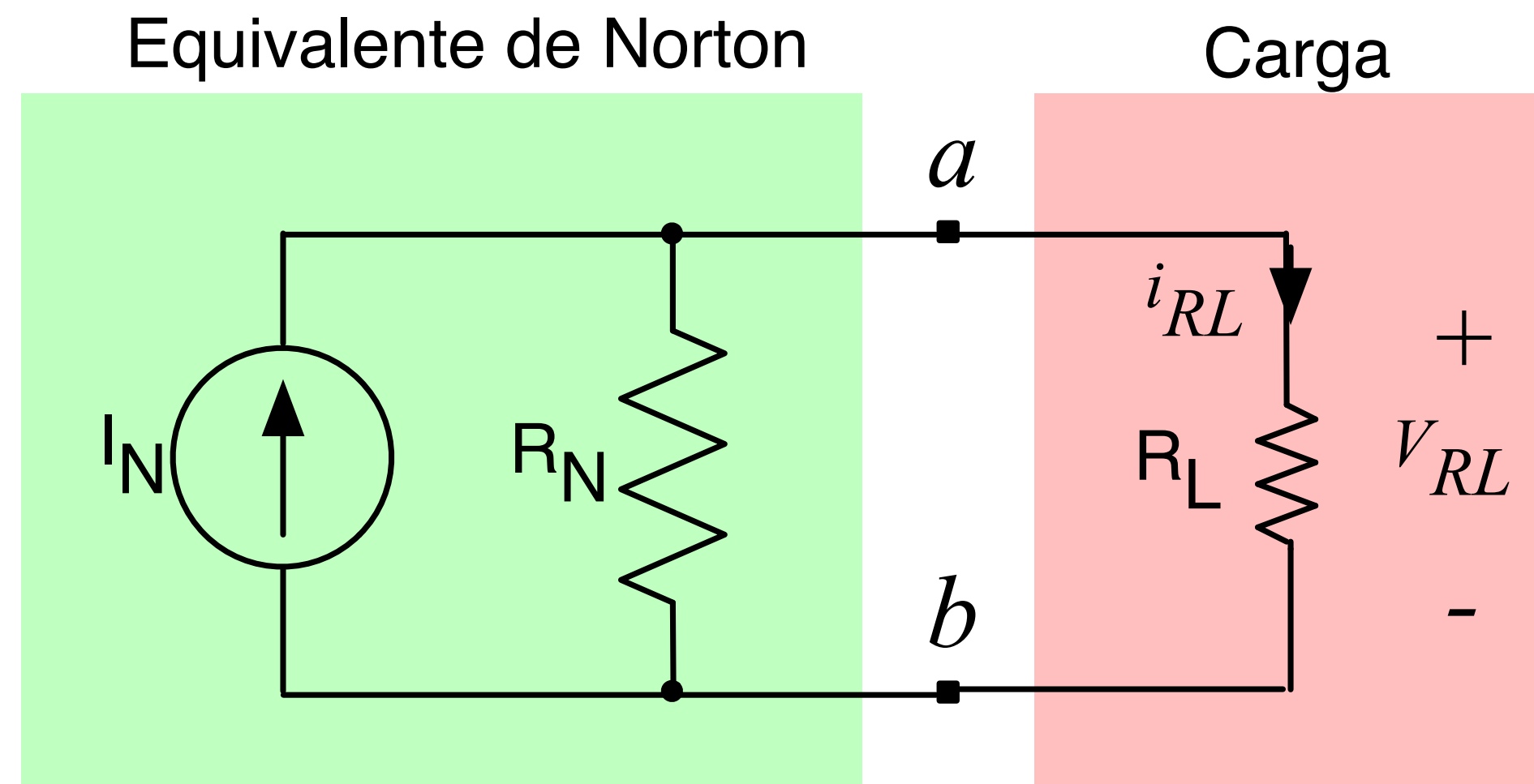
Equivalente de Norton



Teorema de Norton

Passos para aplicar o Teorema de Norton:

1. Identificar os terminais de interesse, a partir dos quais se deseja obter o circuito equivalente de Norton;
2. Anular as fontes do circuito (curto-circuitando as fontes de tensão e abrindo as fontes de corrente), para obter a resistência de Norton;
3. Calcular a corrente de curto-circuito entre os terminais de interesse do equivalente de Norton;
4. Redesenhar o circuito original pelo equivalente de Norton.

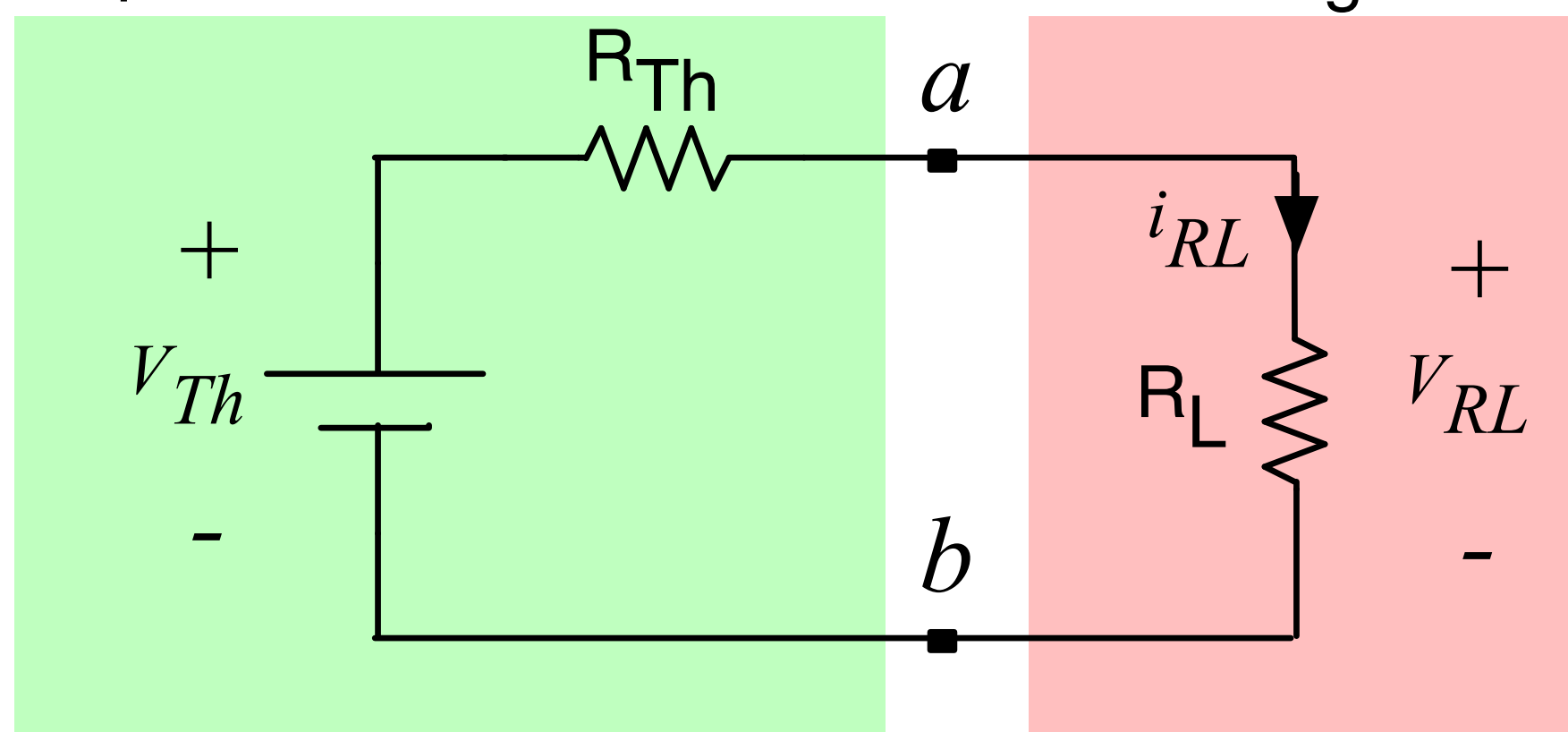


Medição dos Elementos

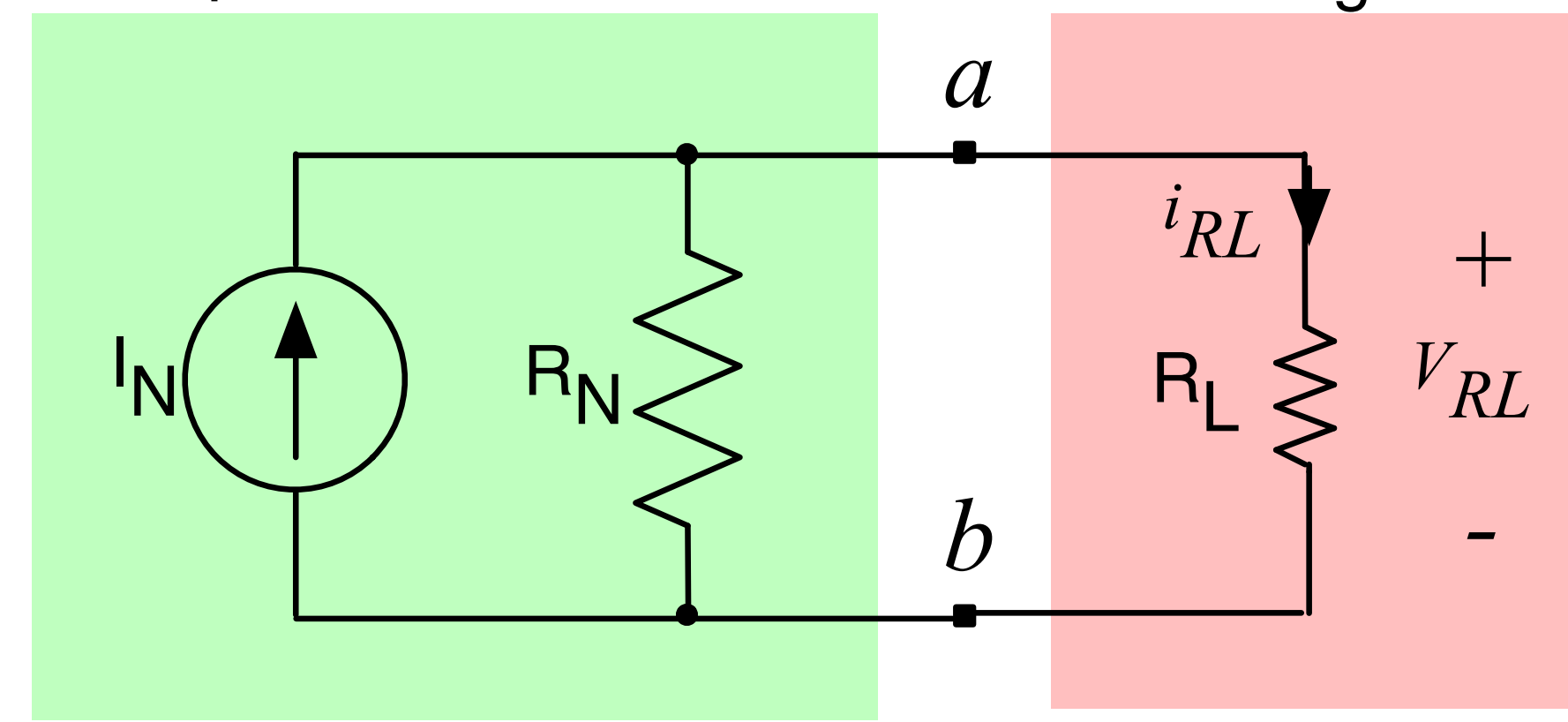
Medição dos elementos para obtenção dos equivalentes de Thévenin e Norton:

- Thévenin:
 - Tornar nulas todas as fontes do circuito, medindo a resistência resultante nos terminais de interesse, será obtida a resistência de Thévenin;
 - Medindo a tensão nos terminais de interesse com as fontes do circuito ligadas, será obtida a tensão de Thévenin.
- Norton:
 - Tornar nulas todas as fontes do circuito, medindo a resistência resultante nos terminais de interesse, será obtida a resistência de Norton;
 - Medindo a corrente de curto-circuito nos terminais de interesse com as fontes do circuito ligadas, será obtida a corrente de Norton.

Equivalente de Thévenin

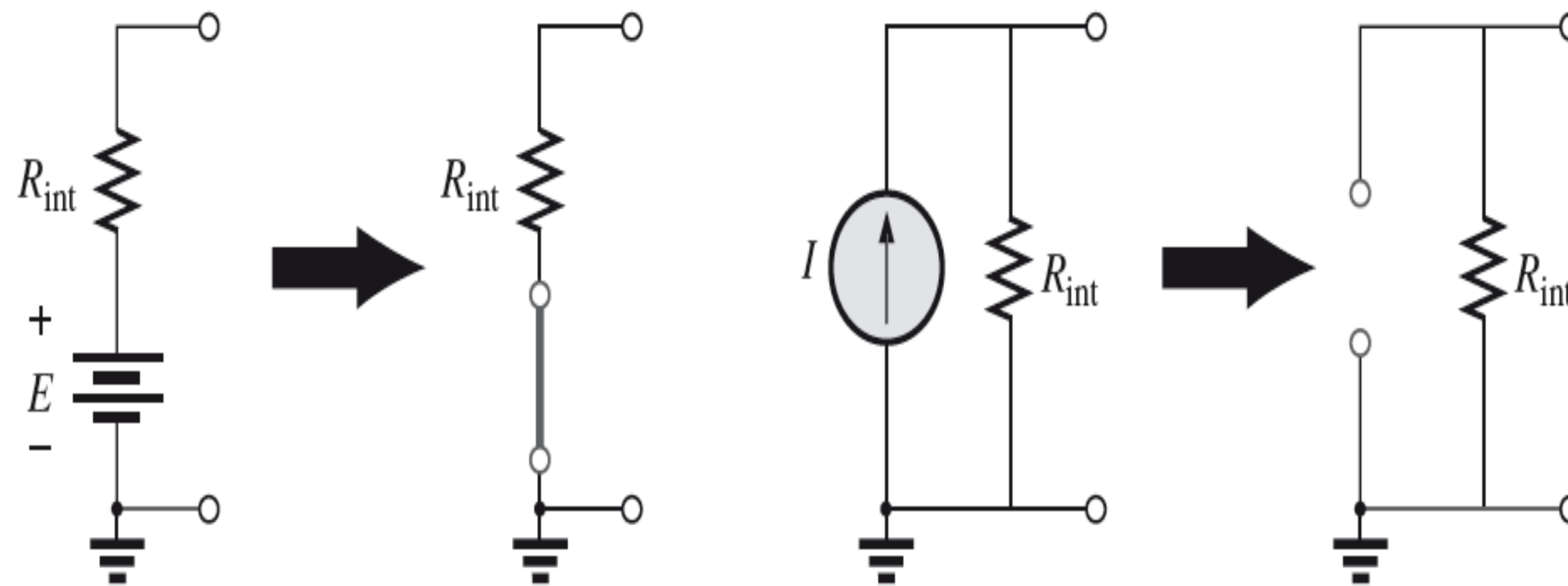


Equivalente de Norton



Próxima Aula

Teorema da Superposição



Fonte: Capítulo 9 - Teoremas para análise de circuitos do livro *Análise de Circuitos* de Robert L. Boylestad, Pearson, 2012.