

## 1 Habilidades e Competências

- Aplicar leis de Ohm e Kirchhoff na análise de circuitos.

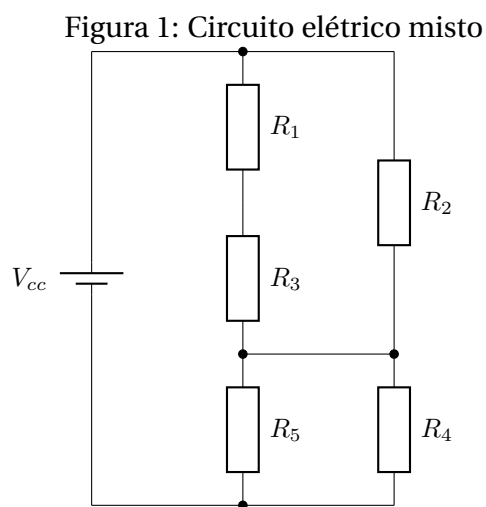
## 2 Desafio

Dado o circuito da **Figura 1**, considerar:

$R_1 = 330\Omega$ ,  $R_2 = 150\Omega$ ,  $R_3 = 270\Omega$ ,

$R_4 = 400\Omega$ ,  $R_5 = 100\Omega$  e  $V_{CC} = 10V$ .

- Calcular a intensidade da corrente em cada resistor;
- Calcular a queda de tensão em cada resistor;



Fonte: Próprio autor.

## 3 Revisitando Conhecimentos

Conhecimentos necessários para utilização das leis de Kirchhoff. Identificar:

- A(s) fonte(s) e a(s) carga(s) do circuito;
- Nós e ramos;
- Associação em série (Soma de resistências)  $R_{eq} = R_x + R_y$ ;
- Associação em paralelo (Soma de condutâncias):  $G_{eq} = G_x + G_y$ ;
- Associação em paralelo:  $R_{eq} = R_x // R_y$ ;

## 4 Leis de Kirchhoff

As leis de Kirchhoff são utilizadas para analisar circuitos de forma a poder obter valores de parâmetros elétricos em pontos ou componentes específicos de um circuito.

A **primeira lei de Kirchhoff** fala sobre as correntes em um nó, por isso é comum ser chamada de **lei dos nós**, enquanto que a **segunda lei de Kirchhoff** fala sobre as tensões em uma malha, sendo assim a **lei das malhas**.

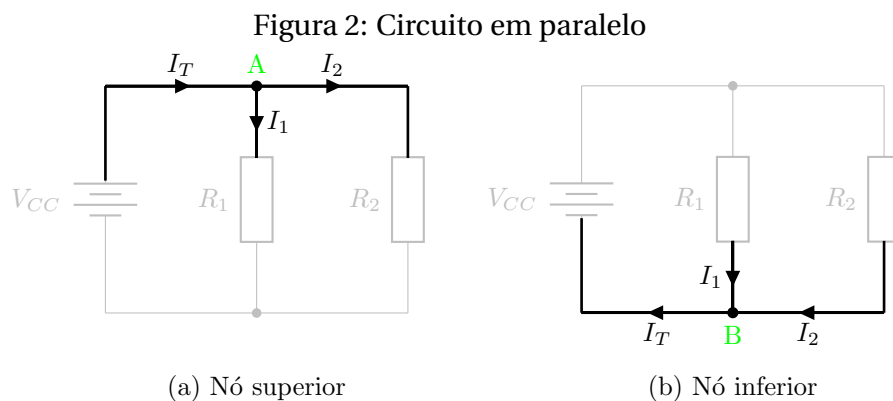
### 4.1 Lei dos Nós - 1ª Lei de Kirchhoff

A Figura 2 mostra o **sentido convencional** da corrente que flui do polo positivo para o polo negativo da fonte. Entre o polo positivo da fonte e o nó *A*, tem-se a corrente total do circuito,  $I_T$ , que se divide nos dois ramos ali conectados em  $I_1$  e  $I_2$ . Assim, a soma das correntes que saem do nó é igual a corrente que chega nele.

$$I_T = I_1 + I_2 \quad (1)$$

Da mesma forma no nó *B*, temos:

$$I_1 + I_2 = I_T \quad (2)$$



Pela definição da lei dos nós, **A soma das correntes em um nó é igual a zero.**

Tendo um nó como referência, adota-se uma convenção para o sentido da corrente. Assim, a corrente que chega ao nó é anotada como positiva e a corrente que sai é negativa. O oposto também pode ser adotado.

Escrevendo, pela definição, a equação para o nó *A* temos:

$$(+I_T) + (-I_1) + (-I_2) = 0 \quad (3)$$

$$I_T - I_1 - I_2 = 0$$

$$I_T - I_1 - I_2 + I_1 + I_2 = 0 + I_1 + I_2$$

$$\begin{aligned}
 \cancel{I_T} - \cancel{I_1} - \cancel{I_2} + \cancel{I_1} + \cancel{I_2} &= +I_1 + I_2 \\
 I_T &= I_1 + I_2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Da mesma forma para o nó  $B$ :

$$\begin{aligned}
 (-I_T) + (+I_1) + (+I_2) &= 0 \\
 -I_T + I_1 + I_2 + I_T &= 0 + I_T \\
 \cancel{-I_T} + I_1 + I_2 + \cancel{I_T} &= 0 + I_T \\
 I_1 + I_2 &= I_T
 \end{aligned}$$

## 4.2 Lei das Malhas - 2ª Lei de Kirchhoff

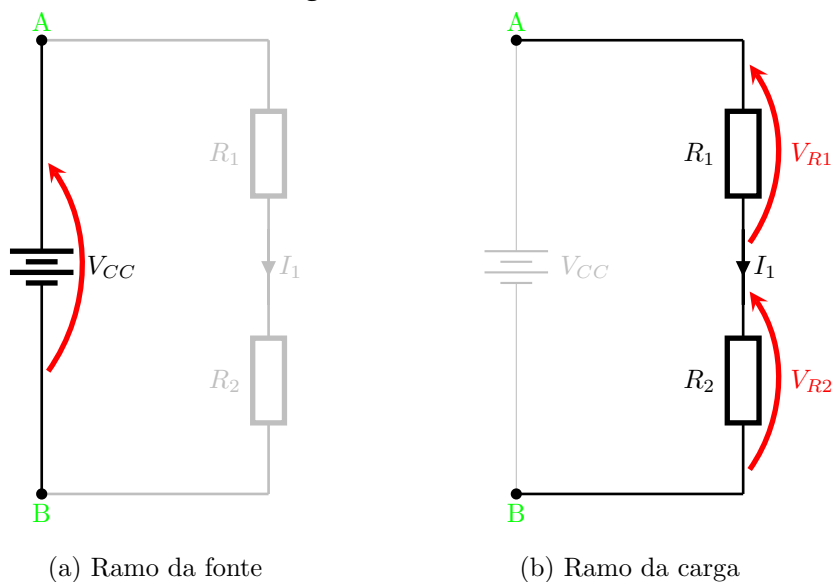
A Figura 3 mostra os dois ramos que formam o circuito em série. A limitação dos ramos são os nós  $A$  e  $B$ , cuja diferença de potencial  $V_{AB}$  é proporcionada pelo ramo da fonte,  $V_{CC}$ .

$$V_{AB} = V_{CC} \tag{5}$$

Essa diferença de potencial, é aplicada ao ramo que contém os resistores,  $R_1$  e  $R_2$ , que dividem essa tensão em valores parciais, denominados de queda de tensão,  $V_{R1}$  e  $V_{R2}$ . Então:

$$V_{AB} = V_{R1} + V_{R2} \tag{6}$$

Figura 3: Circuito em Série



A segunda lei de Kirchhoff diz que: **A soma das tensões (ou quedas de tensão) em uma malha é igual a zero.**

Adotando um ponto como referencia de partida, por exemplo o ponto  $A$ , percorre-se no sen-

tido da corrente, por todo circuito até retornar ao ponto de partida. Ao encontrar uma indicação de tensão no mesmo sentido, adota-o como valor positivo, e no sentido contrário, adota-o como negativo.

Assim, pode-se representar a equação da malha pela definição da seguinte forma:

$$(-V_{R1}) + (-V_{R2}) + (V_{CC}) = 0 \quad (7)$$

$$-V_{R1} - V_{R2} + V_{CC} = 0$$

$$\cancel{+V_{R1}} + \cancel{V_{R2}} - \cancel{V_{R1}} - \cancel{V_{R2}} + V_{CC} = +V_{R1} + V_{R2}$$

$$V_{CC} = V_{R1} + V_{R2} \quad (8)$$

#### 4.2.1 Divisor de Tensão

Em um ramo cada resistor apresenta uma parcela proporcional da resistência total, pois a soma dessas parcelas,  $R_1 + R_2$ , é a própria resistência total do ramo,  $R_{T_{ramo}}$ .

$$R_{T_{ramo}} = R_1 + R_2 \quad (9)$$

Sendo a **parte dividida pelo todo** uma **relação de proporcionalidade**, e sabendo a queda de tensão em cada resistor do ramo é proporcional ao seu valor ôhmico em relação a resistência total do ramo, assim temos que:

$$\frac{V_{R_n}}{V_{AB}} = \frac{R_n}{R_{T_{ramo}}} \quad (10)$$

$$\frac{V_{R_1}}{V_{AB}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad e \quad \frac{V_{R_2}}{V_{AB}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (11)$$

Isolando-se  $V_{R_1}$  e  $V_{R_2}$  temos:

$$V_{R_1} = \frac{R_1}{R_2 + R_1} \cdot V_{AB} \quad e \quad V_{R_2} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \cdot V_{AB} \quad (12)$$

Escrevendo a resistência total do ramo:

$$V_{R_1} = \frac{R_1}{R_{T_{ramo}}} \cdot V_{AB} \quad e \quad V_{R_2} = \frac{R_2}{R_{T_{ramo}}} \cdot V_{AB}$$

$$V_{R_1} = R_1 \cdot \frac{V_{AB}}{R_{T_{ramo}}} \quad e \quad V_{R_2} = R_2 \cdot \frac{V_{AB}}{R_{T_{ramo}}}$$

Como a tensão total do ramo dividida pela resistência total do ramo é a corrente do ramo, temos simplesmente a primeira lei de Ohm.

$$V_{R_1} = R_1 \cdot I_{T_{ramo}} \quad e \quad V_{R_2} = R_2 \cdot I_{T_{ramo}}$$

## 5 Resolução do Desafio

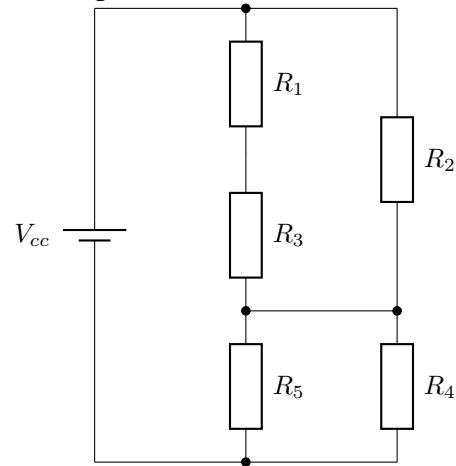
Dado o circuito da **Figura 4**, considerar:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega, R_5 = 100\Omega \text{ e } V_{CC} = 10V.$$

- Calcular a intensidade da corrente em cada resistor;
- Calcular a queda de tensão em cada resistor;

Figura 4: Circuito elétrico misto



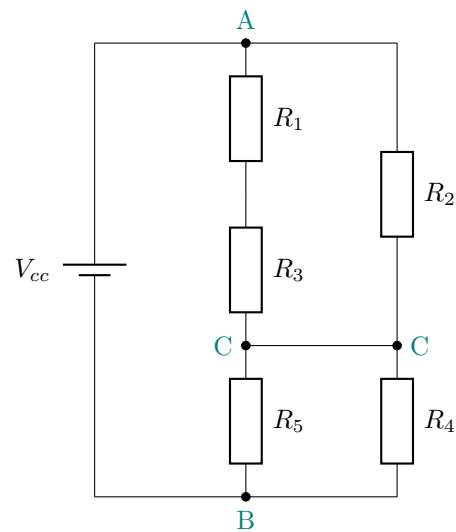
Fonte: Próprio autor.

### 5.1 Passo 1: Identificação dos nós

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega \text{ e } R_5 = 100\Omega.$$



## 5.2 Passo 2: Identificação de resistores em série

Dados do circuito:

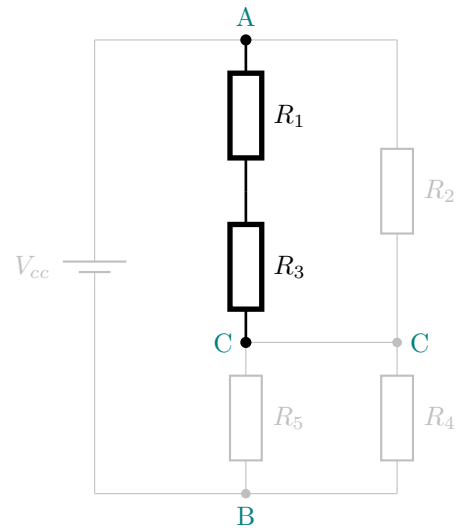
$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega \text{ e } R_5 = 100\Omega.$$

$$R_A = R_1 + R_3$$

$$R_A = 330 + 270$$

$$R_A = 600\Omega$$



## 5.3 Passo 3: Identificação de resistores em paralelo

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega \text{ e } R_5 = 100\Omega,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega.$$

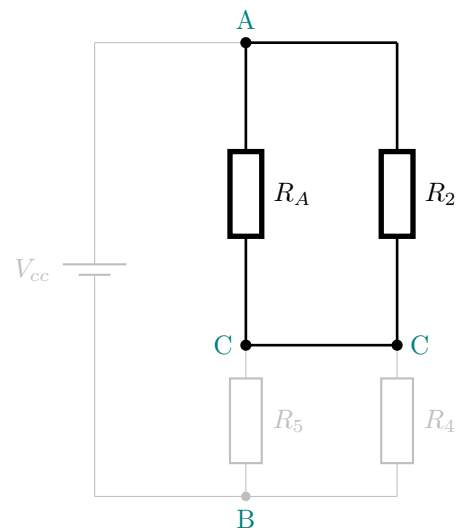
$$G_B = G_A + G_2$$

$$R_B = R_A // R_2$$

$$R_B = \frac{1}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_2}}$$

$$R_B = \frac{1}{\frac{1}{600} + \frac{1}{150}}$$

$$R_B = 120\Omega$$



## 5.4 Passo 4: Identificação de resistores em paralelo

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega \text{ e } R_5 = 100\Omega,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega.$$

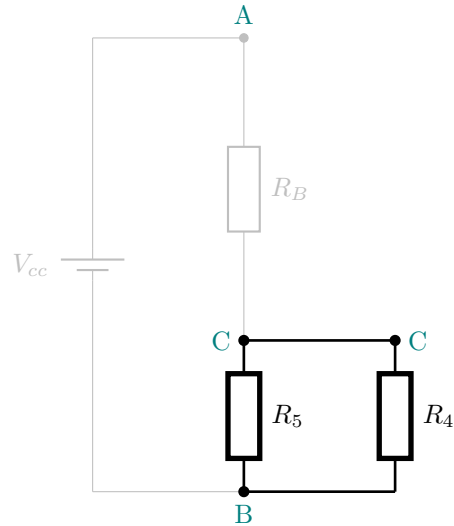
$$G_C = G_4 + G_5$$

$$R_C = R_4 // R_5$$

$$R_C = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}$$

$$R_C = \frac{400 \cdot 100}{400 + 100}$$

$$R_C = 80\Omega$$



## 5.5 Passo 5: Identificação de resistores em série

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega \text{ e } R_5 = 100\Omega,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

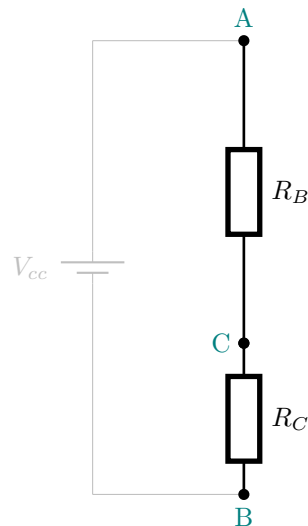
$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega.$$

$$R_T = R_B + R_C$$

$$R_T = 120 + 80$$

$$R_T = 200\Omega$$



## 5.6 Passo 6: Resistência Total do Circuito

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

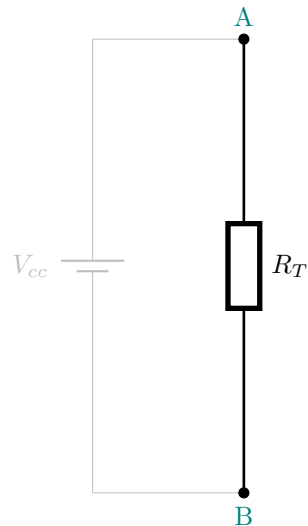
$$R_4 = 400\Omega \text{ e } R_5 = 100\Omega,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega,$$

$$R_T = R_B + R_C = 200\Omega.$$



## 5.7 Passo 7: Corrente total

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

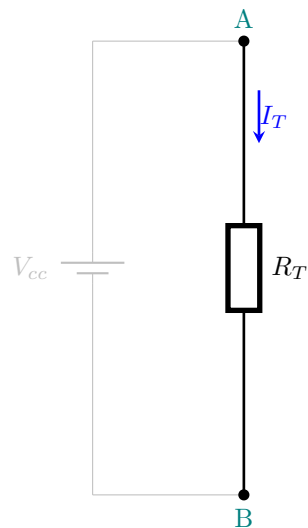
$$R_4 = 400\Omega \text{ e } R_5 = 100\Omega,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega,$$

$$R_T = R_B + R_C = 200\Omega.$$



$$V_{AB} = V_{CC} = 10V$$

$$I_T = \frac{V_{AB}}{R_T} = \frac{10}{200} = 0,05A$$



## 5.8 Passo 8: Divisor de tensão

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega, R_5 = 100\Omega, V_{CC} = 10V,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

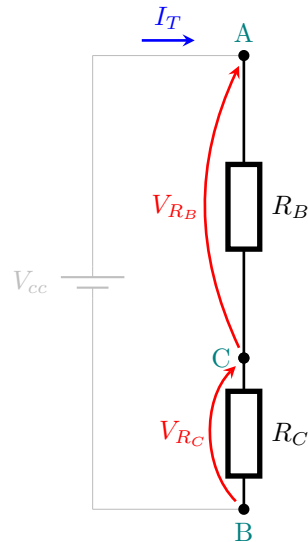
$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega,$$

$$R_T = R_B + R_C = 200\Omega,$$

$$I_T = \frac{V_{AB}}{R_T} = 0,05A.$$

$$V_{R_B} = \frac{R_B}{R_T} \cdot V_{AB} = \frac{120}{200} \cdot 10 = 6V$$

$$V_{R_C} = I_T \cdot R_C = 0,05 \cdot 80 = 4V \quad (13)$$



## 5.9 Passo 9: Divisão da corrente

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega, R_5 = 100\Omega, V_{CC} = 10V,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega,$$

$$R_T = R_B + R_C = 200\Omega,$$

$$I_T = \frac{V_{AB}}{R_T} = 0,05A,$$

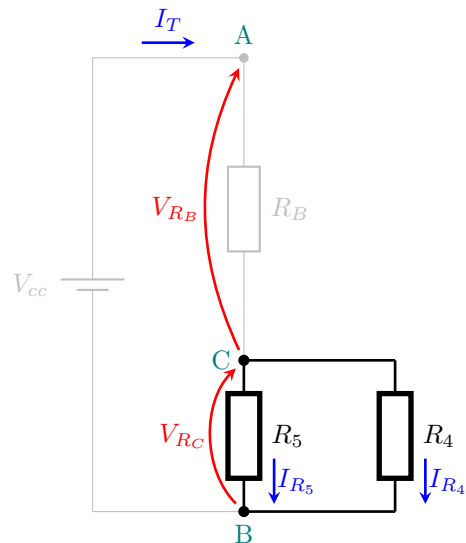
$$V_{R_B} = \frac{R_B}{R_T} \cdot V_{AB} = 6V,$$

$$V_{R_C} = R_C \cdot I_T = 4V.$$

$$V_{R_C} = V_{CB} = V_{R_5} = V_{R_4}$$

$$I_{R_5} = \frac{V_{R_5}}{R_5} = \frac{4}{100} = 0,04A$$

$$I_{R_4} = \frac{V_{R_4}}{R_4} = \frac{4}{400} = 0,01A$$



## 5.10 Passo 10: Divisão da corrente

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega, R_5 = 100\Omega, V_{CC} = 10V,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega,$$

$$R_T = R_B + R_C = 200\Omega,$$

$$I_T = \frac{V_{AB}}{R_T} = 0,05A,$$

$$V_{R_B} = \frac{R_B}{R_T} \cdot V_{AB} = 6V,$$

$$V_{R_C} = R_C \cdot I_T = 4V,$$

$$V_{R_C} = V_{CB} = V_{R_5} = V_{R_4},$$

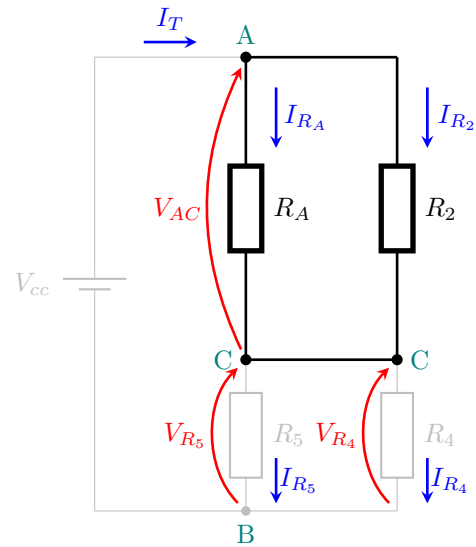
$$I_{R_5} = V_{R_5} / R_5 = 0,04A,$$

$$I_{R_4} = V_{R_4} / R_4 = 0,01A.$$

$$V_{R_B} = V_{AC} = V_{R_A} = V_{R_2}$$

$$I_{R_A} = \frac{V_{R_A}}{R_A} = \frac{6}{600} = 0,01A$$

$$I_{R_2} = \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{6}{150} = 0,04A$$



## 5.11 Passo 11: Divisão da tensão

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega, R_5 = 100\Omega, V_{CC} = 10V,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega,$$

$$R_T = R_B + R_C = 200\Omega,$$

$$I_T = \frac{V_{AB}}{R_T} = 0,05A,$$

$$V_{R_B} = \frac{R_B}{R_T} \cdot V_{AB} = 6V,$$

$$V_{R_C} = R_C \cdot I_T = 4V,$$

$$V_{R_C} = V_{CB} = V_{R_5} = V_{R_4},$$

$$I_{R_5} = V_{R_5} / R_5 = 0,04A,$$

$$I_{R_4} = V_{R_4} / R_4 = 0,01A,$$

$$V_{R_B} = V_{AC} = V_{R_A} = V_{R_2},$$

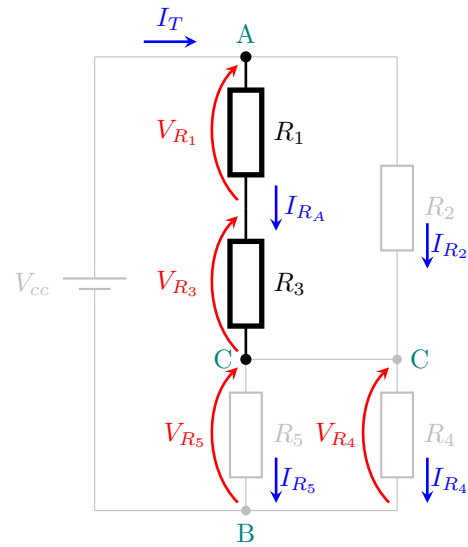
$$I_{R_A} = V_{R_A} / R_A = 0,01A,$$

$$I_{R_2} = V_{R_2} / R_2 = 0,04A.$$

$$I_{R_A} = I_{R_1} = I_{R_3} = 0,01A$$

$$V_{R_1} = R_1 \cdot I_{R_1} = 330 \cdot 0,01 = 3,3V$$

$$V_{R_3} = R_3 \cdot I_{R_3} = 270 \cdot 0,01 = 2,7V$$



## 5.12 Passo 12: Resultado

Dados do circuito:

$$R_1 = 330\Omega, R_2 = 150\Omega, R_3 = 270\Omega,$$

$$R_4 = 400\Omega, R_5 = 100\Omega, V_{CC} = 10V,$$

$$R_A = R_1 + R_3 = 600\Omega,$$

$$R_B = R_A // R_2 = 120\Omega,$$

$$R_C = R_4 // R_5 = 80\Omega,$$

$$R_T = R_B + R_C = 200\Omega,$$

$$I_T = \frac{V_{AB}}{R_T} = 0,05A,$$

$$V_{R_B} = \frac{R_B}{R_T} \cdot V_{AB} = 6V,$$

$$V_{R_C} = R_C \cdot I_T = 4V,$$

$$V_{R_C} = V_{CB} = V_{R_5} = V_{R_4},$$

$$I_{R_5} = V_{R_5} / R_5 = 0,04A,$$

$$I_{R_4} = V_{R_4} / R_4 = 0,01A,$$

$$V_{R_B} = V_{AC} = V_{R_A} = V_{R_2},$$

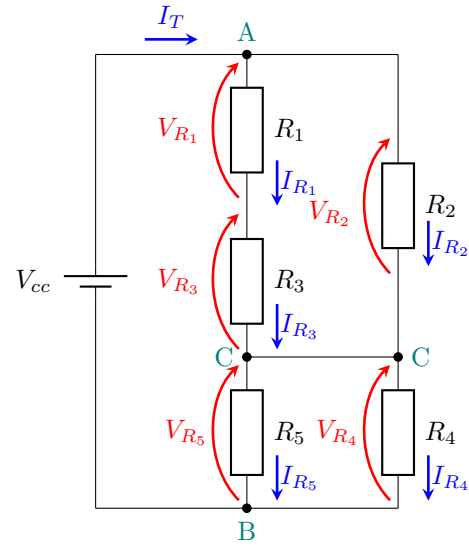
$$I_{R_A} = V_{R_A} / R_A = 0,01A,$$

$$I_{R_2} = V_{R_2} / R_2 = 0,04A,$$

$$I_{R_A} = I_{R_1} = I_{R_3} = 0,01A,$$

$$V_{R_1} = R_1 \cdot I_{R_1} = 3,3V,$$

$$V_{R_3} = R_3 \cdot I_{R_3} = 2,7V.$$



## 6 Atividades

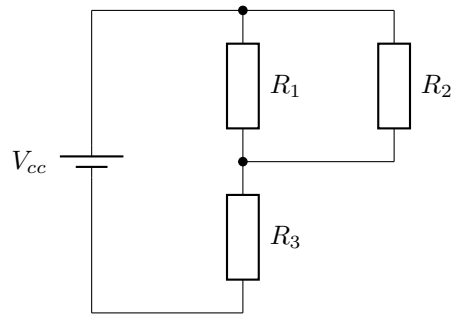
Calcular a intensidade da corrente e a queda de tensão em cada resistor do circuito.

### 6.1 Circuito 1

Dados:

$$V_{CC} = 5V,$$

$$R_1 = 1k2\Omega, R_2 = 300\Omega \text{ e } R_3 = 120\Omega.$$

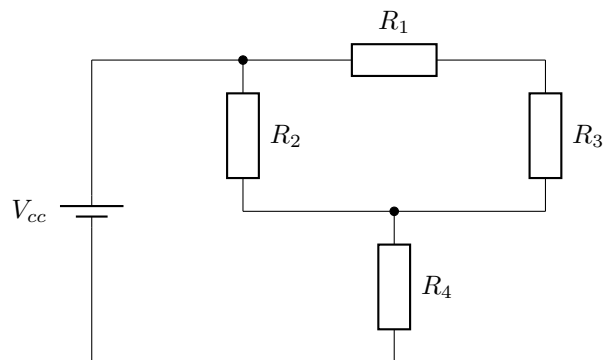


### 6.2 Circuito 2

Dados:  $V_{CC} = 12V$ ,

$$R_1 = 2k7\Omega, R_2 = 24k\Omega,$$

$$R_3 = 3k3\Omega \text{ e } R_4 = 200\Omega.$$



### 6.3 Circuito 3

Dados:  $V_{CC} = 24V$ ,

$R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 100\Omega$ ,

$R_3 = 100\Omega$ ,  $R_4 = 300\Omega$ ,

$R_5 = 200\Omega$ ,  $R_6 = 100\Omega$ , e  $R_7 = 100\Omega$ .

