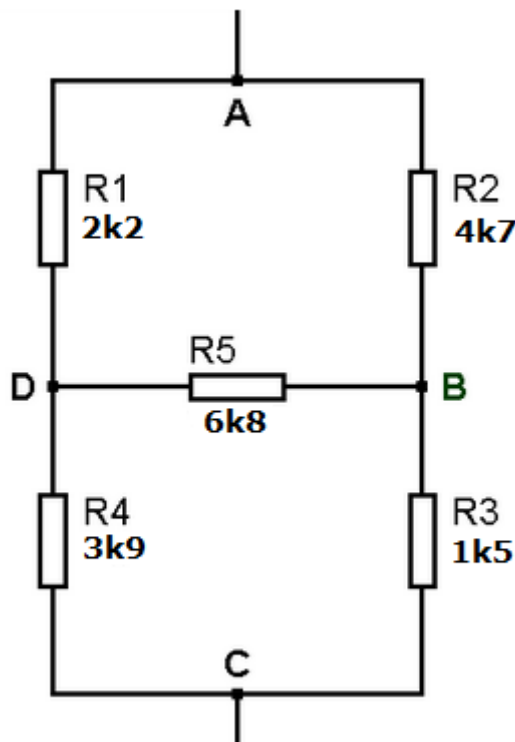


# CIRCUITO TRIÂNGULO-ESTRELA

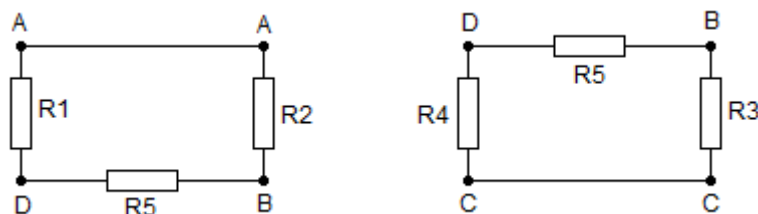
## $\Delta - Y$

É uma técnica usada para simplificar e analisar circuitos eletrônicos, quando os componentes, geralmente resistores, capacitores, indutâncias etc., estão dispostos de tal forma que não estão nem em série e nem em paralelo. Usa-se então essa técnica para o desenvolvimento de cálculos.

Se analisarmos o circuito abaixo, como calcular a resistência equivalente entre os pontos A e C ?



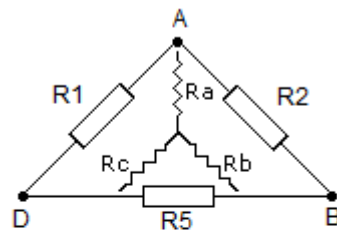
Entre os pontos ABD ou BCD, observamos que temos um formato geométrico que pode ser interpretado como um delta (triângulo):



Observa-se que o resistor R5 é comum entre ABD ou BCD.

Para calcular a resistência equivalente entre os pontos A e C, deverá ser feita a conversão.

Veja a seguir a forma clássica para efetuar a conversão  $\Delta - Y$  :

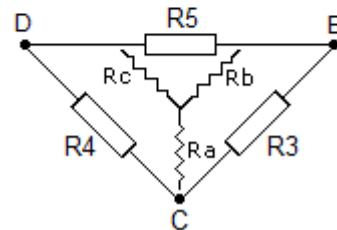


$$R1 + R2 + R5 = \eta$$

$$R_a = (R1.R2) / \eta$$

$$R_b = (R2.R5) / \eta$$

$$R_c = (R1.R5) / \eta$$



$$R3 + R4 + R5 = \eta$$

$$R_a = (R3.R4) / \eta$$

$$R_b = (R3.R5) / \eta$$

$$R_c = (R4.R5) / \eta$$

### CÁLCULO DA RESISTÊNCIA EQUIVALENTE ENTRE OS PONTOS A e C e CORRENTE TOTAL (it)

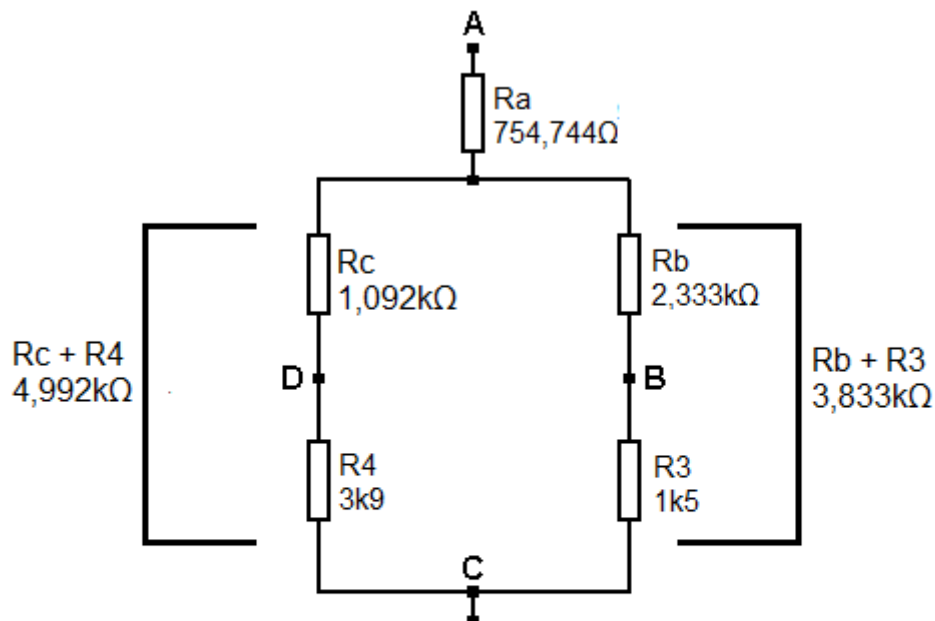
Convertendo os pontos ABD em equivalente estrela ou "Y", temos:

$$\eta = R1 + R2 + R3 = 13,7k\Omega$$

$$R_a = (R1.R2) / \eta = (2k2 \cdot 4k7) / 13,7k\Omega = 754,744\Omega$$

$$R_b = (R2.R5) / \eta = (4k7 \cdot 6k8) / 13,7k\Omega = 2,333k\Omega$$

$$R_c = (R1.R5) / \eta = (2k2 \cdot 6k8) / 13,7k\Omega = 1,092k\Omega$$



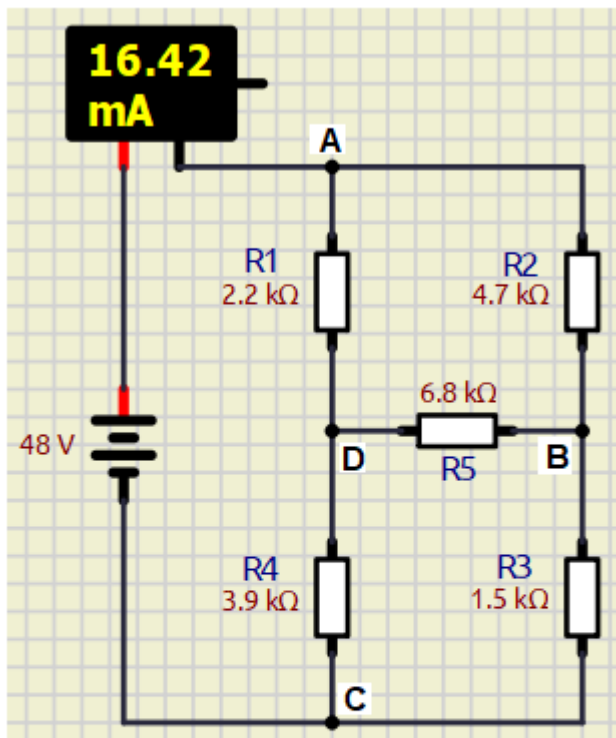
$$(R_c + R_4) // (R_b + R_3) = 2,168k\Omega$$

$$R_{t_{AC}} = R_a + (R_c + R_4) // (R_b + R_3) = 2,168k\Omega + 754,744\Omega = 2,923k\Omega$$

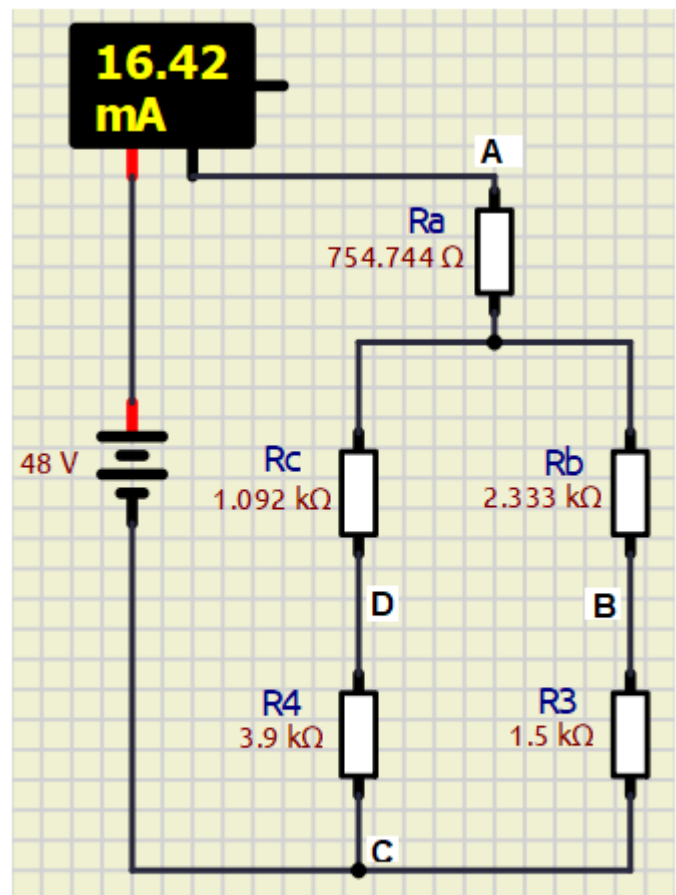
$$\boxed{R_{t_{AC}} = 2,923k\Omega}$$

Calculando a corrente total (it), temos:  $48V / 2,923k\Omega = \mathbf{16,421mA}$

Construindo e analisando o circuito no simulador:



Circuito original



Circuito após a conversão dos pontos ABD em "Y"

Observa-se que o valor da corrente total é o mesmo nas duas simulações, indicando que os cálculos foram processados corretamente.

Comprovando através da simulação que os cálculos estão corretos, podemos então calcular as correntes  $i_1$  e  $i_2$ , aplicando LKT e LKC (Leis de Kirchhoff para tensão e corrente, respectivamente).

**1) queda de tensão em  $R_a$**

$$V_{Ra} = 754,744 \cdot 16,421\text{mA} = 12,394\text{V}$$

**2) tensão nos ramos 1 ( $R_b + R_3$ ) e 2 ( $R_c + R_4$ )**

$$48\text{V} - 12,394\text{V} = 35,606\text{V}$$

**3) corrente no ramo 1 ( $R_b + R_3$ )**

$$35,606\text{V} / 3,833\text{k}\Omega = 9,289\text{mA}$$

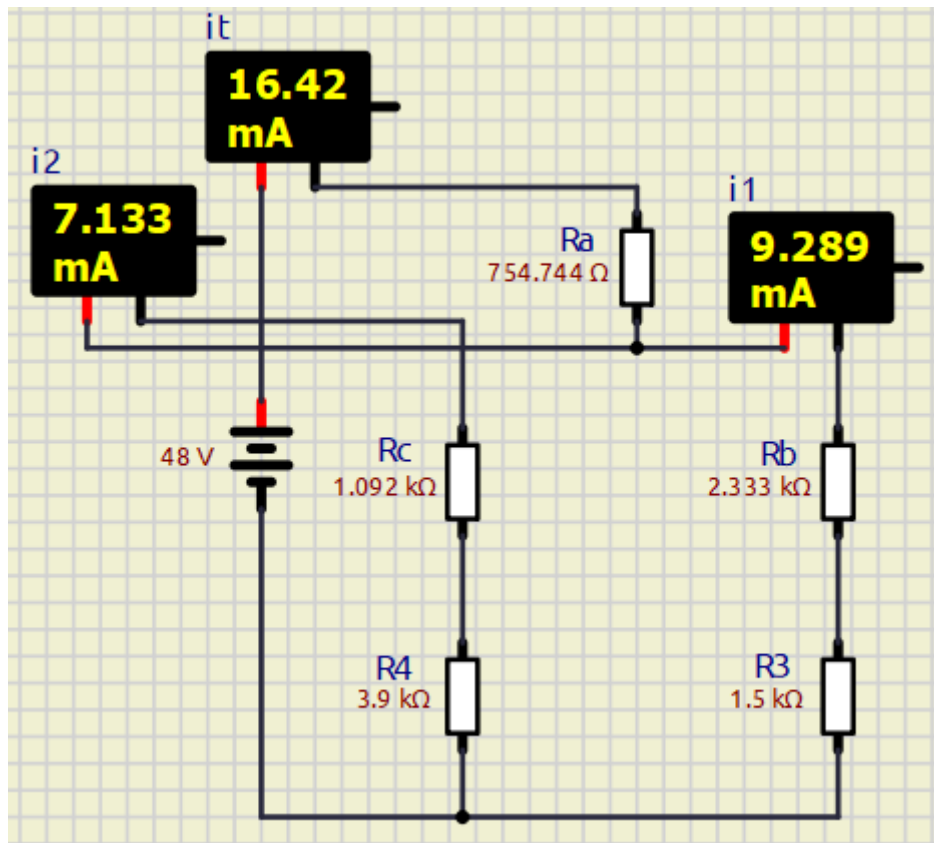
**4) corrente no ramo 2 ( $R_c + R_4$ )**

$$35,606\text{mA} / 4,992\text{k}\Omega = 7,133\text{mA}$$

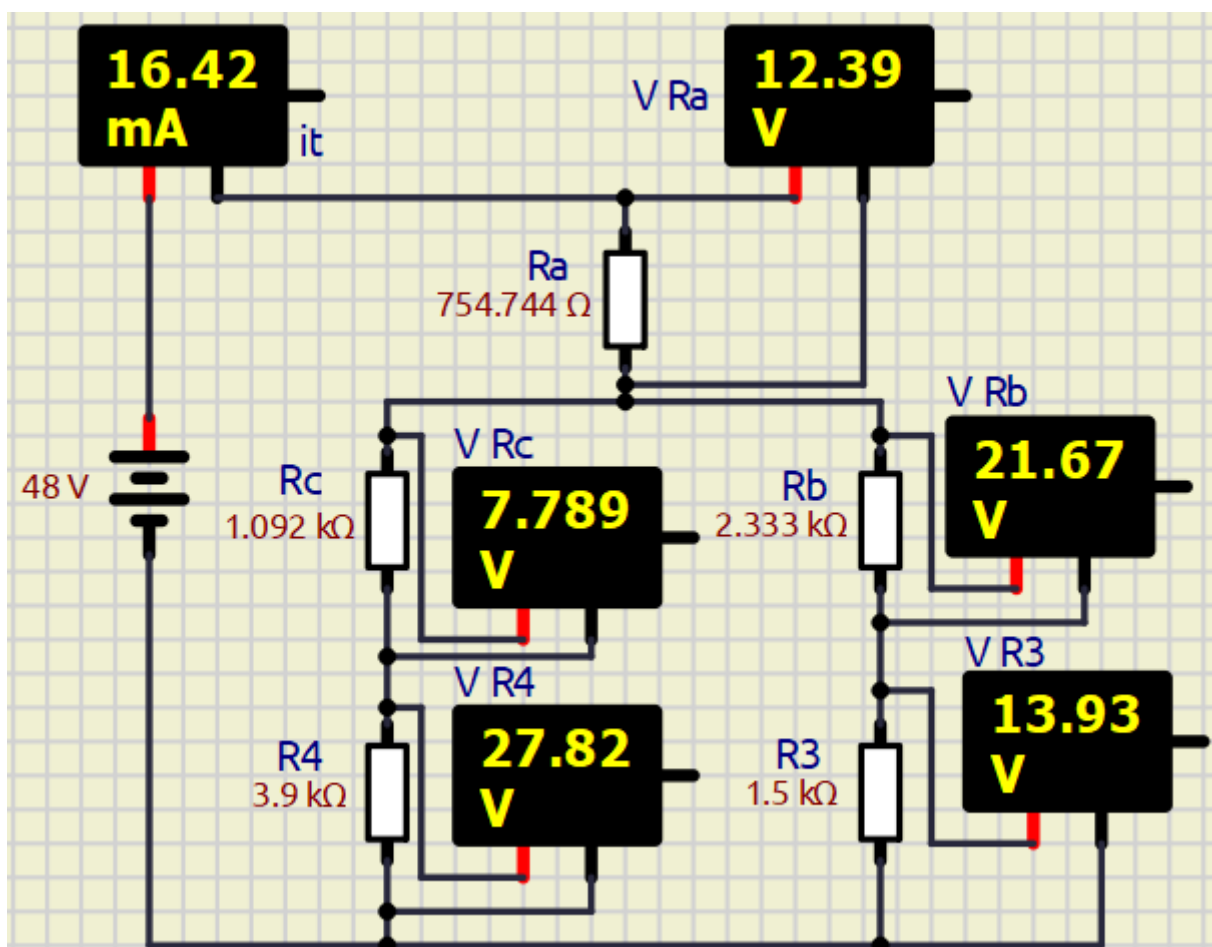
**5) comprovando, aplicando LKC:  $i_1 + i_2 = i_t$**

$$i_t = 9,289\text{mA} + 7,133\text{mA} = \underline{16,422\text{mA}}$$

Abaixo, a simulação para comprovação das correntes  $i_1$  e  $i_2$ :



Comprovação das tensões em cada resistor (veja cálculos em seguida):



### 1) cálculo da tensão em Ra

$$VRa = Ra \cdot i_t = 754,744\Omega \times 16,421\text{mA} = 12,394\text{V}$$

### 2) cálculo da tensão em Rb

$$VRb = Rb \cdot i_1 = 2,333\text{k}\Omega \times 9,289\text{mA} = 21,671\text{V}$$

### 3) cálculo da tensão em R3

$$VR3 = R3 \cdot i_1 = 1,5\text{k}\Omega \times 9,289\text{mA} = 13,933\text{V}$$

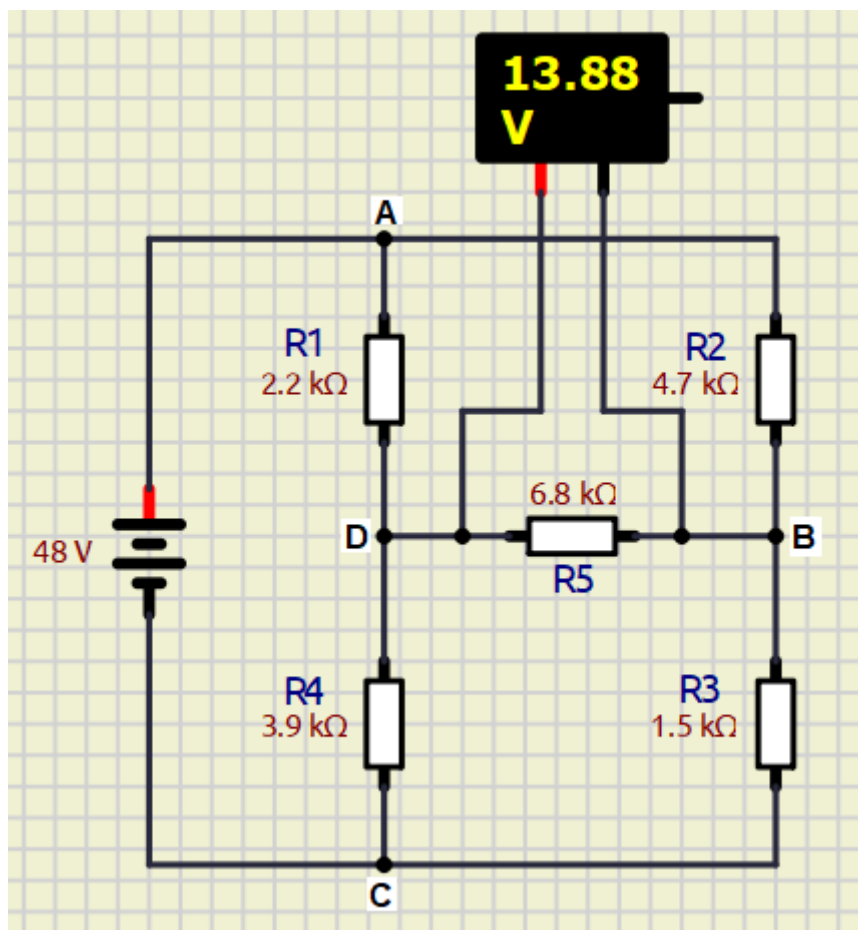
### 4) cálculo da tensão em Rc

$$VRc = Rc \cdot i_2 = 1,092\text{k}\Omega \times 7,133\text{mA} = 7,789\text{V}$$

### 5) cálculo da tensão em R4

$$VR4 = R4 \cdot i_2 = 3,9\text{k}\Omega \times 7,133\text{mA} = 27,818\text{V}$$

Na figura abaixo, temos o resultado da simulação, mostrando a tensão entre os pontos B e D nos extremos de R5



Essa tensão é exatamente a diferença entre as tensões entre os pontos B e C e os pontos D e C.

Mais especificamente, é a diferença entre os potenciais  $V_{BC}$  e  $V_{DC}$ , mais detalhadamente, queda de tensão no resistor R3 e queda de tensão no resistor R4 respectivamente.

$$VR3 = 13,933V$$

$$VR4 = 27,818V$$

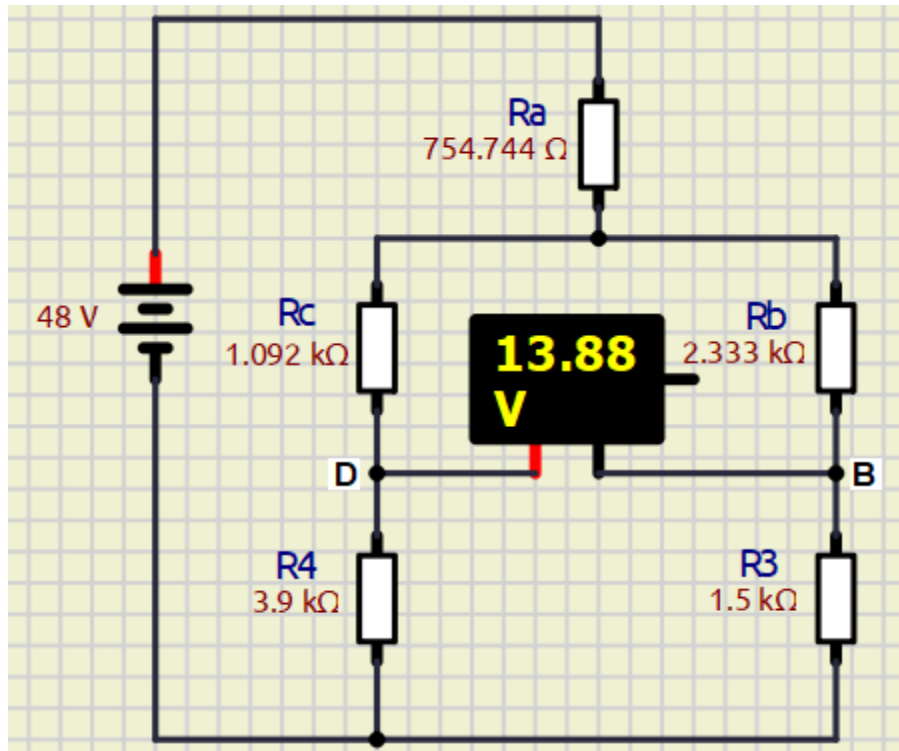
$$VBD = VR4 - VR3 = 27,818V - 13,933V = \underline{13,885V}$$

A diferença entre as tensões em Rb e Rc, deve dar o mesmo resultado:

$$VRb = 21,671V$$

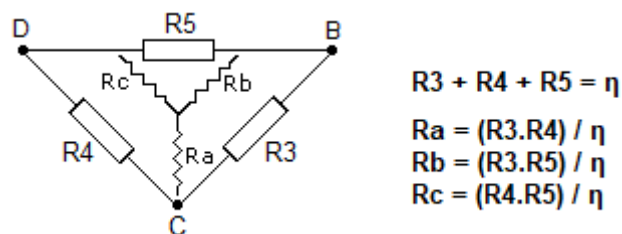
$$VRc = 7,789V$$

$$VBD = VRb - VRc = 21,671V - 7,789V = \underline{13,882V}$$



Para melhor fixação de conceitos, vamos efetuar a conversão para Y (estrela) a partir dos pontos BDC, ou seja: R5, R4 e R3.

O resultado final deve ser o mesmo, bastando para isso construir no simulador o circuito e conferir a tensão entre os pontos B e D.



$$R5 = 6k8$$

$$R3 = 1k5$$

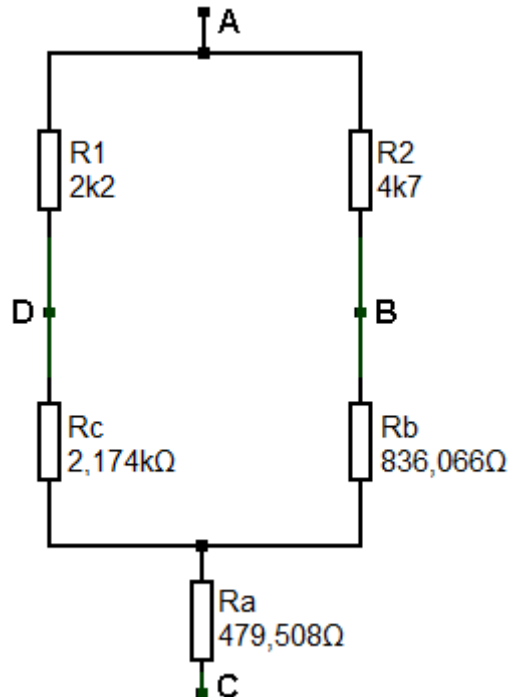
$$R4 = 3k9$$

$$\eta = 12,2k\Omega$$

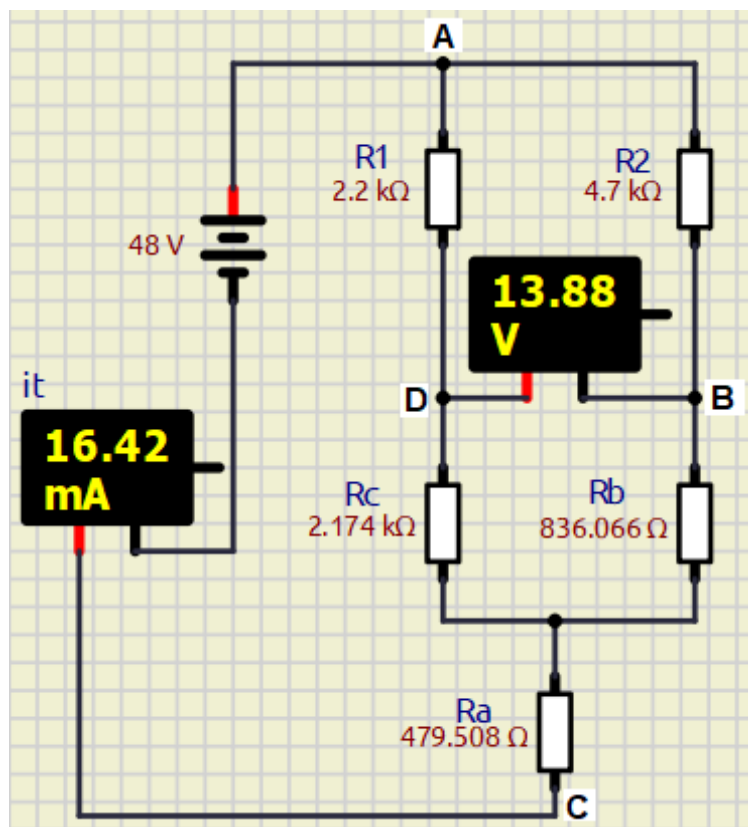
$$Ra = (R3 \cdot R4) / \eta = (1k5 \cdot 3k9) / 12,2k\Omega = 479,508\Omega$$

$$R_b = (R_3 \cdot R_5) / \eta = (1k5 \cdot 6k8) / 12,2k\Omega = 836,066\Omega$$

$$R_c = (R_4 \cdot R_5) / \eta = (6k8 \cdot 3k9) / 12,2k\Omega = 2,174k\Omega$$



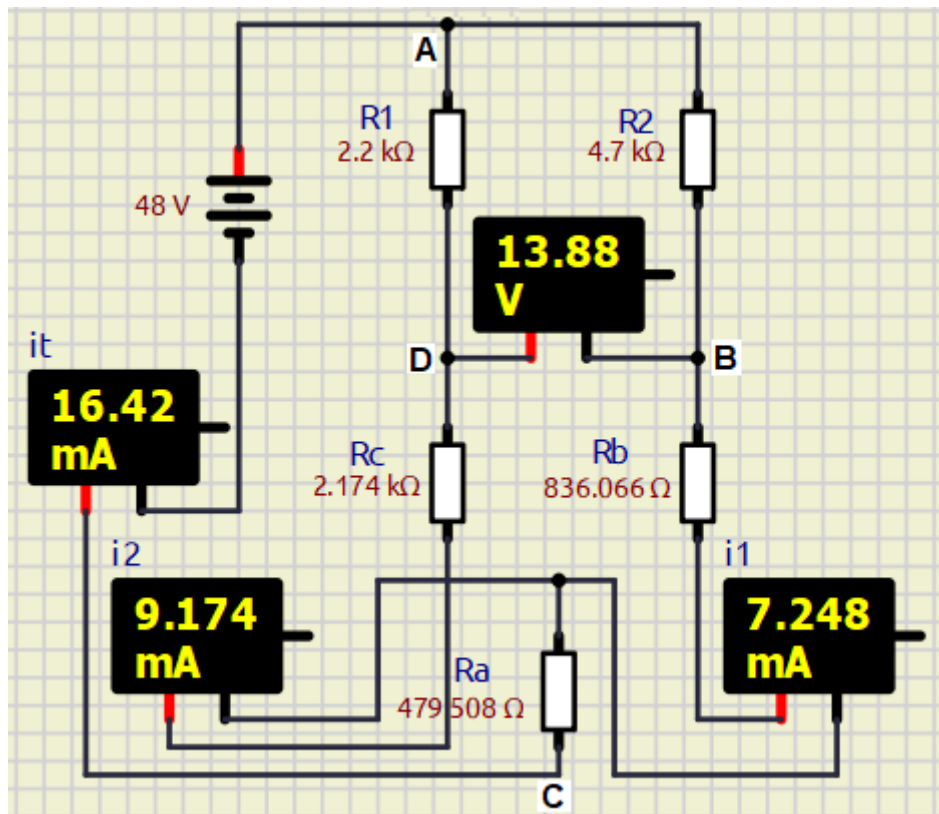
Podemos observar na simulação, que os resultados são idênticos.



Resumindo: optando pela conversão “Y” (estrela) através de ABD ou BCD, os resultados da corrente  $i_t$  e da tensão entre os pontos B e D, devem ser rigorosamente os mesmos.

As correntes  $i_1$  e  $i_2$  sofrerão as alterações, assim como a tensão nos resistores.

**Aplicando LKC:**  $i_t = i_1 + i_2 = 7,248\text{mA} + 9,174\text{mA} = \underline{16,422\text{mA}}$



**Aplicando LKT:**

$$VR_1 + VR_3 + VR_5 = 47,994\text{V}$$

$$VR_2 + VR_4 + VR_5 = 48,004\text{V}$$

