

PRÁTICA LABORATORIAL 03 (parte a)

Observação: Um integrante do grupo deve trazer notebook com o software Ltpice instalado.

- 1) Monte o circuito da Figura 1. Colocar $V_{DC} = 9V$ (ou o que tiver disponível).

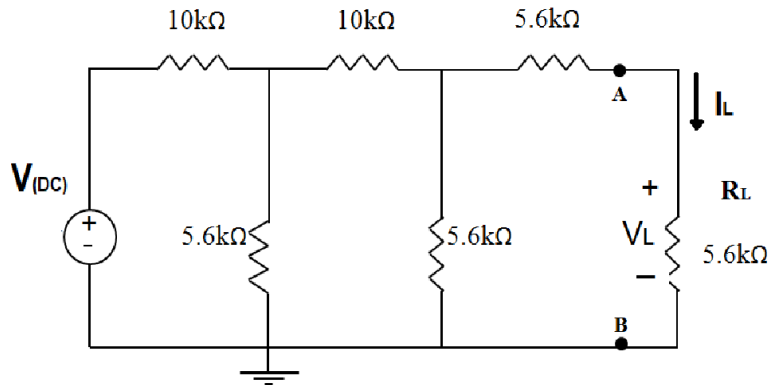


Figura 1: Circuito Preliminar. Corrija com o valor real medido das resistências e da fonte de tensão.

Cálculo Teórico (feito em casa)

- a) Determine o circuito da figura 1 a Tensão e a Corrente numérica na Resistência de R_L
 b) $I_L = 69,458 \mu[A]$; $V_L = 0,390 [V]$

$R_1 = 9991 \Omega$ $R_1 = 9991 \Omega$ $R_2 = 5608 \Omega$
 $R_L = 5606 \Omega$
 V_{DC}
 $R_2 = 5608 \Omega$
 $R_L = 5606 \Omega$
 V_L
 I_L
 I_C
 I_E
 I_F
 I_L
 D
 B
RESISTÊNCIAS EQUIVALENTES
 $FD: R_{FD} = \frac{(R_2 + R_L) \cdot R_2}{(R_2 + R_L) + R_2} = 3738,667 [\Omega]$
 $ED: R_{ED} = \frac{(R_1 + R_{FD}) \cdot R_2}{(R_1 + R_{FD}) + R_2} = 3981,658 [\Omega]$
 $CD: R_{CD} = R_1 + R_{ED} = 13972,658 [\Omega]$
 $V_{CD} = R_{CD} \cdot I_{CD} \Rightarrow 10,14 [V] = 13972,658 [\Omega] \cdot I_{CD}$
 $I_{CD} = 0,726 m[A]$

$$V_{ED} = V_{CB} - R_1 \cdot I_{CD} \Rightarrow V_{ED} = 10,14 - 9991 \cdot 0,726 (10^{-3})$$

$I_{CD} = 0,726$

$$V_{ED} = 2,887 \text{ [V]}$$

$$V_{ED} = R_2 \cdot I_{ED} \Rightarrow 2,887 = 5608 \cdot I_{ED}$$

$$I_{ED} = 0,515 \text{ m[A]}$$

$$I_{CD} = I_{ED} + I_{EF} \Rightarrow 0,726 = 0,515 + I_{EF}$$

$$I_{EF} = 0,211 \text{ m[A]}$$

$$V_{FD} = V_{ED} - R_1 \cdot I_{EF} \Rightarrow V_{FD} = 2,887 - 9991 \cdot 0,211 (10^{-3})$$

$$V_{FD} = 0,779 \text{ [V]}$$

$$V_{FD} = (R_2 + R_L) \cdot I_L \Rightarrow 0,779 = 2 \cdot 5608 \cdot I_L$$

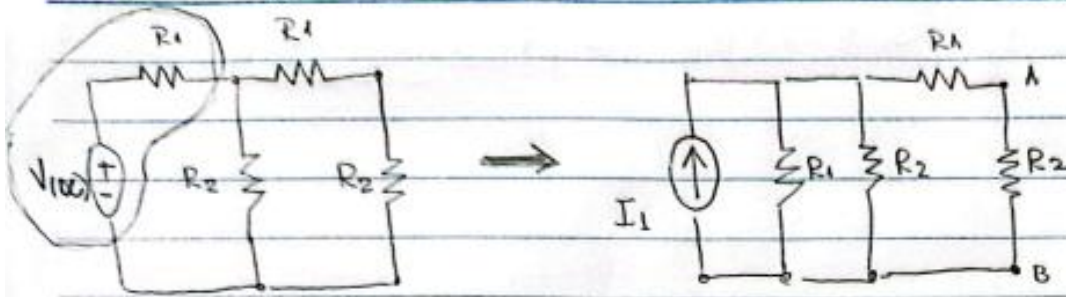
$$I_L = 69,458 \text{ } \mu\text{[A]}$$

$$V_L = R_L \cdot I_L \Rightarrow V_L = 5608 \cdot 69,458 (10^{-6})$$

$$V_L = 0,390 \text{ [V]}$$

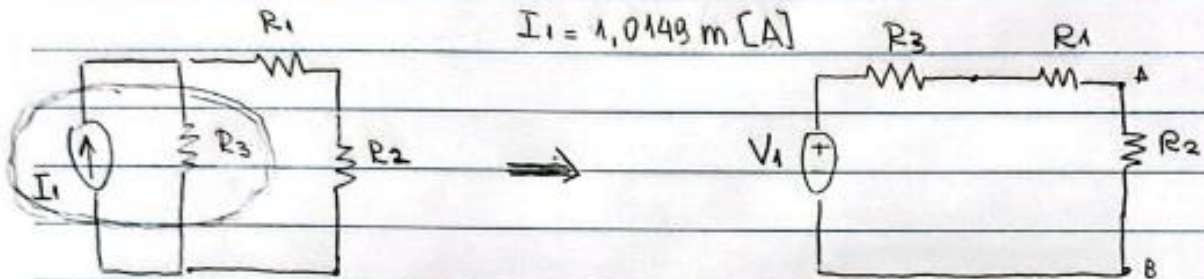
- c) Determine o circuito equivalente de Thévenin teórico entre o ponto A e B (não considere a resistência de carga R_L). $R_{th} = 9577,217 \text{ } \Omega$; $V_{TH} = 1,065 \text{ [V]}$

TEOREMA DE THÉVENIN



$$I_1 = V(oc) / R_1$$

$$I_1 = 1,0148 \text{ m [A]}$$



$$R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 3591,867 [\Omega]$$

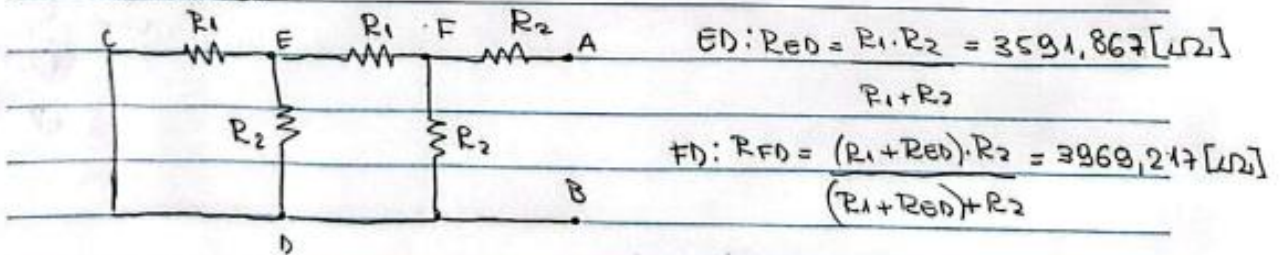
$$V_1 = I_1 \cdot R_2$$

$$V_1 = 3,645 \text{ [V]}$$

$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_3 + R_2 + R_1} \cdot V_1 = \frac{3591,867}{3591,867 + 9991 + 5608} \cdot 3,645$$

► Tensão: $V_{TH} = 1,065 \text{ [V]}$

► resistência:



$$ED: R_{ED} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 3591,867 [\Omega]$$

$$FD: R_{FD} = \frac{(R_1 + R_{ED}) \cdot R_2}{(R_1 + R_{ED}) + R_2} = 3969,217 [\Omega]$$

$$\therefore R_{TH} = R_{FD} + R_2 \Rightarrow R_{TH} = 9577,217 [\Omega]$$

$$I_L = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L} = \frac{1,065}{(9577,217 + 5608)} \Rightarrow I_L = 70,152 \mu[A]$$

$$V_L = R_L \cdot I_L = 5608 \cdot 70,152 \Rightarrow V_L = 0,393 [V]$$

A teoria para o cálculo de Thevenin pode ser visto em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Teorema_de_Th%C3%A9venin

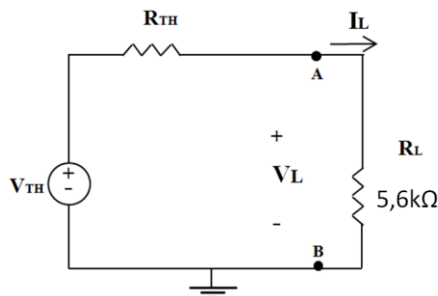


Figura 2: Circuito equivalente de Thévenin

- d) A partir da Figura 2, determine novamente a Tensão e a Corrente na Carga R_L (numérica)
 $I_L = 70,152 \mu[A]$; $V_L = 0,393 [V]$

Pergunta: Os valores de I_L e V_L nos item b e d são iguais? (sim/não)

Os valores não são iguais, porém a diferença entre eles é pequena e isso pode ser atribuído, sobretudo, à propagação de erros.

Parte Experimental:

- e) Medir com os instrumentos a corrente e a tensão na carga R_L a partir do circuito original da figura 1 com valores reais de R e V_{DC} .
 $I_L = 70,9 \mu[A]$; $V_L = 0,394 [V]$

Resumo:

	I_L	V_L
Valores Numérico (item b)	69,458 $\mu[A]$	0,390 [V]
Valores do Thevenin Numérico (item d)	70,152 $\mu[A]$	0,393 [V]
Experimental, Valores reais (item e)	70,9 $\mu[A]$	0,394 [V]

Tabela 1: Comparação entre I_L e V_L

f) Equivalente de Thévenin Experimental

Retirar o ramo AB do circuito da Figura 1 e determinar o valor da tensão de Thévenin (V_{TH}) conforme mostrado na Figura abaixo (V_{AB} do voltímetro é igual a V_{TH}).

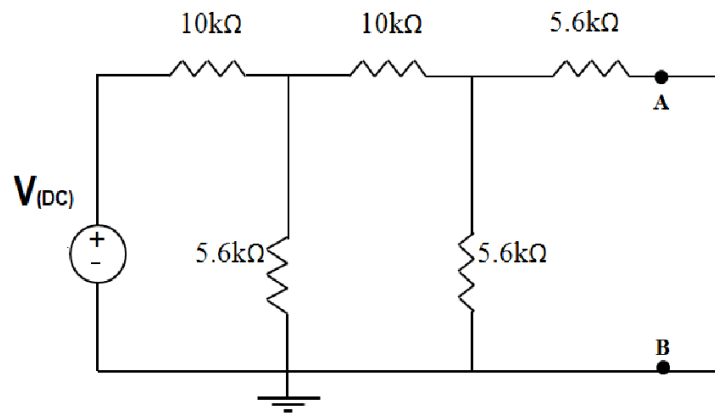


Figura 2: Circuito para a medida da tensão V_{TH} (entre os terminais A e B).

$$V_{TH} = 1,07 \text{ [V]}$$

g) Medir a resistência de Thévenin (R_{TH}) usando o ohmímetro digital entre o ponto A e B.

Para tanto **retire** as terminais da fonte e faça o circuito da figura abaixo.

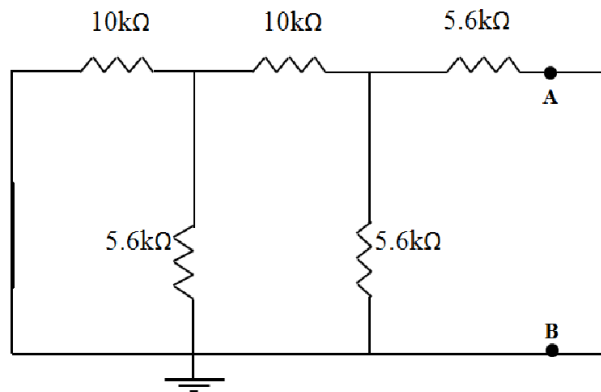


Figura 4: Circuito para o cálculo de R_{th} , onde $R_{th} = V_L / I_L$.

$$R_{TH} = 9418 \text{ [\Omega]}$$

$$I_L = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L} = \frac{1,070}{(9418 + 5608)}$$

$$\therefore I_L = 71,21 \mu\text{[A]}$$

$$V_L = R_L \cdot I_L = 5608 \cdot 71,21 \cdot 10^{-6}$$

$$\therefore V_L = 0,399 \text{ [V]}$$

Teorema de Thévenin Experimental:

$$I_L = 71,21 \mu\text{[A]} ; V_L = 0,399 \text{ [V]}$$

Conclusões:

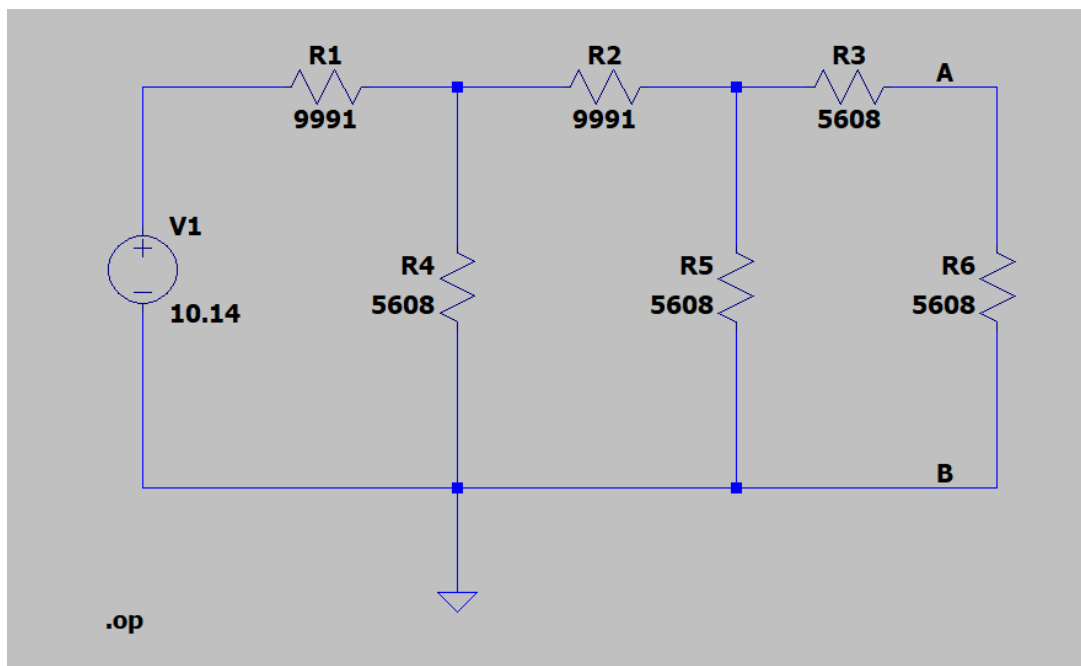
a) A partir da tabela 1, os valores da tensão e corrente na carga ficaram como esperado? (sim, não, justifique).

Sim, os valores foram próximos aos esperados, tendo uma pequena margem de erro associados a eles. Principalmente em relação à corrente, que é medida em micron, observou-se um erro relativamente pequeno, enquanto a tensão obteve mais proximidade entre os resultados experimentais e teóricos.

b) Os valores de a Resistência de Thevenin experimental ficaram próximos dos valores teóricos?

O valor de resistência de Thévenin encontrado numericamente – 9577,217 [Ω] - foi aproximadamente 100 Ω maior do que o medido experimentalmente – 9418 [Ω] - pelo ohmímetro.

- Implemente a Figura 1 no LTSPICE (usando os valores reais da resistência e tensão da fonte) e mostre os valores da tensão e corrente na carga RL.



--- Operating Point ---

V(n001) :	10.14	voltage
V(n002) :	2.8895	voltage
V(n003) :	0.786828	voltage
V(a) :	0.393414	voltage
I(R6) :	7.01523e-005	device_current
I(R5) :	0.000140305	device_current
I(R4) :	0.000515246	device_current
I(R3) :	7.01523e-005	device_current
I(R2) :	0.000210457	device_current
I(R1) :	0.000725703	device_current
I(V1) :	-0.000725703	device_current

Na simulação o valor de tensão que percorre RL, como pode-se perceber por V(a), é o valor de 0,393414 [V], valor que se assemelha ao encontrado experimentalmente no laboratório.

Link para baixar o software:

<https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html#>

Tutoriais de LTSPICE: <https://www.youtube.com/watch?v=rkZ9D3MObj0>