

# Prática de Circuitos Eletrônicos 1

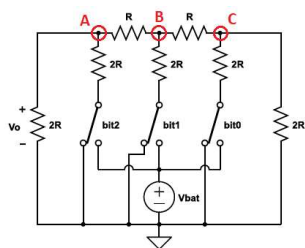
## Tutorial 08

### Análise de Circuitos Resistivos

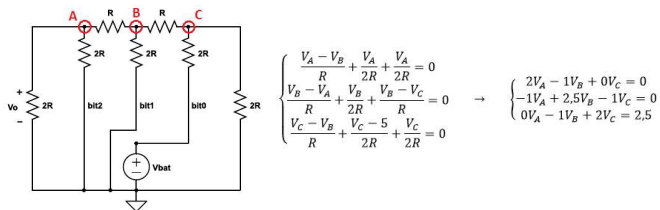
Professor: Marcus Vinicius Chaffim Costa

Tutora: Camila Ferrer

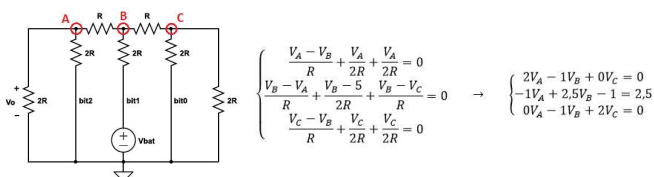
- Por meio de análise teórica do circuito abaixo, encontre o valor da saída  $V_o$  para cada uma das 8 palavras binárias de 3bits possíveis (000 a 111). Para tal, considere  $V_{bat} = 5V$ .



- Para a palavra binária 001, tem-se o seguinte circuito:



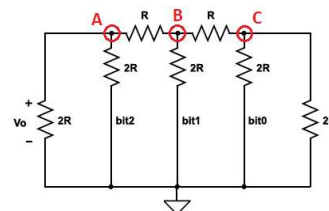
- Para a palavra binária 010, tem-se o seguinte circuito:



- Logo  $V_o = V_{010} = 0,8333V$ .

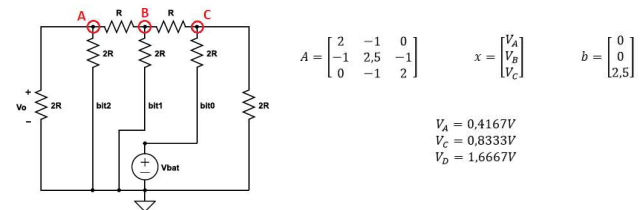
## Conversor D/A

- Ao invés de resolver o circuito oito vezes, resolveu-se apenas para as palavras binárias 000, 001, 010 e 100.
- Para a palavra binária 000, tem-se o seguinte circuito:



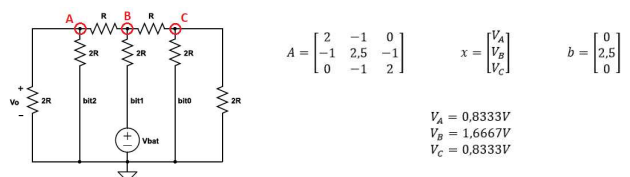
- Logo  $V_o = V_{000} = 0V$ .

- Para a palavra binária 001, tem-se o seguinte circuito:



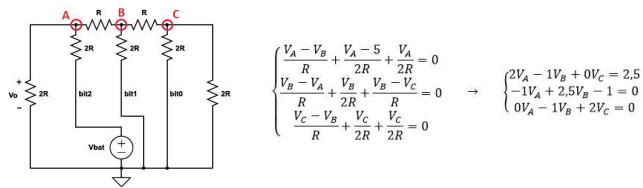
- Logo  $V_o = V_{001} = 0,4167V$ .

- Para a palavra binária 010, tem-se o seguinte circuito:



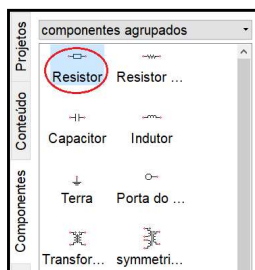
- Logo  $V_o = V_{010} = 0,8333V$ .

- Para a palavra binária 100, tem-se o seguinte circuito:

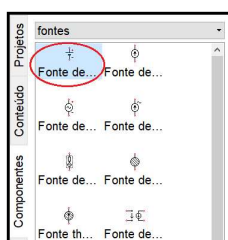


- A seguir, aplicou-se o teorema da superposição para encontrar o resultado para as demais palavras binárias.
- Para a palavra binária 011, tem-se:
 
$$V_{011} = V_{001} + V_{010} = 0,4167 + 0,8333 = 1,25V$$
- Para a palavra binária 101, tem-se:
 
$$V_{101} = V_{001} + V_{100} = 0,4167 + 1,6667 = 2,0834V$$
- Para a palavra binária 110, tem-se:
 
$$V_{110} = V_{010} + V_{100} = 0,8333 + 1,6667 = 2,5V$$
- Para a palavra binária 111, tem-se
 
$$V_{111} = V_{001} + V_{010} + V_{100} = 0,4167 + 0,8333 + 1,6667 = 2,9167V$$

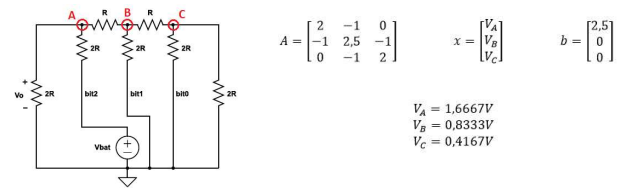
- Na aba Componentes, vá em componentes agrupados e coloque sete resistores no esquemático.



- Copie o circuito sete vezes e na aba *Componentes*, vá em *Fontes* e coloque sete fontes de tensão DC.



- Para a palavra binária 100, tem-se o seguinte circuito:

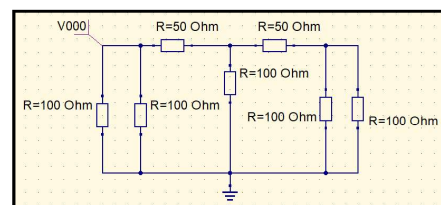


- Logo  $V_o = V_{100} = 1,6667V$ .

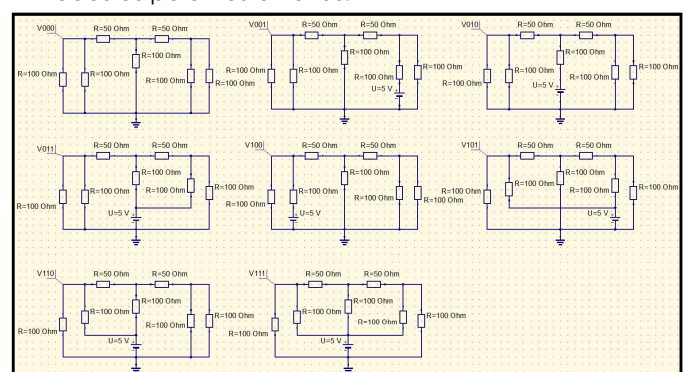
- Abra um novo esquemático.



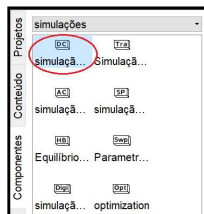
- Conecte os componentes sem esquecer da referência do terra e ajuste seus valores para os pedidos no exercício. Neste caso, assumiu-se  $R=50\Omega$ . Nomeie o nó para medir a tensão  $V_o$ .



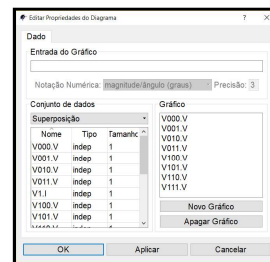
- Ajustou-se as conexões das fontes para que gera-se todas as palavras binárias.



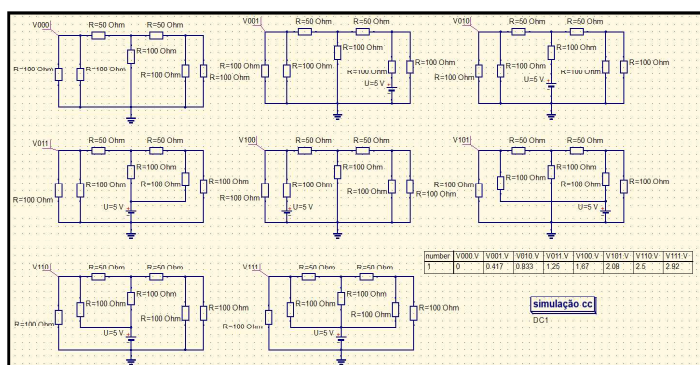
- Coloque a Simulação DC no esquemático, salve e simule.



- Vá em Diagramas e insira uma tabela. Coloque os valores das tensões dos nós.

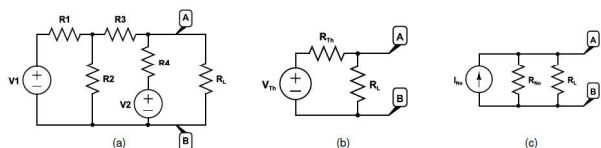


- Assim, verifica-se que para os valores pedidos no exercício.



## Teoremas de Norton e Thévenin

- Para os circuitos da figura abaixo, assuma  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 4,7k\Omega$ ,  $R_3 = R_4 = 1k\Omega$ ,  $V_1 = 3V$  e  $V_2 = 2V$ . Use um resistor de carga  $R_L = 2,2k\Omega$ .



- Encontrando os valores de tensão  $V_{AB}$  e corrente  $i_{AB}$  sobre o resistor de carga para o circuito (a). Calculou-se também a corrente sobre o resistor  $R_3$ .

$$\begin{cases} \frac{V_C - V_1}{R_1} + \frac{V_C}{R_2} + \frac{V_C - V_A}{R_3} = 0 \\ \frac{V_A - V_C}{R_3} + \frac{V_A - V_2}{R_4} + \frac{V_A}{R_L} = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)V_C + \left(\frac{-1}{R_3}\right)V_A = \frac{V_1}{R_1} \\ \left(\frac{-1}{R_3}\right)V_C + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_L}\right)V_A = \frac{V_2}{R_4} \end{cases}$$

- Para resolver o sistema linear  $Ax = b$ , utilizou-se o Octave:

$$A = \begin{bmatrix} 11,213 & -1 \\ -1 & 2,4545 \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} V_C \\ V_A \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 30 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} V_C &= 2,8518V \\ V_A &= 1,9767V \end{aligned} \quad \begin{aligned} i_{R3} &= \frac{V_C - V_A}{R_3} = 0,8751mA \\ i_{AB} &= \frac{V_A}{R_L} = 0,8985mA \end{aligned}$$

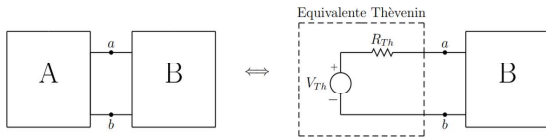
- Obteve-se as expressões de  $V_{Th}$  e  $R_{Th}$  para o circuito equivalente (b).

$$\begin{aligned} \frac{V_A - V_{Th}}{R_{Th}} + \frac{V_A}{R_L} &= 0 \rightarrow \frac{V_A}{R_{Th}} + \frac{V_A}{R_L} = \frac{V_{Th}}{R_{Th}} \\ \frac{(R_{Th} + R_L)V_A}{R_{Th}R_L} &= \frac{V_{Th}}{R_{Th}} \\ V_{Th} &= \frac{(R_{Th} + R_L)V_A}{R_L} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \frac{V_A - V_{Th}}{R_{Th}} + \frac{V_A}{R_L} &= 0 \rightarrow \frac{-V_A + V_{Th}}{R_{Th}} = \frac{V_A}{R_L} \\ R_{Th} &= \frac{(V_{Th} - V_A)R_L}{V_A} \end{aligned}$$

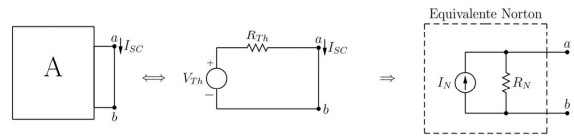
- Obteve-se as expressão de  $I_{No}$  e de  $R_{No}$  para o circuito equivalente (c).

$$\begin{aligned} \frac{V_A}{R_{No}} + \frac{V_A}{R_L} &= I_{No} \\ I_{No} &= \frac{(R_{No} + R_L)V_A}{R_{No}R_L} \\ I_{No} &= \frac{V_{Th}}{R_{Th}} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \frac{V_A}{R_{No}} + \frac{V_A}{R_L} &= I_{No} \rightarrow \frac{V_A}{R_{No}} = I_{No} - \frac{V_A}{R_L} \\ R_{No} &= \frac{V_A R_L}{I_{No} R_L - V_A} \\ R_{No} &= R_{Th} \end{aligned}$$

- Para calcular  $R_{Th}$ , deve-se eliminar todas as fontes independentes (substituindo as fontes de tensão por curtos-circuitos e as fontes de corrente por circuitos abertos) e em seguida determinar a resistência equivalente entre os terminais escolhidos.
- Para calcular  $V_{Th}$ , deve-se determinar a diferença de potencial entre os terminais escolhidos, em aberto (circuito aberto).



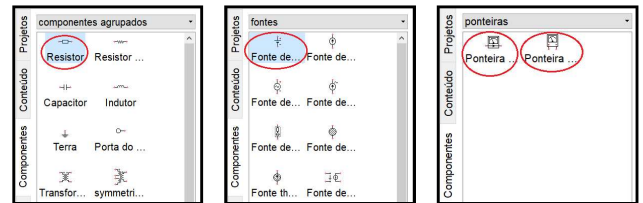
- O teorema de Norton é usado para simplificar uma rede em termos de correntes em vez de tensões. Esse teorema afirma que qualquer rede ligada aos terminais a e b, pode ser substituída por uma única fonte de corrente  $I_N$  em paralelo com uma única resistência  $R_N$  ( $R_{Th} = R_N$ ).



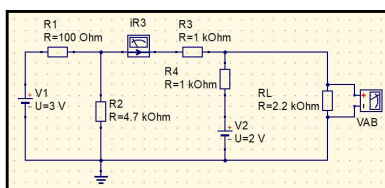
- Abra um novo esquemático.



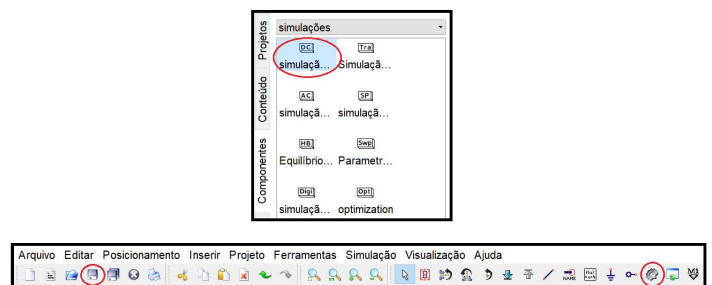
- Na aba Componentes, vá em componentes agrupados e coloque cinco resistores no esquemático. Vá em Fontes e coloque duas fontes de tensão DC. Vá em Ponteiras e coloque uma ponteira de corrente e uma ponteira de tensão.



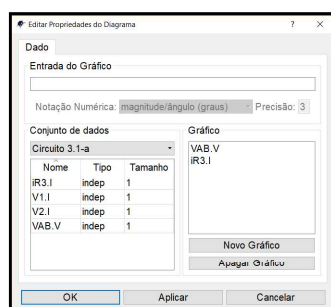
- Conecte os componentes sem esquecer da referência do terra e ajuste seus valores para os pedidos no exercício.



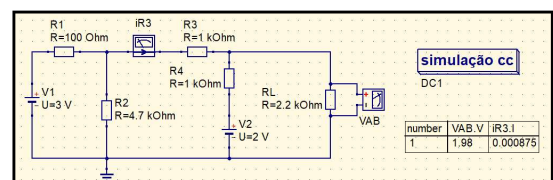
- Coloque a Simulação DC no esquemático, salve e simule.



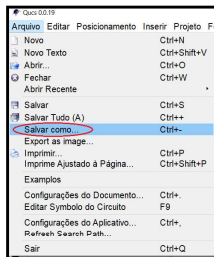
- Vá em Diagramas e insira uma tabela. Coloque o valor da corrente  $i_{R3}$  e da tensão  $V_{AB}$ .



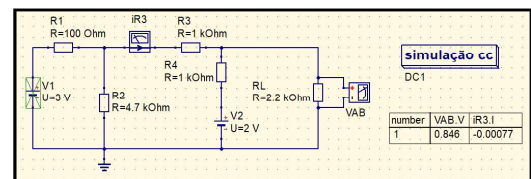
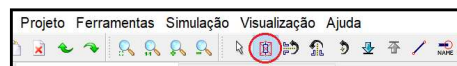
- Assim, verifica-se os valores pedidos no exercício.



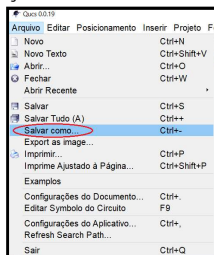
- Coloque  $V_1$  em repouso e, mantendo  $V_2$  ligada, meça a tensão no resistor  $R_L$  e a corrente no resistor  $R_3$ .
- Vá em **Arquivo > Salvar como...** e mude o nome do arquivo para utilizar o esquemático já montado para a próxima simulação.



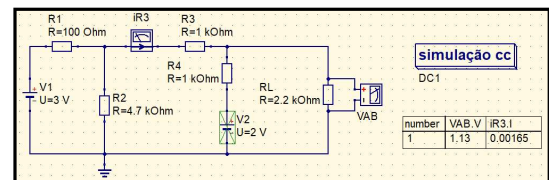
- Desative a fonte  $V_1$  como circuito fechado utilizando a ferramenta *Desativar/Ativar* e clicando duas vezes sobre a fonte, até a marcação ficar verde.



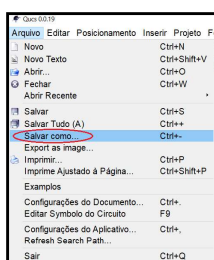
- Agora, coloque  $V_2$  em repouso e, mantendo  $V_1$  ligada, meça a tensão no resistor  $R_L$  e a corrente no resistor  $R_3$ .
- Vá em **Arquivo > Salvar como...** e mude o nome do arquivo para utilizar o esquemático já montado para a próxima simulação.



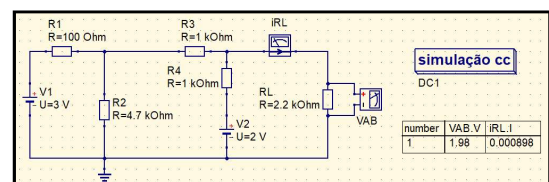
- Ative a fonte  $V_1$  e desative a fonte  $V_2$ . Deixe a fonte  $V_1$  desativa como circuito fechado, utilizando a marcação verde.



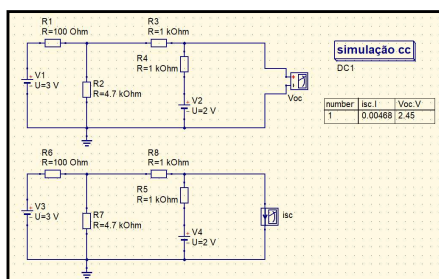
- Mediu-se a tensão entre os terminais A e B, bem como a corrente na carga  $R_L$ .
- Vá em **Arquivo > Salvar como...** e mude o nome do arquivo para utilizar o esquemático já montado para a próxima simulação.



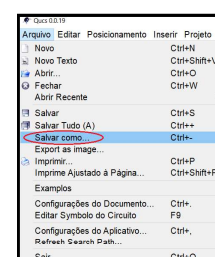
- Ative a fonte  $V_2$  e insira uma ponteira de corrente para medir  $i_{RL}$ .



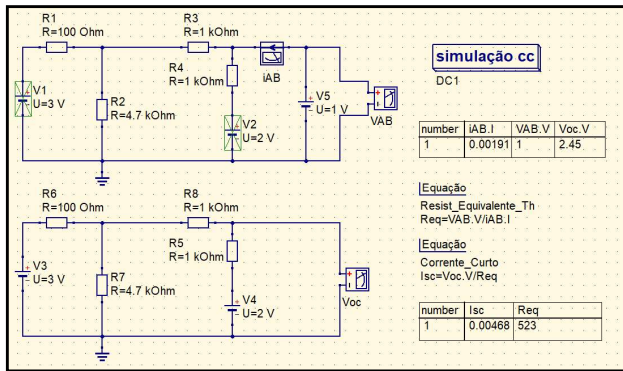
- Encontre a tensão de circuito aberto  $V_{oc}$  para o circuito. Para isso remova a carga e meça a tensão entre os pontos A e B. A seguir, meça a corrente de curto-circuito  $i_{sc}$ .



- Calcule a corrente de curto-circuito esperada a partir de  $V_{oc}$  e  $R_{eq}$ .
- Vá em **Arquivo > Salvar como...** e mude o nome do arquivo para utilizar o esquemático já montado para a próxima simulação.







- Montou-se o circuito equivalente de Thévenin utilizando uma fonte de tensão em série com um resistor  $R_{Th}$  e o resistor de carga. Ajustou-se a fonte de acordo com a tensão de Thévenin medida e o resistor  $R_{Th}$  de acordo com a resistência equivalente medida.
- Montou-se o circuito equivalente de Norton utilizando uma fonte de corrente em paralelo com um resistor  $R_{No}$  e o resistor de carga. Ajustou-se a fonte de acordo com a corrente de Norton medida e o resistor  $R_{No}$  de acordo com a resistência equivalente medida.
- Vá em Arquivo > Salvar como... e mude o nome do arquivo para utilizar o esquemático já montado para a próxima simulação.

