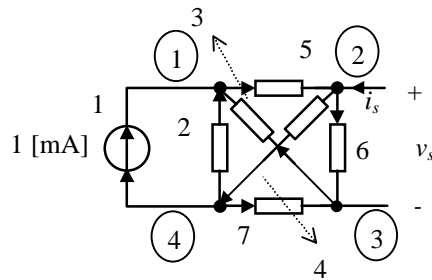
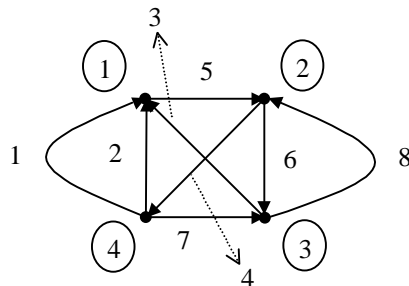


Solução do exercício 10 - Capítulo 2

Após rotular nós e ramos do circuito, além de mudar os "nomes" de i e v para i_s e v_s (por conveniência), obtém-se:



O dígrafo associado é



Como o objetivo é determinar os equivalentes de Thévenin e Norton do circuito, foi incluído um oitavo ramo, que representa o que (externamente) estaria ligado ao circuito. Conforme a convenção adotada, tem-se $i_8 = i_s$, e $v_8 = -v_s$. Para o equacionamento do circuito precisam ser consideradas as equações oriundas da LKC e LKT, bem como a definição dos elementos de circuitos dos ramos. Assim é conveniente determinar a matriz de incidência:

$$A_a = \begin{matrix} \text{ramos} \rightarrow & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \text{nó 1} & -1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \text{nó 2} & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & -1 \\ \text{nó 3} & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 \\ \text{nó 4} & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{matrix} \quad \rightarrow \quad A$$

As duas equações das Leis de Kirchhoff são:

$$A_i = 0$$

$$A^T e - v = 0$$

As equações relativas aos ramos são:

$$v_j = 1[\Omega] i_j, \quad j = 2, \dots, 7$$

$$i_1 = 1[\text{mA}]$$

Estas equações são convenientemente escritas na forma matricial:

$$\begin{bmatrix} -I_{8 \times 8} & A^T & 0_{8 \times 8} \\ M & 0_{6 \times 3} & -M \\ 0_{1 \times 8} & 0_{1 \times 3} & N \\ 0_{3 \times 8} & 0_{3 \times 3} & A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ e \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0_{8 \times 1} \\ 0_{6 \times 1} \\ 10^{-3} \\ 0_{3 \times 1} \end{bmatrix}$$

Com

$$M = \begin{bmatrix} 0_{6 \times 1} & I_{6 \times 6} & 0_{6 \times 1} \end{bmatrix} \quad N = \begin{bmatrix} 1 & 0_{1 \times 7} \end{bmatrix}$$

Separando a última coluna de T , ou seja particionando-se esta matriz da forma $T = [T_{1-7} \ t_8]$ e o vetor $i = [i_{1-7} \ i_8]^T$, pode-se reescrever a equação acima como:

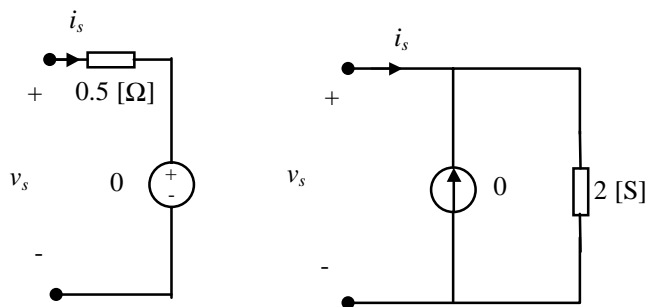
$$T_{1-7} \begin{bmatrix} v \\ e \\ i_{1-7} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0_{8 \times 1} \\ 0_{6 \times 1} \\ 10^{-3} \\ 0_{3 \times 1} \end{bmatrix} - t_8 i_8$$

A descrição do equivalente de Thevenin é, portanto, dada pela oitava equação do conjunto:

$$\begin{bmatrix} v \\ e \\ i_{1-7} \end{bmatrix} = T_{1-7}^{-1} \begin{bmatrix} 0_{8 \times 1} \\ 0_{6 \times 1} \\ 10^{-3} \\ 0_{3 \times 1} \end{bmatrix} - T_{1-7}^{-1} t_8 i_8$$

ou seja $v_8 = -0.5i_8$, o que corresponde a $v_s = 0.5i_s$. (Para o cálculo dos coeficientes relevantes desta equação com matrizes, é conveniente usar uma ferramenta computacional apropriada, como por exemplo o software MATLAB®. As instruções para a solução deste exercício neste software são dadas ao final desta solução.)

Os diagrama dos circuitos equivalentes de Thevenin e Norton são respectivamente:



As instruções para a solução deste exercício em MATLAB ® são as seguintes:

```
%
% Matriz de incidencia reduzida
%
A=[-1 -1 -1 0 1 0 0 0;
    0 0 0 1 -1 1 0 -1;
    0 0 1 0 0 -1 -1 1];

%
% Outras matrizes
%
M=[zeros(6,1) eye(6) zeros(6,1)];
N=[1 zeros(1,7)];
T=[-eye(8) A' zeros(8,8);
    M zeros(6,3) -M;
    zeros(1,8) zeros(1,3) N;
    zeros(3,8) zeros(3,3) A];
T17=T(:,1:18);
t8=T(:,19);

%
% Calculo do valor da fonte do equivalente de Thevenin
%
f=T17\[zeros(8,1);zeros(6,1);0.001;zeros(3,1)];
display('Valor da fonte do equivalente de Thevenin');
disp(f(8));

%
% Calculo do resistor do equivalente de Thevenin
%
disp('Valor do resistor do equivalente de Thevenin');
g=T17\t8;
disp(g(8))
```