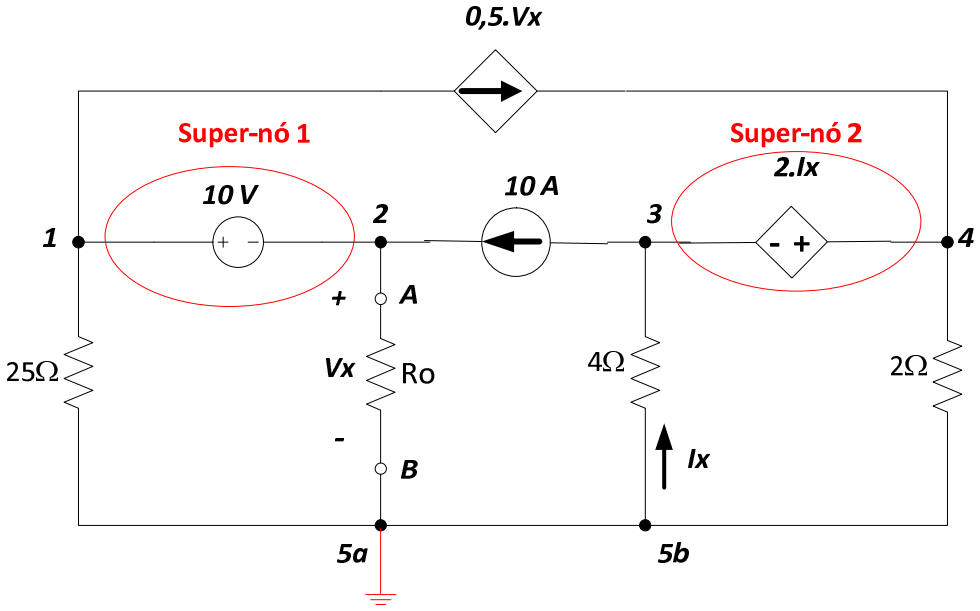
1. (2,5) Resolução:

Podemos ver, pela figura, que há 5 nós essenciais, e portanto necessitar-se-ia de (5-1=4) tensões nodais para se resolver o circuito. Se escolhermos o nó 5 (5a e 5b é um nó único) como sendo o nó de referência e observando que os nós 1 e 2, e 3 e 4 formam dois super-nós, temos que para solucionar o circuito bastam duas equações escritas em função de duas tensões nodais, além de se escrever as variáveis das fontes dependentes em função das duas tensões nodais desconhecidas. Escolhendo as tensões nodais V2 e V3 (tensões dos nós 2 e 3 em relação ao nó de referência 5), aplica-se a LKC nos dois super-nós conforme abaixo:



Super-nó 1: $-10+\frac{V2}{Ro}+\frac{V2+10}{25}+0{,}5Vx=0$, mas

$$Vx=V2\Rightarrow V2\left(\frac{1}{Ro}+\frac{1}{25}+0{,}5\right)=10-\frac{10}{25}\Rightarrow\left(\frac{1}{Ro}+0{,}54\right)V2=9{,}6$$

Super-nó 2: $10+\frac{V3}{4}-0{,}5Vx+\frac{V3+2Ix}{2}=0$

mas $Vx=V2$ e $Ix=\frac{-V3}{4}\Rightarrow -0{,}5.V2+V3\left(\frac{1}{4}+\frac{1}{2}-\frac{1}{4}\right)=-10$

e, portanto: $-0{,}5V2+0{,}5V3=-10$

Logo, a equação matricial nodal será dada por: $\begin{bmatrix}\left(\frac{1}{Ro}+0{,}54\right) & 0\\ -0{,}5 & 0{,}5\end{bmatrix}\bullet\begin{bmatrix}V2\\V3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}9{,}6\\-10\end{bmatrix}$

2. (2,5) Resolução:

Para que se tenha a máxima potência transferida para Ro, o restante do circuito deve ter uma resistência equivalente de Thevenin (ou Norton) igual ao valor de Ro. Sendo assim devemos determinar o circuito equivalente de Thevenin, vistos dos terminais AB do circuito (retirando-se Ro).

Vamos determinar o circuito equivalente de Thevenin determinando-se primeiramente a tensão de circuito aberto, vista dos terminais AB:

Considerar os terminais AB abertos, é equivalente a se fazer Ro infinita. Sendo assim, e usando o resultado do primeiro problemas temos:

$$\left(\frac{1}{Ro}+0{,}54\right).V2_{ca}=9{,}6 \quad \text{com} \quad Ro\to\infty,$$

Logo $V2_{ca}=V_{ABca}=V_{TH}=17{,}8V$

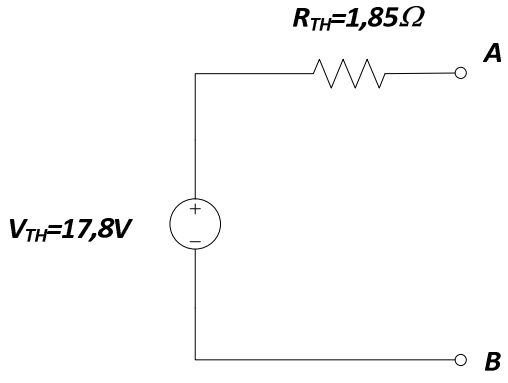
Determinação da corrente de curto-circuito de A para B I_{ABcc}:

Se AB está em curto-circuito, então: $V_{ABcc}=V2_{cc}=Vx=0$

Portanto, por inspeção do circuito vemos que: $I_{ABcc}=10-\frac{10}{25}=9{,}6A$

Então, a resistência de Thevenin será: $R_{TH}=\frac{V_{TH}}{I_{ABcc}}=\frac{17{,}8}{9{,}6}=1{,}85\Omega$

O circuito equivalente de Thevenin visto de AB é mostrado na figura abaixo:

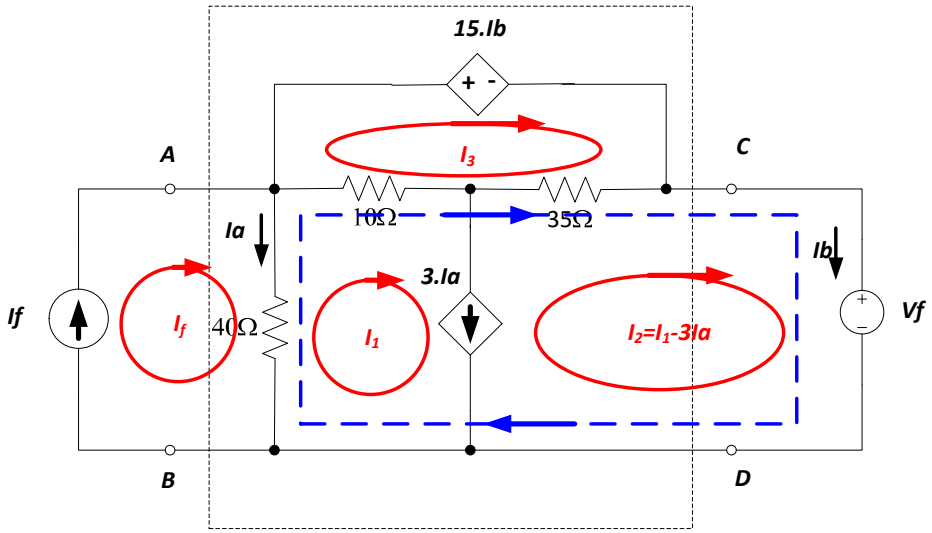


Para se ter a máxima potência transferida $Ro=R_{TH}=1{,}85\ \Omega$

E a máxima potência transferida para Ro será: $P_{\max}=\frac{V_{TH}^2}{4Ro}=\frac{17{,}8^2}{4.1{,}85}=42{,}8W$

3. (2,5) Resolução:

Podemos ver pelo diagrama do circuito, que o mesmo possui 7 ramos essenciais e 4 nós essenciais. Portanto, o número de malhas para se resolver o circuito será 7-(4-1) = 4. Mas, se escolhermos as malhas definidas conforme pode ser visto na figura, podemos observar que a corrente da malha da esquerda I_f é conhecida e as malhas das correntes I_1 e I_2 formam uma super-malha (linha tracejada). Logo, precisamos apenas de duas equações para resolver o problema através da aplição da LKT na malha superior (referente à corrente de malha I_4) e na super-malha, além de se escrever as variáveis das fontes dependentes em função das correntes de malha.



a. Variáveis dependentes em função das correntes de malha:

$$Ia = I_f - I_1 \quad \text{e} \quad Ib = I_2 = I_1 - 3I_a = 4I_1 - 3I_f$$

b. Malha superior (referente à corrente de malha I_3:

$$15I_b + 35(I_3 - I_2) + 10(I_3 - I_1) = 0$$

Substituindo *Ib* e I_2:

$$15(4I_1 - 3I_f) + 35I_3 - 35(4I_1 - 3I_f) + 10I_3 - 10I_1 = 0 \Rightarrow -90I_1 + 45I_3 = 150I_f$$

c. Super-malha

$$V_f + 40(I_1 - I_f) + 10(I_1 - I_3) + 35(I_2 - I_3) = 0$$

Substituindo I_2:

$$V_f + 40I_1 - 40I_f + 10I_1 - 10I_3 + 35(4I_1 - 3I_f) - 35I_3 = 0 \Rightarrow 190I_1 - 45I_3 = -V_f + 145I_f$$

Logo, a equação matricial de malha será: $\begin{bmatrix} -90 & 45 \\ 190 & -45 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} I_1 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 150I_f \\ -V_f + 145I_f \end{bmatrix}$

4. **(2,5) Resolução:** O modelo Híbrido do quadripolo é dado pela equação matricial abaixo, onde V_{q1}, I_{q1} são as variáveis de entrada e V_{q2}, I_{q2} são as variáveis de saída conforme mostrado na figura abaixo:

$$\begin{bmatrix} V_{q1} \\ I_{q2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} I_{q1} \\ V_{q2} \end{bmatrix}$$

a) Associando as variáveis de entrada e saída do quadripolo com as equações de malha obtidas no problema 3, temos:

V_{q1} =40.Ia=40.(I_f-I_1); I_{q1}=I_f; V_{q2}=V_f e I_{q2}=-Ib=-(4I_1-3I_f)

Pelas relações acima, podemos perceber que todas as variáveis de entrada e saída do quadripolo podem ser escritas em função da corrente de malha *I_1do problema 3.*

Utilizando a equação de malha obtida no problema 3 temos que:

$$\left.\begin{aligned} -90I_1 + 45I_3 &= 150I_f \\ 190I_1 - 45I_3 &= -V_f + 145I_f \end{aligned}\right\} \Rightarrow I_1 = -0{,}1V_f + 190I_f$$

Para determinarmos *h_{11} e h_{21}* faz-se V_{q2}=V_f =0, e I_{q1}=I_f

Logo, $\begin{cases} I_1 = 190I_{q1} \\ V_{q1} = 40\left(I_{q1} - I_1\right) = -7{,}65k.I_{q1} \\ I_{q2} = -\left(4I_1 - 3I_{q1}\right) = -757I_{q1} \end{cases}$

Portanto, $h_{11} = \left.\dfrac{V_{q1}}{I_{q1}}\right|_{V_{q2}=0} = -7{,}65k\Omega$ e $h_{21} = \left.\dfrac{I_{q2}}{I_{q1}}\right|_{V_{q2}=0} = -757\ \text{A/A}$

Para determinarmos *h_{12} e h_{22}* faz-se I_{q1}=I_f= 0, e V_{q2}=V_f

Logo, $\begin{cases} I_1 = -0{,}1V_{q2} \\ V_{q1} = 40\left(I_{q1} - I_1\right) = 4V_{q2} \\ I_{q2} = -\left(4I_1 - 3I_{q1}\right) = 0{,}4V_{q2} \end{cases}$

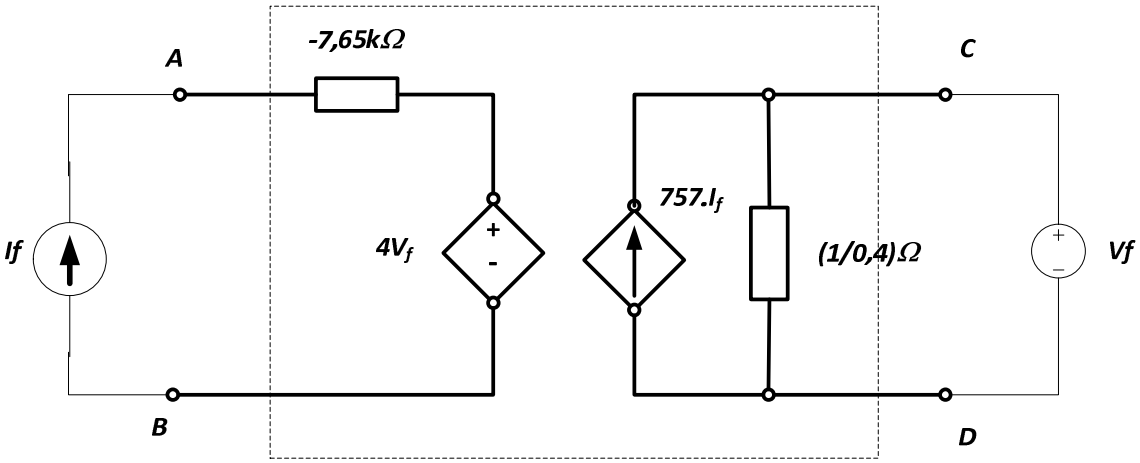
Portanto, $h_{12} = \left.\dfrac{V_{q1}}{V_{q2}}\right|_{I_{q1}=0} = 4 \text{ V/V}$ e $h_{22} = \left.\dfrac{I_{q2}}{V_{q2}}\right|_{I_{q1}=0} = 0{,}4 \text{ S}$

Logo, a matriz [H] do quadripolo é dada por:

$$[H] = \begin{bmatrix} -7{,}65k & 4 \\ -757 & 0{,}4 \end{bmatrix}$$

b) Pela equação matricial do quadripolo podemos escrever:

$$V_{q1} = h_{11}I_{q1} + h_{12}V_{q2} = -7{,}65k.I_{q1} + 4I_{q2}$$
$$I_{q2} = h_{21}I_{q1} + h_{22}V_{q2} = -757I_{q1} + 0{,}4V_{q2}$$

Podemos associar a primeira equação a dois elementos em série, segundo a LKT, e a segunda equação a dois elementos em paralelo, segundo a LKC.

Sendo assim podemos substituir o circuito do problema 3 pelo circuito da figura abaixo: