ELT221 - Circuitos Elétricos II

Prof. Tarcísio Pizziolo

Aula 3

3) Quadripolos

É uma generalização de circuitos que contém dois acessos, um par de terminais de entrada e outro de saída.

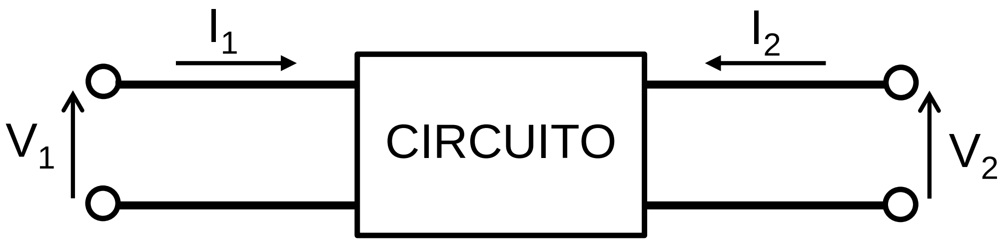
Premissas:

1) Não pode haver nenhuma energia armazenada no circuito.

2) Não pode haver fontes independentes no circuito, embora fontes dependentes sejam permitidas.

3) A corrente que entra em um dos terminais de uma porta tem que ser igual à corrente que deixa o outro terminal da mesma porta.

4) Todas as ligações externas devem ser feitas à porta de entrada ou à porta de saída.



Quadripolo Genérico

Parâmetros do Quadriplo

- Parâmetros de Impedância (**Z**)
- Parâmetros de Admitância (**Y**)
- Parâmetros Híbridos (**h** e **g**)
- Parâmetros de Transmissão (**T** - **ABCD**)
- Relações entre parâmetros (**Tabela de Conversão**)

3.1) Determinação dos Parâmetros dos Quadripolos

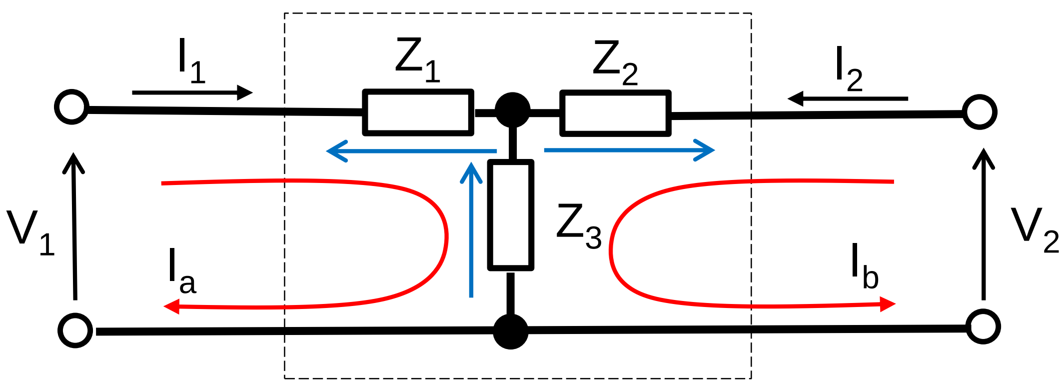
a) Parâmetros de Impedâncias Z's

Modelo T (Malhas)

- Para I_1 e I_2 como entradas e V_1 e V_2 como saídas => **Análise de Malhas** => Parâmetros de Impedâncias **Z**'s.

$$V_1 = f(I_1, I_2) \text{ e } V_2 = f(I_1, I_2)$$

Circuito Equivalente:



Aplicando a LKT:

$$\begin{cases} V_1 = Z_1 I_a + Z_3(I_a + I_b) \\ V_2 = Z_2 I_b + Z_3(I_a + I_b) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = (Z_1 + Z_3) I_a + Z_3 I_b \\ V_2 = Z_3 I_a + (Z_2 + Z_3) I_b \end{cases}$$

Para $\mathbf{I_a = I_1}$ e $\mathbf{I_b = I_2}$:

$$\begin{bmatrix} (Z_1 + Z_3) & Z_3 \\ Z_3 & (Z_2 + Z_3) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

Denomina-se:
$$\begin{cases} Z_{11} = (Z_1 + Z_3) \\ Z_{12} = (Z_3) \\ Z_{21} = (Z_3) \\ Z_{22} = (Z_2 + Z_3) \end{cases}$$

Então:

$$\begin{cases} V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 \\ V_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \end{cases}$$

Para determinar os parâmetros de admitância ***Y***’s nesta configuração deve-se fazer:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \text{ mas } \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix};$$

$$\text{Considerando que } \underbrace{\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}}_{Y} = \underbrace{\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}^{-1}}_{Z^{-1}}$$

Onde:

$$Y_{11} = \frac{Z_{22}}{\Delta_Z} \quad ; \quad Y_{12} = -\frac{Z_{12}}{\Delta_Z} \quad ; \quad Y_{21} = -\frac{Z_{21}}{\Delta_Z} \quad \text{e} \quad Y_{22} = \frac{Z_{11}}{\Delta_Z}$$

$$(*) \quad Z^{-1} = \frac{1}{\det[Z]} \text{Adj}[Z] \quad \text{e} \quad \text{Adj}[Z] = [\text{cofatores } Z]^t$$

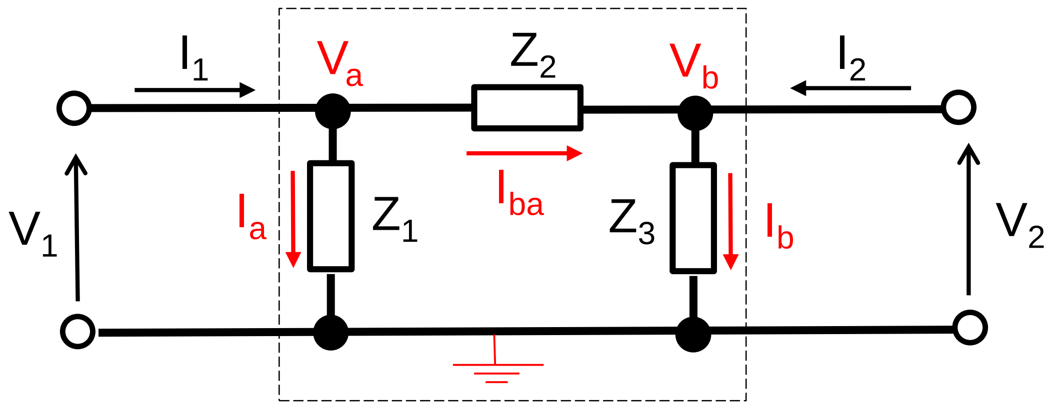
b) Parâmetros de Admitância Y’s

Modelo *π* (Nós)

- Para $\mathbf{V_1}$ e $\mathbf{V_2}$ como entradas e $\mathbf{I_1}$ e $\mathbf{I_2}$ como saídas => **Análise de Nós** => Parâmetros de Admitâncias **Y’s**.

$$\mathbf{I_1 = f(\,V_1\,,\,V_2\,)} \text{ e } \mathbf{I_2 = f(\,V_1\,,\,V_2\,)}$$

Circuito Equivalente:



Aplicando a LKC:

$$\begin{cases} \mathbf{I_1 - I_a - I_{ba} = 0 \Rightarrow I_1 = \dfrac{V_a}{Z_1} + \dfrac{(V_a - V_b)}{Z_2}} \\ \mathbf{I_2 - I_b + I_{ba} = 0 \Rightarrow I_2 = \dfrac{V_b}{Z_3} - \dfrac{(V_a - V_b)}{Z_2}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{I_1 = (Y_1 + Y_2)V_a - Y_2 V_b} \\ \mathbf{I_2 = -Y_2 V_a + (Y_2 + Y_3)V_b} \end{cases}$$

Para $\mathbf{V_a = V_1}$ e $\mathbf{V_b = V_2}$:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{(Y_1 + Y_2)} & \mathbf{-Y_2} \\ \mathbf{-Y_2} & \mathbf{(Y_2 + Y_3)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V_1} \\ \mathbf{V_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{I_1} \\ \mathbf{I_2} \end{bmatrix}$$

Denomina-se: $\begin{cases} \mathbf{Y_{11}} = (\mathbf{Y_1 + Y_2}) \\ \mathbf{Y_{12}} = (-\mathbf{Y_2}) \\ \mathbf{Y_{21}} = (-\mathbf{Y_2}) \\ \mathbf{Y_{22}} = (\mathbf{Y_2 + Y_3}) \end{cases}$

Então:

$$\begin{cases} \mathbf{I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2} \\ \mathbf{I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2} \end{cases}$$

Para determinar os parâmetros de impedância ***Z***’s nesta configuração deve-se fazer:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{I_1} \\ \mathbf{I_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Y_{11}} & \mathbf{Y_{12}} \\ \mathbf{Y_{21}} & \mathbf{Y_{22}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V_1} \\ \mathbf{V_2} \end{bmatrix} \ \textbf{mas} \ \begin{bmatrix} \mathbf{V_1} \\ \mathbf{V_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Z_{11}} & \mathbf{Z_{12}} \\ \mathbf{Z_{21}} & \mathbf{Z_{22}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{I_1} \\ \mathbf{I_2} \end{bmatrix};$$

$$\textbf{Considerando que} \ \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{Z_{11}} & \mathbf{Z_{12}} \\ \mathbf{Z_{21}} & \mathbf{Z_{22}} \end{bmatrix}}_{\mathbf{Z}} = \underbrace{\begin{bmatrix} \mathbf{Y_{11}} & \mathbf{Y_{12}} \\ \mathbf{Y_{21}} & \mathbf{Y_{22}} \end{bmatrix}^{-1}}_{\mathbf{Y^{-1}}}$$

Onde:

$$\mathbf{Z_{11} = \frac{Y_{22}}{\Delta_Y}} \quad ; \quad \mathbf{Z_{12} = -\frac{Y_{12}}{\Delta_Y}} \quad ; \quad \mathbf{Z_{21} = -\frac{Y_{21}}{\Delta_Y}} \quad \textbf{e} \quad \mathbf{Z_{22} = \frac{Y_{11}}{\Delta_Y}}$$

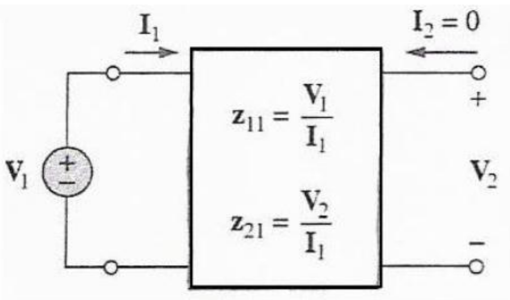
$$\textbf{(*)} \quad \mathbf{Y^{-1} = \frac{1}{\det[Y]} Adj[Y]} \quad \textbf{e} \quad \mathbf{Adj[Y] = [cofatores\,Y]^t}$$

c) Determinação Numérica dos Parâmetros Z’s e Y’s

Os circuitos lineares “***obedecem***” o Teorema da Superposição!

Parâmetros Z’s:

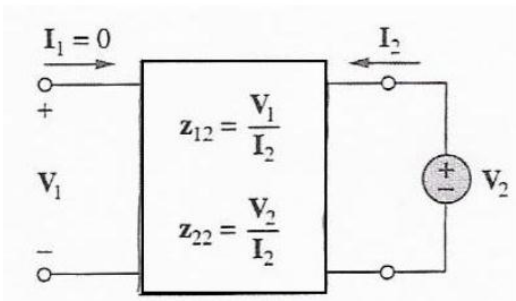
$$z_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0} \qquad z_{21} = \left.\frac{V_2}{I_1}\right|_{I_2=0}$$



$$\boxed{V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2}$$

$$\boxed{V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2}$$

$$z_{12} = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0} \qquad z_{22} = \left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1=0}$$



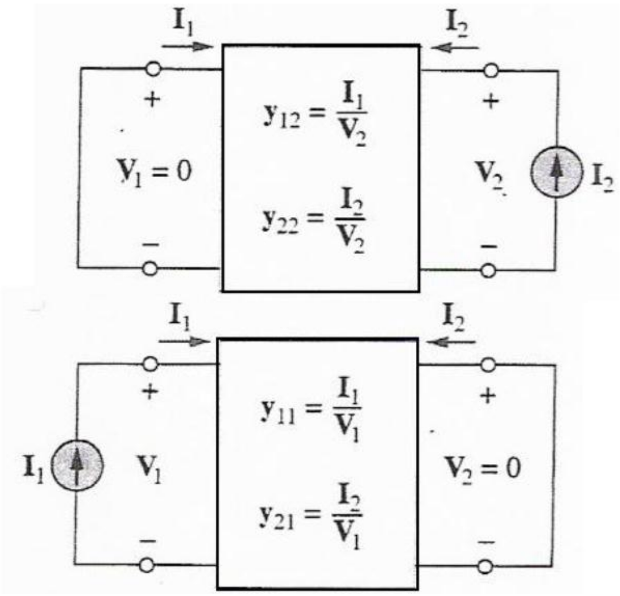
Parâmetros Y's:

$$I_1 = y_{11}.V_1 + y_{12}.V_2$$

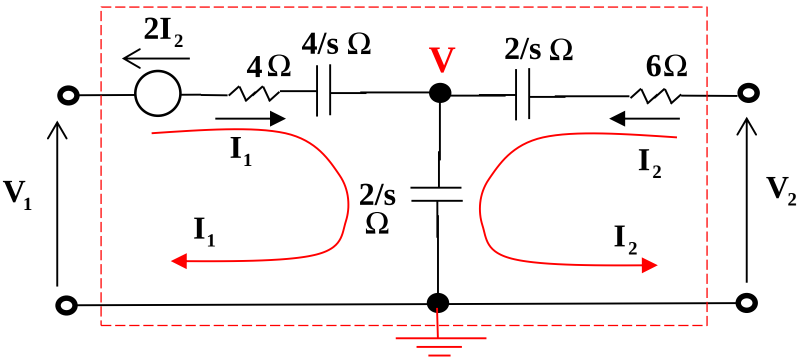
$$I_2 = y_{21}\ V_1 + y_{22}\ V_2$$

$$y_{11} = \left.\frac{I_1}{V_1}\right|_{V_2=0} \qquad y_{12} = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{V_1=0}$$

$$y_{21} = \left.\frac{I_2}{V_1}\right|_{V_2=0} \qquad y_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{V_1=0}$$



Exemplo: Determinar os parâmetros **Z's** e **Y's** para o Quadripolo.



a) Parâmetros **Z's**:

$$\begin{cases} \mathbf{I_1\ e\ I_2\ são\ entradas} \\ \mathbf{V_1\ e\ V_2\ são\ saídas} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2} \\ \mathbf{V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2} \end{cases}$$

Equação de Malhas (LKT):

$$\begin{cases} \mathbf{V_1 = 2I_2 + \left(4 + \frac{4}{s}\right)I_1 + \frac{2}{s}(I_1 + I_2)} \\ \mathbf{V_2 = \left(6 + \frac{2}{s}\right)I_2 + \frac{2}{s}(I_1 + I_2)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{V_1 = \left(4 + \frac{6}{s}\right)I_1 + \left(2 + \frac{2}{s}\right)I_2} \\ \mathbf{V_2 = \frac{2}{s}I_1 + \left(6 + \frac{4}{s}\right)I_2} \end{cases}$$

Então:

$$\begin{cases} \mathbf{Z_{11} = \left(4 + \frac{6}{s}\right)\quad e \quad Z_{12} = \left(2 + \frac{2}{s}\right)} \\ \mathbf{Z_{21} = \left(\frac{2}{s}\right)\quad e \quad Z_{22} = \left(6 + \frac{4}{s}\right)} \end{cases}$$

b) Parâmetros **Y's**:

$$\begin{cases} \mathbf{V_1\ e\ V_2\ são\ entradas} \\ \mathbf{I_1\ e\ I_2\ são\ saídas} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2} \\ \mathbf{I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2} \end{cases}$$

Equação de Nó (LKC):

$$\textbf{Partindo-se de:}\quad \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}; \quad \textbf{obtem-se:}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad ; \quad \textbf{então:} \quad \underbrace{\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}}_{Y} = \underbrace{\begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}}_{Z^{-1}}$$

Pela igualdade de matrizes:

$$Y_{11} = \frac{Z_{22}}{\Delta_Z} \quad ; \quad Y_{12} = -\frac{Z_{12}}{\Delta_Z} \quad ; \quad Y_{21} = -\frac{Z_{21}}{\Delta_Z} \quad \text{e} \quad Y_{22} = \frac{Z_{11}}{\Delta_Z}$$

$$(*) \quad Z^{-1} = \frac{1}{\det[Z]} \cdot \mathrm{Adj}[Z] \quad \text{e} \quad \mathrm{Adj}[Z] = [\text{cofatores } Z]^t$$

d) Parâmetros Híbridos *h* e *g* dos Quadripolos (Eletrônica)

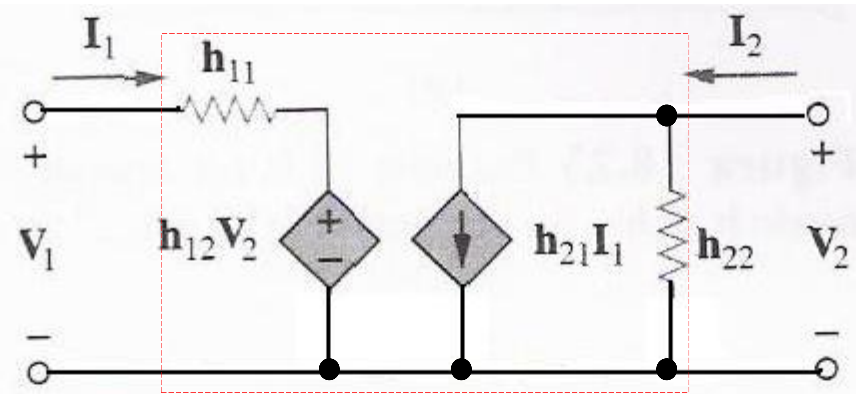
- Relacionam as correntes e tensão de forma mesclada (***cruzamento entre entrada e saída***).

Parâmetros híbridos *h*:

$$\begin{cases} \textbf{Entradas}: & I_1 \text{ e } V_2 \\ \textbf{Saídas}: & V_1 \text{ e } I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2 \\ I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2 \end{cases}$$

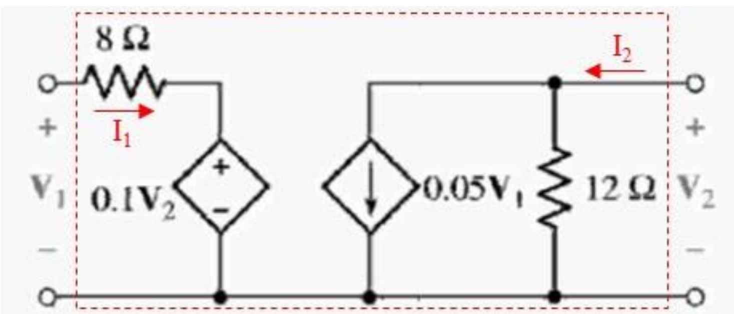
$$V_1 = f(I_1, V_2) \text{ e } I_2 = f(I_1, V_2)$$

Circuito Equivalente:



Onde:
h_{11} = impedância de entrada de circuito aberto.
h_{12} = ganho de tensão reverso de circuito aberto.
h_{21} = ganho de corrente direto de curto-circuito.
h_{22} = admitância de saída de circuito aberto.

Exemplo: a) Determinar os parâmetros de impedância do seguinte quadripolo.
b) Se $I_1 = I_2 = 1$ A, determine o ganho de tensão $G_v = V_2/V_1$.



Resposta:

$$z_{11} = \frac{400}{53}\,\Omega \qquad z_{12} = \frac{60}{53}\,\Omega$$

$$z_{21} = \frac{-240}{53}\,\Omega \qquad z_{22} = \frac{600}{53}\,\Omega$$

$$G_v = \left.\frac{v_2}{v_1}\right|_{i_1=i_2=1} = \frac{18}{23}$$

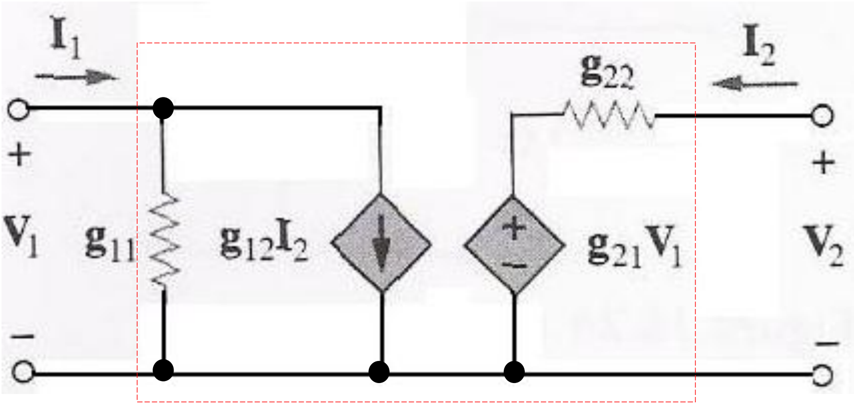
$V_1 = 8I_1 + 0{,}1V_2$ e $I_2 = 0{,}4I_1 + (0{,}005 + 1/12)V_2$

Parâmetros híbridos *g*:

$$\begin{cases}\textbf{Entradas}: & V_1 \text{ e } I_2\\ \textbf{Saídas}: & I_1 \text{ e } V_2\end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = g_{11}V_1 + g_{12}I_2\\ V_2 = g_{21}V_1 + g_{22}I_2\end{cases}$$

$V_2 = f(I_2, V_1)$ e $I_1 = f(I_2, V_1)$

Circuito Equivalente:



Onde:

g_{11} = admitância de entrada de circuito aberto.
g_{12} = ganho de corrente reverso de curto-circuito.
g_{21} = ganho de tensão direto de circuito aberto.
g_{22} = impedância de saída de circuito aberto.

e) Determinação Numérica dos Parâmetros h e g:

$$\begin{cases} h_{11} = \left.\dfrac{V_1}{I_1}\right|_{V_2=0} \;;\; h_{12} = \left.\dfrac{V_1}{V_2}\right|_{I_1=0} \;;\; h_{21} = \left.\dfrac{I_2}{I_1}\right|_{V_2=0} \quad \text{e} \quad h_{22} = \left.\dfrac{I_2}{V_2}\right|_{I_1=0}\\ g_{11} = \left.\dfrac{I_1}{V_1}\right|_{I_2=0} \;;\; g_{12} = \left.\dfrac{I_1}{I_2}\right|_{V_1=0} \;;\; g_{21} = \left.\dfrac{V_2}{V_1}\right|_{I_2=0} \;;\; \text{e} \quad g_{22} = \left.\dfrac{V_2}{I_2}\right|_{V_1=0}\end{cases}$$

Exemplo: Determinar os parâmetros **h's** e **g's** em função dos parâmetros de impedância **Z's**.

Partindo de: $\begin{cases} V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2\\ V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2\end{cases}$, e considerando que:

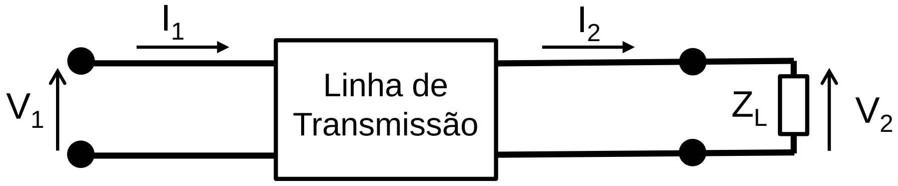
$$\begin{cases} V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2\\ I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2\end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_1 = \overbrace{\left(Z_{11} - \dfrac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}}\right)}^{h_{11} = \frac{\Delta_Z}{Z_{22}}} I_1 + \overbrace{\left(\dfrac{Z_{12}}{Z_{22}}\right)}^{h_{12}} V_2\\ I_2 = \underbrace{-\dfrac{Z_{21}}{Z_{22}}}_{h_{21}} I_1 + \underbrace{\dfrac{1}{Z_{22}}}_{h_{22}} V_2\end{cases}$$

$$h_{11} = \frac{\Delta Z}{Z_{22}} \;;\; h_{12} = \frac{Z_{12}}{Z_{22}} \;;\; h_{21} = -\frac{Z_{21}}{Z_{22}} \;;\; h_{22} = \frac{1}{Z_{22}}$$

$$\textbf{Analogamente}: \; g_{11} = \frac{1}{Z_{11}} \;;\; g_{12} = -\frac{Z_{12}}{Z_{11}} \;;\; g_{21} = \frac{Z_{21}}{Z_{11}} \quad \text{e} \quad g_{22} = \frac{\Delta Z}{Z_{11}}$$

f) Parâmetros de Transmissão T (ABCD) dos Quadripolos (SEP)

Seja o Quadripolo representando uma ***Linha de Transmissão*** de energia elétrica:



Devem-se relacionar as "***variáveis de entrada***" $\mathbf{V_2}$ e $\mathbf{I_2}$ com as de saída $\mathbf{V_1}$ e $\mathbf{I_1}$.
Parâmetros de Transmissão **T**:

$$\begin{cases} \textbf{Entradas}: & \mathbf{V_2 \text{ e } I_2} \\ \textbf{Saídas}: & \mathbf{V_1 \text{ e } I_1} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{V_1 = A\,V_2 - B\,I_2} \\ \mathbf{I_1 = C\,V_2 - D\,I_2} \end{cases}$$

$$\mathbf{V_1 = f(\,I_2\,,\,V_2\,)} \text{ e } \mathbf{I_1 = f(\,I_2\,,\,V_2\,)}$$

(*) O sinal negativo em $\mathbf{I_2}$ é pelo fato da corrente estar indo para a carga.

g) Determinação Numéricas dos Parâmetros ABCD:

$$\mathbf{A} = \left.\frac{\mathbf{V_1}}{\mathbf{V_2}}\right|_{\mathbf{I_2=0}} \;;\; \mathbf{B} = \left.\frac{\mathbf{V_1}}{\mathbf{-I_2}}\right|_{\mathbf{V_2=0}} \;;\; \mathbf{C} = \left.\frac{\mathbf{I_1}}{\mathbf{V_2}}\right|_{\mathbf{I_2=0}} \;;\; \textbf{e} \;\; \mathbf{D} = \left.\frac{\mathbf{I_1}}{\mathbf{-I_2}}\right|_{\mathbf{V_2=0}}$$

Exemplo: Determinar os parâmetros de Transmissão **T** (**ABCD**) em função dos parâmetros de impedância **Z's**.

$$\begin{cases} \mathbf{V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2} \\ \mathbf{V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2} \end{cases} \textbf{ e } \begin{cases} \mathbf{V_1 = AV_2 - BI_2} \\ \mathbf{I_1 = CV_2 - DI_2} \end{cases}$$

$$\mathbf{I_1} = \overbrace{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Z_{21}}}}^{\mathbf{C}}\mathbf{V_2} - \overbrace{\frac{\mathbf{Z_{22}}}{\mathbf{Z_{21}}}}^{\mathbf{-D}}\mathbf{I_2} \;;\; \mathbf{V_1 = Z_{11}\left(\frac{1}{Z_{21}}V_2 - \frac{Z_{22}}{Z_{21}}I_{22}\right) + Z_{12}I_2} \;\Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mathbf{V_1} = \underbrace{\frac{\mathbf{Z_{11}}}{\mathbf{Z_{21}}}}_{\mathbf{A}}\mathbf{V_2} + \underbrace{\left(\mathbf{Z_{12}} - \frac{\mathbf{Z_{11}Z_{22}}}{\mathbf{Z_{21}}}\right)}_{\mathbf{-B}}\mathbf{I_2}$$

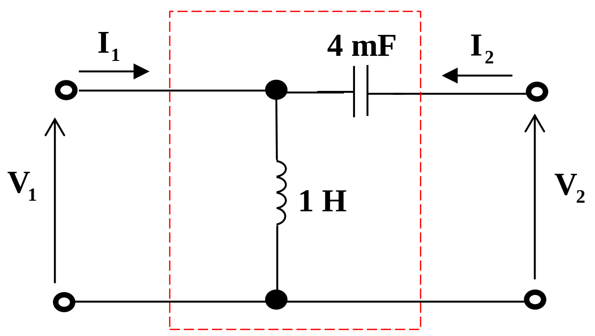
Então: $$\mathbf{A = \frac{Z_{11}}{Z_{21}}} \;;\; \mathbf{B = \frac{\Delta Z}{Z_{21}}} \;;\; \mathbf{C = \frac{1}{Z_{21}}} \;\; \textbf{e} \;\; \mathbf{D = \frac{Z_{22}}{Z_{21}}}$$

3.2) Tabela de Conversão dos Parâmetros dos Quadripolos

$\begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{y_{22}}{\Delta_y} & \frac{-y_{12}}{\Delta_y} \\ \frac{-y_{21}}{\Delta_y} & \frac{y_{11}}{\Delta_y} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{A}{C} & \frac{\Delta_T}{C} \\ \frac{1}{C} & \frac{D}{C} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{\Delta_H}{h_{22}} & \frac{h_{12}}{h_{22}} \\ \frac{-h_{21}}{h_{22}} & \frac{1}{h_{22}} \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} \frac{z_{22}}{\Delta_z} & \frac{-z_{12}}{\Delta_z} \\ \frac{-z_{21}}{\Delta_z} & \frac{z_{11}}{\Delta_z} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{D}{B} & \frac{-\Delta_T}{B} \\ -\frac{1}{B} & \frac{A}{B} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{1}{h_{11}} & \frac{-h_{12}}{h_{11}} \\ \frac{h_{21}}{h_{11}} & \frac{\Delta_H}{h_{11}} \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} \frac{z_{11}}{z_{21}} & \frac{\Delta_z}{z_{21}} \\ \frac{1}{z_{21}} & \frac{z_{22}}{z_{21}} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{-y_{22}}{y_{21}} & \frac{-1}{y_{21}} \\ \frac{-\Delta_y}{y_{21}} & \frac{-y_{11}}{y_{21}} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{-\Delta_H}{h_{21}} & \frac{-h_{11}}{h_{21}} \\ \frac{-h_{22}}{h_{21}} & \frac{-1}{h_{21}} \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} \frac{\Delta_z}{z_{22}} & \frac{z_{12}}{z_{22}} \\ \frac{-z_{21}}{z_{22}} & \frac{1}{z_{22}} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{1}{y_{11}} & \frac{-y_{12}}{y_{11}} \\ \frac{y_{21}}{y_{11}} & \frac{\Delta_y}{y_{11}} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} \frac{B}{D} & \frac{\Delta_T}{D} \\ \frac{-1}{D} & \frac{C}{D} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}$

Exercício: Determinar os parâmetros **Z's**, **Y's**, **g's**, **h's** e **T's** para os circuitos dados considerando-os quadripolos.

a)



b)