

---

## Experiência N° 09

### Quadripolos

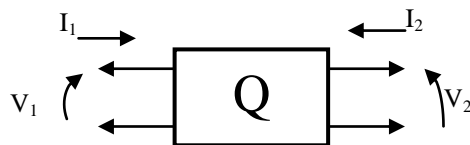
#### I - Objetivos

Medida de parâmetros de quadripolos. Associação de quadripolos.

#### II - Introdução Teórica

##### 1. Parâmetros de Impedância em Circuito Aberto

Considere o quadripolo abaixo, supondo que ele não contém geradores independentes, e que seja constituído de elementos passivos lineares de valor fixo.



A seguinte equação é válida:

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

Ou:

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

Onde:

$Z_{11}$  - Impedância de entrada com a saída em aberto ( $I_2=0$ );

$Z_{21}$  - Impedância direta de transferência, com  $I_2 = 0$ ;

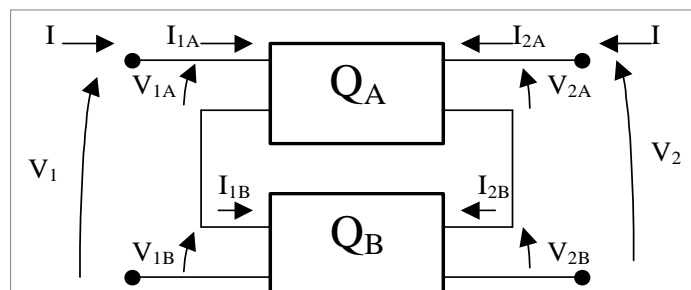
$Z_{12}$  - Impedância reversa de transferência, com a entrada em aberto ( $I_1 = 0$ );

$Z_{22}$  - Impedância de saída, com a entrada em aberto ( $I_1 = 0$ ).

Se o quadripolo for recíproco,  $Z_{12} = Z_{21}$  (não contém geradores vinculados). Se o quadripolo for simétrico,  $Z_{11} = Z_{22}$ .

## 2. Associação de Quadripolos

A associação em série de quadripolos é mostrada na figura abaixo.



Se algumas condições forem atendidas a matriz  $Z$  das impedâncias em circuito aberto do quadripolo resultante da associação série de dois quadripolos é dada pela soma das matrizes de impedâncias em circuito aberto de cada quadripolo associado. Neste caso a seguinte equação é válida

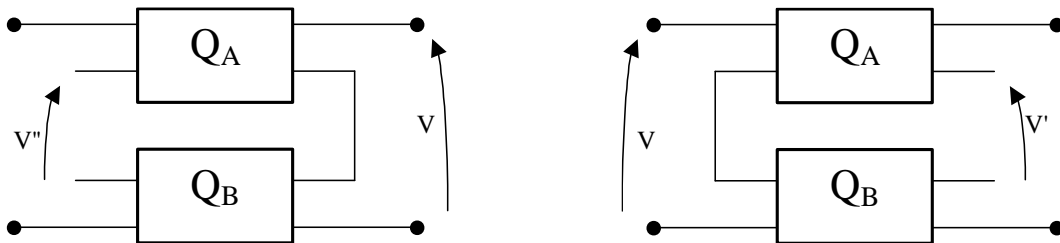
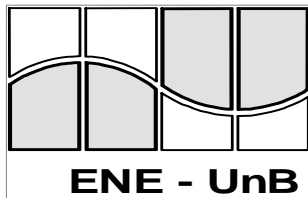
$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11A} + Z_{11B} & Z_{12A} + Z_{12B} \\ Z_{21A} + Z_{21B} & Z_{22A} + Z_{22B} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

somente se as seguintes condições são atendidas

$$\begin{aligned} V_1 &= V_{1A} + V_{1B} \\ V_2 &= V_{2A} + V_{2B} \\ I_1 &= I_{1A} = I_{1B} \\ I_2 &= I_{2A} = I_{2B} \end{aligned}$$

□

Nem todo quadripolo pode ser associado. Para se verificar a possibilidade de associação, aplica-se o teste de BRUNE:



Se  $V'$  e  $V''$  são nulos para qualquer  $V$ , pode-se aplicar a soma das matrizes de impedâncias.

### III - Equipamentos, Componentes e Ferramentas Utilizados

1. Multímetro
2. Fonte de alimentação DC
3. Resistores

### IV - Procedimento Experimental

Monte os quadripolos resistivos mostrados na Figura 1 no *protoboard*. Considere no quadripolo  $Q_A$  os valores de resistência  $R_{1A}=10,0XY \text{ k}\Omega$ ,  $R_{2A}=2,0XY \text{ k}\Omega$ ,  $R_{3A}=2,0XY \text{ k}\Omega$ , e no quadripolo  $Q_B$  os valores  $R_{1B}=10,0XY \text{ k}\Omega$ ,  $R_{2B}=4,7XY \text{ k}\Omega$ ,  $R_{3B}=10,0XY \text{ k}\Omega$ . Obs.: Adote XY como sendo os dois últimos dígitos de seu número de matrícula.

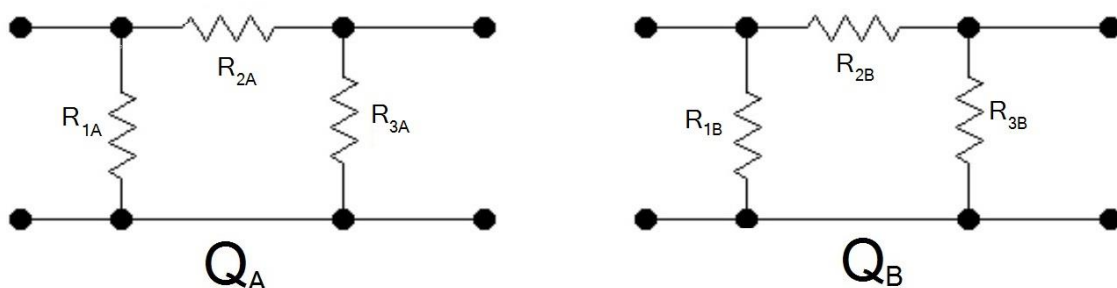
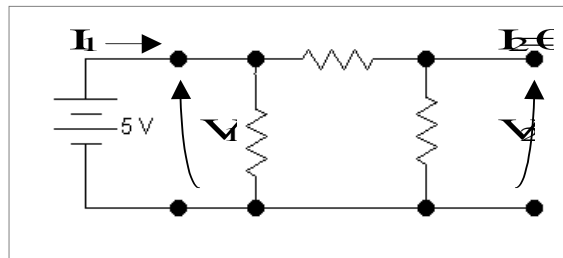
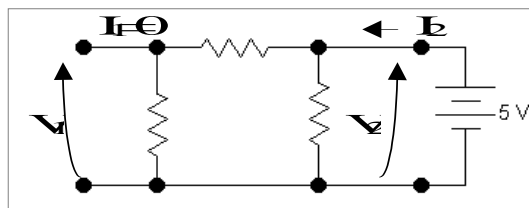


Figura 1

- a) Meça  $Z_{11}$  e  $Z_{21}$  para cada quadripolo com um multímetro, seguindo o esquema abaixo:



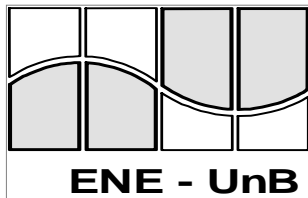
- b) Meça  $Z_{22}$  e  $Z_{12}$  para cada quadripolo com um multímetro, seguindo o seguinte esquema:



- c) Ligue os quadripolos em série, meça os elementos da matriz  $Z_{SÉRIE}$ , e verifique a veracidade do equacionamento seguinte:

$$Z_{SÉRIE} = Z_{QA} + Z_{QB}$$

- d) Aplique o teste de BRUNE, e tire conclusões sobre os itens IV.c e IV.d.



---

## V - Pré-relatório: Parte Computacional

- a) Utilizando um simulador de circuitos, simule o comportamento de cada um dos quadripolos referentes aos itens IV.a, IV.b e IV.c.

Dica: No PSpice Schematics, use uma fonte "VDC", e ative os botões "Bias Voltage Display" (V) e "Bias Current Display" (I).

- b) Faça o teste de Brune.

## VI- Pré-relatório: Cálculos teóricos

Inclua os seguintes itens:

- a) Calcule a matriz de impedâncias para cada um dos quadripolos e para o quadripolo série resultante (faça a análise do circuito do quadripolo série para achar a matriz de impedância).
- b) Verifique se os quadripolos  $Q_A$  e  $Q_B$  são recíprocos e simétricos.
- c) Caso falhe o teste de Brune, sugira uma configuração viável de associação série alterando apenas posições de resistores.

## VII - Relatório

Seu relatório deve contar todas as medições, informações e formas de ondas solicitadas na Seção IV - Procedimento Experimental. Compare as matrizes de impedância encontrados experimentalmente com os valores teóricos do pré-relatório.