

Quadripôles passifs

Sommaire

2.1	Introduction	30
2.2	Définition	30
2.3	Représentation matricielle d'un quadripôle	31
2.3.1	Matrice impédance	31
2.3.2	Matrice admittance	33
2.3.3	Matrice hybride	37
2.3.4	Matrice de transfert	40
2.4	Caractéristiques d'un quadripôle en charge	42
2.4.1	Impédance d'entrée	42
2.4.2	Impédance de sortie	44
2.4.3	Gain en tension	45
2.4.4	Gain en courant	45
2.5	Association de quadripôles	47
2.5.1	Association en série de deux quadripôles	47
2.5.2	Association en parallèle de deux quadripôles	48
2.5.3	Association en cascade de deux quadripôles	49
2.6	Conclusion	50

2.1 Introduction

Les quadripôles jouent un rôle fondamental dans l'analyse de nombreux systèmes spécialement en électronique, télécommunication, automatique et énergétique. L'étude des quadripôles linéaires est facilitée par l'usage du calcul matriciel. Cette représentation est également bien adaptée aux méthodes modernes de calculs numériques.

Dans ce chapitre, on débute d'abord par des généralités sur les quadripôles et on présente leurs différentes représentations matricielles. Ensuite, on étudie les caractéristiques d'un quadripôle en charge. Enfin, on aborde les différentes associations de deux quadripôles.

2.2 Définition

Un quadripôle est un réseau qui comporte quatre bornes de liaisons avec les circuits extérieurs (figure 2.1). Les échanges avec l'extérieur se font au travers de deux bornes utilisées comme bornes d'entrée et vers deux autres bornes utilisées comme bornes de sortie.

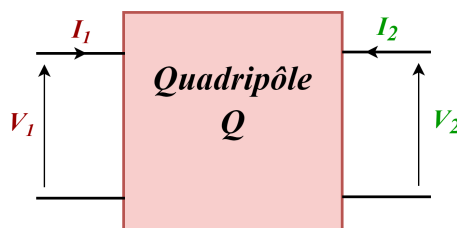


FIGURE 2.1: Symbole d'un quadripôle.

V_1 et I_1 désignent les grandeurs d'entrée.

V_2 et I_2 désignent les grandeurs de sortie.

2.3 Représentation matricielle d'un quadripôle

Dans un quadripôle linéaire, les quatre grandeurs V_1, I_1, V_2 et I_2 sont reliées entre elles par des relations linéaires. Les coefficients de ces relations liant les grandeurs d'entrée et de sortie sont appelés « Paramètres du quadripôle ».

Pour relier les quatre paramètres du quadripôle, il existe quatre représentations matricielles différentes :

2.3.1 Matrice impédance

Les tensions d'entrée et de sortie sont exprimées en fonction des courants d'entrée et de sortie. Les éléments de la matrice ont la dimension des impédances. Les équations caractéristiques de ce quadripôle peuvent se mettre sous la forme suivante :

$$\begin{cases} V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \\ V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 \end{cases} \quad (2.1)$$

ou encore sous forme matricielle :

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

Où $[Z]$ est la matrice impédance du quadripôle. Les coefficients de cette matrice s'appellent les paramètres Z en circuit ouvert, car ils peuvent être mesurés en ouvrant successivement les circuits d'entrée et de sortie. Ils se définissent comme suit :

- $Z_{11} = \frac{V_1}{I_1}|_{I_2=0}$: Impédance d'entrée ;
- $Z_{12} = \frac{V_1}{I_2}|_{I_1=0}$: Impédance de transfert inverse ;
- $Z_{21} = \frac{V_2}{I_1}|_{I_2=0}$: Impédance de transfert direct ;
- $Z_{22} = \frac{V_2}{I_2}|_{I_1=0}$: Impédance de sortie.

Le modèle d'un quadripôle utilisant les paramètres Z est donné par la figure 2.2.

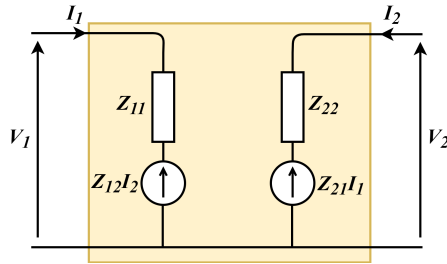


FIGURE 2.2: Schéma équivalent d'un quadripôle utilisant le modèle de la matrice en Z .

Exemple

Déterminer les paramètres Z du quadripôle de la figure 2.3.

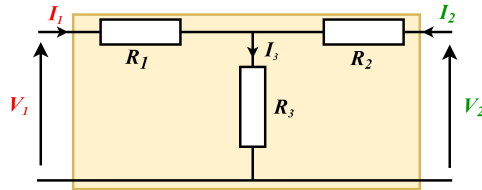


FIGURE 2.3: Quadripôle en T.

solution

- Impédance d'entrée : $Z_{11} = \frac{V_1}{I_1} |_{I_2=0}$
Si la sortie est en circuit ouvert ($I_2 = 0$), alors : $I_1 = I_2$.
Il résulte que :

$$V_1 = (R_1 + R_3)I_1 \Rightarrow \frac{V_1}{I_1} = R_1 + R_3$$

$$Z_{11} = R_1 + R_3$$

- Impédance de transfert inverse : $Z_{12} = \frac{V_1}{I_2} |_{I_1=0}$
Si l'entrée est en circuit ouvert ($I_1 = 0$), alors : $I_2 = I_3$.
Il résulte que :

$$V_1 = R_3 I_3 = R_3 I_2 \Rightarrow \frac{V_1}{I_2} = R_3$$

$$Z_{12} = R_3$$

- Impédance de transfert direct : $Z_{21} = \frac{V_2}{I_1}|_{I_2=0}$
 Si la sortie est en circuit ouvert ($I_2 = 0$), alors : $I_1 = I_3$.
 Il résulte que :

$$V_2 = R_3 I_3 = R_3 I_1 \Rightarrow \frac{V_2}{I_1} = R_3$$

$$Z_{21} = R_3$$

- Impédance de sortie : $Z_{22} = \frac{V_2}{I_2}|_{I_1=0}$
 Si l'entrée est en circuit ouvert ($I_1 = 0$), alors : $I_2 = I_3$.
 Il résulte que :

$$V_2 = (R_2 + R_3) I_2 \Rightarrow \frac{V_2}{I_2} = R_2 + R_3$$

$$Z_{22} = R_2 + R_3$$

2.3.2 Matrice admittance

Les courants d'entrée et de sortie sont exprimés en fonction des tensions d'entrée et de sortie. Les éléments de la matrice ont la dimension des admittances. Les équations caractéristiques de ce quadripôle peuvent se mettre sous la forme suivante :

$$\begin{cases} I_1 = Y_{11} V_1 + Y_{12} V_2 \\ I_2 = Y_{21} V_1 + Y_{22} V_2 \end{cases} \quad (2.2)$$

ou encore sous forme matricielle :

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

Où $[Y]$ est la matrice admittance du quadripôle. Les coefficients de cette matrice s'appellent les paramètres d'admittances. Ils se définissent comme suit :

- $Y_{11} = \frac{I_1}{V_1} |_{V_2=0}$: Admittance d'entrée ;
- $Y_{12} = \frac{I_1}{V_2} |_{V_1=0}$: Admittance de transfert inverse ;
- $Y_{21} = \frac{I_2}{V_1} |_{V_2=0}$: Admittance de transfert direct ;
- $Y_{22} = \frac{I_2}{V_2} |_{V_1=0}$: Admittance de sortie.

Le modèle d'un quadripôle utilisant les paramètres Y est donné par la figure 2.4.

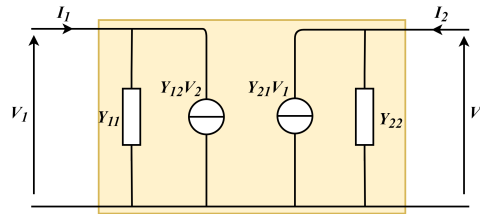


FIGURE 2.4: Schéma équivalent d'un quadripôle utilisant le modèle de la matrice en Y .

Remarque : En comparant les équations de la matrice impédance et de la matrice admittance, on obtient :

$$[Y] = [Z]^{-1} \quad (2.3)$$

Exemple

Déterminer les paramètres Y du quadripôle de la figure 2.5.

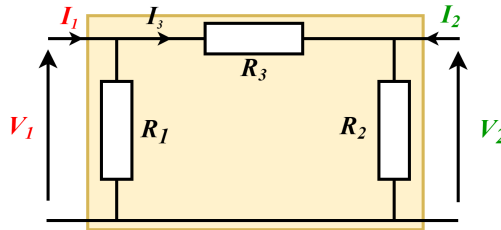
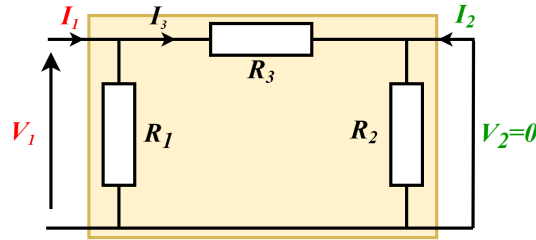


FIGURE 2.5: Quadripôle en π .

solution

- Admittance d'entrée : $Y_{11} = \frac{I_1}{V_1}|_{V_2=0}$
 Si la sortie est en court-circuit ($V_2 = 0$) comme illustré dans la figure 2.6, alors : R_1 et R_3 sont en parallèle et leur résistance équivalente est :

$$R_{eq} = R_1 // R_3$$

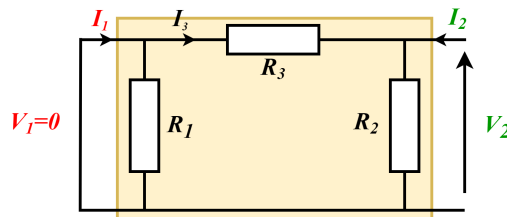
FIGURE 2.6: Quadripôle en π pour ($V_2 = 0$).

La loi d'Ohm permet d'écrire :

$$V_1 = (R_1 // R_3) I_1 \Rightarrow \frac{I_1}{V_1} = \frac{1}{(R_1 // R_3)}$$

$$Y_{11} = \frac{1}{(R_1 // R_3)}$$

- Admittance de transfert inverse : $Y_{12} = \frac{I_1}{V_2}|_{V_1=0}$
 Si l'entrée est en court-circuit ($V_1 = 0$) comme illustré dans la figure 2.7, alors : $I_1 = I_3$.

FIGURE 2.7: Quadripôle en π pour ($V_1 = 0$).

La loi d'Ohm permet d'écrire

$$V_2 = -R_3 I_3 = -R_3 I_2$$

$$\Rightarrow \frac{I_1}{V_2} = -\frac{1}{R_3}$$

$$Y_{12} = -\frac{1}{R_3}$$

— Admittance de transfert direct : $Y_{21} = \frac{I_2}{V_1}|_{V_2=0}$

Si la sortie est en court-circuit ($V_2 = 0$) comme illustré dans la figure 2.6, alors : $I_2 = -I_3$.

La loi d'Ohm permet d'écrire

$$V_1 = R_3 I_3 = -R_3 I_2$$

$$\Rightarrow \frac{I_2}{V_1} = -\frac{1}{R_3}$$

$$Y_{21} = -\frac{1}{R_3}$$

— Admittance de sortie : $Y_{22} = \frac{I_2}{V_2}|_{V_1=0}$

Si l'entrée est en court-circuit ($V_1 = 0$) comme illustré dans la figure 2.7, alors : R_2 et R_3 sont en parallèle et leur résistance équivalente est :

$$R_{eq} = R_2 // R_3$$

La loi d'Ohm permet d'écrire

$$V_2 = (R_2 // R_3) I_2 \Rightarrow \frac{I_2}{V_2} = \frac{1}{(R_2 // R_3)}$$

$$Y_{22} = \frac{1}{(R_2 // R_3)}$$

2.3.3 Matrice hybride

Cette représentation est utilisée surtout dans l'étude des transistors. Dans ce cas, nous exprimons V_1 et I_2 en fonction de I_1 et V_2 ce qui donne :

$$\begin{cases} V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2 \\ I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2 \end{cases} \quad (2.4)$$

ou encore sous forme matricielle :

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

Où $[h]$ est la matrice hybride du quadripôle. Les coefficients de cette matrice s'appellent les paramètres hybrides. Ils se définissent comme suit :

- $h_{11} = \frac{V_1}{I_1}|_{V_2=0}$: Impédance d'entrée ;
- $h_{12} = \frac{V_1}{V_2}|_{I_1=0}$: Rapport de transfert inverse ;
- $h_{21} = \frac{I_2}{I_1}|_{V_2=0}$: Amplification en courant ;
- $h_{22} = \frac{I_2}{V_2}|_{I_1=0}$: Admittance de sortie.

Le schéma suivant représente le modèle équivalent d'un quadripôle utilisant le modèle de la matrice h .

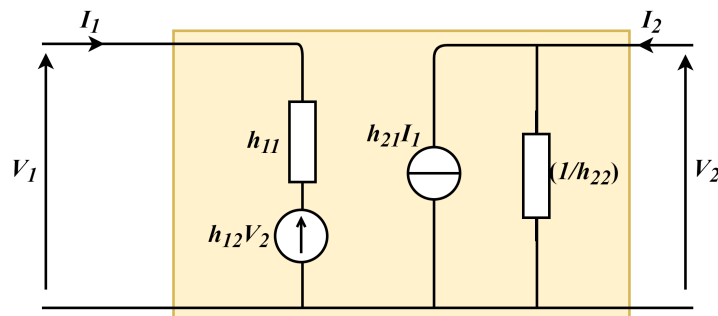


FIGURE 2.8: Schéma équivalent d'un quadripôle utilisant le modèle de la matrice h .

Exemple

On considère le montage suivant (figure 2.9).

-Déterminer les paramètres de la matrice h de ce quadripôle.

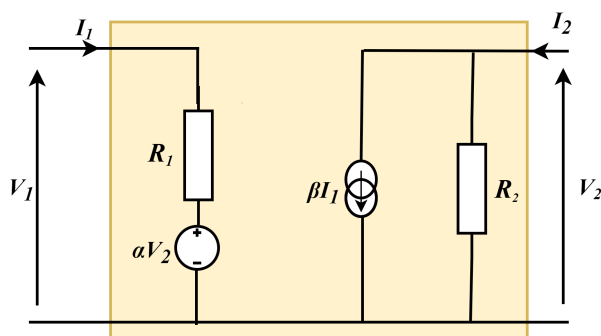


FIGURE 2.9: Exemple d'application d'un quadripôle utilisant la matrice h .

solution

- Impédance d'entrée : $h_{11} = \frac{V_1}{I_1} |_{V_2=0}$
Si la sortie est en court-circuit ($V_2 = 0$) comme illustré dans la figure 2.10.

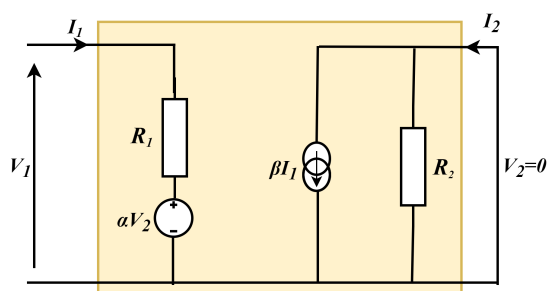


FIGURE 2.10: Schéma simplifié pour $V_2 = 0$.

On applique la 2^{ème} loi de Kirchhoff sur la maille d'entrée :

$$V_1 - R_1 I_1 - \alpha V_2 = 0$$

$$V_1 - R_1 I_1 = 0 \Rightarrow \frac{V_1}{I_1} = R_1$$

$$h_{11} = R_1$$

— Rapport de transfert inverse : $h_{12} = \frac{V_1}{V_2} |_{I_1=0}$

Si l'entrée est en circuit ouvert ($I_1 = 0$).

On applique la 2^{eme} loi de Kirchhoff sur la maille d'entrée :

$$V_1 - R_1 I_1 - \alpha V_2 = 0 \quad / I_1 = 0$$

$$V_1 - \alpha V_2 = 0 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \alpha$$

$$h_{12} = \alpha$$

— Amplification en courant : $h_{21} = \frac{I_2}{I_1} |_{V_2=0}$

Si la sortie est en court-circuit ($V_2 = 0$) comme illustré dans la figure 2.10, alors :

$$I_2 = \beta I_1 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \beta$$

$$h_{21} = \beta$$

— Admittance de sortie : $h_{22} = \frac{I_2}{V_2} |_{I_1=0}$

Si l'entrée est en circuit ouvert ($I_1 = 0$).

On applique la 1^{ere} loi de Kirchhoff :

$$I_2 = \beta I_1 + \frac{V_2}{R_2} \quad / I_1 = 0$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} \Rightarrow \frac{I_2}{V_2} = \frac{1}{R_2}$$

$$h_{22} = \frac{1}{R_2}$$

2.3.4 Matrice de transfert

On exprime les grandeurs de sortie en fonction des grandeurs d'entrée. Les équations caractéristiques de ce quadripôle peuvent se mettre sous la forme :

$$\begin{cases} V_2 = T_{11}V_1 - T_{12}I_1 \\ I_2 = Y_{21}V_1 - T_{22}I_1 \end{cases} \quad (2.5)$$

ou encore sous forme matricielle :

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_1 \\ -I_1 \end{bmatrix}$$

où $[T]$ est la matrice de transfert du quadripôle. Les coefficients de cette matrice s'appellent les paramètres de transfert. Ils se définissent comme suit :

- $T_{11} = \frac{V_2}{V_1}|_{I_1=0}$: Amplification en tension ;
- $T_{12} = \frac{-V_2}{I_1}|_{V_1=0}$: Impédance de transfert direct ;
- $T_{21} = \frac{I_2}{V_1}|_{I_1=0}$: Admittance de transfert direct ;
- $T_{22} = \frac{-I_2}{I_1}|_{V_1=0}$: Amplification en courant.

Exemple

On considère le montage suivant (figure 2.28).

-Déterminer les paramètres de la matrice T de ce quadripôle.

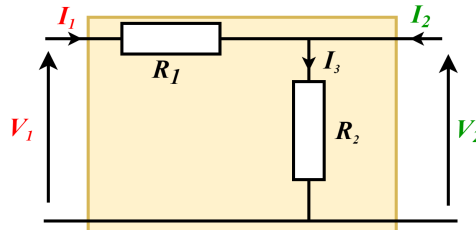


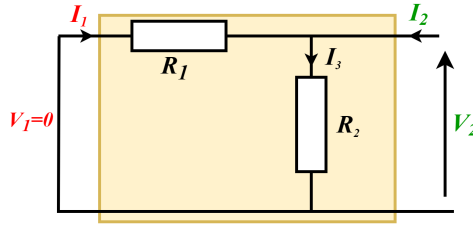
FIGURE 2.11: Exemple d'application d'un quadripôle utilisant la matrice T .

solution

- l'amplification en tension : $T_{11} = \frac{V_2}{V_1}|_{I_1=0}$
Si l'entrée est en circuit ouvert ($I_1 = 0$), alors : $I_2 = I_3$.
Il résulte que :

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 1 \Rightarrow T_{11} = 1$$

- Impédance de transfert direct $T_{12} = \frac{-V_2}{I_1}|_{V_1=0}$
Si l'entrée est en court-circuit ($V_1 = 0$) (figure 2.12).

FIGURE 2.12: Schéma simplifié pour $V_1 = 0$.

D'après la loi d'Ohm, on obtient :

$$V_2 = V_{R_2} = V_{R_1} = -R_1 I_1 \Rightarrow \frac{-V_2}{I_1} = R_1 \Rightarrow T_{12} = R_1$$

- Admittance de transfert direct : $T_{21} = \frac{I_2}{V_1}|_{I_1=0}$
Si l'entrée est en circuit ouvert ($I_1 = 0$), alors : $I_2 = I_3$.
Il résulte que :

$$V_1 = R_2 I_3 = R_2 I_2 \Rightarrow \frac{I_2}{V_1} = \frac{1}{R_2} \Rightarrow T_{21} = \frac{1}{R_2}$$

- Amplification en courant : $T_{22} = \frac{-I_2}{I_1}|_{V_1=0}$
On applique le théorème de diviseur de courant sur la figure 2.12, on obtient :

$$I_1 = -I_2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{-I_2}{I_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \Rightarrow T_{22} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

2.4 Caractéristiques d'un quadripôle en charge

Caractériser un quadripôle, c'est déterminer les quatre valeurs V_1 , I_1 , V_2 et I_2 qui régissent son fonctionnement.

Pour cela, quatre équations sont nécessaires alors que le quadripôle lui-même n'en fournit que deux. Les deux autres sont obtenues en prenant en compte le circuit d'entrée (une équation) et le circuit de sortie (une équation).

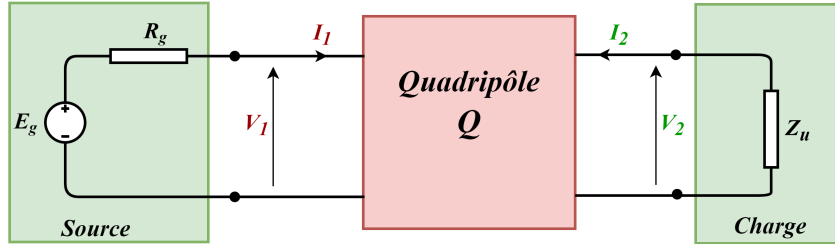


FIGURE 2.13: Quadripôle en charge attaqué par une source réelle.

Si par exemple nous définissons le quadripôle Q par ses paramètres Z , les équations qui permettent de déterminer l'état du circuit sont :

$$V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2 \quad (2.6)$$

$$V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2 \quad (2.7)$$

$$E_g = V_1 + R_g I_1 \quad (2.8)$$

$$V_2 = -Z_u I_2 \quad (2.9)$$

2.4.1 Impédance d'entrée

L'impédance d'entrée est l'impédance vue par la source qui attaque le quadripôle à vide ou en charge (Figure 2.14).

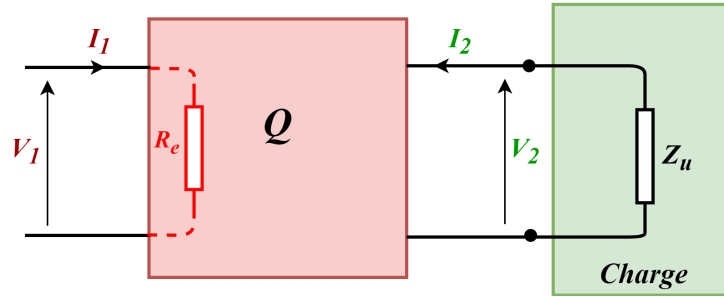


FIGURE 2.14: Impédance d'entrée d'un quadripôle.

L'impédance d'entrée est donnée par :

$$Z_e = \frac{V_1}{I_1} \quad (2.10)$$

On remplace l'équation 2.9 dans l'équation 2.7, on obtient :

$$-Z_u I_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \quad (2.11)$$

ce qui donne :

$$I_2 = \frac{-Z_{21} I_1}{Z_{22} + Z_u} \quad (2.12)$$

En remplaçant l'équation 2.12 dans l'équation 2.6, on obtient :

$$\frac{V_1}{I_1} = Z_{11} - \frac{Z_{12} Z_{21}}{Z_{22} + Z_u} \quad (2.13)$$

Avec :

$$\Delta Z = Z_{11} Z_{22} - Z_{12} Z_{21} \quad (2.14)$$

ΔZ est le déterminant de la matrice $[Z]$.

Donc :

$$Z_e = \frac{Z_u Z_{11} + \Delta Z}{Z_{22} + Z_u} \quad (2.15)$$

2.4.2 Impédance de sortie

Vis-à-vis de la charge, le quadripôle se comporte comme un dipôle équivalent au générateur de Thévenin. Pour calculer cette impédance il faut passiver la source qui attaque le quadripôle en entrée, ce qui revient à court-circuiter la source de tension sans annuler sa résistance interne. Ensuite, on calcule l'impédance que voit un générateur placé en sortie lorsque l'impédance de charge Z_u est débranchée.

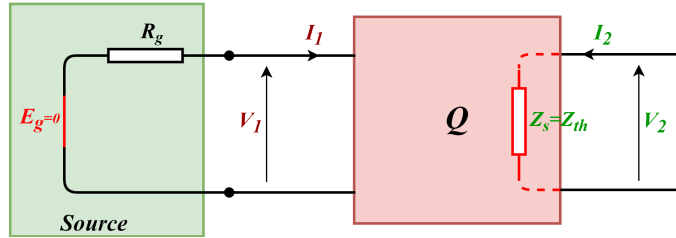


FIGURE 2.15: Schéma pour déterminer Z_s .

L'impédance de sortie est donnée par :

$$Z_s = \frac{V_2}{I_2} \Big|_{E_g=0} \quad (2.16)$$

$$E_g = 0 \Rightarrow V_1 = -R_g I_1 \quad (2.17)$$

On remplace l'équation 2.17 dans l'équation 2.6, on obtient :

$$-R_g I_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 \quad (2.18)$$

ce qui donne :

$$I_1 = \frac{-Z_{12} I_2}{R_g + Z_{11}} \quad (2.19)$$

En remplaçant cette valeur dans l'équation 2.7, on obtient :

$$\frac{V_2}{I_2} = -\frac{Z_{21} Z_{12}}{R_g + Z_{11}} + Z_{22} \quad (2.20)$$

Donc :

$$Z_s = \frac{R_g Z_{22} + \Delta Z}{R_g + Z_{11}} \quad (2.21)$$

2.4.3 Gain en tension

Le gain en tension est défini par le rapport de la tension de sortie V_2 et la tension d'entrée V_1 du quadripôle :

$$G_v = \frac{V_2}{V_1} \quad (2.22)$$

Si le quadripôle est défini par les paramètres Z et par l'utilisation des équations 2.6, 2.7 et 2.9, il résulte que :

$$G_v = \frac{Z_{21}Z_u}{Z_{11}Z_u + \Delta Z} \quad (2.23)$$

2.4.4 Gain en courant

Le gain en courant est défini par le rapport du courant de sortie I_2 et le courant d'entrée I_1 du quadripôle :

$$G_i = \frac{I_2}{I_1} \quad (2.24)$$

Si le quadripôle est défini par les paramètres Z et par l'utilisation des équations 2.7 et 2.9, il résulte que :

$$G_i = -\frac{Z_{21}}{Z_u + Z_{22}} \quad (2.25)$$

Exemple

Soit le montage de la figure 2.16 où le quadripôle est attaqué par une source E_g de résistance interne R_g et chargé par l'impédance Z_u . Déterminer :

- L'impédance d'entrée.
- L'impédance de sortie.
- Le gain en tension.
- Le gain en courant.

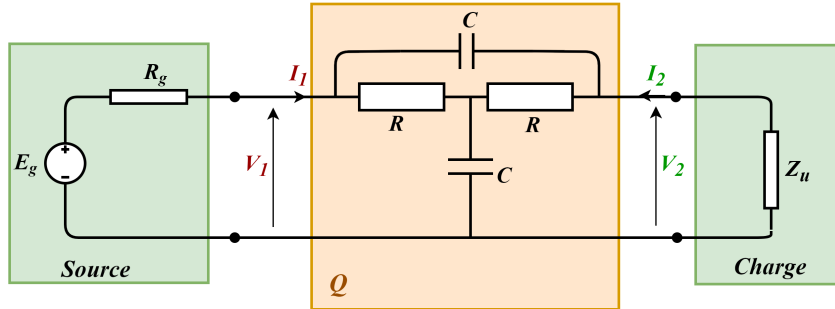
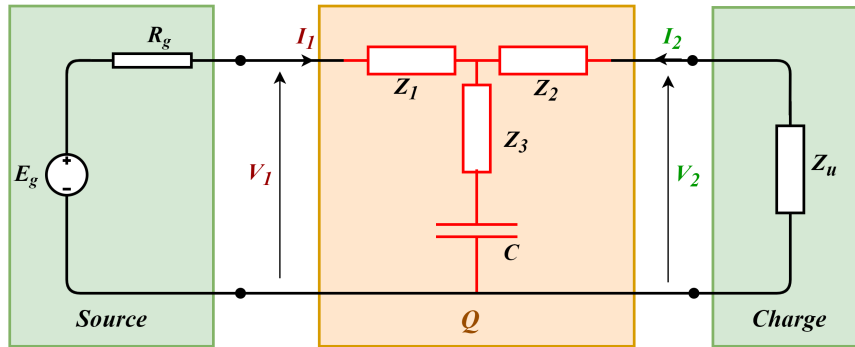


FIGURE 2.16: Exemple de calcul des caractéristiques d'un quadripôle passif.

solution

On commence par le calcul des paramètres Z du quadripôle.

En utilisant le théorème de Kennelly, le schéma du quadripôle devient (figure 2.17) :

FIGURE 2.17: Schéma simplifié pour déterminer les paramètres Z .

Avec :

$$Z_1 = Z_2 = \frac{R \cdot Z_C}{2R + Z_C}$$

$$Z_3 = \frac{R^2}{2R + Z_C}$$

De la même manière que dans la sous section (2.3.1), les paramètres Z sont donnés par :

$$Z_{11} = Z_{22} = Z_1 + (Z_3 + Z_C)$$

$$Z_{12} = Z_{21} = Z_3 + Z_C$$

Il est clair que le déterminant de la matrice Z est égale à zéro : $\Delta Z = 0$. Il résulte que :

$$Z_e = \frac{Z_u Z_{11} + \Delta Z}{Z_{22} + Z_u} \Rightarrow Z_e = \frac{Z_u Z_{11}}{Z_{22} + Z_u}$$

$$Z_s = \frac{R_g Z_{22} + \Delta Z}{R_g + Z_{11}} \Rightarrow Z_s = \frac{R_g Z_{22}}{R_g + Z_{11}}$$

$$G_v = \frac{Z_{21} Z_u}{Z_{11} Z_u + \Delta Z} \Rightarrow G_v = \frac{Z_{21} Z_u}{Z_{11} Z_u}$$

$$G_i = -\frac{Z_{21}}{Z_u + Z_{22}}$$

2.5 Association de quadripôles

L'analyse d'un circuit large et complexe est souvent plus simple si on peut diviser le circuit en blocs plus simples. L'interconnexion de ces circuits permet alors de compléter l'analyse. Si on modélise les sous-circuits par des circuits à deux ports, la synthèse globale implique l'analyse des interconnexions entre les ports. Il existe trois façons principales de connecter les circuits deux-ports : en série, en parallèle et en cascade.

2.5.1 Association en série de deux quadripôles

La figure 2.18 représente l'association de deux quadripôles en série.

Dans ce cas, la tension d'entrée (de sortie) du quadripôle résultant est la somme des tensions d'entrée (de sortie) des quadripôles associés en série :

$$\begin{cases} V_1 = V'_1 + V''_1 \\ V_2 = V'_2 + V''_2 \end{cases} \quad (2.26)$$

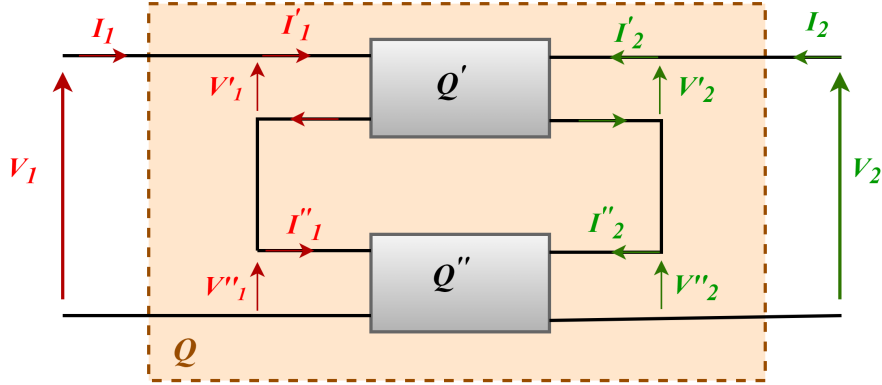


FIGURE 2.18: Association en série de deux quadripôles.

Les courants sont identiques :

$$\begin{cases} I_1 = I_1' = I_1'' \\ I_2 = I_2' = I_2'' \end{cases} \quad (2.27)$$

La matrice $[Z]$ du quadripôle équivalent à la mise en série de Q' et Q'' est donnée par :

$$[Z] = [Z'] + [Z''] \quad (2.28)$$

2.5.2 Association en parallèle de deux quadripôles

La figure 2.19 représente l'association de deux quadripôles en parallèle.

Dans ce cas, le courant d'entrée (de sortie) du quadripôle résultant est la somme des courants d'entrée (de sortie) des quadripôles associés en parallèle :

$$\begin{cases} I_1 = I_1' + I_1'' \\ I_2 = I_2' + I_2'' \end{cases} \quad (2.29)$$

Les tensions sont identiques :

$$\begin{cases} V_1 = V_1' = V_1'' \\ V_2 = V_2' = V_2'' \end{cases} \quad (2.30)$$

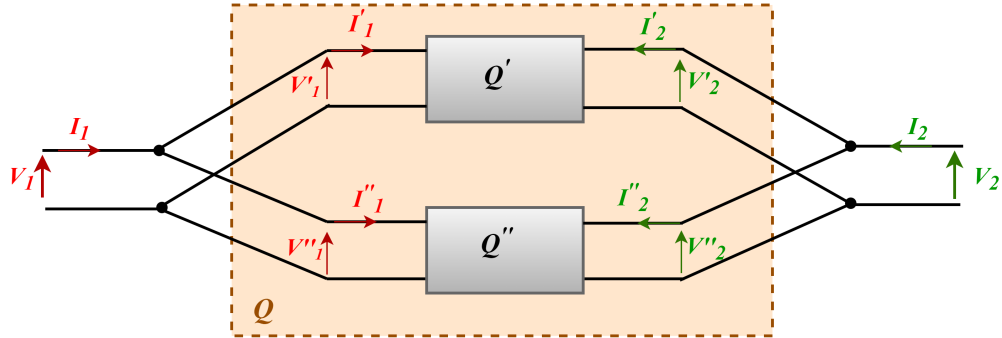


FIGURE 2.19: Association en parallèle de deux quadripôles.

La matrice $[Y]$ du quadripôle équivalent à la mise en parallèle de Q' et Q'' est donnée par :

$$[Y] = [Y'] + [Y''] \quad (2.31)$$

2.5.3 Association en cascade de deux quadripôles

La figure 2.20 représente l'association de deux quadripôles en cascade.

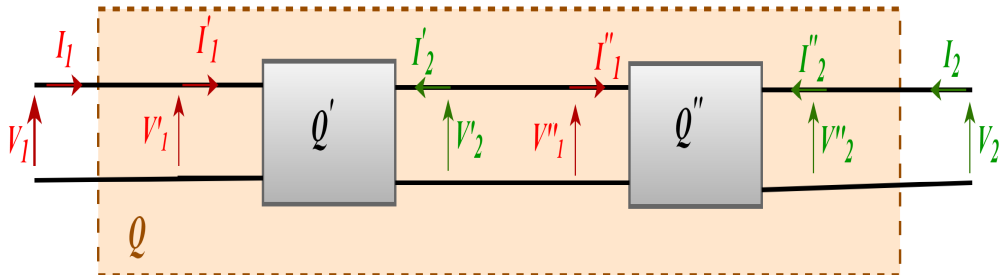


FIGURE 2.20: Association en cascade de deux quadripôles.

Dans ce cas, la tension de sortie du premier quadripôle est la

tension d'entrée du deuxième quadripôle :

$$\begin{cases} V_1 = V_1' \\ V_2' = V_1'' \\ V_2'' = V_2 \end{cases} \quad (2.32)$$

La matrice $[T]$ du quadripôle équivalent à la mise en cascade de Q' et Q'' est donnée par :

$$[T] = [T'] \cdot [T''] \quad (2.33)$$

2.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté des généralités sur les quadripôles, leur définition et leurs matrices représentatives. Ensuite, on a déterminé les paramètres fondamentaux comme les impédances d'entrée, de sortie, les gains en tension et en courant. Enfin, on a présenté l'association des quadripôles en série, en parallèle et en cascade.