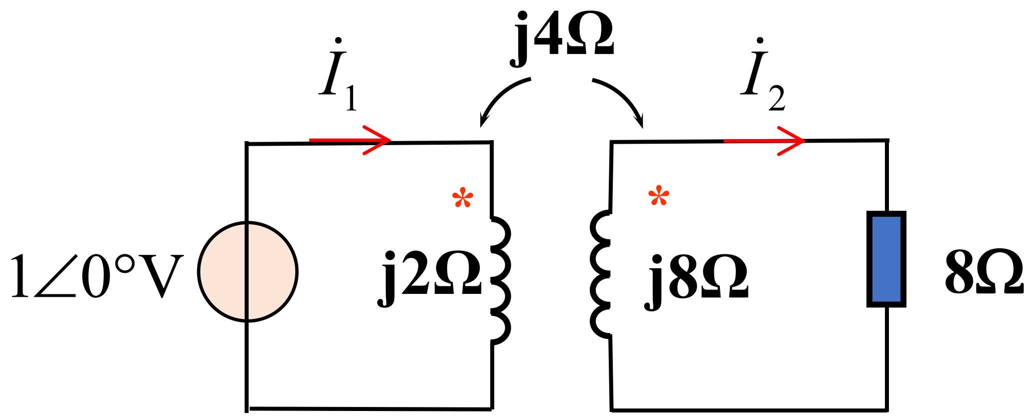
电路分析基础

一院四教　张帆
15703565092

回顾

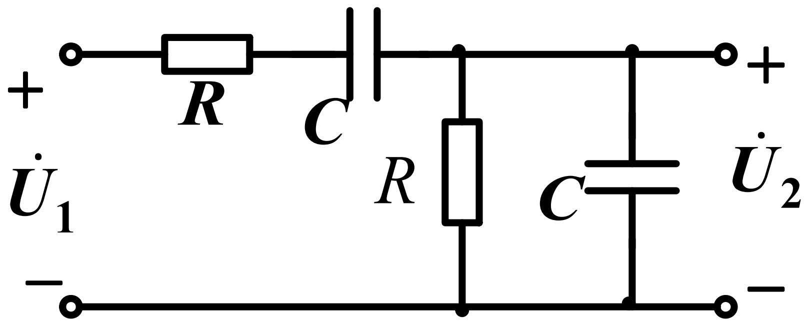
例：全耦合变压器如图所示，试求电流 $\dot{I}_1$ 和 $\dot{I}_2$

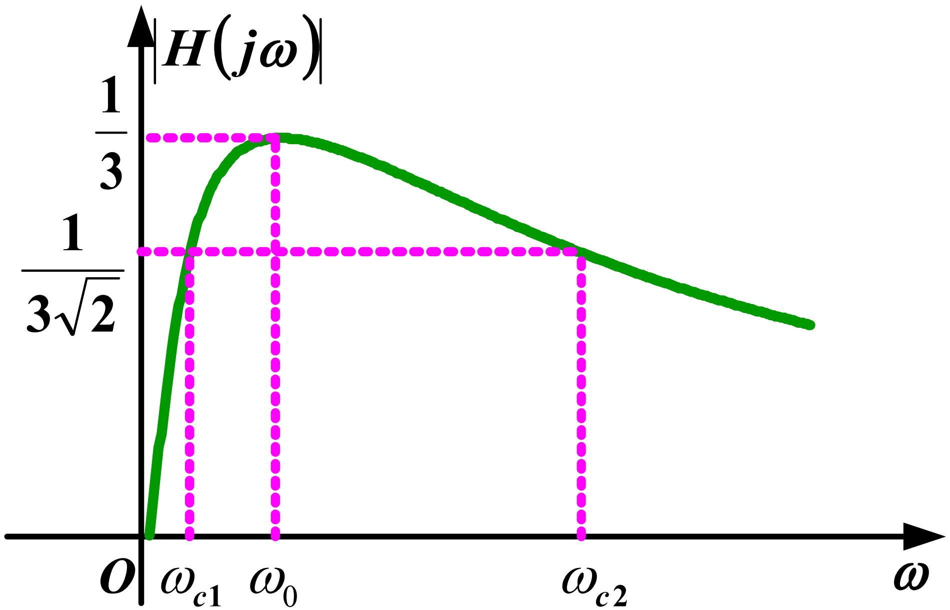


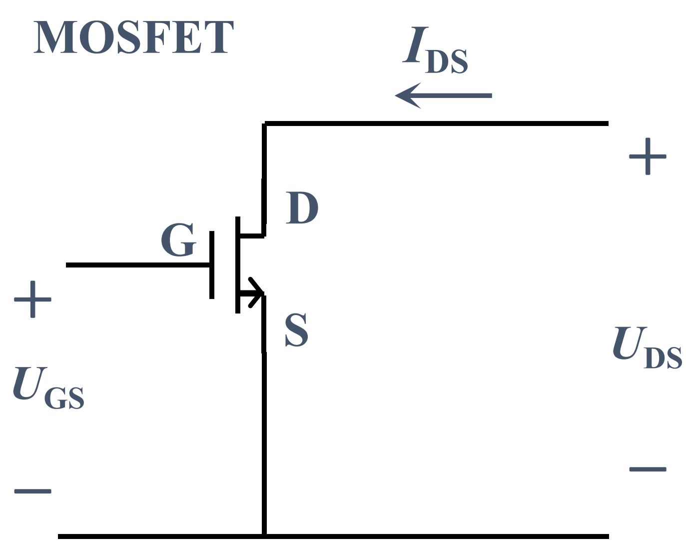
第八单元 双口网络

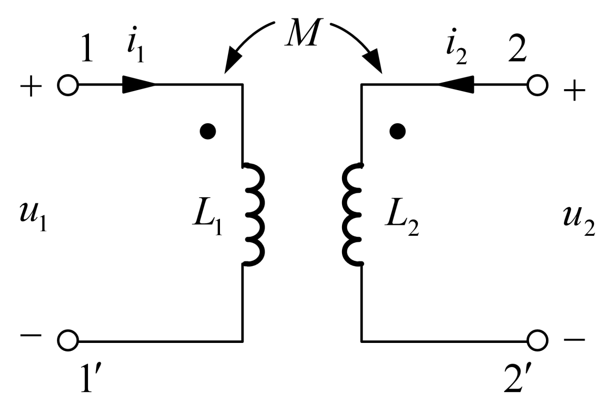
引入

为什么要讲双口网络？









引入

复杂的电路网络、元件 → 感兴趣的接线端的u-i关系 → 功能模块 → 复杂系统

计算机、超高压输电系统等

抽象的思维

对等效的理解

分析手段：两类约束

第八单元 双口网络

§ 4-10 双口网络的电压和电流关系

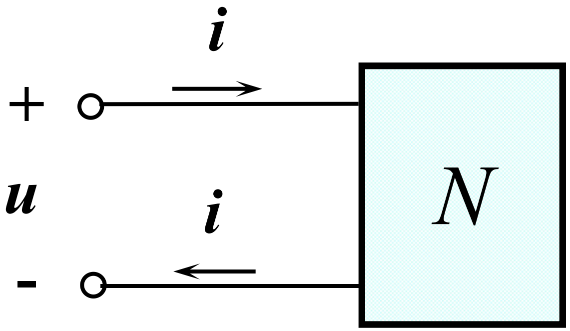
§ 4-11 互易双口 对称双口

§ 4-12 端接双口

本章重点：

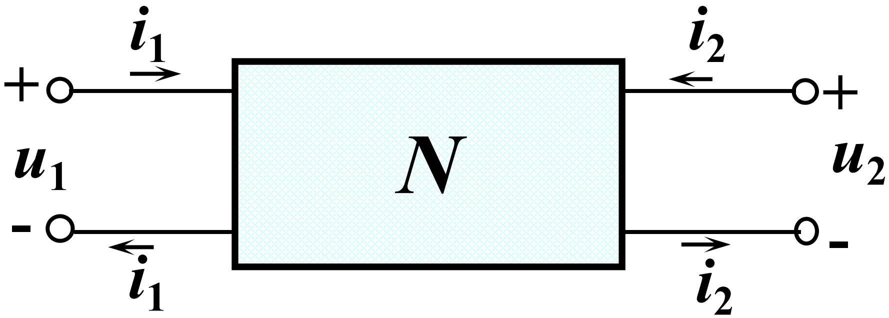
掌握双口网络的各种参数及网络函数的概念

准备知识



端口由一对端钮构成，且满足从一个端钮流入的电流等于从另一个端钮流出的电流。

当一个电路与外部电路通过两个端口连接时称此电路为二端口网络，简称<u>双口网络</u>。



多选题 1分

设置

此题未设置答案，请点击右侧设置按钮

以下说法正确的是（　　）

A 二端网络不一定是单口网络

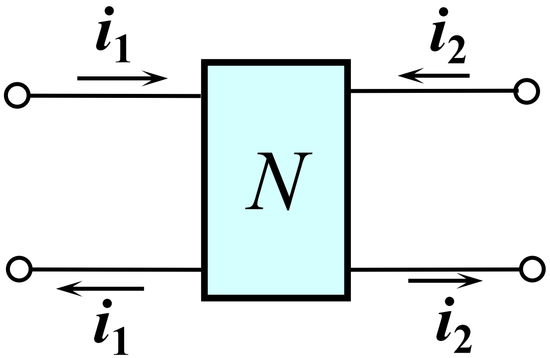
B 二端网络一定是单口网络

C 四端网络一定是双口网络

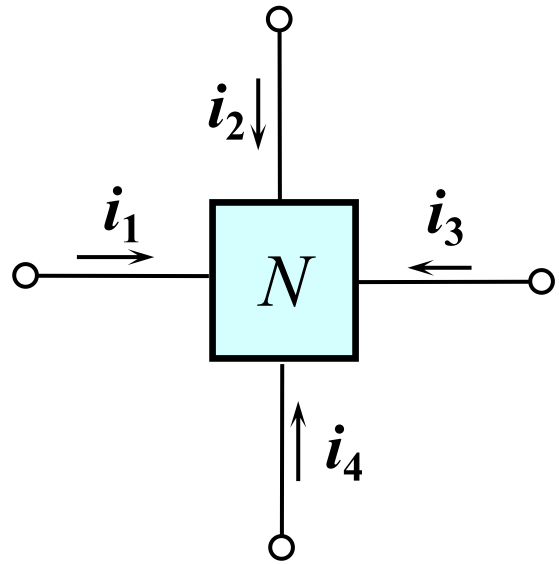
D 四端网络不一定是双口网络

提交

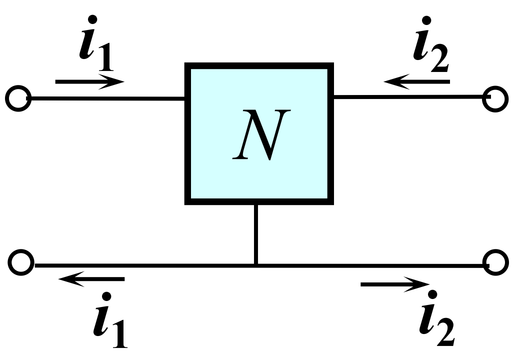
准备知识



双口网络



四端网络



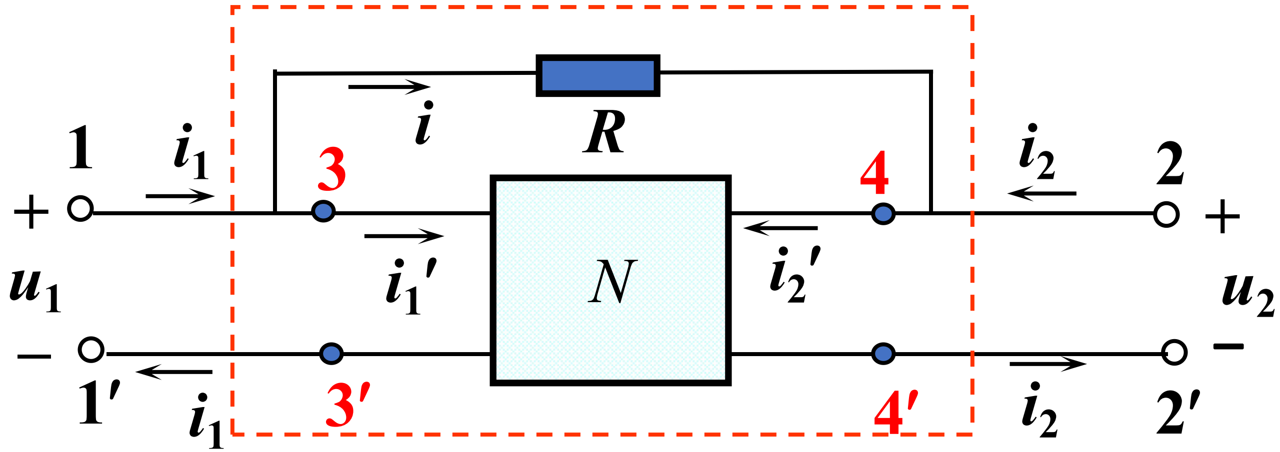
具有公共端的双口网络

单选题 1分

设置

此题未设置答案，请点击右侧设置按钮

（　　）能构成双口网络。



A　1-1′　和2-2′

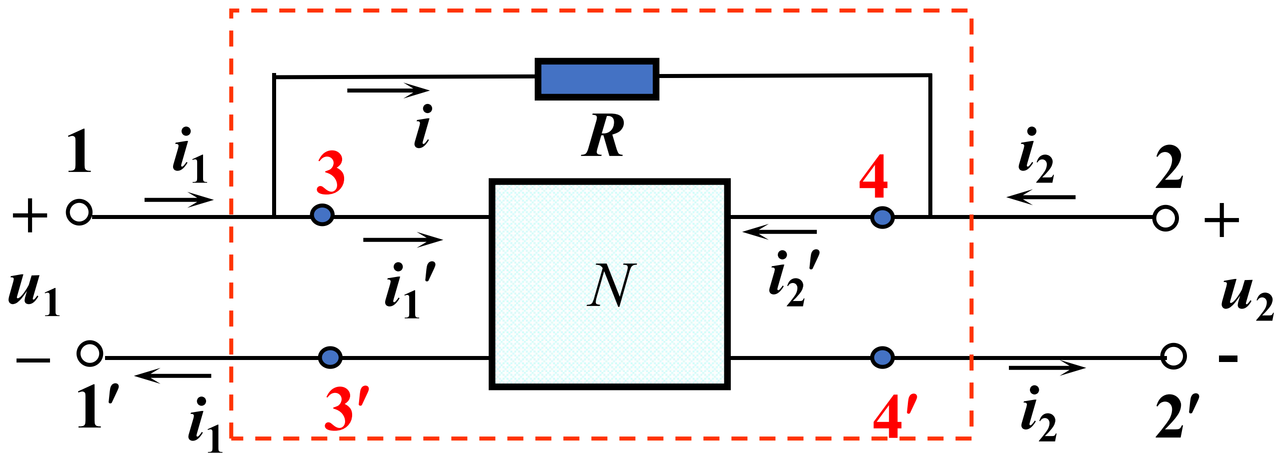
B　1-1′　和4-4′

C　2-2′　和3-3′

D　3-3′　和4-4′

提交

准备知识



1-1′， 2-2′ 是二端口。

3-3′， 4-4′不是二端口，是四端网络。

因为
$$\left.\begin{aligned} i_1' &= i_1 - i \neq i_1 \\ i_2' &= i_2 + i \neq i_2 \end{aligned}\right\}$$ 不满足端口条件

约定

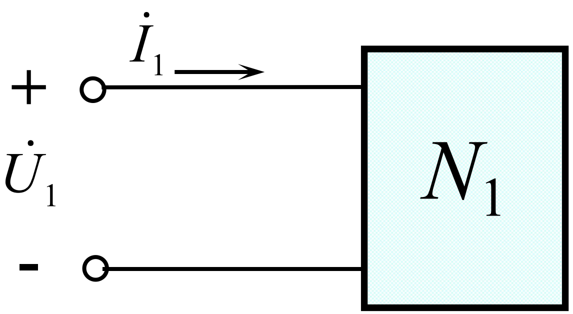
（1）本章讨论范围

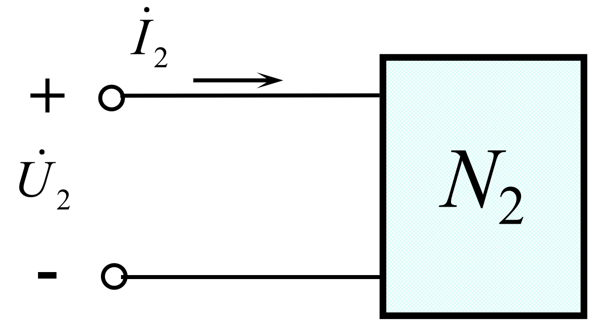
网络内部不含独立源，网络仅含有线性 R、L、C、M 与线性受控源。本章仅讨论无源线性时不变双口网络。

（2）参考方向

（3）在讨论参数和参数方程时，电压、电流用瞬时值u、i或恒定值（直流）符号U、I表示。
正弦稳态电路中，用电路相量模型，端口电压、电流将采用相量$\dot{U}$、$\dot{I}$ 。

双口网络的参数和方程



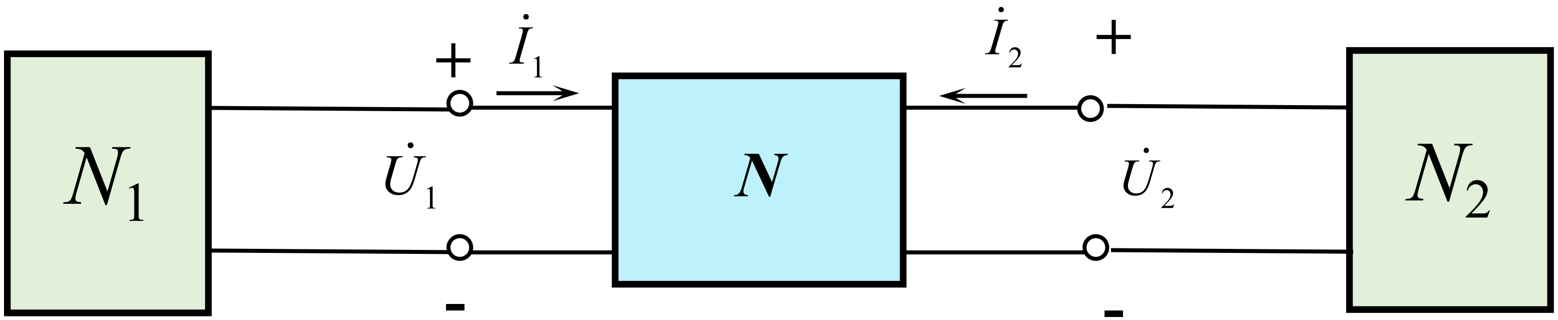


$\dot{U}_1 = f(\dot{I}_1)$

或 $\dot{I}_1 = g(\dot{U}_1)$

$\dot{U}_2 = f(\dot{I}_2)$

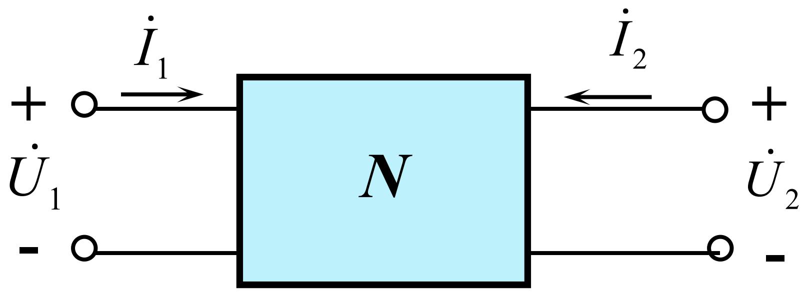
或 $\dot{I}_2 = g(\dot{U}_2)$



用两个电压电流关系方程来描述二端网络

用两个物理量来表示另外两个

双口网络的参数和方程



表示端口电压和电流关系的物理量有**4个**：

$\dot{U}_1 \quad \dot{I}_1 \quad \dot{U}_2 \quad \dot{I}_2$

端口电压、电流关系可由六种不同的方程来表示，即可用

6套参数描述二端口网络，而常用的有 4 套参数：

- 开路阻抗参数Z
- 短路导纳参数Y
- 混合参数H
- 传输参数A

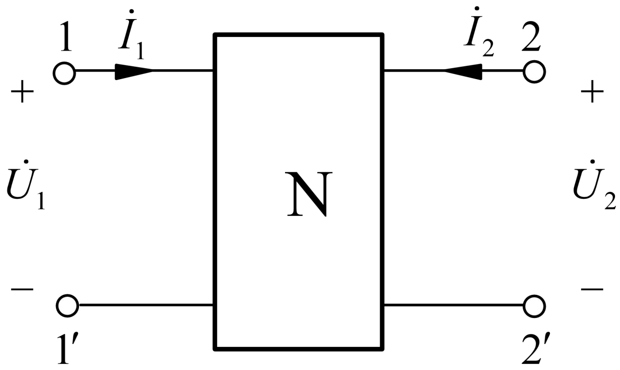
内容目录

电路➞参数

参数➞等效电路

一、双口网络的开路阻抗参数

1、Z参数的定义



$\dot{I}_1$、$\dot{I}_2$为激励，

$\dot{U}_1$、$\dot{U}_2$为响应。

双口网络的 Z 参数方程

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

Z 参数方程矩阵形式

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

Z_{11}、Z_{12}、Z_{21}、Z_{22}称为Z参数

一、双口网络的开路阻抗参数

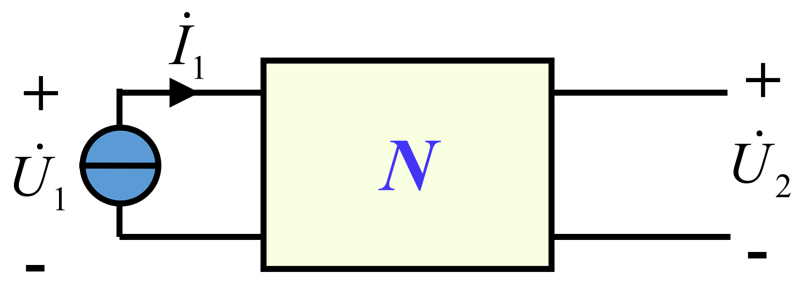
2、Z参数的物理意义

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

Z 参数具有阻抗的量纲，且都是端口开路时的阻抗，故称为**开路阻抗参数**。

$$Z_{11} = \left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0}$$

输入阻抗
策动点阻抗

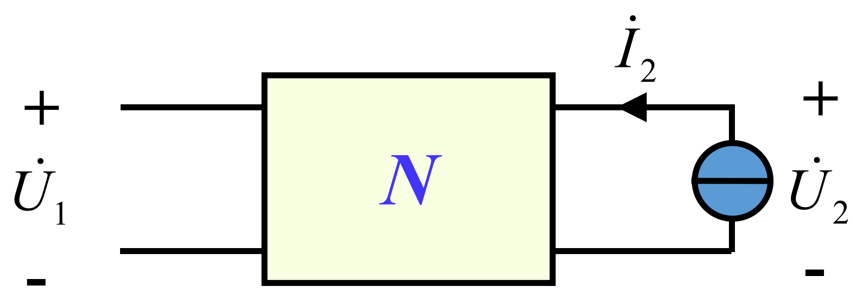


$$Z_{21} = \left.\frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0}$$

正向转移阻抗

$$Z_{12} = \left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}$$

反向转移阻抗



$$Z_{22} = \left.\frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}$$

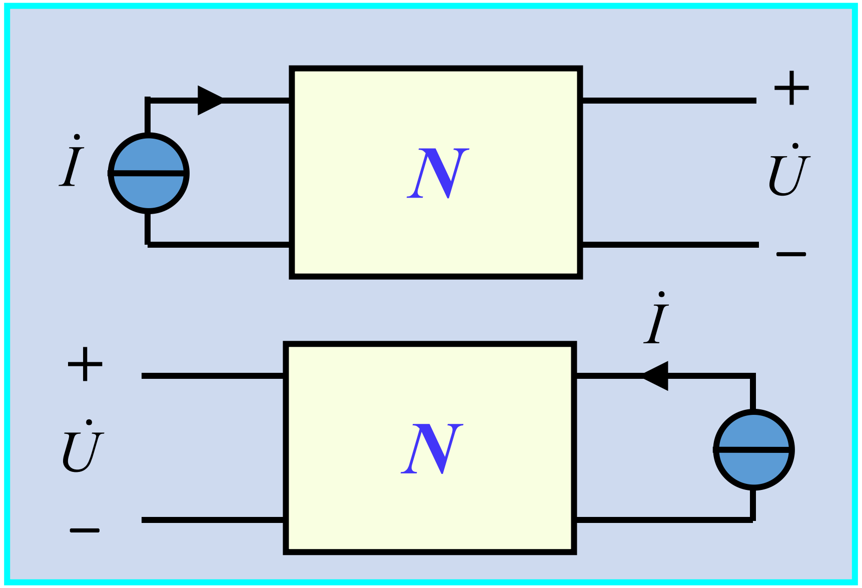
输出阻抗
策动点阻抗

一、双口网络的开路阻抗参数

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

3、双口网络的互易

无论把激励加在哪一侧，在另一侧产生的响应都一样



$$\dot{U} = Z_{21}\dot{I}$$

$$\dot{U} = Z_{12}\dot{I}$$

$Z_{12} = Z_{21}$

互易双口网络四个参数中只有三个是独立的。

由R、L、C、耦合电感和理想变压器构成的无源网络互易。

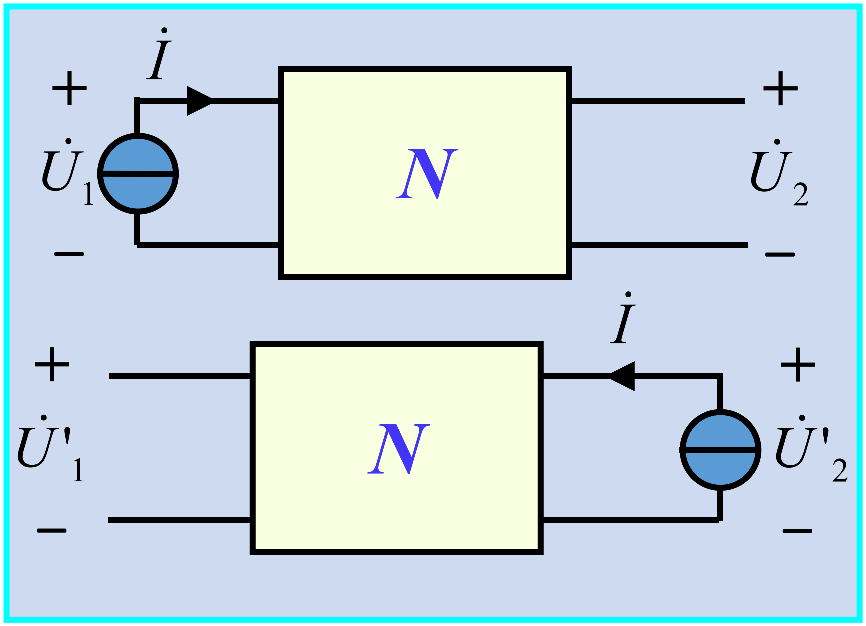
互易定理

一、双口网络的开路阻抗参数

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

4、双口网路的对称

两个端口互换后外特性一样 → $Z_{11}=Z_{22}$，$Z_{12}=Z_{21}$



$$\dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}$$

$$\left.\begin{aligned} \dot{U}_1 &= Z_{11}\dot{I} \\ \dot{U}'_2 &= Z_{22}\dot{I} \end{aligned}\right\} Z_{11}=Z_{22}$$

$$\dot{U}'_1 = Z_{12}\dot{I}$$

$\dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}$，$\dot{U}'_1 = Z_{12}\dot{I}$ $\}$ $Z_{12}=Z_{21}$

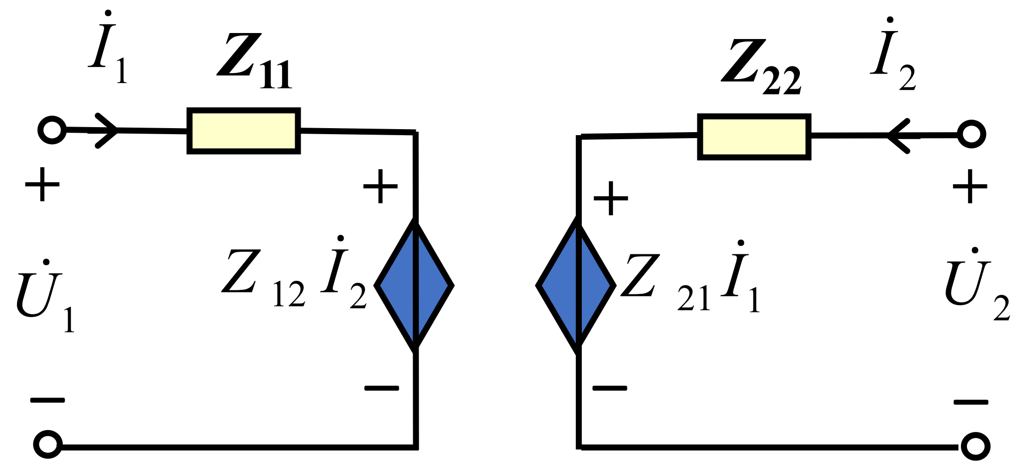
对称双口网路只有两个参数是独立的。

结构对称的双口网络是对称的。

一、双口网络的开路阻抗参数

5、双口网路Z参数的等效电路

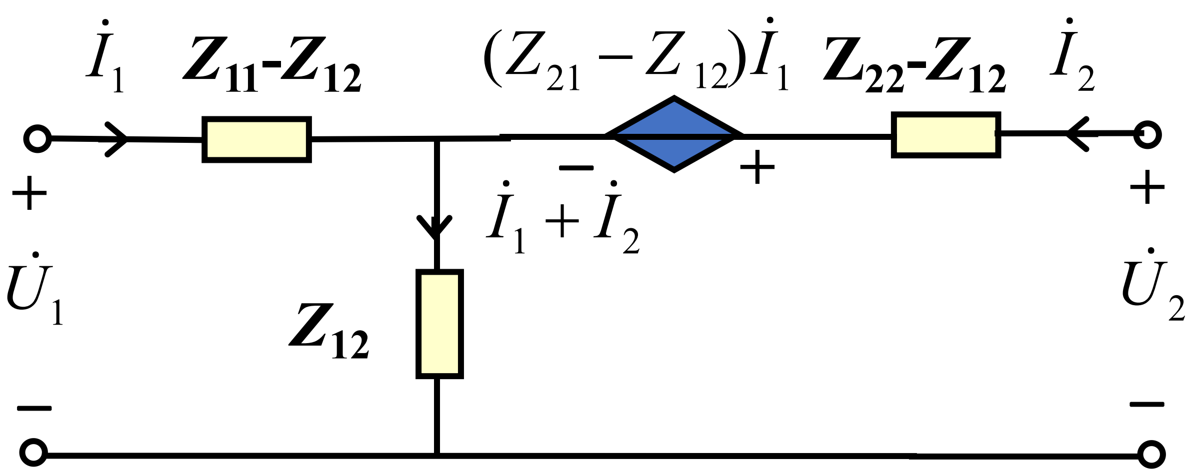
$$\begin{cases} \dot{U}_1 = Z_{11}\dot{I}_1 + Z_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = Z_{21}\dot{I}_1 + Z_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$



如果只用一个受控源，原方程改写为：

$$\dot{U}_1 = (Z_{11} - Z_{12})\dot{I}_1 + Z_{12}(\dot{I}_1 + \dot{I}_2)$$

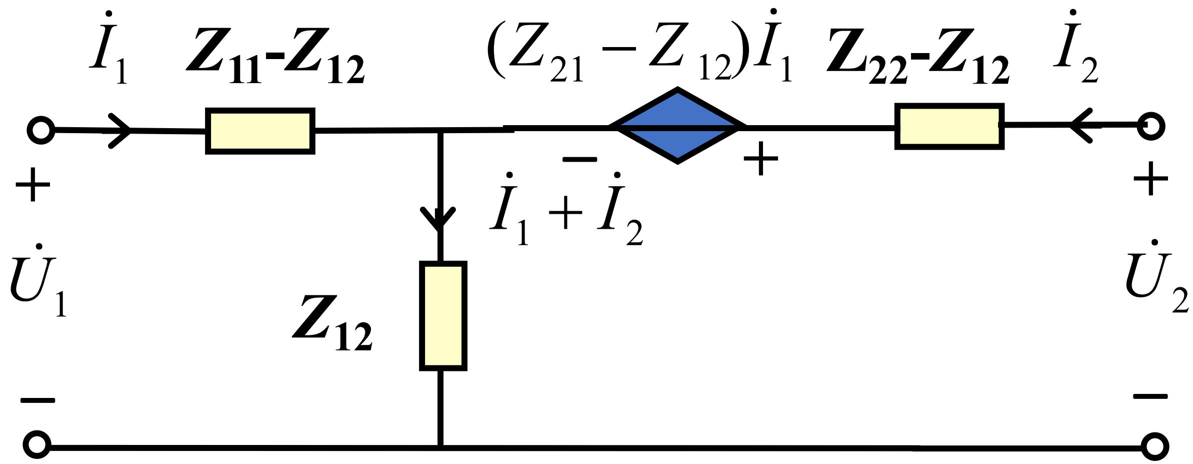
$$\dot{U}_2 = (Z_{21} - Z_{12})\dot{I}_1 + (Z_{22} - Z_{12})\dot{I}_2 + Z_{12}(\dot{I}_1 + \dot{I}_2)$$



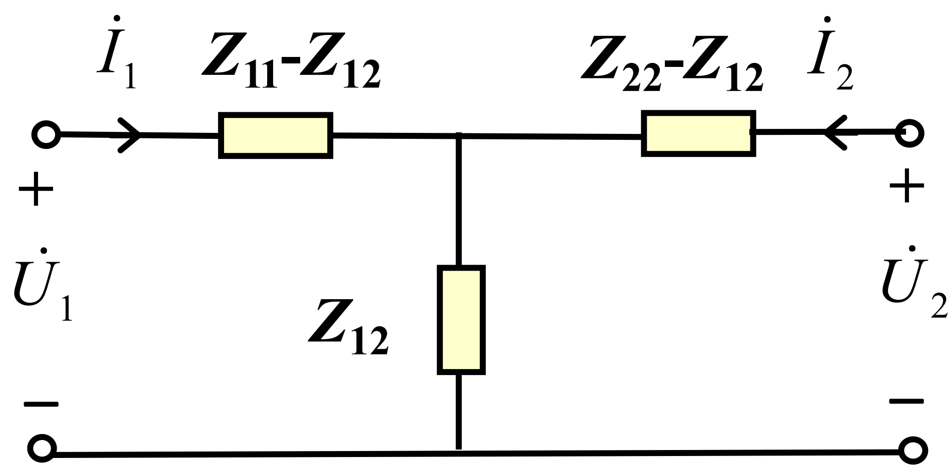
同一个参数方程，可以画出结构不同的等效电路。

等效电路不唯一。

一、双口网络的开路阻抗参数



互易网络 $Z_{12}=Z_{21}$



网络对称($Z_{11}=Z_{22}$)则等效电路也对称。

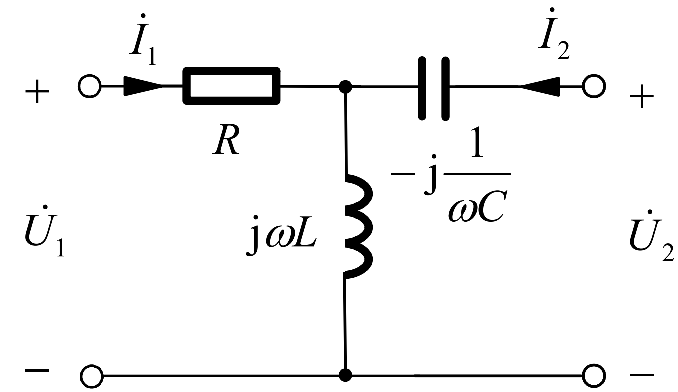
一、双口网络的开路阻抗参数

例1：求图所示 T 形电路的 Z 参数。

方法1：端口u-i关系

$$\left.\begin{aligned}&(R+\mathrm{j}\omega L)\dot{I}_1+\mathrm{j}\omega L\dot{I}_2=\dot{U}_1\\&\mathrm{j}\omega L\dot{I}_1+\left(\mathrm{j}\omega L-\mathrm{j}\frac{1}{\omega C}\right)\dot{I}_2=\dot{U}_2\end{aligned}\right\}$$

$$\boldsymbol{Z}=\begin{bmatrix}R+\mathrm{j}\omega L & \mathrm{j}\omega L\\ \mathrm{j}\omega L & \mathrm{j}\omega L-\mathrm{j}\dfrac{1}{\omega C}\end{bmatrix}\Omega$$

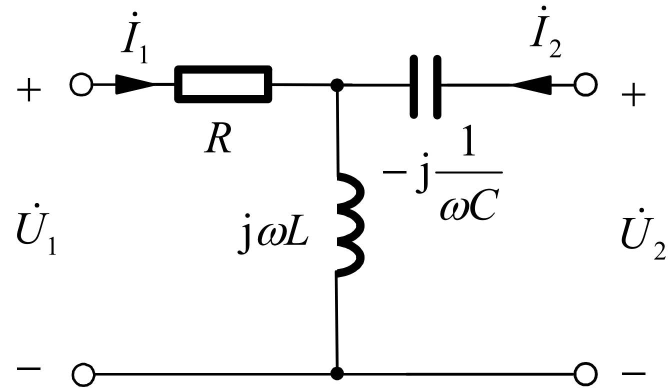


互易二端口

一、双口网络的开路阻抗参数

例1：求图所示 T 形电路的 Z 参数。

方法2：物理意义（开路-短路）

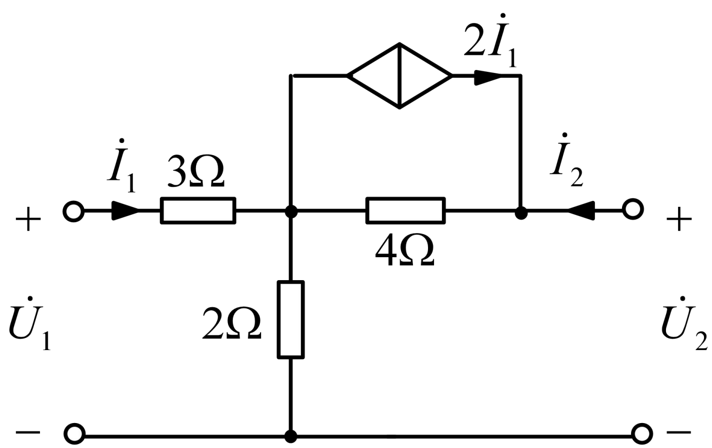


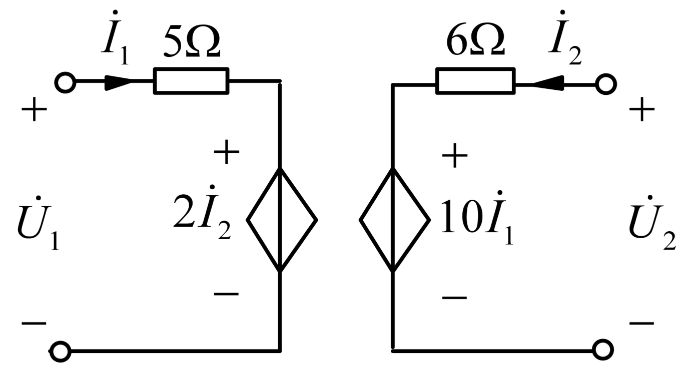
$$z_{11}=\left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0}=R+\mathrm{j}\omega L \qquad z_{12}=\left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}=\mathrm{j}\omega L$$

$$z_{21}=\left.\frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{I}_2=0}=\mathrm{j}\omega L \qquad z_{22}=\left.\frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}=\mathrm{j}\omega L-\mathrm{j}\frac{1}{\omega C}$$

一、双口网络的开路阻抗参数

例2： 求图所示 双口网络的 Z 参数及等效电路。



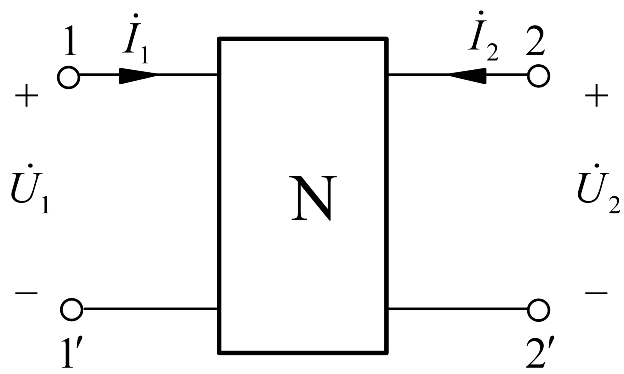


解： 列回路方程

$$\begin{cases} 3\dot{I}_1 + 2(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = \dot{U}_1 \\ 4(2\dot{I}_1 + \dot{I}_2) + 2(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = \dot{U}_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 5\dot{I}_1 + 2\dot{I}_2 = \dot{U}_1 \\ 10\dot{I}_1 + 6\dot{I}_2 = \dot{U}_2 \end{cases} \Rightarrow \boldsymbol{Z} = \begin{bmatrix} 5 & 2 \\ 10 & 6 \end{bmatrix}\Omega$$

二、双口网络的短路导纳参数

1、*Y*参数的定义



$\dot{U}_1$、$\dot{U}_2$为激励，

$\dot{I}_1$、$\dot{I}_2$为响应。

双口网络的 *Y* 参数方程

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$

Y 参数方程矩阵形式

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$$

Y_{11}、Y_{12}、Y_{21}、Y_{22}称为*Y*参数

二、双口网络的短路导纳参数

Z参数矩阵 ⟷ Y参数矩阵

- 若 Z 参数矩阵为非奇异，则其逆矩阵 Z^{-1} 存在

  则有$Y = Z^{-1}$ 或 $Z = Y^{-1}$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \dfrac{Z_{22}}{\Delta_Z} & -\dfrac{Z_{12}}{\Delta_Z} \\ -\dfrac{Z_{21}}{\Delta_Z} & \dfrac{Z_{11}}{\Delta_Z} \end{bmatrix}$$

$$\Delta_Z = Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21}$$

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \dfrac{Y_{22}}{\Delta_Y} & -\dfrac{Y_{12}}{\Delta_Y} \\ -\dfrac{Y_{21}}{\Delta_Y} & \dfrac{Y_{11}}{\Delta_Y} \end{bmatrix}$$

$$\Delta_Y = Y_{11}Y_{22} - Y_{12}Y_{21}$$

二、双口网络的短路导纳参数

2、*Y*参数的物理意义

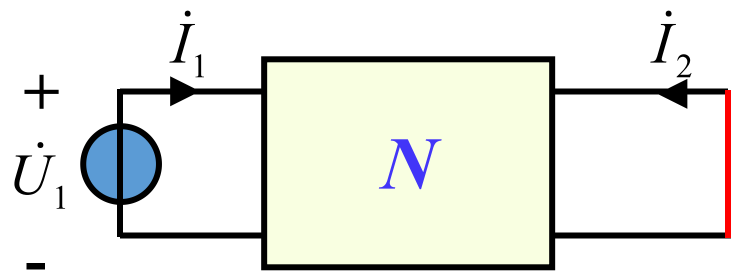
$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$

Y 参数具有导纳的量纲，且都是端口短路时的阻抗，故称为**短路导纳参数**。

$$Y_{11} = \left.\frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1}\right|_{\dot{U}_2=0}$$

输入导纳

策动点导纳

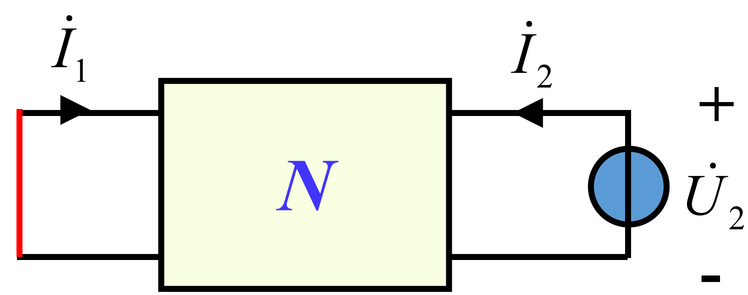


$$Y_{21} = \left.\frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1}\right|_{\dot{U}_2=0}$$

正向转移导纳

$$Y_{12} = \left.\frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2}\right|_{\dot{U}_1=0}$$

反向转移导纳



$$Y_{22} = \left.\frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2}\right|_{\dot{U}_1=0}$$

输出导纳

策动点导纳

二、双口网络的短路导纳参数

3、双口网络的互易和对称

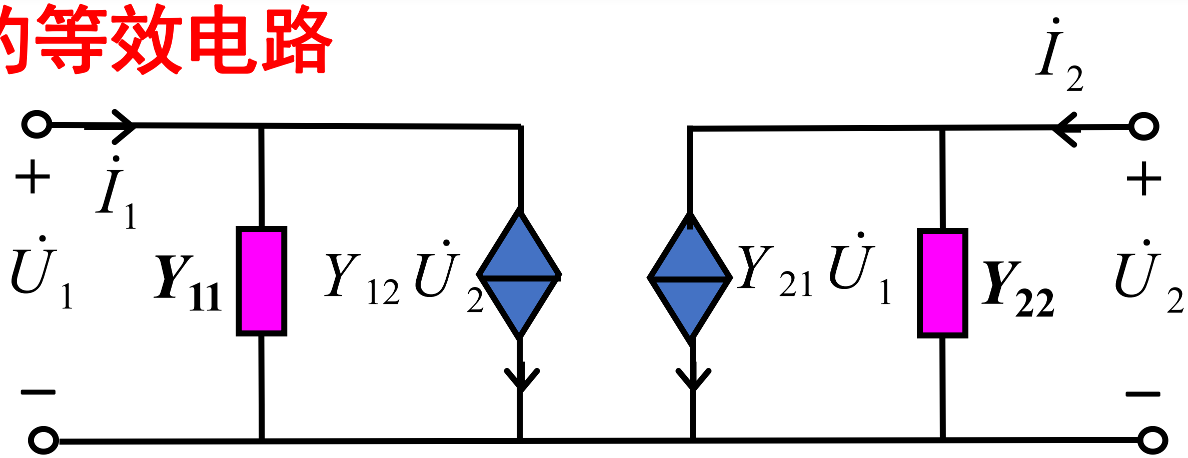
互易双口网络　$Z_{12}=Z_{21}$ → $Y_{12}=Y_{21}$

对称双口网络　$Z_{11}=Z_{22}$，$Z_{12}=Z_{21}$ → $Y_{11}=Y_{22}$，$Y_{12}=Y_{21}$

二、双口网络的短路导纳参数

4、双口网路Y参数的等效电路

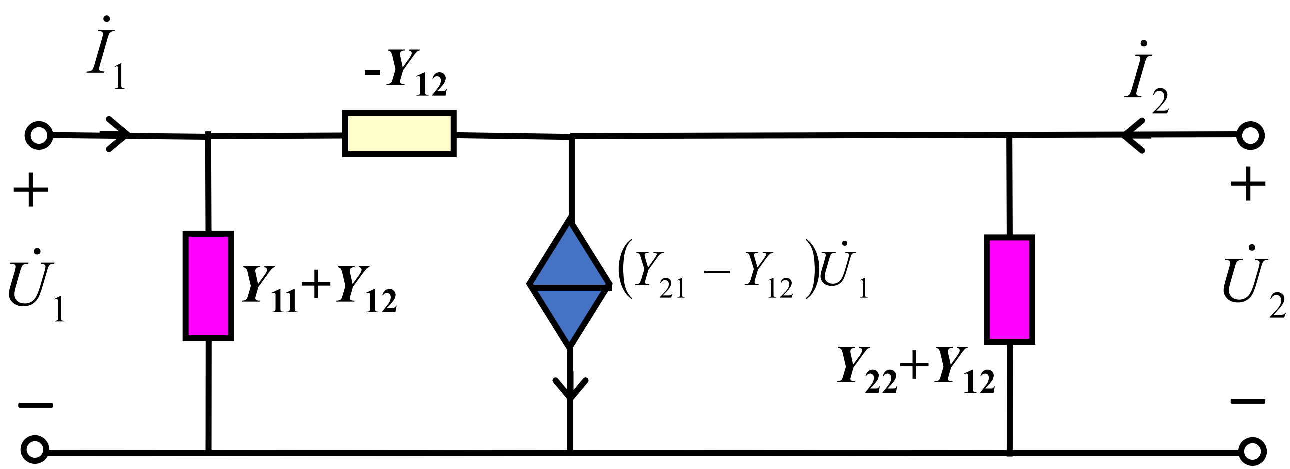
$$\begin{cases} \dot{I}_1 = Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$



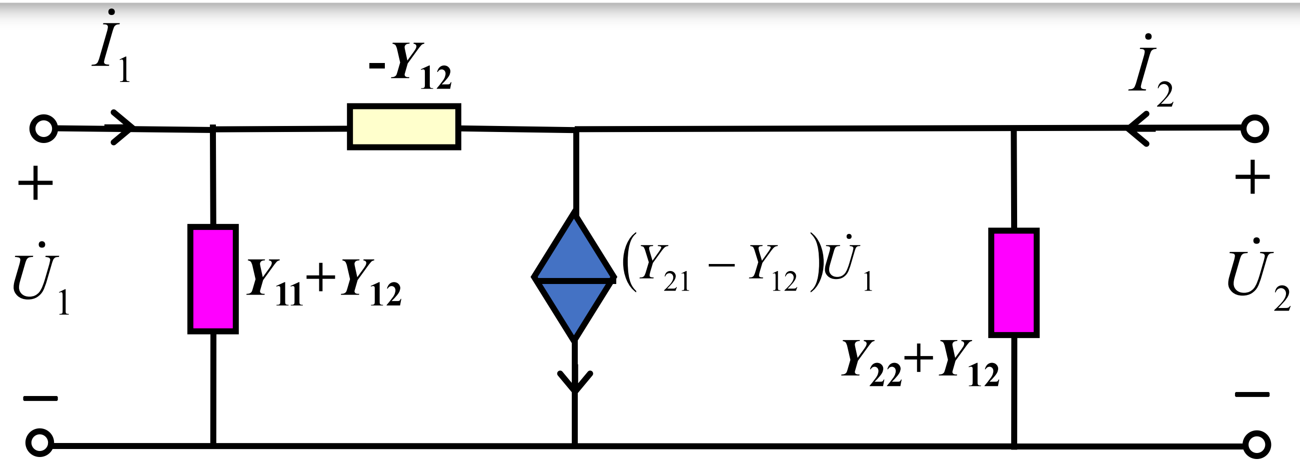
改写原方程：

$$\dot{I}_1 = (Y_{11} + Y_{12})\dot{U}_1 - Y_{12}(\dot{U}_1 - \dot{U}_2)$$

$$\dot{I}_2 = (Y_{21} - Y_{12})\dot{U}_1 + (Y_{22} + Y_{12})\dot{U}_2 - Y_{12}(\dot{U}_2 - \dot{U}_1)$$

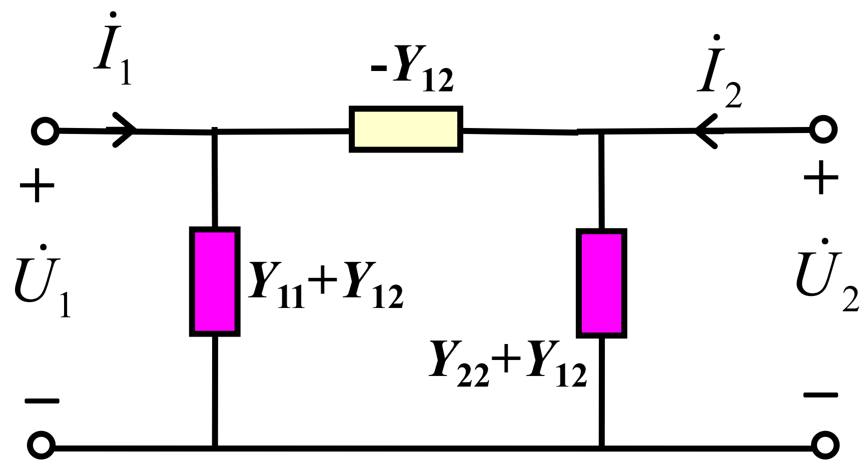


二、双口网络的短路导纳参数



互易网络　$Y_{12}=Y_{21}$

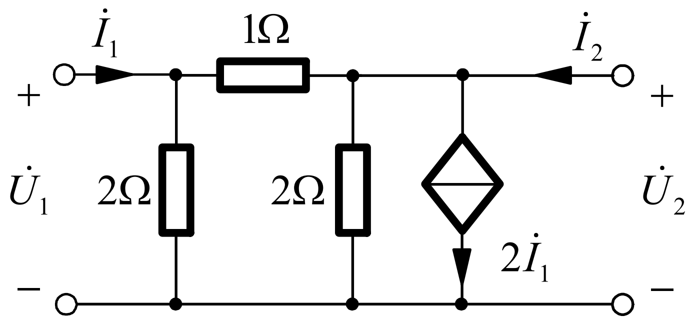
称为∏型等效电路



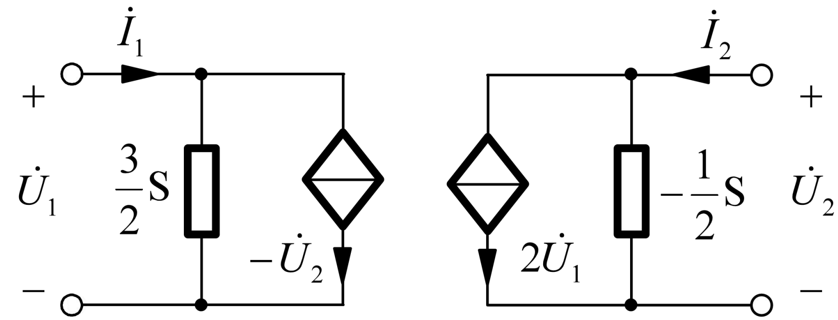
网络对称($Z_{11}=Z_{22}$)则等效电路也对称。

二、双口网络的短路导纳参数

例3： 求图所示双口网络的 Y 参数和 Z 参数，并作出 Y 参数等效电路。



(a)



(b)

解：

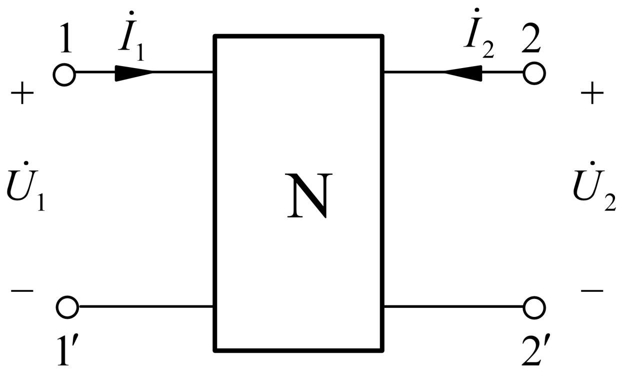
$$\left.\begin{aligned}\left(1+\frac{1}{2}\right)\dot U_1-\dot U_2&=\dot I_1\\ -\dot U_1+\left(1+\frac{1}{2}\right)\dot U_2&=\dot I_2-2\dot I_1\end{aligned}\right\}$$

$$\boldsymbol{Y}=\begin{bmatrix}\frac{3}{2} & -1\\ 2 & -\frac{1}{2}\end{bmatrix}\mathrm{S}$$

$$\boldsymbol{Z}=\begin{bmatrix}\frac{y_{22}}{\Delta_Y} & -\frac{y_{12}}{\Delta_Y}\\ -\frac{y_{21}}{\Delta_Y} & \frac{y_{11}}{\Delta_Y}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\frac{2}{5} & \frac{4}{5}\\ -\frac{8}{5} & \frac{6}{5}\end{bmatrix}\Omega$$

三、双口网络的混合参数

1、*H*参数的定义



$\dot{I}_1$、$\dot{U}_2$为激励，

$\dot{U}_1$、$\dot{I}_2$为响应。

双口网络的 *H* 参数方程

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = h_{11}\dot{I}_1 + h_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = h_{21}\dot{I}_1 + h_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$

H 参数方程矩阵形式

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix}$$

h_{11}、h_{12}、h_{21}、h_{22}称为*H*参数，常用于双极型晶体管等效电路。

三、双口网络的混合参数

2、*H*参数的物理意义

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = h_{11}\dot{I}_1 + h_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = h_{21}\dot{I}_1 + h_{22}\dot{U}_2 \end{cases}$$

h_{11}和 h_{22}分别具有阻抗和导纳的量纲，而 h_{12}和h_{21}无量纲，故称为**混合参数**。

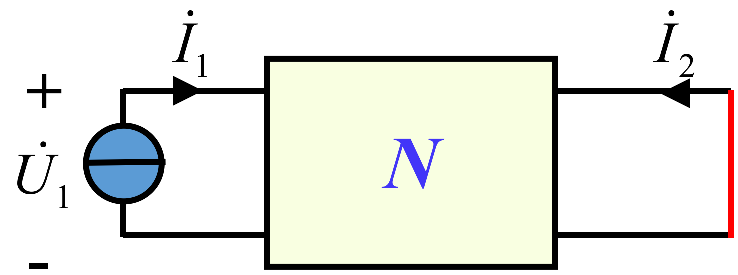
$$h_{11} = \left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{U}_2=0}$$

输入阻抗

策动点阻抗

$$h_{21} = \left.\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1}\right|_{\dot{U}_2=0}$$

电流放大倍数



出口短路

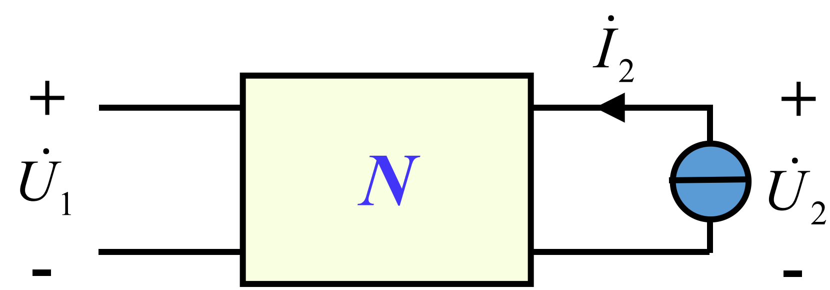
$$h_{12} = \left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}$$

反向电压比

$$h_{22} = \left.\frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2}\right|_{\dot{I}_1=0}$$

输出导纳

策动点导纳



入口开路

三、双口网络的混合参数

3、双口网络的互易和对称

互易双口网络

$Z_{12}=Z_{21}$ → $Y_{12}=Y_{21}$ → $h_{12}=-h_{21}$

对称双口网络

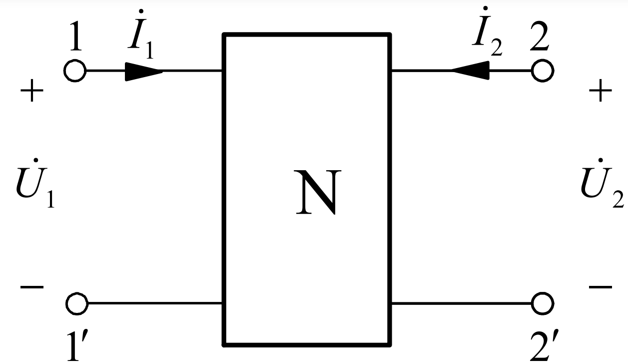
$Z_{11}=Z_{22}$
$Z_{12}=Z_{21}$
→
$Y_{11}=Y_{22}$
$Y_{12}=Y_{21}$
→
$h_{12}=-h_{21}$
$|H|=1$

三、双口网络的混合参数

4、H' 参数方程

$\dot{U}_1$、$\dot{I}_2$ 为激励，

$\dot{I}_1$、$\dot{U}_2$ 为响应。



$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h'_{11} & h'_{12} \\ h'_{21} & h'_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = H' \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

称为H'参数方程

$$H' = \begin{bmatrix} h'_{11} & h'_{12} \\ h'_{21} & h'_{22} \end{bmatrix}$$

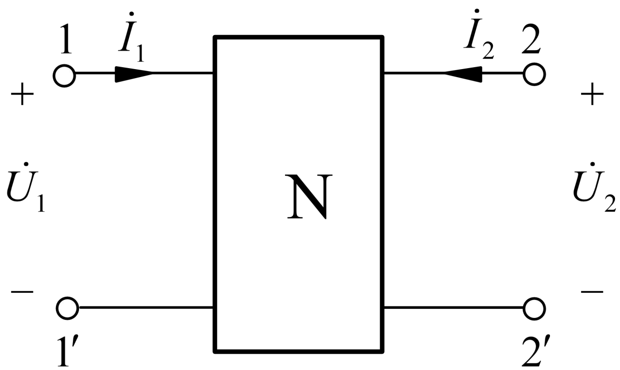
称为H'参数

- H' 参数也称为逆混合参数

$$\boxed{H' = H^{-1}}$$

四、双口网络的传输参数

1、A参数的定义



$\dot{U}_2$、$\dot{I}_2$ 为激励，

$\dot{U}_1$、$\dot{I}_1$ 为响应。

双口网络的 A 参数方程

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 - A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 - A_{22}\dot{I}_2 \end{cases}$$

A 参数方程矩阵形式

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix}$$

A_{11}、A_{12}、A_{21}、A_{22}称为A参数。

四、双口网络的传输参数

2、*A*参数的物理意义

$$\begin{cases}\dot{U}_1 = A_{11}\dot{U}_2 - A_{12}\dot{I}_2 \\ \dot{I}_1 = A_{21}\dot{U}_2 - A_{22}\dot{I}_2\end{cases}$$

4个参数都具有传输函数的性质，故称为**传输参数**。

$$A_{11} = \left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2}\right|_{\dot{I}_2=0}$$

反向电压比

出口开路

$$A_{21} = -\left.\frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2}\right|_{\dot{I}_2=0}$$

转移导纳

$$A_{12} = -\left.\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{U}_2=0}$$

转移阻抗

出口短路

$$A_{22} = \left.\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2}\right|_{\dot{U}_2=0}$$

反向电流比

四、双口网络的传输参数

3、双口网络的互易和对称

互易双口网络

$Z_{12} = Z_{21}$ → $Y_{12} = Y_{21}$ → $h_{12} = -h_{21}$ → $|A| = 1$

对称双口网络

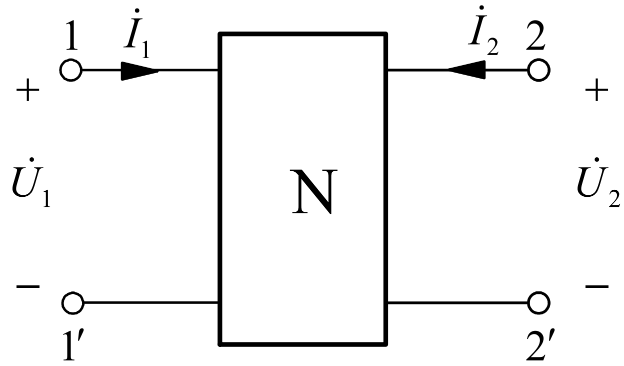
$Z_{11} = Z_{22}$, $Z_{12} = Z_{21}$ → $Y_{11} = Y_{22}$, $Y_{12} = Y_{21}$ → $h_{12} = -h_{21}$, $|H| = 1$ → $A_{11} = A_{22}$, $|A| = 1$

四、双口网络的传输参数

4、A' 参数方程

$\dot{U}_1$、$\dot{I}_1$为激励，

$\dot{U}_2$、$\dot{I}_2$为响应。



A'参数方程 $$\begin{cases} \dot{U}_2 = A'_{11}\dot{U}_1 - A'_{12}\dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 = A'_{21}\dot{U}_1 - A'_{22}\dot{I}_1 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A'_{11} & A'_{12} \\ A'_{21} & A'_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ -\dot{I}_1 \end{bmatrix}$$

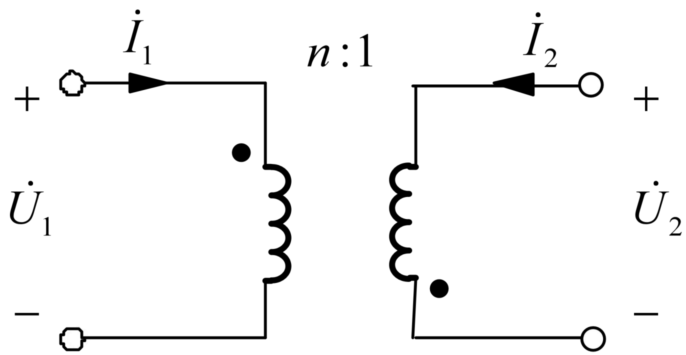
$$A' = \begin{bmatrix} A'_{11} & A'_{12} \\ A'_{21} & A'_{22} \end{bmatrix}$$ 称为A'参数

- A'参数也称为反向传输参数

$$\boxed{A' \neq A^{-1}}$$

四、双口网络的传输参数

例4 求图示理想变压器的A、H、Z 和 Y 参数矩阵。



$$\begin{cases} \dot{U}_1 = -n\dot{U}_2 \\ \dot{I}_1 = \dfrac{1}{n}\dot{I}_2 = -\dfrac{1}{n}(-\dot{I}_2) \end{cases} \qquad \boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} -n & 0 \\ 0 & -\dfrac{1}{n} \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = -n\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = n\dot{I}_1 \end{cases} \qquad \boldsymbol{H} = \begin{bmatrix} 0 & -n \\ n & 0 \end{bmatrix}$$

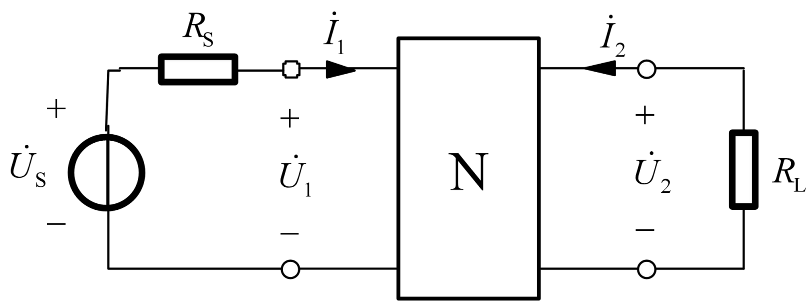
Z参数和Y参数均不存在。

四、双口网络的传输参数

例5 如图示电路，对于角频率为ω的信号源，电路 N 的 Z 参数矩阵为

$$Z=\begin{bmatrix}-\mathrm{j}16 & -\mathrm{j}10\\ -\mathrm{j}10 & -\mathrm{j}4\end{bmatrix}\Omega$$

负载电阻 $R_L=3\Omega$，电源内阻 $R_S=12\Omega$，$\dot U_S=12\mathrm{V}$，求 $\dot U_1$ 和 $\dot U_2$。



解：

$$\begin{cases}\dot U_1=-\mathrm{j}16\dot I_1-\mathrm{j}10\dot I_2\\ \dot U_2=-\mathrm{j}10\dot I_1-\mathrm{j}4\dot I_2\end{cases}$$

$$\begin{cases}\dot U_1=12-12\dot I_1\\ \dot U_2=-3\dot I_2\end{cases}$$

$$\left.\begin{aligned}\left(1-\mathrm{j}\frac{4}{3}\right)\dot U_1-\mathrm{j}\frac{10}{3}\dot U_2&=-\mathrm{j}16\\ -\mathrm{j}\frac{5}{6}\dot U_1+\left(1-\mathrm{j}\frac{4}{3}\right)\dot U_2&=-\mathrm{j}10\end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned}\dot U_1&=6\mathrm{V}\\ \dot U_2&=3\underline{/-36.9^\circ}\mathrm{V}\end{aligned}\right\}$$

小结

1. 线性双口网络参数的求法

    (1) 一端开路或短路——物理意义法

    (2) 求端口的电压电流关系——伏安关系法

2. 双口网络6种参数之间的关系

    (1)知其一可求其余五个；

    (2)同一双口网络，可能有六组参数来描述，但对某些双口，其六种参数不一定都存在；

    (3)同一双口网络用哪种参数来描述要根据实际需要方便为原则。

3. 含有受控源的电路一般有4个独立参数
   RLCM双口网络→互易双口网络←→3个独立参数
   对称双口网络←→2个独立参数

小结

	Z	Y	H	A
Z	$\begin{matrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{y_{22}}{\Delta_Y} & -\frac{y_{12}}{\Delta_Y} \\ -\frac{y_{21}}{\Delta_Y} & \frac{y_{11}}{\Delta_Y} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{\Delta_H}{h_{22}} & \frac{h_{12}}{h_{22}} \\ -\frac{h_{21}}{h_{22}} & \frac{1}{h_{22}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{A_{11}}{A_{21}} & \frac{\Delta_A}{A_{21}} \\ \frac{1}{A_{21}} & \frac{A_{22}}{A_{21}} \end{matrix}$
Y	$\begin{matrix} \frac{z_{22}}{\Delta_Z} & -\frac{z_{12}}{\Delta_Z} \\ -\frac{z_{21}}{\Delta_Z} & \frac{z_{11}}{\Delta_Z} \end{matrix}$	$\begin{matrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{1}{h_{11}} & -\frac{h_{12}}{h_{11}} \\ \frac{h_{21}}{h_{11}} & \frac{\Delta_H}{h_{11}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{A_{22}}{A_{12}} & -\frac{\Delta_A}{A_{12}} \\ -\frac{1}{A_{12}} & \frac{A_{11}}{A_{12}} \end{matrix}$
H	$\begin{matrix} \frac{\Delta_Z}{z_{22}} & \frac{z_{12}}{z_{22}} \\ -\frac{z_{21}}{z_{22}} & \frac{1}{z_{22}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{1}{y_{11}} & -\frac{y_{12}}{y_{11}} \\ \frac{y_{21}}{y_{11}} & \frac{\Delta_Y}{y_{11}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{matrix}$	$\begin{matrix} \frac{A_{12}}{A_{22}} & \frac{\Delta_A}{A_{22}} \\ -\frac{1}{A_{22}} & \frac{A_{21}}{A_{22}} \end{matrix}$
A	$\begin{matrix} \frac{z_{11}}{z_{21}} & \frac{\Delta_Z}{z_{21}} \\ \frac{1}{z_{21}} & \frac{z_{22}}{z_{21}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} -\frac{y_{22}}{y_{21}} & -\frac{1}{y_{21}} \\ -\frac{\Delta_Y}{y_{21}} & -\frac{y_{11}}{y_{21}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} -\frac{\Delta_H}{h_{21}} & -\frac{h_{11}}{h_{21}} \\ -\frac{h_{22}}{h_{21}} & -\frac{1}{h_{21}} \end{matrix}$	$\begin{matrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{matrix}$
矩阵行列式	$\Delta_Z = z_{11}z_{22} - z_{12}z_{21}$	$\Delta_Y = y_{11}y_{22} - y_{12}y_{21}$	$\Delta_H = h_{11}h_{22} - h_{12}h_{21}$	$\Delta_A = A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}$
互易条件	$z_{12} = z_{21}$	$y_{12} = y_{21}$	$h_{12} = -h_{21}$	$\Delta_A = 1$
对称条件	$z_{12} = z_{21}$ $z_{11} = z_{22}$	$y_{12} = y_{21}$ $y_{11} = y_{22}$	$h_{12} = -h_{21}$ $\Delta_H = 1$	$\Delta_A = 1$ $A_{11} = A_{22}$