



兴趣 认真 执著 创新

《电子线路分析与设计》

第九讲：双口网络分析

& 电分模块复习

胡薇薇

2023. 10. 16



北京大学

8-1 双口网络参量定义-分析1

复习

分析1：同一个双口网络可以用不同参量来表示

查转换表pp251

Z参量 $\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$	Y参量 $\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$
H参量 $\begin{pmatrix} V_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$	G参量 $\begin{pmatrix} I_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$
A参量 T参量 $\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix}$	A'参量 T'参量 $\begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a'_{11} & a'_{12} \\ a'_{21} & a'_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix}$

普通双口网络参量：4个独立分量

互易双口网络参量：3个独立分量

对称双口网络参量：2个独立分量

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

$$Y_{12} = Y_{21}$$



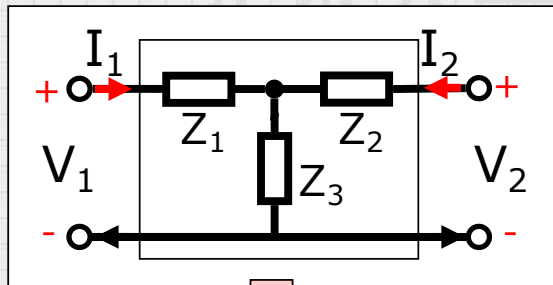
$$Y_{12} = Y_{21}, Y_{11} = Y_{22}$$

8-1 双口网络参量定义-分析3

复习

分析3： 双口网络参量计算方法：置零与非置零

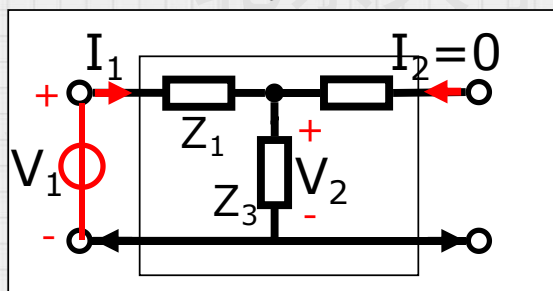
例：求 T 形双口网络的Z参量



$$\begin{aligned} V_1 &= Z_1 I_1 + Z_3 (I_1 + I_2) \\ &= (Z_1 + Z_3) I_1 + Z_3 I_2 \end{aligned}$$

$$Z_{11} = V_1 / I_1 \big|_{I_2=0} = Z_1 + Z_3$$

$$Z_{21} = V_2 / I_1 \big|_{I_2=0} = Z_3$$



Z参量：

$$Z_{11} = V_1 / I_1 \big|_{I_2=0}$$

$$Z_{12} = V_1 / I_2 \big|_{I_1=0}$$

$$\begin{cases} V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 \\ V_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \end{cases} \quad \begin{cases} Z_{21} = V_2 / I_1 \big|_{I_2=0} \\ Z_{22} = V_2 / I_2 \big|_{I_1=0} \end{cases}$$

8-1-双口网络参量定义

复习

分析4： 双口网络参量与双口的参考方向——对应

Z参量

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

Y参量

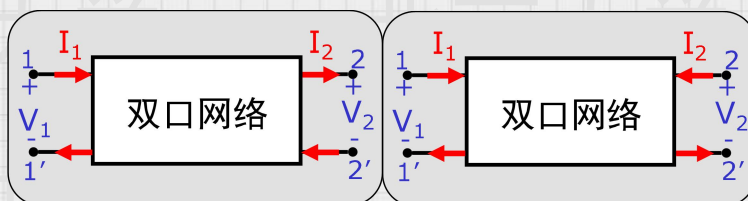
$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

H参量

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

G参量

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

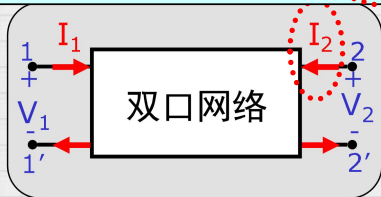


8-1-双口网络参量定义

复习

分析4：双口网络参量与双口的参考方向一一对应

$$\begin{array}{c} \text{A参量} \quad \text{T参量} \\ \begin{pmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{I}_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{a}_{11} & \mathbf{a}_{12} \\ \mathbf{a}_{21} & \mathbf{a}_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{V}_2 \\ -\mathbf{I}_2 \end{pmatrix} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{A'参量} \quad \text{T'参量} \\ \begin{pmatrix} \mathbf{V}_2 \\ -\mathbf{I}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{a}'_{11} & \mathbf{a}'_{12} \\ \mathbf{a}'_{21} & \mathbf{a}'_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{I}_1 \end{pmatrix} \end{array}$$



$$\begin{array}{c} \text{A参量} \quad \text{T参量} \\ \begin{pmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{I}_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{a}_{11} & \mathbf{a}_{12} \\ \mathbf{a}_{21} & \mathbf{a}_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{V}_2 \\ \mathbf{I}_2 \end{pmatrix} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{A'参量} \quad \text{T'参量} \\ \begin{pmatrix} \mathbf{V}_2 \\ \mathbf{I}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{a}'_{11} & \mathbf{a}'_{12} \\ \mathbf{a}'_{21} & \mathbf{a}'_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{I}_1 \end{pmatrix} \end{array}$$

个性与习惯

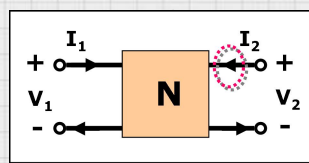
8-2 双口网络参量及其等效电路

复习

1. Z参量：(a) 物理描述

开路阻抗参量

$$\begin{cases} \mathbf{V}_1 = \mathbf{Z}_{11}\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{12}\mathbf{I}_2 \\ \mathbf{V}_2 = \mathbf{Z}_{21}\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{22}\mathbf{I}_2 \end{cases}$$



$$\mathbf{Z}_{11} = \mathbf{V}_1 / \mathbf{I}_1 \big|_{\mathbf{I}_2=0} \quad \text{出口开路时入口的驱动点阻抗}$$

$$\mathbf{Z}_{12} = \mathbf{V}_1 / \mathbf{I}_2 \big|_{\mathbf{I}_1=0} \quad \text{入口开路时反向转移阻抗}$$

$$\mathbf{Z}_{21} = \mathbf{V}_2 / \mathbf{I}_1 \big|_{\mathbf{I}_2=0} \quad \text{出口开路时正向转移阻抗}$$

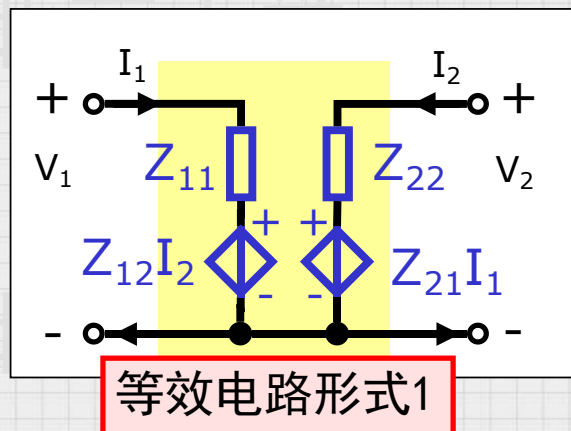
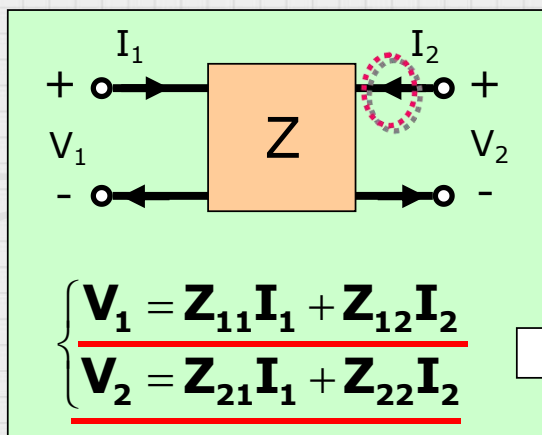
$$\mathbf{Z}_{22} = \mathbf{V}_2 / \mathbf{I}_2 \big|_{\mathbf{I}_1=0} \quad \text{入口开路时出口的驱动点阻抗}$$

参量的求解公式 对应 参量的物理描述

8-2 双口网络参量及其等效电路

复习

1. Z参量 (b) 等效电路

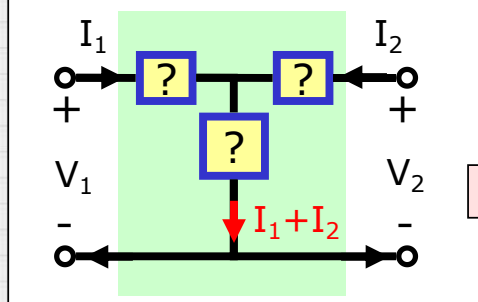


8-2 双口网络参量及其等效电路

复习

1. Z参量: (b) 等效电路

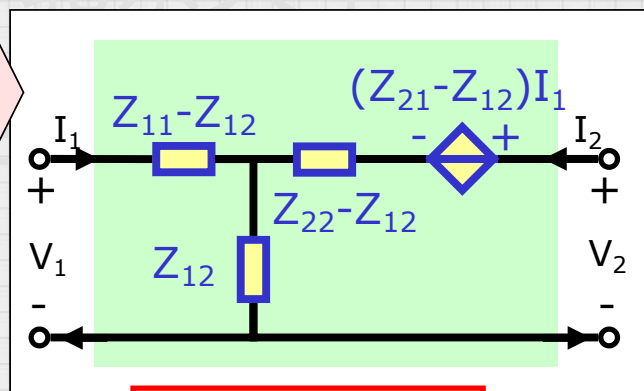
如果希望形式为:



$$\begin{aligned} \mathbf{V}_2 &= \mathbf{Z}_{12}(\mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2) \\ &\quad + (\mathbf{Z}_{22} - \mathbf{Z}_{12})\mathbf{I}_2 \\ &\quad + (\mathbf{Z}_{21} - \mathbf{Z}_{12})\mathbf{I}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \mathbf{V}_1 = \mathbf{Z}_{11}\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{12}\mathbf{I}_2 \\ \mathbf{V}_2 = \mathbf{Z}_{21}\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{22}\mathbf{I}_2 \end{cases}$$

$$\mathbf{V}_1 = (\mathbf{Z}_{11} - \mathbf{Z}_{12})\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{12}(\mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2)$$



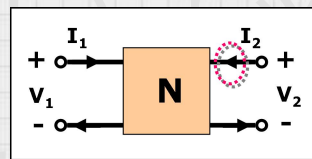
8-2 双口网络参量及其等效电路

复习

2. Y参量: (a) 物理描述

短路导纳参量

$$\begin{cases} \mathbf{I}_1 = \mathbf{Y}_{11} \mathbf{V}_1 + \mathbf{Y}_{12} \mathbf{V}_2 \\ \mathbf{I}_2 = \mathbf{Y}_{21} \mathbf{V}_1 + \mathbf{Y}_{22} \mathbf{V}_2 \end{cases}$$



$$\mathbf{Y}_{11} = \mathbf{I}_1 / \mathbf{V}_1 \big|_{\mathbf{V}_2=0} \quad \text{出口短路时入口的驱动点导纳}$$

$$\mathbf{Y}_{12} = \mathbf{I}_1 / \mathbf{V}_2 \big|_{\mathbf{V}_1=0} \quad \text{入口短路时反向转移导纳}$$

$$\mathbf{Y}_{21} = \mathbf{I}_2 / \mathbf{V}_1 \big|_{\mathbf{V}_2=0} \quad \text{出口短路时正向转移导纳}$$

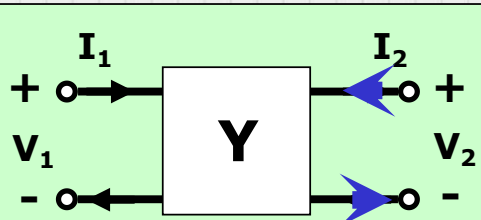
$$\mathbf{Y}_{22} = \mathbf{I}_2 / \mathbf{V}_2 \big|_{\mathbf{V}_1=0} \quad \text{入口短路时出口的驱动点导纳}$$

参量的求解公式 对应 参量的物理描述

8-2 双口网络参量及其等效电路

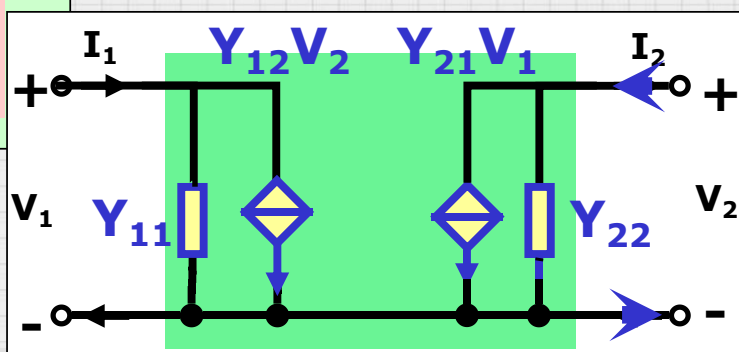
复习

2. Y参量: (b) 等效电路



$$\begin{cases} \mathbf{I}_1 = \mathbf{Y}_{11} \mathbf{V}_1 + \mathbf{Y}_{12} \mathbf{V}_2 \\ \mathbf{I}_2 = \mathbf{Y}_{21} \mathbf{V}_1 + \mathbf{Y}_{22} \mathbf{V}_2 \end{cases}$$

等效电路形式1

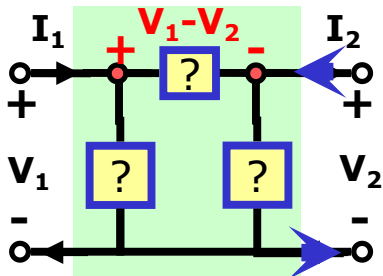


8-2 双口网络参量及其等效电路

复习

2. Y参量: (b) π 形等效电路

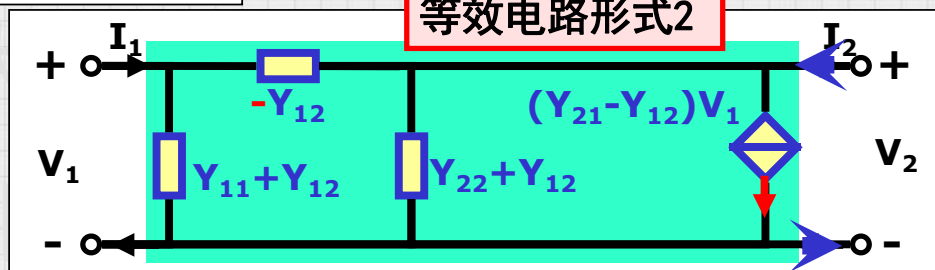
如果希望形式为:



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

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

等效电路形式2



第八章: 双口网络

§ 8-1 双口网络参量定义与联接

§ 8-2 Z参量、Y参量、H参量、G参量、A参量

§ 8-3 有端接的双口网络

输入阻抗、输出阻抗、传递函数

§ 双口网络分析推广应用...

1. 运放电路分析 (第10章)
2. 三极管电路分析 (第10章)
3. 分布参数电路分析 (传输线 第9章)

8-2 双口网络参量及其等效电路

3. H参量: (a) 物理描述 混合参量

$$\begin{cases} \mathbf{V}_1 = \mathbf{h}_{11}\mathbf{I}_1 + \mathbf{h}_{12}\mathbf{V}_2 \\ \mathbf{I}_2 = \mathbf{h}_{21}\mathbf{I}_1 + \mathbf{h}_{22}\mathbf{V}_2 \end{cases}$$

$$\mathbf{h}_{11} = \mathbf{V}_1 / \mathbf{I}_1 \big|_{\mathbf{V}_2=0} \quad \text{出口短路时入口的驱动点阻抗}$$

$$\mathbf{h}_{12} = \mathbf{V}_1 / \mathbf{V}_2 \big|_{\mathbf{I}_1=0} \quad \text{入口开路时反向电压传递函数}$$

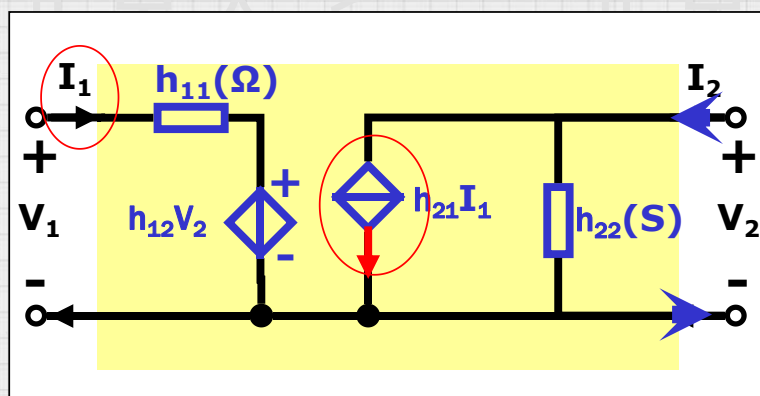
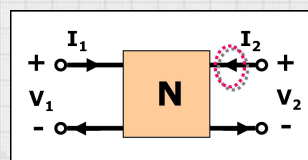
$$\mathbf{h}_{21} = \mathbf{I}_2 / \mathbf{I}_1 \big|_{\mathbf{V}_2=0} \quad \text{出口短路时正向电流传递函数}$$

$$\mathbf{h}_{22} = \mathbf{I}_2 / \mathbf{V}_2 \big|_{\mathbf{I}_1=0} \quad \text{入口开路时出口的驱动点导纳}$$

8-2 双口网络参量及其等效电路

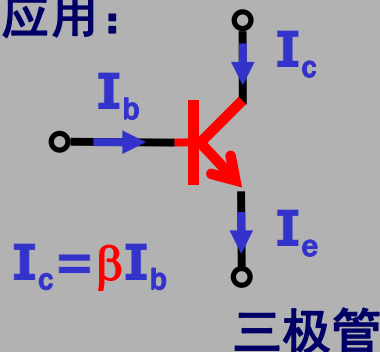
3. H参量: (b) 等效电路

$$\begin{cases} \mathbf{V}_1 = \mathbf{h}_{11}\mathbf{I}_1 + \mathbf{h}_{12}\mathbf{V}_2 \\ \mathbf{I}_2 = \mathbf{h}_{21}\mathbf{I}_1 + \mathbf{h}_{22}\mathbf{V}_2 \end{cases}$$



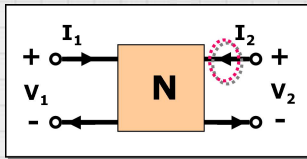
电流控制电流源

应用:



8-2 双口网络参量及其等效电路

3. H参量: (c) 互易条件



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

利用互易定理1:

$$-I_2/V_1|_{V_2=0} = -h_{21}/h_{11}$$

$$-I_1/V_2|_{V_1=0} = h_{12}/h_{11}$$

互易定理1

$$-I_2/V_1|_{V_2=0} = -I_1/V_2|_{V_1=0}$$

$$h_{12} = -h_{21}$$

8-2 双口网络参量及其等效电路

4. G参量: (a) 物理描述 混合参数

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

$$g_{11} = I_1/V_1|_{I_2=0} \quad \text{出口开路时入口的驱动点导纳}$$

$$g_{12} = I_1/I_2|_{V_1=0} \quad \text{入口短路时反向电流传递函数}$$

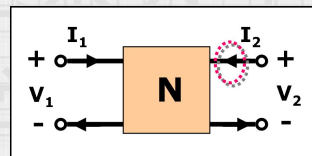
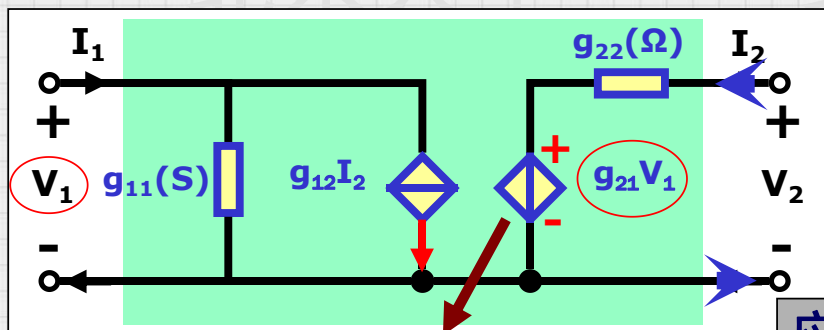
$$g_{21} = V_2/V_1|_{I_2=0} \quad \text{出口开路时正向电压传递函数}$$

$$g_{22} = V_2/I_2|_{V_1=0} \quad \text{入口短路时出口的驱动点阻抗}$$

8-2 双口网络参量及其等效电路

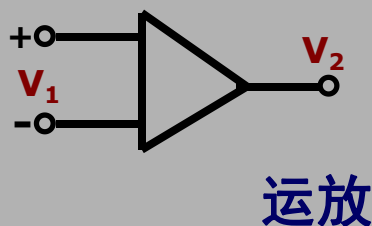
4. G参量: (b) 等效电路

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



$$g_{12}=0$$

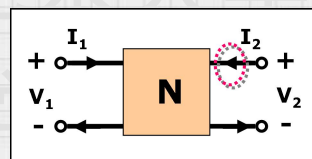
应用:



8-2 双口网络参量及其等效电路

4. G参量: (c) 互易条件

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



$$\begin{aligned} -I_2/V_1|_{V_2=0} &= g_{21}/g_{22} \\ -I_1/V_2|_{V_1=0} &= -g_{12}/g_{22} \end{aligned}$$

互易定理1

$$g_{12} = -g_{21}$$

第八章：双口网络

§ 8-1 双口网络参量与联接

§ 8-2 Z参量、Y参量、H参量、G参量、**A参量** (T参量)

§ 8-3 有端接的双口网络

输入阻抗, 输入阻抗, 传递函数

§ 8-4 双口网络分析应用：

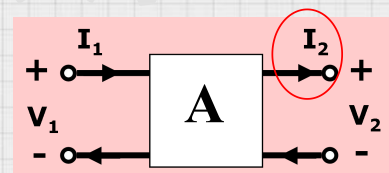
1. 运放电路分析
2. 三极管电路分析

8-2 双口网络参量及其等效电路

5. A参量的物理描述：

(传输参量)

$$\begin{cases} \mathbf{V}_1 = \mathbf{a}_{11} \mathbf{V}_2 + \mathbf{a}_{12} \mathbf{I}_2 \\ \mathbf{I}_1 = \mathbf{a}_{21} \mathbf{V}_2 + \mathbf{a}_{22} \mathbf{I}_2 \end{cases}$$



$\mathbf{a}_{11} = \mathbf{V}_1 / \mathbf{V}_2 \big|_{\mathbf{I}_2=0}$ 出口开路时正向电压传递函数的倒数

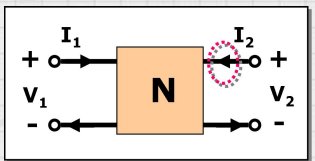
$\mathbf{a}_{12} = \mathbf{V}_1 / \mathbf{I}_2 \big|_{\mathbf{V}_2=0}$ 出口短路时正向转移导纳的倒数

$\mathbf{a}_{21} = \mathbf{I}_1 / \mathbf{V}_2 \big|_{\mathbf{I}_2=0}$ 出口开路时正向转移阻抗的倒数

$\mathbf{a}_{22} = \mathbf{I}_1 / \mathbf{I}_2 \big|_{\mathbf{V}_2=0}$ 出口短路时正向电流传递函数的倒数

8-2 双口网络参量及其等效电路

5. A参量的物理描述:
(传输参量)



$$\begin{cases} V_1 = a_{11}V_2 + a_{12}(-I_2) \\ I_1 = a_{21}V_2 + a_{22}(-I_2) \end{cases}$$

$a_{11} = V_1/V_2|_{I_2=0}$ 出口开路时正向电压传递函数的倒数

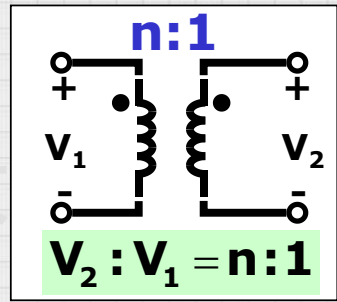
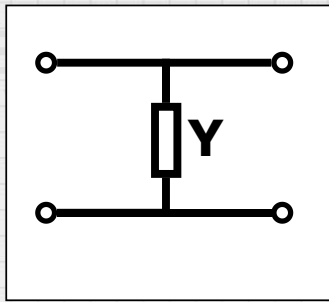
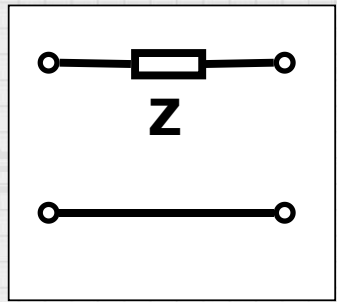
$a_{12} = V_1/(-I_2)|_{V_2=0}$ 出口短路时正向转移导纳的倒数

$a_{21} = I_1/V_2|_{I_2=0}$ 出口开路时正向转移阻抗的倒数

$a_{22} = I_1/(-I_2)|_{V_2=0}$ 出口短路时正向电流传递函数的倒数

8-2 双口网络参量及其等效电路

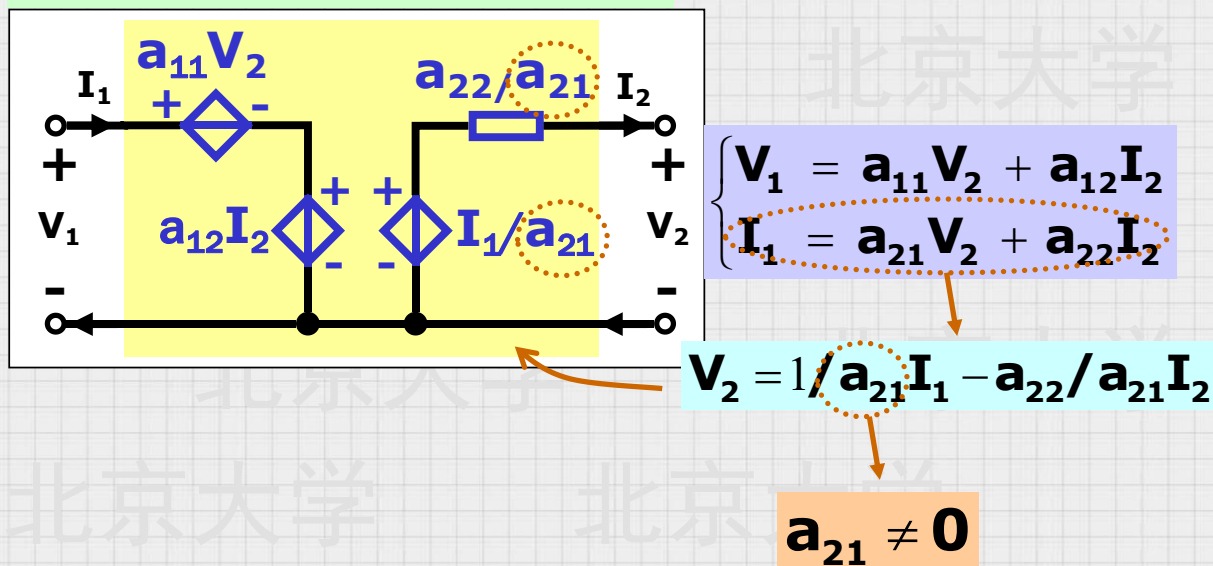
几个特殊的双口网络:



Z	无	无	
Y	无	无	
A	$\begin{pmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Y & 1 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} n & 0 \\ 0 & 1/n \end{pmatrix}$

8-2 双口网络参量及其等效电路

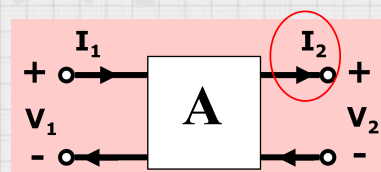
5. A参量的等效电路(了解):



基本上不能称之为等效电路。。。用三个受控源骗人。。。。

8-2 双口网络参量及其等效电路

5. A参量的互易条件:



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

$$\left. \begin{aligned} I_2/V_1|_{V_2=0} &= 1/a_{12} \\ -I_1/V_2|_{V_1=0} &= \frac{a_{11}a_{22} - a_{21}}{a_{12}} \end{aligned} \right\} \text{二者相等 (互易定理1)}$$

↓

$$a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} = 1$$

8-2 双口网络参量及其等效电路

小结

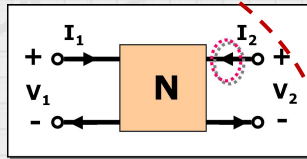
小结：
不同参考方向下各参量互易条件：

$$z_{12} = z_{21}$$

$$y_{12} = y_{21}$$

$$h_{12} = -h_{21}$$

$$g_{12} = -g_{21}$$

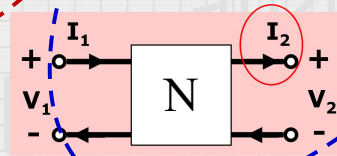


$$z_{12} = -z_{21}$$

$$y_{12} = -y_{21}$$

$$h_{12} = h_{21}$$

$$g_{12} = g_{21}$$



$$a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} = 1$$

第八章：双口网络

§ 8-1 双口网络参量与联接

§ 8-2 Z参量、Y参量、H参量、G参量、A参量

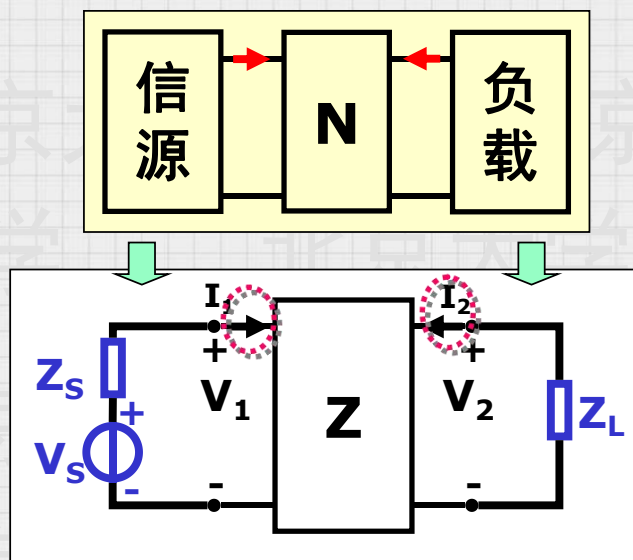
§ 8-3 有端接的双口网络

输入阻抗, 输出阻抗, 传递函数

§ 双口网络分析推广应用...

1. 运放电路分析
2. 三极管电路分析
3. 分布参数电路分析

有端接的双口网络



$$V_1 = V_s - Z_s I_1$$

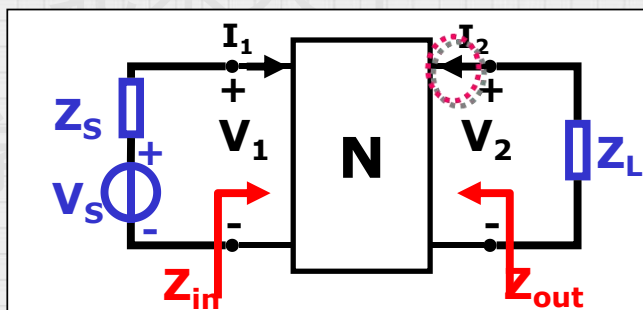
$$\begin{cases} V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2 \\ V_2 = Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 \end{cases}$$

$$V_2 = -Z_L I_2$$

有端接的双口网络

1. 常用网络函数

同一端口：
驱动点函数
不同端口：
传递函数



信号源网络看到的输入阻抗 $Z_{in} = V_1 / I_1$

负载网络看到的输出阻抗 $Z_{out} = V_2 / I_2 (V_s = 0)$

正向电压传递函数 $K_V = V_2 / V_1$

正向电流传递函数 $K_I = -I_2 / I_1$

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

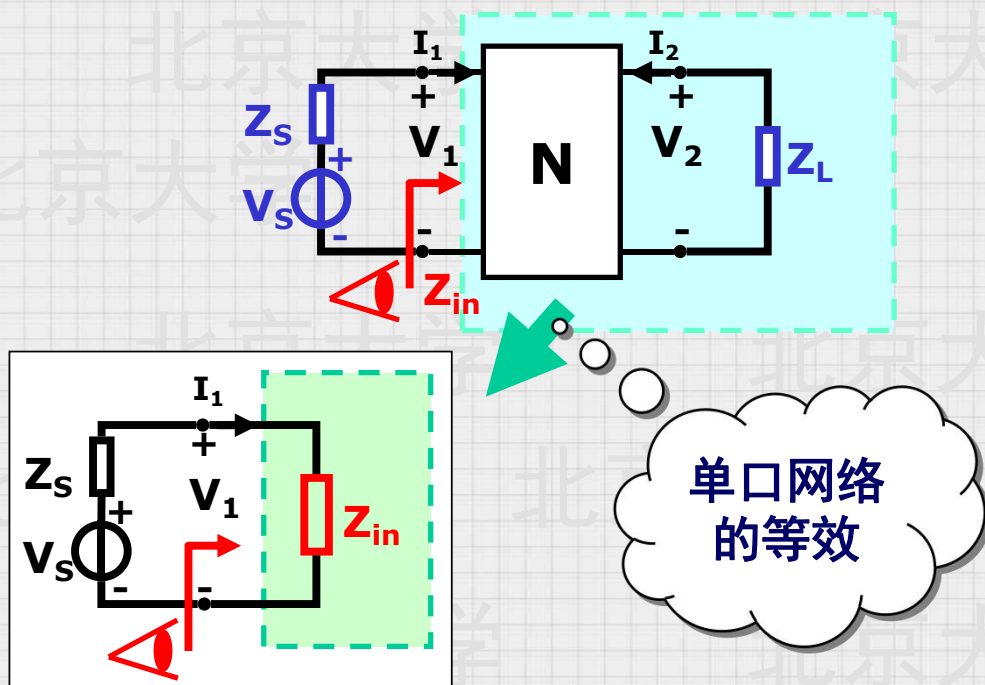
$$V_1 = V_s - Z_s I_1$$

$$V_2 = -Z_L I_2$$

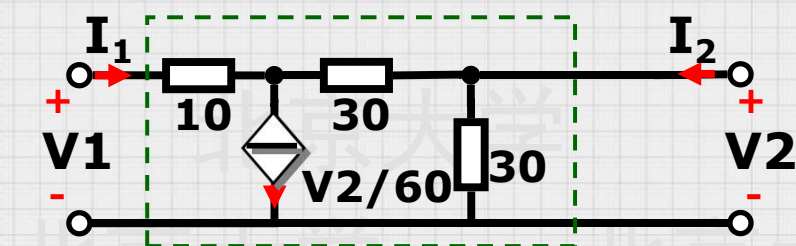
诺顿源电路、负载开路的情况。。。

有端接的双口网络

2. 阻抗变换和阻抗匹配：阻抗变换

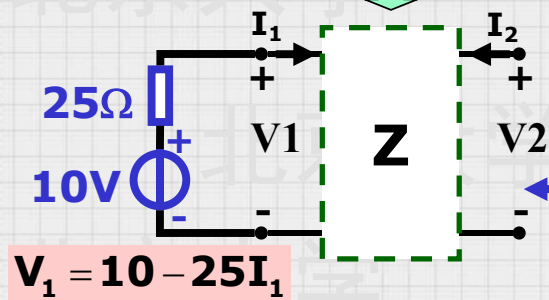


有端接的双口网络



例1: 求:

- 1 Z 参量
- 2 源等效电路



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

$$Z_{11} = V_1/I_1|_{I_2=0} = 50\Omega$$

$$Z_{21} = V_2/I_1|_{I_2=0} = 20\Omega$$

$$Z_{12} = V_1/I_2|_{I_1=0} = 10\Omega$$

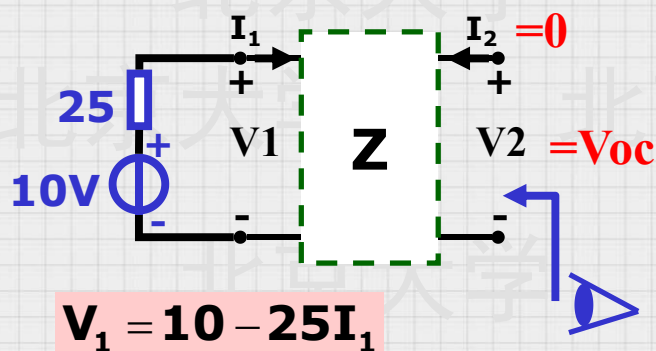
$$Z_{22} = V_2/I_2|_{I_1=0} = 20\Omega$$

解法1:

$V_{oc}=?$ $Z_{eq}=?$

有端接的双口网络

求: $V_{oc}=?$



$$\begin{cases} V_1 = 50I_1 + 10I_2 \\ V_2 = 20I_1 + 20I_2 \end{cases}$$



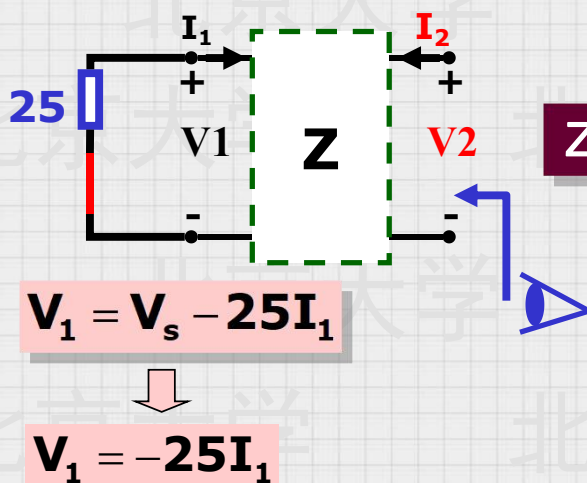
$$\begin{cases} V_1 = 50I_1 \\ V_{oc} = 20I_1 \end{cases}$$



$$V_{oc} = 2.66V$$

有端接的双口网络

求: $Z_{eq}=?$



$$\begin{cases} V_1 = 50I_1 + 10I_2 \\ V_2 = 20I_1 + 20I_2 \end{cases}$$

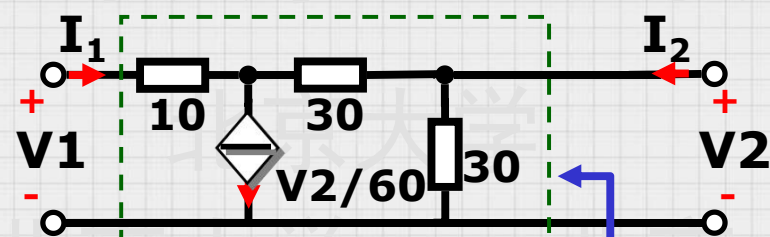


$$Z_{eq} = V_2 / I_2$$



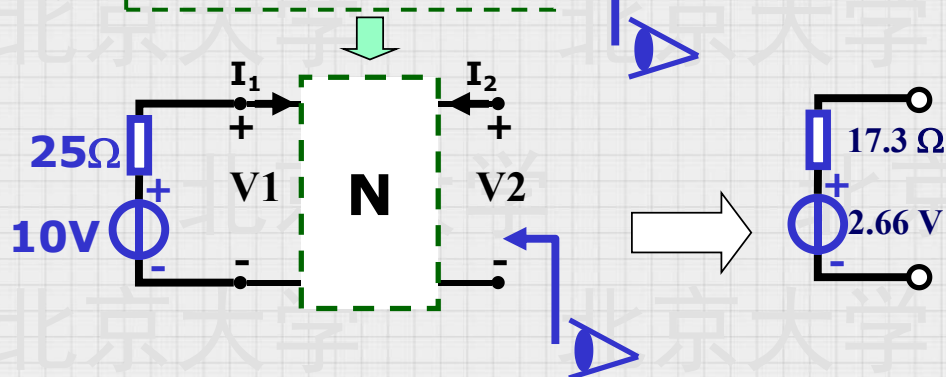
$$Z_{eq} = 17.3\Omega$$

有端接的双口网络



例1: 求:

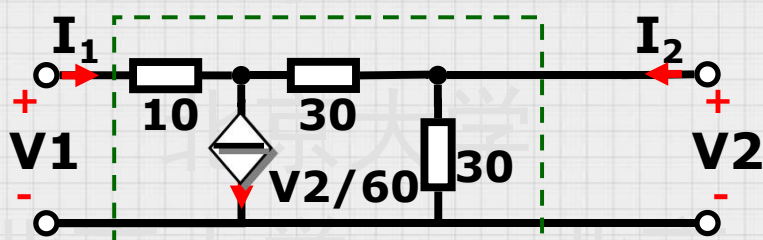
- 1 Z 参量
- 2 源等效电路



$$V_{oc} = 2.66 \text{ V}$$

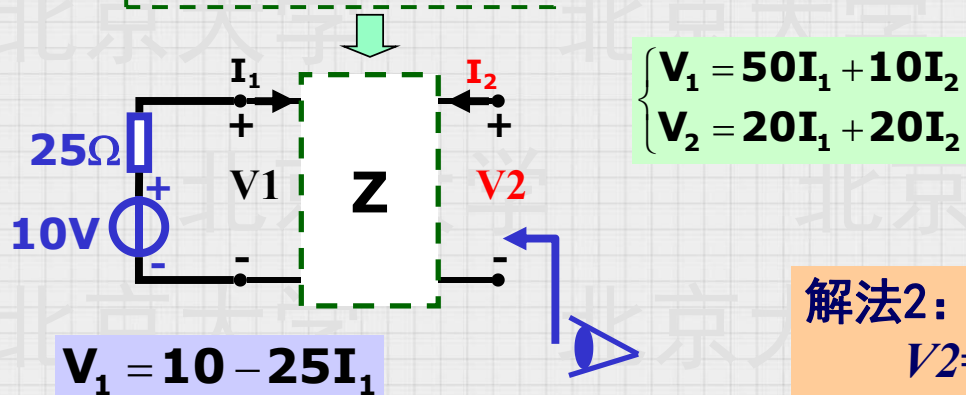
$$Z_{eq} = 17.3 \Omega$$

有端接的双口网络



例1: 求:

- 1 Z 参量
- 2 源等效电路



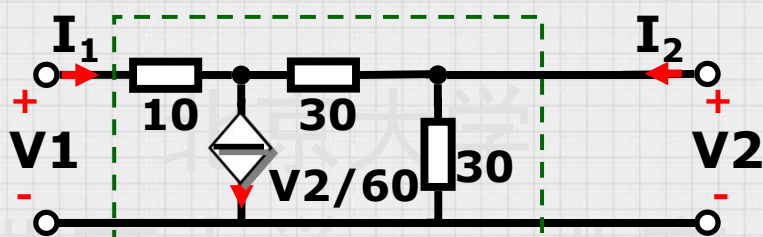
$$\begin{cases} V_1 = 50I_1 + 10I_2 \\ V_2 = 20I_1 + 20I_2 \end{cases}$$

$$V_1 = 10 - 25I_1$$

解法2:

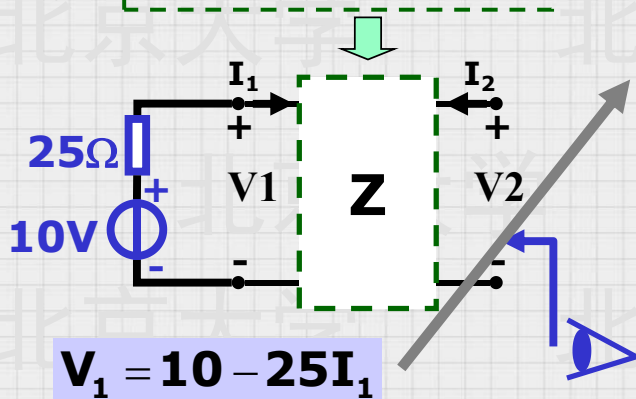
$$V_2 = f(I_2)$$

有端接的双口网络



例1: 求:

- 1 Z 参量
- 2 源等效电路

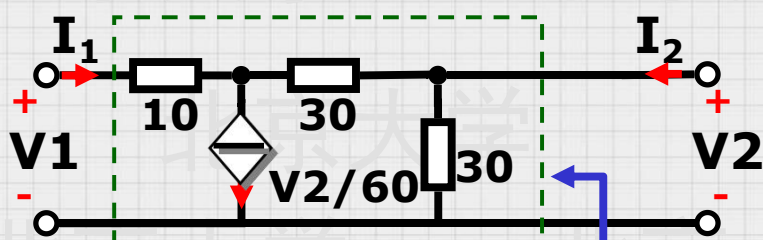


$$\begin{cases} V_1 = 50I_1 + 10I_2 \\ V_2 = 20I_1 + 20I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 10 = 75I_1 + 10I_2 \\ V_2 = 20I_1 + 20I_2 \end{cases}$$

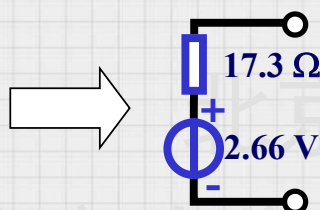
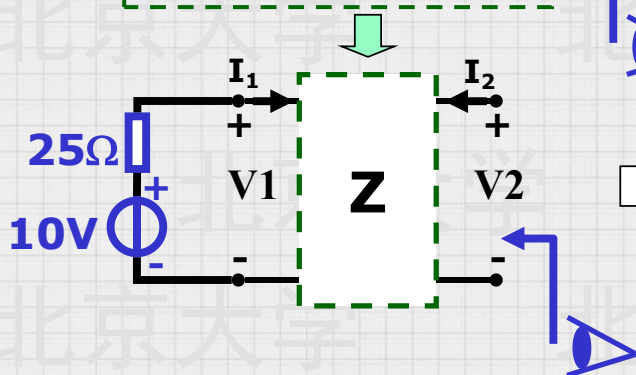
$$V_2 = \frac{52}{3}I_2 + \frac{8}{3}$$

有端接的双口网络



例1: 求:

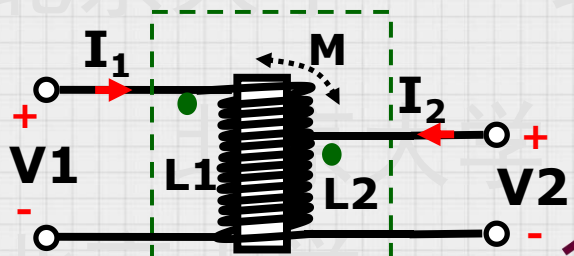
- 1 Z 参量
- 2 源等效电路



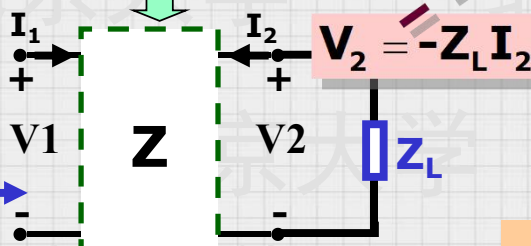
$$V_2 = \frac{52}{3}I_2 + \frac{8}{3}$$

有端接的双口网络

例2: 求: 输入阻抗
----(负载等效电路)



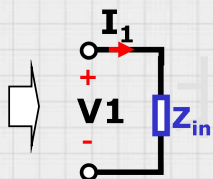
$$\begin{cases} V_1 = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2 \\ V_2 = j\omega M I_1 + j\omega L_2 I_2 \end{cases}$$



$$\begin{cases} V_1 = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2 \\ -Z_L I_2 = j\omega M I_1 + j\omega L_2 I_2 \end{cases}$$

$$Z_{in} = \frac{\omega^2 (M^2 - L_1 L_2) + j\omega Z_L L_1}{j\omega L_2 + Z_L}$$

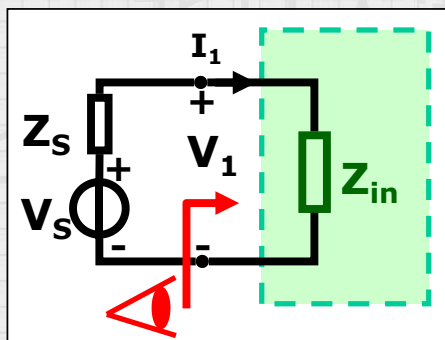
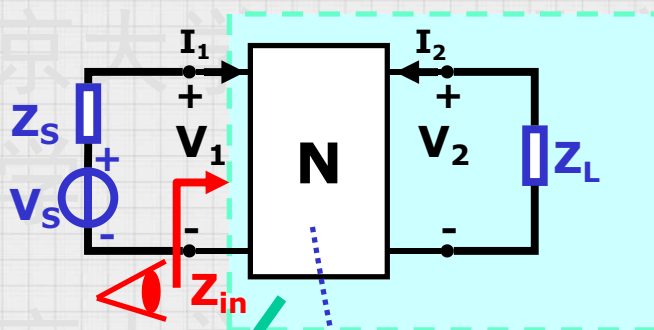
$$Z_{in} = V_1 / I_1$$



同名端和异名端?

有端接的双口网络

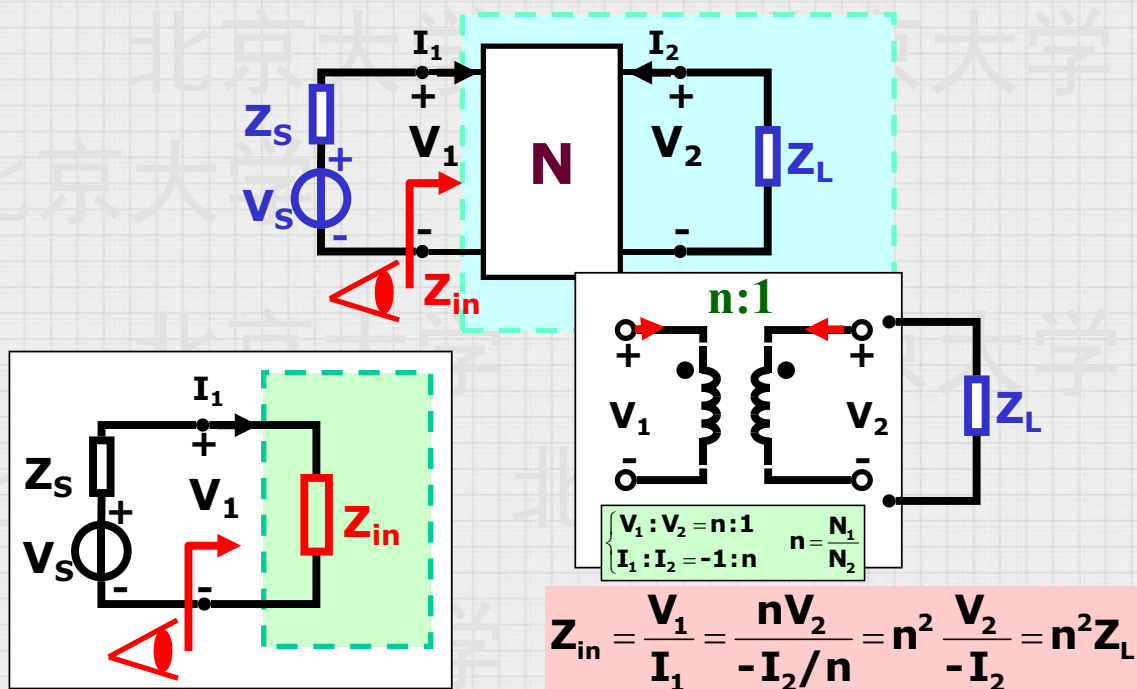
2. 阻抗变换和阻抗匹配: 阻抗变换



回转器
理想变压器
(含受控源)

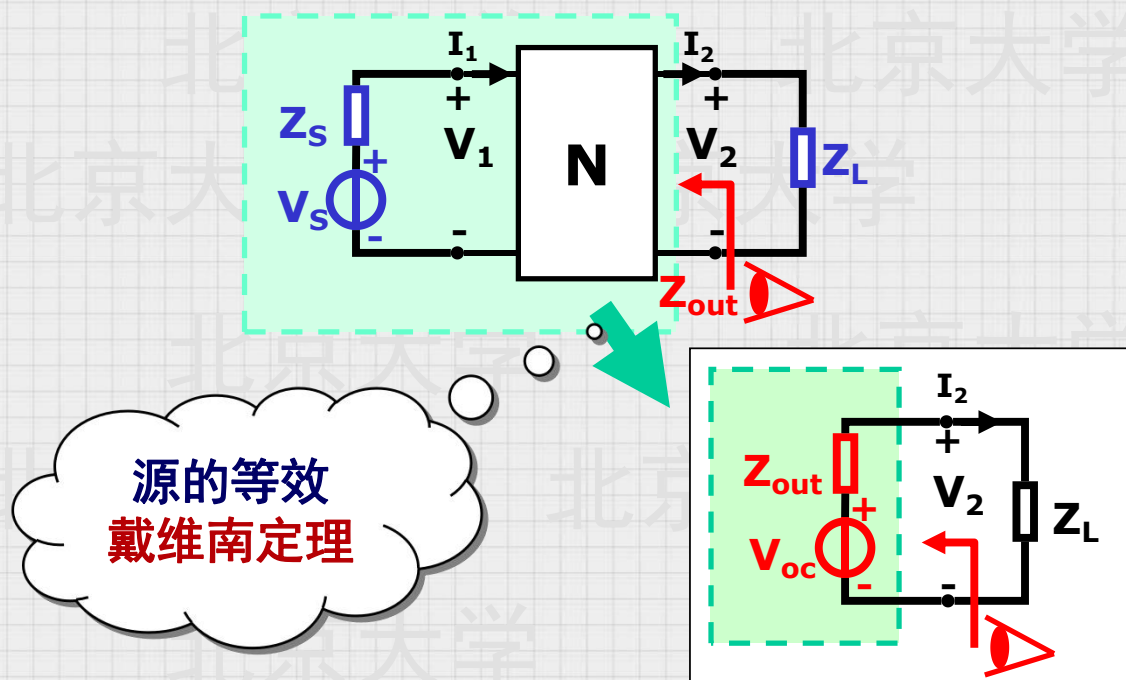
有端接的双口网络

2. 阻抗变换和阻抗匹配：阻抗变换器



有端接的双口网络

2. 阻抗变换和阻抗匹配：阻抗变换



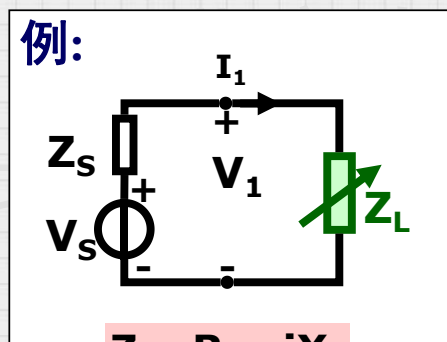
有端接的双口网络

2. 阻抗变换和阻抗匹配：最大功率传递条件： $\frac{dP}{dx} = 0$

负载获得的功率

可调节量

例：



$$\mathbf{Z}_s = \mathbf{R}_s + \mathbf{j}\mathbf{X}_s$$

$$\mathbf{Z}_L = \mathbf{R}_L + \mathbf{j}\mathbf{X}_L$$

$$P = \frac{V_s^2 R_L}{(R_L + R_s)^2 + (X_L + X_s)^2}$$

$$X_L + X_s = 0$$

$$\frac{d}{dR_L} \left(\frac{(R_L + R_s)^2}{R_L} \right) = 0$$

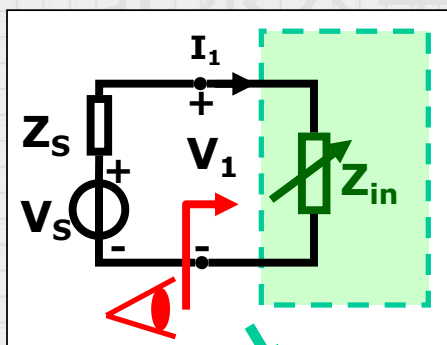
负载获得最大功率传递 ($P=P_{\max}$) 条件：

$$R_L = R_s$$

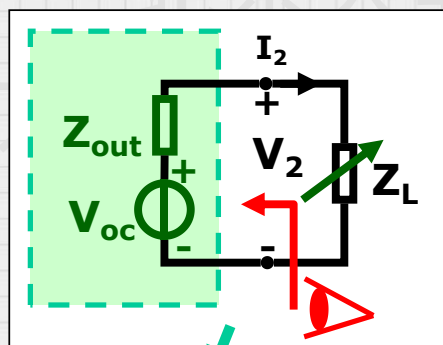
$$X_L = -X_s$$

有端接的双口网络

2. 阻抗变换和阻抗匹配：最大功率传递条件



$$\mathbf{Z}_{in} = \mathbf{Z}_s^*$$



$$\mathbf{Z}_{out} = \mathbf{Z}_L^*$$

Z_s 可调?

★Tea ★Break★

第八章全部作业：掌握全部例题+

补充：由表8-1-1双口网络(参考方向为图8-1-1)的Z参量，
推导与该网络其他任选某个参量(YorHorA)的关系。

8-3, 5, 7, 8, 16, 18

汇报人：

学号：

院系：



北京大学
PEKING UNIVERSITY

6-2 双口网络参量及其等效电路

复习

小结：

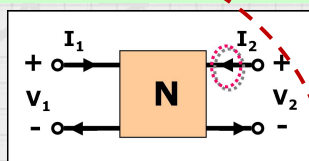
不同参考方向下各参量互易条件：

$$z_{12} = z_{21}$$

$$y_{12} = y_{21}$$

$$h_{12} = -h_{21}$$

$$g_{12} = -g_{21}$$

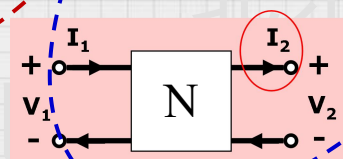


$$z_{12} = -z_{21}$$

$$y_{12} = -y_{21}$$

$$h_{12} = h_{21}$$

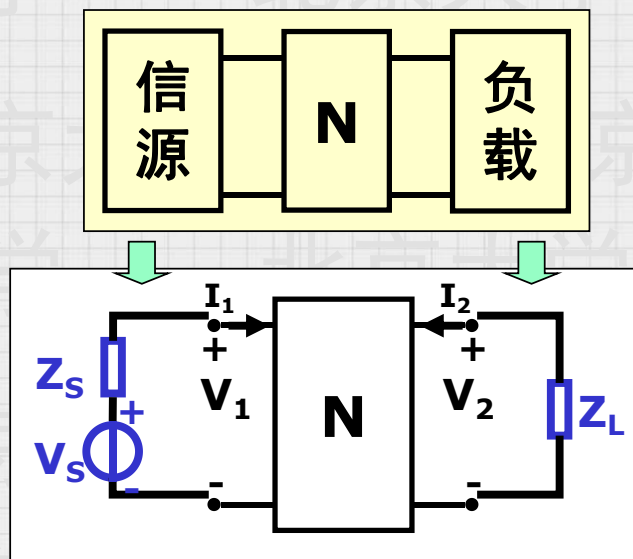
$$g_{12} = g_{21}$$



$$a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} = 1$$

有端接的双口网络

复习



$$V_1 = V_s - Z_s I_1$$

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

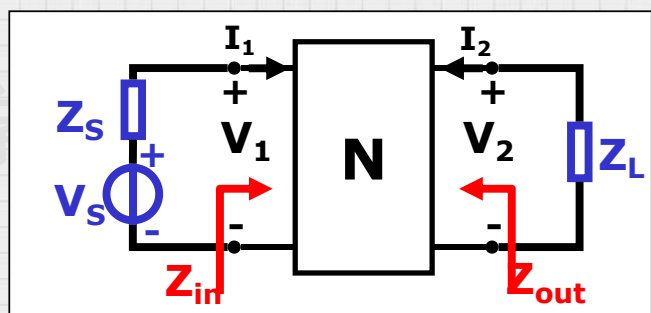
$$V_2 = -Z_L I_2$$

有端接的双口网络

复习

1. 常用网络函数

同一端口：
驱动点函数
不同端口：
传递函数



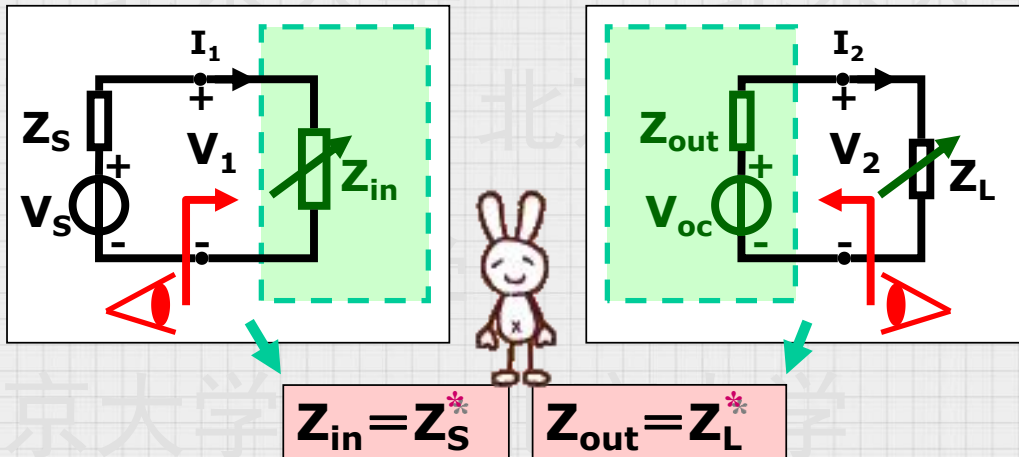
信号源网络看到的**输入阻抗** $Z_{in} = V_1 / I_1$
负载网络看到的**输出阻抗** $Z_{out} = V_2 / I_2 (V_s = 0)$

正向**电压传递函数** $K_V = V_2 / V_1$
正向**电流传递函数** $K_I = -I_2 / I_1$

有端接的双口网络

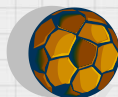
复习

2. 阻抗变换和阻抗匹配：最大功率传递条件

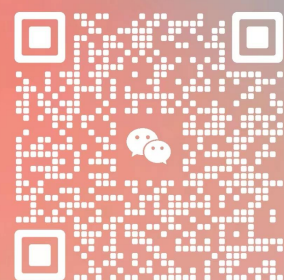


总复习

- 必须掌握的内容(知识点)
- 几点提醒
- 关于考试



V.V.
北京 海淀



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友。

10月23日10:10—12:10期中考试（地点等通知）

A 线下答疑：教室203（10月17日20:30—21:30）

B 线上答疑：担心大群楼层高水大的扫码加我。。。

纪律：请提前10分钟到场，遵从考场纪律，

桌上只有帮助你奋笔疾书的文具，

和一张单面A4纸（右上角写你的学号/签名）

一个月一本书--累累硕果：《电路分析原理》

第一章：线性电路分析基础

第二章：时域电路分析

第三章：正弦稳态电路分析

第四章：拉氏分析

第五章：傅氏分析

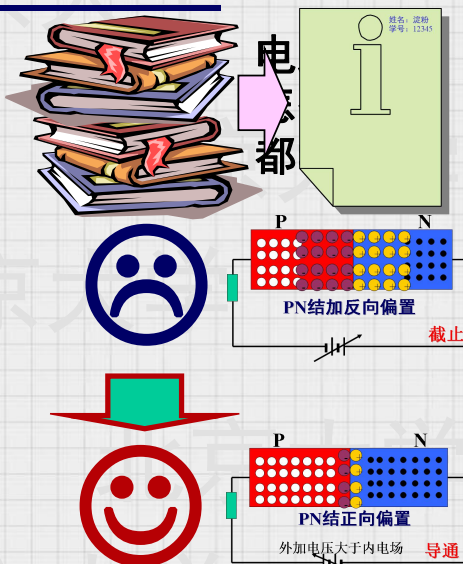
第六章：网络分析

第七章：网络定理

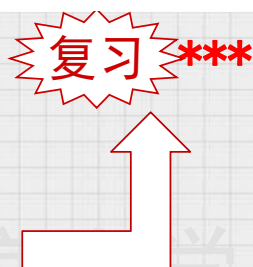
第八章：双口网络分析

第九章：分布参数电路分析(传输线)

第十章：非线性电路分析



复习总结



1. 基本内容复习——课件右上角的符号

2. 课堂例题和作业 **必须掌握**的基本概念和方法

□ 自己总结，电分知识才是你的

别对我抱太大**希望**。。。。

一起回忆一下，
如果每一章只考一个概念，它会是。。。。

必须掌握的基本概念原理和方法

基本定律(KCL、KVL、VCR)

一阶电路三要素，正弦稳态电路复数法（相量法）

激励与响应的概念：阶跃响应与冲激响应，零状态响应与零输入响应

输入阻抗、输出阻抗、传递函数(幅频特性,相频特性)

置换定理、叠加定理、互易定理

节点电压法、网孔电流法、回路电流法

单口网络的等效：戴维南和诺顿定理

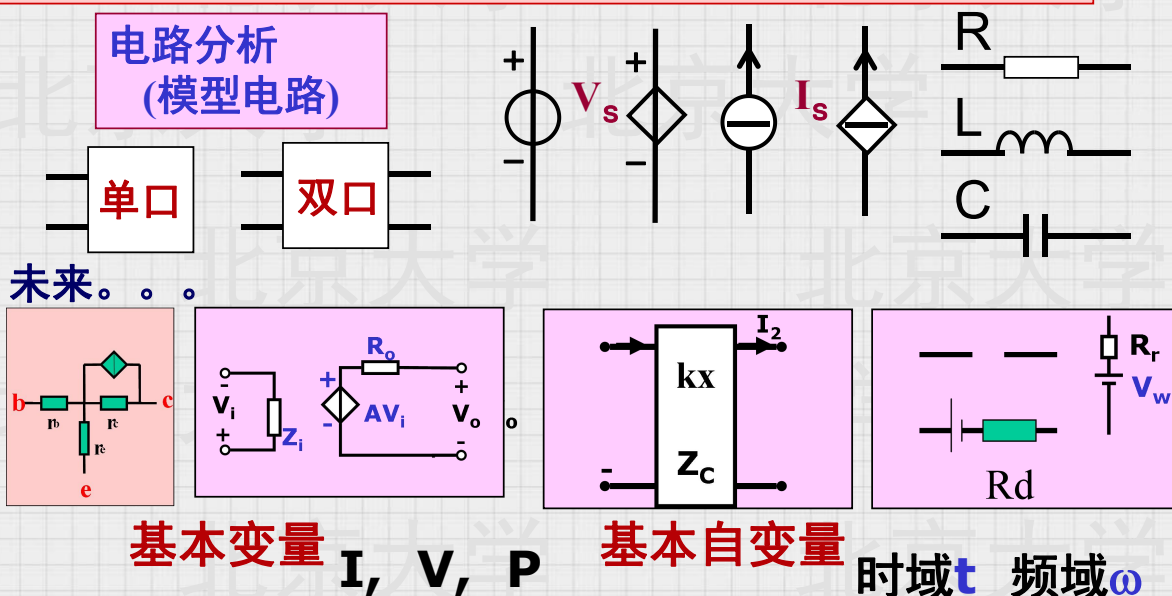
双口网络的等效：ZYGH参数、T形和 π 形等效电路、互易条件

注意各种参考方向

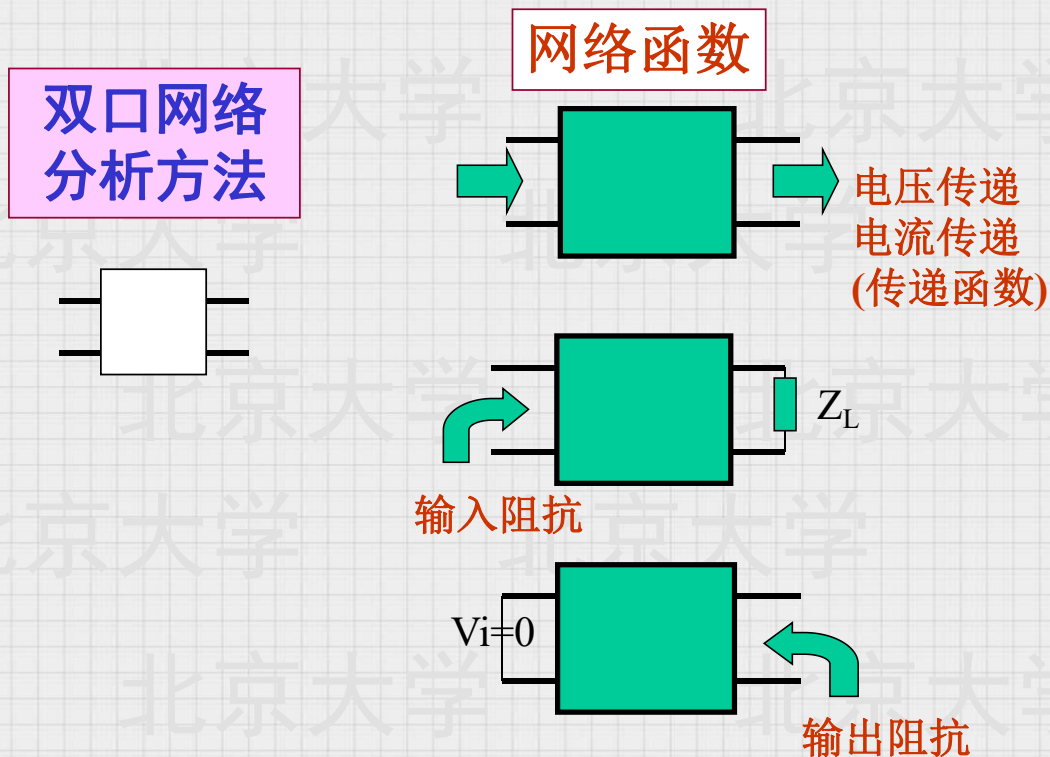
1. 电路分析定位：讲述电路分析方法，为后续打基础

分析基石：集中假设条件

——只研究元件的外部特性是电路分析方法的显著特征。



2. 电路分析：传递是一个永恒的话题



3. 传递函数的幅频特性与相频特性

以 $j\omega$ 为自变量

可以简写为： $\angle \Phi(\omega)$

$$H(j\omega) = \frac{\text{响应的复数形式}}{\text{激励的复数形式}} = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = |H(j\omega)| \cdot e^{j\Phi(\omega)}$$

以 ω 为自变量

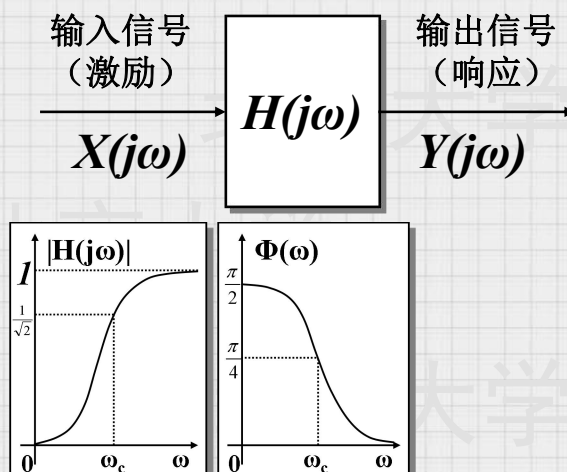
$|H(j\omega)|$: 网络的幅频特性

+

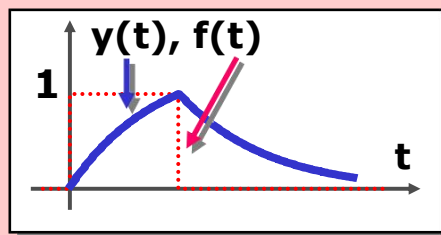
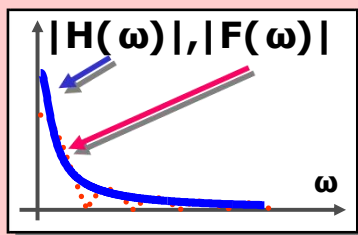
$\Phi(\omega)$: 网络的相频特性

||

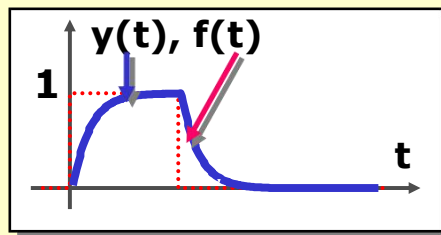
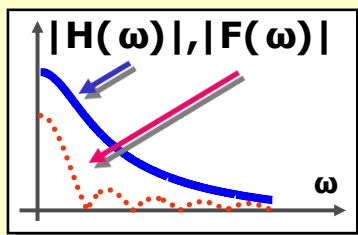
频率响应特性



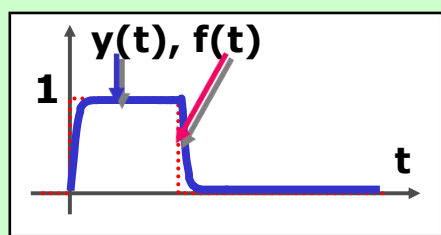
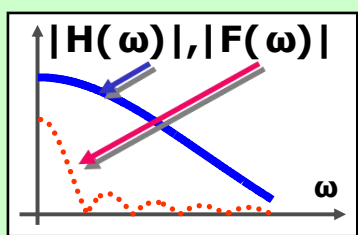
□滤波器的带宽
小于
信号的带宽



□滤波器的带宽
等于
信号的带宽



□滤波器的带宽
大于
信号的带宽



就只找找感觉即可。。。

☆ Good ☆ Luck ☆

光纤通信国家重点实验室

欢迎你

汇报人：

学号：

院系：



北京大学
PEKING UNIVERSITY