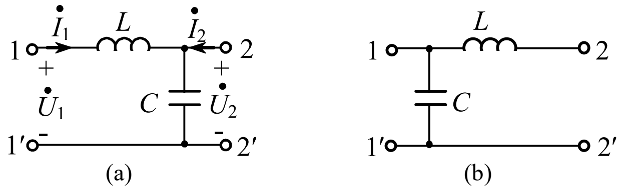
10-1 求题 10-1 图所示双口网络的 Z 和 Y 参数矩阵。



题 10-1 图

解 端口电压和电流选教材约定标准参考方向，如题 10-1(a)图所示。

(a)列 KVL 方程如下

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \mathrm{j}\omega L\dot{I}_1 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = (\mathrm{j}\omega L + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C})\dot{I}_1 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}\dot{I}_1 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}\dot{I}_2 \end{cases}$$

所以，由 Z 参数矩阵的定义，得

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

列 KCL 方程如下

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}(\dot{U}_1 - \dot{U}_2) = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}\dot{U}_1 - \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = \mathrm{j}\omega C\dot{U}_2 - \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}(\dot{U}_1 - \dot{U}_2) = -\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}\dot{U}_1 + (\mathrm{j}\omega C + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L})\dot{U}_2 \end{cases}$$

所以，由 Y 参数矩阵的定义，得

$$Y = \begin{bmatrix} \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} & -\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} \\ -\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} & \mathrm{j}\omega C + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} \end{bmatrix}$$

(b)列 KVL 方程如下

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}\dot{I}_1 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 = \mathrm{j}\omega L\dot{I}_2 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}\dot{I}_1 + (\mathrm{j}\omega L + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C})\dot{I}_2 \end{cases}$$

所以，由 Z 参数矩阵的定义，得

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

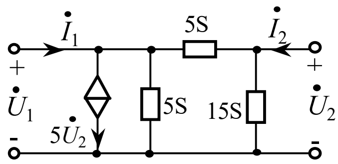
列 KCL 方程如下

$$
\begin{cases}
\dot{I}_1 = \mathrm{j}\omega C\dot{U}_1 - \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}(\dot{U}_2 - \dot{U}_1) = (\mathrm{j}\omega C + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L})\dot{U}_1 - \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}\dot{U}_2 \\
\dot{I}_2 = \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}(\dot{U}_2 - \dot{U}_1) = -\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}\dot{U}_1 + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L}\dot{U}_2
\end{cases}
$$

所以，由 Y 参数矩阵的定义，得

$$
Y = \begin{bmatrix} \mathrm{j}\omega C + \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} & -\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} \\ -\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} & \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega L} \end{bmatrix}
$$

10-2 求题 10-2 图所示双口网络的 Y 参数矩阵。



题 10-2 图

解 端口电压和电流选标准参考方向，如题 10-2 图所示。

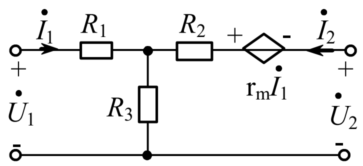
列 KCL 方程如下

$$
\begin{cases}
\dot{I}_1 = 5\dot{U}_2 + 5\dot{U}_1 + 5(\dot{U}_1 - \dot{U}_2) = 10\dot{U}_1 \\
\dot{I}_2 = 5(\dot{U}_2 - \dot{U}_1) + 15\dot{U}_2 = -5\dot{U}_1 + 20\dot{U}_2
\end{cases}
$$

所以，由 Y 参数矩阵的定义，得

$$
Y = \begin{bmatrix} 10 & 0 \\ -5 & 20 \end{bmatrix}
$$

10-3 求题 10-3 图所示双口网络的 Z 参数矩阵。



题 10-3 图

解 端口电压和电流选标准参考方向，如题 10-3 图所示。

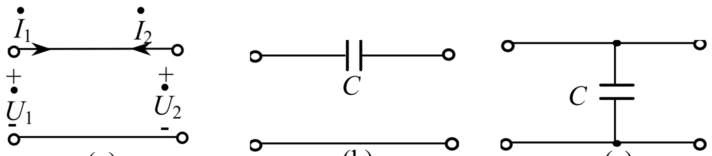
列 KVL 方程如下

$$
\begin{cases}
\dot{U}_1 = R_1\dot{I}_1 + R_3(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = (R_1 + R_3)\dot{I}_1 + R_3\dot{I}_2 \\
\dot{U}_2 = -r_m\dot{I}_1 + R_2\dot{I}_2 + R_3(\dot{I}_1 + \dot{I}_2) = (-r_m + R_3)\dot{I}_1 + (R_2 + R_3)\dot{I}_2
\end{cases}
$$

所以，由 Z 参数矩阵的定义，得

$$
Z = \begin{bmatrix} R_1 + R_3 & R_3 \\ -r_m + R_3 & R_2 + R_3 \end{bmatrix}
$$

10-4 求题 10-4 图所示双口网络的 T 参数矩阵。



(a) (b) (c)

解 端口电压和电流选标准参考方向，如题 10-4(a)图所示。

(a) 列 KVL 和 KCL 方程为 $\begin{cases}\dot{U}_1=\dot{U}_2\\ \dot{I}_1=-\dot{I}_2\end{cases}$

由 T 参数矩阵的定义，知 $T=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$

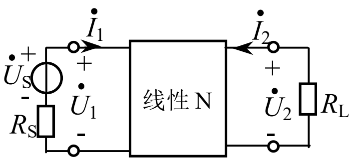
(b) 列 KVL 和 KCL 方程为 $\begin{cases}\dot{U}_1=\dot{U}_2+\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}(-\dot{I}_2)\\ \dot{I}_1=-\dot{I}_2\end{cases}$

由 T 参数矩阵的定义，知 $T=\begin{bmatrix}1 & \dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}\\ 0 & 1\end{bmatrix}$

(c) 列 KVL 和 KCL 方程为 $\begin{cases}\dot{U}_1=\dot{U}_2\\ \dot{I}_1=\mathrm{j}\omega C\dot{U}_2-\dot{I}_2\end{cases}$

由 T 参数矩阵的定义，知 $T=\begin{bmatrix}1 & 0\\ \mathrm{j}\omega C & 1\end{bmatrix}$

10-5 如题 10-5 图所示，已知 $\dot{U}_S=18\angle 0^\circ\ \mathrm{V}$，$R_S$=1kΩ，$R_L$=800Ω，$T=\begin{bmatrix}1.5 & 800\\ 0.001 & 1.2\end{bmatrix}$，试求输出电压 $\dot{U}_2$。



题 10-5 图

解 由已知条件 $T=\begin{bmatrix}1.5 & 800\\ 0.001 & 1.2\end{bmatrix}$，知

T 参数方程为

$$\begin{cases}\dot{U}_1=1.5\dot{U}_2+800(-\dot{I}_2)\\ \dot{I}_1=0.001\dot{U}_2+1.2(-\dot{I}_2)\end{cases}\qquad(1)$$

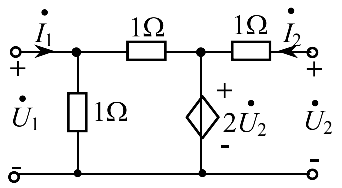
端口约束条件为

$$\begin{cases}\dot{U}_1 = 18 - 1000\dot{I}_1 \\ \dot{U}_2 = -800\dot{I}_2\end{cases} \qquad (2)$$

联立式(1)和(2)，求得 $\dot{U}_1 = 9\,\text{V}$，$\dot{I}_1 = 9\,\text{mA}$

从而，有 $\dot{U}_2 = 3.6\,\text{V}$

10-6 求题 10-6 图所示双口网络的 H 参数矩阵。



题 10-6 图

解 端口电压和电流选标准参考方向，如题 10-6 图所示。

列 KVL 方程如下

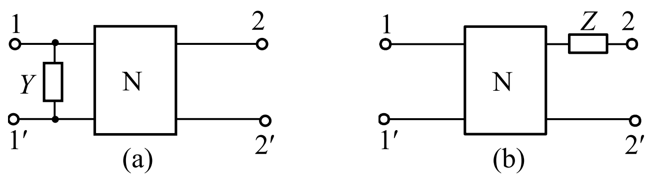
$$\begin{cases}\dot{U}_1 = 1\times(\dot{I}_1 - \dfrac{\dot{U}_1}{1}) - \dot{I}_2\times 1 + \dot{U}_2 \\ \dot{U}_2 = 1\times\dot{I}_2 + 2\dot{U}_2\end{cases}$$

整理，得 $\begin{cases}\dot{U}_1 = 0.5\dot{I}_1 + \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 = -\dot{U}_2\end{cases}$

所以，由 H 参数矩阵的定义，有

$$H = \begin{bmatrix}0.5 & 1 \\ 0 & -1\end{bmatrix}$$

10-7 求题 10-7 图所示双口网络的 T 参数矩阵。设内部双口网络 N 的 T 参数矩阵为 $T_1 = \begin{bmatrix}A & B \\ C & D\end{bmatrix}$



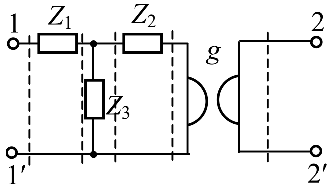
题 10-7 图

解 题 10-7 图所示双口网络均可视为两个双口网络的级联，则

(a) $T = T_Y \cdot T = \begin{bmatrix}1 & 0 \\ Y & 1\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}A & B \\ C & D\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}A & B \\ AY + C & BY + D\end{bmatrix}$

(b) $T = T \cdot T_Z = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & AZ+B \\ C & CZ+D \end{bmatrix}$

10-8 求题 10-8 图所示双口网络的 T 参数矩阵。

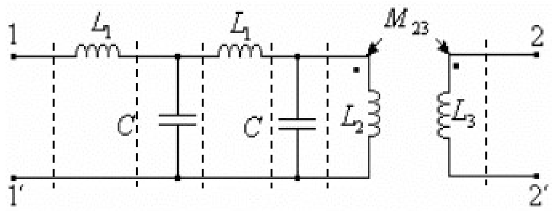


题 10-8 图

解 题 10-8 图所示双口网络可视为四个双口网络的级联，则

$$T = \begin{bmatrix} 1 & Z_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_3} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & Z_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{g} \\ g & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{g(Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_3Z_1)}{Z_3} & \frac{Z_1 + Z_3}{gZ_3} \\ \frac{g(Z_2 + Z_3)}{Z_3} & \frac{1}{gZ_3} \end{bmatrix}$$

10-9 求题 10-9 图所示双口网络的 T 参数矩阵。已知 $\omega L_1 = 10\Omega$，$\frac{1}{\omega C} = 20\Omega$，$\omega M_{23} = 4\Omega$，$\omega L_2 = \omega L_3 = 8\Omega$。

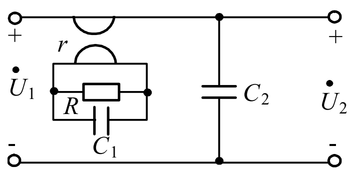


题 10-9 图

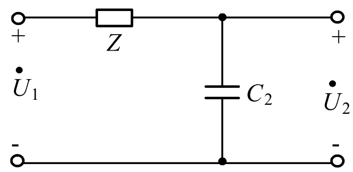
解 题 10-9 图所示双口网络可视为五个双口网络的级联，则

$$T = \begin{bmatrix} 1 & \text{j}10 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \text{j}0.05 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & \text{j}10 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \text{j}0.05 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2 & \text{j}12 \\ -\text{j}0.25 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.25 & \text{j}27 \\ \text{j}0.025 & 0.1 \end{bmatrix}$$

10-10 如题 10-10 图所示电路中，$r = R = 1\,\Omega, C_1 = C_2 = 1\,F$，电源频率 $\omega = 2\ rad/s$，求 $\dot{U}_2 / \dot{U}_1$。



题 10-10 图



题 10-10 解图

解 题 10-10 图所示电路等效为题 10-10 解图所示电路。

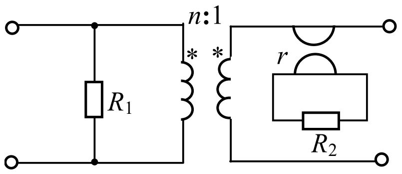
其中 $Z = r^2(\text{j}\omega C + \frac{1}{R}) = 1 + \text{j}2$

由分压公式，得

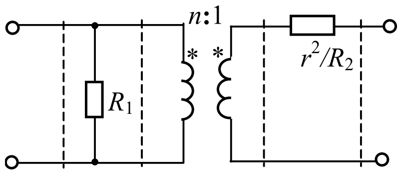
$$\dot{U}_2=\frac{\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}{1+\mathrm{j}2+\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}}\dot{U}_1=\frac{-\mathrm{j}0.5}{1+\mathrm{j}1.5}\dot{U}_1$$

所以，有 $\dfrac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}=\dfrac{-\mathrm{j}0.5}{1+\mathrm{j}1.5}=\dfrac{1}{-3+\mathrm{j}2}$

10-11 求题 10-11 图所示双口网络的 T 参数矩阵。



题 10-11 图

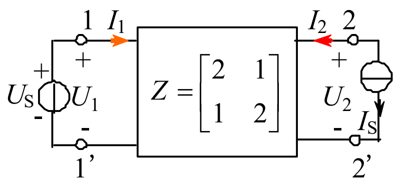


题 10-11 解图

解 题 10-11 图所示电路等效为题 10-11 解图所示电路，该双口网络可视为三个双口网络的级联，所以，有

$$T=\begin{bmatrix}1 & 0\\ \dfrac{1}{R_1} & 1\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}n & 0\\ 0 & \dfrac{1}{n}\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}1 & \dfrac{r^2}{R_2}\\ 0 & 1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}n & \dfrac{nr^2}{R_2}\\ \dfrac{n}{R_1} & \dfrac{nr^2}{R_1R_2}+\dfrac{1}{n}\end{bmatrix}$$

10-12 双口电阻网络如图题 10-12 所示，当 1-1' 端施加 Us=6V，2-2' 端施加 Is=2A 时，求网络消耗的功率。



题 10-12 图

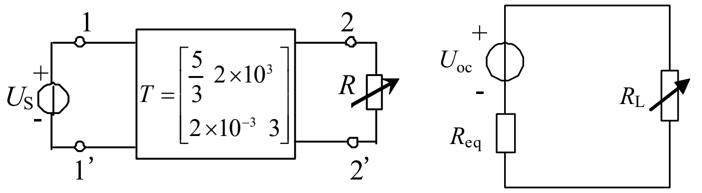
解 由题意，有 $\begin{cases}U_1=2I_1+I_2\\ U_2=I_1+2I_2\end{cases}$

且，有 $\begin{cases}U_1=U_S=6V\\ I_2=-I_s=-2A\end{cases}$

求得 I_1=4A; U_2=0

网络消耗的功率为：P= UsI_1+(-Is U_2)=24W

10-13 电路如图题 10-13 所示，若双口网络的 T 参数已知，输入端接电压源 Us=10V，求 R 为何值时能获得最大功率，并求此最大功率。



题 10-13 图

解 由题意，有 $\begin{cases} U_1 = \dfrac{5}{3}U_2 + 2\times10^3(-I_2) \\ I_1 = 2\times10^{-3}U_2 + 3(-I_2) \end{cases}$

又已知，U_1=Us=10V

R 以外的部分做戴维南等效，等效电路如图所示。

令 I_2=0，求得 U_{oc}= U_2=60V

令 U_2=0，求得 I_{sc}= -I_2=0.05A

等效电阻为 $R_{eq} = \dfrac{U_{oc}}{I_{sc}} = 1200\Omega$

所以，R=Req=1200Ω时获得最大功率

$$P_{\max} = \frac{U_{oc}^4}{4R} = 0.75W$$

10-14 求出由下列方程所表征的双口网络的 Y 参数，并画出两种等效电路。

$$\begin{cases} 6u_1 - 3i_1 + 2i_2 = 0 \\ 5u_2 = 12i_1 + 2i_2 - 3u_1 \end{cases}$$

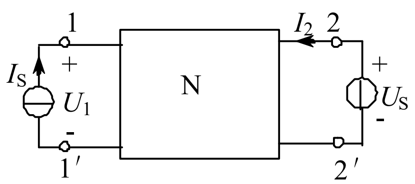
解 由已知条件变换得到如下表达式

$$\begin{cases} I_1 = 0.6U_1 + 0.333U_2 \\ I_2 = -2.1U_1 + 0.5U_2 \end{cases}$$

所以，有 $Y = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.333 \\ -2.1 & 0.5 \end{bmatrix} s$

等效电路图略

10-15 线性无源网络 N 如图题 10-15 所示，若 I_{s1}=5A、U_{s2}=0V 时测得 U_1=20V、I_2= -1A，而 I_{s1}=0A、U_{s2}=40V 时测得 I_2=2A，求：（1）当 I_{s1}=-3A、U_{s2}=10V 时 U_1 和 I_2 的值；（2）如 U_1=50V、I_2=5A，则 I_{s1} 和 U_{s2} 应为何值？



题 10-15 图

解 由已知条件可求得网络 N 的 H 参数，有

$$\begin{cases} U_1 = h_{11}I_1 + h_{12}U_2 \\ I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}U_2 \end{cases}$$

则
$$h_{11} = \frac{20}{5} = 4;\quad h_{21} = -\frac{1}{5}$$
$$h_{22} = \frac{2}{40} = \frac{1}{20}\quad h_{12} = -\frac{1}{5}$$

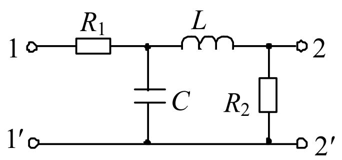
（1）
$$U_1 = h_{11}I_1 + h_{12}U_2 = 4\times(-3) + (-\frac{1}{5})\times 10 = -14\,\mathrm{V}$$
$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}U_2 = (-\frac{1}{5})\times(-3) + \frac{1}{20}\times 10 = 1.1A$$

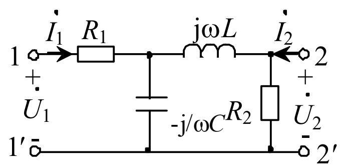
（2）由已知条件，有

$$\begin{cases} 4I_{s1} - \frac{1}{5}U_{s2} = 50 \\ -\frac{1}{5}I_{s1} + \frac{1}{20}U_{s2} = 5 \end{cases}$$

求得 U_{s2}=137.5V ；I_{s1}=21.875A

10-16 试证明图题 10-16 所示互易双口网络中 $\left.\frac{\dot U_1}{\dot I_2}\right|_{\dot I_1=0} = \left.\frac{\dot U_2}{\dot I_1}\right|_{\dot I_2=0}$ 。





题 10-16 图

解 采用相量模型如图所示

当 $\dot I_1 = 0$，时，有 $\dot U_1 = \dfrac{R_2}{R_2 + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}\dot I_2\dfrac{1}{j\omega C}$

所以，$\left.\dfrac{\dot U_1}{\dot I_2}\right|_{\dot I_1=0} = \dfrac{R_2}{1-\omega^2 LC + j\omega R_2 C}$

当 $\dot I_2 = 0$，时，有 $\dot U_2 = \dfrac{\frac{1}{j\omega C}}{R_2 + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}}\dot I_1 R_2$

所以，$\left.\dfrac{\dot U_2}{\dot I_1}\right|_{\dot I_2=0} = \dfrac{R_2}{1-\omega^2 LC + j\omega R_2 C}$

则 $\left.\dfrac{\dot U_1}{\dot I_2}\right|_{\dot I_1=0} = \left.\dfrac{\dot U_2}{\dot I_1}\right|_{\dot I_2=0}$