

# 实验报告

课程名称：\_\_\_\_\_ 电路实验 IB \_\_\_\_\_

实验名称：\_\_\_\_\_ 二端口网络 \_\_\_\_\_

专业-班级：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_

实验日期：\_\_\_\_\_ 2023 年 9 月 26 日 \_\_\_\_\_ 评分：\_\_\_\_\_

---

教师评语：

教师签字：\_\_\_\_\_

日 期：\_\_\_\_\_

## 一、实验目的

- (1) 掌握二端口参数测定的一般方法
- (2) 理解交流参数测量的方法在二端口参数测量中的应用

## 二、实验设备及元器件

	名称	数量	型号
1	直流稳压电源	1 台	DP832A
2	手持万用表	1 台	Fluke17B+
3	直流电压电流表	1 块	30111047
4	电阻	若干	
5	函数发生器	1 台	TFG6960AW
7	测电流插孔	3 只	
8	电流插孔导线	3 条	
9	短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
10	实验用 9 孔插件方板	1 块	300mm×298mm
11	直流恒流源	1 台	SL1500

### 三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

#### 3.4.1 二端口网络参数的测量

对于一个线性网络，我们更多的关心的是其输入端口与输出端口的电压和电流之间的相互关系。如图 3-1 所示线性无独立电源二端口网络，其独立端口变量分别为两个端口电压  $\dot{U}_1$  和  $\dot{U}_2$ 、两个端口电流  $\dot{I}_1$  和  $\dot{I}_2$ 。

对于这 4 个变量之间的关系，我们可以采用多种形式的参数方程来表示，如导纳参数方程、阻抗参数方程、传输参数方程和混合参数方程。以下称端子 1、1' 为端口 1，称端子 2、2' 为端口 2。

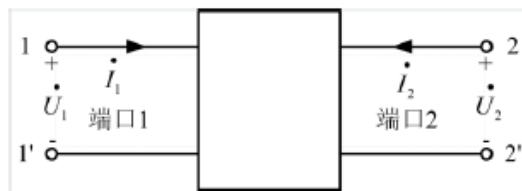


图 3-1 二端口网络端口变量的参考方向

##### 3.4.1.1 导纳参数（Y 参数）

1) 导纳参数方程。用端口电压表示端口电流时，可得：

$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= Y_{11}\dot{U}_1 + Y_{12}\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= Y_{21}\dot{U}_1 + Y_{22}\dot{U}_2\end{aligned}\quad \text{式 (3-1)}$$

式中系数  $Y_{11}$ 、 $Y_{12}$ 、 $Y_{21}$ 、 $Y_{22}$  具有导纳的量纲，称为二端口的导纳参数，简称 **Y** 参数，即

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}$$

2) 测量方法。对于未给出其内部电路结构和元件参数的二端口网络，可通过实验测定其等效 **Y** 参数。

在端口 1 外施电压  $\dot{U}_1$ ，将端口 2 短路，即  $\dot{U}_2 = 0$ ，如图 3-2 (a) 所示。由式 (3-1) 可得：

$$Y_{11} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{U}_2=0} \quad Y_{21} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_1} \right|_{\dot{U}_2=0}$$

同理，在端口 2 外施电压  $\dot{U}_2$ ，将端口 1 短路，即  $\dot{U}_1 = 0$ ，如图 3-2 (b) 所示。由式 (3-1) 可得：

$$Y_{12} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{U}_1=0} \quad Y_{22} = \left. \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{U}_1=0}$$

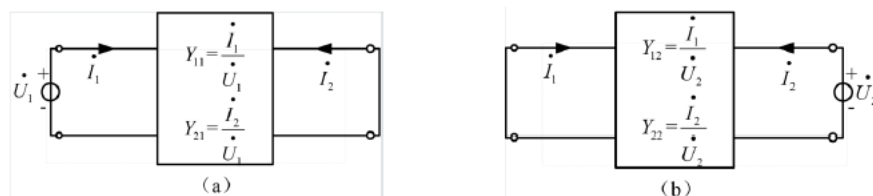


图 3-2 导纳参数的测定

##### 3.4.1.2 阻抗参数（Z 参数）

1) 阻抗参数方程。用端口电流表示端口电压时，可得：

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= Z_{11} \dot{I}_1 + Z_{12} \dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= Z_{21} \dot{I}_1 + Z_{22} \dot{I}_2\end{aligned}\quad \text{式 (3-2)}$$

式中系数  $Z_{11}$ 、 $Z_{12}$ 、 $Z_{21}$ 、 $Z_{22}$  具有阻抗的量纲，称为二端口的阻抗参数，简称 **Z** 参数，即

$$\mathbf{Z} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix}$$

2) 测量方法。对于未给出其内部电路结构和元件参数的二端口网络，可通过实验测定其等效 **Z** 参数。

在端口 1 外施电流  $\dot{I}_1$ ，将端口 2 开路，即  $\dot{I}_2=0$ ，如图 3-3 (a) 所示。由式 (3-2) 可得：

$$Z_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0} \quad Z_{21} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0}$$

同理，在端口 2 外施电流  $\dot{I}_2$ ，将端口 1 开路，即  $\dot{I}_1=0$ ，如图 3-3 (b) 所示。由式 (3-2) 可得：

$$Z_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0} \quad Z_{22} = \left. \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0}$$

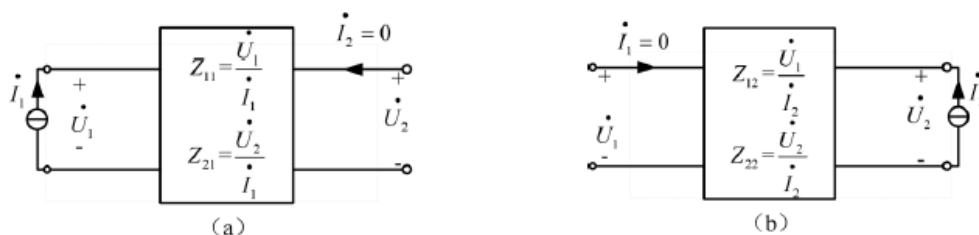


图 3-3 阻抗参数的测定

### 3.4.1.3 传输参数 (**A** 参数)

1) 传输参数方程。用输出端口的电压  $\dot{U}_2$  和电流  $\dot{I}_2$  表示输入端口的电压  $\dot{U}_1$  和电流  $\dot{I}_1$  时，可得：

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= A_{11} \dot{U}_2 + A_{12} (-\dot{I}_2) \\ \dot{I}_1 &= A_{21} \dot{U}_2 + A_{22} (-\dot{I}_2)\end{aligned}\quad \text{式 (3-3)}$$

上式为二端口的传输参数方程，简称 **A** 参数方程，其中 **A** 参数矩阵为：

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}$$

2) 测量方法。对于未给出其内部电路结构和元件参数的二端口网络，可通过实验测定其等效 **A** 参数。

在端口 1 外施电压  $\dot{U}_1$ ，将端口 2 开路，即  $\dot{I}_2=0$ ，如图 3-4 (a) 所示。由式 (3-3) 可得：

$$A_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{I}_2=0} \quad A_{21} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right|_{\dot{I}_2=0}$$

同理，在端口 1 外施电压  $\dot{U}_1$ ，将端口 2 短路，即  $\dot{U}_2=0$ ，如图 3-4 (b) 所示。由式 (3-3) 可得：

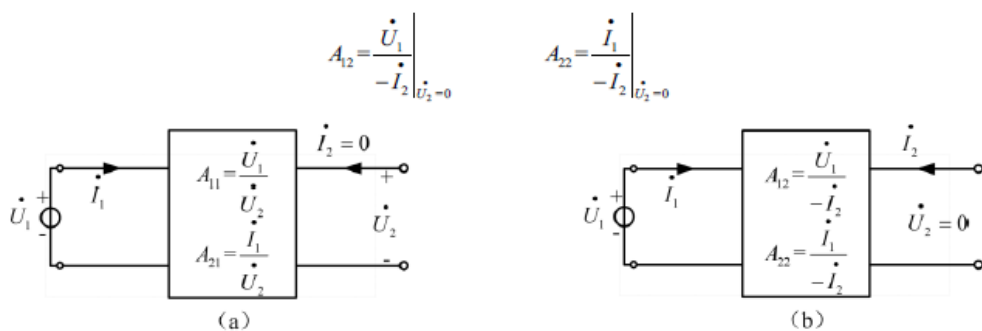


图 3-4 传输参数的测定

#### 3.4.1.4 混合参数 ( $H$ 参数)

1) 混合参数方程。用端口 1 的电流和端口 2 的电压作为自变量，表示端口 1 的电压和端口 2 的电流，可得：

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= H_{11} \dot{I}_1 + H_{12} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= H_{21} \dot{I}_1 + H_{22} \dot{U}_2 \end{aligned} \quad \text{式 (3-4)}$$

上式为二端口的混合参数方程，简称  $H$  参数方程，其中  $H$  参数矩阵为：

$$H = \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{pmatrix}$$

2) 测量方法。对于未给出其内部电路结构和元件参数的二端口网络，可通过实验测定其等效  $H$  参数。

在端口 1 外施电流  $\dot{I}_1$ ，将端口 2 短路，即  $\dot{U}_2=0$ ，如图 3-5 (a) 所示。由式 (3-4) 可得：

$$H_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \bigg|_{\dot{U}_2=0} \quad H_{21} = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} \bigg|_{\dot{U}_2=0}$$

同理，在端口 2 外施电压  $\dot{U}_2$ ，将端口 1 开路，即  $\dot{I}_1=0$ ，如图 3-5 (b) 所示。由式 (3-4) 可得：

$$H_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \bigg|_{\dot{I}_1=0} \quad H_{22} = \frac{\dot{I}_2}{\dot{U}_2} \bigg|_{\dot{I}_1=0}$$

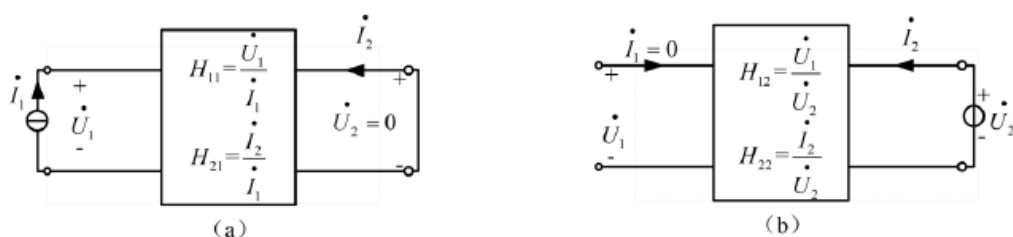


图 3-5 混合参数的测定

### 3.4.2 二端口网络的级联

当几个二端口按一定方式连接起来，且不破坏端口条件，就组成一个复合二端口。这种二端口之间的连接成为级联，即前一个二端口的输出端口与后一个二端口的输入端口相连，如若图 3-8 所示。分析级联组成的复合二端口与两个二端口间的关系时，采用传输参数较方便。

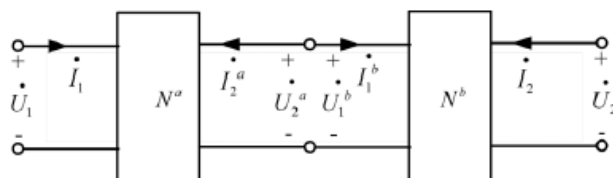


图 3-8 二端口网络的级联

根据图 3-8 可得二端口  $N^a$  和  $N^b$  的传输参数方程为：

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}^a & A_{12}^a \\ A_{21}^a & A_{22}^a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_2^a \\ -\dot{I}_2^a \end{bmatrix} \quad \text{式 (3-11)}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1^b \\ \dot{I}_1^b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}^b & A_{12}^b \\ A_{21}^b & A_{22}^b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ -\dot{I}_2 \end{bmatrix} \quad \text{式 (3-12)}$$

二端口  $N^a$  输出端口和  $N^b$  的输入端口存在如下关系：

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_2^a \\ -\dot{I}_2^a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{U}_1^b \\ \dot{I}_1^b \end{bmatrix} \quad \text{式 (3-13)}$$

将式 (3-13) 代入式 (3-12)，再代入式 (3-11)，得到

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

其中

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11}^a & A_{12}^a \\ A_{21}^a & A_{22}^a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{11}^b & A_{12}^b \\ A_{21}^b & A_{22}^b \end{bmatrix} \quad \text{式(3-14)}$$

即级联二端口的传输参数矩阵，等于各级联的二端口的传输参数矩阵的乘积。

### 3.4.3 二端口网络互易对称特性的测量

二端口互易指的是二端口满足互易定理。若一个端口的激励电压源  $\dot{U}_s$  与另一端口的响应电流互易位置后，电流满足  $\dot{I}_2 = \dot{I}_1$ ，则称该二端口是互易的，如图 3-6 所示。若一个端口是互易的，则  $\mathbf{Y}$ 、 $\mathbf{Z}$ 、 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{H}$  参数矩阵中的 4 个参数将只有 3 个独立参数。

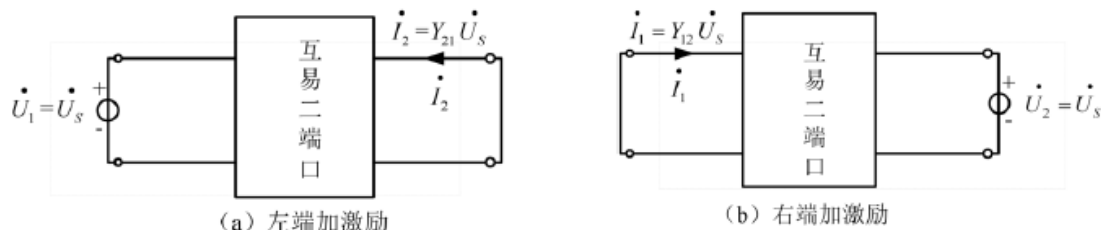


图 3-6 互易二端口的说明

根据导纳参数方程可知： $\dot{I}_1 = Y_{12} \dot{U}_s$ ， $\dot{I}_2 = Y_{21} \dot{U}_s$ ，因此具有互易性的二端口有  $Y_{12} = Y_{21}$ 。反之，若  $Y_{12} = Y_{21}$ ，则称此二端口为互易二端口。

若二端口  $\mathbf{Y}$  参数同时满足  $Y_{12} = Y_{21}$  和  $Y_{11} = Y_{22}$ ，则成为对称二端口。对称二端口仅含两个独立参数。所谓对称二端口，是指二端口与外电路互联时，将二端口的输入端口与输出端口对换后，二端口的特性保持不变。

根据  $\mathbf{Y}$  参数表示的二端口互易对称条件，推导出  $\mathbf{Z}$ 、 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{H}$  参数的互易条件和对称条件如下：

	互易条件	对称条件
$\mathbf{Z}$ 参数	$Z_{12} = Z_{21}$	$Z_{12} = Z_{21}$ 和 $Z_{11} = Z_{22}$
$\mathbf{A}$ 参数	$A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21} = 1$	$A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21} = 1$ 和 $A_{11} = A_{22}$
$\mathbf{H}$ 参数	$H_{12} = -H_{21}$	$H_{11}H_{22} - H_{12}H_{21} = 1$ 和 $H_{12} = -H_{21}$

### 3.4.4 二端口网络的等效电路

互易二端口参数矩阵中仅有三个独立参数，因此互易性二端口的等效电路可由三个阻抗或导纳元件来组成。这三个元件可连成 T 形电路或  $\pi$  形电路，如图 3-7 所示。



图 3-7 互易二端口网络的 T 形和  $\pi$  形等效电路

1) 若给定二端口的  $\mathbf{Z}$  参数，宜选用 T 形等效电路，根据阻抗参数方程分别求得三个阻抗  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ ，如式 (3-15) ~ 式 (3-17)。

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= (Z_1 + Z_3)\dot{I}_1 + Z_3\dot{I}_2 \\ \dot{U}_2 &= Z_3\dot{I}_1 + (Z_2 + Z_3)\dot{I}_2\end{aligned}\quad \text{式 (3-15)}$$

则与  $Z$  参数的对应关系为:  $Z_{11}=Z_1+Z_3$   $Z_{12}=Z_{21}=Z_3$   $Z_{22}=Z_2+Z_3$  式 (3-16)

T 形等效电路各阻抗值为:  $Z_1=Z_{11}-Z_{12}$   $Z_2=Z_{22}-Z_{12}$   $Z_3=Z_{12}$  式 (3-17)

若要进一步求得  $\pi$  形等效电路, 可根据无源星形网络与三角形网络的等效关系, 由 T 形等效电路参数值得得  $\pi$  形等效电路各参数值。

2) 若给定二端口的  $Y$  参数, 宜选用  $\pi$  形等效电路, 根据阻抗参数方程分别求得三个阻抗  $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$ , 如式 (3-18) ~ 式 (3-20)。

$$\begin{aligned}\dot{I}_1 &= (Y_1 + Y_3)\dot{U}_1 - Y_3\dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 &= -Y_3\dot{U}_1 + (Y_2 + Y_3)\dot{U}_2\end{aligned}\quad \text{式 (3-18)}$$

则与  $Y$  参数的对应关系为:  $Y_{11}=Y_1+Y_3$   $Y_{12}=Y_{21}=-Y_3$   $Y_{22}=Y_2+Y_3$  式 (3-19)

T 形等效电路各阻抗值为:  $Y_1=Y_{11}+Y_{12}$   $Y_2=Y_{22}+Y_{12}$   $Y_3=-Y_{12}$  式 (3-20)

## 实验预习和实验过程原始数据记录

实 验 名 称: 二端口网络

学生姓名:

实验日期与时间: 2023. 9. 26

实验

预习结果审核:

原始数据审核:

(包括预习时, 计算的理论数据)



表 3-1 二端口网络  $Z$  参数测量实验数据

二端口网络 a		测量值			计算值	
	输出端开路 $I_2=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{10}(mA)$	$Z_{11}^a$	$Z_{21}^a$
		19.44	4.36	29.9	650.17	145.82
二端口网络 b	输入端开路 $I_1=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{20}(mA)$	$Z_{12}^a$	$Z_{22}^a$
		4.36	7.4	29.9	145.82	247.49
二端口网络 a		测量值			计算值	
	输出端开路 $I_2=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{10}(mA)$	$Z_{11}^b$	$Z_{21}^b$
		4.99	1.97	29.9	166.89	65.89
二端口网络 b	输入端开路 $I_1=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{20}(mA)$	$Z_{12}^b$	$Z_{22}^b$
		1.97	3.24	29.9	65.89	108.36

表 3-2 二端口网络  $Z$  参数测量实验数据

二端口网络 a		测量值			计算值	
	输出端开路 $I_2=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{10}(mA)$	$Z_{11}^a$	$Z_{21}^a$
		32.27	7.25	49.8	647.99	145.58
二端口网络 b	输入端开路 $I_1=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{20}(mA)$	$Z_{12}^a$	$Z_{22}^a$
		7.25	12.28	49.8	145.58	246.59
二端口网络 a		测量值			计算值	
	输出端开路 $I_2=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{10}(mA)$	$Z_{11}^b$	$Z_{21}^b$
		8.30	3.28	49.8	166.67	65.86
二端口网络 b	输入端开路 $I_1=0$	$U_{10}(V)$	$U_{20}(V)$	$I_{20}(mA)$	$Z_{12}^b$	$Z_{22}^b$
		3.28	4.49	49.8	65.86	90.16



表 3-3 级联二端口网络 A 参数测量实验数据

新二端口网络		测量值			计算值	
	输出端开路 $I_2=0$	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$I_1(\text{mA})$	$A_{11}$	$A_{21}$
		29.64	1.17	49.8	25.333	1916.993
	输出端短路 $U_2=0$	$U_1(\text{V})$	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$A_{12}$	$A_{22}$
		29.33	49.8	-15.3	0.043	3.255

表 3-4 二端口网络 Y、A 参数测量实验数据表格

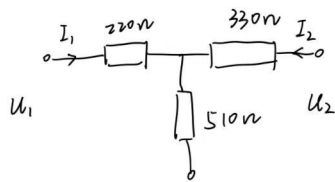
二端口网络 a		测量值			计算值	
	输出端短路 $U_2=0$	$U_{10}(\text{V})$	$I_{10}(\text{mA})$	$I_{20}(\text{mA})$	$Y_{11}^a$	$Y_{21}^a$
		14.99	34.2	-19.9	0.00228	-0.00133
	输入端短路 $U_1=0$	$U_{20}(\text{V})$	$I_{10}(\text{mA})$	$I_{20}(\text{mA})$	$Y_{12}^a$	$Y_{22}^a$
		14.99	-21.3	30.2	-0.00142	0.00201
二端口网络 b		测量值			计算值	
	输出端开路 $I_2=0$	$U_{10}(\text{V})$	$U_{20}(\text{V})$	$I_{10}(\text{mA})$	$A_{11}^b$	$A_{21}^b$
		14.98	5.82	86.4	2.574	0.015
	输出端短路 $U_2=0$	$U_{10}(\text{V})$	$I_{10}(\text{mA})$	$I_{20}(\text{mA})$	$A_{12}^b$	$A_{22}^b$
		14.98	97.9	-29.3	511.263	3.341

表 3-5 二端口网络等效电路参数测量

二端口网络 a		测量值			计算值	
	输出端开路 $I_2=0$	$U_{10}(\text{V})$	$U_{20}(\text{V})$	$I_{10}(\text{mA})$	$Z_{11}^a$	$Z_{21}^a$
		19.14	10.9	29.9	640.13	364.55
	输入端开路 $I_1=0$	$U_{10}(\text{V})$	$U_{20}(\text{V})$	$I_{20}(\text{mA})$	$Z_{12}^a$	$Z_{22}^a$
		14.78	24.6	29.8	495.97	825.5
二端口网络 b		测量值			计算值	
	输出端短路 $U_2=0$	$U_{10}(\text{V})$	$I_{10}(\text{mA})$	$I_{20}(\text{mA})$	$Y_{11}^b$	$Y_{21}^b$
		14.90	89.3	-29.4	0.00599	-0.00197
	输入端短路 $U_1=0$	$U_{20}(\text{V})$	$I_{10}(\text{mA})$	$I_{20}(\text{mA})$	$Y_{12}^b$	$Y_{22}^b$
		14.96	-28.9	74.8	-0.00193	0.00500

自主设计性小实验

参考阻抗参数 Z 的测试方法，及图 3-5 和式（3-4），设计混合参数 H 测试的方案。（包括方案设计、测量数据、数据计算）



端口 2 短路  
 $U_2 = 0$

$$I_1 = 29.9 \text{ mA}, \quad I_2 = -18 \text{ mA}, \quad U_1 = 12.55 \text{ V}$$

端口 1 开路  
 $I_1 = 0$

$$U_1 = 7.39 \text{ V}, \quad U_2 = 14.98 \text{ V}, \quad I_2 = 20.2 \text{ mA}$$

恒流源 30 mA 作为输入，端口 2 15 V 输入

计算过程如下：

```
table_36_a = [[29.9, -18, 12.55], [14.98, 20.2/1000, 7.39/1000]]
H_ans_6 = []
for i in range(0, len(table_35_a)):
    H2 = table_36_a[i][1]/table_36_a[i][0]
    H1 = table_36_a[i][2]/table_36_a[i][0]*1000
    H_ans_6.append(H1)
    H_ans_6.append(H2)

print(H_ans_6)
```

Python

[419.732441471572, -0.6020066889632107, 0.49332443257676895, 0.0013484646194926568]

故有：

$$H_{11} = 419.732 \quad H_{12} = -0.602$$

$$H_{21} = 0.493 \quad H_{22} = 0.00135$$

## 四、实验过程

（叙述具体实验过程的步骤和方法，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验数据见表 3-1”）

### I. 二端口网络参数的测量与级联

1、（1）二端口网络的实验线路如图 3-9 所示，结合图 3-3 所示测量方法，将直流恒流源的输出电流调至 30mA，作为二端口网络的输入。其中  $R_1=510\Omega$ ， $R_2=100\Omega$ ， $R_3=150\Omega$ 。

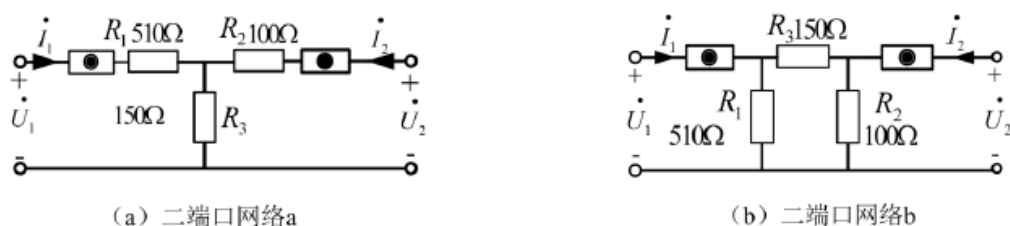


图 3-9 二端口网络实验线路

按照图 3-3 所示测量方法测定相关数据，填入表 3-1 中，并分别计算两个二端口网络的阻抗参数  $Z$ 。

（2）仍然按图 3-9 接线，将直流恒流源的输出电流调至 50mA，作为二端口网络的输入，记录测量数据于表 3-2 中。

2、按照图 3-8 所示原理，将图 3-9 的(a)、(b)两图级联后构成一个新的二端口网络，画出电路图。结合图 3-4 所示测量方法，将直流恒流源的输出电流调至 50mA，作为二端口网络的输入，填入表 3-3 中，计算新二端口网络的传输参数  $A$ ，并验证式 (3-14) 是否成立。

### II. 二端口网络互易对称性的测量

1、二端口互易对称性实验线路如图 3-9 所示（其中电阻更改为  $R_1=220\Omega$ ， $R_2=330\Omega$ ， $R_3=510\Omega$ ），结合实验原理，将直流稳压电源的输出电压调至 15V，作为二端口网络的输入。按照图 3-2、图 3-4 所示测量方法测定相关数据，填入表 3-4 中，并验证网络 a、b 是否为互易或对称性网络。

### III. 二端口网络等效电路

1、根据二端口等效电路的原理，按照图 3-10，将直流恒流源的输出调至 30mA 作为 a 的输入，直流稳压电源的输出调至 15V 作为 b 的输入，测量相关数据并记录数据于表 3-5，验证二端口网络的 T 形和  $\pi$  形等效电路。

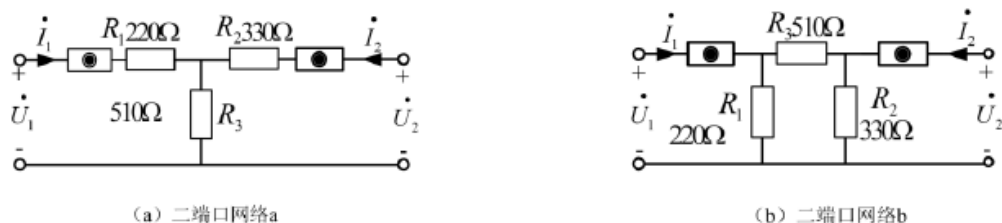


图 3-10 二端口网络实验线路

### IV. 自主设计性小实验

参考阻抗参数  $Z$  的测试方法，及图 3-5 和式 (3-4)，设计混合参数  $H$  测试的方案，并进行数据测量及计算。

## 五、实验数据分析

（按指导书中实验报告的要求用图表或曲线对实验数据进行分析 and 处理，并对实验结果做出判断，如需绘制曲线请在坐标纸中进行）

1、根据表 3-1，3-2，3-3 中的实验数据及阻抗参数计算值，验证式（3-14）是否成立？

1. 由 Z 参数矩阵转化得

$$A_1 = \begin{bmatrix} 4.45 & 952 \\ 0.00687 & 1.69 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 2.53 & 162 \\ 0.0152 & 1.37 \end{bmatrix}$$

$$A_1 \cdot A_2 = \begin{bmatrix} 25.7289 & 2025.14 \\ 0.0430691 & 3.42824 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 25.333 & 1916.993 \\ 0.043 & 3.255 \end{bmatrix}$$

放在误差允许范围内，式 (3-14) 成立

2、整理表 3-4 中的数据，根据二端口 Y 参数的互易条件 and 对称条件，验证网络 a、b 是否为互易 or 对称性网络？

2. a网络Y参数为  $\begin{bmatrix} 0.00228 & -0.00133 \\ -0.00142 & 0.00201 \end{bmatrix}$

b网络Y参数为  $\begin{bmatrix} 223 & -62.1 \\ -66.7 & 172 \end{bmatrix}$

在误差允许范围内,  $Y_{12} = Y_{21}$ , 互易成立

且a网络在误差允许范围内有  $Y_{11} = Y_{22}$ , 满足对称条件

3、根据表 3-5 中的测量数据及计算出的 Z 参数和 Y 参数, 验证二端口网络的 T 形和  $\pi$  形电路等效电路的各阻抗值是否正确?

3. T形等效:  $Z_1 = 209.87 \Omega$   $Z_2 = 329.53 \Omega$   $Z_3 = 495.97 \Omega$

$\pi$ 形等效:  $Y_1 = 0.00406 S$   $Y_2 = 0.00307 S$   $Y_3 = 0.00193 S$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 $246.305 \Omega$   $325.733 \Omega$   $518.135 \Omega$

放在误差允许范围内, 各阻抗值是正确的

## 六、问题思考

(回答指导书中的思考题)

1、二端口网络的传输函数有哪些？它们有何物理意义？

二端口网络的传输函数有四种：电压-电压传输函数、电流-电流传输函数、电压-电流传输函数、电流-电压传输函数。这些传输函数用于描述线性时不变系统的性能，通过它们可以分析电路、控制系统、滤波器等各种电子和电气工程领域的系统。帮助工程师理解和分析系统的行为，以便设计和优化电路或控制系统。

2、互易定理的适用范围是什么？

线性、时不变、单一频率的二端口网络电路。

3、二端口网络的参数为什么与外加电压或流过网络的电流无关？

二端口网络的线性性质保证了网络相应时激励分别作用时响应的叠加，故无论外部激励是什么，网络的响应都是线性的，不随激励的变化而变化。时不变性质同样也保证了网络的特性不随时间而变化。

## 七、实验体会与建议

