



电影协会

扫一扫二维码，加入群聊。

电路实验 A (2)

一. 实验题目: 二端口网络

二. 实验目的: 掌握二端口网络参数的测量方法, 及二端口网络的级联特性, 研究二端口网络输出端等效电路的测量方法及功率匹配。

三. 实验仪器及模块名称:

DDS 函数信号发生器, Fluke 190-104 型测试仪, Fluke 230S 电流钳表, 数字万用表。

$10 \times 10 \Omega$ 电阻箱 $\times 2$; $10 \times 100 \Omega$ 电阻箱 $\times 1$; $10 \times 0.1 \mu\text{F}$ 电容箱 $\times 1$, $10 \times 100 \text{ mH}$ 电感箱 $\times 1$; $4 \mu\text{F}$ 电容元件 $\times 2$ 。

$1 \mu\text{F}$ 电容元件 $\times 1$; $2 \mu\text{F}$ 电容元件 $\times 1$

四. 预习思考问题解答:

1. B

2. A

3. A

4. C

五. 实验过程

1. 基本任务

(1) 检查各仪器供电是否正常, Fluke 190-104 型测试仪工作正常, DDS 函数信号发生器工作正常, 元器件值与标称值误差在允许范围内。

(2) 二端口网络传输参数和阻抗参数的测量

- 1) 按实验电路图 1 连接如电路, 信号源输出电压有效值 6V, 频率 500Hz 的正弦波, 电容 $C = 4\mu F$, 电阻 $R_1 = 100\Omega$. 使用 Fluke 190-104 型测试仪的电压测试线和电流钳夹在端口 2 分别开路短路时测量 $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_1, \dot{I}_2$ 各参数, 求得传输矩阵 A_1 ; 再将端口 2 开路, 测量 $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_1$ 各参数, 再将端口 1 开路, 端口 2 接信号源, 信号源输出不变, 测量 $\dot{U}_1, \dot{U}_2, \dot{I}_2$ 各参数, 求得阻抗参数矩阵 Z_1 .

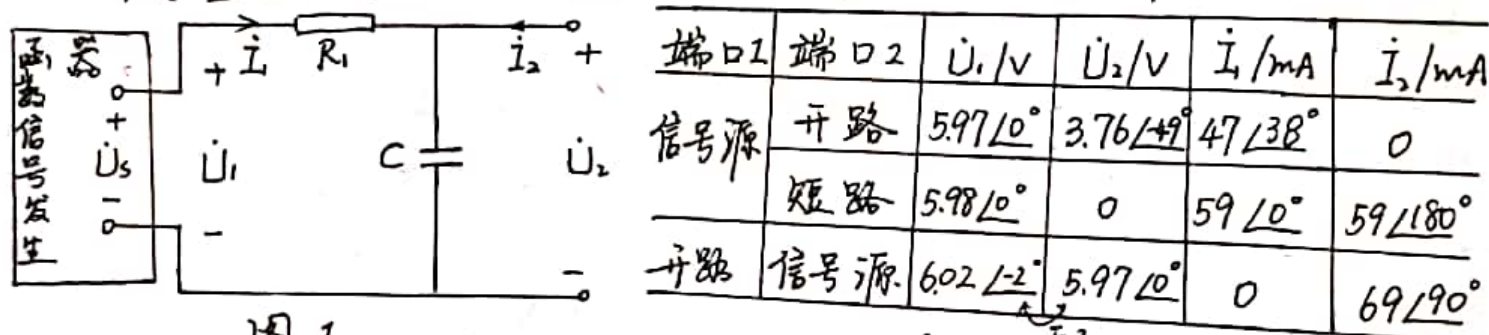


图 1

表 1

测量结果见表 1, 测试仪设置如下: Scope \rightarrow F2 \rightarrow 通道 \rightarrow Vae \rightarrow 1:1 衰减 \rightarrow 分别使用 A, C 通道测 \dot{U}_1 , 选其为参考正弦量.

Scope \rightarrow F2 \rightarrow 通道 D \rightarrow Aae \rightarrow 100mV/A 灵敏度. F4 Bandwidth 20kHz. 计算 A_1 和 Z_1 :

$$A_1: A_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \right|_{2 \text{ 开路}} = \frac{5.97\angle 0^\circ}{3.76\angle 49^\circ} = 1.59\angle -49^\circ = 1.04 + j1.20;$$

$$A_{21} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right|_{2 \text{ 开路}} = \frac{47\angle 38^\circ \times 10^{-3}}{3.76\angle 49^\circ} = 0.0125\angle -87^\circ = 0.00 + j0.0125;$$

$$-A_{12} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right|_{2 \text{ 短路}} = \frac{5.98\angle 0^\circ}{59\angle 0^\circ \times 10^{-3}} = 101.36;$$

$$-A_{22} = \left. \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \right|_{2 \text{ 短路}} = \frac{59\angle 0^\circ}{59\angle 180^\circ} = -1;$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.04 + j1.20 & -101.36\Omega \\ j0.0125S & +1 \end{bmatrix}$$

$$Z_1: Z_{11} = \left. \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \right|_{2 \text{ 开路}} = \frac{5.97\angle 0^\circ}{47\angle 38^\circ \times 10^{-3}} = 127.0\angle -38^\circ = 100.0 - j78.2;$$

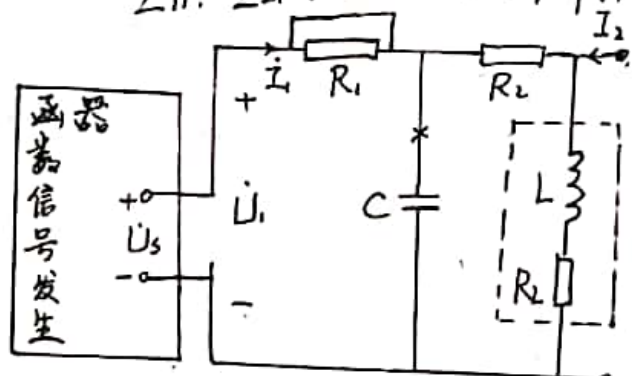
$$Z_{21} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \Big|_{2 \text{ 短路}} = \frac{3.76 \angle -49^\circ}{47 \angle 38^\circ \times 10^{-3}} = 80 \angle -87^\circ = 0.00 - j79.89;$$

$$Z_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{1 \text{ 开路}} = \frac{5.97 \angle 0^\circ}{69 \angle 9^\circ \times 10^{-3}} = 86.52 \angle -9^\circ = -j86.52;$$

$$Z_{22} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \Big|_{1 \text{ 开路}} = \frac{6.02 \angle -2^\circ}{69 \angle 9^\circ \times 10^{-3}} = 87.25 \angle -92^\circ = -0.00 - j87.19;$$

$$Z_1 = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100.0 - j78.2 & -j86.52 \\ -j79.89 & -j87.19 \end{bmatrix}$$

2) 按实验电路图 2 连接实验电路, 信号源输出状态不变, 电感 $L = 40 \text{ mH}$, 电阻 $R_2 = 100 \Omega$ 使用 Fluke 190-104 型测试仪. 输出端开路、短路时, 测量 \dot{U}_1 、 \dot{U}_2 、 \dot{I}_1 、 \dot{I}_2 等参数, 根据 2 端口网络传输参数矩阵计算公式得出 A_2 . 将图 2 的端口 2 开路, 测量 \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 等参数, 再将端口 1 开路, 端口 2 接信号源, 信号源输出不变, 测量 \dot{U}_1 、 \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 等参数, 根据 2 端口网络的阻抗参数 Z_{11} 、 Z_{21} 、 Z_{12} 、 Z_{22} 计算得 Z_2 .



端口1	端口2	\dot{U}_1/V	\dot{U}_2/V	\dot{I}_1/mA	\dot{I}_2/mA
信号源	开路	$5.98 \angle 0^\circ$	$4.35 \angle 35^\circ$	$34 \angle 45^\circ$	0
	短路	$5.99 \angle 0^\circ$	0	$59 \angle -1^\circ$	$59 \angle 180^\circ$
开路	信号源	$5.94 \angle 0^\circ$	$6.00 \angle -3^\circ$	0	$45 \angle 85^\circ$

表 2

图 2

 读出 $R_L = 22 \Omega$.

 计算 A_2 和 Z_2

$$A_2: A_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{5.98 \angle 0^\circ}{4.35 \angle 35^\circ} = 1.37 \angle -35^\circ = 1.12 - j0.79;$$

$$A_{21} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{47 \angle 34 \angle 45^\circ \times 10^{-3}}{4.35 \angle 35^\circ} = 0.0078 \angle -80^\circ = 0.0014 - j0.0077;$$

$$-A_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{2 \text{ 短路}} = \frac{5.99 \angle 0^\circ}{59 \angle 180^\circ \times 10^{-3}} = 101.5 \angle -180^\circ = -101.5;$$

$$-A_{22} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{2 \text{ 短路}} = \frac{59 \angle -1^\circ}{59 \angle 180^\circ} = 1 \angle -180^\circ = -1;$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.12 - j0.79 & +101.5 \\ 0.0014 - j0.0077 & +1 \end{bmatrix}$$

$$Z_2: Z_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{5.98 \angle 0^\circ}{34 \angle -45^\circ \times 10^{-3}} = 175.9 \angle 45^\circ = 124.4 + j124.4;$$

$$Z_{21} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{4.35 \angle 35^\circ}{34 \angle -45^\circ \times 10^{-3}} = 127.9 \angle 80^\circ = 22.2 + j126.0;$$

$$Z_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{1 \text{ 开路}} = \frac{5.94 \angle 0^\circ}{45 \angle -85^\circ \times 10^{-3}} = 132 \angle 85^\circ = 11.5 + j131.5;$$

$$Z_{22} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \Big|_{1 \text{ 开路}} = \frac{6.00 \angle 0^\circ}{45 \angle -85^\circ \times 10^{-3}} = 133.3 \angle 85^\circ = 11.6 + j132.8;$$

$$Z_2 = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 124.4 + j124.4 & 11.5 + j131.5 \\ 22.2 + j126.0 & 11.6 + j132.8 \end{bmatrix}$$

设置同 1)。

3) 电路图 1 和 2 级联得到图 3。按要求测量电压电流，计算 A_3 、 Z_3 ，并分析 A_3 与 A_1 、 A_2 关系，与理论值比较，分析误差产生的原因。

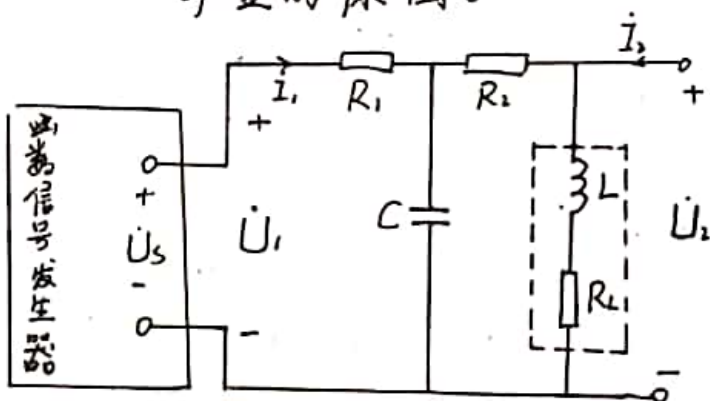


图 3

端口1	端口2	\dot{U}_1/V	\dot{U}_2/V	\dot{I}_1/mA	\dot{I}_2/mA
信号源	开路	$5.95 \angle 0^\circ$	$2.68 \angle 6^\circ$	$34 \angle 30^\circ$	
	短路	$5.97 \angle 0^\circ$	0	$40 \angle 18^\circ$	$26 \angle 149^\circ$
开路	信号源	$3.72 \angle 0^\circ$	$6.01 \angle 54^\circ$	0	$47 \angle 3^\circ$

表 3

设置同 1) 2) 测量结果如表 3 所示。

计算 A_3 和 Z_3 ：

$$A_3: A_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{5.95 \angle 0^\circ}{2.68 \angle 6^\circ} = 222 \angle -6^\circ = 2.21 - j0.23;$$

$$A_{21} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{34 \angle 30^\circ \times 10^{-3}}{2.68 \angle 6^\circ} = 0.01 \angle 24^\circ = 0.01 + j0.004;$$

$$-A_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{2 \text{ 短路}} = \frac{5.97 \angle 0^\circ}{26 \angle 149^\circ \times 10^{-3}} = 229.6 \angle -149^\circ = -196.82 - j118.25;$$

$$-A_{22} = \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{2 \text{ 短路}} = \frac{40 \angle 18^\circ}{26 \angle 149^\circ} = 1.54 \angle -131^\circ = -1.01 - j1.16;$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.21 - j0.23 & +196.82 + j118.25 \\ 0.01 + j0.004 & +1.01 + j1.16 \end{bmatrix}$$

$$Z_3: Z_{11} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{5.95 \angle 0^\circ}{34 \angle 30^\circ \times 10^{-3}} = 175 \angle -30^\circ = 151.55 - j87.5;$$

$$Z_{21} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_1} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{2.68 \angle 6^\circ}{34 \angle 30^\circ \times 10^{-3}} = 78.82 \angle -24^\circ = 72.01 - j32.06;$$

$$Z_{12} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \Big|_{1 \text{ 开路}} = \frac{3.72 \angle 0^\circ}{47 \angle 30^\circ \times 10^{-3}} = 79.15 \angle -30^\circ = 68.54 - j39.58;$$

$$Z_{22} = \frac{\dot{U}_2}{\dot{I}_2} \Big|_{2 \text{ 开路}} = \frac{6.01 \angle 54^\circ}{47 \angle 30^\circ \times 10^{-3}} = 127.87 \angle 24^\circ = 116.82 + j52.01;$$

$$Z_3 = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151.55 - j87.5 & 68.54 - j39.58 \\ 72.01 - j32.06 & 116.82 + j52.01 \end{bmatrix}.$$

验证 $A_3 = A_1 A_2$:

$$A_1 A_2 = \begin{bmatrix} 1.04 + j1.20 & -101.36 \\ (1.59 \angle 49^\circ) & (101.36) \\ j0.0125 & +1 \\ (0.0125 \angle 87^\circ) & (+1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.12 - j0.79 & -125 + j101.5 \\ (1.37 \angle -35^\circ) & (+101.5) \\ 0.0014 - j0.0077 & +1 \\ (0.0078 \angle -80^\circ) & (+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.25 - j0.25 & +206.92 + j121.80 \\ 0.01 + j0.006 & 1.06 + j1.26 \end{bmatrix}$$

比较 $A_1 A_2 = \begin{bmatrix} 2.25 - j0.25 & 206.92 + j121.80 \\ 0.01 + j0.006 & 1.06 + j1.26 \end{bmatrix}$ 与 $A_3 = \begin{bmatrix} 2.21 - j0.23 & 196.82 + j118.25 \\ 0.01 + j0.004 & 1.01 + j1.16 \end{bmatrix}$ 可知

$A_1 A_2 = A_3$ 成立. 误差原因: 信号源含有内阻, 级联后内阻分压改变

2. 研究任务

12. 研究二端口网络输出端的戴维南等效电路. 电路图仍如图3所示. 信号源输出电压有效值6V, 500Hz正弦波. 电容 $C = 1\mu\text{F}$, $L = 100\text{mH}$. 电阻 $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 300\Omega$. 测量端口2开路电压 U_{oc}

$$U_{oc} = 3.54\text{V}.$$

• 将端口1短路, 同时信号源移至端口2. 测量端口2的电压 \dot{U} 与电流 \dot{I}

$$\dot{U} = 5.95 \angle 0^\circ \text{ 则 } \dot{I} = 24 \angle 50^\circ \text{ mA}, Z_o = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = 247.9 \angle 50^\circ = 159.3 + j189.9\Omega$$

为感性负载. 其匹配负载 $Z_L = 159.3 - j189.9\Omega$ 为容性负载.

二端口网络原始数据记录

1. 基本任务

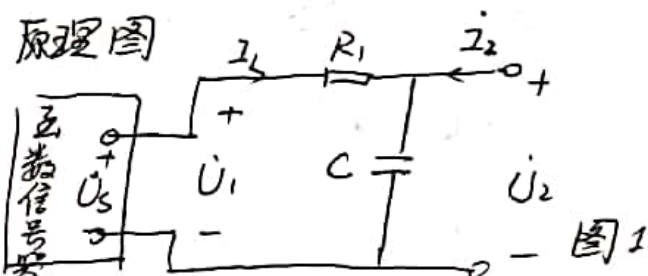
学号: 1161430210 姓名: 郝路丰

(1)

1) 图 1

3.76/49° 47/38° 原理图

端口1	端口2	U_1/V	U_2/V	I_1/mA	I_2/mA
信号源	开路	5.97/34.7°	3.47	43	1
	短路	5.98/0°	0	59/10°	59/180°
开路	信号源	6.02/52°	6.02	1	74-5=69/90°
		6.02 5.97/10°	6.02		

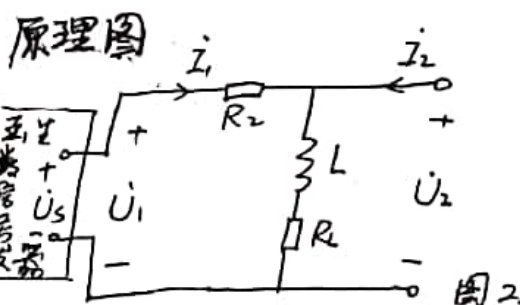


$U_s = 6V, R_1 = 100\Omega, C = 4\mu F, 500Hz$

设置记录:

2) 图 2

端口1	端口2	U_1/V	U_2/V	I_1/mA	I_2/mA
信号源	开路	5.98/0°	4.35/35°	34/45°	1
	短路	5.99/0°	0.009	59/1°	59/180°
开路	信号源	6.00/3°	5.94/0°	0	45/85°

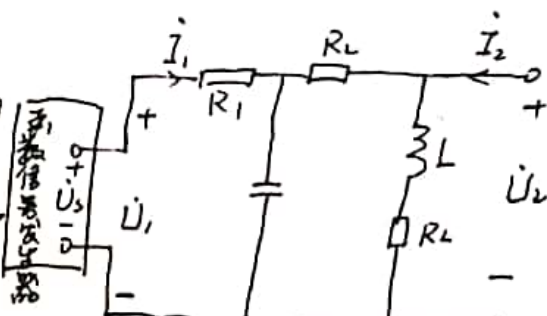


$U_s = 6V, L = 40mH, R_2 = 100\Omega, R_L = 22\Omega, 500Hz$

设置记录

3) 图 3

端口1	端口2	U_1/V	U_2/V	I_1/mA	I_2/mA
信号源	开路	5.95/10°	2.68/1°	34/30°	0
	短路	5.97/10°	0	40/18°	26/149°
开路	信号源	3.72/10°	6.04/54°	0	47/30°



2. 研究任务

1) 图 3, $C = 1\mu F, L = 105H, R_L = 47\Omega, R_1 = 100\Omega, R_2 = 300\Omega$

3.39	U_{OC}/V	3.54/32°
	I_{SC}/A	舍
	Z_0/Ω	$\frac{U_{OC}}{I_{SC}} = \frac{6}{5}$
	U_1/V	5.95/10°
	I_2/mA	15/30°
	Z_0	396.7/30°

2) 匹配负载 $Z_L = 159.3 + j189.9$

C/μF	1	2	4	6	8
P/W	0.11	0.10	0.12	0.12	0.13

教师签字: 141.25/50° 247.9/50° = 159.3 + j189.9
 $C = 0.93\mu F$
 $2\pi f = \omega, C = \frac{1}{2\pi f \cdot 189.9} = 1.7\mu F$

明午印晓

见背面

