



电路实验B

一、实验题目：电路定理和运算放大器

二、实验目的：学习测量线性有源一端口网络的戴维南等效电路参数及端口外特性的方法，加深对戴维南定理的理解，通过搭建电压跟随器了解运算放大器的功能。

三、实验仪器选择与模块名称：DP832直流电压源、直流电流源、DDS函数信号发生器、Fluke 190-104型测试仪、Fluke 130s 电流钳表、数字万用表 / 模块化电路实验装置

四、实验预习思考解答：(1) B (2) C (3) B (4) C (5) ~~B~~ A (6) B

五、实验过程：

1. 基本任务

(1) 打开开关，观察到直流电压源、直流电流源、函数信号发生器均正常工作，元器件标称值与参数值均吻合。

(2) 电位器接线方式的研究

1K Ω 电位器模块有3个接线插孔，将数字万用表的测试线分别接入不同插孔，调整旋钮，记录电阻的变化范围如下表1。

数字万用表测试线接口	电阻变化范围
1-3	恒为1.055K Ω
1-2	198 Ω ~1.055K Ω
2-3	1.66 Ω ~1.055K Ω

表1

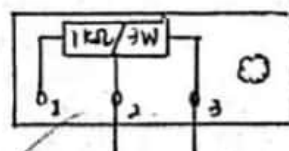
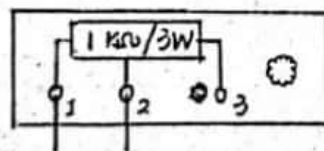


图1

实验若需要1~41K Ω 的可调电阻，可接1、2或2、3接口，并旋转旋钮调节，如上图1。

(3) 戴维南定理的研究

按照图2连接电路。 $I_s = 41.1 \text{ mA}$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 100 \Omega$, $R_3 = 470 \Omega$, R_L 为 $0 \sim 1 \text{ k}\Omega$ 可调电阻。将 ab 右侧支路取出, 作为外电路。与可调电阻串联的熔断器 FU 可防止电路接线错误而损坏电位器。

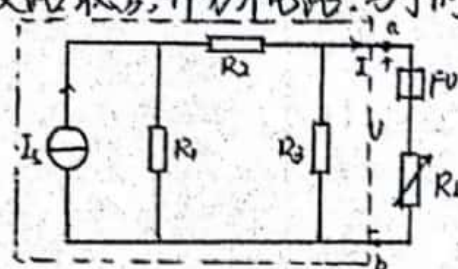


图2

实际:
 $I_s = 41.1 \text{ mA}$
 $R_1 = 98.6 \Omega$
 $R_2 = 99.5 \Omega$
 $R_3 = 469 \Omega$
 $R_L = 1.1 \text{ k}\Omega \sim 1.055 \text{ k}\Omega$

改变 R_L 次数	电流 / mA			电压 / V
	I_{ab}	I_{R3}	I	U
1	12	-26	$I_{sc} = 38 \text{ mA}$	0
2	-29	-28	0	$U_{oc} = 12.3 \text{ V}$
3	-7	-28	21	5.31
4	-12	-26	14	7.88

表2

1) 测量该网络的外特性 $U = f(I)$ 曲线

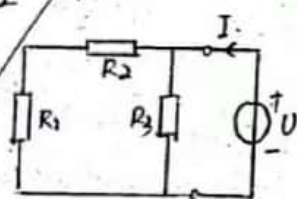
将测试仪的电压测试线和电流钳夹分别接入电路。缓慢调节 R_L , 电源与测试仪均工作正常。将外电路断开, 测量开路电压 $U_{oc} = 12.3 \text{ V}$; 将可调电阻短路, 测量短路电流 $I_{sc} = 38 \text{ mA}$ 。调节 R_L , 将电压电流值记录于表2, 作出外特性 $U = f(I)$ 如图5。

2) 测量含源一端口网络的等效电阻 R_i , 计算得理论值 $R_{i\text{理}} = 327.3 \Omega$

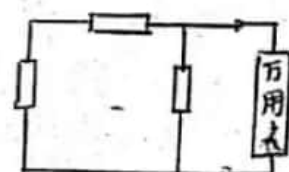
用两种方法测量 R_i , 首先断开电流源与 ab 右侧电路。

① 如图3(1), 外接电压源 U , 测得 $U = 15.0 \text{ V}$, $I_{R3} = -0.023 \text{ A}$ 。

$I_{R1} = +0.023 \text{ A}$, 则 $I = 0.046 \text{ A}$, $R_i = \frac{15.0 \text{ V}}{0.046 \text{ A}} = 326.1 \Omega$ 。



(1)



(2)

图3

② 如图3(2), 直接用万用表接 a, b 测电阻 $R_i = 329.5 \Omega$ 。

则用万用表测量较为准确, 采用该方法较好。

3) 戴维南等效电路外特性 $U = f(I)$ 的测量

画出等效电路图, 如图4。调节 R_L , 与 $U = f(I)$ 取相同的自变量值, 测量外特性 $U' = f(I')$, 如表3。作出外特性曲线 $U' = f(I')$ 如图5。

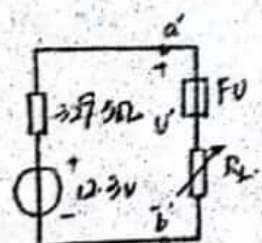


图4

改变 R_L 次数	电流 / mA			电压 / V
	I_{ab}	I_{R3}	I	U
1	12	-26	$I_{sc} = 38 \text{ mA}$	0
2	-29	-28	0	$U_{oc} = 12.3 \text{ V}$
3	-7	-28	21	5.31
4	-12	-26	14	7.88

表3

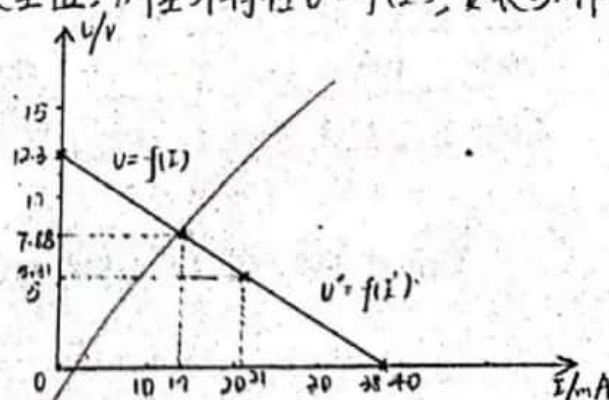


图5

选取相同的自变量电流值, 可看出原电路 $U = f(I)$ 与等效电路 $U' = f(I')$ 曲线符合得很好, 即验证了戴维南定理的正确性。

4) 记录测试仪所选择的测量模式, 选择通道的电压测试线类型设置, 如表4.

测量模式	A	D
耦合方式	DC	DC
探针类型	电压	电流
衰减系数	1:1	100mV/A
带宽限制	FULL	FULL
读数类型	Vdc	Adc
显示位数编号	1	4

表4

[思考问题] 载维南等效电路中, 电压源的电压值调节是使屏幕显示值为 U_{oc} .

2. 研究任务

(1) 按图6连接实验电路, 搭建电压跟随器. 其中 $R=1K\Omega$. 利用测试仪测量输入电压和输出电压值, 并计算电压放大倍数, 见表5.

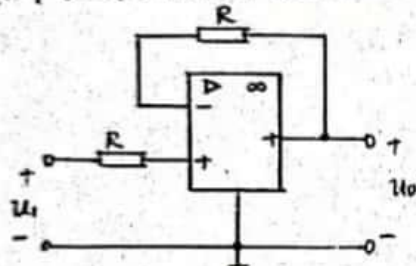


图6

输入电压/V	输出电压/V	电压放大倍数
3.00	3.00	1.00

表5

(3) 验证电压跟随器的隔离作用.

图7两图中负载电阻 R_L 均为 300Ω . 输入电源 $U_1=3V$. 测量 R_L 两端电压, 比较负载消耗功率. 测量两路中 R 两端电压求得输入电流 I_1 , 比较两电源 U_1 输出的功率, 如表6.

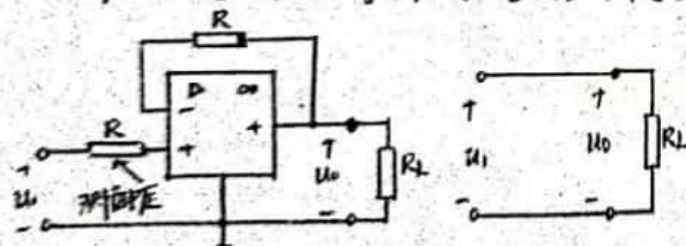


图7

	U_o/V	P_o/W	$I = \frac{U_1}{R}/A$	P_u/W
左侧电路	2.99	0.03	3.7×10^{-6}	1.11×10^{-5}
右侧电路	3.00	0.03	—	0.03

表6

可以看出, 电压跟随器电路中输入电阻 P_u 很小, 但普通电路功率与输出功率 P_o 相等. 即验证了电压跟随器的隔离作用.

六. 实验总结: ① 通过基本任务测量线性有源二端口网络的戴维南等效电路及端口外特性, 较为成功地验证了戴维南定理. ② 研究任务中测得电压放大倍数为 1.00, 并测得 $P_o = 1.11 \times 10^{-5} W$, $P_u = 0.03 W$, 验证了电压跟随器的放大特性及其隔离特性.