

实验 1a 直流网络定理

实验目的

1. 学习正确使用直流电表及直流稳压电源。
2. 学习基本直流电量的测量方法。
3. 验证叠加定理和等效电源定理。

实验原理

1. 叠加定理的验证

叠加定理是指在线性电路中如有几个电源共同作用时，在电路的各部分所产生的电流和电压就等于这些电源分别单独作用时在电路的各部分产生的电流和电压的代数和。

叠加定理可以用图 3.1a.1 的实验电路来验证，在 U_1 与 U_2 共同作用下的各支路电流(图 3.1a.1(a))应该是电路仅有 U_1 作用时(图 3.1a.1(b))以及仅有 U_2 作用时(图 3.1a.1(c))的各对应支路电流的代数和。即有 $I_1 = I'_1 + I''_1$ 、 $I_2 = I'_2 + I''_2$ 、 $I_3 = I'_3 + I''_3$ 和 $U_o = U'_o + U''_o$ 。由于本实验中采用稳压电源，电源内阻可近似看作为零。

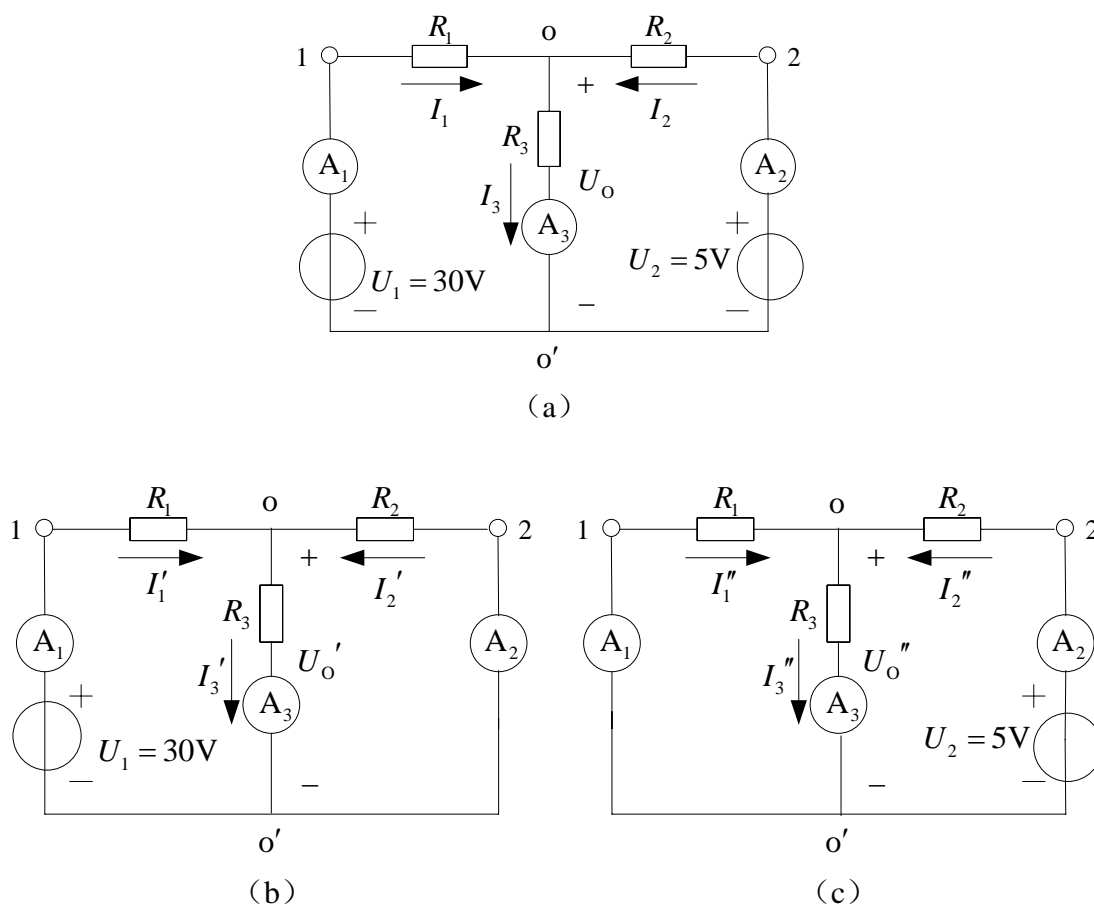


图 3.1a.1 叠加定理

(a) U_1 及 U_2 共同作用 (b) U_1 单独作用 (c) U_2 单独作用

在分析一个复杂的线性网络时，可以根据叠加定理分别考虑各个电源的影响，从而使问题简化。

2. 等效电源定理的验证

等效电源定理是指在线性电路中，任何一个有源二端网络总可以看作一个电源，即可以用一个电压源 U_S 与内阻 R_S 串联的支路(等效电压源模型)或用一个电流源 I_S 与内阻 R_S 并联的支路(等效电流源模型)来代替。电压源 U_S 等于网络输出端开路时的端电压 U_o ，内阻 R_S 为网络的入端电阻，即在网络中所有独立电源被短接、电流源均被断开时从输出端看入的等效电阻。电流源 I_S 等于网络输出端短接时的短路电流 I_{SC} ，内阻 R_S 为网络的入端电阻。在图 3.1a.2 方

框内用了戴维宁等效电压源和诺顿等效电流源来分别代替图(a)、(c)及图(b)、(d)中的有源二端网络。

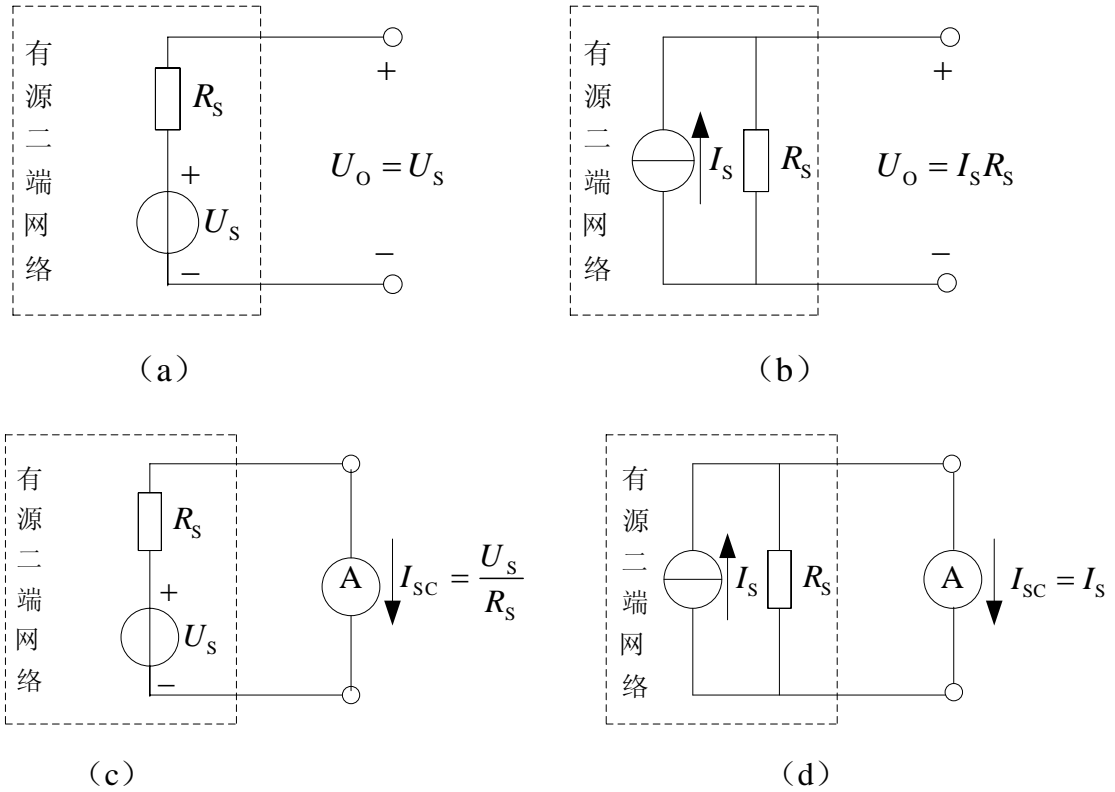


图 3.1a.2 戴维宁和诺顿等效电路

(a) 等效电压源的开路；(b) 等效电流源的开路；(c) 等效电压源的短路；(d) 等效电流源的短路

有源二端网络的等效电压源或等效电流源参数可以通过实验来测定。一般采用测量开路电压 U_O 和短路电流 I_{SC} 的方法来求得 U_O 及 I_{SC} ；而且也可以根据 U_O 及 I_{SC} 来计算等效内阻 R_S ，计算公式为

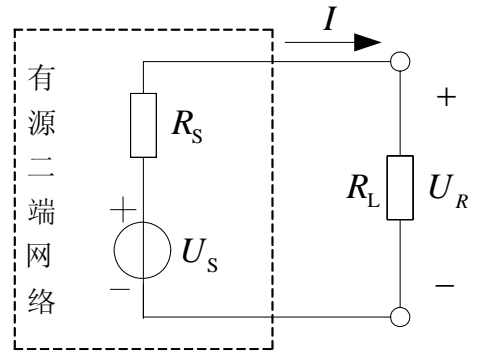
$$R_S = \frac{U_O}{I_{SC}}$$

当有源二端网络不便于短接时，可以在网络输出端接一已知电阻 R_L ，如图 3.1a.3 所示，因为在电路中电阻 R_L 的端电压 U_R 与内阻 R_S 的压降 $(U_S - U_R)$ 之比等于电阻之比，即图 3.1a.3 等效电源接已知电阻

$$\frac{U_R}{U_S - U_R} = \frac{R_L}{R_S}$$

所以只要测量出电阻 R_L 的端电压 U_R 和开路电压 $U_O = U_S$ ，就可以根据下式算出等效内阻 R_S

$$R_S = \left(\frac{U_S - U_R}{U_R} \right) R_L$$



实验仪器设备

1. 双路直流稳压电源	0~30V 1A	1 台
2. 直流电流表	100-200-500-1000mA	3 只
3. 数字万用表		1 台
4. 直流网络接线板		1 块

实验步骤

1. 验证叠加定理

将接线板及电表、电源按图 3.1a.1(a)接线，测量电流 I_1 、 I_2 、 I_3 及电压 U_0 。然后分别在图 3.1a.1(b)及图 3.1a.1(c)两种情况下，测量电流 I_1' 、 I_2' 、 I_3' 、 U_0' 及 I_1'' 、 I_2'' 、 I_3'' 、 U_0'' ，记入表 3.1a.1 内，把两种情况下的对应电流值及电压值代数相加，验证是否与图 3.1a.1(a)测出的数值相同(电流实际方向与假定方向一致则电流为正值，反之为负值)。

表 3.1a.1 验证叠加原理

	I_1 / mA	I_2 / mA	I_3 / mA	U_0 / V
图 3.1a.1(a)				
图 3.1a.1(b)				
图 3.1a.1(c)				
叠加数值				

电源电压测量值： $U_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ $U_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

图 3.1a.1(a)中， $R_1 = 150 \Omega$ ， $R_2 = 51 \Omega$ ， $R_3 = 75 \Omega$

预习计算电流 $I_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$ $I_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$ $I_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA}$ $U_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

2. 验证等效电源定理

(1)按图 3.1a.4(a)接线，把虚线方框部分看作需变换的有源二端网络。断开“2”端，测出 o 与 o' 之间的开路电压 U_0 。

(2)按图 3.1a.4(b)接线，把 o 与 o' 点通过电流表短接，测量短路电流 I_{sc} ，并求出 R_S 。

(3)按图 3.1a.4(c)接线，把“2”端与 o' 点接通， R_2 作为负载电阻 R_L 接入电路，测量电阻 R_2 的端电压 U_R ，并求出 R_S 。

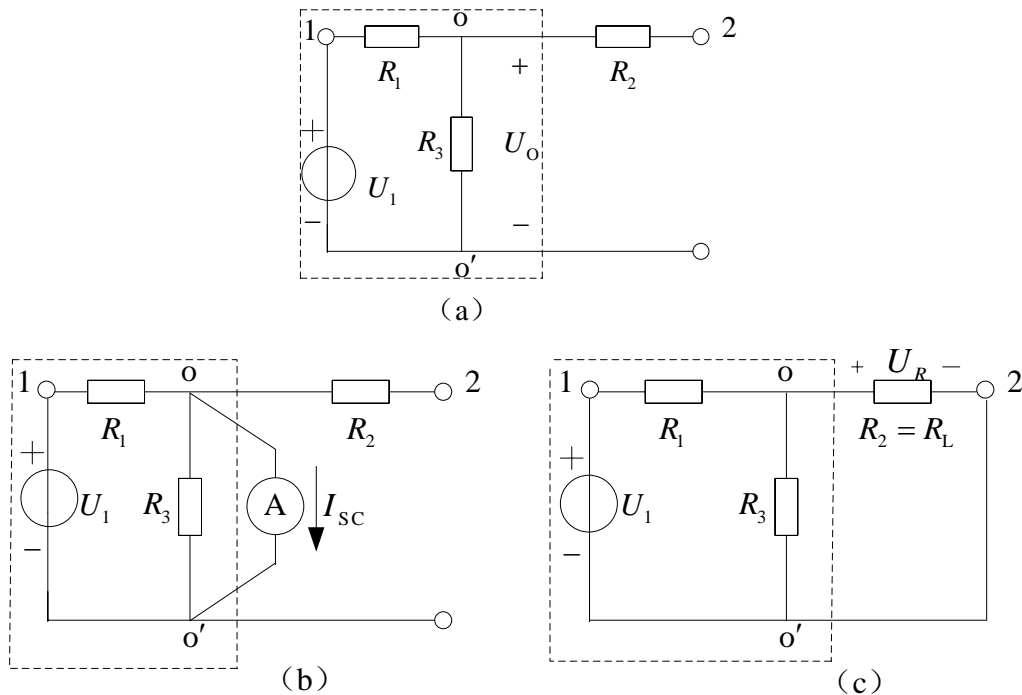


图 3.1a.4 测定等效电源参数

(a) 测定开路电压； (b) 测定短路电流； (c) 测定负载电压

(4)按图 3.1a.5 接线，其中 R_1 与 R_3 并联作为 R_S ，“1”端与 O' 点间接入等效电压源 U_S (其数值等于开路电压 U_O)，外部支路中电阻 R_2 与电流表及外电源 U_2 串联。测量电流 I_2 ，注意其数值是否与图 3.1a.1(a)线路中的 I_2 相同。

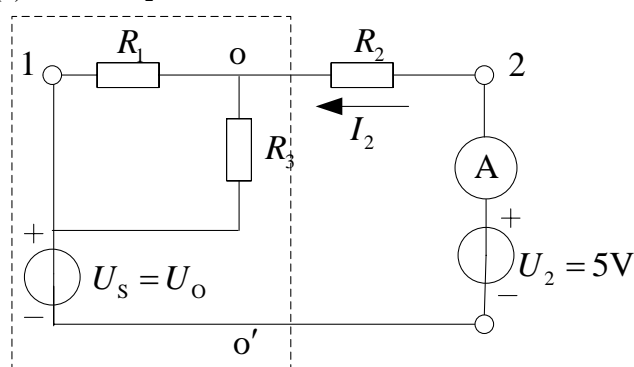


图 3.1a.5 测定外部支路电流 I_2

测量数据： 开路电压 $U_O =$ _____ V
 短路电流 $I_{SC} =$ _____ mA
 负载电压 $U_R =$ _____ V
 外部支路电流 $I_2 =$ _____ mA

计算数据： 等效电源内阻 $R_S = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$ _____ Ω

$$R_S(\text{实测值}) = \frac{U_O}{I_{SC}} = \text{_____} \Omega$$

$$R_S(\text{实测值}) = \left(\frac{U_O}{U_R} - 1 \right) R_2 = \text{_____} \Omega$$

实验报告要求

1. 画出实验电路图，整理实验数据，列写出计算公式及计算结果。
2. 为什么在实验时电流表指针出现反偏？你是如何解决的？
3. 根据实验数据说明叠加定理的正确性。
4. 作出有源二端网络(图 3.1a.4(a)中虚线方框部分)的等效电压源(戴维宁源)及等效电流源(诺顿源)电路，并标出电路参数。
5. 为什么图 3.1a.5 电路中外部支路电流 I_2 与图 3.1a.1(a)线路中的 I_2 相同。

实验现象

1、验证叠加定理实验时，当测量电流 I_2 、 I_2' 和 I_2'' 时，实际电流方向与电流的参考方向相反，电流表指针反偏，这时应断开电源，把该电流表的正极和负极的接线对调，再读取读数，此时读数为负值。

2、验证等效电源定理实验中，等效电压源 $U_S = U_O$ 、等效电流源 $I_S = I_{SC}$ 、等效内阻为网络的入端电阻 R_S 、图 3.1a.5 中测量电流 I_2 与图 3.1a.1 (a) 中测量电流 I_2 数值相同。

实验结果分析

1. 为什么在电流的测量中，当电流表指针出现反偏时，你是如何解决的？

答：因为实际电流方向与电流的参考方向相反，把电流表的正极和负极接线对调，读数取负值。

2. 为什么图 3.1a.5 中外部电流 I_2 与图 3.1a.1(a) 线路中的 I_2 相同？

答：因为根据戴维宁定理，可以把图 3.1a.1(a) 所示电路等效为图 3.1a.5 所示电路，所以两个电路中的 I_2 相同。

3. 根据表 3.1a.1 中记录的测量数据， I_1 、 I_2 、 I_3 和 U_0 的叠加值与测量值相等，说明在线性电路中叠加定理是正确的。

4. 在验证等效电源定理实验中，不仅通过有源二端网络的空载与短路实验求得了等效电源的参数，而且还用实际的等效电源替代原有的有源二端网络对电阻 R_2 供电，所产生的效果是相同的（两个电路中外部支路电流 I_2 相等）。

实验相关知识

预习要求

1. 掌握叠加定理，等效电源定理的含义。
2. 了解直流稳压电源，直流电表及万量表的使用方法。
3. 了解实验过程，熟悉电路图。
4. 完成下列预习作业及思考题：

(1) 计算图 3.1a.1 中的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 和电压 U_0 。

(2) 若电流表按图 3.1a.1(a) 中电流的参考方向接线，当电路通电后， A_1 及 A_3 表都有读数，而 A_2 表的指针却反偏，为什么？怎样才能使 A_2 表也有读数？

相关知识点

叠加定理	E5010203
等效电源定理	E5010204
戴维宁定理	E501020401
诺顿定理	E501020402

注意事项

- 1、直流稳压电源输出端禁止短路。
- 2、改接电路时先关闭电源。
- 3、电流表内阻很小，相当于一根短接导线，测量时应该串联在电路中。若把电流表错接在被测电路的二结点之间，则结点间的电压为零称为短路。若通过电表的短路电流很大，将超过电流表量程，甚至使相关电路的元件及导线烧坏。
- 4、电压表内阻很大，测量时应该并接在被测支路的二端。若电压表串联在被测支路中，会使被测支路电流很小，接近断开，电路不能正常工作。