



高等学校规划教材·电子、通信与自动控制技术
PROGRAMMING TEXTBOOKS FOR HIGHER EDUCATION



(含实验报告1册)

电路基础实验

西北工业大学电工电子实验教学中心

胡君良 编著

西北工业大学出版社

高等学校规划教材·电子、通信与自动控制技术

电路基础实验

(含实验报告 1 册)

西北工业大学电工电子实验教学中心

胡君良 编著

西北工业大学出版社

【内容提要】 本书是电路基础和电路分析基础课程的配套实验指导书。实验内容是根据课程章节的理论内容结合实验室实际条件设计,并按照课程进程先后次序编写的,同时也经过了实验室的多年实践验证。实验一到实验十五是理论验证性实验,实验十六和实验十七是让学生自主发挥的综合性实验,实验十八和附录是让学生掌握常用电子仪器的实验和辅助内容。

本书可作为大学本科、专科电类专业电路基础和电路分析基础课程的实验指导书,同时可供电子技术爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础实验/胡君良编著. —西安:西北工业大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5612-2873-9

I. ①电… II. ①胡… III. ①电路—实验—高等学校—教材 IV. ①TM13-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 158337 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印刷者:陕西丰源印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:12.5

字 数:300 千字

版 次:2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

前 言

本书是为高等工科院校电路基础和电路分析基础课程编写的实验指导书。它是根据教育部颁发的高等工科院校电路课程基本教学要求和教学大纲,在总结长期实验教学经验的基础上,结合实验室实际条件,经过几批实验指导教师努力,不断积累、修改和完善而成的。

本书包括 18 个实验和 2 个附录。电路基础和电路分析基础课程可根据各专业实验学时的不同选做实验。附录的编写是为了使学生了解和掌握常用电子仪器仪表的基本原理和使用,了解电气测量的一些基本知识,学习和掌握实验数据的测量和处理方法,以便提高实验教学效果。

本书在编写过程中,承蒙宋燕妮教授、王淑敏教授、段哲民教授、严乐怡教授等的大力支持与帮助,在此表示感谢!

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,诚请广大读者指正。

编 者

2010 年 7 月

电路基础实验学生守则

- 一、实验课前要认真做好预习,未预习而对实验内容不了解者,指导老师有权让其停止实验。
- 二、实验前应首先检查所用仪器设备的完好齐全情况,并报告指导老师才能进行实验。
- 三、学生接好实验线路后,应请指导老师检查,经老师同意才能接通电源开始实验。
- 四、实验中如发生事故或者其他异常现象,应立即切断电源,保持镇静,保留现场,请指导老师一起查明原因,排除故障后方可继续实验。
- 五、实验中损坏了仪器和设备要认真写出报告,并按规定进行处理,必要时要赔偿。
- 六、实验结束后,应将实验结果和数据交指导老师检查,老师认为符合要求后才能拆线。
- 七、实验中,要严肃认真,不准吸烟,不准大声喧哗和随地吐痰,要爱护国家财产,注意人身和设备安全。与本实验无关的仪器设备不得随意动用。

电路基础实验课程要求

- 一、正确使用电流表、电压表、万用表和功率表,以及一些常用的电工实验设备;初步会用实验中遇到的一些电子仪器设备。
- 二、正确按图连接实验电路,合理布线,能初步分析和排除故障。培养良好的实验习惯和实事求是的科学作风。
- 三、认真观察实验现象,正确地读取数据并加以检查和判断,正确地撰写实验报告和分析实验结果。
- 四、正确地运用实验手段验证一些定理和结论。

目 录

实验一	电路元件特性的伏安测量法	(1)
实验二	叠加定理、齐次定理和互易定理	(6)
实验三	电压源与电流源等效变换和等效电源定理	(10)
实验四	电感线圈参数的测定	(14)
实验五	测定同名端与互感系数 M	(18)
实验六	功率因数的提高	(22)
实验七	三相电路研究	(27)
实验八	RCL 串联谐振	(32)
实验九	RC 一阶电路的瞬态过程	(37)
实验十	RLC 二阶电路的瞬态过程和状态轨迹	(42)
实验十一	运算放大器和受控源	(48)
实验十二	回转器	(53)
实验十三	RC 滤波器的幅频特性	(57)
实验十四	特勒根定理	(64)
实验十五	周期信号谐波分析	(66)
实验十六	黑箱子的测定(综合性实验)	(70)
实验十七	自行设计、搭接、调试、测试电路实验(综合性实验)	(72)
实验十八	常用电子仪器的使用	(74)
附录一	电气测量基本知识	(77)
1.1	测量的基本知识	(77)
1.2	测量误差	(78)
1.3	有效数字和运算规则	(80)
附录二	常用电工仪表及电子仪器	(83)
2.1	电工仪表的基本知识	(83)
2.2	万用表	(86)
2.3	低功率因数功率表	(91)
2.4	示波器	(93)
2.5	数字合成函数发生器	(118)
2.6	交流毫伏表	(125)

实验一 电路元件特性的伏安测量法

一、实验目的

- (1) 掌握直流电压源和直流电流源的伏安特性测量法。
- (2) 掌握电阻元件伏安特性的测量法。

二、实验原理

实际直流电源和电阻元件的伏安特性可以用直流电压表和直流电流表来测定。此方法称为伏安测量法。

1. 实际直流电压源的伏安特性测量法

一个实际的直流电压源可以用一个理想的电压源 u_s 和一个内阻 R_s 的串联组合来作为其电路模型,如图 1-1(a) 所示。其特性曲线如图 1-1(b) 所示,称为直流电压源的伏安特性。其中 u_{oc} 为直流电压源不带负载时的开路电压,在数值上等于直流电压源的电压 u_s ,即 $u_{oc} = u_s$ 。

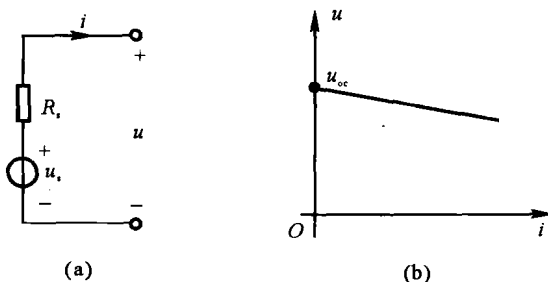


图 1-1

2. 实际直流电流源的伏安特性测量法

一个实际的直流电流源可以用一个理想电流源 i_s 和一个内阻 R_s 的并联组合来作为其电路模型,如图 1-2(a) 所示。其特性曲线如图 1-2(b) 所示,称为直流电流源的伏安特性。其中 i_{sc} 为直流电流源不带负载时的短路电流,在数值上等于直流电流源的电流 i_s ,即 $i_{sc} = i_s$ 。

3. 电阻元件的伏安特性测量法

电阻元件的伏安特性可以用该元件两端的电压 u 与流过元件的电流 i 的关系来表征。在 $u-i$ 坐标平面上,线性电阻的特性为一条通过原点的直线。

对于非线性电阻元件,可以分为以下三种类型:

(1) 若元件的端电压是流过该元件电流的单值函数,则称为电流控制型电阻元件,其特性曲线如图 1-3 所示。

(2) 若流过元件的电流是该元件端电压的单值函数,则称为电压控制型电阻元件,其特性曲线如图 1-4 所示。

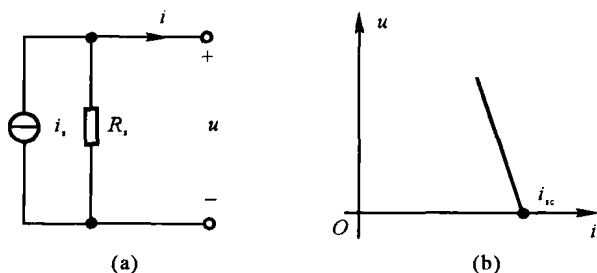


图 1-2

(3) 若元件的伏安特性曲线是单调增加或减少的,则该元件既是电流控制型又是电压控制型的电阻元件,特性曲线如图 1-5 所示。

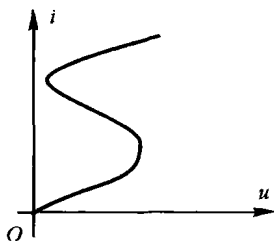


图 1-3

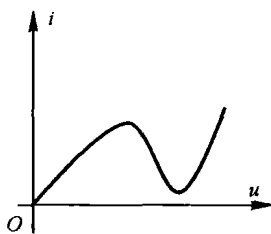


图 1-4

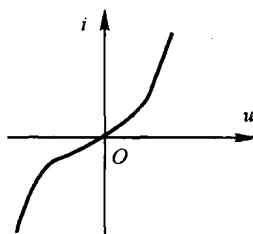


图 1-5

三、实验内容

1. 测定实际电压源的伏安特性

电路如图 1-6 所示。实际电压源用一台直流稳压电源 u_s 串联一个电阻 R_s 来模拟。取 $u_s = 10\text{ V}$, $R_s = 200\ \Omega$, 完成表 1-2。

2. 测定理想电压源的伏安特性

在 1 实验条件的基础上,使 $R_s = 0$, 完成表 1-3。为防止电压源短路,可在 R_L 支路串联一电阻 $R = 100\ \Omega$ 。

3. 测定实际电流源的伏安特性

电路如图 1-7 所示。实际电流源用一台直流稳流电源(恒流源) i_s 并联一个电阻 R_s 来模拟。取 $i_s = 50\text{ mA}$, $R_s = 200\ \Omega$, 完成表 1-4。

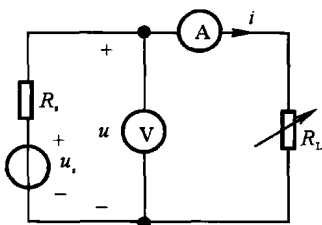


图 1-6

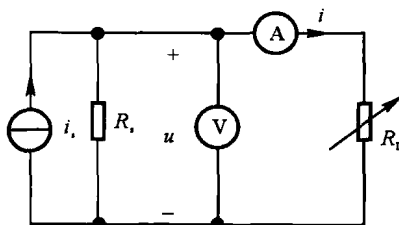


图 1-7

4. 测定理想电流源的伏安特性

在 3 实验条件的基础上,使 $R_s = \infty$,完成表 1-5。

5. 测定非线性元件的伏安特性

电路如图 1-8 所示。所选非线性元件为电压控制型。调节电压源的输出电压,逐一记录相应的数据完成表 1-6。为使特性曲线测得准确,先从低到高选一组电压数值初测一次,绘出曲线草图。然后根据曲线形状合理选取电压值再进行测量。曲线曲率大的地方,相邻电压数值要选得靠近一些;曲率小的地方,可选得疏一些。

可选择的元件有:

- (1) 普通二极管;
- (2) 稳压二极管;
- (3) 隧道二极管;
- (4) 单结管;
- (5) 晶闸管;
- (6) 保险电阻;
- (7) 压敏电阻等。

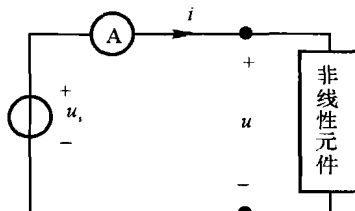


图 1-8

四、注意事项

- (1) 实验过程中,直流稳压电源不能短路,直流电流电源不能开路,以免损坏电源设备。
- (2) 仪表读数和实验数据的运算,按有效数字的有关规则进行。

五、思考题

用伏安表法测量电阻元件的伏安特性的电路模型如图 1-9(a) 所示,由于电流表内阻不为零,电压表的读数包括了电流表两端的电压,给测量结果带来了误差,为了使被测元件的伏安特性更准确,设电流表的内阻已知,如何用作图的方法对测得的伏安特性曲线进行校正? 若将实验电路换为如图 1-9(b) 所示,电流表的读数包括了电压表支路的电流,设电压表的内阻已知,对测得的伏安特性又如何进行校正?

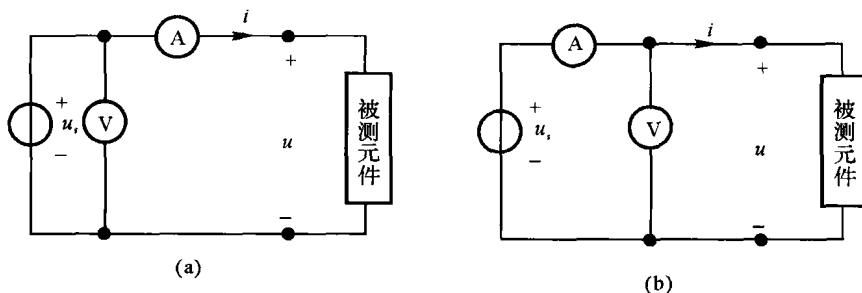


图 1-9

六、实验设备(见表 1-1)

表 1-1

名 称	规 格	数 量
直流稳压电源	0 ~ 20 V	1 台
直流电流电源	0 ~ 300 mA	1 台
直流电压表	0 ~ 30 V	1 只
直流电流表	0 ~ 300 mA	1 只
非线性元件板	自制	1 块
电阻箱	0 ~ 9 999 Ω	2 只

七、实验报告内容

(1) 实验 1 实验数据。

表 1-2 实际电压源测试数据

R_L/Ω	100	200	300	470	510	1 000
u/V						
i/mA						

(2) 实验 2 实验数据。

表 1-3 理想电压源测试数据

R_L/Ω	100 + 0	100 + 100	100 + 200	100 + 300	100 + 400	100 + 1 000
u/V						
i/mA						

(3) 实验 3 实验数据。

表 1-4 实际电流源测试数据

R_L/Ω	100	200	300	470	510	1 000
u/V						
i/mA						

(4) 实验 4 实验数据。

表 1-5 理想电流源测试数据

R_L/Ω	50	100	150	200	300	400
u/V						
i/mA						

(5) 当 $u_s = 10\text{ V}$ 时, 实验 5 实验数据。

表 1-6 非线性元件测试数据

	1	2	3	4	5	6
$-u/\text{V}$						
i/mA						
	7	8	9	10	11	12
u/V						
i/mA						

(6) 根据测量数据, 在坐标纸上绘出各伏安特性曲线, 并由特性曲线求出各种情况下实际电源的内阻值, 与给定的内阻值比较, 分析引起误差的主要原因。

实验二 叠加定理、齐次定理和互易定理

一、实验目的

- (1) 深入理解叠加定理、齐次定理、互易定理的内容和适用范围。
- (2) 进一步学习掌握直流电表、直流稳压电源、直流电流源的使用。

二、实验原理

1. 叠加定理

线性电路中所有独立电源同时作用时在任一个支路中所产生的响应电流或电压,等于各个独立电源单独作用时在该支路产生的响应电流或电压的代数和。当一个独立电源单独作用时,其他的独立电源应为零值,即独立电压源用短路线代替,独立电流源用开路代替。因为功率是电流或电压的二次函数,所以叠加定理不适合用于电路的功率计算。

2. 齐次定理

在线性电路中,当全部激励(独立电压源和独立电流源)同时增大 k (k 为任意常数) 倍时,其响应也相应增大 k 倍。

3. 互易定理

(1) 对一个仅含线性电阻的电路,在单一激励的情况下,当激励和响应互换位置时,将不改变同一激励所产生的响应。

如图 2-1 所示电路。P 为一线性四端网络。当一电压源 u_{s1} 作用于 $1-1'$ 的支路时,在 $2-2'$ 支路引起的短路电流 i_2 (见图 2-1(a)),等于同一电压源 u_{s2} 作用于 $2-2'$ 的支路时,在 $1-1'$ 的支路引起的短路电流 $\hat{i}_1$ (见图 2-1(b)),于是有

$$u_{s1} = u_{s2}, \quad i_2 = \hat{i}_1$$

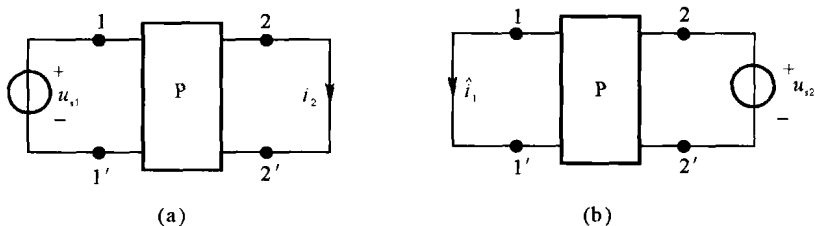


图 2-1

(2) 当一电流源 i_{s1} 作用于互易网络 $1-1'$ 支路时,在 $2-2'$ 的支路上引起的开路电压 u_2 (见图 2-2(a)),等于同一电流 i_{s2} 作用于 $2-2'$ 支路时在 $1-1'$ 的支路上引起的开路电压 $\hat{u}_1$ (见图 2-2(b)),于是有

$$i_{s1} = i_{s2}, \quad u_2 = \hat{u}_1$$

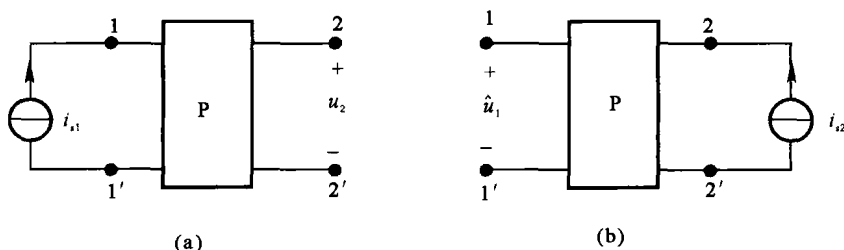


图 2-2

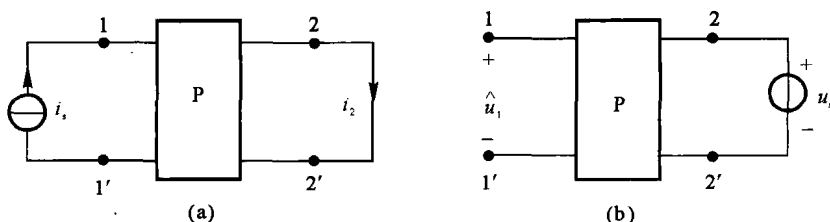


图 2-3

(3) 设一电流源 i_s 作用于互易网络 $1-1'$ 支路时在 $2-2'$ 的支路上引起的短路电流 i_2 (见图 2-3(a)), 若在 $2-2'$ 端加一电压源 u_s , 在 $1-1'$ 端的开路电压为 $\hat{u}_1$, 则有 $i_s/u_s = i_2/\hat{u}_1$ 。当数值上取 $u_s = i_s$ 时, 则在数值上有 $i_2 = \hat{u}_1$ 。同理, 如在 $1-1'$ 端加一电压源 u_s 而在 $2-2'$ 端引起一开路电压 u_2 , 与在 $2-2'$ 的支路加一电流源 i_s 时, 在 $1-1'$ 的支路引起的短路电流 i_1 有与上述相同的结果。

三、实验内容

1. 验证叠加定理

电路如图 2-4 所示。完成表 2-2。(做实验前请先仔细看看“注意事项”)

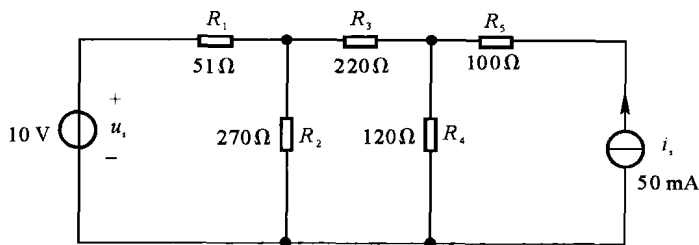


图 2-4

2. 验证齐次定理

电路如图 2-4 所示, 将数据记录于表 2-3。

3. 验证互易定理的三种形式

电路如图 2-4 所示, 自拟数据表格。

四、注意事项

- (1) 搞清直流电压表的测量单位。
- (2) 搞清直流电流表的测量单位。

(3) 搞清直流电压表的端子极性及其和显示值之间的关系。直流电压表通常左端子为正(+),右端子为负(-)。当显示值为正电压时,说明左端子为电路电压真正的“高电位”端,右端子为电路电压真正的“低电位”端。当显示值为负电压时,说明左端子为电路电压的“低电位”端,右端子为电路电压的“高电位”端。

(4) 搞清直流电流表的端子极性及其和显示值之间的关系。直流电流表通常左端子为正(+),右端子为负(-)。当显示值为正电流时,说明电流从左端子流入,从右端子流出。当显示值为负电流时,说明电流从右端子流入,从左端子流出。

(5) 由于直流电压和直流电流是矢量,既有大小,又有方向,所以,在做实验前,首先应该给电路中的每一个电阻标识参考电压极性和参考电流极性。这样,测出的数值才有正负之分。

(6) 实验过程中,直流稳压电源不能短路,直流稳流电源(恒流源)不能开路,以免损坏电源设备。

五、思考题

(1) 线性电路的三个基本性质是什么? 互易定理的适用范围是什么?

(2) 用图 2-4 电路能否验证替代定理? 验证时应注意什么问题?

六、实验设备(见表 2-1)

表 2-1

名 称	规 格	数 量
直流电压表	0 ~ 30 V	1 只
直流电流表	0 ~ 300 mA	1 只
实验电路板	自制	1 个
直流稳压电源	0 ~ 30 V	1 台
直流稳流电源	0 ~ 300 mA	1 台
双刀双掷开关	自制	2 个
香蕉插头	自制	三副

七、实验报告内容

(1) 展示实验 1 实验数据表 2-2(其中:电压单位为 V,电流单位为 mA)。

表 2-2

	$u_s =$ V					$i_s =$ mA				
	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}	U_{R4}	U_{R5}	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	I_{R4}	I_{R5}
u_s 单独作用										
i_s 单独作用										
u_s 和 i_s 作用后的代数和										
u_s 和 i_s 同时作用										

注: I_{R2} 和 I_{R4} 由计算获得。

(2) 展示实验 2 实验数据表 2-3(其中:电压单位为 V,电流单位为 mA)。

表 2-3

u_s	I_1	I_2	I_3	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}	U_{R4}	U_{R5}
5								
10								
15								
20								

(3) 选择几组实验数据对叠加定理和齐次定理进行验证。

实验三 电压源与电流源等效变换和等效电源定理

一、实验目的

- (1) 加深对电源等效变换概念的理解。
- (2) 验证等效电源定理。
- (3) 学会用实验的方法求等效电压源的电压与内阻、等效电流源的电流与内阻。

二、实验原理

1. 电源等效变换

实际电压源与实际电流源之间才可以相互等效变换。如图 3-1 所示。

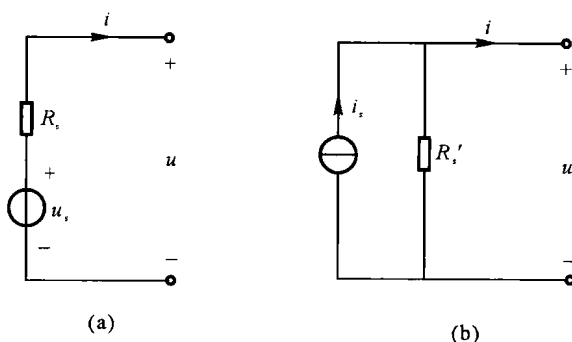


图 3-1

$$\begin{array}{lll} \text{条件:} & i_s = u_s / R_s & \text{或} & u_s = i_s R'_s \\ & R'_s = R_s & \text{或} & R_s = R'_s \end{array}$$

电源的等效变换仅对外电路有效。

注意：

- (1) 电源的变换不影响它的带负载能力。
- (2) 理想电压源与理想电流源之间不能相互等效变换。

2. 等效电源原理

(1) 等效电源定理描述。

从一个线性含源网络中选两个节点 a 和 b, 如图 3-2(a) 所示。若进一步在这两个节点之间带负载的话, 那么这个线性含源网络可以看成是或等效为一个电源。这就是等效电源定理。如果等效成一个电压源, 就称为戴维南等效, 其等效参数称为戴维南等效参数, 如图 3-2(b) 所示。如果等效成一个电流源就称为诺顿等效, 其等效参数称为诺顿等效参数, 如图 3-2(c) 所示。

(2) 戴维南定理描述。

一个线性含源单口网络,在保持外特性完全相同的条件下,可用一个电压源等效代替,如图 3-2(b) 所示。此电压源的电压等于该线性有源单口网络的开路电压 u_{oc} , 其内阻 R_s 等于该网络内部所有独立电源为零值时(电压源用短路线代替,电流源开路) 所得无源单口网络的输出电阻。这就是等效电压源定理,也称戴维南定理。戴维南等效参数为 R_s 和 u_{oc} 。

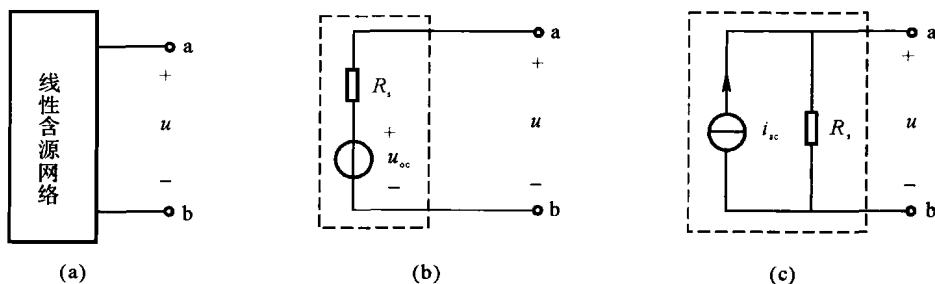


图 3-2

(3) 诺顿定理描述。

一个线性含源单口网络,在保持外特性完全相同的条件下,也可用一个电流源等效代替,如图 3-2(c) 所示。此电流源的电流等于该线性有源单口网络的短路电流 i_{sc} , 其内阻 R_s 等于该网络内部所有独立电源为零值时(电压源用短路线代替,电流源开路) 所得无源单口网络的输出电阻。这就是等效电流源定理,也称诺顿定理。诺顿等效参数为 R_s 和 i_{sc} 。

(4) 等效电源的内阻 R_s 的实验测定法。

a. 开路、短路法:测量线性含源单口网络的开路电压 u_{oc} , 短路电流 i_{sc} , 则有

$$R_s = u_{oc} / i_{sc}$$

b. 外加电源法:将线性有源单口网络内所有独立电源置零(同前),在该网络的端口处外加一个电压 u_s , 测量端口的电流为 i , 则有

$$R_s = u_s / i$$

c. 半偏法:如图 3-3 所示。调节电阻 R_L , 若电流表读数为 R_L 等于零时读数的一半, 则电阻 R_L 的数值为所求的内电阻 R_s 。实际电流源 i_s 测定原理如图 3-3(a) 所示。实际电压源 R_s 测定原理如图 3-3(b) 所示, 做法相同。

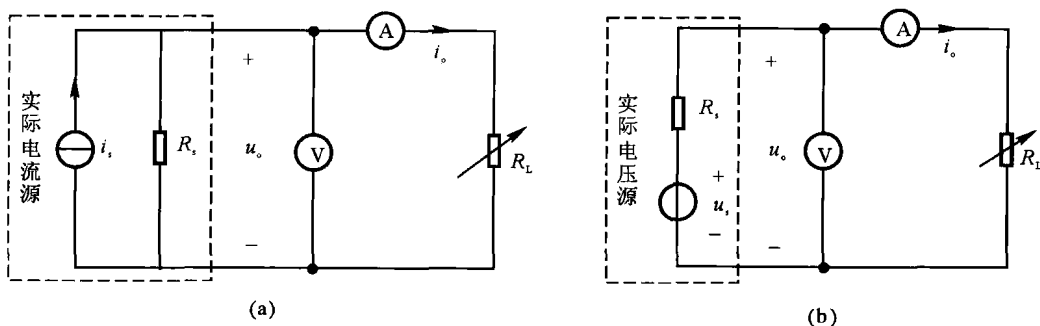


图 3-3