

普通高校“十二五”规划教材

总主编◎陈得宝

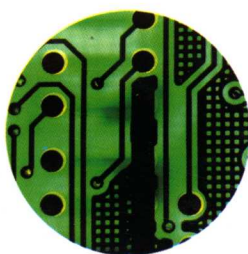
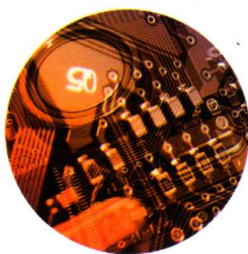
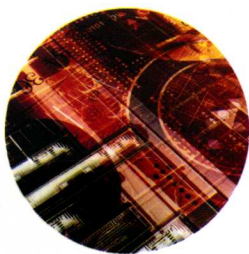
电子信息类专业实验教程

电路分册

主 编◎张 勇

副主编◎杨一军

宗桂林



中国科学技术大学出版社

普通高校“十二五”规划教材

电子信息类专业实验教程

电路分册

总 主 编 陈得宝

主 编 张 勇

副 主 编 杨一军 宗桂林

编写人员 (按姓氏笔画排序)

丁 伟 杨一军 邹 峰

张 勇 宗桂林 崔少华

窦德召

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书为实验教学用书,内容涉及电路分析、线性电子线路、数字电路、高频电子线路、电路 CAD 及集成电路原理,共选编实验项目 35 个。本书编写力求理论联系实际,训练学生电路系列课程的基本技能,培养其分析问题和解决问题的能力。所有硬件实验项目均配有相应的软件仿真,利于学生预习实验,以更好地掌握相关知识。

本书可作为工科电子信息类专业学生学习电子电路系列课程的实验指导书,也可作为相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息类专业实验教程. 电路分册/张勇主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2014. 8

ISBN 978-7-312-03496-1

I. 电… II. 张… III. ①电子信息—实验—教材 ②电子电路—实验—教材
IV. ①G203-33 ②TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 172407 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
网址:<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×960 mm 1/16
印张 11.25
字数 227 千
版次 2014 年 8 月第 1 版
印次 2014 年 8 月第 1 次印刷
定价 24.00 元

前 言

实验是教学中的一个重要环节,对巩固和加深课堂教学内容,提高学生实际工作技能,培养科学作风,为学习后续课程和将来从事实践技术工作具有重要作用。为适应高等院校应用型人才培养和教学改革不断深入的需要,我们在多年教学实践和教学改革的基础上,编写了这本电子信息类专业的实验指导书。

本书为实验教学用书,是工科电子信息类专业学生学习电子电路系列课程的实验指导书,内容涉及电路分析、线性电子线路、数字电路、高频电子线路、电路 CAD 及集成电路原理,共选编实验项目 35 个。所有硬件实验项目均配有相应的软件仿真,利于学生预习实验,以更好地掌握相关知识。

本书编写力求理论联系实际,训练学生电子电路系列课程的基本技能,以培养其分析问题和解决问题的能力。

本书由淮北师范大学物理与电子信息学院电子信息系组织编写,由张勇担任主编,参加编写的人员及分工如下:“电路分析”由丁伟、窦德召编写,“线性电子线路”由杨一军编写,“数字电路”由方振国、邹峰编写,“高频电子线路”由宗桂林编写,“电路 CAD”由张勇编写,“集成电路原理”由崔少华编写,全书由张勇统稿总纂。

限于时间和编写水平,书中难免存在疏漏之处,恳请同行专家学者和广大读者批评指正。

编 者

2014 年 5 月

目 录

前言	(i)
第一章 电路分析	(1)
实验一 基尔霍夫定律和叠加原理的验证	(2)
实验二 戴维南定理的验证——有源二端网络等效参数的测定	(6)
实验三 RC 一阶电路的响应测试	(11)
实验四 RC 选频网络特性测试	(15)
第二章 线性电子线路	(20)
实验一 放大器静态工作点和放大倍数的测量	(21)
实验二 晶体管放大器输入输出阻抗的测量和频响特性	(24)
实验三 差动放大器	(28)
实验四 负反馈放大器	(32)
实验五 集成运算放大器运算电路	(35)
实验六 波形产生电路	(39)
第三章 数字电路	(42)
实验一 门电路逻辑功能及测试	(43)
实验二 半加器及全加器	(47)
实验三 译码器和数据选择器	(51)
实验四 数值比较器	(55)
实验五 触发器	(59)
实验六 时序电路(计数器、移位寄存器)	(67)
实验七 555 时基电路的应用	(71)
第四章 高频电子线路	(78)
实验一 单调谐回路谐振放大器	(79)
实验二 石英晶体振荡器	(83)
实验三 振幅调节器(利用乘法器)	(85)
实验四 调幅波信号的解调	(89)
实验五 变容二极管调频振荡器	(93)

实验六 相位鉴频器	(95)
第五章 电路 CAD	(99)
实验一 Altium Designer 软件的基本操作	(99)
实验二 复杂电路原理图绘制	(104)
实验三 层次原理图的绘制	(106)
实验四 原理图报表输出	(110)
实验五 原理图元件库的管理和元件的制作	(115)
实验六 简单电路的 PCB 设计	(120)
实验七 基于 Altium Designer 的电路仿真	(127)
实验八 复杂 PCB 板的绘制、印制、腐蚀、焊接	(132)
第六章 集成电路原理	(140)
实验一 积分电路与微分电路	(141)
实验二 有源滤波电路	(146)
实验三 电压/频率转换电路	(151)
实验四 波形变换电路	(154)
附录 A 常用芯片型号、名称对照表	(159)
附录 B 所用集成电路介绍	(162)
参考文献	(170)

第一章 电路分析

一、实验课程简介

“电路分析”主要介绍基尔霍夫电压定律和电流定律、叠加定理、戴维南等效和诺顿等效、网孔法和回路法分析电路、低阶网络的分析方法、相量法求解正弦信号激励下的响应、LC 电路和 RC 电路的频率特性、二端口网络的网络参数分析法等。电路分析实验是“电路分析”教学的一个重要组成部分,是不可缺少的重要环节,也是理论联系实际的重要手段。通过实验教学,能够验证和巩固所学的理论知识,训练实验技能,培养实际工作能力。进行电路分析实验应达到以下目的:

① 通过实验巩固和加深电路的基本知识,并能够运用所学理论与知识增强分析和处理实际问题的能力。

② 训练基本的实验技能,掌握常见的电工仪表的正确使用方法,掌握基本的电工测量技术、测量方法及数据处理方法。

③ 通过电路分析实验培养学生的动手能力,并将实验中学到的基本技能运用到生产、生活中解决实际问题。

二、KHDL-3 电路原理实验箱

KHDL-3 电路原理实验箱,依据电路实验的具体内容采用模块化设计,即每个实验的电路连接已基本完成,学生不用花太多的时间接线,使其有更多的时间用于实验的分析与测量;工艺采用先进的两用板工艺,正面印有原理图及符号,反面为印制导线并焊有相应元器件,结构紧凑、直观;配合万用表、毫安表等仪器仪表,可以完成电路分析实验中常用的弱电类实验。

三、Multisim 仿真软件操作简介

Multisim 是美国国家仪器(NI)有限公司推出的以 Windows 为基础的仿真工具,适用于板级的模拟/数字电路板的设计工作。它包含了电路原理图的图形输入、电路硬件描述语言输入方式,具有丰富的仿真分析能力。目前在各高校教学中普遍使用 Multisim 10.0。

1. 软件安装及界面定制

首先退出所有的 Windows 程序,读安装光盘信息,逐步进行安装。安装完成

后,进行界面定制。

2. 电路的建立

(1) 建立电路文件

运行 Multisim, 自动打开一个空白的电路文件。

(2) 选取元器件

在工具栏中打开建立电路要使用元件的元件箱, 找到相应元件, 将其放至电路窗口中适当的位置, 选择适当的方向。双击该元件可以修改其参数值和命名, 也可以单击对其进行复制、剪切、删除、旋转等操作。

(3) 连接

Multisim 有自动和手动两种连线方式。自动连线为其特有功能, 系统会以最好的方式完成连线; 手动连线要求用户控制连线的路径。一般采取两者集合的方式进行连线, 即先进行手动连线, 然后让 Multisim 自动完成连线。

(4) 仪器、仪表

Multisim 提供了一系列虚拟仪表, 单击设计工具栏中的 Instruments 按键进入仪表功能, 单击类似于对元器件操作, 双击可对仪表进行设置。

3. 仿真与分析

(1) 仿真电路

打开目标电路文件, 单击设计工具栏的 Simulate 按键或选择弹出菜单中的 Run/Stop 选项进行仿真, 停止仿真即重复该操作。

(2) 分析电路

Multisim 提供了多种不同的分析类型, 一般情况下以图形的形式显示分析结果。可单击设计工作栏的 Analysis 按钮查看分析结果。

实验一 基尔霍夫定律和叠加原理的验证

一、实验目的

- ① 验证基尔霍夫定律的正确性, 加深对基尔霍夫定律的理解。
- ② 验证线性电路叠加原理的正确性, 加深对线性电路的叠加性和齐次性的认识与理解。

二、实验设备

直流稳压电源(+6 V, +12 V)1 个, 直流数字电压表(0~200 V)1 个, 直流数

字毫安表(0~200 mV)1个。

三、实验原理

基尔霍夫定律是电路的基本定律。测量某电路的各支路电流及多个元件两端的电压,应能分别满足基尔霍夫电流定律和电压定律。

叠加原理指出:在有多多个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压可以看成是由每一个独立源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

线性电路的齐次性是指当激励信号(某独立源的值)增加或减小 K 倍时,电路的响应(即在电路中各电阻元件上所建立的电流和电压值)也将增加或减小 K 倍。

四、实验内容及步骤

实验线路如图 1.1 所示。

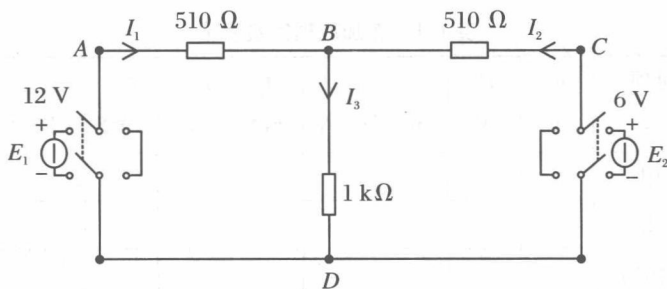


图 1.1 叠加实验原理图

(一) 仿真实验

- ① 在 Multisim 环境中建立如图 1.2 所示的仿真实验电路(两开关同时闭合)。
 - ② 在器件库中找出电流表串联到电路中,按 Run/Stop 按钮启动电路,分别测出三个支路的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 ,从而验证基尔霍夫电流定律(KCL)。
 - ③ 在器件库中找出电压表并联到电路中各个用电器两端,按 Run/Stop 按钮启动电路,分别测出两路电源和各个电阻元件上的电压,从而验证基尔霍夫电压定律(KVL)。将数据填入表 1.1。
 - ④ 断开 E_2 , E_1 单独作用下,待到电路稳定,记录各表读数至表 1.1。
 - ⑤ 断开 E_1 , E_2 单独作用下,待到电路稳定,记录各表读数至表 1.1。
 - ⑥ 双击 E_2 图标,将输出电压调至 12 V,重复步骤⑤,记录各表读数至表 1.1。
- 仿真结果如图 1.3 所示。

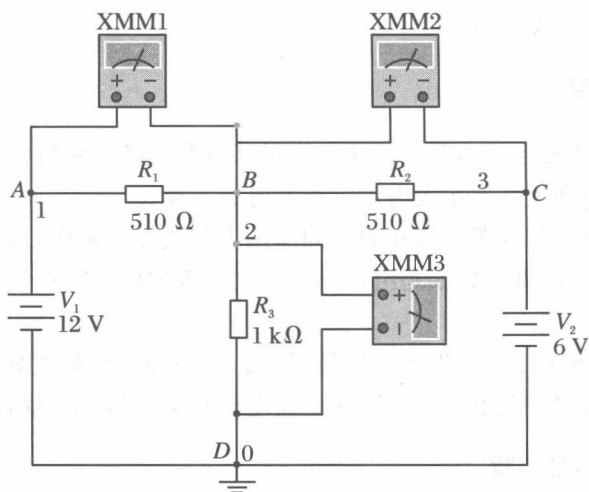


图 1.2 仿真电路图

表 1.1 叠加原理实验表格

测量项目 实验内容	E_1 (V)	E_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{AB} (V)	U_{BC} (V)	U_{CD} (V)	U_{DA} (V)	U_{BD} (V)
E_1 单独作用										
E_2 单独作用										
E_1 、 E_2 共同作用										
$2E_2$ 单独作用										

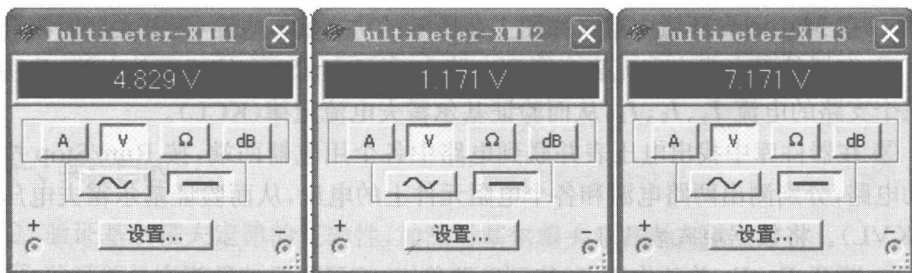


图 1.3 仿真结果图

(二) 硬件实验

① 以图 1.1 中的电压和电流标注的方向为参考方向。

- ② 将两路稳压源的输出分别调节为 12 V 和 6 V, 接入 E_1 和 E_2 处。
- ③ 令 E_1 电源单独作用, 用直流数字电压表和毫安表测量各支路电流及各电阻元件两端的电压, 数据记入表 1.1。
- ④ 令 E_2 电源单独作用, 重复实验步骤③的测量和记录, 数据记入表 1.1。
- ⑤ 令 E_1 和 E_2 共同作用, 重复上述的测量和记录, 数据记入表 1.1。
- ⑥ 将 E_2 的数值调至 +12 V, 重复步骤④的测量并记录, 数据记入表 1.1。

五、实验报告

- ① 根据表 1.1 中 E_1 和 E_2 共同作用的实验数据, 选定实验电路中的任一个节点, 验证 KCL 的正确性。
- ② 根据表 1.1 中 E_1 和 E_2 共同作用的实验数据, 选定实验电路中的任一个闭合回路, 验证 KVL 的正确性。
- ③ 根据实验数据进行分析、比较, 归纳、总结实验结论, 即验证线性电路的叠加性与齐次性。
- ④ 各电阻器所消耗的功率能否用叠加原理计算得出? 试用上述实验数据进行计算并做结论。
- ⑤ 心得体会及其他。

六、预习要求

- ① 复习基尔霍夫定理及叠加原理, 熟悉实验原理。
- ② 认真阅读实验教材, 了解实验目的、实验内容和注意事项等, 并按要求做好预习报告, 上实验课时应携带预习报告, 交辅导教师审阅。熟悉实验流程及要求。
- ③ 根据图 1.1 的电路参数计算出待测电流和各电阻上电压值, 记入表 1.1 中, 以便实验测量时可正确选定毫安表和电压表的量程。

七、思考题

- ① 在叠加原理实验中, 要令 E_1 、 E_2 分别单独作用, 应如何操作? 可否直接将不作用的电源(E_1 或 E_2) 短接置零?
- ② 实验电路中, 若有一个电阻器改为二极管, 试问叠加原理的叠加性与齐次性还成立吗? 为什么?

实验二 戴维南定理的验证—— 有源二端网络等效参数的测定

一、实验目的

- ① 验证戴维南定理的正确性。
- ② 掌握测量有源二端网络等效参数的一般方法。

二、实验设备

可调直流稳压源(0~10 V)1台,可调直流恒流源(0~200 mA)1台,直流数字电压表1个,直流数字毫安表1个,万用电表1个,电位器(1 k Ω /1 W)1个。

三、实验原理

1. 戴维南定理

任何一个线性含源网络,如果仅研究其中一条支路的电压和电流,则可将电路的其余部分看作是一个有源二端网络(或称为含源一端口网络)。

戴维南定理指出:任何一个线性有源网络总可以用一个等效电压源来代替,此电压源的电动势 E_s 等于这个有源二端网络的开路电压 U_{oc} ,其等效内阻 R_o 等于该网络中所有独立源均置零(理想电压源视为短路,理想电流源视为开路)时的等效电阻。 U_{oc} 和 R_o 称为有源二端网络的等效参数。

2. 有源二端网络等效参数的测量方法

(1) 开路电压、短路电流法

在有源二端网络输出端开路时,用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{oc} ,然后再将其输出端短路,用电流表测其短路电流 I_{sc} ,则内阻为

$$R_o = U_{oc} / I_{sc}$$

(2) 伏安法

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性如图 1.4 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan\phi$,则内阻

$$R_o = \tan\phi = \Delta U / \Delta I = U_{oc} / I_{sc}$$

用伏安法主要是测量开路电压及电流为额定值 I_N 时的输出电压值 U_N ,则内阻为

$$R_o = (U_{oc} - U_N) / I_N$$

若二端网络的内阻值很低,则不宜测其短路电流。

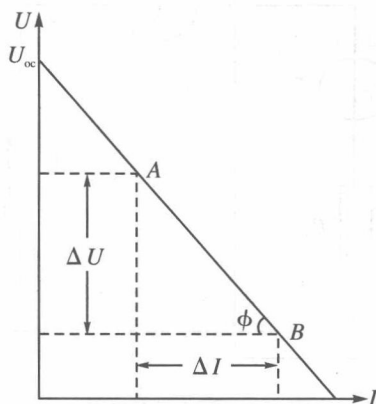


图 1.4 有源二端网络外特性

(3) 半电压法

如图 1.5 所示,当负载电压为被测网络开路电压一半时,负载电阻(由电压箱的读数确定)即为被测有源二端网络的等效电阻。

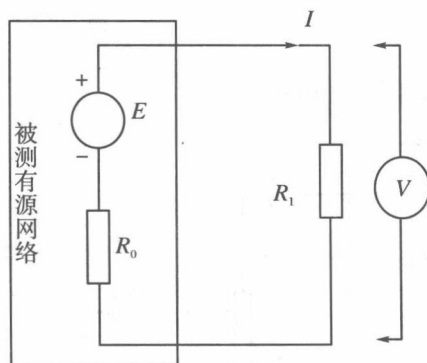


图 1.5 半电压法原理图

(4) 零示法

在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时,用电压表进行直接测量会造成较大的误差,为了消除电压表内阻的影响,往往采用零示测量法,如图 1.6 所示。

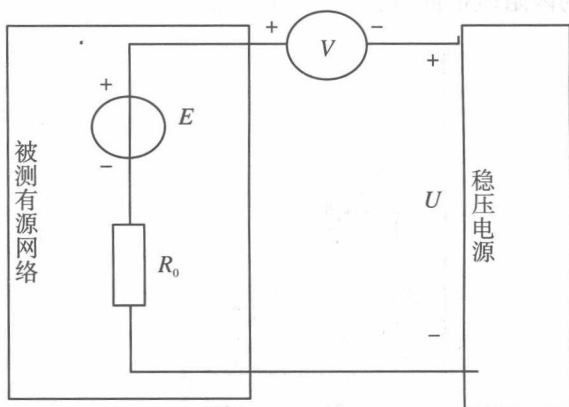


图 1.6 零示法原理图

零示法测量原理是用一具有低压内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较,当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时,电压表的读数将为“0”,然后将电路断开,测量此时稳压电源的输出电压,即为被测有源二端网络的开路电压。

四、实验内容

被测有源二端网络如图 1.7 所示。

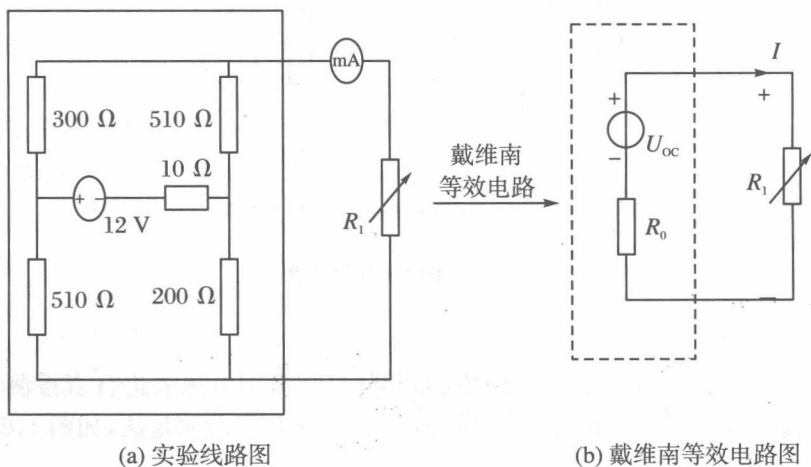


图 1.7 实验电路图

(一) 仿真实验

1. 开路电压短路电流法

在 Multisim 环境中建立如图 1.8 所示的仿真实验电路, 在二端网络两端口处直接接上电压表, 按 Run/Stop 按钮启动电路, 得到开路电压 U_{∞} ; 直接接上电流表, 按 Run/Stop 按钮启动电路, 得到短路电流 I_{∞} , 计算输入电阻 R_0 。

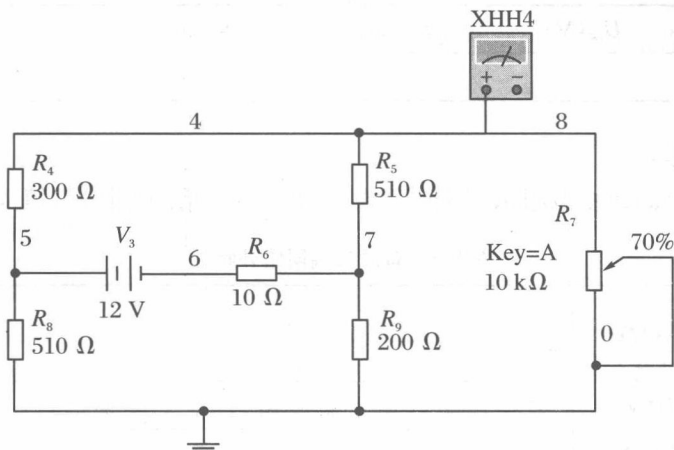


图 1.8 仿真实验电路图

2. 直接测量 R_0

将万用表接到二端网络两端口处, 按 Run/Stop 按钮启动电路, 得到输入电阻 R_0 。

3. 验证戴维南定理

将 R_1 两端接上电压表, 双击 R_1 改变其阻值, 记录电流表及电压表的数据。

仿真实验结果如图 1.9 所示。

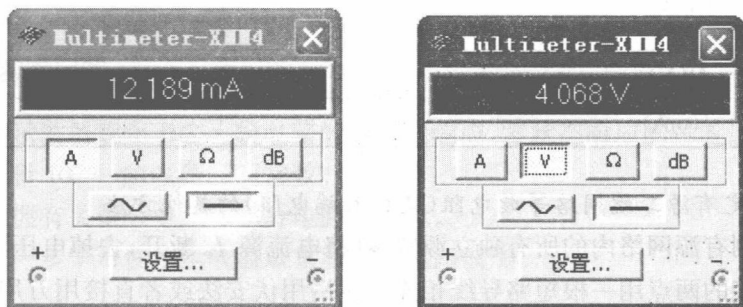


图 1.9 仿真实验结果图

(二) 硬件实验

1. 用开路电压、短路电流测定戴维南等效电路的 U_{∞} 和 R_o 。

按图 1.7(a) 电路接入稳压电源 E_s 和恒流源 I_s 及可变电阻箱 R_1 , 测定 U_{∞} 和 R_o , 填入表 1.2。

表 1.2 戴维南等效电路参数

$U_{\infty}(\text{V})$	$I_{sc}(\text{mA})$	$R_o = U_{\infty}/I_{sc}(\Omega)$

2. 负载实验

按图 1.7(a) 改变电阻 R_1 阻值, 测量有源二端网络的外特性, 填入表 1.3 中。

表 1.3 有源二端网络外特性

$R_L(\Omega)$	0 ∞
$U(\text{V})$	
$I(\text{mA})$	

3. 验证戴维南定理

用一只 $1\text{ k}\Omega$ 的电位器, 将其阻值调整到等于按步骤 1 所得的等效电阻 R_o 之值, 然后令其与直流稳压电源(调到步骤 1 时所测得的开路电压 U_{∞} 之值)相串联, 如图 1.7(b) 所示, 仿照步骤 2 测其外特性, 对戴维南定理进行验证, 结果填入表 1.4。

表 1.4 戴维南等效电路外特性

$R_L(\Omega)$	0 ∞
$U(\text{V})$	
$I(\text{mA})$	

4. 测定有源二端网络等效电阻(又称入端电阻)的其他方法

将被测有源网络内的所有独立源置零(将电流源 I_s 断开; 去掉电压源, 并在原电压端所接的两点用一根短路导线相连), 然后用伏安法或者直接用万用表的欧姆档去测定负载 R_1 开路后输出端两点间的电阻, 此即为被测网络的等效内阻 R 或称网络的入端电阻 R_1 。

5. 用半电压法和零示法测量被测网络的等效内阻 R_0 及开路电压 U_{∞} 线路及数据表格自拟。

五、实验报告

① 根据步骤 2 和 3, 分别绘出曲线, 验证戴维南定理的正确性, 并分析产生误差的原因。

② 将步骤 1、4、5 中测得的 U_{∞} 和 R_0 与预习时电路计算的结果作比较, 你能得出什么结论?

③ 归纳、总结实验结果。

④ 心得体会及其他。

六、预习要求

① 复习戴维南定理, 熟悉实验原理。

② 认真阅读实验教材(或实验指导书), 了解实验目的、实验内容和注意事项等, 并按要求作好预习报告, 上实验课时应携带预习报告, 交辅导教师审阅。

③ 实验前对线路图 1.7(a) 预先计算出待测电流和各电阻上电压值, 记入表 1.3 中, 以便调整实验线路及测量时可准确地选定电表的量程。

七、思考题

① 在求戴维南等效电路时, 做短路实验, 测 I_{∞} 的条件是什么?

② 说明测量有源二端网络开路电压及等效内阻的几种方法, 并比较其优缺点。

实验三 RC 一阶电路的响应测试

一、实验目的

① 用示波器观察 RC 一阶电路的零输入响应、零状态响应的过渡过程。

② 测量 RC 一阶电路时间常数。

③ 掌握有关微分电路和积分电路的概念。

④ 进一步学习使用示波器观察和测量电路波形。

二、实验仪器

函数信号发生器, 双踪示波器, 电路原理实验箱。