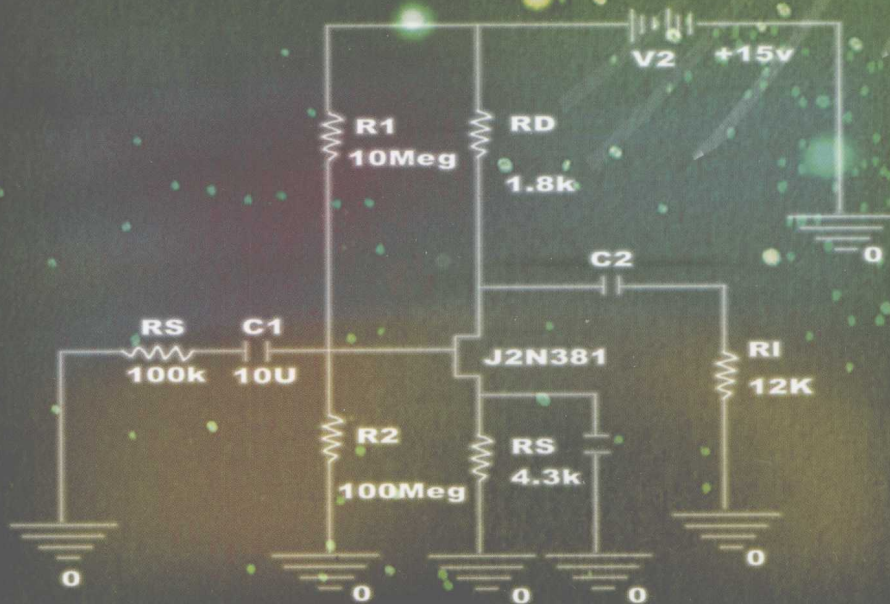


■ 高等学校理工科电子信息类规划教材

电路与电子技术实验教程

CIRCUIT AND ELECTRON TECHNOLOGY EXPERIMENT

许忠仁 穆克 主编



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

■ 高等学校理工科电子信息类规划教材

电路与电子技术实验教程

CIRCUIT AND ELECTRON TECHNOLOGY EXPERIMENT

主编 许忠仁 穆 克

编者 许忠仁 穆 克 杨冶杰

钱培怡 姜 丽



大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

林难似财类息部干申样工野对学等高

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术实验教程 / 许忠仁, 穆克主编. —大连:
大连理工大学出版社, 2007. 6
ISBN 978-7-5611-3621-8

I. 电… II. ①许… ②穆… III. ①电路—实验—高等学
校—教材 ②电子技术—实验—高等学校—教材 IV.
TM13-33 TN01-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 077625 号

京 鄂 二 忠 刊 主
杰 台 辞 京 鄂 二 忠 刊 青 录
丽 美 台 辞 辞

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:16.5 字数:373 千字
2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:梁 锋 范业婷 责任校对:宜 呈
封面设计:宋 蕾

ISBN 978-7-5611-3621-8

定 价:25.50 元

大连理工大学出版社
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



前 言

本教材是根据高等院校工科电类专业的本科课程教学大纲,依据当前的实验设备条件,并结合多年的教学实际并吸取各学校在电路与电子技术实验方面的经验编写而成的。本教材对以往所用教材的体系结构和内容进行了调整、完善与扩充,同时注意保持自身的教学特点,将电路、模拟电子技术和数字电子技术等多门专业基础课程的实验教学内容合编成一本书,这样有助于相关知识的互补,增强了教材的适应性。本书旨在进一步巩固基本理论知识并用来指导实践,帮助学生掌握基本实验技能、提高综合应用能力和设计能力,加强学生的工程实践能力和培养严谨的科学作风。

本书在内容安排上尽量做到由浅入深、循序渐进,在保证基础实验的同时,强调实用性,增加灵活性,注重工程实际和先进性。保留了经典的实验内容,以巩固基础,培养学生的基本实验技能;增加综合性、设计性实验内容,以培养学生的综合应用能力、工程设计能力和探索创新精神。

全书选编电路实验 15 个,模拟电子技术实验 12 个,数字电子技术实验 16 个,电子技术课程设计 7 个,还包括 Multi-sim V8 仿真软件入门知识。全部实验所需总学时数较多,使用时可以根据课程要求、设备条件、学生情况进行选择。在部分实验中还编写了选做内容,以“*”号注明,满足教师因材施教的需要。每个实验中,都配有预习要求,有助于充分理解实

验内容,提高实验操作效率,巩固实验收获。

本书第1篇由穆克编写,第2篇由许忠仁编写,第3篇由杨冶杰编写,第4篇由许忠仁、杨冶杰编写,第5篇由姜丽编写。全书由许忠仁、穆克统稿并最后定稿。

大连理工大学张莉副教授审阅了全书,并对教材的体系和内容提出了许多宝贵意见和建议。本书得到了辽宁石油化工大学教务处及电工电子教学系老师的大力帮助与支持。在此表示感谢。

由于作者的水平有限,本书的缺点和不足在所难免,敬请相关专家学者指正,也请同学们提出意见,以达到教学相长的目的。大家有任何意见或建议,请通过以下方式与我们联系:

邮箱 jcyj@dutp.cn

电话 0411-84707962;84708947

编者

2007年5月

目 录

第 1 篇 电路实验

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 实验 1 电路元件的伏安特性 / 1 | 提高 / 25 |
| 实验 2 基尔霍夫定律和叠加原理 / 5 | 实验 9 RLC 串联谐振电路 / 28 |
| 实验 3 戴维南定理及最大功率
传输条件 / 7 | 实验 10 RC 选频网络特性测试 / 31 |
| 实验 4 电压源与电流源的等效变换 / 11 | 实验 11 三相电路的研究 / 34 |
| 实验 5 受控源特性的研究 / 14 | 实验 12 三相电路相序及功率的测量 / 37 |
| 实验 6 简单 RC 电路的过渡过程 / 18 | 实验 13 互感电路 / 40 |
| 实验 7 交流电路及其参数的测定 / 21 | 实验 14 双口网络实验 / 44 |
| 实验 8 日光灯及交流电路功率因数 | 实验 15 负阻抗变换器 / 47 |

第 2 篇 模拟电子技术实验

- | | |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 实验 1 常用电子仪器的使用 / 50 | 实验 7 电压比较器 / 85 |
| 实验 2 晶体管共射极单管放大器 / 57 | 实验 8 波形发生器 / 88 |
| 实验 3 差动放大器 / 65 | 实验 9 压控振荡器 / 92 |
| 实验 4 负反馈放大器 / 69 | 实验 10 低频功率放大器
——OTL 功率放大器 / 95 |
| 实验 5 集成运算放大器的基本运算
电路 / 73 | 实验 11 集成稳压器 / 99 |
| 实验 6 有源滤波器 / 79 | 实验 12 光电报警器 / 104 |

第 3 篇 数字电子技术实验

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| 实验 1 TTL 集成逻辑门的参数
测试 / 106 | 实验 7 触发器及其应用 / 139 |
| 实验 2 基本逻辑门功能测试及应用 / 112 | 实验 8 计数器及其应用 / 145 |
| 实验 3 集电极开路门电路及三态门
电路的研究 / 118 | 实验 9 集成移位寄存器及其应用 / 150 |
| 实验 4 组合逻辑电路设计 / 124 | 实验 10 脉冲分配器及其应用 / 153 |
| 实验 5 全加器、译码器及数码
显示电路 / 128 | 实验 11 555 定时电路及其应用 / 157 |
| 实验 6 数据选择器及应用 / 135 | 实验 12 单稳态触发器与施密特
触发器 / 163 |
| | 实验 13 D/A、A/D 转换器 / 170 |
| | 实验 14 并行加减法运算电路 / 176 |

实验 15 模拟电机运转规律
控制电路 / 179

实验 16 智力竞赛抢答装置 / 183

第 4 篇 电子技术课程设计

课程设计 1 串联型晶体管稳压电源 / 186
课程设计 2 温度监测及控制电路 / 191
课程设计 3 多路温度巡回检测系统 / 196
课程设计 4 直流数字电压表 / 206

课程设计 5 数字电子钟 / 213
课程设计 6 交通信号灯控制系统 / 217
课程设计 7 电子秒表 / 222

第 5 篇 Multisim V8 仿真软件入门

第 1 章 创建电路 / 227

- 1.1 Multisim V8 界面导论 / 227
- 1.2 定制 Multisim V8 界面 / 232
- 1.3 建立电路 / 233
- 1.4 向电路窗口中放置元件 / 234
- 1.5 改变单个元件的标号和颜色 / 238
- 1.6 给元件连线 / 238
- 1.7 为电路增加文本 / 241

第 2 章 创建元件及增加仪表 / 242

- 2.1 创建元件步骤 / 242
- 2.2 增加与连接仪表 / 245

- 2.3 设置仪表 / 246

第 3 章 仿真与分析电路 / 248

- 3.1 仿真电路 / 248
- 3.2 观察仿真结果 / 248
- 3.3 分析电路 / 249
- 3.4 关于弛豫分析 / 249
- 3.5 运行分析 / 249

第 4 章 仿真实例 / 252

- 实例 1 共射极单管放大器 / 252
- 实例 2 555 定时器应用电路 / 254

参考文献 / 258

第 1 篇

电路实验

实验 1 电路元件的伏安特性

【实验目的】

- (1) 研究电阻元件和直流电源的伏安特性及其测定方法。
- (2) 学习直流仪表设备的使用方法。

【实验原理】

(1) 独立电源和电阻元件的伏安特性可以用电压表、电流表测定,称为伏安测量法(伏安表法)。伏安表法原理简单,测量方便,同时适用于非线性元件伏安特性测量。

(2) 理想电压源的内部电阻值 R_s 为零,其端电压 $U_s(t)$ 是确定的函数,与流过电源的电流大小无关。如果 $U_s(t)$ 不随时间变化(即为常数),则该电压源称为直流理想电压源 U_s ,其伏安特性曲线如图 1-1-1 中曲线 a 所示,实际电源的伏安特性曲线如图 1-1-1 中曲线 b 所示,它可以用一个理想电压源 U_s 和电阻 R_s 相串联的电路模型来表示(图 1-1-2)。显然 R_s 越大,图 1-1-1 中的 θ 也越大,其正切的绝对值代表实际电源的内阻 R_s 。

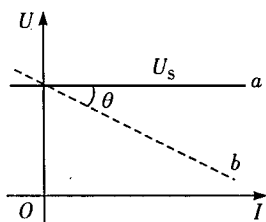


图 1-1-1

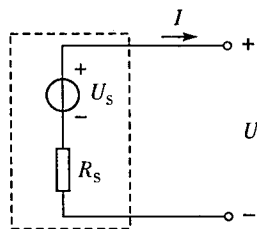


图 1-1-2

(3) 理想电流源向负载提供的电流 $I_s(t)$ 是确定的函数,与电源的端电压大小无关。如果 $I_s(t)$ 不随时间变化(即为常数),则该电流源为直流理想电流源 I_s ,其伏安特性曲线如图 1-1-3 中曲线 a 所示。实际电源的伏安特性曲线如图 1-1-3 中曲线 b 所示,它可以用一个理想电流源 I_s 和电导 G_s 相并联的电路模型来表示(图 1-1-4)。显然, G_s 越大,图

1-1-3中的 θ 也越大,其正切的绝对值代表实际电源的电导值 G_s 。

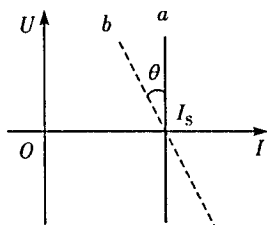


图 1-1-3

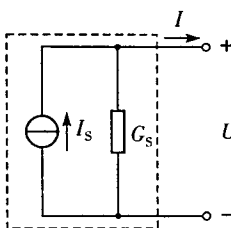


图 1-1-4

(4)电阻元件的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。即满足于欧姆定律:

$$R = \frac{U}{I}$$

在 $I-U$ 标平面上,线性电阻的特性曲线是一条通过原点的直线,如图 1-1-5 中曲线 a 所示。

(5)非线性电阻元件的电压、电流关系,不能用欧姆定律来表示,它的伏安特性一般为一条曲线。图 1-1-5 中的曲线 b 给出的是一般晶体二极管的伏安特性曲线。

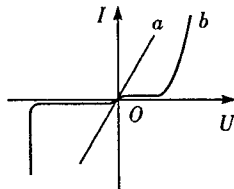


图 1-1-5

【实验仪器与设备】

- (1)电工实验装置:DG012T、DY031、DG05-1;
- (2)万用表。

【实验内容与步骤】

1. 白炽灯(6.3 V)的伏安特性

按图 1-1-6 接线,电流表接线时使用电流插孔,图中 $100\ \Omega$ 电阻为限流电阻。将电源电压调至 0,然后按表 1-1-1 调整电压,将读取的电压、电流数据填入表 1-1-1 中。

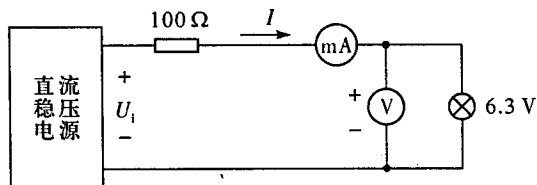


图 1-1-6

表 1-1-1

白炽灯(6.3 V)的伏安特性

U/V	0	0.2	0.4	0.6	0.8	2	5	6.3
I/mA								

2. 理想电压源的伏安特性

按图 1-1-7 接线,电流表接线时使用电流插孔,图中 $100\ \Omega$ 电阻为限流电阻。接线前调稳压电源 $U_s = 10\ V$ 。按表 1-1-2 改变 R 值(将可调电阻与电路断开后调整 R 值),将

相应的电压值与电流值记入表 1-1-2 中。

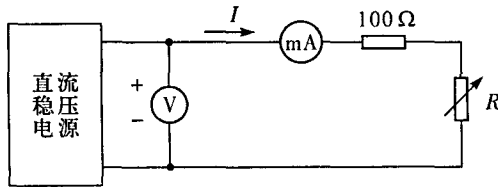


图 1-1-7

表 1-1-2 理想电压源的伏安特性

$R/k\Omega$	∞	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1
U/V						
I/mA						

3. 实际电压源的伏安特性

按图 1-1-8 接线。接线前调稳压电源 $U_s = 10\text{ V}$ 。按表 1-1-3 改变 R 值(将可调电阻与电路断开后调整 R 值),将相应的电压值与电流值记入表 1-1-3 中。

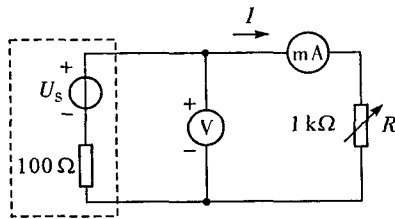


图 1-1-8

表 1-1-3 实际电压源的伏安特性

$R/k\Omega$	∞	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1
U/V						
I/mA						

4. 线性电阻的伏安特性

按图 1-1-9 接线。按表 1-1-4 改变直流稳压电源的电压 U_s ,测量相应的电流值和电压值记入表 1-1-4 中。

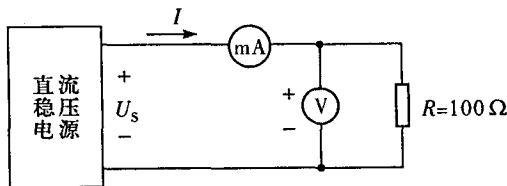


图 1-1-9

表 1-1-4 线性电阻的伏安特性

U_s/V	0	2	4	6	8	10
U/V						
I/mA						

5. 二极管的伏安特性

将直流稳压电源的输出调至 0 后按图 1-1-10 接线, 实验中注意正向时二极管端电压在 0~0.7 V 之间, 其中电流不超过 20 mA, 图中 200 Ω 电阻为限流电阻。调整输入电压使二极管两端电压与表 1-1-5 相符, 将电流测量值记入表 1-1-5 中。

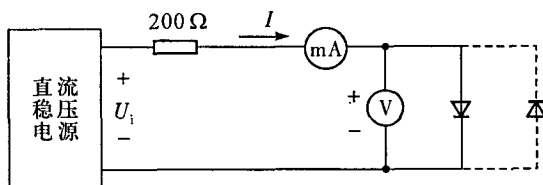


图 1-1-10

表 1-1-5 二极管的伏安特性

U/V	0	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.72	0.75
I/mA										

作反向实验时, 可将二极管反接, 调电压 1~5 V, 观察实验现象。

【实验报告】

根据测量数据, 在坐标纸上按比例绘出各伏安特性曲线。

实验 2 基尔霍夫定律和叠加原理

【实验目的】

加深对基尔霍夫定律和叠加原理的内容和适用范围的理解。

【实验原理】

(1)基尔霍夫定律是分析和计算电路的基本定律,它包括电流定律和电压定律。

①基尔霍夫电流定律:在集总电路中,任何时刻,对任一节点,所有支路电流的代数和恒等于零,即

$$\sum I = 0$$

②基尔霍夫电压定律:在集总电路中,任何时刻,沿任一回路内所有支路或元件电压的代数和恒等于零,即

$$\sum U = 0$$

(2)叠加原理是线性电路的一个重要定理。

把独立电源称为激励,由它引起的支路电压、电流称为响应。叠加原理可简述为:在任意线性网络中,多个激励同时作用时,总的响应等于每个激励单独作用时引起的响应之和。

【实验仪器与设备】

电工实验装置: DG012T、DY031T、DG054-1T。

【实验内容与步骤】

1. 基尔霍夫定律

(1)按图 1-2-1 接线。其中 I_1 、 I_2 、 I_3 是电流插口, K_1 、 K_2 是双刀双掷开关。

(2)先将 K_1 、 K_2 合向短路线一边,调节稳压电源,使 $U_{S1} = 10\text{ V}$, $U_{S2} = 6\text{ V}$, (用 DG054-1T 的 20 V 直流电压表来分别测量 DY031T 的输出电压)。

(3)将 K_1 、 K_2 合向电源一边,按表 1-2-1 和表 1-2-2 中给出的各参量进行测量并记录,验证基尔霍夫定律。

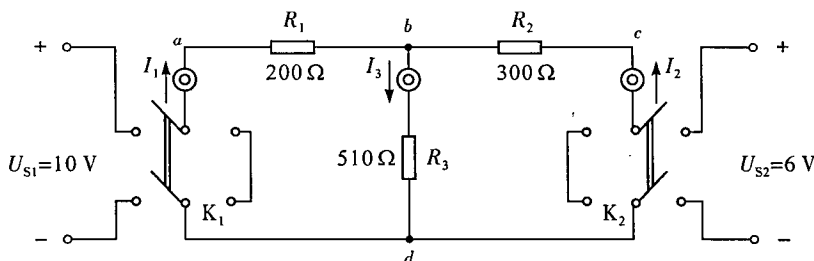


图 1-2-1

表 1-2-1 基尔霍夫电流定律

	I_1/mA	I_2/mA	I_3/mA	验证节点 b : $\sum I = 0$
计算值				
测量值				

表 1-2-2 基尔霍夫电压定律

	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{da}	U_{ad}	验证 $\sum U = 0$	
						回路 $abcda$	回路 $abda$
计算值							
测量值							

2. 叠加原理

实验电路如图 1-2-1 所示。

(1) 把 K_2 掷向短路线一边, K_1 掷向电源一边, 使 U_{S1} 单独作用, 测量各电流、电压并记入表 1-2-3 中。

(2) 把 K_1 掷向短路线一边, K_2 掷向电源一边, 使 U_{S2} 单独作用, 测量各电流、电压并记入表 1-2-3 中。

(3) 两电源共同作用时的数据在验证基尔霍夫定律中取得。

表 1-2-3 叠加原理

		I_1/mA	I_2/mA	I_3/mA	U_{ab}/V	U_{bc}/V	U_{cd}/V
U_{S1} 单独作用	计算值						
	测量值						
U_{S2} 单独作用	计算值						
	测量值						
U_{S1} 、 U_{S2} 共同作用	计算值						
	测量值						
验证叠加原理	计算值						
	测量值						

【实验报告】

(1) 用表 1-2-1 和表 1-2-2 中实验测得数据验证基尔霍夫定律和叠加原理。

(2) 根据图 1-2-1 给定参数, 计算表 1-2-2 中所列各项并与实验结果进行比较。

实验 3 戴维南定理及最大功率传输条件

【实验目的】

- (1) 用实验方法验证戴维南定理的正确性。
- (2) 学习线性含源一端口网络等效电路参数的测量方法。
- (3) 验证最大功率传输条件。

【实验原理】

1. 戴维南定理

任何一个线性含源一端口网络,对外部电路而言,总可以用一个理想电压源和电阻相串联的有源支路来代替,如图 1-3-1 所示。理想电压源的电压等于原网络端口的开路电压 U_{oc} ,其电阻等于原网络中所有独立电源为零时入端等效电阻 R_0 。

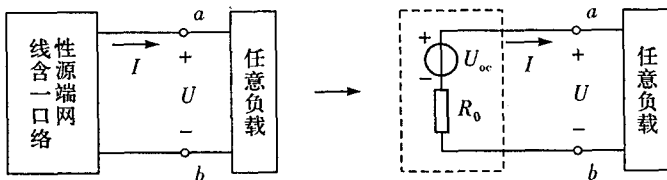


图 1-3-1

2. 等效电阻 R_0

对于已知的线性含源一端口网络,其入端等效电阻 R_0 可以从原网络计算得出,也可以通过实验手段测出。下面介绍几种测量方法。

方法 1 由戴维南定理和诺顿定理可知:

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

因此,只要测出线性含源一端口网络的开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} , R_0 就可得出,这种方法最简便。但是,对于不允许将外部电路直接短路的网络(例如有可能因短路电流过大而损坏网络内部的器件时),不能采用此法。

方法 2 测出线性含源一端口网络的开路电压 U_{oc} 以后,在端口处接一负载电阻 R_L ,然后再测出负载电阻的端电压 U_{R_L} 。

因为

$$U_{R_L} = \frac{U_{oc}}{R_0 + R_L} R_L$$

则入端等效电阻为

$$R_0 = \left(\frac{U_{oc}}{U_{R_L}} - 1 \right) R_L$$

方法 3 将线性含源一端口网络中的所有独立电源置零,然后在端口处加一给定电压 U ,测得流入端口的电流 I [图 1-3-2(a)],则

$$R_0 = \frac{U}{I}$$

也可以在端口处接入电流源 I' ,测得端口电压 U' [图 1-3-2(b)],则

$$R_0 = \frac{U'}{I'}$$

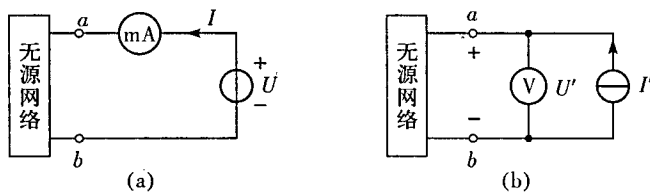


图 1-3-2

3. 最大功率传输条件

一个含有内阻 r_0 的电源 E_0 给 R_L 供电,其功率为

$$P = I^2 R_L = \left(\frac{E_0}{R_L + r_0} \right)^2 R_L$$

为求得 R_L 从电源中获得最大功率的最佳值,可以将功率 P 对 R_L 求导,并令其导数等于零:

$$\frac{dP}{dR_L} = \frac{(r_0 + R_L)^2 - 2(r_0 + R_L)R_L}{(r_0 + R_L)^4} E_0^2 = \frac{r_0^2 - R_L^2}{(r_0 + R_L)^4} E_0^2 = 0$$

解得

$$R_L = r_0$$

最大功率为

$$P_{\max} = \left(\frac{E_0}{r_0 + R_L} \right)^2 R_L = \frac{E_0^2}{4r_0}$$

即负载电阻 R_L 从电源中获得最大功率的条件是负载电阻 R_L 等于电源内阻 r_0 。

【实验仪器与设备】

电工实验装置: DG012T、DY031、DG05-1。

【实验内容与步骤】

1. 线性含源一端口网络的外特性

按图 1-3-3 接线,改变电阻 R_L 的值,测量对应的电流和电压值,数据填入表 1-3-1 中。

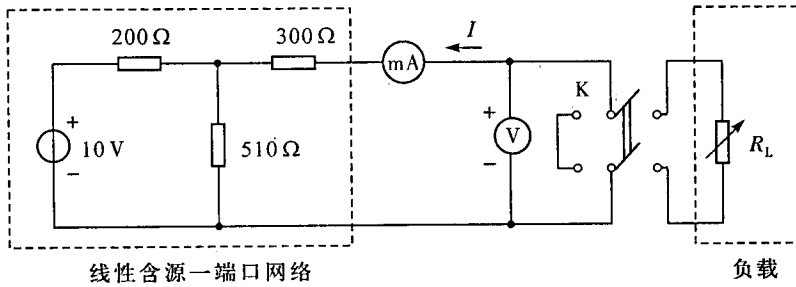


图 1-3-3

表 1-3-1 线性含源一端口网络的外特性

R_L/Ω	0 短路	100	200	300	400	500	700	800	∞ 开路
I/mA									
U/V									

2. 求开路电压 U_{oc} 和等效电阻 R_0

利用实验原理 2 中介绍的 3 种方法之一求 R_0 ，并将结果填入表 1-3-2 中，方法 1 和方法 2 的数据在表 1-3-1 中取，方法 3 的实验线路如图 1-3-4 所示。

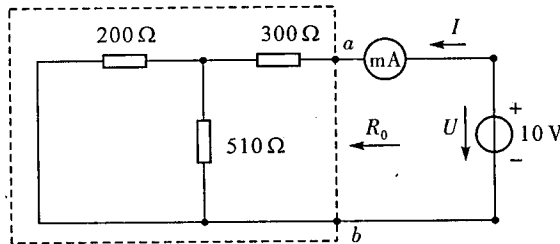


图 1-3-4

表 1-3-2 开路电压 U_{oc} 和等效电阻 R_0

	方法 1	方法 2	方法 3
	$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$	$R_0 = \left(\frac{U_{oc}}{U_{R_L}} - 1\right) R_L$	$U = (\quad) \text{V}, I = (\quad) \text{mA}$
			$R_0 = \frac{U}{I}$
开路电压 U_{oc}/V			
$R_0/\text{k}\Omega$			

3. 戴维南等效电路

利用图 1-3-3 构成的戴维南等效电路如图 1-3-5 所示，其中 U_{oc} 和 R_0 采用表 1-3-2 的实验结果。

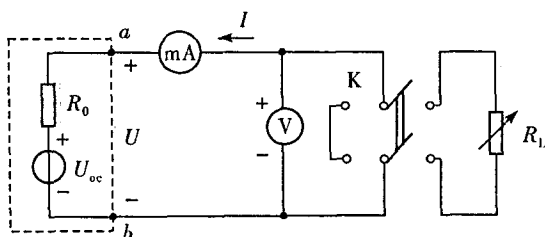


图 1-3-5

测量其外特性 $U=f(I)$ 。将数据填入表 1-3-3 中。

表 1-3-3 戴维南等效电路

R_L/Ω	0 短路	100	200	300	400	500	700	800	∞ 开路
I/mA									
U/V									
P/mW									

4. 最大功率传输条件

测量最大功率, 将数据填入表 1-3-4 中。(填入 UI 乘积最大时所对应的 R_L 、 I 、 U 值)。

表 1-3-4 最大功率

R_L/Ω	U/V	I/mA	P_{max}/mW

【实验报告】

- (1) 根据表 1-3-1 和表 1-3-3 测量结果, 做它们的外特性曲线 $U=f(I)$, 并分析比较。
- (2) 完成实验内容与步骤 2 的要求。
- (3) 计算并绘制功率随 R_L 变化的曲线, 验证最大功率传输条件。
 - ① 根据表 1-3-3 中数据计算并绘制功率随 R_L 变化的曲线: $P=f(R_L)$ 。
 - ② 观察 $P=f(R_L)$ 曲线, 验证最大功率传输条件是否正确。