



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

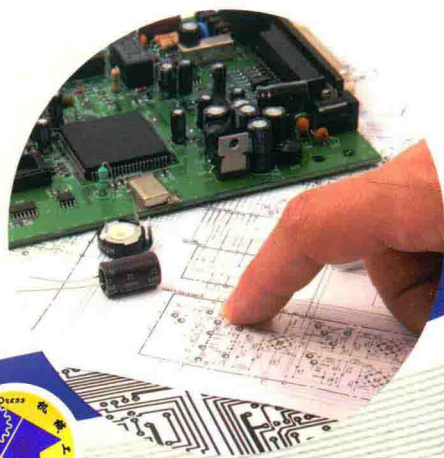


普通高等教育“十五”国家级规划教材

电工电子基础 实践教程 **上册**

实验·课程设计 第**3**版

◎ 主编 曾建唐



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级

普通高等教育“十五”国家级规划教材

电工电子基础实践教程

(上册) 实验·课程设计

第3版

主 编 曾建唐

副主编 蓝 波 陈昌虎 周 萍 徐 清 黄晓元

主 审 张晓冬



机械工业出版社

本套教材根据当前教学改革的新形势,结合一般院校培养应用型高级技术人才和创新教育的定位,以全新的教育理念为指导,以满足基本教学需要和有较宽适应面为出发点,进行了大力度的修改,使之更加适用。本套教材编写了6部分内容,其中“(上册)实验·课程设计”包含:电工(电路)实验、电子技术(模拟、数字)实验、电子课程设计、EDA技术应用,“(下册)工程实践指导”包含:电工实习、电子实习。这是一套综合性实践教学指导教材,涵盖了电工电子技术基础课程的全部实践环节。对于强化基本训练,培养学生的实践能力和初步设计能力具有重要意义。

本套教材可作为理工类院校本科、专科及高职相关专业学生实践环节的指导教师。

本套教材是普通高等教育“十五”“十一五”国家级规划教材。

本套教材配有部分教学参考资料,欢迎选用本套教材的教师索取,邮箱:Edmond Yan@sina.com,或登录www.cmpedu.com注册后下载。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子基础实践教程.上册,实验·课程设计/曾建唐主编.—3版.
—北京:机械工业出版社,2016.8
普通高等教育“十五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-53738-0

I. ①电… II. ①曾… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第099444号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:贡克勤 责任编辑:贡克勤 王康
责任校对:佟瑞鑫 封面设计:张静
责任印制:常天培
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
2017年1月第3版第1次印刷
184mm×260mm·13.5印张·328千字
标准书号:ISBN 978-7-111-53738-0
定价:29.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

在开展教育部教改课题“21世纪初一般理工科院校人才培养模式的研究与探索”以及教育部课题“大学生实践创新基地建设”的研讨过程中,为了把电工电子实践课程改革进一步深化和落到实处,由北京石油化工学院、景德镇陶瓷学院、北京建筑大学、海南师范大学、浙江万里学院等院校联合编写了《电工电子基础实践教程》。经过十余年的锤炼,本套教材第1版和第2版中提出的理念和改革思路在本版中又有了新的延伸并被赋予了新的内涵和意义。例如:在教材中将电工电子课程的全部实践教学环节进行了整合,确立了6个环节、3个层次的实践教学体系,即电工、电子实验——启迪创新意识;电工电子实习——培养工程实践能力;电子设计与创新——激发创新精神和能力。阶梯式实践环节,使学生的能力培养逐步深化。以上为一般院校提供了一种可供参考的思路和模式。在这里力图搭建一个充满活力、基础扎实的电工电子实践平台,它既是基本技能和工艺的入门向导,又是学生科技活动和启迪创新思维与能力的开端。力图营造真实的工程环境,使实践教学不断深化,符合一般院校的定位和办学指导思想,培养应用型高级技术人才,体现“实践育人”的教育理念,推动教育创新。我们提出的“在实践中学习,在学习中实践”的理念与近年来工科院校的CDIO工程教育模式完全契合。

为了使实践指导教材适应性更强,我们提出了不局限于某种特定的实验设备,在本套教材的编写中注意了通用性。这些思路受到许多兄弟院校的广泛关注,后来一大批实践教学指导教材脱颖而出,这让我们感到十分欣慰。

本版教材经过修订除原有教材的特色外还有:

1) 删除了某些落伍和过时的内容。例如电子技术实验尽量减少了分立元件的实验;电子课程设计中删除了部分学生在做了设计后不易检查设计正确性和与实际应用结合不大密切的题目和内容;电工实习中删除了电动机定子下线、变压器设计等内容;电子实习中删除了已经过时和已经找不到供货商而无法进行的实践内容。

2) 各部分都适当增加了集成电路的应用,增加了设计性实验、综合性实验。其中,对数字电子技术实验进行了力度的改革,按照新的思路重新进行了编写,配合单元教学内容设计了比较大的综合性实验项目,既可以分开做实验,也可以合起来构成一个较大的系统。

3) 升级并更新了EDA软件。

4) 对电子课程设计题目进行了更新和精选,大部分题目可以结合设计进行

电路组装调试,既可以检验设计的正确性,又可以使学生对设计有一个比较全面的理解,更加结合工程实际。

5) 电工实习中安全用电方面的内容对照国家相关标准进行了修改,使训练更加标准化、规范化。

6) 电子实习把大部分实习项目进行了更新,为的是能有实际产品套件配合,使教师指导更加方便,使学生在实践中更有成就感。(大部分项目都有配套的套件。)实习项目建议课内外结合,有的内容可以在课外进行。

本套教材适合一般本科院校和专科、高职院校的电类、非电类相关专业的学生使用。各实践项目可以按照不同层次选用其中不同的内容和要求。

本套教材为普通高等教育“十五”“十一五”国家级规划教材。

本套教材凝聚了参编教师 and 主审的心血。除了主编、副主编外,参加本套教材编写的还有:金光浪、张吉月、田小平、王志秀、张晓燕、张丽萍、晏涌、周义明、刘学军、张路刚、汪杰、洪超、赵怡、张翼祥、杨亚萍、王柏华、羊大力、羊现长等。参编院校的不少实验、实习、课程设计指导老师花费大量时间为设计性实验、实习项目、课程设计项目进行了调研和预试,在此致以深切的谢意。本套教材主审北京交通大学张晓冬教授不辞劳苦认真地审阅了全书,提出许多宝贵意见和建议,在此谨致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中的错误和不妥之处在所难免,殷切希望使用本套教材的师生和其他读者给予批评指正。

编者

目 录

前言

第1部分 电工(电路)实验 1

- 1.1 电工实验基本知识与基本测量 1
- 1.2 电压源、电流源及其等效变换 3
- 1.3 受控源研究 6
- 1.4 单口网络研究 8
- 1.5 交流电路元件参数的测量 12
- 1.6 RLC 串联电路的频率特性——谐振 14
- 1.7 RC 选频网络的研究 16
- 1.8 荧光灯电路及功率因数的提高 18
- 1.9 三相电路研究 20
- 1.10 三相电路功率的测量 23
- 1.11 非正弦周期信号的分解与合成 25
- 1.12 互感电路的研究 29
- 1.13 一阶电路的过渡过程 30
- 1.14 二端口网络参数的测定 32
- 1.15 回转器的实验研究 34
- 1.16 三相异步电动机的使用 35
- 1.17 继电器控制电路 37
- 1.18 三相异步电动机变频调速应用研究 39
- 1.19 可编程序控制器系统的认识和
基本指令设计与编程 42
- 1.20 PLC 控制系统演示与设计 47

第2部分 电子技术实验 51

模拟电子技术实验 51

- 2.1 电子仪器使用及晶体管测试 51
- 2.2 晶体管共射放大电路 54
- 2.3 射极输出器的研究 57

- 2.4 多级放大与负反馈的研究 59
 - 2.5 场效应晶体管放大电路 60
 - 2.6 基本运算电路——比例和加减运算 62
 - 2.7 基本运算电路——积分和微分运算 64
 - 2.8 测量放大器 65
 - 2.9 有源滤波电路 67
 - 2.10 RC 正弦波振荡电路 68
 - 2.11 非正弦波发生电路 70
 - 2.12 直流稳压电源 72
 - 2.13 模拟电子技术研究性实验 74
 - 2.14 模拟电子技术综合性实验——
振荡、带通及功放组合电路 78
 - 2.15 模拟电子技术设计性实验 80
- #### 数字电子技术实验 83
- 2.16 基本逻辑门逻辑功能测试 83
 - 2.17 组合逻辑电路综合设计实验——编码器、
加法器、显示电路比较器、译码器、
数据选择器 87
 - 2.18 触发器、锁存器逻辑功能测试 98
 - 2.19 时序逻辑电路综合设计实验——
锁存器、计数器、555 定时器 101

第3部分 电子课程设计 109

- 3.1 函数发生器电路的设计 109
- 3.2 数字频率计设计 110
- 3.3 臭氧发生器电路设计 111
- 3.4 多功能报警器设计 112
- 3.5 彩灯控制器设计 114
- 3.6 密码电子锁电路设计 116
- 3.7 音响放大器设计 117
- 3.8 交通信号灯控制逻辑电路设计 119
- 3.9 智力竞赛抢答器逻辑电路设计 120

3.10	数字电子钟电路设计	122	4.1.3	电路设计与仿真	141
3.11	数字测温计电路设计	124	4.1.4	实验项目	151
3.12	数显液位测量及控制电路设计	126	4.2	FPGA/CPLD 开发设计	151
3.13	电子脉搏计设计	127	4.2.1	Quartus II 7.1 简介	151
3.14	数字电子秤设计	128	4.2.2	Quartus II 7.1 使用步骤	152
3.15	数字显示直流电压表设计	130	4.2.3	实验项目	159
3.16	电动机调速系统电路设计	131	4.3	Protel 99 SE 的基本应用和印制 电路板的设计	167
3.17	步进电动机驱动电路设计	132	4.3.1	Protel 99 SE 简介	167
3.18	数字显示输出电压可调的 直流稳压电源设计	133	4.3.2	Protel 99 SE 常用命令及操作	167
3.19	多路无线遥控电路设计	135	4.3.3	Protel 99 SE 原理图设计	170
3.20	红外感应节水开关控制电路设计	136	4.3.4	网络表生成软件	175
第 4 部分 EDA 技术应用	138	4.3.5	绘制印制电路板 (PCB 图)	178	
4.1	Multisim10 的基本应用和电路的 设计与仿真	138	4.3.6	实验项目	184
4.1.1	Multisim10 简介	138	附录 部分常用电子元器件	185	
4.1.2	Multisim10 常用命令及操作	138	参考文献	210	

第 1 部分 电工（电路）实验

1.1 电工实验基本知识与基本测量

1. 实验目的

- 1) 学习实验室规章制度和安全用电知识。
- 2) 熟悉实验室供电情况。
- 3) 通过对电阻、电压、电流的测量，熟悉并掌握万用表和直流稳压电源的使用方法。
- 4) 验证 KCL、KVL。
- 5) 验证叠加定理。
- 6) 进一步理解电压、电流参考方向（正方向）的意义。

2. 实验器材与设备

- 1) 主要设备：实验电路板、直流电压表、直流电流表、万用表、直流稳压电源等。
- 2) 给出的实验电路参数： $R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $R_4 = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $R_5 = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $U_{S1} = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $U_{S2} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

3. 实验原理

本实验要使用万用表对电阻、电流、电压进行测量，同时还要验证基尔霍夫定律和叠加定理。

基尔霍夫定律是电路的基本定律。对电路中的任一个节点而言，应有 $\sum I=0$ ；对任何一个闭合回路而言，应有 $\sum U=0$ 。

叠加定理指出：在有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。

4. 实验内容与要求

- 1) 验证 KCL、KVL、叠加定理的实验电路图如图 1-1 所示。

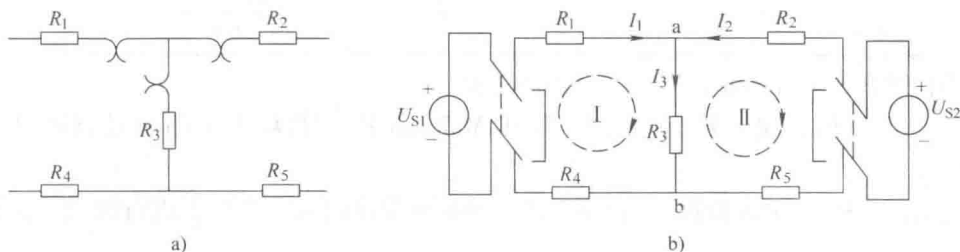


图 1-1 实验电路图

- 2) 接线前如图 1-1a 所示，用万用表 Ω 档测量各电阻值，填入表 1-1 并与标称值对照验证。

表 1-1 电阻的测量

条 件	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
标称值/ Ω					
测量值/ Ω					
相对误差					

3) 按实验电路接线, 见图 1-1b。将直流稳压电源按要求调整到所需值, 断电后接入电路。

4) 检查电路连接无误后, 通电并按实验目的要求进行各项测量与验证:

① 验证 KCL。测量各支路电流, 将数据填入表 1-2 中, 进行分析。

表 1-2 KCL 的验证

	I_1	I_2	I_3	结点 a: $\Sigma I = I_1 + I_2 - I_3$
计算值/mA				
测量值/mA				

② 验证 KVL。测量两网孔内各段电压 (电阻上电压、电流均按关联参考方向), 将数据填入表 1-3, 进行分析。

表 1-3 KVL 的验证

回路 I	U_{R1}	U_{R3}	U_{R4}	U_{S1}	$\Sigma U =$
计算值/V					
测量值/V					
回路 II	U_{R5}	U_{R3}	U_{R2}	U_{S2}	$\Sigma U =$
计算值/V					
测量值/V					

③ 验证叠加定理。测量 U_{S1} 、 U_{S2} 共同作用时所选支路 (例如选择 R_3 支路) 的电流, 再分别将 U_{S1} 、 U_{S2} 置零, 测量各电源单独作用下时所选支路电流, 将数据填入表 1-4, 与计算值对照并进行分析和研究。

表 1-4 叠加定理的验证

条件	U_{S1} 、 U_{S2} 共同作用	U_{S1} 单独作用	U_{S2} 单独作用
计算值/mA	$I_3 =$	$I'_3 =$	$I''_3 =$
测量值/mA	$I_3 =$	$I'_3 =$	$I''_3 =$

5) 用 EWB 或 Multisim 对电路进行仿真实验。

① 绘制电路图, 输入数据, 用 EWB 或 Multisim 提供的数字多用表进行测量, 验证 KCL、KVL。

② 绘制电路图, 输入数据, 用 EWB 或 Multisim 提供的数字多用表进行测量, 验证叠加定理。

5. 预习要求

1) 复习 KCL、KVL, 复习叠加定理。

2) 复习有关参考方向的意义方面的内容。

3) 实验前了解实验设备及各仪表型号及使用方法。

4) 绘制电路图, 对电路进行计算并写出实验预习报告, 应包含如下内容:

① 各支路电压、电流参考方向的设定, 标出实验所用电路的电阻值和电源电压值 (按照给定的参数确定 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 及 U_{S1} 、 U_{S2} 值)。

② 各支路电流、电压、回路电压的计算。

③ 选取 1 条支路按叠加定理计算该支路电流。

④ 绘制实验计算表格, 填写计算数据。

⑤ 绘制实验测试数据表格, 备用 (计算表格和测试数据表格可以合二为一, 以便对照)。

⑥ 阅读本书第 4 部分“EDA 技术应用”中有关 EWB 或 Multisim 的内容, 学会初步应用虚拟电子平台进行电路仿真。如果进行了仿真, 则表 1-2、表 1-3、表 1-4 需要增加一行“仿真值”, 以便填写仿真数据。

6. 实验注意事项

1) 注意各仪表的量程和使用方法。

2) 注意“方向”。

7. 实验报告要求

1) 计算所测各电阻的相对误差。

2) 用具体数据分析说明如何验证 KCL 和 KVL。

3) 用具体数据分析说明如何验证叠加定理。

4) 试打印出验证叠加定理的仿真电路图, 并对仿真结果进行分析和说明。

8. 思考题

1) 如何用万用表测量电阻? 在线测量会产生什么问题? 电路带电时测量又会产生什么问题?

2) 如何把万用表所测电压或电流的数值的正负与参考方向 (正方向) 联系起来?

3) 数字万用表最高位显示“1” (电压、电流或电阻档) 表示什么意思?

4) 使用万用表 (指针式、数字式) 和直流稳压电源应注意什么事项?

5) 如何验证 KCL、KVL 和叠加定理?

6) 你记住了实验规则中哪几个重要条文? 你记住了电路测量中哪几个基本原则?

1.2 电压源、电流源及其等效变换

1. 实验目的

1) 研究并熟悉电压源和电流源的外特性。

2) 按要求设计电压源和电流源。

3) 研究并掌握电压源、电流源等效变换的条件。

4) 通过对电压、电流的测量, 进一步熟悉并掌握万用表和直流稳压电源的使用方法。

2. 实验器材与设备

实验电路板、直流电压表、直流电流表、万用表、直流稳压电源、电流源等。

3. 实验原理

1) 电源与负载功率的关系

图 1-2 可视为由一个电源向负载输送电能的模型, R_S 可视为电源内阻和传输线路电阻的总和, R_L 为可变负载电阻。

负载 R_L 上消耗的功率 P 可由下式表示:

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

2) 负载获得最大功率的条件

根据数学求最大值的方法, 令负载功率表达式中的 R_L 为自变量, P 为应变量, 并使 $\frac{dP}{dR_L} = 0$, 即可求得最大功率传输的条件:

$$\frac{dP}{dR_L} = 0 \text{ 即 } \frac{dP}{dR_L} = \frac{[(R_S + R_L)^2 - 2R_L(R_L + R_S)] U^2}{(R_S + R_L)^4}$$

令 $(R_L + R_S)^2 - 2R_L(R_L + R_S) = 0$, 解得: $R_L = R_S$

当满足 $R_L = R_S$ 时, 负载从电源获得的最大功率为

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

这时, 称此电路处于“匹配”工作状态。

3) 匹配电路的特点及应用

在电路处于“匹配”状态时, 电源本身要消耗一半的功率。此时电源的效率只有 50%。显然, 这在电力系统的能量传输过程是绝对不允许的。发电机的内阻是很小的, 电路传输的最主要目的是要高效率送电, 最好是 100% 的功率均传送给负载。为此负载电阻应远大于电源的内阻, 即不允许运行在匹配状态。而在电子技术领域里却完全不同。一般的信号源本身功率较小, 且都有较大的内阻。而负载电阻 (如扬声器等) 往往是较小的定值, 且希望能从电源获得最大的功率输出, 而电源的效率往往不予考虑。通常设法改变负载电阻, 或者在信号源与负载之间加阻抗变换器 (如音频功放的输出级与扬声器之间的输出变压器), 使电路处于工作匹配状态, 以使负载能获得最大的输出功率。

4. 实验内容与要求

1) 电压源、电流源设计

① 电压源、电流源电路见图 1-3a、b。

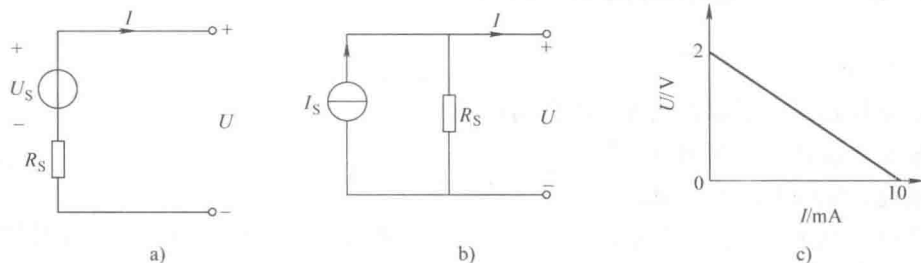


图 1-3 电压源和电流源

② 给出电源外特性曲线如图 1-3c 所示, 按照外特性要求设定电压源的 U_S 、 R_S 和电流源的 I_S 和 R_S 。

2) 验证所设计电压源和电流源的外特性和等效关系

① 用电阻箱作负载 R_L ，接入所设计并连接好的电压源，测量输出电压 U_L 和输出电流 I_L 并填入表 1-5 中。

② 用电阻箱作负载 R_L ，接入所设计并连接好的电流源，测量输出电压 U_L 和输出电流 I_L 并填入表 1-5 中。

③ 比较两组数值，分析并说明两个电源是否等效。

④ 在平面直角坐标系中确定对应以上不同负载时的坐标，研究是否落在给定的外特性曲线上。

表 1-5 电源外特性测量

		$R_L = 50\Omega$		$R_L = 100\Omega$		$R_L = 200\Omega$		$R_L = 300\Omega$	
		U_L/V	I_L/mA	U_L/V	I_L/mA	U_L/V	I_L/mA	U_L/V	I_L/mA
电压源	计算值								
	测量值								
电流源	计算值								
	测量值								

5. 预习要求

- 1) 复习电压源、电流源特性的有关内容。
- 2) 了解实验设备、仪表型号及使用方法。
- 3) 画出电压源、电流源实验电路，并要求：
 - ① 按给定的外特性计算确定电压源电压和内电阻值。
 - ② 按给定的外特性计算确定电流源电流和内电阻值。
- 4) 对电压源、电流源接入不同负载分别进行计算并填入表格中。

6. 实验注意事项

- 1) 在用恒流源供电的实验中，不要使恒流源的负载开路。
- 2) 不准测量恒压源的短路电流 I_{SC} 。(思考一下为什么?)

7. 实验报告要求

- 1) 分析实际电压源外特性，画出曲线。
- 2) 分析实际电流源外特性，画出曲线，与电压源的外特性曲线进行比较。
- 3) 说明电压源、电流源等效变换的意义。

8. 思考题

- 1) 如何用最简单的方法确定电压源和电流源的外特性?
- 2) 电压源、电流源等效变换的条件怎样通过实验得到验证?
- 3) 等效的电压源与电流源内电阻上损耗是否相等?
- 4) 怎样理解理想电压源和理想电流源是最大功率源?
- 5) 理想电压源和理想电流源是否能等效?
- 6) 如何理解等效的概念?

1.3 受控源研究

1. 实验目的

- 1) 研究 4 种受控源特性。
- 2) 掌握 VCVS 的转移电压比 μ 、VCCS 的转移电导 g 、CCVS 的转移电阻 r 和 CCCS 的转移电流比 α 的测量方法。
- 3) 了解实际受控源的特点及其与理想受控源的区别。
- 4) 通过对电压、电流的测量,进一步熟悉并掌握万用表和直流稳压电源的使用方法。

2. 实验器材与设备

- 1) 主要设备: 实验电路板、直流电压表、直流电流表、万用表、直流稳压电源等。
- 2) 给出的实验参数: $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$, $g = \underline{\hspace{2cm}}$, $r = \underline{\hspace{2cm}}$, $\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

3. 实验原理

1) 电源有独立电源与非独立电源(或称为受控源)之分。受控源与独立源的不同点是:独立源的电压 U_S 或电流 I_S 是某一固的数值或时间的函数,它不随电路其余部分的状态而变。而受控源的电压或电流则是随电路中某一支路的电压或电流改变的一种电源。

2) 独立源是二端器件,受控源则是四端器件,或称为双口元件。它有一对输入端(U_1 或 I_1) 和一对输出端(U_2 或 I_2)。输入端可以控制输出端电压或电流的大小。施加于输入端的控制量可以是电压或电流,因而有两种受控电压源(即电压控制电压源 VCVS 和电流控制电压源 CCVS) 和两种受控电流源(即电压控制电流源 VCCS 和电流控制电流源 CCCS)。它们的示意图电路如图 1-4 所示。

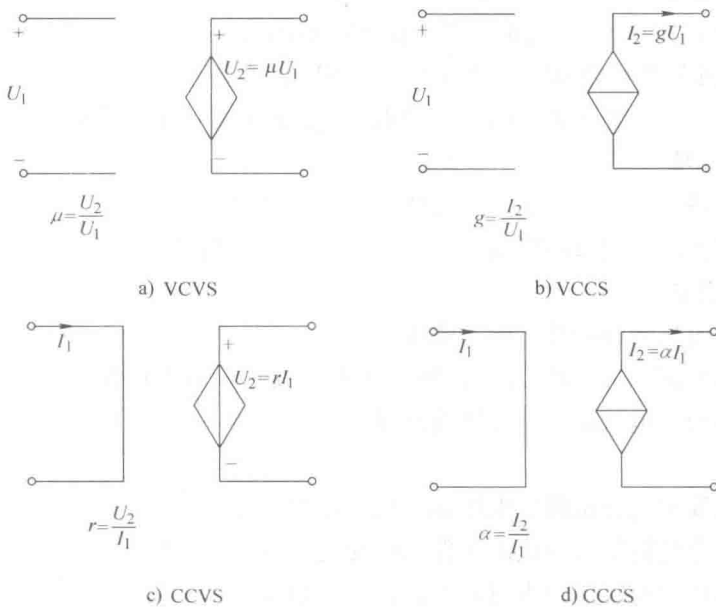


图 1-4 受控源示意图电路

4. 实验内容与要求

1) 研究受控源特性

① 受控源实验电路如图 1-5 所示。

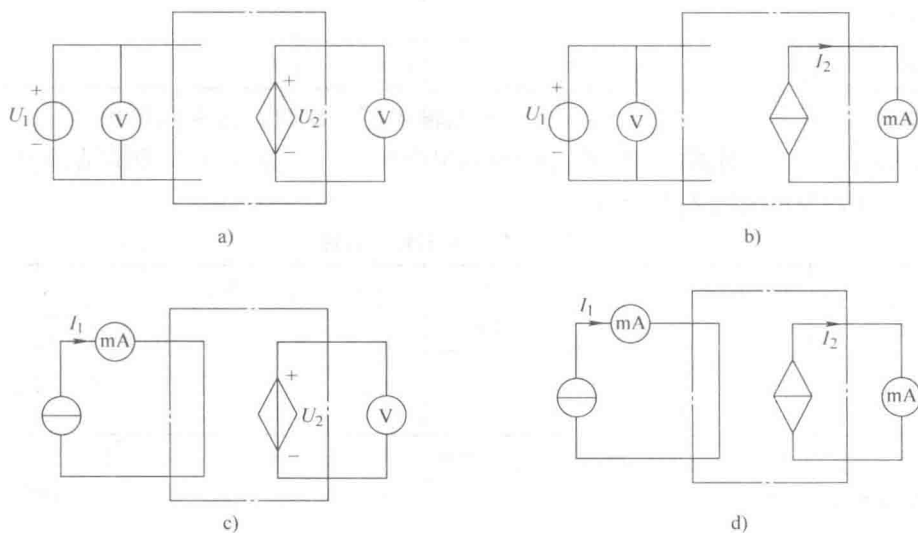


图 1-5 受控源实验电路

② 接通过受控源的电源, 图 1-5a 中 VCVS 的输入端可以直接接在可调稳压电源上, 边调节输入电压边测量 U_1 。同时测量 VCVS 对应的输出电压 U_2 , 计算 $U_2/U_1 = \mu$ 。测试结果填入表 1-6 中, 分析在 U_1 小于多少伏时 $U_2/U_1 = \mu$ 。

③ 接通过受控源的电源, 图 1-5b 中 VCCS 的输入端可以直接接在可调稳压源上, 边调节输入电压边测量 U_1 。同时测量 VCCS 对应的输出电流 I_2 , 计算 $I_2/U_1 = g$ 。测试结果填入表 1-7 中, 分析在 U_1 小于多少伏时 $I_2/U_1 = g$ 。

表 1-6 VCVS 的转移特性

序号	1	2	3	4	5	6	7
输入电压 U_1/V	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	
输出电压 U_2/V							
计算 U_2/U_1							

表 1-7 VCCS 的转移特性

序号	1	2	3	4	5	6	7
输入电压 U_1/V	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	
输出电流 I_2/mA							
计算 I_2/U_1							

④ 接通过受控源的电源, 图 1-5c 中 CCVS 的输入端可以直接接在可调电流源上, 边调节输入电流边测量 I_1 。同时测量 CCVS 对应的输出电压 U_2 , 计算 $U_2/I_1 = r$ 。测试结果填入表 1-8 中, 分析在 I_1 小于多少毫安时 $U_2/I_1 = r$ 。

表 1-8 CCVS 的转移特性

序 号	1	2	3	4	5	6	7
输入电流 I_1/mA	1.0	3.0	5.0	7.0			
输出电压 U_2/V							
计算 U_2/I_1							

⑤ 接通受控源的电源, 图 1-5d 中 CCCS 的输入端可以直接接在可调电流源上, 边调节输入电流边测量 I_1 。同时测量 CCCS 对应的输出电流 I_2 , 计算 I_2/I_1 。测试结果填入表 1-9, 分析在 I_1 小于多少毫安时 $I_2/I_1 = \alpha$ 。

表 1-9 CCCS 的转移特性

序 号	1	2	3	4	5	6	7
输入电流 I_1/mA	1.0	3.0	5.0	7.0			
输出电流 I_2/mA							
计算 I_2/I_1							

2) 用 EWB 或 Multisim 对电路进行仿真实验。

5. 预习要求

- 1) 复习受控源的有关内容。
- 2) 画出 4 种受控源的电路图。
- 3) 对所用电路进行计算并列出表格。

6. 实验注意事项

- 1) 受控源必须按要求接入直流电源才能工作。
- 2) 受控源的输入端不能直接接到电压源上, 以防电流过大, 烧坏受控源或电压源。

7. 实验报告要求

- 1) 分析 4 种受控源的转移特性。
- 2) 说明受控源的转移特性和负载特性的意义。
- 3) 分析并说明实际受控源与理想受控源有何区别?

8. 思考题

- 1) 4 种受控源中 μ 、 g 、 r 、 α 的意义是什么? 如何测得?
- 2) 为什么实际受控源电路的转移参数只在一定范围内成立?
- 3) 使用受控源应该注意什么?

1.4 单口网络研究

1. 实验目的

- 1) 研究单口网络的伏安关系及等效规律。
- 2) 学习电路的设计方法与基本实验方法。
- 3) 验证戴维南定理。
- 4) 了解最大功率传递条件。
- 5) 进一步熟练掌握电工仪表的使用方法。

2. 实验器材与设备

1) 主要设备: 实验电路板、直流电压表、直流电流表、万用表、直流稳压电源、受控源 (VCVS、VCCS)、电阻箱等。

2) 实验设备中所提供的元件清单及电源参数

电阻: _____

_____。受控源: $\mu =$ _____, $g =$ _____。独立电压源 $U_{S1} =$ _____ ~ _____, $U_{S2} =$ _____ ~ _____, 独立电流源 $I_S =$ _____ ~ _____。

3. 实验原理

1) 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, 总可以用一个电压源与一个电阻的串联来等效代替, 此电压源的电动势 U_S 等于这个有源二端网络的开路电压 U_{OC} , 其等效内阻 R_0 等于该网络中所有独立源均置零 (理想电压源视为短接, 理想电流源视为开路) 时的等效电阻。

2) 有源二端网络等效参数的测量方法

① 开路电压、短路电流法测 R_0

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} , 则等效内阻为

$$R_0 = \frac{U_{OC}}{I_{SC}}$$

如果二端网络的内阻很小, 若将其输出端口短路则易损坏其内部元件, 因此不宜用此法。

② 伏安法测 R_0

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性曲线, 如图 1-6 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan\varphi$, 则内阻

$$R_0 = \tan\varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{OC}}{I_{SC}}$$

也可以先测量开路电压 U_{OC} , 再测量电流为额定值 I_N 时的输出 U_N , 则内阻为

$$R_0 = \frac{U_{OC} - U_N}{I_N}$$

③ 半电压法测 R_0

如图 1-7 所示, 当负载电压为被测网络开路电压的一半时, 负载电阻 (由电阻箱的读数确定) 即为被测有源二端网络的等效内阻值。

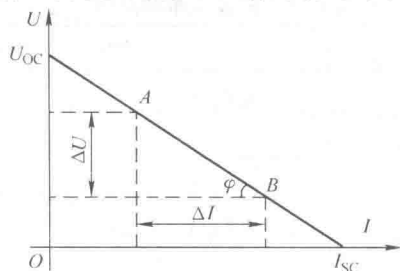


图 1-6 伏安法测 R_0

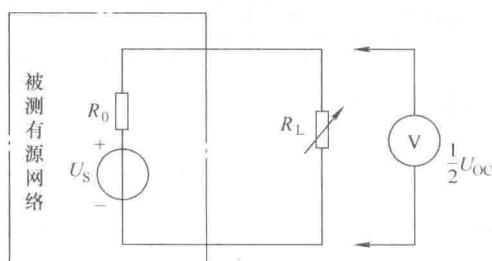


图 1-7 半电压法测 R_0

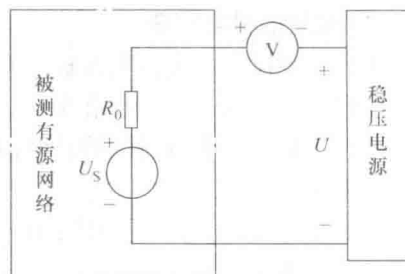
④ 直接测量法测 U_{OC}

当电压表内阻远大于网络内阻时，可直接用电压表或万用表电压档测量之。

⑤ 零示法测 U_{OC}

在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时，用电压表直接测量会造成较大的误差。为了消除电压表内阻的影响，往往采用零示法测量，如图 1-8 所示。

零示法测量原理是用一低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。

图 1-8 零示法测 U_{OC}

4. 实验内容与要求

1) 设计验证戴维南定理的实验电路，要求该网络：

① 至少含有 6 个或 6 个以上电阻元件，确定其电阻值（从上述元件清单中选取），其中一个作负载。

② 含有两个独立电源（电压源、电流源均可），确定其电压或电流值。

③ 含有 1 个受控源（非电专业不作要求），实验参考电路示意图如图 1-9 所示。

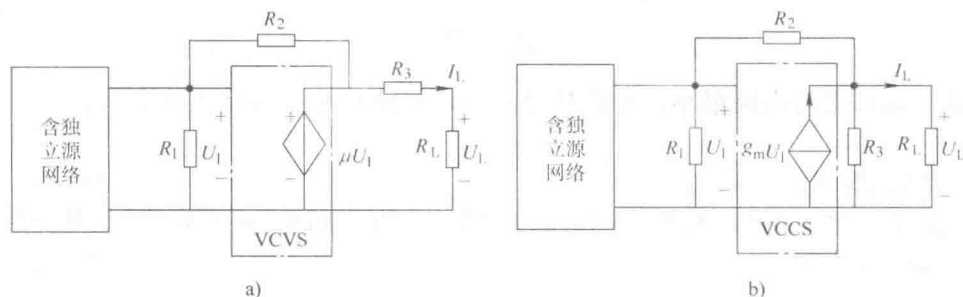


图 1-9 参考电路

④ 绘制电路图并标出参考方向。

2) 按所设计的实验电路和确定的参数接线：

① 断开负载支路，测量单口网络的开路电压 U_{OC} 。

② 测量该端口的短路电流 I_{SC} ，计算等效内电阻 R_0 ，填入表 1-10 中。

③ 当负载电阻 $R_L = 200\Omega$ 、 1000Ω 时，分别测量负载电压 U_L ，填入表 1-11 中。

表 1-10 单口网络参数

	U_{OC}/V	I_{SC}/mA	R_0/Ω
计算值			
仿真值			
测量值			

表 1-11 验证戴维南定理

负载 R_L/Ω		200	1000
原单口网络 输出电压	计算值 U_L/V		
	测量值 U_L/V		
等效电压源 输出电压	计算值 U_L/V		
	测量值 U_L/V		