

北京市高等教育精品教材立项项目

国家电工电子教学基地系列教材

# 电路基础实验

陈同占 吴北玲 摇编著  
养雪琴 张摇梅

杜普选 摇摇摇摇主审

清华大学出版社  
北方交通大学出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书是国家电工电子教学基地系列教材之一，1999年被列为北京市高等教育精品教材立项项目。书中系统地介绍了电路实验基础知识、实验一般过程、仪器使用、元器件、电子基本测量及电路的设计方法，此外还介绍了电路仿真——虚拟实验的内容。

本书除介绍基本理论和实验方法外，还配置了10个实验。这些实验有的是针对课堂教学，有的则是来源于生活，具有较强的实用性。书中还介绍了10种常见的电子仪器，以满足实验室不同配置的需要。

本书可作为大学电类电路实验教材，也可作为大学高年级学生课程设计及相关专业技术人员参考书。

版权所有 翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础实验 / 阎石等编著. —北京: 北方交通大学出版社, 1999

(国家电工电子教学基地系列教材)

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 7-313-02100-0

I. ①电... II. ①阎... III. ①电路—实验—高等学校—教材 IV. ①T315.4

中国版本图书馆CIP数据核字(99)第 01555号

责任编辑: 郭洁

印刷者: 北京东光印刷厂

出版发行: 北方交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 64670673

清华大学出版社 邮编: 100084

经销: 各地新华书店

开本: 787mm×1092mm 1/32 印张: 4.5 字数: 100千字

版次: 1999年 12月第 1版 1999年 12月第 1次印刷

印数: 5000册 定价: 8.00元

---

# 前 言

---

电路基础理论及电子技术发展到今天,已经建立起成熟的理论体系,其分析方法、解题技巧已日趋完备,计算机辅助分析、电路仿真、计算机自动化设计也越来越多地用来处理电路问题。

然而,任何一种理论,都有它的适用范围和限制条件,而且建立一种理论,不仅是为了解释自然现象和客观规律,更重要、更有意义的是利用这种理论去改造世界,造福于人类。

将一门科学技术、一种理论转化为生产力,其间都要有一个过渡过程,过渡手段就是实验(实践)。通过实验,通过理论与实践之间的磨合,就可以不断完善理论,积累实践经验,将理论进一步发展到应用。本书力求将电路理论过渡到具体应用,在理论与实践之间架起一座桥梁。

长期以来,实验都是作为理论课的辅助教学手段而设置的,其目的是为了验证理论,帮助学生加深对概念的理解,增加学习理论课的兴趣。近年来,尽管人们对实验教学环节在观念上、教学目的上有所改变,但是因受传统观念的影响,重理论、轻实验的现象在不同的方面还有所表现,较为突出的是实验体系的改革及实验内容的设置总是摆脱不了理论课的约束。本书的编写,在这方面做了一些大胆的改革与尝试。

例如,以往学生都是在实验中学习仪器、了解器件。这样做会使部分同学因只注重实验结果,忽视了对仪器的正确使用,而对接触过的器件仅能从外观上认识,谈不上实际使用。本书把仪器使用作为实验课的重点内容之一,单开实验,要求人人必须掌握。对元器件的认识,除了要了解一般特征外,还要重点掌握它们的测试方法和如何使用,在种类上也远远超出了过去在实验中出现的有限几种。本书不是从电路中认识器件,而是要求能用器件去组成电路。在实验的设置上,不追求与理论课的内容一一对应,也不在电路形式上做文章,重点在于通过实验,归纳出对电路的探讨方法和测试手段。

在使用本教材时,应注意以下几点:

——注意理论在实验中的指导作用,强调对实验结果能够做出理论分析和正确解释;

- 侧重于基本技能、测量方法、实验方法的掌握和实验经验的积累；
- 突出能力的培养和技能的训练。

本书是一本电子技术实验入门教材。在编写时,力图打破传统的实验观念,建立新的实验体系,不以验证理论为目标,重在培养大学生实验能力和技能。本书是一本将理论过渡到实践的指导书,适合大学二年级第一学期使用,内容重点放在了实验基础知识、实验基本过程、基本测量方法和电路设计方法上。另外,电路仿真作为新的实验手段引进了本教材。

本书分为 15 章。第 1 章讲述实验课的开设意义与学习方法。第 2 章介绍实验基础知识,包括用电常识、基本测量常识、实验经历过程、常见故障现象及排除方法等。第 3 章介绍电子仪器的使用,按种类分别介绍其功能、使用方法、注意事项,不涉及仪器的具体型号。第 4 章电子元器件,介绍了部分常用无源器件和有源器件的功能、用途及使用方法。第 5 章介绍电子测量方法,其中第 5.1 节介绍时域测量方法并讨论了元件参数、电路结构对系统的影响,第 5.2 节介绍频域测量方法。第 6 章介绍电路综合和电路设计,是前几章的拓展和实验的最后环节。第 7 章电路仿真,介绍虚拟实验方法,是本书引进的新的实验手段。另外,附录 A 介绍了一些常见新、老电子仪器的使用,附录 B 介绍了电路仿真软件 Multisim 的使用。

本书在各章均设置了“讨论与思考”,作为读者学完相关内容后的自我检查和知识面的拓展。实验后的思考题,能帮助实验者更好地达到实验目的。

除第 1 章外,其余各章均分为理论和实验两部分。第 1 章及各章理论内容的大部分或全部,要求学生以自学为主,实验部分在计划学时内进行。由于实验内容较多,而且又受学时的限制,所以可根据需要加以取舍,也可采用多种形式进行教学。

本书第 2~5 章、第 7 章为基本教学内容,计划 15 学时。附录 B 可根据需要作为实验内容放在第 4 章后进行(6 学时)。第 6 章的实验,可作为前面相应章节的选做内容,或在课外进行,或采用其他教学方式来完成。

本书第 1 章由陈同占编写,第 2 章由吴北玲编写,第 3 章及附录 B 由养雪琴编写,附录 A 由张梅编写。全书由陈同占主编,杜普选主审。

本书在编写过程中得到许多老师的关心和帮助,杜普选、高岩等对书稿提出了宝贵的建设性意见,闻跃为第 7 章、附录 B 的编写提供了大量资料,在此诚意致谢。

由于时间仓促、作者水平有限,书中必然会存在错误及不足之处,望读者批评指正,提出宝贵意见。

作 者 摇  
编 者 缘月

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 电路基础实验课的开设意义及目的 .....	1
1.2 本课程的学习方法及要求 .....	2
1.3 实验要求 .....	2
1.4 本课程与其他相关课程的联系和区别 .....	3
1.5 实验课的学习方法 .....	3
1.6 预习报告及实验报告的要求及编写 .....	4
1.6.1 预习报告的编写与要求 .....	4
1.6.2 实验报告的编写与要求 .....	4
1.7 讨论与思考 .....	4
第 2 章 实验基础知识 .....	5
2.1 实验室供电系统及安全用电 .....	5
2.1.1 实验室供电系统 .....	5
2.1.2 零线与保护地线的区别 .....	5
2.1.3 电子仪器的动力电引入及其信号输入输出线的连接 .....	6
2.1.4 安全用电 .....	6
2.2 基本测量 .....	6
2.2.1 电子基本测量的意义 .....	6
2.2.2 电子基本测量的范围 .....	6
2.2.3 基本测量中的几个问题 .....	6
2.3 器件的安装固定与连接 .....	7
2.3.1 器件安装固定与连接的发展过程 .....	7
2.3.2 黑白图的制作方法 .....	7
2.3.3 面包板和通用板 .....	7
2.4 测量结果的处理 .....	7
2.4.1 列表法 .....	7
2.4.2 曲线法 .....	7
2.5 故障检查与排除的一般方法 .....	7
2.5.1 常见故障 .....	7

摇摇圆缘圆排除故障的一般方法 .....	圆猿
摇摇讨论与思考 .....	圆缘
第 猿章摇摇基本电子仪器原理与使用 .....	圆苑
摇摇猿员猿概述 .....	圆苑
摇摇猿圆圆稳压电源及信号源 .....	圆苑
摇摇猿圆圆猿直流稳压电源 .....	圆苑
摇摇猿圆圆猿信号源 .....	圆愿
摇摇猿猿猿测量仪器仪表 .....	猿园
摇摇猿猿猿猿万用表 .....	猿园
摇摇猿猿猿猿晶体管毫伏表 .....	猿园
摇摇猿猿猿猿频率计数器 .....	猿园
摇摇猿猿猿猿示波器 .....	猿园
摇摇讨论与思考 .....	圆愿
摇摇实验 猿猿猿函数发生器、直流稳压电源及毫伏表的正确使用 .....	圆愿
摇摇实验 猿圆圆示波器的正确使用 .....	圆愿
摇摇实验 猿猿猿仪器性能研究 .....	圆缘
第 源章摇摇电子元件的认知与应用 .....	圆缘
摇摇源员猿无源器件 .....	圆缘
摇摇源员猿猿电阻器 .....	圆缘
摇摇源员猿猿电位器 .....	圆缘
摇摇源员猿猿特殊电阻器 .....	圆愿
摇摇源员猿猿开关 .....	圆缘
摇摇源员猿猿电容器 .....	圆愿
摇摇源员猿猿电感器及互感器 .....	圆缘
摇摇源员猿猿继电器 .....	圆愿
摇摇源员猿猿二极管 .....	圆愿
摇摇源员猿猿数码管 .....	圆园
摇摇源圆圆有源器件 .....	猿猿
摇摇源圆圆猿双极型三极管 .....	猿猿
摇摇源圆圆猿场效应管 .....	猿苑
摇摇源圆圆猿晶闸管 .....	猿苑
摇摇源圆圆猿运算放大器 .....	猿愿
摇摇源猿猿表面安装元件 .....	猿怨
摇摇讨论与思考 .....	猿怨
摇摇实验 源员猿器件识别与检测 .....	圆愿
摇摇实验 源圆圆器件特性研究 .....	圆愿
摇摇实验 源猿猿器件的应用 .....	圆愿

第 缘章 摇电路的时域测量 .....	愿袁
摇缘员 摇电路的响应 .....	愿袁
摇缘圆 摇零输入响应 .....	愿袁
摇缘猿 摇零状态响应 .....	愿原
摇缘源 摇完全响应 .....	愿原
摇缘缘 摇暂态响应及暂态响应波形的观测方法 .....	愿缘
摇缘远 摇一阶 砸兑电路研究 .....	愿远
摇缘苑 摇一阶 砸兑时间常数的测量 .....	愿远
摇缘愿 摇一阶 砸兑积分电路 .....	愿忠
摇缘怨 摇一阶 砸兑微分电路 .....	愿园
摇缘园 摇二阶 砸兑电路的时域特性 .....	愿园
摇缘员 摇二阶 砸兑串联电路的响应 .....	愿员
摇缘圆 摇二阶 砸兑串联电路的状态轨迹 .....	愿猿
摇讨论与思考 .....	愿源
摇实验 缘员 摇一阶 砸兑电路的研究 .....	愿缘
摇实验 缘圆 摇二阶 砸兑电路的响应与状态轨迹 .....	愿远
第 远章 摇电路的频域测量 .....	愿怨
摇远员 摇网络函数 .....	愿怨
摇远圆 摇策动点阻抗的测量 .....	愿园
摇远猿 摇传输电压比的测量 .....	愿员
摇远源 摇逐点描绘测量法 .....	愿员
摇远缘 摇频率特性测试仪测量法 .....	愿园
摇远愿 摇电平的概念 .....	愿园
摇远怨 摇频率特性曲线的绘制 .....	愿源
摇远园 摇 砸兑串联谐振电路的测量 .....	愿源
摇远员 摇串联谐振电路谐振频率和品质因数的测量 .....	愿源
摇远圆 摇谐振曲线和通频带的测量 .....	愿缘
摇讨论与思考 .....	愿远
摇实验 远员 摇策动点阻抗的测量 .....	愿远
摇实验 远圆 摇一阶 砸兑电路频率特性的研究 .....	愿苑
摇实验 远猿 摇二阶 砸兑电路频率特性的研究 .....	愿怨
第 苑章 摇实验综合与电路设计 .....	愿员
摇苑员 摇概述 .....	愿员
摇苑圆 摇实验综合 .....	愿员
摇苑猿 摇实验综合的意义 .....	愿员
摇苑源 摇实验综合任务 .....	愿园

摇摇苑圆瑶实验综合方法 .....	员圆
摇摇苑圆瑶电路设计 .....	员猿
摇摇苑圆瑶电路设计的一般步骤 .....	员源
摇摇苑圆瑶选题立项 .....	员源
摇摇苑圆瑶制订方案 .....	员源
摇摇苑圆瑶电路设计 .....	员缘
摇摇苑圆瑶搭接实验电路 .....	员怨
摇摇苑圆瑶测试调整 .....	员起
摇摇苑圆瑶设计实例 .....	员起
摇摇苑圆瑶直流稳压电源设计 .....	员起
摇摇苑圆瑶加法器设计 .....	员猿
摇摇苑圆瑶讨论与思考 .....	员源
摇摇苑圆瑶仪器内阻对测量的影响 .....	员源
摇摇苑圆瑶特殊(幅度、频率)信号的测量 .....	员缘
摇摇苑圆瑶-远端月衰减器的设计与实现 .....	员远
摇摇苑圆瑶可变电阻网络设计与实现 .....	员远
摇摇苑圆瑶整流电路研究 .....	员苑
摇摇苑圆瑶数码管的测试与应用 .....	员苑
摇摇苑圆瑶继电器的测试与应用 .....	员愿
摇摇苑圆瑶整流与滤波电路的研究与设计 .....	员怨
摇摇苑圆瑶-员圆移相器的设计实现 .....	员怨
摇摇苑圆瑶音频分路电路的设计与实现 .....	员起
摇摇苑圆瑶接收机接收电路设计 .....	员起
摇摇苑圆瑶波形转换电路的设计与实现 .....	员起
摇摇苑圆瑶缘缘芯片输出波形的观测及振荡频率的确定 .....	员起
摇摇苑圆瑶基本运算单元电路的设计与实现 .....	员起
摇摇苑圆瑶反相器与比较器电路的设计与实现 .....	员猿
摇摇苑圆瑶波形产生及波形转换电路的设计 .....	员猿
摇摇苑圆瑶四路直流稳压电源的设计与实现 .....	员源
摇摇苑圆瑶猿位半数字电压、电流表的设计与实现 .....	员源
第 愿章摇摇电路仿真 .....	员缘
摇摇愿员瑶用虚拟工作台方式仿真电路 .....	员缘
摇摇愿圆瑶直流工作点分析 .....	员苑
摇摇愿猿瑶交流分析 .....	员愿
摇摇愿源瑶瞬态分析 .....	员怨
摇摇愿缘瑶参数扫描分析 .....	员起

实验 直流小信号传递函数分析 .....	页码
实验 零极点分析 .....	页码
实验 直流电路分析 .....	页码
实验 电路的时域分析 .....	页码
实验 电路的频率特性 .....	页码
附录 常见仪器的使用说明 .....	页码
粤 型万用表 .....	页码
粤 功能简介 .....	页码
粤 技术指标 .....	页码
粤 面板图及说明 .....	页码
粤 使用方法及注意事项 .....	页码
粤 型万用表 .....	页码
粤 功能简介 .....	页码
粤 技术指标 .....	页码
粤 面板图及说明 .....	页码
粤 使用方法及注意事项 .....	页码
粤 在 型旋转式电阻箱 .....	页码
粤 技术指标 .....	页码
粤 面板图及说明 .....	页码
粤 使用注意事项 .....	页码
粤 再 型功率函数发生器 .....	页码
粤 功能简介 .....	页码
粤 技术指标 .....	页码
粤 面板图及说明 .....	页码
粤 使用方法及注意事项 .....	页码
粤 再 型函数发生器 .....	页码
粤 功能简介 .....	页码
粤 技术指标 .....	页码
粤 面板图及说明 .....	页码
粤 再 函数信号发生器 .....	页码
粤 功能简介 .....	页码
粤 技术指标 .....	页码
粤 面板图及说明 .....	页码
粤 使用方法 .....	页码
粤 型低频信号发生器 .....	页码
粤 功能简介 .....	页码
粤 技术指标 .....	页码



# 第 1 章 绪 论

**提要** 本章简要介绍了开设实验课的意义、任务、特点及学习方法，明确了预习、实验、总结三个阶段的任务并提出了要求，这些内容对本书的学习有指导意义。

## 1.1 电路基础实验课的开设意义及目的

电路基础实验是进入技术基础课学习阶段后的第一门实验课。它以应用理论为基础、专业技术为指导，是一门操作性很强的课程，并侧重于理论指导下的实践、技能的培训及综合能力的提高，旨在将所学理论过渡到应用，为后续实验课、技术基础课、专业课的学习及今后的工作打下一个良好的基础。

从中学到大学，同学们已习惯了课上听老师讲，课下消化、完成作业的学习方法，并逐渐学到了理论课教师的思维方式和处理问题的方法，具有了理论知识的求知欲和接受知识的主动性、自觉性。但在学习理论和完成作业的同时，可能会有这样的疑问：现在所学的知识究竟用在哪里？可以解决哪些实际问题？电路基础实验课的开设，其目的就是为大家提供一把打开这些疑问之门的钥匙，同时为改造自然、开拓未来的事业打下坚实的基础。

由于本课与理论课关系密切及历史原因，在传统观念的影响下，该课的开设意义及其重要性容易被人们忽视。但社会用人单位反馈的信息告诉我们，只重视理论而轻视实验、放松能力的培养，往往与社会的需求不相适应。因此，这一问题逐渐被高等学校所重视，并采取了相应措施及教学改革，不断改进和加强实践教学环节，使学生的动手能力得到更好的培养。

进入 21 世纪，人们已生活在市场经济体制社会中。在市场经济体制下，一个人的综合能力、创新能力的强弱显得更为突出。同学们将来要在社会上找到自己的位置，取得施展抱负、获得成功的一席之地，单凭扎实的理论基础还不够，还必须具有一定的实践经验和动手能力，而这些能力在进入社会之前就应打下一定基础。实验课就是围绕着能力的培养而设置的，为的是当同学们走上社会时赢得主动，尽快适应新环境，进入新角色，使自己多年的抱负变为现实。

电路基础实验是实际能力及技能培养教学环节的入门课程，它的开设有别于中学及大学物

理中的实验，已不再只是为了巩固理论知识、验证某个定理，或者观察几个电路的功能是否与理论一致，而是侧重于在实验室这个模拟现场的环境里，逐步学会运用从书本中学到的理论知识，去培养分析、解决实际问题的能力，了解将理论转化为生产力的各个环节和过程。

电路基础实验既然是入门课程，那么同学们在本课学习中就不要期望有什么惊人的事情发生，自己的努力也未必能取得令人振奋的成果；相反，大家接触到的多为一些简单的、基本的、甚至有点枯燥、教条的内容。但这是未来工程师所必须具备的，对开始涉足工程问题的初学者来说，这些都是最基础的、非常重要的，也是最容易出错的问题。本课中遇到的、要解决的就是这些表面上看似很简单、很教条的问题，但它们却是今后工作道路上的铺路石，是通往成功之路的先决条件。

本课要讨论并要求掌握的内容有以下几个方面：

- (员) 实验室基本常识；
- (圆) 电子仪器的正确使用；
- (猿) 常见电子器件的识别与应用；
- (源) 基本电子测量方法；
- (缘) 实验结果的分析与数据处理；
- (远) 实验报告的撰写；
- (苑) 严谨的科学实验态度及良好的操作习惯；
- (愿) 善于发现问题、分析问题、解决实际问题的能力。

通过以上诸方面的学习，使同学们对实验的意义有一个正确认识，在实验方法、技巧及综合动手能力方面得到锻炼，并初步掌握如何运用所学理论知识去指导具体操作，了解进行实验要经历哪些步骤，对理论与实践的关系建立起一定的感性认识，掌握实验报告的撰写方式等，以便为后续实验课的学习及今后的工作奠定良好的基础。

## 圆 圆 圆 本课程的学习方法及要求

实验课的学习有别于理论课。为了学好本课，掌握一个好的学习方法、养成良好的学习习惯是必要的，同时按照一定的要求去做也是必须的。

### 1.2.1 实验要求

实验课与其他理论课相比，具有自己的特殊性。一是受环境的限制。该环境是由实验室空间、室内设备及实验秩序构成，实验环境的好坏，直接影响着实验课的开设及教学效果。二是操作性强。实验课除了面对课堂和书本外，还要面对各种各样的仪器。要想完成学习任务、达到实验目的，首先需要了解这些仪器的功能、特点，熟悉它们的操作规程，掌握正确的使用方法。要做到这点，同学们必须多接触仪器，通过实际操作，不断地积累经验，以掌握正确的使用（测量）方法和技巧。

由于上述这些特点，同学们在学习本课时要做到：

- (员) 不得缺勤、迟到；
- (圆) 自觉地维护实验室秩序，保持一个良好的实验环境；
- (猿) 要做到脑勤、手勤，既动手又动脑，要先想到、后手到，避免盲目操作；
- (源) 实验中要胆大心细，不断积累实践经验；
- (缘) 认真对待实验课的各个教学环节，养成良好习惯；
- (远) 要遵守实验室制订的一切规章制度。

实验中对胆大心细的要求是为了防止两种倾向：一是当对仪器的使用还不熟练时，面对着各种仪器和仪器上的各种旋钮、开关、按键，感到无从下手，具有害怕心理，怕万一操作不当会损坏仪器；或者是调出了一个结果，虽不理想，但不敢进一步做调整，怕把这个不理想的结果丢掉。这些都是对仪器还不熟悉、操作不熟练的表现，此时就需要大胆地按照操作规程及基本要求去进行操作、调整，以便尽快地熟悉并掌握仪器；如有困难，可在指导教师的帮助下进行。二是要心细，就是要求在仪器的调整及实验的操作过程中不要盲动，对每一步操作要有目的，对每项测量要做到心中有数，以免造成不良后果。

另外，在学习过程中还要摆正并处理好以下几个关系。

#### 员 获取数据与仪器的正确使用

在实验中，获取正确的实验数据是大家都比较关心的，但掌握仪器的正确使用更为重要。如果仪器能够正确使用，就不难得到正确的实验数据；相反，如果仪器的使用没有真正掌握，虽本次实验可能获得正确数据，但下次不一定也能获得，现在获得了，将来并不一定能获得。

#### 圆 实验结果与实验方法

在对待实验结果与实验方法的关系中，应侧重实验方法的掌握。要看到所做的每个实验都是教学手段，掌握实验的方法、得出某种结论和规律才是目的。每次实验取得成功固然重要，但更重要的是掌握成功的方法，不要认为得到了实验结果就算完成了实验任务。

#### 猿 个体表现与普遍规律

在学习仪器使用时，不可能将所有种类、所有型号的仪器一一讲述，学习器件、考察电路及研究电路特性时也是如此。因此，要善于从个体表现中总结出普遍规律，举一反三，只有这样，才能在有限的学时内掌握更多的学习内容。

#### 源 一般方法与特殊情况

实验课上介绍的多为一般方法，具有普遍性和指导性。涉及具体问题时，可能会遇到特殊情况。此时如果能对所学方法灵活运用，具体问题具体分析，就会取得事半功倍的效果。

#### 缘 成功与失败

实验时，有时会很顺利，有时却不然。可能会走弯路或碰到这样那样的问题，甚至经过一切努力，最后发现结果却是错误的。此时应认识到：目前的成功与失败并不重要，重要的是关注成功与失败的经验。实验失败了，只要认真总结经验，找出失败原因，就可以避免以

后不犯同样的错误。因此，对待每次实验都要实事求是，认真对待每一实验过程和保持真实的原始数据，这样才能总结出成功的或失败的经验，才能从成功或失败中有所收获，达到实验的真正目的。

## 1.2.2 本课程与其他相关课程的联系和区别

### 1.2.2.1 与物理实验的联系与区别

物理实验的开设目的在于丰富教学形式，活跃教学气氛，加深概念理解及培养严谨的科学态度，在实验过程中强调操作要认真、观察要细心、测量结果要准确。只有这样，所得的实验结果才能和理论保持一致或有新的发现。因此，对物理实验这一教学环节的要求是一丝不苟的，这也是学习基础理论学科应具有的科学态度。不过，设计型、应用型的实验，在工科的物理实验中也正在不断地受到重视。

“电路基础实验”属于工科范畴，除应具有严谨的科学态度外，还应注重其实用性，要多从工程的角度去处理问题。如测量精度的处理，在物理实验中，为了得到准确的结果，常采用多次测量求平均值的方法来排除随机误差，以提高测量准确度；而在电路基础实验中，从工程的角度考虑，仅需满足使用要求——达到一定的测量精度就够了（自动测量除外），处理的多为一次性测量误差，有时甚至不需要得出具体值，只要观察到有无信号即可，如检查故障及定性分析。因此，电路基础实验强调的是正确的实验（测量）过程及用工程观点处理问题的方法。

需要注意的是：从工程角度处理问题并不等于粗枝大叶，不要精度，而是强调不要把精力、时间过多地花费在使用价值不大的追求高精度上，因为高精度是要高投入的。一旦实验环境、实验条件确定之后，如何利用现有设备，提高测量精度并确保实验准确无误，也是本课研究的问题之一。

### 1.2.2.2 与理论课的联系与区别

“电路基础实验”与“电路分析”课有着密切的联系。“电路分析”是“电路基础实验”课的理论基础，一般为先修课，但前者的逻辑思维方式、处理问题的方法及解决问题的手段与后者有着很大不同。

一般理论课采用的思维方式、研究对象，是探讨问题在理论上的可行性及如何解决这些问题的方法。处理问题时往往是把一个复杂的问题简单化、理想化、抽象化，突出主要矛盾，忽略次要矛盾，解决问题时多以数学为工具（仿真软件的应用也是建立在数学模型上的）。

实验课采用的思维方式、研究对象，则是如何把一个成熟的理论、一个设计方案付诸实施，注重的是系统的实用性、可靠性等。处理问题时考虑的是各种因素的共同影响，讲究的是整体效果，面对的是问题的客观性、具体性，解决问题的工具是各种仪器设备，目前更为关注的是利用实验手段来分析问题、处理问题的过程和方法。

下面的两个例子，可以说明理论课和实验课在处理同一问题时所表现出的差别。

【例 1-1】将两个电阻  $R_1$ 、 $R_2$  串联起来，加上电压  $U$ ，求  $R_2$  上的电压  $U_2$  值，如图 1-1 所示。

分析：通过理论计算可得  $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ 。

将图中的元件换成与之对应的器件，并用仪表测量可得  $U_2$  值。

仪表的引入除了仪表的测量误差之外，还在于理论计算时元件的值为“真值”，而在实验室中所用器件值只是它的标称值，标称值与真值之间总是存在一定误差。

上例说明，在理论上两个事件可以做到完全相等，但在客观现实中完全相等的两个事件是不可能存在的。所谓相等，只是它们在某种程度上的近似。掌握这一点，对大家今后的工作会有帮助。

【例 1-2】有一个含有受控源的电路，如图 1-2 所示。

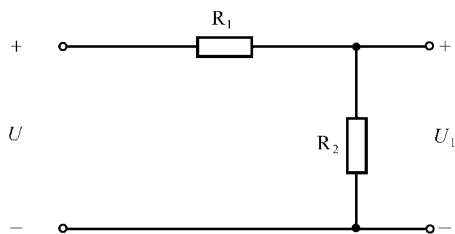


图 1-1 串联分压电路

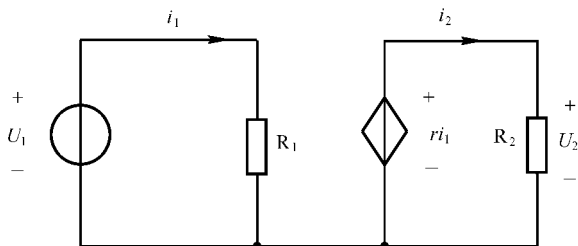


图 1-2 含受控源电路

分析：通过计算受控源上的功率，会发现该功率为负值，这说明受控源与独立源具有相同的性质，即可认为  $R_2$  上的功率是由受控源提供的。

利用受控源的性质，会对电路进行理论分析或定量计算带来很大方便，使原本不易解决的问题变得简单，尤其是在对电路进行交流分析时。

事实上，受控源只是从三极管、场效应管及运算放大器这样一些有源器件中抽象出来的一种元件，而这些有源器件因内部结构，决定了它们并不具有把化学能或其他能转化为电能的能力；相反，它们在实际的电路工作时，还要消耗一定的电能。

那么，受控源对外提供的功率及三极管、场效应管等自身功耗是从哪里来的？事实上，这些能量都是由维系电路正常工作的直流电源提供的，只不过在求解【例 1-2】时，直流电路没有必要考虑罢了，这也正是理论课解决问题时突出主要矛盾常采用的方法。

在实验室里，情况就不同了。若想知道  $R_2$  上的功率，直流条件（供电电源）、交流条件（输入激励）必须同时具备，否则电路就不能工作，更谈不上对电路进行测量。

该例从另一个角度，反映了理论课与实验课在处理问题上的不同。只有注意到并掌握了这种不同，在用两种不同的方法（理论与实验）分析同一个问题时才会得到一致的结果，

使用有源器件时也不至于犯不加直流电源的错误。

### ㉒ 与仿真软件的联系与区别

使用电路仿真软件可以进行虚拟电路实验，给同学们的理论课学习提供了更接近理想的教学环境。可以说，电路仿真软件是一种很好的学习工具。

另一方面，不管是在系统的前期设计中，还是在后期电路参数的调整中，电路仿真软件的使用都会给开发者带来很大益处。它既可缩短产品的开发周期，又可节省大量的硬件费用开支，因此也是工程技术人员的有利帮手。在进入实验室之前，先对要做的实验进行仿真，可预知实验结果、了解实验的各个过程，这样会对此次实验起到事半功倍的作用。

但是，有些工作目前乃至将来也不可能在仿真软件上进行，如分布参数的影响、集中接地问题、电磁兼容及器件标称值对电路的影响等。这方面的工作还必须在实验室中，通过搭接实际电路，再经过实际测量才能完成。因此，仿真软件可以帮助同学们了解电路的工作过程，确定系统的可行性，但解决不了工艺问题，代替不了技能训练；仿真结果不能当成真实的实验结果，虚拟仪器的使用也代替不了电子仪器的实际操作。了解这些很重要，否则在实验课的学习中会产生喧宾夺主的认识，重仿真，轻实际操作，这是不科学的。

## 1.2.3 实验课的学习方法

当对实验课开设的必要性和重要性有了一定的认识后，接下来针对实验课的特点，寻找一种有效的、适合学习本课的方法是有益的。

为了学好实验课，一般应注意并做到以下几点。

### ㉓ 端正学习态度，明确实验目的

要真正理解开设实验课的意义，认识到作为工科学生，不仅需要有广博的理论知识，而且还需要有较强的实际动手能力，这是当今社会的需要。因此在实验课的学习过程中，应积极主动，不能只凭一时兴趣，或敷衍了事、投机取巧。

### ㉔ 学习方法

实验课的学习一般分为三个环节：课前预习、课上操作、课后总结，每一个环节都有其明确的任务和目的。

#### 员) 课前预习

预习的任务就是要弄清实验内容、实验目的、实验方法、实验要求及注意事项。根据实验要求进一步制订出实验方案、实验步骤、测量数据的记录格式，还应通过理论分析、仿真，对实验结果做到心中有数，以便在实验中能及时发现问题以保证实验结果的正确性及理论与实际之间的“一致性”。预习的好坏直接影响着实验的成功与否及实验效果的好坏。

#### 圆) 课上操作

课上操作的任务是将预定方案付诸实施的过程。在此过程中，一是完成实验任务，二是锻炼实验能力并养成一个良好的工作习惯，同时逐渐积累实践经验。因此在该过程中，要做到脑勤、手勤，善于发现问题、思考问题并解决问题；对实验中出现的问题（成功或失

败)、原始测量数据做详细记录。另外还应认识到:课上操作完成某一实验内容只是一种手段,提高综合实际动手能力、养成良好的工作作风、培养善于发现问题及思考问题的习惯、锻炼应变能力才是本课的目的。

### 猿) 课后总结

课后总结这一教学环节有两个中心任务:一是对前两个环节的最后评估,一般以实验报告或论文的形式给出;二是提高撰写实验报告或科技论文的能力。总结要做的具体工作是:明确实验目的,掌握巩固实验方法原理,对原始测量数据进行整理,对实验结果进行分析,对实验方法进行归纳改进并找出实验成功、失败的原因。在某次实验中,可能会出现这样那样的问题,最终导致实验结果不理想;但通过总结,找出了原因(如操作上的失误,忽略了某些条件、因素等),实验的目的还是可以达到的。因此,总结是一个非常重要的环节,是收获的一环。

### 肆) 在实验中注意发挥理论知识的指导作用

应意识到,进行的每个实验都是有其理论基础和目的的,因此,实验前应对实验原理、电路的工作特性进行理论分析,制订出合理的实验方案。在实验出现问题时,应静下心来注意用所学的理论知识去解释、分析实验现象,从而找出解决问题的适当措施。在原因未查明之前,不要盲目操作。虽然盲目操作有时也能得到实验结果,但这样做不利于经验的积累及能力的提高。

### 伍) 经验积累

要把实验进行中发生的一些事情认真总结,找出规律,总结经验;实验完成后要对实验结果进行理论分析,并通过与理论值比较,发现两者之间的差异,找出原因,得出结论。

需要注意的是,寻找规律时,要全面地看问题,不要只根据某一现象就下结论。与理论值进行比较不仅仅是计算它们之间的误差,更重要的是通过误差分析得到实质性的结论(如理论上的、规律性的结论等)。分析原因时,也不能只做出像“仪表误差”、“系统误差”、“随机误差”等这样的宏观定论,应该深入到问题本质,找出具体的原因。这样的要求对经验还不丰富的实验者来说,开始有一定难度,但这是成功完成实验的基本要求。只有这样,经验才能不断地积累,实验的真正目的才能达到,分析问题解决问题的能力才能提高,得出的实验结论才有价值,并对今后的实验、工作有帮助,有指导作用。

## 摇摇摇 预习报告及实验报告的要求及编写

实验课表面上是一门以实际操作为主的课程,但课前的准备及课后的总结也是不可忽视的。准备充分,实验才能顺利进行;认真总结才能获得最大收获。

### 1.3.1 预习报告的编写与要求

为了做好课前预习,最好的方式是写出预习报告。