



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 实验电子技术

王振宇 主编 李香萍 沈 艳 副主编



nei.com.cn



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 实验电子技术

王振宇 主 编  
李香萍 沈 艳 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书根据学生应掌握的电子科学实验的基本理论、技术方法和在实验中经常遇到的实际问题等方面,从理论和具体操作方法上由浅入深进行介绍。内容包括:第一部分,实验的基本知识;第二部分,电子仪器的基本原理和使用方法;第三部分,实验操作技术(实用电子测量技术、电子实验技术、实验数据的采集和处理);第四部分,电子电路设计的基本方法;第五部分,引入当前的新技术(EDA技术),介绍了EWB和MAX+PLUS II的使用方法;第六部分,实验室操作,安排了基本训练型、验证型、设计型和综合型共38个实验。

本书将电路分析基础、模拟电子基础、数字电路等几门基础课的实验内容统筹考虑,按基础课实验的教学体系进行安排,便于科学系统地培养学生的实验能力和技巧;同时也适合开放实验室的学生自学。本书可以作为电子类、电气类及相近专业本科生的电子技术基础课实验的教材,也可作为电子大赛及从事电子技术的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

实验电子技术/王振宇主编. —北京:电子工业出版社,2004.2

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-5053-9379-0

I.实… II.王… III.电子技术—实验—高等学校—教材 IV.TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 001732 号

责任编辑:章海涛 王羽佳

印 刷:北京大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:19.5 字数:431 千字

印 次:2004 年 2 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:24.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材，是按电子类专业技术基础课实验教学体系的建设思路 and 教学大纲编写的。

本书的编写是以实验研究方法为主线，以科学实验研究所运用的实验技术为主要内容，按照实验是什么、为什么、干什么、怎么干的逻辑思维体系和实验的构成要素（主体、手段、对象和目的）为教材内容展开。电子电路形式繁多，功能各异，不可能让学生一一去做，只能在有限的教学时间内，通过个别典型电路的实验作业，培养学生掌握电子技术的科学实验规律、实验技术、测量技术等实验研究的方法，使其具有独立实验研究的能力，以便在未来的工作中开拓创新。

同时，为了有效、合理地利用有限的学时，踏踏实实地提高学生的科学实验研究能力和素质，避免分设实验课带来的实验内容重复（如仪器使用方法，每门课实验都要讲，都要做，但最终学生并没有真正掌握仪器原理、特性和正确使用的方法，出现只会做已学过的、有限的实验内容的尴尬局面），将电子技术科学实验所涉及的知识（包括：元器件认识、测量，仪器原理及使用，测量技术，组装与调试技术，故障分析，实验数据处理等）系统起来加以介绍，让学生从大一开始就感性接触并认识电路元器件和电信号，并以电路分析基础、模拟电子线路和数字电路等基础课的实验作为研究的介质和载体，全面、系统地向学生介绍电子科学实验的理论、技术、方法和技巧，组成较为系统的“电子技术基础课实验教学体系”，作为电子实验教学体系的第一阶段，即基础阶段的科学实验培训。

为了全面介绍科学实验研究的技术方法，在加强传统的直接实验方法的同时，力求使学生尽快掌握当前先进科学技术，即电子设计自动化（EDA）技术的新手段、新工具和新方法，将计算机仿真实验引入到实验教学。作为入门，本书介绍了 EWB、MAX + PLUS II 的使用方法，为今后进一步深入学习打下基础。

本书的定位是：对学生进行系统的科学实验基础培养和全面提高学生的知识、能力、素质，使学生在校期间就基本具备高级电子技术人才的基本素质。书中根据多年来进行实验教学改革所取得的经验、体会，把实验研究方法 with 技巧，结合学生实际情况和水平，与理论知识有机地紧密结合起来，以达到这样的目的：除了使没有真正进行过电子技术实验的学生，通过实验培训，能够加深对电路理论知识的理解和掌握外，更主要的是学习和掌握科学实验的研究方法，学会运用理论和实验两种研究方法分析、解决实际问题。

本书在第一版的基础上进行了扩充和改编，针对学生的实际情况，将教学和实验内容安排为四个层次，对学生进行系统培养。

- 基本认识：加强对元件、测量和电参量测量以及仪器等的基本知识的初步认识。本阶段的主要任务是：掌握电子元器件的特性和选用方法，各种波形的测试等，特别是常用电子仪器，从框图级理解其结构原理的基础上，达到真正掌握其使用，并融会贯通，会使用其他型号的仪器，为以后的实验研究打下基础。
- 基本实验：纳入电路分析基础的实验内容，作为科学实验的基础培训，让学生掌握电子实验的基本规律和方法，实验报告的书写等。
- 设计性实验：随着模拟、数字电路课程的开设和进程，进行以单元电路设计为主的设计性实验的内容。本阶段是重点，主要任务是：学习用实验研究的方法研究电子电路的特点、作用和用途，学习电路的测量、组装、调试、故障分析和排除等各种技术方法，以达到对电子电路从设计到实验都能独立完成的要求。
- 最后开设综合设计型实验（课程设计），给学生以发挥才智，进行开拓创新的空间和机会。书中所有实验电路均经过多年教学实践和学生实验验证过。

本书在编写中主要依据教学体系建设需要，也充分考虑了各种教学模式和不同层次学生的需要和使用。比如，对于开放式教学模式的技术理论部分以自学为主，作为解决实验中各种实际问题的参考书。实验内容由浅入深地进行安排，实验方法步骤和要求开始作为范例，写得较为详细，后面的只提要求，让学生自行设计实验方案，独立完成实验。而且每个实验都给出了参考电路，既可进行验证实验，也可作为电路形式的参考，自行设计，进行设计性实验，只是根据不同情况，按不同要求进行而已。在时间安排上，可与相应理论课同步，能滞后一定的时间更好。但最好能按实验体系的教学规律统筹安排，既保证了与理论课相互呼应，又使学生同时掌握理论和实验研究两种分析方法，从而真正发挥出实验教学的作用和优势。

全书共分8章，“电路分析基础”部分和基础知识的内容由沈艳高级工程师编写，“模拟电路”部分由王振宇副教授编写，“数字电路”部分由李香萍工程师编写。王振宇为主编，负责全书的体系结构、组稿、定稿和其他组织工作。恒庆珠、李惠敏等同志也参与了部分工作。

本书在编写过程中得到天津大学教务处以及电子信息工程学院、自动化学院等单位的关怀和支持。教务处处长、博士生导师滕建辅教授和信息学院院长、博士生导师戴居丰教授作为本书主审，仔细认真地审阅了全书并提出了许多宝贵意见。电信学院李坦教授及自动化学院郑道明副教授等给予了热情支持，并提出了许多修改意见。同时，本书也得到电子工业出版社的大力支持和帮助。在本书出版之际，谨向他们致以最诚挚的谢意。

实验教学体系及其教材编写尚属一种尝试，限于编者水平，难免有错误和不妥之处，恳请读者给予批评指正。

编 者

2004年1月于天津大学

# 目 录

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <b>第 1 章 概论</b> .....        | ( 1 )  |
| 1.1 科学实验与实验技术 .....          | ( 2 )  |
| 1.1.1 实验的定义.....             | ( 3 )  |
| 1.1.2 实验的三大特征原则.....         | ( 3 )  |
| 1.1.3 实验与实验方法类别.....         | ( 4 )  |
| 1.1.4 实验技术.....              | ( 5 )  |
| 1.2 电子技术实验 .....             | ( 7 )  |
| 1.3 电子线路实验的一般程序 .....        | ( 9 )  |
| 1.3.1 电子线路实验一般程序及要求.....     | ( 9 )  |
| 1.3.2 实验规则.....              | ( 10 ) |
| 1.4 如何书写实验报告 .....           | ( 11 ) |
| 1.5 实验基础知识 .....             | ( 13 ) |
| <b>第 2 章 电子实验的技术装备</b> ..... | ( 15 ) |
| 2.1 电子仪器简介 .....             | ( 16 ) |
| 2.2 直流稳压电源原理及使用 .....        | ( 17 ) |
| 2.3 信号发生器的原理及使用 .....        | ( 19 ) |
| 2.4 示波器原理及使用 .....           | ( 22 ) |
| 2.5 电子电压表 .....              | ( 37 ) |
| 2.6 万用表的原理及使用 .....          | ( 38 ) |
| 2.6.1 模拟万用表.....             | ( 39 ) |
| 2.6.2 数字万用表.....             | ( 40 ) |
| 2.7 晶体管特性图示仪原理及使用 .....      | ( 42 ) |
| 2.8 数字逻辑仪 .....              | ( 48 ) |
| <b>第 3 章 实用电子测量技术</b> .....  | ( 51 ) |
| 3.1 电子测量技术 .....             | ( 52 ) |
| 3.2 电子元件的识别与测量技术 .....       | ( 53 ) |
| 3.2.1 电阻器.....               | ( 53 ) |
| 3.2.2 电容器.....               | ( 57 ) |
| 3.2.3 电感器.....               | ( 60 ) |
| 3.3 分立有源器件参数的测量技术 .....      | ( 61 ) |

|            |                          |       |
|------------|--------------------------|-------|
| 3.3.1      | 用模拟万用表电阻挡进行粗测·····       | (61)  |
| 3.3.2      | 利用数字万用表测量晶体管的方法·····     | (63)  |
| 3.3.3      | 场效应管的测量·····             | (64)  |
| 3.3.4      | 利用JT-1图示仪测量·····         | (65)  |
| 3.4        | 集成电路参数的测量技术·····         | (65)  |
| 3.4.1      | 集成运算放大器的特点及使用注意事项·····   | (65)  |
| 3.4.2      | 运算放大器参数的测量·····          | (67)  |
| 3.4.3      | 数字集成电路的测量·····           | (70)  |
| 3.5        | 基本电参量的测量技术·····          | (71)  |
| 3.5.1      | 电压测量·····                | (71)  |
| 3.5.2      | 电流测量·····                | (74)  |
| 3.5.3      | 波形参数测量·····              | (75)  |
| 3.5.4      | 电平的概念·····               | (77)  |
| 3.6        | 模拟电路指标的测量技术·····         | (79)  |
| <b>第4章</b> | <b>电子实验技术</b> ·····      | (89)  |
| 4.1        | 实验方案设计与共地问题·····         | (90)  |
| 4.2        | 电路组装技术·····              | (92)  |
| 4.3        | 模拟电路的调试技术·····           | (93)  |
| 4.4        | 数字电路系统的调试技术·····         | (99)  |
| 4.5        | 模拟电路故障检测与诊断技术·····       | (101) |
| 4.6        | 数字电路常见故障及分析·····         | (106) |
| 4.7        | 自激、噪声干扰及其抑制技术·····       | (109) |
| <b>第5章</b> | <b>实验数据的采集与处理</b> ·····  | (117) |
| 5.1        | 实验数据的采集·····             | (118) |
| 5.2        | 实验数据的处理·····             | (119) |
| 5.3        | 误差及误差分析·····             | (122) |
| <b>第6章</b> | <b>电子电路设计的基本方法</b> ····· | (127) |
| 6.1        | 工程设计的一般程序·····           | (128) |
| 6.2        | 模拟电子电路的工程设计·····         | (129) |
| 6.2.1      | 单级晶体管放大电路的设计方法·····      | (129) |
| 6.2.2      | 差分放大器的设计·····            | (132) |
| 6.2.3      | 功率放大器的设计·····            | (134) |
| 6.3        | 集成运算放大器电路的设计方法·····      | (137) |
| 6.3.1      | 集成运放电路的设计程序·····         | (137) |
| 6.3.2      | 反相放大器的设计·····            | (138) |
| 6.3.3      | 同相放大器的设计·····            | (139) |
| 6.3.4      | 积分器的设计·····              | (139) |
| 6.3.5      | 电压比较器设计·····             | (140) |

|              |                                   |              |
|--------------|-----------------------------------|--------------|
| 6.3.6        | RC 正弦波振荡器的设计 .....                | (141)        |
| 6.3.7        | 方波发生器的设计 .....                    | (142)        |
| 6.3.8        | 方波—三角波发生器的设计 .....                | (143)        |
| 6.3.9        | 有源滤波器的设计 .....                    | (144)        |
| 6.3.10       | 单电源供电的交流放大器 .....                 | (147)        |
| 6.3.11       | 模拟电路系统的设计方法 .....                 | (148)        |
| 6.4          | 数字系统单元电路的设计方法 .....               | (148)        |
| 6.4.1        | 常用数字集成电路的功能和典型应用 .....            | (149)        |
| 6.4.2        | 常用集成电路的使用规则 .....                 | (173)        |
| 6.5          | 数字系统单元电路的设计方法 .....               | (175)        |
| 6.6          | 数字电路系统的设计 .....                   | (179)        |
| 6.6.1        | 数字系统概述 .....                      | (179)        |
| 6.6.2        | 数字电路系统的设计方法 .....                 | (179)        |
| <b>第 7 章</b> | <b>计算机仿真实验技术 .....</b>            | <b>(189)</b> |
| 7.1          | 电子工作台及其使用方法 .....                 | (190)        |
| 7.1.1        | EWB 主窗口简介 .....                   | (190)        |
| 7.1.2        | EWB 的使用方法 .....                   | (195)        |
| 7.1.3        | EWB 使用举例 .....                    | (204)        |
| 7.1.4        | 分析结果及图形的处理——实验报告书写 .....          | (212)        |
| 7.1.5        | 绘制 PCB 图 .....                    | (212)        |
| 7.2          | MAX+PLUS II 的使用 .....             | (213)        |
| 7.2.1        | 概述 .....                          | (213)        |
| 7.2.2        | 用 MAX+PLUS II 对可编程器件进行设计的过程 ..... | (213)        |
| <b>第 8 章</b> | <b>实验室作业 .....</b>                | <b>(229)</b> |
| 8.1          | 基本训练型实验 .....                     | (230)        |
| 实验 1         | 电子元器件的认识及测试 .....                 | (230)        |
| 实验 2         | 常用电子仪器的正确使用 .....                 | (231)        |
| 实验 3         | 基本信号的测试 .....                     | (233)        |
| 8.2          | 验证型实验 .....                       | (235)        |
| 实验 4         | 基本电子元件伏安特性测定 .....                | (235)        |
| 实验 5         | 基尔霍夫定律、叠加定理的验证 .....              | (237)        |
| 实验 6         | 戴维南及诺顿等效电路参数测量 .....              | (238)        |
| 实验 7         | 一阶电路过渡过程 .....                    | (239)        |
| 实验 8         | 二阶电路过渡过程 .....                    | (240)        |
| 实验 9         | 集成运算放大器参数测试 .....                 | (241)        |
| 实验 10        | 运算放大器组成的基本运算电路 .....              | (243)        |
| 实验 11        | TTL 与非门主要参数测试 .....               | (245)        |
| 8.3          | 单元设计型实验 .....                     | (248)        |

|       |                             |       |
|-------|-----------------------------|-------|
| 实验 12 | 单级放大器的实验研究 .....            | (248) |
| 实验 13 | 多级放大器的设计及其性能改善 .....        | (250) |
| 实验 14 | 差分放大器的设计与实验研究 .....         | (253) |
| 实验 15 | 集成运放在数学运算中的应用 .....         | (254) |
| 实验 16 | 集成运放在信号处理中的应用——有源滤波器 .....  | (256) |
| 实验 17 | 集成运放在信号产生中的应用——正弦波发生器 ..... | (257) |
| 实验 18 | 用 TTL 与非门构成脉冲电路 .....       | (258) |
| 实验 19 | 组合逻辑电路的设计 .....             | (260) |
| 实验 20 | 用 PLD 器件设计并验证门电路的逻辑功能 ..... | (261) |
| 实验 21 | 用 PLD 器件设计组合逻辑电路 .....      | (262) |
| 实验 22 | 时序逻辑电路的设计 .....             | (263) |
| 实验 23 | 用 PLD 器件设计时序逻辑电路 .....      | (264) |
| 实验 24 | 译码器、数据选择器及其应用 .....         | (265) |
| 实验 25 | M 序列信号产生器 .....             | (266) |
| 实验 26 | 用 555 定时器构成脉冲电路 .....       | (267) |
| 实验 27 | D/A、A/D 转换器 .....           | (268) |
| 实验 28 | 模拟万用表的设计与组装 .....           | (271) |
| 实验 29 | 集成直流稳压电流的实验研究 .....         | (273) |
| 实验 30 | 简易卡拉 OK 音响系统的设计与实验研究 .....  | (278) |
| 实验 31 | 函数信号发生器的设计与实验研究 .....       | (283) |
| 实验 32 | 数字钟 .....                   | (285) |
| 实验 33 | 数字频率计 .....                 | (286) |
| 实验 34 | 串行数字锁 .....                 | (286) |
| 实验 35 | 十字路口交通管理系统 .....            | (287) |
| 实验 36 | 两人乒乓游戏机 .....               | (288) |
| 实验 37 | 简易数字存储示波器插件模型 .....         | (289) |
| 实验 38 | 数控音量高效功率放大器 .....           | (290) |
| 附录 A  | 本书常用模拟器件的参数 .....           | (297) |
| 附录 B  | 常用数字集成电路管脚排列 .....          | (301) |
| 参考文献  | .....                       | (304) |

# 第 1 章 概 论

本章概要介绍科学实验的定义、特征及其技术方法；电子技术实验研究的内容，及其直接实验和计算机模拟仿真两种实验研究的技术方法；电路实验的程序、规则和安全用电的常识；实验文件（报告）的书写要求等基本知识。

## 本章主要内容

- 了解科学实验作用、含义及其技术方法。
- 掌握电子技术实验研究的目的、任务及其所采用的技术方法。
- 掌握电子技术实验研究应遵循的基本程序和安全用电常识。
- 掌握实验报告的正确书写方法。
- 掌握用电常识，学会市电的测量和使用，以及安全用电。

## 1.1 科学实验与实验技术

科学实验是人类的一种基本的社会实践形式。它是发现科学真理的基础，又是检验科学真理的标准。

科学研究的一般模式是：实验—理论—实验—理论。也就是说，科学研究包括两个方面：实验研究和理论研究。实验研究是理论研究的基础，但又必须以先进的理论作为指导，两者相辅相成，共同推动了现代科学技术的发展。

科学实验把感性认识和理性思维的特点结合起来。在科学实验过程中，实验手段和理论手段总是交替使用的，两者互相依存、互相渗透。科学的理论以实验为基础，受实验之启示和检验；同时，任何实验都必须以理论为指导，用理论引导实验思路，分析实验结果。因此，实验中包括理论分析，理论中包括实验资料。科学实验凭借着实验手段，在占有大量资料的基础上，必然进入分析和归纳的理论阶段。在这个阶段，人们发现很多新的规律并且用科学的定理或法则将它们表达出来，如牛顿三大定律、万有引力定律等。这些定律就是科学的理论，它标志着科学实验完成了由实验阶段向理论阶段的过渡。理论应当解释已知的实验结果，还应当预言今后可能得出的实验事实。在解释和预言中，一般都是用理论导出的数据与实验中测定的数据相比较。如果解释或预言失败，理论就需要修正或被别的更能满足要求的理论取而代之。哪怕是有一个数字与实验不一致，尽管相差可能是在小数点之后第十几位，理论也需要改进。当然，实验也越来越精密，将启发和考验更深一层的理论。

理论是否科学，是不是真理，还要靠实验检验。于是科学实验活动又重新回到实验阶段。这一阶段的实验不同于前一阶段的实验，它带有更高的科学性和更鲜明的目的性。其目的就是检验理论真伪，鉴别预言（假说）的对错。从实验到理论，又从理论到实验，科学实验完成了一次辩证法的运动过程，这也就是一个完整的科学认识的过程。与此同时，实验在证明、反驳某个推论的同时，总是进一步发展了人们的认识。同一个实验往往既能回答已有的问题，又提出了新的认识课题，因此实验既能作为知识的证明手段，还能作为知识增长的源泉。这就是“实践—认识—再实践”规律的具体反映，也是人与自然关系的具体体现。

实验的主要任务是认识自然过程，发现自然规律，归纳总结出新的发明，从而推动社会生产力的发展，促进人类文明的进步。在认识活动中，实验承担着确定事实、验证假说、获得有待探索的信息的任务，是解决科学认识任务的物质手段。科学实验的任务，主要是为了满足社会生产的客观需要，提高人们对于自然和社会的认识，增强人们改造世界的能力。

科学实验的目的有两个：观察迄今未知或未加释明的新事实，以及判断某一理论、某一假说是否符合大量可观察到的事实，即揭示新的理论、证明或反驳假说。

今天的科学实验，已经成为千百万人参加的认识自然、改造自然的科学实践活动。没有实验就没有现代科学技术，更谈不上科学发展和科技现代化。

### 1.1.1 实验的定义

《辞海》(1979年版)中写道:“观察和实验经验认识的方法。观察是有计划、有目的地用感官来考察现象的方法。实验是指科学上为阐明某一现象而创造特定的条件,以便观察它的变化和结果的过程……观察和实验是科学归纳的必要条件。在科学实践中,两者是互相联系、互相补充的。”

通俗地说:“所谓实验,就是在尽可能地排除外界许多影响,突出主要因素,并且在能够细腻地观察到各种现象之间相互关系的条件下,使某一事物或过程发生或重演”(陈衡)。

实验的广义理解是系统的科学实验,简称科学实验。科学实验包括科学的观察(简称观察)和科学的实验(简称实验)。实验室实验是科学实验的狭义理解。

### 1.1.2 实验的三大特征原则

#### 1. 实验简化、纯化、强化自然过程的原则

简化、纯化、强化自然过程以便在人工可控制的条件下研究对象所具有的规律性,是实验活动的一个显著的特点,是实验在行为和功能方面主要的特征。

##### 1) 简化、纯化

在自然条件下,往往有许多现象错综复杂交织在一起,使人们不容易发现它们之间的真实关系。实验中,人为地排除偶然的次要的因素干扰,使研究过程以比较纯粹的形态呈现出来,因而能够比较容易和精确地发现对现象起支配作用的本质规律。

##### 2) 强化

有时在实验过程中要强化某个研究对象的作用,使之处于某种极限状态,从而显示出新的现象,拓展人们对自然的认识,如在实验中造成超高真空、超高压、强磁场、高温等特殊条件。

#### 2. 模型化原则

人们通常建立对象系统简化模型来研究真实的对象系统,从而获得有关对象系统的知识。

许多认识或实际问题受客观条件限制,不能或不便于对自然现象或对象进行直接试验,人们往往采用模型实验的办法,先设计与该自然现象过程(即原型)相似的模型,然后通过模型间接地研究原型的规律性。

模型化原则是科学认识的一条重要原则。没有模型,人们就很难对复杂的客体进行有效的研究。模型实验的功能是首先将对象在思维中简化,然后将实验的实际行为回推到对象中去。人们只要把握了模型,就能够根据它和原型的类似认识原型。

模型实验可分为两大类:物理模型和数学模型。

物理模型以模型与原型之间物理或几何的相似为基础,如在工程研究和基础研究中经常

使用的物理模型。

数学模型以模型与原型之间数学形式的相似为基础。这类模型实验中，原型和模型之间，物理过程在本质上是不相同的，但在数学形式上具有某种相似和对应关系，人们根据后者设计模型实验，再回推原型的规律。例如，在实验室用一套相应的电路装置来模拟地下水的运动，这一电路装置就是地下水运动的数学模型。20 世纪以来，由于模拟计算机的应用，人们把实验所涉及的各种条件、因素抽象成数学语言，数学模拟已经越来越频繁地利用电子计算机进行。

### 3. 可重复性原则

实验的行为可以重复，实验结果可以再现。在相同的条件下绝不会因人、因时、因地而异，任何一个实验事实，至少也应被另一个研究者重复实现，否则就不能成立。

科学活动为此有一个规定，在行为和功能方面的可重复性，对实验的客观性和现实可行性做出了保证，这是实验研究的基本要求。

## 1.1.3 实验与实验方法类别

### 1. 实验类别

关于实验类别，是个研究不多的问题，但有一个共识，即自然科学实验是分类别的。大体分类如下。

根据实验参加者划分：

- 个体实验。
- 集体实验。
- 群体实验。

根据实验的性质加以划分：

- 一般实验是指在前人或他人已经进行过的实验基础上，进行的重复性实验活动。换句话说，它是一种模仿、重复他人或前人的实验活动，也叫验证性实验。
- 创造性实验是一种开拓性的创新的实验活动。创造性实验体现了人类在改造世界过程中的进取精神、开拓精神和创新精神，因此对社会的进步、生产力的发展具有特别重要的意义。

按照研究条件加以划分：

- 自然条件下的实验。
- 实验室条件下的实验。
- 生产条件下的实验。

### 2. 关于实验方法的类别

如果将实验方法所涉及的研究内容抽掉，那么所剩下的就是实验方法的形式。按照实验方法所依据的原理不同，可以将实验方法按照它的形式分为以下几种类别。

### 1) 定量实验方法

这一方法是在一定的条件下确定两个量的函数关系  $y = f(x)$ ，在简单的情况下，可以直接用数学模式表示，并建立实验公式，如线性电阻上电压和电流的关系。对那些不能用简单函数表示的量，可绘制成曲线。此外，精密测定某个常数，这种类型的实验也是定量实验，如对普通常数、电荷  $e$  和光速  $c$  的测定。

### 2) 定性实验方法

这一实验方法是想通过实验判断是 A 还是 B。但是，定性方法并非意味着不做量的精密测定。它的重要性不亚于定量实验。

### 3) 模型实验方法

通过建立系统简化模型来研究真实对象系统，从而获得有关对象系统的知识的方法。模型是客观现实的一种描述，但又是现实世界的抽象。它由那些与分析问题有关的因素构成并体现了有关因素之间的关系，因此模型方法有助于解决实际问题。

### 4) 计算机实验方法

这种方法是将实验中涉及的条件、变量（特别是多个变量）抽象成模型，用数学语言借助计算机进行模拟仿真的方法。

### 5) 实验技术装备提供的不同的实验方法

这种方法包括光谱分析方法、化学分析方法、射电观测方法等。

此外，自然科学各学科往往都还有它们自己专门的实验方法，如现代实验科学的电子学方法、光学方法和生物工程方法等。

## 1.1.4 实验技术

### 1. 什么是实验技术

实验技术是根据人类生产实践、科学实验和自然科学原理而发展成的各种实验作业、操作方法与技能，如电子实验技术、物理实验技术、生物实验技术等。广义地讲，它包括相应的实验工具和其他实验物质装备以及实验的技术过程或作业程序、方法，还包括实验的基本规则、准则和数据在内的技术知识。从发展的角度看，它还包括尚未形成理论和规律的以经验形态存在的一些实验知识和技能技巧。

随着现代科学技术的发展，现代实验技术与近代实验技术相比，所涉及的技术内容已经发生了巨大的变化，它不再是单纯的“专业理论+工匠技能”，单凭个人的经验和技能所进行的科学活动，而是已经发展成由现代化的技术和实验技术装备武装起来的一个高技术体系。实验技术水平的高低已经成为衡量一个国家或地区的社会科学能力的标志。

尽管当前对实验技术还没有公认的定义，但我们可以对实验技术做如下的概括：

实验技术是按照一定的实验目的，运用所掌握的知识 and 能力，借助可能利用的物质手段，在人工控制的条件下，应用科学的实验方法，深化对自然界的认识或使自然界人工化的

过程,是实现实际实验过程的手段的总和。

实验技术包含的内容:

- 实验技术理论。
- 实验技术方法(包括它的方法论体系)。
- 实验技术装备与工具。
- 实验的设计与作业技术。
- 实验规则、规范。
- 实验标准和数据。
- 实验数据的分析和处理。
- 以经验形态存在的一些知识和技艺等。

## 2. 实验技术理论

实验技术理论基本属于操作性技术理论,同时它还涉及门类众多的实体性技术理论。操作性技术理论是研究在实际实验条件下,人和人机复合体的操作问题有关的知识。

实验技术理论的主要研究内容有:

- 选择和确定实验研究课题的知识(发现问题、采集信息、理论论证等决策知识)。
- 实验设计知识(方案设计、原理设计等)。
- 实验系统设计知识(实验环境与状态控制系统设计、实验对象系统设计、通用实验技术装备的选择和专用技术装备设计及其系统连接调整测试系统设计)。
- 实验作业技术知识(工艺制造、安装和调试)。
- 数据采集与数据处理技术。
- 总结报告,成果表达及论证评价技术等。
- 以经验形态存在的操作性知识和技能、技巧。

## 3. 实验技术方法

操作性实验技术并不是学科理论知识,而是科学方法,是把科学方法应用于实际操作,可以把它看成行动理论。技术既运用了科学内容也应用了科学方法,它更多地与制作相联系。实验技术方法和实验技术有着内在的本质联系,方法统领技术,技术是方法实施与应用的保证。因此实验技术方法既是实验技术的重要研究内容,又是它的组成部分。

实验本身就是客观经验认识的方法,它作为有计划的的目的性活动,拥有自身的方法论体系。

实验技术方法是在专业实验活动全部过程及每个程序、步骤之中所运用的技术方法的总和。作为技术载体,它具体地将各种科学方法运用于实验作业操作,它不但与实验方法的形式有关,而且与实验的内容特点密切地联系在一起,它是实验科学方法论的核心内容。它的内容一般包括:

- 发现问题的方法(观察法、比较法、联想法等)。

- 采集信息的方法（观察法、资料法、调查法等）。
- 确定研究课题的方法（思维逻辑、决策方法）。
- 实验设计方法。
- 制作与作业方法。
- 分析研究方法（思维、数理分析、理化分析、模型分析、计算机等信息加工与处理的方法）。
- 成果表达的方法。
- 理论论证、成果评价方法（方案评价法、成果评价法、参数评价法等）。

## 1.2 电子技术实验

### 1. 电子技术研究的任务

电子技术（模拟电子线路和数字电路）实验研究的对象是由各种电子元器件连接而组成的各种功能电路和系统。

电子线路实验研究的基本任务包括以下两点：

- 电路分析——用实验方法分析各种功能电路的特性。
- 电路设计——在特定的技术指标要求下，设计构成各种功能电路，用实验方法进行分析、修正使之达到所规定的技术指标。

### 2. 电子技术的理论与实验研究及其相互关系

一般地说，电子技术的理论研究方法是，应用物理学、数学、电子学、网络理论来研究和解决电子技术的分析与设计的方法。电子技术的实验方法是，应用实验科学、现代实验技术、逻辑学、数学理论，采用经验与实证方法——观察与实验的方法来研究电子线路的有限特征的技术方法。

理论研究方法和实验研究方法是电子技术研究的两个最基本的方法，两者相辅相成、相互促进，成为电子技术发展前进的两个车轮。实验研究方法随着电子学及其工程应用的高科技化在电子线路研究中日趋专门化。它的实验技术方法及其理论不断完善和系统化。传统的经验型的实验研究方法正在被现代的科学化的实验研究方法所取代。

### 3. 电子技术的主要内容

电子技术内容很丰富，它包括了圆满完成预期实验任务，或者说电子产品由设计到成品包含的各种实用技术。例如，元器件测试和鉴别技术，仪器正确使用，工程设计，电路组装、工艺，电路测量、调试、维修、屏蔽、接地，实验数据采集、处理等，而且每一项技术中又包含着极为丰富的内容。

### 4. 电子技术的实验方法

电子线路实验研究所使用的方法一般分为两种：一种是传统的直接电路实验方法，另一

种是现代计算机仿真实验方法。无论从它的研究领域来看（如模拟电子线路、线性和非线性电子线路和数字电路等），还是从科学研究和工程应用的不同研究目的来看，所采用的电子线路实验研究方法都离不开上述两种基本实验方法。

### 1) 直接电路实验方法

在电子技术实验中，无论是对电路进行分析还是设计，都可以应用直接电路实验方法。根据电子技术设计者在特定技术指标下所设计的各种功能电路，或根据已有的功能电路特性分析的需要，实验者应用分离元器件焊接成相应的电路（构成实验的对象系统），同时根据实验原理、目的和具体的实验技术要求，并借助各种实验手段和实验技术装备，设计和构筑实验系统（环境系统、控制系统和测试系统），对所研究的电路对象进行实验。实验者在一定的控制条件下，按照实验的技术要求，对对象系统进行观察、测试，并通过分析，反复更换元器件，反复进行测试，最后达到设计者的最终指标，或通过反复改变控制条件，扩大对已有电子线路功能特性的认识，达到对功能电路深化分析的目的。

直接电路实验方法适用于单元基本功能电路和小规模电子线路的实验研究。它的优点是直观、简捷、技术方法简单、实验结果可靠。在工程应用中，目前仍旧是一种普遍采用的实验研究方法。它存在的缺点是：

- 元器件和材料消耗大，实验周期长，消耗人力大。
- 电路的实际性能与计算结果相差较远。
- 难以模拟电路中某些故障，如极限运用状态，也难以对电路进行容差分析和统计分析，结果造成产品的可靠性和维修性差。
- 无法胜任大规模和超大规模集成电路的设计性实验任务。

### 2) 计算机实验方法

计算机实验方法是采取数学模拟的方法，利用计算机速度快、存储容量大的特点，在计算机这一现代化“实验装置”上，根据电路理论，采用较精确的元器件模型，直接模拟和仿真电子电路的功能，而不需要任何实际的元器件，即可进行各种仿真分析和实验。

目前迅速发展的电子设计自动化（Electronic Design Automation, EDA）技术，已广泛用于模拟、数字和模/数混合电路的设计、仿真分析和仿真实验中，并正在不断地发展完善，为科学实验提供崭新的实验手段。EDA 研究的对象是电子设计的全过程。一般来说，电子设计可分为系统级、电路级和物理实现级三个层次，研究范围是从低频到高频直至微波、从线性到非线性、从模拟到数字、从分离元件到集成电路。目前 EDA 技术已适应这一需求。

大多数 EDA 采用以 Spice 为核心的各种不同版本的应用软件，已广泛应用于模拟电路或数/模混合电路的仿真。数字电路仿真的应用软件较多，如 FPGA 制造商推出的应用软件中，都带有数字电路仿真功能。加拿大 Interactive Image Technologies 公司推出的 Electronics Workbench (EWB) 更是将电路仿真功能和类似真实仪器的虚拟仪器结合起来，相当于一个实验室，特别适用于数字、模拟和数/模混合电路进行仿真实验。对于系统级的仿真，也有相应的仿真软件可供使用，如 System View 等。