

实验电子技术

王振宇 李惠敏 编



天津大学出版社

TN-33

W49

448965

实 验 电 子 技 术

王振宇 李惠敏 编



00448985



丁

天津大学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教育委员会工科电工课程教学指导委员会电子线路课程指导小组 1991 年制定的教学要求编写的。

全书共分四部分:第一部分概述了科学实验基本知识,详细讲述了电子科学实验的程序、方法、步骤、系统的实验技术和操作技术(选件、组装、电路、测量、调试、故障检测、实验数据采集与处理、报告书写格式等),以及实验设备原理及使用。第二部分为电路工程设计的步骤和方法。第三部分为模拟线性电路和数字电路 33 个实验练习,目的是使读者从理论与实践结合上,掌握现代电子实验技术和方法,提高解决实际问题的能力。第四部分为附录。

本书可作为电子类、电气类以及各相近专业的电子技术基础课实验教材,也可供有关教师及科技工作者参考。

实验电子技术

王振宇 李惠敏 编

*

天津大学出版社出版

(天津大学内)

邮编:300072

天津宝坻第二印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本:787×1092 毫米¹/₁₆ 印张:17 字数:425 千

1998 年 6 月第一版 1998 年 6 月第一次印刷

印数:1—8000

ISBN 7-5618-0963-8

TN·12 定价:18.00 元

前 言

本书是根据国家教育委员会工科电工课程教学指导委员会电子线路课程指导小组 1991 年制定的教学要求编写的。

随着现代科学技术的飞速发展,实验已经成为建立在科学理论和科学方法基础上的一门技术和内容均十分庞大的知识体系。同样,电子实验技术本身也已逐步科学化,它不仅形成总量十分巨大的技术方法,而且还为自己建立了颇为完整的系统理论,为电子线路实验研究提供了科学依据和理论指导。掌握实验科学理论和研究方法是每个电子工程师必备的基本素质。因此需要一本既能适应电子科学及其工程应用的发展需要,又能概括电子线路实验各方面知识的教材。

本书以培养学生的工程师基本素质为目的,以电子线路实验技术为主要内容,以实验研究方法及其方法论体系为主线,按照实验是什么、为什么、干什么、怎么干的逻辑体系和实验的构成要素(主体、手段、对象和目的),分解展开教材内容。具体介绍实验研究的对象,运用的方法和手段,应用的技术,实验活动的范围、过程和程式及其追求的目标和研究目的。同时继承和发展实验教学注重基本技能、技巧和实验室作业的训练以及与电子线路理论联系紧密的传统,从科学研究的高度,将行之有效的实验经验整理归纳,上升为理论作为实验的指导,以改变传统实验讲义(或指导书)只侧重于部分实验操作练习和仪器的使用,而缺乏系统实验科学理论和研究方法的不足。

本书是在侯萝君副教授、王振宇副教授编写的《电子线路实验技术》和李惠敏副教授编写的《数字集成电路设计与实验》的基础上编写的。原《电子线路实验技术》经三次改编,前后为 12 届本科生使用,教学效果良好,并被部分其他高校采用。本次在保持原教材基本结构的基础上,根据当前改革现状和要求,重新进行了编写和修订,并与《数字集成电路设计与实验》合并,从模拟和数字两方面,将电子线路实验研究的全貌展示给读者,以便于同学全面掌握电子实验研究的方法和技术,提高综合处理和解决实际问题的能力。

本书共分四部分:第一部分全面介绍了科学实验的基本知识,常用电子实验技术的基础知识以及实验研究的方法和技术。第二部分介绍了电子电路工程设计程序和方法。第三部分为了配合学生掌握系统的实验研究方法,安排了模拟线性电路和数字电路共 34 个实验作业,既有验证型的,又有设计型和综合型的,力图在有限的教学时间内,通过典型电路的实验练习,使学生掌握电子电路实验研究的方法和规律。第四部分为附录。

王振宇副教授负责全书的组稿、定稿和其他组织工作。书中第一篇及模拟电路实验由侯萝君副教授审订,并编写其中第一章。李惠敏副教授编写数字电路部分的内容。其余部分均由王振宇编写。恒庆珠、史书龙等同志参加了部分实验的编排工作。

本书在编写过程中得到教研室全体同志以及天津理工学院赵刚等同志的热情帮助和指导。天津理工学院无线电系主任刘印华教授和天津大学电子工程系李坦高级工程师审阅了

全书,并提出了许多宝贵意见。天津大学教务处和天津大学出版社为本书出版给予了大力帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书的编写尚属一种尝试,限于编者水平,难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

1997年8月

目 录

第一篇 实验概论与电子实验技术

第一章 实验概论	1
第一节 科学实验	1
第二节 实验定义及其特征	2
第三节 实验与实验方法类别	3
第四节 实验技术	5
第五节 电子线路实验技术	7
第六节 实验教学的基本任务	10
第二章 电子实验技术装备	11
第一节 示波器原理及使用	11
第二节 XD1B 型低频信号发生器原理及使用	26
第三节 电子电压表	30
第四节 直流稳压电源原理及使用	31
第五节 晶体管特性图示仪原理及使用	33
第六节 BS1A 型失真度测量仪	38
第七节 逻辑仪	39
第三章 实用电子测量技术	48
第一节 基本电参数的测量技术	48
第二节 分立有源器件参数的测量技术	49
第三节 集成运算放大器的参数测量技术	52
第四节 模拟电路指标的测量技术	56
第四章 电子实验技术	63
第一节 电子实验的一般程序	63
第二节 实验方案设计	64
第三节 元件选用与识别	65
第四节 电路组装技术	69
第五节 测试系统构筑与“共地”概念	72
第六节 电路调试技术	72
第七节 模拟电路故障检测与诊断技术	75
第八节 数字电路系统的故障检测和诊断	80
第九节 自激、噪声干扰及其抑制技术	87
第十节 如何书写实验报告	93

第五章 实验数据的采集与处理	96
第一节 实验数据的采集	96
第二节 实验数据的处理	97
第三节 误差及误差分析	100
第四节 实验现象和故障分析	102

第二篇 电子电路设计

第一章 工程设计的一般程序	103
第二章 模拟电子电路的设计	105
第一节 分立元件电路的设计方法	105
第二节 集成运放电路的设计方法	105
第三章 数字集成电路应用设计	107
第一节 数字集成电路概述	107
第二节 译码器	108
第三节 数据选择器	117
第四节 计数器	127
第五节 移位寄存器	134
第六节 脉冲电路	147
第七节 数/模转换器和模/数转换器	159
第八节 数字系统设计	164

第三篇 实验室作业

第一章 模拟电路实验	183
实验一 常用电子仪器的使用	183
实验二 半导体器件的测试	186
实验三 单级放大器的实验研究	188
实验四 单级放大器的计算机辅助设计与分析	191
实验五 多级放大器的设计及其性能改善	195
实验六 差分放大器的实验研究	197
实验七 集成运算放大器参数测试	199
实验八 集成运放在数学运算中的应用	200
实验九 集成运放在信号处理中应用——有源滤波器	202
实验十 有源滤波器的计算机辅助设计、分析和实验研究	204
实验十一 集成运放在信号产生中的应用——正弦波发生器	207
实验十二 集成运放在波形变换中的应用——非正弦波发生器	209
实验十三 集成直流稳压电源的实验研究	210
实验十四 简易音响系统的实验研究	214
实验十五 模拟乘法器的实验研究	218
实验十六 模拟乘法器应用——相敏检波器	222
实验十七 自由设计	226
第二章 数字电路实验	227

实验一	TTL 与非门主要参数测试	228
实验二	组合逻辑电路设计	233
实验三	用 TTL 与非门构成脉冲电路	234
实验四	用 555 定时器构成脉冲电路	235
实验五	集成触发器逻辑功能	236
实验六	时序逻辑电路设计	239
实验七	译码器及其应用	240
实验八	数据选择器及其应用	241
实验九	m 序列信号发生器	242
实验十	简易数字钟	243
实验十一	D/A、A/D 转换器	246
实验十二	移位型控制器设计	249
实验十三	简易十字路口交通管理系统设计	250
实验十四	多模式彩灯显示系统设计	251
实验十五	三位数字频率计系统设计	252
实验十六	时间计数显示系统设计	252
实验十七	出租汽车候时计价系统设计	252
附录 A	本书几种常用模拟器件的参数	254
附录 B	本书常用数字集成电路管脚图	261
参考文献		264

第一篇 实验概论与电子实验技术

第一章 实验概论

第一节 科学实验

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指导,两者相辅相成,并驾齐驱,推动了现代科学技术突飞猛进的发展。

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,两者是互相依存、相互渗透的。科学的理论以实验为基础,受实验之启示和检验;反之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。在这个阶段里,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,一般都是拿理论导出的数字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。那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十几位,理论也需要改进。当然实验也越来越精密,以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,也是人与自然界关系的具体体现。

实验的主要任务是认识自然过程,发现自然规律,作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所提出的客观需要,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。

据统计 1950~1980 年世界荣获诺贝尔物理和化学奖的 110 人中,通过实验发现新的自然现象和物质,发现新的实验仪器和实验技术(包括测试方法和数据分析技术)等实验研究的人数为 70 人,占总人数的 63.6%。而属于通过理论概括提出新的概念、模型、制定新的理论(包括对实验现象的解释和理论上的预言)和发现新的理论方法等的人数为 40 人,占总人数的 36.4%。

第二节 实验定义及其特征

一、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。

二、实验的三大特征原则

(一)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,使它处于某种极限状态,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。

(二)模型化原则

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,不能够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或过程(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。

1. 物理模型

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

2. 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,原型和模型之间物理过程在本质上是不相同的,可是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。

(三)可重复性原则

实验的行为可以重复,实验结果可以再现,实验的行为和功能在严格规定并加以控制的条件下,决不会因人、因时、因地而异。任何一个实验事实,至少也应该被另一位研究者重复实现,否则就不能成立。

科学活动为此立下一个规定,可重复性在行为和功能方面,对实验的客观性和现实可行性作出了保证。这也是实验研究的基本要求。

实验的另一个显著的特点是实验有感性活动的特征,但它却把抽象的理论物化在感性形式中,并且通过物质变革从感性直观中重新提炼出理性的结论。因此它本身又可以说是一种理性活动。实验把理论和实践有机地结合在一起。从这个意义上说,科学实验活动生动地体现了脑力劳动和体力劳动的结合。

第三节 实验与实验方法类别

一、实验类别

关于实验类别,尚且是一个研究不多的问题,但是有一点是共同承认的,即自然科学的实验是分为类别的,大体有下述一些。

(一)根据实验的主体之间的数量关系加以划分

- (1)个人实验;
- (2)集体实验;
- (3)群体实验。

2. 根据实验的发展水平高低不同加以划分

(1)自发实验。虽然也是一种有意识、有目的的活动,但缺乏必要的理论指导,所以带有一定盲目性。

(2)自觉实验。在一定的理论指导下,并遵循一定的计划、步骤、方式和方法而进行的实验。

3. 根据实验的性质加以划分

(1)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,乃是一种模仿、重复他人或前人的实验活动。

(2)创造性实验。乃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。

4. 根据实验目的、任务加以划分

(1)以科学研究为目的的实验(包括观测性、验证性、探索性实验等);

(2)以研究技术的应用为目的的实验(包括设计性、工艺性、反求与复现型实验等);

(3)以生产应用为目的的实验(包括通常称为生产性实验,或者叫做中间性实验和生产实验)。

5. 按照研究条件加以划分

(1)自然条件下的实验;

(2)实验室条件下的实验;

(3)生产条件下的实验。

6. 按照自然科学的学科研究对象、领域加以划分

根据研究对象领域的不同,可分为物理实验、化学实验、光学实验、电子学实验等等。

实验的分类表明了实验本身的复杂情况。研究和认清各类实验的特点,划清不同性质实验之间的界限,妥善处理各类实验形式及其相互之关系,避免盲目实验,进行自觉实验,从事一般实验,争取创造性实验,所有这一切都是为了更加有利地认识世界和改造世界。

二、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。

(一)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 $y=f(x)$,简单的情况下,可以直接用数学式子表示,并建立实验公式,例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,例如对普通常数、电荷 e 和光速 c 的测定。

(二)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 。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。

(三)思维实验方法

是指在完全理想状况下进行实验的方法。虽然在现阶段实践是困难的,但原理上却是可能的。这是在思维中进行理想化,因此又称为“理想化”的实验方法。思维实验不直接作用于自然对象,不直接观察自然界,在这方面可将其视为一种理论方法。在物理学的热力学中,思维实验成为一种有效的手段。

(四)析因实验方法

(五)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。

建立的模型要简单,有一定的精度,并且可控。建立模型的方法有以下两种。

1. 直接分析法

当问题比较简单时,可以根据问题的性质直接作出模型。

2. 模拟方法

有些模型的数量描述及求解很困难,但如果有另一种系统其结构性质与之相同,构造出的模型也类似,这样处理就简单得多。这种用后一种模型来模拟前一种模型,对后一种模型进行实验的方法叫作模拟实验方法。

(六) 计算机实验方法

即将实验中涉及的条件、变量(特别是多个变量)抽象成数学语言,借助计算机进行模拟的方法。

(七) 实验技术装备提供的不同的实验方法

如光谱分析方法、化学分析方法、射电观测方法等等。

此外,自然科学各学科往往都还有它们自己的专门的实验方法,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等。

现代科学的发展需要一整套实验方法,并且需要实验理论来指导。在近代科学长期的发展中,已经逐渐建立了众多的实验研究方法,各门学科也都建立了自己的专门的实验研究方法。这些方法是很有价值的科学遗产,需要很好地继承。当然,它们也有局限性,需要随着科学的进步加以发展。

第四节 实验技术

一、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它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,它不再单纯是“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,而已经发展成由现代化的技术和实验技术装备所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作如下的概括:

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:

①实验技术理论;②实验技术方法(包括它的方法论体系);③实验技术装备与工具;④实

验的设计与作业技术;⑤实验规则、规范;⑥实验标准和数据;⑦实验数据的分析和处理;⑧以经验形态存在的一些知识和技艺等。

二、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。

它是研究实验活动本身的知识,如关于实验前的准备知识和实验过程中决策的知识。它的目的不是认识而是实践。具体地讲,就是如何控制实验活动的有关知识。

操作性实验技术理论主要研究内容有:

- (1)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);
- (2)实验设计知识(方案设计、原理设计等);
- (3)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);
- (4)实验作业技术知识(工艺制造、安装和调试);
- (5)数据采集与数据处理技术;
- (6)总结报告,成果表达及论证评价技术等;
- (7)以经验形态存在的操作性知识和技能、技巧。

实验技术所涉及的实体性技术理论一般是指自然科学理论和技术在具体实验情况下的运用。它较多地涉及实验对象所属学科的理论和技术,例如电子线路实验技术所涉及的实体性技术理论是电子学和电子线路技术。实体性技术理论一般是实验所应用的硬件所涉及的知识体系,因此除了对象的知识外,它还包括实验室环境、测试仪器、仪表、控制、计算机、实验材料以及数学等理论。

从实践的角度看,操作性技术理论比实体性技术理论内容更丰富,因为它不局限于描述实验对象发生或可能发生的现象,而是在按预定的方式、目的地所进行的实验活动中寻求解决实验者应当做些什么。

但从理论角度来看,操作性技术理论确实比所涉及的实体性技术理论贫乏一些。这是因为实验者仅仅对能控制实验活动及取得良好的实验效果感到兴趣,他想知道如何使各种实验条件在他力所能及的范围内为他所用,而不想了解这些条件实际上是怎样的。例如,从事电子线路实验的实验者不会因仪器、仪表的设计学理论遇到困难而烦恼。实验者关心的只是仪器、仪表的特性、精度和可靠性的选择,他不必要去探讨仪器仪表的设计与制造问题。因此,操作性技术理论往往被人们所忽略,影响我们对实验技术全面、科学、正确地理解。

三、实验技术方法

操作性实验技术或称作非实体性技术所应用的并不是实体性科学知识而是科学方法,是把科学方法应用于操作问题,可以把它看成行动理论。而实体性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。因此实验技术方法即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。

(一)实验技术方法的内容及其在实验科学方法论体系中的地位

实验科学方法论可分为四个层次。

1. 实验方法

它是科学方法论的研究对象和内容,居于实验科学方法论的最高层次。

2. 自然科学实验方法的六种形式

定量、定性、思维、析因、模型、计算机实验方法等,是实验方法的展开,是自然科学方法论的研究对象和内容。它主要研究各种自然科学实验方法的形式规律、特点,而不涉及实验的内容,居于实验科学方法论的第二个层次。

3. 实验技术方法

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:

- (1)发现问题的方法(观察法、比较法、联想法等);
- (2)采集信息的方法(观察法、资料法、调查法等);
- (3)确定研究课题的方法(思维逻辑、决策方法);
- (4)实验设计方法;
- (5)制做与作业方法;
- (6)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);
- (7)成果表达的方法;
- (8)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)。

4. 现代科学研究方法是支撑实验技术方法的基础

现代科学研究方法包括直觉想象方法、科学抽象方法、归纳和演绎等逻辑方法、非逻辑方法、假说方法、比较方法、分类方法、分析综合方法、数理统计方法以及系统论、控制论、信息论和创造学方法。

在众多的科学研究方法中,观察方法、归纳演绎等逻辑思维、数学和假说方法是实验方法的四大基本方法,也是实验方法的重要组成部分。

第五节 电子线路实验技术

一、电子线路实验研究的任务

电子线路(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。

- (1)电子线路分析。用实验方法分析各种功能电路的特性。
- (2)电子线路设计。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。

(一) 电子线路理论研究方法与实验研究方法及其相互关系

电子线路的理论研究方法,一般地说,是应用物理学、数学、电子学、网络理论来研究和解决电子线路的分析与设计的方法。

电子线路的实验方法,一般地说,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线路研究的两个最基本的方法,二者相辅相成,相互促进,成为电子线路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。

(二) 电子线路实验技术及其工程应用的发展趋势和特点

(1) 由于电子线路所采用的元器件从分立元件到集成电路、大规模集成电路,使实验研究的任务由对单元电路的研究转向对网络与系统的研究。

(2) 由于集成技术的发展,集成度增高,电子线路的规模愈来愈大,使传统的直接电路实验方法转向计算机实验方法。

(3) 由于单元电路种类愈来愈多,集成规模和功能复杂程度日趋增高,使实验研究的指导理论由依附于实验对象的理论,转向多学科理论的综合交叉,使实验研究的技术、内容和方法不断更新和发展。

(4) 由于集成电路的发展,使电子线路实验研究的分工重新调整,由对集成块内部电路的研究逐渐转向对集成电路端口特性的实验研究。

(5) 电子线路实验技术装备已由观测性、单参数分析仪器、多参数综合测试仪器,发展为以计算机“在线”控制的自动测试装备——第三代实验技术装备。实验技术装备的发展有力地推动着科学技术的发展。一把烙铁、一块表进行电子线路实验研究的时代早已远离我们而去。

(6) 电子线路及其工程应用的实验规模和技术复杂程度日趋扩大,呈现出群体化、产业化、职业化等“大科学”实验的发展趋势。

二、电子线路实验技术的主要内容

电子线路实验技术内容很丰富,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所包含的各种实用技术。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。

三、电子线路的实验方法

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实验方法。无论从它研究领域来看(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,但计算机实验方法目前较多地应用于科学研究中。

(一) 直接电路实验方法

在电子线路实验中,无论是对电子线路进行分析还是设计,都可以应用直接电路实验方法。

根据电子线路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),对所研究的电子线路对象进行实验。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,反复地进行测试,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:①元器件和材料消耗大,实验周期长,消耗人力大;②电路的实际性能与计算结果相差较远;③难以模拟电子线路中某些故障,如极限运用状态,也难以对电子线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;④无法胜任大规模和超大规模集成电路的设计性实验任务。

(二)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,直接模拟电子线路的功能,而不需要任何实际的元器件进行各种“数值实验”。

计算机实验方法的主要程序如下。

1. 构造数学模型

将电子线路中的典型电路元器件,如晶体管、场效应管等,自动地转换成它们的等效电路。近年来在许多典型的电子线路分析程序中附有专门的数据库,储存各种类型常用元件的典型特性参数。对于符合数据库中的元件,人们只要指出其类别、型号及部分参数,分析程序就可以从数据库中调出该元器件的全部数据,并通过它们建立相应的等效电路,然后建立描述它们特性的数学关系式,即它们的数学模型。

2. 选择计算方法

计算方法的选择包括适当选择电路分析方法和选择适当的数值计算方法。

3. 编写相应的程序

在确定计算方法之后,编写出执行计算过程的分析程序。一般电子线路分析程序包括下面几部分:

(1)输入原始数据并对它进行相应的处理。

(2)建立电路方程组。

(3)解电路方程组。

用计算机自动建立并求解电路方程组,实现电路分析的全部自动化。具有这方面的功能的程序有 SPICE 和 DFX-3。

(4)输出所需计算的结果。

4. 上机计算

实验者可向计算机提供他所设计(或需分析)的电子线路的结构、元器件类型、元件参数值,提出分析要求,如作直流分析、输入、输出分析或瞬态分析等,并说明输出哪些节点电压和曲线等。