

普通高等院校电子电气基础课程创新型系列教材

电子电路基础实验教程

李锡华 施红军 编著
李惠忠 张 昱
王 萍 主审



科学出版社

普通高等院校电子电气基础课程创新型系列教材

电子电路基础实验教程

李锡华 施红军 编著
李惠忠 张 昱
王 萍 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是为适应电路系列课程教学改革的需要,在浙江大学信息与电子工程学系实验教学实践经验的基础上编写而成的实验教材。本书从电子电路基础实验、仿真实验、设计研究性实验和综合设计性实验四个层次,由浅入深、循序渐进地展开讲解。全书共 10 章,分别是电子电路实验的基础知识、电子电路设计与调试技术、实验测量误差分析与数据处理、常用电子元器件、电子电路实验常用仪器、电子电路计算机辅助分析与设计、电子电路基础实验、仿真实验、设计研究性实验、综合设计性实验。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路基础实验教程 / 李锡华等编著. —北京: 科学出版社, 2012. 3

普通高等院校电子电气基础课程创新型系列教材

ISBN 978-7-03-033536-4

I. ①电… II. ①李… III. ①电子电路—实验—高等学校—教材
IV. ①TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 021131 号

丛书策划: 匡 敏 张 濮

责任编辑: 刘鹏飞 潘继敏 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 速底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 3 月第一次印刷 印张: 21

字数: 480 000

定价: 39.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

丛书评审委员会

主 任： 王志功 教授 东南大学

副主任： 于慧敏 教授 浙江大学

杨冬晓 教授 浙江大学

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 萍 教授 天津大学

王成华 教授 南京航空航天大学

李哲英 教授 北京联合大学

吴镇扬 教授 东南大学

张晓林 教授 北京航空航天大学

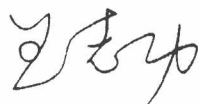
丛书序

纵观近代人类科学技术的发展历史,特别自 20 世纪 50 年代以来,电子与信息科学技术出现了从分立器件到集成电路、从模拟电路到数字电路、从数字集成电路到片上系统集成及数模混合片上系统集成的变迁与发展。近年来,又实现了从固定参数系统向可编程系统设计的渐进,形成了从经典电路方程描述的系统向由状态机、离散事件等描述的动态系统研究的新发展趋势。通信技术同样发展迅猛,从时分多路的电话系统,实现了向卫星通信、光纤通信、移动通信的飞跃,并且伴随着互联网的大发展,呈现出数字化、智能化、宽带化的发展趋势,信息技术与通信技术日益融合,相关理论体系和工程应用互相推进。电子信息科学技术的迅猛发展,对高等教育的教学理念、知识体系、课程设置和教学内容提出了巨大的挑战。目前,许多国际知名的大学正对此进行积极的探索与改革。我国的电子电气学科同样需要与时俱进、推陈出新。

浙江大学“信息与通信工程”专业的前身是浙江大学 1957 年成立的无线电专业,后在 20 世纪 90 年代发展为通信工程、信息工程、电子信息工程等专业。为了进一步适应我国信息与通信产业人才的需要,体现信息技术与通信技术相互融合的发展趋势,浙江大学进行了专业改革。经过与企业 and 用人单位的充分研讨,在企业的参与下,整合了浙江大学原通信工程、信息工程、电子信息工程等三个相近的优势专业,于 2006 年经教育部批准成立浙江大学“信息与通信工程”专业。

为了应对科技发展现状下传统教学方法与经验所面临的冲击和挑战,浙江大学信息与电子工程学系在总结特色专业建设经验和课程教学改革成果的基础上,编写了“普通高等院校电子电气基础课程创新型系列教材”。本套丛书以教育部《关于加强“质量工程”本科特色专业建设的指导性意见》为指导,对照了国际知名大学电气电子与计算机专业的培养方案、课程体系和相关课程设计,同时参照了教育部高等学校电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会起草的《电子信息科学与电气信息类基础课程教学基本要求》,以当代信息科学的成果审视和整合经典理论与经典的课程内容,提炼核心知识体系和知识内涵,并努力将最新科学技术引入到大学本科电子信息科学与电气信息类基础课程教学中,有效解决不断积累的新知识与有限的教学学时之间的矛盾,为培养未来科学家和卓越工程师奠定基础。

本套丛书的编写汇聚了浙江大学信息与电子工程学系的优势资源,凝结了一线教师多年的教学经验,突出了先进性与适应性、综合性与多样性、理论与实践的结合,相信会对推动我国电子电气学科基础课程的教学改革,提高教学质量和培养优秀人才起到积极的作用。



教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会上任委员
东南大学信息科学与工程学院教授

2011 年 1 月

总前言

自 20 世纪 50 年代以来,电子与信息科学技术经历了快速而持续的发展,新理论、新技术、新器件不断涌现。在科学技术迅猛发展的同时,新知识的急剧膨胀与学校有限学时之间的矛盾成为高等教育的瓶颈,这对大学的教学理念、教学内容、教学方法提出了巨大的挑战。为此,许多国际知名大学都开展了重大而深入的教学改革,进行了积极的探索。

在国内,虽然为了适应电子与信息科学技术的发展,几十年来高校不间断地进行了专业改革,但是总体上电类基础课程的体系还基本保留着 20 世纪 80 年代的模式。例如,电路课程体系仍然基本沿用旧的知识体系,将电路模型与实际器件、线性与非线性、放大作用与开关、模拟与数字、分立与集成等知识点分开来讲授,分置于电路分析、模拟电子技术、数字电子技术、高频(射频)通信电路和数字逻辑设计等多门课程中,没有将它们相互融合和提炼,以统一、系统的观点帮助学生建立核心的知识体系。并且,原有高频电子线路的应用领域,已从传统的射频扩展到微波频率范围,从原先以广播通信应用为主发展到现代移动通信、卫星通信等应用,早期的数字逻辑电路已演变到以处理器、控制器为基础的可编程和可控的复杂数字系统。但是,我们的电路课程体系和课程内容没有很好地、及时地反映出上述发展现状和趋势,这也是国内大学普遍存在的问题。

浙江大学信息与电子工程学系具有五十余年的发展历史。为了进一步适应我国信息与通信产业人才的需要,体现信息技术与通信技术相互融合的发展趋势,我们进行了专业改革,在企业的参与下,整合了浙江大学原通信工程、信息工程、电子信息工程等三个相近的优势专业,并于 2006 年经教育批准成立浙江大学“信息与通信工程”专业。同时,我们也进行了配套的课程改革和教材改革,并规划了“普通高等院校电子电气基础课程创新型系列教材”,涉及电学、磁学、电子学、信息科学和计算机科学等领域的电路类基础课程,包括电路分析、模拟电子技术、数字电子技术、高频(射频)通信电路和微电子学的初步知识。本套丛书力图将最新技术引入到大学本科电子信息科学与电气信息类基础课程教学中,以当代信息科学的成果审视和整合经典理论与经典课程内容,提炼核心知识体系和知识内涵并贯彻到基础课程的教学,有效解决不断积累的新知识与有限的教学学时之间的矛盾,这也是编写本套丛书的主要指导思想。

本套丛书在编写过程中重点考虑了以下几方面:

(1)体现特色专业建设经验和教学改革成果,贯彻专业规范和教学基本要求。浙江大学信息与电子工程学系依托国家首批第二类通信领域特色专业“信息与通信工程”和集成电路领域特色专业“电子信息工程”建设点,将特色专业建设的内容、国内外教学研究与改革的成果、高等学校电子信息科学与工程类本科指导性专业规范以及电子信息科学与电气信息类基础课程教学基本要求结合起来,并及时总结教学改革成果,形成本套丛书。教材内容围绕专业规范、基础课程教学基本要求,体现了核心知识体系和知识内涵,真正达到了培养“宽、专、交”人才的目的。

(2)厚基础、宽口径,构造专业核心知识体系与核心课程。“信息与通信工程”专业知识体系是由信息的获取、表达、传输、处理和系统实现与应用等方面的知识点构建起来的,许多知识点在以上各知识领域呈现相互渗透和交叉的现象与趋势,传统的知识领域的界限已经变得越来越模糊。

例如,D类音频功放已是目前主流的音频功放技术之一,其电路是由信号处理(变换)电路、开关状态的功率放大管、输出滤波器构成,信号处理电路是将模拟或数字音频输入信号转换成脉宽调制信号。如果要系统地解释清楚D类音频功放的原理、应用和设计,就需要掌握模拟电子技术、数字电子技术、系统理论和信号处理等课程的知识 and 相关的新技术。问题是,在我们现有的课程体系中,很难有一门课程或设计一门课程来放置以上的内容。如果能将电路模型与实际器件、线性与非线性、放大作用与开关、模拟与数字、分立与集成等知识点糅合起来,整合在一门基础课程中,从一开始就帮助学生建立电路与电子技术核心的知识体系与基本概念,那么就能从晶体管的开关工作状态和相关信号的特性入手,讲清楚D类音频功放的基本工作原理。又如,软件无线电技术、信息处理系统和射频功放中的线性化技术,涉及了电路、信号处理和DSP等技术;现代视频技术涉及了信号处理算法、DSP技术和网络传输技术。类似的例子不胜枚举。专业知识呈现网状结构,所以对专业知识点的梳理不宜区分过细,应以基础和核心知识点入手抓住知识体系的主线,提炼核心知识,以此整合现有的课程,并体现专业的特色。鉴于以上思路,我们首先从信号获取与表达、交换与传输、处理与分析和系统实现等方面所包含的知识点与相互关系着手,将专业主要知识领域分为3个较为宏观的知识领域(不包括数理、计算机技术等通识知识领域):

- ① 电子系统,研究系统实现技术与工程问题;
- ② 信号处理与系统,研究信号处理与系统理论;
- ③ 通信与网络,研究信号传播、通信技术、网络理论与技术。

这些知识领域的主干是比较明确清晰的,其枝干之间存在相互渗透和交叉,这种现象普遍存在于课程中。例如,“射频通信电路”课程与这三个知识领域都有关联,其应用是无线通信,但它可归属于电子系统领域;“DSP技术”课程也可以归属于电子系统领域,但它的应用是信号处理,需要信号处理和系统的专门知识;“多媒体通信”课程的应用是针对多媒体信息领域,音视频压缩技术是其主要内容,它可以归属于信号处理与系统领域,也可以归属于通信与网络领域;“通信信号处理”课程同样可以属于信号处理与系统领域,也可以属于通信与网络领域,它的应用是通信,需要信号处理、信号调制技术和通信信道模型等知识。电子电路、场、信号处理、系统理论的相关知识点构成了这三个知识领域的基本元素,它们不是独立的,而是相互关联地分布在以上三个知识领域。这样的思路告诉我们,可以从电子电路、场、信号处理、系统理论等四个方面确立专业的基础知识和核心课程,如图a所示。

在上述知识框架下,我们确立了电子系统知识体系与核心课程,如图b所示。本套丛书的编写遵循了这一新的知识体系。电子系统领域侧重于信息处理和通信系统的物理实现技术和工程问题,应重点学习的基础知识是电路、电子学和数字系统,包括计算机应用技术,其核心课程是“电子电路基础”和“数字系统设计”两门课。其中,“电子电路基础”课程整合了电路分析、模拟电子技术、数字电子技术、高频电子线路等课程内容;“数字系统设计”课程整合了现有的数字电路、FPGA设计基础、现代逻辑设计等课程,全面引入基于处理器的数字系统设计技术。在电子系统知识体系中,尽管“射频通信电路”是一门重点讲述通信电路的课程,但它的知识内涵覆盖了射频电路的设计原理、方法,具有一定的基础性,所以也将它纳入了本套丛书。信号处理与系统领域是关于信号与系统的理论,侧重于信号与信息处理、系统分析与设计理论,重点学习的核心课程是“信号与系统”和“数字信号处理”;通信与网络领域是关于电信号的传播、通信系统与技术、网络理论与技术,其基础核心课程是“电磁场与电磁波”和“通信原理”等。作为专业的基础,“电子电路基础”、“数字系统设计”、“信号与系统”和“电磁场与电磁波”等四门课程应是重点学习的专

业基础核心课程,它们构建电子电路、场、信号处理、系统理论等四个方面的基础知识,是所有其他专业课程学习的基础。例如,“通信原理”是通信与网络知识领域的一门核心专业课程,但它的许多基础知识来自于以上四门课程。

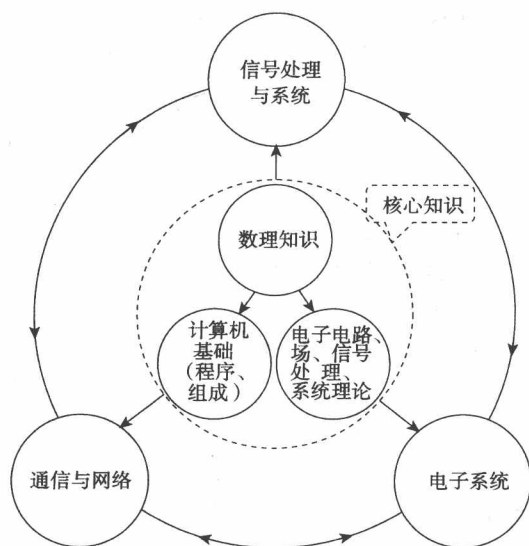


图 a 专业知识体系的构建图

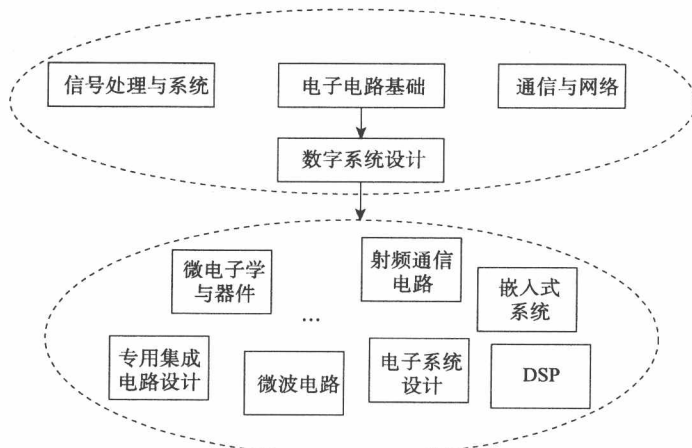


图 b 电子系统知识体系

(3)借鉴现代教育理论成果,指导教材内容的编排。根据布鲁斯的结构主义教学原理,在课程教学中,首先务必使学生理解该课程的基本结构、工程应用背景以及在专业课程体系中所处的地位,使学生了解这门课的发展水平,与其他专业课程的关系,以及学什么、有什么用等等。因此,在教材的第1章中,首先给出一个尽量覆盖课程主要内容的系统实例或系统框架原理,从知识体系、技术发展和应用等方面帮助学生建立起课程的宏观认识,尽量给出日常生活中已获得应用的典型系统实例,让学生对课程所要讲述的内容有直观的认识和体验。这种安排可以使学生比较容易接受课程内容的学习,理解课程知识的工程应用价值,有助于引导学生进行主动性的学习。

(4)注重经典与现代技术的融合。本套丛书以当代电子与信息科学技术最新成果审视和整合经典理论与经典课程内容,提炼核心知识体系与知识内涵,并贯彻到教材的编写中。教材的编写充分利用现代信息技术的成果,将 EDA 设计工具全面引入教材和课堂教学。

(5)面向工程应用,加强课程实践环节。本套丛书实践部分包括综合性、设计性、系统性实验和课程设计,将单元性的实验融合在综合性、系统级的实验中,增加实验的趣味性、设计性和应用性,使学生获得完整系统级的设计体验和经历。课程实践内容的设计要求引入探究式、开放式、讨论式的教学方法,加强学生对所学知识工程应用能力的培养,切实提高学生的设计能力和学习兴趣。

(6)注重知识体系的完整性,着力于教材的立体化建设。本套丛书的每本教材都有自己完整的知识体系,内容丰富,有利于任课教师在教学中与相关课程衔接,有利于学生的课前预习和课后复习,同时也适合广大相关工程技术人员的阅读和实际使用。本套丛书还将逐步提供配套的多媒体课件和学习辅导书等辅助教学材料,为任课教师提供丰富的配套教学资源,帮助学生自学和课后复习,使教材更加易教易学。

在本套丛书的策划、编写、出版过程中,东南大学王志功教授仔细审阅了编写大纲,并与本套丛书编写组的教师进行了深入的研讨,提供了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。浙江大学本科生院、浙江大学信息学部、浙江大学信息与工程学系、相关高校专家和科学出版社给予了大力支持与帮助,在此也表示衷心的感谢。

根据电子与信息科学技术的发展以及国内信息与通信产业的人才要求,我们将不断更新本套丛书,以保持教材的先进性和适用性。由于作者的水平所限,教材中存在一些不足之处,还需要在今后的教学实践中不断改进和完善,热忱欢迎全国同行对我们的工作提出宝贵意见和建议!

于慧敏

2010 年 12 月于求是园

前 言

电子技术的发展、日新月异,新知识不断增加,而学校教学学时数相对固定,不可能作相应增加,这就要求我们对教学理念、教学内容和教学方法等进行研究与改革,以解决不断增加的知识量与相对固定教学学时数之间的矛盾。本书在浙江大学信息与电子工程学系近几年的教学改革与实践的基础上编写而成,融合了电路实验、模拟电子电路实验、数字电路基础实验。

电子电路实验的主要任务是培养学生的工程实践能力和研究创新能力,因此要突出基本实验技能、科学实验方法的训练,突出使用计算机工具能力和电路设计与电路实现能力的培养,突出研究、探索和创新意识的培养。为此,在本书的编写过程中,力图建立以培养学生工程实践能力与研究创新意识为目标的实验教学理念,把工程设计与研究创新意识贯穿于整个实验教学之中,包括在实验中让学生自主设计实验方案和实验步骤,努力为学生营造自主学习、自主实验与研究创新的学习环境与氛围,使学生有自主实验研究的空间。在编写实验项目过程中,以实验理论基础、实验电路设计和实验任务要求来阐述该实验项目所必需的理论基础和实验电路设计方法与过程、该实验应完成的任务,具体的实验方案、实验电路确定、实验步骤与测试方法等都由学生自主选择与设计,使学生有自己思考的空间,充分调动和发挥学生的积极性和主动性。

本书在内容安排上分成基础实验、仿真实验、设计研究性实验和综合设计性实验四个层次,做到由浅入深、循序渐进。

全书共 10 章。

第 1~3 章介绍电子电路实验的基础知识,包括电子电路实验的程序与要求、电子电路的设计方法、电子实验测量技术、电子电路组装与调试技术、电子电路故障及其排除方法、实验测量误差与实验数据处理等,为以后的实验打下基础。

第 4 章介绍了常用电子元器件,包括常用元器件的性能、规格、用途、参数标注及质量鉴别等,以便实验中正确选择和使用元器件。

第 5 章介绍了常用电子实验仪器的原理与使用方法。电子仪器是观察物理现象、测量电子系统和电路性能指标必不可少的工具,了解常用电子仪器的基本原理、正确选择电子仪器、熟练掌握电子仪器的使用和电路系统的测试方法是进行电路实验的基础,是电子工程技术人员必须具备的基本功,也是工程实践能力培养的重要内容。因此,在基础实验中安排了专门的实验进行电子仪器使用的练习,且应将这项训练作为实验的基本要求贯穿于整个实验教学过程中。

第 6 章介绍了三款常用 EDA 软件(Protel、OrCAD、Multisim)的功能和使用方法。EDA 技术发展迅速,它在现代电子设计技术中占有越来越重要的位置,已成为现代电子设计的工具。使用 EDA 技术分析和设计电子电路是电子技术人员必须具备的基本技能。

第 7 章为基础实验,包括电子仪器和 EDA 软件的使用训练、电路定律实验和其他一些基础性实验。

第 8 章为仿真实验,使用 OrCAD 软件对各实验项目进行仿真分析研究,并与理论设计及计算结果进行比较研究。

第 9 章为设计研究性实验,安排了较多的实验项目。设计研究性实验是需要进行设计与分析研究的复杂实验,在进行硬件实验之前应先进行计算机仿真分析研究,在取得较好的仿真分析

结果的基础上再进行硬件实验,做到硬件实验与现代 EDA 有机结合,这样既提高了实验效率,降低了实验成本,又突出了工程实践能力、计算机技能和研究创新能力的训练与培养。

第 10 章为综合设计性实验。综合设计性实验是具有探索性和研究性的大型综合设计性实验,需要自行查阅资料、自主选择与设计实验方案等,也需要较多的实验条件,因此可作为大型专题实验、课程设计或暑期工程实践的实验内容。

本书可作为电子电路实验课的教材,也可与浙江大学信息与电子工程学系编著的《电子电路基础 I》、《电子电路基础 II》教材配套使用,适用于安排 2 个学期各 32 学时的实验教学,第 1 学期主要安排基础实验,第 2 学期安排设计研究性实验。第 10 章中的部分大型综合设计性实验题目宜作为专题实验或课程设计来安排,或安排在暑期的工程实践课程中进行。

本书由李锡华主编、施红军、李惠忠和张昱共同编写。参加本书编写工作的还有周绮敏、史笑兴、屈民军、叶险峰。其中,李锡华编写第 1~5 章、第 7 章的实验 1 及 6~8、第 9 章的实验 1、8、9 和第 10 章的实验 3~5,施红军编写第 9 章的实验 2~6,周绮敏和张昱编写第 8 章的实验 1、2、5~7,张昱编写第 6 章 6.2~6.7 节和第 7 章的实验 2,李惠忠编写第 6 章 6.1 节和第 10 章的实验 1,史笑兴编写第 8 章的实验 3、4,史笑兴和叶险峰编写第 7 章的实验 3~5 和第 9 章的实验 7,屈民军编写第 10 章的实验 2 和附录。李锡华负责全书的统稿和定稿工作。

在本书的编写过程中,浙江大学于慧敏教授给予我们很多良好的建议和帮助,浙江大学信息与电子工程学系领导和老师给予了大力支持,在此表示深深的谢意。编写中我们参考了较多的书籍和网络文献,在此向其作者表示诚挚的谢意。

本书由天津大学的王萍教授担任主审工作。王萍教授在百忙之中细致认真、逐字逐句地审阅了全部书稿,在此谨向她表示衷心的感谢!同时也向关心和热心支持我们的科学出版社领导、编辑和工作人员表示衷心感谢!

由于编者水平所限,书中肯定存在不足和错误,恳请使用本书的各位读者批评指正,以便今后改进。

编 者

2012 年 2 月于浙江大学

目 录

丛书序

总前言

前 言

第 1 章	电子电路实验的基础知识	1
1.1	电子电路实验课的意义、目的与要求	1
1.2	电子电路实验的基本程序与要求	1
1.3	电子电路实验的操作规程	2
1.4	实验报告的编写	5
第 2 章	电子电路设计与调试技术	6
2.1	电子电路设计的一般方法	6
2.2	电子电路组装与焊接技术	6
2.3	电子实验测量技术	7
2.4	电子实验调试技术	12
2.5	常见故障及其检测	15
2.6	噪声干扰及其抑制	18
第 3 章	实验测量误差分析与数据处理	21
3.1	实验测量误差分析	21
3.2	实验测量数据处理	24
第 4 章	常用电子元器件	28
4.1	电阻器	28
4.2	电位器	31
4.3	电容器	32
4.4	电感器	35
4.5	晶体二极管	36
4.6	晶体三极管	37
4.7	场效应晶体管	39
4.8	光电器件	40
第 5 章	电子电路实验常用仪器	43
5.1	直流稳压电源	43
5.2	信号发生器	46
5.3	万用表	50
5.4	示波器	53
5.5	失真度仪	77
5.6	半导体晶体管特性图示仪	79
第 6 章	电子电路计算机辅助分析与设计	83
6.1	Protel 软件基础	83
6.2	OrCAD 软件基础	97

6.3	OrCAD 电路设计仿真分析的流程	102
6.4	模拟电路分析示例	125
6.5	数字电路分析示例	131
6.6	数模混合电路分析示例	136
6.7	Multisim 软件基础	139
第 7 章	电子电路基础实验	148
实验 1	常用电子实验仪器的使用	148
实验 2	OrCAD 使用练习	153
实验 3	基尔霍夫定律的验证	173
实验 4	叠加定律的验证	175
实验 5	直流电路的戴维南等效与诺顿等效	176
实验 6	非线性元件(二极管)特性曲线和 TTL 与非门主要参数的测试	177
实验 7	基本门电路研究	181
实验 8	集成运算放大器性能参数的测试研究	183
第 8 章	仿真实验	190
实验 1	放大器静态工作点对动态范围的影响	190
实验 2	工作条件对集成运放性能影响的研究	202
实验 3	RLC 谐振电路仿真实验	206
实验 4	一阶 RC 电路的暂态响应仿真研究	209
实验 5	集成运放组成的波形变换与产生电路	212
实验 6	有源滤波器的设计	219
实验 7	运算放大器的设计	230
第 9 章	设计研究性实验	240
实验 1	单相整流、滤波和简单稳压电路的设计与研究	240
实验 2	集成运算放大器基本运算电路研究	244
实验 3	晶体管共射放大电路设计研究	249
实验 4	差分放大器的设计与调试	254
实验 5	多级低频小信号放大器的设计与调试	258
实验 6	两级阻容耦合负反馈放大器的设计与调试	261
实验 7	RLC 谐振电路实验研究	265
实验 8	一阶 RC 电路的瞬态响应过程实验研究	267
实验 9	555 集成定时器的应用研究	269
第 10 章	综合设计性实验	275
实验 1	直流稳压电源的设计与调试	275
实验 2	音频功率放大器的设计、安装与调试	279
实验 3	多功能数字钟的设计与制作	293
实验 4	双积分型模数(A/D)转换器的设计与制作	302
实验 5	温度检测显示与控制器的设计与制作	308
附录	焊接工具和焊接技术	314
附录 1	焊接工具	314
附录 2	手工焊接技术	316
参考文献		322

第1章 电子电路实验的基础知识

1.1 电子电路实验课的意义、目的与要求

电子技术是一门应用性、实践性很强的学科,实验在这一学科的研究及发展过程中起着至关重要的作用。工程、科研人员通过实验的方法和手段,分析器件、电路的工作原理,完成其性能指标的检测,验证和扩展其功能及使用范围,设计并组装各种实用电路和整机。

电子电路基础是电气、电子信息类专业的重要基础课,而电子电路实验是这一课程体系中不可缺少的重要教学环节。通过实验,可使学生获得电子电路方面的基础知识和基本技能,并运用所学理论分析和解决实际问题,提高实际工作的能力,这对正在进行本课程学习的学生来说是极其重要的。

电子电路实验可以分为三个层次。第一个层次是验证性实验,它主要是以电子元器件特性、参数和基本单元电路为主,根据实验目的、实验电路、仪器设备来验证电子电路的有关原理,从而掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能,进一步巩固所学的基础知识和基本原理。第二个层次是提高性实验,它主要是根据给定的实验电路,由学生自行选择测试仪器,拟定实验步骤,完成规定的电路性能指标测试任务。第三个层次是综合性和设计性实验,学生根据给定的实验题目、内容 and 要求,自行设计实验电路,选择合适的元器件并组装实验电路,拟定调整、测试方案,最后使电路达到设计要求。这个层次的实验可以培养学生综合运用所学知识的能力、解决较复杂实际问题的能力和创新能力。

实验的基本目的是使学生在基础实验知识、基础实验理论、基本实验技能、综合运用能力和创新能力等方面受到较为系统的训练,培养他们爱思考、爱实验、敢实验、会实验习惯和能力,成为善于把理论知识与实践相结合的专门人才。

电子电路实验内容极其丰富,涉及的知识面很广,并且还在不断充实、更新和发展。在整个实验过程中,逐步掌握示波器、信号源等常用电子仪器的基本原理与使用方法;频率、相位、时间、脉冲波形参数和电压、电流的平均值、有效值、峰值以及各种电子电路主要技术指标的测试技术和方法;常用元器件的规格与型号,手册的查阅和参数的测量;小系统的设计、组装与调试技术,以及实验数据的分析、处理能力;EDA软件的使用,等等,这些都是本书的重点。

1.2 电子电路实验的基本程序与要求

电子电路实验的内容广泛,每个实验的目的、内容和步骤不同,但基本过程却是类似的。为了达到实验的预期效果,要求实验者做到以下几点。

1. 实验前的预习

为了避免盲目性,提高实验效率,每个实验者在实验前都要做好以下几方面的实验准备。

(1)认真阅读实验教材,明确实验目的、任务与要求,了解实验内容。

(2)复习有关理论知识,掌握实验的原理,认真完成电路设计、实验板安装等任务。

- (3)根据实验内容拟好实验方案与步骤,掌握所用仪器的使用方法。
- (4)对实验中应记录的原始数据和待观察的波形应先设计记录表格待用。
- (5)写出预习报告。

2. 实验操作

为了使实验顺利进行,实验过程中应注意以下几个方面。

(1)进入实验室要自觉遵守实验室各项规章制度,保证实验室有良好的实验秩序和实验环境,要注意人身安全和仪器设备的安全。

(2)按实验方案组装实验电路和搭接测试电路。对照实验电路图,对实验电路板上的元器件和接线进行仔细的寻迹检查,检查各引线有无接错,特别是电源与电解电容的极性是否接反,各元器件及接点有无漏焊、假焊,并注意防止碰线短路等问题。经过认真仔细检查无误后,方可通电实验。

(3)要精心操作、认真观察实验现象,准确记录实验条件、实验现象和实验数据(包括波形),并分析判断所得数据、波形是否正确。如果发现有异常现象,要分析原理,耐心排除,并记录故障现象、排除故障的方法和过程。

(4)如果发生安全事故应立即切断电源,报告实验指导老师或实验室工作人员,等候处理。

(5)实验完成后,一般要将实验记录送交实验指导老师审阅,得到认可后再拆除线路,清理现场。

需要指出的是,在实验过程中出现一些预习中没有预料到的故障和问题是正常现象,实验者通过思考和分析,排除故障、解决问题的过程就是积累经验和增长才干的实践过程,可以锻炼和提高实验者理论联系实际、解决实际问题的能力。

3. 实验总结

- (1)将原始数据进行整理、分析。
- (2)进行误差计算,并加以分析。
- (3)对实验中的现象和故障问题进行具体分析。
- (4)撰写实验报告。

1.3 电子电路实验的操作规程

与其他许多实践环节一样,电子电路实验也有它的基本操作规程。正确的操作方法和操作程序是提高实验可靠性和实验效果的保障。因此,要求同学们一开始就应注意培养正确、良好的操作习惯,并逐步积累实验经验,不断提高实验水平。

1. 实验仪器的合理布局

实验时,各仪器、仪表和实验对象(如实验板或实验装置)之间应按信号流向,并根据连线简捷、调节顺手、观察与读数方便的原则进行合理布局。

图 1.3.1 所示为实验仪器的一种布局形式。输入信号源直流电源置于实验板的左侧,测试用的示波器与电压表置于实验板的右侧。

2. 电子实验箱(实验电路板)上的接插、安装与布线

实验室中常用的各类电子技术实验箱(实验电路板)上通常有一块或数块多孔插座板(或称为面包板),利用这些多孔插座板可以直接接插、安装和连接实验电路而无需焊接。然而,正确和整齐的布线在这里显得极为重要,这不仅是为了检查、测量的方便,更重要的是可以确保线路稳

定可靠地工作,因而是顺利进行实验的基础。实践证明,草率和杂乱无章的接线往往会使线路出现难以排除的故障,以致最后不得不重新接插和安装全部实验电路,浪费了很多时间。为此,在多孔插座板上接插安装时应做到以下几点。

(1)首先要搞清楚多孔插座板和实验箱的结构,然后根据实验箱的结构特点来安排元器件的位置和电路的布线。一般应以集成电路或三极管为中心,并根据输入、输出分离的原则,按信号走向以适当的间距来安排其他元件。最好先画出实物布置图和布线图,以免发生差错。

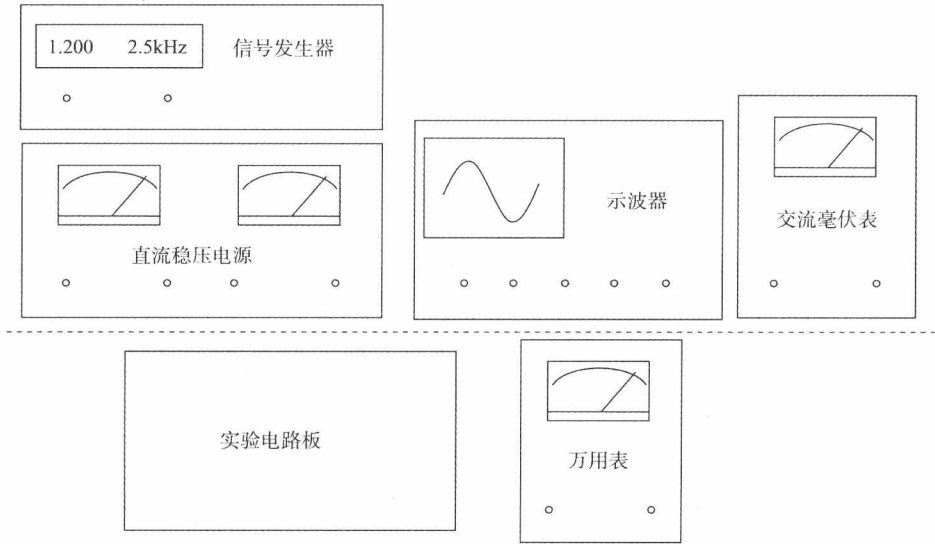


图 1.3.1 实验仪器的布局

(2)接插元器件和导线时要非常细心。接插前,必须把待插元器件和导线的插脚拉平直。接插时,应小心地用力插入,以保证插脚与插座间接触良好。实验结束时,应一一轻轻拔下元器件和导线,切不可用力太猛。注意,接插用的元器件插脚和连接导线均不能太粗或太细,一般以线径为 0.5mm 左右为宜,导线的剥线头长度约为 10mm。

(3)布线的顺序一般是先布电源线与地线,然后按布线图从输入到输出依次连接好各元器件和接线。应尽量做到接线短、接点少,但同时又要考虑到测量的方便。

(4)在接通电源之前,要仔细检查所有的连接线。特别应注意检查各电源的连线和公共地线是否正确。查线时仍以集成电路或三极管的引脚为出发点,逐一检查与之相连接的元器件和连线,在确认正确无误后方可接通电源。

3. 正确的接线规则

(1)仪器和实验板间的接线要用颜色加以区别,以便于检查,如电源线(正极)常用红色,公共地线(负极)常用黑色。接线头要拧紧或夹牢,以防接触不良或因脱落而引起故障。

(2)电路的公共接地端和各种仪表的接地端应连接在一起,既作为电路的参考零点(即零电位点),同时又可避免引起干扰,如图 1.3.2 所示。在某些特殊场合,还需将一些仪器的外壳与大地接通,这样可避免外壳带电,从而确保人身和设备安全,同时又能起到良好的屏蔽作用。例如,在焊接和测试 MOS 器件时,电烙铁和测试仪器均要接大地,以防它们漏电而造成 MOS 器件的击穿。

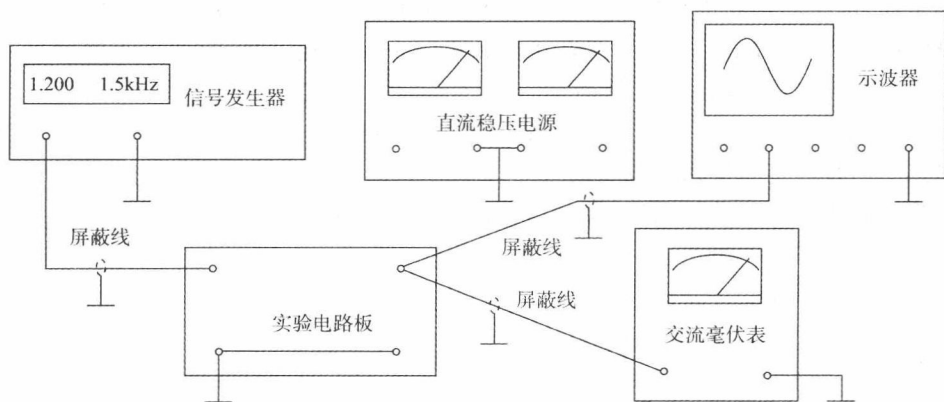


图 1.3.2 实验仪器与实验电路板的连接

(3)信号的传输应采用具有金属外套的屏蔽线,而不能用普通导线,并且屏蔽线外壳要选择一点接地,否则有可能引进干扰而使测量结果和波形异常,如图 1.3.3 所示。

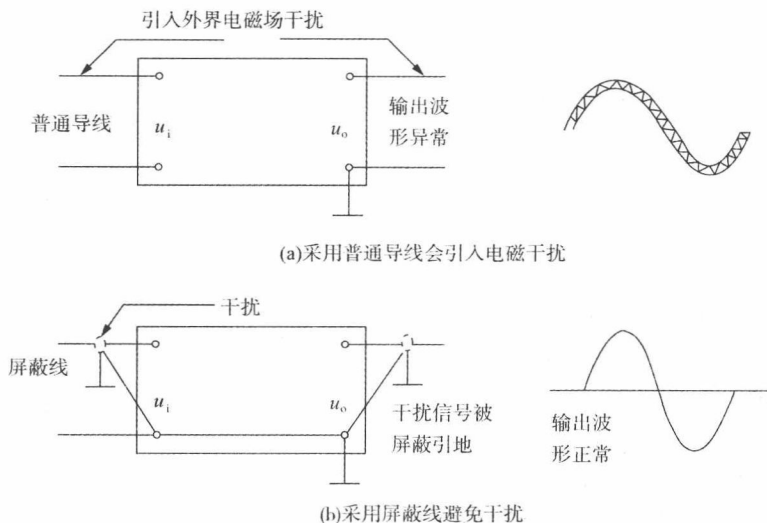


图 1.3.3 外界电磁干扰与屏蔽

4. 注意人身和仪器设备的安全

1) 遵守安全操作规程,确保人身安全

(1)为了确保人身安全,在调换仪器时必须切断实验台的电源。另外,为防止器件损坏,通常要求在切断实验电路板上的电源后才能改接线路。

(2)仪器设备的外壳应良好接地,防止机壳带电,以保证人身安全。在调试时,要逐步养成用右手进行单手操作的习惯。

2) 爱护仪器设备,确保实验仪器和设备的安全

(1)在仪器使用过程中,不必经常开关电源。切忌无目的地随意扳弄仪器面板上的开关和旋钮。实验结束后,通常只要关断仪器电源和实验台的电源,而不必将仪器的电源线拔掉。

(2)为了确保仪器设备的安全,在实验室配电柜及各仪器中通常都安装有电源熔断器(保险