

电子技术

实践教程

DIANZIJISHU SHIJIANJIAOCHENG

主 编 唐 宇 陈大兴

副主编 范方灵 罗云松 明立娟 于娟



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

电子技术实践教程

主 编 唐 宇 陈大兴

副主编 范方灵 罗云松

明立娟 于 娟

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书是集模拟电子技术及数字电子技术基础实验方法、现代实验方法(仿真)、基础实验、电子实习(制作)、电子设计指导于一体的高等教育实践教材。

本书可作为高等学校电类专业电子技术、电子设计的入门教程,也可作为非电类专业的电子技术实验课教材,同时,也可作为有关教师与科研工作人员的初级参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实践教程 / 唐宇, 陈大兴主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2010.1
ISBN 978-7-5643-0504-8

I. ①电… II. ①唐…②陈… III. ①电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 215543 号

电子技术实践教程

主编 唐宇 陈大兴

*

责任编辑 李晓辉

特邀编辑 张 阅

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 16.625

字数: 414 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0504-8

定价: 28.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着现代科学技术的飞速发展,实验已成为建立在科学理论与方法基础之上的一门技术和内容均十分庞大的知识体系。而在电子技术日新月异且已渗透人们生产、生活方方面面的今天,作为电子技术重要专业基础课程之一的电子技术实验,更是日益突显出其重要性。电子技术实验课对培养学生理论联系实际的能力、动手实践能力、创新性思维能力、开发设计能力,以及培养建立起有关电子技术测量的基本技能与知识,激发起学生对电子技术的学习兴趣等方面发挥着至关重要的作用,而作为模拟电子技术实验课程的指导性教材,其内容编写的合理性、科学性、内容更新性、新颖性等方面将在一定程度上影响到实践教学的效果。

本书的编写是在对有关专业人才培养方案和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,以及在充分总结实践教学经验与教学成果的基础上编写而成。本书立足于 21 世纪高等教育人才的培养目标与要求,主动适应社会发展对人才培养提出的新需要,突出应用性和创新性,可选性强。实验内容的编排从传统的多为验证性实验改为以验证性实验为主,循序渐进地引导设计性、应用性实验,并特别选编了一些电路新颖、实用性强的综合性实验,通过一些实例设计一些产品,旨在培养学生的实践能力、综合应用能力、创新性思维能力、开发设计能力,以适应时代对人才素质的新需要。

全书共分三篇,第一篇实验基础,包括基本实验方法、电子制作基础知识、常用电子器件基础、现代实验方法基础;第二篇基础训练实验,包括基础实验、综合性实验、电子制作实习;第三篇电子设计思维实训,包括电子设计基础、电子设计课题。本书所涉及的实验,既有测试验证型实验,又有综合型实验、设计性实验,更有毕业设计性质、与最新科技电子设计相关的、与社会实际需要相联系的课题,能够很好的培养学生的动手实践能力,充分激发学生的创造性思维,满足当前高校对实践性教育教学的新要求。

唐宇、陈大兴、范方灵、罗云松、明立娟、于娟等参与了本书的编写。唐宇主持全书的结构编制工作;唐宇、陈大兴编写第一篇 1~5 章、第二篇第 7 章综合实验一~综合实验四、第三篇第 9 章;范方灵编写第三篇第 10 章、第二篇第 7 章部分内容;罗云松、于娟编写第二篇第六章数字电子技术基础实验、第 7 章的部分内容;明立娟编写第二篇第六章模拟电子技术基础实验。唐宇、陈大兴共同担任本书的主编,并负责全书的统稿与定稿工作。参与审核的老师除参编人员外还有缪志农、郑会军、黄昆、刘兴华、连存虎等,在此向参与审核的老师表示感谢。

限于编者水平,书中难免存在不妥之处,敬请专家和读者批评指正。

编 者

2009 年 12 月

目 录

第一篇 实践基础

第 1 章 绪 论	1
1.1 电子技术实验分类	1
1.2 电子技术实验的目的和一般要求	1
第 2 章 基本实验方法	15
2.1 概 述	15
2.2 电压测量	17
2.3 电流测量	21
2.4 电阻测量	22
2.5 电容测量	24
2.6 电感测量	25
2.7 误差分析与测量数据处理	27
第 3 章 电子制作基础知识	31
3.1 电子电路的设计	31
3.2 电子电路的安装	33
3.3 电子电路的调试	35
3.4 电子电路的故障检测维修	37
第 4 章 常用电子元器件基础	41
4.1 电阻器	41
4.2 电容器	46
4.3 电感器	48
4.4 半导体分立器件	50
4.5 模拟集成电路	53
4.6 数字集成电路	57
第 5 章 常用电路仿真设计实验方法简介	62
5.1 电路仿真软件 EWB 简介	62
5.2 模拟电路仿真软件 PSPICE 简介	63
5.3 电子设计软件 PROTEL 简介	65

5.4 电子电路仿真软件 Multisim 使用简介	67
5.5 单片机仿真软件 proteus 简介	67

第二篇 基础训练实验

第 6 章 基础实验	70
6.1 模拟电子技术基础实验	70
实验一 常用电子仪器的使用	70
实验二 晶体管共射极单管放大器	75
实验三 场效应管共源放大电路	81
实验四 负反馈放大器	87
实验五 射极跟随器	91
实验六 差分放大电路	95
实验七 集成运算放大器的基本应用 —— 模拟运算电路 (附仿真实验过程)	100
实验八 集成运算放大器的基本应用 —— 电压比较器	106
实验九 集成运算放大器的应用 —— 有源滤波器	111
实验十 OTL 互补对称功率放大器	117
实验十一 RC 正弦波振荡器	122
6.2 数字电子技术基础实验	126
实验十二 TTL 集成与非门参数测试	126
实验十三 组合逻辑电路实验	131
实验十四 译码器及其应用	135
实验十五 集成触发器及其应用	141
实验十六 计数器及其应用	145
实验十七 移位寄存器及其应用	150
实验十八 数据选择器及其应用	156
实验十九 使用门电路产生脉冲信号 —— 自激多谐振荡器	162
实验二十 555 时基电路及其应用	165
实验二十一 D/A、A/D 转换器	170
第 7 章 综合性实验	177
综合实验一 多路集成直流稳压电源的简单设计	177
综合实验二 立体声分离元件音频功率放大器的设计	178
综合实验三 立体声集成音频功率放大器的设计	179
综合实验四 LED 节能灯的设计	180
综合实验五 电子秒表	181
综合实验六 $3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	186

综合实验七 交通灯控制逻辑电路	191
综合实验八 多种波形发生器电路	197
综合实验九 节日彩灯控制电路	201
第 8 章 电子制作实习	205
实习一 收音机的安装与调试	205
实习二 可调开关直流稳压电源的安装与调试	206
实习三 可调直流稳压电源及充电器的安装与调试	208
实习四 数字万用表的安装与调试	211

第三篇 电子设计思维实训

第 9 章 电子设计基础	213
9.1 设计性实验基本方法	213
9.2 设计性实验要求	218
第 10 章 电子设计课题	221
10.1 电源类的设计性实验	221
课题 1 简易数控直流电源	221
课题 2 直流稳定电源	222
课题 3 数控直流电流源	223
课题 4 实用信号源的设计和制作	224
课题 5 三相正弦波变频电源	225
课题 6 开关稳压电源	226
10.2 电子信息类的设计性实验	227
课题 1 实用低频功率放大器	227
课题 2 测量放大器	228
课题 3 波形发生器	230
课题 4 高效率音频功率放大器	230
课题 5 电压控制 LC 振荡器	232
课题 6 宽带放大器	233
课题 7 正弦信号发生器	234
课题 8 程控滤波器	235
10.3 仪器类的设计性实验	236
课题 1 简易电阻、电容和电感测试仪	236
课题 2 简易数字频率计	237
课题 3 数字式工频有效值多用表	237
课题 4 频率特性测试仪	239

课题 5 低频数字式相位测量仪·····	240
课题 6 简易逻辑分析仪·····	241
课题 7 集成运放参数测试仪·····	243
课题 8 简易频谱分析仪·····	245
课题 9 音频信号分析仪·····	246
课题 10 数字示波器·····	247
10.4 自动控制类的设计性实验·····	248
课题 1 水温控制系统·····	248
课题 2 自动往返电动小汽车·····	249
课题 3 简易智能电动车·····	250
课题 4 液体点滴速度监控装置·····	251
课题 5 悬挂运动控制系统·····	253
课题 6 电动车跷跷板·····	254
参考文献·····	257

第一篇 实践基础

电子技术实践包括电子技术基础实验(模拟电子技术、数字电子技术)、电子实习、电子设计与制作等过程,目的是将学生从一个对电子技术很陌生的人培养成一个合格的符合社会需要的电子工程师(完成从学校到工厂的衔接)。

第1章 绪论

电子技术实验是电子技术课程教学中的重要环节。在实验过程中,通过分析、验证元器件和电路的工作原理及功能,对电路进行分析、调试、故障排除和性能指标的测量,通过自行设计、制作各种功能的实际电路等多方面的系统训练,可以使学生的各种实验技能得到锻炼和提高。本书提供了验证性、综合性、设计性和仿真四类实验,希望能进一步提高学生的创造性思维能力、观测能力、表达能力、动手能力和查阅文献资料的能力等综合素质。

1.1 电子技术实验分类

尽管模拟电子技术各个实验的目的和内容不同,但为了培养良好的学风,充分发挥学生的主观能动作用,促使其独立思考、独立完成实验并能有所创新,在进行实验时要严格要求学生遵循实验过程。

1.2 电子技术实验的目的和一般要求

电子电路及其实验是重要的专业基础课程,是有关“硬件”的入门课程之一。它所涉及

的电子应用技术是电子工程师所必须掌握的重要技能。电子实验的目的就是要熟悉电子线路,

在理论和实践相结合的基础上掌握电子线路的设计、安装、调试和测量技术。实验既可以验证模拟电路理论的正确性和实用性,又可以找出理论的近似性和局限性,发现新问题,启发新思路,产生新设想。通过学习和实践,在电子技术领域有所锻炼和提高,有所创新和发展,这就是实验课的基本目的。通过实验,不仅要巩固和深化电子技术的基本概念和基础理论,更要树立理论联系实际的良好学风和严谨求实的科学态度,培养勤于动手、勇于创新的工程素质和探索精神,以适应新技术发展和未来服务于社会的需要。

1.2.1 实验“五关”

要想通过实验提高自己的工程素质和硬件能力,我们对实验的目标进行分解,主要应注重过好以下五关。

1. 器件关

熟悉电子元器件是电子工程师所必需的。电子元器件是构成电子线路和电子系统的基础,犹如建筑大厦的基石。随着电子信息技术的飞速发展,特别是 IC 设计和制造技术的不断提高,各类新型器件不断涌现,集成度和性能指标不断提高。采用一个元件就可以实现一个功能电路,甚至就可形成一个“系统”,即 SoC (System-on-Chip, 片上系统)。通过实验环节熟悉和掌握各种典型的和新型的电子器件十分重要,还需要注意元器件选择和参数标准化。

2. 仪器关

电子仪器、仪表是电子工程师手中的工具。这些工具对于工程师的重要性,就像战士手中的武器。“工预善其事,必先利其器”,因此熟悉和掌握各种仪器、仪表,特别是几种最基本的工具(如万用表和示波器等),对于电子工程师来说是至关重要的。

3. 电路关

这是指对各种基本单元电路的认识。这些单元电路是教科书上学习的基本内容,也是构造电子电路与系统的基本单元。通过实验锻炼“识图”能力,熟练掌握典型电路的结构、特点、性能以及各种电路的组合,探索其构造方法和规律,并且能够在此基础上有所创新和提高。

4. 调试关

这是指对电子电路和电子系统的测试和调试方法的认识和实践。从一个电子技术的“门外汉”到行家里手,主要看调试和检修的“手上工夫”,这不但是一门“技术”,甚至可以说是一门“艺术”。对于电子设备的调试和检修,就像医院里的医生对病人,既要像内科大夫的判断准确和对症下药,还要像外科大夫的技术高明和手到病除。这一切不是仅从书本上就可以学得到的,还要取决于实践锻炼和经验积累。

5. 设计关

这是指对电子应用电路和电子系统的设计。具备设计能力是电子工程师的至高境界,也

是电子行业对人才培养的迫切需求,但设计能力的提高不是一日之功。设计的基础是分析,分析和综合是设计问题的两个方面。要根据技术要求进行设计方案论证和选择;要对电路结构和元器件参数进行分析和计算;还要对实际电路进行调试和数据处理;最后要写出设计报告和备齐设计资料。以上这些是电子工程师所应该具备的。除此传统方法之外,随着科技的发展,还要进一步学习掌握先进的设计技术和设计方法,如 EDA/ESDA、DSP 以及 ARM 嵌入式系统等。

对于以上实验“五关”,可以分为两个层次。前四关是初级要求或是基本要求,第五关是高级要求或是追求目标。本书以实验为主,也会涉及一些有关电路设计的内容,但更多的是要在课程设计和毕业设计阶段进行有关设计的专门训练。同学们可以根据以上的要求有意识地锻炼和提高自己,同时以上要求也是实验课考核的内容和标准。

1.2.2 实验程序

电子线路实验一般可以分为:实验预习、实验操作和实验报告三个环节。

1. 实验预习

实验前的准备和预习绝非可有可无。实验能否顺利进行并达到预期目的,在很大程度上取决于实验前的准备工作是否充分。实验前要仔细阅读实验教材和参考资料,明确实验的目的和任务,掌握实验的理论和方法,了解实验的内容和设备的使用方法,还要掌握有关思考题。在此基础上写出实验预习报告。预习报告除一般格式外,应拟定详细的实验步骤,包括实验电路的调试步骤、测试内容与方法,并需要设计相应的数据记录表格。

2. 实验操作

只要进入实验室做实验,就要严格遵守实验室各项制度和有关纪律。特别强调以下几点:

(1) 强调安全第一。要熟知安全用电常识和有必要的应急措施(如自动保护装置)。实验中要时刻注意有无发热、冒烟、异味、打火、声响等异常现象发生,如有情况应及时断电。当设备的保险丝熔断或自动保护起作用时,应更换同型号的保险丝和查出电路故障后再开机。未查明故障原因不要盲目通电以免故障面扩大。

(2) 要遵守纪律,按编号有序入座。一般应自始至终固定实验台组,不得随意调换设备和座位。保证室内安静,不得大声喧哗和随意走动。

(3) 实验前应认真检查所配发的实验用元器件,看型号、规格和数量是否符合要求;检查所用仪器仪表设备状态是否完好,如发现问题应及时报告。做完实验应再次清点元器件和仪器设备,并请老师当面检查验收。

(4) 认真听取指导老师对实验的讲解,了解实验要求和注意事项。独立完成实验任务,锻炼独立思考和独立工作的能力。要实事求是,不得抄袭和弄虚作假,培养良好的科学态度和科学素养。

(5) 要养成良好的实验习惯,实验台要保持清洁条理,实验操作要规范和有条不紊。正

确的操作程序和良好的工作方法是使实验顺利进行和提高实验效率的保证。

(6) 使用设备前要先熟悉说明书。在设备和实验电路通电前,要确保实验电路正确连接和连线(学会用常用仪器万用表检测电路的正确性)。实验结束时,应由指导教师在线检查测量数据和显示波形无误后(不是仅仅看记录数据)才能拆除电路。避免因数据错误需要重新接线测量而浪费时间。

(7) 要有正确的测量方法,测量时不要盲目“凑数据”和急于求成,对于实验结果的大概趋向基本上要“心中有数”,对于所观察数据和波形要符合理论结果,即具有“合理性”。对于违背常规的结果,只能是所谓“粗差”,否则也可能出现特殊情况预示着有所发现。但对于常规电路来说一般多是前者。科学实验一个重要的原则,就是正确的实验结果应该是能够重复的。所以应当多做几遍测量,才能保证数据测量和误差分析的可靠性。

(8) 计算机辅助分析和仿真实验是必要的,当前有很多好的软件如 PSHCE 和 EWB(升级版则为 Multisim)可以使用。在实验预习时进行计算机辅助分析和仿真实验,这样有助于加深对实验电路工作原理与电路结构的理解。同时计算机辅助分析和仿真也是进一步开展 EDA 的基础。

3. 实验报告

实验报告是按照一定的格式要求对实验工作的总结,包括对实验电路与实验方法的描述,对实验数据的处理,以及对所观察现象的分析。重要的是从实验找出内在联系和规律性的结论,以及说明通过实验有哪些认识和提高。撰写实验报告是必不可少的一种技能训练。

4. 实验考试

由于实验教学的形式和特点有所不同,实验考试应该采用有别于理论课考试的方法。包括平时实验考查和期末考试两方面内容。平时考查主要以出勤、预习、纪律、工作态度、操作方法、实验结果和实验报告为主。期末考试采用答卷与现场测试相结合的方法,答卷测试内容包括器件知识、仪器使用、电路调试与测量、电路分析与设计;现场测试主要考查实际操作正确与否和熟练程度,以学生现场表现以及随机抽查问题的反应为准。最后综合评定实验课成绩,全面反映学生的工作和能力。

1.2.3 实验基本知识

主要介绍仪器的使用和连接、实验电路的安装与调试,并着重介绍如何检修电路故障和电子设备的一些方法和经验,最后介绍印制电路板设计与元器件焊接知识。这都是开展实验工作的一些基础知识。

1. 仪器的使用和连接

仪器仪表是实验的基本工具,应该通过实验加强练习达到能够熟练使用。模拟低频电路测量仪器连接如图 1.1 所示。

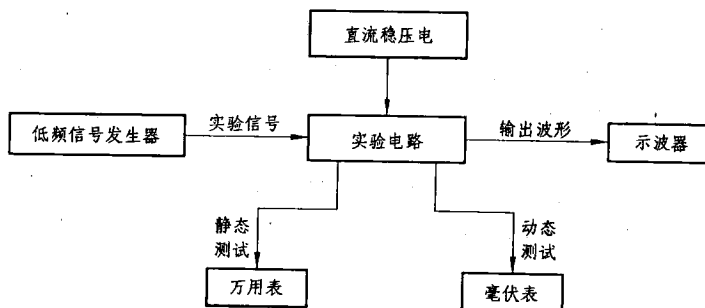


图 1.1 低频电路测量仪器连接

使用仪器仪表进行测量时应注意以下问题：

1) 电子测量仪器的正确选用

测量仪器各有不同的用处，即使同种类的测量仪器，由于型号不同，其技术指标也不相同。所以要根据具体工作需要选用合适的测量设备，并且要在仪器所能够提供的技术指标范围内进行测量，主要考虑信号频率范围，输入、输出阻抗和信号灵敏度、功率等。

2) 电子测量仪器的正确使用

在测量设备通电开机前，应先检查仪器设备的工作电压与电网的交流电压是否相符；检查仪器面板上各种开关、旋钮、度盘、接线柱、插口有否松动或者滑位。仪器设备电源(POWER)开关应扳置于“断(OFF)”位置。

在进行测量前，首先进行功能和量程选择，要根据需要将仪器面板上的各种控制旋钮和开关进行预置。面板上的增益、输出、辉度、调制等控制旋钮，应依逆时针左旋到底，即置于最小位置上，防止仪器通电时可能出现的冲击现象。根据测量理论，一般测量挡位选择量程时，应能使指针偏转在满刻度的 $2/3$ 以上为宜。如果对测量值大小无法预先估计，最好先将仪器的衰减或量程选择开关置于最高挡位，以免仪器过载受损，然后在测量中根据指针偏转程度再将挡位逐渐降低至合适的位置。

对电子管设备要有预热时间。对于数字显示的仪表，要在测量仪器接入数秒之后，当数字不再闪烁和变化之后再开始测量取值。应避免在测试表笔与电路接通时改变功能选择开关。不要忘记，有些指针式仪表（如万用表）需要在使用前进行机械调零（数字表也有数字调零）和满挡调整。对于开关、旋钮、度盘的扳动或调节操作，应缓慢稳妥，切勿猛扳快转；转动困难时，不要硬扳硬转，以免损坏。

注意电源的开关顺序，在实验开始时“先接实验电路，多次检查无误后，方可开电源”，在实验中必须不能动实验电路中的任何器件，只能断电动电路，检修时也必须如此，在实验结束时“先关电源后拆实验电路”。

使用电子仪器进行测量时，应先接低电位端子（即地线），然后再接高电位端子；反之，测试完毕以相反的顺序拆除，以免发生冲击。

仪器使用完毕，各开关、旋钮要恢复合适的挡位，即对于增益、输出、辉度等控制旋钮置于最小挡位，而量程、衰减等要扳到最大位置上。

3) 仪器仪表的正确连接

(1) 接地。

接地技术十分重要，“地”又称为“公共端”或“参考点”，应是“零电位”。真正的“地”

要与大地相连,但一般以设备底座、外壳和公共导线电位为准。接地技术和共地技术主要用于抗干扰,当进行微弱信号测量和精密测量时会起到关键性的作用;接地技术在工频市用电安全和防止雷击方面也非常重要。

(2) 共地。

实验测量时有一个基本概念就是“共地”。所谓“共地”就是将测量仪器和被测装置所有的“地”端连接到一起(见图 1.2),并且接线应尽量短,即接地电阻越小越好。主要作用是避免“串扰”。

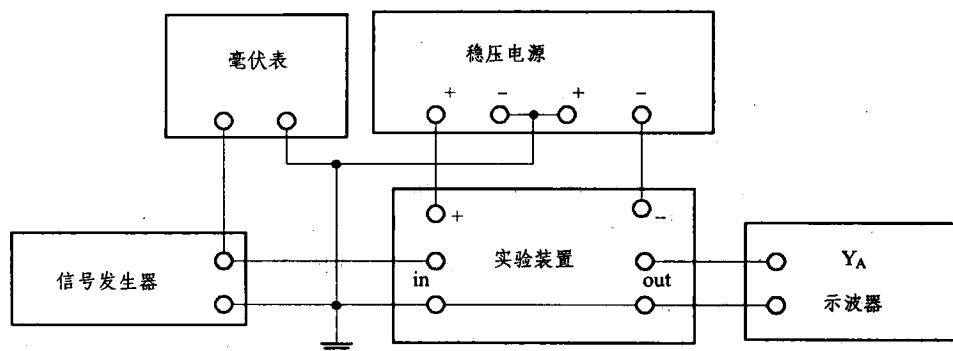


图 1.2 实验装置和测量仪器“共地”

(3) 平衡式和非平衡式连接。

大多数低频测量仪器是采用单端输入(输出)方式,即仪器的两个输入端中,总有个与相对零电位点(如机壳)相连。这两个输入端一般不能互换测量点,称为“不平衡输入”方式。与此相对的对称输入(中点是地)称为平衡方式。对于“不平衡输入”方式,采取“共地”是最基本的要求。

(4) 去耦。

寄生耦合是由公共阻抗(互阻抗)而产生的等效阻抗,例如公共电源内阻 R_0 存在而产生的寄生耦合。去耦(退耦)是消除寄生耦合的有效方法。一个最典型的例子是收音机,当干电池快没电时内阻将要增大。如果去耦电路出现故障,这时会造成的“低频自激”(汽船声)现象。

2. 实验电路安装与调试

1) 实验电路的安装

安装和调试实验电路的工作,一般应先在无焊接实验电路板(俗称“面包板”,实验台实验板类似于面包板/接插板)上或在通用实验箱上进行。这样做的优点是改变电路布局和改换元件比较方便灵活。可以待电路参数选定和实验调试成功后再制作 PCB 板进行焊接,或使用 EDA 技术制作 IC 芯片。

安装前要养成对所使用元件进行检测(参照元器件检测方面的相关书籍)的习惯,以保证所用元器件准确并且质量没有问题。

元器件的互连由导线完成,合理“布线”的基础是合理“布件”,即确定元器件在电路板上的合理位置。元器件的安装方式可以根据电路的复杂程度灵活掌握,通常按电路板从左到

右按输入级、中间级、输出级的顺序安装。同一实验板上相同元件要采用同一安装方式,“立式”或“卧式”,元件安装高度要大体一致,并且元件的型号和标称值要方向一致,便于识别。集成电路的定位标志也要一致。集成电路由于管脚较多,在插入和拔起时要小心谨慎,注意平行和平均用力,最好使用专用工具。对于屏蔽元件,如中频变压器外壳要接地。

要有正确的操作顺序。安装电路一般先接电源线、地线等固定电平连接线,再根据实际信号流向以及电路排列顺序依次安装并连线。要注意避免把信号输出级和信号输入级安排在一起,信号电流强和信号电流弱的引线要分开,要防止相邻线之间的相互影响和寄生耦合干扰。输入线可以采用隔离导线(屏蔽线)或同轴电缆线。根据实验电路的特点,可以采用合理和简洁的接线步骤,如“先串联后并联”、“先接主路再接辅助电路”。对于规模较大的电路,也可以先接好一个一个的单元模块,再进行互连。一般应避免两条或多条引线互相平行,应避免形成圈状或在空间形成网状。在集成电路上不允许有导线或元件跨越。也可以按“先直流后交流”的顺序连线。

所用引线应该尽量短并且粗细要有选择,导线最好分色,以区别不同用处和便于识别,如正电源(V_{CC} 一般取红)、负电源(一般用蓝色)、地(V_{EE} 、GND一般取黑)、输入(in,用绿色)和输出线(out,用黄色)等。

电路安装完毕不要急于通电做实验,先要认真地对照原理图检查1~3遍,主要看接线是否正确,包括错线、少线和多线错误。多线一般是因接线时看错引脚,或者改接线时忘记去掉原来的旧线造成的。通常采用两种查线方法:一是用实际电路对照原理图,按元件引脚连线的去向查清,查找每个去处在电路图中是否存在。这种方法不但可以查出错线和少线,还能检查出是否存在多线。另一种方法就是按照设计的电路图检查安装的线路,根据电路图上的元件连接按一定的顺序在安装好的线路中逐一检查对照。这种方法容易找出错线和少线问题,比较实用。

检查完连线,还要再进行一次直观检查。主要检查电源、地线、信号线、元件引脚之间有无短路(用万用表测量其直流电阻);连线处有无接触不良;管子引脚和其他有极性的元件如电解电容引脚有无错接;集成电路是否插入正确等。

2) 试验电路的调试

电路调试应该是理论和实践的紧密结合,每一步操作都不应该是“盲目的”或“想当然”的,应该做到“对症下药”和“有的放矢”。对于任何电路实验调试都是有规律性的,比如总是先调试“静态”后调试“动态”,再如一般要先调试电源部分等。只有不断总结和积累经验,才能获得电路调试和维修的规律,从而使自己独立工作的能力和水平得到不断提高。

在实验中还要注意,在通电的情况下,不得进行拔、插或焊接电路元件的操作,这些操作应在“断电”情况下进行。特别要谨慎,避免由于粗心大意造成“短路”或“开路”的故障,使设备和电路元件无故损坏。

(1) 可供选择的两种调试方法。

通常有两种调试电路的方法:一种方法是整个电路安装完毕后,做一次性的调试。这种方法适用于较为简单的电路和已经定型的产品,可叫做整体调试法。另一种方法是采用边安装边调试的方法。即把总电路按功能划分成若干单元电路模块,再一个模块一个模块的进行安装调试。单元模块调试成功后,再逐步扩大范围进行整机统调。这种方法便于测试又能及时发现和解决问题,一般适用于不很成熟或带有设计性质的电路,可叫做分体调试或叫综合调试法。另外还有降压调试法等。

(2) 通电前、后要做认真检查。

对于通电前检查已经讲述过了。可以围绕有源器件为中心点再查一遍，主要检查器件的管脚和连线情况，有无接错，有无短路或开路情况，特别注意电源线和地线的连接。

通电检查。将所需要的电源电压调整好，谨慎接入测试电路。开始一定要倍加注意，观察电路有无异常现象，如发现应立即关掉电源，待排除故障后再重新通电测试。在测量中随时监测电源情况，如电压表、电流表的指示或短路保护的情况。实验时要先测定电路的静态工作点和一些关键点的电压电流值，比如 OCL 功放电路要监测输出端的零电位情况，开关电源要监测其整体交流电流。

并同时做好记录。

(3) 分别进行静态调试和动态调试。

① 电子电路的一个重要特点是交、直流并存，又称为“静态”和“动态”。直流是电路工作的基础，因此不论分调还是统调，都应遵循“先静态、后动态（即：先直流后交流）”的调试原则。测静态时，为防止外界干扰信号窜入电路，应将输入端对地短路（对交流而言）。只有经过静态调试，确认电源、元器件、电路连接无误，才能进行动态调试。静态调试十分关键，工作状态建立了，随后就是信号的流通。一般来讲，静态调试成功后就有了 60% 的调试成功把握。

并同时做好记录。

② 动态调试是在静态调试的基础上进行的。调试的关键是要善于对实测的数据、波形和现象进行分析和判断，发现电路中存在的问题和异常现象，并能够采取一些有效的处理措施，使电路性能指标满足预定要求。调试的方法是在电路的输入端接入适当频率和一定幅度的信号，并沿着信号的流向逐级检测各相关点的波形、参数和性能指标。发现故障现象应采用相应方法予以排除。

动态调试是一项技术性较强的工作，往往某一项指标会影响到另一项指标。例如，调整放大器的电压增益时，会牵扯到放大器的输入电阻和输出电阻的变化；调整收音机的灵敏度时会引起抗干扰能力的变化等。因此调试者要深刻理解电路原理和熟练掌握调试方法，作出正确的判断。注意不同的电路可能出现不同的问题，处理方法也不是一成不变的，要细心体会和灵活掌握。

并同时做好记录。

(4) 先做“分调”再做“统调”。

电子电路的调试一般分做“分调”和“统调”（总调）两步。复杂电路都是由一些基本单元电路组成的，所以要先进行单元电路的调试。主要是正确区分和断开每单元部分的相互连接，如阻容放大电路可以取耦合电容为断开点，再对每一单元电路的静态工作点和输入、输出端的信号进行测试。注意仪器仪表的正确使用和配合，如使用万用表测直流值，示波器观察波形（测出峰-峰值），毫伏表测量交流值等。要边测试，边记录，对电路进行分析、判断，排除故障，一丝不苟地完成分调任务。

整机电路统调在调试完单元电路后进行，统调时要将原来断开的各单元电路相互连接好，这时要考虑到级与级之间混合的相互影响和匹配问题。对于阻容耦合电路，主要是交流信号的流通和动态调试问题；而直接耦合电路各级连通后静态工作点会发生变化，需要再做进一步调整，这是需要倍加注意的。分调和统调实际上有所分工，统调主要检查整机性能和如何提高参数指标，看是否符合设计要求。

静态调试和动态调试应该包括在分调和统调之中。

(5) 电磁兼容和可靠性测试。

对于正式产品，必须通过电磁兼容和可靠性测试这两项重要的专门测试重要的概念也是我们设计和调试现代电子线路时所必须考虑的基本问题。因而这两个重要电子电路系统的电磁特性，是指确保电子设备和仪器正常工作时，对周围电磁环境和内部电路相互之间电磁作用的限制和要求。实验时与电磁兼容设计有关的基本概念有：电磁噪声、干扰源、干扰路径、辐射、噪声容限、接地与屏蔽、隔离等。但要注意，不能简单地把抗干扰能力视为电磁兼容特性，因为那仅仅是电磁兼容特性一个方面。

可靠性分析同样十分重要。运用可靠性理论可以确保设计电路的内在质量。可靠性分析有以下基本概念：元器件和系统的可靠度、系统可靠性计算、失效概率、平均无故障时间等。对于正式产品要经过以下几个方面的测试：抗干扰能力，电网电压及环境温度变化对电路的影响，长期运行实验的稳定性，抗机械振动的能力等。

以上知识应参照专门课程（电子实习）和教材《电子实习教程》进行学习，以便在设计 and 调试电路时具有正确的思想指导。

3. 检修电路故障和电子设备

1) 电路故障的排除

进行电子线路实验，特别是实验电路较复杂时常常会出现故障问题。除此之外，不但在工作中我们经常需要维修电子设备，而且日常生活中也会遇到家用电器需要修理的情况。所以学习一些电子修理和故障排除的技能是硬件工程师所必须掌握的专业本领。

电子检修是一项理论指导下的技术性工作。首先要学习理论知识，做到理论和实践相结合。要熟悉各种基本功能电路的原理和电路特点，掌握正确的检修方法，不断积累实践经验，才能不断提高自己的实验和检修水平。

(1) 电子修理技术“三个阶段”。

电子维修是一项细致严密的技术工作。同样是检修电子设备或故障电路，会出现不同的情况。有的人会不知所措或盲目拆换，结果是老故障没修好又出现新的故障；而有的人则能根据故障现象作出初步判断，经全面检修将故障范围逐步缩小，最后找到故障元件予以修复；更有人仔细观察故障现象，经过逻辑推理分析，运用较少但十分有效的检测步骤，能够准确而又快捷地排除故障。以上三种情况可以代表检修的“三个层次”，也是技术水平提高的“三个阶段”。第一种人尚未了解电子线路的特点和产生故障的一般规律，缺乏检修基本知识和实践，可以说还是“门外汉”；第二种人则掌握了常规的检修方法，已经开始“入门”；而第三种人熟知电子线路的规律，已从检修实践中获得检修技巧，工作比较熟练，甚至可以说已经成为电子修理的“行家里手”。

(2) 检修几项原则。

对电路故障要进行分析、研究，逐步解决问题。总结得出的口诀：分析故障，去伪存真；由表及里，由浅入深；先粗后细，先易后难；研究图纸，分析原因；分割切块，缩小范围；对症下药，逐个解决；逐层深入，分散集中。

(3) 基本检修程序。

一般来说实验中的故障现象是不可避免的，可能由于多种原因所产生。故障多并不可怕，