

中等专业学校试用教材

电子线路实验

林爱平 编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书按国家教育委员会全国中等专业学校电子线路课程组于1988年4月审定的《电子线路课程实践教学大纲》编写。系统地介绍了电子线路实验(包括模拟电路实验、脉冲与数字电路实验)的基本知识,讲述了电子线路实验的基本技能和组织进行电子线路实验的方法。由全国中专电子线路课程组编委、湖南邮电学校王家继高级讲师主审。

本书可作为中等专业学校工科电子、通信类专业《电子线路实验》课程教材,也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

责任编辑 张晔北

中等专业学校试用教材

电子线路实验

林爱平 编

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

商务印书馆上海印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 11 字数 263,000

1989年10月第1版 1989年10月第1次印刷

印数 0001—5,750

ISBN 7-04-002467-5/TN·123

定价 2.70 元

前 言

为加强实践性教学环节,突出对学生能力的培养,电子线路实验已单独设课。

编者在电子线路实验课的教学实践中,修改补充了于1986年编写的实验单独设课用讲义,并在此基础上编写了这本教材。

本教材符合全国中等专业学校电子线路课程组于1988年4月审定的《电子线路课程实践教学大纲》的要求,以培养学生掌握电子线路实验知识和实验技能为主要目的,自成体系,系统地介绍了电子线路实验(包括模拟电路实验、脉冲与数字电路实验)的基本知识、基本技能和组织进行电子线路实验的方法。摆脱了实验附属于理论教学、以验证理论为主的教学体系和习惯做法。

教材内容由浅入深,循序渐进。技能训练由简单到复杂,由单一到综合,分成三个阶段。在基本实验阶段(实验一~二十六),主要让学生学习电子线路实验的基本知识,掌握电子线路实验的基本技术技能;在组织实验阶段(实验二十七~三十五),着重培养学生按照实验要求拟定实验方案、组织进行电子线路实验的能力;最后安排的设计性实验,对学生的实验技能和组织实验的能力进行综合训练。

为得到较好的实验效果并配合理论教学,教材所选内容和电路基本与相关的电子线路课程相协调,通过实验,可巩固、扩展理论知识,或为学习理论提供感性认识。

所选实验电路多采用各种集成电路和新型器件,但从培养技能的教学要求出发,部分实验仍使用分立元器件组成的电路。

从实用角度出发,书中介绍了使用电子仪器的一般规则和应

用仪器使用说明书的方法作为入门,还介绍了几种典型仪器的使用方法。若使用其它仪器,可参阅所用仪器的使用说明书。在基本实验阶段,各实验中只给了所需仪器的类型和数量,实施时可根据各校情况确定。

在附录中列表给出了按教材要求完成全部实验所需的各种集成电路的型号、数量,其参数可按附录所给的参考资料索引查阅有关手册。在附录中还列出了完成全部实验所需仪器的类型和数量,以上可供组织实验课教学时参考。

学习本教材以在教师指导下由学生自学为主,教师只需就章节要点和疑难问题做少量的讲解。实验前,学生应根据预习要求,认真自学教材有关内容和其它参考资料,写出详细合理的预习报告(实验方案),以养成实验前认真查阅资料、进行充分准备的良好习惯。实验时,应注重实验过程而不仅是实验结果,要从严进行基本训练。实验结束后,应对实验情况进行认真小结,写出符合要求的实验报告。

本教材实施可安排100~120学时,每章讲授2~6学时,基本实验2学时/次,组织实验3学时/次,设计实验6学时/次。

编写时参阅了部分高等院校、中等专业学校的实验教材。

本教材由湖南邮电学校王家继高级讲师主审。

编写过程中得到南京无线电工业学校陈传虞副教授、东南大学谢嘉奎教授、南京船舶工业学校陆根源副教授的热情支持和指导。

编写过程中福建电子工业学校潘平仲、郑寿安同志给予很大的帮助,实验室的蒋建军等同志积极配合,协助完成了实验课的组织 and 实施。福建机电学校薛文高级讲师、原福建省电子局总工程师蒋克勤、南京无线电工业学校宋康霞和福建电子工业学校林维根讲师审阅了初稿并提出了宝贵的意见和建议。

1988年9月,全国中等专业学校电子线路课程组在九江船舶工业学校组织了实验单独设课讲习班。杭州船舶工业学校、上海电子技术学校、山东广播电视学校、天津仪表无线电工业学校、河南邮电学校、成都航空工业学校等29所学校的教师参加,在讲习班期间试做了教材中安排的部分实验,讨论并提出了不少有益的意见和建议。

南京船舶工业学校的邹厚义高级讲师、兰裕珍高级讲师、九江船校的童士宽讲师、西安航空工业学校的俞祖安高级讲师都曾给予热情帮助。

在此,对编写出版过程中给予编者热情帮助和支持的同志们表示诚挚的谢意。

编写实验单独设课用教材是一新的尝试,因时间仓促,编者水平有限,教材中一定存在不少错误和不妥之处,恳请读者给予批评指正。

林爱平

1988年11月

目 录

第一章 电子线路实验的基本知识	1
§ 1-1 概述	1
§ 1-2 电子线路实验的一般规程	2
§ 1-3 电子线路实验的安全规则	3
§ 1-4 电子线路实验报告	4
第二章 实验数据的读取与处理	6
§ 2-1 什么是实验数据	6
§ 2-2 实验数据的读取	6
§ 2-3 实验数据的记录	13
§ 2-4 实验数据的处理	14
§ 2-5 测试误差的处理方法	19
实验一 数据的读取与处理练习——三极管特性曲线的测绘	21
第三章 常用电子仪器的使用	26
§ 3-1 电子仪器的分类	26
§ 3-2 常用电子仪器使用举例	27
§ 3-3 仪器使用说明书的应用	56
§ 3-4 使用仪器的一般规则	59
实验二 常用电子仪器使用练习(一)——低频信号发生器与电子电压表	60
实验三 常用电子仪器使用练习(二)——示波器	63
第四章 常用元器件的识别与简单测试	67
§ 4-1 电阻器、电容器、电感器的识别与简单测试	67
§ 4-2 晶体管的识别与简单测试	79
§ 4-3 半导体集成电路的识别与简单测试	85
§ 4-4 器件手册的应用	92
实验四 常用元器件的识别与简单测试	95

第五章 实验电路的安装与实验现场的布置	99
§ 5-1 实验常用工具及使用方法	99
§ 5-2 基本焊接技术	101
§ 5-3 实验电路的制作	103
§ 5-4 实验现场的布置	111
实验五 实验电路制作练习——晶体二极管控制电路	114
第六章 模拟电路实验技术	117
§ 6-1 电信号基本参量的测试	117
§ 6-2 电子电路中半导体器件工作状态的调整	124
§ 6-3 电子电路基本参数的测试	132
§ 6-4 正弦波失真系数与调制波的测试	149
§ 6-5 模拟电路故障分析的基本方法和步骤	153
§ 6-6 功率电路的散热	159
实验六 放大电路静态调试与分析——单管共发射极放大电路	162
实验七 放大电路电压增益与幅频特性的测试——两级放大电路	165
实验八 放大电路输入、输出电阻的测试——场效应管放大电路	169
实验九 放大电路功率增益和效率的测试——集成功率放大电路	172
实验十 直流放大电路共模抑制比的测试——5G921S 组成差动放大电路	176
实验十一 集成运放的使用与简单测试——F004 型集成运算放大器	182
实验十二 集成运放组成运算电路功能测试——F007 组成运算电路	185
实验十三 低压直流稳压电源参数测试——集成稳压电路	192
实验十四 用测试电压法分析电路故障练习——串联型稳压电路	196
实验十五 用测试波形法分析电路故障练习——OTL 功率放大电路	198
第七章 脉冲与数字电路实验技术	203
§ 7-1 脉冲波形的观测	203
§ 7-2 集成门电路的使用与参数测试	207
§ 7-3 数字电路中逻辑量的测试	216

§ 7-4 数字电路故障分析的基本方法	224
实验十六 脉冲波形的观测——多谐振荡器、单稳态触发器和双稳态触发器	227
实验十七 锯齿电压波形的观测——集成运放组成锯齿波电压发生器	231
实验十八 集成门电路参数测试——TTL、CMOS 集成门电路	234
实验十九 集成门电路的逻辑变换与接口——TTL、CMOS 集成门电路	238
实验二十 集成门电路构成环形振荡器——TTL、CMOS 集成门电路构成的环形振荡器	240
实验二十一 组合电路逻辑量的测试——表决、符合、半加电路	244
实验二十二 集成触发器逻辑功能测试—— D 、 J 、 K 触发器	248
实验二十三 时序电路的测试——分频器、移位寄存器、计数器	254
实验二十四 数字电路故障分析练习——计数、译码、显示电路	260
第八章 电子线路干扰和噪声的抑制	265
§ 8-1 电子线路常见干扰	265
§ 8-2 抑制干扰的主要方法和具体措施	266
实验二十五 小信号谐振放大电路的观测与调试—— LC 谐振放大电路	280
实验二十六 宽带放大电路的测试	285
第九章 实验方案的设计与实施	290
§ 9-1 实验方案的基本内容	290
§ 9-2 实验方案的设计	293
§ 9-3 实验方案的优选与调整	303
实验二十七 组织实验(一)——集成运放主要参数的测试	305
实验二十八 组织实验(二)——双向可控整流电路的制作	309
实验二十九 组织实验(三)——集成运放组成文氏桥振荡器分析	311
实验三十 组织实验(四)—— LC 振荡电路测试	313
实验三十一 组织实验(五)——F566 制作调频电路	316
实验三十二 组织实验(六)——验证 D/A 转换电路功能	319
实验三十三 组织实验(七)——CC4046 锁相环的应用	321

实验三十四 组织实验(八)——F1496 平衡调制解调器的应用	325
实验三十五 组织实验(九)——F1495 模拟相乘器的应用	329
实验三十六 设计实验	333
附录一 实施本教材所需集成电路	335
附录二 实验用集成电路外引线排列	337
附录三 实施本教材所需仪器	340
参考书目	341

第一章 电子线路实验的基本知识

§1-1 概 述

一、电子线路实验的意义

众所周知,科学技术的发展离不开实验,实验是促进科学技术发展的重要手段。电子线路实验也是如此。

一方面,电子线路基本理论的建立,有许多是从实验中得到启示,并通过实验得到验证的。通过实验可以揭示电子世界的奥秘,可以发现现有理论存在的问题(近似性和局限性等),从而促进电子线路理论的进一步深化和发展。

另一方面,通过实验,可以启发人们创造发明更多的新器件和新电路,这些新器件和新电路的诞生,又有力地推动了电子线路理论的发展。

在电子技术飞速发展、广泛应用的今天,实验也显得更加重要。在实际工作中,电子技术人员需要分析器件、电路的工作原理;验证器件、电路之功能;对电路进行调试、分析,排除电路故障;测试器件、电路的性能指标;设计、制作各种实用电路和整机。所有这些都离不开实验。由此可见,掌握熟练的电子线路实验技术对电子技术人员来说,是非常重要的。

二、电子线路实验的分类和特点

按照进行实验的目的,可将电子线路实验分成三类。第一,探索或验证类实验。进行这类实验的目的是通过实验验证电子线路的有关理论;或通过实验发现、探索新的问题。第二,检测类实验。进行这类实验是为了检测电子部件(包括器件、电路)的指标参数,

为分析、使用电子部件取得必要的数据。第三,试制应用类实验。即应用电子线路的有关知识设计并制作实用的电子线路。

电子线路实验的特点是综合性强。要掌握电子线路实验技术,顺利地进行各类电子线路实验,必须掌握各种电子元器件知识,掌握模拟电路、数字电路技术、电子工艺技术、电子测量技术等专业知识。因此,要掌握电子线路实验技术,应认真学好相关的电子线路技术理论和其它有关技术理论。

§ 1-2 电子线路实验的一般规程

在实际工作中,尽管进行电子线路实验的目的和内容不同,但进行电子线路实验的基本方法和步骤却是类似的。这些基本方法和步骤可以作为电子线路实验的一般规程。一个完整的电子线路实验,一般可分为以下几个阶段进行:

1. 进行电子实验前,要明确实验的目的要求,查阅有关资料,设计(或分析)实验方案,明确实验原理、方法和步骤,估计可能出现的问题,确定处理这些问题的方法。

2. 按实验要求准备实验中需要使用的仪器、工具、元器件和材料,进行必要的检查和处理。对一些容易损坏的元器件,要准备合适的备件。

3. 根据实验要求合理布置实验现场;按实验方案选择合适的实验板,搭接实验电路和测试电路。

4. 按拟定的步骤,调试、检测实验电路,观察分析实验现象,读取、记录实验数据。实验内容完成后,对实验数据进行检查、分析,若发现问题,应重新进行实验。

5. 实验结束后,切断电源,拆除实验装置,清点整理仪器、工具,清扫实验现场,对电子仪器进行必要的维护。

6. 根据所记录的实验数据和实验情况,撰写实验报告(或实

验情况记录)。

§ 1-3 电子线路实验的安全规则

进行电子线路实验必须具有一定的安全常识, 遵守电子线路实验安全规则, 才能避免发生人身事故, 防止损坏实验仪器和实验装置。

一、在电子线路实验中为保障实验者人身安全应遵守以下安全规则:

1. 进行电子线路实验时, 不得赤脚。进行强电实验时, 实验现场地面应铺设绝缘胶地板(垫)。

2. 实验前应检查电源线、插头座、保险丝、闸刀开关等是否安全可靠。使用强电时要注意仪器、装置连线等应绝缘良好, 不得使带有强电的部分裸露。

3. 实验装置(或实验电路)接好后需经认真检查, 确定无误后方可接入电源, 进行实验。在接通电源之前需通知实验合作者。

4. 测高电压时需有良好的习惯。在将测试线(或测试棒)与高压点连接前应先切断电源。最好把所有的测试线都接好, 然后接通电源。如果不能这样做, 应特别注意避免偶然触及设备或其它接地的东西。测试时, 手指不要滑到测试棒、探头等的金属部分上。通常采用单手操作, 并站在绝缘垫上。

5. 在实验中除要避免严重触电外, 还应注意防止轻微触电(如触及已充电的电容器等), 因为有时轻微触电也可能将实验者置于危险的境地。例如, 轻微触电有时会使实验者触及高压或使其严重摔伤。

6. 在实验中遇到有人触电、火灾等险情时, 应立即切断电源。然后采取相应的措施。

7. 实验结束后, 应立即切断电源, 拆除连线。

8. 在进行强电等具有一定危险的实验时,应有两人以上合作进行操作。

二、在实验中为防止损坏仪器与实验装置应遵守以下安全规则:

1. 使用实验仪器前,应阅读使用说明书,了解仪器使用方法和注意事项,看清仪器所需电源电压值。

2. 使用仪器应按要求正确地接线。

3. 实验中不得随意扳动、旋转仪器面板上的旋钮、开关等,或用力过猛地扳动、旋转。

4. 不应随意拆卸实验装置,如拆接连线,插拔集成电路等。

5. 实验时应随时注意仪器及电路的工作状态,如发现有保险丝熔断、火花、臭味、冒烟、响声、仪器失灵、读数失常、电阻或其它器件发烫等异常现象时,应立即切断电源,保持现场,待查明原因并排除故障之后,方可重新通电。

6. 仪器使用完毕后,面板上各旋钮、开关应旋转、扳动至合适的位置。如电压表量程开关应旋至最高档位。

§ 1-4 电子线路实验报告

电子线路实验报告(或实验记录)是对实验工作的全面总结。要用简明的形式将实验结果和实验情况完整和真实地表达出来。

一、实验报告的内容

实验报告必须包括以下几个部分:

1. 实验课题的目的和要求。

2. 实验电路和测试电路。必要时需简要地介绍实验电路或测试电路的工作原理。

3. 实验用的仪器、主要工具。有时可附实验所用的元器件清单。

4. 实验情况

在这部分内容中,应用简明的语言或提纲给出进行实验的具体步骤;在原设计的图表中填写实验中所记录的原始数据;反映在实验中遇到的问题和处理经过。若在实验中对原定实验方案进行了调整,则应给出调整方案的理由和调整情况。

5. 实验结果及分析

实验结果是对实验所得的原始数据进行分析,剔除误差之后,分析计算得出的结论。在需要时,应对实验结果进行误差分析。

实验结果可以用数值或曲线来表示。曲线一般用来表示连续变化的、需直观显示并加以比较的测量结果。

实验结果应满足实验的目的要求。

6. 实验小结

实验小结即总结实验完成的情况,对实验方案和实验结果进行讨论,对实验中遇到的问题进行分析,简单叙述实验的收获和体会。

7. 参考资料

记录实验前、后阅读的有关资料。资料的名称、作者和简单内容。为今后查阅提供方便。

二、实验报告的基本要求

电子线路实验报告的基本要求是:结论正确、分析合理、讨论深入、文理通顺、简明扼要、符号标准、字迹端正、图表清晰。在实验报告上还应注明:课题、实验者、实验日期、使用仪器编号等内容。

第二章 实验数据的读取与处理

本章提要

实验数据是分析实验结果的主要依据。

进行电子线路实验应能正确地读取、记录实验数据。

实验结果根据实验数据整理而得，一般用数值或曲线表示。

实验中测得的数据都存在误差。误差主要是偶然误差、系统误差和过失误差。进行电子线路实验时，应能分析误差、处理误差、尽可能地减小误差，以使实验得到正确的结论。

§ 2-1 什么是实验数据

在电子线路实验中，从各种仪器、仪表中读得的各种有用的电参数(或波形)统称为数据，是我们分析实验结果的主要依据。

在实验中，直接从显示仪器中读得并记录下的数据，称为原始数据。经过分析、计算、综合后，用来反映实验结果的数据称为结论数据。

原始数据是很重要的。读取、记录原始数据时，应方法正确、读数准确。实验结束之后，所保留的原始数据在任何情况下都不得更改。

§ 2-2 实验数据的读取

电子仪器按其显示方式的不同，一般可分为三大类，一类是指针显示式，一类是波形显示式，还有一类是数字显示式。在运用仪器进行测试时，要注意应用正确的方法，以减小读数误差。

一、指针显示式仪器的读数方法

指针显示式仪器，靠指针在仪器刻度盘上的指示来显示被测量的大小。

1. 读数方法

指针式仪器数据的读取，大致可分成两个步骤。首先，要确定表盘上各分度线所表示的刻度值，然后根据指针所在的位置进行读数。当指针停在刻度盘上两小分度线之间时，需要估读一个近似的读数，通常取一个看起来比较合理的近似读数。这个数即为欠准数字。

例如，用一电流表测电流，见图 2-1。当指针指向 A 点，显示电流为 1.60 A。当指针指向 B 点，显示被测电流为 0.64 A。

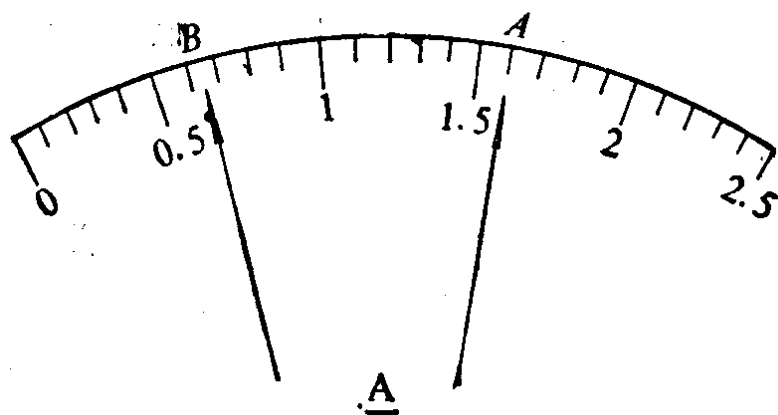


图 2-1 指针式仪表读数举例

2. 注意事项

使用指针显示式仪器时，为减小读数误差需注意以下问题：

1) 有些仪表是设计成可测试不同量程的多种电量的。在这种仪表的刻度盘上，分别标着几条刻度线，各条刻度线分别对应于某一种电量及量程。图 2-2 所示万用表的刻度盘，就是一个典型的例子。使用这种仪表时，要正确地选用刻度线并确定其上各分度线所代表的刻度值。防止读数时用错刻度线而造成较大的误差。

2) 常用的刻度线有两种：线性和非线性的。线性刻度线是等

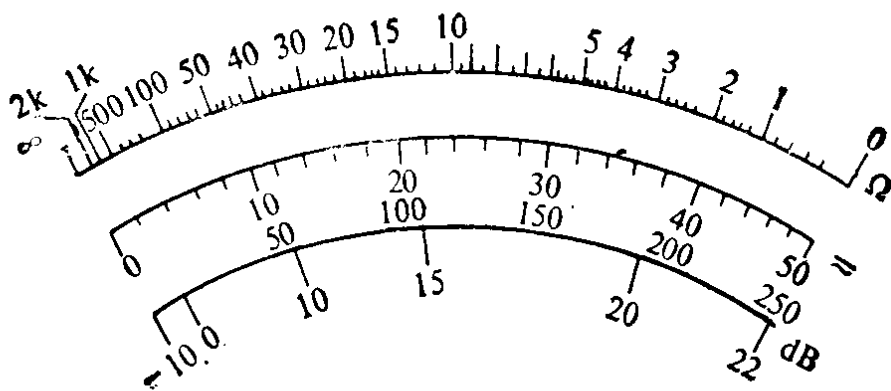


图 2-2 一万用表刻度盘

间隔的, 每格所代表的数值相同, 如图 2-1 所示。而非线性刻度线的分度线是不等间隔的, 且每格所代表的数值也可以是不同的, 例如, 图 2-2 中所示电阻值刻度线就是非线性刻度线。读非线性刻度线时, 必须弄清各刻度线所代表的正确的刻度值和各分格所代表的数值。由于有的大分度线不能细分, 估读的数值误差较大, 条件许可时, 应更换量程或更换仪表。

3) 使用指针式仪表读数时, 要掌握适当的视觉角度。即要求眼睛的视线垂直正对指针所在处的刻度盘表面, 否则会引起视差。

为了减小可能出现的视差, 有些仪表在结构上采取了必要的措施, 在这些仪表的刻度盘上加装了小镜子(或别的反射面)。读这种仪表时, 要求把指针和镜中的针影对齐, 使两者都位于视线方向, 可以大大减小视差。有的仪器的刻度盘是用在一块较厚的透明有机玻璃板的正、反面对应刻上指示线的方法制成(两线构成的平面垂直于有机玻璃板平面)。读数时, 应使正、反面指示线对齐, 并同时位于视线方向。这样, 指示线所示的刻度值基本上是无视差的数值。

4) 使用指针显示式仪表时应选择合适的量程, 尽量使指针在显示被测量时, 能够位于刻度线的 $\frac{2}{3}$ 以上部分, 这样测得的结果相对误差较小。

二、波形显示式仪器的读数