



普通高等教育“十三五”规划教材
电子电气基础课程规划教材

电子技术实验与 设计教程(第2版)

■ 刘建成 冒晓莉 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电子电气基础课程规划教材

电子技术实验与设计教程

(第2版)

刘建成 冒晓莉 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是根据高等院校理工科本科生的电子技术实验基本教学要求编写的。本书基于理论与实践并重的思想,在内容的安排上注重对学生基础实验技能的训练,同时加强综合性和设计性实验项目。书中除了安排基本的模拟电路实验和数字电路实验外,在部分实验后面安排了设计性实验内容,各校可根据自己的需求选做部分内容。

全书分为3个部分和4个附录。第一部分为模拟电路实验部分;第二部分为数字电路实验部分;第三部分为综合实验部分;附录分别为几种常用仪器的使用说明、电路元器件的特性和规格、NI Multisim 13 使用指南和电路故障分析的基本方法。各个部分内容既有一定的联系,又具有相对独立性,便于各校选用。

本书可作为高等院校电气与电子信息类、计算机类和物理类等相关专业本、专科学生的实验教材,也可供有关从事电子设备及电路设计和研制的工程技术人员选用。

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

电子技术实验与设计教程 / 刘建成, 冒晓莉编著. — 2 版. — 北京: 电子工业出版社, 2016. 5

电子电气基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-28809-8

I. ①电… II. ①刘… ②冒… III. ①电子技术—实验—高等学校—教材②电子电路—电路设计—高等学校—教材 IV. ①TN—33②TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 101027 号

责任编辑: 凌 毅

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.25 字数: 410 千字

版 次: 2007 年 3 月第 1 版

2016 年 5 月第 2 版

印 次: 2016 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254528, lingyi@phei.com.cn。

前 言

电子技术是电气与电子信息类、计算机类和物理类专业本、专科学生的一门重要的技术基础课,它以理论应用性与技术实践性为鲜明特点,其中电子技术实验是整个教学过程中的重要组成部分。

本书基于理论与实践并重的思想,在内容的安排上注重对学生基础实验技能的训练,同时加强综合性和设计性实验项目。通过实验,使学生掌握电路连接、电路测量、故障分析与排除、电路设计等实验技巧,掌握常用电子测量仪器仪表的使用方法 & 数据的采集、处理和分析方法;通过各种实验现象的观察,培养学生利用基本理论独立分析问题、解决问题的能力,培养学生的创新意识和严肃认真的科学态度、踏实细致的实验作风,提高学生的独立动手能力。

本书共选编了 30 个实验和 4 个附录,其中 15 个模拟电路实验和 15 个数字电路实验。在这些实验中,除了含有传统的理论验证性内容以外,大部分实验任务的安排顺序为由浅入深、由易到难,从验证性的实验任务逐渐过渡到综合性、设计性的实验任务;部分实验则完全属于综合性实验或设计性实验,并有少部分超过大纲要求的内容。在实际电路实验的设计中,要求学生尽可能地多次使用电压表、信号发生器、数字示波器、实验箱等各种常规仪器仪表,目的是使学生在重复性使用过程中,真正掌握这些仪器仪表,使之在后续课程实验中乃至未来的工程实践中得心应手地使用这些仪器仪表。考虑到在实验中自如地使用数字示波器分析电路是一个难点,本书特别加重了对数字示波器使用的训练。随着计算机技术的飞速发展,电路的计算机仿真分析已经成为对大学生的基本要求,本书在附录中对 NI Multisim 13 的仿真软件做了较为详细的介绍,为学生掌握仿真软件奠定基础。

本书第 1 版由刘建成、严婕编著,行鸿彦教授审阅。第 2 版由刘建成和冒晓莉完成,保留了严婕编写的部分内容。再版工作得到了南京信息工程大学电信学院许多教师的关心和支持,在此表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免仍有不妥和疏漏之处,敬请读者和广大同行批评、指正。

作 者

2016 年 4 月

目 录

绪论	1
第一部分 模拟电路实验部分	5
实验 1 常用电子仪器的使用	6
实验 2 单管共射放大电路	9
实验 3 射极跟随器	16
实验 4 场效应管放大器	20
实验 5 差动放大器	24
实验 6 负反馈放大器	28
实验 7 集成运放在模拟运算方面的应用	32
实验 8 集成运放在波形产生方面的应用	36
实验 9 有源滤波器	43
实验 10 电压比较器	48
实验 11 LC 正弦波振荡器	52
实验 12 集成功率放大器	55
实验 13 直流稳压电源——集成稳压器	59
第二部分 数字电路实验部分	63
实验 14 TTL 及 CMOS 集成逻辑门的测试与使用	64
实验 15 三态输出门	70
实验 16 集电极开路门(OC 门)	73
实验 17 译码器及其应用	77
实验 18 数据选择器及其应用	80
实验 19 组合逻辑电路的设计测试	85
实验 20 集成电路触发器及应用	88
实验 21 移位寄存器	92
实验 22 计数器	96
实验 23 脉冲分配器及其应用	101
实验 24 单稳态电路和施密特电路	105
第三部分 综合实验部分	111
实验 25 函数信号发生器的组装与调试	112
实验 26 压控振荡器	116
实验 27 数显式频率计	118
实验 28 数字电压表	121
实验 29 电子秒表	123
实验 30 The Application of IC 555 Timer	127
附录 A 几种常用仪器的使用说明	130
A. 1 数字示波器(SDS1000A)	130

A. 2	SDG1000 系列函数/任意波形发生器	155
A. 3	双通道交流毫伏表 EM2172	169
附录 B	电路元器件的特性和规格	172
B. 1	电阻器	172
B. 2	电容器	176
B. 3	电感器	180
B. 4	半导体二极管和三极管	181
B. 5	数字集成电路	192
B. 6	部分电气图形符号	205
附录 C	NI Multisim 13 使用指南	207
C. 1	NI Multisim 13 简介	207
C. 2	NI Multisim 13 的基本操作界面	208
C. 3	元器件库	210
C. 4	仪器仪表库	216
C. 5	分析方法	217
C. 6	模拟电路仿真步骤	223
附录 D	电路故障分析的基本方法	234
D. 1	模拟电路故障分析	234
D. 2	数字电路故障分析	236
参考文献		238

绪 论

“电子技术基础”是电气与电子信息类、仪器仪表类等专业的专业基础课,是一门实践性很强的课程,它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。实验是学习和研究电子技术学科的重要手段,既是对理论的验证,又是对理论的实施,同时还是对理论的进一步研究与探索。

在电子技术飞速发展、广泛应用的今天,实验显得更加重要。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、电路的功能;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、制作各种实用电路的样机。所有这些都离不开实验。此外,通过实验可以培养我们严谨的工作作风,严肃认真、实事求是的科学态度,刻苦钻研、勇于探索和创新的开拓精神,遵守纪律、团结协作的优良品质。

1. 电子技术实验的分层和特点

电子技术实验包括模拟电子技术实验和数字电子技术实验,可以分为4个层次:基础实验、综合性实验、设计性实验、仿真实验。

基础实验主要针对电子技术本门学科范围内理论验证和实践技能的培养,着重奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外,主要在于帮助学生认识现象,掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。

综合性实验可提高学生单元功能电路的理解,了解各功能电路间的相互影响,掌握各功能电路之间参数的衔接和匹配关系,以及模拟电路和数字电路之间的结合,可提高学生灵活运用知识的能力。

设计性实验可提高学生基础知识、基本实验技能的运用能力,掌握参数及电子电路内在规律,真正理解模拟电路参数“量”的差别和工作“状态”的差别。

仿真实验可以使学生通过掌握一种仿真软件的功能、特点,以及它的应用,学会电子电路现代化的设计方法。在实验中软件的使用以自学为主,配合具体的题目,培养学生对新知识的掌握和应用能力。

电子技术实验具有较强的综合性。要掌握电子技术实验,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、模拟电子技术、数字电子技术、电子工艺技术、电子测量技术等专业知识。

2. 实验预习

任何电路实验都有一定的目的,并为此提出实验任务。预习时,要恰当地应用基本理论,明确实验目的,掌握实验原理,并综合考虑实验环境和实验条件,分析所设计的实验,提出任务的可行性,最后预计实验结果并写出预习报告。预习报告的内容通常包括以下几个部分。

(1) 实验标题

实验标题是对实验内容的最好概括。通过实验标题,实验设计人员、实验操作人员时刻明白自己在进行什么实验,并围绕着实验的中心内容开展一系列的工作。

(2) 实验目的

电子技术实验教学通过对学生基本实验技能的训练,培养其用基本理论分析问题、解决问

题的能力和严肃认真的科学态度、踏实细致的实验作风。通过实验培养学生连接电路、电子测量、故障排除等实验技巧;通过实验学习常用电子仪器仪表的基本原理及使用方法;通过实验学习数据的采集与处理、各种现象的观察与分析等。依据各个实验内容的不同,实验目的侧重点也不同,预习报告要对此加以明确。

(3) 实验原理

实验原理包括基本理论的应用、实验电路的设计、测量仪表的选择和测量方案的确定等。其中要注意实验电路与理论电路的差异性,实验电路需要把测量电路包括在内,要考虑测量仪器怎样接入电路可减小对电路的影响等。完成这部分的内容,要求复习有关的理论,熟悉实验电路,了解所需的电路元器件、仪器仪表的性能、参数、基本原理及使用方法等。

(4) 设计实验操作步骤

实验任务必须保证达到实验目的。为完成实验任务所设计的实验步骤必须细致、充分地考虑各种因素,如仪器设备和实验人员的安全、多个数据测量的先后顺序、测量之间的互相影响等。值得注意的是,在电路实验的初始阶段,某些细致的实验操作步骤设计是对今后从事电气工作良好习惯的培养。例如,为了保证仪器设备的安全,应用仪表进行测量之前要选择合适的量程,多功能仪表测量前要确定多功能旋钮的位置,可调电源上电前一般先置零、上电后再调至合适值,等等;为了保证人身安全,必须采用先接线后合电源、先断电源后拆线的操作程序等,在培养技能的同时还要培养学生的职业素养。

(5) 确定观察内容、待测数据及记录数据的表格

实验中要测量的物理量,包括由实验目的所直接确定或为获得这些物理量而确定的间接物理量、反映实验条件的物理量及作为检验用的物理量等。预习时必须拟订好所有记录数据和有关内容的表格。凡是要求首先理论计算的内容必须完成,并填入表格。

3. 实验操作

实验操作是在详细的预习报告指导下,在实验室进行的整个实验过程。包括熟悉、检查及使用实验器件与仪器仪表,连接实验线路,故障检查,实际测试与记录数据及实验后的整理工作等。

(1) 熟悉、检查及使用实验器件与仪器

实验用的元器件与仪器仪表不同于理想中的,同一种性质的元器件或仪器型号、用途的不同而在外观形状和内在性能上存在很大的差异。在电子技术实验中,所涉及的元器件包括电阻器、电感器、电容器、晶体管、运算放大器、集成电路等,仪器有信号发生器、数字示波器、电压表、实验箱、逻辑笔等,这些都必须实验中认识、了解和熟悉。

(2) 连接实验线路

连接实验线路是建立实验系统最关键的工作,需注意以下3方面的问题。

① 实验对象的摆放:实验用电源、负载、测量仪器等应摆放合理。遵循的原则为:实验对象摆放后使得电路布局合理(位置、距离、跨接线长短对实验结果影响要小),便于操作(调整和读取数据方便),连线简单(用线短且用量少)。

② 连线顺序:连接的顺序视电路的复杂程度和个人技术熟练程度而定。对初学者来说,应按电路图一一对应接线。对于复杂的实验电路,应先接串联支路,后接并联支路(先串后并),每个连接点不多于两根导线;同时要考虑元器件、仪表的极性、参考方向、公共参考点与电路图的对应位置等,一般最后连接电源。

③ 连线检查:对照实验电路图,由左至右或由电路有明显标记处开始一一检查,不能漏掉一根哪怕很小很短的连线,图物对照,以图校物。对初学者来说,电路连线检查是最困难的一项工作,它既是对电路连接的再次实践,又是建立电路原理图与实物安装图之间内在联系的训

练机会。对连接好的电路做细致检查,是保证实验顺利进行、防止事故发生的重要措施,因此不能疏忽电路的检查工作。

(3) 故障检查

在正常的情况下,连接好实验线路,即可开始实验测量工作。但也常常会出现一些意想不到的故障,必须首先排除故障,以保证实验的顺利进行。在电路实验中,常见的是实验线路故障,查找此类故障可采用以下两种方法。

① 断电检查法:当实验电路接错线,造成电源或负载短路、开路等错误时,应立即关掉电源;使用万用表欧姆挡,对照实验原理图,对每个元件及连线逐一进行检查,根据被检查点电阻的大小找出故障点。

② 通电检查法:当实验电路工作不正常或出现明显错误结果时,用万用表的电压挡,对照实验原理图,对每个元件及连线逐一进行检查,根据被检查点电压的大小找出故障点。在对每个元件及连线逐一进行检查时,一般顺序为:检查电路连线是否接错;检查电源供电系统,从电源进线、刀闸开关、熔断器到电路输入端子有无电压,是否符合给定值等;检查电路中各元件及测量仪器之间连接是否牢固可靠,导线是否良好;检查测量仪器仪表有无供电,输入、输出是否正常,量程、衰减、显示等是否正确,测试线及接地线是否完好等。

(4) 实际测试与记录数据

实际测试与记录数据是实验过程中最重要的环节。为保证实验测试数据的可信度,需要在实际测量之前先进行预测。此时不必仔细阅读数据,主要是观察各被测量的变化情况和出现的现象。预测的主要目的有两个。

① 通过预测发现可能出现的设备接线松动、虚焊,连接导线隐藏的断点,实验电路接线错误、碰线等隐患,排除发现的隐患,确保实验电路正常工作。

② 通过预测使实验人员对实验的全貌有一个数量的概念,了解被测量的变化范围,选择合适的仪表量程,了解被测量的变化趋势,确定实际测量时合理选取数据的策略。

预测结束、恢复实验系统后,即可按预习报告的实验步骤进行实验操作、观察现象,完成测试任务。实验数据应记录在预习报告拟订的数据表格中,并注明被测量的名称和单位,保持定值的量可单独记录。经重测得到的数据应记录在原数据旁或新的数据表格中,不要轻意涂改原始记录数据,以便比较和分析。

在测试的过程中,应尽可能及时地对数据做初步的分析,以便及时地发现问题,采取可能的必要措施以提高实验质量。

实验做完以后,不要忙于拆除实验线路。应先切断电源,待检查实验测试没有遗漏和错误后再拆线。一旦发现异常,需在原有的实验状态下,查找原因,并作出相应的分析。

(5) 实验结束后的整理工作

全部实验结束后,应将所用仪器设备复归原位,将导线整理好,清理实验桌面,离开实验室。

4. 撰写实验报告

实验报告是实验结果的总结和反映,也是实验课的继续和提高。通过撰写实验报告,使知识条理化,可以培养学生综合分析问题的能力。一个实验的价值在很大程度上取决于实验报告质量的高低,因此对实验报告的撰写必须予以充分的重视。撰写一份高质量的实验报告必须做到以下几点。

① 以实事求是的科学态度认真做好各个实验。在实验过程中,对读测的各种实验原始数

据应按实际情况记录下来,不应擅自修改,更不能弄虚作假。

② 对测量结果和所记录的实验现象,要会正确分析与判断,不能对测量结果的正确与否一无所知,以致出现因数据错而重做实验的情况。如果发现数据有问题,要认真检查线路并分析原因。数据经初步整理后,请指导教师审阅,然后才可拆线。

③ 实验报告的主要内容包括:

- 实验目的;
- 实验原理;
- 实验设备;
- 实验步骤和测试方法;
- 实验数据、波形和现象以及对它们的处理结果;
- 实验数据分析;
- 实验结论;
- 实验中问题的处理、讨论和建议,收获和体会;
- 附实验的原始数据记录。

5. 电子技术实验的安全规则

进行电子技术实验必须具有一定的安全常识,每个人都必须遵守电子技术实验室的安全规章制度,才能保障人身安全,防止实验仪器和实验装置损坏。为此,特提醒如下:

① 使用实验仪器前,应阅读仪器的使用说明,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,如发现有熔断器熔断、火花、臭味、冒烟、响声、仪器失灵、读数失常、电阻或其他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。

第一部分

模拟电路实验部分

实验 1 常用电子仪器的使用

一、实验目的

(1) 学习电子电路实验中常用的电子仪器——数字示波器、信号发生器、毫伏表等的主要技术指标、性能及正确使用方法。

(2) 初步掌握数字示波器观测波形和读取波形参数的方法。

二、实验原理

在电子技术实验中,最常用的电子仪器有:示波器、信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表等。它们和万用表一起,可以完成对电子电路的静态和动态工作情况的测试。

实验中要对各种仪器进行综合使用,可以按照信号流向,以连线简捷、调节顺手、观察与读数方便等原则,进行合理布局。各仪器与被测实验装置之间的布局与连线如图 1.1 所示。接线时应注意,为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称为共地。信号源和毫伏表的引线通常用屏蔽线或专用电缆线,示波器用专用电缆线,直流稳压电源的接线用普通导线。

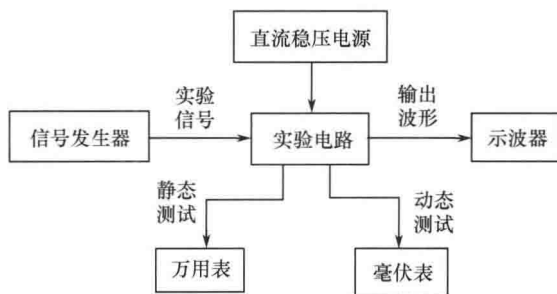


图 1.1 电子技术实验中测量仪器连接图

1. 实验电路

在电子技术相关课程中的实验电路可以是一个单元电路,也可以是综合设计性电路。无论是何种电路,都要使用一些电子仪器及设备进行测量。测量分为两种,一是静态测量,二是动态测量。通过观察实验现象和结果,将理论和实践结合起来。

2. 直流稳压电源

直流稳压电源为电路提供能源,通常输出为电压。

3. 信号发生器

信号发生器为电路提供各种频率和幅度的输入信号。信号发生器按需要可输出正弦波、方波、三角波 3 种信号波形。输出信号的幅度和频率均可调节。信号发生器作为信号源,它的输出端不允许短路。

4. 交流毫伏表

交流毫伏表用于测量电路的输入、输出信号的有效值。交流毫伏表只能在其工作频率范围内,用来测量正弦交流电压的有效值。为了防止过载而损坏仪器,测量前一般先把量程开关

置于量程较大位置处,然后在测量中逐挡减小量程。同时为了提高测量精度,在使用前要先对毫伏表进行调零。

5. 万用表

万用表用于测量电子电路的静态工作点和直流信号的值,同时还可以测量较低频率信号的交流电压、交流电流的有效值及电路的阻值。

6. 示波器

电子示波器是一种常用的电子测量仪器,它能直接观测和真实显示被测信号的波形。它不仅能观测电路的动态过程,还可以测量被测信号的幅度、频率、周期、相位、脉冲宽度、上升时间和下降时间等参数。本书附录 A.1 对 SDS1000 型数字示波器的使用方法作了较详细的说明。

三、实验仪器

- 信号发生器 1 台
- 数字示波器 1 台
- 毫伏表 1 只

四、实验内容及步骤

1. 用示波器测量“校准信号”

- (1) 打开示波器电源,示波器执行所有自检项目,并确认通过自检,按下【DEFAULT SETUP】按钮。
- (2) 将示波器探头上的开关设定到 1X 并将探头与示波器的通道 1 连接,连接示波器的校准信号。
- (3) 按下【AUTO】按钮,屏幕会显示频率为 1kHz、电压峰-峰值约为 3V 的方波。将测量结果记入表 1.1 中。
- (4) 调节“S/DIV”旋钮展开波形,记录校准信号的上升时间和下降时间。

表 1.1 校准信号测量记录表

幅度	频率	上升时间	下降时间

2. 用示波器和毫伏表测量信号发生器输出电压

按图 1.2 连接仪器。信号发生器输出信号频率固定为 1kHz,分别调节信号发生器输出幅度为 $1V_{PP}$ 和 $10V_{PP}$,将测量结果记入表 1.2。

表 1.2 信号发生器输出电压测量结果记录表

信号源输出电压 V_{PP}	示波器灵敏度 (V/DIV)	波形峰到峰高度 DIV	峰-峰值电压 (计算)	示波器显示值 (峰-峰值)	毫伏表测量值 (有效值)
1					
10					

3. 用示波器测量信号频率

信号源输出为 $5V_{PP}$,频率为表 1.3 中所示,调节示波器的“s/DIV”旋钮,保证示波器上显示两个完整周期波形,将测量结果记入表 1.3。

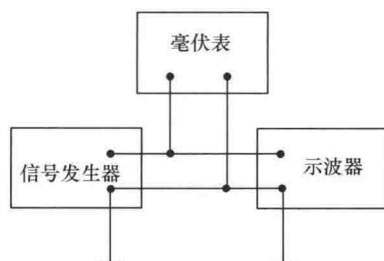


图 1.2 示波器和毫伏表测量信号的仪器连接图

表 1.3 示波器测量交流信号频率记录表

信号频率(kHz)	0.1	1	10	100	1000
扫描速度位置(s/DIV)					
一周期所占水平格数 DIV					
信号周期 T					
信号频率 $f=1/T$					
示波器显示频率					

五、预习要求

- (1) 认真阅读本书附录中的有关内容。
- (2) 阅读本实验内容和步骤。

六、实验报告

- (1) 整理实验数据。
- (2) 用示波器测量交流信号的频率和幅值时,如何才能保证示波器所能达到的测量精度?
- (3) 交流毫伏表测量正弦信号,在使用时应注意什么? 能否使用交流毫伏表测量方波信号的幅度?

实验 2 单管共射放大电路

一、实验目的

- (1) 掌握放大器静态工作点的调试和测量方法。
- (2) 了解电路元器件参数改变对静态工作点及放大倍数的影响。
- (3) 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量方法。

二、实验原理

如图 2.1 所示为电阻分压式工作点稳定的单管放大器实验电路图。它的偏置电路采用 R_{b1} 和 R_{b2} 组成的分压电路,并在发射极接有电阻 R_e ,以稳定电路的静态工作点。当在放大器的输入端加输入信号 U_i 后,在放大器输出端便可得到一个与 U_i 相位相反、幅值放大的输出信号 U_o ,从而实现电压放大。

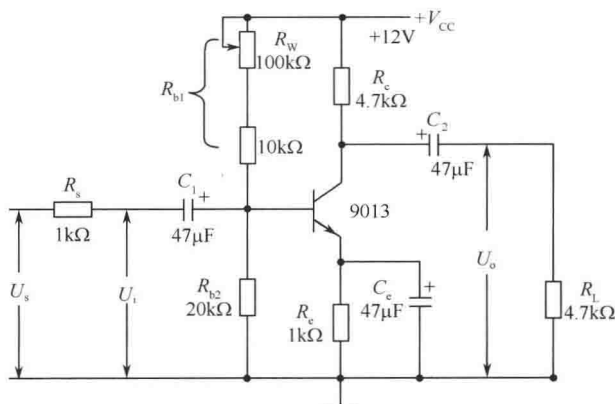


图 2.1 共发射极单管放大电路

在图 2.1 电路中,当流过偏置电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 的电流远大于晶体管 9013 的基极电流 I_B 时(一般为 5~10 倍时),则晶体管的静态工作点可用下式估算

$$V_B \approx \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot V_{CC}$$

$$I_E = \frac{V_B - U_{BE}}{R_e} \approx I_C$$

$$U_{CE} = V_{CC} - I_C (R_c + R_e)$$

交流电压放大倍数为

$$A_u \approx -\beta \frac{R_c // R_L}{r_{be}}$$

交流输入电阻为

$$R_i = R_{b1} // R_{b2} // r_{be}$$

交流输出电阻为

$$R_o \approx R_c$$

由于电子元器件参数的离散性较大,因此在设计和制作晶体管放大电路时,离不开测量和调试技术。在设计前应测量所用元器件的参数,为电路设计提供必要的依据,在完成设计和连接以后,还必须测量和调试放大器的静态工作点。一个正常工作的放大器,必定是理论设计与实验相结合的产物。因此,除了学习放大器的理论知识和设计方法外,还必须掌握必要的测量和调试技术。

放大器的测量和调试一般包括:放大器静态工作点的测量与调试、消除干扰及放大器各项动态参数的测量与调试等。

1. 放大器静态工作点的测量与调试

(1) 静态工作点的测量

测量放大器的静态工作点,应在输入信号 $U_i = 0$ 的情况下进行,即将放大器输入端对地短接,然后分别选用万用表中量程合适的直流电流挡和直流电压挡,测量晶体管的集电极电流 I_C 及各电极对地的电位 V_B 、 V_C 和 V_E 。一般实验中,为了避免断开集电极,所以采用测量电压计算出 I_C 的方法。例如,只要测量出 V_E ,即可用 $I_C \approx I_E = V_E / R_e$ 计算,同时也能计算出 $U_{BE} = V_B - V_E$, $U_{CE} = V_C - V_E$ 。为了减小误差,提高测量精度,应选用内阻较高的直流电压表。

(2) 静态工作点的调试

静态工作点是否合适,对放大器的性能和输出波形都有很大影响。如静态工作点偏高,放大器在加入交流信号后易产生饱和失真,此时 U_o 的负半周将被削底,如图 2.2(a)所示;如静态工作点偏低,则易产生截止失真,即 U_o 的正半周被缩顶(一般截止失真不如饱和失真明显),如图 2.2(b)所示。这些情况都不符合不失真放大的要求。所以在选定静态工作点以后还必须进行动态调试,即在放大器的输入端加入一定的 U_i ,检查输出端电压 U_o 的大小和波形是否满足要求。如果不满足,则应调节静态工作点的位置。

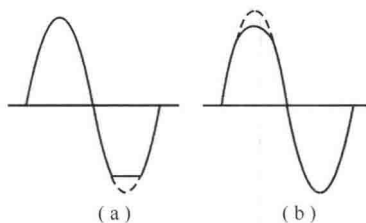


图 2.2 静态工作点对 U_o 波形失真的影响

改变电路参数 V_{CC} 、 R_c 、 R_{b1} 、 R_{b2} ,都会引起静态工作点的变化,如图 2.3 所示。但通常多采用调节偏置电阻 R_{b1} 的方法来改变电路的静态工作点,如减小 R_{b1} ,则可使静态工作点提高等。

最后还要说明的是,上面所说的静态工作点“偏高”或“偏低”不是绝对的,应该是相对信号的幅度而言的,如信号幅度很小,即使静态工作点较高或较低也不一定会出现失真。所以确切地说,产生波形失真是信号幅度与静态工作点设置不当所致。如需满足较大的信号幅度要求,静态工作点应尽量靠近交流负载线的中点。

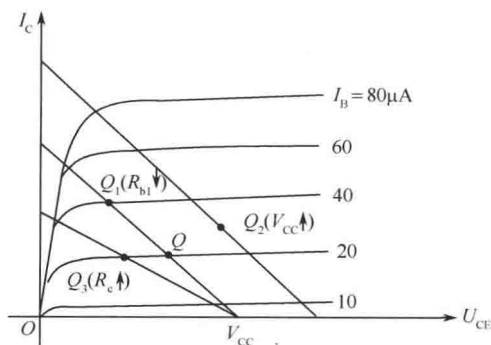


图 2.3 电路参数对静态工作点的影响

2. 放大器动态指标测试

放大器动态指标测试有电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、最大不失真输出电压(动态范围)和通频带等。

(1) 电压放大倍数 A_u 的测量

调整放大器到合适的静态工作点,然后加入输入电压 U_i ,在输出电压 U_o 不失真的情况下,用交流毫伏表测出 U_i 和 U_o 的有效值,则

$$A_u = \frac{U_o}{U_i}$$

(2) 输入电阻的测量

放大器输入电阻的大小,表示该放大器从信号源或前级放大器获取多少电流,为前级电路设计提供负载条件。可用串接电阻法测量 R_i ,测量电路如图 2.4 所示。为了测量放大器的输入电阻,即在信号源与放大器输入端之间串接一个已知电阻 R_s ,在放大器正常工作的情况下,用交流毫伏表测出 U_s 和 U_i ,则根据输入电阻的定义可得

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{\frac{U_s - U_i}{R_s}} = \frac{U_i}{U_s - U_i} R_s$$

其中, U_R 是 R_s 两端的电压。

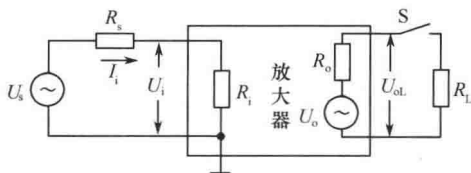


图 2.4 输入、输出电阻测量电路

测量时应注意:

① 由于电阻 R_s 两端没有电路公共接地点,而电压表一般测量的是对地的交流电压,所以,当测量 R_s 两端的电压 U_R 时,必须分别测量 R_s 两端对地的电压 U_s 和 U_i ,然后再求出 U_R 。实际测量时,电阻 R_s 的数值不宜取得过大,否则容易引入干扰,但也不宜取得过小,否则测量误差较大。通常取 R_s 与 R_i 为同一数量级比较合适,本实验取 R_s 为 $1\text{k}\Omega$ 。

② 测量之前,毫伏表应该校零, U_s 和 U_i 最好用同一量程挡进行测量。