



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
普通高等教育“十一五”电子信息类规划教材

高频电子线路 实验及综合设计

杨霓清 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材
普通高等教育“十一五”电子信息类规划教材

高频电子线路实验 及综合设计

杨霓清 主编

孙建德 崔大力 参编
徐同一 陈延湖



机械工业出版社

本教材以教育部教学指导委员会的电子信息科学与电气信息类“电子线路(Ⅱ)”课程教学中的实验教学部分的基本要求为依据,在结构上采用验证性实验和综合性实验相结合;在内容上尽量让单元实验电路围绕通信系统,力求使学生在做完本教材的单元实验后,能够搭建起调幅和调频通信机的整机,从而建立起整机的概念。本教材一方面引入了仿真软件 Multisim8,利于学生掌握该软件的应用和使用方法;另一方面则一改过去在实验讲义中提供详细的实验方法和步骤的做法,让学生通过实验电路、实验要求和利用仿真软件 Multisim8.0 的仿真结果自拟实验步骤、测试方法和测试表格,这样利于提高学生独立分析解决问题的能力。

本教材可以作为通信工程、电子信息工程等专业的本科生教材,也可作为高职高专、电大、职大的教材和有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高频电子线路实验及综合设计/杨霓清主编. —北京:
机械工业出版社, 2009. 4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套教材

普通高等教育“十一五”电子信息类规划教材

ISBN 978 - 7 - 111 - 26566 - 5

I. 高… II. 杨… III. ①高频 - 电子电路 - 实验 - 高等学校 - 教材②高频 - 电子电路 - 电路设计 - 高等学校 - 教材
IV. TN710. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 037291 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王保家 责任编辑:王保家 王 琪

版式设计:张世琴 责任校对:程俊巧

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2009 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·360 千字

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 26566 - 5

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材是高等学校电子信息工程、通信工程及其他电子类相近专业的教学用书和参考书,也可供有关工程技术人员参考。

本教材是参照教育部教学指导委员会制定的《电子信息科学与工程类“电子线路(Ⅱ)”课程教学基本要求》(实验教学部分),总结多年实验教学经验,吸取国内外同类教材之特长,并考虑到教学改革的需要编写而成。

“高频电子线路”是本科电子信息类专业重要的技术基础课,是一门理论性、工程性与实践性很强的课程,它的内容丰富,应用广泛,新技术、新器件发展迅速。考虑到应用型人才培养的特点,本书中内容以模拟通信系统为主要研究对象,围绕发送、接收设备中所涉及到的高频电子线路的各功能模块进行实验教学,目的是使学生掌握通信系统的基本组成,单元电路的工作原理,静、动态分析及通信系统的设计、调试方法。

实验内容的安排上,本教材在保留一些最基本的验证性实验的基础上,加强了设计性、综合性实验的比例,以充分体现重视个性发展、因材施教的特点。通过基本仿真技能训练、实验操作、综合设计等不同层次的实验逐渐使学生对“高频电子线路”课程中所涉及到的专业知识、专业技能、专业素养等方面得到深化和提高。

其中基本仿真技能训练的内容主要是 EDA 工具使用方法的学习和训练。实验内容包括:利用 Multism8.0 进行电路的设计和仿真,将设计结果用实际的元器件搭建成电路进行验证、测试、调试和分析;在具体的做法上,采用仿真与实际电路实验相结合的方法,先用 Multism8.0 进行仿真实验,随后在电路上进行观察、分析实际情况与虚拟分析之间的区别,从而加深对电路调试重要性的理解。通过这样的过程,可以让学生逐步解决以前的遗留问题,同时熟悉现代电子电路从开发到应用的一个完整过程中所需经历的基本步骤及所使用的工具与方法。实验的内容从简单的验证性实验逐步过渡到具有适当复杂性和综合性的设计制作,如 LC 正弦振荡器的设计与实验、简易传声器调频发射机设计、简易调频接收机设计、中波调幅发射机的设计、中波调幅接收机的设计、功率放大电路的设计等。

本教材与 Multism8.0 软件相结合,为电子类专业的学生学习相关电工电子类课程提供了较为合适的虚拟电子实验环境,降低了实验成本,提高了教学质量;在教学方法上一改过去在实验指导书中提供详细实验方法和步骤的做法,让学生通过实验电路的预习和虚拟仿真结果,自拟实验步骤和测试方法。这样可以让学生们的理论知识在虚拟和现实的电路中得到验证和运用。在这样的学习过程中,学生不仅知其然,更知其所以然,不但加深了对理论知识的认识,并进一步锻炼了实践能力。

本教材中选编的每个实验均安排了实验原理、仿真分析和思考题,这样做有利于学生通过自学,深入领会实验目的、任务并自行完成实验任务。在教材内容的排编上依据“实验教学基本要求”,将实验仪器设备和仿真工具软件的使用放在第二、三章讲述;验证性实验放在第四章,包括各种类型的高频小信号放大器、正弦波振荡器、频谱搬移电路、频率调制和鉴频电路及锁相环的应用等;综合设计性实验放在第五章,包括 LC 正弦振荡器的设计与

实验、简易传声器(俗称话筒)调频发射机设计、简易调频接收机设计、小功率中波调幅发射机的设计、中波调幅接收机的设计、功率放大电路的设计等。为了激发学生的创新意识,在综合设计性实验项目的选题上,考虑到了选题的实用性、趣味性及方案选择的多种性。本教材列举的实验内容较多,可以根据自身的学时安排来选择实验内容。

本教材由杨霓清主编并统稿,由山东大学杨霓清、崔大力、孙建德、徐同一、陈延湖共同编写。在编写过程中作者从所列参考文献中吸取了宝贵的成果和资料,在此谨向各参考文献的作者表示衷心的感谢。同时感谢机械工业出版社对本书出版所给予的支持。

山东大学信息学院的领导、老师对该书的出版给予了许多关怀和支持,作者在此也一并表示感谢。

作者深知,“高频电子线路”所涉及的范围极广,新知识多,我们对这一领域的学习和研究还很浅,水平有限,书中难免有疏漏、错误和不妥之处,恳请广大读者不吝指正。

编者

目 录

前言

第1章 电子线路实验和综合

设计基础 1

- 1.1 电子线路实验概述 1
 - 1.1.1 电子线路实验简介 1
 - 1.1.2 电子线路实验的一般要求 3
 - 1.1.3 电子线路实验报告的内容与要求 4
- 1.2 综合设计的基础知识 5
 - 1.2.1 电子线路综合设计的方法 5
 - 1.2.2 电子电路的组装 7
 - 1.2.3 总结报告 8

第2章 常用高频电子线路

实验仪器 9

- 2.1 电子示波器 9
 - 2.1.1 电子示波器的工作原理 9
 - 2.1.2 常用示波器简介 17
- 2.2 信号发生器 31
 - 2.2.1 概述 31
 - 2.2.2 EE164 1B/2B/3B 型信号发生器/计数器 32
 - 2.2.3 SG—4162AD 型高频信号发生器/计数器简介 35
- 2.3 交流毫伏表 39
 - 2.3.1 概述 39
 - 2.3.2 DA—16D 型交流毫伏表简介 39
 - 2.3.3 DA—1 型超高频毫伏表 41
- 2.4 频率特性测试仪 42
 - 2.4.1 频率特性测试仪的工作原理 42
 - 2.4.2 BT—3 型频率特性测试仪的主要技术指标及其使用 43
- 2.5 电子测量仪器的选择 44

第3章 电路仿真软件 Multisim8.0

的使用 46

- 3.1 电路仿真软件的衍变与功能特点 46
 - 3.1.1 EWB 的衍变过程 46
 - 3.1.2 Multisim7.0 的功能与特点 46
 - 3.1.3 Multisim8.0 的功能与特点 48
- 3.2 Multisim8.0 的用户界面 49
 - 3.2.1 菜单栏 50
 - 3.2.2 标准工具栏 54
 - 3.2.3 图形注释工具栏 55
 - 3.2.4 元器件库工具栏 55
 - 3.2.5 仪器工具栏 55
 - 3.2.6 虚拟工具栏 56
 - 3.2.7 其他工具栏 56
 - 3.2.8 用户界面的定制 57
- 3.3 Multisim8.0 的元器件与元器件库 59
 - 3.3.1 Multisim8.0 的元器件库 59
 - 3.3.2 Multisim8.0 的元器件 59
 - 3.3.3 Multisim8.0 元器件库的管理 65
- 3.4 Multisim8.0 的虚拟仪器 70
 - 3.4.1 数字万用表 70
 - 3.4.2 函数信号发生器 72
 - 3.4.3 功率表 73
 - 3.4.4 示波器 73
 - 3.4.5 波特图仪 75
 - 3.4.6 数显频率计 77
 - 3.4.7 伏安特性分析仪 77
 - 3.4.8 失真分析仪 79
 - 3.4.9 频谱分析仪 81
 - 3.4.10 端口网络分析仪 82
 - 3.4.11 数字电路测量仪器 84
 - 3.4.12 数字测量仪器 84
 - 3.4.13 测量探针 84
- 3.5 Multisim8.0 的基本仿真分析方法 85
 - 3.5.1 Multisim8.0 的仿真特点 85
 - 3.5.2 Multisim8.0 的仿真分析过程 86

3.5.3 Multisim8.0 的仿真参数设定	86	4.4.1 普通振幅调制实验	140
3.5.4 Multisim8.0 的仿真分析命令	87	4.4.2 抑制载波的双边带信号实验	143
3.6 Multisim8.0 的使用	104	4.5 检波实验	145
3.6.1 建立新的电路文件	105	4.6 晶体管混频器实验	150
3.6.2 画电路图	105	4.7 模拟乘法器的应用	152
3.6.3 进行仿真	109	4.8 频率调制实验	161
3.6.4 电路创建举例	114	4.9 鉴频器实验	167
第4章 高频电子线路实验	116	4.10 锁相环的应用实验	171
4.1 常用高频电子线路实验仪器的 使用	116	4.11 高频功率放大器实验	180
4.2 高频小信号放大器	117	第5章 高频电子线路综合设计	191
4.2.1 高频小信号谐振放大器	117	5.1 LC 正弦波振荡器的设计与实验	191
4.2.2 高频集成放大器	122	5.2 高频宽带功率放大器的设计	194
4.2.3 集中选频高频小信号放大器	124	5.3 窄带高频功率放大器的设计	198
4.3 正弦波振荡器	126	5.4 简易传声器调频发射机设计	203
4.3.1 LC 正弦波振荡器	126	5.5 简易调频接收机的设计	210
4.3.2 石英晶体振荡器	133	5.6 小功率调幅发射机的设计	212
4.3.3 RC 正弦波振荡器	136	5.7 超外差调幅接收机的设计	215
4.4 振幅调制实验	138	参考文献	227

第1章 电子线路实验和综合设计基础

电子线路包括低频电子线路、高频电子线路和数字电路,是高等院校电子信息工程、通信工程及其他电子类相近专业的重要技术基础课,是理论性、工程性与实践性很强的课程。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。为了培养高素质的专业技术人才,在理论教学的同时,必须十分重视和加强各种形式的实践教学环节。

1.1 电子线路实验概述

众所周知,科学和技术的发展离不开实验,实验是促进科技发展的重要手段。我国著名科学家张文裕在为《著名物理学实验及其在物理学发展中的作用》一书所作的序言中,精辟论述了科学实验的重要地位。“科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,也是工程技术的基础……基础研究、应用研究、开发研究和生产四个方面如果结合得好,经济建设和国防建设势必会兴旺发达。要把上述四个方面结合在一起,必然有一条红线,这条红线就是科学实验。”

1.1.1 电子线路实验简介

1. 实验目的

电子技术是自然科学理论与生产实践经验相结合的产物。人们在实际工作中,依据理论知识和实践经验,分析和设计电子电路的性能指标,测试和制作电子系统的整机装置,均离不开实验室。从一只小小的电子管到神舟七号载人飞船,实验室是科学技术发展的孵化器。

作为学习、研究电子线路不可缺少的教学环节,电子线路实验是一门渗透工程特点的实践课程。通过电子线路实验,可以让学生置身实验室,直接使用电子元器件、连接电子电路、操作电子测试仪器,理解和巩固理论知识,学习实验知识,积累实验经验,增长实验技能,为进一步学习、应用、研发电子应用技术打下较厚实的基础。

2. 电子线路实验分类

电子线路实验按性质可分为验证性实验、训练性实验、综合性实验、设计性实验及研究性实验五大类。

验证性(也称为基础型)实验和训练性实验主要是针对电子线路本学科范围内的内容,目的是为理论论证和实际技能的培养奠定基础,这类实验就是学习实验方法、掌握实验知识、摸索实验技巧。它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。

通过这类实验达到目的是:通过连接线路实现电路预定的应用功能,依据实验结果证明理论知识的正确性及其适用的条件,从而加深对理论知识的理解;通过实际操作,锻炼动手能力,包括仪器使用、故障排除、数据整理、结论总结等方面的实验技术能力。

综合性实验泛指应用型实验,实验内容侧重于某些理论知识的综合应用,其目的是培养学生综合运用所学理论的能力和解决较复杂的实际问题的能力。

设计性实验的实验内容体现多个理论知识点的综合应用,目的在于培养学生综合运用所学理论知识解决较复杂的实际工程问题的能力,培养学生不断进取、开拓创新的意识。显然,能够完成设计性实验的前提,是基本掌握了与之相关的电子线路基础理论知识和实验手段。

设计性实验对于学生来说既有综合性又有探索性。它主要侧重于某些理论知识的灵活运用,如完成特定功能电子电路的设计、安装和调试等。要求学生在教师指导下独立进行查阅资料、设计方案与组织实验等工作,并写出报告。这类实验对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

研究性实验也指创意型、探索型实验。此类实验从选题、方案论证,到安装、调试,均由学生独立完成。在实验的全过程中,学生将接受从查找资料到验收答辩的全方位训练。实验选题通常是电子系统级的设计,所需知识往往涉及较多的相关课程。此类实验有助于培养学生的自学能力、科学作风、工程素质、创新能力、团队精神、职业修养、创业精神,这是我国高校培养人才的努力方向。

总之,电子线路实验应突出基础技能、设计性综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养,以适应高科技信息时代的要求。

3. 实验教学要求

电子线路实验不是测试数据、计算结果的简单操作,而是正确使用仪器设备、记录测试数据、观察实验现象、排除实验故障、分析实验结果、兑现工程技术指标的工程技术训练。在教育部高等学校电子电气类基础课程教学指导分委员会拟定的电子线路(I、II)课程“教学基本要求”中,对在电子技术实验教学中应体现的能力培养目标,提出了明确的要求。

1) 了解示波器、电子电压表、晶体管特性图示仪、信号发生器、频率计和扫频仪等常用电子仪器的基本工作原理,掌握正确使用方法。

2) 掌握电子线路的基本测试技术,包括电子元器件参数、放大电路静态和动态参数、信号的周期和频率、信号的幅度和功率等主要参数的测试。

3) 能够正确记录和处理实验数据,进行误差分析,并写出符合要求的实验报告。

4) 能够通过手册和互联网查询电子器件性能参数和应用资料,能够正确选用常用集成电路和其他电子元器件。

5) 掌握基本实验电路的装配、调试和故障排除方法。

6) 初步学会使用EDA工具软件对电子电路进行仿真分析和辅助设计及用Pspice分析设计电子电路的基本方法,并能够实现小系统的设计、组装和调试。

4. 仿真技术

目前采用的实验技术有实际测试和仿真分析两种。

随着电子技术、计算机技术的飞速发展,仿真分析取代了以定量估算和搭接硬件电路为基础的传统实验方法,它代表着当今电子分析与调试技术的最新发展方向,已成为现代电子电路设计中必不可少的工具与手段。

仿真分析是运用数学工具,通过运行计算机软件,完成对电路特性的分析与调试,也称为计算机仿真技术或软件实验。在这里,不必构造具体的物理电路,也不用使用实际的测试

仪器,就可以确定电路的工作性能。这些仿真软件提供了许多常用的虚拟仪器、仪表,用户可通过这些仪表观察电路的运行状态和过程,分析电路的仿真结果。这些仪器、仪表外观逼真,设置、使用和读数与实际的测量仪表相差无几,使用它们就像置身于实验室中。人们形象地称仿真软件为电子工作平台或虚拟实验室。

仿真软件一般具有三大特点:含有丰富的元器件数据库,且其物理结构和模型参数可随意更改;备有常用的测试仪器、仪表,且不会因操作不当而引发损坏;具有多达十余种的电路性能指标分析功能,且能即时完成测试数据的整理、曲线的绘制等工作。在这样的虚拟环境中进行实验,不需要真实电路环境的介入,不必顾及仪器设备短缺和时间环境的限制,能够极大地提高实验效率,激发学生对实验的兴趣。因此,在进行实际电路搭建和性能测试前,可以借助仿真软件对所设计的电路做反复的更改、调整、测试,从而获得最佳的电路指标和拟定最合理的实测方案。

熟练掌握一些电路仿真软件的使用方法,已成为当今电子电路分析和设计人员必须具备的基本技能之一。常用的仿真分析软件有 PSpice、Multisim 等。

1.1.2 电子线路实验的一般要求

尽管电子线路各个实验的目的和内容不同,但为了顺利完成实验任务,确保人身、设备安全,培养严谨、踏实、实事求是的科学作风和爱护国家财产的优良品质,充分发挥学生的主观能动作用,促使其独立思考、独立完成实验并有所创造。本书对实验前、实验中和实验后分别提出如下基本要求。

1. 实验前的要求

为避免盲目性,参加实验者应对实验内容进行预习。掌握有关电路的基本原理(设计型实验则要完成设计任务),拟出实验方法和步骤,设计实验表格,对思考题作出解答,初步估算(或分析)实验结果(包括参数和波形),最后作出预习报告。

2. 实验中的要求

1) 参加实验者要自觉遵守实验室规则。

2) 根据实验内容选择实验所需的仪器设备和装置。使用仪器设备前,应熟悉其性能、操作方法及注意事项。实验时应规范操作,并注意安全用电。

3) 按实验方案连接实验电路和测试电路。电路接线后,要依照接线图认真检查,确认无误方可通电。注意电源与地线间不得短接、反接。初次实验,应经教师审查同意后,才能通电。

实验过程中一旦发现异常现象(如有器件烫手、冒烟、异味、触电等),应立即关断电源,保护现场,报告教师。待查清原因,排除故障,经教师允许后,再继续进行实验。

实验过程中需改接线路时,应首先关断电源,然后进行操作。给计算机连接外设(如可编程器件的下载电缆)前,应使计算机和相关实验装置断电。

4) 要仔细观察和认真记录实验条件、实验现象,包括实验数据、波形和电路运行状态等。发生故障应独立思考,耐心排除,并记录排除故障的过程和方法。

实验过程中不顺利,不一定是坏事,常常可以从分析故障中增强独立工作能力。相反,“一帆风顺”也不一定收获大。做好实验的意思是独立解决实验中所遇到的问题,把实验做成功。

5) 爱护公物, 注意保持实验室整洁文明的环境。室内禁止打闹、喧哗、吃食物、喝饮料、吸烟、吐痰、扔纸屑、乱写乱画等不文明行为。

6) 服从教师的管理, 未经允许不得做与本实验无关的事情(包括其他实验), 不得动用与本实验无关的设备, 不得随意将设备带出室外。

7) 实验结束时, 应将记录送指导教师审阅签字。经教师同意后方可拆除线路, 清理现场。同时, 应及时拉闸断电, 整理仪器设备, 填写设备完好登记表。

实验规则应人人遵守, 相互监督。

3. 实验后的要求

实验后应认真写好实验报告。

1.1.3 电子线路实验报告的内容与要求

实验报告是对实验全过程的陈述和总结。编写电子线路实验报告, 是学习撰写科技报告、科技论文的基础。撰写实验报告, 要求语言通顺、字迹清晰、原理简洁、数据准确、物理单位规范、图表齐全、曲线平滑、结论明了。通过编写实验报告, 能够找寻理论知识与客观实在的结合点, 提高对理论知识的认识理解, 训练科技总结报告的写作能力, 从而进一步体验实事求是、注重实践的认知规律, 培养尊重科学、崇尚文明的科学理念, 锻炼严谨认真、一丝不苟的工程素养。

电子线路实验报告分为预习报告和总结报告两部分。

1. 预习报告内容

实验预习报告用于描述实验前的准备情况, 避免实验中的盲目性。实验前的准备情况如何, 直接影响到实验的进度、质量, 甚至成败。因此, 预习是实验顺利进行的前提和保证。在完成预习报告前, 不得进行实验。

预习报告的主要内容如下:

(1) 实验目的 实验目的也是实验的主题, 无目的的实验只能是盲目的实验, 是资源的浪费。

(2) 实验原理 实验原理是实验的理论依据, 通过理论陈述、公式计算, 能够对实验结果有一个符合逻辑的科学的估计。陈述实验原理, 要求概念清楚, 简明扼要。对于设计性实验, 还要提出多个设计方案, 绘制设计原理图, 经过论证选择其一作为首选的实验方案。从这个意义上讲, 预习报告也称做设计报告。

(3) 仿真分析 对被实验电路进行必要的计算机仿真分析, 并回答相关的部分思考问题, 有助于明确实验任务和要求, 及时调整实验方案, 并对实验结果做到心中有数, 以便在实物实验中有的放矢、少走弯路、提高效率、节省资源。

(4) 测试方案 无论是验证性实验还是设计性实验, 均应依照仿真结果绘制实验电路图(也称布线图), 拟定测试方案和步骤, 针对被测试对象选择合适的测试仪表和工具, 准备实验数据记录表格, 制定最佳的测试方案。测试方案决定着理论分析与实验结果间的差异程度, 甚至关系着实验结论的正确性。

2. 总结报告内容

总结报告用于概括实验的整个过程和结果, 是实验工作的最后一个环节。总结报告必须真实可靠, 提倡实事求是, 来不得半点虚假。一份好的总结报告, 必是理论与实践相结合的

产物,最终能使作者乃至读者在理论知识、动手能力、创新思维上受到启迪。

总结报告通常包含以下内容:

(1) 实验条件 列出实验条件,包括何时与何人共同完成什么实验、当时的环境条件、使用仪器名称及编号等。

(2) 实验原始记录 实验原始记录是对实验结果进行分析研究的主要依据,须经指导教师签字认可。其内容包括选用的 EDA 工具,程序设计流程和清单,测试所得的原始数据和信号波形等。

(3) 实验结果整理 选用适当的方法对原始记录的测试数据、信号波形进行认真整理和处理,并列出表格或用坐标纸画出曲线,公示分析计算公式;对测试结果进行理论分析,作出简明扼要结论;找出产生误差原因,提出减少实验误差的措施;对与预习结果相差较大的原始数据要分析原因,必要时应对实验电路和测试方法提出改进方案。

(4) 故障分析 如果实验中出现故障,要说明现象,并报告查找原因的过程和排除故障的方法、措施,总结从中汲取的教训。

(5) 思考问题 按要求有针对性地回答思考问题是对实验过程的补充和总结,有助于对实验任务的深入理解。

(6) 实验结论 实验结论包括是否完成了实验任务、达到了实验目的,是否验证了经验性调试方法、计算公式、技术指标,是否体验到了理论与实际的异同之处,所获得的应用性乃至理论性研发成果,实践能力和综合素质上的收益,写出对本次实验的心得体会,以及改进实验的建议。

3. 实验报告的要求

将预习报告和总结报告装订在一起,封面要注明:课程名称、实验名称、实验者姓名、班号、学号、实验设备编号,以及预习报告完成日期、实验完成日期、实验报告完成日期。

实验报告应文理通顺、书写简洁、符号标准、图表齐全、讨论深入、结论简明。

1.2 综合设计的基础知识

电子线路综合设计包括选择课题、电子电路设计、组装、调试和编写总结报告等教学环节。

1.2.1 电子线路综合设计的方法

设计一个电子电路系统时,首先必须明确系统的设计任务,根据任务进行方案选择,然后对方案中的各部分进行单元的设计、参数计算和器件选择,最后将各部分连接在一起,画出一个符合设计要求的完整的系统电路图。

1. 明确系统的设计任务要求

对系统的设计任务进行具体分析,充分了解系统的性能、指标、内容及要求,以便明确系统应完成的任务。

2. 方案选择

这一步的工作要求是把系统要完成的任务分配给若干个单元电路,并画出一个能表示各单元功能的整机原理框图。

方案选择的重要任务是根据掌握的知识和资料,针对系统提出的任务、要求和条件,完成系统的功能设计。在这个过程中要敢于探索、勇于创新,力争做到设计方案合理、可靠、经济、功能齐全、技术先进,并且对方案要不断进行可行性和优缺点的分析,最后设计出一个完整框图。框图必须正确反映系统应完成的任务和各组成部分的功能,清楚表示系统的基本组成和相互关系。

3. 单元电路的设计、参数计算和器件选择

根据系统的指标和功能框图,明确各部分任务,进行各单元电路的设计、参数计算和元器件选择。

(1) 单元电路的设计 单元电路是整机的一部分,只有把各单元电路设计好才能提高整体设计水平。

每个单元电路设计前都需明确本单元电路的任务,详细拟定出单元电路的性能指标及与前后级之间的关系,分析电路的组成形式。具体设计时,可以模仿成熟、先进的电路,也可以进行创新或改进,但都必须保证性能要求。而且,不仅单元电路本身要设计合理,各单元电路间也要相互配合,注意各部分的输入信号、输出信号和控制信号的关系。

(2) 参数计算 为保证单元电路达到功能指标要求,就需要用电子技术知识对参数进行计算。例如,放大电路中各电阻值、放大倍数的计算;振荡器中电阻、电容、振荡频率等参数的计算。只有很好地理解电路的工作原理,正确利用计算公式,计算的参数才能满足要求。

参数计算时,同一个电路可能有几组数据,注意选择一组能完成电路设计要求的参数,并在实践中能真正可行的参数。

计算电路参数时应注意下列问题:

- 1) 元器件的工作电流、电压、频率和功耗等参数应能满足电路指标的要求。
- 2) 元器件的极限参数必须留有足够的裕量,一般应大于额定值的1.5倍。
- 3) 电阻和电容的参数应选计算值附近的标称值。

(3) 元器件选择

1) 阻容元件的选择:电阻和电容种类很多,正确选择电阻和电容是很重要的。不同的电路对电阻和电容的性能要求也不同,有些电路对电容的漏电要求很严,还有些电路对电阻、电容的性能和容量要求很高。例如,滤波电路中常用大容量($100 \sim 3000\mu\text{F}$)铝电解电容,为滤掉高频通常还需并联小容量($0.01 \sim 0.1\mu\text{F}$)瓷片电容。设计时要根据电路的要求选择性能和参数合适的阻容元件,并要注意功耗、容量、频率和耐压范围是否满足要求。

2) 分立元件的选择:分立元件包括二极管、晶体管、场效应晶体管、光敏二极管、光敏晶体管、晶闸管等。根据其用途分别进行选择。

选择的器件种类不同,注意事项也不同。例如,选择晶体管时,首先注意是选择NPN型还是PNP型管,是高频管还是低频管,是大功率管还是小功率管,并注意晶体管的参数 P_{CM} 、 I_{CM} 、 BV_{CEO} 、 I_{CBO} 、 β 、 f_{T} 和 f_{β} 是否满足电路设计指标的要求,高频工作时,要求 $f_{\text{T}} = (5 \sim 10)f$, f 为工作频率。

3) 集成电路的选择:由于集成电路可以实现很多单元电路甚至整机电路的功能,所以选用集成电路来设计单元电路和总体电路既方便又灵活,它不仅使系统体积缩小,而且性能可靠,便于调试及运用,在设计电路时颇受欢迎。

集成电路有模拟集成电路和数字集成电路。国内外已开发设计出大量集成电路,其器件的型号、原理、功能、特征可查阅有关手册。

选择的集成电路不仅要在功能和特性上实现设计方案;而且要满足功耗、电压、速度、价格等多方面的要求。

4. 电路图的绘制

为详细表示设计的整机电路及各单元电路的连接关系,设计时需绘制完整电路图。

电路图通常是在系统框图、单元电路设计、参数计算和元器件选择的基础上绘制的,它是组装、调试和维修的依据。绘制电路图时要注意以下几点:

(1) 布局合理、排列均匀、图面清晰、便于看图、有利于对图的理解和阅读 有时一个总电路由几部分组成,绘图时应尽量把总电路画在一张图纸上。如果电路比较复杂,需绘制几张图,则应把主电路画在同一张图纸上,而把一些比较独立或次要的部分画在另外的图纸上,并在图的断口两端做上标记,标出信号从一张图到另一张图的引出点和引入点,以此说明各图纸在电路连线之间的关系。

有时为了强调并便于看清各单元电路的功能关系,每一个功能单元电路的元件应集中布置在一起,并尽可能按工作顺序排列。

(2) 注意信号的流向 一般从输入端或信号源画起,由左至右或由上至下按信号的流向依次画出各单元电路,而反馈通路的信号流向则与此相反。

(3) 图形符号要标准 图中应加适当的标志 图形符号表示元器件的项目或概念。电路图的中、大规模集成电路器件,一般用方框表示,在方框中标出它的型号,在方框的边线两侧标出每根线的功能名称和引脚号。除中、大规模器件外,其余元器件符号应当标准化。

(4) 连接线应为直线,并且交叉和折弯应尽量少 通常连接可以水平布置或垂直布置,一般不画斜线,互相连通的交叉处用圆点表示,可以根据需要在连接线上加注信号名或其他标记,表示其功能或其去向。有的连线可用符号表示,如器件的电源一般标电源电压的数值,地线用符号“ $\perp$ ”表示。

设计的电路是否能满足设计要求,还必须通过组装、调试进行验证。

1.2.2 电子电路的组装

电子电路设计好后,便可进行组装。

电子技术基础课程设计中组装电路通常采用焊接和实验箱上插接两种方式。焊接组装可提高学生焊接技术,但元器件可重复利用率低;在实验箱上组装,元器件便于插接且电路便于调试,并可提高元器件重复利用率。下面介绍在实验箱上用插接方式组装电路的方法。

(1) 集成电路的插接 插接集成电路时首先应认清方向,不要倒插,所有集成电路的插入方向应保持一致,注意引脚不能弯曲。

(2) 元器件的插接 根据电路图的各部分功能确定元器件在实验箱插接板上的位置,并按信号的流向将元器件顺序地连接,以便于调试。

(3) 导线的选用和连接 导线直径应和插接板的插孔直径相一致,过粗会损坏插孔,过细则与插孔接触不良。

为检查电路的方便,根据不同用途,导线可以选用不同颜色。一般习惯是正电源用红

线,负电源用蓝线,地线用黑线,信号线用其他颜色的线等。

连接用的导线要求紧贴在插接板上,避免接触不良。连接不允许跨在集成电路上,一般从集成电路周围通过,尽量做到横平竖直,这样便于查线和更换器件,但高频电路部分的连线应尽量短。

组装电路时注意,电路之间要共地。正确的组装方法和合理的布局,不仅使电路整齐美观,而且能提高电路工作的可靠性,便于检查和排除故障。

1.2.3 总结报告

编写综合设计的总结报告是对学生写科学论文和科研总结报告的能力训练。通过写报告,不仅把设计、组装、调试的内容进行全面总结,而且把实践内容上升到理论高度。总结报告应包括以下几点:

- 1) 课题名称。
- 2) 内容摘要。
- 3) 设计内容及要求。
- 4) 比较和选写设计的系统方案,画出系统框图。
- 5) 单元电路设计、参数计算和器件选择。
- 6) 画出完整的电路图,并说明电路的工作原理。
- 7) 组装调试的内容,包括:使用的主要仪器和仪表,调试电路的方法和技巧,测试的数据和波形并与计算结果比较分析,调试中出现的故障、原因及排除方法。
- 8) 总结设计电路的特点和方案的优缺点,指出课题的核心及实用价值,提出改进意见和展望。
- 9) 列出系统需要的元器件清单。
- 10) 列出参考文献。
- 11) 收获、体会。

第2章 常用高频电子线路实验仪器

2.1 电子示波器

在电子电路测量中,示波器的功用很多,它可以用来观察和测量随时间变化的电信号图形,并能直接显示电信号的波形,测量电信号的幅度、频率、时间和相位等,且具有灵敏度高、输入阻抗大和过载能力强等优点,是一种用途广泛的测量仪器。

示波器的种类很多,分类方法也不同。按照所用示波管不同,可以分为单线示波器、多踪示波器、记忆示波器等;按照其功能不同,可以分为通用示波器、多用示波器、高压示波器等。这里讨论的是通用示波器。

2.1.1 电子示波器的工作原理

2.1.1.1 电子示波器的组成及工作原理

电子示波器一般由示波管、X轴偏转系统、Y轴偏转系统、锯齿波发生器、电源等几部分组成,如图2.1.1所示。

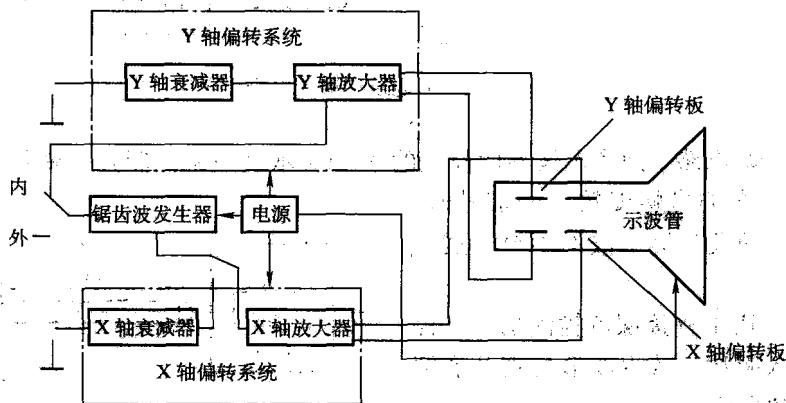


图 2.1.1 电子示波器的原理框图

示波器中,示波管颈部左端为发射电子的阴极和若干阳极,它们产生向右高速运动的一束电子流,打在荧光屏的荧光涂层上显示出光斑。利用“亮度”及“聚焦”旋钮可调节阴、阳各极之间的电压,使电子束强度适中,断面收敛,在荧光屏上打出明细的光斑。

锯齿波发生器产生周期锯齿波电压——时基信号,它的周期或频率用“扫描频率粗调”及“扫描频率细调”旋钮控制。锯齿波电压经X轴放大器放大后送到示波管的一对X轴偏转板上,使电子束形成水平扫描。在锯齿波电压上升的时间,偏转板间的电场使光斑由荧光屏左边向右边匀速运动,扫出一条清晰的X轴线(即时间轴),到了右边的终点后,锯齿波电压急速降到零,光斑立即回到右边的起点,并开始第二次扫描。利用“X增益”旋钮,

可改变 X 轴线的长度；利用“X 位移”旋钮，可使 X 轴线向左或向右移动。

把要显示波形的信号电压接到 Y 轴输入端口，并根据电压的大小，调节“Y 衰减”旋钮，经 Y 放大器加到阴极射线管的一对 Y 轴偏转板上，使光斑随着 Y 信号电压瞬时值的大小、正负而上下运动。“Y 增益”旋钮控制光斑垂直运动的幅度。

2.1.1.2 Y 通道的组成及工作原理

1. Y 通道的组成

通用示波器的 Y 通道(示波器的垂直系统)由输入电路，前、后置放大电路和延迟线等组成，如图 2.1.2 所示。Y 通道是被测信号的主要通道，要求通带、增益及输入阻抗等指标尽量高些。

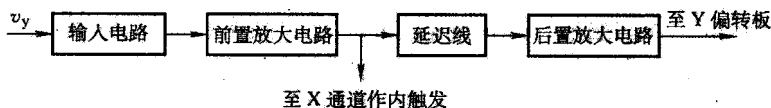


图 2.1.2 Y 通道组成框图

2. 输入电路

Y 通道的输入电路如图 2.1.3 所示，它由探头、耦合方式选择开关 S、步进衰减电路(衰减器)和阻抗变换倒相电路等组成。

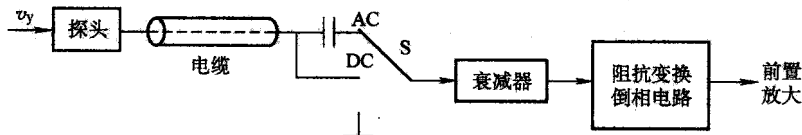


图 2.1.3 Y 通道的输入电路

(1) 步进衰减电路 通常示波器面板上的 Y 轴灵敏度粗调控制开关就是一个步进衰减器。它的作用是在测量幅度较大的信号时，先衰减再输入，使荧光屏上波形不至于过大而产生失真。

(2) 探头 用于直接探测被测信号，提高示波器的输入阻抗、减少波形失真及展宽示波器的使用频带等。

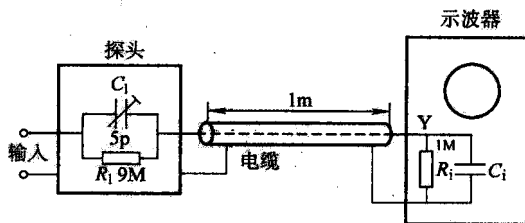


图 2.1.4 无源探头线路

图 2.1.4 为一无源探头。它由 RC 元件组成，经电缆与示波器 Y 轴输入端相接后，又构成了衰减电路，图中 $R_i C_i$ 分别为示波器的输入电阻和电容。探头的衰减比由电阻决定，一般为 1/10。

调整探头内的电容 C_1 使 $R_1 C_1 = R_i C_i$ ，可以得到最佳补偿。当从探头输入一标准方波信号时，调整 C_1 ，在荧光屏上观察到的不同补偿时的波形如图 2.1.5 所示。显然，图 2.1.5a 最理想。

(3) 耦合方式与阻抗变换倒相电路 图 2.1.3 中开关 S 的作用是对耦合方式进行选择。当开关 S 置于“AC”位置时， v_y 的直流成分被电容隔离，荧光屏上显示的是交流成分；当开关 S 置“DC”位置时，输入信号的所有成分都被显示在荧光屏上；当开关 S 置“ $\perp$ ”位