

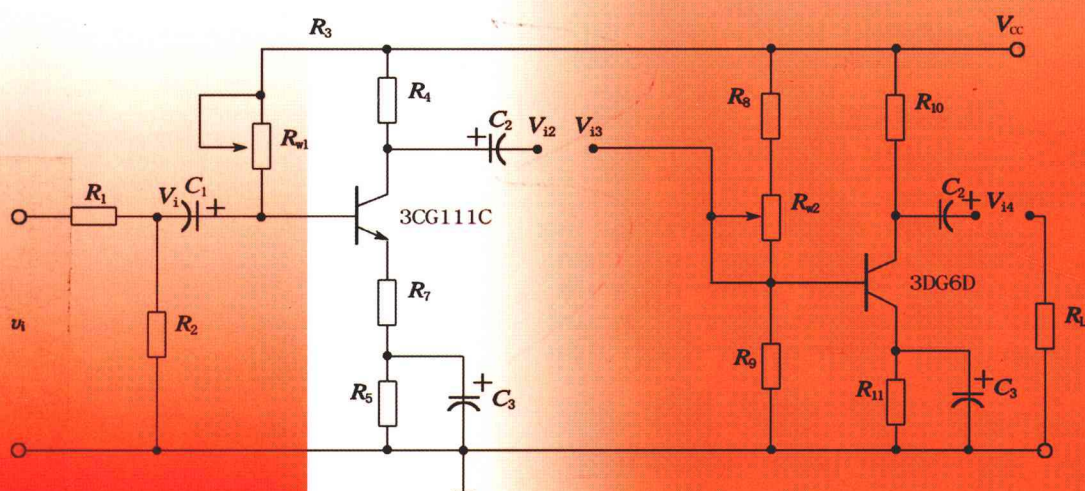
新世纪电气及自动化类实践系列教材

MUNIDIANZIJISHU
XINSHIJIDIANQIJIZIDONGHUALEI
SHIJIANXILIEJIAOCAI

模拟电子技术实验教程

MUNI DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG

◎ 主编 / 周淑阁 副主编 / 杨栋 王晓燕



东南大学出版社
Southeast University Press

新世纪电气及自动化类实践系列教材

模拟电子技术实验教程

主 编 周淑阁

副主编 杨 栋 王晓燕

参 编 徐 苏 周莉莉

东南大学出版社

·南京·

内 容 简 介

全书共分5篇。第1篇是模拟电子技术实验基础知识,主要包括基本测量方法、测量误差、常用电子元件、模拟电路调试和故障排查。第2篇是基础实验。第3篇是设计型实验。第4篇是综合实验。第5篇是EDA仿真和设计。全书注重模拟电路的分析方法的应用,注重学生应用电子技术动手能力和设计能力的培养。

本书是高等学校电子信息类学生“模拟电子线路实验”、“电子技术基础实验”、“低频电子线路实验”等课程的教材,也可以供从事电子技术工作的工程技术人员、非电子信息类相关课程的教师和学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术实验教程/周淑阁主编. —南京:东南大学出版社,2008.7

(新世纪电气及自动化类实践系列教材/周泽存主编)

ISBN 978-7-5641-1231-8

I. 模… II. 周… III. 模拟电路—电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 108372 号

模拟电子技术实验教程

出版发行	东南大学出版社
出 版 人	江 汉
社 址	南京市四牌楼2号
邮 编	210096
经 销	江苏省新华书店
印 刷	常州市武进第三印刷有限公司
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	13.25
字 数	320千字
版 次	2008年7月第1版
印 次	2008年7月第1次印刷
印 数	1—4000册
书 号	ISBN 978-7-5641-1231-8/TN·18
定 价	23.00元

(凡因印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话:025-83792328)

新世纪电气及自动化类实践 系列教材编委会

主 任	三江学院	周泽存
副 主 任	苏州大学	张茂青
	江苏大学	赵德安
	扬州大学	陈 虹
	南京工业大学	马小军
	常州工学院	张立臣
	盐城工学院	陈 荣
	徐州师范大学	张彩荣
	南理工泰州科技学院	陆汉栋
	成贤学院	计有为
	三江学院	王 尧

执行编委 施 恩 朱 珉

编 委(按姓氏笔画排列)

马小军 王 尧 王其生 计有为 许必熙
孙宇新 孙宪君 杜逸鸣 杨建宁 杨 栋
束长宝 张立臣 张茂青 张俊芳 张家海
张彩荣 张植保 陆汉栋 陈劲操 陈 荣
陈 虹 罗慧芳 周泽存 周淑阁 赵德安
胡国文 都洪基 钱显毅 郭建江 谢秉正

前 言

本书的编写是按照国家教育部“十一五”期间高等教育要全面贯彻落实科学发展观、切实把重点放在提高质量上的指示精神,以“把提高教材质量作为教材建设的核心”为宗旨,按照国家教育部电子信息科学与电气信息基础课程教学指导分委会制定的教学大纲编写的。

教程中注重我们多年来的教学实践经验的总结,注重模拟电路的基本理论和分析方法的加强,注重学生动手能力和设计能力的培养。

教程分5篇,共30章。第1篇是模拟电子技术实验基础知识,主要包括基本测量方法、测量误差、常用电子元器件、模拟电路调试和故障排查。第2篇是基础实验。第3篇是设计型实验。第4篇是综合实验。第5篇是EIDA仿真和设计。

教程各章节和实验相对独立,便于不同学校的教师按不同的学时和不同专业的要求对教学内容进行不同的选择和使用。

本书由周淑阁教授担任主编,杨栋和王晓燕担任副主编。第1章~第6章、第12章、第19章、第21章、附录A由王晓燕编写;第13章、第14章、第17章、第18章、第29章、第30章由杨栋编写;第7章、第8章、第15章、第16章、第22章由徐苏编写;第9章~第11章由周莉莉编写;第20章的温度控制系统设计实验由杨栋和王晓燕合编;第23章~第28章由周淑阁编写。全书由周淑阁进行统编。

感谢东南大学出版社编辑朱珉女士在本书出版过程中的支持。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中错误和不妥之处恳请读者批评指正。

编 者
2008年2月

目 录

第 1 篇 模拟电子技术实验基础知识

1	引 言	(3)
2	基本测量方法	(4)
2.1	电子测量的基本要求	(4)
2.2	电子测量的分类	(5)
2.3	基本测量仪器	(5)
3	测量误差	(6)
3.1	测量误差基本知识	(6)
3.1.1	系统误差、随机误差和粗大误差	(6)
3.1.2	绝对误差和相对误差	(7)
3.2	测量数据的处理	(8)
3.2.1	测量数据的采集	(8)
3.2.2	实验数据的处理	(9)
4	常用电子元件	(12)
4.1	电阻器	(12)
4.1.1	电阻器的作用	(12)
4.1.2	电阻器的分类和图形符号	(12)
4.1.3	电阻器的主要技术参数和标注	(13)
4.1.4	电阻器的质量鉴别	(16)
4.2	电位器	(16)
4.2.1	电位器的结构和作用	(16)
4.2.2	电位器的分类和图形符号	(16)
4.2.3	电位器的主要技术参数	(18)
4.2.4	电位器的质量检测	(18)
4.3	电容器	(19)
4.3.1	电容器的结构和作用	(19)
4.3.2	电容器的分类和图形符号	(19)
4.3.3	电容器的主要技术参数	(22)
4.3.4	电容器的质量鉴别	(23)

4.4	电感元件	(24)
4.4.1	电感器的结构和作用	(24)
4.4.2	电感器的分类和图形符号	(24)
4.4.3	电感器的主要技术参数	(25)
4.4.4	电感器的质量鉴别	(26)
4.4.5	变压器的结构、分类和技术参数	(26)
4.5	晶体二极管	(27)
4.5.1	晶体二极管的作用	(27)
4.5.2	晶体二极管的分类和图形符号	(28)
4.5.3	晶体二极管的主要技术参数	(28)
4.5.4	晶体二极管的质量鉴别	(29)
4.6	晶体三极管	(30)
4.6.1	晶体三极管的作用	(30)
4.6.2	晶体三极管的分类和图形符号	(30)
4.6.3	晶体三极管的主要技术参数	(31)
4.6.4	晶体三极管的质量鉴别	(32)
4.7	场效应晶体管	(33)
4.7.1	场效应晶体管的结构和作用	(33)
4.7.2	场效应晶体管的分类和图形符号	(33)
4.7.3	场效应晶体管的主要技术参数	(33)
4.7.4	场效应晶体管的质量鉴别	(34)
4.7.5	场效应晶体管的使用注意事项	(35)
4.8	单结晶体管和晶闸管	(36)
4.8.1	单结晶体管	(36)
4.8.2	晶闸管	(37)
4.9	光电器件	(40)
4.9.1	发光二极管	(40)
4.9.2	光电管	(42)
4.9.3	光电显示器件	(44)
4.10	半导体传感器	(45)
4.10.1	热敏半导体器件	(45)
4.10.2	光敏半导体器件	(46)
4.10.3	热释电传感器	(47)
4.10.4	气敏传感器	(47)
4.10.5	湿敏传感器	(47)
4.10.6	力敏传感器	(48)
4.10.7	磁敏传感器	(48)
4.11	半导体模拟集成电路	(48)
4.11.1	模拟集成电路基础知识	(48)

4.11.2	集成运算放大器	(49)
4.11.3	集成稳压器	(51)
4.11.4	集成功率放大器	(53)
4.11.5	集成电压比较器	(55)
4.11.6	整流桥堆	(56)
4.11.7	集成器件的质量鉴别	(57)
5	模拟电路调试和故障排查	(60)
5.1	模拟电路调试	(60)
5.2	模拟电路故障排查	(62)
第2篇 基础实验		
6	常用电子元器件的识别和检测	(67)
6.1	实验目的	(67)
6.2	实验原理	(67)
6.3	实验设备和元器件	(67)
6.4	实验内容	(67)
6.5	实验报告要求	(68)
6.6	思考题	(68)
7	共发射极放大电路	(69)
7.1	实验目的	(69)
7.2	实验原理	(69)
7.3	实验仪器和设备	(69)
7.4	实验内容	(70)
7.5	实验报告	(71)
7.6	思考题	(72)
8	多级放大电路	(73)
8.1	实验目的	(73)
8.2	实验原理	(73)
8.3	实验仪器和设备	(74)
8.4	实验内容	(74)
8.5	实验报告要求	(75)
8.6	思考题	(75)
9	场效应管放大电路	(76)
9.1	实验目的	(76)
9.2	实验原理	(76)
9.3	实验仪器和设备	(79)
9.4	实验内容	(79)

9.5	实验报告要求	(80)
9.6	思考题	(80)
10	差分放大器	(81)
10.1	实验目的	(81)
10.2	实验原理	(81)
10.3	实验仪器和设备	(82)
10.4	实验内容	(82)
10.5	实验报告要求	(84)
10.6	思考题	(84)
11	功率放大器	(85)
11.1	实验目的	(85)
11.2	实验原理	(85)
11.3	实验仪器和设备	(86)
11.4	实验内容	(86)
11.5	实验报告要求	(87)
11.6	思考题	(88)
12	运算放大器线性应用电路	(89)
12.1	实验目的	(89)
12.2	实验原理	(89)
12.3	实验仪器和设备	(91)
12.4	实验内容	(91)
12.5	实验报告要求	(92)
12.6	思考题	(92)
13	RC 正弦振荡器电路	(93)
13.1	实验目的	(93)
13.2	实验原理	(93)
13.3	实验仪器和设备	(94)
13.4	实验内容	(94)
13.5	实验报告要求	(95)
13.6	思考题	(95)
14	有源滤波器	(96)
14.1	实验目的	(96)
14.2	实验原理	(96)
14.3	实验仪器和设备	(98)
14.4	实验内容	(98)
14.5	实验报告要求	(99)
14.6	思考题	(99)

第3篇 设计型实验

15	负反馈放大器设计	(103)
15.1	设计任务和目的要求	(103)
15.2	设计原理	(103)
15.3	设计参考电路	(105)
15.4	调试内容	(106)
15.5	思考题	(106)
16	石英晶体振荡器设计	(108)
16.1	设计任务和目的要求	(108)
16.2	设计原理	(108)
16.3	设计参考电路	(109)
16.4	调试内容	(110)
16.5	思考题	(110)
17	方波-三角波发生器设计	(111)
17.1	设计任务和目的要求	(111)
17.2	设计原理	(111)
17.3	设计参考电路	(111)
17.4	调试内容	(113)
17.5	思考题	(113)
18	窗口比较器设计	(114)
18.1	设计任务和目的要求	(114)
18.2	设计原理	(114)
18.3	设计参考电路	(115)
18.4	调试内容	(116)
18.5	思考题	(116)
19	直流稳压电源设计	(117)
19.1	设计任务和目的要求	(117)
19.2	设计原理	(117)
19.3	设计参考电路	(118)
19.4	调试内容	(119)
19.5	思考题	(119)

第4篇 综合实验

20	温度控制系统设计	(123)
20.1	设计任务和目的要求	(123)
20.2	设计原理	(123)

20.3	设计参考电路	(124)
20.4	调试内容	(125)
20.5	实验报告要求	(128)
20.6	思考题	(128)
21	报警电路设计	(129)
21.1	设计任务和目的要求	(129)
21.2	设计原理	(129)
21.3	设计参考电路	(129)
21.4	调试内容	(130)
21.5	思考题	(130)
22	高低电平报警器设计	(131)
22.1	设计任务和目的要求	(131)
22.2	设计原理	(131)
22.3	设计参考电路	(131)
22.4	调试内容	(133)
22.5	思考题	(134)
23	阶梯波发生器设计	(135)
23.1	设计任务和目的要求	(135)
23.2	设计原理	(135)
23.3	设计参考电路	(136)
23.4	调试内容	(139)
23.5	实验报告要求	(139)
23.6	思考题	(140)

第5篇 EDA 仿真和设计

24	共发射极放大器仿真	(143)
24.1	实验目的	(143)
24.2	仿真原理	(143)
24.3	实验内容	(152)
24.4	思考题	(153)
25	场效应管放大器仿真	(155)
25.1	实验目的	(155)
25.2	仿真原理	(155)
25.3	实验内容	(159)
25.4	思考题	(160)
26	负反馈放大器仿真	(161)
26.1	实验目的	(161)

26.2	仿真原理	(161)
26.3	实验内容	(169)
26.4	思考题	(170)
27	差分放大器仿真	(171)
27.1	实验目的	(171)
27.2	仿真原理	(171)
27.3	实验内容	(178)
27.4	思考题	(180)
28	功率放大器仿真	(181)
28.1	实验目的	(181)
28.2	仿真原理	(181)
28.3	实验内容	(185)
28.4	思考题	(186)
29	方波-三角波发生器仿真	(187)
29.1	实验目的	(187)
29.2	仿真原理	(187)
29.3	实验内容	(188)
29.4	思考题	(189)
30	窗口比较器仿真	(190)
30.1	实验目的	(190)
30.2	仿真原理	(190)
30.3	实验内容	(192)
30.4	思考题	(192)
附录 A Multisim 仿真软件		(193)
A1	概 述	(193)
A2	基本界面	(194)
A2.1	菜单栏	(194)
A2.2	系统工具栏	(195)
A2.3	元件工具栏	(195)
A2.4	仪表工具栏	(195)
A3	基本操作	(195)
A3.1	编辑原理图	(195)
A3.2	电路分析和仿真	(197)
A3.3	分析和扫描功能	(198)
参考文献		(200)

第 1 篇

模拟电子技术实验基础知识

1

引言

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基础之上的一门技术和内容均十分庞大的知识体系。电子技术日新月异,已渗透到人们生产、生活等各方面。作为电子技术重要专业基础课程之一的模拟电子技术实验,更是显出其重要性。模拟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,以及培养建立起有关电子技术测量的基本技能和知识,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,其内容的合理性、科学性、更新性、新颖性等方面将在一定程度上影响到实验课的教学效果。

本教材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和教学成果的基础上编写而成。本教材立足于 21 世纪高等教育人才的培养目标和要求,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以验证性的实验为主改为以设计性、应用性的实验为主,并选编了一些电路新颖、实用性强的综合性实验,旨在培养学生的实践能力、综合应用能力、创新性思维能力,以适应时代对人才素质的需要。

本教材第 1 篇主要介绍模拟电子技术实验中涉及的基本测量方法、实验数据的测量误差、常用电子元器件的基本特性和性能检测的一般方法,以及模拟电路调试和故障排查等基本的实验知识和技能。

2.1 电子测量的基本要求

电子测量是以电子技术理论为依据,以电子测量仪器为工具,测量各种电量参数,包括元器件和电路参数、信号特性、功率等。要求尽可能做到直接、快捷、方便、测量误差小。

电子电路中需要进行测量的电参数很多,主要体现在对电压、电流、周期、频率和相位等电参数的测量。

1) 电压测量

电子电路中的电压与电工电路的电压特点有所区别,主要表现在以下几方面:

(1) 频率范围宽

电子电路中电压信号的频率可以从直流到几百兆赫,甚至在更高的频率范围内变化,这是一般电工仪表所不能测量的。

(2) 电压波形丰富

电子电路中电压信号的波形丰富,有直流、正弦波、三角波、方波、锯齿波、尖峰脉冲等多种波形,而一般电工电压表是以正弦波有效值的大小来标定刻度的,因此,若由此类仪表进行非正弦波电压的测量,必然误差较大。

(3) 电路阻抗高

电子电路通常为高阻抗电路,因此,为减小测量仪表对测量结果的影响,就要求测量仪表的内阻要高。此外,对于高频电路,还要求测量仪表的等效输入电容要小。

(4) 电压幅度宽

电子电路电压幅值范围较宽,小至微伏级,大至几百伏、上千伏。测量时需要合适量程的仪表与之匹配。

电压测量可采用直接测量法,即用数字式电压表测直流电压,或用交流毫伏表测交流电压;也可借助于示波器进行间接测量。

2) 电流测量

可采用电流表直接测量,也可采用取样电阻间接测量法,即在被测支路中串入一适当阻值的取样电阻,通过测量其上的压降,即可间接计算得到电流值。

3) 周期、频率、相位的测量

需借助于示波器进行间接测量。

2.2 电子测量的分类

电子测量的方法很多,类型划分方式也较多。

按照测量数据获取的方式可分为以下3类。

1) 直接测量法

直接测量法是指在测量过程中,能直接从测量仪器、仪表上读出被测参量。例如:用电压表测量电路工作电压;用万用表测量电阻器的电阻值。

2) 间接测量法

首先是对各间接参量进行直接测量,然后将测得的数据代入相关函数式,计算出目标参量。例如:测量电阻器上所耗功率 P ,则可以先通过直接测量法测得电阻器的电阻值 R 及其电压降 V ,最后利用公式: $P = V^2/R$ 计算出 P 值。

3) 组合测量法

这是一种兼用直接测量和间接测量的方法,将被测量和另外几个量组成联立方程,最后通过求解联立方程来得出被测量的大小。此种方法用计算机求解比较方便。

若按照被测量性质对测量方法进行分类,可分为:频域测量、时域测量、数据域测量、噪声测量等。

选择测量方法的原则是:在选择测量方法时,应首先研究被测量本身的特性及所需要的精确程度、环境条件及所有的测量设备等因素,综合考虑后,再确定采用哪种测量方法和选择哪些测量设备。

2.3 基本测量仪器

电子测量仪器按其功能,基本可分为下列几类。

1) 用于电量测量的仪器

指用于测量电流、电压、电功率、电荷强度等电量的仪器。例如:电流表、电压表、毫伏表、功率表、电能表、电荷统计计、万用表等。

2) 用于元件参数测量的仪器

指用于测量电阻、电感、电容、阻抗、品质因素、损耗角、电子器件参数等的仪器。例如:微欧表、阻抗表、电容表、LCR测试仪、Q表、晶体管式集成电路测试仪、图示仪等。

3) 用于仪表波形测量的仪器

指用于测量频率、周期、相位、失真度、调幅、调频、谐波等。例如:频率计、石英钟、相位计、波长计、示波器、失真分析仪、音频分析仪、谐波分析仪、频谱分析仪等。

4) 用于电子产品、电子设备及模拟电路和数字电路性能测试的仪器

指用于测量产品或设备的漏电流特性、耐压特性、频率特性、增益、增减量、灵敏度、噪声系数、相位特性、电磁干扰特性等。例如:漏电流测试仪、耐压测试仪、扫频仪、噪声系数测试仪、网络分析仪、逻辑分析仪、相位特性测试仪、EMC(电磁兼容性)测试仪等。