



电子电路实训

DIANZIDIANLUSHIXUN

白林峰 主编

西安出版社

电子电路实训

主 编:白林峰

副主编:赵宗淑 曲培新

尹立强 王应军

孙志辉

西 安 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

电子电路实训/白林峰主编. —西安:西安出版社,
2008.4

ISBN 978-7-80712-407-8

I. 电… II. 白… III. 电子电路 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 057503 号

电子电路实训

主 编:白林峰

出版发行:西安出版社

电 话:(029)85253740 852534426

邮政编码:710061

印 刷:河南师范大学印刷厂

开 本:787mm × 1092mm 1/16

印 张:18

字 数:454 千

版 次:2008 年 4 月第 1 版

2008 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1-2000

ISBN 978-7-80712-407-8/T·4

定 价:29.80 元

△本书如有缺页、误装,请寄回另换。

前 言

目前,教育部高等教育司和信息产业部人事司委托有关单位,以电子电路(含模拟和数字电路)应用设计为主要内容,举办全国大学生电子制作大赛,目的是为了引导高等学校在教学过程中注重培养大学生的创新能力和协作精神,加强学生动手能力的培养和工程实践素质的训练,提高学生针对实际问题进行电子设计和制作的综合能力。电子技术基础是高等院校电子类专业的一门重要专业基础课,课程的显著特点是它的实践性。通过理论课的学习和实验课的操作与训练,可使学生加深和巩固理论知识,培养和提高实践能力以及分析问题和解决问题的能力。电子电路实验课程是电子技术课程的重要组成部分,也是电子技术教学的重要环节。电子技术实验在电子技术基础教学环节中显得尤其重要。

本实训教程根据教育部工科电工教学指导委员会关于电子技术基础课程教学大纲的基本要求以及在新形势下对运用能力和创新能力人才的需求,并结合本院大学生科技创新课题和多年来的电子实践教学经验编写而成。教材适用于电类、非电类专业以及信息类电子技术基础的实训指导。

电子设计自动化(Electronic Design Automation, EDA)技术是20世纪90年代初以来迅速发展起来的现代电子工程领域的一门新技术。在当今以数字化和网络化为特征的信息技术革命大潮中,电子技术获得了飞速发展,现代电子产品渗透到了社会的各个领域。现代电子产品的性能进一步提高,功能越来越复杂,集成化智能化程度越来越高,更新换代的节奏越来越快,开发风险也越来越大,而且正向着功能多样化、体积小型化、功耗最低化的趋势发展。因此,本实训教程在实验内容的选题上,是以提高学生电子实践技能为目的,包括有基础性实验、提高性实验和设计性实验以及电子电路仿真等几部分。本实训教程既保留了器件和电路特性测试等典型基本实验,又安排了适量的综合设计性实验,同时又增加了电子电路EDA有关实验。全书分5个章节,49个项目共55个实验题目。

实践操作部分的实验内容是以理论教材内容为顺序,由浅入深,而且将各个独立的实验有机地联系在一起。仿真训练部分以基本操作为基础,循序渐进。在实验教学的实践过程中,学生通过实验,及时进行归纳总结,能起到举一反三、触类旁通的作用。书中用到的实验电路都是经过严密考究和实践论证的,有的是新近发表的论文资料,力求严谨详实。

设计性实验是培养学生利用科学思维和科学手段解决实际问题的有效途径,通过对实际问题的理论分析和处理,设计出简单的电子系统。由于设计性实验都有一定的实用性,实验中增添了部分引申拓展内容,有的设计性实验只给出了实验题目或实验原理,操作步骤以及实验器材让同学们自己准备完成,有的实验电路需要利用软件设计出电路。无论是基础性实验还是设计性实验,编写内容格式多样,让学生有一个自行预习和思考的空间,用来激发学生的学习兴趣。书中电子电路仿真内容,可根据实验室教学条件和学生兴趣进行实训,在实际实验教学中可不统一安排实验时间。

本实训教程第一章、第二章、附录部分由白林峰、曲培新同志编写,第三、四、五章由赵宗淑、尹立强、王应军、孙志辉同志编写,全书由白林峰同志统稿。由于编写时间仓促,作者水平有限,书中难免有错误与遗漏之处,还请读者谅解并不吝指正,以便及时修订完善。

编者

2008年4月

目 录

第一章 电子电路实验基础	(1)
1.1 电子电路实验要求	(1)
1.1.1 电路的实验分析特点	(1)
1.1.2 电子技术实验基本要求	(4)
1.2 电子技术实验常用元器件	(5)
1.2.1 元器件	(5)
1.2.2 常用元件介绍	(7)
1.3 电子技术实验常用仪器	(10)
1.3.1 数字万用表	(10)
1.3.2 信号发生器	(10)
1.3.3 示波器	(12)
1.3.4 电子技术实验平台	(15)
1.3.5 计算机仿真平台	(17)
1.4 Multisim 9 仿真软件介绍	(18)
1.4.1 Multisim 9 操作界面	(18)
1.4.2 元器件和虚拟仪器	(21)
第二章 模拟电路实验	(31)
实验1 二极管特性测试	(31)
实验2 三极管单管电路性能测试	(37)
2.1 三极管的传输特性	(37)
2.2 基本放大电路	(38)
实验3 场效应管共源放大电路	(46)
实验4 多级放大电路性能测试	(50)
实验5 负反馈放大电路	(53)
实验6 功率放大电路	(55)
实验7 差动放大器	(61)
实验8 集成运算放大器的参数测试	(65)
实验9 基本运算电路	(70)

实验 10	运算放大器应用	(74)
10.1	电压比较电路	(74)
10.2	有源滤波电路	(77)
10.3	全波精密整流电路原理与测试	(79)
实验 11	正弦波产生电路	(82)
11.1	RC 振荡电路	(82)
11.2	LC 振荡电路	(85)
实验 12	稳压电源电路	(88)
12.1	晶体管串联型稳压电路	(88)
12.2	集成稳压电路电路参数测量	(92)
实验 13	恒温箱温度控制器	(96)
实验 14	FM 无线话筒	(98)
第三章	数字电路实验	(100)
实验 1	门电路参数测试	(100)
实验 2	组合逻辑电路设计	(105)
实验 3	数据选择器及其应用	(108)
实验 4	译码器及其应用	(113)
实验 5	时钟脉冲产生与脉冲整形电路	(119)
5.1	数字脉冲产生电路	(119)
5.2	单稳态触发器与施密特触发器	(121)
实验 6	555 时基电路	(128)
实验 7	触发器及其应用	(131)
实验 8	计数器及其功能	(139)
实验 9	数据的寄存与移位	(144)
实验 10	D/A、A/D 转换器	(146)
实验 11	随机存取存储器原理及其应用	(152)
第四章	模拟电路仿真	(161)
实验 1	基本仿真训练	(161)
实验 2	基本放大电路仿真训练	(178)
实验 3	射极跟随器仿真训练	(188)
实验 4	负反馈放大电路仿真训练	(196)
实验 5	差动放大电路仿真训练	(200)
实验 6	串联型晶体管稳压电路实验与仿真	(204)
实验 7	OTL 功率放大器仿真训练	(206)
实验 8	集成运算放大器运用的仿真测量	(208)

实验 9 波形发生器应用仿真的测量·····	(209)
实验 10 滤波器仿真训练·····	(211)
实验 11 晶闸管可控整流电路仿真训练·····	(213)
第五章 数字电路仿真·····	(214)
实验 1 基本门电路的逻辑功能仿真测试·····	(214)
实验 2 半加器、全加器及组合逻辑电路仿真训练·····	(219)
实验 3 编码器和译码器应用仿真训练·····	(223)
实验 4 数据选择器和数据分配器仿真训练·····	(226)
实验 5 RS、D、JK 触发器仿真训练·····	(229)
实验 6 三态输出触发器及锁存器仿真训练·····	(232)
实验 7 移位寄存器及其应用电路仿真训练·····	(235)
实验 8 二进制计数器和环形计数器仿真训练·····	(238)
实验 9 集成计数器·····	(241)
实验 10 计数、译码和显示电路综合应用·····	(244)
实验 11 555 定时器及其应用仿真训练·····	(248)
实验 12 数/模(D/A)转换器应用·····	(252)
实验 13 模/数(A/D)转换器应用·····	(256)
附录 1 Multisim 9 菜单命令英汉对照·····	(259)
附录 2 常用数字集成电路 TTL 器件引脚功能表·····	(264)
附录 3 常用 CMOS 数字集成电路引用功能表·····	(271)

第一章 电子电路实验基础

1.1 电子电路实验要求

电子电路实训包含电子技术基础实验和电子电路仿真训练两部分内容。是一门在电子技术基础上培养学生实践能力、创新能力和合作精神的经典课程。实验从最基本的元件和简单的电路开始,不断深化实验内容。从简单电路的设计,到复杂电路的仿真,实验的各个环节都具有针对性和适用性。做好电子电路实验,首先要了解实验的目的和要求,实验中用到的元器件和实验仪器平台,仿真软件也是做好电子电路实验的基础。

1.1.1 电路的实验分析特点

一、原理分析与实验分析

由于元器件制造工艺离散性,电路分析理论也是建立在近似和简化的模型基础上,因此,电路理论分析的结果与电路实际运行的结果有一定的差距,有时这个差距还相当大。通过实验的手段可以分析出电路实现功能的差距,找出问题所在并进行调试。在电路设计的过程中,实验分析也是一个重要环节,同时实验也是学习电子技术的重要环节。

电路实验测试过程对电路实现的功能和各项指标的检验,电路被测试的参数都以电路的理论分析结果为指导,但电路实验测试和电路原理分析是完全不同的概念,两者内容和形式上主要区别在于:

1. 分析的对象不同

电路分析需要电路的原理图只是一张图纸,所有器件都以原理符号出现,并且器件和条件都假定为理想情况。实验分析的对象是实际的电路,电路的组成虽然以电路原理图为依据,但电路是由不同封装外形的元件利用电路或导线连接而成,实际连接形式与原理图相比,元件在位置上和空间上差别很大。

2. 分析的内容不同

电路分析是理论分析,电路分析的依据是电路原理或定律,电路分析过程比较重要。实验分析是一种实践操作,依据测试条件和测试的手段,主要目的是获得准确的测试结果。

3. 需求不同

电路分析侧重于参数计算,必须掌握相关理论才能完成;实验分析偏重于测试技术,测试技术包括测试手段、测试仪器的应用技术和测试数据的处理能力,需要实验者有较强的动手能力和感性认知能力。

理论分析和实验分析是电路分析中既有区别又有联系的两个环节,从原理图到电路图过度需要两个环节的相互结合,并需要充分发挥人的抽象思维能力。在学习电子技术的过程中,也只有理论和实践相结合,才能牢固掌握电路分析的基本理论。

二、电路实验分析的基本条件

电路的实验环境是指实现电路所需的必要条件,主要包括电路实现的方法、电路使用的器

件、电路的工作条件、电路实验使用的仪器。

1. 电路的实现

电路的实现需要支撑电路中元器件和导线的载体,在实验室条件下都使用实验平台或实验箱,利用导线把器件引脚一一连接起来,这种电路实现的方法比较简便,元件和导线可以重复使用,实验成本较低,但只能实现简单电路或分立器件的连接。在连接复杂电路或者使用规模较大的集成电路时,一般使用电路板安装电路,电路板(PCB)需要依据电路的原理进行设计,最后经过焊接工艺做成电路,这种方法实现的电路成本较高,电路板上的元器件多数不能再利用,电路制作工艺一般用于电子电路或系统设计。有时,实验室根据实验的内容预先做成电路板模块,实验分析时不在考虑电路的实现过程,大大简化了电路的实验分析步骤,使学生在有限的时间内用于电路测试,但学生对电路的实现过程不能得到充分了解。因此,在电路实验分析时,要考虑到电路的复杂程度和使用的器件的规模和实验条件,具体选择电路实现过程。

2. 元器件

电路的核心是器件,器件本身有许多参数,电路原理分析已经给出了器件的部分参数,但实际器件并没有标出所需要的参数。一般情况下,电阻、电容、电感等元件参数简单并在封装外形上直接标出,晶体管的参数需要根据型号查手册得到,但手册只给出了通用参数。连接电路时,许多器件的参数需要测试后才能使用。只有在元器件的各个参数符合电路原理中器件模型给出的参数时,电路实验分析和理论分析才有比较的意义,电路实验分析得出的性能指标才符合电路原理分析的要求。

3. 工作条件

电路原理分析是建立在理想环境条件下的出的一般理论,实际实验时,电路所处环境和电路外部条件经常发生变化。主要表现在环境温度变化、电源电压比变化、待测信号变化、测试仪器稳定性和干扰因素等。因此,稳定的工作条件是电路实验分析得出正确结果的基本条件。

4. 测试仪器

测试仪器是实验分析的重要器材,电路测量的各个参数都由仪器直接或间接测量,电子技术实验仪器有很多,电路实验分析一般使用常规电子仪器,这些仪器虽然型号不同,但功能基本相差不多,只要仪器的量程、精度和有关性能等满足电路实验要求即可。

(1)电压和电流表:测量电路中的直流或交流的电压和电流,微弱交流信号一般使用毫伏表测量。万用表是实验室常用的电压电流测量仪器。

(2)示波器:能够显示信号波形的仪器,也可以使用示波器估算信号的幅度和周期,双踪示波器可以演示两列波的叠加。示波器也是实验室常用的仪器。

(3)信号发生器:能够产生信号处理电路的输入信号,如果电路需要的信号比较复杂,可以选择函数信号发生器。

(4)频率仪:测量交流信号频率或周期的仪器。目前,多数信号发生器都设计有信号频率测量功能,但高频信号的测量仍使用频率仪。

(6)扫频仪:可以输出频率连续变化的信号,一般用于电路的频率特性、频带宽度等参数测试。

(7)其他专用仪器:如数字存储示波器、逻辑分析仪器、视频信号发生器等,这些仪器在复

杂的电子系统分析或设计时才会用到。

(5) 电源:虽然电路原理中把电源和电路作为一个整体,可以看成一个元件,但实验室使用的电源一般是稳压电源,是一个完整的系统,只有在电路运行时电源才被接入,因此稳压电源也是一种仪器设备。稳压电源的电压大小一般可以调整,以便给适应不同电路的电压需要。

三、电路的实验测试手段

电路的实验测试内容主要包括测试方法,测试的步骤,仪器应用和测试数据的处理等内容。实验分析要遵循下列步骤:

1. 建立原理分析有关参数数据

在进行实验前,须对待测电路的原理进行分析,得出具体的参数值,作为实验的参照。建立原理分析有关参数数据的目的是:实验测试时,用参数的分析结果与测试结果对比分析,用来衡量电路实际运行的效果即功能和性能。如果数据误差较大,可以对实际电路逐级分析,找出实验连接错误,或进行调试,使电路功能得到正确运行。

2. 电路连接

根据原理图标明的元器件型号选择元器件,原器件的一般参数应和原理图一致,元器件的极限参数要比电路中的各个参数高出2倍以上,为了使器件工作安全性有一定的余量。电路连接要根据电路的组成结构和器件多少以及电路的复杂形势选择合适的连接平台,电路连接有时受到实验条件的制约,需要统筹安排电路的实现方式。

3. 测试手段

电路测量的参数决定了使用仪器的种类,每一个参数测试的方法不同,在实验前也需要设计实验的步骤,画出实验的电路和仪器之间的连接关系。实验的测试手段是保证实验能够顺利进行并得到正确结果的基础。实验手段中包括实验方案、实验步骤和测量方法。设计合理的实验方案、选择正确的实验步骤以及正确选择实验中所需要的观测仪器,是电子电路或系统实验成功的基本保证。此外,实验手段还与实验条件有直接的关系,不同的实验条件应当有不同的实验手段。包括如下几项内容:

(1) 仪器操作:正确地使用仪器,熟练地操作仪器,是完成电子电路或系统实验的基础,也是正确选择仪器的基础。不能正确使用操作仪器的直接后果,就是得不到正确的实验观察结果,而没有正确的实验观察结果,就不能对电路的行为做出正确的判断。

(2) 测试对象:在电路参数测试前,须对这些参数的物理意义做到感念明确,确定基本测试对象,并对符合设计要求的测量结果有正确的预测。测试对象的确定和观测结果的预测,其基础是对实验电路基本物理和数学概念的掌握。也就是说,电路实验前,必须做到对电路的基本状态有正确的理解和预测。

4. 数据处理与分析

实验往往不能直接得出被测对象的数值,需要经过数学计算和数学统计才能得到计划所需的结,有时还需要做出图形描述电路的一些特性。实验数据处理的正确性也直接影响电路实验分析的结果。而对数据进行正确分析处理的基础和基本出发点,就是对实验电路或系统的正确认识。分析测试和实验结果的技术基础,是对电子电路或系统的设计条件、实际工作条件以及设计结果的全面认识。

1.1.2 电子技术实验基本要求

一、实验基本要求

虽然电子技术理论内容和实践形式有所区别,但基本理论是实验的指导。如果没有扎实的理论做基础,实验虽然能成功进行,但只能了解表面,只能得到肤浅的感性认识,不能对实验的原理进行推导和引申。只有在学习好相关理论后才可以顺利地进行实验。对一门课程学习兴趣的有无在一定程度上决定着学习的最终效果。通过实物实验可以发挥学生的主观能动性,培养学生空间思维的能力,同时也可以提高学生学习本课程的积极性。电子技术理论的学习和实验的学习所采用的手段截然不同,现对电子技术实验课程学习提出以下要求:

1. 实验前的课外时间要求同学们认真阅读实验指导书,熟悉本次实验的内容、原理和步骤,进入实验室后首先检查和熟悉仪器,发现仪器缺少或损坏应立即向实验指导教师报告,并详细填写仪器使用记录,然后依据实验指导教师指定的实验任务开始实验操作,同时学习委员填写实验记录。

2. 实验时一定要按照实验指导书或老师指定方法规范操作,新的实验方案要经过老师认可方可进行。以免损坏仪器和延误实验。实验组人数较多时,由小组组长负责,分工明确,要尽量使每个人都动手做一遍实验。

3. 测量时要记录被测对象的数据,需要表格时自定,但要合理,一目了然,观察性的实验要有观察结果记录。这些称为原始数据记录,它作为本次实验的结果,不但老师检查,而且在写实验报告时还要用到。实验报告完成后,原始数据应贴在实验报告的后面。写实验报告,不但可以锻炼同学们分析和处理问题的能力,而且还可以培养同学们的科学研究和技术开发意识。实验报告包括实验目的、实验内容、实验原理、仪器使用类型、实验步骤和数据处理、思考题等,必要时需要写出对实验方法的建议或心得体会。每个参加实验的同学都要按要求认真写出实验报告。

4. 实验时一定要爱惜仪器,使用后要进行整理,并帮助实验教师搞好仪器维护和实验室卫生工作。

二、设计性实验要求

设计性实验仅给出实验题目和一定的提示,充分发挥同学们自身能动性而完成的实验。实验时,在掌握一定基础和专业知识的的前提下,选定合适的实验题目,利用现有的实验条件,设计出具有一定水平和一定使用价值的内容。它是考察学生掌握课程理论和实践知识水平的重要手段。开设设计性实验的目的也是为了巩固理论知识,提高实践水平,培养学生科学研究和创造能力的有效途径。所以设计性实验,不但要求实验者有扎实的理论和熟练的实验经验作指导,而且还要求有科学的认识问题和思考问题的能力。设计性实验具体要求为:

1. 选择合适的同学组成合作小组,即先组成课题研究小组,并推荐一名理论和实践水平较高的同学担任组长,统一管理和指挥小组行动。各成员分工明确,有一定统筹,如谁负责实验用品管理、谁负责理论咨询、谁负责总体设计等。

2. 依据小组成员整体水平选择合适的实验题目,并论证可行性,写出实现本题目的实施步骤,其中包括实验达到的目的,实验内容达到的标准,完成实验的过程等。

3. 通过咨询和查阅与有关题目的素材,这些手段包括询问指导教师、图书馆查阅,上网查询、小组之间协商、校外支援等。设计实验电路时,可用计算机辅助设计,并做模拟论证和有关

核心技术实践论证。

4. 写出耗材申请清单,寻求实验室支援,特殊器件可申请购置或自购。

5. 在实验成功后请老师评定,可以论文形式写出其设计过程。有条件的小组可设计电路板进行组装应用。

6. 设计性实验开设期间,实验室全天开放,在实验室的同学应严格遵守实验室的一切规章制度。

7. 设计性实验报告形式上包括实验题目;完成者和小组编号;摘要和关键词;设计原理:(设计思路、角度、电路、关键电路原理介绍)实验内容、步骤和数据处理等。可参阅科技论文格式完成。

1.2 电子技术实验常用元器件

包括分立元件和集成电路器件两大类,电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管都是常见的分立元件。分立器件有选择多样、使用灵活和组装简便等特点,是电子电路中不可缺少的一部分。在电子系统的应用当中,分立器件的选择要考虑其元件名称(component name)、元件在电路中序号(component reference designator)、元件标称值(component Volume)和封装外形(component package)。元件名称实际是指元件的型号,它决定了元件用途和本身参数,并含有元件电路符号信息。元件的序号是指元件在电路中所处位置,包含元件的功能作用等信息。元件值是指元件在同类型中其作用大小程度的参数,如电阻的阻值、电容器的容量、晶体的振荡频率等,但有些器件没有元件值,如二极管。封装外形指的是元件的实际形状和安装尺寸以及元件引脚功能信息,在设计电子系统的电路板时,封装外形是首先考虑的参数之一。

1.2.1 元器件

元件指其制造过程没有改变自身的化学结构,而器件在加工过程中物理和化学结构都有变化。元器件是电子元件和器件的总称,但在实际使用时,元件和器件感念相同。电路的组成核心是元器件。在电路中,元器件都具有各自的符号、序号、数值、参数、封装特征信息。电路的设计目的以能够完成一定功能为依据,它是构成电子系统的重要部分。原理图的设计首先根据电路功能选用元件,然后依据元器件特性连接电路。根据元器件特性,元器件分分立元件、集成电路、无源器件、有源器件等。

一、分立元器件

具有独立结构和功能元件个体,内部没有电路的元件都称为分立元件(Discrete Component、Device),平时见到的电阻器、电容器、二极管、三极管等都是分立器件,机械结构的器件也属于分立元件范畴,如变压器,扬声器等。

二、集成电路

集成电路(Integrated Circuit, IC)是在一块半导体芯片上集成了二极管、三极管、场效应管和低阻止电阻、小容量电容等,并形成电路,具有一定功能的器件。集成电路是一种通用电路,利用集成电路和少量的外围分立元件,很容易实现电子系统的功能,现代电子技术领域复杂的电路都使用集成电路,可以使系统设计和功能开发流程简单化,系统安装简便,从而使产品效益大大提高。

三、无源器件

如果一个元件在没有电源供电情况下就能显示其本身的作用和特性,内部也没有任何形式的电源,则这种元件称为无源器件,电路中常用的无源器件如下:

1. 电阻器(Resistor),简称电阻,具有限流、分压作用。电路分析时,常用电阻作为假负载。
2. 电位器(Potentiometer)又称可变电阻器,改变中心抽头位置,可以改变电阻的阻值,电路中常用中心引脚输出一个可调的电压信号。
3. 无极性电容器(Cap),简称电容,是一种能够储存电荷器件,但此类电容的容量较小,在电路中具有通高频阻断低频的作用。
4. 有极性电容器(Electro),容量较大,常见的电解电容器就是有极性电容器,它在电路中可以起到导通交流隔断直流的作用,常用于低频耦合传输和电源滤波。电路应用中,电容器的正极必须接电压高的地方。有时根据电容器两端电压不能突变原理,利用电容器可以对器件的某个引脚加电复位。
5. 电感器(Inductor),简称电感,是一种储存磁能的器件。低频电感器的自感量较大,由线圈和磁芯组成,高频为空心线圈,自感量较小。
6. 二极管(Diode),具有单向导电特性,常用于交流整流、限幅、稳压等,发光二极管(LED)用于显示。二极管具有的开关特性,但必须在一定电压下才起作用,有时把二极管也作为有源器件对待。
7. 变压器(Transformer),同一磁路上几个线圈就可以组成变压器,它是一种交流信号传输器件,在电路中能够起到阻抗变换,交流电压变换、自感量调节等作用。
8. 继电器(Relay),利用电流产生的磁场吸合开关的器件,由于开关有触点,存在机械磨损和无动作等缺陷,电路中常用电子开关代替,大功率电路仍使用此类器件,能够实现低压和高压的隔离控制。
9. 按键、开关(Key、Switch),是一种带触点的器件,通过改变开关的位置来改变开关或按键输出的状态,也存在机械磨损缺陷,电路中可以利用光电开关代替。
10. 扬声器、蜂鸣器(Speaker),是一种电能到机械能转换的器件,可以把低频的交流电流转换为机械振动,从而发出声音。
11. 其他器件,无源器件很多,常用的如插头、插座、连接线等,还有高频电路使用的器件,如晶体、陶瓷滤波器、超声波延迟线都具有无源器件的特点,在其他教材会详细介绍。

四、有源器件

有源器件必须工作在电源的供电的电路中才能发挥器件的作用。模拟电路的信号处理都是利用有源器件作为主要器件。本书中主要介绍有源器件的结构、特性、模型、参数等理论,在有源器件的基础上对模拟电路进行分析。常用的有源器件包括双极性三极管、场效应管、晶闸管和运算放大集成电路等。

五、电源

电源在电路中可以当作一个元器件使用,是给电路供电能的特殊器件,也是电子系统运行必不可少的组成部分。由于电源具有体积大,易失效等自身特殊性,有时又把电源称为一种供电装置。电力供电系统等强电领域的电路使用的电源为高电压交流,模拟电路和数字电路都属弱电范畴,电源都使用低电压直流电源。电池是常用的直流电源,常见的电池有锌锰一次性电池、锂电池、镍氢电池、镍镉电池和氧化银电池颗粒,电池标称用伏、毫安时表示,如某电池标

称为 3.6V,1200mAh,表示电池可以对电路提供 3.6V 左右的电压,电流为 1200mA,对电路可连续供电 1 小时。

利用低压交流整流获得的直流电源也是一种有效的电路供电手段。电路对电源的要求一般是电压稳定,电源内阻小。电源的选择和电源电路结构直接影响电子系统时性能。便携式电子系统都采用电池供电,而体积较大和功耗较大的电子系统都利用交流整流得到的直流电源供电,这种供电方式常需要稳压电路。

1.2.2 常用元件介绍

一、电阻器

电阻器简称电阻,在电路中电阻用 R 标注,主要用于分压、限流和保护等,固定电阻器、可变电阻器、半可变电阻器都是常用的电阻器件,特殊电阻包括热敏、光敏、压敏、湿敏电阻等,由于篇幅所限,这里只介绍固定电阻结构特性,其他电阻结构特性可参阅有关专业书籍。

1. 电阻分类

固定电阻按其组成材料可分为碳膜电阻、金属膜电阻、绕线电阻等,一些电路用到的特殊固定电阻如光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻等,其组成多为半导体材料。常用的固定电阻按标称阻值误差大小和用途又可分普通电阻和精密电阻两种。

2. 电阻器常见封装外型与电路符号

各种元件在电路中应用时,首先要熟悉使用元件的特性参数,其次是知道用来表示这种器件的电路符号名称,另外,器件封装也是元件在使用中的一个特别重要参数,我们在掌握元件电特性后,还要对器件的封装作进一步的了解。图 1-2-1 是几种常用的电阻封装外形。

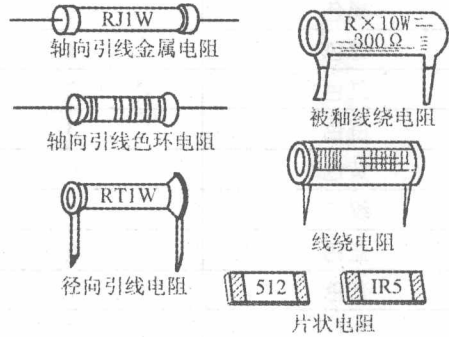


图 1-2-1 电阻器封装外形

3. 电阻器的标称阻值和误差

就是大批量生产的电阻器也不可能满足电器对阻值的所有要求。为了保证电器设计者能在一定的阻值范围内选用电阻器,就需要按一定的科学规律设计电阻器的阻值数列。有了一个合理的阻值数列,厂家就能安排批量生产,使用者也能选到合适的电阻值。一般选以 1.0、1.2、1.5、2.2、2.4、3.3、4.3、4.7、5.1、5.6、6.2、6.8、8.2 等标称值。在同一系列相邻两值中较小数值的正偏差与较大数值的负偏差彼此衔接或重叠,所以所有制造出来的电阻器,都可以按照一定标称值和误差分选,例如 4.7 这个表称值,就有 0.47、4.7、47、470、4.7k、47k、470k 等。电阻器的标称电阻值和偏差一般都标在电阻体上,目前国内常见的标称法有下面几种:

(1) 直标法:直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值,允许偏差直接用百分数或字母表示。这种表示方法一般用于功率较大的电阻,如图 1-2-2(a) 所示。电位器也常用这种表示方法。

(2) 色标法:功率较小的电阻体积较小,直接在电阻上标出电阻阻值在使用时观察不方便,所以小功率电阻常用色环表示电阻的阻值和误差,常见有四环和五环色标表示。色环表示的固定电阻见图 1-2-2(b) 所示。色环标称表示法参照表 1.2.1。

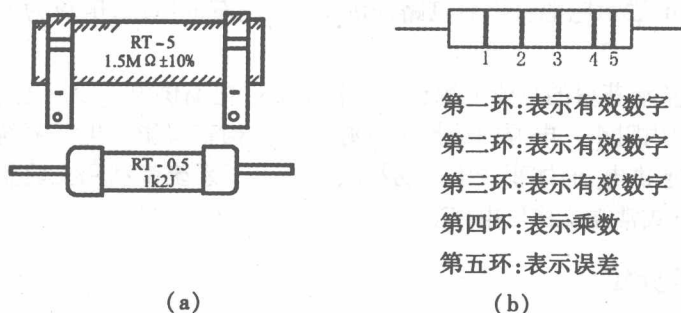


图 1-2-2 电阻器的标称表示方法

表 1.2.1 色环电阻的色标

颜色	对应数字	对应乘数	对应误差
无色	/	/	$\pm 20\%$
银色	/	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
金色	/	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
黑色	0	$\times 10^0$	/
棕色	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
红色	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
橙色	3	$\times 10^3$	/
黄色	4	$\times 10^4$	/
绿色	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝色	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$
紫色	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$
灰色	8	$\times 10^8$	/
白色	9	$\times 10^9$	$+50\% \sim -20\%$

4. 电阻器的额定功率

电阻器的额定功率是指电阻器在正常大气压力和额定温度下,长期连续工作并能满足规定的性能要求时,所允许耗散的最大功率。电阻器的额定功率也是采用标准化的额定功率系列值,其中线绕电阻器的额定功率系列为 3W、4W、8W、10W、16W、25W、40W、50W、75W、100W、150W、250W、500W,一般直接标出。非线绕电阻器的额定功率系列为 0.05W、0.125W、0.25W、0.5W、1W、2W、5W 等,小于 1W 的电阻器在电路图中常不标出额定功率,额定功率和封装相对应。大于 1W 的电阻器都用阿拉伯数字加单位表示,如 25W。

普通电阻器用四条色环表示标称阻值和允许偏差,其中前三条表示阻值,后一条表示偏差。精密电阻器用五条色环表示标称阻值和允许偏差,其中前四条表示阻值,后一条表示偏差。

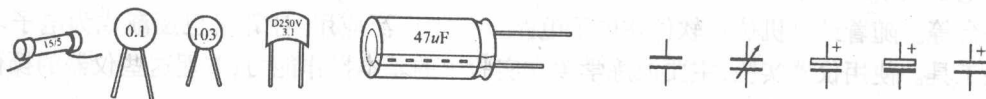
二、电容器

电容器简称电容,也是一种基本电子器件,它在电路中的文字符号为用 C 表示。两个相互靠近、彼此绝缘的金属极板就能构成一个简单的电容。两个极板间的绝缘物质称为电容器

的介质,电容的基本功能是储存电荷。电容器在电路中应用十分广泛,主要作用为交流耦合、直流隔离、滤波、高频旁路、RC 定时、LC 振荡与选频等。

1. 电容器种类和电路符号

常见的电容器有固定电容器、可变电容器两大类型,固定电容器又分有极性电容器和无极性电容器,根据电介质的不同,无极性电容器有纸介质、油浸密封纸介质、金属氧化物介质、云母介质、有机薄膜、玻璃釉、陶瓷电容器类型,有极性电容器又有铝电解电容器及钽(或铌)电解电容器,常见外型如图 1-2-3(a)所示,图 1-2-3(b)是几种常用的电容符号。有极性的电解电容器,两条引线接的介质也略有区别,应用时电容正极应接电路的高电位,另一个接低电位。



(a) 电容常见外形

(b) 常用的电容器原理符号

图 1-2-3 电容器

2. 标称容量及允许偏差

电容器的标称容量及允许偏差的基本含义同电阻一样,只是使用单位与电阻不同,电容的基本单位是 F(法拉)。在 1V 电压下,电容器所能储存的电量为 1 库仑,其容量即 1F。但是法拉单位在实际应用中往往显得太大,所以常用单位有 mF(毫法)、 μ F(微法)、nF(纳法)和 pF(皮法),它们之间的关系如下:

$$1\text{F} = 10^3\text{mF} = 10^6\mu\text{F} = 10^9\text{nF} = 10^{12}\text{pF}$$

为了简化标称容量规格,电容器大都是按优选系列进行生产的。实际选择时通常应该按系列标准要求,否则可能难以购到。当然,特殊规格电容例外,可专门联系定制或购买。系列固定电容器标称容量及允许偏差值在一定范围,其中标称容量小于 10pF 的无机介质电容,允许偏差一般为 $\pm 0.1\text{pF}$ 、 $\pm 0.25\text{pF}$ 、 $\pm 0.5\text{pF}$ 、 $\pm 1\text{pF}$ 四种。

3. 额定电压

额定电压通常称作耐压,是指在允许的环境温度范围内,电容上可连续长期施加的最大电压有效值。电容的额定电压通常是指直流工作电压,但也有少数品种标以交流额定电压,它们主要专用于交流电路或交流分量大的电路中。如果一般电容工作于脉动电压下,则交流分量通常不得超过直流电压的百分之几至百分之十几(应随交流分量频率的增高而相应递减),且交、直流分量的总和不得大于额定电压。交流信号分量较大的电路(如整流滤波电路)中的电容,选取额定电压参数应适当放宽余量。

4. 绝缘电阻及漏电流

电容介质不可能绝对不导电,当电容加上直流工作电压时,总有漏电流产生。若漏电流太大,电容就会发热损坏,电解电容器使用不当发热时,还会引起爆炸。除了电解电容外,一般电容器只要质量良好,其漏电流是极小的,故用绝缘电阻参数来表示其绝缘性能。而电解电容因漏电流较大,故用漏电流表示其绝缘性能(与容量成正比)。电容的绝缘电阻及漏电流是其重要的性能参数,电子设备的故障有不少都是因某个电容漏电流太大或击穿而造成的。

5. 损耗因数

电容的损耗因数是有功损耗功率与无功损耗功率之比,它的大小是代表电容品质优劣的