

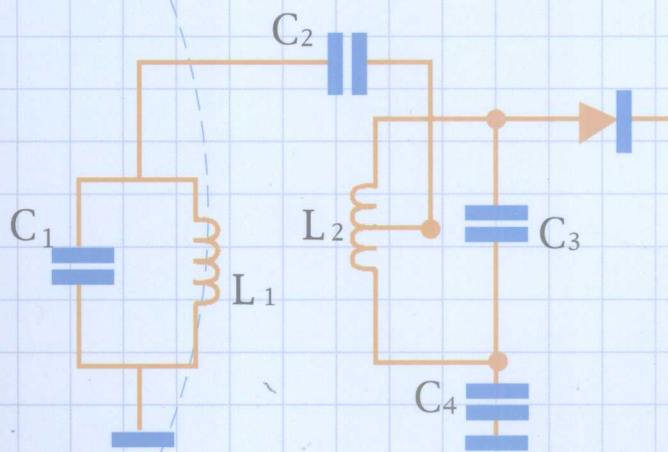


北京市高等教育精品教材立项项目

*Dianlu Jichu Shiyan*

# 电路基础实验

◎ 电路基础实验课程租 编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS



北京市高等教育精品教材立项项目

电子信息科学基础实验课程丛书

*Dianlu Jichu Shiyan*

# 电路基础实验

◎ 电路基础实验课程租 编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

电路基础实验/电路基础实验课程组编著. —北京: 北京大学出版社, 2009. 7  
(电子信息科学基础实验课程丛书)

ISBN 978-7-301-15496-0

I. 电… II. 电… III. 电路—实验—高等学校—教材 IV. TM13—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 116608 号

责任编辑: 王 华

封面设计: 张 虹

标准书号: ISBN 978-7-301-15496-0/ TM·0026

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 电子信箱: [zpup@pup.pku.edu.cn](mailto:zpup@pup.pku.edu.cn)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038 出版部 62754962

印 刷 者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

730 毫米×980 毫米 16 开本 9.5 印张 185 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

---

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

举报电话: (010)62752024 电子信箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

## 内 容 提 要

本书是北京大学电子信息科学基础实验中心《电子信息科学基础实验课程丛书》的第1本。全书分为电路基础知识和电路基础实验两部分。第一部分共三章,常用电子元器件,电子设备安装工艺,常用电子仪器;第二部分精选了12个电路基础实验。书末附录:实验室仪器使用练习。

本书介绍了电路基础实验中的常用仪器设备、元器件和电路工艺知识,并设计了12个实验题目,内容丰富,实用性强。本书可作为高等院校电子信息类本科生电路基础实验教材,也可作为教师和工程技术人员的参考书。

## 丛书序言

本科教育是北京大学长远发展中最基础、最重要的工作之一,而实验教学是本科教育特别是一些基础学科教育的重要组成部分,是衡量学校教育质量的重要指标,是培养学生的实验能力以及实践与创新精神的重要过程,是培养高水平、创新型人才的重要手段,同时也是新的形势对高等教育教学的迫切要求。

我校根据改革开放以后国内高等教育形势、规模和人才需求结构的变化,借鉴国际上先进的教学理念并结合我国的实际情况,制定了“加强基础、淡化专业、因材施教、分流培养”的教学改革十六字方针。为了适应信息技术的发展,全面培养电子与信息科学类专业的高素质创新型人才,我校于2000年9月成立了北京大学电子信息科学基础实验中心,全面负责全校电子信息类基础实验课程的实施、改革和建设。

根据我校电子信息科学类专业本科生理论基础扎实、人数相对对工科院校较少的特点,近年来,实验教学中心进行了具有研究、综合型大学特点的“电子信息科学基础实验课程体系”的建设。形成了模块化、多层次,具有理工相结合特色的实验课程体系,并将专业基础实验课程纳入到课程体系中来。实验课程既与相应理论课程相互呼应,同时又保持了自身的体系与特色。

在学校和信息科学技术学院领导的关心和支持下,实验教学中心组织在教学第一线的骨干教师,总结多年来实践教学和改革经验,并参考兄弟院校的实践教学改革成果,编写了《电子信息科学基础实验课程丛书》。该套丛书具有理工相结合特色,实验内容选择上注重深度,注重启发性、研究性和综合性,同时将EDA等技术有机地融入到实验课程中去,以便全面地培养学生的综合研究能力和创新意识。

《电子信息科学基础实验课程丛书》共12本,涵盖了北京大学电子信息科学基础实验课程体系的4个层次。

基础实验层次:

《电路基础实验》、《电子线路实验》、《数字逻辑电路实验》

综合设计层次:

《电子线路计算机辅助设计》、《微机原理与接口技术》、《可编程逻辑电路设计》

研究创新层次:

《电子系统设计》、《嵌入式系统开发原理与实验》

专业基础层次:

《通信电路实验》、《光电子实验》、《集成电路设计》、《数字信号处理实验》

本套丛书的筹划和编写得到了原电子学系主任王楚教授的关心和指导。信息科学技术学院陈徐宗副院长,实验教学中心顾问唐镇松教授、沈伯弘教授在整个编写过程中,都进行了严格把关和悉心指导。同时,北京大学教务部、北京大学出版社和信息科学技术学院的领导都给予了大力支持和帮助。在此,向他们致以崇高的敬意,并表示衷心的感谢。向所有关心、支持和帮助过本丛书编写、修改、出版、发行工作的各位同仁致以诚挚的谢意。

限于作者的水平和经验,对丛书中的疏漏和不足,敬请专家和读者批评指正,不吝指教。

北京大学  
电子信息科学基础实验中心  
2008年9月

# 前 言

本书是根据北京大学信息科学技术学院一年级本科生“电路基础实验”课程需要编写的教材,同时适用于大学低年级相关专业,以及对这一领域知识感兴趣的读者作为电路基础入门的参考教材。

“电路基础实验”是学院一门本科生实验类必修课程,目的是加强学生电路基础和实践能力。通过本课程的学习,学生可学会常用元器件的选择与使用,熟悉使用常用的仪器设备,了解掌握基本电路工艺,对电路的组成、焊接、调试等基本工序有所认识,为后续课程的学习打好基础。

由于北京大学信息科学技术学院本科生培养模式中,一年级阶段不分专业,统一按信息大类招生与授课,进行通识教育,学生还没有学习过电路相关的专业基础课程,因此本书在编写过程中分为了两大部分:首先介绍电路中的基础知识、工艺和常用仪器设备,然后再附以典型的电路基础实验。这种编写模式使得本书不仅适用于信息类专业本科生,同时也适用于物理、化学、生物、医学等其他非信息类专业本科生进行电路相关领域的学习。

本书电路基础知识部分分为三章,介绍了实验中所要求的电路基础知识。第一章介绍了电阻、电容、电感、晶体管、集成电路等常用电子元器件的分类、使用、封装和参数测量等知识;第二章介绍了电子设备安装工艺,重点介绍手工焊接技术的要点和注意事项;第三章介绍了万用表、信号发生器和示波器的基本原理和使用,附录中给出了仪器设备使用练习。

本书电路基础实验部分设计了12个独立的实验题目。实验题目的设计以培养学生基本实践能力为主,实验内容充分考虑了初次涉及电路实验学生的情况,从基本的仪器使用、焊接训练开始,认识基本元器件、电路板图,然后进行简单电路组装、调试,最后到较复杂电路的装配、调试和结果分析,由浅入深,循序渐进。同时,每个实验中都设计了几个思考题,进一步引导学生进行研究发挥。

本课程授课安排15周,每周3学时,可分为理论大课和实验课两个阶段。理论大课3次(每周1次),介绍电路基础知识;实验课12次,每次完成一个实验。还可以根据需要增加一次演示实验,进行焊接、仪器使用、新工艺等演示。

本书由多年从事电子信息课程体系、课程内容及教学方法改革等工作的电路基础实验课程组教师编写。第一部分第一章由刘新元、叶红飞老师编写,第二章由董明科老师编写,第三章由李平曾、汪中老师编写;第二部分和附录由汪中、周小计、李平曾、顾康德、杨光临、谢冰、叶红飞、于民、陈章渊、金海岩、刘诗美老

师编写,这些老师还负责将实验电路逐一搭建测试。全书由王志军老师统稿。

本书的编写先后得到了北京市高等教育精品立项项目和北京大学教材建设立项项目的支持,对此表示衷心感谢。同时感谢北京大学教务部和北京大学出版社的大力支持。信息科学技术学院主管本科生教学的陈徐宗副院长,电子信息科学基础实验中心教学顾问唐镇松教授、毛晋昌教授也对本书提出了许多有益的建议。本书编写过程中还参考了国内外相关参考书籍和兄弟院校的实践教学改革成果,在此特向所有关心支持本书编写、出版、发行工作的同仁致以诚挚的谢意。

由于作者的水平有限,时间仓促,书中难免出现不足和错误,敬请读者批评指正。

编者

于北京大学

2009年1月



# 目 录

## 第一部分 电路基础知识

<b>第一章 常用电子元件</b> .....	( 3 )
1.1 电阻器和电位器 .....	( 3 )
1.1.1 电阻器的命名、分类及参数 .....	( 3 )
1.1.2 电阻器的测量 .....	( 8 )
1.1.3 电位器的命名、分类及参数 .....	( 8 )
1.2 电容器 .....	( 9 )
1.2.1 电容器的型号命名 .....	( 10 )
1.2.2 电容器的分类 .....	( 10 )
1.2.3 电容器的主要参数 .....	( 13 )
1.3 电感线圈 .....	( 14 )
1.3.1 电感线圈的型号命名 .....	( 14 )
1.3.2 电感线圈的分类 .....	( 14 )
1.3.3 电感线圈的主要参数 .....	( 15 )
1.3.4 几种常用电感的计算 .....	( 16 )
1.4 晶体管 .....	( 19 )
1.4.1 晶体管的型号命名 .....	( 19 )
1.4.2 晶体二极管 .....	( 21 )
1.4.3 晶体三极管 .....	( 23 )
1.4.4 场效应管 .....	( 31 )
1.5 变压器 .....	( 33 )
1.5.1 变压器的型号命名 .....	( 33 )
1.5.2 变压器的分类 .....	( 34 )
1.6 集成电路 .....	( 36 )
1.6.1 集成电路的型号命名 .....	( 36 )
1.6.2 集成电路的分类 .....	( 37 )
1.6.3 集成电路的一些测试 .....	( 38 )

1.7 常用电子元器件封装 .....	(40)
1.7.1 通孔安装技术封装 .....	(40)
1.7.2 表面安装技术封装 .....	(42)
<b>第二章 电子设备安装工艺</b> .....	(45)
2.1 电子设备的电气连接和安装作业 .....	(45)
2.1.1 电子设备的电气连接 .....	(45)
2.1.2 电子设备的安装作业 .....	(49)
2.2 焊接技术 .....	(52)
2.2.1 焊接材料与焊接机理 .....	(52)
2.2.2 焊接工具 .....	(55)
2.2.3 焊接步骤 .....	(57)
2.2.4 焊接应注意的问题 .....	(58)
<b>第三章 常用电子仪器</b> .....	(61)
3.1 万用表 .....	(61)
3.1.1 指针式万用表 .....	(61)
3.1.2 数字式万用表 .....	(64)
3.2 信号发生器 .....	(66)
3.2.1 概述 .....	(66)
3.2.2 模拟信号发生器 .....	(68)
3.2.3 数字信号发生器 .....	(68)
3.3 电子示波器 .....	(70)
3.3.1 模拟示波器 .....	(70)
3.3.2 数字示波器 .....	(73)

## 第二部分 电路基础实验

<b>实验一 手工焊接训练</b> .....	(79)
<b>实验二 焊接技术训练</b> .....	(85)
<b>实验三 表面贴装流水线工艺</b> .....	(88)
<b>实验四 简单电路测量和仪器使用</b> .....	(93)
<b>实验五 RC串并联网络的相频和幅频特性测试</b> .....	(96)
<b>实验六 交流电桥测量电容及电感</b> .....	(99)
<b>实验七 晶体管放大器</b> .....	(102)
<b>实验八 典型集成运算放大器电路的测量</b> .....	(105)

---

实验九 用六反相器组成的脉冲电路的安装和测试·····	(110)
实验十 电子蜂鸣器(Ⅰ)·····	(114)
实验十一 电子蜂鸣器(Ⅱ)·····	(120)
实验十二 直流稳压电源·····	(123)
附录 实验室仪器使用练习·····	(128)
参考文献·····	(138)

# 第一部分

## 电路基础知识



# 第一章 常用电子元器件

电子元器件是构成电子电路的基础。熟悉各类电子元器件的性能、特点和用途,对设计、安装和调试电子线路十分重要。本章针对常用的电子元器件,按其类别、性能、选用等进行介绍,以帮助读者在电路实验课程中和今后的研制、设计、调试电子产品中能够正确地识别和选用元器件。

## 1.1 电阻器和电位器

电阻器简称电阻,它是电子电路中应用最多的元件之一。电阻器在电路中用于分压、分流、滤波(与电容器组合)、耦合、阻抗匹配、负载等。电阻器用符号 $R$ 表示,电阻值的基本单位为欧姆,简称欧( $\Omega$ ),常用的单位还有千欧( $k\Omega$ )和兆欧( $M\Omega$ )。三者的换算关系是:  $1 M\Omega = 1000 k\Omega$ ,  $1 k\Omega = 1000 \Omega$ 。

电位器是一种具有三个接头的可变电阻器。在使用中,通过调节电位器的转轴,不但能使电阻值在最大与最小之间变化,而且当两固定端供某一电压时,还能调节滑动接头与两固定接头之间的电位高低,故称电位器。电位器在收音机、录音机、电视机等电子设备中用于调节音量、音调、亮度、对比度、色饱和度等。

### 1.1.1 电阻器的命名、分类及参数

#### 1. 型号命名

根据部颁标准(SJ-73)规定,国产电阻器、电位器的型号由下列四个部分组成:

第一部分(主称)用字母表示, $R$ 表示电阻器, $W$ 表示电位器;第二部分(材料)用字母表示,具体含义见表 1.1;第三部分(产品分类)用数字或字母表示,见表 1.2;第四部分(序号)用数字表示。

表 1.1 电阻器与电位器材料字母表示表

类别	名称	符号	字母顺序
	主称	R W	第一字母
材料	碳膜 金属膜 氧化膜 合成碳膜 有机实芯 无机实芯 沉积膜 玻璃釉膜 线绕 硼碳膜 硅碳膜 压敏 光敏 热敏	T J Y H S N C I X P U M G R	第二字母

表 1.2 电阻器与电位器的代号列表

数字代号	意义		字母代号	意义	
	电阻器	电位器		电阻器	电位器
1	普通	普通	G	高功率	高功率
2	普通	普通	T	可调	—
3	超高频	—	W	—	微调
4	高阻	—	D	—	多圈
5	高温	—	X	小型	小型
6	—	—	J	精密	精密
7	精密	精密	L	测量用	—
8	高压	特种函数	Y	被釉	—
9	特殊	特殊	C	防潮	—

## 2. 分类

电阻器的种类很多：常用的电阻器按照导电体的结构特征，分为实芯电阻器、薄膜电阻器和线绕电阻器；按电阻器的材料、结构的不同，又分为碳膜电阻器、金属氧化膜电阻器、线绕电阻器、热敏电阻器、压敏电阻器等。另外，按照各种电阻器的特性，还可分为高精度、高稳定、高阻、高压、大功率、高频以及超小型等各种专用类型的电阻器。下面分别叙述几类常用电阻器的性能及结构。

(1) 碳膜电阻器：碳膜电阻器稳定性好、噪声低、阻值范围较宽，既可制成

小至几欧的低值电阻器,也能制成几十兆欧的高值电阻器,且价格较便宜。在 $-55\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中,通常按50%的额定功率使用。薄膜电阻是在圆柱形陶瓷管体上覆一层具有一定导电能力的薄膜构成,引线在柱体两端引出。

(2) 金属膜电阻器与金属氧化膜电阻器:金属膜电阻器外形和结构与碳膜电阻器相似,不同的是金属膜电阻器采用合金粉真空蒸发制成,以金属膜作导电层,表面涂以红色或棕色保护漆。

金属膜电阻器的性能比碳膜电阻器更为优越,它不仅精密度高、稳定性好、阻值范围宽、噪声低,而且耐热性能好,在同样的功率条件下,体积只有碳膜电阻器的一半左右。可在 $-55\sim 70^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中,按100%的额定功率使用(实际工作时都降容使用)。这类电阻常用在质量要求较高的电路中。

金属氧化膜电阻器的性能与金属膜电阻器相似,其长期工作稳定性不如金属膜电阻,但耐热性较好。

(3) 线绕电阻器:线绕电阻器是用镍铬丝或锰铜丝、康铜丝绕在瓷管上制成的,分固定式和可调式两种。外表涂以釉或酚醛作为保护层,颜色有黑色、棕色、灰色和蓝色等。

线绕电阻器的特点是阻值精度很高、噪声小、阻值稳定、能承受高温、在环境温度 $150^{\circ}\text{C}$ 下仍能正常工作;但它体积大、阻值较低、大多在十万欧以下。同时线绕电阻器由于结构上的原因,分布电容和电感系数都比较大,不适合在高频电路中使用,这类电阻器通常在大功率电路中作降压元件或负载等用。

(4) 热敏电阻器:热敏电阻器是用一种对温度极为敏感的半导体材料制成的非线性元件。电阻值随温度升高而变小的叫负温度系数热敏电阻器;随温度升高而增大的为正温度系数热敏电阻器。

(5) 压敏电阻器:压敏电阻器是一种特殊的非线性电阻器,当加在压敏电阻器两端的电压达到一定值时,它的阻值会急剧变小。在电子线路中,它常用作过压保护和稳压元件。压敏电阻器按伏安特性可分为对称型(无极型)和非对称型(有极型)两种。它们都具有电压温度系数较小、耐浪涌电流能力强的特点。不同规格的压敏电阻,具有不同规格的转折电压和浪涌电流吸收能力。

### 3. 主要参数

(1) 标称阻值与允许误差。

标识在电阻器上的阻值称为标称阻值。但电阻的实际值往往与标称阻值不完全相符,即存在一定的误差。电阻器所允许的误差可由下式计算:

$$\delta = \frac{R - R_R}{R_R} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中 $\delta$ ——允许误差; $R$ ——电阻器的实际阻值; $R_R$ ——电阻器的标称阻值。

电阻器的阻值范围很宽,一般通用电阻器的阻值范围可为 $10\ \Omega\sim 10\ \text{M}\Omega$ 。



按规定,电阻器的标称阻值应符合常用电阻器标称阻值系列,如表 1.3 所示。电阻器的精度等级见表 1.4。

表 1.3 常用电阻器标称阻值表

允许误差	标称阻值/ $\times 10^n \Omega$ ( $n$ 为整数)											
$\pm 5\%$ ( $E_{24}$ 系列)	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
$\pm 10\%$ ( $E_{12}$ 系列)	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7	
	3.3		3.9		4.7		5.6		6.8		8.2	
$\pm 20\%$ ( $E_6$ 系列)	1.3				1.5				1.2			
	3.3				4.7				6.8			

表 1.4 电阻器的精度等级表

精度等级	005	01(或 00)	02(或 0)	I	II	III
允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

- 精密电阻器的精度等级分为 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 三个等级；
- 普通电阻器的精度等级分为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三个等级。

电阻的阻值和误差有两种表示方法,它们分别为:

- 数值表示法:用文字、数字或符号直接打印在电阻上的表示法；
- 色码表示法:用三到四个色环或色点表示电阻的阻值或允许误差。

图 1.1 所示为几种常见的色码表示法,色环所代表的意义见表 1.5。

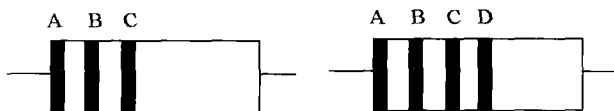


图 1.1 电阻器阻值与误差的色码表示法

表 1.5 色环、色点所代表的意义表

色环颜色	第一色环(A) 第一位数	第二色环(B) 第二位数	第三色环(C) 第三位数	第四色环(D)
黑	—	0	$\times 10^0$	$\pm 1\%$
棕	1	1	$\times 10^1$	$\pm 2\%$
红	2	2	$\times 10^2$	$\pm 3\%$
橙	3	3	$\times 10^3$	$\pm 4\%$
黄	4	4	$\times 10^4$	—
绿	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.2\%$