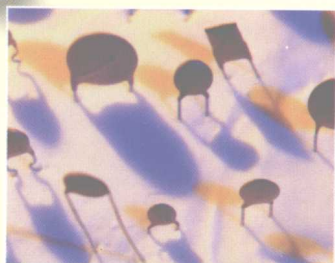
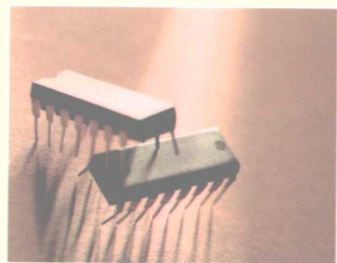
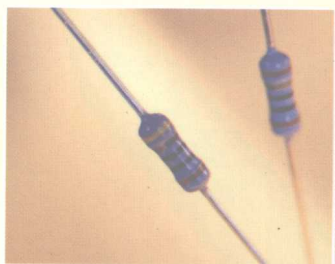




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专计算机系列

电路与模拟电子技术

卜锡滨 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专计算机系列

电路与模拟电子技术

卜锡滨 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电路与模拟电子技术 / 卜锡滨编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高职高专计算机系列

ISBN 978-7-115-17653-0

I. 电… II. 卜… III. ①电路理论—高等学校: 技术学校—教材②模拟电路—电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM13 TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 019809 号

内 容 提 要

本书以单一电阻元件电路为起点, 以每次添加元件组成一种新的应用电路为主线组织内容。全书共 8 章: 第 1 章介绍电阻器的识别与使用、交直流电阻电路及其应用、万用表的使用等内容; 第 2 章介绍电容器的识别与使用、RC 电路及其应用、示波器的使用等内容; 第 3 章介绍电感器的识别与使用、感性电路及其应用、谐振电路及其应用、变压器的应用等内容; 第 4 章介绍二极管的识别与使用、二极管电路的应用等内容; 第 5 章介绍三极管的识别与使用、基本放大电路及其应用等内容; 第 6 章介绍集成运算放大器和集成功率放大器的应用、正弦波振荡器的安装与测试等内容; 第 7 章介绍三端集成稳压器及其应用、脉宽调制开关型稳压电路等内容; 第 8 章介绍半控型、全控型电力电子器件的识别与应用等内容。

本书理论与实践相结合, 适合作为高职高专院校电子、通信、计算机、机电一体化等专业的教材, 也可供中职学生、职业技能培训人员及相关从业人员参考。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专计算机系列

电路与模拟电子技术

- ◆ 编 著 卜锡滨
责任编辑 曾 斌
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京华正印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.5
字数: 431 千字 2008 年 5 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2008 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17653-0/TN

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

前 言

电路与模拟电子技术是电子信息、通信、计算机、机电一体化等专业的必修基础课，这方面现有的教材对于实际应用和工艺要求考虑的不够，学生学习后仍觉得难以把所学的知识应用到生产实践中。高职高专教育本身的特点，要求教与学都侧重于知识的应用，而不是理论分析和计算。由于侧重点不同，对教材内容的取舍就产生了很大的差异。本教材的编写思路是在编者二十多年职业教育实践与思考基础上逐渐形成的，内容组织上体现了以下特色。

(1) 符合认知规律，内容编排循序渐进

本教材在章节安排上，依据学生的认知规律，遵循由简单的单元电路逐步过渡到实际应用电路的原则，以单一电阻元件电路为起点，逐步添加新元件组成新的应用电路，一直添加到由常用的元器件组成的综合应用电路。

(2) 从应用出发，理论与实践有机结合

本教材每节内容的选择都体现了理论与实践的有机结合。介绍元件时，重点突出其作用、适用场合和选用原则。介绍单元电路时，借助一个实际应用案例来导出电路模型，进而介绍单元电路的分析方法和参数估算方法。介绍集成电路时，重点放在如何用集成电路构建实际应用电路。

(3) 突出工艺要求，注重技能训练

本教材每章针对某个典型应用，配一个综合实训，从实际应用角度介绍相关知识和基本技能。通过学、做互动，使学生既能理解所学内容，又能感受知识的实际应用，从而实现“所学即所用”的培养目标。

全书共 8 章，内容包括电阻电路、电容电路、电感电路、半导体二极管电路、半导体三极管电路、集成电路、直流稳压电路、电力电子器件。全书教学总课时为 128，其中实训课时 64。安排实训时，在时间上应尽量保证每个实训能连续做

完。对于采用 96 课时加实训周的教学安排，可以把第 5 章、第 6 章、第 7 章的实训内容安排在实训周内完成。教学过程中，可以借助多媒体教学课件，使讲授与演示相结合，提高课堂效率。本教材的相关教辅材料可登录 www.ptpress.com.cn 进行下载。相关的知识拓展、PCB 板图、实训视频等资料可以在 www.czcsoft.net 网站的在线学习区查阅。

在本书的编写过程中，张德树老师提供了第 8 章和实训支持，官强老师提供了习题及习题解答支持，张记、陈鸿燕老师提供了部分绘图支持，李云松老师提供了电子教案支持，赵卫东、邹军国老师提供了学习网站支持。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请读者批评指正。编者也乐意与同行们交流，探讨关于职业教育课程改革的问题。编者的邮箱地址：puxibin@126.com。再次对所有关心、支持本书编写和出版的老师们表示衷心的感谢！

编者

2008 年 1 月

目 录

第 1 章 电阻电路	1	2.4 示波器使用实训	71
1.1 电阻器	1	2.4.1 示波器简介	71
1.1.1 电阻器的结构及特点	2	2.4.2 实训	73
1.1.2 电阻器的参数	5	思考与练习	76
1.1.3 电阻器的型号和标号	6	第 3 章 电感电路	78
1.2 直流电阻电路	9	3.1 电感器	78
1.2.1 简单直流电阻电路	9	3.1.1 电感器的结构及特点	79
1.2.2 复杂直流电阻电路	17	3.1.2 电感器的参数	80
1.2.3 复杂直流电阻电路分析	21	3.1.3 电感器的型号和标号	81
1.3 交流电阻电路	24	3.2 正弦交流电作用下的 RL 串联电路	82
1.3.1 交流电的基本概念	24	3.2.1 电感电压与电流的关系	82
1.3.2 单相交流电阻电路	30	3.2.2 日光灯电路	84
1.3.3 三相交流电阻电路	35	3.2.3 三相电动机电路	88
1.4 万用表使用实训	41	3.3 RLC 电路的应用	92
1.4.1 万用表简介	41	3.3.1 谐振电路	92
1.4.2 实训	43	3.3.2 功率因数的提高	98
思考与练习	46	3.4 变压器	99
第 2 章 电容电路	52	3.4.1 变压器的结构及特点	99
2.1 电容器	52	3.4.2 变压器的作用	101
2.1.1 电容器的结构及特点	53	3.4.3 特殊应用的变压器	107
2.1.2 电容器的参数	56	3.5 日光灯安装实训	109
2.1.3 电容器的型号和标号	57	3.5.1 安全用电知识简介	109
2.2 矩形脉冲作用下的 RC 电路	58	3.5.2 实训	111
2.2.1 电容器的充电和放电	59	思考与练习	112
2.2.2 微分电路	61	第 4 章 半导体二极管电路	115
2.2.3 积分电路	63	4.1 半导体二极管	115
2.2.4 电容器的串、并联	64	4.1.1 二极管的结构及特点	116
2.3 正弦交流电作用下的 RC 电路	64	4.1.2 二极管的伏安特性及主要参数	121
2.3.1 电容电压与电流的关系	65	4.1.3 二极管的型号、识别与检测	123
2.3.2 电容性电路的应用	67		

4.2	二极管电路的应用	125
4.2.1	整流和滤波电路	125
4.2.2	限幅与箝位电路	129
4.2.3	稳压与倍压电路	132
4.3	整流滤波电路的安装与测试实训	135
4.3.1	元件检测知识	135
4.3.2	实训	137
	思考与练习	138
第5章	半导体三极管电路	141
5.1	半导体三极管	141
5.1.1	三极管的结构及特点	142
5.1.2	三极管的伏安特性及主要参数	145
5.2	基本放大电路	147
5.2.1	基本放大电路的组成	148
5.2.2	静态分析	149
5.2.3	动态分析	151
5.2.4	静态工作点稳定电路	161
5.3	其他形式的放大电路	166
5.3.1	共集电极放大电路	166
5.3.2	共基极放大电路	168
5.3.3	多级放大电路	169
5.3.4	差分放大电路	177
5.3.5	场效应管及放大电路	182
5.4	放大电路的应用	189
5.4.1	音频放大电路	190
5.4.2	视频放大电路	197
5.4.3	中频和射频放大电路	197
5.5	放大电路的安装与调试实训	198
5.5.1	相关知识简介	198
5.5.2	实训	202
	思考与练习	205
第6章	集成电路	210
6.1	集成运算放大器	210
6.1.1	集成运算放大器简介	210
6.1.2	集成运算放大器的应用	212
6.2	集成功率放大器	229

6.2.1	LM386 集成功率放大器及其应用	229
6.2.2	TDA2030 集成功率放大器及其应用	230
6.3	集成运算放大器的应用实训	231
6.3.1	相关知识简介	231
6.3.2	实训	233
	思考与练习	234
第7章	直流稳压电路	237
7.1	串联型稳压电路	237
7.2	三端集成稳压器	240
7.2.1	固定输出的三端集成稳压器	240
7.2.2	可调输出的三端集成稳压器	243
7.3	开关型稳压电路	245
7.3.1	开关型稳压电路概述	245
7.3.2	脉宽调制式开关型稳压电路	245
7.3.3	开关型稳压电路分析	248
7.4	三端集成稳压器的应用实训	251
7.4.1	相关知识简介	251
7.4.2	实训	253
	思考与练习	254
第8章	电力电子器件	257
8.1	晶闸管	257
8.1.1	晶闸管结构及其特性	257
8.1.2	晶闸管的主要参数	260
8.1.3	晶闸管的应用	260
8.2	典型的全控型电力电子器件	263
8.2.1	门极可关断晶闸管	264
8.2.2	电力晶体管	265
8.2.3	绝缘栅双极晶体管	267
8.3	晶闸管调光电路安装实训	271
8.3.1	相关知识简介	271
8.3.2	实训	271
	思考与练习	272
	参考文献	274

第 1 章 电阻电路

电阻是所有电子元件的一个特性，决定电子元件对电流阻碍作用的大小。度量电阻的单位是欧姆 (Ω)，常用的单位有：千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。专门制造出来的，对电流具有特定阻力值的电子元件称为电阻器。电阻器电阻的大小取决于制造电阻器的材料和工艺，与电阻器两端所加的电压无关。电阻器是构成电子电路最基本的元件，即使在实际应用电路中没有独立的电阻器存在，由于材料和工艺等因素，也存在电阻的影响。本章主要介绍电阻器的识别和使用，电阻电路的应用及交、直流作用下电阻电路的分析。

学习目标：

- (1) 识别不同类型的电阻器、电位器，熟知它们的适用场合；
- (2) 用色标代码和数字字母编码解读电阻器的阻值，确定其允许误差范围；
- (3) 进行串、并联电路的估算，实现电压量程和电流量程的扩展；
- (4) 理解复杂电路的基本概念，用基尔霍夫定律求解电路；
- (5) 理解叠加定理、戴维南定理在工程应用中的意义；
- (6) 理解交流电的基本概念，熟知相电压与线电压的关系；
- (7) 熟知正弦交流电路中电阻两端电压与电阻电流的大小关系、相位关系，理解电阻功率的含义；
- (8) 熟知负载星形连接与三角形连接的特点，掌握简单的配电计算；
- (9) 熟练使用万用表测量各种参数。

C 1.1 电阻器

电阻器是由陶瓷体镀上电阻层或缠绕电阻丝制成的，如图 1.1 (a) 所示。电阻器有固定电阻器和电位器两大类，在电路中主要用来控制电压和电流，起降压、分压、限流、分流、调节电压和电流等作用。固定电阻器的文字符号为 R ，电位器的文字符号为 RP ，它们的电路图形符号如图 1.1 (b) 所示。

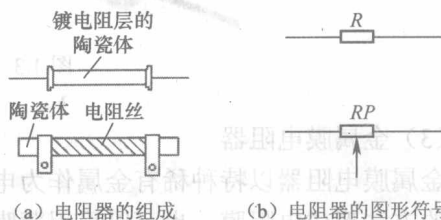


图 1.1 电阻器的组成及图形符号

1.1.1 电阻器的结构及特点

1. 固定电阻器

固定电阻器的电阻值固定不变，习惯上简称为电阻。在实际应用中叙述“电阻”时有两层含义：一是指物理量（即电阻值），另一是指电阻元件（即固定电阻器），应注意理解和区别。根据制造材料和结构的不同，固定电阻器可分为碳膜电阻器、金属氧化膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器和贴片式电阻器等。其中碳膜电阻器、金属氧化膜电阻器、金属膜电阻器又统称为薄膜电阻器。

(1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器以碳膜作为电阻材料，在小圆柱形的陶瓷绝缘基体上，利用浸渍或真空蒸发的方法形成结晶的电阻膜（碳膜）。电阻值的调整和确定通过在碳膜上刻螺旋槽来实现，电阻体的两个端面用镀锡铜丝和镀锡环箍来连接，如图 1.2 所示。碳膜电阻器又分为普通碳膜电阻器、测量型碳膜电阻器、精密碳膜电阻器等，为通用型电阻器。



图 1.2 碳膜电阻器

(2) 金属氧化膜电阻器

金属氧化膜电阻器是在陶瓷基体上蒸发一层金属氧化膜，然后再涂一层硅树脂薄膜，使电阻器的表面坚硬而不易损坏，如图 1.3 所示。金属氧化膜电阻器的电感很小，与同样体积的碳膜电阻器相比，其额定负荷大大提高。但金属氧化膜电阻器的阻值范围小，通常在 200kΩ 以下。

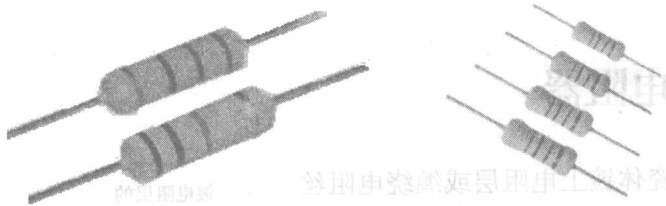


图 1.3 金属氧化膜电阻器

(3) 金属膜电阻器

金属膜电阻器以特种稀有金属作为电阻材料，在陶瓷基体上，利用厚膜技术，用涂层和焙烧的方法形成电阻膜，也可以采用薄膜技术中掩膜蒸发的方法来形成电阻膜，其电阻值的大小通过刻槽或改变金属膜的厚度来控制，如图 1.4 所示。金属膜电阻器的工作稳定性高，噪声低，但成本较高，通常在精度要求较高的场合使用。

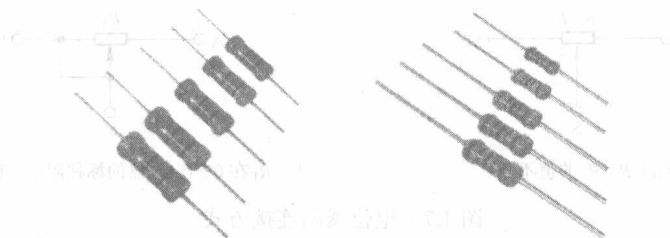


图 1.4 金属膜电阻器

(4) 线绕电阻器

线绕电阻器的电阻丝通常采用镍铬丝、康铜丝、锰铜丝等材料制成,如图 1.5 所示,其阻值范围为 $0.1\Omega\sim 5M\Omega$ 。线绕电阻器与额定功率相同的薄膜电阻器相比,具有体积小等优点。它的缺点是分布电感较大,阻值受工作频率变化的影响较大。在实际应用中,采用特殊绕法可减小其分布电感。

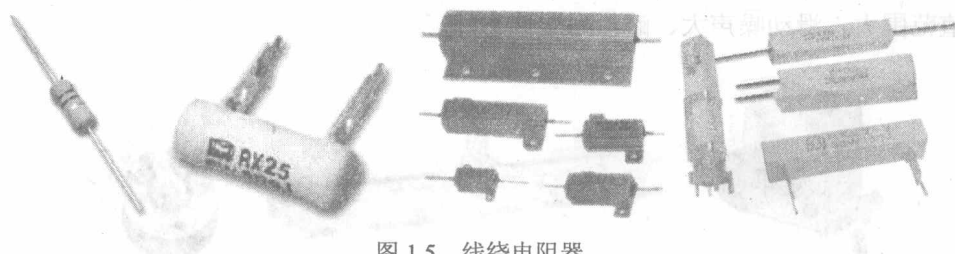


图 1.5 线绕电阻器

(5) 贴片式电阻器

贴片式电阻器,又称表面贴装电阻,是小型电子线路的理想元件,如图 1.6 所示。贴片式电阻器是把很薄的碳膜或金属合金涂覆到陶瓷基底上,与电子元件和电路板的连接直接通过金属封装端面,不需引脚。贴片式电阻器有薄膜和厚膜两种,电阻值从 $0\sim 10M\Omega$,允许误差可小至 $\pm 0.1\%$ 。在实际应用中,贴片式电阻器的端面利用自动焊接技术,直接焊到线路板上。这种不需引脚的连接方法有许多优点,如重量轻、电路板尺寸小、易于实现自动装配等。

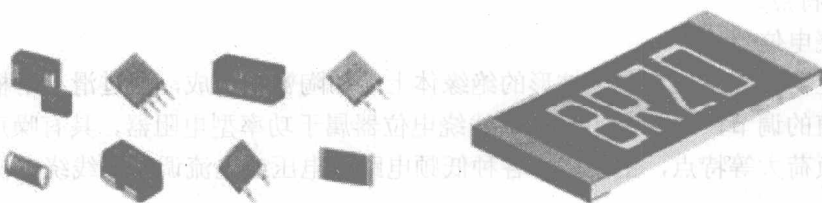


图 1.6 贴片式电阻器

2. 电位器

电位器有 3 个引脚,根据 3 个引脚连接的不同,其阻值的调节有两种方式,如图 1.7 所示。图 1.7 (a) 中,通过调节转轴或滑柄 S,可改变 S 与 A、E 之间的阻值 R_1 、 R_2 ,但 R_1+R_2 的值不变,等于电位器的标称阻值。图 1.7 (b) 中,通过调节转轴或滑柄 S,可改变 S 与 A 之间的阻值 R_1 , R_1 的值可以在 0 到电位器的标称阻值之间变化。

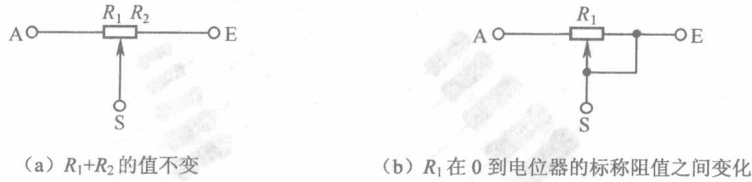


图 1.7 电位器的连接方式

在实际应用中，电位器的种类很多。根据电阻体的材料不同可分为：合成碳膜电位器、金属陶瓷电位器、线绕电位器、实芯电位器等。根据调节方式不同可分为：旋转式电位器、推拉式电位器、直滑式电位器等。根据电阻值变化的规律不同可分为：直线式电位器、对数式电位器和反对数式电位器（即：指数式电位器）等。根据结构特点不同可分为：单联电位器、双联电位器、微调电位器和贴片式电位器等。

(1) 合成碳膜电位器

合成碳膜电位器是目前使用最多的一种电位器，如图 1.8 所示。其主要特点有：分辨率高、阻值范围大，滑动噪声大、耐热耐湿性不好。

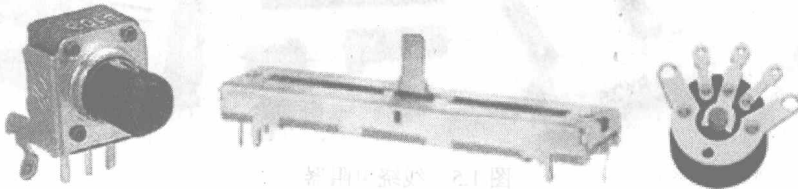


图 1.8 合成碳膜电位器

合成碳膜电位器的品种很多，有普通的合成碳膜电位器、带开关的合成碳膜电位器、双联同轴合成碳膜电位器，精密合成碳膜电位器等，使用时应根据具体需要加以选择。

(2) 金属陶瓷电位器

金属陶瓷电位器通过一个多触点的滑动臂在金属陶瓷的电阻膜上作圆周或直线运动，实现电阻值的连续变化，如图 1.9 所示。该电位器具有阻值范围大、体积小和可调精度高（±0.01%）等特点。

(3) 线绕电位器

线绕电位器由电阻丝绕在圆柱形的绝缘体上（如陶瓷）构成，通过滑动滑柄或旋转转轴实现对电阻值的调节，如图 1.10 所示。线绕电位器属于功率型电阻器，具有噪声低、温度特性好、额定负荷大等特点，主要用于各种低频电路的电压或电流调整。线绕电位器的品种也

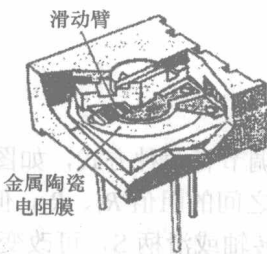


图 1.9 金属陶瓷电位器



图 1.10 线绕电位器

很多,有普通线绕电位器、普通多圈线绕电位器、精密多圈线绕电位器等。对于大负荷容量的线绕电位器,除滑动触点移动的接触面外,其他各面都涂上釉或水泥。

(4) 微调电位器

微调电位器一般用于阻值不需频繁调节的场合,通常由专业人员完成调试,用户不可随便调节。微调电位器也有多个品种,如图 1.11 所示。其中精密多圈微调电位器的电阻丝被绕制 2~40 圈,它的误差很小,阻值变化的线性度好,分辨率高,并且有大的负荷能力。

(5) 贴片式电位器

贴片式电位器是一种无手动旋转轴的超小型直线式电位器,调节时需借助工具,如图 1.12 所示。贴片式电位器的负荷能力较小,一般用于通信、家电等电子产品中。

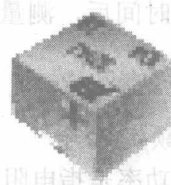
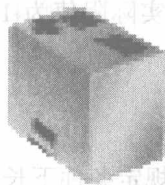
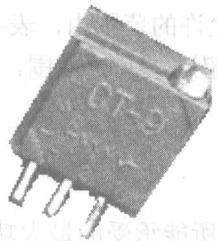


图 1.11 微调电位器

图 1.12 贴片式电位器

1.1.2 电阻器的参数

1. 标称阻值和允许误差

(1) 标称阻值

标称阻值是指电阻器上标注的电阻值。电阻值的基本单位是欧姆(简称欧),用符号“ Ω ”表示,常用的单位有千欧(k Ω)、兆欧(M Ω),它们的换算关系为:

$$1\text{M}\Omega = 1\,000\text{k}\Omega$$

$$1\text{k}\Omega = 1\,000\Omega$$

在实际应用中,电阻器的电阻值并不是任意选定的。对于小功率电阻器,国际电工委员会(IEC)规定的系列标称值如表 1.1 所示。表中数值的单位可以是: Ω 、k Ω 、M Ω 。

表 1.1

电阻器标称阻值系列

E ₆	1.0		1.5		2.2		3.3		4.7		6.8													
E ₁₂	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2												
E ₂₄	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

(2) 允许误差

在实际生产中,控制电阻器的实际阻值与标称阻值完全一致需要很高的成本。就工程实践而言,也没有必要要求每一只电阻器的阻值和标称阻值完全一样。因此,实际应用中一只电阻器的实际阻值与标称阻值之间会存在一定的误差,该误差的允许范围称为电阻器的允许误差。允许误差越小,电阻器的实际阻值与标称阻值越接近,精度越高,稳定性也越好,但相应的生产成本也越高,价格也更贵。

通常普通电阻器的允许误差为： $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，精密电阻器的允许误差为： $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 。只要一只电阻器的实际阻值与标称阻值的误差在允许误差范围内，那么该电阻器就是一只合格的电阻器。

【例 1.1】一只标称阻值为 $10\text{k}\Omega$ 、允许误差为 $\pm 5\%$ 的电阻器，测量出其实际阻值为 $10.2\text{k}\Omega$ ，试判别该电阻器是否合格？若使用一段时间后，测量出其实际阻值为 $10.6\text{k}\Omega$ ，再次判别该电阻器是否合格？

解：

$$10\text{k}\Omega - 10\text{k}\Omega \times 5\% = 9.5\text{k}\Omega$$

$$10\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega \times 5\% = 10.5\text{k}\Omega$$

由以上计算可知：标称阻值为 $10\text{k}\Omega$ 、允许误差为 $\pm 5\%$ 的电阻器，其实际阻值的允许范围为： $9.5 \sim 10.5\text{k}\Omega$ 。当测量出的实际阻值为 $10.2\text{k}\Omega$ ，在允许的范围之内，表明该电阻器是合格产品。使用一段时间后，测量出的实际阻值为 $10.6\text{k}\Omega$ ，超过了允许范围，表明该电阻器已经不合格了。

2. 额定功率

额定功率是指电阻器在规定条件下长期工作时所能承受的最大功率。电阻器的额定功率也有标称值，一般分为 0.125W 、 0.25W 、 0.5W 、 1W 、 2W 、 3W 、 5W 、 10W 等，目前最常用的是 0.25W 。

根据电阻器的标称阻值和额定功率，可以计算出电路中允许加在电阻器两端的最大电压或流过电阻器的最大电流。当电阻器两端的实际电压低于允许加在电阻器两端的最大电压或流过电阻器的实际电流小于允许流过电阻器的最大电流时，电阻器能够正常工作，否则电阻器将被烧坏，严重时可能引起设备损坏。

【例 1.2】标称阻值为 $5.1\text{k}\Omega$ 、额定功率为 0.5W 的电阻器，在电路中所能承受的最大电压和电流是多少？

解：由公式 $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$ 可知

$$U = \sqrt{PR} = \sqrt{0.5 \times 5.1 \times 1000} = 50.5 \text{ (V)}$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{0.5}{5.1 \times 1000}} = 0.0099 \text{ (A)}$$

该电阻器所能承受的最大电压为 50.5V 、最大电流为 0.0099A 。

1.1.3 电阻器的型号和标号

1. 电阻器的型号

只国产电阻器的型号一般由 4 部分组成，其中：第一部分用字母表示主称；第二部分用字母表示材料；第三部分用数字或字母表示分类特征；第四部分用数字表示序号，对主称、材料、特征相同，仅尺寸、性能指标略有差别，但基本上不影响互换的产品，则标以同一序号。常用电阻器型号的各部分符号意义如表 1.2 所示。

表 1.2 电阻器型号组成、符号及意义

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
符号	意义	符号	意义	符号或数字	意义	序号
R	固定电阻	T	碳膜	1	普通	用数字表示序号。对主称、材料、特征相同，仅尺寸、性能指标略有差别，但基本上不影响互换的产品，则标以同一序号
		J	金属膜	2	普通或阻燃	
		Y	氧化膜	3或C	超高频	
		X	线绕	7或J	精密	
		M	压敏	G	高功率	
		R	热敏	L	测量用	
RP	电位器	H	合成碳膜	B	片式	
		J	金属膜	X	小型	
		Y	氧化膜	W	微调	
		X	线绕	D	多圈旋转精密	
		S	实芯	M	直滑精密	
		D	导电塑料	P	旋转功率	

在实际应用中，有时在第三部分或第四部分用数字表示额定功率、阻值、允许误差等。例如，RJ71-0.125-5.1kI 的含义为：R—电阻器、J—金属膜、7—精密、1—序号、0.125—额定功率、5.1k—标称阻值、I—误差 5%。又如，RPX2-1 的含义为：RP—电位器、X—线绕、2—额定功率、1—序号。

2. 电阻器的标号

电阻器的阻值及允许误差可用数字、字母（明文标号）或色环、色条、色点（国际彩码标号）来标明。当电阻器的几何尺寸较大时用明文标号，较小时用彩码标号。额定功率 1W 以下的电阻器，其额定功率一般不标注在电阻体上。额定功率 1W 以上的电阻器，其额定功率通常直接标注在电阻体上。

（1）彩码标号

国际彩码标号中，靠近电阻体某一端的色环为第一环，另一端为后一环，如图 1.13 所示。色环表示的意义如下。

第一环：电阻值的第一位数字。

第二环：电阻值的第二位数字。

第三环：在前面的两位数后面所乘上的乘数（10 的 n 次方）。

第四环：阻值允许的误差等级。

例如，图 1.13 所示的电阻器的色环标记从左到右为红、紫、棕、金，则该电阻器的标称阻值为 $27\Omega \times 10 = 270\Omega$ 、允许误差为 $\pm 5\%$ ，实际阻值范围为： $270\Omega \pm (270 \times 5\%)\Omega$ 。各种颜色对应的数字如表 1.3 所示。

如果电阻器上有五个色环标记，那么前三环表示电阻值的前三位数字，第四环表示应乘的乘数，而第五环则表示该电阻器的允许误差值。

精密金属膜电阻器制造时有六个色环，第六环表示温度系数 α 。 α 的数值由第六环颜色对应的数字乘以 10^{-6} 得出。

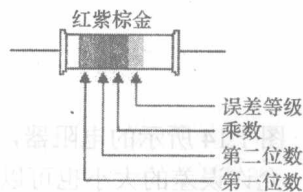


图 1.13 色环表示法

表 1.3

电阻色环说明

色 别	电阻值/ Ω			允许误差
	第 一 位 数	第 二 位 数	乘 数	
本色	—	—	—	$\pm 20\%$
银	—	—	10^{-2}	$\pm 10\%$
金	—	—	10^{-1}	$\pm 5\%$
黑	—	0	10^0	—
棕	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	10^3	—
黄	4	4	10^4	—
绿	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	10^8	—
白	9	9	10^9	—

(2) 明文标号

使用明文标号时, 只要电阻器的几何尺寸允许, 其标称阻值 (包括小数点)、允许的误差以及单位符号应充分表示出来。一般电位器都用明文标号, 此时表明电阻值为电位器可能取的最大电阻值。常用的明文标号有 3 种形式。

① 直标法

直接将阻值、允许误差标注在电阻体上。例如: $2.7k\Omega \pm 5\%$, 即表示该电阻的标称阻值为 $2.7k\Omega$ 、允许误差为 $\pm 5\%$ 。

② 符号法

如果缺少位置, 又要用明文标号, 可用缩写符号来表明标称阻值和允许误差。国际电工委员会 (IEC) 规定的标称阻值缩写形式如下

$$R10 = 0.1\Omega$$

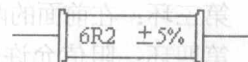
$$8R2 = 8.2\Omega$$

$$10R = 10\Omega$$

$$3k9 = 3.9k\Omega$$

$$1M0 = 1M\Omega$$

图 1.14 所示的电阻器, 其阻值为 6.2Ω , 允许误差为 $\pm 5\%$ 。



允许误差的大小也可以用字母来表示, 字母与允许误差的对应关系如表 1.4 所示, 常用的是 J、K。

图 1.14 明文标号

表 1.4

允许误差的字母符号表示

字 母	B	C	D	F	G	J	K	M
允许误差	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

③ 数码法

标称阻值还可以用数字来表示, 通常是 3 位数, 也有用 3 位以上的数, 单位为欧姆 (Ω)。

不管用几位数，最后一位数表示“0”的个数，即在前面数字后面所乘上的乘数（10的 n 次方）。例如271J，其中：“27”为有效数字，“1”表示“27”后面有1个“0”，即“271”表示“ $27 \times 10^1 = 270\Omega$ ”；J表示允许误差为 $\pm 5\%$ 。

3. 电阻器的选择

电阻器的选择应根据应用电路的具体要求而定。就材料而言，高频电路中通常选用电感和分布电容小的非线绕电阻器，如碳膜电阻器、金属氧化膜电阻器、金属膜电阻器等；电源电路中通常选用负荷能力较大的线绕电阻器。就阻值而言，应从规定系列中选择标称阻值最接近应用电路中计算阻值的电阻器，允许误差的选择一般为 $\pm 5\% \sim \pm 10\%$ ，在精密仪器和特殊电路中根据具体需要选择允许误差。就功率而言，应选择额定功率大于应用电路中可能承受的最大实际功率的电阻器，对功率有特殊要求时，电阻器的额定功率可高于实际功率的1~2倍。就电位器而言，选择时除考虑上述因素外，还要注意电位器的结构、规格、调节方式、阻值变化规律等。

C 1.2 直流电阻电路

电路指电流流过的路径，由电子元器件、电气设备等按一定方式连接而成。一个完整的电路可归纳为电源、负载、连接导线和开关4个组成部分，其中：电源提供电路所需的电能；负载消耗电能，可以是一只电阻、一把电烙铁，也可以是部分电路；连接导线将电源、负载、开关连接成一个整体；开关控制电路的通断。直流电阻电路指的是用直流电源提供电能，用电阻作为负载的电路。

1.2.1 简单直流电阻电路

1. 电路图

在实际应用中，通常用一些图形符号来表示构成电路的电子元器件、电气设备及其的连接方式，常用的图形符号如表1.5所示。

表 1.5 常用的图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号
直流电源		电灯		开关	
节点		公共点		电路接地	
电阻		电容		电感	
电流表		电压表		检流计	
电压源		电流源		交流电源	

用表 1.5 所示的图形符号构成的电路的图形称为电路图,如图 1.15 所示。电路图不仅可以指导工程技术人员完成施工,而且可以方便工程技术人员间的相互交流,并通过必要的分析、计算,设计出更加合理、适用的电路。本书在后续文中将用电路图来描述电路,不再区分电路与电路图之间的差别,应注意理解。

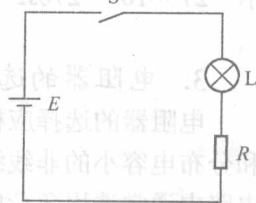


图 1.15 电路图

在图 1.15 所示的电路中,通过开关 S 的闭合、打开,电路有两个状态。一种状态是开关 S 断开时的断路状态(又称开路状态),此时电路中没有电流,但开关两端有电压,在实际应用中要特别注意,避免触电。另一种状态是开关 S 闭合时的通路状态,此时电路中有电流,电流的大小由电源和负载决定。电路中还有第三种状态:短路状态。短路是指不经过负载直接用导线将电源两端连在一起的情形,短路时电路中电流很大,极易损坏设备,甚至引起火灾,一般不允许出现。

在电路图中,有时用图 1.16 所示的图形符号表示不同额定功率的电阻器。一般对额定功率没有特别要求时,不标注;额定功率 1W 以上时,用文字直接标注。



图 1.16 不同额定功率电阻器的图形符号

2. 电阻串联电路

两个或两个以上元件首尾依次连接的方式称为串联,以这种方式连接成的电路称为串联电路,如图 1.17 所示。串联电路的基本特征是每个元件上流过的电流相等,在实际应用中主要起分压、限流等作用。

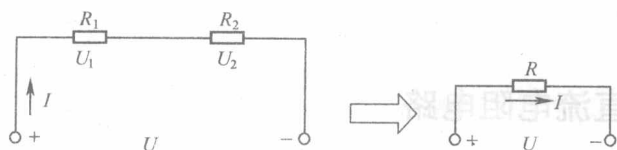


图 1.17 电阻串联电路

由图 1.17 可知,电阻串联电路的特点如下。

- (1) 每个电阻上流过的电流相等,且等于电路总电流。即

$$I = I_1 = I_2$$

- (2) 所有电阻阻值之和等于电路的总电阻值。也就是说,用一个阻值等于所有电阻阻值之和的电阻代替该串联电路中的电阻,不改变该串联电路的作用。即

$$R = R_1 + R_2$$

- (3) 每个电阻两端的电压之和等于电路的总电压,每个电阻两端的电压与电阻值成正比。即

$$U = U_1 + U_2$$

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$