

电子电路设计

快速入门

卢占秋 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电子电路设计

快速入门

主 编 卢占秋

副主编 潘广明 寇海军

参 编 洪立彬 纪 金 樊炳涛

赵 亮 许 良 张希希

张树敏 曹振华 张伯虎



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书详细讲解了电子电路设计的方法及技巧,并附有大量的设计实例。本书集模拟电路、数字电路、单片机的基础知识和设计技能为一体,每个单元利用一个普通的电路讲解电路的基本原理,将复杂问题进行分解,提供针对书中练习的解决方案,可帮助初学者和电子爱好者快速掌握电子电路设计的方法和技能。

本书分为四篇,第一篇为电子电路设计基础篇,讲述了通用元件及一些特殊元件的应用,印制电路板的设计和手工制作印制电路板的方法,手工焊接工艺及自动焊接技术等;第二篇为模拟电路设计篇,讲解了晶体三极管放大电路、反馈电路、运算放大器的使用、电源电路、振荡器电路、OTL 功放电路、有源滤波器的设计等;第三篇为数字电路设计篇,主要讲解了门电路与逻辑门电路、数字电路设计步骤及方法、数字电路设计与仿真软件简介及数字电路设计实例等;第四篇为单片机电路设计篇,讲解了单片机基础知识及输出接口电路、扩展电路的设计、电路设计举例等。

本书可以作为电子爱好者及电路设计人员阅读,也可作为大、中专院校开展电子制作和科技创新的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路设计快速入门 / 卢占秋主编. —北京: 中国电力出版社, 2014.6

ISBN 978-7-5123-5672-6

I. ①电… II. ①卢… III. ①电子电路—电路设计 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 050012 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 6 月第一版 2014 年 6 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 359 千字
印数 0001—3000 册 定价 29.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换
版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

电子技术可分为模拟电子技术、数字电子技术、软件应用技术三类，是一门非常抽象的学科，而掌握电子电路设计则是很多电子爱好者的梦想，为了帮助初学者和电子爱好者快速掌握电子电路设计的方法和技能，特编写此书。

本书的主要特点是每个单元利用一个普通的电路讲解电路的基本原理，将复杂问题进行分解，提供全面的针对书中练习的解决方案。本书集模拟电路、数字电路、单片机的基础知识和设计技能为一体，详细讲解了初学电子电路设计所需要掌握的内容。全书语言生动、平实、易懂；没有过多复杂的计算，也没有生涩的大理论，更没有读不懂的过程。只要了解欧姆定律的读者就可以在本书的引导下逐步掌握电子电路设计的知识。书中插图丰富，力求用图让读者形象地理解知识及过程，并加深印象。

本书分为四篇，第一篇（第一～三章）为电子电路设计基础篇，讲述了通用元件及一些特殊元件的应用技术，印制电路板的设计和手工制作印制电路板的方法，手工焊接工艺及自动焊接技术等内容；第二篇（第四、五章）为模拟电路设计篇，讲解了晶体三极管放大电路、反馈电路、运算放大器的使用、电源电路、振荡器电路、OTL 功放电路、有源滤波器的设计等内容；第三篇（第六～八章）为数字电路设计篇，主要讲解了门电路与逻辑门电路、数字电路设计步骤及方法、数字电路设计与仿真软件简介及数字电路设计实例等；第四篇（第九章）为单片机电路设计篇，讲解了单片机基础知识及输出接口电路、扩展电路的设计、电路设计举例等内容。本书附录部分还给出了大量的参考资料，供读者学习参考。

本书内容全面，结构合理，可以作为电子爱好者及电路设计人员阅读，也可作为大、中专院校开展电子制作和科技创新的参考书。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第一篇 电子电路设计基础篇

第一章 电子元器件	3
第一节 电阻器	3
第二节 电容器	7
第三节 电感器	11
第四节 半导体器件	14
第五节 晶闸管	20
第六节 场效应管	22
第七节 光电耦合器	27
第八节 开关、继电器与接插件	28
第九节 电声/声电器件	32
第十节 显示器件	35
第十一节 传感器	37
第十二节 集成电路	44
第十三节 稳压器件	47
第二章 印制电路板	56
第一节 印制电路板的概述	56
第二节 印制电路板设计	58
第三节 手工制作印制电路板的方法	64
第四节 印制电路板的制造工艺流程及其发展趋势	65
第五节 印制电路 CAD 简介	67
第三章 焊接技术	71
第一节 手工焊接工艺	71
第二节 自动焊接工艺	77

第二篇 模拟电路设计篇

第四章 模拟电路设计基础	83
第一节 三极管放大电路	83
第二节 反馈电路	86

第三节	运算放大器的使用	88
第四节	模拟电路设计步骤及注意事项	91
第五章	模拟电路设计实例	94
第一节	电源电路的设计	94
第二节	振荡器电路设计	104
第三节	音频功率放大器设计	110
第四节	有源滤波器的设计	118

第三篇 数字电路设计篇

第六章	数字电路基础	125
第一节	基本逻辑门电路简介	125
第二节	TTL 门电路与 MOS 门电路	127
第三节	常用数字集成电路简介	136
第七章	数字电路设计方法	139
第一节	数字电路的设计步骤及方法	139
第二节	数字电路设计与仿真软件简介	141
第八章	数字电路设计实例	142
第一节	数字表电路设计	142
第二节	数字频率计的设计	145
第三节	电子节拍器的设计	148
第四节	抢答器的设计	150

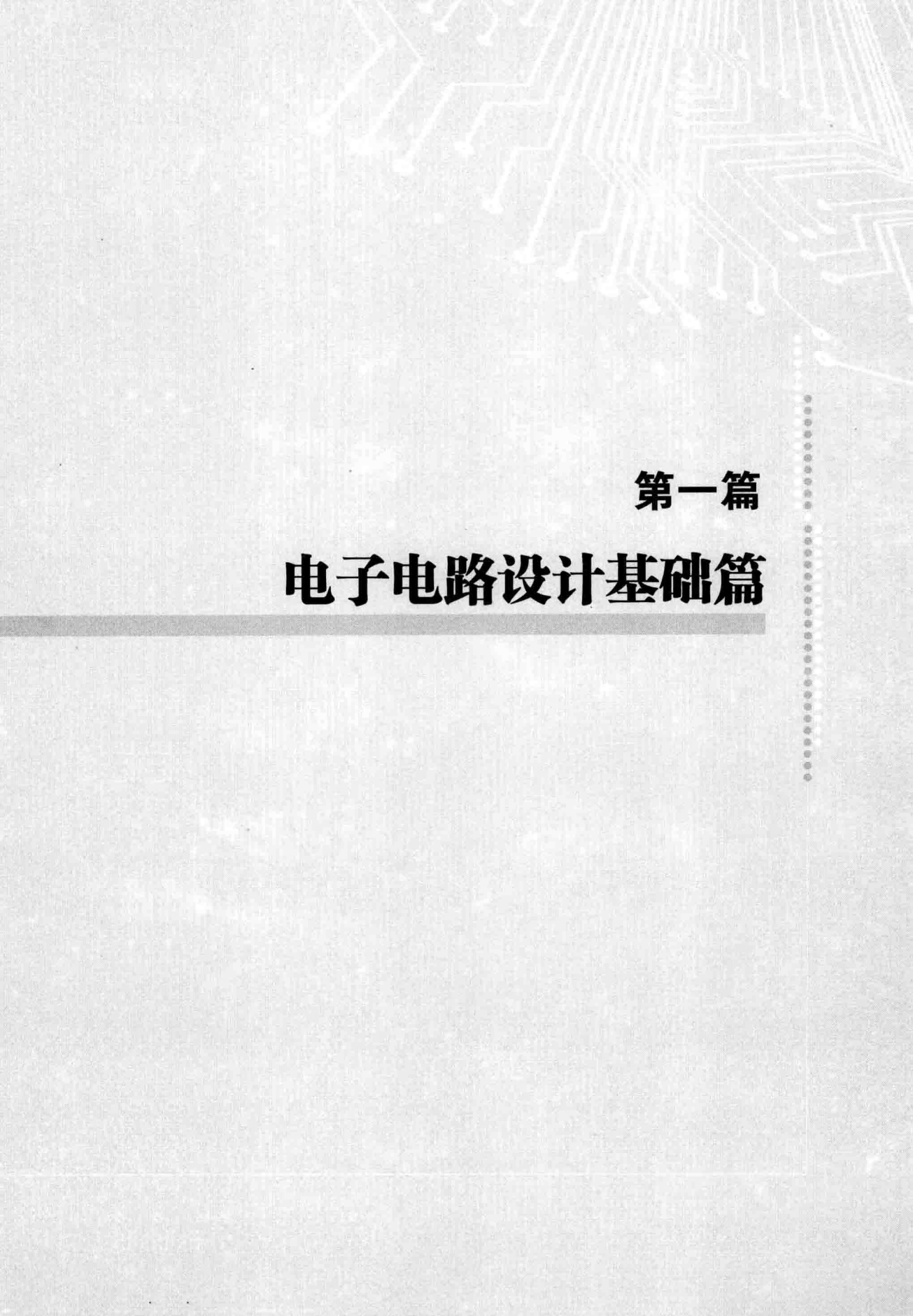
第四篇 单片机电路设计篇

第九章	单片机电路设计	157
第一节	软件（汇编语言）设计简介	157
第二节	输入接口电路	159
第三节	输出接口电路	168
第四节	并行 I/O 口扩展电路的设计	179
第五节	电路设计举例	182

附 录

附录 A	半导体器件的命名方法	198
附录 B	国产半导体集成电路型号命名法	200

附录 C	日、韩产硅小功率三极管参数表	201
附录 D	模拟集成运算放大器国内外型号对照表	202
附录 E	常用 TTL（74 系列）数字集成电路型号及引线排列	204
附录 F	常用 CMOS（C000 系列）数字集成电路型号及引线排列	205
附录 G	常用 CMOS（CC4000 系列）数字集成电路国内外型号对照及引线排列	206



第一篇

电子电路设计基础篇

第一章

电子元件

第一节 电 阻 器

电阻器是电子设备中应用最多的元件，利用自身消耗电能的特性，在电路中起降压、阻流等作用。

一、固定电阻器

1. 固定电阻器符号

固定电阻器是一种最基本的电子元件。电阻的文字符号为“R”，符号及外形如图 1-1 所示。

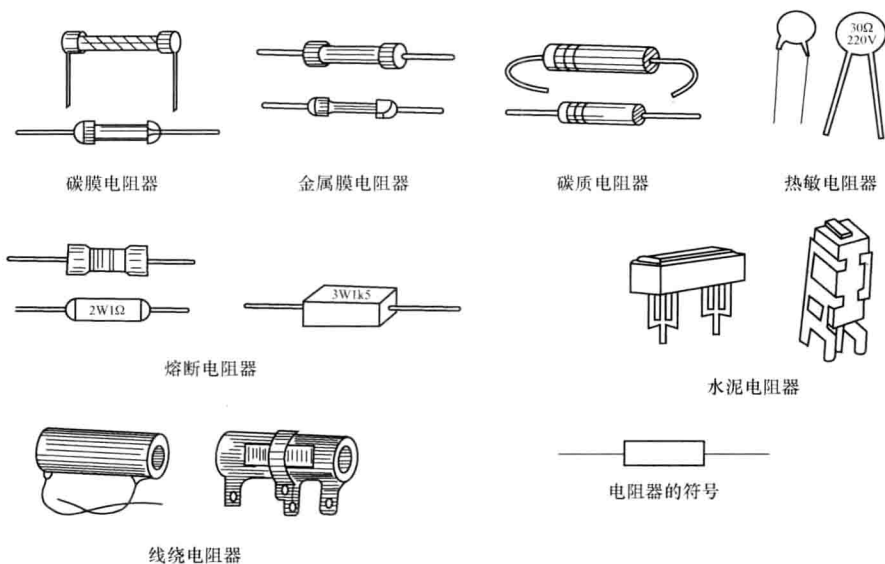


图 1-1 各种电阻器的电路符号和外形

2. 电阻器的种类

电阻器的分类方法有多种，习惯上按其主要性能和使用特征来划分，有以下几种：

(1) 普通电阻器：这是应用十分之泛的一种电阻器，它的性能参数已能满足一般用电器的使用要求。

(2) 精密电阻器：这类电阻器在家电设备中应用不多，它的特点是电阻值的精度高，而且工作稳定性很好，多用于仪器仪表等精密电路。

(3) 固定电阻器：根据制造材料和结构的不同，又可分为碳膜电阻（RT 型）、金属膜电阻（RJ

型)、有机实心电阻(RS型)、线绕电阻(RX型)等。其中,碳膜电阻和金属膜电阻在电路中应用最多。

3. 电阻器的参数

(1) 标称阻值:简称阻值,基本单位是 Ω (欧姆)。常用的单位还有 $k\Omega$ (千欧)和 $M\Omega$ (兆欧),为千进制。标称值的表示方法有直标法、色标法、文字符号法和数字法。

1) 直标法:在一些体积较大的电阻器身上,直接用数字标注出标称阻值,有的还直接标出允许偏差。由于电阻器体积大,标注方便,对使用者来讲也方便,一看便能知道阻值大小。

2) 色标法:用色环或色点(大多用色环)来表示电阻器的标称阻值、误差。色环有四道环和五道环两种,在读色环时从电阻器引脚离色环最近的一端读起,依次为第一道、第二道……目前,常见的是四道色环电阻器。在四道色环电阻器中,第一、二道色环表示标称阻值的有效值,第三道色环表示倍乘,第四道色环表示允许偏差。各色环的含义见表 1-1。

表 1-1 色 码 含 义

颜 色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
表示数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10^{-3}	10^{-2}	
表示偏差(%)	± 1	± 2	± 3	± 4							± 5	± 10	± 20

例:色环颜色顺序为红、黑、橙、银,则该电阻器标称阻值为 $20 \times 10^3 \Omega \times (1 \pm 10\%)$,即 $20k\Omega \times (1 \pm 10\%)$ 。

色环颜色顺序为绿、蓝、红、银,则该电阻器标称阻值为 $56 \times 10^2 \Omega \times (1 \pm 10\%)$,即 $5.6k\Omega \times (1 \pm 1\%)$ 。

在五道色环电阻器中,前三道表示有效值,第四道为倍乘,第五道为允许偏差。这是精密电阻器表示方式,有效数为三个数。

快速记忆法:对于四道色环电阻,以第三道色环为准记忆其阻值的范围。如第三环为银色,则为 $0.1 \sim 0.99\Omega$;金色为 $1 \sim 9.9\Omega$;黑色为 $10 \sim 99\Omega$;棕色为 $100 \sim 990\Omega$;红色为 $1k\Omega \sim 99k\Omega$;橙色为 $10k\Omega \sim 99k\Omega$;黄色为 $100k\Omega \sim 990k\Omega$;绿色为 $1M\Omega \sim 9.9M\Omega$ 。对于五环电阻,则以第四环为准来记忆,规律同四道色环电阻。但应注意,由于五环电阻为精密电阻,体积太小时,无法识别哪端是第一环,所以对色环电阻阻值的识别必须用万用表测出。

3) 文字符号法:把电阻的标称阻值和允许误差用数字和文字符号按一定规律标在电阻上。单位词头字母符号的含义见表 1-2。

表 1-2 单位词头字母符号含义

文字符号代表的单位		文字符号代表误差	
		文字符号	误差(%)
文字符号	单 位	G	1
R	Ω	J	2
K	$k\Omega$	K	10
M	$M\Omega$	M	20

4) 数字法:即用三位数字表示电阻值(常见于电位器、微调电位器及贴片电阻)。识别时由左向右,第一位与第二位为有效数字,第三位是有效值的倍乘或 0 的个数,单位 Ω 。

快速记忆法同色环电阻，即第三位数为 1 则为几点几欧，为 2 则为几点几千欧，为 3 则为几十几千欧，为 4 则为几百几十千欧，为 5 则为几点几兆欧……

(2) 额定功率：额定功率是指在特定环境温度范围内所允许承受的最大功率。在该功率限度以内，电阻器可以正常工作而不会改变其性能，也不会损坏。电阻额定功率的标注方法如图 1-2 所示。

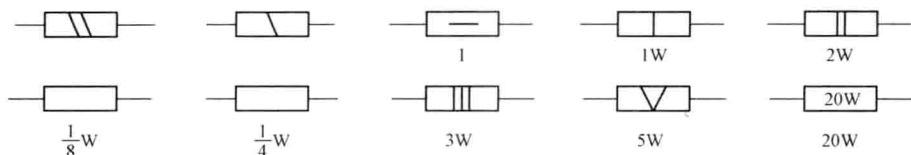


图 1-2 电阻功率标注方法

(3) 电阻温度系数：当工作温度发生变化时，电阻器的阻值也将随之相应变化，这对一般电阻器来说是不希望发生的。电阻温度系数用来表征电阻器工作温度每变化 1°C 时其阻值的相对变化量。显然，该系数愈小愈好。电阻温度系数根据制造电阻的材料不同，有正系数和负系数两种。前者随温度升高阻值增大，后者随温度升高阻值下降。热敏电阻器就是利用其阻值随温度变化而变化这一性能制成的一种电阻器。

二、可变电阻器

可变电阻器分为微调电阻器和电位器，它是一种阻值可连续变化的电阻器，它的优点是在电路中可方便地调整阻值，以获得最佳的电路特性。由于阻值可变化，省去了更换不同阻值电阻器的麻烦。

1. 可变电阻器的符号、外形及种类

常用可变电阻器的电路符号及外形如图 1-3 所示。

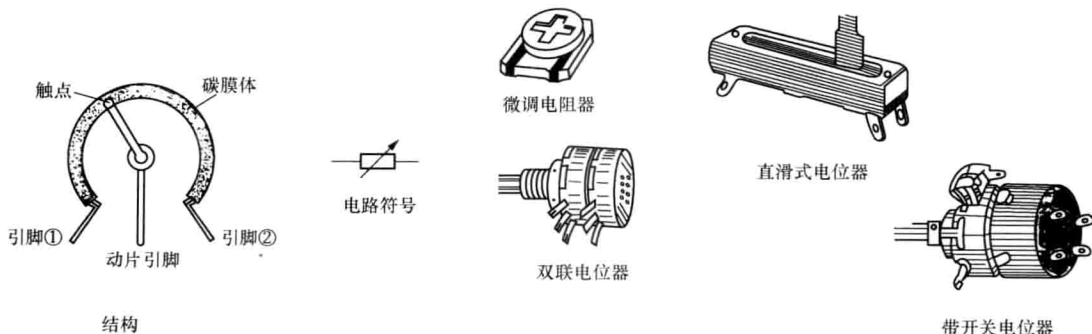


图 1-3 可变电阻器电路符号及外形

可变电阻器的结构和电阻值变化的原理可用图 1-3 所示的结构图来说明。从图中可以看出，它的两根固定引脚接在碳膜体两端，碳膜体是一个电阻体，在两根引脚之间有一个固定的电阻值。动片引脚上的触点可以在碳膜上滑动，这样动片引脚与两固定引脚之间的阻值将发生大小改变。当动片触点顺时针方向滑动时，动片引脚与引脚①之间阻值增大，与引脚②之间阻值减小；反之，动片触点逆时针方向滑动，引脚间阻值反方向变化。在动片触点滑动时，引脚①、②之间的阻值是不变化的，但是若动片引脚与引脚②或引脚①相连通后，动片触点滑动时引脚①、②之间的阻值便发生改变。可变电阻器的阻值是指两个固定引脚之间的

电阻值，也就是可变电阻器可以达到的最大电阻值，可变电阻器的最小阻值为零。可变电阻器的阻值直接标在电阻器上。

电位器的分类方法很多，种类也相当的繁多，是多种电器控制中的调整元件。

图 1-3 带开关的电位器是组合电位器，其中三根引脚装置在一处，两根引脚为固定引脚，一根为动片引脚，开关引脚装置在另一处，通常是装在电位器的背面。这种带开关的电位器，在转柄旋到最小位置后再旋转一下，便将开关断开。在开关接通之后，调节电位器过程中对开关便没有影响，一直处于接通状态。图 1-3 中双联旋转式电位器又有同心同轴（调整时两个电位器阻值同时变化）和同心异轴（单独调整）之分。直滑式电位器的特点是操纵柄往返做直线式滑动，滑动时可调节电阻值。

2. 主要参数

电位器的具体参数很多，下面仅介绍几项十分重要的参数。

（1）电阻值：电位器的电阻值也是指电位器两固定引脚之间的电阻值，这跟碳膜体阻值有关。电阻值参数采用直标法标在电位器的外壳上。

（2）动噪声：电位器的噪声主要包括热噪声、电流噪声和动噪声。前两者是指电位器动片触点不动时的电位器噪声，这种噪声与其他元器件中的噪声一样，是碳膜体（电阻体）固有噪声，又称为静噪声，静噪声相对动噪声而言，其有害影响不大。

动噪声是指电位器动片触点滑动过程中产生的噪声，这一噪声是电位器的主要噪声。动噪声的来源也有六七种，但主要的产生原因是动片触点接触电阻大（接触不良）、碳膜体结构不均匀、碳膜体磨损、动片触点与碳膜体的机械摩擦噪声等。

（3）额定功率：电位器的额定功率同电阻器的额定功率一样，在使用中若运用不当也会烧坏电位器。

三、其他电阻器

1. 热敏电阻器

热敏电阻器是一种用半导体材料制成的测温元件，它的热敏材料由锰、镍、钴等多种金属氧化物粉末按一定比例混合烧结而成，目前广泛应用的是正温度系数热敏电阻器和负温度系数热敏电阻器。电路符号如图 1-4（a）所示。

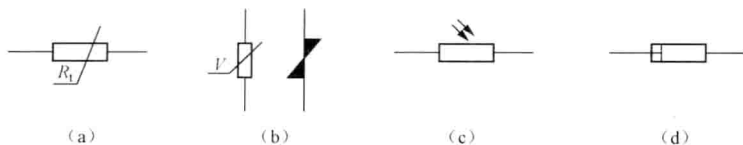


图 1-4 几种特殊电阻器的电路符号

（a）热敏电阻器；（b）压敏电阻器；（c）光敏电阻器；（d）保险电阻器

（1）正温度系数热敏电阻。正温度系数的热敏电阻器，又称 PTC，它的阻值随温度升高而增大，可应用到各种电路中，与负载串联。

电阻器常见阻值规格（常温）有 12Ω 、 15Ω 、 18Ω 、 22Ω 、 27Ω 、 40Ω 等。不同电路，所选用的电阻器也不一样。

（2）负温度系数热敏电阻器。负温度系数热敏电阻器（NTC）是采用电子陶瓷工艺制成的热敏半导体陶瓷组件，它的电阻值随温度升高而降低，具有灵敏度高，体积小，反应速度快、使用方便的特点。NTC 热敏电阻器具有多种封装形式，能够很方便地应用到各种电路中。与其他元件并联可用作保护电路等。

2. 压敏电阻器

压敏电阻器是利用半导体材料的非线性特性制成的一种特殊电阻器。当压敏电阻器两端施加的电压达到某一临界值（压敏电压）时，压敏电阻器的阻值就会急剧变小。压敏电阻器的电路符号如图 1-4（b）所示。

压敏电阻器的主要特性：当两端所加电压在标称额定值内时，它的电阻值几乎为无穷大，处于高阻状态，其漏电流 $\leq 50\mu\text{A}$ ；当它两端的电压稍微超过额定电压时，其电阻值急剧下降，立即处于导通状态，反应时间仅在纳秒级，工作电流急剧增加，从而有效地保护电路。

3. 光敏电阻器

有些半导体（如硫化镉等）在黑暗的环境下，其电阻值是很高的。当受到光照时，光子能量将激发出电子，导电性能增强，使阻值降低，且照射的光线愈强，阻值也变得愈低。这种由于光线照射强弱而导致半导体电阻值变化的现象称为光导效应。光敏电阻器是利用半导体光导效应制成的一种特殊电阻器，是一种能够将光信号转变为电信号的元件。用光敏电阻器制成的器件又叫做“光导管”，是一种受光照射导电能力增加的光敏转换器件。光敏电阻器的电路符号如图 1-4（c）所示。根据制作光敏层所用的材料，光敏电阻器可以分为多晶光敏电阻器和单晶光敏电阻器。根据光敏电阻器的光谱特性，又可分为紫外光敏电阻器、可见光光敏电阻器和红外光光敏电阻器。

紫外光光敏电阻器对紫外线十分灵敏，可用于探测紫外线。常见的有硫化镉和硒化镉光敏电阻器。

可见光光敏电阻器有硒、硫化镉、硫硒化镉和碲化镉、砷化镓、硅、锗、硫化锌光敏电阻器等，可用于各种光电自动控制系统、照度计、电子照相机、光报警等装置中。

红外光光敏电阻器有硫化铅、碲化铅、硒化铅、铋化铟、碲锡铅、锗掺汞、锗掺金等光敏电阻器。它广泛地应用于导弹制导、卫星监测、天文探测、非接触测量、气体分析和无损探伤等领域。

4. 保险电阻器

保险电阻器有电阻和保险熔丝的双重作用。当过电流使其表面温度达到 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 时，电阻层便剥落而熔断，故保险电阻器可用来保护电路中其他元件，使其免遭损坏，以提高电路的安全性和经济性。

保险电阻器一般以低阻值（几欧~几十欧）、小容量（ $1/8\sim 1\text{W}$ ）为多。它可用于电源电路中，电路符号如图 1-4（d）所示。

第二节 电 容 器

电容器也是电子电路中一个十分常用的元件。简单地讲，电容器是储存电荷的容器。电容器能储存电荷，在这一点上与电阻器不同，理论上讲电容器对电能无损耗，而电阻器则是通过自身消耗电能来分配电能的。

一、固定电容器

1. 符号及特点

固定电容器通用文字符号用 C 来表示，电路符号及外形如图 1-5 所示，固定电容器由金属电极、介质层和电极引线组成，各种字母所代表的介质材料见表 1-3。由于在两块金属电极之间夹有一层绝缘的介质层，所以两电极是相互绝缘的。这种结构特点就决定了固定电容器具有“隔直流通交流”的基本性能。直流电的极性和电压大小是一定的，所以不能通过电容器，而交流电的极性和电压的大小是不断变化的，能使电容器不断地进行充放电，形成充放电电流。所以从这个

意义上说，认为交流电可以通过电容器。

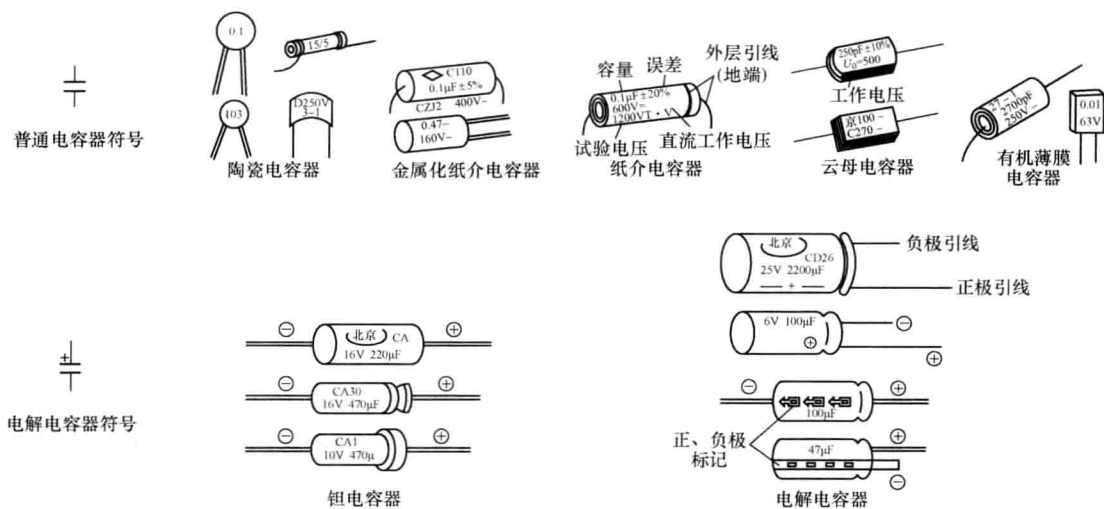


图 1-5 固定电容器符号及外形

表 1-3 各种字母所代表的介质材料

字 母	电容器介质材料	字 母	电容器介质材料
A	钽电解	L (LS)	聚酯等极性有机薄膜 (常在 L 后再加一字母区分具体材料)
B (BB、BF)	聚苯乙烯等非极性薄膜 (常在 B 后再加一字母区分具体材料)	N	铌电解
C	高频陶瓷	O	玻璃膜
D	铝 (普通电解)	Q	漆膜
E	其他材料电解	S、T	低频陶瓷
G	合金	V、X	云母纸
H	纸膜复合	Y	云母
I	玻璃铈	Z	纸制
J	金属化纸介		

2. 主要性能参数

电容器性能参数有许多，下面介绍几项常用的参数。

(1) 电容量：不同的电容器储存电荷的能力也不相同。通常把电容器外加 1V 直流电压时所储存的电荷量称为该电容器的容量。基本单位为法拉 (F)。但实际上，法拉是一个很不常用的单位，因为电容器的容量往往比 1F 小得多，常用微法 (μF)、纳法 (nF)、皮法 (pF) 等。它们的关系是：1 法拉 (F) = 10⁶ 微法 (μF)，1 微法 (μF) = 1000 纳法 (nF) = 10⁶ 皮法 (pF)。

电容器的电容值标示方法主要有以下三种：

1) 直标法：用数字和字母把规格、型号直接标在外壳上，该方法主要用在体积较大的电容器上。通常用数字标注容量、耐压、误差、温度范围等内容；而字母则用来表示介质材料、封装形式等内容。字母通常分为四部分：第一部分字母通常固定为 C，表示电容器；第二位字母标示介质材料，各种字母所代表的介质材料见表 1-3；第三位用数字标示容量；第四位用字母标示误差，见表 1-4。

直接法中，常把整数单位的“0”省去，如“.22μF”表示0.22μF；有些用R表示小数点，如R33μF则表示0.33μF。

表 1-4 各字母代表偏差

字 母	允许偏差	字 母	允许偏差	字 母	允许偏差
X	±0.001%	G	±2%	C	±0.25%
E	±0.005%	J	±5%	K	±10%
L	±0.01%	P	±0.02%	M	±20%
D	±0.5%	W	±0.05%	N	±30%
F	±1%	B	±0.1%	不标注	±20%

2) 文字符号法：采用字母和数字两者结合的方法来标注电容器的主要参数。其中容量有两种标注法：一是省略F，用数字和字母结合进行表示，如10p代表10pF，3.3μ代表3.3μF，3p3代表3.3pF，8n2代表8200pF；二是用3位数字表示，其中第一、二位为有效数字位，表示容量值的有效数，第三位为倍速率，表示有效数字后的零的个数，电容量的单位为pF。例如，203表示容量为 $20\times10^3\text{pF}=0.02\mu\text{F}$ ；222表示容量为 $22\times10^2\text{pF}=2200\text{pF}$ ；334表示容量为 $33\times10^4\text{pF}=0.33\mu\text{F}$ ；等等，此法与电阻器的3位数码标注法相似，不再多述。

文字符号法通常不用小数点，而是用单位将整数与小数部分隔开，如2p2=2.2pF；M33=0.33μF；6n8=6800pF。另外，如果第三位数为9，表示 10^{-1} ，而不是 10^9 ，如479表达为 $47\times10^{-1}\text{pF}=4.7\text{pF}$ 。

3) 色标法：电容器的色标法与电阻器相似，单位一般为pF。对于圆片或矩形片状等电容器，非引线端部的一环为第一色环，以后依次为第二色环、第三色环……色环电容的容量表示也分四环或五环，某些电容还有第六环，但距离较远。第五环或第六环这两环往往代表电容特性或工作电压；第一、第二（三、五色环）环是有效数字；第三（四、五色环）环是后面加的“0”的个数；第四（五、五色环）环是误差。各色环代表的数值与色环电阻器一样，单位为pF。另外，若某一道色环的宽度是标准宽度的2倍或3倍宽，则表示这是相同颜色的2道或3道色环。

快速记忆法：前两环为有效数字，第三环为所加零数，则黑色为10~99pF；棕色为100~990pF；红色为1000~9900pF，橙色为0.01~0.09μF；黄色为0.1~0.9μF；绿色为1~9.9μF。

贴片电容容量的识别：由于贴片电容体积很小，故其容量标注方法与普通电容有些差别。贴片电容的容量代码通常由3位数字组成，单位为pF，前两位是有效数，第三位为所加“0”的个数，若有小数点则用“R”表示。常用贴片电容容量的识别见表1-5。

表 1-5 常用贴片电容容量的识别法

代码	100	102	222	223	104	224	1R5	3R3
容量	10pF	1000pF	2200pF	0.022μF	0.1μF	0.22μF	1.5pF	3.3pF

(2) 耐压：指电容器在电路中长期有效地工作而不被击穿所能承受的最大直流电压。对于结构、介质、容量相同的元件，耐压越高，体积越大。

在交流电路中，电容器的耐压值应大于电路电压的峰值，否则可能被击穿，耐压的大小与介质材料有关。当电容器两端的电压超过了它的额定电压，电容器就会被击穿损坏。一般电解电容的耐压分挡为6.3V、10V、16V、25V、50V、160V、250V等。

(3) 误差：实际电容量与标称电容量允许的最大偏差范围就是误差。误差一般分为3级：Ⅰ级为±5%，Ⅱ级为±10%，Ⅲ级为±20%。在有些情况下，还有0级，误差为±2%。精密电容

器的允许误差较小，而电解电容器的误差较大，它们采用不同的误差等级。

(4) 绝缘电阻：绝缘电阻用来表明漏电大小。一般小容量的电容，绝缘电阻很大，在几百兆欧或几千兆欧。电解电容的绝缘电阻一般较小。相对而言，绝缘电阻越大越好，漏电也小。

(5) 温度系数：在一定温度范围内，温度每变化 1°C ，电容量的相对变化值。温度系数越小越好。一般工作温度范围为 $-55\sim+125^{\circ}\text{C}$ 。

(6) 容抗：指电容对交流电的阻碍能力，单位为欧，用 X_c 表示。 $X_c=1/(2\pi fC)$ 。 X_c 为容抗； f 为频率，单位为赫兹 (Hz)； C 为容量，单位为法拉 (F)。由上式可知，频率越高，容量越大，则容抗越小。

二、可变电容器

可变电容器种类很多，常见的几种为单联可变电容器、双联可变电容器和微调电容器，如图 1-6 所示。

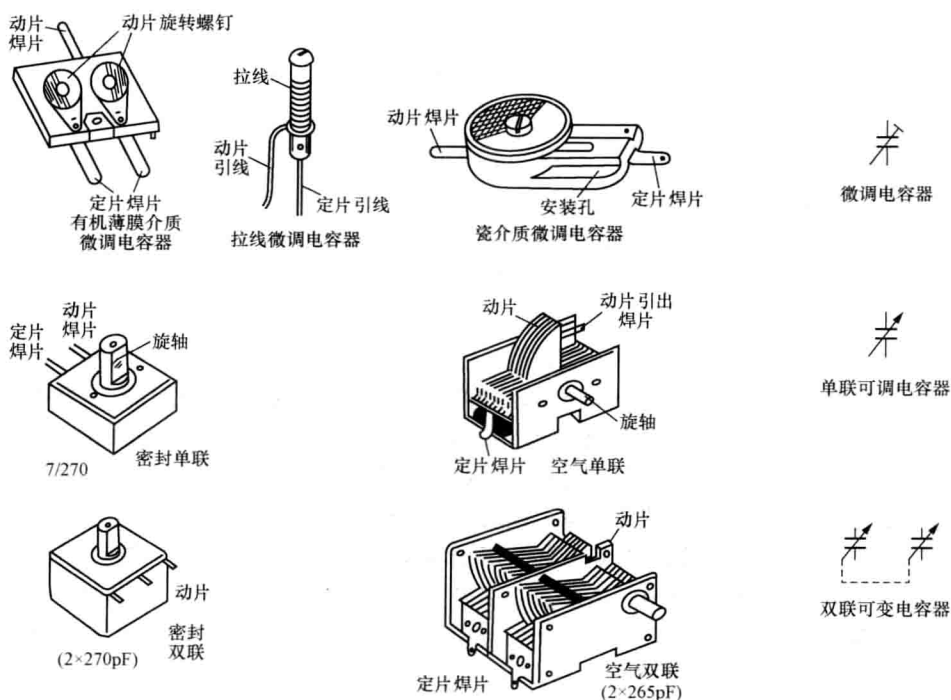


图 1-6 可变电容器的符号及外形

可变电容器由一组动片和一组定片及转轴等组成，改变动片与定片的相对位置，从而调整了电容器电容量的大小。将动片组全部旋出，电容量最小；将动片组全部旋入，电容量最大。在电路图中，可变电容器符号旁要求标出容量。例如 7/270p，这表示当旋动转轴时，单联可变电容器的容量可以在 $7\sim 270\text{pF}$ 变化，而此电容器的最小容量是 7pF ，最大容量是 270pF 。双联可变电容器由两组动片和两组定片及转轴组成，四联可变电容器由四组动静片组成。由于双联可变电容器的动片安装在同一根转轴上，所以当旋转转轴时，双联动片组同步转动（转动的角度相同），两组的电容量可同时进行调整。如果双联最大容量相同，称为等容双联可变电容器，容量值用最大容量乘以 2 来表示。例如， $2\times 270\text{pF}$ ，表示双联最大容量均为 270pF 。如果双联最大容量不相同，则称为差容双联可变电容器，用双联最大容量值表示，如 $60/127\text{pF}$ ，表示此差容双联可变电容器的一联最大容量为 60pF ，而另一联的最大容量则为 127pF 。