

D XUEHUI
IANZI DIANLU SHEJI
JIU ZHEME
RONGYI

学会

电子电路设计 就这么容易

■ 张小红 主编 ■ 卢占秋 白润峰 副主编



一看就懂 一学就会

助你全面掌握电子电路设计



化学工业出版社

D XUEHUI
DIANZI DIANLU SHEJI
JIU ZHEME
RONGYI

学会
电子电路设计
就这么容易

■ 张小红 主编 ■ 卢占秋 白润峰 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合作者多年来的教学和设计实践经验,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,把学习电子电路设计所需要掌握的方法和技能尽揽其中。书中全面介绍了各种电子元器件、电路设计基础电路、设计任务与设计流程、印制电路板设计、焊接技术、调试技术、模拟电路设计等内容,既有理论基础知识,又有大量电路实例和技能技巧。只要知道欧姆定律的朋友就可以在本书的引导下掌握电子电路的设计知识。

全书内容全面,结构合理,既适合初学者阅读,也适合作为职业院校电子类及相关专业的教材使用,还可作为电子技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

学会电子电路设计就这么容易/张小红主编. —北京:
化学工业出版社, 2014. 11
ISBN 978-7-122-21704-2

I. ①学… II. ①张… 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 203361 号



责任编辑:刘丽宏
责任校对:王素芹

文字编辑:陈喆
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张13½ 字数366千字 2015年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言

电子技术的应用已经深入到人们的生活之中，越来越多的人加入到了电子技术人员的行列。电子技术经历了电子管、半导体晶体管、集成电路、超大规模集成电路等发展阶段。电子技术是一项技术性很强的工作，要求从业人员既有较高的理论知识水平，又有较强的动手能力。

本书作者团队长期从事电子技术理论教学和实习指导工作，为了帮助读者轻松掌握电子电路设计的方法和技能，编写了本书。

电子电路的内容多、难度大，没有基础的朋友一时可能不知道从哪里开始学习、如何开始学习。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，把学习电子电路设计所需要掌握的方法和技能表现得淋漓尽致。书中全面介绍了各种电子元器件、电路设计基础电路、设计任务与设计流程、印制电路板设计、焊接技术、调试技术、模拟电路设计等内容，既有理论基础知识，又有大量电路实例和技能技巧。只要知道欧姆定律的朋友就可以在本书的引导下掌握电子电路的设计知识。

本书由张小红主编，卢占秋、白润峰副主编，参加编写的还有刘炳海、李蕊、宋占坡、朱翠芳、孟丽丽、田丽、孙艳、安俊芳等。全书由张伯虎审核。

在本书编写过程中，得到了相关同事朋友的热心帮助，在此对参与本书编写及校对的相关工作人员表示感谢。同时本书参考了部分资料的内容，在此一并表示衷心的感谢！

由于水平所限，书中不足之处难免，请读者批评指正。

编者

目录



第一章 电子元器件识别与检测	1
第一节 电阻器件	1
一、固定电阻器	1
二、可变电阻器	3
三、其他电阻器	4
第二节 电容器器件	5
一、固定电容	5
二、可变电容	8
第三节 电感器与变压器器件	9
一、电感器	9
二、变压器	10
第四节 晶体管器件	12
一、晶体二极管	12
二、晶体三极管	14
第五节 晶闸管器件	17
一、晶闸管的种类及参数	17
二、单向晶闸管	18
三、双向晶闸管	19
第六节 光电耦合器件	20
一、种类及结构	20
二、基本工作特性	20
第七节 显示器件	21
一、数码管	21
二、液晶显示器件	22
第八节 传感器器件	23
一、气体传感器	23
二、热释红外线传感器	24
三、温度传感器	25
四、霍尔元件磁电传感器	27
第九节 集成电路器件	29
一、集成电路种类及引脚识别	29
二、集成电路检测	31

第二章 电路设计与制作基础	32
第一节 电路设计流程	32
一、电子产品研制的一般过程	32
二、画电路图及生成 PCB 图	33
三、印制电路板的制作	34
四、元器件的准备	34
五、装配、调试与指标测量	34
六、工艺技术文件的编写	35
七、样机制作及鉴定	35
第二节 电子电路系统设计基本原则和设计内容	35
一、电子电路系统设计的基本原则	35
二、电子电路设计的内容	36
三、电路设计的一般过程	37
四、电子电路设计的方法	40
第三章 印制电路板设计与制作	42
第一节 印制电路板概述	42
一、印制电路板的类型和特点	42
二、覆铜板的种类及选用	43
三、印制电路板的组装方式	44
第二节 印制电路板设计	44
一、印制电路板设计要求	44
二、印制电路板设计步骤及注意事项	45
三、印制电路板与外电路的连接	50
第三节 手工制作印制电路板的方法	51
第四节 印制电路板的制造工艺流程	53
第五节 印制电路 CAD	55
第四章 电子电路焊接技术	58
第一节 手工焊接工艺	58
一、焊接工具及焊接材料	58
二、手工焊接方法	61
三、焊接质量的检查及拆焊	62
第二节 印制电路板的自动焊接	64
一、波峰焊	64
二、再流焊	65
第五章 电子电路调试技术	66
第一节 调试前的准备	66
一、技术文件与被测电路的准备	66
二、测试设备、仪表及工具的准备	67

三、调试的安全措施	67
第二节 电子电路调试方法及步骤	67
一、调试电子电路的一般方法	67
二、调试电子电路的一般步骤	68
三、电子电路调试过程中的注意事项	69
四、故障诊断的一般方法	69
<hr/>	
第六章 模拟电路设计基础	70
<hr/>	
第一节 晶体三极管放大电路	70
一、常见三极管放大电路类型	70
二、三极管放大电路直流工作点的估算	71
第二节 反馈电路	72
一、反馈的基本类型	72
二、反馈类型的判断	72
三、反馈电路的应用	73
第三节 运算放大器的使用	74
一、运算放大器的类型及选择	75
二、运算放大器的基本应用电路	75
第四节 模拟电路设计步骤及注意事项	77
一、模拟电路设计步骤	78
二、模拟电路设计注意事项	79
<hr/>	
第七章 模拟电路设计实例	80
<hr/>	
第一节 电源电路设计	80
一、电源电路组成	80
二、分立元件的串联调整型稳压电源设计	81
三、采用集成稳压器的直流稳压电源	87
四、小型开关电源设计	91
第二节 振荡器电路设计	91
一、典型的晶体管振荡器电路	92
二、实用的振荡器电路	96
第三节 音频功率放大器设计	98
一、功放电路设计特点及连接	98
二、OTL 功放电路设计	100
三、OCL 功放电路设计	102
四、集成功率放大器电路设计	103
第四节 有源滤波器的设计	105
一、滤波器的组成及特性	105
二、二阶有源低通滤波器	105
三、二阶有源 HPF	106
四、二阶有源带通滤波器	107
第五节 综合电路设计调试实例	108
一、负反馈放大电路的设计	108

二、扩音机电路设计	114
第八章 数字电路基础	122
第一节 基本逻辑门电路	122
一、与门	122
二、或门	123
三、非门	124
第二节 TTL 门电路与 MOS 门电路	125
一、TTL 门电路	125
二、MOS 门电路	129
三、常用数字集成电路简介	132
第三节 数字电路设计步骤及方法	134
一、数字电路的设计步骤	134
二、数字电路的设计方法	135
三、数字电路设计与仿真软件	136
第九章 数字电路设计实例	138
第一节 数字表电路设计	138
一、设计任务和基本要求	138
二、设计方案	138
三、设计电路	139
第二节 数字频率计设计	141
一、设计任务和基本要求	141
二、设计方案	141
三、设计电路	142
第三节 电子节拍器设计	144
一、设计任务和基本要求	144
二、设计方案	144
三、设计电路	146
第四节 抢答器设计	147
一、设计任务和基本要求	147
二、控制电路与主持人复位电路	149
第五节 双色三循环方式彩灯控制器的设计	150
一、设计任务和要求	150
二、基本原理	151
三、计数器和译码器	151
四、设计过程及工作原理	152
五、仿真分析	155
六、调试要点	156
第十章 单片机电路设计	158
第一节 汇编语言设计	158
一、汇编语言	158

二、汇编语言设计基础	159
第二节 输入接口电路	161
一、各种传感器输入电路	161
二、键盘输入电路	165
第三节 输出接口电路	168
一、单片机与数码管的电路连接	168
二、单片机与点阵型液晶显示器件的电路连接	175
三、单片机与各种继电器的电路连接	176
第四节 并行 I/O 口扩展电路的设计	178
一、并行 I/O 口的扩展方法	178
二、外部三总线扩展	178
第五节 电路设计举例	179
一、单片机制作的密码控制器	179
二、单片机与 RS-232 通信电路	182
三、单片机控制 I ² C 总线	184
四、单片机多路彩灯控制器	192
五、电子日历钟电路	193
附录一 半导体器件的命名方法	196
附录二 国产半导体集成电路型号命名法	199
附录三 模拟集成运算放大器国内外型号对照表	200
附录四 常用 TTL (74 系列) 数字集成电路型号及引线排列表	202
附录五 常用 CMOS (C000 系列) 数字集成电路型号及引线排列表	204
附录六 常用 CMOS (CC4000 系列) 数字集成电路国内外型号对照及引线排列表	206
<hr/> 参考文献	<hr/> 208

电子元器件识别与检测

第一节 电阻器件

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”，电路符号及外形如图 1-1 所示。

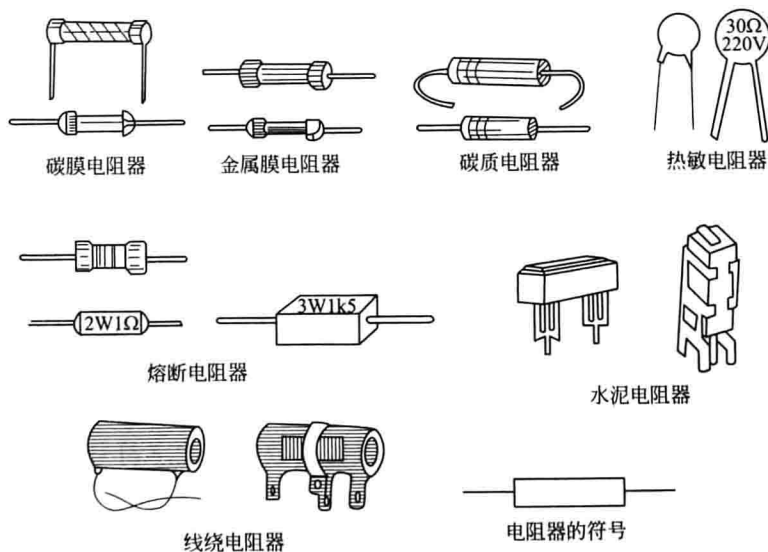


图 1-1 各种电阻器的电路符号和外形

2. 电阻器的种类

电阻器的分类方法有多种，习惯上按主要性能和使用特征来划分，电阻器可分为以下几种。

(1) 普通电阻器 这是应用十分广泛的一种电阻器，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，基本单位是欧姆 (Ω)。常用的单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)，为千进制。标称值的表示方法：直标法、色标法、数字法、数字和字母法。

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，直标法对使用来讲也方便，一看便能知道阻值大小。

② 色标法：色标法是用色环或色点 (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 色环含义

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^{-1}	10^{-2}	
表示偏差/%	± 1	± 2	± 3	± 4							± 5	± 10	± 20

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

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

在五道色环的电阻器中，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。

③ 快速记忆法：对于四道色环电阻，以第三道色环为主。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 $1 \sim 9.9k\Omega$ ；橙色为 $10 \sim 99k\Omega$ ；黄色为 $100 \sim 990k\Omega$ ；绿色为 $1 \sim 9.9M\Omega$ 。对于五环电阻，则以第四环为主。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，所以色环电阻阻值的识别必须用万用表测出。

④ 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。

⑤ 数码表示法：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，识别时由左到右，第一位与第二位是有效数字，第三位是有效值的倍乘或 0 的个数，单位 Ω 。

表 1-2 单位词头字母符号含义

文字符号代表的单位		文字符号代表的误差	
文字符号	单位	文字符号	误差
R	欧姆	G	2%
k	千欧	J	5%
M	兆欧	K	10%
		M	20%

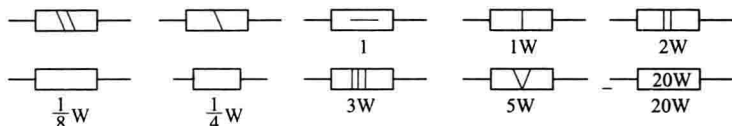


图 1-2 电阻额定功率标注方法

快速记忆法同色环电阻，即第三位数为 1 则为几百几十欧；为 2 则为几点几千欧；为 3 则为几十千欧；为 4 则为几百几十千欧；为 5 则为几点兆欧等。

(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。

(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有的。电阻温度系数用来表征电阻器工作温度每变化 1℃ 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

可变电阻器有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

常用可变电阻器的结构符号及外形如图 1-3 所示。

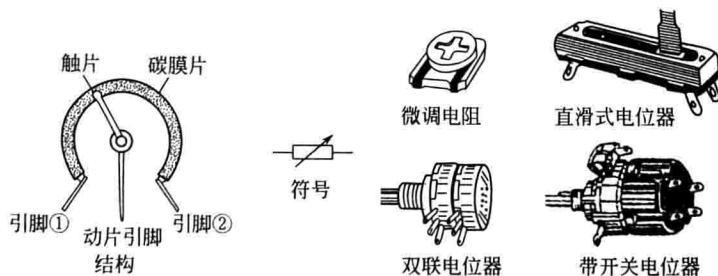


图 1-3 可变电阻器电路符号及外形

可变电阻器的结构：可变电阻器的结构和电阻值变化的原理可用如图 1-3 所示结构来说明。

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。在动片滑动时，引脚①、②之间的阻值是不变化的，但是如果动片引脚与引脚②或引脚①相连接后，动片滑动时引脚①、②之间的阻值便发生了改变。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（通过调节动片引脚的旋钮）。可变电阻器的阻值直接标在电阻器身上。

电位器的分类方法很多。种类也相当的繁多，是多种电气控制元件中的调整元件。

图 1-3 中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没有影响，开关一直处于接通状态。图 1-3 中双连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作直线式滑动，滑动时可调节阻值。

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）的固有噪声，又称之为静噪声，静噪声是相对动噪声而言，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

热敏电阻器是一种用半导体材料制成的测温器件，它的热敏材料用锰、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和负温度系数热敏电阻。电路符号如图 1-4(a) 所示。

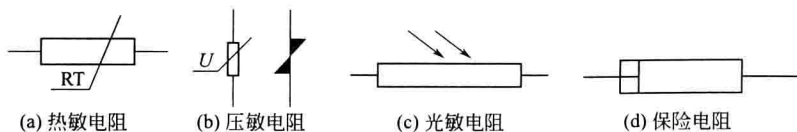


图 1-4 几种特殊电阻的电路符号

(1) 正温度系数热敏电阻 正温度系数的热敏电阻，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，所选用的电阻也不一样。

(2) 负温度系数热敏电阻器 负温度系数热敏电阻（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、

使用方便等特点。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做保护电路等。

2. 压敏电阻

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。压敏电阻的电路符号如图 1-4(b) 所示。

压敏电阻的主要特性：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，反应时间仅在毫秒级，工作电流急剧增加，从而可以有效地保护电路。

3. 光敏电阻

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器件。用光敏电阻制成的器件又叫做“光导管”，是一种受光照射导电能力增加的光敏转换元件。光敏电阻的电路符号如图 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。根据光敏电阻的光谱特性，又可分为紫外线光敏电阻器、可见光光敏电阻器以及红外线光敏电阻器。

紫外线光敏电阻器对紫外线十分灵敏，可用于探测紫外线。比较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、碲化镉和碲化镉、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、光报警器等装置中。

红外线光敏电阻有硫化铅、碲化铅、硒化铅、铋化钢、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

保险电阻有电阻和保险熔丝的双重作用。当过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。故保险电阻可用于保护电路中其他元件免遭损坏，以提高电路的安全性和经济性。

保险电阻一般以低阻值（几欧到几十欧）、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 电容器器件

电容器是电子电路中另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

1. 符号及特点

固定电容通用文字符号用“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，而交流电的极性和电压的大小是不断变化的，能使电容不断地进行充放电，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。

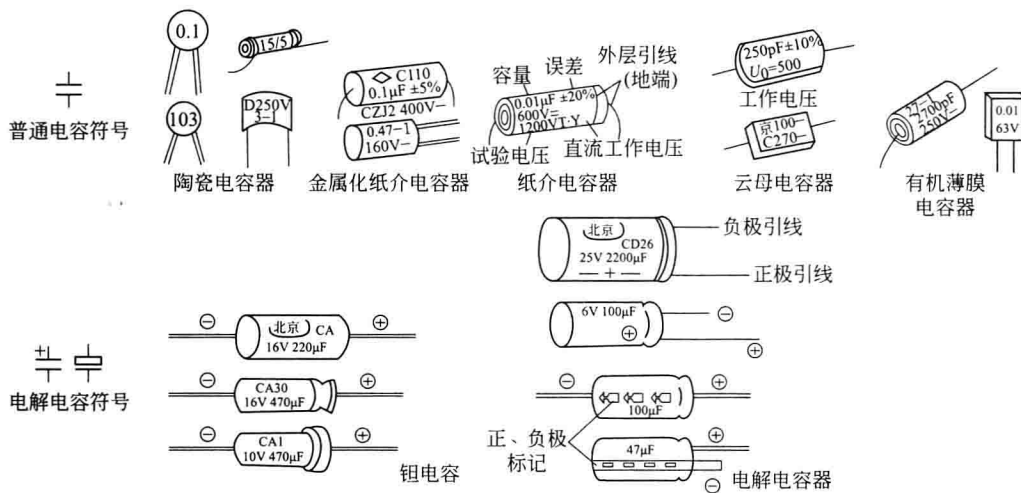


图 1-5 固定电容符号和外形

表 1-3 各种字母所代表的介质材料

字母	电容介质材料	字母	电容介质材料
A	铝电解	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	钽电解
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	玻璃铀	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 1 法拉 (F) 小得多，常用微法 (μF)、纳法 (nF)、皮法 (pF) (皮法又称微微法) 等，它们的关系是：1 法拉 (F) = 10^6 微法 (μF)、1 微法 (μF) = 1000 纳法 (nF) = 10^6 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：直标法是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；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。

直接标示法中,常把整数单位的“0”省去,如“.22 μ F”表示 0.22 μ F;有些用 R 表示小数点,如 R33 μ F 则表示 0.33 μ F。

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	$\pm 0.001\%$	G	$\pm 2\%$	C	$\pm 0.25\%$
E	$\pm 0.005\%$	J	$\pm 5\%$	K	$\pm 10\%$
L	$\pm 0.01\%$	P	$\pm 0.02\%$	M	$\pm 20\%$
D	$\pm 0.5\%$	W	$\pm 0.05\%$	N	$\pm 30\%$
F	$\pm 1\%$	B	$\pm 0.1\%$		

② 文字符号法:文字符号法采用字母或数字,标注方法用两者结合的方法来标注电容的主要参数。其中表示容量有两种标注法:一是省略 F,用数字和字母结合进行表示,如 10p 代表 10pF,3.3 μ 代表 3.3 μ F,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,第三位为倍率,表示有效数字后的零的个数,电容量的单位为 pF。如 203 表示容量为 $20 \times 10^3 \text{ pF} = 0.02\mu\text{F}$;222 表示容量为 $22 \times 10^2 \text{ pF} = 2200\text{pF}$;334 表示容量为 $33 \times 10^4 \text{ pF} = 0.33\mu\text{F}$ 等,此法与电阻的 3 位数数码标注法相似,不再多述。

文字符号法通常不用小数点,而是用单位整数将小数部分隔开。如:2p2=2.2pF;6n8=6800pF。另外,如果第三位数为 9,表示 10^{-1} ,而不是 10 的 9 次方,例如 479 表达容量为 $47 \times 10^{-1} \text{ pF} = 4.7\text{pF}$ 。

③ 色标法:电容的色标法与电阻相似,单位一般为 pF。对于圆片或矩形片状等电容,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……色环电容也分四环或五环,较远的第五环或第六环,往往代表电容特性或工作电压。第一、第二环是有效数字,第三环是后面加的“0”的个数,第四环是误差,名色环代表的数值与色环电阻一样,单位为 pF,另外,若某一道色环的宽度是标准宽度的 2 或 3 倍宽,则表示这是相同颜色的 2 或 3 道色环。

④ 快速记忆法:前两位有效数字,第三环为所加“0”数,则黑色为 10~99pF;棕色为 100~990pF;红色为 1000~9900pF,橙色为 0.01~0.09 μ F;黄色为 0.1~0.9 μ F;绿色为 1~9.9 μ F。

⑤ 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	0.022 μ F	0.1 μ F	0.22 μ F	1.5pF	3.3pF

(2) 耐压 耐压是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、容量相同的器件,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 $\pm 5\%$ ，Ⅱ级 $\pm 10\%$ ，Ⅲ级 $\pm 20\%$ 。在有些情况下，还有 0 级，误差为 $\pm 2\%$ 。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，通常为几百兆欧姆或几千兆欧姆。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 温度系数是在一定温度范围内，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 $-55\sim+125^{\circ}\text{C}$ 。

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

二、可变电容

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。

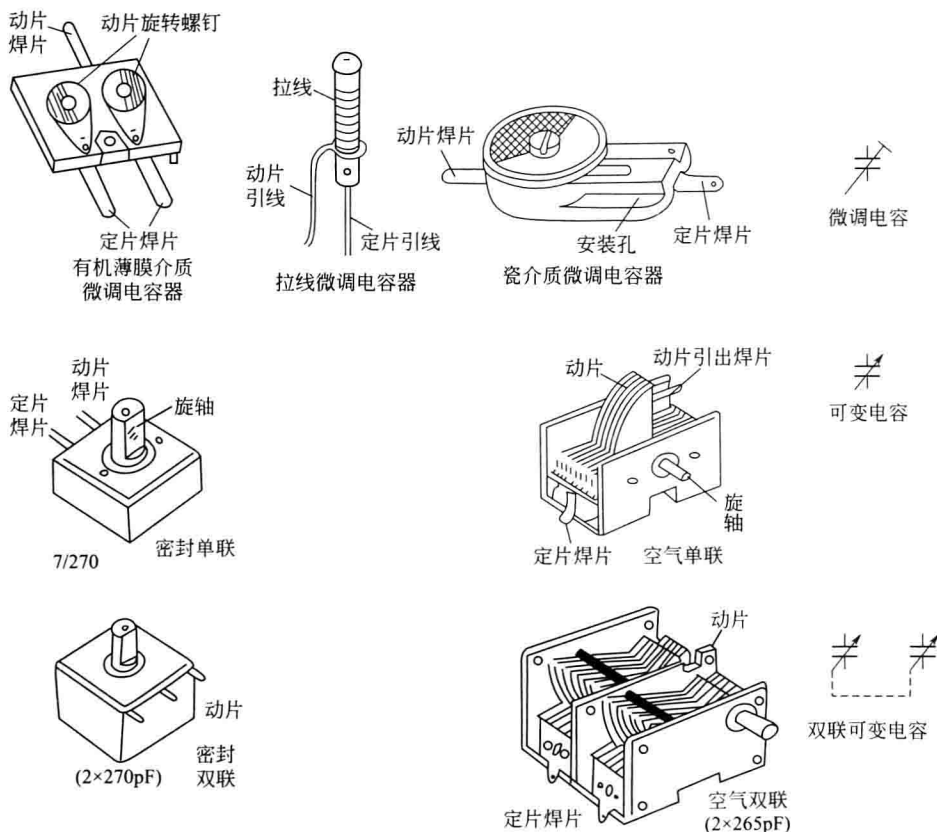


图 1-6 可变电容器的符号及外形

可变电容器由一组动片和一组定片以及转轴等组成，改变动片与定片的相对位置，从而调整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 7/270pF，这表示当旋动转轴时，单联可变电容器的容量可以在 7~270pF 之间变化，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以及转轴组成，四联可变电容器由四组动片