

电路识图与应用快捷入门丛书



孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

典型分立元器件 电路识图与应用 快捷入门

- ◆ 分立元器件的基础知识及放大电路的识图与应用
- ◆ 开关电路和振荡及触发电路的识图与应用
- ◆ 稳压电源电路及转换电路的识图与应用



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内 容 简 介

本书以介绍典型元器件的基础知识为切入点,以讲解识图与应用为基点,详细介绍了分立元器件放大电路的识图与应用、分立元器件开关电路的识图与应用、分立元器件振荡与触发电路的识图与应用、分立元器件稳压电源电路的识图与应用、分立元器件转换电路的识图与应用。通过对电路结构、工作原理及功能的详细讲解,引导读者由表及里、由浅入深、循序渐进地掌握分立元器件电路的识图与应用。各章后均有习题供学生练习,以加深对本章内容的了解,附录给出了部分习题答案供读者参考。

本书分类明确、结构合理、说明通俗易懂,可作为中等电子职业学校相关技术学校的电子技术学科的教材,也可供电子产品开发及生产技术人员和广大电子爱好者自学参考。

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。

图书在版编目(CIP)数据

典型分立元器件电路识图与应用快捷入门/孙余凯等编著. —北京:电子工业出版社,2010.9
(电路识图与应用快捷入门丛书)
ISBN 978-7-121-11727-5

I. ①典… II. ①孙… III. ①电子元件—电路图—识图法 IV. ①TN6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第169739号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 414千字

印 次: 2010年9月第1次印刷

定 价: 36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

FOREWORD

由于分立元器件类型十分繁杂，故本书在编写时采用对比归纳的方法，将不同分立元器件组成的相同功能的典型单元电路归纳在一起，详细地讲解各分立元器件及电路的特点及应用方法，在此基础上，重点讲解了各种分立元器件电路，使读者全面了解同功能各种不同类型电路的特点，并能对基础单元电路进行定性的分析及估测，为日常应用与识图打下基础，其目的主要是为了抛砖引玉，开拓读者的应用思路，进而熟能生巧地去多方位、多领域地应用这些分立元器件及其电路，设计制作出功能更全的实用电路。

1. 以初学者为对象设置内容

本书的最大特点是起点低，从基础知识入手，以讲解应用与识图为基点，然后逐步深入介绍分立电子元器件单元电路典型应用方法与识图，最后介绍实际电路与识图，其目的是由浅入深，进而熟能生巧地去应用分立电子元器件单元电路，熟练读懂更加复杂的分立电子元器件单元电路，也为读者应用这些电路提供了方便。

2. 以应用为目的设置内容

本书以典型分立元器件的基础知识为基点，并着重分立元器件电路的各种应用方法，也适当地介绍一些复杂的组合专用电路。介绍这些通用单元电路的结构、识图指导和工作原理以应用为目的，以使读者掌握它们的功能、特性以及应用方法。

本书的知识点全部以项目实例形式体现。本书提供的应用分立电子元器件单元电路的思路与应用也同样适用于本书未涉及到的其他分立电子元器件单元电路。

3. 章节安排

本书共分 6 章，包括典型分立元器件的基础知识、分立元器件放大电路的识图与应用快捷入门、分立元器件开关电路的识图与应用快捷入门、分立元器件振荡与触发电路的识图与应用快捷入门、分立元器件电源电路的识图与应用快捷入门、分立元器件转换电路的

识图与应用快捷入门。各章后均有习题供学生及其他读者练习，以加深对本章内容的了解，附录给出了部分习题答案供读者参考。

本书主要由孙余凯、项绮明、吴鸣山统稿编著，参加本书编写的人员还有薛广英、王艳玉、项天任、王华君、孙余明、项宏宇、周志平、陈芳、孙余正、胡家珍、孙静、刘忠梅、孙余贵等。

本书在编写过程中，除参考了大量的国外、境外的现行期刊外，还参考过国内有关电子技术方面的期刊、书籍及资料，在这里谨向有关单位和作者一并致谢。同时对给予我们支持和帮助的有关专家和部门深表谢意！

现代电子技术发展十分迅速，应用极其广泛。本书作为一本基础性教材，不可能包括分立元器件技术的各个方面。分立元器件的应用技术发展极为迅速，限于作者水平有限，书中存在的不足之处，诚请专家和读者批评指正。

编著者

2010年7月

目录

CONTENTS

第 1 章 典型分立元器件的基础知识	1
1.1 电阻器的基础知识.....	1
1.2 电容器的基础知识.....	9
1.3 电感器的基础知识.....	23
1.4 半导体二极管的基础知识.....	34
1.5 半导体三极管的基础知识.....	41
1.6 场效应晶体管的基础知识.....	48
1.7 晶闸管的基础知识.....	55
1.8 单结晶体管的基础知识.....	59
1.9 光敏三极管的基础知识.....	61
习题一	64
第 2 章 典型分立元器件放大电路的识图与应用快捷入门	69
2.1 分立元器件放大电路的基础知识.....	69
2.2 共发射极放大电路的识图与应用.....	74
2.3 共集电极放大电路的识图与应用.....	77
2.4 共基极放大电路的识图与应用.....	80
2.5 多级交流放大电路的识图与应用.....	81
2.6 差分放大电路的识图与应用.....	86
2.7 功率放大电路的识图与应用.....	95
2.8 场效应管放大电路的识图与应用.....	101
习题二	106
第 3 章 典型分立元器件开关电路的识图与应用快捷入门	109
3.1 分立元器件开关电路识图与应用快捷入门必备的基础知识.....	109
3.2 半导体二极管开关电路的识图与应用.....	109
3.3 晶体三极管开关电路的识图与应用.....	112

3.4 场效应晶体管开关电路的识图与应用.....	119
3.5 晶闸管开关电路的识图与应用.....	124
3.6 光电开关电路的识图与应用.....	134
习题3	143
第4章 典型分立元器件振荡与触发电路的识图与应用快捷入门.....	145
4.1 振荡器的基础知识.....	145
4.2 RC 振荡电路的识图与应用	148
4.3 LC 振荡电路的识图与应用	153
4.4 石英晶体振荡电路的识图与应用.....	162
4.5 无稳态多谐振荡器应用电路的识图与应用.....	166
4.6 双稳态触发器的识图与应用.....	171
4.7 单稳态触发器的识图与应用.....	174
4.8 单结晶体管在振荡器电路中的识图与应用.....	176
习题四	182
第5章 典型分立元器件稳压电源电路的识图与应用快捷入门	185
5.1 稳压电源电路的基础知识.....	185
5.2 整流滤波电路的识图与应用.....	188
5.3 晶闸管整流电路的识图与应用.....	201
5.4 线性稳压电路的识图与应用.....	206
习题五	216
第6章 典型分立元器件转换电路的识图与应用快捷入门.....	219
6.1 转换电路的基础知识.....	219
6.2 温度-电压转换电路的识图与应用.....	242
6.3 湿度-电压转换电路的识图与应用.....	247
6.4 湿度-电流转换电路的识图与应用.....	248
6.5 气体-电压转换电路的识图与应用.....	250
6.6 磁-电压转换电路的识图与应用.....	253
6.7 A/D 转换和压力-电压转换电路的识图与应用.....	257
习题六	261
附录A 部分习题答案	263
参考文献	266

第 1 章 典型分立元器件的基础知识

无论多么复杂的电子电路都是由一个个小的单元电路构成的，这也反映了电子电路中各元器件的电气连接关系，而这些小单元电路又是一个个的元器件按照一定的方式连接而成的，在这些元器件中常见的有电阻器、电容器、电感器、半导体二极管、晶体三极管等。

对元器件的识别是电子工程技术人员必须要掌握的重要基础知识之一。只有了解和熟悉了各种元器件的功能和特性，才能在实际电子电路中正确选择和合理应用它们，才可能设计出各种实用、可靠、功能完善和经济指标好的电子电路。对于已经设计出来的电子电路图，只有对各种元器件的电路图形符号、作用和特点比较熟悉，才能读懂它。

1.1 电阻器的基础知识

电阻器简称为电阻，其基本特性是对交流电和直流电均呈现相同的阻力。

1.1.1 电阻器的类型

电阻器通常分为固定电阻器、可变电阻器、敏感电阻器、熔断电阻器以及其他类型电阻器。常见的固定电阻器有 RT 型碳膜电阻器、RJ 型金属膜电阻器、RY 型氧化膜电阻器以及 RX 型线绕电阻器等。

1. 碳膜电阻器

碳膜电阻器是由真空高温热分解出来的结晶碳膜沉积在柱形或管形陶瓷骨架上制成的。通过改变碳膜的厚度和使用刻槽的方法，可以改变碳膜的长度，得到不同的电阻值。由于此类电阻器价格低廉，故应用最广泛。

2. 金属膜电阻器

金属膜电阻器是用高真空加热蒸发（或高温分解、化学沉积或烧渗等）技术，将合金材料（有高阻、中阻、低阻三种）蒸镀在陶瓷骨架上制成的。通过刻槽或改变金属膜厚度控制电阻值的大小。这种电阻器的耐热性及稳定性均比碳膜电阻器好。同时，它的噪声低、体积小，被广泛应用于稳定性和可靠性要求较高的电路中，但是它的价格相对较贵。

3. 线绕电阻器

线绕电阻器是用高电阻值的合金丝（即电阻丝，采用镍铬丝、锰铜丝等材料制成）缠绕在绝缘基棒上制成的。线绕电阻器具有电阻值范围大（ $0.1 \sim 5 \text{ M}\Omega$ ）、噪声小、电阻温度系数小、耐高温及承受负荷功率大（最大可达 500 W ）等特点，缺点是高频特性差。

线绕电阻器有固定式和可调式两种，可调式电阻器是从电阻体上引出一个滑动端子，可对电阻值进行调整。

4. 金属氧化膜电阻器

金属氧化膜电阻器是用锡和锡的化合物配制成溶液，经喷雾送入 $500^{\circ}\text{C}\sim 550^{\circ}\text{C}$ 的恒温炉，涂覆在旋转的陶瓷基体上而形成的。其性能与金属膜电阻器类似，但电阻值范围窄。金属氧化膜电阻器的特点是金属氧化膜与陶瓷基体结合牢固，耐酸碱能力强，抗盐雾，因而适用于在恶劣的环境下工作。

5. 玻璃釉电阻器

玻璃釉电阻器属于厚膜电阻器，型号为 RI。目前用得较多的是钉系玻璃釉电阻器，它具有温度系数小、噪声低、稳定可靠、耐潮性好及负荷稳定性好等特点。

6. 合成碳膜电阻器

合成碳膜电阻器又称为合成膜电阻器，型号为 RH。其抗潮性和电压稳定性差，噪声高，频率特性差，但便于制成电阻值高、精度高的电阻器，故多用于直流仪表中。

7. 有机实芯电阻器

有机实芯电阻器型号为 RS，这种电阻器具有良好的绝缘外壳，在恶劣的环境和超负荷使用的情况下无断路现象，且体积小、易焊接，适用于要求精度高的场合。

8. 可变电阻器

可变电阻器通常又分为微调电阻器和电位器。电位器又分为单联电位器、双联电位器、多联电位器及带开关电位器等。

9. 敏感电阻器

敏感电阻器有热敏电阻器、压敏电阻器、光敏电阻器、湿敏电阻器、磁敏电阻器及气敏电阻器等。

10. 熔断电阻器

熔断电阻器是一种保护性元件，通常用来对电路的工作进行保护，一旦被保护电路出现故障使电流过大，熔断电阻器就会迅速熔断，对电路元件进行保护。

1.1.2 电阻标称值的识别

电阻器的额定功率、电阻值及允许误差一般都标在电阻器上。额定功率较大的电阻器，一般都将额定功率直接印在电阻器的表面。

电阻值及允许误差有直标法、文字符号法和色标法 3 种。搞清了这些标注方法的含义，对电阻标称值的识别很有帮助。

1. 直标法

所谓直标法就是指电阻值用阿拉伯数字、允许误差用百分数表示，并直接在电阻体上

标注出来。例如 $3\text{ k}\Omega \pm 5\%$ 、 $5\text{ M}\Omega \pm 10\%$ 等。

2. 文字符号法

所谓文字符号法就是指电阻值用数字与符号组合在一起来表示。组合规律如下所示。

(1) 文字符号

文字符号 Ω 、 k 、 M 前面的数字表示整数电阻值，文字符号后面的数字表示小数点后面的小数电阻值。

(2) 允许误差

允许误差的使用符号： J 为 $\pm 5\%$ ； K 为 $\pm 10\%$ ； M 为 $\pm 20\%$ 。

例如 $3\Omega 23\text{K}$ 表示 $3.3\Omega \pm 10\%$ ，这种表示法可避免因小数点被蹭掉而误识标记。

3. 色环标注法

小型化的电阻器都采用色环标法，简称色标法，用标在电阻体上不同颜色的色环作为标称电阻值和允许误差的标记。

普通精度的电阻器用 4 条色环表示，色环电阻器的表示方法如图 1-1 所示。左边（与端头距离最近的）为第一色环，顺次向右为第二色环、第三色环及第四色环。各色环所代表的意义有以下三点。

- (1) 第一色环及第二色环相应地代表电阻值的第一位及第二位有效数字。
- (2) 第三色环表示第一位及第二位数之后加“0”的个数。
- (3) 第四色环代表电阻值的允许误差。

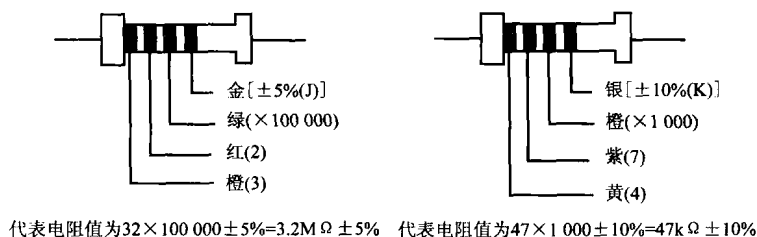


图 1-1 色环电阻器的表示方法

各种电阻器上的色环颜色与数值对照见表 1-1 所列。

例如色环为“白、棕、金、银”的电阻器，因为第三色环的金色表示为欧姆级，第一色环“白”表示为 9，第二色环“棕”表示为 1，最后第四色环“银”表示为 $\pm 10\%$ 。综合起来是 $9.1\Omega \pm 10\%$ 。

色环为“橙、红、绿、金”的电阻器，它的电阻值为 $3.2\text{ M}\Omega \pm 5\%$ 。

色环为“红、黑、橙、金”的电阻器，因为第二色环为黑色，所以是整数几十千欧级，它表示的电阻值为 $20\text{ k}\Omega \pm 5\%$ 。

表 1-1 普通精度电阻器色环颜色-数值对照表

色环颜色	第一色环	第二色环	第三色环	第四色环
	第一位数字	第二数字	前面两位数字后面加 0 的个数	误差范围
黑	—	0	$10^0=1$ $\times 1\Omega$	—
棕	1	1	$10^1=10$ $\times 10\Omega$	—
红	2	2	$10^2=100$ $\times 100\Omega$	—
橙	3	3	$10^3=1000$ $\times 1000\Omega$	—
黄	4	4	$10^4=10000$ $\times 10000\Omega$	—
绿	5	5	$10^5=100000$ $\times 100000\Omega$	—
蓝	6	6	$10^6=1000000$ $\times 1000000\Omega$	—
紫	7	7	—	—
灰	8	8	—	—
白	9	9	—	—
金	—	—	$10^{-1}=0.1$ $\times 0.1\Omega$	$\pm 5\%$ (J)
银	—	—	$10^{-2}=0.01$ $\times 0.01\Omega$	$\pm 10\%$ (K)

色环为“黄、黄、黄、金”的电阻器，其电阻值为 $440\text{ k}\Omega\pm 5\%$ ，实际电阻值为 $418\sim 462\text{ k}\Omega$ 。

1.1.3 电阻器额定功率的识别

当电流流过电阻的时候，电阻器便会发热。功率越大，电阻器发热越厉害。如果使电阻器发热的功率过大，电阻器就会被烧坏。电阻器长时间正常工作允许所加的最大功率叫做额定功率。

电阻器的额定功率，通常有 $1/8\text{ W}$ （瓦）、 $1/4\text{ W}$ 、 $1/2\text{ W}$ 、 1 W 、 2 W 、 3 W 、 4 W 、 5 W 及 10 W 等。额定功率为 $1/8\text{ W}$ 和 $1/4\text{ W}$ 的电阻器应用较广泛。

电路图中电阻器的额定功率标注方法：有的是在图中直接标出该电阻的功率数值，如 $1/4\text{ W}$ ， 3 W 等；也有的用如图 1-2 所示的不同功率电阻器的图形符号来表示。

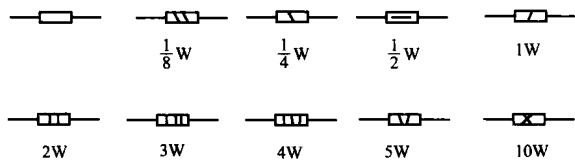


图 1-2 不同功率电阻器的图形符号

1.1.4 电阻器的电阻值单位

电流通过电阻器和电位器时，电阻器和电位器对电流有阻碍作用，其阻碍大小，即为电阻值。

电阻器和电位器电阻值的基本单位是欧姆（简称欧），其符号用希腊文“ Ω ”表示，在实际使用中还用到更大的单位如千欧（ $\text{k}\Omega$ ）和兆欧（ $\text{M}\Omega$ ）。它们之间的关系为

$1\text{ 千欧}(\text{k}\Omega)=1000\text{ 欧}(\Omega)$

1 兆欧 ($M\Omega$) = 1 000 千欧 ($k\Omega$) = 1 000 000 欧 (Ω)

1.1.5 固定电阻器的电路图形符号及外形

图 1-3 所示为固定电阻器的外形及电路图形符号, 其中固定电阻器在电路图中的图形符号如图 1-3 (a) 所示, 长方块表示电阻体, 两边短线分别表示电阻器的两根引出线。固定电阻器的文字符号常用字母“R”表示。其余各种固定电阻器的外形如图 1-3 (b) ~ 图 1-3 (e) 所示。

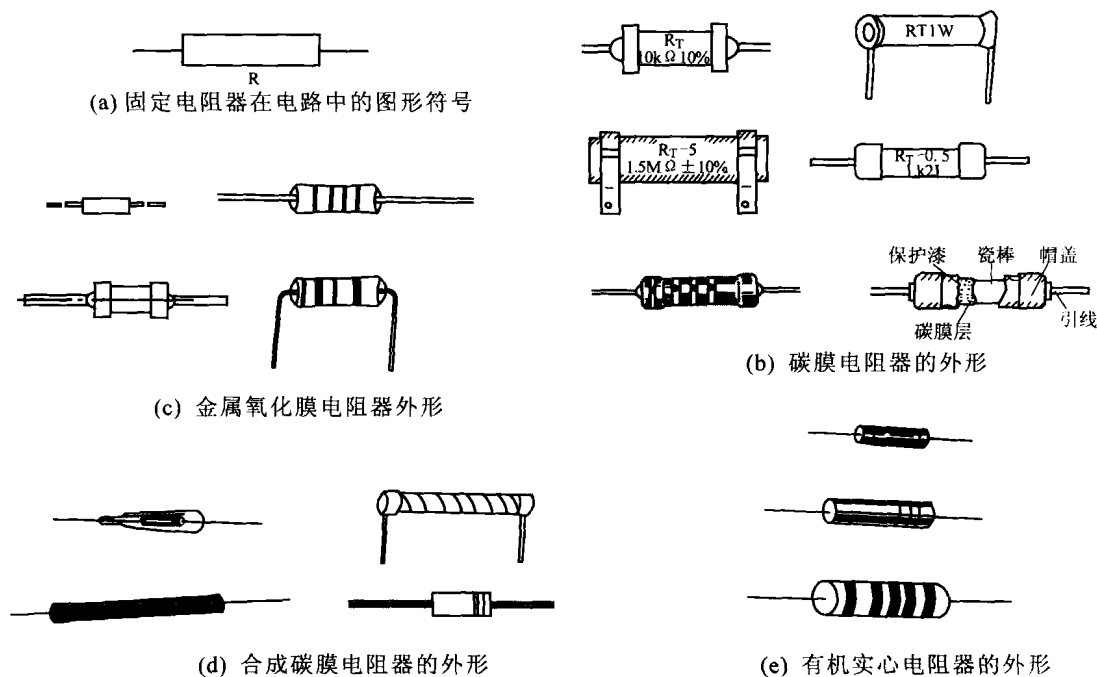


图 1-3 固定电阻器的电路图形符号及外形

1.1.6 固定电阻器的应用

在电路中, 电阻器主要用来控制电压和电流, 即起降压、分压、限流、分流、隔离、匹配和信号幅度调节等作用。电阻器在电路中既可作为负载, 又可组成分流电路或分压电路, 当其与电容器进行配合时, 还可起滤波作用。电阻器在电路中最典型的应用是组成分压电路和分流电路。

1. 电阻器在分压电路中的应用

图 1-4 所示为由电阻器构成的分压电路和分流电路, 其中图 1-4 (a) 所示为分压电路, 图中的 V_{CC} 为电源电压, I 为电源电压 V_{CC} 提供的电流, 电阻器 R_1 、 R_2 串联在电路中, 因为流过这两个电阻器中的电流相等, 由此即可得到电阻器 R_2 两端的电压为

$$U_{BC} = I \cdot R_2 = V_{CC} \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = V_{CC} / [(R_1/R_2) + 1]$$

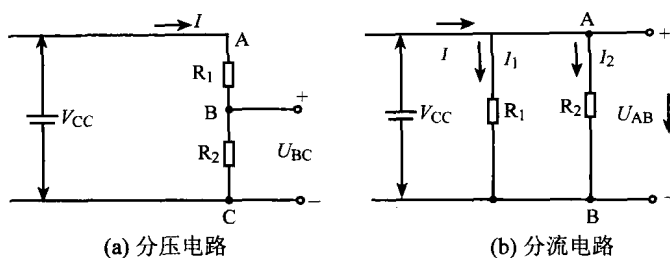


图 1-4 电阻器构成的分压和分流电路

由上式可以看出, 当 R_2 的电阻值增大时, 其两端上的电压 U_{BC} 将上升; 当 R_1 的电阻值变化时, U_{BC} 电压也会随之改变。这一分压电路在电子电路中应用十分广泛。

2. 电阻器在分流电路中的应用

图 1-4 (b) 所示为电阻器构成的分流电路。图中 R_1 、 R_2 并联在电路中, 其两端电压值相同, 电路总电流与各分路电流 I_1 与 I_2 之间的关系如下

$$I = I_1 + I_2 = U_{AB}/R_1 + U_{AB}/R_2$$

根据电阻器并联的计算公式, 又会得出以下公式

$$U_{AB} = I \cdot R = I \cdot (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2)$$

式中 R —— R_1 与 R_2 并联的电阻值。

由此即可得到

$$I_1 = I \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$I_2 = I \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

由此可见, 通过改变 R_1 与 R_2 的比值, 可使两只电阻器的分流值得到改变。

3. 电阻器串联电路的应用

由于固定电阻器串联后, 其总电阻值为各个分电阻器电阻值的总和。因此在日常工作中, 可以将小电阻值的电阻器串联后来代替大电阻值的电阻器。例如图 1-5 (a) 所示电路是以三只电阻器串联为例。也就是用 3 只电阻器 $R_1 \sim R_3$ 串联后来代替 R 。此时 R 的电阻值为:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

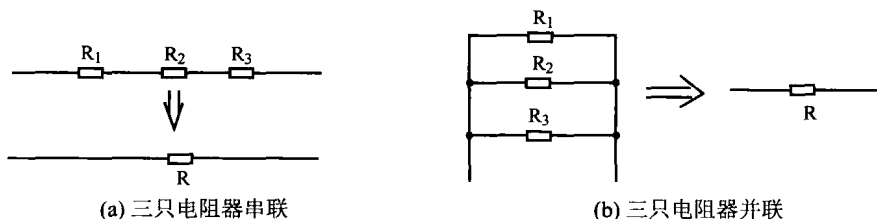


图 1-5 电阻器串联及并联示意图

4. 电阻器的并联电路的应用

由于固定电阻器串联后, 其总电阻值会变小。因此, 如需要小电阻值的电阻器而手头

又只有大电阻值的电阻器时，可以将大电阻值的电阻器并联。例如图 1-5 (b) 所示为三只电阻器并联来代替一只电阻器，此时 R 的电阻值为

$$1/R = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 / (R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2)$$

如果并联的电阻器其值均相同，则此时 R 的电阻值为

$$R = \frac{R_1}{3} = \frac{R_2}{3} = \frac{R_3}{3}$$

1.1.7 可变电阻器的电路图形符号及外形

可变电阻器又称为电位器，图 1-6 所示为电位器的电路图形符号及外形，其中不带开关的电位器的电路图形符号如图 1-6 (g) 所示，带开关的电位器的电路图形符号如图 1-6 (h) 所示。图中仍用长方块表示电阻体，两端的短线表示电阻体两端的引出焊片，带箭头的折线代表电阻体上的滑动触点。带有开关的电位器符号的右面部分表示开关，中间虚线表示开关与电位器是受同一转轴控制的（通常音量控制采用带开关的电位器时，电路图中虚线往往不标出）。

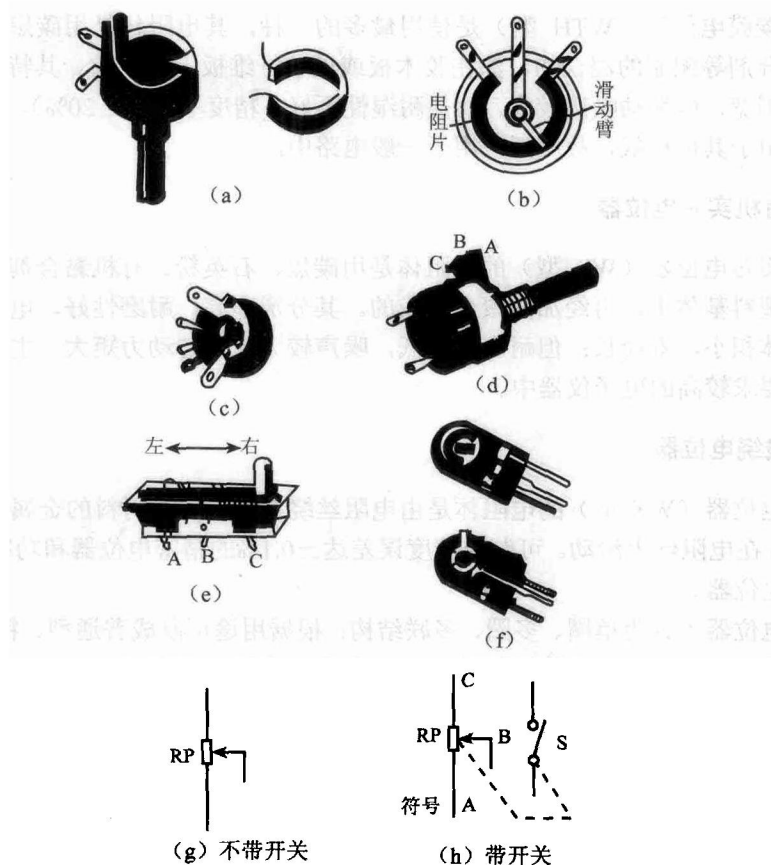


图 1-6 电位器的电路图形符号及外形

可变电阻器的外形如图 1-6 (a) ~ 图 1-6 (f) 所示。电位器在电路图中常用字母 “RP” (旧标准用 “W”) 表示。

1.1.8 电位器的类型

电位器根据其使用的材料分类可分为如图 1-6 (b) 所示的和图 1-6 (a) 所示的线绕电位器。根据其外形的大小可分为如图 1-6 (c) 所示的大、小和微型电位器。按电阻值变化规律分类可分为线性 (X)、指数 (Z) 和对数 (D) 电位器; 按结构分类可分为如图 1-6 (a)、图 1-6 (c) 和图 1-6 (d) 所示的旋转电位器和如图 1-6 (e) 所示的直滑式电位器; 还有一种电位器为如图 1-6 (f) 所示的半可变电位器 (即微调电位器)。

1.1.9 电位器结构特点说明

电位器是一种电阻值可调的电阻器, 对外有 3 个引出脚, 其中有两个为固定端, 另一个为滑动端 (也称中心抽头端), 改变滑动端的位置, 可使其与固定端之间的电阻值发生改变。在电路中, 常用电位器来调节电阻值或电位。

1. 合成碳膜电位器

合成碳膜电位器 (WTH 型) 是使用最多的一种, 其电阻体是用碳黑、石墨、石英粉及有机黏合剂等配制的混合物, 涂在胶木板或玻璃纤维板上制成的。其特点是分辨率高, 电阻值范围宽, 但滑动噪声较大, 耐热耐湿性不好, 精度不高 ($\pm 20\%$), 体积较大, 使用寿命短。由于其价格低, 故广泛应用于一般电路中。

2. 有机实芯电位器

有机实芯电位器 (WS 型) 的电阻体是用碳黑、石英粉、有机黏合剂等材料混合加热后, 压在塑料基体上, 再经加热聚合而成的。其分辨率高, 耐磨性好, 电阻值范围宽, 可靠性高, 体积小, 寿命长; 但耐压性稍低, 噪声较大, 且转动力矩大。主要应用于对可靠性和温度要求较高的电子仪器中。

3. 线绕电位器

线绕电位器 (WX 型) 的电阻体是由电阻丝绕在涂有绝缘材料的金属或非金属板上制成的, 簧片在电阻丝上滑动。可制成精度误差达 $\pm 0.1\%$ 的精密电位器和功率达 100 W 以上的大功率电位器。

线绕电位器可分为单圈、多圈、多联结构; 根据用途可制成普通型、精密型、微调型; 电阻值变化规律有线性与非线性两种。该电位器耐压好, 精度高, 噪声小, 但电阻值范围较小 (一般为几欧至几十千欧)。

1.1.10 可变电阻器的应用

电位器在电路中大多用来对音量或信号进行控制。按其控制对象来分, 有电压式和电流式两种, 如图 1-7 所示。

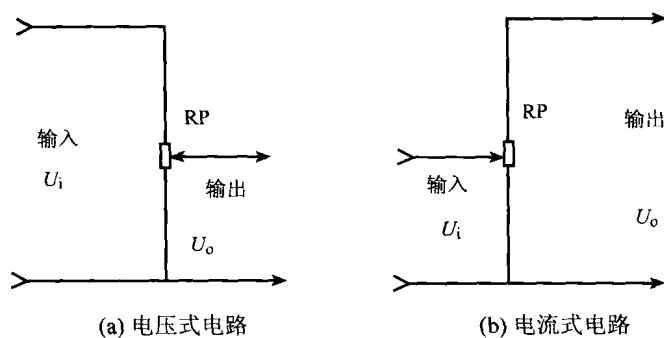


图 1-7 电位器的电压式和电流式电路

1. 电压式电路

如果接在音量电位器前面的放大级输出阻抗低，接在音量电位器后面的放大器的输入阻抗高，则大多数电路采用电压式音量控制方式，即电位器的电压式电路，如图 1-7 (a) 所示。

2. 电流式电路

如果接在音量电位器前面的放大级输出阻抗高，而接在音量电位器后面的放大器的输入阻抗低，则大多数电路采用电流式音量控制方式，即电位器的电流式电路如图 1-7 (b) 所示。

1.1.11 电阻器和电位器在电路中的编号特征

在实际电路中，由于使用的电阻器和电位器较多，故一般都分别被编上号。例如 R_1 、 R_2 、 R_1 …或 $1R_1$ 、 $1R_2$ 、 $1R_3$ …、 $2R_1$ 、 $2R_2$ 、 $2R_3$ …为固定电阻器； RP_1 、 RP_2 、 RP_3 …或 $1RP_1$ 、 $1RP_2$ …， $2RP_1$ 、 $2RP_2$ …为电位器。

1.2 电容器的基础知识

电容器的主要物理特征是储存电荷。由于电荷的储存意味着能量的储存，因此也可以说，电容器是一个能够储存电能的元件。

1.2.1 电容器的电路图形符号及外形

电容器是由两个相互靠近的金属电极板构成的，中间呈绝缘状态，当在两个电极加上电压时，电容器就可以储存电能。

电容器在电路中用字母“C”表示，各种电容器的电路图形符号如图 1-8 所示。

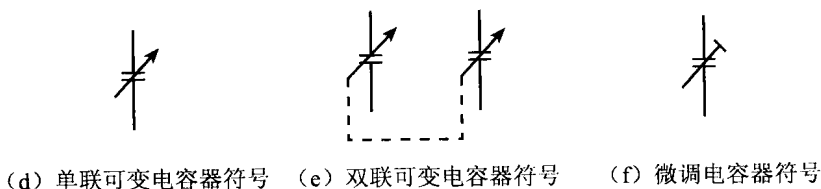
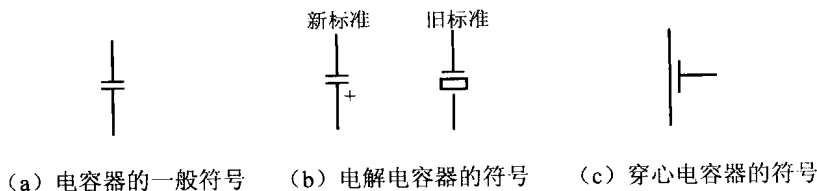


图 1-8 各种电容器的电路图形符号

1.2.2 电容器的类型

电容器的种类很多，如按是否有极性来分，可分为无极性电容器和有极性电容器两大类，它们在电路中的符号稍有差别。

1.2.3 电容器的主要参数

电容器的主要参数有标称容量（简称容量）、允许误差、额定电压、漏电流、绝缘电阻值、损耗因数、温度系数、频率特性等。知道这些参数对合理选用和正确使用电容器很有好处。

1. 标称容量

电容器储存电荷的能力，用电容量表示。电容量与极板面积和介质材料有关。其基本单位是“法拉”，用“F”表示；在实际使用中，经常用“F”的百万分之一作单位，即“微法”，用字母“ μF ”表示，在电路图中，一般只写一个“ μ ”；在实际使用中，有时也用 μF 的百万分之一作单位，即“皮法”，用“pF”表示，在电路图中，一般只写一个“p”。它们之间的关系为

$$1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$$

$$1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}=10^6\text{pF}$$

在一些进口电容器上还用 mF 及 nF 作单位，欧洲有些国家将电容器的单位用千兆微微法缩写成一个“G”字（注意这里的 G 与国际单位制中词头 G 代表的因数为 10^9 是不同的）。这些单位之间的关系为

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

$$1\text{mF（毫法）}=10^{-3}\text{F}=1000\mu\text{F}$$

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

一只 100 pF 的电容器，加上 10 V 电压，两极板充的电荷与极板间电压成正比

$$Q = CU = 100 \times 10^{-12} \times 10 = 10^{-9} \text{C (库仑)}$$

式中 Q ——极板上所充得的电荷；

C ——电容器的电容量；

U ——极板上所加的电压。

2. 允许误差

允许误差是指电容器的标称容量与实际容量之间最大允许的误差范围。

电容器的容量误差与电容器介质材料及容量大小有关。电解电容器的电容量较大，误差范围大于 $\pm 10\%$ ；而云母电容器、玻璃釉电容器、瓷介电容器以及其他无极性高频有机介质薄膜电容器（如涤纶电容器，聚苯乙烯电容器及聚苯烯电容器等）的电容量相对较小，误差范围大于 $\pm 20\%$ 。

3. 额定电压

电容器正常工作时，保证绝缘介质不被加在两极板的电压击穿的最大直流工作电压，就称为电容器的额定直流工作电压，简称额定电压（又称耐压值），它与介质种类和厚度有关。

在选用电容器时，必须根据电容器在电路中的不同部位，确定不同的耐压值。电容器的工作电压应低于电容器上标注的额定电压值，否则会导致电容器因过压而被击穿损坏。

4. 绝缘电阻值

电容器的绝缘电阻值也称为漏电阻值，该电阻值的大小是衡量其绝缘性能好坏的重要指标。漏电流越大，绝缘电阻值越小。绝缘电阻值越大，表明电容器的漏电流越小，质量也越好。正常的绝缘电阻值一般应在 $5 \text{ G}\Omega$ 以上。

5. 频率特性

频率特性是指电容器对不同频率所表现出的性能（即电容器的电参数随着电路工作频率的变化而改变的特性）。不同介质材料的电容器其最高工作频率也不同。通常容量较大的电容器（例如电解电容器）只能在低频电路中正常工作，高频电路中只能使用容量较小的高频瓷介电容器或云母电容器等。

6. 温度系数

温度系数是指在一定温度范围内，温度每变化 1°C ，电容器容量的相对变化值。温度系数越小，电容器的性能越好。

7. 漏电流

电容器的介质材料不是绝对绝缘体，它在一定的工作温度及电压条件下，也会有电流流过，该电流就是漏电流。

电解电容器的漏电流一般大一些，而其他类型的电容器漏电流较小。