

高等职业教育电子技术技能培养规划教材
Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电子电路 分析与实践

孙余凯 主编 王芳 杨华勋 副主编



Electronic Circuit Analysis and Practice

内容通俗易懂

强调动手操作

培养识图能力



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等职业教育电子技术技能培养规划教材

Gaodeng Zhiye Jiaoyu Dianzi Jishu Jineng Peiyang Guihua Jiaocai

电子电路 分析与实践

孙余凯 主编 王芳 杨华勋 副主编



Electronic Circuit
Analysis and Practice

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

电子电路分析与实践 / 孙余凯主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.8
高等职业教育电子技术技能培养规划教材
ISBN 978-7-115-22506-1

I. ①电… II. ①孙… III. ①电子电路—电路分析—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第061098号

内 容 提 要

本书采用单元模块的方式安排全书内容, 每个单元包括任务导入、相关知识及相关技能, 引导读者在实践中培养动手能力, 在操作中消化理解相关理论知识, 使读者由表及里、由浅入深、循序渐进地学会应用电子技术必备的基本知识。

本书以介绍电子技术的基础知识为切入点, 详细介绍常用电路元件的基础知识, 在此基础上, 重点讲解了基本放大电路、反馈放大与振荡电路、集成运算放大器、直流稳压电源电路、数字逻辑门电路及触发器和时序逻辑电路的组成、原理及应用。

本书可作为高职高专院校电子技术类课程的教材, 还可供电工产品开发及生产技术人员和广大电工爱好者学习参考。

高等职业教育电子技术技能培养规划教材

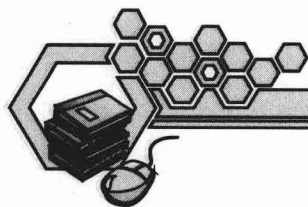
电子电路分析与实践

-
- ◆ 主 编 孙余凯
 - 副 主 编 王 芳 杨华勋
 - 责任编辑 赵慧君
 - ◆ 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>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15 2010年8月第1版
字数: 382千字 2010年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22506-1

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



本书是参照高等职业教育电子信息类专业实际要求的内容编写而成的。在编写过程中,力图把重点放在培养分析问题和解决问题的能力上,其目的就是要使读者具有会看、会分析、会检测、会动手组装调试的技能。

1. 会看

所谓会看,就是能看懂典型电子设备的电路原理图,了解各部分的组成及其工作原理。因此,本书加强了基本概念和各种类型的基本单元电路的介绍,并在相关技能环节中每一种电路原理图专门进行了识图指导,其目的就是要引导读者逐渐学会识读电子电路图的技能,为看懂更加复杂的电子电路图打下良好的基础。

2. 会分析

所谓会分析,就是对基本单元电路的工作性能会进行定性的分析或定量的分析和估算。为此,本书加强了基本原理和基本分析方法的介绍。

3. 会检测与会动手组装调试

这是本书的重点,其目的是使读者会选用有关的元器件,会安装最简单的电子装置。为此,在每一章专设了一节进行专门的介绍,并对安装方面的问题进行了指导,以培养实际动手能力,使读者对电子元器件的组装和调试方法有一个初步的较全面的了解,为今后安装调试更加复杂的电子设备打下良好的基础。

4. 培养实际动手能力

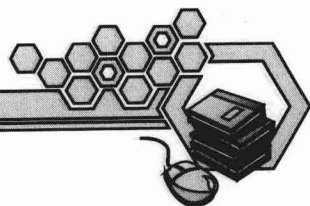
本书最大的特点是基本理论与实际动手能力相结合,是为满足企业对复合型高能人才的需求编写而成的。书中将电子技术课程内容与电子技术行业技能培训大纲相结合,其目的就是为了培养既有学历,又有专业技能的复合型人才,对提高读者岗位技能及就业竞争力都具有重要意义。

本书由孙余凯任主编,浙江长征职业技术学院王芳、柳州铁道职业技术学院杨华勋任副主编。参加本书编写的人员还有项绮明、吴鸣山、刘忠德、王国太、项宏宇、常乃英、孙余明、刘忠梅、陈芳、项天任、王华君、陈帆、周志平等。

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,还参考了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,不可能包括电子技术的各个方面。电子应用技术发展极为迅速,由于编者水平有限,书中存在不足之处,诚请专家和读者批评指正。

目 录



第 1 单元 电子元器件的识别..... 1

第一部分 任务导入..... 1

第二部分 相关知识..... 2

1.1 电阻类元件..... 2

1.1.1 电阻的类型..... 2

1.1.2 电阻标称阻值识别方法..... 3

1.1.3 电阻额定功率识别方法..... 4

1.1.4 电阻的阻值单位..... 5

1.1.5 固定电阻..... 5

1.1.6 可变电阻..... 6

1.1.7 热敏电阻器..... 8

1.1.8 光敏电阻..... 9

1.2 电容类元件..... 11

1.2.1 电容的电路图形符号..... 11

1.2.2 电容的类型..... 12

1.2.3 电容的主要参数..... 12

1.2.4 电容标称量值识别方法..... 13

1.2.5 固定无极性电容器..... 16

1.2.6 固定有极性电容..... 17

1.2.7 可变电容..... 18

1.3 电感类元件..... 20

1.3.1 电感的类型..... 20

1.3.2 电感的外形及符号..... 20

1.3.3 电感的主要参数..... 21

1.3.4 电感量识别方法..... 22

1.3.5 变压器..... 24

1.4 半导体二极管..... 26

1.4.1 半导体二极管的种类..... 26

1.4.2 半导体、晶体与 PN 结..... 27

1.4.3 二极管的结构特点..... 28

1.4.4 二极管的电路图形符号..... 29

1.4.5 普通整流二极管的封装..... 29

1.5 稳压二极管..... 30

1.5.1 稳压二极管的结构..... 30

1.5.2 稳压二极管的伏安特性..... 30

1.5.3 稳压二极管的封装方式..... 31

1.5.4 稳压管的主要参数..... 32

1.6 发光二极管..... 33

1.6.1 发光二极管的种类..... 33

1.6.2 发光二极管的结构..... 33

1.6.3 发光二极管的外形及电路符号..... 33

1.6.4 发光二极管的单向导电特性..... 34

1.6.5 发光二极管的工作电流和电压..... 34

1.7 晶体三极管..... 35

1.7.1 三极管的类型..... 35

1.7.2 三极管的基本结构..... 36

1.7.3 三极管的电路符号..... 37

1.7.4 三极管的基本工作条件..... 37

1.7.5 三极管的输入和输出特性..... 38

1.7.6 三极管 3 种工作状态的特点..... 39

1.7.7 晶体三极管的电流放大原理..... 40

1.7.8 晶体三极管的主要参数..... 41

1.8 场效应晶体管..... 41

1.8.1 场效应管与晶体管的比较..... 42

1.8.2 场效应管的类型..... 42

1.8.3 结型场效应管的基本结构..... 43

1.8.4 绝缘栅场效应管 (MOSFET)..... 44



1.8.5 场效应管的主要参数	48	电路	87
1.9 集成电路	50	2.6 场效应管放大电路	88
1.9.1 集成电路引脚排列方式	50	2.6.1 场效应管放大电路基本特点	88
1.9.2 集成电路主要参数	50	2.6.2 场效应管对偏置电压的要求	89
1.9.3 表面安装集成电路	51	2.6.3 场效应管的基本偏置电路	89
第三部分 相关技能	53	2.6.4 场效应管的特性曲线	91
1.10 电阻的检测	53	2.6.5 场效应管放大电路的 3 种组态	93
1.11 电位器的检测	55	2.7 多级放大电路	94
1.12 电容器的检测	56	2.7.1 电容耦合多级放大电路	94
1.13 电感类元件的检测	58	2.7.2 变压器耦合多级放大电路	95
1.14 普通二极管的检测	58	2.7.3 直接耦合多级放大电路	95
1.15 稳压二极管的检测	59	2.7.4 场效应管多级放大电路	98
1.16 发光二极管的检测	60	2.8 功率放大电路	101
1.17 晶体三极管的检测	61	2.8.1 甲类单管功率放大电路	101
1.18 场效应管的检测	63	2.8.2 乙类推挽功率放大电路	101
1.19 集成电路的检测	64	2.8.3 甲乙类推挽功率放大电路	102
习题	65	2.8.4 有输入变压器的 OTL 功率放大电路	103
第 2 单元 基本放大电路	67	2.8.5 互补对称推挽 OTL 放大电路	103
第一部分 任务导入	67	2.8.6 复合互补对称式推挽 OTL 放大电路	104
第二部分 相关知识	68	第三部分 相关技能	106
2.1 共发射极放大电路	68	2.9 识读电路图的基本方法	106
2.1.1 典型的共发射极放大电路	68	2.9.1 电子电路图的类型	106
2.1.2 分压偏置式共发射极放大电路	70	2.9.2 识图方法指导	108
2.2 共集电极放大电路	71	2.10 阅读集成电路中波收音机电路图	109
2.3 共基极放大电路	71	习题	109
2.4 基本放大电路分析方法	72	第 3 单元 反馈放大与振荡电路	111
2.4.1 近似算法	72	第一部分 任务导入	111
2.4.2 图解分析法	76	第二部分 相关知识	112
2.4.3 近似估算与图解法举例	83	3.1 反馈的基本概念	112
2.5 基本放大器的偏置电路	84		
2.5.1 固定偏置电路	85		
2.5.2 利用输出电压稳定工作点的偏置电路	85		
2.5.3 分压式稳定工作点偏置电路	86		
2.5.4 二极管温度补偿偏置			



3.1.1 什么是反馈·····	112	灯电路·····	133
3.1.2 负反馈放大器的组成·····	112	习题·····	134
3.1.3 负反馈放大器的类型·····	113	第4单元 集成运算放大器·····	136
3.2 各种反馈方式的判别方法·····	114	第一部分 任务导入·····	136
3.3 典型负反馈放大器分析·····	118	第二部分 相关知识·····	137
3.3.1 电流并联负反馈放大 电路·····	118	4.1 集成运算放大器基本知识·····	137
3.3.2 电压并联负反馈放大 电路·····	119	4.1.1 集成运算放大器的类型·····	137
3.3.3 电流串联负反馈放大 电路·····	119	4.1.2 集成运算放大器的基本 结构·····	138
3.3.4 电压串联负反馈放大 电路·····	120	4.1.3 集成运算放大器的符号·····	139
3.3.5 判断反馈类型和性质 举例·····	121	4.1.4 集成运算放大器的基本 特性·····	139
3.3.6 负反馈放大器的近似 估算·····	123	4.1.5 集成运算放大器的适用 场合·····	140
3.4 反馈型自激振荡电路·····	124	4.1.6 集成运算放大器的封装与 引脚功能·····	140
3.4.1 反馈型自激正弦振荡器的 基本组成·····	124	4.1.7 集成运算放大器的主要 参数·····	144
3.4.2 振荡电路的振荡条件以及 判断能否振荡的方法·····	126	4.2 基本集成运算放大器典型应用 电路·····	148
3.4.3 正弦波振荡电路选频网络 常用元件·····	126	4.2.1 反相放大器电路·····	149
3.4.4 RC 移相振荡电路·····	126	4.2.2 反相交流放大电路识图·····	149
3.4.5 RC 电桥振荡电路·····	127	4.2.3 同相放大器电路·····	150
3.4.6 变压器反馈 LC 振荡 电路·····	128	4.2.4 同相交流放大电路识图·····	151
3.4.7 电感三点式振荡电路·····	130	4.2.5 电压跟随器电路·····	151
3.4.8 电容三点式振荡电路·····	130	4.2.6 差分比例放大器电路·····	153
3.4.9 改进型电容三点式振荡 电路·····	131	4.2.7 比较电路识图·····	154
3.4.10 并联型晶体振荡电路·····	131	4.3 集成运算放大器信号运算 电路·····	156
3.4.11 串联型晶体振荡电路·····	132	4.3.1 反相加法器电路·····	156
第三部分 相关技能·····	132	4.3.2 减法运算电路·····	156
3.5 识读与安装高保真无线话筒 电路·····	132	第三部分 相关技能·····	158
3.6 识读与安装光振荡电路·····	133	4.4 识读与安装多状态逻辑状态 测试显示电路·····	158
3.7 识读与安装声控自动照明 电路·····	133	4.5 识读与安装过压与欠压保护 电路·····	158
		习题·····	160



第5单元 直流稳压电源电路..... 161

第一部分 任务导入 161

第二部分 相关知识 162

5.1 常用直流稳压电源的类型与组成..... 162

5.1.1 常用直流稳压电源的类型 162

5.1.2 直流稳压电源的组成 163

5.2 整流电路..... 164

5.2.1 整流电路的类型与特点 164

5.2.2 整流元件参数的计算 166

5.3 滤波电路..... 167

5.3.1 滤波电路常用元件 168

5.3.2 滤波电路类型与特点 168

5.4 线性稳压电路 170

5.4.1 稳压管并联稳压电路 170

5.4.2 最简单的串联型晶体管稳压电路 170

5.4.3 具有放大环节串联稳压电路 171

5.5 稳压集成电路 173

5.5.1 三端固定正电压输出稳压 器封装与引脚识别 173

5.5.2 三端固定负电压输出稳压 器封装与引脚识别 174

5.5.3 三端可调电压输出稳压电 路封装与引脚识别 174

5.5.4 三端固定稳压块 $78\times\times$ 系列构成的典型稳压 电路 175

5.5.5 可扩展 7800 系列三端稳 压集成块输出电流的典型 应用电路 176

5.5.6 可扩展 7900 系列三端稳 压集成块输出电流的典型 应用电路 176

5.5.7 LM317 构成的 1.25V 典型 稳压电路 177

5.5.8 LM317 构成的恒流源典 型应用电路 177

5.5.9 AN7800 构成的上调式典 型稳压电路 177

5.5.10 AN7800 构成的自零调 压式典型稳压电路 178

5.5.11 W78 $\times\times$ 构成开关稳压电 源典型应用电路 178

5.5.12 W7805 构成可进行自动转 换的开关/线性两用稳压电 源典型应用电路 179

第三部分 相关技能 180

5.6 识读电源电路图指导 180

5.7 稳压集成电路的选择 180

5.8 识读与安装 1.4~15V 稳压电源 电路 181

5.9 识读与安装 LM317K 构成的 1.25~ 30V 稳压电源电路 181

习题 182

第6单元 数字逻辑门电路 184

第一部分 任务导入 184

第二部分 相关知识 186

6.1 数字逻辑电路的基本知识 186

6.1.1 逻辑电路的图形和逻辑 功能 186

6.1.2 逻辑门电路类型 186

6.1.3 逻辑状态的表示方法 187

6.1.4 与门电路 188

6.1.5 或门电路 189

6.1.6 非门电路 190

6.1.7 复合逻辑门电路 191

6.2 计数体制 192

6.2.1 十进制数 192

6.2.2 二进制数 193

6.2.3 常用进位计数制之间的 对应关系 193

6.2.4 二进制数转换为十进 制数 194



6.2.5	十进制数转换为二进制数	194
6.3	码制	196
6.3.1	8421 码	196
6.3.2	2421 码 (埃肯码)	197
6.3.3	余 3 码	197
6.3.4	码制说明	198
6.4	逻辑代数基础	198
6.4.1	3 种基本逻辑关系	198
6.4.2	复合逻辑	199
6.4.3	逻辑代数基本定律	199
6.4.4	逻辑代数的常用公式	199
6.4.5	逻辑代数的 3 个基本法则	200
6.4.6	逻辑函数标准表达式	200
6.5	逻辑函数的化简	203
6.5.1	公式化简法	203
6.5.2	卡诺图化简法	204
6.6	编码器和译码器电路	209
6.6.1	编码电路	209
6.6.2	译码电路	210
第三部分	相关技能	211
6.7	识读与安装具有声光显示的 10 键自锁互斥电子开关电路	211
6.8	识读与安装由集成逻辑门构成的超小型 AM 收音电路	211
习题		212

第 7 单元 触发器和时序逻辑电路·· 214

第一部分	任务导入	214
第二部分	相关知识	215
7.1	触发器基本知识	215
7.1.1	触发器的特点	215
7.1.2	触发器的类型	216
7.1.3	基本 RS 触发器	216
7.2	触发器电路	219
7.2.1	D 触发器	219
7.2.2	集成电路 D 触发器	220
7.2.3	J-K 触发器	221
7.3	寄存器和移位寄存器电路	222
7.3.1	基本寄存器电路	222
7.3.2	移位寄存器电路	223
7.4	计数器和分频器电路	225
7.4.1	计数器电路	225
7.4.2	分频器电路	227
第三部分	相关技能	228
7.5	识读数字逻辑电路图指导	228
7.6	识读与安装由 CD4013 构成的自动光控照明灯电路	229
7.7	识读与安装由数字计数器 CC4017 构成的双音多频门铃控制电路	229
习题		230
参考文献		232

第1单元

电子元器件的识别

第一部分 任务导入

如同积木一样,再复杂的电子电路也是由一个个小单元电路构成的,它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基本电子元器件按照一定的方式“拼凑”而成,这些基本电子元器件常见的有电阻器、电容器、电感器、半导体二极管、晶体三极管等。

对电子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 and 熟悉各种电子元器件的功能和特性,才能在实际电子电路设计工作中正确选择和合理使用它们,才可能设计出实用、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、特点有比较深入的了解,才能读懂它。

本单元的学习任务如下。

1. 认识和熟记各种电子元器件的电路图形符号。
2. 了解和熟悉各种电子元器件的功能和特性。
3. 了解和熟悉各种电子元器件的类型,以便于正确选择和合理使用它们。

本单元的学习中,对各种电子元器件的内部结构并不需要去记忆,重点要放在理解这些元器件的功能原理、性能特点,掌握这些电子元器件的电路图形符号。



第二部分 相关知识

1.1 电阻类元件

电阻类元件是日常应用最广泛的元件之一，本节介绍的电阻类元件，除了固定电阻、可变电阻外，还把一些敏感及特殊类电阻也列入了其中，以便于应用。

电阻是电阻器的简称，其基本特性是对交流电和直流电都呈相同的阻力。

1.1.1 电阻的类型

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

1. 碳膜电阻

碳膜电阻是将真空高温热分解出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变更碳膜的长度，可以得到不同的电阻值。由于此类电阻价格低廉，故应用最广泛。

2. 金属膜电阻

金属膜电阻是用真空加热蒸发（或高温分解、化学沉积或烧渗等方法）技术，将合金材料（有高阻、中阻、低阻 3 种）蒸镀在陶瓷骨架上制成的。通过刻槽或改变金属膜厚度可以控制电阻值的大小。这种电阻的耐热性及稳定性均比碳膜电阻好。同时，它的噪声低、体积小，但价格贵，被广泛应用于对稳定性和可靠性要求较高的电路中。

3. 线绕电阻

线绕电阻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。它具有电阻值范围大（ $0.1 \sim 5\text{M}\Omega$ ）、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 500W ）等优点，缺点是高频特性差。

线绕电阻有固定式和可调式 2 种，可调式是从电阻体上引出一个滑动端子，滑动该端子可对电阻值进行调整。

4. 金属氧化膜电阻

金属氧化膜电阻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形成的。其性能与金属膜电阻器类似，但电阻值范围窄。其典型的特点是金属氧化膜与陶瓷基体结合得更牢，耐酸碱能力强，抗盐雾，因而适用于恶劣的工作环境。

5. 玻璃釉电阻

玻璃釉电阻属于厚膜电阻器，型号为 RI。目前用得较多的是钉系玻璃釉电阻，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

合成碳膜电阻又称合成膜电阻，型号为 RH。其抗潮性和电压稳定性差，噪声高，频率特性



差,但便于制成高电阻值、高精度电阻,故多用于直流仪表中。

7. 有机实芯电阻

有机实芯电阻型号为 RS,这种电阻器具有良好的绝缘外壳,在环境恶劣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

可变电阻通常又分为微调电阻和电位器。电位器又分为单联电位器、双联电位器、多联电位器、带开关电位器等。

9. 敏感电阻

敏感电阻有热敏电阻、压敏电阻、光敏电阻、湿敏电阻、磁敏电阻、气敏电阻等。

10. 熔断电阻

熔断电阻是一种保护性元件,通常用来对电路的工作进行保护,一旦被保护电路出现问题使电流过大时,就会迅速熔断,对电路元件进行保护。

1.1.2 电阻标称阻值识别方法

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

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

1. 直标法

所谓直标法就是电阻值用阿拉伯数字,允许误差用百分数,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电阻值用数字与符号组合在一起来表示,组合规律如下。

(1) 文字符号

文字符号 Ω 、k、M 处于 2 个数字中间时,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

允许误差用符号: J 为 $\pm 5\%$; K 为 $\pm 10\%$; M 为 $\pm 20\%$ 。此类符号一般置于标称符号最后。

例如: $3\Omega 3K$ 表示 $3.3\Omega \pm 10\%$,这种表示法可避免因小数点蹭掉而误识标记。

3. 色环标注法

小型化的电阻都采用色环标注法,简称色标法。色标法就是用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。

普通精度的电阻用 4 条色环表示,色环电阻的表示方法如图 1-1 所示。左边(与端头距离最近的)为第 1 色环,顺次向右为第 2、第 3、第 4 色环。各色环所代表的意义为:

- ① 第 1 色环、第 2 色环相应地代表电阻值的第 1 位、第 2 位有效数字。
- ② 第 3 色环表示第 1 位、第 2 位数之后加“0”的个数。
- ③ 第 4 色环代表电阻值的允许误差。

各色环颜色-数值对照见表 1-1 所列。

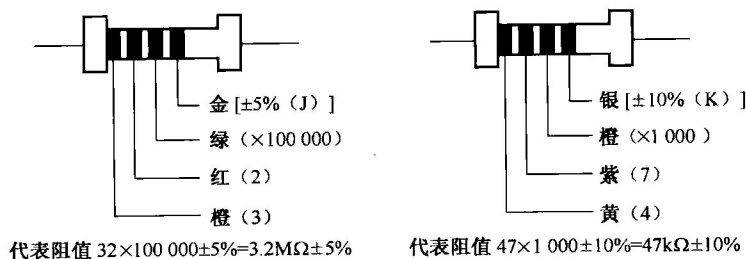


图 1-1 色环电阻的表示方法

表 1-1

普通精度电阻色环颜色-数值对照表

色环颜色	第 1 色环	第 2 色环	第 3 色环	第 4 色环
	第 1 位数字	第 2 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	$10^3 = 1\,000$ $\times 1\,000\Omega$	—
黄	4	4	$10^4 = 10\,000$ $\times 10\,000\Omega$	—
绿	5	5	$10^5 = 100\,000$ $\times 100\,000\Omega$	—
蓝	6	6	$10^6 = 1\,000\,000$ $\times 1\,000\,000\Omega$	—
紫	7	7	—	—
灰	8	8	—	—
白	9	9	—	—
金	—	—	$10^{-1} = 0.1$ $\times 0.1\Omega$	± 5%(J)
银	—	—	$10^{-2} = 0.01$ $\times 0.01\Omega$	± 10%(K)

例如有一电阻,色环为“白、棕、金、银”,因为第3环金色为 0.1Ω 级,前面第1环“白”为9,第2环“棕”为1,最后“银”为 $\pm 10\%$ 。综合起来可知该电阻器的标称值是 $9.1\Omega \pm 10\%$ 。

另一电阻的色环为“橙、红、绿、金”,则它的电阻值为 $3.2\text{M}\Omega \pm 5\%$ 。

再有一电阻,色环为“红、黑、橙、金”,因为第2环是黑,第3环是橙所以是整数几十 $\text{k}\Omega$ 级,它表示的电阻值为 $20\text{k}\Omega \pm 5\%$ 。

还有一电阻,色环为“黄、黄、黄、金”,其标值电阻值为 $440\text{k}\Omega \pm 5\%$,实际电阻值为 $418 \sim 462\text{k}\Omega$ 。

1.1.3 电阻额定功率识别方法

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

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

电路图中电阻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 $1/4\text{W}$ 、 3W



等；也有的用图 1-2 所示中的不同功率电阻的图形符号来表示。

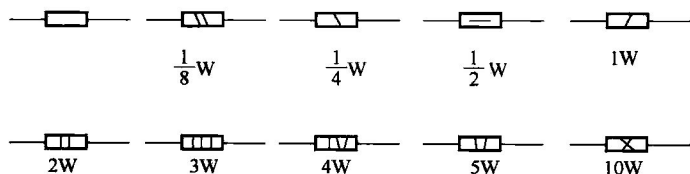


图 1-2 不同功率电阻器的图形符号

1.1.4 电阻的阻值单位

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

电阻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（ $k\Omega$ ）和兆欧（ $M\Omega$ ）。它们之间的关系为：

$$1 \text{ 千欧}(k\Omega) = 1\,000 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧}(M\Omega) = 1\,000 \text{ 千欧}(k\Omega) = 1\,000\,000 \text{ 欧}(\Omega)$$

1.1.5 固定电阻

固定电阻的类型最多，应用也最广泛，既有大功率的电阻，又有各种小功率的电阻，标称阻值最全面。

1. 固定电阻电路图形符号识别方法

固定电阻在电路图中的符号如图 1-3 (a) 所示，长方形块表示电阻体，两边短线分别表示电阻的两根引出线。固定电阻的文字符号常用字母“R”表示。

各种固定电阻的外形如图 1-3 (b) ~ (e) 所示。

2. 固定电阻典型应用方法

电路中，电阻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。电阻在电路中既可作为负载，又可组成分流器、分压器，当与电容进行配合时，还可起滤波作用。其最典型的应用是组成电阻分压和分流电路。

(1) 电阻的串联

由于固定电阻串联后，其总阻值为各个分电阻阻值的总和。因此，可以将小阻值的电阻串联后来代用大阻值的电阻。例如图 1-4 (a) 电路是以 3 只电阻串联为例来说明电阻的串联特性。若用 3 只电阻 $R_1 \sim R_3$ 串联后来代替 R，则此时 R 的电阻值为

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

(2) 电阻的并联

固定电阻并联后，其总阻值会变小。因此，可以把大阻值的电阻并联后来获得小阻值的电阻。例如图 1-4 (b) 是 3 只电阻并联来代替 1 只电阻，此时 R 的电阻值为

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



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

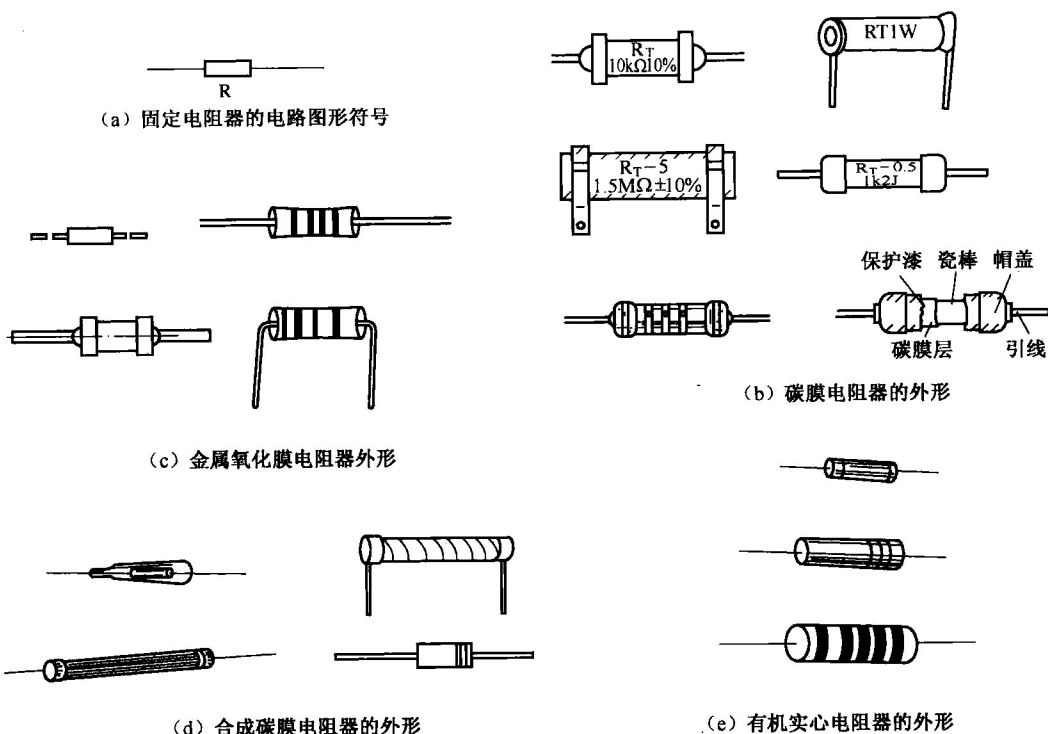


图 1-3 固定电阻的外形及电路图形符号

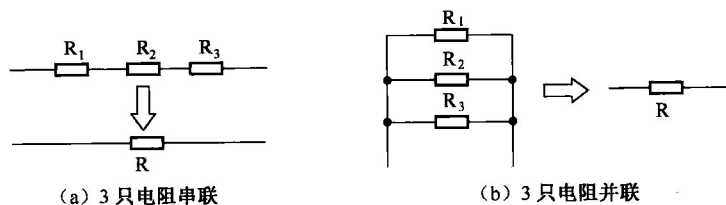


图 1-4 电阻串联、并联示意图

如果并联的电阻其值均相同，则此时 R 的值为

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

1.1.6 可变电阻

可变电阻是一种连续可调的电阻器，其滑动臂（动接点）的接触刷在电阻体上滑动，可获得与可变电阻外加输入电压和可动臂转角成一定关系的电压输出。

1. 可变电阻电路图形符号识别方法

可变电阻又称为电位器，在电路图中不带开关的电路符号如图 1-5 (g) 所示，带开关的电路符号如图 1-5 (h) 所示。图中仍用长方形表示电阻体，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（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）。

可变电阻的外形如图 1-5(a)~(f)所示。电位器在电路图中常用字母“RP”(旧标准用“W”)表示。

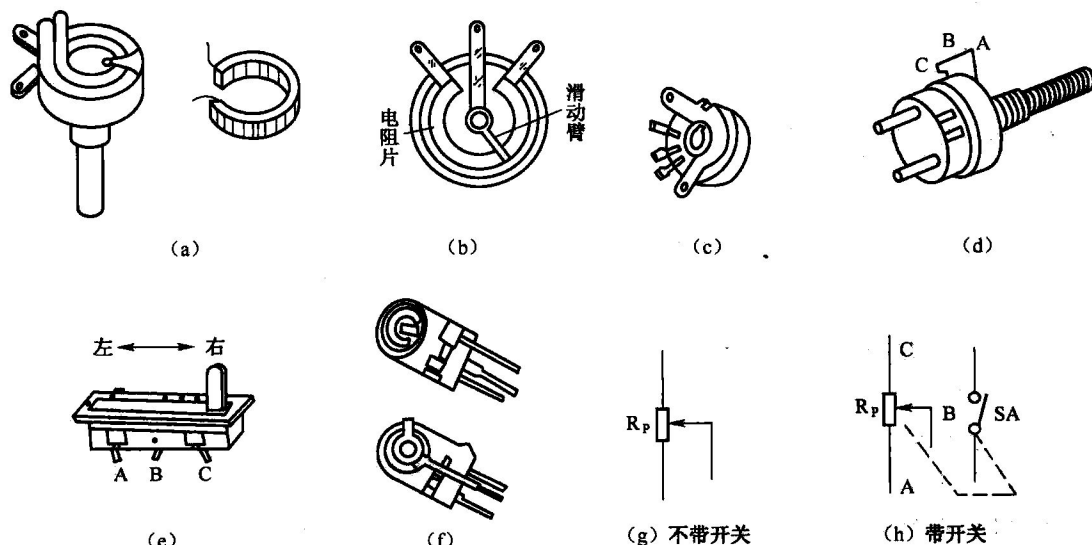


图 1-5 电位器的外形及电路符号

2. 电位器的类型

知道电位器的类型，对于合理选用它很有好处。电位器根据其使用的材料分类，有如图 1-5(b)所示的合成碳膜电位器和图 1-5(a)所示的线绕电位器。根据其外形的大小可分为如图 1-5(c)~(f)所示的大、小和微型电位器。按电阻值变化规律分类，有线性(X)、指数(Z)和对数(D)电位器；按结构分类，有如图 1-5(a)、(c)和(d)所示的旋转电位器和如图 1-5(e)所示的直滑式电位器；还有一种如图 1-5(f)所示的半可变电位器（即微调电位器）。

3. 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 2 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;但耐压稍低,噪声较大,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。可制成误差仅为 $\pm 0.1\%$ 的精密电位器和功率达100W以上的大功率电位器。

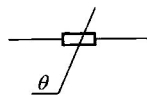
线绕电位器可分为单圈、多圈、多联结构;根据用途可制成普通型、精密型、微调型;电阻值变化规律有线性与非线性2种。这种电位器耐压好,精度高,噪声小,但电阻值范围较小(一般为几 Ω 至几十k Ω)。

1.1.7 热敏电阻器

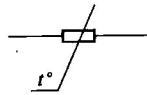
热敏电阻器是电阻值随温度变化而显著变化的敏感元件。电阻值随温度升高而减小的称为负温度系数热敏电阻器,用英文缩写NTC表示。电阻值随温度升高而增加的称为正温度系数热敏电阻器,用PTC表示。

1. 热敏电阻器在电路中的符号

热敏电阻器在电路中用文字符号“RT”或“R”表示,其电路图形符号如图1-6所示。



(a) 新标准符号



(b) 旧标准符号

图1-6 热敏电阻器的电路图形符号

2. 热敏电阻器的种类

热敏电阻器的种类繁多,用途广泛,使用的材料及外形结构多种多样,大致可以分为以下几种类型。

(1) 按形状结构分类

热敏电阻器按形状结构分类,可以分为如图1-7所示的几种。

① 片状热敏电阻器。包括圆片和方片,厚度为1.5~2.5mm。

② 垫圈式热敏电阻器。其电阻体的直径为 $\phi 6 \sim 30\text{mm}$,厚度在1~10mm,中央开小孔成垫圈状。

③ 杆状热敏电阻。这类热敏电阻分为非密封、一般密封与真空密封3种。

④ 珠状热敏电阻。其电阻体为 $\phi 0.5\text{mm}$ 左右,把 $\phi 0.03\text{mm}$ 的铂丝用做内引线,把 $\phi 0.04\text{mm}$ 的镀镁丝用做引出线,电阻体封于玻璃管中。

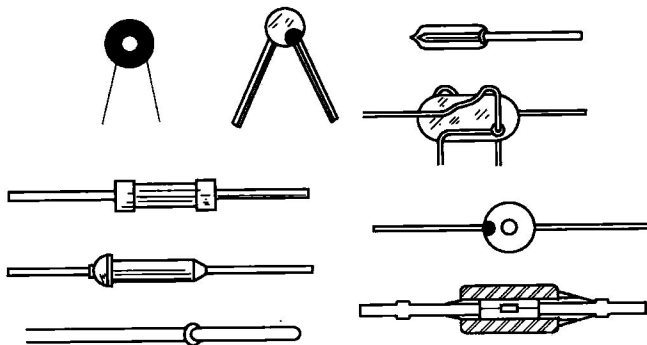


图1-7 几种热敏电阻器外形示意图

除了以上形状结构外,还有管状、线状、薄膜、厚膜以及其他特殊形状的热敏电阻。