

# 学电子元器件 从入门到成才

XUE DIANZI YUANQIJIAN  
CONG RUMEN DAO CHENGCAI

王俊峰 等编著

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 学电子元器件从入门到成才

王俊峰 等编著



机械工业出版社

本书共 10 章, 包括: 元器件入门、元器件种类、元器件结构、元器件特性、元器件选择、元器件识别、元器件测量、元器件代换、元器件检修、元器件应用等内容。

本书内容丰富, 通俗易懂, 图文并茂, 突出实用性、可操作性。通过本书的学习, 希望每个电子爱好者成为元器件专家、能工巧匠和有用之才。

本书可供广大电子技术人员、电子爱好者使用。如电路的设计者、企事业单位的电气人员和相关专业的学生阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

学电子元器件从入门到成才 / 王俊峰等编著. —北京: 机械工业出版社, 2009. 10

ISBN 978-7-111-28447-5

I. 学… II. 王… III. ①电子元件②电子器件 IV. TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 179049 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吉 玲 责任编辑: 蔡家伦 版式设计: 张世琴

封面设计: 鞠 杨 责任校对: 陈延翔 责任印制: 杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13 印张 · 317 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-28447-5

定价: 29.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者服务部: (010)68993821

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

《学电子元器件从入门到成才》一书，是为了满足广大电子爱好者的需求而编写的。一切电路都是由元器件组成的。在我们日常工作中，电子电路中出现大量的故障都是因为元器件的损坏、失效、老化、使用不当和电子电路设计先天不足造成的，致使设备无法正常工作，有时会给国家财产造成严重损失。

要想正确地应用、设计电子电路，使各种设备正常运行，就要掌握电子元器件的基本知识。要成为运用电子元器件的行家里手。“千里之行，始于足下。”

本书从元器件的入门知识开始，介绍元器件的种类、结构，识别元器件，选择元器件，测量、代换、检修元器件，合理应用元器件，系统地、全面地学好、用好元器件。

元器件是电子电路的基础，不懂得元器件的结构、原理、特性，就不懂得电路的原理。不会测量、识别元器件，就不会使用元器件。

本书内容丰富、通俗易懂、图文并茂，突出实用性、可操作性。写作方法简洁明了，不落俗套。不一样的思路，不一样的方法，一定会得到不一样的效果。当你需要查阅元器件某部分内容时，可以通过对应的章节迅速查出，达到方便、快捷、高效的效果。

本书共 10 章，包括：元器件入门、元器件种类、元器件结构、元器件特性、元器件选择、元器件识别、元器件测量、元器件代换、元器件检修、元器件应用等内容。

本书可供广大电子爱好者使用，也可供电子电路的设计者、工厂的电气人员和相关专业的学生阅读。

通过本书的学习，希望每个电子爱好者成为元器件专家、能工巧匠和有用之才。

本书由王俊峰主编，参加本书编写的还有王娟、薛素云、李秀玲、吴慎山、吴东芳、陈军、薛迪强、李建军、薛迪胜、薛迪庆、马备战、薛斌、杨桂玲、李晓芳等。

由于时间仓促，加上作者水平所限，书中难免有不足之处，欢迎读者提出宝贵意见。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 元器件入门 ..... 1

- 1.1 电子元器件的基础 ..... 1
- 1.2 电子元器件的学习方法 ..... 1
- 1.3 电子元器件的主要参数 ..... 2

## 第 2 章 元器件种类 ..... 6

- 2.1 电阻器 ..... 6
- 2.2 可变电阻器 ..... 8
- 2.3 电容器 ..... 9
- 2.4 电感器 ..... 11
- 2.5 晶体二极管 ..... 13
- 2.6 稳压二极管 ..... 14
- 2.7 普通晶体管 ..... 15
- 2.8 晶闸管 ..... 17
- 2.9 集成电路 ..... 19
- 2.10 电子开关和插接件 ..... 21
- 2.11 照明行灯变压器 ..... 22
- 2.12 控制变压器 ..... 23
- 2.13 中周变压器 ..... 23
- 2.14 各种电子技术应用变压器 ..... 24
- 2.15 光控晶闸管 ..... 24
- 2.16 发光二极管 ..... 25
- 2.17 激光器 ..... 26
- 2.18 双向晶闸管 ..... 26
- 2.19 光敏二极管 ..... 27
- 2.20 光敏晶体管 ..... 28
- 2.21 压敏电阻器 ..... 30
- 2.22 热敏电阻器 ..... 31
- 2.23 光敏电阻器 ..... 33
- 2.24 磁性天线 ..... 34
- 2.25 固态继电器 ..... 35
- 2.26 耳机 ..... 37
- 2.27 压电蜂鸣器 ..... 38
- 2.28 液晶显示器 ..... 39
- 2.29 数码管显示器 ..... 39
- 2.30 全桥整流组件 ..... 40
- 2.31 单结晶体管 ..... 41

- 2.32 扬声器 ..... 42
- 2.33 传声器 ..... 43
- 2.34 555 时基组件 ..... 45
- 2.35 电位器 ..... 46
- 2.36 电磁继电器 ..... 47
- 2.37 场效应晶体管 ..... 48
- 2.38 激光二极管 ..... 49

## 第 3 章 元器件结构 ..... 51

- 3.1 中周(中频)变压器的结构 ..... 51
- 3.2 电源变压器的结构 ..... 51
- 3.3 电动扬声器的结构 ..... 52
- 3.4 晶闸管的结构 ..... 52
- 3.5 光敏电阻器的结构 ..... 52
- 3.6 磁敏电阻器的结构 ..... 53
- 3.7 驻极体传声器的结构 ..... 53
- 3.8 半导体陶瓷湿敏传感器的结构 ..... 54
- 3.9 电容式湿敏元器件的结构 ..... 55
- 3.10 石英(SiO<sub>2</sub>)晶体的结构 ..... 55
- 3.11 热电偶的结构 ..... 56
- 3.12 内热式气敏器件的结构 ..... 56
- 3.13 旁热式气敏元器件的结构 ..... 57
- 3.14 薄膜型和厚膜型气敏器件的结构 ..... 57
- 3.15 霍尔集成元件的结构 ..... 58
- 3.16 超声波传感器的基本结构 ..... 59
- 3.17 热敏电阻器的结构 ..... 59
- 3.18 光控晶闸管的结构 ..... 60
- 3.19 光电池的结构 ..... 60
- 3.20 彩色传感器的结构 ..... 60
- 3.21 液晶显示器的结构 ..... 61
- 3.22 数码管显示器的结构 ..... 62
- 3.23 激光二极管的结构 ..... 63
- 3.24 电位器的结构 ..... 63

## 第 4 章 元器件特性 ..... 64

- 4.1 普通电阻器的特性 ..... 64
- 4.2 可变电阻器的特性 ..... 64
- 4.3 熔断电阻器的特性 ..... 64

4.4	光敏电阻器的特性	65	5.16	三端稳压集成电路的选择	91
4.5	湿敏电阻器的特性	66	5.17	集成运算放大器的选择	92
4.6	压敏电阻器的特性	67	5.18	集成功率放大器的选择	93
4.7	电容器的特性	67	5.19	光耦合器的选择	93
4.8	电感器的特性	68	5.20	熔断器的选择	94
4.9	晶体二极管的特性	69	5.21	热继电器的选择	95
4.10	晶体管的特性	69	5.22	时间继电器的选择	96
4.11	稳压二极管的伏安特性	70	5.23	稳压二极管的选择	96
4.12	变压器的特性	70	5.24	固态继电器的选择	96
4.13	中周(中频)变压器的特性	71	5.25	蜂鸣器的选择	96
4.14	扬声器的特性	71	5.26	555 时基组件的选择	97
4.15	液晶显示器的特性	71	5.27	电位器的选择	97
4.16	发光二极管的特性	72	5.28	开关的选择	98
4.17	光耦合器的特性	73	5.29	电磁铁的选择	98
4.18	光敏晶体管的基本特性	74	5.30	转换开关的选择	98
4.19	光控晶闸管的伏安特性	75	5.31	元器件的选购	98
4.20	光电池的特性	76	<b>第 6 章 元器件识别</b>	<b>100</b>	
4.21	热敏电阻的特性	77	6.1	二极管的极性识别	100
4.22	彩色传感器的特性	77	6.2	二极管质量优劣的识别	100
4.23	单结晶体管的负阻特性	78	6.3	晶体管的极性识别	100
4.24	场效应晶体管的特性	79	6.4	单结晶体管管脚的识别	101
4.25	数码管的特性	79	6.5	整流桥的识别	102
4.26	晶闸管的特性	79	6.6	稳压二极管的识别	103
4.27	运算放大器的特性	80	6.7	变压器绕组的识别	103
4.28	万用表的特性	80	6.8	三端稳压块的识别	104
4.29	开关的特性	81	6.9	NE555 的识别	105
4.30	电位器的特性	82	6.10	集成块的识别	105
<b>第 5 章 元器件选择</b>	<b>83</b>	6.11	光敏晶体管的识别	105	
5.1	选择电子元器件的方法	83	6.12	晶闸管的识别	106
5.2	电阻器的选择	84	6.13	电感器的识别	106
5.3	热敏电阻器的选择	84	6.14	电容器的识别	107
5.4	压敏电阻器的选择	85	6.15	耳机的识别	108
5.5	湿敏电阻器的选择	85	6.16	结型场效应晶体管的识别	109
5.6	光敏电阻器的选择	85	6.17	硅材料绝缘栅型场效应晶体管的识别	110
5.7	电容器的选择	86	6.18	继电器的识别	110
5.8	电感器的选择	87	6.19	电位器的识别	110
5.9	变压器的选择	87	<b>第 7 章 元器件测量</b>	<b>112</b>	
5.10	扬声器的选择	88	7.1	电阻器的测量	112
5.11	传声器的选择	89	7.2	电位器的测量	112
5.12	耳机的选择	89	7.3	压敏电阻器的测量	113
5.13	晶体二极管的选择	89	7.4	热敏电阻器的测量	113
5.14	晶体管的选择	90	7.5	电容器的测量	114
5.15	集成电路的选择	90			

7.6	电解电容器的测量	115	8.14	激光二极管的代换	146
7.7	可变电容器的测量	115	<b>第9章 元器件检修</b>		147
7.8	电感器的测量	116	9.1	对维修人员的要求	147
7.9	普通二极管的测量	117	9.2	元器件修理方法	148
7.10	光敏二极管的测量	118	9.3	元器件修理寻迹电路	151
7.11	普通晶体管的万用表测量	119	9.4	元器件常见故障	151
7.12	光敏晶体管的测量	119	9.5	发光二极管的检修	152
7.13	场效应晶体管的测量	121	9.6	扬声器的检修	153
7.14	普通晶闸管的测量	121	9.7	电容器的检修	153
7.15	双向晶闸管的测量	122	9.8	电感器的检修	154
7.16	单晶体管的测量	123	9.9	耳机的检修	155
7.17	集成电路的测量	124	9.10	可调电容器的检修	155
7.18	光耦合器的测量	126	9.11	熔断器的检修	156
7.19	扬声器的测量	126	9.12	电位器的检修	157
7.20	晶体管参数的电流表测量	126	9.13	晶体二极管的检修	157
7.21	放大器输入和输出电阻的测量	128	9.14	晶体管的检修	158
7.22	开关和插接件的测量	130	9.15	集成电路的检修	159
7.23	压电陶瓷片的测量	130	9.16	指针式万用表的检修	159
7.24	全桥整流组件的测量	131	9.17	蜂鸣器的检修	162
7.25	稳压二极管的测量	132	<b>第10章 元器件应用</b>		163
7.26	固态继电器的测量	133	10.1	元器件的应用原则	163
7.27	变色发光二极管的测量	133	10.2	元器件的应用方法	163
7.28	耳机的测量	133	10.3	元器件使用中的降额设计	163
7.29	555 时基组件的测量	134	10.4	元器件应用的热设计	164
7.30	三端稳压块的测量	135	10.5	TTL 集成电路的使用规则	166
7.31	数码管的测量	136	10.6	CMOS 集成电路的使用规则	166
7.32	激光二极管的测量	136	10.7	运放组成的声控电压放大器	167
7.33	传声器的测量	137	10.8	彩色传感器的放大电路	168
7.34	驻极体传声器的测量	138	10.9	光敏二极管的应用电路	169
<b>第8章 元器件代换</b>		139	10.10	光敏晶体管的应用电路	169
8.1	元器件代换的基本原则	139	10.11	气敏传感器的应用电路	169
8.2	电阻器的代换	139	10.12	热敏电阻器的应用电路	170
8.3	电容器的代换	140	10.13	湿敏传感器的应用电路	171
8.4	电位器的代换	140	10.14	磁敏传感器的应用电路	171
8.5	电感器的代换	140	10.15	压电传感器的应用电路	172
8.6	晶体管的代换	141	10.16	光控传感器的应用电路	173
8.7	变压器的代换	141	10.17	超声波传感器的应用	174
8.8	集成电路的代换	141	10.18	红外线器件的应用电路	175
8.9	扬声器的代换	144	10.19	场效应晶体管的应用电路	176
8.10	热敏电阻器的代换	145	10.20	驻极体传声器的应用电路	177
8.11	压敏电阻器的代换	145	10.21	晶体二极管的应用电路	177
8.12	湿敏电阻器的代换	145	10.22	三端稳压块的应用电路	178
8.13	光敏电阻器的代换	146	10.23	电容元件的应用电路	179

---

10.24	电感元件的应用电路 .....	180	国内外型号对照表 .....	184
10.25	发光二极管的应用电路 .....	180	附录 B 传感器的参数 .....	193
10.26	电阻元件的应用电路 .....	181	附录 C MYG02 型压敏电阻主要 特性参数 (1022) .....	196
10.27	555 的应用电路 .....	182	附录 D 三端稳压集成电路参数 .....	197
10.28	固态继电器的应用电路 .....	182	附录 E 常用小型继电器参数 .....	197
<b>附录</b>	.....	184	<b>参考文献</b> .....	198
附录 A	电子元器件参数表及			



# 第 1 章 元器件入门

## 本章学习要点

本章从元器件的入门开始，介绍了元器件及其主要参数等。  
通过学习、实践各章内容，可以为设计、应用、维修电路打好基础。

### 1.1 电子元器件的基础

当你步入元器件之门，五颜六色的元器件，将带你进入一个美丽的世界，你会感到不见不知道，元器件好奇妙。电子元器件给人们带来美的享受。各种各样的电子玩具给儿童带来欢乐，五颜六色的时尚照明，把人们带入了仙境，电子元器件的高科技把人们送入太空，到另一个星球探索宇宙的奥秘，各种医疗器械，为患者解除痛苦，带来欢笑。电子元器件组成的工业应用电路，可以让机器转动起来、唱起来、亮起来。以上无不说明电子元器件的美妙。

### 1.2 电子元器件的学习方法

我们在中学曾经学过电阻器、电容器、电感器等元件，分别用“ $R$ ”、“ $C$ ”、“ $L$ ”表示，还知道它们的串联和并联的计算公式。到了大学，在中学课本的基础上，理论上引深一步，仅仅如此而已。难道对元器件这门科学，只知道上边说那点内容就行了吗？答案是否定的。

#### 1. 电子元器件是一门科学

电子元器件是一门科学，它涉及元器件的材料、类型、参数、原理、结构、测量、特性、识别、选择、检修、代换、应用等十多个方面的内容。各种元器件有几百种，琳琅满目。它们的内容之丰富、范围之广泛、知识之渊博是初学者预想不到的。

随着科学技术的飞速发展，新材料、新技术、新工艺的出现，新元器件的不断问世，使每一个电子爱好者，都感到有学不完的知识，用不尽的技术，并且会觉得力不从心。

#### 2. 设计电路，元器件是关键

电子元器件和盖楼房的砖瓦一样。元器件组成了各种不同的电路。没有元器件就没有电路。一切电路都是由元器件组成的。在日常工作中，电路中出现大量的故障都是因为元器件的损坏、失效、老化、使用不当和电路设计先天不足造成的。有时，元器件的损坏会给国家财产造成严重损失。

要想正确地应用、设计电路，使各种设备正常运行，就要学好电子元器件。要成为运用电子元件的行家里手，“千里之行，始于足下。”

元器件是电路的基础，不懂得元器件的结构、原理、特性，就不懂得电路的原理。不会测量、识别元器件，就不会使用元器件。

设计电路的目的是将元器件科学、有序地组合起来，完成人们的某种需求。设计电路时，要把使用什么元器件，作为我们第一时间考虑的内容。电路越简单越好，成本越低越好，对于使用不同元器件所制作的同种功能的产品，成本较高的产品会出现滞销、库存积压。

### 3. 应用元器件是学习元器件的最好方法

要想学好电子元器件，应用元器件是学习元器件的最好方法。学而用之则进，学而不用则废，就是这个道理。不断应用的过程，就是不断对元器件各方面认知的过程。

强化元器件应用基本功训练。如元器件的识别与选用，焊接工艺的练习、测试，电路调试过程等，都是进一步了解元器件性能的重要环节。对元器件选用不当，元器件焊接出现虚焊、漏焊与错焊，都会影响整机的质量，所以要强化训练。如在一块废旧的印制电路板上，反复进行元器件焊点训练，掌握电烙铁的焊接温度及焊接时间，当熟悉之后，再进行正式焊接。又如导线的连接，可用不同颜色的导线或在导线的两端分别套上同一符号的套管，这样便于查找导线、分析和维修电路等。

### 4. 熟能生巧

当你第一次见到电子元器件时，你会看得眼花缭乱。那些大大小小不同的元器件，你会感到生疏和渺茫。你会感到理论课本上的元器件符号和实物对不上。这需要你经常接触元器件，研究元器件的结构及其作用？逐步了解元器件，才能逐渐熟悉。

## 1.3 电子元器件的主要参数

电子元器件的主要参数包括特性参数、规格参数和质量参数。这些参数从不同角度反映一个电子元器件的电气性能及其完成功能的条件，它们是互相联系又互相制约的。

### 1. 电子元器件的特性参数

特性参数描述电子元器件在电路中的电气功能，通常用该元器件的名称来表示，例如电阻特性、电容特性、二极管的伏安特性、晶体管的输入输出特性等。这些元器件中分线性元器件和非线性元器件。在一般情况下，线性元器件的阻值是一个常量，不随外加电压的大小而变化，符合欧姆定律，常用电阻器大多数属于这一类（热敏电阻器、光敏电阻器、压敏电阻器属于非线性电阻器）；非线性元器件的阻值不是常量，如半导体元器件的伏安特性曲线，随外加电压或某些非电量的变化而变化，不符合欧姆定律。

需要说明的是，人们常说的线性元器件，它们的伏安特性不一定是直线（如电容充放电），而非线性元器件的伏安特性也不一定是曲线，这是两个不同的概念。例如，我们把某些放大器叫做线性放大器，是指输出信号  $Y$  与输入信号  $X$  之比，其函数关系为

$$Y = KX$$

其放大倍数在一定工作条件下为一常量。不同种类的电子元器件具有不同的特性参数，我们根据电路的实际需要选用其中之一。

### 2. 标称值与标称值系列

电子元器件在生产过程中，不可避免地存在数值的离散性，为了便于大批量生产，又能满足使用者在一定范围内选用合适的电子元器件，规定一系列的数值作为产品的标准值，称为标称值。

电子元器件的标称值分为特性标称值和尺寸标称值，分别用于描述它的电气功能和机械结构。例如，一个电阻器的特性标称值包括阻值、额定功率、精度等，尺寸标称值包括电阻体及引线的直径、长度等。

一组有序排列的标称值叫做标称值系列。

元器件的特性数值标称系列大多为2位有效数字（精密元器件的特性数值一般有3~4位有效数字）。电子元器件的标称值应符合系列规定的数值，并用系列数值乘以倍率来表示一个元器件的参数。

在机械设计中，规定了长度尺寸标称值系列，并且分为首选系列和可选系列（也叫第一系列、第二系列）。对元器件的外形尺寸也规定了标准系列。例如，元器件的封装外壳可分为圆型、扁平型、双列直插型等几个系列；元器件的引线有轴向和径向两个系列等。又如，大多数小功率元器件的引线直径标称值为0.5mm或0.6mm，双列和单列直插式集成电路的引脚间距一般是2.54mm或5.08mm等。在使用元器件时，不仅要考虑它的电气功能是否符合要求，还要考虑其外形尺寸是否规范、是否符合标准。

### 3. 允许偏差和精度等级

市场上销售的元器件，由于生产工艺的原因，其数值不可能与标称值完全一样，总会有一定的偏差。一般用百分数表示实际数值和标称数值的相对偏差，反映元器件的精密程度。在实际应用中，为这些实际数值规定了一个可以接受的范围，即为相对偏差规定了允许的最大范围，叫做数值的允许偏差（简称允差）。不同的允差也叫做数值的精度等级（简称精度）。例如，常用电阻的允差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三种，分别用J、K、M标志它们的精度等级。精密电阻的允差有 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ ，分别用G、F、D标志精度等级。

精度越高，其数值允许的偏差范围越小，元器件就越精密。同时，它的生产成本及销售价格也越高。在设计电路和选择元器件的过程中，应根据实际电路的要求，合理选用不同精度的电子元器件。

### 4. 额定值和极限值

电子元器件在工作时，会受到电压、电流的作用，会消耗功率。电压过高，会使元器件的绝缘材料被击穿；电流过大，会引起消耗功率过大而发热，导致元器件被烧坏。为此，规定了元器件的额定值，并定义为电子元器件能够长期工作的最大电压、电流、功率消耗和环境温度。另外，还规定了电子元器件的工作极限值，即最大值，表示元器件能够保证正常工作的最大限度。额定值的最大值和极限值是不相等的。

在这里，需要对几个问题加以说明：

- 1) 元器件的同类额定值与极限值并不相等。
- 2) 元器件的各个额定值（或极限值）之间没有固定的关系，等功耗规律往往并不成立。
- 3) 当电子元器件的工作条件超过某一额定值时，其他参数指标就要相应降低。
- 4) 对于某些元器件，可以根据其特点和需要定义的额定值、极限值来确定它的规格参数。例如，同是工作电压上限，电阻器是按最大工作电压定义的，而电容器是按额定电压来定义的。

除上述参数外，我们在电子技术课中学过的特征频率 $f_T$ ，截止频率 $f_a$ 、 $f_\beta$ ，线性集成电路的开环放大倍数 $K_o$ ，数字集成电路的扇出系数 $N_o$ 等参数，在选用元器件时，也应该予以考虑。

### 5. 电子元器件的质量参数

质量参数用于度量电子元器件的质量水平，通常描述了元器件的特性参数、规格参数随环境因素变化的规律，或者划定它们不能完成功能的边界条件。元器件的质量参数有温度系数、噪声电动势、高频特性、可靠性等，从整机制造工艺方面考虑，主要有机械强度和可焊性。

1) 温度系数。温度变化  $1^{\circ}\text{C}$ ，电子元器件的规格参数数值产生的相对变化叫做温度系数，单位为  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。温度系数描述了元器件在环境温度变化条件下的特性参数的稳定性，温度系数越小，说明它的数值越稳定。温度系数有正、负之分，分别表示当环境温度升高时，元器件数值变化的趋势是增加还是减小。温度系数取决于它们的制造材料、结构和生产条件等因素。

在设计那些要求长期稳定工作或工作环境温度变化较大的电子产品时，尽可能选用温度系数较小的元器件，也可以根据工作条件考虑产品的通风、降温，以至采取相应的恒温措施。

2) 噪声电动势和噪声系数 噪声分外部噪声和内部噪声。从设备外部来的，如雷电干扰、宇宙干扰和工业干扰等有害信号为外部噪声；从设备内部产生的，如收音机发出的“沙沙”声、电视机屏幕上出现雨雾状的斑点等，这类噪声叫做内部噪声。内部噪声主要是由各种电子元器件产生的，在一般情况下，有用信号比内部噪声大得多，噪声产生的有害影响很小，可以不予考虑。当有用信号非常微弱时，噪声就可能把有用信号“淹没”掉，其有害作用不可忽视。

我们知道，导体内的自由电子在一定温度下总是处于“无规则”的热运动状态之中，从而在导体内部形成了方向及大小都随时间不断变化的“无规则”电流，并在导体的等效电阻两端产生了噪声电动势。噪声电动势是随机变化的，在很宽的频率范围内起作用。

通常用信噪比来描述电阻器、电容器、电感器一类无源元件的噪声指标；元件两端的外加信号功率与其内部产生的噪声功率之比，即

$$\text{信噪比} = \text{两端的外加信号功率} / \text{噪声功率}$$

对于晶体管或集成电路一类有源器件的噪声，则用噪声系数来衡量：

$$\text{噪声系数} = \text{输入端信噪比} / \text{输出端信噪比}$$

噪声指标是一项重要的质量参数。在设计高增益放大器时，应尽量采用低噪声的电子元器件。

3) 高频特性 当工作频率不同时，电子元器件会表现出不同的电路响应，这是由制造元器件时所使用的材料及工艺结构决定的。元器件工作在高频状态下，将表征出电抗特性，甚至一段很短的导线，其电感、电容也会对电路的频率响应产生不可忽略的影响。这种性质，称为元器件的高频特性。在设计制作高频电路时，必须考虑元器件的频率响应，选择那些高频特性较好及分布电容、分布电感较小的元器件。

4) 机械强度和可焊性 人们希望电子设备工作在无振动、无机械冲击的理想环境中，然而事实上设备的振动和冲击是无法避免的。如选用的元器件的机械强度不够，就会在振动时发生断裂而造成损坏，使电子设备失效。常见的机械性故障表现为电阻器的陶瓷骨架断裂、电阻体两端的金属帽脱落、电容体开裂、各种元器件的引线折断与开焊等。

电子元器件的机械强度是重要的质量参数之一。在设计制作电子产品时，应该选用机械

强度高的元器件，并从整体结构方面考虑抗振动、耐冲击的措施。

元器件引线的可焊性也是它们的主要工艺质量参数之一。“虚焊”是引起整机失效的常见故障。为减少虚焊，操作者要不断练习，提高焊接技术水平，积累发现虚焊点的经验。设计选用那些可焊性好的元器件。

5) 可靠性和失效率 可靠性是指元器件的有效工作寿命，即它能够正常完成某一特定电气功能的连续工作时间。

电子元器件的工作寿命结束，叫做失效。其失效的过程是随时间的推移、工作环境的变化、元器件的规格参数从“量变到质变”的过程。

度量电子产品可靠性的基本参数是时间，即用有效工作寿命的长短来评价它的可靠性。电子元器件的可靠性用失效率来表示，即

$$\text{失效率 } \lambda(t) = \text{失效数} / \text{运用总数} \times \text{运用时间}$$

失效率的常用单位是“菲特”(Fit)，1菲特 =  $10^{-9}/\text{h}$ 。即  $10^6$  元器件运用  $10^3\text{h}$ ，每发生一次失效，就叫做 1Fit。失效率越低，说明元器件的可靠性越高。

## 第 2 章 元器件种类

### 本章学习要点

电子元器件是组成电路的基本元素，没有元器件，就没有电路。本章主要介绍元器件的种类、参数和原理，关于元器件的其他内容，在以后章节内分别介绍。

### 2.1 电阻器

#### 1. 电阻器的分类

电阻器的种类很多，常用的有金属膜电阻器、碳膜电阻器、可变电阻器等，如图 2-1 所示。下面就常用的电阻分别给予介绍。

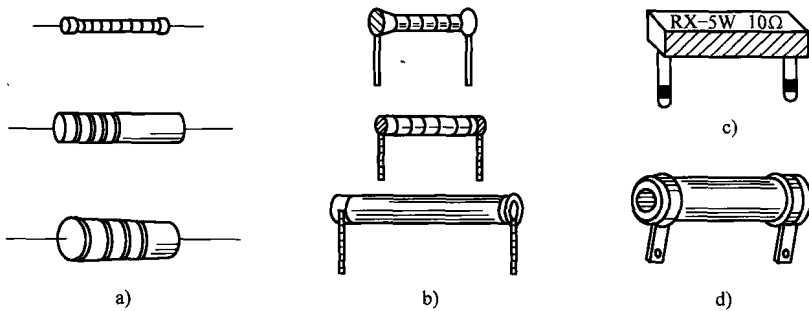


图 2-1 固定电阻器

a) 金属膜电阻器 b) 碳膜电阻器 c) 水泥电阻器 d) 线绕电阻器

#### (1) 碳膜电阻器

碳膜电阻器的阻值范围为  $0.75\Omega \sim 10M\Omega$ ，额定功率有  $0.1W$ 、 $0.125W$ 、 $0.25W$ 、 $1W$ 、 $2W$ 、 $5W$ 、 $10W$  等，少数做成  $25W$ 、 $50W$ 、 $100W$ 。

碳膜电阻器的电阻温度系数小，稳定性好，价格便宜，广泛用于直流、交流和脉冲电路中。

#### (2) 金属膜电阻器

金属膜电阻器耐热特性和稳定性较好、电阻温度系数小、湿度系数小、体积小、噪声小、可工作于  $120^\circ\text{C}$  的温度条件。它的阻值范围为  $1\Omega \sim 600M\Omega$ ，允许偏差可达  $0.5\%$ ，额定功率不超过  $2W$ 。

### 2. 电阻器的技术参数

#### (1) 标称阻值及允许偏差

标称阻值是指电阻器上标注的阻值。标称阻值往往和它的实际阻值之间存在偏差，允许的最大偏差除以标称值所得的百分数叫做电阻的允许偏差，它反映了电阻器的精度。不同精度

的电阻器有一个相应的允许偏差。表 2-1 给出了常用电阻器的允许偏差及相应的精度等级。

表 2-1 电阻器的标称阻值

标称值系列		电阻器标称阻值											
E24 (Ⅰ级)	允许偏差 $\pm 5\%$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
E12 (Ⅱ级)	允许偏差 $\pm 10\%$	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7	
E6 (Ⅲ级)	允许偏差 $\pm 20\%$	1.0				1.5				2.2			
E24 (Ⅰ级)	允许偏差 $\pm 5\%$	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
E12 (Ⅱ级)	允许偏差 $\pm 10\%$	3.3		3.9		4.7		5.6		6.8		8.2	
E6 (Ⅲ级)	允许偏差 $\pm 20\%$	3.3				4.7				6.8			

固定电阻器的Ⅰ级和Ⅱ级大都能满足普通电路的设计要求；精度为 005、01 和 02 级的电阻器均为精密型电阻器，常用来供测量、比较电路及精密电子装置选用。

电阻器的允许偏差与它的标称阻值系列有关。

### (2) 额定功率 (标称功率)

当电阻器中通过电流时，电阻器会发热。如果电阻器的发热量超过它所允许的限度，电阻器就会被烧坏。

额定功率是指，在正常大气压力和规定的温度下，电阻器长期连续工作并能满足规定的性能要求时，所允许耗散的最大功率，常用  $P_0$  表示。

### (3) 最高工作电压

它是指电阻器长期工作不发生过热或电击穿损坏的电压（直流电压或交流电压的方均根值）。

### (4) 电阻温度系数

电阻器在规定范围内工作时，环境温度每变化  $1^\circ\text{C}$ ，电阻值的相对变化数称为电阻温度系数。电阻温度系数越小，电阻器的热稳定性越好。

除上述参数外，电阻器还有静噪声、频率特性、稳定度等参数。对于要求较高的电路，如低噪声放大器和超高频电路等，要求静噪低，电阻器的分布电容和分布电感应尽量小，阻值不应随频率的升高而变化等，对电阻器就提出静噪声和频率特性等要求。

## 3. 色环电阻

色环电阻器是在电阻器上涂有四个或五个色环，偏向电阻器的一端。如果电阻体积较小，色环均匀分布，则由允许偏差色环来区分首尾。四色环电阻如图 2-2a 所示，色环第一圈  $A$  表示电阻值的最高位数字，第二圈  $B$  表示电阻值的第二位数字，第三圈  $C$  表示乘数，第四圈  $D$  表示阻值的允许偏差。

五位有效数字的色环电阻如图 2-2b，色环第一圈  $A$  表示电阻值的最高位数字，第二圈  $B$  表示电阻值的第二位有效数字，第三圈  $C$  表示阻值的第三位有效数字，第四圈  $D$  表示乘数，第五圈  $E$  表示阻值的允许偏差。阻值的单位为欧姆 ( $\Omega$ )。

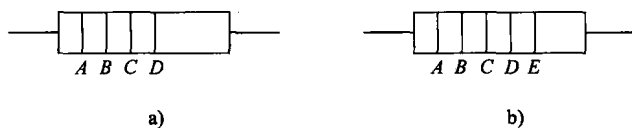


图 2-2 色环电阻器

a) 四色环电阻器 b) 五色环电阻器

色环电阻器颜色的表示值如

表 2-2 所示。

表 2-2 色环电阻器颜色表示值

颜色	有效数字	乘数	允许偏差 (%)	颜色	有效数字	乘数	允许偏差 (%)
银色		$10^{-2}$	$\pm 10$	绿色	5	$10^5$	$\pm 0.5$
金色		$10^{-1}$	$\pm 5$	蓝色	6	$10^6$	$\pm 0.25$
黑色	0	$10^0$		紫色	7	$10^7$	$\pm 0.1$
棕色	1	$10^1$	$\pm 1$	灰色	8	$10^8$	
红色	2	$10^2$	$\pm 2$	白色	9	$10^9$	
橙色	3	$10^3$		无色			$\pm 20$
黄色	4	$10^4$					

例如，四个色环分别为红（第一位数）、紫（第二位数）、橙（乘数）、金（允许偏差）则阻值  $R = (2 \times 10 + 7) \times 10^3 \Omega$  允许偏差为  $\pm 5\%$ 。

若五个色环分别为橙（第一位数）、橙（第二位数）、红（第三位数）、棕（乘数）、蓝（允许偏差），则电阻值为  $R = (3 \times 100 + 3 \times 10 + 2) \times 10^1 \Omega = 3\,320 \Omega$  允许偏差为  $\pm 0.25\%$ 。

为了帮助读者记忆色环电阻的阻值，口诀如下：

棕 1 红 2 橙是 3，4、5 黄绿 6 是蓝，7 紫 8 灰白是 9，黑色圆圆大鸭蛋。金银代表偏差数，颜色数码记周全。常用电阻四个环，环靠那头那头算，一环二环有效环，三环倍乘是关键，四环代表允许偏差数，一般运用不要管。精密电阻有五环，三位数字是特点，倍乘误差四、五环，运用自如真方便。

## 2.2 可变电阻器

可变电阻器，分为滑动式、旋转式，如图 2-3 所示。

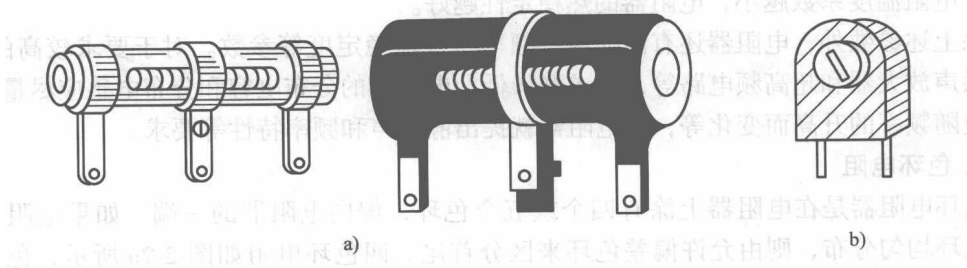


图 2-3 可变电阻器

a) 滑动可变电阻器 b) 旋转可变电阻器

### (1) 电阻器电路符号及其表示法

电子元器件电路符号包括图形符号和文字符号。电阻器图形符号如图 2-4 所示，电阻器文字符号用字母  $R$  表示，电位器文字符号用字母  $RP$  表示。

### (2) 电阻器功率表示法

电阻器的额定功率，是指在长期连续负荷而不损坏或基本不改变性能的情况下，在电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时，电阻器的阻值会发生改变，严重时还会烧坏。普通电阻器的额定功率随电阻器尺寸的增大而增大。额定功率为  $0.05 \sim 2W$  的一般不标



出,而大功率电阻器的额定功率往往直接标在电阻器上面,如图 2-5 所示。

### (3) 电阻器的标称阻值

固定电阻器的阻值大小,不是无穷多个连续数值,而是按一定规律制造的。产品出厂时的给定阻值,称为标称阻值,标示在电阻器上。

电阻器的标称阻值如表 2-1 所示。

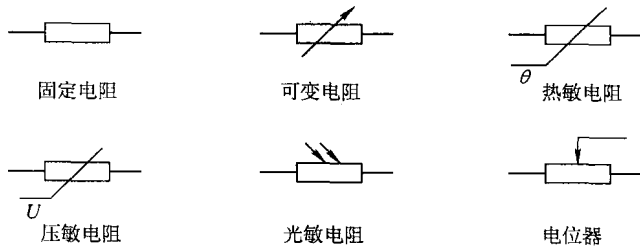


图 2-4 电阻器图形符号

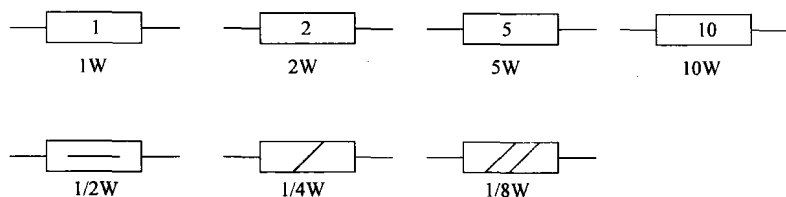


图 2-5 电阻器功率表示法

表 2-2 列出的是普通型(含 I、II、III 级)固定电阻器的标称阻值系列。将表中的标称阻值乘以 10、100、1000…(凡取正整数),就可扩大阻值范围。

例如,表中的 3.3 这一标称值系列可包括 3.3Ω、33Ω、330Ω、3.3kΩ、33kΩ、330kΩ 和 3.3MΩ 等。

## 2.3 电容器

### 1. 电容器的分类

电容器可分为固定式和可变式两大类。固定电容器是指电容量固定不能调节的电容器,而可变电容器的电容量是可调整变化的。按其是否有极性来分类,可分为无极性电容器和有极性电容器。常见的无极性电容器按其介质的不同,有纸介电容器、油浸纸介电容器、金属化纸介电容器、有机薄膜电容器、云母电容器、玻璃釉电容器和陶瓷电容器等,其外形如图 2-6a 所示。有极性电容器按其正极材料不同,有铝电解电容器、钽电解电容器和铌电解电容器,其外形如图 2-7 所示。在电路中电容器文字符号用字母 C 表示,图形符号如图 2-6b 所示。

### 2. 电容器的标称值

电容器的标称电压为 6.3V、10V、16V、25V、32V、40V、50V、63V、100V、160V、250V、400V 等。

标称电容量:

高频纸介质、云母介质、玻璃釉介质、有机薄膜介质电容器的标称电容量系列:

1.0μF、1.1μF、1.2μF、1.3μF、1.5μF、1.6μF、1.8μF、2.0μF、2.2μF、2.4μF、2.7μF、3.0μF、3.3μF、3.6μF、3.9μF、4.3μF、4.7μF、5.1μF、5.6μF、6.2μF、6.8μF、7.5μF、8.2μF、9.1μF