



高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材

电子制作基础 (第二版)

张建强 鲁 昀 编著
陈丹亚 马静因



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材

电子制作基础

(第二版)

张建强 鲁 昀
陈丹亚 马静因 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以电子设计制作流程为主线,从元器件的选用方法、常用仪器仪表及工具的使用、电子电路识图、电路的计算机仿真、印刷电路板的设计与制作、电路的组装与调试等方面,通过以图代文的编写形式,让初学者从实践的角度掌握电子作品的设计、制作、调试全过程。

本书内容充实,注重制作方法和经验,以大量实例照片为读者直观、真实、生动地展现了电子制作的过程,使热爱电子制作的初学者“一看就懂,一看就会”,极大地提高了电子制作的兴趣。

本书可作为广大爱好电子制作的初学者的入门指导书,也可作为高等院校(高职高专院校)计算机、电子、控制及信息等相关专业的在校大学生科技创新、电子技能大赛和第二课堂活动培训用书或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子制作基础 / 张建强等编著. —2 版.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2016.5

高等学校电子通信类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4069-3

I. ① 电… II. ① 张… III. ① 电子器件—制作—高等学校—教材 IV. ① TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 087725 号

策 划 戚文艳

责任编辑 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社 (西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016 年 5 月第 2 版 2016 年 5 月第 3 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 25.5

字 数 608 千字

印 数 5001~8000 册

定 价 45.00 元

ISBN 978-7-5606-4069-3/TN

XDUP 4361002-3

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

随着近年来电子技术的飞速发展，各种电子产品层出不穷，它们产生的种种效果及神奇魅力强烈地吸引着广大电子爱好者。越来越多的电子爱好者希望通过亲手制作这些电子作品来体验电子制作的乐趣。

电子制作过程一般包括元器件选取、印刷电路板设计、元件焊接、组装调试等环节，每一个环节都是至关重要的，并且都将影响最终作品的质量。对于热爱电子制作的初学者而言，要完成一个完整的电子作品，不仅要有完善的电路设计，更要掌握电子产品制作的相关技能，这些技能都是成功制作的有力保障。为了给广大爱好电子制作的初学者一个了解、实践电子制作技术的机会，我们编写了此书。

本书在编写中力求体现以下特点：

紧扣电子制作流程。本书按照电子制作流程，以章节为单元给出了电子作品制作的整个过程，内容包括：常用电子元器件、常用仪器与工具的使用、电子电路识图基础、电路设计与仿真软件、印制电路板的设计与制作、焊接技术、电子产品的组装与调试以及电子制作实例。

以图代文直观易懂。本书紧扣电子制作各个环节，着重于对电子制作方法和要点的阐述，编者拍摄了大量数码照片，以图代文的编写形式，给予读者直观、真实、生动的细节描述，使热爱电子制作的初学者“一看就懂，一看就会”，极大地提高了电子制作的兴趣。

内容充实结合实践。全书选材合理，内容详实，通俗易懂，在内容的编排上注意由浅入深，循序渐进。内容与实际紧密结合，突出系统性、实用性、新颖性，注重电子制作初学者基本能力的培养。

本书编写过程中融入了编者多年指导高校电子技能大赛及第二课堂活动的实践经验，对电子制作过程中容易出现的一些问题以图表的形式进行说明，力图使初学者在电子制作过程中少走弯路。

本书既可作为广大爱好电子制作的初学者的入门指导书，也可以作为高等院校（高职高专院校）计算机、电子、控制及信息等相关专业的在校大学生科技创新、电子技能大赛和第二课堂活动的培训用书或参考书。

本书共 8 章，由空军工程大学张建强、鲁昀、马静因及西安工程大学陈丹亚共同编写。本书在编写过程中，参阅了许多同行专家的著作及部分网络资料，在此一并表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
二〇一六年一月

目 录

第 1 章 常用电子元器件..... 1	2.1.1 万用表的使用..... 94
1.1 电阻器的选用、识别、检测..... 1	2.1.2 示波器的使用..... 108
1.1.1 电阻器的选用..... 1	2.1.3 信号发生器的使用..... 120
1.1.2 电阻器的识别..... 6	2.1.4 毫伏表的使用..... 123
1.1.3 电阻器的检测和代换..... 7	2.1.5 其他仪器的简介..... 124
1.2 电容器的选用、识别、检测..... 10	2.2 电子制作工具的使用..... 125
1.2.1 电容器的选用..... 10	2.2.1 普通工具的使用..... 125
1.2.2 电容器的识别..... 13	2.2.2 专用工具的使用..... 129
1.2.3 电容器的检测和代换..... 18	
1.3 电感器和变压器的选用、识别、检测..... 19	第 3 章 电子电路识图基础..... 132
1.3.1 电感器..... 19	3.1 电子电路识图的基本概念..... 132
1.3.2 变压器..... 23	3.1.1 电子电路图的构成..... 132
1.4 半导体器件的选用、识别、检测..... 27	3.1.2 电子电路的组成..... 138
1.4.1 晶体二极管..... 27	3.2 电子电路识图步骤及要领..... 139
1.4.2 晶体三极管..... 33	3.2.1 电子电路图识图技巧..... 139
1.4.3 场效应管..... 40	3.2.2 电子电路图识图步骤和要领..... 141
1.4.4 晶闸管..... 44	3.3 电子电路识图要求..... 148
1.5 集成电路的选用、识别、检测..... 48	3.4 电子电路图识读实例..... 151
1.5.1 集成电路的识别..... 48	
1.5.2 集成电路的检测..... 53	第 4 章 电路设计与仿真软件..... 155
1.5.3 集成电路的代换..... 54	4.1 Multisim 10 软件的使用..... 155
1.5.4 常用集成电路..... 55	4.1.1 界面介绍..... 155
1.6 机电元件的选用、识别、检测..... 69	4.1.2 创建电路图的基本操作..... 158
1.6.1 开关..... 70	4.1.3 分析方法..... 164
1.6.2 继电器..... 72	4.1.4 应用实例..... 169
1.6.3 接插件..... 75	4.2 Proteus 软件的使用..... 171
1.7 其他元器件..... 78	4.2.1 界面介绍..... 171
1.7.1 电声器件..... 78	4.2.2 Proteus ISIS 的电路图创建..... 173
1.7.2 谐振器..... 81	4.2.3 Proteus 的虚拟仿真工具..... 174
1.7.3 传感器..... 83	4.2.4 应用实例..... 177
1.7.4 显示器件..... 87	4.3 Keil μ Vision3 的使用..... 179
	4.3.1 界面介绍..... 179
第 2 章 常用仪器与工具的使用..... 94	4.3.2 Keil μ Vision 的工程应用..... 184
2.1 常用电子测量仪器的使用..... 94	4.3.3 应用实例..... 190

4.4 Altium Designer 软件的使用.....	191	6.2 手工焊接技术.....	304
4.4.1 界面介绍.....	191	6.2.1 焊接前的准备工作.....	304
4.4.2 原理图文件的设计与绘制.....	194	6.2.2 正确的焊接姿势及操作步骤.....	306
4.4.3 PCB 文件的设计与绘制.....	199	6.2.3 手工焊接的要领和技巧.....	309
4.4.4 应用举例.....	205	6.3 手工拆焊的常用方法.....	311
4.5 其他常用电路仿真软件简介.....	208	6.3.1 手工拆焊工具和材料.....	311
		6.3.2 手工拆焊方法.....	311
第 5 章 印制电路板的设计与制作.....	209	6.4 表面安装元器件的手工贴装焊接技术.....	313
5.1 印制电路板的基础知识.....	209	6.4.1 手工表面安装焊接的相关知识.....	314
5.1.1 印制电路板概述.....	209	6.4.2 表面安装元器件的手工焊接方法.....	317
5.1.2 印制电路板设计前的准备.....	212	6.5 焊接质量检验.....	320
5.2 印制电路板的设计.....	215	6.5.1 外观观察检验法.....	320
5.2.1 印制电路板的设计理念.....	215	6.5.2 带松香重焊检验法.....	320
5.2.2 印制电路板的排版布局.....	216	6.5.3 通电检查法.....	320
5.2.3 印制电路的设计原则.....	220	6.5.4 常见焊点缺陷及质量分析.....	321
5.2.4 印制电路板的抗干扰设计.....	225		
5.2.5 印制电路板图的绘制.....	233	第 7 章 电子产品的组装与调试.....	324
5.2.6 手工设计印制电路板实例.....	236	7.1 电子产品组装的技术与技巧.....	324
5.2.7 计算机辅助设计印制电路板实例.....	238	7.1.1 电子产品组装的方法和原则.....	324
5.3 印制电路板的手工制作.....	246	7.1.2 组装前的准备工作.....	325
5.3.1 制作材料和工具的准备.....	246	7.1.3 元器件的安装.....	328
5.3.2 制作印制电路板的步骤.....	248	7.1.4 面包板的组装.....	330
5.3.3 印制电路板的腐蚀方法.....	248	7.1.5 万能板的组装.....	332
5.3.4 制作印制电路板的方法.....	251	7.2 调试技术.....	334
5.3.5 印制电路板的检验与修复.....	256	7.2.1 调试前的准备工作.....	335
5.3.6 刀刻法制作印制电路板实例.....	258	7.2.2 调试的一般方法.....	335
5.3.7 热转印法制作印制电路板实例.....	262	7.2.3 单元电路调试技术.....	344
5.3.8 感光法制作印制电路板实例.....	271	7.2.4 用万用表调试检修电路实例.....	345
5.4 LPKF S103 型雕刻机制作印制电路板.....	278		
5.4.1 LPKF S103 型雕刻机简介.....	278	第 8 章 电子制作实例.....	348
5.4.2 LPKF S103 型雕刻机制作印制 电路板的步骤.....	278	8.1 来客提醒器的制作.....	348
5.4.3 LPKF S103 型雕刻机制作印制 电路板实例.....	281	8.1.1 来客提醒器的识图.....	348
		8.1.2 来客提醒器元器件的选择.....	349
		8.1.3 来客提醒器印制电路板的制作.....	350
		8.1.4 来客提醒器的装配.....	351
		8.1.5 来客提醒器的检测与调试.....	352
第 6 章 焊接技术.....	299	8.2 LM386 集成电路音频功率放大器的 制作.....	353
6.1 焊接的基础知识.....	299		
6.1.1 焊接工具.....	299		
6.1.2 焊料与焊剂.....	303		

8.2.1 LM386 集成电路音频功率放大器的 识图	353	8.5 酒精探测仪的制作	367
8.2.2 LM386 集成电路音频功率放大器 元器件的选择	355	8.5.1 酒精探测仪的识图	368
8.2.3 LM386 集成电路音频功率放大器 印制电路板的制作	355	8.5.2 酒精探测仪元器件的选择	369
8.2.4 LM386 集成电路音频功率放大器的 装配	356	8.5.3 酒精探测仪印制电路板的制作	370
8.2.5 LM386 集成电路音频功率放大器的 调试	357	8.5.4 酒精探测仪的装配	370
8.3 简易气体烟雾报警器	357	8.5.5 酒精探测仪的检测与调试	372
8.3.1 简易气体烟雾报警器的识图	358	8.6 电子烟花的制作	373
8.3.2 简易气体烟雾报警器元器件的 选择	358	8.6.1 电子烟花电路的设计	374
8.3.3 简易气体烟雾报警器印制电路板的 制作	360	8.6.2 电子烟花元器件的选择	376
8.3.4 简易气体烟雾报警器的装配	360	8.6.3 电子烟花印制电路板的制作	377
8.3.5 简易气体烟雾报警器的检测与调试	362	8.6.4 电子烟花的装配	378
8.4 家用震动报警器的制作	362	8.6.5 电子烟花的检测与调试	380
8.4.1 家用震动报警器电路的设计	363	8.6.6 电子烟花的制作总结	380
8.4.2 家用震动报警器元器件的选择	363	8.7 数字温度计的制作	380
8.4.3 家用震动报警器印制电路板的 制作	365	8.7.1 硬件电路的设计	381
8.4.4 家用震动报警器的装配	365	8.7.2 软件设计	383
8.4.5 家用震动报警器的检测与调试	367	8.7.3 数字温度计元器件的选择	384
8.4.6 家用震动报警器的制作总结	367	8.7.4 数字温度计的安装与焊接	386
		8.7.5 数字温度计的检测与调试	388
		8.8 趣味摇字光棒的制作	392
		8.8.1 趣味摇字光棒电路的识图	393
		8.8.2 趣味摇字光棒电路元器件的选择	393
		8.8.3 趣味摇字光棒电路的制作	394
		8.8.4 趣味摇字光棒电路的检测与调试	395
		参考文献	400

第1章 常用电子元器件

进行电子制作，首先要认识各种电子元器件，了解它们的名称、种类、电路符号、参数的标示方法及用途，并掌握元器件参数的测量方法和代换方法。本章主要对电子制作中常用元器件的选用、识别、检测方法进行介绍。

1.1 电阻器的选用、识别、检测

电阻器是应用最为广泛的电子元器件，在电路中用于稳定、调节、控制电压或电流的大小，起限流、降压、偏置、取样、调节时间常数、抑制寄生振荡等作用。在电路图中，电阻器通常用字母“R”加数字表示。

1.1.1 电阻器的选用

1. 固定电阻器

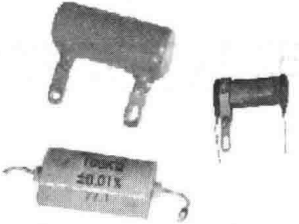
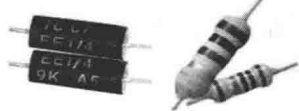
1) 固定电阻器的分类及特点

阻值固定的电阻器称作固定电阻器。按制作材料和工艺不同，固定式电阻器可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器和金属玻璃铀电阻器等。常用固定电阻器的电路符号、实物图、特点与应用如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 常用固定电阻器的电路符号、实物图、特点与应用

名称	电路符号	实物图	特点与应用
碳膜电阻器			成本低、性能稳定、阻值范围宽、温度系数和电压系数低。适用于对初始精度和随温度变化的稳定性要求不高的电路中，如晶体管或场效应管偏置电路，充电电容器的放电电阻及数字电路中的上拉或下拉电阻
金属膜电阻器			体积小、噪声低、稳定性好。适用于要求高初始精度、低温度系数和低噪声的精密应用场合，如电桥电路、RC 振荡器和有源滤波器

续表

名称	电路符号	实 物 图	特 点 与 应 用
线绕电阻器			稳定性好，耐热性能好，误差范围小。适用于大功率和要求苛刻的场合，如调谐网络和精密衰减电路
金属玻璃铀电阻器			耐潮湿，耐高温，温度系数小。主要应用于厚膜电路



注意

可以从背景颜色上区分电阻种类：一般来说，蓝色代表金属膜电阻器；淡黄色代表碳膜电阻器；灰色代表金属玻璃铀电阻器，深绿色代表线绕电阻器。

2) 固定电阻器的选用

固定电阻器有多种类型，选择哪一种材料和结构的电阻器，应根据电子装置的使用条件和电路设计要求来确定，不要片面地追求大功率、高精度。固定电阻器的选用要求如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 固定电阻器的选用要求

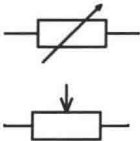
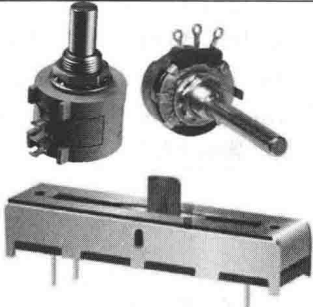
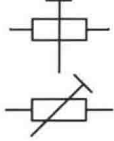
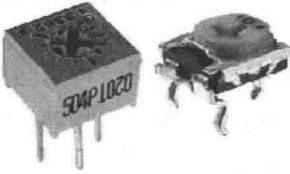
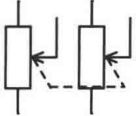
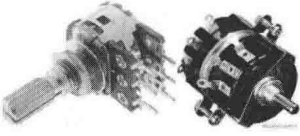
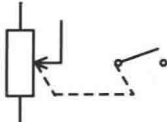
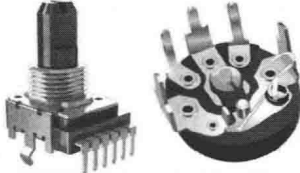
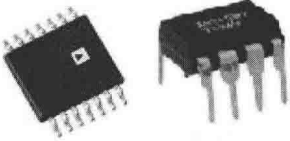
序号	选用要求	说 明
1	电阻值	选择电阻器时，最好选用有标称值的电阻器，如果无法在标称值中找到电阻值符合要求的电阻器，则可以根据电阻值的允许误差选择最接近的阻值，也可以以串联或并联方法获得。如需要较准确的电阻值，则可以向生产厂家订购
2	误差	误差选择应考虑电阻器在电路中的作用。对用于 RC 时间常数电路等要求电阻值稳定、误差小的电阻器，可选误差为 5%~10% 的电阻器；对用于负载、滤波、退耦、反馈等对误差要求较低的电阻器，可选择误差为 10%~20% 的电阻器
3	额定功率	额定功率大约为电阻器在电路中的实际功耗的 1.5~2 倍以上
4	电阻器的材料和结构	电阻器结构和材料的选择应根据具体应用电路的要求而定，不同类型电阻器的应用场合参考表 1-1-1
5	电阻器的成本	精度越高，成本越高

2. 电位器

1) 电位器的分类与特点

阻值在一定范围内可调的电阻器，称作电位器。电位器的种类很多，按材料分为膜式电位器和线绕电位器；按结构分为单圈、多圈电位器，单联、双联和多联电位器；按用途分为普通电位器、精密电位器、微调电位器等。常用电位器的电路符号、实物图、特点与应用如表 1-1-3 所示。在电路图中，电位器通常用字母“RP”、“VR”、“W”加数字表示。

表 1-1-3 常用电位器的电路符号、实物图、特点与应用

名称	电路符号	实物图	特点与应用
普通电位器			普通电位器一般是指带有调节手柄的电位器，常见的有旋转式和直滑式。普通电位器只有一个滑动臂，只能同时控制一路信号
微调电位器			微调电位器是没有调节手柄的电位器，主要用在不需要经常调节的电路中，如彩电开关电源中的电压调整电路
双联电位器			双联电位器是将两个电位器结合在一起同时调节的电位器。在收录机、CD唱机及其他立体声音响设备中用于调节两个声道的音量和音调的电位器应选择双联电位器
带开关电位器			带开关电位器是将开关和电位器结合在一起的电位器。通常应用在需要对电源进行开关控制及音量调节的电路中，如电视机、收音机等电子产品
数字电位器			数字电位器是一个半导体集成电路，其调节精度高，有极长的工作寿命，易于软件控制，体积小、易于装配；适用于家庭影院系统、音频环绕控制、音响功放和有线电视设备等

2) 电位器的选用

电位器的选用，除了应根据实际电路的使用情况来确定外，还要考虑调节和操作等方面的要求。电位器的选用要求如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 电位器的选用要求

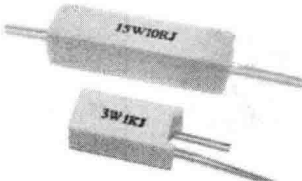
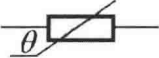
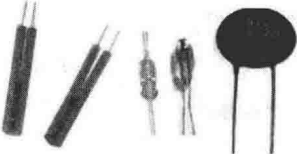
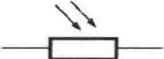
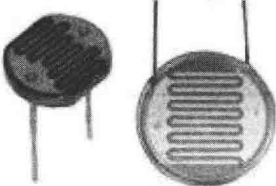
序号	选用要求	说 明
1	阻值变化特性	电位器的阻值变化特性，应根据用途来选择。比如，用于音量控制的电位器应首选指数式电位器，在无指数式电位器的情况下可用直线式电位器代替，但不能选用对数式电位器，否则将会使音量调节范围变小；作分压用的电位器应选用直线式电位器；作音调控制用的电位器应选用对数式电位器
2	电位器的参数	电位器的参数主要有标称阻值、额定功率、最高工作电压、线性精度以及机械寿命等，它们都是选用电位器的依据
3	对结构的要求	选用电位器时，要注意电位器尺寸的大小、轴柄的长短及轴端式样等。对于需要经常调节的电位器，应选择轴端成平面的电位器，以便安装旋钮；对于不需要经常调节的电位器，可选择轴端有沟槽的电位器，以便使用螺丝刀调整后不再转动，以保持工作状态的相对稳定性；对于要求准确并一经调好不再变动的电位器，应选择带锁紧装置的电位器

3. 特殊电阻器

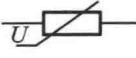
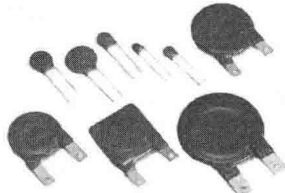
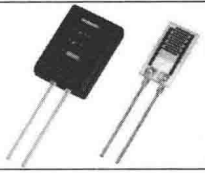
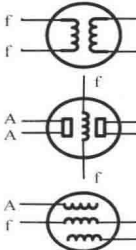
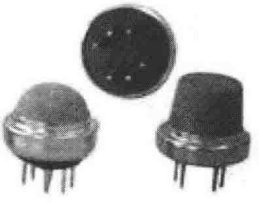
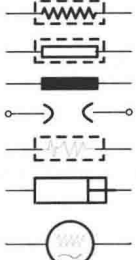
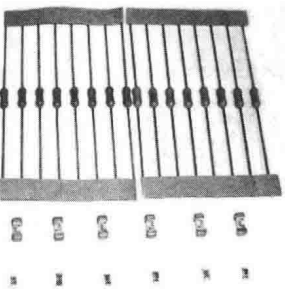
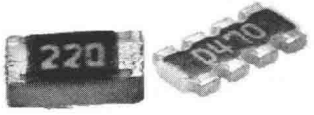
1) 特殊电阻器的分类与特点

电子电路中除了采用普通电阻外，还有一些特殊电阻，例如：敏感电阻器(热敏电阻器、光敏电阻器、压敏电阻器、湿敏电阻器、气敏电阻器)、水泥电阻器、保险电阻器、网络电阻器等也被广泛使用。特殊电阻器电路符号、实物图、特点与应用如表 1-1-5 所示。

表 1-1-5 特殊电阻器的电路符号、实物图、特点与应用

名称	电路符号	实 物 图	特点与应用
水泥电阻器			水泥电阻器具有高功率，散热性好，稳定性高，耐温、耐雾等特点。通常用于功率大、电流大或需耐热的场合，如电源电路的过流检测、保护电路、音频功率放大电路的功率输出电路
热敏电阻器			热敏电阻器是一种电阻值随温度显著变化的敏感电阻器。它具有对温度灵敏、热惰性小、寿命长、体积小、结构简单的特点。主要应用在测温、控温、报警、气象探测、微波和激光功率测量等场合
光敏电阻器			光敏电阻器的电阻值随入射光的强弱而改变，有较高的灵敏度；它在直流、交流电路中均可使用，其电性能稳定；体积小，结构简单，价格便宜。可广泛用于光电自动检测、自动计数、光电自动控制、医疗电器、通信、自动报警、光电耦合、照相机自动曝光等各类可见光波段光电控制、测量场合

续表

名称	电路符号	实物图	特点与应用
压敏电阻器			压敏电阻器是一种电压敏感元件,属于非线性电阻器。它的特点是时间响应快、电压范围宽、体积小、工艺简单、成本低廉。可在各种交直流电路中实现稳压、调幅、过压保护、防雷、抑制浪涌电流、吸收尖峰脉冲、限幅、高压灭弧、消噪和保护半导体元器件等功能
湿敏电阻器			湿敏电阻器是一种电阻值随环境相对湿度变化而改变的敏感器件。广泛应用于洗衣机、空调、录像机和微波炉等家用电器及工业、农业等方面用于湿度检测和温度控制
气敏电阻器			气敏电阻器是一种能够检测气体的浓度和成分,并将其转换为电信号的特殊气体敏感器件。广泛应用于各种可燃气体、有害气体及烟雾等方面的检测和自动控制
保险电阻器			保险电阻器在电路中起着保险丝和电阻的双重作用。主要应用在电源电路输出和二次电源的输出电路中。它们一般以低阻值(几欧姆至几十欧姆),小功率(1/8~1 W)为多,其功能就是在过流时及时熔断,保护电路中的其他元件免遭损坏;在彩色电视机、录像机等家用电器的电路中被广泛使用
网络电阻器			网络电阻器又称排阻,是将多个电阻器集中封装在一起组合成的一种复合电阻。具有装配方便,安装密度高等优点,目前已大量应用于电子电路中。网络电阻器又可以分为 SIP 排阻和 SMD 排阻
贴片电阻器			贴片电阻器又称无引线电阻器、片状电阻器、贴片电阻器。它的特点是体积小,重量轻,高频特性好,电性能优异,形状简单,尺寸标准化。有矩形和圆柱形两种

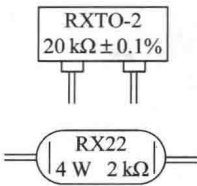
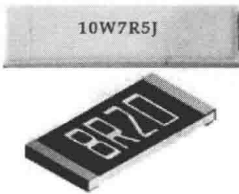
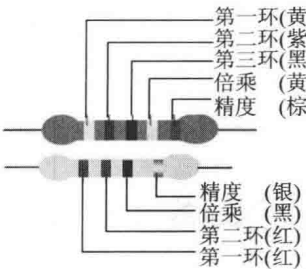
2) 特殊电阻器的选用

在选用特殊电阻器时,先要根据应用电路的实际要求选择相应的类型,然后根据电路的具体要求,选择电阻器的主要参数,例如标称电阻值、工作电压、功率等。

1.1.2 电阻器的识别

电阻器的标示方法主要有直标法、文字符号法、数码法和色标法四种。电阻器的标示方法如表 1-1-6 所示。

表 1-1-6 电阻器的标示方法

标示方法	标示说明	实例	实例说明
直标法	用数字和单位符号在电阻器表面标出阻值，其允许误差直接用百分数表示，或用罗马数字 I、II、III 分别表示误差 ±5%、±10%、±20%，若电阻上未注偏差，则均为 ±20%		上图表示标称阻值为 20 kΩ、允许误差为 ±0.1%、额定功率为 2 W 的线绕电阻器 下图表示标称阻值为 2 kΩ、额定功率为 4 W、误差为 ±20% 的线绕电阻器
文字符号法	用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合来表示标称阻值，其允许误差也用文字符号表示(见表 1-1-7)		7R5J 表示该电阻标称值为 7.5 Ω，允许误差为 ±5% 8R20 表示该电阻标称值为 8.20 Ω
数码法	在电阻器上用三位数码表示标称值的标志方法。数码从左到右，第一、二位为有效值，第三位为指数，即零的个数，单位为欧姆		标示为 104 的电阻器，阻值为： $10 \times 10^4 \Omega = 100 \text{ k}\Omega$ 标示为 4993 的电阻器，阻值为： $499 \times 10^3 \Omega = 499 \text{ k}\Omega$
色标法	用不同颜色的色带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差(色环颜色表示意义见图 1-1-1)		五环电阻阻值 $470 \times 10^4 \pm 1\% \Omega$ 四环电阻阻值 $22 \pm 10\% \Omega$

电阻器上的不同字母符号表示的允许误差如表 1-1-7 所示。

表 1-1-7 字母符号表示的允许误差

字母符号	B	C	D	E	F	G	J	K
允许误差/%	±0.1	±0.25	±0.5	±0.005	±1	±2	±5	±10
字母符号	L	M	N	P	W	X	Y	
允许误差/%	±0.01	±20	±30	±0.02	±0.05	±0.002	±0.001	

电阻器色环颜色表示意义如图 1-1-1 所示。

色码												
颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银
数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
倍率	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9		
精度		1%	2%	3%	4%	0.5%	6%	7%	8%	9%	5%	10%
耐压		100	200	300	400	200	600	700	800	900	1000	2000

图 1-1-1 电阻器色环颜色、数值对照表



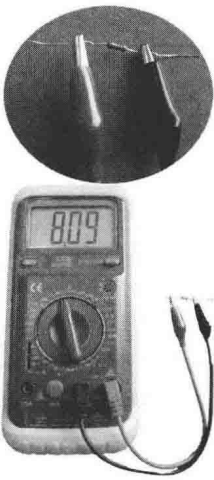
注意

对于没有标注功率的电阻器，可根据长度和直径来判断其功率大小：长度和直径越大，功率越大。

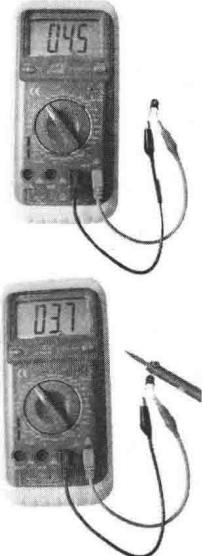
1.1.3 电阻器的检测和代换

电阻器的种类较多，不同类型的电阻器检测方法也不相同，常用电阻器的检测和代换方法如表 1-1-8 所示。

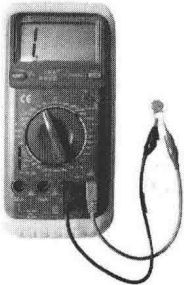
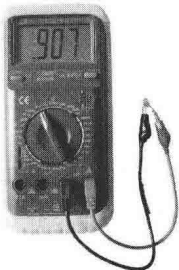
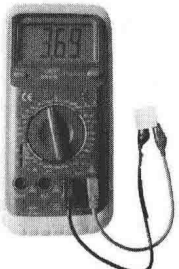
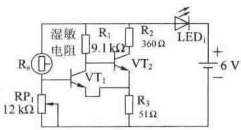
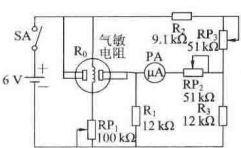
表 1-1-8 常用电阻器的检测和代换方法

种类	检测操作	检测方法	代换方法
固定电阻器		外观检查法：从外观上观察电阻器表面涂层是否发黑或变色。 万用表检测法：用万用表测量电阻器阻值，若测量的阻值在误差范围之内，则电阻器正常；若超过误差范围，则不能正常使用	当阻值相同时，用功率大的电阻器代换功率小的电阻器，但反过来不能直接代换。 如果没有大功率的电阻器，可采用多个大阻值的小功率电阻器并联，或采用多个小阻值小功率的电阻器串联来代换
水泥电阻器		检测方法和固定电阻器的检测方法完全相同	用漆包线代换：在损坏的水泥电阻器上绕漆包线来代换。 用电炉丝代换：选用同阻值的电炉丝，绕在损坏后的水泥电阻器上，其电阻丝的两端分别焊到损坏的水泥电阻器两引脚上
保险电阻器		外观检查法：从外观上观察电阻器表面涂层是否发黑或变焦。 用万用表电阻挡来测量，若测得的阻值为无穷大，则说明此保险电阻器已失效(开路)；若测得的阻值与标称值相差甚远，则表明电阻器变值，也不宜再使用	用电阻和保险丝串联起来代用，将一个电阻和一根保险丝(或保险管)串联起来代用，代用电阻的阻值、功率与保险电阻的规格相同 直接用保险丝代用，这种方法适合于 $1\ \Omega$ 以下的保险电阻

续表一

种类	检测操作	检测方法	代换方法
电位器	 测“1”、“3”两端 测“1”、“2” (或“2”、“3”)两端	检测电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好: 转动旋柄, 看看旋柄转动是否平滑, 开关是否灵活, 开关通、断时“喀哒”声是否清脆, 并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音, 如有“沙沙”声, 说明质量不好。 用万用表测试: ① 用欧姆挡测“1”、“3”两端, 其读数应为电位器的标称阻值, 如万用表所测得的阻值与标称值相差很多, 则表明该电位器已损坏。 ② 用万用表的欧姆挡测“1”、“2”(或“2”、“3”)两端, 将电位器的转轴按逆时针方向旋至接近“关”的位置, 这时电阻值越小越好。再顺时针慢慢旋转轴柄, 电阻值应逐渐增大; 当轴柄旋至极端位置“3”时, 阻值应接近电位器的标称值	应保证外形和体积与原电位器大致相同, 以便于安装。 阻值允许变化范围为20%~30%, 对于功率来说, 原则上不得小于原电位器, 但是对于信号控制的电位器来说, 用固定电阻取代调定的等值电位器也是可以的
热敏电阻器	 加热后	用万用表电阻挡, 分两步检测。 常温检测: 将两表笔接触热敏电阻的两引脚测出实际阻值, 并与标称阻值相对比, 二者相差在$\pm 2\ \Omega$内即为正常。 加温检测: 将一热源(例如电烙铁)靠近热敏电阻对其加热, 同时用万用表监测其电阻值是否随温度的升高而变化, 若是, 则说明热敏电阻正常, 若阻值无变化, 则说明其性能变劣, 不能继续使用	若无同型号的产品更换, 则可选用与其类型及性能参数相同或相近的其他型号热敏电阻器代换

续表二

种类	检测操作	检测方法	代换方法
压敏电阻器		用万用表的电阻挡测量压敏电阻两引脚之间的正、反向绝缘电阻,阻值均为无穷大,否则,说明漏电流大。若所测的电阻很小,则说明压敏电阻已损坏,不能使用	应更换与其型号相同的压敏电阻器或用与参数相同的其他型号压敏电阻器来代换。代换时,不能任意改变压敏电阻器的标称电压及通流容量,否则会失去保护作用,甚至会被烧毁
光敏电阻器	 有光照  无光照	将一光源对准光敏电阻的透光窗口,此时阻值明显减小。若此时阻值很大甚至无穷大,表明光敏电阻内部开路损坏,不能再继续使用。 用一黑纸片将光敏电阻遮住,此时阻值会因无光照而剧增。若此值很小或接近零,说明光敏电阻已烧穿损坏,不能再继续使用	若无同型号的光敏电阻器更换,则可以选用与其类型相同、主要参数相近的其他型号光敏电阻器来代换。 光谱特性不同的光敏电阻器(例如可见光光敏电阻器、红外光光敏电阻器、紫外光光敏电阻器),即使阻值范围相同,也不能相互代换
湿敏电阻器		检测时,可以用嘴对湿敏电阻哈气,若 LED ₁ 熄灭则电阻正常,反之则说明湿敏电阻器不良或已损坏	损坏后,应选用同型号的湿敏电阻器进行更换。否则将降低电路的测试性能
气敏电阻器		气敏电阻器与相关电阻器组成了一个电桥电路,当电桥调整平衡时,对气敏电阻施加相应的气体,PA 表指示有变化,则电阻是好的,否则说明气敏电阻器不良或已损坏	应更换与其型号相同的气敏电阻器或用与参数相同的其他型号气敏电阻器来代换

 注意

测试时，特别是在测几十 kΩ 以上阻值的电阻时，手不要触及表笔和电阻的导电部分；被检测的电阻要从电路中焊下来，至少要焊开一个头，以免电路中的其他元件对测试产生影响，造成测量误差。

1.2 电容器的选用、识别、检测

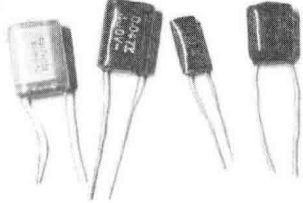
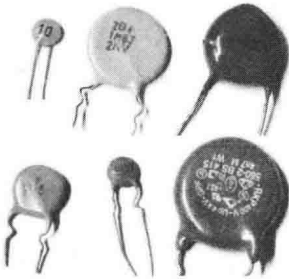
电容器是电子、电力领域中不可缺少的电子元件，主要用于电源滤波、信号滤波、信号耦合、谐振、隔直流等电路中。

1.2.1 电容器的选用

1. 电容器的分类及特点

电容器由两个金属极，中间夹有绝缘材料(介质)构成。由于绝缘材料的不同，所构成的电容器的种类也有所不同。电容器按结构可分为固定电容器、可变电容器、微调电容器；按介质材料可分为纸介电容器、薄膜电容器、涤纶电容器、云母电容器、瓷介电容器、独石电容器、玻璃釉电容器、铝电解电容器、钽电解电容器等；按极性可分为极性电容和无极性电容。常用电容器的电路符号、实物图、特点与应用如表 1-2-1 所示。电路图中，电容器通常用字母“C”加数字表示。

表 1-2-1 常见电容器的电路符号、实物图、特点与应用

名称	电路符号	实 物 图	特点与应用
涤纶电容器			稳定性好、可靠性高、损耗小、容量范围大，耐热、耐湿性能好，使用寿命长，常用于对稳定性和损耗要求不高的低频电路以及旁路、耦合、脉冲、隔直电路中
瓷介电容器			低频瓷介电容器的绝缘电阻小、损耗大、稳定性差，但重量轻、价格低廉、容量大，常用于对损耗及容量稳定性要求不高的低频电路，在电子产品中常用作旁路、耦合元件。高频瓷介电容器的体积小、耐热性好、绝缘电阻大、损耗小、稳定性高，但容量范围较窄，常用于要求损耗小，电容量稳定的场合，并常在高频电路中用作调谐、振荡回路电容器和温度补偿电容器