

普通高等院校电工电子实验实践系列教材

电子装配 实践教程

郭宇锋 成谢锋 总主编

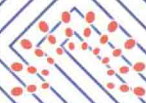
肖建林 宏 刘艳 薛梅 编著

刘陈 主审

Coursebook of
Electronic Assembly



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



高校系列

普通高等院校电工电子实验实践系列教材

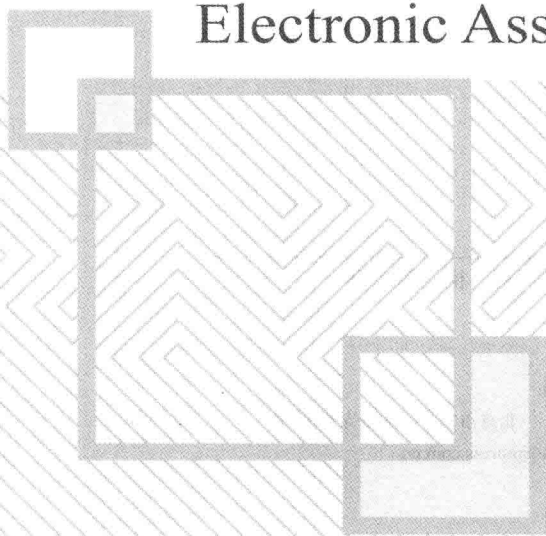
电子装配 实践教程

郭宇锋 成谢锋 总主编

肖建林 宏刘艳 薛梅 编著

刘陈 主审

Coursebook of
Electronic Assembly



人民邮电出版社

北京



高校系列

图书在版编目(CIP)数据

电子装配实践教程 / 肖建等编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2014.9
普通高等院校电工电子实验实践系列教材
ISBN 978-7-115-35983-4

I. ①电… II. ①肖… III. ①电子设备—装配—高等学校—教材 IV. ①TN805

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第142966号

内 容 提 要

本书是“电装实习”课程的教材,内容包括:常用元器件的基本知识、印制电路板的设计和Cadence软件的使用、手工焊接与贴片焊接技术、DT830T数字式万用表基本原理、装配和调测等。

本书可作为高等院校通信工程、电子信息工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、自动控制等电子信息类专业电装实习课程的教材使用。

-
- ◆ 编 著 肖 建 林 宏 刘 艳 薛 梅
主 审 刘 陈
责任编辑 武恩玉
责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 9.75 2014年9月第1版
字数: 237千字 2014年9月北京第1次印刷
-

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

本书是“电装实习”课程的配套教材，适用于通信工程、电子信息工程、计算机科学与技术、电子科学与技术、自动控制等电子信息类专业本科学生。电装实习课程是“电子电路基础实验”、“通信电子电路实验”、“电子电路课程设计”等专业实践类课程之前的必修课程。

“电装实习”是实践性教学环节的一个重要组成部分，课时一般为一周（24 课时）。这门课不仅锻炼学生的动手能力，而且，还能够建立学生对电子电路的感性认识，培养学生对实践制作的兴趣。因此，该课程在培养高素质人才的基本技能、良好的实验技能及创新意识方面都有不可低估的作用；同时，也为学生更好地进行后续课程的学习打下了坚实的技术基础。

本书的编写目的包括：通过讲述电子产品中常用元器件的基本知识，使学生认识并能正确使用元器件；通过印制电路板的设计和 Cadence 软件的使用，使学生理解 PCB 的设计、制作流程以及掌握设计软件工具的基本使用；通过讲述 DT830T 数字式万用表基本原理，使学生掌握万用表基本电路的分析方法；通过讲述焊接技术，要求学生装配并焊接数字式万用表，使学生初步掌握相关电路的装配、调测、故障处理等基本方法，锻炼学生的动手能力。最终，使学生具有电类工程技术人员必备的基础知识和基本技能。

本书从培养电子工程师的角度出发，着眼于学生生产实践能力的提高，适应科技发展和市场经济的需求，以基础实践为切入点，主要涵盖以下 6 方面的内容：

- (1) 介绍基本元器件和表面贴元器件的基础知识；
- (2) 介绍印制电路板的设计方法和主流工具的基本使用；
- (3) 介绍手工焊接技术以及波峰焊、回流焊等自动焊接技术；
- (4) 介绍表面贴装技术；
- (5) 本书还从工程角度出发，详细介绍 DT830T 数字式万用电表的原理，以及如何装配、焊接和调试；
- (6) 最后，本书还给出了 EDA 实习任务（包括 51 单片机最小系统板的 PCB 设计等）。本书是南京邮电大学电工电子实验教学中心集体智慧的结晶，具有以下特点：
 - (1) 精选内容，突出重点，强化基础知识和基本技能；
 - (2) 加强学生对电子电路的工程性认识；
 - (3) 加强电子新技术的介绍；

(4) 注重电子装配实习的系统性。通过该教材的学习, 学生能够认识并使用电子产品中的基本元器件, 使用 EDA 软件 Cadence 绘制印制电路板图, 装配并焊接数字式万用表, 初步树立电子电路工程性和技术性的观点。

本书由肖建主编并编写第 1 章、第 5 章以及全文统稿工作, 林宏编写第 2 章及第 6 章, 刘艳编写第 3 章和第 4 章, 全书所属的电工电子实验实践系列教材由郭宇锋、成谢锋总主编, 刘陈主审。在此, 向为“电装实习”课程与以往相关教材做出过巨大贡献的欧阳知健、李旭平、吉兵等表示由衷的感谢。此外, 本书的部分章节作为自编教材经过了多个批次班级的试用, 得到了南京邮电大学电工电子实验教学中心全体教师的协助和指正, 在此谨致以诚挚的谢意。

因编者水平有限, 本书若有不妥之处, 恳请广大读者批评指正。

(本书受南京邮电大学重点教改项目“面向工程训练的电子装配实习教学改革研究”(JG03311JX62) 的支持)

编 者

2014 年 6 月于南京邮电大学

目 录

第 1 章 常用电子产品的元器件介绍	1	1.4.3 常用二极管介绍	21
1.1 电阻器	1	1.4.4 二极管的极性判别	23
1.1.1 概念	1	1.4.5 二极管的使用常识	23
1.1.2 电路中的电阻阻值计算	1	1.5 表面贴元器件	23
1.1.3 电阻器的分类	2	1.5.1 概述	23
1.1.4 电阻器的主要参数	2	1.5.2 表面贴装电阻	24
1.1.5 电阻器(含电位器)的 型号命名及填写示例	3	1.5.3 表面贴装电容	25
1.1.6 固定电阻器的规格标志方法	5	1.5.4 表面贴装电感	27
1.1.7 电阻器质量判别及选用	6	1.5.5 表面贴装二极管	28
1.1.8 电位器	7	1.5.6 表面贴装三极管	28
1.1.9 电阻器在电路中的作用	9	1.5.7 表面贴装插座与封装	28
1.2 电容器	9	思考题	30
1.2.1 电容器的构成及分类	9	第 2 章 印制电路板设计基础	31
1.2.2 电容器的主要性能参数	10	2.1 印制电路板基础	31
1.2.3 电容的命名、符号及 填写示例	11	2.1.1 印制电路板的发展概况	31
1.2.4 电容器规格的标志方法	13	2.1.2 印制电路板结构和材料	32
1.2.5 电容器的选用及质量检验	14	2.1.3 印制电路板设计和生产 流程	33
1.2.6 电容器在电路中的作用	16	2.1.4 电路原理图设计一般流程	34
1.3 电感器	16	2.2 Cadence 软件介绍	35
1.3.1 电感器的结构及分类	16	2.2.1 主流 PCB 设计软件简介	35
1.3.2 电感线圈的自感和电感量	17	2.2.2 Cadence 软件的组成	37
1.3.3 电感器的图形符号及等效 电路	17	2.2.3 Cadence 项目设计管理	39
1.3.4 电感器的主要参数	17	2.3 绘制电路原理图	45
1.3.5 电感元件的命名及标识 方法	18	2.3.1 原理图绘制入门	46
1.3.6 电感器的检测	19	2.3.2 电气规则检查及网络表 生成	55
1.3.7 电感器在电路中的作用	19	2.4 印制电路板的设计	57
1.4 半导体二极管	19	2.4.1 PCB 设计流程	58
1.4.1 概述	19	2.4.2 创建新元件	68
1.4.2 二极管的伏安特性和 主要参数	20	2.4.3 PCB 板快速制版过程简介	85
		思考题	89
		第 3 章 印制电路板的焊接	90
		3.1 手工焊接基础知识	90

3.1.1 焊接机理	90	SMT 发展的必然趋势	114
3.1.2 锡焊材料	91	4.3.3 无铅焊接技术	114
3.1.3 焊接工具	91	4.3.4 计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS) 的发展	115
3.1.4 元件搪锡	92	4.3.5 SMT 主要设备发展情况	115
3.1.5 元件引线成形	93	4.4 表面贴技术总结	116
3.1.6 手工焊接操作要领	93	思考题	117
3.2 印制电路板的焊接	94	第 5 章 数字式万用表的原理与 安装	118
3.2.1 元器件的安装	95	5.1 DT830T 数字万用表简介	118
3.2.2 印制电路板的焊接要求	96	5.2 DT830T 数字万用表原理	119
3.2.3 焊接质量的评定	97	5.3 元器件识别与装配过程	132
思考题	97	5.4 万用表的校验	138
第 4 章 表面贴装技术	98	思考题	142
4.1 表面贴装技术概述	98	第 6 章 EDA 实习任务	143
4.1.1 表面贴装特点	99	实习 1 绘制电路原理图基本 操作	143
4.1.2 表面贴装优势	100	实习 2 绘制复杂电路原理图	144
4.1.3 表面贴元器件	101	实习 3 单面印制电路板手工 布线	145
4.1.4 表面贴焊接方式	101	实习 4 印制电路板自动布线 设计	145
4.2 表面贴装工艺	101	实习 5 双面印制电路板设计	148
4.2.1 锡膏印刷	102	参考文献	150
4.2.2 元件贴放	102		
4.2.3 回流焊和波峰焊	103		
4.2.4 工艺流程	106		
4.2.5 主要设备	108		
4.3 发展趋势	113		
4.3.1 贴装元器件的发展	114		
4.3.2 窄间距技术 (FPT) 是			

随着我国电子工业的不断发展,电子元器件的品种、规格越来越多,而电子产品的优劣,不仅与电路的设计、结构和工艺水平有关,还与正确使用器件有很大关系,因此,对常用元器件的结构、特点、使用方法及注意事项等基本知识应有所了解。

1.1 电阻器

1.1.1 概念

各种材料的物体对通过它的电流呈一定的阻力,这种阻碍电流的作用叫作电阻。具有一定阻值、几何形状和技术性能,专在电路中起电阻作用的器件叫作电阻器(简称电阻)。

依据电阻的物理定义,一个电阻阻值 R 的大小,与其制造电阻材料的电阻率 ρ 成正比,与导体的长度 L 成正比,与其横截面积 S 成反比,计算表达式为:

$$R = \rho L / S \quad (\Omega)$$

电阻是组成电路的基本电子器件之一,也是最重要的电子元件。在电路中电流通过电阻,一旦某个电阻短路或者开路,电路中的电流就会发生突变,从而使电路不能正常工作。电阻在电路中被大量运用,在电路中起着各种各样的作用:作分流器、分压器使用,可用来稳定和调节电流、电压;与电容器配合可作滤波器;在电源中可作去耦电阻;在放大电路中使用可确定晶体管工作的偏置电压;在稳压电源中用作取样电阻等。

1.1.2 电路中的电阻阻值计算

在直流或交流电路回路中,电阻阻值 R 在数值上等于加在电阻器上的电压 U 与通过其的电流 I 的比值,即:

$$R = U / I$$

电路中常用字母 R 表示电阻,电阻阻值的基本单位为欧姆(Ω),其电路图形符号如图1-1所示。



图 1-1 电阻器的电路图形符号

1.1.3 电阻器的分类

(1) 按阻值能否调节分类

固定电阻和可变电阻。

(2) 按用途分类

通用电阻器、精密电阻器、高频电阻器、高压电阻器、高温电阻器、高阻电阻器、功率电阻器、小型电阻器、片式电阻器、测量电阻器、标准电阻器和滑线电阻器等。

(3) 按材料分类

① 线绕电阻器：合金线电阻器、玻璃丝电阻器和聚合物线电阻器。

② 非线绕电阻器。

实芯电阻器：金属玻璃釉电阻器、有机实芯电阻器和无机实芯电阻器；

膜式电阻器：金属膜电阻器、合金箔电阻器、金属氧化膜电阻器、金属氮化膜电阻器、钽基薄膜电阻器、碳膜电阻器、碳质合成膜电阻器和金属玻璃釉厚膜电阻器；

③ 敏感电阻器：热敏电阻器、力敏电阻器、气敏电阻器、湿敏电阻器、光敏电阻器、压敏电阻器和磁敏电阻器。

1.1.4 电阻器的主要参数

(1) 标称阻值和允许偏差

电阻器所标注的阻值称之为电阻器的标称阻值。

电阻器的实际阻值相对于标称阻值的允许最大偏差范围叫作电阻器的允许偏差（标志电阻器阻值精度），一般以百分比标示，即：

$$\text{允许偏差 } \delta = [(R - R_s) / R_s] \times 100\% \quad (R \text{ 为实际阻值, } R_s \text{ 为标称阻值})$$

常用电阻阻值的允许偏差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，分别以 J、K、M 表示。

(2) 额定功率

额定功率是指在交流或直流电路中，当大气压力为 $10 \pm 4 \text{ kPa}$ 和在产品标准中规定的温度下，长期连续工作所允许消耗的最大功率，单位为瓦特（W）。通常让电阻器实际承受的功率为额定功率值的 30% 左右。

(3) 噪声电动势

由于电阻体内载流子浓度的变化，在电阻器的两端产生不规则的电位起伏，称为电阻器的噪声，其单位通常用噪声电动势表示 $\mu\text{V/V}$ 或分贝（dB）。电阻器的噪声电动势在一般电路中可不予考虑，但在弱信号系统中则不可忽略。

固有噪声包括：热噪声和电流噪声两种。

低噪声电阻器有：金属膜、金属氧化膜、碳膜和线绕电阻器。

高噪声电阻器有：合成碳质和实芯电阻器。

(4) 电阻温度系数

电阻温度系数是指温度变化 1°C 时，电阻值的相对变化量，以 α_t 表示：

$$\alpha_t = [(R_t - R_0) / R_0 (t - t_0)] \times 10^6 \text{ ppm}$$

其中， R_t 为环境温度 t 时阻值， R_0 为参考温度 t_0 时阻值。

温度系数越小，电阻稳定性越好，凡阻值随温度升高而增大的，温度系数为正，反之温度系数为负。

(5) 最高工作电压

电阻器长期工作不发生过热或电压击穿损坏的最大电压。

(6) 绝缘电阻

电阻器的电阻体与电阻体外壳（或任何导电安装件）之间的电阻值（一般在几十兆欧到几吉欧）。

(7) 绝缘耐压

相互连接起来的两端引线与外壳（或绝缘层）或导体安装件之间所能承受的电压值（一般通用电阻器的绝缘耐压值为该电阻器的最高工作电压的 1.5~2 倍）。

(8) 老化系数

表示电阻寿命长短的一个参数。数值上等于电阻器在 P_a （额定功率）、 $U_{\max}$ （最高工作电压）下长期工作后，阻值相对变化的百分数。

老化系数越小，其寿命越长。

(9) 电压系数

外加电压每改变 1 V 时，电阻器阻值的相对变化量。

电压系数 $K_v = [(R_2 - R_1) / R_1 (U_2 - U_1)] \times 100 \text{ ppm/V}$ 。

电压系数最大：碳质合成实芯电阻器。

电压系数最小：线绕电阻器。

(10) 高频特性

随着工作频率的提高，电阻器本身的分布电感和分布电容所起的作用越来越明显，其等效电路如图 1-2 所示。

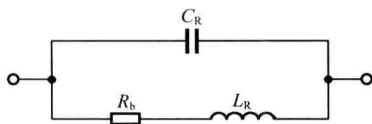


图 1-2 电阻器高频特性的等效电路

1.1.5 电阻器（含电位器）的型号命名及填写示例

(1) 电阻器（含电位器）型号的命名方法

根据国家标准 GB2470-81 的规定，电阻器（含电位器）的型号由以下 5 部分组成。

- ① 主称：一般用字母表示；
- ② 材料：一般用字母表示；
- ③ 分类：一般用数字表示，个别用字母表示；
- ④ 序号：一般用数字表示；
- ⑤ 区别代号：用大写字母表示。

电阻器型号中材料及分类部分的字母及数字代号所代表的意义如表 1-1 和表 1-2 所示。

表 1-1

电阻器材料符号

符号	T	H	S	N	J	Y	C	I	X
材料	碳膜	合成膜	有机实芯	无机实芯	金属膜	氧化膜	沉积膜	玻璃釉膜	线绕
电阻器	普通	普通	超高频	高阻	高温	—	精密	高压	特殊
电位器	普通	普通	—	—	—	—	精密	特种函数	特殊
数字代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 1-2

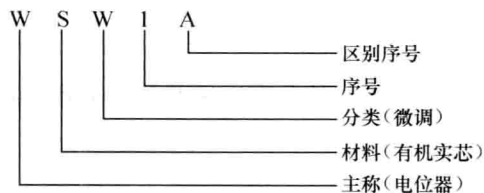
功能符号

符号	G	T	W	D
电阻器	高功率	可调	—	—
电位器	—	—	微调	多圈

示例 1 RJ71 精密金属膜电阻器。



示例 2 WSW1A 型微调有机实芯电位器。

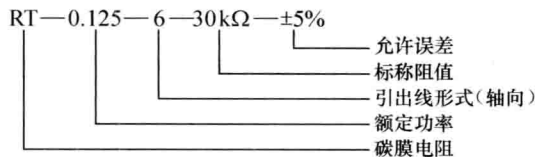


电阻器型号有些以颜色区别：表面涂绿色漆为碳膜电阻；表面涂红色或棕色漆为金属膜电阻的金属氧化膜电阻。

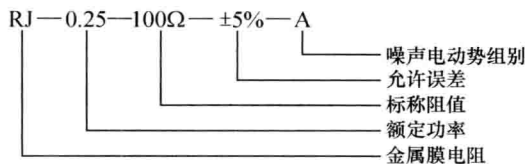
(2) 电阻器型号规格的填写示例

在采购与使用电阻器时，其型号规格应按照所使用产品生产厂家的相关说明填写。下面是常用的电阻器型号规格的填写方法。

示例 3 常用电阻器型号规格填写方法 1。



示例 4 常用电阻器型号规格填写方法 2。



1.1.6 固定电阻器的规格标志方法

为了区分和准确选用电阻器，出厂时必须在电阻器表面上标明其标称阻值和允许偏差等主要参数。由于电阻器的体积小，一般只在其表面标明阻值、精度、材料和功率等几项。对于 1/8W~1/2W 之间的小功率电阻器，通常只标注阻值和精度，而材料及功率则由外形尺寸和颜色来判断。常用标志方法有以下几种。

(1) 直接标志法（直标法）

直标法是将电阻器的主要参数用印章直接印在电阻器表面的一种标志方法，如图 1-3（a）所示。

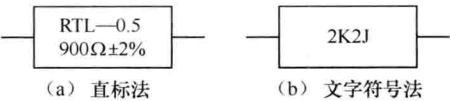


图 1-3 电阻器标志方法示意图

(2) 文字符号法

文字符号法是将电阻器的主要参数和文字符号有规律地组合起来印在电阻器表面的一种标志方法，如图 1-3（b）所示。

- 组合形式：阻值的整数部分+阻值单位符号（Ω、k、M、G、T）+阻值的小数部分。
- 例：2K2J 为 2.2kΩ±5% 的电阻；
- 4M7K 为 4.7MΩ±10% 的电阻；
- 7M5M 为 7.5MΩ±20% 的电阻。

(3) 色环标识法（色标法）

小功率电阻器（特别是 1/2W 以下的碳膜和金属膜电阻器）多用表面色环表示其标称阻值，每一个颜色代表一个数值，称作为色码。色环的颜色与数值的对应关系如表 1-3 所示。

表 1-3 色标符号规定

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍乘	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	10 ⁻¹	10 ⁻²	
允许偏差 (%)		±1	±2			±0.5	±0.2	±0.1			±5	±10	±20

固定电阻器的色环标识有 3 种形式。

- ① 三道颜色（三环标记）——适用于偏差为±20%（无色）的实芯电阻器等；
- ② 四道颜色（四环标记）——适用于通用电阻器，二位有效数字；
- ③ 五道色环（五环标记）——适用于精密电阻器，三位有效数字。

其含义分别如图 1-4、图 1-5 和图 1-6 所示。

要准确熟练地识别每一色标电阻器阻值大小和允许偏差大小，必须掌握以下几点。

- ① 熟记表 1-3 中的色环和数值对应关系。
- ② 找出色环电阻器的起始环，色环靠近引出线一端最近的一环为起始环（即第一位有

效数字)。

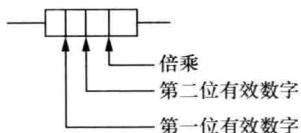


图 1-4 三环标记

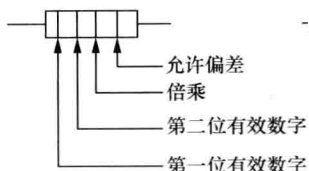


图 1-5 四环标记

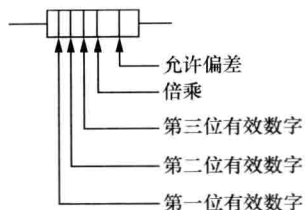


图 1-6 五环标记

③ 若是四色环电阻器，只有 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 两种允许偏差，所以只要有金色和银色环的便是尾环（即精度环）。

④ 五色环电阻器的识别和四色环电阻器的识别基本一样，只是多了一环第三位有效数字，在第四位增加了 $\times 10^{-1}$ 、 $\times 10^{-2}$ 两道倍乘的色环，并在第五位有 5 种色环分别表示 $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 和 $\pm 2\%$ 的误差。

(4) 数码标志法

数码标志法是用三位数字表示阻值大小的一种方法。第一位和第二位表示该电阻器标称阻值的有效数字，而第三位则表示在第二位有效数字后面应加“0”的个数即倍乘。

例如：102 表示 $1\ 000\Omega$ ；472J 表示 $4\ 700\Omega$ ，允许误差 $\pm 5\%$ 。

1.1.7 电阻器质量判别及选用

(1) 质量判别

从外观上检查电阻器的电阻体是否有烧焦或引脚有折断的现象，若电阻体与引线有毛病，两者接触不良时，用手轻轻地摇动引线，会发现有松动的现象，若用万用表测量，指针所指位置不稳定。

对电阻器实际阻值等其他参数的检查，需采用万用表或其他专用仪表或设备来进行。

(2) 选用

在设计电路时，应尽量选用标准件以减少元器件的品种。对可靠性要求较高的装置，最好做必要的可靠性试验。在确定元件的性能和规格时要注意下列因素。

- ① 安装元件的温度、湿度、压力和振动等环境条件；
- ② 额定运用参数；
- ③ 参数允许变化的范围；
- ④ 装置结构形式；
- ⑤ 元件的失效率。

(3) 电阻器的选择

从电阻器的额定功率考虑：电阻器的使用功率 P 要小于电阻器的额定功率。

P 值的计算方法为：

在直流和低频电路中，若 U 为电压有效值，则

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (1-1)$$

在正弦交流电路中,若 U_p 为电压峰值,则

$$P = \frac{(U_p / \sqrt{2})^2}{R} \quad (1-2)$$

在脉冲电路中,若 U_a 为脉冲幅值,则

$$P = \frac{U_a^2}{R} \times \xi \quad (1-3)$$

其中, ξ 为矩形脉冲信号的脉冲宽度与脉冲信号周期之比,称为占空系数。

电阻器的额定功率通常是在温度为 25°C 时,根据在静态空气中发热最厉害那部分的允许温度来决定的。实际使用时,除了电阻器自身发热外,还会吸收附近热源的热量,因此,在高温条件下,需要进一步降低使用功耗值。

从电阻器的额定电压考虑:根据式 1-1 算出的允许连续工作的额定电压 U ,仅对低阻值和中等阻值适用,对高阻值不能用 $U = \sqrt{PR}$ 来确定,因为此时还要考虑电阻材料的耐压和允许的电压梯度。例如, $2\text{M}\Omega/2\text{W}$ 的电阻器,额定电压为 500V ,而不是 $2\,000\text{V}$ 。在正弦交流电压下, U 为有效值。

从可靠性和降低噪声的角度考虑:应尽量用固定电阻器代替可变电阻器。线绕电阻的固有噪声最小;其次是金属膜电阻、薄膜电阻;合成电阻的噪声最大。选用时应考虑以下因素:

① 选用电阻器应根据使用条件和电路中的具体要求,从电气性能到经济价值等方面综合考虑,不要片面强调高精度和使用非标准系列的电阻产品。应优先选用通用型、数系较疏的标准阻值系列。

② 所选用电阻器的额定功率应是其实承受功率的 $1.5 \sim 2$ 倍。

③ 在高增益前置放大电路中,应选用噪声电动势小的电阻器。

④ 根据对温度稳定性的要求,选用合适的电阻器:

实芯电阻器 $\alpha_t \uparrow$ —— 稳定性 $\downarrow$

碳膜电阻器 $\alpha_t \downarrow$ —— 稳定性 $\uparrow$

线绕电阻器 $\alpha_t \downarrow$ —— 稳定性 $\uparrow$

⑤ 根据对工作频率的要求,正确选择合适的电阻器(需考虑分布参数):线绕电阻小于 50kHz ;有机实芯电阻和合成膜电阻小于几十兆赫兹;碳膜电阻小于 100 兆赫兹;玻璃釉电阻和氧化膜电阻小于数百兆赫兹,适用于高频电路。

⑥ 电阻要固定焊接在印制电路板上或安装在接线架上。较大功率的线绕电阻应用螺钉或支架固定,以防止振动而折断引线或造成短路。电阻的标志尽量朝一个方向且标志朝上,以便于检查。引线需弯曲时,不应从根部打弯,应从根部留出一定距离,用尖嘴钳或镊子钳住引线根部,将引线弯曲成所需角度。焊接电阻时动作要快,不要使电阻长时间受热,以免损坏电阻。

1.1.8 电位器

电位器实际上是一个电阻值可变的电阻器,它靠一个电刷(动接点)在电阻体上移动,从而获得与电位器输入电压(外加电压)和电刷位移(转角)成一定关系的电压输出。其电

路符号如图 1-7 所示。

在电路中，电位器一般用作分压器和变阻器，用以调节电压、电流等。



图 1-7 电位器电路符号

(1) 电位器的性能指标及参数

电位器的性能参数很多，主要有标称阻值、阻值精度等级、额定功率、温度系数、噪声、平滑性、零位电阻、分辨率、绝缘电阻和使用寿命等。

电位器的阻值变化规律有 3 种：直线式 (X)、指数式 (Z) 和对数式 (D)。

X：直线式——阻值按旋转角度均匀变化，适合作分压、调节电流；

D：对数式——阻值按旋转角度呈对数关系变化，适用于特殊调节（如音调）；

Z：指数式——阻值按旋转角度呈指数关系变化，适用于特殊调节（如音量）。

(2) 电位器的分类

电位器分类如表 1-4 所示。

表 1-4 电位器的分类

分类方法	电位器名称		
	接触式		非接触式
按电阻体材料分类	线绕电位器	合金线绕制	光电电位器磁电电位器
	非线绕电位器	合成碳膜、有机实芯、无机实芯、导电塑料、金属玻璃釉、金属膜合成箔、金属氧化膜	
按用途分类	精密、通用、微调、高频、高压耐热、耐潮、快速、大功率		
按调节方式分类	旋转式	旋转式、螺旋式电位器	
	非旋转式	直滑式、插销式、单圈多圈、单联、双联、多联、抽头式、锁紧式、带开头、推拉式电位器	
按输出特性分类	线性	直线式电位器	
	非线性	指数式、对数式、正弦式、余弦式、其他函数式电位器	

(3) 电位器的选用

电位器的规格品种很多，合理选用电位器不仅可以满足电路要求，而且可以降低成本。所以应根据不同的用途选用不同的电位器，下面是推荐选用的电位器。

- ① 普通电子仪器：采用碳膜或合成实芯电位器；
- ② 大功率、高温情况下：采用线绕、金属玻璃釉电位器；
- ③ 高分辨率时：采用各类非线绕电位器和多圈式微调电位器；
- ④ 调节后不需再动的：采用锁紧式电位器；
- ⑤ 精密、微量调节：选用带有微量调节机构的微调电位器；
- ⑥ 要求电压均匀变化的：采用直线式电位器；
- ⑦ 音量控制电位器：采用指数式电位器；
- ⑧ 音调、黑白对比度调节：采用对数式电位器。

(4) 电位器的质量判别

① 对带开关的电位器用万用表测量电位器开关两端引线，将开关“开”或“关”，如表针是“通”或“断”，则表示电位器的开关是正常的；

② 用万用表测量电位器两端引线，其阻值应与标称值相同；

③ 将万用表表笔接电位器中心抽头和另两端的任一端，旋转电位器轴柄，如表针由 0 向标称值或由标称值向 0 徐徐变动而无跳变现象，则说明电位器正常。

(5) 电位器的修理

卸下电位器金属屏蔽壳，用无水酒精棉球洗掉电阻片的污垢即可恢复正常。若电位器磨损严重则应报废。

1.1.9 电阻器在电路中的作用

电阻器在电路所处位置不同，所起的作用也就有所不同，它可以限流、分压、补偿、反馈、求和、缓冲等。

例如，图 1-8 所示为测试发光二极管正向特性电路图，图中电阻 R 就是起限流作用，防止流过发光二极管的电流过大而损坏发光二极管。

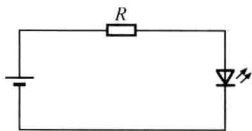


图 1-8 电阻的限流作用

1.2 电容器

电容器是充放、储存电荷的电子元件，是电子电路中必不可少的基本元件。电容器由两个金属电极，中间夹一层电介质构成。

电容器储存电荷量的多少称为电容器的容量 C ，单位为法拉 (F)，在数值上等于一个导电电极板上的电荷量 Q (单位为库仑 (C)) 与两块极板之间的电位差 U (单位为伏特 (V)) 之比，即：

$$C = Q/U$$

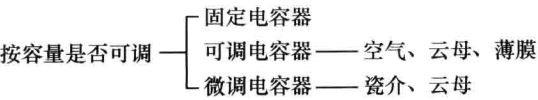
由于法拉的单位太大，因而电容量的常用单位是微法 (μF)、纳法 (nF) 和皮法 (pF) 等 ($1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^9\text{nF}=10^{12}\text{pF}$)。

电容器在电路中起隔直、交流旁路和耦合等作用，一般用于滤波电路、调谐电路和振荡电路等。

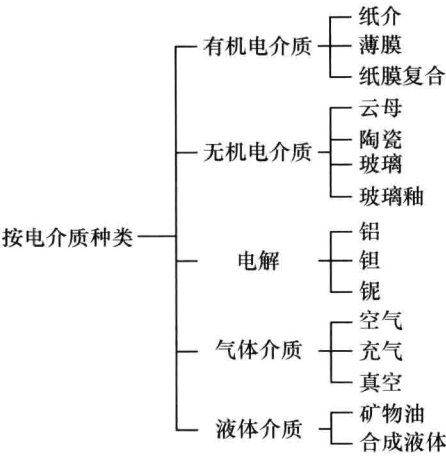
1.2.1 电容器的构成及分类

电容器的种类很多，分类方法也不同，通常可按其结构、材料和用途等分类。

按电容量是否可调可分为下列几种。



固定电容器，按电介质种类分类如下。



1.2.2 电容器的主要性能参数

(1) 标称容量及允许误差

容量是电容器的基本参数，标称容量是标志在电容器上的名义电容量。电容器的实际容量对于标称容量的允许最大偏差范围称为允许误差。

允许误差 $\delta = [(C - C_R) / C_R] \times 100\%$

其中， C 为实际容量， C_R 为标称容量。

电容器的允许误差等级如表 1-5 所示。

表 1-5 电容器的允许误差等级

允许误差	±2%	±5%	±10%	±20%
级别	02	I	II	III

(2) 额定电压

电容器的额定电压是指电容器在电路中，在规定的工作温度范围内能保证连续工作而不被击穿时加在电容器上的最高电压。电容器的额定电压随电容器的类别不同而有所区别，与其所用介质有关。额定电压的数值通常都在电容器上直接标出。表 1-6 给出了常用电容器的额定电压。

表 1-6 常用电容器的额定电压（单位：V）

1.6	4	6.3	10	16	25	32*	40	50*	63
100	125*	160	250	300*	400	450*	500	630	1 000

注：表中有“*”号的只限于电解电容。

(3) 绝缘电阻

电容器的绝缘电阻等于加在电容器两端的电压与通过电容器的漏电流的比值，即：