

电子线路实训教程



李丽容 主编

西安地图出版社

电子线路实训教程

主 编 李丽容

编 者 崔占琴 沈 戈
 马虎山 李 玲

西 安 地 图 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

电子线路实训教程/李丽容主编. —西安:西安地图出版社, 2004

ISBN 7-80670-626-7

I. 电… II. 李… III. 电子电路—教材

N. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第038967号

内容简介

本书内容共分三部分。第一部分为常用分立电子元器件基本知识和数字逻辑基础知识;第二部分为电子系统的设计方法实践,这部分内容选题难易兼顾、电路新颖实用、综合应用性强;第三部分为电子设计自动化(EDA)。本书不仅体现了对传统内容的精简和提取,而且反映了现代科技对电子线路实训教材与时俱进的要求。

本书可作为工科大学生在他们学完电类专业基础课后的实训教材,亦可作为相关工程技术人员参考书。

电子线路实训教程

李丽容 主编

西安地图出版社出版发行

(西安市友谊东路334号 邮政编码710054)

新华书店经销 西安华新彩印有限责任公司印刷

787×1092毫米 1/16开本 18.125印张 435千字

2004年6月第1版 2004年6月第1次印刷

印数 0001-4000

ISBN 7-80670-626-7/TN·3

定价:23.00元

前 言

我们在教学实践中,经过长期的探索、分析和总结,取得了这样的共识:实践教学是高等工程教育最重要的内容之一,也是培养学生创新素质工程观念和实践能力,培养实用型、复合型、创造型人才的重要环节,而且是其它环节不能取代的。

基于此,我们总结了多年的教学实践经验并结合当前教学改革的需要,对原有的电子线路相关实践环节作了较大改动,编写了本教材《电子线路实训教程》。

这本教材既注意电子系列课程相应理论课之间的衔接、呼应,又保持了电子技术实践课程自身的体系、要求、特色与独立性。

这本教材注意将现代信息技术融入课程的内容及教学手段之中。例如随着电子设计自动化(EDA)技术的日臻完善,为复杂电子电路的设计、调试提供了更加方便、高效的方法和手段。因此,我们加入运用EDA工具进行电子线路的设计与模拟是十分必要的。

本教材的选题涉及内容广泛,对于传统题目增添了新器件和新方法的设计,并注意强调对学生进行完整的系统的工程训练,着重培养学生的系统工程设计能力以及创新能力。

这本教材的又一特点是在内容上注意拓宽学科基础、拓宽知识面,将强弱电相结合、软硬件相结合、单元电子电路模块与复杂电子电路相结合,对学生进行由浅入深系统设计综合实践的工程训练。

本书分三个部分:基本训练、电子系统设计及电子设计自动化。李丽容老师作为主编,撰写了前言及第一、二、三章,并完成全书的统稿工作;崔占琴老师撰写了第五、六章,马虎山老师撰写了第七、八、九章,沈戈老师撰写了第十、十一、十二章,李玲老师撰写了第四章以及附录内容。

在编写本书的过程中电子工程学院汉泽西教授、张家田教授提出了许多宝贵意见,肖志红高工亦给予了许多帮助,在此一并致谢。

电子技术和计算机技术的发展日新月异,教学改革任重道远。由于水平有限,敬请使用本书的师生及读者批评斧正。

编 者

目 录

第一部分 基本训练

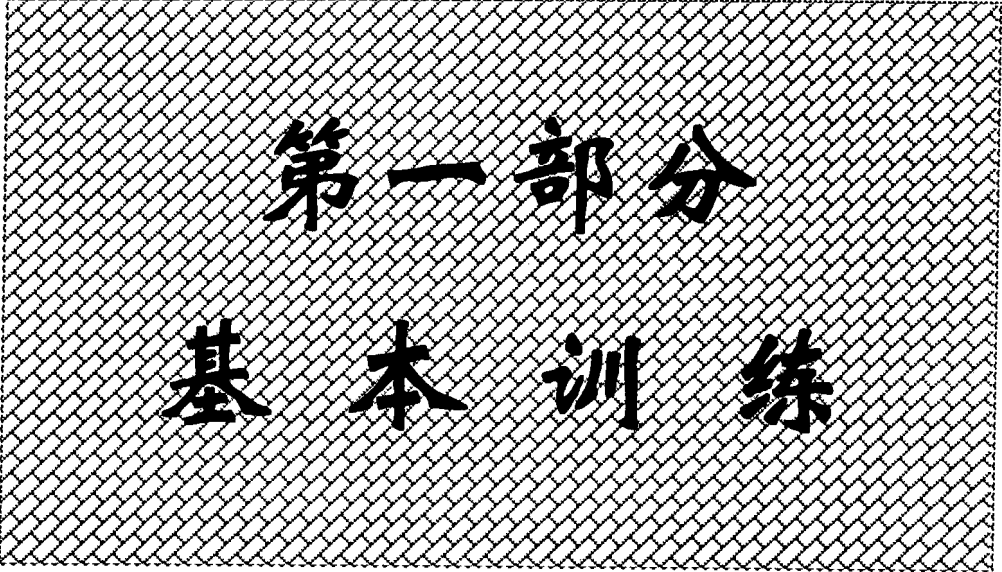
第一章 常用分立电子元器件的基本知识	(2)
1.1 阻容元件	(2)
1.1.1 电阻器	(2)
1.1.2 电容器	(7)
1.2 电感器与变压器	(12)
1.2.1 电感器	(12)
1.2.2 变压器	(14)
1.3 半导体二极管、半导体三极管与场效应管	(15)
1.3.1 国产半导体器件型号命名法	(15)
1.3.2 二极管	(16)
1.3.3 三极管	(19)
1.3.4 场效应管	(20)
1.4 继电器	(21)
1.4.1 超小型电磁继电器简介	(21)
1.4.2 固态继电器	(21)
1.4.3 光电耦合器	(24)
第二章 常用中小规模集成元器件的基础知识	(26)
2.1 数字集成电路	(26)
2.1.1 数字集成电路的分类	(26)
2.1.2 集成电路的型号命名法	(26)
2.1.3 数字集成电路简介和使用注意事项	(27)
2.2 模拟集成电路	(29)
2.2.1 模拟集成电路的类型、特点和结构	(29)
2.2.2 常用模拟集成电路	(29)
第三章 电子测量的基本知识与电子元器件的测量	(50)
3.1 电子测量的基本知识	(50)
3.1.1 电子测量的方法	(50)
3.1.2 测量误差的基本知识	(51)
3.1.3 测量数据的处理	(52)
3.2 电路基本元器件参数的测量	(54)
3.2.1 电阻的测量	(54)
3.2.2 电容的测量	(56)
3.2.3 电感的测量	(57)
3.2.4 二极管的测量	(59)
3.2.5 三极管的测量	(60)

3.2.6	场效应管主要参数的测量	(61)
3.2.7	集成运算放大器参数的测量	(62)
第四章	电工工具使用、电气布线及锡焊	(63)
4.1	常用电工工具及其使用	(63)
4.2	导线的连接	(65)
4.3	锡焊	(66)
4.3.1	锡焊工具及材料	(66)
4.3.2	锡焊方法	(68)
第二部分 电子系统设计		
第五章	电子系统与电子系统设计	(71)
5.1	电子系统与电子系统设计	(71)
5.1.1	电子系统概述	(71)
5.1.2	电子系统设计的一般方法	(73)
5.2	电子系统设计步骤	(75)
5.2.1	传统手工设计方法	(75)
5.2.2	电子系统设计的EDA方法	(78)
第六章	电子系统设计实训	(80)
6.1	收音机的安装与调试	(80)
6.2	无线报警器	(89)
6.3	声光显示智力竞赛抢答器	(100)
6.4	多功能红外遥控系统	(104)
6.5	温度控制器	(114)
6.6	$3\frac{1}{2}$ 位直流数字电压表	(118)
6.7	无线话筒发射装置	(122)
6.8	数字频率计	(125)
6.9	数字电子计时器	(128)
6.10	简易逻辑分析仪	(130)
6.11	动态扫描ASCⅡ码键盘输入编码电路	(133)
第七章	电子系统设计举例	(135)
7.1	概述	(135)
7.2	设计举例	(135)
7.3	设计题目选	(146)
7.3.1	电压控制LC振荡器	(146)
7.3.2	宽带放大器	(147)
7.3.3	低频数字式相位测量仪(C题)	(148)
7.3.4	简易逻辑分析仪	(149)
7.3.5	简易智能电动车	(150)
7.3.6	液体点滴速度监控装置	(152)

第三部分 电子设计自动化(EDA)

第八章 EDA 简介	(154)
8.1 EDA 的定义	(154)
8.2 EDA 的发展历程	(154)
8.2.1 由底向上的设计	(154)
8.2.2 自顶向下设计	(155)
8.3 EDA 的主要作用	(156)
8.4 EDA 技术的基本特征	(156)
第九章 可编程逻辑器件	(157)
9.1 可编程逻辑器件简介	(157)
9.1.1 可编程逻辑器件的发展历程	(157)
9.1.2 可编程逻辑器件的分类	(158)
9.1.3 简单PLD原理	(159)
9.2 只读存储器ROM	(160)
9.2.1 ROM 的分类	(160)
9.2.2 ROM 的结构与工作原理	(160)
9.2.3 ROM 应用举例	(161)
9.3 可编程只读存储器PROM	(163)
9.4 可编程逻辑阵列PLA	(164)
9.4.1 PLA 的结构特点	(164)
9.4.2 PLA 应用举例	(166)
9.5 可编程阵列逻辑PAL	(166)
9.6 通用阵列逻辑GAL	(167)
9.7 现场可编程门阵列FPGA	(170)
9.7.1 FPGA 的分类	(170)
9.7.2 FPGA 芯片内部组成结构	(171)
9.7.3 FPGA 的应用	(175)
第十章 电子工作台(EWB)	(176)
10.1 概述	(176)
10.1.1 元件及电路仿真软件Electronic Workbench	(176)
10.1.2 电子工作台(EWB)简述	(176)
10.1.3 电子工作台(EWB)的特点	(177)
10.1.4 系统要求	(177)
10.1.5 帮助功能	(178)
10.2 Electronics Workbench 基本界面	(178)
10.2.1 界面菜单介绍	(178)
10.2.2 EWB 的工具条	(179)
10.2.3 EWB 的元器件库区	(180)
10.2.4 EWB 的基本操作	(184)

10.3 Electronics Workbench 分析方法	(190)
10.3.1 EWB 仿真的基本过程	(190)
10.3.2 分析方法的参数设置	(190)
10.3.3 分析方法	(191)
10.3.4 仿真中遇到的问题及解决办法	(198)
10.4 EWB 应用实例	(200)
10.4.1 信号与系统仿真	(200)
10.4.2 信号的相加与相乘	(202)
10.4.3 信号的微分与积分	(203)
10.4.4 双边带调幅的仿真分析	(204)
10.4.5 单级三极管放大器的最坏情况分析	(204)
10.4.6 共射极单级放大器设计分析	(205)
10.4.7 静态工作点稳定电路的 EWB 仿真	(208)
第十一章 MAX+PLUSII 软件介绍和 VHDL 语言	(212)
11.1 MAX+PLUS II 软件介绍	(212)
11.1.1 MAX+PLUSII 软件简介	(212)
11.1.2 MAX+PLUSII 软件的流程	(213)
11.2 输入、编译和仿真	(213)
11.2.1 建立和编辑一个 VHDL 工程文件	(213)
11.2.2 VHDL 语言程序的编译	(215)
11.2.3 VHDL 语言程序的仿真	(216)
11.2.4 原理图输入法	(219)
11.3 VHDL 语言	(220)
11.3.1 VHDL 语言概述	(220)
11.3.2 VHDL 语言基本结构	(224)
11.3.3 顺序描述语句与并发描述语句	(229)
第十二章 Protel 99 基础	(233)
12.1 Protel 99 的基本知识	(233)
12.2 电路原理图设计	(236)
12.2.1 图纸的设置	(236)
12.2.2 电路设计实例	(237)
实验与思考	(241)
附录 1 部分常用半导体管主要参数	(243)
附录 2 部分常用集成运算放大器及集成定时器简介	(247)
附录 3 常用 TTL 数字集成电路	(254)
附录 4 常用 CMOS 数字集成电路	(274)
附录 5 部分常用元器件符号对照表	(280)
参考文献	(281)



第一部分

基本训练

第一章 常用分立电子元器件的基本知识

1.1 阻容元器件

1.1.1 电阻器

电阻器是电子设备中应用最广泛的元件之一，在电路中起限流、分流、降压、分压、负载、与电容配合做滤波器及阻抗匹配等作用。

一、电阻器的分类

电阻器的种类繁多，若根据电阻器的电阻值在电路中的特性来分，可分为固定电阻器、可变电阻器（电位器）和敏感电阻器三大类，它们的符号如图 1.1.1 所示。

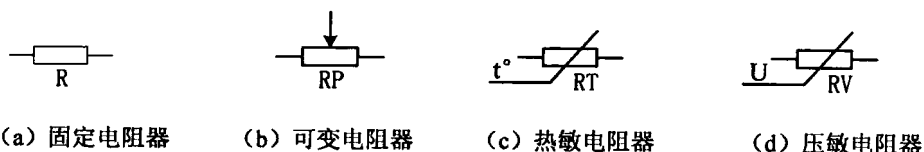


图 1.1.1 电阻器的符号

1. 固定电阻器

固定电阻器按组成材料可分为非线绕电阻器和线绕电阻器两大类。非线绕电阻器可分为薄膜电阻器、实心型电阻器、玻璃釉膜电阻器。其中薄膜电阻器又可分为碳膜电阻和金属膜电阻两类。按用途进行分类，电阻器可分为普通型（通用型）、精密型、功率型、高压型、高阻型等。按形状不同电阻器可分为圆柱状、管状、刀状、钮扣状、马蹄状、块状电阻器。按引出线的结构形式，电阻器可分为轴向引线的、颈向引线的和同向引线的等。按电阻器保护层材料分类，又有涂漆的、绕珐琅的或塑封的等等。表 1.1.1 介绍了几种常用固定电阻器的结构、特点及型号。

表 1.1.1 几种常用固定电阻器的结构、特点及型号

名称	特点
碳膜电阻器 (RT 型)	稳定性好（指电压、温度的变化对阻值的影响较小）、噪声低、价格便宜、阻值范围宽（ $10\Omega \sim 10M\Omega$ ），适应于高频电路
金属膜电阻器 (RJ 型)	阻值范围在 $10\Omega \sim 10M\Omega$ 。它广泛应用在稳定性及可靠性要求较高的电路中
金属氧化膜电阻器 (RY 型)	其特点是性能可靠、过载能力强、额定功率大（最大可达 $15kW$ ），但其阻值范围较小（ $1\Omega \sim 200k\Omega$ ）
实心碳质电阻器 (RS 型)	其优点是过负荷能力强，可靠性较高。缺点是噪声大、精度有效期、分布电容和分布电感大，不适宜要求较高的电路
线绕电阻器 (RX 型)	线绕电阻器的优点是阻值精确（电阻值在 $5\Omega \sim 56k\Omega$ 范围）、功率范围大、工作稳定可靠、噪声小、耐热性能好，主要用于精密和大功率场合。它的缺点是体积较大、高频性能差、时间常数大、自身电感较大，不适用于高频电路

2. 电位器（可变电阻器）

电位器是靠一个电刷（运动接点）在电阻体上移动而获得变化的电阻值，在一定范围内连续可调。电位器的图形符号如图 1.1.2 所示。电位器是一种机电元件，可以把机械位移转换成电压变化。表 1.1.2 介绍了电位器的分类。

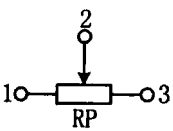


图 1.1.2 电位器的符号

表 1.1.2 电位器的分类

按电阻体材料分	可分为薄膜（非线绕）电位器和线绕电位器
按结构分	可分为单圈、多圈、单联、双联和多联电位器
按有无开关分	可分为带开关和不带开关电位器
按调节活动机构的运动方式分	可分为旋转式和直滑式电位器
按用途分	可分为普通电位器、精密电位器、功率电位器、微调电位器和专用电位器
按输出特性的函数关系分	可分为线性电位器和非线性电位器

3. 敏感电阻器

其电特性（例如电阻率）对温度、光、机械力等物理量表现敏感，如光敏、热敏、压敏、气敏电阻器等。它们几乎都是使用半导体材料做成的，因此这类电阻器也叫做半导体电阻器。

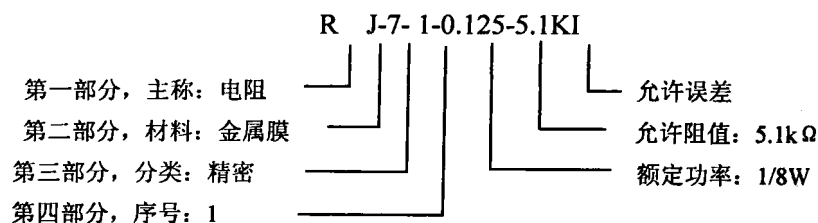
二、电阻器和电位器的型号命名法

根据国家标准 GB2470-81《电子设备用电阻器、电容器型号命名法》的规定，电阻器、电位器的型号由四个部分组成，如表 1.1.3 所列。

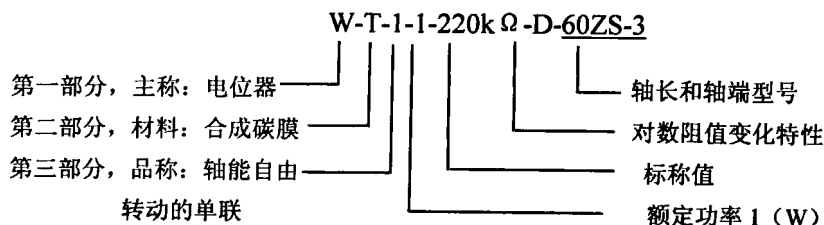
表 1.1.3 电阻器和电位器的型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主体		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	1, 2	普通	包括： 额定功率 阻值 允许误差 精度等级
W	电仪器	P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		H	合成膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	电阻器（高压型） 电位器（特殊函数型）	
		J	金属膜			
		Y	氧化膜	9	特殊	
		S	有机实心	G	高功率	
		N	无机实心	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

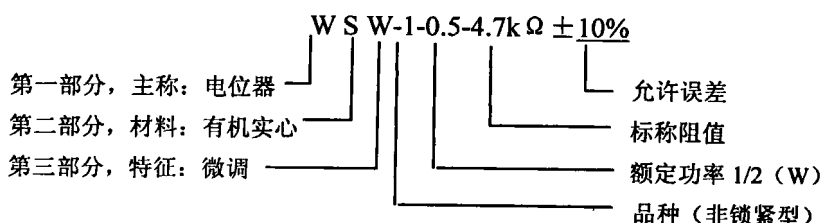
示例 1：精密金属膜电阻器：RJ71-0.125-5.1KI 型电阻器。



示例 2: 220kΩ 单联合成碳膜电位器。



示例 3: 微调 47kΩ 有机实心电位器。



三、线性电阻器和电位器

1. 电阻器的主要参数

(1) 额定功率。指在规定的环境温度和湿度下, 假设周围空气不流通, 在长期连续工作而不损害或基本不改变电阻器性能的情况下, 电阻器上允许消耗的最大功率。功率的单位为瓦 (用 W 表示)。当超过其额定功率范围时, 电阻器的阻值及性能将会发生变化, 甚至发热烧毁。一般选用额定功率时要有余量 (大 1 倍~2 倍)。常用电阻器的额定功率系列如表 1.1.4 所示。在电路图中电阻器额定功率的符号表示如图 1.1.3 所示。

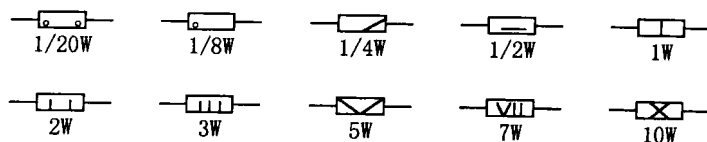


图 1.1.3 电阻器额定功率的符号

表 1.1.4 常用电阻器额定功率系列

种类	电阻器额定功率系列/W														
绕线	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	10	16	25	40	50	75	100
非绕线	0.05	0.125	0.25	0.5	1	2	5	10	25	50	100	150	250	500	

(2) 标称阻值 (简称标称值) 及允许误差。标志在电阻器上的电阻值称为标称值。电阻器的实际阻值对于标称阻值的最大允许偏差范围称为电阻器的允许误差, 它表示产品的精度。标称值是产品标志的“名义”阻值, 其单位为欧姆 (Ω)、千欧 (kΩ)、兆欧 (MΩ), 它们之间的关系是: $1\text{M}\Omega = 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega$ 。通用电阻的标称值系列和允许误差等级如表 1.1.5 所列, 任何电阻器的标称阻值都应符合表 1.1.3 所列数值乘以 $10^n\Omega$, 其中 n 为整数。精密电

阻的误差等级有 $\pm 0.05\%$ 、 $\pm 0.2\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 等。

表 1.1.5 通用电阻的标称系列

系列	允许误差	电阻标称值系列															
E ₂₄	I 级±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	3.3	3.9	4.3	4.7
		5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1									
E ₁₂	II ±10%	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2				
E ₆	III ±20%	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8										

电阻器的阻值和误差的标注方法有三种：

① 直标法，是将电阻器的主要参数和技术性能用数字或字母直接标注在电阻体上。

② 文字符号法，是将需要标志出的主要参数与技术性能用文字、数字符号两者有规律地组合起来标注在电阻器上。如 0.1Ω 标志为 $\Omega 1$ ， 3.3Ω 标志为 $3\Omega 3$ ， $3.3k\Omega$ 标志为 $3k3$ ， $10M\Omega$ 标志为 $10M$ 等。

③ 色标法（又称色环表示法），是用不同颜色的色环来表示电阻器的阻值及误差等级。各色环颜色所代表的含义见表 1.1.6 所列，色环法表示的电阻值一律是欧姆。图 1.1.4 为电阻器色标示例，其中图（左）为四环道电阻器，图（右）为五环道电阻器。

（3）最高工作电压：指电阻器长期工作不发生过热或电击穿损坏的工作电压限度。

表 1.1.6 色环颜色代表的含义

颜色	所代表的 有效数字	乘数	允许误差	误差的英 文代码	颜色	所代表的 有效数字	乘数	允许误差	误差的英 文代码
银	—	10^{-2}	$\pm 10\%$		绿	5	10^5	$\pm 0.5\%$	D
金	—	10^{-1}	$\pm 5\%$	K	蓝	6	10^6	$\pm 0.2\%$	C
黑	0	10^0	—	J	紫	7	10^7	$\pm 0.1\%$	B
棕	1	10^1	$\pm 1\%$		灰	8	10^8		
红	2	10^2	$\pm 2\%$	F	白	9	10^9		
橙	3	10^3	—	G	无色	—	—	$\pm 20\%$	M
黄	4	10^4	—						

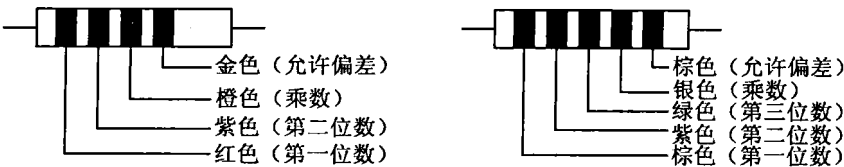


图 1.1.4 电阻器色标示例

2. 电位器的主要参数

电位器的主要参数除了有与一般电阻器相同的标称阻值、额定功率等参数外，还有阻值变化规律和滑动噪声等参数。

四、固定电阻器的选择和使用

1. 选择电阻器的基本方法

（1）根据电子设备的技术指标和电路的具体要求选用电阻器的标称值和误差等级。

（2）选用电阻器的额定功率必须大于实际承受功率的两倍。

（3）在高增益前置放大电路中，应选用噪声电动势小的金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、线绕电阻器、碳膜电阻器等。线绕电阻器分布参数较大，不适于高频前置电路。

(4) 根据电路的工作频率选择电阻器的类型。RX 型线绕电阻器的分布电感和分布电容都比较大,只适用于频率低于 50kHz 的电路中;RH 型合成膜电阻器和 RS 型有机实心电阻器可在几十 MHz 的电路中工作;RT 型碳膜电阻器可用于 100MHz 左右的电路中;而 RJ 型金属膜电阻器和 RY 型氧化膜电阻器可在高达数百 MHz 的高频电路中工作。

(5) 根据电路对温度稳定的要求,选择温度系数不同的电阻器。线绕电阻器由于采用特殊的合金导线绕制,温度系数小,阻值最为稳定。金属膜、金属氧化膜、玻璃釉膜电阻器和碳膜电阻器都具有较好的温度特性,适合于稳定度要求较高的场合。实心电阻器温度系数较大,不宜用于稳定性要求较高的电路中。

2. 电阻器使用的注意事项

(1) 在使用前首先检查外观有无损坏,用万用表测量其阻值是否与标志值相符合。

(2) 在安装时,应首先将其引线刮光镀锡,以保证焊接可靠,不产生虚焊。高频电路要小于 5mm。焊接时应用尖嘴钳和镊子夹住引线根部,以免过热使电阻器变值。装配时使电阻器的标志部分朝上,以便调试和维修查对。

(3) 电阻器引线反复弯曲和从根部弯曲,易将引线折断。安装、拆卸时不可过分用力,以免电阻体与接触帽之间松动造成隐患。安装精密电子设备时,非线绕电阻器必须经过人工老化处理,以提高其稳定性。

(4) 使用时应注意电阻器的额定功率和最高工作电压的限制。超过额定功率,电阻器会受热损坏;超过最高工作电压,电阻器内部会产生火花,使电阻器击穿烧坏。额定功率在 10W 以上的线绕电阻器,安装时必须焊接在特制的支架上,并留有一定的散热空间。

五、电位器的选择和使用

1. 选择电位器的基本方法

(1) 根据需要选择不同结构形式和调节方式的电位器。如旋转式开关电位器(动接点对电阻体有磨损)、推拉式开关电位器(动接点对电阻体无磨损)。开关有单刀单掷、单刀双掷、双刀双掷等之分,选择时应根据需要确定。

(2) 根据电路要求选择不同技术性能的电位器。各种电位器的特点如下:

线绕电位器接触电阻低、精度高,温度系数小,缺点是分辨率较差,可靠性高,不宜应用于高频电路。标称阻值一般低于 100Ω ,既有小功率型也有大功率型。

实心电位器体积小、耐温耐磨、分辨率高。

合成碳膜电位器分辨率高、阻值范围宽、可靠性高,但阻值的稳定性及耐温耐湿性差。

金属膜电位器耐湿性能好、分辨率高,但阻值范围窄。

玻璃釉膜电位器分辨率高、阻值范围宽、可靠性高、高频特性好、耐温、耐湿、耐磨,有通用型、精密型、微调型等品种。

块金属电位器具有线绕和非线绕电位器的长处,阻值范围为 $2\Omega \sim 5k\Omega$,噪声小,最大等效噪声电阻不大于 20Ω ,稳定型高,分辨率高,分布电感小,适用于高频电路。

导电塑料电位器特别耐磨,寿命可达 500 万次,分辨率高、平滑性良好、接触可靠、阻值宽 ($10\Omega \sim 10M\Omega$),工作温度范围为 $-55^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ 。

2. 电位器的简单测量、安装及调节

(1) 测量。安装前先要用万用电表的欧姆档测量电位器的最大阻值是否与标称值相符,然后再测量中心滑动端和电位器任意固定端的电阻值。测量时旋转转轴观察万用表指针应平稳移动、阻值变化连续且没有跳动现象。转动转轴时应感到内触点滑动灵活、松紧适中,如

听不到“滋滋”的噪声，表示电位器的电阻体良好，动接点接触可靠。

(2) 安装。使用时应用紧固零件将电位器安装牢靠，特别是带开关的电位器，开关常常与电源线相接，若安装不牢固，电位器在调节时易引起松动而发生短路的危险。

电位器的端子应该正确连接。电位器的三个引线端子分别用 A、B、C 表示，中间的端子 B 连接电位器的动接点，电位器用来作可变电阻时常按图 1.1.5 连接。这样即使动接点与电阻体接触不良，也不会使电路造成开路。

(3) 调节。在使用中应注意调节时用力均匀，带开关的电位器不要猛开猛关。

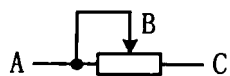


图 1.1.5 电位器作可变电阻时的连接方法

1.1.2 电容器

电容器是由两个金属电极，中间夹一层电介质构成。在两个电极之间加上电压时，电极上就储存电荷，所以说电容器是一种储能元件，在电路中用于调谐、滤波、隔直、交流旁路和能量转换等。

一、电容器的分类

电容器的种类很多，按介质不同，可分为空气介质电容器、纸质电容器、有机薄膜电容器、瓷介电容器、玻璃釉电容器、云母电容器、电解电容器等；按结构不同，可分为固定电容器、半可变电容器、可变电容器等。

(1) 固定电容器。固定电容器的容量是不可调的，常用的几种固定电容器有瓷介质、涤纶电容器、独石电容器、云母电容器、金属化纸介质电容器、铝电解电容器等。图形符号如图 1.1.6 所示。

(2) 半可变电容器。半可变电容器又称微调电容器或补偿电容器。其特点是容量可在小范围内变化，可变容量通常在几 pF 或几十 pF 之间，最高可达 100pF (陶瓷介质时)。半可变电容器通常用于整机调整后，电容量不需经常改变的场合。它的图形符号如图 1.1.7 所示。

(3) 可变电容器。可变电容器的容量可在一定范围内连续变化，它由若干片形状相同的金属片并接成一组（或几组）定片和一组（或几组）动片组成，动片可以通过转轴转动，以改变动片插入定片的面积，从而改变电容量。其介质有空气、有机薄膜等。可变电容器有“单联”、“双联”和“三联”之分，电路符号如图 1.1.8 所示。

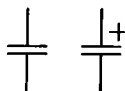


图 1.1.6 固定电容器的图形符号



图 1.1.7 可变电容器的图形符号

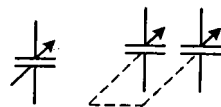


图 1.1.8 单、并联可变电容器符号

二、电容器的型号命名法

电容器型号由四个部分组成，如表 1.1.7 所列。

示例：CJX-250-0.33±10%电容器

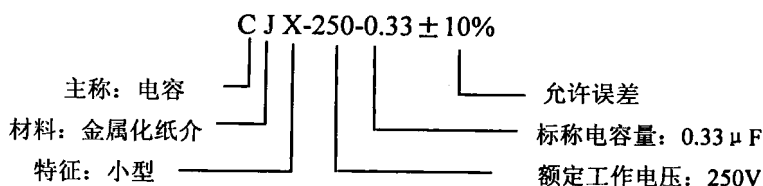


表 1.1.7 电容器型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主体		用字母表示材料		用字母表示特征		用数字或字母表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
C	电容器	C	瓷介	T	铁电	包括品种、尺寸、代号、 温度特性、直流工作电压、 标称值、允许误差、标准代 号
		I	玻璃釉膜	W	微调	
		O	玻璃膜	J	金属化	
		Y	云母	X	小型	
		V	云母纸	S	独石	
		Z	纸介	D	低压	
		J	金属化纸	M	密封	
		B	聚苯乙烯	Y	高压	
		F	聚四氟乙烯	C	穿心式	
		L	涤纶（聚酯）			
		S	聚碳酸酯			
		Q	漆膜			
		H	纸膜复合			
		D	铝电解			
		A	钽电解			
		G	金属电解			
		N	铌电解			
		T	钛电解			
		M	压敏			
		E	其它材料电解			

1. 标称容量允许误差

电容器的容量表示电容储存电荷的能力。单位是法拉（F）、微法（ μF ）、纳法（nF）和皮法（pF），它们之间的关系是 $1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^9\text{nF}=10^{12}\text{pF}$ 。

标称容量是标志在电容器上的名义电容量，常用电容器容量的标称值系列如表 1.1.8 所列。任何电容器的标称容量都满足表 1.1.8 中数据乘以 10^n （n 为整数）。

表 1.1.8 常用电容器量的标称值系列

电容器类别	标称值系列												
高频纸介质、云母介质 玻璃釉膜介质 高频（无极性）有机薄膜介质	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3
	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1		
纸介质、金属化纸介质 复合介质 低频（有极性）有机薄膜介质	1.0	1.5	2.0	2.2	3.3	4.0	4.7	5.0	6.0	6.8	8.0		
电解电容器	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8							

实际电容器的容量与标称值之间的最大允许偏差范围，称为电容量的允许误差。固定电容器的允许误差分为 8 级，如表 1.1.9 所列。

常用电容的特性如表 1.1.10 所列。

表 1.1.9 允许误差等级

级别	01	02	I	II	III	IV	V	VI
允许误差/（%）	±1	±2	±5	±10	±20	±20~±30	±50~±20	±100~±10

表 1.1.10 常用电容的几项特性

电容种类	容量范围	直流工作电压 (V)	运用频率 (MHz)	准确度	漏电阻 (MΩ)
中小型纸介电容	470pF~0.22 μF	63~630	8 以下	I~III	>5000
金属壳密封纸介电容	0.01 μF~10 μF	250~1600	直流, 脉动直流	I~III	>1000~5000
中小型金属化纸介电容	0.01 μF~0.2 μF	160; 250; 400	8 以下	I~III	>2000
金属壳密封金属化纸介电容	0.32 μF~30 μF	100~1600	直流, 脉动直流	I~III	>30~5000
薄膜电容	3pF~0.1 μF	63~500	高频、低频	I~III	>10000
云母电容	10pF~0.051 μF	100~7000	75~350 以下	0.2~III	>10000
瓷介电容	1pF~0.1 μF	63~630	高频、低频 500~3000 以下	0.2~III	>10000
铝电解电容	1 μF~10,000 μF	4~500	直流, 脉动直流	I~III	>5000
dan、铝电解电容	0.47 μF~1,000 μF	63~630	直流, 脉动直流	IV, V	
瓷介微调电容	2/7pF~2/25pF	250~500	高频		
可变电容	最小容量>7pF 最大容量<1,100pF	100 以上	低频、高频		>500

一般电容器的容量及误差都标志在电容器上。体积较小的电容器常用数字和文字标志。采用数字标志容量时用三位整数, 第一、二位为有效数字, 第三位表示有效数字后面加零的个数, 单位为皮法 (pF)。如: “223” 表示该电容器的容量为 22000pF (或 0.022 μF)。需要注意的是当第三个数为 9 时是个特例。如“339”表示的容量不是 33×10^9 pF, 而是 33×10^{-1} pF (即 3.3pF)。采用文字符号标志电容量时, 将容量的整数部分写在容量单位标志符号的前面, 小数部分放在容量单位符号的后面。例如: 0.68pF 标志为 p68, 3.3pF 标志为 3p3, 1000Pfsfi 标志为 1n, 6800pF 标志为 6n8, 2.2 μF 标志为 2u2 等。

误差的标志方法一般有三种:

(1) 将容量的允许误差直接标在电容器上。

(2) 用罗马数字 “I”、“II”、“III” 分别表示 ±5%、±10%、±20%。

(3) 用英文字母表示误差等级。用 J、K、M、N 分别表示 ±5%、±10%、±20%、±30%;

用 D、F、G 分别表示 ±0.5%、±1%、±2%; 用 P、S、Z 分别表示 $\begin{matrix} +100 \\ -0 \end{matrix} \%$, $\begin{matrix} +50 \\ -20 \end{matrix} \%$, $\begin{matrix} +80 \\ -20 \end{matrix} \%$ 。

电容器的容量及误差除按上述方法标志外, 也有采用色标法来标志的, 电容器的色标法原则上与电阻器色标法相同 (参阅表 1.1.6), 单位为皮法 (pF)。

2. 额定工作电压

额定工作电压是指电容器在规定的工作温度范围内, 长期、可靠的工作所能承受的最高电压 (又称耐压值)。常用固定式电容器的耐压值有: 1.6V、4V、6.3V、10V、16V、25V、