

电子线路设计基础

高平 编



化学工业出版社

·北京·

本书系统全面地介绍了电子设备设计方面的理论知识和实践环节内容，与《电子线路设计工艺》一书共同对电子设备的设计和工艺进行了详尽的说明，具有内容充实，知识面较广；注重应用，实践性较强；突出新颖，先进性较高；直观通俗，可读性较好等特点。

本书按照电子设备组装设计的过程进行编排，按照元器件的选购、印制电路板加工、焊接技术、整机组装、调试、检验和例行试验这一主线编写，全书包括电子元器件，印制电路板设计，焊接技术与工艺，电子设备的调试、检验和例行试验，电子技术文件和标准以及电子实践环节等内容。

本书可作为高等学校电子、电气类专业相关课程的教材和工程培训用书，也可作为从事电子产品设计、研制、开发和生产的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子线路设计基础/高平编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 11

ISBN 978-7-5025-9744-3

I. 电… II. 高… III. 电子电路-电路设计
IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 144478 号

责任编辑: 陈丽 郭燕春
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 徐卿华
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 378 千字 2007 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电子技术的飞速发展,使电子设备在各个领域的应用越来越广泛,地位越来越重要。电子组装是电子产品设计、生产中的一项专业技术科学,越来越受到重视。半导体集成电路的飞速发展,计算机网络化、信息化时代的到来,使得电子组装成为电子工业最重要和最具挑战性的技术之一。

培养工院校学生的创新精神和实践能力,是培养新时期高素质人才的基本要求;提高从事电子组装设计工作的工程技术人员的专业知识和业务素质,是提高企业综合竞争实力的有力保证。工程实践能力的重要性无论对高校学生还是对工程技术人员,都具有极其重要的作用,对企业的发展也具有极其重要的影响。

本书在系统讲解电子组装所涉及的理论知识的同时,尽可能详尽地介绍该课程所涉及的工程实践环节的内容,力图使内容详尽且完备,剪裁得体而精炼,使读者在掌握理论内容的同时,熟悉实践环节的操作技能。

本书按照电子设备组装设计的过程进行编排,按照元器件选购、印制电路板加工、焊接技术、整机组装、调试、检验和例行试验这一主线展开。

本书的编写具有如下特点。

① 内容充实,知识面较广。全书包括元器件选购、电磁兼容性设计、印制电路板加工、焊接技术、色彩设计、调试、检验和例行试验、电子技术文件和标准等方面的内容。电子元器件中包括电阻、电容、电感、变压器、开关、接插件、继电器、散热器、半导体器件、集成电路、表面安装器件、在系统可编程器件等方面的内容。

② 注重应用,实践性较强。全书突出工程实践内容,强调工程意识和观念,各个章节包括典型的组装技术和工艺流程,介绍了具体的措施和操作方法。电子元器件中介绍了各种元器件的主要特点、应用、技术参数指标、检测方法和选用原则,这些方面都突出了工程实践能力的培养。

③ 突出新颖,先进性较高。全书介绍了电子组装技术中的新器件、新技术、新方法、新设备和新工艺,如电子元器件中介绍了表面安装器件和在系统可编程器件等代表未来发展方向的器件;印制电路板制版中介绍了印制板加工新产品、新设备、新工艺;焊接技术中介绍了表面安装技术以及焊接新设备、新工艺等。这些都有助于读者更好地适应电子组装技术的发展,更好地从事电子组装设计工作。

④ 直观通俗,可读性较好。全书以较平实的语言书写,力求通俗易懂;每一章节先介绍理论知识,在此基础上介绍实践环节和应用,力求理论指导实践;部分内容配合图例和表格,内容直观清晰;涉及计算的部分,列出了典型的例题,并对题意进行分析,给出了解题步骤;每一章后配置了思考题,有利于读者复习巩固。

本书融入了编者从事工程设计的实践经验和高校相关课程的教学经验,并参考了相关的书籍和参考资料,在此表示诚挚的谢意。本书由江苏大学李金伴教授主审。在此对本书编写过程中给予过帮助的老师和相关人员表示衷心的感谢,特别感谢江苏大学李金伴教授和戈晓岚教授对本书的关心和指导。

鉴于编者水平有限,书中难免存在不完善和疏漏之处,恳请广大读者批评指正,提出宝贵的意见和建议。

编 者

2006年10月

第 1 章 电子元器件的选用

电子元器件是电子设备中线路设计的基础组成单元。电子元器件种类繁多，包括传统的通孔安装元器件和表面安装贴片元器件，由于新产品不断涌现，产品性能不断提高，因此，掌握各类电子元器件的种类、结构、特点、性能、用途、常用规格，并正确合理地选用元器件，对设计和安装调试电子设备，保证电子设备的稳定性和可靠性起着十分重要的作用。

各类电子元器件在生产、销售和使用过程中都涉及产品的标准问题，元器件必须符合标准要求。标准是供应部门、生产部门和使用单位都应遵循的共同技术准则，即使用共同的技术语言和共同遵守的相应技术规则。

电子工业技术标准包括国家标准、部颁标准和企业标准，其中包含三层：第一层是基础标准和专业基础标准；第二层是产品的总的技术条件；第三层是产品标准，即分技术条件。

1.1 电阻器

电阻器（含电位器）、电容器和电感器（含变压器）同属于电抗元件，它们在电子设备中应用非常广泛，是电子设备的三大基础元件。

1.1.1 电阻器的分类

电阻器可分为固定电阻器和可变电阻器两大类。固定电阻器分类如表 1.1 所示。

表 1.1 固定电阻器分类

固定电阻器	普通固定电阻器	按材料分	线绕电阻	
			薄膜型	炭膜电阻
				金属膜电阻
				氧化膜电阻
		合成电阻		
		按用途分	通用型电阻	
			高阻型电阻	
			高频无感电阻	
			高压型电阻	
		按外形分	圆柱形电阻	
	管形电阻			
	方形电阻			
	片装电阻			
	集成电阻			
	特种电阻器	敏感电阻	热敏电阻	
光敏电阻				
压敏电阻				
湿敏电阻				
磁敏电阻				
气敏电阻				
力敏电阻				
熔断电阻				

1.1.2 电阻器的型号及命名

电子元器件的型号命名方法是根据产品的主要特征或制成元件主体的材料给予恰当的称

呼，便于准确选用产品。电子元器件的型号命名由有关部门统一管理。

电阻器的型号命名方法包括四个部分，各部分的符号和意义如表 1.2 所示。四个部分分别如下。

- 第一部分：主称，用字母表示。
- 第二部分：材料，用字母表示。
- 第三部分：分类，用数字表示，个别用字母表示。
- 第四部分：序号，用数字表示。

表 1.2 固定电阻器型号及命名

主 称		材 料		分 类		序 号
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	数 字 表 示
R	电阻器	T	碳膜	0		常用个位数来表示或无数字
		H	合成膜	1	普通型	
		S	有机实芯	2	普通型	
		N	无机实芯	3	超高频	
		J	金属膜	4	高阻	
		Y	氧化膜	5	高阻	
		C	沉积膜	6		
		I	玻璃釉膜	7	精密型	
		X	线绕	8	高压型	
				9	特殊型	
				G	高功率	
				W	微调	
				T	可调	
		D	多圈			

例如，RJ71 表示精密金属膜电阻器，型号命名方法如图 1.1 所示。

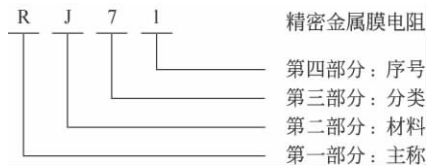


图 1.1 RJ71 精密金属膜电阻器的型号命名

1.1.3 电阻器的标志方法

1.1.3.1 直标法

直标法是指阻容元件表面直接标志出主要参数与技术性能的标志方法，适用于体积较大的电阻。对于阻值较小的电阻，在直标法中可以用电阻的单位符号 k 或 Ω 代替小数点。

如某电阻上标志为 RX20-100-510 Ω -1，表示该电阻为线绕电阻，型号为 RX20，功率为 100W，阻值为 510 Ω ，最后的 1 表示允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

如某电阻上标志为 RJ1W2.7k Ω 5%，则 RJ 表示该电阻为金属膜电阻，功率为 1W，阻值为 2.7k Ω ，允许偏差为 5%。

如某电阻上标志为 Ω 33，则表示该电阻阻值为 0.33 Ω ；如某电阻上标志为 3k3，则表示该电阻阻值为 3.3k Ω ；如某电阻上标志为 2M7，则表示该电阻阻值为 2.7M Ω 。

电抗元件的不同规格用不同的倍率符号表示，倍率符号用标准字母代表，如表 1.3 所示。

电阻器的阻值与直标法的对应关系如表 1.4 所示。

表 1.3 电抗元件常用倍率符号

倍 率	符 号	含 义	电 阻	电 容	电 感
10^{-12}	p(pico)	皮		pF	
10^{-9}	n(nano)	纳		nF	nH
10^{-6}	μ (micro)	微		μ F	μ H
10^{-3}	m(milli)	毫	m Ω	mF	mH
10^3	k(kilo)	千	k Ω		
10^6	M(mega)	兆	M Ω		
10^9	G(giga)	吉	G Ω		
10^{12}	T(tera)	太	T Ω		

表 1.4 电阻器的阻值与直标法的对应关系

阻 值	标 志	阻 值	标 志	阻 值	标 志
0.1 Ω	Ω 1	5.9k Ω	5k9	330M Ω	330M
0.33 Ω	Ω 33	10k Ω	10k	590M Ω	590M
0.59 Ω	Ω 59	33k Ω	33k	1000M Ω	1G
1 Ω	1 Ω	59k Ω	59k	3300M Ω	3G3
3.3 Ω	3 Ω 3	100k Ω	100k	5900M Ω	5G9
5.9 Ω	5 Ω 9	330k Ω	330k	10000M Ω	10G
10 Ω	10 Ω	590k Ω	590k	33000M Ω	33G
33 Ω	33 Ω	1M Ω	1M	59000M Ω	59G
59 Ω	59 Ω	3.3M Ω	3M3	10 ⁵ M Ω	100G
100 Ω	100 Ω	5.9M Ω	5M9	3.3 $\times 10^5$ M Ω	330G
330 Ω	330 Ω	10M Ω	10M	5.9 $\times 10^5$ M Ω	590G
590 Ω	590 Ω	33M Ω	33M	10 ⁶ M Ω	1T
1k Ω	1k	59M Ω	59M	3.3 $\times 10^6$ M Ω	3T3
3.3k Ω	3k3	100M Ω	100M	5.9 $\times 10^6$ M Ω	5T9

1.1.3.2 文字符号法（数码法）

文字符号法也称数码法，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志在阻容元件上的方法。文字符号法中包含电阻的标称阻值、精度、功率和材料，通常用三位数字表示元件的标称值，前二位表示有效数值，第三位为倍乘（ 10^n ）， n 为第三位数字，表示零的个数，阻值即为前两位数乘以 10^n ，单位为 Ω 。当 $n=9$ 时为特例，表示倍乘为 10^{-1} 。若为电容，则单位为pF。

例如，若某电容上标志为474K1kV，表示该电容的容量为 47×10^4 pF = 0.47 μ F，K表示允许偏差为 $\pm 10\%$ ，耐压为1kV；若某电容标志为479，则表示该电容为 47×10^{-1} pF = 4.7pF；若电容上标志为335J100V，则表示该电容的容量为 33×10^5 pF = 3.3 μ F，J表示允许偏差为 $\pm 5\%$ ，耐压为100V。

1.1.3.3 色标法（色码法、色环法）

色标法是指将元件的各种参数值用不同的颜色表示，直接标志在产品上的一种标志方法，多使用于小功率电阻，特别是0.5W以下的碳膜电阻和金属膜电阻。不同颜色的色环代表不同的数值、倍乘和偏差。各种颜色所表示的数值、倍乘和偏差表示如表1.5所示。

表 1.5 色标电阻法基本色码的含义

颜 色	有效数值	倍 乘	允 许 偏 差		工作电压/V
			数值/%	直 标 符 号	
银色	—	10^{-2}	± 10	K	—
金色	—	10^{-1}	± 5	J	—
黑色	0	10^0	—	—	4
棕色	1	10^1	± 1	F	6.3
红色	2	10^2	± 2	G	10
橙色	3	10^3	—	—	16
黄色	4	10^4	—	—	25
绿色	5	10^5	± 0.5	D	32
蓝色	6	10^6	± 0.2	C	40
紫色	7	10^7	± 0.1	B	50
灰色	8	10^8	—	—	63
白色	9	10^9	+5、-20	—	—
无色	—	—	± 20	—	—

注：工作电压的颜色标志只适用于电解电容器，色点应标在正极。

对于精密电阻，其精度等级如表 1.6 所示。

表 1.6 精密电阻的精度等级

允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号	允许偏差/%	标志符号
± 0.001	E	± 0.05	W	± 2	G
± 0.002	X	± 0.1	B	± 5	J
± 0.005	Y	± 0.2	C	± 10	K
± 0.01	H	± 0.5	D	± 20	M
± 0.02	U	± 1	F	± 30	N

色标法包括三色标法（三环）、四色标法（四环）和五色标法（五环）等表示法。

在三环表示法中，三环都用以表示标称电阻值，前两环表示数值，第一环为十位，第二环为个位，第三环表示倍乘，即乘以 10^n ，精度均为 $\pm 20\%$ 。

在四环表示法中，前三环表示电阻的标称值，其中前两环为数值，第一环为十位，第二环为个位，第三环为倍乘，第四环表示电阻的精度（即允许偏差的范围）。例如，某电阻的四色环的颜色分别为棕、灰、棕、金，则表示该电阻阻值为 $18 \times 10^1 \Omega = 180 \Omega$ ，金色表示允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

在五环表示法中，前四环表示电阻的标称值，其中前三环为数值，第一环为百位，第二环为十位，第三环为个位，第四环为倍乘，第五环表示电阻的精度（即允许偏差的范围），为避免混淆，第五色环的宽度是其他色环宽度的 1.5~2 倍。例如，某电阻的五色环的颜色分别为黄、紫、黑、红、棕，则表示该电阻阻值为 $470 \times 10^2 \Omega = 47 \text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 1\%$ 。

各色环表示法的含义如图 1.2 所示。

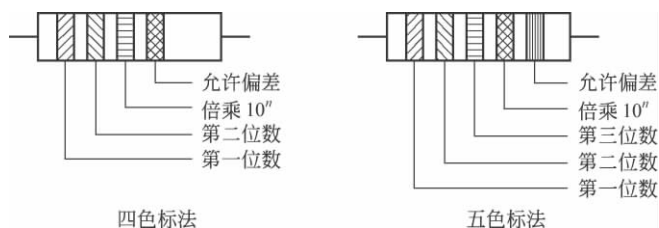


图 1.2 电阻色环表示法含义

1.1.4 电阻器的优先数系

电阻、电容等电抗元件的产品规格是按特定数列提供的，并不是任意阻值的电阻都能购买到。目前我国广泛采用的是 E 系列和 R 系列，电阻器和电位器规格中阻值和电容器的容量主要采用 E 系列，电容器的电压、产品的外形尺寸主要采用 R 系列。

E 系列包括 E6、E12、E24、E48、E96、E192 等系列。对应不同的系列，元件的允许偏差值也不同，数值分布越疏，偏差越大，E6、E12、E24 对应的偏差分别为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 和 $\pm 5\%$ 。常用电阻器的标称系列及标称阻值系列如表 1.7 所示，对于较小或较大阻值的电阻，将表中的数值乘以 10^n 来确定阻值，其中 n 为正整数或负整数。

表 1.7 常用电阻器的优先标称系列

数 系	E6	E12	E24	数 系	E6	E12	E24
偏 差	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	偏 差	$\pm 20\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$
电 阻 值 的 标 称 阻 值	1.0	1.0	1.0	电 阻 值 的 标 称 阻 值	3.3	3.3	3.3
	—	—	1.1		—	—	3.6
	—	1.2	1.2		—	3.9	3.9
	—	—	1.3		—	—	4.3
	1.5	1.5	1.5		4.7	4.7	4.7
	—	—	1.6		—	—	5.1
	—	1.8	1.8		—	5.6	5.6
	—	—	2.0		—	—	6.2
	2.2	2.2	2.2		6.8	6.8	6.8
	—	—	2.4		—	—	7.5
	—	2.7	2.7		—	8.2	8.2
	—	—	3.0		—	—	9.1

对于精密电阻器的标称阻值和精密电容器的标称容量，在 E24 系列不能满足时，可用 E48（偏差为 $\pm 2\%$ ）、E96（偏差为 $\pm 1\%$ ）、E192 系列（偏差为 $\pm 0.5\%$ ）。由于这些产品的制造、筛选及测试成本较高，使用数量较少，其市场价格也较高。

1.1.5 电阻器的主要技术指标

电阻器的主要技术指标包括额定功率、标称阻值和精度、温度系数、非线性、噪声和极限电压等参数。

1.1.5.1 额定功率

电阻在电路中工作时，将吸收电能转换成热能，使得自身温度升高，其负荷能力取决于电阻长期稳定工作的允许发热温度。

电阻器在电路中长时间连续工作不损坏，或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率，称为电阻器的额定功率，它并不是电阻器在工作中一定要消耗的功率，而是在电路工作中电阻器允许消耗功率的上限额。

不同的电阻器有不同的额定功率，多至数十种规格。选择电阻器时，应使其额定值高于电路使用中所承受的实际值的 1.5~2 倍以上。

实际使用的电阻器通常因为体积较小，并没有标出功率参数，实际使用中可根据电阻器的尺寸大小估计其功率大小。常用电阻器的功率与外形尺寸的对应关系如表 1.8 所示。

表 1.8 常用电阻器的功率与外形尺寸的对应关系

电阻系列	型号	额定功率/W	外形尺寸/mm	
			最大直径	最大长度
超小型碳膜电阻	RT13	0.125	1.8	4.1
小型碳膜电阻	RTX	0.125	2.5	6.4
碳膜电阻	RT	0.25	5.5	18.5
	RT	0.5	5.5	28.0
	RT	1	7.2	30.5
	RT	2	9.5	48.5
金属膜电阻	RJ	0.125	2.2	7.0
	RJ	0.25	2.8	8.0
	RJ	0.5	4.2	10.8
	RJ	1	6.6	13.0
	RJ	2	8.6	18.5

实际电路图中电阻的功率大小可用相关的符号来标志，如图 1.3 所示。

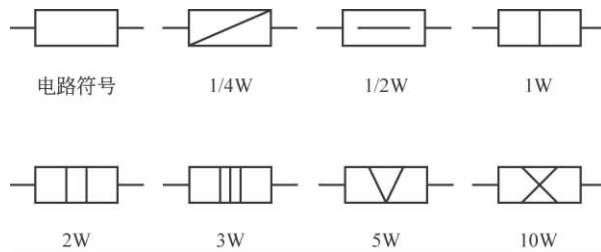


图 1.3 电路图中电阻器功率的标志

1.1.5.2 标称阻值和精度

阻值是电阻器的主要技术参数之一，不同类型的电阻，其阻值范围不同；不同精度的电阻，其阻值系列也不同，部标给出了常用电阻器的标称电阻值系列，详见 1.1.4 电阻器的优先数系。

电阻器的精度是指电阻器的实际阻值与标称阻值之间的相对误差，也称允许偏差，是电阻器的主要技术参数之一。普通电阻的精度可分为 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 和 $\pm 5\%$ ，精密电阻的精度可分为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 \dots 、 $\pm 0.001\%$ 等 10 多种系列。在电子产品设计中，可根据电路对电阻器的不同要求选用不同精度的电阻。

1.1.5.3 温度系数

所有材料的电阻率都随温度的变化而变化，电阻的阻值也随温度的变化而变化。在衡量电阻的稳定性时，通常使用温度系数来表示。电阻的温度系数可通过下列公式计算：

$$\alpha_r = \frac{R_2 - R_1}{R_1(T_2 - T_1)} \quad (1.1)$$

式中 α_r ——电阻温度系数， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ；

T_1, T_2 ——分别为电阻使用中的两个温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

R_1, R_2 ——分别对应温度为 T_1, T_2 时的阻值， Ω 。

金属膜和合成膜等电阻，具有较小的温度系数，即在使用过程中，温度的变化对其阻值

的影响较小。

1.1.5.4 非线性

电阻器的非线性是指流过电阻的电流与加在其两端的电压不成正比变化的程度。电阻的非线性通常用电压系数表示，即在规定的电压范围内，电压每改变 1V，电阻值的平均相对变化量，用公式表示如下：

$$K = \frac{R_2 - R_1}{R_1(U_2 - U_1)} \times 100\% \quad (1.2)$$

式中 U_1, U_2 ——分别为测试电压和额定电压；

R_1, R_2 ——分别为在电压 U_1, U_2 下测得的电阻值。

1.1.5.5 噪声

噪声是产生在电阻中的一种不规则的电压起伏，电阻噪声包括热噪声和电流噪声两种。任何电阻都有热噪声，热噪声与温度有关，降低电阻的工作温度，可以减小热噪声；电流噪声与电阻内部的结构有关，合金型电阻无电流噪声，薄膜型电阻的电流噪声较小，合成型电阻的电流噪声最大。

1.1.5.6 极限电压

加在电阻两端的电压增加到超过一定数值时，将会使电阻损坏。这一允许施加在电阻两端的电压最大值，即为极限电压，它受到电阻尺寸和结构的限制。电阻的额定电压可根据电阻的额定功率计算得到，即

$$U = \sqrt{PR} \quad (1.3)$$

常用电阻器的功率和极限电压为 0.25W/250V、0.5W/500V、1~2W/750V，当要求的电压更高时应选用高压型电阻器。

1.1.6 常用电阻器的结构、特点和应用

1.1.6.1 薄膜类电阻

薄膜类电阻包括金属膜电阻、金属氧化膜电阻和碳膜电阻等，它们的结构、特点和应用如表 1.9 所示。

表 1.9 薄膜类电阻的结构、特点和应用

名称	型号	阻值及功率范围	结构	特点	应用
金属膜电阻	RJ	1Ω~620MΩ 0.125~5W	在陶瓷管架上用真空蒸发或浇渗法形成金属膜（镍铬合金）	耐热，稳定性及温度系数均优于碳膜，体积小，精度可达 0.05%~0.5%	广泛应用于稳定性要求较高的电子产品电路
金属氧化膜电阻	RY	1Ω~200kΩ 大功率 25W~50kW	金属盐溶液 SnCl ₄ 和 SbCl ₃ 在陶瓷管架上水解沉积成膜而成	脉冲、高频和过负荷性好，力学性能好，坚硬、耐磨，抗氧化性和热稳定性优于金属膜	用于补充金属膜电阻中的大功率和低阻部分
碳膜电阻	RT	1Ω~10MΩ 0.125~10W	在陶瓷管架上高温沉积碳氢化合物电阻材料膜，通过厚度和刻槽控制电阻值，表面涂保护漆	阻值范围宽，工作稳定，受电压和频率影响小，负温度系数，价格低廉	应用广泛，适用于民用中低档消费电子产品

1.1.6.2 合金类电阻

合金类电阻包括精密线绕电阻、功率型线绕电阻和精密合金箔电阻，它们的结构、特点和应用如表 1.10 所示。

表 1.10 合金类电阻的结构、特点和应用

名称	型号	阻值及功率范围	结构	特点	应用
精密线绕电阻	RX	0.1Ω~5MΩ 0.125~500W	用合金丝(康铜、锰铜或镍铬合金)绕在瓷管架上,表面涂保护漆或玻璃釉	噪声低,线性度高,温度系数小,稳定性高,精度可达0.01%,工作温度可达315℃	大功率,高稳定性,高温、高精度工作场合和测量仪表
功率型线绕电阻	RX	0.15Ω至几百千欧 2~200W	包括固定式和可调式两种,可调式引出滑动头,可调整阻值	具有线绕电阻的特点。可调式电阻可方便调节阻值	应用同线绕电阻,可用于电子设备整机调试
精密合金箔电阻	RJ711	1Ω~10MΩ 0.125~10W	在陶瓷管架上用真空蒸发或浇渗法形成合金膜	能自动补偿温度系数,温度系数小,精度及稳定性高,高频响应快	适用于精度和稳定性要求高及高频电子产品

1.1.6.3 合成类电阻

合成类电阻包括合成实芯电阻、合成膜电阻(包括高压合成膜电阻和高阻型真空兆欧合成膜电阻)、玻璃釉电阻和集成电阻,它们的结构、特点和应用如表 1.11 所示。

表 1.11 合成类电阻的结构、特点和应用

名称	型号	阻值及功率范围	结构	特点	应用
合成实芯电阻	RS	4.7Ω~22MΩ 0.25~2W	用炭黑、石墨、填料及黏合剂等混合热压而成实芯	机械强度高,过载能力强,噪声大,分布参数大,稳定性差	用于高压大电流领域
合成膜电阻	RH	10Ω~10 ⁶ MΩ 0.25~5W	用炭黑、石墨、填料及黏合剂涂覆在绝缘管架上加热聚合而成	阻值范围宽,耐压达35kV,抗温性差,噪声大,稳定性差	通常适用于高压电器
玻璃釉电阻	RI	5.1Ω~200MΩ 大功率 5~500W	由贵金属银、钯、铈、钨的氧化物和玻璃釉黏合剂涂覆在陶瓷肌体上高温烧结而成	耐高温,宽阻值范围,温度系数小,耐湿性好。可制成小型化片状电阻	通常适用于高阻,低温度系数的应用场合
集成电阻(排阻)	B-YW	51Ω~33kΩ	采用高稳定金属膜在陶瓷上蒸发或溅射而成的高精度电阻网络	高精度、高稳定性、低噪声,温度系数小,高频特性好	计算机、仪器、仪表、A/D 及 D/A 等电路

1.1.6.4 敏感电阻

敏感电阻也被称为半导体电阻,通常包括热敏、压敏、光敏、湿敏、磁敏、气敏、力敏等不同类型的电阻,分别对相应的物理量起敏感作用。各类敏感电阻的输入、输出关系可分为缓变型和突变型两种,利用这些敏感电阻,可以构成各类传感器,作为检测相应物理量的探测器及无触点开关等。

敏感电阻广泛应用于测试技术和自动化技术等各种领域。

1.1.7 电阻器的判别与选用

1.1.7.1 电阻器的质量判别

判断电阻器的质量好坏,主要根据以下几个方面进行。

① 外形检查:查看电阻器的引线有无折断,电阻外壳有无烧焦现象。

② 阻值检查:用万用表或多用电表电阻挡测量电阻器阻值,电阻值稳定在要求的误差范围内,则电阻器合格;若阻值的偏差超出允许的误差范围或不稳定,则不能选用。

③ 噪声检查:电阻器质量越好,其噪声电压越小。在对电阻噪声有要求的场合,可使

用噪声测试仪测量电阻的噪声，判别电阻的噪声是否符合要求，确定电阻的质量好坏，决定是否选用。

1.1.7.2 电阻器的选用

由于电阻的种类繁多，性能差异较大，应用范围各不相同，因此，全面了解各类电阻的性能、特点和应用，正确选用电阻，对电子设备整机设计的合理性和性能的可靠性起着较大的作用。各类电阻器的性能比较如表 1.12 所示。

选用电阻器时，可根据以下几个方面进行选择。

- ① 功率确定：所选电阻的额定功率值，应高于其在电路中工作实际值的 1.5~2 倍。
- ② 温度系数选择：应考虑温度系数对电路中的电阻阻值的影响，根据电路工作特点来选用正温度系数还是负温度系数的电阻。
- ③ 应考虑电阻的精度、非线性及噪声是否符合电路的要求。
- ④ 应考虑电路的工作环境和可靠性、经济性等要求。

表 1.12 各类电阻器的性能比较

电阻类型	电阻器的主要性能								
	阻 值	温度系数	非线性 噪声	高频快 速响应	脉冲负 荷	储存稳 定性	工作稳 定性	耐湿性	可靠 性
金属膜	低~高	优	优	极优	中	良~优	优	良~优	良~优
金属氧化膜	低~中	良	良~优	优	优	良	良	良	中
碳膜	中~高	中	良	优	良	良	良	良	中
线绕	低~高	优	极优	尚可	良~优	优	极优	良~优	高
实芯	中~高	尚可	尚可	尚可	优	中	良	中	优
合成膜	中~高	尚可	尚可	良	良	中	中	中	—
玻璃釉	中~高	良~优	中	良	良	良~优	良~优	良~优	良~优
块金属膜	低~中	极优	极优	极优	良	优	极优	良~优	良~优

1.2 电位器

电位器是在电阻器的基础上派生出来的、可以连续调节电阻值的可变电阻器。通常电位器对外有三个引出端，其中两个为固定端，一个为活动端，通过调节活动端可以改变它到固定端的阻值比例。

当电位器作为电位调节时为四端元件，通过调节电位器的活动端，可以连续改变其输出电压；当电位器作为可调电阻使用时，为二端元件，则其电阻值随活动端的改变而改变，如图 1.4 所示。

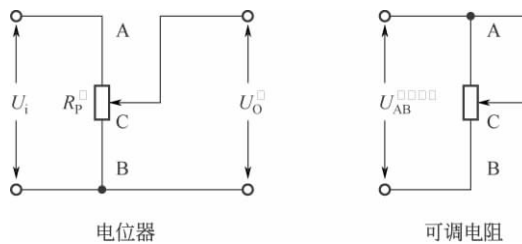


图 1.4 电位器的功能电路

1.2.1 电位器的分类

电位器的种类很多，应用范围很广，通常可以有不同的分类方式，包括接触式电位器、非接触式电位器以及数字电位器等，如表 1.13 所示。

表 1.13 电位器分类

电位器	接触式 电位器	按电阻材料分	合金型 电位器	线绕电位器 块金属膜电位器		
			合成型 电位器	合成碳膜电位器 合成实芯电位器 金属玻璃釉电位器 导电塑料电位器		
				薄膜型 电位器	金属膜电位器 金属氧化膜电位器 氮化钽膜电位器	
					按阻值变化分	直线型电位器 函数型电位器 步进型电位器
						按调节方式分
			按结构特点分	抽头式电位器 带开关 电位器 旋转开关型电位器 推拉开关型电位器		
				多联电位器	单联电位器 同步多联式电位器 异步多联式电位器	
					按功能用途分	普通型电位器 微调型电位器 精密型电位器 功率型电位器 专业型电位器
				非接触式 电位器		光电型电位器 磁敏型电位器
		数字电位器				

1.2.2 电位器的型号及命名

电位器的命名方法与电阻器的命名方法相同，包括主称、材料、类型、序号等，各部分的符号和意义如表 1.14 所示。

表 1.14 电位器型号及命名

主 称		材 料		类 型		序 号
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	数 字 表 示
W	电位器	H S N J Y I X	合成炭膜 有机实芯 无机实芯 金属膜 氧化膜 玻璃釉膜 线绕	0	—	常用个数来 表示或无数字
				1	普通型	
				2	普通型	
				3	—	
				4	—	
				5	—	
				6	—	
				7	精密型	
				8	特殊型	
				9	特殊型	
				G	—	
				W	微调	
				T	—	
D	多圈					

例：WSW1A 表示矩形微调有机实芯电位器，其中 A 为区别代号，如图 1.5 所示。

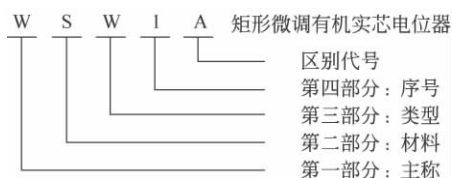


图 1.5 电位器 WSW1A 的命名方法

1.2.3 电位器的主要技术指标

衡量电位器的质量的技术参数很多，主要包括以下几项技术指标：额定功率、标称电阻、滑动噪声、分辨力、阻值变化规律等。

(1) 额定功率 电位器的额定功率是指电位器上两个固定端允许耗散的最大功率。但应注意，额定功率不是指中间抽头到固定端的功率。

线绕电位器的功率系列主要包括 0.25W、0.5W、1W、1.6W、2W、3W、5W、10W、16W、25W、40W、63W、100W 等；非线绕电位器的功率系列主要包括 0.025W、0.05W、0.1W、0.25W、0.5W、1W、2W、3W 等。

(2) 标称阻值和允许偏差 标称阻值是电位器产品上的标定阻值，其系列与电阻系列类似，采用 E 系列。电位器实测阻值与标称阻值之间的允许偏差即精度，包括 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 等，精密电位器的精度可达 $\pm 0.1\%$ 。

(3) 滑动噪声 电位器的滑动噪声是指当电刷在电位器的电阻体上滑动时，电位器中心端与固定端之间的电压出现无规则的起伏现象。它是由于电阻率分布的不均匀和电刷滑动时接触电阻的无规律变化引起的。

(4) 分辨力 电位器的分辨力是指电位器对输出量可实现的最精细的调节能力。通常非线绕电位器的分辨力高于线绕电位器的分辨力。

(5) 阻值变化规律 常见电位器的阻值变化规律包括线性变化、指数变化和对数变化，根据不同需要可制成按其他函数如正弦、余弦等规律变化的电位器。

1.2.4 常用电位器的结构、特点和应用

常用电位器的结构、特点及应用如表 1.15 所示。

1.2.5 电位器的判别与选用

1.2.5.1 电位器的质量判别

判断电位器的质量好坏，主要根据以下几个方面进行。

(1) 阻值检查 用万用表或多用表的电阻挡测量电位器的两个固定端的阻值，并与标称值进行核对，若电阻值稳定在要求的误差范围内，则电位器合格；若阻值的偏差超出允许的误差范围，则不能选用；若指针不动或比标称值大很多，表明电位器损坏；若表针跳动，表明电位器内部接触不好，同样不能选用。

(2) 滑动头和固定端的阻值变化检查 移动滑动端，检查阻值从最小到最大之间的连续变化情况，最小值越小越好，最大值应接近标称值，这样说明电位器质量较好。若阻值间断或不连续，说明电位器的滑动端接触不良，则不能选用。

(3) 噪声检查 根据电位器质量越好，其噪声电压越小的原则，在对电位器噪声有要求的场合，可使用噪声测试仪测量电阻的噪声，判别电阻的噪声是否符合要求，确定电位器的质量好坏，决定是否选用。

表 1.15 常用电位器的结构、特点和应用

名称	型号	阻值及功率范围	结构	特点	应用
合成膜电位器	WH	100Ω~4.7MΩ 0.1~2W	用炭黑、石墨、炭粉及黏合剂等覆在绝缘机体上加热聚合而成	阻值范围宽,分辨力高;寿命长,价廉;非线性、噪声大;温度系数大	民用低档产品及一般仪器仪表电路,如 WH4
有机实芯电位器	WS	100Ω~4.7MΩ 0.25~2W	用炭黑、石墨、炭粉及有机黏合剂,热压制成有机实芯电阻体	耐压、耐磨;体积小,过载能力强;温度系数、噪声大;精度低	对可靠性、温度及过载能力要求高的电路
线绕电位器	WX	4.7Ω~100kΩ 0.25~25W	电阻丝绕在基体上,并弯成圆形电刷在电阻丝上滑动	功率大,精度高;温度系数小,耐高温,稳定性好;分辨力低,耐磨性差,高频性能差	高温、大功率电路及精密调节电路,如 WX8
金属玻璃釉电位器	WI	100Ω~1MΩ 0.25~0.75W	将金属粉末、玻璃釉粉及黏合剂混合烧结在基体上而成	耐磨、耐湿热,强度系数小;分辨力、可靠性高;过载能力强;高频性能好;电流噪声大	要求较高的各种电路及高频电路,如 WI110 等
金属陶瓷微调电阻	3×××系列	20Ω~2MΩ 0.5~0.75W	与金属玻璃釉电位器类似	阻值范围宽,体积小;温度系数小,稳定性好;分辨力高;机械寿命短	各种要求较高的电路作微调用
数字电位器		1kΩ/2kΩ/10kΩ/ 50kΩ/100kΩ	数控模拟开关,一组同值电路	寿命长,容易实现数字化,输出为离散量	适用于音视频设备,数字系统

1.2.5.2 电位器的选用

由于电位器的规格品种繁多,性能差异较大,应用范围各不相同,因此选用电位器时,应全面了解各类电位器的性能、特点和应用,正确选用电位器,以满足电子设备电路设计的合理性和性能的可靠性要求。

考虑到电路使用中的可靠性和性能价格比,选用电位器时,可作如下考虑:普通电子仪器可选用碳膜或合成实芯电位器;大功率和高温场合可选用线绕或金属玻璃釉电位器;要求高精度的场合可选用线绕、导电塑料或精密合成碳膜电位器;要求高分辨率的场合可选用各类非线绕电位器、多圈式微调电位器;要求高频、高稳定性的场合可选用薄膜电位器;要求精密、可微调的场合可选用带慢轴调节机构的微调电位器等。

1.3 电容器

电容器是电子设备电路设计中必不可少的重要元件,是一种储能元件,在电路中起着隔直、旁路和耦合交流等作用。电容的基本结构是在两个相互靠近的导体之间覆盖一层不导电的介质材料,可以储存一定数量的电荷,储存电荷的能力用电容量来表示。

1.3.1 电容器的分类

电容器的种类繁多,分类方式也不同,通常可以按绝缘介质、容量是否可调进行分类,如表 1.16 所示。

表 1.16 电容器的分类

电容器	按介质材料分类	有机介质 复合介质	纸介电容器	
			塑料电容	涤纶电容器
				聚苯乙烯电容器
				聚丙烯电容器
				聚碳酸酯电容器
		聚四氟乙烯电容器		
		薄膜复合电容器		
		无机介质	云母电容器	
			玻璃釉电容器	
			陶瓷(独石)电容器	
	气体介质	空气电容器		
		真空电容器		
		充气电容器		
	电解质	普通铝电解电容器		
		钽电解电容器		
铌电解电容器				
按容量是否可调分类	固定电容器			
	可变电容	空气介质电容器		
		塑膜介质电容器		
	微调电容	陶瓷介质电容器		
		空气介质电容器		
塑膜介质电容器				

1.3.2 电容器的型号命名

电容器的命名方法类似电阻器的命名方法。标准固定电容器的命名由以下几部分组成。

第一部分：用字母表示产品的主称，用 C 表示电容器。

第二部分：用字母表示产品的材料。

第三部分：用数字或字母表示产品的外形或类别等。

第四部分：用数字表示产品的序号。

例如，CCG1 表示瓶形高功率瓷介电容器，如图 1.6 所示。

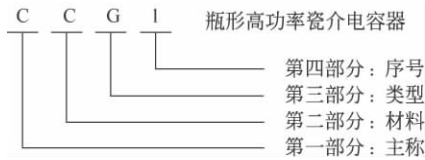


图 1.6 电容器 CCG1 的命名方法

电容器的型号及命名方法中各部分的符号和意义如表 1.17 所示。

1.3.3 电容器的标志方法

电容器的标志方法与电阻器的标志方法类似，也包括直标法、文字符号法和数码法、色标法等。

1.3.3.1 直标法

直标法中通常将电容器的标称容量及允许的误差值直接标注在电容上。如某电容标注为

0.047 μ F63V，表示该电容容量为 0.047 μ F，耐压为 63V。

表 1.17 电容器的型号及命名

主 称		材 料		类 型				
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义			
					瓷介	云母	电解	有机
C	电容器	C	高频瓷介	0	—	—	—	—
		T	低频瓷介	1	圆片	非密封	箔式	非密封
		I	玻璃釉	2	管形	非密封	箔式	非密封
		O	玻璃膜	3	叠片	密封	烧液	密封
		Y	云母	4	独石	密封	烧固	密封
		V	云母纸介	5	穿心	—	—	穿心
		Z	纸介	6	支柱	—	—	—
		J	金属化纸介	7	—	—	无极性	—
		Q	漆膜	8	高压	高压	—	高压
		H	复合介质	9	—	—	特殊	特殊
		D	铝电解	G	—	—	—	—
		A	钽电解	W	—	—	—	—
		N	铌电解	T	—	—	—	—
		G	合金电解	D	—	—	—	—
		E	其他电解					
		L	涤纶等极性 有机薄膜					
B	聚苯乙烯等 非极性有机薄膜							

用直标法标注电容的容量时，有时电容器上不标注单位，可按如下方法确定容量：对于容量数值大于 1 的无极性电容器，其容量单位为 pF；对于容量数值小于 1 的电容器，其容量单位为 μ F。

如某电容器上标注的内容是 4700，则表示容量为 4700pF；若某电容器上标注的内容是 0.01，则表示容量为 0.01 μ F。

1.3.3.2 文字符号法

在电容的文字符号法中，通常将容量的整数部分标注在容量单位的标志符号前，小数部分标注在单位的标志符号后面，容量单位标志符号所在的位置为小数点的位置。

如某电容上标志为 4n7，表示其容量为 4.7nF。

1.3.3.3 数码表示法

在电容的数码表示法中，用三位数字表示电容的容量大小，其中前两位表示电容标称容量的有效数值（十位和个位），第三位表示倍乘，即有效数值后零的个数，电容的单位为 pF。

如某电容标注为 103，则表示该电容器的容量 10×10^3 pF。当第三位数字为 9 时为特殊情况，表示倍乘为 10^{-1} ，如某电容标志为 229，表示该电容的容量为 22×10^{-1} pF。

使用中应注意数码法和直标法的区别：通常直标法的第三位数字为 0，而数码法中的第三位不为 0。

1.3.3.4 色标法

电容器的色标法与电阻器的色标法类似，其色标法包括色点和色环两种标志方法，颜色涂于电容器的一端（卧式）或从顶端向引脚方向（立式）排列，容量的单位为 pF。

① 对于立式电容器，其两根引脚线方向同向，色环电容器的识别顺序是沿引脚自上而