

电类专业电子技能实训系列

电子技术

基础与应用

高观望 王彦朋 等 编著

- ▶ “淡化”理论知识
- ▶ “强化”实际技能
- ▶ 以实际案例为基础
- ▶ 重点介绍新技术、新产品的应用
- ▶ 培养实践能力及创新意识
- ▶ 实现课堂到工作岗位无缝对接



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电类专业电子技能实训系列

电子技术 基础与应用

高观望 王彦朋 等 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是根据电类各专业对电子技能的基本要求,结合电子技能教学实践和当前电子技术发展的新形势,为培养学生的实践创新能力而编写的。全书共7章:第一章为常用电子元器件的识别与检测,主要介绍电子电路中常用的电子元器件和集成电路的识别方法与检测技巧;第二章介绍常用电子仪器仪表及使用方法;第三章介绍电子电路常用的传感器及典型应用;第四章重点介绍典型电子电路的应用实例;第五章介绍电子电路制作实例;第六章介绍电子电路的抗干扰及可靠性设计;第七章介绍利用 Protel 99SE 设计电路原理图和印制电路板的基本方法。

本书定位准确、内容创新、结构合理、通俗易懂,注重能力培养,具有很高的实用价值,可供电类及相关专业的大学生在电子技术课程设计、生产实习及毕业设计等实践环节中参考,也可供工程技术人员和电子爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础与应用/高观望等编著. —北京:中国电力出版社, 2009

(电类专业电子技能实训系列)

ISBN 978-7-5083-8483-2

I. 电… II. 高… III. 电子技术 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 021207 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年6月第一版 2009年6月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 12.75印张 316千字

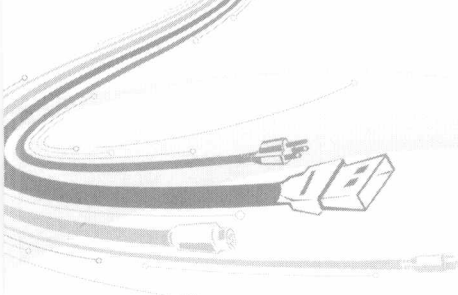
印数0001—3000册 定价25.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



为提高电子信息及相关专业学生的实践创新能力,加速培养创新型人才,作者编写了“电类专业电子技能实训系列”丛书。王彦朋任丛书主编。本套丛书面向在校大学生读者群体,以应用知识为主,注重理论联系实际,通过大量的电子设计与制作实例,来强化对大学生实践能力及创新意识的培养,以填补大学生到工作岗位这段实践知识和能力的空白,为以后就业打下一定的基础。在编写过程中注重知识的系统性和完整性,力求使丛书体现“定位准确、内容创新、注重实用、结构合理、通俗易懂”的特点。《电子技术基础与应用》是该套丛书的第一本。

作为实训教材,本书在编写过程中突出了以下特点:

第一,结构严谨,条理清晰,内容由浅入深,循序渐进。各章之间保持相对的独立性,读者既可通读全书,亦可选读部分章节的内容。

第二,信息量较大,知识面宽,内容编排上以能力点为单元,既兼顾了知识的系统性,更注重技能培养的多样性和实用性,能开拓思路,也便于读者触类旁通,灵活运用。

第三,所介绍的电子电路新颖、实用,具有典型性、广泛性、科学性和实用性。从电子技能实训的角度出发,培养学生的动手能力、分析和解决实际问题的能力、电子电路的设计能力和创新意识。

第四,强调实用原则,精简理论分析,重点阐述方法和技能、使用特性及实例、安装调试等环节,具有很高的实用价值。

第五,本书所介绍的大部分电路均备有电子套件,可供读者学习、实验时选用。

王彦朋撰写了第二章,并完成全书的统稿工作。高观望撰写了第三、五、七章。王计花撰写了第一章。张风凌撰写了第四章。岳永哲撰写了第六章。李英撰写了附录。参加本书编写的还有张会莉、高妙、任文霞、吕文哲等同志。高新雷、武爱强、任利国等同学验证了书中的应用实例。

本书承蒙沙占友教授审阅并提出许多宝贵意见,在此谨表示诚挚的谢意。

在本书的编写过程中,参考了大量国内外著作和资料,在此向这些作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有些缺点和不妥之处,敬请广大读者指正。

编 者

2009年4月

前言

第一章 常用电子元器件	1
第一节 常用电子元件	1
第二节 常用半导体器件	17
第三节 集成电路的特性和选型	27
第四节 其他常用集成电路	42
第二章 常用电子仪器仪表及使用方法	48
第一节 万用表	48
第二节 信号发生器	67
第三节 示波器	72
第四节 晶体管特性图示仪	78
第三章 常用传感器及典型应用	84
第一节 常用传感器分类及发展	84
第二节 温度传感器的应用	88
第三节 光电传感器的应用	92
第四节 力敏传感器的应用	95
第五节 热释电红外传感器的应用	98
第四章 电子技术应用实例	102
第一节 报警电路	102
第二节 定时电路	106
第三节 信号产生电路	111
第四节 开关电路	115
第五节 遥控电路	120
第六节 实用门铃电路	126
第五章 电子电路制作实例	130
第一节 读识电路图的基本方法	130
第二节 电子电路的焊接与安装	132
第三节 电子电路的调试	136
第四节 调幅六管超外差收音机的装配与调试	139
第五节 数字万用表的装配与调试	144
第六章 电子电路的抗干扰及可靠性设计	153
第一节 电子电路的抗干扰措施	153
第二节 对可靠性的一般要求	156

第三节 可靠性试验.....	160
第七章 Protel 99SE 设计指南	165
第一节 Protel 99SE 简介	165
第二节 原理图设计方法与应用实例	166
第三节 原理图符号的绘制	173
第四节 印制电路板设计方法与应用实例	177
第五节 制作元器件封装	184
附录	187
附录 A 电子技术学习常用网址	187
附录 B Protel 99SE 分立元件库元件名称及中英对照表	188
附录 C Protel 99SE 中常用元器件封装	190
附录 D 常用数字集成电路引脚排列图	193
参考文献	197

第一章 常用电子元器件

第一节 常用电子元件

一、电阻器

电阻器是最基本、最常用的电子元件,常用符号 R 表示。导体的电阻与导体的材料性质和几何形状有关,不同的导体材料有不同的电阻值。电阻器常用的单位有欧姆 (Ω)、千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$)。

电阻器在电路中常用作分压器、分流器和负载电阻;它与电容一起可以组成滤波器及延时电路;在电源电路或控制电路中可用作取样电阻;在放大电路中可作偏置电阻,确定静态工作点;在反馈电路中可引入反馈信号,改变电路的状态;在功放电路中使用不同的电阻,可进行阻抗匹配等。总之,电阻器在电路中有着非常广泛的应用。

(一) 电阻器的种类

电阻器的种类很多,分类方法也各不相同。通常有固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器之分。按电阻器的构成材料不同,可分为线绕电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、合成碳膜电阻器、金属玻璃釉电阻器等。按结构形状可分为棒状电阻器、管状电阻器、片状电阻器、有机合成实芯电阻器、无机合成实芯电阻器等。按用途不同可分为通用型、高阻型、高压型、高频无感型电阻器等。按引出线可分为轴向引线电阻器、径向引线电阻器、同向引线电阻器等。

此外,还有一些特殊用途的电阻器,如光敏电阻器、热敏电阻器、压敏电阻器、气敏电阻器、力敏电阻器、磁敏电阻器等。这些敏感电阻器主要用作传感器,以实现将其他物理量,如光、热、压力、气味等转换成电信号的功能。

(二) 电阻器的主要特性参数

1. 标称阻值

为了便于生产和使用,国家统一规定了一系列阻值为电阻器阻值的标准值,这一系列阻值叫作电阻的标称阻值。电阻的标称阻值按 E6、E12、E24、E48、E96、E192 等系列划分,以 E24 系列为例,24 个标称阻值按下面公式得出

$$a_n = \sqrt[24]{10^n} \quad (1-1)$$

n 的取值为 $0 \sim 23$,代入式 (1-1) 可得 $a_0 \sim a_{23}$ 共 24 个数,把这 24 个数按 4 舍 5 入取两位有效数字,即得到 E24 系列标称阻值的 24 个数。E6、E12 等其他系列标称阻值中的数的规律与此类似。表 1-1 示出了 E6、E12、E24 系列标称阻值。

表 1-1

电阻器的标称阻值系列

标称阻值系列	标称值中的数															
E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8										
E12	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2				
E24	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								

表 1-1 中的标称值可以乘以 10^k , k 为整数。如 5.1 这个标称值, 就有 0.51Ω , 5.1Ω , 51Ω , 510Ω , $5.1k\Omega$...

2. 允许偏差

在实际生产中, 厂家生产的电阻器很难做到与标称阻值完全一致, 因此必须规定电阻器的精度等级。E24 系列电阻器阻值允许误差为 $\pm 5\%$, E12 系列电阻器阻值允许误差为 $\pm 10\%$ 。要准确确定电阻器在不同精度等级下的允许偏差, 可由式 (1-2) 计算, 即

$$\delta = \frac{R - R_{\tau}}{R_{\tau}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 δ ——允许偏差;

R ——电阻器的实际值;

R_{τ} ——电阻器的标称阻值。

电阻器的允许误差等级 (也称精度等级) 见表 1-2。

表 1-2

电阻器的允许误差等级

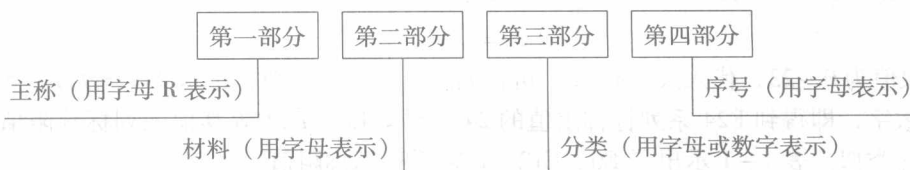
等级	0.05	0.1	0.2	I	II	III
允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

3. 额定功率

电阻器的额定功率通常指在正常的环境条件 (如大气压、温度等) 下, 电阻器长时间连续工作所允许消耗的最大功率。不同类型的电阻有不同的额定功率系列。通常的额定功率系列值可以有 $0.05 \sim 500W$ 之间的数十种规格。弱电领域一般有 $1/8W$, $1/4W$, $1/2W$, $1W$, $2W$ 等。选择电阻的额定功率时, 一般使额定功率为实际功率的 $1.5 \sim 2$ 倍以上。电阻器的额定功率主要取决于电阻体的材料、外形尺寸和散热面积。一般来说, 额定功率大的电阻器, 其体积也比较大。因此, 可以通过比较同类电阻器的尺寸来判断电阻器的额定功率。

(三) 电阻器的型号命名方法

根据有关规定, 我国电阻器的型号命名方法由以下几部分组成:



第一部分为主称, 用字母 R 表示。

第二部分为电阻体材料, 用英文字母表示。主称和电阻体材料部分的符号及含义见表

1-3。

表 1-3 电阻器型号中主称和电阻体材料部分的符号及含义

第一部分：主称		第二部分：电阻体材料		第一部分：主称		第二部分：电阻体材料	
符号	含义	符号	含 义	符号	含义	符号	含 义
R	电阻器	H	合成碳膜	R	电阻器	T	碳膜
		I	玻璃釉膜			X	线绕
		J	金属膜			Y	氧化膜
		N	无机实芯			F	复合膜
		C	沉积膜			U	硅碳膜
		S	有机实芯			P	硼碳膜

第三部分为分类特征，用数字或字母表示，见表 1-4。

表 1-4 电阻器型号中分类特征部分的符号及含义

符号	电阻器分类特征含义	符号	电阻器分类特征含义	符号	电阻器分类特征含义
1	普通	6	高湿	I	被漆
2	普通	7	精密	J	精密
3	超高频	8	高压	T	可调
4	高阻	9	特殊	X	小型
5	高温	G	高功率	W	微调

第四部分为序号，用数字表示，以区别外形尺寸和性能。对材料和分类特征相同，仅尺寸、性能指标有差异，但基本上不影响互换的产品，标同一序号；对材料、分类特征相同，尺寸、性能指标影响互换的产品，仍可标注同一序号，但必须在序号后加一字母作为区别代号。

电阻器型号举例：



（四）电阻器的规格标志方法

目前我国生产的电阻器品种繁多，要想正确识别、使用电阻器，必须了解电阻器的规格标志方法。电阻器常用的规格标志方法有三种，即直标法、文字符号法和色标法。

1. 直标法

直标法就是将电阻器的类别、标称阻值、允许偏差及额定功率等直接标注在电阻器的外表面上，如图 1-1 所示。

图 1-1（a）表示标称阻值为 10kΩ、允许偏差为 ±0.1%、额定功率为 5W 的线绕电阻器；图 1-1（b）表示标称阻值为 2kΩ、额定功率为 2W 的线绕电阻器；图 1-1（c）表示标称阻

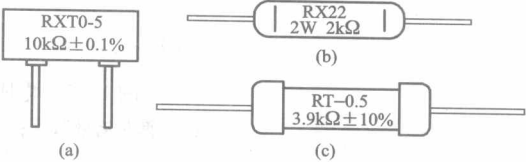


图 1-1 电阻器直标法示例

值为 $3.9\text{k}\Omega$ 、允许偏差为 $\pm 10\%$ 、额定功率为 0.5W 的碳膜电阻器。

在贴片电阻上，标称阻值一般用三位数码表示。前两位数码表示标称阻值的两位有效数字，第三位数码表示有效数字后面 0 的个数，即倍率，单位是 Ω 。例如： 105 表示 $10 \times 10^5 = 1\,000\,000\Omega = 1\text{M}\Omega$ ； 512 表示 $51 \times 10^2 = 5100\Omega = 5.1\text{k}\Omega$ 。

2. 文字符号法

文字符号法是将主要参数和技术性能用文字、数字和单位符号有规律组合起来标志在电阻上，反映出电阻器的阻值、功率、材料、误差等。文字符号前面的数字表示整数阻值，文字符号后面的数字表示小数点后面的小数阻值。例如电阻器上标志符号“R 33”表示 0.33Ω ；“5k1”表示 $5.1\text{k}\Omega$ 。允许偏差也用文字符号表示，见表 1-5。

表 1-5 表示允许偏差的文字符号

文字符号	B	C	D	F	G	J	K	M	N
允许偏差	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$

3. 色标法

色标法是指用不同颜色的色条或色点标志在电阻器表面上，以表示电阻器的标称阻值和允许偏差。色标法具有色彩醒目、标志清楚的特点，国外电阻器多采用色标法。各种颜色所表示的含义见表 1-6。

表 1-6 电阻器色标法各种颜色所表示的含义

颜色	有效数字	有效数字倍数	允许误差 (%)	颜色	有效数字	有效数字倍数	允许误差 (%)
银		10^{-2}	± 10	绿	5	10^5	± 0.5
金		10^{-1}	± 5	蓝	6	10^6	± 0.25
黑	0	10^0		紫	7	10^7	± 0.1
棕	1	10^1	± 1	灰	8	10^8	
红	2	10^2	± 2	白	9	10^9	
橙	3	10^3		无			± 20
黄	4	10^4					

色标法根据标志的有效数字位数，分为两位有效数字的色标法和三位有效数字的色标法，如图 1-2 所示。

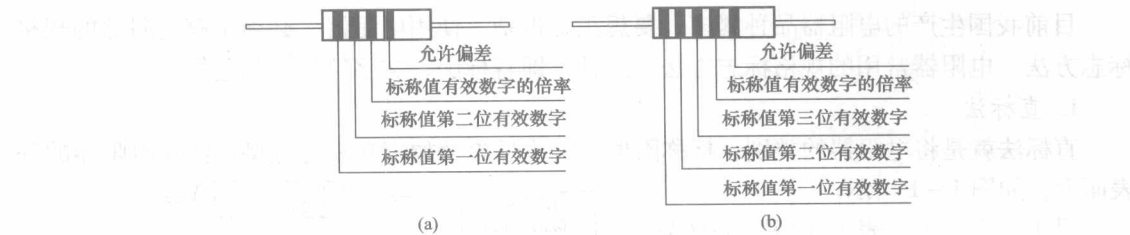


图 1-2 电阻器色标法

(a) 两位有效数字；(b) 三位有效数字

普通电阻器用四条色环表示标称阻值和允许偏差，其中前三条色环表示标称阻值，第四

条色环表示允许偏差。例如，一个电阻器上面的四条色环的颜色，从左到右依次为蓝、灰、橙、金，根据表 1-6 的规定，可知其阻值为 $68 \times 10^3 \Omega = 68\text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 5\%$ 。精密电阻用五条色环表示标称阻值和允许偏差，其中前四条色环表示标称阻值，第五条色环表示允许偏差。例如，一个电阻器上面的五条色环的颜色，从左到右依次为绿、棕、黑、红、蓝，根据表 1-6 的规定，可知其阻值为 $510 \times 10^2 \Omega = 51\text{k}\Omega$ ，允许偏差为 $\pm 0.25\%$ 。

(五) 电阻器的选用

1. 电阻器类型的选择

应根据不同的用途及场合来选择电阻器的类型。一般的家用电器和普通的电子设备，可选用通用型电阻器。通用型电阻器不仅种类多，而且规格齐全、阻值范围宽、价格便宜、货源充足。军用电子设备及特殊场合使用的电阻器，应选用精密型电阻器和其他特殊电阻器，以保证电路的性能指标及工作的稳定性。

电阻器类型的选取应注意以下几个方面：

(1) 在高增益放大电路中，应选用噪声电动势小的电阻器，如金属膜电阻器、碳膜电阻器和线绕电阻器。

(2) 金属膜电阻器稳定性好，额定工作温度高（ $+70^\circ\text{C}$ ），高频特性好，噪声电动势小，在高频电路中应优先选用。对于电阻值大于 $1\text{M}\Omega$ 的碳膜电阻器，由于其稳定性差，应用金属膜电阻器替代。

(3) 对于要求耐热性较好和过负荷能力较强的低阻值电阻器，应选用氧化膜电阻器；对于要求耐高压及高阻值的电阻器，应选用合成膜电阻器或玻璃釉电阻器。

(4) 同一类型的电阻器，在电阻值相同时，功率越大，高频特性越差。

(5) 由于制作电阻器的材料和工艺方法不同，相同电阻值和功率的电阻器，它们的体积不一样。金属膜电阻器的体积较小，适用于电子元器件需要紧凑安装场合。当电路的电子元器件安装位置较宽松时，可选用体积较大的碳膜电阻器，这样较为经济。

2. 正确选择电阻器的阻值及允许偏差

电阻器的阻值应根据设计值，优先选用标称阻值系列的电阻器。对于普通的电子设备，选用 I、II 级精度的电阻器就可以了。若需要高精度的电阻器，则可根据实际需要规定的高精度系列中选取。在某些场合，可以采取电阻器的串、并联方式来满足不同阻值的要求。

3. 额定功率的选择

电路中所要选用的电阻器的功率大小，都要经过计算得出具体的数据，然后选用额定功率比计算功率大一些的电阻器。在实际应用中，选用功率型电阻器的额定功率应比实际要求功率高 1.5~2 倍，否则无法保证电路长期安全地工作。

4. 电阻器使用注意事项

(1) 为提高电阻器的稳定性，电阻器使用前应进行人工老化处理。常用的老化处理方法是给电阻器两端加一直流电压，使电阻器承受的功率为额定功率的 1.5 倍，处理时间为 5min，处理后测量电阻值。

(2) 电阻器在使用前，应对电阻器的阻值及外观进行检查，将不合格的电阻器剔除掉，以防电路存在隐患。

(3) 电阻器安装前应先给引线挂上锡，以确保焊接的牢固性。电阻器安装时，应将标记向上或向外，以便于检查及维修。

(4) 当需要测量电路中的电阻器的阻值时，应在切断电源的条件下断开电阻器一端进

行测量。否则, 电路中其他元件的并联阻值会造成误判。

(六) 电阻器阻值的测量

一般的电阻器的阻值可用万用表进行测量, 测量前应先根据电阻器的标称阻值选择好电阻测量挡。使用指针表时, 需将两测试表笔短接进行电阻挡的校零, 每换一挡都需重新调零。测量电阻时, 一只手拿万用表的两支表笔, 另一只手捏住电阻器的中间, 用两支表笔接触电阻器的两条引出线, 即可从万用表中测得电阻值。注意人手不要接触电阻引线和表笔金属部分。对于体积较小的电阻器, 可将电阻器放在绝缘物体上, 用表笔直接测量。

(七) 电位器

电位器是常用的可调电子元件, 在电子设备中应用非常广泛。

1. 电位器的结构

一般电位器由电阻体、滑动臂、外壳、转柄、电刷和焊片等组成, 如图 1-3 所示。电阻体的两端和焊片 A、C 相连, 因此 A、C 之间的电阻值即为电阻体的总阻值。转柄是和滑动臂相连的, 调节转柄时, 滑动臂随之转动。滑动臂的一头装有簧片或电刷, 它压在电阻体上并与其紧密接触; 滑动臂的另一头则和焊片 B 相连。当簧片或电刷在电阻体上移动时, AB 和 BC 之间的电阻值就会发生变化。有的电位器上还装有开关, 开关由转柄控制。

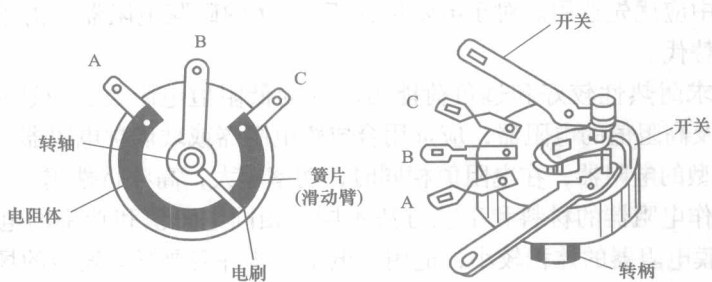


图 1-3 电位器结构示意图

一般电位器转柄的旋转角度为 270° 左右, 无法做到对电阻值的精细调节。为了对电位器电阻值进行精细调节, 人们设计了多圈微调电位器, 它的机械转角行程可达 $3600^\circ \sim 7200^\circ$ 。

2. 电位器的种类

电位器的应用非常广泛, 种类非常繁多, 且各有特点。电位器的分类和电阻器基本相同, 按电阻体的材料分有薄膜型、合成型、合金型电位器; 按结构特点分有单联、双联、带开关型、锁紧型电位器; 按调节方式分有直滑式、旋转式电位器; 按用途分有普通型、精密型、微调型、功率型、专用型电位器; 按电位器的阻值与转角的关系来划分, 有直线式、对数式和指数式。另外, 随着制造工艺和微电子技术的发展, 还出现了数字电位器。

3. 电位器的选用

(1) 电位器的选取。选用电位器时, 不仅应根据使用要求来选择不同类型和不同结构形式的电位器, 同时还应满足电子设备对电位器的性能及主要参数的要求, 因此应从多方面考虑。

1) 应根据用途选择阻值变化特性。例如: 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; 作音调控制的电位器应选用对数式电位器。

2) 根据电路的要求选择电位器的参数。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,它们是选用电位器的依据。当根据使用要求选择好电位器的类型后,就要根据电路的要求选择电位器的技术及性能参数。

不同电位器的机械寿命也不相同,一般合成碳膜电位器的机械寿命最长,可高达 20 万周,而玻璃釉电位器的机械寿命仅为 100 ~ 200 周。选用电位器时,应根据电路对耐磨性的不同要求,选用不同机械寿命的电位器。

3) 注意对结构的要求。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,以及轴上位置是否需要锁紧开关、单联还是多联、单圈还是多圈等对结构上的具体要求。

对于需要经常调节的电位器,应选择轴端铣成平面的电位器,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,以便使用螺钉旋具(螺丝刀)调整后不再转动,以保持工作状态的相对稳定。对于要求准确且一经调好不再变动的电位器,应选择带锁紧装置的电位器。

(2) 使用电位器的注意事项:

1) 使用前应先对电位器的质量进行检查。电位器的轴柄应转动灵活、松紧适当,无机械杂声。用万用表检查标称电阻值,应符合要求。若用万用表测量电位器固定端与滑动端接线片间的电阻值,在缓慢旋转电位器旋柄轴时,表针应平稳转动、无跳跃现象。

2) 对于有接地焊片的电位器,其焊片必须接地,以防外界干扰。

3) 电位器不要超负载使用,要在额定值内使用。当电位器作变阻器调节电流使用时,允许功耗应与动触点接触电刷的行程成比例地减少,以保证流过的电流不超过电位器允许的额定值,防止电位器由于局部过载而损坏。

为防止电位器阻值调整接近零时的电流超过允许的最大值,最好串接一限流电阻,以避免电位器过电流而损坏。

4) 为防止电位器的触点、导电层变质或烧毁,小阻值电位器的工作电流不得超过触点允许的最大电流。

5) 电位器在安装时必须牢固可靠,应紧固的螺母应用足够的力矩拧紧到位,以防长期使用过程中发生松动变位,与其他元件相碰而引发电路故障。

6) 非密封的电位器最容易出现噪声大的故障,这主要是由于油污及磨损造成的。此时不能用涂润滑油的方法来解决,因润滑油会加重内部灰尘和导电微粒的聚集。正确的处理方法是,用蘸有无水酒精的棉球揩净电阻片上的污垢,并清除接触电刷与引出簧片上的油渍。

4. 电位器质量判断

(1) 转动性能及开关可靠性检查。在检查电位器时,首先要转动轴柄,检查轴柄转动是否灵活、平滑,有无机械噪声。若听到电位器内部触点与电阻体有摩擦声,说明电位器质量有问题。

对于带开关的电位器,在旋动或推拉电位器轴柄时,应能听到开关通、断时清脆的“喀嗒”声。也可用万用表的低阻挡检查开关两端焊片之间的通断情况。

(2) 电位器标称阻值的测量。测量方法如图 1-4 所示。首先将万用表拨至

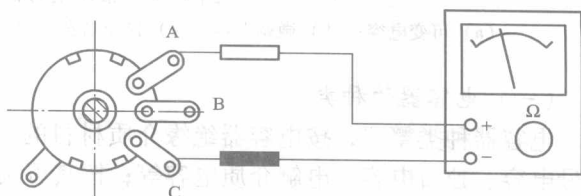


图 1-4 电位器阻值测量

欧姆挡, 然后根据被测标称阻值的大小选择合适的量程。将万用表的两支表笔接电位器的 A、C 两端, 测得 A、C 两端的阻值即为电位器的总阻值, 它应符合标称阻值的规定范围。如万用表指针不动, 或阻值相差很多, 表明该电位器已损坏, 不能再继续使用。

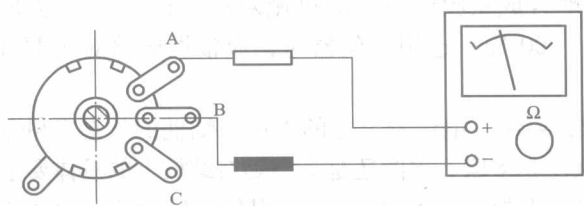


图 1-5 电位器接触情况的测量

(3) 电位器接触情况的测量。测量方法如图 1-5 所示。将万用表置于欧姆挡并选好测量量程, 然后将万用表的一支表笔接电位器的 B 端, 另一支表笔接 A、C 两端中的任一端, 同时旋动电位器轴柄, 此时万用表的指针应随着慢慢偏转。当轴柄旋至极端位置时, 电位器的阻值应为标称阻值

或最小接触电阻。当反向旋转轴柄时, 则万用表的指针应反向缓慢偏转至最大或最小电阻值。若轴柄在转动时, 万用表的指针有跳动或突然变为无穷大, 表明该电位器有接触不良的情况, 不能再继续使用。

二、电容器

电容器是电子设备中不可缺少的电子元件, 它在滤波电路、调谐电路、耦合电路、旁路电路、延时电路、整形电路、微分电路、积分电路等电路中起着重要的作用, 应用十分广泛。电容器的基本单位是法拉 (F)。在实际应用中, 电容器常用的单位还有毫法 (mF)、微法 (μF)、纳法 (nF) 和皮法 (pF)。它们的关系为

$$1\text{F} = 10^3\text{mF} = 10^6\mu\text{F} = 10^9\text{nF} = 10^{12}\text{pF}$$

图 1-6 所示为一些常用电容器的外形结构。

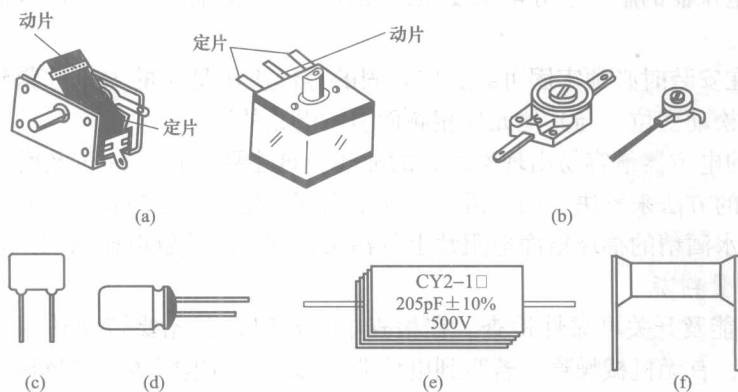


图 1-6 常用电容器的外形结构

(a) 可变电容; (b) 微调电容; (c) 瓷介电容; (d) 电解电容; (e) 云母电容; (f) 纸介电容

(一) 电容器的种类

电容器种类繁多, 按电容器绝缘介质材料的不同, 分为陶瓷介质电容、有机薄膜电容、云母电容、独石电容、电解介质电容等; 按其可调节性又可分为固定电容器、可变电容器及微调电容器三类, 其中使用最多的是固定电容器。可变电容器常见的有空气介质电容器和塑料薄膜电容器。微调电容器又叫半可变电容器, 一般使用的有空气介质、陶瓷介质及有机薄

膜介质等微调电容器，几种电容器的图形符号如图 1-7 所示。

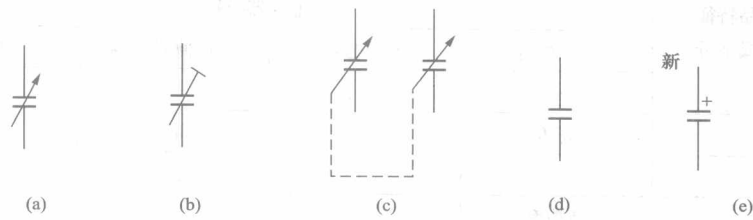
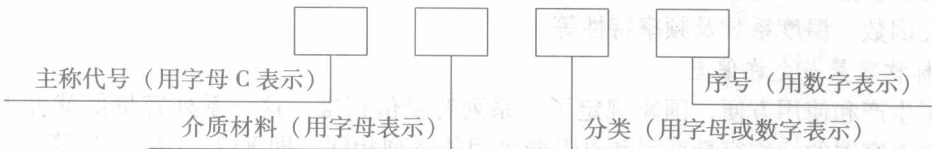


图 1-7 电容器的图形符号

(a) 可变电容；(b) 半可变电容；(c) 双联电容；(d) 无极性电容；(e) 有极性电容

(二) 电容器的型号命名方法

根据国家标准 GB 247—1981 的规定，电容器产品型号一般由下列四部分组成：



电容器介质材料代号用字母表示，见表 1-7。电容器的分类表示方法见表 1-8。

表 1-7 电容器介质材料代号

序 号	代 号	电容器介质材料	序 号	代 号	电容器介质材料
1	A	钽电解	11	J	金属化纸介
2	B	聚苯乙烯	12	L	聚酯（涤纶）等极性有机薄膜
3	BB	聚丙烯	13	LS	聚碳胺脂
4	BF	聚四氟乙烯	14	N	铌电解
5	C	高频陶瓷	15	O	玻璃膜
6	D	铝电解	16	Q	漆膜
7	E	其他材料电解	17	S. T	低频陶瓷
8	G	合金电解	18	V. X	云母纸
9	H	复合介质（如纸薄膜复合等）	19	Y	云母
10	I	玻璃釉	20	Z	纸介

表 1-8 电容器分类表示方法

序号	表示产品特征的 数字或字母	电 容 器 类 别			
		瓷介电容	云母电容	有机薄膜电容	电解电容
1	1	圆片	非密封	非密封	箔式
2	2	管型	非密封	非密封	箔式
3	3	叠片	密封	密封	结粉、液体
4	4	独石	密封	密封	结粉、固体
5	5	穿心	—	穿心	—
6	6	支柱	—	—	—

续表

序号	表示产品特征的 数字或字母	电容器类别			
		瓷介电容	云母电容	有机薄膜电容	电解电容
7	7	—	—	—	无极性
8	8	高压	高压	高压	—
9	9	—	—	特殊	特殊
10	G	高功率	—	—	—
11	W	微调	微调	—	小型

(三) 电容器的主要特性参数

为了正确、合理、安全地使用电容器，电容器在出厂前都规定了主要特性参数。电容器的主要特性参数有标称容量、允许偏差、额定直流工作电压、抗电强度、绝缘电阻、漏电流、损耗因数、温度系数及频率特性等。

1. 标称容量与允许偏差

为了生产和使用方便，国家规定了一系列容量值标准，这一系列容量值就称为标称容量。一般电容器的标称容量系列和电阻器采用的系列相同，即 E12、E24 系列等。在实际生产过程中，生产出来的电容器容量不可能与标称容量一致，两者之间允许的最大误差，称为允许偏差。

2. 额定直流工作电压

电容器的额定直流工作电压也称电容器的耐压，是指电容器在规定的温度范围内，能够连续可靠工作所能承受的最高直流电压。额定直流工作电压的大小与电容器所使用的绝缘介质和使用环境温度有关，其中与温度关系尤为密切。如果电容器工作在交流电路中，则应注意所加的交流电压的最大值（峰值）不能超过额定直流工作电压。

电容器常用的额定电压（V）有：4，6.3，10，16，25，63，100，160，250，400，630，1000，1600，2500 等。

3. 绝缘电阻

绝缘电阻也称漏电阻，是指电容器两端所加的直流电压与漏电流之比。绝缘电阻越大，电容器的漏电流就越小，性能就越好。一般小容量固定电容器的绝缘电阻很大，可达吉欧（GΩ）以上，电解电容器的绝缘电阻约为几百千欧。

(四) 电容器规格的标志方法

根据国家标准 GB 2691—1981 的规定，电容器规格常用的标志方法有直标法、文字符号法和色标法三种，用来表明电容的容量、允许偏差、精度等级及工作电压等特性参数。

1. 直标法

直标法就是在电容器的表面直接标出其主要参数和技术指标的方法。直标法可以用阿拉伯数字和文字符号标出。电容器的直标内容及次序一般是商标、型号、工作温度组别、工作电压、标称电容量及允许偏差、电容温度系数等。上述直标内容不一定全部标出，如可以只标为 $10\mu\text{F}$ 16V +85℃。

用数码表示标称容量时，电容量的大小是用三位数码来表示的，前两位数码表示标称容量的两位有效数字，第三位数码表示有效数字后面 0 的个数，即倍率，单位是 pF。如 103 表示 $10 \times 10^3 = 10\,000\text{pF}$ ；474 表示 $47 \times 10^4 = 470\,000\text{pF} = 0.47\mu\text{F}$ 。

电路原理图中，如电容的容量没有单位，一般默认单位是 pF。

2. 文字符号法

文字符号法就是将文字和数字符号有规律地组合起来，在电容器表面上标志出主要特性参数。常用来标志电容器的标称容量及允许偏差，见表 1-9。

表 1-9 电容器标称电容量的标志示例

标称电容量 (pF)	文字符号	标称电容量 (pF)	文字符号	标称电容量 (μ F)	文字符号
0.33	p33	3300	3n3	33	33 μ
0.5	p50	10 000	10n	100	100 μ
1	1p0	33 000	33n	330	330 μ
3.3	3p3	100 000	100n	1000	1m
10	10p	330 000	330n	3300	3m3
33	33p	1 μ F	1 μ	10 000	10m
330	330p	3.3 μ F	3 μ 3	33 000	33m
1000	1n	10 μ F	10 μ	1F	1F

3. 色标法

电容器的色标法原则上与电阻器色标法相同，标志的颜色符号与电阻器采用的相同，色标法表示的电容量单位是 pF。有时小型电解电容器的工作电压也采用色标表示，如 6.3V 用棕色，10V 用红色，16V 用灰色，一般标在电解电容正极引线的根部。

(五) 电容器的选用

1. 电容器的正确选择

(1) 应根据电路要求选择电容器的类型。对于要求不高的低频电路和直流电路，一般可选用纸介电容器，也可选用低频瓷介电容器。在高频电路中，当电气性能要求较高时，可选用云母电容器、高频瓷介电容器或穿心瓷介电容器。在要求较高的中频及低频电路中，可选用塑料薄膜电容器。在电源滤波、去耦电路中，一般可选用铝电解电容器。对于要求可靠性高、稳定性高的电路中，应选用云母电容器、漆膜电容器或钽电解电容器。对于高压电路，应选用高压瓷介电容器或其他类型的高压电容器。对于调谐电路，应选用可变电容器及微调电容器。

(2) 合理确定电容器的电容量及允许偏差。在低频的耦合及去耦电路中，一般对电容器的电容量要求不太严格，只要按计算值选取稍大一些的电容量就可以。在定时电路、振荡回路及音调控制等电路中，对电容器的电容量要求较为严格，因此选取电容量的标称值应尽量与计算的电容值相一致或尽量接近，应尽量选精度高的电容器。在一些特殊的电路中，往往对电容器的电容量要求非常精确，此时应选用允许偏差在 $\pm 0.1\% \sim \pm 0.5\%$ 范围内的高精度电容器。

(3) 选用电容器的工作电压应符合电路要求。一般情况下，选用电容器的额定电压应是实际工作电压的 1.2 ~ 1.3 倍。对于工作环境温度较高或稳定性较差的电路，选用电容器的额定电压应考虑降额使用，留有更大的余量才好。若电容器所在电路中的工作电压高于电容器的额定电压，电容器极易发生击穿现象，使整个电路无法正常工作。

2. 电容器的使用方法及注意事项

(1) 在电容器使用之前，应对电容器的质量进行检查，以防不符合要求的电容器装入电路。

(2) 在设计元件安装时，应使电容器远离热源，否则会使电容器温度过高而过早老化。