

上岗轻松学
SHANG GANG QING SONG XUE

图解

电子元器件 识读与检测 快速入门

DIANZI YUANQIJIA

KUAI SU RU MEN

- ◆ 线条图、实物图完美结合
- ◆ 知识性、技巧性全面展现
- ◆ 跟着学、对照练轻松上手

侯守军 张道平 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

上岗轻松学

图解电子元器件识读 与检测快速入门

主 编	侯守军	张道平		
副主编	敖小峰	滕永涛		
参 编	张 毅	王海勇	许志国	王雄飞



机械工业出版社

本书介绍了各种电子元器件及其检测方面的知识,内容包括电阻器、电容器、电感、二极管、晶体管、集成电路、场效应晶体管、晶闸管、电声器件、压电器件、霍尔器件、显示器件等。针对每种常用元器件均给出实物图、参数、检测方法、标注方法、特性及典型应用电路分析,使读者对常用电子元器件有一个整体认识,并能在实际中灵活应用。

本书可作为电工电子技术初学者及电子爱好者的学习用书,也可作为中职、技校、职高类学校相关专业的教材,还可作为相关专业工程技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

图解电子元器件识读与检测快速入门/侯守军,张道平主编. —北京:机械工业出版社,2012.6

(上岗轻松学)

ISBN 978-7-111-38521-9

I. ①图… II. ①侯…②张… III. ①电子元件-识别②电子元件-检测
IV. ①TN60

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 109172 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:郎 峰 责任编辑:郎 峰 版式设计:霍永明

责任校对:卢惠英 封面设计:饶 薇 责任印制:张 楠

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·13 印张·371 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-38521-9

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服 务 中 心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

PREFACE

电子元器件是电子技术中的基本元素，任何一种电子装置都是由电子元器件组合而成的。特别是近年来电子元器件技术不断发展，新型元器件层出不穷，不了解电子元器件的性能和规格，就难以适应当代电子技术的发展。

本书在编写时重视知识、技能传授的宏观设计及整体效果，主要特点如下：

(1) 结构“模块化” 一章就是一个模块一个知识点，重点突出，主题鲜明。

(2) 内容“弹性化” 元器件知识与典型应用电路有机组合，理论联系实际，活学活用。

(3) 内容“图表化” 图文并茂、直观明了、便于自学。

本书由侯守军、张道平主编。在编写过程中，得到了湖北信息工程学校、钟祥市职业高中、湖北东光电子有限公司、粤岭电子有限公司等单位有关领导、专家的大力帮助。另外，对武汉莱斯特电子科技有限公司提供的大力帮助在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中的错误和缺点在所难免，真诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

前言

第一章 电阻器和电容器	1
第一节 电阻器	1
第二节 电位器	11
第三节 敏感电阻	17
第四节 电容器	23
第二章 电感元件	38
第一节 电感	39
第二节 变压器	46
第三章 半导体器件	56
第一节 二极管	56
第二节 晶体管	72
第三节 场效应晶体管	83
第四节 晶闸管	88
第四章 表面组装元器件与集成电路	99
第一节 表面组装元器件	99
第二节 集成电路	111
第五章 机电与保护元件	131
第一节 开关	131
第二节 接插件	138
第三节 继电器	143
第四节 电路保护元件	148
第六章 电声器件	154
第一节 传声器	154
第二节 扬声器	158
第三节 耳机	162
第七章 显示器件	167
第一节 数码显示器件 (LED)	167
第二节 液晶显示器件 (LCD)	175

第八章 压电器件和霍尔器件	180
第一节 石英晶体振荡器.....	180
第二节 陶瓷谐振器件.....	184
第三节 超声延迟线的识别与检测.....	188
第四节 霍尔器件.....	189
参考文献	199

第一章

电阻器和电容器

电阻器和电容器是电路中应用最广泛的，我们不仅要了解一般电阻器和电容器的标称值、符号、参数、标注和检测方法，也应对其他形形色色的电阻器和电容器有所了解。

第一节 电 阻 器

一、电阻器概述

1. 电阻器特点

导体对电流的阻碍作用叫做电阻，电阻是导体的一种基本性质，其大小与导体的尺寸、材料和温度有关。利用导体的这些特性而制成的元件称为电阻器（也简称为电阻），它是消耗电能的元件，其值的大小用文字符号“R”表示，是英文 Resistor 的缩写。在国际单位制中，电阻值的单位是欧姆，用文字符号“ Ω ”表示，还有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）、吉欧（ $G\Omega$ ）和太欧（ $T\Omega$ ），它们之间的换算关系为： $1T\Omega = 10^3G\Omega = 10^6M\Omega = 10^9k\Omega = 10^{12}\Omega$ 。

电阻器在电子设备中约占元件总数的 30% 以上，其质量的好坏对电路的性能有极大的影响。电阻器的主要用途是稳定和调节电路中的电压和电流，其次还可以作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。

2. 电阻器的种类和电路图形符号

电阻器的种类、电路图形符号和图形符号标注含义如图 1-1 所示。

二、常见固定电阻器的实物图、特点及应用

常见固定电阻器（简称电阻）的实物图、特点见表 1-1。常见电阻的典型应用电路见表 1-2。

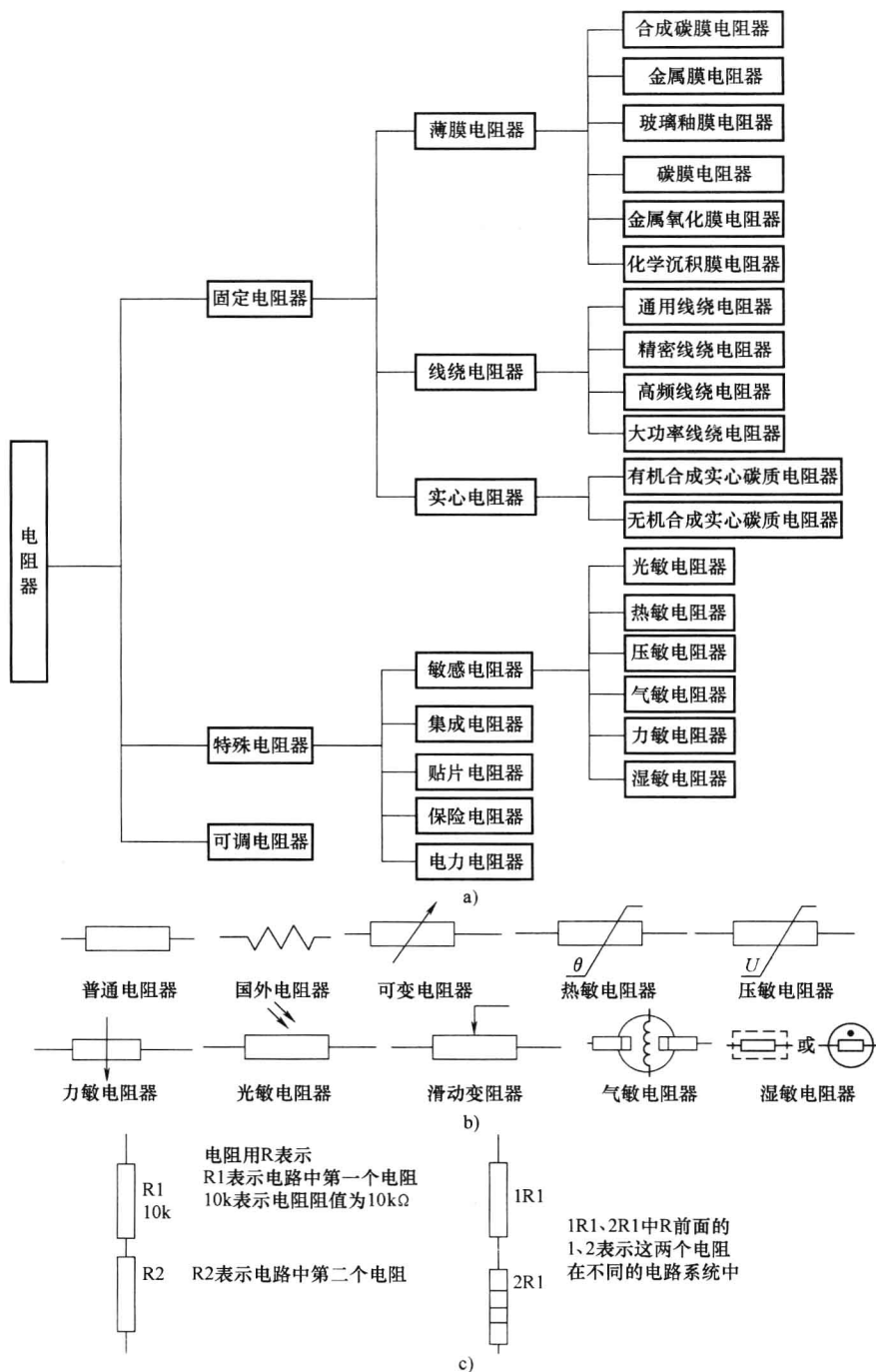
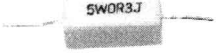
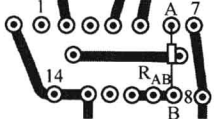


图 1-1 电阻器的种类、电路图形符号和图形符号标注含义

a) 种类 b) 图形符号 c) 标注含义

表 1-1 常见电阻的实物图、特点

实 物 图	特 点
碳膜电阻(RT) 	结构:以小瓷棒或瓷管做骨架,通过真空和高温热分解出的结晶碳沉积生成碳膜(导电膜),瓷管两端装上金属帽盖和引线,外涂保护漆。改变碳膜的厚度和长度,获得不同的电阻值 优点:稳定性好、噪声低、价格低、阻值范围宽(几欧至几兆欧) 一般应用在要求不高的电路中
金属膜电阻(RJ) 	结构:以小瓷棒或瓷管做骨架,由合金粉蒸发而成的金属膜形成导电膜,瓷管两端装上金属帽盖和引线,外涂保护漆 优点:各项指标均优于碳膜电阻。稳定性好、噪声低、价格低、阻值范围宽($10\Omega \sim 10M\Omega$) 适用于要求较高的通信设备、电子仪器等电路;在收音机、电视机等民用产品上也有较多的应用
金属玻璃釉电阻(RI) 	结构:金属氧化物(如钨、银、钼、锡、锑等)和玻璃釉黏合剂混合后,涂覆在陶瓷骨架上,经高温烧结而成,属厚膜电阻 优点:耐高温、耐潮湿、温度系数小、负荷稳定性好、噪声小、阻值范围大($4.7\Omega \sim 200M\Omega$)
氧化膜电阻(RY) 	结构:用锑或锡等金属盐溶液喷雾到炽热的陶瓷骨架表面,沉积形成导电膜,瓷管两端装上金属帽盖和引线,外涂保护漆 优点:性能可靠、过载能力强、额定功率大(最大达 $15kW$) ,广泛用于彩色电视机中 缺点:阻值范围小 ($1\Omega \sim 200k\Omega$)
实心碳质电阻(无机RS型、有机RN型) 	结构:用碳质颗粒导电物质(炭黑、石墨)作导电材料,用云母粉、硅粉、玻璃粉、二氧化钛作填料,另加黏合剂经加热压制而成。按照黏合剂的不同,分为有机实心无机实心电阻器 优点:无机实心电阻器温度系数较大,可靠性较高;有机实心电阻器过负荷能力强 缺点:无机实心电阻器阻值范围小;有机实心电阻器噪声大、稳定性较差、分布电容和分布电感大
水泥电阻 	水泥电阻的电阻丝同引脚之间采用压接方式连接,外部采用陶瓷或矿质材料包封,具有良好的绝缘性能。通常用于功率大,电流大的场合。负载短路时,水泥电阻器的电阻丝与焊脚间的压接处会迅速熔断,对整个电路起限流保护作用。通常采用直接标注法标注
线绕电阻(RX) 	结构:用金属电阻丝绕制在陶瓷或其他绝缘材料的骨架上,表面涂以保护漆或玻璃釉 优点:阻值精确($5\Omega \sim 56k\Omega$)、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) 缺点:体积较大、自身电感大,高频性能差、时间常数大。只适用于频率在 $50kHz$ 以下的电路
零欧姆电阻 	电阻值为零,电阻上没有任何文字,中间有一道黑线,印制板布线时难免出现走线交叉的情况,为防止走线兜圈,可采用加装零欧姆电阻进行桥接,具体如图中 R_{AB} 所示

(续)

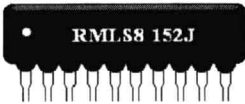
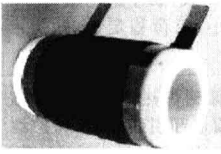
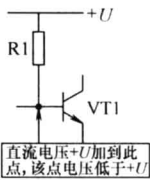
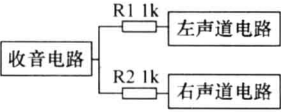
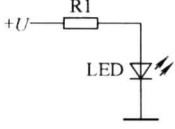
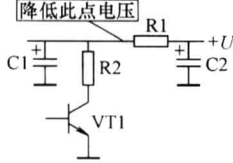
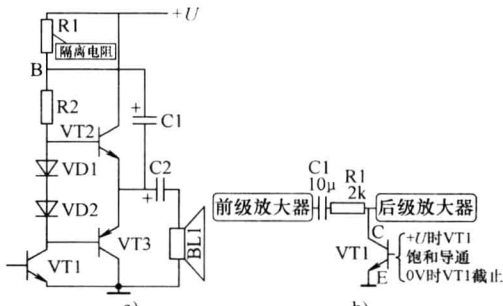
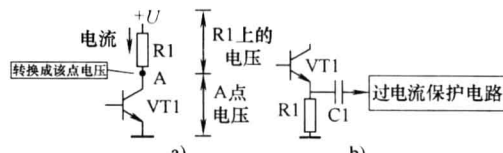
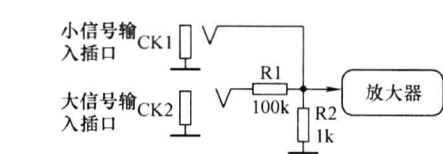
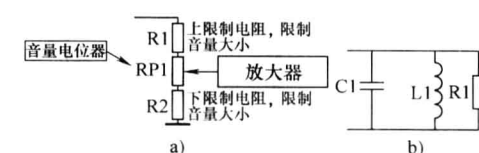
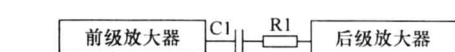
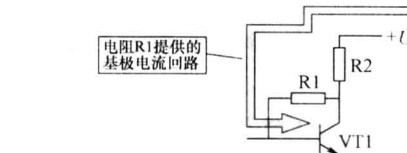
实 物 图	特 点
集成电阻(RP、RN) 	集成电阻这种电阻器是将多个分立的电阻器按照一定的规律排列成为一个组合型电阻器,也称为排电阻器或电阻器网络,简称排阻。有单列式(SIP)和双列直插式(DIP)。在数字显示电路、计算机硬件电路中经常用到
电力铝壳电阻器 	弹簧合金电阻体与成形铝壳的组合,将其经高温阳极处理后,再以特殊不燃性耐热水泥充填,待阴干经过高温处理固定绝缘而成,不怕外来的机械力量与尘埃环境。这种电阻器不但功率大而且坚固,耐振动,散热良好,电阻温度系数小,适用于产业机械、负载测试、电力分配仪表设备及自动控制装置等
电力陶瓷管电阻器 	将固定圈数成形于陶瓷管上,选择适当电阻合金线材,顺着陶瓷管上旋状牙沟缠绕,该起电阻器功率大且坚固,耐高温、散热性好,电阻温度系数小、呈直线变化,适合大电流做短时间过负荷时使用,适用于电动机起动、负载测试、产业机械、电力分配、仪表设备及自动控制装置等

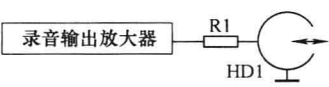
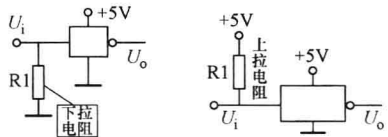
表 1-2 常见电阻的典型应用电路

电 路 说 明	应 用 电 路
图 a 是一种典型直流电压供给电路。电路中的 R1 给晶体管 VT1 基极加上直流工作电压,因为晶体管工作在放大状态时需要直流电压,这种电路在晶体管放大器中又称为固定式偏置电路 电阻也可以将交流信号电压加到电路中的某一点,图 b 是电阻交流信号电压供给电路	  a) b)
图 a 所示为电阻限流保护电路,在直流电压 $+U$ 大小一定时,电路中加入电阻 R1 后,流过发光二极管 LED 的电流减小,防止因为流过 LED 的电流太大而损坏 LED。电阻 R1 阻值越大,LED 的电流越小 从图 b 所示的直流电阻降压电路中可以看出,直流工作电压 $+U$ 通过 R1 和 R2 后加到晶体管 VT1 集电极,其中通过 R1 后的直流电压作为 VT1 放大级的直流工作电压。由于直流电流流过 R1, R1 两端会有直流电压压降,这样 R1 左端的直流电压比 $+U$ 低,起到了降低直流电压的作用	  a) b)

(续)

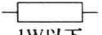
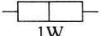
电路说明	应用电路
图 a 是电阻隔离电路,这是 OTL 功率放大器中的自举电路(一种能提高大信号下半周信号幅度的电路),电路中的 R1 是隔离电阻 图 b 是静噪电路中的隔离电阻电路。电路中,在前级放大器与后级放大器电路之间接有隔离电阻 R1 和耦合电容 C1,VT1 是电子开关管	
图 a 是运用电阻将电流变化转换成电压变化的典型电路,这也是晶体管的集电极负载电阻电路 图 b 是取样电阻电路,这也是功率放大器中过电流保护电路中的取样电路	
该图为不同电平信号输入插口电路。电路中的 R1 和 R2 构成交流信号分压衰减电路。CK1 是小信号输入插口, CK2 是大信号输入插口	
图 a 是音量调节限制电阻电路 图 b 是阻尼电阻电路,电路中的 L1 和 C1 构成 LC 并联谐振电路,阻尼电阻 R1 并联在这一电路上。在 LC 并联谐振电路中时常会用到这种阻尼电阻电路	
图示是电阻消振电路,电路中的 R1 称为消振电阻,在一些高级的放大器电路中时常采用这种电路,它通常接在晶体管基极回路中,或两级放大器电路之间,电阻 R1 用来消耗可能产生的高频振荡信号能量,即高频振荡信号电压加在 R1 上而少加到后级放大器中,达到消振目的	
图示是晶体管偏置电路中的集电极-基极负反馈电阻电路	

(续)

电路说明	应用电路
图示是恒流录音机电阻电路。R1 是恒流录音机电阻,HD1 是录放磁头,从图中可以看出,它是录音输出放大器的负载	
数字电路的应用中,时常会听到上拉电阻、下拉电阻这两个词,上拉电阻、下拉电阻在电阻中起着稳定电路工作状态的作用	

三、电阻的主要技术参数 (见表 1-3)

表 1-3 电阻的主要技术参数

参数	定义说明
标称阻值	电阻的标称阻值是指在电阻体上所标注的阻值
允许误差	电阻标称阻值和实测值之间允许的最大偏差范围叫做电阻的允许误差。常用电阻器按照误差等级分为三个系列,即 E24、E12、E6
额定功率	长期连续工作允许承受的最大功率。除了较大体积的电阻直接标注功率外,其他的电阻几乎都不标注额定功率值 电阻的额定功率主要取决于它的电阻体材料、几何尺寸和散热面积,同类型电阻可采用尺寸比较法来识别其额定功率。在电路图中各种功率的电阻器采用不同的符号表示,如图所示  1W以下  0.125W  0.25W  0.5W  1W  2W  5W  10W
最高工作电压	允许的最大连续工作电压
温度系数	温度每变化 1℃ 所引起的电阻值的相对变化。温度系数越小,电阻的稳定性越好。阻值随温度升高而增大的为正温度系数,反之为负温度系数
电压系数	在规定的电压范围内,电压每变化 1V,电阻器的相对变化量
老化系数	电阻器在额定功率长期负荷下,阻值相对变化的百分数,它是表示电阻器寿命长短的参数
噪声	产生于电阻器中的一种不规则的电压起伏,包括热噪声和电流噪声两部分,热噪声是由于导体内部不规则的电子自由运动,使导体任意两点间的电压不规则变化

四、电阻的标注方法 (见表 1-4)

表 1-4 电阻的标注方法

名称	图 示	说 明
直标法	普通电阻 金属膜 高温 R J 5 1% 50k 1% 标称阻值 允许误差	将电阻的阻值和误差直接用数字或字母印制在电阻上。若电阻值表面未标出其允许偏差则表示允许偏差为 $\pm 20\%$, 未标出阻值单位则其单位为欧姆 (Ω)
文字符号法	功率为20W 误差等级J=±5% 20W6R8J 阻值为6.8Ω	文字符号法是用阿拉伯数字和文字两者有规律的组合表示标称阻值和允许误差。阻值单位用文字符号表示, 即 R、k、M、G、T 分别表示欧姆、千欧、兆欧、吉欧、太欧。阻值的整数部分写在阻值单位标志符号前面, 阻值的小数部分写在阻值单位标志符号后面; 阻值单位、符号位置代表标称阻值有效数字中小数点所在位置; 允许误差一般用 J、K、M 表示, 其对应的误差等级为 $\pm 5\%$、$\pm 10\%$、$\pm 20\%$
数码法	(1)三位数字标注法 (单位为 Ω) 第三个数字代表乘数 10^1 的指数 第二个数字代表第二位有效数字 第一个数字代表第一位有效数字 标注为“103”的电阻, 其阻值为 $10 \times 10^3 \Omega = 10k\Omega$ (2)二位数字后加R标注法 (单位为 Ω) 字母R表示两位数字之间的小数点 第二个数字代表第二位有效数字 第一个数字代表第一位有效数字 标注为“51R”的电阻, 其电阻值为 5.1 Ω (3)二位数字中间加R标注法 (单位为 Ω) 末尾数字表示小数点后有效数字 R表示前后两个数字之间的小数点 第一个数字代表第一位有效数字 标注为9R1的电阻, 其阻值为 9.1 Ω (4)四位数字标注法 (单位为 Ω) 末尾数字代表乘数 10^1 的指数n 第三个数字代表第三位有效数字 第二个数字代表第二位有效数字 第一个数字代表第一位有效数字 标注为5232的电阻, 其阻值为 $523 \times 10^2 \Omega = 52.3k\Omega$	
色标法	(1)四色环 $47 \times 10^3 = 47k\Omega$ 误差 $\pm 10\%$ 允许误差 银 标称值有效数字后0的个数 橙 标称值第二位有效数字 紫 标称值第一位有效数字 黄 (2)五色环 $165 \times 10^0 = 165\Omega$ 误差 $\pm 1\%$ 允许误差 棕 标称值有效数字后0的个数 黑 标称值第三位有效数字 绿 标称值第二位有效数字 蓝 标称值第一位有效数字 棕 色环电阻器阻值的读数是由色环的颜色决定的, 每一种颜色代表一定的数值, 色环颜色代表的数值见表 1-5。读电阻值时, 习惯上金环或银环放在右边, 从最左边的色环开始向右读。一般四色环和五色环电阻表示允许误差的色环的特点是该环离其他环的距离较远。较标准的表示应是表示允许误差的色环的宽度是其他色环的 1.5 ~ 2 倍。在五色环电阻中棕色环常常既用作误差环又常作为有效数字环, 且常常在第一环和最后一环中同时出现, 使人很难识别哪一个是第一环, 哪一个误差环。在实践中, 可以按照色环之间的距离加以判别, 通常第四环和第五环 (即误差环、尾环) 之间的距离要比第一环和第二环之间的距离宽一些, 根据此特点可判定色环的排列顺序。如果靠色环间距仍无法判定色环顺序, 还可以利用电阻的生产序列值加以判别	

表 1-5 色环颜色代表的数值

颜色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	底色
数值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
误差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$			$\pm 0.5\%$	$\pm 0.2\%$	$\pm 0.1\%$		$+50\%$ -20%		$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

五、电阻的测量

电阻器的质量好坏是比较容易鉴别的，对新买的电阻器先要进行外观检查，看外观是否端正、标志是否清晰、保护漆层是否完好。然后可以用万用表的电阻挡测量一下电阻器的阻值，看其阻值与标称阻值是否一致，相差之值是否在允许

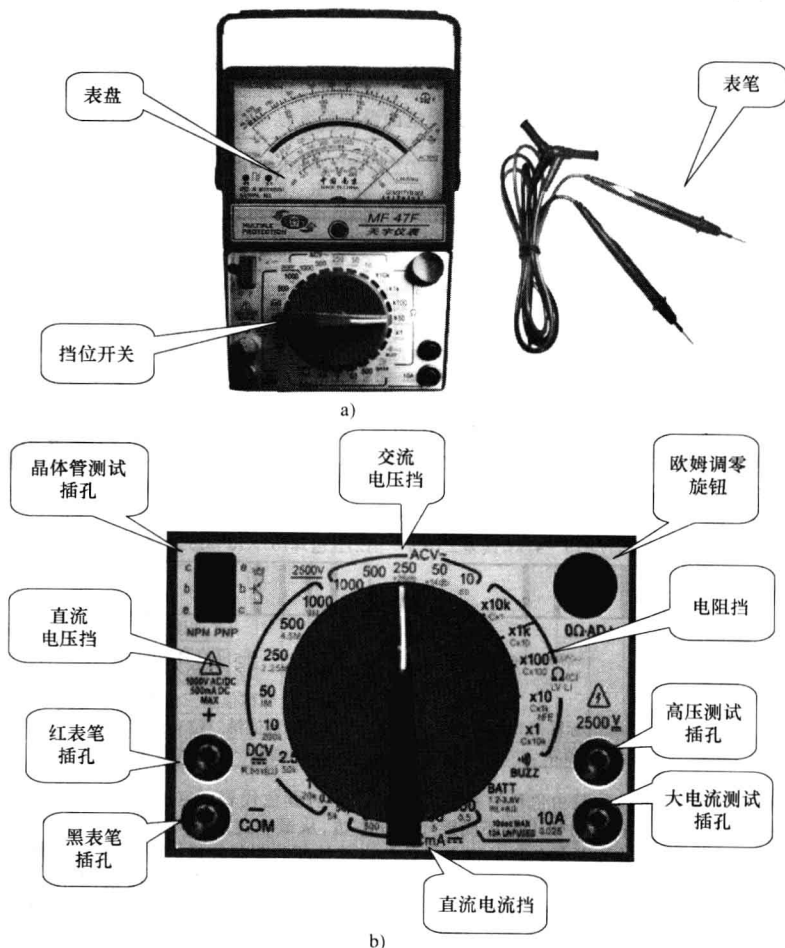


图 1-2 MF47 型指针式万用表的外形和面板

a) 外形 b) 面板

误差范围之内。

下面以 MF47 型指针式万用表和 VC9205 型数字式万用表为例，介绍电阻的测量方法。

1. 指针式万用表

图 1-2 所示为 MF47 型指针式万用表的外形和面板。

MF47 型指针式万用表的表盘如图 1-3 所示。

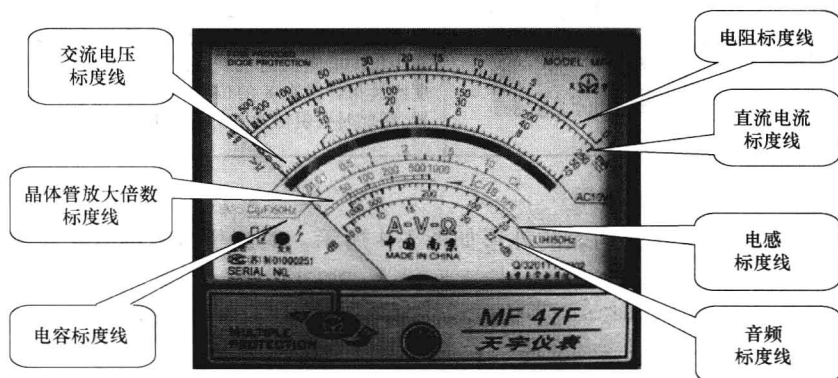


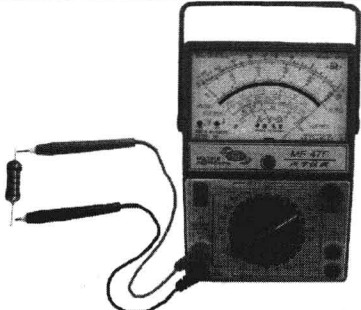
图 1-3 MF47 型指针式万用表的表盘

MF47 型指针式万用表测量电阻的方法见表 1-6。

表 1-6 MF47 型指针式万用表测量电阻的方法

项目	图 解	说 明
机械 调 零		万用表在测量前,应注意水平放置时,表头指针是否处于交直流挡标尺的零标度线上,否则读数会有较大的误差。若不在零位,应通过机械调零的方法(即使用小螺钉旋具调整表头下方机械调零螺钉)使指针回到零位
欧姆 调 零		将选择开关旋在“Ω”挡的适当量程上,将两根表笔短接,指针应指向零欧姆处。如不在,调整调零旋钮,使指针指到最右端电阻标度为零处。每换一次量程,欧姆挡的零点都需要重新调整一次

(续)

项目	图 解	说 明
测量电阻		测量电阻时,被测电阻器不能处在带电状态。在电路中,当不能确定被测电阻有没有并联电阻存在时,应把电阻器的一端从电路中断开,才能进行测量。测量电阻时,不应双手触及电阻器的两端。当表笔正确地连接在被测电路上时,待指针稳定后,从标尺上读取测量结果,将被测电阻脱离电源,用两表笔接触电阻两端,从表头指针显示的读数乘所选量程的倍率数即为所测电阻的阻值。电阻值 = 读数 × 倍率,如:刻度盘读指针指在 8 的位置,挡位旋钮选在 × 1k 的位置,则此时电阻值为 $8 \times 1k = 8k\Omega$

2. 数字式万用表的使用

VC9205 型数字式万用表的外形如图 1-4 所示。其测量电阻的方法见表 1-7。

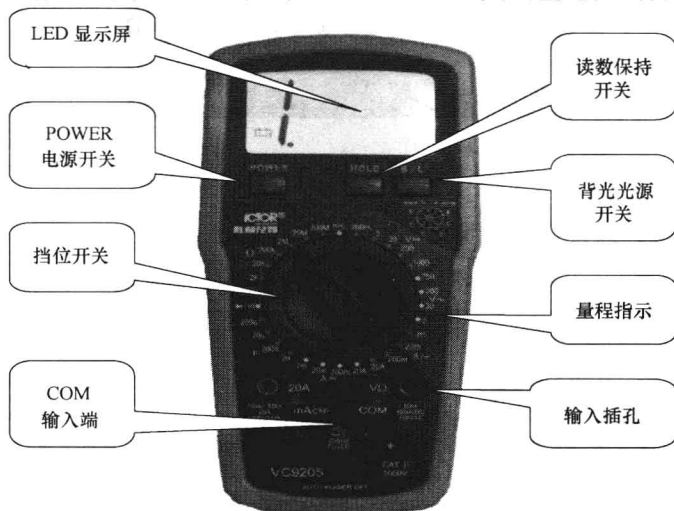
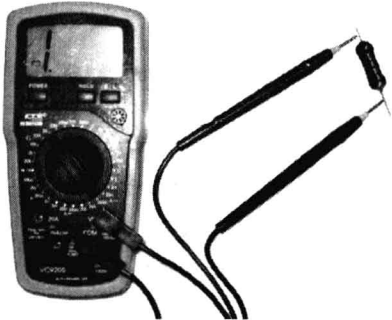


图 1-4 VC9205 型数字式万用表的外形

表 1-7 VC9205 型数字式万用表测量电阻的方法

项目	图 解	说 明
测量准备		①按下“POWER”开关,打开电源。如果电池电压不足($\leq 7V$),显示器将显示“”符号,这时应更换电池。输入插孔旁的  符号,表示输入电压或电流不应超过指示值,这是为了保护内部线路免受损坏 ②将转换开关置于所需的测量功能及量程

(续)

项目	图 解	说 明
测量电阻		①将黑色表笔插入 COM 插孔,红色表笔插入 V/Ω插孔 ②转换开关置于欲测的 Ω 量程位置 ③将表笔接在被测电阻或线路两端进行测量 ④在 LCD 显示器上读数 注意: ①数字显示仅为“1”时,表明超量程状态,应选择更高的量程 ②如被测电阻值高于 $1\text{M}\Omega$,仪表可能需要几秒才能稳定读数,对于高阻值读数这是正常的 ③当输入开路时,LCD 将显示“1”超量程状态 ④在测量线路上的阻抗时,应确定电路电源断开,电路上的电容器完全放电

第二节 电 位 器

一、常见电位器实物图、特点及应用

常见电位器的实物图和特点见表 1-8, 常见电位器在电路中的典型应用见表 1-9。

表 1-8 常见电位器的实物图和特点

实 物 图	特 点
合成碳膜电位器 	结构:是用碳膜、石灰、硅粉和有机粉合剂等配成一种悬浮液,涂在玻璃铀纤维板或胶纸上制作而成,制作工艺简单 特点:范围宽,分辨率高,能制成各种类型的电位器,寿命长,价格低,型号多。功率不太高,耐高温性,耐湿性差,低阻值的电位器不容易制作。它是目前应用最广泛的电位器
有机实心电位器 	结构:新型电位器,它是用加热塑压的方法将有机电阻粉压在绝缘体的凹槽内制成的 特点:耐热性好、功率大、可靠性高、耐磨性好;但温度系数大、动噪声大、耐潮性能差、制造工艺复杂组织精度较差。在小型化、高可靠、高耐磨性的电子设备和交、直流电路中用作调节电压、电流