

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电子技术 实训基础

王秀珍 高民 主编



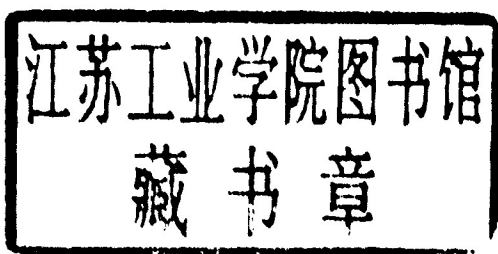
中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电子技术 实训基础

主 编 王秀珍 高 民
编 写 马志广 胡春静
主 审 苏庆民



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教材。

本书由电子电路基础知识、电子技术实验、电子实习与课程设计、附录四部分组成。第一部分为基础知识篇，简要介绍了常用电子元器件的结构、特点、参数和选用原则，以及常用电子测量仪器的基本使用方法。第二部分为电子电路实验篇，实验篇以教学大纲规定的实验为单元编写而成，总共 21 个实验。部分实验为元件电路与集成电路并存，可根据实际教学要求自行选择。第三部分为实习与课程设计篇，包括了电子电路的设计、安装、调试及检测。第四部分为本书附录，介绍了常用电子元器件的命名、性能参数指标，集成器件的管脚图，可作为在实验和设计中选择元器件时的参考依据。

本书适用于中等和高等职业技术教育电气、电子与信息、通信、计算机以及自动控制等专业的实验实习教材，也可作为相关专业工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术实训基础/王秀珍, 高民主编; 马志广, 胡春静编写. —北京: 中国电力出版社, 2007. 2

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 5049 - 3

I. 电... II. ①王... ②高... ③马... ④胡... III. 电子技术—实验—高等学校: 技术学校—教学参考资料 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 163030 号

中国电力出版社出版、发行

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

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.5 印张 224 千字

印数 0001—3000 册 定价 15.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材《电子技术基础》的配套教材。本书以模拟电子电路和数字逻辑为基础,全面介绍电子技术实验与实习有关的基础知识、课程设计等内容。该书具有以下特点:

(1) 在保证电子技术实验传统内容的基础上,在实训内容、实训方法等方面进行了充实和改进;首先从电子元器件、电子仪器设备入手,然后介绍电子技术实验,实习与课程设计等内容。在电路实验方面,淡化原理分析及定量推导过程,重视实验实训技能的培养,为提高学员分析问题和解决问题的能力创造条件。

(2) 由于电子技术发展很快,实训内容需要不断更新,现代社会对学校培养的学生也提出了越来越高的要求。因此在编写过程中,参考了许多国内外优秀教材,并总结多年来的教学经验,坚持学以致用,学用结合。更新的内容充分体现了新知识、新技术、新方法,紧跟电子技术发展的最新动态。

(3) 教材内容的深度与广度,紧扣教学目标和教学大纲的要求,以适用为度,应用为主,保持一定的深度和知识覆盖面。同时始终贯穿分立是基础,集成是重点的原则,以典型电路为依托,侧重器件功能、外特性的测试,技术参数的使用等,既体现职业技术教育特色,又保持专业技术教材的知识性、技术性强的特点。

(4) 根据职业教育的特点,本教材从理论密切联系实际,注重能力的培养出发,深入浅出地介绍电子元器件的结构、特点、技术参数等,注重培养学习者运用电子技术分析和解决生产实际问题的能力,突出电子技术工程技术的特点。为学员学好用好电子技术,使之具有适应职业变化的能力,具有创新精神、创业能力和实践能力奠定良好的基础。

实验、实习和课程设计是《电子技术基础》课程重要的实践性教学环节,通过对本书的学习、使用,不仅帮助学生巩固和加深理解所学的理论知识,更重要的是要提高学生的实践技能,树立工程实际观点,培养严谨的工作作风使学生能正确掌握常用电子仪器的使用,独立地进行实验,初步具备基本电路的分析和设计能力,以获得基本的电子工艺技术和基本的实践操作技能。

本书由山东电力学校王秀珍、高民主编,马志广、胡春静参编。其中第一篇和第二篇由高民、胡春静编写,第三篇和附录由王秀珍、马志广编写。王秀珍、高民对本书进行了统稿,并编写了内容提要、前言、附录、整理了参考文献。山东电力学校苏庆民担任主审,对全部书稿进行了认真仔细地审阅,并提出了许多宝贵意见。

本书在编写过程中,得到了教育部、中电联、以及山东电力学校各级领导及有关老师们的关心和支持,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心地感谢。

由于编者能力有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2007年1月

目 录

前言

第一篇 实训基础

第一章 电子元器件	1
第一节 电阻器及电位器	1
第二节 电容器	5
第三节 电感器	8
第四节 二极管与三极管	9
第五节 集成电路	12
第二章 常用电子仪器的使用	16
第一节 电子测量的基本知识	16
第二节 万用表	18
第三节 直流稳压电源	21
第四节 电子电压表	22
第五节 信号发生器	24
第六节 示波器	27
第七节 ECL-1 型电子线路实验系统	31
第八节 亚龙 DS-II C 通用电工电子实训台	33
第九节 电力电子综合实验台	35

第二篇 电子技术实验

第三章 模拟电路实验	38
实验一 晶体管测试	38
实验二 常用电子仪器的使用	40
实验三 共发射极管放大电路	43
实验四 负反馈放大电路	46
实验五 功率放大电路	48
(一) 互补对称功率放大电路	48
(二) 集成功率放大器	50
实验六 差动放大电路	51

实验七 RC 桥式正弦波振荡电路	54
实验八 集成运算放大器的参数测试	55
实验九 集成运算放大器的应用	58
实验十 集成 RC 桥式正弦波振荡器	60
实验十一 单相整流滤波电路	61
实验十二 直流稳压电源	63
实验十三 三端集成直流稳压电源	65
实验十四 单相可控整流电路	67
实验十五 场效应管放大电路	68
第四章 数字电路实验	72
实验一 TTL 与非门的参数测试	72
实验二 组合逻辑电路	75
实验三 集成触发器	76
实验四 计数器	79
实验五 计数、译码、显示电路	82
实验六 555 定时器及其应用	84

第三篇 电子工艺实习与课程设计

第五章 电子工艺实习基础知识	89
第一节 电子工艺实习	89
第二节 元器件装配工艺和焊接技术	90
第三节 电子线路的调试与故障检测	95
第四节 实习举例	99
课题一 MF50 型万用表组装	99
课题二 晶体管收音机的安装和调试	103
第六章 电子技术课程设计	110
第一节 课程设计的基础知识	110
第二节 设计举例	111
课题一 三端固定式直流稳压电源设计	111
课题二 三端可调式直流稳压电源设计	115
课题三 多功能数字钟的电路设计	116
课题四 智力竞赛抢答器电路设计	121
附录	125
附录一 电阻器、电位器的型号命名方法	125
附录二 电容器型号命名方法	126
附录三 国产半导体器件型号命名法	128
附录四 常用晶体管的性能参数指标	131

附录五	绝缘栅场效应管	137
附录六	集成电路的型号命名法	138
附录七	常用集成器件管脚图	139
参考文献		143

第一篇 实训基础

本篇以电子元件和电子仪器设备为基础,主要介绍有关电子元件的结构、特点、参数以及元件的正确选用,常用电子仪器的组成、工作原理、技术指标、性能及使用方法,充分体现了新工艺、新方法、新器件、新技术的应用。

第一章 电子元件

电子设备或系统,不论其结构如何复杂,总是由有限的电子元件组成。电子元件的质量直接影响电子设备的质量,要使电子设备具有优良的性能,必须精心选择和正确使用电子元件。这就要求从事电子技术专业的人员和业余爱好者,在学习、掌握电子技术基础理论和基本操作技能的同时,需要了解电子元件的构造、分类、性能特点及在电路中的作用和测试方法。

第一节 电阻器及电位器

电阻器是具有一定电阻数值的电子元件。当有电流通过时,它呈现出一定的阻碍作用,并在它上面产生电压降,在电路中常用来控制电流、分配电压。电阻器通常简称为电阻,在电子电路中应用十分广泛。电位器是一种可变电阻,通常是由电阻体与转动或滑动系统组成,其主要作用是调节电压和电流。

一、电阻器的分类、结构和特点

电阻器种类很多,根据其组成材料可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器等;根据工作特性可分为定值电阻器和可变电阻器等。现把几种常用电阻器和电位器的结构和特点列表说明(见表1-1)。

表 1-1

常用电阻器和电位器的结构和特点

分 类	结 构 和 特 点
碳膜电阻器	主要特点是高频特性好、价格低、体积小、质量轻、稳定性好、精度较高、噪声较小、自身电感较小,可用于数百兆赫以下的电路中,功率一般在2W以下
金属膜电阻器	主要特点耐热性好,其额定工作温度为70℃,最高可达155℃。与碳膜电阻相比,体积小、噪声低、稳定性好、工作频率也较宽,但成本稍高。适用于要求较高的通信设备、电子设备等电路中
线绕电阻器	主要特点是阻值范围大、噪声小、电阻温度系数大、耐高温、承受负荷功率大。由于其结构上的原因,线绕电阻的分布电感、电容量大,不宜用在高频电路中,常用在电源电路中,作限流电阻等
热敏电阻器	大多由单晶、多晶半导体材料制成。其阻值随着温度的变化而变化,随着温度升高阻值增大者称为正温度系数电阻器。反之,随着温度升高阻值减小者称为负温度系数电阻器
碳膜电位器	结构比较简单,主要由马蹄形电阻片和滑动臂构成,随滑动触点的位置改变就可达到改变阻值大小的目的。碳膜电位器的阻值比较宽,一般为100Ω~4.7MΩ。它的功率一般都在2W以内。这种电位器还具有噪声小、稳定性好、品种多等优点,因此广泛地用于收音机、收录机、电视机等家用电器及无线电电子设备中

续表

分 类	结 构 和 特 点
线绕电位器	由合金电阻丝绕在环状骨架上制成。优点是能承受较大功率，精度高，而且耐热性能和耐磨性能比较好。这种电位器的缺点是当电流通过合金电阻丝时，要产生分布电容、分布电感，这将影响整个电路的稳定性，故在高频电路中不宜采用

二、电阻器的主要参数

电阻器的主要参数有标称阻值、阻值误差、额定功率、最高工作电压、最高工作温度、静噪声电动势、温度特性、高频特性等。在选用电阻器时一般只考虑标称阻值、额定功率、阻值误差，其他几项参数，只有在有特殊需要时才考虑。

（一）标称阻值

电阻器的标称阻值是指电阻器表面所标的阻值。标称阻值的表示方法有直标法、文字符号法、色标法。

1. 直标法

直标法就是将阻值直接打印在电阻器上。

2. 文字符号法

文字符号法是将文字、数字有规律地组合起来表示出电阻器的阻值。标志符号规定如下：

欧姆（ 10^0 欧姆）用 Ω 表示；

千欧（ 10^3 欧姆）用 $k\Omega$ 表示；

兆欧（ 10^6 欧姆）用 $M\Omega$ 表示；

吉兆欧（ 10^9 欧姆）用 G 表示；

太兆欧（ 10^{12} 欧姆）用 T 表示。

例如 0.1 欧姆标志为 $\Omega 1$ ，1 欧姆标志为 1Ω ，1 千欧姆标志为 $1k\Omega$ ，5.6 千欧姆标志为 $5k6$ ，1000 兆欧姆标志为 $1G$ ， 5.6×10^{12} 欧姆可标志为 $5T6$ 等。

3. 色码法

用不同颜色的带或点，在产品表面上标志出主要参数的方法，色环电阻是用 4~5 条色带（或色点）打印在电阻体上，以表示阻值和允许误差的方法。其特点是颜色醒目、标志清晰、无方向性的优点。各色带的意义，如表 1-2 所示。

表 1-2 电 阻 器 色 带 意 义

色别	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
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}	
允许误差%		± 1	± 2			± 0.5	± 0.2	± 0.1			± 5	± 10	± 20
精度级别%		01	02			005	002	001			I	II	III

普通精度的电阻器用 4 条色环表示，如图 1-1 所示，左边（与端部距离最近的）为第一色环，顺次向右为第二、第三、第四色环。第一、第二色环相应地代表阻值的第一、第二位有效数字；第三环表示有效位数后乘 10 的 N 次方数；第四色环代表阻值的允许误差。为

此可判断图 1-1 所示电阻器阻值为 $47 \times 10^3 \Omega$ ，允许误差为 $\pm 5\%$ 。精密电阻器用 5 条色环表示阻值及误差。如图 1-2 所示，前三色环为阻值有效数字；第四色环为第一、二、三位数后乘 10 的 N 次方数；第五色环为阻值的允许误差。为此可判断图 1-2 所示电阻器阻值为 $178 \times 10^{-1} \Omega$ ，允许误差为 $\pm 1\%$ 。

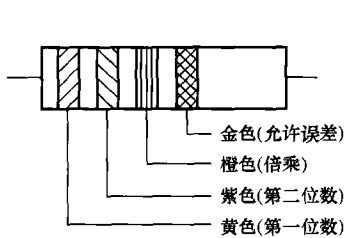


图 1-1 电阻器 4 条色环表示法

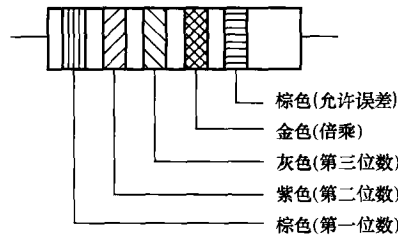
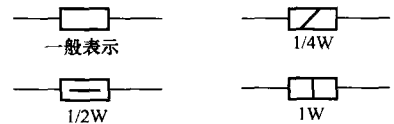


图 1-2 电阻器 5 条色环表示法

（二）电阻器的额定功率

电阻器接入电路后，通过电流时便要发热，如果温度过高就会将其烧坏。在规定的温度和 $(9.6 \sim 10.4) \times 10^5 \text{ Pa}$ 的大气压下，电阻器在交流或直流电路中能长期连续工作所消耗的最大功率，就称为额定功率。在电路图中，用图 1-3 所示符号来表示。

图 1-3 电阻器的额定功率符号
(大于 1W 时用数字表示)

（三）允许误差

电阻器的实际阻值并不完全与标称阻值相符，存在着误差。实际阻值与标称阻值的差值除以标称阻值所得的百分数就是电阻器的允许误差。普通电阻器的误差一般分为三级，即 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，或用 I、II、III 表示。误差越小，表明电阻器的精度越高。精密电阻器的误差可分为 0.1、0.2、0.01、0.02、0.05，数字级别表示其误差的百分数。

三、电位器的分类及主要参数

电位器是可变电阻器，它的作用是用来分压、分流和作为变阻器。在电路中电位器用字母 R 或 RP 表示。电位器按电阻体所用材料分为线绕电位器和非线绕电位器两大类。非线绕电位器又分实芯电位器和膜式电位器。部分电位器的特点见表 1-1。

电位器的主要参数有标称阻值、额定功率、阻值变化规律、分辨率、最大工作电压。

（一）标称阻值

标称阻值是指电位器上标注的阻值，它等于电阻体两固定端之间的电阻值。

（二）额定功率

额定功率是指电位器在直流或交流电路中，规定的大气压及额定温度下长期连续正常工作时所允许消耗的最大功率，常用的额定功率有 0.1、0.25、0.5、1、1.6、2、3、5、10、16W 等。

（三）阻值的变化规律

阻值的变化规律是指其电阻值随滑动接触点旋转角度或滑动行程之间的变化关系。它分为直线式（用字母 A 表示）、对数式（用字母 B 表示）和反转对数式（用 C 表示）。直线式电位器多用于分压，电阻体上的导电物质分布均匀，单位长度的阻值大致相等，阻值变化与旋转角度呈直线关系。对数式电位器多用于音量控制，其上的导电物质分布不

均匀,电位器刚开始转动时,阻值的变化较小,转动角度增大时,阻值的变化较大。反转对数式电位器多用于音调控制,电位器开始转动时,阻值的变化较大,当转动角度增大时,阻值变化较小。

(四) 分辨率

分辨率是指电位器的阻值连续变化时,此阻值变化量与输出电压的比值。非线绕电位器的分辨率较线绕电位器的要高。

(五) 最大工作电压

最大工作电压也称额定工作电压,是指电位器在规定的条件下,能长期可靠工作时所允许承受的最高工作电压。

四、电阻器、电位器的选用

(一) 电阻器的选用常识

(1) 根据电路的用途选择不同类型的电阻器。对要求不高的电子电路,如收音机、中档收录机、电视机等可选用碳膜电阻器。对整机质量、工作稳定性、可靠性要求较高的线路可选用金属膜电阻器。对于仪器、仪表电路应选用精密电阻器或线绕电阻器,但在高频电路中不能选用线绕电阻器。

(2) 选用电阻器的额定功率不能过大,也不能过小。如选用电阻器的额定功率超过实际消耗的功率太多,势必要增大电阻的体积。如额定功率低于实际消耗功率,就不能保证电阻器安全可靠工作。一般情况下所选用电阻器的额定功率大于实际消耗功率的两倍左右,以保证电阻器的可靠性。

(3) 电阻器的误差选择。在一般电路中,电阻器的误差选用 $\pm 5\%$ ~ $\pm 20\%$ 即可。在特殊电路中根据要求选用。

(4) 电阻器的代用。大功率的电阻器可代换小功率的电阻器,同参数金属膜电阻器可代替碳膜电阻器,同参数固定电阻器可用半可调电阻器代替使用。

(二) 电位器的选用常识

(1) 根据用途选择电位器。电位器的体积大小和转轴的轴端样式要符合电路的要求,如经常调整的电位器选用铤平面式电位器,作为电路调试用可选用带起子槽式的电位器。

电位器的阻值变化形式可根据用途而定,如偏流调整、分压控制、音量调节等可用直线式,音调控制用对数式。

(2) 电位器代用参数选择。电位器在代用时应注意功率不得小于原电位器的功率,阻值可比原来的略大或略小,一般不超过 $\pm 20\%$ 。

五、万用表检测电阻器、电位器

1. 电阻器的检测

电阻器在使用前要进行测量,看其阻值与标称阻值是否相符,差值是否在电阻器的标称误差之内。用万用表测量电阻器要注意:测量时手不能同时接触被测电阻器的两根引线,以免人体电阻影响测量的准确性。测量电路中的电阻器时,必须将电阻器的一端从电路中断开,以防电路中的其他元件影响测量结果。测量电阻器的阻值时,应根据电阻值的大小选择合适的量程。由于万用表的欧姆档刻度线是非线性关系,在欧姆档的中间段,分度较细而准确,因此测量电阻器电阻时,尽可能将表针落在刻度盘的中间段,以提高测量精度。

2. 电位器的检测

电位器的引线脚分别为 A、B、C，开关引线脚为 K 和 S，如图 1-4 所示。首先用万用表测电位器的标称值，根据标称阻值的大小，选择合适的档位，测 A、C 两端的阻值是否与标称值相符，如阻值为无穷大时，表明电阻体与其相连的引线脚断开了。然后再测 A、B 两端或 B、C 两端的电阻值，并慢慢地旋转转轴，若这时表针平稳地朝一个方向移动，没有跌落和跳跃现象，表明滑动触点与电阻体接触良好。最后用 $R \times 1$ 档测 K 与 S 之间的阻值，转动转轴使电位器的开关接通或断开，阻值应为零或无穷大，否则说明开关坏了。

说明：用万用表测电阻值简单方便，但不精确，一般用来作粗测。若需精确测量电阻值，应采用电桥法。

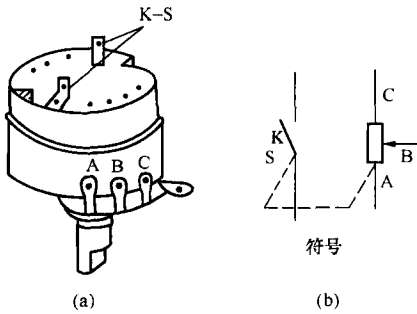


图 1-4 常见电位器

第二节 电 容 器

电容器是一种能储存电能的元件。它是由两个相互靠近的导体（即极板）夹一层绝缘介质组成。电容器在电路中具有隔断直流、耦合交流的作用，常用于级间耦合、滤波、去耦、旁路及信号调谐等方面，是电子电路中不可缺少的基本元件，在电路中用字母 C 表示。

一、电容器的分类及常用电容器的结构和特点

电容器的种类很多，形状各异。

按结构可分为：固定电容器、可变电容器。可变电容器是指电容器的容量在一定范围内可以改变的电容器，按其变化范围分为两类，即可变电容器和微调电容器（又称半可变电容器）。

按介质材料不同可分为：纸介电容器、金属化纸介电容器、云母电容器、陶瓷电容器、薄膜电容器、电解电容器等。

电容器结构和特点如表 1-3 所示。

表 1-3 电 容 器 结 构 和 特 点

分 类	结 构 和 特 点
纸介电容器	用纸介质夹在两金属片箔电极中，卷成圆柱形或扁柱形芯子，装在密封的金属壳或绝缘材料壳中制成。其特点是体积小、容量大，但漏电流大、损耗较大、温度系数大、稳定性差，所以只适用于低频电路
金属纸介电容器	结构基本与纸介电容相同，它是在电容器纸上沉积一层极薄金属膜箔，体积和损耗比纸介电容小、且容量大。金属化纸介电容有自愈，适用于低频电路
油浸纸介电容器	它是先把电容纸介浸在经过特别处理的油里，再作为电容介质，能增强其容量、耐压。其特点是电容大、耐压高，但体积较大
云母电容器	利用云母为介质，在其上喷涂银层做电极板，极板和云母一层层叠合后，封固在环氧树脂中。其特点是损耗小、精度高、温度系数小、稳定性好，绝缘电阻大，适用于高频电路，并可作为标准电容器使用

续表

分 类	结 构 和 特 点
陶瓷电容器	以陶瓷为介质材料,在其两面喷涂银层,烧成银质薄膜,作极板。其特点是体积小、损耗小、绝缘电阻大、稳定性好,可在高温下使用,容量小,适用于高频电路
薄膜电容器	以有机薄膜为介质,如聚苯乙烯、涤纶、聚丙烯等。其特点是损耗小、稳定性好、精度高,但耐热性较差,可用于高频电路,也可作为标准电容器使用
电解电容器	电解电容器以很薄的氧化膜为介质,容量大,是使用较多的一种电容器。由于氧化膜有单向导电性,则电解电容有正负极性。另外具有漏电流大、容量误差大的特点

二、电容器的主要参数

1. 标称容量

标称容量即标志在电容器上的电容量。电容器电容量的基本单位是 F (法拉)。常用的单位有 mF (毫法)、 μF (微法)、nF (纳法)、pF (皮法)。它们的换算单位如下:

$$1\text{F (法拉)} = 10^3\text{mF (毫法)} = 10^6\mu\text{F (微法)} = 10^9\text{nF (纳法)} = 10^{12}\text{pF (皮法)}.$$

2. 额定直流工作电压

电容器的耐压值是表示电容器接入电路后,能长期连续可靠的工作,不被击穿时所能承受的最大直流电压。使用时不允许超过这个电压,如超过电容器就可能损坏或被击穿。如果电容器用于交流电路中,其交流电压幅值不能超过额定直流工作电压。

3. 绝缘电阻

电容器的绝缘电阻是指电容器两极之间的电阻,或称漏电阻。绝缘电阻的大小决定了电容器介质性能的好坏。使用时应选绝缘电阻大的电容器。因绝缘电阻越小,漏电就越多,这样会影响电路的正常工作。

三、电容器的使用注意事项

(一) 电容器的选用常识

1. 不同的电路应选用不同类型的电容器

在电源滤波、耦合电路中应选用电解电容器;在高频、高压电路中应选用瓷介电容器、云母电容器;在谐振电路中,可选用云母、陶瓷、有机薄膜等电容器;用作隔断直流时可选用纸介、涤纶、云母、电解电容器;用于调谐回路时,可选用空气介质或小型密封可变电容器。

在选用时还应注意电容器的引线形式。可根据实际需要选择焊片引出、接线引出、螺钉引出等,以适应线路的插孔要求。

2. 电容器耐压的选择

电容器的额定电压应高于实际工作电压的 10%~20%,对工作电压稳定性较差的电路,可留有更大的余量,以确保电容器不被损坏和击穿。

3. 容量误差的选择

对业余小制作一般不考虑电容器的容量误差。对于振荡、延时电路,电容器容量误差应尽可能小,选择误差值应小于 5%。对于低频耦合电路的电容器,其误差可以大些,一般选 10%~20%就能满足要求。

电容器在选用时不仅要注意以上几点,有时还要考虑其体积、价格、电容器所处的工作环境(温度、湿度)等情况。

4. 电容器的代用

选购电容器时可能买不到所需的型号或所需容量的电容器，或在维修时手头有的电容器与所需的不相符合时，便要考虑代用。代用的原则是：电容器的容量基本相同；电容器的耐压值不低于原电容器的耐压值；对于旁路电容、耦合电容，可选用比原电容量大的电容器代用；在高频电路中的电容，代换时一定要考虑频率特性应满足电路的频率要求。

(二) 用万用表检测电容器

电容器的常见故障有断路、短路、失效等。为保证电路正常工作，首先必须对电容器进行检测。对于电容量的测量应用专用仪器，如交流电桥等。下面介绍用万用表检测电容的方法。

1. 漏电电阻的测量

用万用表的欧姆档 ($R \times 10k$ 或 $R \times 1k$ 档，视电容器的容量而定)，当两表笔分别接触电容器的两根引线时，表针首先朝顺时针方向 (R 为零的方向) 摆动，然后又慢慢地向反方向退回到 ∞ 位置的附近，当表针静止时距无穷大较远，表明电容器漏电严重，不能使用。

2. 电容器断路的测量

用万用表判断电容器的断路情况，首先要看电容量的大小。对于 $0.01\mu F$ 以下的小容量电容器用万用表不能判断其是否断路，只能用其他仪表进行鉴别 (如 Q 表等， Q 表是一种通用的多用途、多量程的高频阻抗测量仪器，可测量高频电感器，高频电容器及各种谐振元件的品质因数)。

对于 $0.01\mu F$ 以上的电容器用万用表测量时，必须根据电容器容量的大小，分别选择合适的量程，才能正确地加以判断，如检测 $300\mu F$ 以上的电容可放在 $R \times 10k$ 或 $R \times 1k$ 档、检测 $10 \sim 300\mu F$ 的电容器可放在 $R \times 100k$ 档、检测 $0.47 \sim 10\mu F$ 的电容器可放在 $R \times 1k$ 档、检测 $0.01 \sim 0.47\mu F$ 电容器可放在 $R \times 10k$ 档。具体的测量方法是：用万用表的两表笔分别接触电容器的两根引线 (测量时，手不能同时碰触两根引线)，如表针不动，将表针对调后再测量，表针仍不动，说明电容器断路。

3. 电容器短路的测量

用万用表的电阻档，将两表笔分别接触电容器的两引线，如表针指示阻值很小或为零，而表针不再退回，说明电容器已击穿短路。当测量电解电容时，要根据电容器容量的大小，适当选择量程，电容器容量越小，量程 R 越要放小，否则就会把电容器的充电误认为是击穿。

4. 电解电容器极性的判断

用万用表测量电解电容器的漏电电阻 (红表笔接万用表的正极，黑表笔接万用表的负极)，并记下这个阻值的大小，然后将红黑表笔对调再测电容的漏电电阻，将两次所测得的阻值对比，漏电电阻小的一次，黑表笔所接触的就是电解电容器的负极。

5. 可变电容器的测量

对可变电容器主要检测是否发生碰片短路现象。方法是用万用表的电阻档 ($R \times 1$) 测量动片与定片之间的绝缘电阻，即用红黑表笔分别接触动片、定片，然后慢慢旋转动片，如转到某一位置时，阻值为零，表明有碰片现象，应予以排除，然后再用。如将动片全部旋进与旋出，阻值均为无穷大，表明可变电容器良好。

第三节 电感器

电感器又称电感线圈，是用漆包线经一圈一圈绕制在绝缘管架上或铁心上的一种元器件，在电路中有阻交流通直流的作用。电感器在电路中用字母 L 表示。

一、电感器的分类

电感器的种类很多，而且分类方法也不一样。通常按电感器的形式分有固定电感器、可变电感器、微调电感器。按磁体的性质分有空心线圈、磁心线圈。按结构特点分有单层线圈、多层线圈、蜂房线圈等。

各种电感器都具有不同的特点和用途，但它们都是用漆包线、纱包线、镀银裸铜线绕在绝缘骨架或铁心上构成，而且各匝之间要彼此绝缘。为适应各种用途的需要，电感器做成各式各样的形状，如图 1-5 所示。

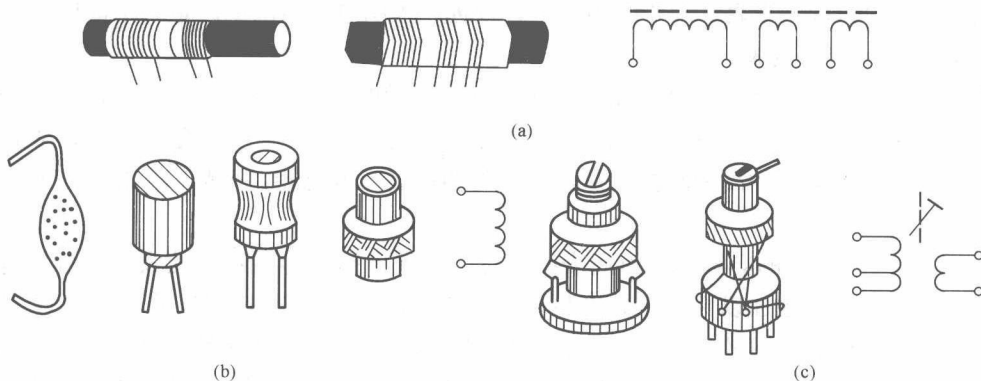


图 1-5 电感器及其电路符号

二、电感器的主要参数

1. 电感量

电感量的单位有亨利、毫亨和微亨。亨利简称亨，用 H 表示；毫亨用 mH 表示；微亨用 μH 表示；它们的换算关系为

$$1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$$

电感量的大小与线圈的匝数、线圈的直径、线圈内部是否有铁心或磁心、线圈的绕制方式有关系，圈数越多，电感量越大。线圈内有铁心、磁心的，比同样的空心线圈的电感量大得多。

2. 品质因数 (Q 值)

品质因数是电感线圈的一个主要参数，通常也称为 Q 值，品质因数与线圈的工作频率有关，它是线圈在某一频率交流电压下工作时感抗值与其交流电阻的比值，即

$$Q = \frac{2\pi fL}{R}$$

Q 值与构成线圈的导线粗细、绕法、是单股线还是多股线有关。如果线圈的损耗小，Q 值就高；反之，损耗大，则 Q 值就小。

3. 分布电容

由于线圈每两圈（或每两层）导线可以看成是电容器的两块金属片，导线之间的绝缘材料相当于绝缘介质，即相当于一个很小的电容，这一电容称为线圈的分布电容。由于分布电容的存在，将使线圈的品质因数 Q 值下降，为此将导线用多股线或线圈绕成蜂房式。对天线线圈则采用间绕法，以减少分布电容。

三、电感器的正确选用

电感器中高频阻流圈、低频阻流圈，振荡线圈等都是按规定的标准生产的，但其他电感线圈是根据电路需要自行制作的非标准件。电感线圈自制方便，应用广泛。

1. 电感器的绕制

自行绕制的电感器为非标准件。根据电路要求电感量的大小以及线圈骨架直径大小确定绕制方法。自绕式电感器适合在高频和超高频电路中使用，在匝数少于 5 匝时，可不用骨架，品质因数 (Q) 值较高，稳定性也好。单层密绕制式线圈适用于短波、中波， Q 值比较高并具有较高的稳定性。绕制的导线不要过细，以免增加线圈电阻， Q 值降低；且细导线的载流量和机械强度都小，易断线。绕制好的电感线圈的抽头上应有明显的标志，以便安装维修。

2. 电感器的检测

若要测电感量可用 RLC 测量仪进行测量。用万用表的电阻档测量，可通过测量电感器的直流电阻，判断线圈的好坏。如被测线圈的阻值比原定线圈阻值大很多或无穷大，线圈已断。若很小，则是严重短路。若所测阻值与原确定的阻值相接近，则可判断线圈是好的。当电感量相同时，其直流电阻越小， Q 值越高；所用导线的直径越粗其 Q 值越大；采用多股绕制时导线的股数越多， Q 值越高；线圈框架（或铁心）所用材料的损耗越小，其 Q 值越高；对有磁心的高频线圈，其 Q 值较无磁心时要高。在有磁心的电感线圈使用前还应对线圈与铁心之间的绝缘电阻进行了检测，以确保电感线圈的正常使用。如要测电感器的电感量或 Q 值，就需要用专用电子仪器，如 QBG-3 型高频 Q 表或交流电桥等。

第四节 二极管与三极管

半导体二极管和三极管是应用极为广泛的半导体器件。二极管是由 PN 结加上电极引线和管壳构成的。它的基本功能是具有整流、开关、稳压、检波、变容等作用；三极管的基本功能是放大和具有开关作用。

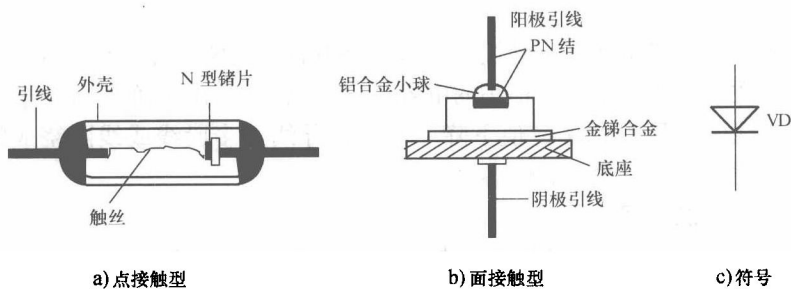
一、二极管

1. 二极管的基本结构及常见外形

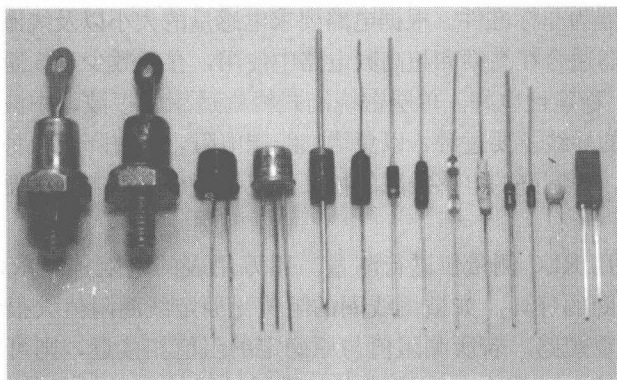
按 PN 结面积大小，分为点接能和面接触两种类型。其结构、符号及外形如图 1-6 所示，图 (a) 为二极管的基本结构；图 (b) 为部分常见二极管的外形；图 (c) 为部分发光二极管的外形。

2. 二极管的分类

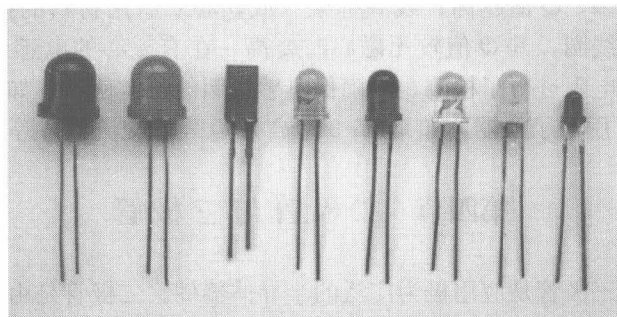
二极管的类型较多。按所用材料分有锗二极管，硅二极管及砷化镓二极管等；按用途分有整流二极管、检波二极管、变容二极管、稳压二极管、发光二极管、开关二极管、光电二极管、隧道二极管及硅堆等；按结构分有点接触型二极管和面接触型二极管，前者可用于高频电路中，后者常用于低频电路中。



(a)



(b)



(c)

图 1-6 常见半导体二极管的基本结构及外形

(a) 二极管的基本结构；(b) 部分常见半导体二极管的外形；(c) 部分发光二极管的外形

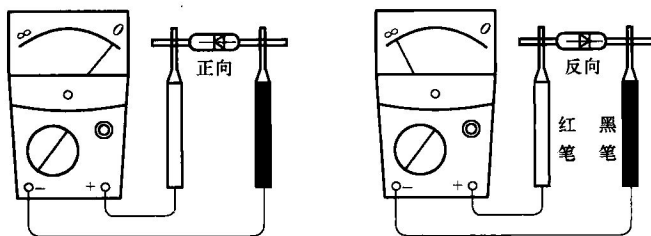


图 1-7 二极管的测试方法

3. 二极管的测试和选用

(1) 二极管的测试。

二极管好坏的鉴别最简单的方法是用万用表测其正、反向电阻，如图 1-7 所示。用万用表的红表笔接二极管的阴极，黑表笔接二极管的阳极，测得的是正向电阻，将红、黑表笔对调，测得