

电工电子技术 实验与实习

主编 郝宁眉 张锡珍

主审 刘润华



中国石油大学出版社

电工电子技术 实验与实习

郝宁眉 张锡珍 主编

刘润华 主审

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验与实习/郝宁眉,张锡珍主编.

东营:中国石油大学出版社,2006.9

ISBN 7-5636-2285-3

I. 电... II. ①郝...②张... III. ①电工技术—实验—高等学校—教学参考资料②电子技术—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 111430 号

书 名: 电工电子技术实验与实习

作 者: 郝宁眉 张锡珍

责任编辑: 宋秀勇 刘 清(电话 0546—8392139)

封面设计: 傅荣治

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: yibian@hdu.edu.cn

排 版 者: 中国石油大学出版社排版中心

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392139)

开 本: 185×260 印张: 10.875 字数: 277 千字

版 次: 2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 17.80 元

前 言

中国石油大学(华东)的“电工电子学”课程是山东省教学试点课程,2004 年被评为山东省精品课程。根据精品课程建设标准和实验教学示范中心建设要求,结合我校电工电子学系列课程建设及多年来的实践教学改革,编写了与普通高等教育“十五”国家级规划教材《电工电子学》(刘润华主编)的配套实验教学用书——《电工电子技术实验与实习》。电工电子学是高等院校非电类理工科专业的一门重要的技术基础课程,其特点是实践性强。培养学生的实验技能,培养学生严谨的科学作风和创新能力是本书编写的宗旨。

本书共分三个部分。第一部分(第 1、2、3 章)为电工电子技术实验的基础知识。主要介绍电工电子技术实验课程的基本要求及测量的基本知识和误差的处理方法,常用电工电子测量仪表与仪器的使用方法以及一些常用元器件的分类、型号和功能引脚图。第二部分(第 4、5 章)为电工电子技术实验。按照循序渐进、分层次逐步培养学生独立实验能力的原则,将实验内容分为基本实验、设计实验、综合实验和仿真实验。基本实验用于学生熟悉常用仪器、仪表的使用,掌握电工电子的基本测试方法。设计和综合实验是由学生根据实验任务自行拟定实验方案,自主完成实验。仿真实验是让学生利用仿真软件,对电子电路做进一步的研究。此外还有部分带“*”的拓展性内容,便于实验能力较强的学生选做。教师可根据具体的教学要求,选取不同类型的实验,并可将部分内容作为开放实验。第三部分(第 6 章)为电工电子技术实习,提供了一些集设计性、研究性和综合性于一体的项目,是在学生完成实验教学基本要求的基础上综合与提高的内容,可扩大学生的知识面,提升学生的综合实践能力。

本书第 1、4、5 章由郝宁眉编写,第 2、3、6 章由张锡珍编写,全书由刘润华教授主审。本书的编写得到了电工电子学教学中心许多老师的帮助,刘复玉、王心刚、郑玲玲、李芳、游永智、贺利、周兰娟、李霞、郭亮、丁义成、魏瑞英、杨东芳等老师参加了本书的编写工作,并提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。由于时间短促,加之作者水平有限,书中难免有错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 测量的有关概念及测量误差	(3)
第 2 章 常用电工电子元器件	(7)
2.1 电阻器	(7)
2.2 电容器	(10)
2.3 继电器	(14)
2.4 电感器	(20)
2.5 半导体分立器件	(22)
2.6 常用模拟集成电路	(31)
第 3 章 常用电子仪器的使用	(40)
3.1 SAC-DGI 型电工实验装置	(40)
3.2 电气控制实验装置	(45)
3.3 电子示波器	(46)
3.4 交流毫伏表	(54)
3.5 数字电压表	(58)
3.6 万用表与兆欧表	(61)
3.7 D26 型功率表	(64)
3.8 函数信号发生器	(68)
3.9 直流稳压电源	(71)
3.10 电路实验箱	(74)
3.11 多功能实验开发器	(77)
第 4 章 电工电子技术实验	(80)
4.1 基本实验	(80)
实验一 戴维宁定理及最大功率传输条件的研究	(80)
实验二 单相交流电路的研究	(82)
实验三 三相交流电路的研究	(85)
实验四 一阶 RC 电路过渡过程的研究	(87)
实验五 单管交流放大电路	(90)
实验六 比较器与波形产生实验	(92)
实验七 TTL 门电路的功能与测试	(94)
实验八 触发器的功能测试及应用	(96)
实验九 变压器与磁路	(98)
实验十 三相异步电动机的使用	(100)

实验十一 三相异步电动机的基本控制	(103)
4.2 设计实验	(106)
实验一 万用表电路的设计与校验	(106)
实验二 照明电路的设计与安装	(110)
实验三 集成运算放大器实现的运算电路	(111)
实验四 三极管 β 值选择电路	(112)
实验五 组合逻辑电路的设计	(113)
实验六 集成触发器应用电路的设计	(114)
实验七 继电-接触控制电路的设计	(115)
4.3 综合实验	(116)
实验一 负反馈放大电路的研究	(116)
实验二 线性全波整流器	(118)
实验三 计数、译码和显示电路	(119)
实验四 A/D 和 D/A 的应用	(121)
实验五 整流滤波稳压电路	(124)
实验六 三相异步电动机多功能保护器	(126)
第5章 基于 EWB 的仿真实验	(129)
5.1 EWB 简介	(129)
5.2 仿真实验	(132)
实验一 直流电路的功率研究	(132)
实验二 稳压管稳压特性的研究	(134)
实验三 三极管温度特性的研究	(137)
实验四 RC 正弦波振荡电路	(139)
实验五 组合逻辑电路的分析与设计	(141)
实验六 时序逻辑电路的分析与设计	(144)
第6章 课程设计与实习	(146)
6.1 电工电子技术课程设计与实习举例	(146)
6.2 课程设计与实习课题	(164)
课题一 收音机的组装与统调	(164)
课题二 简易三极管输出特性曲线测试电路的设计、组装与调试	(165)
课题三 多功能家电保护器	(166)
课题四 控制电路的设计、组装与调试	(167)

第1章 绪 论

1.1 概 述

1.1.1 电工电子技术实验的目的与任务

电工电子技术实验是培养非电类理工专业学生基本技能的重要环节。电工电子技术实验的目的是使学生受到必要的电工电子技术实验基本技能的训练,加深和巩固对电工电子技术基本理论知识的理解,提高科学实验能力及运用理论分析实际问题的能力,培养学生严肃认真和实事求是的科学作风及爱护国家财产、遵守纪律的优良品德。

通过电工电子技术实验,学生在实验技能方面应达到下列要求:

1. 能按图接线,检查线路和排除一般断路、短路故障。
2. 能正确地使用常用的电工仪表、电子仪器和电机电器。
3. 能正确地读取实验数据,测绘波形曲线,分析实验结果,编写简练整洁的实验报告。
4. 能自选仪器、仪表及实验设备,自拟实验步骤,设计简单实验电路。
5. 能阅读简单的电气设备和电子设备的原理电路图。
6. 具有一般的安全用电常识。

1.1.2 电工电子技术实验室规则

实验时为了保证人身、设备安全,爱护国家财产,培养科学作风,确保实验顺利进行,实验者应严格遵守下列规则:

1. 没有充分预习,不得进行实验。在实验课上,教师要对预习情况进行检查提问,检查不合格者暂时不能参加本次实验。
2. 实验前教师应对学生进行安全教育。
3. 接通电源前必须请指导教师检查线路。
4. 严禁带电拆、接线。
5. 实验所需要的仪器、仪表和设备分组专用,必须爱护使用,不准随便搬动调换。
6. 实验中损坏了仪器、仪表和设备必须立即报告指导教师,并写出书面检查,责任事故要酌情赔偿。
7. 上实验课,未经请假不得无故迟到、缺席。实验时要严肃认真,保持安静、整洁的实验环境。实验完毕后必须将仪器、设备整理好,放回原处,实验结果经教师认可后,方可离开实验室。

1.1.3 实验基本要求

1. 认真预习

认真预习是做好实验的前提。预习时仔细阅读本书,要求:

- (1) 搞清实验目的、要求及有关理论。

(2) 搞清实验电路原理及有关仪器设备的使用方法。

(3) 明确实验的操作步骤及注意事项。

(4) 拟制好记录用的数据表格,并对实验结果进行必要的计算,做到心中有数。

预习实验决不能马虎从事,预习不好不仅难以完成实验任务,还可能造成事故,损坏设备。为此,实验室规定,经教师检查,预习不合格者,不得进行本次实验。

2. 认真实验

实验技能的训练、科学作风的培养、独立工作能力的提高都要通过实验这个环节来完成和检验。能否达到实验课的目的要求,完成预定任务,主要在于能否认真地进行实验,真正积极主动地边动脑边动手。

(1) 要听取指导教师对实验的指导。熟悉本实验的仪器、设备,检查是否齐全和完好,了解其性能、额定值,搞清正确使用方法及注意事项,努力提高操作能力和熟练程度。

(2) 严禁带电接线和拆线。要认真学习按图接线和检查线路的方法,自觉地训练和提高接线能力。接线时可对照电路图,从电源一端开始,按一定路径连接,力求做到正确、迅速、文明接线。接线完毕,先个人检查,然后再经教师检查,无误后,方可通电实验。

(3) 实验过程中要正确选择和使用仪表,仔细观察实验现象,合理选取数据点,正确记读数据。要善于发现问题并运用所学理论进行分析解释,出现故障要设法分析排除(但如出现短路、过载或有冒烟、糊味等可能损坏设备的现象,应立即切断电源,再进行检查分析)。

3. 认真总结

实验完毕,应根据实验要求认真进行归纳总结。实验报告是评定实验质量和实验者科学作风的重要依据,也是考评学生实验成绩的主要依据。实验报告要求用统一的报告格式书写,做到内容简明、数据真实、图表清晰、计算准确、分析合理、讨论深入、结论正确。

1.1.4 实验报告的内容与要求

(1) 班级、学号、姓名、实验地点和时间及实验题目。

(2) 实验目的。

(3) 实验原理。

(4) 实验仪器。

(5) 实验内容与步骤。包括实验电路图、实验条件、元件及输入信号参数等等。

(6) 实验结果。包括实验数据处理、计算示例与图线绘制;实验结果分析;结论分析、收获体会及意见。

(7) 回答思考题。

《电工电子技术实验与实习》是根据模块化的教学要求编写的。由于各专业的教学要求及讲授时间不尽相同,故任课教师可根据具体情况对实验内容进行必要的增减。本书中设有打“*”号的内容,供学生拓宽内容,自主选做。本书的每个实验都有明确的要求和说明,但实验步骤简略,尽量让学生自己拟定实验步骤,以利于培养学生的基本技能,提高组织实验和安排实验的能力。为此,要求学生实验前做好充分预习。

1.2 测量的有关概念及测量误差

测量是指通过实验的方法,测定一个未知量的大小,这个未知量叫做“被测量”。一个量在被测量时,该量本身所具有的真实大小称为“真值”。在测量中由于人们对客观认识的局限性、测量器具不准确、手段不完善、测量条件发生变化及测量工作中的疏忽等原因,都会使测量结果与真值不同,这个差别就是测量误差。

1.2.1 仪表误差及误差表达方式

对于各种电工指示仪表,无论制造得如何精细、质量如何优良,它的测量值与被测量的真值之间总是存在着某种程度的差异,这个差异称为仪表误差。仪表误差越小,说明仪表的测量值与实际值越接近。因此,仪表的准确度用误差的大小来说明。

(一) 仪表误差的分类

1. 基本误差

仪表在正常工作条件下,由于活动部分的摩擦、标尺刻度不准、零件装配不当等原因造成的误差,都属于仪表的基本误差,这是仪表本身固有的一种误差。

2. 附加误差

当仪表工作在非正常工作条件下时,如环境温度、电源电压、频率等因素偏离规定的正常条件时,会造成额外的误差,这种由于工作条件的改变而造成的额外误差称为仪表的附加误差。

(二) 误差表示方式

1. 绝对误差

仪表的指示值(A_x)和被测量的真值(A_0)之间的差值称为绝对误差。绝对误差以 ΔA 表示,即

$$\Delta A = A_x - A_0 \quad (1.2.1)$$

当 $A_x > A_0$ 时, ΔA 是正值; $A_x < A_0$ 时, ΔA 是负值,所以绝对误差是具有大小、正负和量纲的数值,它的大小和符号分别表示指示值偏离真值的程度和方向。计算时,可用标准表(用作校正工作仪表的高准确度仪表)的指示值作为被测量的真值。

由式(1.2.1)可推得

$$A_0 = A_x + (-\Delta A) = A_x + c \quad (1.2.2)$$

式(1.2.2)中 $c = -\Delta A$ 称为修正值(更正值、校正值)。修正值与绝对误差的绝对值大小相等,符号相反。引入修正值,就可以对仪表指示值进行校正,最大限度地减小其误差,得到被测量的实际值。

2. 相对误差

测量不同大小的被测量时,不能简单地用绝对误差来判断其准确程度。例如甲表在测量 100 V 电压时,绝对误差 $\Delta A_{甲} = +1$ V,乙表在测量 10 V 电压时,绝对误差 $\Delta A_{乙} = +0.5$ V,从这里的绝对误差来看,甲表大于乙表。但从仪表误差对测量结果的相对影响来看,却是乙表较大。因为甲表的误差只占被测量的 1%,而乙表的误差占被测量的 5%,所以乙表误差对测量结果的相对影响更大。因此,工程上通常采用相对误差来衡量测量结果的准确程度。

相对误差就是绝对误差 ΔA 与被测量真值 A_0 的比值。通常用百分数来表示,用符号 r 表

示相对误差,即

$$r = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \quad (1.2.3)$$

在误差较小,要求不太严格的场合,可用仪表的指示值代替实际值计算相对误差,即

$$r = \frac{\Delta A}{A_x} \times 100\% \quad (1.2.4)$$

3. 引用误差

相对误差能表示测量结果的准确程度,却不能说明仪表本身的准确性能。同一块仪表,在测量不同的被测量时,由于摩擦等原因造成的绝对误差 ΔA 变化不大,但随着被测量的变化,仪表的指示值可在整个刻度范围内变化。因此,对应不同大小的被测量,就有不同的相对误差,我们很难用相对误差全面衡量一只仪表的准确性能。

例 1 一只测量范围为 $0 \sim 250 \text{ V}$ 的电压表,在测量 200 V 电压时,绝对误差为 $+1 \text{ V}$ 。在测量 10 V 电压时,绝对误差为 $+0.9 \text{ V}$,求它们的相对误差。

解 测量 200 V 电压时,相对误差为

$$r_1 = \frac{1}{200} \times 100\% = 0.5\%$$

测量 10 V 电压时,相对误差为

$$r_2 = \frac{0.9}{10} \times 100\% = 9\%$$

可见,随着被测量的变化,相对误差也跟着变化,因此就提出了引用误差,以便更好地反映仪表的基本误差。

引用误差是指绝对误差 ΔA 与仪表测量上限(仪表的满刻度值)比值的百分数,用 r_m 表示,即

$$r_m = \frac{\Delta A}{A_m} \times 100\% \quad (1.2.5)$$

由于仪表的测量上限是一个常数,而仪表的绝对误差又大体不变,所以可用“引用误差”来表示仪表的准确度,引用误差实际上是测量上限的相对误差。

国家标准规定用最大引用误差来表示仪表的准确度等级,即在正常工作条件下,仪表进行测量时由基本误差构成的最大绝对误差 ΔA_m 与仪表量程 A_m 之比。准确度等级用 K 表示,其表达式为

$$\pm K\% = \frac{\Delta A_m}{A_m} \times 100\% \quad (1.2.6)$$

例 2 用准确度为 0.5 级和上限为 10 A 的电流表测量 4 A 电流时,求其最大可能出现的相对误差。

解 由式(1.2.6),该电流表最大绝对误差的绝对值为

$$|\Delta A_m| = |K \times A_m / 100| = |0.5 \times 10 / 100| = 0.05 \text{ (A)}$$

测 4 A 电流时,可能出现的最大相对误差为

$$r = \frac{|\Delta A_m|}{A_m} \times 100\% = \frac{0.05}{4} \times 100\% = 1.25\%$$

由此可见,在一般情况下,测量结果的准确程度(其最大相对误差),并不等于仪表的准确度,两者不能混淆。因此,选用仪表时,不仅要考虑仪表的准确度,还要根据被测量的大小,选

选择合适的仪表量程,才能保证测量结果的准确性。

例3 用0.2级和上限量程为100 A的电流表测4 A电流时,求其最大相对误差。

解 由式(1.2.6)得出该表的最大绝对误差的绝对值为

$$|\Delta A_m| = |K \times A_m / 100| = |0.2 \times 10 / 100| = 0.2 \text{ (A)}$$

测4 A时,可能出现的最大相对误差为

$$r = \frac{|\Delta A_m|}{A_x} \times 100\% = \frac{0.2}{4} \times 100\% = 5\%$$

可见,仪表的准确度虽然提高了,但测量的最大相对误差反而增大了。所以只片面追求仪表的准确度等级,而忽略对仪表量程的合理选择,就无法保证测量结果的准确性。因此,选择仪表时应使被测量值处在仪表量程的2/3以上。

1.2.2 测量误差的来源及分类

根据误差的性质不同,测量误差一般分为系统误差、随机(偶然)误差和疏忽误差。

1. 系统误差

在相同条件下,多次测量同一量值时,误差的绝对值和符号保持不变,或条件改变时,按一定规律变化的误差称为系统误差。产生系统误差的原因有以下几种:

(1) 仪器、仪表在设计和制作上的缺陷,如刻度的偏差、仪表的零位偏移、刻度盘或指针安装偏心等。

(2) 测量时的实际温度、湿度及电源电压等环境条件与仪器、仪表要求的工作条件不一致。

(3) 采用近似的测量方法或近似的计算公式等。

(4) 测量人员读数时,由于习惯偏于某一方向或有滞后倾向等原因引起的误差。

2. 随机误差

在相同条件下,多次测量同一量值时,绝对值和符号均以不可预定方式变化的误差称为随机误差。产生随机误差的原因有以下几种:

(1) 测量用仪器仪表中零部件之间的配合不符合要求或产生噪声等。

(2) 温度及电源电压的频繁波动、电磁场干扰、台基振动等。

(3) 测量人员读数的无规律、不稳定等原因所引起的误差。

3. 疏忽误差

测量时,由于疏忽引起的测量值明显地偏离实际值所形成的误差称为疏忽误差。产生疏忽误差的原因有以下几种:

(1) 在测量中,测量人员疏忽造成的错误读数、错误操作或记录等。

(2) 测量条件的突然变化,如电源电压、机械冲击等原因产生的疏忽误差。

1.2.3 减小测量误差的方法

经过测量取得测量数据后,通常要对这些数据进行分析、整理、计算,有时还要画成表格和曲线,利用误差分析的方法,进行数据处理,得出正确结论。

对于测量的误差值,一般只取一位到两位数字,即常在有效数字后给出一到两位数字,这样表示的测量结果数值称为有效安全数字。对于一个测量结果应该如何表示,目前国内外尚无统一规定。总的来说,只要表示的测量结果能正确反映被测量的大小,同时数据表达不过于

冗长就可以了。

1. 系统误差的减小

系统误差的特点是在测量条件一定时,误差为一确定数值。虽然产生系统误差的原因是多方面的,但总是有规律的。对其产生误差的根源采取一定的技术措施,就能减小系统误差的影响,如仪器不准,通过检验取得修正值以减小系统误差,或者是选择合理的测量方法,配置适当的仪器、仪表并对仪表及时地进行校正。

2. 随机误差的减小

这一类误差的特点是在多次测量中,误差绝对值的波动有一定的界限,正负误差出现的机会相同。因此,可以通过取多次测量值的平均值来减小随机误差。

3. 疏忽误差的减小

凡是由于疏忽误差所造成的明显错误数据成为坏值,应当剔除不用。

第2章 常用电工电子元器件

2.1 电 阻 器

2.1.1 电阻器的图形符号及单位换算

1. 电阻器的图形符号

电阻器的图形符号如图 2.1.1。

2. 电阻的单位及换算关系

电阻的单位: 欧姆(Ω)、千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)、吉欧($G\Omega$)、太欧($T\Omega$)。

换算关系: $1 k\Omega = 1\,000 \Omega$

$1 G\Omega = 1\,000 M\Omega$

$1 M\Omega = 1\,000 k\Omega$

$1 T\Omega = 1\,000 G\Omega$

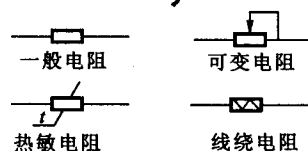
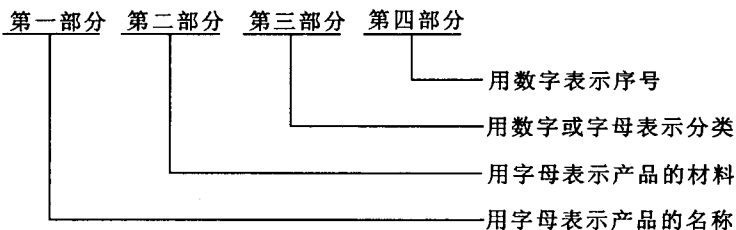


图 2.1.1 常用电阻器的图形符号

2.1.2 电阻器的型号命名方法

电阻器、电位器型号的命名由四部分组成:



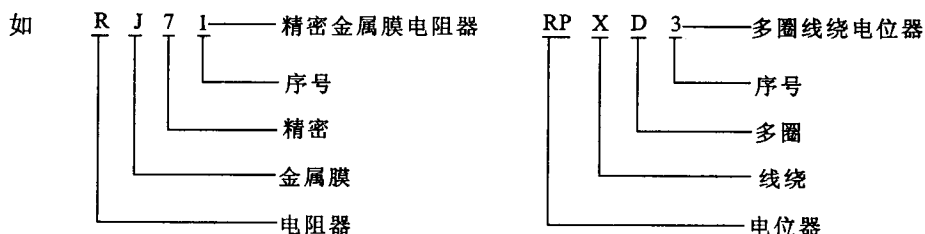
各部分符号意义见表 2.1.1。

表 2.1.1 电阻器、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
用字母表示名称		用字母表示材料		用数字或字母表示分类		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
RP	电位器	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 电位器——特殊函数	
		J	金属膜(箔)			
		Y	氧化膜			
		S	有机实芯	9	特殊	
		N	无机实芯	G	高功率	

续表 2.1.1

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示名称		用字母表示材料		用数字或字母表示分类		用数字表示序号
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	
		X	线绕	T	可调	
		R	热敏	X	小型	
		G	光敏	L	测量用	
		M	压敏	W	微调	
				D	多圈	



2.1.3 常用电阻器的主要标志内容和标志方法

电阻器的阻值、额定功率、误差等技术指标,常用数字或色环等标印在电阻器上。

1. 常用电阻器的主要标志内容

主要标志内容有型号、额定功率、标称阻值、允许误差。如 RJ-0.25 W-5.1 k Ω - $\pm 10\%$ 表示金属膜电阻器,额定功率 0.25 W,阻值 5.1 k Ω ,允许误差 $\pm 10\%$ 。

2. 常用电阻器的标志方法

电阻器的标志主要有三种方法:直标法、文字符号法和色标法。

直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值,其允许误差直接用百分数表示。如 50 k $\Omega \pm 5\%$ 。

文字符号法是将阿拉伯数字和文字符号有规律地组合来表示标称阻值。文字符号法用 R、K、M、G、T 表示电阻值的单位。文字符号法的组合规律是:符号 R(或 K、M 等)前面的数字表示整数阻值,后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值。如 R15 表示 0.15 Ω ;1R2 表示 1.2 Ω ;2K7 表示 2.7 k Ω ;8G2 表示 8.2 G Ω (8 200 M Ω)。

色标法是用不同颜色的环或点在电阻器表面上标出标称阻值和允许误差。色标法各种颜色的含义见表 2.1.2。

表 2.1.2 色标法各种颜色的意义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色(底)
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/%		F ± 1	G ± 2			D ± 0.5	C ± 0.2	B ± 0.1			J ± 5	K ± 10	M ± 20

(1) 2 位有效数字的色标法。误差 $\geq 5\%$ 的电阻器一般采用 4 个色环表示标称阻值和允许

误差,其中3个表示阻值,1个表示误差。离电阻器一端最近的那个色环(即第一个色环)表示标称阻值第一位有效数字,第二个色环表示第二位有效数字,第三个色环表示倍乘(即有效数字后0的个数),第四个色环表示阻值的允许误差,如图2.1.2所示。

(2) 3位有效数字的色标法。误差 $\leq 2\%$ 的精密电阻器大多采用5个色环表示标称阻值和允许误差。第一个色环至第三个色环表示三位有效数字,第四个色环表示倍乘,第五个色环表示阻值的允许误差,如图2.1.3所示。

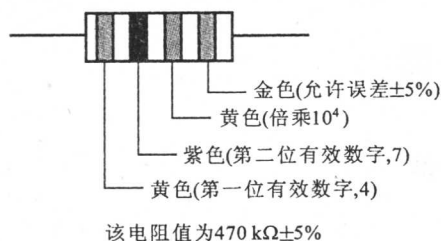


图 2.1.2 2位有效数字的色标法

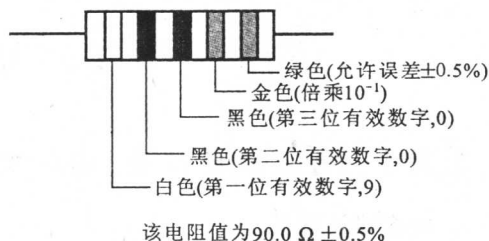


图 2.1.3 3位有效数字的色标法

2.1.4 电位器

电位器是一种把机械位移转换成电阻变化的机电元件,它通常由电阻体和可移动电刷组成。电位器一般分为非线性和线性两类,线绕电位器的阻值变化一般呈直线式;非线绕电位器的阻值变化分别为直线式(X型)、对数式(D型)、指数式(Z型)三种。

1. 线绕电位器

线绕电位器的电阻体是用电阻合金线在绝缘骨架上绕制而成的。线绕电位器按用途可分为普通线绕电位器、精密线绕电位器和微调线绕电位器等,如图2.1.4所示。线绕电位器的优点是接触电阻小,精度高,温度系数小。缺点是阻值偏低,且线圈具有分布电感和分布电容,限制了它的高频使用。

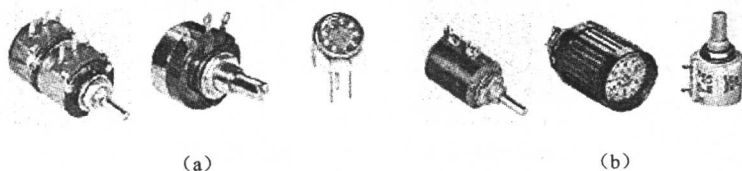


图 2.1.4 线绕电位器

(a) 单圈电位器; (b) 多圈电位器

2. 非线绕电位器

非线绕电位器主要包括合成碳膜电位器(WH)和有机实芯电位器(WS),如图2.1.5所示。

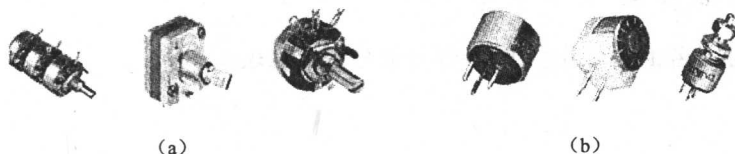


图 2.1.5 非线绕电位器

(a) 碳膜电位器; (b) 实芯电位器

合成碳膜电位器的优点是阻值范围较宽,分辨力较好,容易获得直线式或函数式输出特性。缺点是电流噪声和非线性较大,耐潮性以及阻值稳定性差。

有机实芯电位器与合成碳膜电位器相比,其优点是耐热性好,功率较大,可靠性高,体积小,缺点是工艺复杂。

3. 常用电位器的图形符号

电路中常用电位器的图形符号如图 2.1.6 所示。

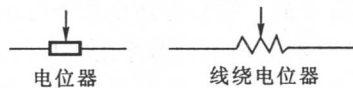


图 2.1.6 常用电位器符号

2.2 电 容 器

2.2.1 电容器的符号、实物及换算单位

1. 电容器的符号

电容器是由两块平行金属极板中间隔一绝缘体组成。它的符号很形象的表示电容器的这一结构特性。电解电容有正负极性之分,使用时极性不能接错。图 2.2.1 为常用电容器的图形符号。常用电容器的外形如图 2.2.2 所示。

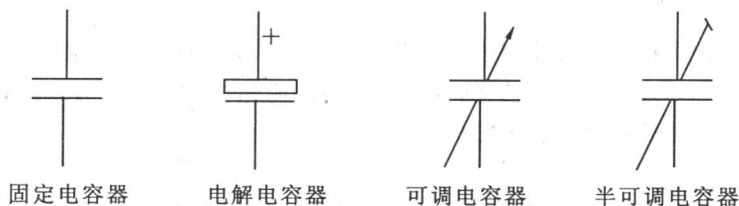
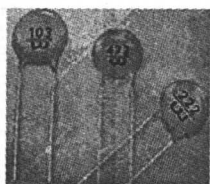
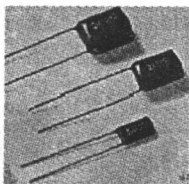


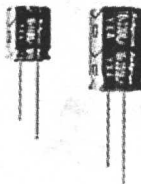
图 2.2.1 常用电容器符号



瓷片电容器



涤纶电容器



电解电容器



可调电容器

图 2.2.2 电容器实物

2. 电容单位

电容器容量的单位有:法拉(F)、毫法(mF)、微法(μF)、纳法(nF)、皮法(pF)。

它们之间的换算关系是: $1\text{F}=10^3\text{mF}=10^6\mu\text{F}=10^9\text{nF}=10^{12}\text{pF}$ 。

2.2.2 电容器的型号命名法

电容器的型号命名由四部分组成,各部分符号意义见表 2.2.1。

第一部分 名称		第二部分 材料		第三部分 类别					第四部分 序号
字母	含义	字母	含义	符号	(瓷介电 容器)含义	(云母电 容器)含义	(有机电 容器)含义	(电解电 容器)含义	用数字表示
C	电 容 器	A	钽电解	1	圆 形	非密封	非密封	箔 式	以区分产 品的外形 尺寸和性 能指标
		B	聚苯乙烯等	2	管 形	非密封	非密封	箔 式	
		C	高频陶瓷						
		D	铝电解	3	叠 片	密 封	密 封	烧结粉,非固体	
		E	其他材料电解	4	独 石	密 封	密 封	烧结粉,固体	
		G	合金电解						
		H	纸腹复合	5	穿 芯		穿 芯		
		I	玻璃釉						
		J	金属化纸	6	支柱等				
		L	聚酯等极性有机膜	7					
		N	铌电解	8	高 压	高 压	高 压		
		O	玻璃膜						
		Q	漆 膜	9			特 殊	特 殊	
		S	低频陶瓷						
		T	钛电解	D	低 压	低 压	低 压	低 压	
		V	云母纸						
		G	大功率	大功率	大功率	大功率			
Y	云 母	M	密 封	密 封	密 封	密 封			
Z	纸 介	W	微 调	微 调	微 调	微 调			

C A 4 2

—— 固体圆柱形钽电解电容器

—— 序号（圆柱形树脂包封）

—— 类别（烧结粉固体）

—— 材料（钽电解）

—— 主称（电容器）

2. 文字符号法是将阿拉伯数字和文字符号有规律的组合,在电容器表面标出主要参数的方法。标称电容量的标志应该符合表 2.2.2 的规定。标称电容量允许误差的文字符号见表 2.2.3。如 $3\text{ p}32\text{ F}$ 表示为 $3.32\text{ pF}\pm 1\%$ 。