



山东省高等学校精品课程教材

电子技术 实验与课程设计

主编 刘润华 任旭虎

石油大学出版社

山东省高等学校精品课程教材

电子技术实验与课程设计

刘润华 任旭虎 主 编

石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与课程设计/刘润华等主编. - 2 版. - 东营:石油大学出版社, 2005

ISBN 7-5636-2029-X

I .电… II .刘… III .电子技术-高等学校-教学参考资料 IV .TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 001154 号

电子技术实验与课程设计

刘润华 任旭虎 主编

责任编辑:宋秀勇(电话 0546-8392139)

封面设计:傅荣治

出 版 者:石油大学出版社(山东 东营 邮编 257062)

网 址: <http://sunctr.hdpu.edu.cn/upcpress>

电子信箱: yibian@mail.hapu.edu.cn

印 刷 者:沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者:石油大学出版社(电话 0546—8392563)

开 本:185×260 1/16 印张:15.875 字数:410 千字

版 次:2005 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:24.00 元

前 言

本书是根据原国家教委 1993 年批准的“高等学校电子技术基础课程教学基本要求”,参考 2004 年刚刚修订的“高等学校电子技术基础课程教学基本要求”,并考虑到精品课程建设标准和 21 世纪初对人才培养的要求而编写的。

“电子技术基础”是高等学校电气、电子等信息类专业的一门实践性很强的技术基础课程。作为实践类课程的教材,应以加强能力培养为宗旨,除了进行必要的基本实验技能训练之外,应注重综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养。实践证明,“电子技术课程设计”是实现上述目标的有效环节。通过这一环节,可以使学生系统地进行电子电路的工程实践训练,为后续读课程的学习、各类电子设计竞赛、毕业设计乃至毕业后的工作打下良好的基础。

按照分层次、模块化的实践类课程新体系,本书分为四篇:第一篇 电子技术实验和课程设计基础知识,以学生自学为主;第二篇 电子技术基础实验,包括模拟电路和数字电路实验,每一部分又分为基本实验、设计实验和综合实验三个层次;第三篇 EDA 实验,包括模拟可编程和数字可编程器件的设计以及 EWB 仿真,EWB 仿真主要作为第二篇中每个实验要求的预习内容,以学生自己练习为主;第四篇 电子技术课程设计,包括模拟、数字和 PLD 课程设计三方面的内容,主要突出综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养。

参加本书编写的有刘润华(第 1、2、6、7 章和 4.3 节),郑玲玲(第 3 章和 4.2 节),魏瑞英(第 4.1 节),陈璨(第 5、8 章),王心刚(第 9、10 章),郭曙光(第 11 章),任旭虎(第 12 章)。全书由刘润华教授统稿。此外,郝宁眉,刘复玉,张锡珍等老师也对本书的编写提出了许多宝贵意见,并给予了大力支持和帮助,特此表示感谢。由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2005 年 1 月

目 录

第一篇 电子技术实验和课程设计基础知识

第1章 绪论	(1)
1.1 电子技术实验的目的和意义	(1)
1.2 电子技术实验的一般要求	(2)
1.3 测量的有关概念及测量误差	(2)
第2章 常用电子元器件	(6)
2.1 电阻器与电位器	(6)
2.2 电容器	(12)
2.3 电感器	(18)
2.4 常用半导体分立器件	(19)
2.5 常用集成电路	(26)
附录 部分常用集成电路引脚功能	(30)
第3章 常用电子仪器	(36)
3.1 电子示波器	(36)
3.2 数字电压表	(43)
3.3 交流毫伏表	(45)
3.4 直流稳压电源	(49)
3.5 函数信号发生器	(52)
3.6 电路实验箱	(55)

第二篇 电子技术实验

第4章 模拟电子技术实验	(59)
4.1 基本实验	(59)
实验一 常用电子仪器的使用练习	(59)
实验二 单管交流放大电路	(60)
实验三 放大器的输入、输出电阻和幅频特性的测量	(63)
实验四 负反馈放大器	(65)
实验五 结型场效应管的特性及源极输出器	(67)
4.2 设计实验	(70)
实验一 集成运算放大器实现的运算电路	(70)
实验二 电压比较器	(73)
实验三 波形产生电路	(74)

实验四 RC 有源滤波器	(76)
实验五 直流稳压电源	(79)
实验六 OTL 功率放大器	(82)
4.3 综合实验	(85)
实验一 双线变压器	(85)
实验二 交流电压、电流与功率因数测量电路	(87)
第 5 章 数字电路实验	(90)
5.1 基本实验	(90)
实验一 TTL 门电路的功能与参数测试	(90)
实验二 TTL 集电极开路门和三态门逻辑功能测试及应用	(91)
实验三 触发器的功能测试及其应用	(93)
5.2 设计实验	(94)
实验一 用门电路实验组合逻辑电路	(94)
实验二 数据选择器、编码器和译码器及应用	(95)
实验三 半加器、全加器及应用	(96)
实验四 集成计算器及应用	(97)
实验五 波形产生和整形电路	(98)
5.3 综合实验	(99)
实验一 D/A 和 A/D 及应用	(99)
实验二 计数、译码和显示电路	(103)
实验三 彩灯显示控制	(104)
实验四 拔河游戏机	(105)

第三篇 EDA 实验

第 6 章 基于 WEB 的仿真实验	(107)
实验一 单级共射极放大电路的研究	(107)
实验二 负反馈放大电路	(111)
实验三 有源滤波电路	(113)
实验四 电压比较器	(116)
实验五 RC 正弦波振荡器	(119)
实验六 传感器信号变换电路	(121)
实验七 精密整流与仪器放大电路	(123)
实验八 TTL 门电路的主要参数测试	(126)
实验九 译码器与数据选择器	(129)
实验十 JK 触发器功能测试及其应用	(133)
实验十一 MSI 同步计数器功能测试及应用	(136)
实验十二 555 定时器功能测试及其应用	(137)
实验十三 数/模转换电路及其应用	(140)
实验十四 模/数转换电路及其应用	(142)

实验十五 多路智力竞赛抢答器设计	(144)
第 7 章 ispPAC 实验	(151)
7.1 ispPAC 开发实验装置简介	(151)
7.2 ispPAC 实验	(153)
实验一 ispPAC10 实现的放大器	(153)
实验二 ispPAC10 实现的运算电路	(154)
实验三 ispPAC10 实现的滤波器	(154)
实验四 ispPAC20 实现的超限报警电路	(155)
第 8 章 PLD 实验	(156)
8.1 SZD-Ⅲ型 PLD 实验开发系简介	(156)
8.2 ispPLD 实验	(159)
实验一 用 ispPLD 设计数据范围指示器	(159)
实验二 用 ispPLD 设计数码转换电路	(161)
实验三 PLD 触发器功能测试及组合电路冒险现象的观察	(162)
实验四 用 ispPLD 实现十进制计数器	(164)
实验五 用 ispPLD 实现六十进制计数器	(165)
实验六 彩灯显示控制	(166)
实验七 简易数字直流电压表	(167)

第四篇 电子技术课程设计

第 9 章 电子电路的设计、安装和调试	(168)
9.1 电子电路的设计方法	(168)
9.2 电子电路的抗干扰技术	(172)
9.3 印制电路板的设计与制作	(176)
9.4 电子电路的安装	(184)
9.5 电子电路的调试与故障分析处理	(190)
第 10 章 模拟电子技术课程设计	(193)
10.1 模拟电子技术课程设计举例	(193)
10.2 电子技术课程设计课题	(213)
课题一 温度控制器设计	(213)
课题二 低频功率放大器设计	(215)
课题三 步进电机控制器设计	(216)
第 11 章 数字电子技术课程设计	(217)
11.1 数字电子技术课程设计举例	(217)
11.2 数字电路课程设计课题	(219)
课题一 智力竞赛抢答器	(219)
课题二 数字频率计	(220)
课题三 数显电容测试仪	(220)
课题四 简易公用电话计时器	(221)

课题五 电子密码锁	(222)
第 12 章 PLD 课程设计	(223)
12.1 PLD 课程设计举例	(223)
12.2 PLD 课程设计课题	(235)
课题一 交通灯管理系统	(235)
课题二 “梁祝”乐曲演奏电路	(237)
课题三 三层电梯控制器	(242)
课题四 乒乓游戏机	(243)
主要参考文献	(245)

第一篇 电子技术实验和课程 设计基础知识

第1章 绪 论

1.1 电子技术实验的目的和意义

电子技术基础是一门实践性很强的课程,它的任务是使学生获得电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。为此,应加强各种形式的实践环节。

对于电子技术基础这样一门具有工程特点和实践性很强的课程,加强工程训练,特别是技能的培养,对于培养工程人员的素质和能力具有十分重要的作用。在学完模拟电子技术和数字电子技术基础课程后,增设综合实验及课程设计课,对提高学生综合动手能力和工程设计能力是非常重要的。

电子技术实验,按性质可分为验证性实验、设计性实验和综合性实验三大类。

验证性实验主要是为电子技术学科的理论论证和实际技能的培养奠定基础。这类实验除了巩固加深某些重要的基础理论外,主要在于帮助学生认识现象,掌握基本实验知识、基本实验方法和基本实验技能。

设计性实验主要是应用课程中所学知识和电子器件,设计完成某种功能的电路,并通过实验把其功能通过仪器设备测量出来。这类实验主要是培养学生电路设计和调试能力。

综合性实验属于应用性实验,实验内容侧重于某些理论知识的综合应用,其目的是培养学生综合运用所学理论的能力和解决较复杂的实际问题的能力。

课程设计对于学生来说既有综合性又有探索性,它主要侧重于某些理论知识的灵活运用。例如,完成特定功能电子电路的设计、安装和调试等。要求学生在教师指导下独立进行查阅资料、设计方案与组织实验等工作,并写出报告。这类实验对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

自20世纪90年代以来,电子技术发展呈现出系统集成化、设计自动化、用户专业化和测试智能化的优势,为了培养21世纪电子技术人才和适应电子信息时代的要求,我们认为除了完成常规的硬件实验外,在电子技术实验中引入计算机仿真实验和设计实验是将来发展的趋势,因此应该重视。

电子技术实验应突出基础技能、设计性综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培

养,以适应 21 世纪对人才的要求。

1.2 电子技术实验的一般要求

尽管电子技术各个实验的目的和内容不同,但为了培养良好的学风,充分发挥学生的主观能动作用,促使其独立思考、独立完成实验并有所创新,我们对实验前、实验中和实验后分别提出如下基本要求。

1. 实验前的要求

为避免盲目性,参加实验者应对实验内容进行预习。要明确实验目的要求,掌握有关电路的基本原理(课程设计则要明确设计任务),拟出实验方法和步骤,设计实验表格,对思考题作出解答,初步估算(或分析)实验结果(包括参数和波形),根据以上步骤,有条件的话最好进行计算机仿真实验。最后作出预习报告。

2. 实验中的要求

(1) 参加实验者要自觉遵守实验室规则。

(2) 根据实验内容合理布置实验现场。准备好实验所需的仪器设备和装置并安放适当。按实验方案连接实验电路和测试电路。

(3) 认真记录实验条件和所得数据、波形,发生故障应独立思考,耐心排除,并记下排除故障过程和方法。

(4) 发生故障应立即切断电源,并报告指导老师和实验室工作人员,等待处理。

(5) 实验结束时,将记录送指导教师审阅签字。经教师同意后方可拆除线路,清理现场。

3. 实验后的要求

实验后要求学生认真写好实验报告。

(1) 实验报告内容。

① 列出实验条件,包括何时与何人共同完成什么实验,当时的环境条件,使用仪器名称及编号等。

② 认真整理和处理测试的数据,绘出实验波形,并列出表格或画出曲线。

③ 对测试结果进行理论分析,作出简明扼要的结论。找出产生误差的原因,提出减少实验误差的措施。

④ 记录产生故障情况,说明排除故障的过程和方法。

⑤ 写出对本次实验的心得体会,以及改进实验的建议。

(2) 实验报告的要求。

文理通顺,书写简洁;符号标准,图表齐全;讨论深入,结论简明。

1.3 测量的有关概念及测量误差

测量是指通过试验的方法,去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、测量仪器不准确、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,这个差值就是测量误差。

1.3.1 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及其质量如何优良,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。

1. 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。当仪表超出规定的正常工作条件,如环境温度、电源电压、频率等因素偏离规定的正常条件时,都会造成额外的误差。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。

2. 误差表示方式

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

$$\Delta A = A_x - A_0 \quad (1.3.1)$$

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(1.3.1)可得

$$A_0 = A_x + (-\Delta A) = A_x + c \quad (1.3.2)$$

式(1.3.2)中, $c = -\Delta A$ 称为修正值(更正值或校正值)。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,消除其误差,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 $\Delta A_{\text{甲}} = +1$ V,乙表在测量 10 V 电压时,绝对误差 $\Delta A_{\text{乙}} = +0.5$ 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

$$r = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \quad (1.3.3)$$

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

$$r = \frac{\Delta A}{A_x} \times 100\% \quad (1.3.4)$$

(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 1.3.1 一只测量范围为 0~250 V 的电压表,在测量 200 V 电压时,绝对误差为 +1 V。在测量 10 V 电压时,绝对误差为 +0.9 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

$$r_m = \frac{\Delta A}{A_m} \times 100\% \quad (1.3.5)$$

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,纯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

$$\pm K\% = \frac{\Delta A_m}{A_m} \times 100\% \quad (1.3.6)$$

例 1.3.2 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(1.3.6),该电流表最大绝对误差的值为

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

测 4 A 电流时,可能出现的最大相对误差为

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

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,选择合适的仪表量程,才能保证测量结果的准确性。

例 1.3.3 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(1.3.6)得出该表的最大绝对误差的绝对值为

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

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。

1.3.2 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) 测量用仪器仪表在设计 and 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,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,由于疏忽所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,测量人员由于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误差。

1.3.3 减小测量误差的方法

(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。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的办法来消除随机误差。

(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称为坏值,应当剔除不用。

第2章 常用电子元器件

任何电子电路都是由元器件组成的,常用的元器件有电阻器、电容器、电感器和各种半导体器件(如二极管、三极管、集成电路等)。为了能正确地选择和使用这些元器件,就必须掌握它们的性能、结构与主要性能参数等有关知识。

2.1 电阻器与电位器

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种,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工作的稳定性有极大影响。电阻器的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,其次还可作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。

2.1.1 电阻器的分类

电阻器按结构可分为固定式和可变式两大类。

固定式电阻器一般称为“电阻”。根据制作材料和工艺的不同,可分为膜式电阻、实心式电阻、金属线绕电阻(RX)和特殊电阻四种类型。

膜式电阻包括:碳膜电阻 RT、金属膜电阻 RJ、合成膜电阻 RH 和氧化膜电阻 RY 等。

实心电阻包括:有机实心电阻 RS 和无机实心电阻 RN。

特殊电阻包括:MG 型光敏电阻和 MF 型热敏电阻。

可变式电阻器分为滑线式变阻器和电位器。其中应用最广泛的是电位器。

电位器是一种具有三个接头的可变电阻器。其阻值可在一定范围内连续可调。

电位器的分类有以下几种:

按电阻体材料分,可分为薄膜和线绕两种。薄膜可分为 WTX 型小型碳膜电位器, WTH 型合成碳膜电位器, WS 型有机实心电位器, WHJ 型精密合成膜电位器和 WHD 型多圈合成膜电位器等。线绕电位器的代号为 WX。一般情况下,线绕电位器的误差不大于 $\pm 10\%$, 非线绕电位器的误差不大于 $\pm 2\%$ 。其阻值、误差与型号均标在电位器上。

按调节机械的运动方式,有旋转式、直滑式。

按结构分,可分为单联、多联、带开关、不带开关等;开关形式又有旋转式、推拉式、按键式等。

按用途分,可分为普通电位器、精密电位器、功率电位器、微调电位器和专用电位器等。

按阻值随转角变化关系,又可分为线性和非线性电位器,如图 2.1.1 所示曲线。

它们的特点分别为:

X 式(直线式):常用于示波器的聚焦电位器和万用表的调零电位器(如 MF-20 型万用表),其线性精度为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.3\%$ 、 $\pm 0.05\%$ 。

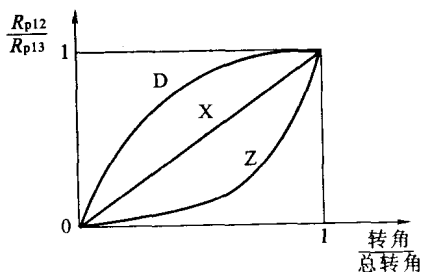


图 2.1.1 电位器阻值随转角变化曲线

D 式(对数式):常用于电视机的黑白对比度调节,其特点是,先粗调后细调。
Z 式(指数式):常用于收音机的音量调节,其特点是,先细调后粗调。
所有 X、D、Z 字母符号一般印在电位器上,使用时应注意。
常用电阻器和电位器的外形和符号如图 2.1.2 所示。

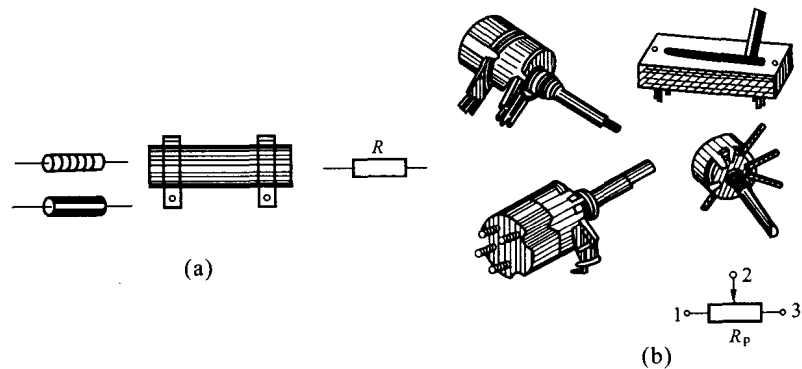
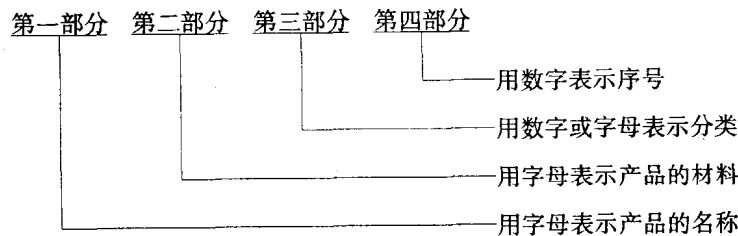


图 2.1.2 常用电阻器外形及符号
(a) 电阻器外形及符号; (b) 电位器外形及符号

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:



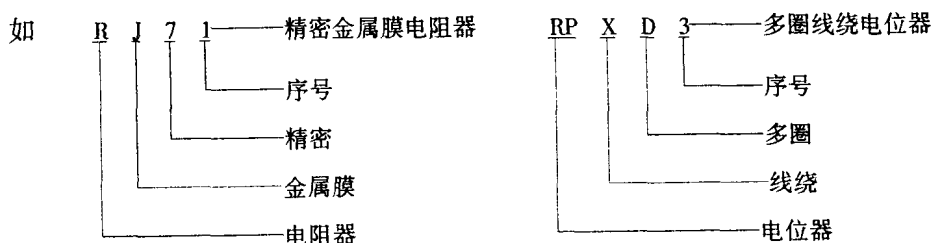
各部分符号意义见表 2.1.1。

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	有机实心	9	特殊	
		N	无机实心	C	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	
		C	光敏	L	测量用	
		M	压敏	W	微调	
				D	多圈	



2.1.3 电阻器的主要性能指标

(1) 额定功率。电阻器的额定功率是在规定的环境温度和湿度下,假定周围空气不流通,在长期连续工作而不损坏或基本不改变性能的情况下,电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时,电阻器的阻值将发生变化,甚至发热烧毁。为保证安全起见,一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。

额定功率分 19 个等级,常用的有 1/20 W, 1/8 W, 1/4 W, 1/2 W, 1 W, 2 W, 4 W, 5 W…。在电路图中,非线绕电阻器额定功率的符号表示法如图 2.1.3 所示。

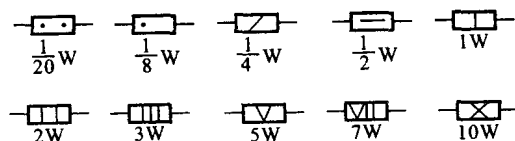


图 2.1.3 额定功率的符号表示法

实际中应用较多的有 1/4 W、1/2 W、1 W、2 W。线绕电位器应用较多的有 2 W、3 W、5 W、10 W 等。

(2) 标称阻值。标称阻值是产品标志的“名义”阻值,其单位为欧(Ω)、千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)。标称阻值系列如表 2.1.2 所示。

任何固定电阻器的阻值都应符合表 2.1.2 所列数值乘以 $10^n \Omega$,其中 n 为整数。

表 2.1.2 标称阻值

允许误差	系列代号	标称阻值系列											
±5%	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
±10%	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
±20%	E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						

(3) 允许误差。允许误差是指电阻器和电位器实际阻值对于标称阻值的最大允许偏差范围。它表示产品的精度。允许误差等级如表 2.1.3 所示。线绕电位器允许误差一般小于 $\pm 10\%$, 非线绕电位器的允许误差一般小于 $\pm 20\%$ 。

表 2.1.3 允许误差等级

级 别	005	01	02	I	II	III
允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

常用电阻器的主要技术特性如表 2.1.4 所示。

表 2.1.4 常用电阻器的主要技术特性

名称	型号	额定功率/W	标称阻值范围/ Ω	噪声电势 $/(\mu V/V)$	温度系数	额定 环境温度	适用频率
RT	碳膜电阻	0.05	$10 \sim 100 \times 10^3$	1~5	$-(6 \sim 20) \times 10^{-4}$	$+40^\circ\text{C}$	10 MHz 以下
		0.125	$5.1 \sim 510 \times 10^3$				
		0.25	$5.1 \sim 910 \times 10^3$				
		0.5	$5.1 \sim 2 \times 10^6$				
		1.2	$5.1 \sim 5.1 \times 10^6$				
RJ	金属膜电阻	0.125	$30 \sim 510 \times 10^3$	1~4	$\pm (6 \sim 20) \times 10^{-4}$	$+70^\circ\text{C}$	10 MHz 以下
		0.25	$30 \sim 1 \times 10^6$				
		0.5	$30 \sim 5.1 \times 10^6$				
		1.2	$30 \sim 10 \times 10^6$				
RX	线绕电阻	2.5~100	$5.1 \sim 56 \times 10^6$				低频

2.1.4 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 $\Omega \pm 5\%$ 。

文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合来表示标称。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 8.2G 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 2.1.5。