

中国传媒大学“十一五”规划教材

电子电路与 系统实验

骆新全 吴小泉 李行星 编著

中国传媒大学“十一五”规划教材

电子电路与系统实验

骆新全 吴小泉 李行星 编著

中国  广播电视出版社
CHINA RADIO & TELEVISION PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

电子电路与系统实验/骆新全, 吴小泉, 李行星编著.
—北京: 中国广播电视出版社, 2009. 1
中国传媒大学“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5043-5755-7

I. 电… II. ①骆…②吴…③李… III. ①电子电路—实验—
高等学校—教材 IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 193932 号

内 容 提 要

本书是为高等学校电气类、电子类和相关专业编著的电子技术实验教材。

全书分 8 章, 内容包括: 实验基础知识、电路基础实验、信号与系统实验、低频电子线路实验、高频电子线路实验、数字电路实验、综合设计性实验、仿真软件 Multisim。涵盖了电子信息工程类电路类基础实验。实验内容、难易程度覆盖了不同层次教学需要, 可灵活选用。

本书可作为高等院校电子类专业本、专科学生学习电路分析基础、信号与系统、模拟电子线路、数字电路等课程的配套实验教材或课程设计指导书, 也可供电子工程类专业的工程技术人员使用。

电子电路与系统实验

骆新全 吴小泉 李行星 编著

责任编辑 张安平

封面设计 郭运娟

责任校对 谭霞

出版发行 中国广播电视出版社

电 话 010-86093580 010-86093583

社 址 北京市西城区真武庙二条 9 号

邮 编 100045

网 址 www.crtip.com.cn

电子信箱 crtp8@sina.com

经 销 全国各地新华书店

印 刷 高碑店市鑫宏源印刷包装有限责任公司

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16

字 数 378(千)字

印 张 16.25

版 次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数 5000 册

书 号 ISBN 978-7-5043-5755-7

定 价 31.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

前 言

本书为中国传媒大学“十一五”规划教材。

现代大学教育中，实验教学受到越来越多的重视。面向 21 世纪的教学改革经历多年的摸索，有了一定的成果。该书是在前期实验教学改革的基础上，结合新的教学理念以及教学条件，对已有教材进行完善和补充，以求适应现代教学发展的需要。

全书分 8 章，内容包括：实验基础知识、电路基础实验、信号与系统实验、低频电子线路实验、高频电子线路实验、数字电路实验、综合设计性实验、仿真软件 Multisim。涵盖了电子信息工程类电路类基础实验。内容基本按照课程展开的顺序安排，方便学生学习。

现代电子技术教育的特点就是要突出系统性、综合性、创新性。该书内容的阐述既是按照课程体系逐步系统的展开。学生通过学习逐步建立电路测量、电路知识的补充与完善、电路知识的应用这一系统的概念。内容的安排结合课程及学习的特点，有层次循序渐进的安排，电路基础实验以验证为主，而数字电路实验以设计性为主。知识的学习除了结合传统的实验仪器外，还利用流行的电路仿真软件进行虚拟实验。

本书第 1 章由骆新全、吴小泉编写；第 2 章、第 3 章由吴小泉编写；第 4、5、8 章由骆新全编写；第 6 章由李行星编写；第 7 章由骆新全、李行星编写。骆新全为主编，负责全书的组织和定稿。

中国传媒大学杜怀昌教授认真审阅了全部书稿，并提出许多宝贵意见，此外，该书也是中国传媒大学电路实验中心全体老师集体的成果，特此一并表示感谢。

本书可作为高等院校电子类专业本、专科学生学习电路分析基础、信号与系统、模拟电子线路、数字电路等课程的配套实验教材或课程设计指导书，也可供电子工程类专业的工程技术人员使用。

限于编者的水平，本书难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

2008 年 11 月

目 录

前 言

第1章 实验基础知识	(1)
1.1 电子测量基础	(1)
1.1.1 概述	(1)
1.1.2 测量误差分析与处理	(2)
1.1.3 实验数据处理	(3)
1.2 电子元器件	(5)
1.2.1 电子元器件的主要参数	(5)
1.2.2 电子元器件的命名与表示	(7)
1.2.3 常用元件介绍	(8)
1.2.4 半导体分立器件	(16)
1.2.5 集成电路	(21)
1.3 常用电子仪器及使用	(30)
1.3.1 万用表	(30)
1.3.2 示波器	(35)
1.3.3 函数信号发生器	(45)
1.3.4 毫伏表	(47)
1.3.5 频率特性测试仪说明	(50)
第2章 电路基础实验	(53)
2.1 实验一 万用表的使用及元件的识别	(53)
2.2 实验二 线性电路特性的研究	(56)
2.3 实验三 受控源电路的研究	(58)
2.4 实验四 仪器的使用方法	(62)
2.5 实验五 RLC 单个元件的阻抗特性	(64)
2.6 实验六 RC 一阶电路的响应测试	(66)
2.7 实验七 RC 电路的频率特性测试	(68)

2.8	实验八 串联电路谐振特性	(70)
2.9	实验九 电阻双口网络的 Y 参数测量	(73)
第3章 信号与系统实验		(76)
3.1	实验一 滤波器	(76)
3.2	实验二 二阶电路过渡过程的研究	(78)
3.3	实验三 二阶网络函数的模拟	(81)
3.4	实验四 非正弦周期信号的频谱分析	(83)
3.5	实验五 方波信号的分解	(85)
3.6	实验六 方波信号的合成	(86)
3.7	实验七 抽样定理	(87)
第4章 低频电子线路实验		(90)
4.1	实验一 二极管电路的测试	(90)
4.2	实验二 单管共发射放大器特性的研究 (一) ——静态特性的测试	(94)
4.3	实验三 单管共发射放大器特性的研究 (二) ——动态特性的调试	(97)
4.4	实验四 场效应管放大器	(104)
4.5	实验五 差分放大器	(108)
4.6	实验六 负反馈放大器	(111)
4.7	实验七 运算放大器的基本应用	(114)
4.8	实验八 有源滤波器的设计	(120)
4.9	实验九 波形产生电路	(129)
4.10	实验十 整流与稳压电路	(133)
第5章 高频电子线路实验		(136)
5.1	实验一 小信号调谐放大器	(136)
5.2	实验二 高频功率放大器	(140)
5.3	实验三 高频正弦波振荡器的设计与测试	(145)
5.4	实验四 低电平振幅调制器(利用乘法器)	(152)
5.5	实验五 高电平振幅调制器(集电极调幅)实验	(156)
5.6	实验六 调幅波信号的解调	(158)
5.7	实验七 变容二极管调频振荡器	(161)
5.8	实验八 相位鉴频器	(164)
第6章 数字电路实验		(169)
6.1	实验数字逻辑电路设计及测试	(169)
6.1.1	数字逻辑电路的设计方法	(169)

6.1.2	数字系统的安装与调试	(171)
6.1.3	集成逻辑门及其基本应用	(174)
6.1.4	集成触发器的基本应用	(177)
6.2	数字电路实验	(178)
6.2.1	实验一 门电路的外特性测试	(178)
6.2.2	实验二 门电路的应用	(182)
6.2.3	实验三 加法器、比较器	(185)
6.2.4	实验四 译码器和数据选择器	(187)
6.2.5	实验五 移位寄存器	(189)
6.2.6	实验六 集成电路定时器	(192)
6.2.7	实验七 显示器、译码器及其应用	(197)
6.2.8	实验八 M (任意) 进制计数器设计	(200)
6.2.9	实验九 组合逻辑电路应用	(206)
第7章	综合设计性实验	(210)
7.1	综合设计课题一 全集成电路高保真扩音机	(210)
7.2	综合设计课题二 BJT 输出特性曲线测试电路 ..	(218)
7.3	综合设计实验三 程序分频器	(222)
7.4	综合实验四 M 序列信号发生器	(226)
7.5	综合实验五 数字电子钟	(229)
第8章	仿真软件 Multisim	(233)
8.1	概述	(233)
8.1.1	Multisim 软件的特点	(233)
8.1.2	Multisim 的结构	(233)
8.2	元件	(234)
8.2.1	概述	(234)
8.2.2	元件库	(234)
8.2.3	一般元件与虚拟元件	(234)
8.3	电路图的绘制	(235)
8.3.1	元件的操作	(235)
8.3.2	绘图基本操作	(236)
8.3.3	元件属性的编辑	(236)
8.4	虚拟仪器	(238)
8.4.1	概述	(238)
8.4.2	主要虚拟仪器说明	(238)
8.4.3	波形的放大显示	(246)
参考书目		(249)

第1章

实验基础知识

1.1 电子测量基础

1.1.1 概述

在实验过程中离不开各种电参数的测量,参数的测量分为电磁测量和电子测量两类。

前者着重研究交直流电量的指示测量法与比较测量法以及磁量的测量方法;后者依靠电子测量仪器和设备,对电量或非电量进行测量。本课程主要介绍应用电子测量方法。

电子测量的内容很广,一般包括如下几个方面:

- 电路参数的测量,如电阻 R 、电容 C 、电感 L 及电子器件参数等。
- 电能量的测量,如电压 V 、电流 I 、功率 P 及电场强度 E 等。
- 电信号特性的测量,如波形、频率 F 、时间 T 、相位 φ 、调制度 M 、失真度 γ 等。
- 电子电路性能的测量,如放大倍数 A 、灵敏度 S 、通频带 BW 等。
- 特性曲线的显示,如电路及器件的特性曲线。

一、测量方法的分类

1. 按测量手段分类

① 直接测量:直接测量是指用预先按已知标准量定度好的测量仪器,对某一未知量直接测量,从而得到被测量值的测量方法。例如用电压表测电压,用数字式频率计测频率等。

② 间接测量:对一个与被测量有确切函数关系的物理量进行直接测量,然后通过代表该函数关系的公式、曲线或表格求出被测量的方法。

③ 组合测量:是指在某些测量中,被测量与几个未知量有关,一次测量无法得出完整的结果,需要改变测量条件进行多次测量,然后按被测量与未知量之间的函数关系组成联立方程,经过求解,得出各未知量。

上述三种方法中,直接测量法测量过程简单方便,多用于工程技术;间接测量法比较费时,多用于科学实验;组合测量法多用于精密测量场合。

2. 按测量性质分类

① 时域测量:测量与时间有函数关系的量。如测量电压、电流等,它们的瞬时值可通过示波器显示,以便观察其随时间变化的规律。

② 频率测量:测量与频率有函数关系的量。如电路增益、相移等,可通过分析电路的幅频和相频特性等进行测量。

③ 数字域测量:对数字逻辑进行测量。如用逻辑分析仪观测许多单次并行数据。

④ 随机测量:主要是对各种噪声、干扰信号等随机量的测量。

二、测量方法的选择

在选择测量方法时,应研究被测量的特点及需要的精度程度、环境条件及所具有的测量设备等因素,综合考虑后,再确定采用哪种测量方法和选择哪些测量设备。

选择测量方法,应该避免以下几种情况的出现:

① 测量误差大,测量结果不可信。

② 损坏测量仪器:例如使用万用表测量电流时,将万用表与所测部分并联,通过万用表电流过大,从而损坏万用表。

③ 损坏被测设备:例如使用万用表测量电流时,将万用表与所测部分并联,因回路中电流过大,超过元件额定电流,损坏元件。

1.1.2 测量误差分析与处理

一、误差来源

一个物理量的真实数值称为真值,它是客观存在的确定数值。但在测量中,由于各种因素的影响,使测量结果与真值有差别,这种差别称为测量误差。误差的产生主要有如下几个因素:

① 仪器误差:由于仪器本身的电气和机械性能不完善而造成的测量误差。如仪器校准不好、刻度不准等。

② 使用误差(或称操作误差):在测量过程中,由于仪器安装、调节、布置或使用不当所造成的误差。如示波器接地不良、数字频率计未考虑阻抗匹配等。

③ 影响误差:由于受外界温度、湿度、电磁场、机械振动等影响而产生的误差。

④ 人身误差:由于测量者的分辨能力、工作习惯及责任心等原因引起的误差。

⑤ 方法误差及理论误差:由于采用的测量方法或仪器仪表选择不当所造成的误差称为方法误差;测量时,依据的理论不严格或用近似公式、近似值计算等造成的误差称为理论误差。

二、误差分类

以上这些误差按性质可分为三类,即系统误差、随机误差、粗大误差。

1. 系统误差

在一定的测量条件下,对同一量进行多次测量时,如果误差值保持恒定或遵循一定的规律变化,这种误差为系统误差。系统误差主要由仪器误差、使用误差、影响误差、方法和理论误差引起。消除方法是针对误差的来源,从技术上采取相应的消除其来源的措施。

2. 随机误差

在相同条件下进行多次测量,每次测量结果出现无规律的随机性变化的误差称为随机误差。随机误差主要由一些偶然因素造成的,并服从统计规律,当测量次数足够多时,每个测量误差出现的概率密度与测量值之间的关系为正态分布。一般用多次测量取算术平均值的方法予以消除。

3. 粗大误差

由于测量者的粗心、仪器安装调制及操作不当等原因造成的误差。其中人身误差是主要的。

三、误差的表示方法

1. 绝对误差

测得值 x 与被测量的真值 A_0 之差称为绝对误差用 Δx 表示。

$$\Delta x = x - A_0$$

尽管在一定时空条件下,被测量的真值是客观存在的,但要确切地说出真值的大小是很困难的。因此,在有些情况下,真值由理论给出或由计量学作出规定或由高一级仪器测量得出,用 A 表示。

一般在测量前,测量仪器应由更高一级以上的标准仪器进行校正,校正量常用修正值 C 表示。对于被测量,高一级标准仪器的示值 A 减去测量仪器的示值 x 就是修正值,即 $C = A - x$ 。修正值通常是在校准仪器时给出,由测量时得到的值 x 及修正值 C 就可以求出被测量的实际值,即 $A = x + C$ 。例如用电压表测电压时,电压表的示值为 1V ,该表在检定时 1V 处的修正值为 -0.02V ,于是被测电压的实际值为 $A = 1 + (-0.02) = 0.98\text{V}$ 。

修正值给出的方式不一定是具体数值,也可能是一张数表、一条曲线或一个表达式。

2. 相对误差

绝对误差能够表示测得值 x 与实际值 A 的偏差程度,但不能反映测量的准确程度,这时要用相对误差来表示。

用绝对误差 Δx 与被测量的实际值 A 之比的百分数来表示的相对误差称为实际相对误差,用 r_A 表示, $r_A = \Delta x / A \times 100\%$ 。

用绝对误差 Δx 与仪器的示值 x 之比的百分数来表示的相对误差称为示值相对误差,用 r_x 表示, $r_x = \Delta x / x \times 100\%$ 。

用绝对误差 Δx 与仪器的满度值 x_m 之比的百分数来表示的相对误差称为满度相对误差,也称为引用误差,用 r_m 来表示, $r_m = \Delta x / x_m \times 100\%$ 。 r_m 不能超过测量仪器的准确度等级 $S\%$,即 $|r_m| \leq S\%$ 。常用电工仪表的准确度 S 分为 0.1 、 0.2 、 0.5 、 1.0 、 1.5 、 2.5 、 5.0 七个等级,如 $S = 1.5$ 的电表就表示 $|r_m| < 1.5\%$,并且在表盘上标有“1.5”的字样。在测量时,需根据被测量的大小,合理选择仪表的满刻度值和准确度级别。

3. 电子测量仪器误差的表示方法

电子测量仪器的误差有四种:工作误差、固有误差、稳定误差和变动量。

① 工作误差:是在额定工作条件下,在各影响量的工作范围内,各影响量的最不利组合点上所产生的最大误差。

② 固有误差:指在基准工作条件下产生的误差。

③ 稳定误差:由于元器件老化、供电电源不稳、长时间工作等造成仪器示值变化而引起的误差。

④ 变动量:当任何一个影响量(例如温度)发生变化,在规定范围内,取两个不同示值,其差值的大小称为该仪器的变动量。

1.1.3 实验数据处理

一、实验数据的整理

测量值与真值接近或符合的程度通常用准确度(accuracy)表示,而在一组测量或一组仪

器之间的一致程度用精密度 (precision) 表示。精密度包含两个特征, 即一致性和进行测量可能达到的有效数字的位数。

1. 有效数字

有效数字是指从左边第一个非零的数字开始, 直到右边最后一个数字为止的所有数字。在确定有效数字的时候的位数时应注意以下几点:

① 通常规定, 误差不得超过末位单位数字的一半。如 1.01mA 与 1.010mA 两个数字, 虽然从数值的概念讲, 两个数值一样大, 但第一个数只有三位有效数字, 其末位单位数字为 0.01mA , 其一半为 0.005mA , 其测量误差应为 $\pm 0.005\text{mA}$; 而后一个数是四位有效数字, 其末位单位数字为 0.001mA , 其一半为 0.0005mA , 其测量误差应为 $\pm 0.0005\text{mA}$ 。因此, 在 1.01mA 中, 前两位“1”、“0”均为准确数字, 后一位“1”为欠准数字, 而在 1.010mA 中, 前三位“1”、“0”、“1”均为准确数字, 最后一位“0”为欠准数字。

② 在有效数字中, 只应保留一位欠准数字。

③ “0”若是出现在这个数字的末位, 是有效数字; 若是用于补充定位的“0”, 则不是有效数字。如 0.001mA 中, 前三个“0”均不是有效数字, 但当“0”前面有非“0”数字, 则该“0”也是有效数字, 如 1.01mA 中的零为有效数字。

2. 数字的舍入

当需保留 n 位有效数字时, 对多于 n 位的数字要根据舍入原则处理, 舍入原则如下:

- ① 若第 n 位后面的数字小于第 n 位单位数字的一半, 就舍去。
- ② 若第 n 位后面的数字大于第 n 位单位数字的一半, 则第 n 位数字进 1。
- ③ 若第 n 位后面的数字恰为第 n 位单位数字的一半, 则第 n 位数字为偶数时就舍去后面的数字, 若第 n 位数字为奇数, 则第 n 位数字加 1。

经过舍入原则处理后, 在舍入次数足够多时, 从概率的角度讲, 舍入误差会抵消。

二、实验曲线绘制

实验曲线的绘制, 指将测量的离散实验数据绘制成一条连续光滑的曲线, 并使其误差最小。通常采用的方法有平滑法和分组平均法。无论采用哪种方法, 绘制曲线前都要将整理好的实验数据按照坐标关系列表, 适当选择横坐标与纵坐标的比例关系与分度, 使得曲线的变化规律比较明显。

1. 平滑法

将实验数据 (x_i, y_i) 标在直角坐标上, 再将各点先用折线连接, 然后做一条平滑曲线, 使其曲线以下的面积和等于曲线以上的面积和, 如图 1-1 所示。

2. 分组平均法

将实验数据 (x_i, y_i) 标在直角坐标上, 取相邻两个数据点连线的中点 (或三个数据点连线的重心点), 再将所有中心点连成一条光滑的曲线。由于取中点 (或重心点) 的过程

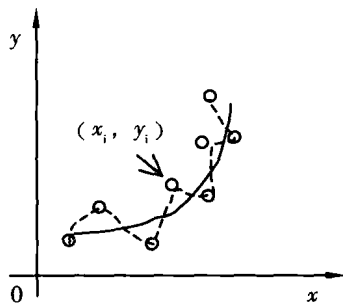


图 1-1 平滑法绘制曲线

就是取平均的过程,所以减小了随机误差的影响,如图 1-2 所示。

三、实验数据的函数表示

将测量的实验数据用函数关系式来描述各物理量之间的相互关系成为实验数据的函数表示或回归分析。

四、实验数据的插值法

在一系列实验数据中插进一些需要的值称为实验数据的插值。较常用的插值方法有拉格朗日插值法。

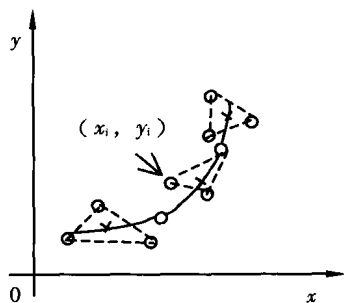


图 1-2 分组平均法绘制曲线

1.2 电子元器件

电子元器件是在电路中具有独立电器功能的基本单元,实验中使用的电路就使用各种元器件组成,对于元器件的研究与测量将贯穿本书的所用实验。在众多的元器件中,主要关心一些通用元器件,例如电阻器、电容器、电感器、半导体分立器件、数字逻辑集成电路等。在使用这些元件前,我们先系统了解下这些元件的特性及参数。

1.2.1 电子元器件的主要参数

电子元器件的主要参数包括特性参数、规格参数和质量参数。这些参数从不同角度反映了一个电子元器件的电气功能及其完成功能的条件,它们是相互联系并相互制约的。

一、电子元器件的特性参数

特性参数用于描述电子元器件在电路中的电气功能,通常可用该元件的名称来表示,例如电阻特性、电容特性或二极管特性等等。一般用伏安特性,即元器件两端所加的电压与通过其中的电流的关系来表达该元器件的特性参数。

图 1-3 画出了几种常用的电子元器件的伏安特性曲线。图(a)为线性电阻的伏安特性曲线,图(b)为非线性电阻的伏安特性曲线,图(c)为三极管的伏安特性曲线。

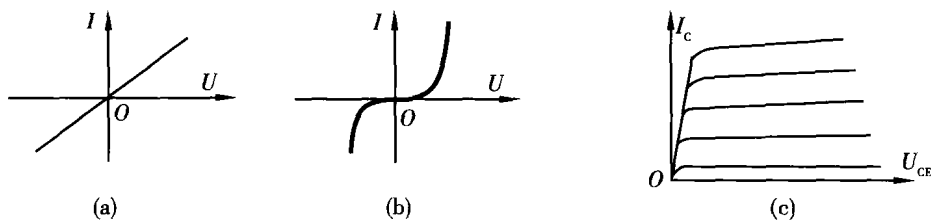


图 1-3 伏安特性曲线

二、电子元器件的规格参数

描述电子元器件的特性参数的数量称为它们的规格参数。规格参数包括标称值、额定值和允差值等。电子元器件在整机中占一定的空间,所以其外形尺寸也是一种规格参数。

1. 标称值和标称值系列

电子元器件的种类及数量繁多巨大,为了便于大批量生产,并让使用者能够在一定范围内选用合适的电子元器件,规定出一系列的数值作为产品的标准值,称为标称值。

电子元器件的标称值分为特性标称值和尺寸标称值,分别用于描述它的电气功能和机械结构。例如,一只电阻器的特性标称值包括阻值、额定功率、精度等,其尺寸标称值包括电阻体及引线的直径、长度,等等。

一组有序排列的标称值叫做标称值系列。电阻、电容、电感等元件的特性数值标称系列值一般有 E_6 、 E_{12} 、 E_{24} 三个系列,具体数值见表 1-1。

E_{24} 系列用 $X = \sqrt[24]{10^n}$ 的公式 $n = 1, 2, 3, \dots, 24$, 误差 $\pm 5\%$

E_{12} 系列用 $X = \sqrt[12]{10^n}$ 的公式 $n = 1, 2, 3, \dots, 12$, 误差 $\pm 10\%$

E_6 系列用 $X = \sqrt[6]{10^n}$ 的公式 $n = 1, 2, 3, \dots, 6$, 误差 $\pm 20\%$ 。

表 1-1 元件特性数值标称系列

系列	E_{24}	E_{12}	E_6	E_{24}	E_{12}	E_6
标志	J(I)	K(II)	M(III)	J(I)	K(II)	M(III)
特性 标 称 数 值	1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	3.3
	1.1			3.6		
	1.2	1.2		3.9	3.9	
	1.3			4.3		
	1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
	1.6			5.1		
	1.8	1.8		5.6	5.6	
	2.0			6.2		
	2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
	2.4			7.5		
	2.7	2.7		8.2	8.2	
	3.0			9.1		

元件的特性数值标称系列大多为两位有效数字,电子元器件的标称值应该符合系列规定的数值,并用系列数值乘以倍率数 10^n (n 为整数)来具体表示一个元件的参数,例如,符合标称值系列的电阻有 1.0Ω 、 10Ω 、 100Ω 、 $1.0k\Omega$ 、 $10k\Omega$ 、 $100k\Omega$ 、 $1.0M\Omega$,等等,可以表示为

$$10 \times 10^n (n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots)$$

如,符合标称值系列的电容量有 $4.7pF$ 、 $47pF$ 、 $470pF$ 、 $4700pF$ ($4.7nF$)、 $0.047\mu F$ ($47nF$)、 $0.47\mu F$ 、 $4.7\mu F$,等等,可以表示为

$$4.7 \times 10^n (n = -12, -11, -10, -9, \dots)$$

在机械设计中规定了长度尺寸标称值系列,并且分为首选系列和可选系列(也叫第一系列、第二系列)。同样,对电子元器件的外形尺寸也规定了标准系列。例如,元器件的封装外壳可分为圆形、扁平型、双列直插型等几个系列;元件的引线有轴向和径向两个系列,等等。又如,双列和单列直插式集成电路的引脚间距一般是 $2.54mm$ 或 $5.08mm$ ($1/10$ 英寸或 $1/5$ 英寸),等等。

2. 允许偏差和精度等级

实际生产出的元器件,其数值总会与标称值有一定的偏差。用百分数表示的实际数值和标称数值的相对偏差,反映了元器件数值的精密程度。对于一定标称值的元器件,大量生出来的元器件的实际数值呈现正态分布,为这些实际数值规定了一个可以接受的范围,即为

相对偏差规定了允许的最大范围,叫做数值的允许偏差(简称允差)。允许偏差也叫做数值的精度等级(简称精度)。精度等级也有标准系列,用不同的字母表示。

3. 电子元器件的质量参数

质量参数用于度量电子元器件的质量水平,通常描述了元器件的特性参数,规格参数随环境因素变化的规律,或者划定了它们不能完成功能的边界条件。

电子元器件共有的质量参数有温度系数、噪声电动势、高频特性及可靠性等。

1.2.2 电子元器件的命名与表示

一、电子元器件的命名方法

我国原电子工业部对大多数国产电子元器件的种类命名都做出了统一的规定。通常,电子元器件的名称应该反映出它们的种类、材料、特征、型号、生产序号及区别代号,并且能够表示出主要的电气参数。电子元器件的名称由字母(汉语拼音或英语字母)和数字组成。对于元件来说,一般用一个字母代表它的主称,如 R 表示电阻器, C 表示电容器, L 表示电感器, W 表示电位器,等等;用数字或字母表示其他信息。器件(半导体分立器件、集成电路)的名称也由国家标准规定了具体意义,如,二极管的主称用数字2表示,三极管的主称用数字3表示。

二、型号及参数在电子元器件上的标注

电子元器件的型号及各种参数,应当尽可能在元器件的表面上标注出来。常用的标注方法有直标法、文字符号法和色标法三种。

1. 直标法

把元器件的主要参数直接印制在元件的表面上即为直标法,这种方法主要用于体积比较大的元器件。

2. 文字符号法

以前,文字符号法主要用于标注半导体器件。随着元器件小型化的发展,文字符号法逐渐应用于各种元器件中。一般仅用三位数字、字母标注元件的数值,规定如下:

① 用元件的形状及其表面的颜色区别元件的种类,如在表面装配元件中,除了形状的区别外,黑色代表电阻,棕色代表电容,淡蓝色代表电感。

② 数量级标示:一般采用三位数字(如120、332、103等)。前两位数字表示数值的有效数字,第三位数字表示数值的倍率。

③ 字母标示:一般采用两位数字和一位字母(如1k2、2n2、4 μ 7)标示。第一位、第二位数字表示数值的有效数字(可省略),第二位用字母表示单位。

④ 直接标示:多见于电感、电容上,包括两种标示。

- 整数标示:采用整数直接标示元件值。
- 小数标示:采用小数来标示元件值,多见于电容上。

3. 色标法

为了适应电子元器件不断小型化的发展趋势,在圆柱形元件(主要是电阻)体上印制色环。在球形元件(电容、电感)和异形器件(如三极管)体上印制色点,表示它们的主要参数及特点,称为色码(color code)标注法,简称色标法。

色环最早用于标注电阻,其标志方法最为成熟统一。

用色码(色环、色带或色点)可表示数值及允许偏差。国际统一的色码识别规定见表1-2。

表 1-2 色环识别定义

颜色	有效数字	倍率(乘数)	允许偏差(%)
黑	0	10^0	/
棕	1	10^1	± 1
红	2	10^2	± 2
橙	3	10^3	/
黄	4	10^4	/
绿	5	10^5	± 0.5
蓝	6	10^6	± 0.25
紫	7	10^7	± 0.1
灰	8	10^8	/
白	9	10^9	/
金	/	10^{-1}	± 5
银	/	10^{-2}	± 10
本色	/	/	± 20

色码还可用来表示元器件的某项参数。例如电子工业部标准规定,用色点标在半导体三极管的顶部,表示共发射极直流放大倍数 β 或 β 的分档。

另外,色点和色环还常用来表示电子元器件的极性。例如,电解电容器上标有黑色箭头的一极是负极;玻璃封装二极管上标有黑色环的一端、塑料封装二极管上标有白色环的一端为负极;某些三极管的管脚非标准排列,在其外壳上用红色点表示发射极;等等。

1.2.3 常用元件介绍

电子元件种类繁多,本节主要介绍实验室几种常用元件——电阻器、电容器、电感器等。

一、电阻器

电阻器是电路中最常用的元件。电阻器用符号 R 表示。电阻器在电路中对电流起阻碍作用,并消耗电能。电阻在线路图中的符号如图1-4所示。



图 1-4 电阻在线路图中的符号

1. 电阻器的材料及分类

电阻器按制造工艺可主要分为薄膜型、合成型、合金型三大类。薄膜型电阻器可分为热分解碳膜、金属膜、金属氧化膜等类型。合金型电阻器可分为线绕电阻、精密合成箔等类型。

合成型可分为合成碳模、合成实心、金属玻璃釉等类型。

按使用范围及用途可分为普通性、精密型、高频型、高压型、集成电阻电阻器等。

按阻值的变化可分为固定电阻器与可变电阻器,固定电阻器一般称为“电阻”。下面重点介绍一下几种常用固定电阻。

① 碳膜电阻:用结晶碳沉积在瓷棒或瓷管上制成。通过改变碳膜的厚度和用刻槽的方法变更碳膜的长度和深度,得到不同的阻值。此类电阻高频特性好,价格低。

② 金属膜电阻:通过真空蒸发等方法,使合金粉沉积在瓷基体上制成。通过刻槽和改变金属膜厚度可以精确控制阻值。与碳膜电阻相比,体积小、噪声低、稳定性好。

③ 线绕电阻:是用电阻率较大的镍铬合金、锰铜合金线在陶瓷骨架上缠绕而制成的。特点耐高温、噪声低、额定功率较大、阻值精度高(可制成精密型电阻器)。但因结构原因,不宜用在高频电路中。

2. 主要技术参数

(1) 电阻器的额定功率

电阻器的额定功率是指在标准大气压和一定的环境温度下,电阻器能够长期负荷而不改变其性能所允许的功率,根据部标,不同类型的电阻器有不同系列的额定功率,如表 1-3 所示,系列可从 0.05 ~ 500W 分为十种规格,最常用的在 1/8 ~ 2W 之间。在电路中常用如图 1-5 所示的符号标示。

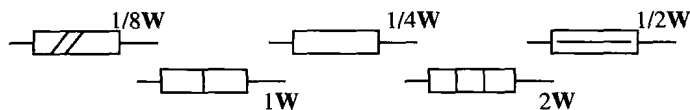


图 1-5 电阻的表示符号

表 1-3 电阻器额定功率系列(W)

非绕线电阻器额定功率	1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、5、10、25、50、100
绕线电阻器额定功率	1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250
片状电阻额定功率	1/20、1/8、1/4、1/2、1、2

额定功率 2W 以下的小型电阻,其功率通常不在电阻体上标出,观察外形尺寸即可确定;额定功率大于 2W 的电阻,其功率值均在电阻体上用数字标出。

(2) 阻值精度(允许偏差)

实际阻值与标称阻值的相对误差为电阻精度。允许相对误差的范围叫做允许偏差(也称阻值精度)。电阻的允差可分为五个等级,如表 1-4 所示。

表 1-4 电阻的允许偏差

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
级别	005	01	I	II	III

(3) 温度系数

所有材料的电阻率都随温度而变化。

(4) 非线性

流过电阻器的电流与加在其两端的电压不成正比变化时称为非线性。

(5) 噪声

产生于电阻器中的一种不规则的电压起伏,其中包括热噪声和电噪声两种。

3. 电阻的标示

普通电阻一般采用 E_6 、 E_{12} 、 E_{24} 三个系列,精密电阻还有 E_{48} 、 E_{96} 、 E_{128} 系列。

绕线电阻通常采用 E_{12} 、 E_6 系列;可变电阻器仅有 E_{12} 、 E_6 系列;

(1) 直标法

例:电阻器的表面上印有 $RXYC-5-T-1k5-10\%$,表示其种类为耐潮被釉线绕可调电阻器,额定功率为 $50W$,阻值为 $1.5k\Omega$,允许偏差为 $\pm 10\%$ 。

(2) 文字符号法

数量级标示 这种标示方法中,电阻的基本标注单位是欧姆(Ω)。

例:472 表示阻值为 $47 \times 10^2 = 4700\Omega$,203 表示 $20 \times 10^3 = 20000\Omega = 20k\Omega$ 。

字母标示 电阻上标示的字母有 R 、 k 、 M ,单位是欧姆(Ω)。

例:1R5 表示: 1.5Ω ;R10 表示 0.10Ω ;2k7 表示 $2.7k\Omega$,5M1 表示 $5.1M\Omega$ 。

(3) 色标法

普通电阻大多采用四道色环表示阻值和允许偏差,俗称四环电阻。如图 1-6(a)所示,由左往右,第一、二道环表示阻值的有效值的十位数 m 与个位数 n ;第三道环表示阻值的倍率(数量级);第四道环表示阻值的误差。第四道环一般与前三道环间隔较大,在碳膜电阻中多为金色;金属膜电阻中多为棕色。则四环电阻的阻值表示为 $mn \times 10^k + \text{误差}$ 。

例:色环为橙、橙、红、金的电阻的阻值为 $33 \times 10^2 = 3.3k\Omega$,误差为 $\pm 5\%$ 。



图 1-6 色环标示的几种类型

精密电阻一般采用五环标志,如图 1-6(b)所示,第一、二、三环表示阻值的有效值的百位数、十位数与个位数;第四道环表示阻值的倍率;第五道环表示阻值的误差。第五道环(误差环)与前四环间隔较大,市场所买五环电阻的误差环多为棕色。

例:色环为橙、橙、黑、红、棕的电阻的阻值为 $330 \times 10^2 = 33k\Omega$,误差为 $\pm 1\%$ 。

4. 电阻器的选用

电阻器的种类繁多,性能差异很大,首先应考虑电阻器的额定功率。一般来说,所选电阻器的额定功率应比实际工作功率大 $50\% \sim 150\%$ 。

电阻器的应用广泛,全面了解各类电阻器的性能,正确选用各类电阻器,对整个电路的设计合理性起到一定的作用。

5. 电位器

在弱电电路中,可变电阻器一般称为“电位器”。它是一种阻值连续可调的电器元件,对外一般有三个引出端,其中两个为固定端,另一个是可调端(也称中心抽头)。它靠电刷在电阻体上滑动,取得与电刷位移成一定关系的输出电压。