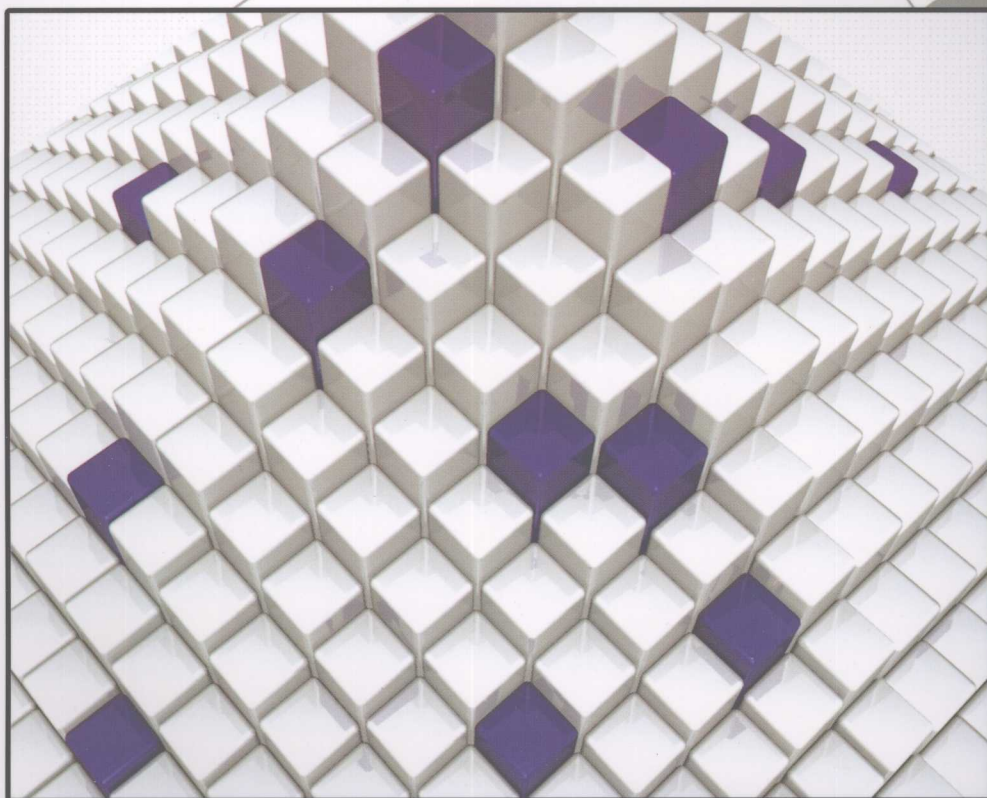




中等职业教育“十一五”规划教材
中职中专机电类教材系列

电子工艺与实训

徐 卯 主编



科学出版社
www.sciencep.com

中等职业教育“十一五”规划教材

中职中专机电类教材系列

电子工艺与实训

徐 卯 主编

1. ICT 的作用是什么?
2. 试说明 ICT 测试电路原理图的作用?为什么要加隔离点?
3. 叙述测试晶体管的方法?
4. 在 ICT 上试编测试程序?
5. 说明功能测试板安装的设备原理及方法?
6. 请说明功能测试板对元器件的基本测试原理和方法是怎样的?
7. 产品老化和环境实验有什么区别?电子产品环境实验包括哪些内容?

科学出版社

北京

100071

科学出版社

科学出版社

科学出版社

18.00元

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是一本介绍电子元器件和电子产品制作工艺及实训的教材。全书共分7章,分别讲述了电子元器件知识、制作电子产品的常用材料和工具、手工焊接、自动焊接知识、装配和贴片焊接工艺和电子产品生产中的检测和调试,部分章后配有相应的实训项目和思考题。

本书注重内容的实用性,强调理论与实践的结合,符合中职培养“生产一线的应用型、技能型、操作型人才”的目标,着重培养学生的综合应用技能和动手能力。

本书可作为中等职业技术学校电子信息类、自动化类专业教材,也可作为电子工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺与实训 / 徐卯主编. —北京: 科学出版社, 2007
(中等职业教育“十一五”规划教材)
ISBN 978-7-03-019904-1

I. 电… II. 徐… III. 电子技术-教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 137414 号

责任编辑: 吕建忠 庞海龙 / 责任校对: 赵 燕
责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 9 月第 一 版

开本: 787×1092 1/16

2007 年 9 月第一次印刷

印张: 15 3/4

印数: 1—3 000

字数: 374 000

定价: 19.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154

前 言

进入 21 世纪后,我国电子信息产业迅速发展,尤其是沿海发达地区的外资企业发展突飞猛进,大量高科技电子产品生产流水线不断地引进。但是,与发达国家相比,我国电子行业的工艺水平还存在着差距。因此,我们必须努力缩小这方面的差距,培养更多既有一定专业知识又具有相应实践经验的电子技术实用型人才。

电子工艺学课程是一门实践性很强的专业基础课,是电子工程技术人员基本训练的重要环节之一。开设电子工艺学课程,让学生在校期间开始熟悉电子元器件,了解电子工艺的一般知识,掌握最基本的装焊操作技能,接触电子产品的生产过程,既有利于今后的专业课学习,也提高了学生的实践动手能力,为毕业后从事实际工作奠定了良好的基础。

本书是根据作者多年的教学实践,结合中职人才培养突出实践训练的特点编写而成。其主要特点包括以下几个方面。

本书涉及面广,分别讲述了元器件,包括电阻器、电位器、电容器、电感器、机电元件半导体分立器件、集成电路、电声元件、光电元件、电磁元件等的特点及选择;电子产品常用材料特点及选择;电子产品手工焊接工艺、自动焊接工艺;电子产品整机装配与焊接工艺过程、特点及工艺要求;贴片装配焊接工艺及电子产品生产中的检测和调试。

本书实用性强,注重培养学生的实践动手能力,分析与解决问题的能力,部分章末配有相应的实训项目。本书力图通过理论和实践的结合,使读者掌握一般电子工艺知识和技能,包括色环电阻的识别与测量;电容、二极管、三极管的识别与检测;手工焊接的工艺;波峰焊接工艺;了解 SMT 工艺;印制电路板的制作工艺等。

由于电子器件种类繁多、发展迅速,加上编者的水平有限和编写时间仓促,书中难免会出现一些不完善之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

第1章 电子元器件	1
1.1 电子元器件的主要参数	2
1.1.1 电子元器件的特性参数	2
1.1.2 电子元器件的规格参数	3
1.1.3 电子元器件的质量参数	8
1.2 电子元器件的检验和筛选	12
1.2.1 外观质量检验	12
1.2.2 电气性能使用筛选	13
1.3 电子元器件的命名与标注	15
1.3.1 电子元器件的命名方法	15
1.3.2 型号及参数在电子元器件上的标注	15
1.4 常用元器件简介	18
1.4.1 电阻器	18
1.4.2 电位器(可调电阻器)	28
1.4.3 电容器	33
1.4.4 电感器	45
1.4.5 机电元件	51
1.4.6 半导体分立器件	63
1.4.7 集成电路	70
1.4.8 电声元件	78
1.4.9 光电器件	80
1.4.10 电磁元件	91
思考题与习题	93
实训部分	96
实训项目1 色环电阻的识别与测量	96
实训项目2 电容、二极管、三极管的识别与检测	97
第2章 电子产品的常用材料和工具	100
2.1 常用导线与绝缘材料	100
2.1.1 导线	100
2.1.2 绝缘材料	105
2.2 制造印制电路板材料——覆铜板	107
2.3 焊接材料	111

2.3.1	焊料	111
2.3.2	常用焊料及杂质的影响	113
2.3.3	常用焊锡	113
2.3.4	助焊剂	114
2.3.5	膏状焊料	116
2.3.6	SMT 所用的粘合剂	119
2.4	焊接工具	121
2.4.1	电烙铁分类及结构	121
2.4.2	烙铁头的形状与修整	125
	思考题与习题	126
第3章	电子产品生产工艺流程	128
3.1	电子产品的构成和形成	128
3.2	电子产品生产的基本工艺流程	129
3.3	电子企业的场地布局	130
	思考题与习题	130
第4章	印制电路板工艺	131
4.1	印制电路板基础	131
4.2	印制电路板制造工艺	132
4.2.1	单面印制板的生产工艺流程	132
4.2.2	双面印制板的生产工艺流程	132
4.3	印制电路板的设计	134
4.3.1	印制电路板的排板布局	134
4.3.2	印制电路板上的焊盘及导线	138
4.4	印制电路板的手工制作方法	142
	实训项目1 使用刀刻法制作印制电路板	142
	实训项目2 使用漆图法制作印制电路板	143
	实训项目3 使用绘图液绘制法制作印制电路板	145
	实训项目4 使用不干胶纸剪贴法制作印制电路板	146
	实训项目5 使用标准预贴符号法制作印制电路板	147
4.5	印制电路板后期处理	148
4.5.1	腐蚀液	148
4.5.2	打孔机	149
4.5.3	阻焊剂	149
	思考题与习题	150
第5章	装配与焊接工艺	151
5.1	电气安装	151
5.1.1	安装的基本要求	151

5.1.2 THT 元器件在印制电路板上的安装	154
5.2 手工焊接技术	157
5.2.1 焊接分类与锡焊的条件	157
5.2.2 焊接前的准备——镀锡	159
5.2.3 手工烙铁焊接的基本技能	159
5.2.4 焊点质量及检查	163
5.2.5 手工焊接技巧	168
5.3 电子工业中的焊接技术	171
5.3.1 浸焊	172
5.3.2 波峰焊	173
5.3.3 再流焊	178
5.3.4 无铅焊接的现状和发展	184
5.3.5 其他焊接方法	186
思考题与习题	186
实训部分	187
实训项目 1 手工焊接练习	187
实训项目 2 波峰焊接	189
第 6 章 SMT (贴片) 装配焊接技术	191
6.1 SMT (贴片) 元器件	191
6.1.1 SMT 元器件的特点	191
6.1.2 SMT 元器件的种类和规格	191
6.1.3 无源元件 SMC	192
6.1.4 SMD 分立器件	195
6.1.5 SMD 集成电路	196
6.1.6 SMD 的引脚形状	197
6.1.7 大规模集成电路的 BGA 封装	198
6.2 表面安装元器件的基本要求及使用注意事项	201
6.2.1 SMT 元器件的基本要求	201
6.2.2 使用 SMT 元器件的注意事项	201
6.2.3 SMT 元器件的选择	201
6.3 SMT 装配焊接技术	203
6.3.1 SMT 电路板安装方案	203
6.3.2 SMT 电路板装配焊接设备	205
思考题与习题	221
实训部分	222
实训项目 SMT 实训	222

第7章 电子产品生产中的检测和调试	225
7.1 ICT 检测	225
7.1.1 ICT 简介	225
7.1.2 ICT 技术参数	225
7.1.3 测试原理	226
7.1.4 程序编辑和调试	227
7.2 功能、性能检测和产品调试	230
7.2.1 家电产品的功能检测	230
7.2.2 产品调试	230
7.2.3 调试中查找和排除故障	235
7.3 电子整机产品的老化和环境试验	238
7.3.1 整机产品的老化	239
7.3.2 电子整机产品的环境试验方法	239
思考题与习题	243
主要参考文献	244

第1章 电子元器件

电子元器件是在电路中具有独立电气功能的基本单元。元器件在各类电子产品中占有重要的地位，特别是通用电子元器件，如电阻器、电容器、电感器、晶体管、集成电路和开关、接插件等，更是电子设备中必不可少的基本材料。几十年来，电子工业的迅速发展，不断对元器件提出新的要求；而元器件制造厂商也在不断研究并采用新的材料、新的工艺，不断推出新产品，使电子整机产品的制造技术经历了几次重大的变革。在早期的电子管时代，按照真空电子管及其相应电路元件的特点要求，在设计整机结构和制造工艺时，最主要考虑大的电功率消耗以及因此而产生的散热问题，形成了一种体积较大、散热流畅的坚固结构。随后，因为半导体晶体管及其相应的小型元器件的问世，一种体积较小的分立元件结构的制造工艺便形成了，才有可能出现称之为“便携”机型的整机。特别是微电子技术的发展，使半导体器件和部分电路元件被集成化，并且集成度在以很快的速度不断提高，这就使得整机结构和制造工艺又发生了一次很大的变化，进入了一个崭新的阶段，才有可能出现称之为“袖珍型”、“迷你式”的微型整机。例如，近50年来电子计算机的发展历史证明，在这个过程中划分不同的阶段、形成“代机”的主要标志是，构成计算机的电子元器件的不断更新，使计算机的运算速度不断提高，而运算速度实际上主要取决于元器件的集成度。就拿人们熟悉的微型计算机的CPU来说，从286到586，从奔腾（Pentium）到迅驰（Centrino），这个推陈出新的过程，实际上是半导体集成电路的制造技术从SSI、MSI、LSI到VLSI、ULSI（小、中、大、超大、极大规模集成电路）的发展历史。又如，采用SMT（表面安装技术）的贴片式安装的集成电路和各种阻容器件、固体滤波器、接插件等微小型元器件被广泛应用在各种消费类电子产品和通信设备中，才有可能实现超小型、高性能、高质量、大批量的现代化生产。由此可见，电子技术和产品的水平，主要取决于元器件制造工业和材料科学的发展水平。电子元器件是电子产品中最革命、最活跃的因素。

通常，对电子元器件的主要要求是：可靠性高、精确度高、体积微小、性能稳定、符合使用环境条件等。电子元器件总的发展趋势是：集成化、微型化、提高性能、改进结构。

电子元器件可以分为有源元器件和无源元器件两大类。有源元器件在工作时，其输出不仅依靠输入信号，还要依靠电源，或者说，它在电路中起到能量转换的作用。例如，晶体管、集成电路等就是最常用的有源元器件。无源元器件一般又可以分为耗能元件、储能元件和结构元件三种。电阻器是典型的耗能元件；储存电能的电容器和储存磁能的电感器属于储能元件；接插件和开关等属于结构元件。这些元器件各有特点，在电路中起着不同的作用。通常，称有源元器件为“器件（device）”，称无源元器件为“元件（component）”。

电子元器件的发展很快,品种规格也极为繁多。就装配焊接的方式来说,当前已经从传统的通孔插装(THT)方式全面转向表面安装(SMT)方式。这一章主要介绍传统形式的电子元器件,从电子整机产品制造工艺基本原则的角度出发,简要地介绍一些最常用的电子元器件的主要特点、性能指标和表示方法。必须说明,本书不是电子元器件手册,只希望读者通过学习本章内容,能够对五花八门的电子元器件有一个概括性的了解,领悟一些在今后的工程实践中最常用的电子工艺基本原则。在本章后部的内容里,用较多的篇幅介绍了常用电子元器件的性能指标,将有助于工科大专院校电子类专业学生在校期间参加专业实验、工艺实训、课程设计和毕业设计,但不宜把它作为课内的教学内容。对于已经参加实际工作的电子工程技术人员来说,由于电子元器件种类繁多,新品种不断涌现,产品的性能也不断提高,要想深入准确地了解某种电子元器件的性能指标,必须经常查阅相应的资料信息,参考资料提供的典型应用电路,走访电子元器件的销售商,调研有关生产厂家。

整机装配中,除了主要的零部件和元器件以外,每个电子产品几乎都要用到两种基本材料——导线与绝缘材料。限于篇幅,本书不可能把有关材料的详尽知识一一讲述,但这方面的基本知识也是每个电子科技工作者必不可少的。

1.1 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性能及其完成功能的条件,它们是相互联系并相互制约的。

1.1.1 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,通常可以用该元件的名称来表示,如电阻特性、电容特性或二极管特性等。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。电子元器件的伏安特性大多是一条直线或曲线,在不同的测试条件下,伏安特性也可以是一条折线或一族曲线。

图 1.1 画出了几种常用的电子元器件的伏安特性曲线。

在图 1.1 中,图 1.1(a)是线性电阻的伏安特性。在一般情况下,线性电阻的阻值是一个常量,不随外加电压的大小而变化,符合欧姆定律 $R=V/I$,一般电路里常用的电阻大多数都属于这一类。

图 1.1(b)是非线性电阻的伏安特性曲线。这类电阻的阻值不是常量,随外加电压或某些非电物理量的变化而变化,一般不用欧姆定律来简单地描述。一些具有特殊性能的半导体电阻,如压敏电阻、热敏电阻、光敏电阻等,都属于非线性电阻,它们可用于检测电压或温度、光通量等非电物理量。

图 1.1(c)是半导体二极管的伏安特性曲线。从中可以清楚地看出,二极管的单向导电性能和它在某一特定电压值下的反向击穿特性。

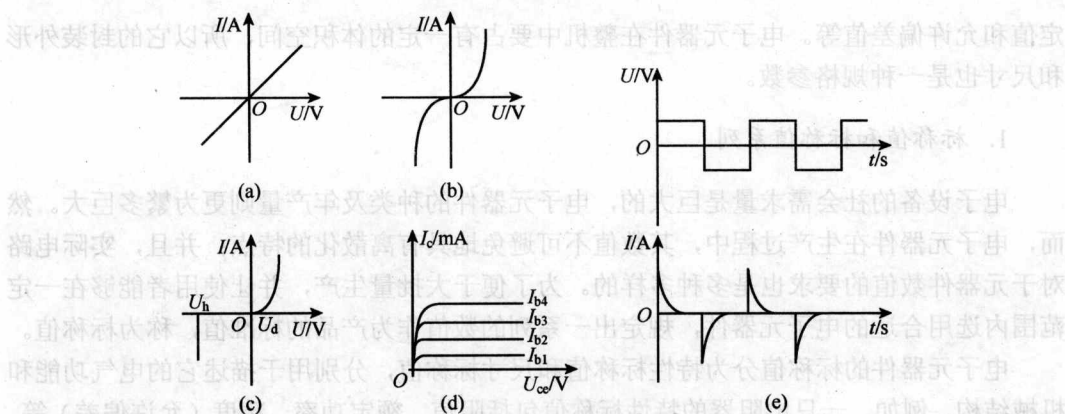


图 1.1 伏安特性

图 1.1 (d) 是半导体三极管的伏安特性曲线, 又称输出特性曲线。这是一族以基极电流 I_b 为参数的曲线, 对应于不同的 I_b 数值, 其 V_{ce} 与 I_c 的关系是其中的一条曲线。从这族曲线中, 可以求出这只三极管的电流放大系数

$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$

图 1.1 (e) 是线性电容器的伏安特性, 这是一对以时间 t 为参数的曲线, 从中可以看出电容器的伏安特性满足关系式

$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

或

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt$$

需要注意的是, 对于人们常说的线性元件, 它的伏安特性并不一定是直线, 而非线性元件的伏安特性也并不一定是曲线, 这是两个不同的概念。例如, 我们把某些放大器称为线性放大器, 是指其输出信号 Y 与输入信号 X 满足函数关系

$$Y = KX$$

其电路增益 (放大倍数 K) 在一定工作条件下为一常量; 又如, 线性电容器是指其储存电荷的能力 (电容量) 是一个常数。所以, 线性元件是指那些主要特性参数为一常量 (或在一定条件、一定范围内是一个常量) 的电子元器件。

不同种类的电子元器件具有不同的特性参数, 并且, 我们可以根据实际电路的需要, 选用同一种类电子元器件的几种特性之一。例如, 对于图 1.1 (c) 所描绘的二极管的伏安特性, 既可以利用它的单向导电性能, 用在电路中进行整流、检波、箝位; 也可以利用它的反向击穿性能, 制成稳压二极管。

1.1.2 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

定值和允许偏差值等。电子元器件在整机中要占有一定的体积空间，所以它的封装外形和尺寸也是一种规格参数。

1. 标称值和标称值系列

电子设备的社会需求量是巨大的，电子元器件的种类及年产量则更为繁多巨大。然而，电子元器件在生产过程中，其数值不可避免地具有离散化的特点；并且，实际电路对于元器件数值的要求也是多种多样的。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（允许偏差）等，其尺寸标称值包括电阻本体及引线的直径、长度等。

将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是按照通项公式

$$a_n = (\sqrt[n]{10})^{n-1} \quad (n=1, 2, 3, \dots, E)$$

取值的，常用的标称系列见表 1.1。

表 1.1 元件特性数值标称系列

系列	E24	E12	E6	E24	E12	E6
标志	J (I)	K (II)	M (III)	J (I)	K (II)	M (III)
允许偏差	±5%	±10%	±20%	±5%	±10%	±20%
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		
值	2.7	2.7		8.2	8.2	
	3.0			9.1		

注：精密元件的数值还有 E48（允许偏差±2%）、E96（允许偏差±1%）、E192（允许偏差±0.5%）等几个系列。

元件的特性数值标称系列大多是两位有效数字（精密元件的特性数值一般是三位或四位有效数字）。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 1.0 Ω、10 Ω、100 Ω、1.0 kΩ、10 kΩ、100 kΩ、1.0 MΩ、10 MΩ 等，可以表示为

或,特两差向单味差 $1.0 \times 10^n \Omega$ ($n=0, 1, 2, 3, 4, \dots$) 书器示校部申器用

又如,符合标称值系列的电容量有 1.5 pF、15 pF、150 pF、1500 pF (1.5 nF)、0.015 μ F (15 nF)、0.15 μ F (150 nF)、1.5 μ F、15 μ F、150 μ F、1500 μ F (1.5 mF) 等,可以表示为

$$1.5 \times 10^n \text{F} \quad (n=-12, -11, -10, \dots)$$

我们知道,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,对电子元器件的封装形式及外形尺寸也规定了标准系列。例如,传统集成电路的封装方式可分为圆形、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。又如,大多数小功率元器件的引线直径标称值为 0.5 mm 或 0.6 mm,双列和单列直插式集成电路的引脚间距一般是 2.54 mm 或 5.08 mm。显然,在生产制造电子整机产品的时候,不仅要考虑电子元器件的电气功能是否符合要求,其封装方式及外形尺寸是否规范、是否符合标准也是重要的选择依据。特别是近年来迅速发展的 SMT 元器件,就是根据它们的封装方式和外型尺寸来分类的,有关概念将在第 2 章详细介绍。

规定了数值标称系列,就大大减少了必须生产的元器件的产品种类,从而使生产厂家有可能实现批量化、标准化的生产及管理,为半自动或全自动生产元器件提供了必要的前提。同时,由于标准化的元器件具有良好的互换性,为电子整机产品创造了结构设计和装配自动化的条件。

2. 允许偏差和精度等级

实际生产出来的元器件,其数值不可能和标称值完全一样,总会有一定的偏差。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,大量生产出来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)。不同的允许偏差也叫做数值的精度等级(简称精度),并为精度等级规定了标准系列,用不同的字母表示。例如,常用电阻器的允许偏差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三种,分别用字母 J、K、M 标识它们的精度等级(以前曾用 I、II、III 表示)。精密电阻器的允许偏差有 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$,分别用 G、F、D 标识精度。常用元件数值的允许偏差符号见表 1.2。

表 1.2 常用元件数值的允许偏差符号

允许偏差 %	± 0.1	± 0.25	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20	+20 -10	+30 -20	+50 -20	+80 -20	+100 0
符号	B	C	D	F	G	J	K	M	—	—	S	E	H
曾用符号	—	—	—	0	—	I	II	III	IV	V	VI	—	—

根据电路对元器件的参数要求,允许偏差又可以分为双向偏差和单向偏差两种,如图 1.2 所示。

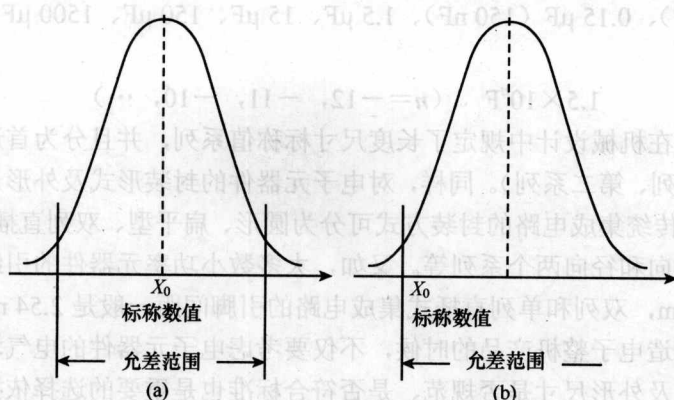


图 1.2 元器件的数值分布

通常,元器件的特性标称数值允许有双向偏差,如电阻器的阻值。但对于某些可能引起不良效果的数值,大多取单向偏差。例如,一般电解电容器的容量值虽然规定为双向偏差(偏差区间不对称),但在生产厂家出厂检验时,实际上都按照正向偏差取值。这是由于电解电容器在存储期间,其容量会逐渐降低,而容量偏小可能引起电路的工作特性变差(如用于滤波)。对于元器件的额定电压等指标,因为可能引起灾害性的后果,就更需要规定为单向偏差了。

应该注意到,特性数值标称系列和某一规定的精度等级相互对应的。即:每两个相邻的标称数值及其允许偏差所形成的数值范围是互相衔接或部分重叠的。例如,在允许偏差为 $\pm 5\%$ 的数值标称系列中,1.8 与 2.0 是两个相邻的标称值,其允许偏差的范围分别是

$$1.8 \times (1 \pm 5\%) = 1.71 \sim 1.89$$

$$2.0 \times (1 \pm 5\%) = 1.90 \sim 2.10$$

两者互相衔接;又如,4.7 和 5.1 的数值范围分别是

$$4.7 \times (1 \pm 5\%) = 4.465 \sim 4.935$$

$$5.1 \times (1 \pm 5\%) = 4.845 \sim 5.355$$

两者部分重叠。由此可见,标称系列数值实际上是根据不同的允许偏差确定的。从表 1.1 还可以看出,K 系列($\pm 10\%$)和 M 系列($\pm 20\%$)的标称数值只不过是在高一级的系列中依次间隔取值。

精度等级越高,其数值允许的偏差范围越小,元器件就越精密;同时,它的生产成本及销售价格也就越高。在设计整机时,应该根据实际电路的要求,合理选用不同精度等级的电子元件。

需要说明的是,数值的允许偏差(精度等级)与数值的稳定性是两个不同的概念。下面还将要介绍,工作环境条件不同,会引起电子元件参数的变化,变化的大小称为

数值的稳定性。一般说来,数值越精密,要求其稳定性也越高,而元器件的使用条件也要受到一定的限制。

3. 额定值与极限值

电子元器件在工作时,要受到电压、电流的作用,要消耗功率。电压过高,会使元器件的绝缘材料被击穿;电流过大,会引起消耗功率过大而发热,导致元器件被烧毁。电子元器件所能承受的电压、电流及消耗功率还要受到环境条件(如温度、湿度及大气压力等因素)的影响。为此,规定了电子元器件的额定值,一般包括:额定工作电压、额定工作电流、额定功率消耗及额定工作温度等。它们的定义是:电子元器件能够长期正常工作(完成其特定的电气功能)时的最大电压、最大电流、最大功率消耗及最高环境温度。和特性数值一样,电子元器件的额定值也有标称系列,其系列数值因元器件不同而异。

另外,还规定了电子元器件的工作极限值,一般为最大值的形式,分别表示元器件能够保证正常工作的最大限度。如最大工作电压、最大工作电流和最高环境温度等。

在这里,需要对几个问题加以说明。

1) 元器件的同类额定值与极限值并不相等。例如,电容器的额定直流工作电压是指其在额定环境温度下长期(不低于1万小时)可靠地正常工作的最高直流电压,这个电压一般为击穿电压的一半;而电容器的最大工作电压(也叫试验电压)是指其在额定环境温度下短时(通常为5 s~1 min)所能承受的直流电压或50 Hz交流电压峰值。又如,电阻器的额定环境温度是指其能够长期完成100%额定功率的最高温度;而最高环境温度则是使电阻器不失去其原有伏安特性的环境温度上限,在此温度下,电阻器所允许的负荷已经大大低于其额定功率。

2) 元器件的各个额定值(或极限值)之间没有固定的关系,等功耗规律往往并不成立。例如,半导体三极管的集电极最大耗散功率 P_{cm} 较大,并不说明它的集电极-发射极击穿电压 V_{ceo} 也大;而它的 P_{cm} 较大,相应的集电极最大电流 I_{cm} 也大一些。又如,对于电阻器来说,最大工作电压与它的额定功率有关,额定功率大的电阻,其最大工作电压也高一些。在环境温度不大于+70℃、气压不大于780 mmHg^①的条件下,RJ型金属膜电阻器的额定功率与最大工作电压的关系如表1.3所示。

表 1.3 RJ型金属膜电阻器的额定功率与最大工作电压的关系

额定功率/W	最大工作电压/V
0.25	250
0.5	500
1~2	750

3) 当电子元器件的工作条件超过某一额定值时,其他参数指标就要相应地降低,这就是人们通常所要考虑的降额使用元器件问题。例如,RJ型金属膜电阻的额定工作温度不大于+70℃,当实际使用温度超过此值时,其允许的功率限度就要线性地降低,如图1.3所示。

4) 对于某种电子元器件,通常都是根据其自身的特点及工作需要而定义几种额定

① 1 mmHg=1.333 22×10² Pa,下同。

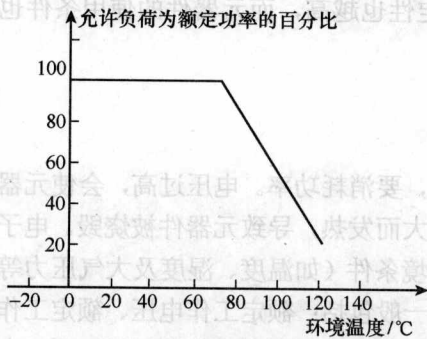


图 1.3 RJ 型金属膜电阻器的允许负荷与环境温度的关系

值和极限值作为它的规格参数。例如，同是工作电压上限，对一般电阻器是按最大工作电压定义的，而对一般电容器却是按额定工作电压来定义的，应该注意到两者之间的差别。

4. 其他规格参数

除了前面介绍的标称值、允许偏差值和额定值、极限值等以外，各种电子元件还有其特定的规格参数。例如，半导体器件的特征频率 f_T 、截止频率 f_α 、 f_β ；线性集成电路的开环放大倍数 K_0 ；数字集成电路的扇出系数 N_0 等。在选用电子元件时，应该根据电路的需要考虑这些参数。

1.1.3 电子元件的质量参数

质量参数用于度量电子元件的质量水平，通常描述了元件的特性参数、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。

电子元件共有的质量参数一般有温度系数、噪声电动势、高频特性及可靠性等，从整机制造工艺方面考虑，主要有机械强度和可焊性。

1. 温度系数

电子元件的规格参数随环境温度的变化会略有改变。温度每变化 1°C ，其数值产生的相对变化叫做温度系数，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。温度系数描述了元件在环境温度变化条件下的特性参数稳定性，温度系数越小，说明它的数值越稳定。温度系数还有正、负之分，分别表示当环境温度升高时，元件数值变化的趋势是增加还是减少。电子元件的温度系数（符号、大小）取决于它们的制造材料、结构和生产条件等因素。

在制作那些要求长期稳定工作或工作环境温度变化较大的电子产品时，应当尽可能选用温度系数较小的元件，也可以根据工作条件考虑产品的通风、降温，以至采取相应的恒温措施。

显然，电子元件的温度系数会影响电路的工作稳定性，对电子产品的工作环境提出了限制性要求，这是一个不利因素。但是，人们又可以利用某些材料对温度特别敏感的性质，制成各种各样的温度检测元件。例如，在工业自动控制设备中常用于检测温度的铜电阻、铂电阻及各类半导体热敏器件，就是利用了它们的温度系数比较大并且在很大的范围内是一个常数的特点。有时，还可以利用元件的温度系数正、负互补，来实现电路的稳定。例如，在 LC 振荡电路中，有时候采用两个温度系数符号相反的电容并联代替一个电容，使它们的电容量随温度的变化而互相补偿，可以稳定电路的振荡频率。

2. 噪声电动势和噪声系数

在无线电设备中,接收机或放大器的输出端,除了有用信号以外,还夹杂着有害的干扰。干扰的种类很多,有些是从无线电设备外部来的,如雷电干扰、宇宙干扰和工业干扰等;有些则是设备内部产生的。例如,从通信接收机中常常可以听到一种“沙沙”声,这种噪声在通信停顿的间隙更为明显;又如,在视频图像设备的屏幕背景上,经常可以看到一些雨雾状的斑点。这类噪声,通常叫做内部噪声。在一般情况下,有用信号比电路的内部噪声大得多,噪声产生的有害影响很小,可以不予考虑。但当有用信号十分微弱时,噪声就可能把有用信号“淹没”,这时,其有害作用就不能不给予重视。

无线电设备的内部噪声主要是由各种电子元件产生的。我们知道,导体内的自由电子在一定温度下总是处于“无规则”的热运动状态之中,从而在导体内部形成了方向及大小都随时间不断变化的“无规则”的电流,并在导体的等效电阻两端产生了噪声电动势。噪声电动势是随机变化的,在很宽的频率范围内都起作用。由于这种噪声是自由电子的热运动所产生的,通常又把它叫做热噪声。温度升高时,热噪声的影响也会加大。

除了热噪声以外,各种电子元件由于制造材料、结构及工艺不同,还会产生其他类型的噪声。例如,碳膜电阻器因为碳粒之间的放电和表面效应而产生的噪声(这类噪声是金属膜电阻所没有的,所以金属膜电阻的噪声电动势比碳膜电阻的小一些),晶体管内部载流子产生的散粒噪声等。

通常,用“信噪比”来描述电阻、电容、电感一类无源元件的噪声指标,其定义为元件内部产生的噪声功率与其两端的外加信号功率之比,即

$$\text{信噪比} = \frac{\text{外加信号功率}}{\text{噪声功率}}$$

对于晶体管或集成电路一类有源器件的噪声,则用噪声系数来衡量:

$$\text{噪声系数} = \frac{\text{输入端信噪比}(S_i/N_i)}{\text{输入端信噪比}(S_o/N_o)}$$

在设计制作接收微弱信号的高增益放大器(如卫星电视接收机)时,应当尽量选用低噪声的电子元件。使用专用仪器“噪声测试仪”可以方便地测量元器件的噪声指标。在各类电子元件手册中,噪声指标也是一项重要的质量参数。

在高灵敏度、高增益的卫星通信接收机或军事雷达系统中,有时还采用超低温的办法来降低设备的内部噪声。超导技术和半导体致冷器件的研制,为制造低噪声的无线电设备开辟了良好的前景。

3. 高频特性

当工作频率不同时,电子元件会表现出不同的电路响应,这是由于在制造元器件时使用的材料及工艺结构所决定的。在对电路进行一般性分析时,通常是把电子元件作为理想元器件来考虑的,但当它们处于高频状态下时,很多原来不突出的特点就会反映出来。例如,线绕电阻器工作在直流或低频电路中时,可以被看作是一个理想电阻,