



电子技术基础教材

电子元器件与

实用电路基础

(第4版)



主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子技术基础教材

电子元器件与实用电路基础

(第4版)

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是学习电子技术的入门教材。全书从认识电子元件和半导体器件入手，到对各种实用电路的结构、性能和工作原理，由浅入深地进行详细讲解。特别是以大量的实用单元电路为例进行图解，使读者易懂易学。本书的重点是对各种常用电路的工作原理及所用元器件，用图示方法形象直观地将它们的外形、标记、特征、性能及安装方法等表示出来。电路分析以实用为主，简化了公式推导和计算，适于自己动手制作。具有中学文化程度的业余爱好者能够读懂本书。

本书可作为各类专业院校和培训班的电子基础教材，也是家电维修人员和电子企业技术工人的电子基础入门教材。同时也可作为广大电子爱好者的自学用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

电子元器件与实用电路基础 / 韩广兴主编. —4 版. —北京：电子工业出版社，2014.3
ISBN 978-7-121-22521-5

I. ①电… II. ①韩… III. ①电子元件—教材②电子器件—教材③电子电路—教材 IV. ①TN6②TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 033587 号

策划编辑：谭佩香

责任编辑：鄂卫华

印 刷：中国电影出版社印刷厂

装 订：中国电影出版社印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：18.5 字数：450 千字

印 次：2014 年 3 月第 1 次印刷

定 价：39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

编委会名单

主 编 韩广兴

副主编 韩雪涛 吴 瑛

编 委 张丽梅 宋明芳 马 楠 梁 明

宋永欣 吴鹏飞 韩雪冬 王新霞

高瑞征 吴惠英 吴 玮 张湘萍

前 言

本书是《电子元器件与实用电路基础》的修订本。自 2002 年第 1 版出版以来，承蒙读者厚爱，重印了 6 次。2005 年根据读者的要求对部分内容进行了修改，出版了修订版，修订出版后更受读者欢迎，又重印了 8 次，前两版累计销售 8 万册。2008 年修订为第 3 版，已被很多电子职业技术学院选为电子专业的基础教材，第 3 版重印了 4 次，共销售 2 万册。最近我们吸取了广大读者和电子职业技术学院师生的意见和建议，同时为适应电子技术领域的新技术新产品的发展和市场的变化，现修订为第 4 版，以满足读者的需求。

本书的第 4 次修订主要注重以下几个方面：

书中所介绍的电子元器件和实用电路的相关内容与目前的生产实践相结合，重点介绍当前电子产品中常用的电子元器件的种类特点及实用知识，删去陈旧的内容。在电路知识方面，注重理论与实践的更好结合，突出实用性，将烦琐的理论计算和公式推导用通俗易懂的实例代替，增加实用电路知识的内容。在表达形式上尽量多用图少用文，使全书更生动、形象、易学易懂。在编写方式上，充分考虑读者的文化层次，在通俗易懂上下功夫，使之深入浅出。

随着我国电子科学技术和基础工业实力的增强，近年来我国电子制造业得到了迅速的发展，并从电子产品的制造大国向电子产品制造的强国迈进，很多国产品牌产品正在跨入世界名牌的行列。电子制造业的发展，吸引了大批新生力量加入到电子制造业的行列之中。市场的竞争就是产品质量的竞争，说到底就是人才的竞争。产品的不断升级换代，必然对从业人员的知识和技能提出了更高的要求。普及电子元器件和电路应用知识，训练电子产品的生产、装配、调试和维修的基本技能，练习加工和制造的基本功，都需要从基础开始，本书就是电子行业上岗和入门的基础教材。

电子元器件是组成电子产品的最基本的单元。电子产品又是由多个基本单元电路构成的。因而电子元器件与基本单元电路是紧密结合的组件。认识电子元器件、学习基本电子电路的基本知识是学习电子技术的第一步。了解电子元器件的性能、特点和使用方法，学会基本电子电路的应用和调试方法，特别是检测、试制和试验的操作技能，才能进一步学习各种专业电子技术，提升自己的技术水平。

为了便于初学者入门，本书从构成电路的基本元器件（电阻器、电容器、电感器、半导体二极管、晶体三极管、场效应晶体管，以及集成电路）的结构、功能和应用开始，一步一步地介绍由这些元器件构成的常用基本电路。例如直流和交流基本电路、整流电路、稳压电路、放大电路、振荡电路、电源供电电路，以及各种电路实例等。为了引起初学者的兴趣，本书以人们生活中经常遇到的典型电子产品为例，详解各种单元电路的基本结构，各元器件的功能和工作原理。特别是在对各种电路中的元器件的介绍方面，从外形、特征、

标记及性能等，都通过图解方式，形象直观、深入浅出、循序渐进地进行讲解。

本书是学习电子技术的入门教材，具有中学文化程度就能读懂。本书可作为各类专业院校的电子基础教材，既适合于家电维修人员和电子企业的技术工人阅读，也适合电子技术业余爱好者学习。

本书中的应用实例为电子产品中的实际电路图，为了便于讲授，对原机型的电路图中不符合国家标准的图形及符号未做修改，以便读者在识图时能将电路板上的元器件与电路图上的元器件相对应。在此，特别加以说明。

本书由韩广兴任主编，韩雪涛、吴瑛任副主编，参加本书编写的还有张丽梅、宋明芳、马楠、梁明、宋永欣、吴鹏飞、韩雪冬、王新霞、高瑞征、吴惠英、吴玮、张湘萍等。

为了便于学习，依托天津市涛涛多媒体公司制作了配套的 VCD 系列教学演示光盘，通过视频演示的方法结合实际的电子产品，介绍应用在收录机、电视机、影碟机等产品中常见的电子元器件和基本电路的应用实例，通过对实际电路的介绍，犹如读者进行实战演习，巩固书本上所学的知识，为自学入门提供了良好的条件。为了扩展知识面，开通了专门的技术咨询服务网站。读者如果有什么问题也可以通过电话和信件的方式与我们进行联系和交流。

全书所有的内容都是以国家职业技能资格认证标准为依据的。学习者通过学习除增强技能外，还可申报相应的国家职业资格考核认证，以获得国家统一的职业资格证书。读者如果在考核认证方面有什么问题或需要什么资料，也可直接与我们联系。

网址：<http://www.taoo.cn>

联系电话：022-83718162/83715667/83713312

地址：天津市南开区华苑产业园天发科技园 8-1-401

邮编：300384

图书联系方式：tan_peixiang@phei.com.cn

编著者

2014 年 2 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 常用电子元器件的基本功能和特点	1
1.1 电阻器	1
1.1.1 电阻器的功能	1
1.1.2 电阻器的主要参数	2
1.1.3 电阻器的命名及标识方法	2
1.1.4 电阻器的种类和特点	6
1.2 电位器	10
1.2.1 电位器的功能和特点	10
1.2.2 电位器的种类	10
1.3 电容器	12
1.3.1 电容器的功能	13
1.3.2 电容器的主要参数	13
1.3.3 电容器的命名及标识方法	14
1.3.4 电容器的种类和特点	16
1.4 电感器	19
1.4.1 电感器件的功能	19
1.4.2 电感器的主要参数	20
1.4.3 电感器的命名和标识方法	20
1.4.4 电感器的种类和特点	22
1.5 变压器	24
1.5.1 变压器的功能	24
1.5.2 变压器的主要参数	25
1.5.3 变压器的命名和标识方法	25
1.5.4 变压器的种类和特点	26
第 2 章 半导体器件	31
2.1 半导体的基本特性	31
2.1.1 物质的导电特性	31

2.1.2	半导体的种类和特点	31
2.2	半导体二极管	34
2.2.1	载流子的漂移和扩散	34
2.2.2	PN 结及其单向导电性	35
2.3	半导体三极管	41
2.3.1	三极管的结构	41
2.3.2	三极管的电流放大作用	42
2.3.3	晶体管的特性曲线	46
2.3.4	晶体管的主要参数	49
2.4	场效应晶体管	51
2.4.1	结型场效应晶体管	51
2.4.2	绝缘栅型场效应晶体管 (MOS FET)	54
2.4.3	场效应晶体管与普通三极管的比较	55
2.5	晶闸管 (可控硅)	55
2.5.1	晶闸管的结构、特点及电路符号	55
2.5.2	晶闸管的工作原理	56
2.5.3	主要技术参数	56
2.6	半导体器件型号命名方法	57
2.7	集成电路	57
第 3 章	直流电路	59
3.1	电子电路的基本概念	59
3.2	电路中的电流和电压	59
3.2.1	电流	59
3.2.2	电压与电动势	60
3.3	欧姆定律	61
3.4	电路的工作状态	63
3.4.1	有载工作状态	63
3.4.2	开路状态	63
3.4.3	短路状态	64
3.5	电功及电功率	64
3.5.1	电功	64
3.5.2	电功率	65
3.6	电阻的连接	65

3.6.1	电阻器的串联.....	65
3.6.2	电阻器的并联.....	66
3.6.3	电阻器的混联.....	67
3.7	电容的连接和计算方法.....	68
3.7.1	电容器的串联.....	68
3.7.2	电容器的并联.....	69
3.8	电感器的连接和计算方法.....	70
3.8.1	电感器的串联.....	70
3.8.2	电感器的并联.....	70
3.9	直流电路的分析与计算方法.....	71
3.9.1	电流定律（克希霍夫第一定律）.....	71
3.9.2	电压定律（克希霍夫第二定律）.....	71
3.9.3	叠加定理.....	72
3.9.4	戴维南定理.....	72
3.9.5	诺顿定理.....	73
第 4 章	正弦交流电路.....	75
4.1	交流信号的特点.....	75
4.2	正弦交流信号的特点.....	76
4.3	正弦交流电的主要物理量.....	77
4.3.1	周期、频率和角频率.....	77
4.3.2	初相位和相位差.....	77
4.4	正弦交流电的有效值.....	78
4.5	正弦交流电的向量表示法.....	78
4.6	正弦交流电路.....	80
4.6.1	由单一元件构成的交流电路.....	80
4.6.2	由混合元件构成的交流电路.....	83
4.7	谐振电路.....	86
4.7.1	串联谐振电路.....	86
4.7.2	并联谐振电路.....	88
第 5 章	电动机及驱动电路.....	91
5.1	电磁基本概念.....	91
5.1.1	磁场与磁力线.....	91

5.1.2	电动力产生原理.....	95
5.2	直流电动机.....	96
5.2.1	直流电动机的基本结构及分类.....	96
5.2.2	直流电动机的工作原理.....	97
5.2.3	直流电动机的功率和效率.....	100
5.2.4	直流电动机的电压平衡关系.....	101
5.2.5	直流电动机的启动、调速与反转.....	101
5.3	录音机电动机及驱动电路.....	103
5.3.1	录音机电动机的结构特点.....	103
5.3.2	录音机电动机的稳速装置.....	105
5.4	实用电路.....	109
5.4.1	光控电动机驱动电路.....	109
5.4.2	可双向旋转的光控电动机驱动电路.....	110
第6章	基本放大电路.....	111
6.1	放大器的种类和特点.....	111
6.1.1	放大器的基本功能.....	111
6.1.2	放大器的种类.....	112
6.1.3	电压放大和电流放大.....	112
6.2	基本放大电路的构成.....	113
6.2.1	基本放大电路的组成.....	113
6.2.2	静态工作点的设置.....	114
6.2.3	电流的放大作用.....	116
6.2.4	信号中直流与交流的关系.....	117
6.3	共发射极放大电路的工作原理.....	118
6.3.1	直流通路和交流通路.....	118
6.3.2	静态工作点的计算.....	118
6.3.3	交流参数的计算.....	119
6.3.4	非线性失真.....	125
6.3.5	放大电路的稳定性.....	126
6.4	共集电极放大电路.....	129
6.4.1	静态工作点的计算.....	130
6.4.2	交流参数的计算.....	130
6.5	共基极放大器.....	131

6.5.1	共基极电路的静态工作点	131
6.5.2	交流参数的计算	132
6.6	放大电路的频率特性	133
6.6.1	影响频率特性的主要元件	133
6.6.2	放大器的频率特性	134
6.6.3	影响频率特性的因素	135
6.6.4	展宽频带的方法	136
6.7	场效应晶体管放大电路	138
6.7.1	自给偏压共源极放大电路	138
6.7.2	栅极接正电位的共源极放大电路	140
6.8	调谐放大电路	141
6.8.1	调谐放大器的功能	141
6.8.2	基本调谐放大电路的构成及特点	143
6.8.3	L、C 并联谐振回路及频率特性	143
6.8.4	调谐放大器性能分析	145
6.8.5	实用调谐放大电路	147
6.9	放大电路中的负反馈	149
6.9.1	反馈的基本概念	149
6.9.2	反馈类型的识别	150
6.9.3	负反馈对放大电路性能的影响	152
6.9.4	负反馈放大电路分析举例	154
6.10	关于分贝的概念	156
第 7 章	直流放大器	157
7.1	直流放大器的功能特点	157
7.2	直接耦合放大电路	157
7.2.1	单管直接耦合放大电路	157
7.2.2	两级直接耦合放大电路	159
7.3	直接耦合放大电路的零点漂移	160
7.3.1	零点漂移的概念及产生的原因	160
7.3.2	抑制零点漂移的方法	160
7.4	差动放大电路	160
7.4.1	基本差动放大电路	160
7.4.2	发射极耦合差动放大电路	162

7.4.3	差动放大电路的连接方式	163
7.5	运算放大电路	165
7.5.1	运算放大电路的基本接法	165
7.5.2	运算放大电路的典型应用	167
第 8 章	功率放大器	169
8.1	功率放大器的特点	169
8.1.1	功率放大器的基本特点	169
8.1.2	功率放大器的种类	169
8.1.3	甲类放大器的特性	171
8.2	乙类推挽功率放大电路	173
8.2.1	乙类推挽功率放大电路的结构和工作原理	173
8.2.2	乙类放大器的计算	175
8.3	互补对称功率放大电路	177
8.3.1	甲乙类的互补对称电路	177
8.3.2	单电源互补对称电路	178
8.3.3	采用复合管的互补对称电路	180
8.4	集成功率放大电路	181
8.4.1	集成功率放大器的输出级电路	181
8.4.2	集成功率放大器的典型应用	183
8.5	音频功率放大器	185
8.5.1	音频功率放大器的种类	185
8.5.2	音频功率放大器的性能指标	186
8.5.3	音频功率放大器的电路结构和工作原理	192
8.6	实用电路	206
8.6.1	大功率双声道音频放大器	206
8.6.2	杜比环绕立体声解码集成电路	207
8.6.3	环绕声信号处理电路	209
8.6.4	多声道音频信号处理电路	209
第 9 章	振荡电路	211
9.1	振荡电路的基本原理	211
9.1.1	振荡现象	211
9.1.2	振荡电路工作原理	212

9.2	振荡器的组成及振荡条件.....	212
9.2.1	振荡器的组成.....	212
9.2.2	振荡条件.....	214
9.3	LC 正弦振荡电路.....	214
9.3.1	互感耦合 LC 振荡电路.....	215
9.3.2	三点式振荡电路.....	216
9.4	石英晶体振荡电路.....	219
9.4.1	石英晶体谐振器的特性.....	219
9.4.2	石英晶体正弦波振荡电路.....	220
9.5	RC 正弦波振荡电路.....	222
9.5.1	移相式振荡器电路.....	222
9.5.2	桥式振荡电路.....	223
9.6	实用电路.....	225
9.6.1	“钟声”效果发生器的电路及制作.....	225
9.6.2	单声道变双声道立体声转换电路.....	228
第 10 章 脉冲信号和数字电路.....		229
10.1	脉冲信号和数字电路.....	229
10.2	脉冲信号的基本特点.....	230
10.3	脉冲信号的产生电路.....	231
10.3.1	RC 电路.....	231
10.3.2	RL 电路.....	233
10.3.3	RC 电路和应用.....	235
10.4	多谐振荡器.....	237
10.4.1	非稳态多谐振荡器.....	238
10.4.2	双稳态电路.....	241
10.4.3	单稳态电路.....	247
10.4.4	间歇振荡器.....	254
10.4.5	锯齿波产生电路.....	256
第 11 章 电源电路.....		261
11.1	电源电路的功能和结构.....	261
11.2	变压和整流电路.....	262
11.2.1	变压器.....	262

11.2.2	整流电路.....	262
11.2.3	半波整流电路.....	263
11.2.4	全波整流电路.....	263
11.2.5	桥式整流电路.....	265
11.3	滤波电路.....	267
11.3.1	电容滤波电路.....	267
11.3.2	电感滤波电路与 LC 滤波电路.....	269
11.4	稳压电路.....	270
11.4.1	稳压管稳压电路.....	270
11.4.2	串联型稳压电路.....	271
11.5	稳压电路实例分析.....	273
11.5.1	低压小电流稳压电源.....	273
11.5.2	典型稳压电源电路.....	273
11.6	集成稳压电源.....	275
11.6.1	三端集成稳压器的基本应用电路.....	275
11.6.2	提高输出电压的应用电路.....	276
11.6.3	扩大输出电流的电路.....	276
11.7	开关电源.....	277
11.7.1	开关电源的基本特点.....	277
11.7.2	开关电源的基本构成.....	278
11.8	电路应用实例.....	280

第 1 章 常用电子元器件的基本功能和特点

1.1 电阻器

物体对电流通过的阻碍作用称为电阻，利用这种阻碍作用做成的元件称为电阻器，简称电阻。在电子设备中，电阻器是使用最多的元件之一。如图 1-1 所示是一块电路板，在上面有很多电阻器及其他电子元件。

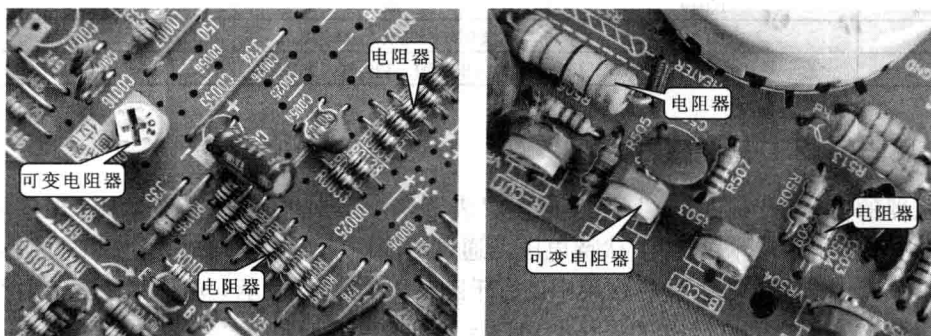


图 1-1 电路板上的电阻器

1.1.1 电阻器的功能

电阻器的功能是通过分压电路为其他电子元器件提供所需的电压；通过限流电路为其他电子元器件提供所需要的电流。

电阻器可以用很多材料制作，而由于不同材料的物体对电流的阻力是不同的，因此电阻器还与物体的长度成正比，与其横截面积成反比。

电阻值的计算公式为：

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

式中

ρ ——电阻系数或电阻率；

L ——长度；

S ——横街面积。

电阻率与物体材料的性质有关，一般情况下，将单位长度、单位面积的物体，在 20℃ 下所具有的电阻值称为该物体的电阻率。相同材料制作成的导体，其横截面积越大电阻值越小，反之则越大；长度越长电阻值越大，反之则越小。

此外，导体的电阻值大小还与温度有关系。对金属材料，其电阻值随着温度的升高而


增大；对石墨和碳，其电阻值随温度的升高而减小。

表 1-1 列出了常用材料的导体电阻率。银、铜、铝等材料的电阻率比较小，因此，铜、铝被广泛用来制作导线。其中银的电阻率虽小，但是由于其价格很贵，因此常被制作成镀银线。而有些合金如康铜、镍铬合金等材料的电阻率较大，常用来制造电热器及电热器的电阻丝。

表 1-1 常用导体的电阻率

材料名称	20℃时的电阻率 ρ ($\Omega \cdot m$)	材料名称	20℃时的电阻率 ρ ($\Omega \cdot m$)
银	0.016	铁	0.0978
铜	0.0172	铂	0.105
金	0.022	锡	0.114
铝	0.029	铅	0.206
钼	0.0477	汞	0.958
钨	0.049	碳	25
锌	0.059	康铜 (54%铜, 46%镍)	0.50
镍	0.073	锰铜 (86%铜, 12%锰, 2%镍)	0.43

1.1.2 电阻器的主要参数

电阻器的符号是“”，用字母“R”表示。电阻器的度量单位是欧姆，用字母“ Ω ”表示。并且规定电阻器两端加 1 伏特电压，通过它的电流为 1 安培时，定义该电阻器的电阻值为 1 欧姆（记为 1Ω ）。实际应用中还有千欧（用“ $k\Omega$ ”表示）单位和兆欧（用“ $M\Omega$ ”表示）单位，它们之间的换算关系是： $1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$

电阻器的主要参数有标称电阻值、电阻值误差及额定功率。

(1) 标称电阻值

标称电阻值是指电阻器表面上标识的电阻值，其单位为 Ω （对热敏电阻器，则指 25°C 时的阻值）。

(2) 允许偏差

电阻器的允许偏差是指电阻器的实际电阻值对于标称电阻值所允许的最大偏差范围，它标志着电阻器的电阻值精度。

(3) 额定功率

额定功率是指电阻器在直流或交流电路中，当在一定大气压力下（ $87kPa\sim 107kPa$ ）和在产品标准中规定的温度下（ $-55^\circ\text{C}\sim 125^\circ\text{C}$ 不等），长期连续工作所允许承受的最大功率。

1.1.3 电阻器的命名及标识方法

1. 电阻器的命名

根据我国国家标准规定，固定电阻器型号命名由 4 个部分构成，具体如下所示：