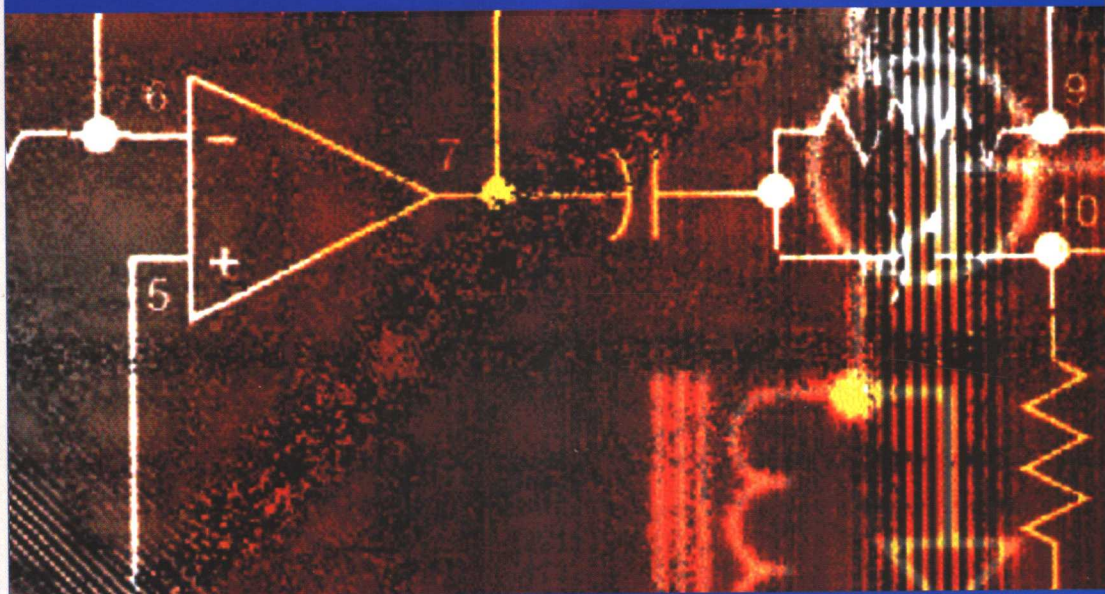


电子技术技能实训教程丛书



# 模拟电路 基础与技能 实训教程

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电子技术技能实训教程丛书

# 模拟电路基础与技能 实训教程

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以模拟电子技术的基础知识为主线,并按章节配有技术能力的训练。详细介绍了模拟电路基础知识、场效应管放大电路、直流放大器、集成运算放大器、集成稳压器与开关电源的原理、特点与应用。并根据高职高专教育的特点,突出应用性、针对性,加强实践性,注重实际动手能力和解决实际问题的能力培养与提高。

为了检验学习效果,每章均有习题,书后附有习题答案供参考。

本书参照《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案》内容的要求编写而成,可作为中、高等职业技术学校 and 电子电器类专业学校电子技术学科的教材;也可作为电子制造企业的岗位培训教材;还可供广大电子爱好者阅读。

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

模拟电路基础与技能实训教程 / 孙余凯等编著. —北京:电子工业出版社, 2006.7  
(电子技术技能实训教程丛书)  
ISBN 7-121-02525-6

I.模... II.孙... III.模拟电路—电子技术—技术培训—教材 IV.TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 039489 号

责任编辑: 谭佩香

印 刷: 河北省邮电印刷厂

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.25 字数: 468 千字

印 次: 2006 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。  
联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 出版说明

发展职业教育是经济社会发展的重要基础和教育工作的战略重点。国务院关于大力发展职业教育的决定中明确指出，为适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求，促进社会主义和谐社会建设，必须以就业为导向，改革与发展职业教育。职业教育要为我国走新型工业化道路，调整经济结构和转变增长方式服务。因此职业教育要以服务社会主义现代化建设为宗旨，要与市场需求和劳动就业紧密结合，要校企合作，建立有中国特色的现代职业教育体系，实施国家技能型人才培养培训工程。

为进一步深化职业教育教学的改革，各类职业学校根据市场和社会需求，在不断更新教学内容，改进教学方法，各家科技出版社也正在为推进现代科学技术在教学中的应用做好教材服务工作。

电子工业出版社一贯重视职业教育工作。在认真学习领会国家相关政策，研究职业教育规律和特点的基础上，组织相关院校企业共同研发，成功出版了大量职业教育方面的书籍，并取得了很好的社会效益和经济效益。在全国职业教育工作会议隆重召开以后，我社为更好地适应职业教育教学改革的需要，深入职业学校进行了认真调研，组织长期从事电子技术行业工作的专家和在教育第一线的有丰富经验的教师共同编写《电子技术技能实训教程丛书》。我社推出的本丛书是以构建职业标准指导下的能力本位为主导，以提高学生科技素养为宗旨，以就业为导向，指导学生进行专业实践能力的训练，提高学生的技术运用能力和岗位工作能力。

《电子技术技能实训教程丛书》的编写主要遵循以下原则：

(1) 教学内容充分体现职业性，即本职业生产岗位必备的知识和技能，充分满足本行业生产一线的需求。

(2) 建立职业院校的课程与国家行业标准之间的紧密联系,从职教课程中能清晰地看到国家行业的职业标准要求,形成一种新的职业能力培养的系统化课程。

(3) 行业标准指导下的先进性原则。克服专业教学存在的内容陈旧和不适应产业发展需求的弊端,突出本专业领域的新知识、新技术、新流程、新方法,理论和实践一体化,使之符合职业能力的发展规律,培养学生的学习能力、工作能力、创新思维的能力。

为突出本丛书实用性强的特点,从内容的安排上,以理论指导实践,重点突出技能训练,不仅结合各章内容安排了实训,而且有的书还在全书的最后安排了综合实训项目,使读者将电子专业知识和电子技术灵活运用于实践,在实践中加深理解和积累知识,并在知识和技能不断积累的基础上进行有创造性的实践,从而更有利于技能型人才的培养,更好地提高读者的就业能力、工作能力、职业转换能力和创业能力。

目前本丛书主要包括以下教程:《电工技术基础与技能实训教程》,《电子技术基础与技能实训教程》,《数字电路基础与技能实训教程》,《模拟电路基础与技能实训教程》,《电子产品制作技术与技能实训教程》,《电子产品装配技术与技能实训教程》,《电子仪表应用技术与技能实训教程》,《自动控制技术与技能实训教程》,《传感技术与技能实训教程》,《汽车电子技术与技能实训教程》。以后将根据职业学校教材的需求不断拓展新的教程。

我们期盼本丛书能成为通俗易懂的、专业性和实用性强的、学得会和用得巧的职教选用教材和广大读者的自学教程。

电子工业出版社

# 前 言

本书是参照《高等职业教育电子信息类专业“双证课程”培养方案》的内容编写而成的。

模拟电路是由电子元器件构成的处理模拟信号的电路，它是各种电子设备的重要组成部分。因此，认真学习和牢固掌握模拟电子技术与技能，是学习各种电子技术专业知识的基础。

本书按照“保证基础，加强概念，精选内容、压缩篇幅，联系实际，便于教学（自学）”的原则，突出高职高专教育的特点，详细讲解模拟电路基础及应用技术。

## （1） 保证基础

本书是以模拟电子技术的基础知识为主线，对于与模拟电路及有关组成模拟电路最常用的半导体器件作了较详细介绍，这些基本知识的掌握，能为今后的进一步学习与提高打下良好的基础。

## （2） 加强概念

在介绍模拟电路<sup>1</sup>组成电路的电子元器件时，对于一些基本概念，书中均作了较精练的介绍，通俗易懂，这对电路原理的理解和读懂较复杂的电路都非常有益。

## （3） 精选内容、压缩篇幅

模拟电子技术包括的内容很多，涉及面也很广，本书不可能面面俱到，故精选了当今模拟电子技术应用面较广而且最实用的内容，尤其是加重了集成电路模拟电子技术的比重，并尽量压缩篇幅。

## （4） 联系实际

本书在各章节都设置了综合实训的内容，其目的就是加强实践能力的培养。在实训内容安排上，注重培养读者的实际动手能力和解决实际问题的能力，使上岗或岗位培训的人员获得模拟电子技术的基本知识和初步的实践训练。

## （5） 便于教学（自学）

本书在内容叙述上力求深入浅出，尽量避免繁琐的数学推导；在内容编排上力求简洁、形式新颖、目标明确，有利于促进读者的求知欲和学习的主动性。

本书由孙余凯、吴鸣山、项绮明组稿，参加编写的人员还有：刘忠德、吕晨、孙余平、

王五春、吕颖生、谭长义、项宏宇、王华君、项天任、吴永平等。

由于模拟电子技术发展极为迅速，涉及面广，加上我们水平有限，书中难免有不妥之处，真诚希望专家和读者批评指正。

图书联系方式：tan\_peixiang@phei.com.cn

编著者  
2006年5月

# 目 录

第 1 章 模拟电路基础知识.....	1
1.1 模拟电路的特点及类型.....	1
1.1.1 模拟电路的特点.....	1
1.1.2 模拟电路的类型.....	1
1.2 半导体基础知识.....	2
1.2.1 半导体的特性.....	2
1.2.2 本征半导体.....	2
1.2.3 N 型和 P 型半导体.....	5
1.2.4 PN 结.....	6
1.3 半导体二极管.....	8
1.3.1 半导体二极管结构.....	8
1.3.2 半导体二极管类型.....	8
1.3.3 半导体二极管的伏安特性.....	9
1.3.4 二极管的主要参数.....	10
1.3.5 稳压二极管.....	11
1.4 半导体三极管.....	13
1.4.1 半导体三极管的基本结构.....	13
1.4.2 半导体三极管的类型.....	14
1.4.3 半导体三极管的工作电压.....	14
1.4.4 半导体三极管基本连接方式.....	15
1.4.5 半导体三极管电流分配关系.....	16
1.4.6 半导体三极管电流放大作用.....	18
1.4.7 半导体三极管的特性.....	19
1.4.8 半导体三极管的主要参数.....	21
1.5 场效应管.....	25
1.5.1 场效应管基本知识.....	25
1.5.2 结型场效应管.....	27



1.5.3	N 沟道增强型绝缘栅场效应管 .....	32
1.5.4	P 沟道增强型绝缘栅场效应管 .....	35
1.5.5	N 沟道耗尽型绝缘栅场效应管 .....	35
1.5.6	各种场效应管特性比较 .....	37
1.5.7	场效应管的主要参数 .....	37
1.5.8	使用场效应管应注意的问题 .....	39
1.6	光电器件 .....	39
1.6.1	光电器件的基本知识 .....	39
1.6.2	发光二极管 .....	40
1.6.3	光敏晶体管 .....	44
1.6.4	光电耦合器 .....	48
1.7	晶闸管 .....	50
1.7.1	普通晶闸管 .....	51
1.7.2	双向晶闸管 .....	54
1.8	单结晶体管 .....	57
1.8.1	单结晶体管的结构及电路符号 .....	57
1.8.1	单结管特性及主要参数 .....	57
1.8.3	单结晶体管的典型应用电路 .....	58
1.9	二极管、三极管特征及参数检测的技能实训 .....	60
1.9.1	二极管特性及参数的检测 .....	60
1.9.2	三极管特性及参数的检测 .....	61
	本章小结 .....	63
	习题 1 .....	63
<b>第 2 章 交流放大器 .....</b>		<b>67</b>
2.1	基本交流放大器的组成和原理 .....	67
2.1.1	组成交流放大器的基本原则 .....	67
2.1.2	基本交流放大电路的组成 .....	67
2.1.3	基本交流放大器工作原理 .....	69
2.2	放大电路的分析方法 .....	72
2.2.1	交、直流等效电路的画法 .....	72
2.2.2	图解分析法 .....	73
2.2.3	估算法 .....	79
2.3	放大器工作点的稳定 .....	82
2.3.1	温度对静态工作点的影响 .....	82

2.3.2	分压式偏置稳定电路.....	83
2.3.3	输出反馈式工作点稳定电路.....	83
2.3.4	热敏电阻式工作点稳定电路.....	84
2.4	交流放大电路微变等效电路分析法.....	85
2.4.1	微变等效电路基本知识.....	85
2.4.2	晶体管交流简化等效电路.....	85
2.4.3	交流放大器简化等效电路.....	86
2.4.4	根据交流等效电路计算放大器参数.....	86
2.5	多级交流放大电路.....	90
2.5.1	多级交流放大电路基本知识.....	90
2.5.2	阻容耦合多级放大电路.....	91
2.5.3	变压器耦合多级放大电路.....	98
2.6	放大电路中的负反馈.....	99
2.6.1	负反馈基本知识.....	99
2.6.2	负反馈的类型.....	101
2.6.3	反馈性质的判别.....	102
2.6.4	负反馈对放大器性能的影响.....	106
2.6.5	负反馈放大电路特例——射极输出器.....	109
2.7	功率放大电路.....	111
2.7.1	功率放大电路的类型和特点.....	111
2.7.2	OTL 功率放大电路.....	113
2.7.3	OCL 功率放大电路.....	118
2.7.4	BTL 功率放大电路.....	122
2.8	交流放大电路故障判断实训.....	127
2.8.1	实训目的与器材.....	127
2.8.2	实训电路、方法及步骤.....	127
	本章小结.....	130
	习题 2.....	130
<b>第 3 章</b>	<b>场效应管放大电路.....</b>	<b>133</b>
3.1	场效应管放大电路基本知识.....	133
3.1.1	场效应管放大电路基本特点.....	133
3.1.2	场效应管对偏置电压的要求.....	134
3.2	场效应管的基本偏置电路.....	134
3.2.1	固定偏压电路.....	134

3.2.2	自偏压电路 .....	135
3.2.3	分压式偏置电路 .....	136
3.3	场效应管放大电路静态工作点的设置 .....	137
3.3.1	图解分析法 .....	137
3.3.2	计算法 .....	140
3.4	场效应管放大器的微变等效电路分析法 .....	141
3.4.1	场效应管的微变等效电路 .....	141
3.4.2	共源极放大器的微变等效电路 .....	142
3.4.3	共漏极放大器的微变等效电路 .....	145
3.4.4	场效应管三种基本放大电路特性归纳总结 .....	148
3.5	场效应管实用电路举例 .....	150
3.5.1	前置放大电路 .....	150
3.5.2	变阻效应电路 .....	151
3.5.3	阻抗变换电路 .....	153
3.5.4	仪表前置放大电路 .....	153
3.6	场效应管及放大电路的技能实训 .....	154
3.6.1	实训目的与器材 .....	154
3.6.2	静态工作点的计算与测量 .....	154
3.6.3	动态测量训练 .....	156
	本章小结 .....	157
	习题 3 .....	157

## 第 4 章 直流放大器 .....

4.1	直流放大器基本知识 .....	161
4.1.1	直流放大器适用范围及特点 .....	161
4.1.2	直流放大器的两个特殊问题 .....	162
4.2	直流放大器级间电位调节电路 .....	164
4.2.1	提高后级的发射极电位 .....	164
4.2.2	用二极管或稳压管调节电位电路 .....	165
4.2.3	NPN-PNP 管直接耦合电路 .....	166
4.3	克服零点漂移的常用方法 .....	167
4.3.1	第一级选特性好的管子 .....	167
4.3.2	相互补偿电路 .....	167
4.3.3	采用负反馈 .....	168
4.3.4	非线性元件的补偿电路 .....	169

4.3.5	辅助三极管补偿电路.....	171
4.3.6	射极补偿电路.....	171
4.4	差分放大电路.....	172
4.4.1	基本差分放大电路.....	172
4.4.2	典型的对称式差分放大器.....	177
4.4.3	具有恒流源的差分放大电路.....	183
4.4.4	具有共模负反馈的两级差分放大器.....	187
4.4.5	采用场效应管的差分放大器.....	188
4.5	差分放大器的几种连接方法.....	189
4.5.1	双端输入、双端输出.....	189
4.5.2	双端输入、单端输出.....	189
4.5.3	单端输入、双端输出.....	190
4.5.4	单端输入、单端输出.....	190
4.6	差分放大电路的差模放大倍数与共模抑制比测量技能实训.....	192
4.6.1	单电源对称差分电路.....	192
4.6.2	双电源差分放大电路.....	194
	本章小结.....	196
	习题 4.....	196

## 第 5 章 集成运算放大器 ..... 199

5.1	集成运算放大器基本知识.....	199
5.1.1	集成运算放大器的类型.....	199
5.1.2	集成运算放大器的特点.....	199
5.1.3	集成运算放大器的基本结构.....	202
5.1.4	集成运算放大器的符号及引脚.....	203
5.1.5	集成运算放大器的基本特性.....	203
5.1.6	集成运算放大器的适用场合.....	204
5.2	集成运算放大器的主要参数.....	204
5.2.1	开环特性参数.....	204
5.2.2	输入失调特性.....	205
5.2.3	输出特性.....	207
5.2.4	共模特性.....	207
5.2.5	转换速率 $S_R$ .....	208
5.2.6	电源特性.....	209
5.2.7	归纳总结.....	209

5.3	理想运算放大器 .....	211
5.3.1	理想运算放大器的特点 .....	211
5.3.2	实际运算放大器 .....	211
5.4	运算放大器的三种基本组态 .....	212
5.4.1	反相输入组态的典型应用电路 .....	212
5.4.2	同相输入组态的典型应用电路 .....	214
5.4.3	差分输入组态的典型应用电路 .....	218
5.5	集成运算放大器使用常识 .....	222
5.5.1	零点调整 .....	222
5.5.2	消除寄生振荡 .....	224
5.5.3	保护电路 .....	226
5.6	运算放大器运算关系技能实训 .....	230
5.6.1	反相比例关系训练 .....	230
5.6.2	比例减法关系训练 .....	231
5.6.3	比例加法关系训练 .....	232
5.6.4	共模抑制比 CMRR 实训 .....	233
	本章小结 .....	233
	习题 5 .....	233
<b>第 6 章</b>	<b>集成稳压器与开关电源 .....</b>	<b>235</b>
6.1	直流稳压电源的组成 .....	235
6.1.1	线性稳压电源 .....	235
6.1.2	开关稳压电源 .....	236
6.2	整流与滤波电路 .....	237
6.2.1	整流电路 .....	237
6.2.2	滤波电路 .....	244
6.3	集成线性稳压电路 .....	247
6.3.1	三端固定正电压输出稳压电路 .....	247
6.3.2	三端固定负电压输出稳压电路 .....	249
6.3.3	三端可调电压输出稳压电路 .....	249
6.3.4	线性稳压电源原理 .....	252
6.3.5	三端固定稳压 IC 典型应用电路 .....	252
6.3.6	三端可调稳压 IC 典型应用电路 .....	255
6.4	集成开关稳压电路 .....	257
6.4.1	集成开关稳压电路类型 .....	257

6.4.2	集成开关稳压电路基理 .....	258
6.4.3	开关电源实际电路分析 .....	259
6.5	集成直流稳压 IC 实用电路 .....	264
6.5.1	由三端稳压块 W78×× 构成的扩流电源电路 .....	264
6.5.2	由三端稳压块 AN7815、AN7915 构成的有源伺服电源电路 .....	264
6.5.3	由三端固定稳压块 AN7809 构成的汽车防盗无线发射电路 .....	265
6.5.4	由 AN7805 三端稳压块构成的闪光彩灯电路 .....	266
6.5.5	由稳压块 AN78L06 构成的晶体管 $h_{FE}$ 测试电路 .....	266
6.5.6	由三端固定稳压块 W7805 构成的胆机电源电路 .....	267
6.5.7	由三端稳压块 W7812 构成的 13.4 V 电源电路 .....	268
6.5.8	由三端固定稳压器 W7806 构成的多挡维修电源电路 .....	269
6.5.9	由三端固定稳压块 AN7800 构成的上调式稳压电路 .....	270
6.5.10	由三端固定稳压块 AN7800 构成的自零调压式稳压电路 .....	270
6.5.11	由三端固定稳压块构成的 0~±18 V 连续可调电源电路 .....	271
6.5.12	由三端固定稳压块 78×× 系列构成的稳压电路 .....	272
6.5.13	可扩展 7800 系列三端稳压集成块输出电流的电路 .....	273
6.5.14	可扩展 7900 系列三端稳压集成块输出电流的电路 .....	273
6.5.15	由三端可调稳压器 LM317 构成的 1.5~12 V 电源变换电路 .....	274
6.5.16	由三端可调式稳压器 LM317 构成的 1.25 V 稳压电路 .....	274
6.5.17	由可调电源块 LM317 构成的电池自动充电电路 .....	275
6.5.18	由三端可调稳压器 LM317K 构成的 1.25~30 V 稳压电路 .....	276
6.5.19	由稳压电路 LM317T 构成的恒流、恒压充电电路 .....	277
6.5.20	由三端可调稳压器 LM317K 构成的 0~30 V 连续可调电源电路 .....	277
6.5.21	由稳压电路 LM317 构成的具有待机功能的多功能稳压电路 .....	278
6.5.22	由三端可调稳压器 LM317K 构成的能自动切换交流电压的稳压电源电路 .....	280
6.5.23	由三端可调稳压块 LM317T 构成的稳压、交流电路 .....	280
6.5.24	由三端可调稳压器 LM317 构成的恒流源电路 .....	282
6.5.25	由三端稳压块 LM317T 构成的火灾自动报警电路 .....	282
6.5.26	由稳压块 LM317T 构成的并联式稳压电路 .....	283
6.6	稳压电源与开关电源技能实训 .....	284
6.6.1	6 V 稳压电源安装实训 .....	284
6.6.2	开关电源故障检测实训 .....	285
	本章小结 .....	286
	习题 6 .....	286

附录 A 习题答案.....	289
第 1 章 习题答案.....	289
第 2 章 习题答案.....	289
第 3 章 习题答案.....	290
第 4 章 习题答案.....	291
第 5 章 习题答案.....	291
第 6 章 习题答案.....	291
参考文献.....	293

# 第 1 章 模拟电路基础知识

电子电路按其功能可分为模拟电路和数字电路两大类。处理模拟信号的电路称为模拟电路。

## 1.1 模拟电路的特点及类型

模拟电路在信号传输、变换、产生、测量等学科方面应用相当广泛，对当今电子科学技术的各个领域有重要的影响。

### 1.1.1 模拟电路的特点

模拟电子技术是利用电路和系统实现各种模拟电信号的处理技术，运用模拟电子技术可对电信号进行研究，对电路及系统进行研究。

模拟信号是指连续变化的电信号，又称连续信号，典型的模拟量为正弦函数。用模拟电路能够处理这类连续变化的信号。自然界中许多物理量都是模拟量，例如时间的变化、运动物体的位移、温度的变化等。

#### 1. 模拟电路的模拟量

模拟电路是以电压或电流为模拟量进行放大、转换、调制的一种电子电路。

#### 2. 模拟电路研究的信号

在模拟电子电路中，主要研究的是微弱信号的放大以及各种类型信号的产生、变换和反馈等。

### 1.1.2 模拟电路的类型

模拟电路可分为线性电路和非线性电路两大类。

#### 1. 线性电路

使输出信号和输入信号的变化成线性关系的电路称为线性电路。例如：运算放大器，音频、中频及宽频带放大电路等。

#### 2. 非线性电路

使输出信号和输入信号的变化不成线性关系的电路（但不是开关性质）称为非线性电路。例如：检波器、稳压器、调制器等。

线性电路又有两种类型：一种是通用类，如运算放大器；另一种是专用类，如应用于电视机和显示器的扫描电路及应用于音响的功放电路等。





## 1.2 半导体基础知识

物体根据导电性能的差别可分为导体、绝缘体和半导体。凡容易导电的物质（如铜、铁、银、铝、汞等金属）制成的物体，称为导体；凡难以导电的物质（如玻璃、云母、陶瓷、橡皮、塑料等）制成的物体，称为绝缘体；凡导电能力介于导体和绝缘体之间的物质（如锗、硅、砷化镓等）制成的物体，称为半导体。

### 1.2.1 半导体的特性

一般导体的电阻率约为  $10^{-6}\sim 10^{-3}\Omega\cdot\text{cm}$ ；绝缘体的电阻率约为  $10^9\sim 10^{22}\Omega\cdot\text{cm}$ ；而半导体的电阻率为  $10^{-3}\sim 10^9\Omega\cdot\text{cm}$ 。半导体的特性除导电性能与导体和绝缘体不同以外，还具有以下特性。

#### 1. 掺杂性

在半导体中掺入一些杂质可改变其电阻率和导电类型（即可形成电子导电型——N型，或空穴导电型——P型半导体）。例如在纯硅中掺入百万分之一的杂质（硼或磷），其电阻率就从  $214\ 000\ \Omega\cdot\text{cm}$  下降到约  $0.4\ \Omega\cdot\text{cm}$ ，导电能力提高 50 多万倍，利用半导体的这种掺杂性可以制成各种电子器件。

#### 2. 温度敏感性

半导体的电阻率随温度变化很敏感，并随掺杂浓度不同，具有或正、或负的电阻温度系数。例如纯锗由  $20^\circ\text{C}$  变到  $30^\circ\text{C}$  时，其电阻率将下降一半左右，热敏电阻类元件就是利用半导体的这种特性制成的。

#### 3. 光敏感性

光照（或核辐射、强磁场等）能改变半导体的电阻率。例如：适当的光照可减小半导体的电阻率，利用半导体的这种光敏感性，可以制成光电管等半导体器件。

当然，半导体的热敏性和光敏性也有它不利的一面。

半导体的这些特性说明其导电性不同于其他物质，为理解这些特性，必须了解半导体结构。

### 1.2.2 本征半导体

本征半导体就是完全纯净的、具有晶体结构的半导体。

用得最多的本征半导体是锗和硅。图 1-1 是锗和硅单原子结构示意图。

#### 1. 原子结构

根据原子理论可知，一切物质由原子组成。原子是由带正电荷的原子核和按一定规律分布在原子核外，并绕着原子核旋转的带负电荷的电子组成的。物质不同，核外电子数也不一样。但在正常情况下，原子核所带的正电量与全部核外电子所带负电量总是相等的。因此，原子对外不显电性，呈中性，原子的最外层电子叫价电子。原子有几个价电子，就称其为几价元素。

