

中等职业教育电类专业规划教材

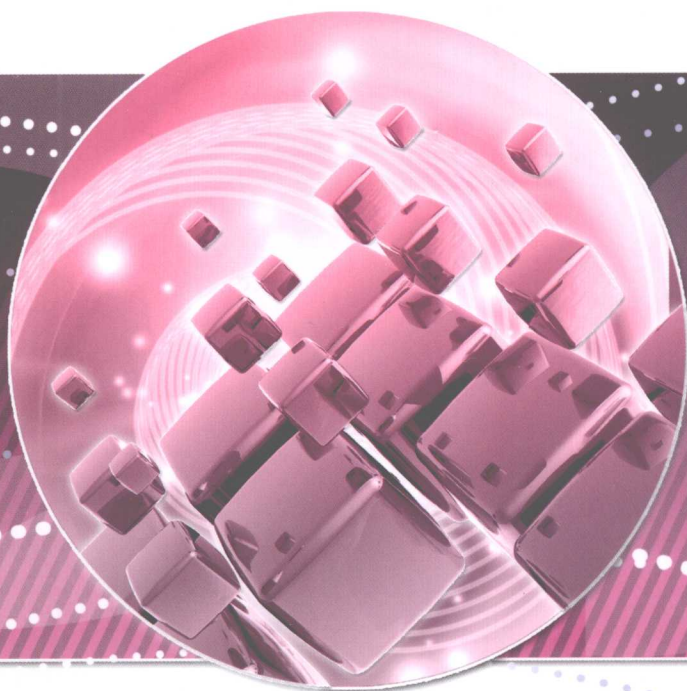
电子技术基础

◎ 程 周 丛书主编

◎ 金 仲 任小平 副主编

◎ 范国伟 主编

◎ 程 周 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中等职业教育电类专业规划教材

电子技术基础

程 周	丛书主编
范国伟	主 编
金 仲	副 主 编
任小平	
程 周	主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书为中等职业教育电类专业规划教材,是编者结合近几年职业院校教学改革的经验,为进一步适应学生的学习能力、实践能力和创新能力的培养要求而编写的。

本书主要包括:半导体二极管和三极管、基本放大电路、集成运算放大器、整流与稳压电路、晶闸管电路、门电路及组合逻辑电路、集成触发器和时序逻辑电路、数字技术中常用的应用电路,共8章。每章都包含学习目标和章后小结,并配有习题供学生思考和练习。最后,还编写了十个实验项目以供学生实践训练。

本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案及习题答案)。

本书可作为中等职业学校电类专业的教材,也可作为有关职业培训和岗位培训的教材。

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

电子技术基础/范国伟主编. —北京:电子工业出版社, 2008.9

中等职业教育电类专业规划教材

ISBN 978-7-121-06279-7

I. 电… II. 范… III. 电子技术—专业学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 130184 号

策划编辑:白楠

责任编辑:刘凡

印刷:北京牛山世兴印刷厂

装订:

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:17.25 字数:409.3 千字

印次:2008 年 9 月第 1 次印刷

印数:4 000 册 定价:25.20 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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

本书是根据教育部颁发的中等职业学校《电子技术基础》教学大纲进行编写的。全书分为两篇，第一篇为模拟电子技术部分，共有5个课题，分别为半导体二极管和三极管、基本放大电路、集成运算放大器、整流与稳压电路和晶闸管电路；第二篇为数字电子技术部分，共有3个课题，分别为门电路及组合逻辑电路、集成触发器和时序逻辑电路，以及数字技术中常用的应用电路。通过对本书的学习，可以使具备电工电子专业高素质劳动者和初中、初级专门人才所必需的电子技术的基本知识及基本技能，为学生学习专业知识和职业技能、提高全面素质、增强适应岗位变化的能力和继续学习的能力打下一定的基础。

电子技术发展一日千里，新技术、新器件不断涌现。为了适应电子技术的发展和中等职业教育的需要，本书在编写过程中，根据“淡化理论，加强技能，拓展广度，重在应用”的要求，力求体现职业教育的特点，充分考虑了适用范围、应用性、实践性及有利于对学生能力的培养等方面的问题，既突出电子技术的基础性，又强调电子技术的应用性，并具有以下特点。

(1) 在着重介绍电子技术领域的基础知识、基本理论、基本技能训练的同时，注意吸收新知识、新器件相关内容。

(2) 基础理论知识讲授以应用为目的，精选内容，以“必需、够用”为度，讲清原理，突出基本概念，理论证明和公式推导从简。

(3) 为加强对学生的实际动手能力的培养，对每一种器件都有引脚测试和质量检测方法的介绍，并安排了十个实验，旨在强化学生的实际操作能力。

(4) 在教材结构、风格上，力求简明扼要、深入浅出和便于自学；例题和习题尽量结合工程实际，突出应用性，强调启发性。

本教材适用于中等职业学校机电类、电类及相关专业，也可作为职工岗位培训教材。总教学时数为156学时，各部分内容的课时分配建议如下。

教 学 内 容	课 时 分 配 建 议		
	理论教学	实验教学	合计
第1章 半导体二极管和三极管	12	4	16
第2章 基本放大电路	24	6	30
第3章 集成运算放大器	14	2	16
第4章 整流与稳压电路	20	2	22
第5章 晶闸管电路	22	4	26
第6章 门电路及组合逻辑电路	16	2	18
第7章 集成触发器和时序逻辑电路	18		18
第8章 数字技术中常用的应用电路	8		8
机 动	2		2
合 计	136	20	156

本书由安徽工业大学范国伟任主编，安徽省合肥市电子学校金仲、安徽省当涂县职业教育中心任小平任副主编。全书由范国伟统稿，做了很多重要的修改与补充，安徽职业技术学院程周教授审阅了全部书稿并提出了很多宝贵意见。本书在编写的过程中，得到安徽工业大学职业技术学院、安徽合肥市电子学校、安徽马鞍山技师学院、安徽马钢技师学院、安徽省当涂县职业教育中心和安徽职业技术学院的大力支持，在此一并表示感谢。

为了方便教师教学，本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn）免费注册后再进行下载，在遇到问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系（E-mail:hxedu@phei.com.cn）。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中疏漏之处在所难免，恳请使用本书的老师和同学批评指正。

2008年8月

序号	章 节 名 称	学时	备 注
01	第一章 绪论	1	
02	第二章 电路的基本物理量	2	
03	第三章 电路的基本定律	3	
04	第四章 电路的基本定理	4	
05	第五章 动态电路分析	5	
06	第六章 正弦交流电路	6	
07	第七章 三相交流电路	7	
08	第八章 非正弦周期电流电路	8	
09	第九章 瞬态电路分析	9	
10	第十章 功率因数校正	10	
11	第十一章 电路的暂态分析	11	
12	第十二章 电路的频域分析	12	
13	第十三章 电路的时域分析	13	
14	第十四章 电路的复频域分析	14	
15	第十五章 电路的电磁暂态分析	15	
16	第十六章 电路的稳态分析	16	
17	第十七章 电路的瞬态分析	17	
18	第十八章 电路的频域分析	18	
19	第十九章 电路的时域分析	19	
20	第二十章 电路的复频域分析	20	
21	第二十一章 电路的电磁暂态分析	21	
22	第二十二章 电路的稳态分析	22	
23	第二十三章 电路的瞬态分析	23	
24	第二十四章 电路的频域分析	24	
25	第二十五章 电路的时域分析	25	
26	第二十六章 电路的复频域分析	26	
27	第二十七章 电路的电磁暂态分析	27	
28	第二十八章 电路的稳态分析	28	
29	第二十九章 电路的瞬态分析	29	
30	第三十章 电路的频域分析	30	
31	第三十一章 电路的时域分析	31	
32	第三十二章 电路的复频域分析	32	
33	第三十三章 电路的电磁暂态分析	33	
34	第三十四章 电路的稳态分析	34	
35	第三十五章 电路的瞬态分析	35	
36	第三十六章 电路的频域分析	36	
37	第三十七章 电路的时域分析	37	
38	第三十八章 电路的复频域分析	38	
39	第三十九章 电路的电磁暂态分析	39	
40	第四十章 电路的稳态分析	40	
41	第四十一章 电路的瞬态分析	41	
42	第四十二章 电路的频域分析	42	
43	第四十三章 电路的时域分析	43	
44	第四十四章 电路的复频域分析	44	
45	第四十五章 电路的电磁暂态分析	45	
46	第四十六章 电路的稳态分析	46	
47	第四十七章 电路的瞬态分析	47	
48	第四十八章 电路的频域分析	48	
49	第四十九章 电路的时域分析	49	
50	第五十章 电路的复频域分析	50	
51	第五十一章 电路的电磁暂态分析	51	
52	第五十二章 电路的稳态分析	52	
53	第五十三章 电路的瞬态分析	53	
54	第五十四章 电路的频域分析	54	
55	第五十五章 电路的时域分析	55	
56	第五十六章 电路的复频域分析	56	
57	第五十七章 电路的电磁暂态分析	57	
58	第五十八章 电路的稳态分析	58	
59	第五十九章 电路的瞬态分析	59	
60	第六十章 电路的频域分析	60	
61	第六十一章 电路的时域分析	61	
62	第六十二章 电路的复频域分析	62	
63	第六十三章 电路的电磁暂态分析	63	
64	第六十四章 电路的稳态分析	64	
65	第六十五章 电路的瞬态分析	65	
66	第六十六章 电路的频域分析	66	
67	第六十七章 电路的时域分析	67	
68	第六十八章 电路的复频域分析	68	
69	第六十九章 电路的电磁暂态分析	69	
70	第七十章 电路的稳态分析	70	
71	第七十一章 电路的瞬态分析	71	
72	第七十二章 电路的频域分析	72	
73	第七十三章 电路的时域分析	73	
74	第七十四章 电路的复频域分析	74	
75	第七十五章 电路的电磁暂态分析	75	
76	第七十六章 电路的稳态分析	76	
77	第七十七章 电路的瞬态分析	77	
78	第七十八章 电路的频域分析	78	
79	第七十九章 电路的时域分析	79	
80	第八十章 电路的复频域分析	80	
81	第八十一章 电路的电磁暂态分析	81	
82	第八十二章 电路的稳态分析	82	
83	第八十三章 电路的瞬态分析	83	
84	第八十四章 电路的频域分析	84	
85	第八十五章 电路的时域分析	85	
86	第八十六章 电路的复频域分析	86	
87	第八十七章 电路的电磁暂态分析	87	
88	第八十八章 电路的稳态分析	88	
89	第八十九章 电路的瞬态分析	89	
90	第九十章 电路的频域分析	90	
91	第九十一章 电路的时域分析	91	
92	第九十二章 电路的复频域分析	92	
93	第九十三章 电路的电磁暂态分析	93	
94	第九十四章 电路的稳态分析	94	
95	第九十五章 电路的瞬态分析	95	
96	第九十六章 电路的频域分析	96	
97	第九十七章 电路的时域分析	97	
98	第九十八章 电路的复频域分析	98	
99	第九十九章 电路的电磁暂态分析	99	
100	第一百章 电路的稳态分析	100	

目 录

第一篇 模拟电子技术基础

第 1 章 半导体二极管和三极管	3
1.1 半导体的基本知识	3
1.1.1 半导体的导电方式	3
1.1.2 N 型半导体和 P 型半导体	4
1.1.3 PN 结及其单向导电性	4
1.2 半导体二极管	6
1.2.1 二极管的结构、符号和类型	6
1.2.2 二极管的伏安特性曲线	7
1.2.3 二极管的主要参数	8
1.2.4 二极管的识别和简易检测方法	9
1.3 稳压管	10
1.3.1 稳压管的结构、符号和类型	10
1.3.2 稳压管的主要参数	11
1.3.3 稳压管的简易检测方法	11
1.4 半导体三极管	12
1.4.1 三极管的结构、符号和类型	12
1.4.2 三极管的电流放大作用	13
1.4.3 三极管的伏安特性曲线	15
1.4.4 三极管的主要参数	17
1.4.5 三极管的识别和简易检测方法	18
1.5 其他半导体器件	20
1.5.1 场效应管	20
1.5.2 发光二极管	21
1.5.3 光电二极管	21
1.5.4 开关二极管	22
1.5.5 变容二极管	22
1.5.6 隧道二极管	23
本章小结	23
习题 1	24
第 2 章 基本放大电路	28
2.1 基本放大电路的组成	28

2.1.1	共发射极基本放大电路	28
2.1.2	共集电极基本放大电路	29
2.1.3	共基极基本放大电路	30
2.2	共发射极放大电路的分析	30
2.2.1	共发射极放大电路的工作原理	30
2.2.2	共发射极放大电路的直流通路和交流通路	32
2.2.3	共发射极放大电路的近似估算法	32
2.2.4	共发射极放大电路的图解分析法	35
2.3	静态工作点的设置和稳定	39
2.3.1	静态工作点的设置	39
2.3.2	温度对静态工作点的影响	40
2.3.3	分压式偏置放大电路	40
2.4	阻容耦合多级放大电路	43
2.4.1	多级放大电路的组成	43
2.4.2	多级放大电路的耦合方式	43
2.4.3	多级放大电路的电压放大倍数	45
2.5	放大电路中的负反馈	47
2.5.1	反馈的基本概念	47
2.5.2	反馈的极性与类型的判断	48
2.5.3	负反馈的四种基本形式	49
2.5.4	负反馈对放大电路的影响	51
2.6	功率放大电路	52
2.6.1	对功率放大器的要求	52
2.6.2	功率放大器的分类	52
2.6.3	功率放大器应用电路	53
2.6.4	集成功率放大器	56
2.7	正弦波振荡电路	57
2.7.1	振荡的基本概念	57
2.7.2	LC 正弦波振荡电路	59
2.7.3	RC 正弦波振荡电路	62
2.7.4	石英晶体正弦波振荡电路	64
	本章小结	66
	习题 2	67
第 3 章	集成运算放大器	73
3.1	集成运算放大器的简单介绍	73
3.1.1	集成运算放大器的组成与分类	73
3.1.2	集成运算放大器的主要参数	75
3.1.3	集成运算放大器的传输特性	76

041	3.1.4 理想集成运算放大器的特点	77
041	3.2 基本集成运算放大电路	77
041	3.2.1 反相输入比例集成运算放大器	77
141	3.2.2 同相输入比例集成运算放大器	79
541	3.3 集成运算放大器的应用	80
641	3.3.1 集成运算放大器在信号运算方面的应用	80
441	3.3.2 集成运算放大器在信号处理方面的应用	82
441	3.3.3 集成运算放大器在波形产生方面的应用	83
241	3.4 使用运算放大器的注意事项	84
741	3.4.1 使用前一定要做的工作	84
641	3.4.2 集成运放的保护问题	84
041	3.4.3 集成运放的正确选择	85
041	本章小结	85
121	习题3	86
	第4章 整流与稳压电路	88
221	4.1 单相整流电路	89
021	4.1.1 单相半波整流电路	89
001	4.1.2 单相全波整流电路	92
101	4.1.3 单相桥式整流电路	94
101	4.1.4 单相倍压整流电路	97
501	4.2 三相整流电路	100
601	4.2.1 三相半波整流电路	100
201	4.2.2 三相桥式整流电路	103
201	4.3 滤波电路	105
701	4.3.1 电容滤波电路	106
701	4.3.2 电感滤波电路	109
801	4.3.3 复式滤波电路	110
	4.4 整流器件选用及保护	110
	4.4.1 整流二极管	111
571	4.4.2 硅整流堆	115
571	4.4.3 整流器件的保护	118
571	4.5 稳压电路	121
471	4.5.1 硅稳压管及其简单稳压电路	121
271	4.5.2 晶体管串联型稳压电路	124
271	4.5.3 三端集成稳压器	131
131	本章小结	136
871	习题4	137

第5章 晶闸管电路	140
5.1 晶闸管	140
5.1.1 晶闸管的结构、符号	140
5.1.2 晶闸管的工作原理	141
5.1.3 晶闸管的电压、电流特性	142
5.1.4 晶闸管的主要参数	143
5.1.5 晶闸管的型号	144
5.2 晶闸管单相可控整流电路	144
5.2.1 单相半波可控整流电路	145
5.2.2 单相半桥式整流电路	147
5.2.3 应用实例	149
5.3 晶闸管三相可控整流电路	149
5.3.1 三相半波可控整流电路	149
5.3.2 三相半桥式整流电路	151
5.4 晶闸管的触发电路	154
5.4.1 单结晶体管触发电路	155
5.4.2 晶闸管触发电路	159
5.4.3 应用实例	160
5.5 晶闸管的选用和保护	161
5.5.1 过电流保护	161
5.5.2 过电压保护	162
5.5.3 晶闸管的选用和简单检测	163
5.6 逆变和交流调压	165
5.6.1 逆变的基本工作原理	165
5.6.2 单相交流调压	167
本章小结	167
习题5	168

第二篇 数字电子技术基础

第6章 门电路及组合逻辑电路	173
6.1 逻辑门电路	173
6.1.1 与逻辑及与门	173
6.1.2 或逻辑及或门	174
6.1.3 非逻辑及非门	175
6.1.4 组合逻辑门	175
6.2 数制转换	178
6.2.1 数制	178
6.2.2 二进制数和十进制数的相互转换	180

6.3	逻辑代数及逻辑函数的化简	180
6.3.1	逻辑代数	180
6.3.2	逻辑函数化简	181
6.4	逻辑电路图、真值表与逻辑函数间的关系	182
6.4.1	逻辑电路图与逻辑函数式的互换	182
6.4.2	逻辑函数与真值表的互换	183
6.4.3	逻辑代数在逻辑电路中的应用	184
6.5	组合逻辑电路及逻辑部件	185
6.5.1	组合逻辑电路的基础知识	185
6.5.2	常见的组合逻辑电路	186
	本章小结	191
	习题 6	191
第 7 章	集成触发器和时序逻辑电路	193
7.1	双稳态触发器	193
7.1.1	RS 触发器	193
7.1.2	主从型 JK 触发器	196
7.2	寄存器	199
7.2.1	数码寄存器	199
7.2.2	移位寄存器	200
7.3	计数器	203
7.3.1	二进制计数器	203
7.3.2	二-十进制计数器	207
	本章小结	209
	习题 7	210
第 8 章	数字技术中常用的应用电路	217
8.1	脉冲信号的产生与整形电路	217
8.1.1	单稳态触发	217
8.1.2	多谐振荡器——无稳态触发器	223
8.1.3	集成 555 定时器及其应用	225
8.2	模数和数模转换器	230
8.2.1	数模转换器 (DAC)	230
8.2.2	模数转换器 (ADC)	234
	本章小结	240
	习题 8	240
实验		244
实验 1	二极管的识别与简易检测	244
实验 2	三极管的识别与简易检测	245
实验 3	共发射极放大电路	246

180	实验 4 负反馈放大电路	248
181	实验 5 集成运算放大器	249
181	实验 6 整流滤波电路	251
182	实验 7 串联型稳压电路	254
182	实验 8 晶闸管简单测试	256
183	实验 9 简易晶闸管调压电路	259
184	实验 10 与非门电路	262
	参考文献	264

182	马联明主编《单片机应用系统开发》	1.2.0
186	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
191	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
191	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
193	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
193	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
193	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
196	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
199	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
199	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
200	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
203	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
203	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
207	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
209	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
210	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
213	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
213	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
213	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
223	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
223	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
230	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
230	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
234	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
234	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
240	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
240	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
244	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
244	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
242	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0
240	薛永刚主编《单片机应用系统开发》	0.2.0

第一篇

模拟电子技术基础

 半导体二极管和三极管

 基本放大电路

 集成运算放大器

 整流与稳压电源

 晶闸管电路

第1章 半导体二极管和三极管

【本章学习目标】

1. 了解半导体的基本知识，理解PN结的单向导电性；
2. 掌握二极管的图形符号、文字符号、单向导电性能、主要参数和简单判别方法；
3. 了解稳压二极管的图形符号、文字符号、特性和主要参数，掌握其质量好坏的判别方法；
4. 理解三极管的电流放大作用、特性曲线和主要参数，掌握三极管的图形符号、文字符号及常用三极管的识别和简单测试方法；
5. 了解场效应管、发光二极管、光电二极管、开关二极管、变容二极管和隧道二极管的基本特点。

半导体器件是电子电路中的核心元件，电路的性能与其所用器件的特性有密切的关系。因此学习半导体电路必须了解半导体器件的工作原理，掌握它的工作特性和参数。半导体器件的种类很多，本章着重介绍半导体二极管、三极管和稳压二极管的基本结构、工作原理、特性曲线和主要参数。

1.1 半导体的基本知识

在人们日常接触的物质中，一类是电阻率很小、容易导电的金属，如金、银、铜、锡等，这类物质叫做导体；另一类是电阻率很大、几乎不能导电的物质，如橡胶、陶瓷、玻璃等，这类物质叫做绝缘体。但是在自然界里面，还有一些物质，它们的导电能力即电阻率，处在导体和绝缘体之间，这种物质称为半导体。目前用于制造晶体管的材料主要有锗、硅等。

1.1.1 半导体的导电方式

导体、半导体和绝缘体导电性能的差异，在于它们内部运载电荷的粒子——载流子的浓度不同。金属导体内的载流子只有一种，即自由电子，且数目很多，所以具有良好的导电性能。绝缘体中的载流子数目很少，所以几乎不导电。半导体中载流子有两种：一种是带负电的自由电子，另一种是带正电的空穴，它们数目相等，但总数不多，远远低于金属导体中载流子的数量，所以半导体的导电性能比导体差而比绝缘体好。

在金属导体中导电的是自由电子；而在半导体中，电子和空穴是同时参与导电的，这是半导体导电的重要特征。



1.1.2 N 型半导体和 P 型半导体

在纯净半导体中掺入某种微量元素的称为掺杂半导体，它的导电能力与纯净半导体相比将增加几万乃至上百万倍。根据掺杂半导体导电粒子的不同，半导体可分为 N 型半导体和 P 型半导体。

1. N 型半导体

N 型半导体，又称为电子型半导体。它是在纯净半导体中掺入微量的五价元素（如磷元素）制成的，其中含有数量较多的带负电的自由电子，还有少量的带正电的粒子（称为空穴）。也就是说，在 N 型半导体中电子是多数载流子，空穴是少数载流子。

2. P 型半导体

P 型半导体，又称为空穴型半导体。它是在纯净半导体中掺入微量的三价元素（如硼元素）制成的，其中含有数量较多的带正电的粒子（称为空穴），还有少量的带负电的自由电子。也就是说，在 P 型半导体中空穴是多数载流子，自由电子是少数载流子。

1.1.3 PN 结及其单向导电性

1. PN 结的形成

在一块完整的硅片上，用不同的掺杂工艺可使其一边形成 N 型半导体，另一边形成 P 型半导体，那么在两种半导体交界面附近就形成了 PN 结，如图 1.1 所示。由于 P 区的多数载流子是空穴，少数载流子是电子；而 N 区多数载流子是电子，少数载流子是空穴，这就使交接面两侧明显地存在着两种载流子的浓度差。因此，N 区的电子必然越过界面向 P 区扩散（这里所谓扩散，与向水中滴落墨水后逐渐散开的现象非常相似，是指如果在半导体中存在载流子浓度差时，则会发生载流子由高浓度区移动至低浓度区的现象），并与 P 区界面附近的空穴复合而消失，在 N 区的一侧留下了一层不能移动的施主正离子；同样，P 区的空穴也越过界面向 N 区扩散，与 N 区界面附近的电子复合而消失，在 P 区的一侧，留下一层不能移动的受主负离子。扩散的结果，是使交界面两侧出现了由不能移动的带电离子组成的空间电荷区，因而形成了一个由 N 区指向 P 区的电场，称为内电场。随着扩散的进行，空间电荷区加宽，内电场增强。由于内电场的作用是阻碍多子扩散，促使少子漂移（所谓漂移，是指当对半导体加上一定方向的电场时，作为载流子的空穴与自由电子受电场的作用力而移动的现象），所以当扩散运动与漂移运动达到动态平衡时，将形成稳定的空间电荷区，称为 PN 结。由于空间电荷区内缺少载流子，所以又称 PN 结为耗尽层或高阻区。

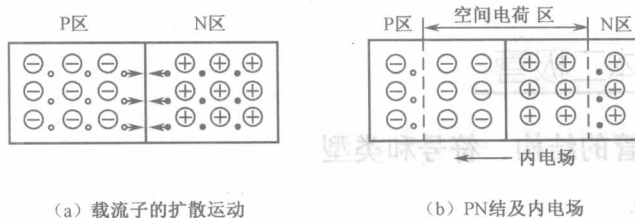


图 1.1 PN 结的形成

2. PN 结的单向导电性

PN 结在未加外电压时, 扩散运动与漂移运动处于动态平衡, 通过 PN 结的电流为零。当电源正极接 P 区, 负极接 N 区时, 称为给 PN 结加正向电压或正向偏置, 如图 1.2 所示。由于 PN 结是高阻区, 而 P 区和 N 区的电阻很小, 所以正向电压几乎全部加在 PN 结两端。在 PN 结上产生一个外电场, 其方向与内电场相反, 在它的推动下, N 区的电子要向左边扩散, 并与原来空间电荷区的正离子中和, 使空间电荷区变窄。同样, P 区的空穴也要向右边扩散, 并与原来空间电荷区的负离子中和, 使空间电荷区变窄。结果使内电场减弱, 破坏了 PN 结原有的动态平衡。于是扩散运动超过了漂移运动, 扩散又继续进行。与此同时, 电源不断向 P 区补充正电荷, 向 N 区补充负电荷, 结果在电路中形成了较大的正向电流 I_F 。而且 I_F 会随着正向电压的增大而增大。

当电源正极接 N 区、负极接 P 区时, 称为给 PN 结加反向电压或反向偏置, 如图 1.3 所示。反向电压产生的外加电场的方向与内电场的方向相同, 使 PN 结内电场加强, 它把 P 区的多子(空穴)和 N 区的多子(自由电子)从 PN 结附近拉走, 使 PN 结进一步加宽, PN 结的电阻增大, 打破了 PN 结原来的平衡。

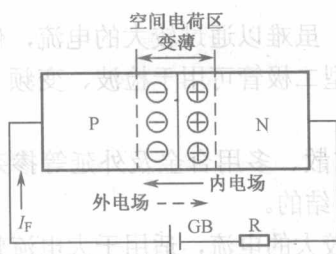


图 1.2 PN 结加正向电压

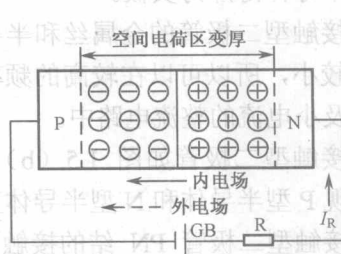


图 1.3 PN 结加反向电压

在电场作用下的漂移运动大于扩散运动。这时通过 PN 结的电流, 主要是少子形成的漂移电流, 称为反向电流 I_R 。由于在常温下, 少数载流子的数量不多, 故反向电流很小, 而且当外加电压在一定范围内变化时, 它几乎不随外加电压的变化而变化, 因此反向电流又称为反向饱和电流。当反向电流可以忽略时, 就可认为 PN 结处于截止状态。

综上所述, PN 结正偏时, 正向电流较大, 相当于 PN 结导通, 反偏时, 反向电流很小, 相当于 PN 结截止。这就是 PN 结的单向导电性。



1.2 半导体二极管

1.2.1 二极管的结构、符号和类型

1. 结构和符号

二极管是由一个 PN 结构成的半导体器件，即将一个 PN 结加上两根电极引线做成管芯，并用管壳封装而成。P 型区的引出线称为正极或阳极，N 型区的引出线称为负极或阴极，它的文字符号为“VD”，图形符号如图 1.4 所示，图形中箭头表示 PN 结正向电流的方向。



图 1.4 二极管结构与符号

2. 二极管的类型

二极管有许多类型，根据制作材料的不同，二极管可分为硅管和锗管；按工艺可分为点接触型和面接触型；按用途可分为整流二极管、检波二极管、光电二极管、开关二极管、激光二极管等。

点接触型二极管如图 1.5 (a) 所示，它是由一根细的金属丝热压在半导体薄片上制成的。在热压处理过程中，半导体薄片与金属丝接触面上形成了一个 PN 结，金属丝为正极，半导体薄片为负极。

点接触型二极管的金属丝和半导体的金属面很小，虽难以通过较大的电流，但因其结电容较小，所以可以在较高的频率下工作。点接触型二极管可用于检波、变频、开关等电路及小电流的整流电路中。

面接触型二极管如图 1.5 (b) 所示，它是利用扩散、多用合金及外延等掺杂质方法，实现 P 型半导体和 N 型半导体直接接触而形成 PN 结的。

面接触型二极管 PN 结的接触面积大，可以通过较大的电流，适用于大电流整流电路或在脉冲数字电路中作开关管。因其结电容相对较大，故只能在较低的频率下工作。

平面型二极管如图 1.5 (c) 所示，它的 PN 结面积较小时，结电容小，可用于脉冲数字电路中；当它 PN 结面积较大时，可用于大功率整流。

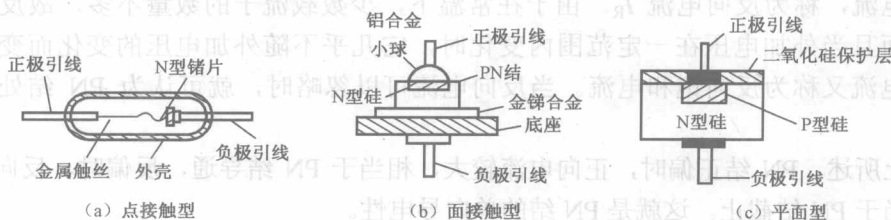


图 1.5 二极管结构类型