

21世纪高等职业教育机电类规划教材

21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

电子技术

DIANZI JISHU

赵景波 周祥龙 于亦凡 主编

- 讲解通俗易懂
- 强调技术基础
- 突出实验实训



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



精品系列

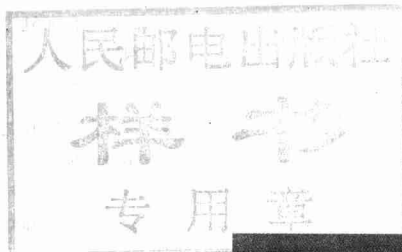
21世纪高等职业教育机电类规划教材

21 Shiji Gaodeng Zhiye Jiaoyu Jidianlei Guihua Jiaocai

电子技术

DIANZI JISHU

赵景波 周祥龙 于亦凡 主编



人民邮电出版社

北京



精品系列

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术 / 赵景波, 周祥龙, 于亦凡主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008. 11
21世纪高等职业教育机电类规划教材
ISBN 978-7-115-18845-8

I. 电… II. ①赵…②周…③于… III. 电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第145537号

内 容 提 要

本书根据教育部高职高专教育当前教学和教材改革精神编写而成。全书以数字和模拟器件为主线, 着重介绍了模拟电路和数字电路的实际应用, 尽量简化理论计算和公式推导, 突出实践教学。全书分 11 章, 内容包括常用半导体器件的原理及应用, 半导体器件构成的基本放大电路, 集成运算放大电路及应用, 直流稳压电源的原理及设计, 数字电路的基础知识, 逻辑门电路的基本知识, 组合逻辑电路的分析、设计及常用组合逻辑器件, 集成触发器原理及类型, 时序逻辑电路分析及常用时序逻辑器件, 555 定时器的原理及应用和 A/D 和 D/A 转换器等。

本书可作为高职高专院校、高级技师学院的机械制造、机电类专业的教材, 也可以作为工程技术人员的自学参考书。

21 世纪高等职业教育机电类规划教材

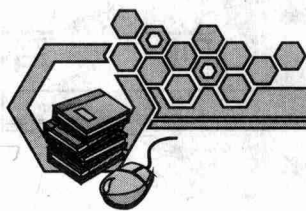
电 子 技 术

-
- ◆ 主 编 赵景波 周祥龙 于亦凡
责任编辑 潘春燕
执行编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.75
字数: 370 千字
印数: 1—3 000 册
- 2008 年 11 月第 1 版
2008 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18845-8/TN

定价: 25.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



丛书前言

目前, 高职高专教育已经成为我国普通高等教育的重要组成部分。在高职高专教育如火如荼的发展形势下, 高职高专教材也百花齐放。根据教育部发布的《关于, 全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(简称 16 号文) 的精神, 本着为进一步提高高等教育的教学质量服务的根本原则, 同时针对高职高专院校机电一体化、数控、模具类专业教学思路和方法的不断改革和创新, 人民邮电出版社精心策划了这套高质量、实用型的教材——“21 世纪高等职业教育机电类规划教材”。

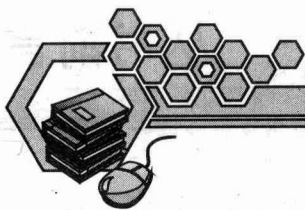
本套教材主要遵循“以就业为导向, 工学结合”的原则, 以实用为基础, 根据企业的实际需求进行课程体系设置和相应教材内容的选取, 注重提高案例教学的比重, 突出培养机械类应用型人才解决实际问题的能力, 满足高等职业教育“社会评估”的教学特征。本套教材中的每一部作品都特色鲜明, 集高质量与实用性于一体。

本套教材中绝大多数品种是我社多年来高职高专机电类精品教材的积淀, 经过了广泛的市场检验, 赢得了广大师生的认可。为了适应新的教学要求, 紧跟新的技术发展, 我社再一次进行了广泛深入的调研, 并组织了上百名教师、专家对原有教材做了认真的分析和研讨, 在此基础上重新修订出版。本套教材中还有一部分品种是首次出版, 其原稿也在教学过程中多次使用, 是教师们多年来教学经验的总结, 集中反映了高等职业教育近几年来教学改革的成果。

本套教材的作者都具有丰富的教学经验和写作经验, 思路清晰, 文笔流畅。教材充分体现了高职高专教学的特点, 深入浅出, 言简意赅。理论知识以“够用”为度, 突出工作过程导向, 突出实际技能的培养。

本套教材配套的教学辅助包充分利用现代技术手段, 提供丰富的教学辅助资料, 其中包括由电子教案、实例素材、习题库及答案、试卷及答案等组成的一般教辅资料, 部分教材还配有由图片、动画或视频等组成的电子课件。

我们期望, 本系列教材的编写和推广应用, 能够进一步推动我国机电类职业教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革, 使我国机电类职业教育日臻成熟和完善。欢迎更多的老师参与到本系列教材的编写中来。对本系列教材有任何的意见和建议, 或有意向参与本系列教材后续的编审工作, 请与人民邮电出版社教育出版社联系, 联系方式: 010-67170985, maxiaoxia@ptpress.com.cn。



高等职业教育的培养目标是具备工程实践能力的一线工程技术人员。目前高等职业院校正在从教学方法上进行深入的改革,相应的教材等也需要进行适应性改革,以更实用的教学内容和更好的教学材料,提高学生的学习效果。据此,本书作者在广泛调研论证的基础上,历经一年多的时间,经过与多所高职院校教师的深入讨论,博采众长,最终编写成本书。

本书针对高职高专学生的学习特点,从工程应用的角度出发,在内容的选择和讲解方面,以当前高等职业院校学生就业技能实际需求,以及学生对相关知识的实际接受能力为依据,努力体现针对性和实用性,以适应当前职业教育发展的需要。与目前教材市场上的其他同类教材相比,本书具有以下特点。

(1) 内容适度、易懂。本书在内容取舍方面,一是基础理论以必需和够用为度;二是力求体现电子技术发展的最新情况。在进行理论分析时,简化理论推导,注重分析方法、结论及其应用。全书配有大量的示意图,让学生易学、易懂。

(2) 注重实用性。为培养学生的动手能力和加强职业训练,本教材专门编写了实训和实验。通过实训、实验,一方面使学生搞清楚电子线路的原理,另一方面,强化学生对电子元器件和电子线路的感性认识。

(3) 教材注意总结近年来的教学实践经验,重点加强了电子技术理论的应用和方法分析;同时也注意吸取国内外的先进技术,加强了线性集成电路和数字集成电路(包括中、大规模集成电路)的原理和应用方面的内容。

(4) 各章均设有小结、思考题及习题,以指导学生学习和巩固所学知识,培养学生分析问题和解决问题的能力。

(5) 素材丰富。本教材针对主要的知识点或较难理解的内容提供了丰富多彩的动画演示、视频录像及虚拟实验,这样可以提高课堂的教学效果,有效激发学生的学习兴趣。另外,为方便教师组织教学,本书还提供了相应的电子课件、题库系统以及习题答案,读者可登录人民邮电出版社教学服务与资源网(<http://www.ptpedu.com.cn>)下载。

本书的建议学时分配见下表。教师在讲授时,可根据实际情况作适当增减,实训和实验项目可根据实际条件选择安排。

学时分配建议表

内 容	学时数	备 注	内 容	学时数	备 注
第1章 常用半导体器件	12	实验和实训2学时	第3章 集成运算放大器	10	实验和实训2学时
第2章 晶体管放大电路	10	实验和实训2学时	第4章 直流稳压电源	4	实验和实训4学时



续表

内 容	学时数	备 注	内 容	学时数	备 注
第 5 章 数字电路的基本知识	4		第 9 章 时序逻辑电路	8	实验和实训 4 学时
第 6 章 逻辑门电路	4	实验和实训 4 学时	第 10 章 555 定时器	8	实训 2 学时
第 7 章 组合逻辑电路	10	实验和实训 2 学时	第 11 章 D/A 与 A/D 转换器	4	
第 8 章 集成触发器	6	实验 2 学时			
总学时			80		

本书可供高等职业院校、高级技师学院的机械制造、数控技术、机电一体化、自动化等相关专业作为通用教材使用，也可作为工程技术人员岗前培训和自学参考教材。

本书由赵景波、于亦凡、周祥龙主编，在编写过程中，得到了有关院校的大力支持与帮助，在此一并致谢！

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 8 月

本书素材列表

素材类型	名称	功能描述			
PPT 课件	PPT 课件一套	供老师上课用			
虚拟实验	555 定时器的应用	利用 555 定时器完成单稳态触发器、多谐振荡器及施密特触发器的设计, 并能够进行故障诊断及排除			
	集成运算放大器的应用	实现集成运算放大器的电路设计, 并能够进行故障诊断及排除			
	逻辑电路的设计及分析	完成组合逻辑电路的设计及分析, 并能够进行故障诊断及排除			
	三种放大电路的组成及性能分析	实现共发射极放大电路、共集电极放大电路和共基极放大电路的性能分析, 并能够进行故障诊断及排除			
	集成触发器逻辑功能测试	完成集成触发器的性能测试, 并能够进行故障诊断及排除			
题库系统	机械设计基础题库一套	可以自动生成试卷和试卷答案, 老师可随意修改或添加试题			
第 1 章 动画	PN 结反向偏置	第 2 章 动画	变压器耦合推挽功率放大电路	第 4 章 录 像 素 材	焊接的基本操作
	PN 结形成		采用复合管的单电源互补对称电路		直流稳压电源的设计
	PN 结正向偏置		单电源互补对称电路		组装万用表
	单相半波可控整流电感性负载电路		单片收音机电路	第 5 章 动 画	反演律
	单相半波可控整流电阻性负载电路		功率放大电路的分类		非运算的逻辑关系
	单相半波整流电路		双电源互补对称电路		或运算的逻辑关系
	单相半控桥式整流电路		差分放大电路组成		逻辑函数的卡诺图表示
	单相桥式整流电路		温度对共发射极放大电路的静态工作点的影响		模拟信号和数字信号
	单向晶闸管的伏安特性	单管放大电路	其他逻辑运算		
	单向晶闸管的工作原理	第 3 章 动画	LC 正弦波振荡电路		与运算的逻辑关系
	二极管的单向导电性		RC 正弦波振荡电路		
	二极管的伏安特性		采样保持电路		
	二极管的管脚识别及性能测试		电压比较器	第 6 章 动 画	DTL 与非门电路
	二极管工作原理		多级直接耦合的放大电路前后级电位互相牵制		TTL 与非门的电压传输特性
	发光二极管		反馈放大电路的构成		TTL 与非门的应用
	耗尽型 N 沟道场效应管的结构		反相比例运算电路		二极管或门电路
				二极管与门电路	

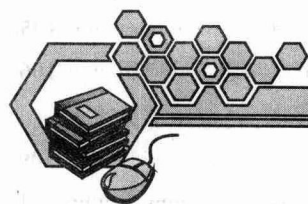
续表

素材类型	名称	功能描述				
第1章 动画	结型场效应管的工作原理	第3章 动画	负反馈的类型	第6章 动画	三极管非门电路	
	结型场效应管的结构		负反馈对放大电路性能的影响		三极管—三极管逻辑门电路 (TTL)	
	三极管的输出特性曲线		负反馈放大电路的应用		二极管的开关特性	
	结型场效应管的特性曲线		高低频信号发生器		三极管的开关特性	
	空穴运动		过温保护电路		CMOS 非门	
	三极管的电流传输关系		集成运算放大电路的符号		集成门电路输入、输出的处理	
	三极管的输入特性曲线		集成运算放大电路的使用	第7章 动画	半加器	
	三极管应用		集成运算放大电路的组成		二进制编码器	
	稳压二极管		理想运算放大电路的虚短		二进制译码器	
	增强型 N 沟道场效应管的工作原理		理想运算放大电路的虚断		集成译码器 74138	
	增强型 N 沟道场效应管的结构		利用瞬时极性法判断正负反馈		加法器的应用	
	电子技术的发展		判断相位平衡条件		键控 8421BCD 码编码器	
	增强型 N 沟道场效应管的特性曲线		石英晶体振荡器		全加器	
	电子技术的应用		同相比例运算电路		四选一数据选择器	
	二极管限幅电路的工作原理		正弦波振荡电路的组成		优先编码器	
	双向晶闸管的结构及工作原理		音频混频放大电路		组合逻辑电路的竞争冒险	
	晶闸管的应用—电瓶充电电路原理		远距离调频无线话筒		第7章 录像材	译码电路
	三极管管脚测试		反相输入加法电路			组合逻辑电路功能测试
	晶闸管的触发电路的工作原理		减法运算电路			RS 触发器的应用—消颤开关
	第1章 录像材		二极管的测试		积分电路	第8章 动画
晶体管测试		微分电路	基本 RS 触发器			
示波器的使用		特殊集成运算放大电路	同步 RS 触发器			
万用表的使用		集成运算放大电路的保护与使用	主从 JK 触发器			
常用二极管、三极管和晶闸管演示		集成芯片的封装及识别	JK 触发器在控制测量技术中的应用			

续表

素材类型	名称	功能描述				
第2章 动画	OTL 扩音电路	第3章录 像素材	集成运算放大电路的应用	第9 章动 画	十进制计数器	
	多级放大电路的级 间耦合方式	第4章 动画	串联型晶体管稳压电路的工作 原理		数码寄存器	
	共发射极放大电路 的微变等效电路法		串联型稳压电路的组成		双向移位寄存器	
	共发射极放大电路 放大原理		串联型稳压电源的应用		4位右移寄存器	
	共发射极放大电路 交流通路		单相半波整流电路		二进制计数器	
	共发射极放大电路 直流通路		单相桥式整流电路		集成二进制计数器	
	共发射极放大电路 组成		电感滤波电路	第9 章录 像素 材	抢答器设计	
	共基极放大电路		电容滤波电路		555 定时器的工作原理	
	共集电极放大电路		硅稳压管稳压电路	第10 章动 画	555 定时器构成单稳态触 发器	
	录音电路		集成运放的全波整流电路		555 定时器构成多谐振荡 器	
	图解法确定共发射 极放大电路的电压 放大倍数		滤波电路的类型		555 定时器构成施密特触 发器	
	图解法确定共发射 极放大电路的非线 性失真		三端固定式集成稳压器的基本 应用电路		施密特触发器的应用	
	图解法确定共发射 极放大电路的交流 负载线		三端固定+C97 式集成稳压器的 外形与管脚		555 定时器的电路结构	
	图解法确定共发射 极放大电路静态值		三端可调式集成稳压器的应用 电路		多谐振荡器用作简易温 控报警电路	
	差动放大电路的输 入输出方式		提高串联型稳压电源性能的 措施		第11 章动 画	倒 T 形电阻网络 DA 转 换器
	差动放大电路的输 入信号		小功率直流稳压电源的组成			并行比较型 AD 转换器的 基本原理
	差动放大电路的应用		开关稳压电源的原理			采样和保持
	差动放大电路的原理		电热毯控温电路的原理			反馈比较型 A/D 转换器 的基本原理
	DG4100 集成功率放 大器典型应用电路		助听器放大电路的原理	双积分型 A/D 转换器的 原理		
	LM386 集成功率放 大电路的结构	电子节能灯的原理				
	OTL 扩音机电路中 的功放电路	高压电子灭蚊蝇器的原理				

目 录



第 1 章 常用半导体器件1	第 2 章 晶体管放大电路 38
1.1 晶体二极管.....1	2.1 共发射极基本放大电路..... 38
1.1.1 半导体的基本知识.....1	2.1.1 放大电路的基本知识..... 38
1.1.2 半导体二极管的结构及 型号.....3	2.1.2 共发射极放大电路的组成 及放大作用..... 40
1.1.3 半导体二极管的特性.....4	2.1.3 放大电路的静态分析..... 42
1.1.4 二极管主要参数.....5	2.1.4 放大电路的动态分析..... 44
1.2 二极管的应用电路.....6	2.1.5 共发射极放大电路工作 点稳定..... 46
1.2.1 常用各类二极管实物及 应用.....6	2.2 共集电极放大电路..... 47
1.2.2 限幅电路.....7	2.3 差动放大电路..... 47
1.3 晶体三极管.....8	2.4 功率放大电路..... 49
1.3.1 晶体三极管的结构.....8	2.4.1 功率放大电路概述..... 50
1.3.2 晶体三极管的放大原理.....9	2.4.2 互补对称电路..... 51
1.3.3 晶体三极管的特性.....11	2.4.3 集成功率放大电路..... 52
1.3.4 三极管主要参数.....12	2.4.4 多级放大电路..... 53
1.4 场效应晶体管.....13	2.5 实训 单管电压放大电路 组装与调试..... 54
1.4.1 结型场效应管.....13	2.6 实验 集成功率放大器的应用..... 57
1.4.2 绝缘栅场效应管.....15	2.7 本章小结..... 58
1.4.3 场效应晶体管的使用.....17	2.8 习题..... 58
1.5 晶闸管.....17	第 3 章 集成运算放大电路 61
1.5.1 单向晶闸管的工作原理.....17	3.1 集成运算放大电路概述..... 61
1.5.2 晶闸管的伏安特性和主要 参数.....19	3.1.1 集成电路的特点..... 61
1.5.3 晶闸管可控整流电路.....20	3.1.2 集成电路的分类..... 62
1.5.4 双向晶闸管.....22	3.1.3 集成运算放大电路..... 62
1.5.5 晶闸管的触发电路.....23	3.2 负反馈放大电路..... 65
1.5.6 晶闸管的保护与应用.....23	3.2.1 反馈的基本概念..... 65
1.6 实验 仪器的使用.....24	3.2.2 集成运放的反馈类型..... 65
1.7 实训 半导体器件的识别 和测试.....28	3.2.3 负反馈对放大电路性能 的影响..... 69
1.8 本章小结.....35	3.3 集成电路的基本单元电路..... 70
1.9 习题.....36	3.3.1 反相比例运算放大电路..... 70

3.3.2	同相比例运算放大电路	71	4.6.4	修理识图	105
3.3.3	反相输入加法电路	72	4.6.5	模拟电路识图的应用	106
3.3.4	减法运算电路	72	4.7	实验 三端集成稳压器的应用	109
3.3.5	积分电路	73	4.8	实训 1 焊接训练	111
3.3.6	微分电路	73	4.9	实训 2 串联型稳压电源的制作	112
3.4	集成运算放大电路基本应用		4.10	本章小结	116
	电路分析	74	4.11	习题	116
3.4.1	电压比较器	74	第 5 章	数字电路的基本知识	118
3.4.2	方波产生电路	76	5.1	数制与码制	118
3.4.3	集成运放的应用	77	5.1.1	模拟信号与数字信号	118
3.5	集成芯片的封装及识别	77	5.1.2	数字电路	119
3.5.1	集成芯片的封装及识别	77	5.1.3	数制	120
3.5.2	特殊集成运算放大电路	79	5.1.4	二进制码	122
3.5.3	集成运算放大电路的保护 与使用	80	5.2	逻辑代数的基本运算	123
3.6	实验 1 集成运算放大器参数 测试	81	5.2.1	与运算	123
3.7	实验 2 集成运算放大电路 功能测试	85	5.2.2	或运算	124
3.8	本章小结	89	5.2.3	非运算	124
3.9	习题	89	5.3	逻辑代数	126
第 4 章	直流稳压电源	91	5.3.1	逻辑函数的表示方法	126
4.1	单相整流电路	91	5.3.2	逻辑代数的基本公式和 规则	127
4.1.1	单相半波整流电路	92	5.3.3	逻辑函数的化简	129
4.1.2	单相桥式整流电路	92	5.4	本章小结	130
4.2	滤波电路	94	5.5	习题	131
4.2.1	电容滤波电路	95	第 6 章	逻辑门电路	132
4.2.2	电感滤波电路	96	6.1	分立元件门电路	132
4.3	稳压电路	96	6.1.1	二极管的开关特性	132
4.3.1	硅稳压管稳压电路	97	6.1.2	三极管的开关特性	133
4.3.2	串联型稳压电路	97	6.1.3	基本逻辑门电路	134
4.4	集成稳压电器	98	6.2	集成 TTL 门电路	136
4.4.1	三端固定式集成稳压器	98	6.2.1	TTL 与非门的结构及原理	136
4.4.2	三端可调式集成稳压器	100	6.2.2	TTL 与非门电路的主要 外部工作特性	137
4.5	开关稳压电源	100	6.2.3	TTL 与非门电路的主要 参数	138
4.6	模拟电路识图	101	6.2.4	TTL 门电路集成芯片 介绍	141
4.6.1	单元电路识图	101			
4.6.2	整机电路识图	103			
4.6.3	集成电路应用电路识图	104			



6.3 集成 CMOS 门电路.....142	8.5 触发器的应用.....177
6.3.1 CMOS 非门.....142	8.6 实验 集成触发器逻辑功能
6.3.2 其他的 CMOS 门电路.....143	测试.....178
6.3.3 CMOS 逻辑门电路的	8.7 本章小结.....181
系列.....144	8.8 习题.....181
6.3.4 集成门电路输入、输出的	第 9 章 时序逻辑电路183
处理.....145	9.1 概述.....183
6.4 实训 TTL 与非门参数测试...146	9.2 计数器.....186
6.5 实验 门电路逻辑功能及	9.2.1 二进制计数器.....186
测试.....148	9.2.2 集成二进制计数器.....189
6.6 本章小结.....150	9.3 寄存器.....192
6.7 习题.....150	9.3.1 移位寄存器.....192
第 7 章 组合逻辑电路152	9.3.2 集成移位寄存器.....193
7.1 组合逻辑电路的分析.....152	9.4 实验 1 寄存器的功能
7.1.1 组合逻辑电路功能的	测试.....195
描述.....152	9.5 实验 2 计数器的功能
7.1.2 组合逻辑电路的分析	测试.....197
方法.....153	9.6 综合实训 抢答器的分析与
7.2 组合逻辑电路的设计方法.....154	设计.....198
7.3 组合逻辑电路的竞争冒险.....155	9.7 数字电路原理图的识图.....200
7.3.1 产生竞争冒险的原因.....155	9.8 本章小结.....201
7.3.2 消除竞争冒险的方法.....157	9.9 习题.....201
7.4 编码器与译码器.....158	第 10 章 555 定时器203
7.4.1 编码器.....158	10.1 555 定时器电路及功能.....203
7.4.2 译码器.....160	10.1.1 555 定时器的电路结构
7.5 实验 组合逻辑电路功能	与工作原理.....203
测试.....164	10.1.2 555 定时器的功能.....205
7.6 实训 1 三变量组合逻辑电路	10.2 施密特触发器.....205
设计.....165	10.3 单稳态触发器.....207
7.7 实训 2 译码显示电路设计...166	10.4 多谐振荡器.....208
7.8 本章小结.....167	10.5 555 定时器的应用.....210
7.9 习题.....168	10.6 实训 555 定时器的设计
第 8 章 集成触发器169	应用.....211
8.1 基本 RS 触发器.....169	10.7 本章小结.....212
8.1.1 电路结构和工作原理.....169	10.8 习题.....213
8.1.2 触发器的功能描述方法...171	第 11 章 D/A 与 A/D 转换器214
8.2 同步 RS 触发器.....172	11.1 D/A 转换器.....214
8.3 主从 JK 触发器.....173	11.1.1 DAC 的基本原理.....214
8.4 边沿 D 触发器.....175	11.1.2 变换网络.....215



11.1.3	模拟开关	216	11.2.3	A/D 转换器	219
11.1.4	D/A 转换器的主要技术 指标	216	11.2.4	A/D 转换器的主要技术 指标	221
11.1.5	集成 D/A 转换器	217	11.2.5	集成 A/D 转换器	221
11.2	A/D 转换器	218	11.3	本章小结	222
11.2.1	采样和保持	218	11.4	习题	222
11.2.2	量化和编码	219	参考文献		224

第1章

常用半导体器件

半导体器件是现代电子技术的重要组成部分，具有体积小、重量轻、使用寿命长、功率转换效率高等优点，因而得到了广泛应用。

本章学习目标

- 了解半导体的基本知识，理解PN结的单向导电性；
- 了解二极管的电路符号和特性，掌握二极管的应用，了解其他类型的二极管；
- 了解三极管的电路符号、放大作用、伏安特性及三极管的主要参数；
- 了解场效应管的结构、电路符号、伏安特性和主要参数，掌握场效应管的应用；
- 了解晶闸管的符号、原理及结构，掌握晶闸管的应用。

1.1 晶体二极管

晶体二极管是最简单的半导体器件，它用半导体材料制成，其主要特性是单向导电性。

1.1.1 半导体的基本知识

自然界中的物质按导电能力强弱的不同，可分为导体、绝缘体和半导体三大类。下面将介绍半导体的基本知识。

1. 半导体的定义及分类

半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。常用的半导体材料有锗(Ge)、硅(Si)和砷(As)等。完全纯净的、不含杂质的半导体叫做本征半导体。如果在本征半导体中掺入其他元素，则称为杂质半导体。

本征半导体有两种导电的粒子，一种是带负电荷的自由电子，另一种是相当于带正电荷的粒子——空穴。自由电子和空穴在外电场的作用下都会定向移动形成电流，所以



人们把它们统称为载流子。在本征半导体中，每产生一个自由电子，必然会有一个空穴出现，自由电子和空穴成对出现，这种物理现象称为本征激发，如图 1-1 所示。由于常温下本征激发产生的自由电子和空穴的数目很少，所以本征半导体的导电性能比较差。但当温度升高或光照增强时，本征半导体内的自由电子运动加剧，载流子数目增多，导电性能提高，这就是半导体的热敏特性和光敏特性；在本征半导体中掺入微量元素后，导电性能会大幅提高，这就是半导体的掺杂特性。在本征半导体中掺入不同的微量元素，就会得到导电性质不同的半导体材料。根据掺杂特性的不同，可制成两大类型的杂质半导体，即 P 型半导体和 N 型半导体。

(1) P 型半导体

如果在本征半导体硅或锗的晶体中掺入微量三价元素硼（或镓、铟等），半导体内部空穴的数量将得到成千上万倍的增加，导电能力也将大幅提高，这类杂质半导体称为 P 型半导体，也称为空穴型半导体，其结构示意图如图 1-2 所示。在 P 型半导体中，空穴成为半导体导电的多数载流子，自由电子为少数载流子。就整块半导体来说，它既没有失去电子也没有得到电子，所以呈电中性。

(2) N 型半导体

如果在本征半导体硅或锗的晶体中掺入微量五价元素磷（或砷、锑等），半导体内部的自由电子的数量将增加成千上万倍，导电能力也将大幅提高，这类杂质半导体称为 N 型半导体，也称为电子型半导体，其结构示意图如图 1-3 所示。在 N 型半导体中，自由电子成为半导体导电的多数载流子，空穴成为少数载流子。就整块半导体来说，它同样既没有失去电子也没有得到电子，所以也呈电中性。

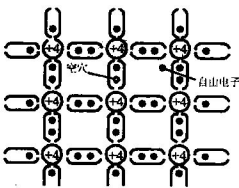


图 1-1 空穴与自由电子

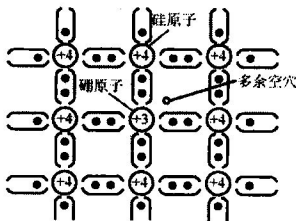


图 1-2 P 型半导体结构示意图

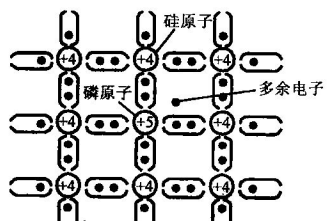


图 1-3 N 型半导体结构示意图

2. PN 结及其导电性

把一块 P 型半导体和一块 N 型半导体设法“结合起来”，在界面处将形成一个特殊的带电薄层——PN 结。

P 型半导体中的多数载流子——空穴和 N 型半导体中的多数载流子——电子因浓度差将发生扩散，结果使 PN 结中靠 P 区的一侧带负电，靠 N 区的一侧带正电，形成了一个由 N 区指向 P 区的电场，即 PN 结的内电场。内电场的存在将阻碍多数载流子继续扩散，所以又称为阻挡层，如图 1-4 所示。

(1) 正向偏置

在 PN 结两端加上电压，称为给 PN 结偏置。如

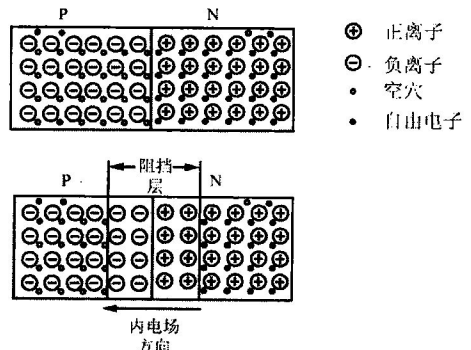


图 1-4 PN 结的形成



果将 P 区接电源正极, N 区接电源负极, 称为正向偏置, 如图 1-5 所示。此时, 外加电压对 PN 结产生的外电场与 PN 结的内电场方向相反, 削弱了内电场及内电场对多数载流子扩散的阻碍作用, 使扩散继续进行, 形成较大的扩散电流, 由 P 区流向 N 区, 即在 PN 结内、外电路中形成了正向电流, 这种现象称为 PN 结的正向导通。

(2) 反向偏置

如果 P 区接负极, N 区接正极, 则称为反向偏置, 简称反偏, 如图 1-6 所示。此时, 内外电场的方向相同, 加强了内电场, 也加强了内电场对多数载流子扩散的阻碍作用, 反向电流极小, 这种现象称为 PN 结的反向截止。

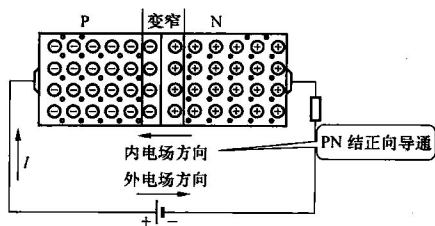


图 1-5 PN 结加正向电压

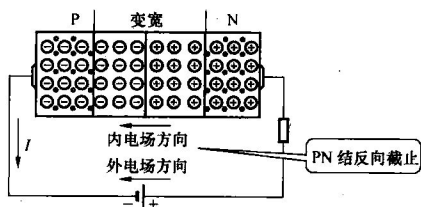


图 1-6 PN 结加反向电压

总之, PN 结加正向电压时, 形成较大电流, 称为导通状态; 加反向电压时, 有很小的反向电流, 称为截止状态。可见 PN 结具有单向导电性。

当 PN 结两端施加的反向电压增加到一定值时, 反向电流急剧增大, 称为 PN 结的反向击穿。如果反向电压电流未超过允许值, 当反向电压撤除后, PN 结仍能恢复单向导电性; 如果反向电压电流超出允许值, 会使 PN 结烧坏而造成热击穿。这时, 即使撤除反向电压, PN 结也不能恢复单向导电性。

练习题

(1) 下列半导体材料热敏特性突出的是 ()。

- A. 本征半导体 B. P 型半导体 C. N 型半导体

(2) PN 结的正向偏置接法是: P 型区接电源的 _____ 极, N 型区接电源的 _____ 极。

1.1.2 半导体二极管的结构及型号

在 PN 结两端分别引出一个电极, 外加管壳即构成晶体二极管, 又称为半导体二极管。

1. 半导体二极管的结构

按照内部结构的不同, 二极管可分为点接触型二极管和面接触型二极管。

点接触型二极管的结构如图 1-7 (a) 所示, 其特点是 PN 结的面积小、允许通过的电流小, 但结电容小, 因此, 一般用作高频信号的检波和小电流的整流, 也可用作脉冲电路的开关管。

面接触型二极管结构如图 1-7 (b) 所示, 其特点是 PN 结的面积大、能承受较大的电流, 但结电容大, 主要用于低频电路和大功率的整流电路。

二极管的电路符号如图 1-8 所示。接在 P 型半导体一端的电极称为阳极 (正极), N 型的一端称为阴极 (负极)。根据所用半导体材料的不同, 二极管又可分为硅二极管和锗二极管。

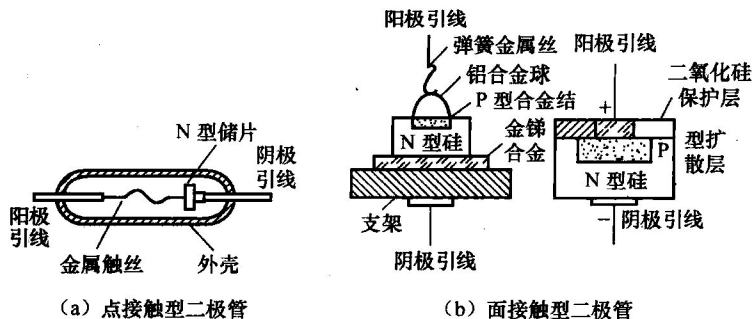


图 1-7 二极管的结构类型

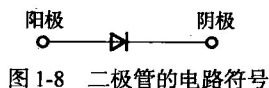


图 1-8 二极管的电路符号

2. 半导体二极管的型号

2AP9 二极管的名称含义如下:

2——代表二极管。

A——代表器件的材料。A 为 N 型 Ge, B 为 P 型 Ge, C 为 N 型 Si, D 为 P 型 Si。

P——代表器件的类型。P 为普通管, Z 为整流管, K 为开关管。

9——用数字代表同类器件的不同规格。

练习题

说明二极管 2BZ6 的含义。

1.1.3 半导体二极管的特性

由于二极管是将 P 型和 N 型半导体结合在一起做成 PN 结, 再封装起来构成的, 所以二极管本身就是一个 PN 结, 具有单向导电性, 如图 1-9 和图 1-10 所示。

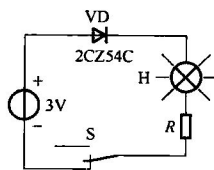


图 1-9 二极管正向导通

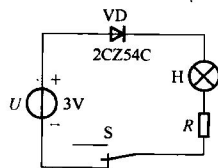


图 1-10 二极管反向截止

二极管的伏安特性是表示二极管两端的电压和流过它的电流之间关系的曲线, 可用于说明二极管的工作情况。图 1-11 所示为锗二极管 2CP10 的伏安特性。

1. 正向特性

二极管的正向电压很小, 但流过管子的电流却很大, 因此管子的正向电阻很小。当所加正向电压较小时, 正向电流很小, 几乎为零。只有当电压超过某一值时, 电流才显著增大, 这一电压值常被称为死区电压或阈电压。常温下硅二极管的死区电压约为 0.5V, 锗二极管的死区电压约为 0.1V。

2. 反向特性

当二极管两端加反向电压时, 反向电流很小, 这个区域称为反向截止区。当电压增至零点几伏