

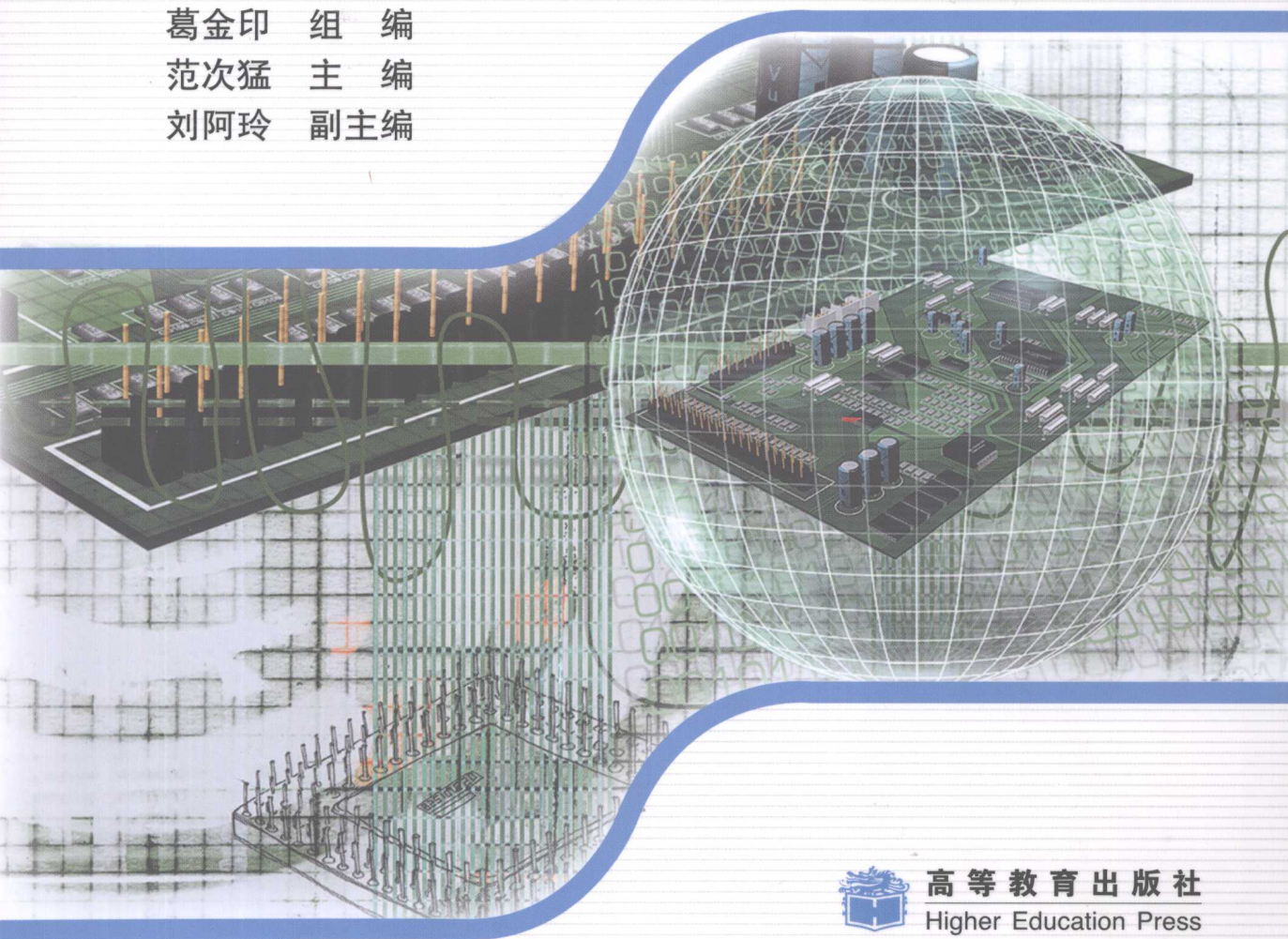


高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

电气控制技术—— 工业电子技术基础

葛金印 组 编
范次猛 主 编
刘阿玲 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

电气控制技术 ——工业电子技术基础

葛金印 组 编

范次猛 主 编

刘阿玲 副主编

高等教育出版社

内容简介

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一,是根据教育部新一轮职业教育教学改革成果——最新研发的机电技术专业、数控技术专业人才培养方案中“电气控制技术——工业电子技术基础核心课程标准”,并参照相关国家职业标准及有关行业的职业技能鉴定规范编写的。

本书主要包括模拟电子技术基础和数字电子技术基础。模拟电子技术基础部分介绍了二极管、三极管、集成运算放大器及其应用;介绍了反馈电路、功率放大电路、直流稳压电源电路等。数字电子技术基础部分介绍了数字电路基础知识、逻辑门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路等。每章后面都附有本章小结和思考题与习题,便于自学。

本书可作为高等职业院校机电专业 and 数控技术专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材及相关人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术——工业电子技术基础/范次猛主编;
葛金印组编. —北京:高等教育出版社, 2008.1
ISBN 978-7-04-023043-7

I. 电... II. ①范... ②葛... III. ①电气控制 - 高等学校: 技术学校 - 教材 ②电子技术 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TM921.5 TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 000897 号

策划编辑	陈大力	责任编辑	魏芳	封面设计	张楠	责任绘图	尹莉
版式设计	王艳红	责任校对	金辉	责任印制	朱学忠		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 11.25
字 数 270 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 1 月第 1 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 15.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23043-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将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，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010) 58581118

出版说明

国务院《关于大力发展职业教育的决定》的精神推动着我国职业教育事业蓬勃发展。为提高职业教育教学质量，教育部启动了新一轮职业教育教学改革行动。高等教育出版社始终站在更新观念及职教课改的前列，打造优质教学资源，研发精品教学资源，增强服务意识，提高服务本领，支持职业教育事业的发展。

在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，高等教育出版社深切地了解到从事高等职业技术教学工作的教师们正以饱满的热情、高昂的斗志积极投身到课程改革的热潮中，他们也渴望能有一套遵循“以服务为宗旨，以就业为导向，以能力为本位”的职教理念，符合中国国情，能够适合高素质技能型人才培养模式，适应实施理论实践一体化和项目教学法，且可操作性强的实用系列专业教材。我社本着服务于职业教育事业发展，服务于职业院校教师的教学，服务于职业院校学生的学习的指导思想，推出了本套满足高职院校（五年制）机电技术专业、数控技术专业教学实际需要的专业课改成果系列教材。

本系列教材是由多年从事高等职业教学工作的一线骨干教师和学科带头人通过社会调研，对劳动力市场人才进行需求分析，进行课题研究，研发专业人才培养方案，制定核心课程标准等技术程序，并在征询了相关企业人员的意见后编写而成的。其主要特点为：

1. 本系列教材打破了原有的“以学科为中心”的课程体系，以劳动和社会保障部颁发的相关国家职业标准为编写的依据之一，课程设置和教学内容与企业技术发展同步，贯彻了以就业为导向，突出职业岗位能力培养为主的职教思想。

2. 专业核心课程采用综合化模块结构体系；专业基础理论削枝强干，够用为度，兼顾发展；技能训练课程内容实行“项目化”，项目根据学生掌握专门技术的认知规律设置课题。本系列教材在使用时有较强的可操作性。

3. 适应了学分制改革的需要，避免了教学内容的重复与交叉，给学生自主学习和个性化发展留有充分的空间。

4. 本系列教材以最新的相关国家技术标准编写，融入了新知识、新技术、新工艺和新方法。语言表述平实，通俗易懂，便于学生的自学。

伴随着教育部新一轮职业教育教学改革的不断深化，本套教材在推广使用中，将根据反馈的信息和教学需求的变化进行修订与完善。

高等教育出版社

前 言

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一。在教育部新一轮职业教育教学改革的过程中,来自高等职业院校教学工作一线的骨干教师和学科带头人,通过社会调研,对劳动力市场人才需求进行分析和课题研究,在企业有关人员积极参与下,研发了机电技术专业、数控技术专业人才培养方案,并制定了相关核心课程标准。本书是根据最新制定的“电气控制技术——工业电子技术基础核心课程标准”编写的。

“工业电子技术基础”是非电类专业的技术基础课程,通过本课程的学习,应使学生学到电子技术必要的基础理论、基本知识和基本技能,了解电子技术发展的概况,为学习后续课程以及从事相关的工程技术工作打下良好的理论和实践基础。

本书立足于高职高专人才培养目标,充分考虑高职高专学生的特点,遵循理论够用、内容实用、学了能用、突出能力培养的原则,对教学内容进行了精选,对书中的章节作了适当整合。全书概念叙述清楚,深入浅出,通俗易懂,理论联系实际。

本书特点主要有以下几个方面:

1. 在编写上以培养学生的实践能力为主线,强调内容的应用性和实用性,降低理论分析的难度和深度,以“必需”和“够用”为尺度,建立以能力培养为目标的课程教学模式和教材体系,体现“以能力为本位”的编写指导思想。教材编写突出实用性、应用性,编排时大量削减分立元件,重点突出集成电路的特性和应用。

2. 淡化器件内部结构分析,重点介绍器件的符号、特性、功能及应用。突出基本概念、基本原理和基本分析方法,采用较多的图表来代替文字描述和进行归纳、对比。

3. 尽量降低理论分析、公式推导和计算的难度,加大“应用实例”的篇幅。重点介绍结论的实际意义和应用,各章后面均附有一定数量的思考题与习题,便于教师教学和学生自学。

4. 注重将理论讲授与实践相结合,理论讲授贯穿其应用性,实践中有理论、有方法,以基本技能和应用为主,易学易懂易上手。

5. 在内容安排上,注重吸收新技术、新产品、新内容。

本书由江苏省无锡交通高等职业技术学校范次猛任主编,刘阿玲任副主编。全书共分8章,第1、2章由江苏省无锡交通高等职业技术学校刘阿玲编写;第3章由镇江机电高等职业技术学校郑伟伟编写;第4章由江阴职教中心校柳丽雅编写;第5、7、8章由江苏省无锡交通高等职业技术学校范次猛编写;第6章由无锡立信职教中心校谈永利编写。

本书由常州刘国钧高等职业技术学校耿济副教授审稿,并由本套系列教材组编葛金印终审,他们对书稿提出了许多宝贵的意见和建议,提高了书稿质量,在此一并表示衷心的感谢!

本书作为课程改革成果系列教材之一,在推广使用中,非常希望得到其教学适用性的反馈意见,以便不断地改进与完善。由于编者水平有限,书中错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2007年8月

目 录

第1章 半导体的基本知识	1	2.3 基本交流电压放大电路	19
1.1 半导体及PN结	1	2.3.1 共射基本放大电路的组成	20
1.1.1 半导体的基本特性	1	2.3.2 共射基本放大电路的分析方法	20
1.1.2 本征半导体	1	2.4 分压式偏置放大电路	24
1.1.3 杂质半导体	2	2.4.1 分压式偏置放大电路的组成	24
1.1.4 PN结	2	2.4.2 稳定静态工作点的原理	24
1.2 半导体二极管	2	2.4.3 分压式偏置放大电路的计算	25
1.2.1 二极管的结构、类型及符号	2	2.5 阻容耦合放大电路	26
1.2.2 二极管的单向导电性	3	2.5.1 多级放大电路的组成框图	26
1.2.3 二极管的伏安特性	4	2.5.2 阻容耦合多级放大电路	27
1.2.4 主要参数	5	2.5.3 频率响应和通频带的概念	28
1.3 二极管基本电路及其应用	5	2.6 共集电极放大电路	28
1.3.1 整流应用	5	2.6.1 静态分析	29
1.3.2 钳位应用	6	2.6.2 动态分析	29
1.3.3 限幅应用	6	2.7 功率放大电路	30
1.3.4 稳压应用	6	2.7.1 功率放大电路的特点和分类	30
1.3.5 二极管的识别与简单测试	7	2.7.2 功率放大电路的分类	31
1.4 特殊二极管	7	2.7.3 互补对称功率放大电路	31
1.4.1 稳压二极管	7	2.7.4 集成功率放大电路 LM386 的 主要指标及其应用	32
1.4.2 光电二极管	9	2.8 放大电路中的负反馈	33
1.4.3 发光二极管	9	2.8.1 反馈的基本概念	34
本章小结	10	2.8.2 负反馈的类型和判别方法	34
思考题与习题	10	2.8.3 负反馈对放大电路性能的影响	36
第2章 半导体三极管及放大电路基础	12	本章小结	38
2.1 半导体三极管	12	思考题与习题	38
2.1.1 三极管的基本结构与类型	12	第3章 集成运算放大电路	42
2.1.2 三极管的基本工作原理	13	3.1 差分放大电路	42
2.1.3 三极管的特性曲线	14	3.1.1 直接耦合放大电路的零点 漂移现象	42
2.1.4 三极管的主要参数	15	3.1.2 差分放大电路	42
2.2 场效应晶体管	17	3.2 集成运算放大电路简介	44
2.2.1 绝缘栅型场效应晶体管 (MOS管)	17	3.2.1 集成运放的特点	44
2.2.2 结型场效应晶体管简介	19		

3.2.2 集成运放的组成及各部分的作用	44	4.6.3 串联型稳压电路的主要环节	80
3.2.3 集成运放的主要参数	45	本章小结	82
3.2.4 集成运放的种类	46	思考题与习题	83
3.2.5 理想集成运放及其特性	46	第5章 数字逻辑电路	86
3.3 集成运算放大器的基本运算电路	48	5.1 数字电路概述	86
3.3.1 比例运算电路	48	5.1.1 数字信号与模拟信号	86
3.3.2 求和运算电路	52	5.1.2 数字电路的特点	86
3.4 运算放大器的应用举例	55	5.1.3 数字电路的分类	87
3.4.1 精密整流电路	55	5.1.4 数字电路的应用	87
3.4.2 电压比较器	56	5.1.5 脉冲信号	87
本章小结	59	5.2 数制	88
思考题与习题	60	5.2.1 十进制数	88
第4章 直流稳压电源	62	5.2.2 二进制数	88
4.1 整流电路	62	5.2.3 八进制数	89
4.1.1 单相半波整流电路	62	5.2.4 十六进制数	89
4.1.2 单相桥式整流电路	64	5.2.5 不同进制数之间的相互转换	90
4.2 滤波电路	67	5.3 开关元件	91
4.2.1 电容滤波电路	67	5.3.1 二极管的开关作用	91
4.2.2 电感滤波电路	70	5.3.2 三极管的开关作用	92
4.2.3 复式滤波电路	70	5.4 基本逻辑门电路	93
4.3 晶闸管(可控硅)的结构和工作原理	71	5.4.1 基本逻辑关系	93
4.3.1 晶闸管的外形与符号	71	5.4.2 门电路	96
4.3.2 晶闸管的工作原理	72	5.5 组合逻辑电路	103
4.3.3 晶闸管的主要参数	73	5.5.1 逻辑代数	103
4.4 可控整流电路	74	5.5.2 组合逻辑电路的分析	108
4.4.1 单相半波可控整流电路	74	5.5.3 组合逻辑电路的设计	110
4.4.2 单相桥式可控整流电路	75	5.6 编码器	112
4.5 硅稳压二极管稳压电路	77	5.6.1 二进制编码器	112
4.5.1 硅稳压二极管组成的并联型稳压电路	77	5.6.2 二-十进制编码器	114
4.5.2 改进电路	78	5.7 译码器	115
4.6 串联型稳压电路	78	5.7.1 二进制译码器	115
4.6.1 简单串联型稳压电路	79	5.7.2 显示译码器	118
4.6.2 带直流负反馈放大电路的稳压电路	79	本章小结	122
		思考题与习题	122
		第6章 时序逻辑电路	127
		6.1 RS 触发器	127
		6.1.1 基本 RS 触发器	127
		6.1.2 同步 RS 触发器	129

6.1.3 主从 RS 触发器	130	7.2.1 CMOS 门组成的施密特触发器	152
6.2 时钟触发器	131	7.2.2 集成施密特触发器	153
6.2.1 主从 JK 触发器	131	7.2.3 施密特触发器的应用举例	153
6.2.2 边沿 JK 触发器	133	7.3 555 集成定时器	154
6.2.3 边沿 D 触发器	133	7.3.1 CC7555 集成定时器电路结构	154
6.2.4 T 触发器	134	7.3.2 CC7555 集成定时器的逻辑功能	155
6.3 寄存器	135	7.3.3 CC7555 集成定时器的应用	156
6.3.1 数码寄存器	135	本章小结	158
6.3.2 移位寄存器	135	思考题与习题	159
6.3.3 寄存器的应用	136	第 8 章 数/模、模/数转换器	161
6.4 计数器	137	8.1 D/A 转换器	161
6.4.1 异步二进制加法计数器	137	8.1.1 D/A 转换器电路及原理	161
6.4.2 同步十进制计数器	138	8.1.2 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	162
6.4.3 集成计数器 74LS90	140	8.1.3 主要技术指标	163
6.5 应用实例	140	8.1.4 集成 D/A 转换器简介	163
6.5.1 消抖动电路	140	8.2 A/D 转换器	164
6.5.2 数字钟	141	8.2.1 取样与保持	164
本章小结	143	8.2.2 量化和编码	165
思考题与习题	144	8.2.3 A/D 转换器工作原理	166
第 7 章 脉冲波形的产生与整形	147	8.2.4 A/D 转换器的主要技术指标	166
7.1 单稳态触发器	147	8.2.5 集成 A/D 转换器简介	167
7.1.1 用集成门电路构成的单稳态 触发器	147	本章小结	170
7.1.2 集成单稳态触发器	148	思考题与习题	170
7.1.3 单稳态触发器的应用	150	参考文献	171
7.2 施密特触发器	152		



第1章 半导体的基本知识

1.1 半导体及PN结

半导体器件是20世纪中期开始发展起来的,具有体积小、重量轻、使用寿命长、可靠性高、输入功率小和功率转换效率高等优点,因而在现代电子技术中得到广泛的应用。

1.1.1 半导体的基本特性

在自然界中存在着许多不同的物质,根据其导电性能的不同大体可分为导体、绝缘体和半导体三大类。通常将很容易导电、电阻率小于 $10^{-6} \Omega \cdot m$ 的物质,称为导体,例如铜、铝、银等金属材料;将很难导电、电阻率大于 $10^8 \Omega \cdot m$ 的物质,称为绝缘体,例如塑料、橡胶、陶瓷等材料;将导电能力介于导体和绝缘体之间、电阻率在 $10^{-6} \Omega \cdot m \sim 10^8 \Omega \cdot m$ 范围内的物质,称为半导体。常用的半导体材料是硅(Si)和锗(Ge)。

用半导体材料制作电子元器件,不是因为它的导电能力介于导体和绝缘体之间,而是由于其导电能力会随着温度、光照的变化或掺入杂质的多少发生显著的变化,这是半导体的特殊性质,与导体不同。

1. 热敏性

所谓热敏性就是半导体的导电能力随着温度的升高而迅速增加。半导体的电阻率对温度的变化十分敏感。例如纯净的锗从 $20^\circ C$ 升高到 $30^\circ C$ 时,它的电阻率几乎减小为原来的 $1/2$ 。而一般的金属导体的电阻率则变化较小,比如铜,当温度同样升高 $10^\circ C$ 时,它的电阻率几乎不变。

2. 光敏性

半导体的导电能力随光照的变化有显著改变的特性叫做光敏性。自动控制中用的光电二极管和光敏电阻,就是利用光敏特性制成的。而金属导体在阳光下或在暗处,其电阻率一般没有什么变化。

3. 杂敏性

所谓杂敏性就是半导体的导电能力因掺入适量杂质而发生很大的变化。在半导体硅中,只要掺入亿分之一的硼,电阻率就会下降到原来的几万分之一。所以,利用这一特性,可以制造出不同性能、不同用途的半导体器件。而金属导体即使掺入千分之一的杂质,对其电阻率也几乎没有什么影响。

半导体之所以具有上述特性,根本原因在于其特殊的原子结构和导电机理。

1.1.2 本征半导体

本征半导体是指完全纯净的,具有晶体结构(即原子按一定规律排列得非常整齐)的半导体。如常用的半导体材料硅(Si)和锗(Ge),在常温下,其导电能力很弱;当环境温度升高或有光照时,其导电能力随之增强。

1.1.3 杂质半导体

在本征半导体中，人为地掺入少量其他元素（称杂质），可以使半导体的导电性能发生显著的变化。利用这一特性，可以制成各种性能不同的半导体器件，这样使得它的用途大大增加。掺入杂质的本征半导体叫做杂质半导体。根据掺入杂质性质的不同，可分为两种类型：N型半导体和P型半导体。

1. N型半导体（电子型半导体）

在本征半导体中掺入正五价元素（如磷、砷），就形成N型半导体。N型半导体自由电子数量多，空穴数量少，参与导电的主要是带负电的自由电子，如图1-1（a）所示。

2. P型半导体（空穴型半导体）

在本征半导体中掺入正三价杂质元素（如硼、镓）时，就形成P型半导体。P型半导体中，空穴数量多，自由电子数量少，参与导电的主要是带正电的空穴，如图1-1（b）所示。

由于杂质的掺入，使得N型半导体和P型半导体的导电能力较本征半导体有极大的增强。但是掺入杂质的目的不单纯是为了提高半导体的导电能力，而是想通过控制杂质掺入量的多少，来控制半导体导电能力的强弱。

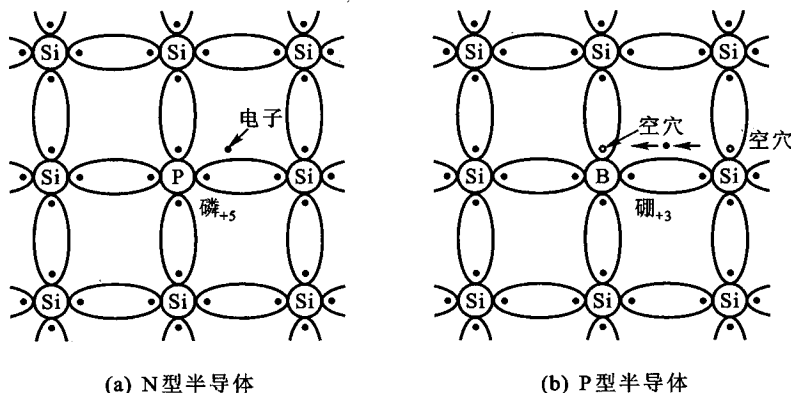


图1-1 杂质半导体

1.1.4 PN结

当把一块P型半导体和一块N型半导体用特殊工艺紧密结合时，在二者的交界面上会形成一个具有特殊性质的薄层，这个薄层被称为PN结。PN结具有单向导电的特性。二极管的核心正是PN结。二极管的种类很多，用途也十分广泛，掌握二极管的特性和应用常识是本章的重点。

1.2 半导体二极管

1.2.1 二极管的结构、类型及符号

在一个PN结的两端加上电极引线并用外壳封装起来，就构成了半导体二极管，又称二极管，通常用图1-2（c）所示的符号表示。由P型半导体引出的电极，叫做正极（或阳极），由N型半导体引出的电极，叫做负极（或阴极）。按照结构工艺的不同，二极管有点接触型和面接触型两类，它们的管芯结构如图1-2（a）和（b）所示。

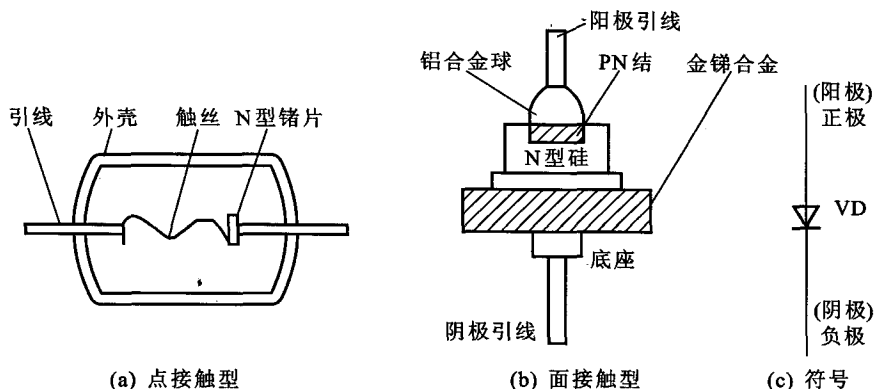


图 1-2 二极管的结构和符号

点接触型二极管（一般为锗管）的 PN 结面积很小（结电容小），工作频率高，适用于高频电路和开关电路；面接触型二极管（一般为硅管）的 PN 结面积大（结电容大），工作频率较低，适用于大功率整流等低频电路。

半导体二极管的种类和型号很多，用不同的符号来代表它们，例如 2AP9，其中“2”表示二极管，“A”表示采用 N 型锗材料为基片，“P”表示普通用途管（P 为汉语拼音字头），“9”为产品性能序号；又如 2CZ8，其中“C”表示由 N 型硅材料作为基片，“Z”表示整流管。常见的二极管外形如图 1-3 所示。

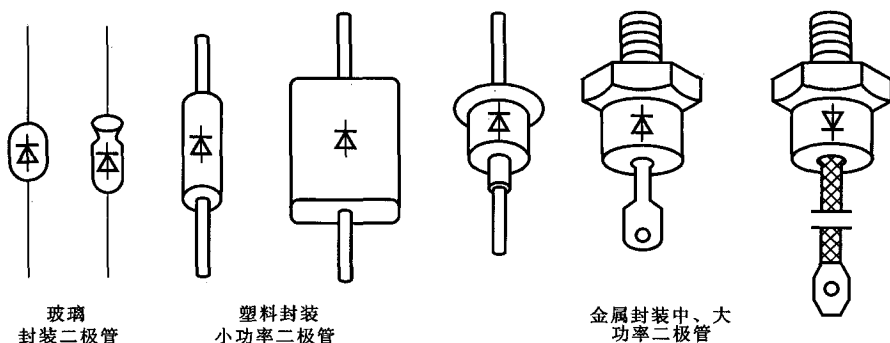


图 1-3 常见的二极管外形

1.2.2 二极管的单向导电性

把二极管接成如图 1-4 (a) 所示电路，当开关 S 闭合时，二极管阳极接电源正极，阴极接电源负极，这种情况称为二极管（PN 结）正向偏置。当开关 S 闭合时，白炽灯亮，电流表显示出较大电流，这时称二极管（PN 结）导通，流过二极管的电流 I_D 称为正向电流。

将二极管接成如图 1-4 (b) 所示电路，二极管阳极接电源负极，阴极接电源正极，这时称为二极管（PN 结）反向偏置。开关 S 闭合，白炽灯不亮，从电流表中看到电流几乎为零，这时称为二极管（PN 结）截止，但这时二极管中仍有微小电流流过，这个微小电流基本不随外加反向电压而变化，故称为反向饱和电流（亦称反向漏电流），用 I_s 表示， I_s 很小，但它会随温度上升而显著增加。所以，二极管等半导体器件，热稳定性较差，在使用半导体器件时，要考虑环境温度对器件和由它构成的电路的影响。

把二极管（PN 结）正向偏置导通、反向偏置截止的这种特性称为单向导电性。

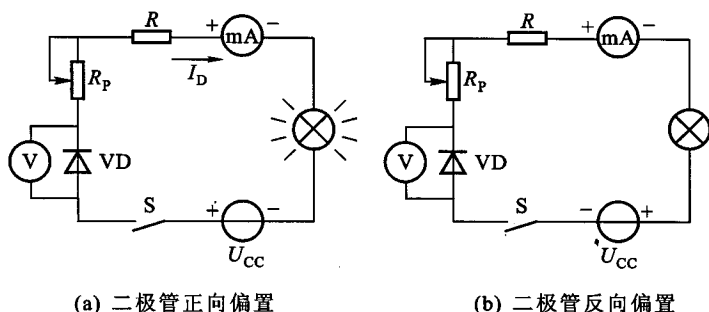


图 1-4 二极管单向导电性实验

1.2.3 二极管的伏安特性

二极管既然是一个 PN 结，它必然具有单向导电性，其伏安特性曲线如图 1-5 所示。所谓伏安特性曲线，就是指加到二极管两端的电压与流过二极管的电流的关系曲线。二极管的伏安特性可分为正向特性和反向特性两部分。

1. 正向特性（图 1-5 中 0AB 段）

① 当二极管两端所加的正向电压由零开始增大时，在正向电压比较小的范围内，正向电流很小，二极管呈现很大的电阻，如图中 0A 段，通常把这个范围称为死区，相应的电压叫做死区电压（又称阈值电压）。硅二极管的死区电压为 0.5 V 左右，锗二极管的死区电压为 0.1 V ~ 0.2 V。

② 外加电压超过死区电压以后，二极管呈现很小的电阻，正向电流 i_D 迅速增加，这时二极管处于正向导通状态，如图中 AB 段为导通区，此时二极管两端电压降变化不大，该电压值称为正向压降（或管压降），常温下硅二极管为 0.6 V ~ 0.7 V，锗二极管为 0.2 V ~ 0.3 V。

2. 反向特性（图 1-5 中 0CD 段）

① 当给二极管加反向电压时，所形成的反向电流是很小的，而且在很大范围内基本不随反向电压的变化而变化，即保持恒定，如曲线 0C 段，称其为反向截止区，此处的 I_S 称为反向饱和电流。

② 当反向电压大到一定数值（ U_{BR} ）时，反向电流会急剧增大，如图中 CD 段，这种现象称为反向击穿，相应的电压叫做反向击穿电压。正常使用二极管时（稳压二极管除外），是不允许出现这种现象的，因为击穿后电流过大将会损坏二极管。

不同的材料、结构和工艺制成的二极管，其伏安特性是有差别的，但伏安特性曲线的形状基本相似。

从二极管伏安特性曲线可以看出，二极管的电压与电流变化不呈线性关系，其内阻

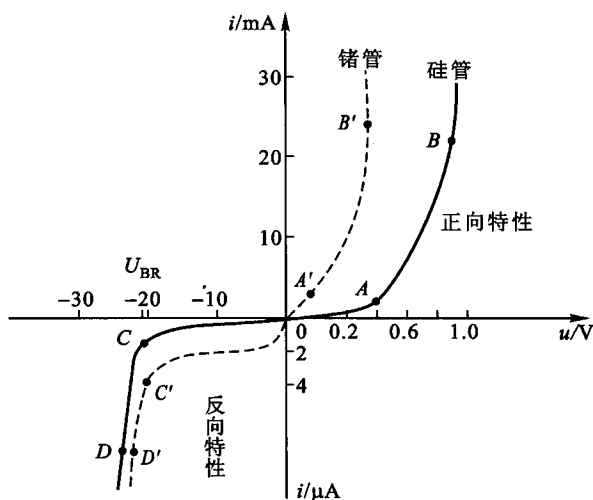


图 1-5 二极管的伏安特性曲线

不是常数, 所以二极管属于非线性器件。

有时为了讨论方便, 在一定条件下, 可以把二极管的伏安特性理想化, 即认为二极管的死区电压和导通电压都等于零。这样的二极管称为理想二极管。

1.2.4 主要参数

二极管的特性除用伏安特性曲线表示外, 还可用一些数据来说明, 这些数据就是二极管的参数。各种参数都可从半导体器件手册中查出, 下面只介绍几个常用的主要参数。

1. 最大整流电流 I_F

最大整流电流是指二极管长时间使用时, 允许流过二极管的最大正向平均电流。当电流超过这个允许值时, 二极管会因过热而烧坏, 使用时务必注意。

2. 反向峰值电压 U_{RM}

它是为保证二极管不被击穿而给出的反向峰值电压, 一般是反向击穿电压的一半或三分之二。

3. 反向峰值电流 I_{RM}

它是指在二极管上加反向峰值电压时的反向电流值。反向电流大, 说明单向导电性能差, 并且受温度的影响大。

1.3 二极管基本电路及其应用

二极管的应用范围很广, 主要都是利用它的单向导电性。它可用于钳位、限幅、整流、稳压、元器件保护等, 也可在脉冲与数字电路中作为开关器件等。

在进行电路分析时, 一般可将二极管视为理想器件, 即认为其正向电阻为零, 正向导通时为短路特性, 正向压降忽略不计; 反向电阻为无穷大, 反向截止时为开路特性, 反向漏电流忽略不计。

1.3.1 整流应用

利用二极管的单向导电性可以把大小和方向都变化的正弦交流电变为单向脉动的直流电, 如图 1-6 所示。这种方法简单、经济, 在日常生活及电子电路中经常采用。根据这个原理, 还可以构成整流效果更好的单相全波、单相桥式等整流电路。

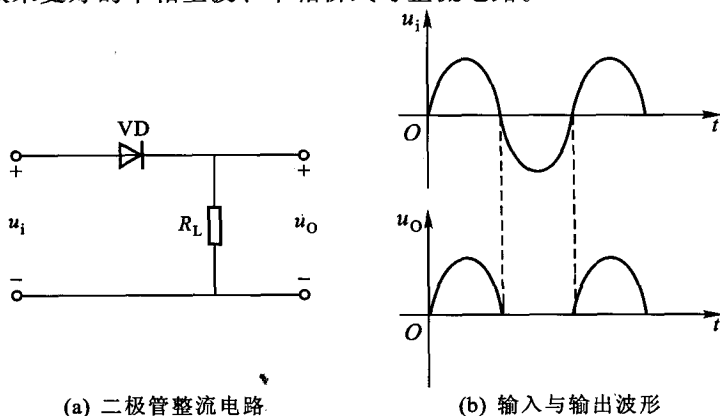


图 1-6 二极管的整流应用

1.3.2 钳位应用

二极管的单向导电性在电路中可以起到钳位的作用。

例 1.1 在如图 1-7 所示的电路中, 已知输入端 A 的电位为 $V_A = 3\text{ V}$, B 的电位 $V_B = 0\text{ V}$, 电阻 R 接 -12 V 电源, 求输出端 F 的电位 V_F 。

解: 因为 $V_A > V_B$, 所以二极管 VD_1 优先导通, 设二极管为理想器件, 则输出端 F 的电位为 $V_F = V_A = 3\text{ V}$ 。当 VD_1 导通后, VD_2 上加的是反向电压, 因而 VD_2 截止。

在这里, 二极管 VD_1 起钳位作用, 把 F 端的电位钳位在 3 V ; VD_2 起隔离作用, 把输入端 B 和输出端 F 隔离开来。

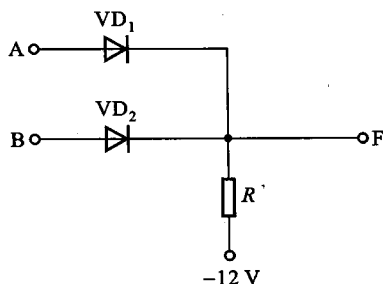


图 1-7 例 1.1 的电路

1.3.3 限幅应用

利用二极管的单向导电性, 将输入电压限定在要求的范围之内, 叫做限幅。

例 1.2 在如图 1-8 (a) 所示的电路中, 已知输入电压 $u_i = 10\sin\omega t\text{ V}$, 电源电动势 $E = 5\text{ V}$, 二极管为理想器件, 试画出输出电压 u_o 的波形。

解: 根据二极管的单向导电特性, 当 $u_i \leq 5\text{ V}$ 时, 二极管 VD 截止, 相当于开路, 因电阻 R 中无电流流过, 故输出电压与输入电压相等, 即 $u_i = u_o$; 当 $u_i > 5\text{ V}$ 时, 二极管 VD 导通, 相当于短路, 故输出电压等于电源电动势, 即 $u_o = E = 5\text{ V}$ 。所以, 在输出电压 u_o 的波形中, 5 V 以上的波形均被削去, 输出电压被限制在 5 V 以内, 波形如图 1-8 (b) 所示。在这里, 二极管起限幅作用。

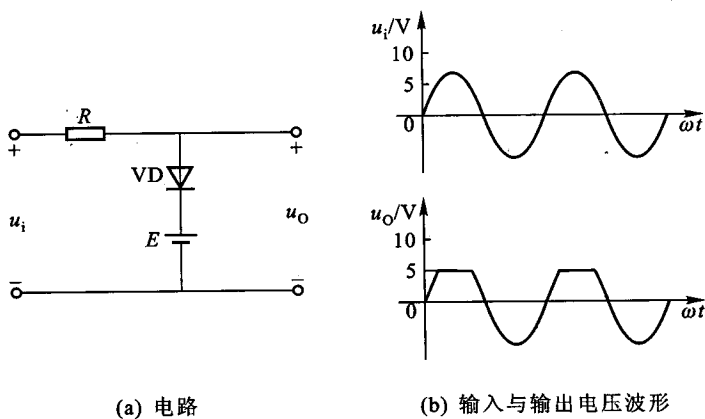


图 1-8 例 1.2 的图

1.3.4 稳压应用

在需要不高的稳定电压输出时, 可以利用几个二极管的正向压降串联来实现。

还有一种稳压二极管, 可以专门用来实现稳定电压输出。稳压二极管有不同的系列用以实现不同的稳定电压输出, 其应用如图 1-9 所示。

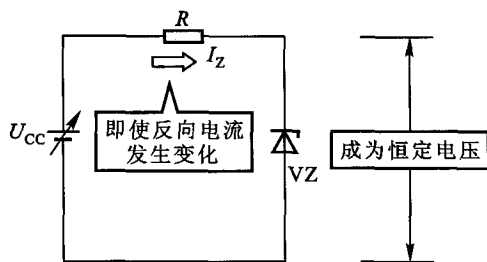


图 1-9 稳压二极管的应用

1.3.5 二极管的识别与简单测试

1. 二极管的极性判别

有的二极管从外壳的形状上可以区分电极；有的二极管的极性用二极管图形符号印在外壳上，箭头指向的一端为负极；还有的二极管用色环或色点来标志电极（靠近色环的一端是负极，有色点的一端是正极）。若标志脱落，可用万用表测其正、反向电阻值来确定二极管的电极。测量时把万用表置于 $R \times 100$ 挡或 $R \times 1k$ 挡，不可用 $R \times 1$ 挡或 $R \times 10k$ 挡测量，前者电流太大，后者电压太高，有可能对二极管造成不利的影响。用万用表的黑表笔和红表笔分别与二极管两极相连，对于指针式万用表，当测得电阻较小时，与黑表笔相接的极为二极管正极；当测得电阻很大时，与红表笔相接的极为二极管正极。对于数字万用表，由于表内电池极性相反，数字万用表的红表笔为表内电池正极，实际测量中必须要注意。对于数字万用表，还可以用专门的二极管挡来测量，当二极管被正向偏置时，显示屏上将显示二极管的正向导通压降，单位是 mV 。

2. 性能测试

二极管正、反向电阻的测量值相差越大越好，一般二极管的正向电阻测量值为几百欧 [姆]，反向电阻为几十千欧 [姆] 到几百千欧 [姆]。如果测得正、反向电阻均为无穷大，说明内部断路；若测量值均为零，则说明内部短路；如测得正、反向电阻几乎一样大，这样的二极管已经失去单向导电性，没有使用价值了。

一般来说，硅二极管的正向电阻在几百到几千欧 [姆]，锗管小于 $1 k\Omega$ ，因此如果正向电阻较小，基本上可以认为是锗管。若要更准确地知道二极管的材料，可将管子接入正偏电路中测其导通压降：若压降在 $0.6 V \sim 0.7 V$ 左右，则是硅管；若压降在 $0.2 V \sim 0.3 V$ 左右，则是锗管。当然，利用数字万用表的二极管挡，也可以很方便地知道二极管的材料。

1.4 特殊二极管

除了上述普通二极管外，还有一些特殊二极管，如稳压二极管、发光二极管和光电二极管等，对它们仅作简单的介绍。

1.4.1 稳压二极管

1. 稳压二极管的稳压作用

稳压二极管是一种特殊的硅二极管，由于它在电路中与适当数值的电阻配合后能起稳定电压的作用，故称为稳压二极管。稳压二极管的伏安特性曲线与普通二极管的类似，如图 1-10 (a) 所示，其差异是稳压二极管的反向特性曲线比较陡。如图 1-10 (b) 所示为稳压二极管的图形符号。稳压管正常工作于反向击穿区，且在外加反向电压撤除后，稳压二极管又恢复正常，即它的反向击穿是可逆的。从反向特性曲线上可以看出，当稳压二极管工作于反向击穿区时，电流虽然在很大范围内变化，但稳压二极管两端的电压变化很小，即它能起稳压的作用。如果稳压二极管的反向电流超过允许值，则它将会因过热而损坏。所以，与稳压二极管配合的电阻要适当，才能起稳压作用。

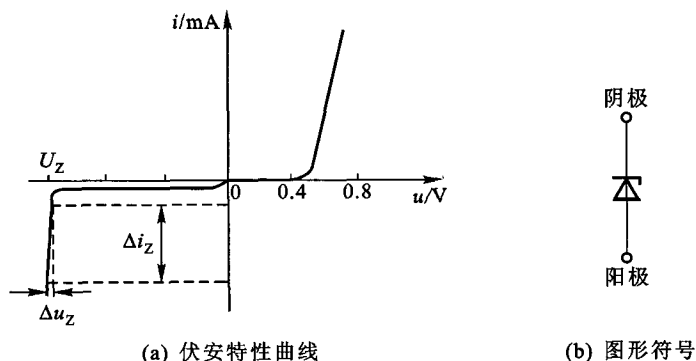


图 1-10 稳压二极管的伏安特性曲线与图形符号

2. 稳压二极管的主要参数

稳压二极管的主要参数有：

(1) 稳定电压 U_Z

U_Z 指稳压二极管的稳定电压值。由于制造工艺和其他的原因，稳压值也有一定的分散性。同一型号的稳压二极管稳压值可能略有不同，手册中给出的都是在一定条件（工作电流、温度）下的数值。例如，2CW18 稳压二极管的稳定电压值为 10 V ~ 12 V。

(2) 稳定电流 I_Z

I_Z 指稳压二极管工作电压等于稳定电压 U_Z 时的工作电流。稳压二极管的稳定电流只是一个作为依据的参考数值，设计选用时要根据具体情况（例如工作电流的变化范围）来考虑。但对每一种型号的稳压二极管都规定有一个最大稳定电流 I_{ZM} 。

(3) 动态电阻 r_Z

r_Z 指稳压二极管两端电压的变化量与相应电流变化量的比值，即

$$r_Z = \frac{\Delta u_Z}{\Delta i_Z}$$

稳压管的反向伏安特性曲线越陡，则动态电阻越小，稳压性能越好。

(4) 最大允许耗散功率 P_{ZM}

P_{ZM} 指管子不致发生热击穿的最大功率损耗，即

$$P_{ZM} = U_Z I_{ZM}$$

稳压二极管在电路中的主要作用是稳压和限幅，也可和其他电路配合构成欠压或过压保