



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 通信技术专业

电子线路

· 沈海娟 主 编

· 张志雄 涂向阳 副主编

· 周兆经 主 审

3



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中国出版集团 中国铁道出版社

中国铁道出版社

电子线路

主编 王 明

副主编 王 明 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

主审 王 明

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·通信技术专业

电 子 线 路

沈海娟	主 编
张志雄	副主编
涂向阳	
周兆经	主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共分 13 章：第 1 章介绍半导体器件的基础知识；第 2 章介绍基本放大电路的分析方法、稳定问题等；第 3 章介绍负反馈电路的组成、判断、类型、基本计算及对放大电路性能的影响；第 4 章介绍模拟集成运算放大电路；第 5 章介绍集成运放在信号处理中的应用及非线性运用；第 6 章介绍整流、滤波及稳压电路；第 7 章介绍各种振荡电路，分析振荡产生的原因、起振条件、平衡条件及稳定条件；第 8 章介绍高频小信号谐振放大电路、宽带功率放大电路、功率合成器等；第 9 章介绍高频功率放大器；第 10 章介绍幅度调制系统的原理，调制和解调的方法；第 11 章介绍角度调制系统的原理及调频的方法和解调；第 12 章介绍反馈控制电路和频率合成技术；第 13 章简单介绍电子线路 EDA 的典型工具软件和应用。

本书可以作为高职高专通信专业的专业基础课教材，也可作为电子、计算机等其他相关专业的专业基础课教材。

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

电子线路/沈海娟主编. —北京：电子工业出版社，2003. 9
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·通信技术专业
ISBN 7-5053-9068-6

I. 电… II. 沈… III. 电子电路—高等学校：技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 073740 号

责任编辑：张荣琴 特约编辑：王宝祥

印 刷：北京李史山胶印厂

出版发行：电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

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：13.25 字数：348 千字

版 次：2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印 数：5000 册 定价：17 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 zltts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院

江西信息应用职业技术学院

江西蓝天职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

杭州中策职业学校

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

福建工程学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆工业高等专科学校

济宁职业技术学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

连云港职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆职业技术学院

重庆工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

江西工业工程职业技术学院

四川工程职业技术学院

广东轻工职业技术学院

西安理工大学

辽宁大学高职学院

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

包头职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

郑州工业高等专科学校

泉州黎明职业大学

浙江财经学院信息学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技大学

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州工商职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院

前 言

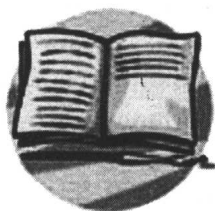
本教材系电子工业出版社组织的、为高职高专通信专业及相关专业编写的电子线路（包括模拟电子线路和高频电子线路）规划教材，也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

本教材总的编写原则是淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用。为了更好地适应通信专业的课程设置，将传统的模拟电子线路和高频电子线路编在一本书中，使之更有利于内容的衔接、连贯。本书系统地介绍了现代通信专业所需要的电子线路的基础理论知识，重点讨论了集成电路中要用到的基本概念、基本电路、基本原理和基本分析方法。在分析了各种基本功能电路后，给出了集成化应用的实际例子。本书的主要内容是：半导体基础知识、基本放大电路、反馈放大电路、模拟集成电路及应用、集成运放的应用、稳压电源、正弦波振荡器、高频小信号放大器、功率放大器、调幅系统、调角系统、反馈控制电路和频率合成技术，同时为了提高学生在计算机上处理有关电路的能力，本书在最后一章中简单地介绍了有关电子线路 EDA 的典型工具软件及应用。本书建议学时为 100 学时，各校在选用时可根据情况对内容进行取、舍。

本书第 1~4 章由张志雄老师编写，第 5~7 章由涂向阳老师编写，第 7~13 章由沈海娟老师编写。全书由杭州职业技术学院沈海娟副教授统稿、主编，张志雄、涂向阳为副主编，由中国计量学院周兆经教授主审。本书编写过程中得到了王松、高洪林、吴晓萍等同志的帮助和支持。

由于编者水平有限，书中难免出现缺点和错误，请广大读者批评指正。联系方式：shj0571@hotmail.com。

编 者
2003 年 6 月



Contents

第1章 半导体器件基础	(1)
1.1 二极管	(1)
1.1.1 二极管的结构	(1)
1.1.2 二极管的伏安特性	(2)
1.1.3 二极管的主要参数	(3)
1.2 特殊二极管	(4)
1.2.1 稳压二极管	(4)
1.2.2 光电二极管	(5)
1.2.3 发光二极管	(5)
1.2.4 变容二极管	(7)
1.3 晶体管	(7)
1.3.1 晶体管的结构特点	(7)
1.3.2 晶体管的特性曲线	(8)
1.3.3 晶体管的主要参数	(10)
1.3.4 晶体管的电流放大作用	(11)
1.4 场效应管	(12)
1.4.1 结型场效应管	(13)
1.4.2 绝缘栅场效应管	(14)
1.4.3 场效应管的主要参数	(16)
本章小结	(17)
思考题和习题1	(17)
第2章 基本放大电路	(18)
2.1 共射极基本放大电路	(18)
2.1.1 放大电路的组成	(18)
2.1.2 放大电路的基本工作原理	(21)
2.1.3 放大电路的主要性能指标	(22)
2.2 放大电路的分析方法	(24)
2.2.1 图解法	(24)
2.2.2 等效电路法	(26)
2.3 放大电路的稳定问题	(30)
2.3.1 温度变化对工作点的影响	(30)
2.3.2 射极偏置电路	(31)
2.4 共集、共基放大电路	(33)
2.4.1 共集电极放大电路	(33)
2.4.2 共基极放大电路	(35)
2.5 功率放大电路	(36)
2.5.1 甲乙类互补对称功率放大电路	(36)



2.5.2 甲乙类单电源互补对称功率放大电路	(36)
2.6 场效应管放大电路	(38)
2.6.1 场效应管的等效模型	(38)
2.6.2 共源基本放大电路	(39)
2.6.3 共漏基本放大电路	(40)
本章小结	(40)
思考题和习题 2	(41)
第 3 章 反馈放大电路	(42)
3.1 反馈的基本概念	(42)
3.1.1 反馈放大电路的组成	(42)
3.1.2 反馈的性质及判断	(43)
3.1.3 直流反馈和交流反馈	(43)
3.2 负反馈放大电路的基本类型	(44)
3.2.1 负反馈的一般关系式	(44)
3.2.2 负反馈的类型和判断	(44)
3.3 负反馈对放大电路性能的影响	(48)
3.3.1 对放大电路增益的影响	(48)
3.3.2 减小非线性失真	(49)
3.3.3 扩展通频带	(49)
3.3.4 对输入电阻和输出电阻的影响	(50)
3.4 负反馈放大电路的计算	(52)
3.4.1 简单负反馈电路的计算	(52)
3.4.2 具有深度负反馈电路的计算	(53)
本章小结	(55)
思考题和习题 3	(55)
第 4 章 模拟集成电路及应用	(57)
4.1 集成运算放大电路	(57)
4.1.1 集成运算放大器的组成	(57)
4.1.2 集成运算放大器的基本特性	(58)
4.1.3 集成运算放大器的主要参数	(58)
4.1.4 集成运算放大器的电压传输特性	(60)
4.2 差分放大电路	(60)
4.2.1 差分放大电路	(60)
4.2.2 镜像电流源	(62)
4.2.3 有源负载差分放大器	(63)
4.2.4 差分放大器的输入、输出方式	(64)
4.3 基本运算电路	(67)
4.3.1 比例运算电路	(67)
4.3.2 加法运算电路	(69)
4.3.3 减法运算电路	(69)
4.3.4 积分运算电路	(71)
4.3.5 微分运算电路	(72)
本章小结	(72)
思考题和习题 4	(73)



第5章 集成运算放大器的应用	(74)
5.1 电压—电流变换电路	(74)
5.1.1 电压—电流变换电路	(74)
5.1.2 电流—电压变换电路	(74)
5.1.3 恒流源电路	(75)
5.2 运算放大器在信号处理中的应用	(75)
5.2.1 单电源交流放大电路	(75)
5.2.2 线性整流电路	(76)
5.2.3 有源滤波器	(77)
5.3 运算放大器的非线性运用	(80)
5.3.1 零电压比较器	(80)
5.3.2 差动型任意电压比较器	(81)
5.3.3 求和型任意电压比较器	(82)
5.4 集成运算放大器的选择和使用	(82)
5.4.1 集成运算放大器的选择原则	(82)
5.4.2 集成运算放大器的使用	(83)
本章小结	(84)
思考题和习题 5	(84)
第6章 稳压电源	(85)
6.1 整流电路	(85)
6.1.1 单相半波整流电路	(85)
6.1.2 单相全波整流电路	(86)
6.1.3 单相桥式整流电路	(87)
6.2 滤波电路	(89)
6.2.1 电容滤波电路	(89)
6.2.2 RC 滤波电路	(91)
6.2.3 Γ 型滤波电路	(91)
6.2.4 Π 型 LC 滤波电路	(92)
6.3 稳压电路	(92)
6.3.1 并联型稳压电路	(92)
6.3.2 串联型稳压电路	(94)
6.3.3 集成稳压电路	(97)
6.4 开关型稳压电路	(101)
本章小结	(102)
思考题和习题 6	(103)
第7章 正弦波振荡器	(104)
7.1 振荡器的基本工作原理	(104)
7.1.1 反馈振荡器产生振荡的原理	(104)
7.1.2 振荡的平衡条件和起振条件	(105)
7.1.3 振荡的稳定条件	(105)
7.2 反馈型 LC 振荡器	(106)
7.2.1 变压器反馈式振荡电路	(106)
7.2.2 三点式振荡器	(107)
7.3 其他类型的振荡器	(108)



7.3.1 石英晶体振荡器	(108)
7.3.2 压控振荡器	(112)
7.3.3 RC 振荡器	(113)
本章小结	(115)
思考题和习题 7	(115)
第 8 章 高频小信号放大器	(116)
8.1 晶体管高频小信号等效电路	(116)
8.1.1 混合 Π 型等效电路	(117)
8.1.2 Y 参数等效电路	(117)
8.2 小信号谐振放大器	(119)
8.2.1 单级单谐振放大器	(119)
8.2.2 多级单谐振放大器	(122)
8.2.3 参差调谐放大器	(123)
8.2.4 双调谐放大器	(124)
8.3 集中选频放大器	(125)
8.3.1 集中滤波器	(125)
8.3.2 集中选频放大电路	(127)
本章小结	(128)
思考题和习题 8	(129)
第 9 章 高频功率放大器	(130)
9.1 谐振功率放大器	(130)
9.1.1 谐振功率放大器的工作原理	(130)
9.1.2 谐振功率放大器的输出功率和效率	(132)
9.2 宽带功率放大器	(134)
9.3 晶体管倍频器	(137)
本章小结	(138)
思考题和习题 9	(139)
第 10 章 调幅系统	(140)
10.1 调幅系统的基本原理	(140)
10.1.1 普通调幅 (AM)	(141)
10.1.2 抑制载波的双边带调幅 (DSB)	(144)
10.1.3 单边带调幅 (SSB)	(145)
10.2 调幅电路	(147)
10.2.1 高电平调幅电路	(147)
10.2.2 二极管调幅电路	(148)
10.2.3 模拟乘法器调幅电路	(150)
10.3 调幅信号的解调——检波电路	(151)
10.3.1 二极管包络检波电路	(151)
10.3.2 同步检波电路	(154)
10.4 混频器	(157)
10.4.1 混频器的工作原理	(157)
10.4.2 二极管混频器	(157)
10.4.3 晶体管混频器	(160)
10.4.4 混频器的干扰	(162)



本章小结	(163)
思考题和习题 10	(164)
第 11 章 调角系统	(166)
11.1 调角信号的分析	(166)
11.1.1 调角波的表达式	(166)
11.1.2 调角波的频谱和有效带宽	(168)
11.1.3 调频波和调相波的比较	(170)
11.2 调频器	(171)
11.2.1 直接调频电路	(171)
11.2.2 间接调频电路	(172)
11.3 鉴频器	(173)
11.3.1 斜率鉴频器	(173)
11.3.2 相位鉴频器	(176)
本章小结	(177)
思考题和习题 11	(177)
第 12 章 反馈控制电路和频率合成技术	(179)
12.1 反馈控制电路	(179)
12.1.1 自动增益控制 (AGC) 电路	(179)
12.1.2 自动频率控制 (AFC) 电路	(180)
12.2 锁相环路	(181)
12.2.1 锁相环路 (PLL) 的基本工作原理	(182)
12.2.2 锁相环路的数学模型	(182)
12.2.3 锁相环路的分析	(185)
12.3 频率合成技术	(186)
12.3.1 频率合成器的主要技术指标	(186)
12.3.2 频率直接合成法	(186)
12.3.3 频率间接合成法 (锁相频率合成法)	(188)
本章小结	(190)
思考题和习题 12	(190)
第 13 章 EDA 技术基础	(192)
13.1 概述	(192)
13.1.1 EDA 技术简介	(192)
13.1.2 EDA 的主要作用	(192)
13.1.3 常见 EDA 软件介绍	(193)
13.2 EWB 软件	(195)
13.2.1 EWB 概述	(195)
13.2.2 EWB 基本操作	(195)
13.3 EWB 仿真实验	(198)
参考文献	(200)

第1章 半导体器件基础



内容提要与学习要求

自然界中的物质,按其导电能力的不同,可分为导体和绝缘体两大类。但是还有一类物质,如硅、锗等,它的导电能力介于导体和绝缘体之间,其导电性能非常奇特,它的导电能力随着掺入杂质、输入电压(电流)、温度或光照条件的不同而发生很大变化,人们把这一类物质称为半导体。半导体是制作半导体器件的关键材料。半导体器件是20世纪中叶发展起来的新型电子器件,包括半导体二极管、半导体晶体管、场效应管和集成电路等。本章主要介绍半导体器件的基础知识。

1.1 二极管

半导体按导电特性可分为P型半导体和N型半导体两大类,将P型半导体和N型半导体经过特殊的工艺加工紧密地结合在一起,就形成了PN结。PN结具有加正向电压时导通、加反向电压时截止的特性,这种特性称为PN结的单向导电性,如图1.1所示。

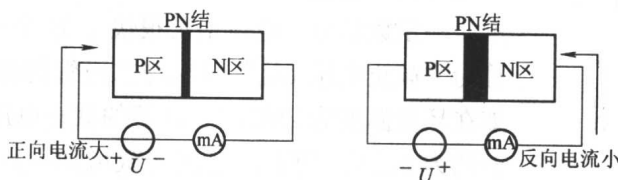


图 1.1 PN 结的单向导电性

1.1.1 二极管的结构

二极管就是由一个PN结加上相应的电极引线和管壳封制而成的。P型半导体一端的电极称阳极(或称正极),N型半导体一端的电极称阴极(或称负极)。二极管的外形及图形符号如图1.2所示。

二极管按其结构来分,可分为点接触型和面接触型两种。点接触型二极管如图1.3(a)所示,由于其PN结的结面积很小,故不能通过大的电流,但其结电容很小,高频性能较好,因此常用于高频和小电流的电路中;面接触型二极管如图1.3(b)所示,由于其PN结的结面积较大,可通过较大的电流,但其结电容较大,所以常用于低频整流电路中。

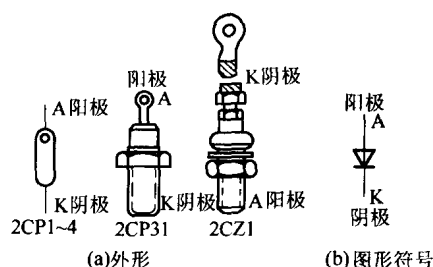


图 1.2 二极管的外形及图形符号

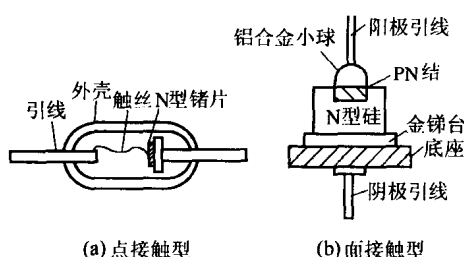


图 1.3 二极管的结构

1.1.2 二极管的伏安特性

二极管的端电压与二极管电流之间的关系称为二极管的伏安特性，不同的二极管的伏安特性是不同的，但伏安特性曲线的基本形状是相似的。下面以硅二极管为例进行讨论。

1. 正向特性

如图 1.4 所示为二极管正向伏安特性测试电路。通过测量，可得电压与电流的关系如图

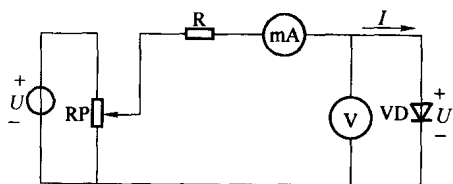


图 1.4 二极管正向伏安特性测试电路

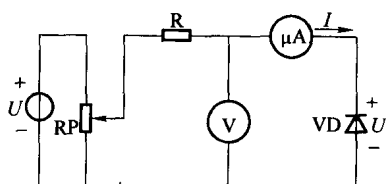


图 1.5 二极管反向伏安特性测试电路

1.6 中第 I 象限内的曲线所示（即伏安特性的正向特性）。从图中可见，当所加的正向电压较小时，二极管的正向电流很小，二极管呈现很高的电阻。这段区域称为“截止区”。当正向电压超过（如图 1.6 中的 A 点所示）一定数值后，电流增长很快。这个一定数值的正向电压称为“截止电压 U_{th} ”， U_{th} 与二极管的材料和环境温度有关。如在环境温度为 25°C 时，硅管的截止电压 U_{th} 约为 0.5V ；锗管约为 0.2V 。当正向电压稍微增加一点，电流则增加很多，二极管呈现低阻状态，这时称二极管处于“正向导通”状态。通常，硅管的正向导通电压为 $0.6 \sim 0.7\text{V}$ ，锗管为 $0.2 \sim 0.3\text{V}$ 。

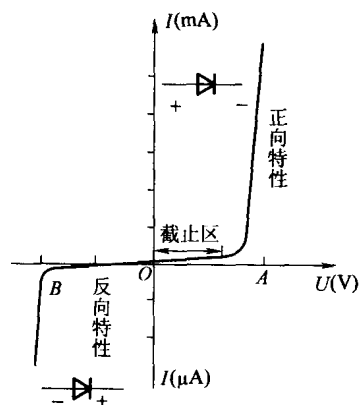


图 1.6 二极管的伏安特性曲线

2. 反向特性

如图 1.5 所示为二极管反向特性测试电路。通过测量，可得反向特性如图 1.6 第 III 象限内的曲线所示。从图中可见，当加在二极管两端的反向电压小于某一值时，反向电流很小。反向电流具有两个特点：一是受温度的影响较大；二是反向电压在一定范围时，反向电流基本恒定。所以反向电流通常称为“反向饱和电流”。硅管的反向电流一般在几微安以下，大的可达数十微安，锗管可达几百微安。



3. 反向击穿特性

当外加反向电压升高到一定值后, 反向电流突然增大, 二极管失去了单向导电性能, 出现反向击穿现象。对应的电流突然增大 (如图 1.6 中 B 点所示) 的电压称为二极管的反向击穿电压。当二极管被反向击穿时流过 PN 结的电流很大, PN 结的损耗功率也很大, 如果超过了允许的功耗值, 就会使 PN 结由过热而过渡到热击穿, 使二极管的 PN 结烧毁。

1.1.3 二极管的主要参数

1. 直流电阻 R (静态电阻)

二极管两端所加的直流电压与流过二极管的直流电流之比, 称为二极管的直流电阻。由图 1.7 可得直流电阻 R 为

$$R = \frac{U}{I} \quad (1-1)$$

从图 1.7 可见: 二极管的直流电阻随工作点的不同而不同, 因此二极管为非线性器件。

2. 交流电阻 r (动态电阻)

在交流工作状态下, 二极管的交流电阻定义为: 二极管特性曲线上工作点 Q 附近电压的变化量与相应的电流变化量之比, 即

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (1-2)$$

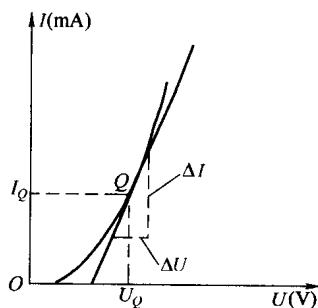


图 1.8 交流电阻的几何意义

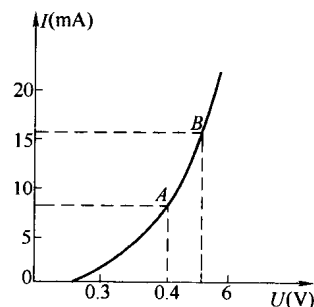


图 1.7 通过二极管伏安特性求直流电阻

由于二极管伏安特性曲线是非线性的, 因此在不同的工作点上二极管的交流电阻是不同的。

二极管的正向交流电阻很小, 一般约为几欧到几十欧。这说明正向电压增加一点, 正向电流将增加很多。但反向电阻却很大, 一般在几百千欧以上, 说明即使反向电压增加很多, 反向电流却增加很少。

3. 最大整流电流 I_{DM}

I_{DM} 是二极管长期工作时所允许通过的最大正向电流。因为电流流过 PN 结时要耗散一定的功率, 使 PN 结温度升高, 当电流太大时, 就会使 PN 结烧坏。为了使二极管能正常工作, 在二极管工作时电流不能超过 I_{DM} 。

4. 反向击穿电压 U_Z

当加在二极管上的反向电压太高时, 就会产生击穿现象。在反向击穿时, 流过二极管的电流急剧增大, PN 结很容易烧坏。因此在二极管的使用时, 其上所加的反向电压不应超过反向击穿电压 U_Z 。



5. 反向饱和电流

反向饱和电流是指二极管未击穿时反向电流的大小。该电流数值愈小,则二极管的单向导电性愈好。反向饱和电流的大小与温度有关,当温度增加时,反向电流会急剧增加,因此在使用二极管时,应注意温度的影响。

1.2 特殊二极管

二极管的种类很多,除上面介绍的普通二极管外,还有各种用途的二极管。本节将介绍目前应用十分广泛的稳压二极管、光电二极管、发光二极管和变容二极管。

1.2.1 稳压二极管

稳压二极管是一种能稳定电压的二极管,简称稳压管。它的电路符号和伏安特性如图 1.9 和图 1.10 所示。

1. 稳压管的特性

由图 1.10 可见,稳压二极管与普通二极管的伏安特性相似,只是正向特性曲线和反向击穿特性曲线均比普通二极管陡峭。



图 1.9 稳压管的符号

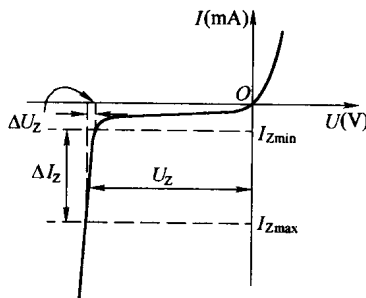


图 1.10 稳压管的伏安特性曲线

值得注意的是,当反向电压增加到一定数值时,例如增加到图中所示的电压值 U_Z ,反向电流急剧上升。此后,反向电压只要稍有增加,例如增加一个 ΔU_Z ,反向电流就会增加很多,如图中的 ΔI_Z ,这种现象就是电击穿,电压 U_Z 称为击穿电压。由此可见,稳压管的电流在很大范围内变化时,例如图中从 I_{Zmin} 变化到 I_{Zmax} ,稳压管两端电压变化很小,仅为图中的 ΔU_Z 。可以认为,稳压管两端的电压基本保持不变。可见,稳压管能稳定电压正是利用其反向击穿后的电流剧变,而两端电压几乎不变的特性来实现的。

此外,由“击穿”转化为“稳压”,还有一个值得注意的条件,那就是要适当限制通过稳压管的反向电流。否则,过大的反向电流,例如超过图中的 I_{Zmax} ,将造成稳压管击穿后的永久性损坏。

通过以上分析可知,稳压管能够稳定电压,要有两个基本条件:

(1) 稳压管两端需加上一个大于其击穿电压的反向电压。

(2) 采取适当措施限制击穿后的反向电流值,例如将稳压管与一个适当的电阻串联后再接入电路中,使反向电流和损耗均不超过其允许值。这就是在一般实际电路中稳压管总是和适当的限流电阻串联后再反接于电路中的道理。