



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

电子技术 (第3版)

付植桐 主编
尹常永 韩睿群 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

电子技术

(第3版)

付植桐 主 编

尹常永 韩睿群 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育),是在第2版基础上,根据2006年11月在无锡召开的“高职高专电类基础课‘十一五’国家级规划教材编写会议”精神,多方征求意见后修订的。

本书在编写中注重学生应用能力和基本技能的培养,注重职业技能和工作过程创新能力的培养,更适应高等职业教育发展的需要。

全书共15章,分“模拟电子技术”和“数字电子技术”两大部分。模拟电子技术部分包括半导体元件及其特性、基本放大电路、负反馈放大器与集成运算放大器、功率放大器及其应用、振荡器、直流稳压电源、电力电子技术;数字电子技术部分包括逻辑代数基础、基本门电路、组合逻辑电路、集成触发器与时序逻辑电路、脉冲波形的产生和整形、半导体存储器与可编程逻辑器件、数模转换与模数转换、课程设计与制作。本书还配有习题、自我检测、实验与技能操作训练和EDA仿真实验。

本书可作为高职、高专院校电气自动化类、机电类和电子类等相关专业教材,也可供自学者和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术/付植桐主编. —3版. —北京:高等教育出版社,2008.11

ISBN 978-7-04-025004-6

I. 电… II. 付… 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153767号

策划编辑 孙杰 责任编辑 王莉莉 封面设计 张志奇 责任绘图 尹莉
版式设计 王艳红 责任校对 金辉 责任印制 宋克学

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 100120
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京凌奇印刷有限责任公司

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.landaco.com>

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

畅想教育 <http://www.widedu.com>

开本 787×1092 1/16
印张 26.75
字数 650 000

版次 2000年8月第1版

2008年11月第3版

印次 2008年11月第1次印刷

定价 29.80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 25004-00

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育),是根据2006年11月在无锡召开的“高职高专电类基础课‘十一五’国家级规划教材编写会议”精神,遵照教育部制定的“高职高专教育模拟电子技术课程教学基本要求”和“高职高专教育数字电子技术基础课程教学基本要求”,在第2版的基础上,经多方征求意见后修订的。考虑到高等职业教育的培养目标是技术应用专门人才,在重新编写中更注重技术能力和工作过程适应能力的培养,注重职业素质和创新能力的培养,更适应新的高等职业教育发展的需要。本书具有以下特点:

1. 在重点保证基础理论、基本知识够用的前提下,注重实践和应用,并突出了基本技能的培养。书中增加很多应用实例,每章均有实验与技能操作训练和EDA仿真,第15章为课程设计和制作。

2. 努力反映现代电子技术的新技术、新成果。教材中增加了电力电子技术和可编程逻辑器件的内容,同时适当加重了集成器件的内容,使教材尽可能跟上电子技术领域的新发展。

3. 突出高等职业教育的特色,注重职业素质和创新精神的培养。把职业岗位所必需的知识、技能编入教材,便于激发学生的学习兴趣,使读者倍感亲切,有利于教与学。

4. 每章后配有练习题和自我检测题,帮助读者复习所学内容,了解自己对本章掌握的情况。

本书是以电类各专业的需要为基础编写的,内容较全面,能为教师和学生提供较大的信息量。教师在实际教学中可结合具体情况选择取舍。

本书由天津职业大学、沈阳工程学院、天津渤海职业技术学院和天津现代职业技术学院教师共同编写,其中付植桐编写第1、2章,罗月红编写第5、6章,王英大编写第3、4、7章,韩睿群编写第8、9、10、14章,尹常永编写第11、12、13、15章。全书由付植桐任主编并统稿,由天津大学的周定文教授和北京电子科技职业学院机械工程学院的杨慧宜副教授主审,他们对本书提出了很多宝贵的意见和建议,高等教育出版社的同志给予了大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在一些问题,希望读者批评指正。

编 者

2008年9月于天津

目 录

上篇 模拟电子技术

第 1 章 半导体元件及其特性	3
1.1 半导体基础知识与 PN 结	3
1.1.1 半导体的特点	3
1.1.2 PN 结的形成与特性	5
1.2 二极管	6
1.2.1 二极管的结构和类型	6
1.2.2 二极管的特性及参数	7
1.2.3 二极管应用电路的举例	8
1.2.4 发光二极管及其应用	9
1.3 晶体管	11
1.3.1 晶体管的结构和类型	11
1.3.2 晶体管电流分配和放大作用	12
1.3.3 晶体管的特性曲线	13
1.3.4 晶体管的主要参数	15
1.3.5 复合晶体管	16
1.4 场效应晶体管	17
1.4.1 N 沟道增强型 MOS 管	17
1.4.2 N 沟道耗尽型 MOS 管	19
1.4.3 场效应晶体管的主要参数	20
1.4.4 场效应晶体管与双极晶体管的比较	20
习题	21
自我测试	22
实验与技能操作训练	23
第 2 章 基本放大电路	27
2.1 基本放大电路的组成及工作原理	27
2.1.1 放大器的电路组成	27
2.1.2 放大器的工作原理	28
2.1.3 直流通路和静态工作点	30
2.1.4 放大器的主要性能指标	32
2.2 放大器的分析方法	33
2.2.1 图解法	33
2.2.2 放大器的偏置电路	39
2.2.3 微变等效电路分析法	41
2.3 常见的放大电路	47
2.3.1 共集电极放大电路	47
2.3.2 共基极放大电路	50
2.3.3 场效应晶体管放大电路	51
2.4 放大器的频率特性	53
2.4.1 频率特性的基本概念	54
2.4.2 放大器的低频特性	55
2.4.3 放大器的高频特性	56
2.5 多级放大器	58
2.5.1 多级放大器的耦合方式	58
2.5.2 多级放大器的增益	61
习题	63
自我测试	66
实验与技能操作训练	67
第 3 章 负反馈放大器与集成运算放大器	73
3.1 反馈的基本原理	73
3.1.1 反馈的基本概念	73
3.1.2 反馈的分类及判别	74
3.1.3 负反馈对放大器性能的影响	77
3.2 基本差分放大器	81
3.3 集成运算放大器	83
3.3.1 集成运算放大器概述	83
3.3.2 集成运放的内部电路组成	85
3.3.3 集成运放的主要技术指标	86
3.4 集成运算放大器的应用	88
3.4.1 理想集成运放及其分析方法	88
3.4.2 基本运算电路	89
3.4.3 信号处理电路	96
3.4.4 波形发生器	100

3.4.5 集成运放应用的一些实际问题	102	6.1.2 单相桥式整流电路	160
习题	105	6.1.3 倍压整流电路	162
自我测试	108	6.1.4 滤波电路	163
实验与技能操作训练	110	6.2 硅稳压二极管稳压电路	166
第4章 功率放大器及其应用	117	6.2.1 硅稳压二极管稳压电路的工作原理	166
4.1 功率放大器	117	6.2.2 硅稳压二极管稳压电路参数的选择	167
4.1.1 甲类功率放大器	117	6.3 串联型晶体管稳压电路	168
4.1.2 推挽功率放大器	122	6.3.1 带有放大环节的串联型晶体管稳压电路	168
4.1.3 互补对称功率放大器	127	6.3.2 稳压电源的主要技术指标	170
4.1.4 集成功率放大器	129	6.3.3 提高稳压性能的措施和保护电路	171
4.2 功率放大器的应用	131	6.4 开关式稳压电路	172
4.2.1 功率放大器应用中的几个问题	131	6.4.1 开关式稳压电路工作原理	172
4.2.2 功率放大器实际电路	132	6.4.2 微机直流稳压电源	174
习题	134	6.5 集成稳压器	175
自我测试	135	6.5.1 单片式多端集成稳压器	175
实验与技能操作训练	136	6.5.2 单片式三端集成稳压器	176
第5章 振荡器	142	习题	179
5.1 振荡的基本概念	142	自我测试	179
5.1.1 基本概念	142	实验与技能操作训练	180
5.1.2 振荡电路的组成	142	第7章 电力电子技术	185
5.1.3 振荡条件	143	7.1 晶闸管的结构与工作原理	185
5.2 RC 振荡器	144	7.1.1 晶闸管的基本结构	185
5.2.1 RC 移相振荡器	144	7.1.2 晶闸管的工作原理	186
5.2.2 RC 桥式振荡器	146	7.1.3 晶闸管的伏安特性	187
5.3 LC 振荡电路	147	7.1.4 晶闸管的主要参数	187
5.3.1 变压器反馈式振荡电路	147	7.1.5 晶闸管的型号	188
5.3.2 电感反馈式振荡电路	148	7.2 晶闸管可控整流电路	188
5.3.3 电容反馈式振荡电路	149	7.3 晶闸管触发电路	191
5.3.4 石英晶体振荡电路	149	7.3.1 单结晶体管	191
习题	152	7.3.2 单结晶体管触发电路	192
自我测试	154	习题	193
实验与技能操作训练	154	自我测试	193
第6章 直流稳压电源	159	实验与技能操作训练	194
6.1 整流滤波电路	159		
6.1.1 单相半波整流电路	159		

下篇 数字电子技术

第8章 逻辑代数基础	201	8.1 数制与编码	201
-------------------------	-----	------------------------	-----

8.1.1 数制及数制间的转换	201	实验与技能操作训练	284
8.1.2 编码	207	第 11 章 集成触发器与时序逻辑电路 ...	292
8.2 逻辑函数的表示和化简	209	11.1 触发器	292
8.2.1 逻辑函数及其基本运算	210	11.1.1 RS 触发器及芯片	292
8.2.2 逻辑函数的公式化简法	213	11.1.2 D 触发器及芯片	296
8.2.3 逻辑函数的卡诺图化简法	215	11.1.3 JK 触发器及芯片	299
习题	222	11.1.4 T 触发器	300
自我测试	224	11.1.5 触发器逻辑功能的转换	300
第 9 章 基本门电路	225	11.1.6 集成触发器使用的特殊问题 ...	302
9.1 二极管、晶体管的开关特性	225	11.2 寄存器	302
9.1.1 二极管的开关特性	225	11.2.1 数据寄存器	303
9.1.2 晶体管的开关特性	226	11.2.2 移位寄存器	303
9.2 基本逻辑门电路	229	11.2.3 集成寄存器芯片	304
9.2.1 分立元件构成的门电路	229	11.3 计数器	307
9.2.2 常用基本逻辑门电路及其符号 ...	231	11.3.1 计数器概述	307
9.3 集成门电路及其芯片	233	11.3.2 集成异步计数器及芯片	309
9.3.1 TTL 门电路	234	11.3.3 集成同步计数器及芯片	312
9.3.2 MOS 门电路	239	11.3.4 任意进制计数器	314
9.3.3 常用集成电路芯片	239	11.4 时序逻辑电路的分析方法	319
9.3.4 集成门电路应用举例	241	11.4.1 时序逻辑电路的分类及状态 描述	319
9.4 集成电路使用中的实际问题	242	11.4.2 时序逻辑电路的分析步骤	319
9.4.1 有关集成电路的主要参数及其 特性曲线	242	11.4.3 时序逻辑电路的分析举例	320
9.4.2 集成电路使用中应该注意的 问题	246	11.5 同步时序逻辑电路的设计方法	323
习题	249	自我测试	326
自我测试	250	习题	327
实验与技能操作训练	251	实验与技能操作训练	330
第 10 章 组合逻辑电路	258	第 12 章 脉冲信号的产生与整形	333
10.1 组合逻辑电路的分析与设计	258	12.1 石英晶体多谐振荡器	333
10.1.1 组合逻辑电路的分析	258	12.2 单稳态触发器	334
10.1.2 组合逻辑电路的设计	260	12.2.1 集成单稳态触发器	335
10.2 常用组合逻辑电路及其芯片	262	12.2.2 单稳态触发器的应用	337
10.2.1 加法器与比较器	262	12.3 施密特触发器	338
10.2.2 编码器	266	12.3.1 施密特触发器的功能	338
10.2.3 译码器	270	12.3.2 集成施密特触发器	339
10.2.4 多路开关	275	12.3.3 施密特触发器的应用	340
10.3 组合逻辑电路应用举例 ——数字钟显示电路	280	12.4 555 定时器及应用	341
习题	282	12.4.1 555 电路组成	341
自我测试	283	12.4.2 工作原理	341
		12.4.3 555 定时器的典型应用	342
		自我测试	344

习题	345	14.1.4 集成 D/A 转换器芯片 DAC0832 及其应用	379
实验与技能操作训练	348	14.2 A/D 转换器	383
第 13 章 半导体存储器与可编程逻辑 器件	352	14.2.1 A/D 转换器的基本原理	383
13.1 随机存储器 RAM	352	14.2.2 逐次比较型 A/D 转换器	386
13.1.1 RAM 的基本结构	352	14.2.3 双积分型 A/D 转换器	388
13.1.2 RAM 的存储单元	353	14.2.4 A/D 转换器的主要技术指标	391
13.1.3 集成 RAM 简介	355	14.2.5 集成 A/D 转换芯片 ADC0809 及其应用	391
13.2 只读存储器 ROM	356	习题	393
13.2.1 固定 ROM	357	自我测试	395
13.2.2 可编程 ROM	357	实验与技能操作训练	396
13.2.3 集成 EPROM	359	第 15 章 课程设计与制作	401
13.3 可编程逻辑器件 PLD	360	15.1 概述	401
13.3.1 PLD 简介	360	15.2 直流稳压电源的设计	402
13.3.2 通用阵列逻辑 GAL	363	15.2.1 课题概述	402
13.3.3 复杂可编程逻辑器件 CPLD	365	15.2.2 设计任务和要求	402
13.3.4 现场可编程门阵列 FPGA	368	15.2.3 设计指导方案	402
自我测试	370	15.2.4 调试方法与步骤	405
习题	371	15.3 简易数字频率计的设计	406
实验与技能操作训练	372	15.3.1 课题概述	406
第 14 章 数模转换与模数转换	374	15.3.2 设计任务和要求	407
14.1 D/A 转换器	374	15.3.3 设计指导方案	408
14.1.1 权电阻 D/A 转换器	374	15.3.4 调试方法与步骤	411
14.1.2 倒 T 形电阻网络 D/A 转换器	376		
14.1.3 D/A 转换器的主要技术指标	378		
附录	412		
附录 A 半导体器件型号命名方法	412		
附录 B 国产半导体集成电路型号命名方法	413		
参考文献	418		

上 篇
模拟电子技术

第 1 章

半导体元件及其特性

半导体元件是电子线路的核心元件,只有掌握半导体元件的结构、性能、工作原理和特点,才能正确分析电子电路的工作原理,正确选择和合理使用半导体元件。本章主要介绍半导体特点,PN 结的形成及其特性,二极管、晶体管、场效应晶体管的结构、工作原理、主要参数以及它们的外部特性和简单的应用电路等。

1.1 半导体基础知识与 PN 结

1.1.1 半导体的特点

1. 半导体的特点

自然界的物质就其导电性能可分为导体、绝缘体和半导体。半导体的导电能力介于导体和绝缘体之间,其电阻率约为导体的 1 000 亿倍。

半导体是制造晶体管的原料,之所以能得到广泛应用,主要原因并不在于它的电阻率大小,而在于其电阻率随温度、光照以及所含杂质的种类、浓度等条件的不同而出现显著的差别。半导体的导电性能有如下一些显著特点:

① 半导体的电阻率随温度上升而明显下降,呈负温度系数的特性。半导体的导电能力随温度上升而显著增加。利用半导体的温度特性,可以把它作为热敏材料制成热敏元件。

② 半导体的电阻率随光照的不同而改变。利用半导体的这一特性,可以把它作为光敏材料制成光电器件。

③ 半导体的电阻率与所含微量杂质的浓度有很大关系。利用半导体的这一特性,通过工艺手段,可以生产各种性能和用途的半导体器件。

半导体一般分为本征半导体和杂质半导体两种类型。

2. 本征半导体

常用的半导体材料有硅(Si)和锗(Ge)。高纯度的硅和锗都是单晶结构,它们的原子整齐地按一定的规律排列着,原子之间的距离不仅很小,而且是相等的。这种非常纯净的且原子排列整齐的半导体称为本征半导体,图 1.1.1(a)、(b)所示分别为锗和硅的原子结构示意图。从图中看出,它们最外层电子数都是 4,故称为 4 价元素。正常情况下,它们的原子都呈中性。

在硅、锗制成单晶后,最外层的 4 个价电子不仅受自身原子核束缚,还与其相邻的 4 个原子

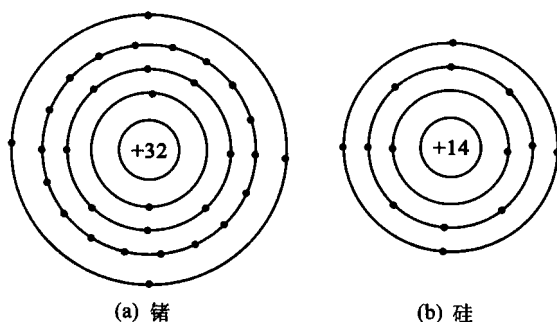


图 1.1.1 镉和硅原子结构示意图

核相吸引,2 个相邻原子之间共有 1 对价电子,这种结构称为共价键结构,如图 1.1.2 所示。

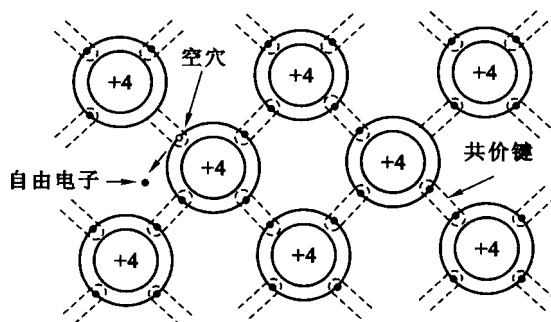


图 1.1.2 镉(硅)原子在晶体中的共价键排列

如果共价键中的价电子受热激发获得足够能量,则可摆脱共价键的束缚而成为自由电子。这个电子原来所在的共价键的位置上就留下一个缺少负电荷的空位,这个空位称为空穴。显然,空穴带正电荷。

在本征半导体中,自由电子和空穴的数量是相同的,称为电子空穴对,本征半导体靠热激发的电子空穴对很少。综上所述,本征半导体有如下特点:

① 温度越高,电子空穴对越多。

② 电子空穴对的热运动是杂乱无章的,就整体而言,对外不显电性。只有在外电场作用下,电子和空穴运动才具有方向性。

3. 杂质半导体

本征半导体实际使用价值不大,但如果在本征半导体中掺入微量的某种杂质元素,就形成 N 型和 P 型半导体。

(1) N 型半导体

在本征半导体(以硅为例)中掺入少量的 5 价元素,如磷(P)、砷(As)等。磷原子的最外层有 5 个价电子,其中 4 个价电子与相邻硅原子的最外层价电子组成共价键形成稳定结构,多余的电子很容易受激发成为自由电子。掺入磷元素越多,自由电子就越多。这种掺入 5 价元素的半导体称为 N 型半导体,如图 1.1.3 所示。N 型半导体主要靠自由电子导电,因此在这种半导体中,将自由电子称为多数载流子,而空穴数量远少于电子数量,称为少数载流子。

(2) P 型半导体

在本征半导体中掺入三价元素如硼(B),硼原子最外层只有3个电子,3个价电子和相邻的3个硅原子形成共价键后,就留下一个空穴,空穴数量增多,自由电子则相对很少,故掺入3价元素的半导体称为P型半导体,如图1.1.4所示。P型半导体主要靠空穴导电,因此空穴称为多数载流子,而自由电子远少于空穴的数量,称为少数载流子。

注意:不论N型半导体还是P型半导体都是电中性,对外不显电性。

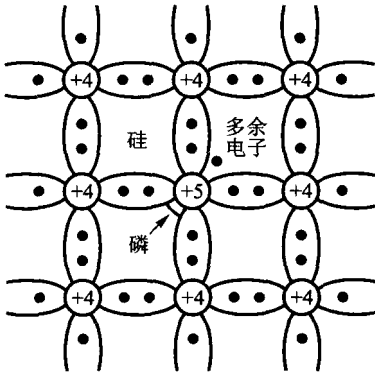


图 1.1.3 N 型半导体

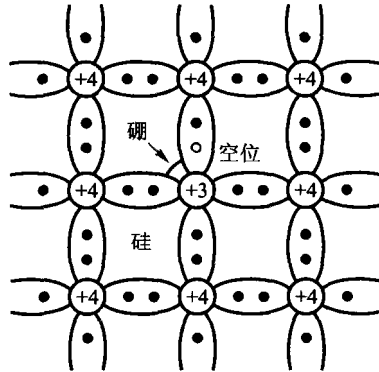


图 1.1.4 P 型半导体

1.1.2 PN 结的形成与特性

1. PN 结的形成

当P型半导体和N型半导体接触以后,由于交界两侧半导体类型不同,存在电子和空穴的浓度差。这样,P区的空穴向N区扩散,N区的电子向P区扩散。由于扩散运动,在P区和N区的接触面就产生正、负离子层。N区失掉电子产生正离子,P区得到电子产生负离子。通常称这个正、负离子层为PN结,如图1.1.5(a)所示。

在PN结的P区一侧带负电,N区一侧带正电。PN结便产生了内电场,内电场的方向从N区指向P区。内电场对扩散运动起到阻碍作用,电子和空穴的扩散运动随着内电场的加强而逐步减弱,直至达到平衡,在界面处形成稳定的空间电荷区,如图1.1.5(b)所示。

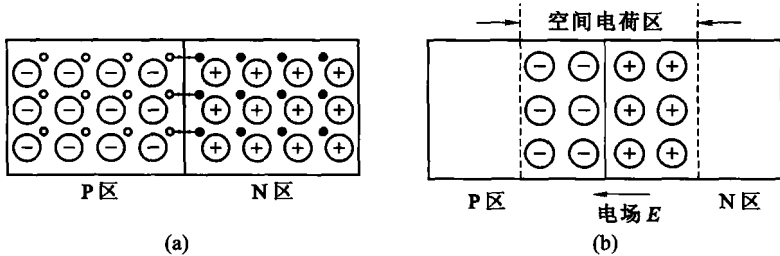


图 1.1.5 PN 结的形成

2. PN 结的特性

(1) PN 结的正向导通特性

给 PN 结加正向电压,即 P 区接正电源,N 区接负电源,此时称 PN 结为正向偏置,如图 1.1.6 (a)所示。

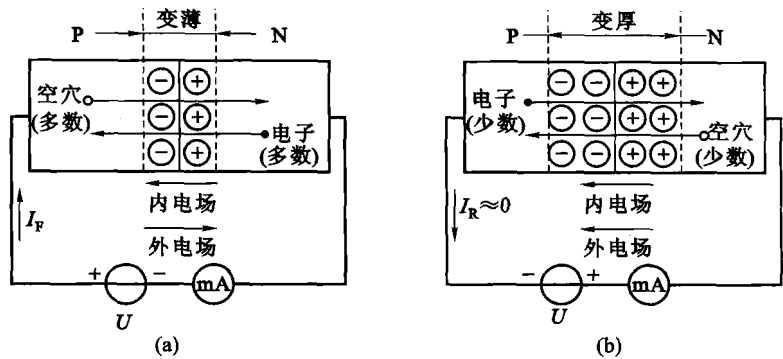


图 1.1.6 PN 结的导电特性

这时 PN 结外加电场与内电场方向相反,外加电场抵消内电场使空间电荷区变薄,有利于多数载流子运动,形成正向电流,外加电场越强,正向电流越大,这意味 PN 结的正向电阻变小。

(2) PN 结的反向截止特性

给 PN 结加反向电压,即电源正极接 N 区,负极接 P 区,称 PN 结反向偏置,如图 1.1.6(b)所示。这时外加电场与内电场方向相同,使内电场的作用增强,PN 结变厚,多数载流子运动难于进行,有助于少数载流子运动,形成电流 I_R ,少数载流子很少,所以电流很小,接近于零,即 PN 结反向电阻很大。

综上所述,PN 结具有单向导电性,加正向电压时 PN 结电阻很小,电流 I_F 较大,由多数载流子的扩散运动形成;加反向电压时 PN 结电阻很大,电流 I_R 很小,由少数载流子漂移运动形成。

1.2 二 极 管

一个 PN 结加上相应的外引线,然后用塑料、玻璃或金属等材料做外壳封装就成为最简单的二极管。二极管按所用材料不同分为锗管和硅管。

1.2.1 二极管的结构和类型

接在二极管 P 区的引出线称为二极管的阳极,接在 N 区的引出线称为二极管的阴极,如图 1.2.1(a)所示。二极管的符号如图 1.2.1(b)所示,其中三角箭头表示正向电流的方向,正向电流从二极管阳极流入,阴极流出。

二极管有许多类型:从工艺上分为点接触型和面接触型;按用途分有整流管、检波二极管、稳压二极管、光电二极管和开关二极管等。

1. 点接触型二极管

如图 1.2.1(c)所示,它是用一根含杂质元素的金属丝压在半导体晶片上,经特殊工艺、方法,使金属触丝上的杂质掺入到晶体中,从而形成导电类型与原晶体相反的区域而构成 PN 结。

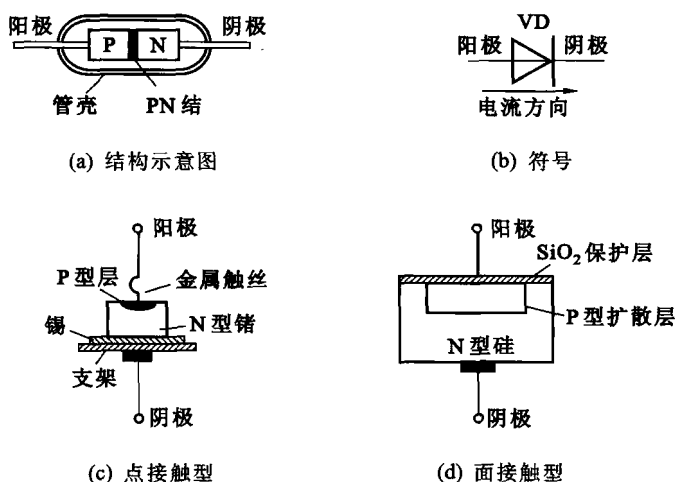


图 1.2.1 二极管的结构和符号

因为结面积小,所以允许通过的电流小,但结电容小,工作频率高,适合用作高频检波器件。

2. 面接触型二极管

如图 1.2.1(d)所示,由于面接触型二极管的 PN 结接触面积较大,PN 结电容较大,一般适于在较低的频率下工作,由于接触面积大,允许通过较大电流和具有较大功率容量,适合用作整流器件。

1.2.2 二极管的特性及参数

1. 二极管的伏安特性

既然二极管内部是一个 PN 结,因此它一定具有 PN 结的特性,实际的二极管伏安特性如图 1.2.2 所示。

(1) 正向特性

当二极管承受正向电压很低时,还不足以克服 PN 结内电场对多数载流子运动的阻挡作用,在这一区段上二极管正向电流 I_F 很小,该区段称为死区。通常,硅材料二极管的死区电压约为 0.5 V,锗材料二极管的死区电压约为 0.2 V。

当正向电压超过死区电压值时,外电场抵消了内电场,正向电流 I_F 随外加电压的增加而明显增大,二极管正向电阻变得很小。当二极管完全导通后,正向压降基本维持不变,称为二极管正向导通压降 U_F ,一般硅管 U_F 为 0.7 V,锗管的 U_F 为 0.3 V。以上是二极管的正向特性。

(2) 反向特性

当二极管承受反向电压时,外电场与内电场方向一致,只有少数载流子的漂移运动,形成漏电流 I_R 极小,一般硅管的 I_R 为几微安以下,锗管 I_R 较大,通

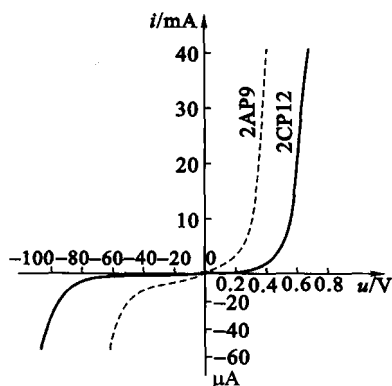


图 1.2.2 二极管伏安特性曲线

常为几十到几百微安。这种特性称为反向截止特性。

当反向电压增大到某一数值时,反向电流将随反向电压增加急剧增大,这种现象称为二极管反向击穿,击穿时对应的电压称为反向击穿电压。普通二极管发生反向击穿后,会造成二极管永久性损坏,失去单向导电性。以上是二极管的反向特性。

二极管伏安特性可以用以下公式表示

$$I = I_s(e^{U/U_T} - 1) \tag{1.2.1}$$

式中, U_T 为二极管电压当量,常温下 $U_T \approx 26 \text{ mV}$, $U > 0$ 为正向特性, $U < 0$ 为反向特性。

2. 二极管的主要参数

二极管的参数是反映二极管性能质量的指标,在选用二极管时,必须根据二极管参数合理使用二极管。

二极管的主要参数有:

(1) 最大整流电流 I_{FM}

它是指二极管长期工作时允许通过的最大正向平均电流值,用 I_{FM} 表示。工作时,管子通过的电流不应超过这个数值,否则将导致管子过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM}

它是指二极管不击穿时所允许加的最高反向电压。 U_{RM} 通常为反向击穿电压的 $1/2 \sim 2/3$, 以确保二极管安全工作。

(3) 最大反向电流 I_{RM}

它是指二极管在常温下承受最高反向工作电压 U_{RM} 时的反向电流,一般很小,但其受温度影响较大,当温度升高时, I_{RM} 显著增大。

(4) 最高工作频率 f_M

它是指保持二极管单向导通性能时外加电压的最高频率。二极管工作频率与 PN 结的极间电容大小有关,容量越小,工作频率越高。

二极管的参数很多,除上述参数外还有结电容、正向压降等,在实际应用时,可查阅半导体器件手册。

1.2.3 二极管应用电路的举例

二极管是电子电路中最常用的半导体器件之一。利用其单向导电性及导通时正向压降很小的特点,可应用于整流、检波、钳位、限幅、开关以及元件保护等各种电路。

1. 整流

所谓整流就是将交流电变为单方向脉动的直流电。利用二极管的单向导电性可组成单相、三相等各种形式的整流电路。交流电经过整流、滤波、稳压便可获得平稳的直流电。这些内容将在第 6 章详细介绍。

2. 钳位

利用二极管正向导通时压降很小的特性,可组成钳位电路,如图 1.2.3 所示。

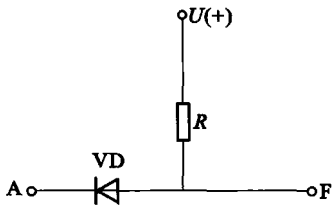


图 1.2.3 二极管钳位电路

图 1.2.3 中,若 A 点 $U_A = 0$,二极管 VD 可正向导通,其压降很小,故 F 点的电位也被钳制在 0 V 左右,即 $U_F \approx 0$ 。

3. 限幅

利用二极管正向导通后其两端电压很小且基本不变的特性,可以构成各种限幅电路,使输出电压限幅在某一电压值以内。图 1.2.4 (a) 所示为一正、负对称限幅电路,设 $u_i = 10 \sin \omega t \text{ V}$, $U_{S1} = U_{S2} = 5 \text{ V}$ 。

当 $-U_{S2} < u_i < U_{S1}$ 期间,VD1、VD2 都处于反向偏置而截止,因此 $i = 0, u_o = u_i$ 。当 $u_i > U_{S1}$ 时,VD1 处于正向偏置而导通,使输出电压保持在 U_{S1} 。当 $u_i < -U_{S2}$ 时,VD2 处于正向偏置而导通,输出电压保持在 $-U_{S2}$ 。由于输出电压 u_o 被限制在 $+U_{S1}$ 与 $-U_{S2}$ 之间,即 $|u_o| \leq 5 \text{ V}$,好像将输入信号的高峰和低谷部分削掉一样,因此这种电路又称为削波电路。输出波形如图 1.2.4 (b) 所示。

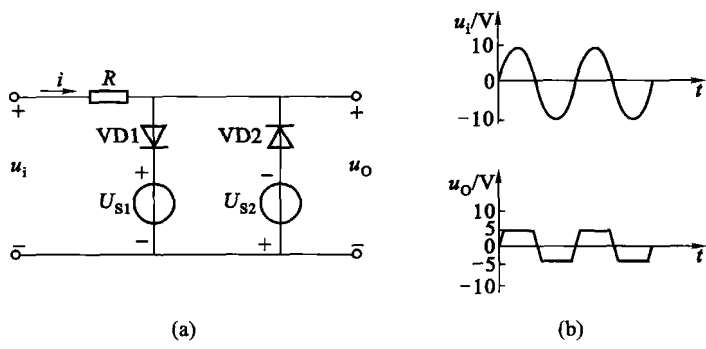


图 1.2.4 二极管限幅电路及波形

4. 元件保护

在电子线路中,常用二极管来保护其他元、器件免受过高电压的损害。如图 1.2.5 所示电路, L 和 R 是线圈的电感和电阻。

在开关 S 接通时,电源 U 给线圈供电, L 中有电流流过,储存了磁场能量。在开关 S 由接通到断开的瞬时,电流突然中断, L 中将产生一个高于电源电压很多倍的自感电动势 e_L, e_L 与 U 叠加作用在开关 S 的端子上,在 S 的端子上产生电火花放电,这将影响设备的正常工作,开关 S 寿命缩短。接入二极管 VD 后, e_L 通过二极管 VD 产生放电电流 i ,使 L 中储存的能量不经过开关 S 放掉,从而保护了开关 S。

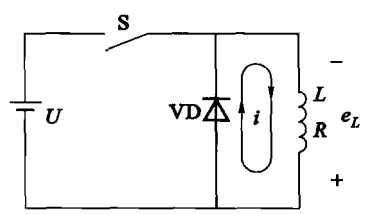


图 1.2.5 二极管保护电路

除以上用途外,还有许多特殊结构的二极管,例如发光二极管、热敏二极管等。随着半导体技术发展,二极管应用范围越来越广,其中发光二极管是应用较多的一种二极管。

1.2.4 发光二极管及其应用

1. 发光二极管的符号及特性

发光二极管的符号如图 1.2.6 (a) 所示。它是一种将电能直接转换成光能的固体器件,简