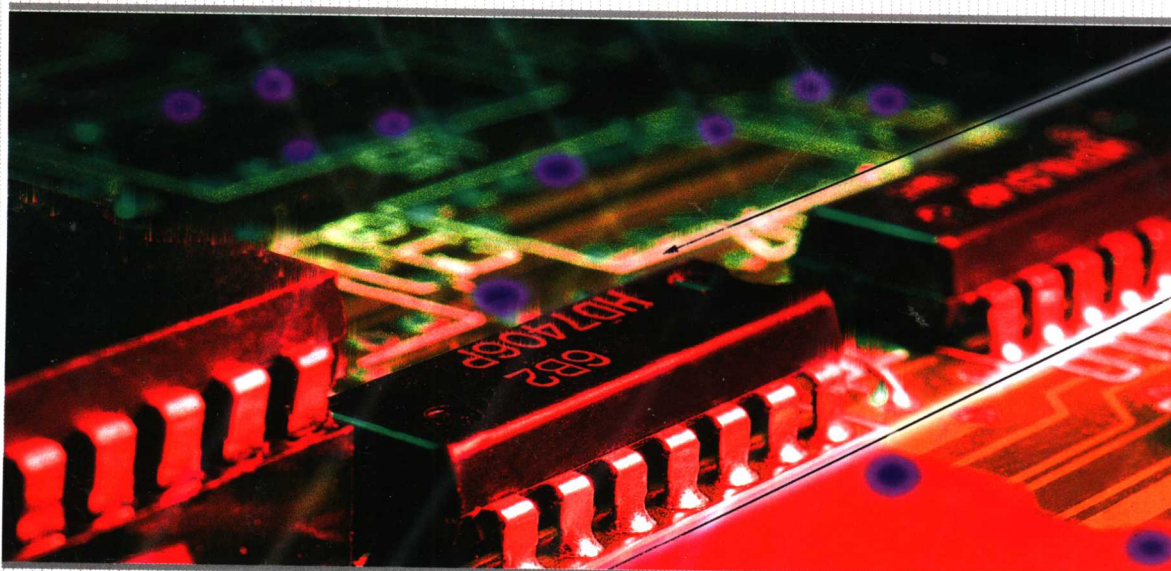


21世纪中等职业学校规划教材



电子技术基础

刘波粒 主编



随书附赠精美课件光盘
(板书, 仿真和动画演示三位一体)

· DIANZI JISHU JICHU



国防工业出版社

National Defense Industry Press

21 世纪中等职业学校规划教材

电子技术基础

刘波粒 主 编
刘彩霞 刘泽军 沈领娟 副主编
张 建 李胜伟

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本教材以国家教育部颁布的中等职业学校电子技术基础教学大纲以及行业职业技能鉴定标准为依据,由长期工作在教学第一线的高等职业院校教师和中等职业学校教师为团队,根据中等职业教育的办学宗旨、生源以及教改成果和教学经验编写而成。本教材以“强化电路基本概念、突出集成电路应用、引入计算机仿真技术、尽显中职生技能提升”为原则,开创性地设计制作了与课本同步的教学课件,它以 Authorware、Flash、EWB、3DMAX 等软件再现了“板书演示”、“动画演示”和“仿真演示”的课堂教学新体系,较好地实现了教师教学与学生自学的互动。

本教材由模拟电子技术、数字电子技术和电路仿真实验三篇共 15 章组成。

本教材可作为中等职业学校的电子电器专业、机电专业、电工类专业和计算机专业课程教材或教学参考教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/刘波粒主编. —北京:国防工业出版社,
2007.9

21 世纪中等职业学校规划教材

ISBN 978-7-118-05278-7

I. 电... II. 刘... 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(2007)第 127582 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 400 千字

2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 32.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

《电子技术基础》是一门研究电子器件及其应用的科学技术,它是电类、机电类、计算机专业的一门必修课,也是基础理论课向专业工程类课程过渡的桥梁。

在 2000 多年前,古希腊科学家阿基米德说过“给我一个支点,我便能掀动地球”。如今的地球早已被科学的杠杆搅得日新月异。在本教材的编写中,我们以“精选内容、突出三基、力图创新”为原则,在教学内容上,以模拟电路和数字电路为主线,各章内容力求浅显易懂。在教学方法上,设计了与课本同步的、表征本课程特点的多媒体课件,该课件将“板书演示”、“动画演示”“仿真演示”三位一体,分别从“再现教学精华、模拟微观教学、亲临实验场景”三个视角体现产生、保持、提高和发展兴趣这一教学理念,为奠定科学基础找好支点。在教学过程中,本教材通过巧妙地运用“课本 + 课件”这一教学杠杆,搭起了“教与学”的绿色通道。

本教材第 1、3、5、8 章由河北师范大学刘波粒编写,第 2、4、6 章由河北师范大学刘泽军编写,第 7、13、14 章由邢台市第一技校张建编写,第 9、10 章由保定阜平职教中心李胜伟编写,第 11 章由邯郸武安职教中心代军红编写,第 12 章由藁成职教中心郭志美编写,第 15 章由河北师范大学刘彩霞编写。在自测题、思考题与习题的编写工作中,模拟部分主要由故城职教中心王风景编写,其中第 8 章由保定望都职教中心沈领娟编写;数字部分由邯郸涉县职教中心郭建华编写。刘波粒负责组织、统稿工作;沈领娟负责校对和审稿工作,并对第 8 章中 8.1.1 节、第 9 章中 9.3.1 节和 9.4.3 节进行了必要的补充和修改。

河北师范大学刘彩霞主要负责课件的设计及制作,课件片头、动画分别由河北师范大学职业技术学院电子系 01 级学生胡记刚、刘巧丽,03 级学生郭要军、郭际制作。本教材教学课件中的 EWB 仿真实验获得了北京掌宇金仪科教仪器设备有限公司的正式授权。

为了便于教师教学和学生自学,本书提供了自测题、习题与思考题的参考答案(在教学光盘中)。

“电子技术基础课程教材教法与学法指导的探索与实践”曾被列为河北师范大学第五批(2003 年)教改立项资助课题,期间得到了河北师范大学有关领导的大力支持。同时也感谢中等职业学校相关领导的大力配合。

尽管我们在本教材的体系、内容和创意上倾尽全力,但由于编者水平有限,再加上时间仓促,难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者批评指正,意见和要求可联系电子信箱:liuboli@126.com。

编者
2007 年 5 月

目 录

第一篇 模拟电子技术基础

第 1 章 二极管及其基本电路	1
1.1 半导体的基础知识	1
1.1.1 半导体的概念、类型及特性	1
1.1.2 PN 结	3
1.2 半导体二极管	4
1.2.1 普通二极管	4
1.2.2 特殊二极管	6
1.3 二极管并联型稳压电源	8
1.3.1 直流稳压电源的组成框图	8
1.3.2 单相整流电路	9
1.3.3 滤波电路	11
1.3.4 并联型稳压电路	14
本章小结	15
自测题	16
习题与思考题	17
第 2 章 三极管及其放大电路	19
2.1 晶体三极管及其放大电路	19
2.1.1 晶体三极管	19
2.1.2 基本放大电路的组成及其主要性能指标	24
2.1.3 基本放大电路的分析方法	26
2.1.4 基极分压式射极偏置共射放大电路	31
2.1.5 放大电路的频率响应	33
2.1.6 共集电极放大电路	34
2.2 多级放大电路的一般问题	36
2.2.1 多级放大电路的组成框图	36
2.2.2 多级放大电路的耦合方式	37

2.2.3 多级放大电路的分析方法	38
2.2.4 多级放大电路的频率响应	39
2.3 场效应管及其放大电路	40
2.3.1 场效应管	40
2.3.2 共源极放大电路	47
本章小结	49
自测题	50
习题与思考题	53
第3章 反馈及其应用	55
3.1 反馈的基本概念	55
3.1.1 反馈概念的建立	55
3.1.2 反馈的极性判断方法及其形式	56
3.2 负反馈放大电路	58
3.2.1 交流负反馈放大电路的四种类型	58
3.2.2 负反馈对放大电路性能的影响	59
3.2.3 正确引入负反馈的一般原则	61
3.3 正弦波振荡器	61
3.3.1 自激振荡的基本概念	61
3.3.2 RC 正弦波振荡器	62
3.3.3 LC 正弦波振荡器	64
3.3.4 石英晶体正弦波振荡电路	68
本章小结	70
自测题	71
习题与思考题	72
第4章 功率放大电路	74
4.1 功率放大电路的特点	74
4.1.1 功率放大电路的特殊问题	74
4.1.2 功率放大电路的三种工作状态	74
4.2 互补对称功放电路	75
4.2.1 双电源乙类互补对称功放电路	75
4.2.2 双电源甲乙类互补对称功放电路	77
4.2.3 单电源甲乙类互补对称功放电路	78
4.2.4 复合管和准互补功率放大器	79
4.3 变压器耦合推挽功率放大电路	80
4.3.1 负载直接耦合功率放大电路	80
4.3.2 变压器耦合甲类功率放大电路	81
4.3.3 变压器耦合甲乙类推挽功率放大电路	81

本章小结	82
自测题	83
习题与思考题	84
第5章 集成运算放大器及其线性应用	86
5.1 差动放大电路	86
5.1.1 差动放大电路的基本形式与特点	86
5.1.2 实用差动放大电路的演进	87
5.2 集成运算放大器的特点	89
5.2.1 集成运算放大器的组成和结构特点	89
5.2.2 集成运放的分类及主要技术指标	90
5.2.3 理想集成运放的参数及其表示符号	91
5.2.4 集成运放的反馈判断	92
5.2.5 集成运放的电压传输特性及其工作状态	93
5.3 集成运算放大器的线性应用	95
5.3.1 比例运算电路	95
5.3.2 加减运算电路	97
本章小结	100
自测题	101
习题与思考题	102
第6章 直流稳压电源	104
6.1 串联型晶体管稳压电路	104
6.1.1 简单串联型稳压电路	104
6.1.2 具有放大环节的串联型稳压电路	105
6.1.3 串联型稳压电路的改进措施	107
6.2 集成稳压电路	108
6.2.1 三端固定式集成稳压器	108
6.2.2 三端可调式集成稳压器	109
本章小结	110
自测题	110
习题与思考题	112
第7章 晶闸管及其应用电路	113
7.1 单向晶闸管的基本特性	113
7.1.1 晶闸管的结构与工作原理	113
7.1.2 晶闸管的伏安特性	114
7.1.3 晶闸管的主要参数	115
7.2 晶闸管单相可控整流电路	116
7.2.1 单相半波可控整流电路	116

7.2.2 单相桥式可控整流电路	117
7.2.3 晶闸管的应用实例	118
7.3 晶闸管触发电路	118
7.3.1 单结晶体管触发电路	118
7.3.2 晶体管触发电路	121
7.4 其他类型的晶闸管	122
7.4.1 双向晶闸管	122
7.4.2 门极可关断晶闸管	123
7.4.3 快速晶闸管	123
本章小结	124
自测题	125
习题与思考题	126
第8章 无线电的发射与接收	127
8.1 无线电通信的基本知识	127
8.1.1 无线电波的传播及波段	127
8.1.2 无线通信系统的组成	128
8.1.3 普通调幅信号的波形	130
8.2 无线电发送和接收设备的组成	131
8.2.1 无线电发送设备的组成与原理	131
8.2.2 无线电接收设备的组成与原理	132
8.3 调幅收音机的工作原理与电路分析	133
8.3.1 分立式调幅收音机的结构特点	133
8.3.2 咏梅牌调幅收音机的工作原理与电路分析	133
本章小结	137
自测题	137
习题与思考题	139

第二篇 数字电子技术基础

第9章 数字电路基础	140
9.1 概述	140
9.1.1 数字电路的特点	140
9.1.2 数制和码制	140
9.2 逻辑函数中的逻辑运算	144
9.2.1 基本逻辑运算及其表示方法	144
9.2.2 复合逻辑运算及其表示方法	145
9.3 集成逻辑门	147

9.3.1	二极管和三极管的开关特性	147
9.3.2	分立元件逻辑门电路	151
9.3.3	TTL 集成逻辑门电路	154
9.3.4	COMS 集成逻辑门电路	156
9.4	逻辑代数	158
9.4.1	逻辑代数的基本公式	158
9.4.2	逻辑函数的化简	159
9.4.3	逻辑函数的表示方法及其相互转换	162
	本章小结	163
	自测题	164
	习题与思考题	167
第 10 章	组合逻辑电路	170
10.1	概述	170
10.2	组合逻辑电路的分析	170
10.3	组合逻辑电路的设计	171
10.4	常用的组合逻辑电路	172
10.4.1	编码器	172
10.4.2	译码器	174
10.4.3	加法器	178
10.4.4	数据分配器	180
10.4.5	数据选择器	180
	本章小结	182
	自测题	182
	习题与思考题	183
第 11 章	集成触发器	185
11.1	概述	185
11.2	RS 触发器	185
11.2.1	基本 RS 触发器	185
11.2.2	钟控 RS 触发器	187
11.2.3	主从 RS 触发器	188
11.3	JK 触发器	190
11.4	其他类型触发器	192
11.5	集成触发器的应用	193
	本章小结	195
	自测题	196
	习题与思考题	197
第 12 章	时序逻辑电路	199
12.1	概述	199
12.2	时序逻辑电路的分析	199

12.3	寄存器	200
12.3.1	数码寄存器	200
12.3.2	移位寄存器	201
12.4	计数器	203
12.4.1	二进制计数器	203
12.4.2	十进制计数器	208
12.5	时序逻辑电路的应用设计	210
	本章小结	212
	自测题	213
	习题与思考题	214
第13章	脉冲波形的产生和整形电路	215
13.1	概述	215
13.2	RC 波形变换电路	216
13.2.1	微分电路	216
13.2.2	积分电路	218
13.3	多谐振荡器	218
13.3.1	非门组成的多谐振荡器	219
13.3.2	环形振荡器	220
13.3.3	石英晶体振荡器	221
13.4	单稳态触发器	221
13.4.1	微分型单稳态触发器	221
13.4.2	单稳态触发器的应用	222
13.5	施密特触发器	223
13.5.1	与非门组成的施密特触发器	223
13.5.2	施密特触发器的应用	224
13.6	555 定时器	225
13.6.1	555 定时器的工作原理	225
13.6.2	555 定时器组成的施密特触发器	226
13.6.3	555 定时器组成的单稳态触发器	227
13.6.4	555 定时器组成的多谐振荡器	228
13.6.5	555 定时器的其他应用	229
	本章小结	229
	自测题	230
	习题与思考题	231
第14章	数/模和模/数转换器	233
14.1	概述	233
14.2	D/A 转换器	233
14.2.1	T 型电阻网络 DAC	233
14.2.2	倒 T 型电阻网络 DAC	236

14.3 A/D 转换器	237
14.3.1 A/D 转换的基本原理	237
14.3.2 并行比较型 ADC	239
14.3.3 逐次逼近型 ADC	240
本章小结	241
自测题	242
习题与思考题	243

第三篇 电路仿真实验

第 15 章 EWB 电路仿真系统	244
15.1 EWB 基本操作简介	244
15.1.1 EWB5.0C 的工作界面	244
15.1.2 EWB5.0C 的基本操作方法	246
15.2 EWB 的应用实例	251
15.2.1 在模拟电路中的应用	251
15.2.2 在数字电路中的应用	253
参考文献	256

第一篇 模拟电子技术基础

第1章 二极管及其基本电路

电子技术是一门研究半导体器件及其应用的科学技术,其中半导体器件包括半导体二极管、半导体三极管、集成电路和晶闸管等。

由于PN结是组成各种半导体器件的基础,为此本章首先介绍半导体的基本概念、PN结的形成及其特性等基础知识;其次讨论二极管和由二极管组成的基本应用电路。其他的半导体器件及其应用将在后续章节中介绍。

1.1 半导体的基础知识

1.1.1 半导体的概念、类型及特性

一、半导体及其内部结构

1. 半导体是电子技术的主要角色

所有的物质按导电能力强弱可分为导体、绝缘体和半导体。顾名思义,导电能力介于导体和绝缘体之间的一类物质称为半导体。

半导体之所以得到广泛的应用,是因为它具有独特的光敏、热敏和掺杂特性。例如利用光敏特性可以制成光敏电阻、光电二极管和光电三极管等;利用热敏特性制成了热敏电阻传感器等;利用掺杂特性可以制成二极管、三极管和集成电路以及可以发出红、绿、黄等光线的形形色色的半导体发光器件等。

半导体为什么具有这些奇妙的特性呢?这还需要进一步认识半导体的内部结构。

2. 半导体的内部结构

目前用得最多的半导体材料——硅(Si)和锗(Ge)的原子结构,它们的最外层轨道上都有四个价电子,如图1.1.1(a)所示。为了便于表示半导体的内部结构和突出价电子,人们常把原子核和内层电子看作一个整体,称为惯性核,如图1.1.1(b)所示。硅或锗的单晶体共价键结构示意图如图1.1.1(c)所示。由于只有单晶体才能用来制作半导体器件,故半导体器件又称为晶体器件,如晶体三极管等。

二、本征半导体

图1.1.1(c)所示的纯净的单晶体结构的半导体称为本征半导体。

在热力学零度($T = 0\text{K}$,即 -273°C)时,本征半导体的全部价电子均为束缚电子,像绝缘

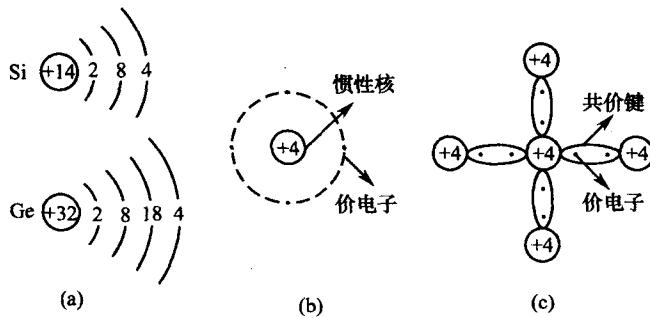


图 1.1.1 半导体内部结构示意图

(a) 原子结构; (b) 简化模型; (c) 单晶体结构。

体一样不导电。当温度升高或光照(所谓本征激发)时,共价电子中的一部分电子就会获得能量而挣脱共价键束缚,成为带负电的自由电子;同时,失去电子的原子在原共价键处留下一个带单位正电荷的空位,叫空穴,从而形成了电子—空穴对,如图 1.1.2(a)所示。当相邻共价键上的价电子填补该空穴时(即电子和空穴成对消失——“复合”),又在邻近原子处留下新的空穴,相当于带正电的空穴在定向移动。我们把带有正、负电荷的可移动的空穴和电子统称为载流子。本征半导体的特性示意图如图 1.1.2(b)所示,图中的电子用“·”表示,空穴用“○”表示。这体现了半导体的热敏和光敏特性。

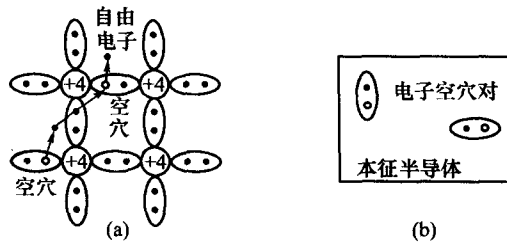


图 1.1.2 本征半导体中的自由电子和空穴

(a) 电子和空穴的移动; (b) 本征激发产生电子空穴对。

打个通俗的比喻,大家坐在剧场里正在看演出,如果坐在前排的人因事离开便出现了空位,那么坐在后排的人可能依次递补前面的空位,这就出现了空位子向后运动的现象。显然这种运动和没有座位的人到处走动是不一样的,前者类似于空穴运动,后者好象自由电子在运动。

由于室温下本征半导体中载流子数目极少,如本征硅(锗)中约在 10^{12} (10^9) 个原子中才有一个共价键分裂产生电子—空穴对,这对半导体技术无实用价值。

三、杂质半导体

1. 杂质半导体的概念

在本征半导体中掺入微量杂质,使其产生载流子,以增大半导体的导电能力称为杂质半导体。这也体现了半导体的掺杂特性。

2. 杂质半导体的类型

按所掺的杂质性质不同,杂质半导体可分为 P 型和 N 型两种。

1) P 型半导体

在本征半导体中掺入微量的三价元素,当每个三价杂质原子与周围的四价本征原子组成共价键时,因缺少一个价电子而形成空位(空位为电中性)。这个空位极易被临近的共价键中的价电子填补,如图 1.1.3(a)所示。这样一方面使晶格上的三价原子获得了电子变为不能移动的带负电的受主离子;另一方面,在原来价电子处自然形成一个带正电的空穴,即掺入的每个三价原子都能引发一个空穴的产生。

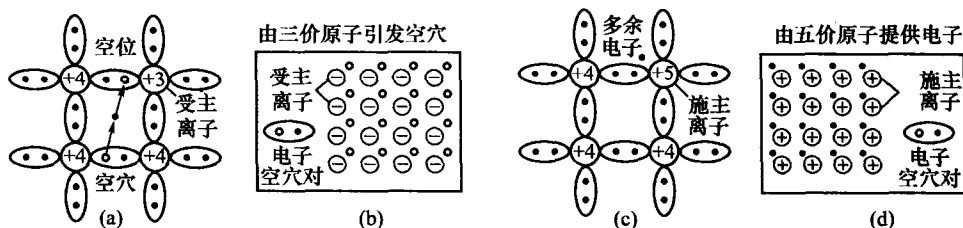


图 1.1.3 杂质半导体的原子结构及其示意图

(a) P 型半导体原子结构; (b) P 型半导体示意图; (c) N 型半导体原子结构; (d) N 型半导体示意图。

可见,杂质引发的空穴和本征激发产生的空穴(带正电:Positive)成为参与导电的多数载流子(简称多子),故称为 P 型半导体;而少数载流子(简称少子)只是本征激发产生的电子,如图 1.1.3(b)所示。

2) N 型半导体

在本征半导体中掺入微量的五价元素,由于掺入的五价原子有五个价电子,当它和周围四价本征原子组成共价键时便出现了一个多余的电子,只要有很小的能量就能挣脱五价原子的吸引成为自由电子,此时晶格上的五价原子会因失去一个价电子而变成不能移动的带正电的施主离子。如图 1.1.3(c)所示。

这样,杂质和本征激发产生的自由电子(带负电:Negative)成为参与导电的多数载流子,故称 N 型半导体;而少数载流子只是本征激发产生的空穴,如图 1.1.3(d)所示。

3. 杂质半导体的电中性

从图 1.1.3(b)、(d)中看出,对于 P 型半导体,空穴数(本征激发产生的 + 杂质引发的) = 自由电子数 + 负离子数;对于 N 型半导体,自由电子数(本征激发产生的 + 杂质引发的) = 空穴数 + 正离子数。可见杂质半导体呈现电中性。

1.1.2 PN 结

单纯的 P 型或 N 型半导体仅仅是导电能力增强了,并不能成为所需的半导体器件。如果通过一定的工艺,将 P 型半导体和 N 型半导体结合在一起时,在它们的界面附近将形成 PN 结。它是构成半导体器件的基础。

一、PN 结的形成

为了便于说明 PN 结的形成过程,我们不妨将图 1.1.3(b)、(d)直接对接在一起,如图 1.1.4 所示。

由于 P、N 两区存在明显的载流子浓度差,这样势必引起 P 区的多子空穴和 N 区的多子电子向对方扩散,扩散运动的结果使界面附近逐渐裸露出位于晶格上的不能移动的负离子和正离子,从而形成了空间电荷区,构成了内电场。随着空间电荷区的变宽,内电场的增强将

使多子扩散的势头逐渐减弱。同时,两区的少数(指P区的电子和N区的空穴)在内电场的作用下也将向对方运动,载流子在内电场作用下的定向运动称为漂移运动。在内电场作用下,N区的少数空穴将漂移到P区并补充了交界面附近原来失去的空穴,与此同时P区的少数电子漂移到N区并补充了交界面附近原来失去的电子。显然,漂移运动将使空间电荷区变窄,其作用正好与扩散运动相反。

由于空间电荷区的宽、窄分别取决于扩散运动和漂移运动,因此当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,便形成了稳定的空间电荷区,即PN结。

一般空间电荷区很薄,PN结的接触电位差的大小与材料有关,硅材料约为 $0.6\text{V} \sim 0.8\text{V}$,锗材料约为 $0.2\text{V} \sim 0.3\text{V}$ 。

二、PN结的单向导电性

1. 外加正向电压(也称正向偏置,简称正偏)

如图1.1.5(a)所示,当外加正向电压(P区、N区分别接电源的正、负极)时,外电场与内电场方向相反。在外电场的作用下,P区的多子空穴和N区的多子电子都向空间电荷区移动,分别与空间电荷区中的一部分负、正离子中和,使空间电荷量减少,空间电荷区变窄,PN结呈现一个很小的电阻,此时多子扩散形成的正向电流 I_F 较大。

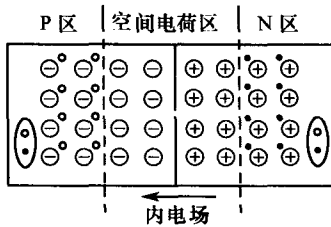


图 1.1.4 PN结

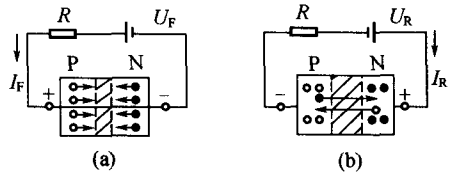


图 1.1.5 PN结的单向导电性

(a) 外加正向电压; (b) 外加反向电压。

2. 外加反向电压(也称反向偏置,简称反偏)

如图1.1.5(b)所示,当外加反向电压(P、N两区分别接电源的负、正极)时,外电场与内电场方向一致。在外电场的作用下,P区的多子空穴和N区的多子电子远离空间电荷区,使空间电荷量增多,空间电荷区变宽,这一结果有利于少子的漂移。当温度不变时,少数浓度不变,因此反向电流 I_R 几乎与反偏无关,常又称为反向饱和电流 I_s 。由于室温下 I_s 很小,故PN结呈高阻截止状态。

可见,PN结在正偏时呈低阻性,它导通;反偏时虽存在反向电流,但很小,呈高阻性,处于截止状态。这就是PN结的单向导电性。

1.2 半导体二极管

1.2.1 普通二极管

一、普通二极管的组成与电路符号

1. 组成

半导体二极管(diode)简称二极管,是用一个PN结做管芯,在PN结的两端分别引出电

极,并把它们封装起来而成,如图 1.2.1(a)所示。

根据管芯结构的不同,二极管分为点接触型、面接触型和平面型几种。点接触型二极管的 PN 结接触面小,结电容也小,因此适宜在高频电路、开关电路等小电流条件下使用;而面接触型和平面型由于 PN 结接触面大,结电容也大,适于大电流的整流电路中使用。

2. 电路符号

电路符号如图 1.2.1(b)所示,由 P 区引出的电极称为阳极(正极),由 N 区引出的电极称为阴极(负极)。符号中三角形的尖端方向是由 P 指向 N。

二、普通二极管的伏安特性

1. 普通二极管的伏安特性

通过晶体管图示仪可测出如图 1.2.2 所示的二极管伏安特性曲线 $i_D = f(u_D)$,它直观地再显出 PN 结的单向导电性。从伏安特性曲线看,二极管属于“非线性器件”。

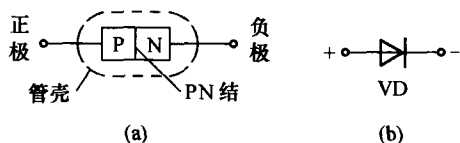


图 1.2.1 二极管的组成和符号
(a) 组成; (b) 符号。

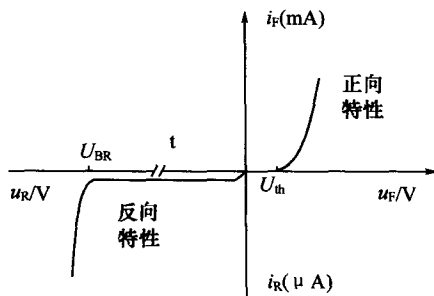


图 1.2.2 二极管的伏安特性

1) 正向特性部分

为了便于理论分析,我们不妨将其人为地细划为三部分:

(1) 正向电压很低时——死区。当二极管外加很小的正向偏置时,此时正向电流近似为零,这个区域称为死区。

(2) 正向电压稍大于 U_{th} ——非线性。在正向电压达到一定值时,正向电流才从零随端电压按指数规律增大。人们把二极管开始导通的临界电压称为开启电压,表示为 U_{th} 。一般来说,硅管 $U_{th} = 0.5V$;锗管 $U_{th} = 0.1V$ 。

(3) 当正向电压较大时——线性。正向电压再进一步增加,正向电流与正向电压基本成线性关系。导通后二极管两端的正向电压称为正向压降,一般来说,硅管为 $0.6V \sim 0.8V$,习惯取 $0.7V$;锗管为 $0.2V \sim 0.3V$ 。

2) 反向特性部分

在反向电压作用下,因常温时少数子数量有限,所以反向电流很小且随反向电压的增大基本保持不变,处于反向截止状态。当反向电压 u_R 超过一定值 U_{BR} (反向击穿电压)时,反向电流急剧增加,这种现象称为“反向击穿”,反向击穿包括电击穿和热击穿(将损坏二极管)。普通二极管正常使用时不允许出现反向击穿。

2. 温度对二极管伏安特性的影响

由于半导体具有热敏、光敏特性,当环境温度变化时,二极管的特性将受到温度影响。例如当温度上升时,二极管的正向特性曲线左移,反向特性曲线下移。

三、普通二极管的主要参数

为了正确使用二极管,除了掌握上述伏安特性之外,还要掌握其相应的参数:

1. 最大整流电流 I_{FM}

指二极管允许通过的最大正向平均电流值。超过此值管内 PN 结容易过热而损坏。

2. 最大反向工作电压 U_{RM}

指二极管正常使用时允许外加的最大反向电压。超过此值二极管有可能因反向击穿而损坏。通常 U_{RM} 为击穿电压 U_{BR} 的 1/2, 即 $(U_{RM} = \frac{1}{2} U_{BR})$ 。

3. 反向电流 I_R

指二极管未击穿时的反向电流。其值越小单向导电性越好,但受环境温度影响很大。

其中前两个是选择整流管的主要参数。

例 1.2.1 电路如图 1.2.3 所示,求输出电压。设二极管的正向压降为 0.7V。

解:判断二极管在电路中的工作状态,常用的方法是:首先假设要判断的二极管断开,然后求得该二极管阳极与阴极之间承受的电压,若此电压大于正向压降则二极管导通,反之则截止。具体分析如下:

首先假设将两二极管断开,两管所承受的正向电压分别为, $VD_1: U_1 = 6V - (-9V) = 15V$; $VD_2: U_2 = 3V - (-9V) = 12V$ 。因 VD_1 承受的正向电压比 VD_2 高,将优先导通,此时 A 点电位 $U_A = 6V - 0.7V = 5.3V$,而 $U_2 = 3V - 5.3V = -2.3V$,即迫使 VD_2 截止。故 $U_O = U_A = 5.3V$ 。

例 1.2.2 二极管电路如图 1.2.4(a)所示,并设二极管的性能理想(即忽略其正向压降和反向电流)。 $R = 10k\Omega$, $V_{DD} = 5V$,输入电压 $u_i = 10\sin\omega t(V)$ 。试绘出 u_o 的波形。

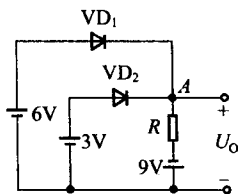


图 1.2.3 例题 1.2.1

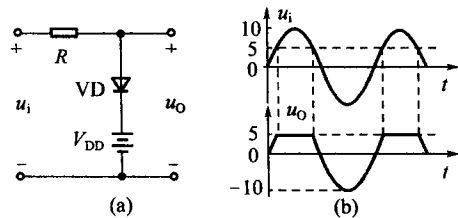


图 1.2.4 例题 1.2.2

(a) 电路; (b) 波形图。

解:对于这类电路,一般是先写出该电路的 u_i 与 u_D (或 i_D) 之间的表达式,进而判断二极管的导通或截止的条件;再由二极管的工作状态写出 u_o 与 u_i 之间的表达式,然后绘出相应的波形图或传输特性。

当二极管断开时,由图 1.2.4(a)得 $u_D = u_i - V_{DD}$ 。当 $u_D = u_i - V_{DD} \geq 0V$, 即 $u_i \geq 5V$ 时,二极管 VD 才导通,此时 $u_o = V_{DD} = 5V$; 当 $u_D < 0V$, 即 $u_i < 5V$ 时二极管 VD 截止, $u_o = u_i$, 如图 1.2.4(b)所示。

1.2.2 特殊二极管

一、稳压二极管

1. 稳压二极管的特性

稳压二极管是一种硅材料制成的面接触型晶体二极管。由于制造工艺的特点而使它正常