



高职高专“十二五”规划教材

电子技术及应用

DIANZI JISHU JI YINGYONG

主编 龙关锦 仇礼娟



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

电子技术及应用

主 编 龙关锦 仇礼娟
副主编 张国勤 黄 宁 李 凡



北 京
冶金工业出版社
2015

内 容 提 要

本书共分6个学习情境,以任务的形式讲解了二极管整流稳压电源、语音放大器、常用组合逻辑电路和数字电子钟的安装与调试,相控整流电路和逆变电路的分析与测试。每个任务下都安排有任务描述与分析、相关知识、知识拓展和习题,主题突出、目的明确。

本书可作为高等院校电气自动化技术、机电一体化技术、供用电技术、电机与电器技术等专业“电子技术”课程的教材,也可作为成人教育、函授培训的教材,还可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术及应用/龙关锦,仇礼娟主编. —北京:冶金工业出版社, 2015. 7

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7005-0

I. ①电… II. ①龙… ②仇… III. ①电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 159280 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 俞跃春 陈慰萍 美术编辑 杨帆 版式设计 孙跃红

责任校对 李娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7005-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2015年7月第1版,2015年7月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;14印张;332千字;208页

34.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

为了更好地满足当前我国高等职业教育电气和电子类专业的教学要求,全面提升教学质量和教学效率,满足我国高职院校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索我国高等学校应用型人才培养体系,本书编者成员通过大量的下厂实际调研,走访了多个厂矿的电气工程人员,结合各类厂矿对电气人员的需求和要求,也结合高职院校在校学生的实际学习情况,特别是把以往单独开设的“电力电子技术”相关内容融合到本书中,做到了内容精简、知识结构安排合理,并参照电工职业技能鉴定规范及高级电工技术工人等级考核标准编写了本书。

本书讲授了模拟电子技术、数字电子技术和电力电子技术三门课程的主要知识和技能,内容定位准确,针对性强,并通过学习情境和任务栏目的设计,突出教学的互动性,启发学生的自主学习,在内容的选择和组织上,坚持以能力为本位,重视实践技能的培养。本书内容涉及面广,语言浅显易懂。

本书由龙关锦、仇礼娟担任主编,张国勤、黄宁和李凡担任副主编,刘正英、刘廷敏、谢丽娟、杨拥华、杨文伟参编。全书共分六个学习情境,其中情境1由龙关锦老师编写;情境2由仇礼娟、刘廷敏、谢丽娟、杨拥华老师编写;情境3由龙关锦、张国勤、刘正英老师编写;情境4由黄宁、张国勤老师编写;情境5由李凡老师编写;情境6由李凡老师、杨文伟高级工程师编写。每一个学习情境下安排有相应的学习性工作任务,每个学习性工作任务编排有任务描述与分析、与任务相关的应用知识点,与任务相联系的拓展知识。全书注重基本知识和综合实践能力相结合,可操作性和实用性强。

本书在编写的过程中得到了程龙泉副教授、满海波副教授的大力支持,部分校企合作企业提供了实际的企业案例,在此表示衷心的感谢。

与本书配套的实验实训教材《电子技术及应用实验实训指导》由冶金工业出版社于2015年8月出版,读者可参考使用。

由于编者水平所限,书中不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015年3月

目 录

情境1 二极管整流稳压电源的组装与调试	1
任务1.1 二极管的识别与检测	1
1.1.1 任务描述与分析	1
1.1.2 相关知识	1
1.1.2.1 半导体知识	1
1.1.2.2 PN结及其单向导电性	3
1.1.2.3 半导体二极管	3
1.1.2.4 二极管应用电路举例	5
1.1.3 知识拓展	5
1.1.3.1 光电二极管	5
1.1.3.2 发光二极管	6
任务1.2 整流稳压电路的识别与检测	7
1.2.1 任务描述与分析	7
1.2.2 相关知识	7
1.2.2.1 单相半波整流电路	7
1.2.2.2 单相全波桥式整流电路	8
1.2.2.3 稳压管稳定电路	9
1.2.3 知识拓展	12
1.2.3.1 常见的整流电路	12
1.2.3.2 滤波电路	13
习题	15
情境2 语音放大器的制作	17
任务2.1 三极管的识别与检测	17
2.1.1 任务描述与分析	18
2.1.2 相关知识	18
2.1.2.1 三极管的类型和基本结构	18
2.1.2.2 三极管的电流分配关系和放大作用	18
2.1.2.3 三极管的特性曲线	19
2.1.2.4 三极管的主要参数	20
2.1.3 知识拓展	21

2.1.3.1 场效应晶体管	21
2.1.3.2 绝缘栅型场效应管	21
2.1.3.3 场效应管的性能	24
任务 2.2 共发射极放大电路	26
2.2.1 任务描述与分析	26
2.2.2 相关知识	27
2.2.2.1 共发射极放大电路的组成	27
2.2.2.2 共发射极放大电路的静态分析	28
2.2.2.3 共发射极放大电路的动态分析	28
2.2.3 知识拓展	32
2.2.3.1 温度对静态工作点的影响	32
2.2.3.2 分压式偏置放大电路	33
任务 2.3 共集电极放大电路 (射极输出器)	35
2.3.1 任务描述与分析	35
2.3.2 相关知识	35
2.3.2.1 共集电极放大电路的静态分析	36
2.3.2.2 共集电极放大电路的动态分析	36
2.3.2.3 射极输出器的作用	38
2.3.3 知识拓展	38
2.3.3.1 多级放大电路	38
2.3.3.2 多级放大电路的耦合方式	38
任务 2.4 集成运算放大器	40
2.4.1 任务描述与分析	40
2.4.2 相关知识	41
2.4.2.1 集成运算放大器的特点和基本组成	41
2.4.2.2 集成运算放大器的电路实质和电压传输特性	41
2.4.2.3 常用的集成运算放大器	42
2.4.2.4 集成运算放大器的主要参数	43
2.4.2.5 理想运算放大器的特点及运放传输特性应用	45
2.4.2.6 集成运放的线性应用分析	47
2.4.2.7 集成运放的非线性应用分析	50
2.4.3 知识拓展	52
任务 2.5 负反馈电路的分析	53
2.5.1 任务描述与分析	53
2.5.2 相关知识	53
2.5.2.1 反馈的基本概念	53
2.5.2.2 反馈的分类	53
2.5.2.3 反馈类型的判别	54

2.5.2.4 负反馈放大电路的框图与一般表达式	55
2.5.3 知识拓展	56
任务 2.6 功率放大器的应用	56
2.6.1 任务描述与分析	56
2.6.2 相关知识	56
2.6.2.1 功率放大器的特点	56
2.6.2.2 功率放大器的分类	57
2.6.2.3 互补对称的功率放大器	58
2.6.3 知识拓展	61
2.6.3.1 采用复合管的准互补对称电路	61
2.6.3.2 集成功率放大器	63
任务 2.7 语音放大器的组装与调试	64
2.7.1 任务描述与分析	64
2.7.2 相关知识	65
2.7.2.1 电路识图的思路和步骤	65
2.7.2.2 电路图的种类	65
2.7.2.3 识图举例	65
2.7.3 知识拓展	67
2.7.3.1 语音放大电路的安装与调试	67
2.7.3.2 语言放大电路常见故障及原因	67
习题	68
情境 3 常用组合逻辑电路安装与调试	71
任务 3.1 逻辑代数及其化简	71
3.1.1 任务描述与分析	71
3.1.2 相关知识	71
3.1.2.1 三种基本运算	71
3.1.2.2 复合运算	72
3.1.2.3 逻辑代数运算的基本规律	73
3.1.2.4 逻辑代数的三个规则	75
3.1.2.5 逻辑函数及其描述方法	75
3.1.2.6 逻辑函数的标准形式	77
3.1.2.7 逻辑函数公式法化简	79
3.1.3 知识拓展	80
3.1.3.1 用卡诺图表示逻辑函数的方法	80
3.1.3.2 卡诺图合并最小项规律	81
3.1.3.3 卡诺图化简的基本步骤	81
任务 3.2 常用逻辑门电路功能测试	82

3.2.1 任务描述与分析	82
3.2.2 相关知识	82
3.2.3 知识拓展	86
任务 3.3 组合逻辑电路的分析和设计	86
3.3.1 任务描述与分析	87
3.3.2 相关知识	87
3.3.2.1 组合逻辑电路的特点	87
3.3.2.2 组合逻辑电路的分析与设计方法	87
3.3.2.3 半加器	87
3.3.2.4 全加器	88
3.3.2.5 4 位全加器集成电路	89
3.3.3 知识拓展	90
任务 3.4 编码器、译码器、数据选择器的功能及应用	92
3.4.1 任务描述与分析	92
3.4.2 相关知识	92
3.4.2.1 编码器	92
3.4.2.2 译码器	94
3.4.2.3 数据选择器和数据分配器	100
3.4.3 知识拓展	102
3.4.3.1 竞争和冒险的概念及其产生的原因	102
3.4.3.2 冒险现象的判断	102
3.4.3.3 竞争冒险的消除	103
习题	104
情境 4 数字电子钟的设计与制作	106
任务 4.1 校时电路的设计	106
4.1.1 任务描述与分析	106
4.1.2 相关知识	106
4.1.2.1 触发器概述	106
4.1.2.2 用与非门组成的基本 RS 触发器	107
4.1.2.3 同步 RS 触发器	108
4.1.2.4 校时电路分析	110
4.1.3 知识拓展	111
4.1.3.1 主从 RS 触发器电路结构	111
4.1.3.2 工作原理	111
任务 4.2 分频电路的设计	112
4.2.1 任务描述与分析	112
4.2.2 相关知识	112

4.2.2.1 主从 JK 触发器	112
4.2.2.2 D 触发器	114
4.2.2.3 分频器分析	116
4.2.3 知识拓展	117
4.2.3.1 TTL 集成主从 JK 触发器应用	117
4.2.3.2 高速 CMOS 边沿 D 触发器 74HC74	118
任务 4.3 计数器的设计	119
4.3.1 任务描述与分析	119
4.3.2 相关知识	119
4.3.2.1 时序逻辑电路的特点与分析	119
4.3.2.2 时序逻辑电路的一般分析步骤	120
4.3.2.3 同步时序逻辑电路的分析举例	120
4.3.2.4 集成 2 进制计数器	121
4.3.2.5 集成计数器的应用	124
4.3.3 知识拓展	127
4.3.3.1 数码寄存器	127
4.3.3.2 移位寄存器	127
任务 4.4 555 定时电路及其应用	130
4.4.1 任务描述与分析	131
4.4.2 相关知识	131
4.4.2.1 555 定时电路的电路结构	131
4.4.2.2 555 定时电路的用途	132
4.4.3 知识拓展	136
4.4.3.1 D/A 转换器	136
4.4.3.2 A/D 转换器	138
任务 4.5 计数器的安装与调试	139
4.5.1 任务描述与分析	139
4.5.2 相关知识	139
4.5.2.1 振荡电路	139
4.5.2.2 分频电路	140
4.5.2.3 计数器电路	141
4.5.2.4 译码显示电路	142
4.5.2.5 校准电路	144
4.5.3 数字电子钟的安装与调试	145
习题	146
情境 5 相控整流电路的分析与测试	149
任务 5.1 晶闸管的识别与检测	149

5.1.1 任务描述与分析	149
5.1.2 相关知识	149
5.1.2.1 晶闸管的结构与工作原理	149
5.1.2.2 晶闸管的伏安特性和主要参数	151
5.1.2.3 晶闸管的型号	153
5.1.3 知识拓展	153
任务 5.2 单相相控整流电路	154
5.2.1 任务描述与分析	155
5.2.2 相关知识	155
5.2.2.1 单相半波相控整流电路	155
5.2.2.2 单相桥式全控整流电路	158
5.2.3 知识拓展	162
任务 5.3 三相相控整流电路	163
5.3.1 任务描述与分析	163
5.3.2 相关知识	163
5.3.2.1 三相半波相控整流电路	163
5.3.2.2 三相桥式相控整流电路	167
5.3.3 知识拓展	170
习题	170
情境 6 逆变电路的分析与测试	172
任务 6.1 全控型器件	172
6.1.1 任务描述与分析	172
6.1.2 相关知识	172
6.1.2.1 可关断晶闸管	172
6.1.2.2 电力晶体管	175
6.1.2.3 电力 MOSFET	178
6.1.2.4 绝缘栅双极型晶体	181
6.1.3 知识拓展	184
任务 6.2 有源逆变电路	185
6.2.1 任务描述与分析	186
6.2.2 相关知识	186
6.2.2.1 逆变的概念及能量关系	186
6.2.2.2 有源逆变的工作原理	187
6.2.2.3 三相桥式的源逆变电路	188
6.2.2.4 逆变失败与最小逆变角的限制	189
6.2.3 知识拓展	190
6.2.3.1 高压直流输电	190

6.2.3.2 绕线异步电动机的串级调速	191
任务 6.3 无源逆变电路	192
6.3.1 任务描述与分析	192
6.3.2 相关知识	192
6.3.2.1 无源逆变概述	192
6.3.2.2 电压型逆变电路	194
6.3.2.3 电流型逆变电路	200
6.3.3 知识拓展	202
6.3.3.1 SPWM 的基本控制原理	202
6.3.3.2 单相桥式 PWM 变频电路的工作原理	202
6.3.3.3 PWM 的优点	203
习题	205
附表	206
参考文献	208

情境 1 二极管整流稳压电源的组装与调试

几乎在所有的电子电路中，都要用到半导体二极管，它在许多的电路中起着重要的作用，本学习情境以实际生产中的产品——二极管整流稳压电源为导向，围绕两个任务，结合实际电路介绍模拟电子技术的基本概念、原理及分析方法，并运用所学的理论知识对二极管整流稳压电源进行组装、调试。二极管整流稳压电源电路原理如图 1-1 所示。

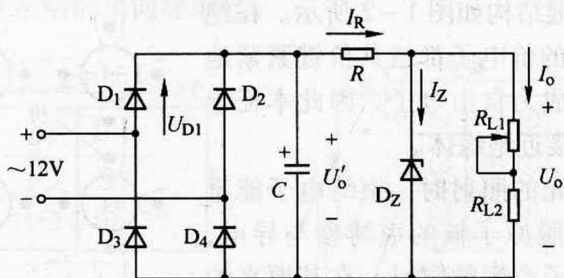


图 1-1 二极管整流稳压电源电路原理

任务 1.1 二极管的识别与检测

【知识目标】

- (1) 掌握 PN 结的单向导电性。
- (2) 了解半导体二极管结构。
- (3) 掌握二极管电压、电流关系和主要参数。

【能力目标】

- (1) 会判断二极管的类型和工作状态。
- (2) 能够用万用表检测二极管极性及好坏。

1.1.1 任务描述与分析

二极管是电子电路中最基本、最常用的半导体器件。本任务围绕二极管的单向导电作用这个核心问题来讨论它的基本结构、工作原理、特性曲线及主要参数掌握二极管的识别方法、测试方法以及特性参数是电子工程技术人员的基本技能。

1.1.2 相关知识

1.1.2.1 半导体知识

在自然界，物质按其导电性能可分为导体、半导体和绝缘体。半导体材料是指导电性能介

于导体和绝缘体之间的物体，常见的有硅和锗，它们都是4价元素。半导体具有下列特性：

(1) 热敏性。半导体的导电能力受环境温度影响很大，随着温度的升高，其导电能力变好。

(2) 光敏性。半导体的导电能力对光照辐射也很敏感。光照越强导电能力越强，利用半导体的光敏特性可以制成光敏电阻、光敏二极管、光敏晶体管等。

(3) 掺杂性。在纯净的半导体中掺入微量杂质，可以显著提高它的导电能力。掺杂浓度越高，导电性就越强。

A 本征半导体

纯净的没有杂质的单晶体结构的半导体，称为本征半导体。

本征半导体的共价键结构如图1-2所示。在绝对温度 $T=0\text{K}$ 时，所有的价电子都被共价键紧紧地束缚在共价键中，不会成为自由电子，因此本征半导体的导电能力很弱，接近绝缘体。

当温度升高或受到光的照射时，束缚电子能量增高，有的电子可以挣脱原子核的束缚参与导电，成为自由电子。自由电子产生的同时，在其原来的共价键中就出现了一个空位，称为空穴。这一现象称为本征激发，也称热激发。可见本征激发同时产生电子空穴对。外加能量越高（温度越高），产生的电子空穴对越多。与本征激发相反的现象称为复合。在一定温度下，本征激发和复合同时进行，达到动态平衡，电子空穴对的浓度一定。

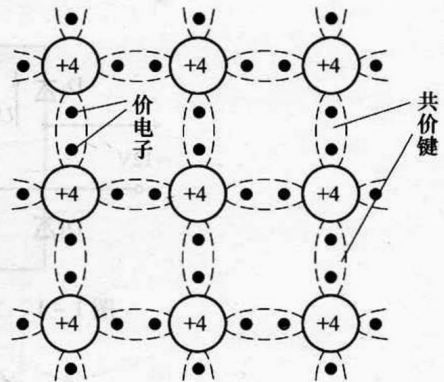


图1-2 本征半导体的共价键结构

B 掺杂半导体

为了增强半导体的导电能力，在本征半导体中人为掺入微量元素使之成为掺杂半导体。按照掺杂的不同，可获得N型和P型掺杂半导体。

(1) N型半导体。N型半导体（也称电子半导体）是在本征半导体中掺入了微量5价元素如磷，其平面模型如图1-3所示。N型半导体中的多数载流子是自由电子。

(2) P型半导体。P型半导体（也称空穴半导体）是在本征半导体中掺入了微量3价元素如硼，其平面模型如图1-4所示。P型半导体中的多数载流子是空穴。

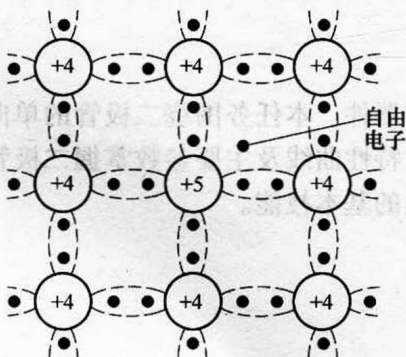


图1-3 NPN型半导体

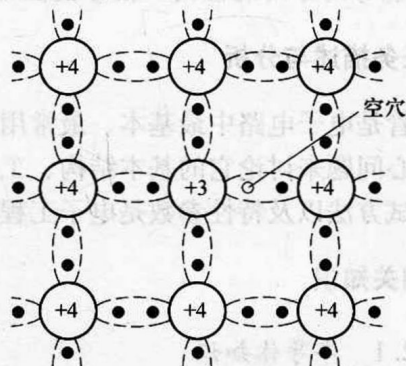


图1-4 PNP型半导体

掺杂半导体中多数载流子（称多子）数目由掺杂浓度确定，而少数载流子（称少子）数目与温度有关，温度升高时，少数载流子数目增加。

1.1.2.2 PN 结及其单向导电性

在一块半导体基片上通过适当的半导体工艺技术可以形成 P 型半导体和 N 型半导体的交接面，称为 PN 结。

如图 1-5 所示，PN 结就像一个阀门，当 PN 结加正向电压（正向偏置）时，P 端电位高于 N 端，PN 结变窄，由多子形成的电流可以由 P 区向 N 区流通；而当 PN 结加反向电压（反向偏置）时，N 端电位高于 P 端，PN 结变宽，由少子形成的电流极小，视为截止（不导通），这就是 PN 结的单向导电性。

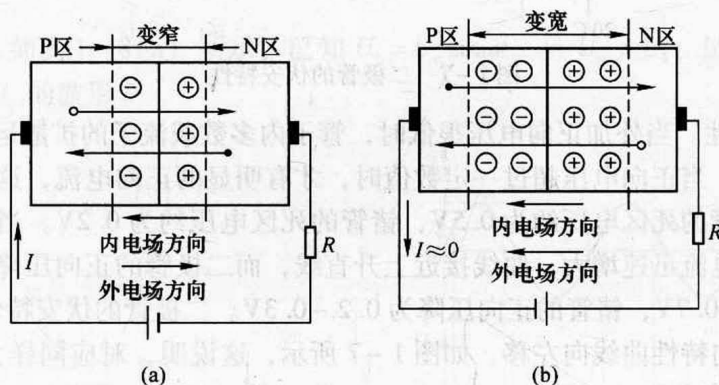


图 1-5 PN 结的单向导电性
(a) 正向偏置；(b) 反向偏置

1.1.2.3 半导体二极管

半导体二极管结构及符号如图 1-6 所示。

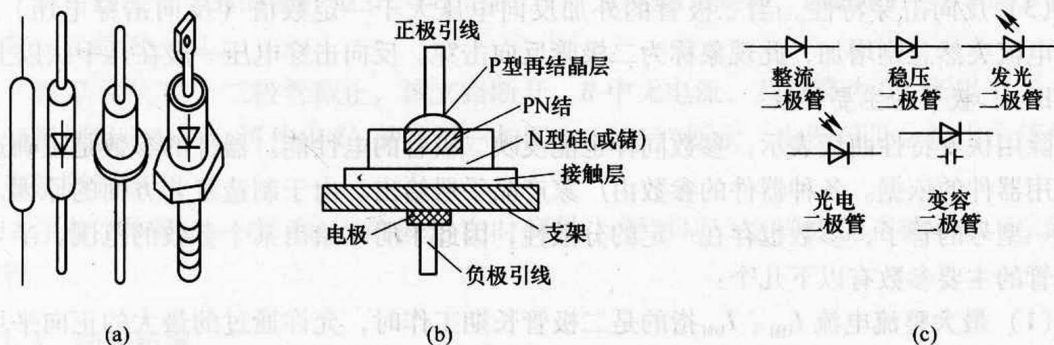


图 1-6 二极管的外形、结构及符号

(a) 常用二极管外形；(b) 二极管的内部结构及电路符号；(c) 常用二极管的符号

A 二极管的伏安特性

二极管的电流与电压的关系曲线 $I=f(U)$ ，称为二极管的伏安特性，如图 1-7 所示。二极管的核心是一个 PN 结，具有单向导电性，其实际伏安特性与理论伏安特性略有区别。

由图 1-7 可见二极管的伏安特性曲线是非线性的,可分为三部分:正向特性、反向特性和反向击穿特性。

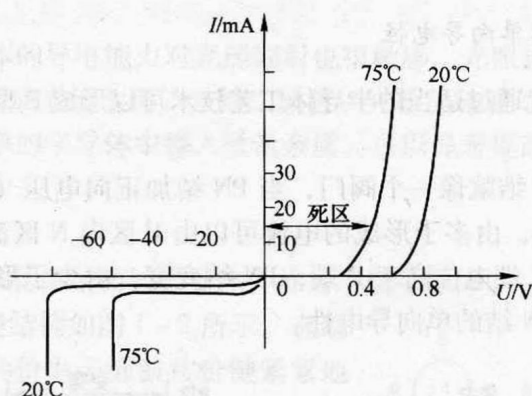


图 1-7 二极管的伏安特性

(1) 正向特性。当外加正向电压很低时,管子内多数载流子的扩散运动没形成,故正向电流几乎为零。当正向电压超过一定数值时,才有明显的正向电流,这个电压值称为死区电压。通常硅管的死区电压约为 0.5V,锗管的死区电压约为 0.2V。当正向电压大于死区电压后,正向电流迅速增大,曲线接近上升直线,而二极管的正向压降变化很小,硅管正向压降为 0.6~0.7V,锗管的正向压降为 0.2~0.3V。二极管的伏安特性对温度很敏感,温度升高时,正向特性曲线向左移,如图 1-7 所示,这说明,对应同样大小的正向电流,正向压降随温升而减小。

(2) 反向特性。二极管加上反向电压时,形成很小的反向电流,且在一定温度下它的数值基本维持不变,因此,当反向电压在一定范围内增大时,反向电流的大小基本恒定,而与反向电压大小无关,故称为反向饱和电流。一般小功率锗管的反向电流可达几十微安,而小功率硅管的反向电流要小得多,一般在 $0.1\mu\text{A}$ 以下。当温度升高时,少数载流子数目增加,使反向电流增大,特性曲线下移。

(3) 反向击穿特性。当二极管的外加反向电压大于一定数值(反向击穿电压)时,反向电流突然急剧增加,此现象称为二极管反向击穿。反向击穿电压一般在几十伏以上。

B 二极管的主要参数

除用伏安特性曲线表示,参数同样也能反映二极管的电性能。器件的参数是正确选择和使用器件的依据。各种器件的参数由厂家产品手册给出。由于制造工艺方面的原因,即使同一型号的管子,参数也存在一定的分散性,因此手册常给出某个参数的范围。半导体二极管的主要参数有以下几个:

(1) 最大整流电流 I_{DM} 。 I_{DM} 指的是二极管长期工作时,允许通过的最大的正向平均电流。在使用时,电流若超过这个数值,将使 PN 结过热而把管子烧坏。

(2) 反向工作峰值电压 U_{DRM} 。 U_{DRM} 是指管子不被击穿所允许的最大反向电压。一般这个参数是二极管反向击穿电压的一半,若反向电压超过这个数值,管子将会有击穿的危险。

(3) 反向峰值电流 I_{RM} 。 I_{RM} 是指二极管加反向电压 U_{RM} 时的反向电流值, I_{RM} 越小二极管的单向导电性越好。 I_{RM} 受温度影响很大,使用时要加以注意。硅管的反向电流较小,

一般在几微安以下；锗管的反向电流较大，为硅管的几十到几百倍。

(4) 最高工作频率 f_M 。二极管在外加高频交流电压时，由于 PN 结的电容效应，单向导电作用退化。 f_M 指的是二极管单向导电作用开始明显退化的交流信号的频率。

1.1.2.4 二极管应用电路举例

二极管的应用范围很广，主要都是利用它的单向导电性。在电路中，若二极管导通时的正向压降远小于和它串联元件的电压，二极管截止时反向电流远小于与之并联元件的电流，那么可以忽略管子的正向压降和反向电流，把二极管理想化为一个开关：当外加正向电压时，二极管导通，正向压降为零，相当于开关闭合，当外加反向电压时，二极管截止，反向电流为零，相当于开关断开。例 1-1 就是利用二极管作为正向限幅器的例子。

【例 1-1】如图 1-8(a) 所示，已知 $U_i = U_m \sin \omega t$ ，且 $U_m > U_s$ ，试分析工作原理，并作出输出电压 U_o 的波形。

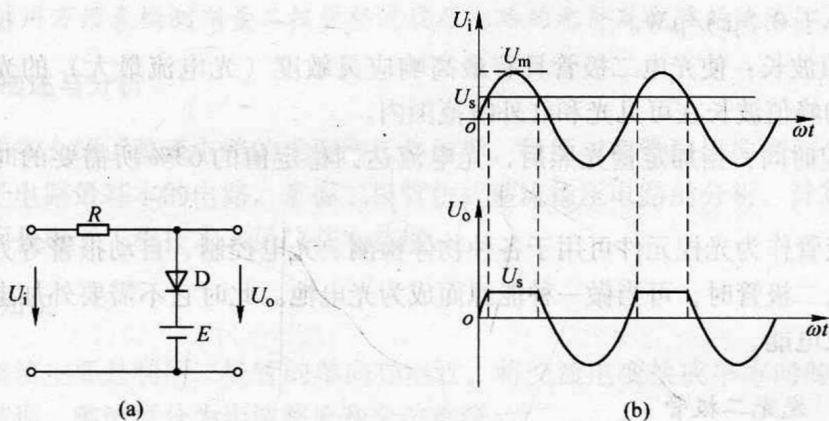


图 1-8 二极管应用举例

解：二极管导通的条件是 $U_m > U_s$ 。由于 D 为理想二极管，因此它一旦导通，管压降为零，此时 $U_o = U_s$ 。

当 $U_i \leq U_s$ 时，二极管截止，该支路断开，R 中无电流，其压降为 0。所以 $U_o = U_i$ 。

根据以上分析，可作出 U_o 的波形，如图 1-8(b) 所示，由图可见，输出电压的正向幅度被限制在 U_s 值。

注意：作图时， U_o 和 U_i 的波形在时间轴上要对应，这样才能正确反映 U_o 的变化过程。

1.1.3 知识拓展

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（见任务 1.2）、光电二极管、发光二极管等。

1.1.3.1 光电二极管

光电二极管又称光敏二极管。它的管壳上备有一个玻璃窗口，以便于接受光照。其特

点是,当光线照射于它的PN结时,可以成对地产生自由电子和空穴,使半导体中少数载流子的浓度提高。这些载流子在一定的反向偏置电压作用下可以产生漂移电流,使反向电流增加。因此它的反向电流随光照强度的增加而线性增加,这时光电二极管等效于一个恒流源。当无光照时,光电二极管的伏安特性与普通二极管一样。光电二极管的等效电路如图1-9(a)所示,图1-9(b)所示为光电二极管的符号。

光电二极管的主要参数有:

- (1) 暗电流:指无光照时的反向饱和电流,一般小于 $1\mu\text{A}$ 。
- (2) 光电流:指在额定照度下的反向电流,一般为几十毫安。
- (3) 灵敏度:指在给定波长(如 $0.9\mu\text{m}$)的单位光功率时,光电二极管产生的光电流,一般不小于 $0.5\mu\text{A}/\mu\text{W}$ 。
- (4) 峰值波长:使光电二极管具有最高响应灵敏度(光电流最大)的光波长。一般光电二极管的峰值波长在可见光和红外线范围内。
- (5) 响应时间:指加定量光照后,光电流达到稳定值的63%所需要的时间,一般为 10^{-7}s 。

光电二极管作为光控元件可用于各种物体检测、光电控制、自动报警等方面。当制成大面积的光电二极管时,可当做一种能源而成为光电池。此时它不需要外加电源,能够直接把光能变成电能。

1.1.3.2 发光二极管

发光二极管是一种将电能直接转换成光能的半导体固体显示器件,简称LED(Light Emitting Diode)。和普通二极管相似,发光二极管也是由一个PN结构成。发光二极管的PN结封装在透明塑料壳内,外形有方形、矩形和圆形等。发光二极管的驱动电压低、工作电流小,具有很强的抗振动和冲击能力、体积小、可靠性高、耗电省和寿命长等优点,广泛用于信号指示等电路中。在电子技术中常用的数码管,就是用发光二极管按一定的排列组成的。

发光二极管的原理与光电二极管相反。这种管子正向偏置通过电流时会发光,这是电子与空穴直接复合时放出能量的结果。它的光谱范围比较窄,其波长由所使用的基本材料定。不同半导体材料制造的发光二极管发出不同颜色的光,如磷砷化镓材料发红光或黄光,磷化镓材料发红光或绿光,氮化镓材料发蓝光,碳化硅材料发黄光,砷化镓材料发不可见的红外线。

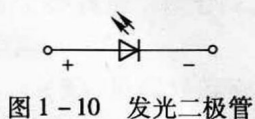


图1-10 发光二极管

发光二极管的符号如图1-10所示。它的伏安特性和普通二极管相似,死区电压为 $0.9\sim 1.1\text{V}$,其正向工作电压为 $1.5\sim 2.5\text{V}$,工作电流为 $5\sim 15\text{mA}$ 。反向击穿电压较低,一般小于 10V 。

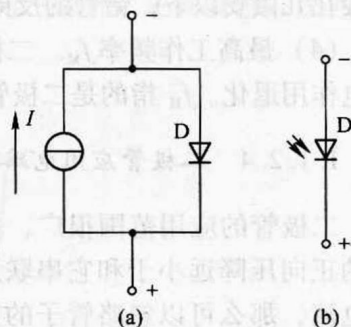


图1-9 光电二极管

(a) 等效电路; (b) 符号