

中等职业教育电类专业规划系列教材

电子技术基础

彭克发 先力 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

中等职业教育电类专业规划系列教材

电子技术基础

彭克发 先力 主编

唐果南 主审



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是中等职业教育电类专业规划教材电子技术部分的理论教学用书,与之配套的有《电子技术基础学习点拨与练习》和《电子技能与训练》。本书全面系统地介绍了模拟电路与数字电路的基础知识。模拟电路部分包括半导体二极管和整流滤波电路、半导体三极管和放大电路、负反馈放大器、调谐放大器与正弦波振荡器、直流放大器与集成运算放大器、功率放大器、直流稳压电源和无线电广播的基本知识;数字电路部分包括数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数字电路在脉冲电路中的应用、数/模和模/数转换电路技术等。每章后面配有小结及思考与练习,全书还穿插设计了14个实验项目。

本书既可作为中等职业学校电类专业理论教学用书,也可作为职业上岗培训教材,还可作为相关专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/彭克发,先力主编. —北京:中国电力出版社,2007

(中等职业教育电类专业规划系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 5622 - 8

I. 电… II. ①彭…②先… 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069708号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

策划:周娟 责任编辑:吕允英 责任印制:陈彬彬 责任校对:李亚

北京铁成印刷厂印刷·各地新华书店经售

2007年7月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·13.25印张·326千字

定价:20.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

前 言

根据 2006 年全国职业教育工作会议精神和电类专业教学大纲要求,我们组织在教学一线上工作多年、具有丰富教学经验的老师们编写了这套中等职业教育电类专业系列教材。本系列教材在知识技能要求的深度和广度上,以国家技能鉴定中心颁发的相关专业中级技能鉴定要求为依据,突出这部分知识的掌握和专业技能的训练,力求使学生在获取毕业证的同时,又能取得本专业的初、中级技术等级证书。

本书是电子技术应用的基础,也是电子技术应用专业的一门重要基础理论课。该书全面系统地介绍了模拟电路与数字电路的基础知识。模拟电路部分包括半导体二极管和整流滤波电路、半导体三极管和放大电路、负反馈放大器、调谐放大器与正弦波放大器、直流感应器与集成运算放大器、功率放大器、直流稳压电源和无线电广播的基本知识;数字电路部分包括数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数字电路在脉冲电路中的应用、数/模和模/数转换技术等。每章后面配有小结及思考与练习,全书还穿插设计了 14 个实验项目。根据当前及今后较长时间内中等职业学校学生情况及国外教材编写经验,本书删去了较深的理论推导和繁难的数学运算,叙述深入浅出,利于学生接受。标有“*”的部分为选修内容,供条件较好的地区或学校选用。

本课程教学时数为 160 学时左右,各章课时安排建议如下:

教学课时分配建议表

章序	课时数	章序	课时数	章序	课时数
1	12	6	10	11	12
2	26	7	8	12	10
3	10	8	6	13	4
4	12	9	12	机动	14
5	14	10	10	总课时	160

本教材由重庆市垫江县职业教育中心研究员彭克发和重庆市工艺美术学校高级教师先力担任主编,重庆工商学校辜小兵老师、重庆梁平职业教育中心乐发明老师、重庆奉节袁梁职业中学邓建明老师任副主编,参加本书编写的还有重庆市第 18 中学张高生老师、重庆铜梁县职业中学童光发老师、重庆市忠县马灌职业中学邱堂清老师、重庆奉节袁梁职业中学彭勇老师、重庆石柱职业教育中心雷波老师、重庆石柱一职中胡萍老师、重庆梁平仁贤职业中学袁久红老师、重庆市江南职业中学林红和任进老师、重庆工商学校赵顺洪、李春燕、李明琴和黄昌伟老师。全书由彭克发制定编写大纲并负责编写的组织、统稿及编审工作。

本书在编写过程中得到重庆工商学校、重庆垫江职业教育中心、重庆梁平职业教育中心、重庆市第二财贸学校、重庆工艺美术学校、重庆荣昌职业教育中心、重庆铜梁职业高级中学、重庆江南职业学校、重庆綦江职业高级中学、重庆忠县马灌职中、重庆忠县新生职业中学、重庆市

柱一职中、重庆垫江一职中、重庆第 18 中学、重庆电子工程职业学院、重庆黔江民族职教中心、重庆市彭水郁山职业中学等单位领导的大力支持和指导,使该教材得以顺利完成。同时,本书在交稿以前,特别请重庆教育科学研究院特级教师、研究员唐果南对本书进行了认真仔细地审阅,并提出了许多修改意见。在此一并致以诚挚的谢意!

由于作者水平有限,对新大纲的领会不够深入,本书中难免存在不足之处,恳请读者多提宝贵意见,以便进一步修改。

编 者

目 录

前言

第一篇 模拟电路基础

第1章 半导体二极管和整流滤波电路	(1)
1.1 半导体二极管	(1)
1.1.1 半导体概述	(1)
1.1.2 PN结的特性	(1)
1.1.3 半导体二极管的结构、符号和特性	(2)
1.1.4 二极管的主要参数与选用依据	(3)
1.1.5 稳压、发光、光敏二极管简介	(4)
1.2 单相整流电路	(5)
1.2.1 单相半波整流电路	(5)
1.2.2 单相全波整流电路	(6)
1.2.3 单相桥式整流电路	(7)
1.3 滤波电路	(9)
1.3.1 电容滤波电路	(9)
1.3.2 电感滤波电路	(10)
1.3.3 复式滤波电路	(11)
本章小结	(11)
思考与练习一	(12)
实验一 二极管伏安特性曲线的测试	(15)
第2章 半导体三极管和放大电路	(17)
2.1 半导体三极管	(17)
2.1.1 半导体三极管的基本结构与分类	(17)
2.1.2 放大原理与电流分配	(18)
2.1.3 三极管的特性曲线	(20)
2.1.4 主要参数与选管依据	(22)
2.2 基本放大电路	(24)
2.2.1 放大器概述	(24)
2.2.2 三极管基本放大电路	(25)
2.2.3 基本放大器的工作原理	(26)
2.2.4 放大器的常用指标	(29)
2.2.5 基本放大器的分析	(30)
2.3 分压式偏置电路	(31)

2.3.1	分压式偏置电路稳定工作点的原理	(31)
2.3.2	静态工作点的估算	(32)
2.3.3	电压放大倍数的估算	(33)
2.4	放大器的频率特性	(34)
2.4.1	放大器的幅频特性	(34)
2.4.2	放大器的幅频特性与三极管的关系	(34)
2.5	多级放大器	(35)
2.5.1	多级放大器的组成与功能	(35)
2.5.2	级间耦合的几种方式	(35)
2.5.3	多级放大器的性能指标	(36)
2.6	放大器的3种组态	(37)
2.6.1	共发射极放大器	(37)
2.6.2	共集电极放大器	(38)
2.6.3	共基极放大器	(39)
2.7	场效应晶体管及其放大电路简介	(40)
2.7.1	结构与符号	(40)
2.7.2	主要参数	(41)
2.7.3	各种场效应晶体管的比较	(42)
2.7.4	场效应晶体管使用注意事项	(42)
2.7.5	场效应晶体管放大电路	(43)
	本章小结	(43)
	思考与练习二	(44)
	实验二 用万用表测试二极管和三极管	(48)
	实验三 基本放大电路有关参数的测试	(50)
	实验四 多级放大器有关参数的测试	(52)
第3章	负反馈放大器	(53)
3.1	反馈的基本概念	(53)
3.1.1	反馈与反馈信号	(53)
3.1.2	反馈放大器的放大倍数	(54)
3.2	反馈的类型及判断	(54)
3.2.1	电路中是否存在反馈的判断	(54)
3.2.2	正反馈和负反馈	(55)
3.2.3	反馈的类型及判断方法	(56)
3.2.4	负反馈放大器的基本类型举例	(57)
3.3	负反馈对放大器性能的影响	(59)
3.3.1	降低放大倍数	(59)
3.3.2	提高放大器的稳定性	(59)
3.3.3	减小非线性失真	(60)
3.3.4	减小噪声	(60)

3.3.5 展宽频带	(60)
3.3.6 改变输入、输出电阻	(61)
本章小结	(61)
思考与练习三	(62)
实验五 负反馈对放大器性能的影响	(64)
第4章 调谐放大器与正弦波振荡器	(66)
4.1 调谐放大器	(66)
4.1.1 单调谐放大器	(66)
4.1.2 双调谐放大器	(68)
4.1.3 调谐放大器的中和与稳定	(69)
4.2 振荡的概念与原理	(70)
4.2.1 LC 回路中的自由振荡	(70)
4.2.2 自激振荡的条件	(71)
4.3 LC 振荡器	(72)
4.3.1 变压器反馈式 LC 振荡器	(72)
4.3.2 电感三点式振荡器	(74)
4.3.3 电容反馈式 LC 振荡器	(74)
4.3.4 改进型电容反馈式振荡器(也叫克拉波振荡器)	(75)
4.4 RC 振荡器	(76)
4.4.1 RC 选频振荡器	(76)
4.4.2 RC 移相式振荡器	(78)
4.5 石英晶体振荡器	(79)
4.5.1 石英晶体的压电特性与等效电路	(80)
4.5.2 石英晶体振荡电路	(81)
本章小结	(82)
思考与练习四	(82)
实验六 LC 调谐放大器的调试	(85)
实验七 LC 正弦波振荡器的调试	(86)
第5章 直流放大器与集成运算放大器	(87)
5.1 直流放大器	(87)
5.1.1 直流放大器的电路组成	(87)
5.1.2 直接耦合放大电路存在的两个特殊问题	(87)
5.1.3 解决直接耦合放大器两个特殊问题的方法	(87)
5.1.4 差动放大器	(88)
5.2 集成运算放大器简介	(91)
5.2.1 集成运算放大器的组成和电路符号	(91)
5.2.2 集成运算放大器的主要参数	(91)
5.2.3 理想集成运算放大器	(92)
5.3 基本集成运算放大电路	(92)

5.3.1 反相比例运算放大器	(92)
5.3.2 同相比例运算放大器	(93)
5.4 集成运算放大器的应用	(94)
5.4.1 运算电路	(94)
5.4.2 信号转换电路	(96)
5.4.3 集成运算放大器的其他应用电路	(97)
5.5 使用集成运放的注意事项	(97)
本章小结	(98)
思考与练习五	(99)
实验八 集成运放的主要应用	(101)
第6章 功率放大器	(104)
6.1 功率放大器的基本概念	(104)
6.1.1 对功率放大器的要求	(104)
6.1.2 功率放大器的种类	(104)
6.1.3 功率放大器的电路形式	(105)
6.2 功率放大电路	(105)
6.2.1 单电源互补对称功放电路(OTL 电路)	(105)
6.2.2 双电源互补对称功放电路(OCL 电路)	(105)
6.2.3 实际应用的 OTL 功放电路	(106)
6.3 复合管 OTL 功放实用电路	(107)
6.4 集成功率放大器	(108)
6.4.1 4100 系列集成功率放大器	(108)
6.4.2 TA7240P/AP 双声道音频功率放大器	(108)
本章小结	(109)
思考与练习六	(109)
实验九 分立元件 OTL 功放的调试	(111)
第7章 直流稳压电源	(112)
7.1 晶体管串联稳压电源	(112)
7.1.1 简单的串联型稳压电路	(112)
7.1.2 具有放大环节的串联型可调式稳压电源	(113)
7.2 集成稳压电源	(114)
7.2.1 固定式三端集成稳压器	(114)
7.2.2 可调式三端集成稳压器	(115)
7.3 开关型稳压电源简介	(116)
本章小结	(117)
思考与练习七	(117)
实验十 串联型稳压电源的测试	(119)
第8章 无线电广播的基本知识	(121)
8.1 无线电波及其传播	(121)

8.1.1 无线电波的基本概念	(121)
8.1.2 无线电波的传播	(121)
8.1.3 无线电波波段的划分	(122)
8.2 调幅与检波	(123)
8.2.1 无线电广播的发射与接收	(123)
8.2.2 调幅原理	(123)
8.2.3 检波	(123)
8.3 调频与鉴频简介	(124)
8.3.1 调频	(124)
8.3.2 鉴频	(124)
8.3.3 对称比例鉴频器	(124)
8.4 晶体管超外差式收音机	(125)
8.4.1 超外差式收音机的基本组成	(125)
8.4.2 超外差式收音机的工作过程	(125)
8.4.3 超外差式收音机的主要优点	(126)
8.4.4 晶体管超外差式收音机的电路	(126)
本章小结	(127)
思考与练习八	(127)

第二篇 数 字 电 路

第9章 数字电路基础	(129)
9.1 数制及代码	(130)
9.1.1 数制	(130)
9.1.2 代码	(131)
9.2 门电路	(132)
9.2.1 基本逻辑关系	(132)
9.2.2 常用逻辑门电路	(133)
9.2.3 集成逻辑门简介	(136)
9.3 逻辑代数的基本定律	(137)
9.3.1 逻辑代数的基本概念	(137)
9.3.2 逻辑代数的基本公式	(138)
9.3.3 逻辑代数的基本定理	(138)
9.3.4 逻辑代数的化简	(138)
9.4 逻辑电路图、逻辑表达式与真值表之间的互换	(139)
9.4.1 逻辑电路的表示方法	(139)
9.4.2 逻辑电路图与逻辑表达式之间的相互转换	(139)
9.4.3 逻辑表达式与真值表的相互转换	(140)
本章小结	(141)
思考与练习九	(142)

实验十一 门电路逻辑功能测试	(143)
第 10 章 组合逻辑电路	(146)
10.1 组合逻辑电路的定义及分析与设计方法	(146)
10.1.1 组合逻辑电路的特点	(146)
10.1.2 组合逻辑电路的描述方法	(146)
10.1.3 组合逻辑电路的分析方法	(146)
10.1.4 组合逻辑电路的设计步骤	(147)
10.2 编码器	(148)
10.2.1 编码器	(148)
10.2.2 二—十进制编码器	(149)
10.3 译码器	(150)
10.3.1 译码器	(150)
10.3.2 二进制译码器	(150)
10.3.3 8421BCD 译码器	(151)
10.3.4 显示译码器	(151)
本章小结	(154)
思考与练习十	(154)
实验十二 译码显示电路	(156)
第 11 章 时序逻辑电路	(158)
11.1 时序逻辑电路概述	(158)
11.1.1 时序逻辑电路的基本特征	(158)
11.1.2 时序逻辑电路的种类	(158)
11.1.3 时序逻辑电路的分析方法	(158)
11.2 触发器	(159)
11.2.1 基本 RS 触发器	(159)
11.2.2 同步(可控)RS 触发器	(160)
11.2.3 主从 JK 触发器	(162)
11.2.4 D 触发器	(164)
11.3 寄存器	(164)
11.3.1 数码寄存器	(165)
11.3.2 移位寄存器	(166)
11.4 计数器	(168)
11.4.1 异步二进制加法计数器	(168)
11.4.2 同步二进制加法计数器	(169)
11.4.3 N 进制计数器	(169)
本章小结	(170)
思考与练习十一	(171)
实验十三 集成 JK 触发器逻辑功能测试	(172)

第 12 章 数字电路在脉冲电路中的应用	(174)
12.1 脉冲的基本概念	(174)
12.1.1 脉冲的概念	(174)
12.1.2 RC 充放电规律	(174)
12.1.3 微分与积分电路	(175)
12.2 施密特电路	(177)
12.2.1 施密特基本电路及工作原理	(177)
12.2.2 集成施密特触发器	(177)
12.2.3 施密特触发器的应用	(178)
12.3 单稳态电路	(179)
12.3.1 微分型单稳态触发器	(179)
12.3.2 集成单稳态触发器	(181)
12.3.3 单稳态触发器的应用	(182)
12.4 多谐振荡器	(183)
12.4.1 基本型多谐振荡器	(183)
12.4.2 带有 RC 电路的环形多谐振荡器	(184)
12.4.3 施密特多谐振荡器	(185)
12.5 555 时基电路及应用	(185)
12.5.1 555 定时器电路	(186)
12.5.2 定时器应用举例	(186)
本章小结	(189)
思考与练习十二	(190)
实验十四 555 定时器电路及应用	(191)
第 13 章 数/模和模/数转换技术	(193)
13.1 数/模转换器 DAC	(193)
13.1.1 D/A 转换器的原理	(193)
13.1.2 T 型电阻网络 D/A 转换器	(194)
13.2 模/数转换器 ADC	(195)
13.2.1 A/D 转换器的原理	(195)
13.2.2 A/D 转换方法	(196)
本章小结	(197)
思考与练习十三	(197)
参考文献	(198)

第一篇 模拟电路基础

第 1 章 半导体二极管和整流滤波电路

1.1 半导体二极管

1.1.1 半导体概述

半导体器件是 20 世纪中叶才发展起来的新型电子器件,包括半导体二极管、半导体三极管、场效应晶体管和集成电路等。

自然界中的物质,按导电能力的不同,可分为导体和绝缘体两类。人们又发现还有一类物质,如硅、锗等,它们的导电能力介于导体和绝缘体之间,其导电性能非常奇特,它们的导电能力随着掺入杂质、输入电压(电流)、温度和光照条件的不同而发生很大变化,我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。

(1) N 型半导体和 P 型半导体。人们研究发现,在半导体里通常有两种携带电荷的粒子,一种粒子带负电荷,即自由电子,还有一种粒子带正电荷,称为空穴。它们都是携带电荷的粒子,所以统称为载流子。在外电场的作用下,两种载流子都可以作定向移动。由于半导体的材料和制作工艺条件的不同,形成导电情况完全相反的两类半导体。

1) 本征半导体:不含杂质的纯净半导体称为本征半导体。

2) N 型半导体:用特殊工艺向本征半导体硅(或锗)中掺入少量五价元素磷(或砷),就得到 N 型半导体,它主要是靠电子导电的半导体,所以又称为电子型半导体。这类半导体中,电子是多数载流子,空穴是少数载流子。

3) P 型半导体:用特殊工艺向本征半导体硅(或锗)中掺入少量三价元素硼(或铝),就得到 P 型半导体,它主要是靠空穴导电的半导体,所以又称为空穴半导体。这类半导体中,空穴是多数载流子,电子是少数载流子。

(2) PN 结的形成。经过特殊的工艺加工,将 P 型半导体和 N 型半导体紧密地结合在一起,则在两种半导体的交界处就会出现一个特殊的接触面即空间电荷区或耗尽层(又称阻挡层、势垒层),该耗尽层称为 PN 结,如图 1-1 所示。

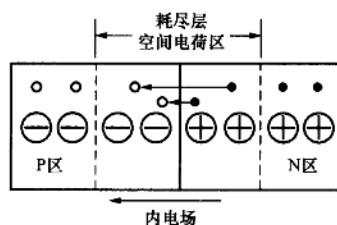


图 1-1 PN 结的形成示意图

1.1.2 PN 结的特性

PN 结有什么特性呢?我们来看下面的一个实验,如图 1-2 所示。

在 PN 结两侧外加一个电源,正极接 P 区,负极接 N 区。此时电流表指针偏转较大,说明 PN 结内外电路形成正向电流,这种现象称为 PN 结的正向导通。如将电源的正负极反过来,

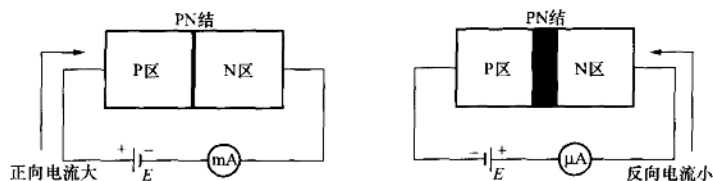


图 1-2 PN 结的单向导电性

即电源正极接 N 区, 负极接 P 区, 此时电流表指针几乎无偏转, 说明 PN 结内外电路只能形成极小的反向电流, 这种现象称为 PN 结的反向截止。

由以上实验可以知道:

PN 结加正向电压(即 P 区接电源正极, N 区接电源负极)时导通, 加反向电压时截止, 这种特性称为 PN 结的单向导电性。

PN 结两端外加的反向电压(即 P 区接电源负极, N 区接电源正极)增加到一定值时, 反向电流急剧增大, 称为 PN 结的反向击穿。如果反向电压未超过允许值, 当反向电压撤除后, PN 结仍能恢复单向导电性, 称之为电击穿。若反向电压增大并超过允许值, 会使 PN 结烧坏或称为热击穿。

PN 结存在电容, 称为 PN 结的结电容。

1.1.3 半导体二极管的结构、符号和特性

1. 半导体二极管的结构和符号

利用 PN 结的单向导电性, 可以制造一种半导体器件——半导体二极管。

半导体二极管又称晶体二极管, 它是由管芯(主要是 PN 结), 从 P 区和 N 区分别焊出的两根金属引线——正、负极, 以及用塑料、玻璃或金属封装的外壳组成的。

由于管芯结构的不同, 二极管又分为点接触型、面接触型和平面型几种, 其结构和符号如图 1-3 所示。其中点接触型二极管的特点是 PN 结接触面小, 适宜在小电流状态下使用, 面接触型和平面型二极管的特点是 PN 结接触面大, 载流量大, 适合在大电流场合中使用。

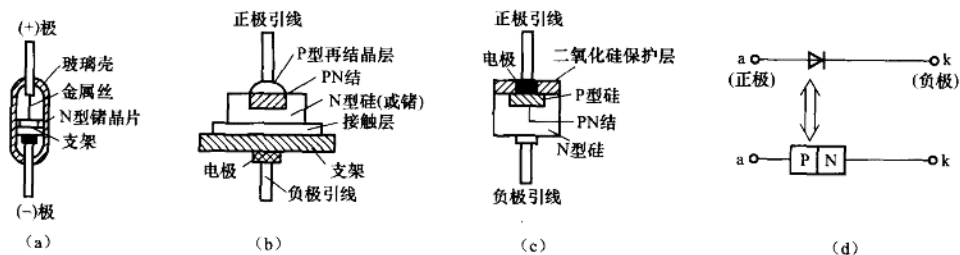


图 1-3 二极管的结构类型及符号

(a) 点接触型; (b) 面接触型; (c) 平面型; (d) 符号

二极管符号中的箭头方向表明二极管的电流只能从正极流向负极, 不能从负极流向正极, 这就是它的单向导电性。

2. 二极管的特性

二极管的核心部分是 PN 结, PN 结具有单向导电性, 这也是二极管的主要特性。

二极管的导电性能由加在二极管两端的电压决定, 二极管两端上的电压与流过二极管的

电流之间的关系称为二极管的伏安特性。用于定量描述这两者关系的曲线叫伏安特性曲线,如图1-4所示。由图可见,二极管的导电特性可分为正向特性和反向特性两部分。

(1) 正向特性。

1) 死区:当外加电压为0时,电流也为0,故曲线经过原点。当二极管加上正向电压且电压较低时,电流非常小,如OA,OA'段,通常称这个区域为死区。硅二极管的死区电压约为0.5V,锗二极管的死区电压约为0.1~0.2V。在实际应用中,通常近似认为在死区电压范围内,二极管的正向电流为0,表明二极管不导通。

2) 非线性区:当正向电压大于死区电压之后,正向电流逐渐增加,如图1-4中的AB, A'B'段所示。此时二极管由截止转为正向导通,其硅二极管的阀门电压为0.6V,锗二极管的阀门电压为0.2V。

3) 线型区:当二极管正向导通后,正向电流直线增加,如图1-4中的BC, B'C'段所示。二极管两端的管压降(二极管两端的电压)变化不大,硅管为0.6~0.8V,锗管为0.2~0.3V。

可见二极管正向导通是有条件的,并不是加上正向电压就导通,而是加上正向电压且正向电压值大于死区电压值时才导通。

(2) 反向特性。

1) 反向截止区:在二极管两端加上反向电压时,有微弱的反向电流,如图1-4中的OD, OD'段所示。硅管的反向电流一般为几至几十微安,锗管的反向电流一般为几十至几百微安,此时二极管即为反向截止。在一定范围内反向电流与所加反向电压无关,但它随温度上升而增加很快。反向电流也称反向饱和电流,它的大小是衡量二极管质量好坏的一个重要标志,其值越小,二极管质量越好。一般情况下可以忽略反向饱和电流,认为二极管反向不导通。

2) 反向击穿区:当反向电压继续增大到一定数值后,反向电流会突然增大,如图1-4中的DE, D'E'段所示。这时二极管失去了单向导电性,这种现象称为二极管反向击穿,此时二极管两端所加的电压称为反向击穿电压。二极管反向击穿后(也可以叫电压击穿),只要采取限流措施使反向电流不超过允许值,降低或去掉反向电压后,二极管可恢复正常;如果不采取限流措施,很大的反向电流流过会使二极管迅速发热,将导致二极管热击穿而永久性损坏。

可见二极管的击穿有电压击穿和热击穿之分。电压击穿后二极管可恢复正常,而热击穿后二极管不能恢复正常。

由此可见,二极管的伏安特性曲线不是直线,表明二极管是一个非线性元件,这是二极管的一个重要特性。

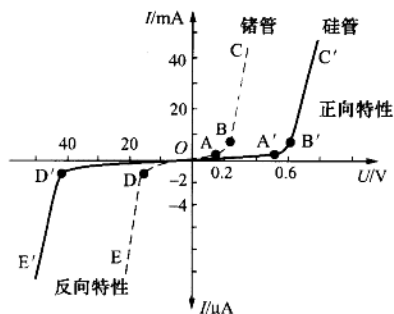


图1-4 二极管的伏安特性曲线

1.1.4 二极管的主要参数与选用依据

为了正确使用二极管,必须了解它的主要参数。

(1) 最大整流电流 I_{OM} 。在规定散热条件下,二极管长期使用时,允许通过的最大正向电流。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM} 。保证二极管不被击穿的最高反向峰值电压,通常规定其值为击穿电压的1/2。

选用二极管的依据是:

$$\begin{cases} I \leq I_{OM} \\ U \leq U_{RM} \end{cases}$$

式中, I 为二极管的实际工作电流; U 为实际工作反向电压。

二极管常用于整流、开关、检波、限幅、箝位、保护、隔离等许多场合, 今后将逐步进行介绍。

1.1.5 稳压、发光、光敏二极管简介

1. 稳压二极管

(1) 稳压二极管的特性及符号。稳压二极管简称稳压管, 它是利用 PN 结的反向击穿特性, 采用特殊工艺制造的, 在规定的反向电流范围内可以重复击穿的硅二极管。它的符号和伏安特性如图 1-5 所示。它的正向伏安特性与普通硅二极管的正向伏安特性相同, 其正反向伏安特性曲线非常陡直。用限流电阻将流过稳压管的反向击穿电流 $I_{V_{DZ}}$ 限制在 $I_{V_{DZmin}} \sim I_{V_{DZmax}}$ 之间时, 稳压管两端的电压 $U_{V_{DZ}}$ 几乎不变。利用稳压管的这种特性, 就能达到稳压的目的。

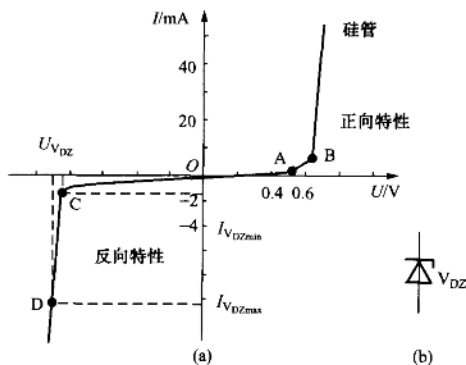


图 1-5 稳压二极管的伏安特性与符号

(a) 伏安特性曲线; (b) 符号

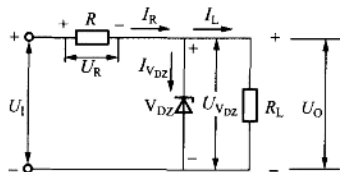


图 1-6 简单的硅稳压电路

(2) 硅稳压电路。图 1-6 就是一个简单的稳压管稳压电路。 R 为限流电阻, 稳压管 VS 与负载 R_L 并联, 属于并联稳压电路。显然, 负载两端的输出电压 U_0 等于稳压管的稳定电压 $U_{V_{DZ}}$ 。

(3) 稳压原理。由于输入电压 U_1 的变化或者负载电阻 R_L 的变化, 会导致 U_0 的变化, 根据稳压二极管的稳压特性, $U_{V_{DZ}}$ 较小的变化会导致 $I_{V_{DZ}}$ 较大的变化, 或使限流电阻的电压降发生较大的变化, 从而使 U_0 基本不变, 达到稳压的目的。

$$\begin{aligned} U_1 \uparrow &\rightarrow U_0 \uparrow \rightarrow U_{V_{DZ}} \uparrow \rightarrow I_{V_{DZ}} \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_0 \downarrow \\ U_L \uparrow &\rightarrow U_0 \uparrow \rightarrow U_{V_{DZ}} \uparrow \rightarrow I_{V_{DZ}} \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_0 \downarrow \end{aligned}$$

(4) 稳压管的参数。稳压管的主要参数有以下几个:

1) 稳定电压 $U_{V_{DZ}}$: 稳压管正常工作时两端的反向电压。由于制造原因, 即使是同一型号稳压管的稳定电压也不一定相同, 而是某一范围值。如 2CW1 的 $U_{V_{DZ}} = 7 \sim 8.5V$, 使用时需经过测定。

2) 稳压电流 $I_{V_{DZ}}$: 稳压管稳压时的工作电流。用限流电阻把它限制在 $I_{V_{DZmin}} \sim I_{V_{DZmax}}$ 之间。

3) 最大耗散功率 P_M : 稳压管稳压时 $P = I_{V_{DZ}} U_{V_{DZ}} \leq P_M$ 。通常取 $I_{V_{DZ}} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4} \right) I_{V_{DZmax}}$ 。

选择稳压管的依据是:

$$\begin{cases} U_{V_{DZ}} = U_0 \\ I_0 = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3} \right) I_{V_{DZmax}} \\ U_1 = (2 \sim 3) U_0 \end{cases}$$

式中, U_1 为稳压电路的输入电压; U_0 、 I_0 分别为稳压电路输出给负载的电压、电流。

稳压管稳压只适用于要求不高的小容量稳压场合。

2. 发光二极管

发光二极管是由半导体砷、磷、镓及其化合物制成的二极管,它不仅具有单向导电性,而且通电后能发出红、黄、绿等鲜艳的色光,常用 LED 表示。它工作时只需加 1.5 ~ 3V 正向电压和几毫安电流就能正常发光。它体积小、反应快、价廉并且工作可靠,广泛应用于各种指示电路,同时也有美观的效果,其符号如图 1-7(a) 所示。

3. 光敏二极管

光敏二极管是利用半导体的光敏特性制造的二极管。无光照时流过光敏二极管的电流(称暗电流)很小;受光照时流过光敏二极管的电流(称光电流)明显增大。如 2AU1B 光敏二极管的暗电流小于 $10\mu\text{A}$, 光电流达 $40\mu\text{A}$ 。光敏二极管的符号如图 1-7(b) 所示。

光敏二极管常用于光电转换电路,如光电传感器。

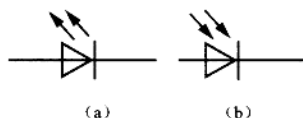


图 1-7 发光二极管与光敏二极管的符号

(a) 发光二极管; (b) 光敏二极管

1.2 单相整流电路

整流是指将交变电流变换成单向脉动电流的过程,实现这种功能的电路称为整流电路。整流电路有单相整流电路和三相整流电路之分,在常用的家用电器设备中,主要是单相整流电路。常见的单相整流电路有半波、全波、桥式整流电路。

二极管整流的原理:我们已经知道,二极管具有单向导电的特性,当加正向电压时,二极管导通,其正向电阻很小;当加反向电压时,只要不引起反向击穿,二极管截止,呈现很大的电阻。这样,二极管就相当于一个开关,如图 1-8 所示,其中 r_d 为二极管正向导通时的等效电阻。整流电路就是利用二极管的这种开关特性构成的。

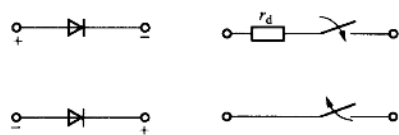


图 1-8 二极管相当于一个开关

为分析时更为直观,我们可忽略二极管正向导通时的电阻 r_d ,即将二极管看成理想开关。

本节将重点讨论常见的单相整流电路,包括半波、全波、桥式整流电路。下面分别进行介绍。

1.2.1 单相半波整流电路

1. 电路结构

半波整流电路由变压器 T、二极管 VD 和负载 R_L 组成,如图 1-9(a) 所示。变压器的作用是将交流电压变换到所需要的值。二极管的作用是将交流电变成单方向脉动直流电,即二极管为整流元件。负载电阻 R_L 表示耗能元件。

2. 工作原理

变压器二次侧电压为 $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$, 将其加在二极管上,由于二极管的单向导电性,只允