



电子·教育

中等职业学校电子信息类教材 **电子技术专业**

电子线路

(第3版)

宋贵林 姜有根 主编

本书配有电子教学参考资料包

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

中等职业学校电子信息类教材(电子技术专业)

电子线路

(第3版)

宋贵林 姜有根 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书内容包括模拟电路和数字电路两部分。模拟电路部分的主要内容有:半导体和半导体管、小信号放大器、放大电路中的负反馈、正弦波振荡电路、直流放大电路、功率放大电路、直流稳压电路和无线电广播的发送与接收。数字电路部分的主要内容有:逻辑代数及基本逻辑门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路和脉冲整形电路等。本书重新编写后重点更加突出,更加注重基础知识和基本概念的讲述与练习,力争使之符合职业学校的教学特点。

本书可作为中职、中专学校电子技术专业教材,也可作为从事电子技术工作人员的自学参考用书。

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/宋贵林,姜有根主编. —3版. —北京:电子工业出版社,2004.2

中等职业学校电子信息类教材·电子技术专业

ISBN 7-5053-9474-6

I. 电... II. ①宋...②姜... III. 电子电路—专业学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第116459号



责任编辑:刘文杰

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

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:16.5 字数:419千字

印 次:2006年7月第4次印刷

印 数:3000册 定价:21.00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 zlls@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言



《电子线路》(第2版)自1998年出版以来,备受广大师生的欢迎与关爱,先后重印了9次。鉴于我国职业教育形势的发展和广大师生的需要,我们对《电子线路》(第2版)进行了修订。

与《电子线路》(第2版)相比,此次修订后的《电子线路》(第3版)有如下变化:

- (1)改正了原来编、校疏漏留下的错误及叙述不够精确的地方。
- (2)按照最新国家标准,统一和完善了全书的图形符号和文字符号。
- (3)删除了实用性较差的“对偶规则”及内容,补充了“代入法则”。
- (4)精选了习题。

本书注重职业教育的特点,着重基本概念、基本理论和基本计算方法等基础知识的阐述,讲解深入浅出并注入新的思路。重点在于培养学生分析问题、解决问题的能力、理论结合实际能力和实际操作能力。在学习基础知识和分立元件的基础上,较多地介绍了新型元、器件和常用集成电路的有关知识。每章后均有小结、习题和实验。

为了照顾维修人员使用方便,本书在引用某些原理图时,尽量和原图保持一致,其中某些元器件的符号和现行标准可能不尽一致,敬请读者见谅。

本书共12章,包括模拟电路(第1章至第8章)和数字电路(第9章至第12章)两部分。模拟电路部分主要内容有:半导体和半导体管,小信号放大器,放大电路中的负反馈,正弦波振荡电路,直流放大电路,功率放大电路,直流稳压电路,无线电广播的发送与接收。数字电路部分主要内容有:逻辑代数及基本逻辑门电路,组合逻辑电路,时序逻辑电路,脉冲整形电路。

本书模拟电路部分由宋贵林老师担任主编,数字电路部分由姜有根老师担任主编,参加编写工作的有胡春萍、宋军、苏永昌、张翠兰、马广月、熊联荣、王岚、李郁文、崔鹏飞等同志。

本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版),请有此需要的教师与电子工业出版社联系,我们将免费提供。E-mail:ve@phei.com.cn

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和错误,请广大师生批评指正。

编 者

2004年1月8日





第 1 章 半导体和半导体管	(1)
1.1 半导体的基础知识	(1)
1.1.1 半导体的结构及其特性	(1)
1.1.2 半导体材料	(1)
1.1.3 PN 结及其特性	(2)
1.2 半导体二极管	(3)
1.2.1 二极管的结构与类型	(3)
1.2.2 二极管的伏安特性曲线	(3)
1.2.3 二极管的主要参数	(5)
1.2.4 硅稳压二极管	(6)
1.2.5 其他二极管	(7)
1.3 半导体三极管	(7)
1.3.1 三极管的结构与类型	(8)
1.3.2 三极管的电流放大作用	(9)
1.3.3 三极管的连接方法	(10)
1.3.4 三极管的伏安特性曲线	(11)
1.3.5 三极管的主要参数	(13)
1.4 场效应晶体管	(15)
1.4.1 结型场效应晶体管	(15)
1.4.2 绝缘栅型场效应晶体管	(17)
本章小结	(18)
习题 1	(20)
实验 1 半导体二极管与三极管	(20)
第 2 章 小信号放大器	(23)
2.1 放大器的基础知识	(23)
2.1.1 放大器的基本结构	(23)
2.1.2 放大器的分类	(23)
2.1.3 放大器的基本参数	(23)
2.1.4 放大器的工作原理	(25)
2.2 小信号放大器的直流分析	(28)
2.2.1 放大器直流通路的近似计算法	(28)
2.2.2 放大器直流通路的图解法	(29)
2.3 小信号放大器的交流分析	(31)
2.3.1 简单偏置放大电路的交流通路	(31)
2.3.2 输入电阻的计算	(32)
2.3.3 输出电阻的计算	(32)
2.3.4 电压放大倍数的计算	(32)

2.4	几种常用的小信号放大器	(33)
2.4.1	分压式电流负反馈偏置电路	(34)
2.4.2	电压反馈式偏置电路	(35)
2.4.3	射极输出器	(37)
2.5	放大电路的频率特性	(38)
2.5.1	放大电路的频率特性	(39)
2.5.2	放大器频率特性产生的原因	(39)
2.6	多级放大器	(40)
2.6.1	多级放大器的耦合方式及其特点	(40)
2.6.2	多级放大器的性能	(41)
2.7	调谐放大器	(42)
2.7.1	LC 并联谐振回路的频率特性	(42)
2.7.2	简单调谐放大电路	(43)
2.7.3	调谐放大器的类型和应用	(44)
2.8	场效应晶体管放大电路	(45)
2.8.1	自生偏压共源放大电路	(45)
2.8.2	分压偏置共源放大电路	(47)
2.8.3	源极输出器电路	(48)
	本章小结	(48)
	习题 2	(49)
	实验 2 分压式电流负反馈偏置电路	(50)
第 3 章	放大电路中的负反馈	(53)
3.1	反馈的基本概念	(53)
3.1.1	反馈的定义	(53)
3.1.2	反馈的类型及其判断方法	(53)
3.2	负反馈放大电路的一般表达式	(55)
3.2.1	放大倍数	(56)
3.2.2	反馈深度	(56)
3.3	负反馈在放大电路中的应用	(57)
3.3.1	电流串联负反馈	(57)
3.3.2	电压串联负反馈	(58)
3.3.3	电压并联负反馈	(59)
3.3.4	电流并联负反馈	(59)
3.4	负反馈对放大电路的影响	(60)
3.4.1	降低放大倍数	(60)
3.4.2	提高放大倍数的稳定性	(60)
3.4.3	减小非线性失真	(61)
3.4.4	展宽频带	(61)
3.4.5	改变输入电阻和输出电阻	(61)
3.4.6	减小放大器的内部噪声	(62)
	本章小结	(62)
	习题 3	(63)
	实验 3 负反馈放大器的研究	(63)

第 4 章 正弦波振荡电路	(66)
4.1 振荡电路的基础知识	(66)
4.1.1 振荡电路的组成	(66)
4.1.2 振荡电路的振荡条件	(66)
4.2 LC 正弦波振荡电路	(68)
4.2.1 变压器耦合振荡电路	(68)
4.2.2 三点式振荡电路	(69)
4.2.3 石英晶体振荡电路	(72)
4.3 RC 正弦波振荡电路	(74)
本章小结	(76)
习题 4	(77)
实验 4 LC 正弦波振荡器(变压器耦合式)	(78)
第 5 章 直流放大电路	(80)
5.1 直流放大电路的特殊问题	(80)
5.1.1 直接耦合	(80)
5.1.2 电位移动	(80)
5.1.3 零点漂移现象	(80)
5.2 差动放大电路	(81)
5.2.1 双端输入—双端输出差动放大电路	(81)
5.2.2 其他形式的差动放大电路	(83)
5.3 集成运算放大器	(84)
5.3.1 集成电路概述	(84)
5.3.2 集成运算放大器的基础知识	(85)
5.3.3 运算放大器的基本运算功能	(86)
5.3.4 集成运算放大器的应用	(89)
本章小结	(90)
习题 5	(91)
实验 5 差动放大电路	(91)
第 6 章 功率放大电路	(94)
6.1 功率放大电路的基础知识	(94)
6.1.1 功率放大电路的特点和要求	(94)
6.1.2 功率放大电路的分类	(94)
6.2 乙类推挽功率放大电路	(95)
6.2.1 电路结构	(95)
6.2.2 工作原理	(95)
6.2.3 电路的主要参数	(96)
6.2.4 交越失真	(97)
6.3 无变压器功率放大电路	(97)
6.3.1 OTL 电路	(97)
6.3.2 采用复合管的 OTL 电路	(99)
6.3.3 OCL 电路	(100)
6.4 集成功率放大电路	(101)
6.4.1 LA4112 音频功率放大电路	(101)
6.4.2 BA535 双音频功率放大电路	(102)

本章小结	(102)
习题 6	(103)
实验 6 无变压器功率放大电路(OTL)	(104)
第 7 章 直流稳压电路	(106)
7.1 整流电路	(106)
7.1.1 半波整流电路	(106)
7.1.2 全波整流电路	(107)
7.1.3 桥式整流电路	(108)
7.1.4 倍压整流电路	(109)
7.1.5 整流电路性能的比较	(110)
7.2 滤波电路	(111)
7.2.1 电容滤波电路	(111)
7.2.2 电感滤波电路	(113)
7.2.3 Γ 型滤波电路	(114)
7.2.4 π 型滤波电路	(114)
7.2.5 滤波电路性能的比较	(115)
7.3 串联式稳压电路	(115)
7.3.1 简单的串联式稳压电路	(115)
7.3.2 具有放大环节的串联式稳压电路	(116)
7.4 集成稳压电路	(118)
7.4.1 W7800 与 W7900 三端固定集成稳压电路	(119)
7.4.2 W317 与 W337 三端可调集成稳压电路	(120)
7.5 串联式开关稳压电源	(120)
7.5.1 基本结构	(121)
7.5.2 基本工作原理	(121)
7.6 变换器电路	(121)
7.6.1 电感储能式脉冲变换器	(121)
7.6.2 半桥式脉冲变换器	(122)
7.7 微型计算机电源	(123)
7.7.1 主机电源	(123)
7.7.2 不间断电源	(124)
本章小结	(124)
习题 7	(125)
实验 7 串联型稳压电源	(125)
第 8 章 无线电广播的发送与接收	(128)
8.1 无线电广播的基础知识	(128)
8.1.1 调制	(128)
8.1.2 解调	(128)
8.1.3 无线电广播发送与接收的基本过程	(129)
8.2 变频	(129)
8.2.1 变频及其作用	(129)
8.2.2 变频电路	(130)
8.3 检波与鉴频	(131)
8.3.1 检波	(131)

8.3.2 鉴频	(132)
本章小结	(134)
习题 8	(135)
实验 8 超外差式收音机的组装与调试	(135)
第 9 章 逻辑代数及基本逻辑门电路	(141)
9.1 二进制及编码	(141)
9.1.1 二进制	(141)
9.1.2 编码	(143)
9.2 基本逻辑运算和基本门电路	(146)
9.2.1 基本逻辑运算	(146)
9.2.2 逻辑运算法则和基本公式	(149)
9.2.3 基本门电路	(151)
9.3 逻辑函数的表示及其化简	(165)
9.3.1 逻辑函数的表示	(165)
9.3.2 逻辑表达式化简	(165)
9.3.3 逻辑表达式的变换	(173)
本章小结	(174)
习题 9	(174)
实验 9 门电路功能测试	(176)
第 10 章 组合逻辑电路	(179)
10.1 组合逻辑电路	(179)
10.1.1 加法器	(179)
10.1.2 比较器	(181)
10.1.3 编码器	(184)
10.1.4 译码器	(186)
10.2 竞争冒险现象及其消除	(190)
10.2.1 竞争冒险现象产生条件	(190)
10.2.2 竞争冒险的检查	(193)
10.2.3 消除竞争冒险的措施	(194)
本章小结	(195)
习题 10	(196)
实验 10 组合电路功能测试	(196)
第 11 章 时序逻辑电路	(200)
11.1 触发器	(200)
11.1.1 基本 R-S 触发器	(200)
11.1.2 同步触发器	(203)
11.1.3 触发器功能转换	(207)
11.2 时序逻辑电路	(209)
11.2.1 寄存器	(209)
11.2.2 计数器	(213)
11.2.3 节拍器	(222)
11.2.4 分频器	(227)
本章小结	(230)
习题 11	(230)

实验 11 触发器和时序电路功能测试	(232)
第 12 章 脉冲整形电路	(235)
12.1 555 定时器	(235)
12.1.1 电路组成	(235)
12.1.2 电路的基本功能	(236)
12.2 施密特触发器	(236)
12.2.1 用 555 定时器构成施密特触发器	(236)
12.2.2 集成电路中的施密特触发器	(237)
12.3 单稳态电路	(237)
12.3.1 集成单稳电路	(237)
12.3.2 用 555 定时器构成的单稳态电路	(238)
12.4 矩形脉冲信号发生器(多谐振荡器)	(240)
12.4.1 非门多谐振荡器	(240)
12.4.2 用 555 定时器构成多谐振荡器	(241)
本章小结	(242)
习题 12	(242)
实验 12 多谐振荡器和施密特触发器功能测试	(243)
附录 A 数字电路实验设备制作	(245)
附录 B 集成电路器件型号	(249)

第 1 章 半导体和半导体管



半导体器件是电子电路的核心。电子电路的质量与所用半导体器件的质量关系非常密切。因此,学习电子电路必须首先了解半导体器件的构造,掌握它们的工作原理、特性和参数。半导体器件的种类很多,一般来说,由半导体材料制造的二极管、三极管及集成电路等,统称为半导体器件。本章学习的主要是半导体二极管、三极管和场效应晶体管的基础知识。

1.1 半导体的基础知识

世界上有多种物质,按其导电性能可分为导体、绝缘体和半导体三类。导电性能良好的物质称为导体,例如各种金属及酸、碱、盐的水溶液等;不善于导电的物质称为绝缘体,例如玻璃、橡胶及陶瓷等;另外还有一类物质,它们的导电性能介于导体和绝缘体之间称为半导体,例如硅、锗等。

1.1.1 半导体的结构及其特性

1. 半导体的结构

纯净的半导体称为本征半导体。常用的半导体硅(Si)、锗(Ge)分别由硅、锗原子组成。在常温下,由于其为共价键结构而处于稳定状态,自由电子极少,所以它们的导电性能很差。由于某种原因(例如受热、光照),有的价电子由于吸收能量而内能增加,挣脱了原子核的束缚变为自由电子。电子离去后,原来的位置就留下一个空位,这个空位称为“空穴”。

一个价电子离去即可形成一个电子和一个空穴。这个空穴又可以被别的电子填补,这样就又产生了一个新的空穴。电子和空穴均为载流子。在电场的作用下,电子向高电位运动,空穴向低电位运动,形成电流。

2. 半导体的特性

(1)热敏特性。当半导体的温度升高时,电子、空穴增多,它的导电性能就会随着温度的升高而增强。半导体的这种特性,称为热敏特性。利用半导体的这种特性可制成热敏元件。

(2)光敏特性。当半导体受到光的照射时,电子、空穴也会增多,导电性能也会随光照的增强而增强。半导体的这种特性称为光敏特性。利用半导体的这种特性可制成光敏元件。

(3)掺杂特性。当有目的的往本征半导体中掺入微量五价或三价元素时,它的导电性能就会急剧增强。半导体的这种特性称为掺杂特性。利用半导体的这种特性,可以制成半导体材料。

1.1.2 半导体材料

利用半导体的掺杂特性往本征半导体中掺入微量的五价或三价元素,就得到了半导体材料。半导体材料有 N 型和 P 型两种。

1. N 型半导体材料

往本征半导体中掺入微量的五价元素,可以得到 N 型半导体材料。这是由于五价元素的



掺入使自由电子浓度增大、使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。N型半导体导电是以电子导电为主的,所以N型半导体又称为电子导电半导体。

2. P型半导体材料

往本征半导体中掺入微量的三价元素,就可得到P型半导体材料。这是由于三价元素的掺入使空穴浓度增大,使得半导体的导电性能急剧增强的缘故。在电场的作用下,电子依次填补“空穴”形成电流。P型半导体导电是以空穴导电为主的,所以P型半导体又称为空穴导电半导体。

由于杂质的掺入,使得N型半导体和P型半导体内部的载流子数目远远大于本征半导体,所以半导体材料的导电能力比本征半导体有了极大的增强。但是,在本征半导体中掺入杂质的目的,不是为了单纯提高半导体的导电能力,而是通过控制掺杂量,制造出合乎要求的半导体材料,用来生产半导体器件。

1.1.3 PN结及其特性

1. PN结

当我们把一块P型半导体和一块N型半导体以一定的工艺方法结合在一起时,P型半导体中的空穴和N型半导体中的电子就会相互扩散、复合,在它们的界面就形成了一个带有电荷而无载流子的特殊薄层。P型区部分由于失空穴得电子而带负电,N型区部分由于失电子得空穴而带正电,这个薄层就叫做“PN结”,所形成的电场称为PN结电场。由于PN结内的电子与空穴复合而无载流子,所以PN结又叫做“耗尽层”,如图1-1所示。

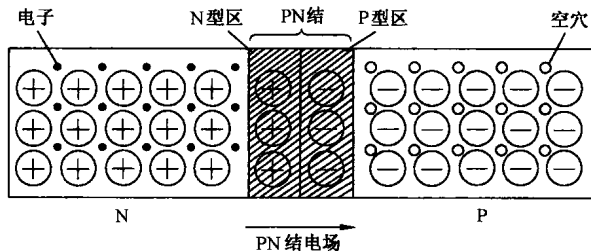


图 1-1 PN 结的示意图

2. PN结的特性

PN结具有单向导电特性。

(1)PN结正向导电。当给PN结加正向电压(P端接高电位,N端接低电位)时,外电场的方向与PN结电场的方向相反。由于外电场的加入,使PN结电场减弱,PN结变薄,使得扩散能够继续进行而导电,如图1-2(a)所示。

(2)PN结反向不导电。当给PN结加反向电压(P端接低电位,N端接高电位)时,外电场的方向与PN结电场的方向相同。由于外电场的加入,使PN结电场增强,PN结变厚,使得扩散不能进行而不导电,如图1-2(b)所示。

PN结的单向导电性具有重要的理论和实用意义,它是分析半导体二极管、三极管工作原理的基础。

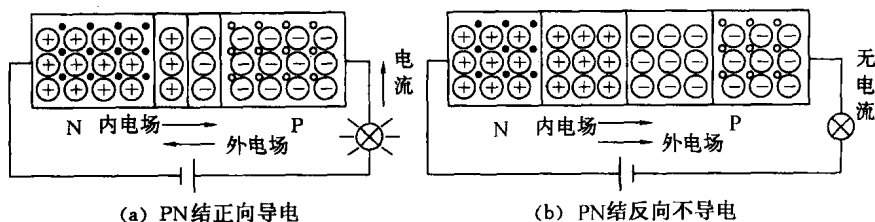


图 1-2 PN 结的单向导电特性

1.2 半导体二极管

半导体二极管是电子电路中常用的一种半导体器件,它主要用于整流、稳压、检波、电压钳位及温度补偿等。在本书中,如无特殊指定,“二极管”均指半导体二极管。

1.2.1 二极管的结构与类型

1. 二极管的结构

一个二极管是由一个 PN 结加上引线经封装而构成的,如图 1-3(a)所示。P 区接出的引线为二极管的正极,N 区接出的引线为二极管的负极。二极管在电路中常用一个专用符号来表示,如图 1-3(b)所示。带箭头的一端为二极管的正极,带竖线的一端为二极管的负极。

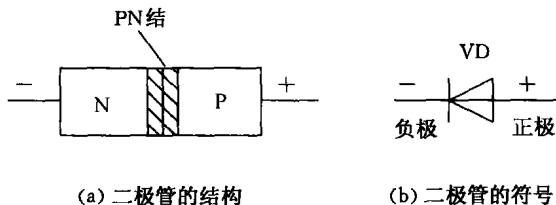


图 1-3 二极管的结构与符号

2. 二极管的类型

按构成二极管的半导体种类,可分为硅管和锗管;按二极管的耗散功率,可分为大功率管和小功率管;按二极管的工作频率,可分为高频管和低频管;按二极管的用途可分为普通管、整流管、变容管、开关管、稳压管和阻尼管等。

1.2.2 二极管的伏安特性曲线

前面我们已经学过,PN 结具有单向导电性,这只是对二极管两端所加电压与通过二极管的电流所做的粗略描述。为了对二极管的单向导电性做具体的分析,必须细致地研究二极管的电压—电流关系,即二极管的伏安特性曲线。

1. 二极管伏安特性曲线的作法

分别按图 1-4(a)与(b)连接电路。图 1-4(a)是给二极管加正向电压;图 1-4(b)是给二极管加反向电压。改变二极管两端电压的高低,并分别测出通过二极管的电流。根据所测得的数据在坐标纸的横坐标上标明各电压值,在纵坐标上标明各相应的电流值,再把各个电压、电流的交点连接成圆滑的曲线,即可得到二极管的伏安特性曲线,如图 1-5 所示。

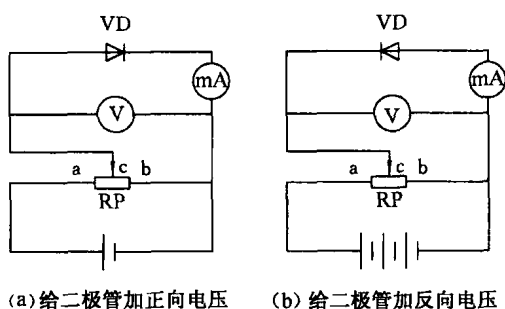


图 1-4 二极管伏安特性曲线的测试电路

2. 二极管的伏安特性曲线

(1) 二极管的正向伏安特性曲线。按图 1-4 (a) 连接电路(以 2CP 型硅二极管为例)。把电位器 RP 从 b 点逐渐向 a 点移动, 从零开始逐渐给二极管加正向电压, 即可得到二极管的正向伏安特性曲线。二极管的正向伏安特性曲线可分为 3 段, 如图 1-5 中第 1 象限的曲线所示。

① 0A 段: 当电压较低时电流极小且不随电压的增高而增大, 曲线几乎与横轴 U 重合, 此段叫做“死区”, 相应的电压值为 $0 \sim 0.5\text{V}$ 。

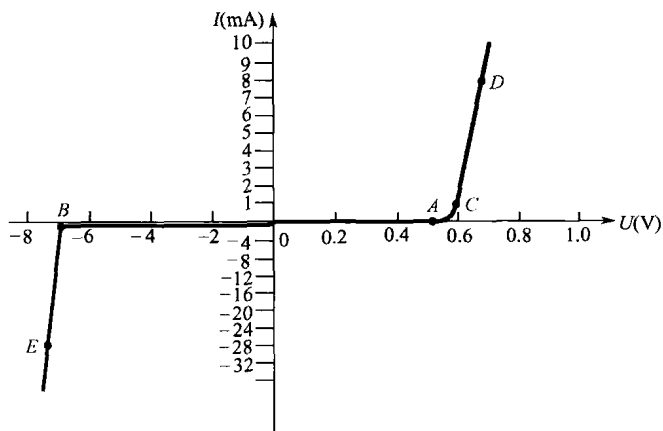


图 1-5 二极管的伏安特性曲线

② AC 段: 当电压逐渐升高时, 电流逐渐增大, 且电流与电压呈曲线关系增大, 此段叫做“非线性区”, 相应的电压值为 $0.5 \sim 0.6\text{V}$ 。

③ CD 段: 当电压从 0.6V 再升高时, 电流急剧增大, 且电流与电压呈线性关系增大, 此段叫做“线性区”。相应的电压值一般为 $0.6 \sim 0.8\text{V}$ 。此后, 如果电压过高, 二极管会因电流过大而烧毁。

(2) 二极管的反向伏安特性曲线。由于普通二极管反向击穿后将造成永久性损坏, 为了实验安全, 学习测试二极管的反向伏安特性曲线时, 可使用 6V 左右的硅稳压二极管, 如 2CW55。如欲测试普通二极管的反向伏安特性曲线, 为了安全起见, 应使用晶体管特性图示仪。

按图 1-4(b) 连接电路。把电位器 RP 的滑动端 c 从 b 点逐渐向 a 点移动, 从零开始逐渐给二极管加反向电压, 即可得到二极管的反向伏安特性曲线。二极管的反向伏安特性曲线可分为截止区和击穿区两段, 如图 1-5 中第 3 象限的曲线所示。

① 截止区。当反向电压从零增大到 -0.1V 时, 二极管将有极小的反向电流。随后, 反向电流只保持这个极小的数值, 不再随反向电压的增高而增大, 这个极小的反向电流就是二极管的反向饱和电流, 如图 1-5 中 0B 段所示。硅二极管的反向饱和电流在纳安级, 锗二极管的反向饱和电流在微安级。

② 击穿区。当反向电压超过 B 点电压继续增高时, 二极管将突然出现很大的反向电流, 我们称此时的二极管处于反向击穿状态, B 点电压 U_B 称为反向击穿电压, 如图中 BE 段所示。



二极管进入击穿区后,如果对反向电流不加以限制并继续增高反向电压,二极管将被击穿。普通二极管击穿后,将造成永久性损坏。对于硅稳压二极管来说,虽然击穿区就是它的工作区,但也要对流过硅稳压二极管的反向电流加以限制,如果反向电流过大,硅稳压二极管也可能被烧坏。

(3)关于二极管伏安特性曲线的几点说明:

① 在没有限制电流措施的情况下,给二极管加过高的正向电压或反向电压均能使通过PN结的电流过大而损坏二极管。在测量普通二极管的反向伏安特性曲线时应该特别注意。

② 处于正向线性区和反向击穿区的二极管,均具有电压的微小变化会引起电流的很大变化的特性,即稳压特性。利用二极管的稳压特性可使二极管在电路中起稳压作用。关于二极管的稳压作用本节后面将有详细讲述。

③ 二极管的正向伏安特性曲线和二极管的反向伏安特性曲线的坐标刻度是不一样的,应用中应予以注意。

④ 二极管伏安特性曲线的获得,可以采用“描点法”或“图示仪法”。“描点法”即本节前面所讲述的方法,“图示仪法”须用专用仪器“晶体管特性图示仪”来测量。

1.2.3 二极管的主要参数

二极管的参数表征二极管的性能和使用特点,可作为选择二极管的依据。二极管的主要参数如下。

(1)直流电阻(静态电阻) R 。二极管两端所加的电压与通过二极管的电流之比,称为二极管的直流电阻,用公式表示为

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

如图1-6所示,二极管工作于A点时, $U_A = 0.7\text{V}$, $I_A = 10\text{mA}$,则

$$R = \frac{U_A}{I_A} = \frac{0.7}{10} = 70(\Omega)$$

必须指出,随着二极管工作点的改变,二极管的直流电阻也要变化。在用万用表测量二极管的直流电阻时,这一点表现最为明显,即当用不同的量程测量二极管的直流电阻时,由于所加的电压不同,测得的直流电阻值也不同。

(2)交流电阻(动态电阻) r 。交流电阻 r 表示二极管对交流电流的阻碍作用,数值上等于二极管两端的交流电压 u 与通过二极管的交流电流 i 之比,即

$$r = \frac{u}{i} \quad (1-2)$$

由于二极管是单向导通的,所以这里所指的交流电压和交流电流都是叠加在二极管的直流电压和直流电流之上的。

如果在伏安特性曲线上计算某点(如Q点)的交流电阻,可以在伏安特性曲线上过该点作一条切线,在切线上任取两点,分别对应为 U_1, I_1 和 U_2, I_2 ,如图1-6所示。该点的交流电阻用公式表示为

$$r = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{u}{i}$$

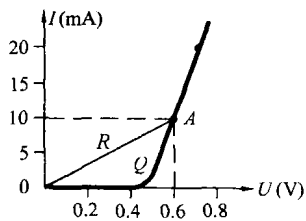


图 1-6 二极管的电阻

通过分析可以看出,曲线上不同点的交流电阻一般是不同的,即二极管的交流电阻也是随工作点的变化而变化的。不过,通常二极管的交流电阻比直流电阻小,这是因为二极管导通时伏安特性曲线很陡的缘故。

(3)最大整流电流 I_F 。 I_F 指二极管作为整流管使用时所允许通过的最大正向平均电流。使用中,通过二极管的电流不得超过 I_F ,否则可能会烧毁二极管。

(4)最高反向工作电压 U_R 。 U_R 指二极管工作时所能承受的最高反向工作电压。此值一般为反向击穿电压 U_B 的一半左右。使用中,二极管两端的反向电压不得超过 U_R ,否则可能会击穿二极管。

(5)最高工作频率 f_M 。 f_M 指二极管工作时所允许的最高工作频率。使用中,工作频率不得超过 f_M ,否则二极管的单向导电性变差。

(6)极间电容 C_j 。 C_j 指二极管的PN结的电容、引线电容及壳体电容的总和,其中以PN结的电容为主。

1.2.4 硅稳压二极管

1. 硅稳压二极管的特性

利用PN结的反向击穿特性,采用特殊工艺,可制成稳压二极管。稳压二极管均为硅管,它的特性是反向击穿特性曲线非常陡峭。反向击穿后,尽管通过二极管的电流可以在很大范围内变化,但是其两端电压却基本保持不变。稳压二极管就是利用这种特性实现稳压的。稳压二极管的符号、稳压特性和稳压电路,如图1-7所示。

稳压二极管的稳压电路如图1-7(c)所示, R 是稳压二极管的限流保护电阻。如果电源电压出现波动,由于稳压二极管两端电压保持不变,则波动的电压落在 R 两端,负载 R_L 两端的电压保持不变。

2. 硅稳压二极管的主要参数

(1)稳定电压 U_Z 。稳定电压 U_Z 也叫击穿电压,是稳压二极管正常工作时两端所呈现的电压。不同型号的稳压二极管该值一般不同,即使同一型号的稳压二极管,稳定电压值也略有区别。在对 U_Z 要求准确的电路中,使用前,应先对 U_Z 值进行测定。

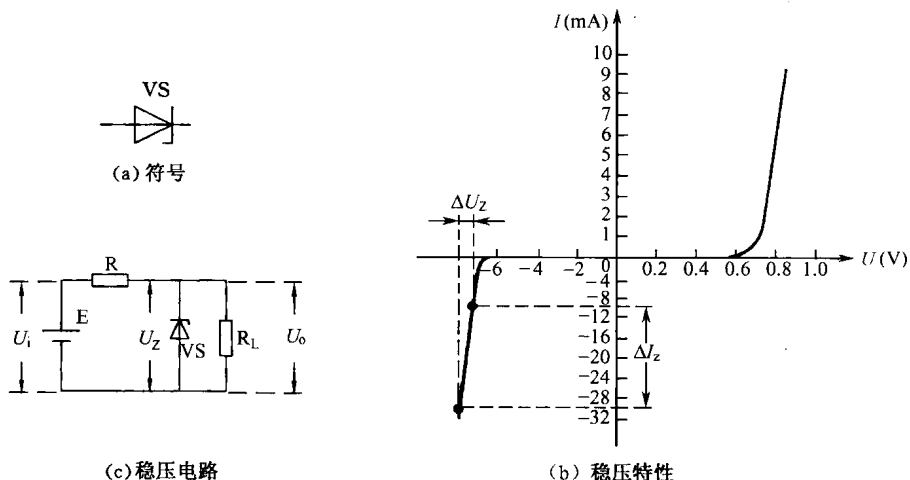


图 1-7 硅稳压二极管



(2) 稳定电流 I_Z 。稳定电流 I_Z 有最大稳定电流、最小稳定电流和稳定电流 3 种。

最大稳定电流 $I_{Z\max}$ 是稳压二极管正常工作时允许通过的最大电流。使用中, 实际稳定电流不得超过此值, 否则会损坏稳压二极管。

最小稳定电流 $I_{Z\min}$ 是稳压二极管进入正常稳压状态所必需的最小电流。使用中如果稳定电流小于此值, 稳压二极管将会因为没有进入击穿态而失去稳压作用。

稳定电流 I_Z 是稳压二极管正常工作时稳定电流的参考值。该值一般选在 $I_{Z\max}$ 与 $I_{Z\min}$ 之间。

(3) 最大耗散功率 P_{ZM} 。最大耗散功率 P_{ZM} 是稳压二极管正常工作时所能承受的最大耗散功率。稳压二极管工作时的耗散功率 P_Z 等于稳定电压 U_Z 与稳定电流 I_Z 的乘积, 即

$$P_Z = U_Z I_Z \quad (1-3)$$

使用中, P_Z 必须小于 P_{ZM} , 否则会烧坏稳压二极管。在实际应用中, 常用最大耗散功率为 0.25W 或 0.5W 的稳压二极管。

(4) 动态电阻 r_z 。动态电阻 r_z 是稳压二极管击穿后, 某一电压的变化量 ΔU_Z 与对应的电流的变化量 ΔI_Z 之比, 即

$$r_z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z} \quad (1-4)$$

动态电阻 r_z 表示的是稳压二极管反向击穿特性曲线的陡峭程度。动态电阻越小, 稳压效果越好。

(5) 电压稳定系数 α_z 。电压稳定系数 α_z 的定义式为

$$\alpha_z = \frac{\Delta U_Z / U_Z}{\Delta T} \times 100\% (1/^\circ\text{C}) \quad (1-5)$$

式中, ΔT 表示温度的变化量。 α_z 表示温度每变化 1°C , 稳压管稳定电压的相对变化量; 该值越小, 温度稳定性越好, 即稳定电压受温度变化的影响越小。稳定电压 U_Z 为 6V 的稳压管的电压稳定系数 α_z 最小, U_Z 大于 6V 的稳压管的为正值, U_Z 小于 6V 的稳压管的 α_z 为负值。所以, 一般常用 U_Z 为 6V 左右的稳压管, 如 2CW54 与 2CW55 等。

1.2.5 其他二极管

1. 发光二极管

发光二极管(简称 LED)是一种将电能转变为光能的半导体器件。发光二极管有各种颜色, 常用的发光二极管能发出红、绿、黄光等。发光二极管的工作电压较高, 一般在 1.6~3V; 正向电流在几毫安至几十毫安。发光二极管常用于线路的通、断及工作状态指示等。

2. 光电二极管

光电二极管是一种将光信号转变为电信号的半导体器件。无光线照射时, 光电二极管无电流输出, 其反向电阻很大; 当受到光线照射时, 其反向电阻变小并产生光电流, 光电流与外电路关系不大。光电二极管常用于可见光、红外光接收及光电转换的自动控制、报警、计数等设备。

1.3 半导体三极管

半导体三极管是电子电路中的核心元件, 它的主要功能是具有电流放大作用。我们要学