

高职院校精品课程“十二五”规划教材

D I A N Z I J I S H U J I C H U

电子技术基础

主 审 祝利江 钱平慎
主 编 张 辉 于水婧 于喜双
副主编 刘增俊 张青青 侯晓音



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高职院校精品课程“十二五”规划教材

电子技术基础

D I A N Z I J I S H U J I C H U

主 审	祝利江	钱平慎	
主 编	张 辉	于水婧	于喜双
副主编	刘增俊	张青青	侯晓音
参 编	吴改燕	徐 薇	高立钧

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书以电子器件为主线展开,以项目为载体,以任务为驱动,基于实践优先原则,强调实践应用能力的培养。结合教学内容和工程实际,本书设计了10个实践项目,将原理、知识和概念融入项目的应用电路中,在项目的制作过程中,使学生逐渐建立起工程应用的概念和意识。本书主要系统地介绍了半导体元件的工作原理及其在各种电路中的应用以及组合逻辑电路和时序逻辑电路的工作原理和应用。本书可作为高职院校电子、通信、计算机、机电一体化、自动化等相关专业的教材,也可作为相关专业工程技术人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础 / 张辉, 于水婧, 于喜双主编. 一成都: 西南交通大学出版社, 2014.2
高职院校精品课程“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5643-2883-2

I. ①电… II. ①张… ②于… ③于… III. ①电子技术—高等教育—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第022637号

高职院校精品课程“十二五”规划教材

电子技术基础

主编 张辉 于水婧 于喜双

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 唐建明 鲁世钊

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市金牛区交大路146号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川川印印刷有限公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 14.5

字数: 379千字

2014年2月第1版 2014年2月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-2883-2

定价: 34.50元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是按照教育部高职高专电子电器基础课程教学的基本要求，结合教育部《关于全面提高高职教育教学质量的若干意见》的指导思想，融合作者多年的教学改革经验及教学科研成果编写而成的。

本书以工作过程为导向，以实际电子产品为项目载体，把整个电子技术的教学内容贯穿于实际的电子产品生产与制作的全过程，具有情景真实性、过程可操作性、结果可检验性。教学实施过程按照教学“六步法”的步骤进行，即资讯—计划—决策—实施—检查—评估。学生带着任务和问题学知识、练技能，充分体现了教、学、做一体化的教学思想。

本教材立足于高职高专人才培养目标，充分考虑高职高专学生的特点，遵循理论够用、内容实用、突出能力培养的原则，对教学内容进行了精选，通过本课程的学习，可以使学生掌握电子技术方面的基本知识、基本理论和基本技能，培养学生对电子电路的分析、制作和调试的专业实践能力，为后续课程的学习打下良好的基础。

本教材由吉林铁道职业技术学院的张辉老师任主编，负责全书的统稿工作，并编写了项目 3；吉林铁道职业技术学院的于水婧老师任主编，参与全书的统稿工作，并编写了项目 1、项目 2、项目 6；北华大学师范分校的于喜双老师任主编，参与全书的统稿工作，并编写了项目 9；吉林铁道职业技术学院的刘增俊老师任副主编，并编写了项目 8、项目 10；吉林铁道职业技术学院的张青青老师任副主编，并编写了项目 4；吉林铁道职业技术学院的侯晓音老师任副主编，并编写了项目 7；吉林铁道职业技术学院的吴改燕、徐薇老师编写了项目 5；吉林市江密峰中学高立钧编写了附录。本教材由长春供电段祝利江、吉林供电段钱平慎作为主审，在此向他们表示感谢。

本教材在编写的过程中参考了大量文献和书籍，在此，对这些文献和书籍的作者深表感谢。

由于编者水平有限，本书难免存在欠妥之处，真诚希望读者批评指正，以促进本书的完善和更新。

编 者

2013.11

目 录

项目 1 直流稳压电源电路分析与制作	1
【工学目标】	1
【典型任务】	1
任务一 半导体及 PN 结认知	1
任务二 二极管认知	4
任务三 直流电源电路分析	10
任务四 电烙铁的使用	31
任务五 直流稳压电源的制作	35
【课堂任务】	35
【课后任务】	36
项目 1 小结	36
项目 2 半导体收音机电路分析与制作	37
【工学目标】	37
【典型任务】	37
任务一 三极管认知	37
任务二 共射极基本放大电路分析	43
任务三 静态工作点稳定电路分析	50
任务四 其它基本放大电路分析	51
任务五 多级放大电路分析	55
任务六 半导体收音机的制作	58
【课堂任务】	62
【课后任务】	62
项目 2 小结	63
项目 3 功率放大器电路分析与制作	64
【工学目标】	64
【典型任务】	64
任务一 功率放大电路分析	64
任务二 集成功率放大器 LM386 电路分析	67
任务三 功率放大器的制作	69
【课堂任务】	69
【课后任务】	70
项目 3 小结	70

项目 4 闪烁灯电路分析与制作	71
【工学目标】	71
【典型任务】	71
任务一 差动放大电路分析	71
任务二 集成运算放大器电路分析	75
任务三 反馈放大电路分析	79
任务四 集成运算放大器的应用	83
任务五 闪烁灯的制作	88
【课堂任务】	89
【课后任务】	90
项目 4 小结	91
项目 5 电子蚊拍电路分析与制作	92
【工学目标】	92
【典型任务】	92
任务一 正弦波振荡电路分析	92
任务二 非正弦波发生器电路分析	104
任务三 电子蚊拍的制作	106
【课堂任务】	107
【课后任务】	108
项目 5 小结	108
项目 6 三人表决器电路分析与制作	109
【工学目标】	109
【典型任务】	109
任务一 数字电路认知	109
任务二 逻辑代数认知	113
任务三 逻辑函数化简	120
任务四 逻辑门电路认知	125
任务五 组合逻辑电路分析	127
任务六 三人表决器的制作	137
【课堂任务】	138
【课后任务】	139
项目 6 小结	139
项目 7 八人抢答器电路分析与制作	140
【工学目标】	140
【典型任务】	140
任务一 触发器认知	140
任务二 触发器电路分析	141
任务三 触发器的应用	148

任务四 八人抢答器电路分析	149
任务五 八人数字抢答器的制作	152
【课堂任务】	154
【课后任务】	155
项目 7 小结	155
项目 8 数字电子钟电路分析与制作	156
【工学目标】	156
【典型任务】	156
任务一 时序电路分析	156
任务二 数字电子钟电路分析	165
任务三 数字电子钟的制作	167
【课堂任务】	169
【课后任务】	169
项目 8 小结	170
项目 9 电子门铃电路分析与制作	171
【工学目标】	171
【典型任务】	171
任务一 整形电路认知	171
任务二 555 叮咚音响电子门铃电路的制作	186
【课堂任务】	187
【课后任务】	187
项目 9 小结	188
项目 10 数字电压表电路分析与制作	189
【工学目标】	189
【典型任务】	189
任务一 D/A 转换器认知	189
任务二 A/D 转换器认知	198
任务三 数字电压表的制作	209
【课堂任务】	215
【课后任务】	215
项目 10 小结	215
附录 1 半导体分立器件的型号命名法 (选自 GB 248—89)	217
附录 2 半导体集成电路的型号命名法 (选自 GB3430—89)	218
附录 3 部分半导体器件的型号和参数	219
附录 4 部分半导体集成电路的型号、参数和图形符号	220
附录 5 学习成果评价量表	223
参考文献	224

项目 1

直流稳压电源电路分析与制作

【工学目标】

1. 学会分析工作任务，在教师的引导下，能够制订学习和工作计划。
2. 了解二极管的符号、特性和参数等原理性知识；会使用万用表并掌握利用万用表判断二极管好坏与极性的方法；通过查阅相关资料了解直流稳压电源的组成及掌握直流稳压电路的基本工作原理。
3. 能够正确选择元器件，能利用各种工具安装和焊接简单电路，并利用各种仪表和工具排除简单电路故障。
4. 能够主动提出问题，遇到问题能够自主或者与他人研究解决，具有良好的沟通和团队协作能力，建立良好的环保意识、质量意识和安全意识。
5. 根据所学知识，完成课堂任务，最后以小组为单位制作出符合要求的直流稳压电源。

【典型任务】

任务一 半导体及 PN 结认知

一、半导体的基础知识

半导体器件是 20 世纪中期开始发展起来的，具有体积小、重量轻、使用寿命长、可靠性高、输入功率小和功率转换效率高等优点，因而在现代电子技术中得到广泛的应用。半导体器件是构成电子电路的基础。半导体器件和电阻、电容、电感等器件连接起来，可以组成各种电子电路。顾名思义，半导体器件都是由半导体材料制成的，因此我们必须对半导体材料的特点有一定的了解。

（一）半导体的特性

自然界中的各种物质，按导电能力划分为：导体、半导体、绝缘体。半导体导电能力介于导体和绝缘体之间。

1. 热敏性

所谓热敏性就是半导体的导电能力随着温度的升高而迅速增加。半导体的电阻率对温度的变化十分敏感。例如，纯净的锗从 20°C 升高到 30°C 时，它的电阻率几乎减小为原来的 $1/2$ ；而一般的金属导体的电阻率则变化较小，比如铜，当温度同样升高 10°C 时，它的电阻率几乎不变。利用热敏性可制成各种热敏电阻。

2. 光敏性

半导体的导电能力随光照的变化有显著改变的特性叫做光敏性。例如，某种硫化铜薄膜在暗处其电阻为几十兆欧姆，受光照后，电阻可以下降到几十千欧姆，只有原来的 1%。而金属导体在阳光下或在暗处其电阻率一般没有什么变化。利用光敏性可制成光电二极管、光电三极管及光敏电阻。

3. 杂敏性

所谓杂敏性就是半导体的导电能力因掺入适量杂质而发生很大的变化。在半导体硅中，只要掺入亿分之一的硼，电阻率就会下降到原来的几万分之一。所以，利用这一特性，可以制造出不同性能、不同用途的半导体器件。而金属导体即使掺入千分之一的杂质，对其电阻率也几乎没有什么影响。利用掺杂性可制成各种不同性能、不同用途的半导体器件，例如二极管、三极管、场效应管等。

(二) 本征半导体

在电子器件中，用得最多的材料是硅和锗，硅和锗都是四价元素，最外层原子轨道上具有 4 个电子，称为价电子。每个原子的 4 个价电子不仅受自身原子核的束缚，而且还与周围相邻的 4 个原子发生联系，这些价电子一方面围绕自身的原子核运动，另一方面也时常出现在相邻原子所属的轨道上。这样，相邻的原子就被共有的价电子联系在一起，称为共价键结构，如图 1.1 所示。

本征半导体就是一种纯净的半导体晶体。在热力学温度 $T = 0\text{ K}$ ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$) 且无外部激发能量时，每个价电子都处于最低能态，价电子没有能力脱离共价键的束缚，没有能够自由移动的带电粒子，这时的本征半导体被认为是绝缘体。当温度升高或受光照时，由于半导体共价键中的价电子并不像绝缘体中束缚得那样紧，价电子从外界获得一定的能量，少数价电子会挣脱共价键的束缚，成为自由电子，这一过程叫做本征激发，同时在原来共价键的相应位置上留下一个空位，这个空位称为空穴，如图 1.2 所示。

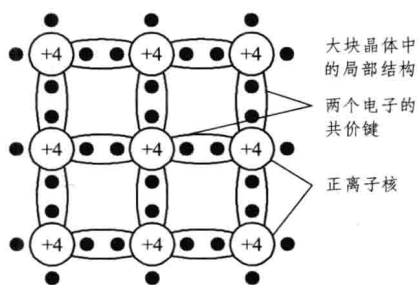


图 1.1 硅和锗的共价键结构

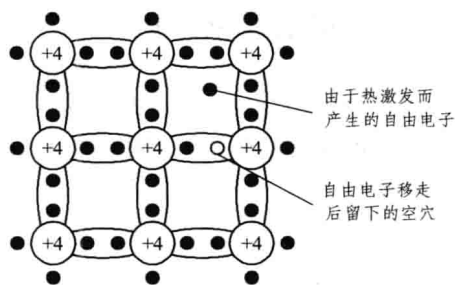


图 1.2 本征激发产生电子空穴对示意图

自由电子和空穴是成对出现的，所以称它们为电子空穴对。在本征半导体中，电子与空穴的数量总是相等的。由于共价键中出现了空位，在外电场或其它能源的作用下，邻近的价电子就可以填补到这个空穴上，而在这个价电子原来的位置上又留下新的空位，以后其它价电子又可转移到这个新的空位上，如图 1.3 所示。为了区别于自由电子的运动，我们把这种价电子的填补运动称为空穴运动，认为空穴是一种带正电荷的载流子，它所带电荷和电子相等且符号相反。

由此可见，本征半导体中存在两种载流子：电子和空穴。而金属导体中只有一种载流子——电

子。本征半导体在外电场作用下，两种载流子的运动方向相反而形成的电流方向相同，如图 1.4 所示。

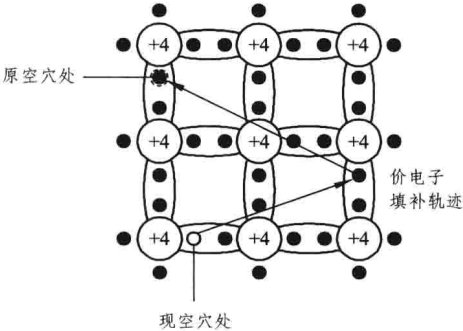


图 1.3 电子与空穴的移动

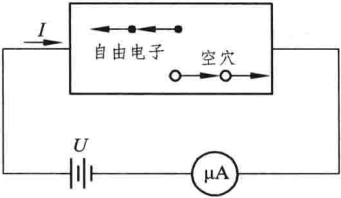


图 1.4 两种载流子在电场中的运动

(三) 杂质半导体

1. N 型半导体

在纯净的半导体硅(或锗)中掺入微量五价元素(如磷)后，就可成为 N 型半导体，如图 1.5(a)所示。在这种半导体中，自由电子数远大于空穴数，导电以电子为主，故此类半导体亦称为电子型半导体。

2. P 型半导体

在硅(或锗)的晶体内掺入少量三价元素杂质，如硼(或铟)等。硼原子只有 3 个价电子，它与周围硅原子组成共价键时，因缺少一个电子，在晶体中便产生一个空穴。这个空穴与本征激发产生的空穴都是载流子，具有导电性能。P 型半导体共价键结构如图 1.5(b)所示。在 P 型半导体中，空穴数远远大于自由电子数，空穴为多数载流子(简称“多子”)，自由电子为少数载流子(简称“少子”)。导电以空穴为主，故此类半导体又称为空穴型半导体。

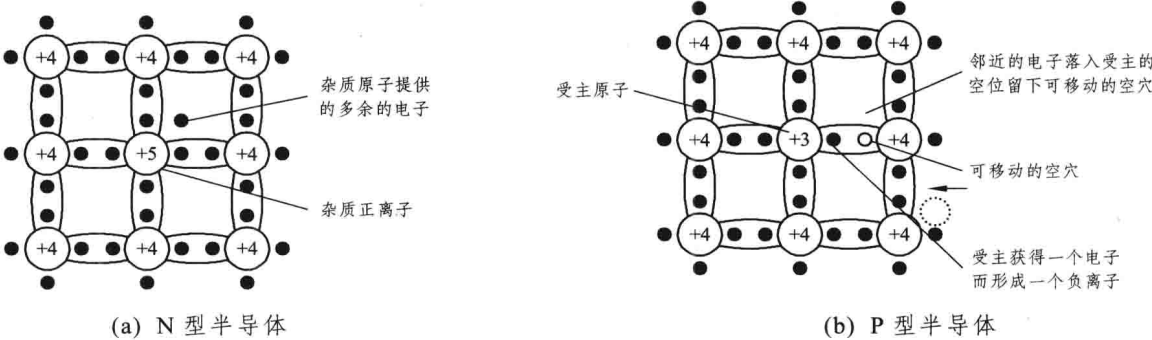


图 1.5 掺杂质后的半导体

二、PN 结及其单向导电特性

(一) PN 结的形成

在一块完整的晶片上，通过一定的掺杂工艺，一边形成 P 型半导体，另一边形成 N 型半导体。在交界面两侧形成一个带异性电荷的离子层，称为空间电荷区，并产生内电场，其方向是

从 N 区指向 P 区, 内电场的建立阻碍了多数载流子的扩散运动, 随着内电场的加强, 多子的扩散运动逐步减弱, 直至停止, 使交界面形成一个稳定的特殊的薄层, 即 PN 结。因为在空间电荷区内多数载流子已扩散到对方并复合掉了, 或者说消耗尽了, 因此空间电荷区又称为耗尽层。

(二) PN 结的单向导电特性

在 PN 结两端外加电压, 称为给 PN 结加偏置电压。

1. PN 结正向偏置

给 PN 结加正向偏置电压, 即 P 区接电源正极, N 区接电源负极, 此时称 PN 结为正向偏置(简称正偏), 如图 1.6 所示。由于外加电源产生的外电场的方向与 PN 结产生的内电场方向相反, 削弱了内电场, 使 PN 结变薄, 有利于两区多数载流子向对方扩散, 形成正向电流, 此时 PN 结处于正向导通状态。

2. PN 结反向偏置

给 PN 结加反向偏置电压, 即 N 区接电源正极, P 区接电源负极, 称 PN 结反向偏置(简称反偏), 如图 1.7 所示。由于外加电场与内电场的方向一致, 因而加强了内电场, 使 PN 结加宽, 阻碍了多子的扩散运动。在外电场的作用下, 只有少数载流子形成的很微弱的电流, 称为反向电流。应当指出, 少数载流子是由于热激发产生的, 因而 PN 结的反向电流受温度影响很大。

综上所述, PN 结具有单向导电性, 即加正向电压时导通, 加反向电压时截止。

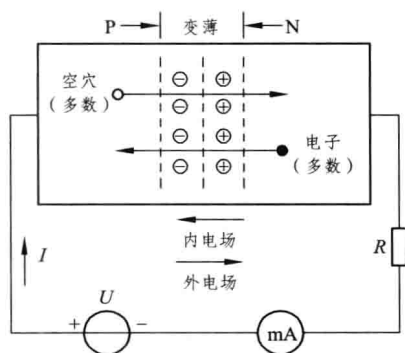


图 1.6 PN 结加正向电压

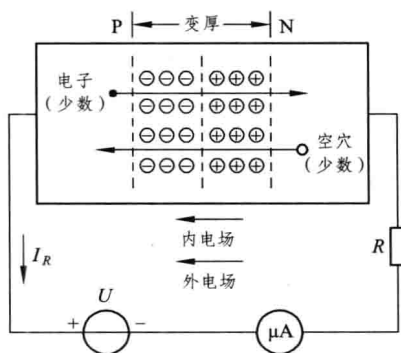


图 1.7 PN 结加反向电压

任务二 二极管认知

一、半导体二极管的结构、符号及类型

(一) 结构符号

在一个 PN 结的两端加上电极引线并用外壳封装起来, 就构成了半导体二极管。由 P 型半导体引出的电极, 叫做正极(或阳极); 由 N 型半导体引出的电极, 叫做负极(或阴极)。二极管的结构外形及在电路中的文字符号如图 1.8 所示, 在图 1.8(b)所示电路符号中, 箭头指向为正向导通电流方向。

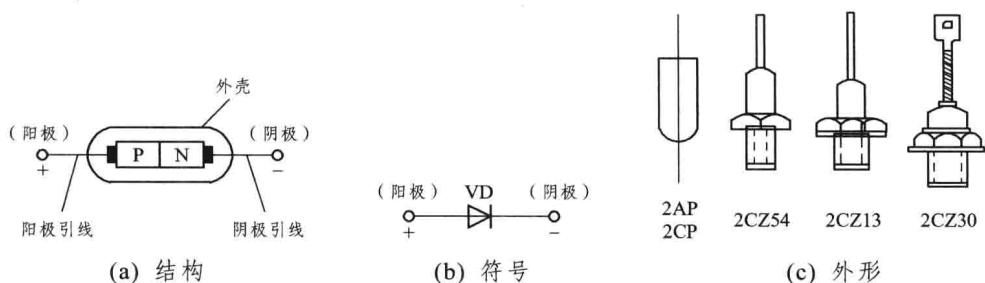


图 1.8 二极管的结构、符号及外形

(二) 类型

- (1) 按材料分：有硅二极管、锗二极管和砷化镓二极管等。
- (2) 按结构分：根据 PN 结面积大小，有点接触型、面接触型二极管。
- (3) 按用途分：有整流、稳压、开关、发光、光电、变容、阻尼等二极管。
- (4) 按封装形式分：有塑封及金属封等二极管。
- (5) 按功率分：有大功率、中功率及小功率等二极管。

(三) 半导体二极管的命名方法

半导体器件的型号由五个部分组成，如图 1.9 所示。其型号组成部分的符号及其意义见附录 1。如 2AP9，“2”表示二极管，“A”表示 N 型锗材料，“P”表示普通管，“9”表示序号。又如 2CZ8，其中“C”表示由 N 型硅材料作为基片，“Z”表示整流管。关于二极管型号的命名方法可参见附录 1 的有关内容。

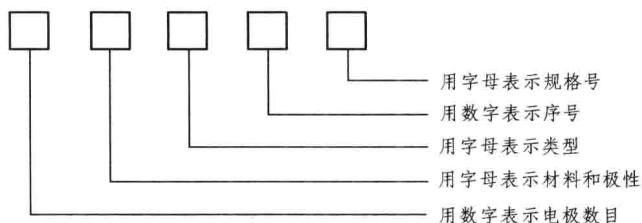


图 1.9 半导体器件的型号组成

二、半导体二极管的伏安特性

半导体二极管的核心是 PN 结，它的特性就是 PN 结的特性——单向导电性。常利用伏安特性曲线来形象地描述二极管的单向导电性。若以电压为横坐标，电流为纵坐标，用作图法把电压、电流的对应值用平滑的曲线连接起来，就构成二极管的伏安特性曲线，如图 1.10 所示(图中虚线为锗管的伏安特性，实线为硅管的伏安特性)。下面对二极管伏安特性曲线加以说明。

(一) 正向特性

二极管两端加正向电压时，就产生正向电流，当正向电压较小时，正向电流极小(几乎为零)，这一部分称为死区，相应的 $A(A')$ 点的电压称为死区电压或门槛电压(也称阈值电压)，硅管约为 0.5 V，锗管约为 0.1 V，如图 1.10 中的 $OA(OA')$ 段。当正向电压超过门槛电压时，正向电流就会急剧地增大，二极管呈现很小电阻而处于导通状态，这时硅管的正向导通压降为 0.6 ~ 0.7 V，

锗管为 $0.2 \sim 0.3 \text{ V}$ ，如图 1.10 中的 $AB(A'B')$ 段。二极管正向导通时，要特别注意它的正向电流不能超过最大值，否则将烧坏 PN 结。

(二) 反向特性

二极管两端加上反向电压时，在开始很大范围内，二极管相当于非常大的电阻，反向电流很小，且不随反向电压的变化而变化，此时的电流称之为反向饱和电流 I_R ，见图 1.10 中的 $OC(OC')$ 段。

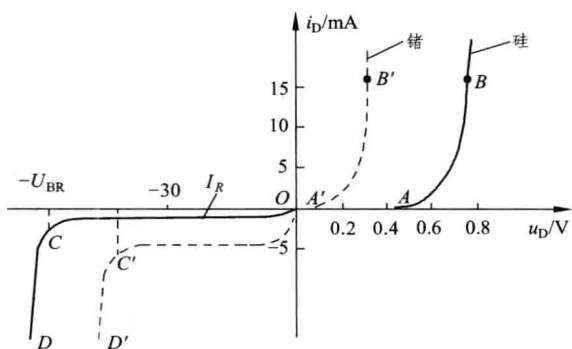


图 1.10 二极管的伏安特性曲线

(三) 反向击穿特性

二极管反向电压加到一定数值时，反向电流急剧增大，这种现象称为反向击穿。此时对应的电压称为反向击穿电压，用 U_{BR} 表示，如图 1.10 中的 $CD(C'D')$ 段。

(四) 温度对特性的影响

由于二极管的核心是一个 PN 结，它的导电性能与温度有关，温度升高时二极管正向特性曲线向左移动，正向压降减小；反向特性曲线向下移动，反向电流增大。

三、半导体二极管的主要参数

(一) 最大整流电流 I_F

最大整流电流是指二极管长时间使用时，允许流过二极管的最大正向平均电流。当电流超过这个允许值时，二极管会因过热而烧坏，使用时务必注意。

(二) 反向峰值电压 U_{RM}

它是保证二极管不被击穿的最高反向电压，一般是反向击穿电压的 $1/2$ 或 $2/3$ 。

(三) 反向峰值电流 I_{RM}

它是指在二极管上加反向峰值电压时的反向电流值。反向电流大，说明单向导电性能差，并且受温度的影响大。

四、二极管的简易测试

(一) 二极管的极性判别

有的二极管从外壳的形状上就可以区分电极；有的二极管的极性用二极管符号印在外壳上，箭头指向的一端为负极；还有的二极管用色环或色点来标志(靠近色环的一端是负极，有色点的一端是正极)。若标志脱落，可用万用表测其正反向电阻值来确定二极管的电极。

将万用表置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1 \text{ k}(\Omega)$ 挡 ($R \times 1$ 挡电流太大，用 $R \times 10 \text{ k}(\Omega)$ 挡电压太高，都易损坏管子)。用万用表的黑表笔和红表笔分别与二极管两极相连。对于指针式万用表，当测得电阻较小时，与黑表笔相接的极为二极管正极；测得电阻很大时，与红表笔相接的极为二极管正极，如图 1.11 所示。对于数字万用表，由于表内电池极性相反，数字表的红表笔为表内电池正极，当测得电阻较小时，与红表笔相接的极为二极管正极；测得电阻较大时，与黑表笔相接的极为二极管正极，这点在实际测量中必须要注意。还可以用数字万用表专门的二极管挡来测量，

当二极管被正向偏置时,显示屏上将显示二极管的正向导通压降,单位是毫伏。

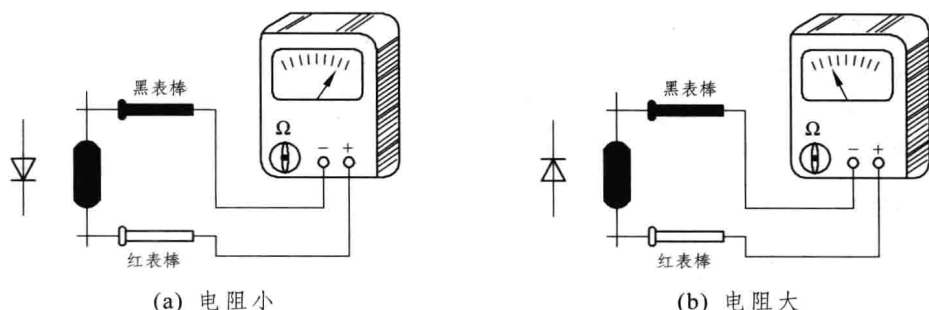


图 1.11 万用表简易测试二极管示意图

(二) 性能测试

二极管正、反向电阻的测量值相差愈大愈好,一般二极管的正向电阻测量值为几百欧姆,反向电阻为几十千欧姆到几百千欧姆。如果测得正、反向电阻均为无穷大,说明内部断路;若测量值均为零,则说明内部短路;如测得正、反向电阻几乎一样大,这样的二极管已经失去单向导电性,没有使用价值了。

一般来说,硅二极管的正向电阻在几百到几千欧姆之间,锗管小于 $1\text{ k}\Omega$,因此,如果正向电阻较小,基本上可以认为是锗管。若要更准确地知道二极管的材料,可将管子接入正偏电路中测其导通压降:若压降在 $0.6\sim 0.7\text{ V}$,则是硅管;若压降在 $0.2\sim 0.3\text{ V}$,则是锗管。当然,利用数字万用表的二极管挡,也可以很方便地知道二极管的材料。

五、特殊二极管

前面主要讨论了普通二极管,另外还有一些特殊用途的二极管,如稳压二极管、发光二极管、光电二极管和变容二极管等,现介绍如下。

(一) 稳压二极管

1. 稳压二极管的工作特性

稳压二极管简称稳压管,它的特性曲线和符号如图 1.12 所示。稳压管正常工作于反向击穿区,且在外加反向电压撤除后,稳压管又恢复正常,即它的反向击穿是可逆的。从反向特性曲线上可以看出,当稳压管工作于反向击穿区时,电流虽然在很大范围内变化,但稳压管两端的电压变化很小,即它能起稳压的作用。

2. 稳压二极管的主要参数

(1) 稳定电压 U_Z 。稳定电压 U_Z 即反向击穿电压。

(2) 稳定电流 I_Z 。稳定电流 I_Z 是指稳压管工作至稳压状态时流过的电流。当稳压管的稳定电流小于最小稳定电流 $I_{Z\min}$ 时,没有稳定作用;

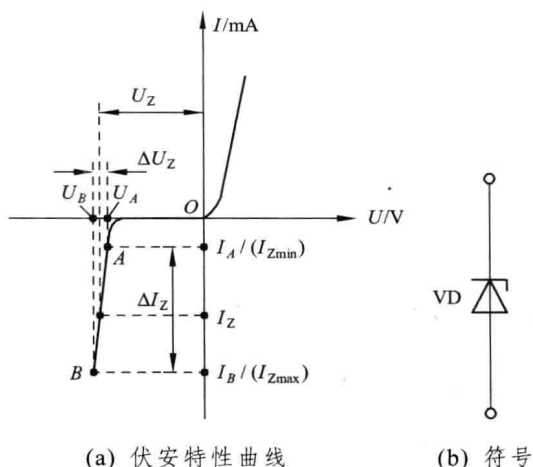


图 1.12 稳压二极管的特性曲线和符号

大于最大稳定电流 $I_{Z\max}$ 时,管子因过流而损坏。

(二) 发光二极管

发光二极管与普通二极管一样,也是由 PN 结构成的,同样具有单向导电性,但在正向导通时能发光,所以它是一种把电能转换成光能的半导体器件。电路符号如图 1.13 所示。

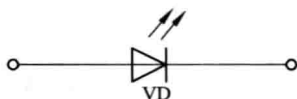


图 1.13 发光二极管的电路符号

1. 普通发光二极管

普通发光二极管工作在正偏状态。检测发光二极管,一般用万用表 $R \times 10\text{ k}(\Omega)$ 挡,方法和普通二极管一样,一般正向电阻 $15\text{ k}\Omega$ 左右,反向电阻为无穷大。

2. 红外线发光二极管

红外线发光二极管工作在正偏状态。用万用表 $R \times 1\text{ k}(\Omega)$ 挡检测,若正向阻值在 $30\text{ k}\Omega$ 左右,反向为无穷大,则表明正常,否则红外线发光二极管性能变差或损坏。

3. 激光二极管

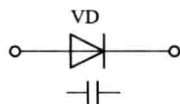
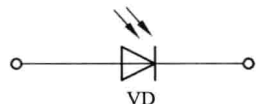
根据内部构造和原理,判断激光二极管好坏的方法是通过测试激光二极管的正、反向电阻来确定好坏。若正向电阻为 $20 \sim 30\text{ k}\Omega$,反向电阻为无穷大,说明正常;否则,要么激光二极管老化,要么损坏。

(三) 光电二极管

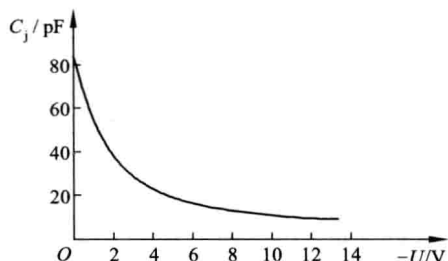
光电二极管工作在反偏状态,它的管壳上有一个玻璃窗口,以便接受光照。光电二极管的检测方法和普通二极管的一样,通常正向电阻为几千欧,反向电阻为无穷大;否则光电二极管质量变差或损坏。当受到光线照射时,反向电阻显著变化,正向电阻不变。电路符号如图 1.14 所示。

(四) 变容二极管

变容二极管是利用 PN 结电容可变原理制成的半导体器件,它仍工作在反向偏置状态。它的压控特性曲线和电路符号如图 1.15 所示。



(a) 电路符号



(b) 压控特性曲线

图 1.14 光电二极管的电路符号

图 1.15 变容二极管的压控特性曲线和电路符号

六、二极管应用电路

(一) 整流应用

利用二极管的单向导电性可以把大小和方向都变化的正弦交流电变为单向脉动的直流电,

如图 1.16 所示。这种方法简单、经济，在日常生活及电子电路中经常采用。根据这个原理，还可以构成整流效果更好的单相全波、单相桥式等整流电路。

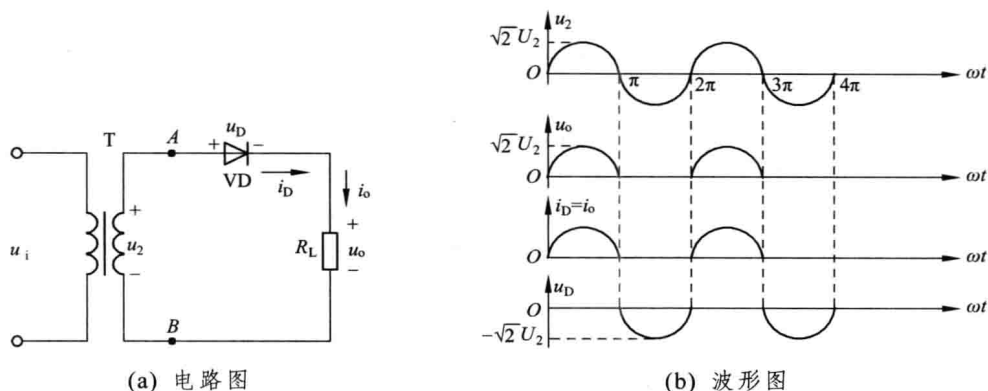


图 1.16 单相半波整流电路及波形图

(二) 钳位应用

利用二极管的单向导电性在电路中可以起到钳位的作用。

例 1.1 在图 1.17 所示的电路中，已知输入端 A 的电位为 $U_A = 3\text{ V}$ ， B 的电位 $U_B = 0\text{ V}$ ，电阻 R 接 -12 V 电源，求输出端 F 的电位 U_F 。

解 因为 U_A 大于 U_B ，所以二极管 VD_1 优先导通，设二极管为理想元件，则输出端 F 的电位为 $U_F = U_A = 3\text{ V}$ ，当 VD_1 导通后， VD_2 上加的是反向电压， VD_2 因而截止。在这里二极管 VD_1 起到钳位作用。

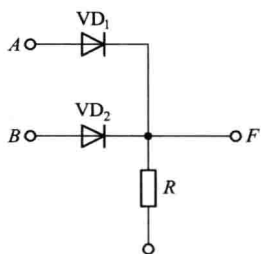
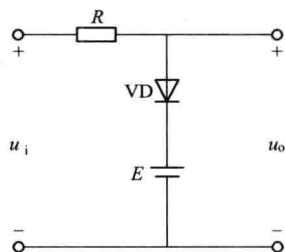


图 1.17 例 1.1 的电路

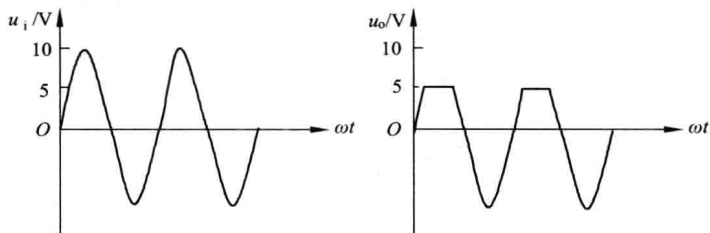
(三) 限幅应用

利用二极管的单向导电性，将输入电压限定在要求的范围之内，叫做限幅。

例 1.2 在图 1.18 所示的电路中，已知输入电压 $u_i = 10\sin\omega t\text{ V}$ ，电源电动势 $E = 5\text{ V}$ ，二极管为理想元件，试画出输出电压的 u_o 的波形。



(a) 电路图



(b) 输入输出波形图

图 1.18 例 1.2 的电路和波形图

解 根据二极管的单向导电性可知，当 $u_i \leq 5\text{ V}$ 时，二极管 D 截止，相当于开路，因电阻 R 中无电流流过，故输出电压与输入电压相等，当 $u_i > 5\text{ V}$ 时，二极管 D 导通，故输出电压等于电源电动势。所以，在输出电压 u_o 的波形中， 5 V 以上的波形均被削去，输出电压被限制在 5 V 以内，在这里，二极管起到限幅作用。

任务三 直流电源电路分析

直流稳压电源的原理是：将单相工频正弦交流电经电源变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路转换成稳定的直流电压。直流稳压电源的组成原理见图 1.19，图中各部分的作用如下：

(1) 电源变压器：电网上提供的单相正弦交流电为 220 V，频率为 50 Hz，而直流稳压电源所需的电压较低，电源变压器就是将交流电源电压 u_1 变换为整流电路所需要的二次交流电压 u_2 。

(2) 整流电路：利用整流二极管的单向导电性将二次交流电 u_2 变换为单一方向的脉动直流电。在电路分析时，常将二极管视为理想二极管，即正向导通时压降为零，反向截止时电流为零。

(3) 滤波电路：由波形图可见，整流后的电压仍含有较大的交流成分，滤波电路能进一步滤除单向脉动直流电的交流成分，保留直流成分，使电压波形变得平滑，从而提高直流电源的质量。常用滤波器件有电容和电感。

(4) 稳压电路：能在电网电压波动或负载发生变化(负载电流变化)时，通过电路内部的自动调节，维持稳压电源直流输出电压基本不变，即保证输出直流电压得以稳定。稳压器件有稳压二极管，或用三极管作电压调整管，以及各种集成稳压器件。

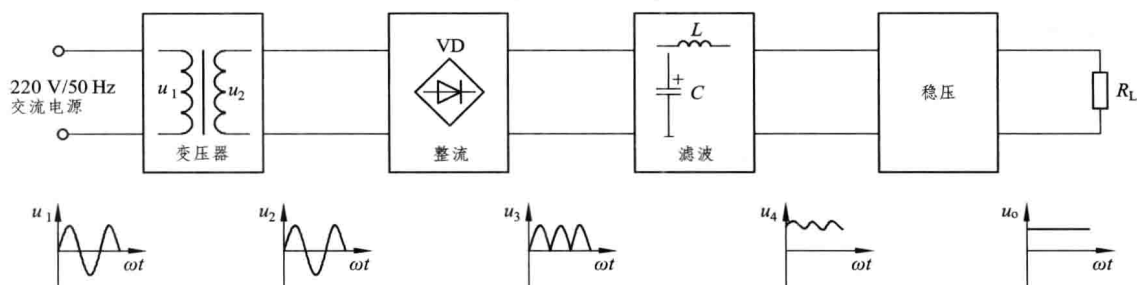


图 1.19 直流稳压电源的组成原理框图

一、整流电路分析

在小功率直流稳压电源中，常用单相半波整流电路和单相桥式整流电路来实现整流，其中单相桥式整流电路用得最为普遍。为了简单起见，分析计算整流电路时把二极管当做理想元件来处理，即认为二极管的正向导通电阻为零，反向电阻为无穷大。

（一）单相半波整流电路

1. 电路组成

图 1.20 为单相半波整流电路，其中 T 为电源变压器，二极管 VD 与负载电阻 R_L 串联接在二次交流电压 u_2 上(电路中忽略了电源变压器 T 和二极管 VD 构成的等效总内阻)。

2. 工作原理

设变压器二次交流电压为

$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$$

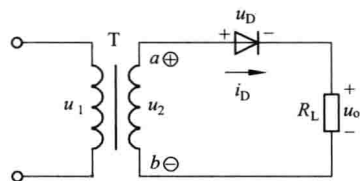


图 1.20 单相半波整流电路