



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

模拟电子技术基础 (第2版) 学习指导与习题解答

耿苏燕 主 编
周 正 宋宇飞 副主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

模拟电子技术基础 (第2版) 学习指导与习题解答

Moni Dianzi Jishu Jichu Xuexi Zhidao Yu Xiti Jieda

耿苏燕 主编
周正 宋宇飞 副主编

责任编辑 黄美英

封面设计 范晓红
版式设计 范晓红

ISBN 7-04-028811-8
定价 31.00元

出版发行 高等教育出版社
地址 北京市西城区德胜大街
邮政编码 100130
印 刷 北京印刷厂
开 本 787×1095 1/16
印 张 21.25
字 数 480 000



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

书号 31298-00

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书,与胡宴如、耿苏燕主编的《模拟电子技术基础(第2版)》配套,但自成完整的体系,因此可独立使用。它适合作为普通高校电气信息、电子信息和仪器仪表类等专业的学生复习、释疑、练习、自测和应考之用,也宜作为教师和考研学生的参考资料。

本书由上、下篇和附录构成。上篇为学习指导,采用了便于对教学内容进行同步辅导的新颖结构体系,从知识结构图、重点与内容提要、疑难解析、典型题分析等角度进行辅导,旨在帮助读者能较容易、更好地把握并掌握“模拟电子技术基础”的重点内容;快速掌握该课程的学习方法与规律;辩证容易出错、容易误解的问题;熟悉常见题型,提高解题能力和知识应用能力;下篇为主教材的习题解答;附录为参考试卷及其答案与评分标准,帮助读者把握考点和答题技巧,提高应试能力。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础(第2版)学习指导与习题解答 /
耿苏燕主编. —北京:高等教育出版社,2011.4

ISBN 978-7-04-031598-1

I. ①模… II. ①耿… III. ①模拟电路-电子技术-高等学校-教学参考资料 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第002095号

策划编辑 杨希 责任编辑 欧阳舟 封面设计 赵阳 责任绘图 黄建英
版式设计 范晓红 责任校对 杨雪莲 责任印制 韩刚

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 高等教育出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16
印张 21.25
字数 490 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2011年4月第1版
印次 2011年4月第1次印刷
定价 31.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31598-00

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书,与胡宴如、耿苏燕主编的《模拟电子技术基础(第2版)》相配套,但内容自成完整体系,可不依赖于教材独立使用。它是依据教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的高等学校“模拟电子技术基础课程教学基本要求”,针对该课程本科教学的规律和特点编写的,由上、下篇和附录构成,上篇为学习指导,下篇为主教材的习题解答,附录为参考试卷及其答案与评分标准。它适合作为普通高校电气信息、电子信息 and 仪器仪表类等专业的学生复习、释疑、练习、自测和应考之用,也宜作为教师和考研学生的参考资料。

本书编写目的是帮助读者比较容易、更好地把握并掌握“模拟电子技术基础”的重点内容;快速掌握该课程的学习方法与规律;辩证容易出错、容易误解的问题;熟悉常见题型,提高解题能力和知识应用能力,把握考点。主要编写思路和特点如下:

(1) 采用便于实现对教学内容进行同步辅导的新颖结构体系。为使初学者在课后能方便找到相关内容进行复习、释疑与练习,本书采用以主教材的节为一个辅导单元的结构,全书章节的名称、顺序均与主教材相对应。

(2) 根据多年的“模拟电子技术基础”一线教学体会,提供较全面的辅导方案,从知识结构图、重点与内容提要、疑难解析、典型题分析、习题解答示范、参考试卷、试卷答案与评分标准等角度进行辅导。每当开始学习新的一章,先给出该章知识结构图,使学生总览知识结构与知识节点,了解将要学习的主要内容、各知识点之间的纵横关系、应用等。每节均从重点与内容提要、疑难解析、典型题分析三个方面给予辅导。在“重点与内容提要”中,考虑要帮助初学者能比较轻松地复习和掌握本课程最基本的内容,而不求面面俱到,要求过高,因此力求用精练的语言对最基本、最重要的内容进行归纳、总结或综合;并考虑是进行复习指导,所以内容不应该是该节内容的简单浓缩,而是站在已学过该节内容的层面上,从揭示基本内容的主线,突出重点、应用和注意事项,强调知识的融会贯通等角度进行指导;经常采用列表等方式对相关知识点进行比较或强调。在“疑难解析”中,对重点、难点、易错点、易误解点展开讨论,并适量补充扩展性知识。所补充的知识通常是教材中基于精练、满足基本要求的编写原则而未选入的,但对学习要求较高的读者,例如考研学生来说,是比较重要的内容。在“典型题分析”中,力求覆盖常见题型与考点,其中有基本题,也有较难题和综合题,必要时对解题的方法、注意事项,以及对结论的理解与应用等给予提示。打“*”标志的题目,表示加深加宽的内容。下篇中习题的排序与教学内容的先后顺序相同,因此便于学生找到相应题目进行练习,习题解答为学生提供解题示范和参考思路。最后在附录中提供了四套面向应用型本科生期末考试的参考试卷(答卷时间约为120分钟),并给出

答案和评分标准,可帮助读者一方面检测自己对该课程的掌握程度,另一方面把握考点和答题技巧,提高应试能力。

本书由耿苏燕主编,周正和宋宇飞任副主编。第5、7章和附录A、B由周正编写,第1、8章由宋宇飞编写,其余由耿苏燕编写。黄锡康、倪晓筠等参与了部分内容的绘图、收集资料与编写工作。

本书承蒙南京工程学院胡宴如副教授仔细审阅,提出了许多宝贵意见。编写过程中,也得到了南京工程学院许多老师、学生的建议与支持。在此一并致以衷心的感谢!书中欠妥之处,敬请批评指正,作者不胜感谢!

编者
2010年9月于南京

目 录

上篇 学习指导

第1章 半导体二极管及其基本应用	3	方法	28
本章知识结构图	3	2.2.1 重点与内容提要	28
1.1 半导体基础知识	3	2.2.2 疑难解析	29
1.1.1 重点与内容提要	3	2.2.3 典型题分析	31
1.1.2 疑难解析	5	2.3 场效应管及其基本应用	37
1.1.3 典型题分析	5	2.3.1 重点与内容提要	37
1.2 二极管及其特性	6	2.3.2 疑难解析	40
1.2.1 重点与内容提要	6	2.3.3 典型题分析	41
1.2.2 疑难解析	7	第3章 放大电路基础	48
1.2.3 典型题分析	8	本章知识结构图	48
1.3 二极管基本应用电路及其分析		3.1 放大电路的基础知识	49
方法	9	3.1.1 重点与内容提要	49
1.3.1 重点与内容提要	9	3.1.2 疑难解析	51
1.3.2 疑难解析	10	3.1.3 典型题分析	52
1.3.3 典型题分析	11	3.2 基本组态放大电路	54
1.4 特殊二极管	17	3.2.1 重点与内容提要	54
1.4.1 重点与内容提要	17	3.2.2 疑难解析	57
1.4.2 疑难解析	18	3.2.3 典型题分析	59
1.4.3 典型题分析	18	3.3 差分放大电路	71
第2章 半导体三极管及其基本应用	22	3.3.1 重点与内容提要	71
本章知识结构图	22	3.3.2 疑难解析	76
2.1 晶体管及其特性	22	3.3.3 典型题分析	77
2.1.1 重点与内容提要	22	3.4 互补对称功率放大电路	85
2.1.2 疑难解析	24	3.4.1 重点与内容提要	85
2.1.3 典型题分析	25	3.4.2 疑难解析	87
2.2 晶体管基本应用电路及其分析		3.4.3 典型题分析	89
		3.5 多级放大电路	95

3.5.1 重点与内容提要	95	第6章 集成放大器的应用	152
3.5.2 疑难解析	98	本章知识结构图	152
3.5.3 典型题分析	101	6.1 基本运算电路	153
第4章 负反馈放大电路	109	6.1.1 重点与内容提要	153
本章知识结构图	109	6.1.2 疑难解析	156
4.1 反馈放大电路的组成及基本		6.1.3 典型题分析	157
类型	109	* 6.2 集成运放构成的交流放大电路 ..	164
4.1.1 重点与内容提要	109	6.2.1 重点与内容提要	164
4.1.2 疑难解析	110	6.2.2 疑难解析	166
4.1.3 典型题分析	112	6.2.3 典型题分析	166
4.2 负反馈对放大电路性能的影响 ..	118	6.3 有源滤波电路	170
4.2.1 重点与内容提要	118	6.3.1 重点与内容提要	170
4.2.2 疑难解析	118	6.3.2 疑难解析	172
4.2.3 典型题分析	118	6.3.3 典型题分析	174
4.3 负反馈放大电路应用中的几个		* 6.4 电子系统预处理放大电路	176
问题	121	6.4.1 重点与内容提要	176
4.3.1 重点与内容提要	121	6.4.2 疑难解析	177
4.3.2 疑难解析	121	6.4.3 典型题分析	178
4.3.3 典型题分析	122	* 6.5 集成功率放大器	183
第5章 放大电路的频率响应	128	6.5.1 重点与内容提要	183
本章知识结构图	128	6.5.2 疑难解析	184
5.1 简单RC低通和高通电路的频率		6.5.3 典型题分析	184
响应	128	第7章 信号发生电路	188
5.1.1 重点与内容提要	128	本章知识结构图	188
5.1.2 疑难解析	130	7.1 正弦波振荡电路	188
5.1.3 典型题分析	131	7.1.1 重点与内容提要	188
5.2 晶体管放大电路的频率响应	134	7.1.2 疑难解析	191
5.2.1 重点与内容提要	134	7.1.3 典型题分析	192
5.2.2 疑难解析	138	7.2 非正弦波发生电路	200
5.2.3 典型题分析	140	7.2.1 重点与内容提要	200
5.3 负反馈放大电路的自激与相位		7.2.2 疑难解析	203
补偿	146	7.2.3 典型题分析	205
5.3.1 重点与内容提要	146	* 7.3 锁相频率合成电路	211
5.3.2 疑难解析	147	7.3.1 重点与内容提要	211
5.3.3 典型题分析	148	7.3.2 疑难解析	211
		7.3.3 典型题分析	212

第 8 章 直流稳压电源	214	8.2.1 重点与内容提要	219
本章知识结构图	214	8.2.2 疑难解析	222
8.1 单相整流滤波电路	214	8.2.3 典型题分析	223
8.1.1 重点与内容提要	214	8.3 开关稳压电路	226
8.1.2 疑难解析	216	8.3.1 重点与内容提要	226
8.1.3 典型题分析	217	8.3.2 疑难解析	227
8.2 线性稳压电路	219	8.3.3 典型题分析	227

下篇 习题解答

第 1 章 半导体二极管及其基本应用	231	第 5 章 放大电路的频率响应	277
第 2 章 半导体三极管及其基本应用	240	第 6 章 集成放大器的应用	285
第 3 章 放大电路基础	252	第 7 章 信号发生电路	296
第 4 章 负反馈放大电路	271	第 8 章 直流稳压电源	303

附录 A 参 考 试 卷

试卷 1	308	试卷 3	314
试卷 2	311	试卷 4	318

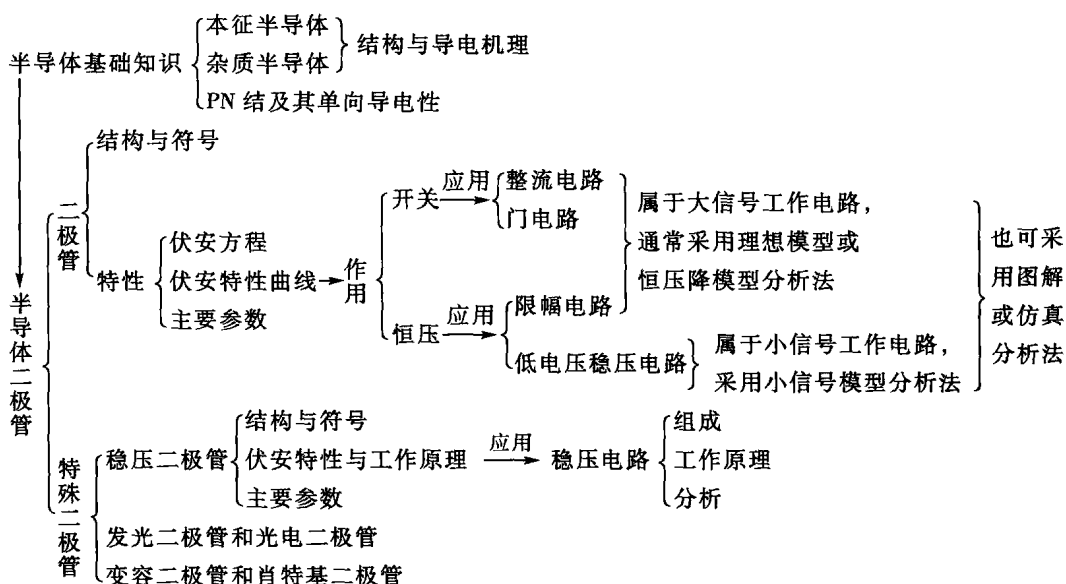
附录 B 试卷答案与评分标准

试卷 1 答案与评分标准	323	试卷 3 答案与评分标准	326
试卷 2 答案与评分标准	324	试卷 4 答案与评分标准	328
参考文献			331

上篇 学习指导

第 1 章 半导体二极管及其基本应用

本章知识结构图



1.1 半导体基础知识

1.1.1 重点与内容提要

一、重点

自由电子与空穴、载流子、N 型与 P 型半导体、多子与少子、扩散运动与漂移运动、扩散电流与漂移电流、PN 结、PN 结的正偏与反偏、PN 结的单向导电性、PN 结的反向击穿等概念。

二、内容提要

(一) 半导体的导电性能

能运载电荷的粒子称为载流子。在半导体中,有自由电子和空穴两种载流子参与导电,其中

自由电子带负电,空穴带正电。

纯净的具有晶体结构的半导体称为本征半导体,其载流子由本征激发产生。当温度一定时,载流子浓度一定;若温度升高或受到光照,载流子的浓度将增加。常温下本征半导体中载流子浓度很低,因此导电性能很差。

掺入杂质后的半导体称为杂质半导体。按掺入杂质的不同,有N型半导体和P型半导体两种。本征半导体掺入微量的五价元素时形成N型半导体,其中自由电子为多数载流子(简称多子),空穴为少数载流子(简称少子);掺入微量的三价元素时形成P型半导体,其中空穴为多子,自由电子为少子。

杂质半导体主要靠多子导电,由于多子主要由掺杂产生,其浓度较大且基本不受温度影响,因此杂质半导体导电性能较好,是用来制造半导体器件的主要材料。少子对杂质半导体的导电性能也有影响。由于少子由本征激发产生,其数量随温度的变化而变化,因此半导体器件的性能对温度敏感。实际应用中应注意温度对半导体器件性能的影响。

(二) PN结及其导电特性

采用一定的制造工艺,在同一块半导体基片的两边分别形成P型和N型半导体,则这两种半导体的交界面附近会形成一个很薄的空间电荷区,称之为PN结。这是因为在这两种半导体的交界面处存在两种载流子运动,因浓度差而产生的运动称为扩散运动,因电场作用而产生的运动称为漂移运动,这两种运动的方向正好相反,当未外加电压时,扩散运动与漂移运动最终会达到动态平衡,从而形成PN结。PN结是构成各种半导体器件的核心。

当PN结未外加电压或外加电压为零时,称PN结零偏,这时流过PN结的总电流为零。当PN结外加电压时,若P区电位高于N区电位,则称PN结正偏,反之,称PN结反偏。

PN结正偏时,正向电流主要由多子的扩散运动形成,其值较大且随正偏电压的增加而迅速增大;PN结反偏时,反向电流主要由少子的漂移运动形成,其值很小,且基本不随反偏电压而变化(因而称之反向饱和电流)。所以PN结在正偏时导通,反偏时截止,称之为PN结的单向导电性。

PN结的单向导电特性可用数学式表示为

$$i = I_s (e^{\frac{u}{U_T}} - 1)$$

式中, I_s 为PN结的反向饱和电流; U_T 为温度电压当量,在常温($T=300\text{ K}$)下, $U_T \approx 26\text{ mV}$ 。

PN结还具有反向击穿特性。当加于PN结两端的反向电压增大到一定值时,PN结的反向电流将随反向电压的增加而急剧增大,这种现象称为反向击穿。反向击穿后,只要反向电流和反向电压的乘积不超过PN结容许的耗散功率,PN结一般不会损坏,称为电击穿。若反向击穿电流过大,则会导致PN结因结温过高而烧坏,称为热击穿。串接限流电阻可防止PN结因热击穿而烧坏。

此外,PN结还存在电容效应,由于结电容很小,低频电路中一般不予考虑,但高频电路必须加以考虑。

1.1.2 疑难解析

【1.1.1】 试比较本征半导体和杂质半导体的导电性能及应用。

解:本征半导体的载流子由本征激发产生,常温下浓度很低,因此本征半导体的导电能力很弱,且对温度、光照等非常敏感。所以实用中一般不会直接采用本征半导体。

杂质半导体的导电性能主要由多子决定,由于多子浓度值较大且基本不受温度影响,因此杂质半导体导电性能较好,是用来制造半导体器件的主要材料。但由于杂质半导体中的少子由本征激发产生,所以温度对杂质半导体的导电性能也有一定的影响,在实用中要加以注意。

【1.1.2】 为使 PN 结导通工作,应如何连接电路?

解:可将直流电压源、限流电阻、PN 结串联接成回路,如图 1.1.1 所示。图中 P 区接电位高端,N 区接电位低端,因此 PN 结可正偏导通;限流电阻用于限制 PN 结电流,以防止烧毁 PN 结。

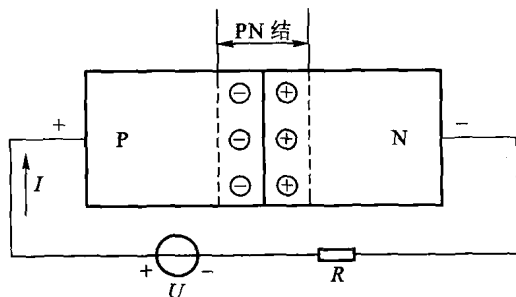


图 1.1.1 PN 结正偏

1.1.3 典型题分析

【例 1.1.1】 填空题

- (1) 本征半导体掺入微量的五价元素,则形成____型半导体,其多子为_____。
- (2) PN 结反偏是指 P 区电位_____N 区电位。
- (3) PN 结在_____时导通,_____时截止,这种特性称为____向导电性。

答案:(1) N 自由电子 (2) 低于 (3) 正偏 反偏 单

【例 1.1.2】 单选题

- (1) 半导体中参与导电的两种载流子是()和()。
A. 价电子 B. 自由电子 C. 空穴 D. 杂质离子
- (2) 空间电荷区由()构成。
A. 价电子 B. 自由电子 C. 空穴 D. 杂质离子

答案:(1) B C (2) D

【例 1.1.3】 是非题(对打√;不对打×)

- (1) 空穴是价电子挣脱共价键的束缚后留下的空位,因此不能运动。()

(2) P型半导体中空穴为多子,自由电子为少子,故P型半导体带正电。()

(3) 半导体器件的性能受温度影响。()

(4) 采用半导体工艺在P型半导体中掺入足够多的五价元素,可将其改型为N型半导体。()

(5) PN结在无光照、无外加电压时,结电流为零。()

答案:(1) × (2) × (3) √ (4) √ (5) √

提示:(4) 在P型半导体中掺入足够多的五价元素时,可以使杂质半导体中的多子为自由电子,少子为空穴,这样就改型成了N型半导体。

【例1.1.4】 已知锗PN结的反向饱和电流为 10^{-8} A。当正偏电压分别为0.2 V、0.36 V、0.4 V时,求常温下流过PN结的电流,并由计算结果说明锗PN结伏安特性的特点。

解:由于 $I_S = 10^{-8}$ A,常温下 $U_T = 26$ mV,因此当 $u = 0.2$ V时

$$i = I_S \left(e^{\frac{u}{U_T}} - 1 \right) = 10^{-8} \left(e^{\frac{200}{26}} - 1 \right) \text{ A} = 21.9 \text{ } \mu\text{A}$$

同理可得 $u = 0.36$ V、 0.4 V时, $i = 10.3$ mA、 48 mA。

由计算结果可见,锗PN结在正偏电压大于0.2 V时已导通,导通电流随着正偏电压的微小增加而迅速增大。

1.2 二极管及其特性

1.2.1 重点与内容提要

一、重点

二极管的伏安特性;死区电压、导通电压、反向击穿电压、最大整流电流 I_F 、最高反向工作电压 U_{RM} 等概念。

二、内容提要

(一) 二极管的符号与伏安特性

二极管本质上是一个PN结,图形符号如图1.2.1所示,正极为P区引出端,负极为N区引出端。二极管的主要特性是单向导电性,即在正偏电压大于死区电压 U_{th} 时导通;在反偏电压低于反向击穿电压 $U_{(BR)}$ 时截止;二极管导通后近似地具有恒压特性,其恒压值用导通电压 $U_{D(on)}$ 表示。

正极  负极

图1.2.1 二极管的图形符号

硅管死区电压 U_{th} 约为0.5 V,导通电压 $U_{D(on)}$ 约为0.7 V,锗管死区电压约为0.1 V,导通电压约为0.2 V。二极管通常应工作于单向导电区,避免工作到反向击穿区,为安全起见,使用时要串接限流电阻。温度对二极管特性有显著影响,当温度升高时,反向电流增加,死区电压和导通电压减小。

(二) 二极管的主要参数

二极管主要参数有最大整流电流 I_F 、最高反向工作电压 U_{RM} 、最高工作频率 f_M 、反向电流 I_R 。

其中 I_F 、 U_{RM} 是最常用的两个,最大整流电流指二极管长期运行允许通过的最大正向平均电流,最高反向工作电压指允许施加在二极管两端的最大反向电压,它们是二极管的安全工作参数,选用时要有足够的裕量。

1.2.2 疑难解析

【1.2.1】 二极管的导通电压和死区电压有何区别?

解:死区电压是二极管临界导通时对应的正偏电压,通常用 U_{th} 表示,硅管的 $U_{th} \approx 0.5 \text{ V}$,锗管的 $U_{th} \approx 0.1 \text{ V}$ 。

导通电压是工程上所规定的一个电压,它反映二极管明显正偏导通时的管压降,通常用 $U_{D(on)}$ 表示,硅管 $U_{D(on)} \approx 0.7 \text{ V}$,锗管 $U_{D(on)} \approx 0.2 \text{ V}$ 。

【1.2.2】 从伏安特性曲线可看出二极管有哪两个主要作用?

解:二极管在正偏时导通,反偏时截止,说明具有单向导电作用,可用作压控开关;二极管在导通时两端压降基本不变,说明导电时具有恒压作用,可用于稳压、限幅等。

【1.2.3】 二极管反向击穿后是否会损坏?其击穿机理是怎样的?雪崩击穿和齐纳击穿各有何特点?

解:二极管反向击穿后,只要反向电流和反向电压的乘积不超过 PN 结容许的耗散功率,二极管一般不会损坏。当反向电压下降到击穿电压以下后,其性能可恢复到原有情况,即这种击穿是可逆的,称为电击穿。若反向击穿电流过大,则会导致 PN 结因结温过高而烧坏,这种击穿是不可逆的,称为热击穿。二极管在使用中通常要串接电阻,用以限制其电流,避免被烧坏。

PN 结的反向击穿有雪崩击穿和齐纳击穿两种机理。对于高浓度掺杂材料制成的 PN 结,其空间电荷区宽度很窄,因此不大的反向电压就能在空间电荷区中形成很强的电场,将空间电荷区中的价电子直接从共价键中拉出来产生电子-空穴对,致使反向电流急剧增加,这种击穿称为齐纳击穿。对于低浓度掺杂材料制成的 PN 结,其空间电荷区宽度很宽,需要更大的电压才能在空间电荷区中产生较强的电场。当反向电压值增大时,PN 结的内电场加强,使少子的漂移速度加快,动能增大,在通过空间电荷区时不断地与原子发生相撞。在反向电压值足够大时,这种相撞足以激发产生很多新的电子-空穴对,这些新产生的电子和空穴又会去撞击更多的原子,这种作用如同雪崩一样,使电流急剧增加,所以这种击穿称为雪崩击穿。

一个具体的 PN 结的击穿究竟属于雪崩击穿还是齐纳击穿,有时很难认定,但一般认为反向击穿电压超过 6 V 的为雪崩击穿,低于 6 V 的为齐纳击穿。雪崩击穿电压随温度升高而增大,因而具有正温度系数,齐纳击穿电压随温度的升高而下降,因而具有负温度系数。当击穿电压在 6 V 左右时,两种击穿会同时发生,击穿电压的温度系数趋近零。

【1.2.4】 二极管在哪些情况下会失去单向导电性?

解:(1) 当反偏电压超过反向击穿电压时,二极管反向导通,因而失去单向导电性。

(2) 由于 PN 结有电容效应,因此二极管存在最高工作频率。当实际工作频率大于二极管的最高工作频率 f_M 时,PN 结电容对二极管电流的分流作用不能忽视,甚至结电容起主要作用,这时二极管失去单向导电性。

需说明,这种失去并不是永久性失去。第一种情况下只要不发生热击穿,当不工作到反向击穿区时,二极管就仍具有单向导电性;第二种情况下只要工作频率降至小于 f_M ,二极管也仍具有单向导电性。

1.2.3 典型题分析

【例 1.2.1】 填空题

- (1) 二极管本质上是____个 PN 结,在电子电路中的主要作用是____向导电性。
- (2) 硅二极管的死区电压约为_____ V,导通时的正向管压降约为_____ V。
- (3) 温度下降时,二极管的导通电压_____,反向饱和电流_____。
- (4) 硅管的导通电压比锗管的_____,反向饱和电流比锗管的_____。

答案:(1) 一 单 (2) 0.5 0.7 (3) 增大 变小 (4) 大 小

【例 1.2.2】 单选题

- (1) 锗管正偏导通时,其管压降约为() V。

A. 0.1 B. 0.2 C. 0.5 D. 0.7

- (2) 某二极管 25 °C 时死区电压 $U_{th} \approx 0.5$ V,反向饱和电流 $I_S \approx 0.1$ pA,则在 35 °C 时下列哪组数据可能正确:()

A. $U_{th} \approx 0.525$ V, $I_S \approx 0.05$ pA B. $U_{th} \approx 0.525$ V, $I_S \approx 0.2$ pA
C. $U_{th} \approx 0.475$ V, $I_S \approx 0.05$ pA D. $U_{th} \approx 0.475$ V, $I_S \approx 0.2$ pA

- (3) 二极管电击穿时,若继续增大反向电压,就有可能发生()而损坏。

A. 反向击穿 B. 热击穿 C. 雪崩击穿 D. 齐纳击穿

答案:(1) B (2) D (3) B

【例 1.2.3】 是非题(对打√;不对打×)

- (1) 二极管电流方程 $i_D = I_S \left(e^{\frac{u_D}{U_T}} - 1 \right)$ 能完整地表示二极管的伏安特性。()

- (2) 二极管在工作频率大于最高工作频率 f_M 时会损坏。()

- (3) 二极管在工作电流大于最大整流电流时会损坏。()

答案:(1) × (2) × (3) ×

提示:(1) 该方程并没有反映出反向击穿特性,因此不能完整地表示二极管的伏安特性,它只是近似地表示了二极管的单向导电特性。

(3) 最大整流电流是指二极管长期运行允许通过的最大正向平均电流。使用时若平均电流超过此值,就有可能烧坏二极管,但若只是瞬时电流超过此值,而平均电流小于此值,二极管不会因此而损坏。

【例 1.2.4】 图 1.2.2 所示电路中,设二极管的反向击穿电压足够大,已知 20 °C 时输出电压 U_o 为 0.1 V,试求 40 °C 和 0 °C 时的 U_o 值。

解:由图可知,二极管反偏截止,因此 U_o 由反向电流 I_R 流过负载电阻 R_L 产生。

由于 20 °C 时

$$I_R = \frac{U_o}{R_L} = \frac{0.1 \text{ V}}{100 \text{ k}\Omega} = 1 \mu\text{A}$$

温度每升高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, 反向电流约增加一倍, 因此可得 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, I_R 为 $4\text{ }\mu\text{A}$ 、 $0.25\text{ }\mu\text{A}$, U_O 则为 0.4 V 、 0.025 V 。

提示: 由计算结果可见, 当温度变化较大时, 反向饱和电流有显著变化, 导致电路性能产生很大变化, 在应用中要加以注意, 选管时要留有足够的裕量, 必要时采取措施减小温度对电路性能的影响。另一方面, 温度对二极管伏安特性的影响也是可以利用的, 如某些测温传感器, 就是利用反向饱和电流随温度升高而明显增大的原理构成的。

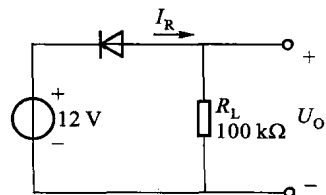


图 1.2.2 例 1.2.4 电路

1.3 二极管基本应用电路及其分析方法

1.3.1 重点与内容提要

一、重点

采用理想模型或恒压降模型分析二极管应用电路。

二、内容提要

(一) 二极管的主要应用

二极管的主要应用有整流电路、门电路、限幅电路、低电压稳压电路等。其中, 整流电路和门电路利用二极管的单向导电特性构成; 限幅电路和低电压稳压电路利用二极管的正向恒压特性构成。

(二) 二极管的电路模型

二极管常用的电路模型有理想模型、恒压降模型和小信号模型。理想模型又称理想二极管, 它是忽略了实际二极管的导通电压、反向电流和反向击穿电压后得到的, 实际上就是将二极管近似为一个理想的压控开关, 正偏时开关合上, 反偏时开关断开。恒压降模型与理想模型的区别仅仅是考虑了导通电压。它实际上就是将二极管近似为一个理想的压控恒压源, $u_D \geq U_{D(on)}$ 时二极管导通, 管压降恒为 $U_{D(on)}$, $u_D < U_{D(on)}$ 时二极管截止, 管电流为零。小信号模型反映了二极管对低频小信号所起的作用, 它是一个交流电阻, 用 r_d 表示。

(三) 二极管电路的分析方法

二极管电路的分析方法主要有模型法、图解法和仿真法, 通常采用模型法。用模型法分析二极管电路时, 应根据二极管在电路所起的主要作用, 选用合适的模型。对直流电路或大信号电路, 二极管主要起单向导电作用, 可采用理想模型或恒压降模型加以分析。若忽略二极管导通电压时不会引起较大的计算误差, 则可采用理想模型分析法, 否则宜采用恒压降模型分析法。采用理想模型和恒压降模型对二极管电路进行分析时, 首先应判断二极管的工作状态, 当二极管处于导通状态时, 可应用箝位概念分析电路, 当二极管处于截止状态时, 可将二极管所在支路断开, 然后再分析电路。当二极管电路中既含有直流电源又含有小信号源时, 二极管的电流、电压可由静