



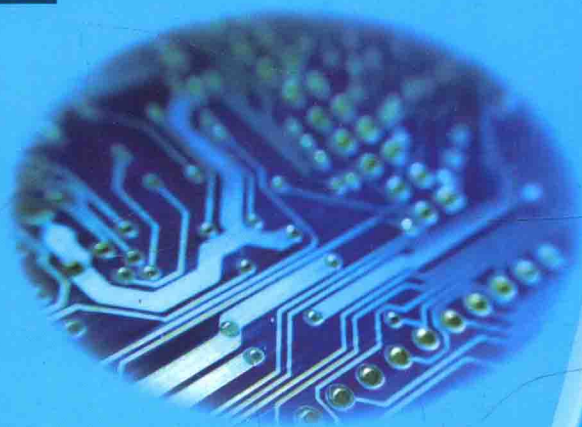
普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

模拟电子技术

MO NI DI AN Z I J I SHU

主编◎苏咏梅



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

模拟电子技术

主 编 苏咏梅
副主编 郑晓茜 范其丽
参 编 甄 亚 冯艳平

北 京

冶金工业出版社

2014

内 容 简 介

本书共分为七章,内容包括半导体器件、放大电路基础、放大电路中的负反馈、信号产生电路、集成运算放大器、直流稳压电源以及收音机的组装实训和附录。

本书适合高等院校本科电子类专业模拟电子技术课程的教学用书,也可作为成人高校、专科院校以及电气电子技术人员的培训教材和学习参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术/苏咏梅主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6524-7

I. ①模… II. ①苏… III. ①模拟电路—电子技术—高等学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 006811 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

ISBN 978-7-5024-6524-7

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京明兴印务有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版, 2014 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 18.5 印张; 449 千字; 295 页

36.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

为了更好地满足培养生产、建设、管理、服务第一线的职业型、应用型、技能型人才的要求,作者仔细地分析了电气电子行业岗位群技能培养需求,“模拟电子技术”课程任务与教学目标,以及学生特征,准确把握“模拟电子技术”课程标准,满足高职高专教学改革要求,注重素质教育,注重应用型人才能力的培养,课程内容删繁就简,突出主线,突出重点,做到既为后续课程服务,又能强化工程技术应用能力的培养。

本书是依据普通本科和高职高专教育的培养目标,在结构、内容安排等方面吸收了编者多年来在教学改革、教材建设等方面取得的经验,力求全面体现高等职业教育的特点,满足当前的教学需要。

本书共分为七章,另有实训和附录,内容包括半导体器件、放大电路基础、放大电路中的负反馈、信号产生电路、集成运算放大器、直流稳压电源等内容,以及收音机的组装实训和附录。本书根据高等院校及职业技术教育要求和学生特点编写,内容覆盖面较宽,突出基本内容和基础知识,突出结论和结论的应用;简化理论推导和计算过程,注意实用;本书配有精挑细选的例题、思考与练习题和数量适度的习题,方便老师教学和学生自学。

本书的主要编写思想是:根据“模拟电子技术”课程教学的特点,在内容选取上重视基本概念、基本定律、基本分析方法的介绍,淡化复杂的理论分析,每节之后辅以适量的思考与练习题,一些重点章节之后还有仿真实验。全书内容层次清晰,循序渐进,力求使学生对基本理论能系统、深入地理解,为今后的学习奠定基础,同时注重分析问题、解决问题能力的培养。

本书由郑州职业技术学院苏咏梅担任主编,郑州职业技术学院郑晓茜、范其丽担任副主编,郑州职业技术学院甄亚、冯艳平、牡丹江医学院张艳洁、牡丹江师范学院宋丽参编。其中苏咏梅编写了第1~3章,郑晓茜编写了第5章,范其丽编写了第6章,冯艳平编写了第7章,甄亚编写了实训和附录,张艳洁、宋丽合编了第4章,全书由苏咏梅统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,迫切期望广大读者及使用本教材的老师 and 学生对书中存在的问题提出批评和建议,以便进一步修订和完善教材。

编 者
2013年6月



目 录

1 半导体二极管	(1)
1.1 半导体的基础知识	(1)
1.2 二极管的特性及主要参数	(4)
1.3 二极管的等效电路	(6)
1.4 特殊二极管	(10)
1.5 常用电子仪器仪表的使用	(13)
1.6 二极管的检测	(19)
2 半导体三极管	(25)
2.1 晶体三极管	(25)
2.2 场效应晶体管	(33)
2.3 晶极管的检测	(41)
3 基本放大电路	(47)
3.1 放大电路的基础知识	(47)
3.2 共发射极放大电路分析	(48)
3.3 分压式偏置共射极放大电路	(60)
3.4 共集电极放大电路及共基极放大电路	(65)
3.5 场效应管放大电路	(70)
3.6 多级放大器	(72)
3.7 功率放大器	(75)
3.8 放大电路的测试	(82)
4 负反馈放大电路	(91)
4.1 负反馈放大电路的组成及基本类型	(91)
4.2 负反馈对放大器性能指标的影响	(100)
4.3 深度负反馈放大电路的特点及性能估算	(104)
4.4 负反馈放大电路设计	(108)
4.5 负反馈放大器的自激及其消除	(111)
5 信号产生电路	(117)
5.1 正弦波振荡电路的工作原理	(117)
5.2 正弦波振荡电路	(119)
5.3 电压比较器	(132)
5.4 非正弦波信号产生电路	(139)
5.5 集成函数发生器 8038	(144)



5.6	信号产生电路的调整与测试	(146)
5.7	锁相环及其在信号转换电路中的应用	(149)
6	集成运算放大器	(156)
6.1	集成运算放大器基本组成及理想化条件	(156)
6.2	差分放大电路	(163)
6.3	基本运算电路	(174)
6.4	放大电路的频率特性	(181)
6.5	有源滤波电路	(197)
6.6	集成功率放大器及其应用	(206)
6.7	恒流源式差分放大电路 Multisim 仿真	(211)
7	直流稳压电源	(217)
7.1	直流稳压电源的组成	(217)
7.2	整流滤波电路	(218)
7.3	稳压电路	(226)
7.4	线性集成稳压器	(232)
7.5	开关稳压电源	(238)
实训	收音机的组装	(253)
附录 1	常用电子元件的基本知识	(260)
附录 2	Multisim 简介	(271)
参考文献	参考文献	(290)

1 半导体二极管

引言: 半导体是现代电子技术重要的物质基础。本章主要讲解半导体二极管的特性、应用、测试以及识别方法,并介绍部分特种电子器件,如光电元器件等。

1.1 半导体的基础知识

1.1.1 半导体

大自然的物质类别是极其丰富的。单从导电能力上分,有导体、绝缘体和半导体。

常见的导体有金、银、铜、铁、铝等金属;常见的绝缘体有胶木、橡胶、陶瓷等。

半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的特殊物质,常用材料有锗(Ge)、硅(Si)、砷化镓(GaAs)等。这些材料在现代科学技术中扮演了极为重要的角色。

1.1.1.1 半导体的性质

半导体的导电能力具有一些独特的性能。主要表现为如下三个方面:

(1) 杂敏性。半导体对掺入杂质很敏感。在半导体硅中只要掺入亿分之一的硼(B),电阻率就会下降到原来的数万分之一。因此用控制掺杂浓度的方法,可人为地控制半导体的导电能力,制造出各种不同性能、不同用途的半导体器件。

(2) 热敏性。半导体对温度变化很敏感。温度每升高 10°C ,半导体的电阻率减小为原来的二分之一。这种特性对半导体器件的工作性能有许多不利的影响,但利用这一特性可制成自动控制系统中常用的热敏电阻,它可以感知万分之一摄氏度的温度变化。

(3) 光敏性。半导体对光照很敏感。半导体受光照射时,它的电阻率显著减小。例如,半导体材料硫化镉(CdS),在一般灯光照射下,它的电阻率是移去灯光后的数十分之一或数百分之一。自动控制中用的光电二极管、光电三极管和光敏电阻等,就是利用这一特性制成的。

1.1.1.2 本征半导体

完全纯净的半导体称为本征半导体,又称为纯净半导体。

半导体中的原子是按照一定的规律、整齐地排列着,呈晶体结构,如图 1-1 所示,所以半导体管又称为晶体管。

常用的半导体材料是硅和锗。它们的简化原子模型如图 1-2 所示。

在室温下,价电子获得足够的能量可挣脱共价键的束缚,成为自由电子,这种现象称为本征激发。这时,共价键中就留下一个空位,这个空位称为空穴。空穴的出现是半导体区别于导体的一个重要特点。

在半导体中,有两种载流子,即空穴和自由电子。在本征半导体中,它们总是成对出现的。



利用杂敏的特性,可以在本征半导体中掺入微量的杂质,就会使半导体的导电性能发生显著的改变。

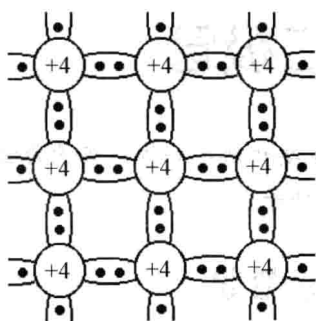


图 1-1 硅或锗晶体的共价键结构示意图

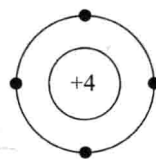


图 1-2 硅和锗的原子结构简化模型

1.1.1.3 杂质半导体

根据掺入杂质性质的不同,掺杂半导体可分为空穴(P)型半导体和电子(N)型半导体两大类。

N 型半导体是在纯净的半导体中掺入微量五价元素(如磷、砷和锑等)形成的,可使自由电子的浓度大大增加,如图 1-3 所示,使其内部多出了自由电子,自由电子就成为多数载流子,简称多子;空穴为少数载流子,简称少子。由于主要靠电子导电,故称为电子型半导体,简称 N 型半导体。

P 型半导体是在硅(或锗)的晶体内掺入少量的三价元素形成的,如图 1-4 所示,如硼(或铟)等,因硼原子只有三个价电子,它与周围硅原子组成共价键时,缺少一个电子,在晶体中便多产生了一个空穴。控制掺入杂质的多少,便可控制空穴数量。这样,空穴数就远大于自由电子数,在这种半导体中,以空穴导电为主,因而空穴为多数载流子,自由电子为少数载流子。

必须指出,虽然 N 型半导体中有大量带负电的自由电子,P 型半导体中有大量带正电的空穴,但是由于带有相反极性电荷的杂质离子的平衡作用,无论 N 型半导体还是 P 型半导体,对外表现都是电中性的。

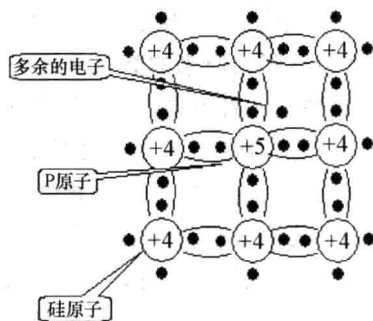


图 1-3 N 型半导体结构

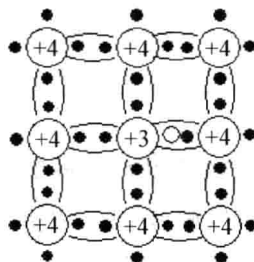


图 1-4 P 型半导体结构

1.1.2 PN 结及其特性

1.1.2.1 PN 结的形成

如果在一块纯净半导体(如硅和锗等)中,通过特殊的工艺,在它的一边掺入微量的三价元素硼形成 P 型半导体,在它的另一边掺入微量的五价元素磷,形成 N 型半导体,这样在 P 型半导体和 N 型半导体的交界面上就形成了一个具有特殊电性能的薄层——PN 结。PN 结具有单向导电的性能。这是因为在界面两侧存在着电子和空穴浓度差,N 区的电子要向 P 区扩散(同样 P 区的空穴也向 N 区扩散,称为扩散运动),并与 P 区的空穴复合,如图 1-5(a)所示。在界面两侧产生了数量相同的正负离子,形成了方向由 N 到 P 的内电场,如图 1-5(b)所示。这个内电场对扩散运动起阻止作用,同时内电场又对两侧的少子起推进作用,使其越过 PN 结,称为漂移运动。显然扩散与漂移形成的电流方向是相反的,最终扩散运动与漂移运动达到动态平衡。这样就形成了有一定厚度的 PN 结。

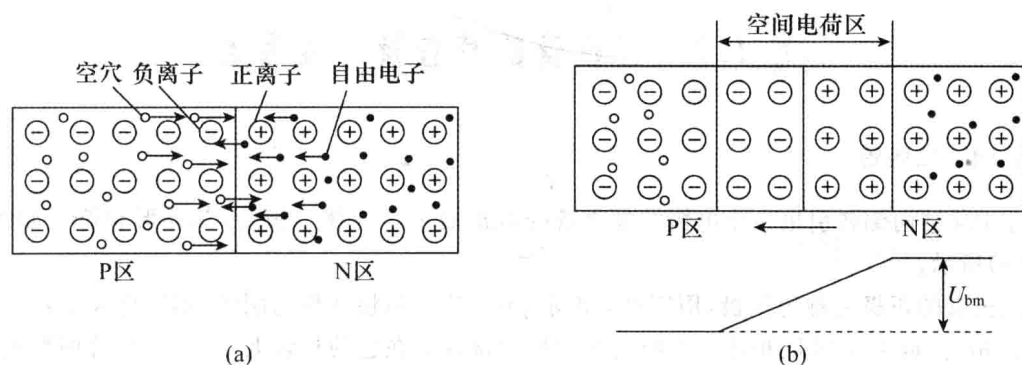


图 1-5 半导体 PN 结形成

1.1.2.2 PN 结的特性

在 PN 结两端加上外电压,称为给 PN 结偏置。

A PN 结正向偏置

将 P 区接电源正极,N 区接电源负极,称为 PN 结正向偏置,简称正偏,如图 1-6(a)所示。由于外加电源产生的外电场方向与 PN 结内建电场方向相反,削弱了内电场,使 PN 结变薄,有利于两区多子向对方扩散,形成持续的正向电流,此时 PN 结处于正向导通状态,表现为图 1-6(a)实验电路中灯泡发亮。

B PN 结反向偏置

将 P 区接电源负极,N 区接电源正极,称为 PN 结反向偏置,简称反偏,如图 1-6(b)所示。由于外加电源产生的外电场的方向与 PN 结的内电场方向一致,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,只有少子形成很微弱的反向电流,而且其值不随反向电压的增大而增大,亦称反向饱和电流。但要注意,少子是由热激发产生的,其值受温度影响较大。

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。

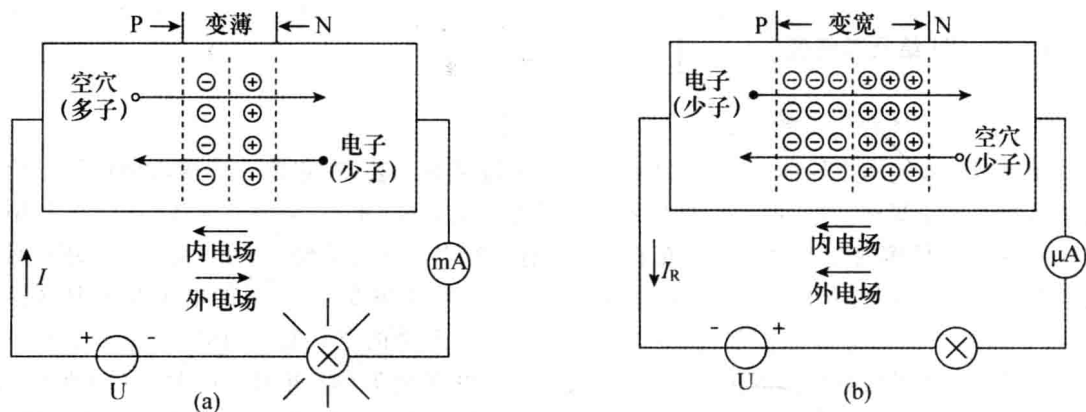


图 1-6 PN 结的单向导电性
(a) 加正向电压导通; (b) 加反向电压截止

1.2 二极管的特性及主要参数

1.2.1 二极管

在 PN 结两侧各引出一个电极并加上管壳就形成了半导体二极管,其外形和符号如图 1-7 (a)、(b)所示。

二极管的正极或称为阳极,用字母 a 表示,另一边是负极或称为阴极,用字母 k 表示。正极与 P 区相连,负极与 N 区相连。二极管的极性通常标示在它的封装上,有些二极管用黑色或白色色环表示其负极端。

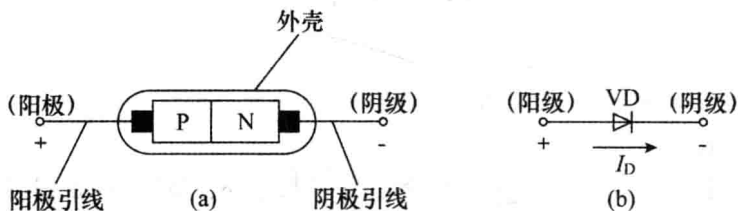


图 1-7 二极管的符号和结构

1.2.1.1 二极管的类型

根据所用的半导体材料不同,可分为锗二极管和硅二极管;按照管芯结构不同,可分为点接触型、面接触型和平面型,如图 1-8 所示。

点接触型二极管的 PN 结接触面很小,只允许通过较小的电流(几十毫安以下),但在高频下工作性能很好,适用于收音机中对高频信号的检波和微弱交流电的整流,如国产的锗二极管 2AP 系列、2AK 系列等。

面接触型二极管 PN 结面积较大,并做成平面状,它可以通过较大的电流,适用于对电网的交流电进行整流,如国产的 2CP 系列、2CZ 系列。

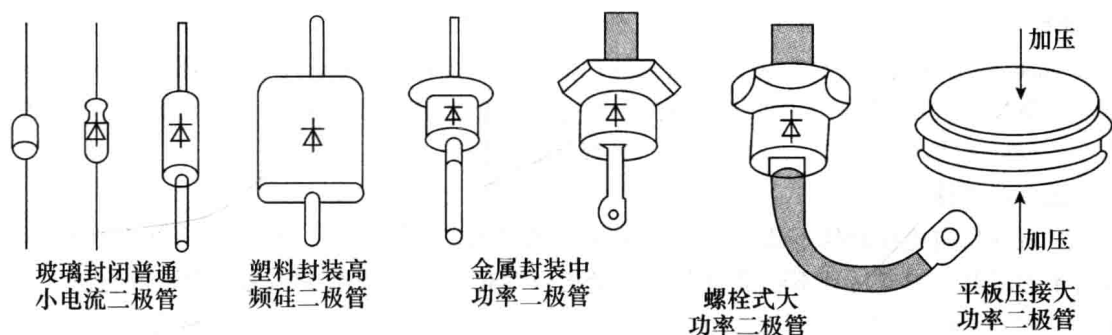


图 1-8 二极管的外形

平面型的特点是在 PN 结表面被覆一层二氧化硅薄膜,避免 PN 结表面被水分子、气体分子以及其他离子等沾污。这种二极管的特性比较稳定可靠,多用于开关、脉冲及超高频电路中。国产 2CK 系列二极管就属于这种类型。

根据二极管用途不同,可分为整流二极管、稳压二极管、开关二极管、光电二极管及发光二极管等;按封装形式分:有塑封及金属封装等二极管;按功率分:有大功率、中功率及小功率二极管。

1.2.1.2 二极管的伏安特性

图 1-9 中分别是硅二极管和锗二极管的两端电压与其内部的电流的关系曲线,称为伏安特性曲线。图中虚线为锗管的伏安特性,实线为硅管的伏安特性。实际使用中,常用晶体管特性图示仪来测试二极管的伏安特性曲线。

图中纵轴的右侧称为正向特性,左侧称为反向特性。

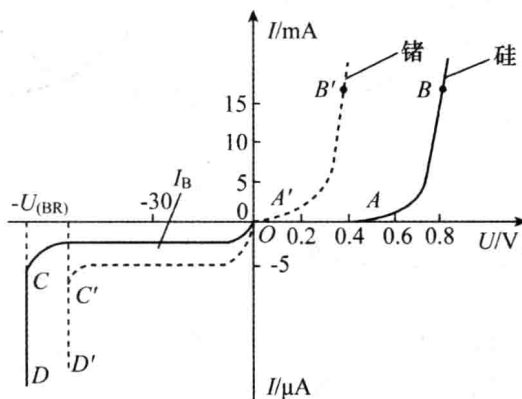


图 1-9 二极管的伏安特性曲线

A 正向特性

正向连接时,二极管的正极接电路的高电位端,负极接低电位端。当二极管两端的正向电压很小的时候,正向电流微弱(几乎为 0),二极管呈现很大的电阻,这个区域成为二极管正向特性的“死区”,相应的 A(A′)点的电压称为死区电压,硅管约为 0.5 V,锗管约为 0.1 V,死区段如图 1-9 中 OA(OA′)段;只有当外加正向电压达到一定数值(这个数值称为导通电压,硅管 0.6 ~ 0.7 V,锗管 0.2 ~ 0.3 V)以后,二极管才真正导通。此时,二极管两端的正向管压降几乎不变



(硅管为 0.7V 左右, 锗管为 0.3V 左右), 如图 1-9 中 $AB(A'B')$ 段, 可以近似地认为它是恒定的, 不随电流的变化而变化。但是从伏安特性曲线可以看出, 此时正向电流是随着正向电压的增加而急速增大的, 如不采取限流措施, 过大的电流会使 PN 结发热, 超过最高允许温度(锗管为 $90\sim 100^{\circ}\text{C}$, 硅管为 $125\sim 200^{\circ}\text{C}$) 时, 二极管就会被烧坏。

B 反向特性

二极管反向连接时处于截止状态, 仍然会有微弱的反向电流(锗二极管不超过几微安, 硅二极管不超过几十纳安), 且不随反向电压的变化而变化。此时的电流称为反向饱和电流 I_S , 如图 1-9 中 $OC(OC')$ 段。它和温度有极为密切的关系, 温度每升高 10°C , 反向电流约增大一倍。反向电流是衡量二极管质量好坏的重要参数之一, 反向电流太大, 二极管的单向导电性能和温度稳定性就差, 选择和使用二极管时必须特别注意。

C 击穿特性

当加在二极管两端的反向电压增加到某一数值时, 反向电流会急剧增大, 这种状态称为击穿, 此时对应的电压称为反向击穿电压, 用 U_{BR} 表示, 如图 1-9 中 $CD(C'D')$ 段。意味着二极管丧失了单向导电特性而损坏了。

1.2.2 主要参数

器件的参数是用以说明器件特性的数据, 它是根据使用要求提出的。二极管的主要参数及其意义如下:

(1) 最大整流电流 I_F

该电流是指在规定的环境温度下, 二极管长期运行允许通过的最大半波正向电流平均值。使用时实际值不能超过此值, 否则会烧坏二极管。

(2) 最高反向工作电压 U_{RM} 。

该电压是指允许加在二极管上的反向电压的峰值, 也就是通常所说的耐压值。一般产品手册上给出的最高反向工作电压值是试验击穿电压 U_{BR} 的一半左右。使用时注意, 加于二极管的反向工作电压峰值不能超过 U_{RM} 值。

(3) 反向击穿电压 U_{BR} 。

U_{BR} 指反向电流明显增大, 超过某规定值时的反向电压。

(4) 最高工作频率 f_M 。

f_M 是由 PN 结的结电容大小决定的参数。当工作频率 f 超过 f_M 时, 结电容的容抗减小到可以和反向交流电阻相比拟时, 二极管将逐渐失去它的单向导电性。

1.3 二极管的等效电路

二极管的伏安特性具有非线性, 这给二极管应用电路的分析带来一定的困难, 为了简化分析, 降低计算难度, 常用线性元件代替二极管, 能在一定条件下模拟二极管特性的电路称为二极管的等效电路。



1.3.1 二极管的等效模型

1.3.1.1 二极管的理想模型

理想二极管:正向偏置时导通,电压降为零;反向偏置时截止,电流为零;反向击穿电压为无穷大。在分析电路时理想二极管可用开关来等效,正偏时开关闭合,反偏时开关断开,如图 1-10 所示。

将二极管的伏安特性曲线用两段直线来逼近,称为二极管特性曲线折线近似。

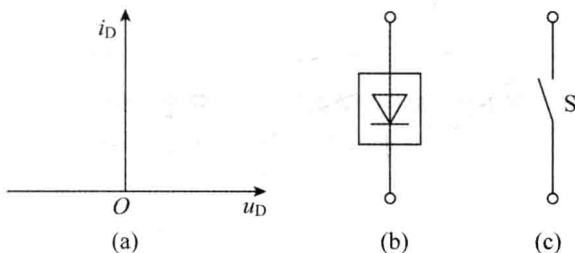


图 1-10 理想二极管模型

(a) 伏安特性曲线; (b) 符号; (c) 等效电路模型

1.3.1.2 二极管的恒压降模型

二极管的恒压降模型如图 1-11 所示。其反偏模型和理想模型一样,但认为二极管正偏导通后的管压降是一个恒定值,对于硅管和锗管来说,分别取 0.7V 和 0.3V 的典型值。这个模型比理想模型更接近实际情况,因此应用更广泛。

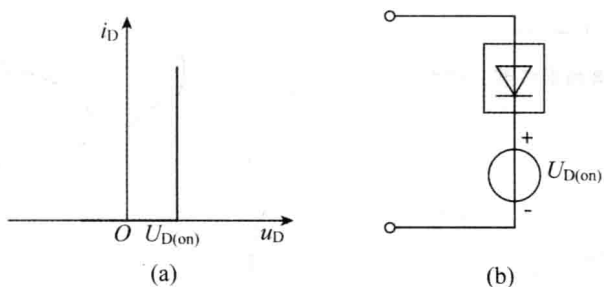


图 1-11 二极管的恒压降模型

(a) 特性曲线的折线近似; (b) 等效电路模型

1.3.1.3 二极管的折线模型

外加电压远大于二极管的导通电压 $U_{D(on)}$ 时,忽略 $U_{D(on)}$ 的影响,将二极管的特性曲线用从坐标原点出发的两段折线逼近,称为二极管的折线模型,如图 1-12 所示。

1.3.2 单相半波整流电路

利用二极管的单向导电性,可以把双向变化的交流电转换为单向的直流电,称为整流。图 1-13 是单相半波整流电路图。

图中 u_i 为交流电压,幅度一般较大,为几伏以上,其输入输出波形如图 1-14 所示。在交流 u_i 的正半周,二极管 VD 正向导通,其导通电压可以忽略不计,则 u_o 等于 u_i ; 在 u_i 的负半周,VD

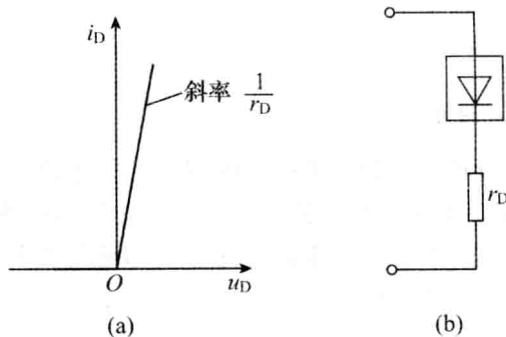


图 1-12 忽略导通电压时二极管的折线模型

(a) 特性曲线的折线近似; (b) 等效电路模型

反向截止, 则 u_o 等于 0, 从图 1-14 看出, 交流输入电压只有一半通过整流电路, 所以这种整流称为半波整流。

整流的过程只是把双向交流电变为单向脉动直流电。

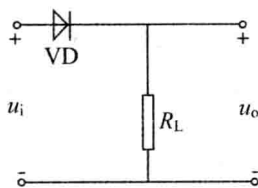


图 1-13 二极管单相半波整流电路

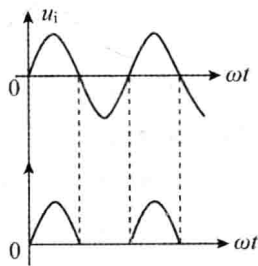


图 1-14 半波整流电路的波形图

1.3.3 例题分析

[例 1-1] 如图 1-15 所示, 二极管为硅管, 其中 $R = 3\text{k}\Omega$, 试分别用二极管理想模型和恒压降模型求出 $V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ 和 $V_{\text{DD}} = 10\text{V}$ 时 I_O 和 U_O 的值。

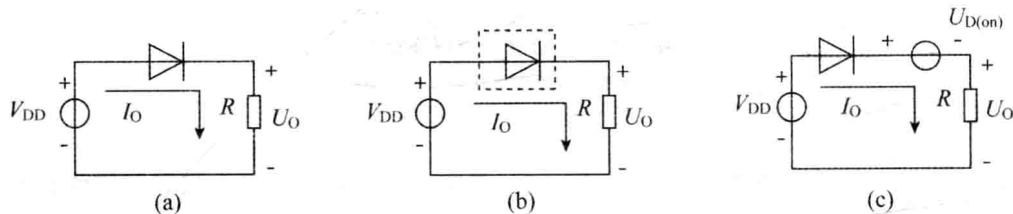


图 1-15 例 1-1 图

(a) 电路图; (b) 二极管理想模型; (c) 二极管恒压降模型

解: (1) 当 $V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ 时

理想 $U_O = V_{\text{DD}} = 3\text{V}$ $I_O = V_{\text{DD}} / R = 3 / 3 = 1\text{mA}$

恒压降 $U_O = V_{\text{DD}} - U_{\text{D(on)}} = 3 - 0.7 = 2.3\text{V}$

$I_O = U_O / R = 2.3 / 3 = 0.77\text{mA}$

(2) 当 $V_{DD} = 10\text{V}$ 时

理想 $U_O = V_{DD} = 10\text{V}$, $I_O = V_{DD} / R = 10 / 3 = 3.33\text{mA}$

恒压降 $U_O = V_{DD} - U_{D(\text{on})} = 10 - 0.7 = 9.3\text{V}$

$I_O = U_O / R = 9.3 / 3 = 3.1\text{mA}$

所以, 当 V_{DD} 大时, 可采用理想模型; V_{DD} 小时, 最好采用恒压降模型。

[例 1-2] 如图 1-16 所示, 试求电路中电流 I_1 、 I_2 、 I_O 及输出电压 U_O 的值。

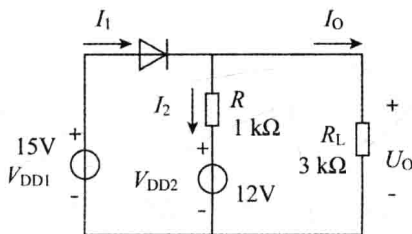


图 1-16 例 1-2 图

解: 由已知条件可知, 二极管导通, 等效为 0.7V 的恒压源。

$U_O = V_{DD1} - U_{D(\text{on})} = 15 - 0.7 = 14.3\text{V}$, $I_O = U_O / R_L = 14.3 / 3 = 4.8\text{mA}$

$I_2 = (U_O - V_{DD2}) / R = (14.3 - 12) / 1 = 2.3\text{mA}$

$I_1 = I_O + I_2 = 4.8 + 2.3 = 7.1\text{mA}$

[例 1-3] 如图 1-17 所示, 二极管构成“门”电路, 其中 V_1 、 V_2 均为理想二极管, 当输入电压 U_A 、 U_B 为低电压 0V 和高电压 3V 的不同组合时, 求输出电压 U_O 的值。

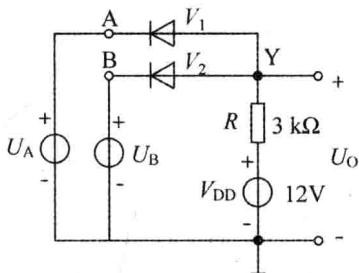


图 1-17 例 1-3 图

解: 根据已知, 可见表 1-1。

表 1-1 “门”电路的分析

输入电压		理想二极管		输出电压/V
V_A/V	V_B/V	V_1	V_2	
0	0	正偏导通	正偏导通	0
0	3	正偏导通	反偏截止	0
3	0	反偏截止	正偏导通	0
3	3	正偏导通	正偏导通	3

总结:



理想二极管:正偏导通,电压降为零,相当于开关闭合;反偏截止,电流为零,相当于开关断开。

恒压降模型:正偏电压大于 $U_{D(on)}$ 时导通,等效为恒压源 $U_{D(on)}$;否则截止,相当于二极管支路断开。

1.4 特殊二极管

1.4.1 稳压二极管

1.4.1.1 稳压二极管

稳压二极管简称稳压管,是用特殊工艺制造的面结合型硅半导体二极管。它的特性曲线及电路符号如图 1-18 所示。稳压管和普通二极管的正向特性相同,不同的是反向击穿电压较低,且击穿特性陡峭,这说明反向电流在较大范围内变化时,击穿电压基本不变。稳压管正是利用反向击穿特性来实现稳压的,因此,稳压管正常工作时,工作于反向击穿状态,此时的击穿电压称为稳定工作电压,用 U_Z 表示。而它的击穿具有非破坏性,称为齐纳击穿,当外加电压撤除后,PN 结的特性可以恢复。

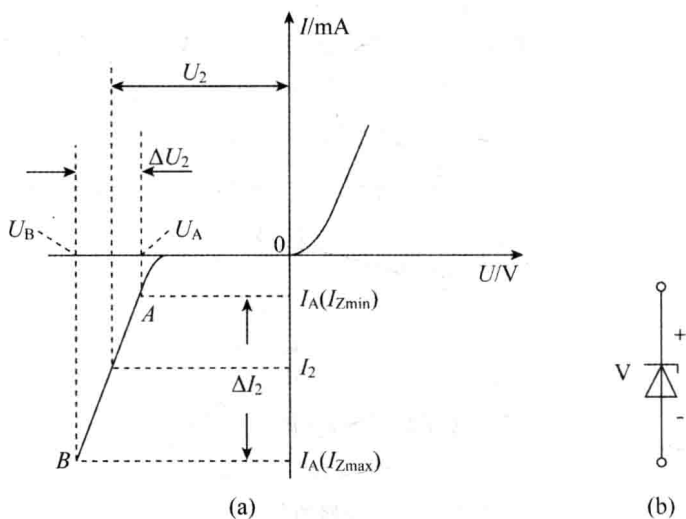


图 1-18 稳压管的电路符号及伏安特性

(a) 特性曲线; (b) 电路符号

1.4.1.2 稳压二极管的主要参数

稳压二极管的实物如图 1-19 所示。

(1) 稳定电压 U_Z :即管子的反向击穿电压。

(2) 稳定电流 I_Z :指稳压管工作在稳压状态时流过的电流。当稳压管稳定电流小于最小稳定电流 I_{Zmin} 时,没有稳压作用,大于最大稳定电流 I_{Zmax} 时,管子因过流而损坏。

稳压管的参数除了 U_Z 和 I_Z 外,还有动态电阻 r_z 、耗散功率 P_Z 、电压温度系数 C_{TV} 等。

1.4.1.3 二极管稳压电路

交流电压经过整流滤波后,所得到的直流电压虽然脉动程度已经很小,但当电网波动或负载变化时,其直流电压的大小也随之发生变化。为了使输出的直流电压基本保持恒定,需要在滤波电路和负载之间加上稳压电路。这里介绍用稳压二极管构成的一种简单的并联型稳压电路,如图 1-20 所示。由限流电阻 R 和硅稳压管组成稳压电路。

电路中,稳压管必须反向偏置,并且工作在反向击穿区,若接反,相当于电源短路,电流过大会使稳压管过热烧坏。在使用中,稳压管之间可串联使用,但不允许并联使用,这是因为并联后会造成各管的电流分配不均,使电流分配大的稳压管过载而损坏。

引起输出电压不稳定的原因主要是两个:一是电源电压的波动,二是负载电流的变化。稳压管对这两种影响都有抑制作用。

当交流电源电压变化引起 U_1 升高时,起初 U_O 随着升高。由稳压管的特性曲线可知,随着 U_O 的上升(即 U_Z 上升),稳压管电流 I_Z 将显著增加, R 上电流 I 增大导致 R 上电压降 U_R 也增大。根据 $U_O = U_1 - U_R$ 的关系,只要参数选择适当, U_R 的增大可以基本抵消 U_1 的升高,使输出电压基本保持不变,上述过程可以表示为:

$$U_1 \uparrow \rightarrow U_O(U_Z) \uparrow \rightarrow I_Z \uparrow \rightarrow I \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_O \downarrow$$

反之,当 U_1 下降引起 U_O 降低时,调节过程与上相反。

当负载变化时电流 I_O 在一定范围内变化而引起输出电压变化时,同样会由于稳压管电流 I_Z 的补偿作用,使 U_O 基本保持不变。其过程描述如下:

$$I_O \uparrow \rightarrow I \uparrow \rightarrow U_R \uparrow \rightarrow U_O \downarrow \rightarrow I_Z \downarrow \rightarrow U_O \uparrow \leftarrow U_R \downarrow \leftarrow I \downarrow$$

综上所述,由于稳压管和负载并联,稳压管总要限制 U_O 的变化,所以能稳定输出直流电压 U_O ,这种稳压电路也称为并联型稳压电路。

1.4.2 光电二极管

光电二极管是一种很常用的光敏元件。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。光电二极管的电路符号如图 1-21 所示。

光电二极管和普通二极管一样,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。光电二极管的

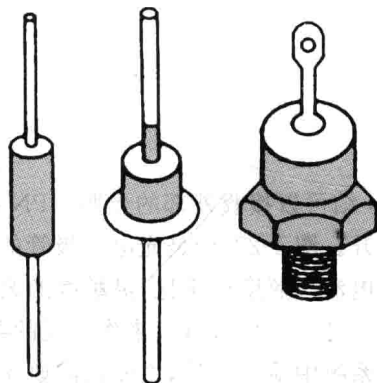


图 1-19 稳压二极管的实物图

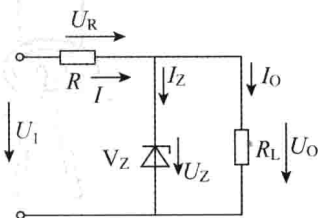


图 1-20 硅稳压管稳压电路