

图说

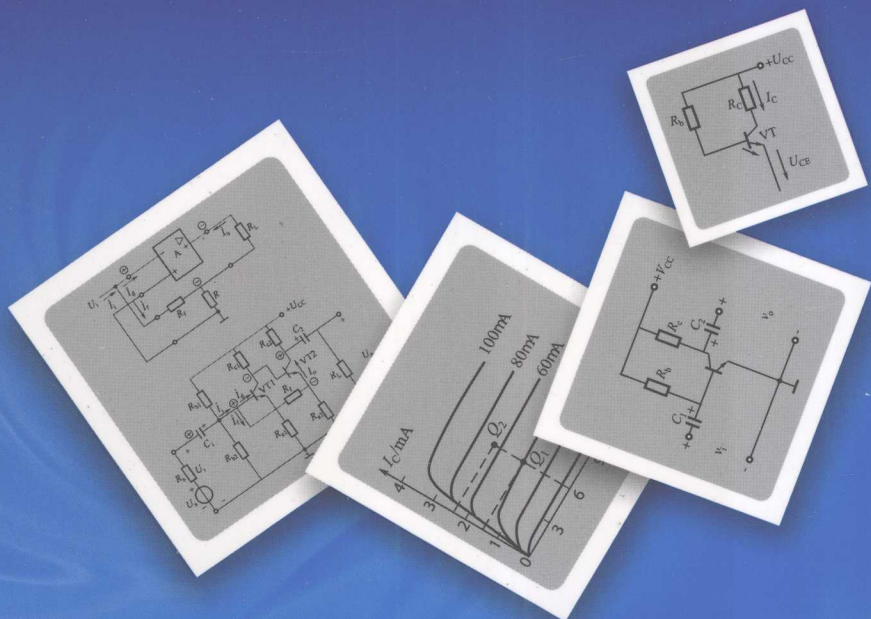
TUSHUO

MONI DIANZI JISHU



模拟电子技术

管炳文 刘朝霞 侯秀荔 编



化学工业出版社

图说

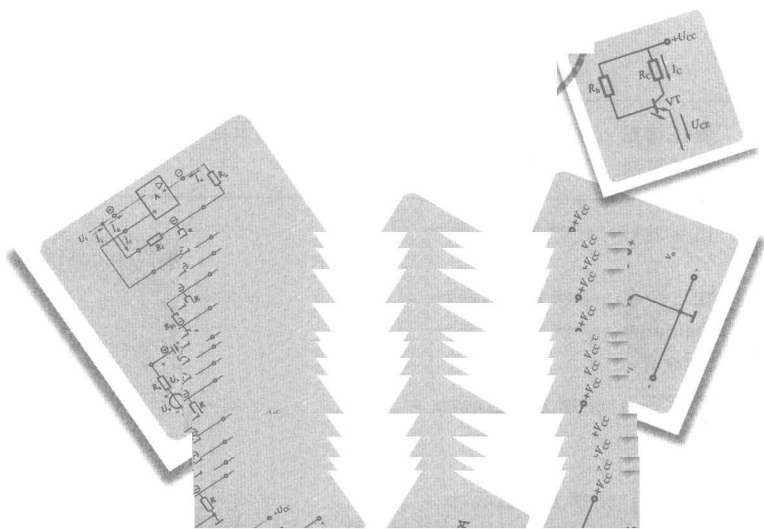
TUSHUO

MONI DIANZI JISHU



模拟电子技术

管炳文 刘朝霞 侯秀荔 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

图说模拟电子技术/管炳文, 刘朝霞, 侯秀荔编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 4

ISBN 978-7-122-04662-8

I. 图… II. ①管…②刘…③侯… III. 模拟电路-电子技术-图解 IV. TN710-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 011903 号

责任编辑: 宋 辉

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 吴 静

出版发行: 化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 6 1/4 字数 125 千字

2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着科学技术不断进步,各种电子产品层出不穷,新产品更新换代频率加快,但万变不离其宗,均离不开模拟电子技术的支撑。编写本书的目的是使读者通过趣味性的学习,掌握一定的模拟电子技术基础知识,加强识图能力及分析电路能力,从而掌握简单电路的应用。

在编写过程中,编者进行了深入的企业岗位群的调研,结合岗位实际,在够用为原则的基础上进行知识的适当拓展。根据实际需要,对原有模拟电子技术知识体系中的内容进行合理删减。

本书适合于入门级电子爱好者阅读,亦可作为中职或职高电类专业教材的教学参考书。

本书内容主要包括电子元器件、典型电子电路,并配有习题和答案。

本书由管炳文、刘朝霞、侯秀荔共同编写,第一章第一节由侯秀荔编写,第一章第二节、第三节,第二章、第三章、第五章由管炳文编写,第四章由刘朝霞编写。全书由管炳文统稿。本书还得到了尹宏业、陈静的支持和帮助,在此表示感谢。

本书不足之处,恳请读者提出宝贵意见。

编者

目录

第一章 常用半导体器件

1

第一节 半导体二极管	2
第二节 半导体三极管	13
第三节 场效应管	29
本章小结	40
练一练	41

第二章 三极管放大电路

49

第一节 三极管放大电路基本概念和 分析方法	50
第二节 三极管单级放大器直流通路	58
第三节 三极管单级放大器交流通路	67
第四节 稳定工作点的电路	83
第五节 共集电极放大电路	88
第六节 三极管多级放大电路	94
本章小结	101
练一练	102

第三章 负反馈放大器

109

第一节 初识反馈放大电路	110
第二节 负反馈放大电路的分析	115

第三节	负反馈对放大电路性能的影响	122
本章小结		125
练一练		126

第四章 集成运算放大器 129

第一节	初识集成运算放大器	130
第二节	集成运放的线性应用	137
第三节	集成运放的非线性应用	148
本章小结		153
练一练		154

第五章 直流稳压电源 159

第一节	整流与滤波电路	161
第二节	稳压电路	168
第三节	集成稳压器	171
本章小结		176
练一练		177

部分习题答案 179

参考文献 189

第一章 常用半导体器件



知识目标

1. 正确理解二极管的单向导电性，三极管的电流控制作用，场效应管的电压控制作用。
2. 熟练掌握二极管、三极管外特性 ($V-A$ 特性曲线)。
3. 熟练掌握二极管、三极管、场效应管的主要参数。



技能目标

1. 学会判断二极管、三极管、场效应管的极性。
2. 正确判断二极管、三极管、场效应管的好坏。
3. 在路测量二极管、三极管端电压，判断好坏。



第一节

半导体二极管

半导体器件是构成电子电路的最基本单元。掌握半导体器件的特征是分析电子电路的基础。导电能力介于导体与绝缘体之间的物质称为半导体。

半导体具有以下特性。

(1) 热敏特性和光敏特性

在加热或光照加强时，半导体的阻值显著下降，导电能力增强，类似于导体。

半导体具有热敏特性和光敏特性是由半导体的内部结构所决定的。

(2) 掺杂特性

如图 1-1 所示，如果在半导体里掺入少量外层电子只有三个的硼元素，和外层电子数是四个的硅或锗原子组成共价

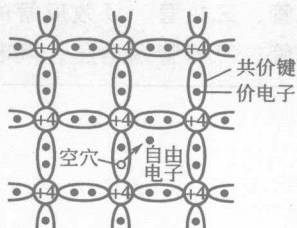


图 1-1 半导体内部结构示意图

键时，就自然形成一个空穴，这就使半导体中的空穴载流子增多，叫空穴型半导体，简称 P 型半导体。

如果在半导体中掺入少量外层电子为五个的磷元素，在和半导体原子组成共价键时，就多出一个电子。这种电子为多数载流子的半导体叫电子型半导体，简称 N 型半导体。

如图 1-2 所示，在一块纯净的半导体晶片上，采用特殊的掺杂工艺，在两侧分别掺入三价元素和五价元素。一侧形成 P 型半导体，另一侧形成 N 型半导体，中间部分形成 PN 结。

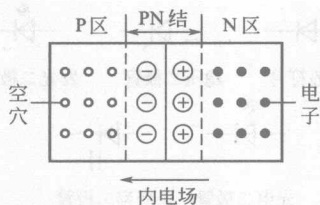


图 1-2 PN 结的形成

一、半导体二极管的分类与符号

半导体二极管简称二极管，是由半导体材料硅或锗通过特殊工艺制造而成的一种二端元件。二极管种类很多，按材料分有硅二极管、锗二极管等；按结构分有点接触型和面接触型等；按用途分有整流二极管、检波二极管、稳压二极管、发光二极管、变容二极管等。这些各种各样的二极管，尽管所用材料和制造工艺不尽相同，但它们的基本性质和分析方法是十分相似的。

图 1-3 所示为普通二极管和稳压二极管的实物图，电路符号见图 1-4 示。

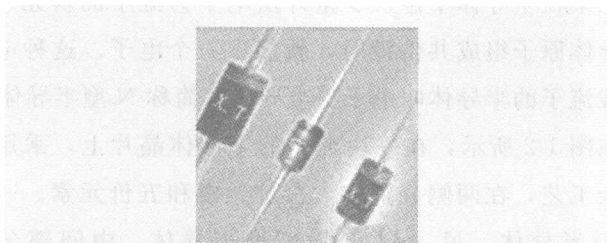


图 1-3 二极管的实物图



图 1-4 二极管的电路符号

二、二极管的单向导电特性

二极管与电阻的导电方式一样吗？先仔细观察二极管的外壳，有的在—端有一条亮色带，有的在—端有色点，可以说二极管的这两根引脚是有区别的，如图 1-3 所示，有色带，有色点的一端表示负极引脚，另一端为正极引脚。

动手实验

我们来观察实验现象。如图 1-5 准备直流稳压电源、小灯泡、二极管、开关和导线若干。第一次连接电路时，将有

亮色带的一侧靠近电源正极，接通电路，小灯泡不发光。第二次连接电路时，将有亮色带的一侧远离电源正极，接通电路，小灯泡发光。小灯泡亮了表示有电流流过二极管，说明二极管处于导通状态。小灯泡不亮，表示没有电流流过二极管，说明二极管处于截止状态。从实验现象上我们可以得出结论，二极管只单方向导通。

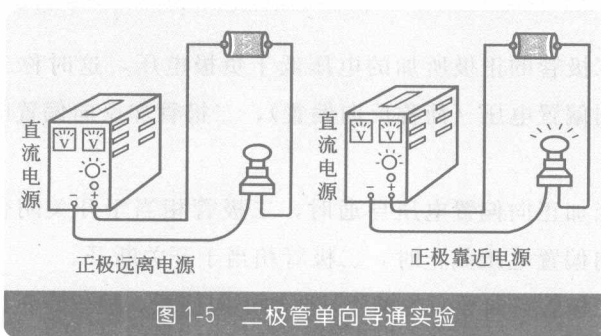


图 1-5 二极管单向导通实验

二极管的两根引脚是有区别的，两根引脚一个是正极，一个是负极，在二极管的外壳上用色环或色点标注的是负极引脚。电流只能单方向从二极管的正极流向负极。同样，在电路符号上也能判断出二极管引脚的正、负极性，三角形底边这端为正极，另一端为负极，三角形的指向是二极管正向导通时电流流动的方向，见图 1-6 所示。二极管的这种电流只能从正极流向负极，而不能从负极流向正极的特性，就是二极管的单向导电性。

一般将二极管两端所加的电压称为偏置电压。如果给二极管正极所加的电压高于负极电压，这时称二极管加正向偏置电压（简称正向偏置），二极管加正向偏置电压时导通。如

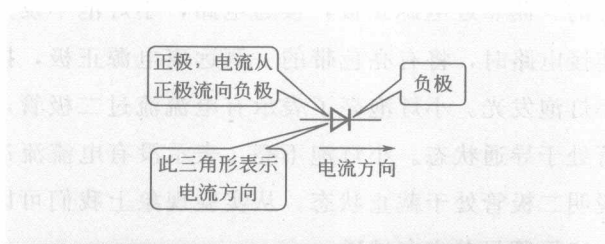


图 1-6 二极管上电流流动的方向

果给二极管的正极所加的电压低于负极电压，这时称二极管加反向偏置电压（简称反向偏置），二极管加反向偏置电压时截止。

当加正向偏置电压导通时，二极管相当于开关闭合；当加反向偏置电压截止时，二极管相当于开关断开。

二极管正向导通的条件是要加正向偏置，但仅有正向偏置还是不够的，还需将正向偏置电压大到一定程度，对于硅材料的二极管要求正向偏置电压大于 0.6V ，对于锗材料的二极管要求正向偏置电压大于 0.2V ，这时二极管才能正向导通。

三、半导体二极管的特性曲线及主要参数

1. 半导体二极管的特性曲线

半导体二极管中的电压电流符合欧姆定律吗？当加在二极管两端的电压大小和方向发生变化时，流过二极管的电流又是如何变化的呢？我们可以用晶体管测试仪测出二极管两端的电压、电流变化的关系曲线，即二极管的 $V-A$ 特性曲线。

如图 1-7 从特性曲线上可以看出, 二极管中的电压电流是不符合欧姆定律的。当正向电压较小时, 正向电流也较小; 当正向电压大到一定程度后, 正向电流迅速增大, 说明二极管已导通。只要反向电压不是太大, 二极管几乎没有反向电流。当反向电压大到一定程度时, 反向电流迅速增大, 这说明二极管已经反向击穿。外加电压大于反向击穿电压二极管被击穿, 失去单向导电性。

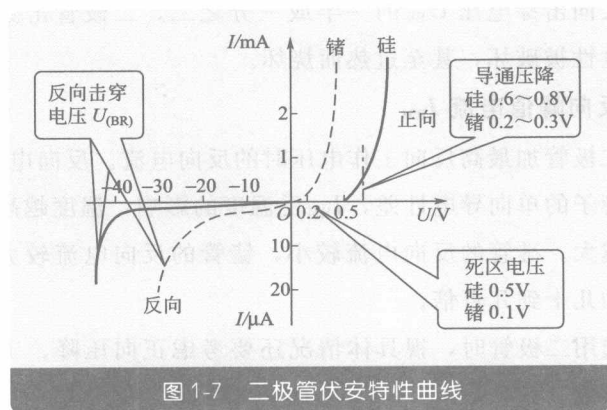


图 1-7 二极管伏安特性曲线

表 1-1 为二极管的工作特性。

表 1-1 二极管的工作特性

电压极性 & 状态		说 明
正向偏置	正向偏置电压足够大	二极管正向导通, 两引脚之间内阻很小
	正向偏置电压不够大	二极管不足以正向导通, 两引脚之间电阻比较大
反向偏置	反向偏置电压不太大	二极管截止, 两引脚之间内阻很大
	反向偏置电压很大	二极管反向击穿, 两引脚之间内阻很小, 二极管无单向导通特性, 二极管损坏
反向击穿	反偏电压达到击穿值	稳压二极管起到稳定电压的作用

2. 半导体二极管的主要参数

(1) 最大整流电流 I_{OM}

二极管室温下长期运行允许通过最大正向平均电流。超过这一值，二极管会因过热而烧坏。

(2) 反向工作峰值电压 U_{RWM}

保证二极管不被击穿而给出的反向峰值电压，一般是二极管反向击穿电压 U_{BR} 的一半或三分之二。二极管击穿后单向导电性被破坏，甚至过热而烧坏。

(3) 反向峰值电流 I_{RM}

二极管加最高反向工作电压时的反向电流。反向电流大，说明管子的单向导电性差， I_{RM} 受温度的影响，温度越高反向电流越大。硅管的反向电流较小，锗管的反向电流较大，为硅管的几十到几百倍。

选用二极管时，视具体情况还要考虑正向压降、工作频率等参数。

四、掌握二极管的测试方法

二极管的外壳上虽然有标记，但若看不清的话，可以通过万用表来判断极性和判断二极管的好坏。

如图 1-8 所示，用万用表来判断二极管极性时，测量电阻较小的那一次，黑表笔所接的引脚为二极管的正极引脚，但应注意选用万用表欧姆挡的 $R \times 1k$ 挡。

用万用表判断二极管的好坏时，当黑表笔接正极引脚时测量结果有以下几种情况：几千欧，正常；远小于几千欧甚

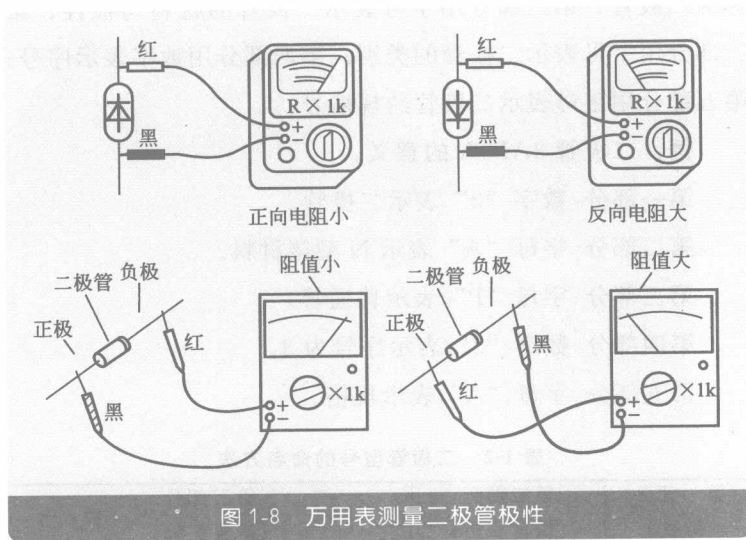


图 1-8 万用表测量二极管极性

至接近零，二极管击穿；几百千欧，说明开路；几十千欧，正向特性变劣；测量中指针不稳定，说明稳定性能差。

当黑表笔接负极引脚时测量结果有以下几种情况：数百千欧，正常；接近零，二极管击穿；远小于几百千欧，说明反向特性不好；表针不动，说明开路；测量中指针不能稳定指示某值上，说明稳定性能差。

通常情况下，如果二极管的正向电阻不正常时，反向电阻也不正常。质量好的二极管希望正向电阻越小的同时，反向电阻越大。

五、二极管的命名

二极管型号的命名方法见表 1-2 所示。国家标准国产二极管的型号命名分为五个部分：第一部分用数字“2”表示主

称为二极管；第二部分用字母表示二极管的材料与极性；第三部分用字母表示二极管的类别；第四部分用数字表示序号；第五部分用字母表示二极管的规格号。

例：二极管 2AP3A 的意义。

第一部分 数字“2”表示二极管。

第二部分 字母“A”表示 N 型锗材料。

第三部分 字母“P”表示普通管。

第四部分 数字“3”表示序号为 3。

第五部分 字母“A”表示规格。

表 1-2 二极管型号的命名方法

第一部分 (数字)		第二部分 (拼音字母)		第三部分 (拼音字母)			
有效电极数目		材料和极性		类型			
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
2	二极管	A	N 型锗材料	P	普通管	D	低频大功率管
				V	微波管		
		B	P 型锗材料	W	稳压管	A	高频大功率管
				C	N 型硅材料		
		D	P 型硅材料	Z	整流管	T	半导体闸流管
				L	整流堆		
第四部分(数字):器件的序号;第五部分(拼音字母):规格差别							

第四部分(数字):器件的序号;第五部分(拼音字母):规格差别

六、特殊二极管

1. 稳压二极管

稳压二极管是一种稳压元件，有一个最大特点，当加在其两端的反向电源电压波动时，稳压二极管两端的电压基本不变，这种特性就是稳压作用。所以稳压二极管主要用于直

流电压中供给电路的稳压，或有些需要限幅电压的电路中。通过稳压二极管的外形特征和管壳上的各种标记，可以判断出稳压二极管的正、负引脚。

稳压二极管具有与普通二极管相似的特性，在稳压二极管上加上正向偏置时和普通二极管一样使用，但一般不这样使用。由于稳压二极管造价较高，主要是工作在反向截止状态，加在稳压二极管两端的反向电压达到额定电压时，两个引脚之间的电压大小基本不变，但流过稳压二极管的电流可以变化，稳压二极管就是利用这一特性进行稳压，如图 1-9 所示。常用稳压二极管的型号与参数见表 1-3。

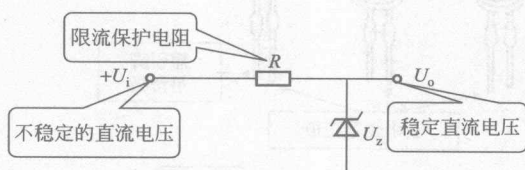


图 1-9 稳压二极管及应用电路

表 1-3 常用稳压二极管的型号与参数

型 号	稳定电压/V	稳定电流/mA	最大稳定电流/mA
2CW52	3~4.5	10	55
2CW53	4~5.5	10	45
2CW54	5~6.5	10	38
2CW55	6~7.5	10	33
2CW56	7~8.5	10	10
2CW57	8~9.5	10	29
2CW58	9~10.5	10	26
2CW59	10~12	5	23
2CW60	11.5~14	5	20
2CW61	13.5~17	5	17
2CW62	13.5~17	5	14