



高等职业教育“十二五”规划教材
浙江省高校(高职高专)重点教材
高等职业教育项目课程改革规划教材

模拟电子电路 分析与应用

潘春月 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材
浙江省高校(高职高专)重点教材
高等职业教育项目课程改革规划教材

模拟电子电路分析与应用

主 编 潘春月
副主编 李爱秋
参 编 颜晓河 沈正华

机械工业出版社

本书依据典型的职业工作任务,合理设计了6个教学项目,分别为简易充电器的制作与调试、简易助听器的制作与调试、热电阻测温放大器的制作与调试、函数信号发生器的制作与调试、红外音频信号转发器的制作与调试、0~30V可调直流稳压电源的制作与调试。

本书将相关知识和技能融入到各个项目中,培养学生元器件识别与检测能力、电子仪器仪表使用能力、模拟电子电路分析与安装能力、电路调试能力、技术资料查询能力以及综合素质和创新能力。

本书可作为高职高专电气自动化技术专业、电子信息工程技术专业、应用电子技术专业及相关专业教材,也可作为成教学院、职工大学相关专业的教材,对从事电子技术相关领域的工程技术人员亦有一定的参考价值。

为方便教学,本书配有电子课件、模拟试卷及解答,凡选用本书作为授课教材的学校均可免费索取。咨询电话:01088379375;电子邮箱:wangzongf@163.com。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子电路分析与应用/潘春月主编. —北京:机械工业出版社,2013.9

高等职业教育“十二五”规划教材 浙江省高校(高职高专)重点教材 高等职业教育项目课程改革规划教材

ISBN 978-7-111-42701-8

I. ①模… II. ①潘… III. ①模拟电路—高等职业教育—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第115350号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王宗锋 责任编辑:王宗锋 王荣 版式设计:常天培
责任校对:肖琳 封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2013年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·12.25印张·303千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-42701-8

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工微博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书根据教育部《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》及专业教学改革的需求进行编写。编写过程中根据职业岗位的知识和技能要求,从典型的职业工作任务中合理设计教学项目,将“教、学、做”交替教学模式融入到学习中。读者通过学做合一训练,可培养元器件识别与检测能力、电子仪器仪表使用能力、模拟电子电路分析与安装能力、电路调试能力以及技术资料查询能力。

本书共有6个项目,分别为简易充电器的制作与调试、简易助听器的制作与调试、热电阻测温放大器的制作与调试、函数信号发生器的制作与调试、红外音频信号转发器的制作与调试、0~30V可调直流稳压电源的制作与调试,内容涉及二极管及其应用电路、晶体管基本放大电路、负反馈放大电路、集成运算放大器的应用、信号产生电路、功率放大电路和直流稳压电源等。

本书由温州职业技术学院潘春月副教授任主编,李爱秋任副主编,参加编写的还有颜晓河、沈正华。其中项目1、项目4、附录B由李爱秋编写,项目2、项目5、附录A、附录C、附录D由潘春月编写,项目3由沈正华编写,项目6由颜晓河编写。全书由潘春月统稿、定稿。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

本书常用符号说明

A	电流量的单位安[培]、运放器件
A	放大倍数、增益
A_f	反馈放大电路的增益、反馈放大电路的放大倍数
A_i	电流增益、电流放大倍数
A_{uo}	开环电压增益、开环电压放大倍数
A_u	负载电压增益、负载电压放大倍数
A_{uc}	共模电压增益、共模电压放大倍数
A_{ud}	差模电压增益、差模电压放大倍数
A_{uf}	闭环电压增益、闭环电压放大倍数
A_{uS}	考虑信号源内阻时的源电压放大倍数
a	整流元件的阳极(正极)
B	晶体管的基极
BW	频带宽度、通频带
C	电容
C_B	隔直电容
C_E	发射极旁路电容
C_f	反馈电容
C	晶体管的集电极
D	场效应晶体管的漏极
E	晶体管的发射极
$\bar{F}$	反馈系数
F_u	电压反馈系数
f	频率
f_H	放大电路的上限频率
f_L	放大电路的下限频率
f_0	谐振频率、中心频率
f_n	特征频率
f_P	截止频率、转折频率
G	场效应晶体管的栅极
G	电导
g	微变电导
g_m	跨导
I, i	电流
I_C	集电极静态电流、直流电流

I_c	集电极电流交流分量有效值
I_{cm}	集电极电流交流分量幅值
ΔI_C	集电极电流变化量
I_D	二极管静态电流、漏极静态电流
I_F	二极管正向平均电流
i_i	输入电流
I_{iB}	输入偏置电流
I_{iO}	输入失调电流
I_i	输入电流有效值
i_L	负载电流
I_o	输出电流有效值
I_{oM}	最大输出电流
I_R	二极管反向电流
I_S	信号源电流、二极管饱和电流
I_+ 、 i_+	运放同相端输入电流
I_- 、 i_-	运放反相端输入电流
i_C	集电极总电流
i_c	集电极电流交流分量
i_F	反馈电流
i_I	总输入电流
K	热力学温度单位
KA	继电器
K_{CMR}	共模抑制比
k	整流元件的阴极(负极)
L	自感系数、电感
M	互感系数、互感
N	电子型半导体
N	绕组的匝数比
P	功率
P	空穴型半导体
Q	静态工作点、品质因数
q	电子的电荷量、占空比
R	电阻
R_B 、 R_C 、 R_E	晶体管放大电路的基极、集电极、发射极电阻
R_G 、 R_D 、 R_S	场效应晶体管放大电路的栅极、漏极、源极电阻
R_f	反馈电阻
R_i	放大电路的交流输入电阻
R_L	负载电阻
R_o	放大电路的交流输出电阻

RP	电位器
r	微变电阻(交流电阻或动态电阻)
r_{be}	晶体管的输入电阻
r_{ce}	晶体管的输出电阻
S	开关、场效应晶体管的源极
S_R	转换速率
S_r	稳压系数
T	温度
T	变压器
t	时间
U 、 u	电压
$U_{(BR)CBO}$	发射极开路, 集电极-基极反向击穿电压
$U_{(BR)CEO}$	基极开路, 集电极-发射极反向击穿电压
$U_{(BR)EBO}$	集电极开路, 发射极-基极反向击穿电压
$U_{(BR)DS}$ 、 $U_{(BR)GD}$ 、 $U_{(BR)GS}$	分别为漏极-源极、栅极-漏极、栅极-源极击穿电压
$U_{GS(off)}$	场效应晶体管的夹断电压
$U_{GS(th)}$	场效应晶体管的开启电压
U_i	直流信号输入电压、输入电压有效值
u_{ic}	共模输入电压
u_{id}	差模输入电压、净输入电压
U_{on}	二极管、晶体管的门限电压(死区电压)
U_{REF}	参考电压、基准电压
U_S	信号源电压有效值
U_T	温度的电压当量
U_{T+}	上限阈值电压
U_{T-}	下限阈值电压
U_Z	稳压二极管的稳定电压
U_+ 、 u_+	运放同相输入端的输入电压
U_- 、 u_-	运放反相输入端的输入电压
U_F	二极管导通压降
V_{BB}	晶体管放大电路的基极电源
V_{CC}	晶体管放大电路的集电极电源
V_{DD}	场效应晶体管放大电路的漏极电源
V_{EE}	晶体管放大电路的发射极电源
V_{GG}	场效应晶体管放大电路的栅极电源
V_{SS}	场效应晶体管放大电路的源极电源
VD	二极管
VF	场效应晶体管
VS	稳压二极管

VT	晶体管
X	电抗、反馈电路中的信号量
Z	阻抗
α	晶体管共基极接法的电流放大系数
β	晶体管共发射极接法的电流放大系数
θ	整流元件的导通角
η	效率
φ	相位角、相移
τ	时间常数
ω	角频率
ΔU	回差电压

目 录

前言

本书常用符号说明

项目1 简易充电器的制作与调试	1
1.1 项目导入	1
1.2 项目实施条件	1
1.3 相关知识与技能	2
1.3.1 PN结的基本知识	2
1.3.2 半导体二极管	4
1.3.3 特殊二极管	9
1.3.4 半导体二极管的应用	12
1.4 项目制作与调试	18
1.4.1 项目原理分析	18
1.4.2 元器件检测	18
1.4.3 电路安装与调试	19
1.4.4 实训报告	20
1.5 项目总结与评价	20
1.5.1 项目总结	20
1.5.2 项目评价	20
1.6 习题	21
项目2 简易助听器的制作与调试	26
2.1 项目导入	26
2.2 项目实施条件	26
2.3 相关知识与技能	27
2.3.1 双极型晶体管的基本知识	27
2.3.2 晶体管基本放大电路	34
2.3.3 场效应晶体管放大电路	46
2.3.4 多级放大电路	53
2.3.5 负反馈放大电路	55
2.4 项目制作与调试	59
2.4.1 项目原理分析	59
2.4.2 元器件检测	59
2.4.3 电路安装与调试	60
2.4.4 实训报告	60
2.5 项目总结与评价	61

2.5.1 项目总结	61
2.5.2 项目评价	61
2.6 习题	62
项目3 热电阻测温放大器的制作与调试	69
3.1 项目导入	69
3.2 项目实施条件	70
3.3 相关知识与技能	70
3.3.1 差分放大电路	70
3.3.2 集成运放的基本知识	76
3.3.3 基本运算电路	81
3.3.4 有源滤波电路	87
3.4 项目制作与调试	95
3.4.1 项目原理分析	95
3.4.2 元器件识别与检测	96
3.4.3 电路安装与调试	96
3.4.4 实训报告	97
3.5 项目总结与评价	97
3.5.1 项目总结	97
3.5.2 项目评价	98
3.6 习题	98
项目4 函数信号发生器的制作与调试	106
4.1 项目导入	106
4.2 项目实施条件	106
4.3 相关知识与技能	107
4.3.1 正弦波振荡器	107
4.3.2 RC 正弦波振荡器	109
4.3.3 LC 正弦波振荡器	111
4.3.4 石英晶体振荡器	117
4.3.5 非正弦波发生器	119
4.4 项目制作与调试	127
4.4.1 项目原理分析	127
4.4.2 元器件检测	128
4.4.3 电路安装与调试	128
4.4.4 实训报告	128
4.5 项目总结与评价	128
4.5.1 项目总结	128
4.5.2 项目评价	129
4.6 习题	130
项目5 红外音频信号转发器的制作与调试	136

5.1 项目导入	136
5.2 项目实施条件	136
5.3 相关知识与技能	137
5.3.1 功率放大电路的特点和分类	137
5.3.2 乙类互补对称功率放大电路	138
5.3.3 甲乙类互补对称功率放大电路	140
5.3.4 集成功率放大器	143
5.3.5 功率管的散热问题	145
5.4 项目制作与调试	145
5.4.1 项目原理分析	145
5.4.2 元器件检测	146
5.4.3 电路安装与调试	146
5.4.4 实训报告	147
5.5 项目总结与评价	147
5.5.1 项目总结	147
5.5.2 项目评价	147
5.6 习题	148
项目6 0~30V 可调直流稳压电源的制作与调试	153
6.1 项目导入	153
6.2 项目实施条件	153
6.3 相关知识与技能	154
6.3.1 直流稳压电源的基本知识	154
6.3.2 串联型稳压电路	155
6.3.3 集成三端式稳压器	156
6.3.4 开关型稳压电源	159
6.4 项目制作与调试	164
6.4.1 元器件检测	165
6.4.2 电路安装与调试	165
6.4.3 实训报告	165
6.5 项目总结与评价	165
6.5.1 项目总结	165
6.5.2 项目评价	166
6.6 习题	166
附录	168
附录A 实训报告	168
附录B 电阻器、电容器、电感器、变压器介绍	170
附录C 美国、日本生产的半导体器件型号命名方法	177
附录D 习题参考答案	178
参考文献	186

项目1 简易充电器的制作与调试

1.1 项目导入

图 1-1 所示的简易充电器是一种为蓄电装置提供能量的设备，它能将交流电变换成符合充电要求的直流电。充电器被广泛应用于各个领域，尤其是在生活领域中为手机、照相机、剃须刀等常用电器进行充电。充电器电路由电源输入电路、变压电路、整流电路、滤波电路、电路状态指示电路及保护电路组成。

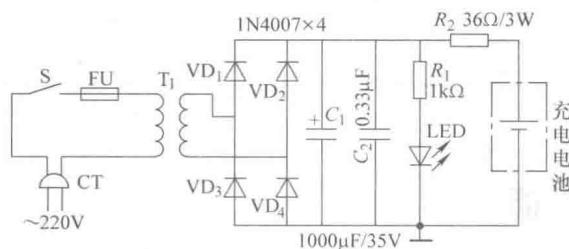


图 1-1 简易充电器电路图

通过本项目的制作与调试，达到以下教学目标：

1. 知识目标

- 1) 了解简易充电器的基本组成及其主要性能指标。
- 2) 熟悉二极管的结构、符号、分类及性能。
- 3) 熟悉二极管在实际电路中的应用。
- 4) 掌握二极管构成的桥式整流电路及电容滤波电路的参数测试方法。
- 5) 了解电容滤波电路的工作原理。
- 6) 熟悉发光二极管的应用。

2. 能力目标

- 1) 学会查阅整流二极管、电容及发光二极管等元器件的相关资料。
- 2) 能够对电阻、电容、二极管及小型电源变压器等元器件进行检测及质量判别。
- 3) 学会简易充电器的安装与调试。
- 4) 了解简易充电器指标的测量方法，能对简易充电器故障进行检修。

1.2 项目实施条件

场地：学做合一教室或电子技能实训室。

仪器：示波器及万用表。

工具：电烙铁、剪刀、螺钉旋具及剥线钳等。

元器件及材料：实训模块电路或按表 1-1 配置元器件。

表 1-1 元器件清单

序 号	元器件名称	型号及规格	数 量
1	变压器	10W/12V	1
2	发光二极管	红色	1
3	整流二极管	1N4007	4
4	电容	0.33μF	1
5	电解电容	1000μF/35V	1
6	电阻	1kΩ	1
7	电阻	36Ω/3W	1
8	焊锡	φ1.0mm	若干
9	导线	单股 φ0.5mm	若干
10	熔断器	5mm×20mm, 0.5A	1
11	通用电路板	100mm×50mm	1

1.3 相关知识与技能

1.3.1 PN 结的基本知识

1. 半导体的导电性能

常用的四价元素硅和锗等纯净半导体称为**本征半导体**。正常情况下，本征半导体的导电能力很微弱，但当半导体材料受外界光和热的作用时，它的导电能力会明显增强；在纯净的半导体中掺入微量特定的杂质元素，也会使它的导电能力急剧增强。

2. 半导体的本征激发与复合现象

当半导体处于热力学温度 0K(开[尔文])时，半导体中没有自由电子。当温度升高或受到光的照射时，原子核最外层的电子(称为价电子)能量增高，有的价电子可以挣脱原子核的束缚而参与导电，成为自由电子。这一现象称为**本征激发**(也称**热激发**)。因热激发而出现的自由电子和空穴是同时成对出现的，称为**电子-空穴对**。游离的部分自由电子也可能回到空穴中去，称为**复合**。

在一定温度下本征激发和复合会达到动态平衡，此时，载流子(电子和空穴,运载电荷的粒子称为载流子)浓度一定，且自由电子数和空穴数相等。

3. N 型半导体和 P 型半导体

在本征半导体中掺入五价元素如磷或砷等，就形成 N 型(电子型)半导体；掺入三价元素如硼或铟等，就形成 P 型(空穴型)半导体。N 型半导体和 P 型半导体统称为**杂质半导体**，掺入杂质后的半导体，导电能力显著提高。掺杂浓度越高，导电能力越强。

在 N 型半导体中，自由电子是多数载流子(简称**多子**)，空穴是少数载流子(简称**少子**)。多子(自由电子)的数量为正离子数和少子(空穴)数量之和，如图 1-2 所示。

在P型半导体中,空穴是多数载流子,电子是少数载流子。多子(空穴)的数量为负离子数和少子(自由电子)数量之和,如图1-3所示。

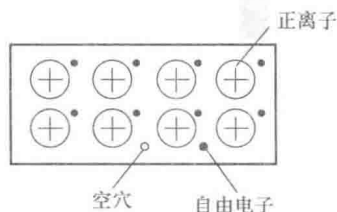


图1-2 N型半导体

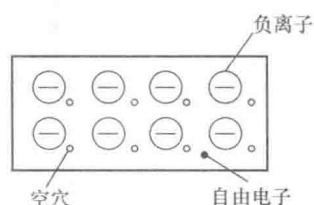


图1-3 P型半导体

在杂质半导体中,多子的浓度主要取决于杂质的含量;少子的浓度主要与本征激发有关,它对温度的变化非常敏感,因此,温度是影响半导体器件性能的一个重要因素。

4. PN结的形成及其单向导电性

半导体中的载流子有两种有序运动:多数载流子在浓度差作用下的扩散运动和少数载流子在内电场作用下的漂移运动。在同一块半导体基片上,根据掺杂材料的不同形成P型和N型半导体区域,在这两个区域的交界处形成空间电荷区。当多子扩散与少子漂移达到动态平衡时,空间电荷区(也称为耗尽层或势垒区)的宽度基本上稳定下来,PN结就形成了,如图1-4所示。

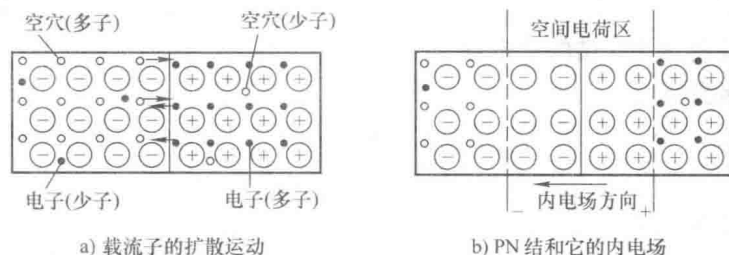


图1-4 PN结的形成

当外加正向电压使P区的电位高于N区的电位时,称为**正向偏置**,简称**正偏**,如图1-5a所示。此时,外加电压在PN结上形成外电场,其方向与内电场方向相反,使空间电荷区变窄,于是多子的扩散运动增强,形成较大的扩散电流,其方向由P区流向N区,称为**正向电流** I_F ,PN结导通,呈低阻状态,PN结上流过mA级电流,相当于开关闭合。

当外加反向电压使N区的电位高于P区的电位时,称为**反向偏置**,简称**反偏**,如图1-5b所示。此时,外电场的方向与内电场的方向相同,使空间电荷区变宽,于是多子的扩散运动难以进行,流过PN结的电流主要由少子的漂移运动形成,其方向由N区流向P区,称为**反向电流** I_R ,PN结截止,呈高阻状态,PN结上流过 μA 级电流,相当于开关断开。

PN结的基本特性是**单向导电性**:PN结正偏时呈导通状态,正向电阻小,正向电流较大;PN结反偏时呈截止状态,反向电阻大,反向电流很小。

需要注意的是,当反向电压超过一定数值后,反向电流将急剧增加,发生反向击穿现象,单向导电性被破坏。

5. PN结的伏安特性

PN结的伏安特性方程为

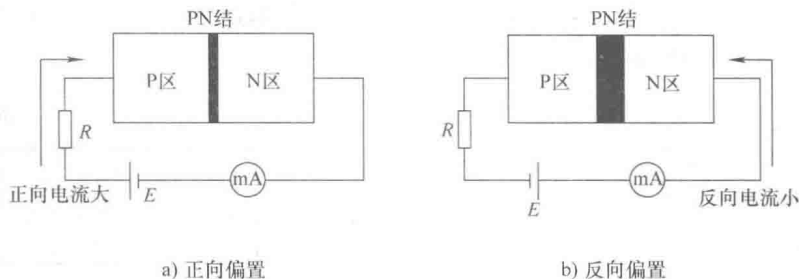


图 1-5 PN 结的单向导电性

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

式中, I_S 为反向饱和电流; U_T 为温度电压当量, 当 $T=300\text{K}$ 时, $U_T \approx 26\text{mV}$ 。

当 $u > 0$ 且 $u \gg U_T$ 时, $i \approx I_S e^{\frac{u}{U_T}}$, 伏安特性呈非线性指数规律; 当 $u < 0$ 且 $|u| \gg U_T$ 时, $i \approx -I_S \approx 0$, 电流基本与 u 无关。由此也可说明 PN 结具有单向导电性能。

PN 结的反向击穿特性: 当 PN 结的反向电压增大到一定值时, 反向电流随电压数值的增加而急剧增大, 这种现象称为 PN 结的反向击穿。

在反向击穿时, 只要反向电流不是很大, PN 结未被损坏, 当反向电压降低后, PN 结仍可恢复单向导电性, 这种击穿称为 **PN 结的电击穿**。

当反向击穿时, 流过 PN 结的电流过大, 使 PN 结温度过高而烧毁, 就会造成 PN 结的永久损坏, 这种击穿称为 **PN 结的热击穿**。

6. PN 结的温度特性

当温度升高时, PN 结的反向电流增大, 正向导通电压减小。这也是半导体器件热稳定性差的主要原因。

7. PN 结的电容效应

PN 结具有一定的电容效应, 它由两方面的因素决定: 一是势垒电容 C_B , 二是扩散电容 C_D , 它们均为非线性电容。

势垒电容是耗尽层变化所等效的电容。势垒电容与 PN 结的面积、空间电荷区的宽度和外加电压等因素有关。

扩散电容是扩散区内电荷的积累和释放所等效的电容。扩散电容与 PN 结的正向电流和温度等因素有关。

PN 结电容由势垒电容和扩散电容组成。PN 结正向偏置时, 以扩散电容为主; 反向偏置时以势垒电容为主。只有在信号频率较高时, 才考虑 PN 结电容的作用。

1.3.2 半导体二极管

1. 半导体二极管的结构和类型

在 PN 结上加上引线和封装, 就成为一个二极管, 其结构原理图与图形符号如图 1-6 所示。由 P 区引出的电极称为**阳极(正极)**, 由 N 区引出的电极称为**阴极(负极)**。

二极管的种类很多, 按制造材料分, 常用的有硅二极管和锗二极管; 按用途分, 常用的有整流二极管、稳压管、开关二极管和普

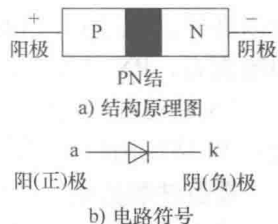


图 1-6 二极管结构原理图与图形符号

通二极管等；按结构、工艺分，常见的有点接触型、面接触型和平面型三大类，如图 1-7 所示。

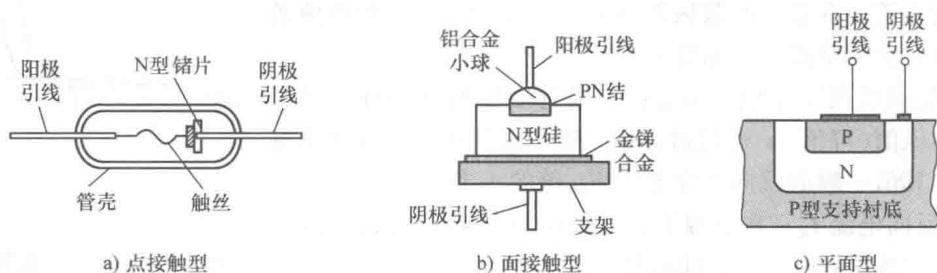


图 1-7 二极管的结构

点接触型二极管 PN 结面积小，结电容小，常用于检波和变频等高频电路中。面接触型二极管 PN 结面积大，结电容大，常用于工频大电流整流电路中。平面型二极管 PN 结面积可大可小，是集成电路中常见的一种形式。

2. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性曲线如图 1-8 所示，处于第一象限的是正向伏安特性曲线，处于第三象限的是反向伏安特性曲线。

(1) 正向特性 当 $U_D > 0$ 时，处于正向特性区域。正向特性区域又分为两段：

1) 当 $0 < U_D < U_{on}$ 时，正向电流很小（几乎为零），这个区称为死区， U_{on} 称为死区电压或开启电压，硅管的死区电压约为 0.5V，锗管的约为 0.1V，参见图 1-8 中的 OA (OA') 段。

2) 当 $U_D > U_{on}$ 时，开始出现正向电流，并按指数规律增长，这个区称为导通区。硅管的正向导通压降 U_F 为 0.6~0.7V，锗管的为 0.2~0.3V，参见图 1-8 中的 AB ($A'B'$) 段。

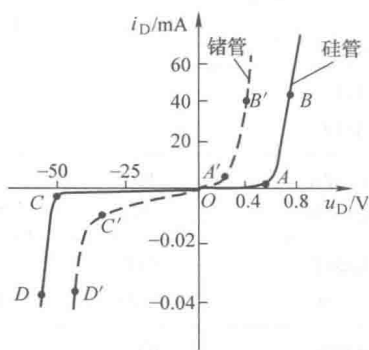


图 1-8 二极管的伏安特性曲线

(2) 反向特性 当 $U_D < 0$ 时，即处于反向特性区域。反向特性区域也分两段：

1) 当 $U_{BR} < U_D < 0$ 时，反向电流很小，且基本不随反向电压的变化而变化，此时的反向电流称为反向饱和电流，用 I_s 表示。这个区域称为截止区。参见图 1-8 中的 OC (OC') 段。

2) 当 $U_D \leq U_{BR}$ 时，反向电流急剧增加，这个区域称为击穿区， U_{BR} 称为反向击穿电压。参见图 1-8 中的 CD ($C'D'$) 段。

3. 温度对二极管伏安特性的影响

二极管的特性对温度的变化很敏感，温度升高时，正向电压减小，反向电流增大，正向特性曲线向左移，反向特性曲线向下移。二极管温度每增加 10°C ，反向电流大约增加一倍；温度每增加 1°C ，正向压降 U_D 减小 2~2.5mV，即具有负的温度系数。温度对二极管特性曲线的影响如图 1-9 所示。

4. 二极管的主要参数

1) 最大整流电流 I_{FM} ：二极管长期工作时允许通过的最大正向平均电流。在规定的散热条件下，二极管正向平均电流若超过此值，会因结温过高而烧坏。

2) 最高反向工作电压 U_{RM} ：二极管工作时允许外加的最大反向电压值(峰值)。若超过此值，则二极管可能因反向击穿而损坏。其值一般取反向击穿电压 U_{BR} 值的一半。

3) 反向电流 I_R ：在室温下，二极管未击穿时的反向电流。 I_R 越小，二极管的单向导电性越好。

4) 最高工作频率 f_M ：二极管正常工作的上限频率。若超过此值，会因结电容的作用而影响其单向导电性。

此外，二极管还有正向压降、结电容及最高结温等参数。

二极管型号比较多，表 1-2 中列出了几种常见普通整流二极管和检波管。另外，还有各种高效整流二极管 HER151/152/153；快速恢复整流二极管 FR151/152/153；高压整流二极管 R1200/1500/1800；高效开关二极管 1N4148/4150/4448 等。

表 1-2 几种常见普通整流二极管和检波管

参数 型号	I_{FM}/mA	U_{RM}/V	$I_R/\mu\text{A}$	f_M	C_j/pF	备注
2AP1	16	20	≤ 250	150MHz	≤ 1	点接触型锗管
2AP12	40	10	≤ 250	40MHz	≤ 1	
2CZ52A	100	25	≤ 100	3kHz		面接触型硅管
2CZ52D	100	200	≤ 100	3kHz		
2CZ56E	1000	100	≤ 500	3kHz		应加散热板
2CZ55C	3000	300	≤ 1000	3kHz		
1N4007	1000	1000	< 5	3kHz		
1N5403	3000	300	< 10	3kHz		

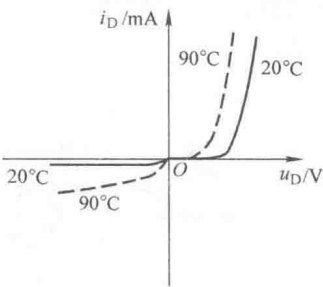


图 1-9 温度对二极管特性曲线的影响

5. 二极管使用常识

(1) 二极管的型号 国家标准(GB/T 249—1989)规定，国产半导体器件的型号由 5 部分组成。例如：型号 2CZ56B 是硅材料整流二极管，如图 1-10 所示。半导体器件型号组成部分的符号及其意义见表 1-3。

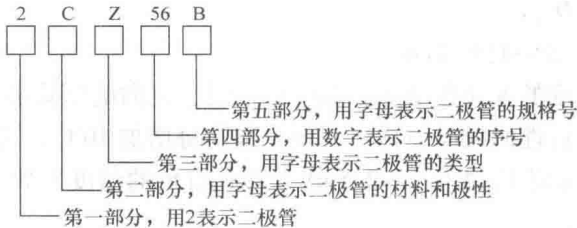


图 1-10 国产二极管的命名方法