



高等学校经典教材配套辅导丛书

# 模拟电子技术基础 辅导及习题精解

第三版

付文红 编著

- ★ 教材知识归纳
- ★ 重点难点解析
- ★ 全真考题精选
- ★ 课本习题全解
- ★ 典型例题详解
- ★ 自测模拟训练

新版



陕西师范大学出版社  
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

源泉

高等学校经典教材配套辅导丛书

# 模拟电子技术基础

## 辅导及习题精解

### 第三版

付文红 编著



陕西师范大学出版社  
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书代号:JF6N0710

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础辅导及习题精解/付文红主编. —西安:陕西师范大学出版社,2006.8  
(高等学校经典教材配套辅导丛书)

ISBN 7-5613-3617-9/T·15

I. 模… II. 付… III. 模拟电路—电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. TN710  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 057345 号

---

责任编辑 陈光明 彭 青

装帧设计 王静婧

出版发行 陕西师范大学出版社

社 址 西安市陕西师大 120\* (邮政编码:710062)

网 址 <http://www.snuph.com>

经 销 新华书店

印 刷 南京新洲印刷有限公司

开 本 787×960 1/16

印 张 21.5

字 数 367 千

版 次 2006 年 8 月第 1 版

印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价 23.80 元

---

开户行:光大银行西安电子城支行 账号:0303080—00304001602

读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换。

电 话:(029)85307864 85233753 85251046(传真)

E-mail:if-centre@snuph.com

# 前 言

《模拟电子技术基础》是高等院校电气信息类各专业的必修课,随着电子科学技术的快速发展,电子技术的新器件、新方法、新技术不断涌现,内容不断增加。而随着高等教育教学改革不断深入,该课程教学时数却在不断减少。因此学生普遍反映《模拟电子技术基础》课程内容繁多,理论专业性强,在学习基本概念难于理解,分析方法难以掌握。为了帮助学生在有限的时间内更好地掌握分析各种电子线路的技巧和方法,并具有设计模拟电路的能力,我们依据童诗白、华成英先生主编的《模拟电子技术基础》(第三版)编写了这本辅导教材,以期为学生提供学习模拟电子技术的实用方法和技巧。本书的章节和教材一一对应,每章由四部分组成:

1. 主要内容归纳:归纳总结了每一章的基本概念和主要内容。

2. 重点、难点解析:总结了每一章节的重点及难点,深入浅出地进行了解析,通过典型例题讲解,帮助学生理解和掌握重点、难点内容。

3. 经典例题与全真考题详解:针对每章的重点、难点内容,精选经典例题,从解题思路、解题方法和解题过程进行指导,通过这部分的学习提高学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。例题中有部分选自考研真题。

4. 自测题解答与习题精解:教材课后习题层次分明、面广量大,不仅有助于学生理解基本概念和基本理论,而且还有助于学生进一步提高和应用。因此,本部分对课后全部自测题和习题作了详细解答,解题步骤完整清晰,数据准确。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏,敬请读者批评指正。

编 者  
2006年6月

# 目 录

<b>第 1 章 常用半导体器件</b> .....	( 1 )
1.1 主要内容归纳 .....	( 1 )
1.1.1 半导体的导电特性 .....	( 1 )
1.1.2 半导体的分类及特点 .....	( 1 )
1.1.3 PN 结 .....	( 1 )
1.1.4 半导体器件 .....	( 2 )
1.2 重点、难点解析 .....	( 8 )
1.2.1 二极管电路的分析 .....	( 8 )
1.2.2 特殊二极管——稳压管电路的分析 .....	( 11 )
1.2.3 半导体三极管的特性分析 .....	( 12 )
1.3 经典例题与全真考题详解 .....	( 13 )
1.4 自测题解答与习题精解 .....	( 18 )
1.4.1 自测题解答 .....	( 18 )
1.4.2 习题精解 .....	( 24 )
<b>第 2 章 基本放大电路</b> .....	( 40 )
2.1 主要内容归纳 .....	( 40 )
2.1.1 单级放大电路 .....	( 40 )
2.2 重点、难点解析 .....	( 48 )
2.2.1 单级放大电路的组成 .....	( 48 )
2.2.2 分立元件小信号放大电路的分析方法 .....	( 49 )
2.3 经典例题与全真考题详解 .....	( 53 )
2.4 自测题解答和习题精解 .....	( 57 )
2.4.1 自测题解答 .....	( 57 )
2.4.2 习题精解 .....	( 62 )
<b>第 3 章 多级放大电路</b> .....	( 85 )
3.1 主要内容归纳 .....	( 85 )
3.1.1 多级放大电路的组成 .....	( 85 )
3.1.2 耦合电路的常用类型 .....	( 85 )
3.1.3 差分放大电路 .....	( 86 )
3.2 重点、难点解析 .....	( 92 )

3.2.1	两级放大器的分析方法 .....	( 92 )
3.2.2	差分放大电路的分析方法 .....	( 94 )
3.3	经典例题与全真考题详解 .....	( 97 )
3.4	自测题解答与习题精解 .....	( 102 )
3.4.1	自测题解答 .....	( 102 )
3.4.2	习题精解 .....	( 106 )
<b>第 4 章</b>	<b>集成运算放大电路</b> .....	( 121 )
4.1	主要内容归纳 .....	( 121 )
4.1.1	集成运算放大器简介 .....	( 121 )
4.1.2	集成运算放大电路中的电流源电路 .....	( 122 )
4.2	重点、难点解析 .....	( 124 )
4.3	经典例题与全真考题详解 .....	( 124 )
4.4	自测题解答与习题精解 .....	( 127 )
4.4.1	自测题解答 .....	( 127 )
4.4.2	习题精解 .....	( 129 )
<b>第 5 章</b>	<b>放大电路的频率响应</b> .....	( 140 )
5.1	主要内容归纳 .....	( 140 )
5.1.1	基本概念 .....	( 140 )
5.1.2	晶体管的高频等效模型 .....	( 140 )
5.1.3	三极管电流放大倍数 $\beta$ 的频率响应 .....	( 142 )
5.1.4	单级放大电路的频率响应 .....	( 142 )
5.1.5	多级放大电路的频率响应 .....	( 148 )
5.2	重点、难点解析 .....	( 149 )
5.3	经典例题与全真考题详解 .....	( 150 )
5.4	自测题解答与习题精解 .....	( 155 )
5.4.1	自测题解答 .....	( 155 )
5.4.2	习题精解 .....	( 158 )
<b>第 6 章</b>	<b>放大电路中的反馈</b> .....	( 171 )
6.1	主要内容归纳 .....	( 171 )
6.1.1	反馈的基本概念 .....	( 171 )
6.1.2	反馈类型的定义 .....	( 172 )
6.1.3	负反馈对放大电路的影响 .....	( 172 )
6.1.4	深度负反馈放大电路的电压放大倍数的估算 .....	( 173 )
6.2	重点、难点解析 .....	( 173 )
6.2.1	放大电路中的反馈类型和极性的判断方法 .....	( 173 )

6.3	经典例题与全真考题详解	(179)
6.4	自测题解答和习题精解	(183)
6.4.1	自测题解答	(183)
6.4.2	习题精解	(187)
<b>第7章</b>	<b>信号运算和处理</b>	<b>(200)</b>
7.1	主要内容归纳	(200)
7.1.1	理想运算放大器的特点和分析依据	(200)
7.1.2	集成运算放大器的应用	(201)
7.2	重点、难点解析	(207)
7.3	经典例题与全真考题详解	(209)
7.4	自测题解答和习题精解	(214)
7.4.1	自测题解答	(214)
7.4.2	习题精解	(216)
<b>第8章</b>	<b>波形的发生和信号的转换</b>	<b>(236)</b>
8.1	主要内容归纳	(236)
8.1.1	正弦振荡电路	(236)
8.1.2	电压比较器	(238)
8.1.3	非正弦波发生电路	(239)
8.2	重点、难点解析	(243)
8.2.1	正弦振荡电路	(243)
8.2.2	电压比较器	(244)
8.3	经典例题与全真考题详解	(247)
8.4	自测题解答与习题精解	(251)
8.4.1	自测题解答	(251)
8.4.2	习题精解	(256)
<b>第9章</b>	<b>功率放大电路</b>	<b>(279)</b>
9.1	主要内容归纳	(279)
9.1.1	功率放大电路的基本要求	(279)
9.1.2	功率放大电路的工作状态	(279)
9.1.3	两种互补对称功率放大电路(OTL电路和OCL电路)	(280)
9.1.4	功率放大电路的分析计算	(281)
9.2	重点、难点解析	(283)
9.3	经典例题与全真考题详解	(283)
9.4	自测题解答和习题精解	(286)
9.4.1	自测题解答	(286)

---

---

9.4.2 习题精解 .....	(288)
<b>第10章 直流电源</b> .....	<b>(302)</b>
10.1 主要内容归纳 .....	(302)
10.1.1 整流电路 .....	(302)
10.1.2 滤波电路 .....	(304)
10.1.3 稳压电路 .....	(306)
10.2 重点、难点解析 .....	(307)
10.2.1 整流电路 .....	(307)
10.2.2 滤波电路 .....	(307)
10.2.3 稳压电路 .....	(307)
10.3 经典例题和全真考题全解 .....	(307)
10.4 自测题解答和习题精解 .....	(310)
10.4.1 自测题解答 .....	(310)
10.4.2 习题精解 .....	(315)
<b>第11章 模拟电子电路读图</b> .....	<b>(327)</b>
习题解答 .....	(327)



## 第 1 章 常用半导体器件

### 1.1 主要内容归纳

#### 1.1.1 半导体的导电特性

半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的物体,常用的半导体材料是硅和锗,他们都是四价元素,均能形成排列整齐的晶格结构,半导体具有与导体和绝缘体不同的导电特性:

1. 热敏性:环境温度升高时,半导体的导电能力增强,利用热敏性,半导体可做成各种热敏器件,即:各种热电传感器。

2. 光敏性:半导体受到光照时,半导体的导电能力增强,利用光敏性,半导体可做成各种光敏器件,即:各种光电传感器。

3. 掺杂特性:在纯净的半导体中掺入微量的某种杂质元素后,半导体的导电能力大大增强,利用这个特性,半导体可做成杂质半导体,从而可制成各种半导体器件。

#### 1.1.2 半导体的分类及特点

半导体可分为纯净的本征半导体和杂质半导体两类,根据掺杂的杂质不同杂质半导体又可分为 P 型半导体(掺杂 3 价元素)和 N 型半导体(掺杂 5 价元素)。

##### 1. 本征半导体的特点

(1) 本征半导体中有两种载流子导电——自由电子和空穴;

(2) 自由电子数 = 空穴数;

(3) 导电能力与载流子的数量有关,而载流子的数量由环境温度和光照强度决定。

##### 2. N 型半导体的特点

(1) N 型半导体中有两种载流子导电——自由电子和空穴;

(2) 自由电子数  $\gg$  空穴数,N 型半导体的多子为自由电子,少子为空穴;

(3) 导电能力主要与自由电子的数量有关,而自由电子的数量由掺杂浓度决定。空穴的数量与环境温度和光照强度有关。

##### 3. P 型半导体的特点

(1) P 型半导体中有两种载流子导电——自由电子和空穴;

(2) 空穴数  $\gg$  自由电子数,P 型半导体的多子为空穴,少子为自由电子;

(3) 导电能力主要与空穴的数量有关,而空穴的数量由掺杂浓度决定。自由电子的数量与环境温度和光照强度有关。

#### 1.1.3 PN 结

PN 结是构成半导体器件的基本单元,没有 PN 结就没有各种半导体器件。

### 1. PN 结的形成过程

PN 结的形成过程如图 1.1.1 所示。

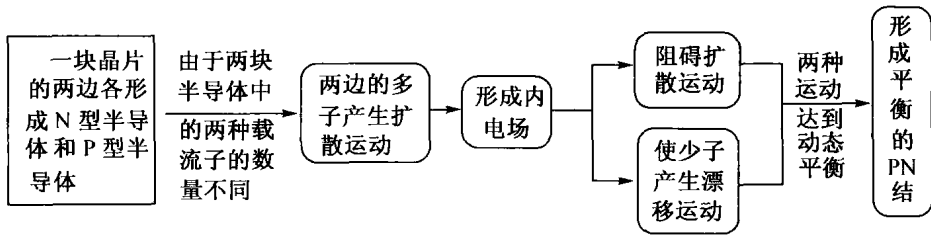


图 1.1.1 PN 结的形成过程

### 2. PN 结的特性 —— 单向导电性

当 PN 结加正向电压(正偏),即 P 区接电源正,N 区接电源负时,流过 PN 结的正向电流大,内阻小,PN 结导通,其特性近似为开关闭合。

当 PN 结加反向电压(反偏),即 P 区接电源负,N 区接电源正时,流过 PN 结的反向电流小,内阻大,PN 结截止,其特性近似为开关断开。

## 1.1.4 半导体器件

### 1. 半导体二极管

PN 结封装上外壳并引出两个电极便成了二极管,二极管的用途很广,如:整流、限幅、钳位、检波电路等。

半导体器件均为非线性器件,通常描述非线性器件特性的方法有两种:伏安特性曲线和主要参数,要熟练掌握半导体器件的特性就必须了解其伏安特性曲线和主要参数,可见伏安特性曲线和主要参数是半导体器件学习的基础和重点。

#### (1) 伏安特性曲线

二极管的伏安特性曲线是指二极管两端所加电压和流过二极管上的电流之间的关系,不同型号的二极管有不同的伏安特性曲线,但伏安特性曲线的形状类似。如图 1.1.2 所示为二极管的伏安特性曲线。

由图 1.1.2 可知,二极管的伏安特性曲线可分为特性不同的四段:

① 当二极管外加大于死区电压的正向电压时,二极管电流迅速增大,且二极管的正向电压基本不变,有恒压特性(即 DE 段),这个近似恒定的电压称为导通电压,二极管导通电压与材料和环境温度有关,硅管导通电压约为 0.6 ~ 0.8V,锗管约为 0.2 ~ 0.3V。

② 当二极管外加小于死区电压的正向电压时,二极管正向电流很小,接近于 0(CD 段)。这时,二极管截止,其特性可等效为开关断开。

③ 当二极管外加绝对值小于击穿电压的反向电压时,二极管反向饱和电流很小,接近于 0(BC 段)。这时,二极管截止,其特性可等效为开关断开。

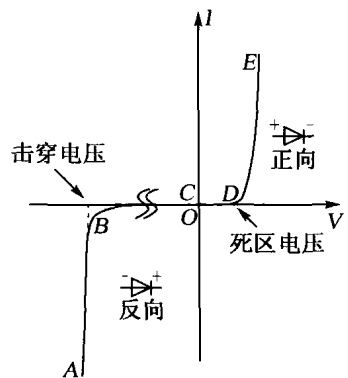


图 1.1.2 二极管的伏安特性曲线

④ 当二极管外加绝对值大于击穿电压的反向电压时,二极管反向电流迅速增大(AB段),二极管击穿,可能损坏,所以一般的二极管不允许进入该区域。

由二极管的伏安特性曲线可得二极管的单向导电性:

当二极管两端外加大于导通电压的正向电压时,二极管导通,二极管可等效为电压为导通电压的恒压源。

当二极管两端外加小于导通电压的正向电压或外加反向电压时,二极管截止,二极管可等效为开关断开。

## (2) 主要参数

表征二极管特性的参数很多,下面主要介绍常用的两个极限参数:

### ① 最大整流电流 $I_F$ :

二极管上允许通过的最大平均电流。这个参数有两个特点:一是二极管正偏时的参数,一是指平均电流的最大值。

### ② 最高反向工作电压 $U_R$ :

二极管允许施加的最大反向电压。这个参数也有两个特点:一是指二极管反偏时的参数,因此其大小与温度有关;二是指反向电压的最大瞬时值不能超过该值。

在设计二极管电路时,这两个极限参数是选管子的重要依据,要保证流过二极管的正向平均电流小于  $I_F$ ,二极管两端反向电压的瞬时最大值小于  $U_R$ 。

## 2. 特殊二极管——稳压管

稳压管的伏安特性与一般二极管的基本相似,如图 1.1.3 所示,不同的是在击穿后曲线更陡,最重要的是稳压管击穿后,在稳压区的一定范围内管子不会损坏,且有恒压特性,即稳压特性。所以稳压管正常工作时应工作于这一段击穿区内,如图 1.1.3 中的 AB 段。

稳压管的稳压原理:当稳压管击穿后,反向电流在  $I_Z$  和  $I_{ZM}$  之间变化时,稳压管两端的反向电压基本不变,这个电压即为稳定电压  $U_Z$ 。

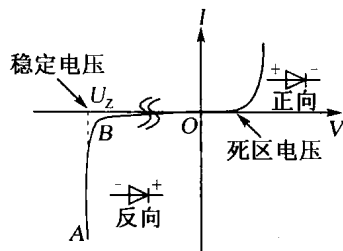


图 1.1.3 稳压管的伏安特性曲线

稳压管的主要参数有:稳定电压  $U_Z$ 、稳定电流  $I_Z$ 、最大稳定电流  $I_{ZM}$ 、动态电阻  $r_z$ 、最大耗散功率等  $P_{ZM}$ 。应熟练掌握各参数的含义,能在稳压管电路的设计中正确使用各参数。

## 3. 半导体三极管

三极管可分为 NPN 和 PNP 两种类型,它们具有一下结构特点:

- ① 基区很薄,掺杂浓度很低;
- ② 集电结截面积大,集电区掺杂浓度低;
- ③ 发射区掺杂浓度高。

三极管在一定的条件下具有电流控制电流和开关特性。三极管的特性可从其特性曲线上得到。三极管有两组特性曲线:输入特性曲线和输出特性曲线

### (1) 输入特性曲线

输入特性曲线是指当  $U_{CE}$  一定时,  $I_B$  与  $U_{BE}$  之间关系的曲线,即:

$$I_B = f(U_{BE}) \Big|_{U_{CE}=\text{常数}}$$

由于  $U_{CE} > 1V$  的所有曲线与  $U_{CE} = 1V$  那一条曲线几乎重合,所以,通常输入特性就用  $U_{CE} = 1V$

那一条曲线代替所有  $U_{CE} > 1V$  的曲线。其形状与二极管正向特性曲线类似。如图 1.1.4 所示。

由图 1.1.4 可知：当三极管发射结正偏时， $U_{BE}$  近似为常数，即为  $U_{BE}$  的导通电压，通常硅三极管的  $U_{BE} = 0.6 \sim 0.8V$ ，锗三极管约为  $0.2 \sim 0.3V$ 。对三极管电路进行静态分析时， $U_{BE}$  可近似看成常数。

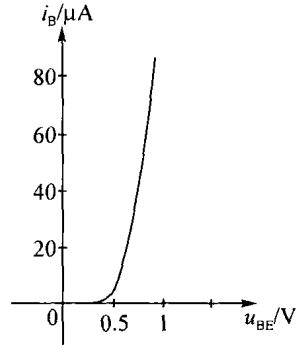


图 1.1.4 三极管输入特性曲线

(2) 输出特性曲线

输出特性曲线是指当  $I_B$  一定时， $U_{CE}$  与  $I_C$  之间关系的曲线，即：

$$I_C = f(U_{CE}) |_{I_B = \text{常数}}$$

三极管的输出特性是一族与  $I_B$  有关的曲线。如图 1.1.5 所示。

图 1.1.5 可分为特性不同的四个区：

(1) 放大区：图中近似等间隔且水平线的区域。

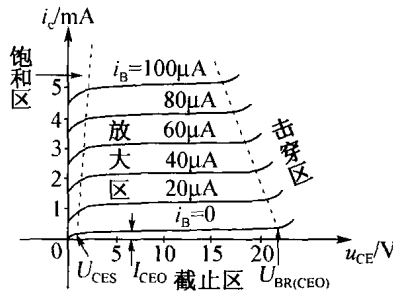


图 1.1.5 三极管输出特性曲线

特点：三极管发射结正偏，集电结反偏；

具有输入电流  $I_B$  控制输出电流  $I_C$  的特性，即： $I_C = \beta I_B$

(2) 击穿区：图中  $I_B = 0$  以下的区域。

特点：三极管发射结反偏，集电结反偏；

集电极电流  $I_C = I_{CEO} \approx 0$ ；

三极管的集电极和发射极近似断开，此时三极管可等效为开关断开

(3) 截止区：图中  $U_{CE} < U_{BE}$  的区域。

特点：三极管发射结正偏，集电结正偏；

集电极电流  $I_C < \beta I_B$ ，即随着增大  $I_B$  的增大  $I_C$  不再成比例地增大；

三极管管压降  $U_{CES}$  很小， $U_{CES} \approx 0$ ，此时三极管的集电极和发射极可等效为开关闭合

(4) 击穿区：图中  $U_{CE} > U_{BR(CEO)}$  的区域。

特点：集电极电流  $I_C$  迅速增大，管子可能击穿损坏，这个区域是不允许进入的。

总之，当三极管工作在放大区时，可以放大电流；工作非线性区（饱和区和截止区）时，三极管有开关特性。因此，在模拟电路中三极管用作放大信号，应该工作在放大区；在数字电路中三极管用作开关，应工作非线性区。

4. 场效应管

(1) 场效应管的分类

场效应管根据结构不同可分为结型场效应管和绝缘栅型场效应管（即：MOS 场效应管）两大类。

结型场效应管由导电沟道的不同又可分为 N 沟道和 P 沟道两种；

绝缘栅型场效应管可分为增强型和耗尽型；增强型又分为 N 沟道和 P 沟道两种；耗尽型又分为 N 沟道和 P 沟道两种。

(2) 场效应管的符号

结型场效应管的符号如图 1.1.6 所示

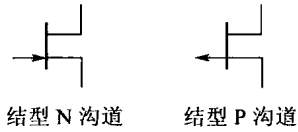


图 1.1.6 结型场效应管的符号

绝缘栅型场效应管的符号如图 1.1.7 所示

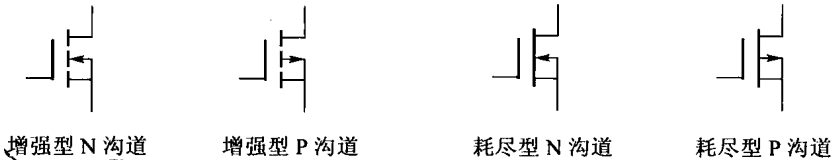


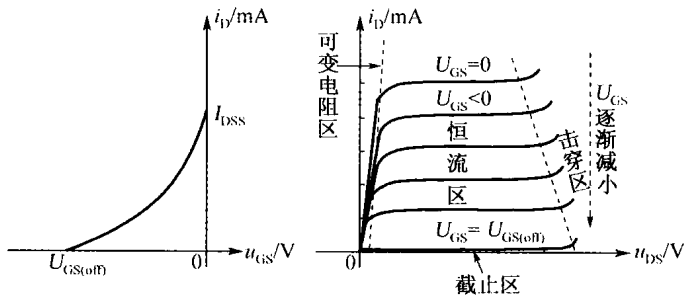
图 1.1.7 MOS 场效应管的符号

(3) 结型场效应管的特性：

结型场效应管器件制成时，漏极—源极之间就形成了导电沟道，通过控制导电沟道的宽窄来控制漏极电流的大小，而沟道的宽窄则是通过外加反偏的栅—源电压  $u_{GS}$  来实现的，因此 N 沟道结型场效应管保证工作在放大状态（恒流区）的外部条件是：栅—源电压  $u_{GS} < 0$ ；P 沟道则相反。

① 特性曲线

N 沟道结型场效应管的转移特性曲线和输出特性曲线分别如图 1.1.8(a) 和 1.1.8(b) 所示。其特点是栅—源电压  $U_{GS(off)} < u_{GS} < 0$  时，管子工作在恒流区或可变电阻区。当  $u_{GS} > 0$  时，管子工作在截止区，即  $i_D = 0$ 。

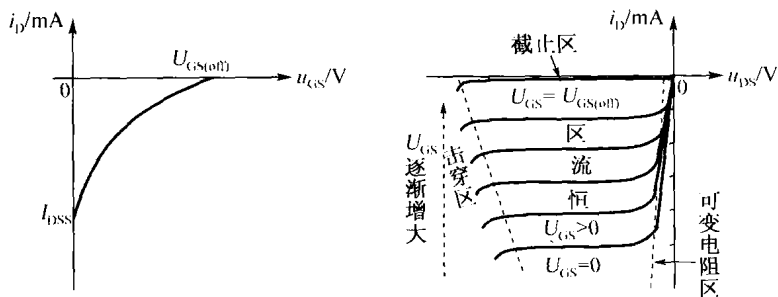


(a) 转移特性曲线

(b) 输出特性曲线

图 1.1.8 N 沟道结型场效应管的特性曲线

P 沟道结型场效应管的转移特性曲线和输出特性曲线分别如图 1.1.9(a) 和 1.1.9(b) 所示。其特点是栅—源电压  $U_{GS(off)} > u_{GS} > 0$  时，管子工作在恒流区或可变电阻区。当  $u_{GS} < 0$  时，管子工作在截止区，即  $i_D = 0$ 。



(a) 转移特性曲线 (b) 输出特性曲线

图 1.1.9 P 沟道结型场效应管的特性曲线

② 结型场效应管的主要参数

夹断电压  $U_{GS(off)}$ : 当  $U_{DS}$  为常数且  $i_D$  等于规定的微小电流时, 栅极 - 源极之间所加的电压。N 沟道结型场效应管的夹断电压  $U_{GS(off)}$  为负电压; P 沟道结型场效应管的夹断电压  $U_{GS(off)}$  为正电压。

饱和漏极电流  $I_{DSS}$ : 当  $U_{GS} = 0$  时, 漏极电流的值为漏极饱和电流。N 沟道结型场效应管的漏极饱和电流为正, 即流进漏极; P 沟道结型场效应管的漏极饱和电流为负, 即流出漏极。

低频跨导  $g_m$ : 栅极 - 源极之间的电压改变引起漏极电流变化的大小。定义为:

$$g_m = \frac{\Delta i_D}{\Delta u_{GS}}$$

利用输出特性曲线估算  $g_m$  的方法为: 在输出特性曲线的恒流区画一垂线, 任找两条输出特性曲线, 读出  $\Delta u_{GS}$  和纵坐标上的  $\Delta i_D$ , 两者相除便可求出低频跨导  $g_m$ 。如图 1.1.10 所示。

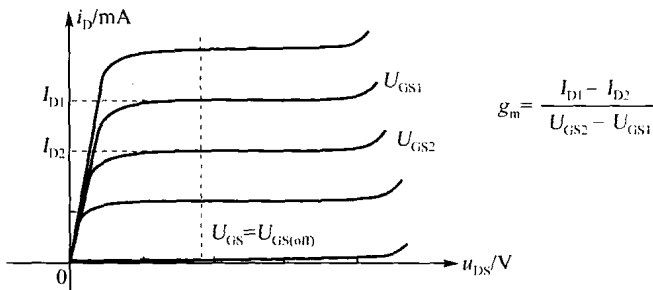


图 1.1.10  $g_m$  的估算

③ 结型场效应管的特性方程

N 沟道结型场效应管  $U_{GS(off)} < u_{GS} < 0$  (P 沟道结型场效应管  $U_{GS(off)} > u_{GS} > 0$ ) 时, 场效应管的特性方程为:

$$i_D = I_{DSS} \left( 1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2$$

(4) MOS 场效应管的特性:

MOS 场效应管从结构上可分为增强型和耗尽型两类, 两者的区别是增强型器件本身没有沟道, 只有外加一定大小的栅 - 源电压时, 才能形成沟道而进行放大。耗尽型 MOS 管则在器件生产出来就有了导电沟道, 这就使得外加的栅 - 源电压为正或者为负时, 耗尽型 MOS 管均能工作在放大状态。

① 特性曲线

N 沟道增强型 MOS 管和 N 沟道耗尽型 MOS 管的特性曲线分别如图 1.1.11 和 1.1.12 所示。

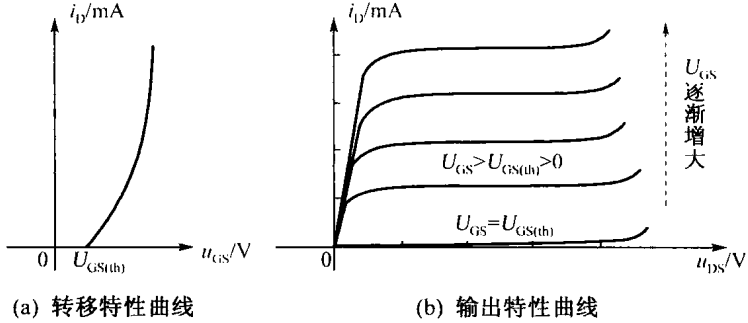


图 1.1.11 N 沟道增强型场效应管的特性曲线

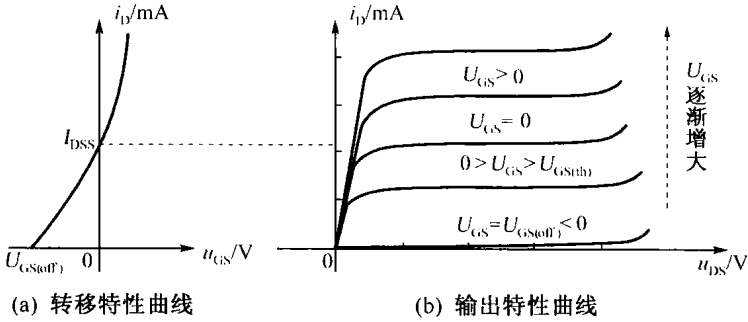


图 1.1.12 N 沟道耗尽型场效应管的特性曲线

比较 N 沟道增强型和 N 沟道耗尽型 MOS 管的特性曲线，区别是：在恒流区，增强型管子的栅 - 源电压  $U_{GS}$  始终为正，而耗尽型的管子的栅 - 源电压  $U_{GS}$  有正有负。因此耗尽型的管子多一个参数  $I_{DSS}$ （漏极饱和电流）。

P 沟道增强型 MOS 管和 P 沟道耗尽型 MOS 管的特性曲线分别如图 1.1.13 和 1.1.14 所示。

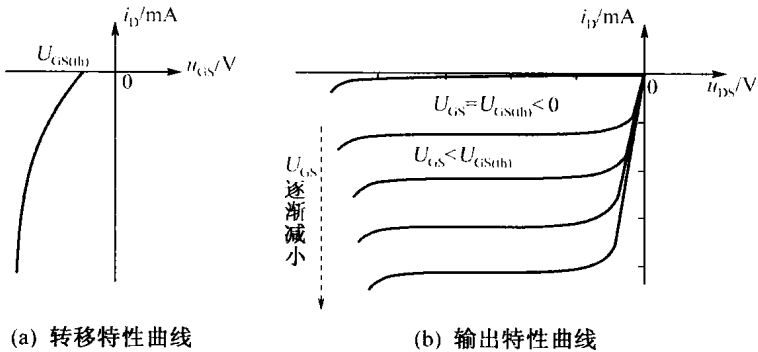


图 1.1.13 P 沟道增强型场效应管的特性曲线

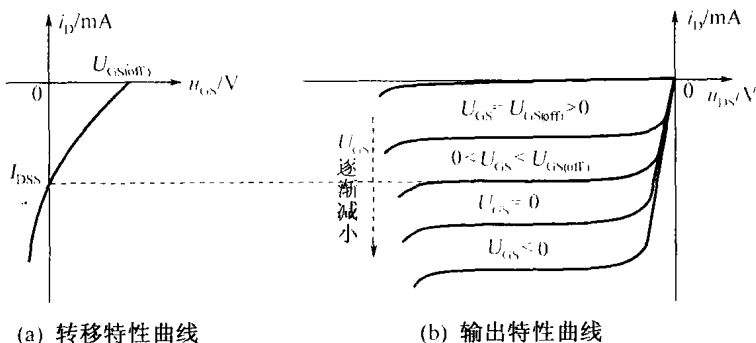


图 1.1.14 P 沟道耗尽型场效应管的特性曲线

比较 P 沟道增强型和耗尽型 MOS 管的特性曲线(图 1.1.13 和图 1.1.14),区别是:在恒流区,增强型管子的栅 - 源电压  $U_{GS}$  始终为负,而耗尽型的管子的栅 - 源电压  $U_{GS}$  有正有负。因此耗尽型的管子多一个参数  $I_{DSS}$ (漏极饱和电流)。

② MOS 场效应管的主要参数

开启电压  $U_{GS(th)}$ :当  $U_{DS}$  为常数且  $i_D$  大于 0 时,栅极 - 源极之间所加的电压(增强型 MOS 管的参数)。

夹断电压  $U_{GS(off)}$ :当  $U_{DS}$  为常数且  $i_D$  等于规定的微小电流时,栅极 - 源极之间所加的电压(耗尽型 MOS 管的参数)。

饱和漏极电流  $I_{DSS}$ :当  $U_{GS} = 0$  时,漏极电流的值为漏极饱和电流。N 沟道型场效应管的漏极饱和电流为正,即流入漏极;耗尽型 MOS 管的漏极饱和电流为负,即流出漏极。

低频跨导  $g_m$ :与结型场效应管的定义一样。

③ MOS 场效应管的特性方程

耗尽型 MOS 管的特性方程与结型场效应管的特性方程一样。

增强型 MOS 场效应管的特性方程为:

$$i_D = I_{D0} \left( \frac{u_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1 \right)^2$$

式中的  $I_{D0}$  是当  $u_{GS} = 2U_{GS(th)}$  时的漏极电流  $i_D$ 。

(5) 结型和 MOS 场效应管共有的特性:

- ① 场效应管是压控元件,输入电压(栅源电压  $U_{GS}$ )控制输出电流(漏极电流  $I_D$ )
- ② 场效应管的输入电阻极高(MOS 管可达  $10^9 \sim 10^{14} \Omega$ ),分析其电路时输入端可近似看成开路。
- ③ 场效应管的抗热和光辐射能力强:由于它是单极型器件,即只有一种载流子导电。
- ④ 场效应管的结构简单,便于集成:场效应管的漏极 D 和源极 S 是完全对称的,制造工艺较之三极管简单得多。

## 1.2 重点、难点解析

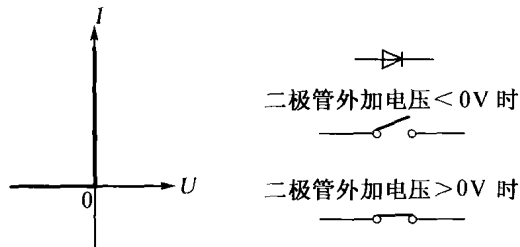
### 1.2.1 二极管电路的分析

接在电路中的二极管对应于不同的输入信号有三种不同的等效模型。



### 1. 理想二极管模型

理想二极管模型是指二极管的正向导通电压和反向饱和电流为0的近似二极管模型,理想二极管的伏安特性曲线如图 1.2.1(a) 所示,其等效电路如图 1.2.1(b)。



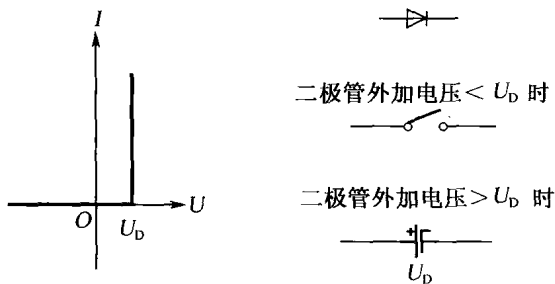
(a) 伏安特性曲线 (b) 等效电路

图 1.2.1 理想二极管模型

当外加直流电压或交流电压幅度远大于二极管的导通电压时,可采用二极管的理想模型来分析电路,在分析整流、限幅等二极管应用电路时常采用该模型。

### 2. 二极管的恒压源模型

二极管的恒压源模型是忽略二极管导通内阻和反向饱和电流的近似二极管模型,二极管恒压源模型的伏安特性曲线如图 1.2.2 (a) 所示,其等效电路如图 1.2.2 (b)。



(a) 伏安特性曲线 (b) 等效电路

图 1.2.2 二极管恒压源模型

当外加直流电压或交流电压幅度不是远大于二极管的导通电压时,可采用二极管的恒压源模型来分析电路。

### 3. 二极管的微变等效模型

二极管的微变等效模型是当二极管加正向电压时,等效为有内阻的电压源,该等效电路较之上面两种等效电路更接近二极管的实际特性,通常交流小信号作用于电路的情况下采用该模型。其伏安特性曲线如图 1.2.3 (a) 所示,其等效电路如图 1.2.3 (b)。

分析实际二极管电路常用前两种模型,不管哪一种模型,对于不同的输入信号,二极管都有两种等效电路。所以分析二极管电路的关键就是要确定二极管在输入信号哪一段时间内是导通的,哪一段时间内是截止的。一旦这一点确定下来二极管就能用相应的等效电路带进电路中进行分析。下面通过几个例题说明二极管电路的分析方法。