

高等学校
电子技术学习指导用书

模拟电子技术 基础精讲精练

与华成英、童诗白主编的《模拟电子技术基础》（第四版）同步

主 编 白敏丹

MONI DIANZI JISHU
JICHU JINGJIANG
JINGLIAN

系统梳理知识体系
全面总结方法技巧
细致解答典型例题
精心配置分层练习



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

高 等 学 校
电子技术学习指导用书

模拟电子技术 基础精讲精练

与华成英、童诗白主编的《模拟电子技术
基础》（第四版）同步

主 编 白敏丹

编 者 梁 红 王 玲 李 彬



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模拟电子技术基础精讲精练 / 白敏丹主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2012.2

(高等学校电子技术学习指导用书)

ISBN 978-7-303-13397-0

I. ①模… II. ①白… 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 178124 号

营 销 中 心 电 话 010-58802181 58808006
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电 子 信 箱 beishida168@126.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京联兴盛业印刷股份有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 12

字 数: 290 千字

版 次: 2012 年 2 月第 1 版

印 次: 2012 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

策划编辑: 范 林	责任编辑: 邓丽平
美术编辑: 毛 佳	装帧设计: 天泽润
责任校对: 李 蕊	责任印制: 李 啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

北京读者服务部电话: 010—58808104

外埠邮购电话: 010—58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010—58800825

前 言

本书系学习指导类辅助教材，旨在帮助学习“模拟电子技术基础”课程的学生掌握课程重点、难点和基本概念。不论是重点还是难点，其中的基本概念是最重要的，要运用基本概念去分析问题和解决问题。解决问题不仅仅是只会做习题，而且包括解决实际问题。做习题的目的是要考核自己掌握基本概念的正确性和准确性，以及是否会运用电子电路的基本分析方法。

本书的章节按华成英、童诗白主编的《模拟电子技术基础》（第四版）教材安排，每章中的内容分内容提示、本章知识要点、典型例题精讲和练习与自测四个部分。在内容提示中简明扼要地介绍了本章的主要内容，类似教学基本要求。在本章知识要点中对本章的内容进行了综述，有一部分对教材的内容进行了概述，也有的部分给予了总结，有些内容是在一般教材中难以看到的。在典型例题精讲和练习与自测中，举了一些例子，同学们主要是借鉴，千万不要将一个例题孤立起来，否则越学越多。要通过例题巩固概念，分辨不同概念的差别和相似之处，要融会贯通，尤其要通过例题学会用基本概念解决问题的本领，要学会用某一个概念解决多个不同问题的本领。这样便会越学越自如，书也就越学越薄，真正达到了少而精。本书还收集了一部分电子技术课程的试题，供同学们参考。

本书既可供高等院校电类专业本科生、专科生以及自学人员使用，也适合有志进一步深造的考研者使用。

由于作者的能力和水平所限，书中定有疏漏、欠妥和错误之处，恳请读者多加指正。

作者于北京
2011.12

目 录

第 1 章 常用半导体器件	(1)
1.1 内容提示	(1)
1.2 本章知识要点	(1)
1.2.1 PN 结	(1)
1.2.2 半导体二极管	(2)
1.2.3 稳压二极管	(3)
1.2.4 半导体三极管	(3)
1.2.5 场效应管	(5)
1.3 典型例题精讲	(8)
1.4 练习与自测	(14)
第 2 章 基本放大电路	(19)
2.1 内容提示	(19)
2.2 本章知识要点	(19)
2.2.1 放大电路的组成原则	(19)
2.2.2 放大电路的工作状态	(20)
2.2.3 微变等效电路分析法	(20)
2.2.4 放大电路动态指标的定义	(21)
2.2.5 基本组态的判别方法	(21)
2.2.6 三极管三种基本放大电路分析	(21)
2.2.7 三种基本放大电路的性能比较	(22)
2.2.8 静态工作点的稳定	(23)
2.2.9 场效应管放大电路的静态与动态分析	(23)
2.3 典型例题精讲	(24)
2.4 练习与自测	(30)
第 3 章 多级放大电路	(35)
3.1 内容提示	(35)
3.2 本章知识要点	(35)
3.2.1 多级放大电路的耦合方式	(35)

3.2.2	直接耦合电路的特殊问题及处理方法	(35)
3.2.3	多级放大电路的分析计算方法	(36)
3.2.4	差分放大电路	(36)
3.3	典型例题精讲	(38)
3.4	练习与自测	(48)
第 4 章	集成运算放大电路	(52)
4.1	内容提示	(52)
4.2	本章知识要点	(52)
4.2.1	集成电路中元器件的特点	(52)
4.2.2	集成运放的组成及各部分作用	(52)
4.2.3	集成运放中常用的电流源电路	(53)
4.2.4	集成运放的电压传输特性	(53)
4.2.5	集成运放的主要性能指标	(54)
4.3	典型例题精讲	(54)
4.4	练习与自测	(59)
第 5 章	放大电路的频率响应	(61)
5.1	内容提示	(61)
5.2	本章知识要点	(61)
5.2.1	影响放大电路频率响应的主要因素	(61)
5.2.2	频率响应及其主要指标	(61)
5.2.3	频率响应的分析计算方法	(61)
5.2.4	频率特性几点结论	(63)
5.3	典型例题精讲	(63)
5.4	练习与自测	(67)
第 6 章	放大电路中的负反馈	(70)
6.1	内容提示	(70)
6.2	本章知识要点	(70)
6.2.1	反馈的概念	(70)
6.2.2	反馈的基本方程式	(70)
6.2.3	反馈的判断	(71)
6.2.4	负反馈对放大电路性能的影响	(72)
6.2.5	深度负反馈增益估算	(73)
6.2.6	负反馈对放大电路稳定性的影响	(74)
6.3	典型例题精讲	(75)
6.4	练习与自测	(82)
第 7 章	信号的运算与处理	(86)
7.1	内容提示	(86)

7.2 本章知识要点	(86)
7.2.1 基本运算电路	(86)
7.2.2 滤波电路	(88)
7.3 典型例题精讲	(89)
7.4 练习与自测	(95)
第 8 章 波形的产生和信号的转换	(102)
8.1 内容提示	(102)
8.2 本章知识要点	(102)
8.2.1 正弦波自激振荡电路	(102)
8.2.2 非正弦信号发生器	(105)
8.2.3 电压比较器	(105)
8.3 典型例题精讲	(106)
8.4 练习与自测	(112)
第 9 章 功率放大电路	(117)
9.1 内容提示	(117)
9.2 本章知识要点	(117)
9.3 典型例题精讲	(119)
9.4 练习与自测	(126)
第 10 章 直流电源	(129)
10.1 内容提示	(129)
10.2 本章知识要点	(129)
10.2.1 直流稳压电源	(129)
10.2.2 电容滤波电路	(131)
10.3 典型例题精讲	(132)
10.4 练习与自测	(138)
模拟试卷 (一)	(143)
模拟试卷 (二)	(147)
模拟试卷 (三)	(151)
参考答案	(155)

第1章

常用半导体器件

1.1

内容提示

本章的主要内容:

二极管和稳压管的伏安特性、主要参数及基本分析方法;晶体管输入特性、输出特性和主要参数;场效应管(JFET、MOSFET)的转移特性、输出特性和主要参数。

本章的难点:

三极管和场效应管的工作原理及伏安特性。

1.2

本章知识要点

1.2.1 PN结

1 PN结的形成

通过一定的工艺,在同一块半导体基片的一边掺杂成P型,另一边掺杂成N型,当扩散与漂移达到动态平衡时,交界面上就会形成稳定的空间电荷层(或势垒区、耗尽层),即PN结形成。

2 PN结的单向导电性

PN结正向偏置时,空间电荷层变窄,内电场变弱,扩散大于漂移,正向电流很大(多子扩散形成),PN结呈现为低电阻,称为正向导通。正向压降很小,且随温度上升而减小。

PN结反向偏置时,空间电荷层变宽,内电场增强,漂移大于扩散,反向电流很小(少子漂移形成),PN结呈现为高电阻,称为反向截止。反偏电压在一定范围内,反向电流基本不变(也称为反向饱和电流),但随温度上升而增大。

3 PN结的电容效应

PN结的电容效应包括扩散电容 C_D 和势垒电容 C_B 。

4 PN结的反向击穿特性

PN结的反向击穿分为雪崩击穿和齐纳击穿两种现象。

1.2.2 半导体二极管

1 二极管的伏安特性

半导体二极管就是一个封装的 PN 结。

(1) 伏安特性表达式

二极管是一个非线性器件,其伏安特性的数学表达式为

$$i_D = I_s (e^{\frac{u_D}{U_T}} - 1)$$

在室温下, $U_T = 26 \text{ mV}$ 。

(2) 伏安特性曲线

二极管的伏安特性曲线如图 1.2-1 所示。

正向特性: u_D 小于死区(或开启)电压(硅管是 0.5 V , 锗管是 0.1 V)时, $i_D \approx 0$ 。正向部分的开始阶段电流增加得比较慢。在电流 i_D 比较大时,二极管两端的电压随电流 i_D 变化很小,称为导通电压(硅管: $0.6 \text{ V} \sim 0.8 \text{ V}$, 锗管: $0.1 \text{ V} \sim 0.3 \text{ V}$)。

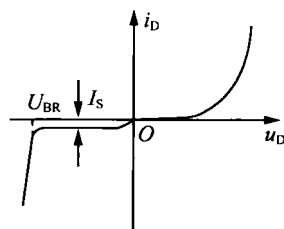


图 1.2-1 二极管的伏安特性曲线

反向特性: 当反向电压 $|u_D| \gg U_T$, 且小于 $|U_{BR}|$ 时, $i_D \approx -I_s$, 反向饱和电流很小。当反向电压的绝对值达到 $|U_{BR}|$ 后, 反向电流会突然增大, 二极管反向击穿。

(3) 温度对二极管特性的影响

温度升高时, 二极管的正向伏安特性曲线左移, 正向压降减小; 温度每升高 1°C , 正向电压降将降低 $2 \text{ mV} \sim 2.5 \text{ mV}$ 。

二极管的反向饱和电流 I_s 也随温度的改变而改变, 当温度每升高 10°C 左右时, 反向饱和电流将增大 1 倍。

2 二极管的等效电路模型

(1) 理想模型: 正向导通时, 二极管正向压降为零; 反向截止时, 二极管电流为零。等效电路模型如图 1.2-2(a) 所示。

(2) 恒压源模型: 正向导通时, 二极管正向压降为常数(硅管: 0.7 V , 锗管: 0.3 V); 反向截止时, 二极管电流为零。等效电路模型如图 1.2-2(b) 所示。

(3) 折线模型: 用一电池电压和一个电阻 r_D 串联的电路模型。 r_D 可用折线的斜率求出。等效电路模型如图 1.2-2(c) 所示。

(4) 微变等效模型: 如果电路中除了直流电源外, 还有微变信号(交流小信号)时, 则对后者, 二极管可用交流等效电阻 r_d 表示, 其值与静态工作点有关, 即 $r_d \approx 26(\text{mV})/I_{DQ}$ 。等效电路模型如图 1.2-2(d) 所示。

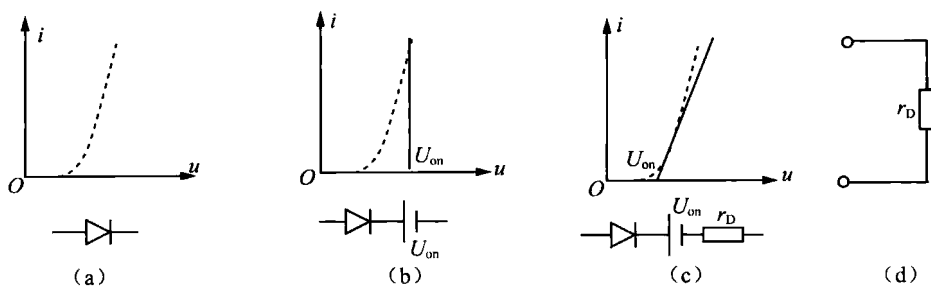


图 1.2-2 二极管的等效电路

1.2.3 稳压二极管

1. 稳压管的伏安特性及主要参数

稳压管是一种特殊的二极管,伏安特性与二极管类似,但它的反向击穿特性很陡。所以稳压管通常工作于反向击穿状态来稳定直流电压。由于硅半导体的温度特性好,通常稳压管是用硅材料制成的,称为硅稳压管。

主要参数:

- (1) 稳定电压 U_Z : 电流为规定值 I_Z 时,稳压管两端的电压。
- (2) 最小稳定电流 I_{Zmin} 。
- (3) 最大允许工作电流 I_{ZM} 和最大允许功率耗散 P_{ZM} ,二者的关系为 $P_{ZM} = U_Z I_{ZM}$ 。
- (4) 动态电阻 r_z : 在稳压范围内, $r_z = \Delta U_Z / \Delta I_Z$ 。 r_z 越小稳压管的稳压特性越好。

2. 稳压管稳压电路

稳压管稳压电路如图 1.2-3 所示。当稳压管工作在反向击穿状态时,如果输入直流电压有波动或负载发生变化,将会使 U_o 有变化的趋势,这时 I_Z 会发生剧烈变化,通过限流电阻 R 两端电压的变化来补偿输入电压或负载的变化,从而达到了稳定 U_o 的目的。

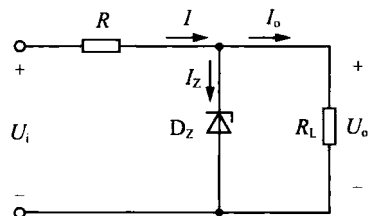


图 1.2-3 硅稳压管稳压电路

1.2.4 半导体三极管

1. 晶体管的结构及类型

晶体管有双极型和单极型两种,通常把双极型晶体管简称为晶体管,而单极型晶体管简称为场效应管。

晶体管是半导体器件,它由掺杂类型和浓度不同的三个区(发射区、基区和集电区)形成

的两个 PN 结(发射结和集电结)组成,分别从三个区引出三个电极(发射极 e、基极 b 和集电极 c)。可分为 NPN 型和 PNP 型两种;根据使用的半导体材料不同,又可分为硅管和锗管两类。如图 1.2-4 所示。

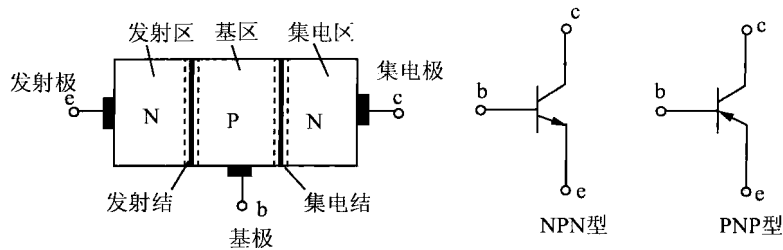


图 1.2-4 晶体管的结构和符号

2 电流分配关系与放大作用

晶体管具有放大能力的外部条件是发射结正向偏置,集电结反向偏置。在这种偏置条件下,发射区的多数载流子扩散到基区后,只有极少部分在基区被复合,绝大多数会被集电区收集后形成集电极电流。通过改变发射结两端的电压,可以达到控制集电极电流的目的。放大状态时,对于 NPN 型: $U_C > U_B > U_E$; 对于 PNP 型: $U_C < U_B < U_E$ 。

晶体管的电流分配关系如下:

$$\begin{aligned} I_E &= I_C + I_B \\ I_C &= \bar{\alpha} I_B + I_{CBO} \\ I_C &= \bar{\beta} I_B + I_{CBO} \end{aligned}$$

其中电流放大系数 $\bar{\alpha}$ 和 $\bar{\beta}$ 之间的关系是 $\bar{\alpha} = \bar{\beta} / (1 + \bar{\beta})$, $\bar{\beta} = \bar{\alpha} / (1 - \bar{\alpha})$; I_{CBO} 是集电结反向饱和电流, I_{CEO} 是基极开路时集电极和发射极之间的穿透电流,并且 $I_{CEO} = (1 + \bar{\beta}) I_{CBO}$ 。

在放大电路中,通过改变 U_{BE} , 改变 I_B 或 I_E , 由 ΔI_B 或 ΔI_E 产生 ΔI_C , 再通过集电极电阻 R_C , 把电流的控制作用转化为电压的控制作用, 产生 $\Delta U_O = \Delta I_C R_C$ 。实质上, 这种控制作用就是晶体管的放大作用。

3 晶体管的工作状态

当给晶体管的两个 PN 结分别施加不同的直流偏置时, 晶体管会有放大、饱和和截止三种不同的工作状态。这几种工作状态的偏置条件及其特点如表 1.2-1 所示。

表 1.2-1 晶体管的三种工作状态

工作状态	直流偏置条件	特点
放大	发射结正偏, 集电结反偏	$I_C = \beta I_B$
饱和	发射结正偏, 集电结正偏	$U_{CE} = U_{CES}$
截止	发射结反偏, 集电结反偏	$I_C = 0$

4 伏安特性及主要参数

(1) 共射极输入特性

输入特性表达式为: $i_B = f(u_{BE}) |_{U_{CE} \text{一定}}$ 。晶体管的输入特性类似于二极管的正向伏安特性。

(2) 共射极输出特性

共射极输出特性表达式为: $i_C = f(u_{CE}) |_{I_B \text{一定}}$ 。晶体管输出特性曲线的三个区域对应于晶体管的工作状态(饱和、放大和截止)。如图 1.2-5 所示。

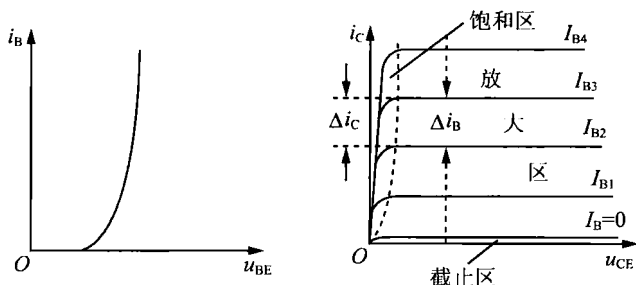


图 1.2-5 晶体管的输入曲线和输出曲线

①饱和区:此时 U_{CE} 很小, I_C 主要取决于 U_{CE} , 而与 I_B 关系不大。

②放大区:位于特性曲线近似水平的部分。此时, I_C 主要取决于 I_B , 而与 U_{CE} 几乎无关。

③截止区:位于 $I_B = -I_{CBO}$ 的输出特性曲线与横轴之间的区域。此时, I_C 几乎为零。

(3) 主要参数

①电流放大系数:共基极直流电流放大系数 $\bar{\alpha}$, 共射极直流电流放大系数 $\bar{\beta}$; 共基极交流电流放大系数 α , 共射极交流电流放大系数 β , 其中 $\bar{\alpha} \approx \alpha, \bar{\beta} \approx \beta$ 。

②极间反向电流:集电极—基极间反向饱和电流 I_{CBX} , 集电极—发射极间穿透电流 I_{CEX} 。

③频率参数:共基极截止频率 f_α , 共射极截止频率 f_β , 特征频率 f_T , 其中 $f_\alpha > f_T > f_\beta$ 。

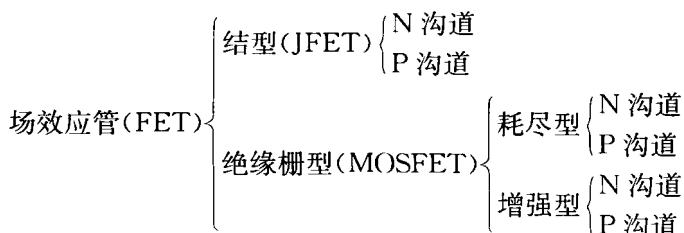
④极限参数:集电极最大允许功率耗散 P_{CM} , 集电极最大允许电流 I_{CM} ; 反向击穿电压: $U_{(BR)CEO}, U_{(BR)EBO}, U_{(BR)CBO}$ 。

(4) 温度对参数的影响

温度每增加 1°C , U_{BE} 将减小 $2\text{ mV} \sim 2.5\text{ mV}$; 温度每增加 10°C 左右, I_{CBO} 增加 1 倍; 温度每增加 1°C , β 增大 $0.5\% \sim 1\%$ 。

1.2.5 场效应管

1 场效应管的类型



2 场效应管导通时的几种情况

(1) 外加电压对导电沟道的影响

当漏源电压等于零时,栅源电压变化,导电沟道每处宽度相等;当漏源电压不等于零时,导电沟道呈楔状,靠近漏极处沟道较窄。

(2) 预夹断和全夹断

预夹断:当 U_{GS} 一定, U_{DS} 增大到一定大小时,漏极端的沟道开始夹断。

全夹断:导电沟道从源极端到漏极端全部夹断,漏极电流为零。

(3) 预夹断前后的导电情况

预夹断前,漏源极之间电压变化,漏极电流随之变化,类似电阻。当栅源极之间电压不同时,漏源极之间的等效电阻不同,称为“可变电阻区”。

预夹断后,漏源极之间电压变化,漏极电流近似等于常数。因为 U_{DS} 数值增大,夹断区由漏极向源极延伸,沟道电阻增大,使 U_{DS} 数值的增加与沟道压降的增加抵消,漏极电流基本不变,称为“恒流区”。但是,对应于不同的 U_{GS} ,漏极电流的恒值不同。也就是说, U_{GS} 对漏极电流有控制作用,所以又称为“放大区”。

3 场效应管的特性

各种不同类型场效应管的特性曲线如表 1.2-2 所示,工作在各区的条件如表 1.2-3 所列。

4 场效应管的主要参数

(1) 直流参数:

- ① 开启电压 $U_{GS(th)}$;
- ② 夹断电压 $U_{GS(off)}$;
- ③ 饱和漏极电流 I_{DSS} 。

(2) 交流参数:

① 跨导 g_m (也称为互导),它是管子在保持 U_{DS} 一定时,漏极电流微变量与栅极电压微变量的比值;

② 极间电容:栅源电容 C_{gs} 、栅漏电容 C_{gd} 、漏源电容 C_{ds} 。

(3) 极限参数:

① 漏极最大允许耗散功率 P_{DSM} ,它相当于双极型晶体管的 P_{CM} ;

② 最大漏极电流 I_{DSM} 是管子在工作时允许的漏极电流最大值,相当于双极型晶体管的 I_{CM} ;

③ 栅源击穿电压 $U_{(BR)GS}$;

④ 漏源击穿电压 $U_{(BR)DS}$ 。

表 1.2-2 不同类型场效应管的特性曲线

名称	符号	传输特性	输出特性
NJFET			
PJFET			
NEMOS			
NDMOS			
PEMOS			
PDMOS			

表 1.2-3 场效应管工作在各区的条件

	N 沟道			P 沟道		
	增强型 MOS	耗尽型 MOS	JFET	增强型 MOS	耗尽型 MOS	JFET
$U_{GS(th)}$ 或 $U_{GS(off)}$	+	-	-	-	+	+
导通条件	$U_{GS} > U_{GS(th)}$	$U_{GS} > U_{GS(off)}$	$U_{GS} > U_{GS(off)}$	$U_{GS} < U_{GS(th)}$	$U_{GS} < U_{GS(off)}$	$U_{GS} < U_{GS(off)}$
U_{DS}	+	+	+	-	-	-
工作在可变电阻区的条件	$U_{DS} \leq U_{GS} - U_{GS(th)}$	$U_{DS} \leq U_{GS} - U_{GS(off)}$	$U_{DS} \leq U_{GS} - U_{GS(off)}$	$U_{DS} \geq U_{GS} - U_{GS(th)}$	$U_{DS} \geq U_{GS} - U_{GS(off)}$	$U_{DS} \geq U_{GS} - U_{GS(off)}$
工作在恒流区的条件	$U_{DS} \geq U_{GS} - (U_{GS(th)} \text{ 或 } U_{GS(off)})$			$U_{DS} \leq U_{GS} - (U_{GS(th)} \text{ 或 } U_{GS(off)})$		
工作在恒流区的漏极电流	$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2$ 或 $i_D = K(U_{GS} - U_{GS(th)})^2$					

1.3

典型例题精讲

【例 1】 电路如图 1.3-1 所示,已知 $u_1 = 5\sin \omega t$ (V),二极管导通电压 $U_D = 0.7$ V。试画出 u_1 与 u_O 的波形,并标出幅值。

【提示】 首先根据电路中直流电源与交流信号的幅值关系判断二极管的工作状态;当二极管截止时, $u_1 = u_O$; 当二极管导通时, $u_O = \pm (3\text{ V} + U_D)$ 。

【解】 由已知条件可知二极管的开启电压 U_{on} 和导通电压均为 0.7 V。

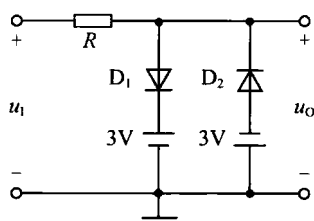


图 1.3-1 例 1 题图

由于二极管 D_1 的阴极电位为 +3 V, 而输入动态电压 u_1 作用于 D_1 的阳极, 故只有当 u_1 高于 +3.7 V 时 D_1 才导通, 且一旦 D_1 导通, 其阳极电位为 3.7 V, 输出电压 $u_O = +3.7$ V。由于 D_2 的阳极电位为 -3 V, 而 u_1 作用于二极管 D_2 的阴极, 故只有当 u_1 低于 -3.7 V 时 D_2 才导通, 且一旦 D_2 导通, 其阴极电位即为 -3.7 V, 输出电压 $u_O = -3.7$ V。当 u_1 在 -3.7 V 到 +3.7 V 之间时, 两只管子均截止, 故 $u_1 = u_O$ 。

u_1 与 u_O 的波形如图 1.3-2 所示。

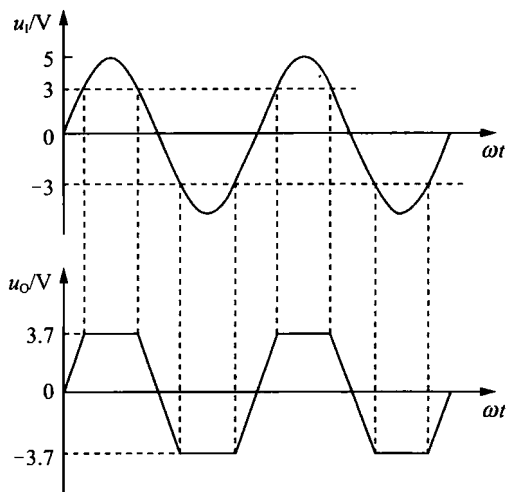


图 1.3-2 例 1 解图

【例 2】 电路如图 1.3-3(a)所示,二极管的伏安特性如图(b)所示,常温下 $U_T \approx 26 \text{ mV}$, 电容 C 对交流信号可视为短路, u_i 为正弦波,有效值为 10 mV 。试问:

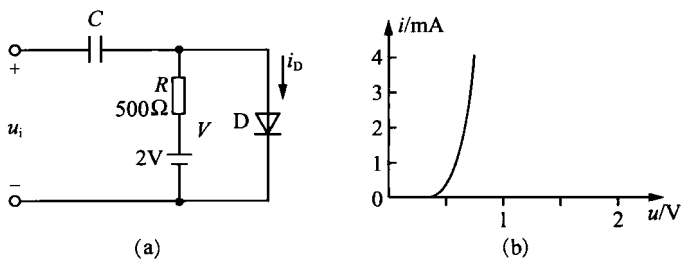


图 1.3-3 例 2 题图

(1) 二极管在 u_i 为零时的电流和电压各为多少?

(2) 二极管中流过的交流电流有效值为多少?

【提示】 (1) 首先分析静态电流和电压,即静态工作点 Q 。

(2) 求出在 Q 点下的动态电阻,分析动态信号的作用。

【解】 (1) 利用图解法可以方便地求出二极管的 Q 点。在动态信号为零时,二极管导通,电阻 R 中电流与二极管电流相等。因此,二极管的端电压可写成为

$$u_D = V - i_D R$$

在二极管的伏安特性坐标系中作直线 ($u_D = V - i_D R$), 与伏安特性曲线的交点就是 Q 点, 如图 1.3-4 所示。读出 Q 点的坐标值, 即为二极管的直流电流和电压, 约为

$$U_D \approx 0.7 \text{ V}, I_D \approx 2.6 \text{ mA}$$

(2) Q 点, 小信号情况下的动态电阻为

$$r_d \approx U_T / I_D = (26 / 2.6) \Omega = 10 \Omega$$

根据已知条件, 二极管上的交流电压有效值为 10 mV , 故二极管中流过的交流电流有效值为

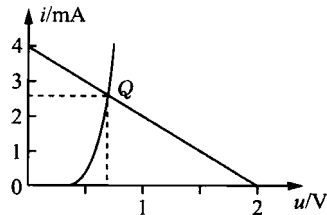


图 1.3-4 例 2 解图

$$I_D = U_i / r_d = (10/10) \text{ mA} = 1 \text{ mA}$$

【易犯错误】

二极管静态、动态的概念不清楚。

(1) 认为二极管两端的电压始终为 0.7 V ，不会根据具体的伏安特性分析二极管的静态电压和电流。

(2) 计算动态电阻时用直流电阻代替，即认为 $r_d \approx U_D / I_D$ 。

【例 3】 设图 1.3-5 所示电路中的各二极管性能均为理想。试判断各电路中的二极管是导通还是截止，并求出 A、B 两点之间的电压 U_{AB} 值。

【提示】 (1) 首先分析二极管开路时，管子两端的电位差，从而判断二极管两端加的是正向电压还是反向电压。若是反向电压，则说明二极管处于截止状态；若是正向电压，但正向电压小于二极管的死区电压，则说明二极管仍然处于截止状态；只有当正向电压大于死区电压时，二极管才能导通。

(2) 在用上述方法判断的过程中，若出现两个以上二极管承受大小不等的正向电压，则应判定承受正向电压较大者优先导通，其两端电压为正向导通电压，然后再用上述方法判断其他二极管的工作状态。

【解】 在图 1.3-5 电路中，当二极管开路时，由图可知二极管 D_1 、 D_2 两端的正向电压分别为 10 V 和 25 V 。二极管 D_2 两端的正向电压高于 D_1 两端的正向电压，二极管 D_2 优先导通。当二极管 D_2 导通后， $U_{AB} = -15 \text{ V}$ ，二极管 D_1 两端又为反向电压。故 D_1 截止、 D_2 导通。 $U_{AB} = -15 \text{ V}$ 。

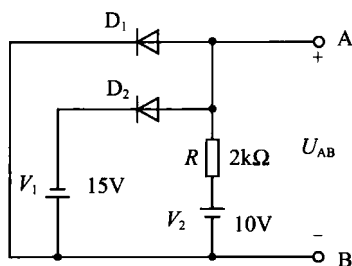


图 1.3-5 例 3 题图

【例 4】 硅稳压管稳压电路如图 1.3-6 所示。其中硅稳压管 D_Z 的稳定电压 $U_Z = 8 \text{ V}$ 、动态电阻 r_Z 可以忽略， $U_1 = 20 \text{ V}$ 。试求：

(1) U_O 、 I_O 、 I 及 I_Z 的值；

(2) 当 U_1 降低为 15 V 时的 U_O 、 I_O 、 I 及 I_Z 值。

【提示】 根据题目给定条件判断稳压管的工作状态，计算输出电压及各支路电流值。

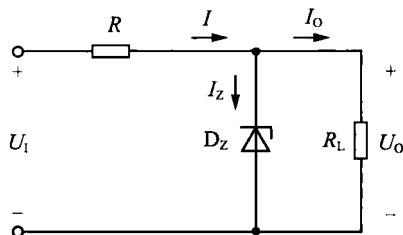


图 1.3-6 例 4 题图

【解】 (1) 由于

$$U_1 \frac{R_L}{R + R_L} = 20 \times \frac{2}{2 + 2} = 10 \text{ V} > U_Z$$

稳压管工作于反向电击穿状态，电路具有稳压功能。故

$$U_O = U_Z = 8 \text{ V} \quad I_O = \frac{U_O}{R_L} = \frac{8}{2} = 4 \text{ mA}$$

$$I = \frac{U_1 - U_O}{R} = \frac{20 - 8}{2} = 6 \text{ mA} \quad I_Z = I - I_O = 6 - 4 = 2 \text{ mA}$$

(2) 由于这时的

$$U_1 \frac{R_L}{R + R_L} = 15 \times \frac{2}{2 + 2} = 7.5 \text{ V} < U_Z$$

稳压管没有被击穿，稳压管处于截止状态。故