

# 工科课程提高与应试丛书

- 涵盖课程重点及难点
- 精设典型题详解及评注
- 选配课程考试模拟及全真试卷

张裕民 编著

# 模拟电子技术基础

## 典型题解析及自测试题



西北工业大学出版社

**【内容简介】** 本书为配合华中理工大学康华光主编的《电子技术基础》模拟部分(第4版)的教学而编写的辅助教材。全书分为两部分:第一部分典型题解析共九章,每章包括对主要内容和基本概念的归纳总结、典型题解析和练习题三个模块;第二部分自测试题包括本、专科生结业试题和研究生入学考试题共八套;书后有附录,给出了各章习题及自测试题的参考答案。

书中选用的例题都具有一定的典型性和代表性,典型题解析不仅给出了例题的详细解答,还说明了解题的思路和要领。

本书可作为工科高等院校学生学习“模拟电子技术基础”课程的辅导教材,也可作为报考硕士研究生人员复习的辅导教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础典型题解析及自测试题/张裕民编著. —西安:西北工业大学出版社,2001.11

(工科课程提高与应试丛书)

ISBN 7-5612-1405-7

I. 模… II. 张… III. 模拟电路-高等学校-教学参考资料  
IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 065959 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072 电话:029-8493844

网 址: <http://www.nwup.com>

印刷者:长安第二印刷厂印刷

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:7.25

字 数:181千字

版 次:2002年1月第1版 2002年1月第1次印刷

印 数:1~8 000册

定 价:10.00元

# 前 言

“模拟电子技术基础”是高等工科院校的电子、通讯、控制、仪器仪表和计算机等电类专业普遍开设的一门专业技术基础课。通过这门课程的学习,不仅能掌握模拟电子技术的一些实用技术,而且还为后续课程的学习和将来学习新的科学技术打下基础。同时,本门课程也是一些专业硕士研究生入学考试的课程。

由于本门课程内容多、线路种类繁多,再加上课堂教学时数有限,因此学习起来有些同学感到有困难。编写本书的目的就是帮助同学学好这门课,同时也为研究生入学考试人员的复习提供一些帮助。编写过程中力求简明和便于读解。

本书的第一部分是把每章的基本概念和主要内容做了简明地归纳总结,再通过对若干典型例题的解析,来帮助同学巩固和进一步掌握所学的内容,同时也帮助同学掌握解题的思路、技巧和方方法。书中的例题和习题多数选自本、专科生结业考题、研究生入学试题和全国统考题库中的试题,因此这些题有一定的典型性和代表性。

本书第二部分是近年来一些本科生结业和研究生入学考试的试题,可供读者自测使用。

书中附录给出了各章习题和自测题的参考答案。

本书承蒙于海勋教授审阅并提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,时间紧迫,书中错误和欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2001年8月



# 目 录

## 第一部分 典型题解析

<b>第一章 半导体二、三极管</b> .....	1
一、内容提要 .....	1
二、典型题解析 .....	3
三、习题一 .....	8
<b>第二章 基本放大电路</b> .....	13
一、内容提要 .....	13
二、典型题解析 .....	22
三、习题二 .....	31
<b>第三章 场效应管 (FET) 放大电路</b> .....	40
一、内容提要 .....	40
二、典型题解析 .....	45
三、习题三 .....	50
<b>第四章 功率放大电路</b> .....	53
一、内容提要 .....	53
二、典型题解析 .....	58
三、习题四 .....	63

<b>第五章 集成电路运算放大器</b> .....	66
一、内容提要 .....	66
二、典型题解析 .....	69
三、习题五 .....	73
<b>第六章 反馈放大器</b> .....	76
一、内容提要 .....	76
二、典型题解析 .....	83
三、习题六 .....	90
<b>第七章 信号的运算与处理电路</b> .....	98
一、内容提要 .....	98
二、典型题解析 .....	104
三、习题七 .....	116
<b>第八章 信号产生电路</b> .....	122
一、内容提要 .....	122
二、典型题解析 .....	130
三、习题八 .....	139
<b>第九章 直流稳压电源</b> .....	145
一、内容提要 .....	145
二、典型题解析 .....	151
三、习题九 .....	157

## 第二部分 自测试题

自测试题一	161
自测试题二	168
自测试题三	178
自测试题四	186
自测试题五	191
自测试题六	194
自测试题七	197
自测试题八	200

## 附录 习题及试题答案

习题答案	206
试题答案	214

# 第一部分 典型题解析

## 第一章 半导体二、三极管

### 一、内容提要

#### (一) 二极管的基本概念与解题要点

##### 1. 基本概念

二极管的特性基本上就是 PN 结的特性,主要是单向导电特性和反向击穿特性,前者主要用于整流,后者用于稳压,稳压部分放在第九章。

常用的二极管有硅管和锗管两种,硅管导通压降  $U_D \approx 0.7 \text{ V}$ ,死区电压约为  $0.5 \text{ V}$ ,而锗管导通压降  $U_D \approx 0.2 \text{ V}$ ,死区电压约为  $0.1 \text{ V}$ 。反向饱和电流锗管大而硅管小,因此温度稳定性硅管优于锗管。

有时在分析计算二极管电路时,为简便和近似估算,常把二极管看做是理想的,其导通压降为  $0 \text{ V}$ ,反向饱和电流为零。

在使用二极管时,导通时的平均电流不要超过允许值,截止时的反向电压要小于击穿电压,以保证安全工作。

##### 2. 解题要点

在分析计算二极管电路时,首先必须判明二极管是处于导通

状态还是截止状态。其判断的方法是：

将被判断的二极管假想移开，求出两断点间的开路电压（即原二极管处的正向电压），如该电压大于该管的死区电压，则该管就是导通的，否则就是截止的。导通管的压降可看做是常值（硅管 0.7 V，锗管 0.2 V），如果是理想二极管，则导通压降为 0 V。若二极管是截止的，则该管所在支路就相当于断开的。把电路中所有二极管都判明之后，才能进一步计算所要求的各物理量。

## （二）三极管（双极型或 BJT）

### 1. 三极管的电流分配关系

三极管在模拟电路中主要是工作在放大状态，三极管中三个极的电流的分配关系是三极管的主要特性。

三极管有硅管和锗管，有 NPN 型和 PNP 型，但它们三个极电流的分配关系是相同的，其关系式如下：

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO} \quad I_{CEO} \text{—— 穿透电流}$$

$$I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO} \quad I_{CBO} \text{—— 集电结反向电流}$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$

对 NPN 管来说， $I_C$  和  $I_B$  是流进三极管的，而  $I_E$  是流出的。

对 PNP 管来说，三个极电流的流向刚好与 NPN 的相反。

由于  $I_{CBO}$  和  $I_{CEO}$  通常均远小于  $I_C$ ，因此电流放大系数可近似表示成：

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}; \quad \alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$\alpha$  与  $\beta$  的关系满足：

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}; \quad \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

三极管电流放大系数  $\beta$  和  $\alpha$  还是频率的函数，随着信号频率的



增高,  $\beta$  和  $\alpha$  值要下降, 如设  $\beta_0$  和  $\alpha_0$  为低频时的数值, 当  $\beta_0$  下降到  $0.707\beta_0$  时所对应的频率  $f_\beta$  叫共射截止频率。当  $\beta = 1$  时, 对应的频率  $f_T$  叫特征频率。当  $\alpha_0$  下降到  $0.707\alpha_0$  时, 对应的频率  $f_a$  叫共基截止频率。它们之间有如下的关系:

$$f_T = \beta_0 f_\beta$$

$$f_a = (1 + \beta_0) f_\beta$$

### 2. 三极管的三种工作状态

在模拟电路中三极管主要用于放大, 要保证三极管工作在放大状态, 则应满足:

发射结正偏置, 集电结反偏置。

或者说, 三极管的三个极电压应满足:

对 NPN 管:  $U_C > U_B > U_E$ ;

对 PNP 管:  $U_C < U_B < U_E$ 。

由于硅管和锗管的特性有所差异, 在放大状态时基极与发射极间的压降  $|U_{BE}|$  数值不同, 硅管  $|U_{BE}| \approx 0.7 \text{ V}$ , 锗管  $|U_{BE}| \approx 0.2 \text{ V}$ 。

三极管除了放大工作状态之外, 还有饱和与截止工作状态, 这两个状态主要用在数字电路中作开关。

如发射结和集电结均正偏置, 则三极管工作在饱和状态。

如发射结和集电结均反偏置, 则三极管工作在截止状态。

### 3. 三极管的极限参数

极限参数是三极管在工作中, 电压和电流不要超过的值。它们有最大允许集电极电流  $I_{CM}$ , 最大允许集电极耗散功率  $P_{CM}$ , 还有三个击穿电压, 集电结击穿电压  $V_{(BR)CBO}$ 、发射结击穿电压  $V_{(BR)EBO}$  和集电极与发射极间击穿电压  $V_{(BR)CEO}$ 。

## 二、典型题解析

**例 1.1** 硅二极管电路如图 1.1(a) 所示, 试求流过二极管 D

的电流  $I$  和电压  $U_{AB}$ 。

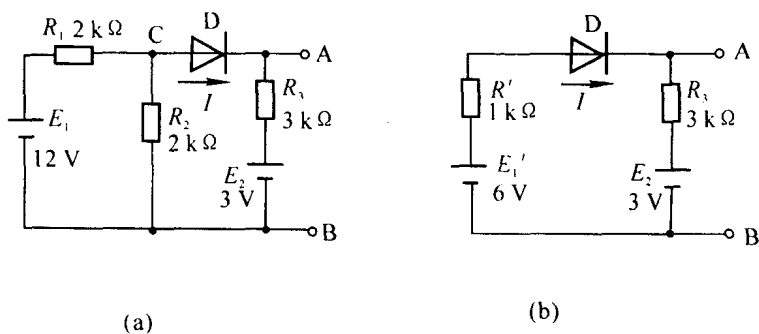


图 1.1

**解** 第一步:判断二极管是导通还是截止。假设将二极管  $D$  移开,求出断开点的开路电压  $U_{CA}$ :

$$U_{CA} = U_C - U_A = \frac{E_1}{R_1 + R_2} \cdot R_2 - E_2 =$$

$$\frac{12}{2+2} \times 2 - 3 = 6 - 3 = 3 \text{ V}$$

因为  $U_{CA}$  大于二极管的死区电压,故二极管是导通的,且二极管压降  $U_D = 0.7 \text{ V}$ 。

第二步:化简电路,利用戴维南定理将  $E_1$ ,  $R_1$  和  $R_2$  化成等效的  $E_1'$  和  $R'$  支路(见图 1.1(b))

$$R' = R_1 // R_2 = 2 // 2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$E_1' = \frac{E_1}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{12}{2+2} \times 2 = 6 \text{ V}$$

这时便可算出  $I$ :

$$I = \frac{E_1' - E_2 - U_D}{R' + R_3} = \frac{6 - 3 - 0.7}{1 + 3} \approx 0.57 \text{ mA}$$

$$U_{AB} = IR_3 + E_2 = 0.57 \times 3 + 3 \approx 4.7 \text{ V}$$

**例 1.2** 由锗二极管构成的电路如图 1.2 所示,试求二极管

是导通还是截止。

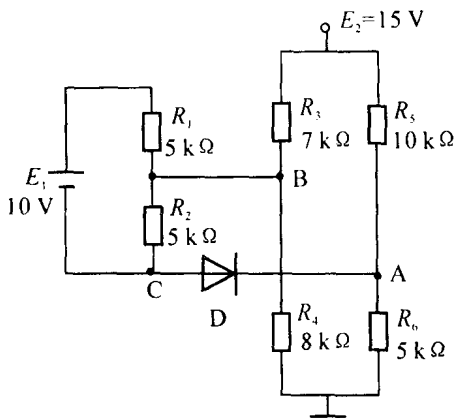


图 1.2

**解** 若判断二极管 D 是否导通, 先将二极管移开, 求出断点间的开路电压  $U_{CA}$ :

$$U_{CA} = U_C - U_A = U_{CB} + U_B - U_A$$

$$U_A = \frac{E_2}{R_5 + R_6} R_6 = \frac{15}{10 + 5} \times 5 = 5 \text{ V}$$

$$U_B = \frac{E_2}{R_3 + R_4} R_4 = \frac{15}{7 + 8} \times 8 = 8 \text{ V}$$

$$U_{BC} = \frac{E_1}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{10}{5 + 5} \times 5 = 5 \text{ V}$$

$$U_{CB} = -U_{BC} = -5 \text{ V}$$

则 
$$U_{CA} = -5 + 8 - 5 = -2 \text{ V}$$

因为  $U_{CA}$  小于二极管的死区电压, 所以, 该电路中的二极管是截止的。

**例 1.3** 硅二极管电路如图 1.3 所示, 试求电流  $I$  和电压  $U_{AB}$ 。

**解** (1) 首先判断  $D_2$  和  $D_3$  是否导通, 将  $D_2$ ,  $D_3$  移开, 求 AB

两端的电压  $U_{AB}$ 。由于移开  $D_2, D_3$  后, 电路中还有一个二极管  $D_1$ , 此时可以用假设的方法来求  $U_{AB}$ 。

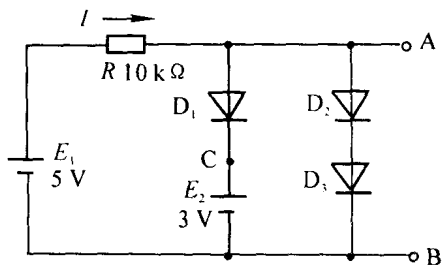


图 1.3

设  $D_1$  是导通的, 则

$$U_{AB} = U_{D1} + E_2 = 0.7 + 3 = 3.7 \text{ V}$$

这时  $D_2, D_3$  是导通的。

设  $D_1$  是截止的, 则

$$U_{AB} = E_1 = 5 \text{ V}$$

此时  $D_2, D_3$  也会导通。也就是说不管  $D_1$  导通与否,  $D_2$  和  $D_3$  肯定是导通的。

(2) 在  $D_2$  和  $D_3$  肯定导通的前提下, 再来判断  $D_1$  究竟是导通还是截止, 再将  $D_1$  移开解出  $U_{AC}$ , 即

$$\begin{aligned} U_{AC} &= U_{AB} + U_{BC} = U_{D2} + U_{D3} + (-E_2) = \\ &0.7 + 0.7 - 3 = -1.6 \text{ V} \end{aligned}$$

这样, 又得出一个结论,  $D_1$  是截止的。

(3) 三个二极管的工作状态均确定了之后, 便可进行计算了。

$$\begin{aligned} U_{AB} &= U_{D2} + U_{D3} = 0.7 + 0.7 = 1.4 \text{ V} \\ I &= \frac{E_1 - U_{AB}}{R} = \frac{5 - 1.4}{10} = 0.36 \text{ mA} \end{aligned}$$

**例 1.4** 图 1.4(a), (b), (c), (d) 所示的四个三极管, 已知它们在电路中各极的静态电位, 试判别它们分别工作在何种状态?

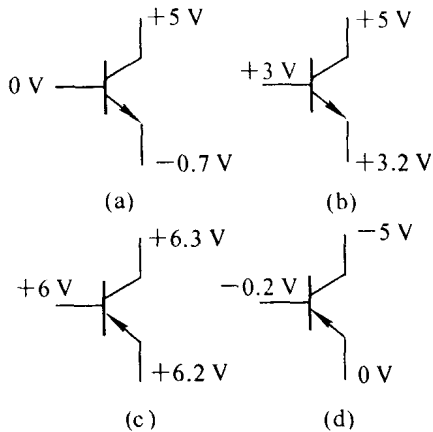


图 1.4

(a) 硅管; (b) 硅管; (c) 锗管; (d) 锗管

**解** 图(a) 由于是 NPN 管, 且  $U_C > U_B > U_E$ ,  $U_{BE} = 0.7 \text{ V}$ , 所以工作在放大状态。

图(b) 发射结处于反偏置。则工作在截止状态。

图(c) 发射结和集电结均正偏置, 故工作在饱和状态。

图(d) 发射结正偏置, 集电结反偏置, 且  $U_{BE} = -0.2 \text{ V}$ , 则该管工作放大状态。

**例 1.5** 三个三极管在电路中处于正常放大状态, 测得三个管脚的直流电位如图 1.5(a), (b) 和 (c) 所示, 试判别出三个脚的极名、是硅管还是锗管以及是 NPN 型还是 PNP 型的。

**分析** 工作在放大状态的三极管的基极直流电位一定处于集电极电位和发射极电位中间, 因此, 在解题时先确定基极。然后找出与基极电位相差  $0.7 \text{ V}$  或  $0.2 \text{ V}$  的发射极, 相差  $0.7 \text{ V}$  的是硅管, 相差  $0.2 \text{ V}$  是锗管。剩下的便是集电极, 如集电极电位是三个极中最高的, 则该管便是 NPN 型的, 若是最底的, 则此管便是

PNP 型的。

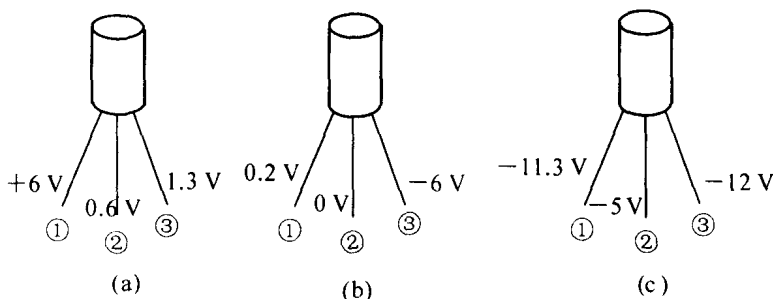


图 1.5

**解** 图(a) ③号管脚是基极;②号管脚是发射极;①号管脚是集电极。此管为 NPN 硅管。

图(b) ②号管脚是基极;①号管脚是发射极;③号管脚是集电极。此管是 PNP 锗管。

图(c) ①号管脚是基极;③号管脚是发射极;②号管脚是集电极。该管为 NPN 硅管。

### 三、习题一

#### (一) 填空题

1. 和开路 PN 结的结区宽度相比较,当 PN 结加正偏电压时,其结区宽度将变\_\_\_\_\_;当 PN 结加反偏电压时,其结区宽度将变\_\_\_\_\_。
2. 整流二极管的整流作用是利用 PN 结的\_\_\_\_\_特性,稳压管的稳压作用是利用 PN 结的\_\_\_\_\_特性。
3. 三极管工作在放大状态时,发射结应\_\_\_\_\_偏置,集电结应\_\_\_\_\_偏置。  
若工作在饱和状态时,发射结应\_\_\_\_\_偏置,集电结应\_\_\_\_\_偏置。

偏置。

若工作在截止状态时,发射结应\_\_\_\_\_偏置,集电结应\_\_\_\_\_偏置。

4. 三极管电流放大系数  $\beta = 50$ , 则  $\alpha =$  \_\_\_\_\_; 若  $\alpha = 0.99$ , 则  $\beta =$  \_\_\_\_\_。

5. 当环境温度升高时,三极管的下列参数变化的趋势是:电流放大系数  $\beta$  \_\_\_\_\_, 穿透电流  $I_{CEO}$  \_\_\_\_\_, 当  $I_B$  不变时,发射结正向压降  $|U_{BE}|$  \_\_\_\_\_。

## (二) 选择题

1. 由理想二极管组成的电路如图 1.6 所示,其 A, B 两端的电压  $U_{AB}$  应为 ( )。

A.  $U_{AB} = -12\text{ V}$

B.  $U_{AB} = -6\text{ V}$

C.  $U_{AB} = +6\text{ V}$

D.  $U_{AB} = +12\text{ V}$

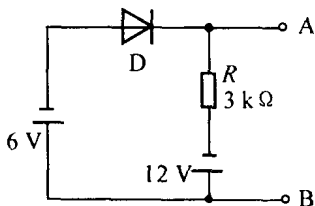


图 1.6

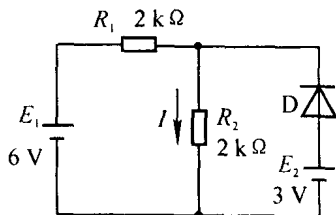


图 1.7

2. 由硅二极管组成的电路如图 1.7 所示,电阻  $R_2$  中的电流  $I$  为 ( )。

A.  $I = 2\text{ mA}$

B.  $I = 0\text{ mA}$

C.  $I = 1.5\text{ mA}$

D.  $I = -1.5\text{ mA}$

3. 在某放大电路中测得三极管三个极的静态电位分别为  $0\text{ V}$ 、 $-10\text{ V}$  和  $-9.3\text{ V}$ , 则该管为 ( )。

A. NPN 硅管

B. NPN 锗管

C. PNP 硅管

D. PNP 锗管

4. 测得某放大电路中 NPN 管三个极对地的电位分别为  $U_C = 12\text{ V}$ ,





入电压  $u_i = 5\sin\omega t(V)$ ，试画出对应的输出电压波形，并标出峰值。(电容对交流可视为短路)

3. 已知某三极管的输出特性如图 1.12 所示，试求出  $Q$  点处的  $\beta$  值和  $\alpha$  值。

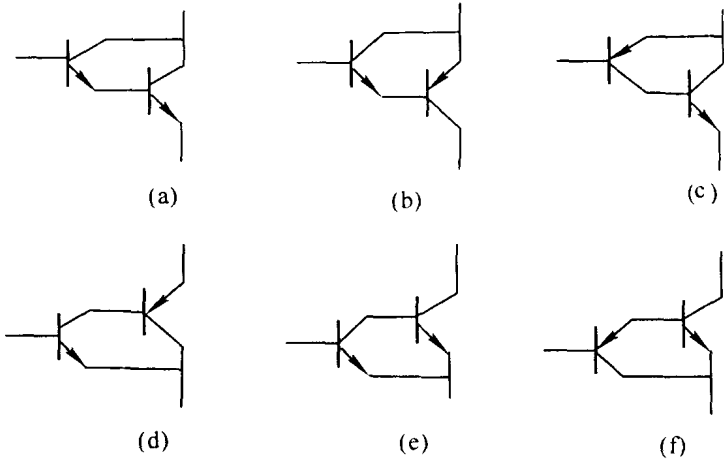


图 1.9

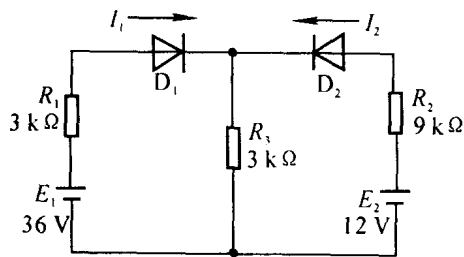


图 1.10