

模拟电子技术基础习题集

孙家忻 孙梅生

清华大学出版社

TN1 - 44
S 93

246178

模拟电子技术基础习题集

孙家炘 孙梅生



清华大学出版社

内 容 简 介

本书与清华大学自动化系电子学教研组编写的《模拟电子技术基础》教材配合使用，习题集的分章和编排次序均与教材相同。在每章的习题前，均列有内容提要 and 具有详细解题步骤的例题。本书收编内容包括半导体器件的基本知识、基本放大电路、多级放大电路、放大电路中的反馈、正弦波振荡电路、直接耦合放大电路、线性集成电路基础、集成运算放大器的运用、直流电源的例题52道和习题500道。书末附有大部分习题的答案。

本书可作为工科大专院校自动化专业和其它相近电类专业开设的“电子技术基础”课程的参考用书，也可供从事电子技术工作的工程技术人员使用。

模拟电子技术基础习题集

孙家圻 孙梅生

☆

清华大学出版社出版

(北京清华园)

北京市景山学校印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

☆

开本：787×1092 1/32 印张：11.5 字数：278千字

1986年3月第一版 1986年3月第一次印刷

印数：00001~18000

统一书号：15235·213 定价：1.95元

前 言

本书以《模拟电子技术基础》教材（清华大学自动化系电子学教研组编，童诗白主编，高等教育出版社出版）的章节为顺序，围绕着模拟电子电路中的基本概念、基本方法和典型电路，选编了500道习题。我们的目的是希望读者通过做习题，能起到巩固概念、熟练运算、启发思考、联系实际和扩大思路的作用。因此，除基础题和较难题（题号右上角注有▲）外，尚编有少量的提高题（题号右上角注有*）。本书可与《模拟电子技术基础》教材配合起来使用。书中有关符号亦与教材保持一致。

为了帮助读者加深对题意的理解和提高解题的能力，在每章习题前均列有内容概要与例题（书中共52道例题），用来说明习题中所涉及到的基本概念、基本公式和基本分析方法。书后还附有大部分习题的答案，供读者查考。

本书的全部编写工作是在童诗白教授的亲自指导下完成并得到教研组有关教师的大力支持，特在此表示感谢。

由于我们水平有限，书中一定会有不妥和错误之处，殷切地希望各方面读者给以批评指正。

编 者

1984年5月

目 录

第一章 半导体器件的基本知识	1
内容概要	1
例题	2
习题	6
第二章 基本放大电路	20
内容概要	20
例题	26
习题	55
第三章 多级放大电路	88
内容概要	88
例题	89
习题	97
第四章 放大电路中的反馈	117
内容概要	117
例题	120
习题	136
第五章 正弦波振荡电路	169
内容概要	169
例题	169
习题	175

第六章 直接耦合放大电路	188
内容概要	188
例题	189
习题	212
第七章 线性集成电路基础	237
内容概要	237
例题	238
习题	246
第八章 集成运算放大器的应用	252
内容概要	252
例题	258
习题	273
第九章 直流电源	301
内容概要	301
例题	304
习题	319
部分习题答案	340

第一章 半导体器件的基本知识

内 容 概 要

(一) PN结方程

$$I = I_s(e^{V/V_T} - 1)$$

其中： I_s 是反向饱和电流，在一定温度下，它是常数。
 V_T 是温度电压当量，在常温(300K)下， $V_T \approx 26\text{mV}$ 。

(二) 二极管的动态等效电阻

$$r_d \approx \frac{26\text{mV}}{I}$$

(三) 三极管的电流放大系数，见表 101。

表101 三极管的电流放大系数

	静态电流放大系数	动态电流放大系数	备 注
共射接法	$\bar{\beta} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_B}$	$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$	通常 $I_{CBO} \ll I_C$ ， 且输出特性曲线平行 等距，则有：
共基接法	$\bar{\alpha} = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_E}$	$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$	
相互关系	$\bar{\beta} = \frac{\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}},$ $\bar{\alpha} = \frac{\bar{\beta}}{1 + \bar{\beta}}$	$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha},$ $\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$	$\bar{\beta} \approx \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$ $\bar{\alpha} \approx \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} \approx 1$

(四) 三极管各电极的电流关系

$$I_C = I_{CE0} + \beta I_B = (1 + \beta) I_{CB0} + \beta I_B$$

$$I_E = I_B + I_C = (1 + \beta)(I_{CB0} + I_B)$$

一般情况下, 可认为

$$I_E \approx I_C \approx \beta I_B$$

(五) 工作在饱和区的场效应管, 其转移特性可近似为

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2$$

低频跨导为

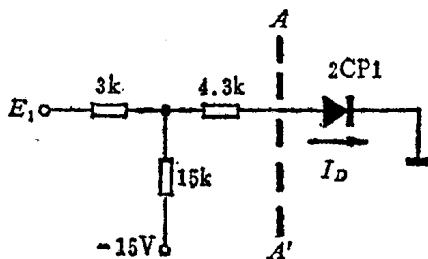
$$g_m = \frac{-2I_{DSS}}{V_P} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right) \quad \text{或} \quad g_m = \frac{-2\sqrt{I_D \cdot I_{DSS}}}{V_P}$$

上述两式中的 I_{DSS} 是饱和漏电流, V_P 是夹断电压。

例 题

例 101 试估算图例 101(a) 电路的下列各值:

(1) 若 $E_1 = 0$, 二极管中的电流 I_D 。(2) 若 $E_1 = 12$ V, I_D 。(3) 若 E_1 由 12V 变为 13V, 二极管两端压降的变化量 ΔV_{D0} 。



(a)

图例 101 (a)

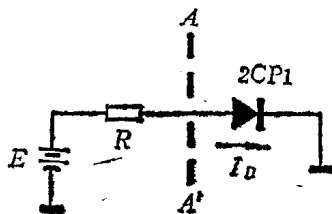
解:

(1) 当 $E_1 = 0$ 时, 显然二极管处于反向截止状态, 所以 $I_D \approx 0$ 。

(2) 当 $E_1 = 12\text{V}$ 时, 二极管是处于正向状态还是反向状态, 难以一目了然, 因此将图例101(a) $A-A'$ 以左的电路用戴维南定理化简, 得图例101(b)电路。图中

$$R = (3 // 15) + 4.3 = 6.8\text{k}\Omega$$

$$E = 12 - \frac{12 - (-15)}{3 + 15} \times 3 = 7.5\text{V}$$



(b)

图例 101 (b)

因此, 二极管处于正向状态。2CP1是硅二极管, 它的正向压降可按 0.7V 估算, 则 $E_1 = 12\text{V}$ 时二极管的电流为

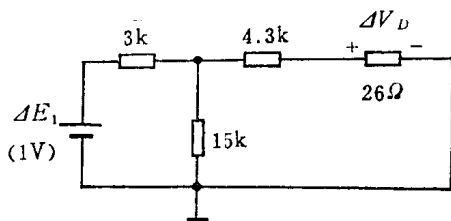
$$I_D = \frac{7.5 - 0.7}{6.8} = 1\text{mA}$$

(3) 当 E_1 由 12V 变为 13V 时, 二极管两端压降的变化量 ΔV_D , 可利用动态电阻进行估算。

因为 13V 与 12V 相差不大, 所以, 可以 $E_1 = 12\text{V}$ 时, $I_D = 1\text{mA}$ 为基准, 求出二极管的动态电阻为

$$r_d = \frac{26\text{mV}}{I_D} = \frac{26\text{mV}}{1\text{mA}} = 26\Omega$$

而 E_1 变为 13V ，可分解为原来的 12V 与变化量 $\Delta E_1 = (13 - 12)\text{V} = 1\text{V}$ 之和，因此，变化量 ΔE_1 单独作用的动态等效电路如图例101(c)所示。



(c)

图例 101 (c) 动态等效电路

根据这个动态等效电路，可得二极管两端压降的变化量

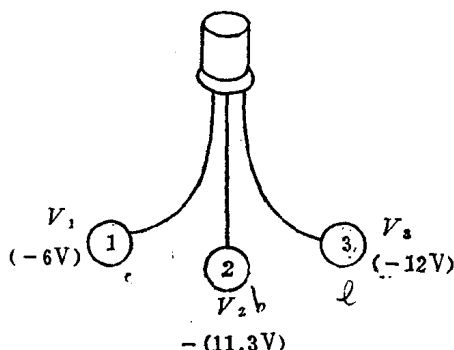
$$\begin{aligned} \Delta V_D &= \frac{15}{3 + 15} \Delta E_1 \times \frac{26}{[(3 // 15) + 4.3] \times 10^3 + 26} \\ &= \frac{5}{6} \times 1 \times \frac{26}{6800 + 26} \approx 3.2\text{mV} \end{aligned}$$

在上述计算过程中，我们假设：

- ①二极管的反向电流等于零；
- ②硅二极管的正向压降为 0.7V ；
- ③在计算 ΔV_D 时，二极管的动态电阻 r_d 为常数。

这三点无疑是近似的，但对于我们所遇到的大多数情况，利用这些近似进行计算，其结果不仅满足要求，而且使计算大为简化。因此，在很多包含二极管电路的计算中，经常用到这些假设。

例102 测得工作在放大电路中三极管各电极的电位如图例102所示。试问：它是硅管还是锗管？是NPN管还是PNP管？并指出管脚标号和e、b、c的对应关系。



图例 102

解：

工作在放大区的三极管，应有下列关系：

(1) $|V_{BE}| \approx 0.7\text{V}$ (硅管) 或 0.2V (锗管)。

(2) $|V_{CE}| > |V_{BE}|$ 。

(3) NPN管： $V_E < V_B < V_C$ ；

PNP管： $V_E > V_B > V_C$ 。

因为图例102中的 V_2 和 V_3 相差 0.7V ，而 V_1 与它们相差较大，根据上述 (1) 和 (2) 可知，这个三极管是硅管，引线②和③是基极或发射极，引线①是集电极。

根据引线①的电位最高，即集电极电位最高，可知这是一个NPN三极管。又因为图中三极管各电极的电位关系有： $V_3 < V_2 < V_1$ ，由上述 (3) 中NPN管的特点，可知这个三极

管引线③、②和①分别为 e 、 b 和 c 。

习 题

半导体基础知识

101 在讨论温度升高本征半导体中载流子的变化时，有以下几种说法，试判断是否正确（用 $\checkmark$ 代表正确、 $\times$ 代表错误填在括号内）。

- (1) 自由电子个数增加，空穴个数基本不变（ ）。
- (2) 空穴个数增加，自由电子个数基本不变（ ）。
- (3) 空穴和自由电子的个数都增加，而且它们增加的数量相等（ ）。

(4) 空穴和自由电子的个数不变（ ）。

102 选词填空（从括号中选择合适的词填空）。

在本征半导体中掺入少量五价磷元素，将产生____（空穴，自由电子），形成____（ N ， P ）型半导体，磷原子称为____（施主原子，受主原子）。

103 选词填空

在本征半导体中掺入少量三价铟元素，将产生____（空穴，自由电子），形成____（ N ， P ）型半导体，铟原子称为____（施主原子，受主原子）。

104 选词填空

(1) P 型半导体中空穴是____（多数载流子，少数载流子）。 P 型半导体____（带正电，带负电，呈电中性）。

(2) N 型半导体中自由电子是____（多数载流子，少数载流子）。 N 型半导体____（带正电，带负电，呈电中性）。

105 选词填空

(1) 由于浓度差别, 非平衡载流子从浓度大的区域流向浓度小的区域的定向运动称为____ (扩散; 漂移)。

(2) PN 结中载流子的扩散运动和漂移运动方向____ (相同; 相反)。

106 选词填空

(1) PN 结在外加正向电压的作用下, 内电场____ (增强; 削弱), 扩散电流____ (大于; 小于) 漂移电流。

(2) PN 结在外加反向电压的作用下, 耗尽层____ (变窄; 变宽), 流过 PN 结的电流____ (很小; 较大)。

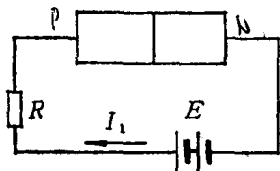
107 图107 (a) 和图107 (b) 两电路中各元件参数相同, 且已知 $I_1 \gg I_2$ 。试问: 哪个是正向接法。

(2) 当二极管反向截止时, ____ (结电容; 扩散电容) 是主要的。

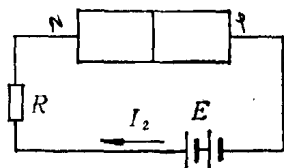
(3) 正向电流越大, 扩散电容越____ (大; 小)。

(4) 反向电压越高, 结电容越____ (大; 小)。

哪个是反向接法? 并在图中标出 P 和 N 。



(a)



(b)

图 107 (a)

图 107 (b)

二 极 管

108 选词填空

(1) 一个硅二极管的正向压降在 0.6V 的基础上增加 10% ，它的电流____（也增加 10% ；增加 10% 以上；基本不变）。

(2) 小功率二极管 2CP12 的正向电流在 20mA 的基础上增加一倍，它两端的压降____（也增加一倍；增加一倍以上；略有增加）。

109 选词填空

(1) 二极管的反向电阻比正向电阻____（大；小）得多。

(2) 当二极管两端加正向电压时，它的动态电阻随正向电流增加而____（增加；减小）。

110▲ 选词填空

当二极管正向导通时，____（结电容；扩散电容）是主要的。

111 分别用万用表的 $\Omega \times 10$ 档和 $\Omega \times 1\text{k}$ 档测量同一个二极管的正向电阻，问哪个读数大？为什么？

112▲ 设图 112 电路中两个二极管特性相同。当 $E = 4\text{V}$ 时， $V_o = 1.4\text{V}$ 。试求：(1) 每个二极管的动态电阻 r_d 。(2) 若 E 由 4V 变为 4.4V ，输出电压的变化量 ΔV_o 是多少？

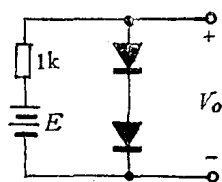


图 112

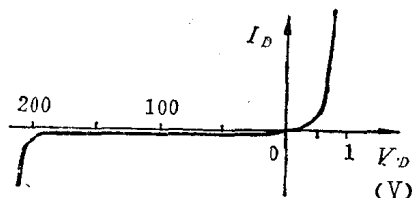


图 113

113 一个二极管的伏安特性曲线如图113所示。试求它的最大反向工作电压 V_R 。

114 测得三个二极管的数据如表114所示。试问：哪个二极管的性能最好？

表114

	正向电流 (正向电压相同)	反向电流 (反向电压相同)	反向击穿电压
甲	30mA	3 μ A	150V
乙	100mA	2 μ A	200V
丙	50mA	6 μ A	80V

115▲ 设图115电路中二极管的正向压降为0.7V，两个继电器激磁绕组A和B的内阻均为430 Ω 。当激磁电流为10mA时，继电器动作，接通触点。试分别求能使两个继电器动作的输入电压 V_I 的临界值。

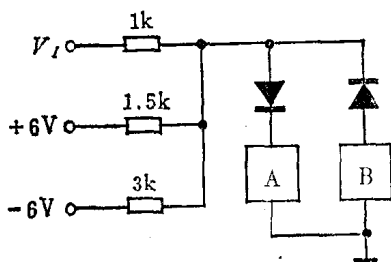


图 115

116 设图116四个电路中的输入电压均为 $v_i = 50 \sin \omega t$ 伏，二极管的正向压降和反向电流可忽略，试分别定性画出各输出

电压 v_o 的波形。

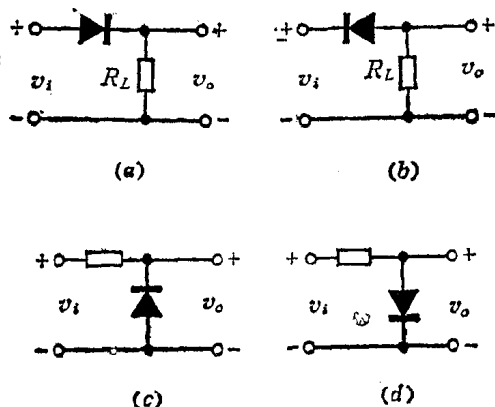


图 116

稳 压 管

117 设图117电路中的稳压管为2CW7B, 它的稳定电流是10mA, 稳压值为6V, 额定功耗为200mW。试问: 若电源电压 E 在18V至30V范围内变化, 输出电压 V_o 是否基本不变? 稳压管是否安全?

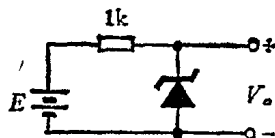


图 117

118 设图118电路中稳压管为2CW21H, 稳压值是12V, 稳

定电流为 30mA ，最大允许电流为 70mA 。当负载电阻 R_L 在 $2\text{k}\Omega$ 至 ∞ 范围内变化时，试问：(1) 若 $E = 50\text{V}$ ， V_o 是否基本不变？(2) 若 $E = 6\text{V}$ ， V_o 是否基本不变？

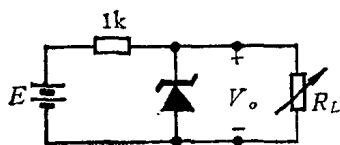
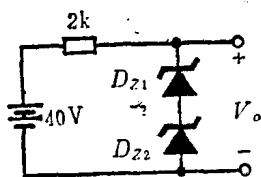
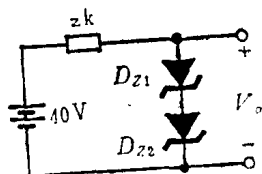


图 118

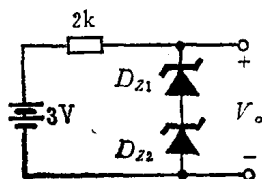
119 设图119六个电路中稳压管 D_{Z1} 和 D_{Z2} 的稳压值分别是 7V 和 13V ，稳定电流均为 10mA ，允许的最大工作电流均大于 30mA ，正向导电时其压降均为 0.7V ，试问各电路的输出电压 V_o 为多少？



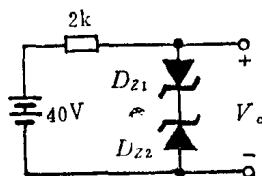
(a)



(b)



(c)



(d)