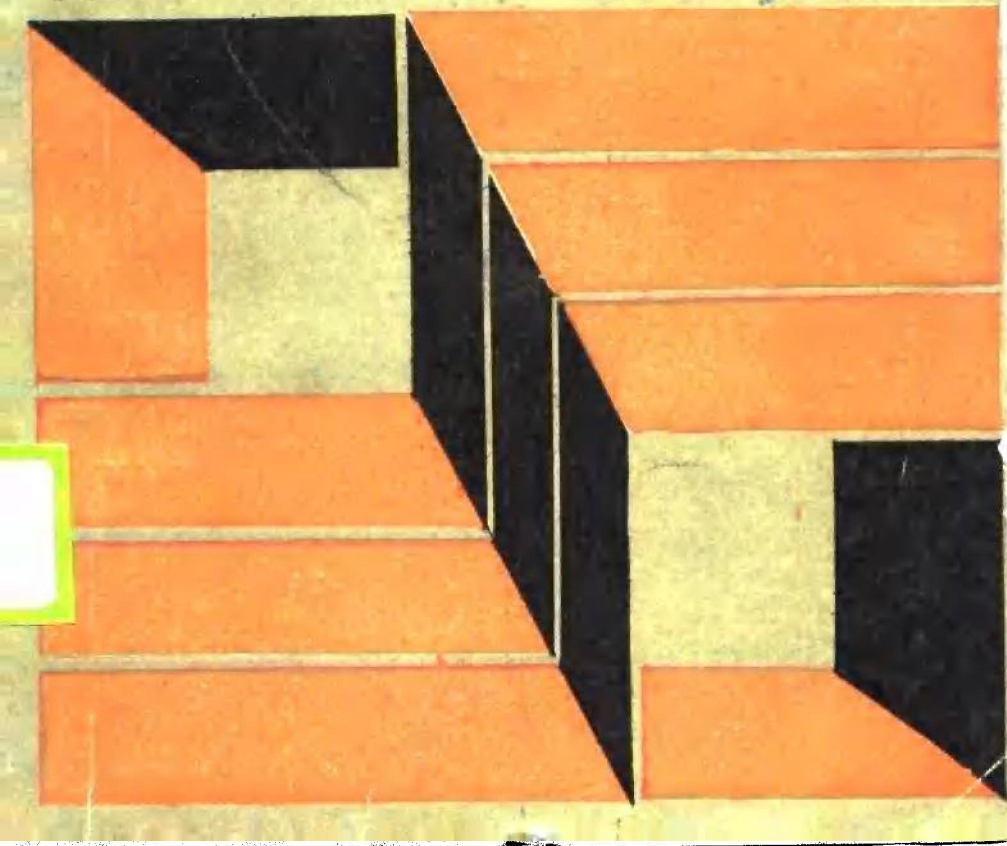


电子线路 试题集题解

《电子线路试题集》编写组 编



内 容 简 介

《电子线路试题集题解》是由高等教育出版社1989年出版的《电子线路试题集》一书的全部题解，所以，两书应配套使用。

本书在编写过程中注意了突出物理概念和明确解题思路，以利读者从基本概念、基本分析方法与电路应用能力等方面加强理解、巩固课程教学内容；因而在解答填充、是非、选择等类型的试题时，对有一定难度者，均附有简要的原理说明。

本书可供电子线路课程的教师使用，亦可供无线电类工程技术与设计人员参考。

电子线路试题集题解

主 编 宋文涛

副主编 薛 方 王汝君 冯 军

东南大学出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 南京人民印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 16.5 字数 414千

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

印数 1—4500册

ISBN 7—81023—291—6

TN·30

定价：5.90元

主 编 宋文涛

副主编 薛方 王汝君 冯军

编写组成员(以姓氏笔划为序)

王汝君 王勉照 冯军 华南盾 江谷传 孙文宾

宋文涛 陈申生 陈秉明 金宝琴 罗汉文 萨本骞

解叔良 薛方

提供题解的院校

上海工业大学(自动化系)、上海大学(工学院无线电技术系)、上海交通大学(电子工程系)、上海科技大学(无线电电子学系)、上海科技大学分部、上海铁道学院(电信系);

山东工业大学(电子计算机系)、山东大学(电子工程系)、石油大学(自动化系);

华东工学院(电子工程系)、东南大学(无线电工程系)、中国人民解放军空军气象学院(电子工程系)、南京气象学院(大气物理系)、南京邮电学院(电信工程系、无线电通信工程系)、南京航空学院(电子工程系)、中国人民解放军通信工程学院(训练部)、江南大学(电子系)、扬州工学院(电子科学工程系);

中国科技大学(电子技术基础部)、合肥工业大学(计算机与信息系)、中国人民解放军电子工程学院(训练部)、安徽大学(无线电系);

中国计量学院(电学计量系)、杭州电子工业学院(电子工程系)、浙江工学院(电子系)、浙江大学(信息与电子工程学系);

福州大学(无线电工程系)。

前 言

《电子线路试题集题解》是高等教育出版社1989年出版的《电子线路试题集》的题解。在国家教育委员会工科电子线路课程教学指导小组的关心与支持下，仍由参加试题集工作的各院校提供题解初稿，由《电子线路试题集》编写组组织编写。编写过程中注意突出物理概念和明确解题思路，有利于从基本概念、基本分析方法与应用电路能力方面加强理解、巩固课程教学内容；在解答填充、是非、选择等类型的试题时，对有一定难度者，尚附有简要的原理说明，使便于理解。

本题解与试题集对应，由六个部分组成。即第一部分为器件与模型，第二部分为低频放大，第三部分为高频放大，第四部分为正弦波振荡，第五部分为频率变换，第六部分为实验及电源。第一部分由薛方组织编写；第二部分的“放大器基础”由陈秉明组织编写，“反馈放大器”由王汝君组织编写，“差分放大器与集成运算放大器”由金宝琴组织编写，“放大器的频率特性”由孙文宾组织编写，“低频功率放大器”由王勉照组织编写；第三部分“小信号谐振放大”由解叔良组织编写，“高频功率放大”由萨本骞组织编写；第四部分由江谷传组织编写；第五部分的“调制”、“混频”由罗汉文组织编写；“解调”、“锁相”及综合题题解由陈申生组织编写；第六部分由华南盾组织编写。

薛方负责编审第一部分及第二部分的“差分放大器与集成运算放大器”，王汝君负责编审第二部分其他各节，宋文涛负责编审第三部分、第四部分、第五部分及第六部分。宋文涛、王汝君、薛方共同对全部题解内容定稿，全书由主编宋文涛统稿，并

由冯军全面协助主编工作。

国家教育委员会工科“电子线路”课程教学指导小组副组长谢嘉奎教授对题解的编审和修订给予了大量的具体指导，表示深切的感谢。

本题解供教师配套使用试题集，亦可供技术人员及其他有关人员参考。

限于编者水平，书中错误难免。谬误之处，敬请读者指正。

《电子线路试题集》编审组

1989年11月

目 录

I、器件与模型

- 1—1 半导体物理知识..... (1)
- 1—2 半导体二极管..... (4)
- 1—3 半导体三极管..... (13)
- 1—4 场效应管..... (34)

II、低频放大

- 2—1 放大器基础..... (44)
- 2—2 反馈放大器..... (88)
- 2—3 差分放大器与集成运算放大器.....(125)
- 2—4 放大器的频率特性.....(222)
- 2—5 低频功率放大器.....(263)

III、高频放大

- 3—1 小信号谐振放大.....(281)
- 3—2 高频功率放大(296)

附录

IV、正弦波振荡.....(335)

V、频率变换

- 5—1 调制.....(365)
- 5—2 解调.....(414)
- 5—3 混频.....(451)
- 5—4 锁相.....(474)
- 5—5 综合.....(481)

Ⅵ、实验及电源

6—1	模拟电路测试技术.....	(491)
6—2	低频电路实验	(498)
6—3	运算放大器实验	(505)
6—4	高频电路实验.....	(507)
6—5	整流及稳压电源.....	(511)

I . 器件与模型

1—1 半导体物理知识

填充题

1-1-1 主要由掺入杂质 本征激发

1-1-2 少数载流子

1-1-3 本征

1-1-4 空穴 $5 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$

1-1-5 空穴 $2.04 \times 10^8 \text{cm}^{-3}$ $4.9 \times 10^{28} \text{cm}^{-3}$

1-1-6 漂移电流 逆 顺

1-1-7 碰撞电离 掺杂浓度较低 7 V以上 正

1-1-8 场致激发 掺杂浓度较高 4 V以下 负

1-1-9 $I_s(T_2) = I_s(T_1) 2^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$ [式中 $I_s(T_2)$ 和 $I_s(T_1)$ 分

别表示温度 T_2 、 T_1 时的反向饱和电流]

1-1-10 变宽 增高 漂移

1-1-11 扩散 自由电子浓度增大 空穴浓度减少

1-1-12 削弱 大于

1-1-13 $I = I_s \left[\exp \left(\frac{qV}{kT} \right) - 1 \right]$

1-1-14 本征半导体 失去单向导电性 高

1-1-15 合金法, 电形成法, 平面扩散法 杂质补偿

1-1-16 扩散电容 增加 势垒电容 减小

是非题

1-1-17 非 (掺杂浓度越大, 与少子复合越多, 因而少子浓度越低)

1-1-18 非 (共价键外的电子只有受激后才能变为载流子)

1-1-19 非 (只要限制反向击穿电流使PN结不产生过热而击穿, PN结就不会失效)

1-1-20 非 (金属引线与半导体之间存在的接触电位差恰好与PN结的内建电位差相抵消)

1-1-21 是

选择题

1-1-22 (b) (半导体中的价电子全部束缚在共价键中, 不存在能导电的载流子)

1-1-23 (a) (因为自由电子的迁移率比空穴大)

1-1-24 (a) 1-1-25 (c) 1-1-26 (d)

1-1-27 (a) (因为迁移率随温度上升而下降)

1-1-28 (b)

问答题

1-1-29 $\because n_i = AT^{3/2} \exp \left[-\frac{E_{g0}}{2kT} \right]$, $\therefore n_i$ 与禁带宽度 E_{g0} 和温度 T 有关。硅的 $E_{g0} = 1.21\text{eV}$, 锗的 $E_{g0} = 0.785\text{eV}$, 导致同温度下硅和锗的本征载流子浓度不同。

1-1-30 当有光线照射时, 外界供给能量, 使中性原子本征激发, 使原来的热平衡载流子浓度增加, 从而外电路有电流流过, 电流表产生读数。

1-1-31 因载流子沿浓度减小的方向运动, 形成扩散电流, 其大小将与载流子的浓度梯度成正比, 题图中有

$$\frac{dN_c}{dx} > \frac{dN_a}{dx} > \frac{dN_b}{dx}, \text{ 所以 } J_c > J_a > J_b.$$

计 算 题

$$1-1-32 \quad I_s = I_{PD}(x_n) + I_{nD}(-x_p)$$

$$\begin{aligned} &= -qSD_P \left. \frac{dp_n(x)}{dx} \right|_{x=x_n} + qSD_n \left. \frac{dn_p(x)}{dx} \right|_{x=-x_p} \\ &\approx -qS \left(\frac{D_p p_{n0}}{L_p} + \frac{D_n n_{p0}}{L_n} \right) \end{aligned}$$

式中 负号表示 I_s 为PN结的反向电流。

1-1-33

$$(1) \because R = \frac{V}{I} = \frac{l}{Aqn\mu_n}$$

$$\therefore n = \frac{Il}{q\mu_n AV}$$

$$= \frac{8 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-2}}{1.6 \times 10^{-19} \times 1300 \times 10^{-4} \times 2 \times 2 \times 10^{-6} \times 1}$$

$$= 1.92 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$$

$$(2) \because \text{电子漂移电流 } I_n = A \bar{v}_n n q$$

$\therefore$ 电子的平均漂移速度 $\bar{v}_n$ 为

$$\bar{v}_n = \frac{I_n}{Anq}$$

$$= \frac{8 \times 10^{-3}}{2 \times 2 \times 10^{-6} \times 1.92 \times 10^{21} \times 1.6 \times 10^{-19}}$$

$$= 6.51 \text{ m/s}$$

1—2 半导体二极管

填充题

1-2-1 减小

1-2-2 硅管约0.6~0.8V 纳安量级 锗管约0.1~0.3V
微安量级

1-2-3 6.4mA 减小100~125mV

1-2-4 710Ω 36Ω 1-2-5 略小于

1-2-6 整流 最大整流电流,最高反向工作电压及该电压下的反向电流。

选择题

1-2-7 (1)图(a) (I_1 等于 D_{Z1} 的反向饱和电流) (2)图(b)

($\because I_2 = \frac{6-5.7}{10} = 30\text{mA}, I_3 = \frac{6-1.4}{200} = 23\text{mA}, \therefore I_2 > I_3$) (3)图

(b)和图(c)

1-2-8 (1)(a) (2)(a)

1-2-9 (e) (用戴维南定理将题图简化成解图1-2-9所示电路,图中, $V = 12\text{V}$, $R = R_1 // R_2 = 2\text{k}\Omega$, 由电路可知, D_1 反偏, $\therefore I_1 = 0$; D_2 正偏导通, $I_2 = V/R = 6\text{mA}$)

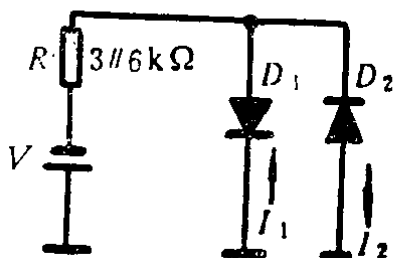


图1-2-9

1-2-10 (c)

1-2-11 (c) ($I < \frac{V_m}{\pi R} = \frac{10}{\pi \times 1} = 3.2\text{mA}$)

1-2-12 (a) (在 V_1 作用下, D_1 导通, $V_o = (V_1 - 0.7) R_2 / (R_1 + R_2) = 8.37\text{V}$, $\because V_2 - V_o < 0 \therefore D_2$ 截止)

1-2-13 (d) ($V = 9V$ 时, D_2 导通, 加在 D_1 上的电压为 $8 - 9 = -1V$, $\therefore D_1$ 截止)。

1-2-14 (b)

作 图 题

1-2-15 用戴维南定理将题图 (a) 电路简化为解图1-2-15 (a)所示电路, 图中, $R = 500\Omega$, $V = 6.25V$, 由该电路可列出管外回路方程:

$$0.5I_D + V_D = 6.25V$$

在解图1-2-15(b)所示伏安特性曲线上作该方程代表的直线, 由图中交点Q可得: $I_D = 11.2mA$; $V_D = 0.71V$

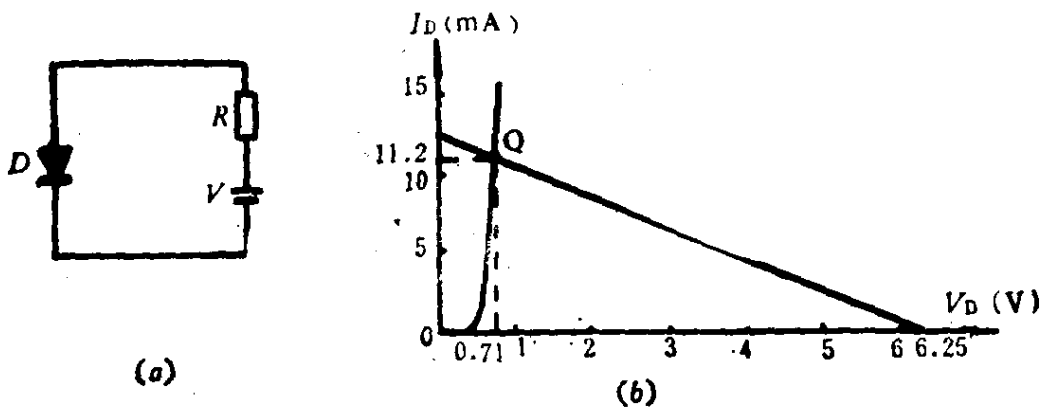


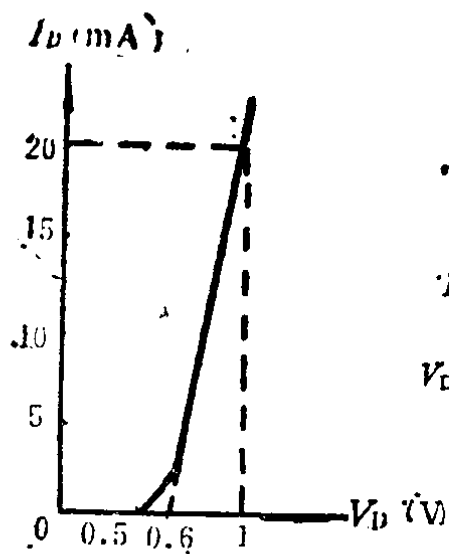
图 1-2-15

1-2-16 将二极管伏安特性曲线折线化, 如解图1-2-16(a)所示, 由图求得 $V_{D(on)} = 0.6V$, $R_D = \frac{1 - 0.6}{20 \times 10^{-3}} = 20\Omega$, 因此画出二极管的大信号折线模型如解图1-2-16(b)所示, 图中, D 为理想二极管。

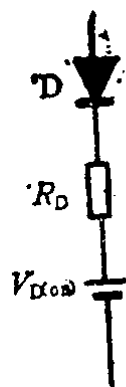
1-2-17 输出电压波形如解图1-2-17中实线所示。

1-2-18 输出电压波形如解图1-2-18中实线所示。

1-2-19 由 $5mA$ 的工作电流在 $1k\Omega$ 电阻上产生的压降为 $5V$, 因此, v_i 必须大于 $10V$, 才能使 D_{z1} 稳定在 $5V$ 上, 而 D_{z2} 不工作。由此画出的输出电压波形如解图1-2-19所示。

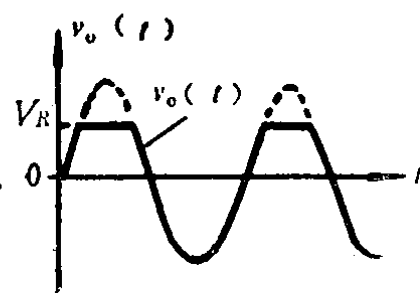


(a)

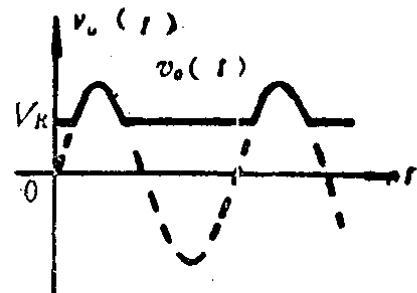


(b)

图 1-2-16



(a)



(b)

图 1-2-17

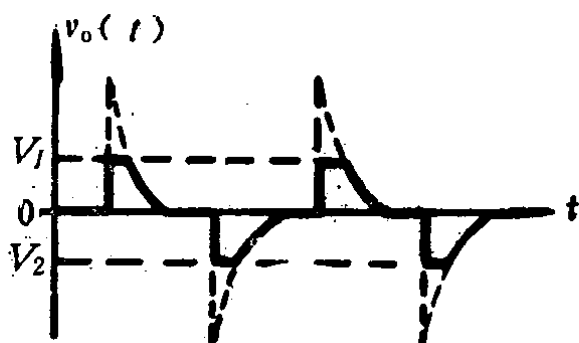


图-1-2-18

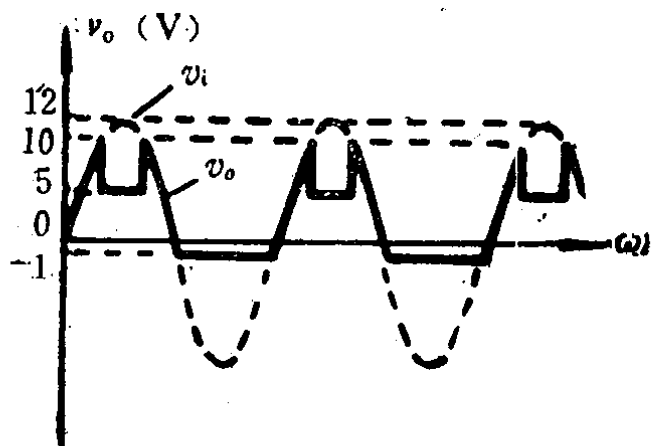


图 1-2-19

1-2-20 见解图1-2-20。

1-2-21 A点:
$$I_A = \frac{E}{R_{11} + R_1} = \frac{2.5}{0.25 + 0.11} \approx 4.17\text{mA}$$

$$V_A = I_A R_1 = 4.17 \times 0.11 \approx 0.46\text{V}$$

B点:
$$I_B = \frac{E}{R_{12} + R_2} = \frac{1.5}{2.5 + 0.51} \approx 0.5\text{mA}$$

$$V_B = I_B R_2 = 0.5 \times 0.51 \approx 0.26\text{V}$$

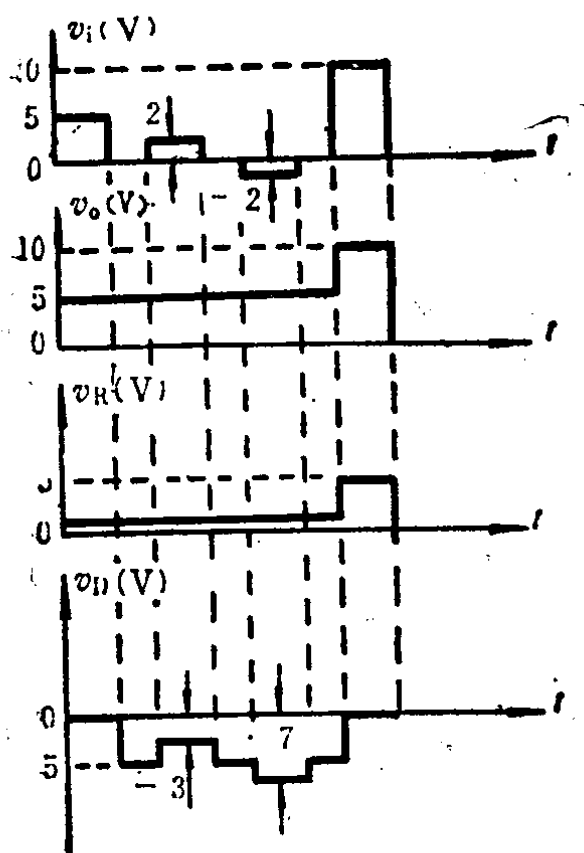


图 1-2-20

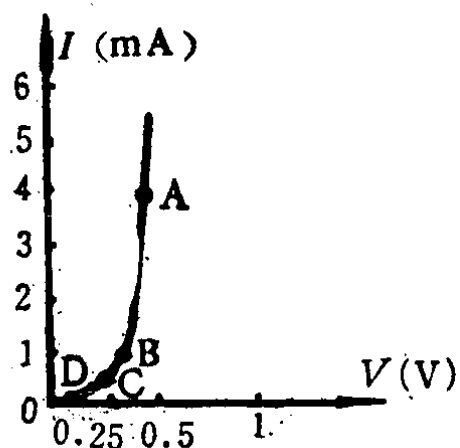


图 1-2-21

$$C \text{ 点: } I_c = \frac{E}{R_{I3} + R_3} = \frac{1.5}{25 + 2.3} \approx 0.05 \text{ mA}$$

$$V_c = I_c R_3 = 0.05 \times 2.3 \approx 0.12 \text{ V}$$

D点: 即原点。

将以上四点在解图1-2-21伏安特性坐标平面内标出, 并通过四点描绘一光滑曲线, 即2AP15的伏安特性曲线。

1-2-22 当 $V_i > 25 \text{ V}$ 时, D_2 导通,

$$\begin{aligned} V_A &= V_i - \frac{V_i - E_2}{R_1 + R_2} R_1 \\ &= V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2} + E_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

当 $V_A = 10 \text{ V}$ 时, D_1 也开始导通, 相应的 V_i 为

$$V_i = V_A \frac{R_1 + R_2}{R_2} - E_2 \frac{R_1}{R_2}$$

$$= 100 \times \frac{100 + 200}{200} - 25 \times \frac{100}{200} = 137.5 \text{ V}$$

综上所述，当 $V_i < E_2 = 25 \text{ V}$ 时， D_1 、 D_2 截止， $V_O = 25 \text{ V}$ ； $V_A \geq E_1 = 100 \text{ V}$ 即 $V_i \geq 137.5 \text{ V}$ 时， D_1 、 D_2 均导通， $V_O = V_A = 100 \text{ V}$ ； $E_2 \leq V_A < E_1$ ，即 $25 \text{ V} \leq V_i < 137.5 \text{ V}$ 时， D_2 导通， D_1 截止，

$$V_O = V_A = V_i \frac{R_2}{R_1 + R_2} + E_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{2}{3} V_i + \frac{25}{3} \text{ V}$$

由此画出的传输特性曲线如解图1-2-22所示。

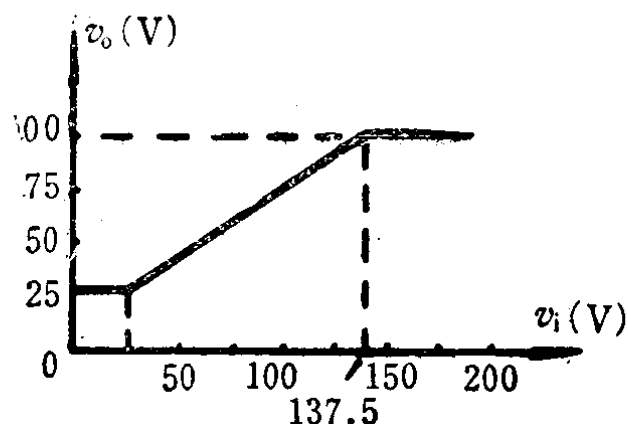


图 1-2-22

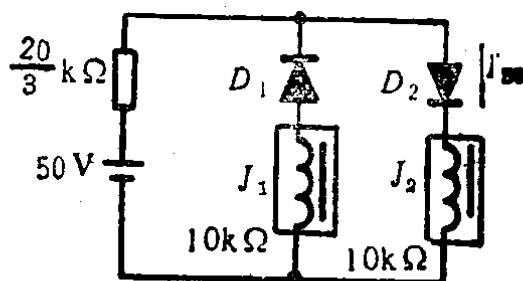


图 1-2-23

问 答 题

1-2-23 用戴维南定理将题图电路简化成解图1-2-23所示电路。由图可知， D_1 截止， D_2 导通，流过 D_2 的电流为

$$I_{D2} = \frac{50}{\left(\frac{20}{3} + 10\right) \times 10^3} = 3 \text{ mA}$$

故继电器 J_2 能动作。

1-2-24 温度升高时，二极管伏安特性曲线左移，二极管的

直流工作点由 Q_1 移至 Q_2 ，二极管的直流电阻分别为 R_{D1} ， R_{D2} 。

$$R_{D1} = \frac{V_1}{I_1}, R_{D2} = \frac{V_2}{I_2}, \text{ 参见解图1-2-24}$$

$$\because V_1 > V_2, I_1 < I_2 \quad \therefore R_{D2} < R_{D1}$$

1-2-25 见解图1-2-25，当电阻由 R 增大至 R' 时，工作点由 Q_1 移至 Q_2 ，二极管相应的直流电阻 R_D 由 $1/\text{tg}\alpha_1$ (k Ω) 增大至 $1/\text{tg}\alpha_2$ (k Ω)。

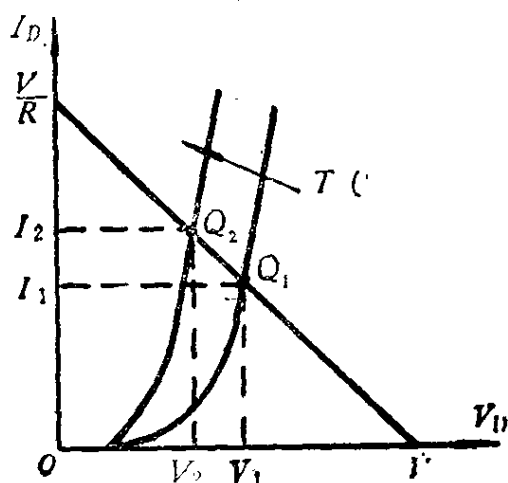


图 1-2-24

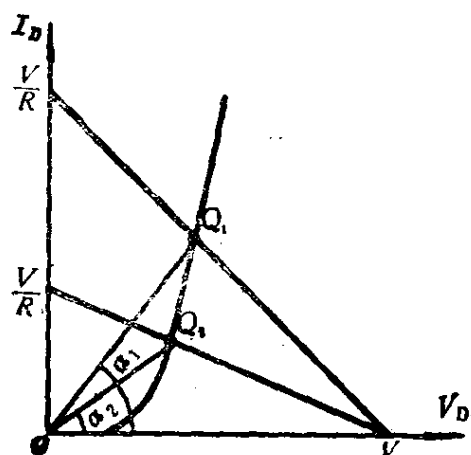


图 1-2-25

1-2-26 当电源电压由 V_1 增至 V_2 时，工作点由 Q_1 移至 Q_2 ，二极管直流电阻 R_D 将减小。参见解图1-2-26

1-2-27 二极管是非线性器件，其上流过的直流电流不同时，所呈现的直流电阻亦不同。用万用表 $\Omega \times 10$ ，和 $\Omega \times 100$ 两档分别测二极管的正向电阻时，二极管将分别工作在 Q_1 和 Q_2 点，二

极管相应的正向电阻为 $R_{D1} = \frac{1}{\text{tg}\alpha_1}$ ， $R_{D2} = \frac{1}{\text{tg}\alpha_2}$ 。由于 $\alpha_1 > \alpha_2$ ，所以用 $\Omega \times 100$ 档测出正向电阻 R_{D2} 比用 $\Omega \times 10$ 档测出的大。

1-2-28 整流二极管和稳压二极管均由一个PN结构成，其共性是在一定电压范围内具有单向导电性，故可通过测量其正反向电阻判别稳压管的好坏。其不同点是：稳压管的反向击穿电压较低（一般为几伏至十几伏），而整流二极管的反向击穿电压多在50

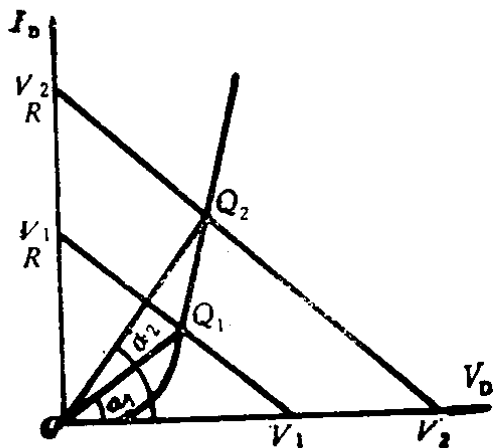


图 1-2-26

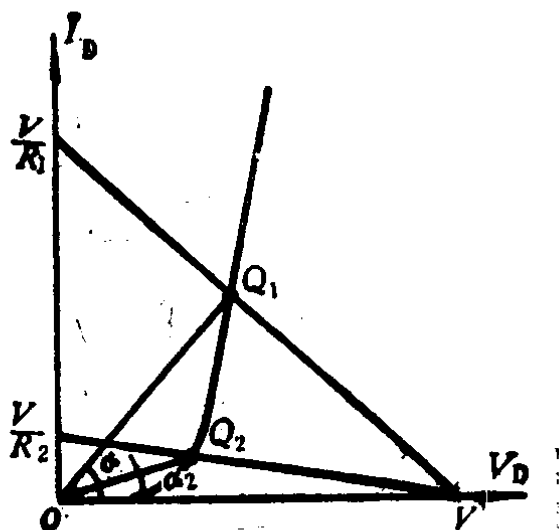


图 1-2-27

伏以上。因此,如果用 $\Omega \times 10k$ 档(这时万用表内接15V或22.5V电池)测得一个二极管的反向电阻很小,而换用 $\Omega \times 10$ 或 $\Omega \times 100$ 档(这时表内电池换为1.5V)测得反向电阻很大,则表明前一次所测小反向电阻是稳压管反向击穿后的情况,后一次所测大反向电阻是稳压管反向击穿前的情况,即被测二极管为稳压管;如果用 $\Omega \times 10k\Omega$, $\Omega \times 100$ 两档分别测得二极管的反向电阻都很大,则表明该二极管的反向击穿电压很高,一般可判断为整流二极管。

$$1-2-29 \quad \because \frac{q}{kT} = \frac{1.6 \times 10^{-19}}{1.38 \times 10^{-23} \times (273 + 19)} \approx 40$$

$$\therefore I_D = I_s (e^{\frac{qV_D}{kT}} - 1) = 1 \times (e^{40 \times 1.5} - 1) \approx 1 \times 10^{20} A$$

显然二极管不能承受这么大的电流,将被烧毁。事实上,必须考虑半导体的体电阻,因此,实际加到阻挡层上的电压必定小于1.5伏,相应的电流也就不会如上述计算值那样大。

1-2-30 稳压二极管的正向压降为0.7V,也具有稳压特性,所以将两管任意组合串接时,可得到15.5V、8.7V、8.2V、1.4V四个稳压值。将两管任意组合并接时,可得7.5V、0.7V两个稳压值。