

工科课程解题题典丛书

模拟电子技术

解题题典

张企民 编

西北工业大学出版社

工科课程解题题典

模拟电子技术解题题典

张企民 编

西北工业大学出版社

内容简介

本书是根据高等学校电子类专业模拟电子线路或模拟电子技术课程要求,经过广选精编而写成的一本习题题解。题解几乎覆盖了模拟电子技术课程考核的全部内容,并按多数教材讲授的顺序分为8章。每章习题的编制遵循由易到难,由单一到综合的原则,突出基本概念、基本电路类型识别和基本分析方法的训练。附录中给出了一套综合自测题及解答。本题解具有选题经典、题型新颖、题解灵活、难易适度的特点。

本题解可作为高等院校电子类专业本科、专科生学习模拟电子线路或模拟电子技术、课程的辅导教材,也可供报考有关专业研究生的考生作为复习用参考书。此外,对于从事电子线路教学工作的教师,本题解也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术解答题典/张企民编. —西安:西北工业大学出版社,2002.5

(工科课程解答题典)

ISBN 7-5612-1487-1

I. 模… II. 张… III. 模拟电路—电子技术—高等学校—解题 IV. TN710-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 024245 号

出版发行:西北工业大学出版社

通讯地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电话:029-8493844

网 址: <http://www.nwpup.com>

印刷者:西北工业大学出版社印刷厂

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:14

字 数:255 千字

版 次:2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~6 000 册

定 价:18.00 元

前言

学习模拟电子技术课程,做习题是学习过程中一个不可缺少的环节,是强化基本概念、掌握分析方法的重要途径。好的习题可以激发学生的解题欲望,开阔思路,从中提高分析问题和解决问题的能力。为此,根据高等学校电子类专业模拟电子技术(线路)课程要求,结合本人多年从事电子线路教学工作的经验编写了这本习题题解。

本书按多数教材讲授的内容和顺序分为8章,依次为半导体器件、基本放大器、放大器的频率响应、集成运算放大器电路、负反馈放大器、集成运放应用电路、波形产生电路和功率电路。题解范围基本覆盖了本课程考核的所有知识点。其中,对场效应管、负反馈电路、运放应用电路等内容,适当增大了训练考核的难度。在题目编制上具有以下特点:

1. 习题突出基本概念、基本电路类型识别及基本分析方法的训练。尽可能避免繁琐的数学运算。
2. 题型多样,题意新颖,难易适度,能激发读者的解题欲望。题解灵活,留有思考回味的余地。
3. 有意将某些分析问题转换为设计问题,其目的在于设计中的逆向思考,将有助于读者开拓思路,发挥创意。附录中给出了一套综合试题及答案。

本书可作为高等学校电子类专业本科、专科生学习模拟电子(线路)课程的辅导书,也可作为相关专业考研学生的复习参考资料。建议阅读时,采用先做题,后对答案,再总结规律的方法,这样学习效果会更好。

承蒙江晓安教授审阅了本书全部的习题和答案,并提出了许多宝贵的意见和建议。西北工业大学出版社为本书的出版做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于本人水平有限,题目编制和解答中难免有许多错误和不妥之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

2001 年 10 月于西安电子科技大学

目 录

第一章	半导体器件	1
第二章	放大器基础	27
第三章	放大器的频率响应	50
第四章	集成运算放大器电路	66
第五章	负反馈放大器	94
第六章	集成运算放大器的应用	127
第七章	波形产生电路	169
第八章	功率电路	189
附 录		203
参考文献		216

第一章 半导体器件

1-1 理想二极管电路如图 1-1 所示,试判别电路中的二极管是导通还是截止,并求输出端电压 u_o 。

解 (a) D_1 管导通, D_2 管截止。 $u_o = -6\text{ V}$ 。

(b) 由于 D_2 管导通后将使 $u_o = 0$, 因而 D_1 管无法导通。故此, D_1 截止, D_2 导通。 $u_o = 0$ 。

(c) 假设 D_1 管导通, D_2 管截止, 则 A 点电位 U_A 为

$$U_A = 6 - \frac{6 - (-6)}{12 + 6} \times 12 = 6 - 8 = -2\text{ V}$$

所以 D_2 截止的假设不成立。重设 D_1, D_2 均导通。此时, 按叠加原理求得 U_A 为

$$U_A = \frac{6 // 6}{12 + (6 // 6)} \times 6 + \frac{12 // 6}{6 + (12 // 6)} \times (-6) = -1.2\text{ V}$$

可见, D_1, D_2 均导通的假设成立, 且 $u_o = U_A = -1.2\text{ V}$ 。

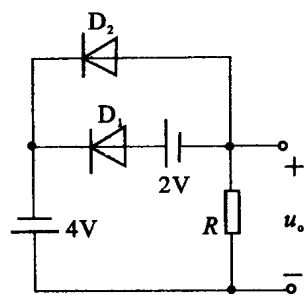
1-2 理想二极管电路如图 1-2 所示, 已知 $u_i = 5 \sin \omega t\text{ V}$, 试分别画出 u_o 的波形。

解 图 1-2(a) 电路为高电平选择电路, 即输出总是取两个输入中较高的电压。由于 D_2 管的一端接地, 因而有

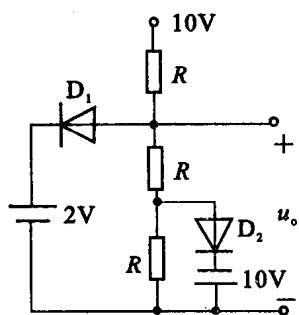
$u_i = 0$ 时, D_1, D_2 均导通, $u_o = 0$; $u_i > 0$ 时, D_1 导通, D_2 截止, $u_o = u_i$; $u_i < 0$ 时, D_1 截止, D_2 导通, $u_o = 0$ 。当 u_i 为正弦电压时, 可画出 u_o 的波形如图 1-3(b) 所示。

图 1-2(b) 为低电平选择电路, 即输出总是取两个输入中较低的电压。由于此时两个输入电压的极性相反, 因而

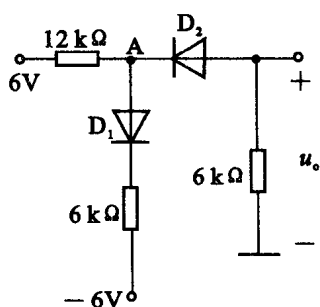
$u_i = 0$ 时, 两管均导通, $u_o = 0$; $u_i > 0$ 时, D_1 截止, D_2 导通, $u_o = -u_i$; $u_i < 0$ 时, D_1 导通, D_2 截止, $u_o = u_i$ 。在正弦输入下, u_o 的波形如图 1-3(b) 所示。



(a)

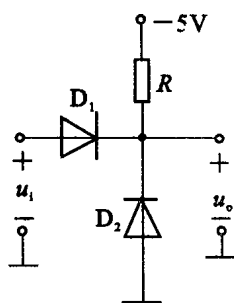


(b)

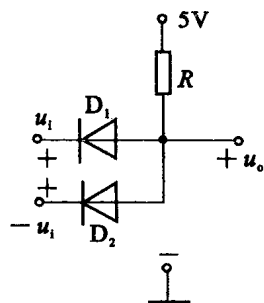


(c)

图 1-1



(a)



(b)

图 1-2

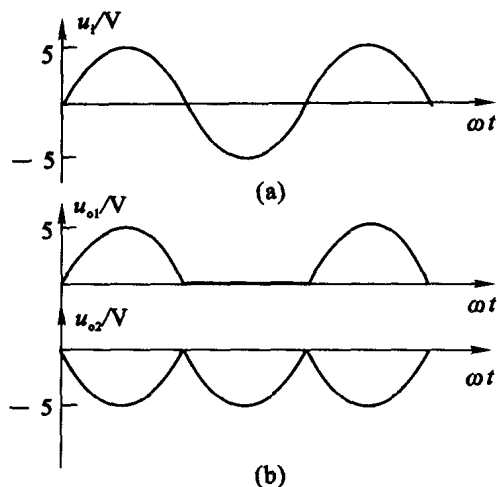


图 1-3

1-3 图 1-4 所示出了 4 个硅二极管限幅电路。当输入 u_i 为幅度等于 4 V 的三角波时,试分别画出 u_o 的波形。

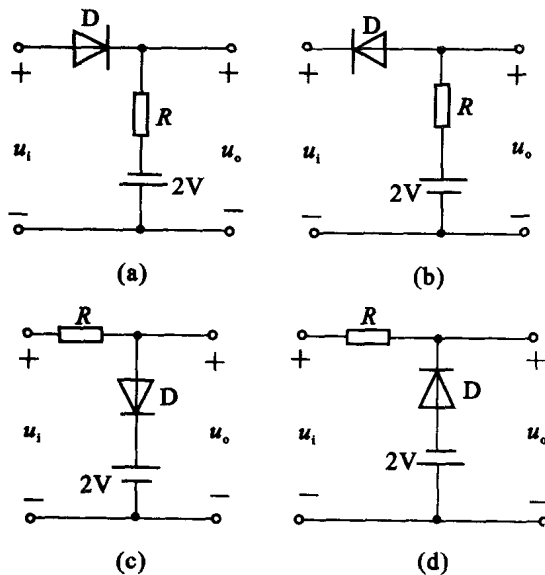


图 1-4

解 设二极管的导通电压为 0.7 V, 导通电阻为 0, 而截止时的电阻为 ∞ 。

(1) 当 $u_i \geq -1.3$ V 时, D 管导通, $u_o = u_i - 0.7$; $u_i < -1.3$ V 时, D 管截止, 则 $u_o = -2$ V。对应输入信号下的输出波形如图 1-5(a) 所示, 图中输入三

角波电压用虚线表示。

(2) 当 $u_i \leq 1.3 \text{ V}$ 时, D 管导通, $u_o = u_i + 0.7$; $u_i > 1.3 \text{ V}$ 时, D 管截止, 则 $u_o = 2 \text{ V}$ 。 u_o 波形如图 1-5(b) 所示。

(3) 当 $u_i \leq 2.7 \text{ V}$ 时, D 管截止, $u_o = u_i$; $u_i > 2.7 \text{ V}$ 时, 则 D 管导通, $u_o = 2.7 \text{ V}$ 。 u_o 波形如图 1-5(c) 所示。

(4) 当 $u_i \geq -2.7 \text{ V}$ 时, D 管截止, $u_o = u_i$; $u_i < -2.7 \text{ V}$ 时, 则 D 管导通, $u_o = -2.7 \text{ V}$ 。 u_o 波形如图 1-5(d) 所示。

由以上分析可知, 当考虑到二极管导通时有 0.7 V 的压降, 因而对于图 1-5(a) 串联下限幅电路, 输出波形相对输入应以限幅电平为限下移 0.7 V , 对于图 1-5(b) 串联上限幅电路, 输出波形则应上移 0.7 V 。然而对于并联型限幅电路, 只需移动门限电平。如图 1-5(c) 上限幅电路, 限幅电平将上移 0.7 V , 而图 1-5(d) 下限幅电中则下移 0.7 V 。

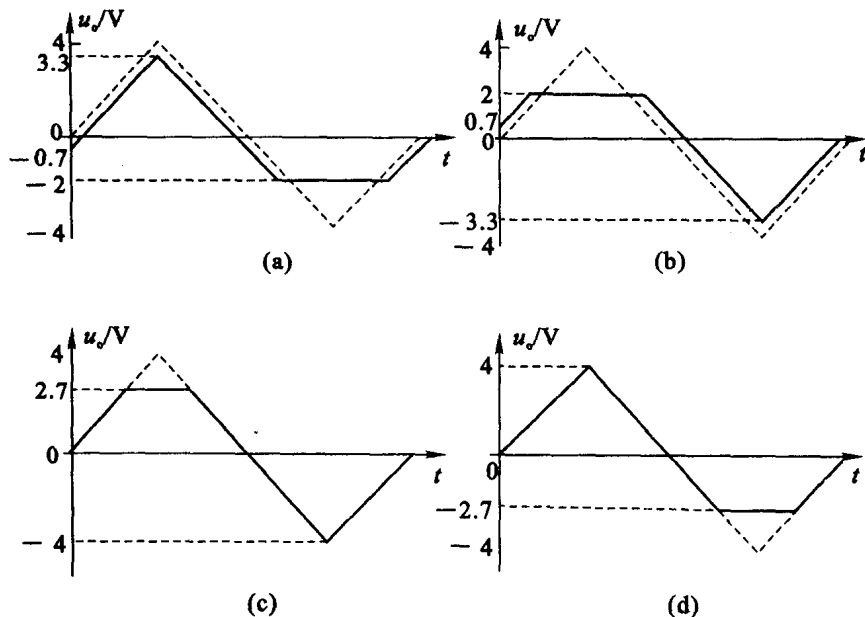


图 1-5

1-4 理想二极管电路如图 1-6 所示, 试求输出与输入的传输特性。

解 (1) 当 $u_i \geq -3 \text{ V}$ 时, D 管导通, 此时 u_o 为

$$u_o = \frac{5}{5+10} \times (-3) + \frac{10}{5+10} u_i = -1 + \frac{2}{3} u_i$$

这是一条始于点 $(-3, -3)$ 且斜率为 $\frac{2}{3}$ 的直线。当 $u_i < -3 \text{ V}$ 时, D 管截止,

$u_o = -3 \text{ V}$ 。按上述分析画出的传输特性如图 1-7(a) 所示。

(2) 当 $u_i < 2 \text{ V}$ 时, D 管截止, $u_o = u_i$ 。这是一条斜率为 1 且终止于点 (2, 2) 的直线。当 $u_i \geq 2 \text{ V}$ 时, D 管导通, 此时 u_o 为

$$u_o = 2 + \frac{2}{8+2}u_i = 2 + \frac{1}{5}u_i$$

是一条始于点 (2, 2) 且斜率为 1/5 的直线。完整的传输特性如图 1-7(b) 所示。

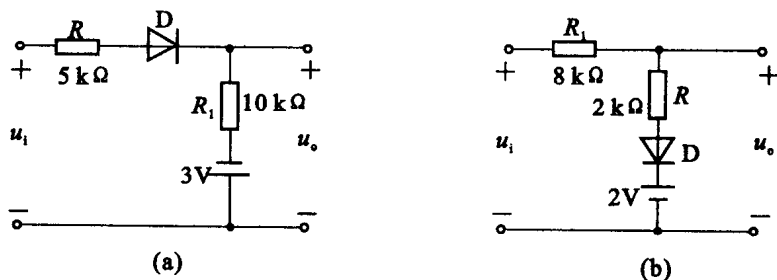


图 1-6

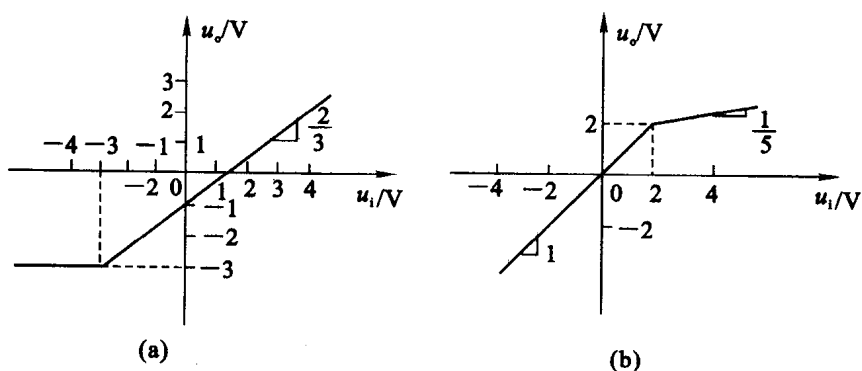


图 1-7

1-5 双向限幅电路如图 1-8 所示, 设二极管为理想的。若输入电压 $u_i = 10 \sin \omega t \text{ V}$, 试画出输出电压 u_o 的波形。

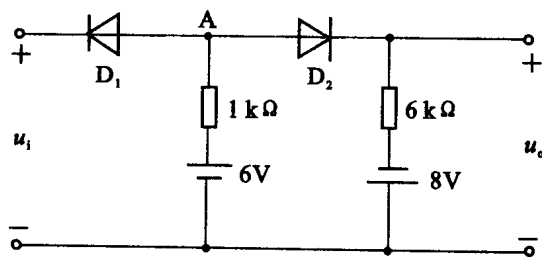


图 1-8

解 若输入 u_i 使 D_1 截止时, 则 D_2 导通, 此时 A 点电位 U_A 为

$$U_A = 6 - \frac{1}{1+6} \times (6+8) = 4 \text{ V}$$

因此, 当 $u_i > 4 \text{ V}$ 时, D_1 截止, $u_o = U_A = 4 \text{ V}$ 。当 $4 \text{ V} \geq u_i \geq -8 \text{ V}$ 时, D_1, D_2 均导通, $u_o = u_i$ 。而 $u_i < -8 \text{ V}$ 时, 因 D_2 截止, 则 $u_o = -8 \text{ V}$ 。根据上述分析, 画出的 u_o 波形如图 1-9 所示。图中虚线波形为输入电压。

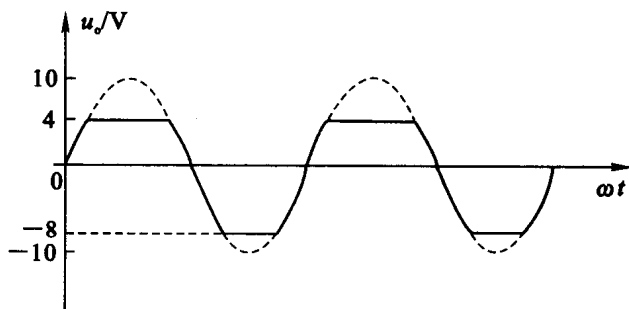


图 1-9

1-6 在图 1-10 所示的电路中, 设二极管为理想二极管。当输入电压 u_i 由 0 随时间线性增大到 10 V 时, 试画出输出电压 u_o 对应输入变化的曲线。

解 当 D_1, D_2 管截止时, $u_o = \frac{R_L}{R+R_L} u_i = \frac{1}{2} u_i$ 。而截止条件为, $2 \text{ V} < u_o < 4 \text{ V}$, 即 $4 \text{ V} < u_i < 8 \text{ V}$ 。当 $u_i \leq 4 \text{ V}$ 时, D_1 截止, D_2 导通, $u_o = 2 \text{ V}$ 。当 $u_i \geq 8 \text{ V}$ 时, D_1 导通, D_2 截止, $u_o = 4 \text{ V}$ 。由此画出 u_o 相对于 u_i 变化的关系曲线如图 1-11 所示。

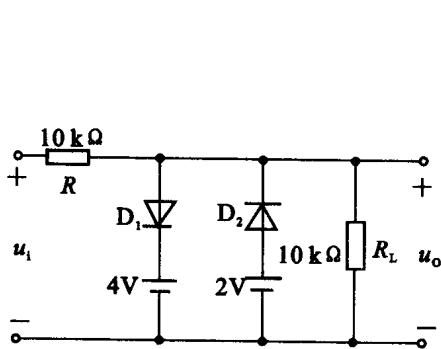


图 1-10

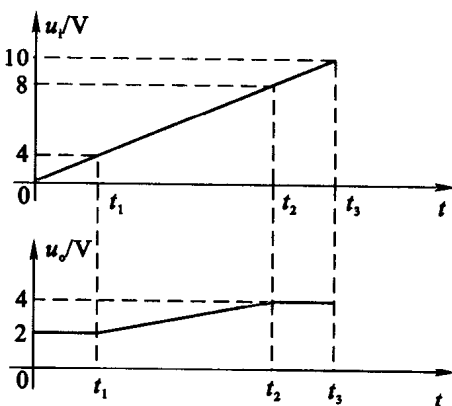


图 1-11

1-7 二极管取样门电路如图 1-12(a) 所示, 图中 U 为恒定电压, u_c 为

图 1-12(b) 所示的方波取样控制电压, 假定二极管是理想的。若输入信号为 $u_s = U_{sm} \sin \omega t$, 试画出 u_o 的波形, 并说明为保证电路正常工作对 u_c, U 的取值要求。

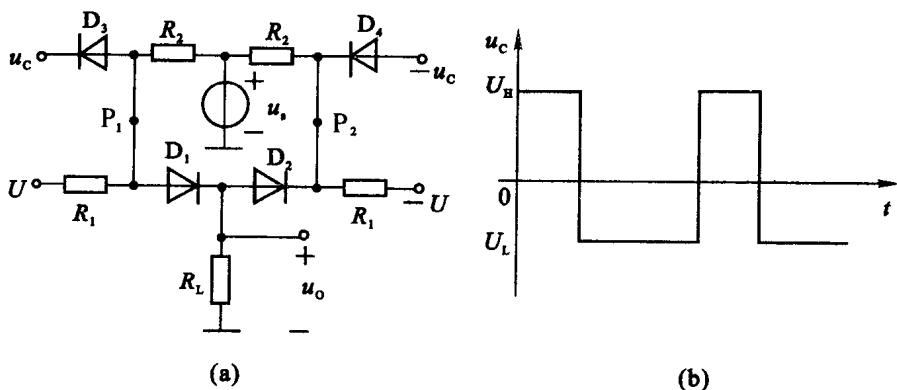


图 1-12

解 当控制电压 u_c 为高电平 U_H 时, 二极管 D_3, D_1 应截止, 而电压 U 应使 D_1, D_2 导通, 因而 P_1, P_2 点的直流电位 $U_{P1} = U_{P2} = 0$ 。这时对输入信号 u_s 的等效通路如图 1-13(a) 所示。由图可知

$$u_o = \frac{R_1 // R_1 // R_L}{(R_2 // R_2) + (R_1 // R_1 // R_L)} u_s = \frac{2R_1 R_L}{R_1 R_2 + 2R_L(R_1 + R_2)} u_s = \frac{2R_L(R_1 // R_2)/R_2}{(R_1 // R_2) + 2R_L} u_s = \frac{2R_L}{R_2} \frac{R}{R + 2R_L} u_s$$

式中, $R = R_1 // R_2$ 。为了保证在 u_s 的正(负)峰值 U_{sm} 时, $D_3(D_1)$ 可靠截止, u_c 的高电平 U_H 应满足

$$U_H > \frac{2R_L}{R_2} \frac{R}{R + 2R_L} U_{sm}$$

同时为确保 $D_2(D_1)$ 可靠导通, 则 U 的取值应使 $u_o > u_{P2}$, 即

$$\frac{2R_L}{R_2} \frac{R}{R + 2R_L} U_{sm} > \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{sm} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-U)$$

经整理, 可得

$$U > \frac{R_1}{R_2} \frac{R}{R + 2R_L} U_{sm}$$

当控制电压 u_c 为低电平 U_L 时, D_3, D_1 导通, D_1, D_2 截止。此时 $u_o = 0$ 。为了保证在 u_s 的负(正)峰值时, $D_3(D_1)$ 可靠导通, 应使 $u_{P1} > U_L$ ($u_{P2} < -U_L$), 即

$$U_L < u_{P1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U - \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{sm}$$

综上所述,在正弦信号输入下的输出取样波形如图 1-13(b) 所示。

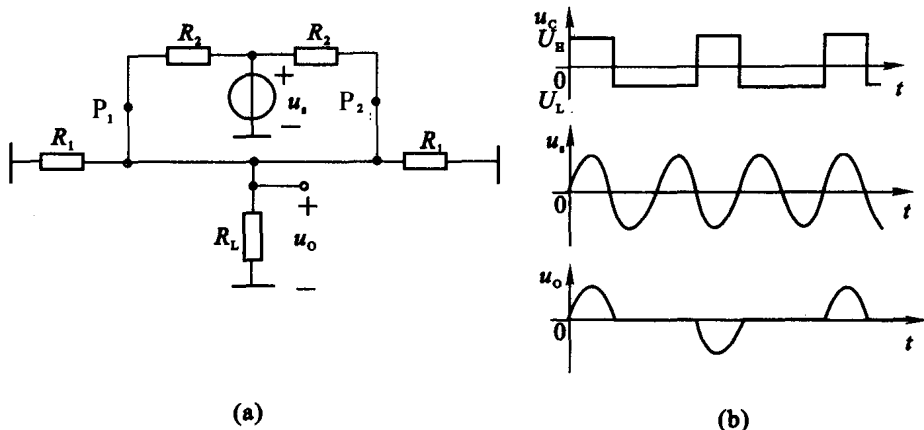


图 1-13

1-8 电路如图 1-14 所示。设二极管 D 导通时的压降为 0.7 V, 输入信号 $u_i = 20 \sin \omega t$ mV, 电容 C 对输入交流信号呈短路。

(1) 若取电阻 $R_C = 13 \text{ k}\Omega$, 试求输出电压 u_o 。

(2) 若要求 $u_o = 10 \sin \omega t$ mV, 试确定 R_C 的值。

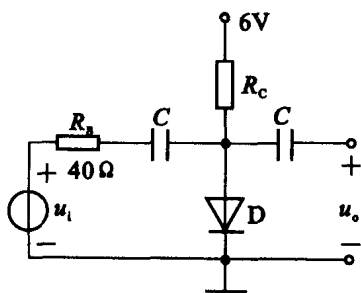


图 1-14

解 (1) D 管的直流工作电流 I_{DQ} 为

$$I_{DQ} = \frac{U_C - 0.7}{R_C} = \frac{6 - 0.7}{13} = 0.4 \text{ mA}$$

在 I_{DQ} 处二极管的交流电阻 r_D 为

$$r_D = \frac{U_T}{I_{DQ}} = \frac{26}{0.4} = 65 \Omega$$

由于 $R_C \gg r_D$, 因此

$$u_o = \frac{r_D}{R_s + r_D} u_i = \frac{65}{40 + 65} \times 20 \sin \omega t = 12.4 \sin \omega t \text{ mV}$$

(2) 为了使输出 u_o 为输入电压的一半, 在满足 $R_C \gg r_D$ 的条件下, 则 $r_D = R_s = 40 \Omega$ 。因此

$$I_{DQ} = \frac{26}{r_D} = \frac{26}{40} = 0.65 \text{ mA}$$

$$R_C = \frac{U_C - 0.7}{I_{DQ}} = \frac{6 - 0.7}{0.65} = 8.2 \text{ k}\Omega$$

显然, $R_C \gg r_D$ 的前提条件成立。

1-9 稳压二极管电路如图 1-15 所示。设稳压管的正向导通压降为 0.7 V, 反向击穿电压 $U_Z = 6 \text{ V}$, 而导通或击穿后的动态电阻可忽略。

(1) 试画出输出与输入的传输特性。

(2) 若输入电压 $u_i = 10\sin\omega t \text{ V}$, 试画出输出电压 u_o 的波形并求出流过稳压管的最大电流。

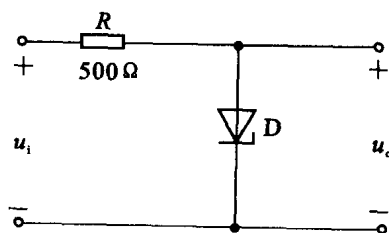


图 1-15

解 (1) 当 $u_i \geq 0.7 \text{ V}$, 稳压管 D 正向导通, $u_o = 0.7 \text{ V}$; 当 $u_i \leq -U_Z = -6 \text{ V}$, D 管反向击穿, $u_o = -6 \text{ V}$; 而 $0.7 \text{ V} > u_i > -6 \text{ V}$ 时, D 管截止, $u_o = u_i$ 。按以上分析可画出图 1-16(a) 所示的传输特性曲线。

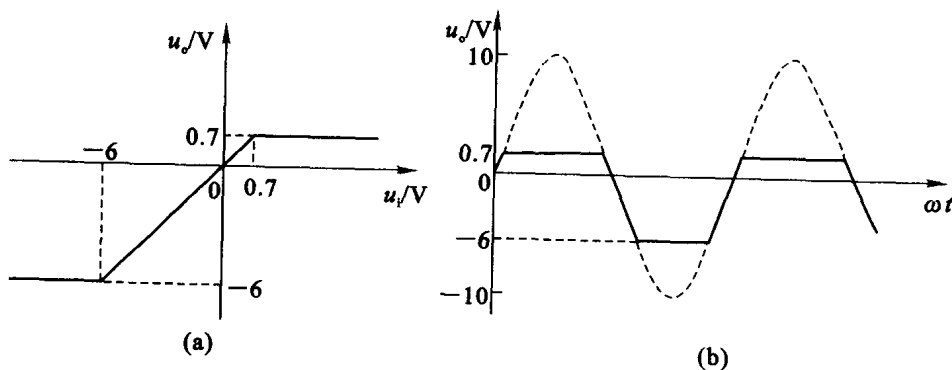


图 1-16

(2) 根据上述传输特性, 当输入 $u_i = 10\sin\omega t \text{ V}$ 时, 输出电压 u_o 的波形如图 1-16(b) 中的实线所示。当 $u_i > 0.7 \text{ V}$ 时, D 管正向导通, 而最大导通电流出现在 u_i 的正峰值处, 即

$$I_{F\max} = \frac{U_m - 0.7}{R} = \frac{10 - 0.7}{0.5} = 18.6 \text{ mA}$$

当 $u_i < -6 \text{ V}$ 时, D 管反向击穿, 而流过 D 管的最大击穿电流将出现在 u_i 的负峰值处, 即

$$I_{Z\max} = \frac{U_m - U_Z}{R} = \frac{10 - 6}{0.5} = 8 \text{ mA}$$

1-10 稳压二极管双向限幅电路如图 1-17 所示。设稳压管的正向导通压降为 0.7 V , D_1, D_2 管的反向击穿电压分别为 $U_{Z1} = 3\text{ V}, U_{Z2} = 6\text{ V}$ 。若稳压二极管导通或击穿后的动态电阻均可忽略, 当输入电压 u_i 为振幅等于 10 V 的三角波时, 试分别画出 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 1.5\text{ k}\Omega$ (如图中的虚线所示) 时的输出电压 u_o 的波形。

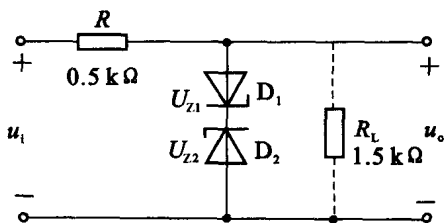


图 1-17

解 在 $R_L = \infty$ 的情况下, 当 $u_i \geq U_{Z2} + 0.7 = 6.7\text{ V}$ 时, D_1 正向导通而 D_2 反向击穿, $u_o = 6.7\text{ V}$ 。当 $u_i \leq -U_{Z1} - 0.7 = -3.7\text{ V}$ 时, D_2 正向导通而 D_1 反向击穿, $u_o = -3.7\text{ V}$ 。当 $-3.7\text{ V} < u_i < 6.7\text{ V}$ 时, D_1, D_2 管均截止, $u_o = u_i$ 。因此, 输入电压 u_i 为图 1-18(a) 中虚线所示的三角波电压时, u_o 波形为该图中的实线所示。

在 $R_L = 1.5\text{ k}\Omega$ 的情况下, 由于 R_L 的分压作用, 为了使 D_2 管击穿, u_i 必须增大到

$$u_i \geq \frac{R + R_L}{R_L} (U_{Z2} + 0.7) = \frac{0.5 + 1.5}{1.5} \times (6 + 0.7) = 8.9\text{ V}$$

而为了使 D_1 管击穿, u_i 必须减小到

$$u_i \leq \frac{R + R_L}{R_L} (-U_{Z1} - 0.7) = \frac{0.5 + 1.5}{1.5} \times (-3 - 0.7) = -4.9\text{ V}$$

因此, 当 $-4.9\text{ V} < u_i < 8.9\text{ V}$ 时, D_1, D_2 管均截止, 这时 $u_o = \frac{R_L}{R + R_L} u_i = \frac{1.5}{0.5 + 1.5} u_i = \frac{3}{4} u_i$ 。在输入为三角波电压作用下, u_o 的波形如图 1-18(b) 所示。图中, 虚线为输入电压波形。

1-11 稳压二极管电路如图 1-19 所示, 已知稳压管的稳定电压 $U_Z = 6\text{ V}$, 动态电阻 $r_z = 10\text{ }\Omega$, 输入电压的标称值 U_i 为 10 V , 但有 $\pm 1\text{ V}$ 的波动。

(1) 当 $R_L = 200\text{ }\Omega$ 时, 试求标称电压下流过稳压管的电流 I_Z 和输出电压 U_o 。在输入电压波动时, 输出电压的变化量 ΔU_o 有多大。

(2) 当 $R_L = 50\text{ }\Omega$ 时, $I_Z = ? U_o = ?$

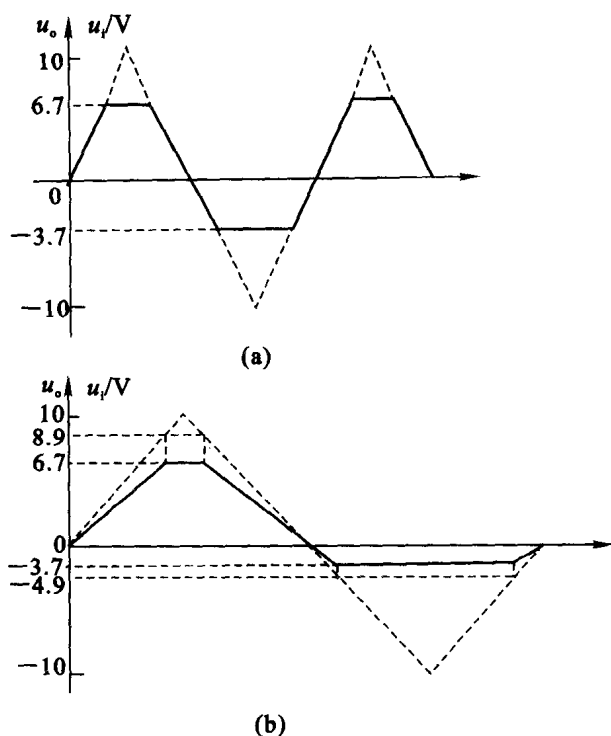


图 1-18

解 (1) 当 U_i 为标称电压 10 V 时, 由图可知

$$I_R = \frac{U - U_z}{R} = \frac{-10 - (-6)}{0.1} = -40 \text{ mA}$$

$$I_L = \frac{U_z}{R_L} = \frac{-6}{0.2} = -30 \text{ mA}$$

$$I_z = I_R - I_L = -40 - (-30) = -10 \text{ mA}$$

$$U_o = U_z = -6 \text{ V}$$

当 U_i 有 $\pm 1 \text{ V}$ 的波动时, 输出电压的变化量为

$$\Delta U_o = \frac{r_z \parallel R_L}{R + (r_z \parallel R_L)} \Delta U_i = \frac{10 \parallel 200}{100 + (10 \parallel 200)} \times (\pm 1) = \pm 87 \text{ mV}$$

(2) 当 $R_L = 50 \Omega$ 时, 由于 R_L 从 U_i 分得的电压过小, 因而使稳压二极管不能击穿, 这时

$$I_z = 0$$

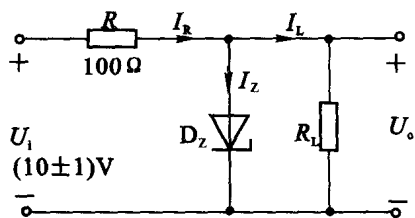


图 1-19