



高等学校优秀教材辅导丛书

GAO DENG XUE XIAO YOU XIU JIAO CAI FU DAO CONG SHU

主 编 李建军 齐怀琴 丁 龙

电子技术

知识要点与习题解析



哈尔滨工程大学出版社

高等学校优秀教材辅导丛书

电子技术

知识要点与习题解析

(配罗守信(电工学Ⅱ)第三版教材·高教版)

主 编 李建军 齐怀琴 丁 龙

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术知识要点与习题解析/李建军,齐怀琴,丁龙主编.
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2005
ISBN 7-81073-714-7

I.电… II.①李…②齐…③丁… III.电子技术-高等
学校-教学参考资料 IV.TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 065219 号

内 容 简 介

本书是为浙江大学罗守信主编的《电工学Ⅱ 电子技术》(第三版)编写的配套教学指导书。

编者在长期电工学教学的基础上,对该教材各章内容进行了概括和总结;对教材各章习题逐一作了较详尽解答;结合各章的重点和难点,选择典型的,与教材互补的同步训练题进行分析解答,并加以补充。旨在帮助读者更好地理解 and 掌握教材内容。

本书可以作为高等学校机械设计制造及其自动化、化工机械与设备、工艺类等非电类专业“电工学”课程的教学参考书,也可作为工程技术人员的参考用书。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈尔滨工程大学11号楼
发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001
新 华 书 店 经 销
肇 东 粮 食 印 刷 厂 印 刷

*

开本 787mm×960mm 1/16 印张 11 字数 199 千字

2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

印数:1—3 000册

定价:15.00元



P r e f a c e

前言

本书是为浙江大学罗守信主编的《电工学Ⅱ 电子技术》(第三版)编写的配套学习辅导书。

《电工学Ⅱ 电子技术》(第三版)1987年荣获全国优秀教材二等奖。由于本课程内容多、概念性强,对问题分析又常采用近似方法,这给初学者带来很大困难。为帮助读者提高分析问题、解决问题的能力,我们编写了这本学习辅导书。

为便于读者学习,本书在章节编排顺序上与教材完全相同,本书各章节内容主要包括以下三部分:

1. 知识要点。指出各章中哪些内容需要重点掌握、哪些内容只需要一般了解。帮助读者有的放矢地进行学习。根据编者多年教学实践工作中的经验和体会,对教材各章内容进行总结、提炼和归纳。通过基本内容学习,帮助读者理清思路、抓住重点,更好地掌握电子线路的基本概念、基本原理和基本分析方法。

2. 书后习题解析。为方便学生自学,教材各章后面的习题均有简要分析解答。

3. 同步训练题。选择典型的,与教材互补的同步训练题进行分析解答。通过这部分学习,掌握解题要领,巩固基本概念,做到举一反三,增强分析问题、解决问题的能力。

本书由李建军、齐怀琴、丁龙编写。第8章至第11章由齐怀琴编写,第12章由丁龙编写,第13章由李建军编写。朱磊参加第8章至第11章部分习题解答,祁小钰参加第8章至第11章部分知识要点编写。哈尔滨工程大学出版社一直关心本书的出版工作,陈晓军主任及各位编辑给编者提供了许多具体指导。为本书出版创造了良好条件。

在此,我对哈尔滨工程大学出版社同志表示衷心感谢。同时,对书中存在的错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2005年5月

Contentist 目录

第 8 章 晶体二极管及其应用	1
知识要点	1
8.1 内容提要	1
8.2 基本要求	1
8.3 学习指导及注意的问题	1
书后习题解析	3
同步训练题	8
同步训练题答案	11
第 9 章 晶体三极管及其放大电路	14
知识要点	14
9.1 内容提要	14
9.2 基本要求	14
9.3 学习指导及注意的问题	15
书后习题解析	18
同步训练题	44
同步训练题答案	48
第 10 章 集成运算放大器及其应用	55
知识要点	55
10.1 内容提要	55
10.2 基本要求	55
10.3 学习指导及注意的问题	55
书后习题解析	59
同步训练题	74
同步训练题答案	79
第 11 章 正弦波振荡电路	84
知识要点	84
11.1 内容提要	84
11.2 基本要求	84
11.3 学习指导及注意的问题	84

书后习题解析	85
同步训练题	89
同步训练题答案	93
第 12 章 直流稳压电源与晶闸管及其应用	97
知识要点	97
12.1 内容提要	97
12.2 基本要求	97
12.3 学习指导及注意的问题	97
书后习题解析	102
同步训练题	108
同步训练题答案	111
第 13 章 数字电路	114
知识要点	114
13.1 内容提要	114
13.2 基本要求	114
13.3 学习指导及注意的问题	114
书后习题解析	127
同步训练题	152
同步训练题答案	157

第 8 章 晶体二极管及其应用



8.1 内容提要

本章首先介绍晶体二极管的工作原理、结构、伏安特性、主要参数及常见的应用电路,然后介绍了稳压二极管的伏安特性、主要参数及稳压电路。

8.2 基本要求

1. 了解半导体基本知识,掌握 PN 结构的单向导电特性;
2. 熟悉晶体二极管和稳压二极管的基本构造、工作原理、特性曲线和主要参数;
3. 能够熟练分析计算二极管、稳压管基本电路。

8.3 学习指导及注意的问题

8.3.1 半导体基础知识

1. 半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。化学成分纯净的半导体称为本征半导体。用于制造半导体器件的本征半导体应该是无缺陷的单晶体。

2. 半导体的导电方式与导体不同。导体导电是因为导体中存在大量的自由电子,即载流子是电子;而半导体内部参与导电的载流子是电子和空穴。掺入微量的杂质元素对本征半导体的导电性能有巨大的影响。



8.3.2 PN 结及其单向导电性

1. 在 PN 结没有外加电压时,PN 结中载流子的扩散运动和漂移运动达到动态平衡,所以通过 PN 结的总电流为零。

2. PN 结加正向电压,阻挡层变薄,内电场减弱,扩散力大于电场力,扩散大于漂移,扩散形成较大的正向电流。而且外加正向电压对正向电流有很强的控制作用。

3. PN 结加反向电压,阻挡层变厚,内电场增强,电场力大于扩散力,漂移大于扩散,漂移少数子运动形成一个较小的反向电流。而且反向电流基本上不随外加电压而变化,但随温度变化大。

8.3.3 晶体二极管的伏安特性

二极管的伏安特性一般分为正向特性、反向特性和击穿特性三部分,如图 8-1 所示。

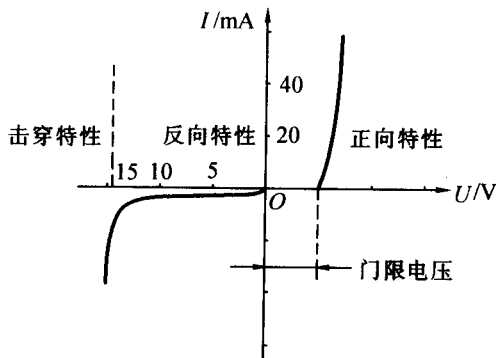


图 8-1

锗二极管的门限电压为 0.1 V,正向压降一般在 0.2 ~ 0.3 V;硅二极管的门限电压约为 0.5 V,正向压降一般在 0.6 ~ 0.8 V。硅二极管的反向电流一般要比锗二极管小得多。

一个理想的二极管在正向导通时,忽略其管压降,可以将其看成短路。当二极管反偏时,如果忽略其反向饱和电流,可以将其看成断路。



8.3.4 晶体二极管的参数

晶体二极管的主要参数有:最大平均整流电流、最高反向工作电压和反向饱和电流。

8.3.5 稳压二极管

稳压二极管是一种特殊的半导体二极管,它的反向击穿电压低、击穿特性陡,它正常工作在击穿区以稳定同它并联的负载电压。



8-1 试求图 8-2(a) 与(b) 所示电路的输出电压 U_o , 设二极管的正向压降为 0.7 V 。

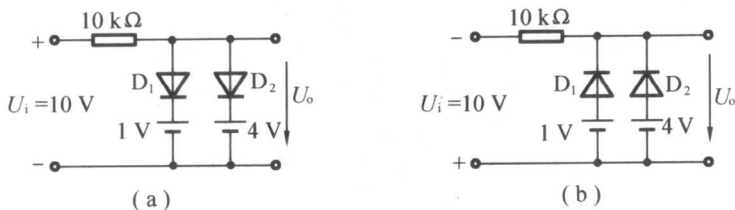


图 8-2

解 图 8-2(a) 的 D_1 和 D_2 为共阳接法, 而 D_1 的阴极接 1 V 的电压, D_2 的阴极接 4 V 的电压, 所以 D_1 优先导通, 而使 D_2 截止。所以

$$U_o = U_{D_1} + 1 = (0.7 + 1)\text{ V} = 1.7\text{ V}$$

图 8-2(b) 的 D_1 和 D_2 为共阴接法, 而 D_1 的阳极接 1 V 的电压, D_2 的阳极接 4 V 的电压, 所以 D_2 优先导通, 而使 D_1 截止。所以

$$U_o = 4 - U_{D_2} = (4 - 0.7)\text{ V} = 3.3\text{ V}$$

8-2 图 8-3 所示电路, 设二极管的正向压降为 0.7 V , 在下列几种情况下, 试求 U_o 、 I_1 、 I_2 与 I : (1) $U_A = 10\text{ V}$, $U_B = 0\text{ V}$; (2) $U_A = U_B = 5\text{ V}$ 。

解 (1) 当 $U_A = 10\text{ V}$, $U_B = 0\text{ V}$ 时, 由于 D_1 、 D_2 为共阴接法, 所以 D_1 优先导



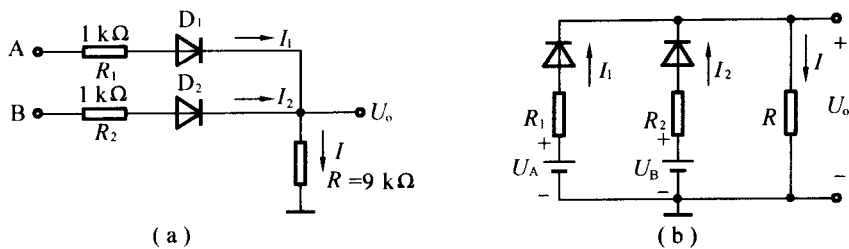


图 8-3

通,使 D_2 截止

$$U_o = \frac{U_A - U_o}{R_1 + R} \cdot R \approx (10 - 0.7) \times \frac{9}{10} \text{ V} = 8.37 \text{ V}$$

$$I_1 = I = \frac{U_o}{R} = \frac{8.37}{9} \text{ mA} \approx 0.93 \text{ mA}, \quad I_2 = 0$$

(2) 当 $U_A = U_B = 5 \text{ V}$ 时,因两管都处于正向偏置下,所以两管都导通。由此可将图 8-3(a) 等效成图 8-3(b),由图 8-3(b) 并用节点电压法

$$U_o = \frac{\frac{U_A}{R_1} + \frac{U_B}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R}} = \frac{\frac{5}{1} + \frac{5}{1}}{\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{9}} \text{ V} = 4.74 \text{ V}$$

$$I = \frac{U_o}{R} = \frac{4.74}{9} \text{ mA} = 0.53 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_2 = \frac{I}{2} = \frac{0.53}{2} \text{ mA} = 0.25 \text{ mA}$$

8-3 试判断图 8-4 所示电路中,当 $U_i = 3 \text{ V}$ 时哪些二极管导通?当 $U_i = 0 \text{ V}$ 时哪些二极管导通?设二极管正向压降为 0.7 V 。

解 当 $U_i = 3 \text{ V}$ 时,由电路可知,A 点电位 $U_A = U_{D_2} + U_{D_3} + U_{D_4} = 2.1 \text{ V}$,所以使 D_1 截止, D_2 、 D_3 、 D_4 导通。

当 $U_i = 0 \text{ V}$ 时, D_1 优先导通,使 $U_A = 0.7 \text{ V}$,所以使 D_2 、 D_3 、 D_4 截止。

8-4 试计算图 8-5 所示电路中电流 I_1 、 I_2 的值。忽略二极管的正向压降和

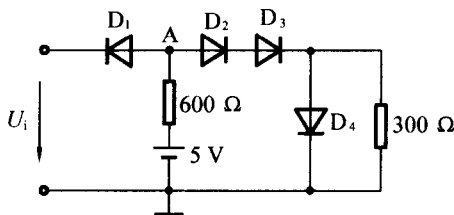


图 8-4

正向电阻。

解 由电路可知, D_1 、 D_2 为共阳接法, 所以设 D_1 、 D_2 从电路中断开, 于是得出电路如图 8-6 所示。可知 $U_{ac} = 12 + 3 = 15 \text{ V}$, $U_{ad} = 12 \text{ V}$, 而 $U_{ac} > U_{ad}$, 所以当把 D_1 、 D_2 再接入时, D_1 优先导通, 从而使 $U_a = -3 \text{ V}$, 使 D_2 截止。所以

$$I_1 = \frac{12 + 3}{3} \text{ mA} = 5 \text{ mA}, \quad I_2 = 0 \text{ mA}$$

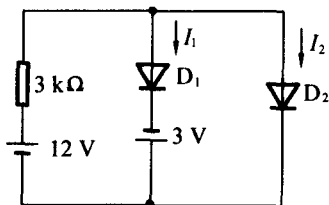


图 8-5

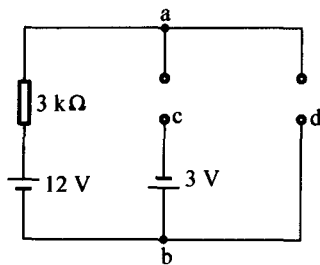


图 8-6

8-5 图 8-7(a)、图 8-8(a) 所示为削波电路, 如已知输入电压 u_i 为图 8-7(b)、图 8-8(b) 所示的正弦波时, 试画出输出电压 u_o 的波形。忽略二极管的正向压降和正向电阻。

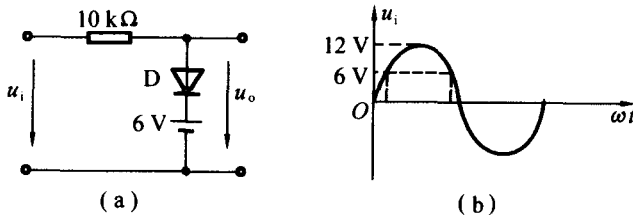


图 8-7

解 图 8-7(a)(1) u_i 正半周, 且 $u_i < 6 \text{ V}$ 时, D 的阳极经 $10 \text{ k}\Omega$ 接 u_i , 阴极接 6 V 电压, 此时 D 反向偏置, 可视为开路。此时, $u_o = u_i$, 输出 Oa 段和 bc 段上的波形与输入电压 u_i 波形一致。

(2) 当 u_i 正半周, 且 $u_i \geq 6 \text{ V}$ 时, D 正向偏置, 可视为短路, 输出电压在 ab 段上, $u_o = 6 \text{ V}$, 平行于横轴的直线。



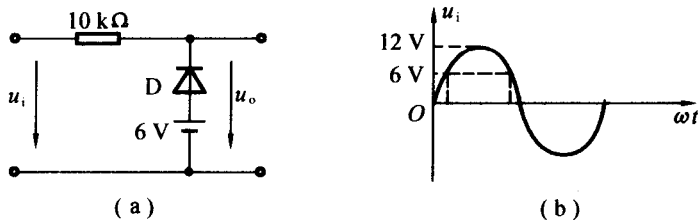


图 8-8

(3) 当 u_i 负半周时, D 反向偏置, 可视为开路。此时, $u_o = u_i$, 即 u_i 在负半周时 u_o 的波形与 u_i 的波形一致, 见图 8-9。

图 8-8(a)(1) 当 u_i 正半周时, 且 $u_i < 6\text{V}$ 时, D 的阳极接 6 V 电压, 阴极经 10 kΩ 接 u_i 。因为 $u_i < 6\text{V}$, D 正向导通, 可视为短路。此时 $u_o = 6\text{V}$, 输出电压在 ba 段和 bc 段上是 $u_o = 6\text{V}$ 。

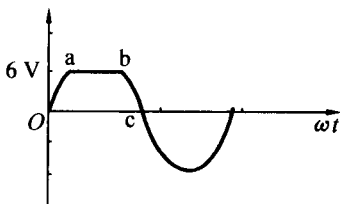


图 8-9

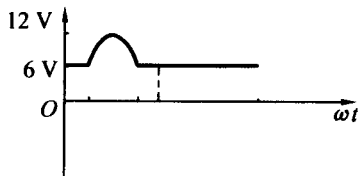


图 8-10

(2) 当 u_i 正半周时, 且 $u_i \geq 6\text{V}$, D 反向偏置, 可视为开路, 输出电压在 ab 段上 $u_o = u_i$ 。

(3) 当 u_i 为负半周时, D 正向导通, 可视为短路, 此时 $u_o = 6\text{V}$, 见图 8-10。

8-6 在图 8-11 所示各电路中, 已知稳压管 D_1 的稳压值为 6 V, D_2 的稳压值为 10 V。试分别计算各电路的输出电压 U_o 。稳压管正向压降以 0.7 V 计算。

解 因为稳压管工作在反向击穿特性上, 所以反向偏置时, 稳压管两端电压为其稳压值, 正向偏置时, 稳压管两端电压为其正向压降值。

(a) D_1 、 D_2 均为反向接法, 所以 $U_o = (6 + 10)\text{V} = 16\text{V}$;

(b) D_1 反向接法, D_2 正向接法, 所以 $U_o = (6 + 0.7)\text{V} = 6.7\text{V}$;

(c) D_1 、 D_2 均为正向接法, 所以 $U_o = (0.7 + 0.7)\text{V} = 1.4\text{V}$;

(d) D_1 、 D_2 均为反向接法, 且并联, D_1 先击穿稳压 6 V, 而 D_2 不能击穿, 所以 $U_o = 6\text{V}$;

(e) D_1 反向接法, D_2 正向接法, 所以 D_2 先导通, 而且 D_1 不能击穿稳压, 所以 $U_o = 0.7 \text{ V}$;

(f) D_1 、 D_2 均正向接法, 且并联, 所以 $U_o = 0.7 \text{ V}$ 。

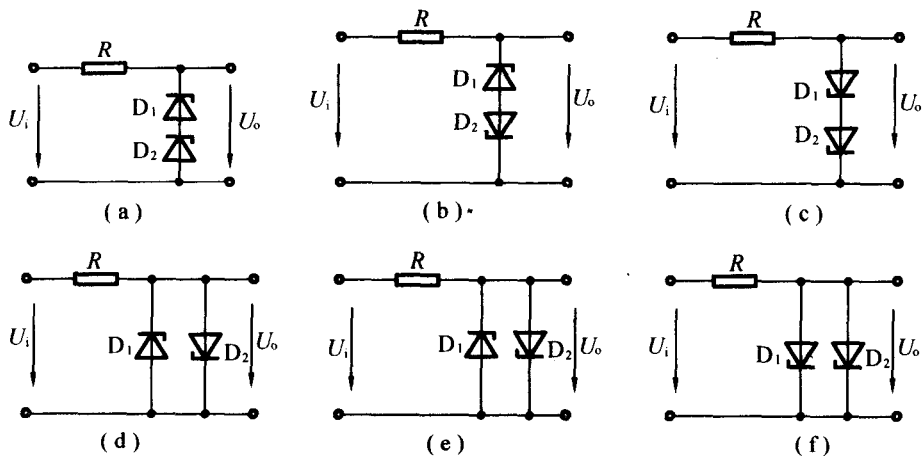


图 8 - 11

8 - 7 图 8 - 12(a) 所示电路中, 稳压管 D_2 的 $U_z = 6 \text{ V}$, 当输入电压 u_i 为图 8 - 12(b) 的正弦波时, 试画出输出电压 u_o 的波形。设二极管 D_1 为理想元件。

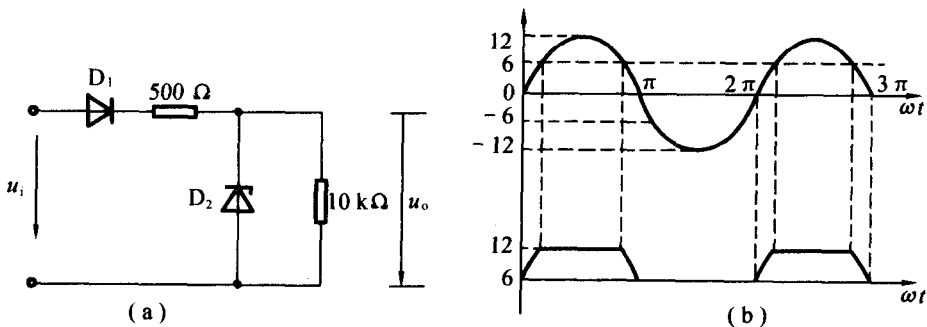


图 8 - 12

解 (1) 当 u_i 正半周时, 且 $u_i \leq 6 \text{ V}$ 时, D_1 导通可视为短路, D_2 不能击穿, 所以不工作; 当 $u_i > 6 \text{ V}$ 后, D_2 击穿, $U_o = 6 \text{ V}$ 。

(2) u_i 负半周时, D_1 截止可视为断路; D_2 两端无电压, $u_o = 0$ 。

GAODENG XUEXIAO YUXIJIJIAOCAI FUDAOCONGSHU
 高等学校优秀教材辅导丛书
 主编 王兆安

8-8 图 8-13 所示电路中输入电压 $U_i = 25\text{ V}$, 稳压管 D 的 $U_z = 10\text{ V}$, $I_{ZM} = 23\text{ mA}$, 试求通过稳压管的电流 I_z 是否超过 I_{ZM} , 如超过, 则怎样才能使其不超过。

解 如图 8-13 所示 $I_1 = I_2 + I_z$

$$I_2 = \frac{10}{500}\text{ A} = 0.02\text{ A} = 20\text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{25 - 10}{500}\text{ A} = 0.03\text{ A} = 30\text{ mA}$$

所以

$$I_z = I_1 - I_2 = (30 - 20)\text{ mA} = 10\text{ mA}$$

$I_z < I_{ZM}$ 可以正常工作, 如果 $I_z > I_{ZM}$, 可提高限流电阻 R 的阻值, 使 I_1 降低。

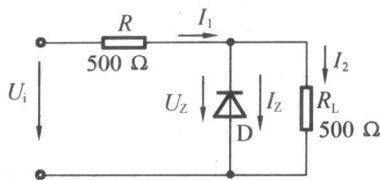


图 8-13

同步训练题

1. 在图 8-14 所示电路中, 试求下列几种情况下输出端 Y 的电位 V_Y 及各元件 (R 、 D_A 、 D_B) 中通过的电流, 二极管的正向压降忽略不计。

(1) $U_A = U_B = 0\text{ V}$; (2) $U_A = 3\text{ V}$, $U_B = 0\text{ V}$; (3) $U_A = U_B = 3\text{ V}$ 。

2. 在测二极管正向电阻时, 常发现用不同的欧姆挡测出的电阻值不同, 用 $R \times 10$ 挡测出的阻值小, 用 $R \times 100$ 挡测出的阻值大, 这是为什么?

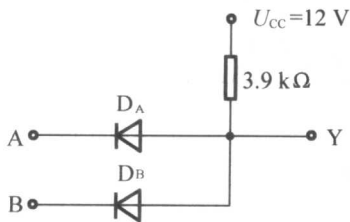


图 8-14

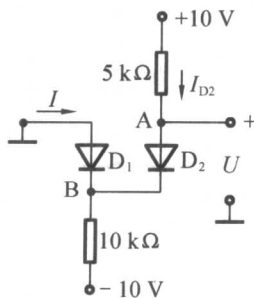


图 8-15

3. 理想二极管电路如图 8-15 所示, 试确定图中的电流 I 及 U 的大小。

4. 判断图 8-16 所示电路中, 哪个电流表的读数大? 哪个电流表的读数小? 为什么? (D_1 为硅管, D_2 为锗管)。

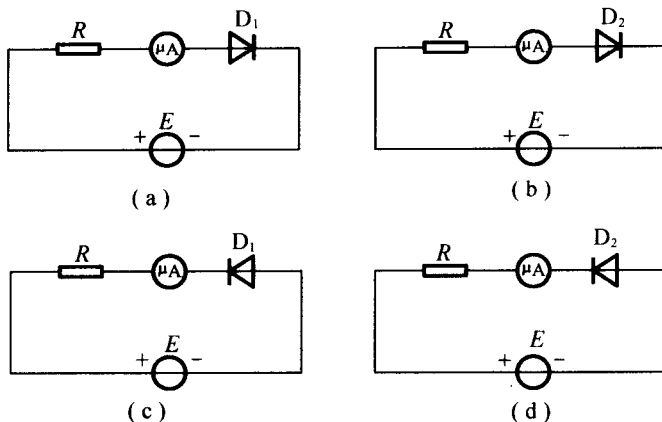


图 8-16

5. 在图 8-17(a) 中, D_1 、 D_2 为理想二极管, 图 8-17(b) 是输入电压 u_i 的波形。试画出对应于 u_i 的输出电压 u_o 的波形。

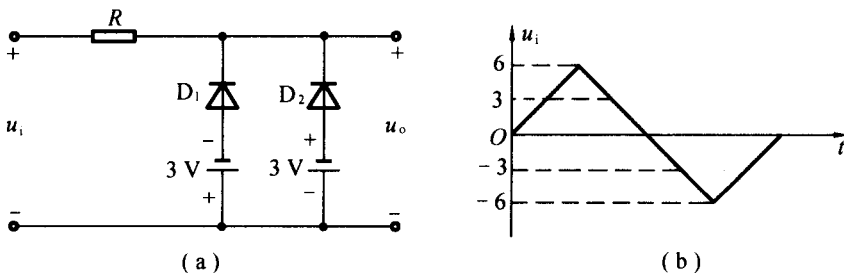


图 8-17

6. 二极管电路如图 8-18 所示。试判断二极管是导通还是截止, 并求电路输出电压 U_{AB} 。

7. 在图 8-19 中, (a) 图是输入电压 u_i 的波形。试画出对应于 u_i 的输出电压 u_o 的波形(二极管的正向压降可忽略不计)。



GAODENG XUEXIAO YOUXIUJIAOCAI FUDAOCONGSHU

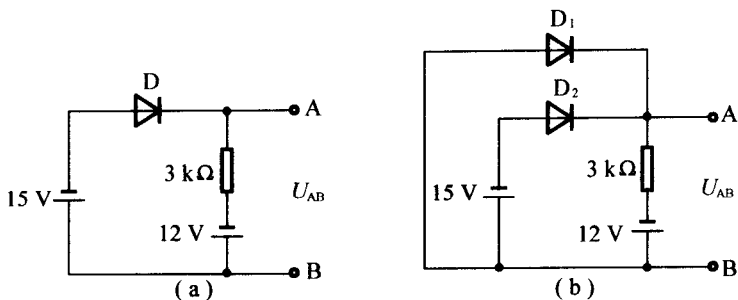


图 8 - 18

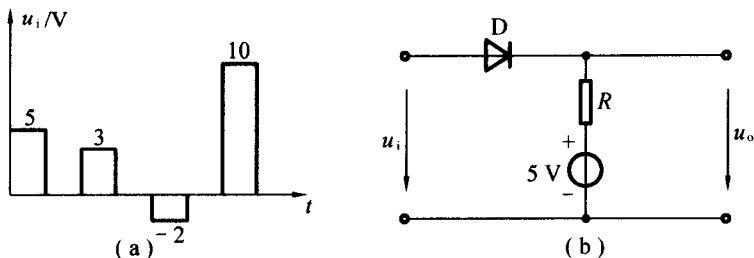


图 8 - 19

8. 设硅稳压管 D_{z1} 和 D_{z2} 的稳定电压分别为 5 V 和 10 V, 求图 8 - 20 中各电路的输出电压 U_o , 已知稳压管的正向压降为 0.7 V。

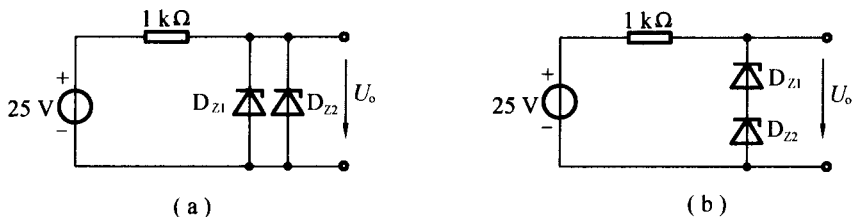


图 8 - 20

9. 已知 $U_i = 15$ V, 稳压管的稳定电压 $U_z = 6$ V, 稳定电流的最小值 $I_{z\min} = 5$ mA, 最大功耗 $P_{ZM} = 150$ mW。试求图 8 - 21 所示电路中电阻 R 的取值范围。



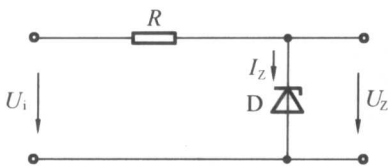


图 8-21

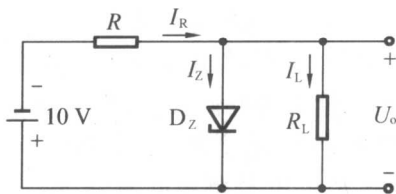


图 8-22

10. 稳压二极管电路如图 8-22 所示, 已知稳压管的 $U_Z = 6\text{ V}$, 限流电阻 $R = 100\Omega$ 。

- (1) 当 $R_L = 200\Omega$ 时, 求稳压管的 I_Z 、 U_o 值;
- (2) 当 $R_L = 50\Omega$ 时, 求稳压管的 I_Z 、 U_o 值。



同步训练题答案

TONG BU XUN LIAN TI DA AN

1. 解 输入端的电压只有二种情况, 0 V 和 3 V 。

(1) 当输入端 $U_A = 0\text{ V}$ 、 $U_B = 3\text{ V}$ 或 $U_A = 3\text{ V}$ 、 $U_B = 0\text{ V}$ 时, 对应输入端是 0 V 的二极管导通, 二极管的正向压降为 0 , 所以输出端 $V_Y = 0\text{ V}$ 。此时流过 R 和 D 的电流

$$I_R = I_D = \frac{U_{CC} - V_Y}{R} = \frac{12}{3.9} \text{ mA} \approx 3 \text{ mA}$$

(2) 当 $U_A = U_B = 0\text{ V}$ 时, 两个二极管都导通, 结果仍然是 $V_Y = 0\text{ V}$ 。电阻中的电流与上一种情况相同 $I_R \approx 3 \text{ mA}$, 但二极管中的电流只有电阻中电流的一半, $I_D \approx 1.5 \text{ mA}$ 。

(3) 当 $U_A = U_B = 3\text{ V}$ 时, $V_Y = 3\text{ V}$, 电阻中的电流

$$I_R = \frac{U_{CC} - V_Y}{R} = \frac{12 - 3}{3.9} \text{ mA} \approx 2.3 \text{ mA}$$

二极管中的电流

$$I_D = \frac{1}{2} I_R \approx 1.15 \text{ mA}$$

2. 答 由于二极管是一个非线性元件, 它的电流和电压不是正比关系 (见图 8

