

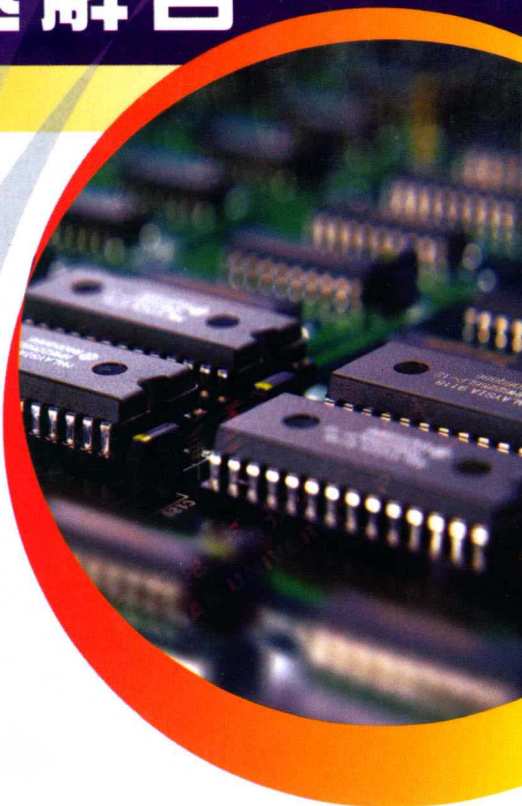
21

高等学校信息工程类“十二五”规划教材

模拟电子技术 学习指导与习题解答

主 编 王守华

副主编 陈 伟



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校信息工程类“十二五”规划教材

模拟电子技术学习指导 与习题解答

主 编 王守华

副主编 陈 伟

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是王守华主编的《模拟电子技术》教材的配套学习指导书。全书共分 10 章,前 9 章分别介绍半导体二极管、基本放大电路、多级放大电路和集成运算放大器、放大电路的频率响应、功率放大电路、反馈、集成运算放大器的应用、波形发生电路、直流电源,各章均由知识要点简述、重点难点剖析、典型例题精解、课后习题解答、自我测试真题等五部分构成。第 10 章给出了十套模拟电子技术试题及其参考答案。

本书可作为高等院校电子信息类、电气类专业本专科生以及自学人员学习模拟电子技术课程的辅导教材,也可作为从事电子技术工作的科技人员和教师的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术学习指导与习题解答/王守华主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2014.12
高等学校信息工程类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3492 - 0

I. ① 模… II. ① 王… III. ① 模拟电路—电子技术—高等学校—教学参考资料
IV. ① TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 234658 号

策划编辑 戚文艳

责任编辑 张 玮 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18.5

字 数 441 千字

印 数 1~3000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3492 - 0/TN

XDUP 3784001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

本书是为配合王守华主编的《模拟电子技术》教材(以下简称《教材》)而编写的,其内容包括半导体二极管、基本放大电路、多级放大电路和集成运算放大器、放大电路的频率响应、功率放大电路、反馈、集成运算放大器的应用、波形发生电路、直流电源、模拟电子技术试题等 10 章。

学习模拟电子技术,除了掌握教材相关内容,进行一定数量的习题练习也是学习过程中不可缺少的环节。通过做题,不仅能达到巩固基本概念、加深对《教材》内容的理解的效果,也可以起到融会贯通、举一反三的作用。

本书具有以下几方面的特点:

(1) 简述各章的知识要点,对重点、难点进行剖析,读者可根据书中提及的知识要点尤其是重点、难点对照《教材》进行学习。

(2) 每一章附有一定数量的典型例题,可帮助读者理解《教材》的基本概念,在有关例题的指导下,找到解题的途径。

(3) 对《教材》课后习题进行详细的解答,计算分析题都有详细的解题步骤,可帮助读者在做题的过程中进行检验。

(4) 每章配备了习题,所选的习题密切结合《教材》,并有所提高。大部分习题提供有答案,从而使读者在学习《教材》后,通过有关习题的练习,化解难点,掌握重点。

(5) 最后通过十套模拟试题及其参考答案,帮助读者检验掌握知识的程度。

本书由王守华担任主编,负责全书的组织、统稿和改稿;由陈伟担任副主编。本书编写工作分工如下:刘海强编写第 1 章,王守华编写第 2、7、10 章及前言等部分,张渤编写第 3、4、5 章及参考文献,陈伟编写第 6、8 章,薛颖轶编写第 9 章。

参加和支持本书编写的同志还有程红丽、董敏、李旭虹、顾洁、杨俊三、耿伟霞等,他们在本书的编写过程中提出了宝贵意见和建议,在此表示感谢,同时向所有关心和支持本书编写、出版的同志们一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,加之时间比较仓促,不足和疏漏在所难免,恳请使用本书的读者和同行老师不吝指正。

编 者

2014 年 5 月

目 录

第 1 章 半导体二极管	(1)
1.1 知识要点简述	(1)
1.2 重点难点剖析	(1)
1.3 典型例题精解	(1)
1.4 课后习题解答	(8)
1.5 自我测试真题	(12)
第 2 章 基本放大电路	(21)
2.1 知识要点简述	(21)
2.2 重点难点剖析	(21)
2.3 典型例题精解	(22)
2.4 课后习题解答	(29)
2.5 自我测试真题	(40)
第 3 章 多级放大电路和集成运算放大器	(56)
3.1 知识要点简述	(56)
3.2 重点难点剖析	(56)
3.3 典型例题精解	(56)
3.4 课后习题解答	(65)
3.5 自我测试真题	(73)
第 4 章 放大电路的频率响应	(77)
4.1 知识要点简述	(77)
4.2 重点难点剖析	(77)
4.3 典型例题精解	(77)
4.4 课后习题解答	(82)
4.5 自我测试真题	(90)
第 5 章 功率放大电路	(96)
5.1 知识要点简述	(96)
5.2 重点难点剖析	(96)

5.3	典型例题精解	(96)
5.4	课后习题解答	(100)
5.5	自我测试真题	(105)
第 6 章	反馈	(109)
6.1	知识要点简述	(109)
6.2	重点难点剖析	(109)
6.3	典型例题精解	(110)
6.4	课后习题解答	(114)
6.5	自我测试真题	(126)
第 7 章	集成运算放大器的应用	(133)
7.1	知识要点简述	(133)
7.2	重点难点剖析	(133)
7.3	典型例题精解	(133)
7.4	课后习题解答	(161)
7.5	自我测试真题	(176)
第 8 章	波形发生电路	(199)
8.1	知识要点简述	(199)
8.2	重点难点剖析	(199)
8.3	典型例题精解	(199)
8.4	课后习题解答	(208)
8.5	自我测试真题	(215)
第 9 章	直流电源	(226)
9.1	知识要点简述	(226)
9.2	重点难点剖析	(226)
9.3	典型例题精解	(226)
9.4	课后习题解答	(229)
9.5	自我测试真题	(239)
第 10 章	模拟电子技术试题	(245)
参考文献		(290)

第1章 半导体二极管

1.1 知识要点简述

(1) 采用半导体材料制作电子器件的原因。

(2) 本征半导体的定义。本征半导体中有两种载流子参与导电，并且其导电性与温度有关。

(3) 在本征半导体中掺入杂质形成 N 型半导体和 P 型半导体，它们导电性的强弱与掺入杂质的多少成正比，实现了导电性的可控性。

(4) 将 N 型半导体和 P 型半导体“连接”在一起形成 PN 结，PN 结具有单向导电性，用伏安特性描述。

(5) 二极管由一个 PN 结构成，二极管的电流方程、伏安特性以及主要参数。

(6) 二极管的伏安特性与温度有关，PN 结有电容效应。

(7) 稳压二极管、光电二极管和发光二极管的特点。

1.2 重点难点剖析

本章主要介绍了半导体的基础知识及半导体器件的核心环节——PN 结，PN 结具有单向导电特性、击穿特性和电容特性；介绍了半导体二极管的物理结构、工作原理、特性曲线和主要参数，理想情况下，二极管的工作特性相当于开关的闭合与断开；介绍了二极管的简单应用电路，包括整流、限幅电路等，以及稳压二极管、发光二极管、光电二极管、变容二极管等。

半导体中载流子的运动以及半导体二极管的工作原理是学习的难点，但并不是学习的重点。

本章的重点是从使用的角度出发掌握半导体二极管的外部特性和主要参数，因此，讲述管子的内部结构和载流子的运动的目的是为了更好地了解管子的外部特性。所以读者不必将注意力过多地放在管子内部，而以能理解外部特性为度。

1.3 典型例题精解

例 1.1 二极管电路及其输入波形如图 1.3.1 所示，设 $U_m > U_R$ ，二极管为理想器件，试分析电路输出电压，并画出其波形。

解 求解这类电路的基本思路是确定二极管 VD 在信号作用下所处的状态，即根据理想二极管单向导电的特性及具体构成的电路，可获得输出 u_o 的波形。本电路具体分析如

下：当 u_i 增大至 U_R 时，二极管 VD 导通，输出 u_o 被 U_R 钳位， $u_o = U_R$ ，其他情况下， $u_o = u_i$ 。这类电路又称为限幅电路。

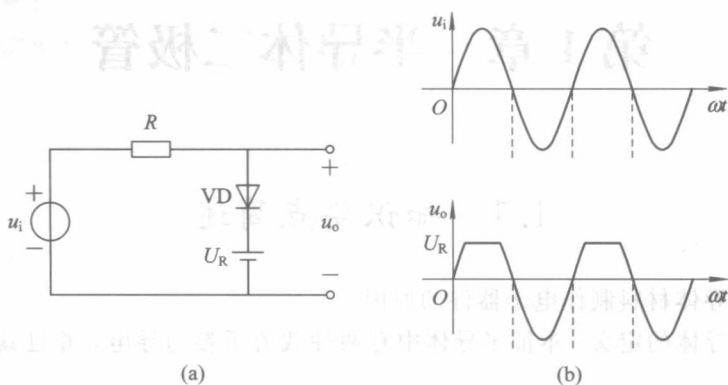


图 1.3.1

例 1.2 二极管双向限幅电路如图 1.3.2(a) 所示，若输入电压 $u_i = 7 \sin \omega t$ V，试分析并画出电路输出电压的波形。（设二极管的 U_{on} 为 0.7 V，忽略二极管内阻。）

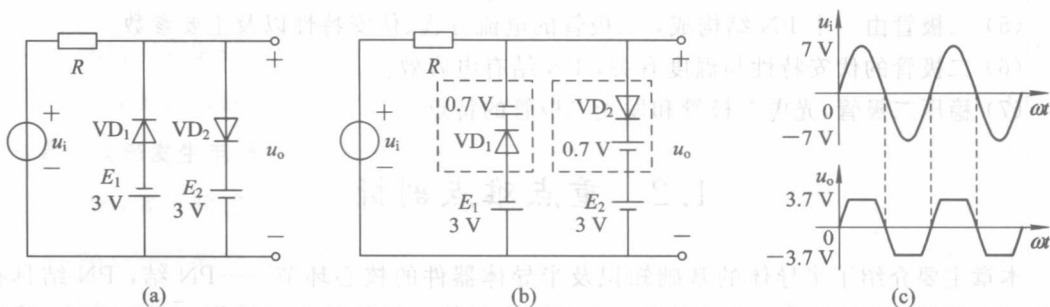


图 1.3.2

解 用恒压降等效模型代替实际二极管，等效电路如图 1.3.2(b) 所示，当 $u_i < -3.7$ V 时， VD_2 反偏截止， VD_1 正偏导通，输出电压被钳制在 -3.7 V；当 -3.7 V $< u_i < 3.7$ V 时， VD_1 、 VD_2 均反偏截止，此时 R 中无电流，所以 $u_o = u_i$ ；当 3.7 V $< u_i$ 时， VD_1 反偏截止， VD_2 正偏导通，输出电压被钳制在 3.7 V。综合上述分析，可画出如图 1.3.2(c) 所示的波形，输出电压的幅度被限制在 ± 3.7 V 之间。

例 1.3 电路如图 1.3.3(a) 所示，二极管为理想器件，当 B 点输入幅度为 ± 3 V、频率为 1 kHz 的方波，A 点输入幅度为 3 V、频率为 4 kHz 的正弦波时，如图 1.3.3(b) 所示，试画出 U_o 的波形。

解 当 $U_A < 5$ V， $U_B < 5$ V 时，则 VD_1 、 VD_2 正偏导通；若 $U_A < U_B$ ，则输出电压 $U_o = U_A$ ， VD_2 反偏截止；若 $U_A > U_B$ ，则输出电压 $U_o = U_B$ ， VD_1 反偏截止。若 $U_A = U_B$ ，则输出电压 $U_o = U_A = U_B$ 。若 U_A 或 U_B 中有一个小于 5 V，而另一个大于 5 V，则输出为较小的电压值。若 U_A 或 U_B 均大于 5 V，则输出电压 $U_o = 5$ V。综合上述分析，此电路相当于一个与门电路，可画出如图 1.3.3(c) 所示的波形。

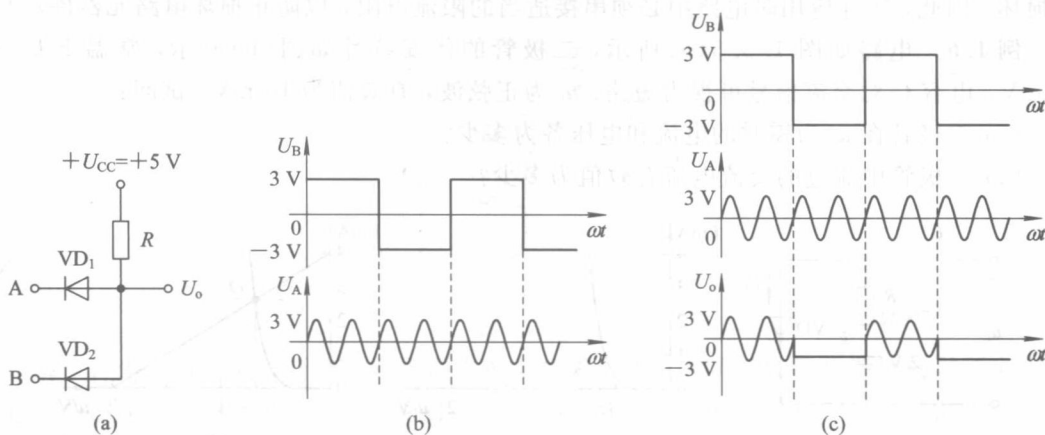


图 1.3.3

例 1.4 分析图 1.3.4 所示电路的工作情况, 图中 I 为电流源, $I=2\text{ mA}$ 。设 20°C 时二极管的正向电压降 $U_D=660\text{ mV}$, 求在 50°C 时二极管的正向电压降。该电路有何用途? 电路中为什么要使用电流源?

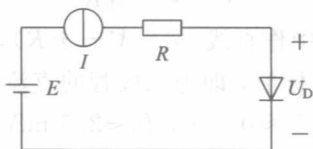


图 1.3.4

解 该电路利用了二极管的负温度系数可以用于温度的测量, 其温度系数为 $-2\text{ mV}/^\circ\text{C}$ 。 20°C 时二极管的正向电压降为

$$U_D = 660\text{ mV}$$

50°C 时二极管的正向电压降为

$$U_D = 660 - (2 \times 30) = 600\text{ mV}$$

因为二极管的正向电压降 U_D 是温度和正向电流的函数, 所以应使用电流源来稳定电流, 使二极管的正向电压降 U_D 仅仅是温度一个变量的函数。

例 1.5 某二极管的反向饱和电流 $I_S = 10 \times 10^{-12}\text{ A}$, 如果将一只 1.5 V 的干电池接在二极管两端, 试计算流过二极管的电流有多大。

解 如果将干电池的正、负极分别与二极管的阴极、阳极相接, 二极管反向偏置, 此时流过二极管的电流等于 $I_S = 10 \times 10^{-12}\text{ A}$; 反之, 流过二极管的电流为

$$I_D = I_S (e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1) = 10 \times 10^{-12} (e^{\frac{1500}{26}} - 1) \approx 1.14 \times 10^{14}\text{ A}$$

此时二极管的等效直流电阻为

$$R_D = \frac{U_D}{I_D} = \frac{1.5}{1.14 \times 10^{14}} \approx 1.32 \times 10^{-14}\text{ }\Omega$$

实际上, 电池的内阻、接线电阻和二极管的体电阻之和远远大于 R_D , 流过二极管的电流远远小于计算值。电路中的电流值不仅由二极管的伏安特性所决定, 还与电路中的接线电阻、电池的内阻和二极管的体电阻有关。通常这些电阻都非常小, 足以使二极管和干电

池损坏。因此,实际应用时电路中必须串接适当的限流电阻,以防止损坏电路元器件。

例 1.6 电路如图 1.3.5(a)所示,二极管的伏安特性如图(b)所示,常温下 $U_T \approx 26 \text{ mV}$, 电容 C 对交流信号可视为短路; u_i 为正弦波,有效值为 10 mV 。试问:

(1) 二极管在 u_i 为零时的电流和电压各为多少?

(2) 二极管中流过的交流电流有效值为多少?

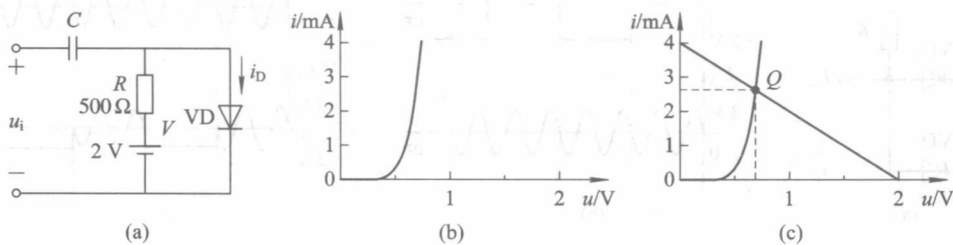


图 1.3.5

解 (1) 利用图解法可以方便地求出二极管的 Q 点。在动态信号为零时,二极管导通,电阻 R 中电流与二极管电流相等。因此,二极管的端电压可写成为

$$u_D = V - i_D R$$

在二极管的伏安特性坐标系中作直线 ($u_D = V - i_D R$), 与伏安特性曲线的交点就是 Q 点, 如图(c)所示。读出 Q 点的坐标值, 即为二极管的直流电流和电压, 约为

$$U_D \approx 0.7 \text{ V}, I_D \approx 2.6 \text{ mA}$$

(2) Q 点下小信号情况下的动态电阻为

$$r_D \approx \frac{U_T}{I_D} = \frac{26}{2.6} = 10 \Omega$$

根据已知条件, 二极管上的交流电压有效值为 10 mV , 故流过的交流电流有效值为

$$I_D = \frac{U_i}{r_D} = \frac{10}{10} = 1 \text{ mA}$$

例 1.7 电路如图 1.3.6(a)所示。设输入信号 $u_i = 10 \sin \omega t \text{ V}$, $U_C = 5 \text{ V}$, 二极管导通压降可以忽略不计, 试画出输出电压 u_o 的波形。

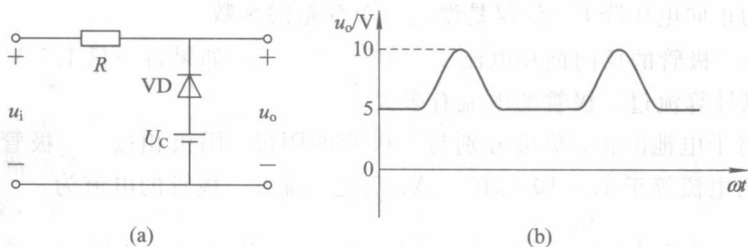


图 1.3.6

解 在图 1.3.6(a)所示的电路中, 当二极管断开时, 二极管两端的电压等于 $U_C - u_i$ 。所以当 $u_i \geq U_C$ 时, 二极管截止, $u_o = u_i$; 当 $u_i < U_C$ 时, 二极管导通, $u_o = U_C = 5 \text{ V}$ 。由此画出输出电压 u_o 的波形如图 1.3.6(b)所示。

例 1.8 在图 1.3.7 所示的电路中, 设二极管正向导通时的电压降为 0.7 V , 试估算 a

点的电位。

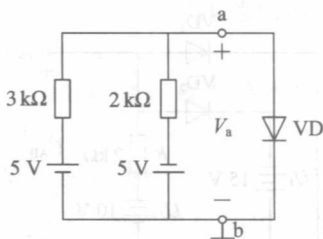


图 1.3.7

解 首先分析二极管开路时管子两端的电位差,进而判断二极管两端加的是正向电压还是反向电压。若是反向电压,则说明二极管处于截止状态;若是正向电压,但正向电压小于二极管的死区电压,则说明二极管仍然处于截止状态;只有当正向电压大于死区电压时,二极管才能导通。

在图示电路中,当二极管开路时,二极管两端的正向电压 $U_{ab} = -1\text{ V}$,二极管反向偏置,处于截止状态,故 $V_a = -1\text{ V}$ 。

例 1.9 电路如图 1.3.8(a)所示。电容器 C 对交流信号的容抗可以忽略不计,设电路中的二极管为硅管,输入信号 $u_i = 10 \sin \omega t\text{ mV}$, $U_C = 10\text{ V}$,试计算输出电压 u_o 的交流分量。

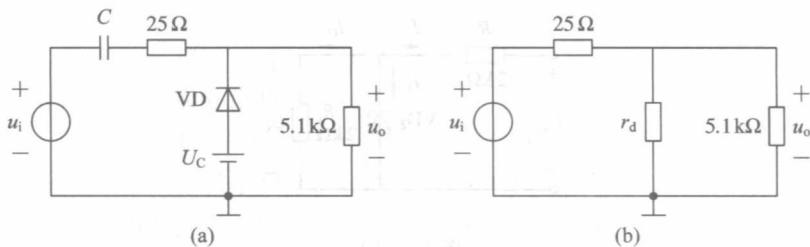


图 1.3.8

解 因为二极管电路中同时存在较大的直流电源和微变的交流信号,所以应先假设交流信号为零($u_i = 0$),再对电路进行直流分析。

在图 1.3.8(a)所示的电路中,当令 $u_i = 0$ 、电容器 C 开路时,采用二极管的恒压模型计算出流过二极管的直流电流为

$$I_D = \frac{10 - 0.7}{5.1 \times 10^3} \approx 1.82\text{ mA}$$

由此可估算出二极管的动态电阻为

$$r_D \approx \frac{U_T}{I_D} \approx \frac{26}{1.82} \approx 14.3\text{ }\Omega$$

然后利用二极管的微变等效模型分析计算其交流分量。在进行交流分析时,令直流电源 U_C 和电容器 C 短路,二极管 VD 用交流等效电阻 r_D 代替。此时,图 1.3.8(a)所示电路的交流等效电路如图 1.3.8(b)所示。由图 1.3.8(b)可得输出电压交流分量为

$$u_o \approx \left(\frac{14.3}{14.3 + 25} \right) u_i \approx 3.6 \sin \omega t\text{ mV}$$

例 1.10 设图 1.3.9 所示电路中的二极管性能为理想。试判断电路中的二极管是导通

还是截止，并求出 A、B 两点之间的电压 U_{AB} 值。

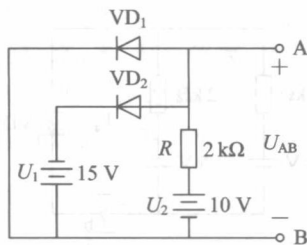


图 1.3.9

解 在图 1.3.9 电路中，当二极管开路时，由图可知二极管 VD_1 、 VD_2 两端的正向电压分别为 10 V 和 25 V。二极管 VD_2 两端的正向电压高于 VD_1 两端的正向电压，二极管 VD_2 优先导通。当二极管 VD_2 导通后， $U_{AB} = -15$ V，二极管 VD_1 两端又为反向电压，故 VD_1 截止、 VD_2 导通。 $U_{AB} = -15$ V。

例 1.11 硅稳压管稳压电路如图 1.3.10 所示。其中硅稳压管 VD_Z 的稳定电压 $U_Z = 8$ V、动态电阻 r_Z 可以忽略， $U_1 = 20$ V。试求：

(1) U_O 、 I_O 、 I 及 I_Z 的值。

(2) 当 U_1 降低为 15 V 时， U_O 、 I_O 、 I 及 I_Z 的值。

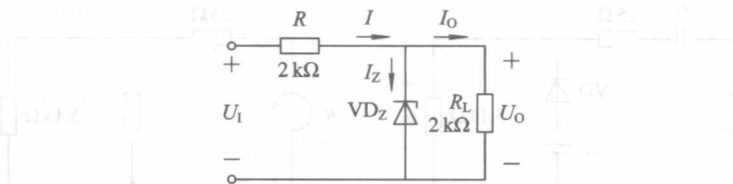


图 1.3.10

解 (1) 由于 $U_1 \frac{R_L}{R+R_L} = 20 \times \frac{2}{2+2} = 10$ V $> U_Z$ ，即稳压管工作于反向击穿状态，电路具有稳压功能，故

$$U_O = U_Z = 8 \text{ V}$$

$$I_O = \frac{U_O}{R_L} = \frac{8}{2} = 4 \text{ mA}$$

$$I = \frac{U_1 - U_O}{R} = \frac{20 - 8}{2} = 6 \text{ mA}$$

$$I_Z = I - I_O = 6 - 4 = 2 \text{ mA}$$

(2) 由于这时的 $U_1 \frac{R_L}{R+R_L} = 15 \times \frac{2}{2+2} = 7.5$ V $< U_Z$ ，即稳压管没有被击穿，稳压管处于截止状态，故

$$U_O = U_1 \frac{R_L}{R+R_L} = 15 \times \frac{2}{2+2} = 7.5 \text{ V}$$

$$I_O = \frac{U_O}{R_L} = \frac{7.5}{2} = 3.75 \text{ mA}$$

$$I_Z = 0$$

例 1.12 电路如图 1.3.11(a)所示。其中未经稳定的直流输入电压 U_1 值可变, 稳压管 VD_z 采用 2CW58 型硅稳压二极管, 在管子的稳压范围内, 当 I_z 为 5 mA 时, 其端电压 U_z 为 10 V, r_z 为 $20\ \Omega$, 且该管的 I_{ZM} 为 26 mA。

(1) 试求当该稳压管用图 1.3.11(b)所示模型等效时的 U_{zo} 值。

(2) 当 $U_o = 10\text{ V}$ 时, U_1 应为多大?

(3) 若 U_1 在上面求得的数值基础上变化 $\pm 10\%$, 即从 $0.9U_1$ 变到 $1.1U_1$, 则 U_o 将从多少变化到多少? 相对于原来的 10 V, 输出电压变化了百分之几? 在这种条件下, I_z 变化范围为多大?

(4) 若 U_1 值上升到使 $I_z = I_{ZM}$, 而 r_z 值始终为 $20\ \Omega$, 这时的 U_1 和 U_o 分别为多少?

(5) 若 U_1 值在 $6\sim 9\text{ V}$ 间可调, 则 U_o 将怎样变化?

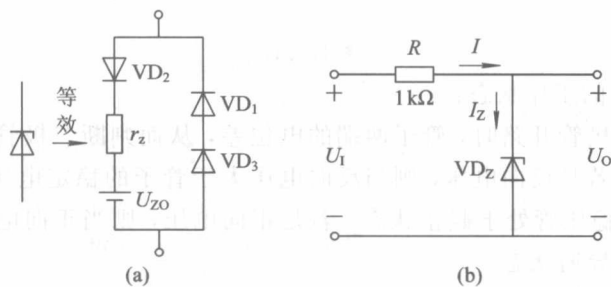


图 1.3.11

解 (1) 由稳压管等效电路知:

$$U_{zo} = U_z - I_z r_z = 10 - 5 \times 0.02 = 9.9\text{ V}$$

(2) $U_1 = U_z + I_z R = 10 + 5 \times 1 = 15\text{ V}$

(3) 设 r_z 不变。当 $U'_1 = 0.9U_1 = 0.9 \times 15 = 13.5\text{ V}$ 时, 有

$$I'_1 = \frac{U'_1 - U_{zo}}{R + r_z} = \frac{13.5 - 9.9}{1 + 0.02} \approx 3.53\text{ mA}$$

$$U'_o = U_{zo} + I'_z r_z = 9.9 + 3.53 \times 0.02 \approx 9.97\text{ V}$$

$$\frac{\Delta U'_o}{U_o} = \frac{9.97 - 10}{10} = -0.3\%$$

当 $U''_1 = 1.1U_1 = 1.1 \times 15 = 16.5\text{ V}$ 时, 有

$$I''_z = \frac{U''_1 - U_{zo}}{R + r_z} = \frac{16.5 - 9.9}{1 + 0.02} \approx 6.47\text{ mA}$$

$$U''_o = U_{zo} + I''_z r_z = 9.9 + 6.47 \times 0.02 \approx 10.03\text{ V}$$

$$\frac{\Delta U''_o}{U_o} = \frac{10.03 - 10}{10} = +0.3\%$$

(4) $U_o = U_{zo} + I_{ZM} r_z = 9.9 + 26 \times 0.02 = 10.42\text{ V}$

$$U_1 = U_o + IR = U_o + I_{ZM} R = 10.42 + 26 \times 1 = 36.42\text{ V}$$

(5) 由于 $U_1 < U_{zo}$, 稳压管 VD_z 没有被击穿, 处于截止状态, 即

$$I = I_z = 0$$

故 U_o 将随 U_1 在 $6\sim 9\text{ V}$ 之间变化, 即

$$U_o = U_1$$

例 1.13 电路如图 1.3.12 所示。其中限流电阻 $R=2\text{ k}\Omega$ ，硅稳压管 VD_{Z1} 、 VD_{Z2} 的稳定电压 U_{Z1} 、 U_{Z2} 分别为 6 V 和 8 V ，正向压降为 0.7 V ，动态电阻可以忽略。试求电路输出端 A、B 两端之间电压 U_{AB} 的值。

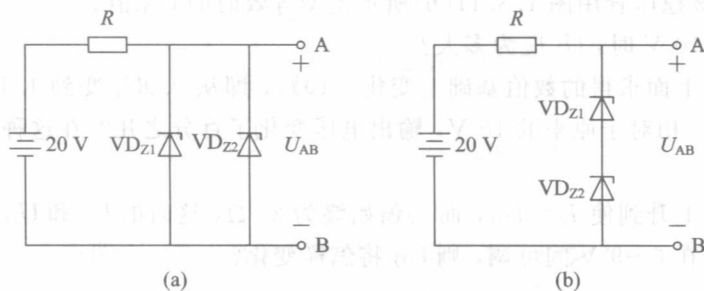


图 1.3.12

解 判断稳压管的工作状态：

(1) 首先分析二极管开路时，管子两端的电位差，从而判断二极管两端所加的是正向电压还是反向电压。若是反向电压，则当反向电压大于管子的稳定电压时，稳压管处于反向击穿状态；否则，稳压管处于截止状态。若是正向电压，则当正向电压大于其死区电压时，二极管处于正向导通状态。

(2) 在用上述方法判断的过程中，若出现两个以上稳压管承受大小不等的电压，则应判定承受正向电压较大者优先导通，或者在同样的反向电压作用下，稳定电压较小者优先导通，然后再用上述方法判断其他二极管的工作状态。

根据上述稳压管工作状态的判断方法：

在图 1.3.12(a) 示电路中，当管子开路时，二个管子两端的反向电压均为 20 V 。由于稳压管 VD_{Z1} 的稳定电压低，所以 VD_{Z2} 优先导通。当稳压管 VD_{Z1} 导通后， $U_{\text{AB}}=U_{\text{Z1}}=6\text{ V}$ ，低于稳压管 VD_{Z2} 的击穿电压，故 VD_{Z1} 导通、 VD_{Z2} 截止， $U_{\text{AB}}=6\text{ V}$ 。

在图 1.3.12(b) 所示的电路中，当管子开路时，二个管子两端的反向电压均为 20 V 。由于稳压管 VD_{Z1} 与 VD_{Z2} 的稳定电压之和为 $6+8=14\text{ V}$ ，故 VD_{Z1} 和 VD_{Z2} 同时导通， $U_{\text{AB}}=14\text{ V}$ 。

1.4 课后习题解答

一、填空题

1. N 型半导体是在本征半导体中掺入_____价元素，其多数载流子是_____，少数载流子是_____。
2. P 型半导体是在本征半导体中掺入_____价元素，其多数载流子是_____，少数载流子是_____。
3. 在室温附近，温度升高，杂质半导体中_____的浓度将明显增加。
4. PN 结中扩散电流的方向是_____，漂移电流的方向是_____。
5. PN 结未加外部电压时，扩散电流_____漂移电流；加正向电压时，扩散电流_____漂移电流，其耗尽层_____；加反向电压时，扩散电流_____漂移电流，其耗

顶层是_____。

6. 稳压二极管是利用二极管的_____特性进行稳压的。某稳压管具有正的电压温度系数,那么当温度升高时,稳压管的稳压值将_____。

7. 本征半导体是_____,其载流子是_____和_____。两种载流子的浓度_____。

8. 在杂质半导体中,多数载流子的浓度主要取决于_____,而少数载流子的浓度则与_____有很大关系。

9. 漂移电流是_____在_____作用下形成的。

10. 二极管的最主要特征是_____,与此有关的两个主要参数是_____和_____。

二、选择题

11. PN 结加正向电压时,空间电荷区将_____。

A. 变窄 B. 基本不变 C. 变宽

12. 设二极管的端电压为 U , 则二极管的电流方程是_____。

A. $I_S e^U$ B. $I_S e^{\frac{U}{U_T}}$ C. $I_S (e^{\frac{U}{U_T}} - 1)$

13. 当温度升高时,二极管的反向饱和电流将_____。

A. 增大 B. 不变 C. 减小

14. 在室温下,对于掺入相同数量杂质的 P 型半导体和 N 型半导体,其导电能力_____。

A. 两者相同 B. N 型导电能力强 C. P 型导电能力强

三、判断题

15. 在 N 型半导体中如果掺入足够量的三价元素,可将其改型为 P 型半导体。()

16. 因为 N 型半导体的多子是自由电子,所以它带负电。()

17. PN 结在无光照、无外加电压时,结电流为零。()

18. 光电二极管是受光器件,能将光信号转换为电信号。()

四、思考题与计算题

19. 能否将 1.5 V 的干电池以正向接法接到二极管两端?为什么?

20. 在图 T1.1 所示的各电路图中, $E=5\text{ V}$, $u_i=10\sin\omega t\text{ V}$, 二极管 VD 视为理想二极管,试分别画出输出电压 u_o 的波形。

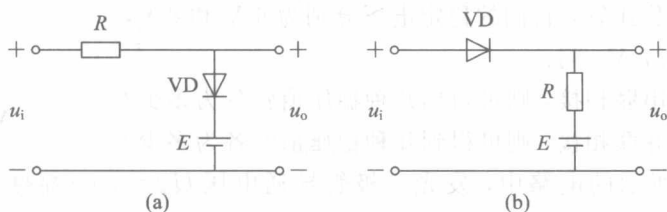


图 T1.1

21. 在图 T1.2 中, 试求下列几种情况下输出端对地的电压 U_Y 及各元件中通过的电流。

(1) $U_A = 10 \text{ V}$, $U_B = 0 \text{ V}$;

(2) $U_A = 6 \text{ V}$, $U_B = 5 \text{ V}$;

(3) $U_A = U_B = 5 \text{ V}$ 。设二极管为理想二极管。

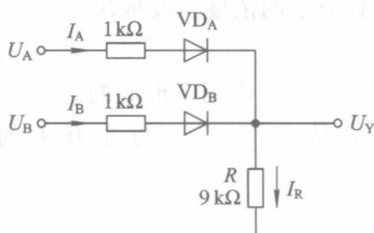


图 T1.2

22. 设硅稳压管 VD_{Z1} 和 VD_{Z2} 的稳定电压分别为 5 V 和 10 V , 正向压降均为 0.7 V 。求图 T1.3 中各电路的输出电压 U_O 。

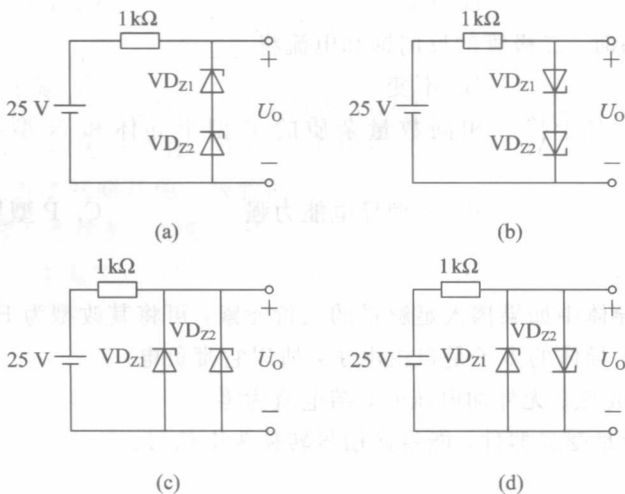


图 T1.3

23. 有两个稳压管 VD_{Z1} 和 VD_{Z2} , 其稳定电压值分别为 5.5 V 和 8.5 V , 正向压降都是 0.5 V 。如果要得到 3 V 的稳定电压, 应如何连接?

24. 现有两只稳压管, 它们的稳定电压分别为 6 V 和 8 V , 正向导通电压为 0.7 V 。问:

(1) 若将它们串联相接, 则可得到几种稳压值? 各为多少?

(2) 若将它们并联相接, 则可得到几种稳压值? 各为多少?

25. 图 T1.4 所示的电路中, 发光二极管导通电压 $U_{on} = 1.5 \text{ V}$, 正向电流在 $5 \sim 15 \text{ mA}$ 时才能正常工作。试问:

(1) 开关 S 在什么位置时发光二极管才能发光?

(2) R 的取值范围是多少?

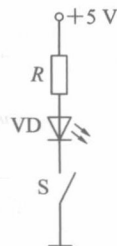


图 T1.4

参考答案

一、填空题

1. 五, 自由电子, 空穴
2. 三, 空穴, 自由电子
3. 少数载流子
4. N 区到 P 区, P 区到 N 区
5. 等于, 大于, 变薄, 小于, 变厚
6. 反向击穿, 增大
7. 完全纯净的半导体, 自由电子, 空穴, 相等
8. 杂质浓度, 温度
9. 少数载流子, (内)电场力
10. 单向导电性, 正向导通压降, 反向饱和电流

二、选择题

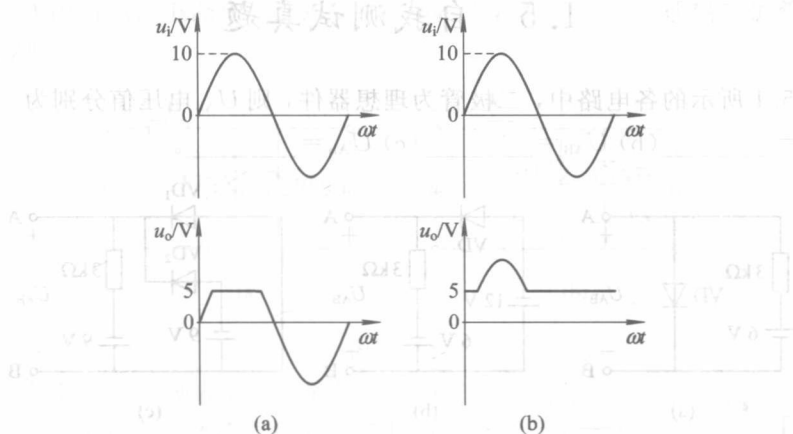
11. A 12. C 13. A 14. B

三、判断题

15. $\checkmark$ 16. $\times$ 17. $\checkmark$ 18. $\checkmark$

四、思考题与计算题

19. 不能。因为二极管的正向电流与其端电压成指数关系, 当端电压为 1.5 V 时, 管子会因电流过大而烧坏。
20. 波形如解图 1.1(a)、(b)所示。



解图 1.1

21. (1) VD_A 导通, VD_B 截止。

$$I_{DB} = 0, I_{DA} = I_R = \frac{10}{1+9} = 1 \text{ mA}$$

$$U_Y = I_R \cdot R = 9 \text{ V}$$