

高等院校教材同步辅导及考研复习用书

spark® 星火·燎原

丛书主编 马德高

电工学 (下册)

电子技术辅导及习题精解

(秦曾煌 第七版)

本册主编 孙明灿 徐晓静

教材习题全解 指导同步学习
考研真题精讲 剖析考研重点



延边大学出版社
Yanbian university press

前 言

电工学课程一直以来都是高等院校工科非电类专业的学生的专业基础课,很多院校在考研时把电工学作为考研专业课内容之一。在非电类专业中,像机械、数控等工科专业,电工学的知识对这些专业有着很重要的作用,在学生们读研或者做科研时,电工学都是必不可少的知识积累。为了帮助广大学习电工学的读者能更轻松的学会电工学,同时也为了适应当前教育事业改革与发展趋势,我们编写了本书。

本书是以秦曾煌主编的普通高等教育“十一五”国家规划教材《电工学(下册)电子技术一第七版》中的练习题与思考题和课后习题为参考编写的。本书的主要内容包括重点内容提要、典型例题及其解析方法、练习与思考题解答、课后习题、历年考研真题全解五部分。本书从典型例题解题方法入手,针对不同形式的题目给出最适合的解题方法,引导学生逐渐掌握每种题型相对应的解题方法,以达到用最合适的方法去解题。

本书的主要特点:

1. 每章重点总结;
2. 典型例题详解;
3. 概念清楚、步骤详尽完整、符号严谨;
4. 课堂式解题方式;
5. 精选考研真题详解。

用本书作为学习电工学的辅助教材,将会达到事半功倍的效果。

重点知识点的总结会使读者在很短的时间内知道每一章的重点所在,

便于复习。典型例题详解是对重点知识点的进一步加深和巩固,会给出最合适的解题方法,以最简单的方法求解问题。课堂式解题方式让您看到这本书时感觉是老师在和你面对面的讲课,通俗易懂,言简意赅。精选的考研真题让您看到重点院校考研时的出题侧重点,以便于复习。

为了方便读者使用,书中各章节次序和习题编号均与原教材相一致。

本书注意博采众家之长,参考了多本同类书籍,吸取了不少养分。在此,也向四位副主编表示感谢。由于编写时间仓促及编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。有好的意见或建议可以发邮件至 sunmingcan@126.com。本人表示由衷的感谢。

编者

目 录

第 14 章 半导体器件	(1)
本章学习要求	(1)
知识要点与考点	(1)
经典例题解析	(5)
历年考研真题评析	(8)
本章练习与思考题详解	(12)
本章教材习题全解	(19)
第 15 章 基本放大电路	(32)
本章学习要求	(32)
知识要点与考点	(32)
经典例题解析	(38)
历年考研真题评析	(44)
本章练习与思考题详解	(48)
本章教材习题全解	(59)
第 16 章 集成运算放大器	(82)
本章学习要求	(82)
知识要点与考点	(82)
经典例题解析	(87)
历年考研真题评析	(94)
本章练习与思考题详解	(101)
本章教材习题全解	(104)
第 17 章 电子电路中的反馈	(130)
本章学习要求	(130)
知识要点与考点	(130)
经典例题解析	(133)
历年考研真题评析	(138)
本章练习与思考题详解	(142)
本章教材习题全解	(144)
第 18 章 直流稳压电源	(155)
本章学习要求	(155)

知识要点与考点	(155)
经典例题解析	(159)
历年考研真题评析	(160)
本章练习与思考题详解	(164)
本章教材习题全解	(165)
第 19 章 电力电子技术	(184)
本章学习要求	(184)
知识要点与考点	(184)
经典例题解析	(187)
历年考研真题评析	(188)
本章练习与思考题详解	(188)
本章教材习题全解	(191)
第 20 章 门电路和组合逻辑电路	(196)
本章学习要求	(196)
知识要点与考点	(196)
经典例题解析	(204)
历年考研真题评析	(208)
本章练习与思考题详解	(216)
本章教材习题全解	(225)
第 21 章 触发器和时序逻辑电路	(257)
本章学习要求	(257)
知识要点与考点	(257)
经典例题解析	(265)
历年考研真题评析	(266)
本章练习与思考题详解	(272)
本章教材习题全解	(280)
第 22 章 存储器和可编程逻辑器件	(307)
本章学习要求	(307)
知识要点与考点	(307)
本章练习与思考题详解	(307)
本章教材习题全解	(310)
第 23 章 模拟量和数字量的转换	(321)
本章学习要求	(321)
知识要点与考点	(321)
本章教材习题全解	(322)

第 14 章 | 半导体器件

本章学习要求

1. 理解 PN 结的单向导电性,了解三极管的电流分配和电流放大作用;
2. 了解二极管、稳压管和三极管的基本构造、工作原理和特性曲线,理解主要参数的意义;
3. 会分析含有二极管的电路。

知识要点与考点

1. 本征半导体

纯净的四价元素硅和锗等以共价键形成晶体结构,完全纯净的、具有晶体结构的半导体,称为本征半导体。

本征半导体的导电机理:当半导体温度升高或受光照后,共价键中的电子可挣脱原子核的束缚成为带负电的自由电子,同时共价键中留下带正电的空穴。当半导体两端加上外电压时,自由电子作定向运动形成电子电流,价电子递补空穴形成空穴电流。

自由电子和空穴都称为载流子。在自由电子和空穴成对地产生的同时,又不断复合。在一定温度下,载流子的产生和复合达到动态平衡,半导体中载流子便维持一定的数目。

2. 半导体的导电特性

当环境温度升高时,半导体的导电能力显著增强,因此可将其做成温度敏感元件,如热敏电阻;半导体当受到光照时,其导电能力明显变化,因此可做成各种光敏元件,如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等;往纯净的半导体中掺入某些杂质,其导电能力明显改变,因此可做成各种不同用途的半导体器件,如二极管、三极管和晶闸管等。

3. 杂质半导体

在本征半导体中掺入微量的杂质(某种元素),形成杂质半导体,可分为 N 型半导体和 P 型半导体两类。

(1)N 型半导体

在本征半导体中掺入五价元素,自由电子数目大量增加,自由电子导电成为这种半导体的主要导电方式,所以又称为电子半导体。这种半导体中,自由电子是多数载流子,空穴是少数载流子。

(2) P型半导体

在本征半导体中掺入三价元素,空穴数目大量增加,空穴导电成为这种半导体的主要导电方式,所以又称为空穴半导体。这种半导体中,空穴是多数载流子,自由电子是少数载流子。

杂质半导体的导电能力比本征半导体强得多。无论N型半导体或P型半导体,整个晶体都是中性的,对外不显电性。

4. PN结

(1) PN结的形成

用一定的工艺将P型半导体和N型半导体紧密结合在一起,在交界面附近因空穴和自由电子的浓度差异而向高浓度方向扩散,分别在交界面两侧形成负空间电荷区和正空间电荷区,这个空间电荷区就是PN结,其形成是多数载流子扩散和少数载流子漂移的结果。

(2) PN结的单向导电性

PN结加正向电压:内电场被削弱,多子的扩散加强,形成较大的扩散电流,此时PN结处于导通状态,呈现低阻性。

PN结加反向电压:内电场被加强,扩散运动难以进行,少子的漂移加强,由于少数载流子数量很少,形成极小的反向电流,此时PN结处于截止状态,呈高阻性。

5. 半导体二极管

(1) 结构和符号

将PN结的两端引出相应的电极引线并加上管壳,便构成了半导体二极管,其表示符号如图A14.1所示。半导体二极管按结构可分为点接触型、面接触型和平面型三类。点接触型正向电流通常较小,常用于检波和变频等高频电路;面接触型和平面型正向电流大,常用于工频大电流整流电路。



图 A14.1 二极管符号

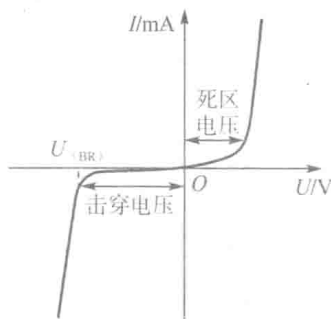


图 A14.2 二极管伏安特性

(2) 伏安特性

二极管的伏安特性如图A14.2所示。

正向特性:当正向电压小于死区电压(硅管约为0.5V,锗管约为0.1V),二极管截止,正向电流很小,几乎为零。当正向电压大于死区电压后,二极管导通,电流增长很快,导通后二极管两端的电压变化很小,硅管为0.6~0.8V;锗管为0.2~0.3V。

反向特性:反向电压小于击穿电压时,二极管截止,电流几乎为零。反向电压增大

到反向击穿电压时,反向电流突然增大,二极管击穿,失去单向导电性。

(3) 主要参数

最大整流电流 I_{OM} : 二极管长期使用时,允许流过二极管的最大正向平均电流。

反向工作峰值电压 U_{RWM} : 保证二极管不被击穿而给出的反向峰值电压,一般是二极管反向击穿电压 U_{BR} 的一半或三分之二。

反向峰值电流 I_{RM} : 二极管加最高反向工作电压时的反向电流值。

二极管的应用范围很广,主要是利用它的单向导电性。它可用于整流、检波、限幅、元件保护以及在数字电路中作为开关元件等。

6. 稳压二极管

稳压二极管是一种特殊的面接触型半导体硅二极管,正常工作时处于反向击穿状态。当反向电压增大到击穿电压时,稳压二极管反向击穿,电流变化很大,但其两端电压变化很小,利用此特性,稳压二极管在电路中可起到稳压作用。与一般二极管不同的是,稳压二极管的反向击穿是可逆的,即外加反向电压去除后又能恢复正常。

如果反向电流超过允许范围,稳压二极管将因发生热击穿而损坏,为了实现稳压作用必须限制稳压二极管中的电流,工作时须串联一个限流电阻以实现负反馈稳压。

稳压二极管的主要参数有:稳定电压 U_Z 、稳定电流 I_Z 、电压温度系数 α_U 、动态电阻 r_z 和最大允许耗散功率 P_{ZM} 等。

7. 晶体管

(1) 结构和工作原理

晶体管可分为双极型晶体管和场效应晶体管。其中,双极型晶体管是有两个PN结的半导体器件,分为NPN型和PNP型两类。每一类都由基区、发射区和集电区组成,从三个区分别引出基极B、发射极E和集电极C。基区和发射区之间的PN结称为发射结,基区和集电区之间的PN结称为集电结。要实现电流放大作用,供电电源的接法应保证发射结为正向偏置、集电结为反向偏置。除了外部供电条件,晶体管要实现电流放大作用还要有内部结构条件。

晶体管的内部结构特点如下:

- 1) 发射区面积小,掺杂浓度高,多数载流子数量多;
- 2) 基区很薄,掺杂浓度低,多子数量很少;
- 3) 集电区面积大,掺杂浓度次于发射区而高于基区。

基于上述结构特点,基极电流 I_B 远小于发射极电流 I_E 和集电极电流 I_C 。只要发射结电压 U_{BE} 有微小变化,造成基极电流 I_B 有微小变化,就能引起发射极电流 I_E 和集电极电流 I_C 很大的变化,这就是晶体管的电流放大作用。

(2) 特性曲线

晶体管的输入特性曲线: $I_B = f(U_{BE}) |_{U_{CE}=\text{常数}}$,如图 A14.3 所示,与二极管相同,也有同样的死区电压和管压降范围。

晶体管的输出特性曲线: $I_C = f(U_{CE}) |_{I_B=\text{常数}}$, I_B 不同,可得出不同的曲线,所以晶体管的输出特性是一个曲线簇,如图 A14.3 所示。根据晶体管工作状态的不同,输出特性可分为放大区、截止区和饱和区三个工作区域。

放大区:也称为线性区, $I_C = \beta I_B$ 。发射结正偏,集电结反偏;

截止区: $I_B \leq 0, I_C \leq I_{CEO}$ 。两个PN结均为反偏;

饱和区: $U_{CE} < U_{BE}, I_B$ 和 I_C 非线性关系。集电结和发射结均为正偏。

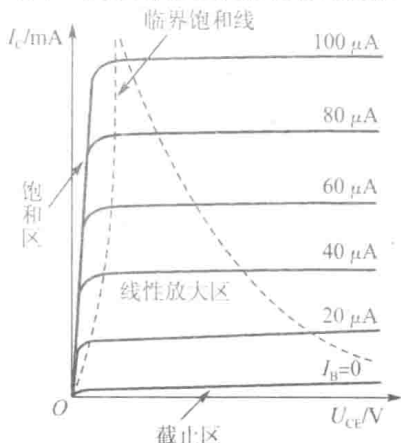


图 A14.3 三极管输出特性曲线

(3) 主要参数

电流放大系数($\bar{\beta}$ 和 β):直流(静态)电流放大系数, $\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$;交流(动态)电流放大系

数, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ 。

反向饱和电流 I_{CBO} 和穿透电流 I_{CEO} :两者的关系 $I_{CEO} \approx (1 + \beta) I_{CBO}$,它们随温度升高而增大,影响电路工作的稳定性。

集电极最大允许电流 I_{CM} :集电极电流超过 I_{CM} 时, β 值下降 $\frac{1}{3}$ 。

反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}$:基极开路时,集电极和发射极之间的最大允许电压。

集电结最大允许耗散功率 P_{CM} : $P_{CM} = I_C U_{CE}$ 。

P_{CM} 、 I_{CM} 和 $U_{(BR)CEO}$ 称为晶体管的极限参数,三者决定了三极管的安全工作区。

8. 光电器件

光电器件分为发光器件和光敏器件,前者如发光二极管(LED),后者如光敏二极管和光敏晶体管。

发光二极管:加上正向电压并有足够大的正向电流时,就能发出一定波长范围的光。发光二极管的工作电压一般为 1.5 ~ 3.5 V,工作电流一般为几 ~ 十几 mA。发光二极管的电路符号如图 A14.4 所示。

光敏二极管:在反向电压下工作。当无光照时,和普通二极管一样,其反向电流很小,称为暗电流。当有光照时,产生的反向电流称为光电流。光照度 E 越强,光电流也越大,但一般只有几十微安,应用时必须放大。符号如图 A14.5 所示。

光敏晶体管:光敏晶体管用入射光照度 E 的强弱来控制集电极电流。当无光照时,集电极电流 I_{CEO} 很小,称为暗电流。当有光照时,集电极电流称为光电流。一般约为零点几毫安到几毫安。符号如图 A14.6 所示。



图 A14.4 发光二极管



图 A14.5 光敏二极管

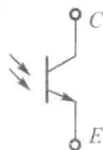
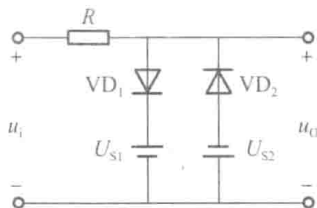


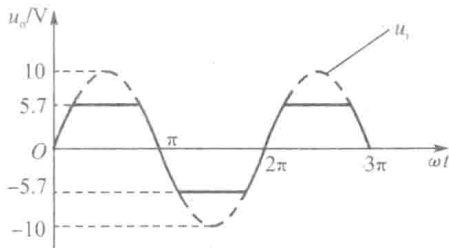
图 A14.6 光敏晶体管

经典例题解析

例 1 如图 A14.7(a) 所示电路, 设输入电压 $u_i = 10 \sin \omega t$ V, $U_{S1} = U_{S2} = 5$ V, VD_1 、 VD_2 均为硅管, 其正向导通电压降 $U_{VD} = 0.7$ V。试画出输出电压 u_o 的波形。



(a)



(b)

图 A14.7

解: 当 $u_i \geq 5.7$ V 时, VD_1 导通, VD_2 因反向偏置而截止

$$u_o = U_{VD1} + U_{S1} = 5.7 \text{ V}$$

当 $u_i \leq -5.7$ V 时, VD_1 因反向偏置而截止, VD_2 导通

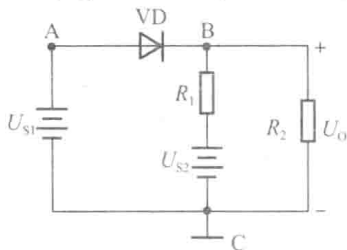
$$u_o = U_{VD2} + U_{S2} = -5.7 \text{ V}$$

当 $-5.7 \text{ V} < u_i < 5.7 \text{ V}$ 时, VD_1 和 VD_2 均截止

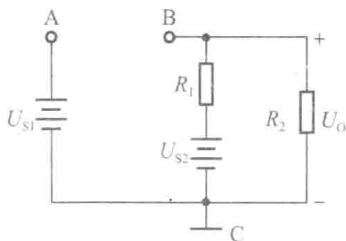
$$u_o = u_i$$

输出电压 u_o 的波形如图 A14.7(b) 所示。

例 2 如图 A14.8(a) 所示电路, VD 为硅管, 其正向导通电压降 $U_{VD} = 0.7$ V, $U_{S1} = 9$ V, $U_{S2} = 12$ V, $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$ 。试求输出端电压 u_o 。



(a)



(b)

图 A14.8

解:先将二极管从电路中断开,并设C点接地,如图A14.8(b)所示,则A点的电位

$$U_A = U_{s1} = 9 \text{ V}$$

B点的电位

$$U_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{s2} = \frac{6}{3 + 6} \cdot 12 = 8 \text{ V}$$

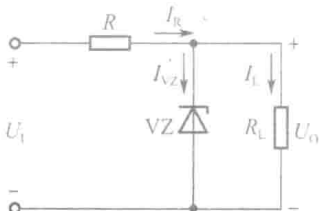
可见,A点的电位高于B点的电位。若将二极管接入电路中,则二极管的阳极电位高于阴极电位,故二极管因正向偏置而导通。

$$U_o = U_{s1} - U_{VD} = (9 - 0.7) \text{ V} = 8.3 \text{ V}$$

在该电路中,二极管VD起钳位的作用,它将B点的电位钳制在8.3 V上。

例3 如图A14.9所示电路是一个简单的并联型直流稳压电路。稳压电路的输入电压 $U_1 = 24 \text{ V}$,稳压管VZ的型号为2CW58, $U_Z = 10 \text{ V}$, $I_Z = 5 \text{ mA}$, $I_{ZM} = 23 \text{ mA}$,限流电阻 $R = 500 \Omega$,为保证电路为负载 R_L 提供10 V的稳定直流电压,试确定负载电阻 R_L 的适用范围。

解:为保证电路输出10 V的稳定直流电压,应使稳压管安全地工作于稳压区



图A14.9

$$I_R = \frac{U_1 - U_O}{R} = \frac{24 - 10}{0.5} \text{ mA} = 28 \text{ mA}$$

根据KCL得

$$I_R = I_{VZ} + I_L$$

当稳压管工作于稳压区时,若负载电阻 R_L 最小,则负载电流 I_L 最大。由于 I_R 不变,故由上式可知,稳压管的电流 I_{VZ} 最小。此时,应有

$$I_{VZ} = I_Z = I_R - I_L = I_R - \frac{U_O}{R_{L\min}} = \left(28 - \frac{10}{R_{L\min}} \right) \text{ mA}$$

$$R_{L\min} = 435 \Omega$$

若负载电阻 R_L 最大,则负载电流 I_L 最小。由于 I_R 不变,故稳压管的电流最大。此时,应有

$$I'_{VZ} = I_{ZM} = I_R - I_{L\min} = I_R - \frac{U_O}{R_{L\max}} = \left(28 - \frac{10}{R_{L\max}} \right) \text{ mA}$$

$$R_{L\max} = 2 \text{ k}\Omega$$

所以,负载电阻 R_L 的适用范围为 $435 \Omega \sim 2 \text{ k}\Omega$ 。

例4 现测得放大电路中四只晶体管的三个电极的电位分别为下列各组数值:

(a) 5 V, 1.0 V, 0.3 V

(b) 5 V, 4.8 V, 1 V

(c) 8.8 V, 8.6 V, 2 V

(d) -6 V, 0 V, -0.7 V

试判断晶体管类型、材料及三个管脚分别对应的电极。

解:工作在放大状态中的晶体管,发射结正向偏置、集电结反向偏置,因而处于放大状态中NPN型晶体管: $U_C > U_B > U_E$,PNP型晶体管 $U_C < U_B < U_E$ 。可见基极电位总是居中,由此可确定基极;

硅管的 $|U_{BE}|$ 约为0.6~0.8 V,锗管的 $|U_{BE}|$ 约为0.2~0.3 V,所以与基

极电位相差这一数值的那个电极为发射极,余下一个电极为集电极,并由差值判断是硅管还是锗管;集电极电位最低的是PNP型,反之为NPN型。

由此可得题中四只晶体管的类型、材料及管脚分别如下:

- (a) NPN型硅管,集电极,基极,发射极
 (b) PNP型锗管,发射极,基极,集电极
 (c) PNP型锗管,发射极,基极,集电极
 (d) PNP型硅管,集电极,发射极,基极

例 5 在下图中的两个双极型晶体管,测得每管两个电极上的直流电流如图 A14.10 所示。试判别每管的管型及 e, b, c 电极,并确定 $\beta = ?$



图 A14.10

解:对于 A 管,由图可知,② 端的实际电流为输出 3.9 mA。由于电流的实际方向是从 ③ 端流入,从 ①,② 端流出,所以该管是 PNP 型管,且 ③ 端为 e 极、① 端为 b 极而 ② 端为 c 极。

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{3.9}{0.1} = 39$$

对于 B 管,③ 端的实际电流为流入 0.02 mA。由于实际电流方向是从 ① 端流出,从 ②,③ 端流入,因而是 NPN 管,且 ① 端为 e 极,③,② 端分别为 b, c 极。

$$\beta = \frac{2}{0.02} = 100$$

例 6 说明图 A14.11 所示电路中开关 S 分别处于 a, b, c 三个位置,三极管工作于什么区;并计算 I_B , I_C 和 U_{CE} 的值。

解:三极管三个工作区的特点是:(1) 线性放大区:发射结正偏, $U_{BE} > 0$, 集电结反偏, $U_{BC} < 0$ V; (2) 饱和区:发射结正偏, $U_{BE} > 0$, 集电结也正偏, $U_{BC} > 0$ V,

且 $I_B \geq \frac{I_{CS}}{\beta}$, $I_{CS} \geq \frac{U_{CC}}{R_C}$; (3) 截止区:发射

结反偏, $U_{BE} \leq 0$, $I_B = 0$, $U_{CE} \approx U_{CC}$, $I_C = I_{CEO} \approx 0$ 。

在 a 点: $U_{BE} = 0$, $I_B \approx 0$, $I_C \approx 0$, $U_{CE} \approx U_{CC} = 12$ V, 三极管工作在截止区。

在 b 点: $U_{BE} = (0.6 \sim 0.8)$ V, $I_B = \frac{3 - 0.7}{10 \times 10^3} = 0.23$ mA

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 0.23 \times 10^{-3} = 23$$
 mA

$$I_{CS} \approx \frac{U_{CC}}{R_C} \approx \frac{12}{1 \times 10^3} = 12$$
 mA, $U_{CE} \approx 0$

由 $\beta I_B > I_{CS}$, 可知三极管工作在饱和区。

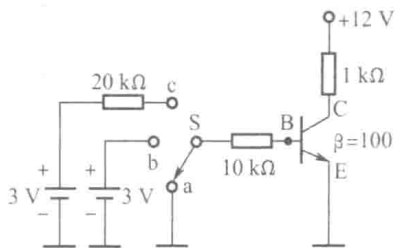


图 A14.11

$$\text{在 c 点: } U_{BE} = (0.6 \sim 0.8) \text{ V}, I_B = \frac{3 - 0.7}{30 \times 10^3} = 73.7 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 73.7 \times 10^{-6} = 7.37 \text{ mA} < I_{CS} = 12 \text{ mA}$$

$$U_{CE} = U_{CC} - I_C R_C = 12 - 7.37 \times 1 = 4.63 \text{ V}$$

可见三极管工作于放大区。

历年考研真题评析

1. 判断题: 稳压二极管工作于反向击穿区。() (北京科技大学电工技术考研试题)

解析: 稳压管正常工作于反向击穿状态。

答案: \checkmark

2. 判断题: 要使晶体管起放大作用, 集电结必须正向偏置, 而发射结必须反向偏置。() (北京科技大学电工技术考研试题)

解析: 晶体管的放大状态的外部条件: 发射结正偏, 集电结反偏。

答案: \times

3. 填空题: 在数字电路中, 晶体管工作在饱和与截止两种状态, 为了使晶体管可靠截止, 通常使管子的发射结和集电结均处于_____偏置状态。(华中科技大学电工电子学考研试题)

答案: 反向

4. 当在 PN 结上加正向电压, 即电源的正极接在_____区, 负极接在_____区, 此时 PN 结处于_____状态。(北京科技大学电工技术考研试题)

答案: P N 导通

5. 衡量稳压二极管稳压性能好坏的最主要的一个参数是()。

(A) 稳定电流 I_Z (B) 稳定电压 (C) 动态电阻 (D) 电压稳定系数

(华南理工大学电工学考研试题)

答案: (D)

6. PN 结在外加正向电压作用下, 内电场()。

(A) 增强 (B) 削弱 (C) 不变

(北京工业大学电工学考研试题)

答案: (B)

7. 电路如图研 14.1 所示, 稳压管 D_Z 的稳定电压 $U_Z = 6 \text{ V}$, 正向压降为 0.6 V , 输入电压 $u_i = 12 \sin \omega t \text{ V}$, 当 $\omega t = \frac{3}{2}\pi$ 瞬间, 输出电压 u_o 等于()。

(A) 12 V

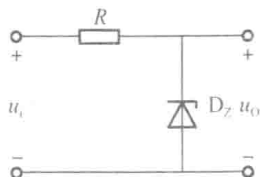
(B) -0.6 V

(C) 0.6 V

(D) 6 V

(华中科技大学电工电子学考研试题)

答案: (B)



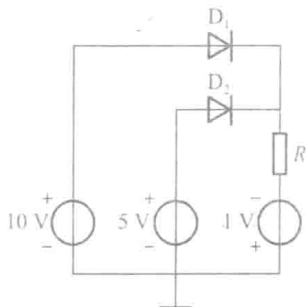
图研 14.1

8. 二极管钳位电路如图研 14.2 所示, 各二极管的工作状态是()。

- (A) D_1 、 D_2 均导通
 (B) D_1 导通, D_2 截止
 (C) D_1 截止, D_2 导通
 (D) D_1 、 D_2 均截止

(华中科技大学电工电子学考研试题)

答案: (B)



图研 14.2

9. 一个 NPN 管在电路中正常工作, 现测得 $U_{BE} > 0$, $U_{BC} > 0$, $U_{CE} > 0$, 则此三极管工作区为()。

- (A) 截止区 (B) 饱和区 (C) 放大区

(华南理工大学电工学考研试题)

答案: (B)

10. 工作在放大区的某三极管, 如果 I_b 从 $15 \mu\text{A}$ 增大到 $25 \mu\text{A}$, I_c 从 1 mA 变为 2 mA , 它的 β 约为()。

- (A) 83 (B) 91 (C) 100

(北京工业大学电工学考研试题)

答案: (C)

11. NPN 三极管在工作时三个电极的电位为 $U_B = 2.7 \text{ V}$, $U_C = 6 \text{ V}$, $U_E = 2 \text{ V}$, 则此三极管工作在()。

- (A) 饱和状态 (B) 放大状态 (C) 截止状态 (D) 频率失真状态

(华中科技大学电工电子学考研试题)

答案: (B)

12. 已知放大电路中某晶体管三个电极的电位分别为 $U_E = 6 \text{ V}$, $U_B = 5.3 \text{ V}$, $U_C = 0 \text{ V}$, 则该管为()。

- (A) PNP 型锗管 (B) NPN 型锗管 (C) PNP 型硅管 (D) NPN 型硅管

(华中科技大学电工电子学考研试题)

答案: (C)

13. 测得工作在放大电路中的三极管三个电极的电位分别为 3.5 V 、 2.8 V 、 12 V , 则该管是()。

- (A) NPN 硅管 (B) PNP 硅管 (A) NPN 锗管

(北京工业大学电工学考研试题)

答案: (A)

14. 已知某晶体管处于放大状态, 测得其三个极的电位分别为 6 V 、 9 V 和 6.3 V , 则 6 V 所对应的电极为()。

- (A) 发射极 (B) 集电结 (C) 基极

(华南理工大学电工学考研试题)

答案: (A)

15. 当晶体管工作在放大区时, 发射结电压和集电结电压应为()。

(A) 前者反偏,后者也反偏

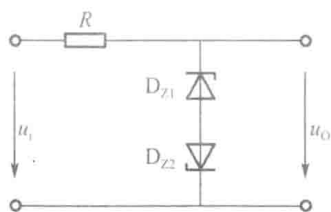
(B) 前者正偏、后者反偏

(C) 前者正偏、后者也正偏

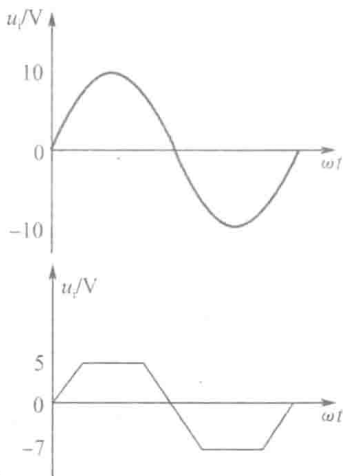
(北京工业大学电工学考研试题)

答案:(B)

16. 图研 14.3 所示电路,稳压二极管可视为理想元件,设 D_{Z1} 的稳定电压为 5 V, D_{Z2} 的稳定电压为 7 V,在 $u_i = 10 \sin \omega t$ V 的作用下,试画出 u_o 的波形图。(江苏大学电电子学考研试题)



图研 14.3



图研 14.4

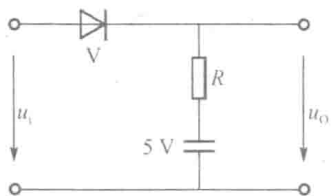
解: $u_i > 5$ V, D_{Z1} 反向击穿, D_{Z2} 正向导通, $u_o = 5$ V

$u_i < -7$ V, D_{Z2} 反向击穿, D_{Z1} 正向导通, $u_o = -7$ V

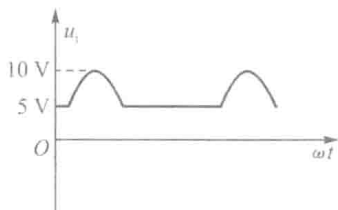
其他情况下,两稳压管均截止, $u_o = u_i$

u_o 的波形如图研 14.4 所示。

17. 图研 14.5 所示电路,二极管视为理想元件, $u_i = 10 \sin \omega t$ V, 试画出 u_o 的波形。(江苏大学电电子学考研试题)



图研 14.5



图研 14.6

解: 二极管阴极电位为 5 V

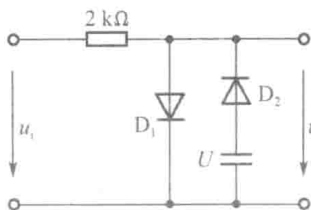
$u_i > 5$ V, 二极管导通, 可看做短路, $u_o = u_i$

$u_i < 5$ V, 二极管截止, 可看做开路, $u_o = 5$ V

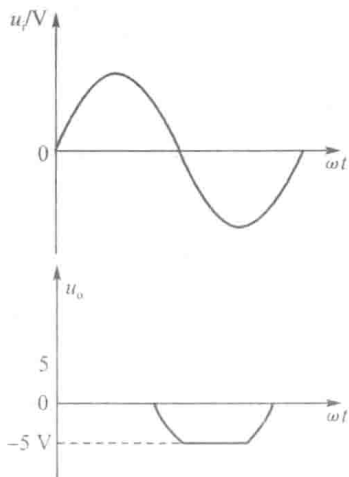
画出 u_o 的波形如图研 14.6 所示。

18. 电路和输入信号波形如图研 14.7 所示, 已知 $U = 5$ V, $u_i = 10 \sin \omega t$ V, 二极管

视为理想二极管,试画出输出电压 u_o 的波形。(华中科技大学电工电子学考研试题)



图研 14.7



图研 14.8

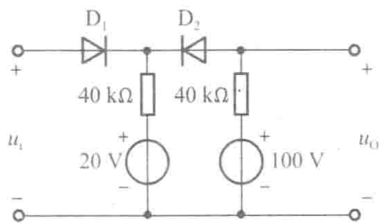
解: $u_i > 0$ V, 二极管 D_1 导通, 可看做短路, $u_o = 0$ V

-5 V $\leq u_i \leq 0$ V, 二极管 D_1, D_2 均截止, 可看做开路, $u_o = u_i$

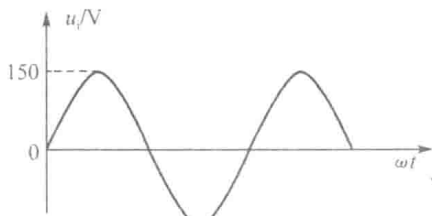
$u_i < -5$ V, 二极管 D_2 导通, 可看做短路, $u_o = -5$ V

出 u_o 的波形如图研 14.8 所示。

19. 电路如图研 14.9(a) 所示, 设 D_1, D_2 均为理想元件, 已知输入电压 $u_i = 150 \sin \omega t$ V, 如图研 14.9(b) 所示, 试画出电压 u_o 的波形。(华中科技大学电工电子学考研试题)

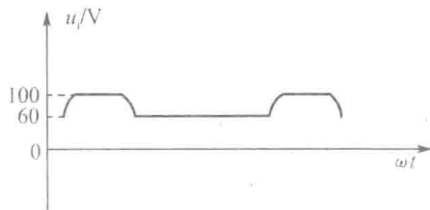


(a)



(b)

图研 14.9



图研 14.10

解: $u_i < 60$ V, 二极管 D_1 截止, D_2 导通, $u_o = 60$ V

$60\text{ V} \leq u_i \leq 100\text{ V}$, 二极管 D_1 、 D_2 均导通, $u_o = u_i$
 $u_i > 100\text{ V}$, 二极管 D_1 导通, D_2 截止, $u_o = 100\text{ V}$
 出 u_o 的波形如图研 14.10 所示。

本章练习与思考题详解

14.1.1 电子导电和空穴导电有什么区别?空穴电流是不是由自由电子递补空穴所形成的?

解:电子导电是自由电子在外电场作用下定向运动,携带负电荷导电,运动方向与电流方向相反;空穴导电则是由被原子核束缚的价电子在共价键之间递补空穴,在外电场作用下形成空穴的定向运动,携带正电荷导电,运动方向与电流方向相同。

空穴导电是所特有的,不是自由电子递补空穴所形成的,而是价电子递补空穴形成的,空穴参与导电,其数量不减。

14.1.2 杂质半导体中的多数载流子和少数载流子是怎样产生的?为什么杂质半导体中少数载流子的浓度比本征半导体的浓度小?

解:当在纯净半导体掺杂时,杂质原子的价电子中多于电子被挤入能级更高的外层,使之易于挣脱原子核引力的束缚,从而成为自由电子;或者因为杂质原子少了一个价电子,而在共价键上形成“空位”,“空位”很容易被相邻电子中的价电子填充,于是在相邻原子上形成空穴。

掺杂浓度增加,这种自由电子和空穴的数量远远多于本征激发所产生的自由电子或空穴数量,形成多数载流子。

由于复合作用,杂质半导体中少子浓度要比本征载流子浓度小得多。

14.1.3 N型半导体中的自由电子多于空穴,而P型半导体中的空穴多于自由电子,是否N型半导体带负电,而P型半导体带正电?

解:N型半导体中五价原子的一个价电子被挤入最外层而挣脱原子核束缚成为自由电子时,该杂质原子则多了一个价电子,从而成为带负电的自由电子。

P型半导体由于掺入了三价元素硼,为了形成稳定的共价键,则需从其他原子核的外层电子拉一电子进来,在原来的地方留下一空穴,空穴带正电。

不论N型、P型半导体,多数载流子浓度远远高于少数载流子,但电荷量平衡,对外整体不显电性。

14.3.1 二极管的伏安特性上有一个死区电压。什么是死区电压?硅管和锗管的死区电压的典型值为多少?

解:当正向偏置电压超过某值时,正向电流才迅速增大,这个电压称为死区电压。

出现死区电压的原因是PN结形成后,空间电荷区的内电场阻碍多数载流子扩散运动,当外加正向电压很低时,不能克服内电场的阻碍作用,这样使得正向扩散电流很小,通过二极管的电流较小(近似为0),硅管和锗管的死区电压分