

经典教材辅导用书



模拟电子技术基础 问答·例题·试题

(修订版)

主 编 陈大钦
副主编 傅恩锡

● 普通高等学校本、专科学生复习和备考
● 硕士研究生入学考试备考
● 成人高等教育、高等职业技术教育学生自学和备考

华中科技大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



模拟电子技术基础 问答·例题·试题

（第2版）

主 编 蔡 翔
副主编 蔡 明 蔡 颖



模拟电子技术基础

问答 · 例题 · 试题

(修订版)

主 编	陈大钦		
副主编	傅恩锡		
编 者	陈大钦	傅恩锡	彭容修
	舒介武	周京广	

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础问答·例题·试题(修订版)/陈大钦 主编
武汉:华中科技大学出版社,2005年4月
ISBN 7-5609-3176-6

I. 模…

II. ①陈… ②傅… ③彭… ④舒… ⑤周…

III. 模拟电路-高等学校-教学参考资料

IV. TN710

模拟电子技术基础问答·例题·试题(修订版)

陈大钦 主 编
傅恩锡 副主编

责任编辑:黄以铭

封面设计:潘 群

责任校对:章 红

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×960 1/16

印张:28.5

字数:500 000

版次:2005年4月第2版

印次:2005年4月第12次印刷

定价:32.00元

ISBN 7-5609-3176-6/TN·83

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是为配合高等学校(本、专科)“模拟电子技术基础”课程有关教材而编写的一本教学和自学参考书。编者根据多年教学实践的体会,并归纳总结了学生在学习中所遇到的各种典型问题,以问答和例题分析的形式来编排内容。在选题上,侧重于课程的重点和难点,并非面面俱到。全书共列出了300多个问题和例题,以集成电路为主,自成体系,颇具特色。此外,每章还安排了经过精选的自测题(即试题),书末附有典型的模拟电子技术基础试卷和硕士研究生入学考试电子技术基础试题(示例)以及试卷答案。

该书形式活泼,内容丰富,适用于普通高校本、专科学生和电大、职大、函大学生自学、复习和备考,也适用于其他从事电子技术的教学人员和自学者参考。

再 版 序

本书初版于1996年面世,由于其所列选的问题、例题极具代表性和启发性,紧扣教材的中心思想,为读者学好模拟电子技术基础提供了有力的帮助,故深受广大读者的欢迎。本次修订不仅充分吸收了读者有益的反馈意见,且进一步精选了内容,使之更加完善。

本书是为配合高等学校(本、专科)“模拟电子技术基础”课程有关教材的学习,并参考国家教委颁布的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》和《高等工程专科学校电子技术基础课程教学基本要求》而编写的一本教学参考书。编者根据多年来教学实践过程中学生所提出的疑难问题,并考虑到读者的特点,以问答和例题的形式分析和解答各种问题。

编写本书的指导思想是:

1. 在选材编排方面,力求做到由浅入深,循序渐进,引导学生运用基本概念、基本原理和基本分析方法来分析疑难问题,注意培养学生解决实际问题的能力;
2. 题材围绕课程的重点、难点来选取,而非面面俱到;
3. 在保证基本教学内容的前提下,为了适应电子技术迅速发展的新形势和因材施教的需要,该书选材内容与教材和《基本要求》相比有适当拓宽;
4. 为了帮助读者巩固所学知识,检查学习情况,每章后面附有经过精选的自测题(即试题),书末附有典型的模拟电子技术基础试卷和硕士研究生入学考试电子技术基础试题(示例)以及自测题和试卷答案;
5. 本书可供普通高校本科、专科学生和电大、职大、函大学生自学、复习和备考,也适用于其他从事电子技术的教学人员和自学者参考。

根据以上思想,全书共分十章,共计300多个问题,以集成电路为主,自成体系。读者可根据需要选学有关内容。

参加本书编写工作的有周京广(第1、4章及附录A-N)、傅恩锡(第2章)、彭容修(第3、9章)、舒介武(第5、10章及附录A-I)和陈大钦(第6、7、8章及附录A-I、II和附录B),陈大钦为主编,傅恩锡为副主编,彭容修同志审阅并修改了部分书稿。

电子技术的发展日新月异,教学改革任重道远,我们的能力与所提出的要求相比,还有较大差距,且由于水平所限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2005年1月

目 录

第1章 半导体器件

1.1 PN 结和半导体二极管	(1)
1.2 双极型三极管	(11)
1.3 场效应管	(19)
自测题	(26)
自测题答案	(33)

第2章 基本放大电路

2.1 共射极基本放大电路的组成及工作原理	(36)
2.2 放大电路的静态分析	(40)
2.3 放大电路的动态分析	(48)
2.4 放大电路的工作点稳定问题	(65)
2.5 共集电极电路和共基极电路	(70)
2.6 场效应管放大电路	(85)
自测题	(96)
自测题答案	(106)

第3章 多级放大及放大器的频率响应

3.1 多级放大器	(109)
3.2 放大器频率响应的基本概念	(127)
3.3 单级放大器的低频响应	(130)
3.4 单级放大器的高频响应	(133)
3.5 单级放大器的瞬态响应	(142)
3.6 多级放大器的频率响应	(145)
3.7 扩展放大器通频带的方法	(147)

自测题.....	(149)
自测题答案.....	(154)

第4章 功率放大器

4.1 功率放大器的特殊问题	(157)
4.2 实用的功率放大器	(168)
自测题.....	(183)
自测题答案.....	(189)

第5章 模拟集成运算放大器

5.1 组成集成运算放大器的基本单元电路	(193)
5.2 集成运算放大器	(219)
自测题.....	(231)
自测题答案.....	(239)

第6章 反馈放大器

6.1 反馈的基本概念与分类	(242)
6.2 负反馈对放大器性能的影响	(249)
6.3 深度负反馈条件下的近似估算	(254)
6.4 负反馈放大器的方框图分析法	(259)
6.5 负反馈放大器的稳定问题	(268)
自测题.....	(272)
自测题答案.....	(279)

第7章 信号的运算与处理电路

7.1 基本运算及其应用电路	(282)
7.2 模拟乘法器	(302)
7.3 有源滤波器、模拟电感与电容倍增电路.....	(306)
7.4 线性整流器及采样-保持电路.....	(317)
自测题.....	(319)
自测题答案.....	(328)

第8章 信号发生器

8.1 RC 正弦波振荡器	(331)
---------------------	-------

8.2 LC 正弦波振荡器	(337)
8.3 石英晶体振荡器	(345)
8.4 非正弦波发生器	(346)
8.5 压控振荡器	(354)
自测题	(357)
自测题答案	(363)

第9章 直流电源

9.1 整流与滤波电路	(366)
9.2 稳压管稳压电路	(372)
9.3 串联型稳压电路	(375)
9.4 三端集成稳压电路	(383)
9.5 开关型直流稳压电路	(386)
9.6 晶闸管整流电路	(390)
自测题	(395)
自测题答案	(399)

第10章 模拟电子电路读图练习

10.1 阅读电子电路图的基本步骤	(401)
10.2 带音调控制的音频放大器	(402)
10.3 脉冲按键式电话机电路	(409)

附 录

附录A 模拟电子技术基础试卷及其答案	(417)
I. 试卷一(本科)	(417)
II. 试卷二(本科)	(422)
III. 试卷三(高等工程专科)	(428)
IV. 试卷四(高等工程专科)	(433)
附录B 硕士研究生入学考试电子技术基础试题(示例) (包含模拟与数字及其答案)	(437)
参考文献	(444)

第 1 章

半导体器件

1.1 PN 结和半导体二极管

1.1.1 PN 结的伏安特性是怎样的？有何特点？

答 PN 结是半导体器件的基本构件。掌握 PN 结的伏安特性及其特点，有助于了解其他半导体器件的工作原理和特性。

根据理论分析，PN 结的伏安特性可表示为

$$I = I_s(e^{\frac{V}{V_T}} - 1) = I_s(e^{\frac{V}{kT}} - 1) \quad (1.1.1)$$

式中， I 为流过 PN 结的电流；

I_s 为 PN 结的反向饱和电流，是一个与环境温度和材料等有关的参数，单位与 I 的单位一致；

V 为外加电压；

$V_T = kT/q$ ，为温度的电压当量（其单位与 V 的单位一致），其中玻耳兹曼常数 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ，电子电量 $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，则 $V_T = \frac{T}{11\,600} \text{ V}$ ，在常温（ $T = 300 \text{ K}$ ）下， $V_T = 26 \text{ mV}$ 。

当外加正向电压，即 V 为正值，且 V 比 V_T 大几倍时， $e^{\frac{V}{V_T}} \gg 1$ ，于是 $I \approx I_s e^{\frac{V}{V_T}}$ ，这时正向电流随正向电压的增加按指数规律增大，PN 结为正向导通状态。

外加反向电压，即 V 为负值，且 $|V|$ 比 V_T 大几倍时， $e^{\frac{V}{V_T}} \ll 1$ ，于是 $I \approx -I_s$ ，这时 PN 结只流过很小的反向饱和电流，且数值上基本不随外加电压而变，PN 结呈反向截止状态。

PN 结的伏安特性也可用特性曲线表示，如图 1.1.1 所示。

从式 (1.1.1) 伏安特性方程的分析和图 1.1.1 所示特

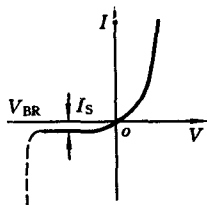


图 1.1.1

性曲线(实线部分)可见:PN 结具有单向导电性和非线性伏安特性。

1.1.2 什么是PN 结的反向击穿?PN 结的反向击穿有哪几种类型?各有何特点?

答 当作用在PN 结的反向电压增大到 V_{BR} 值时,反向电流剧增,如图 1.1.1 中虚线部分所示,这种现象称为PN 结的反向击穿。发生反向击穿的电压 V_{BR} 称为击穿电压。

反向击穿有电击穿和热击穿两类。产生电击穿的物理过程又有齐纳击穿和雪崩击穿两种类型。

齐纳击穿常发生在掺杂浓度高、空间电荷区较薄的PN 结,其击穿电压较低,具有负的温度系数,即温度升高时,击穿电压降低。

雪崩击穿常发生在掺杂浓度低,空间电荷区较厚的PN 结,其击穿电压较高,具有正的温度系数,即温度升高时,击穿电压增高。

齐纳击穿和雪崩击穿都属于电击穿,这种击穿是可逆的,当外加电压(绝对值)下降到击穿电压以下时,PN 结又恢复单向导电性。但是,当反向电流和反向电压的乘积超过PN 结允许的耗散功率时,PN 结就由电击穿变为热击穿,造成永久性破坏。

如果将PN 结与限流电阻串联,使其工作在反向击穿状态时,流过的反向电流被限止在允许的范围内,则PN 结不至于损坏。利用PN 结反向击穿时,流过的电流在较大范围内变化,而两端的电压 V_{BR} 基本保持不变的特点,可以达到稳定电压的效果。硅稳压管就是利用这种稳压特性工作的一种特殊二极管,其稳压值就是其击穿电压值。

1.1.3 PN 结的结电容是怎样形成的?和普通电容相比有什么区别?结电容对二极管的单向导电性有什么影响?

答 PN 结的结电容由势垒电容 C_B 和扩散电容 C_D 组成。

势垒电容 C_B 是由空间电荷区引起的。空间电荷区内有不能移动的正负离子,各具有一定的电量。当外加反向电压变大时,空间电荷区变宽,存储的电荷量增加;当外加反向电压变小时,空间电荷区变窄,存储的电荷量减小,这样就形成了电容效应。势垒电容大小随外加电压改变而变化,是一种非线性电容,而普通电容为线性电容。在实际应用中,常用微变电容作为参数,变容二极管就是势垒电容随外加电压变化比较显著的二极管。电容 C_B 的大小随外加反向电压 V_R 变化的关系如图 1.1.3(a)所示。

扩散电容 C_D 是载流子在扩散过程中的积累而引起的。PN 结加正向电压时,N 区的电子向P 区扩散,在P 区形成一定的电子浓度(n_p)分布,PN 结边缘处浓度大,离结远的地方浓度小,电子浓度按指数规律变化,如图 1.1.3(b)的

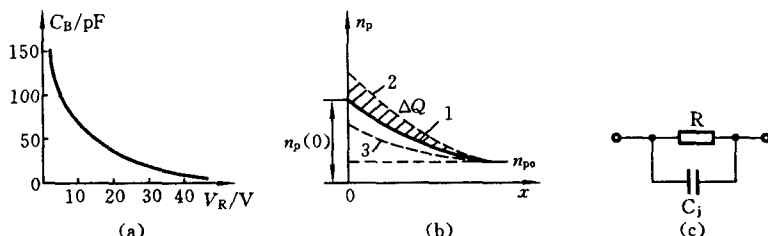


图 1.1.3

曲线 1 所示(图中 x 表示离 PN 结的距离);当正向电压增加时,电子浓度分布如曲线 2 所示,载流子积累增加了 ΔQ ;反之,则减小载流子积累,如曲线 3 所示。同理,在 N 区上空穴浓度随外加电压变化而变化的关系与 P 区电子浓度的变化相同。因此,外加电压增加 ΔV 时所出现的正负电荷积累变化 ΔQ ,可用扩散电容 C_D 来模拟。 C_D 也是一种非线性的分布电容。

综上所述,势垒电容和扩散电容是同时存在的。PN 结正偏时,扩散电容远大于势垒电容;PN 结反偏时,扩散电容远小于势垒电容。势垒电容和扩散电容的大小都与 PN 结面积成正比。

在低频工作时,PN 结的结电容的容抗很大,可视为开路,对 PN 结的单向导电性无影响。而在高频运用时,由于容抗变小,结电容将旁路 PN 结的等效电阻,使 PN 结反偏时的等效阻抗变得很小,于是,PN 结的单向导电性变差,所以,在高频时必须考虑结电容的影响。图 1.1.3(c)示出了 PN 结的高频等效电路。其中, R 表示结电阻, C_j 表示结电容。

1.1.4 硅二极管和锗二极管的伏安特性有何异同?

答 半导体二极管是由一个 PN 结再加上电极、引线封装而成,所以,二极管的伏安特性与 PN 结的伏安特性基本类似。

图 1.1.4(a)和(b)分别示出了实测的硅和锗二极管的伏安特性曲线。由图可见,当正向电压比较小时,正向电流几乎为零,这个区域称为“死区”,硅管的死区电压(又称开启电压)约为 0.5 V,锗管的死区电压约为 0.1 V。在实际应用中,常近似认为死区电压范围内的正向电流为零,二极管不导通。

正向电压大于死区电压以后,正向电流明显增加,在正常使用的电流范围内,二极管的正向压降很小,且几乎维持恒定。硅管约为 0.6~0.8 V(通常取 0.7 V),锗管约为 0.2~0.3 V(通常取 0.2 V)。

当二极管承受反向电压时,反向电流很小,在室温下,小功率硅管的反向饱和电流小于 0.1 μA ,锗管为几十微安。因此,虽然硅管的温度系数大,温度变化时,硅管的反向电流变化比锗管的变化快,但在同一温度下,硅管的反向

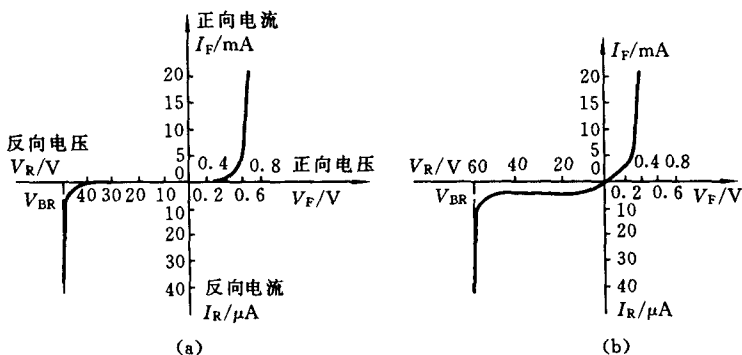


图 1.1.4

饱和电流比锗管的反向饱和电流仍小得多。

当二极管的反向电压达到反向击穿电压 V_{BR} 时, 反向电流剧增, 二极管被击穿。对于普通二极管, 禁止工作在反向击穿区。通常, 硅管的击穿电压比锗管的击穿电压高, 硅管的反向击穿特性曲线比锗管的陡直。

现将硅二极管和锗二极管的性能比较列于表 1.1.4 中, 以供选用管子时参考。

表 1.1.4

二极管类型	正向压降 V_F/V	V_F 的温度系数/ $mV \cdot ^\circ C^{-1}$	开启电压/ V	反向电流 I_R	反向工作电压 V_R	允许结温/ $^\circ C$
硅二极管	约 0.6~0.8	约 -2.5	约 0.5	小, 小于 $1 \mu A$, 温度每升高 $8^\circ C$, I_R 约加一倍。	高	150~200
锗二极管	约 0.2~0.3	约 -2.5	约 0.1	大, 几十微安, 温度每升高 $10^\circ C$, I_R 约加一倍。	低	75~100

1.1.5 二极管是非线性元件, 它的直流电阻和交流电阻有何区别? 用万用表欧姆档测量的二极管电阻属于哪一种? 为什么用万用表欧姆档的不同量程测出的二极管阻值也不同?

答 二极管的直流电阻 R_D 是指二极管两端所加直流电压 V 与流过它的直流电流 I 之比。如图 1.1.5 所示, 二极管工作在 Q 点 (又称静态工作点) 时的直流电阻 $R_D = V/I$ 。

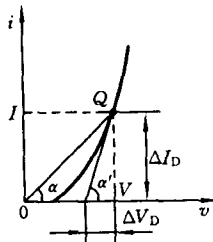


图 1.1.5

二极管的交流电阻是指在 Q 点附近电压变化量 ΔV_D 与

电流变化量 ΔI_D 之比, 即 $r_D = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D}$, 也就是曲线在工作点处的切线斜率的倒数。

交流电阻还可利用 PN 结的伏安特性方程求得。因为

$$\frac{1}{r_D} = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_D} \approx \frac{dI}{dV} = \frac{d[I_S(e^{V/V_T} - 1)]}{dV} = \frac{I_S}{V_T} e^{V/V_T} \approx \frac{I}{V_T}$$

所以 $r_D = V_T / I$ $V_T = 26 \text{ mV}$

式中, I 是静态工作点的电流值。工作点的位置不同, 交流电阻也不同。 I 越大, 曲线越陡, r_D 越小, 反之亦然。

交流电阻是动态电阻, 不能用万用表测量。用万用表欧姆档测出的正、反向电阻是二极管的直流电阻。

用欧姆档的不同量程去测量二极管的正向电阻, 由于表的内阻不同, 使测量时流过管子的电流大小不同, 也就是工作点的位置不同(参见图 1.1.5), 故测出的 R_D 值不同。

1.1.6 硅稳压二极管有哪些主要参数? 已知稳压管 2CW11 的电压温度系数为 $-0.05\%/^{\circ}\text{C}$, 2CW20 为 $+0.095\%/^{\circ}\text{C}$ 。为了减小温度对稳压值的影响, 有人把同一型号的两个稳压管正、反向串联, 如图 1.1.6(a) 和 (b) 所示。也有人把这两种不同型号的稳压管顺向串联使用, 如图 1.1.6(c) 所示。这三种做法都能起到减小电压温度系数绝对值的作用吗?

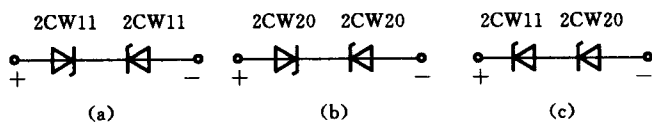


图 1.1.6

答 硅稳压二极管, 简称稳压管, 是模拟电子电路中常用的一种特殊二极管。稳压管在发生电击穿时, 在反向电流变化的很大范围内, 管子两端电压几乎不变, 利用这一特性可稳压。

稳压管的主要参数有: 稳定电压 V_Z , 稳定电流 I_Z , 动态电阻 r_z , 最大稳定电流 I_{ZM} , 耗散功率 P_{ZM} 及 V_Z 的温度系数等。

稳压管正向运行时与普通二极管正向偏置时一样, 具有负的电压温度系数。稳压管反向稳压工作时的电压温度系数, 则与稳压值 V_Z 的大小有关。通常, V_Z 低于 4 V 的稳压管, 电压温度系数是负值(齐纳击穿); V_Z 高于 7 V 的稳压管, 电压温度系数是正值(雪崩击穿); V_Z 为 $4 \sim 7 \text{ V}$ 的稳压管, 电压温度系数很小, 其温度稳定性较好。

图 1.1.6(a) 所示电路中, 两个 2CW11 的管子反向串联, 一个作正向使用,

有负温度系数,另一个作稳压管使用,也是负温度系数,故不但不能实现温度补偿,相反增大了电压温度系数的绝对值。

图 1.1.6(b) 所示电路的连接方式与图 1.1.6(a) 所示电路相同,两个管子同为 2CW20,故两个管子的正、反向电压温度系数相反,使总的温度系数绝对值减小,因此,可以减小温度对稳压值的影响。

图 1.1.6(c) 所示电路是两个电压温度系数相反的不同稳压管顺向串联,温度变化对两管稳压值的影响相反而抵消,使总的电压温度系数绝对值减小。其稳压值是两管稳压值之和。

例 1.1.7 二极管中 PN 结的伏安特性是 $I = I_s(e^{V/V_T} - 1)$ 。若 $I_s = 20 \times 10^{-12} \text{ A}$, $V_T = 26 \text{ mV}$, 当用一个 1.5 V 的干电池接在二极管两端时,将有多大电流?

解 将 $I_s = 20 \times 10^{-12} \text{ A}$ 及 $V = 1.5 \text{ V} = 1500 \text{ mV}$ 代入 PN 结的特性方程,得

$$I = 20 \times 10^{-12} (e^{\frac{1500}{26}} - 1) = 2.27 \times 10^{14} \text{ A}$$

此时二极管的等效直流电阻为

$$R_D = \frac{V}{I} = \frac{1.5}{2.27 \times 10^{14}} \Omega = 6.6 \times 10^{-15} \Omega$$

实际情况是二极管的体电阻、接线电阻以及电池的内阻远大于 R_D , 故不会产生如计算结果那样大的电流。电路的电流值最终不是由二极管的伏安特性决定,而是由二极管的体电阻、接线电阻及电池内阻决定。通常后者远小于 1Ω , 故电路中的电流将远大于 1 A, 足以将电池和二极管损坏。因此,在实际应用中不允许将电池直接与二极管相连接,而必须接一限流电阻。

例 1.1.8 二极管电路如图 1.1.8 所示,判断图中二极管是导通还是截

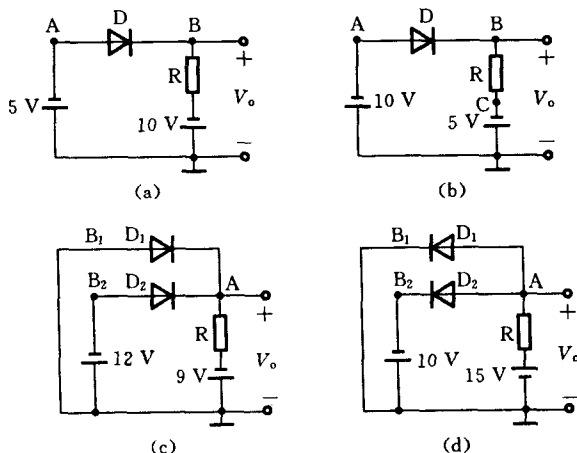


图 1.1.8

止,并确定各电路的输出电压 V_o 。设二极管的导通压降为 0.7 V 。

解 判断二极管在电路中的工作状态,常用的方法是:首先假设二极管断开,然后求得二极管阳极与阴极之间将承受的电压。如果该电压值大于导通电压,则说明该二极管处于正向偏置而导通,两端的实际电压为二极管的导通压降;如果该电压值小于导通电压,则说明该二极管处于反向偏置而截止。

值得注意的是:在用上述方法判断的过程中,如果电路中出现两个或两个以上二极管承受大小不相等的正向电压,则应判定承受正向电压较大者优先导通,其两端电压为导通电压降,然后再用上述方法判断其余二极管。本题判断如下。

1. 在图1.1.8(a)所示电路中,首先将二极管D断开,求二极管两端将承受的电压

$$V_{AB} = V_A - V_B = -5\text{ V} - (-10\text{ V}) = 5\text{ V}$$

显然,二极管接入以后处于正向偏置,工作在导通状态。

如果设二极管是理想器件,正向导通压降 $V_F = 0\text{ V}$,则输出电压 V_o 。被二极管钳位在 $V_o = V_A - V_F = -5\text{ V}$ 。若考虑二极管的正向压降 $V_F = 0.7\text{ V}$,那么,输出电压 $V_o = V_A - V_F = -5\text{ V} - 0.7\text{ V} = -5.7\text{ V}$ 。

2. 在图1.1.8(b)所示电路中,断开二极管D,有

$$V_{AB} = V_A - V_B = [-10 - (-5)]\text{ V} = -5\text{ V}$$

可见,二极管D接入以后,将承受反向电压,D处于截止状态(断开),电路中电流等于零(认为反向饱和电流为零),电阻R上的电压降等于零,故

$$V_o = V_B = V_C = -5\text{ V}$$

3. 在图1.1.8(c)所示电路中,首先将 D_1 和 D_2 断开,求得两管将承受的电压

$$D_1\text{ 管: } V_{B1A} = V_{B1} - V_A = [0 - (-9)]\text{ V} = 9\text{ V}$$

$$D_2\text{ 管: } V_{B2A} = V_{B2} - V_A = [-12 - (-9)]\text{ V} = -3\text{ V}$$

二极管接入以后, D_1 因正偏处于导通状态, V_A 被 D_1 钳位在 -0.7 V ,故

$$V_o = V_A = -0.7\text{ V}$$

而 $V_{B2A} = [-12 - (-0.7)]\text{ V} = -11.3\text{ V}$,所以, D_2 因反偏处于截止状态。

4. 在图1.1.8(d)所示电路中,首先将 D_1 和 D_2 断开,求得两管将承受的电压

$$D_1\text{ 管: } V_{AB1} = V_A - V_{B1} = V_A = 15\text{ V}$$

$$D_2\text{ 管: } V_{AB2} = V_A - V_{B2} = [15 - (-10)]\text{ V} = 25\text{ V}$$

二极管接入以后, D_2 因承受的正向电压较 D_1 高,优先导通,使 V_A 钳制在 $V_A = V_{B2} + V_{F2} = (-10 + 0.7)\text{ V} = -9.3\text{ V}$ 。此时, D_1 因承受反向电压而截止。故

$$V_o = V_A = -9.3\text{ V}$$

例1.1.9 二极管的双向限幅电路如图1.1.9(a)所示。设 v_i 为幅值大于直流电源 $V_{C1} (= -V_{C2})$ 值的正弦波,二极管为理想器件。试画出 v_o 的波形。

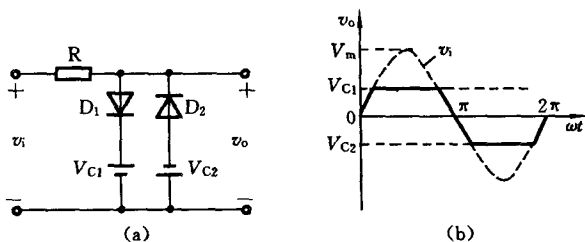


图 1.1.9

解 该电路的输出波形,取决于二极管 D_1 、 D_2 的工作状态,因此,本题的关键是确定二极管 D_1 、 D_2 分别由截止状态转变为导通状态时所需的输入电压值。

当 v_i 为正半周时,若 $v_i < V_{C1}$, 二极管 D_1 、 D_2 均截止,输出电压 $v_o = v_i$; 若 $v_i > V_{C1}$, D_1 因正偏而导通, $v_o = V_{C1}$, D_2 仍反偏截止。

当 v_i 为负半周时,若 $|v_i| < |V_{C2}|$, 二极管 D_1 、 D_2 均截止,输出电压 $v_o = v_i$; 若 $|v_i| > |V_{C2}|$, D_2 正偏导通, D_1 截止, $v_o = V_{C2}$ 。

综上所述,可画出 v_o 的波形如图 1.1.9(b) 所示。

例 1.1.10 在图 1.1.10(a) 所示钳位电路中,已知其输入电压信号 $v_i = -V_m \sin \omega t$, 其波形如图 1.1.10(b) 所示。试绘出输出电压 v_o 的波形,并说明 v_o 钳位在何值。设二极管是理想器件。

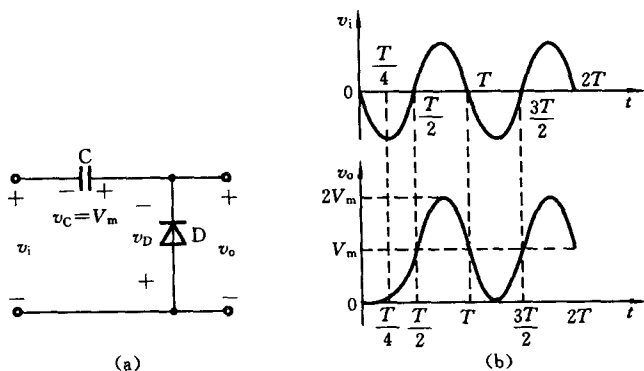


图 1.1.10

解 本题中, $v_o = v_c + v_i = -v_D$, 若 $v_D > 0$, D 导通, 电容 C 充电; 若 $v_D < 0$, 则 D 截止, v_c 保持不变。

设 $t=0$ 时, 电容两端电压为 0。在 $0 \sim T/4$ 期间, v_i 为负值, $v_D = -v_i - v_c > 0$, 二极管 D 正偏导通, $v_o = 0$ V, 电容 C 通过 D 充电, v_c 随 v_i 的负向增加而上升至 V_m , 极性如图 1.1.10(a) 所示。从 $t > T/4$ 开始, $v_D = -v_i - v_c < 0$, 二极管一直