

十一五规划理工类主干课程辅导丛书

◎ 电工电子 ◎

模拟电子技术 习题与解析

辛 巍 温鹏俊 编著

Exercise
&
Analysis

科学出版社

十一五规划理工类主干课程辅导丛书

模拟电子技术习题与解析

辛 巍 温鹏俊 编著

科学出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委制定的高等工业学校电子技术基础(模拟部分)课程的教学基本要求,并参照目前高校普遍使用的主流教材编写的一本模拟电子技术基础辅导教材。书中通过对知识点概念和习题的讲解与分析,帮助读者了解和掌握该课程的难点、要点,提高读者分析问题与解决问题的能力。

全书按照通行教材的章节安排,对模拟电子技术课程的内容进行归纳分类。每章分成若干个知识点,每个知识点又分为“要点归纳”和“例题解析”。“要点归纳”是对重要知识点的提炼总结;“例题解析”部分精选典型例题(包括疑难习题、课程考试试题以及近年考研真题),对例题的题意、解题思路、容易混淆的概念、容易产生的错误进行分析,并给出十分详尽的解答,以帮助读者熟练掌握常考知识点。部分解答还给出了多种解题方法,扩展读者的解题思路。全书最后提供了课程测试题和考研真题各一套,并附参考答案,以提高读者的应试水平和知识的综合应用能力。

本书可作为本、专科学生学习模拟电子技术课程的辅导教材,对准备考研的学生也是一本很好的考研复习资料。书中提供的海量习题为从事课程教学的老师提供了宝贵的教学资源,可供教师作为教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术习题与解析/辛巍,温鹏俊编著. —北京:

科学出版社, 2008

(十一五规划理工类主干课程辅导丛书)

ISBN 978-7-03-020957-3

I. 模… II. ①辛… ②温… 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(2008)第 010098 号

责任编辑: 张丽娜 / 责任校对: 李玉茹

责任印刷: 科 海 / 封面设计: 林 陶

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京科普瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2008 年 4 月第一版

开本: 16 开

2008 年 4 月第一次印刷

印张: 22.5

印数: 1-5000

字数: 547 千字

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

本书是根据国家教委颁布的高等工业学校基础课及基础课程教学基本要求组织编写的“十一五规划理工类主干课程辅导丛书”之一。

关于模拟电子技术

模拟电子技术基础是高等学校电类各专业及很多其他工科专业的一门重要的技术基础课程。电子技术在日新月异地发展,并已成为各个科学领域必不可少的关键技术之一。但是,电子技术的基本内容(各种功能电路的基本原理、基本电路组成和工程分析方法)是相对稳定的。所以,在各高等学校,模拟电子技术基础课程的基本要求,仍然是使学生掌握模拟电子技术的基本内容。本书正是基于这个目标要求而编写。

本书内容组织

本书由浅入深、系统全面地介绍了模拟电子技术的重要知识点和常见题型的解题思路和方法。全书共分 11 章。

第 1 章主要介绍半导体基础知识,阐述了半导体二极管、双极型晶体管、场效应管的工作原理、特性曲线和主要参数等内容。

第 2 章主要介绍放大电路的组成原则、主要性能指标、分析方法,晶体管和场效应管基本放大电路,基本放大电路的派生电路等内容。

第 3 章主要介绍以基本放大电路为单元电路组成的多级放大电路的耦合方式及分析方法,直接耦合放大电路的温漂问题,以及组成直接耦合多级放大电路的输入级——差分放大电路和输出级——互补电路等内容。

第 4 章主要介绍集成电路的结构特点、电路组成、主要性能指标等内容。

第 5 章主要介绍有关频率响应的基本概念,晶体管和场效应管的高频等效模型,并阐明放大电路频率响应的分析方法。

第 6 章主要介绍反馈的基本概念、负反馈放大电路的框图及一般表达式、负反馈对放大电路性能的影响和放大电路的稳定性等问题,阐明了反馈的判断方法、尝试负反馈条件下放大倍数的估算方法、根据需要正确引入负反馈的方法、负反馈放大电路稳定性的判断方法和自激振荡的消除方法等内容。

第 7 章主要介绍理想运放的特点、基本运算电路和有源滤波电路。

第 8 章主要介绍正弦波振荡电路、非正弦波发生电路、波形变换电路和信号转换电路等内容。

第 9 章主要介绍功率放大电路的组成、最大输出功率和效率的估算等。

第10章主要介绍直流稳压电源的组成,各部分电路的工作原理和各种不同类型电路的结构及工作特点、性能指标。

第11章提供了考研真题和课程测试题各一套并配有相应的答案解析,供学生进行实战演练。

特色与优点

(1) **结构清晰,知识完整。**内容翔实、系统性强,依据高校教学大纲组织内容,同时覆盖最新版本的所有知识点,并将解题经验融入基本理论之中。

(2) **重点突出,针对性强。**提炼出每部分内容的知识点、重点及难点,以便帮助读者掌握教材的全部重点内容,提高课程学习和考试复习的效率。

(3) **学以致用,注重能力。**以知识要点—习题解析为主线编写,各知识点之后的习题练习可以让读者立刻学以致用,详尽的解题思路便于读者提高实际解题能力。

(4) **例题丰富,实用性强。**例题众多且题型多样,包括疑难习题、课程考试试题以及考研真题(以星号“★”标识),共数百道,并配有详细的分析和解答过程,旨在帮助读者通过全面的习题训练更好地巩固所学知识。

本书读者定位

本书既可作为大学在校学生学习模拟电子技术基础的辅导教材,也可供报考相关专业研究生的读者作系统复习用书,还可以供广大教师作为教学参考。

本书由辛巍、温鹏俊任主编,赵海君、刘伟、夏清飞、余虹波任副主编,全书框架结构由何光明拟定。另外,感谢余李平、梁永波、李琼、程勇、陆海峰、梁彩云、江松根、饶琴、管自英、吴会杰、苗晓婷、刘斌、尹志光、陈锦海、曲政等同志的关心和帮助。

由于编者水平和经验有限,加之编写时间仓促,本书难免会有不妥或错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年12月

目 录

第 1 章 常用半导体器件	1
1.1 半导体基础知识.....	1
1.1.1 要点归纳.....	1
1.1.2 例题解析.....	2
1.2 半导体二极管.....	3
1.2.1 要点归纳.....	3
1.2.2 例题解析.....	4
1.3 晶体管.....	11
1.3.1 要点归纳.....	11
1.3.2 例题解析.....	13
1.4 场效应管.....	20
1.4.1 要点归纳.....	20
1.4.2 例题解析.....	21
第 2 章 基本放大电路	27
2.1 基本共射放大电路.....	27
2.1.1 要点归纳.....	27
2.1.2 例题解析.....	28
2.2 放大电路的三种组态及派生电路.....	43
2.2.1 要点归纳.....	43
2.2.2 例题解析.....	45
2.3 场效应管放大电路.....	57
2.3.1 要点归纳.....	57
2.3.2 例题解析.....	58



第3章 多级放大电路	71
3.1 多级放大电路的动态分析	71
3.1.1 要点归纳	71
3.1.2 例题解析	72
3.2 直接耦合放大电路	87
3.2.1 要点归纳	87
3.2.2 例题解析	90
第4章 集成运算放大电路	106
4.1 集成运算放大电路概述	106
4.1.1 要点归纳	106
4.1.2 例题解析	108
4.2 集成运放中的电流源电路	117
4.2.1 要点归纳	117
4.2.2 例题解析	121
第5章 放大电路的频率响应	131
5.1 单管放大电路的频率响应	131
5.1.1 要点归纳	131
5.1.2 例题解析	135
5.2 多级放大电路的频率响应	152
5.2.1 要点归纳	152
5.2.2 例题解析	154
第6章 放大电路中的反馈	165
6.1 知识点1: 反馈的基本概念与分类	165
6.1.1 要点归纳	165
6.1.2 例题解析	166
6.2 知识点2: 负反馈放大电路的框图分析法	174
6.2.1 要点归纳	174
6.2.2 例题解析	175

6.3 知识点 3: 深度负反馈放大电路放大倍数的分析	180
6.3.1 要点归纳	180
6.3.2 例题解析	181
6.4 知识点 4: 负反馈对放大电路性能的影响	185
6.4.1 要点归纳	185
6.4.2 例题解析	187
6.5 知识点 5: 负反馈放大电路的稳定性	193
6.5.1 要点归纳	193
6.5.2 例题解析	194
第 7 章 信号的运算和处理	200
7.1 知识点 1: 基本运算电路	200
7.1.1 要点归纳	200
7.1.2 例题解析	205
7.2 知识点 2: 有源滤波电路	221
7.2.1 要点归纳	221
7.2.2 例题解析	225
第 8 章 波形的发生和信号的转换	240
8.1 知识点 1: 正弦波振荡电路	240
8.1.1 要点归纳	240
8.1.2 例题解析	242
8.2 知识点 2: 电压比较器	254
8.2.1 要点归纳	254
8.2.2 例题解析	257
8.3 知识点 3: 非正弦波发生电路	265
8.3.1 要点归纳	265
8.3.2 例题解析	268
第 9 章 功率放大电路	279
9.1 知识点 1: 功率放大电路概述	279
9.1.1 要点归纳	279



9.1.2 例题解析	280
9.2 知识点 2: 互补功率放大电路	284
9.2.1 要点归纳	284
9.2.2 例题解析	286
第 10 章 直流电源	302
10.1 知识点 1: 整流电路	302
10.1.1 要点归纳	302
10.1.2 例题解析	305
10.2 知识点 2: 滤波电路	312
10.2.1 要点归纳	312
10.2.2 例题解析	314
10.3 知识点 3: 稳压电路	319
10.3.1 要点归纳	319
10.3.2 例题解析	323
第 11 章 课程测试及考研真题	332
11.1 课程测试	332
11.2 课程测试参考答案	335
11.3 重点大学硕士研究生入学考试试题	340
11.4 重点大学硕士研究生入学考试试题参考答案	343

第 1 章 常用半导体器件

【基本知识点】 本征半导体、空穴、杂质半导体（P 型半导体和 N 型半导体）等基本概念，PN 结的形成原理及特性，二极管的结构及伏安特性、微变等效电路，晶体管的结构与基本原理、特性曲线，场效应管的特性等。

【重点】 二极管的伏安特性，稳压管的稳压原理，晶体管的基本原理、特性曲线。

【难点】 晶体管的基本原理。

1.1 半导体基础知识

1.1.1 要点归纳

1. 本征半导体

纯净的具有晶体结构的半导体称为本征半导体。

(1) 半导体

半导体由于其原子结构特点，导电性能介于导体和绝缘体之间，可通过人为地掺入特定的杂质元素来控制其导电性。

(2) 本征半导体中的两种载流子

共价键中的价电子受激发获得能量并摆脱共价键的束缚成为自由电子，同时在共价键中留下一个空位置，称为空穴。空穴带正电，在本征半导体中，自由电子与空穴成对出现。导体导电只有一种载流子，而本征半导体有两种，即自由电子和空穴。

2. 杂质半导体

(1) P 型半导体

在纯净半导体中掺入适量三价元素，使之取代晶格中硅原子的位置，就形成 P 型半导体。杂质原子的最外层只有三个价电子，故在新的共价键中形成空穴。空穴为多数载流子（简称“多子”），自由电子为少数载流子（简称“少子”）。掺入杂质越多，多子浓度越高，导电性越强。

(2) N 型半导体

在纯净半导体中掺入适量五价元素，使之取代晶格中硅原子的位置，就形成 N 型半导体。杂质原子的最外层有五个价电子，与周围硅原子形成共价键后还多一个电子成为自由电子，自由电子为多子，空穴为少子。



3. PN 结

把 P 型半导体与 N 型半导体制作在同一块硅片上, 在它们的交界面就形成 PN 结。PN 结具有单向导电性。

(1) 形成原理

由于界面两侧载流子浓度差而产生载流子扩散运动, P 型区空穴向 N 型区扩散, N 型区自由电子向 P 型区扩散。在边界两侧两种载流子产生复合, 形成带正电和负电的离子。在边界两侧形成空间电荷区, 称为 PN 结。

(2) PN 结的单向导电性

载流子由于浓度差而产生的运动称为扩散运动, 在电场力作用下的运动称为漂移运动。

当 PN 结正偏 (P 端接高电位、N 端接低电位) 时, 空间电荷区变窄, 内电场被削弱, 多子的扩散运动大于少子的漂移运动, 形成以多子为主体的正向扩散电流; 当 PN 结反偏时, 空间电荷区变宽, 加强了内电场, 少子的漂移运动大于多子的扩散运动, 形成以少子为主体的反向漂移电流。但少子数目极少, 所以反向电流可忽略不计, 认为 PN 结处于截止状态。

(3) PN 结的电流方程

PN 结两端的电压 U 与流过 PN 结的电流 I 用数学方程描述如下:

$$I = I_s (e^{\frac{U}{U_T}} - 1) \quad (1.1)$$

式中, I_s 是由少子漂移运动形成的反向饱和电流:

$U_T = \frac{kT}{q}$ 为热电压, 当室温为 27°C 时, $U_T = 26\text{mV}$ 。

(4) PN 结的伏安特性

由式 (1.1) 可知, 当 PN 结外加正向电压且 $u \gg U_T$

时, $i \approx I_s e^{\frac{u}{U_T}}$, 即 i 随 u 按指数规律变化; 当 PN 结外加反向电压且 $|u| \gg U_T$ 时, $i \approx -I_s$ 。 i 与 u 的关系曲线如图 1.1 所示, 称为 PN 结的伏安特性。

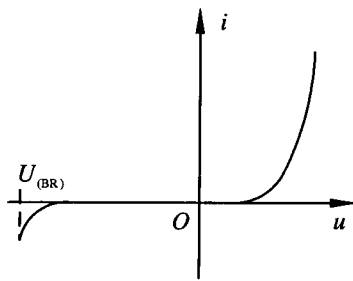


图 1.1

注意: $U_{(BR)} < u < 0$ 时, $i \neq 0$ 。只是因为反向电流非常小, 从图中看起来好像 $i = 0$ 。

可参考 1.2 节图 1.2。

1.1.2 例题解析

1. 选择题

【例 1-1】在 P 型半导体中, 多数载流子是_____。

- A. 电子 B. 空穴 C. 离子 D. 杂质

答：参见本节要点2（1）。本题答案为：B。

【例 1-2】 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

答：参见本节要点3（2）。本题答案为：A。

【例 1-3】 PN 结反向电压的数值增大，小于击穿电压，_____。

- A. 其反向电流增大 B. 其反向电流减小 C. 其反向电流基本不变

答：参见本节要点3（4）。本题答案为：C。

2. 填空题

【例 1-4】 在本征半导体中加入_____①_____元素可形成 N 型半导体，加入_____②_____元素可形成 P 型半导体。

答：参见本节要点2。本题答案为：①五价；②三价。

【例 1-5】 在杂质半导体中，多子的浓度主要取决于_____①_____。

答：参见本节要点2（1）。本题答案为：①杂质浓度。

3. 判断题

【例 1-6】 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。

答：参见本节要点2。N 型半导体中，多出未形成共价键的电子为自由电子，此时磷原子已取代硅原子的位置，各有四个共价键，然后掺杂硼，但晶格中硅原子的位置已被磷取代，故不能再被硼取代。本题答案为：错。

【例 1-7】 因为 N 型半导体的多子是自由电子，所以它带负电。

答：参见本节要点2。N 型半导体虽然以自由电子为多数载流子，但就其组成而言，原子核所带正电与电子所带负电相等，故保持电中性。同理 P 半导体也呈电中性。它们在外激发时电流为零。本题答案为：错。

【例 1-8】 PN 结在无光照、无外加电压时结电流为零。

答：参见本节要点3。PN 结在热激发下，耗尽层产生变化，就会产生电流。在外电场作用下，自由电子和空穴产生定向移动，就会产生电流。PN 结本身电量平衡不带电。本题答案为：对。

1.2 半导体二极管

1.2.1 要点归纳

1. 二极管的结构

半导体二极管由一个 PN 结，再加上电极、引线，封装而成。



2. 伏安特性

二极管的伏安特性如图 1.2 所示。 U_{ON} 是使二极管开始导通的临界电压，称为开启电压。正向电压超过 U_{ON} 后，正向电流从零随端电压按指数规律增大。当二极管所加反向电压足够大时，反向电流为 I_S 。 $U_{(BR)}$ 为反向击穿电压，当外加电压超过 $U_{(BR)}$ 时二极管将被击穿。

二极管的特性对温度很敏感。在室温附近，温度每升高 1°C ，正向压降减小 $2 \sim 2.5\text{mV}$ ；温度每升高 10°C ，反向电流约增大一倍。

3. 二极管的微变等效电路

当二极管正向电流有微小变化时，可用如图 1.3 所示的电路等效。其中 r_d 称为动态电阻，可用式 (1.2) 近似计算：

$$r_d = \frac{U_T}{I_D} \quad (1.2)$$

式中， U_T 是热电压，当室温为 27°C 时， $U_T = 26\text{mV}$ ； I_D 是瞬时电流。

注意：微变等效电路只对交流小信号有效。

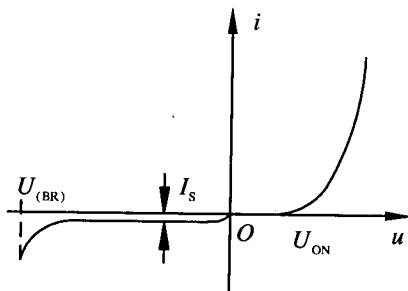


图 1.2

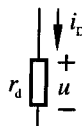


图 1.3

4. 稳压管

稳压管是一种特殊的面接触型硅二极管，其在反向击穿时，在反向电流很大变化范围内管子两端电压几乎不变，故能起到稳压作用。

主要参数：稳定电压 U_Z 、稳定电流 I_Z 、最大稳定电流 I_{ZM} 或最大允许功耗 $P_{ZM} (= U_Z \cdot I_{ZM})$ 等等。

1.2.2 例题解析

1. 选择题

【例 1-9】二极管的电流方程是_____。

- A. $I_S e^u$ B. $I_S e^{\frac{u}{U_T}}$

C. $I_s(e^{\frac{u}{U_T}} - 1)$

D. $I_s(e^{\frac{u}{U_T}} + 1)$

答: 参见 1.1 节要点 3。二极管的主体就是一个 PN 结, 所以它的电流方程和 PN 结的电流方程一样。本题答案为: C。

【例 1-10】 二极管加正向电压时, 其正向电流是由_____。

A. 多数载流子扩散形成

B. 多数载流子漂移形成

C. 少数载流子扩散形成

D. 少数载流子漂移形成

答: 参见 1.1 节要点 3。二极管加正向电压即 PN 结正偏。本题答案为: A。

【例 1-11】 在如图 1.4 所示电路中电源 $V=5V$ 不变。当温度为 $20^\circ C$ 时测得二极管的电压 $U_D=0.7V$ 。当温度上升到 $40^\circ C$ 时, 则 U_D 的大小将是_____。

A. 仍等于 $0.7V$

B. 大于 $0.7V$

C. 小于 $0.7V$

D. 不能确定

答: 参见本节要点 2。本题答案为: C。

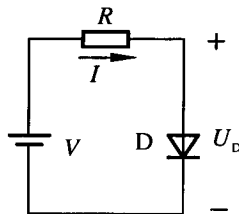


图 1.4

【例 1-12*】 同上题图, 若电源 $V=5V$ 时, 测得 $I=1mA$, 把电源电压调整到 $V=10V$, 则电流的大小将是_____。

A. $I=2mA$

B. $I>2mA$

C. $I<2mA$

D. 不能确定

答: 参见本节要点 2。正向电流从零随端电压按指数规律增大。本题答案为: B。

2. 填空题

【例 1-13】 当温度升高时, 二极管的反向饱和电流将 ①_____。

答: 参见本节要点 2。本题答案为: ①增大。

【例 1-14】 稳压管的稳压区是其工作在 ①_____。

答: 参见本节要点 4。本题答案为: ①反向击穿时。

3. 综合题

【例 1-15】 图 1.5 为二极管电路图, 请对照输入电压 u_i 的波形, 画出其输出电压 $u_o(t)$ 的波形, 设二极管为理想二极管。

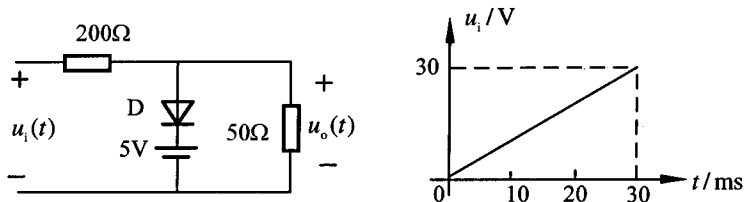


图 1.5

解: 由电路图可得 $u_i(t) = t(V/ms)$, $t \leq 30ms$, 当 $u_i(t) \leq 5V$, 即 $t \leq 5ms$ 时, D 截止,



有

$$u_o(t) = u_i(t) \cdot \frac{50}{50 + 200} = \frac{t}{5}$$

当 $u_i(t) > 5\text{V}$ ，即 $t > 5\text{ms}$ 时，D 导通，则输出 $u_o(t) = 5\text{V}$ 。综上，可画出输出电压 $u_o(t)$ 波形如图 1.6 所示。

【例 1-16】电路如图 1.7 所示，二极管导通电压 $U_D = 0.7\text{V}$ ，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 10mV 。试问二极管中流过的交流电流有效值为多少？

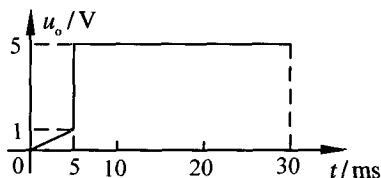


图 1.6

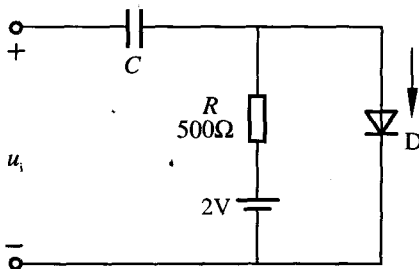


图 1.7

解：D 上的直流电流 $I_D = \frac{2 - 0.7}{500} \text{A} = 2.6\text{mA}$ ，由二极管微变等效电路可知（参见本节要点 3），D 的动态电阻 $R_d = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26}{2.6} \Omega = 10\Omega$ ，故 D 上的电流有效值 $I = \frac{U_i}{R_d} = \frac{10}{10} \text{mA} = 1\text{mA}$ 。

【例 1-17】在如图 1.8 所示电路中， $V_1 = 5\text{V}$ ， $V_2 = 5\text{V}$ ， $R_1 = 3\text{k}\Omega$ ， $R_2 = 2\text{k}\Omega$ ，设二极管正向压降为 0.7V ，求流过二极管上的电流 I_D 。

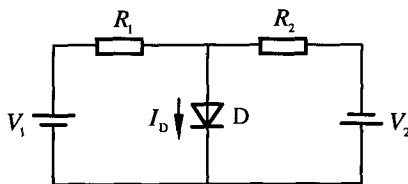


图 1.8

解：首先判断二极管的状态。通过二极管端电压的极性可以判断其工作状态。一般方法是：断开二极管，并以它的两个极作为端口，利用戴维南定理求解端口电压，若该电压使二极管正偏，则导通，若反偏，则截止。

此题中断开二极管支路，设 V_2 的负极为电位参考点，则二极管阳极电位为

$$(V_1 + V_2) \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times \frac{2}{3 + 2} \text{V} = 4\text{V}$$

二极管阴极电位为 $V_2 = 5\text{V}$ 。由此可见, 二极管承受反向电压, 处于截止状态, 所以二极管中电流为反向饱和电流, 近似 $I_D = 0$ 。

【例 1-18】 试判断图 1.9 中二极管导通还是截止, 为什么?

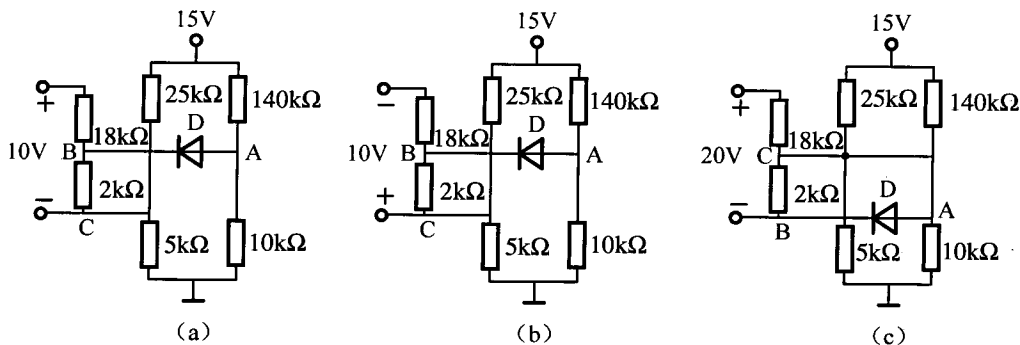


图 1.9

解: 先将二极管断开, 计算 AB 端点的电位差, 若 $U_{AB} > 0$, 则二极管导通, 相反, 若 $U_{AB} < 0$, 则二极管截止。

$$(a) \quad U_{BC} = 10 \times \frac{2}{20} \text{V} = 1\text{V}, \quad U_{AC} = 15 \times \frac{10}{150} \text{V} - 15 \times \frac{5}{30} \text{V} = -1.5\text{V}$$

$$U_{AB} = U_{AC} - U_{BC} = -2.5\text{V} < 0, \text{ 二极管截止。}$$

$$(b) \quad U_{BC} = -10 \times \frac{2}{20} \text{V} = -1\text{V}, \quad U_{AC} = -1.5\text{V}$$

$$U_{AB} = U_{AC} - U_{BC} = -0.5\text{V} < 0, \text{ 二极管截止。}$$

$$(c) \quad U_{BC} = -20 \times \frac{2}{20} \text{V} = -2\text{V}, \quad U_{AC} = 15 \times \frac{10}{150} \text{V} - 15 \times \frac{5}{30} \text{V} = -1.5\text{V}$$

$$U_{AB} = U_{AC} - U_{BC} = 0.5\text{V} > 0, \text{ 二极管导通。}$$

【例 1-19*】 电路如图 1.10(a)所示, 稳压管 D_z 的稳定电压 $u_z = 8\text{V}$, 限流电阻 $R = 3\text{k}\Omega$, 设 $u_i = 15\sin \omega t \text{V}$, 试画出 u_o 的波形。

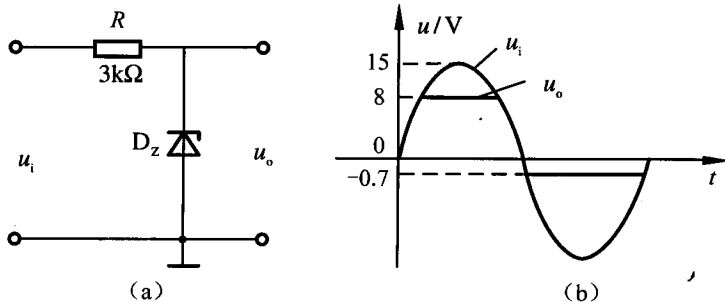


图 1.10

解: $0 < u_i < U_z (=8\text{V})$ 时, D_z 截止, $u_o = u_i$;

$u_i \geq U_z$ 时, D_z 反向击穿, $u_o = 8\text{V}$;



$-0.7\text{V} < u_i < 0$ 时, D_z 截止, $u_o = u_i$;

$u_i \leq -0.7\text{V}$ 时, D_z 正向导通, $u_o = -0.7\text{V}$ 。

u_o 的波形如图 1.10 (b) 所示。

【例 1-20*】 已知在如图 1.11 所示电路中, 稳压管的稳定电压 $U_z = 6\text{V}$, 最小稳定电流 $I_{z\min} = 5\text{mA}$, 最大稳定电流 $I_{z\max} = 25\text{mA}$ 。

(1) 分别计算 U_i 的值为 10V 、 15V 、 35V 三种情况下输出电压 U_o 的值;

(2) 若 $U_i = 35\text{V}$ 时负载开路, 则会出现什么现象? 为什么?

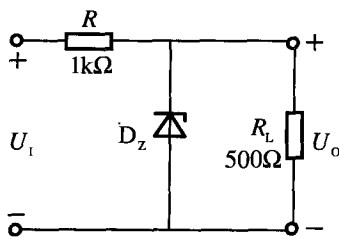


图 1.11

解: 当 I_z 在 $5 \sim 25\text{mA}$ 之间, $U_o = U_z$ 。若 $I_z < 5\text{mA}$ 则稳压管截止, 若 $I_z > 25\text{mA}$ 则稳压管损坏。

(1) 若能正常稳压, $U_z = 6\text{V}$, 则 $I_L = \frac{U_z}{R_L} = \frac{6}{500}\text{A} = 12\text{mA}$ 。

当 $U_i = 10\text{V}$ 时, 总电流 $I = \frac{U_i - U_z}{R} = \frac{10 - 6}{1}\text{mA} = 4\text{mA} < I_L$, 稳压管不能稳压。此时流过稳压管的电流非常小, 可以忽略不计, 故可将稳压管支路看作开路。

$$\text{则 } U_o = \frac{0.5}{0.5 + 1.0} U_i = 3.33\text{V} \quad (\text{分压公式})$$

当 $U_i = 15\text{V}$ 时, 总电流 $I = \frac{U_i - U_z}{R} = \frac{15 - 6}{1}\text{mA} = 9\text{mA} < I_L$, 同理有

$$U_o = \frac{0.5}{0.5 + 1.0} U_i = 5\text{V} \quad (\text{分压公式})$$

当 $U_i = 35\text{V}$ 时, 总电流 $I = \frac{U_i - U_z}{R} = \frac{35 - 6}{1}\text{mA} = 29\text{mA} > I_L$, 稳压管可正常工作, 故

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

(2) 若 $U_i = 35\text{V}$ 时负载开路, 将会使稳压管损坏, 这是因为此时总电流

$$I = I_z = \frac{35 - 6}{1}\text{mA} = 29\text{mA} > 25\text{mA}$$

【例 1-21】 电路如图 1.12 (a) 所示, 其输入电压 u_{i1} 和 u_{i2} 的波形如图 1.12 (b) 所示, 二极管导通电压 $U_D = 0.7\text{V}$ 。试画出输出电压 u_o 的波形, 并标出幅值。

解: 当 D_1 、 D_2 中有一个处于低电平时, 该二极管必导通, 使 u_o 为 1V 。只有 D_1 、 D_2 都处于高电平时, u_o 为 3.7V 。由此可画出 u_o 的波形图如图 1.12 (c) 所示。