



普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课规划教材

模拟电子技术基础

课程辅导与习题解答

黄福林 李维华 朱维勇 编



TN710-42
68

研究型



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

014016193

TN710-42
68



普通高等教育“十二五”规划教材
电子电气基础课规划教材

要 容 内

模拟电子技术基础

课程辅导与习题解答

黄福林 李维华 朱维勇 编
朱承高 主审



TN710-42

68



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



北航

C1701693

010101010

林雄斌主编“十二五”普通高等教育
林雄斌主编基础电子学



内 容 提 要

本书是普通高等教育“十二五”规划教材，为合肥工业大学黄福林主编的《模拟电子技术基础》(ISBN 978-7-5123-3747-3，以下简称主教材)一书的配套辅导用书。

本书各章次序与主教材相同，包括概述、半导体二极管及其应用电路、双极型晶体管及放大电路基础、放大电路的频率响应、场效应晶体管及其放大电路、功率放大电路、集成运算放大电路、负反馈放大电路、模拟信号的运算电路、信号的产生与滤波电路、直流电源等内容。除第1章外，每章分为三个部分：第一部分是基本要求，指出应该掌握的知识；第二部分是内容概要，对主教材原来的内容进行了整合，突出主要内容；第三部分是习题解答，给出了主教材习题全解和对应的附图。在附录部分给出了三套近年期末考试试题和相应答案，以便读者自行测试对基本概念和常用分析计算方法的掌握程度。

本书可作为普通高等院校电气信息类专业教材辅助用书，也可供参加研究生入学考试的读者及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础课程辅导与习题解答/黄福林，李维华，
朱维勇编. —北京：中国电力出版社，2013. 10

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-5028-1

I. ①模… II. ①黄…②李…③朱… III. ①模拟电路—电
子技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第237732号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013年10月第一版 2013年10月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 8.75印张 180千字

定价 18.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

为了适应当前高等学校课程课堂教学课时不断压缩的实际情况,同时也为了便于教师教学和同学学习,编者曾于2012年10月编写了《模拟电子技术基础》一书。该书发行以来,受到广大读者好评,应读者的要求,同时为方便同学预习、复习,特编写了本书,作为《模拟电子技术基础》的学习参考书。

“模拟电子技术基础”是一门介绍常用电子元器件、电子电路及其应用的入门性专业基础课,该课程既具有基础课逻辑严密、概念完整的特点,又具有专业课实践性、工程性强的特点。课程中,半导体材料、晶体管结构、电流放大原理和晶体管电气特性的内容互相交叉;放大电路的组成、工作原理、性能指标互相融合;分析计算中交流和直流、线性和非线性、理想和实际等概念,不易区分,这些都使初学者感到困惑、不易掌握,进而出现分析、解题困难。

本书通过总结《模拟电子技术基础》各章的知识要点和重要概念,给出课后习题的完整解答过程,帮助同学们学好这门课程,同时也希望能给选用这本书的教师在教学中提供一些方便。

本书各章次序与《模拟电子技术基础》(以下简称主教材)相同,除第1章外,每章分为三个部分:第一部分是基本要求,指出应当掌握的知识点;第二部分是内容概要,对主教材原来的知识点进行整合,突出主要内容;第三部分是习题解答,给出了主教材习题全解和相应附图。在附录中给出了三套近年期末考试试题及其参考答案,以便读者自行测试对基本概念和常用分析计算方法的掌握程度。

本书由上海交通大学朱承高教授审阅,他提出了许多建设性的意见和建议,编者表示衷心的感谢。在本书编写过程中,编者参阅了部分其他教材和习题集,在这里一并表示感谢。

限于编者的水平,本书中不妥之处在所难免,敬请各位读者给予批评指正。

编 者

2013年8月

目 录

18	.....	.....	.....
16	.....	.....	.....
17	.....	.....	.....
17	.....	.....	.....
27	.....	.....	.....
前言	.....	.....	.....
第1章 概述	.....	.....	1
第2章 半导体二极管及其应用电路	.....	.....	1
2.1 半导体的基本知识	.....	.....	2
2.2 半导体二极管及其应用电路	.....	.....	3
2.3 特殊二极管	.....	.....	5
习题解答	.....	.....	5
第3章 双极型晶体管及放大电路基础	.....	.....	13
3.1 双极型晶体管	.....	.....	13
3.2 放大电路的基本知识	.....	.....	15
3.3 放大电路的分析方法	.....	.....	16
3.4 放大电路的三种组态	.....	.....	19
3.5 多级放大电路	.....	.....	19
习题解答	.....	.....	21
第4章 放大电路的频率响应	.....	.....	37
4.1 频率响应的一般概念	.....	.....	37
4.2 晶体管单级放大电路的频率响应	.....	.....	39
4.3 多级放大电路的频率响应	.....	.....	39
习题解答	.....	.....	39
第5章 场效应晶体管及其放大电路	.....	.....	45
5.1 场效应晶体管	.....	.....	45
5.2 场效应晶体管放大电路	.....	.....	47
习题解答	.....	.....	47
第6章 功率放大电路	.....	.....	53
6.1 功率放大电路的基本知识	.....	.....	53
6.2 互补对称功率放大电路	.....	.....	54
习题解答	.....	.....	56
第7章 集成运算放大电路	.....	.....	60
7.1 模拟集成放大电路的特点和组成	.....	.....	60
7.2 运算放大器中的电流源电路	.....	.....	61

7.3 差分式放大电路	61
习题解答	64
第8章 负反馈放大电路	71
8.1 反馈的基本概念与分类	71
8.2 四种负反馈放大电路	72
8.3 负反馈对放大电路性能的影响	73
8.4 负反馈放大电路的近似计算	73
8.5 负反馈放大电路的自激振荡	73
习题解答	73
第9章 模拟信号的运算电路	80
9.1 理想运算放大器	80
9.2 比例运算电路	81
9.3 基本运算电路	81
9.4 其他运算电路	82
习题解答	83
第10章 信号的产生与滤波电路	91
10.1 电压比较器	91
10.2 正弦波振荡电路	92
10.3 非正弦波发生电路	94
10.4 有源滤波器	94
习题解答	96
第11章 直流电源	104
11.1 直流电源的功能和组成	104
11.2 单相桥式整流滤波电路	105
11.3 稳压电路	105
习题解答	106
附录	111
附录 A 近年期末考试试题一	111
附录 B 近年期末考试试题一参考答案	117
附录 C 近年期末考试试题二	119
附录 D 近年期末考试试题二参考答案	123
附录 E 近年期末考试试题三	125
附录 F 近年期末考试试题三参考答案	129
参考文献	131

第1章 概 述

第1章 概 述

1.1

本章主要介绍模拟电子技术基础课程的特点和学习方法，以及模拟信号和数字信号的不同特点和区别。同时，还介绍了模拟电子技术基础课程的主要内容和主要特点。

一、基本要求

(1) 掌握模拟电子技术基础的课程特点和学习方法。

(2) 理解模拟信号和数字信号的不同特点和区别。

(3) 了解模拟电子电路研究的对象和主要特点。

(4) 了解模拟电子技术基础课程的主要内容。

第2章 半导体二极管及其应用电路

一、基本要求

(1) 熟练掌握半导体二极管的伏安特性及主要参数。

(2) 熟练掌握稳压二极管的伏安特性及主要参数。

(3) 熟练掌握半导体二极管应用电路及其分析方法。

(4) 正确理解PN结的单向导电性及其电容效应。

(5) 正确理解半导体中的两种载流子运动。

(6) 正确理解二极管的四种模型。

(7) 了解N型半导体和P型半导体的特点。

二、内容概要

本章首先介绍了半导体材料的基础知识，然后介绍了半导体二极管的工作原理、伏安特性、主要参数以及应用电路，最后简要介绍了稳压二极管等特殊二极管。

2.1 半导体的基本知识

1. 本征半导体

(1) 半导体材料。常用的半导体材料有硅(Si)、锗(Ge)及某些化合物,硅和锗同属四价元素,每个原子最外层有四个价电子,并与相邻四个原子的价电子组成共价键。

(2) 本征半导体。完全纯净、结构完整的半导体称为本征半导体。本征半导体有如下特点。

1) 在外部能量激励下产生本征激发,成对产生自由电子和空穴。自由电子和空穴也会因相遇而复合,当外部条件一定时,本征激发和复合动态平衡。

2) 自由电子和空穴均为载流子。自由电子是共价键中的少量束缚电子,由于热运动获得足够能量后挣脱共价键的束缚而产生的,自由电子带一个单位的负电荷,简称为电子。空穴是束缚电子移动后在共价键中留下的空位,空穴带一个单位的正电荷。空穴可以被临近的价电子填补,而价电子移动后,相应的位置上也出现一个空穴,产生类似电子一样的移动,但移动方向和电子相反。

3) 电子和空穴是成对产生的,温度越高,电子和空穴对的数目越多。

2. 杂质半导体

(1) P型半导体。P型半导体又称为空穴型半导体。它是在本征半导体中掺入少量三价元素(比如硼)后形成的杂质半导体,其中空穴是多数载流子(简称多子),电子是少数载流子(简称少子)。

(2) N型半导体。N型半导体又称为电子型半导体。它是在本征半导体中掺入少量五价元素(比如磷)后形成的杂质半导体。其中电子是多子,空穴是少子。

杂质半导体的多子浓度取决于掺杂浓度;当掺杂浓度一定时,少子浓度随温度升高而增大。

3. PN结

(1) PN结的形成。P型和N型半导体通过半导体制造工艺结合在一起,界面两侧存在电子和空穴浓度差,它们互相扩散,在界面两侧形成一个极薄的耗尽层(又叫空间电荷区),称为PN结。当没有外加电压时,PN结两侧多子扩散形成的扩散电流和少子漂移形成的漂移电流大小相等、方向相反,处于动态平衡状态,不显电性。

(2) PN结的单向导电性。当外加直流电压,PN结的P型半导体一端外接电源正极,N型半导体一端外接电源负极,PN结处于正向偏置(简称正偏),PN结变窄,呈现为低电阻,流过较大的电流,处于导通状态。

若P型半导体一端外接电源负极，N型半导体一端外接电源正极，PN结处于反向偏置（简称反偏），PN结变宽，呈现为高电阻，只能流过很小的反向电流，处于截止状态。

PN结的这种特性称为单向导电性。描述PN结单向导电性的函数式称为二极管方程，即

$$i = I_S(e^{u/U_T} - 1) \quad (2.1.1)$$

式中： I_S 为反向饱和电流； U_T 为温度—电压当量，室温条件下（300K）为26mV； u 为PN结两端的电压。

(3) PN结的反向击穿。当外加到PN结的反向电压超过一定数值时，流过PN结的反向电流突然急剧增大，这种现象称为PN结击穿。出现击穿后，若反向电流被限制在一定范围内，则不会损坏管子，当减小反向电压时，管子能够恢复截止状态，此时为电击穿；当反向电流超过一定数值时，管子会损坏，击穿不可逆转，此时为热击穿。

(4) PN结的电容效应。PN结的电容效应用结电容来等效，结电容包括势垒电容（ C_b ）和扩散电容（ C_d ）。PN结外接电压为高频交流时，结电容影响更大。

2.2 半导体二极管及其应用电路

1. 半导体二极管的结构

半导体二极管（简称二极管）的核心是PN结，按结构不同有点接触型和面接触型，点接触型适用于高频小电流的电路。

2. 二极管的电压电流关系及伏安特性曲线

(1) 电压电流关系。二极管就是加了封装和引线的PN结，所以其电压电流关系与PN结相同，即

$$i_D = I_S(e^{u/U_T} - 1)$$

(2) 伏安特性曲线。

1) 正向特性：电压小于门坎电压（也称死区电压） U_{th} 的部分为死区，当外接电压大于门坎电压 U_{th} 以后，二极管正向电流迅速增大。硅管 $U_{th} \approx 0.5V$ ，锗管 $U_{th} \approx 0.1V$ 。

2) 反向特性：当 $0V > U_D > U_{BR}$ 时，只有很小的反向电流（其中 U_D 为二极管外接电压， U_{BR} 为反向击穿电压）。

3) 击穿特性：当 $U_D < U_{BR}$ 时，反向电流急剧增大。

3. 二极管主要参数

二极管主要参数有正向电流 I_F ，反向击穿电压 U_{BR} ，反向电流 I_R 。

4. 二极管的等效电路

二极管是一种非线性器件，通过模型可等效为线性电路，使分析计算比较简单。常用的二极管模型有理想模型、恒压降模型、折线模型和小信号模型。

(1) 理想模型。正向导通时，二极管的正向压降看作 $0V$ ；反向截止时，二极管的反向电阻看作无穷大，反向电流为 0 。该模型主要用于低频大信号电路中或近似计算中，如图 2.2.1 (a) 所示。

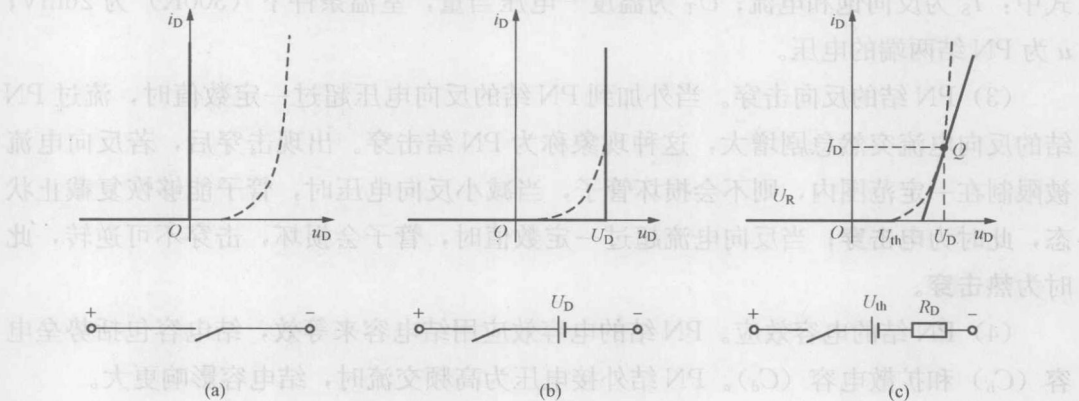


图 2.2.1 二极管的三种模型

(a) 理想模型；(b) 恒压降模型；(c) 折线模型

(2) 恒压降模型。如果二极管电路中信号的幅度不大，计算时要考虑二极管正向导通压降。工程上常把二极管导通压降看作为一个固定值，硅管为 $0.7V$ ，锗管为 $0.2V$ ，如图 2.2.1 (b) 所示。

(3) 折线模型。折线模型既考虑二极管的导通压降，又考虑二极管的正向电阻，更接近实际伏安特性，如图 2.2.1 (c) 所示。

(4) 小信号模型。对于交流小信号，二极管可用交流等效电阻 r_d 表示，如图 2.2.2 所示，其值为

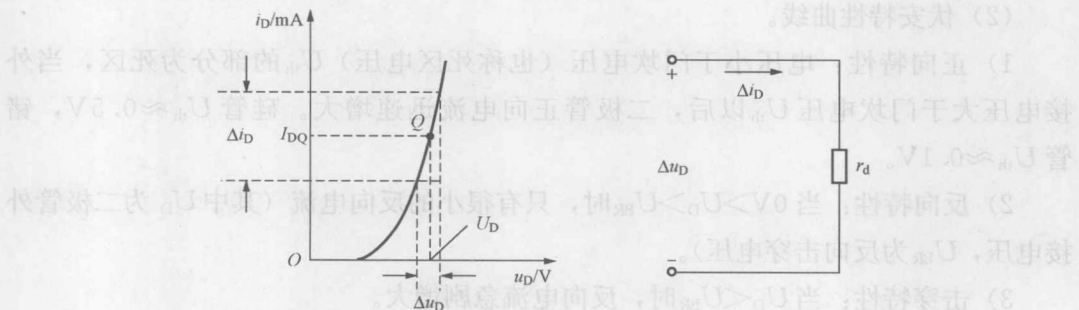


图 2.2.2 二极管小信号模型

$$r_d = \frac{26\text{mV}}{I_{DQ}}$$

2.3 特殊二极管

1. 稳压二极管 (简称稳压管)

(1) 稳压管的伏安特性曲线。稳压管的符号和特性曲线如图 2.3.1 所示。使用稳压管时, 为了使其工作在反向击穿区, 应使稳压管处于反偏状态, 即稳压管的负极接外加电压的正极, 稳压管的正极接外加电压的负极。

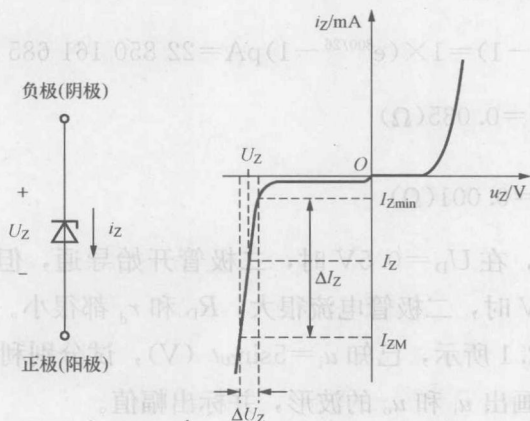


图 2.3.1 稳压管的符号和伏安特性曲线

(2) 稳压管与普通二极管的区别。

1) 普通二极管可以工作在正向特性区, 也可以工作在反向特性区; 而稳压管正常工作时通常是在反向击穿区。

2) 稳压管的反向击穿电压较低, 并可根据需要做成不同的数值; 二极管反向击穿电压比较高。

3) 稳压管的反向击穿是正常工作状态, 只要电流在允许范围, 一般不会损坏管子; 普通二极管反向击穿不是工作状态, 常造成损坏。

2. 发光二极管 (LED)

当电流流过发光二极管时, 管子将会发光, 且在一定范围内发光强度和电流大小成正比。

习题解答

2-1 在室温下, 设二极管的 $I_S = 1\text{pA}$, $U_T = 26\text{mV}$ 。试利用二极管的伏安特性

表达式 $i_D = I_S (e^{u_D/U_T} - 1)$ 计算下列各值:

- (1) $U_D = -0.5\text{V}$ 时的 I_D ;
- (2) $U_D = +0.5\text{V}$ 时的 I_D 及二极管的直流电阻 R_D 和微变电阻 r_d ;
- (3) $U_D = +0.8\text{V}$ 时的 I_D 、 R_D 和 r_d 。

解 (1) $i_D = I_S (e^{u_D/U_T} - 1) = 1 \times (e^{-500/26} - 1) = -1 (\text{pA})$

(2) $i_D = I_S (e^{u_D/U_T} - 1) = 1 \times (e^{500/26} - 1) \text{pA} = 224\ 634\ 919 \text{pA} \approx 0.2 \text{mA}$

$$R_D = \frac{U_D}{I_D} = \frac{500}{0.2} = 2.5 (\text{k}\Omega)$$

$$r_d = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26}{0.2} = 130 (\Omega)$$

(3) $i_D = I_S (e^{u_D/U_T} - 1) = 1 \times (e^{800/26} - 1) \text{pA} = 22\ 850\ 161\ 685\ 655 \text{pA} \approx 22.9 \text{A}$

$$R_D = \frac{U_D}{I_D} = \frac{800}{22\ 900} = 0.035 (\Omega)$$

$$r_d = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26}{22\ 900} = 0.001 (\Omega)$$

由以上计算可知, 在 $U_D = 0.5\text{V}$ 时, 二极管开始导通, 但电流很小, R_D 和 r_d 都较大; 当 $U_D = 0.8\text{V}$ 时, 二极管电流很大, R_D 和 r_d 都很小。

2-2 电路如图 2.1 所示, 已知 $u_i = 5\sin\omega t$ (V), 试分别利用二极管的理想模型和恒压降模型分析。画出 u_i 和 u_o 的波形, 并标出幅值。

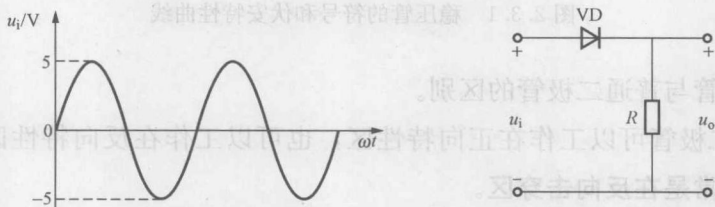


图 2.1 题 2-2 图

解 二极管的理想模型: 设二极管导通时管压降为 0V , u_i 与 u_o 的波形如图解题 2-2 (a) 所示; 二极管的恒压降模型: 设二极管导通压降为 0.7V , 则 u_i 与 u_o 的波形如图解题 2-2 (b) 所示。

2-3 电路如图 2.2 所示, VD_1 、 VD_2 为硅二极管, 已知 $u_i = 6\sin\omega t$ (V), 试利用恒压降模型分析电路, 画出 u_i 和 u_o 的波形, 并标出幅值。

解 根据二极管的恒压降模型, 设二极管导通压降为 0.7V , 则 u_i 和 u_o 的波形如图解题 2-3 所示。

2-4 电路如图 2.3 所示。要求:

(1) 利用硅二极管的恒压降模型求电路的 I_D 和 U_o ;

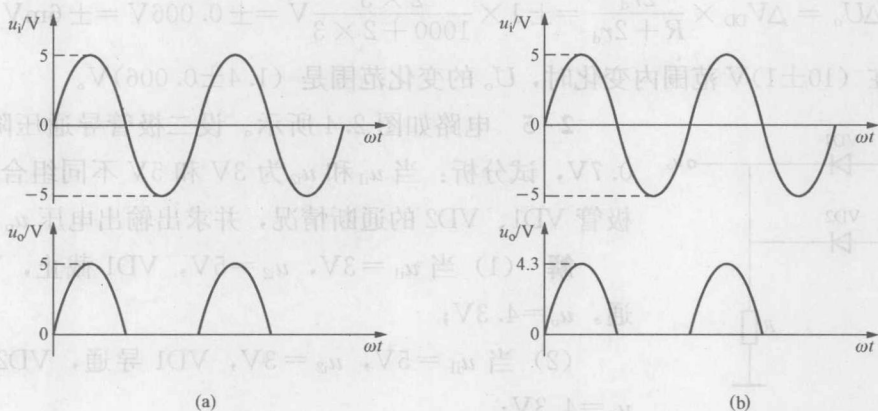


图 2-2 题 2-2

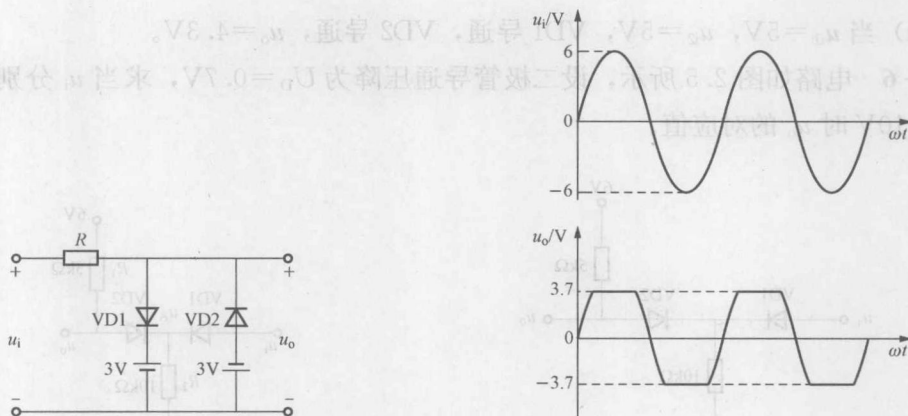


图 2.2 题 2-3 图

图 解 题 2-3

(2) 在室温 (300K) 时, 利用二极管的小信号模型求 u_o 的变化范围。

解 (1) 二极管的恒压降模型: 设二极管导通压降为 0.7V, 则 I_D 和 U_o 分别为

$$I_D = \frac{V_{DD} - 2U_D}{R} = \frac{10 - 2 \times 0.7}{1} = 8.6(\text{mA})$$

$$U_o = 2U_D = 2 \times 0.7 = 1.4(\text{V})$$

(2) 根据二极管小信号模型, 求出两个二极管在 $T=300\text{K}$ 时的等效电阻为

$$r_{d1} = r_{d2} = \frac{U_T}{I_D} = \frac{26}{8.6} \approx 3(\Omega)$$

则 U_o 的变化量

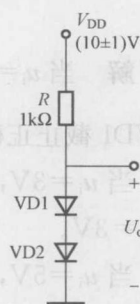


图 2.3 题 2-4 图

$$\Delta U_o = \Delta V_{DD} \times \frac{2r_d}{R + 2r_d} = \pm 1 \times \frac{2 \times 3}{1000 + 2 \times 3} \text{V} = \pm 0.006 \text{V} = \pm 6 \text{mV}$$

故 V_{DD} 在 $(10 \pm 1) \text{V}$ 范围内变化时, U_o 的变化范围是 $(1.4 \pm 0.006) \text{V}$ 。

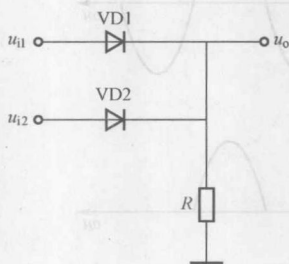


图 2.4 题 2-5 图

2-5 电路如图 2.4 所示。设二极管导通压降 $U_D = 0.7 \text{V}$, 试分析: 当 u_{i1} 和 u_{i2} 为 3V 和 5V 不同组合时, 二极管 VD1、VD2 的通断情况, 并求出输出电压 u_o 的值。

解 (1) 当 $u_{i1} = 3 \text{V}$, $u_{i2} = 5 \text{V}$, VD1 截止, VD2 导通, $u_o = 4.3 \text{V}$;

(2) 当 $u_{i1} = 5 \text{V}$, $u_{i2} = 3 \text{V}$, VD1 导通, VD2 截止, $u_o = 4.3 \text{V}$;

(3) 当 $u_{i1} = 3 \text{V}$, $u_{i2} = 3 \text{V}$, VD1 导通, VD2 导通, $u_o = 2.3 \text{V}$;

(4) 当 $u_{i1} = 5 \text{V}$, $u_{i2} = 5 \text{V}$, VD1 导通, VD2 导通, $u_o = 4.3 \text{V}$ 。

2-6 电路如图 2.5 所示, 设二极管导通压降为 $U_D = 0.7 \text{V}$, 求当 u_i 分别为 0、3、5、10V 时 u_o 的对应值。

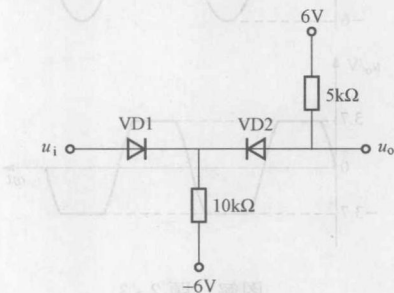
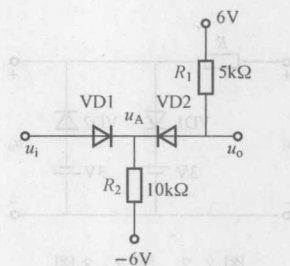


图 2.5 题 2-6 图



图解 题 2-6

解 当 $u_i = 0 \text{V}$, 设 VD1 截止, 则 $u_A = 6 - \frac{5}{10+5} \times (6+6-0.7) - 0.7 = 1.57 \text{V}$, 设 VD1 截止正确, $u_o = u_A + U_D = 2.27 \text{V}$ 。

当 $u_i = 3 \text{V}$, 先设 VD1 导通, 则 $u_A = 2.3 \text{V}$, 假设正确, 那么 VD2 也可以导通, 故 $u_o = 3 \text{V}$ 。

当 $u_i = 5 \text{V}$, 先设 VD1 导通, 则 $u_A = 4.3 \text{V}$, 假设正确, 那么 VD2 也可以导通, 故 $u_o = 5 \text{V}$ 。

当 $u_i = 10 \text{V}$, 先设 VD1 可以导通, 则 $u_A = 9.3 \text{V}$, 假设正确, 那么 VD2 截止, 故 $u_o = 6 \text{V}$ 。

2-7 一限幅电路如图 2.6 所示。设二极管 VD1、VD2 导通电降 $U_D = 0.7 \text{V}$, 输入电压 u_i 的变化范围为 $0 \sim 20 \text{V}$ 。试画出该电路的传输特性曲线 $u_o = f(u_i)$ 。

解 电路的电压传输特性如图解题 2-7 所示。

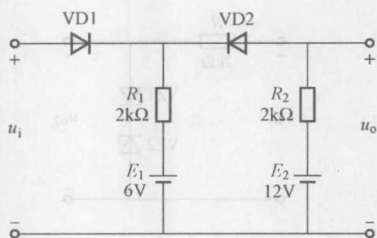
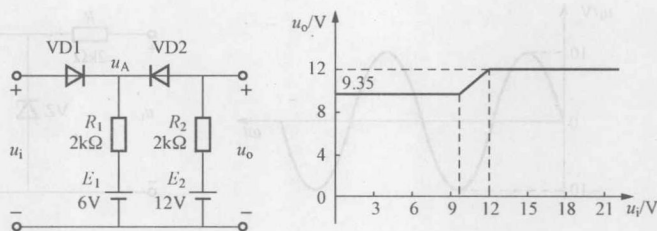


图 2.6 题 2-7 图



图解 题 2-7

(1) 设 VD1 截止, VD2 导通时, $u_A = 6V + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times (12 - 6 - 0.7)V = 8.65V$,

即当 $u_i \leq 9.35V$ 时, 都有 VD1 截止, VD2 导通, $u_o = 9.35V$;

(2) 当 $9.35V < u_i < 12V$, VD1、VD2 都导通, $u_i = u_o$ 。

(3) $20V > u_i > 12V$, VD1 导通, VD2 截止, $u_o = 12V$ 。

2-8 电路如图 2.7 所示, 设电路中的二极管均为理想的, 试判断各电路中的二极管是导通还是截止, 并求出 A、O 两点之间的电压 U_{AO} 值。

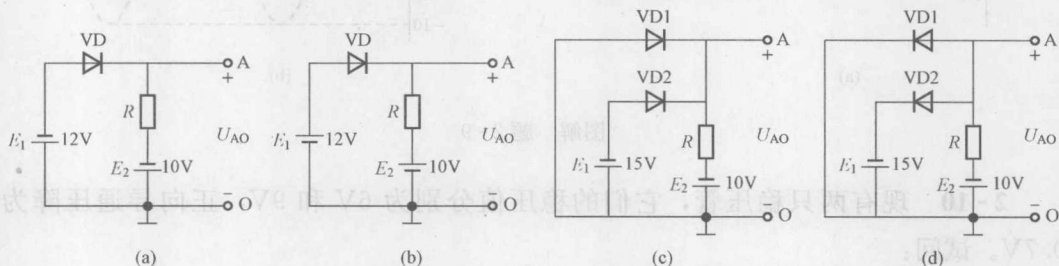


图 2.7 题 2-8 图

解 在图 2.7 (a) 中, 先设 VD 截止, 则 VD 的正极电位为 $-12V$, 负极电位为 $-10V$, 假设正确, $U_{AO} = -10V$ 。

在图 2.7 (b) 中, 先设 VD 截止, 则 VD 的正极电位为 $12V$, 负极电位为 $10V$, 假设不对, 即 VD 导通, $U_{AO} = 12V$ 。

在图 2.7 (c) 中, 先设 VD1、VD2 截止, 则 VD1 的正极电位为 $0V$, 负极电位为 $-10V$; VD2 的正极电位为 $-15V$, 负极电位为 $-10V$, 假设不对。VD1 导通, VD2 截止, $U_{AO} = 0V$ 。

在图 2.7 (d) 中, 先设 VD1、VD2 截止, 则 VD1 的正极电位为 $-10V$, 负极电位为 $0V$; VD2 的正极电位为 $-10V$, 负极电位为 $-15V$, 假设不对。VD1 截止, VD2 导通, $U_{AO} = -15V$ 。

2-9 电路如图 2.8 所示, 设稳压管的稳压值为 $6V$, 正向导通压降为 $0.7V$,

$u_i = 10\sin\omega t$ V, 试画出 u_{o1} 和 u_{o2} 的波形。

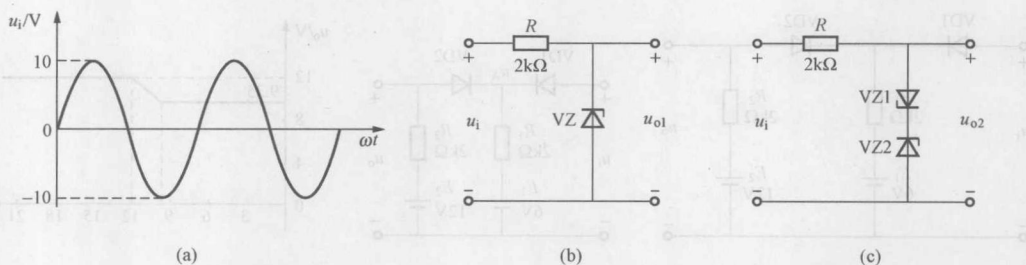
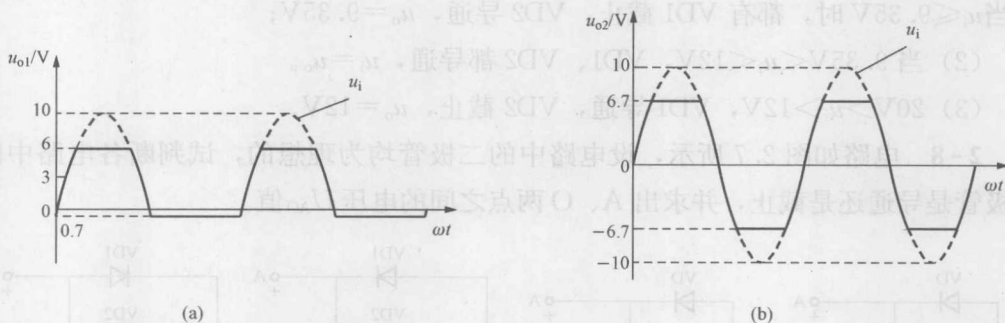


图 2.8 题 2-9 图

解 u_{o1} 和 u_{o2} 的波形如图解题 2-9 所示。



图解题 2-9

2-10 现有两只稳压管, 它们的稳压值分别为 6V 和 9V, 正向导通压降为 0.7V。试问:

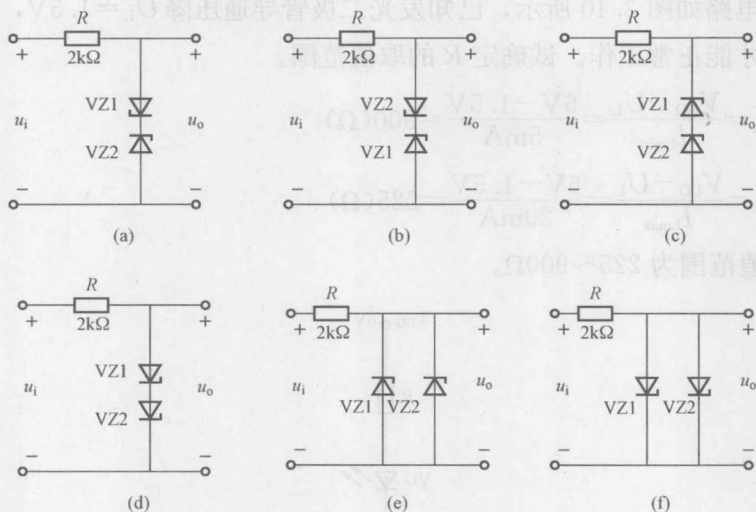
- (1) 若将它们串联, 则可得到几种稳压值? 各为多少?
- (2) 若将它们并联, 又可得到几种稳压值? 各为多少?

解 (1) 串联连接几种电路如图解题 2-10 (a) ~ 图解题 2-10 (d) 所示, 设 $U_{Z1} = 6\text{V}$, $U_{Z2} = 9\text{V}$, 可得的稳压值为 (9.7V 和 -6.7V); (6.7V 和 -9.7V); (15V 和 -1.4V); (1.4V 和 -15V)。

(2) 并联电路如图解题 2-10 (e) 及图解题 2-10 (f) 所示, 可得稳压值为 (6V 和 -0.7V); (0.7V 和 -6V)。

2-11 电路如图 2.9 所示, 已知稳压管的稳压值 $U_Z = 6\text{V}$, 最小稳定电流 $I_{Z\min} = 5\text{mA}$, 最大功耗 $P_{ZM} = 0.3\text{W}$, 输入电压的变化范围为 10~15V, 试选择合适的限流电阻 R (含阻值、额定功率)。

解 【分析】选取限流电阻 R 时, 必须保证稳压管工作在反向击穿状态。 R 太大可能使 I_Z 太小, 无法使稳压管工作于反向击穿状态; R 太小可能使 I_Z 太大, 烧坏稳压管。



图解 题 2-10

依题意稳压管的最大允许工作电流为

$$I_{ZM} = \frac{P_{ZM}}{U_Z} = \frac{0.3\text{W}}{6\text{V}} = 50\text{mA}$$

由于负载电阻是固定的, 故负载电流也固定, 则

$$I_L = \frac{U_Z}{R_L} = \frac{6\text{V}}{500\Omega} = 12\text{mA}$$

考虑一个极端情况, 当输入电压最小, 负载电流最大时, R 不能太大, 否则不能保证稳压管中的电流大于 $I_{Z\min}$, 即

$$\frac{U_{\min} - U_Z}{R_{\max}} - I_{L\max} > I_{Z\min}$$

$$R_{\max} < \frac{U_{\min} - U_Z}{I_{Z\min} + I_{L\max}} = \frac{U_{\min} - U_Z}{I_{Z\min} + I_L} = \frac{10\text{V} - 6\text{V}}{5\text{mA} + 12\text{mA}} \approx 235(\Omega)$$

考虑另一个极端情况: 当输入电压最大, 负载电流最小时, R 不能太小, 否则流过稳压管的电流可能超过 I_{ZM} , 烧毁稳压管。即

$$\frac{U_{\max} - U_Z}{R_{\min}} - I_{L\min} \leq I_{ZM}$$

$$R_{\min} > \frac{U_{\max} - U_Z}{I_{ZM} + I_{L\min}} = \frac{U_{\max} - U_Z}{I_{ZM} + I_L} = \frac{15\text{V} - 6\text{V}}{50\text{mA} + 12\text{mA}} = 145(\Omega)$$

可见, 限流电阻的取值范围为 $145 \sim 235\Omega$, 根据电阻的标称值, 可选 $R=200\Omega$ 。此时 R 上的额定功率为

$$P_R = \frac{(U_{\max} - U_Z)^2}{R} = \frac{(15\text{V} - 6\text{V})^2}{200\Omega} = 0.4(\text{W})$$

由以上计算可知, 应选的限流电阻阻值为 200Ω , 额定功率应大于 0.4W 。

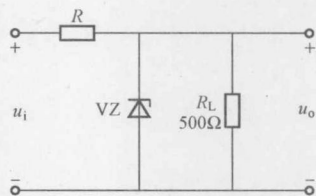


图 2.9 题 2-11 图