

电子通信类专业
学习及考研辅导丛书

电子线路

学习及考研辅导

海欣 主编 马小辉 杨景红 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

电子通信类专业学习及考研辅导丛书

本书为《电子通信类专业学习及考研辅导丛书》之一，旨在帮助考生系统地掌握电子线路的基本理论和基本分析方法，为考研复习提供有力的指导。

本书可作为高等院校电子通信类专业及相关专业的教材，也可供从事电子线路工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。

本书可作为高等院校电子通信类专业及相关专业的教材，也可供从事电子线路工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外许多优秀的教材和有关文献，力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。

本书可作为高等院校电子通信类专业及相关专业的教材，也可供从事电子线路工作的工程技术人员参考。

电子线路 学习及考研辅导

海欣 主编

马小辉 杨景红 编著

国防工业出版社
(北京) 100044

定价：30.00元

国防工业出版社

发行所：(010) 68417171
地址：北京·(010) 68417171

内 容 简 介

“电子线路”是高等院校开设的专业基础课程,同时也是全国高等院校相关专业的硕士入学考试必考课程。为了帮助广大学生进行系统复习,我们根据“电子线路课程教学基本要求”编写了本书。

全书共分为14章,每一章均由知识要点、知识点详解、真题及例题解析、自我测试4部分组成。每章首先通过知识要点和知识点详解对本章内容作了高度概括和叙述。真题及例题解析中例题大都选自国内重点高等院校和科研院所历年考研真题,并作了详细分析和解答。自我测试中均有参考答案,可通过练习检测学习效果,进一步提高解题能力。本书最后还给出了重点高等院校的硕士研究生入学考试题,并给出了部分答案。

本书可作为相关专业学生报考硕士学位研究生的学习用参考书及复习指导书,也适合于高等院校相关专业的学生自学使用,同时可作为高等院校青年教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路学习及考研辅导/海欣主编. —北京:国防工业出版社,2008.8

(电子通信类专业学习及考研辅导丛书)

ISBN 978-7-118-05857-4

I. 电... II. 海... III. 电子电路—高等院校—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 103084 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21½ 字数 493 千字

2008年8月第1版第1次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

“电子线路”是高等院校相关专业开设的技术基础课程,它是所有相关后续专业课程的基础,同时也是高等院校相关专业硕士研究生入学考试课程。为了帮助广大的考研学生学习和提高,特别是进行系统复习,我们根据高等工科院校“电子线路”课程教学基本要求编写了本书。

由于高等院校众多,水平不同,要在有限的篇幅内完成对各类专业课程有针对性的指导是相当困难的。为了解决这方面的问题,我们经过反复讨论,并征求了大量一线教师的意见,将一些通用原则和方法的指导放在首位,并结合大量相关实例进行了讲解。

本书共分14章,每章内容包括:

(1)知识要点 对于每章的重要知识,尤其是在历年真题中经常出现的重要考点作了总结和提示,读者可以根据提示对本章内容在复习时有所侧重。

(2)知识点详解 结合知识要点提示,再对每一章的知识要点进行详细的讲解,使读者可以快速地把握知识要点,从而提高复习效率。在总结部分还添加了一些解题技巧,更加有利于读者复习。

(3)真题及例题解析 该部分针对典型考研真题分析中提出的相应考点,帮助读者筛选出相关真题,结合高等院校电子线路历年真题进行全面的讲解,并在最后给出规律性的总结,更加方便读者去把握考点,更好地应对考研。

(4)自我测试 在每一章的后面给出了部分自我测试题,并附有参考答案,读者可通过练习检测学习效果,进一步提高解题能力。

在本书的附录给出了部分高等院校最新电子线路硕士研究生入学考试真题,对于报考硕士研究生的考生来说,这无疑是最宝贵的资源。

“电子线路”考题的具体类型并不是很多,因此在选择例题和习题的过程中,我们主要针对典型题型和一些具有代表性的真题进行了总结,并选择了一些高等工科院校的最新试题。目的是使读者了解和掌握不同类型题目的解题方法和技巧,以便扩大解题思路,培养分析和解决实际问题的能力。

本书力求科学性、先进性、指导性,既能促进高等工科院校学生的电子线路学习,又不脱离大多数一般院校的实际,提供切实可行的参考实例。本书可作为相关专业学生报考硕士研究生的学习用参考书及复习指导书,也适合于高等院校相关专业的学生自学使用,同时可作为高等院校教师的教学参考书。

在收集和整理历年考研真题和笔记的过程中,得到了清华大学、上海交通大学、东南大学、同济大学、西安交通大学、西北工业大学、浙江大学、北京航空航天大学、哈尔滨工业大学、天津大学、中国科学技术大学、华中科技大学、华南理工大学、中国科学院等高校和科研院所的教师及研究生的热情帮助,在此向他们表示衷心感谢。

本书由海欣主编,马小辉、杨景红编著,另外何嘉扬、张樱枝、丁金滨、王菁、夏金玉、石良臣、刘志明、温正、周懿等也参与了部分章节的编写工作。同时由北京航空航天大学一线授课教师对该书进行了认真仔细的审阅,并提出了许多极为宝贵的修改意见,对提高本书质量起了很大的作用,在此致以衷心的感谢!

由于作者水平有限,编写时间较短,书中欠妥及错误之处在所难免,希望读者和同仁能够及时指出,共同促进本书质量的提高。

读者在使用本书时,若出现关于本书的相关疑问以及碰到难以解答的问题,可以到为本书专门提供的海欣考研论坛提问或直接发邮件到编者邮箱,编者会尽快给予解答。另外,该论坛还提供了其他高等院校部分真题的参考答案,读者可以到相关栏目下载。

编者邮箱:kaoyanshu@126.com

海欣考研论坛网址:www.haixin.org/kybbs

编者

2008年4月于北京

目 录

第1章 晶体二极管	1
知识要点	1
1.1 知识点详解	1
1.1.1 半导体基础知识	1
1.1.2 晶体二极管	3
1.1.3 稳压二极管	4
1.2 真题及例题解析	5
1.3 自我测试	12
第2章 晶体三极管	17
知识要点	17
2.1 知识点详解	17
2.1.1 晶体三极管结构与分类	17
2.1.2 晶体三极管的电流分配	17
2.1.3 晶体三极管的特性	18
2.1.4 静态工作点	19
2.1.5 三极管小信号电路模型	19
2.1.6 三极管主要特性参数	20
2.2 真题及例题解析	20
2.3 自我测试	29
第3章 场效应管	34
知识要点	34
3.1 知识点详解	34
3.1.1 场效应管及其分类	34
3.1.2 场效应管工作原理	34
3.1.3 场效应管伏安特性	35
3.1.4 场效应管模型	37
3.1.5 场效应管小信号等效电路	38
3.1.6 场效应管主要参数	39
3.2 真题及例题解析	39
3.3 自我测试	46
第4章 放大器基础	52
知识要点	52

4.1	知识点详解	52
4.1.1	偏置电路及耦合方式	52
4.1.2	放大器性能指标	53
4.1.3	基本组态放大器性能分析	53
4.1.4	场效应管放大器性能	55
4.1.5	差分放大器	56
4.1.6	电流源电路	59
4.1.7	放大器的频率响应	61
4.1.8	失真	64
4.2	真题及例题解析	65
4.3	自我测试	76
第5章	放大器中的负反馈	83
	知识要点	83
5.1	知识点详解	83
5.1.1	反馈放大器组成	83
5.1.2	反馈放大器类型	83
5.1.3	反馈类型及判断	84
5.1.4	负反馈对放大器的影响	84
5.1.5	反馈系数的计算	85
5.1.6	深度负反馈	85
5.1.7	反馈放大器的稳定性	85
5.1.8	相位补偿技术	86
5.2	真题及例题解析	86
5.3	自我测试	97
第6章	集成运算放大电路及其应用电路	103
	知识要点	103
6.1	知识点详解	103
6.1.1	理想集成运算放大器	103
6.1.2	反相放大器和同相放大器	103
6.1.3	基本运算电路	104
6.1.4	其他运算电路	106
6.1.5	集成运放主要技术参数	107
6.1.6	电压比较器	108
6.2	真题及例题解析	110
6.3	自我测试	122
第7章	逻辑代数基础	130
	知识要点	130
7.1	知识点详解	130
7.1.1	逻辑代数的基本公式和定理	130

7.1.2	逻辑代数	131
7.1.3	逻辑函数的化简	132
7.2	真题及例题解析	133
7.3	自我测试	141
第8章	门电路	145
	知识要点	145
8.1	知识点详解	145
8.1.1	基本逻辑门电路	145
8.1.2	复合逻辑门电路	146
8.1.3	正负逻辑概念	147
8.1.4	TTL 逻辑门电路	147
8.1.5	其他类型的 TTL 门电路	149
8.1.6	CMOS 逻辑门电路	150
8.2	真题及例题解析	151
8.3	自我测试	157
第9章	组合逻辑电路	162
	知识要点	162
9.1	知识点详解	162
9.1.1	组合逻辑电路的特点和功能描述	162
9.1.2	组合逻辑电路的分析方法	163
9.1.3	组合逻辑电路的设计方法	163
9.1.4	常用的组合逻辑电路	164
9.1.5	组合逻辑电路中的竞争与冒险	165
9.2	真题及例题解析	166
9.3	自我测试	180
第10章	触发器	187
	知识要点	187
10.1	知识点详解	187
10.1.1	触发器的特点	187
10.1.2	基本触发器	187
10.1.3	CMOS 触发器	190
10.1.4	触发器之间的转换方法	191
10.2	真题及例题解析	192
10.3	自我测试	198
第11章	时序逻辑电路	203
	知识要点	203
11.1	知识点详解	203
11.1.1	时序逻辑电路的特点	203
11.1.2	时序逻辑电路的分类	203

11.1.3 常用的时序逻辑电路	204
11.1.4 时序逻辑电路的分析方法与设计方法	211
11.1.5 时序逻辑电路中的竞争—冒险现象	212
11.2 真题及例题解析	212
11.3 自我测试	227
第12章 脉冲波形的产生与设计	235
知识要点	235
12.1 知识点详解	235
12.1.1 双极型555定时器	235
12.1.2 单稳态触发器	236
12.1.3 多谐振荡器	237
12.1.4 施密特触发器	239
12.2 真题及例题解析	239
12.3 自我测试	245
第13章 半导体存储器和可编程逻辑器件	250
知识要点	250
13.1 知识点详解	250
13.1.1 半导体存储器	250
13.1.2 可编程逻辑器件	252
13.2 真题及例题解析	254
13.3 自我测试	262
第14章 数/模与模/数转换	267
知识要点	267
14.1 知识点详解	267
14.1.1 D/A转换器	267
14.1.2 A/D转换器	269
14.2 真题及例题解析	271
14.3 自我测试	277
附录 历年考研真题	282
北京航空航天大学2006年通信类综合	282
北京航空航天大学2007年通信类综合	283
北京邮电大学2006年电子技术	284
北京邮电大学2007年电子技术(A)	288
北京理工大学2006年电子技术(含模拟数字部分)	293
北京理工大学2007年电子技术基础	297
北京理工大学2007年电子电路	300
北京科技大学2006年模拟电子技术与数字电子技术基础	304
北京科技大学2007年模拟电子技术与数字电子技术基础	308
北京交通大学2007年电子技术(模拟、数字)	311

北京师范大学 2007 年数字电路与电子线路	315
华中师范大学 2006 年电子线路基础(模拟、数字)	317
华中师范大学 2007 年电子线路基础(模拟、数字)	320
哈尔滨工业大学 2005 年电子技术基础	322
哈尔滨工业大学 2006 年电子技术基础	327
参考文献.....	333

第1章 晶体二极管

知识要点

本章从半导体的基础知识入手,分别介绍了本征半导体与杂质半导体及两种半导体的导电机理。在此基础上,本章阐述了PN结的几种工作特性,分析了晶体二极管的数学模型以及二极管电路的分析方法,同时,还介绍了几种二极管的基本应用电路,以便更好地掌握二极管的相关特性。

重点:二极管导电的工作原理;二极管的特性、参数、应用电路分析;稳压管的特性、参数及其特点。

难点:二极管的数学模型及分析方法;二极管的外部特性;稳压管的稳压特性。

考点:PN结的单向导电性;二极管的伏安特性及主要参数;二极管的应用(限幅、整流电路);稳压管的稳压特性。

1.1 知识点详解

1.1.1 半导体基础知识

1. 半导体

定义:半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的一种物质,常用的半导体有硅(Si)和锗(Ge)。

2. 本征半导体

1) 定义及特性

(1) 定义:纯净的、不含任何杂质的半导体晶体。

(2) 特性:晶体在热力学零度(0K, -273℃)的时候,价电子没有能力脱离共价键的约束,而全部被束缚在原子核周围。这时,晶体中没有自由电子,半导体不导电。

2) 本征半导体中的载流子

(1) 定义:当半导体温度升高或受到光线照射时,某些共价键中的价电子从外界获得足够的能量后,可以挣脱共价键的束缚而成为自由电子,同时在相应的共价键中留下一个空位,称为“空穴”。这个过程叫做本征激发,其中,自由电子和“空穴”统称为载流子,并且它们是成对出现的。

(2) 载流子浓度:在本征激发的过程中出现的自由电子—空穴对同时存在着复合的过程,当温度一定时,本征激发与复合达到动态平衡,此时,载流子(自由电子或者空穴)浓度值 n 为

$$n = A_0 T^{3/2} e^{-\frac{W_g}{2kT}}$$

式中: $A_0 \approx 4.9 \times 10^{21} (m_e m_h / m^2)^{3/4}$, m_e 为电子的有效质量(kg), m_h 为空穴的有效质量(kg), m 为自由空间中的电子的质量(kg); T 为热力学温度(K); W_g 为破坏共价键所需要的能量(J), 又称为禁带宽度; k 为玻耳兹曼常量($8.26 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$)。

3. 杂质半导体

1) 定义及分类

在本征半导体中掺入不同的杂质就形成杂质半导体, 杂质半导体分为空穴(P型)半导体和自由电子(N型)半导体。在本征硅(或锗)的晶体内掺入微量三价元素(如硼), 就可构成P型半导体, 其中, 硼原子在硅晶体中接受电子, 故称之为受主原子。如果掺入微量的五价元素(如磷), 就可以得到N型半导体, 磷原子由于在硅中释放电子, 因而称之为施主原子。

2) 杂质半导体中的载流子

杂质半导体中, 多数载流子(简称多子)是由于掺杂产生的, 少数载流子(简称少子)是由本征激发产生的。因此, 在P型半导体中, 多子为空穴, 少子为自由电子; 而在N型半导体中, 多子为自由电子, 少子为空穴。

杂质半导体中两种载流子浓度的乘积为一常量, 即: $p_p n_p = p_n n_n$ 。

式中: p_p 、 n_p 为P区空穴与自由电子浓度; p_n 、 n_n 为N区空穴与自由电子浓度。

4. PN 结

1) 载流子的运动

扩散运动: 由于存在浓度差, 载流子由浓度高的区域向浓度低的区域运动。由扩散运动产生的电流称为扩散电流。

漂移运动: 载流子在电场的作用下的定向运动。由漂移运动产生的电流称为漂移电流。

PN 结是由载流子的扩散运动和漂移运动达到平衡时形成的。

2) PN 结特性

(1) 单向导电性。当PN结外加正向电压(P端接正, N端接负)时, 外加电压产生的电场方向与PN结内建电场方向相反, 加速了多子的扩散, 阻止了少子的漂移, 使得空间电荷区变窄, 形成较大的正向电流。此时, PN结呈低电阻, 处于导通状态。

当PN结外加反向电压(N端接正, P端接负)时, 外加电压产生的电场方向与PN结内建电场方向相同, 加速了少子的漂移, 阻止了多子的扩散, 使得空间电荷区变宽, 流过的少子形成很小的反向电流。此时, PN结呈高电阻, 处于截止状态。

(2) 伏安特性。PN结的单向导电性可由以下等式表示: $I = I_s (e^{\frac{u}{U_T}} - 1)$

式中: I 为通过PN结的电流(A); I_s 为反向饱和电流(A); u 为PN结两端电压(V); U_T 为热电压(V), 在 $T = 300\text{K}$ 时, $U_T \approx 26\text{mV}$ 。

由上式可知, 当PN结正偏时, u 为正值, I 随着 u 的增大而增大。当 $u \gg U_T$ 时, 上式可化为

$$I \approx I_s e^{\frac{u}{U_T}}$$

当PN结反偏时, u 为负值,若 $|u| \gg U_T$,则 e^{u/U_T} 趋近于零,因此,通过PN结的电流 $I \approx -I_s$,即反向饱和电流。

(3) 击穿特性。当PN结反向电压超过一定数值 U_{BR} 后,反向电流急剧增加,称之为反向击穿。根据不同的机理,反向击穿分为齐纳击穿与雪崩击穿。

齐纳击穿是由于在掺杂浓度高的情况下,不大的反向电压能够形成直接破坏共价键的很强的电场,产生电子—空穴对,使得电流急剧增加。

雪崩击穿是由于反向电压增大到一定大的数值时,耗尽层的电场使少子加快漂移速度,从而与共价键中的价电子相碰撞,撞出价电子,产生电子—空穴对。新产生的电子与空穴被电场加速又撞出新的价电子,载流子雪崩式地增加,使电流急剧增加。

(4) 温度特性。温度升高时,PN结两边的热平衡少子浓度相应增加,导致PN结的反向电流增大,同时,正向导通电压减小。

(5) 电容特性。PN结电容由势垒电容和扩散电容组成。即: $C_J = C_B + C_D$
式中: C_J 为结电容(F); C_B 为势垒电容(F); C_D 为扩散电容(F)。当PN结正向偏置时,以扩散电容 C_D 为主;反向偏置时,以势垒电容 C_B 为主。

1.1.2 晶体二极管

1. 晶体二极管与PN结伏安特性的异同

(1) 相同点:单向导电性;伏安特性;温度特性。

(2) 不同点:晶体二极管存在半导体体电阻和引线电阻,当外加正向电压,电流大小相同时,晶体二极管两端压降较大。同时,晶体二极管表面存在漏电流,外加反向电压时的反向电流增大。

晶体二极管存在使其开始导通的临界电压,即开启电压 U_{on} 。

2. 伏安特性

晶体二极管的伏安特性与PN结相同,数学模型也相同,即: $I = I_s(e^{u/U_T} - 1)$

PN结正偏, $u > 3U_T$ 时, $I \approx I_s e^{u/U_T}$,电流随外加电压呈指数规律增加。

PN结反偏, $I \approx -I_s$,反向电流与外加反向电压无关,近似为常数。

正向特性:当外加电压 $u > U_{on}$ 时,随着 u 的增加,正向电流迅速增大,正向电阻很小,PN结处于导通状态。

反向特性:当外加电压 $u < U_{on}$ 时,在一定范围内反向电流很小,近似为常数,反向电阻很大,PN结截止。

击穿特性:当反向电流增加到一定数值 U_{BR} 时,反向电流急剧增加,PN结反向击穿。

3. 等效电路

理想二极管电路:二极管导通时正向压降为零,截止时反向电流为零,如图1-1所示。

理想二极管串联电压源:二极管导通时正向压降为一个常量 U_{on} ,截止时反向电流为零,如图1-2所示。

理想二极管串联电压源和电阻 r_d :二极管正向电压 u 大于 U_{on} 后,通过二极管的电流 i 与 u 成线性关系,直线的斜率为 $1/r_d$,二极管截止时反向电流为零,如图1-3所示。

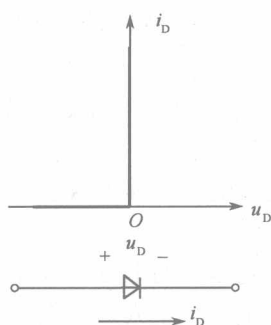


图 1-1 理想二极管电路

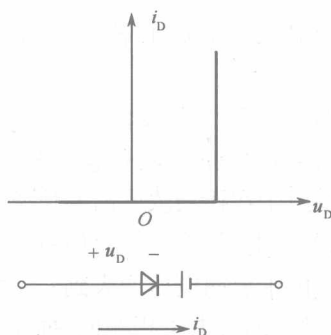


图 1-2 理想二极管串联电压源电路

微变等效电路:将二极管等效为一个动态电阻 r_d , 且 $r_d = \Delta u_D / \Delta i_D$, 如图 1-4 所示。

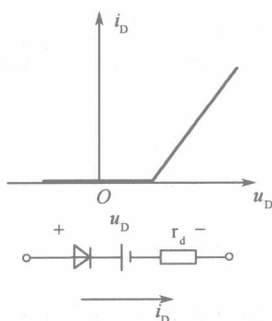


图 1-3 理想二极管串联电压源和电阻电路

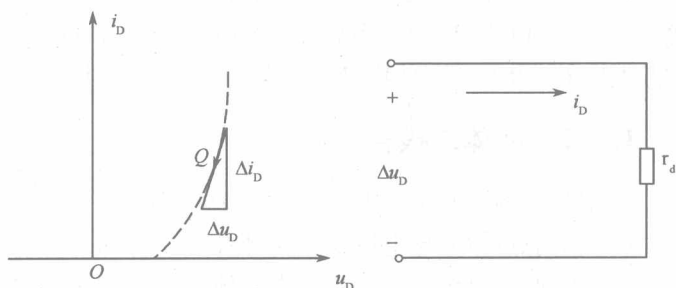


图 1-4 微变等效电路

利用二极管的电流方程可计算二极管的等效电阻 r_d 。

$$\frac{1}{r_d} = \frac{\Delta i_D}{\Delta u_D} \approx \frac{di_D}{du_D} = \frac{d[I_s(e^{\frac{u_D}{U_T}} - 1)]}{du_D} \approx \frac{I_s}{U_T} \cdot e^{\frac{u_D}{U_T}} \approx \frac{I_D}{U_T}$$

$$r_d \approx \frac{U_T}{I_D}$$

即

式中: I_D 为 Q 点通过二极管的电流(A)。

4. 主要参数

最大整流电流 I_F : 晶体二极管长期运行时允许通过的最大正向平均电流值。

最高反向工作电压 U_R : 晶体二极管工作时允许外加的最大反向电压。

反向电流 I_R : 晶体二极管未被击穿时的反向电流。

最高工作频率 f_M : 晶体二极管工作的上限频率。

1.1.3 稳压二极管

1. 伏安特性

正向特性: 与普通二极管类似, 为指数曲线。

反向特性: 当稳压管外加反向电压的数值大到一定程度时则击穿, 击穿的曲线很陡, 表现出很好的稳压特性。

2. 主要参数

稳定电流 I_Z : 稳压管工作在稳压状态时的参考电流。

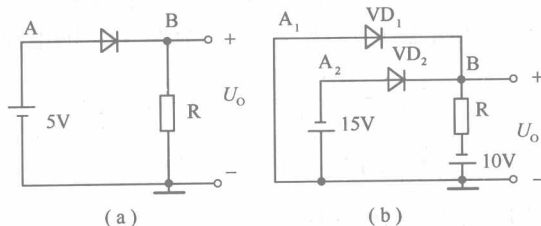
额定功率 P_{ZM} : 稳压管的稳定电压 U_Z 与最大稳定电流 I_{ZM} 的乘积。

动态电阻 r_Z : 稳压管工作在稳压区时, 端电压变化量与其电流变化量之比 U_Z/I_Z 。

温度系数 α : 温度每变化 1°C 稳压值的变化量, 即 $\alpha = \Delta U_Z / \Delta T$ 。

1.2 真题及例题解析

【例1】二极管电路如图(a)、图(b)所示, 试判断图中二极管是导通还是截止, 并确定各电路的输出电压。设二极管导通电压 $U_D = 0.7\text{V}$ 。



例1图

【解】根据二极管应用电路的特点, 首先判断二极管的工作状态:

(1) 图(a)中首先假设二极管 VD 断开, 求二极管两端电压:

$$\Delta U = U_A - U_B = 5\text{V} - 0\text{V} = 5\text{V} > U_D$$

显然, 二极管应工作在导通状态, 且接入后 $U_{AB} = U_D = 0.7\text{V}$ 。

此时, 输出电压为

$$U_O = U_A - U_D = 5\text{V} - 0.7\text{V} = 4.3\text{V}$$

(2) 图(b)中断开二极管 VD_1 和 VD_2 , 其两端电压为

$$\Delta U_1 = U_{A1} - U_B = 0\text{V} - (-10)\text{V} = 10\text{V} > U_D$$

$$\Delta U_2 = U_{A2} - U_B = -15\text{V} - (-10)\text{V} = -5\text{V} < U_D$$

因而, 接入二极管后, VD_1 导通, B 点电位为 -0.7V , 此时:

$$\Delta U_2 = U_{A2} - U_B = -15\text{V} - (-0.7)\text{V} = -14.3\text{V} < U_D$$

所以 VD_2 处于截止状态, 输出电压为

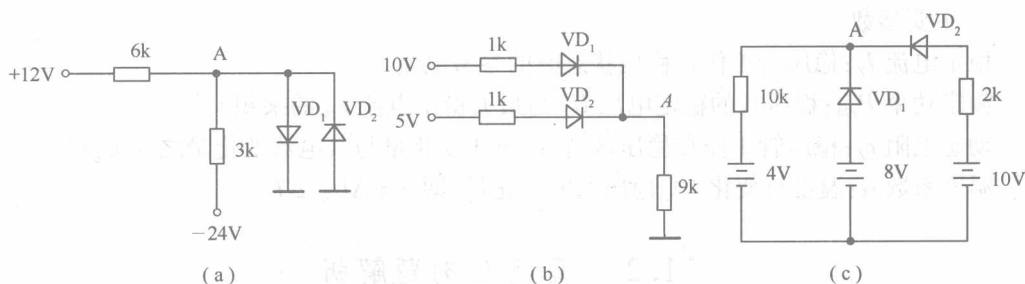
$$U_O = U_B = -0.7\text{V}$$

【注释】本题根据二极管两端的电压判断二极管的工作状态, 常用的方法是: 假设二极管断开, 计算二极管两端电压。判断此电压是否大于二极管导通压降。

【例2】理想二极管电路如图(a)、图(b)、图(c)所示, 判断电路中二极管的状态(导通、截止), 并说明理由。(中国科学院 2007 年)

【解】(1) 如图(a)所示, VD_1 、 VD_2 中一个导通, 一个截止。从流出 A 点的电流判断 VD_1 、 VD_2 哪个导通。

$$I = \frac{12}{6} + \frac{-24}{3} = 2 - 8 = -6(\text{mA})$$



例 2 图

故 VD_2 导通, VD_1 截止。

(2) 如图(b)所示, VD_1 导通, 使得 $U_A = 9V$, 所以, VD_2 截止。

(3) 如图(c)所示, 假设 VD_1 截止, VD_2 导通, 则流经 VD_2 的电流为

$$I_{D2} = \frac{10 - 4}{2 + 10} = 0.5 \text{ (mA)}$$

故

$$U_A = 10 - 2 \times 0.5 = 9 \text{ (V)}$$

此假设合理, 因而, VD_1 截止, VD_2 导通。

【例 3】电路图如图所示, 设二极管导通时的正向压降 $0.7V$, $R = 3k\Omega$, $E = 12V$, $E_1 = 3V$, 试分析 VD_1 、 VD_2 的工作情况并求 U_a 、 U_b 和 I 的值。(河北大学 2007 年)

【解】假设 VD_2 导通, 则 $U_a = 0.7V$, $U_b = 0$ 。

由于 $E_1 = 3V$, 故 $U_b = -3V$, 与假设矛盾, 故 VD_2 截止。

又 $E = 12V$, $U_b = -3V$, 故 VD_1 导通。

因此, $U_a = -2.3V$, $U_b = -3V$ 。

由 $E = 12V$ 得

$$I = \frac{E - U_a}{R} = \frac{12 - (-2.3)}{3} = 4.77 \text{ (mA)}$$

【注释】本题根据二极管两端电压来判断二极管的工作状态, 从而计算电路参数。

【例 4】如图所示电路, 设二极管正向压降为 $0.6V$, 求电流 I , 输出电压 U_o 。(北京工业大学 2007 年)

【解】因为二极管正向管压降为 $0.6V$, 所以 VD_1 截止, 且 $I_1 = 0$ 。

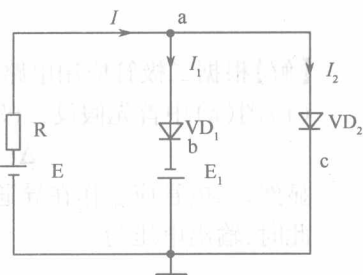
又在 $3V$ 输入电压的二极管导通情况下, 得到输出电压: $U_o = 3 - 0.6 = 2.4 \text{ (V)}$

而在 $2V$ 输入电压的二极管两端的电压分别为: $U_+ = 2V$, $U_- = 2.4V$, 即 $U_+ < U_-$ 。

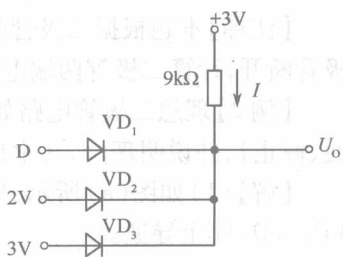
因此, 此二极管截止, 即 $I_2 = 0$

$$\text{故 } U_o = 2.4V, I = \frac{-3 - 2.4}{9} = 0.6 \text{ (mA)}$$

【注释】本题考查的是二极管单向导电的性能。同



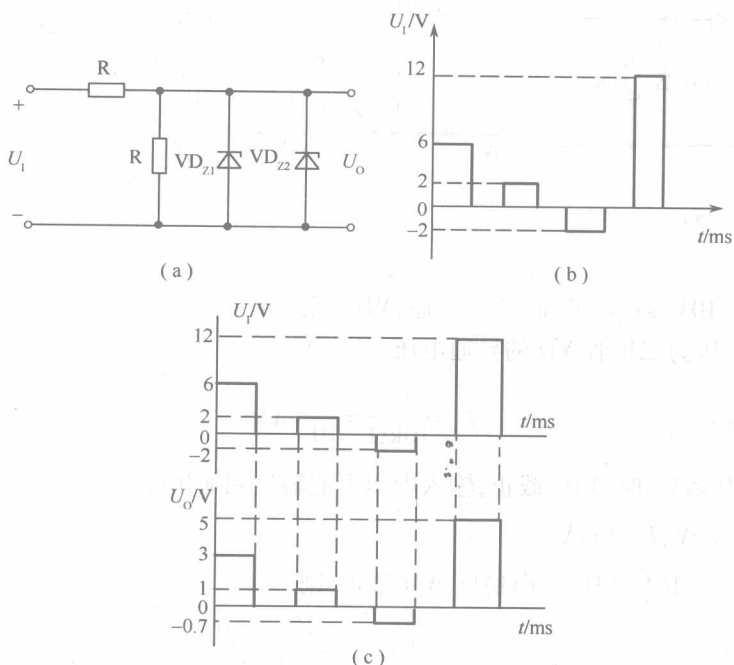
例 3 图



例 4 图

时,当多个二极管并联在同一电路中时,二极管正负两端的压差越大,二极管越容易导通。

【例5】在图(a)所示电路中,稳压管 $U_{DZ1} = 5V$, $U_{DZ2} = 7V$,稳压特性是理想的,正向压降为 $0.7V$ 。若输入电压的波形如图(b)所示。试画出输出电压 U_o 的波形。注意时间要对应,幅值要注明。(中山大学 2004 年)



例 5 图

【解】当 $0 < U_i < 10V$ 时,经两个电阻 R 分压,则 $U_R = \frac{U_i}{2} < 5V$,因此,稳压管 VD_{Z1} 、 VD_{Z2} 均截止,故 $U_o = \frac{U_i}{2}$ 。

当 $U_i > 10V$ 时,经两个电阻 R 分压,则 $U_R = \frac{U_i}{2} > 5V$,使稳压管 VD_{Z1} 反向导通,故 U_o 钳位在 $5V$, VD_{Z2} 仍是反向截止。

当 $-1.4V < U_i < 0$ 时,经两个电阻 R 分压,则 $|U_R| = \left| \frac{U_i}{2} \right| < 0.7V$,则稳压管 VD_{Z1} 、 VD_{Z2} 均截止,故 $U_o = \frac{U_i}{2}$ 。

当 $U_i < -1.4V$ 时,经两个电阻 R 分压, $|U_R| = \left| \frac{U_i}{2} \right| > 0.7V$,则稳压管 VD_{Z1} 、 VD_{Z2} 正向并联导通,故 $U_o = -0.7V$ 。

综上所述,画出波形如图(c)所示。

【注释】本题根据稳压管的稳压特性分析电路中的输入输出关系,并根据输入信号波形得到电路的输出信号波形。

【例6】如图(a)所示,设二极管的导通压降 $U_{Don} = 0.7V$,已知 $U_z = 3V$ 。求当 U_i 从