

高职高专电子类 十一五规划
精品课程 建设教材

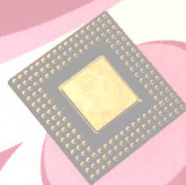
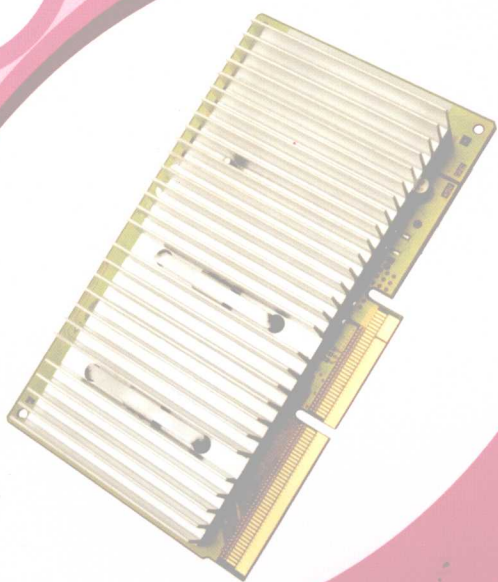
模拟电子技术 学习指导

总主编：杨利军

主编：黄新民

汤光华

主审：刘任庆



GAOZHI GAOZHUAN
DIANZILEI SHIYIWU GUIHUA
JINGPIN KECHENG JIANSHE JIAOCAI



中南大学出版社

高职高专电子类规划教材
精品课程建设教材

模拟电子技术学习指导

主 编	黄新民	汤光华		
副主编	柴霞君	刘国联	董学义	黄 荻
	周习祥	湛喜云	彭 芳	
主 审	刘任庆			

中南大学出版社

前言

“模拟电子技术”是一门理论性和实用性都很强的电子类专业基础课程。它与后续课程有着紧密的联系,如何学好这一门课程,关键是对基本概念和基本原理有一个清晰的理解,它不仅需要有较强的逻辑分析能力,更需要做大量的习题,在解题过程中,一方面要提高自己的解题技巧,更重要的是要通过解题加深对基本概念和基本原理的认识,通过解题了解书本知识在实际生产、生活中的应用。因此,做大量的习题是学好这门课程的关键之一。

本书每章由学习要求、学习指导和教材的习题详解组成。学习要求列出了本章节学习后要掌握的重要概念和重要原理;学习指导对本章节中的一些学习难点进行了分析;自测题可以方便学习者自我检查学习的效果;习题详解是为了给学习者提供解题的思路;拓展练习则是为了加强习题的深度,拓展学习的思维。

本书由黄新民、汤光华主编,其中第1章由周习祥老师编写,第3章由湛喜云老师编写,第5章由柴霞君老师编写,第6章由刘国联老师编写,第7章由黄荻老师编写,第8章由彭芳老师编写,其他章节由黄新民、汤光华老师编写。本书编写过程中得到了中南大学出版社的领导和有关编辑的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书难免有缺点和疏漏,存在一些不妥之处,敬请各位专家及广大读者批评指正。

编者

2007年5月

高职高专电子类**规划教材**
精品课程建设教材编委会

学术顾问：姚和芳

总 主 编：杨利军

编 委：（按姓氏笔画排序）

王红雨	邓木生	尹立贤	尹耕钦	龙 剑
龙安国	李加升	李伟尧	李合军	朱国军
刘湘国	刘晓奎	刘悦音	汤光华	吴再华
沈治国	陈应华	陈 惠	陈寿才	应夏晖
周志光	周少华	周 玲	胡良君	洪志刚
陶炎焱	高俊辉	黄新民	黄会雄	庾朝永
蒋本立	董学义	黎晓明	魏振西	

目 录

第1章 半导体二极管、三极管	(1)
一、学习要求	(1)
二、学习指导	(1)
三、自测题及参考答案	(4)
四、习题详解	(6)
五、拓展习题选解	(12)
第2章 基本放大电路	(16)
一、学习要求	(16)
二、学习指导	(16)
三、自测题及参考答案	(19)
四、习题详解	(21)
五、拓展习题选解	(37)
第3章 差分放大电路与集成运算放大器	(43)
一、学习要求	(43)
二、学习指导	(43)
三、自测题及参考答案	(43)
四、习题详解	(45)
第4章 负反馈放大电路	(52)
一、学习要求	(52)
二、学习指导	(52)
三、自测题及参考答案	(54)
四、习题详解	(57)
五、拓展习题选解	(64)
第5章 放大电路的应用	(67)
一、学习要求	(67)
二、学习指导	(67)
三、补充例题	(72)
四、自测题及参考答案	(77)

五、习题详解	(79)
第6章 正弦波振荡电路	(94)
一、学习要求	(94)
二、学习指导	(94)
三、自测题及参考答案	(95)
四、习题详解	(96)
五、拓展习题选解	(100)
第7章 功率放大电路	(102)
一、学习要求	(102)
二、学习指导	(102)
三、自测题及参考答案	(103)
四、习题详解	(104)
第8章 直流稳压电源	(112)
一、学习要求	(112)
二、学习指导	(112)
三、自测题及参考答案	(116)
四、习题详解	(117)
五、拓展习题选解	(123)
参考文献	(126)

第1章 半导体二极管、三极管

一、学习要求

(1)要求能正确理解 PN 结的形成过程。二极管的内部结构其实就只有一个 PN 结,二极管的正极与 P 区相连,负极与 N 区相连。要弄清楚二极管的工作特性,其首要任务就是要理解 PN 结的形成过程。

(2)理解二极管的伏安特性曲线。二极管的伏安特性曲线指的是加在二极管两端的电压与流过二极管的电流之间的关系,它包括正向特性和反向特性曲线。我们要能够理解曲线中各段所代表的物理意义。

(3)掌握常用的特殊二极管种类及其应用。常用的特殊二极管主要有稳压二极管、光电二极管、发光二极管、变容二极管。每一种二极管都有不同的应用,要求能够熟练掌握,尤其是对稳压二极管稳压前提条件的理解。

(4)要求能用万用表判别二极管的正、负极和二极管质量的好坏。

(5)了解半导体三极管的基本结构。

(6)理解半导体三极管内部载流子的传输过程、电流分配关系与电流放大作用。

(7)掌握半导体三极管的输入及输出特性曲线,并且能根据三极管三极电位的关系分析三极管所处的工作状态。

(8)了解半导体三极管的主要参数及其代表的意义。

(9)能用万用表判别半导体三极管的 B、C、E 三极,并且能够粗略判断三极管的好坏。

二、学习指导

1. PN 结的形成

(1)在一块本征半导体上,采用掺杂工艺措施,使其一边形成 P 型半导体,另一边形成 N 型半导体,由于 P 型半导体和 N 型半导体的载流子存在浓度差,从而形成扩散运动。

(2)由于扩散运动,使 P 型半导体和 N 型半导体的邻近区域形成内电场,内电场的方向是由 N 区指向 P 区。

(3)在内电场的作用下,自由电子和空穴形成漂移运动,漂移运动和扩散运动的方向相反,当两种运动相等时,达到动态平衡,这样就形成一个稳定的 PN 结,我们又称之为阻挡层。

(4)PN 结外加正向电压导通,加反向电压截止,这就是 PN 结的单向导电性。

2. 二极管的伏安特性曲线

(1)正向特性:

①导通电压(又称为门槛电压或阈值电压),用 U_D 表示,硅管约为 0.5V,锗管约为 0.1V。

②当正向电压大于死区电压时,二极管导通,电流迅速增长。

③在正常的电流范围内,二极管的正向压降(常称为管压降)很小,且几乎维持恒定,硅管约为 $0.6 \sim 0.8\text{V}$ (通常取 0.7V)、锗管约为 $0.2 \sim 0.3\text{V}$ (通常取 0.2V)。

(2)反向特性:

①反向截止区:此时反向电流很小,几乎为0。

②反向击穿区:当反向电压达到一定值时,反向电流急剧增大,此时,二极管处于反向击穿区。

(3)主要参数:最大整流电流,最大反向工作电压,反向饱和电流,极间电容等。

3. 常用二极管基本电路

(1)限幅电路:在电子技术中,常用限幅电路来对各种信号进行处理,经过限幅电路处理后的电压称为限幅电压。

(2)开关电路:利用二极管的单向导电性使电路接通或断开,在数字电路中得到广泛的应用。

(3)稳压电路:利用二极管正向导通时,在一定电流范围内,二极管两端电压几乎不变的特点,可以组成正向稳压电路。

4. 对特殊二极管的理解

(1)稳压二极管:

①稳压二极管的稳压条件: A. 稳压二极管必须接反向电压。 B. 反向电压必须要高于稳压二极管的反向击穿电压。 C. 要使稳压二极管能够正常工作,还必须串联一个限流电阻以保护稳压二极管。

②稳压二极管的稳压原理:当它工作在反向击穿状态下,其反向电流在很大范围变化时,其端电压变化很小,因而具有稳压作用。

(2)发光二极管:发光二极管能够将电能转换成光能,一般作为显示器件,可发出红、黄、绿、蓝等可见光。

(3)光电二极管:光电二极管能够将光能转换成电能,工作于反向偏置状态,无光时,反向电流很小;有光时,反向电流随光的强度增加而增加。

(4)变容二极管:变容二极管是利用二极管的结电容随反向电压的变化而变化的特性制成的,用在各种振荡电路当中来自动调节振荡频率。

5. 了解三极管的基本结构

半导体三极管按照结构可以分为 NPN 型和 PNP 型,不管是 NPN 型还是 PNP 型都包括三个区:发射区、基区和集电区,并相应引出三个电极:基极(B)、集电极(C)、发射极(E),在三个区的交界处,形成两个 PN 结,分别称为发射结和集电结。

6. 理解三极管内部载流子的传输过程、电流分配关系与电流放大作用

(1)三极管内部载流子的传输过程:发射区向基区注入电子;电子在基区中的扩散与复合;集电极收集扩散过来的电子。

(2)电流分配关系:发射极的总电流与发射结的电压 U_{BE} 成指数关系: $i_E = I_{ES}(e^{U_{BE}/U_T} - 1)$ 集电结收集的电子流是发射结发射的总电子流的一部分,它们的关系是: $i_C = \bar{\alpha} i_E$

由于 $i_E = i_B + i_C$, 所以 $i_B = (1 - \bar{\alpha}) i_E$ 。

集电极与基极电流的关系是: $i_C / i_B = \beta$

(3) 电流放大作用:

$$I_E = I_B + I_C \quad I_B < I_C < I_E \quad I_C \approx I_E$$

7. 三极管的特性曲线

(1) 输入特性曲线: 它是指在 u_{CE} 为一常数时, u_{BE} 与 i_B 之间的关系。用函数关系式表示为:

$$i_B = f(u_{BE}) \mid u_{CE} = \text{常数}$$

① $u_{CE} = 0V$ 时, 相当于三极管集、射两极短接, 曲线变化规律和二极管正向特性曲线相似。

② $u_{CE} \geq 0V$, $u_{CE} = 1V$ 时, 在相同的 u_{BE} 作用下, 流向基极的电流 i_B 减少即曲线向右移。

③ 在 u_{CE} 超过 $1V$ 以后, u_{CE} 再增加, i_B 也不明显减少, 因此 $u_{CE} \geq 1V$ 以后的 $u_{BE} - i_B$ 曲线基本是重合的。

(2) 输出特性曲线: 它是指在基极电流 i_B 一定的情况下, 三极管的输出回路中集电极与发射极之间的电压 u_{CE} 与集电极电流 i_C 之间的关系曲线, 用函数表示为:

$$i_C = f(u_{CE}) \mid i_B = \text{常数}$$

三极管输出特性曲线分成三个区域, 它们分别是截止区、放大区、饱和区(这里只对硅管而言)。

截止区的特点是: 集电结和发射结均处于反偏状态, 对于 NPN 型三极管, $u_{BE} < 0$, $u_{BC} < 0$; 对于 PNP 型三极管, $u_{EB} < 0$, $u_{CB} < 0$ 。

放大区的特点是: 发射结正偏, 集电极反偏, 对于 NPN 型三极管, $u_{BC} < 0$, $u_{BE} \geq 0.7V$; 对于 PNP 型三极管, $u_{CB} < 0$, $u_{EB} \geq 0.7V$ 。

饱和区的特点是: 发射结和集电结均处于正偏状态, 对于 NPN 型三极管, $u_{BC} > 0$, $u_{BE} \geq 0.7V$; 对于 PNP 型三极管, $u_{CB} \geq 0$, $u_{EB} \geq 0.7V$ 。

8. 半导体三极管的主要参数

(1) 电流放大倍数, 它是表征三极管放大作用的参数, 它又分成了如下几种参量:

- ① 共射极交流电流放大倍数 β
- ② 共射极直流电流放大倍数 $\bar{\beta}$
- ③ 共基极交流电流放大系数 α
- ④ 共基极直流电流放大系数 $\bar{\alpha}$

(2) 极间反向电流

- ① 集电极 - 基极反向饱和电流 I_{CBO}
- ② 集电极 - 发射极反向饱和电流 I_{CEO}

(3) 极限参数

- ① 集电极最大允许电流 I_{CM}
- ② 集电极最大允许功率损耗 P_{CM}

(4) 反向击穿电压

- ① 集电极开路时发射极 - 基极间的反向击穿电压 $u_{(BR)EBO}$
- ② 发射极开路时集电极 - 基极间的反向击穿电压 $u_{(BR)CBO}$
- ③ 基极开路时集电极 - 发射极间的反向击穿电压 $u_{(BR)CEO}$

三、自测题及参考答案

1. 填空题(每空 0.5 分, 共 10 分)

- (1) 在 PN 结的形成过程中, 由于 P 型半导体的____和 N 型半导体的____存在浓度差, 会形成____运动。
- (2) 稳压二极管稳压的条件包括____、____、____。
- (3) 半导体三极管从结构上分可以分为____型和____型两大类, 它们工作时有____和____两种载流子参与导电。
- (4) 半导体三极管的三个电极是____、____、____。
- (5) 为了使 NPN 型三极管处于放大状态, 必须使三极管的发射结处于____偏置; 集电极处于____偏置。三个电极的电位关系是____。
- (6) 如果三极管的电流放大倍数为 $\beta = 50$, 而 $I_B = 100\mu\text{A}$ 时, 则 $I_C =$ ____mA。
- (7) 在用万用表测量二极管的过程中, 如果测得二极管的正反向电阻都为 0Ω , 说明该二极管内部已____; 如果所测得的正反向电阻都为 ∞ , 说明该二极管已____。
- (8) 在用万用表测量三极管的过程中, 如果有两个引脚的正反向电阻都为 0Ω , 则说明该三极管已被____。

2. 选择题(每空 2 分, 共 50 分)

- (1) 半导体导电的载流子是()。
- A. 自由电子 B. 空穴 C. 自由电子和空穴
- (2) 最常用的半导体材料是()。
- A. 硅 B. 锗
- (3) 用来制作半导体器件的是()。
- A. 本征半导体 B. 杂质半导体
- (4) N 型半导体的多数载流子是()。
- A. 自由电子 B. 空穴 C. 自由电子和空穴
- (5) 二极管的正向电阻越(), 反向电阻越(), 说明二极管的单向导电性越好。
- A. 大 B. 小
- (6) 硅二极管和锗二极管的死区电压分别是()和(), 正向导通时的工作压降分别是()和()。
- A. 0.1V B. 0.3V C. 0.5V D. 0.7V
- (7) 当温度升高时, 二极管的正向压降(), 反向电流()。
- A. 增大 B. 减小 C. 基本不变
- (8) 工作时需要串入限流电阻的是()。
- A. 稳压二极管 B. 发光二极管
C. 光电二极管 D. 变容二极管
- (9) 工作在反向偏置状态的特殊二极管是(), 正向偏置状态的是()。
- A. 稳压二极管 B. 发光二极管
C. 光电二极管 D. 变容二极管

- (10) P 型半导体多数载流子是带正电的空穴, 所以 P 型半导体()。
- A. 带正电 B. 带负电
C. 没法确定 D. 电中性
- (11) PN 结反向电压的数值增大(小于击穿电压), 则()。
- A. 阻挡层不变, 反向电流基本不变
B. 阻挡层变厚, 反向电流基本不变
C. 阻挡层变窄, 反向电流增大
D. 阻挡层变厚, 反向电流减小
- (12) PN 结加正向电压时, 其正向电流是由()的。
- A. 多数载流子扩散而成
B. 多数载流子漂移而成
C. 少数载流子扩散而成
D. 少数载流子漂移而成
- (13) 在室温下, 对于掺入数目相同的 P 型半导体和 N 型半导体, 其导电能力()。
- A. 二者相同 B. N 型半导体导电能力强 C. P 型半导体导电能力强
- (14) 为了使三极管工作在放大状态, 必须使三极管的发射结加()电压, 集电结加()电压。
- A. 正向 B. 反向
- (15) 三极管三极电流的关系是()。
- A. $I_C > I_B > I_E$ B. $I_E > I_B > I_C$ C. $I_E > I_C > I_B$ D. $I_C > I_E > I_B$
- (16) 如果三极管的发射结和集电结均处于正偏状态, 说明该三极管处于()状态。
- A. 放大 B. 截止 C. 饱和
- (17) 如果测得三极管的三极电位为 $V_B = 0.3\text{V}$, $V_C = 5\text{V}$, $V_E = 0\text{V}$, 说明该三极管处于()。
- A. 放大 B. 截止 C. 饱和
- (18) 如果三极管的极限参数为 $P_{CM} = 40\text{mW}$; $U_{(BR)CEO} = 10\text{V}$; $I_{CM} = 15\text{mA}$, 而如果三极管的集电极电流为 $I_C = 7\text{mA}$, $U_{CE} = 6\text{V}$, 该三极管肯定()。
- A. 会被烧坏 B. 处于安全工作区 C. 不能确定
3. 是非题(每小题 1 分, 共 10 分)
- (1) 本征半导体中载流子数目越多, 导电能力越弱。 ()
- (2) 在本征半导体中掺入三价元素, 就可以形成 N 型半导体。 ()
- (3) 锗二极管的导通电压约为 0.3V 。 ()
- (4) 在 PN 结的形成过程中, 先有扩散运动, 后有漂移运动。 ()
- (5) PN 结外加反向电压时, 阻挡层的厚度变厚。 ()
- (6) 稳压二极管要正常工作, 只需在它的两端加一个反向电压就行了。 ()
- (7) 发光二极管正常工作时, 其正向电压要比普通二极管两端的正向电压高。 ()
- (8) 在电子电路当中, 二极管可以作为开关来使用。 ()
- (9) 用万用表测量三极管时, 所有三极管两极间的 R 都为 ∞ 。 ()
- (10) NPN 型三极管工作在饱和状态时, $V_{BE} > 0$ 。 ()

4. 简答题(每小题 10 分, 共 30 分)

- (1) 什么是 PN 结的击穿现象? 击穿有哪两种? 击穿是否意味着 PN 结坏了? 为什么?
- (2) 什么是 PN 结的电容效应? 何为势垒电容和扩散电容? PN 结正向偏置时, 主要考虑何种电容? 反向偏置时, 主要考虑何种电容?
- (3) 简述怎样用机械万用表欧姆挡判断 NPN 型三极管的 B、C、E 三个电极。

参考答案

1. (1) 空穴 自由电子 扩散 (2) 稳压二极管必须接反向电压 加在稳压二极管两端的反向电压必须要把稳压二极管反向击穿 要使稳压二极管能够正常工作, 还必须串联一个限流电阻以保护稳压二极管 (3) NPN PNP 空穴 自由电子 (4) 基极 集电极 发射极 (5) 正 反 $V_C > V_B > V_E$ (6) 5 (7) 短路 开路 (8) 被击穿

2. (1) C (2) A (3) B (4) A (5) B; A (6) C; A; D; B (7) B; A (8) A (9) A C D; B (10) D (11) B (12) A (13) B (14) A; B (15) C (16) C (17) A (18) A

3. (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\checkmark$ (4) $\times$ (5) $\checkmark$ (6) $\times$ (7) $\checkmark$ (8) $\checkmark$ (9) $\times$ (10) $\checkmark$

4. (1) 当加在 PN 结两端的反向电压增加到一定大小时, 反向电流急剧增加, 产生击穿, 这种现象称为 PN 结的击穿现象。击穿有电击穿和热击穿两种。击穿并不意味着 PN 结坏了, 因为电击穿中的雪崩击穿和齐纳击穿都不属于热击穿, 只有热击穿才把 PN 结损坏了。

(2) 在 PN 结的两端加上电压, PN 结内就有电荷的变化, 这称为 PN 结的电容效应。耗尽层中的电荷量随外加电压变化而改变, 形成电容效应, 称为势垒电容。积累在 P 区的电子或 N 区的空穴随外加电压的变化构成 PN 结的扩散电容。PN 结正向偏置时, 主要考虑扩散电容; 反向偏置时, 主要考虑势垒电容。

(3) 首先判断基极: 用万用表的黑表笔假定三极管其中一个引脚为基极, 用红表笔分别与其余两个引脚相接, 如果所测的两个电阻大约相等且为几百到几千欧姆, 则说明黑表笔所接的引脚为基极。如果不相等, 将黑表笔换一个引脚重复以上动作, 然后再判断集电极: 用黑表笔与剩下的两个引脚中任何一个引脚相接, 红表笔与另外一个引脚相接, 然后用手指同时碰触基极和黑表笔所接的那个电极, 共测得两个电阻, 其中阻值小的那次, 黑表笔所接的电极是集电极, 红表笔所接的电极是发射极。

四、习题详解

1-1 如图 1-1 所示。已知 $U_{DD} = 10V$, 每个二极管的正向压降都为 $0.7V$, 求流过两个二极管电流 I_D 。

解 $U_{D1} = V_{D2} = 0.7V$

于是, $U_O = 2U_D = 1.4V$

由于 $U_{DD} = U_O + I_D R$, 于是

$$U_{DD} - U_O = I_D R$$

$$I_D = \frac{1}{R}(U_{DD} - U_O) = \frac{1}{10^3}(10 - 1.4) = 8.6mA$$

1-2 二极管电路如图 1-2 所示, 试判断图中的二极管是导通还是截止, 并求出 AO 两

端电压 U_{A0} (设二极管是理想的)。

解 二极管的导通条件: $U_+ \geq U_-$; 否则截止。断定 D 是否导通, 可先将 D 断开, 求出 U_+ 和 U_- , 比较后判断 D 导通与否。

(a) 断开后, 以 O 点为零电位, 则 $U_+ = -6V$, $U_- = -12V$, $U_+ > U_-$, 故 D 导通, $U_{A0} = -6V$ 。

(b) $U_+ = -15V$, $U_- = -12V$, $U_+ < U_-$, 故 D 截止, $U_{A0} = -12V$ 。

(c) 对于 D_1 , $U_+ = 0$, $U_- = -12V$, $U_+ > U_-$, 故 D_1 导通。

对于 D_2 , $U_+ = -15V$, $U_- = 0V$, $U_+ < U_-$, 故 D_2 截止, $U_{A0} = 0V$ 。

(d) 对于 D_1 , $U_+ = -12V$, $U_- = 0V$, $U_+ < U_-$, 故 D_1 截止。

对于 D_2 , $U_+ = -12V$, $U_- = -6V$, $U_+ < U_-$, 故 D_2 截止, $U_{A0} = -12V$ 。

1-3 如图 1-3 所示, 试确定各电路的输出电压 U_o (设二极管为理想二极管)。

解 (a) 从三个二极管的正极电压来看, 它们都比负极电压要高, 但只能有一个二极管能够导通那就是 D_2 , 所以输出电

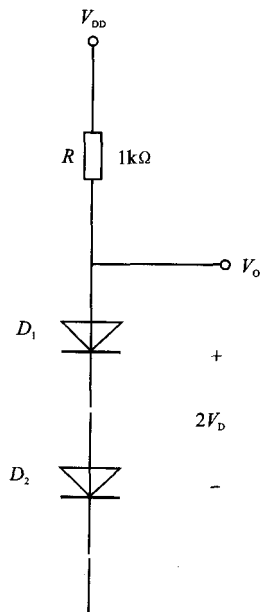


图 1-1

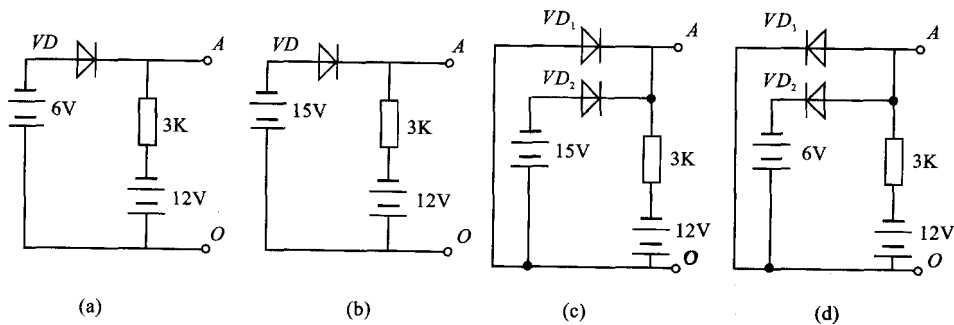


图 1-2 习题 1-2 的图

压 $U_o = 0V$ 。

(b) 同理, 三个二极管的正极电压都要比负极电压高, 其中的 D_2 导通, 所以输出电压 $U_o = -6V$ 。

1-4 电路如图 1-4 所示, 设 $u_i = 6\sin\omega t V$, 试绘出输出电压 u_o 的波形。设 D 为硅二极管: (1) 设二极管的正向压降 $U_D = 0.7V$; (2) 设二极管的正向压降 $U_D = 0.6V$, $r_D = 40\Omega$ 。

解 (1) $u_i < 0.7V$, VD 截止, 则 $u_o = u_i$; $u_i \geq 0.7V$ 时, VD 导通, 则 $u_o = 0.7V$ 。

(2) $V_D = 0.6V$, $r_D = 40\Omega$

此时, 二极管可等效为图解 1-5。

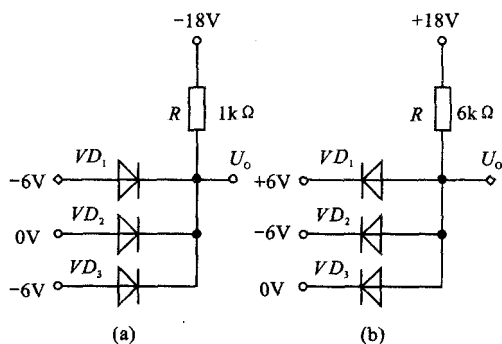


图 1-3 习题 1-3 的图

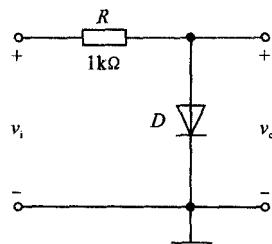


图 1-4 习题 1-4 的图

$$u_i \geq 0.6\text{V 时, } VD \text{ 导通。于是, } i_D = \frac{u_o - U_D}{r_D} = \frac{u_i - U_D}{R + r_D}$$

$$\text{所以 } u_o = \frac{r_D}{R + r_D}(U_i - U_D) + U_D$$

u_o 是随 u_i 作线性变化的, 且最大值为

$$\begin{aligned} u_{om} &= \frac{r_D}{R + r_D}(U_{im} - U_D) + U_D \\ &= \frac{40}{1000 + 40}(6 - 0.6) + 0.6 = 0.808\text{V} \end{aligned}$$

$u_i < 0.6\text{V}$ 时, VD 截止, $u_o = u_i$

(2) 的输出波形如图解 1-6 中 v_{oa} , v_{ob} 。

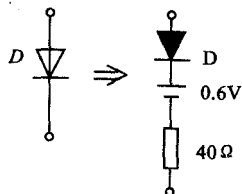


图 1-5 习题 1-4 的解答图

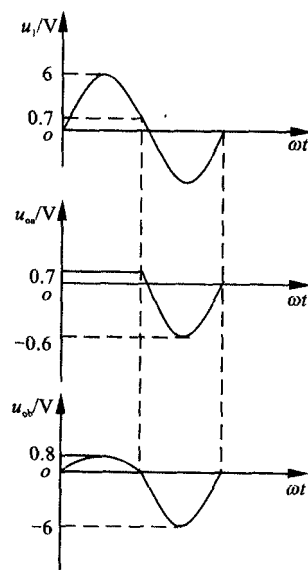


图 1-6 习题 1-4 的解答图

1-5 试判断图 1-7 中二极管是导通还是截止? 为什么?

解 (a) 首先设 VD 开路, 则 $U_A = \frac{10}{140 + 10} \times 15 = 1\text{V}$

同理有 $U_C = \frac{5}{25 + 5} \times 15 = 2.5\text{V}$

由 KVT 定律得 $U_B = U_C + \frac{2}{18 + 2} \times 10 = 2.5 + 1 = 3.5\text{V}$

$U_B > U_A$, 故 D 反偏截止。

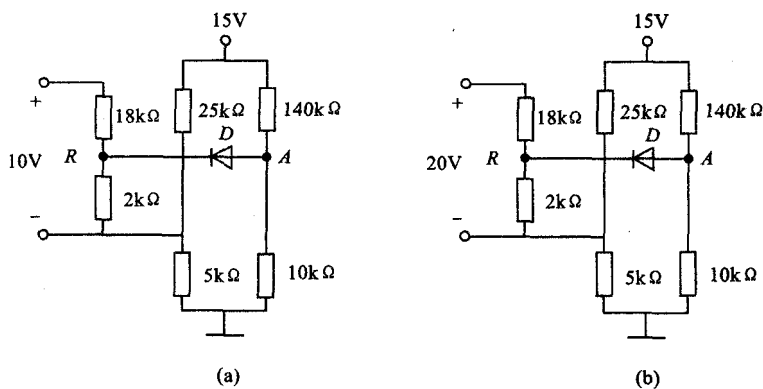


图 1-7 习题 1-5 的图

(b) 同(a), 断开 VD , 则 $U_A = 1\text{V}$, $U_C = 2.5\text{V}$

B 点电压则为 $U_B = U_C - \frac{2}{18 + 2} \times 20 = 2.5 - 2 = 0.5\text{V}$

$U_B > U_A$, 故 D 正偏导通。

1-6 二极管电路如图 1-8(a) 所示, 设输入电压 $u_i(t)$ 波形如图 1-8(b) 所示, 在 $0 < t < 5\text{ms}$ 的时间间隔内, 试绘出 $u_o(t)$ 的波形。设二极管是理想的。

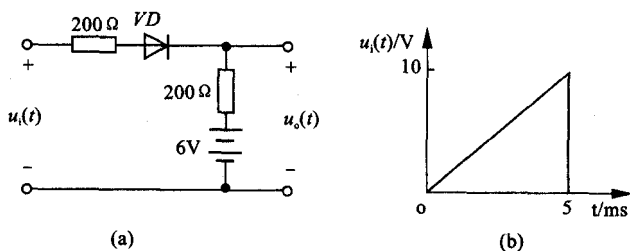


图 1-8 习题 1-6 的图

解 $u_i(t)$ 在增加时, VD 开始时截止, 直至 $u_i(t) > 6\text{V}$ 时, D 导通, 此时 $u_o(t)$ 为 200Ω 电阻上的电压和 6V 电压之和。

此时电路电流 $i_D = \frac{u_o(t) - 6}{200 + 200}$

故 $u_o(t) = 6 + 200 \times i_D$

而 i_D 与 $u_i(t)$, $u_o(t)$ 的关系为:

$$i_D = \frac{u_i(t) - u_o(t)}{200}$$

则 $u_o(t) = 6 + u_i(t) - v_o(t)$

$$\text{所以 } u_o(t) = 3 + \frac{1}{2}u_i(t)$$

$u_o(t)$ 的波形如图 1-9。

1-7 设计一个稳压管稳压电路, 要求输出电压 $U_O = 6V$, 输出电流 $I_O = 20mA$, 若输入直流电压 $U_I = 9V$, 试选用稳压管型号和合适的限流电阻, 并检验它们的功率定额。

解 $V_O = 6V$, 故 $U_Z = 6V$, $I_O = 20mA$, $I_O + I_Z = I_R$,
 $P_R = \frac{(U_I - U_Z)^2}{R}$, 于是可以确定稳压电路。

由要求 $U_O = U_Z = 6V$, 故选用 2DW7A 稳压管, $I_Z = 10mA$

由 KCL 定律: $I_R = I_O + I_Z = 10 + 20 = 30mA$

于是, 限流电阻: $R = \frac{U_I - U_Z}{I_R} = \frac{9 - 6}{30 \times 10^{-3}} = 100\Omega$

于是, R 上消耗的功率:

$$P_R = \frac{(U_I - U_Z)^2}{R} = \frac{(9 - 6)^2}{100} = 0.09W$$

故可选阻值为 100Ω , 功率为 $0.25W$ 的电阻为限流电阻。

1-8 两只参数全部相同的稳压管组成的电路如图 1-10 所示, 假设它们的参数 U_Z 和正向特性的 U_{th} 、 r_d 已知, 试绘出它们的传输特性。

解 由于不论 U_I 为正或负, 当 V_{Z1} 和 V_{Z2} 有一只导通, 另一只必反向击穿, 则 V_{Z1} , V_{Z2} 上的电压呈现为 $\pm(U_Z + U_{th})$ 。

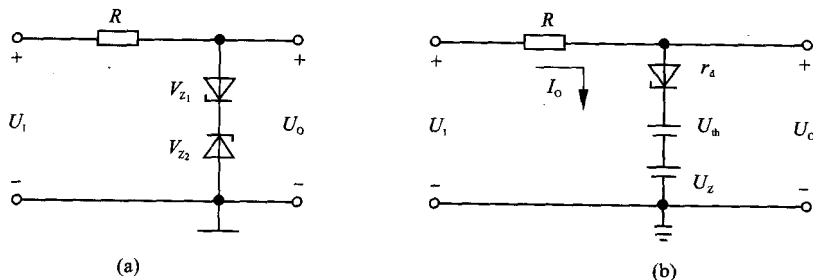


图 1-10 习题 1-8 的图

于是当时 $|U_I| \geq U_Z + U_{th}$, V_{Z1} , V_{Z2} 必有一只导通, 另一只反向击穿, 根据等效电路图 1-10(a),

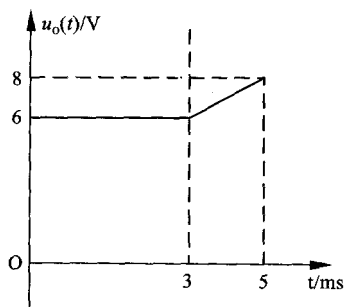


图 1-9 习题 1-6 的解答图

$$|I_D| = \frac{|u_1| - U_{th} - U_Z}{R + r_d} = \frac{|U_0| - U_{th} - U_Z}{r_d}$$

因此, $|U_0(t)| = \frac{r_d}{R + r_d} |U_1| + \frac{R}{R + r_d} (U_{th} + U_Z)$

当 $|U_1| < U_Z + U_{th}$ 时, 则 D_1, D_2 均截止, $V_0 = V_1$

故 $U_0 = f(U_1)$ 传输特性曲线如图 1-11 所示。

1-9 某三极管的 A 脚流出的电流为 3mA, B 脚流进电流是 2.95mA, C 脚流进的电流为 0.05mA, 判断各管脚名称, 并指出管型。

解 由于三极管三极电流的关系是: $I_E = I_B + I_C$, $I_C > I_B$,

而根据已知条件有 $I_A = I_B + I_C$

所以, A 脚为发射极, B 脚为集电极, C 脚为基极。

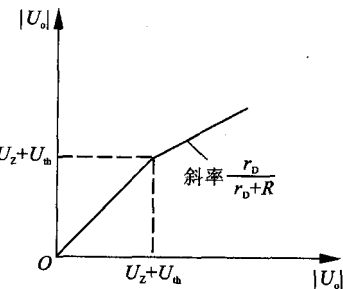


图 1-11 习题 1-8 的解答图

另外, 由于 NPN 型三极管基极电流是流入, 集电极电流是流入, 发射极电流是流出; 而 PNP 型三极管基极电流是流出, 集电极电流是流出, 发射极电流是流入, 因此, 根据此关系我们也可以得出该三极管是 NPN 型三极管。

1-10 如图 1-12 所示, 四个三极管的各极电位都已知, 试判断各三极管工作在什么状态。

解 (a) $U_{BE} = 0.7 - 0 = 0.7V$

$$U_{CE} = 6 - 0 = 6V$$

$U_{CE} > U_{BE}$, 所以该三极管处于放大状态。

(b) $U_{BE} = 10.75 - 10 = 0.75V$

$$U_{CE} = 10.3 - 10 = 0.3V$$

$U_{CE} < U_{BE}$, 所以该三极管处于饱和状态。

(c) $U_{EB} = 0 - 0.3 = -0.3V$, 发射结处于反偏状态, 所以该三极管处于截止状态。

(d) $U_{EB} = -1 - (-1.3) = 0.3V$,

$$U_{EC} = -1 - (-6) = 5V,$$

$U_{EC} > U_{EB}$, 所以该三极管处于放大状态。

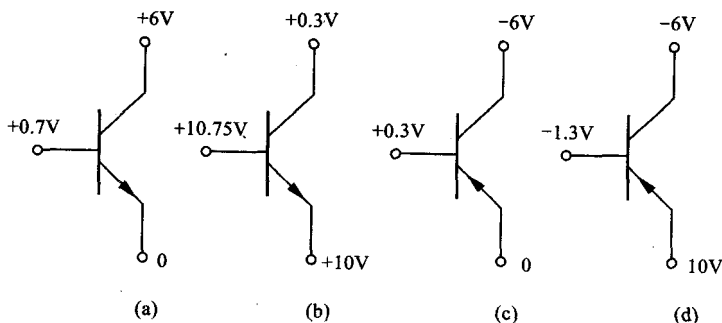


图 1-12 习题 1-10 的图