

高校经典教材同步辅导丛书

配套高教版·童诗白主编

九章丛书

模拟电子技术基础

第四版

同步辅导及习题全解

主 编 于登峰 边文思

- ◆ 知识点窍 ◆ 逻辑推理 ◆ 习题全解
- ◆ 全真考题 ◆ 名师执笔 ◆ 题型归类



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新版

高校经典教材同步辅导丛书

模拟电子技术基础（第四版）

同步辅导及习题全解

主 编 于登峰 边文思



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是教材《模拟电子技术基础（第四版）》（清华大学电子学教研组编写，童诗白、华成英主编）的配套习题全程辅导用书。全书按教材内容，针对各章节全部习题给出详细解答，思路清晰、逻辑性强，循序渐进地帮助读者分析并解决问题。

本书共 11 章，具体内容包括：常用半导体器件、基本放大电路、多级放大电路、集成运算放大电路、放大器的频率响应、放大电路中的反馈、信号的运算和处理、波形的发生和信号转换、功率放大电路、直流电源、模拟电子电路读图。每章内容都包括：重点内容提要、教材同步习题全解、自测题、习题、典型提高题。

本书可作为在校大学生和自考生学习“模拟电子技术基础”课程的教学辅导材料和复习参考用书及工科考研强化复习的指导书，也可作为教师的教学参考书。

图书在版编目（CIP）数据

模拟电子技术基础（第四版）同步辅导及习题全解 /
于登峰，边文思主编.—北京：中国水利水电出版社，
2009

（高校经典教材同步辅导丛书）

ISBN 978-7-5084-6370-4

I. 模… II. ①于…②边… III. 模拟电路—电子技术—
高等学校—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 040520 号

策划编辑：杨庆川 责任编辑：吴萍 封面设计：李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 模拟电子技术基础（第四版）同步辅导及习题全解
作 者	主编 于登峰 边文思
出版 发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路 6 号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net（万水） sales@waterpub.com.cn 电话：（010）63202266（总机）、68367658（营销中心）、82562819（万水）
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市梦宇印务有限公司
规 格	170mm×227mm 16 开本 19 印张 490 千字
版 次	2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—6000 册
定 价	20.80 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

“模拟电子技术基础”一直是大中专院校电子专业学生必修课程,其内容随着电子技术的发展而日趋丰富,这就产生了一个矛盾:一方面,学生因所修课程越来越多而导致课外时间减少;另一方面,因技术的进步又要求学生学习比以前更多的知识。

本书正是为了解决这一矛盾而精心编写的,它是教材《模拟电子技术基础(第四版)》(清华大学电子学教研组编写,童诗白、华成英主编)的配套习题全程辅导用书,本书除了有传统的辅导书的解题过程外,还有以下特点:

◆**知识点窍**:运用公式、定理及定义来点明知识点。

◆**逻辑推理**:阐述习题的解题过程。

◆**解题过程**:概念清晰、步骤完善、数据准确、附图齐全。

把知识点窍—逻辑推理—解题过程串联起来,做到融会贯通,最后给出教材的习题答案。在解题思路和解题技巧上进行精练分析和引导,巩固所学,达到举一反三的效果。

“知识点窍”和“逻辑推理”是本书的精华所在,是由多位著名教授根据学生答题的弱点进行分析而研究出来的一种新型的拓展思路的训练方法。“知识点窍”提纲挈领地抓住了题目的核心知识,让学生清楚地了解出题者的意图,而“逻辑推理”则注重引导学生思维,旨在培养学生科学的思维方法,并掌握答题的思维技巧。本书在此基础上,还提供了详细的“解题过程”,使学生熟悉整个答题过程。

由于编者水平有限及编写时间仓促,不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 1 月

目 录

前 言

第一章 常用半导体器件	(1)
重点内容提要	(1)
典型例题与解题技巧	(5)
历年考研真题评析	(7)
教材同步习题全解	(10)
自测题	(10)
习 题	(14)
第二章 基本放大电路	(25)
重点内容提要	(25)
典型例题与解题技巧	(31)
历年考研真题评析	(34)
教材同步习题全解	(37)
自测题	(37)
习 题	(41)
第三章 多级放大电路	(61)
重点内容提要	(61)
典型例题与解题技巧	(64)
历年考研真题评析	(67)
教材同步习题全解	(70)
自测题	(70)
习 题	(73)
第四章 集成运算放大电路	(83)
重点内容提要	(83)
典型例题与解题技巧	(85)
历年考研真题评析	(89)
教材同步习题全解	(92)
自测题	(92)
习 题	(94)

第五章 放大器的频率响应	(105)
重点内容提要	(105)
典型例题与解题技巧	(108)
历年考研真题评析	(111)
教材同步习题全解	(115)
自测题	(115)
习 题	(118)
第六章 放大电路中的反馈	(129)
重点内容提要	(129)
典型例题与解题技巧	(135)
历年考研真题评析	(139)
教材同步习题全解	(141)
自测题	(141)
习 题	(145)
第七章 信号的运算和处理	(158)
重点内容提要	(158)
典型例题与解题技巧	(162)
历年考研真题评析	(166)
教材同步习题全解	(168)
自测题	(168)
习 题	(170)
第八章 波形的发生和信号转换	(188)
重点内容提要	(188)
典型例题与解题技巧	(193)
历年考研真题评析	(196)
教材同步习题全解	(198)
自测题	(198)
习 题	(203)
第九章 功率放大电路	(228)
重点内容提要	(228)
典型例题与解题技巧	(232)
历年考研真题评析	(237)
教材同步习题全解	(239)

自测题	(239)
习 题	(242)
第十章 直流电源	(257)
重点内容提要	(257)
典型例题与解题技巧	(262)
历年考研真题评析	(266)
教材同步习题全解	(268)
自测题	(268)
习 题	(274)
第十一章 模拟电子电路读图	(290)
重点内容提要	(290)
教材同步习题全解	(290)
习 题	(290)

第一章 常用半导体器件

重点内容提要

1.1 半导体基础知识

本征半导体

本征半导体就是完全纯净的具有晶体结构的半导体。

载流子:电子带负电,空穴带正电,在外电场作用下自由电子移动,相邻的价电子填补空穴而形成空穴移动,它们都能导电。

本征激发产生的自由电子和空穴成对出现,数量取决于环境温度高低。

杂质半导体——P 型半导体和 N 型半导体

(1)P 型半导体:在纯净半导体中掺入适量三价元素,形成空穴型(P 型)半导体。它的导电能力大大高于本征半导体。其中空穴为多数载流子(简称“多子”),自由电子为少数载流子(简称“少子”)。

(2)N 型半导体:在纯净半导体中掺入适量五价元素,形成自由电子型(N 型)半导体。其中自由电子为“多子”,空穴为“少子”。

在两种杂质半导体中,整体上电量平衡,对外不显电性(不带静电)。

PN 结

又称耗尽层,阻挡层,将两种杂质半导体结合在一起,由于界面两侧载流子浓度不同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。

(1)区内正、负离子带电而不能移动,载流子因复合而数量很少,因此电阻率很高。

(2)正、负离子形成的内电场阻止多子继续扩散。

(3)内电场对少子有吸引作用,形成少子的逆向运动,称为漂移。

(4)在没有外电场作用时,当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,两侧间没有电流,空间电荷区厚度不变。

(5)PN 结正向导通,反向截止,即为单向导电性。

1.2 半导体二极管

结构:将 PN 结两边各引出一个电极便构成一个二极管。其中 P 型区引出阳极 A(+),N

型区引出阴极 K(-)。符号: A $\rightarrow$ K

伏安特性及主要参数: 伏安特性如图 1.1 所示。

正向 $I = f(U): U_{on}$, 为开启电压(硅管为 0.5V, 锗管为 0.2V)。 U_D 为导通电压, 随 I 而变化很小, 可近似取 $U_D = 0.7V$ (硅管), $0.3V$ (锗管)。

反向 $I_R = f(U_R)$: 反向电流 I_S 中 I_S 基本不变, 称为反向饱和电流。 U_{BR} 为反向击穿电压, 若外加电压超过 U_{BR} , 则 I_R 增大, 失去单向导电性, 损坏。

稳压管: 稳压管是一种特殊的面接触型硅二极管, 其伏安特性及符号如图 1.2 所示。反向工作在击穿状态, 管压降 U_Z 几乎不随电流 I_Z 而变化, 故能起稳压作用。

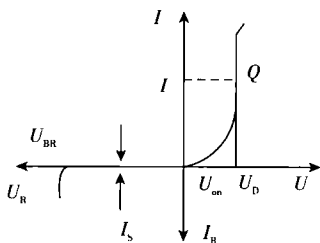


图 1.1

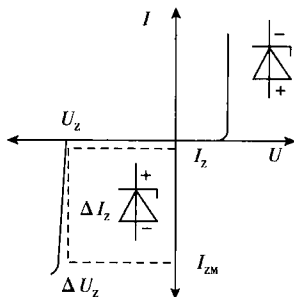


图 1.2

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 $P_{ZM} (= U_Z \cdot I_{ZM})$ 、

动态电阻 $r_Z (= \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z})$, 见图 1.2) 和电压温度系数 α 等。

1.3 双极型晶体管

半导体三极管也称双极型晶体管, 简称晶体管或三极管。

结构与基本原理

(1) 晶体管有三个电极和两个 PN 结, 分别是发射极(E 或 e)、基极(B 或 b)、集电极(C 或 c)和发射结(Je)、集电结(Jc)。

发射区掺杂浓度高, 基区薄; 集电区掺杂浓度低, 集电结的面积比发射结大。

(2) 类型:

- a. NPN 型和 PNP 型
- b. 硅(Si)管或锗(Ge)管

(3) 基本放大电路:

根据实现电流放大作用的要求, 供电电源接法应保证:

发射结为正向偏置, 集电结为反向偏置。两种结构形式的共射极接法电路如图 1.3 所示。

(4) 三极管的构造特点是:

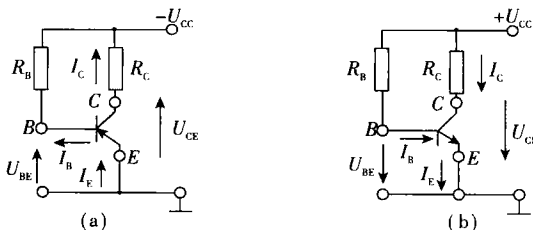


图 1.3

- 发射结面积小,掺杂浓度高,多数载流子数量多。
- 基区极薄,掺杂浓度很低,多子数量很少。
- 集电结面积大,掺杂浓度次于发射区而高于基区。

特性曲线

三极管的输出特性 $I_C = f(U_{CE}) \Big|_{I_B = \text{常数}}$ 是一个曲线簇,如图 1.4 所示。

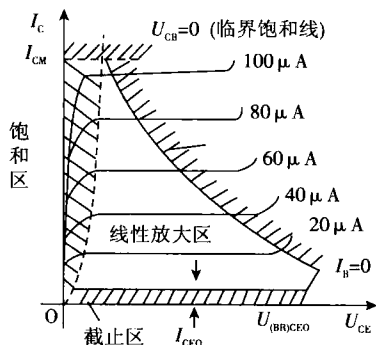


图 1.4

- (1) 由 $U_{CE} \geq 1V$ 到集电结击穿之前具有恒流特性,因 $I_C = \bar{\beta} I_B$, 所以 $\bar{\beta}$ 为常数,称为线性放大区。此时发射结为正偏,集电结为反偏。
- (2) 当 $I_B \leq 0$ 时, $I_C \leq I_{CEO}$, 称为截止区。此时两个 PN 结均为反偏。
- (3) 当 $U_{CB} \leq 0$ (或 $U_{CE} \leq U_{BE}$) 时, I_C 与 I_B 无线性关系,称为饱和区。此时两个 PN 结均为正偏。
- (4) 三极管用于放大电路时工作在线性放大区,用于数字(或开关)电路时则工作在饱和区(导通)和截止区(断开)。

主要参数

- (1) 电流放大系数 ($\bar{\beta}$ 和 β)。

$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$ —— 直流(静态)电流放大系数; $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ —— 交流(动态)电流放大系数。

- (2) 反向饱和电流 I_{CB0} 和穿透电流 I_{CEO} 。二者间的关系为 $I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CB0}$ 。随温度升高而增大,影响电路工作的稳定性。

(3) 集电极最大允许电流 I_{CM} 。集电极电流超过此值则 β 下降。

(4) 反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}, U_{(BR)CBO}, U_{(BR)EBO}$ 。

一般选择三极管: $U_{CE} \leq \frac{1}{2} U_{(BR)CEO}, U_{(BR)CEO} \leq 4V, U_{CE}$ 为电源电压。

(5) 集电极最大允许耗散功率 $P_{CM}: P_{CM} = I_C U_{CE}$, 它和 $I_{CM}, U_{(BR)CEO}$ 三者决定了三极管的安全工作区。

1.4 场效应管

场效应管的符号及特性曲线如表 1.1 所示。

表 1.1 场效应管的符号及特性曲线

种类	结构类型	工作方式	电源极性		符号及电 流方向	转移特性 $i_D = f(u_{GS}) _{u_{DS} = C}$	输出特性 $i_D = f(u_{DS}) _{u_{GS} = C}$
			U_{DS}	U_{GS}			
绝缘栅型	N 沟道	耗尽型	+	-			
		增强型	+	+			
	P 沟道	耗尽型	-	+			
		增强型	-	-			
结型	N 沟道	/	+	-			
	P 沟道	/	+	+			

(1) 结型及绝缘栅耗尽型场效应管：

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2$$

$$g_m = - \frac{2I_{DSS}}{U_{GS(off)}} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_{GS(off)}} \right) = \frac{2}{U_{GS(off)}} \sqrt{I_{DSS} I_D}$$

(2) 绝缘栅增强型场效应管：

$$I_D = K (U_{GS} - U_{GS(th)})^2$$

$$g_m = 2K (U_{GS} - U_{GS(th)}) = 2 \sqrt{KI_D}$$

1.5 单结晶体管和晶闸管

晶体闸流管,简称晶闸管,又称可控硅,是一种实现可控整流的单向导电元件。

原理结构和电路符号如图 1.5 所示,有阳极 A、阴极 K 和控制极

(或门极)G 三个电极。

晶闸管的导通条件：

- (1) 阳极和阴极之间加正向电压。
- (2) 控制极与阴极之间加正向触发脉冲。

晶闸管由导通变截止称为关断,关断条件是：

- (1) 当阳极电压减小使阳极电流小于特定的维持电流时,晶闸管自行关断。
 - (2) 当阳极电压突降为零,或阳极与阴极间加反向电压时晶闸管也立即关断。
- 一旦导通,控制极信号即失去作用而维持阳极与阴极间导通,管压降约为 1V 左右。

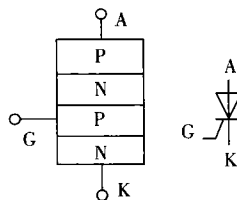


图 1.5

1.6 集成电路中的元件

工艺名词：

氧化 光刻与掩膜 扩散 外延 蒸铝

特点：(1) 具有良好的对称性。

- (2) 电阻与电容的数值有一定限制。
- (3) 纵向晶体管的 β 值大。
- (4) 用有源元件取代无源元件。

典型例题与解题技巧

【例 1】 判断题:双极型晶体管 (BJT) 和场效应管 (MOSFET) 比较,有下述说法,请在正确的说法后画“√”,错误的说法后画“×”。

- (1) BJT 有两种载流子参与导电, MOSFET 只有一种。()
- (2) BJT 属电压控制型器件, MOSFET 属电流控制型。()
- (3) BJT 的热稳定性好于 MOS 的热稳定性。()
- (4) 两者在开关过程中都需要时间, 在同样的工作电流下, BJT 的开关速度快于 MOS。()

【分析】 深入理解双极型晶体管(BJT)和场效应管的各種特性, 区别二者的不同之处。

解 (1) ✓ BJT 有电子和空穴参与导电, MOS 只有电子或空穴参与导电。

(2) × BJT 为电流控制型器件, MOS 为电压控制型器件。

(3) × MOS 管的热稳定性好。

(4) × BJT 存在过量少子的存储效应, 开关速度慢。

【例 2】 试简述三极管安全工作区域。设某三极管的极限参数 $P_{CM} = 150\text{mW}$, $I_{CM} = 100\text{mA}$, $U_{(BR)CEO} = 30\text{V}$ 。试问:

- (1) 若它的工作电压 $U_{CE} = 10\text{V}$, 则工作电流 I_C 最大不得超过多少?
- (2) 若工作电压 $U_{CE} = 1\text{V}$, 则工作电压最大不得超过多少?
- (3) 若工作电流 $I_C = 1\text{mA}$, 则工作电压最大不得超过多少?

【分析】 P_{CM} 、 I_{CM} 和 $U_{(BR)CEO}$ 是三极管的三个极限参数, 在使用中均不得超过。否则, 管子或因过热而烧毁, 或因 I_C 太大而使放大能力下降, 或因过电压而被击穿。由 P_{CM} 、 I_{CM} 和 $U_{(BR)CEO}$ 决定的三极管的安全工作区域如图 1.6 所示。

解 (1) 因为 $P_{CM} = I_C U_{CE} = 150\text{mW}$, 当 $U_{CE} = 10\text{V}$ 时, $I_C = 15\text{mA}$ 即为此时 I_C 允许的最大值。

(2) 当 $U_{CE} = 1\text{V}$ 时, 仅从功率的角度考虑, I_C 可达 150mA , 考虑到参数 I_{CM} , 故 $I_C = 100\text{mA}$ 即为此时允许的最大值。

(3) 当 $I_C = 1\text{mA}$ 时, 仅从功率的角度考虑, 可有 $U_{CE} =$

150V , 但考虑到参数 $U_{(BR)CEO}$, $U_{CE} = 30\text{V}$ 即为此时允许的最大值。

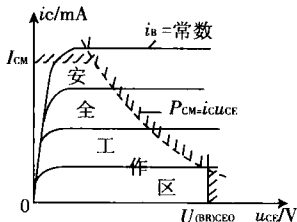


图 1.6

【例 3】 电路如图 1.7(a) 所示, 管子 T 的输出特性曲线如图 1.7(b) 所示。

- (1) 场效应管的开启电压 $U_{GS(th)}$ 和 I_{D0} 各为多少?
- (2) u_i 为 0V 、 8V 两种情况下 u_o 分别为多少?
- (3) u_i 为 10V 时, 在可变电阻区内 $g-s$ 间等效电阻 r_{DS} 是多少?

【分析】 本题考查是否能够从特性曲线中读出场效应管的主要参数, 以及利用特性曲线分析场效应管的工作状态和求解可变电阻区的等效电阻。

解 (1) 从图 1.7(b) 可知 $U_{GS(th)} = 4\text{V}$, I_{D0} 为 $U_{GS} = 2U_{GS(th)} = 8\text{V}$ 时的 I_D 为 1mA 。

(2) 当 $u_{GS} = u_i = 0\text{V}$ 时, 管子处于夹断状态, 因而 $i_D = 0$ 。

$$u_o = u_{DS} = V_{DD} - i_D R_d = V_{DD} = 15\text{V}$$

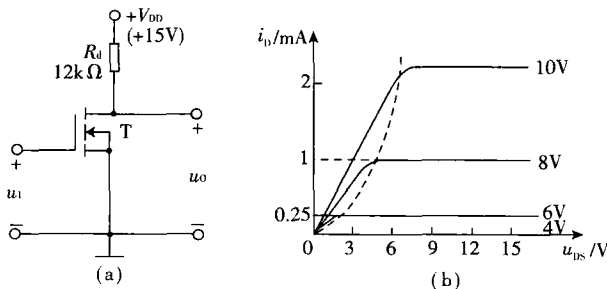


图 1.7

当 $u_{GS} = u_i = 8V$ 时, 从输出特性曲线可知, 管子工作在恒流区时的 $i_D = 1mA$, 所以

$$u_O = u_{DS} = V_{DD} - i_D R_d = (15 - 1 \times 12)V = 3V$$

$U_{GD} = U_G - U_D = (8 - 3)V > U_{GS(th)}$, 故管子工作在可变电阻区。此时 $g-s$ 间等效为一个电阻 r_{DS} , 与 R_d 分压得到输出电压。从输出特性中, 在 $u_{GS} = 8V$ 的曲线的可变电阻区内取一点, 读出坐标值, 如 $(2, 0.5)$, 可得等效电阻

$$r_{DS} = U_{DS} / I_D \approx \left(\frac{2}{0.5} \right) k\Omega = 4k\Omega$$

所以输出电压

$$u_O = \frac{r_{DS}}{r_{DS} + R_d} \cdot V_{DD} \approx \left(\frac{4}{12 + 4} \times 15 \right) V = 3.75V$$

(3) 在 $u_{GS} = 10V$ 的曲线的可变电阻区内取一点, 读出坐标值, 如 $(3, 1)$, 可得等效电阻

$$r_{DS} = U_{DS} / I_D \approx \left(\frac{3}{1} \right) k\Omega = 3k\Omega$$

与 $u_{GS} = 8V$ 的等效电阻相比, 在可变电阻区, u_{GS} 增大, 等效电阻 r_{DS} 减小, 体现出 u_{GS} 对 r_{DS} 的控制作用。

历年考研真题评析

【题 1】 (北京航空航天大学, 2005 年) 已知某场效应管的 $I_{DSS} = 10mA$, $U_p = -4V$, 试绘出该管的转移特性曲线, 并计算 $u_{GS} = 0$ 时的 g_{m0} 。

【分析】 由题目给出的参数结合场效应管特性即可作答。

解 由题中参数可知, 该管为结型场效应管, 利用它的转移特性方程

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_p} \right)^2$$

对应不同的 u_{GS} 求出相应的漏极电流 i_D , 如表 1.2 所示。

表 1.2

u_{GS}/V	-4.0	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0.0
i_D/mA	0.00	0.63	1.41	2.50	3.91	5.63	7.66	10.00

根据表 1.2 所示数据作出 u_{DS} 为定值时的转移特性曲线,如图 1.8 所示。

因为低频跨导

$$g_m = \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} = \frac{2I_{DSS}}{U_P} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_P} \right)$$

当 $u_{GS} = 0$ 时

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{U_P} = \frac{2 \times 10mA}{4V} = 5 \frac{mA}{V} = 5mS$$

比较上面两式,得

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_P} \right)$$

可见,零偏压跨导 g_{m0} 越大,表示场效应管的放大能力越强。

【题 2】(西安交通大学,2006 年)二极管电路如图 1.9(a) 所示,设输入电压 $U_i(t)$ 波形如图 1.9(b) 所示,在 $0 < t < 5ms$ 的时间间隔内,试绘出 $u_o(t)$ 的波形,设二极管是理想的。

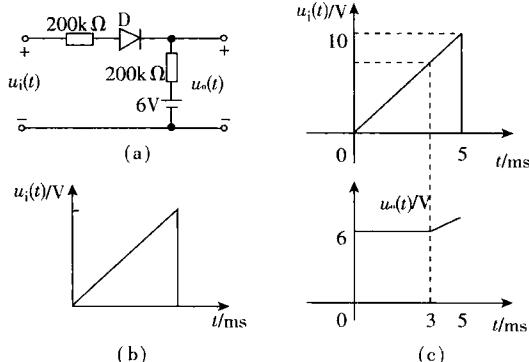


图 1.9

【分析】 根据二极管导通条件和特性作答。

解 当 $u_i(t) = 6V$ 时,二极管 D 截止,电流为 $I_D = 0$,输出电压为 $u_o = E = 6V$ 。

当 $u_i(t) > 6V$ 时,二极管 D 导通,输出电流和输出电压分别为

$$I_D = \frac{u_i(t) - 6}{400} = \frac{2t - 6}{400} = \frac{t - 3}{200} A$$

$$u_o(t) = 200I_D + 6 = t - 3 + 6 = t + 3, \quad 3ms < t \leq 5ms$$

则根据以上 $u_o(t)$ 的分段函数关系,作出的特性曲线如图 1.9(c) 所示。

【题 3】(哈尔滨工业大学,2005 年)测量某硅 BJT 各电极对地的电压值如下,试判别管子

工作在什么区域。

- (1) $U_C = 6V, U_B = 0.7V, U_E = 0V$; (2) $U_C = 6V, U_B = 2V, U_E = 1.3V$;
 (3) $U_C = 6V, U_B = 6V, U_E = 5.4V$; (4) $U_C = 6V, U_B = 4V, U_E = 3.6V$;
 (5) $U_C = 3.6V, U_B = 4V, U_E = 3.4V$ 。

【分析】 工作在不同区域时管子的状态不同。

放大区: $U_{BE} \geq 0.6 \sim 0.7V, U_{CE} > U_{CES}$; 饱和区: $U_{CE} \leq U_{CES}$; 截止区: $U_{BE} < 0.6 \sim 0.7V$ 。

可根据管子的状态来判断其工作区域。

- 解 (1) $U_{BE} = U_B - U_E = 0.7V, U_{CE} = 6V$, 放大区。
 (2) $U_{BE} = U_B - U_E = 2 - 1.3 = 0.7V, U_{CE} = 6 - 1.3 = 4.7V$, 放大区。
 (3) $U_{BE} = 6 - 5.4 = 0.6V, U_B = U_C = 6V, U_{CE} = U_{BE} < U_{CES}$, 饱和区。
 (4) $U_{BE} = 4 - 3.6 = 0.4V < 0.6 \sim 0.7V$, 截止区。
 (5) $U_{BE} = 4 - 3.4 = 0.6V, U_{CE} = 3.6 - 3.4 = 0.2V < U_{CES}$, 饱和区。

【题4】 (清华大学, 2006年) 如图 1.10(a) 所示电路, 图 1.10(b) 所示是输入电压 u_i 的波形。试画出对应于 u_i 的输出电压 u_o 、电阻 R 上电压 u_R 和二极管 D 上电压 u_D 的波形, 并用基尔霍夫电压定律检验各电压之间的关系。二极管的正向压降可忽略不计。

【分析】 u_i 不同, 二极管上的压降不同, 二极管的状态也不同。

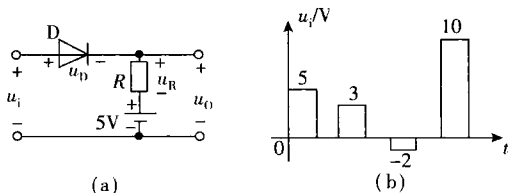


图 1.10

解 u_o, u_R, u_D 的波形画出如图 1.11 所示。

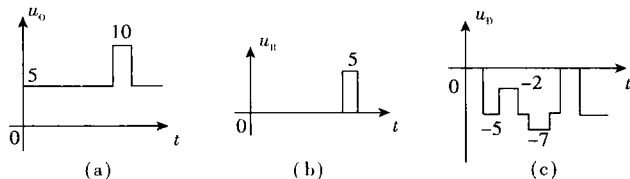


图 1.11

输入电压

$$u_i = u_D + u_o = u_D + u_R + 5 \quad (\text{KVL 定律})$$

输出电压

$$u_o = u_R + 5 \quad (\text{KVL 定律})$$

当 $u_i \leq 5V$ 时, 二极管截止, R 中无电流, $u_R = 0$, 所以 $u_o = 5V$; 当 $u_i > 5V$ 时, 二极管导通, u_D

≈ 0 , 所以 $u_o \approx u_i = 10\text{V}$, 而 $u_R = u_o - 5 = 5\text{V}$ 。

检验: 当 $u_i \geq 5\text{V}$ 时, 二极管压降 $u_D = 0\text{V}$; $u_i = 0$ 时, $u_D = -5\text{V}$; $u_i = 3\text{V}$ 时, $u_D = -5 + 3 = -2\text{V}$; $u_i = -2\text{V}$ 时, $u_D = -2 - 5 = -7\text{V}$ 。

教材同步习题全解

自测题

一、在括号内, 用“√”“×”表明下列说法是否正确。

- (1) 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。()
- (2) 因为 N 型半导体的多子是自由电子, 所以它带负电。()
- (3) PN 结在无光照、无外加电压时, 结电流为零。()
- (4) 处于放大状态的晶体管, 集电极电流是多子漂移运动形成的。()
- (5) 结型场效应管外加的栅-源电压应使栅-源间的耗尽层承受反向电压, 才能保证其 R_{GS} 大的特点。()
- (6) 若耗尽型 N 沟道 MOS 管的 u_{GS} 大于零, 则其输入电阻会明显变小。()

【知识点窍】 本征半导体、N 型半导体以及 P 型半导体的形成: ①N 型半导体: 本征半导体掺入三价元素。②P 型半导体: 本征半导体掺入五价元素。

【解题过程】

- (1) √ (2) × (3) √ (4) × (5) √ (6) ×

二、选择正确答案填入空内。

- (1) 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
- (2) 稳压管的稳压区是其工作在_____。
A. 正向导通 B. 反向截止 C. 反向击穿
- (3) 当晶体管工作在放大区时, 发射结电压和集电结电压应为_____。
A. 前者反偏、后者反偏
B. 前者正偏、后者反偏
C. 前者正偏、后者也正偏
- (4) $u_{GS} = 0$ 时, 能够工作在恒流区的场效应管有_____。
A. 结型管 B. 增强型 MOS 管 C. 耗尽型 MOS 管

【知识点窍】 二极管电流方程: $i = I_S (e^{\frac{u}{U_T}} - 1)$, 其中, I_S 是反向饱和电流。

$$U_T = \frac{kT}{q} \approx 26\text{mV}$$