

中等职业教育国家规划教材配套用书
(专业基础教材)

电子线路

学习指导·例题·习题·试题

高卫斌 主编
郑应光 主审

0-44



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中等职业教育国家规划教材配套用书

(专业基础教材)

电子线路

学习指导·例题·习题·试题

高卫斌 主编

郑应光 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是配合中等职业教育国家规划教材《电子线路》而编写的一本教学和自学参考书。全书从学习要求与指导、内容提要与分析、解题示例、练习题四个方面提供辅导,书末附有典型的《电子线路》试卷供学生复习练习用。

本书可供中等职业学校、中等专业学校和技工学校电子、通信、计算机、电工、机电等工科专业教师和学生使用,也适用于高职高专等其他教学人员和自学者参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路学习指导·例题·习题·试题/高卫斌主编. —北京:电子工业出版社, 2003.1

中等职业教育国家规划教材配套用书(专业基础教材)

ISBN 7-5053-8185-7

I. 电… II. 高… III. 电子电路—专业学校—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 105504 号

责任编辑:周光明

印 刷:北京四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:400 千字

版 次:2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数:6 000 册 定价:19.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话: (010) 68279077

前 言

本书是为配合中等职业教育国家规划教材《电子线路》的教学，并参考国家教育部最新颁布的中等职业学校《电子线路》教学大纲（信息技术类专业通用）的要求而编写的学习辅导用书。编者根据多年来的教学实践中学生所提出的问题，并考虑到读者的特点，从以下几个方面给学生提供辅导：

一、学习要求

根据教育部最新颁布的《电子线路》大纲及教材的实际情况提出明确的学习目标。

二、内容提要与分析

简明扼要地总结了各部分内容的学习要点，并对有关的重点难点进行了分析和提示。

三、例题

通过一些典型的例题分析和计算，帮助学生理解和巩固基本概念，提高解题能力。编写的例题力争做到既侧重于各种典型电路的理论分析，同时又注意密切联系实际。

四、习题

选择一些适合中等职业教育程度的练习题，供学生练习，习题的难度既考虑到一般学生的学习需要，又考虑到部分学生升学复习的需要，适当地选择了具有一定难度的习题，以提高学生的解题能力。

五、试题

为了帮助读者巩固所学知识，检查学习情况及复习应考，书末附有典型的电子线路试卷，可供复习练习用。

在选材编排方面，力求做到由浅入深、循序渐进，引导学生应用基本概念、基本原理和基本方法来分析疑难问题，注意培养学生解决实际问题的能力。

在题材选取上围绕课程的重点、难点来选取，而非面面俱到。为了适应电子技术迅速发展的新形势和部分学生参加对口升学考试复习的需要，该书选材内容与教材和大纲相比做了适当拓宽。本书中带*号部分为选修内容。

本书可供中等职业学校、中等专业学校和技工学校学生自学、复习和备考用，也适用于其他从事电子技术工作的读者参考。

本书由南京理工大学高等职业技术学院高卫斌主编。南京信息职业技术学院郑应光审阅了全稿，在此表示感谢。

电子技术的发展日新月异，教学改革任重道远，我们的能力与所提出的要求相比，还有很大差距，且由于水平所限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2002年7月

目 录

第 1 章 半导体器件	(1)
一、学习要求与指导	(1)
二、内容提要与分析	(1)
三、例题精选	(3)
四、习题	(7)
第 2 章 放大电路的基本知识	(12)
一、学习要求	(12)
二、内容提要与分析	(12)
三、例题精选	(15)
四、习题	(23)
第 3 章 放大电路中的负反馈	(29)
一、学习要求与指导	(29)
二、内容提要与分析	(29)
三、例题精选	(30)
四、习题	(33)
第 4 章 直接耦合放大电路和集成运算放大器	(37)
一、学习要求与指导	(37)
二、内容提要与分析	(37)
三、例题精选	(39)
四、习题	(40)
第 5 章 集成运算放大器的应用	(43)
一、学习要求与指导	(43)
二、内容提要与分析	(43)
三、例题精选	(44)
四、习题	(47)
第 6 章 低频功率放大器	(51)
一、学习要求与指导	(51)
二、内容提要与分析	(51)
三、例题精选	(52)
四、习题	(55)
第 7 章 直流稳压电源	(58)
一、学习要求与指导	(58)
二、内容提要与分析	(58)
三、例题精选	(60)
四、习题	(64)
第 8 章 正弦波振荡电路	(70)

一、学习要求与指导	(70)
二、内容提要与分析	(70)
三、例题精选	(71)
四、习题	(75)
第9章 高频小信号调谐放大器	(81)
一、学习要求与指导	(81)
二、内容提要与分析	(81)
三、例题精选	(82)
四、习题	(84)
*第10章 高频功率放大器	(86)
一、学习要求与指导	(86)
二、内容提要与分析	(86)
三、例题精选	(88)
四、习题	(89)
*第11章 调幅与检波	(90)
一、学习要求与指导	(90)
二、内容提要与分析	(90)
三、例题精选	(92)
四、习题	(93)
*第12章 混频与倍频	(95)
一、学习要求与指导	(95)
二、内容提要与分析	(95)
三、例题精选	(96)
四、习题	(97)
*第13章 调频与鉴频	(99)
一、学习要求与指导	(99)
二、内容提要与分析	(99)
三、例题精选	(100)
四、习题	(102)
第14章 脉冲的基础知识	(103)
一、学习要求与指导	(103)
二、内容提要与分析	(103)
三、例题精选	(105)
四、习题	(107)
第15章 数制与逻辑代数	(111)
一、学习要求与指导	(111)
二、内容提要与分析	(111)
三、例题精选	(112)
四、习题	(117)
第16章 逻辑门电路	(121)
一、学习要求与指导	(121)
二、内容提要与分析	(121)

三、例题精选·····	(122)
四、习题·····	(124)
第 17 章 组合逻辑电路 ·····	(128)
一、学习要求与指导·····	(128)
二、内容提要与分析·····	(128)
三、例题精选·····	(129)
四、习题·····	(134)
第 18 章 集成触发器 ·····	(137)
一、学习要求与指导·····	(137)
二、内容提要与分析·····	(137)
三、例题精选·····	(138)
四、习题·····	(140)
第 19 章 时序逻辑电路 ·····	(145)
一、学习要求与指导·····	(145)
二、内容提要与分析·····	(145)
三、例题精选·····	(146)
四、习题·····	(152)
第 20 章 脉冲波形的产生与变换 ·····	(158)
一、学习要求·····	(158)
二、内容提要与分析·····	(158)
三、例题精选·····	(159)
四、习题·····	(162)
附录 A 中等职业教育对口升学考试《电子线路》模拟试卷 ·····	(166)
模拟试卷 1·····	(166)
模拟试卷 2·····	(171)
模拟试卷 3·····	(176)
模拟试卷 4·····	(181)
模拟试卷 5·····	(187)
模拟试卷 6·····	(192)
模拟试卷 7·····	(196)
附录 B 中等职业教育对口升学统一考试《电子线路》试卷 ·····	(202)
试卷 1·····	(202)
试卷 2·····	(207)
试卷 3·····	(213)
试卷 4·····	(219)
试卷 5·····	(225)
试卷 6·····	(229)
参考文献 ·····	(234)

第 1 章 半导体器件

一、学习要求与指导

半导体器件是电子线路最基本的部分,各种电子线路的工作原理及所具备的不同功能,都与电子线路中所用的半导体器件的类型、性能、工作状态等的不同而直接相关。因此,熟悉并掌握半导体器件的基本知识,就成为学习与应用电子线路的关键所在。本章学习要求:

- (1) *了解半导体的基本知识及本征半导体、杂质半导体;掌握 PN 结的基本特性;
- (2) 理解半导体二极管的伏安特性和主要参数;了解几种常用的二极管:硅稳压二极管、变容二极管、发光二极管、光电二极管等;
- (3) 掌握半导体三极管中的电流分配关系;理解半导体三极管的放大作用,共发射极电路的输入、输出特性曲线,主要参数及温度对参数的影响;
- (4) 了解 MOS 管的工作原理、特性曲线和主要参数。

二、内容提要与分析

学习本章内容时,读者应了解和掌握下列基本概念。

*1. 半导体的基本知识

半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。本征半导体是一种无杂质、结构完整的半导体。半导体的导电能力取决于其内部载流子的多少,半导体有电子与空穴两种载流子。本征半导体有热敏特性、光敏特性和掺杂特性。本征半导体在热激发条件下仅有少数价电子获得足够能量形成电子空穴对,因此,载流子的数量少,导电能力差,且受温度的影响大。杂质半导体中多数载流子浓度取决于所掺杂质的多少,按所掺杂质元素的不同分为 P 型半导体和 N 型半导体。

2. PN 结的单向导电特性

当 PN 结两端加正向电压(即正向偏置)时,PN 结变窄,PN 结正向电阻很小,将形成较大的正向电流,此时 PN 结处于导通状态;反之,当 PN 结加反向电压时(即反向偏置),PN 结变宽,PN 结反向电阻很大,因而反向电流很小,PN 结处于截止状态。由于 PN 结具有单向导电特性,因此广泛用在整流、检波等各种电路中。

3. 晶体二极管

晶体二极管是在一个 PN 结两端加上电极引线做成管芯,并以管壳封装加固而成。因此,单向导电性是晶体二极管最重要的特性。晶体二极管常用伏安特性曲线表示其性能,它由正向特性和反向特性两部分组成。学习时应注意如下几点:

- (1) 在正向特性的起始部分,二极管呈现出很大的正向电阻处于截止状态,这个范围称

为死区,对应的电压,称为门坎电压 U_{TH} 。当正向电压大于门坎电压后,正向电流随正向电压的上升而急剧上升,二极管正向电阻变得很小而处于导通状态。应当注意:二极管的门坎电压,硅管约为 0.5 V ,锗管约为 0.1 V ;二极管的导通电压,硅管约为 0.7 V ,锗管约 0.3 V ,它不同于门坎电压 U_{TH} 。

(2) 在反向特性部分,当反向电压不超过某一范围时,反向电流很小且不随反向电压变化,只有反向电压增加到某一数值时,反向电流才会急骤增大,这种现象称为反向击穿,对应的反向电压称为反向击穿电压。PN 结击穿时电流很大,电压很高,因而消耗在 PN 结上的功率很大,容易使 PN 结发热超过它的耗散功率,而烧毁晶体二极管。

(3) 伏安特性与温度有很大关系。当加反向电压时,由于少数载流子的浓度是由温度决定的,所以温度上升时,反向饱和电流就增大,且随温度上升增加很快,而反向击穿电压就要下降;在正向特性部分,温度升高时,在同样的电流下,所需施加的正向电压减小。

(4) 为了分析与计算方便,常常假设二极管是理想的,即把晶体二极管的特性理想化,认为二极管的正向电阻为零,而反向电阻为无穷大,且忽略正向压降和反向电流,读者学习时应注意这一点。

(5) 晶体二极管的主要参数有最大整流电流 I_{FM} 、最高反向工作电压 U_{RM} 和最大反向电流 I_{RM} 。其中最大整流电流和最高反向工作电压两个参数是合理选择和使用二极管的主要依据。应当注意最高反向工作电压和反向击穿电压的区别,最高反向工作电压是确保二极管安全工作所允许使用的电压值,约为反向击穿电压的一半。

4. 稳压二极管

稳压二极管是一种特殊的二极管,利用它在反向击穿状态下的恒压特性,常用它来构成简单的稳压电路。它的正向特性与普通二极管相似。

5. 半导体三极管

半导体三极管又称晶体三极管。它有发射区、基区和集电区三个区,各自引出的三个电极分别称为发射极、基极和集电极,分别用字母 e,b,c (或 E,B,C) 表示。发射区和基区之间的 PN 结称为发射结,集电区和基区之间 PN 结称为集电结。晶体管按半导体材料可分为硅管和锗管,按 PN 结组合方式不同可分为 PNP 型和 NPN 型。

6. 正向电压与反向电压

晶体管工作在放大状态时,通常在它的发射结加正向电压,集电结加反向电压,正常工作时发射结正向压降变化不大,硅管约为 0.7 V ,锗管约为 0.3 V 。

7. 三极管的电流放大作用与电流分配关系

晶体三极管的电流放大作用和电流分配关系是本章的重点内容,读者学习时应掌握下列基本概念:

(1) 晶体三极管具有电流放大作用。它是通过较小的基极电流 i_B 的变化去控制较大的集电极电流 i_C 的变化,这就是晶体三极管的电流放大作用,即基极的控制作用。因此,晶体三极管是一种电流控制型器件。

(2) 晶体三极管实现电流放大的条件。外部条件(偏置条件)是发射结正向偏置,集电结反向偏置,即 NPN 型管要求 $U_C > U_B > U_E$; PNP 型管要求 $U_E > U_B > U_C$ 。内部条件(工艺条件)

是发射区掺杂浓度高,基区很薄且杂质浓度低,集电结面积大。

(3) 三极管在放大状态时的电流分配关系

$$i_E = i_B + i_C, \quad i_C = \beta i_B$$

8. 三极管的输入、输出特性曲线

晶体三极管的输入、输出特性曲线是用来说明管子特性的重要曲线,读者学习时应掌握下列基本概念:

(1) 输入特性曲线是指在 u_{CE} 一定时, $i_B = f(u_{BE})$ 的关系曲线,它类似于二极管的正向特性,也存在门坎电压 U_{TH} 及发射结正向压降,晶体管的输入特性是非线性的。

(2) 输出特性曲线是指 i_B 一定时, $i_C = f(u_{CE})$ 的关系曲线。我们通常把输出特性曲线分成截止、饱和、放大三个工作区来分析晶体三极管的工作状态。当发射结和集电结均处于反向偏置时,晶体三极管处于截止状态;当发射结和集电结均为正向偏置时,晶体三极管工作于饱和状态;当发射结正向偏置、集电结反向偏置时,晶体三极管工作在放大状态。

(3) 在放大区内 $i_C = \beta i_B$, 存在电流放大作用。集电极电流 i_C 仅受 i_B 的控制,几乎与 u_{CE} 无关,这时可以把三极管视为一个受基极电流 i_B 控制的受控电流源。

9. 晶体三极管的参数是选用三极管的重要依据

β 和 $\bar{\beta}$ 是共发射极交流和直流放大系数,一般 $\bar{\beta} \approx \beta$ 。 β 是用来表示电流放大能力大小的参数,选用三极管时,其 β 值应恰当,一般 β 太大的管子工作稳定性较差; I_{CBO} , I_{CEO} 是反映三极管的温度稳定性的参数,温度上升时, I_{CBO} , I_{CEO} 将增大,在实际应用时,希望 I_{CBO} 越小越好, I_{CEO} 与 I_{CBO} 有如下关系: $I_{CEO} = (1 + \beta)I_{CBO}$; P_{CM} , I_{CM} , $U_{(BR)CEO}$ 规定了三极管的安全运用范围,一般情况下, I_C 超过 I_{CM} 一些晶体管不会损坏,只是 β 值会显著下降,影响放大质量,但晶体管工作时,是不允许同时达到 I_{CM} 和 $U_{(BR)CEO}$, 否则集电极功耗将大大超过 P_{CM} 值,从而使晶体管损坏。

10. 场效应管

场效应管又称单极型晶体管,是一种电压控制型器件,具有高输入阻抗和低噪声等特点。场效应管的特性曲线有转移特性曲线和输出特性曲线。跨导是表示场效应管放大能力的主要参数。按其结构的不同可分为结型场效应管和绝缘栅场效应管两类,每类都有 P 沟道和 N 沟道的区分。绝缘栅场效应管按其工作状态又可以分为增强型和耗尽型两种。

三、例题精选

例 1.1 二极管电路如图 1.1 所示,判断图中二极管是导通还是截止状态,并确定输出电压 U_O 。设二极管的导通压降为 0.7V。

解: 判断二极管在电路中的工作状态,常用的方法是:首先假设二极管断开,然后求得二极管阳极与阴极之间承受的电压。如果该电压大于导通电压,则说明该二极管处于正向偏置而导通,两端的实际电压为二极管的导通压降;如果该电压小于导通电压,则二极管处于反向偏置而截止。

值得注意的是:在用上述方法判断过程中,如果电路中出现两个以上二极管承受大小不相等的正向电压,则应判定承受正向电压较大者优先导通,其两端电压为导通电压降,然后再

用上述方法判断其余二极管。

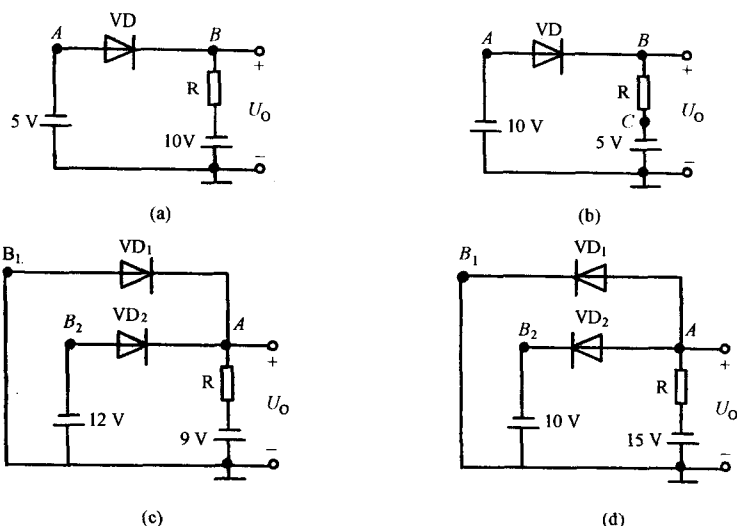


图 1.1

(1) 在图 1.1(a)中, 首先将二极管 VD 断开, 求二极管两端将承受的电压 $U_{AB}=U_A-U_B=-5\text{ V}-(-10\text{ V})=5\text{ V}$ 。

显然, 二极管接入以后处于正向偏置, 工作在导通状态。

如果设二极管是理想器件, 正向导通压降 $U_{VD}=0\text{ V}$, 则输出电压 U_O 为 $U_O=U_A-U_{VD}=-5\text{ V}$ 。

若考虑二极管的正向压降 $U_{VD}=0.7\text{ V}$, 那么, 输出电压 $U_O=U_A-U_{VD}=-5\text{ V}-0.7\text{ V}=-5.7\text{ V}$ 。

(2) 在图 1.1(b)中, 断开二极管 VD, 有 $U_{AB}=U_A-U_B=-10\text{ V}-(-5\text{ V})=-5\text{ V}$ 。

可见, 二极管 VD 接入以后, 将承受反向电压, VD 处于截止状态 (相当于断开), 电路中电流等于零 (认为反向饱和电流为零), R 上的电压降等于零, 故 $U_O=U_B=-5\text{ V}$ 。

(3) 在图 1.1(c)中, 首先将 VD₁ 和 VD₂ 断开, 求得两管将承受的电压。

$$VD_1: U_{B_1A}=U_{B_1}-U_A=0\text{ V}-(-9\text{ V})=9\text{ V}$$

$$VD_2: U_{B_2A}=U_{B_2}-U_A=-12\text{ V}-(-9\text{ V})=-3\text{ V}$$

二极管接入以后, VD₁ 因正偏处于导通, 则

$$U_O=U_A=U_{B_1}-U_{VD_1}=0\text{ V}-0.7\text{ V}=-0.7\text{ V}$$

而 $U_{B_2A}=-12\text{ V}-(-0.7\text{ V})=-11.3\text{ V}$, 所以 VD₂ 因反偏处于截止状态。

(4) 在图 1.1(d)中, 首先将 VD₁ 和 VD₂ 断开, 求得两管将承受的电压。

$$VD_1: U_{AB_1}=U_A-U_{B_1}=15\text{ V}-0\text{ V}=15\text{ V}$$

$$VD_2: U_{AB_2}=U_A-U_{B_2}=15\text{ V}-(-10\text{ V})=25\text{ V}$$

二极管接入以后, 因 VD₂ 承受的正向电压较 VD₁ 高, 优先导通; 使 U_A 的电位为 $U_A=U_{B_2}+U_{VD_2}=-10\text{ V}+0.7\text{ V}=-9.3\text{ V}$ 。此时, VD₁ 因承受反向电压而截止。故

$$U_O=U_A=-9.3\text{ V}$$

例 1.2 二极管电路及其输入波形如图 1.2(a)所示。已知输入信号的峰值 $u_{im}>U_R$, 二极管的导通压降 U_{VD} 可忽略, 试画出输出电压 $u_{o1}\sim u_{o5}$ 的波形。

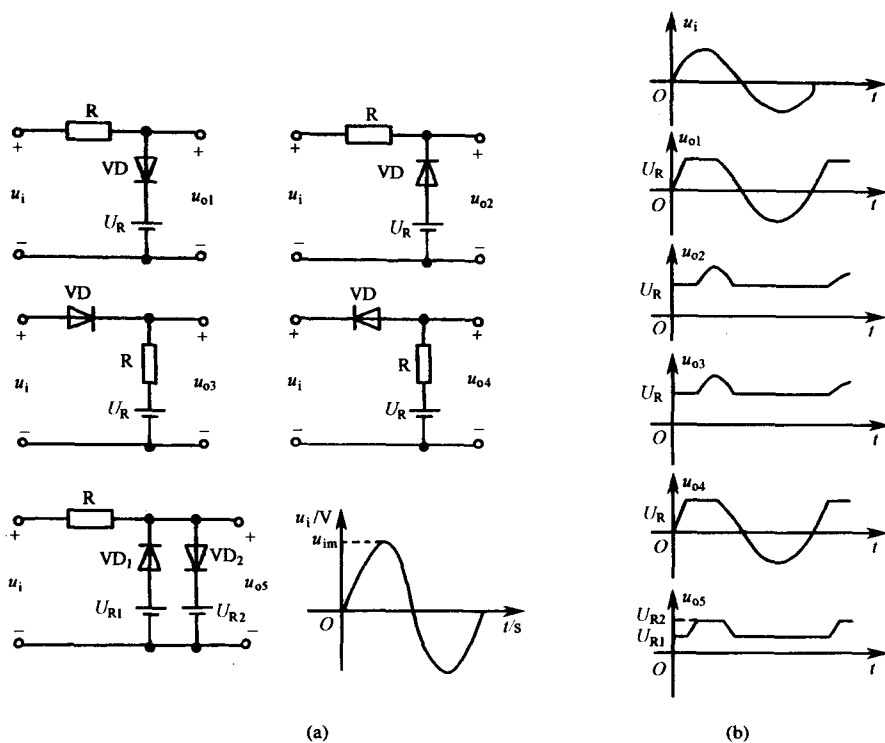


图 1.2

解：求解这类电路是确定二极管在信号作用下所处的状态。根据二极管单向导电的特性，即正向导通、反向阻断，不难得出输出 $u_{01} \sim u_{05}$ 的波形及其与 u_i 的关系（如图 1.2(b)所示），具体分析如下：

- $u_{01} \sim u_i$ ：在 u_i 增至大于 U_R 时，VD 导通，输出 $u_{01} = U_R$ ，其他情况下，VD 截止， $u_{01} = u_i$ ；
- $u_{02} \sim u_i$ ：在 $u_i < U_R$ 时，VD 导通，输出 $u_{02} = U_R$ ，当 $u_i > U_R$ 时，VD 截止， $u_{02} = u_i$ ；
- $u_{03} \sim u_i$ ：当 $u_i > U_R$ 时，VD 导通， $u_{03} = u_i$ ，否则 VD 截止， $u_{03} = U_R$ ；
- $u_{04} \sim u_i$ ：当 $u_i < U_R$ 时，VD 导通， $u_{04} = u_i$ ，否则 VD 截止， $u_{04} = U_R$ ；
- $u_{05} \sim u_i$ ：由于 $U_{R2} > U_{R1}$ ，当 $u_i > U_{R2}$ 时，VD₂ 导通输出 $u_{05} = U_{R2}$ ；而当 $u_i < U_{R1}$ 时 VD₁ 导通，输出 $u_{05} = U_{R1}$ ，而当 $U_{R1} < u_i < U_{R2}$ 时，VD₁, VD₂ 均截止， $u_{05} = u_i$ 。

例 1.3 电路如图 1.3(a)和(b)所示。试估算流过二极管的电流和 A 点的电位。设二极管的正向压降 U_{VD} 为 0.7 V。

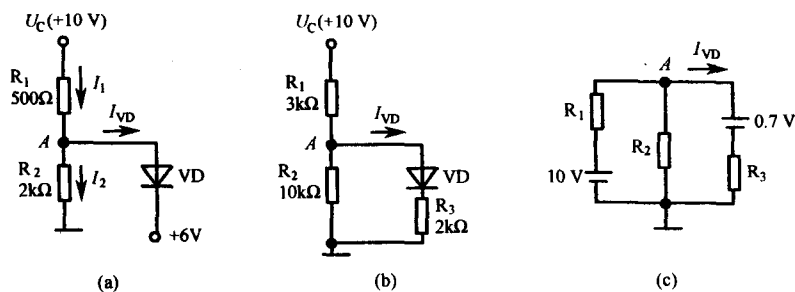


图 1.3

解：(1) 在图 1.3(a)中，VD 正偏导通，故

$$U_A = (6 + U_{VD}) = 6.7 \text{ V}$$

$$I_D = I_1 - I_2 = \frac{U_C - U_A}{R_1} - \frac{U_A}{R_2} = \frac{(10 - 6.7) \text{ V}}{0.5 \text{ k}\Omega} - \frac{6.7 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} = 3.25 \text{ mA}$$

(2) 在图 1.2(b)中，首先将 VD 断开，求得 $U_A = U_C \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 7.6 \text{ V}$ ，故 VD 正偏导通，其等效电路如图 1.3(c)所示，由此可得

$$U_A = \frac{\frac{U_C}{R_1} + \frac{U_{VD}}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{\frac{10 \text{ V}}{3 \text{ k}\Omega} + \frac{0.7 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega}}{\frac{1}{3 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{10 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{2 \text{ k}\Omega}} \approx 3.95 \text{ V}$$

$$I_D = \frac{U_A - U_{VD}}{R_3} = \frac{(3.95 - 0.7) \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} \approx 1.63 \text{ mA}$$

例 1.4 在三极管放大电路中，测得 3 只三极管各个电极的电位如图 1.4 所示。试判断三极管的类型、材料、电极。

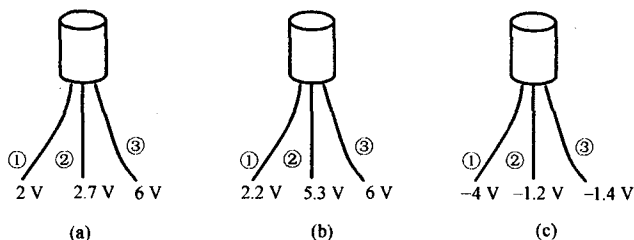


图 1.4

解：根据三极管正常放大工作的条件，工作在放大区的三极管，三个电极的电位有如下特点：

(1) NPN 型管： $U_C > U_B > U_E$ ； PNP 型管： $U_C < U_B < U_E$ ；

(2) 不同材料的管子，正向偏置的发射结电压降不同，硅管 $|U_{BE}| \approx 0.7 \text{ V}$ ； 锗管 $|U_{BE}| \approx 0.2 \text{ V} \sim 0.3 \text{ V}$ 。

做出判断如表 1.1 所示。

表 1.1

编号	$ U_{BE} $	材料	管型	管脚		
				c	b	e
(a)管	0.7 V	硅	NPN 型	③	②	①
(b)管	0.7 V	硅	PNP 型	①	②	③
(c)管	0.2 V	锗	PNP 型	①	③	②

例 1.5 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 $U_{CE} = 1 \text{ V}$ ，则工作电流最大不得超过多少？

(3) 若工作电流 $I_C=1\text{ mA}$, 则工作电压最大不得超过多少?

解: 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 1.5 所示。

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

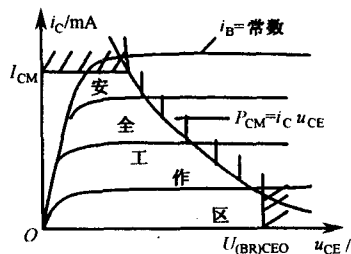


图 1.5

例 1.6 场效应管的输出特性曲线或转移特性如图 1.6 所示, 试判断它们的管型, 并指出其夹断电压 $U_{GS(off)}$ 或开启电压 $U_{GS(th)}$ 。

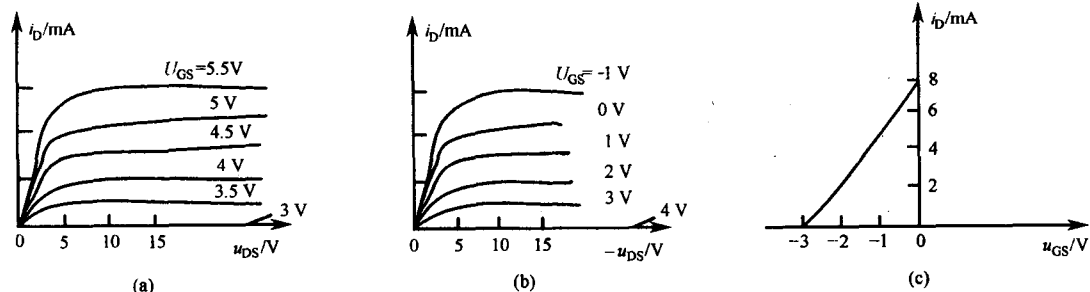


图 1.6

解: 在图 1.6(a)中, 因 $u_{DS}>0$, 又因所有 $u_{GS}>0$, 且 u_{GS} 愈大, I_D 也愈大, 所以该管是 N 沟道增强型绝缘栅场效应管。由图示曲线还知: $i_D \approx 0$ 时, $u_{GS}=3\text{ V}=U_{GS(th)}$, 即为该管的开启电压值。

在图 1.6(b)中, 由于 $u_{GS}=0$ 时, 有一较大的 i_D 值, 且 u_{GS} 可正可负, 是耗尽型绝缘栅场效应管, 由于 u_{DS} 为负值, 故应是 P 沟道结型场效应管, 由图知 $U_{GS(off)}=4\text{ V}$ 。

在图 1.6(c)中转移特性曲线可知, $U_{GS(off)}=-3\text{ V}$, 且由于 $u_{GS}<0$, 所以该管为 N 沟道结型场效应管。

四、习题

1. 填空题

(1) 在导体中导电的是_____, 在半导体中导电的不仅有_____, 而且还有_____, 这是半导体区别于导体的重要特征。

(2) PN 结正向偏置时_____, 反向偏置时_____, 这种特性称为 PN 结的_____。但是当硅材料的 PN 结正向偏压小于_____V, 锗材料的 PN 结正向偏压小于_____V 时, PN 结仍不导通, 我们把这个区域称为_____区。

(3) 最常用的半导体材料有_____和_____。

- (4) 硅二极管导通时的正向压降为_____V, 锗二极管导通时的正向压降为_____V。
- (5) 使用二极管时, 应考虑的主要参数有_____和_____。
- (6) 温度上升时, 二极管的反向饱和电流_____, 而反向击穿电压_____。
- (7) 晶体三极管有两个 PN 结, 即_____结和_____结, 在放大电路中_____结必须正偏, _____结必须反偏。
- (8) 晶体三极管的输出特性曲线可分为三个区域, 即_____区、_____区和_____区。当三极管工作在_____区时, 关系 $I_C = \beta I_B$ 才成立; 当三极管工作在_____区时, $I_C \approx 0$; 当三极管工作在_____区时, $U_{CE} \approx 0$ 。
- (9) 晶体三极管的反向饱和电流 I_{CBO} 随温度升高而_____, 穿透电流 I_{CEO} 随温度升高而_____, I_{CEO} 与 I_{CBO} 的关系是_____。
- (10) 场效应管是一种_____控制型器件, 即_____控制_____。场效应管具有输入电阻_____, 栅极电流_____噪声_____的特点。

2. 选择题 (将正确答案的字母填在括号内)

- (1) 在杂质半导体中, 多数载流子的浓度取决于(), 而少数载流子的浓度则与()有很大关系。
- a. 温度 b. 掺杂工艺 c. 杂质浓度
- (2) 指针式万用表的欧姆挡两表笔分别接触一个整流二极管的两端, 当测得的电阻较小时, 红表笔所接触的是()。
- a. 二极管的阳极 b. 二极管的阴极
- (3) 用万用表欧姆挡测量小功率晶体二极管性能好坏时, 应把欧姆挡拨到()。
- a. $R \times 100 \Omega$ 或 $R \times 1 k\Omega$ 挡 b. $R \times 1 \Omega$ 挡 c. $R \times 10 k\Omega$ 挡
- (4) 用指针式万用表不同欧姆挡测量二极管正向电阻值时, 会观察到测得的阻值不相同, 究其原因()。
- a. 二极管的质量差 b. 万用表不同欧姆挡有不同的内阻
- c. 二极管有非线性的伏安特性
- (5) 某硅二极管反向击穿电压为 150 V, 则其最高反向工作电压为()。
- a. 约等于 150 V b. 可略大于 150 V
- c. 不得大于 40 V d. 等于 75 V
- (6) 在图 1.7 中 $VD_1 \sim VD_3$ 为理想二极管, A, B, C 白炽灯泡功率都相同, 其中最亮的灯是
- a. B b. C c. A
- (7) 在三极管输出特性曲线中, 当 $I_B = 0$ 时 I_C 是()。
- a. I_{CM} b. I_{CBO} c. I_{CEO}
- (8) NPN 型三极管处于放大状态时, 各极电位关系是()。
- a. $U_C > U_B > U_E$ b. $U_C < U_B < U_E$ c. $U_C > U_E > U_B$
- (9) 3DG6D 型晶体三极管的 $P_{CM} = 100 \text{ mW}$, $I_{CM} = 20 \text{ mA}$, $U_{BR(CEO)} = 30 \text{ V}$, 如果将其接在 $I_C = 15 \text{ mA}$, $U_{CE} = 20 \text{ V}$ 的电路中, 则该管()。
- a. 被击穿 b. 工作正常 c. 功耗太大过热甚至烧坏

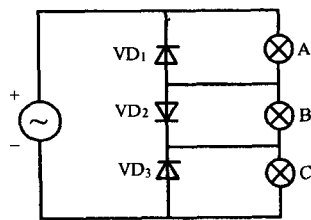


图 1.7

(10) 对三极管放大作用的实质, 下面说法正确的是 ()。

- a. 三极管可以把小能量放大成大能量
- b. 三极管可以把小电流放大成大电流
- c. 三极管可以把小电压放大成大电压
- d. 三极管可以用较小的电流控制较大的电流

3. 判断题 (对的画√, 错的画×)

- (1) 在外电场作用下, 半导体中同时出现电子电流和空穴电流。 ()
- (2) 晶体二极管击穿后立即烧毁。 ()
- (3) 晶体二极管在反向电压小于反向击穿电压时, 反向电流极小, 且基本不随反向电压变化而变化; 当反向电压大于击穿电压后, 反向电流会迅速增大。 ()
- (4) 硅稳压二极管的动态电阻愈大, 则稳压性能愈好。 ()
- (5) 晶体三极管的发射区和集电区是由同一类半导体 (N 型或 P 型) 构成的, 所以 e 极和 c 极可以互换使用。 ()
- (6) 晶体三极管具有能量放大功能。 ()
- (7) 硅三极管的 I_{CBO} 值要比锗三极管的小。 ()
- (8) 当集电极电流 I_C 值大于集电极最大允许 I_{CM} 时, 晶体三极管一定损坏。 ()
- (9) 结型场效应管起放大作用时, 应在其栅源间加反向电压。 ()
- (10) β 是反映晶体三极管共发射极电流放大能力的参数, 而 g_m 是反映场效应管栅源电压对漏极电流控制能力的参数。 ()
- (11) $u_{GS}=0$ 时, 能够工作在恒流区的场效应管是耗尽型 MOS 管。 ()

4. 计算题

- (1) 能否将 1.5 V 的干电池以正向接法接到二极管两端? 为什么?
- (2) 判断图 1.8 电路中各二极管是否导通, 并求 A, O 两端的电压值。设二极管的正向压降为 0.7 V。

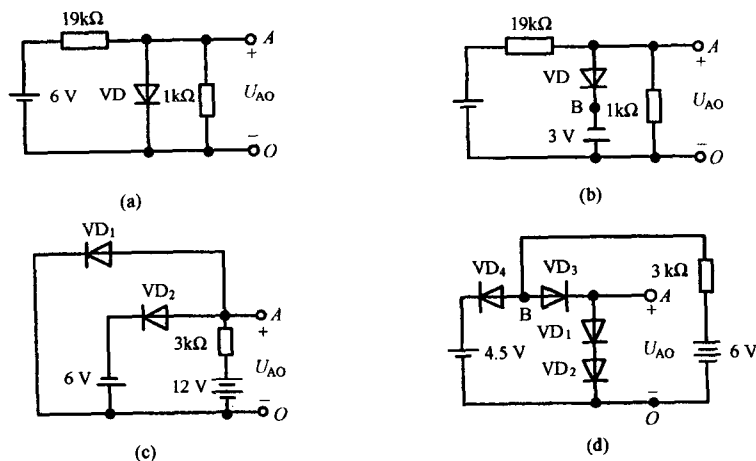


图 1.8

(3) 二极管组成图 1.9 所示电路。已知 u_i 为正弦信号, 幅值 $u_{im} > U_R$, 二极管的导通压降 U_{VD} 可忽略, 定性画出 u_o 的波形。

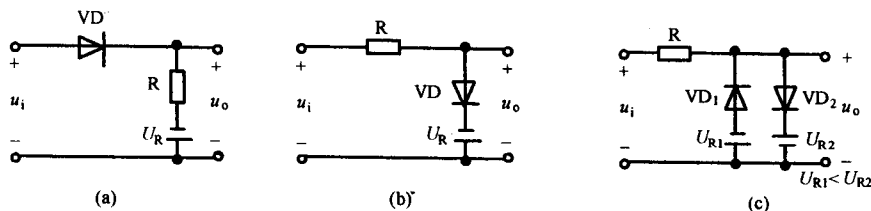


图 1.9

(4) 对 NPN 共发射极放大电路进行测试，测得晶体三极管各极电流如表 1.2 所示，试问：

- ① 反向饱和电流 I_{CBO} 是多少微安？
- ② 穿透电流 I_{CEO} 为多少微安？
- ③ 交流放大倍数 β 是多大？
- ④ 直流放大倍数 $\bar{\beta}$ 是多大？

表 1.2

$I_E(\text{mA})$	0	0.0005	3	4
$I_C(\text{mA})$	0.0001	0.0005	2.93	3.91
$I_B(\mu\text{A})$	0.1	0	70	90

(5) 工作在放大电路中的两个晶体三极管，其电流分别如图 1.10(a), (b)所示。

- ① 试分别在图中标出管脚 e, b, c；
- ② 判别其管型，并估算它们的 $\bar{\beta}$ 值（设 $I_{CBO} \approx 0$ ）。

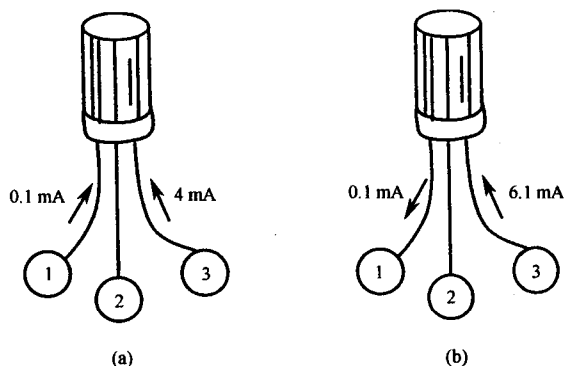


图 1.10

(6) 在放大电路中测得各三极管电位如图 1.11 所示，试判断各管的管脚、类型及材料，并将结果在表 1.3 中用“√”标出。

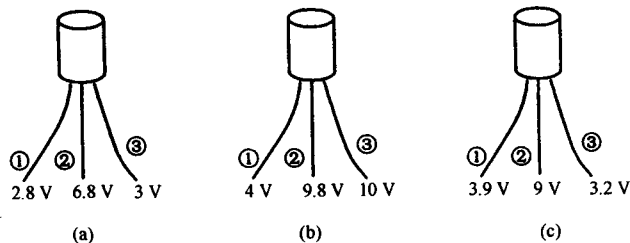


图 1.11