

飞思教育

FECIT-Education

www.fecit.com.cn



在各大搜索引擎、古书书城、获取更多电子书  
dooriver 文川网  
古书书城  
何光明 丛书主编

graduate



# 研究生 入学考试

## 要点、真题解析 与模拟试卷

admission

### (模拟电路与数字电路)

吴金  
飞思教育产品研发中心

本书主编  
监制

试题最新最全 题型分析透彻  
考点浓缩精解 名师精心锤炼  
真题分类解析 全真试题实战

examination



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

http://www.phei.com.cn

飞思考试中心

研究生入学考试

**要点、真题解析与模拟试卷**  
**(模拟电路与数字电路)**

何光明 丛书主编

吴 金 本书主编

飞思教育产品研发中心 监制

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是在浓缩编者多年教学经验和深入研究近年来全国20余所著名院校研究生入学考试专业课试题的基础上编写而成的。

全书分为12章,内容包括:半导体及半导体器件、基本放大电路、组合放大电路与差分放大电路、功率放大电路、反馈放大电路、信号运算和处理电路、信号振荡与整形电路、直流稳压电路、逻辑代数与基本门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路等。每章分4个版块:重点难点精解、全真试题解析、以练代考训练题、以练代考训练题答案与解析。书中试题分析细致,解答完整,并给出了点评与拓展,所总结的解题方法不仅有仿效的价值,更可开拓思路。另附3份模拟试卷,并给出了答案与解析。

本书特别适合于希望在较短时间内取得较大收获的广大应试考生,也可作为各类研究生入学考试培训班的辅助教材,以及高等院校师生的教学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

研究生入学考试要点、真题解析与模拟试卷(模拟电路与数字电路)/吴金主编. —北京:电子工业出版社,2003.10

(飞思考试中心/何光明主编)

ISBN 7-5053-9157-7

I.研... II.吴... III.①数字电路—研究生—入学考试—自学参考资料 ②模拟电路—研究生—入学考试—自学参考资料 IV.G643

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第082189号

责任编辑:赵红梅

印刷者:北京李史山胶印厂

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:18.25 字数:467.2千字

版 次:2003年10月第1版 2003年10月第1次印刷

印 数:8000册 定价:29.00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

docsriver 文川网  
入驻商家 古籍书城

在文川网搜索古籍书城 获取更多电子书

## 丛书编委会

总策划：郭 晶

执行策划：何郑燕

丛书主编：何光明

编 委：（排名不分先后）

魏维柱	吴 金	许 勇	杨 明	王 琼
孔慧芳	孙玉香	杨 萍	范荣刚	钱阳勇
吴雪芳	刘 菁	杨治辉	王国全	童爱红
恽小牛	吴 婷	张建林	于新豹	张凌云

# 前 言

## 知己知彼 百战百胜

自 2000 年初至今, 飞思教育产品研发中心先后与微软、金山、Adobe、Autodesk、红旗 Linux、拓林思 (TurboLinux)、网虎 Linux、北航海尔等知名软件开发商的授权培训管理中心共同携手, 成功推出了以标准培训、权威认证为代表的“培训专家”系列教材, 涵盖了《微软 ATC 标准培训教材》、《Adobe 中国平面认证设计师标准教材》、《Adobe 中国网页认证设计师标准教材》、《WPS Office 标准培训教材》、《Linux 标准培训教材 (包括红旗、TurboLinux、网虎)》、《CAXA 大学标准培训教材》、《图形图像设计专家》、《网络教育》等十几个系列近百个品种的图书。除了培训教材, 认证考试用书和行业培训教材等也是培训教材不可分割的一部分。在认证考试用书方面, “飞思考试中心”系列丛书中已经推出了《全国计算机等级考试考试要点、题解与模拟试卷》和《中国计算机软件专业技术资格和水平考试考试要点、题解与模拟试卷》等考试用书, 其中计算机等级考试用书丛书上市一年就突破 20 万册的发行量。

随着改革开放和现代化建设事业的需要, 特别是“科教兴国”、“知识经济”等战略性措施日益广泛实施, 国家机关、企事业单位以及各行各业对高素质、高学历人才的需求量越来越大, 同时, 随着高等教育的大众化, 本科人才越来越多, 相当一部分大学毕业生不易找到理想工作, 很多人希望取得更高的学历, 以增强自己的竞争实力, 因此, 近年来“考研热”持续升温。研究生入学考试现已成为国内影响最大、参加人数最多的国家级选拔高层次人才的水平考试。

研究生入学考试与在校大学生的期中或期末考试相比, 其深度、广度与难度大大增加, 试题综合性强, 着重知识的运用, 竞争激烈, 淘汰率高。为了更好地服务于考生, 引导考生在较短时间内掌握解题要领, 并顺利通过研究生入学考试, 我们将多年的教学经验进行浓缩, 并在深入剖析近几年全国 20 余所著名院校研究生入学考试专业课试题的基础上, 特别编写了这套《研究生入学考试要点、真题解析与模拟试卷》丛书。

### ◆ 丛书书目

丛书第一批推出 5 本:

- ◇ 研究生入学考试要点、真题解析与模拟试卷 (模拟电路与数字电路)
- ◇ 研究生入学考试要点、真题解析与模拟试卷 (自动控制原理)
- ◇ 研究生入学考试要点、真题解析与模拟试卷 (电路)
- ◇ 研究生入学考试要点、真题解析与模拟试卷 (数据结构)
- ◇ 研究生入学考试要点、真题解析与模拟试卷 (操作系统)

### ◆ 丛书特色

- ◇ **试题最新最全:** 丛书收集了近年来全国 20 余所著名院校研究生入学考试专业课试题, 题量大、内容新, 从而便于读者摸清考试新趋向, 预测考点, 紧跟考试动态。
- ◇ **名师精心锤炼:** 丛书由名师主笔, 亲授解题技巧。内容全面详实, 文字表达简洁明了, 层次清晰, 结构严谨, 特别突出解题方法, 强调知识的综合与提高, 导向准确。
- ◇ **考点浓缩精解:** 将指定的考试内容进行浓缩, 用言简意赅的语言精讲考试要点、

难点。

- ◇ **真题分类解析**: 丛书将近几年 20 余所著名院校考研真题进行深度剖析, 然后按章节分类编排, 从而有利于考生分类复习, 专项攻克, 同时也便于考生更好地理解 and 掌握考试的内容、范围及难度, 便于考生把握命题规律, 快速提升应试能力。
- ◇ **题型分析透彻**: 丛书重点定位在介绍解题方法与技巧上, 不仅授人以“鱼”, 更在于授人以“渔”。丛书对例题进行了细致深入的分析、完整的解答和点评扩展, 能让读者达到触类旁通、举一反三之功效。
- ◇ **全真试题实战**: 丛书每章均配有相应数额的考研真题作为习题, 最后还提供了三套完整的模拟试题, 所有习题及模拟试题均给出了解答或提示, 便于读者实战演练, 自测提高。

### ◆ 读者对象

本套丛书特别适合于希望在较短时间内取得较大收获的广大应试考生, 也可作为各类研究生入学考试培训班的辅助教材, 以及高等院校师生的教学参考书。

### ◆ 互动交流

读者的进步, 我们的心愿。您如果发现书中有任何疑惑之处, 请与我们交流。联系信箱: gmkeji@163.com。

### ◆ 关于作者

丛书由从事专业课第一线教学的名师分工编写。他们长期从事这方面的教学和研究工作, 积累了丰富的经验, 对考研颇有研究(其中大多数编写者多年参加研究生入学试题命题及阅卷工作)。

丛书由何光明主编, 本书由吴金编著。在编写过程中有四位硕士研究生积极参与, 其中张麟参与了第 6、7、8 章的部分题解, 吴霜菊参与了第 1、4、5 章的部分题解, 韦枫参与了第 10、11、12 章的部分题解, 陈敏参与了第 2、3、9 章的部分题解。

### ◆ 鸣谢

在此, 首先对丛书所选用的参考文献的著作者, 及丛书所引用试题的出题老师和学校表示真诚的感谢。

感谢电子工业出版社对这套书的大力支持; 感谢恽小牛、吴婷、丁勇、王文波、郝立、杨茂龙、孙琳、张茂华、杨珂、张凌云、孙长银等的热情帮助。

由于时间仓促, 学识有限, 书中不妥之处, 敬请广大读者指正。

我们的联系方式如下:

电 话: (010) 68134545 68131648

电子邮件: support@fecit.com.cn

飞思在线: <http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

答疑网址: <http://www.fecit.com.cn/question.htm>

通用网址: 计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

丛书编委会  
飞思教育产品研发中心

# 目 录

应试策略 .....	1
第 1 章 半导体及半导体器件 .....	7
重点难点精解 .....	7
知识点 1: 半导体导电性及其控制 .....	7
知识点 2: 载流子的性质 .....	7
知识点 3: 载流子的运动 .....	7
知识点 4: PN 结 .....	8
知识点 5: 双极型晶体管 BJT (Bipolar Junction Transistor) 及其工作区域 .....	8
知识点 6: BJT 的小信号等效微变模型 .....	9
知识点 7: BJT 的开关应用 .....	10
知识点 8: 结型场效应晶体管 JFET (Junction Field Effect Transistor) .....	10
知识点 9: MOSFET 场效应晶体管 (Metal-Oxide-Silicon FET) .....	10
全真试题解析 .....	11
以练代考训练题 .....	16
以练代考训练题答案与解析 .....	19
第 2 章 基本放大电路 .....	23
重点难点精解 .....	23
知识点 1: 信号放大电路的类型 .....	23
知识点 2: 放大电路的基本结构 .....	23
知识点 3: 偏置电路与直流工作点 .....	23
知识点 4: 放大电路的主要指标 .....	24
知识点 5: 有源负载与恒流源 .....	24
知识点 6: 三类放大组态 .....	25
知识点 7: 放大电路的分析方法 .....	25
知识点 8: 放大电路的带宽 .....	26
知识点 9: 放大电路的稳定性与频率补偿 .....	26
知识点 10: FET 与 BJT 放大电路的区别与联系 .....	27
全真试题解析 .....	27
以练代考训练题 .....	40
以练代考训练题答案与解析 .....	41
第 3 章 组合放大电路与差分放大电路 .....	45
重点难点精解 .....	45
知识点 1: 放大电路的组合 .....	45



☐ 知识点 2: 组合放大电路的分析方法 .....	45
☐ 知识点 3: 耦合方式 .....	45
☐ 知识点 4: 共模与差模信号 .....	46
☐ 知识点 5: 差分放大级 .....	46
☐ 知识点 6: 集成运算放大电路 .....	46
☐ 知识点 7: 差分放大级的动态范围 .....	47
☐ 知识点 8: 电路信号处理的线性与非线性失真 .....	47
☐ 知识点 9: 集成运算放大电路的参数 .....	48
🌀 全真试题解析 .....	48
🌀 以练代考训练题 .....	72
🌀 以练代考训练题答案与解析 .....	77
<b>第 4 章 功率放大电路 .....</b>	<b>83</b>
🌀 重点难点精解 .....	83
☐ 知识点 1: 功率放大电路的性能指标 .....	83
☐ 知识点 2: 甲类、乙类与甲乙类工作状态 .....	83
☐ 知识点 3: 功率放大电路的系统结构 .....	84
☐ 知识点 4: OCL 功率放大电路 .....	85
☐ 知识点 5: OTL 功率放大电路 .....	85
☐ 知识点 6: 甲乙类偏置电路 .....	85
☐ 知识点 7: 复合 BJT 功率管 .....	86
☐ 知识点 8: 功率管的选取 .....	86
🌀 全真试题解析 .....	86
🌀 以练代考训练题 .....	93
🌀 以练代考训练题答案与解析 .....	96
<b>第 5 章 反馈放大电路 .....</b>	<b>99</b>
🌀 重点难点精解 .....	99
☐ 知识点 1: 反馈的基本概念 .....	99
☐ 知识点 2: 负反馈对放大电路性能的影响 .....	99
☐ 知识点 3: 负反馈的类型及其判别 .....	100
☐ 知识点 4: 负反馈引入原则 .....	100
☐ 知识点 5: 深度负反馈放大电路的分析 .....	100
☐ 知识点 6: 自激振荡及其频率补偿方法 .....	101
🌀 全真试题解析 .....	101
🌀 以练代考训练题 .....	109
🌀 以练代考训练题答案与解析 .....	113
<b>第 6 章 信号运算和处理电路 .....</b>	<b>117</b>
🌀 重点难点精解 .....	117
☐ 知识点 1: 理想运放与实际运放 .....	117

☐ 知识点 2: 理想运放运算电路 .....	117
☐ 知识点 3: 信号的频域处理——滤波器 .....	118
☐ 知识点 4: 有源滤波器的电路结构 .....	119
☐ 知识点 5: 模拟乘法器 .....	119
☐ 知识点 6: 锁相环——PLL (Phase Locked Loop) .....	120
⊕ 全真试题解析 .....	120
⊕ 以练代考训练题 .....	141
⊕ 以练代考训练题答案与解析 .....	147
<b>第 7 章 信号振荡与整形电路 .....</b>	<b>151</b>
⊕ 重点难点精解 .....	151
☐ 知识点 1: 振荡器原理 .....	151
☐ 知识点 2: 正弦波信号产生电路 .....	151
☐ 知识点 3: RC 正弦波振荡电路 .....	151
☐ 知识点 4: LC 谐振选频网络 .....	152
☐ 知识点 5: 正弦波振荡器的三点式结构 .....	152
☐ 知识点 6: 石英晶体正弦波振荡器 .....	153
☐ 知识点 7: 电压比较器 .....	153
☐ 知识点 8: 电平触发器 .....	154
☐ 知识点 9: 多谐振荡器 .....	154
⊕ 全真试题解析 .....	155
⊕ 以练代考训练题 .....	175
⊕ 以练代考训练题答案与解析 .....	178
<b>第 8 章 直流稳压电路 .....</b>	<b>183</b>
⊕ 重点难点精解 .....	183
☐ 知识点 1: 降压、整流与滤波电路 .....	183
☐ 知识点 2: 基准 (稳压) 电路 .....	183
☐ 知识点 3: 线性直流稳压电路 .....	184
☐ 知识点 4: 开关直流稳压电路 .....	184
⊕ 全真试题解析 .....	185
⊕ 以练代考训练题 .....	194
⊕ 以练代考训练题答案与解析 .....	196
<b>第 9 章 逻辑代数与基本门电路 .....</b>	<b>199</b>
⊕ 重点难点精解 .....	199
☐ 知识点 1: 逻辑运算与逻辑门 .....	199
☐ 知识点 2: 有比与无比逻辑电路 .....	199
☐ 知识点 3: TTL (Transistor-Transistor Logic) Gate .....	199
☐ 知识点 4: CMOS Logic Gate .....	200
☐ 知识点 5: OC (Open-Collector) Gate .....	200

☐ 知识点 6: CMOS 传输门.....	200
☐ 知识点 7: 三态门 (Tri-state Gate) .....	200
🌀 全真试题解析.....	201
🌀 以练代考训练题.....	213
🌀 以练代考训练题答案与解析.....	215
<b>第 10 章 组合逻辑电路.....</b>	<b>219</b>
🌀 重点难点精解.....	219
☐ 知识点 1: 组合逻辑电路的性质.....	219
☐ 知识点 2: 组合逻辑的实现.....	219
☐ 知识点 3: 组合逻辑电路的结构.....	219
☐ 知识点 4: 基本的组合逻辑电路.....	219
☐ 知识点 5: 组合逻辑电路的分析与方法.....	220
☐ 知识点 6: 组合逻辑电路中的竞争-冒险.....	220
🌀 全真试题解析.....	220
🌀 以练代考训练题.....	239
🌀 以练代考训练题答案与解析.....	239
<b>第 11 章 触发器.....</b>	<b>243</b>
🌀 重点难点精解.....	243
☐ 知识点 1: 基本 RS 触发器.....	243
☐ 知识点 2: D 触发器.....	243
☐ 知识点 3: T 触发器.....	243
☐ 知识点 4: JK 触发器.....	244
☐ 知识点 5: 钟控触发器及其触发方式.....	244
☐ 知识点 6: 不同功能触发器之间的相互转换.....	244
☐ 知识点 7: 异步置位.....	244
🌀 全真试题解析.....	244
🌀 以练代考训练题.....	254
🌀 以练代考训练题答案与解析.....	255
<b>第 12 章 时序逻辑电路.....</b>	<b>257</b>
🌀 重点难点精解.....	257
☐ 知识点 1: 时序逻辑电路的性质.....	257
☐ 知识点 2: 时序逻辑的实现.....	257
☐ 知识点 3: 基本的时序逻辑电路.....	257
☐ 知识点 4: 时序逻辑电路的分析.....	258
☐ 知识点 5: 时序逻辑电路的设计.....	258
🌀 全真试题解析.....	258
🌀 以练代考训练题.....	278
🌀 以练代考训练题答案与解析.....	278
<b>参考文献.....</b>	<b>280</b>

# 应试策略

综观电子电路学习,在系统学习课程知识时,应注重物理概念的理解,适当记忆公式,并进行相关知识点的类比,做到融会贯通。此外,应多做练习,达到熟能生巧,可确保各种考试均能取得理想成绩。

学生在考试中给出的解题的要点回答很重要,即使无法给出最终的结果,也要尽可能地给出中间的或局部的解题结果,以最大程度地降低失分率。

本书包含模拟与数字两大部分。模拟电路从最基本的半导体二极管出发,由浅入深地涉及到 BJT 三极管、JFET 和 MOSFET 场效应晶体管的电学性能,以及由此类有源器件所构成的单管电压放大电路,由不同的输入-输出端点位置得到三类不同的放大组态,其特性各不相同,BJT 与 FET 放大电路在偏置和输入输出电阻对电路性能的影响上也体现出一定的差异性。不同类型器件、不同类型放大组态的相互组合,形成放大电路结构的多样性和复杂性。差分运放结构是其中一种典型的代表,利用理想运放的电路特性,可完成各种基本和复杂信号的运算处理。利用负反馈可改进电路性能,利用正反馈,可形成振荡信号输出。除信号的时域处理外,频域内的滤波处理也非常重要,最后是提供电子电路稳定工作所必需的直流稳压电源。

半导体二极管及其基本电路重点内容归纳:

(1) PN 结的伏安特性  $I = I_S[\exp(V/V_T) - 1] \approx I_S \exp(V/V_T)$ ; (2) PN 结的反向击穿,包括齐纳击穿和雪崩击穿; (3) PN 结的势垒电容  $C_B$  和扩散电容  $C_D$ ; (4) 二极管的直流电阻  $R_D$  和交流电阻  $r_D$ ,  $R_D = V/I$ ,  $r_D = \Delta V_D / \Delta I_D$ , 即曲线在工作点处切线斜率的倒数; (5) 二极管的伏安特性; (6) 含稳压二极管的并联式稳压电路。

三极管及其放大电路重点内容归纳:

(1) BJT 的电流分配与放大作用; (2) 安全工作区与极限参数  $P_{CM}, I_{CM}, V_{(BR)CEO}$ ; (3) BJT 的三个工作区域(饱和区,截止区,线性区)的定义和具体应用; (4) 达林顿复合管原理与特性; (5) 共射、共基、共集电路和小信号等效电路分析。

场效应晶体管重点内容归纳:

(1) JFET 与 BJT 的性能比较: JFET 为单极型三极管,只有多子参与导电; BJT 为双极型三极管,既有多子参与导电,也有少子参与导电; JFET 为电压控制型器件,输入电阻高; JFET 的源、漏端可以互换; JFET 便于集成。(2) FET 基本放大电路的计算,通过与 BJT 对应电路的比较进行理解和记忆,主要参数包括静态工作点参数:  $I_B, I_C, I_E, V_{CE}$ , 以及小信号参数:  $A_v, R_i, R_o$ 。(3) 由 JFET 构成的三种基本放大电路。

功率放大电路重点内容归纳:

(1) 乙类互补对称电路的输出功率为  $P_o = V_o I_o = \frac{V_{om}^2}{2R_L}$ ，最大输出功率为  $P_{omax} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$ ，

电源供给功率为  $P_V = \frac{2V_{CC}V_{om}}{\pi R_L}$ ，电源供给最大功率为  $P_{Vmax} = \frac{2V_{CC}^2}{\pi R_L}$ ，效率为  $\eta = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{om}}{V_{CC}}$ ，最

大效率为  $\eta_{max} = \frac{\pi}{4}$ 。管耗  $P_{VT_1} = P_{VT_2} = \frac{1}{2} \left[ \frac{2V_{CC}V_{om}}{\pi R_L} - \frac{V_{om}^2}{2R_L} \right]$ 。(2) 功率 BJT 的选择，需

考虑最大管耗  $P_{CM} > P_{VT_1max} = 0.2P_{omax}$  限制、三极管反向电压  $V_{(BR)CEO} > 2V_{CC}$  的限制，以及三极管的最大电流  $I_{CM} > \frac{V_{CC}}{R_L}$  的限制。

集成电路运算放大器重点内容归纳：

(1) 电流源原理及其在电路中的作用；(2) 差分式放大电路结构、原理与参数， $A_{VD}$ ,  $A_{VC}$ ,  $K_{CMR}$ ,  $R_{id}$ ,  $R_{ic}$ ,  $R_o$ ；(3) 简单的集成电路运算放大器的计算。

反馈放大电路重点内容归纳：

(1) 反馈的概念与分类；(2) 四种类型的反馈组态，使用瞬时极性法判断反馈极性；(3) 由反馈放大电路的方框图推导闭环增益表达式；(4) 负反馈对电路放大性能的改善：提高增益恒定性、减少非线性失真、抑制反馈环内噪声、扩展频带、对输入电阻和输出电阻的调节；(5) 浓度负反馈电路的计算。

信号的运算与处理电路重点内容归纳：

(1) 虚短、虚断的概念；(2) 加法电路；(3) 积分电路；(4) 微分电路；(5) 一阶有源低通滤波电路；(6) 运放电路的组合应用。

信号产生电路重点内容归纳：

(1) RC 正弦波振荡器的条件和分析要点：振幅平衡条件为  $A \cdot F = 1$ ，相位平衡条件为  $\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$ ,  $n = 0, 1, 2 \dots$  (2) 分析要点：用瞬时极性法检查电路是否满足相位平衡条件、放大器有适当的增益以保证振荡器起振、决定振荡频率  $f$ ；(3) 分析方法是“断开回路，引进输入”，用“断开回路、引进输入”的方法从相位平衡条件判断 LC 振荡电路能否起振；(4) 非正弦信号产生电路：过零比较器、迟滞比较器、方波产生电路、锯齿波产生电路。

直流稳压电源重点内容归纳：

(1) 半波整流、单相全波及单相桥式全波整流电路的各项性能指标，及电路输出电流  $i_o$ 、输出电压  $v_o$ 、二极管电路  $i_D$  的波形；(2) 线性串联型稳压电路的工作原理和简单计算；(3) 含 78xx 三端稳压器芯片电路的简单计算。



由于不同的门有不同的延迟时间,从输入到输出可能有多条路径,每条路径经过的门数不同,这样信号由输入沿不同路径可能不同时到达输出,会使输出发生错误,这种现象就是竞争冒险。一般通过逻辑函数来判断是否有险象发生,当其余变量取定值时,表达式中是否有  $X + \bar{X}$  或  $X\bar{X}$  形式,这两种形式都有可能产生险象。判断这两种形式是否发生一般是用卡诺图,如果卡诺图中出现两个相邻的最小项,并且它们之间没有交叉项,这时就会发生冒险。消除竞争冒险的方法就是增加冗余项,即使两个没有交叉项的相邻最小项交叉。

(2) 编码就是把二进制数按一定规律编排,使每组代码具有特定含义。译码与此相反,它将具有特定含义的不同二进制数辨别出来,并转换成控制信号。如果加控制,使能端还可以多片级联。数据选择器的基本功能是选择一个数据输入通道,  $2^n$  个数据输入通道必有  $n$  个通道选择信号输入端。数据选择器更重要的功能是作为函数发生器,一般来说,  $n$  位通道选择信号输入端的数据选择器一定可以实现不大于  $n$  个输入变量的逻辑函数,实现方法是先将逻辑函数变换成最小项表达式,再与数据选择器的输出函数表达式相比较,确定数据选择器各数据输入端应连到什么位置。如果要实现的逻辑函数的输入变量数大于  $n$ ,可以把  $n$  位逻辑函数输入变量连接到  $n$  位通道选择信号输入端,再把逻辑函数写成这  $n$  个变量的最小项或的形式,与数据选择器输出函数比较,找出剩余变量和数据选择器、数据输入端的关系。算术运算电路主要包括半加器和全加器、多位加法器、减法运算电路、集成算术逻辑单元。掌握半加器和全加器的各种描述方法,若是多位数相加,可采用并行相加、串行进位的多位加法器。

触发器重点内容归纳:

(1) 基本 RS 触发器只由输入信号控制,是各种触发器的基础,可作为寄存器。钟控触发器的输出既和输入信号有关,又与时钟脉冲有关,分为电平触发,主从触发和边沿触发,后两种都是脉冲边沿触发,但主从触发存在“一次翻转”现象,抗干扰能力不强。就逻辑功能来讲,触发器有 RS、JK、D 三种形式,RS 触发器具有置 0、置 1、记忆功能,JK 触发器除了这些还有计数功能,D 触发器具有接收并记忆信号的能力,因此 D 触发器也称为锁存器。每种触发器都有功能真值表、激励表、状态转换图和特性方程四种描述方式,各种形式的触发器之间可以通过外加逻辑电路相互转换。

(2) 做题步骤一般是将激励方程代入特征方程,结合触发方式、时钟脉冲和输入波形画出输出波形,分析电路功能。但对主从 JK 触发器而言,由于存在“一次翻转”现象,使主触发器一旦改变状态就没有可能再返回原来的状态,从而使主从触发器的抗干扰能力下降。在分析过程中需要考虑主触发器在接收信号时,J、K 是否有变化,若有变化则要考虑“一次翻转”现象。

时序电路重点内容归纳:

(1) 时序逻辑具有记忆功能,即它的状态不仅与当前输入有关,还与以前的状态有关,因此它的分析和设计比组合逻辑复杂。时序逻辑一般分为同步和异步,同步是电路各时序组件在同一个时钟脉冲控制下动作,异步是由多个时钟控制电路中不同组件控制的。时序电路描述激励方程、状态方程、输出方程、状态表、状态图、时序图。根据分析和设计、同步和异步的不同,对时序电路的处理步骤不同。

同步时序分析:





4

2

2

4

4

docsriver 文川网  
入驻商家 古籍书城

在文川网搜索古籍书城 获取更多电子书

# 第1章 半导体及半导体器件

## 重点难点精解

本章重点是对半导体及半导体器件建立起清晰的物理概念,虽然很少直接出题考核,但这些概念的建立,对理解不同结构半导体器件的工作原理、特点和等效电路模型的建立均有重要作用。

### 知识点 1: 半导体导电性及其控制

半导体导电性介于导体与绝缘体之间,因此可以在很宽的范围内变化。结构完整且不掺杂的本征半导体材料其电子浓度与空穴浓度相等,只与温度有关,常温下近似为  $10^{10}\text{cm}^{-3}$ ,导电性接近绝缘体。因此,对半导体导电性是通过掺杂进行控制的,存在 N (电子) 与 P (空穴) 两种类型半导体,常温下采用杂质全电离近似,则载流子浓度等于掺杂浓度,掺杂的数量和物理空间可以由半导体工艺精确控制,从而实现了载流子浓度即半导体导电性的精确控制,半导体器件及电路本质上是一种掺杂工程。

在常温全电离近似下,设施主掺杂浓度为  $N_D$ ,受主掺杂浓度为  $N_A$ ,则非补偿 N 型半导体电子浓度近似为  $n \approx N_D$ ; 非补偿 P 型半导体空穴浓度近似为  $p \approx N_A$ ; 对于 N 型补偿半导体,电子浓度  $n = N_D - N_A$ ; 对于 P 型补偿半导体,空穴浓度  $p = N_A - N_D$ 。

### 知识点 2: 载流子的性质

半导体中存在电子与空穴两种极性相反的载流子。对于温度均匀且无外加电场的热平衡半导体, N 型中电子浓度远大于空穴浓度,电子为多子,空穴为少子; P 型半导体中空穴浓度大,电子浓度小,空穴为多子,电子为少子。因此,对于热平衡半导体,多子浓度一定大于少子浓度。但这一结论对于非平衡半导体则并不一定成立,在电场作用下,因某种作用可使少子浓度接近甚至大于多子浓度。

在多子浓度确定后,热平衡态下的少子浓度可以通过  $np = n_i^2$  关系求出,其中  $n_i$  为本征载流子浓度。

### 知识点 3: 载流子的运动

载流子在半导体中存在两种性质的运动。漂移运动:当存在电场时,电子反电场方向而动,空穴则沿电场方向而动,漂移运动形成的电流与电场方向相同。扩散运动:当存在浓度梯度时,载流子均沿梯度的相反方向运动,形成扩散电流。因此,半导体中最多包含四种电流分量,电子漂移电流、电子扩散电流、空穴漂移、空穴扩散电流。分析中应明确四个分量,抓住重点,忽略次要因素,以使问题简化,结果更加明确。

考虑半导体中载流子漂移与扩散运动的模型是描述半导体器件载流子运动的经典模型,称为 DDM (Drift Diffusion Model), DDM 中的电子和空穴电流密度方程为:

$$J_n = qnv + qD_n \nabla n = qn\mu_n E + qV_T \mu_n \nabla n = -qn\mu_n \frac{\partial V}{\partial x} + qV_T \mu_n \frac{\partial n}{\partial x}$$

$$J_p = qpv - qD_p \nabla p = qp\mu_p E - V_T \mu_p \nabla p = -qp\mu_p \frac{\partial V}{\partial x} - qV_T \mu_p \frac{\partial p}{\partial x}$$

式中  $q$  为电子电荷,  $v$ 、 $\mu$ 、 $D$  为载流子漂移速度、迁移率和扩散系数,  $E$  为电场强度,  $V$  为电势分布,  $V_T$  为热电压, 常温下近似为 26mV。

#### 知识点 4: PN 结

PN 结是构成半导体器件与电路的核心与基础。N 型与 P 型半导体的点或面接触可形成 PN 结, 金属与半导体接触也可形成 PN 结。PN 结是两种类型半导体中载流子相互扩散和漂移运动动态平衡的结果, 内建电场对载流子的漂移作用与多子的扩散作用相互抵消, PN 结零偏(不加电压)时端电流为零。PN 结正偏时, 外加电场与内建电场方向相反, 多子扩散作用超出其漂移作用, 正偏时多子的扩散电流较大, 并随偏压指数增加。PN 结反偏时, 外加电场与内建电场方向相同, 存在净的少数载流子漂移电流, 但数值很小。PN 结的单向导电性使其可作为开关使用, 其近似固定的导通电压(0.6~0.7V)可作为电压钳位应用, 反偏击穿电压可作为稳压应用。

PN 结偏置电压  $V_D$  与输出电流  $I_D$  间为指数关系, 为:

$$I_D = I_S [\exp(\frac{V_D}{V_T}) - 1]$$

式中  $I_S$  为 PN 结反向饱和电流。

PN 结可以等效为一个非线性电阻和非线性电容的并联。电阻在正偏下为小电阻(交流和直流), 反偏下为大电阻(近似无穷大)。电容包含耗尽区电容与少数载流子扩散电容, 反偏下以势垒电容为主, 正偏下以少数载流子扩散电容为主。偏压增加, 结电容增加。在开关应用中, PN 结在导通与截止的状态显著不同, 两者之间的转化需要时间, 限制了电路的最高开关频率。明确 PN 结的物理模型, 可以很方便地得到 BJT 或 JFET 的等效电路模型及相应的偏置条件。

PN 结反偏电容与反偏电压之间的非线性关系为:

$$C_T = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{si}}{x_d} = \frac{C_{T0}}{(1 - V/V_B)^n}$$

扩散电容  $C_D$  反映 PN 结少数载流子的正偏存储效应, 因此与偏置电流成正比, 有:

$$C_D = \frac{\tau \cdot I_D}{V_T}$$

PN 结是组成半导体器件的结构和物理基础, 应重点理解并掌握其正向导通特性(直流移位和交流短路)、反向击穿(稳压)特性、负温度系数特性和结电容随偏压增加而单调上升的特性。

#### 知识点 5: 双极型晶体管 BJT (Bipolar Junction Transistor) 及其工作区域

BJT 俗称三极管, 三个电极对应于三个导电区域、两个 PN 结。发射区与集电区导电类型

虽相同,但掺杂水平不同,不可互换,通常发射区高掺杂以获得大的电流增益。BJT本质上为多子和少子共同参与导电的电流放大有源器件。BJT正向放大区的偏置条件为发射结正偏,集电结反偏。减小基区的宽度和浓度有利于提高其电流增益 $\beta$ 。此外,电流增益还与其静态偏置的工作点有关, $I_C$ 或 $I_B$ 的静态工作点应偏置适中,动态范围也应合理。

BJT的三个工作区域在电路中有不同的应用。1)放大区:又称恒流(线性)区,输出电流近似恒定并受输入信号的线性控制,可用于交流小信号的放大;此区还可作为有源负载应用。该区是模拟电路应用的主要区域。2)饱和区:又称电阻区。 $V_{CE}$ 电压很小,BJT的集电结正偏饱和,收集效率急剧降低,导致输出电流 $I_C$ 减小,并近似为线性关系。该区域在模拟电路中作为线性电阻,或在开关(数字)电路中作为导通态“0”。3)截止区:发射结零偏或反偏,输出电流为零,器件截止,可作为开关电路中的截止态“1”。

BJT的交流信号共射极电流增益 $\beta$ 和共基极电流增益 $\alpha$ 的定义及相互关系为:

$$\beta = \frac{\partial I_C}{\partial I_B}, \quad \alpha = \frac{\partial I_C}{\partial I_E} = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

由于集电结偏置电压引起耗尽区宽度的改变,导致基区宽度产生跳变,表现为输出电流 $I_{CE}$ 随输出电压 $V_{CE}$ 而改变,此效应用输出电阻 $r_{ce}$ 表示为:

$$r_{ce} = \frac{\partial V_{CE}}{\partial I_C} = \frac{V_A}{I_{CQ}}$$

式中 $I_{CQ}$ 为电流静态偏置点, $V_A$ 为厄利电压,则输入及输出电压与输出电流的关系为:

$$I_C = I_S \exp\left(\frac{V_{be}}{V_T}\right) \left(1 + \frac{V_{ce}}{V_A}\right)$$

### 知识点 6: BJT 的小信号等效微变模型

利用PN结电阻电容并联模型,并结合相关控制过程,可以很清楚地得到BJT完整的混合 $\pi$ 交流小信号等效电路模型,忽略寄生电阻和PN结电容后,可得到低频等效电路模型,进一步忽略集电结反偏PN结电阻后,得到简化的低频等效模型。等效电路中的每个元件都有明确的物理意义,或者与具体的物理结构所对应,如输入电阻和输入电容等效于发射结,或者与具体的控制作用或物理效应所对应,如受控源等效于输入电压或电流对输出电流的控制,输出电阻等效于输出电压对输出电流的调制效应等。应根据问题的范畴选择适合的模型进行电路分析。

根据BJT输入-输出电压对输出电流的控制作用,得到的小信号跨导因子为:

$$g_m = \frac{\partial I_{CE}}{\partial V_{be}} = \frac{I_{CE}}{V_T}$$

上式表明,BJT除了可作为传统的电流控制器件外,还可视为电压控制器件,其输入电阻为:

$$r_{be} = \frac{\partial V_{be}}{\partial I_B} = \frac{\partial V_{be}}{(1/\beta)\partial I_C} = \frac{\beta}{g_m}$$

结合  $g_m$ 、 $r_{be}$ 、 $r_{ce}$  等参数模型，可以给出简化后的交流小信号等效电路模型。

BJT 放大电路是本课程必考的重点内容，只要理解 BJT 偏置下的工作机理，并熟悉小信号等效电路及其参数的表征与转换方法，一切简单的放大电路计算都可迎刃而解。

### 知识点 7：BJT 的开关应用

BJT 本质上为非线性器件，只有在小信号条件下，在工作点附近可用等效的线性模型表征，并且对交流信号有放大作用。在大信号条件下，如开关应用中，BJT 表现为典型的非线性特性。

BJT 在开关应用中，应避免其进入深度饱和区。由于两个 PN 结在导通与截止条件下少子的存储与耗尽区宽度（即少子扩散电容与势垒电容）状态不同，状态间的转换对应于对 PN 结电容的充放电，因此充放电时间决定了 BJT 的最高开关频率。

### 知识点 8：结型场效应晶体管 JFET (Junction Field Effect Transistor)

JFET 为利用 PN 结耗尽区宽度调节沟道电阻的场效应晶体管，输入电阻为 PN 结的反向电阻，阻值比 BJT 的输入电阻大很多，但随温度和栅电压的变化而改变，不十分稳定。JFET 的导电沟道天然存在，因此 JFET 都为耗尽型， $V_G=0$  时存在较大的沟道电流，栅电压将沟道全部耗尽时所需要的电压称为夹断电压，沟道夹断下的输出电流为零。JFET 的偏置电路相对比较简单。

设 JFET 的夹断电压为  $V_p$ ，则其饱和电流方程为：

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \left(1 + \frac{V_{DS}}{V_A}\right)$$

与 BJT 相比，JFET 的 I-V 关系变为平方率，而 BJT 为指数率，显然在同样的偏置电流条件下 JFET 的跨导  $g_m$  比 BJT 的跨导小，即：

$$g_m(\text{JFET}) = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}} = \frac{2}{|V_p|} \sqrt{I_D I_{DSS}}$$

由于 JFET 为体沟道器件，因此在低噪声、温度稳定性方面较好。

### 知识点 9：MOSFET 场效应晶体管 (Metal-Oxide-Silicon FET)

MOS 为利用栅电压控制表面沟道导电性的场效应晶体管，输入电阻为栅介质电阻，理想状态下为无穷大。MOSFET 有增强型与耗尽型两种。增强型 MOSFET 的栅压只有加到开启电压  $V_{TH}$  后，才能形成反型沟道，产生输出电流。对于耗尽型 MOSFET，沟道控制原理与 JFET 基本类似，存在沟道夹断电压。

MOSFET 与 JFET 同为电压控制电流源，输出特性均与 BJT 类似，存在三个工作区，可作为模拟电路的小信号放大或线性电阻，也可作为数字电路的开关之用。与 BJT 的不同之处在于，除 FET 的输入电阻很大外，场效应管只有多子参与沟道导电，无少子存储效应，瞬态

特性只有对栅电容和衬底电容的充放电效应。

饱和恒流区 MOS 输出电流为:

$$I_D = \frac{1}{2} \mu \cdot C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 \left(1 + \frac{V_{DS}}{V_A}\right) \approx \frac{1}{2} k (V_{GS} - V_{TH})^2$$

式中  $k$  为增益因子,  $V_{TH}$  为阈值电压, 跨导因子为:

$$g_m(MOS) = \sqrt{2kI_D}$$

## 全真试题解析

【真题 1】 哈尔滨工业大学 1999 年

// 本题 17 分 //

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 MOSFET ( )。

解答:

1. √                      2. ×                      3. ×                      4. ×

点评与拓展:

对 2 说明一点, BJT 是电流控制电流型器件, 而 MOSFET 属于电压控制电流型器件。

【真题 2】 东北大学 2001 年

// 每小题 1 分 //

单项选择题: 在备选答案中选出一个正确答案, 并将正确答案标志填入括号中。

1. P 型半导体带 ( )。
  - A. 正电
  - B. 负电
  - C. 电中性
2. 温度升高, 二极管正向压降 ( )。
  - A. 变大
  - B. 变小
  - C. 不变
3. 三极管工作在饱和区的条件是 ( )。
  - A. e 结正偏, c 结反偏
  - B. c 结正偏, e 结反偏
  - C. e 结反偏, c 结反偏
  - D. e 结正偏, c 结正偏
4. 放大电路处于静态是指 ( )。
  - A. 输入信号幅值不变时的电路状态
  - B. 输入信号频率不变时的电路状态
  - C. 输入端开路时的电路状态
  - D. 输入信号为零时的电路状态
5. 分析放大器时常常采用交直流分开的分析方法, 这是因为 ( )。
  - A. 三极管是非线性元件
  - B. 在一定条件下, 电路可视为线性电路, 因此可用叠加原理

C. 电路中既有直流成分又有交流成分

解答:

1. C                      2. B                      3. D                      4. D                      5. C

**【真题 3】 南京航空航天大学 2002 年**

//每空格 1 分//

选择题:

二极管正向电压从 0.65V 增加 10%，则其正向电流将增加（    ）。

- A. 10%                      B. 大于 10%                      C. 小于 10%

分析:

二极管在导通后电压电流关系基本符合指数关系。

解答:

B

**【真题 4】 北方交通大学 2000 年**

//每空格 1 分//

填充题:

利用 PN 结的\_\_\_\_\_电容随外加电压变化的特性可制成变容二极管，它工作时需要加偏压。

解答:

势垒、反向

点评与拓展:

PN 结中电容由势垒电容和扩散电容组成，正偏时以扩散电容为主，随正向电流增加而增大；反偏时以势垒电容为主，随反向电压的增加而减小。

**【真题 5】 北京大学 2002 年**

//每空格 10 分//

在图 1-1 所示的电路中， $E_1=5V$ ， $E_2=5V$ ， $R_1=3k\Omega$ ， $R_2=2k\Omega$ ，设二极管正向压降为 0.7V，求流过二极管上的电流  $I_{VD}$ 。

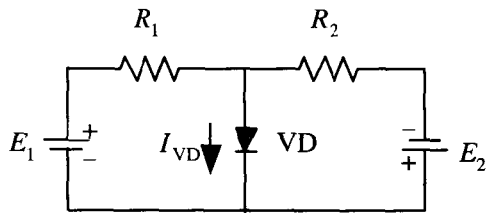


图 1-1

分析:

本题考察二极管的单向导电性。求解含有二极管的电路，应先断开二极管支路，分别计算二极管正负极电位，依据二极管的单向导电性判断二极管是否导通，再画等效电路求解：若二极管截止，则二极管所在支路相当于开路；若二极管导通，则应根据题意或电源电压的大小选择合适的二极管模型求解。在本题中若 VD 导通，则它等效为一个 0.7V 的电压源，极性同 VD 的极性。



解答:

首先判断二极管的状态。断开二极管支路, 设  $E_2$  的负极为电位参考点, 则有二极管正极电位:  $(E_1 + E_2)R_2 / (R_1 + R_2) = 10 \times 2 / (3 + 2) = 4\text{V}$ ; 二极管负极电位:  $E_2 = 5\text{V}$ 。由此可见, 二极管承受反向电压, 处于截止状态, 所以  $I_D = 0$ 。

【真题6】 中国科技大学 2002 年

// 每空格 9 分 //

设二极管的导通压降  $V_{D(\text{on})} = 0$ , 已知  $V_Z = 3\text{V}$ 。求当  $V_i$  从  $-10\text{V}$  变化到  $+10\text{V}$  时,  $V_o$  及  $I_1$  如何变化, 画出  $V_o \sim V_i$ 、 $I_1 \sim V_i$  图。

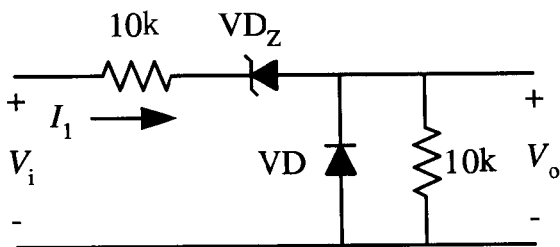


图 1-2

分析:

本题考察二极管和稳压二极管的工作特性。当稳压二极管外加正向电压时, 其特性同普通二极管; 当稳压二极管外加反向电压时, 则在  $|V| \geq |V_Z|$  时工作在稳压区, 等效为一个极性与稳压管极性相反、大小等于  $V_Z$  的电压源, 而在  $|V| < |V_Z|$  时相当于开路。

解答:

当  $-10\text{V} \leq V_i \leq 0\text{V}$  时,  $VD$  导通,  $VD_Z$  正向导通, 输出电压为二极管  $VD$  的导通电压  $V_o = 0\text{V}$ ,

$$\text{输入电流 } I_1 = \frac{V_i}{10\text{k}\Omega} = \frac{V_i}{10} \text{ mA};$$

当  $0\text{V} \leq V_i < 3\text{V}$  时,  $VD_Z$  截止, 输入电压不能输送到输出端,  $V_o = 0\text{V}$ ,  $I_1 = 0\text{mA}$ ;

$$\text{当 } 3\text{V} \leq V_i \leq 10\text{V} \text{ 时, } VD_Z \text{ 反向稳压, } VD \text{ 截止, 输出电压 } V_o = (V_i - V_Z) \cdot \frac{10}{10+10} = \frac{V_i - 3}{2},$$

$$\text{输入电流 } I_1 = \frac{V_i - V_Z}{10\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega} = \frac{V_i - 3}{20} \text{ mA};$$

综上, 可画出电压传输特性和输入特性分别如图 1-3 (a) 和 (b) 所示。

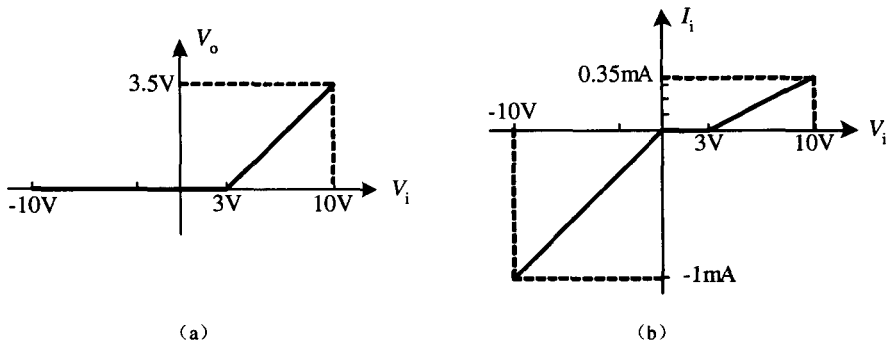


图 1-3

**【真题 7】 北京航空航天大学 2000 年**

//每空格 7 分//

试述 BJT 基区宽度调制效应产生的原因， $V_A$  如何定义。

解答：

基区宽度调制效应产生的原因：BJT 工作在放大区时，随着  $V_{CE}$  增大，加在集电结上的反向电压也增大，集电结空间电荷区随之加厚，它主要向轻度掺杂的基区扩张，使基区变薄，导致  $I_C$  随着  $V_{CE}$  增加而略有增大。

$V_A$  是一个衡量  $V_{CE}$  对  $I_C$  影响程度的物理量，将晶体管共射输出特性曲线反向延长，就会发现它们与横轴基本上交于一点，定义该点对应的电压的正值为厄利电压  $V_A$ 。

点评与分析：

BJT 的基区宽度调制效应对管子的性能有很大的效应，与此类似，在 MOS 短路中也存在这种负面效应，如沟道长度调制效应等。

**【真题 8】 中国科技大学 2002 年**

//每题 9 分//

图 1-4 所示为 N 沟道结型场效应晶体管构成的恒流源，已知该管的  $I_{DSS}=2\text{mA}$ ， $V_{PO}=3.5\text{V}$ ， $r_{ds}=50\text{k}\Omega$ 。求：

1. 恒流源的电流；
2. 恒流源的交流输出阻抗（两个电源间）。

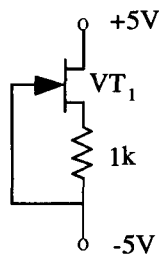


图 1-4

分析：

本题第一问考察对场效应管放大电路的静态工作点的求解，以及场效应管的转移特性方程和栅源电压方程，即可得；第二问求交流输出阻抗，则需熟练掌握场效应管的交流等效电路，

熟知输出阻抗和跨导的概念，画出放大器的微变等效电路进行求解。

解答：

1. 由饱和区转移特性方程得  $I_{VD} = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{PO}}\right)^2$ ，代入已知数据有：

$$I_{VD} = 2\text{mA} \left(1 - \frac{V_{GS}}{-3.5}\right)^2$$

由电路图又有  $V_{GS} = V_G - V_S = -I_{VD} \cdot 1\text{k}\Omega$

得到  $I_{VD1} \approx 12.11\text{mA}$ ； $I_{VD2} \approx 1.012\text{mA}$ 。由于  $I_{VD}$  不可能大于  $I_{DSS}$ ，舍  $I_{VD1}$ ，即有恒流源的电流为  $I_{VD} = 1.012\text{mA}$ 。

2. 画出交流等效电路如图 1-5 所示， $V_t$  为外加测试电压，则有：

$$r_o = \frac{v_t}{i_t} = \frac{(i_t - g_m v_{GS}) \cdot r_{ds} + i_t \cdot 1\text{k}\Omega}{i_t}$$

$$\text{式中 } g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = -\frac{2I_{DSS}}{V_{PO}} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{PO}}\right) \approx 0.816\text{ms}$$

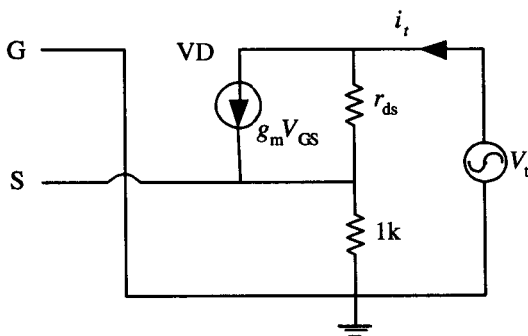


图 1-5

由图，又有  $v_{GS} = -i_t \cdot 1\text{k}\Omega$

所以， $r_o = r_{ds} + 1\text{k}\Omega + g_m r_{ds} \cdot 1\text{k}\Omega \approx 91.8\text{k}\Omega$

【真题 9】 中国科技大学 2002 年

// 本题 9 分 //

图 1-6 所示为二极管电路图，请对照输入电压  $V_i$  的波形，画出其输出电压  $V_{o(t)}$  波形，设二极管为理想二极管。

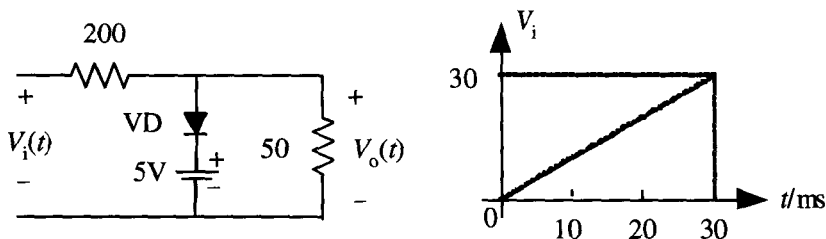


图 1-6

分析:

解题思路与真题 5 相同, 此处省略。

解答:

由电路图可得:  $V_i(t) = t, t \leq 30\text{ms}$ , 当  $V_i(t) \leq 5\text{V}$ , 即  $t \leq 5\text{ms}$  时, VD 截止,

$$\text{有 } V_o(t) = V_i(t) \cdot \frac{50}{50+200} = \frac{t}{5};$$

当  $V_i(t) > 5\text{V}$ , 即  $t > 5\text{ms}$  时, VD 导通, 则输出  $V_o(t) = 5\text{V}$ 。综上, 可画出波形如图 1-7 所示。

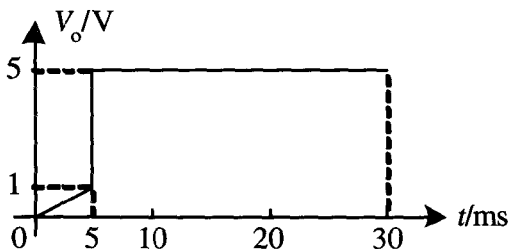


图 1-7

## 以练代考训练题

【训练题 1】 北方交通大学 2000 年

//每空格 1 分//

填充题:

1. 导致放大器高频段增益下降的主要原因是由于\_\_\_\_\_的影响; 导致放大器低频段增益下降的主要原因是由于\_\_\_\_\_的影响。
2. PN 结正向交流电阻的大小与\_\_\_\_\_有关。

【训练题 2】 中国科技大学 2002 年

//本题 9 分//

如图 1-8 所示, 已知 N 沟道结型场效应晶体管的夹断电压  $V_{PO} = 3.5\text{V}$ ,  $I_{DSS} = 18\text{mA}$ 。求  $V_{GS}$  和  $V_{DS}$ , 并判断该场效应管工作在什么区域。

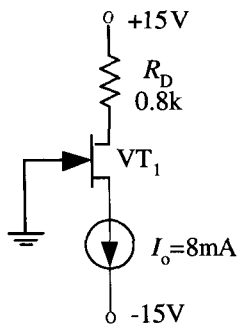


图 1-8

**【训练题 3】 北京大学 2001 年**

// 奔题 10 分 //

如图 1-9 所示，电路中电感的初值电流为  $I_0$ ，求合闸后电感两端的电压  $V_L(t)$ ，并画出波形图。

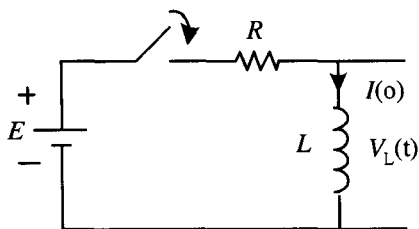


图 1-9

**【训练题 4】 北京大学 2000 年**

// 奔题 10 分 //

试设计一个稳压管稳压电路，输入电压  $V_i$  为 21~25V，输出电流为 15~20mA，输出电压  $V_o$  为 9V，所用稳压二极管特性如图 1-10 所示，正常稳压在 a、b 两点之间，要求画出电路图，并确定电路中元件的数值，估算元件所消耗的功率。

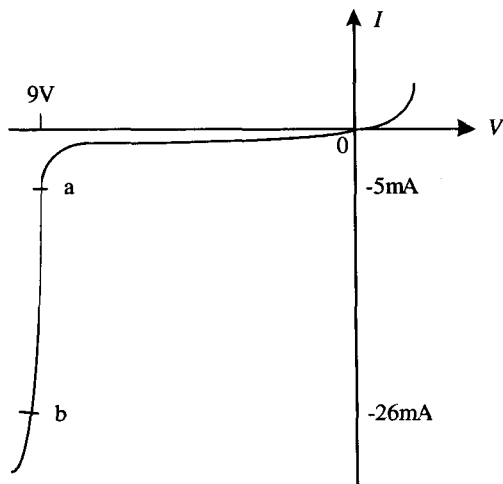


图 1-10

【训练题 5】 北京大学 2000 年

// 本题 10 分 //

在  $t=0$  时，恒定电压  $U_S=12V$  施加于 RC 电路，如图 1-11 所示。

已知  $U_C(0)=4V$ ， $R=1\Omega$ ， $C=5F$ ，求  $t \geq 0$  时的  $U_C(t)$ ，并画出波形图。

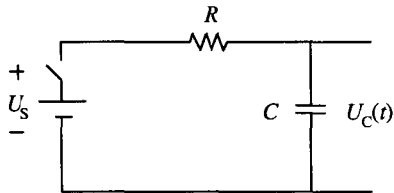


图 1-11

【训练题 6】 上海交通大学 2001 年

// 本题 10 分 //

1. 设二极管为理想器件，求图 1-12 中电路的  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I$  和  $U_O$ 。

2. 现有两只稳压管，其正向压降均为  $0.7V$ ，稳压值分别为  $10V$  和  $6V$ ，电阻若干（以电阻分压所得的稳压值不计为一种），问共可组合成多少种稳压电路，并画出稳压值为  $4V$  的稳压电路。

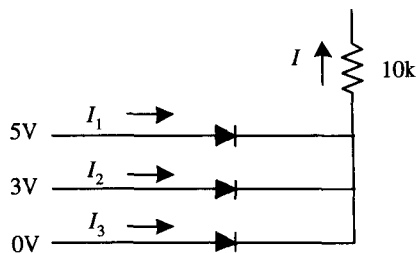


图 1-12

【训练题 7】 北京航空航天大学 2002 年

// 本题 10 分 //

如图 1-13 和图 1-14 所示，ZD 为稳压二极管，稳定电压为  $3V$ ，VD 为普通二极管，正向压降  $0.7V$ ，反向击穿电压  $100V$ ，其余元件的参数如图中所示。运算放大器为理想运放，电源电压为  $\pm 15V$ ，输入电压  $U_{in} = 5\sin 100\pi t (V)$ 。

1. 绘制图 1-13 所示电路的输出电压波形图，说明图 1-13 中的电路功能。

2. 绘制图 1-14 的输出电压波形图，说明二极管 VD 在负反馈环路内和负反馈环路外的区别。

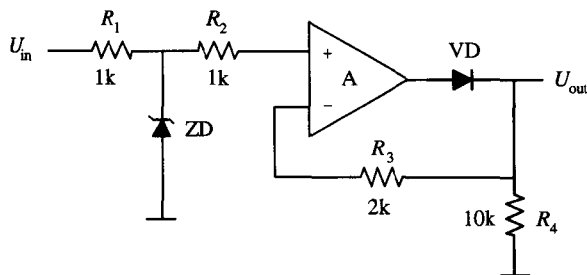


图 1-13

docsriver 文川网  
入驻商家 古籍书城

在文川网搜索古籍书城 获取更多电子书

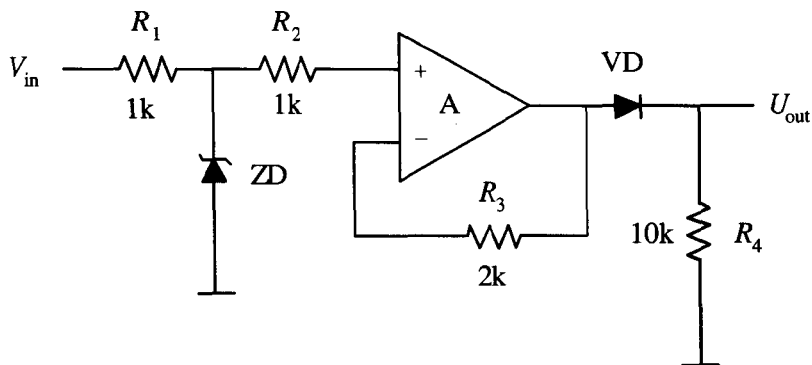


图 1-14

## 【训练题 8】 大连理工大学 2002 年

// 本题 8 分 //

画出如图 1-15 所示电路的电压传输特性曲线 ( $U_O$  与  $U_i$  的关系曲线)。设  $A_1$  和  $A_2$  具有理想特性, 其最大输出电压为  $\pm 15V$ , 二极管 VD 为理想二极管。

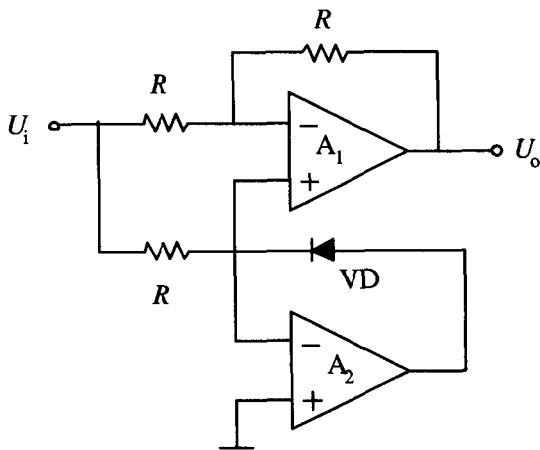


图 1-15

## ● 以练代考训练题答案与解析

## 【训练题 1】 答案与解析

解答:

1. 极间电容和接线电容、外接电容
2. 正向 PN 结电流

## 【训练题 2】 答案与解析

解答: 由  $8mA = 18mA(1 - \frac{V_{GS}}{-3.5})$ , 解得  $U_{GS} = -1.944V$ ;



$$V_{DS} = 15V - I_O \cdot 0.8k - V_S, \text{ 其中 } V_S = V_G - V_{GS} = 1.944V$$

解得  $V_{DS} = 6.656V$ 。

因为有  $V_{PO} < V_{GS} < 0$  且  $V_{GD} = -3.888V < V_{PO}$  可知，场效应管工作在饱和区。

### 【训练题 3】 答案与解析

本题考察了电感的一阶电路的阶跃瞬态响应，只需要利用电路知识，列出全电流方程即可求解。得到  $L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = E$ ，积分求出电流表达式，由分压关系，最后可以得到电感上电压的表达式，这里就不再具体推导。

### 【训练题 4】 答案与解析

本题是灵活运用稳压管的典型设计题目，解题思路：稳压管的工作电压一定保证在稳压管输出特性的击穿区，同时在计算元件功耗时应该选择最大电流的值进行计算。具体设计留给读者考虑。

### 【训练题 5】 答案与解析

与训练题 3 一样同出于北京大学，但属于不同的年份，可以看出两题异曲同工，同样是考察阶跃响应，但此题中换成了 RC 组合，而且电容两端有初始电压，增加了一定的难度。不过运用训练题 3 的解题思路同样能顺利地得到答案。

### 【训练题 6】 答案与解析

1. 根据二极管导通的条件，很容易判断这三个管子，只有第一个管子有正向的偏置电压，才能正向导通，另外两个处于截止状态，由此可以很容易求得各个支路的电流。
2. 利用这两个稳压管稳压值的算术运算，很容易得到有四种不同的输出电压，而文中要求的电压是由两者的稳压值相减而得到的，由此思路，可以构造一个电路，以 10V 的电压端为正极，以 6V 的电压为负极，直接就得到了电压差为 4V 的电压，电路图略。

### 【训练题 7】 答案与解析

本题虽然有运放的知识，但主要还是考察二极管在不同电路连接中的不同作用，因此收录在第 1 章中。

解题思路，在图 1-13 中，利用运放“虚短-虚断”的特点， $R_2$  上没有电流通过，同相端电位等于 ZD 端的电位，当输入电压超过 ZD 稳压值时，ZD 开始稳压作用，使同相端电位固定为 3V；另一方面，同理  $R_3$  上也没有电流通过，因此同相端电位就直接等于  $R_4$  上端电位，即为输出电压。由此运放输出到二极管 VD，再到  $R_4$  形成通路，得到输出波形。

而在图 1-14 中，同相端分析同上，根据电路连接关系，反相端电位与运放输出电位相同，即等于同相端的电位，而后再在二极管整流后输出，波形输出很容易得到。

详细的分析已经给出，具体的求解略。