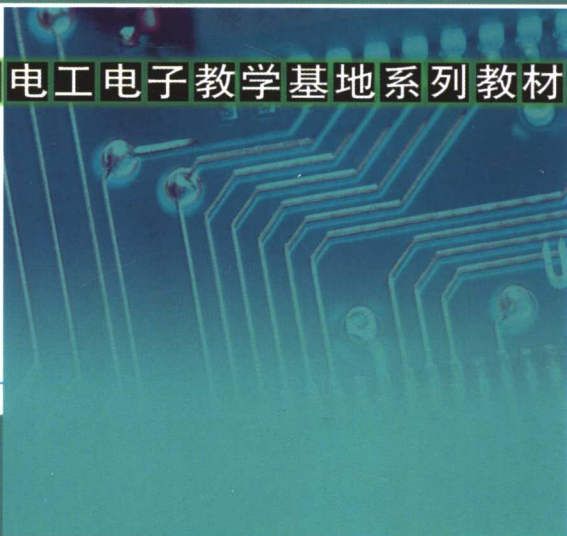
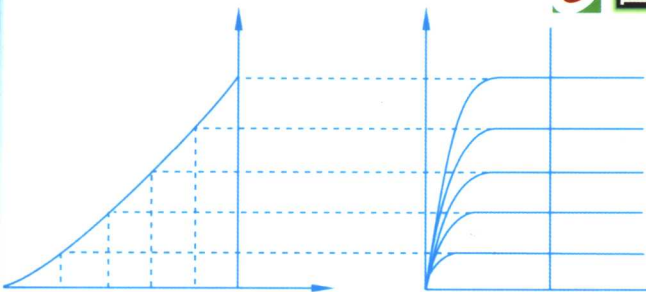




国家电工电子教学基地系列教材



模拟电子技术

学习指导与习题精解

© 朱定华 吴建新 饶志强 编著



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

国家电工电子教学基地系列教材

模 拟 电 子 技 术

学 习 指 导 与 习 题 精 解

朱定华 吴建新 饶志强 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是为配合《模拟电子技术》教材而编写的辅导资料,而且各章都配有“典型题型及例题精解”,可加深对有关内容的理解,同时还给出了《模拟电子技术》一书的全部题解。内容包括:半导体器件、放大器分析基础、频率响应、低频功率放大电路、反馈放大电路、集成运算放大器、集成运算放大器的应用、直流电源。每章包括:内容要点、典型题型及例题精解、习题及其解答。附录给出国内部分重点大学研究生入学考试试题及答案。

本书可作电子信息类专业与相近专业本科生的课程教学参考书,也可作为考研基础阶段复习训练之用。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术学习指导与习题精解/朱定华,吴建新,饶志强编著. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2006.2

(国家电工电子教学基地系列教材)

ISBN 7-81082-672-7

I. 模… II. ①朱… ②吴… ③饶… 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(2005)第144992号

责任编辑:韩 乐 特邀编辑:宋望溪

出版者:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:17.75 字数:398千字

版 次:2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

书 号:ISBN 7-81082-672-7/TN·45

印 数:1~4 000册 定价:25.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@center.bjtu.edu.cn。

国家电工电子教学基地系列教材

编审委员会成员名单

主 任 谈振辉

副主任 张思东 赵乐沅 孙雨耕

委 员 (以姓氏笔画为序)

王化深	卢先河	刘京南	朱定华	沈嗣昌
严国萍	杜普选	李金平	李哲英	张有根
张传生	张晓冬	陈后金	邹家骅	郑光信
屈 波	侯建军	贾怀义	徐国治	徐佩霞
廖桂生	薛 质	戴瑜兴		

总 序

当今信息科学技术日新月异,以通信技术为代表的电子信息类专业知识更新尤为迅猛。培养具有国际竞争能力的高水平的信息技术人才,促进我国信息产业发展和国家信息化水平的提高,都对电子信息类专业创新人才的培养、课程体系的改革、课程内容的更新提出了富有时代特色的要求。近年来,国家电工电子教学基地对电子信息类专业的技术基础课程群进行了改革与实践,探索了各课程的认知规律,确定了科学的教育思想,理顺了课程体系,更新了课程内容,融合了现代教学方法,取得了良好的效果。为总结和推广这些改革成果,在借鉴国内外同类有影响教材的基础上,决定出版一套以电子信息类专业的技术基础课程为基础的“国家电工电子教学基地系列教材”。

本系列教材具有以下特色:

- 在教育思想上,符合学生的认知规律,使教材不仅是教学内容的载体,也是思维方法和认知过程的载体。
- 在体系上,建立了较完整的课程体系,突出了各课程内在联系及课群内各课程的相互关系,体现微观与宏观、局部与整体的辩证统一。
- 在内容上,体现现代与经典、数字与模拟、软件与硬件的辩证关系,反映当今信息科学与技术的新概念和新理论,内容阐述深入浅出,详略得当。增加工程性习题、设计性习题和综合性习题,培养学生分析问题和解决问题的素质与能力。
- 在辅助工具上,注重计算机软件工具的运用,使学生从单纯的习题计算转移到基本概念、基本原理和基本方法的理解和应用,提高了学习效率和效果。

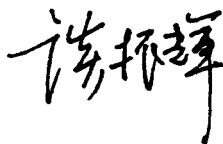
本系列教材包括:

《基础电路分析》、《现代电路分析》、《电路分析学习指导及习题精解》、《模拟集成电路基础》、《信号与系统》、《信号与系统学习指导及习题精解》、《模拟电子技术》、《模拟电子技术学习指导与习题精解》、《电子测量技术》、《微机原理与接口技术》、《电路基础实验》、《电子电路实验及仿真》、《数字实验一体化教程》、《数字信息处理综合设计实验》、《电路基本理论》、《现代

电子线路》(含上、下册)、《电工技术》。

本系列教材的编写和出版得到了教育部高等教育司的指导、北京交通大学教务处及电子与信息工程学院的支持,在教育思想、课程体系、教学内容、教学方法等方面获得了国内同行们的帮助,在此表示衷心的感谢。

北京交通大学
“国家电工电子教学基地系列教材”
编审委员会主任

A handwritten signature in black ink, appearing to read '高辉' (Gao Hui), written in a cursive style.

2006年1月

前 言

“模拟电子技术”课程是电子信息类各专业的专业基础课程。由于该课程与其他课程相比较,有许多新的概念和新的解题方法,初学者一时难以接受和消化,故学生普遍反映该课程难学。为帮助读者解难,我们特编写本学习辅导书,其目的在于使读者在本书的帮助下,能够更好地理解课程内容、掌握分析问题的方法,能按时独立地完成作业、比较顺利地通过模拟电子技术课程的考试。

本书为朱定华、吴建新、饶志强编著的《模拟电子技术》一书的配套辅导教材。它的出版,不仅可为考研人员备考“模拟电子技术”或“模拟电路”等课程提供一本实用的书,而且是在校大学生和广大自学人员学习、掌握本课程的基础知识、基本技能,提供一本不可多得的教学辅导书和自学指南。考虑到其他读者的需求,本书还吸收了其他教材的一些典型习题并以例题形式出现。读者可与教材配套使用,也可单独使用本书。

本书在内容编排上力求突出基本概念、基本原理和基本方法,引导读者抓住重点、突破难点、掌握解题方法,并注重培养学生分析问题和解决问题的能力。书中参考国内使用较广泛的几种相关教材和作者多年的教学实践经验,将课程内容分为8章,每章又分为内容提要、典型题型及例题精解、习题及其解答3部分。内容提要中对各章的主要教学内容,特别是要求熟练掌握或正确理解的重点内容进行了提要性说明和论述。典型题型及例题精解则是在分析国内部分重点大学近几年来考研试卷的基础上,归纳提出了各章的典型考核题型,并针对主要题型和主要内容,每章列举了十几道例题进行详解和分析讨论,以启迪读者的解题思路,帮助读者理解和掌握解题方法,进而加深对基本教学内容的理解和掌握。习题及其解答则为读者提供了详细解题过程,为学生做题起到导向作用,也在一定程度上减轻了教师的工作量。只有在认真阅读教材的基础上,阅读学习辅导书才会取得好的效果。

本书由朱定华、吴建新和饶志强编写。参加本书编写工作的人员还有翟晟、周斌、吕建才、林威、程萍、张德芳、林卫、梁宗善、李志文等。

由于我们对先进的电子技术了解不够,因此书中的错误和不妥之处在所难免,衷心欢迎读者随时反映意见和建议,来信请寄 rao_hua1@163.com 或 zhu4361@163.com, 诚盼使用本书的教师、学生及其他读者给予批评指正。

编 者
于武昌南湖
2006年1月

目 录

第 1 章 半导体器件	1
1.1 内容提要	1
1.1.1 半导体基本知识	1
1.1.2 PN 结的形成及特性	1
1.1.3 半导体二极管	2
1.1.4 半导体三极管	3
1.1.5 场效应管	5
1.2 典型题型及例题精解	6
1.3 习题及其解答	16
第 2 章 放大器分析基础	26
2.1 内容提要	26
2.1.1 放大器的主要性能指标	26
2.1.2 共射极基本放大电路的组成及特点	27
2.1.3 放大器的静态分析	28
2.1.4 放大器的动态分析	29
2.1.5 其他基本放大器及特点	30
2.1.6 场效应管放大电路	31
2.1.7 多级放大电路	31
2.2 典型题型及例题精解	32
2.3 习题及其解答	60
第 3 章 频率响应	80
3.1 内容提要	80
3.1.1 频率响应的概念	80
3.1.2 频率响应的表达方式	80
3.1.3 三极管高频小信号模型	82
3.1.4 负反馈放大电路的稳定性	83
3.2 典型题型及例题精解	84
3.3 习题及其解答	89
第 4 章 低频功率放大电路	99
4.1 内容提要	99
4.1.1 低频功率放大电路的特点及主要研究对象	99

4.1.2 提高功率和效率的途径	99
4.1.3 乙类互补对称功率放大电路	100
4.1.4 甲乙类互补对称功率放大电路	101
4.1.5 集成功率放大器	102
4.2 典型题型及例题精解	102
4.3 习题及其解答	114
第5章 反馈放大电路	120
5.1 内容提要	120
5.1.1 基本概念	120
5.1.2 反馈放大倍数的分析与计算	122
5.1.3 负反馈对放大电路性能的影响	123
5.1.4 放大电路中引入负反馈的一般原则	124
5.1.5 负反馈放大电路的稳定性	125
5.2 典型题型及例题精解	125
5.3 习题及其解答	133
第6章 集成运算放大器	144
6.1 内容提要	144
6.1.1 集成运算放大器的组成	144
6.1.2 电流源电路	144
6.1.3 差分式放大电路	145
6.1.4 通用型集成运算放大器	147
6.1.5 集成运算放大器的主要参数	147
6.2 典型题型及例题精解	147
6.3 习题及其解答	162
第7章 集成运算放大器的应用	173
7.1 内容提要	173
7.1.1 理想运放	173
7.1.2 基本运算电路	173
7.1.3 有源滤波电路	173
7.1.4 运算放大器应用电路分析方法	174
7.2 典型题型及例题精解	175
7.3 习题及其解答	186
第8章 直流电源	204
8.1 内容提要	204
8.1.1 直流电源的组成	204
8.1.2 整流电路	204
8.1.3 有源滤波电路	210

8.1.4 稳压电路	210
8.1.5 集成稳压电路	211
8.2 典型题型及例题精解	211
8.3 习题及其解答	218
附录 A 部分高校硕士研究生入学考试试题(模拟电路部分)	227
A.1 中山大学 2003 年考试试题	227
A.2 中山大学 2004 年考试试题	229
A.3 浙江大学 2003 年考试试题	231
A.4 浙江大学 2004 年考试试题	235
A.5 华中科技大学 2003 年考试试题	238
A.6 华中科技大学 2004 年考试试题	242
A.7 中国地质大学 2004 年考试试题	245
A.8 国防科技大学 2003 年考试试题	247
A.9 中南大学 2003 年考试试题	251
A.10 北京航空航天大学 2003 年考试试题	254
A.11 中国科学院—中国科学技术大学 2003 年考试试题	259
A.12 中国科学院—中国科学技术大学 2004 年考试试题	263
参考文献	269

第 1 章 半导体器件

1.1 内容提要

1.1.1 半导体基本知识

1. 半导体的导电能力

半导体是导电能力介于导体和绝缘体之间的物质。它的导电能力随温度、光照或掺杂不同而发生显著变化。

2. 本征半导体的导电机理

(1) 在热力学温度 0 开(0 K)时, 本征半导体中没有载流子, 呈绝缘体特性。

(2) 在热激发条件下, 少数价电子获得足够能量, 进入导带(挣脱共价键束缚的自由电子所占据的能带), 产生电子空穴对。所以本征半导体导电率很低。

(3) 导带中的自由电子, 其电荷极性为负; 价带(价电子所占据的能带)中的价电子离开价带后留下空穴, 空穴的电荷极性为正。半导体中有电子、空穴两种载流子。

3. 杂质半导体的导电机理

(1) 两种杂质半导体: N 型——掺入微量五价元素; P 型——掺入微量三价元素。

(2) 两种浓度不等的载流子: 多数载流子——由掺杂形成, 少数载流子——由热激发产生。

(3) 一般情况下, 只要掺入极少量的杂质, 所增加的多子浓度就会远大于室温条件下本征激发所产生的载流子浓度。所以, 杂质半导体的导电率高。

(4) 杂质半导体呈电中性。

4. 半导体中载流子的运动方式

(1) 漂移运动——载流子在外加电场作用下的定向移动。

(2) 扩散运动——因浓度梯度引起载流子的定向运动。

1.1.2 PN 结的形成及特性

1. PN 结的形成

当 P 型半导体和 N 型半导体结合在一起时, 由于交界面处存在载流子浓度的差异, 这

样电子和空穴都要从浓度高的地方向浓度低的地方扩散。但是,电子和空穴都是带电的,它们扩散的结果就使P区和N区中原来的电中性条件破坏了。P区一侧因失去空穴而留下不能移动的负离子,N区一侧因失去电子而留下不能移动的正离子。这些不能移动的带电粒子通常称为空间电荷,它们集中在P区和N区交界面附近,形成了一个很薄的空间电荷区,这就是我们所说的PN结。

当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,交界面形成稳定的空间电荷区,即PN结处于动态平衡。

2. 单向导电性

(1) PN结加正向电压(正偏):P区接电源正极,或使P区的电位高于N区。外加电压使内电场减小,阻挡层变窄,多子形成的扩散电流增加,漂移电流减小,从电源正极有流入P区的正向电流。

(2) PN结加反向电压(反偏):外加电压使内电场增加,阻挡层加宽,扩散电流进一步减小趋于零,少子形成的漂移电流居支配地位,从电源正极有流入N区的很小的反向电流。

PN结正偏时,具有较大的正向扩散电流,呈现低电阻,PN结导通。PN结反偏时,仅有很小的反向漂移电流,呈现高电阻,PN结截止。即PN结具有单向导电性。

1.1.3 半导体二极管

1. 半导体二极管的伏安特性

描述电压与电流之间关系的特性称为伏安特性。图1-1所示是半导体(硅)二极管的伏安特性曲线,它直观形象地表示了二极管的单向导电性。

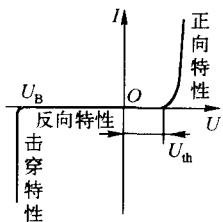


图 1-1 二极管的伏安特性曲线

(1) 正向特性:当正向电压较小时,二极管的正向电流为零。只有当正向电压大于一定数值后,才有正向电流出现。

(2) 反向特性:在反向偏置时,由于表面漏电流的存在,二极管的实际反向电流比PN结大。而且,随着反向电压的增加,反向电流也略有增加。

(3) 击穿特性:当二极管承受的反向电压大于击穿电压 U_B 时,二极管的反向电流急剧增大。

2. 半导体二极管的电参数

二极管的主要参数是对二极管特性和极限运用条件的定量描述,也是设计电路时选择器件的依据。二极管参数分为极限参数、直流参数、交流参数等。主要有:最大整流电流 I_F 、最大反向工作电压 U_R 、反向电流 I_R 、最高工作频率 f_M 。

3. 稳压管

稳压管是一种特殊的二极管。它是利用PN结的击穿特性,在电路中起稳压作用。使用

稳压管组成稳压电路时, 需要注意以下几个问题。

- (1) 稳压二极管正常工作是在反向击穿状态, 即外加电源正极接管子的 N 区, 负极接 P 区。
- (2) 稳压管应与负载并联, 由于稳压管两端电压变化量很小, 因而使输出电压比较稳定。
- (3) 必须限制流过稳压管的电流, 使其不超过规定值, 避免因过热而烧毁管子。同时, 还应保证流过稳压管的电流大于某一数值(稳定电流), 以确保稳压管有良好的稳压特性。

1.1.4 半导体三极管

半导体三极管又称为晶体管或双极型三极管。半导体三极管分为 NPN 型和 PNP 型两种。晶体管的核心是两个 PN 结: 发射结和集电结。

1. 放大条件

半导体三极管是一种具有电流控制作用的半导体器件。实现放大需要有内部和外部的条件: 内部条件由三极管的结构保证, 即发射区高掺杂, 基区极薄, 且掺杂浓度最低; 外部条件则是, 发射结正偏(加正向电压), 集电结反偏(加反向电压)。即对 NPN 管, $U_C > U_B > U_E$; 对 PNP 管, $U_C < U_B < U_E$ 。根据结电压的不同(正向或反向), 将三极管的工作状态分四类, 如表 1-1 所示。

表 1-1 三极管的工作状态

工作状态	发射结电压	集电结电压
放大	正向	反向
截止	反向	反向
饱和	正向	正向
倒置	反向	正向

2. 电流分配与放大原理

载流子的运动即形成相应的电流, 其电流关系如图 1-2 所示。

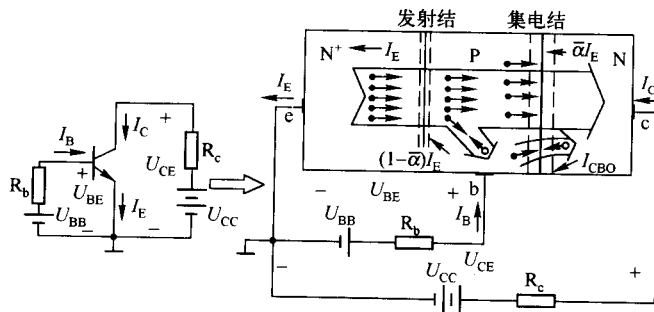


图 1-2 三极管的直流偏置和电流分配

通常令 $I_{\text{CBO}}=0$ 时的集电极电流 I_{C} 与发射极电流 I_{E} 之比为 $\bar{\alpha}$ (共基极直流电流放大系数), 即: $\bar{\alpha} = \frac{I_{\text{C}}}{I_{\text{E}}} \Big|_{I_{\text{CBO}}=0}$ 。另外, 常令 $I_{\text{CBO}}=0$ 时的集电极电流 I_{C} 与发射极电流 I_{B} 之比为共射极直流电流放大系数, 记作 $\bar{\beta}$, 即: $\bar{\beta} = \frac{I_{\text{C}}}{I_{\text{B}}} \Big|_{I_{\text{CBO}}=0}$ 。由此可以得到 $\bar{\alpha}$ 和 $\bar{\beta}$ 的关系: $\bar{\alpha} = \frac{\bar{\beta}}{1 + \bar{\beta}}$ 。

研究放大时, 还有两个定义: $\alpha = \frac{\Delta I_{\text{C}}}{\Delta I_{\text{E}}}$, $\beta = \frac{\Delta I_{\text{C}}}{\Delta I_{\text{B}}}$ 。其中 α 是共基极交流电流放大系数, 其值总是小于 1, 但接近于 1; β 是共射极交流电流放大系数, 其值总是远大于 1。它们之间的关系为

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}, \quad \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

严格讲, 同一只管子在同一测试电流下测得的 α 与 $\bar{\alpha}$ 、 β 与 $\bar{\beta}$ 值并不相等, 但质量好的管子, 两者差别不大。一般可以认为 $\alpha \approx \bar{\alpha}$ 、 $\beta \approx \bar{\beta}$ 。

在图 1-2 所示电路的基极回路中, 加入一个小的正弦信号 u_{i} 后, 这时基极电流和集电极电流都会有变化。基极电流除了直流分量外, 还有交流分量; 集电极电流也同样, 除了直流分量外, 还有交流分量, 且 $i_{\text{c}} = \beta i_{\text{b}}$ 。由于 β 远大于 1, 使集电极电流有一个较大的交流分量, 并当集电极电阻 R_{c} 足够大时, 在 R_{c} 两端的电压降中, 除了直流分量外, 还有一个较大的交流分量 u_{o} 可供输出。由此可见, 放大电路是在 u_{i} 的作用下, 改变 i_{B} , 并通过 i_{B} 控制直流电源 U_{CC} 供给集电极的电流 i_{C} , 使其产生相应的交流分量 i_{c} , 并在足够大的 R_{c} 上形成较大的电压降, 就有了可供输出的经放大的交流电压 u_{o} 。晶体管在这一过程中起了电流控制和电流放大作用。通过输入小信号 u_{i} 的作用, 管子把直流电源的直流电能转换成可供负载需要的交流电能, 这就是晶体管放大作用的实质。

3. 晶体管的特性曲线及工作区

(1) 输入特性曲线

共发射极输入特性曲线表示晶体管输入回路基极与发射极间电压 u_{BE} 与基极电流 i_{B} 之间的关系, 并以输出电压 u_{CE} 为参考量, 即

$$i_{\text{B}} = f(u_{\text{BE}}) \Big|_{u_{\text{CE}} = \text{常数}}$$

(2) 输出特性曲线

曲线以 i_{B} 为参变量的输出回路中的电流 i_{C} 与电压 u_{CE} 之间的关系曲线称为共射极输出特性, 其定义式为

$$i_{\text{C}} = f(u_{\text{CE}}) \Big|_{i_{\text{B}} = \text{常数}}$$

(3) 晶体管的三个工作区

截止区: 一般将 $i_{\text{B}} \leq 0$ 的区域称为截止区, 在图 1-3 中为 $i_{\text{B}} = 0$ 的一条曲线与横轴之间的区域。

饱和区：是指曲线靠近纵轴附近，各条输出特性曲线几乎垂直上升部分与纵轴之间的区域。在这个区域，不同 i_B 值的各条特性曲线几乎重叠在一起，即当 u_{CE} 较小时，管子的集电极电流 i_C 基本上不随基极电流 i_B 而变化，这种现象称为饱和。此时三极管失去了放大作用。

放大区：是指饱和区与截止区之间的区域。在此区域内，管子工作于放大状态。

三极管应工作在安全工作区，而安全工作区受 I_{CM} 、 P_{CM} 、 $U_{BR,CEO}$ 的限制。如图 1-3 所示。

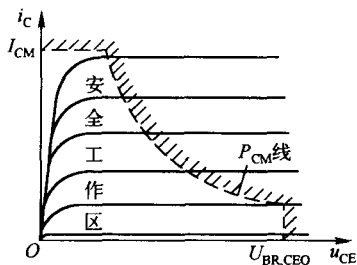


图 1-3 三极管的安全工作区

1.1.5 场效应管

1. 场效应管的分类

场效应管按结构分为两大类：结型场效应管和绝缘栅型场效应管。按沟道掺杂类型分，有 P 沟道和 N 沟道。按工作方式分，有耗尽型和增强型。

2. 结型场效应管

(1) 工作条件

场效应管工作时，需要外加如图 1-4 所示的偏置电压。图中 U_{GG} 给 JFET 的栅极与源极之间的 PN 结以反向偏置，因此 U_{GS} 为负， $I_G = 0$ 。 U_{DD} 经漏极电阻 R_d 加在 JFET 的漏极与源极，使漏极电位高于源极电位，在 N 沟道中的多数载流子(电子)将从源极流向漏极，在外电路中，形成漏极电流 i_D ，其方向如图 1-4 所示。

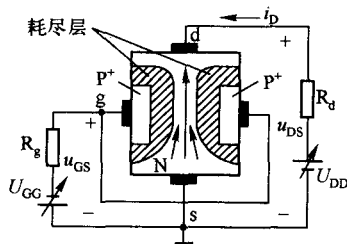


图 1-4 N 沟道结型场效应管工作原理图

(2) 特性曲线

场效应管的主要特性曲线有输出特性曲线和转移特性曲线。输出特性曲线是以 U_{GS} 为参变量, 说明漏极电流 I_D 与漏、源电压 U_{DS} 之间的关系, 即: $i_D = f(u_{DS})|_{U_{GS}=\text{常数}}$ 。根据工作情况, 输出特性曲线可分为三个工作区(类似晶体管): 饱和区、放大区、截止区。

转移特性曲线是在一定漏源电压 u_{DS} 下, 栅源电压 u_{GS} 对漏极电流 I_D 的控制特性, 即: $i_D = f(u_{GS})|_{U_{DS}=\text{常数}}$ 。

3. 绝缘栅型场效应管

绝缘栅场效应管是一种利用半导体表面的电场效应来控制漏极电流的表面场效应器件。它的栅极处于绝缘状态, 因而它的输入电阻可高达 $10^{15} \Omega$ 。绝缘栅场效应管也有 N 沟道和 P 沟道之分, 而且每一类又可分为耗尽型和增强型两种, 二者的区别是耗尽型管在 $u_{GS}=0$ 时, 漏源极间就有导电沟道存在, 而增强型管在 $u_{GS}=0$ 时, 漏源极间没有导电沟道, 即使加上 u_{DS} (数值在一定范围内), 也没有漏极电流 ($i_D=0$)。

4. 场效应管的电参数

场效应管的主要参数包括直流参数、交流参数、极限参数三部分。

(1) 直流参数

它包括: 夹断电压 U_P (或者 $U_{GS,off}$)、饱和漏极电流 I_{DSS} 、开启电压 U_T 、直流输入电阻 R_{GS} 。JFET 的 R_{GS} 一般大于 $10^7 \Omega$ 。

(2) 交流参数

它包括: 低频跨导 g_m 和极间电容。 g_m 反映了栅源电压对漏极电流的控制能力, 是表征场效应管放大能力的一个重要参数。在低频情况下, 极间电容的影响可以忽略, 但在高频应用时, 极间电容的影响必须考虑。

(3) 极限参数

它包括: 漏极最大允许耗散功率 P_{DM} 、最大漏极电流 I_{DM} 、栅源击穿电压 $U_{BR,GS}$ 、漏源击穿电压 $U_{BR,DS}$ 。 P_{DM} 的大小与环境温度有关。 $U_{BR,DS}$ 大小与 U_{GS} 有关, 对 N 沟道而言, U_{GS} 的负值越大, 则 $U_{BR,DS}$ 越小。

5. 场效应管和晶体管的主要区别

(1) 场效应管是电压控制器件, 而双极型晶体管是电流控制器件。

(2) 场效应管的直流和交流输入电阻都非常高, 而双极性三极管的输入电阻较小。

(3) 场效应管使用时源极和漏极可以互换, 增加了灵活性。

(4) 场效应管的跨导较小, 当组成放大电路时, 在相同的负载电阻下, 电压放大倍数比双极型三极管低。

1.2 典型题型及例题精解

【例 1-1】NPN 三极管组成的共射电路如图 1-5 所示。设 $U_{BE}=0.7 \text{ V}$, 饱和压降为 U_{CES} 。

试判定三极管处于何种工作状态(放大、饱和、截止)。

解: 通常判断三极管处于何种工作状态可用下述三种方法。

(1) 三极管结偏置的判定法

三极管发射结、集电结的偏置和管子工作状态的关系于表 1-2 中。

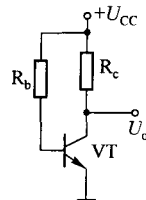


图 1-5 NPN 三极管共射极电路

表 1-2 三极管工作状态与偏置的关系

偏置 工作状态	结	发 射 结	集 电 结
截止		反偏或零偏	反偏
放大		正偏	反偏
饱和		正偏	正偏或零偏

(2) 三极管电流关系判定法

三极管中的电流和工作状态间的关系如表 1-3 所示。表中的参量 I_{BS} 为三极管临界饱和时基极应注入的电流, I_{BS} 的大小为

$$I_{BS} = \frac{U_{CC} - U_{CES}}{\beta R_c}$$

表 1-3 三极管中电流与工作状态间的关系

电 流 关 系 工作状态	电 流	I_B	I_C	I_E
截止		0	0	0
放大		>0	βI_B	$I_B + I_C = (1 + \beta) I_B$
饱和		$I_B \geq I_{BS}$	$< \beta I_B$	$< (1 + \beta) I_B$

通常对硅管而言, 临界饱和时三极管集电极、发射极间的饱和压降 $U_{CES} = 0.7 \text{ V}$, 深饱和时的 $U_{CES} \approx 0.1 \text{ V} \sim 0.3 \text{ V}$ 。

当基极偏置电流 $I_B \geq I_{BS}$ 时, 三极管饱和, 而当 $0 < I_B < I_{BS}$ 时, 三极管处于放大状态。

(3) 三极管电位判定法

共射电路三极管基极电位 U_B 、集电极电位 U_C 和三极管工作状态的关系如表 1-4 所示。

表 1-4 U_B 、 U_C 和三极管工作状态的关系

电 位 值 工作状态	电 位	U_B	U_C
截止		≤ 0	U_{CC}
放大		0.7 V	$U_{CES} < U_C < U_{CC}$
饱和		0.7 V	U_{CES}