

高等学校“十二五”规划教材

Guide to Learning of Fundamentals of
Analog Electronics

模拟电子技术基础 学习指导

林玉江 主编

- 点拨思路
- 指导方法
- 快速入门
- 基本概念
- 基本电路
- 基本分析方法



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校“十二五”规划教材

模拟电子技术基础 学习指导

主 编 林玉江

副主编 姜 斌 赵 龙 刘媛媛

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书是林玉江主编的《模拟电子技术基础》(第2版)(哈尔滨工业大学出版社2011年出版)的配套辅导书。本书为使用该教材的教师备课、讲授和批改作业提供参考,同时也为学生期末复习及考研提供有力保证。通过习题全面解析,帮助学生牢固掌握模拟电子技术的基本概念、基本电路、基本分析方法和解题方法。

本书内容与教材结构一致,每章内容包括教学内容要求、教学讲法要点、学习要求和习题解答四部分。在解题过程中,提供解题思路、解题方法、解题步骤及答案。书末附有参考试题,并给出详解及答案。

本书可作为教师手册,又可作为学生的参考书及自学者的辅导书。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础学习指导/林玉江主编. —2版.

—哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2011.7

ISBN 978-7-5603-1216-3 ·

I. ①模… II. ①林… III. ①模拟电路—电子技术—
高等学校—题解 IV. TN710-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 131826 号

策划编辑 杨 桦

责任编辑 范业婷

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 8.25 字数 186 千字

版 次 1997 年 5 月第 1 版 2011 年 8 月第 2 版

2011 年 8 月第 3 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-1216-3

定 价 58.00 元(含学习指导)

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

本书是《模拟电子技术基础》(第2版)(林玉江主编,哈尔滨工业大学出版社2011年出版)的配套辅导教材。

本书编写的目的,一是为教师选择讲课内容、授课讲法、备课要求、批改作业等提供了指导性意见及作法,供教学参考;二是为指导学生学习本课快速入门,解决学习重点、难点问题方法,解决做题难问题;三是为考研学生提供一本习题类型全面,又有解题思路、解题方法、解题步骤的复习参考书。

本书编写内容按照《模拟电子技术基础》(第2版)一书的结构列出,全书共9章,每章的内容包括:教学内容要求、教学讲法要点、学习要求和习题解答四部分。为了不重复主教材内容,前两部分内容写得简明扼要,后两部分内容针对学生,介绍得详细。书末附有参考试题,并给出详解及答案。

在“学习要求”中,指出本章学习要点,应该学会的概念和术语,要求学生必须学会的知识。在“习题解答”中,本书对教材中各章的习题做了全面解析,基本题给出答案,重点、难点题都给出解题提示、思路、步骤和答案。力图从解题思路、解题方法等方面给学生以指导,从而更好地掌握模拟电子技术的基本概念、基本电路和基本分析方法,提高分析问题和解决问题的能力。在期末复习时,使用本书就能掌握本课学习内容,可以充分应对期末考核。

本书使用的符号与教材相同;各章习题号码与教材对应,而题图编号做了新的排序。

参加本书编写的教师有林玉江,丛昕,姜斌,刘媛媛(第2章),赵龙(第7、9章),吴振雷,王凯。林玉江任主编,姜斌、赵龙、刘媛媛任副主编。全书由林玉江教授定稿。

本书在编写过程中,特别是解题过程中,有的答案不是唯一的,定有不妥、疏漏乃至错误之处,敬请读者批评指正,以便今后修订。

编者

2011年8月

于哈尔滨工业大学

目 录

绪论

第1章 半导体器件基础

- 1.1 教学内容要求 (1)
- 1.2 教学讲法要点 (1)
- 1.3 学习要求 (1)
- 1.4 习题解答 (3)

第2章 基本放大电路

- 2.1 教学内容要求..... (10)
- 2.2 教学讲法要点..... (10)
- 2.3 学习要求..... (10)
- 2.4 习题解答..... (11)

第3章 放大电路的频率特性

- 3.1 教学内容要求..... (29)
- 3.2 教学讲法要点..... (29)
- 3.3 学习要求..... (29)
- 3.4 习题解答..... (30)

第4章 集成单元与运算放大器

- 4.1 教学内容要求..... (39)
- 4.2 教学讲法要点..... (39)
- 4.3 学习要求..... (39)
- 4.4 习题解答..... (40)

第5章 反馈放大电路

- 5.1 教学内容要求..... (48)
- 5.2 教学讲法要点..... (48)
- 5.3 学习要求..... (48)
- 5.4 习题解答..... (49)

第6章 正弦波振荡电路

6.1 教学内容要求	(62)
6.2 教学讲法要点	(62)
6.3 学习要求	(62)
6.4 习题解答	(63)

第7章 运算放大器应用电路

7.1 教学内容要求	(70)
7.2 教学讲法要点	(70)
7.3 学习要求	(70)
7.4 习题解答	(71)

第8章 直流稳压电源

8.1 教学内容要求	(90)
8.2 教学讲法要点	(90)
8.3 学习要求	(90)
8.4 习题解答	(91)

第9章 电流模技术基础

9.1 教学内容要求	(102)
9.2 教学讲法要点	(102)
9.3 学习要求	(102)
9.4 习题解答	(102)

附录

附录1 参考试题(A卷)	(112)
附录2 参考试题(B卷)	(117)
附录3 参考试题答案	(122)

第1章 半导体器件基础

1.1 教学内容要求

- (1) 半导体及导电特性。
- (2) PN 结与半导体二极管伏安特性及主要参数。
- (3) 稳压管与伏安特性及主要参数。
- (4) 半导体三极管与伏安特性及主要参数。
- (5) 场效应三极管与伏安特性及主要参数。

1.2 教学讲法要点

(1) 本章内容是学习电子技术入门基础知识,要求讲深讲透,速度适中,重要概念和术语的定义要准确,要讲出叫什么、为什么、有什么用。

(2) 二极管、稳压管、三极管和场效应管四种器件讲课要点:

① 本征半导体的导电特性与温度有关系。

② PN 结单向导电性,要强调偏置条件:① P 加正级, N 加负极, PN 结正偏, 导通, 正向电流很大, 正向电阻很小; ② P 加负极, N 加正极, PN 结反偏, 截止, 反向电阻很大, 反向电流很小。给出电流方程: $I = I_s(e^{\frac{U}{U_T}} - 1)$ 。

③ 二极管工作状态的特点及偏置条件, 特别强调正向偏置的定义。

④ 讲三极管的放大工作原理时, 特别要讲透 $I_C \approx \alpha I_E$, $I_C \approx \beta I_B$ 的关系, 强调三极管是电流控制器件。

⑤ 三极管的三种工作状态, 要讲清在伏安特性曲线图上对应的三个工作区, 特别强调每种工作状态都有 PN 结偏置的条件。

⑥ 讲场效应管的放大工作原理时, 要讲透 $\Delta I_D = g_m \Delta U_{GS}$ 的关系, 强调场效应管是电压控制器件。

⑦ 场效应管也有三种工作状态, 要强调不同类型的场效应管放大时的栅压条件。

⑧ 三极管和场效应管的小信号线性简化模型和混合 π 模型简单扼要推导, 引出结果, 主要讲清物理意义, 将三极管和场效应管符号转换为线性电路模型来代替, 供分析电路时使用。

1.3 学习要求

1. 学习要点

(1) 熟悉本征半导体特性: 温度升高, 导电性增强。利用掺杂工艺来改变本征半导体的导电能力, 特别强调空穴导电是半导体与导体的重要区别。

(2) 熟悉 PN 结(二极管)的单向导电性。牢固掌握 PN 结正偏和反偏的定义。牢记 PN 结电流方程: $I \approx I_s e^{\frac{U}{U_T}}$ 。

(3) 熟悉稳压管的反向击穿特性,是特殊二极管。因制造时,安全限流,加大 PN 结功率,反向击穿时不坏,可正常工作。

(4) 掌握三极管的电流控制特征,牢记 $I_C \approx \alpha I_E$, $I_C \approx \beta I_B$ 。

(5) 熟悉 BJT 输出特性曲线的基础上,掌握三极管三种工作状态及偏置条件:① 放大状态(发射结正偏,集电结反偏);② 饱和状态(发射结正偏,集电结正偏);③ 截止状态(发射结反偏,集电结反偏)。

(6) 掌握 FET 的放大状态时的栅源电压偏置条件: NJFET, $U_{GS} \leq 0$; 增强型 NMOS, $U_{GS} > U_{GS(th)}$; 耗尽型 MOS, $U_{GS} \leq 0$ 或 $U_{GS} \geq 0$ 。牢记特征方程:① 结型管, $i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2$; ② 增强型 NMOS, $i_D = I_{D0} \left(\frac{u_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1\right)^2$ 。

(7) 牢记 BJT 和 FET 小信号线性简化模型和混合 π 模型,以便分析电路时使用。

2. 学会本章主要概念和术语

(1) 半导体

本征半导体,载流子,电子,空穴, N 型半导体, P 型半导体,多数载流子,少数载流子,扩散运动,漂移运动,空间电荷区(层),势垒层,接触电位差, PN 结, PN 结单向导电性,正向偏置电压(正偏),反向偏置电压(反偏), PN 结方程式。

(2) 二极管

二极管单向导电性,反向饱和电流 I_S ,反向击穿特性,最大整流电流 I_F ,最高反向电压 U_{RM} ,二极管符号。硅二极管正向压降 $U_D \approx 0.7 \text{ V}$ (典型值)。

(3) 稳压管

稳压管是工作在反向击穿状态下的特殊二极管,稳定电压 U_Z ,稳定电流 I_Z ,额定功率 P_Z ,动态电阻 r_z ,温度系数 α_z ,最大耗散功率 P_{ZM} ,最大工作电流 I_{Zmax} ,稳压管符号。

(4) 三极管

发射结,集电结,发射极电流 I_E ,基极电流 I_B ,集电极电流 I_C ,共射直流电流放大系数 $\bar{\beta}$,反向饱和电流 I_{CBO} ,穿透电流 I_{CEO} , $I_E = I_B + I_C$, $I_C = \bar{\beta} I_B + I_{CEO}$, $I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$,最后 $I_C \approx \bar{\beta} I_B$,体现三极管是电流控制器件。发射结正向压降 $U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$ (硅管)。饱和压降 $U_{ces} \approx 0.3 \text{ V}$,输入特性,输出特性,交流短路电流放大系数 $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \bigg|_{U_{CE}=\text{常数}}$, $\beta \approx \bar{\beta}$ 。集电极最大允许电流 I_{CM} ,集电极最大允许损耗功率 P_{CM} ,反向电压 U_{BRceo} 。小信号 H 参数线性简化模型、 π 型线性模型。低频跨导 $g_m = \frac{\Delta I_E}{\Delta U_{BE}} \bigg|_{U_{CE}=\text{常数}}$,高频参数 $f_a, f_\beta, f_T, C_\pi, C_\mu$ 。

(5) 场效应管

① 结型管:转移特性,输出特性,夹断电压 $U_{GS(off)}$,零偏漏极电流 I_{DSS} ,最大漏源电压 $U_{(BR)DS}$,跨导 g_m ,输出电阻 r_{ds} ,最大耗散功率 P_{DM} ,特性方程: $i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}}\right)^2$,符号。

②MOS管,开启电压,漏极电流 I_D ,沟道,夹断状态,预夹断状态,增强型MOS管,耗尽型MOS管,掌握场效应管是电压控制器件,简化的线性模型,符号,特征方程:①增强型NMOS, $i_D = I_{D0} \left(\frac{u_{GS}}{U_{GS(th)}} - 1 \right)^2$; ②耗尽型NMOS, $i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{u_{GS}}{U_{GS(off)}} \right)^2$ 。

本章内容是入门基础知识,要求全面掌握,通过作习题加深理解。

1.4 习题解答

【1.1】 填空:

(1) 本征半导体是_____半导体,其载流子是_____和_____,两种载流子的浓度_____。

(2) 在杂质半导体中,多数载流子的浓度主要取决于_____,而少数载流子的浓度则与_____有很大关系。

(3) 若使二极管导通必须在N型半导体外加_____极性电压,在P型半导体外加_____极性电压。

(4) 二极管的最主要特性是_____,当二极管外加正向偏压时正向电流_____,正向电阻_____;外加反向偏压时反向电流_____,反向电阻_____。

(5) 稳压管是利用了二极管的_____特征而制造的特殊二极管。它工作在_____状态。描述稳压管的主要参数有四种,它们分别是_____,_____,_____和_____。

(6) 某稳压管具有正的电压温度系数,那么当温度升高时,稳压管的稳压值将_____。

(7) 双极型晶体管可以分成_____和_____两种类型,它们工作时_____和_____两种载流子参与导电。

(8) 晶体管电流放大系数: $\alpha =$ _____, $\beta =$ _____。

(9) 场效应晶体管的低频跨导 $g_m =$ _____。

(10) N沟道结型场效应管栅压必须为_____值,增强型NMOS管栅压必须为_____值,耗尽型NMOS管的栅压为_____,_____,_____均可。

【答案】 (1) 纯净的,自由电子,空穴,相等。

(2) 杂质浓度,温度。

(3) 负,正。

(4) 单向导电性,很大,很小,很小,很大。

(5) 反向击穿,反向击穿,稳定电压,稳定电流,额定功率,动态电阻。

(6) 增大。

(7) NPN,PNP,多子,少子。

(8) $\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \bigg|_{U_{CB}=\text{常数}}, \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \bigg|_{U_{CE}=\text{常数}}$ 。

$$(9) \left. \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GS}} \right|_{U_{DS}=\text{常数}}$$

(10) 负, 正, 正, 负, 零。

【1.2】 选择答案(只填 a, b, c)

(1) 三极管工作在放大区时, b-e 结间_____, c-b 结间_____; 工作在饱和区时, b-e 结间_____, c-b 结间_____, 工作在截止区时, b-e 结间_____, c-b 结间_____。(a. 正偏; b. 反偏; c. 零偏)

(2) NPN 型与 PNP 型三极管的区别是_____。(a. 由两种不同材料硅或锗制成; b. 掺入杂质元素不同; c. P 区与 N 区位置不同)

(3) 当温度升高时, 三极管的 β _____, 反向电流 I_{CBO} _____, 结电压 U_{BE} _____。(a. 变大; b. 变小; c. 基本不变)

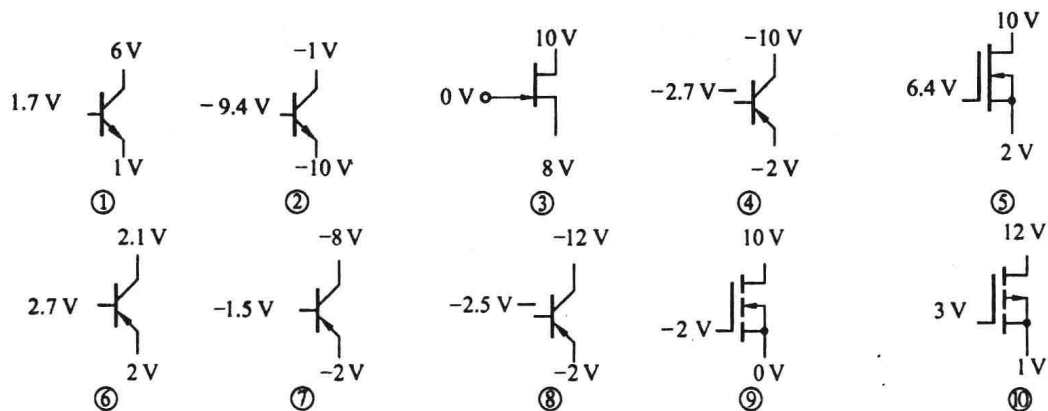
(4) 场效应管 G-S 之间电阻比三极管 B-E 之间电阻_____。(a. 大; b. 小; c. 差不多)

(5) 场效应管是通过改变_____来改变漏极电流的。(a. 栅极电流; b. 栅极电压; c. 漏源电压) 所以是一个_____ (a. 电流; b. 电压) 控制的_____ (a. 电流源; b. 电压源)。

(6) 用于放大时场效应管工作在输出特性曲线的_____。(a. 夹断区; b. 恒流区; c. 变阻区)

【答案】 (1) a, b, a, a, b, b; (2) c; (3) a, a, b; (4) a; (5) b, b, a; (6) b。

【1.3】 如图 1.1 所示, 根据半导体三极管及场效应管三个极的电压值, 试判断下列器件的工作状态。



• 图 1.1 题 1.3 图

【答案】 ① 放大状态; ② 截止状态; ③ 放大状态; ④ 放大状态; ⑤ 放大区; ⑥ 截止状态; ⑦ 截止状态; ⑧ 放大状态; ⑨ 截止状态; ⑩ 截止状态。

【1.4】 电路如图 1.2 所示, 设 $u_i = 5\sin \omega t$ V, 试画出 u_o 的波形图, 二极管 D_1 、 D_2 为硅管($U_D \approx 0.7$ V)。

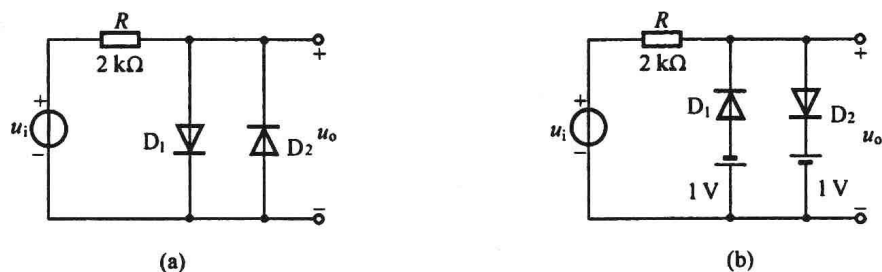


图 1.2 题 1.4 图

【答案】 u_i 与 u_o 的波形如图 1.3 所示。

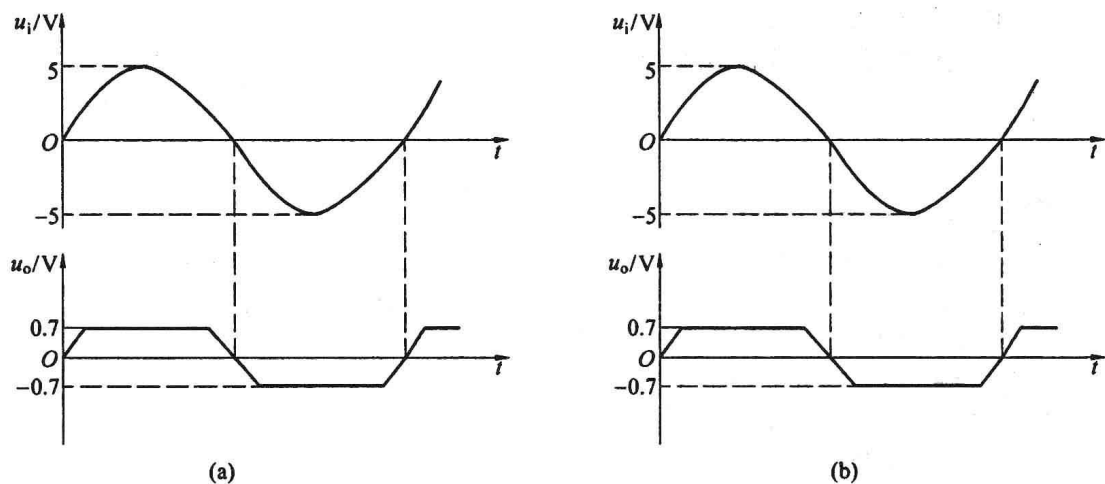


图 1.3 题 1.4 答案图

【1.5】 电路如图 1.4 所示, 输入波形为正弦波, 画出输出波形。二极管 D 为锗管 ($U_D \approx 0.2 \text{ V}$)

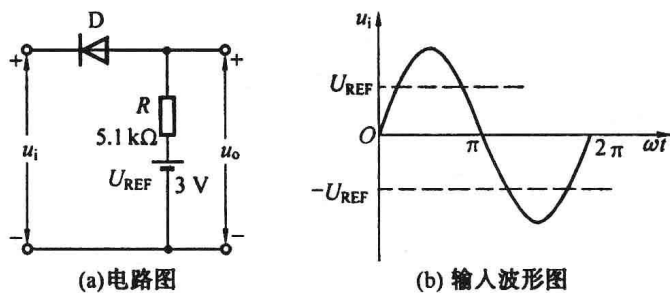


图 1.4 题 1.5 图

【答案】 当 $u_i < U_{\text{REF}}$ 时, 二极管导通, $u_o = u_i$; 其他情况下, 二极管截止, $u_o = U_{\text{REF}}$ 。根据以上分析, 可以画出输出波形如图 1.5 所示。

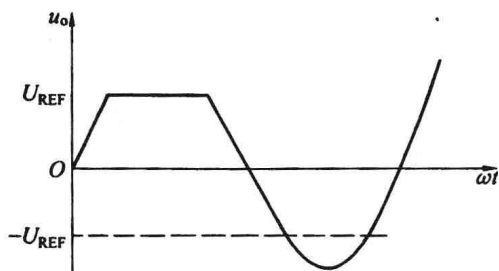


图 1.5 题 1.5 答案图

【1.6】 某三极管的输出特性曲线及电路图如图 1.6 所示。

(1) 确定管的 P_{CM} 、 β 与 α 值 ($U_{CE} = 5\text{ V}$, $I_C = 2\text{ mA}$)。

(2) 当三极管基极 B 分别接 A、B、C 三个结点时, 试判断管子的工作状态。

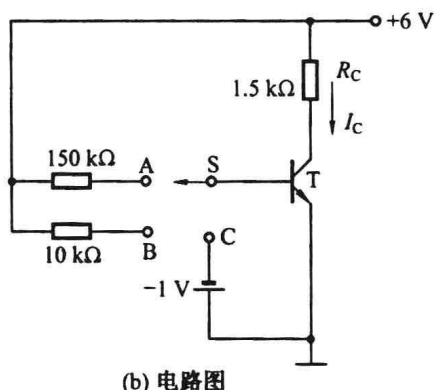
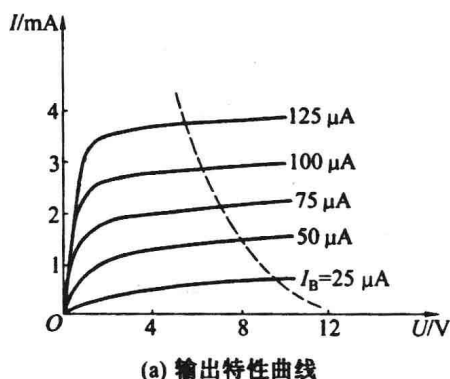


图 1.6 题 1.6 图

解 (1)

$$P_{CM}/W = I_C U_{CE} = 5 \times 2 = 10$$

$$\beta = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{4 - 3}{0.125 - 0.1} = 40$$

$$\alpha = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_E} = \frac{\beta}{1 + \beta} = \frac{40}{1 + 40} = 0.97$$

(2) ① 当 S 接 A 点时,

$$I_B/\mu A = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_1} = \frac{6 - 0.7}{150} = 0.035\text{ mA} = 35$$

$$I_C/\text{mA} = \beta I_B = 40 \times 0.035 = 1.4$$

$$U_{CE}/V = V_{CC} - I_C R_C = 6 - 1.4 \times 1.5 = 3.9$$

由上述参数判断, 三极管处于放大状态。

② 当 S 接 B 点时,

$$I_B/\text{mA} = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_2} = \frac{6 - 0.7}{10} = 0.53$$

$$I_C/\text{mA} = \beta I_B = 40 \times 0.53 = 21.2$$

$$U_{CE}/V = V_{CC} - I_C R_C = 6 - 21.2 \times 1.5 = -25.8$$

当 $U_{CE} \leq 0.7\text{ V}$ 时, 三极管进入饱和状态。

③ 当 S 接 C 点时, 三极管发射结反偏, 故管子处于截止状态。

【1.7】 某 MOS 场效应管的漏极特性曲线及电路如图 1.7 所示。

(1) 分别画出电源电压为 4 V, 6 V, 8 V, 10 V 的转移特性, 不考虑 R_D 。

(2) 当 $U_i = 6\text{ V}, 8\text{ V}, 10\text{ V}, 12\text{ V}$ 时, 场效应管分别处于什么状态, 并确定它们的跨导数值。

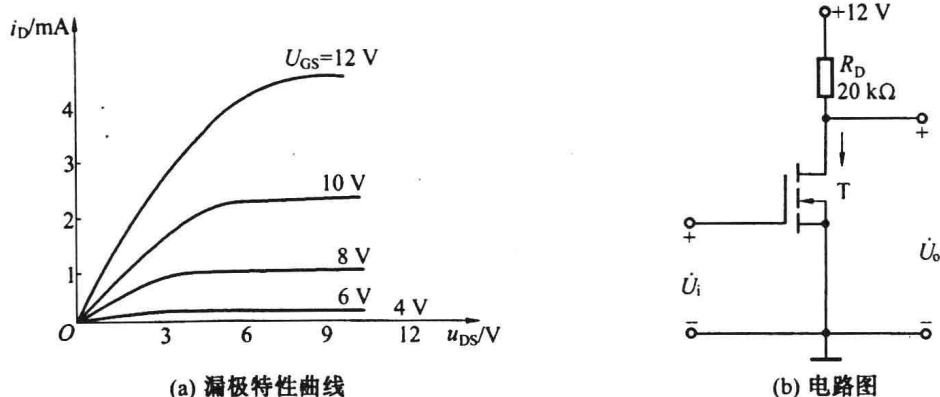


图 1.7 题 1.7 图

解 (1) 在输出特性曲线的恒流区内作横轴 ($u_{DS} = 6\text{ V}$) 的垂线交每一条曲线一个点, 将这些点移到 $u_{GS} - i_D$ 坐标上, 并用光滑的曲线相连接, 便得到转移特性曲线, 如图 1.8 所示。其他转移特性曲线求法相同。

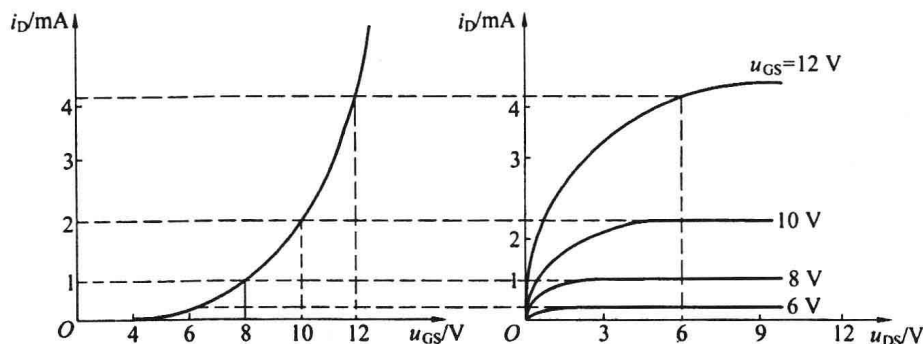


图 1.8 转移特性曲线

(2) $U_i = 6\text{ V}$ 时, 设 T 工作在恒流区, 根据输出特性可知, $i_D \approx 0.25\text{ mA}$ 。管压降 $U_{DS}/\text{V} = V_{CC} - i_D R_D = 12 - 0.25 \times 20 = 7$ 。因此

$$U_{GD}/\text{V} = U_{GS} - U_{DS} = U_i - U_{DS} = 6 - 7 = -1$$

即 T 工作在放大状态,

$$g_m/\text{mS} = \left. \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GE}} \right|_{U_{DS}=6\text{ V}} \approx 0.12$$

$U_i = 8\text{ V}$ 时, 设 T 工作在恒流区, 根据输出特性可知, $i_D \approx 1\text{ mA}$ 。管压降 $U_{DS}/\text{V} = V_{CC} - i_D R_D = 12 - 1 \times 20 = -8$ 。因此

$$U_{GD}/\text{V} = U_{GS} - U_{DS} = U_i - U_{DS} = 8 + 8 = 16 > U_{GS(\text{off})}$$

且同时由图 1.8 可知, U_{DS} 不可能为负值, 说明假设不成立, 即 T 工作在可变电阻区饱和导通。

$$g_m / \text{mS} = \frac{\Delta I_D}{\Delta U_{GE}} \bigg|_{U_{DS}=6\text{V}} \approx 0.22$$

同理, $U_i = 10\text{V}$ 时, T 工作在可变电阻区。 $g_m = 1.05\text{ mS}$ 。

$U_i = 12\text{V}$ 时, 由于 $V_{CC} = 12\text{V}$, 必然使 T 工作在可变电阻区。 $g_m = 1\text{ mS}$ 。

【1.8】 试画出 BJT 和 FET 小信号 H 参数线性等效模型, 写出 r_{be} 的计算公式, 并讨论受控恒流源的物理意义。

【答案】 BJT 小信号 H 参数线性等效模型如图 1.9 所示。

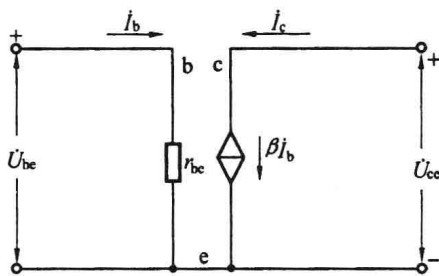


图 1.9 BJT 小信号 H 参数线性等效模型

FET 小信号 H 参数线性等效模型如图 1.10 所示。

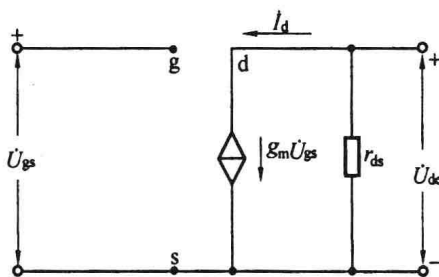


图 1.10 FET 小信号 H 参数线性等效模型

$$r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_E(\text{mA})}$$

受控恒流源的物理意义:

(1) H 参数要求在低频小信号下才适用。

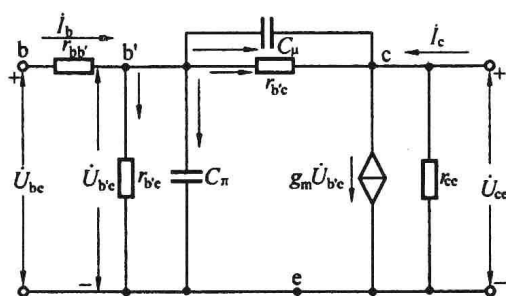
(2) 模型中的电流源为受控源, 受 I_b 的控制, 其方向和大小由 I_b 决定, 当 I_b 不存在时其电流源消失。

【1.9】 试画出 BJT 高频混合 π 参数线性模型, 写出跨导 g_m 的表达式, 并与 β 比较, 其含义有何不同?

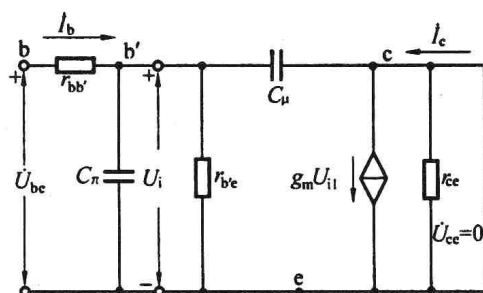
【答案】 BJT 高频混合 π 参数线性模型如图 1.11 所示。 $g_m = \frac{I_E}{U_T}$, 在 $T = 300\text{K}$,

$U_T = 26\text{ mV}$, $I_E = 1\text{ mA}$ 时, $g_m = \frac{I_E}{U_T} = \frac{I_E}{26(\text{mV})} = 38.5 I_E$, g_m 为与频率无关的实数, 是静态电流 I_E 的函数, I_E 越大, g_m 越大, 放大能力越强。 β 是频率的函数。

【1.10】 用 π 型等效模型分析 BJT 的高频时 β 的表达式, 并说明 f_β 、 f_T 和 f_α 的关系。

图 1.11 BJT 高频混合 π 参数线性模型

【答案】 $U_{ce}=0$ 时的 π 型等效电路如图 1.12 所示。

图 1.12 $U_{ce}=0$ 时的 π 型等效电路

按 β 定义,即

$$\beta = \left. \frac{I_c}{I_b} \right|_{U_{CE}=0}$$

可根据下式,写出方程,即

$$U_{b'e} = I_b \left[r_{b'e} \parallel \frac{1}{j\omega(C_\pi + C_\mu)} \right]$$

$$I_c = g_m U_{b'e} = \frac{\beta}{r_{b'e}} U_{b'e}$$

解得

$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + j\omega r_{b'e}(C_\pi + C_\mu)} = \frac{\beta_0}{1 + j \frac{f}{f_\beta}}$$

f_β 、 f_T 和 f_a 三者的关系为

$$f_a \approx f_T = \beta_0 f_\beta$$

第2章 基本放大电路

2.1 教学内容要求

- (1) 放大概念及放大电路的主要技术指标。
- (2) 共射放大电路的组成和工作原理。
- (3) 放大电路的分析方法。
- (4) 三种接法基本放大电路分析。
- (5) 场效应管放大电路分析。
- (6) 多级放大电路分析。

2.2 教学讲法要点

(1) 本章是电子技术入门基础知识,十分重要。讲述时要细致精炼,概念、术语定义准确。

(2) 讲放大概念时,放大电路技术指标不讲,在放大电路动态分析时,自然引出,可省课时。

(3) 共射放大电路的组成和工作原理要详细介绍元件的名称、特点和作用。演示交流信号传输过程,从此让初学者认识到放大电路的交、直流通路可以分开处理。

(4) 分析放大电路的目的是求静态工作点参数 $Q(I_{BQ}, I_{CQ}, U_{CEQ})$ 和动态参数 (A_{ui}, r_i, r_o) 。常用的分析方法有公式法、图解法和微变等效电路法。这三种方法要详细介绍,作示范演示。步骤清晰,概念和术语要准确。用公式法求静态工作点参数,用微变等效电路法求动态参数,用图解法分析工作点的位置和动态波形失真,让初学者感受到形象、直观、易懂,用图解法分析大信号时的工作状态,是非常重要的。

(5) 在一般情况下,用公式法和微变等效电路法分析放大电路就可以了。三极管放大电路有三种接法,要分析五个电路。场效应管放大电路也有三种接法,要分析两个电路就可以了。通过以上电路分析,让初学者认识到静态工作点设置的重要性,静态是放大的条件,信号传输与放大是模电研究的目的。

(6) 在单级放大电路分析基础上,处理放大电路就容易了,只介绍耦合方式和动态参数求法就可以了。

本章是重点内容,通过七个电路分析,学会分析方法,会求静态、动态参数,打好基础,快速入门。

2.3 学习要求

1. 学习要点

- (1) 正确理解放大概念。放大体现了信号对能量的控制作用,所放大的信号是变化

量。放大电路的负载所获得的随着信号变化的能量,要比信号所给出的能量大得多,这个多出来的能量是由电源供给的。

(2) 掌握放大电路的组成及各元件的作用。特别是:① 耦合电容的作用:隔直流,通交流。② 直流电源的作用:提供偏置和放大信号的能量转换,而对交流信号短路。

(3) 会画直流通路和交流通路等效电路图,会画 H 参数微变等效电路图。

(4) 会分析放大电路的工作状态:① 静态,② 动态。特别强调直流、交流工作状态分开处理。

(5) 给出电路图,能认出名称,并能分析计算:① 静态工作点参数 $Q(I_{BQ}, I_{CQ}, U_{CEQ})$, ② 动态参数: A_{ui}, r_i, r_o, A_{us} 。会归纳总结电路的特点。该项内容是本章重点问题,一定掌握。

(6) 分析静态工作点 Q 的位置与对动态波形的影响,分析产生波形失真的原因,会计算波形最大动态范围和输出最大幅度。该项内容是本章的重点难点问题,必须解决彻底。

(7) 与共射电路比较三种接法电路的动态参数,总结归纳其特点:① 共集电路特点是 $A_{ui} \approx 1, r_i$ 大 r_o 小; ② 共基电路: r_i 小。

(8) 场效应管电路具有电压控制输出电流的特性,输入电阻 r_i 很大(人为设定 $M\Omega$ 以上)。

(9) 牢记各种电路的 u_i 与 u_o 的相位关系。只有共射、共源电路 u_o 与 u_i 反相,其他均同相。

(10) 掌握多级放大器的直接耦合的特点及动态参数的估算。

2. 学会本章主要概念和术语

(1) 电信号,放大,输入信号,输出信号,输入端,输出端,公共地,输入回路,输出回路,线性电路,非线性电路,直流通路,交流通路。

(2) 共射、共集、共基电路,公式法,图解法,微变等效电路法,静态,动态,静态工作点 Q ,直流负载线,交流负载线,动态波形零点(初始点),耦合,耦合电容的作用,电源的作用,,受控电流源,波形失真,饱和失真,截止失真。波形的动态范围,最大不失真输出幅度,射极偏置, C_c 作用。

(3) 共源、共漏、共栅电路,自给偏压。

(4) 多级放大器,多级放大器的电压增益,输入电阻,输出电阻。阻容耦合,变压器耦合,直接耦合,零点漂移,温漂,电平偏移。

本章是入门基础,是本课的重点内容,主要概念和术语都应掌握,为后续章节打好基础,学习会很轻松。否则,不入门,后续课学不懂、悬空。

通过做习题加深对本章电路的工作原理及概念的理解。

2.4 习题解答

【2.1】 试判断图 2.1 中各放大电路有无放大作用? 为什么?

【答案】 (a) 无放大作用。集电结有反偏,发射结无正偏。

(b) 无放大作用。集电结有反偏,发射结无正偏。