

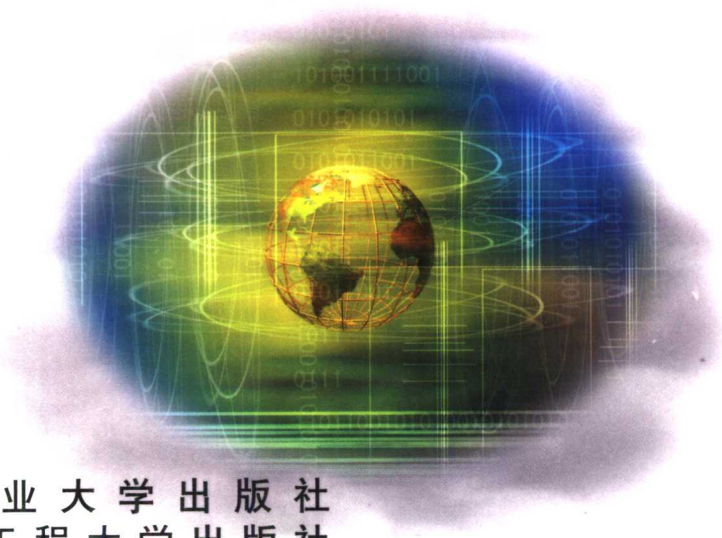
新世纪 闯关丛书

● 考研 ● 课考

丛书编委会 编

模拟电子线路

考点分析及效果测试



西北工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社

新世纪闯关丛书

● 考研 ● 课考

模拟电子线路 考点分析及效果测试

丛书编委会 编

西北工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社

【内容简介】 本书是为新世纪大学生考研学习辅导的需要而编写的。主要内容包括了半导体二极管、三极管、场效应管及其基本电路;集成、反馈放大电路;信号的产生、运算及处理电路;功率放大电路及直流稳压电路等。

全书旨在配合《模拟电子线路》在大学期间的同步学习,从纲目要求、考点指南、基本题解答、全真题解答、目标测试等方面给出较为详尽的辅导。在编写风格上力求简明扼要、通俗易懂;在内容安排上力求全面细致、仿真性强。通过本书的学习,读者一定会从中汲取丰富的知识和学习的技巧,起到事半功倍的作用。

本书既可作为报考硕士研究生人员的学习辅导书,也可作为相关专业学生及自考生在校课程学习和复习的指导书,还可作为有关技术人员和大学教师的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子线路考点分析及效果测试/丛书编委会编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2003. 1

ISBN 7-81073-392-3

I. 模… II. 丛… III. 模拟电路-电子技术-研究生-入学考试-自学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 102521 号

出版发行:西北工业大学出版社,哈尔滨工程大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)8493844

网 址:<http://www.nwpup.com>

印刷者:陕西天元印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:9.5

字 数:218 千字

版 次:2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~4 000 册

定 价:12.00 元

序

跨入 21 世纪的中国,对高层次人才的需求更加迫切,越来越多的莘莘学子和在职人员已跻身于考研大军之中。为了给广大考生提供一套行之有效、切合实际的考研指导用书,使考生在很短的时间内能够熟练掌握相关的学习内容,达到事半功倍的效果,我们特地编写了这套考研与课程考试相结合的辅导丛书。

本丛书共 6 本,即《模拟电子线路考点分析及效果测试》、《脉冲与数字电路考点分析及效果测试》、《电路分析基础考点分析及效果测试》、《信号与系统考点分析及效果测试》、《通信系统原理考点分析及效果测试》及《微机原理与应用考点分析及效果测试》。其中,《模拟电子线路考点分析及效果测试》和《脉冲与数字电路考点分析及效果测试》以模拟电子线路和脉冲数字电路为基本内容,侧重于基本概念、线路分析与综合设计;《电路分析基础考点分析及效果测试》和《信号与系统考点分析及效果测试》从电路和系统的角度入手,注重电路与系统的理论分析和应用;《通信系统原理考点分析及效果测试》从通信系统模型入手,注重基本概念、基本原理及通信技术的性能分析和应用;《微机原理与应用考点分析及效果测试》则以 8086 为主线,注重基本概念、基本原理以及微机的基本应用。

该丛书紧扣大纲,重点突出,选材得当,风格一致,各章中均有纲目要求、考点指南、基本题解答、全真题解析及目标测试等内容,力求使读者在学习抓

住主线,从各个方面深入掌握各章内容要求,达到预期的目的。

本丛书的特点是:简明扼要,层次分明,内容广泛,分析透彻,针对性强,能够起到典型引路的作用。编著者深信,通过本丛书的学习,读者一定会从中受益。

本丛书可作为报考硕士研究生人员的复习辅导书,也可用做在校大学生课程学习指导书,还可供相关技术人员和大学教师参考使用。

本丛书由西北工业大学出版社张近乐社长策划,王兴亮教授任主编,许杰、李彦、林家薇、赵雪岩任副主编,由西北工业大学出版社和哈尔滨工程大学出版社联合出版。在此对为本丛书的编写与出版付出艰辛努力的所有同志表示衷心的感谢。我们坚信,这套丛书必将为在知识的海洋中遨游的学子们,在人生的道路上勤奋进取的搏击者指引出一条通向成功的捷径。

编 委 会

2003 年春于空军工程大学

新世纪闯关丛书

编著委员会

主 编 王兴亮

副主编 许 杰 李 彦 林家薇 赵雪岩

编写人员 《模拟电子线路 考点分析及效果测试》

许 杰 王维忠 李 云 石雨荷 曹闹昌

《脉冲与数字电路 考点分析及效果测试》

李 云 石雨荷 许 杰 王维忠 曹闹昌

《电路分析基础 考点分析及效果测试》

王国红 李 彦 柳革命

《信号与系统 考点分析及效果测试》

李 彦 柳革命 王国红

《通信系统原理 考点分析及效果测试》

林家薇 杜思深 张德纯 王兴亮

《微机原理与应用 考点分析及效果测试》

赵雪岩 刘 明 秦 莲 姚 群 程绍智 耿 磊

新世纪闯关丛书

编审委员会

主任委员	空军工程大学校长	刘凤山	教授
副主任委员	西北工业大学	王永生	教授
委员	西安电子科技大学	孙肖子	教授
	西安交通大学	殷勤业	教授
	哈尔滨工业大学	李 伟	教授
	陕西省信息产业厅	李明远	博士
	哈尔滨工程大学	金鸿章	教授
	空军工程大学	宋云娴	教授
	空军工程大学	王曙钊	教授
	空军工程大学	孙克兴	教授

前言

《模拟电子线路考点分析及效果测试》侧重于基本概念、基本原理、典型电路的构成、常用电路的分析设计方法和一些常用器件的应用,目的在于提高学生分析问题和解决问题的能力。全书共有4章,主要内容有:半导体二极管、三极管、场效应管及其基本电路;集成、反馈放大电路;信号的运放、处理及产生电路;功率放大电路及直流稳压电路。每章分本章纲目、考点指南、基本题解答、全真题解析、目标测试5部分。本章纲目给出了该章的大纲及要求,学习者的放矢,可以使学习内容更加具体化,重点更加突出;考点指南全面系统地归纳和总结课程内容;基本题解答给出了大学课程中最基本的例题和习题的解题过程和分析方法,有助于启发和提高学生的思维能力和解题能力;全真题解析主要选用近年来北京航空航天大学、哈尔滨工业大学、北京理工大学、上海交通大学、北京邮电大学、西安交通大学、西安电子科技大学、电子科技大学、国防科技大学、西北工业大学、空军工程大学等院校研究生入学考试试题,并对试题做了适当的修改,为此在全真题中不再一一表明;目标测试可用来检测学生对内容的掌握程度,书后附有目标测试答案,供学生参考。

本书融入了编著者多年从事该课程教学的经验 and 体会,其特点是内容广泛,分析透彻细致,指导性强。本书可作为报考硕士研究生人员的学习辅导书,也可作为相关专业学生及自考生在校课程学习和复习指导书,还可作为有关技术人员和大学教师的参考资料。

目

录

1 半导体二极管、三极管、场效应管及其基本电路	1
1.1 本章纲目	1
1.2 考点指南	2
1.3 基本题解答	16
1.4 全真题解析	36
1.5 目标测试	44
2 集成、反馈放大电路	48
2.1 本章纲目	48
2.2 考点指南	49
2.3 基本题解答	55
2.4 全真题解析	66
2.5 目标测试	72
3 信号的运算、处理及产生电路	76
3.1 本章纲目	76
3.2 考点指南	76
3.3 基本题解答	87
3.4 全真题解析	101
3.5 目标测试	109
4 功率放大电路及直流稳压电路	118
4.1 本章纲目	118
4.2 考点指南	118
4.3 基本题解答	122
4.4 全真题解析	128
4.5 目标测试	133
附录 目标测试答案	136
参考文献	140

半导体二极管、三极管、场效应管及其基本电路

1.1 本章纲目

1.1.1 半导体二极管及其基本电路

1. 教学要求

了解半导体基本知识,理解 PN 结的形成及特性,理解二极管的特性、参数及基本电路,了解特殊二极管的基本特性,熟练掌握二极管基本电路的分析方法。

2. 内容提要

半导体基本知识,PN 结的形成及特性、二极管的特性、参数及基本电路,特殊二极管,二极管基本电路的分析方法。

3. 重点难点

重点:PN 结的形成及特性、二极管的特性、参数。

难点:二极管 $V-I$ 特性的建模。

1.1.2 半导体三极管及放大电路基础

1. 教学要求

理解 BJT 的特性、参数及模型,深刻理解 BJT 组成的三种基本组态的工作原理和性能特点,偏置电路的作用及放大电路的频率响应。掌握 BJT 组成的三种基本组态的图解分析法和小信号模型分析法,熟练掌握放大电路的性能指标及静态工作点的工程分析计算方法。

2. 内容提要

BJT 的特性、参数及模型,BJT 组成的三种基本组态,偏置电路,放大电路的频率响应,图解分析法和小信号模型分析法。

3. 重点难点

重点:三种基本组态的工作原理和性能特点,偏置电路的作用,放大电路的性能指标及静态工作点的工程分析计算方法。

难点:放大电路的频率响应。

1.1.3 场效应管放大电路

1. 教学要求

理解 FET 的特性、参数及模型,理解 FET 组成的三种基本组态的工作原理和性能特点,偏置电路的作用。掌握 FET 放大电路的小信号模型分析法,掌握 FET 放大电路的性能指标及静态工作点的工程分析计算方法。

2. 内容提要

FET 的特性、参数及模型,FET 组成的三种基本组态,偏置电路,FET 放大电路小信号模型分析法。

3. 重点难点

重点:三种基本组态的工作原理和性能特点、偏置电路的作用,放大电路的性能指标及静态工作点的工程分析计算方法。

难点:FET 静态分析。

1.2 考点指南

1.2.1 半导体二极管

1. 本征半导体与杂质半导体

1) 本征半导体是纯净的半导体。常用的半导体材料为硅和锗,它们都是四价元素,原子之间组成共价键结构。在绝对温度为 $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,原子的外层电子被共价键紧紧束缚,没有电子摆脱共价键成为自由电子,故不存在能导电的粒子,所以呈现绝缘体的性能。温度升高时,部分价电子获得额外的足够能量,挣脱共价键的束缚,形成自由电子和带正电的空穴,即本征激发产生自由电子、空穴对。在外电场力的作用下,自由电子和空穴做漂移运动形成电流。本征激发产生自由电子、空穴对,自由电子与空穴相遇复合又恢复共价键。

2) 杂质半导体是在本征半导体中掺入少量的有用杂质。在本征半导体中掺入少量的五价元素形成 N 型半导体,它的自由电子为多子,空穴为少子。同样,在本征半导体中掺入少量三价元素形成 P 型半导体,它的空穴为多子,自由电子为少子。

2. PN 结的形成原理及其基本特性

1) PN 结的形成原理包括两方面的内容:由于载流子浓度差使自由电子由 N 区向 P 区扩散,P 区的空穴向 N 区扩散,从而使 P 区与 N 区交界面上靠 N 区一侧显露出正离子,靠 P 区一侧显露出负离子,形成空间电荷区(内建电场);在内建电场的作用下,少数载流子做漂移运动,其方向与扩散相反;当扩散力与漂移力相等时,空间电荷区宽度一定,PN 结形成。

2) PN 结的基本特征。

① 开路 PN 结的特性:当温度一定时,两侧半导体区掺杂浓度越大,空间电荷区宽度变窄,当掺杂浓度一定时,空间电荷区宽度随温度升高而变窄。

② PN 结的单向导电特性:当 PN 结正偏时,空间电荷区变窄,多数载流子的扩散运动大于少数载流子的漂移运动,形成以多子为主体的正向扩散电流;当 PN 结反偏时,空间电荷区变宽,少子的漂移运动大于多子的扩散运动,形成以少子为主体的反向漂移电流。PN 结两端的

电压 V 与流过 PN 结的电流 I 用数学方程描述如下:

$$I = I_s(e^{V/V_T} - 1)$$

式中, I_s 称为 PN 结由少子漂移运动形成的反向饱和电流, 它基本上与外加电压 V 无关; $V_T = \frac{kT}{q}$ 称为热电压, 当室温为 27°C 时, $V_T = 26\text{ mV}$ 。

③ PN 结的反向击穿特性: 当反向电压增加到一定数值时, 其反向电流 I_R 急剧增大, 这就是 PN 结的反向击穿现象。击穿时 PN 结不一定损坏, 只要在电路中加入一定的串联电阻, 限制流过 PN 结的电流, 使 PN 结上消耗的功率不致使其过热损坏, 当反向电压降低时, PN 结的单向导电性可以恢复正常。稳压管就是利用 PN 结的击穿特性制成的。

PN 结的反向击穿通常有齐纳击穿与雪崩击穿两种。齐纳击穿发生在高掺杂的 PN 结中, 反向击穿电压较低, 随着掺杂浓度增加, 温度升高, 其反向击穿电压降低; 雪崩击穿发生在低掺杂的 PN 结中, 反向击穿电压较高, 随着掺杂浓度降低, 温度升高, 其反向击穿电压降低。

④ PN 结的电容特性: PN 结除呈现非线性电阻特性外, 还具有非线性电容特性。有势垒电容 C_T 和扩散电容 C_D 之分。当 PN 结正偏时, 主要是扩散电容 C_D , 其大小与扩散电流呈正比。当 PN 结反偏时, 主要是势垒电容 C_T , 它随外加反偏电压的变化而变化。

⑤ PN 结的温度特性: 主要指温度升高时, 正向偏置的 PN 结的内建电势减少, PN 结的正向端电压降以 $-(2.0 \sim 2.5)\text{ mV}/^\circ\text{C}$ 的规律减小; 反向饱和电流要以温度每升高 10°C 加倍的规律增加。

3. 半导体二极管的参数

二极管的主要参数有: 直流电阻 R_D , 交流电阻 r_d , 最大整流电流 I_F , 最大反向工作电压 V_{RM} , 反向电流 I_R , 最高工作频率 f_M 。

4. 稳压二极管

稳压管工作时 (PN 结为反向运用) 只要流过它的电流总是在 I_{Zmin} 和 I_{Zmax} 之间, 就可以保证稳压正常, 且工作安全。它的主要性能参数有稳定电压、稳定电流、电压温度系数、动态电阻及额定功耗等。

1.2.2 半导体三极管

1. 三极管的结构及类型

1) 结构: 三极管有两个互相影响的 PN 结是发射结和集电结; 三个区是发射区、基区、集电区。它的结构特点是: 发射区重掺杂, 基区非常薄, 集电区面积大于基区、发射区的面积。

2) 类型: 三极管有 NPN 和 PNP 两大类, 它们的区别是 NPN 型形成电流的载流子是自由电子, PNP 型形成电流的载流子是空穴; NPN 型 C 极接电源正端, E 极接电源负端, PNP 型 C 极接电源负端, E 极接电源的正端; 各极电流方向相反, 例如 NPN 型的发射极电流与 PNP 型的发射极电流前者是流出, 后者是流入。

2. 三极管的放大原理

1) 实现放大的条件是: 内部条件要求基区很薄, 发射区重掺杂, 集电区面积大。外部条件是发射结必须正向偏置, 集电结必须反向偏置。

2) 放大原理。

因为发射结正向运用, 且发射区重掺杂, 所以发射区的多数载流子大量注入到基区。由于

基区非常薄,注入的载流子在基区被复合的较少,绝大部分在浓度差的作用下扩散至集电结。又因为集电结反向运用,所以扩散到集电结的载流子被集电结内的强电场漂移到(拉到)集电区,形成集电极电流。所谓三极管的放大作用实质上是指:基区内的扩散远远大于复合。引入电流放大系数 β 、 $\bar{\alpha}$,其含义:

- ① β 的大小反映了三极管的基区内扩散与复合的比例;
- ② $\bar{\alpha}$ 的大小反映的是基区里的扩散与发射区向基区注入的比例;
- ③ 两者的关系 $\bar{\alpha} = \frac{\beta}{1 + \beta}$ 或 $\beta = \frac{\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$ 。

3) 电流分配关系
当共射极连接时

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

当共基极连接时

$$I_C = \bar{\alpha} I_E + I_{CBO}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

式中 β 、 $\bar{\alpha}$ 分别称为共射和共基接法时的直流传输系数; $I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$ 称为基极开路时集射之间的反向饱和电流; I_{CBO} 是射极开路时集基间的反向饱和电流。

3. 三极管的特性曲线

三极管的特性曲线与三极管的接法有关,用的比较多的是共发射极特性曲线。

- 1) 输入特性: $i_B = f(v_{BE})|_{v_{CE} = \text{常数}}$

它与PN结的正向特性相似。因为三极管的两个PN结互相影响,所以电压 v_{CE} 对输入特性有影响,但 $v_{CE} > 1\text{ V}$ 后的输入特性基本重合。

- 2) 输出特性曲线: $i_C = f(v_{CE})|_{i_B = \text{常数}}$

输出特性分为四个区域:放大区、饱和区、截止区、击穿区。

放大区特点:发射结正向偏置,集电结反向偏置; $I_C = \beta I_B$,基本不受 v_{CE} 影响。

饱和区特点:发射结正向偏置,集电结也正向偏置;管压降 v_{CE} 很小, $v_{CES} = 0.3\text{ V}$ (硅管); i_C 受控于 v_{CE} , $I_C = \beta I_B$ 已不成立, I_C 的大小由外电路参数决定。

截止区特点:发射结、集电结均反向偏置;集电极电流近似为零;管压降比较高。

- 3) 三极管三种不同工作状态的偏置条件及特点如表1-1所示。

表 1-1 三极管的三种工作状态的偏置条件及特点

工作状态	NPN	PNP	特点
截止状态	E结,C结均反偏 $V_B < V_E, V_B < V_C$	E结,C结均反偏 $V_B > V_E, V_B > V_C$	$I_C \approx 0$
放大状态	E结正偏,C结反偏 $V_C > V_B > V_E$	E结正偏,C结反偏 $V_C < V_B < V_E$	$I_C \approx \beta I_B$
饱和状态	两个PN结均正偏 $V_B > V_E, V_B > V_C$	两个PN结均正偏 $V_B < V_E, V_B < V_C$	$V_{CE} = V_{CES}$ I_C 基本不受 I_B 控制

4. 三极管的主要参数

1) 电流放大系数 $\bar{\alpha}, \beta$ 。

2) 极间反向电流 I_{CBO}, I_{CEO} 。它们是由少数载流子形成的, 与温度有关, 影响管子的工作稳定。

3) 极限参数。

集电结最大允许耗散功率 P_{CM} , 如果管子的实际耗散功率超过此值, 管温过高, 易损坏; 集电极最大允许电流 I_{CM} , 工作时如管子的 I_C 值超过它时, β 将下降较多; 三极管的击穿电压 $V_{(BR)CEO}$; 以上三种参数共同决定了三极管的安全工作区。

5. 温度对三极管参数的影响

$$T(\text{温度}) \uparrow \left\{ \begin{array}{l} \beta \uparrow \\ I_{CBO} \uparrow, I_{CEO} \uparrow \uparrow \\ V_{BE} \downarrow \end{array} \right\} \text{均使 } I_C \uparrow$$

1.2.3 三极管放大电路基础

1. 电路具有放大作用应具备的条件

1) 三极管应工作在放大区, 即管子的发射结正向偏置, 集电结应反向偏置。

2) 输入信号应能加至三极管的发射结, 保证输入信号变化时发射结电压变化、基极电流变化, 经管子的放大作用使集电极电流变化。

3) 电路能够有交流电压输出。也就是说, 要有合适的集电极负载电阻, 以保证集电极电流变化时, 有较大的输出电压。

上述三个条件缺一不可, 这是判断电路是否正确的三条原则。

2. 放大电路的分析

放大电路的分析包括两方面的内容: 直流工作状态分析和交流工作状态分析。

1) 直流状态分析。

所谓直流状态分析即求出电路未加输入信号时, 管子的基极电流 I_B 、集电极电流 I_C 、静态的管压降 V_{CE} 。求 I_B, I_C, V_{CE} 可以利用图解法, 但比较麻烦。我们要求根据直流通路采用估算的方法。

常见共射放大电路如图 1-1 所示, 它们的工作点估算如下所述:

图(b) 中

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta)R_E}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

图(c) 中

$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$$

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{(1 + \beta)R_E} = \frac{V_B}{\beta R_E}$$

$V_B \gg V_{BE}$ 时

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I(R_C + R_E)$$

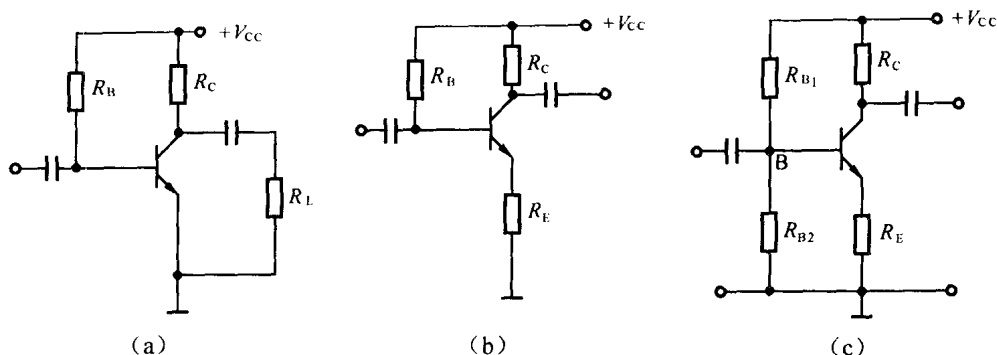


图 1-1 常见共射放大电路

如果将图 1-1 中的三极管换为 PNP 型管,则电源极性应为负电源,计算工作点的方法完全相同,只是求得的电压、电流的极性和方向与 NPN 型管相反。图 1-1 中(c)是分压式电流负反馈偏置电路,其工作点稳定,是应用极为广泛的电路。

2) 交流状态分析。

利用图解法进行交流状态分析,通过画出各极电压、电流波形,可以求出输出电压、电流的振幅值,电压放大倍数。可以看出输出信号是否产生失真以及确定最大输出电压的峰值。图解法的关键是正确地画出直流负载线,确定静态工作点,然后画出交流负载线。

等效电路法可以用来计算放大电路的电压放大倍数、输入电阻和输出电阻。等效电路法的前提是输入信号为低频交流小信号。对输入回路来说,即输入的交流信号的电压振幅值远远小于 V_{BE} ,保证三极管近似工作于线性范围;所谓低频是指晶体管的极间电容在工作的频率范围内对电路的工作基本无影响。

交流等效是在交流通路的基础上,将三极管用其等效电路来代替,利用 H 参数等效电路 B,E 间为一电阻 $h_{ie}(r_{be})$,C,E 间为一受控电流源 $h_{fe}I_b(\beta I_b)$ 和管子的输出电阻 $1/h_{oe}(r_{ce})$ 相并联。不管是 NPN 型管还是 PNP 型管,其等效电路的画法完全相同。如图 1-2 所示,在其它教材中,也有采用混合 π 型等效电路。

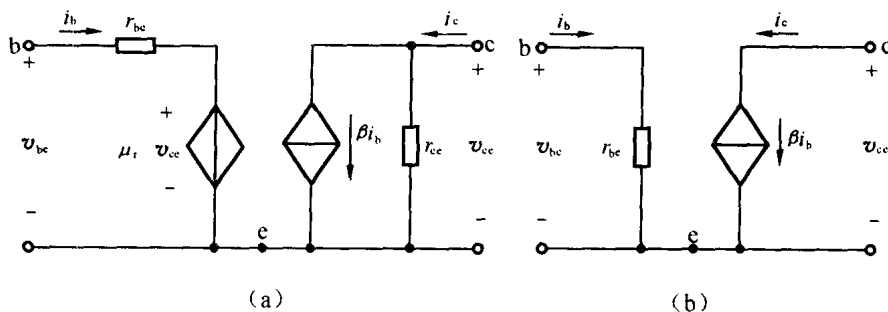


图 1-2 BJT 小信号模型的简化

(a)H 参数小信号模型; (b)简化模型

3. 三种组态电路的性能指标

三极管放大电路有共发、共基、共集三种基本电路。组态的划分是：在交流通路中，输入回路与输出回路的公共端接到发射极为共发射极电路，接到基极为共基极电路，接到集电极为共集电极电路。

三种电路中：

输出电压与输入电压相位相反的是共发射极放大电路，而共集电极和共基极放大电路的输出电压与输入电压相位相同。

输入电阻最大的是共集极电路，最小的是共基极电路。

输出电阻最小的是共集极电路，而共基极和共发极电路的较大。

电压放大倍数最大的是共发极、共基极放大电路，共集极放大电路的小于 1。

电流放大倍数最小的是共基极放大电路。

共发极放大电路既放大电压，也放大电流，故功率放大倍数最大。

综合上面所述，把放大电路三种基本组态的特点列于表 1-2 中。

4. 多级放大电路

1) 多级放大电路的耦合方式。

耦合方式有阻容耦合、直接耦合和变压器耦合三种。

阻容耦合：由于电容的作用，各级之间工作点互相独立，故便于调整；只能放大交流信号。

直接耦合：各级之间工作点互相不独立，不便于调整；它不仅能放大交流信号，也能放大直流信号。

变压器耦合：工作点互相独立便于调整，只能放大交流信号，可进行阻抗变换。

2) 多级放大器的指标计算。

电压放大倍数：等于各级电压放大倍数的连乘积。注意：计算前级的电压放大倍数时，需将后一级的输入电阻作为本级的交流负载的一部分。

输入电阻：在无越级反馈的情况下，第一级的输入电阻即为整个放大电路的输入电阻。

输出电阻：在无越级反馈的情况下，最后一级的输出电阻即为多级放大器的输出电阻。

5. 放大器的频率响应

1) 表征频率特性的主要参数。

主要参数包括：中频增益，上、下限频率，通频带，增益频带积。对这些参数的物理意义的实质要确实弄懂。

中频增益是指放大器的放大增益在某一频段不随频率变化而改变的增益；通常我们把在中频增益随频率变化而改变的频段称低频区或高频区。把中频段下降 3 dB 所对应的频率 f_L 称为下限频率， f_H 称为上限频率；把 $BW = f_H - f_L$ 定义为通频带；中频增益与通频带相乘所得的乘积称为增益频带积或称增益带宽积。

2) 波特图的概念及画法。

波特图利用对数刻度描述放大器幅频特性和相频特性，这样可以使比例尺变大，在有限的线段长度内，可以表示较大的频率和增益值。但需注意的是纵坐标是线性刻度。

表 1-2 放大电路三种基本组态的比较

	共射极电路	共集电极电路	共基极电路
电 路 组 态			
静 态 工 作 点	$I_B = V_{CC} / R_B$ $I_C = \beta I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$	$I_B = \frac{V_{CC}}{R_B + (1 + \beta) R_E}$ $I_C = \beta I_B$ $V_{CC} \approx V_{CC} - I_C R_E$	$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$ $I_C \approx I_E \approx \frac{V_B}{R_E}$ $I_B = I_C / \beta$ $V_{CB} = V_{CC} - I_C R_E - \frac{R_{B2} V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}}$