



高教版·华中科大康华光主编

《电子技术基础·模拟部分》(第五版) 同步辅导

九章丛书

# 电子技术基础

## 模拟部分(第五版) 辅导及习题全解

主编 / 孙怀东 杨富云

编写 / 九章系列课题组



电子科技大学出版社

- 知识点窍
- 逻辑推理
- 习题全解
- 全真考题



中华人民共和国教育部

推荐教材

万水思源

# 电子技术基础

模拟部分（第五版）

康华光 刘金魁

主编：康华光、刘金魁

副主编：王明华、陈国良



清华大学出版社

本书可作为高等院校  
电子信息类、计算机类  
专业及相关专业的教材  
也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考

**电子技术基础**  
**(模拟部分)**  
**辅导及习题全解**  
**(第五版)**

主编 孙怀东 杨富云  
编写 九章系列课题组

电子科技大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础(模拟部分)辅导及习题全解/孙怀东,杨富云主编. —成都:电子科技大学出版社, 2006.9

ISBN 7-81114-270-8

I. 电... II. ①孙... ②杨... III. 模拟电路—电子技术—教学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 109290 号

**【内容简介】** 本书是配合高等教育出版社出版、康华光主编《电子技术基础·模拟部分》(第五版)教材编写的辅导书,也可作为“电子技术基础·模拟部分”课程的复习指导书,其内容、要点、题目都是根据该课程的范围和难度来组织的。

全书由绪论、运算放大器、二极管及其基本电路、双极结型三极管及放大电路基础、场效应管放大电路、模拟集成电路、反馈放大电路、功率放大电路、信号处理与信号产生电路、直流稳压电源等 10 章组成。每章又分为知识点归纳、经典考题解析、教材同步习题全解等部分。

本书可作为电子类相关专业“电子技术基础·模拟部分”课程的学习指导书,也适用于参加研究生入学考试复习参考书。

## 电子技术基础(模拟部分)辅导及习题全解(第五版)

孙怀东 杨富云 主编

---

出 版:电子科技大学出版社(成都市建设北路二段四号,邮编:610054)

责任编辑:谢应成

发 行:电子科技大学出版社

印 刷:北京龙兴印刷厂

开 本:787×960 1/16 印张:18.5 字数:351 千字

版 次:2006 年 9 月第一版

印 次:2006 年 9 月第一次印刷

书 号:ISBN 7-81114-270-8/TM·8

印 数:1—5000 册

定 价:20.00 元

---

■版权所有 侵权必究■

① 邮购本书请与本社发行科联系。电话:(028)83201495 邮编:610054

② 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

# 前 言

本书是为配合华中科技大学电子技术课程组编、康华光任主编的《电子技术基础(模拟部分)》(第五版)教材而编写的配套辅导书。书中对教材各章的课后习题作了全面的解答,对教材每章的主要内容、基本公式进行了归纳,并给出了一些具有代表性的经典考题解析。本书将是各大中专院校电子类专业学生的重要参考书,也有助于电子技术基础课程的教师进行教学,同时也有利于相关工程技术人员及各类自学人员学习。

本书在对习题的解答过程中,除了有传统辅导书的解题过程外,还对大部分具有代表性的习题给出了知识点窍、逻辑推理。知识点窍简明扼要的点出了题中涉及的核心知识点,让学生清楚的了解出题者的意图;而逻辑推理则注重引导学生思维,旨在培养学生科学的思维方法,掌握答题的思维技巧。

本书在编写过程中,参考了华中科技大学电子技术课程组编、康华光任主编的《电子技术基础(模拟部分)》(第五版)一书,并借鉴了书中部分插图,在此深表感谢。

由于编者水平有限及编写时间仓促,不妥之处在所难免,希望广大读者不吝批评、指正。

编者

2006年8月

## 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第1章 绪 论 .....            | 1   |
| 知识点归纳 .....              | 1   |
| 经典考题解析 .....             | 3   |
| 教材同步习题全解 .....           | 3   |
| 第2章 运算放大器 .....          | 11  |
| 知识点归纳 .....              | 11  |
| 经典考题解析 .....             | 12  |
| 教材同步习题全解 .....           | 13  |
| 第3章 半导体二极管及其基本电路 .....   | 35  |
| 知识点归纳 .....              | 35  |
| 经典考题解析 .....             | 37  |
| 教材同步习题全解 .....           | 39  |
| 第4章 双极结型三极管及放大电路基础 ..... | 52  |
| 知识点归纳 .....              | 52  |
| 经典考题解析 .....             | 55  |
| 教材同步习题全解 .....           | 57  |
| 第5章 场效应管放大电路 .....       | 99  |
| 知识点归纳 .....              | 99  |
| 经典考题解析 .....             | 101 |
| 教材同步习题全解 .....           | 104 |
| 第6章 模拟集成电路 .....         | 128 |
| 知识点归纳 .....              | 128 |
| 经典考题解析 .....             | 133 |
| 教材同步习题全解 .....           | 136 |
| 第7章 反馈放大电路 .....         | 167 |
| 知识点归纳 .....              | 167 |



## 电子技术基础(模拟部分)辅导及习题全解

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 经典考题解析 .....                 | 170 |
| 教材同步习题全解 .....               | 174 |
| <b>第8章 功率放大电路</b> .....      | 194 |
| 知识点归纳 .....                  | 194 |
| 经典考题解析 .....                 | 197 |
| 教材同步习题全解 .....               | 199 |
| <b>第9章 信号处理与信号产生电路</b> ..... | 215 |
| 知识点归纳 .....                  | 215 |
| 经典考题解析 .....                 | 222 |
| 教材同步习题全解 .....               | 224 |
| <b>第10章 直流稳压电源</b> .....     | 264 |
| 知识点归纳 .....                  | 264 |
| 经典考题解析 .....                 | 267 |
| 教材同步习题全解 .....               | 269 |

## 第 1 章 绪 论

## 知识点归纳

## ✎ 1. 电子系统与信号

## (1) 电子系统

指若干相互连接,相互作用的基本电路组成的具有特定功能的电路整体。

## (2) 信号

信号是信息的载体。按照时间和幅值的连续性和离散性可把信号分成四类:时间连续、数值连续信号(即模拟信号);时间离散,数值连续信号;时间离散,数值离散信号;时间连续、数值离散信号。

## (3) 模拟信号

在时间上和幅值上均连续,在一定动态范围内可能取任意值。处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。

## ✎ 2. 放大电路的基本知识

信号放大电路是最基本的模拟信号处理电路。

放大电路的四种类型:

## (1) 电压放大电路

电路的电压增益为  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = A_{vo} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_o}$

若考虑到信号源内阻的电压增益为

$$A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_i}{v_s} \cdot \frac{v_o}{v_i} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot A_v$$

## (2) 电流放大电路

电路的电流增益为  $A_i = \frac{i_o}{i_i} = A_{is} \frac{R_L}{R_L + R_o}$





考虑到信号源内阻的电压增益为

$$A_{is} = \frac{i_o}{i_s} = \frac{i_o}{i_s} \cdot \frac{i_s}{i_i} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot A_{is} \frac{R_L}{R_L + R_o} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot A_i$$

(3) 互阻放大电路

$$\text{电路的互相增益为 } A_r = \frac{v_o}{i_i} = A_{ro} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

(4) 互导放大电路

$$\text{电路互导增益为 } A_g = \frac{i_o}{v_i} = A_{gs} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

### 3. 放大电路的主要性能指标

(1) 输入电阻

$$\text{输入电压与输入电流的比值 } R_i = \frac{v_i}{i_i}$$

定量分析时计算公式为  $R_i = \frac{v_i}{i_i}$ , 其中  $v_i$  与  $i_i$  分别为输入端的测试电压与电流。

(2) 输出电阻

$$\text{输出电压与输出电流的比值 } R_o = \frac{v_o}{i_o}$$

定量分析时计算公式为  $R_o = \left. \frac{v_i}{i_i} \right|_{v_s=0, R_L=\infty}$ , 其中  $v_i$  与  $i_i$  分别为输出端的测试电压与电流。

(3) 电压增益 =  $20\lg |A_v|$  (dB)

电流增益 =  $20\lg |A_i|$  (dB)

功率增益 =  $10\lg A_p$  (dB)

(4) 频率响应

$$\dot{A}_v(j\omega) = \frac{\dot{V}_o(j\omega)}{\dot{V}_i(j\omega)}$$

$$\dot{A}_v = A_v(\omega) \angle \varphi(\omega)$$

5. 放大电路带宽

$BW = f_H - f_L$ , 一般地  $f_L \ll f_H$ , 故  $BW \approx f_H$ 。

## 6. 放大电路失真

幅度失真和相位失真,均属线性失真,即频率失真。若电路中的非线性器件工作在非线性区,则会引起非线性失真,引入新的频率分量。



## 经典考题解析

例 互阻放大电路模型如图 1.1 所示,试求电路的电压增益  $A_v = \frac{v_o}{v_i}$  和电流增益

$$A_i = \frac{i_o}{i_s}。$$

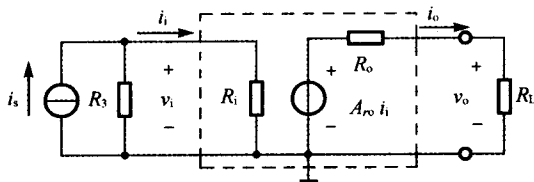


图 1.1

【解】 根据电路知  $v_i = i_i R_i$ ,  $v_o = i_o R_L = A_{vo} i_i - i_o R_o$ ,  $i_s (R_s \parallel R_i) = i_i R_i$ , 则

$$i_o = \frac{A_{vo} i_i}{R_o + R_L}$$

电路的电压增益  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{i_o R_L}{i_i R_i} = \frac{A_{vo} R_L}{(R_o + R_L) R_i}$

电流增益  $A_i = \frac{i_o}{i_s} = \frac{\frac{A_{vo} i_i}{R_o + R_L}}{\frac{i_i R_i}{R_s \parallel R_i}} = \frac{A_{vo} (R_s \parallel R_i)}{(R_o + R_L) R_i}$



## 教材同步习题全解

## 1.2 信号的频谱

1.2.1 写出下列正弦波电压信号的表达式(设初始相角为零):

(1) 峰-峰值 10 V, 频率 10 kHz;



- (2) 有效值 220 V, 频率 50 Hz;  
 (3) 峰 - 峰值 100 mV, 周期 1 ms;  
 (4) 峰 - 峰值 0.25 V, 角频率 1000 rad/s;

【知识点窍】 正弦波电压表达式为

$$v(t) = v_m \sin(\omega t + \theta)$$

【解题过程】 (1)  $v(t) = 5\sin(2 \times 10^4 \pi t)$  (V)

$$(2) v(t) = 220\sqrt{2}(\sin 100\pi t)$$
 (V)

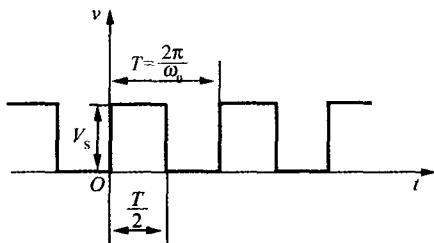
$$(3) v(t) = 0.05\sin(2000\pi t)$$
 (V)

$$(4) v(t) = 1.25\sin(1000t)$$
 (V)

1.2.2 图题 1.2.2(教材图 1.2.2) 中的方波电压信号加在一个电阻  $R$  两端, 试用公式

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v^2(t)}{R} dt$$

计算信号在电阻上耗散的功率; 然后根据教材式(1.2.3) 分别计算方波信号的傅里叶展开式中直流分量、基波分量、三次谐波分量在电阻上耗散的功率, 并计算这 3 个分量在电阻上耗散功率之和占电阻上总耗散功率的百分比。



图题 1.2.2

【知识点窍】 周期信号在电阻上耗散的功率:  $P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v^2(t)}{R} dt$

$$\begin{aligned} \text{周期信号各阶谐波分量的功率: } P_n &= \frac{1}{T} \int_0^T v_{mn}^2 \sin^2(n\omega t) / R dt \\ &= \left( \frac{1}{\sqrt{2}} v_{mn} \right)^2 / R \end{aligned}$$

$n$  表示谐波阶数,  $v_{mn}$  为  $n$  阶谐波电压幅值。

【逻辑推理】 方波的特点: 偶次谐波分量为“0”, 这是由傅里叶级数展开式决定的。

【解题过程】 (1) 方波功率:  $P_s = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v^2(t)}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \frac{V_s^2}{R} dt = \frac{V_s^2}{2R}$

(2) 根据图题 1.2.2 方波频谱可知:  $v_{m0} = \frac{1}{2} V_s$ , 所以直流分量功率为

$$P_o = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{V_s^2}{2R} dt = \frac{V_s^2}{4R}$$

由频谱可知:  $v_{m1} = \frac{2V_s}{\pi}$ , 于是基波分量功率为

$$P_1 = \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{2V_s}{\pi} \right)^2 \sin^2(2\omega t) / R dt = \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{2V_s}{\pi} \right)^2 / R = \frac{2V_s^2}{\pi^2 R}$$

由频谱可知:  $v_{m3} = \frac{2V_s}{3\pi}$ , 于是三次谐波分量功率为

$$P_3 = \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{2V_s}{3\pi} \right)^2 \sin^2(3\omega t) / R dt = \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{2V_s}{3\pi} \right)^2 / R = \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R}$$

(3) 由于二次谐波  $v_{m2} = 0$ , 于是  $P_2 = \frac{1}{T} \int_0^T (v_{m2})^2 \sin^2(2\omega_0 t) / R dt = 0$

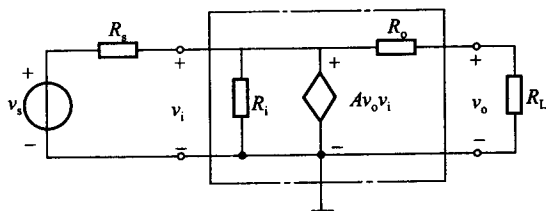
则 
$$P_{0-3} = P_o + P_1 + P_3 = \frac{V_s^2}{4R} + \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} + \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R} \approx 0.475 \frac{V_s^2}{R}$$

于是  $P_{0-3}$  占  $P_s$  中的百分比为:  $\eta = \frac{P_{0-3}}{P_s} \times 100\% \approx 95\%$

## 1.4 放大电路模型

1.4.1 电压放大电路模型如图题 1.4.1 所示, 设输出开路电压增益  $A_{vo} = 10$ 。试分别计算下列条件下的源电压增益  $A_{vs} = v_o / v_s$ :

- (1)  $R_i = 10R_s, R_L = 10R_o$ ;
- (2)  $R_i = R_s, R_L = R_o$ ;
- (3)  $R_i = R_s/10, R_L = R_o/10$ ;
- (4)  $R_i = 10R_s, R_L = R_o/10$ 。



图题 1.4.1 电压放大电路模型



【知识点窍】  $v_s = \frac{v_i}{R_i}(R_s + R_i)$      $v_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} \cdot A_{vo} v_i$

【解题过程】 由图可知,  $v_s = \frac{v_i}{R_i}(R_s + R_i)$ ,  $v_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} \cdot A_{vo} v_i$ , 所以

$$(1) R_i = 10R_s, R_L = 10R_o \text{ 时, } v_s = \frac{v_i}{R_i}(R_s + R_i) = \frac{11}{10}v_i, v_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} \cdot A_{vo} v_i = \frac{10}{11} \times 10v_i, \text{ 则源电压增益为 } A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{100v_i/11}{11v_i/10} \approx 8.26$$

$$(2) A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{5v_i}{2v_i} = 2.5$$

$$(3) A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{10v_i/11}{11v_i} \approx 0.0826$$

$$(4) A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{10v_i/11}{11v_i/10} \approx 0.826$$

### 1.5 放大电路的主要性能指标

1.5.1 在某放大电路输入端测量到输入正弦信号的电流和电压的峰-峰值分别为  $5\mu\text{A}$  和  $5\text{mV}$ , 输出端接  $2\text{k}\Omega$  电阻负载, 测量到正弦电压信号为峰-峰值  $1\text{V}$ 。试计算该放大电路的电压增益  $A_v$ , 电流增益  $A_i$ , 功率增益  $A_p$ , 并分别换算成  $\text{dB}$  数。

【知识点窍】 电压增益:  $A_v = \frac{v_o}{v_i}$ ,  $A_v(\text{dB}) = 20\lg |A_v|$

电流增益:  $A_i = \frac{i_o}{i_i}$ ,  $A_i(\text{dB}) = 20\lg |A_i|$

功率增益:  $A_p = \frac{P_o}{P_i}$ ,  $A_p(\text{dB}) = 10\lg A_p$

【逻辑推理】 直接利用公式求解即可, 计算  $A_v$  和  $A_i$  时, 可以利用对应信号的峰-峰值计算, 计算  $A_p$  时, 利用公式  $P_o = i_o^2 R = v_o^2 / R$ ,  $P_i = i_i v_i$ , 注意:  $i_o, v_o, i_i, v_i$  均为有效值。

【解题过程】  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{1\text{V}}{5\text{mV}} = 200$ ,  $A_v(\text{dB}) = 20\lg |A_v| \approx 46\text{dB}$

输出电流峰-峰值为  $\frac{1\text{V}}{2\text{k}\Omega} = 0.5\text{mA}$ , 则

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{0.5\text{mA}}{5\mu\text{A}} = 100$$

$$A_i(\text{dB}) = 20\lg |A_i| = 20 \times 2 = 40\text{dB}$$

$P_o = v_o^2 / R$ ,  $v_o = \frac{\sqrt{2}}{2} v_{om}$  为有效值;  $P_i = v_i i_i = \frac{1}{2} v_{im} i_{im}$ , 这里  $v_{im}, i_{im}$  分别为  $v_i, i_i$  的有效值, 则

$$A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{v_o^2/R}{\frac{1}{2}v_{im}i_{im}} = \frac{(\frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{1}{2})^2 \times \frac{1}{2} \times 10^{-3}}{\frac{1}{2} \times \frac{5}{2} \times 10^{-3} \times \frac{5}{2} \times 10^{-6}} = 2 \times 10^4$$

于是  $A_p(\text{dB}) = 10\lg A_p = 10\lg(2 \times 10^4) = 10\lg 2 + 40 \approx 43\text{dB}$

**1.5.2** 当负载电阻  $R_L = 1\text{k}\Omega$  时,电压放大电路输出电压比负载开路( $R_L = \infty$ )时输出电压减少 20%,求该放大电路的输出电阻  $R_o$ 。

**【知识点窍】** 电压放大电路输出端等效电路

**【逻辑推理】** 电压放大电路输出端等效电路中,  $v_o$  不变。开路时,  $v'_o = v_o$ ; 接负载时,  $v'_o + v_R = v_o$ 。再根据欧姆定律,联立上式,即可求出  $R_o$  与  $R_L$  的关系。

**【解题过程】** 设负载开始时输出电压为  $v'_o$ , 负载电阻  $R_L = 1\text{k}\Omega$  时输出电压为  $v_o$ , 由题意知

$$v_o = (1 - 20\%)v'_o = 0.8v'_o$$

$$v_o/v'_o = R_L/(R_o + R_L)$$

则  $R_o = (v'_o/v_o)R_L = (1/0.8 - 1) \times 1 \times 10^3 \Omega = 250\Omega$

**1.5.3** 一电压放大电路输出端接  $1\text{k}\Omega$  负载电阻时,输出电压为  $1\text{V}$ (有效值),负载电阻断开时,输出电压上升到  $1.1\text{V}$ ,求该放大电路的输出电阻  $R_o$ 。

**【知识点窍】** 电压放大电路输出端等效电路

**【逻辑推理】** 在输入电压不变的情况下电压放大电路输出端相当于恒压源,根据串联电路性质和欧姆定律可求得  $R_o$  与  $R_L$  的关系。

**【解题过程】** 电压放大电路输出端等效电路如图解 1.5.3 所示。

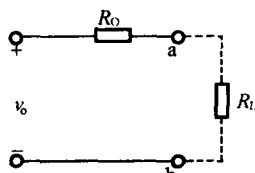
输出开路时,  $v'_o = v_o = 1.1\text{V}$

接入负载后,设电流为  $i_o$ , 则

$$i_o R_o + i_o R_L = v_o$$

$$v'_o = i_o R_L = 1.0\text{V}$$

所以  $R_o = \frac{v_o - v'_o}{v'_o} R_L = \frac{1.1 - 1.0}{1.0} \times 1000 = 100\Omega$



图解 1.5.3

**1.5.4** 某放大电路输入电阻  $R_i = 10\text{k}\Omega$ , 如果用  $1\mu\text{A}$  电流源(内阻为  $\infty$ )驱动,放大电路短路输出电流为  $10\text{mA}$ , 开路输出电压为  $10\text{V}$ 。求放大电路接  $4\text{k}\Omega$  负载电阻时的电压增益  $A_v$ , 电流增益  $A_i$ , 功率增益  $A_p$ , 并分别转换成  $\text{dB}$  数表示。

**【知识点窍】** 电压增益:  $A_v = \frac{v_o}{v_i}$ ,  $A_v(\text{dB}) = 20\lg |A_v|$

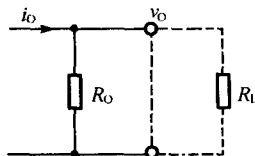
电流增益:  $A_i = \frac{i_o}{i_i}$   $A_i(\text{dB}) = 20\lg |A_i|$



功率增益:  $A_p = \frac{P_o}{P_i}$   $A_p(\text{dB}) = 10\lg A_p$

【逻辑推理】 考虑电流放大模型有载时的增益,需先求出输出电阻  $R_o$ ,  $R_o$  的计算分析如图解 1.5.4 所示。

【解题过程】 输出短路时,  $i_o = 10\text{mA}$ , 开路电压  $v_o = 10\text{V}$ , 则输出电阻



图解 1.5.4

$$R_o = \frac{v_o}{i_o} = \frac{10}{10 \times 10^{-3}} = 10^3 \Omega$$

$v'_o$  是有载输出电压,  $A_v = \frac{v'_o}{v_i} = \frac{i_o(R_o \parallel R_L)}{i_i R_i} = \frac{i_o}{i_i} \frac{R_o R_L}{R_o + R_L}$ , 将  $i_o$  和  $i_i$  分别用有效值代替, 即  $i_o = 10\mu\text{A}$ ,  $i_i = 1\text{mA}$ , 则

$$A_v = \frac{10 \times 10^{-3} \frac{10^3 \times 4 \times 10^3}{10^3 + 4 \times 10^3}}{1 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^3} = 800$$

求对数得  $A_v(\text{dB}) = 20\lg |A_v| = 20\lg 800 \approx 58\text{dB}$   
输出电流  $i'_o$  的有效值为:

$$i'_o = \frac{R_o}{R_o + R_L} i_o = \frac{10^3}{(4+1) \times 10^3} \times 10 \times 10^{-3} \\ = 0.2 \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$A_i = \frac{i'_o}{i_i} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^{-6}} = 2 \times 10^3$$

求对数得  $A_i(\text{dB}) = 20\lg |A_i| = 20\lg 2000 \approx 66\text{dB}$

输出功率  $P_o = (i'_o)^2 R_L = 4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^3 = 1.6 \times 10^{-2} \text{ W}$

输入功率  $P_i = i_i^2 R_i = 10^{-12} \times 10^4 = 10^{-8} \text{ W}$

根据功率增益公式  $A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{1.6 \times 10^{-2}}{10^{-8}} = 1.6 \times 10^6$

求对数得  $A_p(\text{dB}) = 10\lg A_p = 10\lg(1.6 \times 10^6) \approx 62\text{dB}$

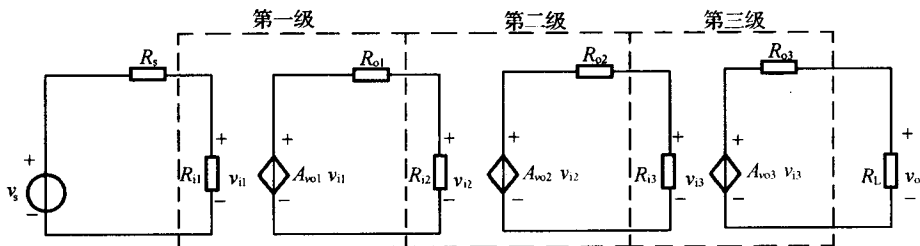
**1.5.5** 有以下三种放大电路备用: (1) 高输入电阻型:  $R_{i1} = 1\text{M}\Omega$ ,  $A_{v01} = 10$ ,  $R_{o1} = 10\text{k}\Omega$ ; (2) 高增益型:  $R_{i2} = 10\text{k}\Omega$ ,  $A_{v02} = 100$ ,  $R_{o2} = 1\text{k}\Omega$ ; (3) 低输出电阻型:  $R_{i3} = 10\text{k}\Omega$ ,  $A_{v03} = 1$ ,  $R_{o3} = 20\Omega$ 。用这三种放大电路组合, 设计一个能在  $100\Omega$  负载电阻上提供至少  $0.5\text{W}$  功率的放大器。已知信号源开路电压为  $30\text{mV}$  (有效值), 内阻为  $R_s = 0.5\text{M}\Omega$ 。

【知识点窍】 有载情况下, 输出电压:  $v'_o = \frac{R_L}{R_L + R_o} \cdot A_{v0} v_i$

负载功率:  $P_L = v_L^2/R$

**【逻辑推理】** 一般放大器由三级放大电路组成,高输入电阻型作为输入级(第一级),可以较好的耦合信号进入放大器;低输出阻抗型为输出级(第三级),可以提高负载功率;中间级(第二级)则选用高增益电路,实现放大作用。

**【解题过程】** 以(1)、(2)、(3)分别作为第一、二、三级放大电路,则前一级的输出作为后一级的输入,后一级的输入电阻作为前一级的负载,得到放大器电路如图解 1.5.5 所示。



图解 1.5.5

$$v_{o1} = v_{i2} = \frac{R_{i2}}{R_{i2} + R_{o1}} \cdot A_{vo1} \cdot v_{i1} = \frac{10 \times 10^3}{20 \times 10^3} \times 10 v_{i1} = 5 v_{i1}$$

$$v_{o2} = v_{i3} = \frac{R_{i3}}{R_{i3} + R_{o2}} \cdot A_{vo2} \cdot v_{i2} = \frac{10 \times 10^3}{11 \times 10^3} \times 100 v_{i2} = \frac{1\,000}{11} v_{i2} = \frac{5\,000}{11} v_{i1}$$

$$\begin{aligned} v_{o3} &= \frac{R_L}{R_L + R_{o3}} \cdot A_{vo3} \cdot v_{i3} = \frac{100}{100 + 20} \times 1 v_{i3} \\ &= \frac{10}{12} \times \frac{5\,000}{11} v_{i1} = \frac{50\,000}{132} v_{i1} \end{aligned}$$

$v_{i1}, v_s$  分别为有效值,于是

$$v_{i1} = \frac{R_{i1}}{R_s + R_{i1}} v_s = \frac{1 \times 10^6}{(1 + 0.5) \times 10^6} \times 0.03 = 0.02 \text{ V}$$

所以 
$$v_{o3} = \frac{50\,000}{132} \times 0.02 = \frac{250}{33} \text{ V}$$

输出功率 
$$P_o = v_{o3}^2 / R_L = \left( \frac{250}{33} \right)^2 / 100 \approx 0.574 \text{ W} > 0.5 \text{ W}$$

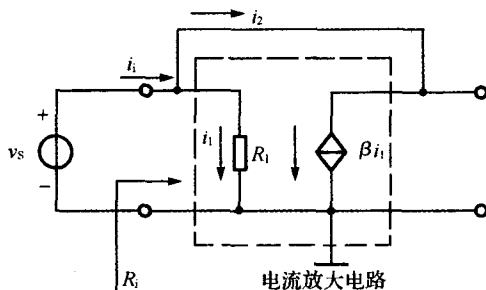
所以可满足题目要求。

**1.5.6** 图题 1.5.6 所示电流放大电路的输出端直接与输入端相连,求输入电阻  $R_i$ 。

**【知识点窍】** 输入电阻  $R_i = \frac{v_i}{i_i}$

**【逻辑推理】** 图题 1.5.6 是三级管的交流小信号等效图,  $i_2$  将 b、c 极短路,注意





图题 1.5.6

$$i_2 = \beta_1 i_1$$

【解题过程】 由 KCL 定律:  $i_i = i_1 + i_2$ , 根据图题 1.5.6,  $i_2 = \beta_1 i_1$

于是 
$$i_i = i_1 + i_2 = i_1 + \beta_1 i_1 = (1 + \beta) i_1 = (1 + \beta) \frac{v_s}{R_1}$$

可以得到输入电阻 
$$R_i = \frac{v_s}{i_i} = \frac{R_1}{1 + \beta}$$

1.5.7 在电压放大电路的上限频率点, 电压增益比中频区增益下降 3dB, 这时在相同输入电压条件下, 与中频区比较, 输出电压下降到多少?

【知识点窍】 电压增益  $A_v(\text{dB}) = 20\lg |\dot{A}_v| = 20\lg \left| \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} \right|$

【逻辑推理】 由于输入电压相同, 故可由增益表达式得到输出电压之间的关系。

【解题过程】 设输入为  $\dot{V}_i$ ,  $\dot{V}_o$ ,  $\dot{V}_H$  分别代表中频和高频的输出电压,  $\dot{A}_{VO}$ ,  $\dot{A}_{VH}$  则分别代表中频和高频的电压增益。根据题意,

$$\dot{A}_{VO}(\text{dB}) - \dot{A}_{VH}(\text{dB}) = 3\text{dB}, \text{即}$$

$$20\lg |\dot{A}_{VO}| - 20\lg |\dot{A}_{VH}| = 3\text{dB}$$

$$\text{于是, } 20\lg \left| \frac{\dot{A}_{VO}}{\dot{A}_{VOH}} \right| = 20\lg \left| \frac{\dot{V}_O}{\dot{V}_i} \cdot \frac{\dot{V}_i}{\dot{V}_H} \right| = 20\lg \left| \frac{\dot{V}_O}{\dot{V}_H} \right| = 3\text{dB}$$

$$|\dot{V}_H| = \frac{\sqrt{2}}{2} |\dot{V}_O| \approx 0.707 |\dot{V}_O|$$

故在相同输入电压条件下, 高频截止频率点的输出电压约下降为中频区输出电压的 0.707 倍。