

经典教材配套丛书

※ 配套·高教社·康华光·《电子技术基础:模拟部分(第五版)》
“十五”国家级规划教材

电子技术基础

(模拟部分)

同步辅导与考研指津

张秋萍◎主 编
许 苑◎副主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

辅导

经典教材辅导丛书

配套·高教社·康华光·《电子技术基础:模拟部分(第五版)》(“十五”国家级规划教材)

工取录中, 籍工一, 编主书对系, 新能科考已学部安同(公籍册部)部基本对千由

01, 8705, 并编出学大

(社从籍册部典第)

电子技术基础(模拟部分) 同步辅导与考研指津

张秋萍 主编
许苑 副主编

本公委编科典第

部)部基本对千由

张秋萍 \ 编 主

许苑 \ 编 主 副

许苑 \ 编 主 副

许苑 \ 编 主 副

许苑 \ 编 主 副

大工取录中 \ 行 发 编 出

工取录中 \ 行 发 编 出

(130), 号 册

(130), 号 册

网址: www.

网址: www.

网址: www.

网址: www.

网址: www.

网址: www.

网址: www.

网址: www.

网址: www.

网址: www.

 华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

经典教材配套丛书

(经典教材配套丛书) 电子技术基础(模拟部分)同步辅导与考研指津·张秋萍主编·上海·华东理工大学出版社·2008·10

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础(模拟部分)同步辅导与考研指津/张秋萍主编. —上海:华东理工大学出版社,2008.10

(经典教材配套丛书)

ISBN 978-7-5628-2224-0

I. 电... II. 张... 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(2008)第 052162 号

主 编 张秋萍

副 编 许 苑

经典教材配套丛书

电子技术基础(模拟部分)同步辅导与考研指津

主 编 / 张秋萍

副 主 编 / 许 苑

责任编辑 / 周永斌

责任校对 / 张 波

封面设计 / 王晓迪

出版发行 / 华东理工大学出版社

地址:上海市梅陇路130号,200237

电话:(021)64250306(营销部)

传真:(021)64252707

网址:www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 上海展强印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 19.5

字 数 / 524 千字

版 次 / 2008年10月第1版

印 次 / 2008年10月第1次

印 数 / 1—3050册

书 号 / ISBN 978-7-5628-2224-0/TN·7

定 价 / 39.80元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

目 前

PREFACE 前 言

为了帮助在校学生和自学者学好《电子技术基础：模拟部分》，为了给他们备考研究生提供一份复习资料，我们总结在教学中积累的大量资料和汇集的考题，编写了这本配套康华光《电子技术基础：模拟部分（第五版）》（“十五”国家级规划教材）的同步辅导书。

原书前版曾荣获 2002 年全国普通高等学校优秀教材一等奖，其主要特点如下：(1) 加强了信号与电子系统的基本知识；(2) 对每一问题的讲述，先以概念引路，然后逐步展开分析与讨论，例如器件的建模，由物理概念讲述其参数，从而得出电路模型；(3) 坚持以集成电路为主线，加强了对 CMOS 器件等新内容的讲解；(4) 加强 SPICE 程序对电子电路的仿真分析与设计。

本辅导书为了与教材保持同步，特意按照原书的编排顺序逐章编写。每章内容包括：本章重点难点、知识结构图、知识点总结、答疑解惑、经典例题精讲、考研实战模拟、习题解答、考研实战模拟精讲等 8 个栏目。

本书可作为本科专业学生学习辅导书，也可作为使用康华光《电子技术基础：模拟部分（第五版）》教学教师的案头参考书，更是自学者和有志攻读硕士研究生青年的良师益友。

由于水平有限，不足与不当之处在所难免，恳请读者和专家批评指正。

编者

2008 年 5 月

目 CONTENTS 录

第一章 绪论	1
一、本章重点难点	1
二、知识结构图	1
三、本章知识点总结	1
四、答疑解惑	3
五、教材同步习题答案及解析	4
第二章 运算放大器	8
一、本章重点难点	8
二、知识结构图	8
三、本章知识点总结	8
四、答疑解惑	10
五、经典例题精讲	10
六、考研实战模拟	19
七、教材同步习题答案及解析	21
八、考研实战模拟精讲	31
第三章 二极管及其基本电路	37
一、本章重点难点	37
二、知识结构图	37
三、本章知识点总结	37
四、答疑解惑	42
五、经典例题精讲	43
六、考研实战模拟	48
七、教材同步习题答案及解析	50
八、考研实战模拟精讲	53
第四章 双极结型三极管及放大电路基础	57
一、本章重点难点	57
二、知识结构图	57
三、本章知识点总结	58

四、答疑解惑	68
五、经典例题精讲	70
六、考研实战模拟	89
七、教材同步习题答案及解析	93
八、考研实战模拟精讲	108
第五章 场效应管放大电路	117
一、本章重点难点	117
二、知识结构图	117
三、本章知识点总结	117
四、答疑解惑	122
五、经典例题精讲	122
六、考研实战模拟	128
七、教材同步习题答案及解析	130
八、考研实战模拟精讲	136
第六章 模拟集成电路	142
一、本章重点难点	142
二、知识结构图	142
三、本章知识点总结	143
四、答疑解惑	147
五、经典例题精讲	148
六、考研实战模拟	153
七、教材同步习题答案及解析	156
八、考研实战模拟精讲	166
第七章 反馈放大电路	169
一、本章重点难点	169
二、知识结构图	169
三、本章知识点总结	170
四、答疑解惑	175
五、经典例题精讲	176
六、考研实战模拟	189
七、教材同步习题答案及解析	193
八、考研实战模拟精讲	200
第八章 功率放大电路	205
一、本章重点难点	205
二、知识结构图	205
三、本章知识点总结	205
四、答疑解惑	208
五、经典例题精讲	208
六、考研实战模拟	214
七、教材同步习题答案及解析	217
八、考研实战模拟精讲	221

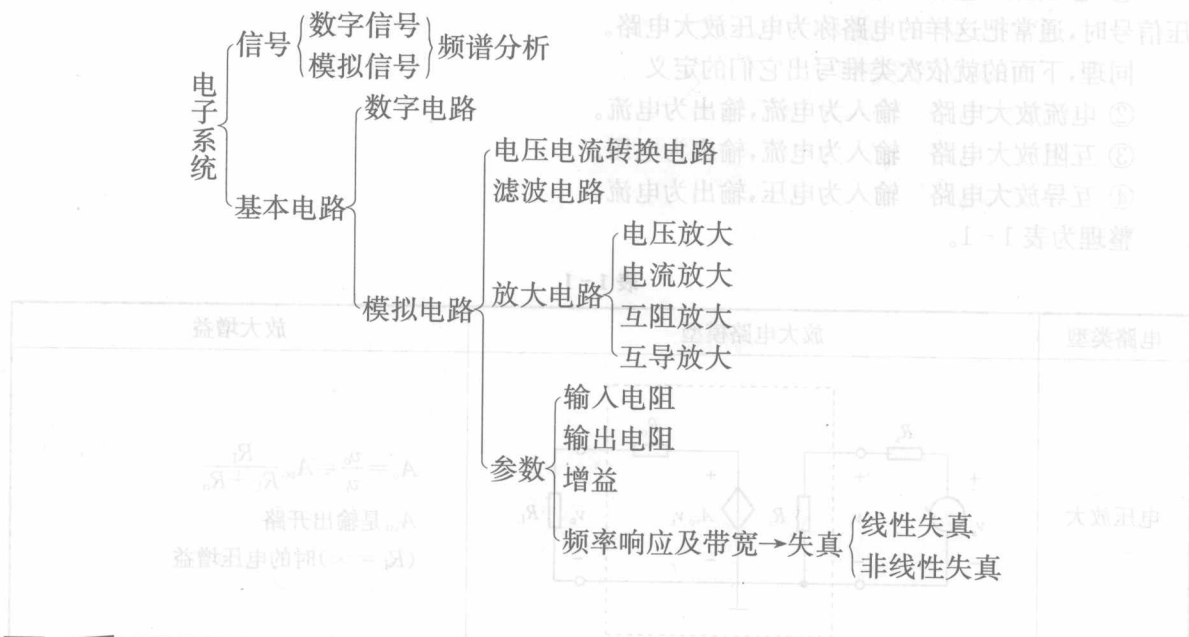
第九章 信号处理与信号产生电路	226
一、本章重点难点	226
二、知识结构图	226
三、本章知识点总结	227
四、答疑解惑	233
五、经典例题精讲	234
六、考研实战模拟	247
七、教材同步习题答案及解析	251
八、考研实战模拟精讲	265
第十章 直流稳压电源	275
一、本章重点难点	275
二、知识结构图	275
三、本章知识点总结	276
四、答疑解惑	280
五、经典例题精讲	280
六、考研实战模拟	291
七、教材同步习题答案及解析	294
八、考研实战模拟精讲	302

第一章 绪论

一、本章重点难点

1. 信号的概念以及信号的频谱特性。
2. 信号放大电路的四种形式及其简化模型。
3. 输入电阻、输出电阻、增益、频率响应等放大电路性能指标。

二、知识结构图



三、本章知识点总结

1. 电子系统与信号

电子系统是指由若干相互联结、相互作用的基本电路组成的具有特定功能的电路整体。现在的电子系统大多是由多个不同类型和功能的电路构成的,内部结构复杂,而用户更关心其外特性,即每个端子的作用和接法,其内部结构对用户来讲,相当于黑盒子。

信号是信息的载体,分时域和频域两种表达形式。把信号表示成随时间变化的函数称为时域

表达式,如 $v(t)$ 。

而对于周期信号而言,只要满足狄利克雷条件,都可以展开为傅里叶级数。表示为一系列频率叠加的信号,其频率为基波频率的整数倍。像这样把一个信号分解为正弦信号的集合,得到其正弦信号幅值随角频率变化的分布,称为该信号的频谱。

对于非周期信号,可以看作周期为无限长的信号,只要截取足够长的时间段,可以与原来的信号很接近。实际物理世界的各种非周期信号,随角频率上升到一定程度,其频谱函数总趋势是衰减的。当选择适当的 ω_c (截止角频率)点把频率高端截断时,并不过多地影响信号的特性。通常把保留下来的部分叫信号的带宽。

信号主要分为两类:数字信号和模拟信号。数字信号大多是计算机处理运算中用到的离散并经过量化处理的信号。而模拟信号多是在时间和幅值上连续的,在一定动态范围内可能取任意值。而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

(1) 放大电路的表述形式

根据输入、输出信号的形式,放大电路可以表述成如下的几种形式。

① 电压放大电路 例如,电压放大电路是当电路的输入端信号是电压信号,且输出端也是电压信号时,通常把这样的电路称为电压放大电路。

同理,下面的就依次类推写出它们的定义

② 电流放大电路 输入为电流,输出为电流。

③ 互阻放大电路 输入为电流,输出为电压。

④ 互导放大电路 输入为电压,输出为电流。

整理为表 1-1。

表 1-1

电路类型	放大电路模型	放大增益
电压放大		$A_v = \frac{v_o}{v_i} = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$ $A_{vo} \text{ 是输出开路}$ $(R_L = \infty) \text{ 时的电压增益}$
电流放大		$A_i = \frac{i_o}{i_i} = A_{is} \frac{R_o}{R_L + R_o}$ $A_{is} \text{ 是输出短路}$ $(R_L = 0) \text{ 时的电流增益}$

电路类型	放大电路模型	放大增益
互阻放大		$A_r = \frac{v_o}{i_i} = A_{ro} \frac{R_L}{R_L + R_o}$ $A_{ro} \text{ 是输出开路时的互阻增益,}$ $\text{理想条件 } R_i = 0, R_o = 0$
互导放大		$A_g = \frac{i_o}{v_i} = A_{gs} \frac{R_o}{R_L + R_o}$ $A_{gs} \text{ 是输出短路时的互导增益,}$ $\text{理想条件 } R_i = \infty, R_o = \infty$

(2) 放大电路的性能指标

- ① 输入电阻 R_i 定义为输入电压 v_i 与输入电流 i_i 的比值即 $R_i = \frac{v_i}{i_i}$
- ② 输出电阻 R_o 负载开路 ($R_L = \infty$) 的条件下, 在电路输出端加一测试电压 v_t 与其相应产生一测试电流 i_t 的比值。
- ③ 增益 A 四种放大电路分别有不同的增益, 如电压增益 A_v , 电流增益 A_i , 互阻增益 A_r 及互导增益 A_g 。
- ④ 频率响应 在输入正弦信号情况下, 输出随频率连续变化的稳态响应。
- ⑤ 半功率点 在输入信号幅值保持不变的条件下, 增益下降 3 dB 的频率点, 其输出功率约等于中频区输出功率的一半。
- ⑥ 上限频率 f_H 频率响应的高端半功率点。
- ⑦ 下限频率 f_L 频率响应的低端半功率点。
- ⑧ 带宽 BW 把幅值响应的高、低两个半功率点间的频率差定义为放大电路的带宽, 即 $BW = f_H - f_L$ 。
- ⑨ 频率失真 又称线性失真, 是由于线性电抗元件所引起的。它包括幅度失真和相位失真。
- ⑩ 幅度失真 受放大电路带宽限制, 对输入信号各次谐波放大倍数不一致, 输出电压波形产生了失真。
- ⑪ 相位失真 当放大电路对不同频率的信号产生的相移不同时, 产生了失真。

四、答疑解惑

1. 某放大电路输入信号为 10 pA, 输出为 500 mV, 它的增益是多少? 属于哪一类放大电路?

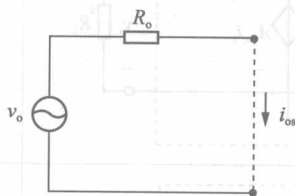
【点拨】 增益为 $A_r = \frac{v_o}{i_i} = \frac{500 \text{ mV}}{10 \text{ pA}} = 5 \times 10^{10} \Omega$, 由于输入信号为电流信号, 输出为电压信号,

所以属于互阻放大电路。

对于这类电路求增益时,要格外注意一点,就是增益是有单位的,千万不要以为增益都是没有量纲的。

2. 某放大电路开路输出电压为 v_o , 短路输出电流为 i_{os} , 试求其输出电阻 R_o 。

【点拨】 由戴维宁定理得, 开路电压相当于等效电路中的电压源, 则其输出等效电路如下:



由其短路电流为 i_{os} 得输出电阻 $R_o = \frac{v_o}{i_{os}}$ 。

3. 试说明为什么常选用频率可连续变化的正弦信号发生器作为放大电路的测试信号源?

【点拨】 因为可以用正弦波信号测量放大电路的频率响应, 可以测量放大电路的中频放大倍数、高低频截止频率、带宽等参数。这几个参数对于放大电路十分重要, 是几个主要的性能指标。它决定了放大电路的使用范围。

若不采用正弦信号, 而采取其他形式的信号源, 如方波信号, 由傅里叶分解得, 方波信号中含有一系列频率的正弦信号, 无法确定放大电路的以上性能指标。

因而常选用频率可连续变化的正弦信号发生器作为放大电路的测试信号源。

五、教材同步习题答案及解析

$$1.2.1 \quad (1) \quad V_m = \frac{1}{2} V_{pp} = \frac{1}{2} \times 10 = 5 (\text{V})$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 10 \times 10^3 = 2 \times 10^4 \pi (\text{rad/s})$$

$$v(t) = 5 \sin(2 \times 10^4 \pi t) (\text{V})$$

$$(2) \quad V_m = \sqrt{2} V_{pp} = \sqrt{2} \times 220 (\text{V})$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi (\text{rad/s})$$

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

$$(3) \quad V_m = \frac{1}{2} V_{pp} = \frac{1}{2} \times 100 = 50 (\text{mV})$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{10^{-3}} = 2 \times 10^3 \pi (\text{rad/s})$$

$$v(t) = 0.05 \sin(2 \times 10^3 \pi t) (\text{V})$$

$$(4) \quad V_m = \frac{1}{2} V_{pp} = \frac{1}{2} \times 0.25 = 0.125 (\text{V})$$

$$\omega = 1000 (\text{rad/s})$$

$$v(t) = 0.125 \sin(1000t) (\text{V})$$

1.2.2 根据电压信号波形图(教材图 1.2.2), 该信号在电阻上的耗散功率为

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T (v^2/R) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} (V_s^2/R) dt = \frac{V_s^2}{TR} \times \left(\frac{T}{2} - 0 \right) = \frac{V_s^2}{2R}$$

直流分量在电阻上的耗散功率为 $P_0 = \frac{\left(\frac{V_s}{2}\right)^2}{R} = \frac{V_s^2}{4R}$

基波分量在电阻上的耗散功率为 $P_1 = \frac{\left(\frac{2V_s}{\pi}\right)^2}{2R} = \frac{2V_s^2}{\pi^2 R}$

三次谐波分量在电阻上的耗散功率为 $P_2 = \frac{\left(\frac{2V_s}{3\pi}\right)^2}{2R} = \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R}$

$$\eta = \frac{P_0 + P_1 + P_2}{P} = \frac{\frac{V_s^2}{4R} + \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} + \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R}}{\frac{V_s^2}{2R}} = \frac{\frac{1}{4} + \frac{2}{\pi^2} + \frac{2}{9\pi^2}}{\frac{1}{2}} = \frac{9\pi^2 + 80}{18\pi^2} \approx 0.95 = 95\%$$

1.3.1 由图可知, $v_s = \frac{v_i}{R_i}(R_s + R_i)$, $v_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} \cdot A v_o v_i$, 所以

$$(1) A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{100v_i/11}{11v_i/10} \approx 8.26$$

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

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

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

1.4.1 根据题意, 电阻负载上得到的输出电流信号峰-峰值为 $\frac{1}{2} \frac{V}{k\Omega} = 0.5 \text{ mA}$ 。此时放大电路的电压增益 A_v 、电流增益 A_i 均用对应信号的峰-峰值计算, 则

$$\text{电压增益 } A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{1 \text{ V}}{5 \text{ mV}} = 200$$

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

$$\text{放大电路的输入功率为 } P_i = \frac{v_{im} i_{im}}{2} = \frac{5 \text{ mV}}{2} \times \frac{5 \mu\text{A}}{2} = 3.125 \times 10^{-9} \text{ W}$$

$$\text{放大电路的输出功率为 } P_o = \frac{v_{om} i_{om}}{2} = \frac{1 \text{ V}}{2} \times \frac{0.5 \text{ mA}}{2} = 6.25 \times 10^{-5} \text{ W}$$

$$\text{功率增益为 } A_P = \frac{P_o}{P_i} = \frac{6.25 \times 10^{-5} \text{ W}}{3.125 \times 10^{-9} \text{ W}} = 20000$$

$$|A_v|(\text{dB}) = 20\lg|A_v| = 20\lg 200 \approx 46 \text{ dB}$$

$$|A_i|(\text{dB}) = 20\lg|A_i| = 20\lg 100 \approx 40 \text{ dB}$$

$$|A_P|(\text{dB}) = 10\lg|A_P| = 10\lg 20000 \approx 43 \text{ dB}$$

1.4.2 根据题意有 $v_o = v'_o \times (1 - 20\%) = 0.8v'_o$ 。

又由于 $v_o = \frac{R_L v'_o}{R_o + R_L}$, 则 $\frac{R_L}{R_o + R_L} = 0.8$, $R_o = 0.25R_L = 0.25 \times 1 \text{ k}\Omega = 0.25 \text{ k}\Omega$

1.4.3 由题意知 $\frac{v_o}{v'_o} = \frac{1 \text{ V}}{1.1 \text{ V}} = \frac{10}{11}$, 则

$$\frac{R_L}{R_o + R_L} = \frac{10}{11}, R_o = \frac{R_L}{10} = \frac{1 \text{ k}\Omega}{10} = 100 \Omega = 0.1 \text{ k}\Omega$$

- 1.4.4 根据题意可知 $i_i = 1 \mu\text{A}$, $v_i = i_i R_i = 1 \mu\text{A} \times 10 \text{ k}\Omega = 0.01 \text{ V}$, $v'_o = 10 \text{ V}$, $R_o = \frac{v'_o}{i'_o} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 1 \text{ k}\Omega$ (i_o 即为放大电路短路输出电流)

当放大电路接 $4 \text{ k}\Omega$ 负载电阻时

$$v_o = \frac{R_L v'_o}{R_o + R_L} = \frac{4 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega + 4 \text{ k}\Omega} = 8 \text{ V}, i_o = \frac{v_o}{R_L} = \frac{8 \text{ V}}{4 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ mA}$$

$$\text{电压增益 } A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{8 \text{ V}}{0.01 \text{ V}} = 800$$

$$\text{电流增益 } A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{2 \text{ mA}}{1 \mu\text{A}} = 2000$$

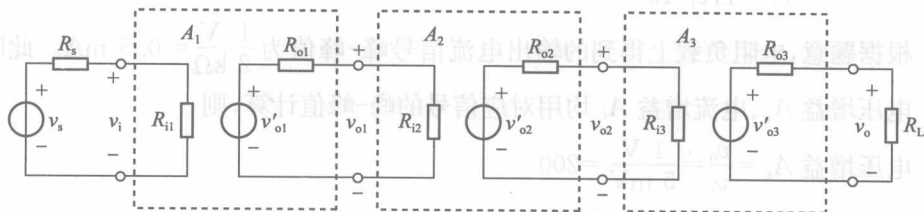
$$\text{功率增益为 } A_P = \frac{P_o}{P_i} = \frac{8 \times 2 \text{ mA}}{0.01 \text{ V} \times 1 \mu\text{A}} = 1600000 = 1.6 \times 10^6$$

$$|A_v| \text{ (dB)} = 20 \lg |A_v| = 20 \lg 800 \approx 58 \text{ (dB)}$$

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

$$|A_P| \text{ (dB)} = 10 \lg |A_P| = 10 \lg 1.6 \times 10^6 \approx 62 \text{ (dB)}$$

- 1.4.5 要使放大器能在 100Ω 负载电阻上提供至少 0.5 W 功率, 该放大器的输入级应为高输入电阻型放大器; 中间放大级应为高增益型放大电路; 而输出级应采用低输出电阻型放大电路。整个放大电路的方框图如题解图 1.5.5 所示, 该电路为三级放大电路。



题解图 1.4.5

图中 A_1 为高输入电阻型放大器: $R_{i1} = 1 \text{ M}\Omega$, $A_{v01} = \frac{v'_{01}}{v_i} = 10$, $R_{o1} = 10 \text{ k}\Omega$

A_2 为高增益型放大器: $R_{i2} = 10 \text{ k}\Omega$, $A_{v02} = \frac{v'_{02}}{v_{01}} = 100$, $R_{o2} = 1 \text{ k}\Omega$

A_3 为低输出电阻型放大器: $R_{i3} = 10 \text{ k}\Omega$, $A_{v03} = \frac{v'_{03}}{v_{02}} = 1$, $R_{o3} = 20 \Omega$

则整个放大电路总的电压增益为

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{v_o}{v_s} \times \frac{v'_{03}}{v_{02}} \times \frac{v_{02}}{v'_{02}} \times \frac{v'_{02}}{v_{01}} \times \frac{v_{01}}{v'_{01}} \times \frac{v'_{01}}{v_i} \times \frac{v_i}{v_s} \\ &= \frac{R_L}{R_{o3} + R_L} \times A_{v03} \times \frac{R_{i3}}{R_{o2} + R_{i3}} \times A_{v02} \times \frac{R_{i2}}{R_{o1} + R_{i2}} \times A_{v01} \times \frac{R_{i1}}{R_s + R_{i1}} \\ &= \frac{100 \Omega}{20 \Omega + 100 \Omega} \times 1 \times \frac{10 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} \times 100 \times \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} \times 10 \times \frac{1 \text{ M}\Omega}{0.5 \text{ M}\Omega + 1 \text{ M}\Omega} \\ &\approx 252.5 \end{aligned}$$

所以 $v_o = 252.5 \times 0.03 = 7.575 \text{ V}$

$$P_o = \frac{v_o^2}{R_L} = \frac{7.575^2}{100} \approx 0.574 \text{ W} > 0.5 \text{ W}$$

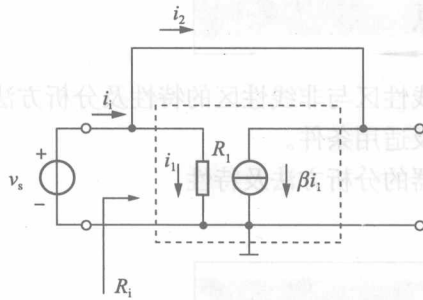
所以可满足题目要求。

1.4.6 由于放大电路的输出端的开放, 故 $i_2 = \beta i_1$

根据基尔霍夫电流定律有 $i_i = i_1 + i_2 = i_1 + \beta i_1 = (1 + \beta) i_1$

而根据电路知 $v_s = v_i = i_1 R_1$

则放大电路的输入电阻为 $R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{i_1 R_1}{(1 + \beta) i_1} = \frac{R_1}{1 + \beta}$



题解图 1.4.6

1.4.7 放大电路的高频截止频率点上的电压增益为 A_{vh} , 该电路在中频区的电压增益为 A_{vm} , 据题意有 $|A_{vm}|(\text{dB}) - |A_{vh}|(\text{dB}) = 20 \lg |A_{vm}| - 20 \lg |A_{vh}| = 3(\text{dB})$, 则

$$20 \lg \frac{|A_{vm}|}{|A_{vh}|} = 3, \quad \frac{|A_{vm}|}{|A_{vh}|} = 10^{\frac{3}{20}} \approx 1.41 \approx \sqrt{2}$$

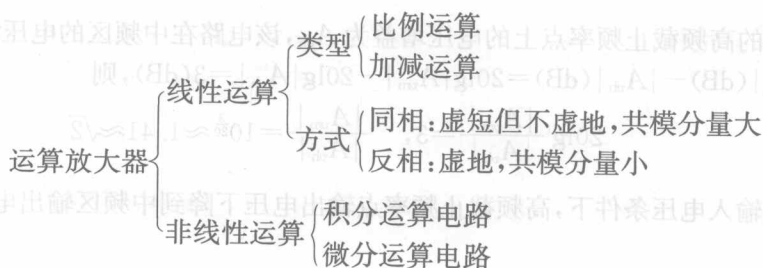
故在相同输入电压条件下, 高频截止频率点输出电压下降到中频区输出电压的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 。

第二章 运算放大器

一、本章重点难点

1. 理想运算放大器的线性区与非线性区的特性及分析方法。
2. 虚短与虚断的概念及适用条件。
3. 各类基本运算放大器的分析方法及特性。

二、知识结构图



三、本章知识点总结

1. 集成运算放大器

(1) 集成运算放大器是具有高开环放大倍数并带有深度负反馈的多级直接耦合放大电路。集成运算放大器的电路常可分为输入级、中间级、输出级、偏置电路四个基本组成部分。

(2) 集成运算放大器既可以工作在线性区,也可以工作在非线性区(饱和区)。由于开环电压放大倍数非常高,必须引入深度负反馈才能使运算放大器工作在线性区。即运算放大器必须是闭环的。

(3) 理想运算放大器及其分析依据

理想化的条件:① 开环电压放大倍数 $A_{\infty} \rightarrow \infty$;② 输入电阻 $r_i \rightarrow \infty$;③ 输出电阻 $r_o \rightarrow 0$;④ 共模抑制比 $K_{CMRR} \rightarrow \infty$ 。

工作在线性区时理想运算放大器的两个基本特征:

- ① 虚短 两个输入端之间的电压等于零, $v_+ \approx v_-$ 。
- ② 虚断 两个输入端的输入电流等于零, $i(-) = i(+)=0$ 。

2. 基本运放电路

运放电路功能	电路图	传输关系	说明
反相比例运算电路		$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_f}{R_1}$	① 反相端输入 ② 若 $R_f = R_1$, 则 $v_o = -v_i$ (反相器)
同相比例运算电路		$\frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$	同相端输入
电压跟随器		$\frac{v_o}{v_i} = 1$	① 同上 ② $R_f = 0$
反相加法运算电路		$v_o = -\frac{R_f}{R_1}(v_{i1} + v_{i2})$ ($R_{11} = R_{12} = R_1$)	① 反相多端输入 ② 若 $R_f = R_1$ 则 $v_o = -(v_{i1} + v_{i2})$
差分减法运算电路		$v_o = \frac{R_f}{R_1}(v_{i2} - v_{i1})$ ($R_1 = R_2, R_f = R_3$)	① 差分输入 ② 若 $R_1 = R_2 = R_3 = R_f$ 则 $v_o = v_{i2} - v_{i1}$
积分运算电路		$v_o = -\frac{1}{R_1 C_1} \int v_i dt$	反相端输入
微分运算电路		$v_o = -R_f C_1 \frac{dv_i}{dt}$	反相端输入

四、答疑解惑

1. 何时可以使用虚断、虚短、虚地的概念?

【点拨】 当运算电路中引入负反馈时,可以使用虚短、虚断的概念。当运算电路中引入正反馈或未引入任何反馈时,可以使用虚断的概念。

只有当信号从集成运放的反向输入端输入,且同相输入端与地之间的电压为零,又由于此时虚短的概念成立,所以虚地的概念才适用,此时反相输入端的电压为零,与接地的效果相同,但实际又没有接地,因而称为虚地。

2. 线性运算器与运算器线性区有对应关系吗?

【点拨】 要解释这个问题,首先要明确什么是线性运算器,输入输出关系为线性的运算器为线性运算器,如加法器、减法器,相应的,输入输出关系为非线性的运算器为非线性运算器,如微分器、积分器等。运算器线性区是指构成运算器的运算放大器的线性工作区。明白了这两个概念的区别后,显而易见,两者并无对应关系,正确的理解应为无论是线性运算器还是非线性运算器,其中的运算放大器都工作在线性区,切勿产生这样的错觉:非线性运算器的运放工作在线性区。

3. 复杂的包含电容的运算电路怎样求输入输出关系式?

【点拨】 无论多么复杂的微分积分运算电路,其中的运算放大器都满足虚短虚断的概念,而电容若看作电阻元件,则与加减运算电路毫无区别,运算关系就好求多了。这就使我们自然地想起了拉普拉斯变换,将电容看作 $\frac{1}{C_s}$, 求出传递函数后再进行反变换即可。

4. 信号同相输入和反相输入有什么区别?

【点拨】 当信号同相输入时,输入和输出符号相同,如图 2.1(a)所示;当信号反相输入时,输入和输出符号相反,如图 2.1(b)所示。

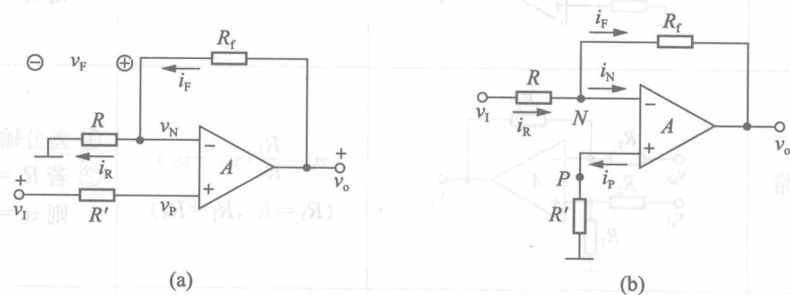


图 2.1

但我们可以看到,当采用同相输入时,运放输入输出的电位都为输入电压,有共模信号;当采用反相输入时,运放输入输出的电位都为零,共模信号最小。就这一点上看,反相输入优于同相输入。

五、经典例题精讲

例 2.1 电路如图例 2.1 所示,其中运放为理想的, $V_1 = 1\text{ V}$, 求输出电压 $v_o = ?$

解 首先,反馈支路加在反相输入端,所以引入了负反馈,可以用虚短、虚断的概念。