



21 世纪高等院校经典教材同步辅导
ERSHIYISHIJIG AODENGYUANXIAOJINGDIANJIAOCAITONGBUFUDAO

电子技术基础

模拟部分（第五版）

全程导学及习题全解

主编 孙 琦
审核 郑德智

- 
- ◆ 知识归纳 梳理主线重点难点
 - ◆ 习题详解 精确解答教材习题
 - ◆ 提高练习 巩固知识迈向更高



中国时代经济出版社
China Modern Economic Publishing House



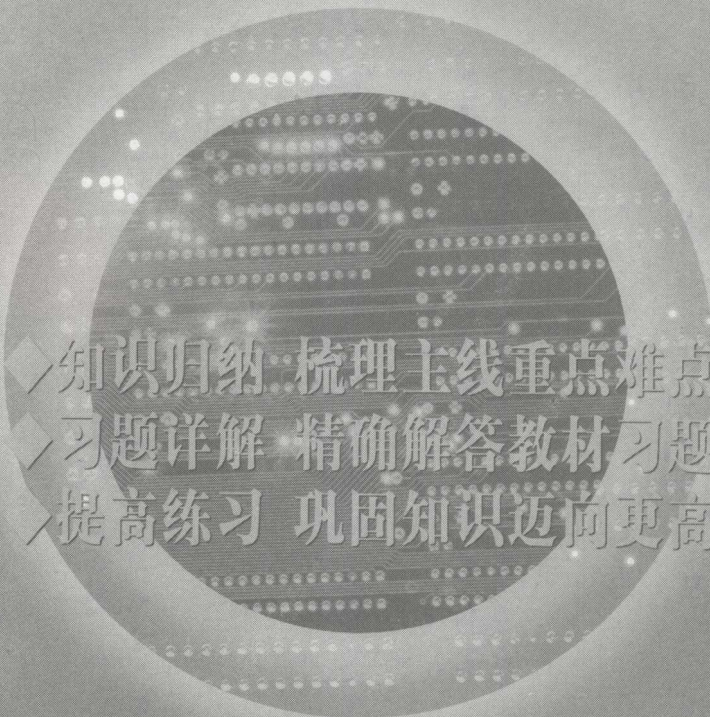
21 世纪高等院校经典教材同步辅导
ERSHIYISHIJIGAODENGYUANXIAOJINGDIANJIAOCAITONGBUFUDAO

电子技术基础

模拟部分（第五版）

全程导学及习题全解

主编 孙 琦
审核 郑德智



知识归纳 梳理主线重点难点
习题详解 精确解答教材习题
提高练习 巩固知识迈向更高

中国时代经济出版社
China Modern Economic Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础 模拟部分全程导学及习题全解 / 孙琦主编. —北京: 中国时代经济出版社, 2007.1

(21 世纪高等院校经典教材同步辅导)

ISBN 7-80221-118-2

I. 电… II. 孙… 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 (2006) 第 055926 号

电子技术基础
模拟部分

全程导学及习题全解

孙琦
主编

出版者	中国时代经济出版社
地 址	北京市东城区东四十条24号 青蓝大厦东办公区11层
邮政编码	100007
电 话	(010) 68320825 (发行部) (010) 88361317 (邮购)
传 真	(010) 68320634
发 行	各地新华书店
印 刷	北京市白帆印务有限公司
开 本	787×1092 1/16
版 次	2007年1月第1版
印 次	2007年1月第1次印刷
印 张	18.375
字 数	300千字
印 数	1~5000册
定 价	21.00元
书 号	ISBN 7-80221-118-2/G·066

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书是根据高等教育出版社出版的、华中科技大学电子技术课程组编写的、康华光主编的《电子技术基础 模拟部分》(第五版)教材所编写的全程导学及课后习题详解,全书共十章,与教材相对应,每章分为三部分,分别为知识要点归纳与总结、典型例题讲解和教材习题全解。本书可以作为在校大学生和自考生学习《电子技术基础 模拟部分》课程的教学辅导材料和复习参考用书,及工科考研强化复习的指导书,也可以作为《电子技术基础 模拟部分》课程函授和成人教育的配套教材及教师的教学参考书。

前 言

《电子技术基础 模拟部分》是一门理论性强、结构严谨、内容广泛的高校工科电类专业的基础课程,它不仅与后续课程有着紧密联系,而且在培养学生的创新能力,提高学生的科研素质方面都有着重要作用。为了学好这门课程,首先要对基本概念和基本理论有较好的把握,这不仅需要较强的逻辑推理能力,深入地思考反复领会,更需要做大量的习题,以巩固所学的知识。在解题过程中,一方面提高解题技巧;另一方面,是深化对基本概念和基础理论的理解。所以,解题过程就是进一步领悟和深入理解的过程。因此,做大量的习题是学好该门课程的关键之一。

本书每章由知识要点归纳与总结、典型例题讲解和教材习题全解组成。第一部分知识要点归纳与总结,概要地列出每章的基本知识点、重要概念、常用的公式,让读者能在较短时间内对整个章节有大致地了解;第二部分是典型例题讲解,这些例题强调了基本概念,具有很强的代表性,其目的是给读者提供解题的思路和常用的解题方法,具有一定的启示作用,帮助读者提高对基本概念和基本理论的认识,这也是该门课程对学生的基本要求;第三部分是《电子技术基础 模拟部分》(第五版)教材的习题全解。

本书由孙琦同志编写,郑德智老师审核。本书编写过程中得到崔建宗、苗明川、侯钢、吴星明等同志的大力协助,并得到中国时代经济出版社的领导和有关编辑的大力支持,在此特表示衷心的感谢!并对《电子技术基础 模拟部分》(第五版)教材的作者康华光、陈大钦、张林等老师表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书难免有缺点和疏漏,存在一些不妥之处,敬请各位专家及广大读者批评指正。

编 者

2007年1月

目 录

第一章 绪 论	(1)
本章知识要点归纳与总结	(1)
典型例题讲解	(2)
习题全解	(4)
第二章 运算放大器	(12)
本章知识要点归纳与总结	(12)
典型例题讲解	(14)
习题全解	(17)
第三章 二极管及其基本电路	(39)
本章知识要点归纳与总结	(39)
典型例题讲解	(40)
习题全解	(41)
第四章 双极结型三极管及放大电路基础	(55)
本章知识要点归纳与总结	(55)
典型例题讲解	(56)
习题全解	(59)
第五章 场效应管放大电路	(108)
本章知识要点归纳与总结	(108)
典型例题讲解	(109)
习题全解	(112)
第六章 模拟集成电路	(137)
本章知识要点归纳与总结	(137)
典型例题讲解	(138)
习题全解	(140)
第七章 反馈放大电路	(177)
本章知识要点归纳与总结	(177)

典型例题讲解	(179)
习题全解	(180)
第八章 功率放大电路	(204)
本章知识要点归纳与总结	(204)
典型例题讲解	(205)
习题全解	(208)
第九章 信号处理与信号产生电路	(221)
本章知识要点归纳与总结	(221)
典型例题讲解	(222)
习题全解	(227)
第十章 直流稳压电源	(266)
本章知识要点归纳与总结	(266)
典型例题讲解	(267)
习题全解	(270)

第一章 绪 论

本章知识要点归纳与总结

1. 信号

非电物理量信号

电信号(模拟信号,数字信号)

各种自然界物理量经传感器转换为电信号

2. 信号的频谱

任意满足狄利克雷条件的周期函数都可展开成付里叶级数(含有直流分量、基波、高次谐波),从这种周期函数中可以取出所需要的频率信号,过滤掉不需要的频率信号,也可以过滤掉某些频率信号,保留其它频率信号.

幅度频谱:各频率分量的振幅随频率变化的分布

相位频谱:各频率分量的相位随频率变化的分布

3. 放大电路模型(4种)

电压放大 $v_o = A_v v_i$

电流放大 $i_o = A_i i_i$

互阻放大 $v_o = A_r i_i$

互导放大 $i_o = A_g v_i$

4. 放大电路的主要性能指标

输入电阻

输出电阻

电压增益 $A_v = \frac{v_o}{v_i}$

频率响应 $\dot{A}_V(j\omega) = \frac{\dot{V}_o(j\omega)}{\dot{V}_i(j\omega)}$

幅频响应 $|\dot{A}_V(j\omega)| = \left| \frac{\dot{V}_o(j\omega)}{\dot{V}_i(j\omega)} \right|$

用对数表示的幅频响应 $20\lg|\dot{A}_V(j\omega)| = 20\lg\left|\frac{\dot{V}_o(j\omega)}{\dot{V}_i(j\omega)}\right|$

带宽 $BW = f_H - f_L$

上限频率 f_H : 随着频率升高, 当放大倍数下降到中频带放大倍数的 0.707 倍时对应的频率.

下限频率 f_L : 随着频率降低, 当放大倍数下降到中频带放大倍数的 0.707 倍时对应的频率.

频率失真: 由放大电路内部结构造成的对不同频率的输入信号的放大倍数不同.

线性失真: 由于线性电抗元件所引起的失真.

幅度失真: 输入信号由基波和二次谐波组成, 受放大电路带宽的限制, 基波增益较大, 二次谐波增益较小, 由此输出电压波形产生的失真.

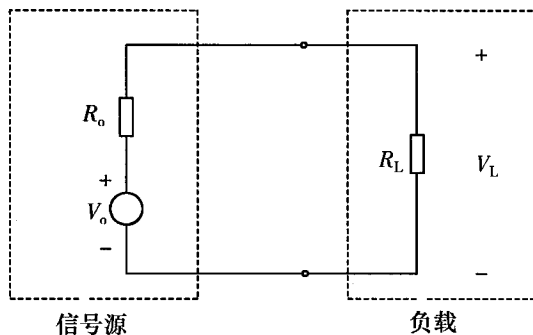
相位失真: 放大电路对不同频率的信号产生的相移不同时产生的失真.

幅度失真和相位失真总称为频率失真, 它们都是由于线性电抗元件所引起的, 故又称为线性失真.

非线性失真: 由放大电路放大倍数的非线性造成的输出波形与输入波形形状不同.

典型例题讲解

例 1.1 设信号源与负载组成的电路如例 1.1 图所示, 图中 $V_o = 1\text{ V}$, $R_o = 10\ \Omega$. 求负载 R_L 分别为 $1\ \Omega$ 和 $100\ \Omega$ 时, 负载 R_L 从信号源获得的电压各是多少?



例 1.1 图

解 由分压公式, 负载两端获得的电压为

$$V_L = \frac{R_L}{R_o + R_L} V_o$$

当 $R_L = 1\ \Omega$ 时,

$$V_L = \frac{1}{10+1} \times 1 \approx \frac{1}{10} \times 1 = 0.1 \text{ V}$$

当 $R_L = 100 \Omega$ 时,

$$V_L = \frac{100}{10+100} \times 1 \approx \frac{100}{100} \times 1 = 1 \text{ V}$$

解本题时应掌握几个模拟电路的重要概念:

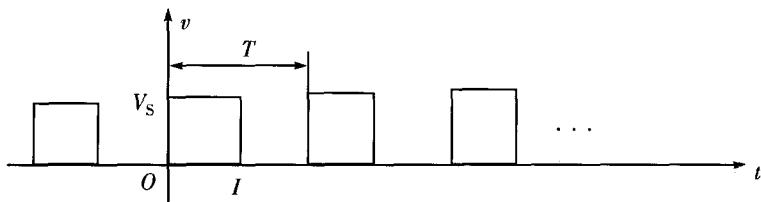
1. 根据戴维南定理,任何输出信号的仪器或设备(即信号源)从其输出端看进去都可以等效为一个电压源和一个输出电阻的串联。

2. 任何接收信号的设备(即负载)从其输入端看进去都可等效为一个输入电阻。

3. 信号源(电压源与输出电阻串联)与负载连接时,信号源的输出电阻和负载的输入电阻比值关系到负载能从信号源得到多大的输入电压。对本例,信号源输出电压为 1 V ,当负载为 1Ω 时,负载仅能从信号源得到 0.1 V ;当负载为 100Ω 时,则基本上可将信号源输出电压 V_s 全部取出。

4. 模拟电路广泛采用近似计算。一般地,若 A 和 B 两个数相差十倍左右或十倍以上时,例如: $A \geq 10B$, 则 $A \pm B \approx A$, B 被忽略掉。初学者对此方法很不适应,但这样做会给运算带来很大方便,而带来的误差也不大。

例 1.2 设方波信号如例 1.2 图所示,求该方波的频谱。



例 1.2 图

解 例 1.2 图的数学表达式为

$$v(t) = \begin{cases} V_s & \text{当 } nT \leq t < (n+1)T \\ 0 & \text{当 } (n+1)T \leq t < (n+2)T \end{cases}$$

由高等数学富里埃级数知识,该函数(周期函数)可展成富里埃级数,即

$$v(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)]$$

$$\text{式中 } a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} v(t) d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_s d\omega t = \frac{V_s}{\pi} (\omega t) \Big|_0^{\pi} = V_s$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} v(t) \cos(n\omega t) d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_s \cos(n\omega t) d\omega t = \frac{V_s}{\pi n} \sin(n\omega t) \Big|_0^{\pi} = 0$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} v(t) \sin(n\omega t) d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_s \sin(n\omega t) d\omega t = \frac{-V_s}{\pi n} \cos(n\omega t) \Big|_0^{\pi} = \frac{2V_s}{\pi n}$$

所以, $v(t)$ 用富里埃级数可表示为

$$\begin{aligned}
 v(t) &= \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega t) = \frac{V_s}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2V_s}{\pi n} \sin(n\omega t) \\
 &= \frac{V_s}{2} + \frac{2V_s}{\pi} \sin\omega t + \frac{2V_s}{2\pi} \sin 2\omega t + \frac{2V_s}{3\pi} \sin 3\omega t + \cdots \\
 &= \frac{V_s}{2} + \frac{2V_s}{\pi} \left(\sin\omega t + \frac{1}{2} \sin 2\omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \cdots \right)
 \end{aligned}$$

称 $\frac{V_s}{2}$ 为 $v(t)$ 中的直流分量, $\frac{2V_s}{\pi} \sin\omega t$ 为 $v(t)$ 中的基波, $\frac{V_s}{\pi} \sin 2\omega t$ 、 $\frac{2V_s}{3\pi} \sin 3\omega t$ 依次为 $v(t)$ 的二次、三次谐波。

由本题可知,任何周期函数都可展开为由直流分量和不同频率的正弦(或余弦)信号,或者说任何周期信号都含有直流分量和不同频率的正弦交流分量,这在考虑模拟电路的频率特性时具有重要意义,可采用或设计电路从一个周期信号取出某个频段的信号,而将其它不需要的频率成份过滤掉,也可采用或设计电路从一个周期信号中有针对性地过滤掉某个频段的信号,而保留其它频段的信号。

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 1 000 rad/s.

解 (1) 正弦电压的一般表达式为

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

由已知 $\theta = 0$, $\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 10 \times 10^3 = 62800$, $V_m = 5$.

故 $v(t) = 5 \sin(62800t)$ V

(2) 正弦波的最大值 $= \sqrt{2}$ 倍有效值

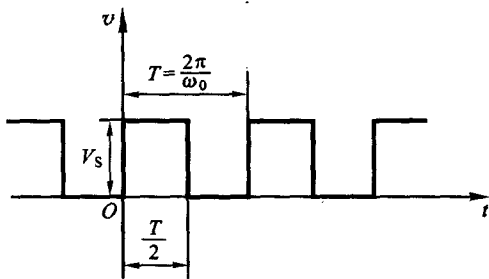
故 $v(t) = \sqrt{2} \times 220 \sin(2 \times 3.14 \times 50t) = 311 \sin(314t)$ V

(3) 正弦电压最大值 $= \frac{1}{2}$ 峰—峰值

故 $v(t) = \frac{1}{2} \times 100 \sin(2 \times 3.14 \times \frac{1}{1 \times 10^{-3}}t) = 50 \sin(6280t)$ mV

(4) $v(t) = \frac{1}{2} \times 0.25 \sin(1000t) = 0.125 \sin(1000t)$ V

1.2.2 图题 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 方波的时域表示

解 该电压加在电阻 R 两端时, 电阻 R 在一个周期内消耗的平均功率为

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v^2(t)}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} \frac{v^2(t)}{R} dt + \frac{1}{T} \int_{T/2}^T \frac{v^2(t)}{R} dt \\ &= \frac{1}{T} \int_0^{T/2} \frac{V_s^2}{R} dt + \frac{1}{T} \int_{T/2}^T \frac{0^2}{R} dt = \frac{1}{T} \cdot \frac{V_s^2}{R} \cdot \frac{T}{2} \\ &= \frac{V_s^2}{2R} \end{aligned}$$

该方波电压的直流分量为 $\frac{V_s}{2}$, 其消耗在电阻 R 上的功率为

$$P_0 = \frac{1}{R} \left(\frac{V_s}{2} \right)^2 = \frac{V_s^2}{4R}$$

该方波的基波分量为 $\frac{2V_s}{\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$, 其消耗在电阻 R 上的功率为

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{R} \left(\frac{2V_s}{\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \right)^2 dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{4V_s^2}{\pi^2 R} \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t\right) dt \\ &= \frac{4V_s^2}{\pi^2 R T} \int_0^T \frac{1 - \cos\left(\frac{4\pi}{T}t\right)}{2} dt \\ &= \frac{2V_s^2}{\pi^2 R T} \int_0^T dt - \frac{2V_s^2}{\pi^2 R T} \int_0^T \cos\left(\frac{4\pi}{T}t\right) dt \\ &= \frac{2V_s^2}{\pi^2 R T} \cdot T = \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} \end{aligned}$$

该方波的三次谐波分量为 $\frac{1}{3} \cdot \frac{2V_s}{\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$, 其消耗在电阻 R 上的功率为

$$\begin{aligned} P_3 &= \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{R} \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{2V_s}{\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \right)^2 dt \\ &= \frac{1}{9} \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{R} \left(\frac{2V_s}{\pi} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \right)^2 dt \right] \\ &= \frac{1}{9} P_1 = \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R} \end{aligned}$$

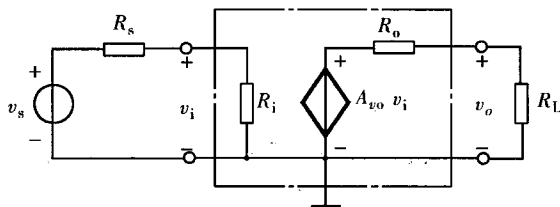
P_0 、 P_1 、 P_3 之和占 P 的百分比为

$$\frac{P_0 + P_1 + P_3}{P} \times 100\% = \frac{\frac{V_s^2}{4R} + \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} + \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R}}{\frac{V_s^2}{2R}} \times 100\% = 95\%$$

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 $A_{vs} = v_o/v_s$:



图题 1.4.1

- (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) $R_i = 10R_s, R_L = R_o/10$.

解 电压放大电路模型为

由图题 1.4.1

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

- (1) $R_i = 10R_s, R_L = 10R_o$ 及 $A_{vo} = 10$ 时,

$$A_{vs} = \frac{10 \times 10R_s \times 10R_o}{(10R_s + R_s)(R_o + 10R_o)} = \frac{10^3}{11^2} = 8.26$$

- (2) $R_i = R_s, R_L = R_o$ 及 $A_{vo} = 10$ 时,

$$A_{vs} = \frac{10 \times R_s \times R_o}{(R_s + R_s)(R_o + R_o)} = \frac{10}{4} = 2.5$$

- (3) $R_i = \frac{R_s}{10}, R_L = \frac{R_o}{10}$ 及 $A_{vo} = 10$ 时,

$$A_{vs} = \frac{10 \times \frac{R_s}{10} \times \frac{R_o}{10}}{\left(R_s + \frac{R_s}{10}\right)\left(R_o + \frac{R_o}{10}\right)} = \frac{10}{11^2} = 0.0826$$

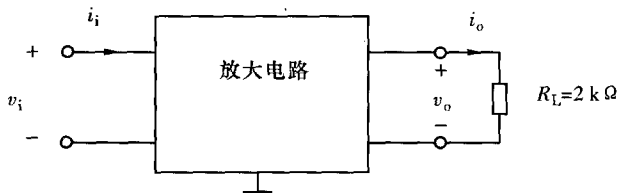
- (4) $R_i = 10R_s, R_L = \frac{R_o}{10}$ 及 $A_{vo} = 10$ 时,

$$A_{vs} = \frac{10 \times 10R_s \times \frac{R_o}{10}}{(10R_s + R_s)\left(R_o + \frac{R_o}{10}\right)} = \frac{10^2}{11^2} = 0.826$$

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电流和电压的峰—峰值分别为 $5 \mu A$ 和 $5 mV$, 输出端接 $2 k\Omega$ 电阻负载, 测量到正弦电压信号峰—峰值为 $1 V$. 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 dB 数表示.

解 放大电路如解 1.5.1 图所示.



解 1.5.1 图

由已知 $v_i = 5 \text{ mV}$, $i_i = 5 \text{ } \mu\text{A}$, $v_o = 1 \text{ V}$, 可得

电路的电压增益为

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{1}{5 \times 10^{-3}} = 200$$

用分贝表示为

$$\text{电压增益} = 20 \lg A_v = 20 \lg 200 \text{ dB}$$

电路的电流增益为

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{\frac{v_o}{R_L}}{i_i} = \frac{1}{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^3} = 100$$

用分贝表示为

$$\text{电流增益} = 20 \lg A_i = 20 \lg 100 = 40 \text{ dB}$$

电路的功率增益为

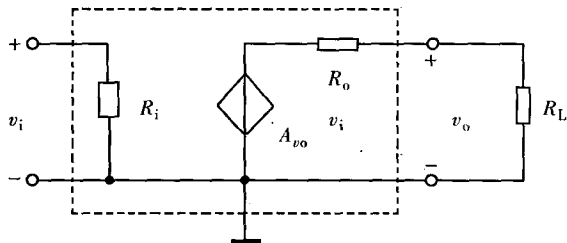
$$A_p = \frac{v_o i_o}{v_i i_i} = \frac{v_o \cdot \frac{v_o}{R_L}}{v_i i_i} = \frac{1 \times \frac{1}{2 \times 10^3}}{5 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-6}} = 20000$$

用分贝表示为

$$\text{功率增益} = 20 \lg A_p = 10 \lg 20000 \text{ dB}$$

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 .

解 电压放大电路如解 1.5.2 图所示.



解 1.5.2 图

有负载电阻 R_L 时电路的电压放大倍数为

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_{vo} v_i \frac{R_L}{R_o + R_L}}{v_i} = \frac{A_{vo} R_L}{R_o + R_L}$$

当输出端开路, 即 $R_L = \infty$ 时,

$$A_v = A_{vo} \frac{\infty}{R_o + \infty} = A_{vo}$$

由已知有

$$\frac{A_{vo} R_L}{R_o + R_L} = 80\% A_{vo}$$

$$\text{可解得 } R_o = \frac{1}{4} R_L = \frac{1}{4} \times 1 \text{ k}\Omega = 250 \Omega$$

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 V , 负载电阻断开时, 输出电压上升到 1.1 V , 求该放大电路的输出电阻 R_o .

解 由解 1.5.2 图

$$v_o = A_{vo} v_i \frac{R_L}{R_o + R_L}$$

当 $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ 时, $v_o = 1 \text{ V}$, 代入上式得

$$A_{vo} v_i = \frac{1}{R_o + 1} = 1 \quad (1)$$

及当负载断开 $R_L = \infty$ 时, $v_o = 1.1 \text{ V}$

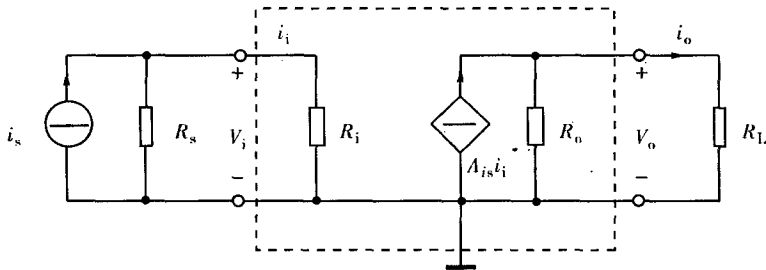
$$A_{vo} v_i \frac{\infty}{R_o + \infty} = A_{vo} v_i = 1.1 \quad (2)$$

①式除以②式可得

$$R_o = 0.1 \text{ k}\Omega = 100 \Omega$$

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 ∞)驱动, 放大电路输出短路电流为 10 mA , 开路输出电压为 10 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 , 并分别换算成 dB 数表示.

解 电流放大电路如解 1.5.4 图所示.



解 1.5.4 图

当电流源内阻 R_s 为 ∞ 时, $i_i = i_s$, 有

$$v_i = i_s R_i = 1 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^3 = 0.01 \text{ V}$$

由输出回路, 若输出端短路, 即 $R_L = 0$ 时, 由已知有

$$i_o = A_{is} i_i = 10 \text{ mA} \quad (1)$$

输出端开路 ($R_L = \infty$ 时) 电压由已知为

$$v_o = A_{is} i_i R_o = 10 \text{ V} \quad (2)$$

②式除以①式可得 $R_o = \frac{10}{10 \times 10^{-3}} = 1 \text{ k}\Omega$

当 $R_L = 4 \text{ k}\Omega$ 时, 由分流公式得

$$i_o = \frac{R_o}{R_o + R_L} A_{is} i_i = \frac{1}{1+4} \times 10 = 2 \text{ mA}$$

负载 $R_L = 4 \text{ k}\Omega$ 时电路的电压增益为

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{i_o R_L}{i_s R_i} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^3}{1 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^3} = 800$$

用分贝表示为

$$\text{电压增益} = 20 \lg A_v = 20 \lg 800 \text{ dB}$$

电路的电流增益为

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_o}{i_s} = \frac{2 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}} = 2000$$

用分贝表示为

$$\text{电流增益} = 20 \lg 2000 \text{ dB}$$

电路的功率增益为

$$A_p = \frac{v_o i_o}{v_i i_i} = \frac{i_o^2 R_L}{i_s^2 R_i} = \frac{(2 \times 10^{-3})^2 \times 4 \times 10^3}{(1 \times 10^{-6})^2 \times 10 \times 10^3} = 1.6 \times 10^6$$

用分贝表示为

$$\text{功率增益} = 20 \lg A_p = 20 \lg (1.6 \times 10^6) \text{ dB}$$

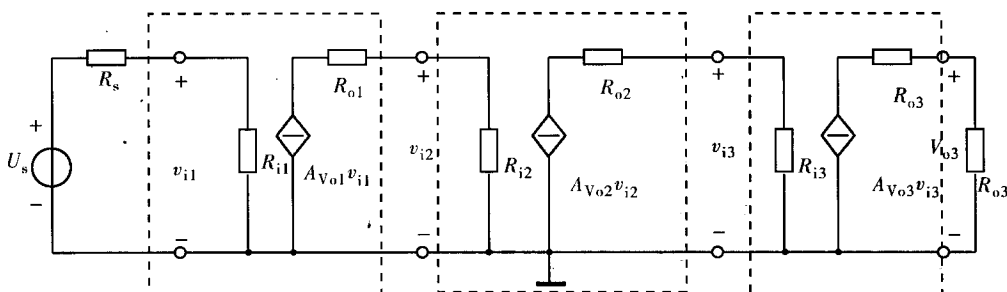
1.5.5 有以下三种放大电路备用: (1) 高输入电阻型: $R_{i1} = 1 \text{ M}\Omega$, $A_{v_{o1}} = 10$, $R_{o1} = 10 \text{ k}\Omega$; (2) 高增益型: $R_{i2} = 10 \text{ k}\Omega$, $A_{v_{o2}} = 100$, $R_{o2} = 1 \text{ k}\Omega$; (3) 低输出电阻型: $R_{i3} = 10 \text{ k}\Omega$, $A_{v_{o3}} = 1$, $R_{o3} = 20 \Omega$. 用这三种放大电路组合, 设计一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

解 将三个给定放大电路按 (1)、(2)、(3) 顺序组合, 组合时的原则为第一级放大电路应具有尽可能大的输入电阻 ((1) 的 R_i 为 $1 \text{ M}\Omega$), 这样可尽可能多地从信号源 v_s 取出信号; 中间级的电压放大倍数应尽可能地大 ((2) 的 $A_{v_{o2}}$ 为 100); 最后一级的输出电阻要尽可能小 ((3) 的 R_o 为 20Ω), 这样可向负载提供尽可能大的输出电压.

由解 1.5.5 图

$$v_{i1} = \frac{R_{i1}}{R_s + R_{i1}} v_s = \frac{1}{0.5 + 1} \times 30 = 20 \text{ mV}$$

$$v_{o1} = \frac{R_{L1}}{R_{o1} + R_{L1}} A_{v_{o1}} v_{i1} = \frac{R_{i2}}{R_{o1} + R_{i2}} A_{v_{o1}} v_{i1}$$



解 1.5.5 图

$$= \frac{10}{10+10} \times 10 \times 20 = 100 \text{ mV} = v_{i2}$$

$$v_{o2} = \frac{R_{L2}}{R_{o2} + R_{L2}} A_{vo2} \cdot v_{i2} = \frac{R_{i3}}{R_{o2} + R_{i3}} A_{vo2} \cdot v_{i2}$$

$$= \frac{10}{1+10} \times 100 \times 0.1 = \frac{100}{11} = v_{i3}$$

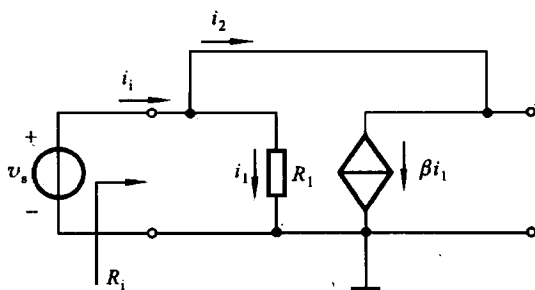
$$v_{o3} = \frac{R_{L3}}{R_{o3} + R_{L3}} A_{vo3} \cdot v_{i3} = \frac{100}{20+100} \times 1 \times \frac{100}{11} = \frac{1000}{11 \times 12}$$

该三级放大电路向 100Ω 负载电阻提供的功率为

$$P_L = \frac{v_{o3}^2}{R_L} = \left(\frac{10^3}{11 \times 12} \right) \frac{1}{100} = 0.57389 \text{ W} > 0.5 \text{ W}$$

故解 1.5.5 图电路满足题意。

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 。



图题 1.5.6 电流放大电路

解 由图题 1.5.6

$$i_i = i_1 + i_2 = i_1 + \beta i_1 = (1 + \beta) i_1$$

输入电阻为

$$R_i = \frac{v_s}{i_i} = \frac{v_s}{(1 + \beta) i_1} = \frac{1}{1 + \beta} \cdot \frac{v_s}{i_1} = \frac{1}{1 + \beta} R_1$$