



高等学校经典教材配套辅导丛书

电子技术基础

模拟部分

辅导及习题精解

华中理工第四版

聂典 肖红军 郑学瑜 刘景夏 编著

- ◆ 习题全解 ◆ 名师执笔 ◆ 精准解答
- ◆ 知识归纳 ◆ 复习思考题解答
- ◆ 经典例题与全真考题详解

陕西师范大学出版社



高等学校经典教材配套辅导丛书

电子技术基础

模拟部分

辅导及习题精解

聂典 肖红军 编著
郑学瑜 刘景夏

陕西师范大学出版社

图书代号:JC4N0127

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础(模拟)辅导及习题精解/聂典,肖红军,郑学瑜,刘景夏编著. —西安:陕西师范大学出版社,2004.7

(高等学校经典教材配套辅导丛书)

ISBN 7—5613—3020—0

I. 电… II. ①聂…②肖…③郑…④刘… III. 模拟电路—电子技术—高等学校—自学参考资料 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 065545 号

责任编辑 史 进
装帧设计 王静婧
出版发行 陕西师范大学出版社
社 址 西安市陕西师大 120 号(邮政编码:710062)
网 址 <http://www.snuph.com>.
经 销 新华书店
印 刷 如皋市印刷有限公司
开 本 787×960 1/16
印 张 17.125
字 数 280 千
印 数 5000 册
版 次 2004 年 10 月第 1 版
印 次 2004 年 10 月第 1 次印刷
定 价 21.00 元

开户行:光大银行西安南郊支行 账号:0303070—00330004695

读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换。

电 话:(029)85307864 85233753 85251046(传真)

E-mail:if-centre@snuph.com

前 言

为了适应当前教育事业改变与发展的趋势,帮助学生能更好地学好电子技术课程,同时也为了满足广大学习电子技术课程的读者的需求,我们特地编写了这本书。

本书是以康华光先生主编的面向 21 世纪课程教材《电子技术基础——模拟部分(第四版)》中的练习与思考题和课后习题为主线而编写的,对电子技术基础的内容进行了概括性的总结,对学习方法和解题方法均作了详细的解答。全书共分 10 章。

本书的每章均由四个部分组成:

1. 知识点归纳:总结本章的主要内容,运用公式、定理及定义。
2. 练习与思考题解答:着重从概念上对所遇到的问题进行阐述。
3. 习题全解:详细阐述习题的解题过程。
4. 经典习题与全真考题详解:综合了近年来各高校的研究生入学考试的相关题目,对所学的知识进行了进一步的探讨,可使学生对已学过的知识更好地巩固与提高。

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

2004 年 7 月

目 录

| | |
|--------------------------------|-------|
| 第一章 绪 论 | (1) |
| 1.1 知识点归纳 | (1) |
| 1.2 复习思考题解答 | (2) |
| 1.3 习题全解 | (4) |
| 第二章 半导体二极管及其基本电路 | (14) |
| 2.1 知识点归纳..... | (14) |
| 2.2 复习思考题解答..... | (15) |
| 2.3 习题全解..... | (17) |
| 2.4 经典习题与全真考题详解..... | (30) |
| 第三章 半导体三极管及放大电路基础 | (32) |
| 3.1 知识点归纳..... | (32) |
| 3.2 复习思考题解答..... | (35) |
| 3.3 习题全解..... | (40) |
| 3.4 经典习题与全真考试详解..... | (65) |
| 第四章 场效应管放大电路 | (71) |
| 4.1 知识点归纳..... | (71) |
| 4.2 复习思考题解答..... | (74) |
| 4.3 习题全解..... | (77) |
| 第五章 功率放大电路 | (91) |
| 5.1 知识点归纳..... | (91) |
| 5.2 复习思考题解答..... | (94) |
| 5.3 习题全解..... | (97) |
| 5.4 经典习题与全真考题详解 | (105) |
| 第六章 集成运算放大器 | (110) |
| 6.1 知识点归纳 | (110) |
| 6.2 复习思考题解答 | (114) |
| 6.3 习题全解 | (117) |
| 6.4 经典习题与全真考题详解 | (133) |
| 第七章 反馈放大电路 | (136) |
| 7.1 知识点归纳 | (136) |
| 7.2 复习思考题解答 | (139) |

| | | |
|------------|-------------------------|--------------|
| 7.3 | 习题全解 | (143) |
| 7.4 | 经典习题与全真考题详解 | (162) |
| 第八章 | 信号的运算与处理电路 | (165) |
| 8.1 | 知识点归纳 | (165) |
| 8.2 | 复习思考题解答 | (168) |
| 8.3 | 习题全解 | (171) |
| 8.4 | 经典习题与全真考题详解 | (209) |
| 第九章 | 信号产生电路 | (214) |
| 9.1 | 知识点归纳 | (214) |
| 9.2 | 练习与思考题解答 | (219) |
| 9.3 | 习题全解 | (221) |
| 9.4 | 经典习题与全真考题详解 | (238) |
| 第十章 | 直流稳压电源 | (245) |
| 10.1 | 知识点归纳 | (245) |
| 10.2 | 练习与思考题解答 | (247) |
| 10.3 | 习题全解 | (252) |
| 10.4 | 经典习题与全真考题详解 | (264) |

第一章 绪论

1.1 知识点归纳

1. 电子系统:是指由若干相互联接、相互作用的基本电路组成的具有特点功能的电路合体。

2. 模拟信号:在时间上和幅值上均是连续的,在一定动态范围内可能取任意值。

3. 模拟电路:处理模拟信号的电子电路。

4. 放大电路:如图 1.1 所示:

根据输入,输出的关系可分为:

① 电压放大电路: $\dot{V}_o = \dot{A}_v \dot{V}_i$

② 电流放大电路: $\dot{I}_o = \dot{A}_I \dot{I}_i$

③ 互阻放大电路: $\dot{V}_o = \dot{A}_R \dot{I}_i$

④ 互导放大电路: $\dot{I}_o = \dot{A}_G \dot{V}_i$

5. 放大电路的主要性能指标:

① 输入电阻: $R_i = \frac{\dot{V}_i}{\dot{I}_i}$

② 输出电阻: $R_o = \frac{\dot{V}_o}{\dot{I}_o}$

③ 电压增益: $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i}$

④ 电流增益: $\dot{A}_I = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i}$

⑤ 功率增益: $\dot{A}_p = \frac{P_o}{P_i}$

⑥ 放大电路带宽: $BW = f_H - f_L$

⑦ 放大电路失真:

线性失真 — 幅度失真和相位失真

非线性失真 — $r = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_{ok}^2}}{V_{o1}} \times 100\%$

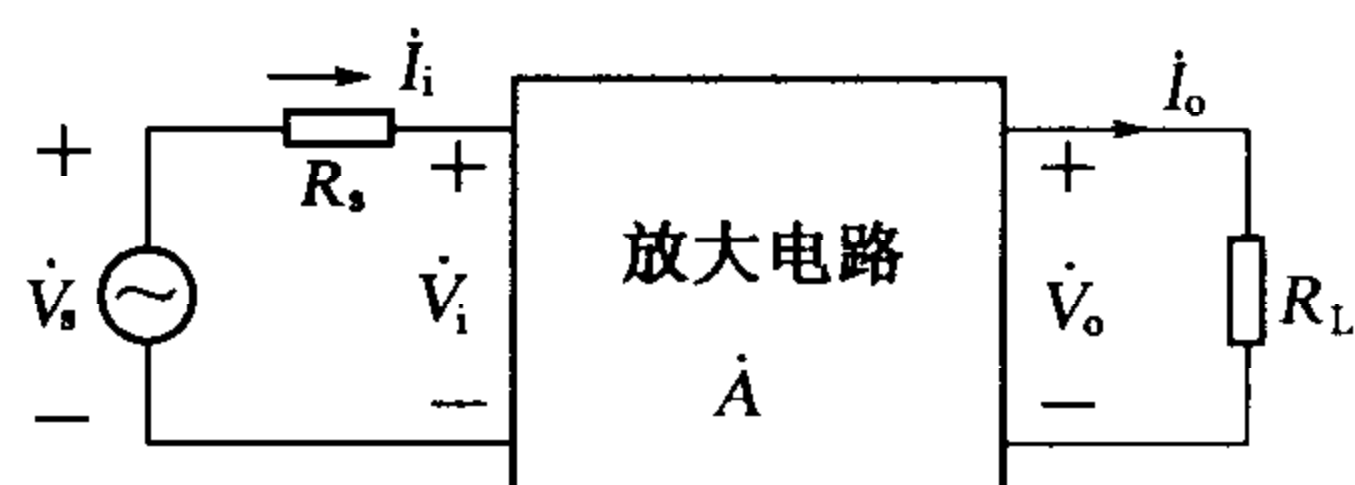


图 1.1

1.2 复习思考题解答

1.1.1 试介绍一种你所了解的电子系统,并画出它的方框图。

[解] 以无线通信系统为例:

发信机:如图 1.2 所示:

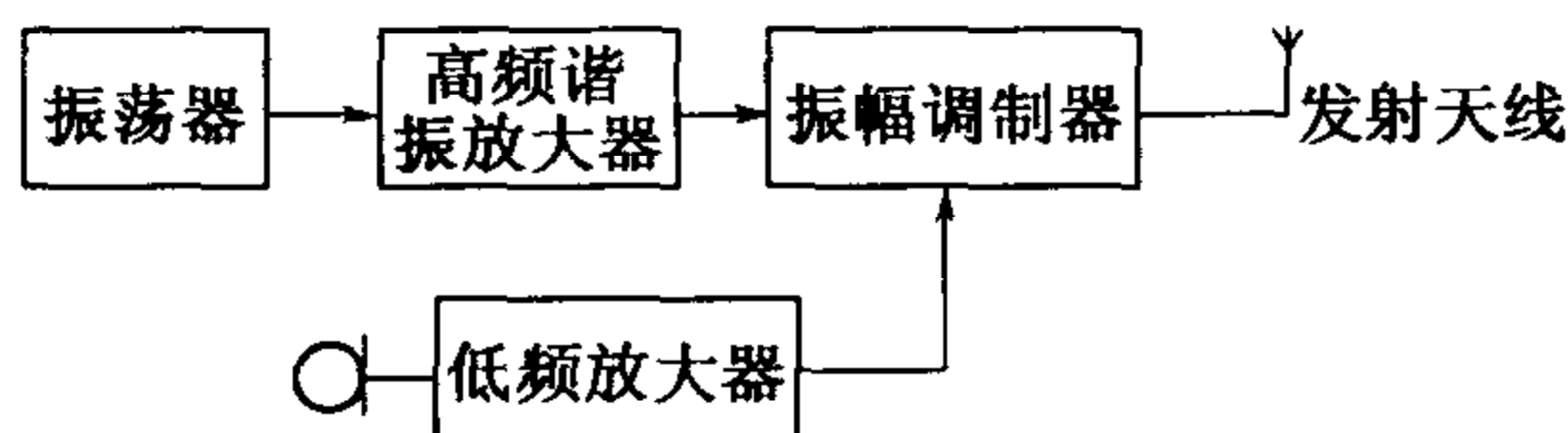


图 1.2

超外差式接收机:如图 1.3 所示:

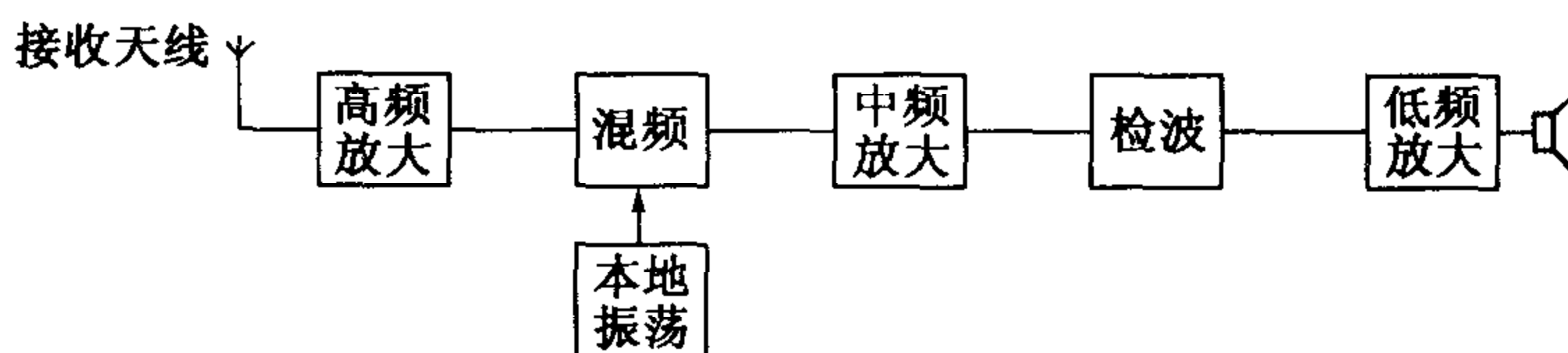


图 1.3

1.1.2 按式(1.1.3)粗略画出图 1.1.6a 所示方波信号的基波和三次谐波波形,以及将二者叠加后的波形。

[解] 方波信号展开为傅里叶级数表达式为:

$$v(t) = \frac{v_s}{2} + \frac{2v_s}{\pi} \left(\sin\omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \dots \right)$$

叠加后的波形如图 1.4 所示。

1.1.3 根据信号的连续性和离散性,汽车上的速度表指针指示的数值属四类信号中的哪一类?驾驶员在驾车时需要经常注视速度表指示的速度数值,这属于哪一类信号?而驾驶员头脑中反映的又是哪一类信号?假若旁边还有一位乘客眼睛一直注视着速度表,那么他的头脑中反映的又是哪一类信号?(提示:人们读表时头脑中反映的数值实际是离散值。)

[解] 四类信号为:

- ① 模拟信号 — 时间连续,数值连续;
- ② 取样信号 — 时间函数、数值连续;
- ③ 模数变换信号 — 时间函数、数值函数;
- ④ 数模变换信号 — 时间连续、数值函数;

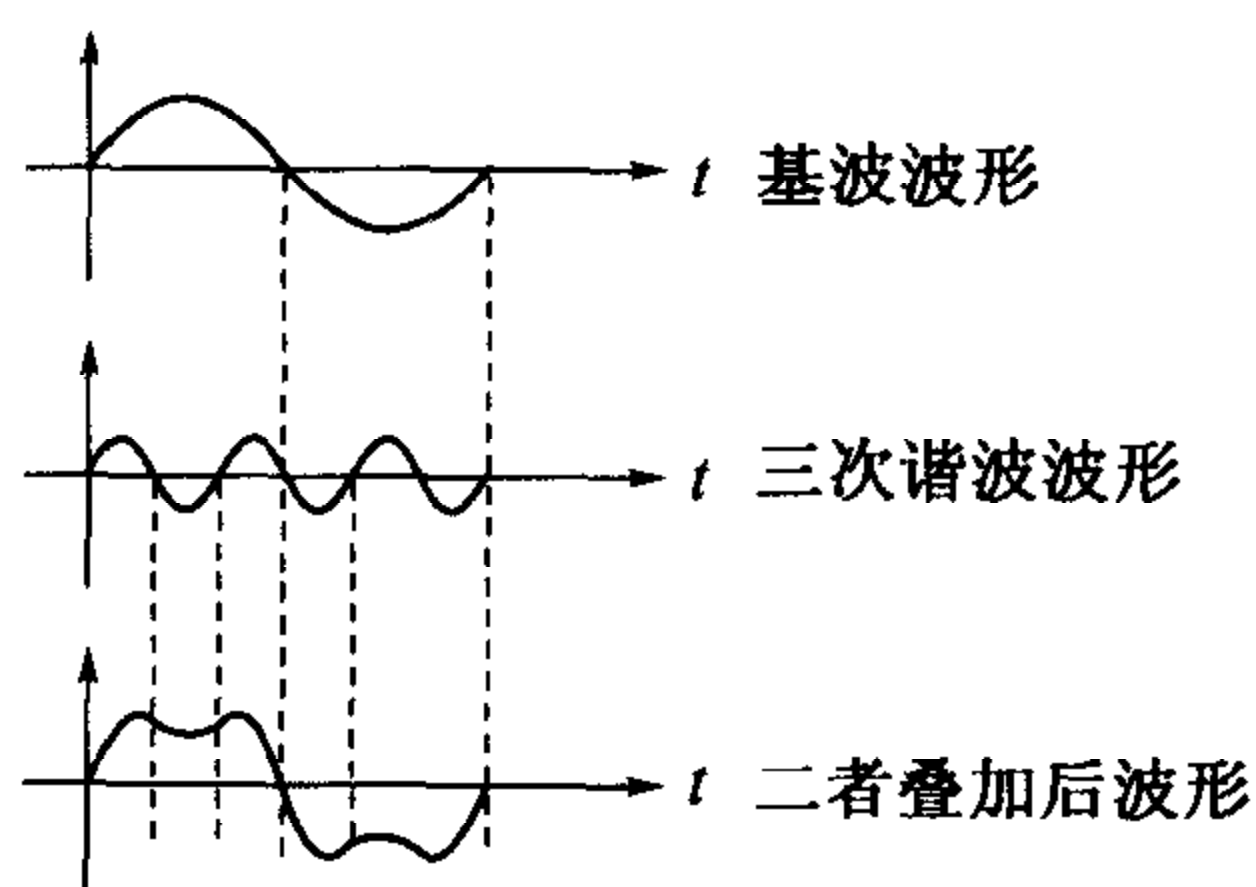


图 1.4

驾驶员看到的速度数值为模数变换信号，
而驾驶员头脑反映的是取样信号；
乘客脑中反映的是模拟信号。

1.1.4 有些场合用模拟方式显示更为安全、方便(如汽车的速度表)，而另有一些场合直接显示数字更为方便(如汽车的里程表)，为什么？这给电子系统的显示装置以及电路系统设计有些什么启示？

[解] 生活中，有用模拟信号作为显示的场合，也有用数字信号作为显示的场合，这是由人们在长期的生活、生产实践活动中所形成的习惯所决定的。这就要求电子电路系统的设计者要设计出更加方便、安全、快捷的系统。

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

[解] 因为： $I_i = 10\text{pA}$

$$V_o = 500\text{mV}$$

所以

$$A_R = \frac{V_o}{I_i} = \frac{500 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-12}} = 5 \times 10^{10}$$

属于互阻放大器。

1.2.2 某电唱机拾音头内阻为 $1\text{M}\Omega$ ，输出电压为 1V (有效值)，如果直接将它与 10Ω 扬声器相接，扬声器上的电压和功率各为多少？如果在拾音头和扬声器之间接入一个放大电路，它的输入电阻 $R_i = 1\text{M}\Omega$ ，输出电阻 $R_o = 10\Omega$ ，电压增益为 1，试求这时扬声器上的电压和功率。该放大电路使用哪一类模型最方便？

[解] ① 如图 1.5 所示：

扬声器上的电压：

$$V_o = \frac{10}{10 + 10^6} \times 1 \approx 10^{-5}\text{V}$$

$$P_o = V_o^2 / 10 = 10 \times (10^{-5})^2 / 10 = 10^{-11}\text{W}$$

② 如图 1.6 所示：

$$V_i = \frac{R_s}{R_s + R_i} \times 1 = 0.5\text{V}$$

$$AV_i = 1 \times 0.5 = 0.5\text{V}$$

$$V_o = \frac{10}{10 + 10} \times 0.5 = 0.25\text{V}$$

$$P_o = V_o^2 / R_L = 0.25^2 / 10 = 6.25\text{mW}$$

用电流放大电路最方便。

1.2.3 某放大电路开路输出电压 \dot{V}_o ，短路输出电流为 \dot{I}_{os} ，试求其输出电阻 R_o 。

$$[解] R_o = \left| \frac{\dot{V}_o}{\dot{I}_{os}} \right| = (\dot{V}_o / \dot{I}_{os})$$

1.2.4 试说明为什么常选用频率可连续变化的正弦波信号发生器作为放大电路的实验、测试信号源？用它测量放大电路的哪些性能指标？

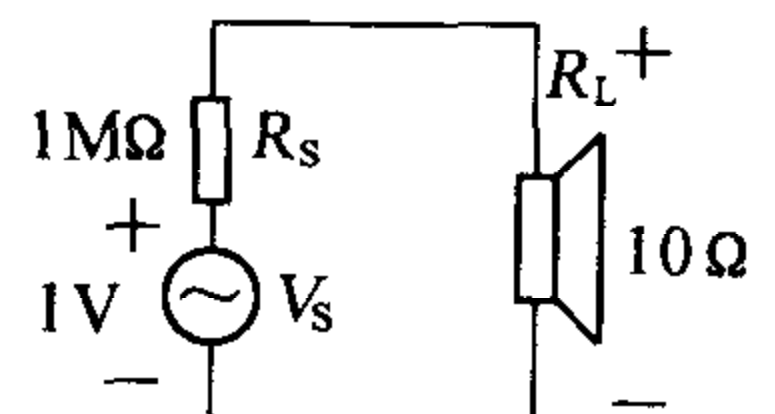


图 1.5

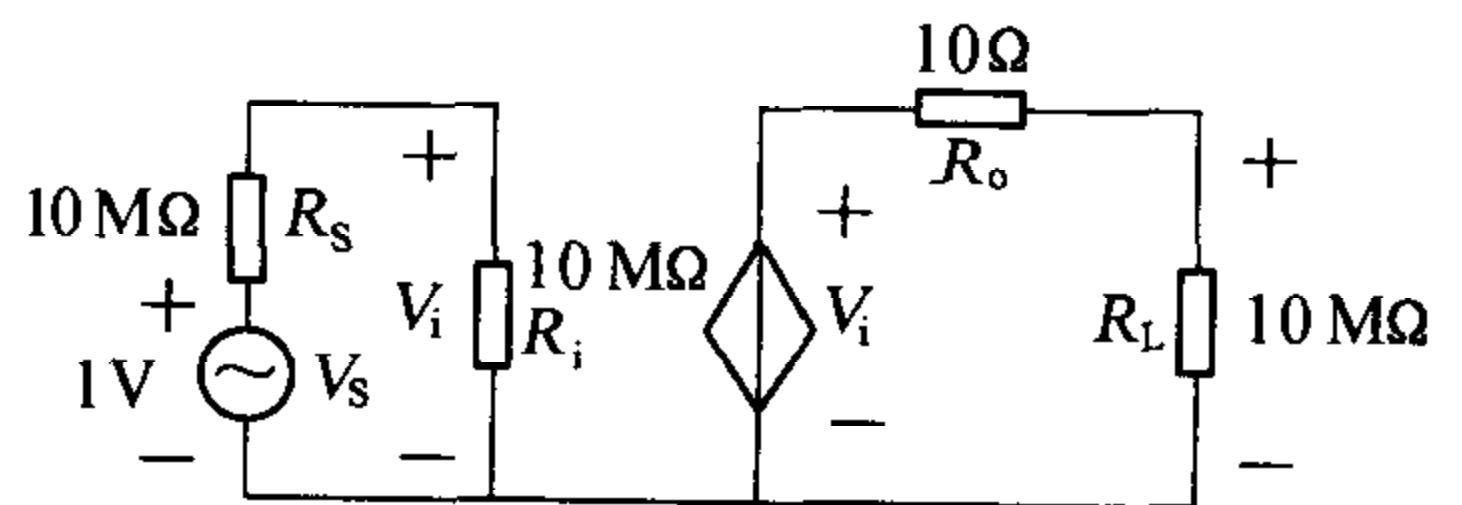


图 1.6

[解] 因为正弦波信号是周期信号中最基本的信号,其它任何周期信号都是由无数个正弦波信号叠加而成的。用它通常可以测量放大电路的增益、频率特性、非线性失真等指标。

1.3 习题全解

1.1.1 仿照图 1.1.2 石英预制棒加热炉温度控制系统方框图,画出图 1.1.1 中光纤拉丝盘转速控制的电子系统方框图,并加以说明。

[解] 如图 1.7 所示:

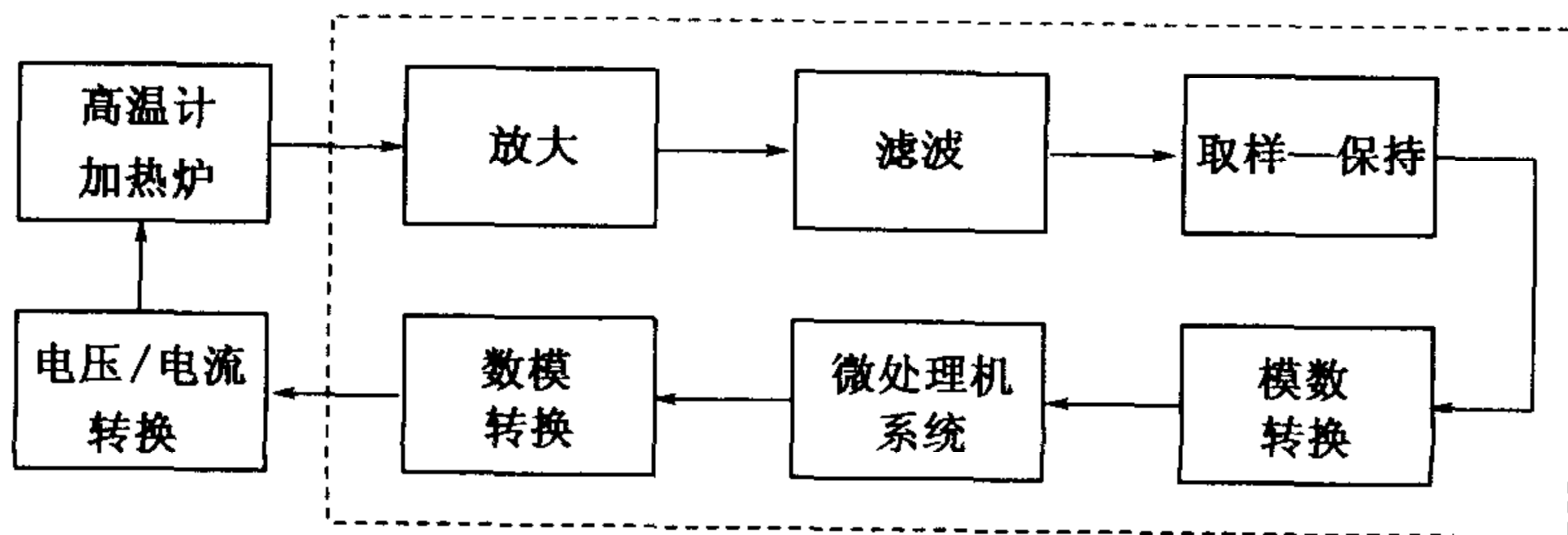
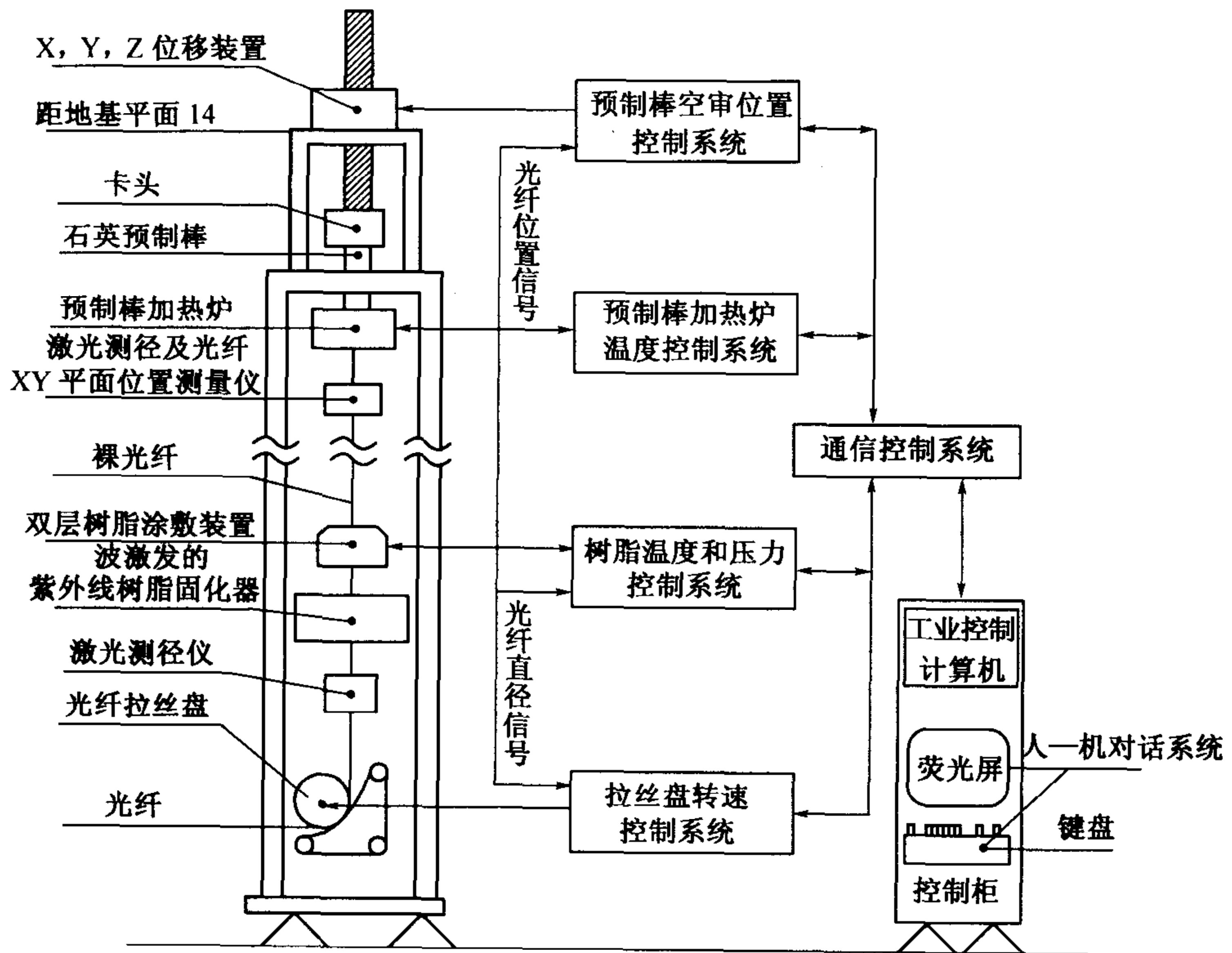


图 1.7

拉丝盘转控制系统的作用:保持光纤直径在一定的误差范围内。光纤过粗,加快拉丝盘转速;反之,减缓转速。即光纤直径信号为拉丝盘的转速控制信号。

电子系统方框见图 1.8。

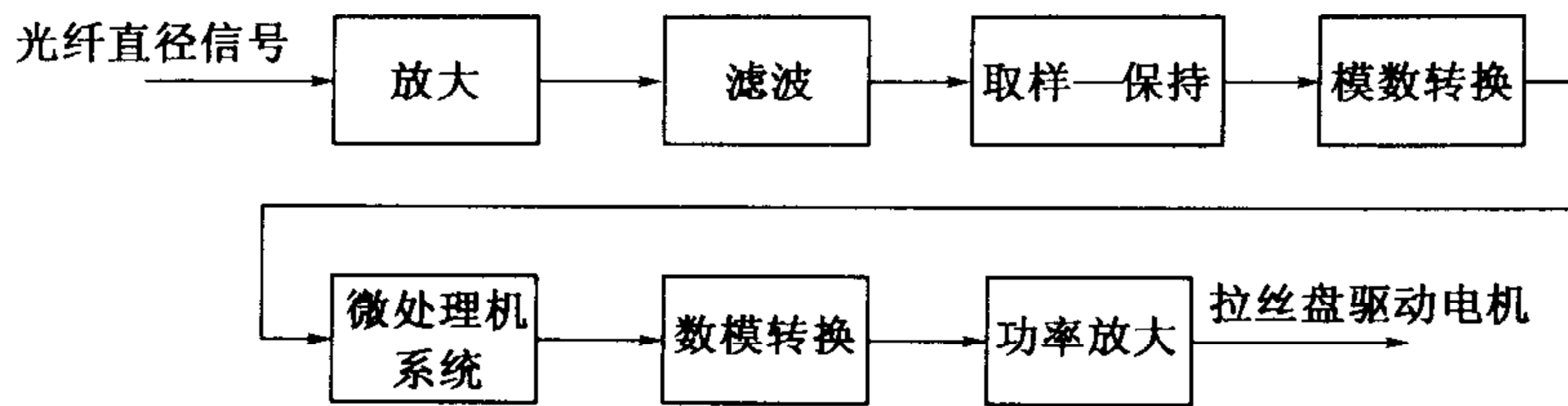


图 1.8

1.1.2 司机驾驶汽车时,眼睛不时地注视路况和速度表,脚踏油门或刹车踏板以控制车速。试画一电子系统方框图仿真对车速的控制过程,并加以说明。

[解] 路况和速度是同时发出的。为并行输入;
踩油门或踩刹车是不能同时发生的,为二选一输出;
电子系统方框图仿真如图 1.9 所示:

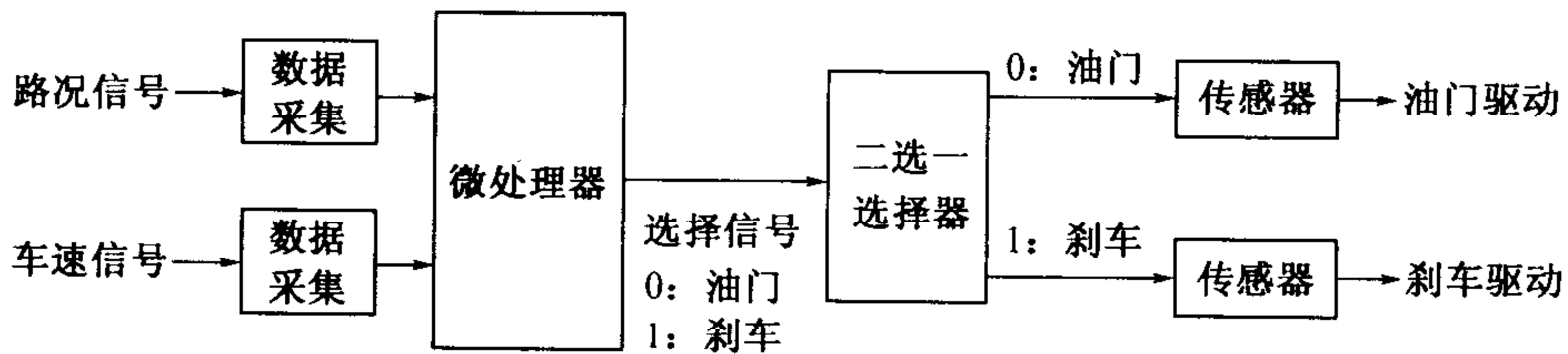


图 1.9

1.1.3 写出下列正弦波电压信号的表达式:

- (1) 峰—峰值 10V, 频率 10kHz;
- (2) 均方根值 220V, 频率 50Hz;
- (3) 峰—峰值 100mV, 周期 1ms;
- (4) 峰—峰值 0.25V, 角频率 1000rad/s。

[解] (1) 因为

$$V_{pp} = 2V_m = 10V, V_m = 5V, \omega = 2\pi f = 2\pi \times 10^4 \text{ rad/s}$$

则电压信号为:

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

(2) 因为

$$V = 220V, V_m = \sqrt{2} \times 220V, \omega = 2\pi f = 100\pi \text{ rad/s}$$

则电压信号为:

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

(3) 因为

$$V_{pp} = 2V_m = 100 \times 10^{-3} \text{V} = 0.1 \text{V}, V_m = 0.05 \text{V}, \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \times 10^3 \text{rad/s}$$

则电压信号为:

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

(4) 因为

$$V_{pp} = 2V_m = 0.25 \text{V}, V_m = 0.125 \text{V}, \omega = 1000 \text{rad/s}$$

则电压信号为:

$$v(t) = 0.125 \sin(10^3 t) \text{V}$$

1.1.4 图 1.10 中的方波电压信号加在一个电阻 R 两端, 试用公式 $P = \frac{1}{T} \int_0^T (v^2/R) dt$ 计算信号在电阻上耗散的功率; 然后根据式(1.1.3) 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, 并根据此计算这三者之和占电阻上总耗散功率的百分比。

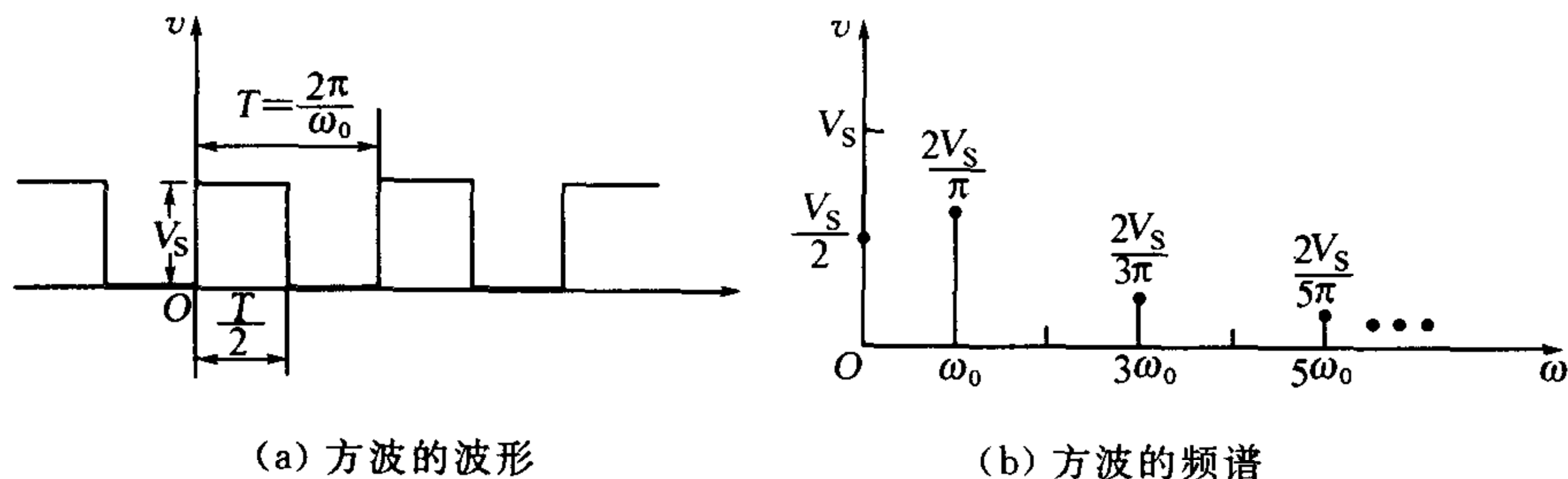


图 1.10

[解] (1) 方波功率:

$$P_s = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{V^2(t)}{R} \right) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{V_s^2}{R} dt = \frac{V_s^2}{2R}$$

(2) 根据图 1.10(b) 方波频谱可知:

$$V_{m0} = \frac{1}{2} V_s$$

所以直流分量功率:

$$P_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{V_s}{2} \right)^2 / R dt = \frac{V_s^2}{4R}$$

由频谱可知:

$$V_{m1} = \frac{2V_s}{\pi},$$

于是基波分量功率:

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

由频率可知: $V_{m3} = \frac{2V_s}{3\pi}$, 于是三次谐波分量功率:

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

$$= \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{2V_s}{3\pi} \right)^2 / R = \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R}$$

(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

$$P_{\sigma-3} = P_0 + P_1 + P_3$$

$$= \frac{V_s^2}{4R} + \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} + \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R} \approx 0.475 \frac{V_s^2}{R}$$

于是, $P_{\sigma-3}$ 占 P_s 中的百分比为:

$$\eta = \frac{P_{\sigma-3}}{P_s} \times 100\% \approx \frac{0.475}{0.5} \times 100\% = 95\%$$

1.2.1 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 5mV , 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 1V 。试计算该放大电路的电压增益 \dot{A}_v , 电流增益 \dot{A}_i , 功率增益 A_p , 并分别换算成 dB 数。

[解] $\dot{V}_o = \frac{1}{2} \times 1 \sin\omega_0 t (\text{V}), \dot{V}_i = \frac{1}{2} \times 5 \sin\omega_0 t (\text{mV})$

于是

$$A_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{1}{0.005} = 200, A_v(\text{dB}) = 20 \lg |A_v| \approx 46.021 \text{dB}$$

又因为

$$\dot{I}_i = \frac{1}{2} \times 5 \sin\omega_0 t (\mu\text{A}) = \frac{5}{2} \times 10^{-6} \sin\omega_0 t (\text{A})$$

$$\dot{I}_o = \frac{\dot{V}_o}{R_L} = \frac{0.5 \sin\omega_0 t}{2 \times 10^3} (\text{V}) (\text{欧姆定律})$$

$$\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i} = \frac{\dot{V}_o / R_L}{\dot{I}_i} = \frac{0.5}{2 \times 10^3 \times \frac{5}{2} \times 10^{-6}} = 100$$

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

$P_o = V_o^2 / R, V_o = \frac{\sqrt{2}}{2} V_{om}$ 为有效值; $P_i = V_i I_i = \frac{1}{2} V_{im} I_{im}$, 这里 V_i, I_i 分别为 \dot{V}_i, \dot{I}_i 的

有效值, 则

$$A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{V_o^2 / R}{I_i \cdot U_i} = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{2} \right)^2 \times \frac{1}{2} \times 10^{-3}}{\frac{1}{2} \times \frac{5}{2} \times 10^{-3} \times \frac{5}{2} \times 10^{-6}} = 2 \times 10^4$$

则

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

1.2.2 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] 输出开路时, $\dot{V}_o = \dot{U}_o$, 接入负载后,

$$\dot{V}'_o = \dot{U}_o - \dot{V}_R = (1 - 0.2)\dot{U}_o = 0.8\dot{U}_o$$

设此时电流为 \dot{I}_o , 由欧姆定律:

$$\dot{I}_o R_L = \dot{V}'_o$$

$$\dot{I}_o R_o = \dot{V}_R$$

所以

$$\begin{cases} \dot{I}_o R_L = 0.8\dot{U}_o \\ \dot{I}_o R_o = 0.2\dot{U}_o \end{cases}$$

所以

$$R_o = \frac{1}{4}R_L = 250\Omega$$

1.2.3 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 1V (有效值), 负载电阻断开时, 输出电压上升到 1.1V (有效值), 求该放大电路输出电阻 R_o 。

[解] 输出开路时, $\dot{V}_o = \dot{U}_o = 1.1\text{V}$, 接入负载后, 设电流为 \dot{I}_o ,

$$\dot{I}_o R_o + \dot{I}_o R_L = \dot{U}_o$$

$$\dot{V}'_o = \dot{I}_o R_L = 1.0\text{V}$$

所以

$$R_o = \frac{\dot{V}_o - \dot{V}'_o}{\dot{V}'_o} R_L = \frac{1.1 - 1.0}{1.0} \times 1000 = 100\Omega$$

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

[解] 输出短路时, $I_o = 10\text{mA}$, 开路电压 $V_o = 10\text{V}$, 则输出电阻

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{10}{10 \times 10^{-3}} = 10^3 \Omega$$

这里 V_o, I_o 为有效值。

\dot{V}'_o 是有载输出电压,

$$\dot{A}_v = \frac{\dot{V}'_o}{\dot{V}_i} = \frac{\dot{I}_o (R_o // R_L)}{\dot{I}_i R_i} = \frac{\dot{I}_o \frac{R_o R_L}{R_o + R_L}}{\dot{I}_i \cdot R_i}$$

将 \dot{I}_o 和 \dot{I}_i 分别用有效值代替, 即 $I_o = 10\text{mA}, I_i = 1\text{mA}$, 则

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

求对数得

$$A_v(\text{dB}) = 20\lg | \dot{A}_v | = 20\lg 800 \approx 58.06\text{dB}$$

输出电流 \dot{I}'_o 的有效值为:

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

于是,

$$\dot{A}_I = \frac{\dot{I}'_o}{\dot{I}_i} = \frac{2 \times 10^{-3}}{10^{-6}} = 2 \times 10^3$$

求对数得

$$A_I(\text{dB}) = 20\lg | \dot{A}_I | = 20\lg 2000 \approx 66.07\text{dB}$$

输出功率:

$$P_o = (\dot{I}'_o)^2 R_L = 4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^3 = 1.6 \times 10^{-2}\text{W}$$

输入功率:

$$P_i = \dot{I}_i^2 R_i = 10^{-12} \times 10^4 = 10^{-8}\text{W}$$

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

$$A_p(\text{dB}) = 10\lg A_p = 10\lg(1.6 \times 10^6) \approx 62.04\text{dB}$$

1.2.5 有以下三种放大电路备用:(1)高输入电阻型: $R_{i1} = 1\text{M}\Omega$, $\dot{A}_{v01} = 10$, $R_{o1} = 10\text{k}\Omega$;(2)高增益型: $R_{i2} = 10\text{k}\Omega$, $\dot{A}_{v02} = 100$, $R_{o2} = 1\text{k}\Omega$;(3)低输出电阻型: $R_{i3} = 10\text{k}\Omega$, $\dot{A}_{v03} = 1$, $R_{o3} = 20\Omega$ 。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 0.5W 功率的放大器。已知信号源开路电压为 30mV (有效值),内阻为 $R_s = 0.5\text{M}\Omega$ 。

[解] 通常情况下,由三级放大电路组成一放大器:

- ① 输入级 — 用高输入电阻型放大电路它可以较好地把信号耦合进放大器;
- ② 中间级 — 用高增益放大电路,它可以较好地完成放大作用;
- ③ 输出级 — 用低输出阻抗型放大电路,它可以提高负载功率;

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 1.11 所示。

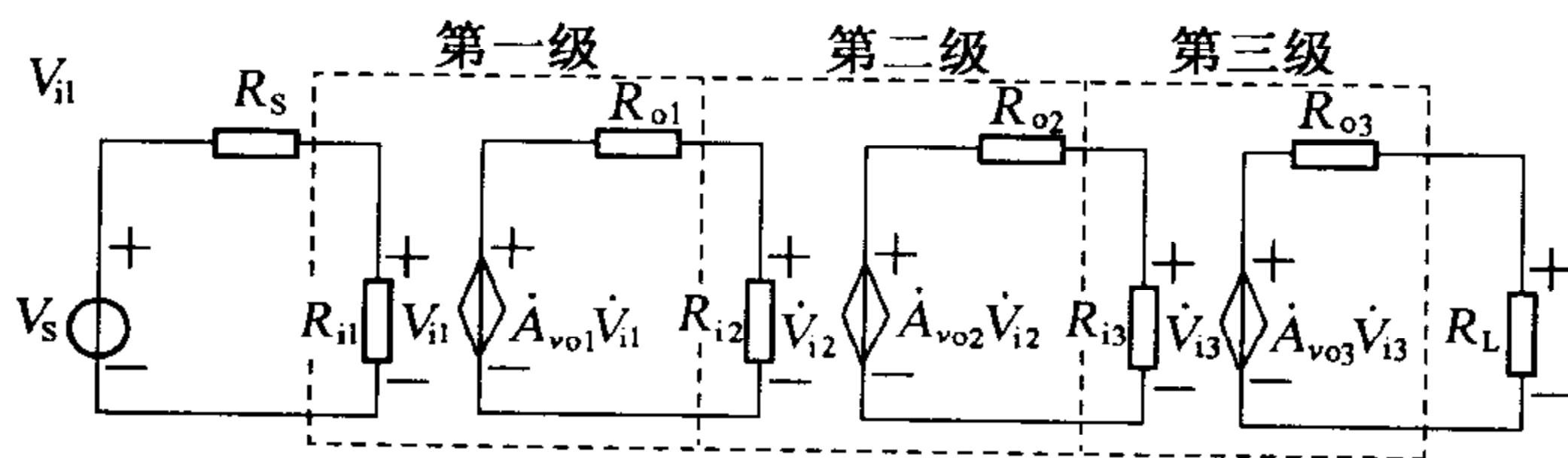


图 1.11

$$\dot{V}_{o1} = \dot{V}_{i2} = \frac{R_{i2}}{R_{i2} + R_{o1}} \cdot A_{v01} \cdot \dot{V}_{i1} = \frac{10 \times 10^3}{20 \times 10^3} \times 10 \dot{V}_{i1} = 5 \dot{V}_{i1}$$

$$\begin{aligned}\dot{V}_{o2} = \dot{V}_{i3} &= \frac{R_{i3}}{R_{i3} + R_{o2}} \cdot A_{v_{o2}} \cdot \dot{V}_{i2} = \frac{10 \times 10^3}{11 \times 10^3} \times 100 \dot{V}_{i2} \\ &= \frac{1000}{11} \dot{V}_{i2} = \frac{5000}{11} \dot{V}_{i1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{V}_{o3} &= \frac{R_L}{R_L + R_{o3}} \cdot A_{v_{o3}} \cdot \dot{V}_{i3} = \frac{100}{100 + 20} \times 1 \dot{V}_{i3} \\ &= \frac{10}{12} \cdot \frac{5000}{11} \dot{V}_{i1} = \frac{50000}{132} \dot{V}_{i1}\end{aligned}$$

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

$$V_{o3} = \frac{50000}{132} \times 0.02 = \frac{250}{33} \text{V}$$

输出功率:

$$P_o = V_{o3}^2 / R_L = \left(\frac{250}{33}\right)^2 / 100 \approx 0.574 \text{W} > 0.5 \text{W}, \text{ 满足题目要求。}$$

1.2.6 图 1.12 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 。

[解] 由基尔霍夫电流定律: $\dot{I}_i = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$

如图 1.12 可知: $\dot{I}_2 = \beta \dot{I}_1$

于是:

$$\begin{aligned}\dot{I}_i &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \dot{I}_1 + \beta \dot{I}_1 = (1 + \beta) \dot{I}_1 \\ &= (1 + \beta) \frac{\dot{V}_s}{R_1}\end{aligned}$$

所以可以得到:

$$R_i = \frac{\dot{V}_s}{\dot{I}_i} = \frac{R_1}{(1 + \beta)}$$

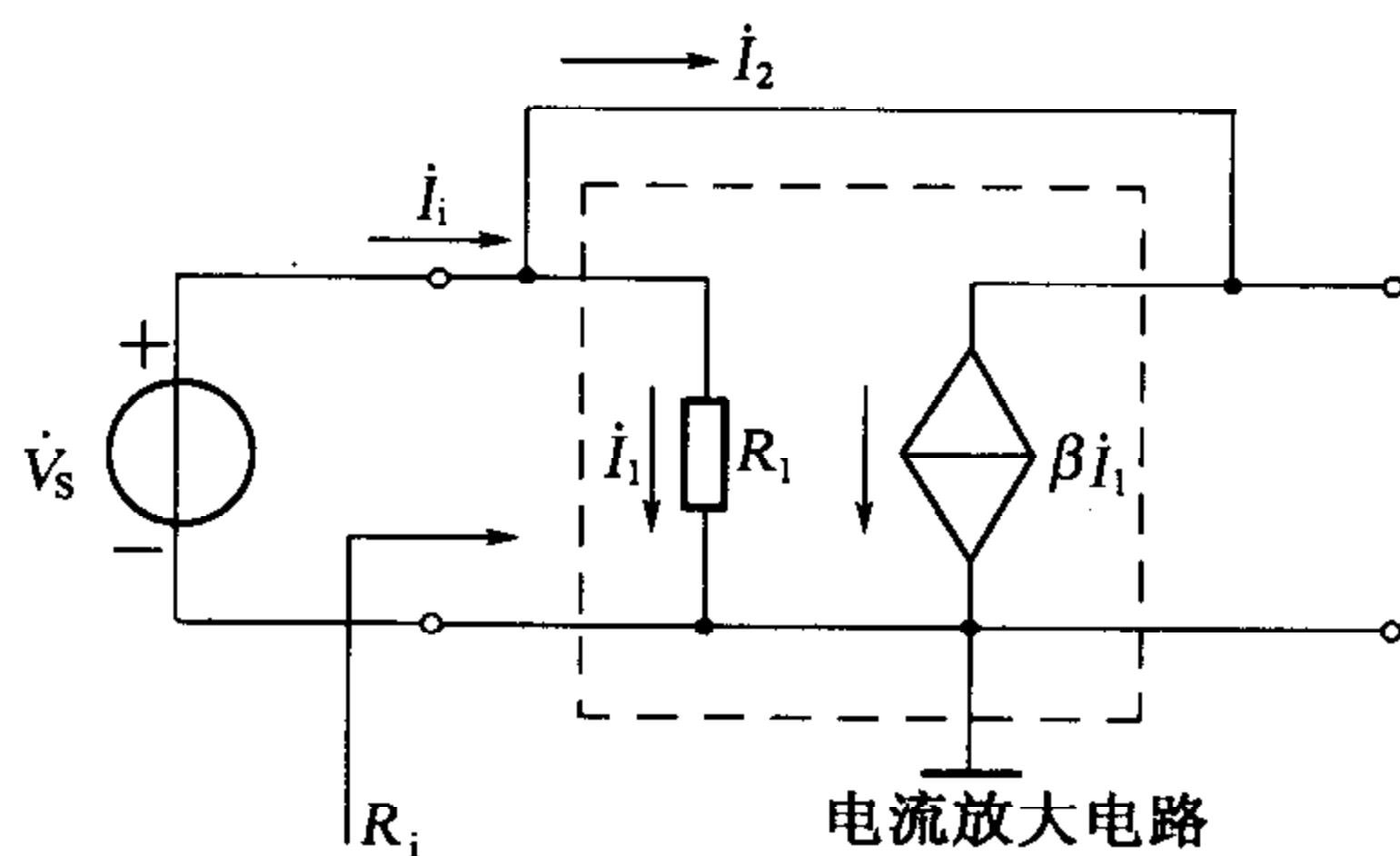


图 1.12

1.2.7 如图 1.13 所示放大电路, 当输出

开路电压增益 \dot{A}_{v_o} 趋近于无穷大时, 证明: (1) 放大电路增益 $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_s} \approx -\frac{R_2}{R_1}$; (2) $\dot{V}_i \approx 0$;

(3) 输出电阻 $R_{of} \approx 0$ 。

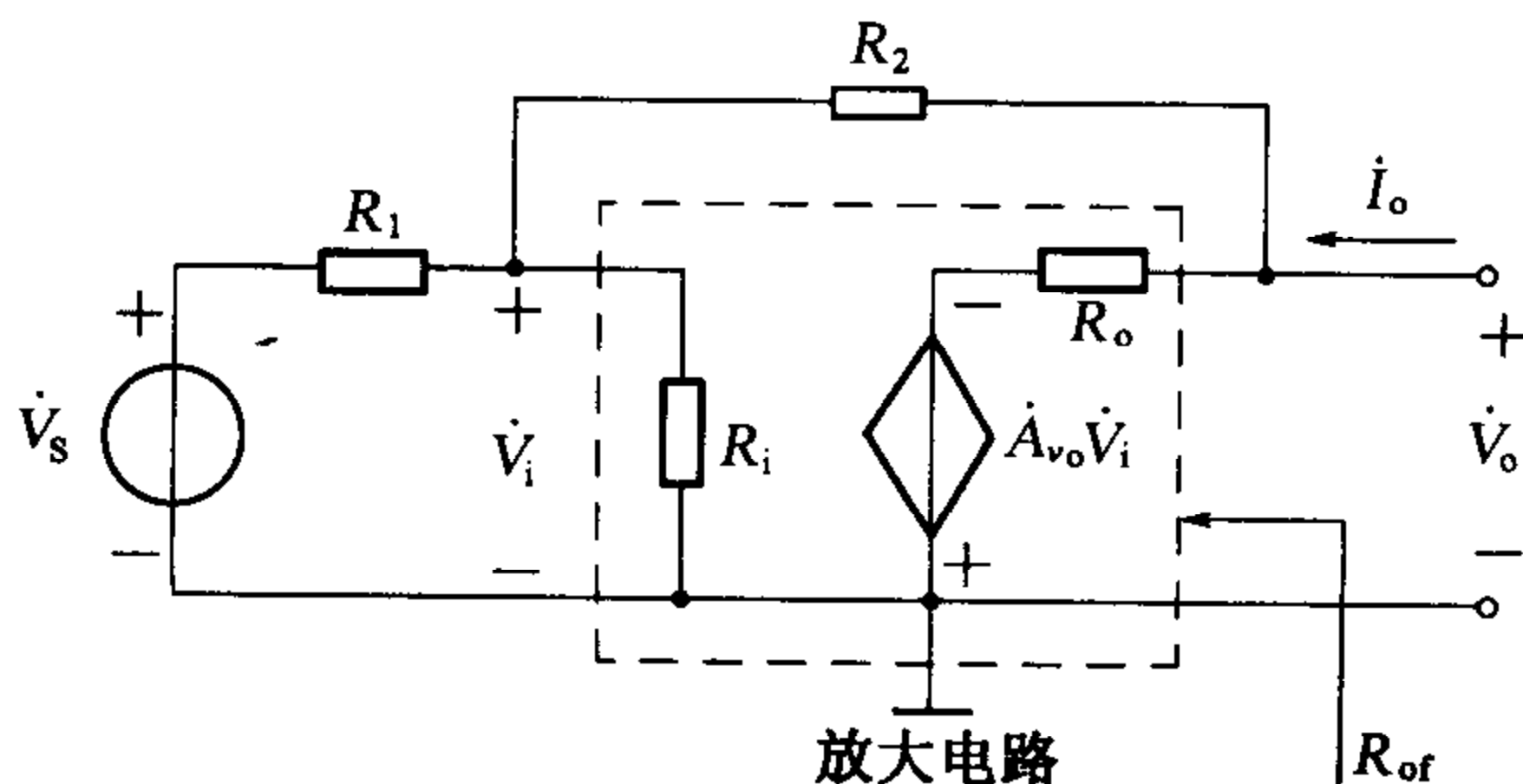


图 1.13

[解] 用戴维宁定律对图 1.13 所示电路进行等效为如图 1.14 所示。

(1) 利用节点电压法:

对节点 a:

$$\left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)\dot{V}_i - \frac{1}{R_2}\dot{V}_o = \frac{\dot{V}_s}{R_1}$$

对节点 b:

$$\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_o}\right)\dot{V}_o - \frac{1}{R_2}\dot{V}_i = -\frac{A_{vo}\dot{V}_i}{R_o}$$

化简可得:

$$\dot{V}_i = \frac{R_o + R_2}{R_o - R_2 A_{vo}} \dot{V}_o$$

将此式代入节点 a 的方程, 可得:

$$\dot{V}_o = \frac{-(R_2/R_1)\dot{V}_s}{1 - (R_o + R_2)(R_2 R_i + R_1 R_i + R_1 R_2)/(R_o - R_2 A_{vo})R_1 R_i}$$

当 $A_{vo} \rightarrow \infty$ 时, $\dot{V}_o \approx -\frac{R_2}{R_1}\dot{V}_s$ 于是, $A_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_s} \approx -\frac{R_2}{R_1}$

(2) 对结点 a:

$$\left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)\dot{V}_i = \frac{\dot{V}_s}{R_1} + \frac{\dot{V}_o}{R_2} \approx \frac{\dot{V}_s}{R_1} - \frac{R_2 \dot{V}_s}{R_1 R_2} = 0$$

于是

$$\dot{V}_i \approx 0$$

(3) 输出电阻定义为:

$$R_{of} = \frac{\dot{V}_o}{I_o} \Big|_{\dot{V}_s = 0}$$

令 $\dot{V}_s = 0$, 得到等效电路图如图 1.15 所示, 则有:

$$\dot{V}_i = \frac{R_1 // R_i}{R_1 // R_i + R_2} \dot{V}_o$$

对节点 b 运用基尔霍夫电流定律可得到:

$$\frac{\dot{V}_o}{R_o} + \frac{A_{vo}\dot{V}_i}{R_o} + \frac{\dot{V}_o}{R_1 // R_i + R_2} = I_o$$

故

$$\frac{\dot{V}_o}{R_o} + \frac{A_{vo}(R_1 // R_i)\dot{V}_o}{(R_1 // R_i + R_2)R_o} + \frac{\dot{V}_o}{R_1 // R_i + R_2} = I_o$$

$$R_{of} = \frac{\dot{V}_o}{I_o} = \frac{1}{\frac{1}{R_o} + \frac{R_1 // R_i}{R_o(R_1 // R_i + R_2)}A_{vo} + \frac{1}{R_1 // R_i + R_2}}$$

当 $A_{vo} \rightarrow \infty$ 时, 上式分母趋于无穷大, 故 $R_{of} \approx 0$ 。

1.2.8 某放大电路如图 1.16 所示, 如果 R_{if} 趋近于无穷大, 电压增益趋于无穷大时, 电压增益 A_{vo} 趋于无穷大, $R_o \approx 0$, 试用图 1.17 的互阻放大电路模型等效该电路, 求出 R_i

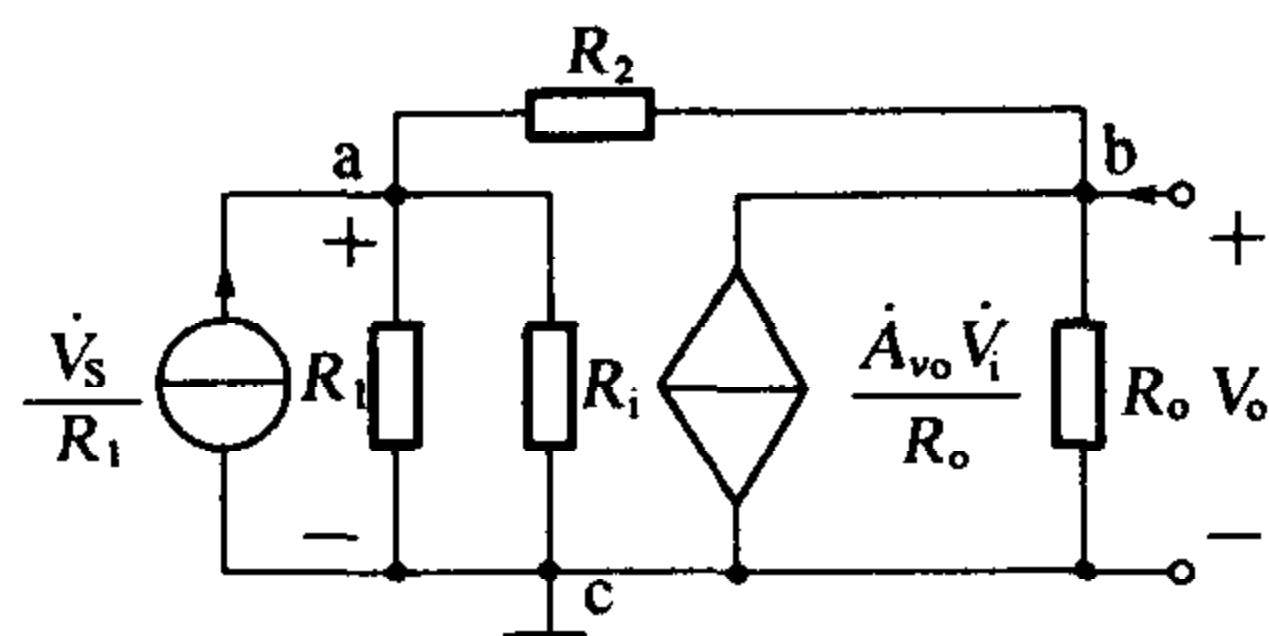


图 1.14

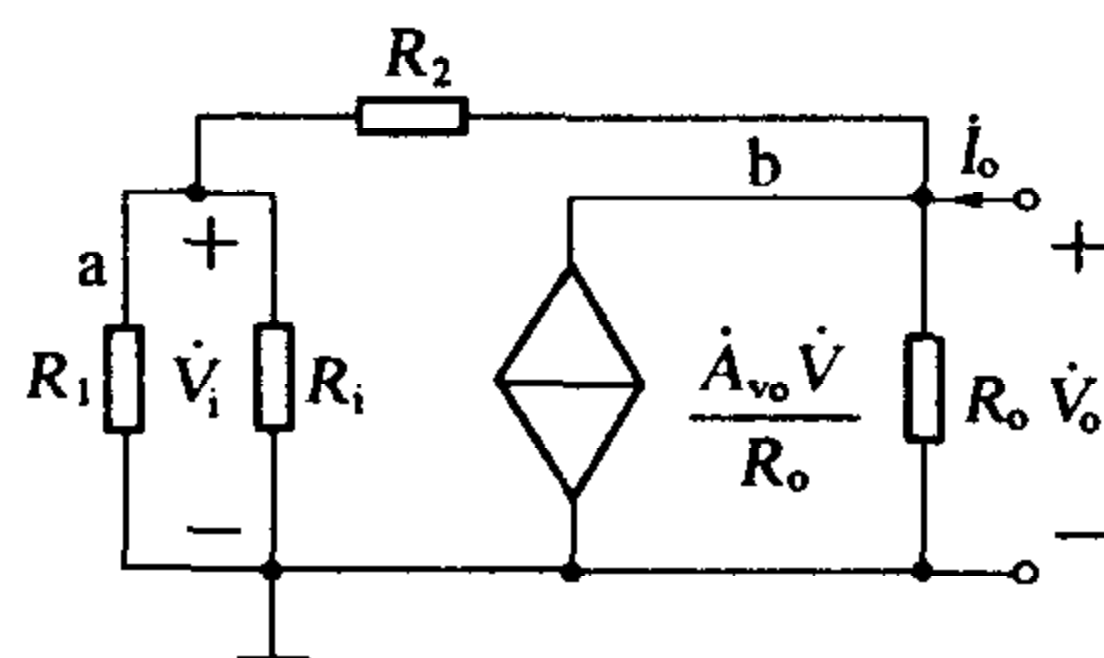


图 1.15