

习 题

2.1 假定题图 2.1 所示电路中的运放是理想的, 求:

- (1) 如果 $V_a = 0.05\text{V}$, $V_b = 0.25\text{V}$, 电路中的 V_o 是多大?
- (2) 如果 $V_a = 0.05\text{V}$, 在运放饱和之前, V_b 可以到多大?
- (3) 如果 $V_b = 0.25\text{V}$, 在运放饱和之前, V_a 可以到多大?

2.2 假定题图 2.2 所示电路中的运放是理想的, 求:

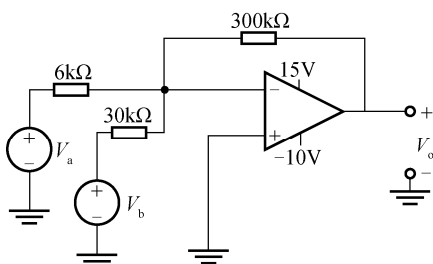
- (1) 当可变电阻 R_x 调到 $60\text{k}\Omega$ 时的输出电压 V_o 。
- (2) 如使放大器不饱和, R_x 可以到多大?

2.3 如题图 2.3 所示差分放大器, $V_b=4\text{V}$, 求:

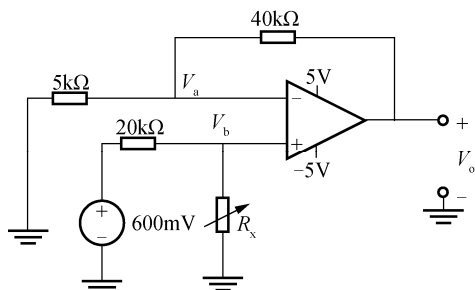
- (1) V_a 在什么范围内变化使电路工作在线性区?
- (2) 将 $25\text{k}\Omega$ 电阻减小到 $10\text{k}\Omega$, 重复 (1)。

2.4 题图 2.4 所示运放, 利用实际的运放电路模型, 输入电阻是 $500\text{k}\Omega$, 输出电阻是 $5\text{k}\Omega$, 运放开环增益是 $300\,000$, 假定运放工作在线性区, 求:

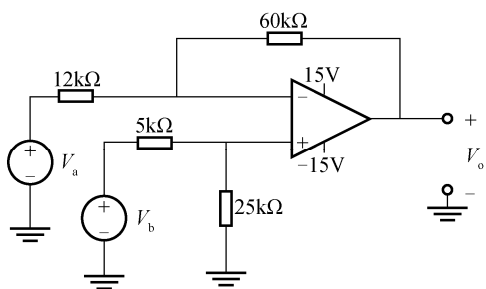
- (1) 放大器的电压增益 V_o/V_g ;
- (2) 如果 $V_g=1\text{V}$, 求电压 V_n (用 μV 表示);
- (3) 计算从信号源 (V_g) 看进去的电阻;
- (4) 运放在理想模式下, 重复 (1) ~ (3)。



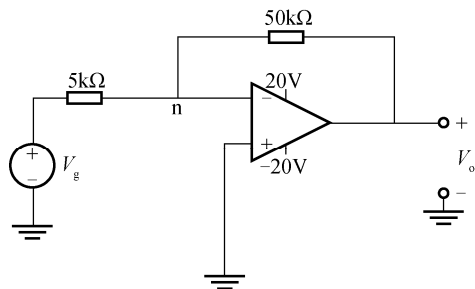
题图 2.1



题图 2.2



题图 2.3

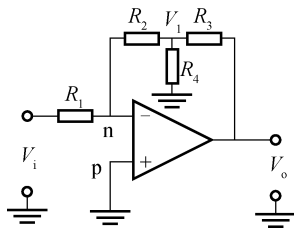


题图 2.4

2.5 试证明题图 2.5 所示含有 T 形网络反相放大器的闭环增益

$$A_f = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} + \frac{R_3}{R_2} \right)$$

2.6 设计一个如题图 2.5 所示含有 T 形网络的反相放大器, 用作麦克风的前置放大器。麦克风的最大输出电压为 12mV , 即题图 2.5 中输入电压 V_i 最大为 12mV 。麦克风的输出电阻 R_s 为 $1\text{k}\Omega$, 此电阻必须包含在题图 2.5 的电阻 R_1 中。要求所设计的反相放大器最大输出电压为 1.2V , 即电压增益为 $1.2/0.012=100$, 但电路中每个电阻的阻值必须小于 $500\text{k}\Omega$ 。



题图 2.5

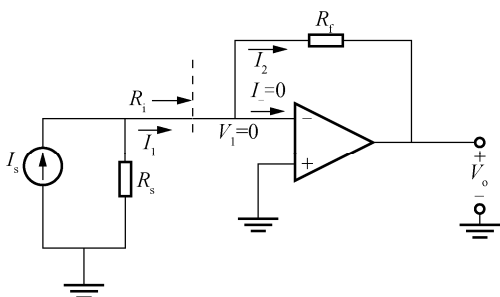
提示: 此题的解决方案不是唯一的。根据经验, 建议选择 $R_2=R_3$, $R_1=51\text{k}\Omega$ (包含 R_s 值在内)。

2.7 题图 2.7 为电流-电压转换器电路。电路中, $R_f=V_i/I_1 \approx 0$, $R_s \gg R_i$ 。试证明输出电压 V_o 正比于输入信号的电流 I_s 。

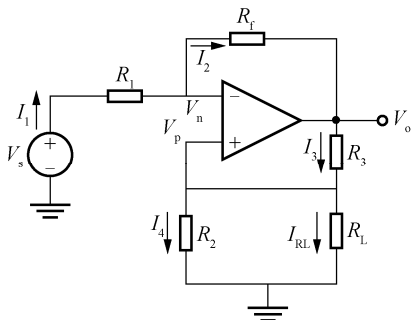
2.8 题图 2.8 所示电压-电流转换器电路, 设运放是理想的, 试证明当 $\frac{R_f}{R_1 R_3} = \frac{1}{R_2}$ 时, $I_{RL} = -\frac{V_s}{R_2}$, 即流过负载 R_L 的电流与负载

R_L 无关, 而与输入电压信号 V_s 成正比。

提示: 围绕同相端、反相端列写 KCL 方程, 同时利用“虚短”条件: $V_n = V_p = I_{RL} R_L$, 联立求解以上三式, 即可得出问题的解。



题图 2.7



题图 2.8

2.9 基于题 2.8 结果, 设 $R_L = 100\text{k}\Omega$, $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 1\text{k}\Omega$, $R_3 = 1\text{k}\Omega$, $R_f = 10\text{k}\Omega$ 。若 $V_s = -10\text{V}$, 求负载电流 I_{RL} 与输出电压 V_o 。

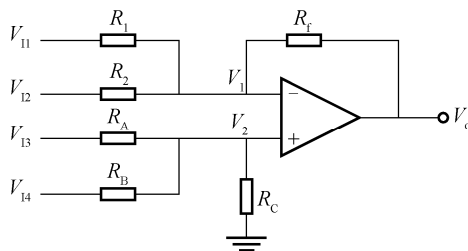
提示: 先验证是否满足条件 $\frac{R_f}{R_1 R_3} = \frac{1}{R_2}$, 如此

就好利用题 2.8 的结果。

2.10 题图 2.10 是通用加法器电路, 试利用叠加原理证明其输出可表示为

$$V_o = -\frac{R_f}{R_1} V_{11} - \frac{R_f}{R_2} V_{12} + \left(1 + \frac{R_f}{R_n}\right) \left(\frac{R_p}{R_A} V_{13} + \frac{R_p}{R_B} V_{14}\right)$$

式中, $R_n = R_1 \parallel R_2$, $R_p = R_A \parallel R_B \parallel R_C$ 。



题图 2.10

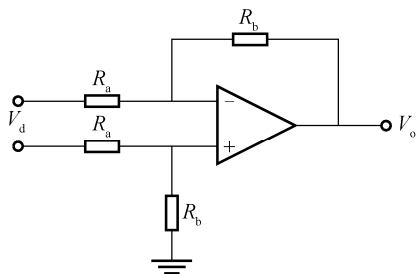
提示: 用叠加原理确定电路输出电压, 先研究单独一个输入电压源作用, 将其他 3 个输入电压源置零 (即短路), 求输出电压, 如此重复 4 次, 然后将 4 次结果相加, 即得 4 个输入源共同作用时的输出电压。

2.11 在题 2.10 基础上, 设计一个加法器, 使其输出为

$$V_o = -10V_{11} - 4V_{12} + 5V_{13} + 2V_{14}$$

允许使用电阻最小值为 $20\text{k}\Omega$ 。

提示: 按题 2.10 结果, 可知 $R_f / R_1 = 10$, $R_f / R_2 = 4$, 最小电阻为 $20\text{k}\Omega$, 先确定 R_1 、



题图 2.12

R_2 与 R_f , 然后由关系 $\left(1 + \frac{R_f}{R_n}\right) \frac{R_p}{R_A} = 5$, $\left(1 + \frac{R_f}{R_n}\right) \frac{R_p}{R_B} = 2$ 确定同相端各项。

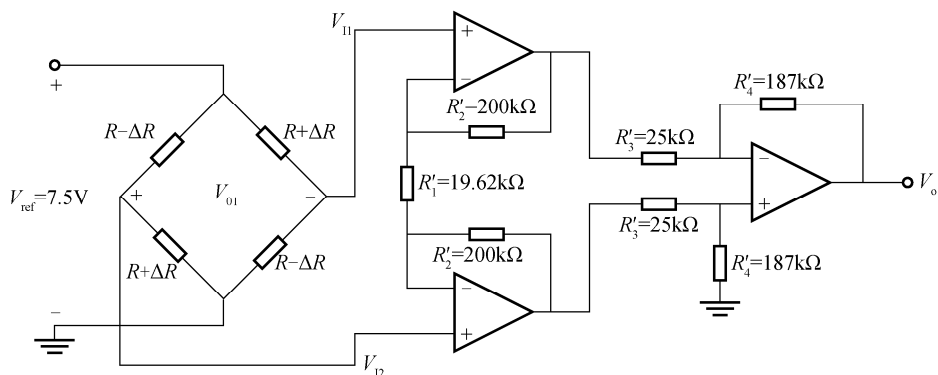
2.12 设计如题图 2.12 所示的差分放大器电路, 使其输入电阻 $R_i = 5\text{k}\Omega$, 差模电压增益 $A_d = 100$, 共模增益 $A_{cm} = 0$ 。

2.13 题图 2.13 与图 2.1.10 的差别, 用三运放代替反相放大器电路以提高测量灵敏度。传感器的输出

信号用桥式电路来测量。在压力作用下引起电阻 R 的值变化, 这一偏差用参数 ΔR 表示。图中 $R = 200\text{k}\Omega$ 。电桥输出电压 ($V_{11}-V_{12}$) 反映 ΔR 的大小。此输出信号又经三运放测量放大器放大后作为后继电路 ADC 的输入。题图 2.13 所示电路设计目标是, 当 $\Delta R/R$ 的偏差为 $\pm 0.2\%$ 时, 放大器能输出接近 $\pm 5\text{V}$ 的电压。试计算:

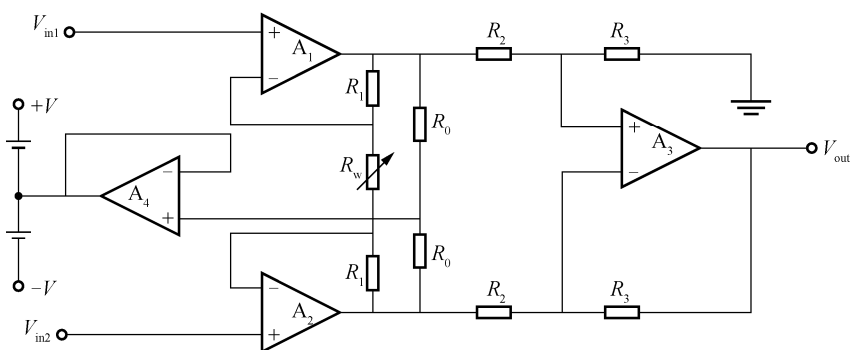
- (1) 当 $\Delta R/R = \pm 0.001$ 时, 电桥电路输出 ($V_{11}-V_{12}$);
- (2) 当 $\Delta R/R = \pm 0.001$ 时, 三运放测量放大器输出 V_o ;
- (3) 如果 V_o 偏离设计目标 5V , 如何调整电路设计?

2.14 如设题图 2.13 中电桥电阻 $R=100\text{k}\Omega$, 桥式电路的偏置电压 $V_{\text{ref}}=5\text{V}$, 设计一个三运放测量放大器, 使得 $\Delta R/R$ 在 $-0.005 \sim 0.005$ 之间变化时, 输出电压在 $-5 \sim 5\text{V}$ 之间变化, 使用合适的电阻。



题图 2.13

2.15 题图 2.15 所示三运放测量放大器电路, 与图 2.1.19 所示三运放测量放大器相比较, 运放 A_4 实现输出共模电压反馈至电源公共端, 从而提高共模抑制比, 试说明其原因。



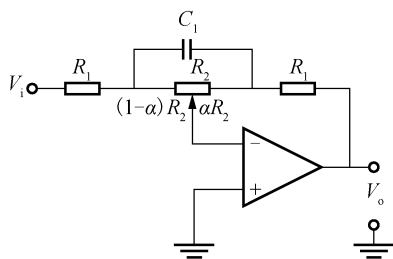
题图 2.15

2.16 如题图 2.16 所示的低音信号控制电路, R_2 是可调电位器, 触点左边电阻的阻值为 $(1-\alpha)R_2$, 右边电阻的阻值为 αR_2 , 试导出输出响应 V_o/V_i 与 ω 的关系

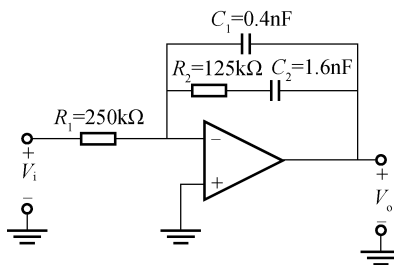
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-(R_1 + \alpha R_2 + j\omega R_1 R_2 C_1 s)}{R_1 + (1-\alpha)R_2 + j\omega R_1 R_2 C_1 s}$$

并由此说明改变 α 即可控制电路的增益。

2.17 如题图 2.17 所示电路, 运放为理想运放, 求: 系统函数 $H(s) = V_o / V_i$ 的数学表达式。

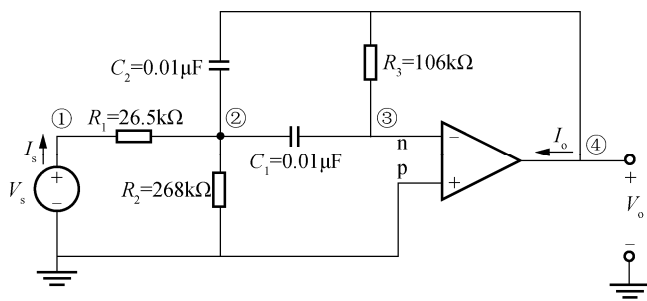


题图 2.16



题图 2.17

2.18 电路如题图 2.18 所示, 输入信号时域中 $v_s(t) = 5\delta(t)$ V, 频域中 $V_s(s) = 5$ V, 求节点④的输出响应 $V_4(s) = V_o(s)$ 的频率特性。



题图 2.18