

## 集成运算放大器的基本应用 - 模拟运算电路

### 课后思考题

1. 当反相或者同相放大器的输入 $u_i$ 固定时, 如果负反馈电阻 $R_F$ 选择过大,  $u_o$ 可能不再随 $R_F$ 的增加而增大, 且输出的交流波形限幅, 试说明原因?

答: 由反相放大器的输入电压与输出电压的关系 $U_o = -\frac{R_F}{R_1} U_i$ , 以及同相放大器的输入电压与输出电压的关系 $U_o = \frac{R_F}{R_1} U_i$ , 当输入电压 $U_i$ 和 $R_1$ 保持不变时, 理论输出电压 $U_o$ 幅值随反馈电阻 $R_F$ 单调上升。如果 $R_F$ 过大, 造成理论 $U_o$ 超过运放供电电压 $V_{cc}$ 时,  $U_o$ 幅值将不再增大而近似等于供电电压 $V_{cc}$ , 此时输出的交流波形出现限幅。

2. 在反相加法运算电路 3-2 中, 如果 $U_{i1}$ 和 $U_{i2}$ 均采用直流信号, 并选定 $U_{i2} = -1V$ , 考虑到运算放大器的最大输出幅度为 $\pm 12V$ ,  $U_{i1}$ 的绝对值不应超过多少伏?

答: 由反相加法运算电路的输入电压与输出电压的关系 $U_o = -\left(\frac{R_F}{R_1} U_{i1} + \frac{R_F}{R_2} U_{i2}\right)$ ,  $|U_o| \leq 12V$ , 计算可得 $-0.7V \leq U_{i1} \leq 1.7V$  即 $|U_{i1}| \leq 0.7V$ 。

3. 在积分运算电路图 3-5 中, 分析电阻 $R_F$ 的作用, 说明 $R_F$ 的大小对积分电路的精度有何影响?

答:  $R_F$ 是积分漂移泄漏电阻, 能够提供放电回路, 防止积分漂

移造成的饱和或截止现象。但是 $R_F$ 的存在会对总电流和电容的充放电电流起到分流，从而产生误差，为减小这一误差，实际电路中通常使 $R_F \gg R_1$ ，从而使得总电路时间常数远小于 $C$ 和 $R_F$ 构成回路的时间常数。

### 补充思考题

设计一个能实现下列运算关系的运算电路。（运放数 $\leq 2$ ）已知条件如下：

$$(1) U_o = 2U_{i1} - 3U_{i2}$$

初步设计电路如图(a)所示。

根据电压关系可得方程

$$U_{i1} \frac{R_{F1}}{R_{F1} + R_1} = U_{i2} \frac{R_{F2}}{R_{F2} + R_2} + U_o \frac{R_2}{R_{F2} + R_2}$$

整理可得

$$U_o = \frac{R_{F2} + R_2}{R_{F1} + R_1} \cdot \frac{R_{F1}}{R_2} U_{i1} - \frac{R_{F2}}{R_2} U_{i2}$$

比较系数可知 $\frac{R_{F2}}{R_2} = 3$ ，故取 $R_{F2} = 120k\Omega$ ， $R_2 = 40k\Omega$ ，可得

$\frac{R_{F1}}{R_{F1} + R_1} = \frac{1}{2}$ ，故取 $R_{F1} = 60k\Omega$ ， $R_1 = 60k\Omega$ ，最终电路如图(b)

所示

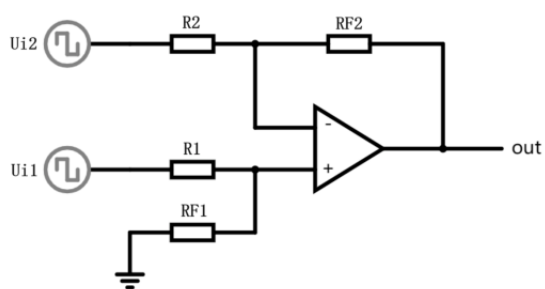


图 (a)

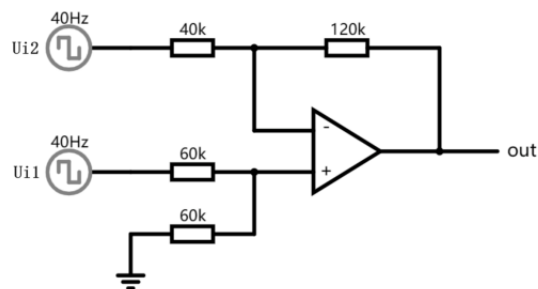


图 (b)

$$(2) U_o = U_{i1} - 2U_{i2} + 3U_{i3}$$

初步设计电路如图 (a) 所示。

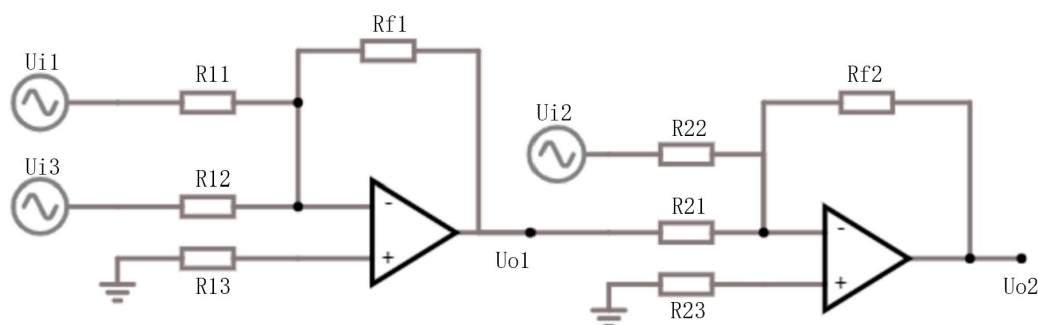


图 (a)

由反相加法电路性质得知,

$$U_{o1} = -\left(\frac{R_{F1}}{R_{11}}U_{i1} + \frac{R_{F1}}{R_{12}}U_{i3}\right), U_{o2} = -\left(\frac{R_{F2}}{R_{22}}U_{i2} + \frac{R_{F1}}{R_{21}}U_{o1}\right)$$

$$\text{令 } \frac{R_{F1}}{R_{11}} = \frac{1}{2}, \frac{R_{F1}}{R_{12}} = \frac{3}{2}, \frac{R_{F2}}{R_{21}} = 2, \frac{R_{F2}}{R_{22}} = 2, \text{ 即有}$$

$$\begin{aligned} U_{o2} &= -U_{o1} - 2U_{i2} = -2\left(-\frac{1}{2}U_{i1} - \frac{3}{2}U_{i3}\right) - 2U_{i2} \\ &= U_{i1} - 2U_{i2} + 3U_{i3} \end{aligned}$$

得到所需设计。

取  $R_{F1} = R_{F2} = 120k\Omega$ ,  $R_{11} = 240k\Omega$ ,  $R_{12} = 80k\Omega$ ,  $R_{21} = R_{22} = 240k\Omega$ , 平衡电阻  $R_{13} = R_{11} // R_{12} // R_{F1} = 40k\Omega$ ,  $R_{23} = R_{21} // R_{22} // R_{F2} = 24k\Omega$ 。最终电路如图 (b) 所示

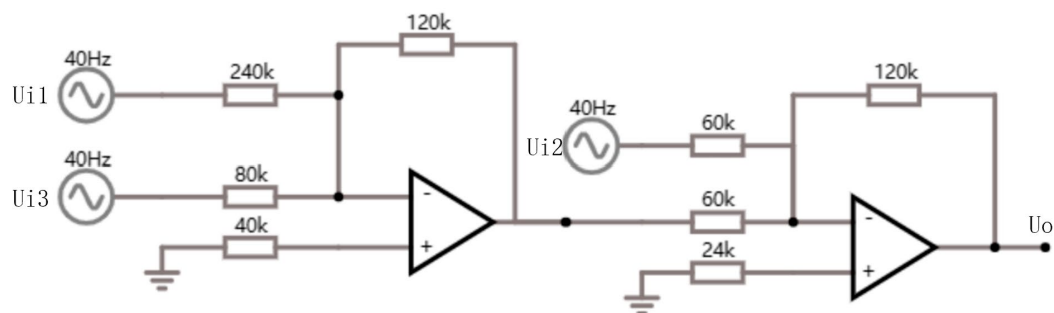


图 (b)