

运算放大器仿真报告

董浩 信卓 2201 U202213781

1 放大电路

1.1 同相放大电路

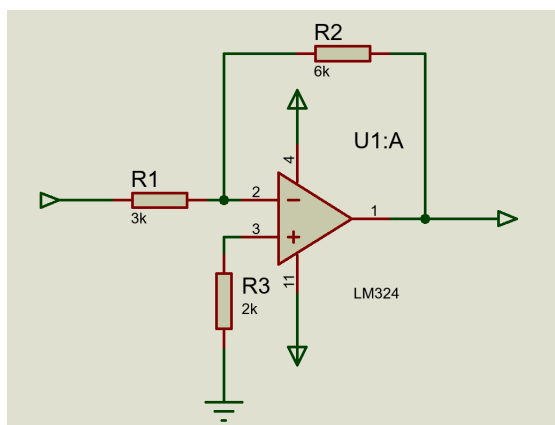


图 1: 反相放大器

增益:

$$A_v = -\frac{R_2}{R_1}$$

R_3 的作用为阻抗匹配, 取值为 $R_1 // R_2$.

输入电阻 $R_i = R_1$, 输出电阻 $R_o = 0$.

1.2 反相放大电路

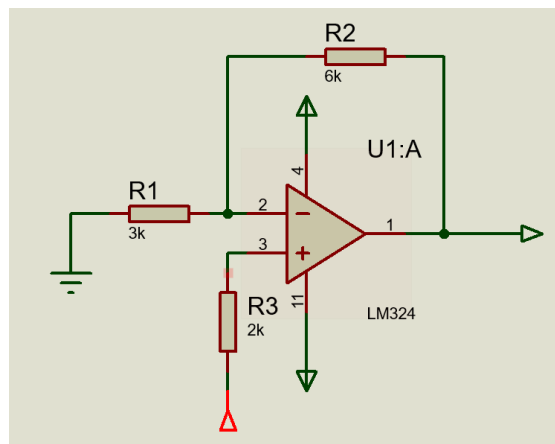


图 2: 同相放大器

增益:

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

R_3 的作用为阻抗匹配, 取值为 $R_1 // R_2$.

输入电阻 $R_i = \infty$, 输出电阻 $R_o = 0$.

2 加减电路

2.1 反相加法器

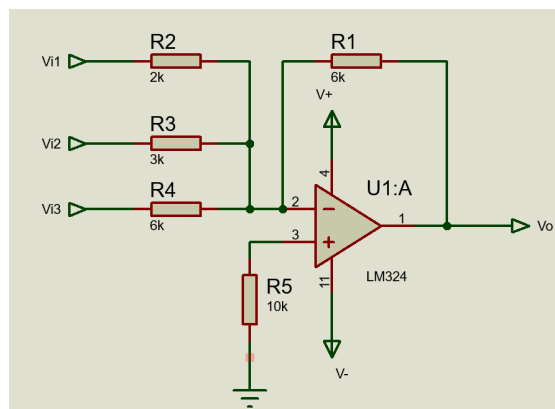


图 3: 反相加法器

增益:

$$A_v = -\left(\frac{R_2}{R_1} \cdot V_{i1} + \frac{R_3}{R_1} \cdot V_{i2} + \frac{R_4}{R_1} \cdot V_{i3}\right)$$

R_5 的作用为阻抗匹配, 取值为 $R_1 // R_2 // R_3 // R_4$.

根据不同的输入端口, R_i 取不同的值.

输出电阻: $R_o = 0$.

2.2 同相加法器

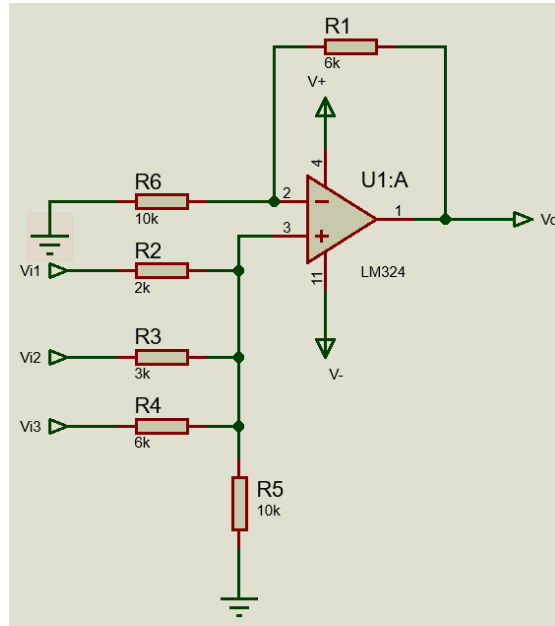


图 4: 同相加法器

增益:

$$A_v = \left(1 + \frac{R_6}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{R_3 // R_4 // R_5}{R_2 + R_3 // R_4 // R_5} \cdot V_{i1} + \frac{R_2 // R_4 // R_5}{R_3 + R_2 // R_4 // R_5} \cdot V_{i2} + \frac{R_2 // R_3 // R_5}{R_4 + R_2 // R_3 // R_5} \cdot V_{i3}\right)$$

R_5 的作用为阻抗匹配, 可省略, 取值满足关系式 $R_1 // R_6 = R_2 // R_3 // R_4 // R_5$.

输入电阻: $R_i = \infty$, 输出电阻: $R_o = 0$.

2.3 差分减法电路

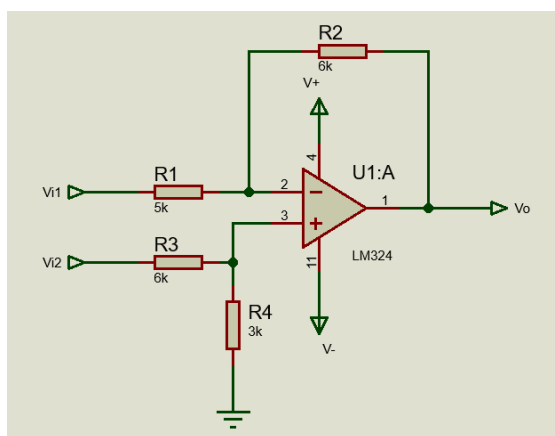


图 5: 差分减法电路

传递函数:

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(\frac{\frac{R_4}{R_3}}{1 + \frac{R_4}{R_3}}\right) V_{i2} - \frac{R_2}{R_1} V_{i1}$$

特别的, 当 $\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$ 时, 有 $V_o = \frac{R_2}{R_1} (V_{i2} - V_{i1})$.

根据不同的输入端口, R_i 取不同的值.

输出电阻 $R_o = 0$.

3 积分电路

3.1 反相积分电路

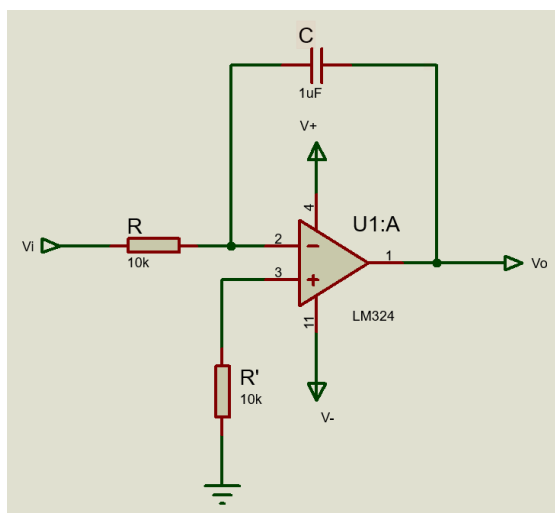


图 6: 反相积分电路

传递函数:

$$V_i = -\frac{1}{RC} \int V_i dt$$

输入电阻 $R_i = \infty$, 输出电阻 $R_o = 0$.

3.2 实用型反相积分电路

在使用积分器时，为了防止低频信号增益过高，需在电容旁并联一个电阻加以限制

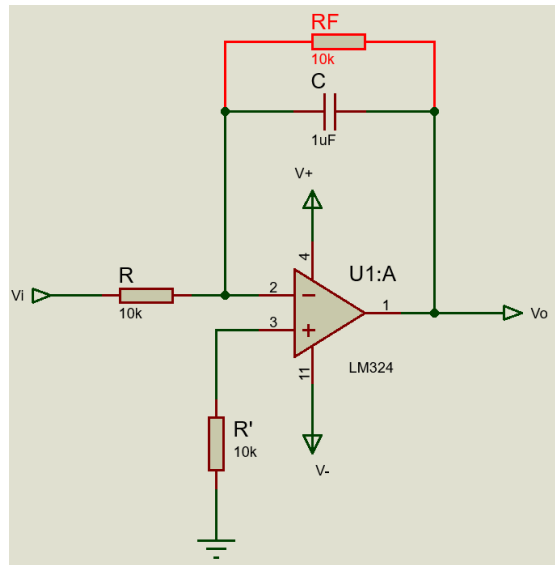


图 7: 实用型反相积分电路

电路特性同反相积分电路.

4 微分电路

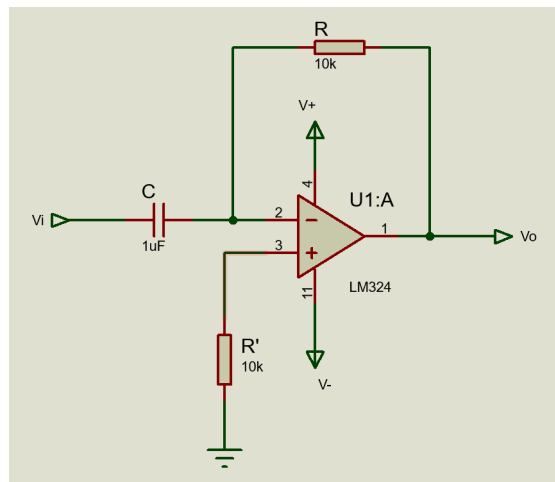


图 8: 微分电路

传输函数:

$$V_o = -RC \frac{dV_i}{dt}$$

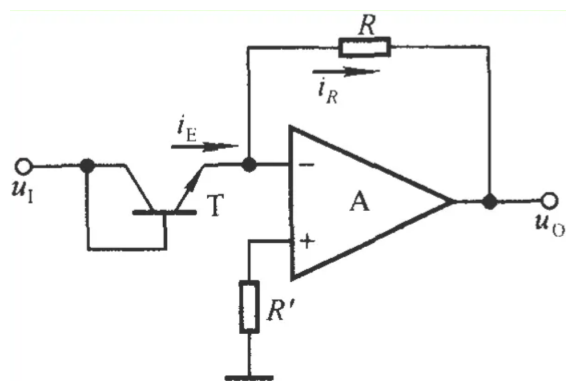


图 7.1.27 指数运算电路

图 9: 指数运算电路

输入阻抗: $Z_i = \frac{1}{j\omega C}$, 输出阻抗 $Z_o = 0$.

5 指数与对数电路

5.1 指数运算电路

1. 由于 $u_N = 0$, 则 $u_{BE} = u_I$
2. 由于 $i_N = 0$, 则 $i_R = i_E = I_s e^{\frac{u_I}{U_T}}$
3. 化简, 得:

$$u_o = -i_R R = -I_s e^{\frac{u_I}{U_T}} R$$

5.2 对数运算电路

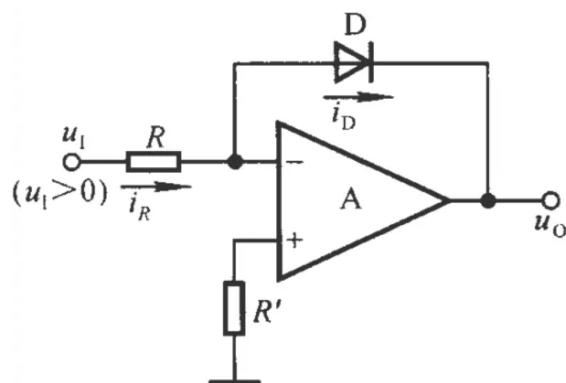


图 10: 对数运算电路

1. 二极管的正向电流与端电压的关系式: $i_D \approx I_s e^{\frac{u_D}{u_T}}$, 故 $u_D \approx u_T \ln \frac{i_D}{I_s}$
2. 由于 $i_N = 0, u_N = 0$, 则 $i_D = i_R = \frac{u_I}{R}$
3. 由于 $u_o = -u_D$ 化简, 得:

$$u_o \approx -u_T \ln \frac{u_I}{I_s R}$$

6 滤波器

6.1 压控电压源二阶低通滤波器

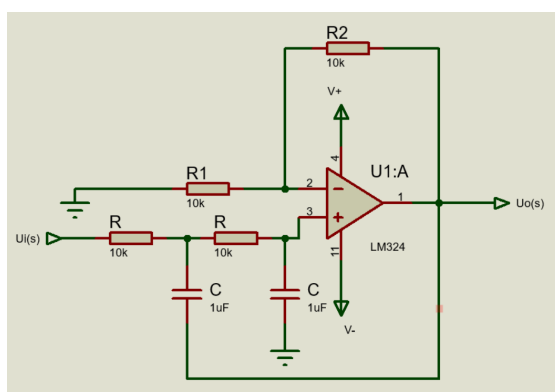


图 11: 压控电压源二阶低通滤波器

参数选择如下： $Q = \frac{1}{3-A_{up}} = 0.707$ ；通常放大倍数 $A_{up} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ ；通带截止频率 f_p ，特征频率 f_o ， $f_p = f_o = \frac{1}{2\pi RC}$

$$R_1 // R_2 = 2R$$

$$A_u = \frac{U_o(S)}{U_i(S)} = \frac{A_{up}}{1 - (\frac{f}{f_o})^2 + j(3 + A_{up})\frac{f}{f_o}}$$

6.2 压控电压源二阶高通滤波器

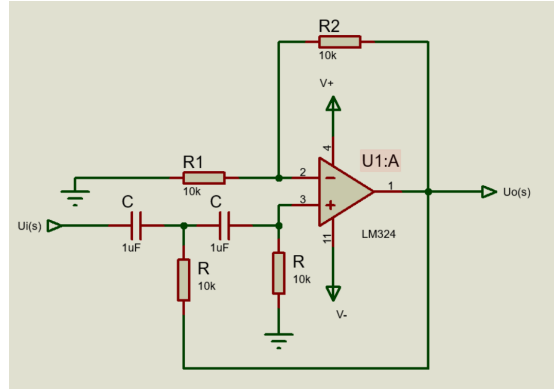


图 12: 压控电压源二阶高通滤波器

参数选择如下： $Q = \frac{1}{3-A_{up}} = 0.707$ ；通带放大倍数 $A_{up} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ ；通带截止频率 f_p ，特征频率 f_o ， $f_p = f_o = \frac{1}{2\pi RC}$ ， $R_1 // R_2 = 2R$ 。

$$\begin{aligned} A_a &= \frac{U_o(s)}{U_i(s)} \\ &= \frac{A_{up}}{1 - (\frac{f_o}{f})^2 - 1 + j(3 - A_{up})\frac{f_o}{f}} \end{aligned}$$

7 信号发生电路

7.1 文氏桥振荡电路

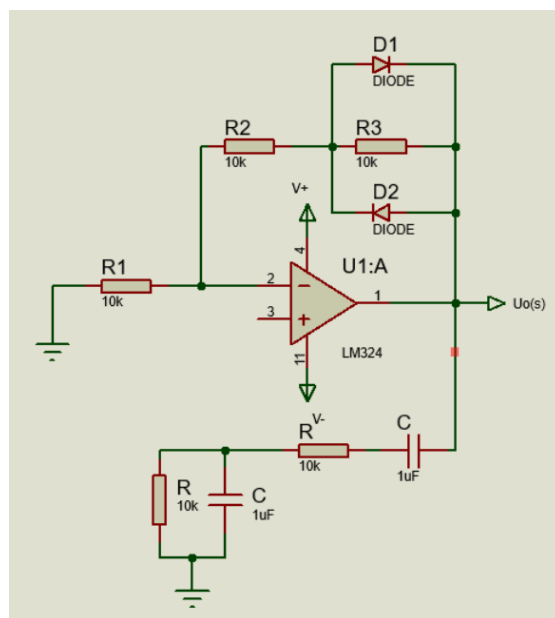


图 13: 文氏桥振荡电路

振荡频率 $f_o = \frac{1}{2\pi RC}$ 电路起振时应满足 $\frac{R_f}{R_1} \geq 2$, 其中 $R_f = R_2 + (R_3 // R_d)$, R_d 为二极管正向导通时的等效电阻。 $R = R_1 // R_f$, D1、D2、 R_3 是起稳幅作用, R_3 通常选几千欧。

7.2 方波和三角波发生电路

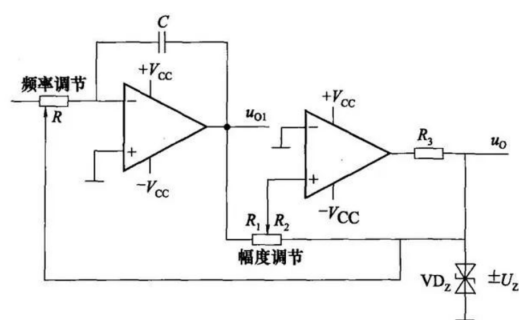


图 14: 方波和三角波发生电路

三角波输出的幅度 $U_{O1M} = \pm U_T = \pm \frac{R_1}{R_2} U_z$ ，方波的幅值 $U_{OM} = \pm U_z$ ，波形的周期为 $T = \frac{4R_1 RC}{R_2}$ 。得到了线性理想的三角波

7.3 锯齿波发生电路