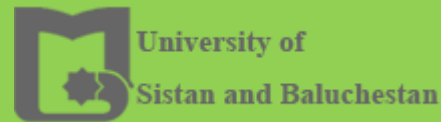
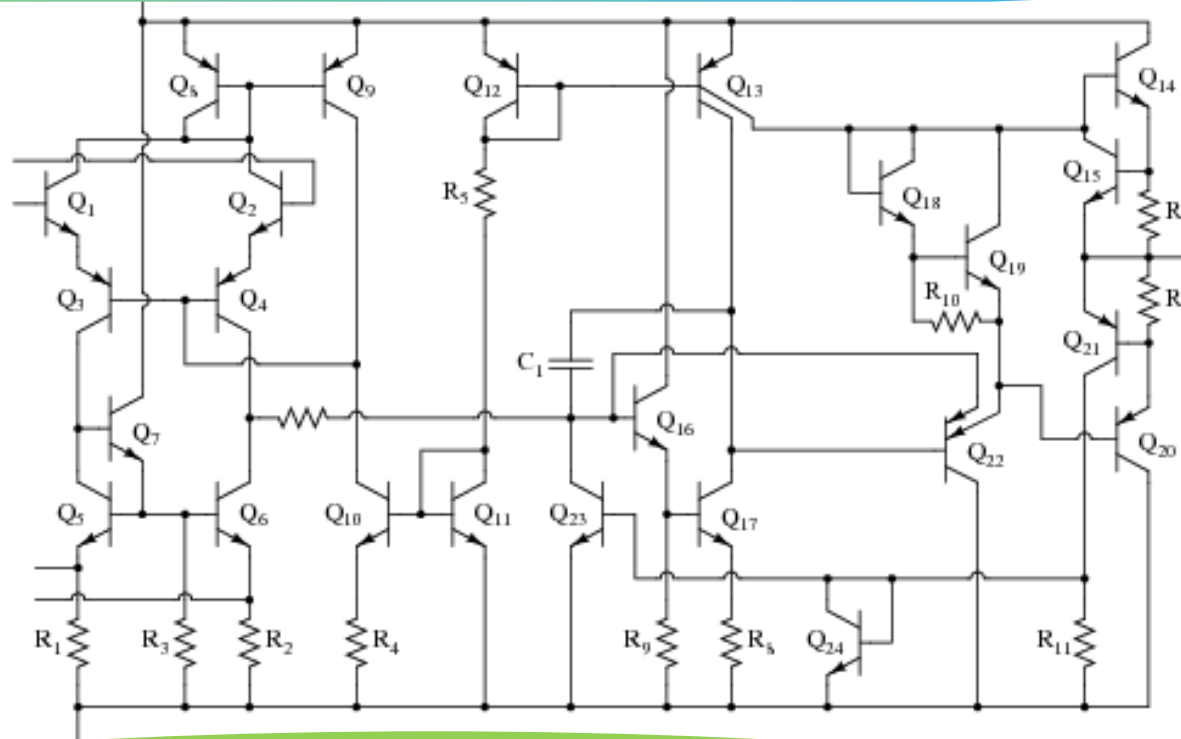


Analog Electronics (Electronics III)

By: M. Shahraki

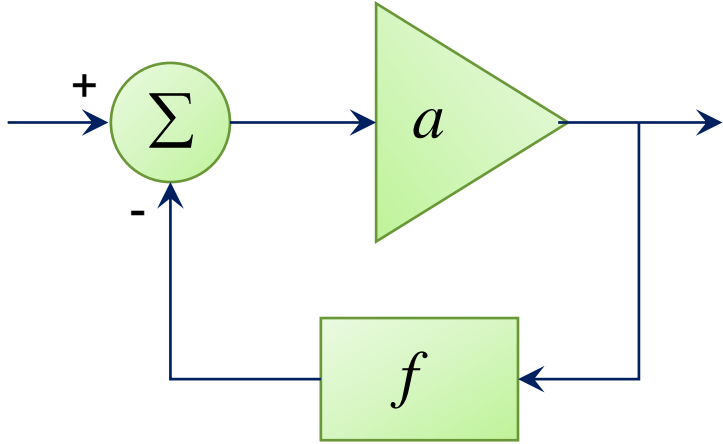


University of
Sistan and Baluchestan

University of Sistan & Baluchestan
Faculty of Electrical and Computer Engineering
Department of Electrical & Electronics Engineering

Oscillators

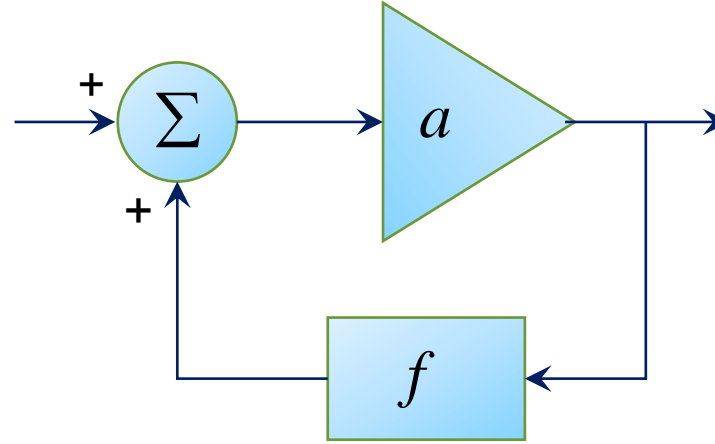
نوسان سازهای سینوسی



Negative Feedback

$$1 + T = 0$$

$$|T| = 1 \quad \angle T = \pm 180$$



Positive Feedback

$$1 - T = 0$$

$$|T| = 1 \quad \angle T = 0 \text{ or } 360$$

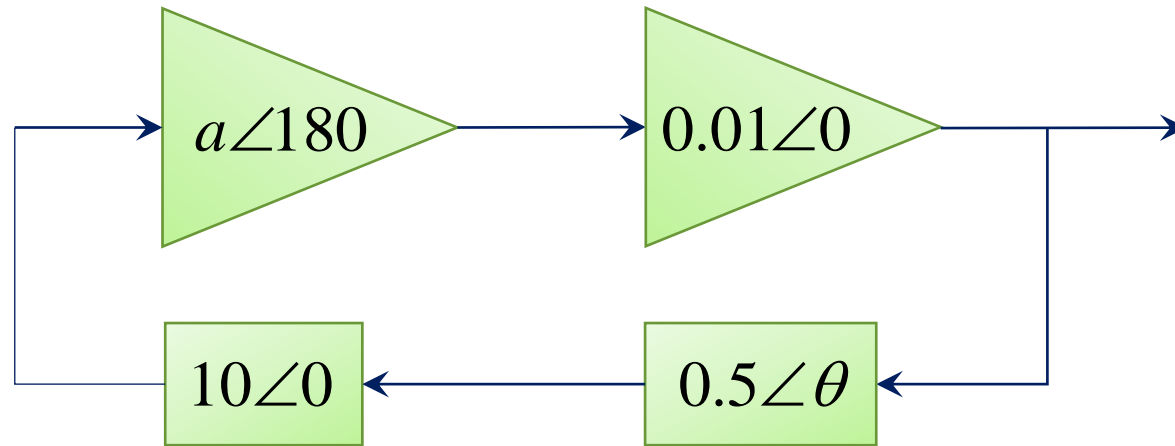
اساس عملکرد نوسان سازها

شرایط نوسان



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی



اساس عملکرد نوسان سازها

شرایط نوسان

$$a\angle 180 \times 0.01\angle 0 \times 0.5\angle \theta \times 10\angle 0 = 1$$

$$a = 20$$

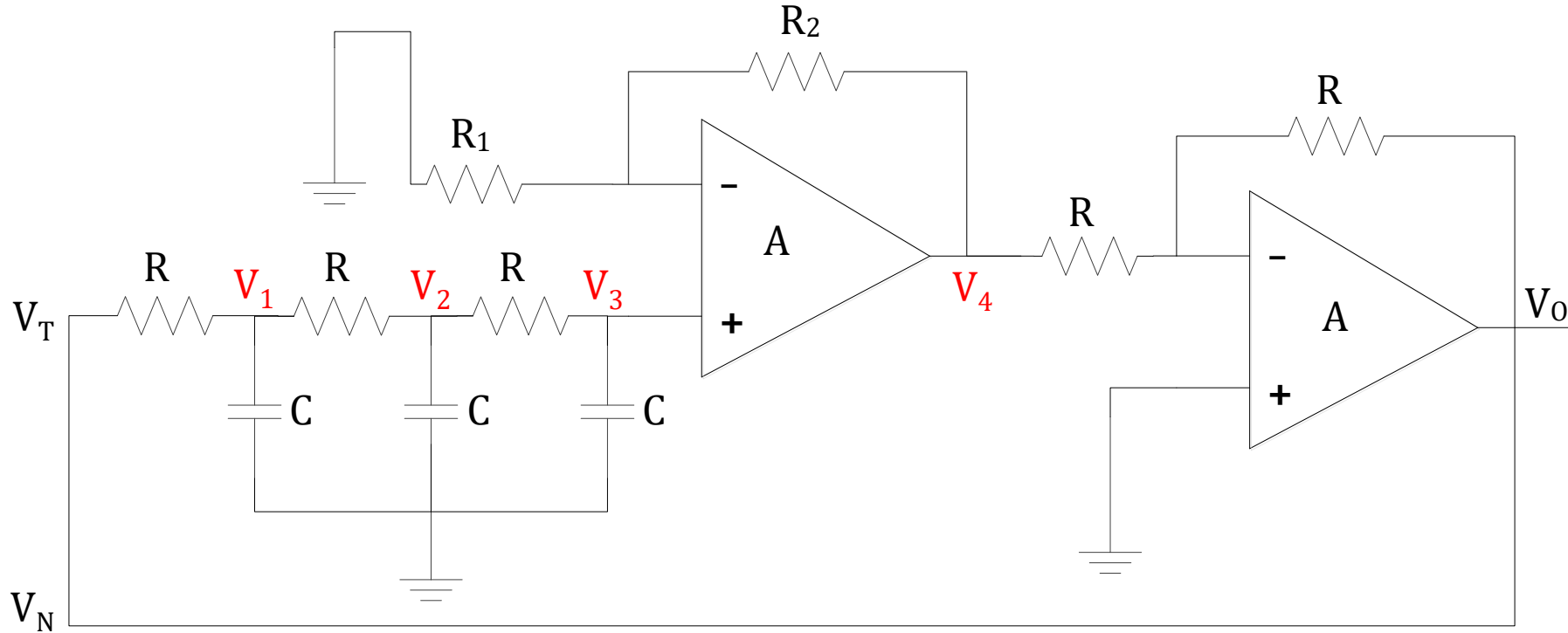
$$0.05a\angle(180 + \theta) = 1$$

$$\theta = 180$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی



نوسان ساز شیفِت فاز

$$\frac{V_N}{V_4} = -1$$

$$\frac{V_4}{V_3} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{1/SC}{R + 1/SC}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2}{Z_2 + R}$$

$$\frac{V_1}{V_T} = \frac{Z_1}{Z_1 + R}$$

تمرین

$$T = \frac{V_N}{V_T} = ?$$

$$Z_2 = (1/SC + R) \parallel 1/SC$$

$$Z_1 = (Z_2 + R) \parallel 1/SC$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز شیفرت فاز

$$T = \frac{-(1 + R_2/R_1)}{(RCS)^3 + 5(RCS)^2 + 6RCS + 1}$$

$$T(j\omega) = \frac{-(1 + R_2/R_1)}{-j(RC\omega)^3 - 5(RC\omega)^2 + j6RC\omega + 1}$$

$$T(j\omega) = 1$$

$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0 \quad -(RC\omega)^3 + 6RC\omega = 0$$

$$\omega = \frac{\sqrt{6}}{RC}$$

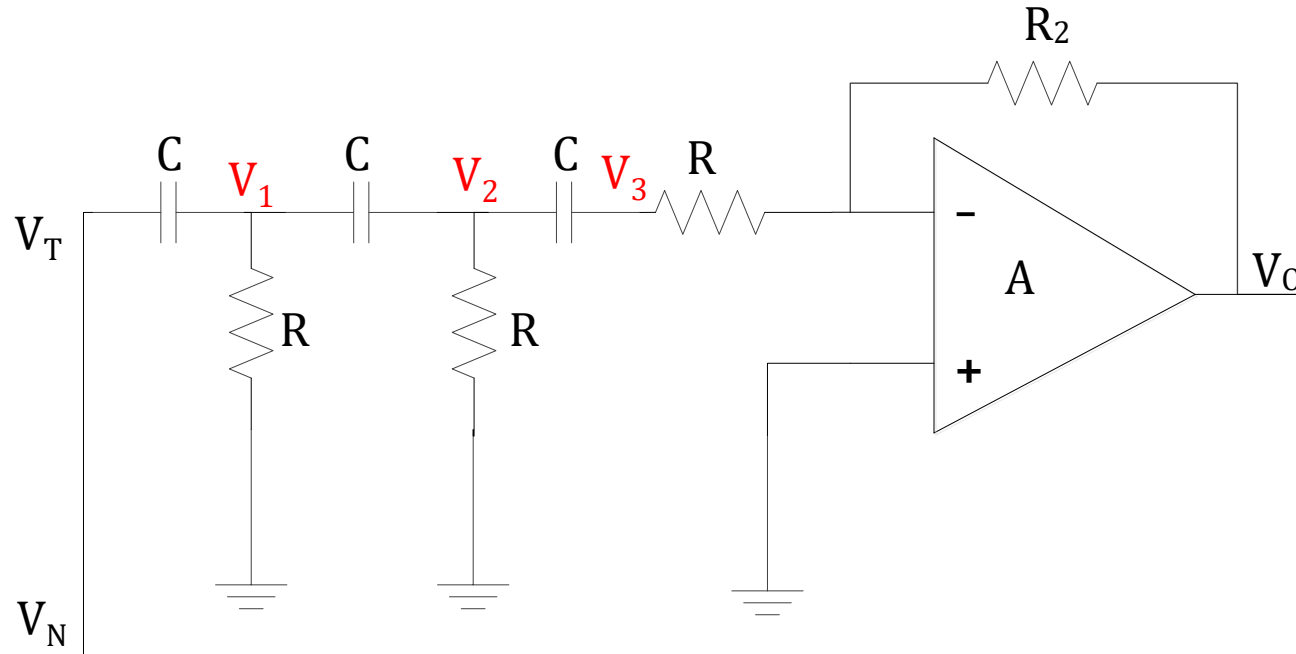
$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \quad \frac{-(1 + R_2/R_1)}{-5(RC\omega)^2 + 1} = 1$$

$$R_2 = 28R_1$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی



نوسان ساز شیفِت فاز

$$\frac{V_N}{V_3} = -\frac{R_2}{R}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{R}{R + 1/SC}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2}{Z_2 + 1/SC}$$

$$\frac{V_1}{V_T} = \frac{Z_1}{Z_1 + 1/SC}$$

$$T = \frac{V_N}{V_T} = ?$$

تمرین

$$Z_2 = (R + 1/SC) \parallel R$$

$$Z_1 = (Z_2 + 1/SC) \parallel R$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز شیفرت فاز

$$T = \frac{-\frac{R_2}{R} (RCS)^3}{(RCS)^3 + 6(RCS)^2 + 5RCS + 1}$$

$$T(j\omega) = \frac{j\frac{R_2}{R} (RC\omega)^3}{-j(RC\omega)^3 - 6(RC\omega)^2 + j5RC\omega + 1} = \frac{\frac{R_2}{R} (RC\omega)^3}{-(RC\omega)^3 + j6(RC\omega)^2 + 5RC\omega - j1} \quad T(j\omega) = 1$$

$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0 \quad -6(RC\omega)^2 - 1 = 0 \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{6RC}}$$

$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \quad \frac{\frac{R_2}{R} (RC\omega)^3}{-(RC\omega)^3 + 5RC\omega} = 1$$

$$R_2 = 29R$$

اطمینان از نوسان

$$R_2 = 30R$$

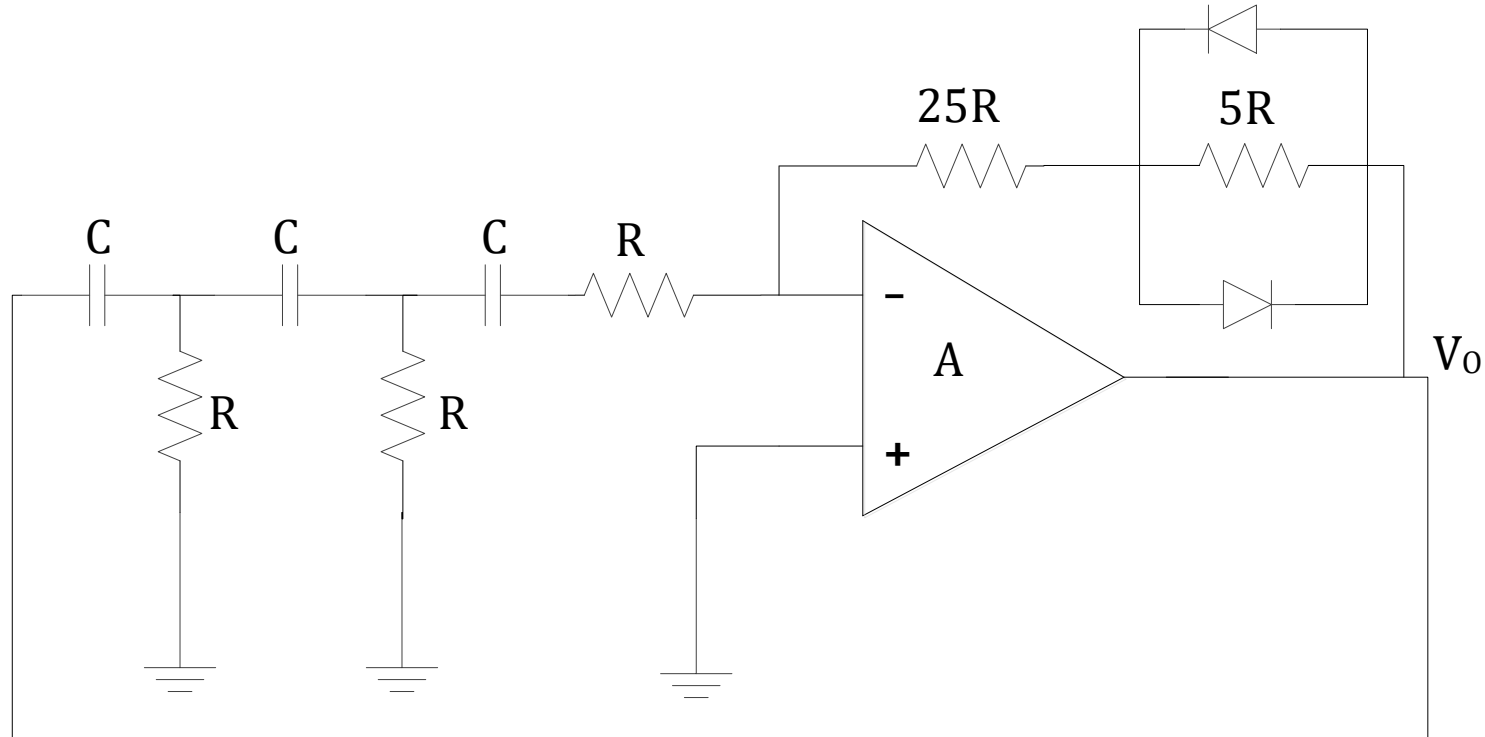
همراه با محدود کننده



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

محدود کردن دامنه نوسان ساز شیفتر فاز



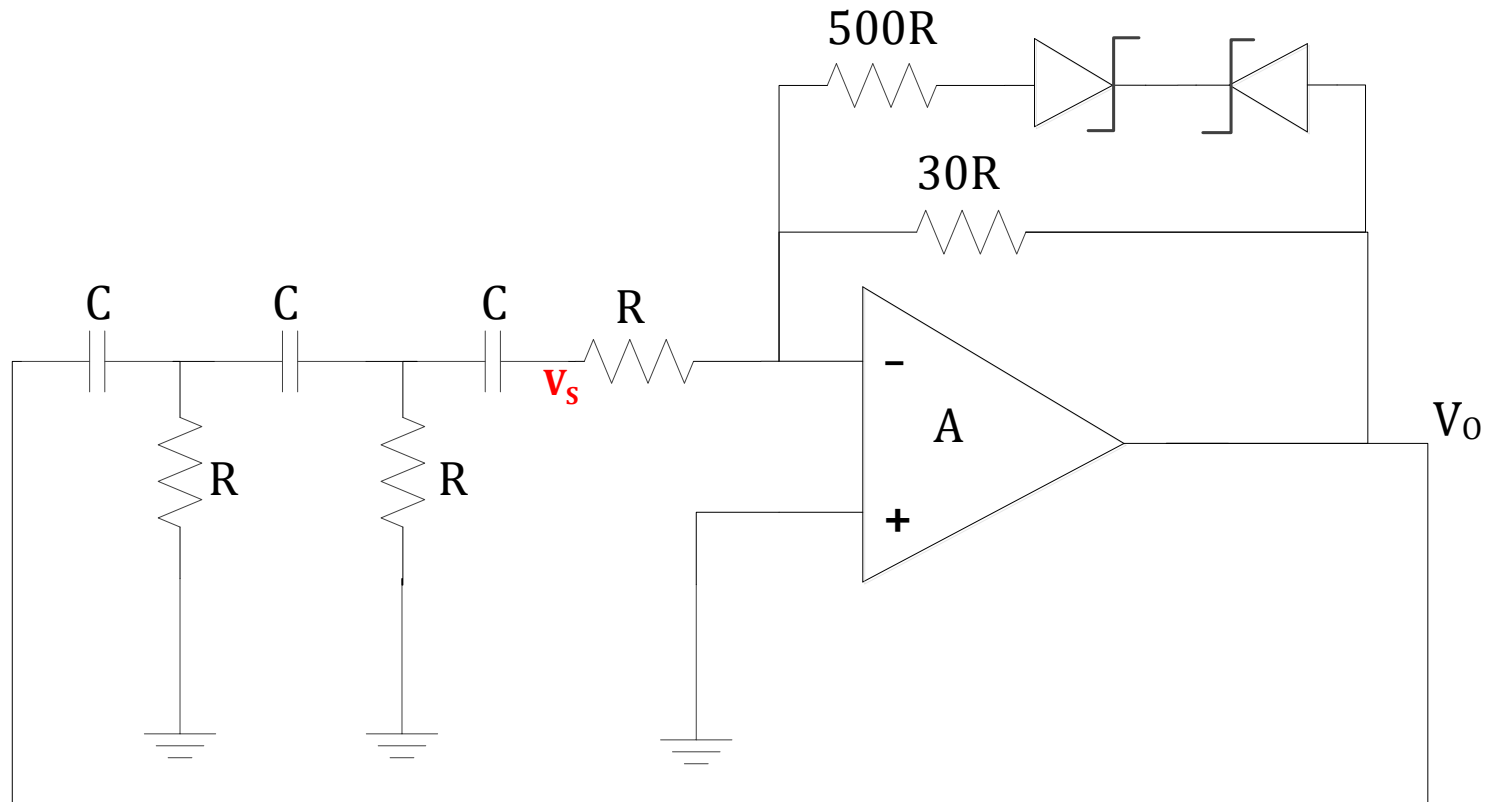
$$25 < |a_0| < 30$$



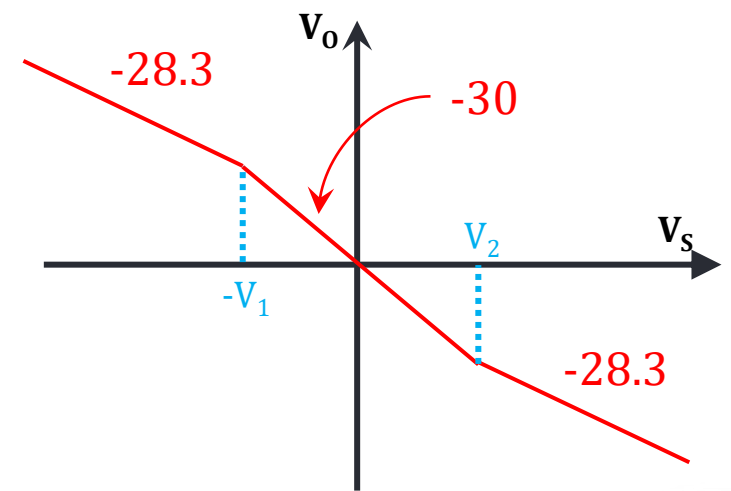
Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

محدود کردن دامنه نوسان ساز شیفتر فاز



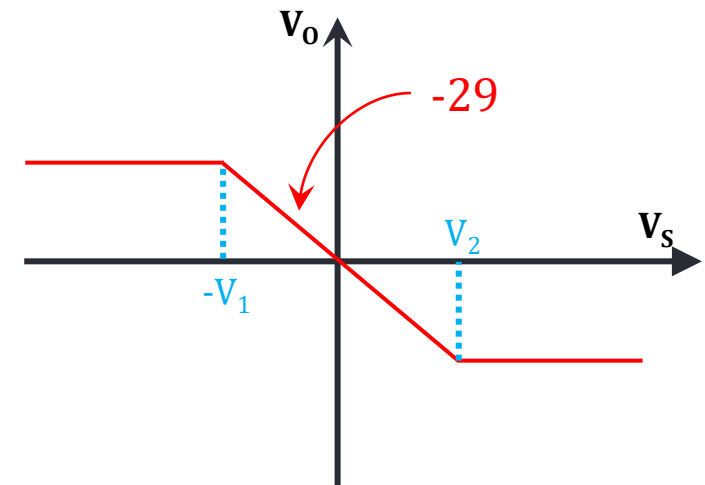
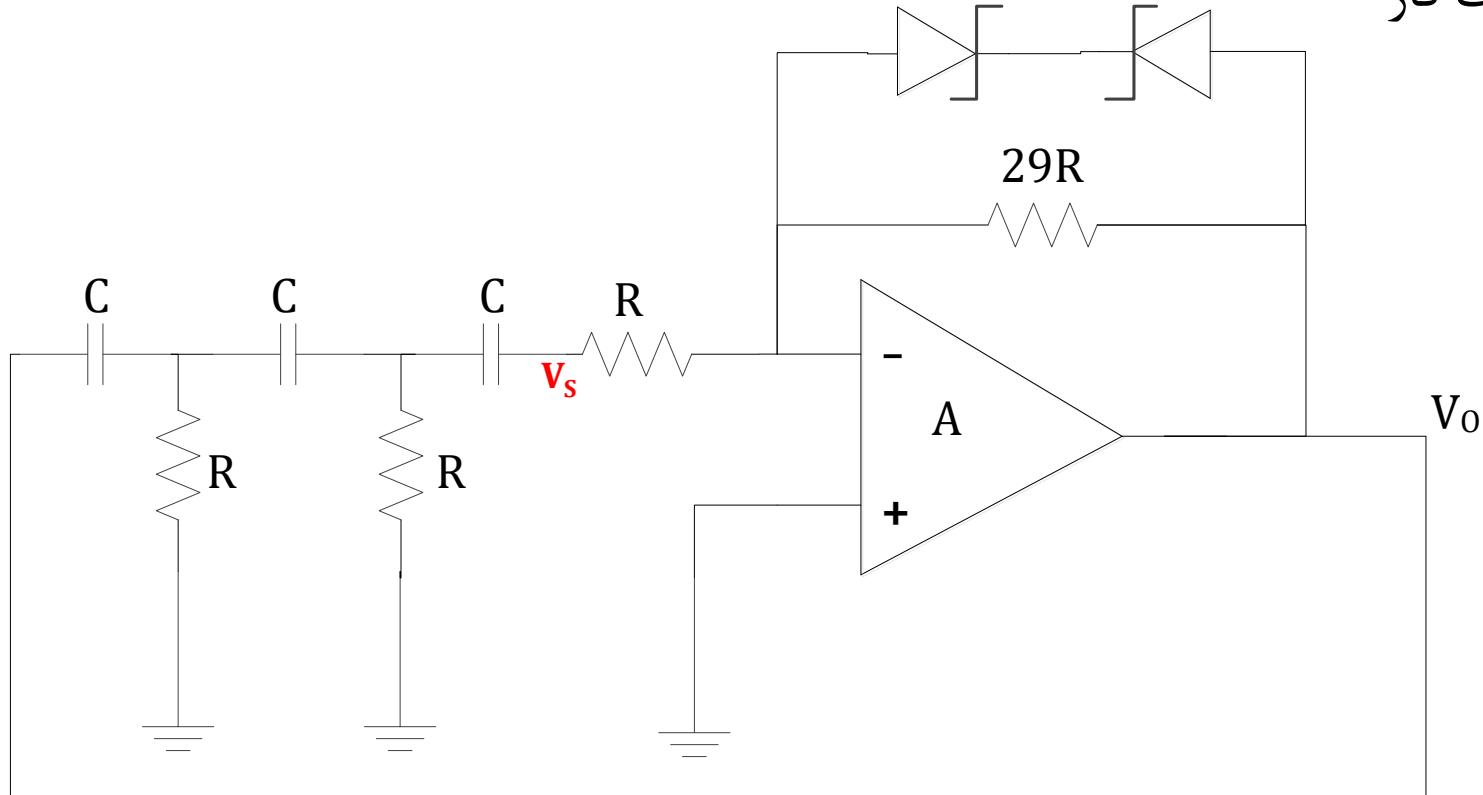
$$28.3 < |a_0| < 30$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

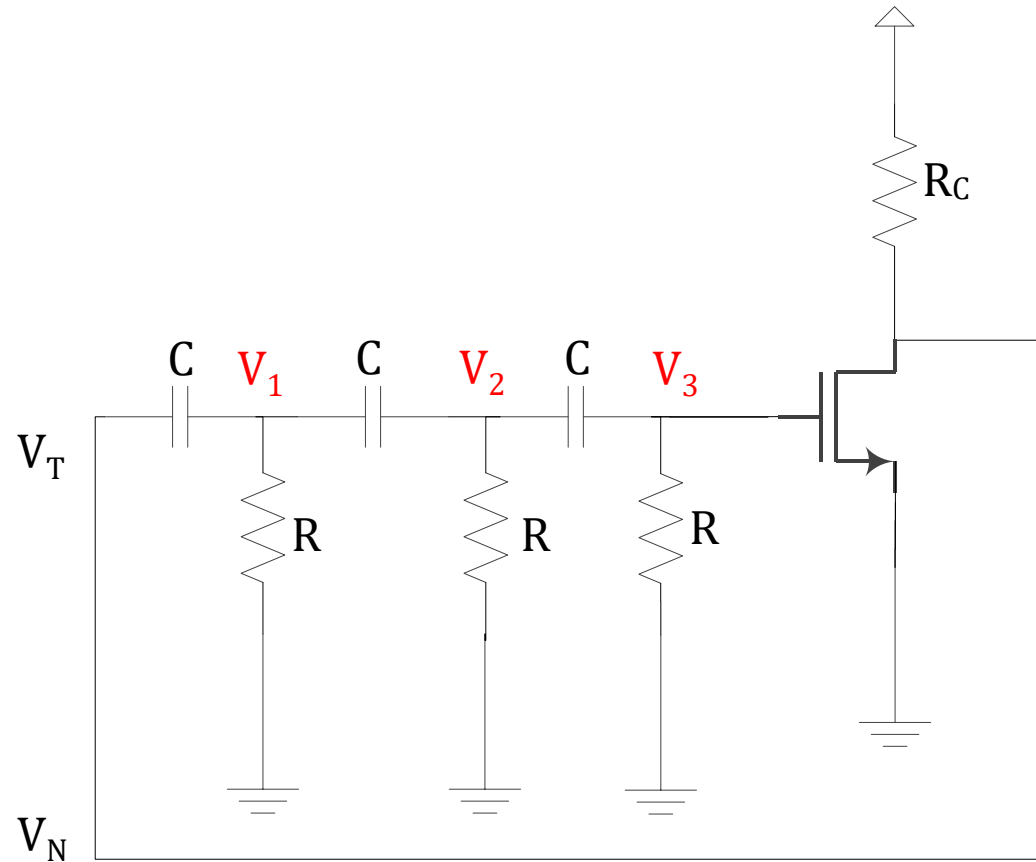
محدود کردن سخت دامنه نوسان ساز شیفتر فاز



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز شیفِت فاز با FET



$$T = \frac{V_N}{V_T} = ? \quad \text{تمرین}$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز شیفیت فاز

$$T = \frac{-g_m R_L (RCS)^3}{(RCS)^3 + 6(RCS)^2 + 5RCS + 1}$$

$$T(j\omega) = 1$$

$$T(j\omega) = \frac{jg_m R_L (RC\omega)^3}{-j(RC\omega)^3 - 6(RC\omega)^2 + j5RC\omega + 1} = \frac{g_m R_L (RC\omega)^3}{-(RC\omega)^3 + j6(RC\omega)^2 + 5RC\omega - j1}$$

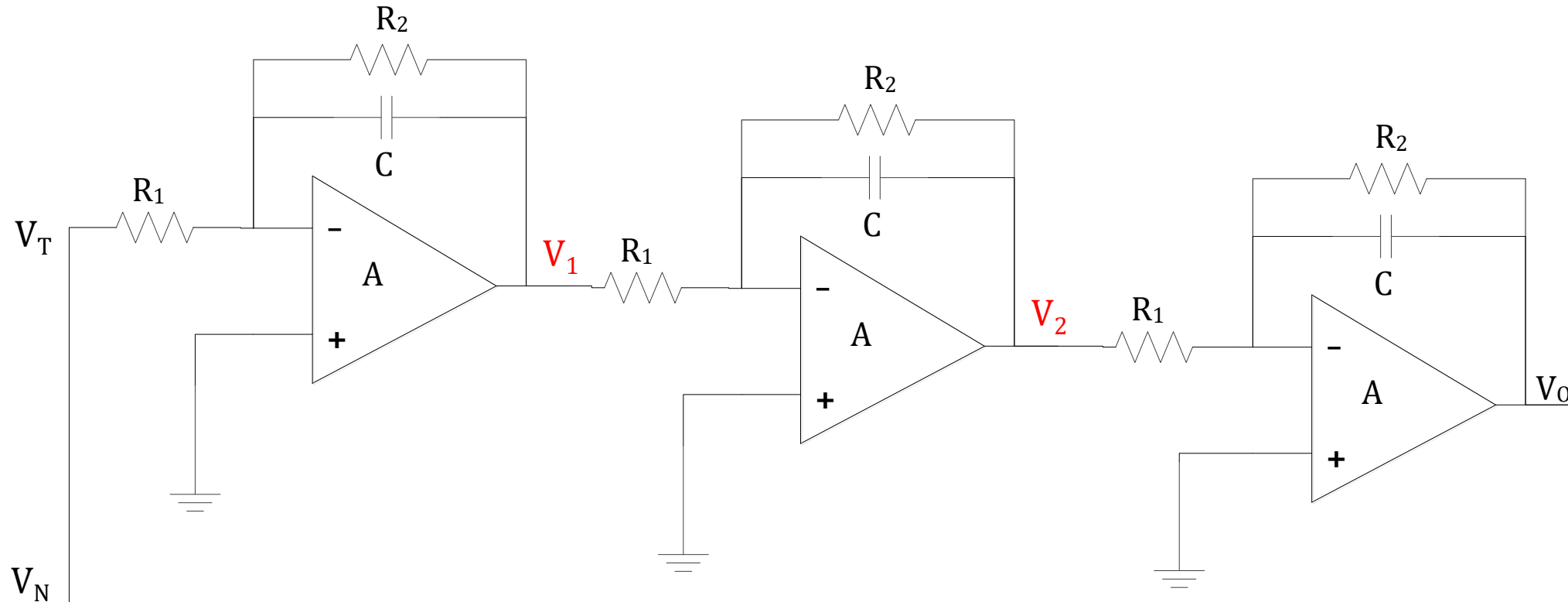
$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0 \quad 6(RC\omega)^2 - 1 = 0 \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{6RC}}$$

$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \quad \frac{g_m R_L (RC\omega)^3}{-(RC\omega)^3 + 5RC\omega} = 1 \quad g_m R_L = 29$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی



نوسان ساز سه فاز

$$\frac{V_1}{V_T} = -\frac{R_2 \parallel 1/SC}{R_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = -\frac{R_2 \parallel 1/SC}{R_1}$$

$$\frac{V_N}{V_2} = -\frac{R_2 \parallel 1/SC}{R_1}$$

$$T = \frac{V_N}{V_T} = -\left(\frac{R_2 \parallel 1/SC}{R_1}\right)^3 = -\left(\frac{R_2/R_1}{1 + R_2CS}\right)^3$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز سه فاز

$$T = -\left(\frac{R_2/R_1}{1 + R_2CS}\right)^3 = \frac{-\left(R_2/R_1\right)^3}{(R_2CS)^3 + 3(R_2CS)^2 + 3R_2CS + 1}$$

$$T(j\omega) = \frac{-\left(R_2/R_1\right)^3}{-j(R_2C\omega)^3 - 3(R_2C\omega)^2 + j3R_2C\omega + 1}$$

$$T(j\omega) = 1$$

$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0 \quad -(R_2C\omega)^3 + 3R_2C\omega = 0$$

$$\omega = \frac{\sqrt{3}}{R_2C}$$

$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \quad \frac{-\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3}{-3(R_2C\omega)^2 + 1} = 1$$

$$R_2 = 2R_1$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز سه فاز

$$T = \left(-\frac{R_2/R_1}{1 + R_2CS} \right)^3 = 1 \angle 360^\circ$$

$$A = \frac{-R_2/R_1}{1 + R_2CS} = 1 \angle 120^\circ$$

$$\angle A = 180 - \tan^{-1}(R_2C\omega) = 120^\circ$$

$$R_2C\omega = \sqrt{3}$$

$$\omega = \frac{\sqrt{3}}{R_2C}$$

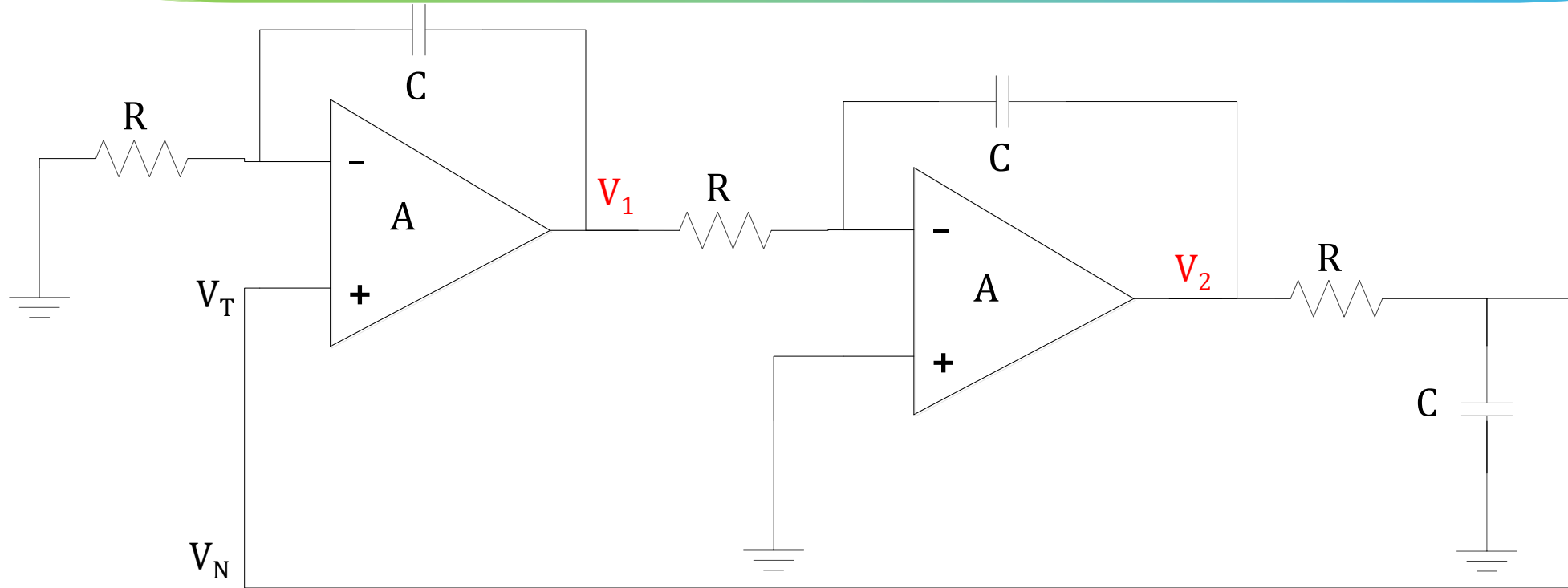
$$|A| = \frac{R_2/R_1}{\sqrt{1 + (R_2C\omega)^2}} = 1$$

$$R_2/R_1 = 2$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی



$$T = \frac{V_N}{V_T} = -\left(\frac{1}{RCS}\right)^2$$

نوسان ساز متعامد

$$\frac{V_1}{V_T} = 1 + \frac{1/SC}{R}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = -\frac{1/SC}{R}$$

$$\frac{V_N}{V_2} = \frac{1/SC}{R + 1/SC}$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز متعامد

$$T = \frac{V_N}{V_T} = -\left(\frac{1}{RCS}\right)^2 = \frac{-1}{(RCS)^2}$$

$$T(j\omega) = \frac{-1}{-(RC\omega)^2} \qquad T(j\omega) = 1$$

$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0$$

$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \qquad \frac{-1}{-(RC\omega)^2} = 1 \qquad \omega = \frac{1}{RC}$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز متعامد

$$T = -\left(\frac{1}{RCS}\right)^2 = 1 \angle 0 \text{ or } 360^\circ$$

$$\angle A = 180 - 2 \tan^{-1}(\infty) = 180 - 180 = 0$$

$$|A| = \frac{1}{(RC\omega)^2} = 1$$

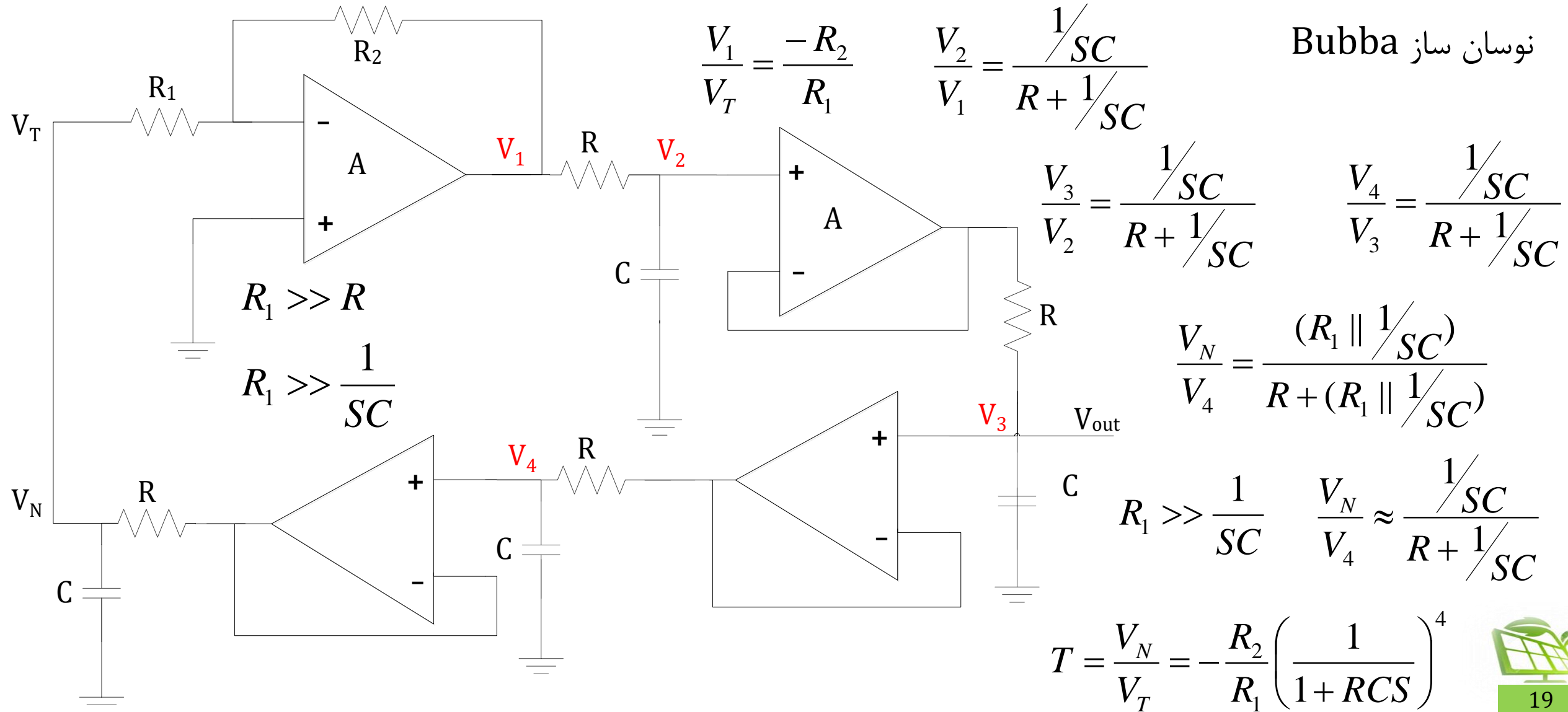
$$\omega = \frac{1}{RC}$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز Bubba



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز Bubba

$$T = \frac{V_N}{V_T} = -\frac{R_2}{R_1} \left(\frac{1}{1+RCS} \right)^4 = 1 \angle 0 \text{ or } 360^\circ$$

$$\angle A = 180 - 4 \tan^{-1}(RC\omega) = 0^\circ$$

$$\tan^{-1}(RC\omega) = 45^\circ$$

$$RC\omega = 1$$

$$\omega = \frac{1}{RC}$$

$$|A| = \frac{R_2/R_1}{\left(\sqrt{1+(RC\omega)^2} \right)^4} = 1$$

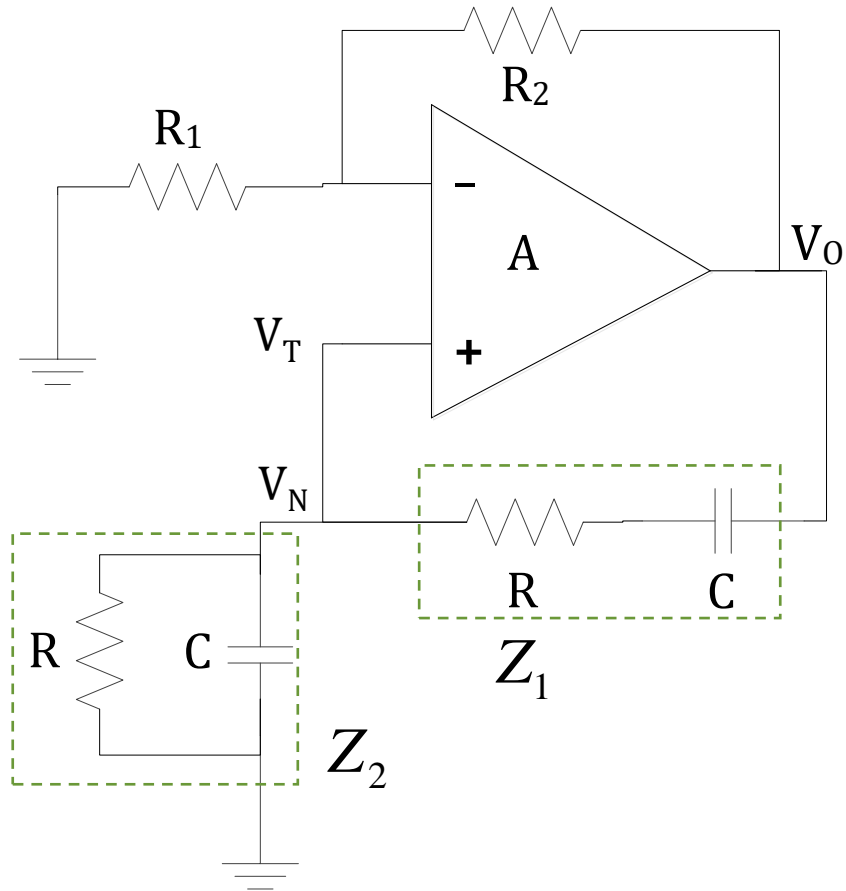
$$\frac{R_2/R_1}{(\sqrt{1+1})^4} = 1$$

$$R_2/R_1 = 4$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی



نوسان ساز پل Wien

$$\frac{V_O}{V_T} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{V_N}{V_O} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{R \parallel \frac{1}{sC}}{\left(R \parallel \frac{1}{sC} \right) + \left(R + \frac{1}{sC} \right)}$$

$$T = \frac{V_N}{V_T} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{RCS}{(RCS)^2 + 3RCS + 1}$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز پل Wien

$$T = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{RCS}{(RCS)^2 + 3RCS + 1}$$

$$T(j\omega) = \frac{j\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(RC\omega)}{-(RC\omega)^2 + j3RC\omega + 1} = \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(RC\omega)}{j(RC\omega)^2 + 3RC\omega - j1}$$

$$T(j\omega) = 1$$

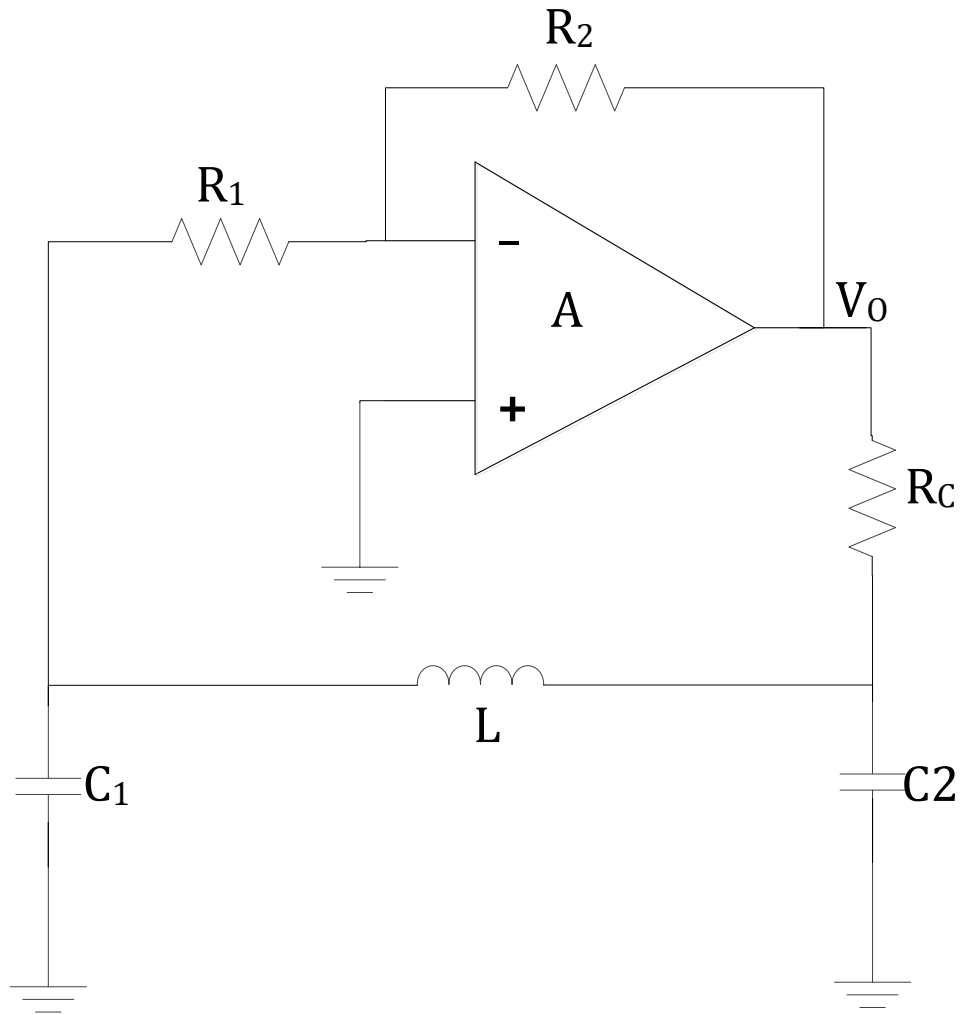
$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0 \quad (RC\omega)^2 - 1 = 0 \quad \omega = \frac{1}{RC}$$

$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \quad \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(RC\omega)}{3RC\omega} = 1 \quad \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)}{3} = 1 \quad R_2 = 2R_1$$

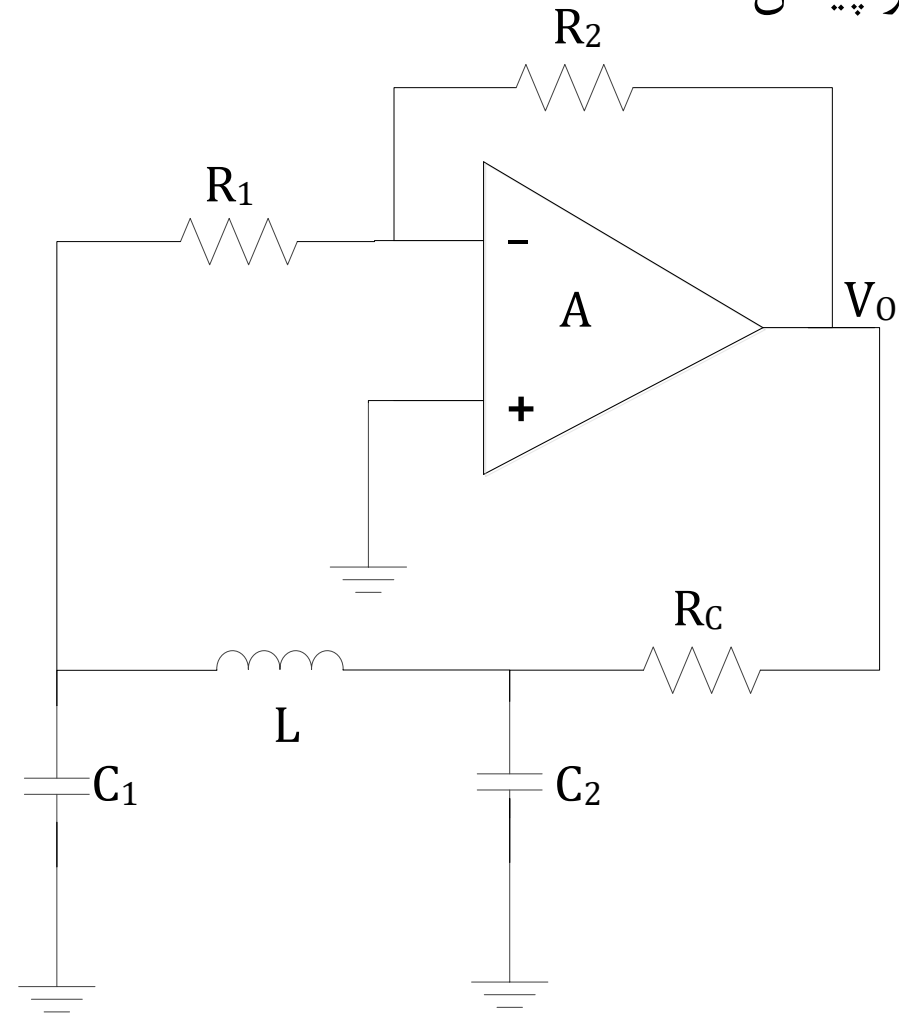


Oscillators

نوسان سازهای سینوسی



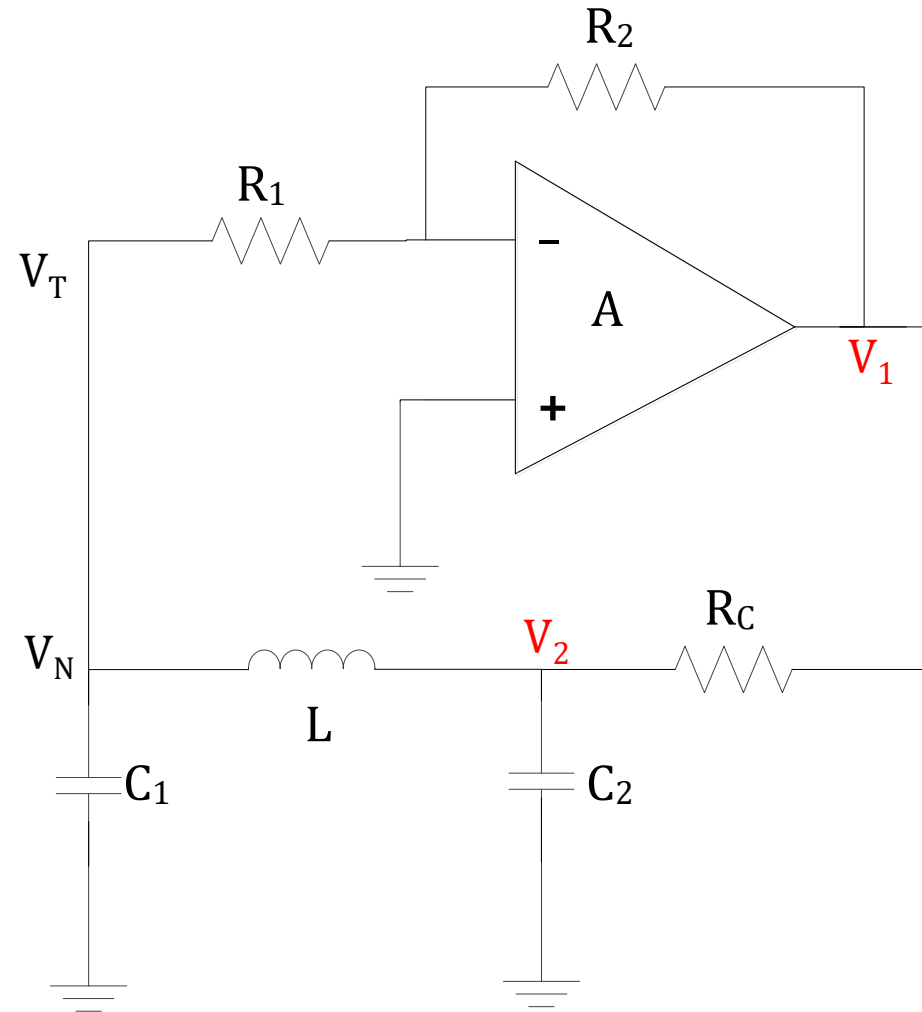
نوسان ساز کولپیتس



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز کولپیتس



$$\frac{V_1}{V_T} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{V_N}{V_2} = \frac{Z_1}{Z_1 + LS}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2}{Z_2 + R_C}$$

$$T = \frac{V_N}{V_T} = ?$$

$$Z_1 = R_1 \parallel \frac{1}{SC_1}$$

$$Z_2 = (Z_1 + LS) \parallel \frac{1}{SC_2}$$

تمرین



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز کولپیتس

$$T = \frac{-R_2}{R_C + R_1 + S(L + R_1 R_C C_1 + R_1 R_C C_2) + S^2(R_1 C_1 L + R_C C_2 L) + S^3(R_1 R_C C_1 C_2 L)}$$

$$T(j\omega) = 1$$

$$T(j\omega) = \frac{-R_2}{R_C + R_1 + j\omega(L + R_1 R_C C_1 + R_1 R_C C_2) - \omega^2(R_1 C_1 L + R_C C_2 L) - j\omega^3(R_1 R_C C_1 C_2 L)}$$

$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0 \quad \omega^3(R_1 R_C C_1 C_2) - \omega(L + R_1 R_C C_1 + R_1 R_C C_2) = 0 \quad \omega = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 L} + \frac{1}{R_1 R_C C_1 C_2}}$$

$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \quad \frac{-R_2}{R_C + R_1 - \omega^2(R_1 C_1 L + R_C C_2 L)} = 1$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز کولپیتس

$$\omega = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2 L} + \frac{1}{R_1 R_C C_1 C_2}} \quad \frac{-R_2}{R_C + R_1 - \omega^2 (R_1 C_1 L + R_C C_2 L)} = 1$$

$$\text{if } R_1 R_C \gg \frac{1}{C_1 C_2}, \text{ , } R_C \gg R_1$$

تمرین

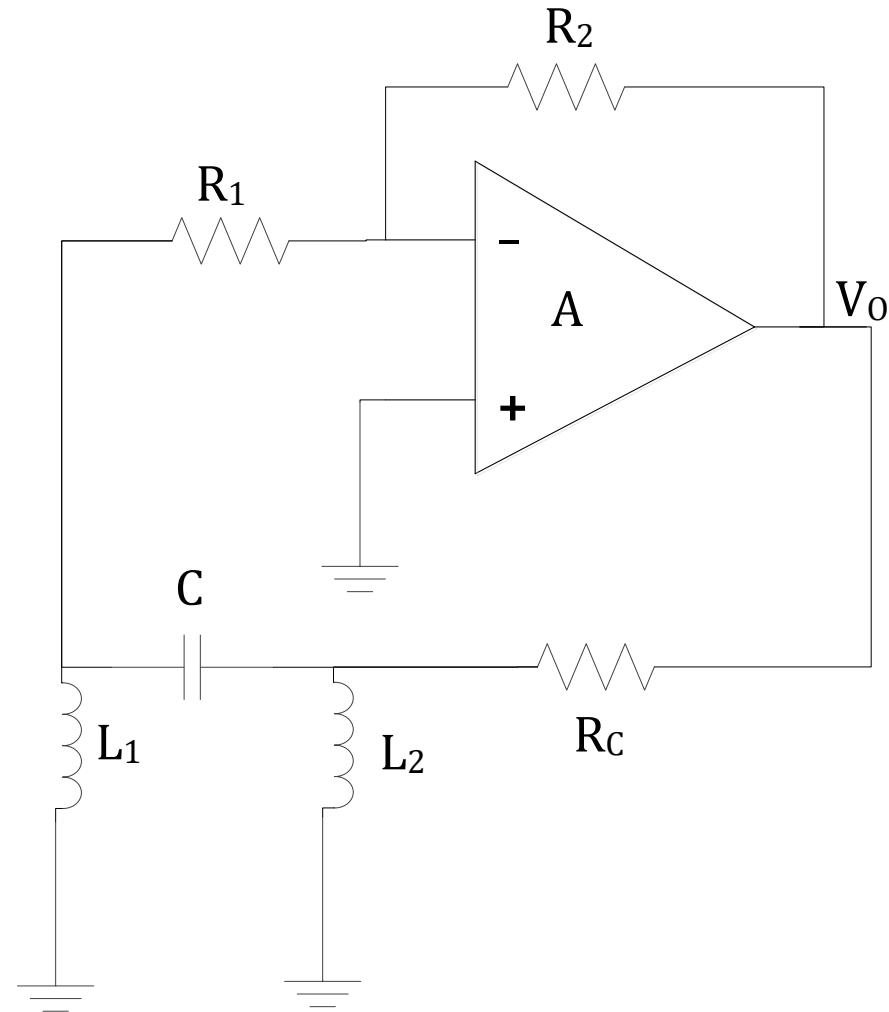
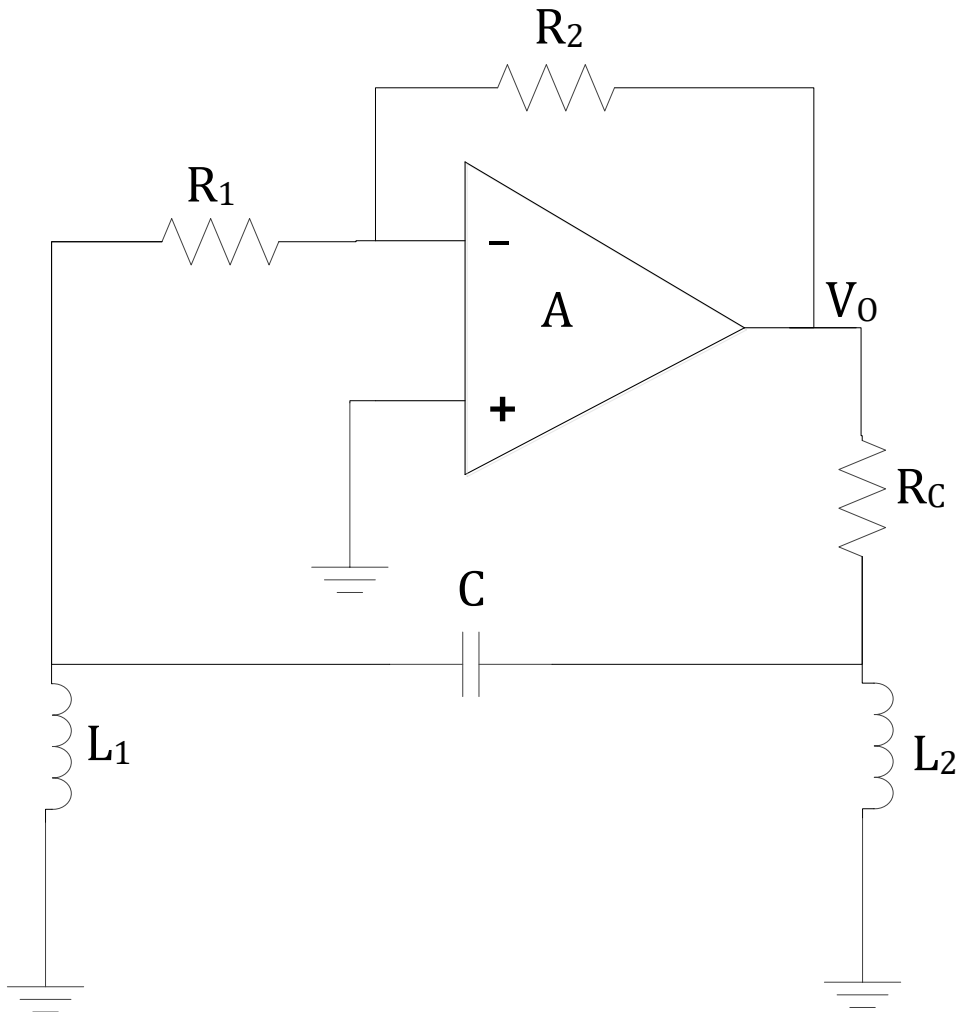
$$\omega \approx \sqrt{\frac{1}{CL}} \quad C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad \frac{R_2}{R_C} = \frac{C_2}{C_1}$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

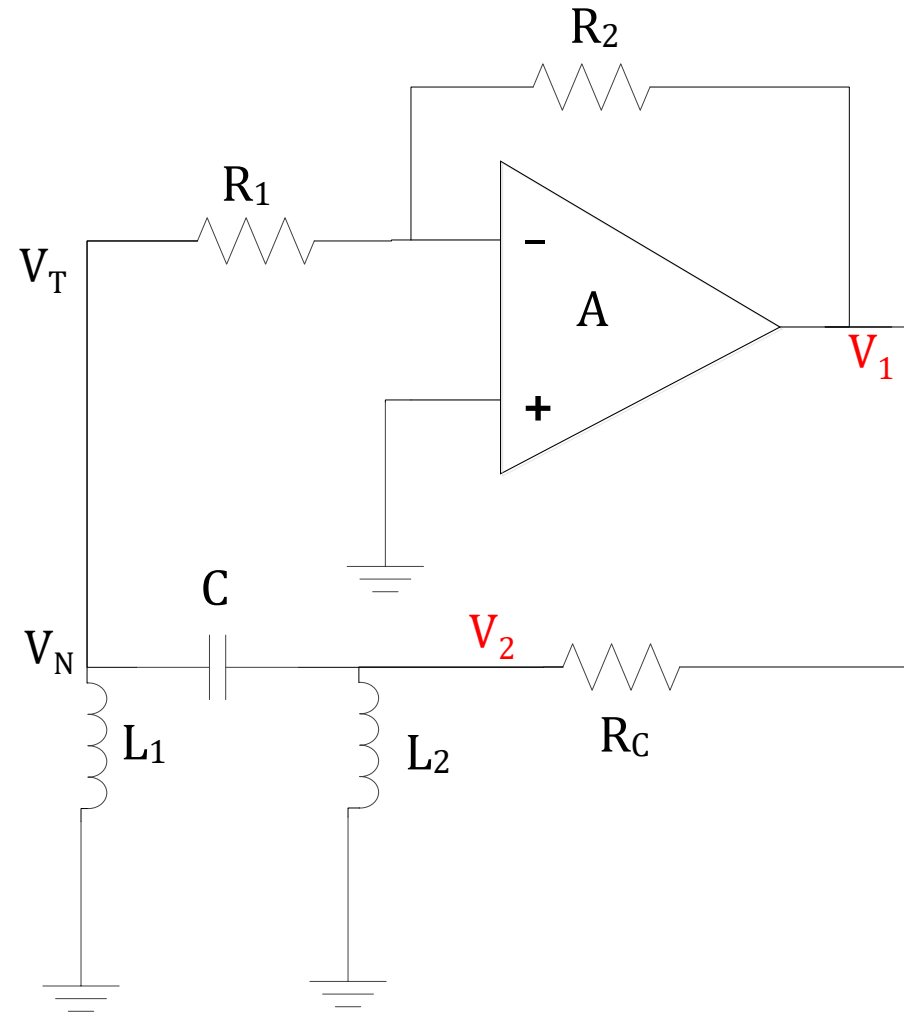
نوسان ساز هارتلی



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز هارتلی



$$\frac{V_1}{V_T} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{V_N}{V_2} = \frac{Z_1}{Z_1 + \frac{1}{SC}}$$

$$Z_1 = R_1 \parallel L_1 S$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2}{Z_2 + R_C}$$

$$Z_2 = \left(Z_1 + \frac{1}{SC} \right) \parallel L_2 S$$

$$T = \frac{V_N}{V_T} = ?$$

تمرین



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز هارتلی

$$T = \frac{-R_1 R_2 L_1 L_2 C S^3}{R_1 R_C + S(R_C L_1 + R_1 L_2) + S^2(R_1 L_1 C R_C + R_1 L_2 C R_C + L_1 L_2) + S^3(R_1 L_1 L_2 C + R_C L_1 L_2 C)}$$

$$T(j\omega) = 1$$

$$T(j\omega) = \frac{R_1 R_2 L_1 L_2 C \omega^3}{-jR_1 R_C + \omega(R_C L_1 + R_1 L_2) + j\omega^2(R_1 L_1 C R_C + R_1 L_2 C R_C + L_1 L_2) - \omega^3(R_1 L_1 L_2 C + R_C L_1 L_2 C)}$$

$$\text{Im}[T(j\omega)] = 0 \quad -R_1 R_C + \omega(R_C L_1 + R_1 L_2) + \omega^2(R_1 L_1 C R_C + R_1 L_2 C R_C + L_1 L_2) = 0$$

$$\text{Re}[T(j\omega)] = 1 \quad \frac{R_1 R_2 L_1 L_2 C \omega^2}{(R_C L_1 + R_1 L_2) - \omega^2(R_1 L_1 L_2 C + R_C L_1 L_2 C)} = 1$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{C(L_1 + L_2) + \frac{L_1 + L_2}{R_1 R_C}}}$$



Oscillators

نوسان سازهای سینوسی

نوسان ساز هارتلی

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{C(L_1 + L_2) + \frac{L_1 + L_2}{R_1 R_C}}} \frac{R_1 R_2 L_1 L_2 C \omega^2}{(R_C L_1 + R_1 L_2) - \omega^2 (R_1 L_1 L_2 C + R_C L_1 L_2 C)} = 1$$

$$\text{if } R_1 R_C \gg \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}, \text{ , } R_C \gg R_1$$

تمرین

$$\omega \approx \sqrt{\frac{1}{CL}} \quad L = L_1 + L_2 \quad \frac{R_2}{R_C} \approx \frac{L_1}{L_2}$$

