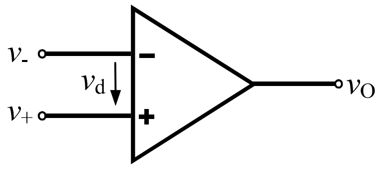
ОПЕРАЦИСКИ ЗАСИЛУВАЧИ

Воведни забелешки за идеален операциски засилувач:

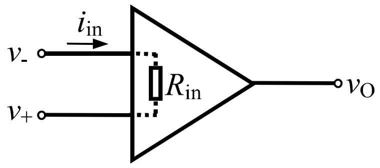
1.



v_+ : потенцијал на неинвертирачкиот влез
v_- : потенцијал на инвертирачкиот влез
$v_d = v_+ - v_-$ напон на разлика (диференцијален напон)

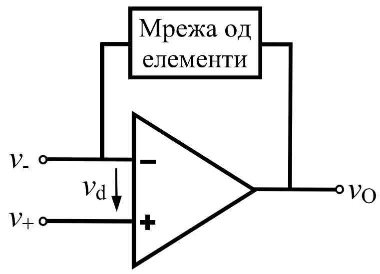
$v_O = A_v \cdot v_d$
Кај идеален О.З.: $A_v \to \infty$

2.



Кај идеален О.З.: $R_{in} \to \infty \quad \Rightarrow \quad i_{in} \to 0$

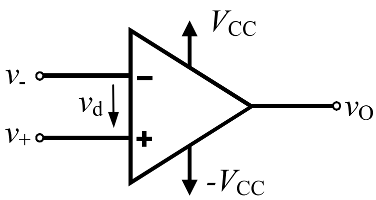
3.

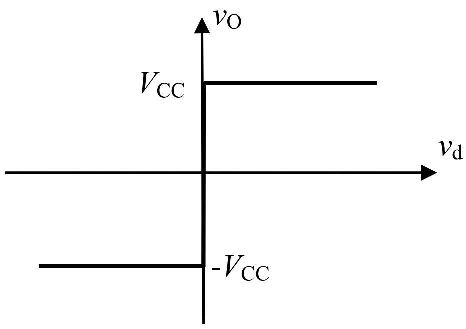


Ако постои пат/начин излезот истофазно да делува врз инвертирачкиот влез, тогаш постои негативна повратна врска (н.п.в.), и важи правилото на виртуелна нула:

н.п.в. $\Rightarrow \quad v_d = 0 \quad \Rightarrow \quad v_+ = v_-$

4. Ако е зададено реално напојување на О.З., тогаш излезниот напон е ограничен од вредноста на напојувањето. Преносната карактеристика на О.З. е:

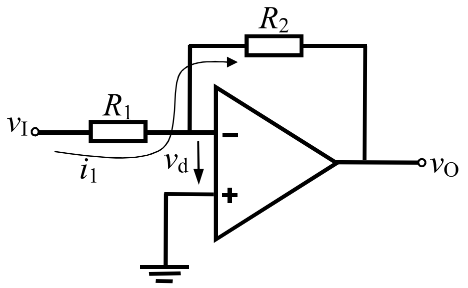




Задачи:

1. За колата прикажани на сликите а) – ж), да се изведат изразите за излезните напони во функција од влезните. Операциските засилувачи се идеални.

а)



$$v_+ = v_- = 0$$

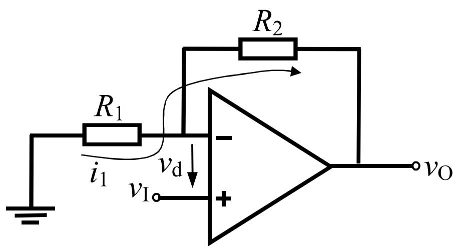
$$i_1 = \frac{v_I}{R_1} = -\frac{v_O}{R_2};$$

$$v_O = -\frac{R_2}{R_1} v_I$$

Постои негативна повратна врска, и важи правилото на виртуелна нула $v_d = 0$.

Инвертирачки засилувач

б)



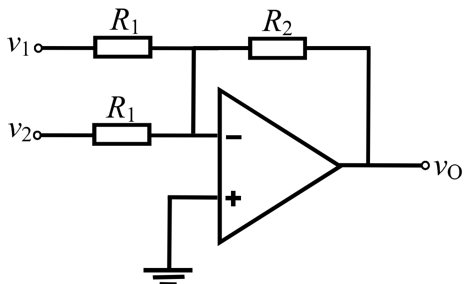
$$v_+ = v_- = v_I$$

$$i_1 = -\frac{v_I}{R_1} = \frac{v_I - v_O}{R_2};$$

$$v_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_I$$

Неинвертирачки засилувач

в)



$$v_+ = v_- = 0$$

$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

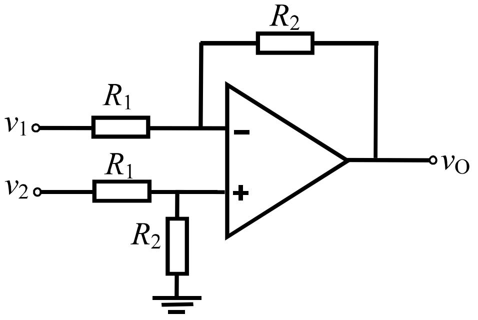
$$i_2 = \frac{v_2}{R_1}$$

$$v_O = -(i_1 + i_2) R_2$$

$$v_O = -\frac{R_2}{R_1}(v_1 + v_2)$$

Инвертирачки суматор

г)



$$v_+ = v_- = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2$$

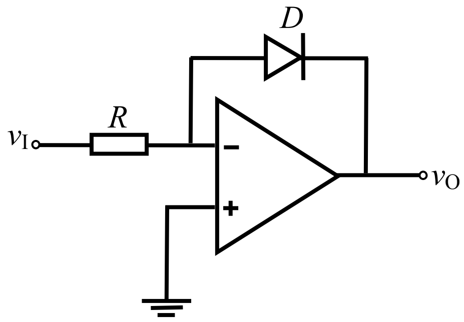
$$i_1 = \frac{v_1 - v_-}{R_1} = \frac{v_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2}{R_1}$$

$$i_1 = \frac{v_- - v_O}{R_2} = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 - v_O}{R_2}$$

$$v_O = \frac{R_2}{R_1}(v_2 - v_1)$$

Засилувач на разлика

д)



$$v_+ = v_- = 0$$

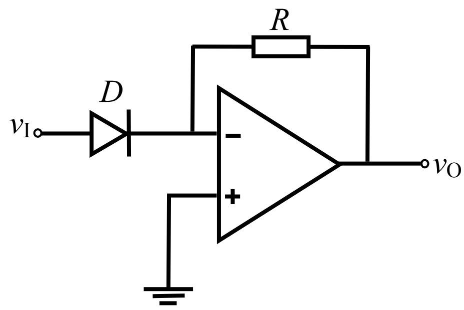
$$i_R = \frac{v_I}{R} = i_D = I_S e^{\frac{v_D}{V_T}}$$

$$v_O = -v_D = -V_T \ln \frac{i_D}{I_S}$$

$$v_O = -V_T \ln \frac{v_I}{RI_S}$$

Логаритамски засилувач

ѓ)



$$v_+ = v_- = 0$$

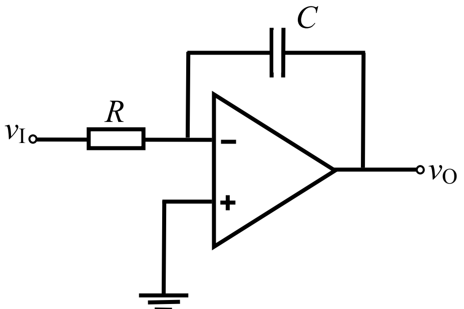
$$i_D = I_S e^{\frac{v_D}{V_T}} = i_R = -\frac{v_O}{R}$$

$$v_I = v_D$$

$$v_O = -RI_S e^{\frac{v_I}{V_T}}$$

Експоненцијален засилувач

е)



$$v_+ = v_- = 0$$

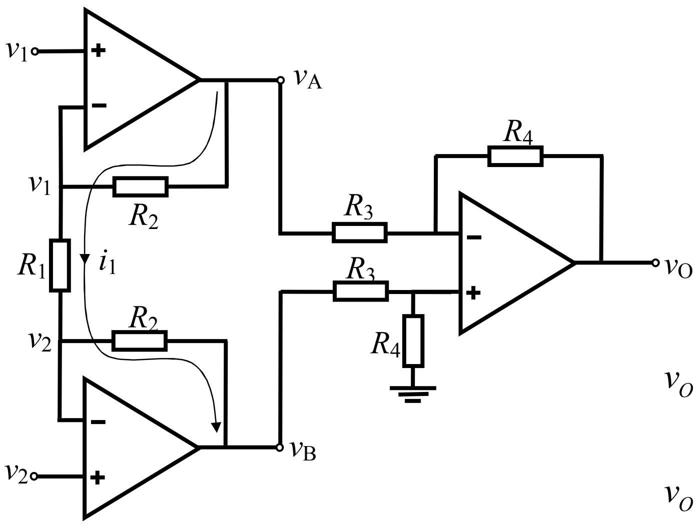
$$i_R = \frac{v_I}{R} = i_C = C\frac{d}{dt}v_C(t)$$

$$v_O(t) = -v_C(t)$$

$$v_O(t) = -\frac{1}{RC}\int_0^t v_I(x)dx + v_O(t=0)$$

Интегратор

ж)



Кај сите три О.З. постои н.п.в.

$$i_1 = \frac{v_1 - v_2}{R_1}$$

$$v_A = v_1 + R_2 i_1$$

$$v_B = v_2 - R_2 i_1$$

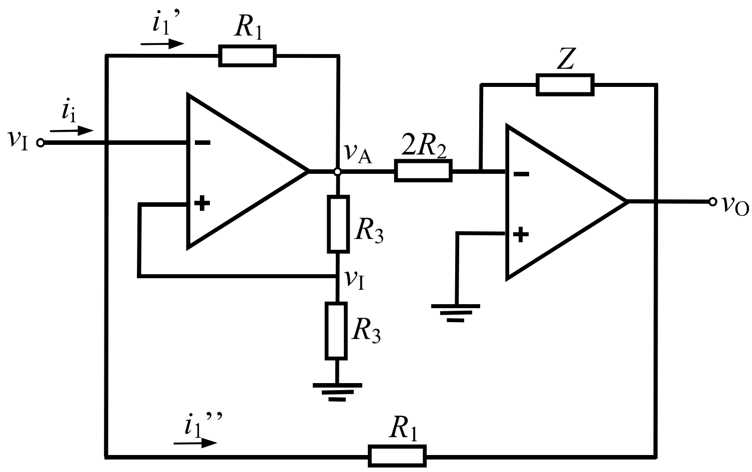
$$v_O = \frac{R_4}{R_3}\left(v_B - v_A\right)$$ Види точка г)

$$v_O = \frac{R_4}{R_3}\left(v_2 - R_2\frac{v_1 - v_2}{R_1} - v_1 - R_2\frac{v_1 - v_2}{R_1}\right)$$

$$v_O = \frac{R_4}{R_3}\left(1 + 2\frac{R_2}{R_1}\right)\left(v_2 - v_1\right)$$

Ова коло е инструментациски засилувач, и всушност претставува подобрена верзија на засилувачот на разлика, кој има бесконечно голема влезна отпорност.

2. На сликата е претставен жиратор. Операциските засилувачи се идеални. Да се определи:
а) Зависноста на излезниот напон од влезниот напон.
б) Зависноста на влезната импеданса од познатата импеданса Z.
в) Доколку познатата импеданса Z е кондензатор со вредност C = 1 μF, колку е вредноста на влезната импеданса, и од каков карактер е таа? $R_1 = R_2$ =1 kΩ



Решение:

Кај двата О.З. постои н.п.в., важи правилото за в.0.

Бидејќи не тече струја во влезот на О.З., важи:

$$v_A = 2v_I$$

а)

$$v_O = -\frac{Z}{2R_2} v_A$$ Види задача 1 а), инвертирачки засилувач

$$v_O = -\frac{Z}{R_2} v_I$$

б)

$$Z_{VL} = \frac{v_I}{i_I} = \frac{v_I}{i_1' + i_1''}$$

$$\left.\begin{aligned} i_1' &= \frac{v_I - v_A}{R_1} = \frac{v_I - 2v_I}{R_1} = -\frac{v_I}{R_1} \\ i_1'' &= \frac{v_I - v_O}{R_1} = \frac{v_I + \dfrac{Z}{R_2} v_I}{R_1} = \frac{v_I}{R_1}\left(1 + \frac{Z}{R_2}\right) \end{aligned}\right\} \Rightarrow i_1' + i_1'' = -\frac{v_I}{R_1} + \frac{v_I}{R_1}\left(1 + \frac{Z}{R_2}\right) = \frac{Z}{R_1 R_2} v_I$$

$$Z_{VL} = \frac{v_I}{i_I} = \frac{v_I}{i_1' + i_1''} = \frac{v_I}{\dfrac{Z}{R_1 R_2} v_I} = \frac{R_1 R_2}{Z}$$

в) Ако Z е кондензатор: $$Z = \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z_{VL} = \frac{R_1 R_2}{Z} = j\omega C R_1 R_2 = j\omega L_{EKV} = j\omega \cdot 1$$

$$L_{EKV} = C R_1 R_2 = 1\,\mathrm{H}$$

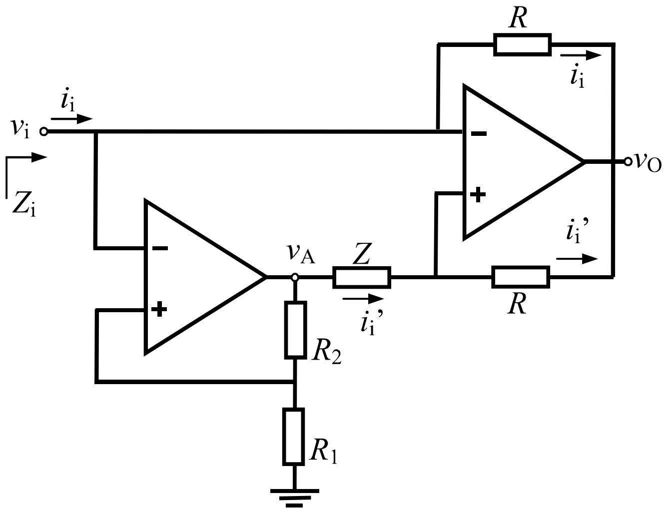
3. На сликата е прикажан мултипликатор на импеданса.

а) Да се определи влезната импеданса Z_i за колото прикажано на сликата, во зависност од познатата импеданса Z.

б) Ако импедансата Z е кондензатор со капацитивност $C = 100\ \mu F$, да се пресмета вредноста на влезната импеданса Z_i и да се одреди нејзиниот карактер.

Познато е:

$R_1 = 10\ \Omega$ $\quad R_2 = 100\ k\Omega$ $\quad R = 1\ k\Omega$



Решение:

Кај двата О.З. постои н.п.в., важи правилото за в.0.

Бидејќи не тече струја во влезот на О.З., важи:

$$v_A = \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_I$$

а)

$$Z_{VL} = \frac{v_i}{i_i}$$

$$\left.\begin{aligned} i_i &= \frac{v_i - v_O}{R} \\ i_i' &= \frac{v_i - v_O}{R} \end{aligned}\right\} \Rightarrow i_i = i_i'$$

Значи i_i тече и низ Z

$$i_i = \frac{v_A - v_i}{Z} = \frac{\frac{R_1 + R_2}{R_1} v_i - v_i}{Z} = \frac{R_2 v_i}{R_1 Z}$$

$$Z_{VL} = \frac{v_i}{i_i} = Z\frac{R_1}{R_2}$$

б) Ако Z е кондензатор: $\quad Z = \frac{1}{j\omega C}$

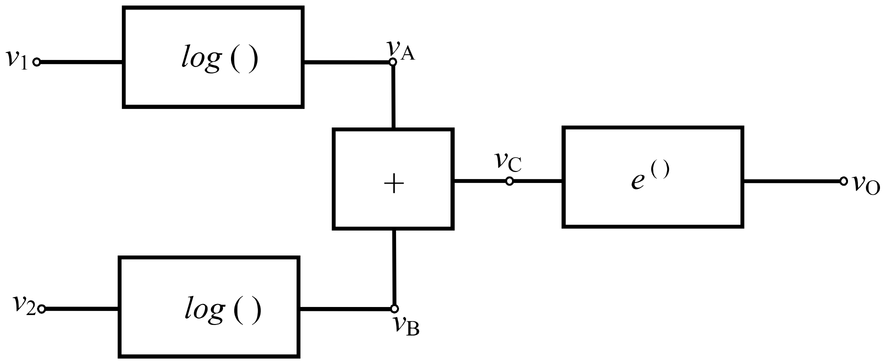
$$Z_{VL} = Z\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{j\omega C}\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{j\omega C_{EKV}} = \frac{1}{j\omega \cdot 1}$$

$$C_{EKV} = C\frac{R_2}{R_1} = 1\,\mathrm{F}$$

4. Користејќи кола со идеални операциски засилувачи, да се дизајнира коло за аналогно множење на два сигнали.

Решение:

Може да се употребат два логаритамски засилувачи (зад. 1д), еден експоненцијален засилувач, (зад. 1ѓ), и еден инвертирачки суматор (зад. 1в). Тие треба да се поврзат како што е прикажано на следната шема:



$$v_A = -V_T \ln\frac{v_1}{R_L I_S} \qquad v_C = -\frac{R_2}{R_1}\left(v_A + v_B\right) \qquad v_O = -R_E I_S e^{\frac{v_C}{V_T}}$$

$$v_B = -V_T \ln\frac{v_2}{R_L I_S}$$

$$v_O = -R_E I_S e^{\frac{-\frac{R_2}{R_1}\left(v_A+v_B\right)}{V_T}} = -R_E I_S e^{\frac{-\frac{R_2}{R_1}\left(-V_T\ln\frac{v_1}{R_L I_S}-V_T\ln\frac{v_2}{R_L I_S}\right)}{V_T}} = -R_E I_S e^{\frac{R_2\left(\ln\frac{v_1}{R_L I_S}+\ln\frac{v_2}{R_L I_S}\right)}{R_1}} =$$

$$= -R_E I_S e^{\frac{R_2\ln\left(\frac{v_1 v_2}{R_L I_S R_L I_S}\right)}{R_1}} = -R_E I_S\left(e^{\ln\left(\frac{v_1 v_2}{R_L I_S R_L I_S}\right)}\right)^{\frac{R_2}{R_1}} = -R_E I_S\left(\frac{v_1 v_2}{R_L I_S R_L I_S}\right)^{\frac{R_2}{R_1}}$$

Вредностите на отпорниците во колата можат да се нагодат така што ќе ја добиеме бараната функција:

$R_2 = R_1$ $\qquad$ $R_L I_S = R_E I_S = 1$ V $\qquad$ тогаш

$$v_O = -R_E I_S\left(\frac{v_1 v_2}{R_L I_S R_L I_S}\right)^{\frac{R_2}{R_1}} = -\frac{v_1 v_2}{R_L I_S} = -v_1 v_2$$

Доколку е потребно да се добие неинвертиран производ на два сигнали, на крајот од горната структура треба да се додаде уште еден инвертирачки засилувач (зад. 1а) со засилување „-1“.