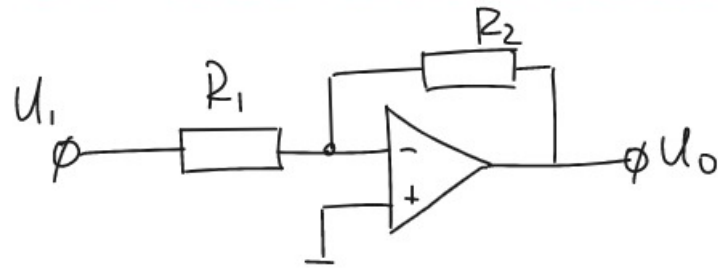


Усилители

Идеальная модель операционного усилителя



$$R_{bx} = \infty$$

$$I_- = 0$$

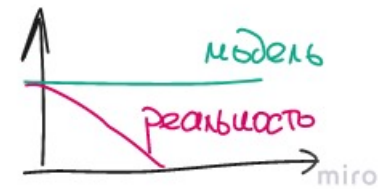
$$I_+ = 0$$

$$R_{вых} = 0$$

- Питание считаем не ср.
т.е. U_0 можем получить сколь угодно большое

- Полоса пропускания бесконечна

- Реальный усилитель работает как ФНЧ:



- Усилитель не обладает задержкой:

Появился нап. на входе \Rightarrow сразу же появился на выходе

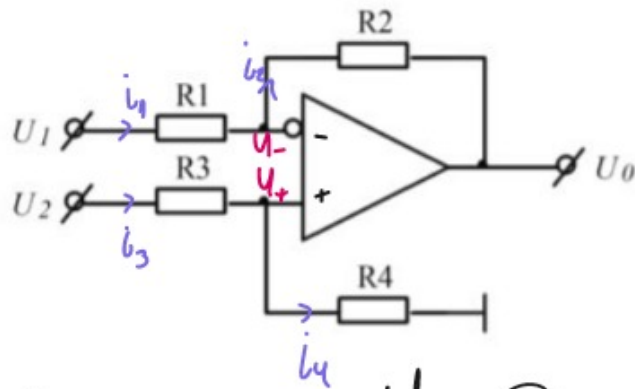
Из этого следует, что форма сигнала не меняется

- Свойство обр. связи: Если обр. связь отриц. то $U_+ = U_-$.
Иначе, если нет индукции или емкости то знак обр. связи определяется тем, к какому знаку он подкл.

miro

Дифф. усилитель

Идеальная модель операционного усилителя. Определить зависимость выходного напряжения от входных.



$$i_1 = i_2 \quad i_3 = i_4 = \frac{U_2 - 0}{R_3 + R_4}$$

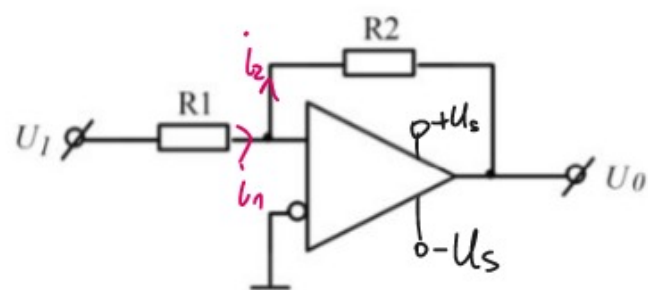
$$(U_0 - U_-) R_1 = (U_- - U_1) R_2$$

$$U_0 = \frac{R_2}{R_1} (U_- - U_1) + U_- = \frac{R_2}{R_1} \left(\frac{U_2 R_4}{R_3 + R_4} - U_1 \right) + \frac{U_2 R_4}{R_3 + R_4}$$

$$= -U_1 \frac{R_2}{R_1} + \frac{U_2 R_4}{R_3 + R_4} \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$

miro

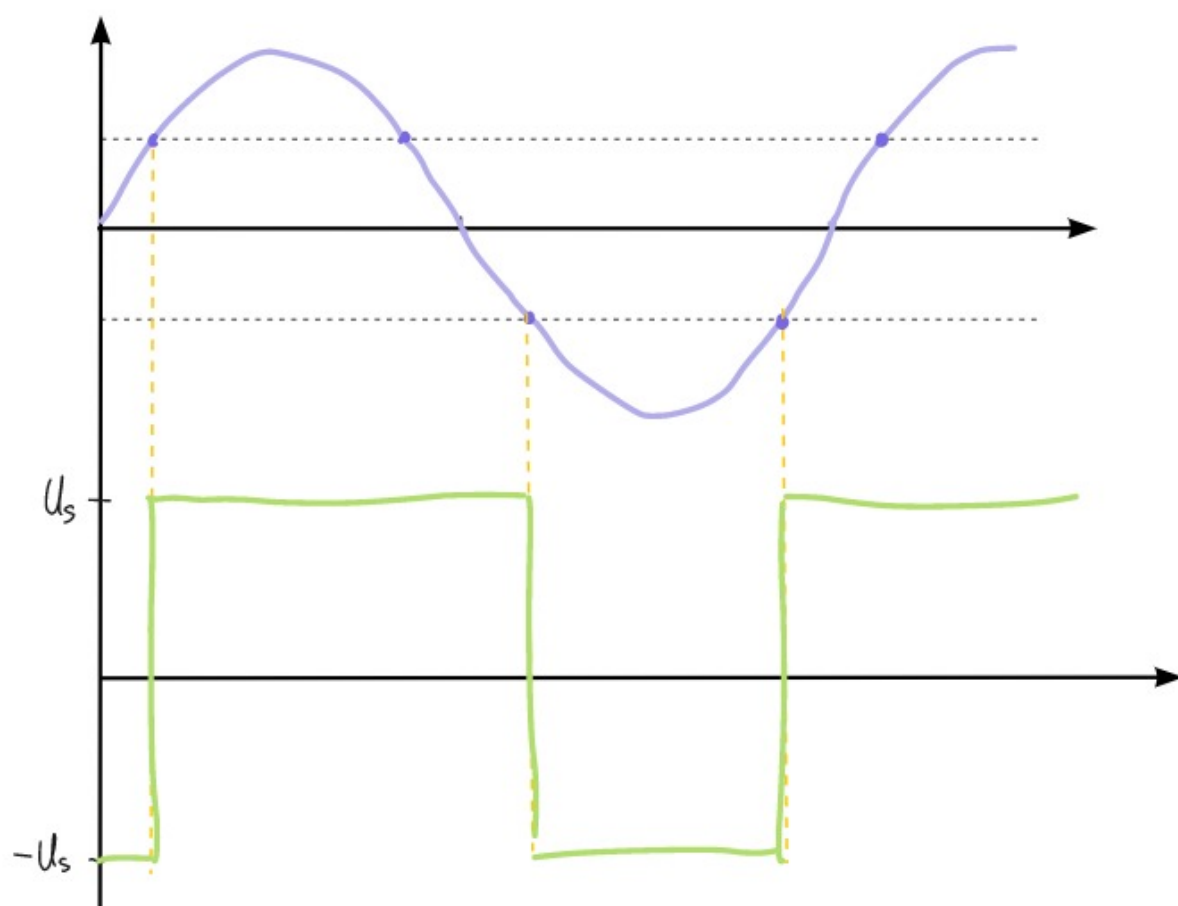
Транс Умидта



$$i_1 = i_2 = \frac{U_1 - 0}{R_1} = \frac{0 - U_0}{R_2}$$

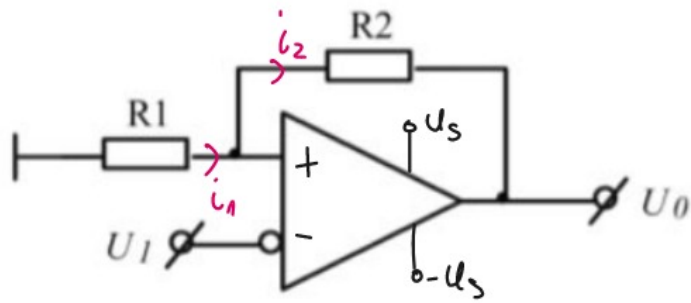
$$U_{\text{напряжение}} = \mp \frac{R_1}{R_2} U_s$$

$$U_0 = \pm U_s = \text{supply} - \text{нутаууе}$$



miro

Уверствувачи Тренер Умидта



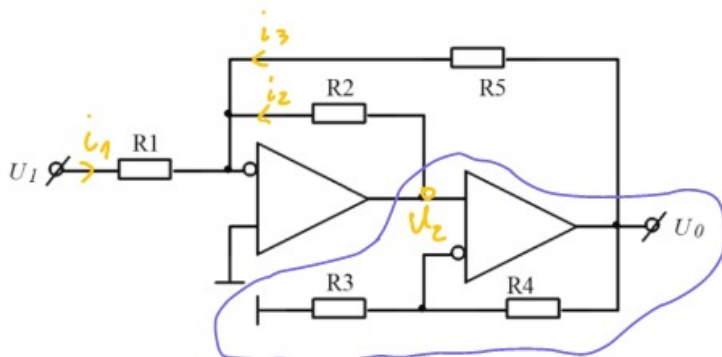
$$U_0 = \pm U_s$$

$$i_1 = i_2 = \frac{-U_1}{R_1} = \frac{U_1 - U_0}{R_2}$$

$$-U_1 R_2 = R_1 (U_1 - U_0)$$

$$U_1 = \frac{U_0 \cdot R_1}{R_1 + R_2} = \pm \frac{U_s R_1}{R_1 + R_2}$$

miro



Уверствувачи Тренер Умидта \Rightarrow

$$\Rightarrow U_2 = U_0 \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$i_1 = i_3 + i_2$$

$$\frac{U_1 - 0}{R_1} = \frac{0 - U_2}{R_2} + \frac{0 - U_0}{R_5}$$

$$\frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_2}{R_2} - \frac{U_0}{R_5}$$

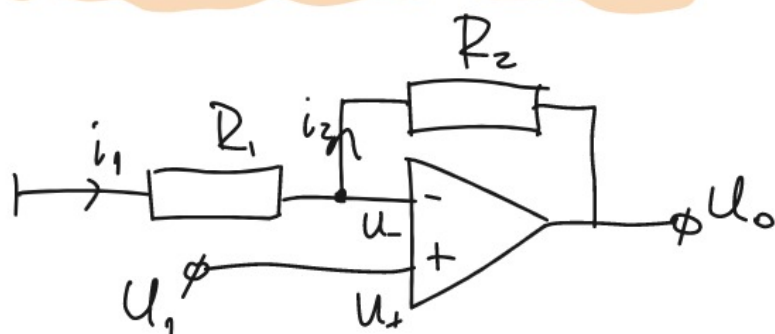
$$\frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_0 R_3}{R_2 (R_3 + R_4)} - \frac{U_0}{R_5} = \frac{-U_0 R_3 R_5 - U_0 R_2 (R_3 + R_4)}{R_5 R_2 (R_3 + R_4)}$$

$$= -U_0 \frac{R_3 \cdot R_5 + R_2 (R_3 + R_4)}{R_5 R_2 (R_3 + R_4)}$$

$$K_u = \frac{U_0}{U_1} = -\frac{R_5 R_2 (R_3 + R_4)}{R_1 (R_3 R_5 + R_2 (R_3 + R_4))}$$

miro

Не инверт. усилитель?



$$U_- = U_+ = U_1$$

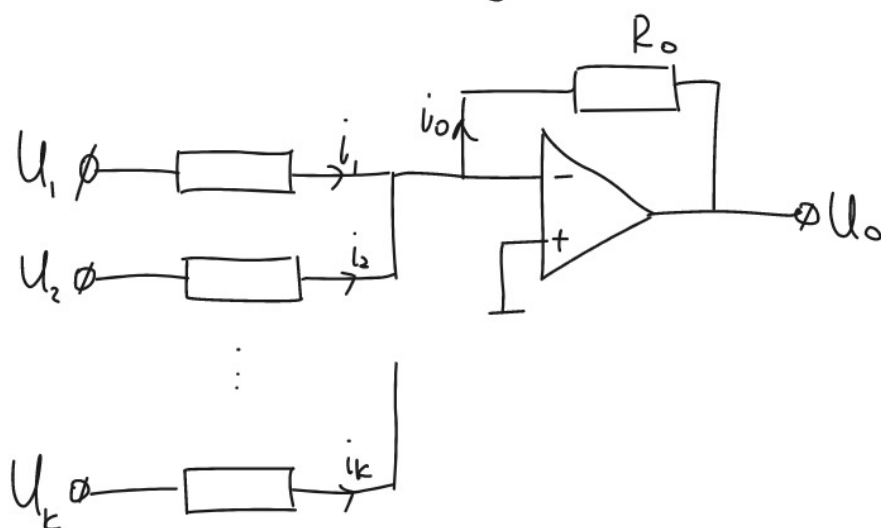
$$i_1 = i_2 \quad \frac{U_0 - U_1}{R_2} = \frac{U_1}{R_1}$$

$$U_0 = \frac{U_1 R_2 + U_1 R_1}{R_1}$$

$$K_u = \frac{U_0}{U_1} = \frac{R_2 + R_1}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

miro

Аналоговый сумматор



$$U_+ = U_- = 0$$

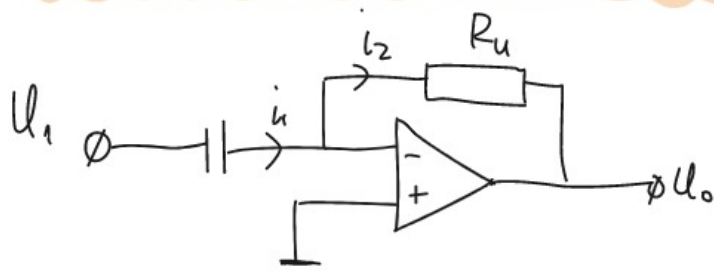
$$i_0 = \sum_{j=1}^k i_j = \frac{0 - U_0}{R_0}$$

$$U_0 = -i_0 R_0$$

$$i_j = \frac{U_j}{R_j} \Rightarrow U_0 = -R_0 \sum \frac{U_j}{R_j}$$

miro

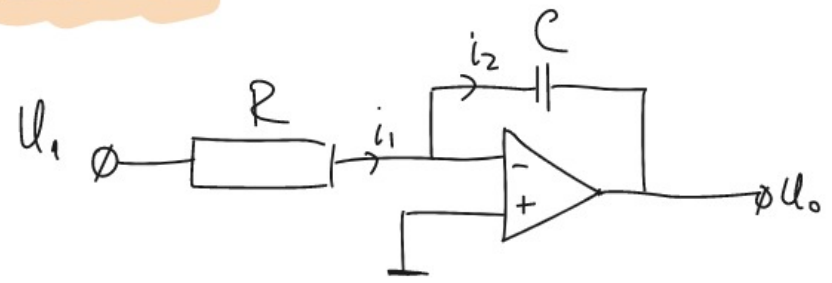
Схемы аналоговых дифф и интегрирования



$$i_1 = i_2 \Rightarrow \frac{U_1 - U_-}{R_1} = \frac{U_- - U_0}{R_2}$$

$$i_1 = C \cdot \frac{dU_1}{dt} = -\frac{U_0}{R_2}$$

$$U_0 = -C \frac{dU_1}{dt} R_2$$



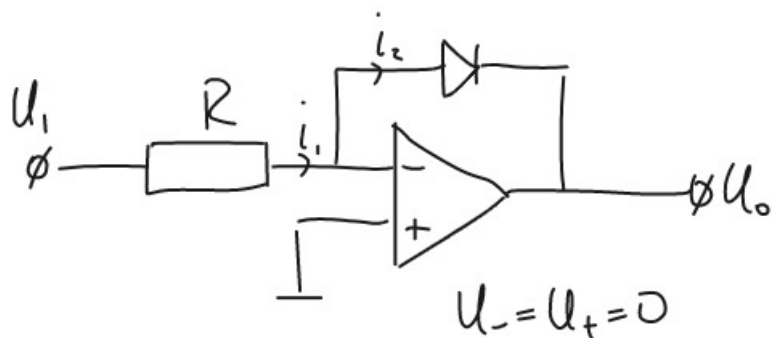
$$i_1 = i_2 \Rightarrow C \frac{d(0 - U_0)}{dt} = \frac{U_1}{R}$$

$$-C \cdot U_0 = \frac{1}{R} \int U_1 dt$$

$$U_0 = -\frac{1}{RC} \int U_1 dt$$

miro

что-то с диодами



Так диода: $I_d = I_0 (e^{\frac{U_d}{\varphi_T}} - 1)$

φ_T - тепловой потенциал.

$$\varphi_T = \frac{kT}{e} \quad k - \text{const Больцмана}$$

$$i_1 = i_2 \quad \begin{cases} U_1 = i_1 R \\ i_2 = I_d = I_0 (e^{\frac{U_d}{\varphi_T}} - 1) \end{cases} ; \quad U_d = U_0 - U_- = U_0$$

$$U_1 = i_2 R = [U_d = U_0] = I_0 (e^{\frac{U_0}{\varphi_T}} - 1)$$

$$U_0 = -\varphi_T \ln \left(1 + \frac{U_1}{I_0 R} \right)$$

miro