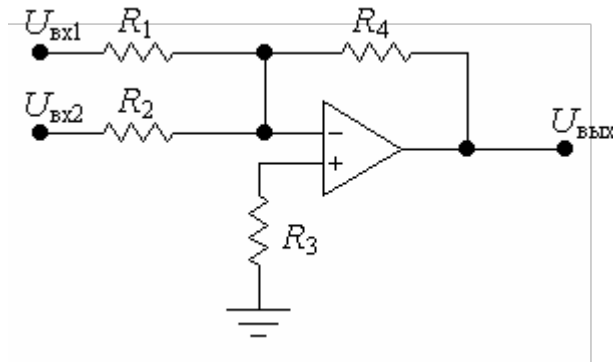


ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

РЕШЕНИЕ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ

Инвертирующий сумматор



Инвертирующий сумматор суммирует входные напряжения и меняет знак суммы на противоположный

$$U_{\text{ВЫХ}} = - (U_{\text{BX1}} K_1 + U_{\text{BX2}} K_2),$$

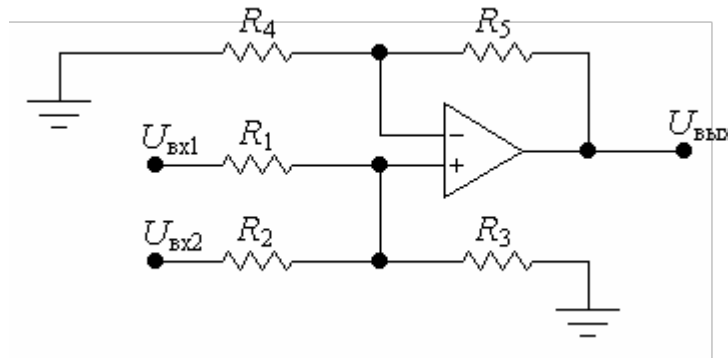
где K_1 и K_2 – масштабирующие коэффициенты:

$$K_1 = \frac{R_4}{R_1} \text{ и } K_2 = \frac{R_4}{R_2}.$$

Значение сопротивления R_3 определяется из соотношения

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}.$$

Неинвертирующий сумматор



Неинвертирующий сумматор выполняет суммирование входных напряжений, при котором знак суммы не меняется на противоположный

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{BX1}} K_1 + U_{\text{BX2}} K_2,$$

где K_1 и K_2 – масштабирующие коэффициенты:

$$K_1 = \frac{R_3}{R_1} \text{ и } K_2 = \frac{R_3}{R_2}.$$

Обязательно соблюдение условия баланса

$$\frac{R_5}{R_4} = \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2}.$$

Схема сложения-вычитания



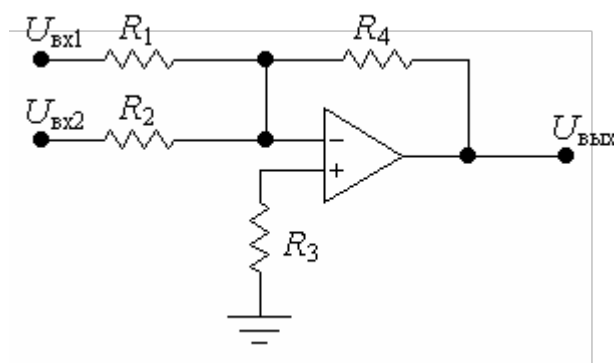
Примеры использования ОУ для решения уравнений и систем уравнений

Пример 1. Требуется найти Y при $X = 1$.

$$3Y + 6X = -9$$

Решая уравнение относительно Y , получим: $Y = -3 - 2X$.

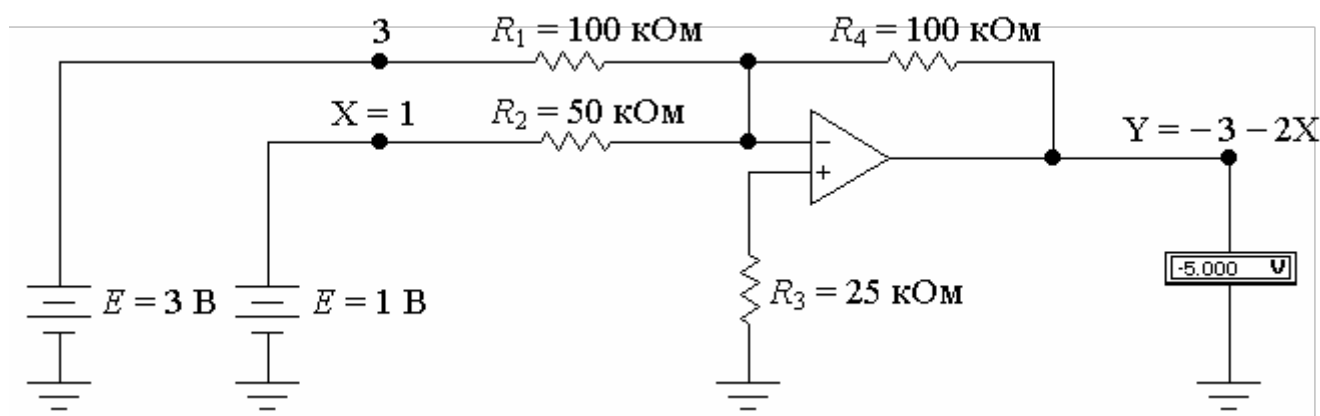
Для вычисления $Y = -3 - 2X$ используется схема инвертирующего сумматора.



Слагаемые -3 и $-2X$ подаются на инвертирующий вход ОУ с коэффициентами усиления 1 и 2 соответственно. Если сопротивление $R_4 = 100 \text{ кОм}$, то и сопротивление $R_1 = 100 \text{ кОм}$ (для масштабирующего коэффициента равного единице), а $R_2 = R_4 / 2 = 50 \text{ кОм}$. Для выполнения условия баланса сопротивление R_3 должно удовлетворять следующему условию

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4}; \quad \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100} + \frac{1}{50} + \frac{1}{100}.$$

Следовательно $R_3 = 25 \text{ кОм}$.



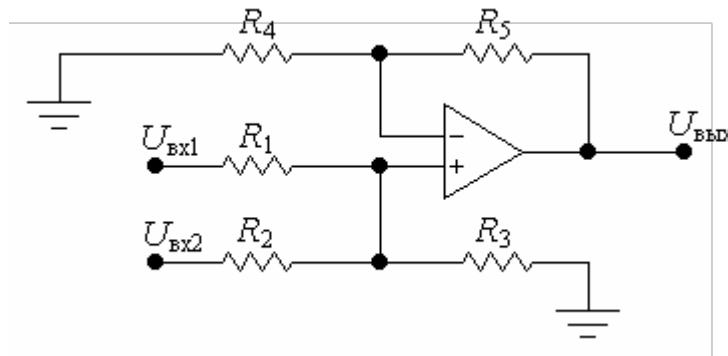
Показанию вольтметра соответствует Y при $X = 1$.

Пример 2. Требуется найти Y при $X = 1$.

$$2Y - 6X = 4$$

Решая уравнение относительно Y , получим: $Y = 2 + 3X$.

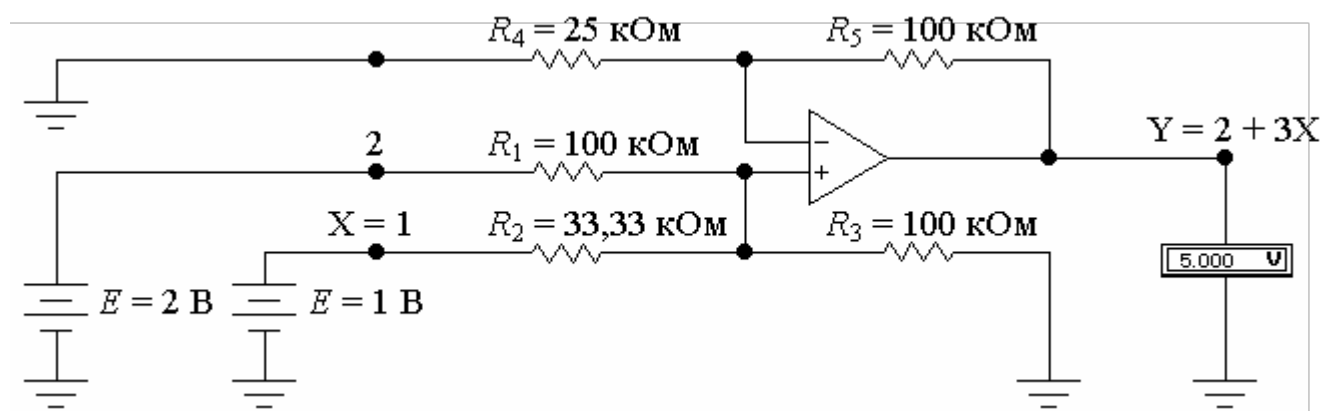
Для вычисления $Y = 2 + 3X$ используется схема неинвертирующего сумматора.



Слагаемые 2 и $3X$ подаются на неинвертирующий вход ОУ с коэффициентами усиления 1 и 3 соответственно. Если сопротивления R_3 и R_5 равны 100 кОм , то сопротивление $R_1 = 100 \text{ кОм}$ (для масштабирующего коэффициента равного единице), а $R_2 = R_3 / 3 = 33,33 \text{ кОм}$. Для выполнения условия баланса сопротивление R_4 должно удовлетворять следующему условию

$$\frac{R_5}{R_4} = \frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_2}; \quad \frac{100}{R_4} = \frac{100}{100} + \frac{100}{33,33}.$$

Следовательно $R_4 = 25 \text{ кОм}$.



Показанию вольтметра соответствует Y при $X = 1$.

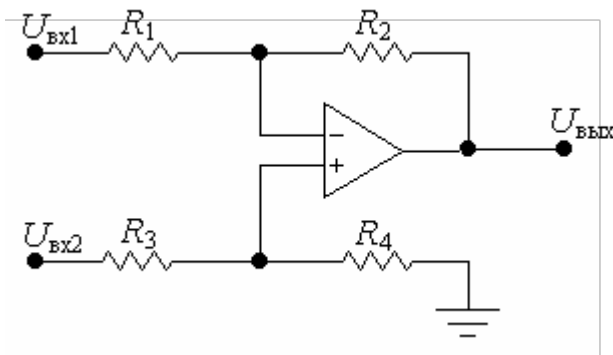
Пример 3. Требуется решить систему уравнений относительно X и Y :

$$\begin{cases} 2X + 10Y = 4 & (a) \\ 3X + 5Y = 20 & (б) \end{cases}$$

Решая уравнение (а) относительно X , получим: $X = 2 - 5Y$.

Решая уравнение (б) относительно Y , получим: $Y = 4 - 0,6X$.

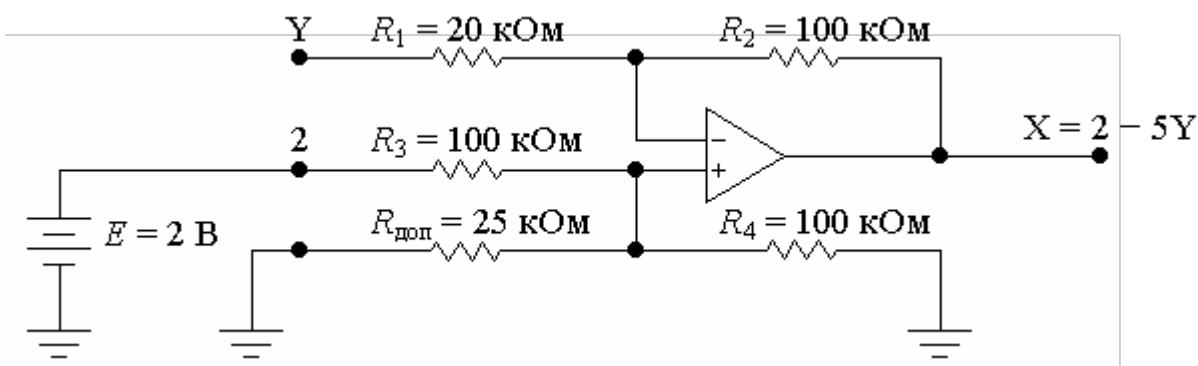
Для вычисления $X = 2 - 5Y$ используется схема сложения-вычитания.



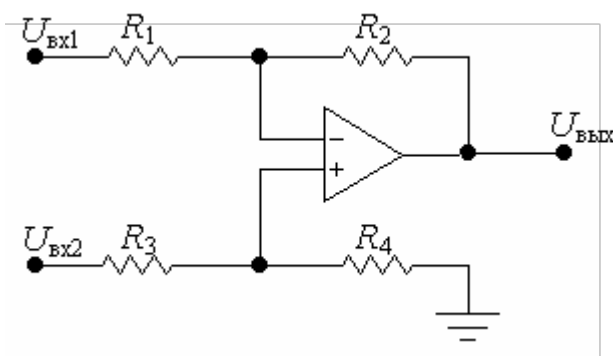
Положительное слагаемое 2 подается на неинвертирующий вход OY в соответствии с коэффициентом усиления 1 . Отрицательное слагаемое $-5Y$ подается на инвертирующий вход OY в соответствии с коэффициентом усиления 5 . Если сопротивления R_2 и R_4 равны 100 кОм , то сопротивление $R_3 = 100 \text{ кОм}$ (для масштабирующего коэффициента равного единице), а $R_1 = R_2 / 5 = 20 \text{ кОм}$. Общий коэффициент усиления по неинвертирующему входу меньше, чем общий коэффициент усиления по инвертирующему. Для выравнивания коэффициентов усиления необходимо к неинвертирующему входу подключить дополнительный резистор $R_{\text{доп}}$ удовлетворяющий условию

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} + \frac{R_4}{R_{\text{доп}}}; \quad \frac{100}{20} = \frac{100}{100} + \frac{100}{R_{\text{доп}}}.$$

Следовательно $R_{\text{доп}} = 25 \text{ кОм}$.



Для вычисления $Y = 4 - 0,6X$ используется схема сложения-вычитания.



Порядок выполнения лабораторной работы

1. Решите систему уравнений варианта задания вручную.
2. Постройте схему, выполняющую решение системы уравнений. При построении схемы используйте идеальные ОУ (**Models/Library/default/Model/ideal**).
3. Сравните результаты решения системы вручную с результатами, полученными с помощью схемы. **Сделайте выводы.**

Варианты заданий

Вариант	Система уравнений	
1	$2X + 3Y = 7$	$12X - 5Y = 13$
2	$3X + 4Y = 5$	$-13X - 6Y = 11$
3	$4X + 5Y = 11$	$14X - 7Y = 9$
4	$5X + 6Y = 19$	$-15X - 8Y = 11$
5	$6X + 7Y = 5$	$2X - 9Y = 17$
6	$7X + 8Y = 9$	$-3X - 10Y = 13$
7	$8X + 9Y = 7$	$4X - 11Y = 21$
8	$9X + 10Y = 11$	$-5X - 12Y = 17$
9	$10X + 11Y = 3$	$6X - 13Y = 25$
10	$11X + 12Y = 13$	$-7X - 14Y = 19$
11	$12X + 13Y = 5$	$8X - 15Y = 31$
12	$13X + 14Y = 15$	$-9X - 3Y = 5$
13	$14X + 15Y = 11$	$10X - 4Y = 27$
14	$15X + 3Y = 17$	$-11X - 5Y = 6$
15	$2X + 4Y = 19$	$12X - 6Y = 11$
16	$3X + 5Y = 4$	$-13X - 7Y = 9$
17	$4X + 6Y = 13$	$14X - 8Y = 5$
18	$5X + 7Y = 6$	$-15X - 9Y = 11$
19	$6X + 8Y = 13$	$2X - 10Y = 19$
20	$7X + 9Y = 8$	$-3X - 11Y = 13$
21	$8X + 10Y = 11$	$4X - 12Y = 29$
22	$9X + 11Y = 10$	$-5X - 13Y = 16$
23	$10X + 12Y = 7$	$6X - 14Y = 31$
24	$11X + 13Y = 12$	$-7X - 15Y = 17$
25	$12X + 14Y = 5$	$8X - 3Y = 19$
26	$13X + 15Y = 14$	$-9X - 4Y = 5$
27	$14X + 3Y = 29$	$10X - 5Y = 7$
28	$15X + 4Y = 11$	$-11X - 6Y = 5$
29	$2X + 5Y = 17$	$12X - 7Y = 17$
30	$3X + 6Y = 11$	$-13X - 8Y = 5$
31	$4X + 7Y = 19$	$14X - 9Y = 17$
32	$5X + 8Y = 11$	$-15X - 10Y = 11$
33	$6X + 9Y = 5$	$2X - 11Y = 19$
34	$7X + 10Y = 13$	$-3X - 12Y = 11$
35	$8X + 11Y = 5$	$4X - 13Y = 23$
36	$9X + 12Y = 11$	$-5X - 14Y = 13$
37	$10X + 13Y = 3$	$6X - 15Y = 29$
38	$11X + 14Y = 17$	$-7X - 3Y = 16$
39	$12X + 15Y = 7$	$8X - 4Y = 23$
40	$13X + 3Y = 11$	$-9X - 5Y = 17$
41	$14X + 4Y = 25$	$10X - 6Y = 7$
42	$15X + 5Y = 17$	$-11X - 7Y = 5$