

# Операционные усилители

Операционным усилителем называется усилитель постоянного тока, обладающий следующими характеристиками:

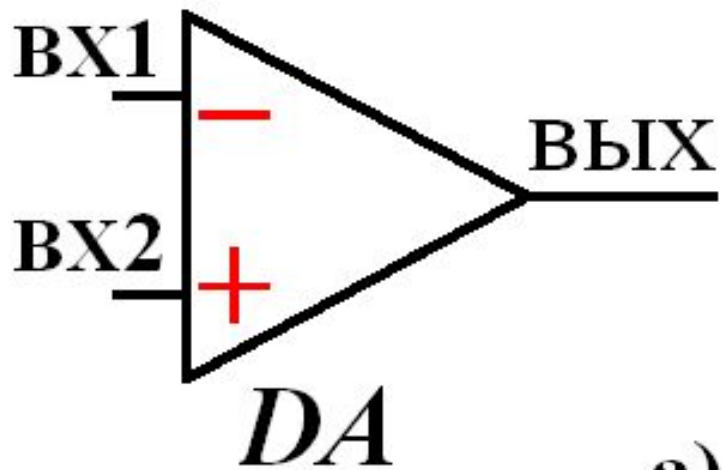
1. Высоким коэффициентом усиления;
2. Высоким входным сопротивлением (на биполярных транзисторах – БТ, или на полевых – ПТ);
3. Малым выходным сопротивлением;
4. Высокой частотой единичного усиления  $f_1$  (частота, где

<b>Параметр</b>	<b>Идеальный ОУ</b>	<b>Реальный ОУ</b>
$K_U \cdot 10^3$	$\infty$	<b>10 ÷ 1000</b>
$R_{ВХ}, \text{кОм}$	$\infty$	<b>10 ÷ 10<sup>2</sup> (БТ)</b> <b>10<sup>3</sup> ÷ 10<sup>4</sup> (ПТ)</b>
$R_{ВЫХ}, \text{Ом}$	<b>0</b>	<b>1 ÷ 1000</b>
$f_1, \text{МГц}$	$\infty$	<b>0,1 ÷ 100</b>

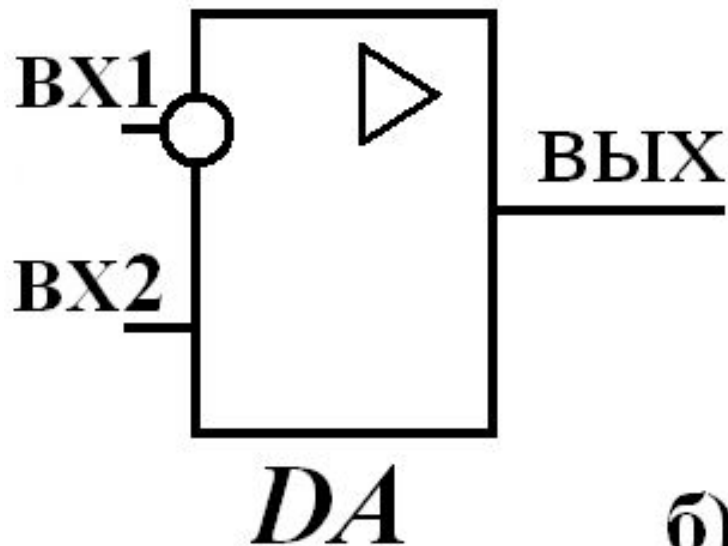
Операционные усилители представляют собой широкий класс аналоговых микросхем, которые позволяют производить усиление аналоговых сигналов, придавать им различную форму, складывать и вычитать сигналы, производить операции дифференцирования и интегрирования, создавать источники стабильного напряжения и генераторы колебаний различной формы.

Операционный усилитель имеет 2 входа:

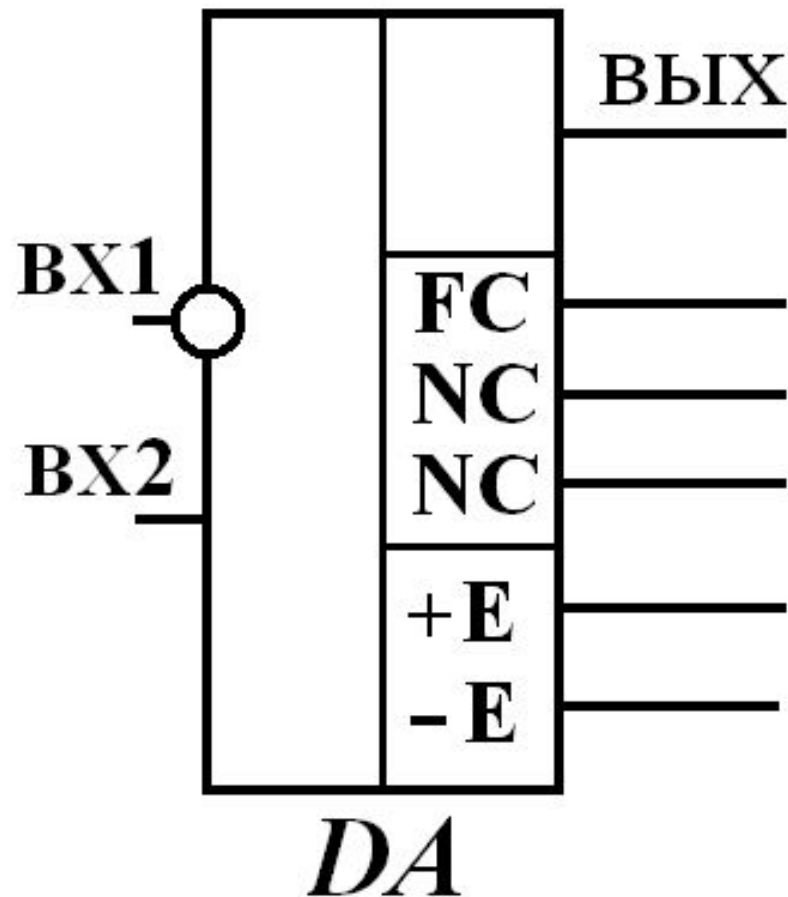
1. Инвертирующий, фаза сигнала на нём противоположна фазе сигнала на выходе усилителя. На условном графическом обозначении отмечается кружочком (вх1);
2. Неинвертирующий, фаза сигнала на нём совпадает с фазой сигнала на выходе усилителя (вх2).



a)



б)



с)

Варианты обозначения ОУ  
с) устаревшее

Вследствие своего высокого коэффициента усиления, операционный усилитель обычно применяется с цепями обратных связей.

Отрицательная обратная связь подключается между инвертирующим входом и выходом усилителя.

Положительная обратная связь подключается между неинвертирующим входом и выходом усилителя.

Питание получает операционный усилитель от двуполярного источника питания (+ и - ) относительно общей точки – земли. В схемах, часто, источники питания условно не показываются.

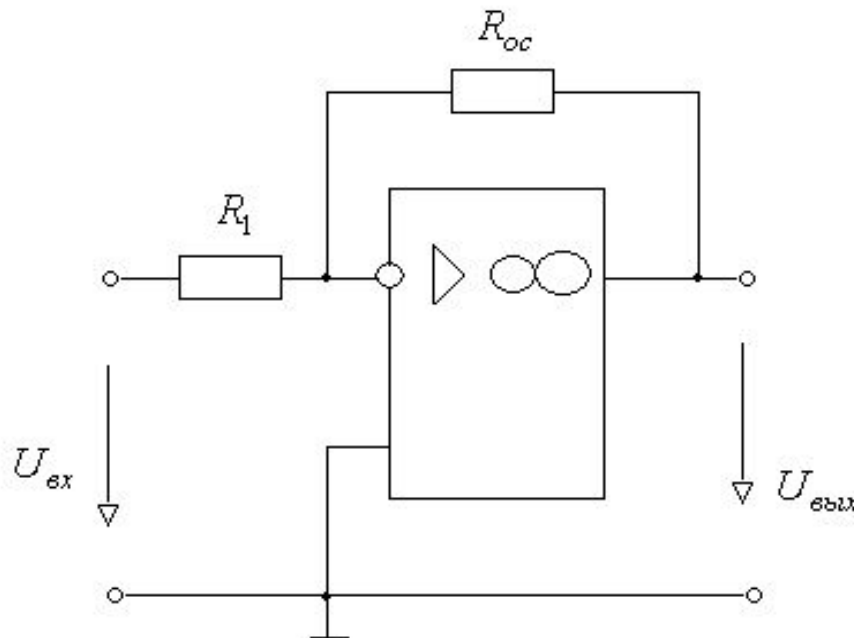
Рассмотрим типовые схемы на основе операционного усилителя.

# ИНВЕРТИРУЮЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Инвертирующий усилитель, изменяющий знак выходного сигнала относительно входного, создается введением цепи отрицательной обратной связи с

помощью резистора  $R_{oc}$ . Это параллельная отрицательная обратная связь по напряжению.

Неинвертирующий вход связывается с общей точкой входа и выхода схемы (заземляется). Входной сигнал поступает через резистор  $R_1$  на инвертирующий вход  $O_V$



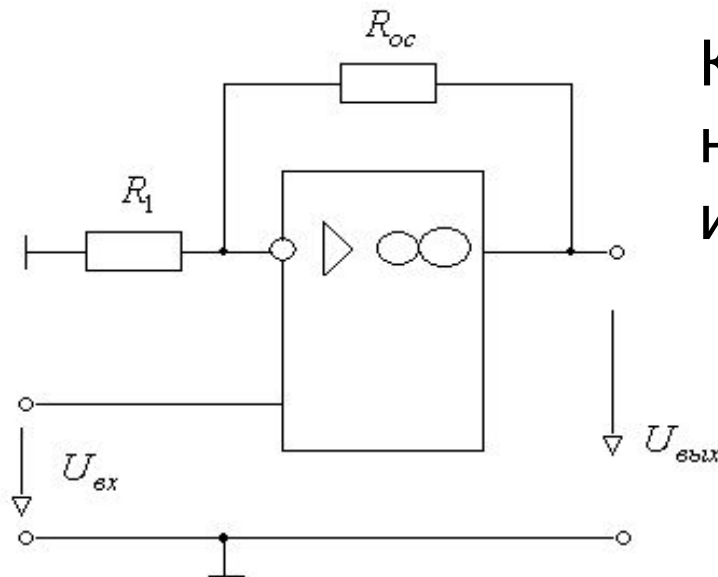
$$K_u = - \frac{R_{oc}}{R_1}$$

Знак минус говорит о том, что фаза сигнала на выходе противоположна входу, и его иногда не указывают

# НЕИНВЕРТИРУЮЩИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Применяется в тех случаях, когда требуется усилить сигнал, сохранив его полярность. Неинвертирующий усилитель содержит последовательную отрицательную обратную связь по напряжению, поданную по инвертирующему входу. Входной сигнал подается на неинвертирующий вход ОУ.

В)

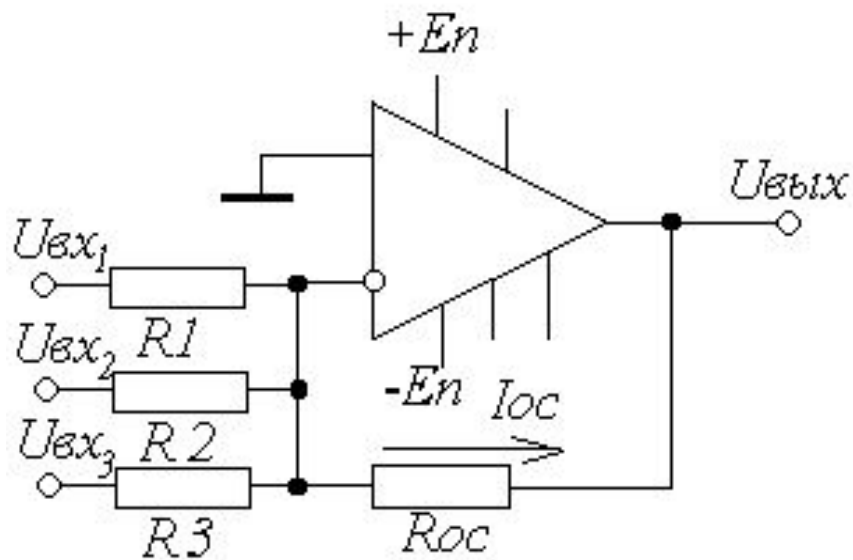


коэффициент усиления которого велико.  
Коэффициент усиления его на 1 больше, чем инвертирующего усилителя.

$$K_u = \frac{R_1 + R_{oc}}{R_1}$$

# Аналоговый сумматор

Он получается из инвертирующего усилителя, путём подачи на инвертирующий вход операционного усилителя сигналов от многих источников, каждый через свой входной резистор. Напряжение на выходе равно сумме усиленных входных сигналов, каждый со своим коэффициентом усиления.





Если входной сигнал подается через конденсатор  $C$ , а в цепи обратной связи резистор, то получается ДИФФЕРЕНЦИАТОР, у которого выходной сигнал пропорционален дифференциалу от входного.

Если же поменять местами конденсатор  $C$  и резистор, то получится ИНТЕГРАТОР, выходной сигнал которого пропорционален интегралу от входного сигнала.

$$U_{\text{вых}} = -CR_{oc} \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}$$

$$U_{\text{вых}} = -\int \frac{1}{CR1} U_{\text{вх}} dt$$

