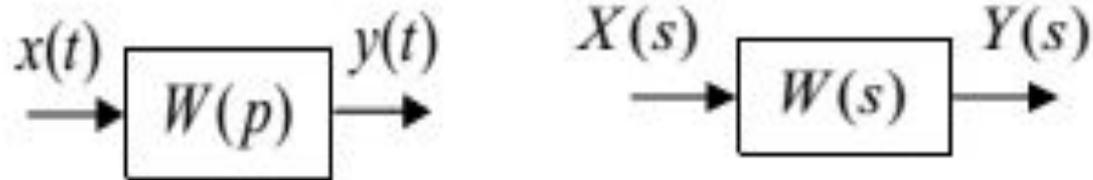


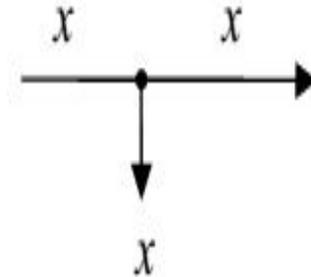
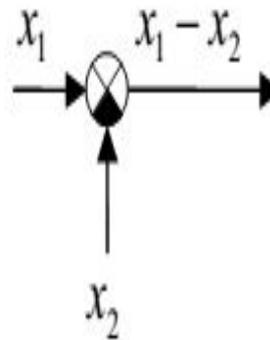
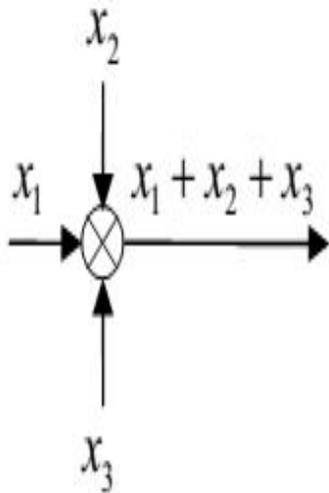
# Структурные схемы



- *операторная запись*, когда передаточная функция записывается как функция оператора дифференцирования  $p$ , входы и выходы блоков – функции времени;
- *запись в изображениях*, когда передаточная функция записывается как функция комплексной переменной  $s$ , а для обозначения входов и выходов используют их изображения по Лапласу.

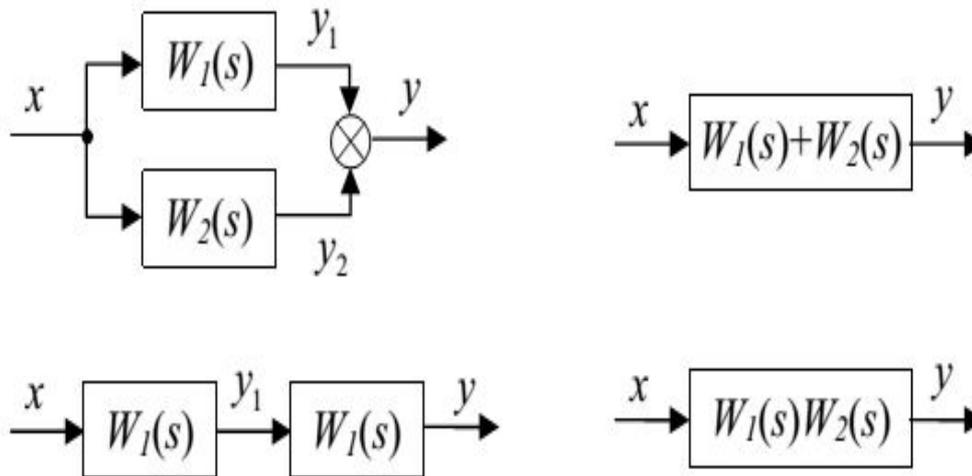
# Структурные схемы

Для суммирующих элементов используют специальное обозначение – круг, разбитый на сектора. Если сектор залит черным цветом, поступающий в него сигнал вычитается, а не складывается с другими. Разветвление сигнала обозначается точкой, как и в радиотехнике.



# Правила преобразования

Легко показать, что передаточные функции параллельного и последовательного соединений равны соответственно сумме и произведению исходных передаточных функций:



Действительно, в изображениях по Лапласу для параллельного соединения получаем

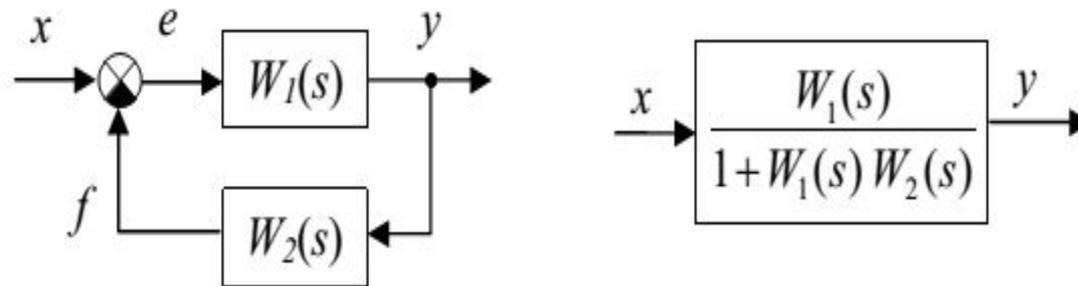
$$Y(s) = Y_1(s) + Y_2(s) = W_1(s)X(s) + W_2(s)X(s) = [W_1(s) + W_2(s)]X(s),$$

а для последовательного

$$Y(s) = W_2(s)Y_1(s) = W_1(s)W_2(s)X(s).$$

# Правила преобразования

Для контура с отрицательной обратной связью имеем



Для доказательства заметим, что  $Y(s) = W_1(s) E(s)$ , а изображение ошибки равно

$$E(s) = X(s) - F(s) = X(s) - W_2(s)Y(s).$$

Поэтому

$$Y(s) = W_1(s)[X(s) - W_2(s)Y(s)].$$

Перенося  $X(s)$  в левую часть, получаем

$$Y(s)[1 + W_1(s)W_2(s)] = W_1(s)X(s) \quad \Rightarrow \quad Y(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s)W_2(s)}X(s).$$

# Правила преобразования

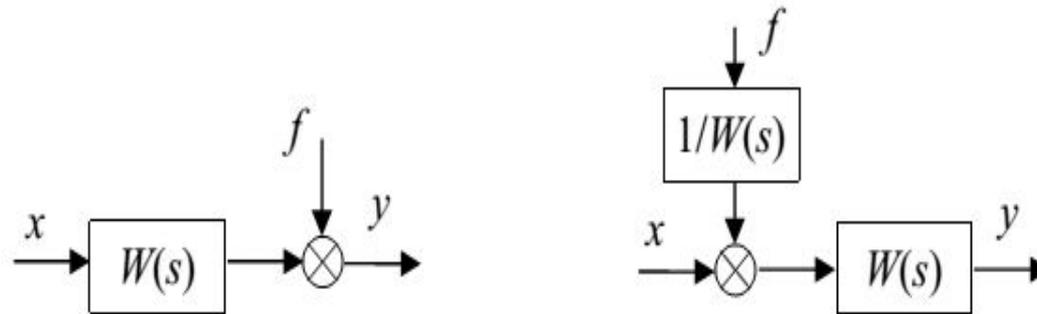
Если обратная связь – положительная (сигналы  $x$  и  $f$  складываются), в знаменателе будет стоять знак «минус»:

$$W(s) = \frac{W_1(s)}{1 - W_1(s) W_2(s)}.$$

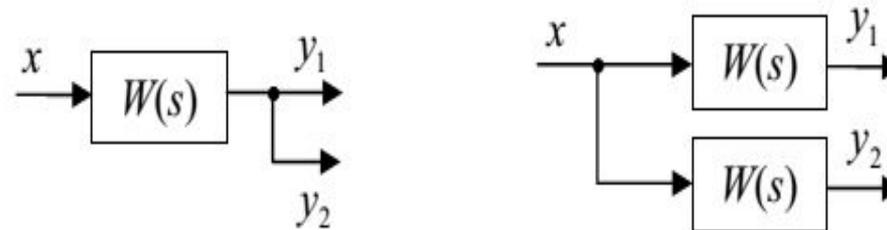
Звено можно переносить через сумматор как вперед, так и назад. Чтобы при этом передаточные функции не изменились, перед сумматором нужно поставить дополнительное звено:



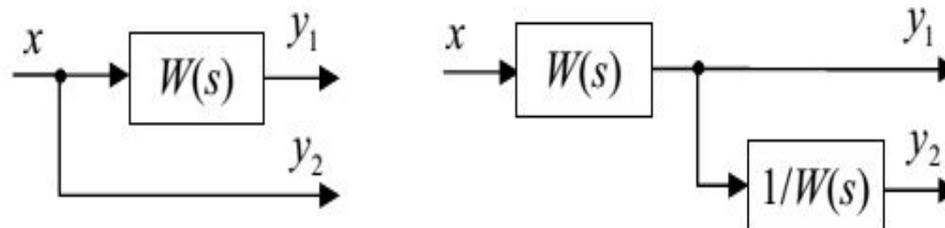
# Правила преобразования



Звено можно переносить также через точку разветвления, сохраняя все передаточные функции:



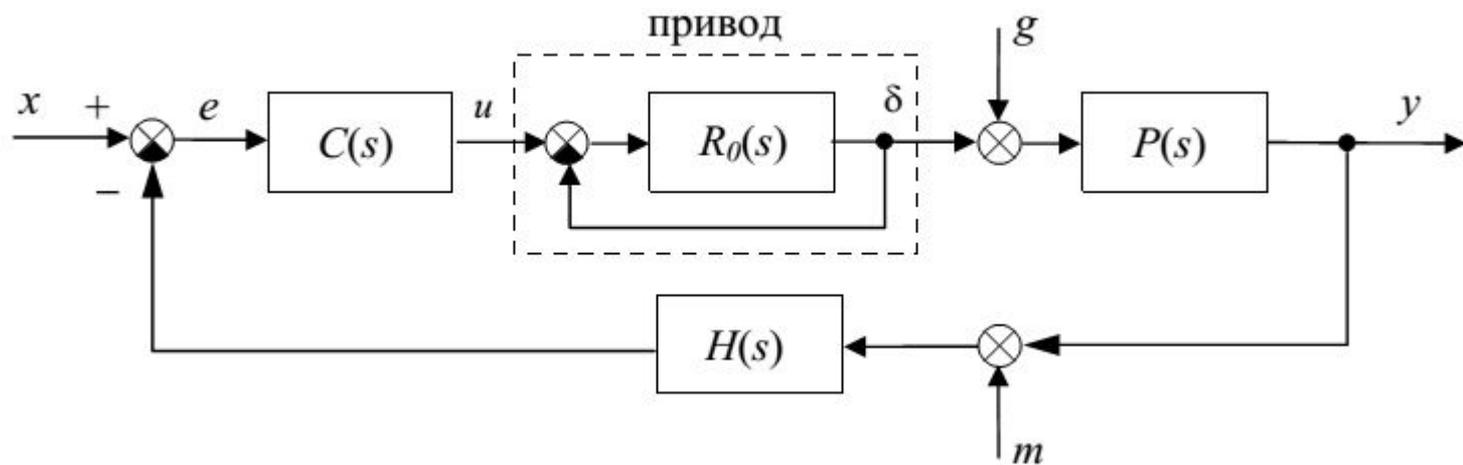
Эти две схемы тоже равносильны:



# Типовая одноконтурная система

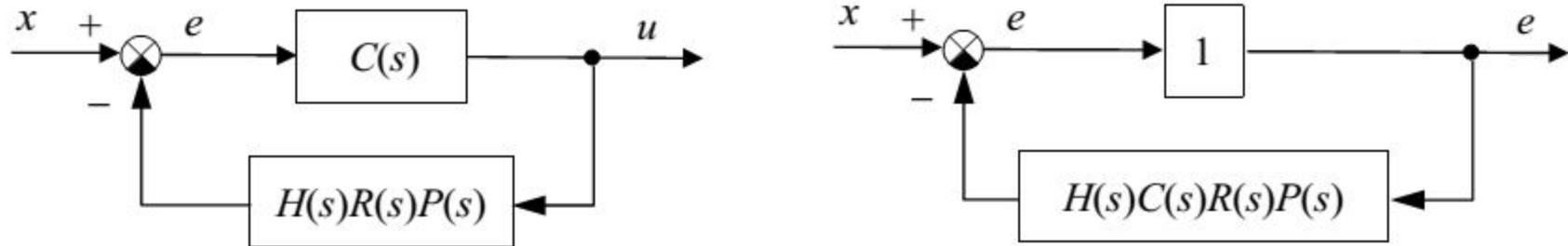
Здесь три входа ( $x$ ,  $g$  и  $m$ ), а в качестве выходов обычно рассматривают

выход системы  $y$ , сигнал управления  $u$  и ошибку  $e$ . Таким образом, всего можно записать 9 передаточных функций, соединяющих все возможные пары вход-выход.



# Типовая одноконтурная система

Принимая в качестве выходов управление  $u$  и ошибку  $e$ , получим похожие схемы:



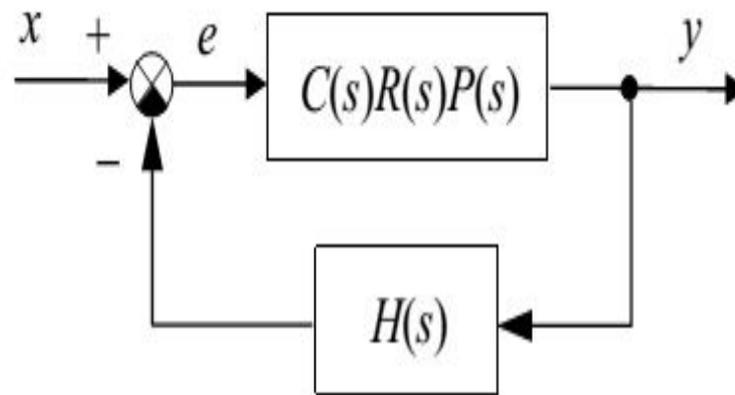
Первая из этих схем дает передаточную функцию по управлению  $W_u(s)$ , а вторая – передаточную функцию по ошибке  $W_e(s)$  (здесь блок с передаточной функцией, равной единице, можно было вообще не рисовать). Снова применяя формулу для контура с отрицательной обратной связью, получаем:

$$W_u(s) = \frac{C(s)}{1 + H(s)C(s)R(s)P(s)}, \quad W_e(s) = \frac{1}{1 + H(s)C(s)R(s)P(s)}.$$

$\downarrow$   
 $m$

# Типовая одноконтурная система

Теперь найдем передаточные функции от входа  $x$  ко всем выходам. Для этого все остальные входы будем считать нулевыми и удалим со схемы. Кроме того, заменим последовательное соединение звеньев с передаточными функциями  $C(s)$ ,  $R(s)$  и  $P(s)$  на одно звено:

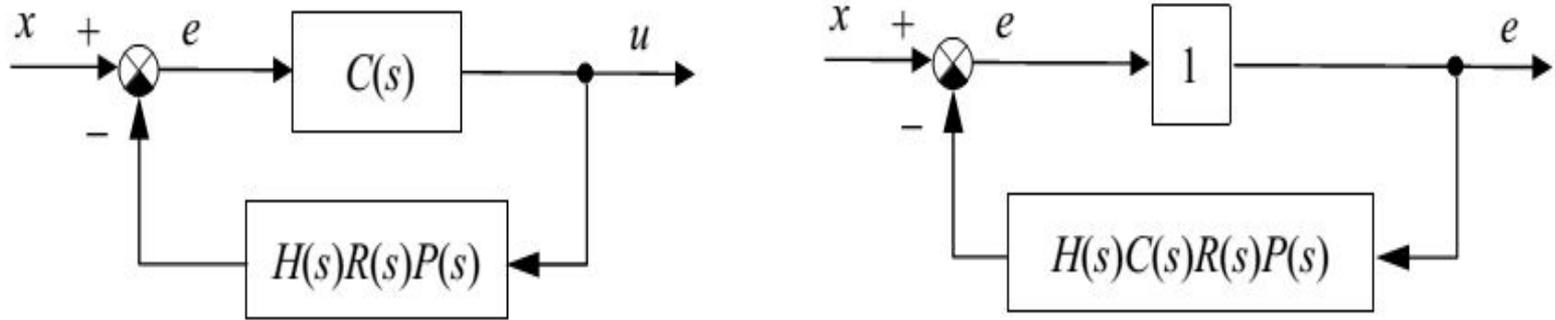


Для получения окончательного результата снова используем формулу для контура с отрицательной обратной связью:

$$W(s) = \frac{C(s)R(s)P(s)}{1 + H(s)C(s)R(s)P(s)}.$$

# Типовая одноконтурная система

Принимая в качестве выходов управление  $u$  и ошибку  $e$ , получим похожие схемы:



Первая из этих схем дает передаточную функцию по управлению  $W_u(s)$ , а вторая – передаточную функцию по ошибке  $W_e(s)$  (здесь блок с передаточной функцией, равной единице, можно было вообще не рисовать). Снова применяя формулу для контура с отрицательной обратной связью, получаем:

$$W_u(s) = \frac{C(s)}{1 + H(s)C(s)R(s)P(s)}, \quad W_e(s) = \frac{1}{1 + H(s)C(s)R(s)P(s)}.$$