

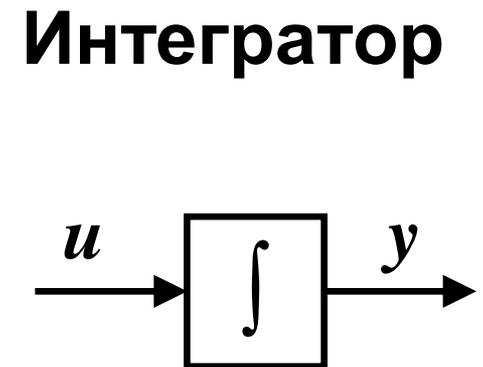
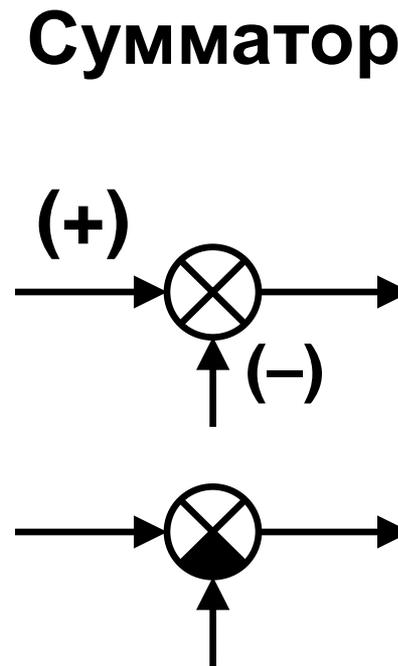
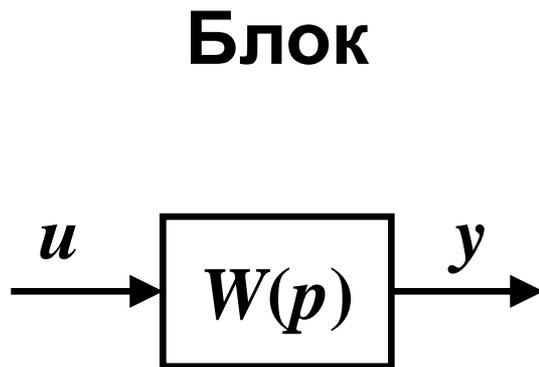
# Основы теории управления

## Лекция 5

### Структурные преобразования

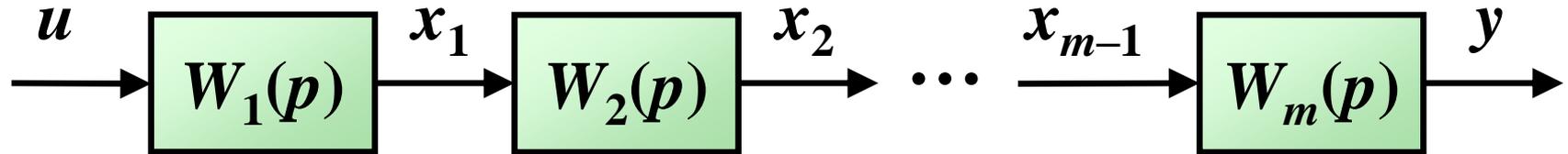
# Структурная схема

Графическая модель системы, в которой каждому элементу ставится в соответствие его динамическая характеристика



## Последовательное соединение звеньев

---

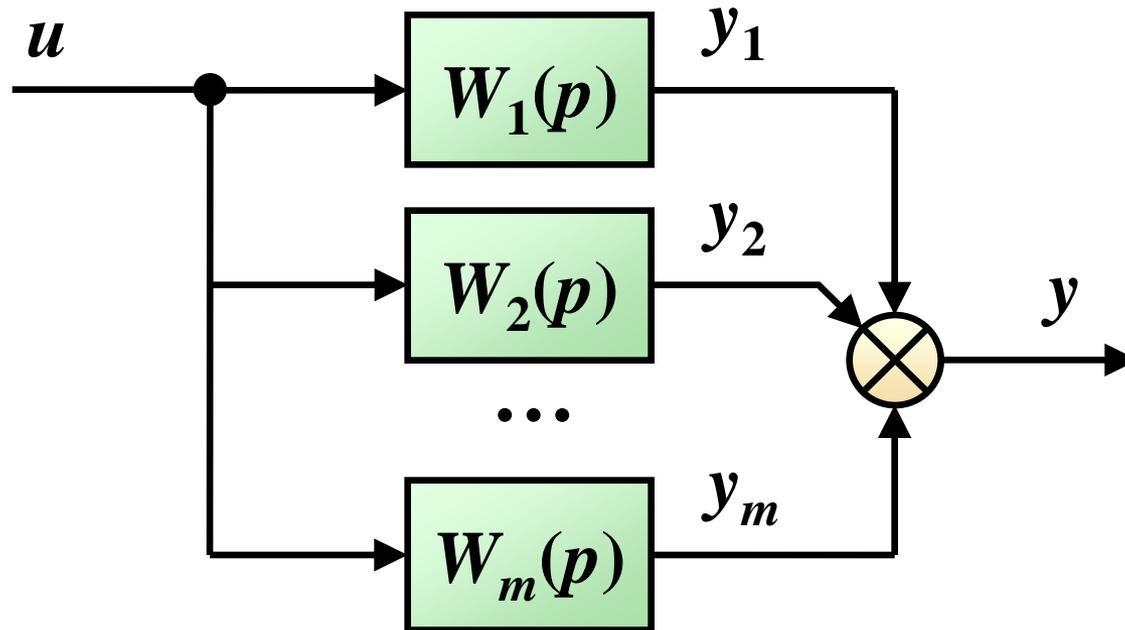


$$Y(p) = W_m(p)X_{m-1}(p) = W_m(p)W_{m-1}(p)X_{m-2}(p)$$

$$Y(p) = W_m(p) \cdot \dots \cdot W_1(p)U(p) = U(p) \cdot \prod_{i=1}^m W_i(p)$$

$$W(p) = \prod_{i=1}^m W_i(p)$$

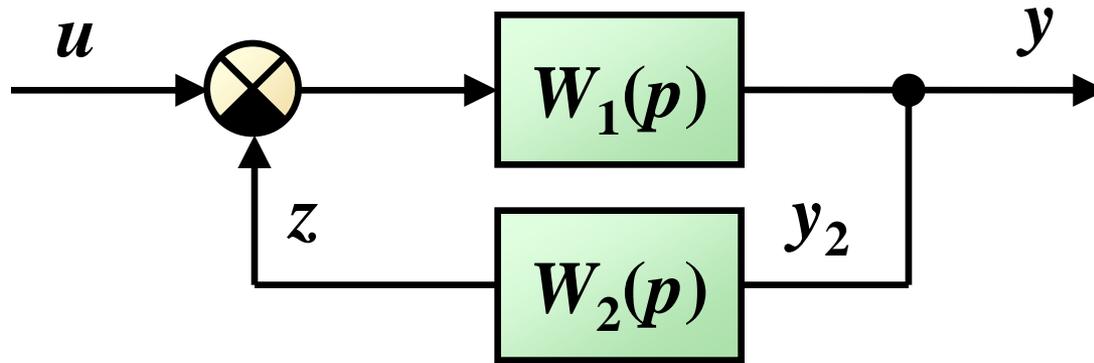
# Параллельное соединение звеньев



$$Y(p) = W_1(p)U(p) + W_2(p)U(p) + \dots + W_m(p)U(p)$$

$$W(p) = \sum_{i=1}^m W_i(p)$$

# Отрицательная обратная связь (ООС)



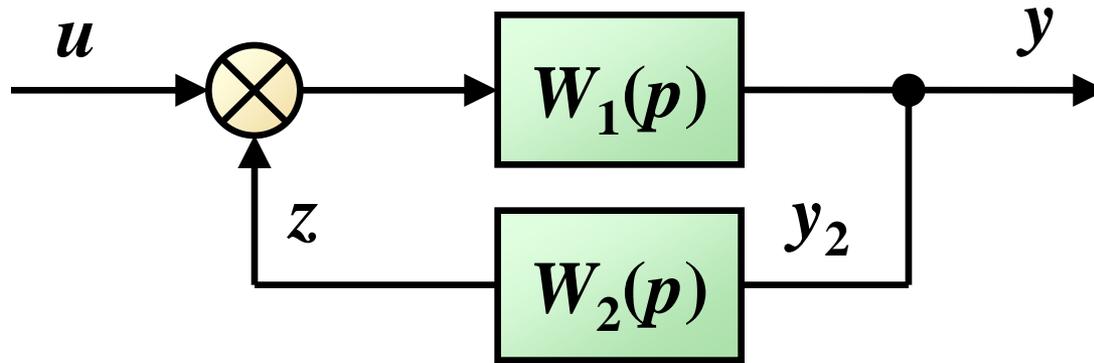
$$Y(p) = W_1(p)[U(p) - Z(p)] = W_1(p)[U(p) - W_2(p)Y(p)]$$

$$Y(p) = W_1(p)U(p) - W_1(p)W_2(p)Y(p)$$

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)}$$

# Положительная обратная связь (ПОС)

---

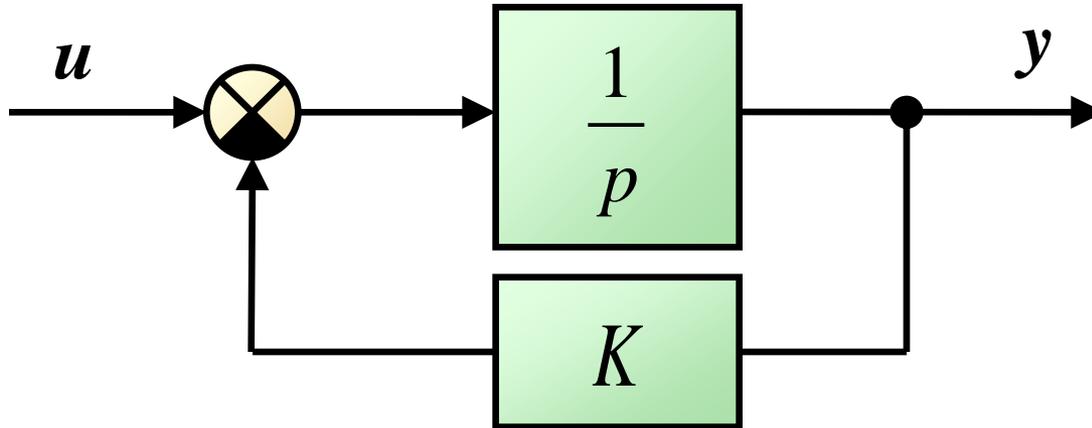


$$Y(p) = W_1(p)[U(p) + Z(p)] = W_1(p)[U(p) + W_2(p)Y(p)]$$

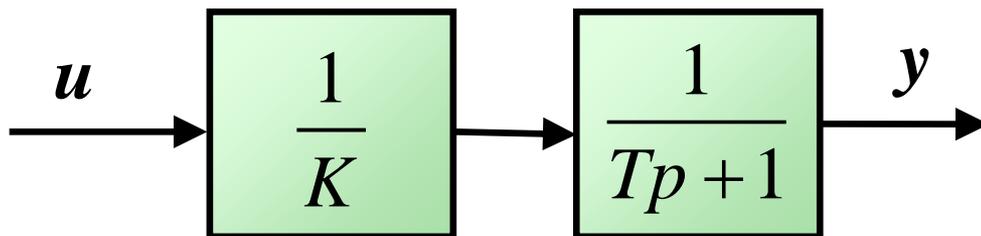
$$Y(p) = W_1(p)U(p) + W_1(p)W_2(p)Y(p)$$

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

# Охват интегратора ООС

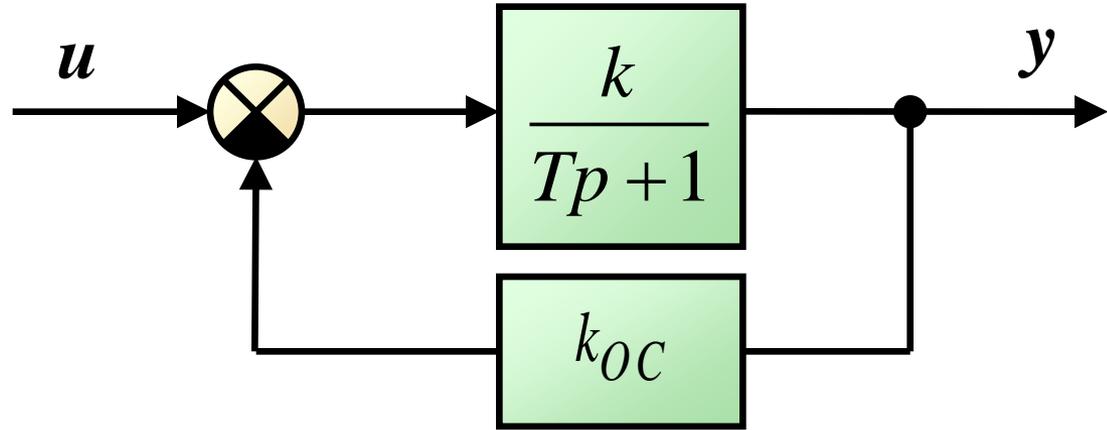


$$W(p) = \frac{\frac{1}{p}}{1 + \frac{1}{p} \cdot K} = \frac{1}{p} \cdot \frac{p}{p + K} = \frac{1}{p + K} = \frac{1}{K} \cdot \frac{1}{Tp + 1}$$



$$T = \frac{1}{K}$$

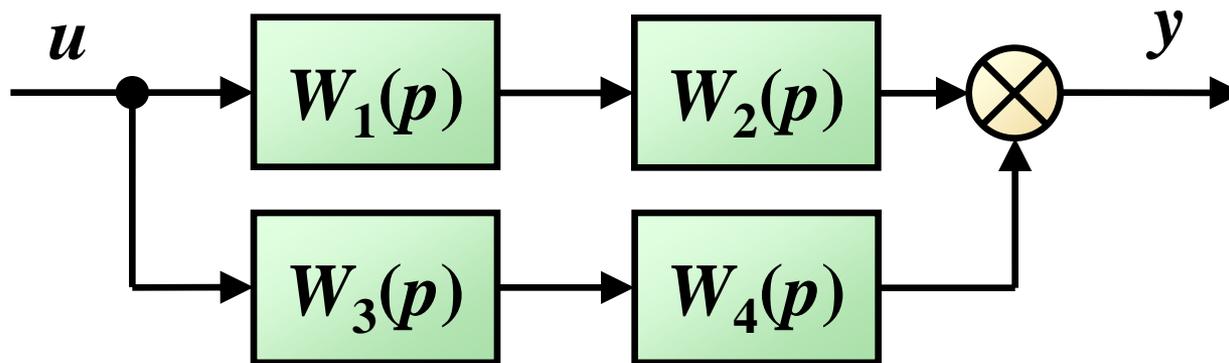
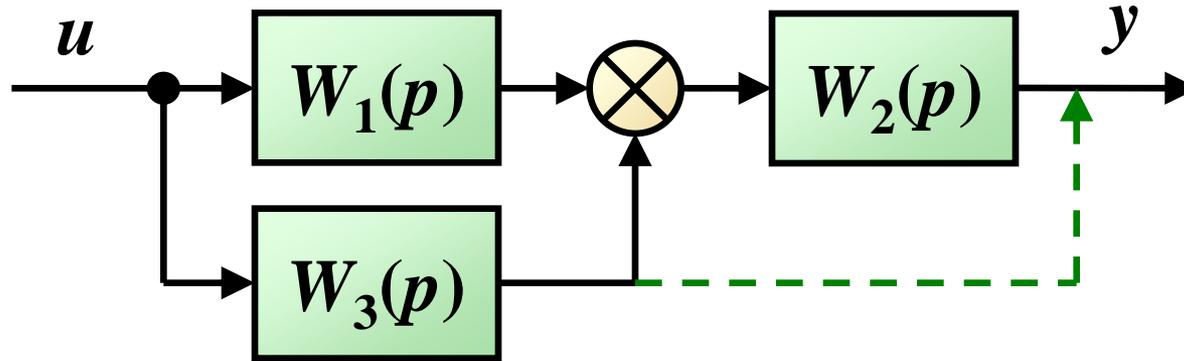
## Охват аperiodического звена ООС



$$W(p) = \frac{\frac{k}{Tp + 1}}{1 + \frac{k}{Tp + 1} \cdot k_{OC}} = \frac{k}{Tp + 1} \cdot \frac{Tp + 1}{Tp + 1 + k \cdot k_{OC}} =$$

$$= \frac{k}{Tp + (1 + k \cdot k_{OC})} = \frac{k_1}{T_1 p + 1} \quad k_1 = \frac{k}{1 + k \cdot k_{OC}} \quad T_1 = \frac{T}{1 + k \cdot k_{OC}}$$

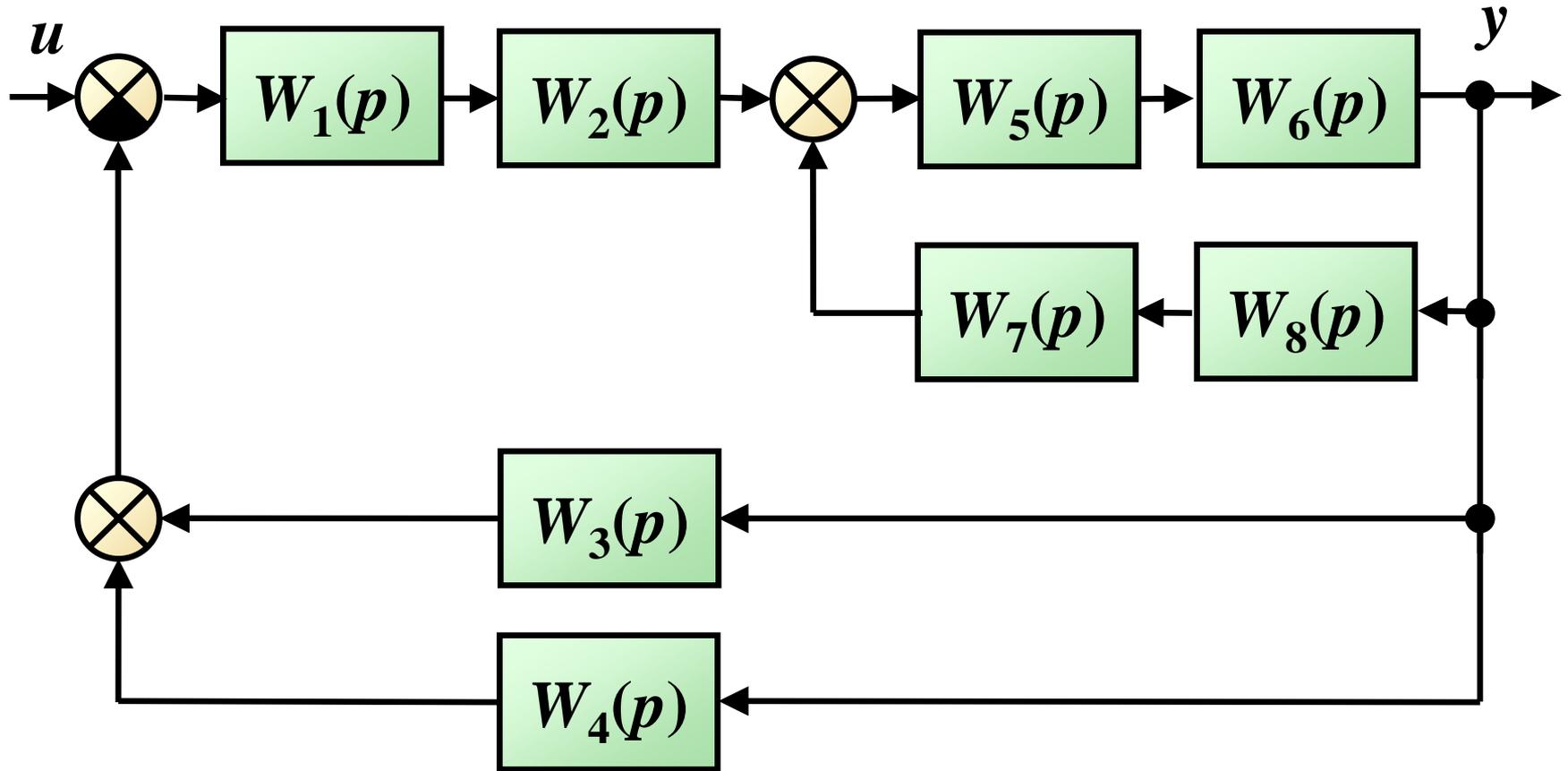
# Правило переноса



$$W(p) = [W_1(p) + W_3(p)] \cdot W_2(p)$$

$$W_4(p) = W_2(p)$$

# Найти передаточную функцию системы



# Структурные схемы, соответствующие дифференциальным уравнениям

---

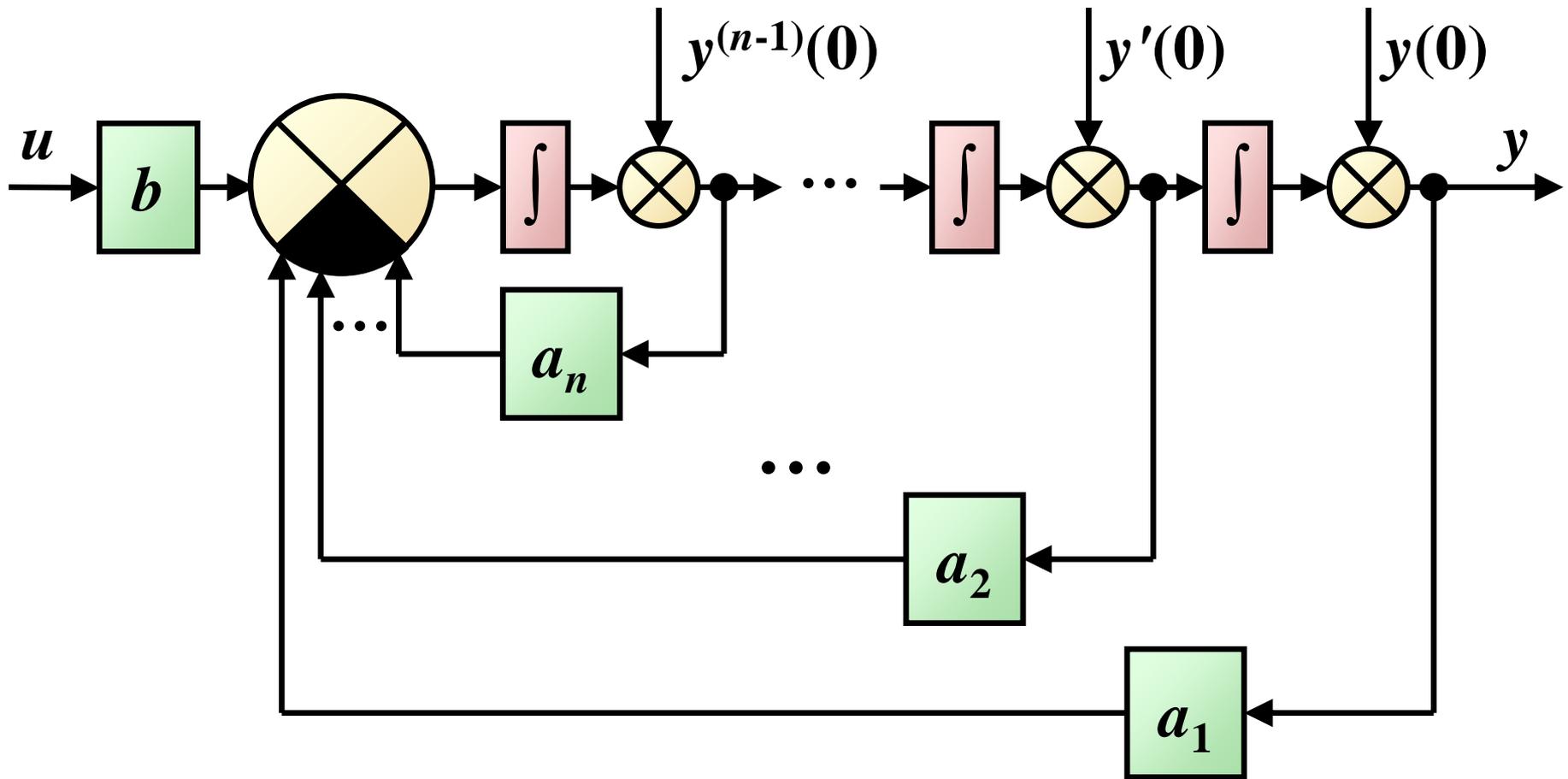
$$y^{(n)} + a_n y^{(n-1)} + \dots + a_2 y' + a_1 y = bu$$

$$y^{(n)} = -a_1 y - a_2 y' - \dots - a_n y^{(n-1)} + bu$$

---

$$\left\{ \begin{array}{l} y^{(n-1)} = y_0^{(n-1)} + \int_0^t \left[ -a_1 y - a_2 y' - \dots - a_n y^{(n-1)} + bu \right] dt, \\ y^{(n-2)} = y^{(n-2)}(0) + \int_0^t y^{(n-1)}(t) dt, \\ \dots \\ y = y(0) + \int_0^t y'(t) dt. \end{array} \right.$$

# Структурные схемы, соответствующие дифференциальным уравнениям



# Переход от передаточной функции к структурной схеме

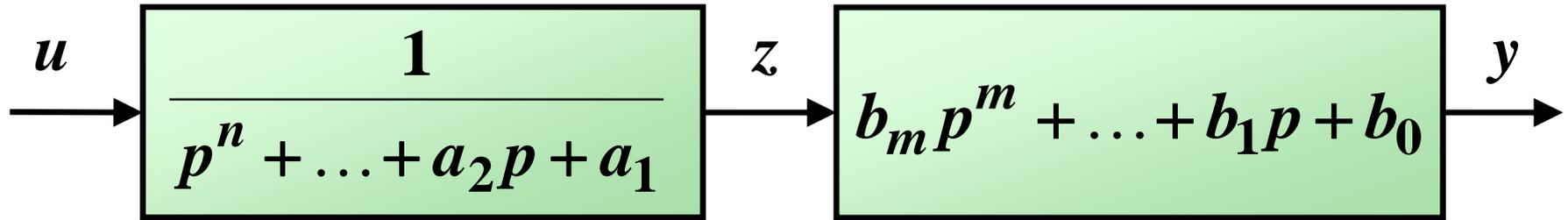
---

$$W(p) = \frac{b_m p^m + \dots + b_1 p + b_0}{p^n + a_n p^{n-1} + \dots + a_2 p + a_1} \quad m < n$$

---

$$W(p) = \left( \frac{1}{p^n + \dots + a_2 p + a_1} \right) (b_m p^m + \dots + b_1 p + b_0)$$

# Переход от передаточной функции к структурной схеме

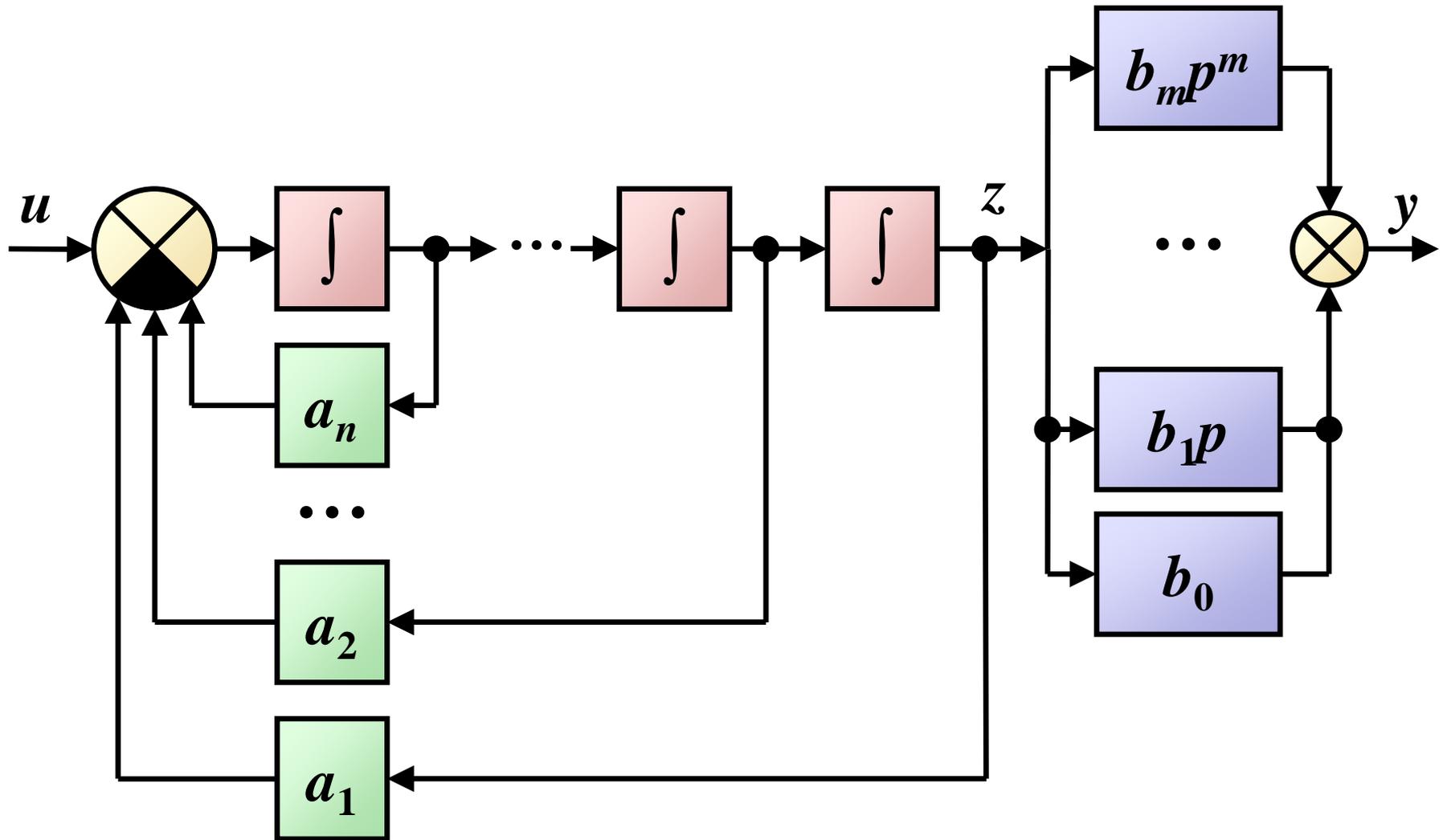


$$\frac{1}{p^n + \dots + a_2 p + a_1} U(p) = Z(p)$$

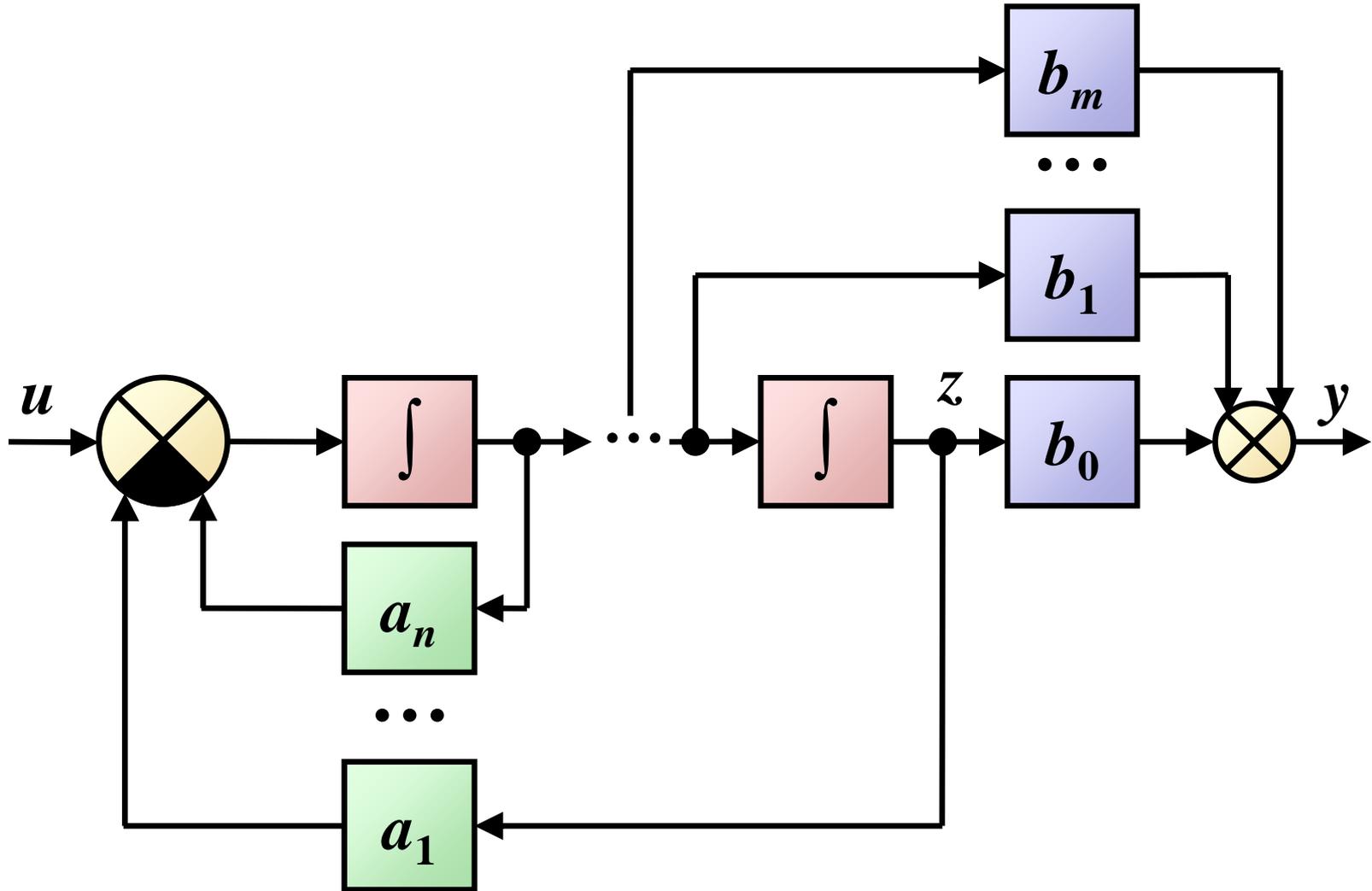
$$\begin{cases} (p^n + \dots + a_2 p + a_1) Z(p) = U(p), \\ (b_m p^m + \dots + b_1 p + b_0) Z(p) = Y(p); \end{cases}$$

$$p^n Z = -a_1 Z - a_2 p Z - \dots - a_{n-1} p^{n-2} Z - a_n p^{n-1} Z + U$$

# Переход от передаточной функции к структурной схеме



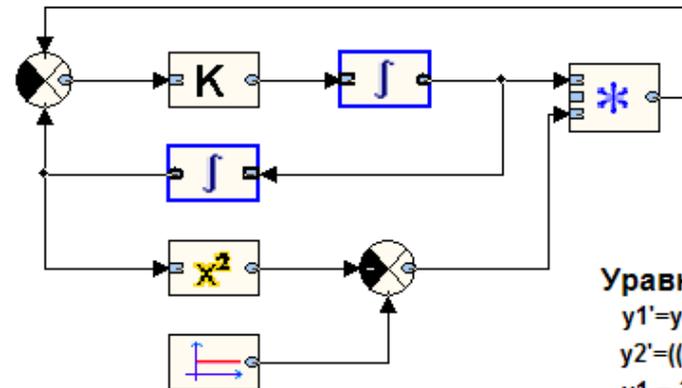
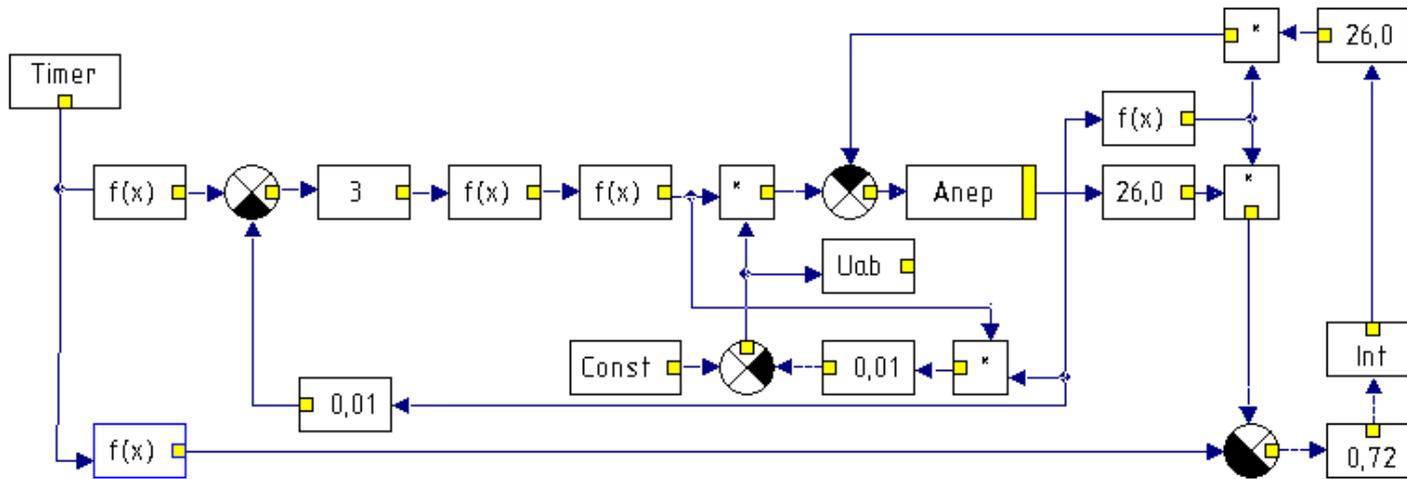
# Переход от передаточной функции к структурной схеме



# Компьютерное моделирование динамических систем

## Структурная схема тягового электропривода электропогрузчика

Структурная схема тягового электропривода электропогрузчика



**Уравнение Ван-дер-Поля**

$$y1' = y2;$$

$$y2' = ((1 - y1^2) * y1) * y2 - y1) / 0.003;$$

$$y1 = 2;$$

$$y2 = 0;$$

Спасибо за внимание!