



**Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
POLITECHNIKA OPOLSKA**

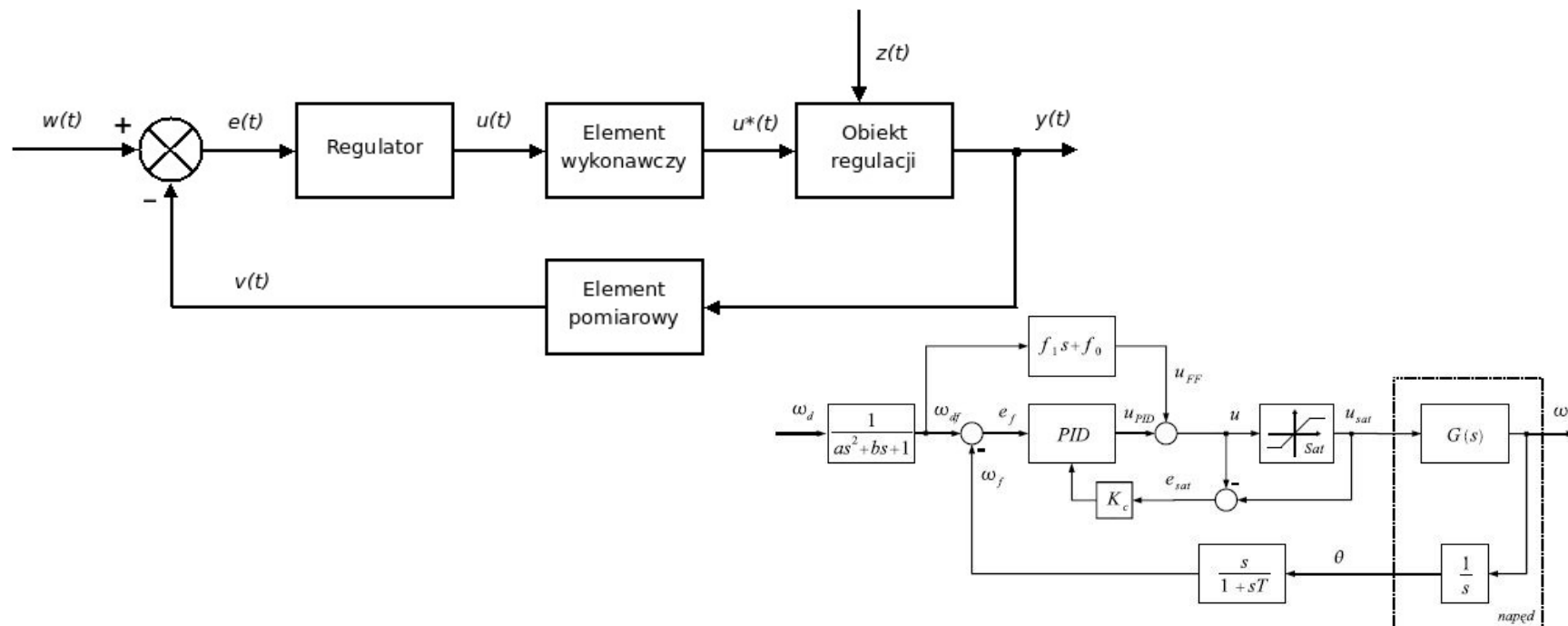
Symulacja systemów mechatronicznych

***Zasady redukcji układu, algebra bloków.
Model komputerowy układu regulacji
z regulatorem PID.***

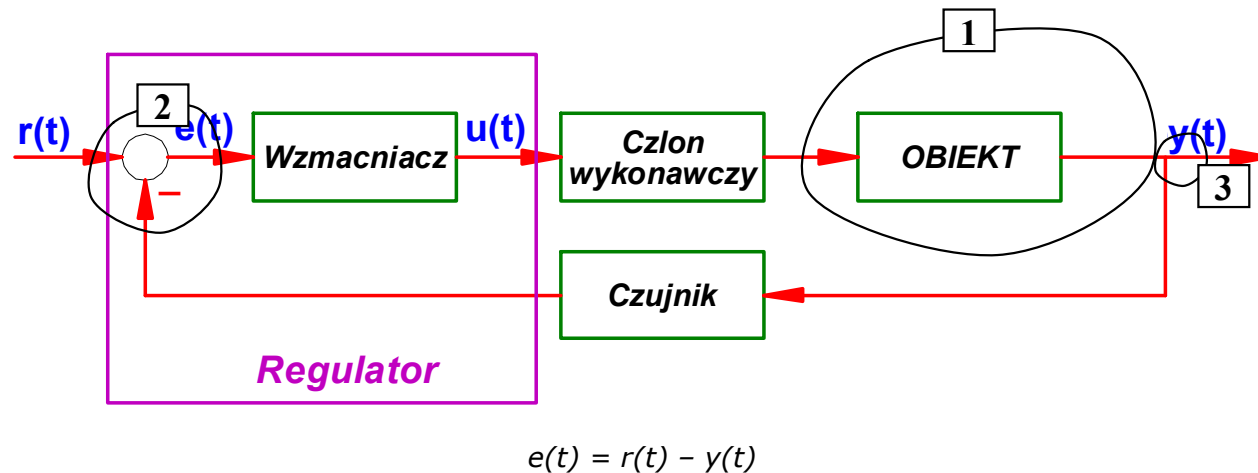
dr hab. inż. Roland PAWLICZEK

Model blokowy - Schemat blokowy

- Powszechnie stosowany w opisie układów sterowania.
- Dostarcza informacji o powiązaniach pomiędzy poszczególnymi elementami układu i przesyłanych informacjach (sygnałach).
- Schemat blokowy układu jest graficznym opisem funkcji wykonywanych przez każdy element i przepływające sygnały.



Schemat blokowy

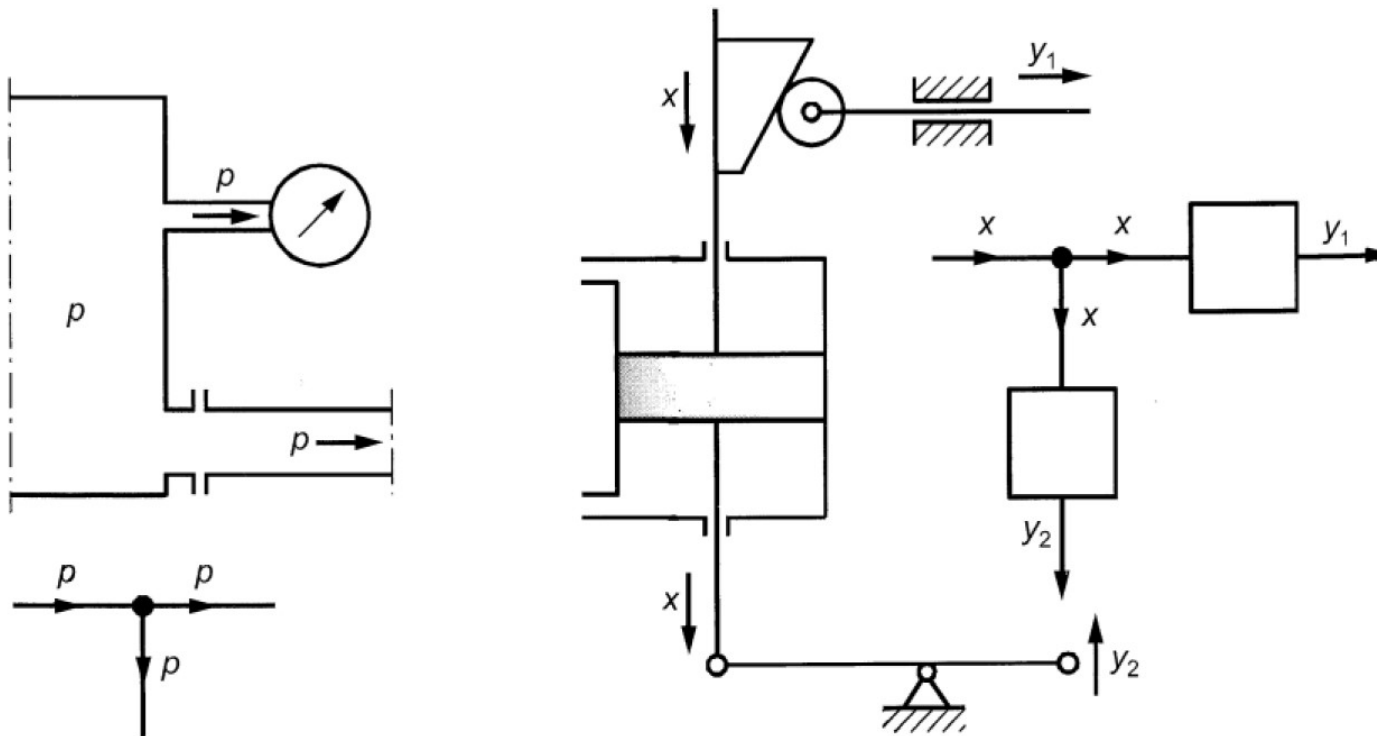
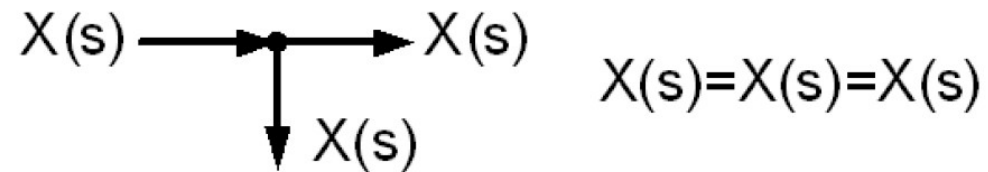


$r(t)$ - sygnał zadany; $y(t)$ - sygnał wyjściowy; $e(t)$ - uchyb; $u(t)$ - sygnał sterujący

- **1** – blok, zwykle opisuje element układu za pomocą transmitancji, cechuje się sygnałem wejściowym i sygnałem wyjściowym, a kierunek strzałek wskazuje na kierunek przepływu informacji,
- **2** – węzeł sumacyjny, oznacza algebraiczne sumowanie sygnałów. Znaki plus i minus decydują, czy sygnał ma być dodawany czy odejmowany, przy czym znak minus musi się zawsze pojawiać, zaś plus może być pominięty. Węzeł może mieć wiele sygnałów wejściowych, ale zawsze tylko jeden wyjściowy.
- **3** – rozgałęzienie, węzeł, w którym sygnał jest rozprowadzany do kilku elementów (bloków lub węzłów sumacyjnych).

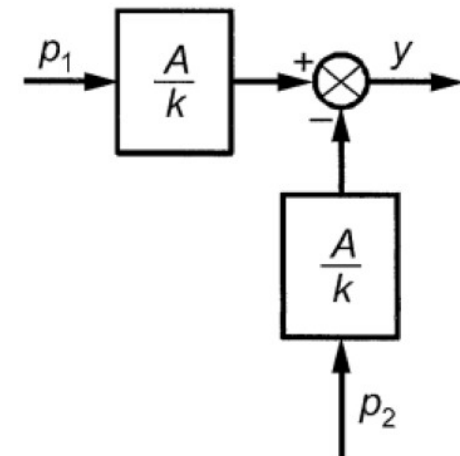
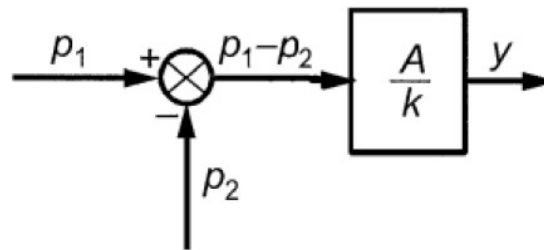
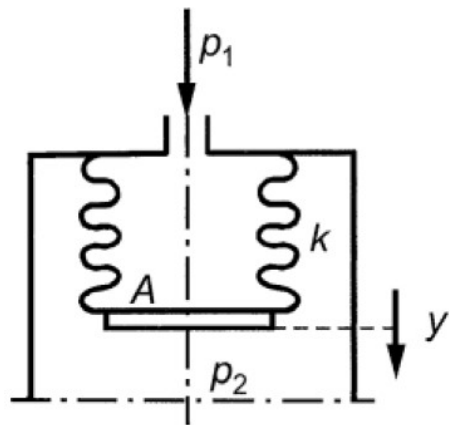
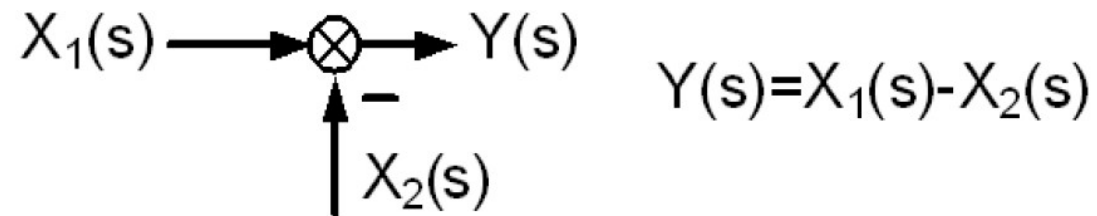
Schemat blokowy

- Rozgałęzienie:**



Schemat blokowy

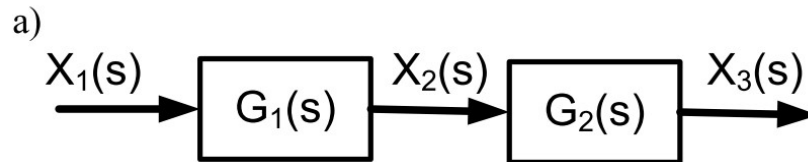
- Węzeł sumacyjny:



Schemat blokowy - połączenia

- *Schematy blokowe mogą być mniej, lub bardziej złożone.*
- *Upraszczanie schematów blokowych odbywa się z wykorzystaniem algebry bloków. Dokonuje się tzw. redukcji układu.*
- *Ponieważ bloki zawierają elementy opisane za pomocą przekształcenia Laplace'a (otrzymujemy układy liniowe) redukcja odbywa się poprzez działania algebraiczne.*

Połączenie szeregowe (kaskadowe)

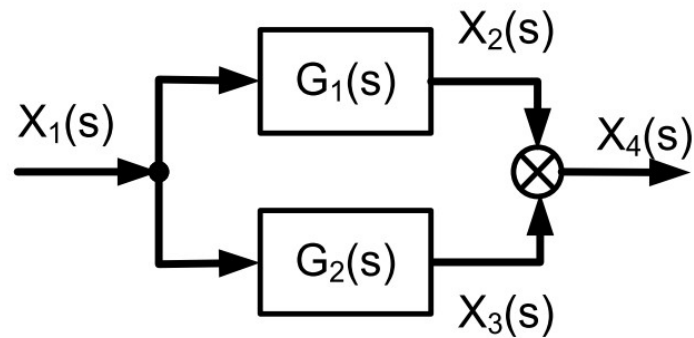


$$G_z(s) = \frac{X_3(s)}{X_1(s)} = G_1(s)G_2(s)$$

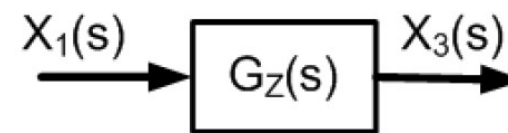
Schemat blokowy - połączenia

Połączenie równoległe

a)



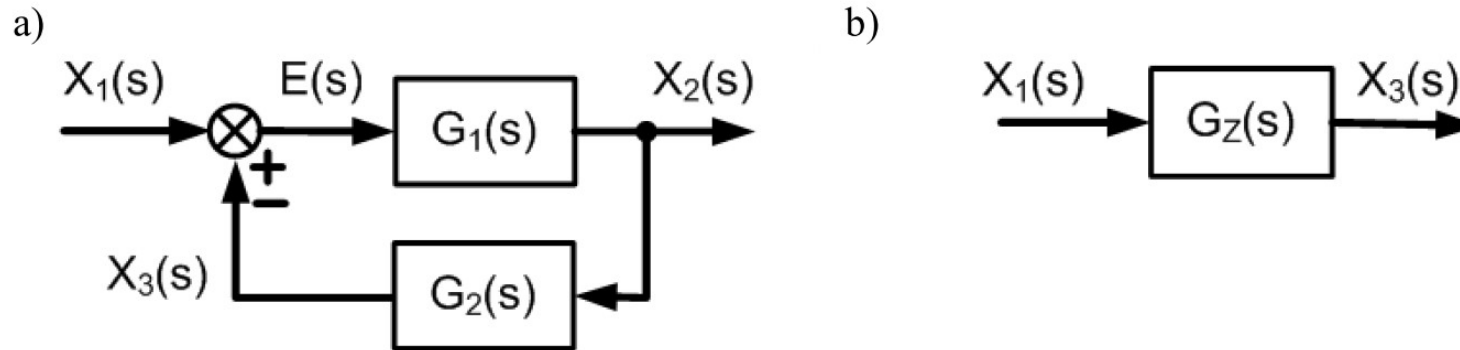
b)



$$G_z(s) = \frac{X_4(s)}{X_1(s)} = G_1(s) + G_2(s)$$

Schemat blokowy - połączenia

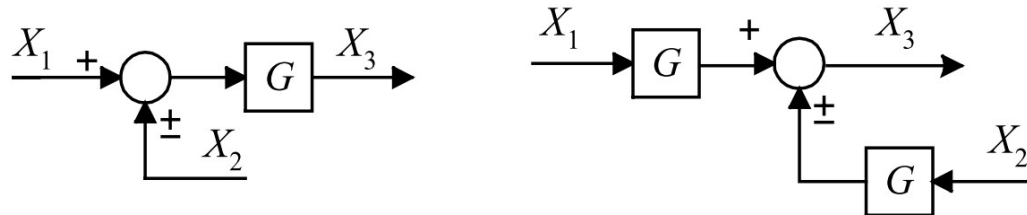
Połączenie w pętli sprzężenia zwrotnego



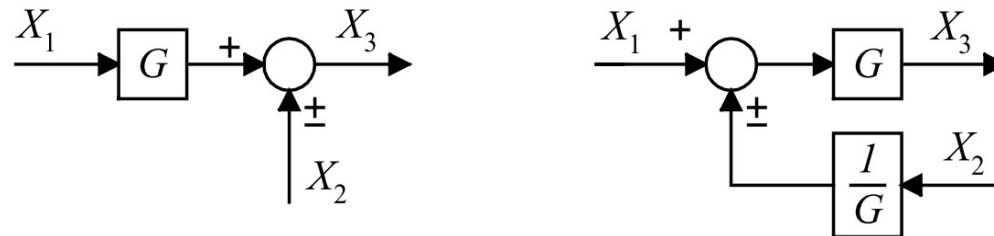
$$G_z(s) = \frac{X_2(s)}{X_1(s)} = \frac{G_1(s)}{1 \mp G_1(s)G_2(s)}$$

Schemat blokowy - przekształcanie

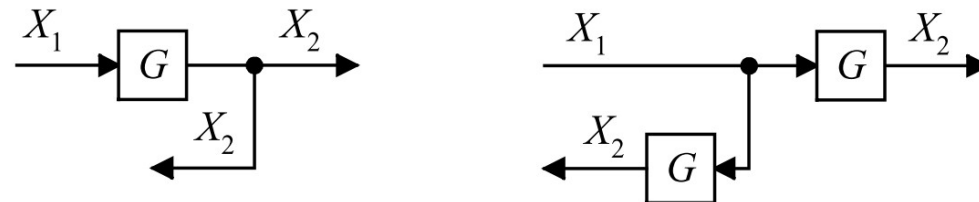
Przeniesienie węzła sumacyjnego z wejścia na wyjście bloku



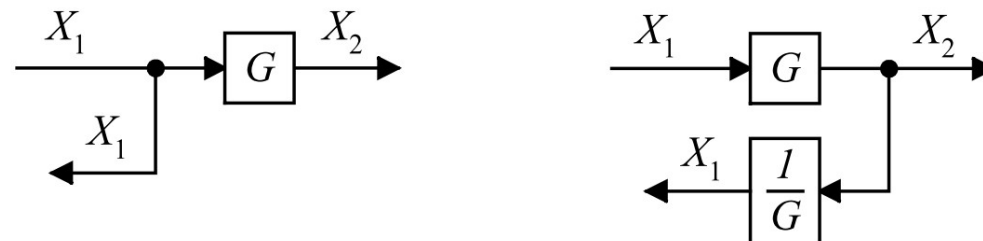
Przeniesienie węzła sumacyjnego z wyjścia na wejście bloku



Przeniesienie węzła rozgałęźnego z wyjścia na wejście bloku

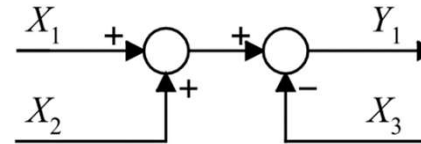
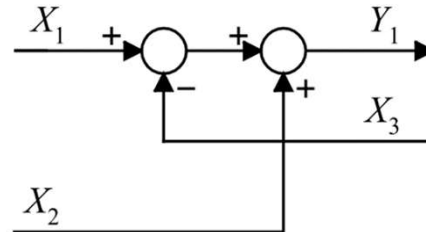


Przeniesienie węzła rozgałęźnego z wejścia na wyjście bloku

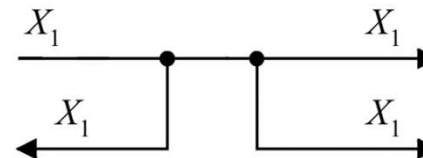
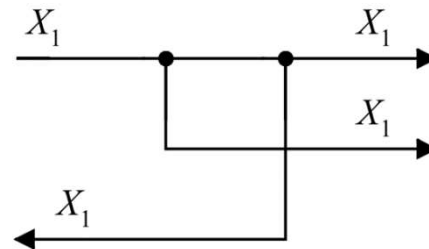


Schemat blokowy - przekształcanie

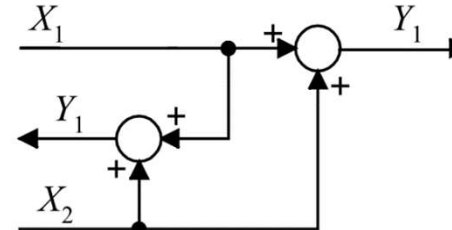
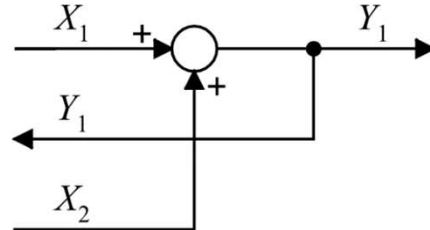
Zamiana miejscami węzłów sumacyjnych sąsiadujących ze sobą



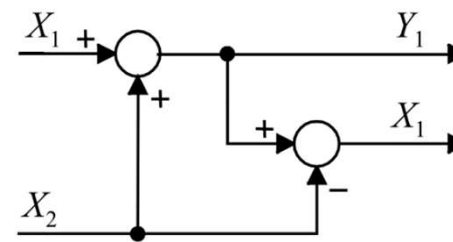
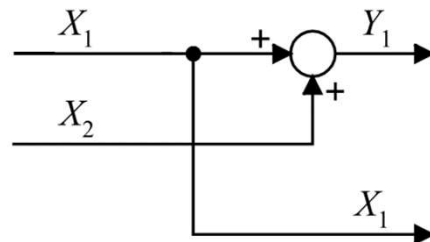
Zamiana miejscami węzłów rozgałęźnych sąsiadujących ze sobą



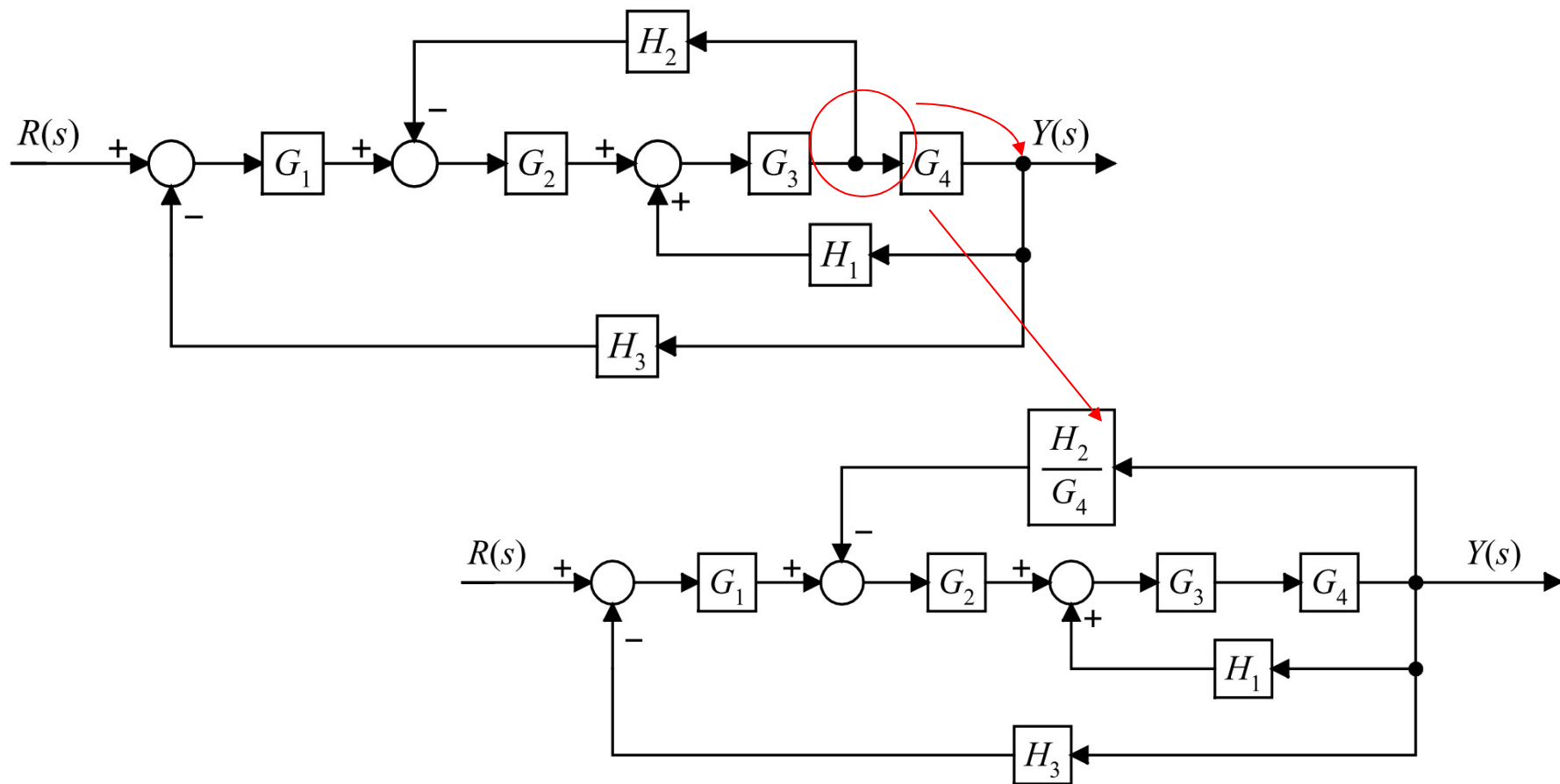
Zamiana miejscami węzła sumacyjnego i rozgałęźnego



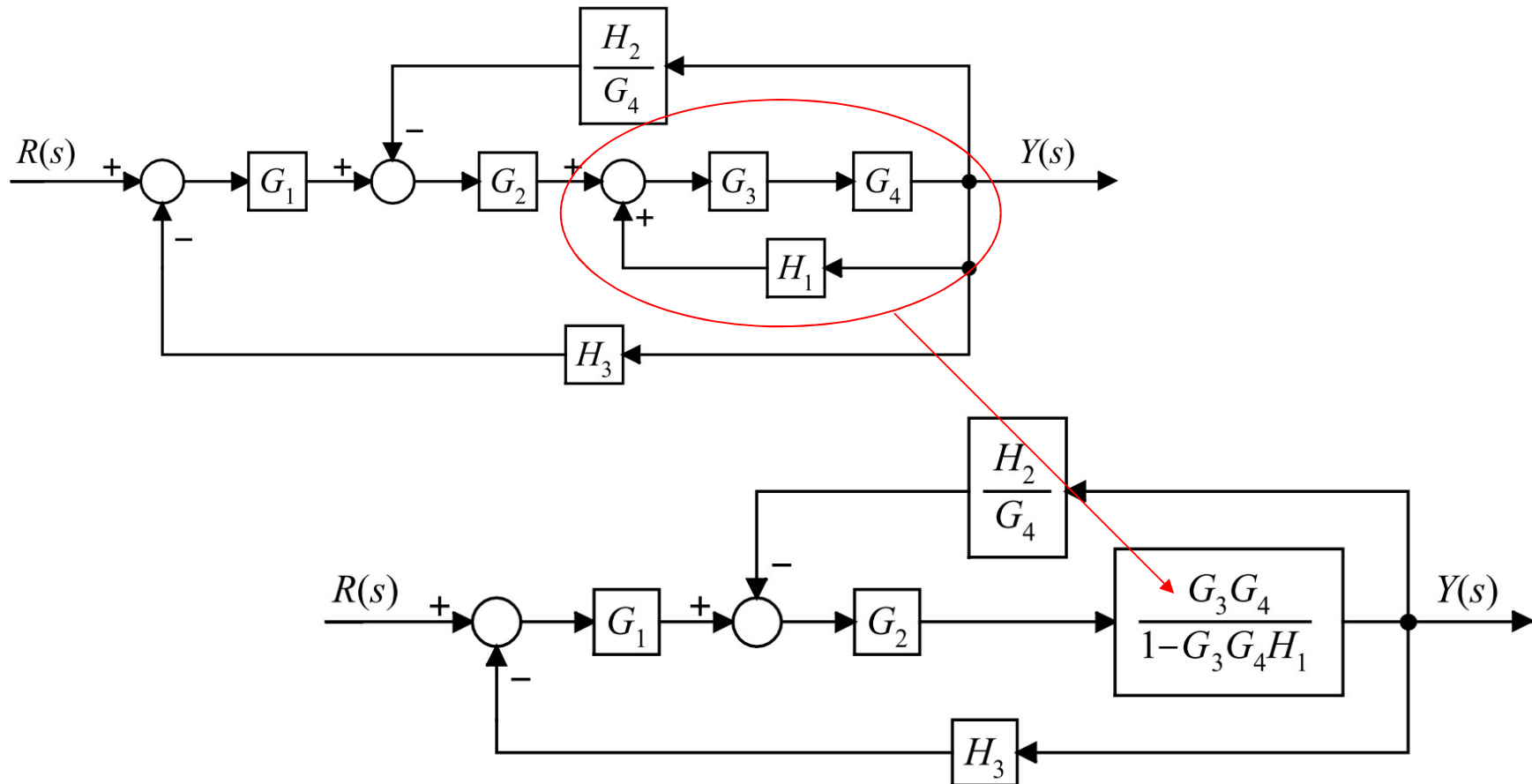
Zamiana miejscami węzła rozgałęźnego i sumacyjnego



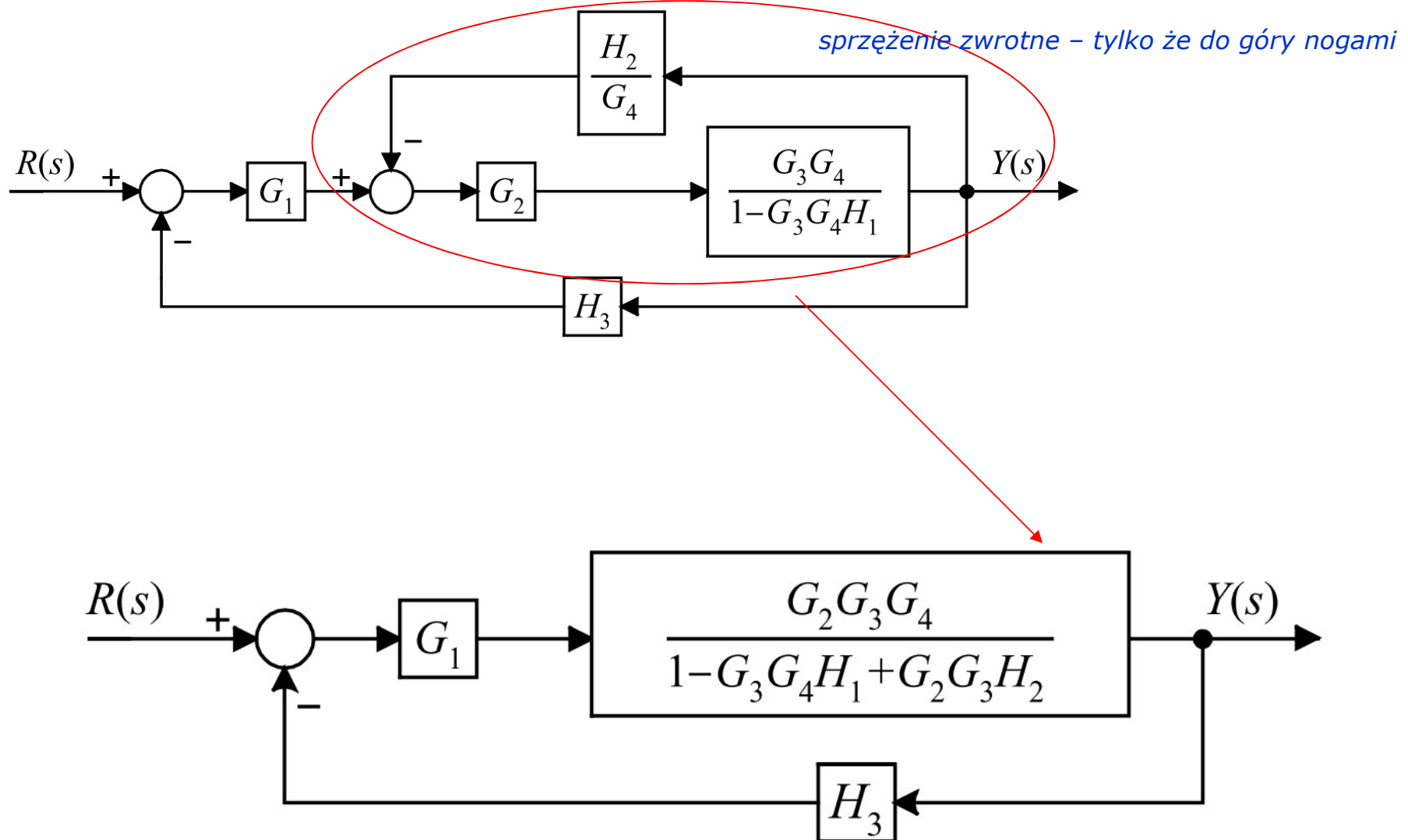
Schemat blokowy - przykład



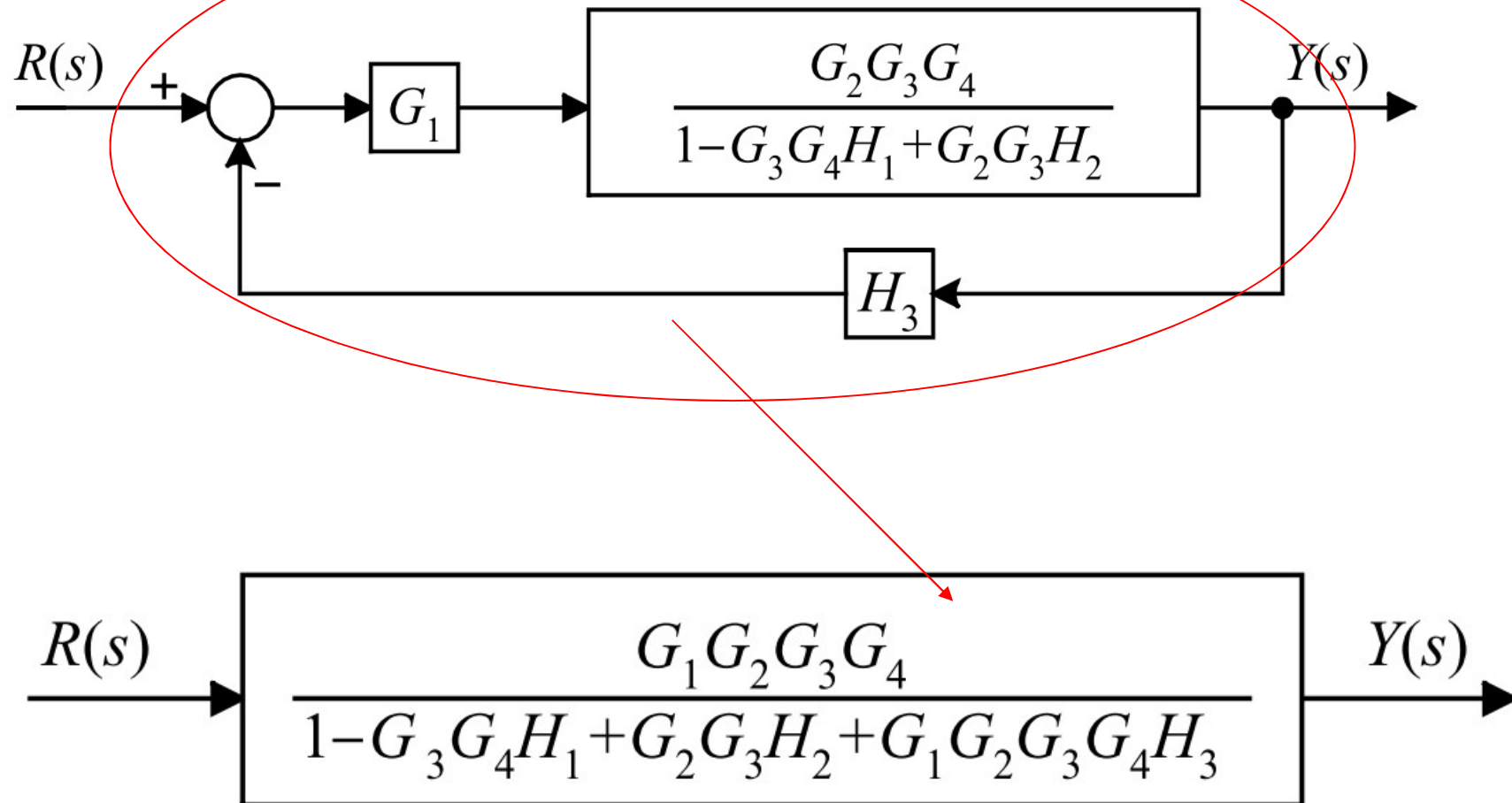
Schemat blokowy - przykład



Schemat blokowy - przykład



Schemat blokowy - przykład



Schemat blokowy – model komputerowy

- **Polecenia *MATLAB*:** ♦ przy połączeniu kaskadowym

```
sys = series( sys1, sys2)
```

- ♦ przy połączeniu równoległym

```
sys = parallel( sys1, sys2)
```

- ♦ przy połączeniu w pętłę

```
sys = feedback( sys1, sys2)
```

```
>> num1 = 10;  
>> den1 = [1 2 10];  
>> sys1 = tf( num1, den1)
```

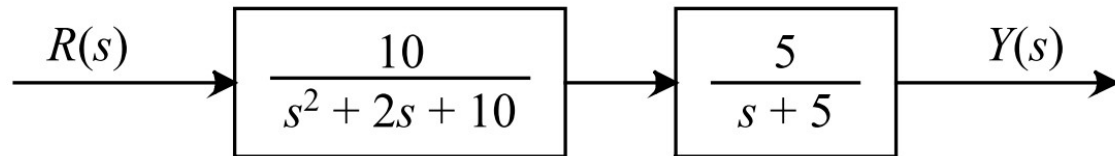
```
Transfer function:  
10
```

```
-----  
s^2 + 2 s + 10
```

```
>> num2 = 5;  
>> den2 = [1 5];  
>> sys2 = tf( num2, den2)
```

```
Transfer function:  
5
```

```
-----  
s + 5
```



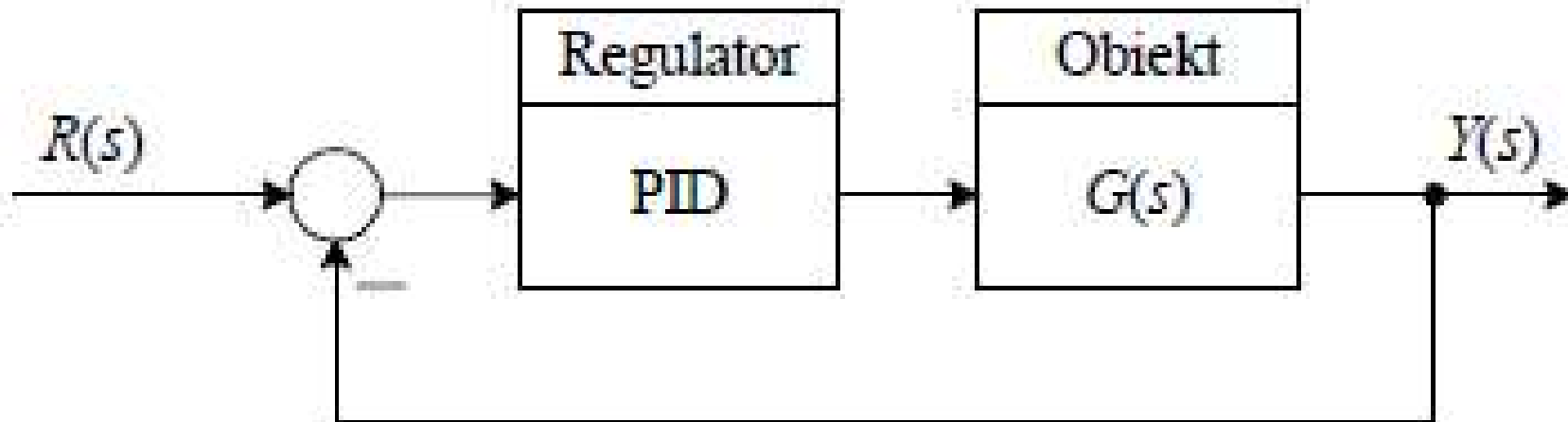
```
>> sys_s = series( sys1, sys2)
```

```
Transfer function:  
50
```

```
-----  
s^3 + 7 s^2 + 20 s + 50
```

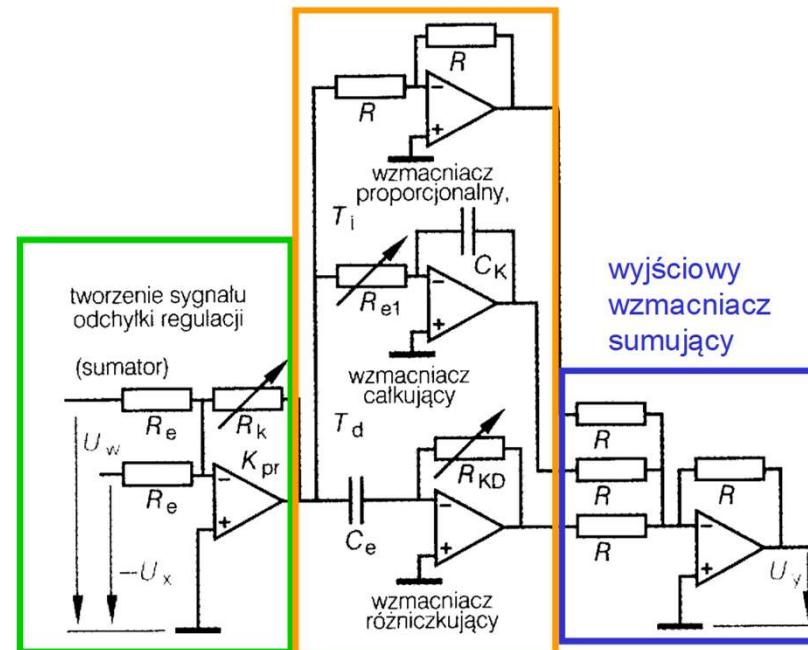
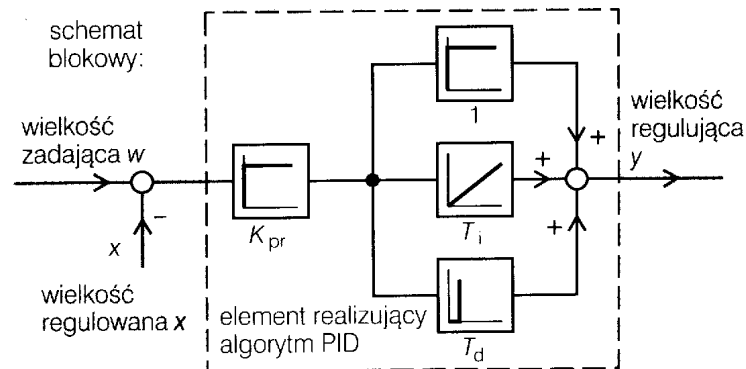
Model komputerowy układu regulacji z reg. PID

- *Ogólny schemat układu regulacji z reg. PID*



Model komputerowy układu regulacji z reg. PID

Regulator PID



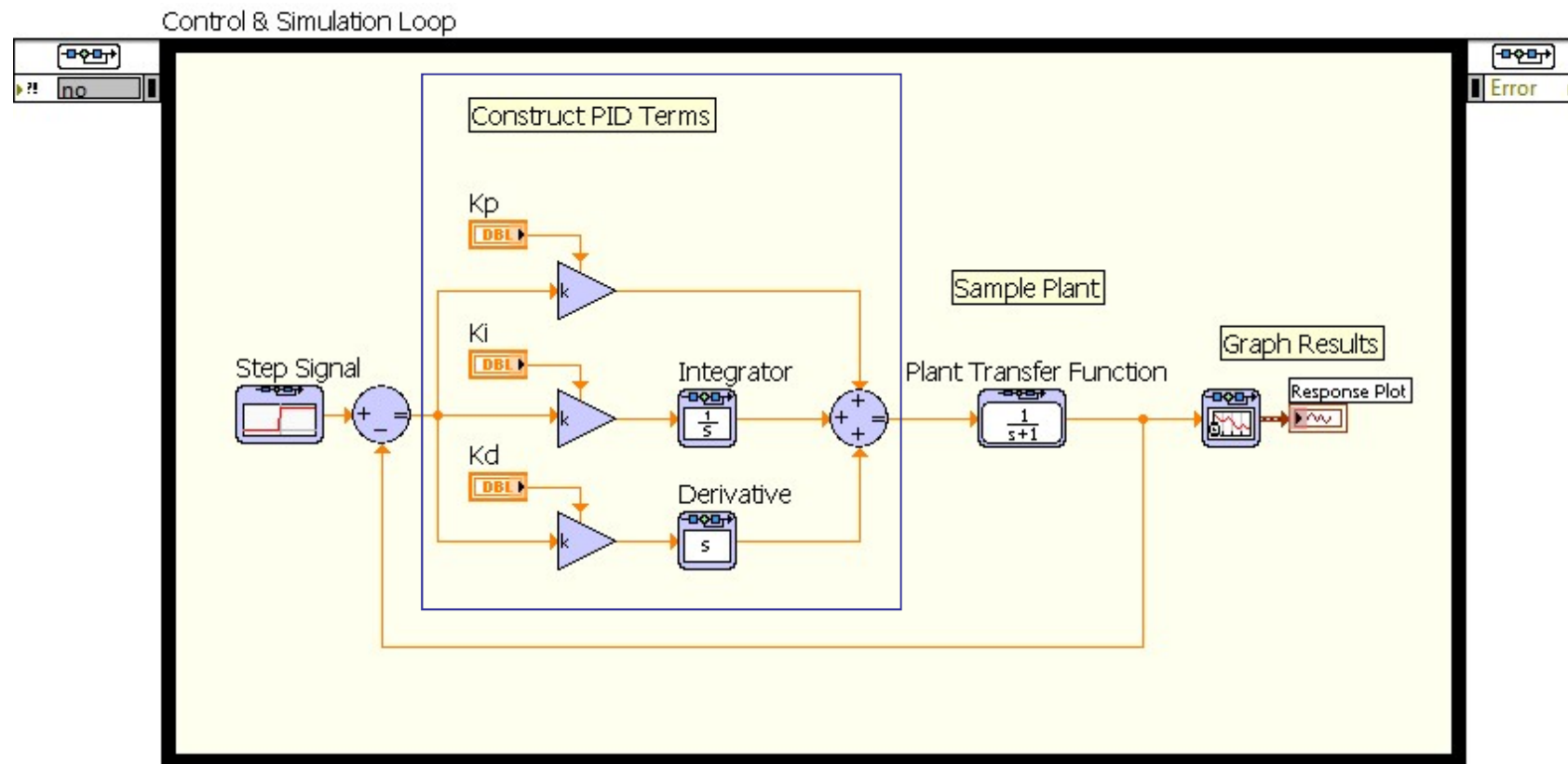
$$U_y = -K_p \left(U_e + \frac{1}{T_i} \int U_e dt + T_d \frac{dU_e}{dt} \right)$$

$$T_i = R_{e1} \cdot C_K \quad K_p = \frac{R_K}{R_e} \quad T_d = R_{KD} \cdot C_e$$

Model komputerowy układu regulacji z reg. PID

- Regulator PID: model w dziedzinie czasu

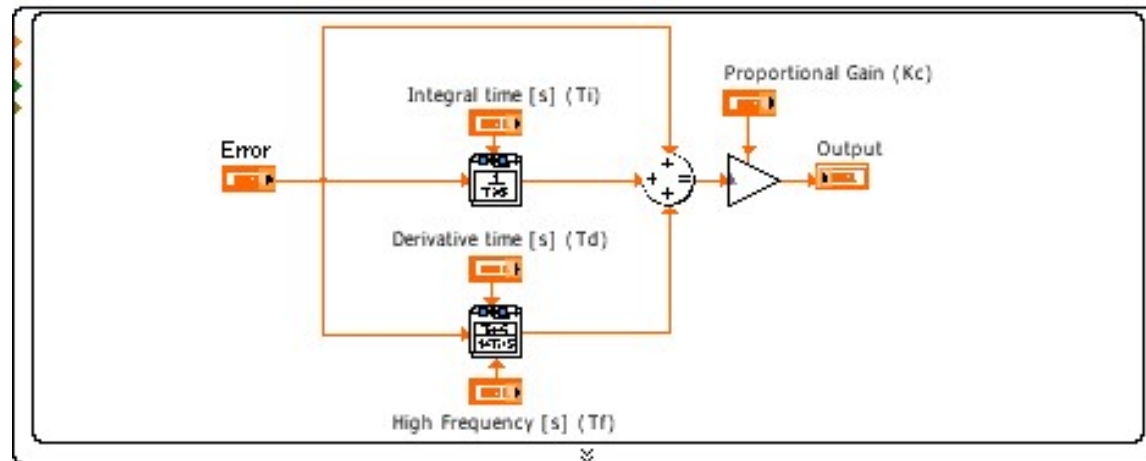
$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$



Model komputerowy układu regulacji z reg. PID

- Regulator PID: model transmitancyjny (moduł Simulation)

PID ACADEMIC



Polymorphic instance

Academic

Parameters

Parameter Name	Value
Proportional Gain	1
Integral time [s]	1
Derivative time [s]	0
High Frequency [s]	0
Execution Control	

Preview

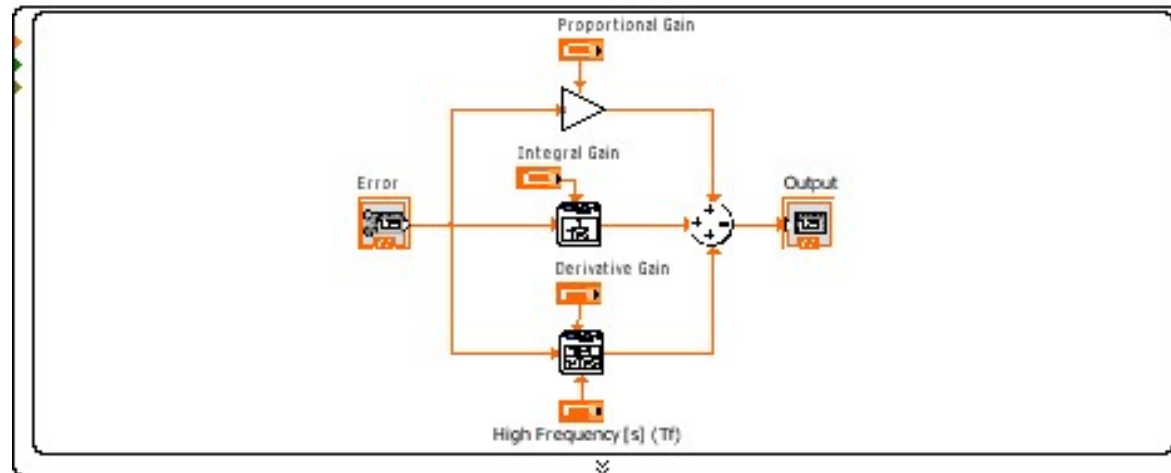
$$K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

PID Academic

Model komputerowy układu regulacji z reg. PID

- Regulator PID: model transmitancyjny (moduł Simulation)

PID PARALELL



Polymorphic instance

Parallel

Parameters

Parameter Name	Value
Proportional Gai	1
Integral Gain	1
Derivative Gain	0
High Frequency	0
Execution Cont	

Preview

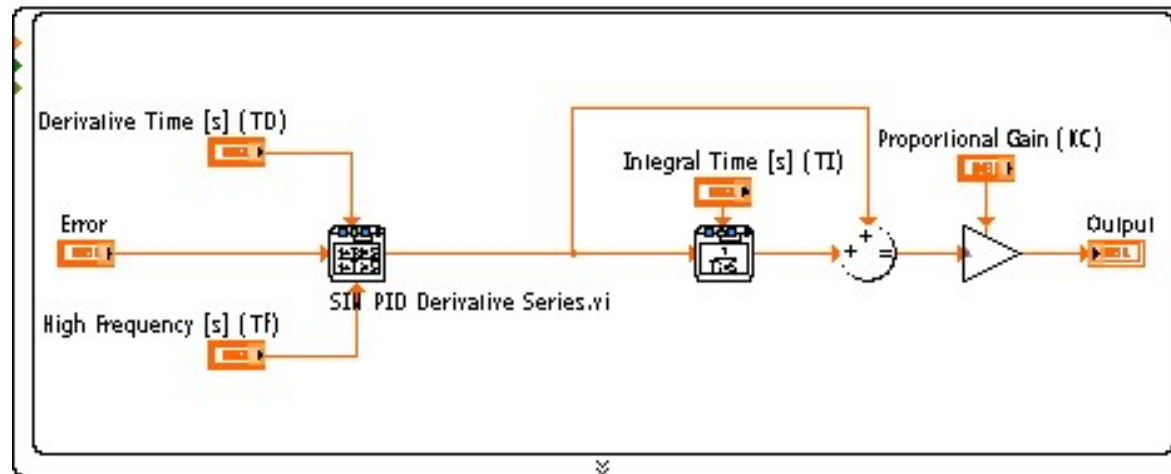
$$K_c + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

PID Parallel

Model komputerowy układu regulacji z reg. PID

- Regulator PID: model transmitancyjny (moduł Simulation)

PID SERIES



Polymorphic instance

Series

Parameters

Parameter Name	Value
Proportional Gain	1
Integral Time [s]	1
Derivative Time	0
High Frequency	0
Execution Control	

Preview

$$K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) (1 + T_d s)$$

PID Series