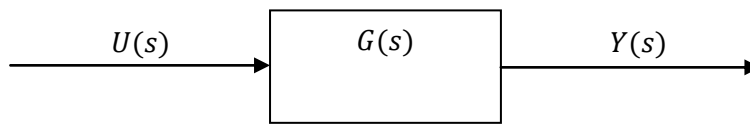


## Úprava blokových schém regulačných obvodov v programovom prostredí MATLAB

funkcie – **parallel**, **series**, **feedback**, **connect**, **blkbuild**

úprava blokových schém

⇒ Cieľom cvičenia je naučiť sa aplikovať príkazy pre úpravu blokových schém pre rôzne typy regulačných obvodov

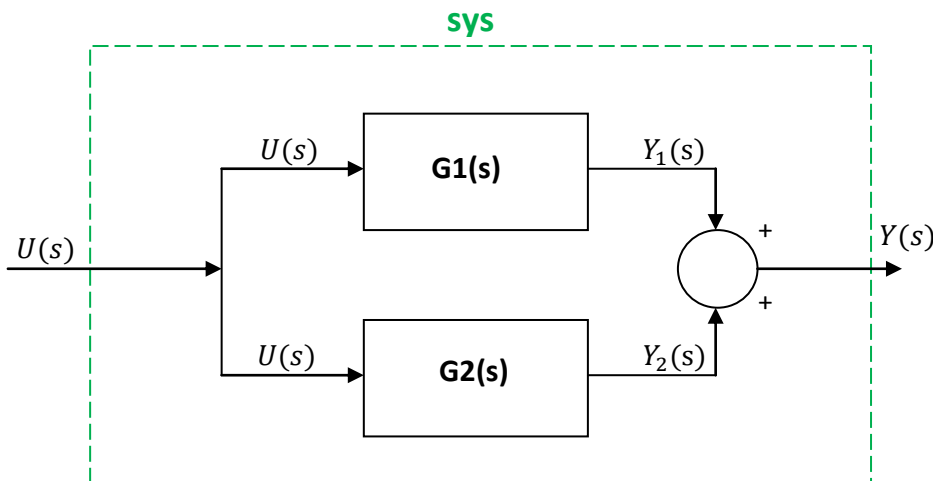


Obr. 1 obrazový prenos

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

### 1. Paralelne zapojenie:

*parallel function* - generuje celkový prenos dvoch systémov radených paralelne.



Obr.2 paralelne spojenie dvoch systémov

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

$$\begin{aligned} Y(s) &= Y_1(s) + Y_2(s) = \\ &= G_1(s)U(s) + G_2(s)U(s) = \\ &= U(s) * (G_1(s) + G_2(s)) \end{aligned}$$

### PRÍKLAD 1

Nech je daný systém pozostávajúci z dvoch paralelne radených prenosových funkcií:

$$H_1(s) = \frac{1}{s+2} ; H_2(s) = \frac{s+3}{s+10} ; \text{Vypočítajte výsledný prenos } H(s).$$

```
H1 = tf([1],[1 2]);
H2 =tf([1 3],[1 10]);
[numH,denH] =parallel(H1,H2);
H=parallel(H1,H2);

printsys(numH,denH,'s')
```

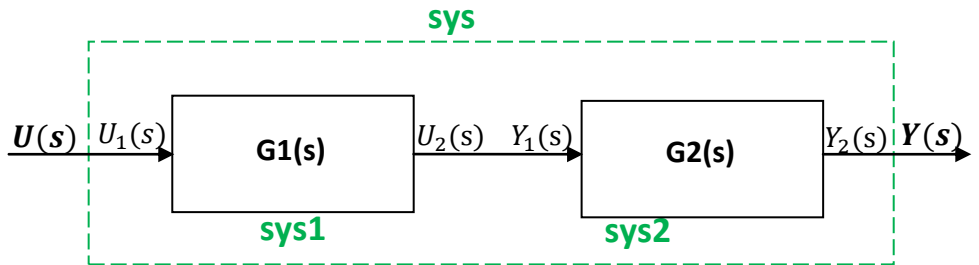
Výsledok získaný v programovom prostredí MATLAB:

```
Transfer function:
s^2 + 6 s + 16
-----
s^2 + 12 s + 20
```

**2. Sériové zapojenie:**

*series function*

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



Obr. 3 sériové spojenie dvoch systémov

$$G_1(s) = \frac{Y_1(s)}{U_1(s)} \quad G_2(s) = \frac{Y_2(s)}{U_2(s)} = \frac{Y_2(s)}{Y_1(s)}$$

$$G(s) = \frac{Y_1(s)}{U_1(s)} * \frac{Y_2(s)}{Y_1(s)} = G_1(s) * G_2(s)$$

**Redukcie blokových schém využitím simulačného jazyka MATLAB**

Control Toolbox obsahuje príkazy na redukciu. Tieto príkazy vedú k zjednotenému opisu komplexnejšieho systému (*loop, feedback, series, paralel, connect, blkbuild*)

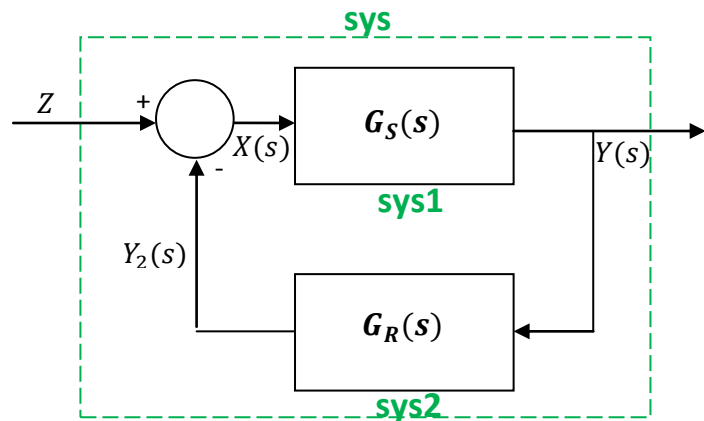
Spätná väzba

*feedback function*

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

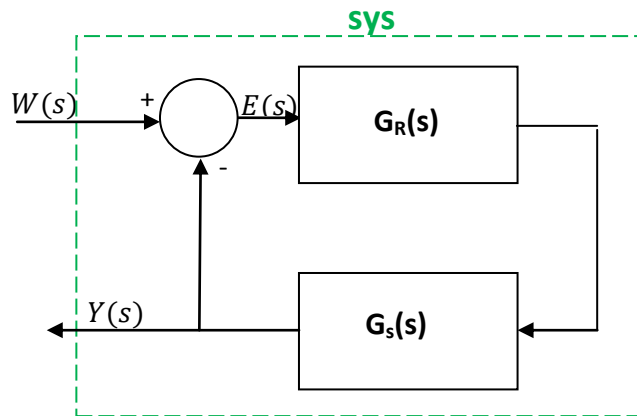
sys1 -> priama väzba ( $G_S(s)$ )

sys2 -> spätná väzba ( $G_R(s)$ )



Obr. 4 bloková schéma – dva systémy

$$G_{Y/Z}(s) = \frac{Y(s)}{Z(s)} = \frac{G_s(s)}{G_s(s)G_R(s) + 1}$$



Obr. 5 bloková schéma – dva systémy

$$G_0(s) = \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{G_R(s)G_S(s)}{1 + G_R(s)G_S(s)}$$

PRÍKLAD 2

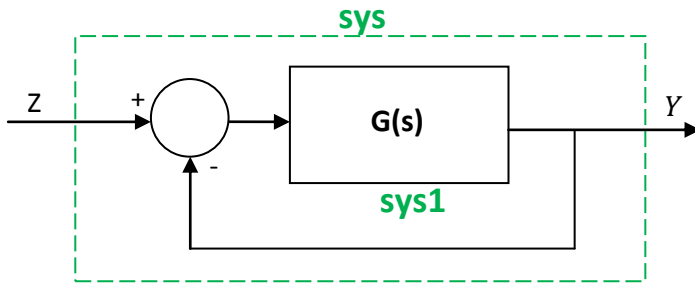
Napište program pre výpočet výsledného prenosu spätnoväzobného usporiadania, ak  $G(s) = \frac{s+1}{(s+3)(s+5)}$  a  $H(s) = \frac{s+6}{s+10}$  v spätnej väzbe.

Funkcia *feedback* vypočíta výsledný prenos spätnoväzobného usporiadania podľa vzorca:

$$G_{Y/Z}(s) = \frac{Y(s)}{Z(s)} = \frac{G(s)}{(1+G(s)*H(s))}$$

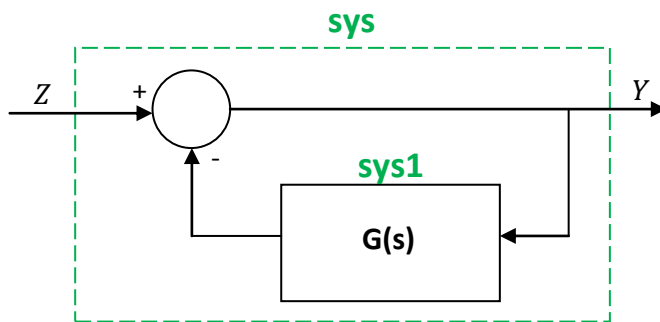
V teórii riadenia je prenos URO na poruchu (Z(s))

```
numG = [1 1]; denG = conv([1 3],[1 5]);
G=tf(numg,denG);
H=tf([1 6],[1 10]); %prenos H(s) v spätnej väzbe
sys=feedback(G,H); % výsledný prenos URO
```



$$G = \text{feedback}(\text{sys1}, 1)$$

Obr. 6 systém nachádzajúci sa v priamej väzbe



$$G = \text{feedback}(1, \text{sys1})$$

Obr.7 systém nachádzajúci sa v spätnej väzbe

⇒ záporná spätná väzba je nastavená DEFAULTne

vyjadrenie kladnej SV v programovom prostredí MATLAB v Control Toolboxe vykonáme pomocou príkazu:

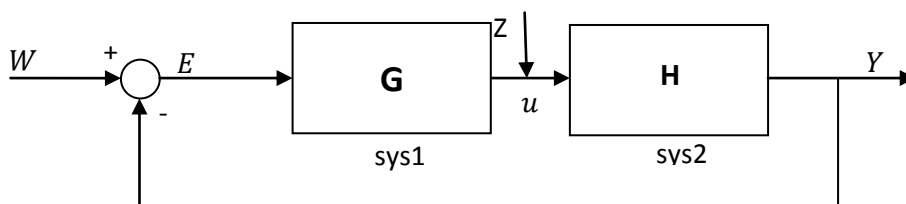
$$\text{sys} = \text{feedback}(\text{sys1}, -\text{sys2}) \quad (\text{Obr. 4})$$

$$\text{sys} = \text{feedback}(\text{sys1}, -1) \quad (\text{Obr. 6})$$

$$\text{sys} = \text{feedback}(1, -\text{sys1}) \quad (\text{Obr. 7})$$

### PRÍKLAD 3

Uvažujeme bloky  $G_0(s), H(s)$  z predošleho príkladu, ale zaradené v sérii v priamej vetve. Vytvorte prenosovú funkciu  $G_{C3}(s)$  zloženú z blokov  $G_0(s), H(s)$  v priamej vetve, kt. su uzatvorené do štruktúry s jednotkovou SV



Obr. 7 príklad č.3 – dva systémy

```

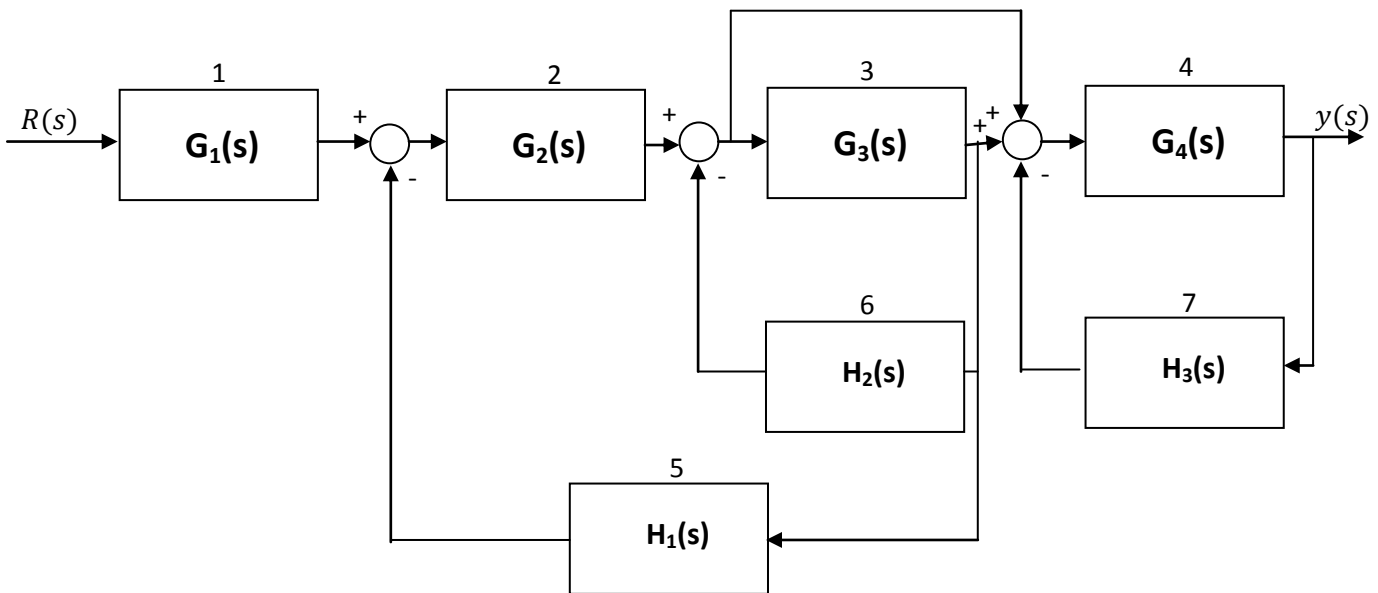
% redukcia blokových schém
nG=[1 1]; dG=conv([1 3],[1 5]);
G=tf(nG,dG); H=tf([16],[1 10]);
sysGH=series(G,H);
sys=feedback(sysGH,1); % G_0H=G_0*H
printsys(sys,'s'); % G_c3 = G_0H/1+G_oH = Y/W

```

Riešenie komplikovaného systému zahŕňa niekoľko krokov. Nasledujúce príkazy obsahuje programové prostredie MATLAB v Control Toolbox. Tieto príkazy si ukážeme na nasledujúcom probléme.

#### PRÍKLAD 4

Zaoberajme sa štruktúrou na Obr. 8 . Úlohou je vypočítať výsledný prenos tejto štruktúry.



Obr. 8 bloková schéma zložitého systému

Bloková štruktúra zložitého systému  $\frac{Y(s)}{R(s)} = ?$

Predpokladajme, že:  $G_1(s) = 1$ ;  $G_2(s) = \frac{1}{s+1}$ ;  $G_3(s) = \frac{1}{s+2}$ ;  $G_4(s) = \frac{1}{s+3}$ ;  $H_1(s) = 4$ ;  $H_2(s) = 8$ ;  $H_3(s) = 12$ . Použijeme príkazy *bbuild*, *connect* pre vytvorenie m-file-u *buidsys.m*

- ⇒ Každému systému priradíme číslo (viď obr.)
- ⇒ Nakoľko pracujeme so 7 prenosovými funkciami vložíme ich do programového priestoru MATLAB ako polynóm  $n_i, d_i$  alebo pomocou funkcie „tf“.



Kontrola:

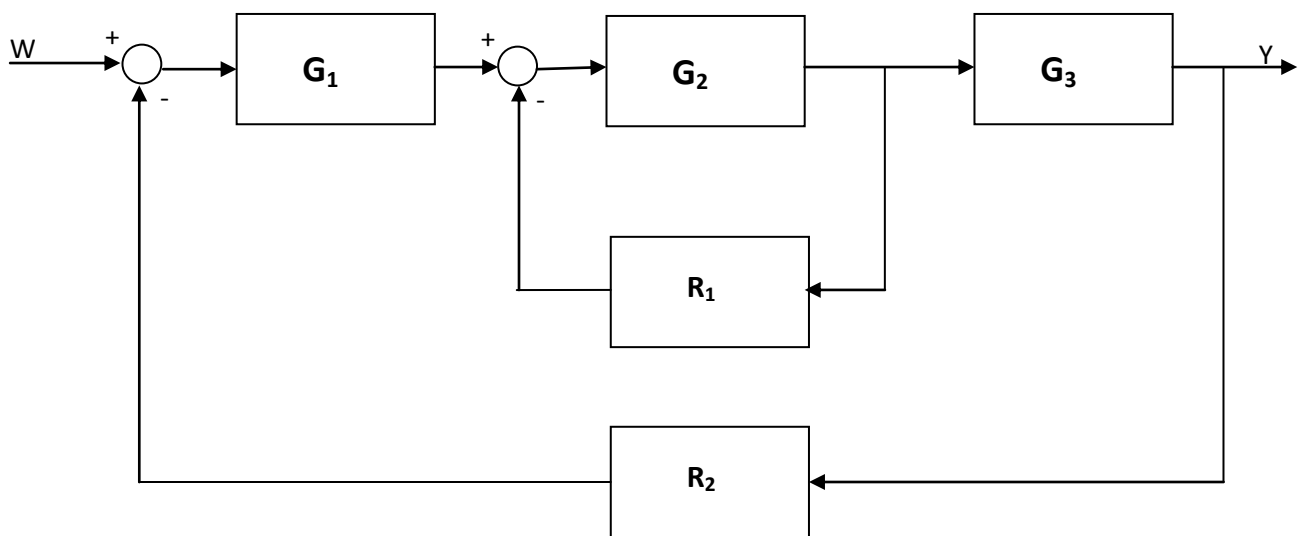
Porovnať polohy pólov a núl pre opis stavovým modelom a opisom prenosovou funkciou ~ musia byť identické!

Funkcia **minreal** → funkcia na získanie minimálnej formy

Programové prostredie MATLAB pri operáciách spájania nevykompenzuje spoločné korene čitateľa a menovateľa. Prenosovej funkcii → odporúča sa použiť príkaz ~ funkcie minreal!

### PRÍKLAD 5

Pre blokovú schému regulačného obvodu na Obr. 9 vypočítajte výslednú prenosovú funkciu  $\frac{Y(s)}{W(s)}$ . Pri spájaní jednotlivých blokov použite príkazy prebraté skôr.



Obr. 9 bloková schéma zložitého systému

$$G_1(s) = \frac{0,5}{2s}; G_2(s) = \frac{0,1}{s(0,15s+0,5)}; G_3(s) = \frac{10}{1,2s+1}; R_1(s) = 2; R_2(s) = \frac{s+0,15}{10s}$$

Na základe pravidiel blokovej algebry:

$$\frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{G_1(s) * G_2(s) * G_3(s) * R_1(s) * R_2(s)}{1 + G_2(s) * R_1(s) + G_1(s) * G_2(s) * G_3(s) * R_2(s) * R_1(s)}$$

Prepis do programového prostredia MATLAB

```
g1s=tf(0.5,[2 0]) % inicializácia G1(s)
g2s = tf(0.1,[0.5 0.5 0])%inicializácia G2(s)
g3s=tf(10, [1.2 1]) % inicializácia G3(s)
r1s=tf(2); r2s=tf([1 0.15],[10 0])% inicializácia R1 a R2
numgyw=g1s*g2s*g3s*r1s*r2s% čitateľ G_Y/W -> URO
dengyw=1+g2s*r1s+g1s*g2s*g3s*r2s*r1s % menovateľ G_Y/W
gyw=numgyw/dengyw % celková prenosová funkcia URO
gywprn =zpk(gyw) % vyjadrenie pomocou pólov a núl
gywprn=minreal(gyw) % min. realizácia pr. funkcie URO
```

**zjednodušený postup** → najprv spočítame vnútornú slučku a následne potom celú funkciu pomocou funkcie feedback

`spv1=feedback(g2s,r1s) % vnútorná SV G2(s) a R1(s)`

Výsledok získaný pomocou programového prostredia MATLAB:

$$\text{transfer function: } \frac{0,1}{0,15s^2+0,5s+0,2}$$

`spv2=feedback(g1s*spv1*g3s,r2s) % 2. SV tvorená G1(s) ,SPV1, G3(s) a R2(s)`

Výsledok získaný pomocou programového prostredia MATLAB:

$$\text{transfer function: } \frac{5s}{36s^5+15s^4+4,8s^3+4s^2+0,5s+0,075}$$

`zpk(spv2)`

Výsledok získaný pomocou programového prostredia MATLAB:

$$\text{Z/P/Gain: } \frac{1,3889s}{(s+2,859)(s+0,096)(s+0,297)(s^2+0,04s+0,02)}$$

`minreal(spv2)`

Výsledok získaný pomocou programového prostredia MATLAB:

$$\text{transfer function: } \frac{1,389s}{s^5+4,16s^4+4,11s^3+1,11s^2+0,13s+0,02}$$

**riešenie cez connect → q**

Použitím prebratých príkazov nájdite výslednú prenosovú funkciu ak: regulovaný proces je

$$\text{opísaný } G_p(s) = \frac{5}{(40s+1)^2} e^{-40s} \text{ a regulátor PID je vyjadrený prenosovou funkciou } G_R(s) = 8 \left( 1 + \frac{1}{80s} + 20s \right) = \frac{160s^2+80s+1}{10s}$$

Zadanie 5 : Bloková algebra – zjednodušenie schémy

1. Pravidlami blokovej algebry –feedback/series/paralel
2. Numericky – connect / append/ minreal – matica q