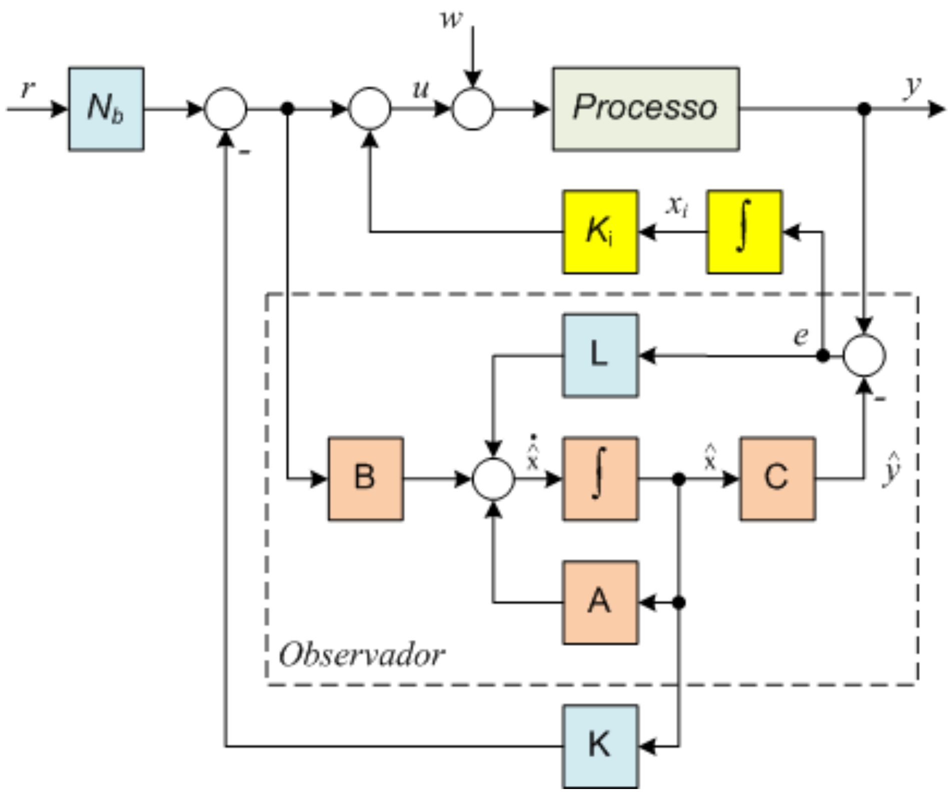
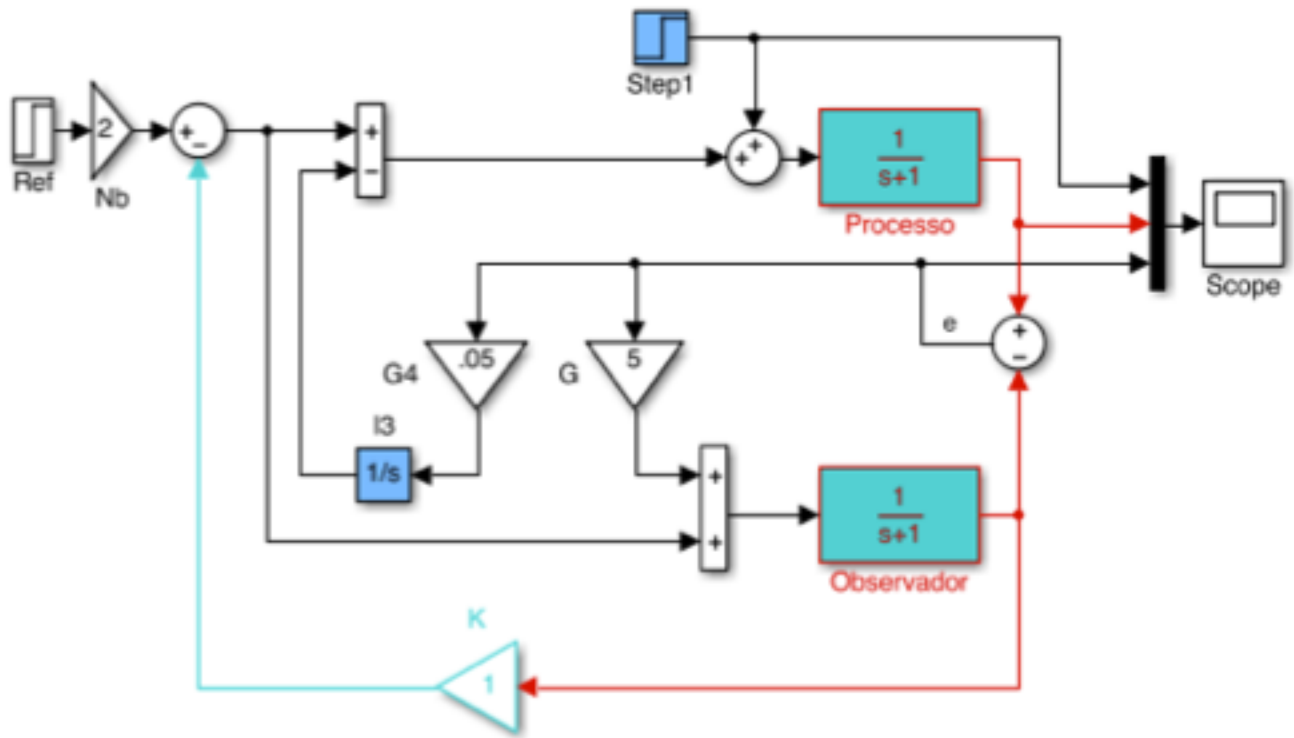
Observador de Perturbações Constantes



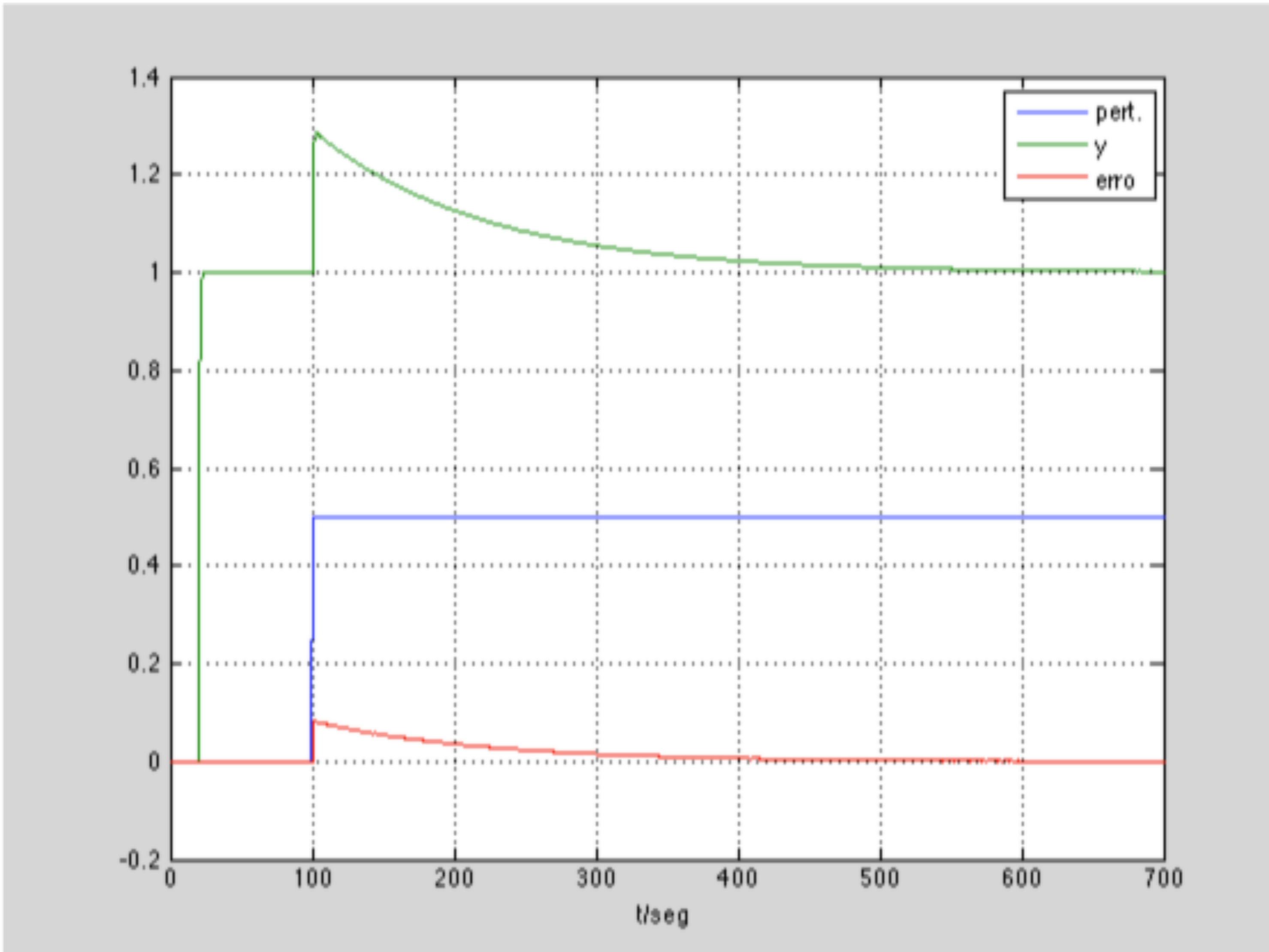
- Projeto aumentado do Observador
- Canal integral não aparece na F.T.

Observador de Perturbações Constantes - Sistema de 1ª ordem



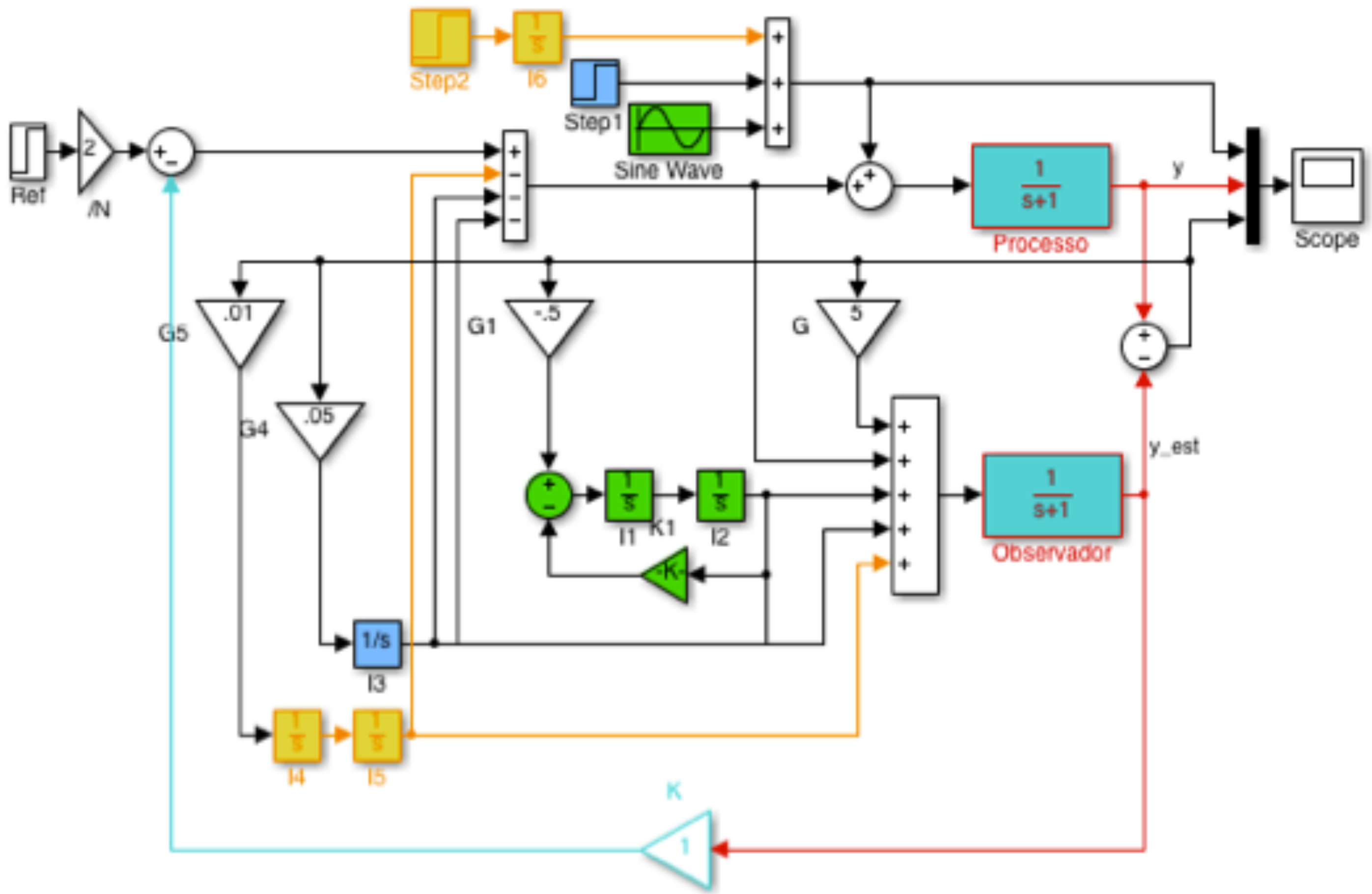
- Y(s)/R(s) = 2/(s+2)
- Canal integral não aparece na F.T.

Observador de Perturbações



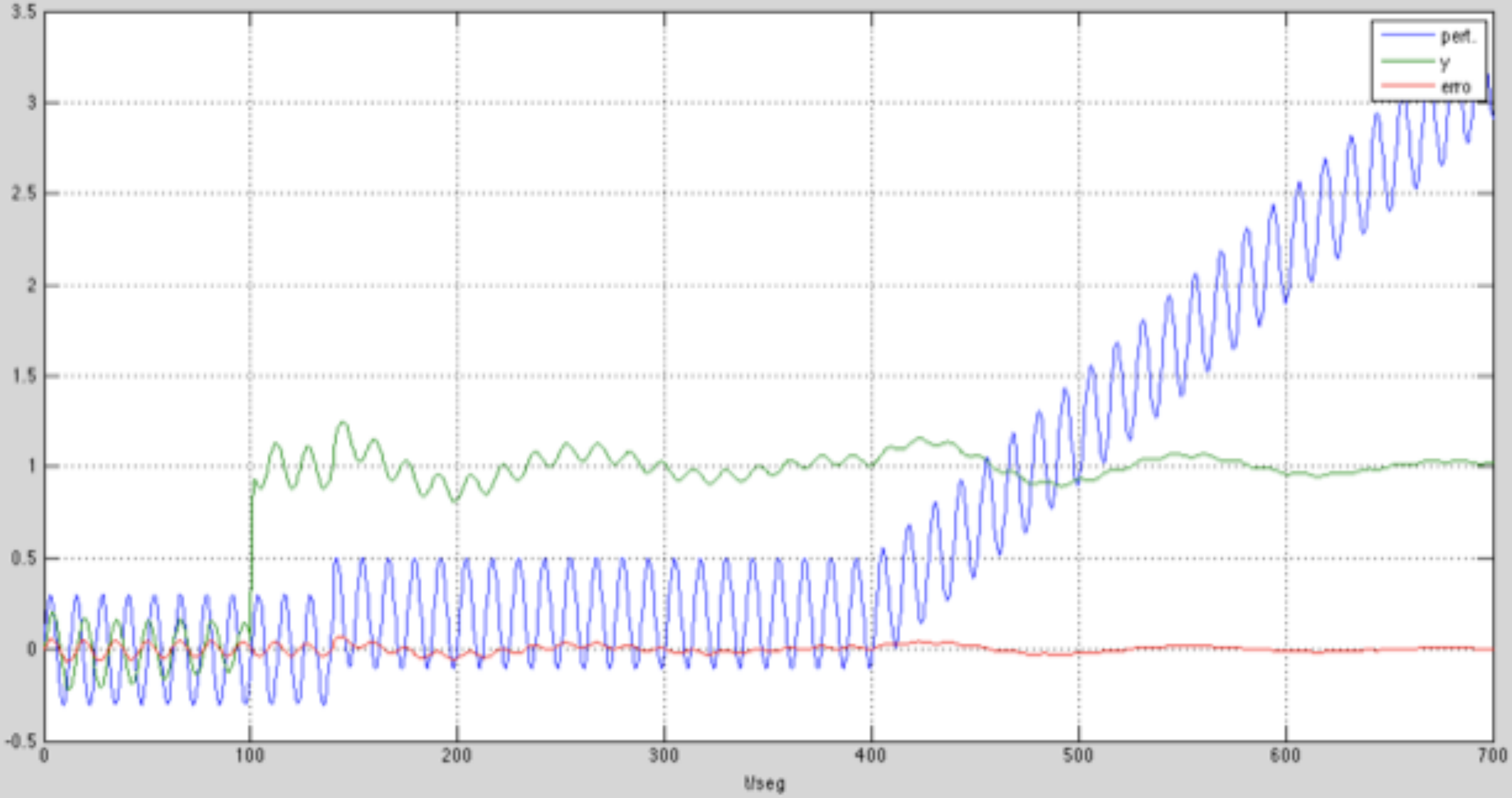
Observador de Perturbações

- Perturbações em degrau, rampa e senoidal



Observador de Perturbações

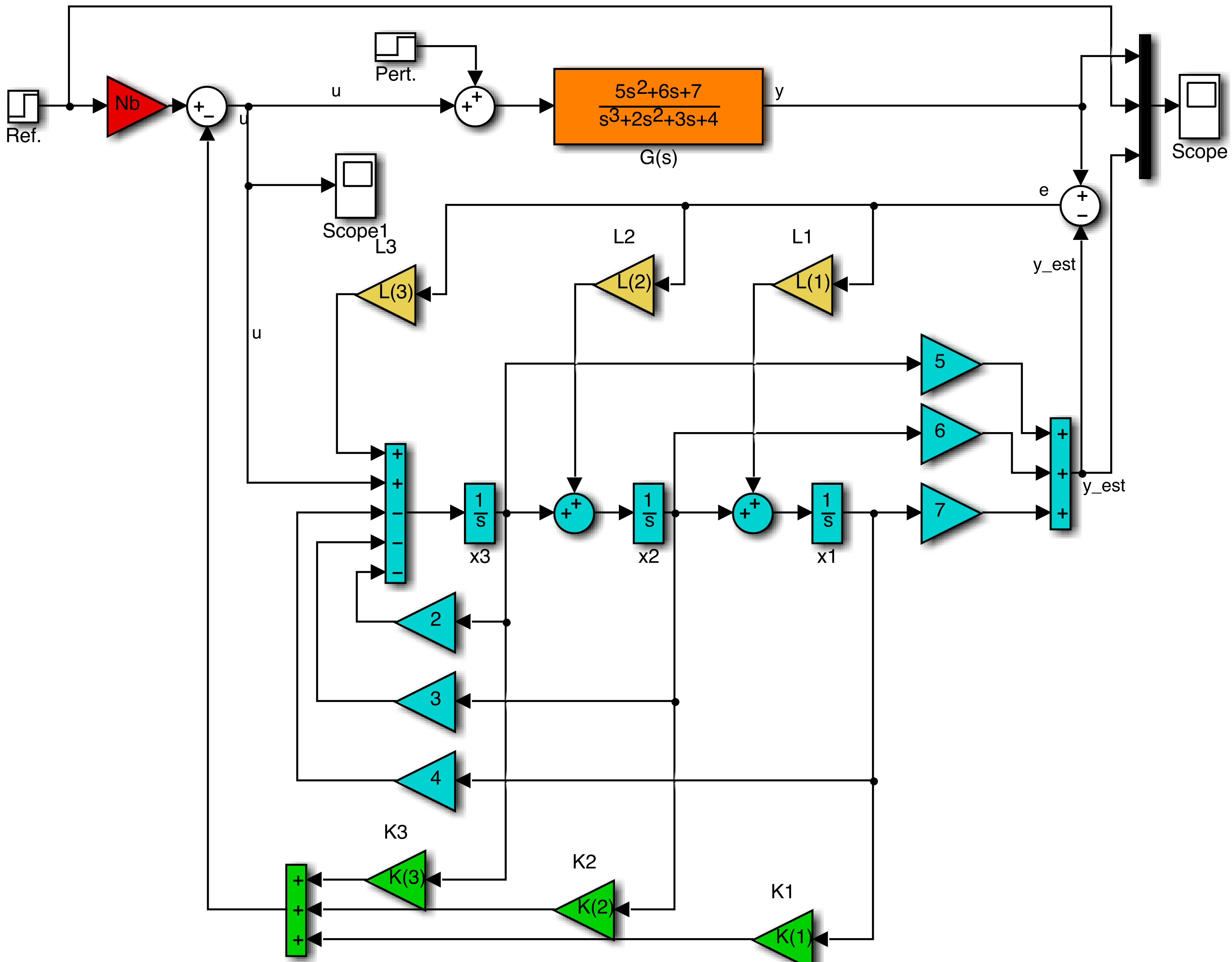
- Referência (1,0 em 100 s)
- Perturbação 0.3*sen(0.5t), degrau (0,2 em 140 s), rampa (0,01 em 400 s)



Ex:Projeto de Controlador EE

```
g=tf([5 6 7],[1 2 3 4])                      % Função de Transferência do Processo
                                             %    (b2s^2+b1s+b0)/(s^3+a2s^2+a1s+a0)
% EE na Forma Canônica Controlável (Fórmula de Mason)
A=[0 1 0;0 0 1;-4 -3 -2];B=[0;0;1];C=[7 6 5];D=0;

% Especificação da dinâmica EE:
% polinômio característico desejado em Malha Fechada ã(s)=(s-p)^3;
% dinâmica do observador Δ(s)=(s-o)^3
p=-1; o=3*p;

K=acker(A,B,[p,p,p])                         % resolve det(sI – A + BK) = ã(s)
K=acker(A,B,[p,-.6-1.0198i,-.6+1.0198i])     % cancelamento dos zeros do processo
(redução de ordem!)

L=acker(A',C',[o,o,o]);L=L'                  % resolve det(sI – A + LC) = Δ(s)

ssMF=ss(A-B*K,B,C,D)
gf=tf(ssMF)                                  % função de transferência malha fechada
Nb=gf.den{1}(1,4)/gf.num{1}(1,4)             % fator de ajuste de ganho ã0/b0
```

Ex:Projeto de Controlador EE



Ex:Projeto de Controlador EE – canal PI

g=tf([5 6 7],[1 2 3 4]) % Processo $(b_2 s^2+b_1 s+b_0)/(s^3+a_2 s^2+a_1 s+a_0)$ = b(s)/a(s)

A=[0 1 0;0 0 1;-4 -3 -2];B=[0;0;1];C=[7 6 5];D=0; % FCC

% Sistema aumentado com x_i ,nova variável de estado integra o erro (r-y)

```
Aa=[A(1,:) 0        % x1
    A(2,:) 0        % x2
    A(3,:) 0        % x3
     -C    0]       % xi
Ba=[B; 0];
Ca=[C  0];
```

p=-1; o=3*p; % Especificação da dinâmica EE

Ka=acker(Aa,Ba,[p,p,p,p]) % resolve $\det(sI - A_a + B_a K_a) = \tilde{a}_a(s)$

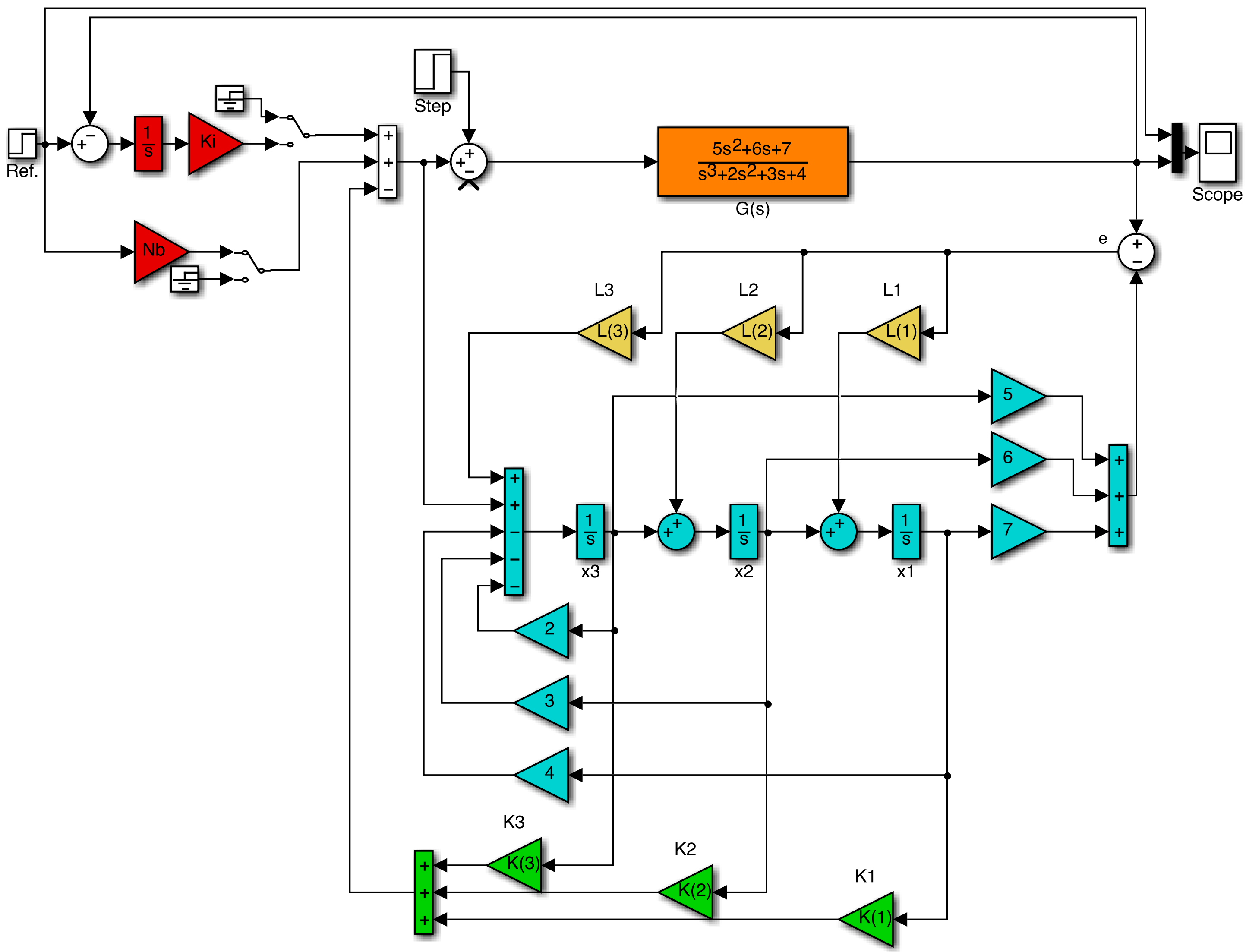
Ki=-Ka(4),K=Ka(1:3), % xi não tem realimentação negativa como x1, x2, x3. Trocar sinal!

L=acker(A',C',[o,o,o]);L=L' % resolve $\det(sI - A + LC) = \Delta(s)$, não precisa observar xi!

Nb=-Ki/p; % Canal Proporcional à Referência e Integral do Erro

% $(sN_b + K_i)/s$ tem zero em $-K_i/N_b$ que cancela um polo de $\tilde{a}_a(s)$

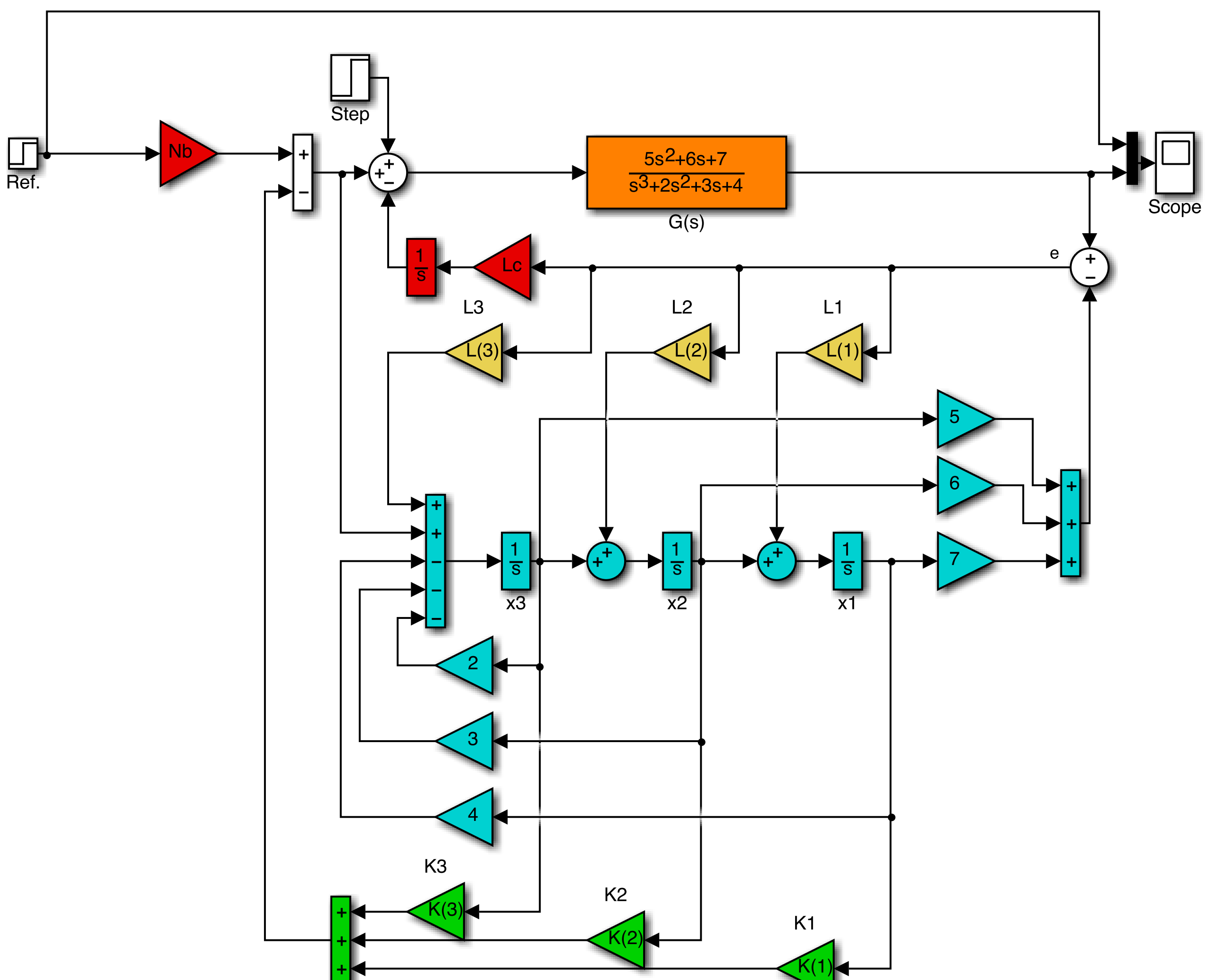
Ex:Projeto de Controlador EE – canal PI



Ex: Projeto de Controlador EE com Observador de Perturbações Constantes

```
g=tf([5 6 7],[1 2 3 4])                      % Processo (b2 s2 +b1 s+b0 )/(s3 +a2 s2 +a1 s+a0 )

A=[0 1 0;0 0 1;-4 -3 -2];B=[0;0;1];
C=[7 6 5];D=0;                               % FCC

K=acker(A,B,[p,p,p])                         % Controlador por realimentação de Estados
                                             %  det(sI – A + BK) = ã(s)

ssMF=ss(A-B*K,B,C,D); gf=tf(ssMF);
Nb=gf.den{1}(1,4)/gf.num{1}(1,4);            % Fator de ajuste de Ganhao

% Observador aumentado com xi ,nova variável de estado integra  o erro (y-ŷ)
Ac=0; Cc=1;                                  % Modelo do Integrador – Obs. Pert. Constantes
Aa=[A     B;
   0 0 0 Ac];
Ba=[B;0]; Ca=[C 0];

L=acker(Aa',Ca',[o,o,o,o]);L=L';             % Resolve det(sI – Aa + LaCa) = Δa(s)
Lc=L(4);                                     % Ganho do Observador de Estados e Perturbações
```

Ex: Projeto de Controlador EE com Observador de Perturbações Constantes

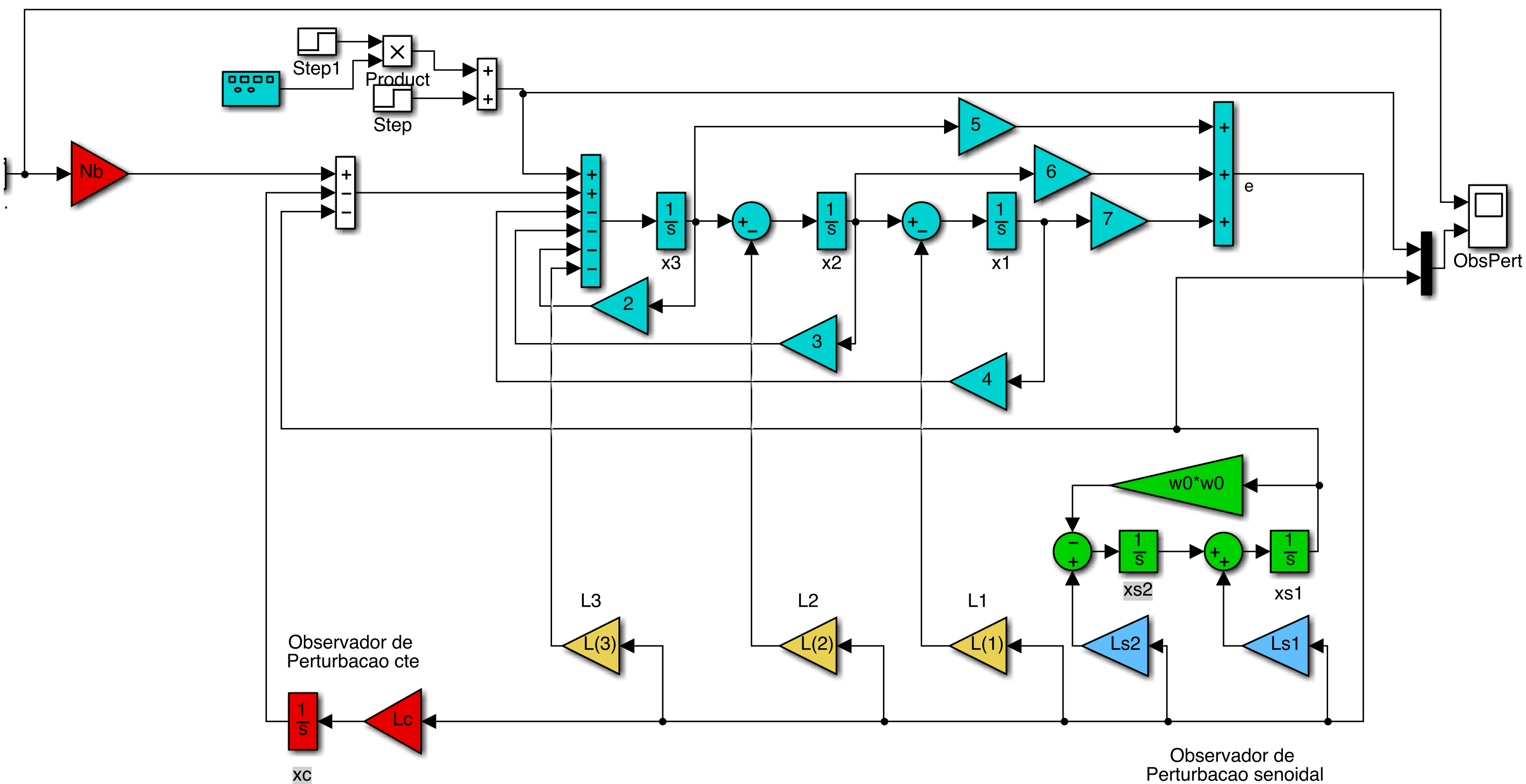


Ex: Projeto de Controlador EE com Obs. de Pert. Constantes e Senoidais

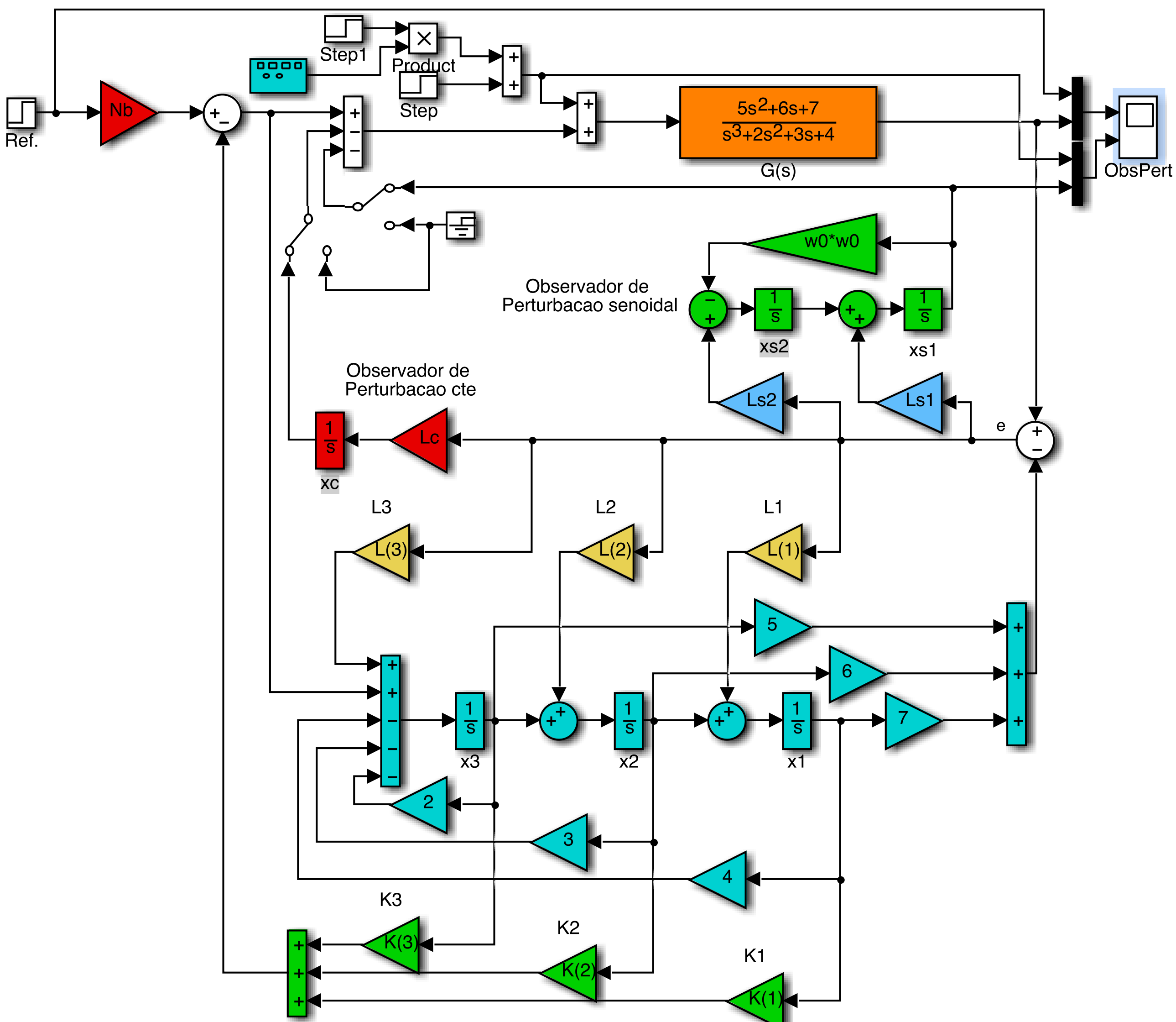
```
g=tf([5 6 7],[1 2 3 4])                      % Processo (b2s^2+b1s+b0)/(s^3+a2s^2+a1s+a0)
A=[0 1 0;0 0 1;-4 -3 -2];B=[0;0;1];C=[7 6 5];D=0;

K=acker(A,B,[p,p,p])                         % Controlador por realimentação de Estados
ssMF=ss(A-B*K,B,C,D); gf=tf(ssMF);
Nb=gf.den{1}(1,4)/gf.num{1}(1,4);            % Fator de ajuste de Ganhao

% Observador aumentado com xc , xs2 , xs2 , novas variáveis do obsevador integram  o erro (y-ŷ)

Ac=0; Cc=1;                                  % Modelo do Obs. Pert. Constantes (Integrador)

As=[0       1;
    -w0^2 0];
Cs=[1       0];                              % Modelo do Obs. Pert. Senoidais

Aa=[A    B*Cc B*Cs;                          % [x1, x2, x3]^T
   0 0 0  Ac   0 0;                          % xc
   [0 0 0 0;0 0 0 0]   As];                  % [xs2 , xs2]^T
Ba=[B;0;0;0]; Ca=[C 0 0 0];

L=acker(Aa',Ca',[o,o,o,.3*o,.3*o,.3*o]);     % Resolve det(sI – Aa + LaCa) = Δa(s)
L=L';

Lc=L(4);Ls1=L(5);Ls2=L(6);                   % Ganhos do Observadores de Perturbações
```

Ex: Projeto de Controlador EE com Obs. de Pert. Constantes e Senoidais

→*Princípio da Separabilidade*

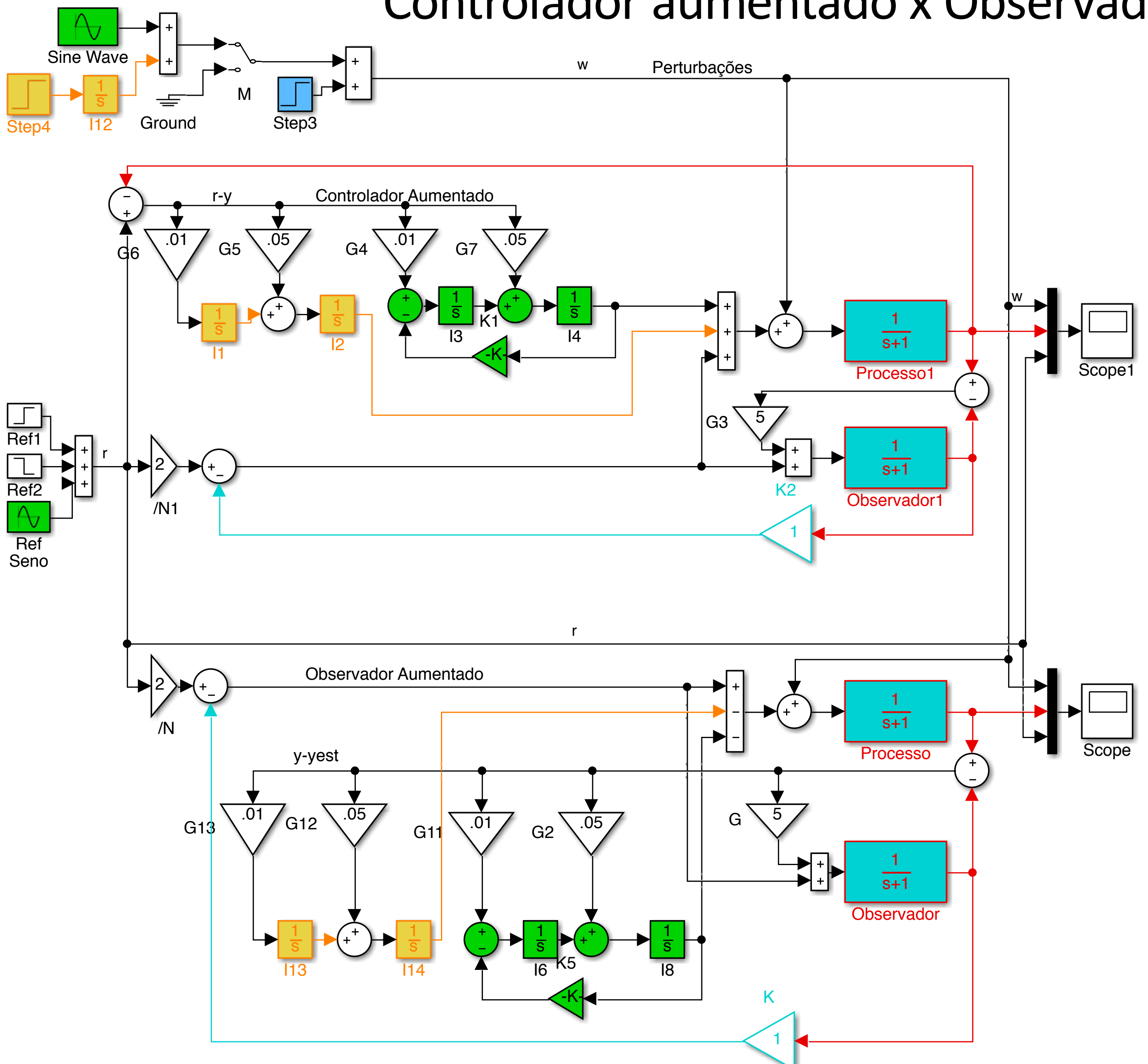


Ex: Projeto de Controlador EE com Obs. de Pert. Constantes e Senoidais



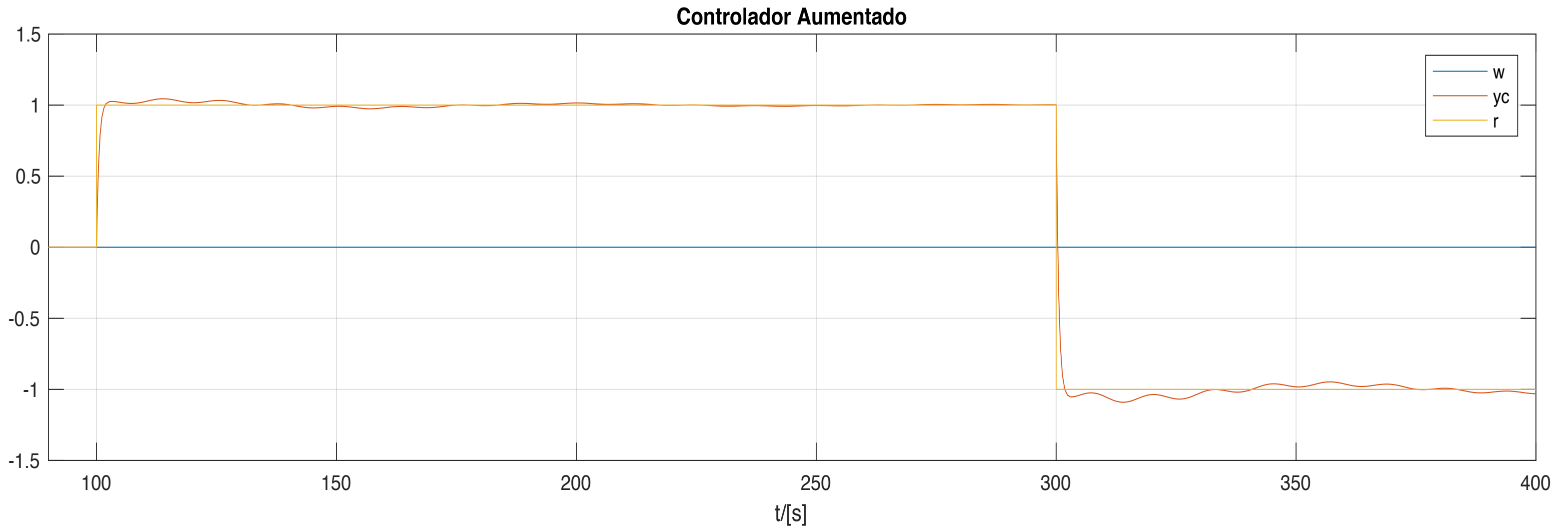
Comparação de Rejeição de Perturbações

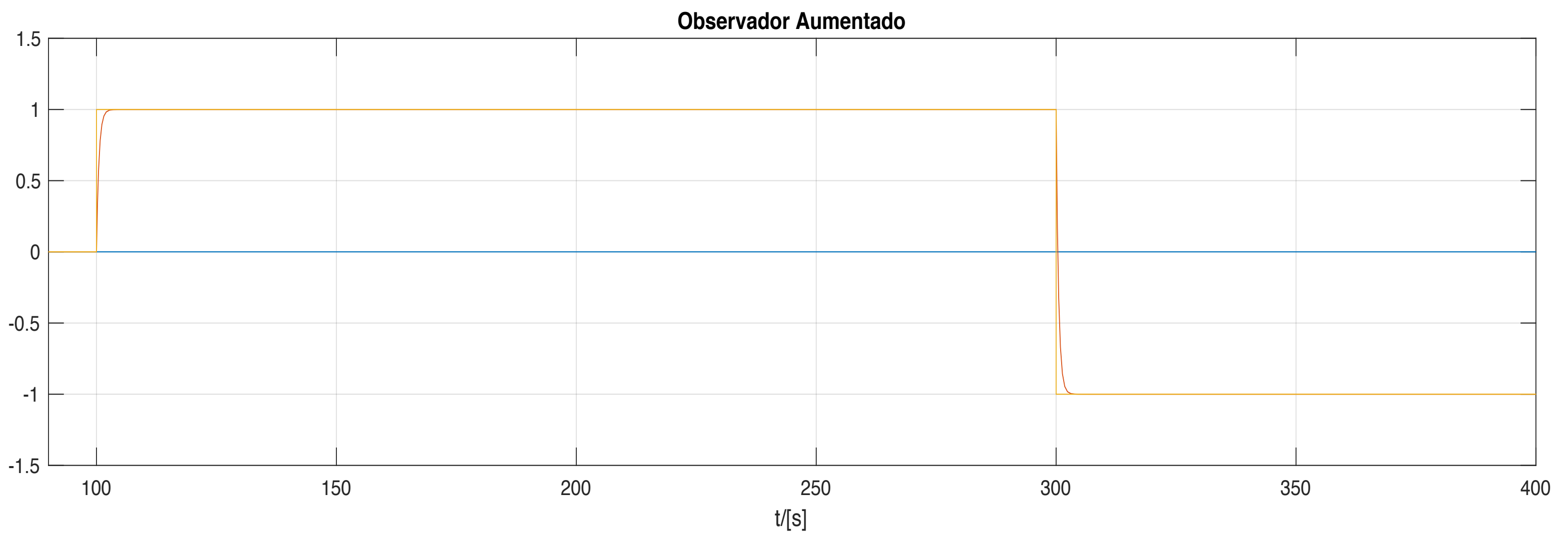
Controlador aumentado x Observador aumentado



Seguimento de Referência

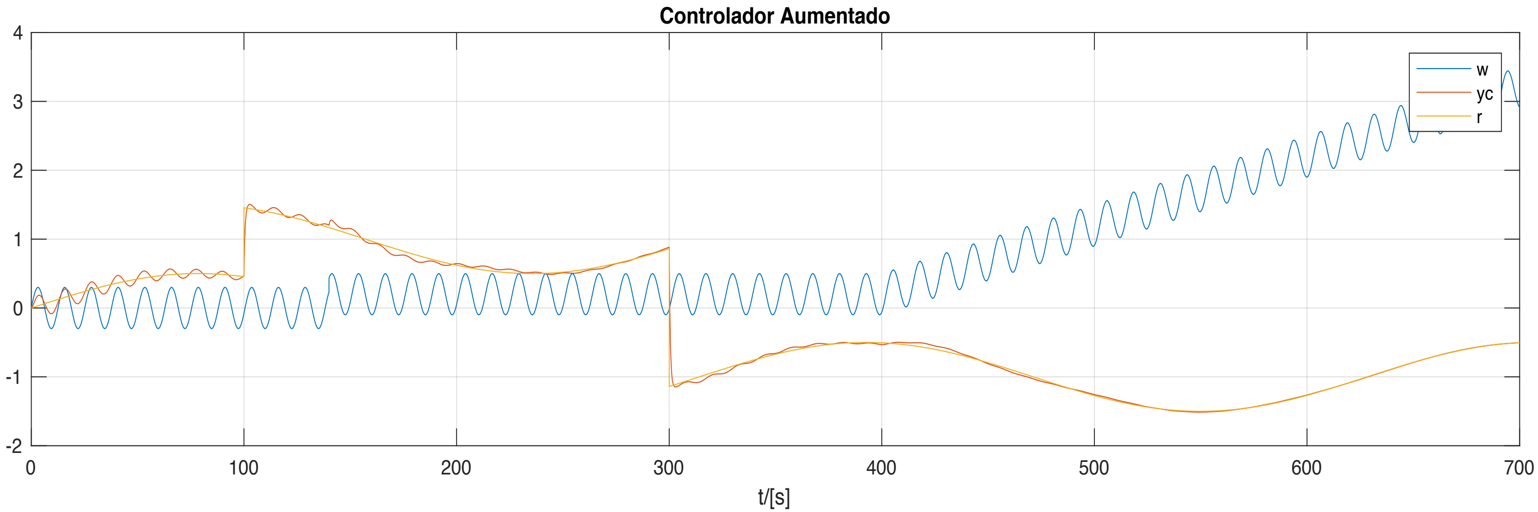
Controlador aumentado x Observador aumentado

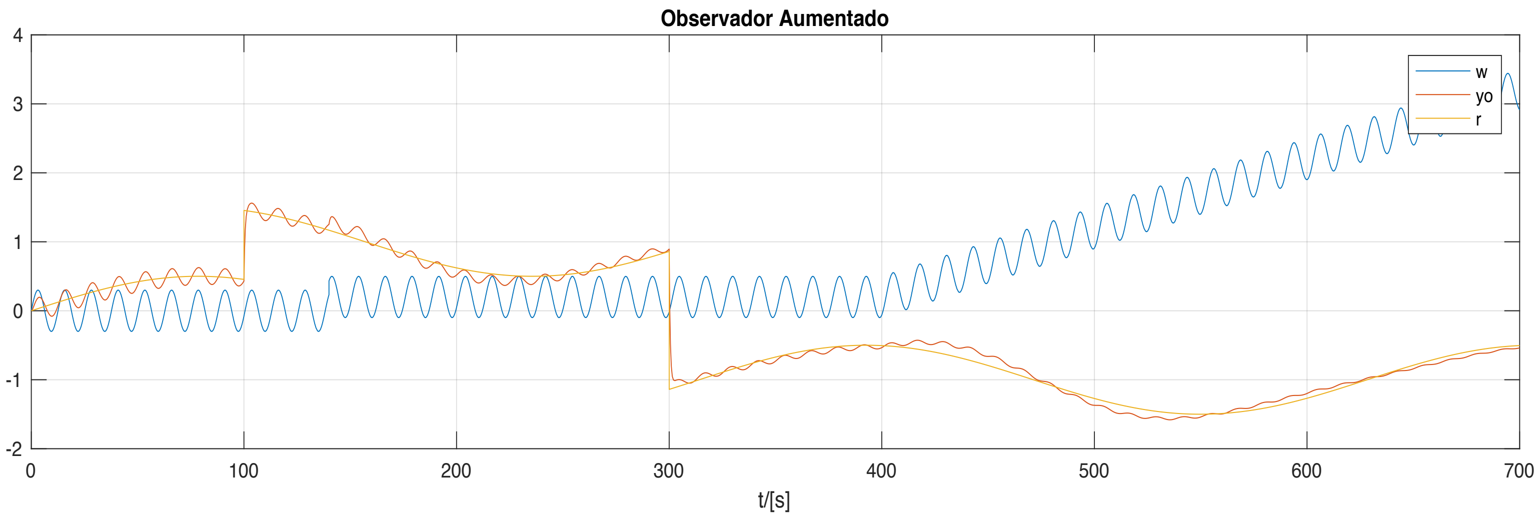




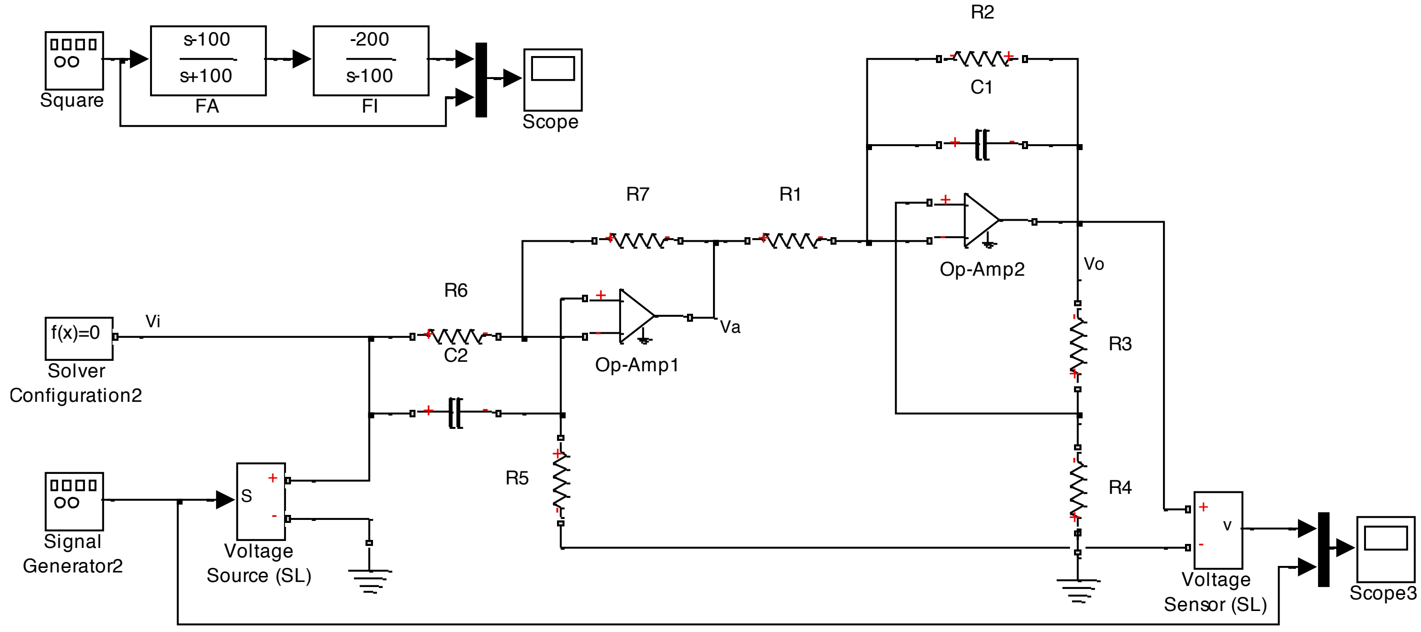
Comparação de Rejeição de Perturbações

Controlador aumentado x Observador aumentado





Exercício Extra 7



Considere o seguinte circuito, com C1=2 μF; C2=1 μF; R1=R2=R3=R5=R6=R7=10 kΩ; R4=30 kΩ.

Mostre que

$$\frac{Va(s)}{Vi(s)} = FA(s) = \frac{s-100}{s+100}$$

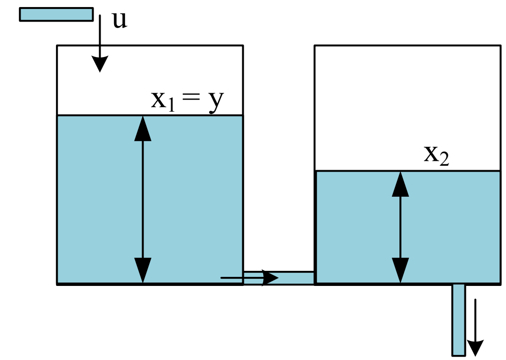
$$\frac{Vo(s)}{Va(s)} = FI(s) = \frac{-200}{s-100}$$

.

- Derive uma representação deste sistema no espaço de estados. Variáveis de estado relativas a *Va*(*s*) e *Vo*(*s*).
- Verifique se o sistema completo é observável.
- Verifique se o sistema completo é controlável.
- Simule o circuito e comente sobre os sinais obtidos.

Exercício Extra 8

Considere o controle de um processo de nível de líquido de 2ª ordem em um determinado ponto de operação, onde as variáveis de estado $x1$ e $x2$ correspondem aos níveis do 1º e do 2º tanque. O sinal de entrada u é uma vazão em cm^3/s e a saída é o nível $x1$ em cm.



Para lidar com perturbações, erros de modelo e apresentar uma resposta rápida sem oscilação deve ser projetado nesta questão um controlador por realimentação de estados com canal integral. Em malha fechada o sistema deve apresentar a função de transferência do modelo de referência indicado abaixo (bloco azul).

- Obtenha, utilizando x1 e x2 indicados, a representação do processo no EE: $\begin{cases} \dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u \\ y = \mathbf{C}\mathbf{x} + Du \end{cases}$
- Calcule L1 e L2 de tal forma que a equação característica do observador seja $s^2 + 20s + 100$.
- Obtenha as matrizes **A**a e **B**a do sistema aumentado que permitem projetar uma realimentação de estados com canal integral |s**I** - **A**a + **B**a**K**| (Kp = 0, por enquanto).
- Calcule **K** = $\begin{bmatrix} K1 & K2 & Ki \end{bmatrix}$
- Acrescente um canal proporcional (Kp) que reduza o sistema em MF a 3/(s+3).
- Simule o processo.

Sistema aumentado:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{x}} \\ \dot{x}_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ -C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ x_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} u(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} r(k)$$

$$y(k) = \begin{bmatrix} C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ x_i \end{bmatrix}$$