Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE)

PTC5719 - Identificacao de sistemas

Elton Inacio Alves Junior - 12501745

LISTA 1

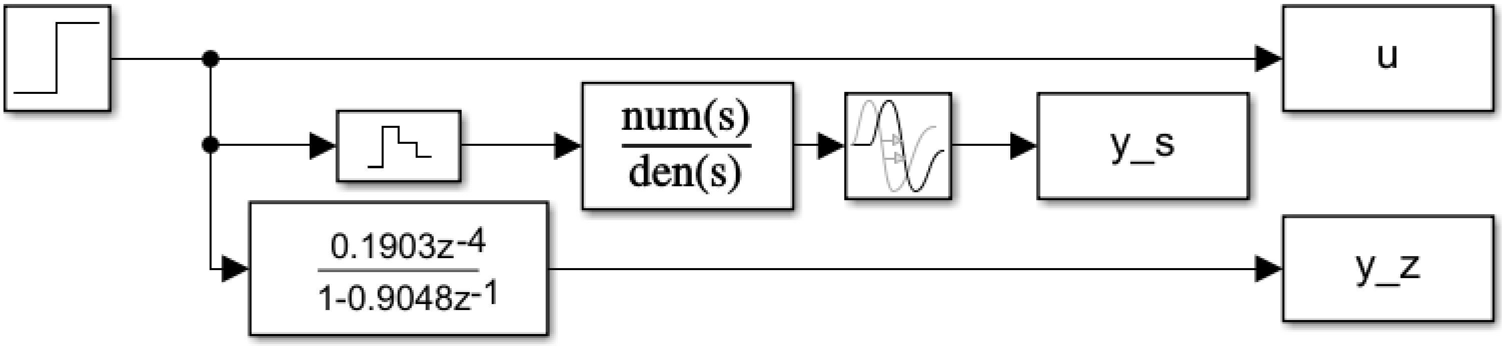
1 - Considere um processo linear, invariante no tempo, de tempo contínuo, descrito pela seguinte função de transferência:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K \cdot e^{-\theta \cdot s}}{\tau \cdot s + 1}$$ sendo: K=2; τ=10 s e θ=4 s.

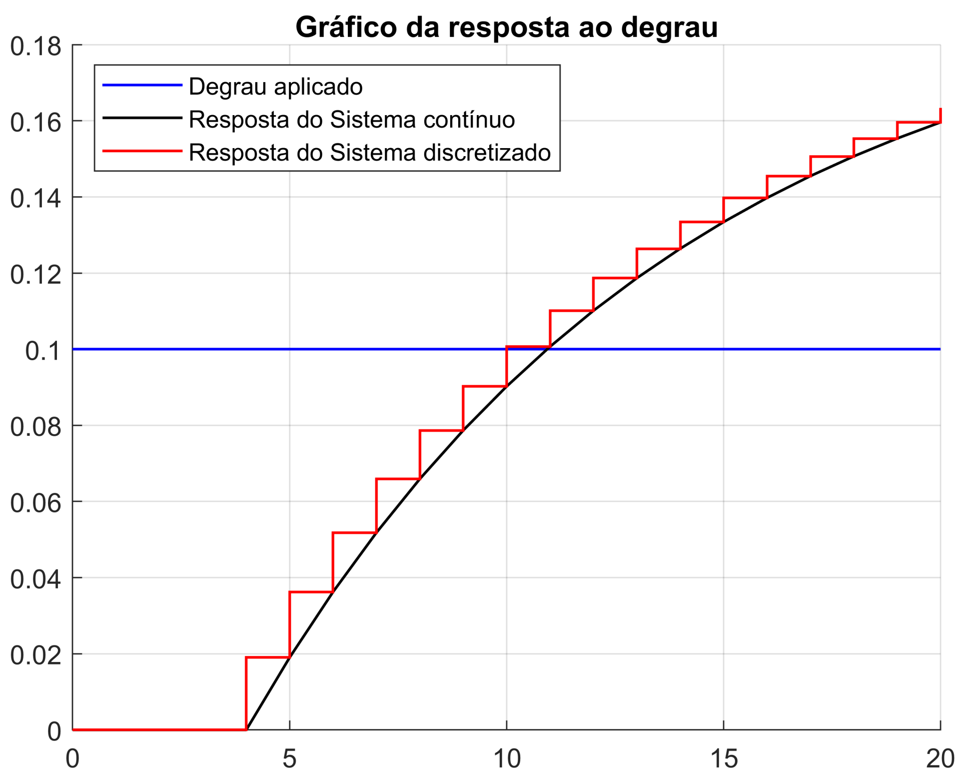
A. Discretize o modelo do processo, supondo intervalo de amostragem T=1 s e a presença de segurador de ordem zero (zero order hold). Doravante se designará por processo o modelo em tempo contínuo, pois representa um processo real em tempo contínuo e por modelo do processo a versão em tempo discreto, que representa um modelo do processo real. Implante em Simulink os modelos em tempo contínuo e em tempo discreto, aplicando um método de integração numérica de passo fixo com Δt=0,01 s e uma decimação de 100 para os dados analógicos. Para a parte digital empregue T=1 s. Suponha que ambos os modelos sejam submetidos a uma entrada em degrau de 0,1 em t=0 s. Simule-os por 20 s. O sinal de entrada u(t) para o modelo em tempo contínuo passa por um segurador de ordem zero. Comente as diferenças na saída dos dois modelos. Para gerar os gráficos use o comando plot para sinais em tempo contínuo e stairs para sinais em tempo discreto. Insira as duas respostas em um mesmo gráfico, a fim de poder compará-las.

Utilizando o auxilio do MATLAB com a discertizando sistema usando função "c2d" do Matlab com T=1:

```
k   = 2;
tau = 10;
t_heta = 4;

% Sistema Contínuo
    Sisc = tf(k,[tau 1],'inputdelay',t_heta);

% Convertendo para discreto
    Sisd=c2d(Sisc,1,'zoh');
```



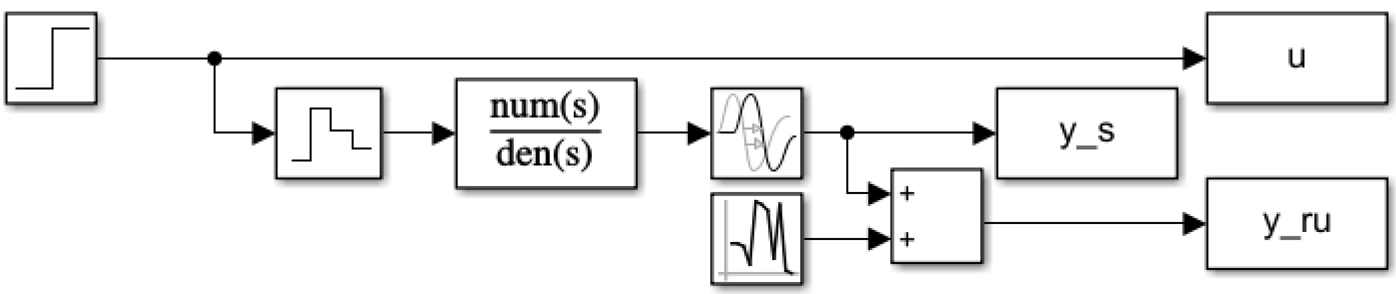

```
Tsim = 20;
sim('Lista_1_Simu_1');

grid;
hold on;
stairs(t,u,'blue','linewidth',1);       % Degrau
plot(t,y_s,'black','linewidth',1);     % Contínuo
stairs(t,y_z,'red','linewidth',1);    % Discreto

title({'Gráfico da resposta ao degrau'});
legend('Degrau aplicado','Resposta do Sistema contínuo','Resposta do Sistema discretizado',
```



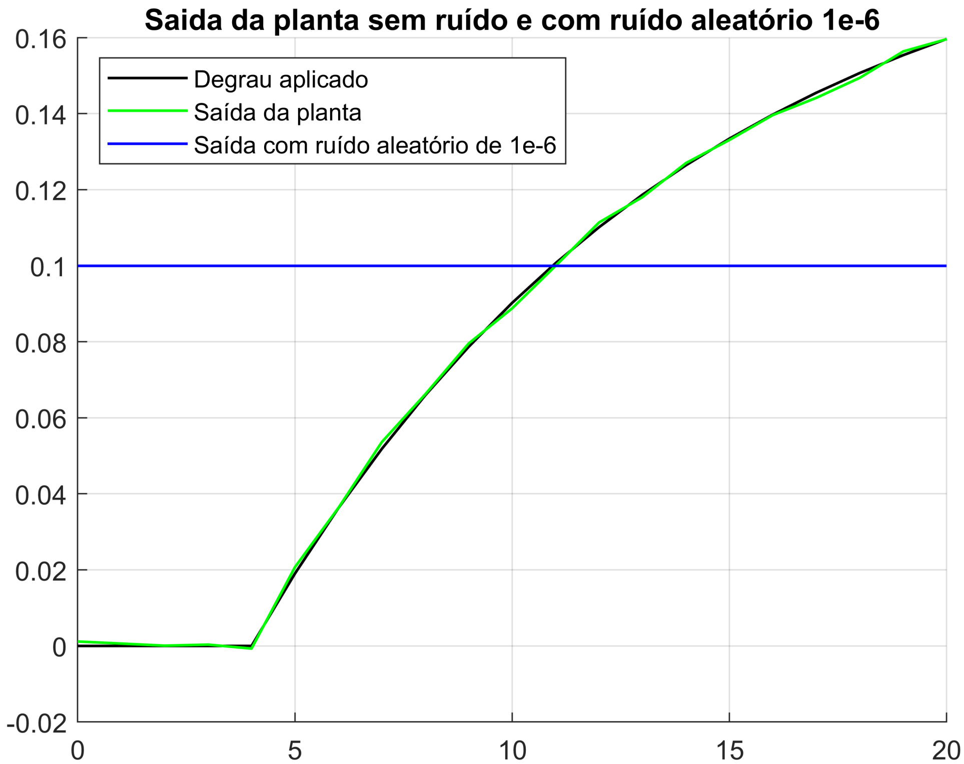
Comentários: O modelo discretizado, se aproxima do modelo contínuo, provando que é fiel em representar o processo. Porém quanto menor fosse o valor de "T" (intervalo de amostragem), o modelo discreto se aproximaria ainda mais da curva do processo.

B. Suponha que o sinal medido de saída seja afetado por ruído aleatório com distribuição gaussiana, com média nula e variância 1e-6. Mostre o gráfico de y(t) em tempo contínuo afetado por ruído com entrada em degrau de 0,1 em t=0 s. Simule o processo por 20 s.

```
    clc;clear;close all;
warning off;

% Variáveis...
    grf_b=0;
    lne=1;
    variante=1e-6;
    k=2;
    tau=10;
    t_heta=4;

% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 20;
```




```
    sim('Lista_1_Simu_2');

% Plotando o gráfico
    grf_b = grf_b + 1;
    figure(grf_b);
    grid;
    hold on;
    plot(t,y_s,'black','linewidth',lne);      % Contínuo
    plot(t,y_ru,'green','linewidth',lne);
    stairs (t, u, 'blue','linewidth' ,lne); %degrau

    title({'Saida da planta sem ruído e com ruído aleatório 1e-6'});
    legend('Saída da planta','Saída com ruído aleatório de 1e-6','Degrau aplicado','location',
```



Comentários: Podemos observar na resposta gerada acima, ao se aplicar um ruído com a variância de , a resposta permanece bastante fiel a saída da planta sem o ruído.

C. Considere que o processo em tempo contínuo seja afetado por perturbações v(t), com v(t) sendo gerado de três modos diferentes: v(t)=e(t), sendo que e(t) corresponde a ruído branco com média nula e variância λ^2 , a qual pode assumir dois valores: 0,001 (baixa) e 0,1 (alta); e(t) passando por uma função de transferência de1ª ordem e e(t) passando por uma função de transferência de 2ª ordem, conforme indicado a seguir:

$$G_{pert,1}(s) = \frac{V_1(s)}{E(s)} = \frac{K_{pert,1}}{\tau_{pert,1} \cdot s + 1}$$ sendo: $K_{pert,1}$=1 e $\tau_{pert,1}$=5 s.

$$G_{pert,2}(s) = \frac{V_2(s)}{E(s)} = \frac{K_{pert,2}}{(\tau_{pert,2,1} \cdot s + 1) \cdot (\tau_{pert,2,2} \cdot s + 1)}$$ sendo: $K_{pert,2}$=2; $\tau_{pert,2,1}$=5 s; $\tau_{pert,2,2}$=10 s.

Utilize o seguinte código para distinguir as perturbações:

Vdireta_baixa : perturbação v(t)=e(t) com variância λ^2 =0,001 (baixa)

Vdireta_alta : perturbação v(t)=e(t) com variância λ^2 =0,1 (alta)

v1_ baixa : perturbação com v(t)=e(t) filtrado por f.t. de 1ª ordem com variância λ^2 =0,001

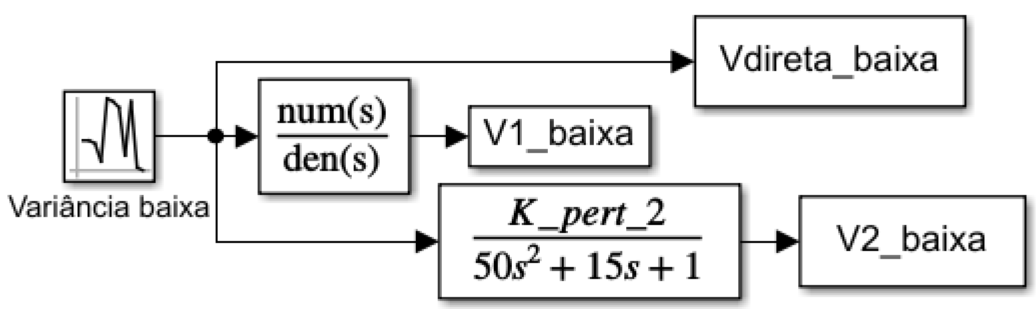
v1_ alta : perturbação com v(t)=e(t) filtrado por f.t. de 1ª ordem com variância λ^2 =0,1

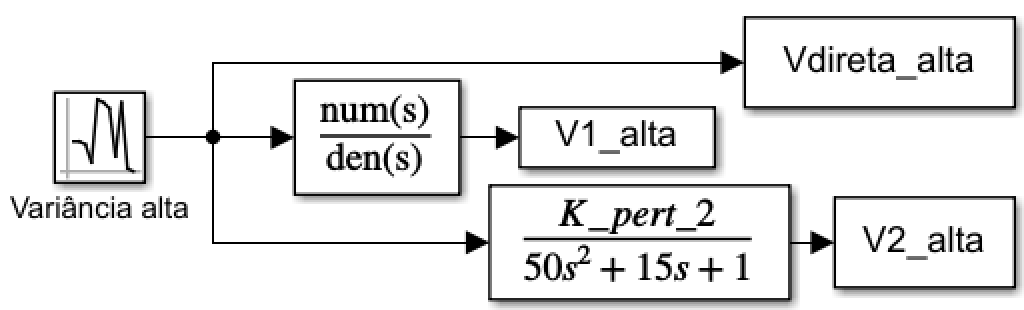
v2 _ baixa : perturbação com v(t)=e(t) filtrado por f.t. de 2ª ordem com variância λ^2 =0,001

v2_alta : perturbação com v(t)=e(t) filtrado por f.t. de 2ª ordem com variância λ^2 =0,1

Implante em Simulink os modelos de perturbação em tempo contínuo. Assuma que eles sejam submetidos a um sinal aleatório com intervalo de amostragem T com distribuição gaussiana, com média nula e variância 0,001 (baixa) e 0,1 (alta). Simule-os por 20 s. Comente as diferenças na saída das três formas de perturbação, isto é, o efeito dos filtros lineares no sinal aleatório. Gere a função de transferência discreta equivalente a cada uma das duas perturbações citadas neste item, considerando T=1 s.

```
clc;clear;close all;

% Variáveis...
    grf_bax=0;
    grf_alt=0;

    lne=1;
    %variâncias
    bax=0.001;
    alt=0.1;

    K_pert_1=1;
    Tau_pert_1=5;
    t_heta=4;
    K_pert_2=2;
    Tau_pert_21=5;
    Tau_pert_22=10;
```





```
% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 20;
    sim('Lista_1_Simu_3');

% Sistema Contínuo
    Sisc1=tf(K_pert_1,[Tau_pert_1 1],'inputdelay',t_heta);
    Sisc2=tf(K_pert_2,[50 15 1],'inputdelay',t_heta);

% Convertendo para discreto
    Sisd1=c2d(Sisc1,1,'zoh');
    Sisd2=c2d(Sisc2,1,'zoh');
```

```

% Plotando o gráfico
ax1 = subplot(2,1,1);

    grf_bax = grf_bax + 1;
    figure(grf_bax);
    grid;
    hold on;
    plot(t,Vdireta_baixa,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,V1_baixa,'yellow','linewidth',lne);     % Contínuo
    plot(t,V2_baixa,'red','linewidth',lne);     % Contínuo

    title({'Saida com Ruído aleatório de baixa variância 0.001'});
    legend('V direta baixa','V1_ baixa','V2_ baixa','location','northwest');
    % Plotando o gráfico
ax2 = subplot(2,1,2);

    grf_alt = grf_alt + 1;
    figure(grf_alt);
    grid;
    hold on;
    plot(t,Vdireta_alta,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,V1_alta,'yellow','linewidth',lne);     % Contínuo
    plot(t,V2_alta,'red','linewidth',lne);     % Contínuo


    title({'Saida com Ruído aleatório de alta variância 0.1'});
    legend('V direta alta','V1_ alta','V2_ alta','location','northwest');
```

Utilizado função "c2d" no Matlab:

```
    Sisd1
```

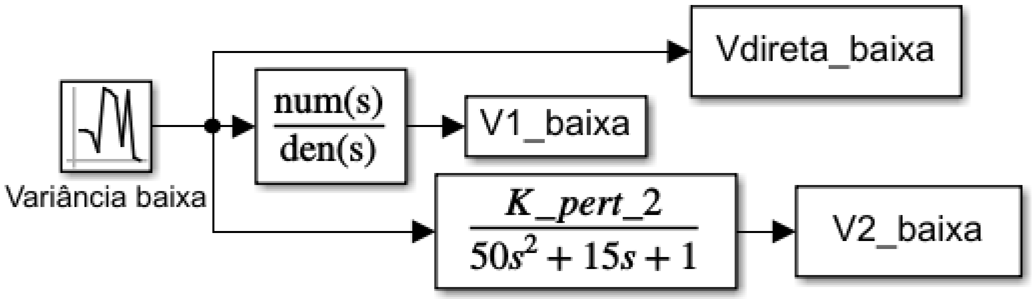
```
Sisd1 =

             0.1813
  z^(-4) * ----------
           z - 0.8187

Sample time: 1 seconds
Discrete-time transfer function.
```

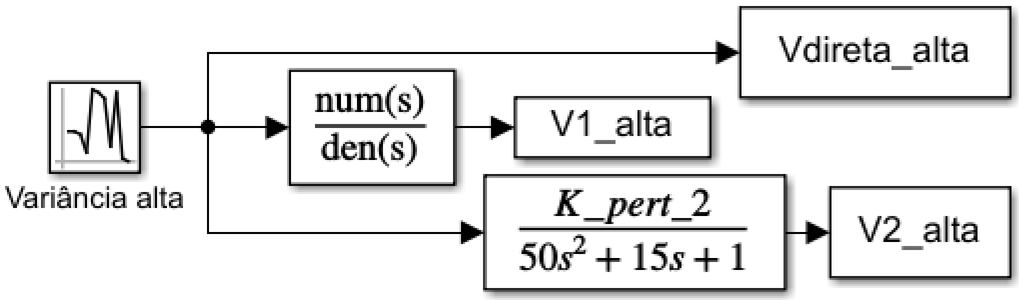
```
Sisd2
```

```
Sisd2 =

             0.01811 z + 0.01639
  z^(-4) * ----------------------
            z^2 - 1.724 z + 0.7408

Sample time: 1 seconds
Discrete-time transfer function.
```

Como não é possivel verificar em detalhes a atuação dos filtros, abaixo é apresentado um gráfico sem a perturbação não filtrada:

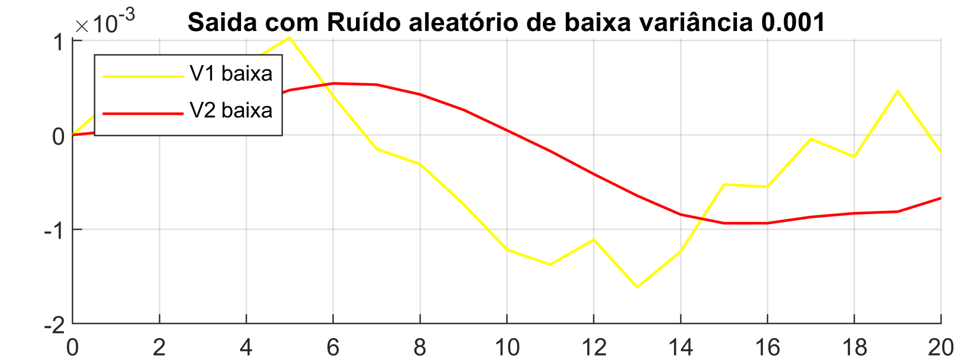
```
clc;clear;close all;

% Variáveis...
grf_bax=0;
grf_alt=0;

lne=1;
%variâncias
bax=0.001;
alt=0.1;

K_pert_1=1;
Tau_pert_1=5;
t_heta=4;
K_pert_2=2;
Tau_pert_21=5;
Tau_pert_22=10;
```

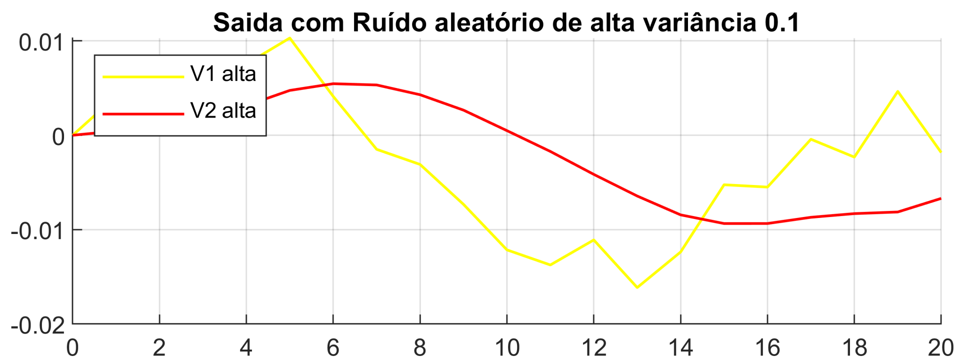





```
% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 20;
    sim('Lista_1_Simu_3');

% Sistema Contínuo
    Sisc1=tf(K_pert_1,[Tau_pert_1 1],'inputdelay',t_heta);
    Sisc2=tf(K_pert_2,[50 15 1],'inputdelay',t_heta);

% Convertendo para discreto
    Sisd1=c2d(Sisc1,1,'zoh');
    Sisd2=c2d(Sisc2,1,'zoh');


% Plotando o gráfico
ax1 = subplot(2,1,1);

    grf_bax = grf_bax + 1;
    figure(grf_bax);
    grid;
    hold on;
    %plot(t,Vdireta_baixa,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,V1_baixa,'yellow','linewidth',lne);      % Contínuo
    plot(t,V2_baixa,'red','linewidth',lne);      % Contínuo

    title({'Saida com Ruído aleatório de baixa variância 0.001'});
    legend('V1_ baixa','V2_ baixa','location','northwest');


% Plotando o gráfico
ax2 = subplot(2,1,2);
```

```
    grf_alt = grf_alt + 1;
    figure(grf_alt);
    grid;
    hold on;
    %plot(t,Vdireta_alta,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,V1_alta,'yellow','linewidth',lne);     % Contínuo
    plot(t,V2_alta,'red','linewidth',lne);     % Contínuo


    title({'Saida com Ruído aleatório de alta variância 0.1'});
    legend('V1_ alta','V2_ alta','location','northwest');
```

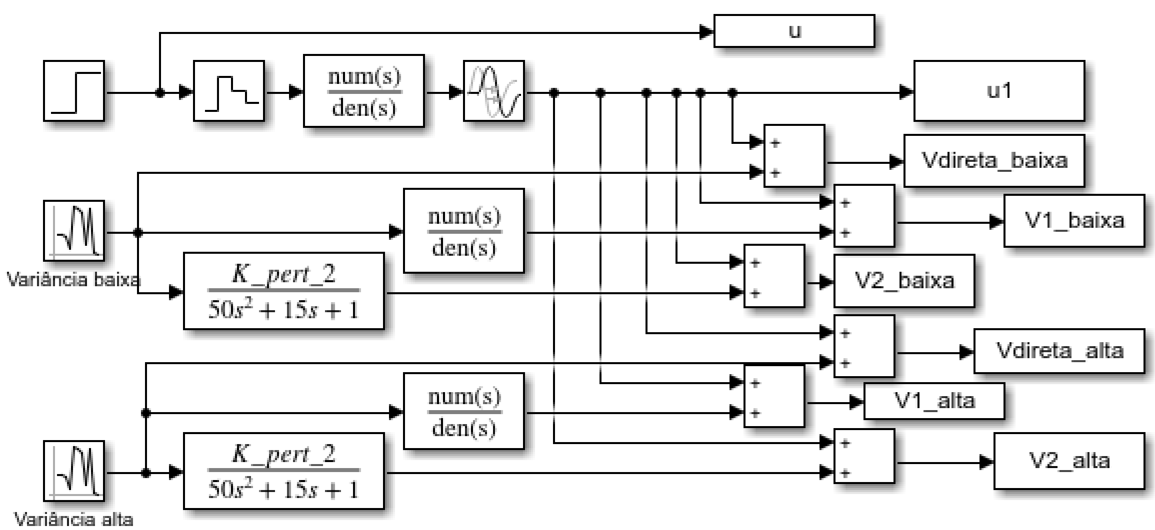




Comentários: Importante observarmos que embora os dois gráficos pareçam iguais, suas escalas do eixo y são diferentes, devido a amplitude da variância do sinal. Portanto, podemos perceber que a eficiência dos filtros de primeira ordem, são as mesmas, o que muda é a amplitude, devido a amplitude do sinal de entrada. O mesmo acontece com o filtro de segunda ordem.

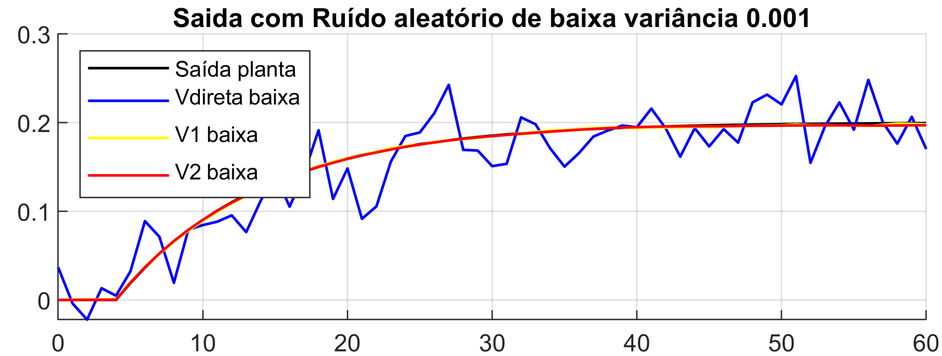
D. Considere que se acrescentem perturbações aditivas ao processo. Implemente em Simulink o modelo do processo acrescido do modelo das perturbações (somente na forma analógica). Faça isto para as três formas de perturbação citadas na alínea “c” e para as duas intensidades da perturbação. Plote os gráficos da saída y(t) afetada pelas perturbações v(t), supondo que o processo seja submetido a uma entrada em degrau de 0,1 em t=0 s. Simule os modelos por 60 s. Comente o efeito das perturbações na saída do processo, conforme se modifica a forma de gerar a perturbação e quando se lida com perturbações com baixa e alta intensidade. Qual perturbação afeta mais a saída y(t)?

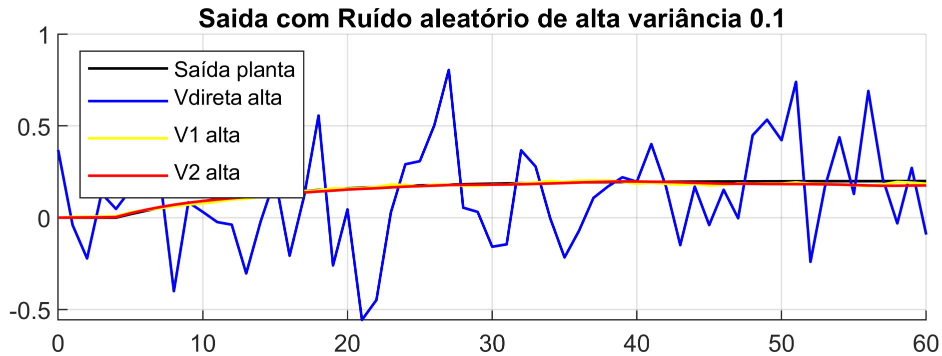
```
    clc;clear;close all;

% Variáveis...
    grf_bax=0;
    grf_alt=0;

    lne=1;
    %variâncias
    bax=0.001;
    alt=0.1;

    k=2;
    tau=10;
    K_pert_1=1;
    Tau_pert_1=5;
    t_heta=4;
    K_pert_2=2;
    Tau_pert_21=5;
    Tau_pert_22=10;
```




```



% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 60;
    sim('Lista_1_Simu_4');
% Sistema Contínuo
    Sisc1=tf(K_pert_1,[Tau_pert_1 1],'inputdelay',t_heta);
    Sisc2=tf(K_pert_2,[50 15 1],'inputdelay',t_heta);

% Convertendo para discreto
    Sisd1=c2d(Sisc1,1,'zoh');
    Sisd2=c2d(Sisc2,1,'zoh');


% Plotando o gráfico
```

```
ax1 = subplot(2,1,1);

    grf_bax = grf_bax + 1;
    figure(grf_bax);
    grid;
    hold on;
    plot(t,u1,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,Vdireta_baixa,'blue','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,V1_baixa,'yellow','linewidth',lne);     % Contínuo
    plot(t,V2_baixa,'red','linewidth',lne);     % Contínuo

    title({'Saida com Ruído aleatório de baixa variância 0.001'});
    legend('Saída planta','Vdireta_ baixa','V1_ baixa','V2_ baixa','location','northwest');


% Plotando o gráfico
ax2 = subplot(2,1,2);

    grf_alt = grf_alt + 1;
    figure(grf_alt);
    grid;
    hold on;
    plot(t,u1,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,Vdireta_alta,'blue','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,V1_alta,'yellow','linewidth',lne);     % Contínuo
    plot(t,V2_alta,'red','linewidth',lne);     % Contínuo


    title({'Saida com Ruído aleatório de alta variância 0.1'});
    legend('Saída planta','Vdireta_ alta','V1_ alta','V2_ alta','location','northwest');
```



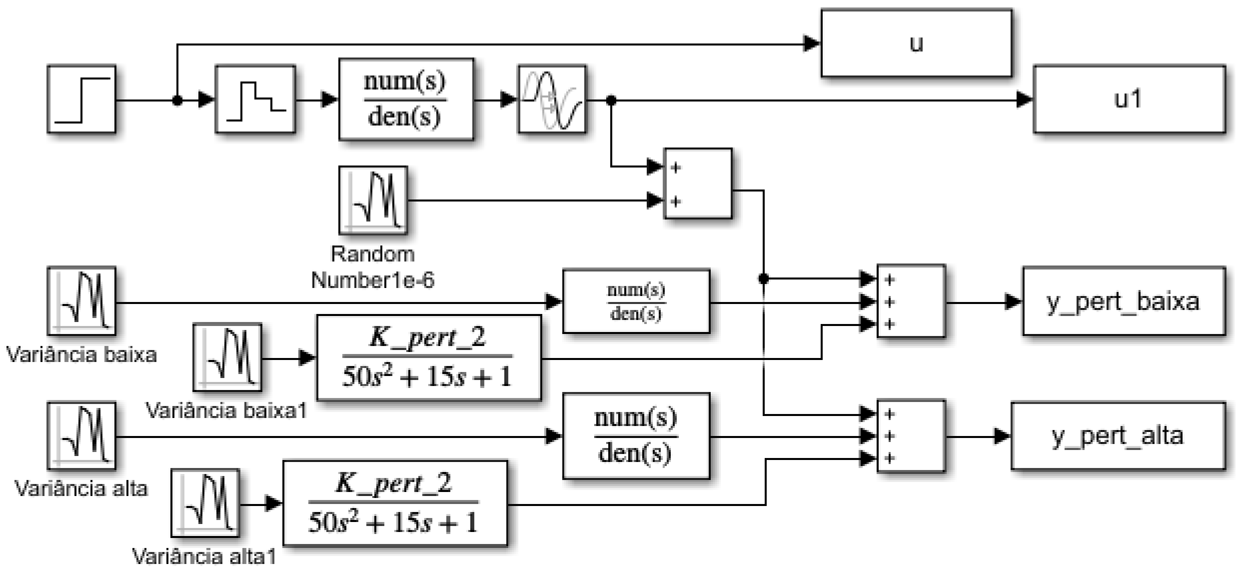


Comentários: Sem dúvida, a perturbação de alta variância (0,1) afeta mais a saída do sistema. portanto podemos perceber também, que mesmo com a variância baixa, se não tivermos filtros, as saídas são bem descaracterizadas.

E. Adicione na saída do processo duas perturbações simultâneas, correspondentes a v1 e v2, as quais devem ser geradas com sinais aleatórios com “amplitudes” alta e baixa e com sementes diferentes, para evitar que elas sejam correlacionadas. Considere que y seja afetado por ruído de medição, como citado no item “b”. Implemente em Simulink esta versão do processo. Plote os gráficos da saída y(t) afetada pelas perturbações v1 e v2, supondo que o processo seja submetido a uma entrada em degrau de 0,1 em t=0 s. Simule os modelos por 60 s.

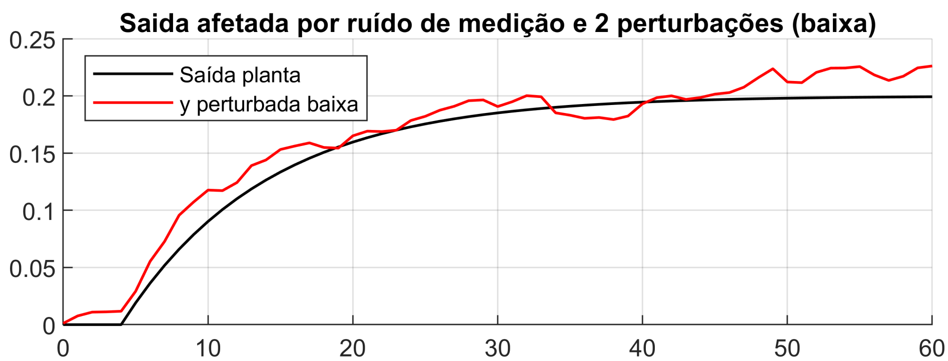
```
    clc;clear;close all;

% Variáveis...
    grf_bax=0;
    grf_alt=0;

    lne=1;
    %variâncias
    bax=0.001;
    alt=0.1;
    variante=1e-6;

    k=2;
    tau=10;
```

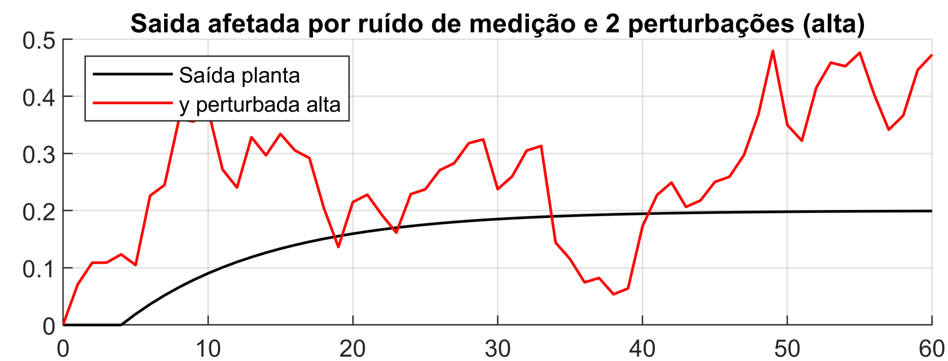
```
    K_pert_1=1;
    Tau_pert_1=5;
    t_heta=4;
    K_pert_2=2;
    Tau_pert_21=5;
    Tau_pert_22=10;
```




```
% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 60;
    sim('Lista_1_Simu_5');
% Sistema Contínuo
    Sisc1=tf(K_pert_1,[Tau_pert_1 1],'inputdelay',t_heta);
    Sisc2=tf(K_pert_2,[50 15 1],'inputdelay',t_heta);

% Convertendo para discreto
    Sisd1=c2d(Sisc1,1,'zoh');
    Sisd2=c2d(Sisc2,1,'zoh');


% Plotando o gráfico
ax1 = subplot(2,1,1);

    grf_bax = grf_bax + 1;
    figure(grf_bax);
    grid;
    hold on;
    plot(t,u1,'black','linewidth',lne);        % Degrau
    plot(t,y_pert_baixa,'red','linewidth',lne);     % Contínuo

    title({'Saida afetada por ruído de medição e 2 perturbações (baixa)'});
    legend('Saída planta','y perturbada baixa','location','northwest');
```

```
% Plotando o gráfico
ax2 = subplot(2,1,2);

    grf_alt = grf_alt + 1;
    figure(grf_alt);
    grid;
    hold on;
    plot(t,u1,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,y_pert_alta,'red','linewidth',lne);     % Contínuo


    title({'Saida afetada por ruído de medição e 2 perturbações (alta)'});
    legend('Saída planta','y perturbada alta','location','northwest');
```



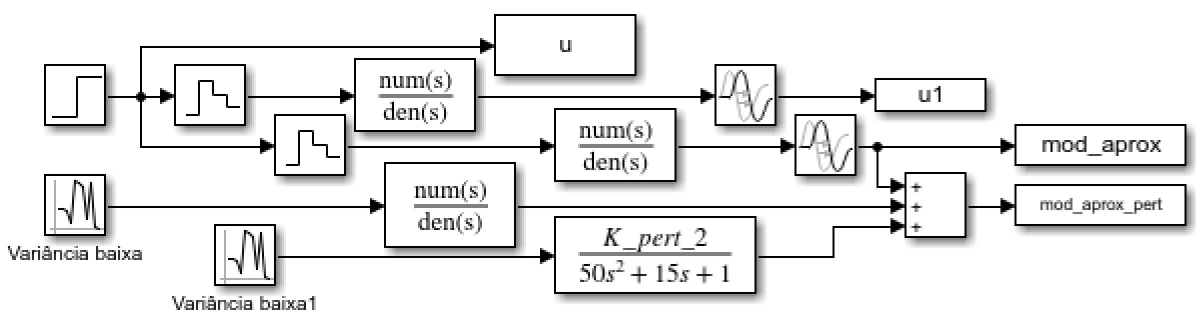


Comentários: Observando que mesmo com as perturbações passando pelos filtros, a de alta variância compromete bastante a saída da planta.

F. Para os dois processos do item anterior, com perturbações alta e baixa, seria possível estimar, com base na resposta ao degrau (identificação não-paramétrica baseada na curva de reação do processo), um modelo para o sistema e seus parâmetros? Em caso afirmativo, qual seria esse modelo e seus parâmetros? Compare a saída do modelo aproximado com a saída do processo sem perturbação quando excitados pelo mesmo degrau. Estime também o tempo de acomodação aproximado do processo ts ao se empregar perturbações de baixa intensidade.

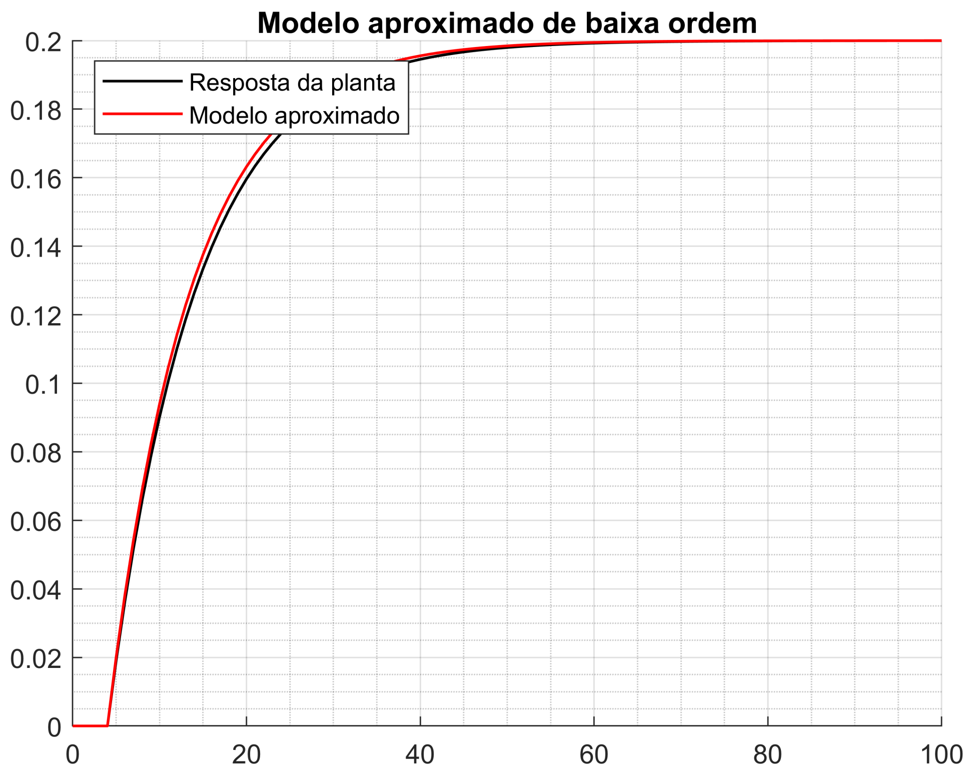
```
clc;clear;close all;
```

```
% Variáveis...
    grf=0;
    lne=1;

    %variâncias
    bax=0.001;
    alt=0.1;
    variante=1e-6;

    k=2;
    tau=10;
    t_heta=4;

    K_pert_1=1;
    Tau_pert_1=5;

    K_pert_2=2;
    Tau_pert_21=5;
    Tau_pert_22=10;

    K2=2;
    TAU2=9.45;
    t_heta2=2.884;
```



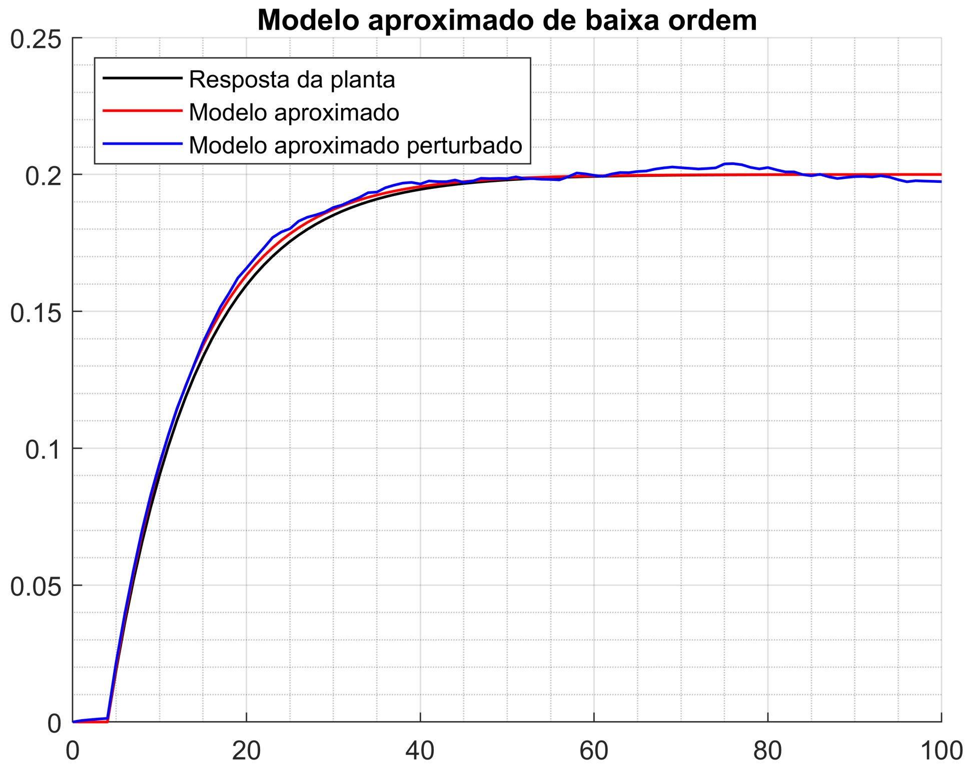

```
% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 100;
    sim('Lista_1_Simu_6');

% Plotando o gráfico

    grf = grf + 1;
    figure(grf);
    grid on;
    grid minor;
    hold on;
    plot(t,u1,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,mod_aprox,'red','linewidth',lne);     % Contínuo

    %
```

```
    title({'Modelo aproximado de baixa ordem'});
    legend('Resposta da planta','Modelo aproximado','location','northwest');
```



Aplicando uma preturbação ao modelo aproximado, temos:

```
    % Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 100;
    sim('Lista_1_Simu_6');

% Plotando o gráfico

    grf = grf + 1;
    figure(grf);
    grid on;
    grid minor;
    hold on;
    plot(t,u1,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,mod_aprox,'red','linewidth',lne);     % Contínuo
    plot(t,mod_aprox_pert,'blue','linewidth',lne);

    %
    title({'Modelo aproximado de baixa ordem'});
    legend('Resposta da planta','Modelo aproximado','Modelo aproximado perturbado','location',
```

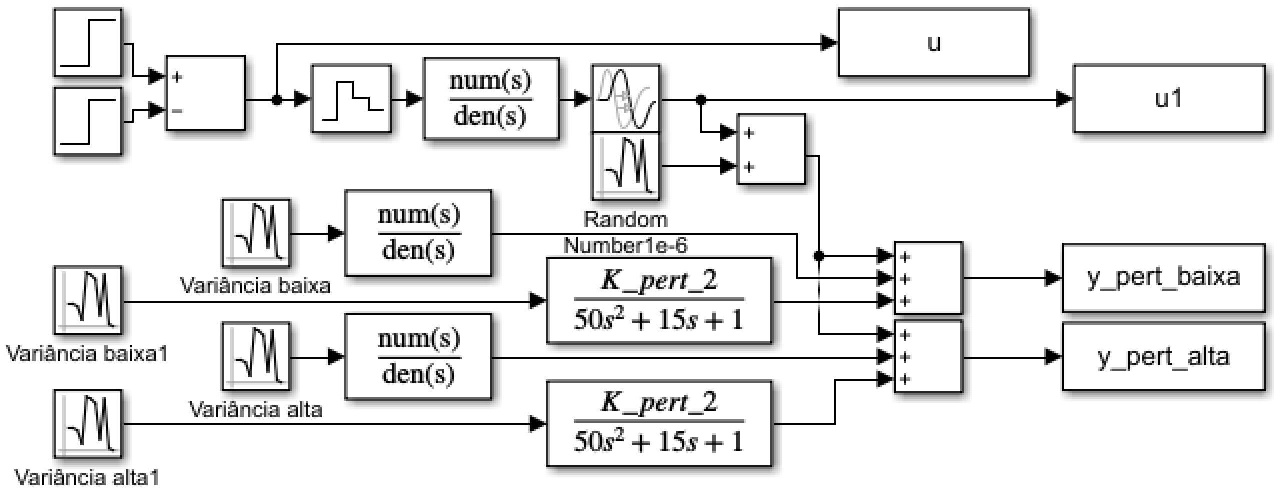


Comentários: Observando que mesmo com as perturbações passando pelos filtros, a de alta variância compromete bastante a saída da planta.

G. Excite o processo com um pulso unitário e registre a saída do mesmo, considerando a saída y limpa (sem perturbações nem ruído de medição) e a saída y2 afetada por ambas as perturbações (v1 e v2) com baixa e alta intensidade e por ruído de medição. Simule a planta por 2*ts. É possível nas três saídas medidas enxergar bem a função-peso do sistema?

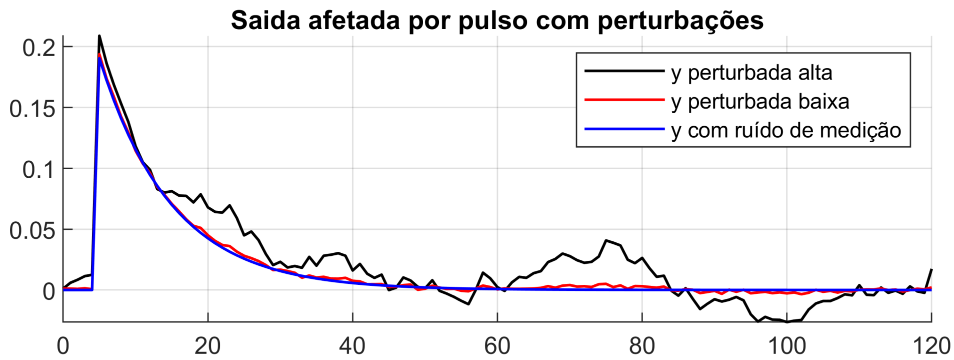
```
clc;clear;close all;

% Variáveis...
    grf_bax=0;
    grf_alt=0;

    lne=1;
    %variâncias
    bax=0.001;
    alt=0.1;
    variante=1e-6;

    k=2;
    tau=10;
    K_pert_1=1;
    Tau_pert_1=5;
    t_heta=4;
    K_pert_2=2;
```

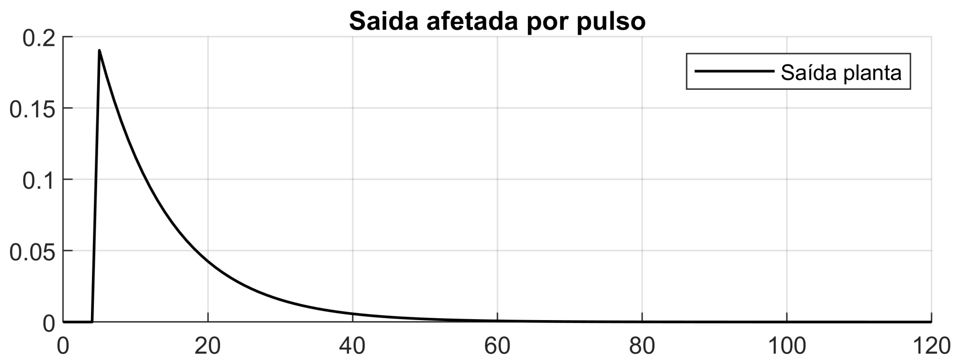
```
    Tau_pert_21=5;
    Tau_pert_22=10;
```




```
% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 120;
    sim('Lista_1_Simu_7');
% Sistema Contínuo
    Sisc1=tf(K_pert_1,[Tau_pert_1 1],'inputdelay',t_heta);
    Sisc2=tf(K_pert_2,[50 15 1],'inputdelay',t_heta);

% Convertendo para discreto
    Sisd1=c2d(Sisc1,1,'zoh');
    Sisd2=c2d(Sisc2,1,'zoh');


% Plotando o gráfico
ax1 = subplot(2,1,1);

    grf_bax = grf_bax + 1;
    figure(grf_bax);
    grid;
    hold on;
    plot(t,y_pert_alta,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    plot(t,y_pert_baixa,'red','linewidth',lne);     % Contínuo
    plot(t,u1,'blue','linewidth',lne);     % Contínuo

    title({'Saida afetada por pulso com perturbações'});
    legend('y perturbada alta','y perturbada baixa','y com ruído de medição','location','northe

% Plotando o gráfico
ax2 = subplot(2,1,2);

    grf_alt = grf_alt + 1;
    figure(grf_alt);
    grid;
    hold on;
```

```
    plot(t,u1,'black','linewidth',lne);       % Degrau
    %plot(t,y_pert_alta,'red','linewidth',lne);     % Contínuo


    title({'Saida afetada por pulso'});
    legend('Saída planta','location','northeast');
```



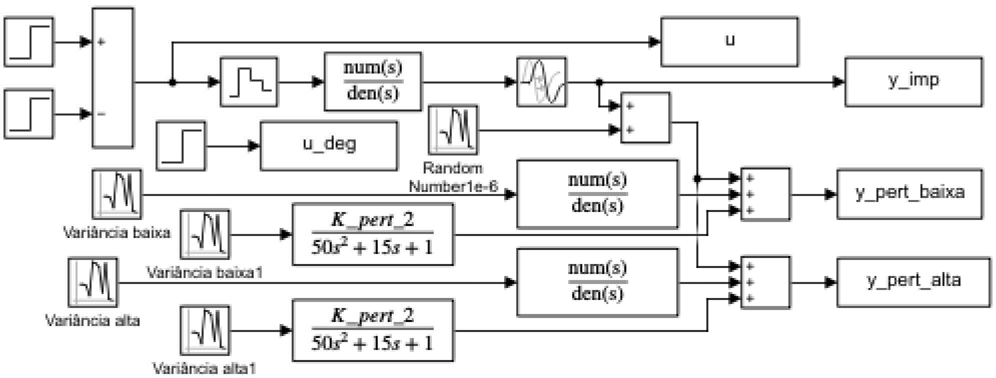


Comentários: Com a perturbação em alta amplitude, não podemos enxergar a função peso do sistema, mas com a perturbação de baixa, conseguimos visualizar, mas percebemos que está sendo perturbada.

H. Empregue as três respostas impulsivas obtidas no item anterior para determinar a resposta a um degrau de amplitude 0,1 aplicado em t=0 s, via somatório de convolução.

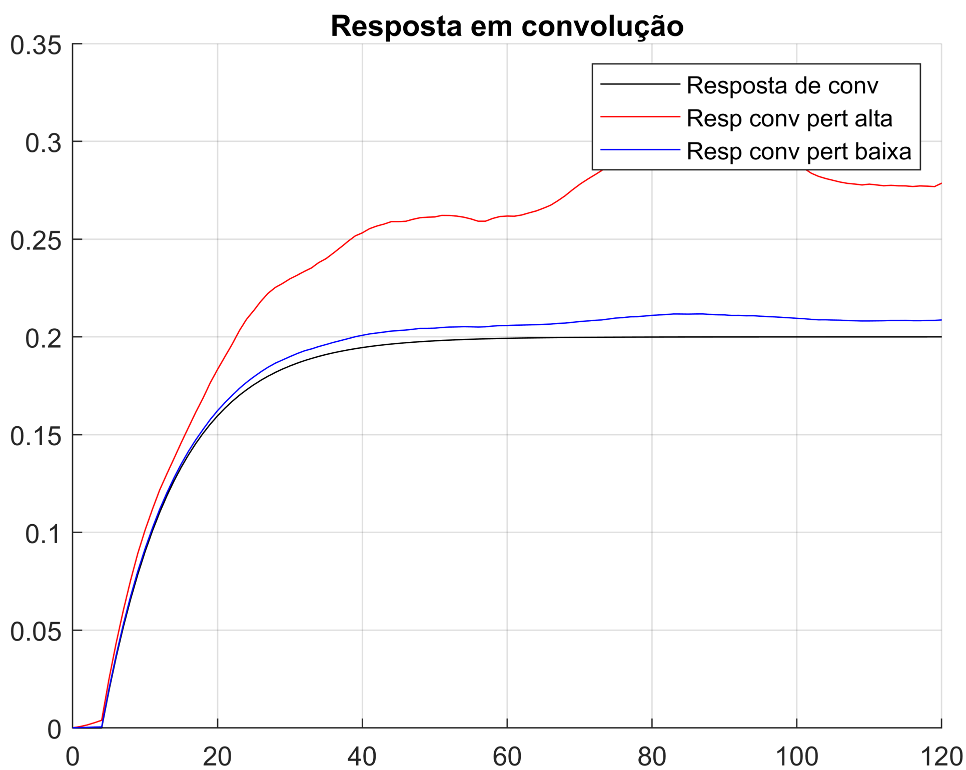
```
clc;clear;close all;

% Variáveis...
    grf=0;

    lne=1;
    %variâncias
    bax=0.001;
    alt=0.1;
    variante=1e-6;

    T=1;

    k=2;
```

```
    tau=10;
    K_pert_1=1;
    Tau_pert_1=5;
    t_heta=4;
    K_pert_2=2;
    Tau_pert_21=5;
    Tau_pert_22=10;
```



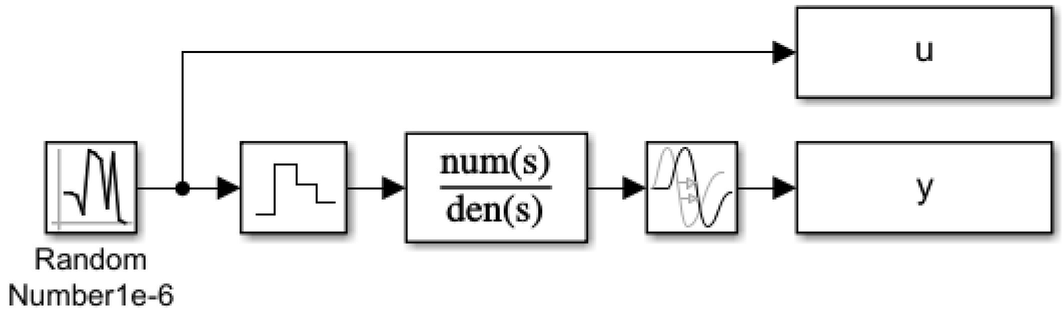

```
% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 120;
    sim('Lista_1_Simu_8');


% Convolução

    %pega o comprimento da matriz das saídas
    L_imp=length(y_imp);            %saída ao impulso (limpa)
    L_imp_a=length(y_pert_alta);    %saída ao impulso com perturbacção alta
    L_imp_b=length(y_pert_baixa);   %saída ao impulso com perturbacção baixa
    L_deg=length(u_deg);            %sáida de um degrau de amplitude 0.1

    %calcula um valor de "te" para cada sáida
    te=1:L_imp+L_deg-1;
    te_a=1:L_imp_a+L_deg-1;
    te_b=1:L_imp_b+L_deg-1;

    %salva as saídas em outras variaveis
    g=y_imp;
    g_a=y_pert_alta;
    g_b=y_pert_baixa;
    u=u_deg;

    %Cria a convolução de cada saída
    yc=conv(g*T,u);
    yc_a=conv(g_a*T,u);
    yc_b=conv(g_b*T,u);


% Plotando o gráfico
    grf = grf + 1;
```

```
    figure(grf);
    grid;
    hold on;
    plot((te-1)*T,yc,'black')
    plot((te-1)*T,yc_a,'red')
    plot((te-1)*T,yc_b,'blue')
    xlim ([0 120]);
    title({'Resposta em convolução'});
    legend('Resposta de conv','Resp conv pert alta','Resp conv pert baixa','location','northeas
```

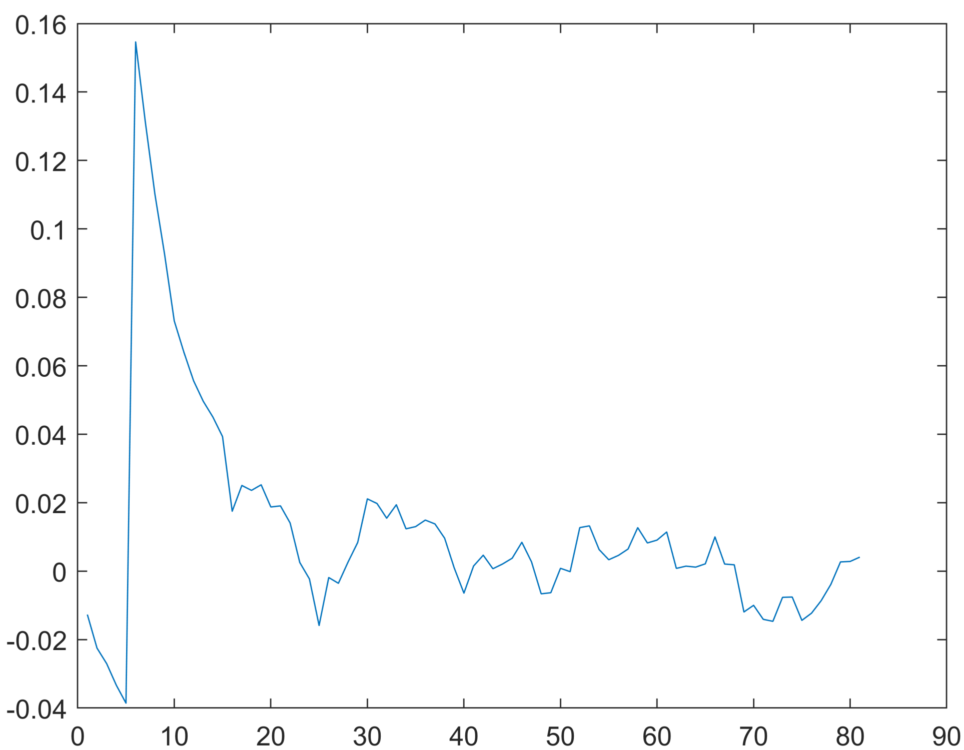


I. Empregue o método da análise de correlação para estimar a função-peso do sistema. Para tal, colete 1000 pontos do processo. Faça isso considerando a saída y limpa (sem perturbações nem ruído de medição) e a saída y2 afetada por ambas as perturbações (v1 e v2) com baixa e alta intensidade e por ruído de medição. Compare as funções-peso aqui obtidas com aquela gerada no item anterior para a saída y limpa.

```
clc;clear;close all;

%variâncias
    bax=0.001;

    T=1;

    k=2;
    tau=10;
    t_heta=4;
```



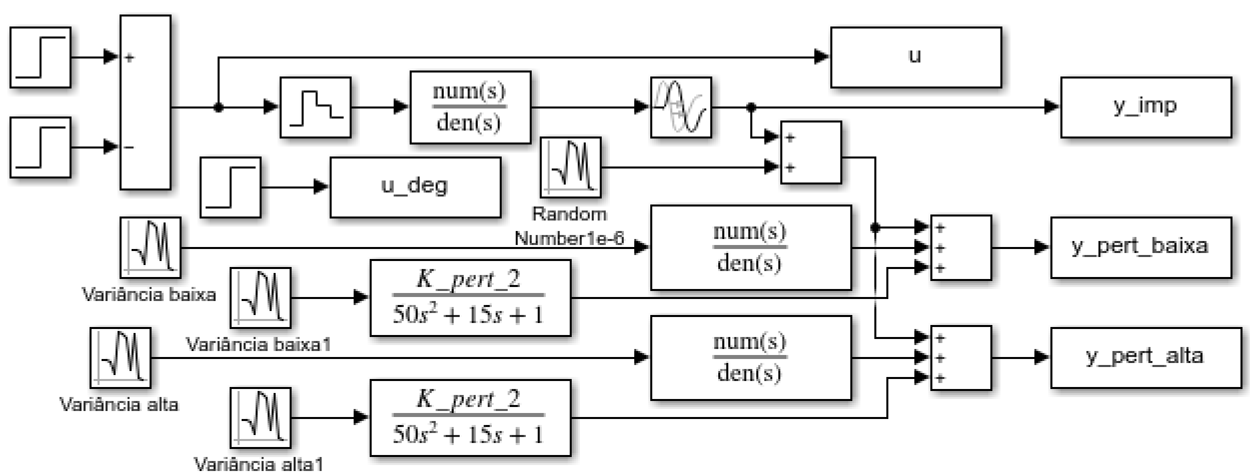

```
    Tsim = 1000;
    sim('Lista_1_Simu_9');

vetor=[y u];
ir=cra(vetor,80,0,0);
plot(ir);
```



j. Empregue as três respostas impulsivas obtidas no item anterior para determinar a resposta a um degrau de amplitude 0,1 aplicado em t=0 s, via somatório de convolução. Compare as respostas ao degrau obtidas aqui com aquelas obtidas no item “H”.

```
clc;clear;close all;
```

```
% Variáveis...
    grf=0;

    lne=1;
    %variâncias
    bax=0.001;
    alt=0.1;
    variante=1e-6;

    T=1;

    k=2;
    tau=10;
    K_pert_1=1;
    Tau_pert_1=5;
    t_heta=4;
    K_pert_2=2;
    Tau_pert_21=5;
    Tau_pert_22=10;
```




```
% Rodando simulação do Simulink
    Tsim = 120;
    sim('Lista_1_Simu_10');

% Convolução

    %pega o comprimento da matriz das saídas
    L_imp=length(y_imp);            %saída ao impulso (limpa)
    L_imp_a=length(y_pert_alta);    %saída ao impulso com perturbacção alta
    L_imp_b=length(y_pert_baixa);   %saída ao impulso com perturbacção baixa
    L_deg=length(u_deg);            %sáida de um degrau de amplitude 0.1

    %calcula um valor de "te" para cada sáida
    te=1:L_imp+L_deg-1;
    te_a=1:L_imp_a+L_deg-1;
```

```
    te_b=1:L_imp_b+L_deg-1;

    %salva as saídas em outras variaveis
    g=y_imp;
    g_a=y_pert_alta;
    g_b=y_pert_baixa;
    u=u_deg;

    %Cria a convolução de cada saída
    yc=conv(g*T,u);
    yc_a=conv(g_a*T,u);
    yc_b=conv(g_b*T,u);

% Plotando o gráfico
    grf = grf + 1;
    figure(grf);
    grid;
    hold on;
    plot((te-1)*T,yc,'black')
    plot((te-1)*T,yc_a,'red')
    plot((te-1)*T,yc_b,'blue')
    xlim ([0 120]);
    title({'Resposta em convolução'});
    legend('Resposta de conv','Resp conv pert alta','Resp conv pert baixa','location','northeas
```