PTC 5719 – Identificação de Sistemas

1ª Lista de Exercícios - Américo Ferreira Neto

ITEM a. Discretize o modelo do processo, supondo intervalo de amostragem T=1s 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.

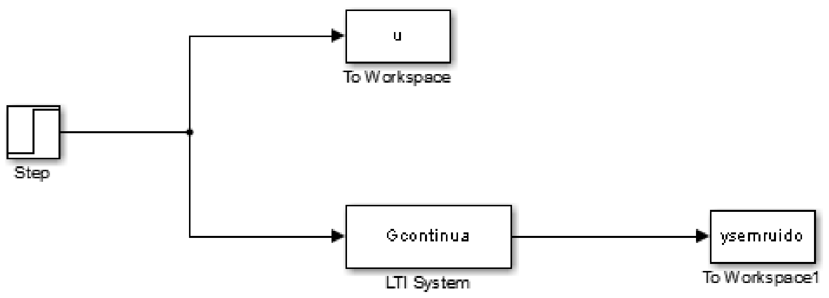
```
% Declarar variáveis
% Item a
theta=3;
K=2;
tau=10;
num=[K];
den=[tau 1];

Gcontinua=tf(num, den,'inputdelay',theta);


% Discretizar
% Item a
T=1;

Gdiscreta=c2d(Gcontinua,T,'zoh');
```

Resultado:

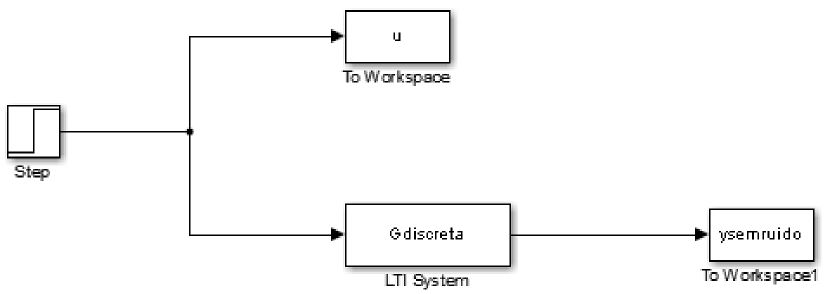
```
>> Gdiscreta

Gdiscreta =

         0.1903
  z^(-3) * ----------
         z - 0.9048

Sample time: 1 seconds
Discrete-time transfer function.

>> Gcontinua

Gcontinua =

              2
  exp(-3*s) * --------
            10 s + 1

Continuous-time transfer function.
```

ITEM b: 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.

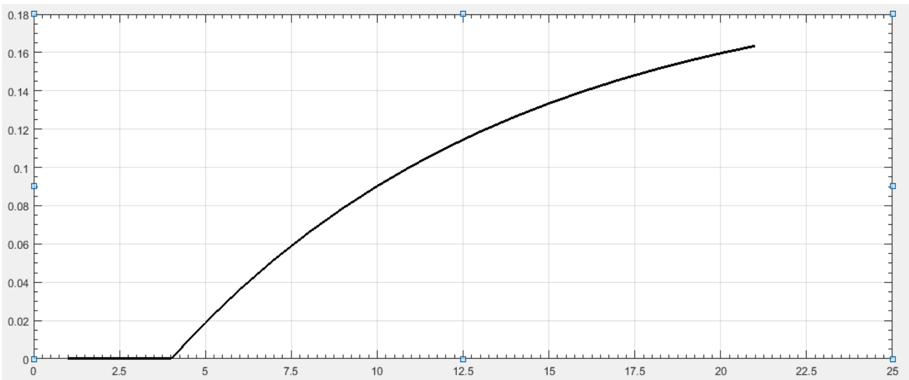
Tempo Contínuo:



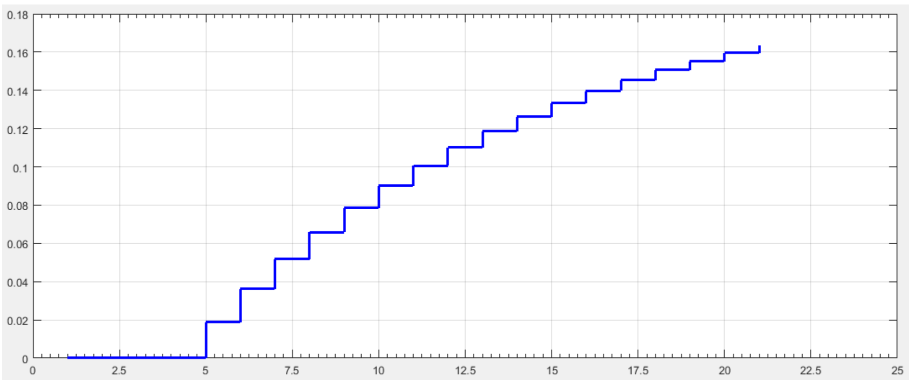
Tempo Discreto:



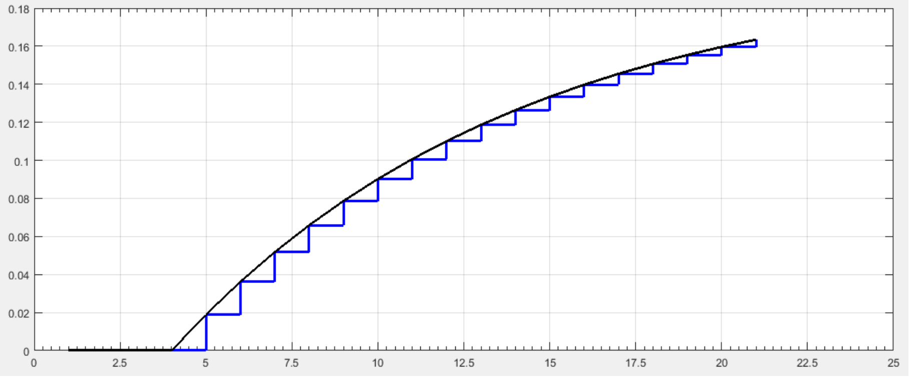
plot (ysemruido)



stairs (ysemruido)



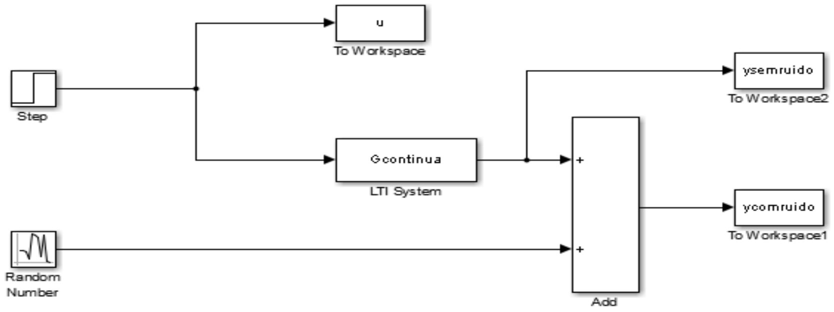
plot (ysemruido) / stairs (ysemruido) – hold on

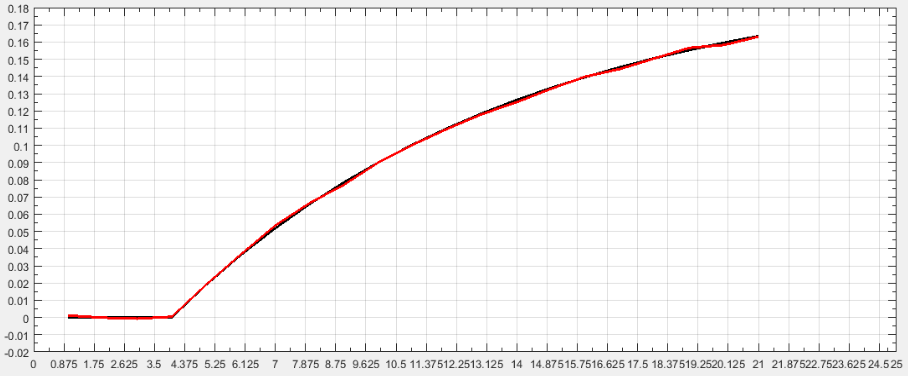


As saídas possuem diferença, pois no sinal de entrada do modelo de tempo continuo um segurador de ordem zero foi inserido, causando um atraso de 1s, conforme pode ser observado no gráfico acima.

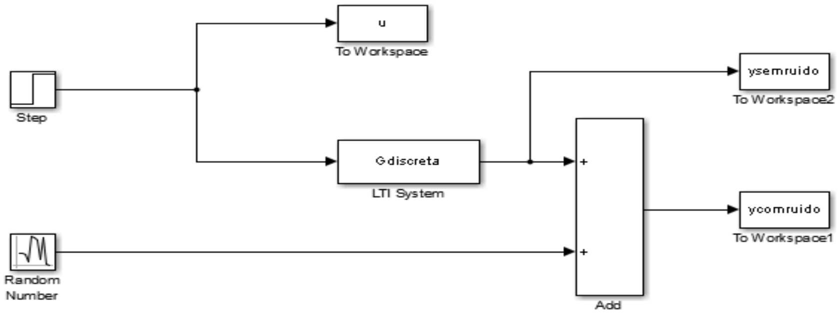
ITEM c: Suponha que o sinal medido de saída seja afetado por ruído aleatório com distribuição gaussiana, com média nula e variância 1e-6. Mostre o gráfico de *y*(*t*) afetado por ruído com entrada em degrau de 0,1 em *t*=0 s. Simule o processo por 20 segundos.

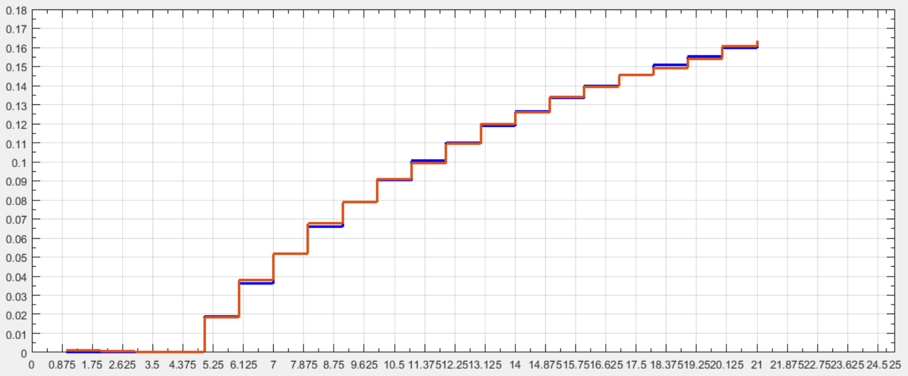
Tempo Contínuo





Tempo Discreto





Observa-se tanto no tempo contínuo como no tempo discreto, um resultado diferente devido à perturbação inserida.

ITEM d: 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 , a qual pode assumir dois valores: 0,001 (baixa) e 0,1 (alta); *e*(*t*) passando por uma função de transferência de 1ª 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:

v_{direta_baixa}: perturbação *v*(*t*)=*e*(*t*) com variância λ^2=0,001 (baixa)

v_{direta_alta}: perturbação *v*(*t*)=*e*(*t*) com variância λ^2=0,1 (alta)

v_{1_baixa}: perturbação com *v*(*t*)=*e*(*t*) filtrado por f.t. de 1ª ordem com variância λ^2=0,001

v_{1_alta}: perturbação com *v*(*t*)=*e*(*t*) filtrado por f.t. de 1ª ordem com variância λ^2=0,1

v_{2_baixa}: perturbação com *v*(*t*)=*e*(*t*) filtrado por f.t. de 2ª ordem com variância λ^2=0,001

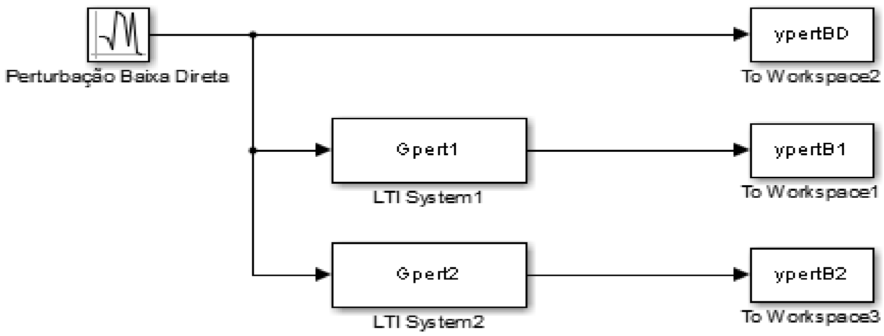
v_{2_alta}: perturbação com *v*(*t*)=*e*(*t*) filtrado por f.t. de 2ª ordem com variância λ^2=0,1

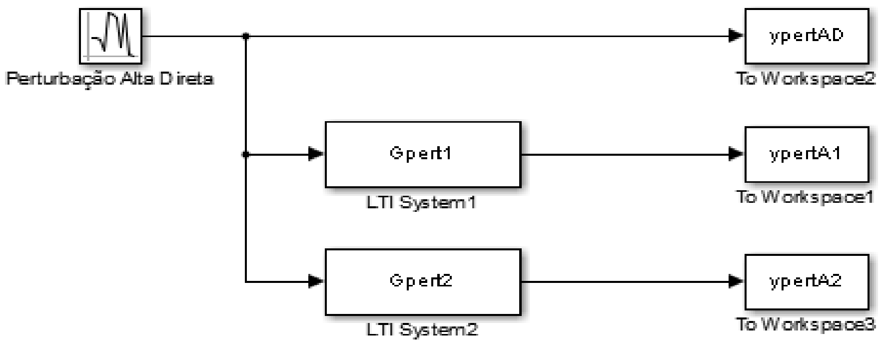
Implante em Simulink os modelos de perturbação em tempo contínuo. Assuma que eles sejam submetidos a um sinal aleatório com distribuição gaussiana, com média nula e variância 0,001 (baixa) e 0,1 (alta). Simule-os por 20s. Comente as diferenças na saída das três formas de perturbação, isto é, o efeito dos filtros lineares no sinal aleatório.

```
% Perturbações
% Perturbação 1
Kpert1=1;
taupert1=5;
numpert1=[Kpert1];
denpert1=[taupert1 1];

Gpert1=tf(numpert1,denpert1);
```

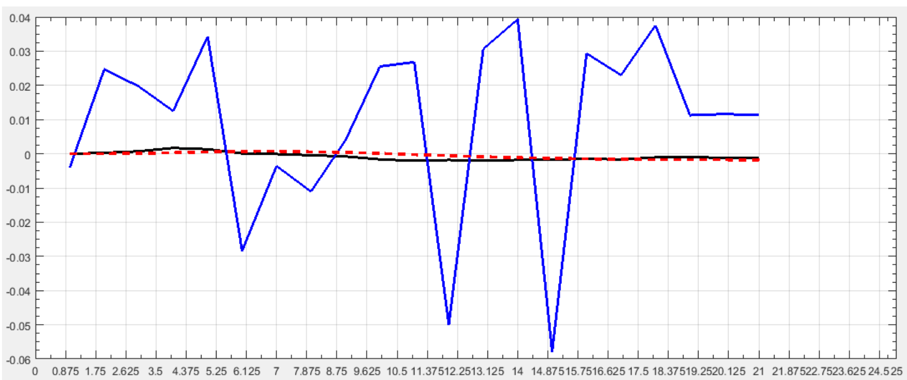
```
% Perturbação 2
Kpert2=2;
taupert21=5;
taupert22=10;
numpert21=[Kpert2];
numpert22=[1];
denpert21=[taupert21 1];
denpert22=[taupert22 1];

Gpert21=tf(numpert21,denpert21);
Gpert22=tf(numpert22,denpert22);

Gpert2=Gpert21*Gpert22;
```

As funções de transferência geradas acima foram implementadas no seguinte diagrama Simulink:



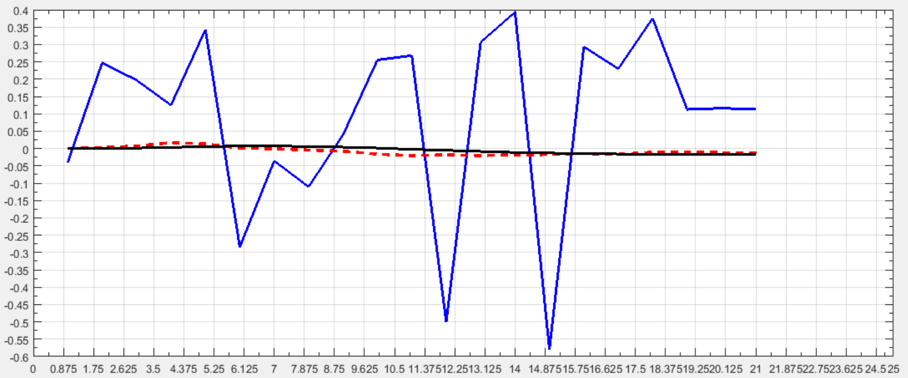


Para as perturbações baixas, temos os seguintes resultados para as saídas, ypertBD, ypertB1 e ypertB2:



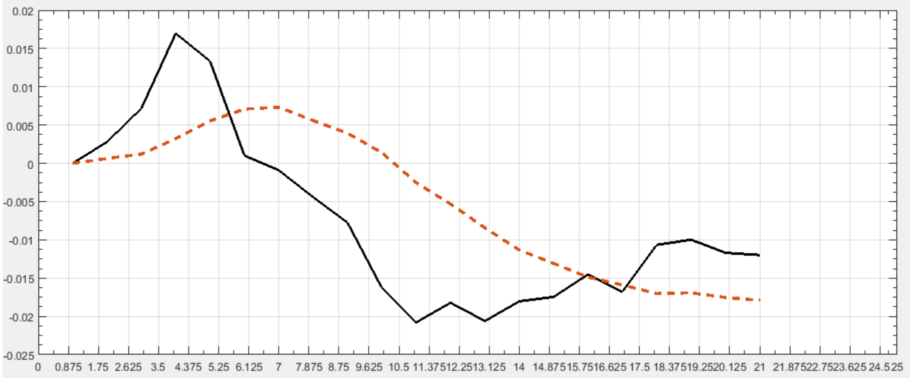
Observamos que o ruído não filtrado, tem um comportamento completamente diferente que as duas perturbações inseridas, tornando o sinal de saída, muito mais suave.

Para as perturbações altas, temos os seguintes resultados para as saídas, ypertAD, ypertA1 e ypertA2:



Observamos que a amplitude das perturbações é 10 vezes maior que no caso das perturbações leves. Observamos mais uma vez que as perturbações filtradas tem um comportamento completamente diferente que as duas perturbações inseridas, tornando o sinal de saída, muito mais suave.

Analisando apenas as perturbações filtradas, no caso das perturbação altas, encontramos:

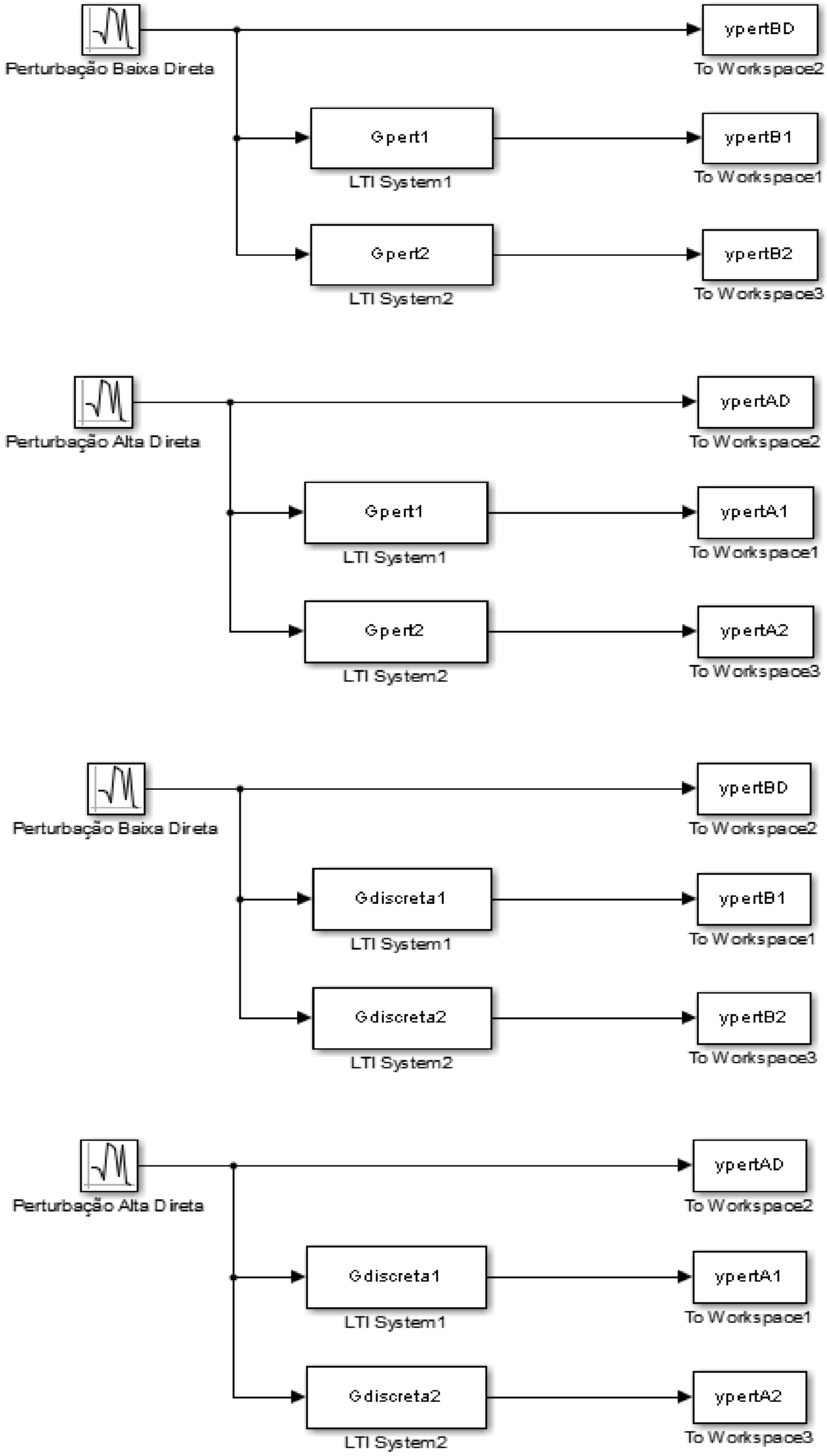


Observamos que o filtro de primeira ordem em linha cheia preta e o filtro de segunda ordem em linha tracejada vermelha, que o filtro de segunda ordem torna as perturbações mais suaves se compararmos com as perturbações de primeira ordem.

ITEM e: Gere a função de transferência discreta equivalente a cada uma das duas perturbações do item anterior, considerando T=1s.

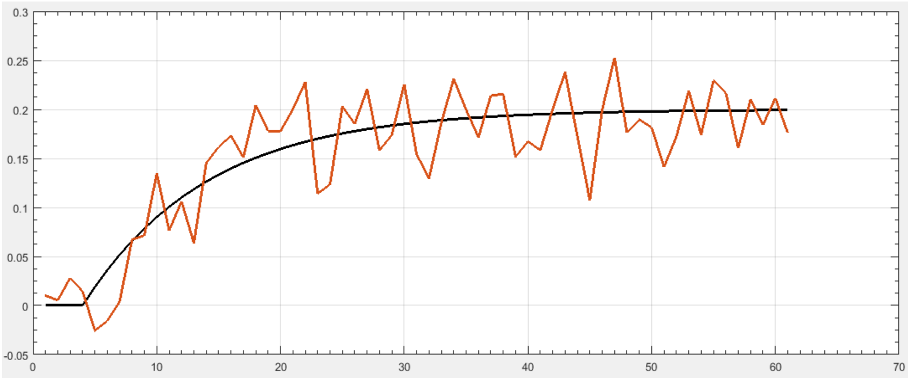
```
%Discretizar Perturbação 1
T=1;

Gdiscreta1=c2d(Gpert1,T,'zoh');

%Discretizar Pertubação 2
T=1;

Gdiscreta2=c2d(Gpert2,T,'zoh');
```

ITEM f: Implemente em Simulink os modelos de perturbação em tempo contínuo e discreto.

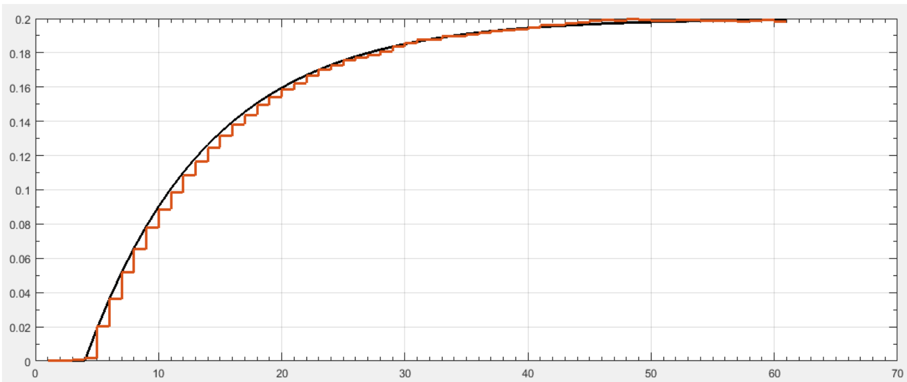


ITEM g: Considere que se acrescentem perturbações aditivas ao processo. Implemente em Simulink o modelo do processo acrescido do modelo das perturbações (somente na forma analógica). Faça isto para as três formas de perturbação citadas na alínea “d” e para as duas intensidades da perturbação. Plote os 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)?

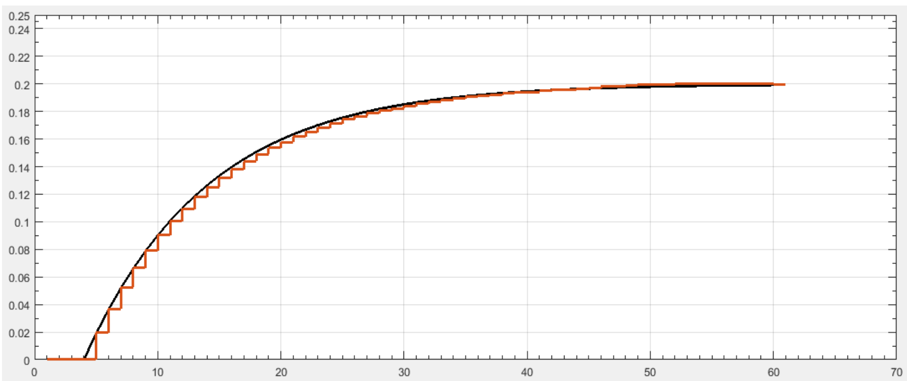
Inserindo uma perturbação leve aditiva no processo, temos uma variação muito grande do sinal sem ruído, observe a figura abaixo:



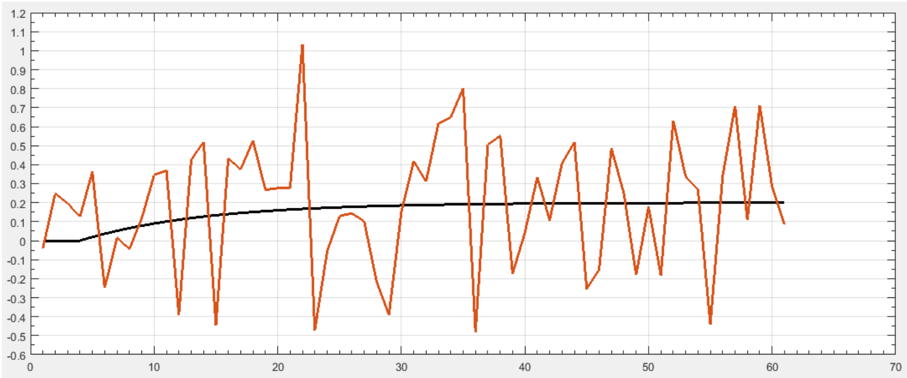
Inserindo uma perturbação leve aditiva no processo, porem agora com um filtro de primeira ordem, temos o sinal atenuado e próxima do sinal sem perturbação:



Inserindo uma perturbação leve aditiva no processo, porem agora com um filtro de segunda ordem, temos o sinal atenuado e praticamente idêntico ao sinal sem perturbação.

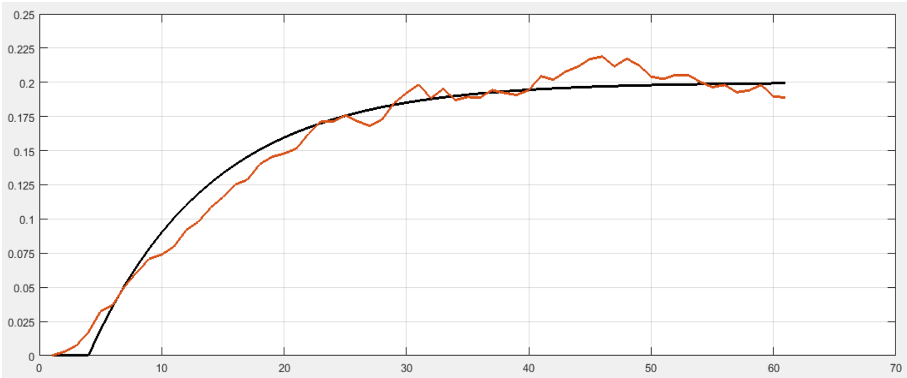


Iremos agora executar o mesmo processo, porem a perturbação aditiva ao processo será uma perturbação alta e não leve como no anterior mostrado:

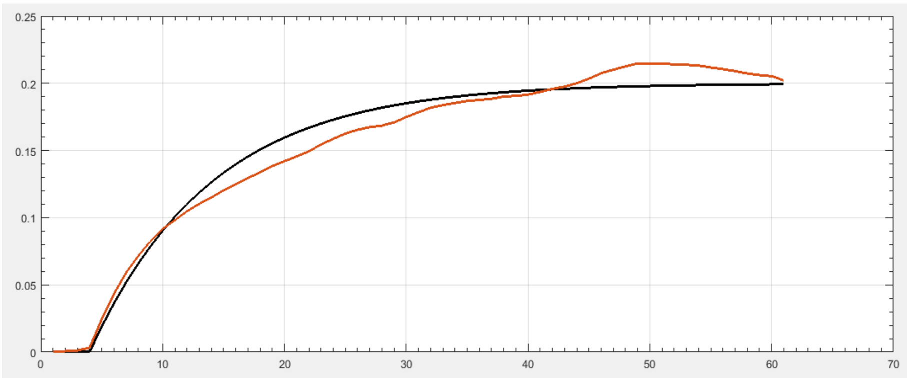


Encontramos com essa configuração, uma perturbação alta, um sinal que praticamente impede de identificarmos o sinal do processo, temos uma contribuição muito grande da perturbação.

Inserindo uma perturbação alta aditiva no processo, porem agora com um filtro de primeira ordem, temos o sinal atenuado e próxima do sinal sem perturbação:



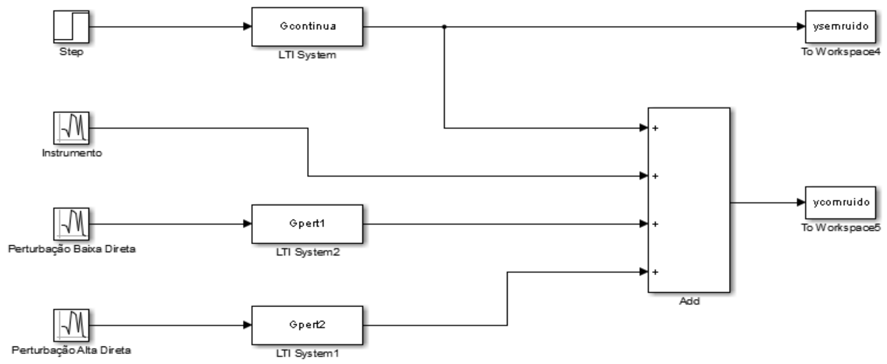
Inserindo uma perturbação alta aditiva no processo, porem agora com um filtro de segunda ordem, temos o sinal muito próximo do sinal sem perturbação:

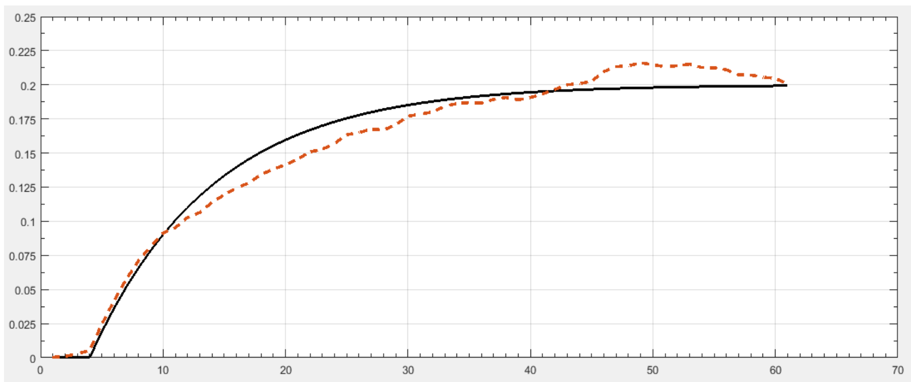


Em ambas as situações, seja com a perturbação leve ou alta, identificamos a eficiência do filtro de segunda ordem, que o coloca o sinal de saída muito próximo do sinal de processo, que seria o sinal sem ruído.

ITEM h: Adicione ao processo duas perturbações simultâneas, correspondentes a v1 e v2, as quais devem ser geradas com sinais aleatórios com sementes diferentes, para evitar que elas sejam correlacionadas. Considere que y seja afetado por ruído de medição, conforme citado no item "c". 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.

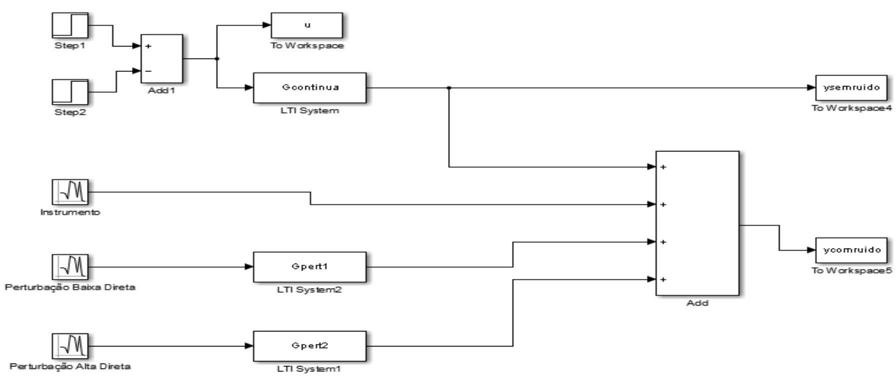
Neste diagrama, o ruído de medição, chamado de instrumento, possui variância 1e-6, a perturbação baixa possui variância de 1e-3 e a perturbação alta 0.1. As sementes de todos os sinais são distintas para que os sinais não sejam correlacionados.



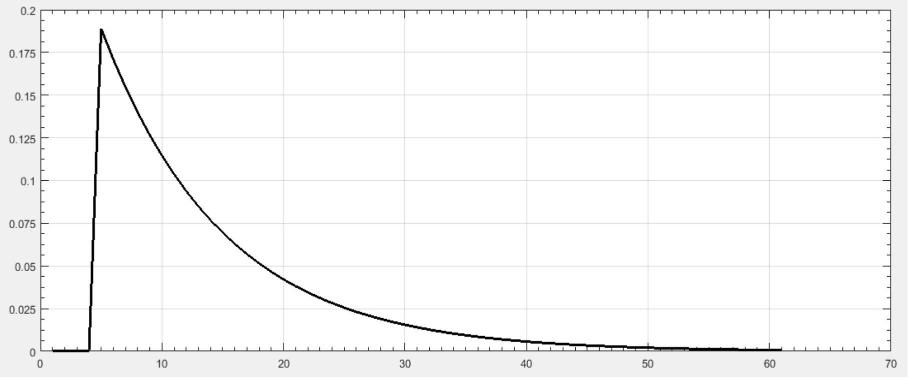


O resultado obtido para as saídas com e sem ruído, estão na curva acima, nota-se que existe uma diferença, claramente causada pelas perturbações, porém o sinal alcança o valor desejado sem muitas variações.

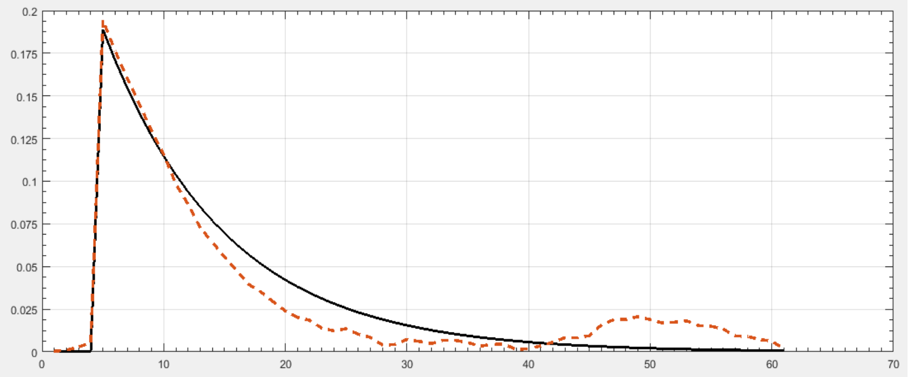
ITEM j: Excite o processo com um pulso unitário e registre a saída do mesmo, considerando a saída y limpa (sem perturbações nem ruído de medição) e a saída y2 afetada por ambas as perturbações (v1 e v2) com baixa e alta intensidade e por ruído de medição. Simule a planta por 2*ts. É possível nas três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



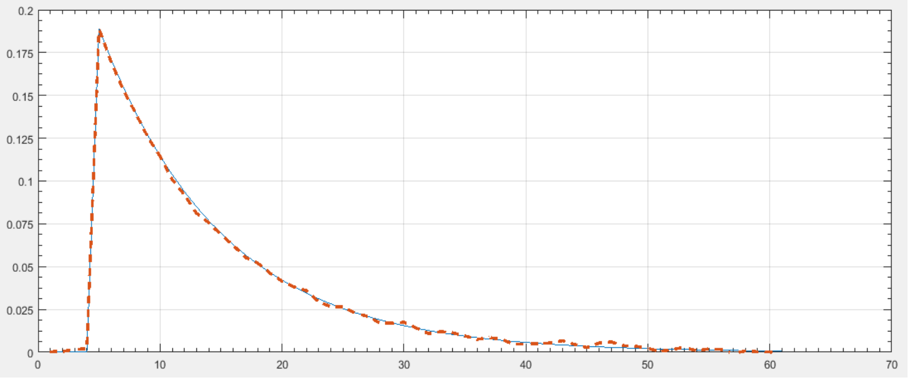
Ao excitarmos o processo com um pulso unitário encontramos a saída abaixo sem que as perturbações tivessem efeito:



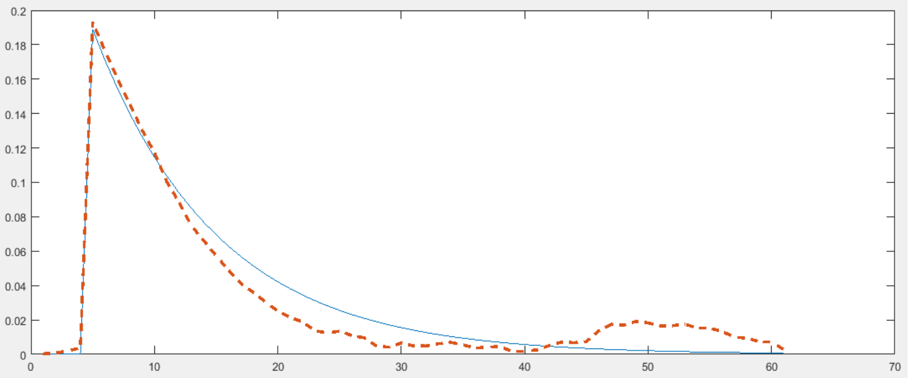
Ao excitarmos o processo com um pulso unitário encontramos a saída abaixo com as perturbações inseridas conforme item h e tempo de simulação proposto:



Abaixo somente a perturbação baixa atuando no sistema:



Abaixo somente a perturbação alta atuando no sistema:



Para a perturbação baixa e o sinal de saída sem ruído, observamos claramente a ação da função peso, porem no caso da perturbação alta não é mais possível verificar o tempo morto com precisão.