

# PTC 5719 – Identificação de Sistemas

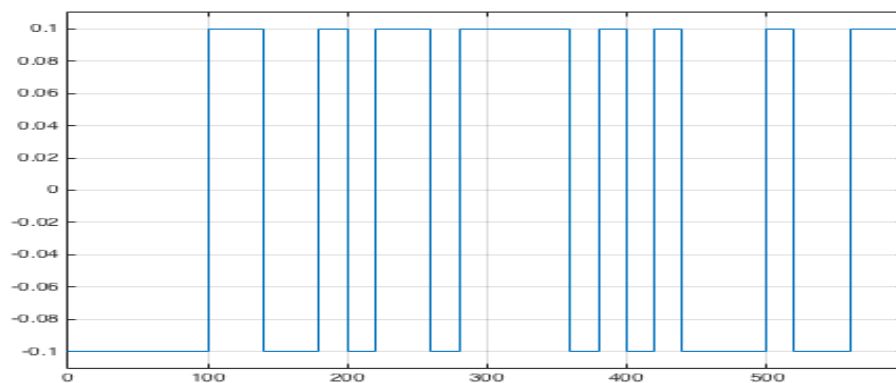
Américo Ferreira Neto

**ITEM a:** Gere um sinal do tipo PRBS (sequência binária pseudo-aleatória) com 601 pontos. Este sinal comuta entre dois valores (neste caso -0,1 e +0,1), com um intervalo mínimo em cada nível dado por  $T_b=20 \cdot T$  (PRBS lento). Plote o sinal gerado e verifique o seu formato.

O PRBS solicitado foi gerado através do código no MATLAB:

```
T=1;  
k=20;  
N=601;  
B=k*T;  
minu=-0.1;  
maxu=0.1;  
  
prbs=idinput(N, 'PRBS', [0, 1/B], [minu, maxu]);
```

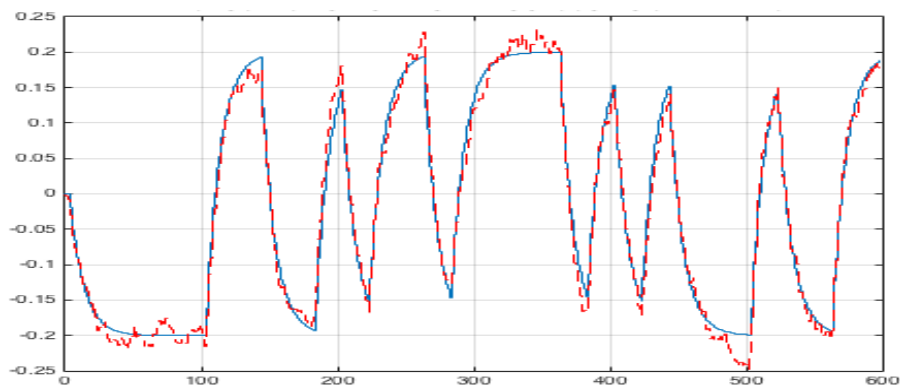
Encontramos o seguinte sinal:



Observamos na forma do sinal que o menor patamar é dura 20s, pois o tempo mínimo de “bit” é de 20s.

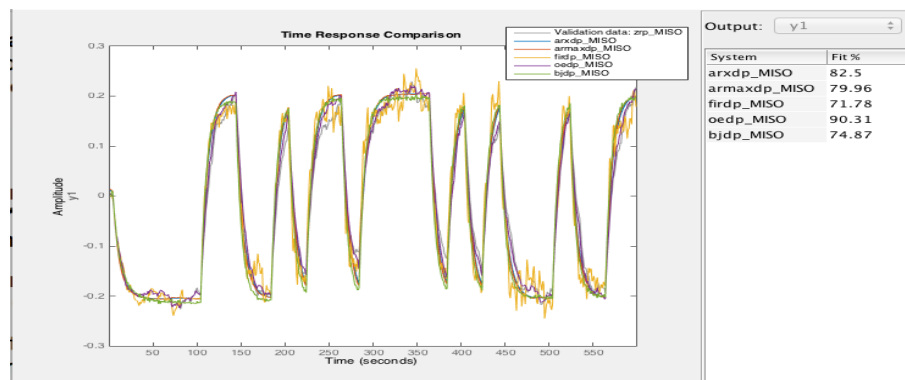
**ITEM b:** Apresente a resposta dos processos limpo ( $y$ ) e afetado por perturbações de baixa intensidade e ruído de medição ( $y_2$ ), quando submetidos ao sinal PRBS lento gerado no item anterior. Altere as sementes que gera as perturbações  $v_1$  e  $v_2$ , bem como aquelas que geram o ruído de medição em  $e_1$  e  $y$ . O motivo desta alteração é que seria impossível na prática coletar novos dados do processo com perturbações e ruídos de medição idênticos aos coletados ao se excitar o processo com um degrau. Simule a planta por 600 s.

Aplicando na planta com o sinal PRBS obtido:



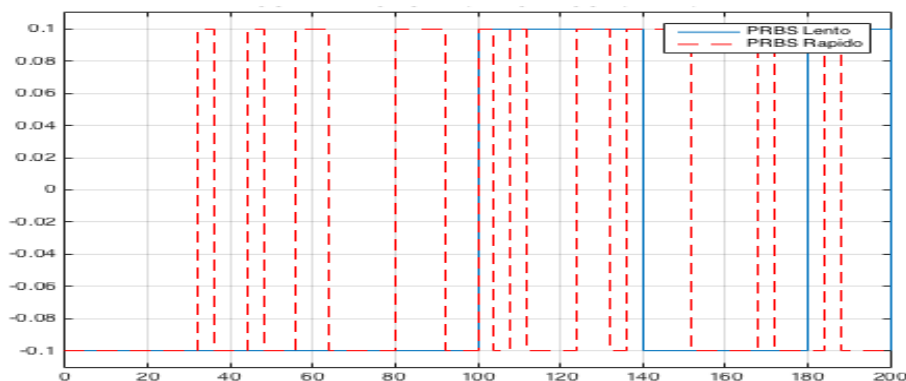
**ITEM c:** Realize uma validação cruzada, via comando “compare” (com y limpo e y com perturbações), dos modelos obtidos no item “m” da 2ª lista de exercícios, gerados através de excitação de degrau, ao se aplicar em u o sinal PRBS lento criado no item “a”.

Realizando a validação cruzada, obtemos:

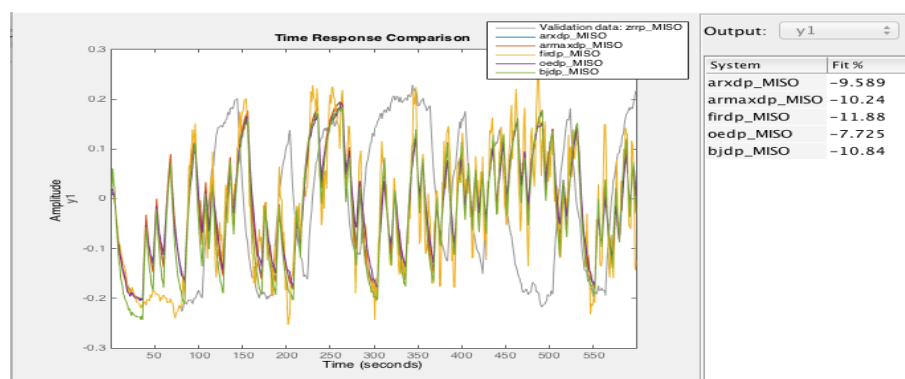


**ITEM d:** Verifique o que ocorre caso se utilize um sinal PRBS mais rápido, com  $T_b=4 \cdot T$  ao invés de  $20 \cdot T$ . O resultado da validação cruzada do item “c” melhora ou piora? Por que?

Comparações entre os sinais PRBS gerados, considerando um lento e outro rápido:



Repetindo a validação cruzada para os modelos do item m utilizando um sinal PRBS rápido, obtemos:



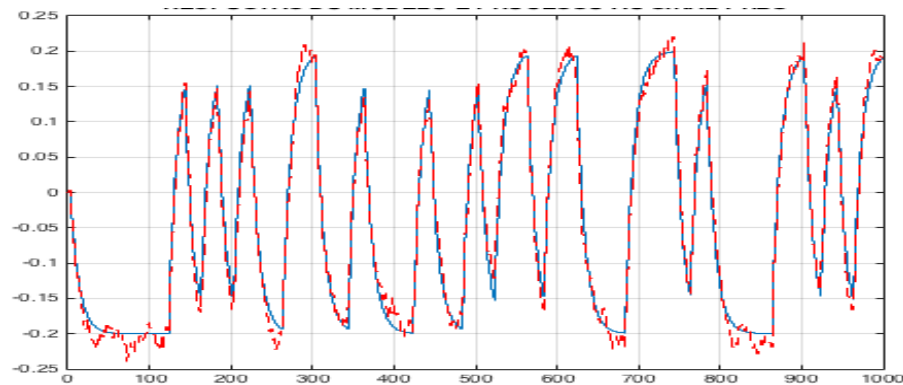
Com o sinal de degrau, a dinâmica do processo foi obtida a partir de apenas uma mudança de valor de 0 para 0.1, o conjunto de perturbações afetou o processo durante a identificação o que torna o modelo específico para justificar apenas este conjunto de perturbações.

Aplicando o sinal PRBS rápido temos grandes variações ocorrendo durante o transitório do sinal que foi levantado para apenas um conjunto específico de perturbações.

Com o sinal rápido, conjuntos distintos afetam o transitório do processo, tornando os modelos ruins.

**ITEM e:** Gere um sinal do tipo PRBS lento com 1001 pontos com amplitude  $\square 0,1$  e intervalo mínimo em cada nível dado por  $T_b=20 \cdot T$ . Aplique esse sinal no processo afetado por perturbações e ruído de medição, considerando as sementes originalmente empregadas para gerá-las.

Simulando o processo com um sinal PRBS de 1000 pontos, obtemos:



**ITEM f:** Com base nos dados do item anterior, identifique modelos com estrutura FIR, ARX, ARMAX, OE e BJ utilizando os 601 primeiros pontos coletados.

#### ARX

Arxrp\_MISO=

Discrete-time ARX model:  $A(z)y(t) = B(z)u(t) + e(t)$

$$A(z) = 1 - 0.9091 z^{-1}$$

$$B_1(z) = 0.185 z^{-4}$$

$$B_2(z) = - 0.003293$$

#### ARMAX

Armaxrp\_MISO=

Discrete-time ARMAX model:  $A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)$

$$A(z) = 1 - 0.9093 z^{-1}$$

$$B_1(z) = 0.1851 z^{-4}$$

$$B_2(z) = 0.001485$$

$$C(z) = 1 - 0.1052 z^{-1}$$

## OE

oerp\_MISO=

Discrete-time OE model:  $y(t) = [B(z)/F(z)]u(t) + e(t)$

$$B1(z) = 1 - 0.1888 z^{-4}$$

$$B2(z) = 0.1355$$

$$F1(z) = 1 - 0.9075 z^{-1}$$

$$F2(z) = 1 - 0.8802 z^{-1}$$

## BJ

bjrp\_MISO=

Discrete-time BJ model:  $y(t) = [B(z)/F(z)]u(t) + [C(z)/D(z)] e(t)$

$$B1(z) = 1 - 0.1871 z^{-4}$$

$$B2(z) = -0.07893$$

$$C(z) = 1 + 0.256 z^{-1}$$

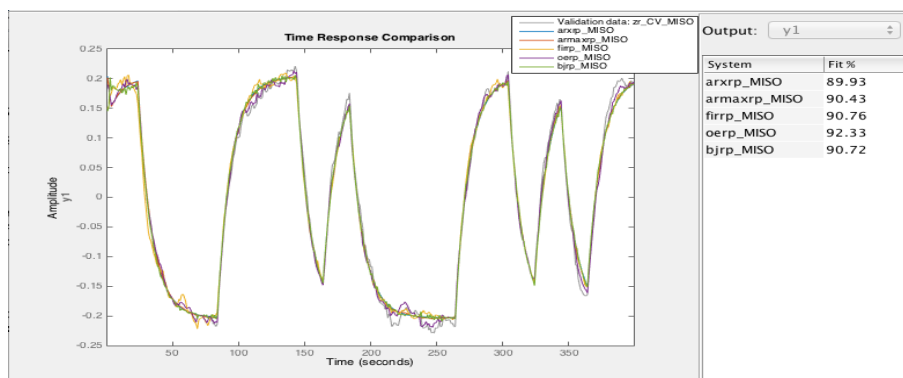
$$D(z) = 1 - 1.268 z^{-1} + 0.366 z^{-2}$$

$$F1(z) = 1 - 0.9081 z^{-1}$$

$$F2(z) = 1 + 0.3616 z^{-1}$$

**ITEM g:** Use os 400 pontos finais coletados no item “e” para realizar uma validação cruzada dos modelos obtidos no item anterior. Analise a qualidade dos modelos obtidos via comando “compare”.

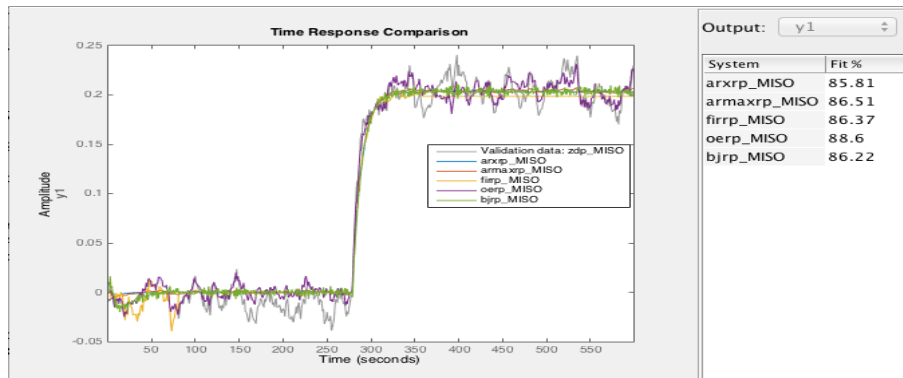
Realizando a validação cruzada dos modelos obtidos no item anterior com os dados provenientes dos 400 últimos pontos obtemos o seguinte resultado:



Os itens apresentam fit elevados, portanto boas representações matemáticas para o processo.

**ITEM h:** Realize uma validação cruzada dos modelos obtidos no item “f” com sinal PRBS lento, empregando como sinal de entrada um degrau unitário de amplitude 0,1 aplicado em  $t=275$  s. Simule a planta por 600 s. Ao aplicar o comando “compare”, como ficou a resposta dos modelos ao degrau?

Realizando a validação cruzada dos modelos obtidos no item f com os dados provenientes do teste de resposta ao degrau obtemos o seguinte resultado:



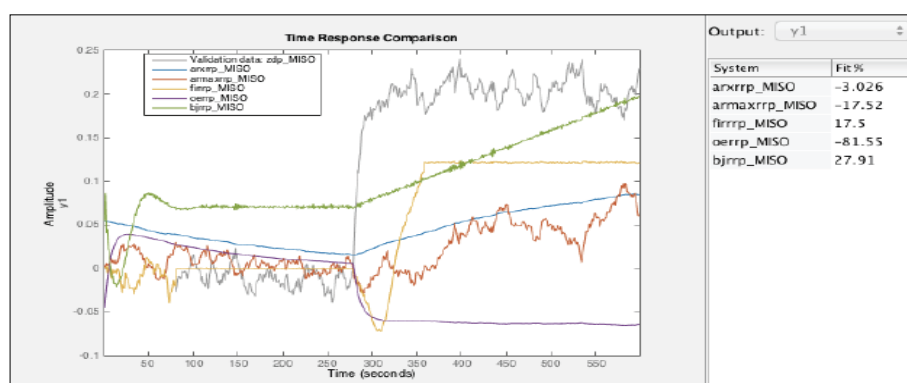
**ITEM i:** Compare o ganho estacionário dos modelos obtidos com PRBS lento com o ganho estacionário do processo. Comente os resultados obtidos.

MODELO	Ganho processo	Perturbação medida
PROCESSO	2.0	1.0
ARX	2.0353	-0.0362
ARMAX	2.0394	0.1637
FIR	1.9858	0.0031
OE	2.0400	1.1310
BJ	2.0355	-0.0580

Na o ganho estacionário conseguiu ser capturado aproximadamente para todas as estruturas de modelo, a perturbação medida não apresentou um bom ganho de estado estacionário para todas as estruturas.

Concluimos que o ruído branco utilizado para excitar a perturbação não teve energia suficiente para produzir dados com informações completas sobre a dinâmica da perturbação medida.

**ITEM j:** Repita a validação cruzada com entrada degrau, mas gerando os modelos com um sinal PRBS rápido, com  $T_b=4 \cdot T$ . Comparando esta validação com aquela feita com o sinal PRBS lento, qual gerou melhores resultados? Por que?



O sinal PRBS rápido não apresentam índices fit bons. Nota-se também que nenhuma das estruturas foi capaz de representar a resposta ao degrau do sistema. A identificação do próprio transitório do sistema ficou comprometida com a excitação muito rápida do processo. Concluímos então que os melhores modelos foram obtidos a partir da excitação da planta com sinal PRBS lento.

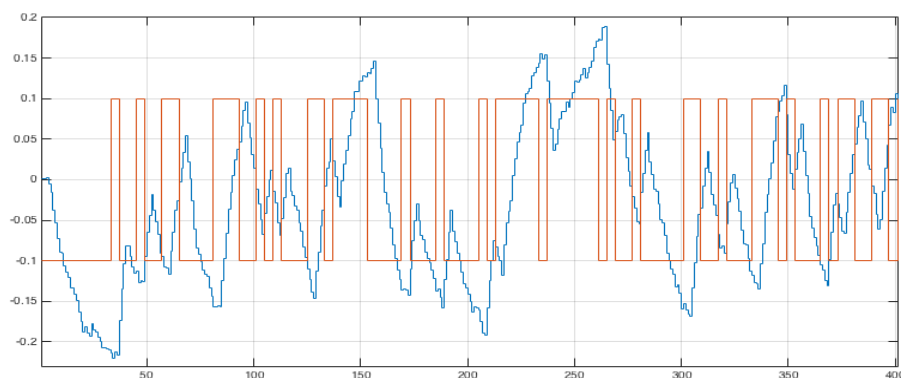
**Item k:** Compare o ganho estacionário dos modelos obtidos com PRBS rápido com o ganho estacionário do processo e com o ganho dos modelos gerados com PRBS lento. Comente os resultados obtidos.

MODELO / VELOCIDADE	Ganho Processo	Ganho Perturbação
PROCESSO	2.0	1.0
ARX / LENTO	2.0353	-0.0362
ARX / RAPIDO	1.0857	-1.3871
ARMAX / LENTO	2.0394	0.1637
ARMAX / RAPIDO	0.8890	-15.5574
FIR / LENTO	1.9858	0.0031
FIR / RAPIDO	1.2187	-0.0177
OE / LENTO	2.0400	1.1310
OE / RAPIDO	-0.6507	0.4361
BJ / LENTO	2.0355	-0.0580
BJ / RAPIDO	-266360	0

Para o sinal PRBS rápido não apresentaram um valor próximo ao processo para o ganho de estado estacionário, ao contrario do que observamos no item i para o sinal PRBS lento.

Isso porque durante o experimento com o sinal PRBS rápido, não houve chance do processo se acomodar.

Segue abaixo a resposta do ensaio comprovando esta afirmação:



Esta tendência apresentada nos primeiros 400 segundos do experimento se confirma para seu restante. A resposta foi apresentada parcialmente e nenhum momento consegue se estabilizar.