

**Laboratório 2 - Roteiro**  
Carga Horária: 2 h  
Semestre 2020/1 B)

---

## Problema 1

O seguinte sistema dinâmico discreto

$$y(k) = 0.8y(k-1) + 0.4u(k-1) - 0.2q(k-1), \quad (1)$$

representa o modelo simplificado de um motor de corrente contínua acionado pela tensão de armadura, para o qual  $y$  representa a velocidade de giro do motor e é variável de processo,  $u$  é a tensão aplicada a armadura do motor (sinal de controle) e  $q$  é o torque de carga sobre o eixo do motor (um sinal de perturbação). Este modelo foi obtido através de uma amostragem feita a cada  $T_s = 1$  s, onde  $t = kT_s$ .

Usando o modelo dado pela Eq. (1), monte um código em Matlab que simule o comportamento do motor. Para os testes do seu simulador, considere 100 segundos de simulação e o sinal de controle (variável manipulada) como do tipo degrau unitário, com subida em  $t = 10$  s, e um o sinal de perturbação também do tipo degrau unitário, com subida em  $t = 50$  s.

Observe a relação entre o valor final em que  $y$  se estabiliza e as amplitudes da entradas do sistema (sinal de controle e perturbação). Faça testes com  $u$  e  $q$  nulos (alternadamente) e conclua sobre a relação estática  $y_{\text{equilíbrio}} = f_1(u_{\text{equilíbrio}}) + f_2(q_{\text{equilíbrio}})$ , sendo  $y_{\text{equilíbrio}}$  o valor “final” para a saída  $y$ ,  $u_{\text{equilíbrio}}$  a amplitude do degrau em  $u$  e  $q_{\text{equilíbrio}}$  a amplitude do degrau em  $q$ . As funções  $f_1(\cdot)$  e  $f_2(\cdot)$  são de qual tipo ?

## Problema 2

Este mesmo motor do Problema 1 agora é modelado usando equações diferenciais. A equação a seguir representa o comportamento deste sistema dinâmico contínuo:

$$5\frac{dy}{dt}(t) + y(t) = 2u(t) - q(t), \quad (2)$$

onde  $y$  representa a velocidade de giro do motor (variável de processo),  $u$  representa a tensão de alimentação do motor (sinal de controle) e  $q$  representa o torque sobre o eixo do motor (sinal de perturbação).

Monte um diagrama em Matlab SimuLink que simule o a Equação diferencial acima. Considere 100 segundos de simulação e a variável manipulada como do tipo degrau unitário, com subida em  $t = 10$  s, tal como o sinal de perturbação, com subida em  $t = 50$  s.

Faça testes com valores diferentes para as amplitudes do degrau em  $u$  e  $q$  e observe o valor final em que  $y$  se estabiliza (novo ponto de equilíbrio). Além disso, estime quanto tempo é necessário para que se atinja 95 % destes valores finais para  $y$  (este período de tempo depende da amplitude do degrau nas entradas  $u$  e  $q$ ). Discuta os resultados observados.

## Questão Extra

A partir da resposta do resposta no tempo do modelo contínuo do Problema 2, amostrado com  $t = kT_s$ , usando  $T_s = 1$  s. Compare este sinal amostrado com o sinal discreto do Problema 1. Observe a relação entre as duas respostas e demonstre que a amostragem da solução do Problema 2 é equivalente a solução do Problema 1. Dica: aproxime  $\frac{dy}{dt}(t)$  por  $\frac{y(k+1)-y(k)}{T_s}$ .