

CONTROLE DIGITAL - SEL0620

Tarefa 3 - Modelagem e Discretização da Planta

Hugo Hiroyuki Nakamura

NUSP: 12732037

Isaac Santos Soares

NUSP: 12751713

1. Qual a função de transferência contínua do sistema para os valores numéricos do seu grupo? Quais os polos do sistema de segunda ordem contínuo? Qual a classificação do sistema de segunda ordem (sobreamortecido, criticamente amortecido ou subamortecido)? Para obter os polos da função de transferência, o seguinte comando de Matlab pode ser utilizado considerando que a função de transferência G já foi definida:

$$p = \text{pole}(G)$$

A função de transferência é dada por:

$$G(s) = \frac{1,092}{s^2 + 2,113s + 1,092}$$

e seus polos são $s_1 = -1,212$ e $s_2 = -0,901$. Como $\zeta = 1,011 > 1$, o sistema é **superamortecido**.

2. Mostre no relatório qual o período de amostragem escolhido baseado na largura de banda do sistema. Como você chegou no valor para o período de amostragem? Mostre no relatório a largura de banda em [rad/s] e em [Hz], e também a frequência de amostragem em [rad/s] e em [Hz]. Observação: o valor escolhido para T_0 baseado na largura de banda deve ser maior que 0,2 segundos. Justifique se precisar usar um valor igual ou menor.

A largura de banda, encontrada através do comando `bandwidth(G3)` no MATLAB. Para atender ao *teorema da amostragem*, escolhemos $\omega_0 = 10\omega_b > 2\omega_b$. Os resultados estão apresentados na tabela 1.

Frequência	Valor	Unidade
ω_b	0,661	rad/s
f_b	0,105	Hz
ω_0	6,609	rad/s
f_0	1,052	Hz

Tabela 1: Largura de banda obtida em rad/s e Hz.

Dessa forma, o valor do período de amostragem, considerando $f_0 = 1,052$ [Hz], é de

$$T_0 = 0,951 \text{ [s]}.$$

3. A partir da função de transferência contínua do sistema, encontre e mostre no relatório a função de transferência discreta do sistema considerando um retentor de ordem zero. Para isso, considerando que a função de transferência contínua já foi definida no Matlab como sendo G , e o período de amostragem foi definido como sendo T_0 , utilize o seguinte comando no Matlab:

$$G_z = \text{c2d}(G, T_0, 'zoh')$$

A função de transferência discreta obtida é

$$G(z) = \frac{0,261z + 0,133}{z^2 - 0,741z + 0,134}$$

4. Quais os polos e zeros da função de transferência discreta? Para obter os zeros da função de transferência, o seguinte comando de Matlab pode ser utilizado considerando que a função de transferência G_z já foi definida:

$$z = \text{zero}(G_z)$$

O zero encontrado para a função de transferência $G(z)$ foi $z_1 = -0.511$, e os polos foram $z_2 = 0,425$ e $z_3 = 0,316$.

5. Plote a resposta do sistema contínuo à uma entrada degrau de amplitude r , que foi indicada na tabela de parâmetros fornecida. Sobreponha a resposta contínua à resposta discreta. Utilize a seguinte sequência de comandos do Matlab considerando que a função de transferência contínua G , a função de transferência discreta G_z , e a amplitude do degrau r já foram definidas:

```
figure
step(r*G)
hold on
step(r*Gz)
```

Acrescente título e legenda para completar a figura.

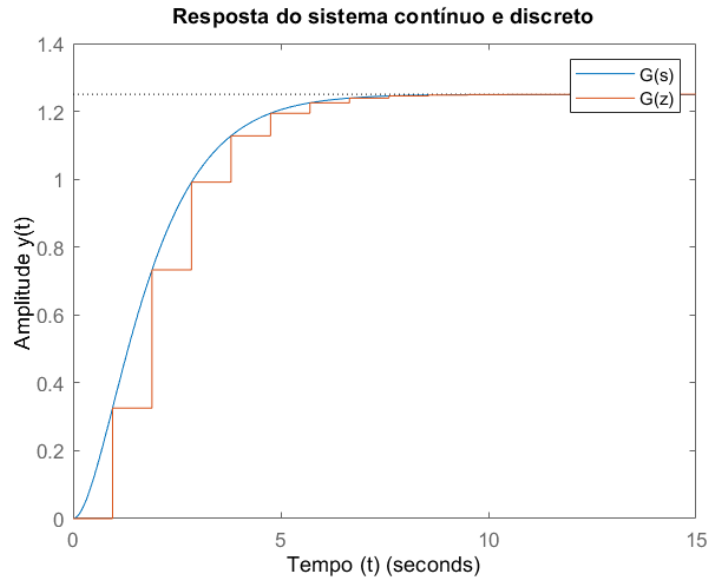


Figura 1: resposta ao degrau do sistema contínuo e discreto.

6. Qual o tempo de acomodação (t_s) da resposta do sistema discreto considerando o critério de $\pm 2\%$? Qual o tempo de subida (t_r) da resposta do sistema discreto? Para encontrar esse valor, clique com o botão direito do mouse no gráfico mostrado pelo Matlab como resposta ao comando step. Então, selecione *Characteristics*, e depois *Settling Time* (t_s) e *Rise Time* (t_r).

O tempo de acomodação encontrado na figura foi de $t_s = 5,7$ [s] ; o tempo de subida encontrado foi de $t_r = 3,42$ [s]. Os valores foram retirados da figura 2.

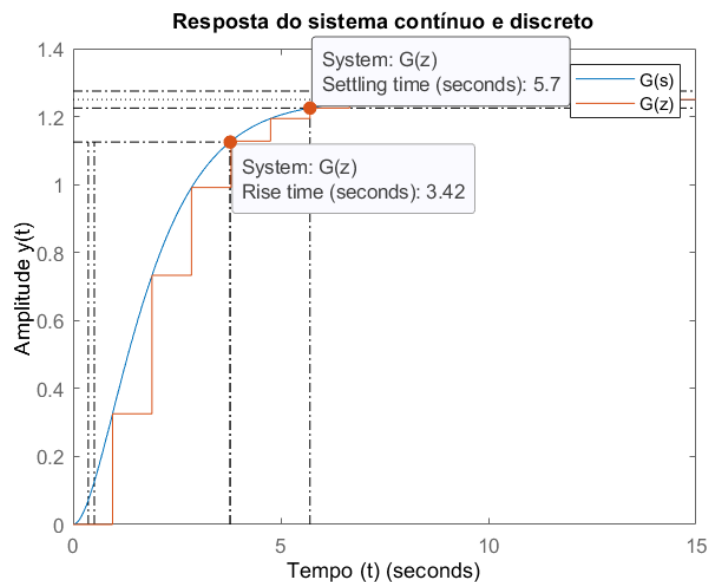


Figura 2: tempo de acomodação e tempo de subida dos sistemas.

Perceba que o tempo de acomodação no sistema contínuo é igual ao do sistema discreto, assim como o tempo de subida.

7. Utilizando o Simulink, implemente o diagrama da Figura 2 que faz a simulação do sistema contínuo em malha aberta submetido a uma entrada degrau. Sequência a ser utilizada para isso:

- (i) Abra o Simulink digitando `simulink` no prompt da janela de comando do Matlab, ou utilize o botão disponível na aba *Home*.
- (ii) Quando a janela do Simulink abrir, escolha a opção de criar um *Blank Model*.
- (iii) Clique no botão *Library Browser*.
- (iv) Arraste do *Library Browser* para a área em branco à direita os blocos que você vai utilizar para criar o diagrama (*Transfer Fcn*, *Zero-Order Hold*, *Scope*, *To Workspace*, *Step*). Eles podem ser encontrados dentro da categoria *Simulink* nas sub-categorias: *Continuous*, *Discrete*, *Sinks*, *Sources*.
- (v) Conecte os blocos clicando na entrada de um bloco e arrastando para a saída de outro bloco ou ponto de conexão desejado.
- (vi) Configure o tempo de simulação para 15 segundos alterando o valor de *Stop Time* na barra superior da janela do Simulink.
- (vii) Configure as propriedades de cada bloco:
 - *Step*: Ajustar o *Step Time* para 0, ajustar o *Final Value* para o valor da amplitude do degrau r .
 - *Transfer Function*: Insira os vetores com os valores dos coeficientes do polinômio do numerador e denominador da função de transferência (ordem decrescente de expoentes). Para recuperar os vetores que representam os polinômios do numerador e denominador da função de transferência:
$$[\text{num}, \text{den}] = \text{tfdata}(G, 'v')$$
 - *Zero-Order Holder*: Configure o *Sample Time* como sendo o valor do período de amostragem T_0 escolhido.
 - *To workspace*: Configure o *Variable name* para o nome da variável do *workspace* onde você quer armazenar os dados. Por exemplo, y_c para a saída contínua, e y_d para a saída discreta.
- (viii) Execute a simulação apertando o botão de *play* da barra superior da janela do Simulink.

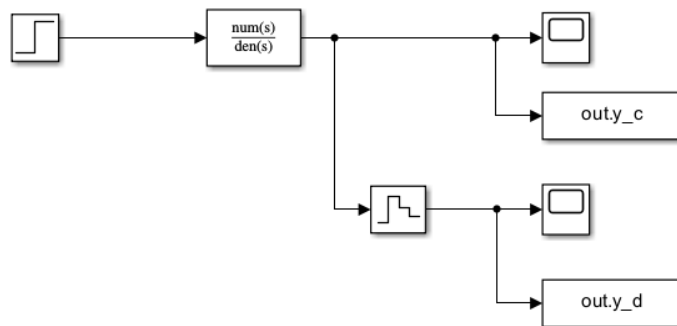


Figura 3: diagrama feito no Simulink.

8. Mostre no relatório uma figura com as saídas sobrepostas geradas pelo Simulink e exportadas pelos blocos *To workspace*. Para plotar os dados exportados pelos blocos *To Workspace* utilize a seguinte sequência de comandos no Matlab:

```
figure
plot(out.yc.Time, out.yc.Data, 'b')
hold on
stairs(out.yd.Time, out.yd.Data, 'r')
```

Acrescente título e legenda para completar a figura.

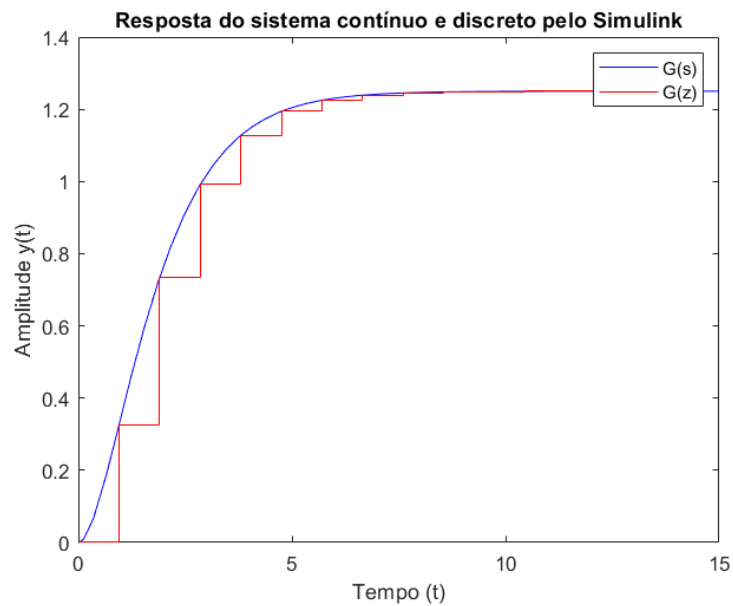


Figura 4: respostas ao degrau contínua e discreta pelo Simulink.