



9ª Aula de Controlo Inteligente

Análise de sistemas discretos

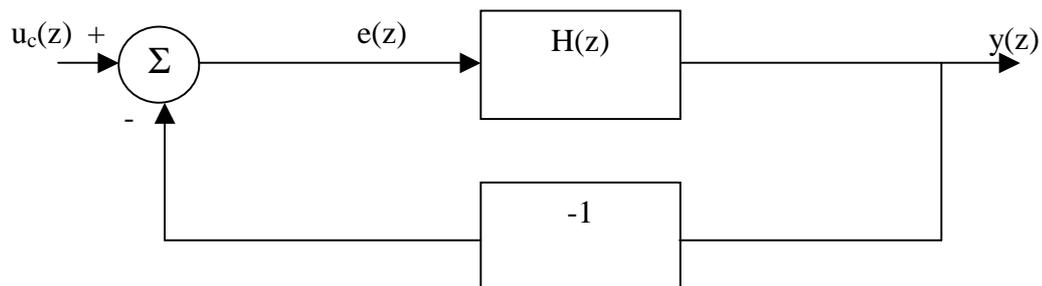
- Estabilidade: Teste de Jury e critério de Nyquist
- Controlabilidade e observabilidade e atingibilidade
- Análise de sistemas em malha fechada: perturbações, oscilações escondidas

Estabilidade: Testes de estabilidade

1. Utilizando o teste de Jury, analise quanto à estabilidade o sistema com a seguinte equação característica:

$$A(z) = z^2 + a_1z + a_2 = 0$$

2. Considere o sistema seguinte:

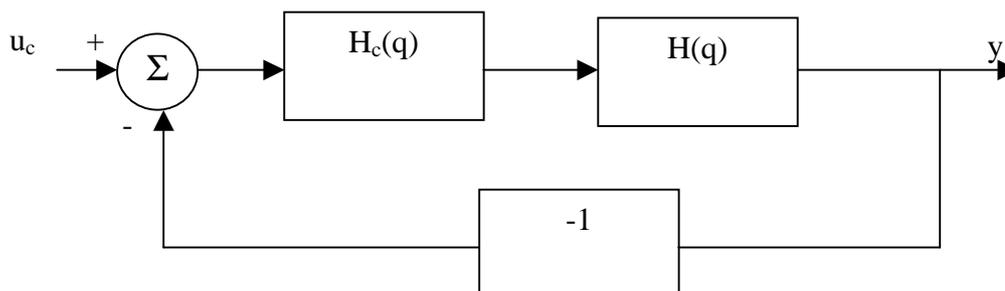


Definindo-se $H(z)$ como:

$$H(z) = \frac{K}{z(z-0.2)(z-0.4)} \text{ com } K > 0$$

Determine os valores de K , para os quais o sistema em malha fechada é estável.

3. Considere o sistema da figura seguinte:





Assuma que a amostragem é realizada periodicamente, com um período h , e que um conversor D-A assegura que o sinal de controlo é constante durante o intervalo de amostragem. Considere que o algoritmo de controlo se define da seguinte forma:

$$u(kh) = K(u_c(kh - \tau) - y(kh - \tau)), K > 0$$

A função de transferência do processo é dada por:

$$G(s) = \frac{1}{s}$$

- Quais os valores de K para os quais o sistema em malha fechada é estável, considerando que $\tau = 0$ e $\tau = 1$.
- Compare o sistema com o sistema equivalente em contínuo, o qual se define como um sistema com um controlador proporcional com um tempo de atraso.

4. Determine a curva de Nyquist do sistema seguinte:

$$H(z) = \frac{1}{z - 0.5}$$

Controlabilidade, observabilidade e atingibilidade

1. Observe o sistema seguinte:

$$\begin{aligned}x(k+1) &= \begin{bmatrix} 0.5 & -0.5 \\ 0 & 0.25 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 6 \\ 4 \end{bmatrix} u(k) \\ y(k) &= [2 \quad -4] x(k)\end{aligned}$$

Analise o sistema anterior quanto à:

- Controlabilidade.
- Observabilidade.

2. Analise o sistema seguinte quanto à atingibilidade:

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} u(k)$$

Assuma que uma entrada escalar $u'(k)$ definida por $u'(k) = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} u(k)$ é introduzida.

O sistema é atingível a partir de $u'(k)$?



3. Dado o sistema:

$$x(k+1) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(k) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(k)$$

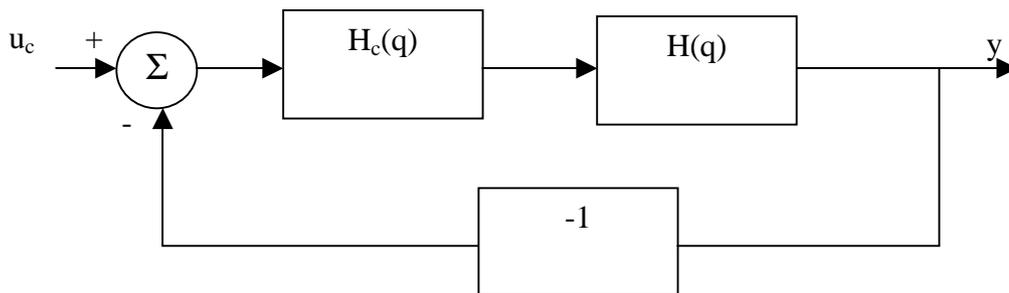
Determine a sequência de controlo que leva o sistema do estado inicial $x^T(0)=[1 \ 1 \ 1]$ à origem.

Qual o número mínimo de passos para resolver o problema a)?

Explique porque é que não é possível encontrar uma sequência de controlo que permita atingir o estado $[1 \ 1 \ 1]^T$ a partir da origem.

Análise de sistemas em malha fechada

1. Dado o sistema:



Supondo que $H(q) = \frac{1}{q(q-0.5)}$, determine o valor em regime estacionário da saída,

considerando que u_c é uma entrada a degrau para:

- $H_c(q) = K$ (controlador proporcional), $k > 0$.
- $H_c(q) = Kq/(q-1)$ (controlador integral), $K > 0$.

2. Faça o problema anterior considerando agora uma entrada em rampa.

3. Discretize o sistema seguinte:

$$G(s) = \frac{s+1}{s^2 + 0.2s + 1}$$

Determine os intervalos de amostragem para os quais a resposta do sistema terá oscilações escondidas.

4. Assuma que o sistema:



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR

Engenharia Electrotécnica

$$y(k) - 1.2y(k-1) + 0.5y(k-2) = 0.4u(k-1) + 0.8u(k-2)$$

é controlado por:

$$u(k) = -Ky(k-1)$$

- Determine para que valores de K o sistema em malha fechada é estável?
- Assuma que o controlador possui um atraso, ou seja:

$$u(k) = -Ky(k-1)$$

Nestas condições determine os valores de K para os quais o sistema é estável.