UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEL
ELT331 – Sistemas de Controle II

Prof. Tarcísio Pizziolo

3ª Lista de Exercícios – Controle Digital

1) Encontre x(k) para k = 0, 1, 2, 3 e 4 quando X(z) for dado por:

$$X(z) = \frac{10z + 5}{(z-1)(z-0,2)}$$

2) Obtenha x(0); x(1); x(2) e x(3) de $X(z) = 1 + 2z^{-1} + 3z^{-2} + 4z^{-3}$.

3) Dado $X(z) = \frac{(1-e^{-aT})z}{(z-1)(z-e^{-aT})}$ onde **a** é uma constante e **T** é o período de amostragem, determine a Transformada-z inversa x(kT) utilizando o método de expansão em frações parciais.

4) Determine a Transformada-z inversa x(kT) utilizando o método de expansão em frações parciais para:

$$X(z) = \frac{z^2 + z + 2}{(z-1)(z^2 - z + 1))}$$

5) Considere $X(z) = \frac{2z^3+z}{(z-2)^2(z-1))}$. Obtenha a Transformada-z inversa de X(z).

6) Obtenha x(k) para $X(z) = \frac{9z^{-1}}{(1-2z^{-1})^2} - \frac{1}{1-2z^{-1}} + \frac{3}{1-z^{-1}}$.

7) Obtenha a Transformada-z inversa de $X(z) = \frac{z+2}{(z-2)z^2}$.

8) Obter a solução da equação de diferenças em termos de x(0) e x(a).

x(k+2) + (**a**+**b**)x(k+1) + **ab**x(k) = 0; onde **a** e **b** são constantes e k = 0, 1, 2, ...

9) Resolva e equação de diferenças 2x(k) - 2x(k-1) + x(k-2) = u(k); onde:

$$\begin{cases} x(k) = 0, \text{para } k < 0 \\ u(k) = 1, \text{para } k = 0, 1, 2, \ldots \\ u(k) = 0, \text{para } k < 0 \end{cases}$$

10) Considere a equação de diferenças a seguir.

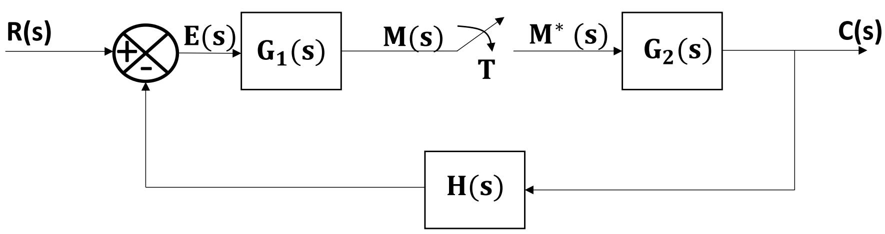
x(k+2) – 1,3679x(k+1) + 0,3679x(k) = 0,3679u(k+1) + 0,2642u(k)

onde x(k) é a saída e x(k) = 0 para k ≤ 0. A entrada é u(k) dada por:

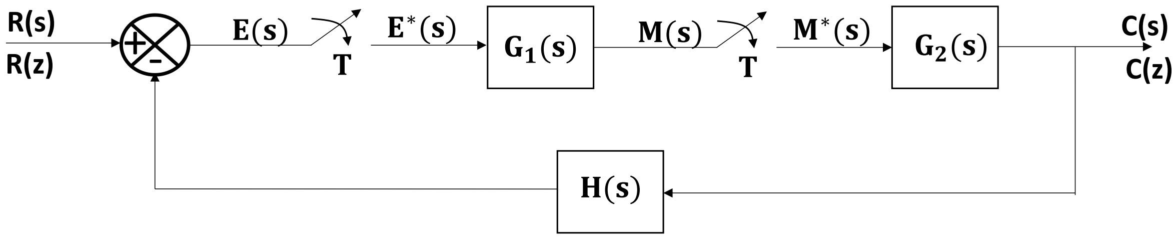
$$\begin{cases} u(k) = 0\ ; \text{para } k < 0 \\ u(0) = 1 \\ u(1) = 0,22142 \\ u(2) = -0,2142 \\ u(k) = 0; \text{para } k = 3, 4, 5, \ldots \end{cases}$$

Determine a saída x(k).

11) Obtenha a saída no tempo discreto C(z) para o sistema de controle em malha fechada dado.

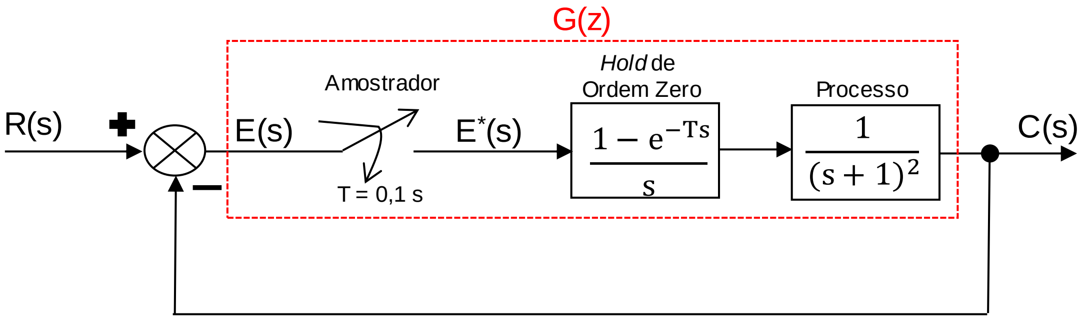


12) Considere o sistema de controle em malha fechada a seguir.



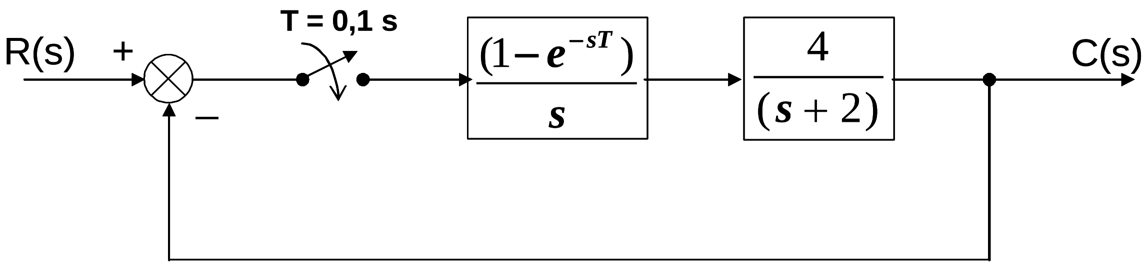
Obter a função de transferência pulsada de malha fechada C(z)/R(s).

13) Seja o sistema de controle dado.

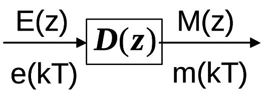


a) Determine a função de transferência G(z) do processo.
b) Determine a função de transferência C(z)/R(z) em malha fechada.
c) Traçar o gráfico de saída deste sistema de controle em malha fechada para uma entrada degrau unitário discreta.

14) Dado o sistema a seguir, qual o erro% da resposta c(kT) em relação à resposta c(t) para a entrada Degrau Unitário na 20ª amostragem?



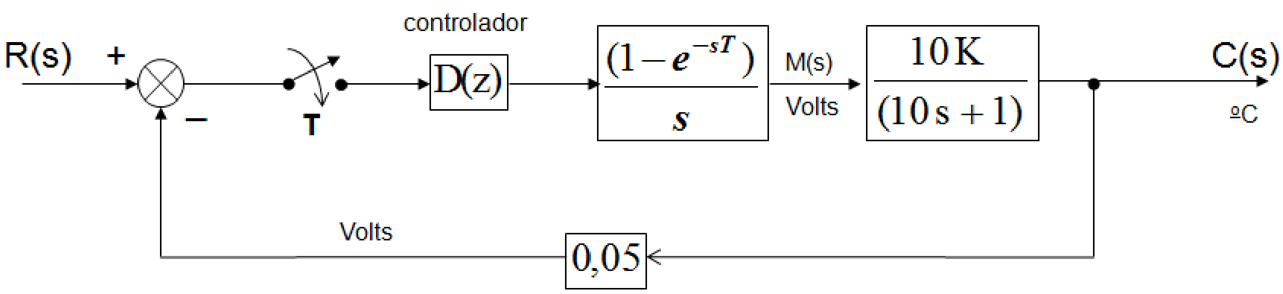
15) Seja o diagrama de bloco de um controlador digital e sua equação de saída.



m(kT) = e(kT) – 0,7e[(k-1)T] + 0,5m[(k-1)T]

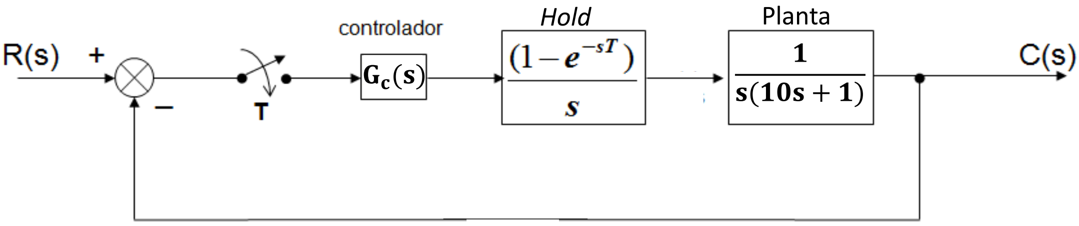
Consideremos que o operador do sistema controlado por D(z) faça uma alteração instantânea no *set-point* da variável controlada e provoque uma entrada Degrau Unitário em **e(kT)**. Aplicando a Convolução Discreta, determine o valor da saída do controlador na 4ª amostragem.

16) Seja o diagrama de blocos de um sistema de controle de temperatura.



a) Considerando D(z) = 1, T = 2 s e o ganho da planta K = 1, determine a equação de resposta c(kT) para comandar um degrau de 10ºC na saída.
b) Construa o gráfico de saída c(kt) até a 14ª amostragem.
c) Construa o gráfico de saída do *Hold* de Ordem Zero até a 13ª amostragem.
d) Qual o valor de c(kT) para o estado permanente?
e) Considerando agora o ganho K da planta variável, determine os valores de K para que o sistema digital seja estável.

17) O diagrama de blocos a seguir apresenta um sistema de controle em malha fechada com um controlador $G_c(s)$ em série com o *Hold* de Ordem Zero e a planta G(s).



O controlador $G_c(s)$ é dado pela função de transferência:

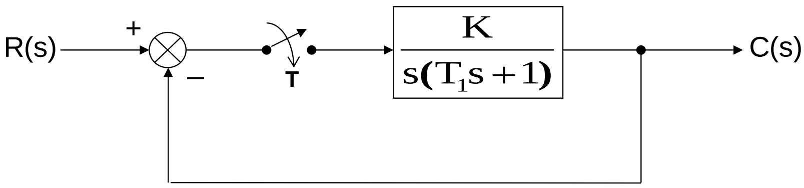
$$G_s(s) = 8\frac{(s+0{,}1)}{(s+2)}$$

Para um T = 0,2 s:
a) determinar o controlador digital D(z).
b) construir do gráfico de saída c(kT) do sistema sem o controlador D(z).
c) construir do gráfico de saída c(kT) do sistema com o controlador D(z).

18) Determine se o sistema abaixo é estável.

$$F(z) = \frac{z+1}{z^2+0{,}6z+0{,}1}$$

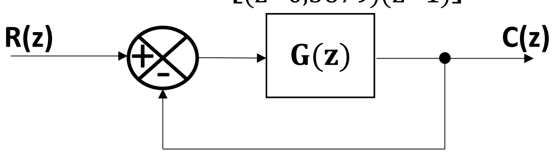
19) Considere o sistema visto na figura abaixo com K > 0 e $T_1 > 0$.



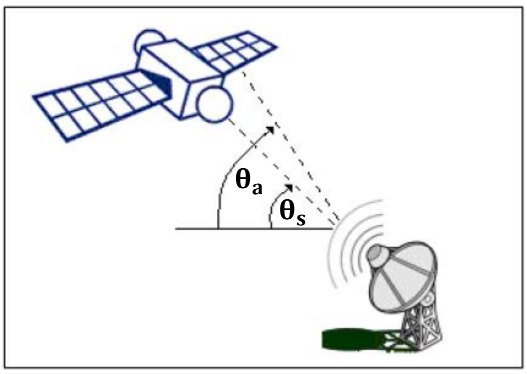
Mostre que o sistema de tempo discreto é estável se e apenas se $0 < K < 2\coth\left(\frac{T}{2T_1}\right)$.

20) Determine os valores do ganho K para que o sistema em malha fechada seja estável onde:

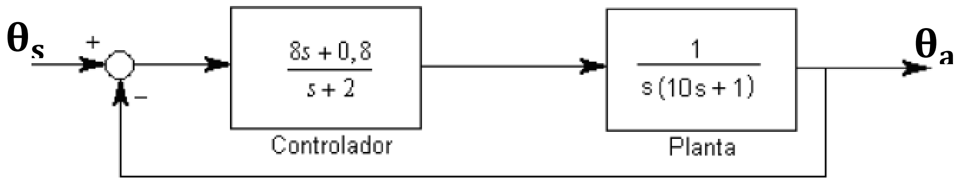
$$G(z) = K\left[\frac{0{,}3679z+0{,}2642}{(z-0{,}3679)(z-1)}\right].$$



21) Seja o esquema abaixo um sistema de controle para posicionamento de uma antena para captar sinais de um satélite.



O diagrama de blocos a seguir representa a malha fechada de controle do sistema dado.



Onde $\boldsymbol{\theta_s}$ é a posição angular do satélite e $\boldsymbol{\theta_a}$ é a posição angular da antena.
Para um tempo de amostragem T = 0,2 s determine a ação de controle do controlador digital emulado pelo controlador analógico dado.

22) Seja o controlador PID digital.

$$D(z) = \frac{M(z)}{E(z)} = \left[K_P + K_i T \frac{z}{(z-1)} + \frac{K_D}{T}\frac{(z-1)}{z}\right]$$

Os parâmetros PID ajustados são K_p = 6,81, K_i = 4,83 e K_D = 2,4. Para T = 0,1 s determine a lei de controle para tal controlador.

23) Discretize o sistema de controle a seguir com T = 0,2 s, e utilizando o MatLab, construa o gráfico de resposta para este sistema no tempo discreto para uma entrada degrau unitário discreta em malha fechada com o controlador PID digital.