Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Elétrica
Controle Digital – 1º Semestre – 2020
Prof. Henrique C. Ferreira

5º Exercício de Simulação

1. Considere um processo descrito pela seguinte função de transferência:

$$G(z) = \frac{0{,}0125(z+0{,}195)(z+2{,}821)}{z(z-1)(z-0{,}368)(z-0{,}8187)}$$

   (a) Projete um controlador com resposta *deadbeat* de modo que a saída siga um degrau unitário em tempo mínimo; Obtenha a expressão da saída e da ação de controle para entrada degrau unitário.

   (b) No Simulink, simule o sistema a malha fechada para entrada degrau unitário; Faça os gráficos da saída, do erro e do sinal de controle.

   (c) Projete um controlador com resposta *deadbeat* de modo que a saída siga uma rampa unitária em tempo mínimo; Obtenha a expressão da saída e da ação de controle para entrada rampa unitária.

   (d) No Simulink, simule o sistema a malha fechada para entrada rampa unitária. Faça os gráficos da saída, do erro e do sinal de controle.

2. Considere um processo descrito pela seguinte função de transferência:

$$G(z) = \frac{0{,}0003916(z+2{,}8276)(z+0{,}19)}{(z-1)^2(z-0{,}2865)}$$

   (a) Projete um controlador com resposta *deadbeat* de modo que a saída siga um degrau unitário em tempo mínimo; Obtenha a expressão da saída e da ação de controle para entrada degrau unitário.

   (b) No Simulink, simule o sistema a malha fechada para entrada degrau unitário; Faça os gráficos da saída, do erro e do sinal de controle.

   (c) Projete um controlador com resposta *deadbeat* de modo que a saída siga uma rampa unitária em tempo mínimo; Obtenha a expressão da saída e da ação de controle para entrada rampa unitária.

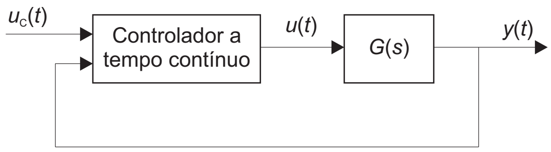
   (d) No Simulink, simule o sistema a malha fechada para entrada rampa unitária. Faça os gráficos da saída, do erro e do sinal de controle.

3. Considere o sistema de controle da figura 1(a) onde a planta tem função de transferência

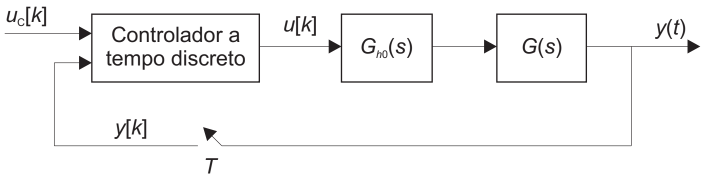
$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{k_P}{Js^2}$$

   e o controlador é descrito por

$$U(s) = \frac{bk_C}{a}U_C(s) - k_C\frac{s+b}{s+a}Y(s).$$



(a)



(b)

Se os parâmetros do controlador forem escolhidos como $a = 2\omega_0$, $b = \omega_0/2$ e $k_C = 2\frac{J\omega_0^2}{k_P}$, a função de transferência de malha fechada fica

$$\frac{Y(s)}{U_C(s)} = \frac{(\omega_0^2/2)(s+2\omega_0)}{s^3 + 2\omega_0 s^2 + 2\omega_0^2 s + \omega_0^3}$$

e o tempo de acomodação de 5% para entrada degrau é $t_s(5\%) = 5{,}52/\omega_0$, como foi visto no exercício de simulação 2. Para a mesma planta deseja-se projetar um sistema de controle a tempo discreto como pode ser visto na figura 1(b), onde a ação de controle tem a seguinte forma

$$u[k] = t_0 u_C[k] - s_0 y[k] - s_1 y[k-1] - r_1 u[k-1].$$

(a) Mostre que a planta discretizada pode ser descrita pela função de transferência

$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \alpha \frac{z^{-1}(1+z^{-1})}{(1-z^{-1})^2},$$

onde $\alpha = \frac{k_P T^2}{2J}$, e pela equação a diferenças

$$y[k] - 2y[k-1] + y[k-2] = \alpha(u[k-1] + u[k-2]);$$

(b) Encontre a função de transferência de malha fechada do sistema, com entrada $U_C(z)$ e saída $Y(z)$;

(c) Lembrando que para o sistema tem malha fechada tenha resposta *deadbeat* é necessário que todos os polos estejam na origem do plano z, mostre que essa condição é alcançada para $r_1 = 0{,}75$, $s_0 = 1{,}25/\alpha$, $s_1 = -0{,}75/\alpha$ e $t_0 = 0{,}5/\alpha$; Mostre também que nessas condições, a saída é dada por

$$y[k] = \frac{1}{2}(u_C[k-1] + u_C[k-2]);$$

(d) Abra o arquivo `exsim5model.mdl`, que contém o diagrama de simulação do sistema em malha fechada com controlador a tempo contínuo e a tempo discreto, o arquivo `ctrld.m` que contém a ação de controle a tempo discreto e o arquivo `exsim5script.m` onde estão definidos os parâmetros e comandos para a simulação. Considere o período de amostragem $T = 1{,}4/\omega_0$ e $\omega_0 = 1$ quando necessário. Verifique como foram implementadas as ações de controle. Rode o arquivo `exsim5script.m` e analise as respostas dos sistemas com controlador a tempo contínuo e a tempo discreto e as respectivas ações de controle. Compare o desempenho da resposta do controlador *deadbeat* a tempo discreto com os controladores discretizados do exercício de simulação 2 levando em conta os diferentes períodos de amostragem utilizados em cada controlador.

(e) A resposta do sistema de controle *deadbeat* a tempo discreto oscila entre os instantes de amostragem? Justifique por meio dos gráficos de $y(t)$ e $u(t)$.