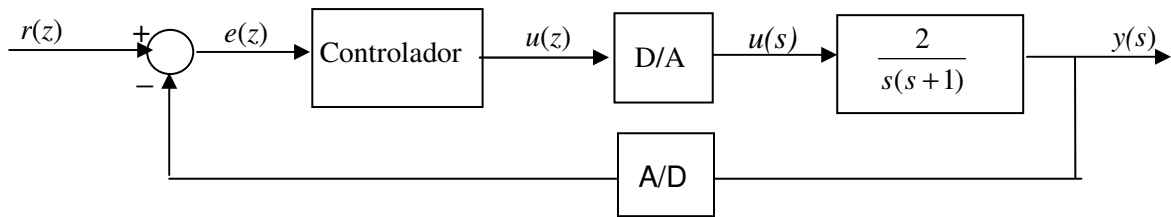


PMR3409 – Controle II
LISTA #5 – Controladores digitais

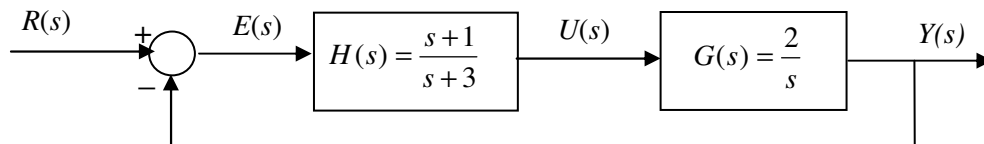
Prof. Eduardo L. Cabral

- 1) Pretende-se projetar um controlador em tempo discreto para a planta representada na figura abaixo. O projeto deve ser tal que o sistema em malha fechada apresenta o seguinte desempenho:
1. Erro de regime para uma entrada na forma de degrau igual a 0;
 2. Tempo de assentamento, $t_s < 2s$;
 3. Máximo sobressinal, $M_p < 7\%$.



- (a) Qual é a região do plano s onde podem se localizar os pólos da malha fechada que satisfazem as especificações? Faça um esboço da região desejada no plano z .
- (b) Obtenha o equivalente em tempo discreto da planta. Qual o período de amostragem que você deve utilizar? Justifique.
- (c) Qual o tipo de controlador necessário para satisfazer as especificações? Justifique.

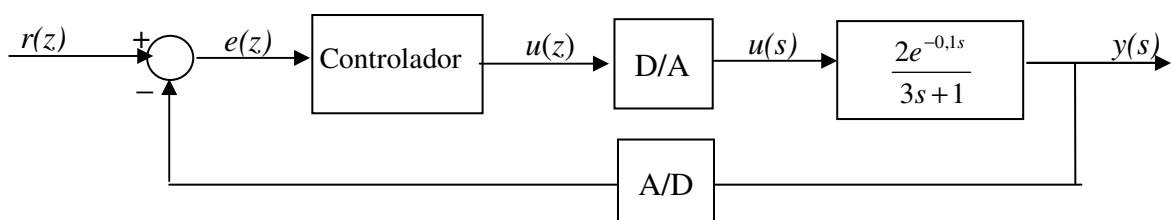
- 2) Uma planta com um controlador analógico é mostrada na figura abaixo.



- (a) O seu primeiro trabalho é converter o controlador analógico para um equivalente digital que irá ser implementado em um microcomputador. Obtenha o controlador digital aproximando o analógico pelo método de diferenças para frente (Euler). Use um período de amostragem genérico T_a .
 - (b) Obtenha o equivalente em tempo discreto da planta.
 - (c) Agora analisando o sistema em malha fechada implementada com o controlador em tempo discreto aproximado pelo método de Euler e a planta em tempo discreto. Calcule a função de transferência da malha fechada em z que relaciona $Y(z)$ com $R(z)$.
 - (d) O sistema em malha fechada da parte (b) pode ficar instável? Se a resposta for sim, então para que períodos de amostragem o sistema será estável?
- 3) Um aluno projetou um controlador analógico tipo proporcional para a planta de questão anterior de forma a satisfazer as especificações de erro de regime igual a zero e máximo sobressinal menor do que 7%. Contudo, na hora de implementar o controlador em um computador foi observado que o sistema em malha fechada apresentava grandes oscilações. Assim, pede-se:
- (a) Você consegue explicar a razão das oscilações se o controlador foi projetado de acordo com as especificações?

- (b) Dado que o controlador proporcional analógico projetado pelo aluno é dado por $H(s) = 0,125$, qual o intervalo para o período de amostragem de forma que o sistema em malha fechada, com este controlador implementado digitalmente, seja estável?
- (c) Para manter os pólos do sistema em malha fechada com o controlador em tempo discreto equivalentes aos pólos que o aluno adotou no projeto do controlador analógico, qual deve ser o período de amostragem?

- 4) Pretende-se controlar a temperatura de um forno elétrico com a malha fechada representada na figura abaixo. Dadas as características da planta, o projeto do controlador deve ser totalmente realizado em tempo discreto. O projeto deve ser tal que o sistema em malha fechada apresente o seguinte desempenho:
1. Erro de regime para uma entrada na forma de degrau unitário menor do que $0,1^\circ\text{C}$;
 2. Tempo de assentamento de 98%, $t_a < 2\text{s}$;
 3. Máximo sobressinal, $M_p < 20\%$.



- (a) Obtenha o equivalente em tempo discreto da planta. Qual o período de amostragem que você deve utilizar? Justifique. (Cuidado com a região desejada para os pólos da malha fechada em z).
- (b) Qual é a região do plano s onde podem se localizar os pólos da malha fechada que satisfazem as especificações? Faça um esboço da região desejada no plano z .
- (c) Qual o tipo de controlador necessário para satisfazer as especificações? Justifique. (Observação: utilize o controlador mais simples possível).
- (d) Obtenha a função de transferência em z que fornece o erro em função do sinal de referência e calcule o valor final do erro.
- (e) Calcule os parâmetros do controlador em tempo discreto, definido na parte (c), que satisfaça as especificações. Quais os pólos da malha fechada para este controlador?
- 5) Para o sistema da questão (2) pede-se:
- (a) Projete um controlador por realimentação de estados em tempo discreto que satisfaça as seguintes especificações:
- 1 Erro de regime para uma entrada na forma de degrau unitário igual a zero;
 - 2 Tempo de assentamento de 98%, $t_a < 2\text{s}$;
 - 3 Máximo sobressinal, $M_p < 20\%$.
- (b) Escreva as equações de diferenças que implementam esse controlador.
- (c) Qual a diferença entre esse controlador e o controlador da questão (2)?

Solução

1b) $T_a = 0,1\text{s}$, $G(z) = \frac{0,009675z + 0,009358}{z^2 - 1,905z + 0,9048}$

1c) Controlador mais adequado é o PD, porque planta já tem integrador e é necessário levar o pólos do sistema em malha fechada para a esquerda para satisfazer a especificação de tempo de assentamento.

2a) $G_c(z) = \frac{z - 1 + T_a}{z - 1 + 3T_a}$

$$2b) G_p(z) = \frac{2T_a}{z-1}$$

$$2c) G_{mf}(z) = \frac{2T_a(z-1+T_a)}{z^2 + z(-2+5T_a) + 1 - 5T_a + 2T_a^2}$$

2d) Sim, o sistema pode ficar instável.