UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Adão Thalisson Castro Guimarães
Pedro Henrique Ferreira Amorim da Silva
Victor Augusto Medeiros Balbino

CONTROLADOR DIGITAL DISCRETO

JUAZEIRO - BA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

Adão Thalisson Castro Guimarães
Pedro Henrique Ferreira Amorim da Silva
Victor Augusto Medeiros Balbino

CONTROLADOR DIGITAL DISCRETO

Esta trabalho teve como objetivo a montagem de um controlador digital discreto, dados os requisitos que o mesmo deveria possuir. Além de calcular seus parâmetros de modo teórico e simulá-los para averiguação destes resultados, e poder comprovar que estão sendo cumpridos os requisitos.

Orientador: Prof. Msc. Juracy Emanuel Magalhaes da Franca

JUAZEIRO - BA
2022

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE CÓDIGOS

SUMÁRIO

1 PLANTA

De início, foi proposta uma planta para ser feito o controlador digital, ela é da forma:

$$G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$

Foi proposto também que o controlador deveria possuir alguns requisitos, que são:

- OS= 16,3 %
- $T_p = 1s$

A planta, na sua forma contínua, apresentava o seguinte comportamento:

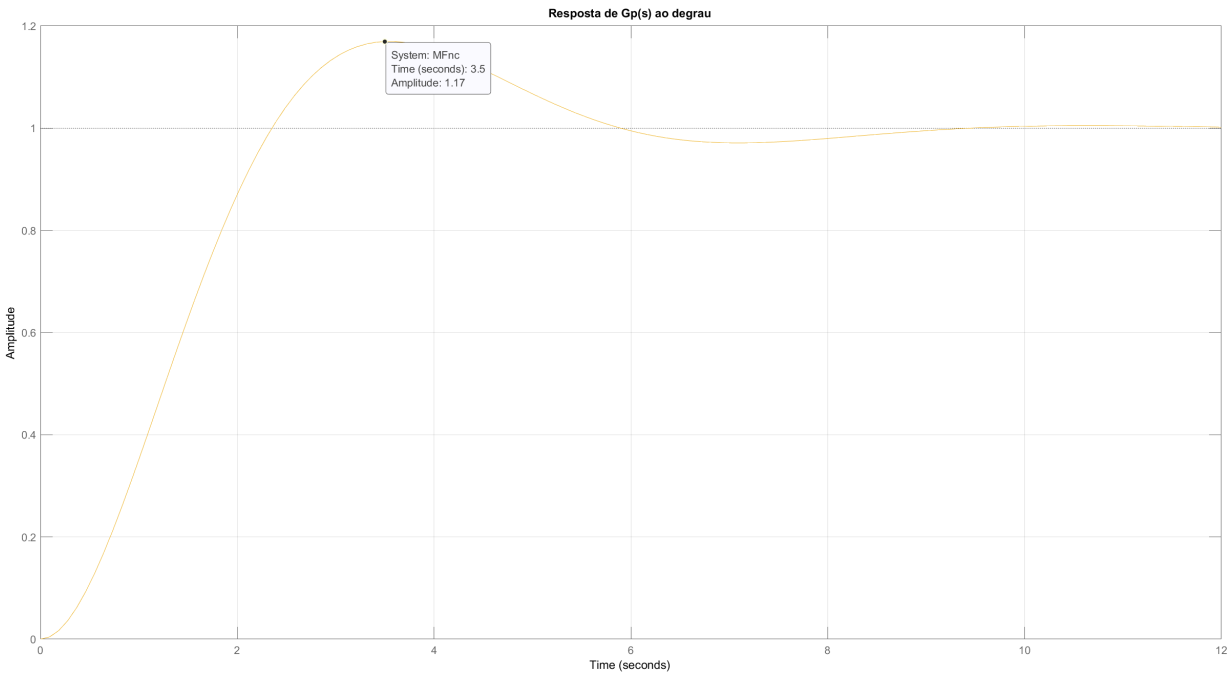


Figura 1 – Resposta ao degrau

É notado que essa função apresenta Tp=3,5 aproximadamente, e um OS de 1,2(20%) aproximadamente também, resultados esses que serão comprovados por meio dos cálculos analíticos.

O primeiro passo é encontrar a função compesada dessa planta, os passos estão a seguir demonstrados, até encontrar a mesma. Alguns valores foram encontrados utilizando o Matlab, a exemplo dos polos dominantes e o valor de K.

Trabalho Controle II

segunda-feira, 4 de abril de 2022 11:00

$$W_n = \frac{4}{\delta t_s} \qquad \delta = \frac{-\ln(OS/100)}{\sqrt{\pi^2 + (\ln(OS/100))^2}} \qquad G_c = \frac{1}{s(s+1)} = \frac{1}{s^2+s}$$

$\delta = 0{,}5$

$k = 1{,}0352$ *

$s = -0{,}54 \pm 0{,}887i$ *

*Obtido pelo MATLAB

1

$$s = -\delta w_n \pm w_n\sqrt{\delta^2 - 1}$$

$$w_n = \frac{\text{PARTE REAL DE } S}{-\delta} = \frac{-0{,}54}{0{,}5} \simeq 1{,}08$$

Encontrar o t_s (tempo de acomodação)

$$t_s = \frac{4}{\delta w_n} = \frac{4}{0{,}5 \cdot 1{,}08} = 7{,}4\,s$$

tempo pico $\rightarrow t_p = \frac{\pi}{w_n\sqrt{1-\delta^2}}$

$$t_p = \frac{\pi}{1{,}08 \cdot \sqrt{1-0{,}5^2}} = 3{,}358\,s$$

Compensando o sistema

$t_s = 7{,}4\,s$ (permanece)

$w_n = 1{,}08$ (permanece)

2 Calcular o σ

Sabendo que $w_n = \frac{4}{\delta t_s}$ e $\sigma = -\delta \cdot w_n$, fazendo as substituições

$$\sigma = -\delta \cdot \frac{4}{\delta t_s} \rightarrow \sigma = -\frac{4}{t_s} = -\frac{4}{7{,}4} \rightarrow \sigma = -0{,}54$$

3 Encontrar o w_d, mas primeiro:

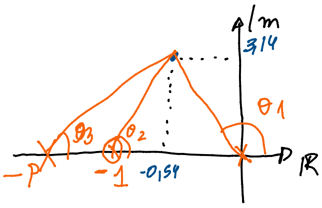
Como a equação do tempo de pico é: $t_p = \frac{\pi}{w_n\sqrt{1-\delta^2}}$, sendo $w_n\sqrt{1-\delta^2} = w_d$

O tempo de pico desejado é $1\,s$,

$$w_d = \frac{\pi}{t_p} \rightarrow \frac{\pi}{1} \rightarrow w_d = 3{,}1415$$

Os polos desejados serão então $s = \sigma \pm w_d \rightarrow s = -0{,}54 \pm 3{,}1415$

4 Encontrar o ângulo



$$\theta_1 = 180 - \tan^{-1}\left(\frac{3{,}14}{0{,}54}\right) = 99{,}75°$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{3{,}14}{0{,}46}\right) = 81{,}6°$$

(Porém não vou entrar, pq escolhi pl ser um zero, cancelando assim com o polo)

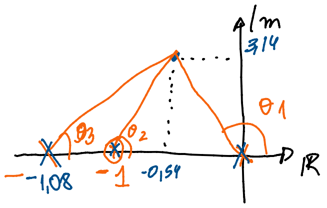
$$\theta_1 + \theta_3 = -180$$
$$-99{,}75 + \theta_3 = -180$$
$$\theta_3 = -180 + 99{,}75$$
$$\theta_3 = 80{,}25°$$

$$\tan(\theta_3) = \frac{3{,}14}{X} \rightarrow \tan(80{,}25) = \frac{3{,}14}{X} \rightarrow X = \frac{3{,}14}{5{,}81} \rightarrow X = 0{,}54 + 0{,}54 = 1{,}08$$

Contribuição do polo que já existia, a distância até ele

Localização do polo desconhec.

(5) Encontrar o k



$h_1 = \sqrt{3{,}14^2 + 0{,}54^2} = 3{,}186$

$h_3 = \sqrt{3{,}14^2 + 0{,}54^2} = 3{,}186$

Como k é dado por $k = h_1 . h_3$ (Nesse caso)

$k = 3{,}186 \cdot 3{,}186 = 10{,}1512$

A função compensada será então: $10{,}1512 \cdot \dfrac{(s+1)}{(s+1{,}08)}$

$G_c(s) = 10{,}15 \cdot \dfrac{(s+1)}{(s+1{,}08)}$ //

2 CONVERSÃO DE CONTÍNUO PARA DISCRETO

O sistema será da seguinte forma:

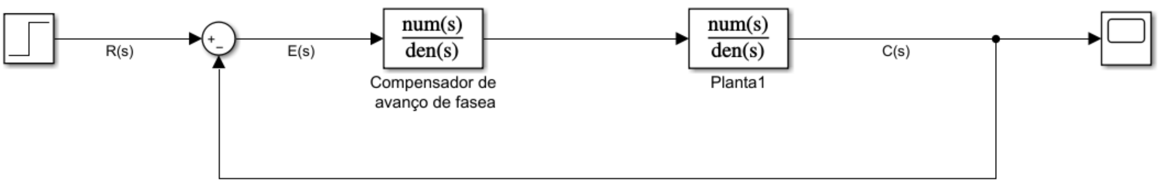


Figura 2 – Sistema contínuo utilizado para projeto

Teremos o seguinte gráfico para a resposta em malha fechada no plano s:

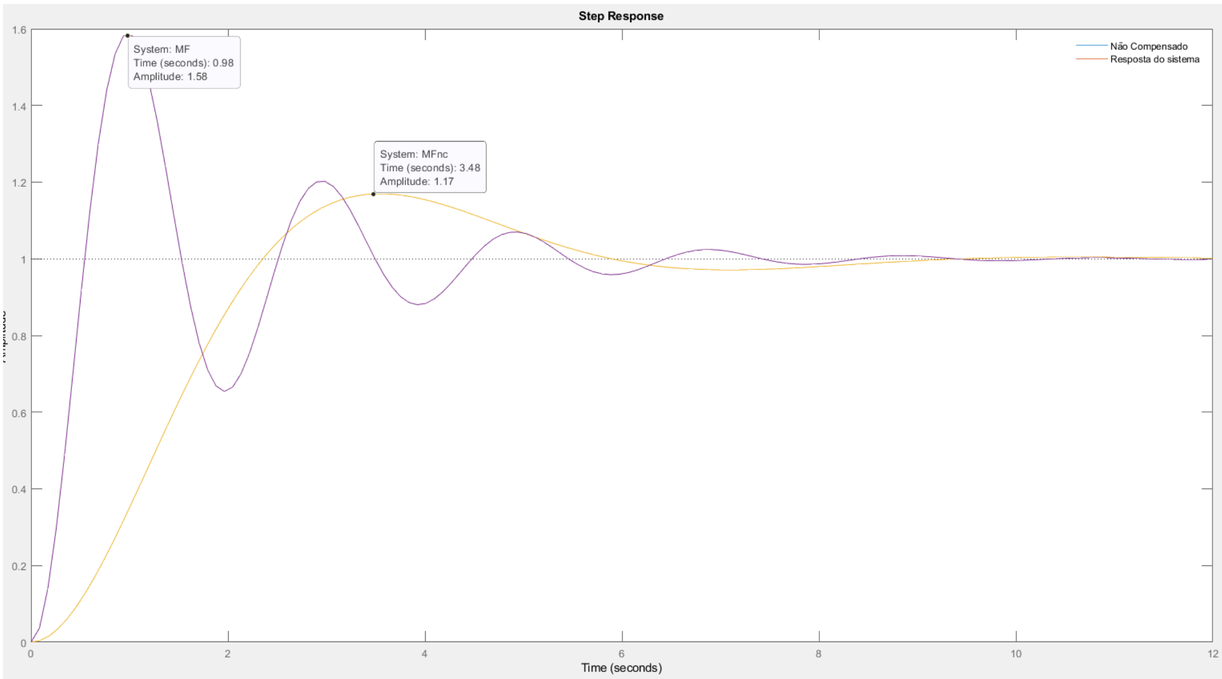


Figura 3 – Curvas da resposta contínua

Entretanto desejamos o sistema em função de Z, ou seja, o sistema discreto, para isso, faremos a transformação do Gp(s) e Gc(s) em Gp(z) e Gc(z), respectivamente.(Usaremos um tempo de amostragem de 0,01s)

$$G_p(s) \rightarrow G_p(z) = \frac{5,159 * 10^{-5}z + 5,142 * 10^{-5}}{z^2 - 1,99z + 0,99}$$

$$G_c(s) \rightarrow G_c(z) = \frac{10,15z - 10,05}{z - 0,9893}$$

O diagrama de blocos tem de ficar da seguinte forma, como mostrado a seguir, para o nosso sistema digital transformado:

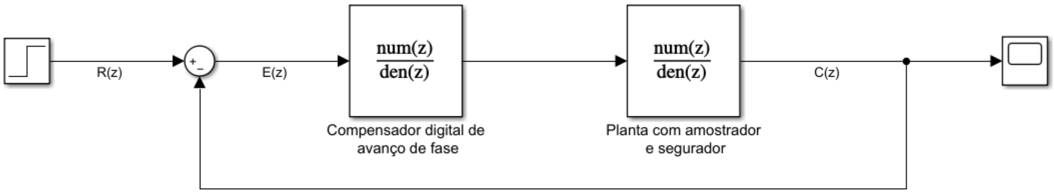


Figura 4 – Sistema digital transformado

Fazendo agora a "multiplicação"destes dois sinais, como mostrado no diagrama de blocos e obtendo a função de transferêmcia de malha fechada, ficaremos com a seguinte função:

$$G_p(z) * G_c(z) \rightarrow G_e(z) = \frac{0,0005236z^2 + 3,466 * 10^{-6}z - 0,0005167}{z^3 - 2,979z^2 + 2,959z - 0,9794}$$

A curva ficará então da seguinte maneira:

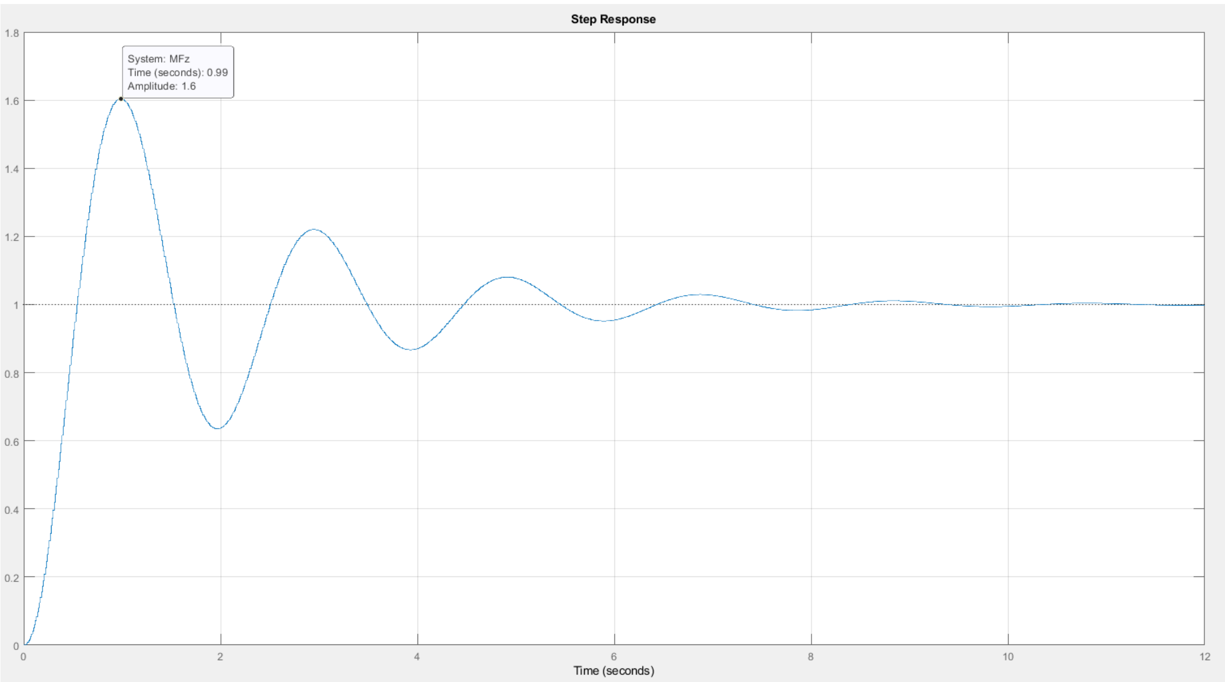


Figura 5 – Resposta em malha fechada do sistema compensado

Sendo assim possível notar que os valores anteriormente calculados, de fato estão corretos, como o Tempo de pico sendo de 1s e o overshoot sendo de no máximo 16,3%.

Na seguinte imagem, foram colocadas sobrepostas as respostas do sistema Não compensado , e o do compensado, na sua forma digital. Lembrando que o tempo de amostragem é de 1s, como foi mencionado no início deste relatório.

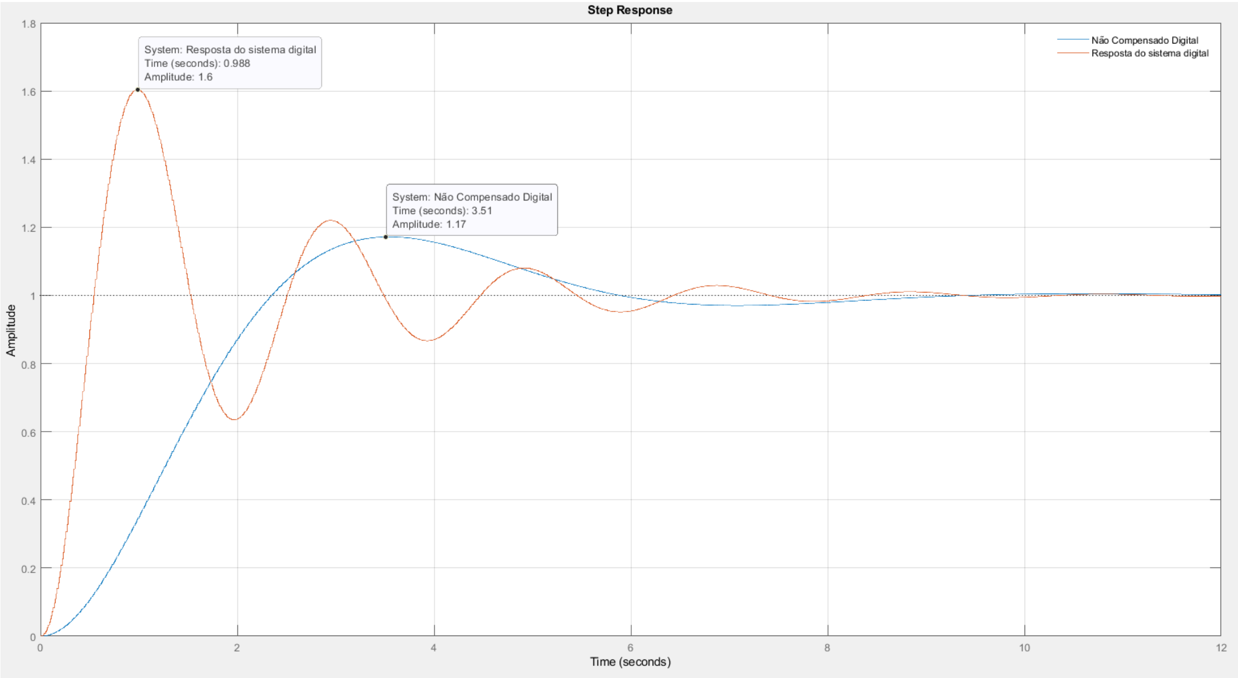


Figura 6 – Comparação entre os sinais

Estão mostrados alguns pontos notáveis, como o Tempo de pico, além de ser notado o Tempo de acomodação dentro do que era calculado, sendo este de 7,4s.

Na seção de anexos está o código utilizado para geração destes gráficos, comentado para facilitar o entendimento.

3 CONCLUSÃO

O experimento trouxer uma conclusão de forma abrangente de como se comportam na prática e como vimos em sala de aula, trazendo um amadurecimento de saber lidar e contornar erros ocasionais, bem como problemas que surgiram na realização dos mesmos, e que podem acontecer na prática.

Além disso, os resultados adquiridos nesse experimento foram suficientemente claros e objetivos com a proposta do experimento. Entendendo como funciona e verificar os comportamentos da função compensada, além do overshoot e dos polos, compreendendo todos os princípios, desde os seus gráficos, foi possível também apurar os cálculos neles envolvidos. Dessa forma, pode-se aplicar conceitos teóricos de forma prática, apesar de serem realizados por meio de simulação. Entretanto, é algo bem factível de assemelhação com o mundo real.

4 REFERÊNCIAS

1. NISE, N. S. Engenharia de Sistemas de Controle, 6a Edição, LTC, 2012.

5 ANEXOS

Código 5.1 – Código em Matlab para obtenção de polos dominantes e K do Sistema NC

```
OS=16.3
zeta=-log(OS/100)/sqrt(pi^2+[log(OS/100)]^2);
%zeta=0.707
num_nc=[1] %numerador da funcao nao compensada
den_nc=[1 1 0] %denominador da funcao nao compensada

funcao_nc=tf(num_nc, den_nc) %transforma em uma funcao de
    transferencia

rlocus(funcao_nc) %mostra o LR
sgrid(zeta,0) % Sobrep e a reta de ultrapassagem percentual
    desejada.


PD_nao_comp=-0.54+0.887*i;
parte_real_nc= real(PD_nao_comp); %separa a parte real do PD
parte_im_nc= imag(PD_nao_comp); %separa a parte Imaginaria do PD

wn_nc = parte_real_nc/-zeta;
ts_nc = 4/ (wn_nc * zeta);

K_nc=-real(polyval(den_nc, PD_nao_comp)) %mostra o K do sistema

%%% compensando

ts_comp = ts_nc
wn_comp = 4/(zeta*ts_comp)








//=====================================================
```

Código 5.2 – Código em Matlab para implementação e geração dos gráficos

```
%==================================================

%Funcao em s da planta
funcNC=tf(1.0352*1,[1 1 0]);

Ts=0.01;
funNCz=c2d(funcNC,Ts); %funcao em z da planta
MFNCz=feedback(funNCz,1) %obtendo funcao em malha fechada para a
   funcao NC
step(MFNCz)

hold on


funcC=tf(10.15*[1 1],[1 1.08]);%funcao em s do compensador

funCz=c2d(funcC,Ts); %funcao em z do compensador

Gez=funNCz*funCz %multiplicacao da planta com o compensador Z

MFz=feedback(Gez,1) %obtem a funaco de transferencia em malha
   fechada
step(MFz);
legend('Nao Compensado Digital','Resposta do sistema digital');


hold off

//=====================================================
```