

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA**

**E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**

**CAMPUS FLORIANÓPOLIS**

**MATHEUS RODRIGUES DA CUNHA**

**TRABALHO 1: TRABALHO**

**FLORIANÓPOLIS**

**2****02**

# INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta o estudo e o desenvolvimento de um controlador digital aplicado a uma planta previamente definida, com o objetivo de aprimorar o desempenho dinâmico do sistema, reduzindo o tempo de acomodação e o sobressinal. O projeto utiliza o método do lugar das raízes para o ajuste dos parâmetros do controlador.

# DESENVOLVIMENTO

Foi fornecido a planta na figura indicada abaixo:

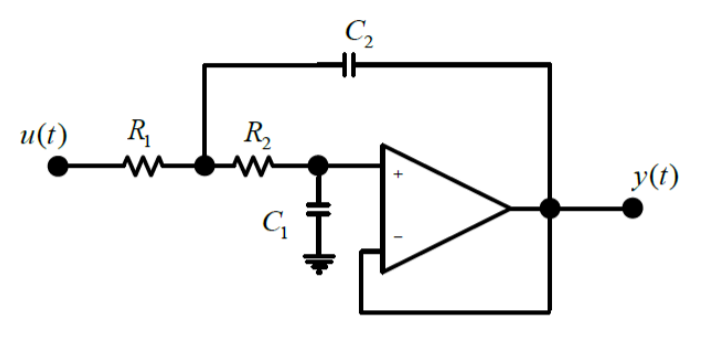


Figura 1 - Planta Analógica

2.1

A planta fornecida se trata de um filtro ativo passa baixas de segunda ordem.

Utilizando a curva fornecida pelo professor, apresentada na figura 2, e as equações 3 a 7, podemos obter a função de transferência da planta.

Gráfico, Gráfico de linhas

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 2 - Resposta da Planta

Foram utilizados os seguintes componentes do circuito:

* R1=40kΩ
* R2=18kΩ
* C1=100nF
* C2=680nF
* LF351

Mouse de computador

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 3 - Placa Desenvolvida

Gráfico, Gráfico de linhas

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 4 - Resposta da Planta - Sobresinal

Gráfico, Gráfico de linhas

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 5 - Resposta da Planta - Regime Permanente

Gráfico, Gráfico de linhas

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 6 - Resposta da Planta - Tempo de Pico

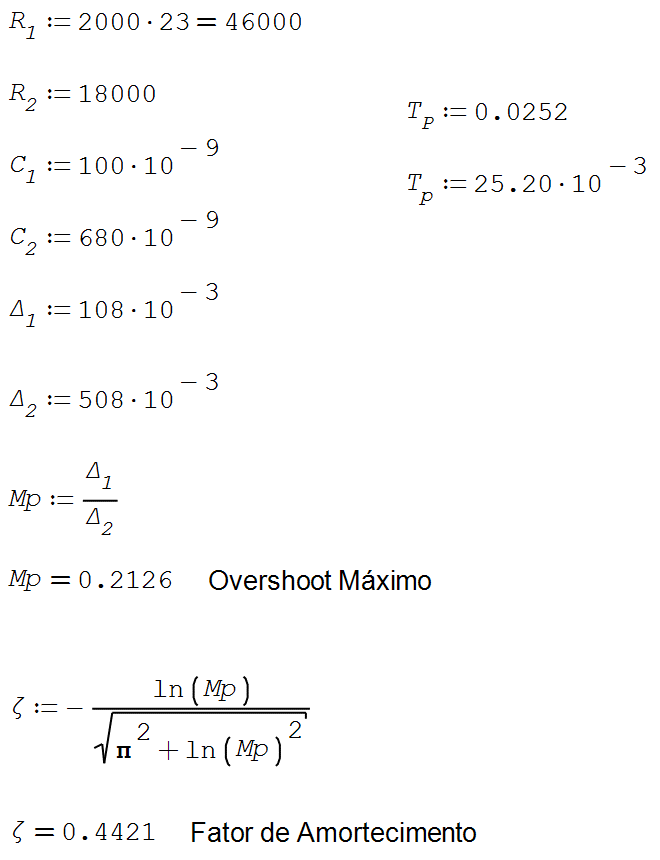


Figura 7 - Cálculos

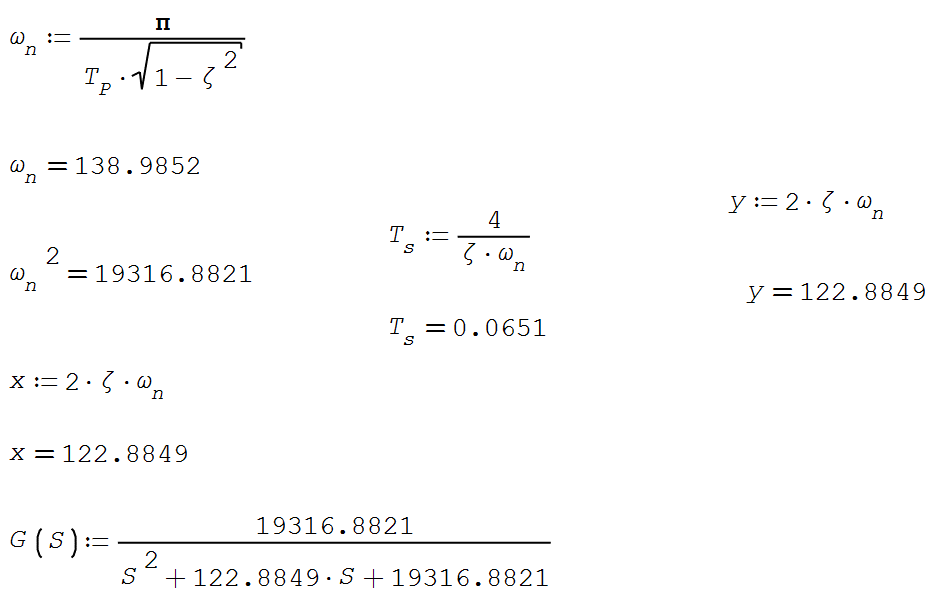


Figura 8 - Definição da função de transferência da planta

Resposta ao degrau da função de transferência definida:

Gráfico, Gráfico de linhas

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 9 - Simulação da Planta G(s)

Os requisitos do projeto para a resposta ao degrau são Ts5% = 23ms, Mp = 0.14, erro nulo em regime permanente para resposta ao degrau e estabilidade. Para a obtenção de um tempo de amostragem adequado, deve-se escolher um tempo que seja de 10 a 15 vezes menor que o tempo de acomodação.

**Obtenção do controlador utilizando lugar das raízes**

A estrutura utilizada neste controlador é apresentada abaixo:

Relógio de ponteiros

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 10 - Controlador e Planta

As especificações mínimas do projeto utilizando um degrau de referência de 1V a 1.5V são as seguintes:

• **Ts5%** = NT ms = 23ms;

**• Erro nulo em regime permanente para a resposta ao degrau;**

• **Mp** = 2\* 7% = 14%;

• **Estabilidade**;

A partir dos requisitos obtemos os seguintes dados:

Tabela, Linha do tempo

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 11 - Determinação do Período de Amostragem

Como visto acima, foi obtido um tempo de amostragem de 3.3ms, também foram calculados ζ e ωn que são necessários para obter o polo desejado de malha fechada.

Diagrama

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 12 - Determinação do Polo

Diagrama

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 13 - Polo e Zero

Através das equações acima, com o Matlab para o cálculo, foi obtido um polo em 0.5024+0.4128i.

Calculando a transformada z da função de transferência G(s) conseguimos obter a função de transferência da planta:

Texto, Carta

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 14 - Planta Gz

O controlador utilizado terá o seguinte formato:

Tela de computador com texto preto sobre fundo branco

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Dado controlador, com base nas especificações do projeto, α1 e α2 irão ser utilizados para cancelar os polos da planta, como precisamos de erro ao degrau nulo, β1 será -1 para isso, sobrando somente β2 e o ganho k para ser calculado.

Diagrama

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Uma imagem contendo Gráfico

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Utilizando as equações acima com o Matlab obteve-se 𝛽2=−0.228 e 𝑘=2.4598. Logo temos a seguinte função do controlador:

Forma

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 15 - Controlador em Z

Afim de verificar os polos em malha fechada utilizando a função pole no Matlab obtemos o polo e seu conjugado da FTMF, teve como resultado 0.5607 + 0.4074i e 0.5607 -0.4074i que é o mesmo polo z1 calculado inicialmente confirmando o resultado obtido com o esperado.

VERIFICAÇÃO DO CONTROLADOR:

Com o controlador projetado agora vamos verificar a resposta ao degrau de 1V a 1.5V como requisitado, obtendo o seguinte resultado:

Tabela

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 16 - Resposta da Planta Controlada

Uma imagem contendo Diagrama

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

O controlador atingiu as metas de desempenho, tornando o sistema mais rápido e estável, sem comprometer o valor final da saída.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Parâmetros | Planta Original | Especificação | Planta Controlada |
| Ts5%(ms) | 48.8 | 23 | 23.8 |
| Mp(%) | 21.2 | 14 | 13.4 |
| Valor estável(V) | 1.5 | 1.5 | 1.5 |

Também é importante verificar a ação do controlador, pois este deve ficar entre 0 V e 3.3 V para que não sature influenciando no controle da planta.

Podemos também analisar a ação de controle obtida com o uso das equações recursivas como vemos abaixo:

Diagrama

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Como visto acima a tensão requerida fica entre 1.27V e 2.23.

EQUAÇÕES RECURSIVAS:

Como resultado, foram obtidas as equações recursivas que descrevem o comportamento dinâmico do sistema a cada instante de amostragem, possibilitando sua implementação direta em ambiente computacional

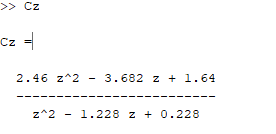
* **BLOCO G:**

Texto, Carta

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Fazendo k = k-2

* **BLOCO C:**



* **SOMADOR:**

A partir dessas equações foi feito um programa em Matlab, esse programa analisa os blocos e mostra a resposta ao degrau de 1V a 1.5V.

Gráfico, Gráfico de dispersão

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 17 - Resposta ao degrau da equação recursiva

Gráfico, Gráfico de dispersão

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Figura 18 - Ação do Controlador com Equação Recursiva

**CONCLUSÕES**

Com base no apresentado, foi possível de se projetar e simular um controlador digital, o qual foi obtido a partir da identificação da planta analógica e obtenção da função de controle, a partir do método do lugar das raízes.

**REFERÊNCIAS**

BONFIM, Márlio José do Couto. CAP. 5 FILTROS ATIVOS. Disponível em: http://www.eletrica.ufpr.br/marlio/te054/capitulo5.pdf. Acesso em: 10 mai. 2023.

NISE, N. S. Engenharia de sistemas de controle. 6 ed. São Paulo: Editora LTC, 2012.

OGATA, Katsuhiko. Engenharia de controle moderno. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010.