



Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Engenharia da Computação

FILTRO PASSA BAIXA DE SEGUNDA ORDEM

Manaus - AM
2024

DARLYSSON MELO DE LIMA - 21954316
EVANDRO SALVADOR MARINHO - 22052988
HERVELYN CHRISTINNE VITAL DA SILVA - 21750599
KEVYN DO NASCIMENTO PAZ GONDIM - 22153920
MARIA SARA DA SILVA NAVARRO - 22051556

FILTRO PASSA BAIXA DE SEGUNDA ORDEM

Relatório apresentado como requisito para compor a nota parcial disciplina de Laboratório de Sistema de Controle referente ao semestre 2023/2, apresentado ao curso de bacharelado em Engenharia da Computação da Faculdade de Tecnologia, da Universidade Federal do Amazonas - UFAM.

Professor: Dr. Florindo Antonio de Carvalho
Ayres Júnior

Manaus - AM
2024

Conteúdo

1	INTRODUÇÃO	1
2	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	2
2.1	Modelagem Matemática	2
2.2	Simulações do Sistema em Diagramas de Blocos	2
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	4
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	6
4.1	Código do Matlab	7

Lista de Figuras

Figura 1	Filtro passa-baixa	2
Figura 2	Diagrama em bloco do sistema	3
Figura 3	Gráfico de Bode	4
Figura 4	resposta ao degrau	5

1 Introdução

Filtros passa-baixa são dispositivos eletrônicos projetados para permitir a passagem de sinais de baixa frequência enquanto atenuam ou eliminam sinais de alta frequência. Esses filtros são fundamentais em uma variedade de aplicações, desde o processamento de sinais de áudio até a transmissão de dados em sistemas de comunicação. Eles funcionam filtrando componentes de alta frequência de um sinal elétrico, permitindo apenas que os componentes de frequência mais baixa passem através deles. Isso é alcançado através de circuitos eletrônicos que podem ser implementados de várias maneiras, como usando indutores, capacitores ou uma combinação de ambos. Os filtros passa-baixa desempenham um papel crucial em garantir a integridade e a qualidade dos sinais em uma ampla gama de dispositivos e sistemas eletrônicos.

2 Procedimentos experimentais

2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

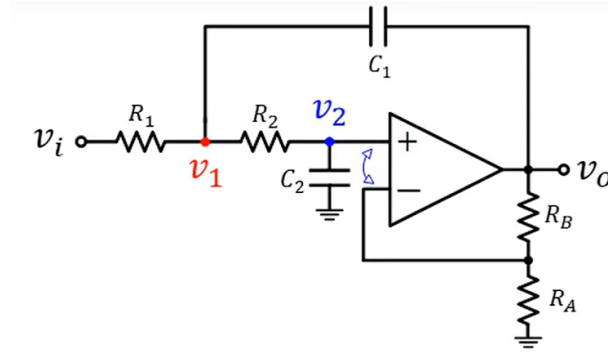


Figura 1: *Filtro passa-baixa*

onde a função de transferência é dada por:

$$V2(s) = Vo(s) \frac{Ra}{Ra + Rb} = \frac{Vo(s)}{K} \quad (1)$$

$$V2(s) = V1\left(\frac{1}{sC2}\right) = V1(s) \frac{1}{sC2R2 + 1} \quad (2)$$

$$V1(s) = \frac{Vo(s)}{K} (sC2R2 + 1) \quad (3)$$

para colocar em função de $Vo(s)/Vi(s)$:

$$IR1 = IR2 + IC1 \quad (4)$$

$$\frac{Vo(s)}{Vi(s)} = \frac{K}{s^2 + s[(1 - K)R1C1 + R1C2] + 1} \quad (5)$$

2.2 SIMULAÇÕES DO SISTEMA EM DIAGRAMAS DE BLOCOS

Para a análise e simulação do sistema, foi adotado o modelo do filtro Sallen-Key, no qual os valores de resistência (R) e frequência de corte (F_c) foram fixados, e a capacitância foi calculada

conforme apresentado na [Tabela 1](#). Com base nesses parâmetros estabelecidos, os demais valores do sistema foram calculados por meio do código fornecido no [4.1](#).

Parâmetros	Valores
R	10k ohm
R3	10k ohm
R4	10k ohm
Fc	159 hz
Q	0.8

Tabela 1: valores dos parâmetros

O diagrama em blocos do circuito é mostrado na [Figura 2](#)



Figura 2: Diagrama em bloco do sistema

3 Resultados e discussões

Como resultado deste relatório, o gráfico de bode da [Figura 3](#) mostra a resposta de amplitude do filtro que é caracterizada por um comportamento plano em baixas frequências, o que indica que o filtro passa por essas frequências mantendo um ganho constante. No entanto, à medida que a frequência de corte se aproxima, a amplitude começa a diminuir gradualmente. Para um filtro passa-baixa de segunda ordem, é esperada uma inclinação de -40 dB por década após a frequência de corte. analisando o gráfico de Fase para frequências baixas, a fase inicialmente se mantém próxima de 0 graus, mas diminui à medida que a frequência aumenta. Próximo à frequência de corte, a fase varia entre aproximadamente -45 e -90 graus, o que é uma característica típica de filtros de segunda ordem nessa região. Em altas frequências, a fase se aproxima de -180 graus, representando o máximo atraso de fase para um filtro de segunda ordem.

Em resumo, o gráfico mostra o comportamento esperado de um filtro passa-baixa de segunda ordem, com a atenuação de sinais acima da frequência de corte e a introdução de atraso de fase que aumenta com a frequência.

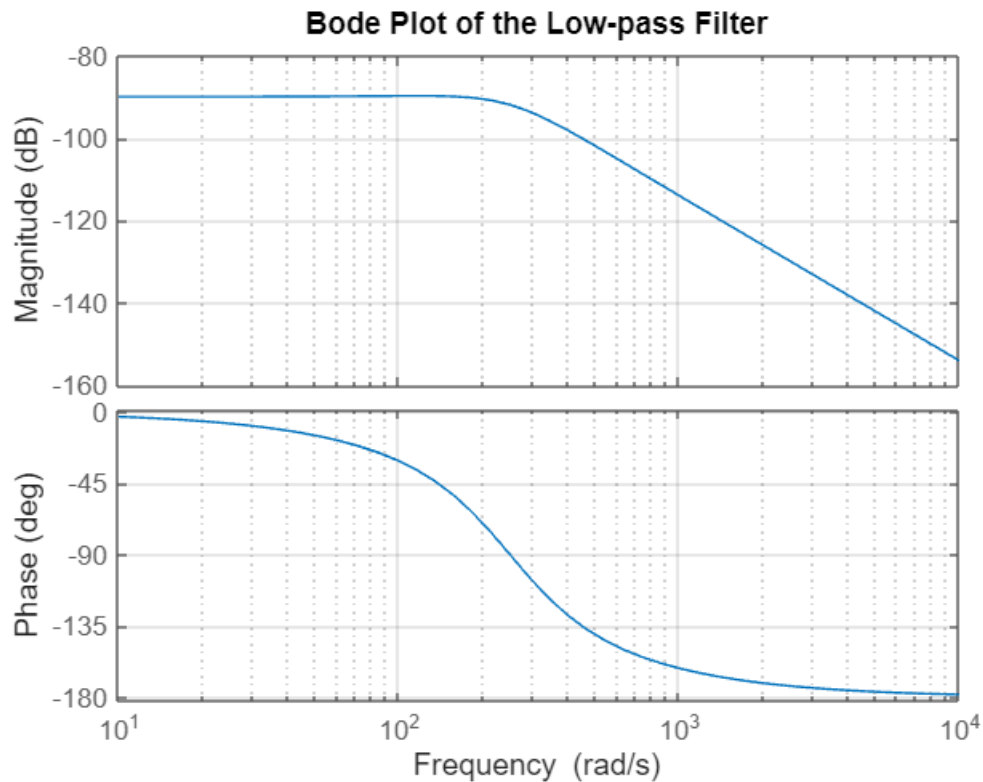


Figura 3: Gráfico de Bode

A resposta inicia-se com um surto inicial, simbolizando uma reação ágil diante da alteração súbita na entrada do degrau. Posteriormente, o sistema estabiliza-se em um novo valor estável, sem apresentar oscilações notáveis. Essa sinalização é característica de um sistema subamortecido, como mostra a [Figura 4](#)

O fator de qualidade $Q=0,8$ indica que o filtro possui um bom equilíbrio entre amortecimento e resposta rápida. Não há oscilação excessiva ou overdrive, o que pode ser desejável em aplicações onde a estabilidade é necessária sem longos períodos de estabilização. Em resumo, a resposta ao degrau indica que o filtro se comporta subamortecido e assenta rapidamente, o que é típico para um filtro com fator de qualidade moderado, como o fator de qualidade definido ($Q = 0,8$).

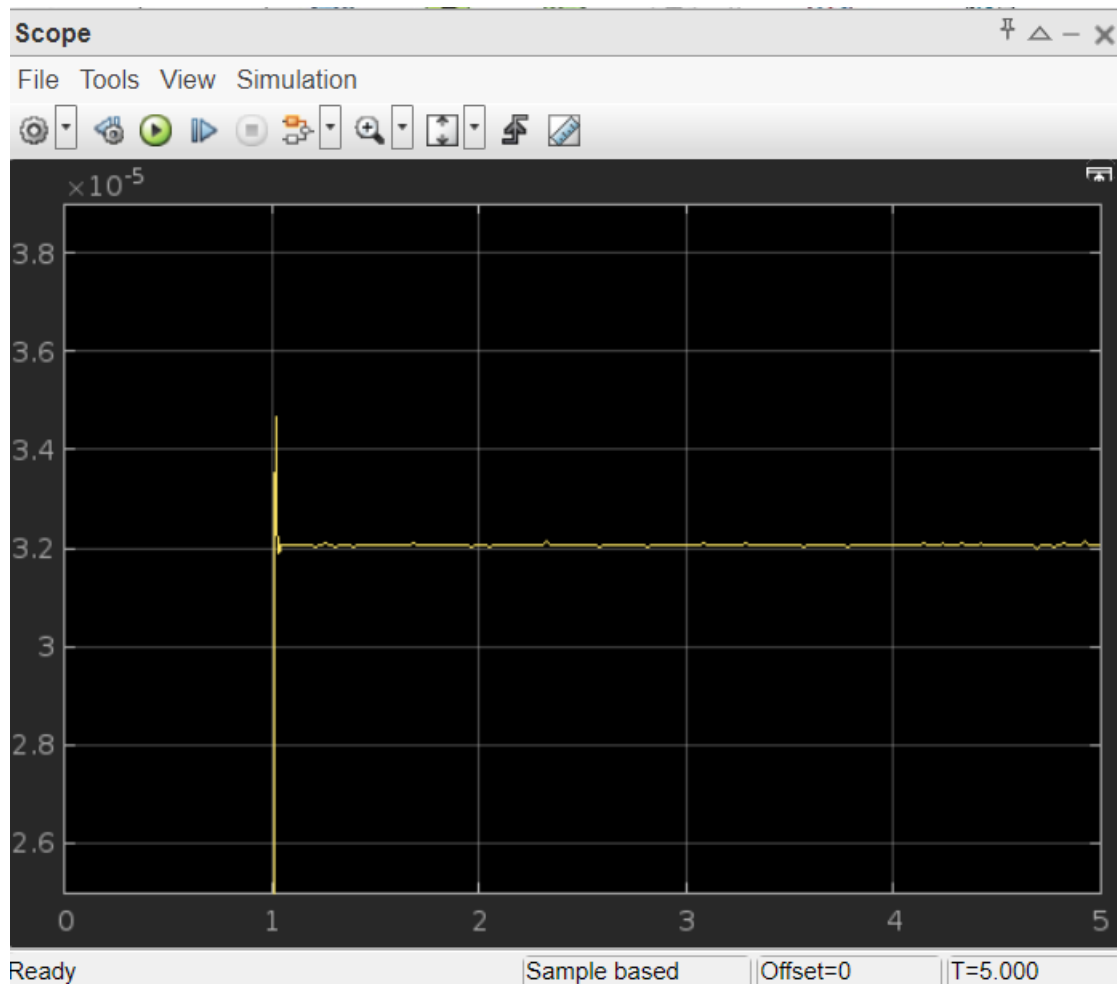


Figura 4: resposta ao degrau

4 Considerações finais

Em síntese, as análises do gráfico de Bode e da resposta ao degrau mostram que o filtro passa-baixa de segunda ordem, com uma frequência de corte especificada de 159 Hz, exibe as características esperadas para esse tipo de filtro.

O gráfico de Bode mostra que o filtro tem um bom desempenho em atenuar frequências acima da frequência de corte, com a magnitude caindo a -40 dB por década, o que é padrão para um filtro de segunda ordem. O atraso de fase que se aproxima de -180 graus para frequências altas está em alinhado com o comportamento esperado.

A resposta ao degrau mostra um sistema subamortecido, que responde rapidamente a uma entrada de degrau sem oscilações pronunciadas ou sobrepassagem significativa, estabilizando-se em um novo valor constante de forma eficiente. O fator de qualidade (Q) de 0.8 é usado para projetar o filtro com a intenção de ter um bom equilíbrio entre amortecimento e resposta rápida, adequado para aplicações que requerem uma resposta estável sem longos períodos de transição.

O código MATLAB desenvolvido fornece uma fundação sólida para simular tanto a resposta em frequência quanto a resposta ao degrau, permitindo uma avaliação abrangente do desempenho do filtro. Estas análises são cruciais no design e teste de sistemas de filtragem em aplicações de engenharia eletrônica e de controle, assegurando que o sistema atende aos requisitos especificados antes de sua implementação prática.

4.1 CÓDIGO DO MATLAB

```
1      %parametros das variaveis
      fc=159; %heartz
      R = 10*10^3; % Ohms
      C = 1/2*pi*R*fc; % Farads
6      R3 = 10*10^3; %RA
      R4 = 10*10^3; %RB

      % parametros do sistema
11     k=(R3/R4)+1;
      Q=0.8;
      w0=1/R*C;
      a1= w0/Q;
16     a0=w0^2;

      % Define Variavel Laplace
      s = tf('s');
      H = k / (s^2 + a1*s +a0);
21

      bode(H); % resposta na frequencia
      title('Bode Plot of the Low-pass Filter');
      grid on;
```