

Processamento de Sinais em Tempo Discreto

- Prof. Dr. Samuel Lourenço Nogueira



- Aulas passadas (Análise e testes com FIR)
 - Análise do espectro do filtro FIR
 - Resposta de filtro FIR em função da ordem
 - Teste prático

Conteúdo Programático

- Filtro IIR (Impulse Infinite Response)

FIR vs IIR

	FIR	IIR
Nome	Finite Impulse Response	Infinite Impulse Response
Quantidade de Coeficientes (kernel length)	Grande	Pequeno
Velocidade (custo computacional)	Lento (alto custo)	Rápido (baixo custo)
Estabilidade	Alta	Dependente da base de dados
Operações Realizadas	<u>Dados</u> com <u>Coeficientes</u>	<u>Dados</u> com <u>Coeficientes + Dados</u>

"Geralmente"

offline

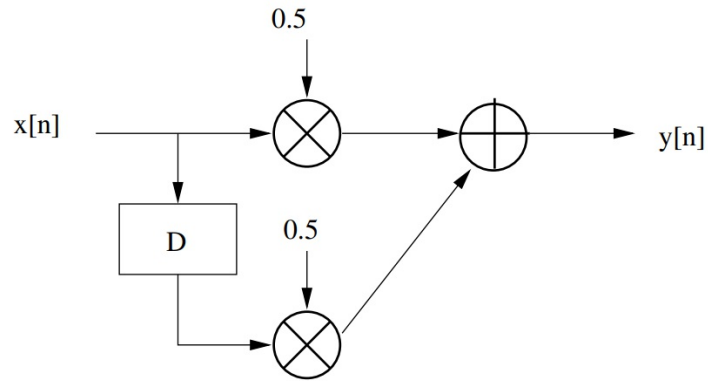
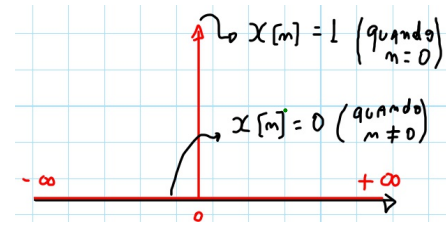
"Geralmente"

online

{ Dados
ordem coefic.

IIR - Infinite Impulse Response

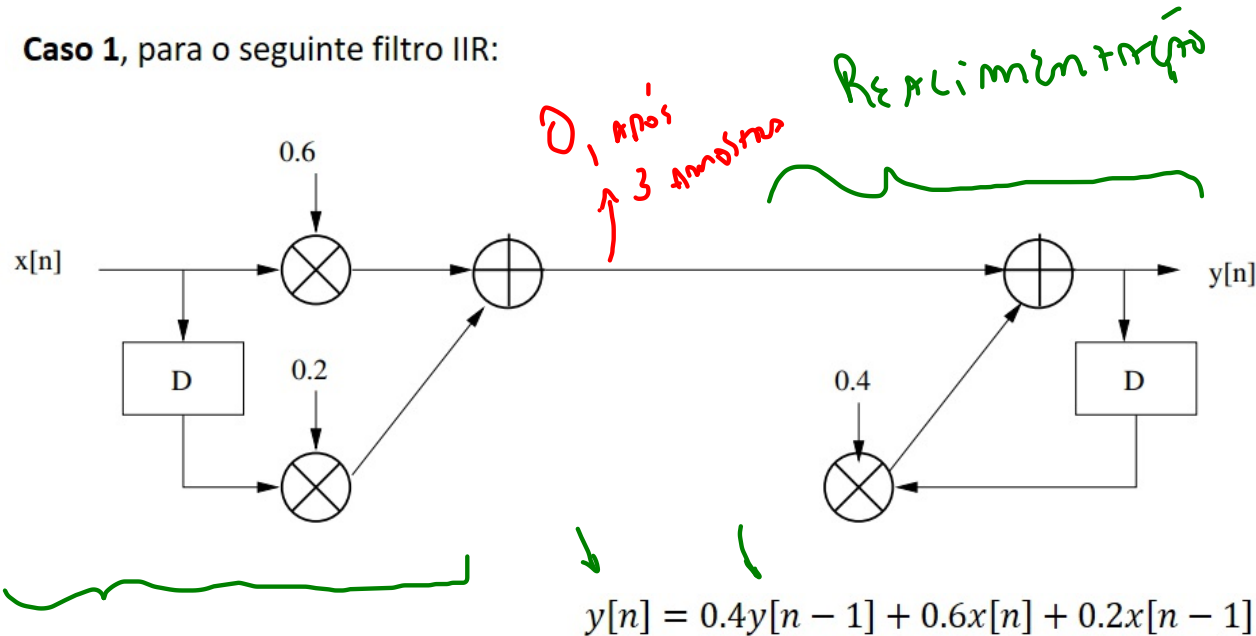
- **Relembrando:** Quando filtro FIR é sujeito ao impulso, a sua resposta tende a zero, após a ocorrência do mesmo. Uma vez que o sinal está sujeito somente a alimentação direta.



IIR - Infinite Impulse Response

- O filtro de resposta infinita ao impulso, do inglês Infinite Impulse Response (IIR), apresenta além da alimentação direta (idem FIR) também uma realimentação da saída. Assim, a resposta do filtro ao impulso não seria necessariamente finita, como o nome IIR sugere.

Caso 1, para o seguinte filtro IIR:

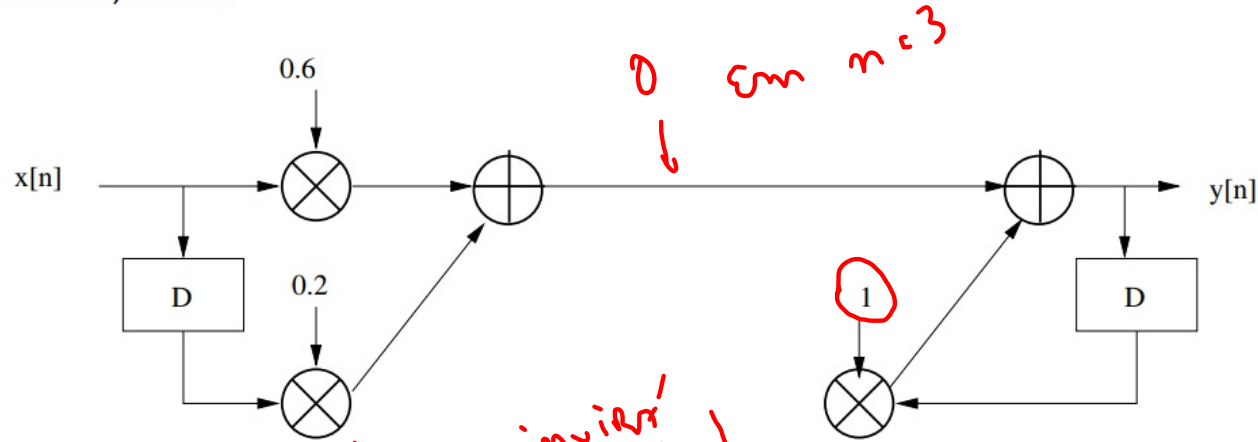


input	output
0	0
1	0.6
→ 0	0.44
0	0.176
0	0.0704
0	0.02816
0	0.011264

termina a zero!

IIR - Infinite Impulse Response

Caso 2, temos:



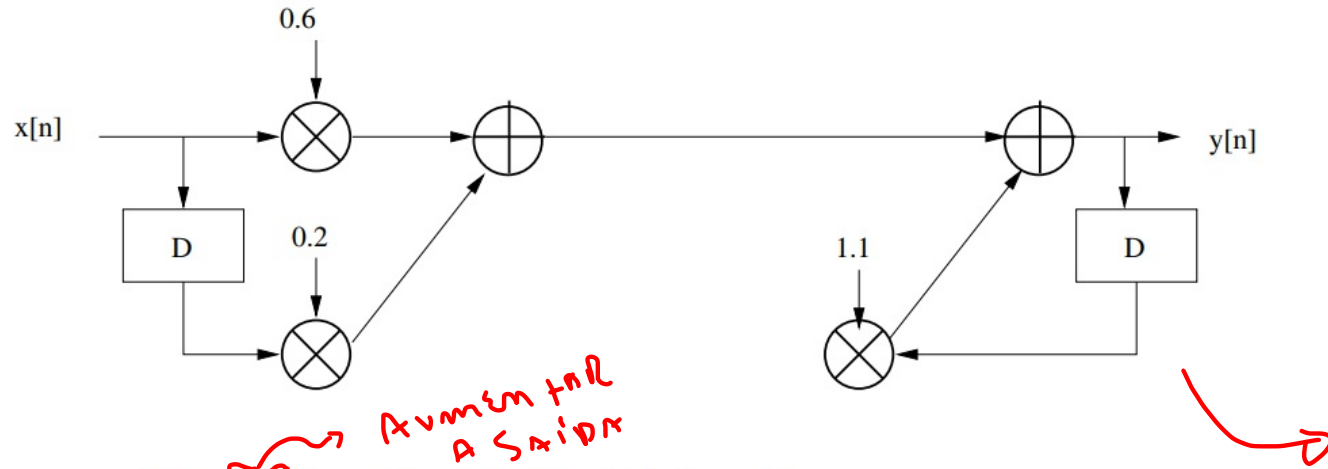
$$y[n] = 1.0y[n-1] + 0.6x[n] + 0.2x[n-1]$$

input	output
0	0
1	0.6
0	0.8
0	0.8
0	0.8.

ficou com
valor estável
em 0.8

IIR - Infinite Impulse Response

Caso 3. temos:



Aduntemos a saída

$$y[n] = 1.1y[n-1] + 0.6x[n] + 0.2x[n-1]$$

input	output
0	0
1	0.6
0	0.86
0	0.946
0	1.0406
0	1.14466
0	1.259126.

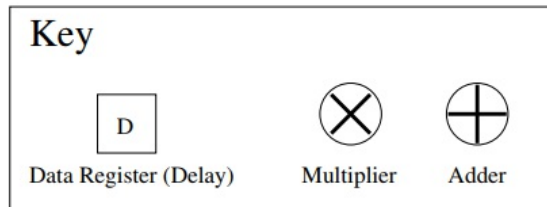
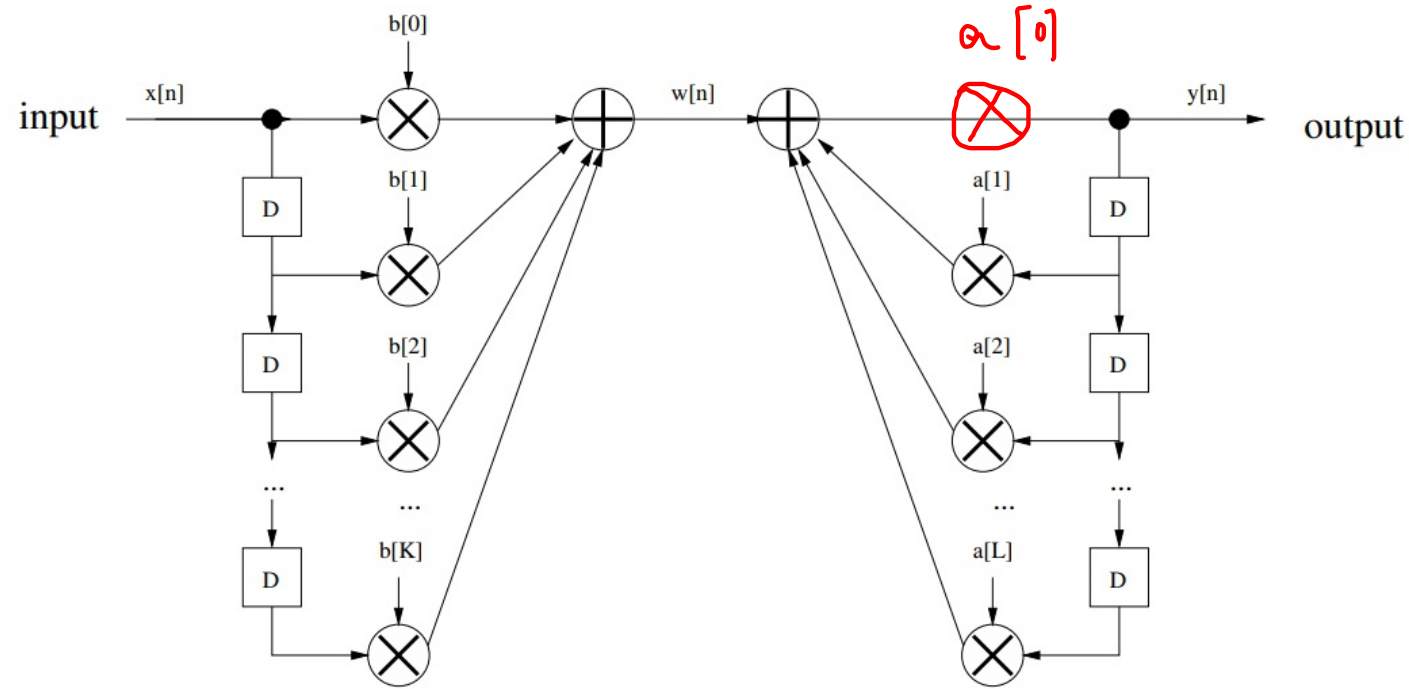
Saída $\rightarrow +\infty$

IIR - Infinite Impulse Response

Estabilidade dos filtros:

- **Caso 1** (resposta ao impulso tendendo a zero) : IIR estável
- **Caso 2** (resposta ao impulso oscila à uma taxa constante): IIR condicionalmente estável
- **Caso 3** (resposta ao impulso tende ao infinito + ou -): IIR instável

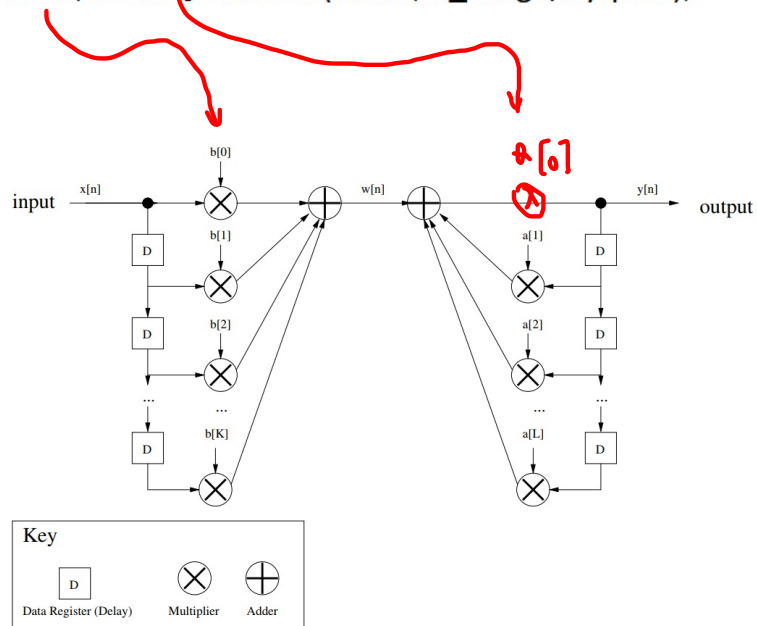
IIR - Infinite Impulse Response



Exemplo: Projeto do Filtro IRR

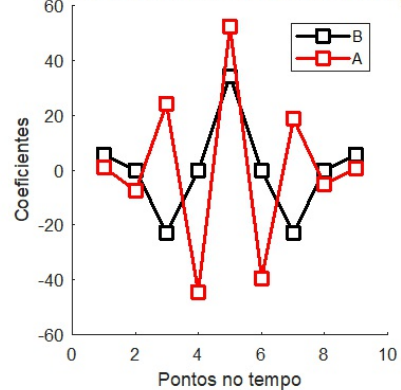
>> Topico9Exemplo1.m % Parte 1 - Projeto Filtro IIR Passa-Faixa com Butter

```
[fkernB,fkernA] = butter(order,fc_range/nyquist);
```

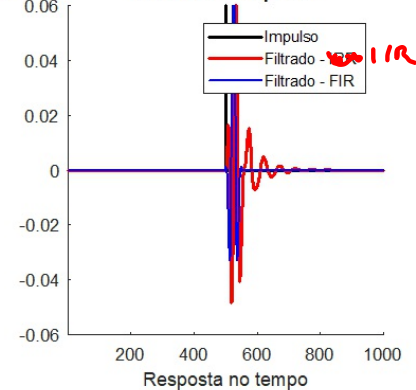


Necessário utilizar a função impulso unitário, uma vez que os coeficientes "a" são realimentações.

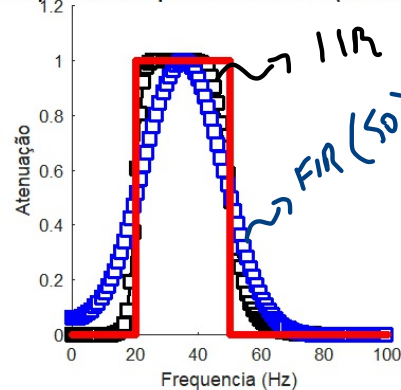
Coefficientes do filtro no domínio do tempo



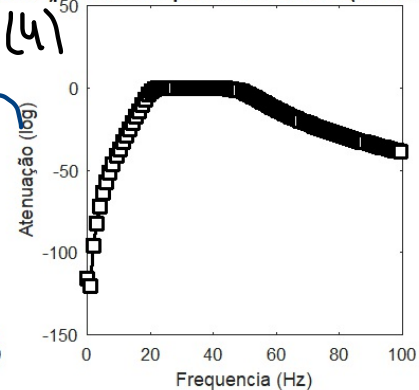
Filtrando o Impulso



Resposta em frequência do filtro IIR (Butterworth)



Resposta em frequência do filtro IIR (Butterworth)

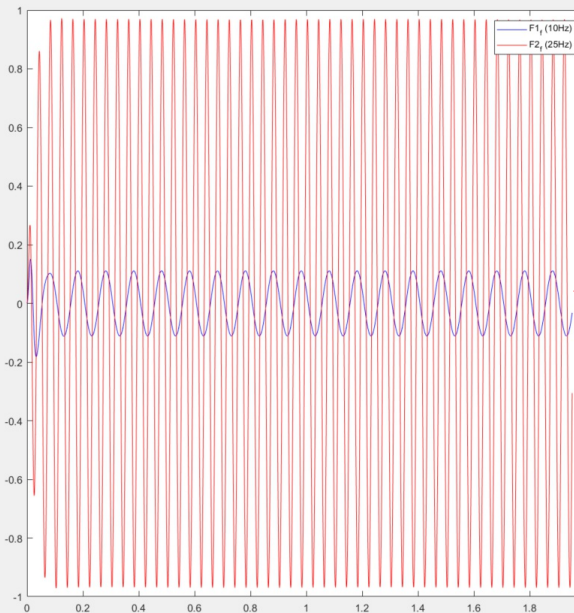
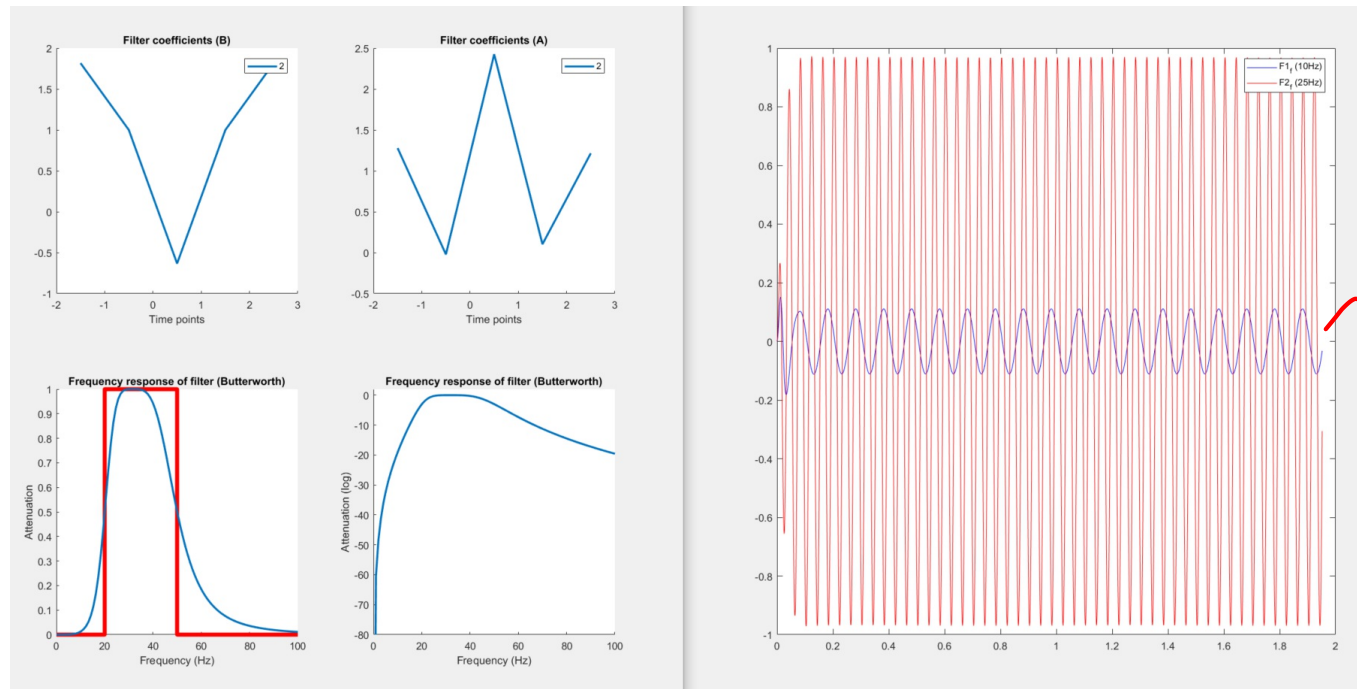


Exemplo: Projeto do Filtro IRR

>> Topico9Exemplo1.m

% Parte 2 - effects of order parameter

Ordem 2:



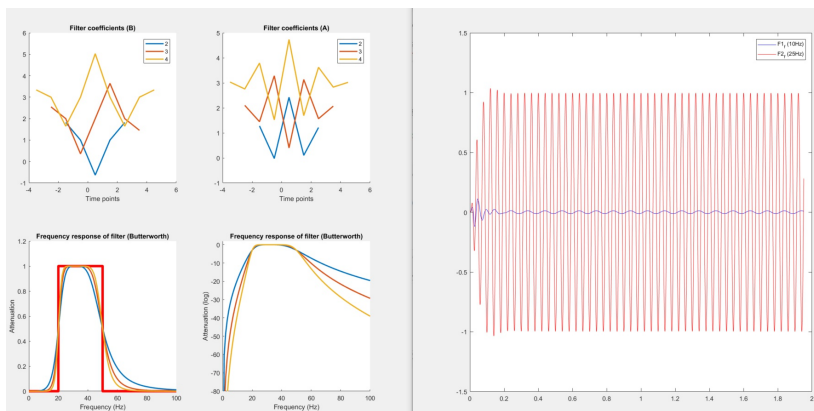
$F = 10 \text{ Hz}$
Atz mvou 10x

Exemplo: Projeto do Filtro IRR

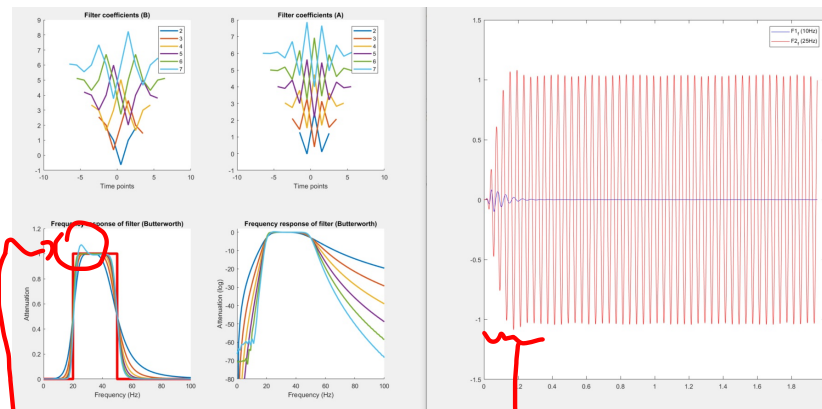
>> Topico9Exemplo1.m

% Parte 2 - effects of order parameter

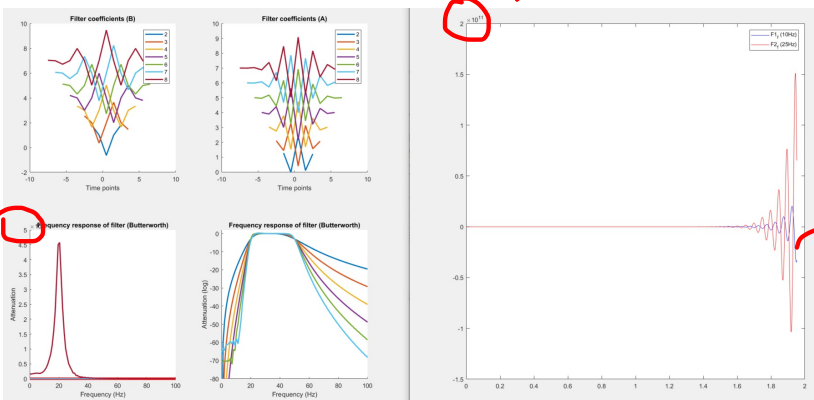
Ordem 4:



Ordem 7:



Ordem 8:



Indicativo

De instabilidade

Instável

O uso de filtros IRR projetados com a função BUTTER do Matlab, podem fornecer bons resultados com pouco atraso no sinal. No entanto, o mesmo pode tornar-se instável a depender da ordem do filtro e de artefatos que possam ocorrer no sinal.