

Filtros Elétricos

Simulação de Sinal e Ruído

Vitor de Sousa França

Prof. Dr. Cleonísio Protásio Souza

Sumário

Introdução

Softwares de Simulação

Simulação do Sinal e do Ruído

Análise dos Sinais no Domínio da Frequência

Introdução

- ▶ Filtros elétricos são usados em diversos circuitos eletrônicos;
- ▶ Permitem ou bloqueiam faixas de frequências para garantir a operação adequada do circuito;
- ▶ Aplicações incluem comunicação, equipamentos médicos, processamento de sinais, eletrônica de potência;
- ▶ São muito utilizados para remoção de ruídos.

Softwares de Simulação

- ▶ Simuladores ajudam a planejar e testar configurações antes da construção do hardware.
- ▶ Exemplos:
 - ▶ LTSpice (função “.noise”)
 - ▶ MATLAB (função “rand” e “randn”)
 - ▶ Python (biblioteca NumPy, módulo “numpy.random”)
- ▶ Python foi escolhido por ser código aberto, gratuito e ter bibliotecas consolidadas pela comunidade.

Simulação do Sinal e do Ruído

- ▶ Sinal escolhido foi a soma de dois senos:

$$signal = A_1 \sin(2\pi f_1 t) + A_2 \sin(2\pi f_2 t)$$

- ▶ Frequências: $f_1 = 20Hz$, $f_2 = 10Hz$.
- ▶ Amplitudes: $A_1 = 0.5$, $A_2 = 1$.

Gráficos do Sinal

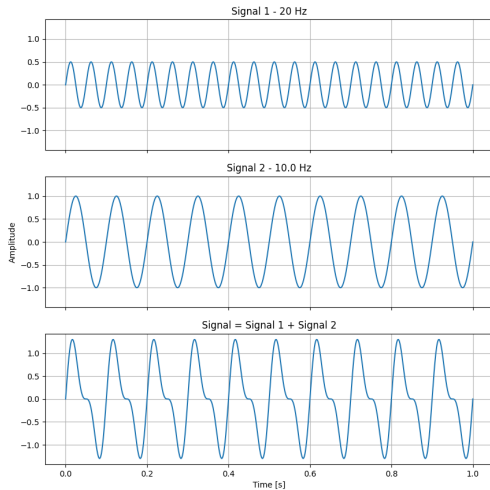


Figura: Soma dos senos para gerar o sinal.

Distribuição do Ruído

- ▶ Ruído Aditivo Gaussiano Branco gerado com
“`np.random.normal($\mu = 0$, $\sigma = 1$, $N = 1000$)`”

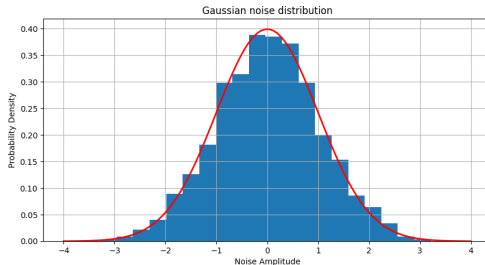


Figura: Distribuição da amplitude do ruído.

Gráficos do Ruído

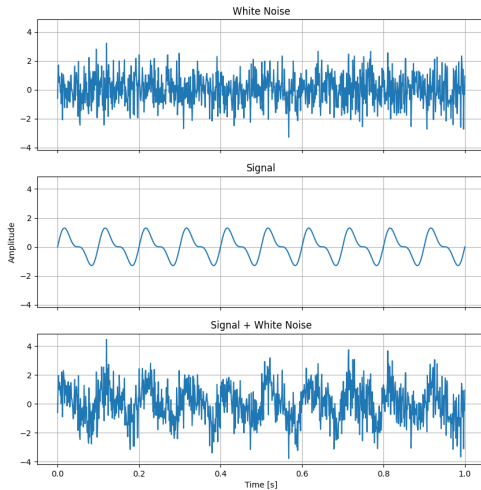


Figura: Ruído no tempo e soma do ruído ao sinal.

Razão Sinal Ruído - SNR

$$P_s = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \text{Signal}[n]^2 = 0.624 W$$

$$P_n = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \text{Noise}[n]^2 = 1.005 W$$

$$SNR(dB) = 10 * \log \left(\frac{P_s}{P_n} \right) = -2.0689 dB$$

Análise dos Sinais no Domínio da Frequência

- ▶ É importante fazer a análise dos sinais no domínio da frequência
- ▶ Transformada rápida de Fourier (FFT) utilizada para análise no domínio da frequência.

Gráficos da Análise de Frequência

- Espectro de frequência do sinal sem ruído mostra impulsos nas frequências dos senos.

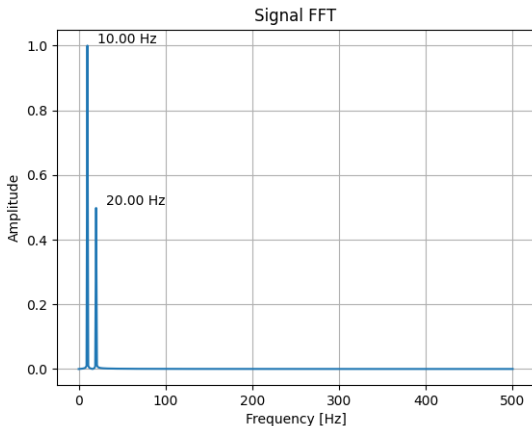


Figura: FFT do sinal sem ruído.

Gráficos da Análise de Frequência

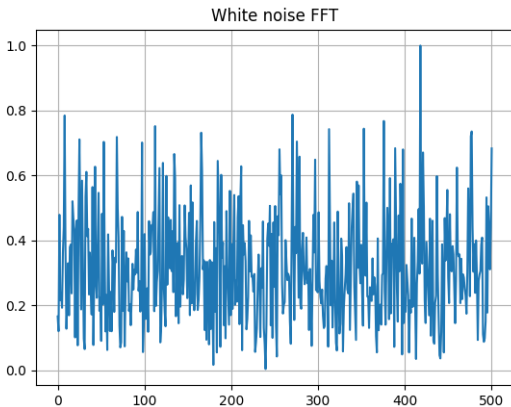


Figura: FFT do ruído gaussiano branco.

Gráficos da Análise de Frequência

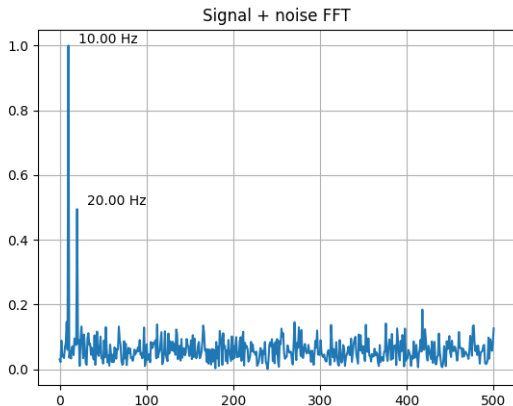


Figura: FFT do sinal com ruído.