

Redução de ruído em sinais amostrados

- Técnicas de redução de ruídos de sinais amostrados
 - Técnicas de DSP são normalmente usadas para aumentar a relação sinal/ruído de sinais amostrados
 - São também chamadas de filtros digitais
 - As técnicas mais comuns são baseadas na média entre os pontos amostrados
 - Permitem além da melhoria da SNR um aumento da resolução vertical equivalente

Técnica de sobre-amostragem + média

- Usada quando os sinais são amostrados continuamente e a frequência de amostragem é muito superior à maior frequência presente no sinal amostrado
 - ▮ Um número fixo de N amostras adjacentes é efetuado com uma taxa de amostragem $fs' = N \cdot fs$
 - ▮ é efetuada a média entre as N amostras que resulta em uma amostra equivalente
 - ▮ No resultado final apenas a amostra equivalente é utilizada com uma taxa de amostragem fs (*a mesma do sinal original*)
 - ▮ A redução de ruído ocorre pela redução da variância do sinal
 - ▮ O resultado final também possui um ganho de resolução

Técnica de sobre-amostragem + média

Equação:
$$\bar{x}[i] = \frac{1}{N_m} \sum_{j=1}^{N_m} x[j]$$

Ganho em resolução:
$$n_{bits} = \log_4 N_{os}$$

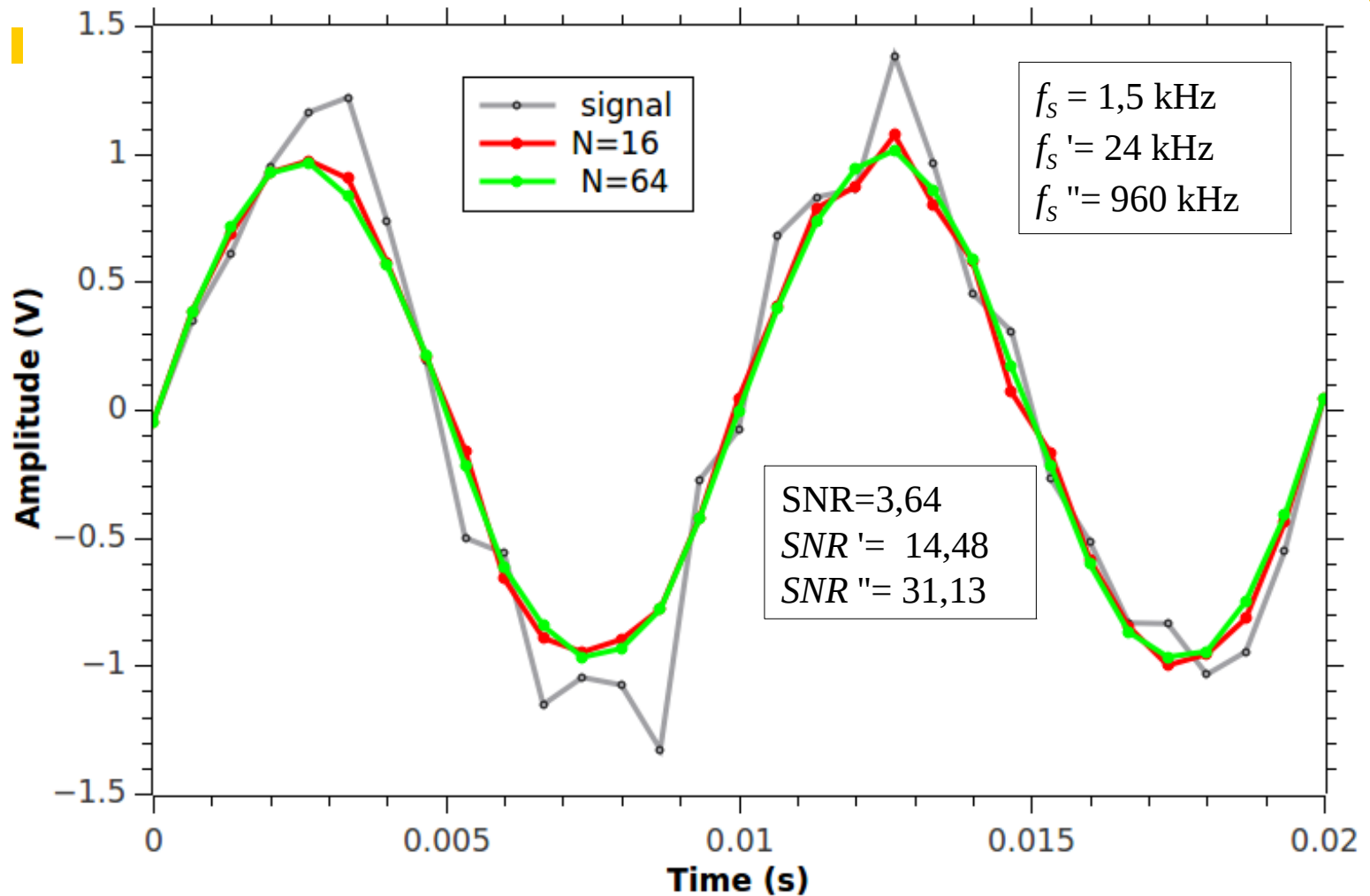
n_{bits} = número de bits suplementares
 N_{os} = número de sobre-amostragens

Melhoria de SNR:
$$SNR' = SNR \sqrt{N_{os}}$$

Banda passante:
$$f_{cs} = \frac{f_{os}}{2N_m}$$

f_{cs} = frequência de corte superior
 f_{os} = frequência de sobre-amostragem

Técnica de sobre-amostragem + média



Técnica de média móvel

- Usada quando os sinais são amostrados continuamente e a frequência de amostragem é muito superior à maior frequência presente no sinal amostrado
 - ▮ Um número fixo de N amostras adjacentes é efetuado com uma taxa de amostragem f_s
 - ▮ é efetuada a média entre as N amostras que resulta em uma amostra equivalente
 - ▮ No resultado final cada amostra equivalente é utilizada com uma taxa de amostragem f_s (*a mesma do sinal original*)
 - ▮ A redução de ruído ocorre pela redução da variância do sinal e pelo efeito de filtragem digital passa-baixas (redução na BW)
 - ▮ O resultado final também possui um ganho de resolução

Técnica de média móvel

- Equação:
$$\bar{x}[i] = \frac{1}{N_m} \sum_{j=1}^{N_m} x[i+j]$$

- Ganho em resolução:

$$n_{bits} = \log_4 N_m$$

n_{bits} = número de bits suplementares
 N_m = número de médias

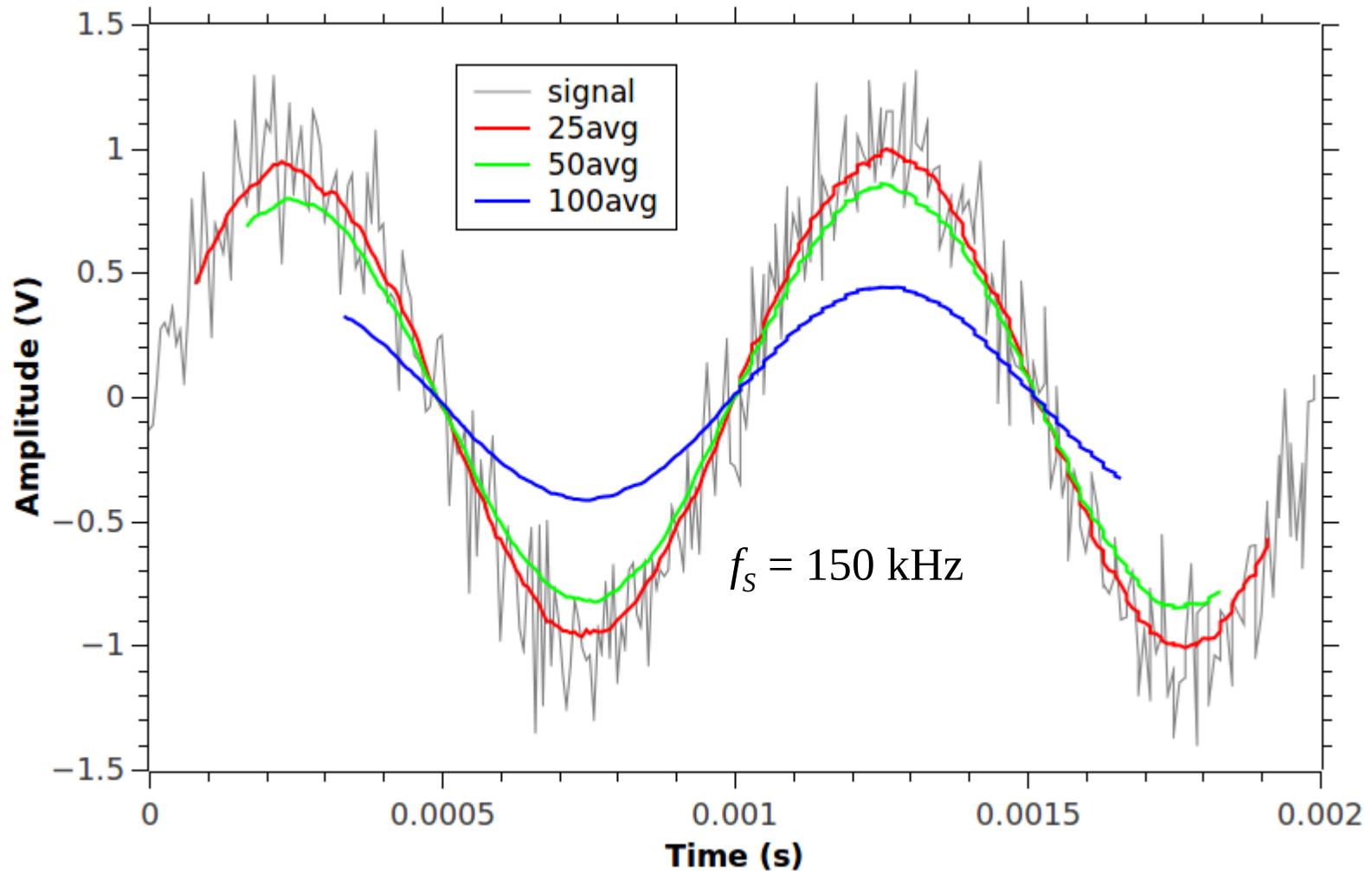
- Melhoria de SNR:
$$SNR' = SNR \sqrt{N_m}$$

- Banda passante (f_{cs}) e constante de tempo (τ):

$$f_{cs} = \frac{f_s}{2N_m} \quad \tau = \frac{N_m}{\pi f_s}$$

f_{cs} = frequência de corte superior
 f_s = frequência de amostragem

Técnica de média móvel



Técnica de média móvel

- Variantes:

- Média móvel ponderada linear (WMA):

$$\bar{x}[i] = \frac{2}{N_m(N_m+1)} \sum_{j=1}^{N_m} x[i+j] \cdot j$$

- Média móvel ponderada exponencial (EWMA):

$$\bar{x}[i] = \alpha \cdot \bar{x}[i-1] + (1-\alpha) x[i] \quad \alpha = \frac{N_m - 1}{N_m} \quad \tau = \frac{N_m}{\pi f_s}$$

N_m : número de médias

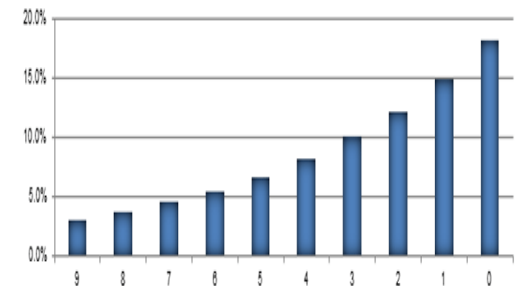
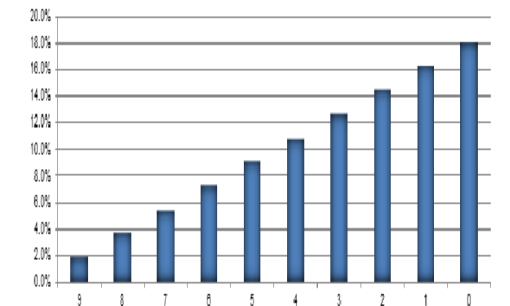
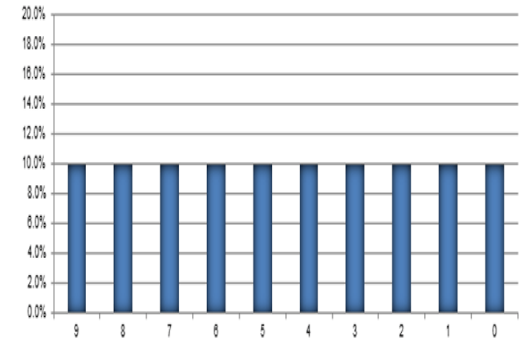
α : coeficiente exponencial da filtragem

τ : constante de tempo da filtragem

f_s : frequência de amostragem

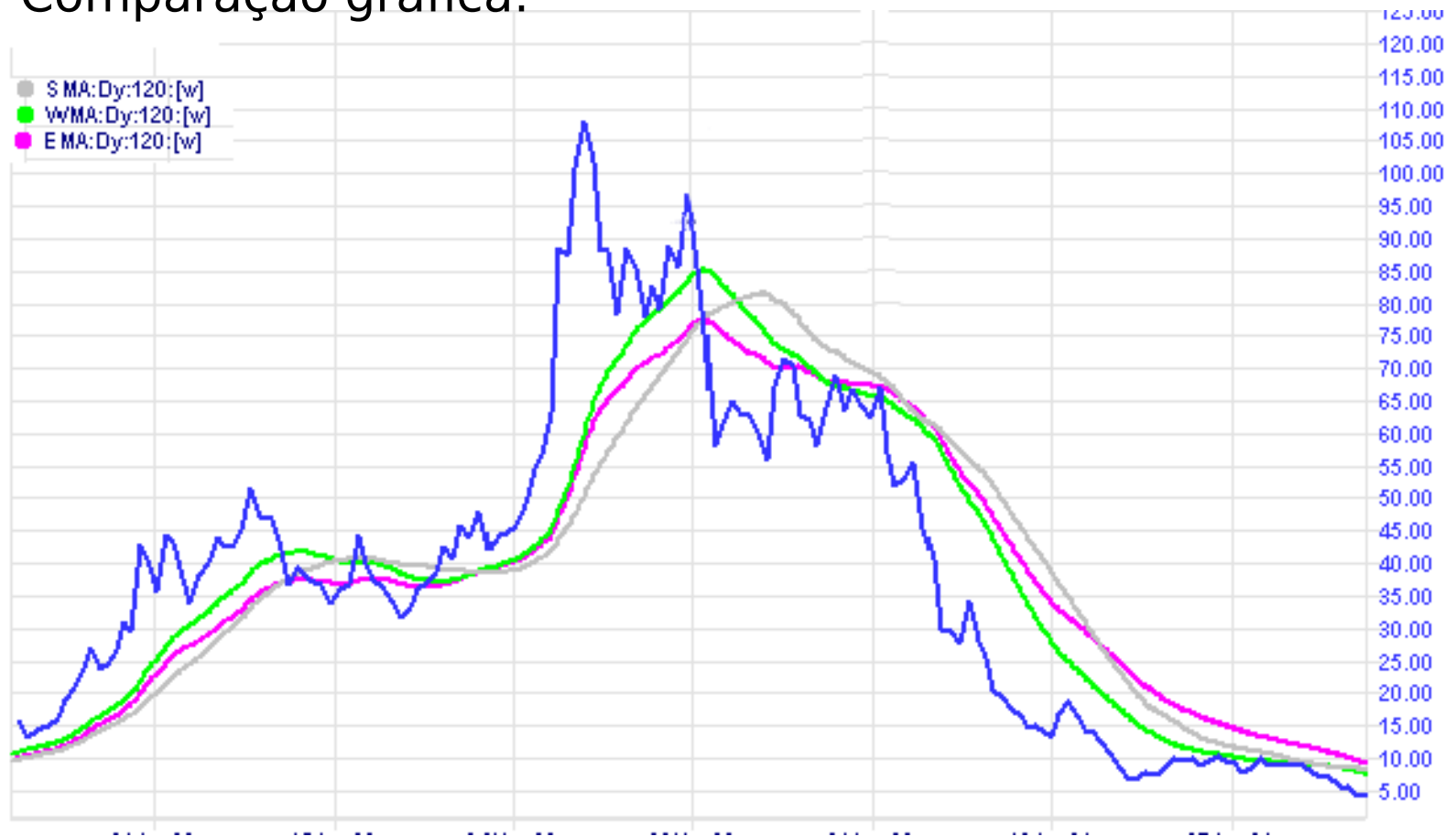
Técnica de média móvel

- Média móvel simples:
 - Cálculo simples
 - Atraso significativo na resposta
- Média móvel ponderada linear:
 - Cálculo mais complexo
 - Menor atraso na resposta
-
- Média móvel ponderada exponencial:
 - Cálculo simples
 - Pequeno atraso na resposta



Técnica de média móvel

Comparação gráfica:



Técnica de média ponto a ponto

- Usada para sinais repetitivos
 - Efetuada uma média ponto a ponto entre várias aquisições subsequentes
 - Redução de ruído não correlato com o sinal pela soma
 - Não limita a banda passante do sinal
 - Todas amostras da sequência são preservadas

Técnica de média ponto a ponto

- Equação:

$$\bar{x}[i] = \frac{1}{N_a} \sum_{j=1}^{N_m} x[j]$$

- Ganho em resolução:

$$n \text{ bits} = \log_4 N_a$$

n_{bits} = número de bits suplementares

N_a = número de aquisições

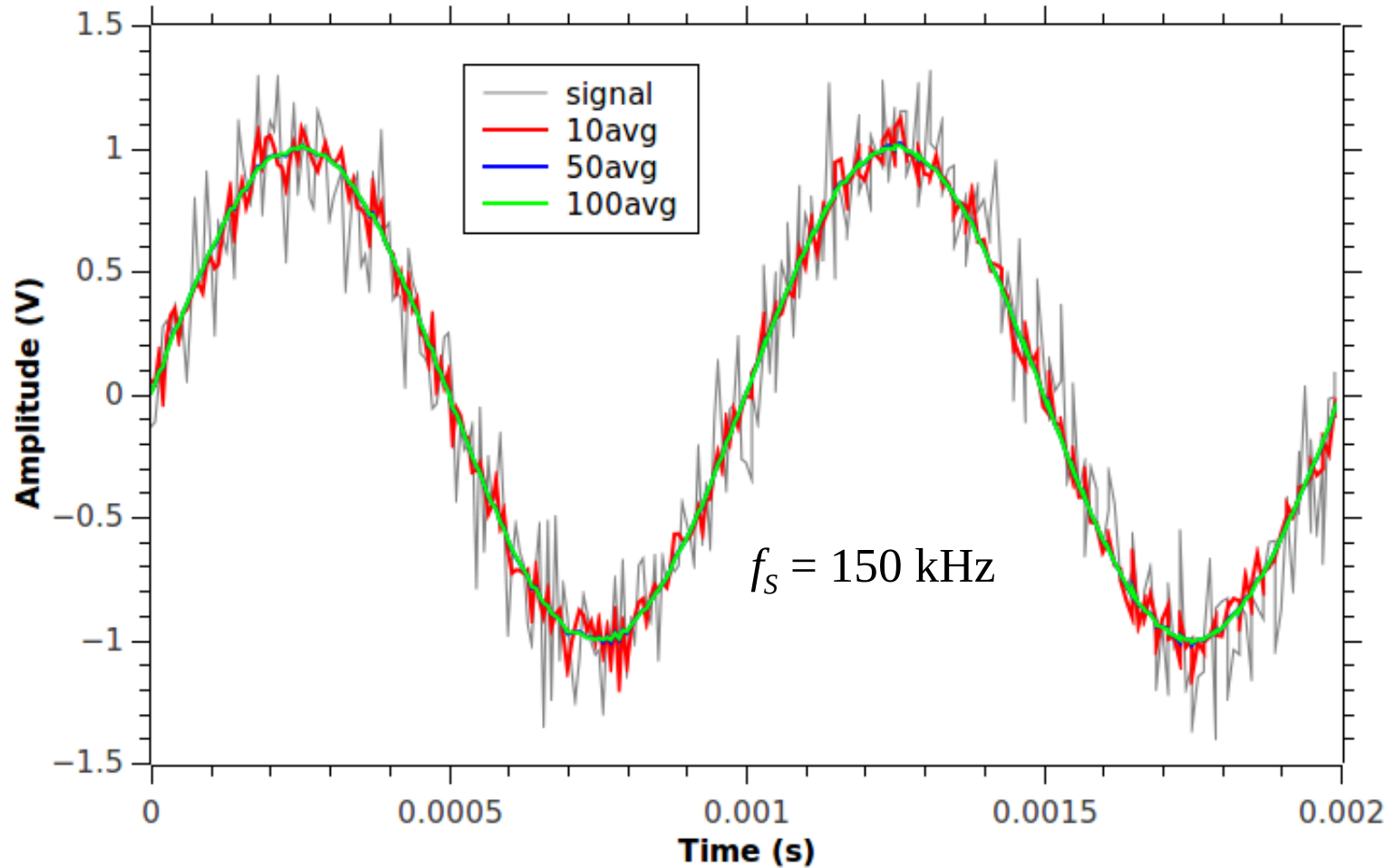
- Melhoria da SNR :

$$SNR' = SNR \sqrt{N_a}$$

N_a = número de aquisições

- Banda passante é preservada

Técnica de média ponto a ponto



Redução de ruído em sinais amostrados

	Sobre-amostragem	Média móvel	Média ponto a ponto
Número de amostras	preservado	reduzido	preservado
Tipo de sinal	aleatório	aleatório	repetitivo
BW	preservada	reduzida	preservada
Tempo de realização	preservado	preservado	Aumentado ($N \cdot T_{aq}$)
Obs.	Necessita alta taxa de amostragem	Simples, WMA, EWMA	Necessita alta estabilidade do sinal em relação ao disparo (trigger)

Exercício 2.2

- Seja um conversor A/D com resolução de 8 bits, faixa dinâmica de 5 V e tempo de amostragem de 100 μ s, usado em um sistema de aquisição de dados de um extensômetro, determine:
 - a) o erro total (ruído) após o processo de amostragem considerando que o ruído analógico é de 10 mV_{RMS} (considere apenas os ruídos de quantização e analógico)
 - b) o número N de sobre-amostragens do sinal de modo que a relação sinal/ruído total seja de 64 dB (considere o sinal de entrada uma tensão DC de 2,5 V)
 - c) o ganho de resolução obtido com esse processamento e a máxima taxa de amostragem
 - d) a frequência de corte superior e a constante de tempo resultante deste processo de filtragem