

Teorema da Amostragem

Nyquist/Shannon

Felipe Pimenta Bernardo - 10788697

Sistemas Digitais

SEL 0414

Introdução

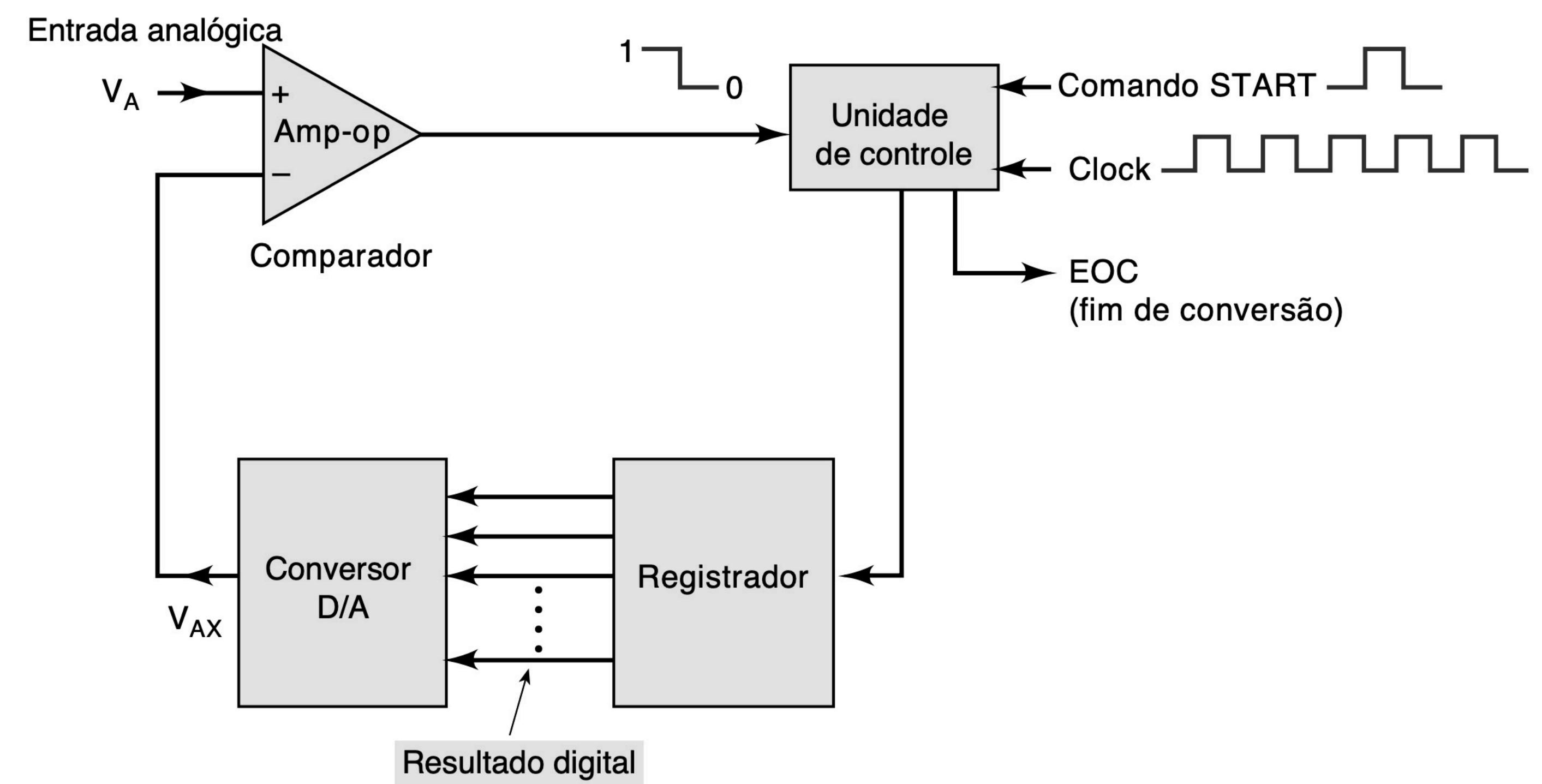
Objetivos

- Introduzir o processo de conversão analógico-digital;
- Apresentar o teorema da amostragem de Nyquist-Shannon;
- Discutir os desafios da amostragem.

Conversão Analógico-Digital

Conversor Analógico-Digital (ADC)

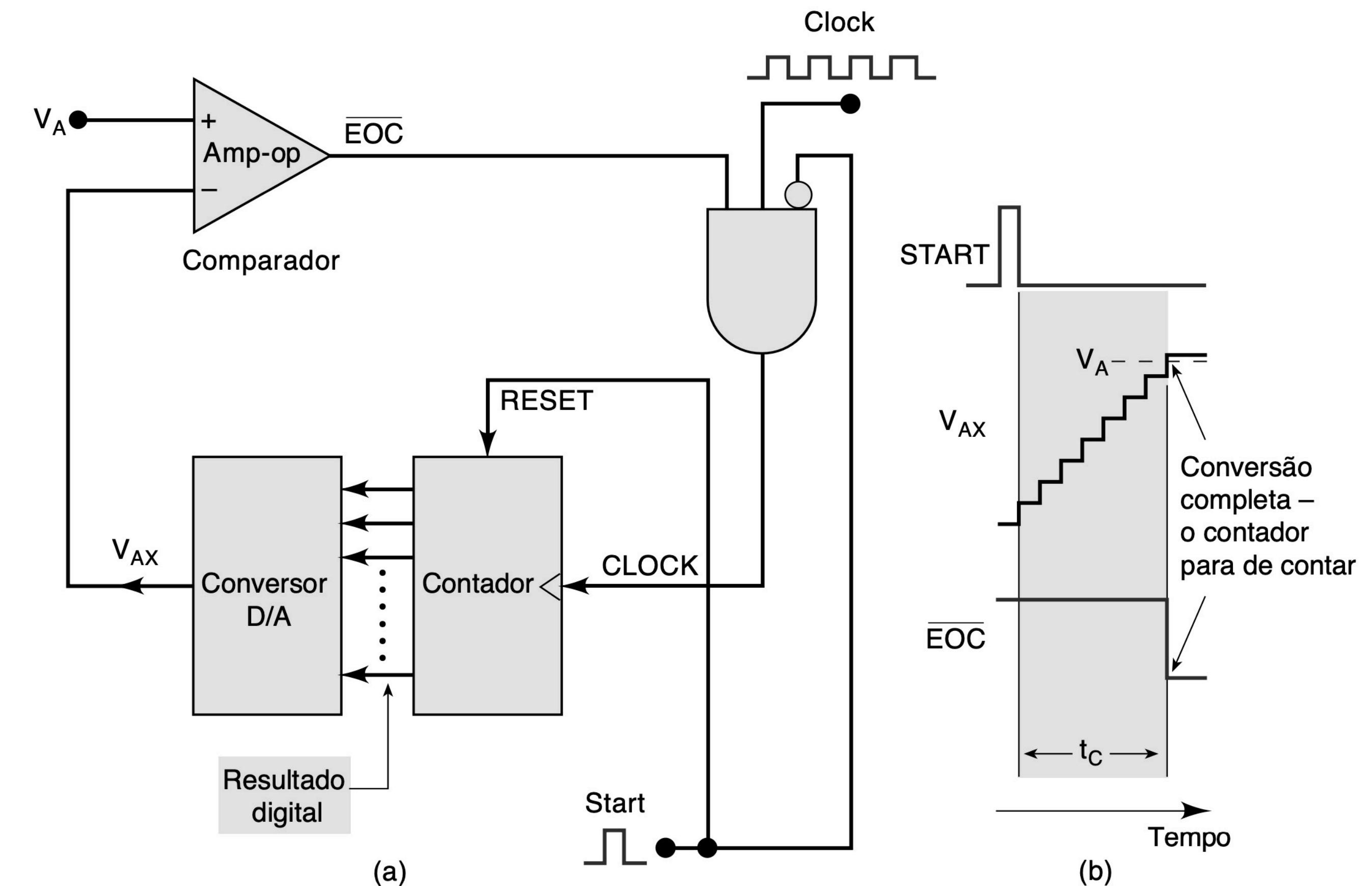
- Pulso em START inicia o processo de conversão;
- Sinal binário no registrador é modificado regularmente;
- O número binário é convertido em tensão analógica V_{AX} pelo DAC;
- Quando V_{AX} supera V_A o comparador termina o processo (EOC).



Conversão Analógico-Digital

ADC de Rampa Digital

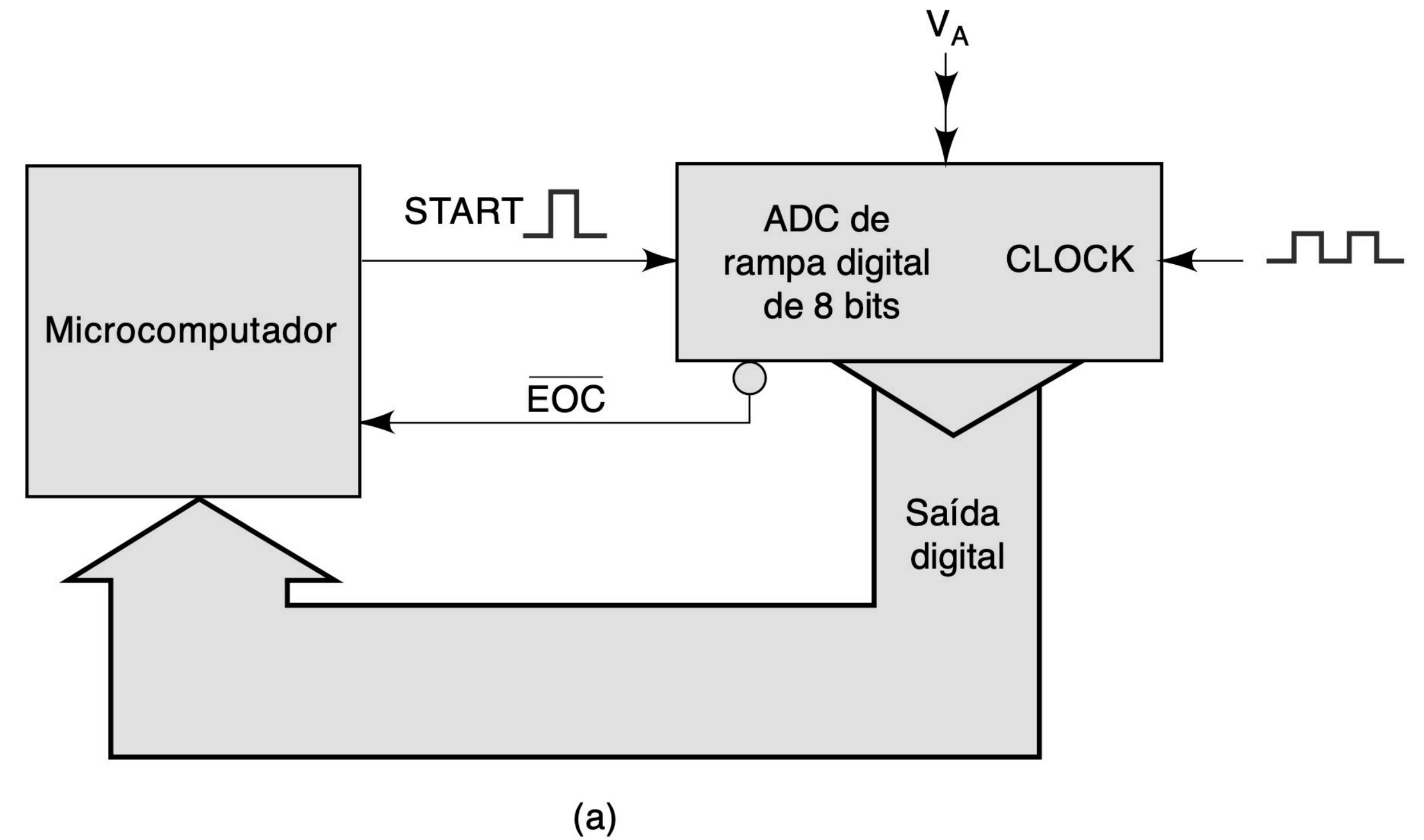
- Também conhecido como ADC contador;
- Mesmo processo descrito no slide anterior;
- O valor no contador (registrador) é a amostra a ser lida.



Aquisição de Dados

Amostragem

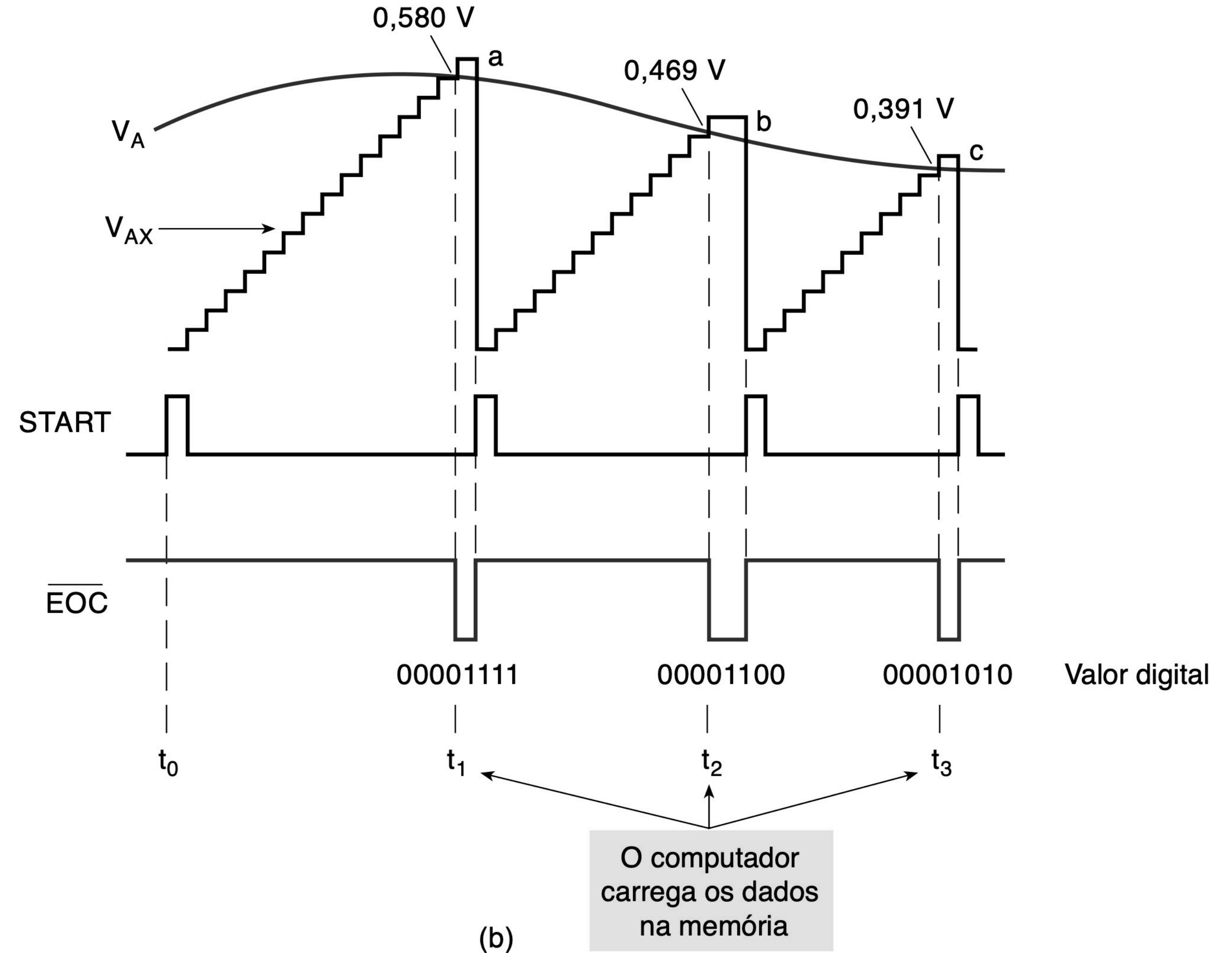
- Microcomputador inicia a conversão com o sinal START;
- ADC indica o final da conversão com o sinal EOC;
- Microcomputador lê a saída digital do ADC;
- Repete...



Aquisição de Dados

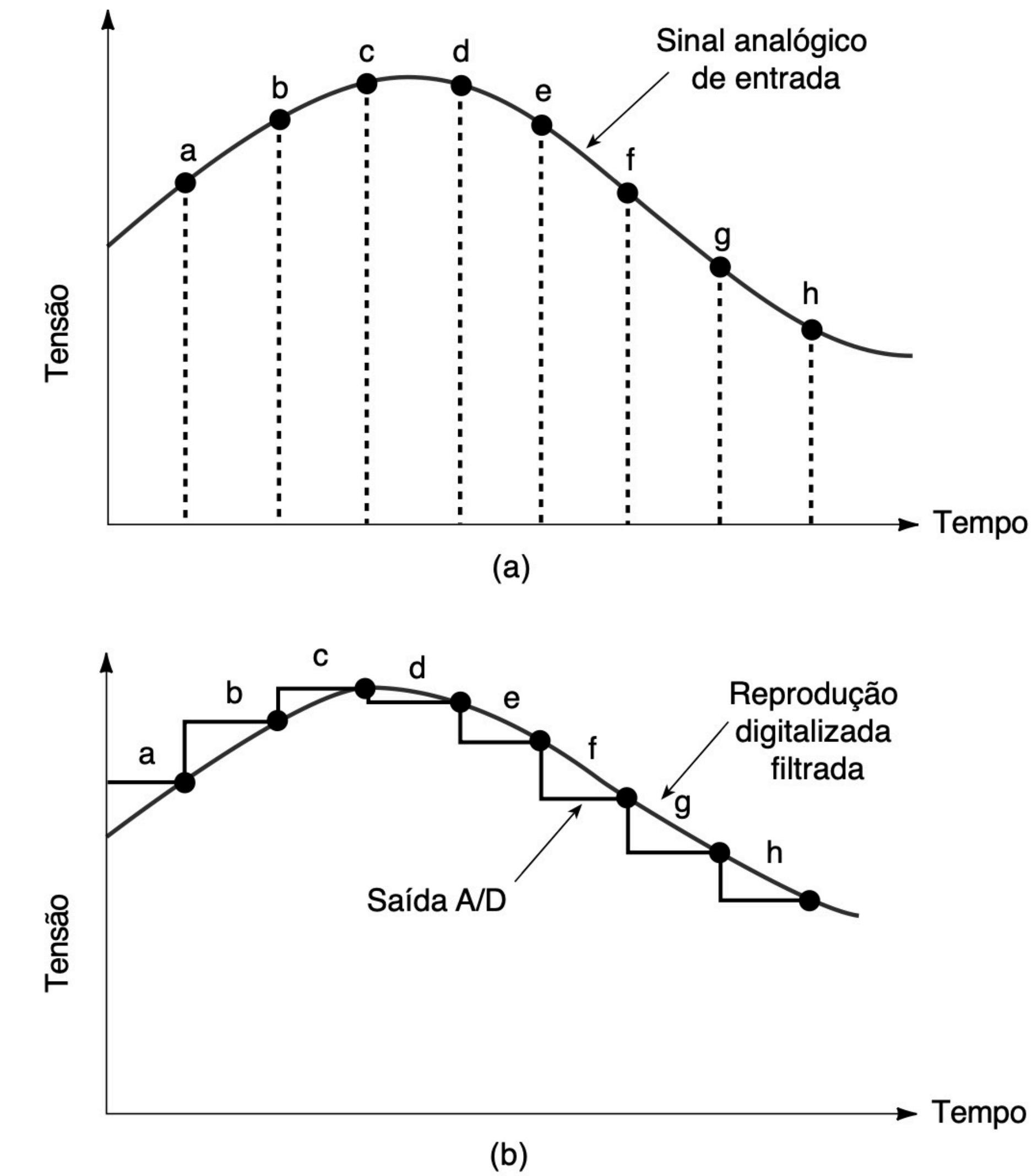
Amostragem

- Microcomputador inicia a conversão com o sinal START;
- ADC indica o final da conversão com o sinal EOC;
- Microcomputador lê a saída digital do ADC;
- Repete...



Reconstruindo o sinal digitalizado

- Conversão (amostragem) ocorre em intervalos regulares;
- Uso de circuitos *Sample and Hold* (S/H) para a amostragem;
- O sinal pode ser reconstruído a partir das amostras digitais;
 - Conversão com um DAC;
 - Filtragem com um filtro RC passa-baixa.



Teorema da Amostragem

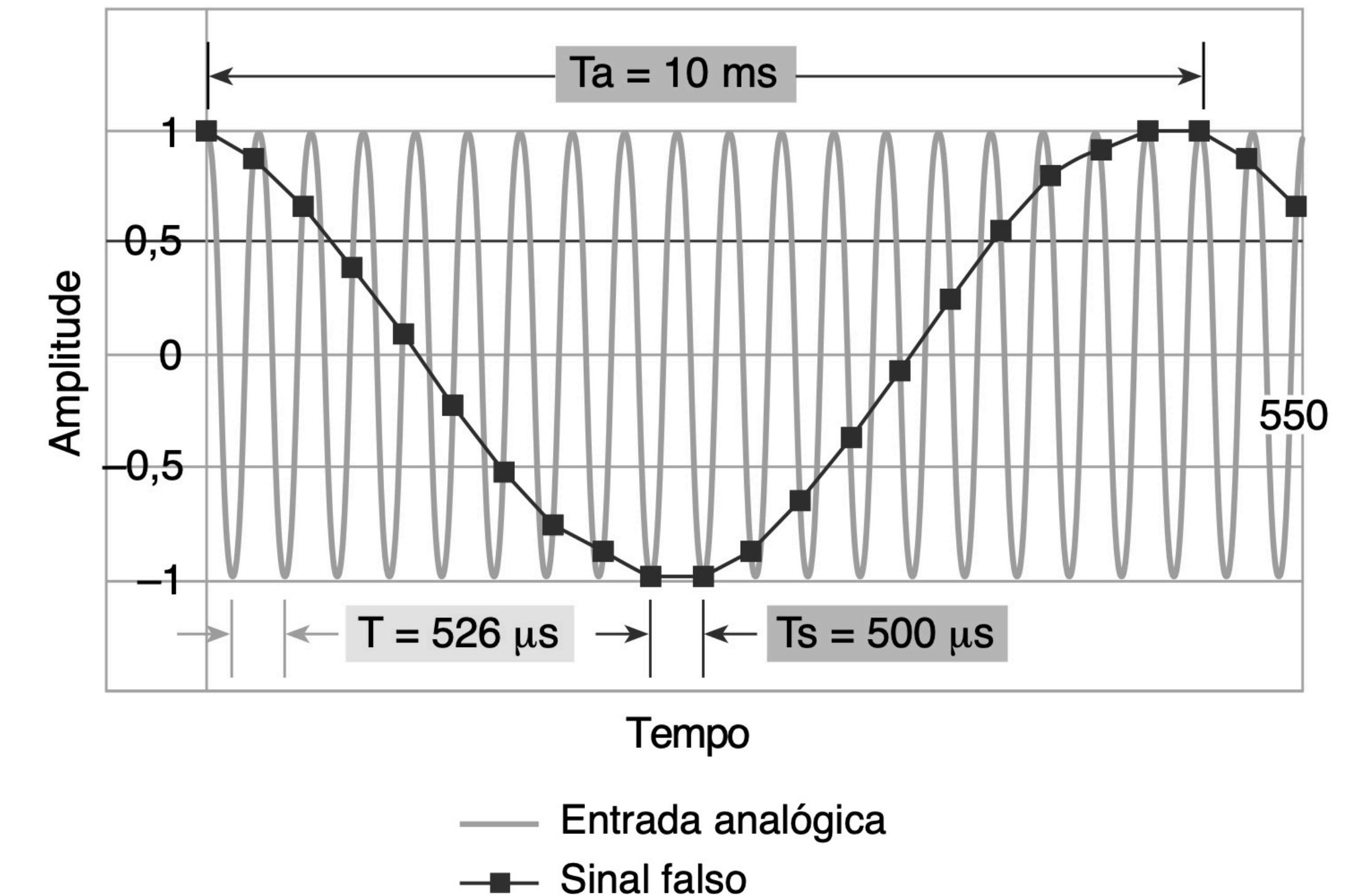
Harry Nyquist - Claude E. Shannon

- “Um sinal contínuo pode ser propriamente amostrado somente se ele não contiver componentes em frequência acima de metade da frequência de amostragem”;
- Frequências acima da frequência de amostragem F_s serão mapeadas para frequências menores;
- Geração de sinais falsos.

$$f_{max} < \frac{f_s}{2}$$

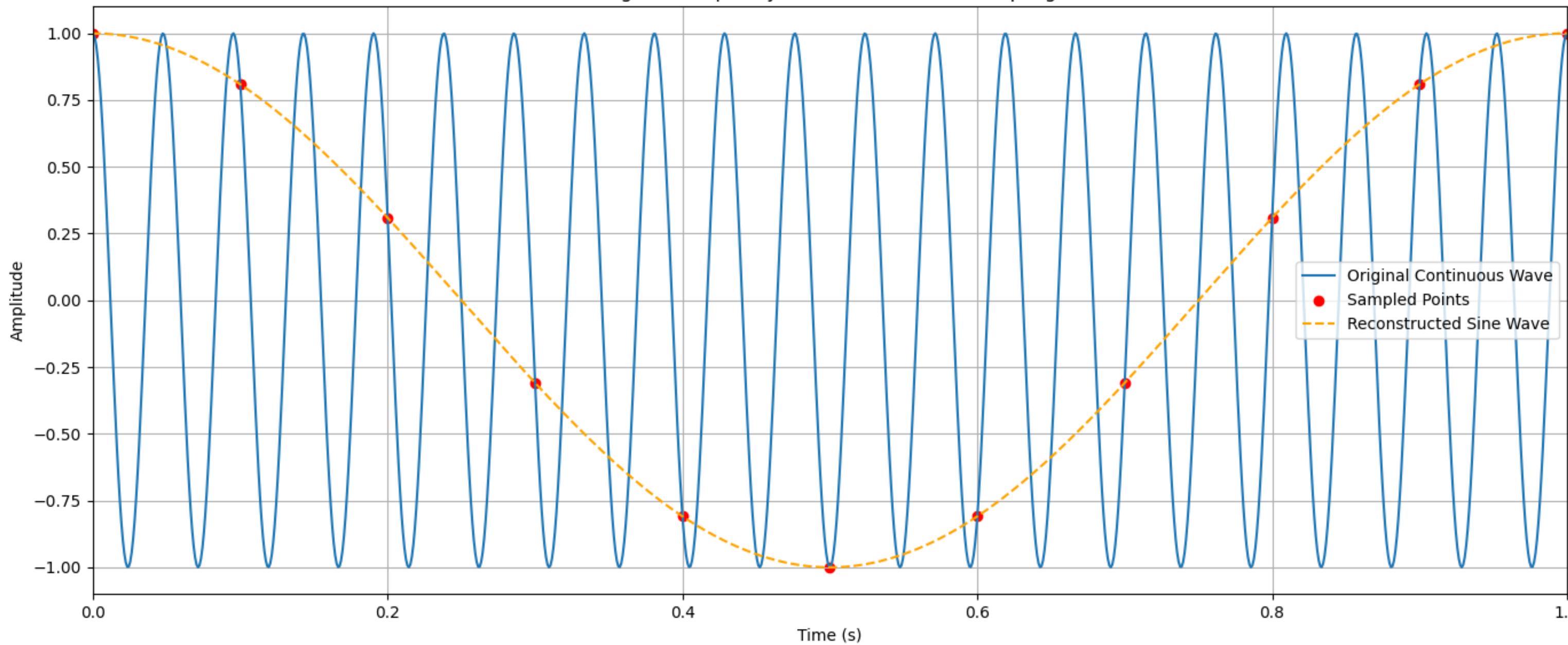
Aliasing

- O efeito do aparecimento de sinais falsos com frequências menores é chamado de *aliasing*;
- Filtros *anti-aliasing* podem ser aplicados eliminando as frequências superiores a F_s com um filtro passa-baixa antes de realizar a amostragem.

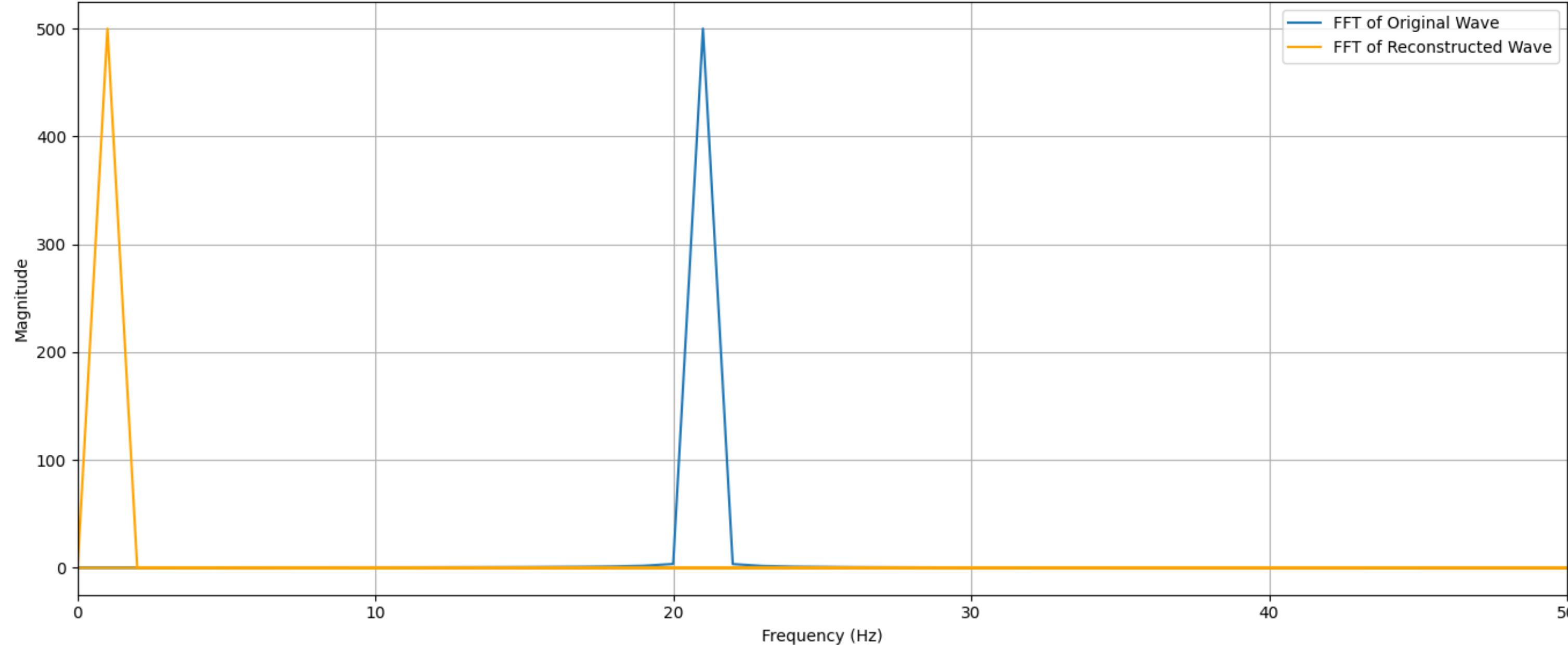


Exemplos Subamostragem

Wave with highest Frequency 21Hz, Phase 2 and Sampling Rate 10Hz

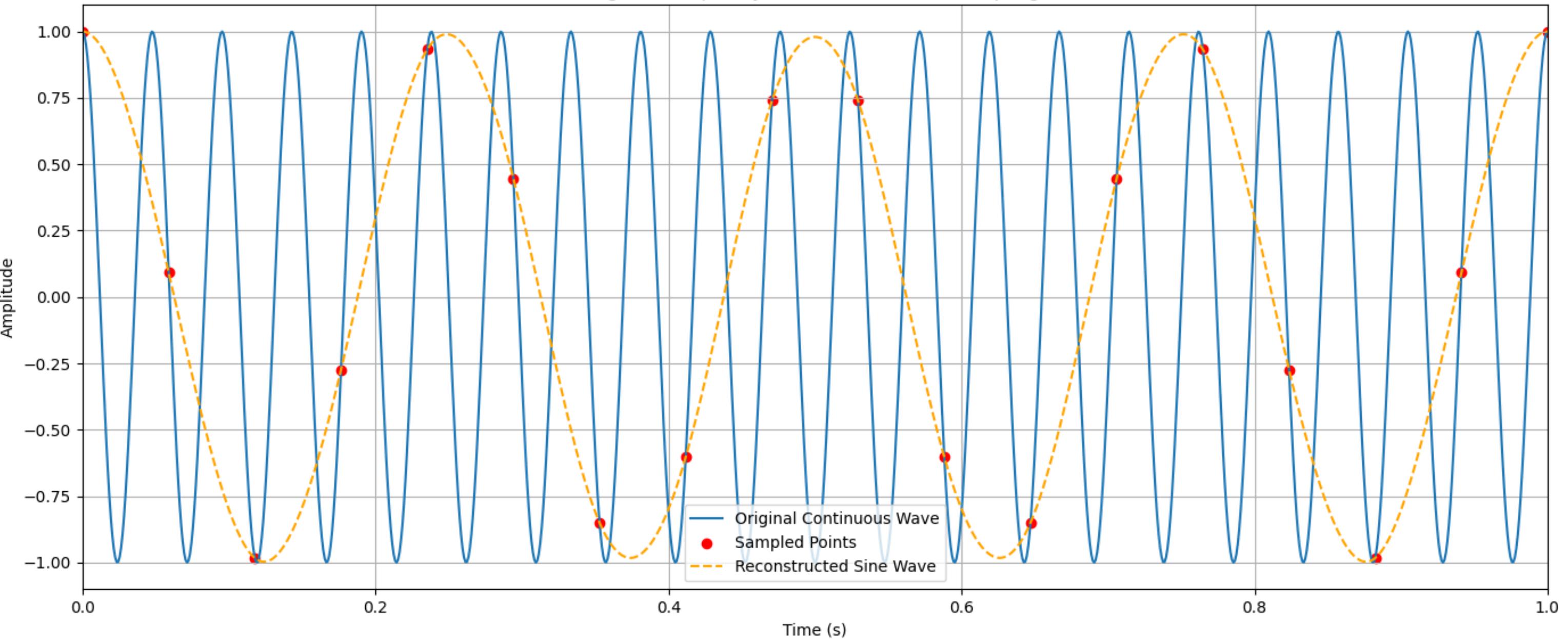


FFT of Original and Reconstructed Waves

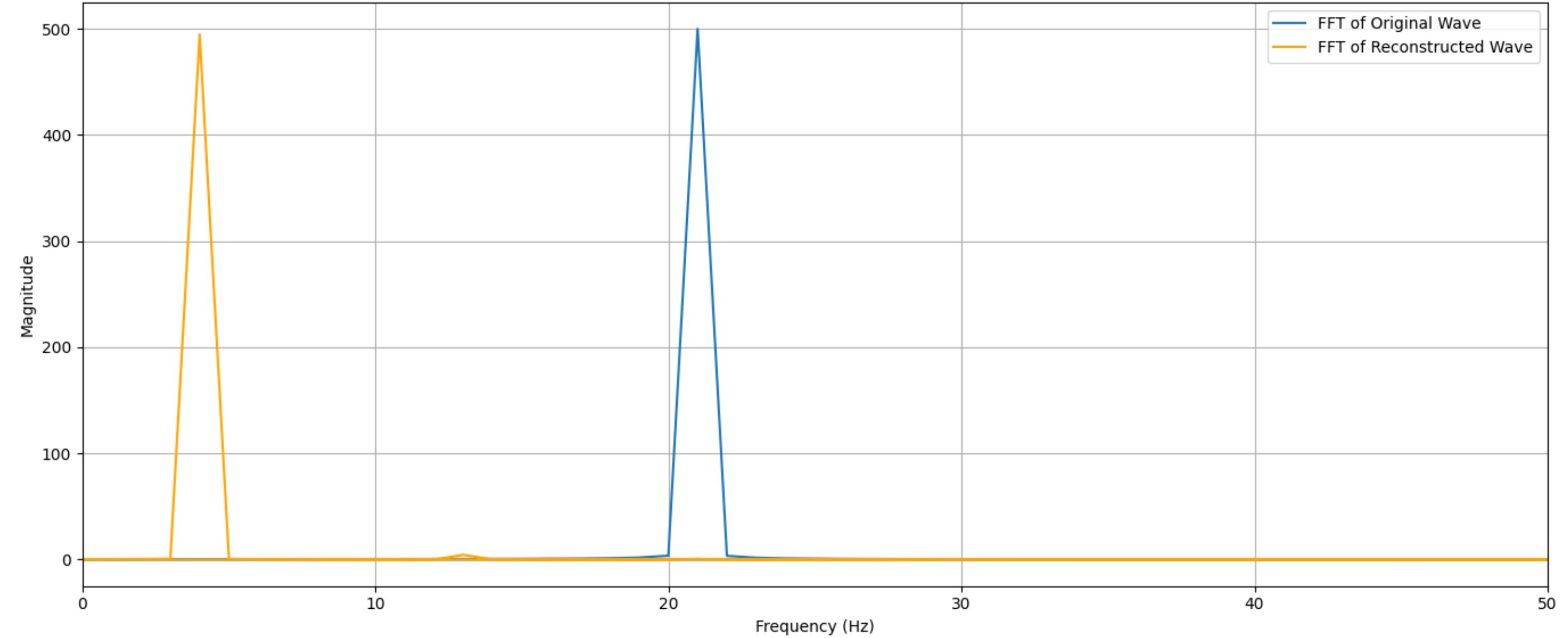


Exemplos Subamostragem

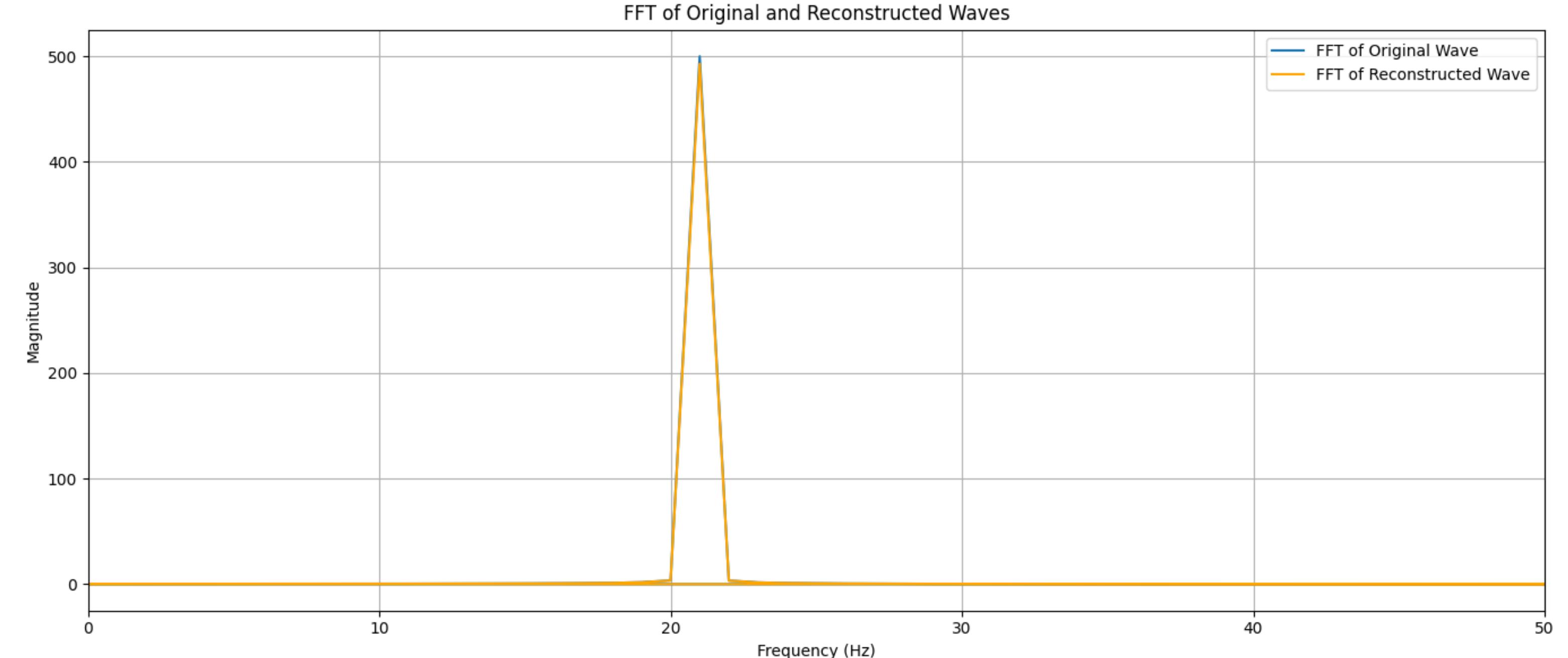
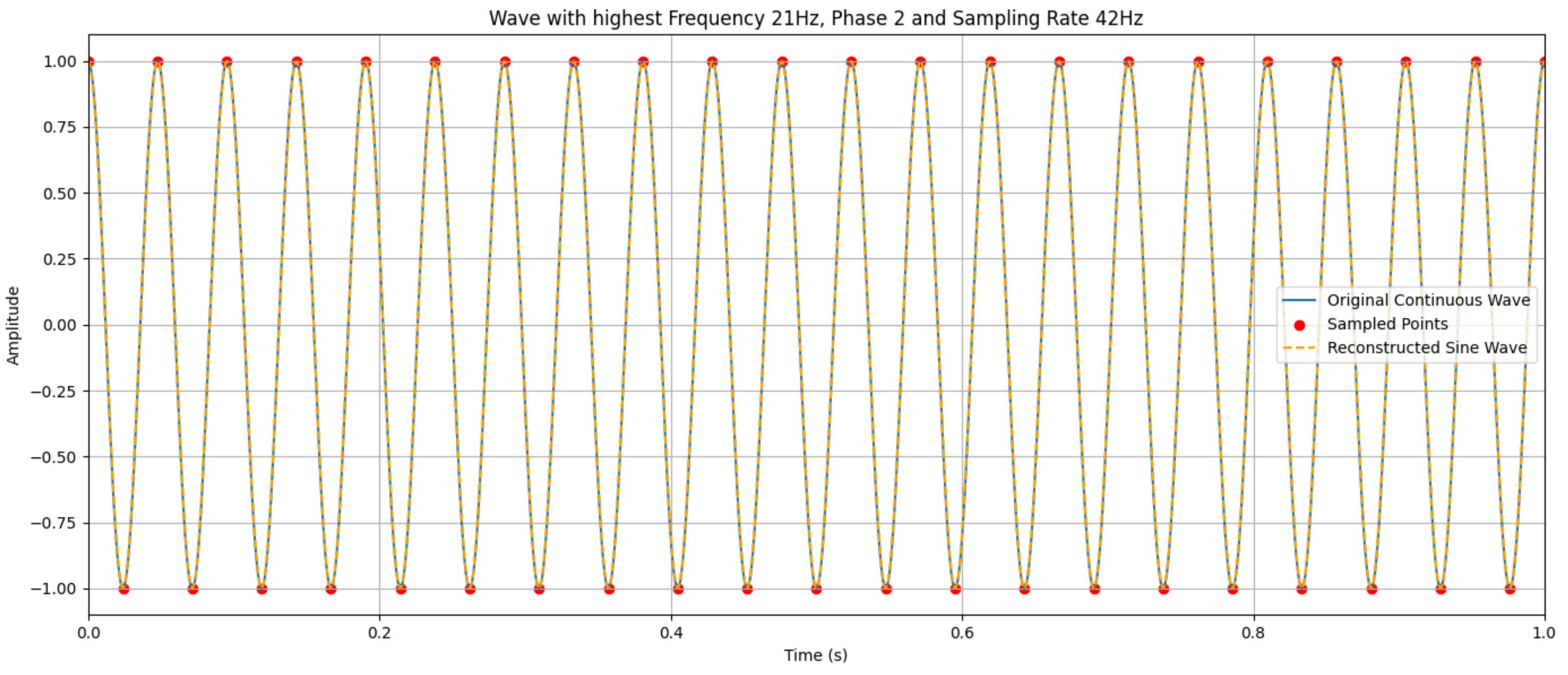
Wave with highest Frequency 21Hz, Phase 2 and Sampling Rate 17Hz



FFT of Original and Reconstructed Waves

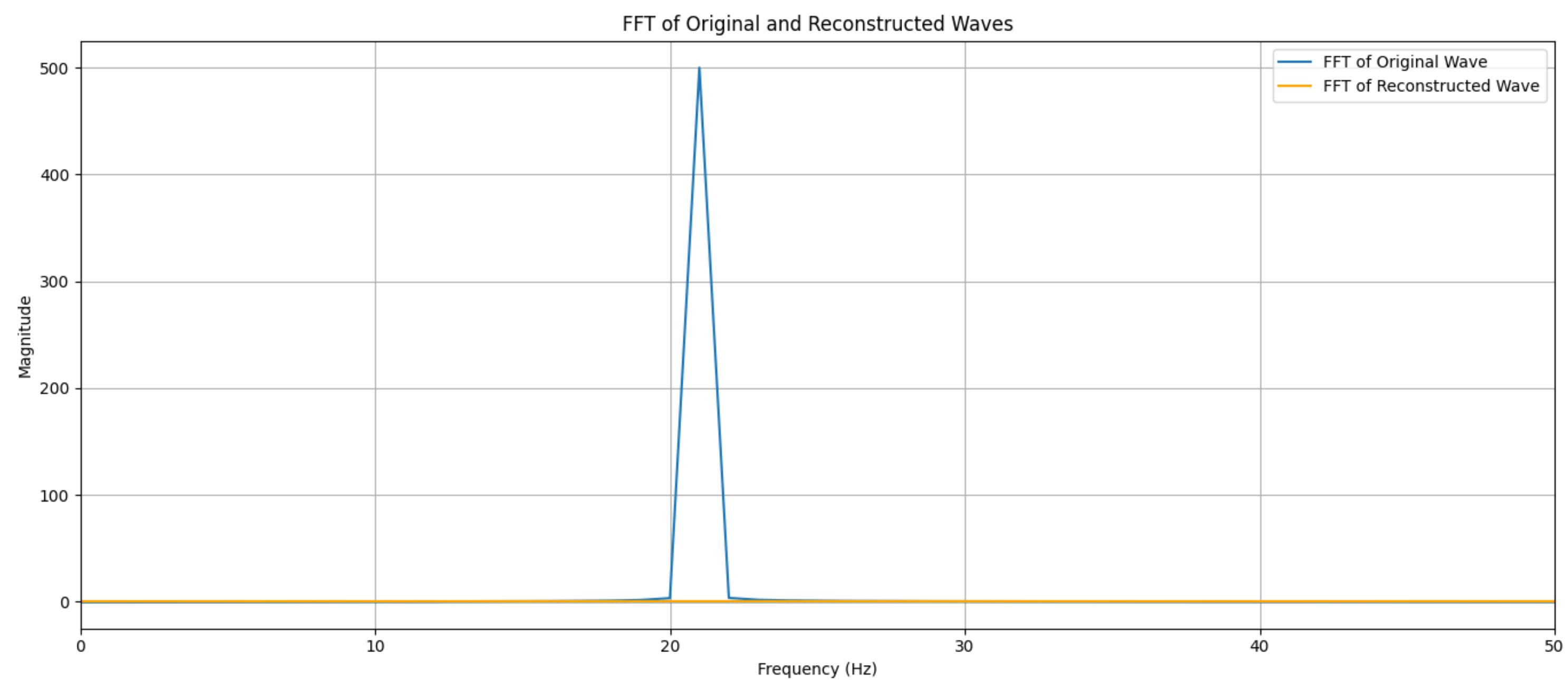
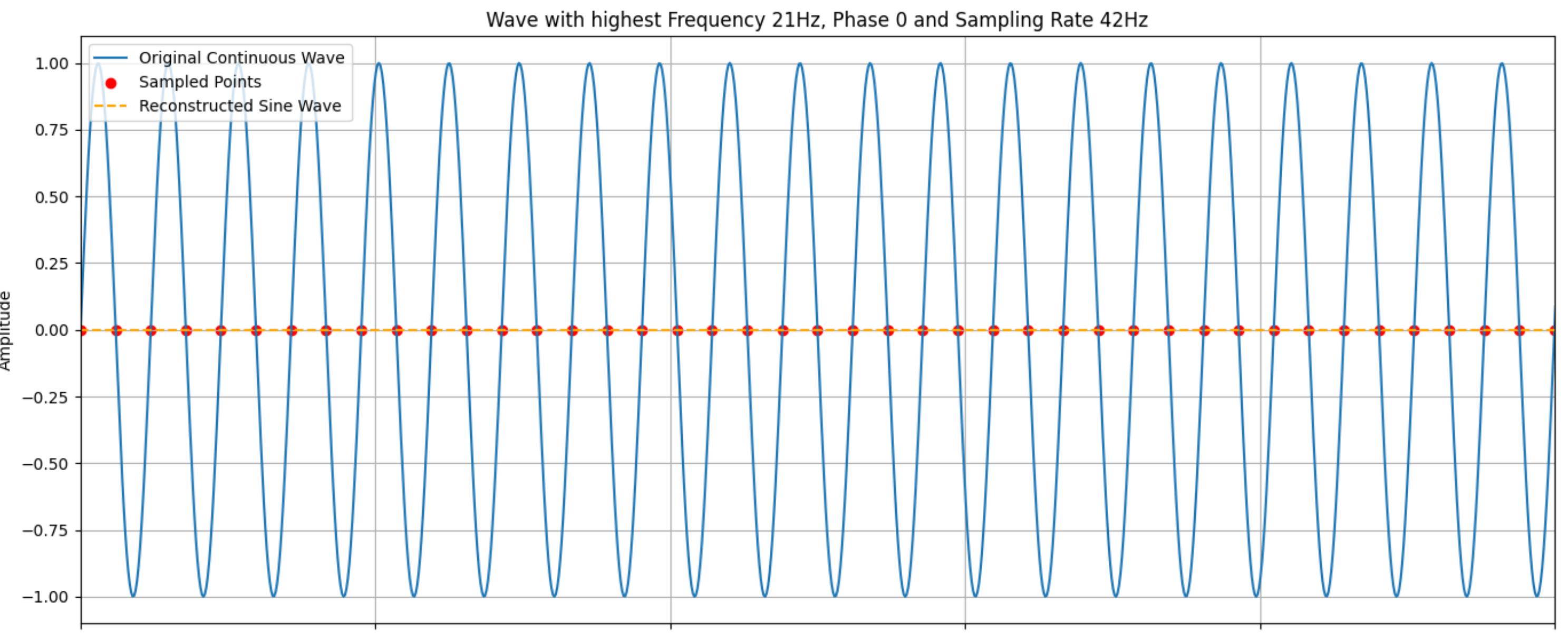


Exemplos Amostragem na frequência de Nyquist

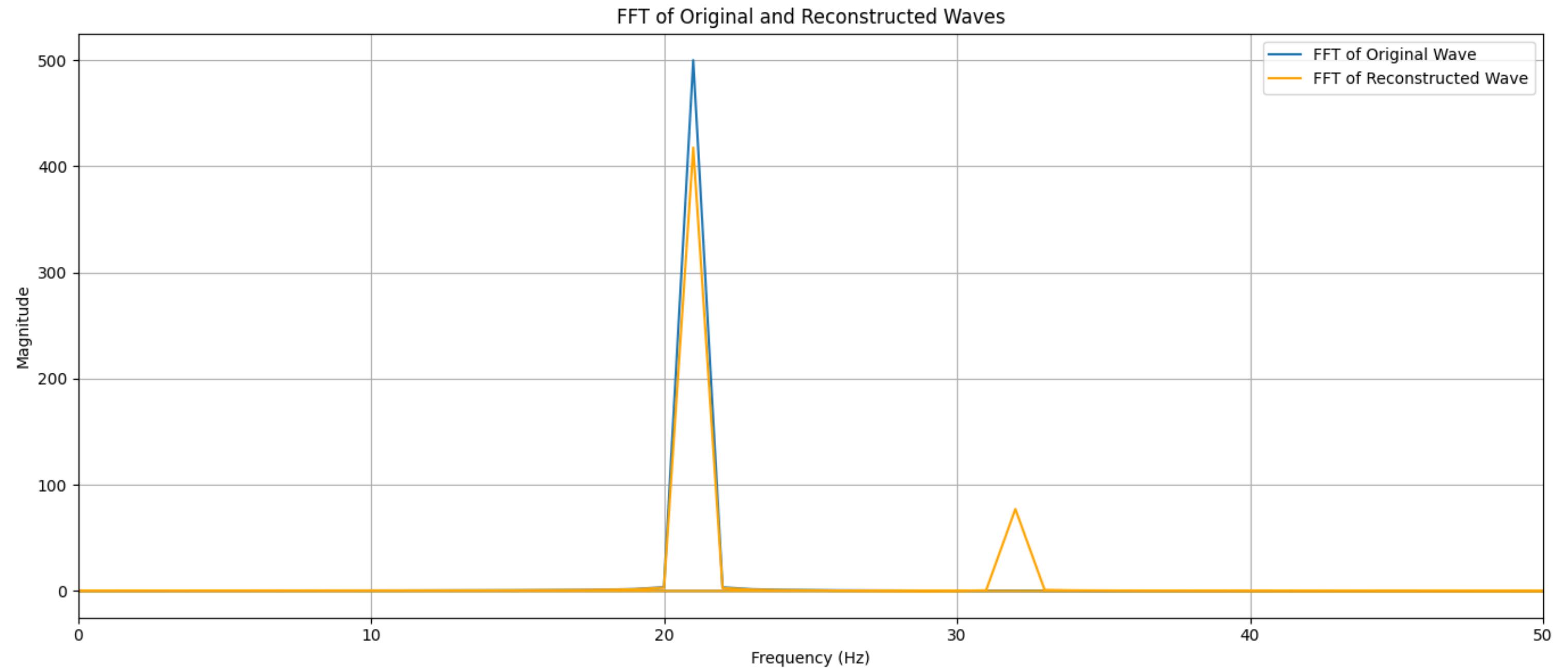
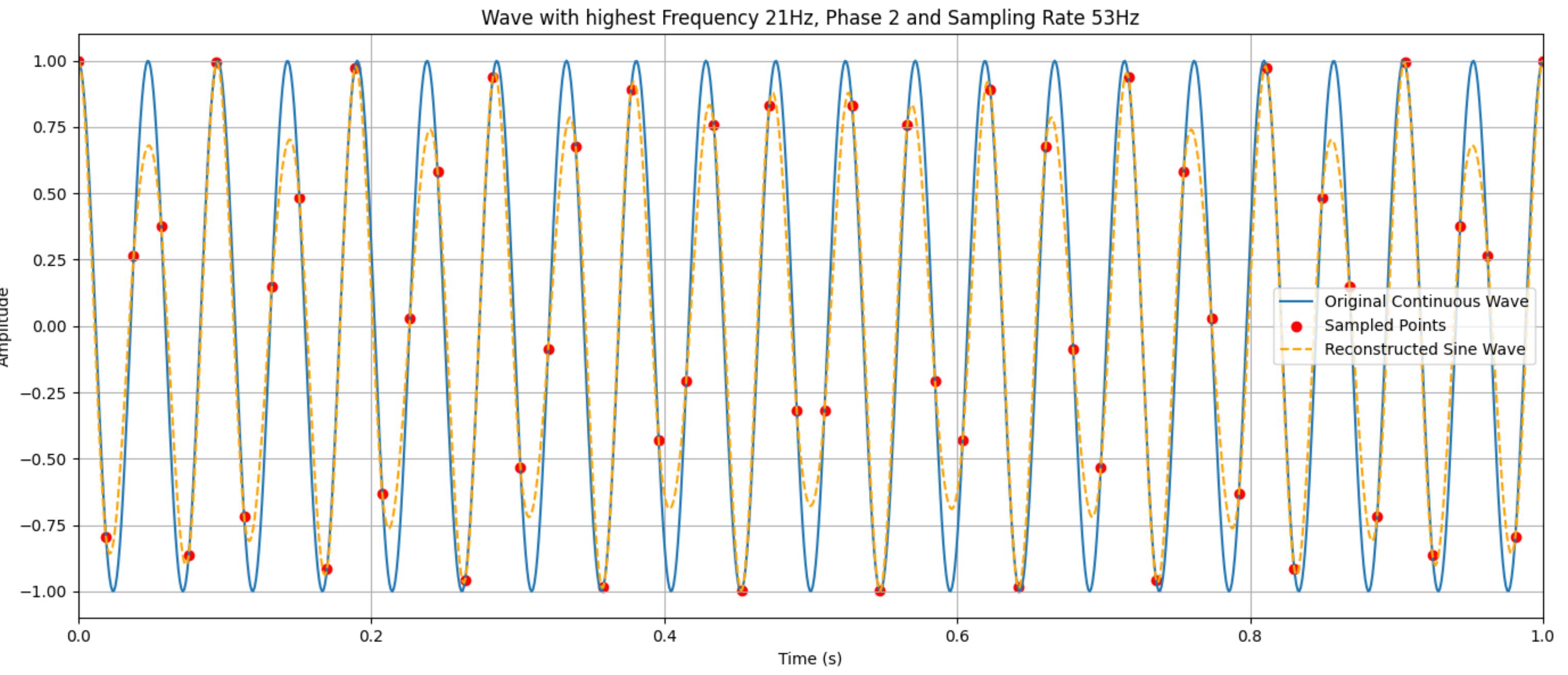


Exemplos

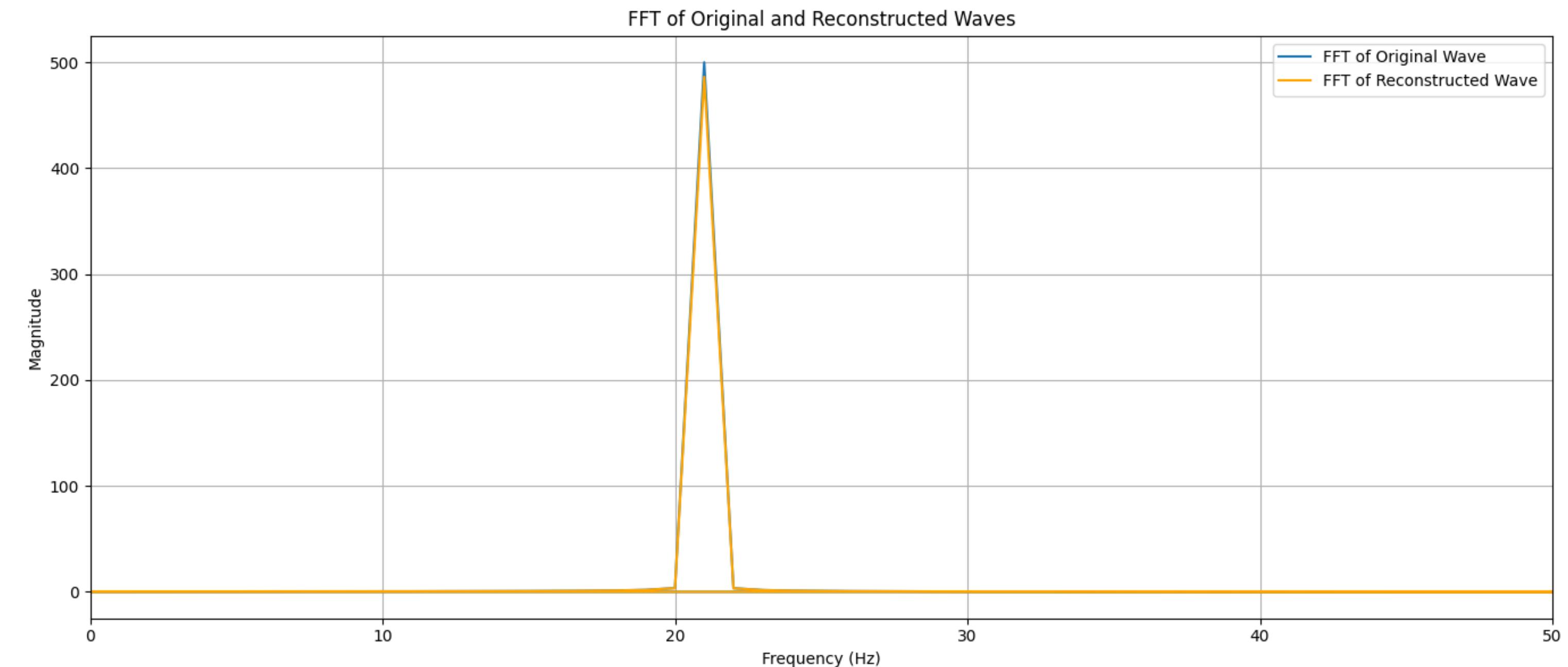
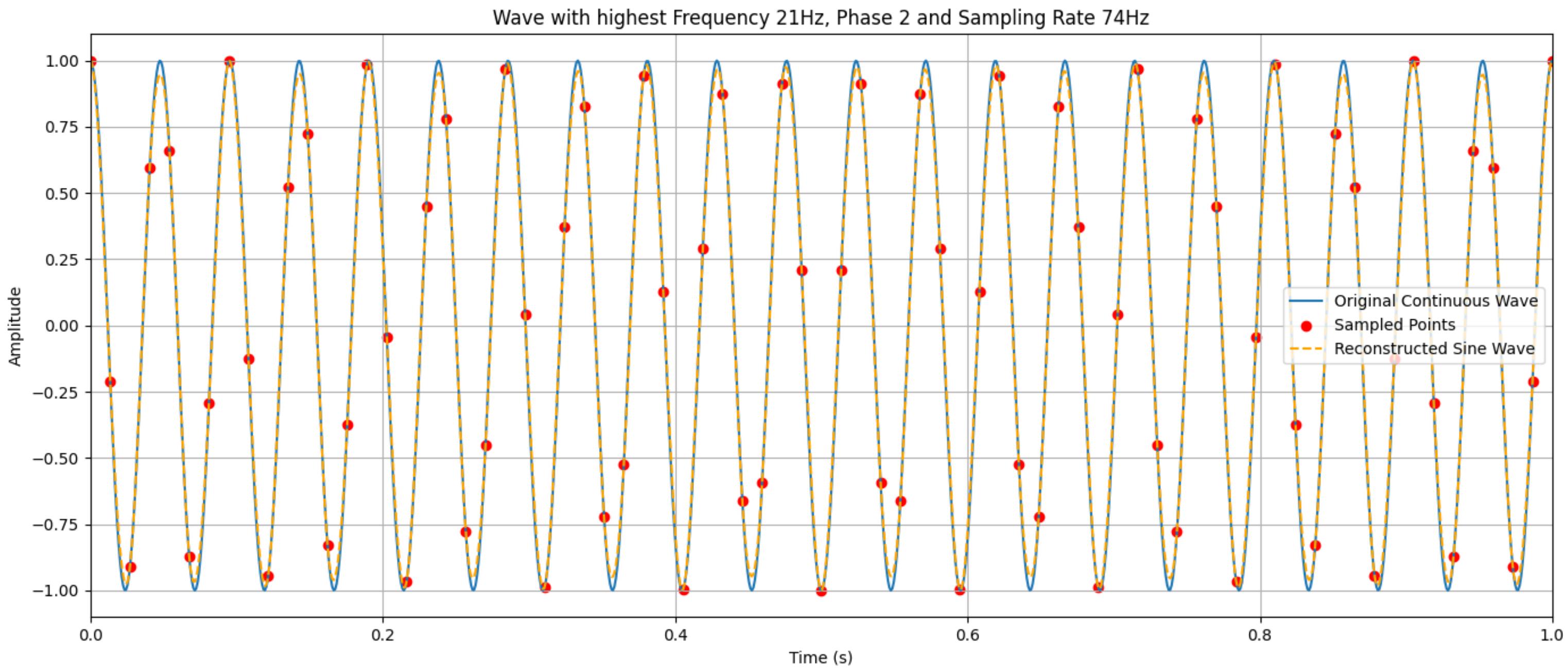
Amostragem na frequência de Nyquist (sem deslocamento de fase)



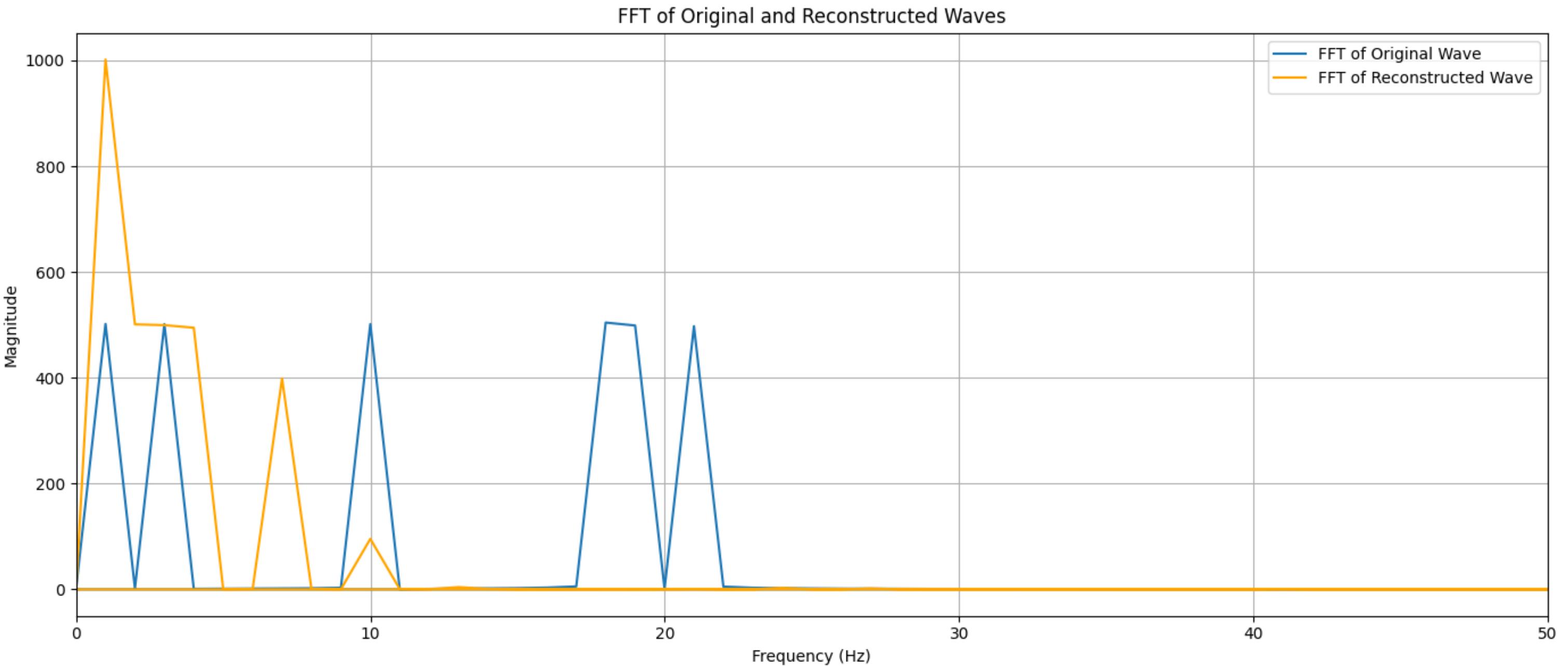
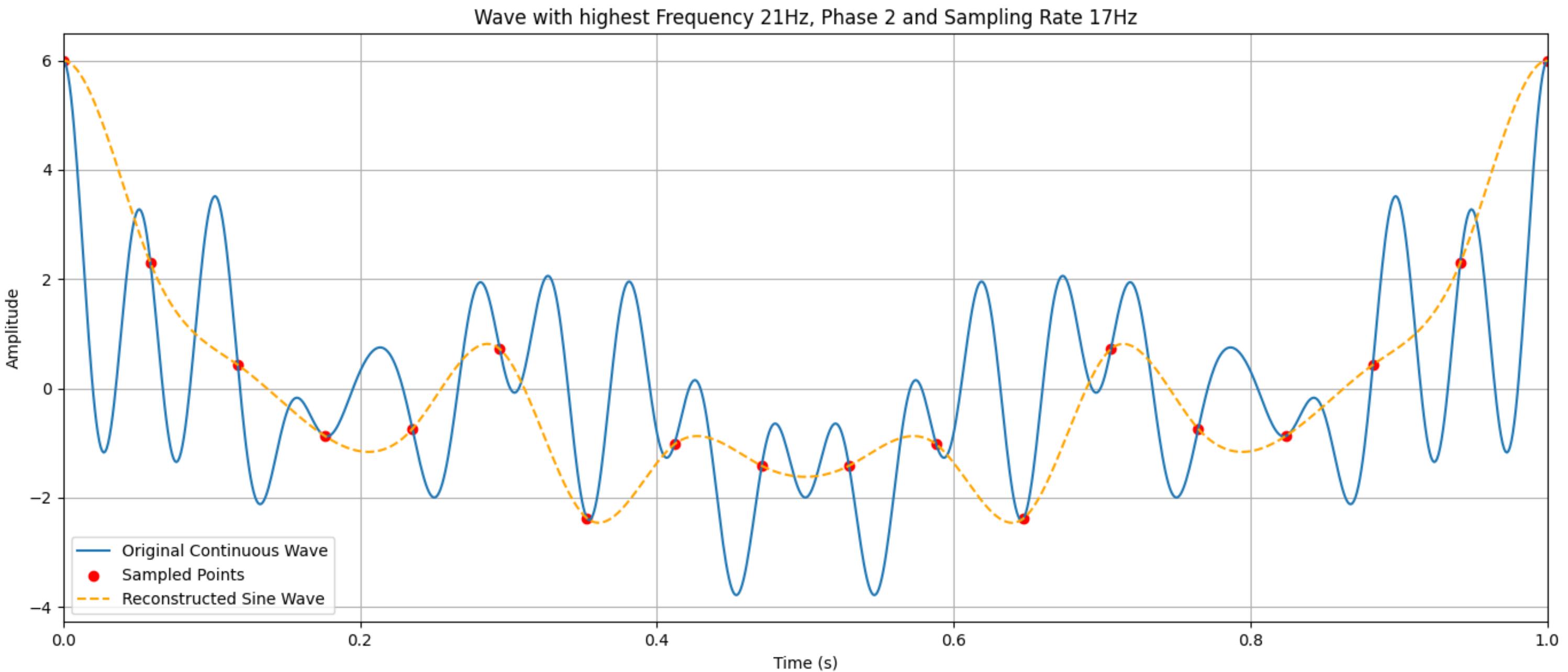
Exemplos Amostragem acima da frequência de Nyquist



Exemplos Amostragem acima da frequência de Nyquist

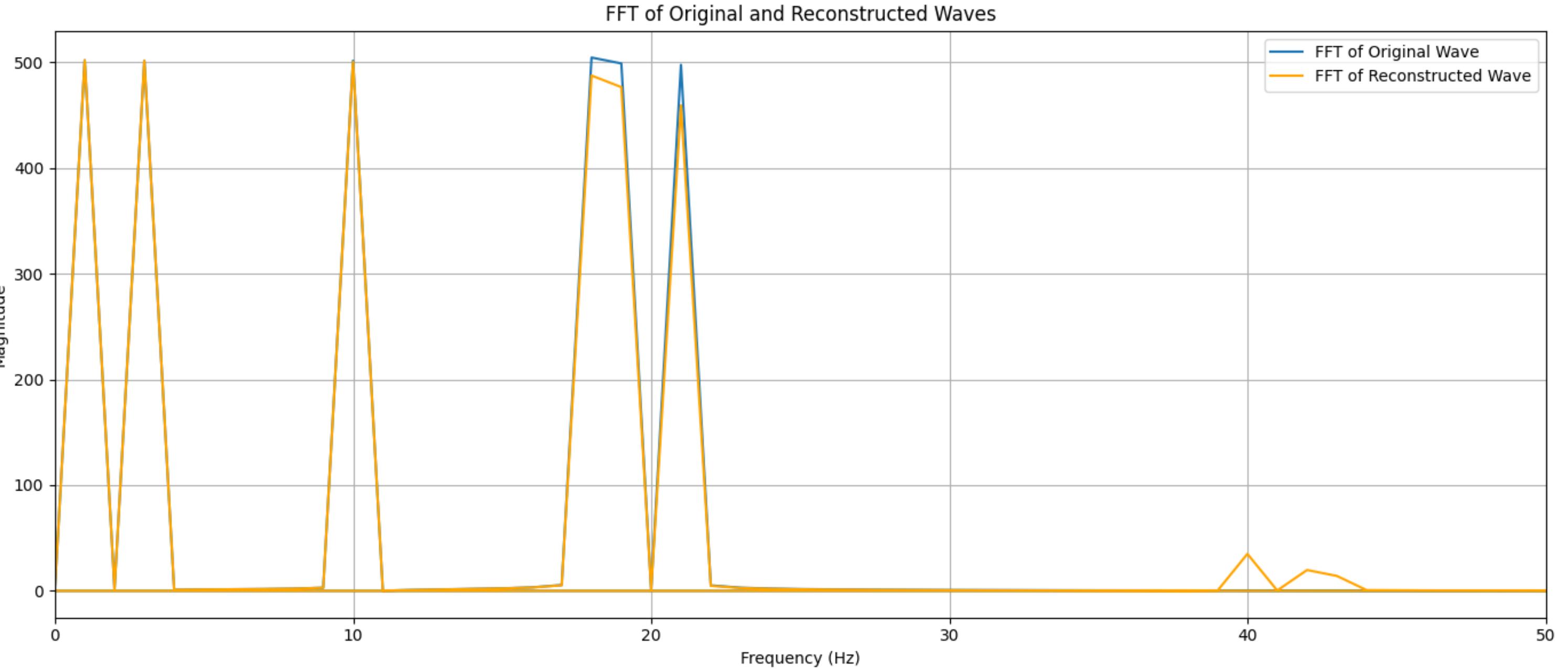
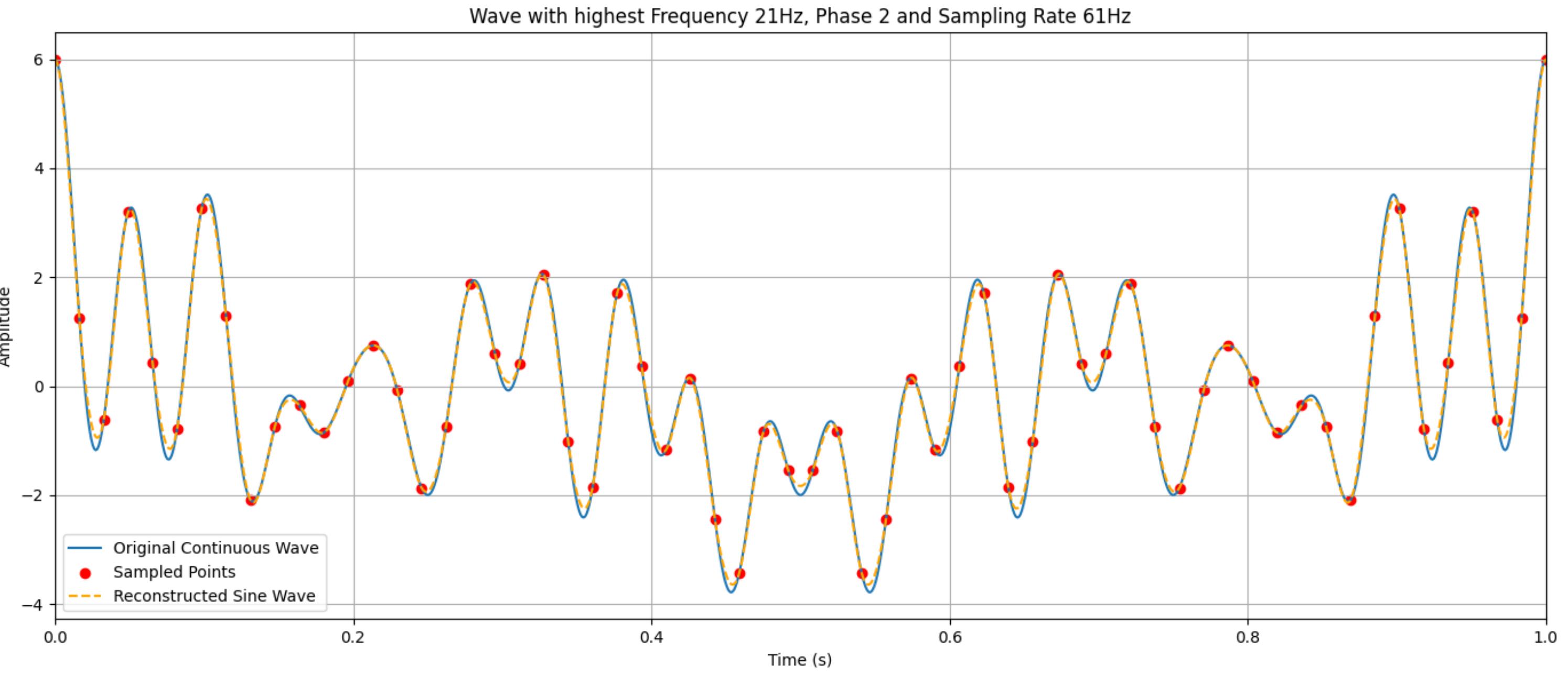


Exemplos Subamostragem (várias frequências)



Exemplos

Amostragem acima da frequência de Nyquist (várias frequências)



Outros exemplos



Outros exemplos



Obrigado!

Felipe Pimenta Bernardo - 10788697