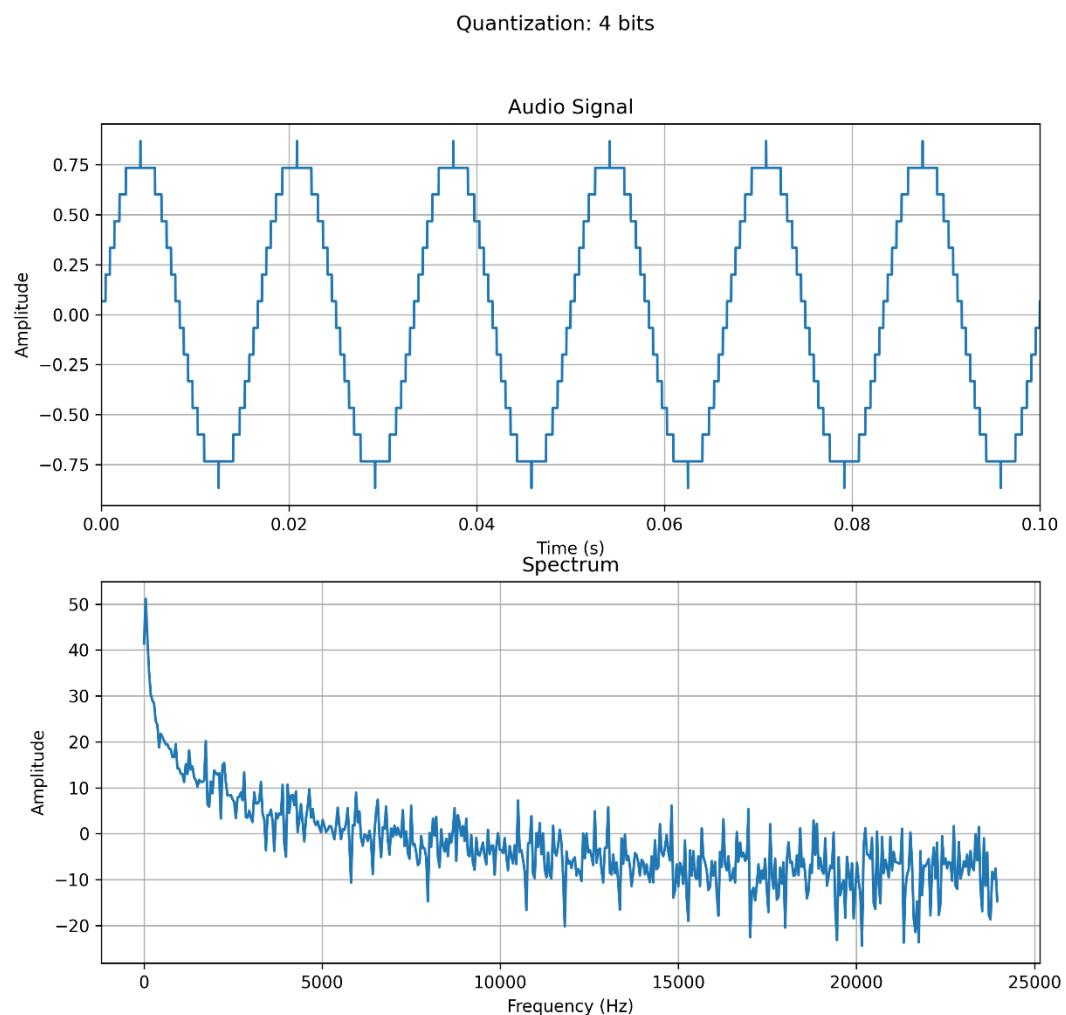


Kwantyzacja i próbkowanie dźwięku oraz re-sampling

Kwantyzacja

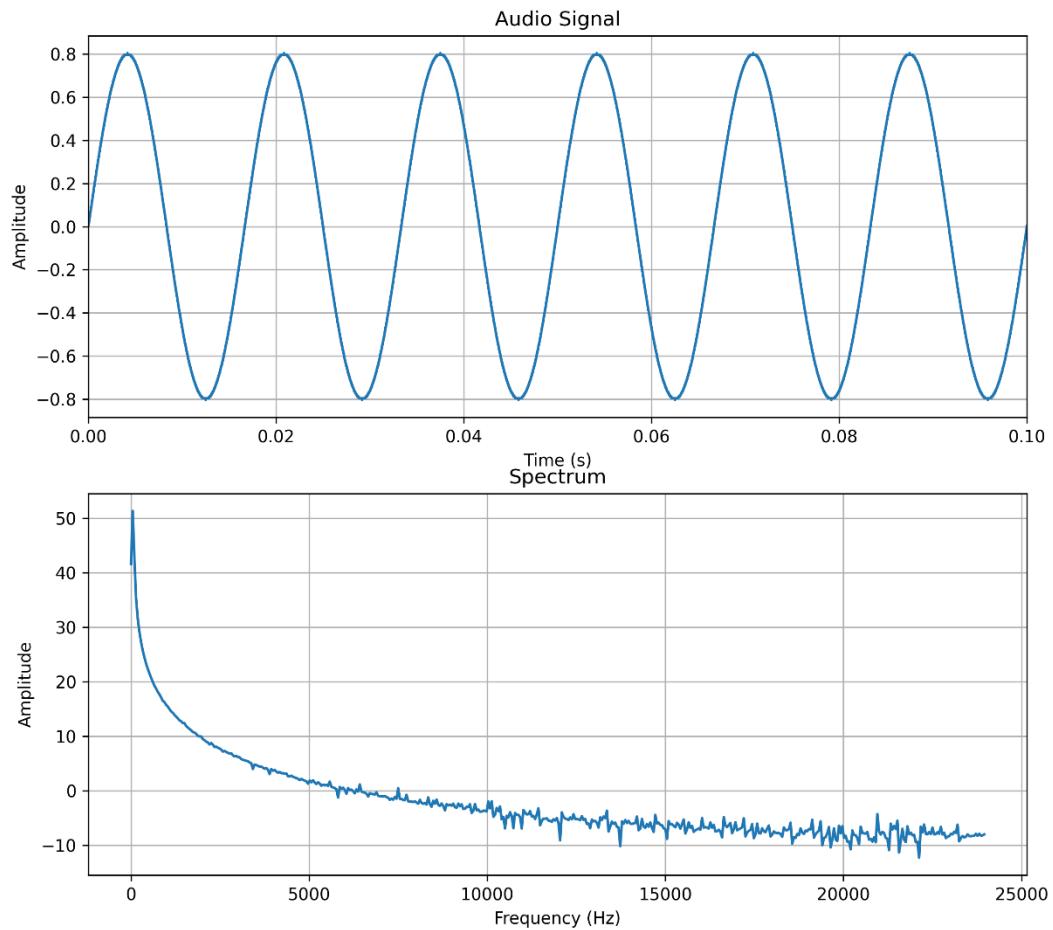
Plik: sin 60 Hz

Sygnał zapisany na 4 bitach



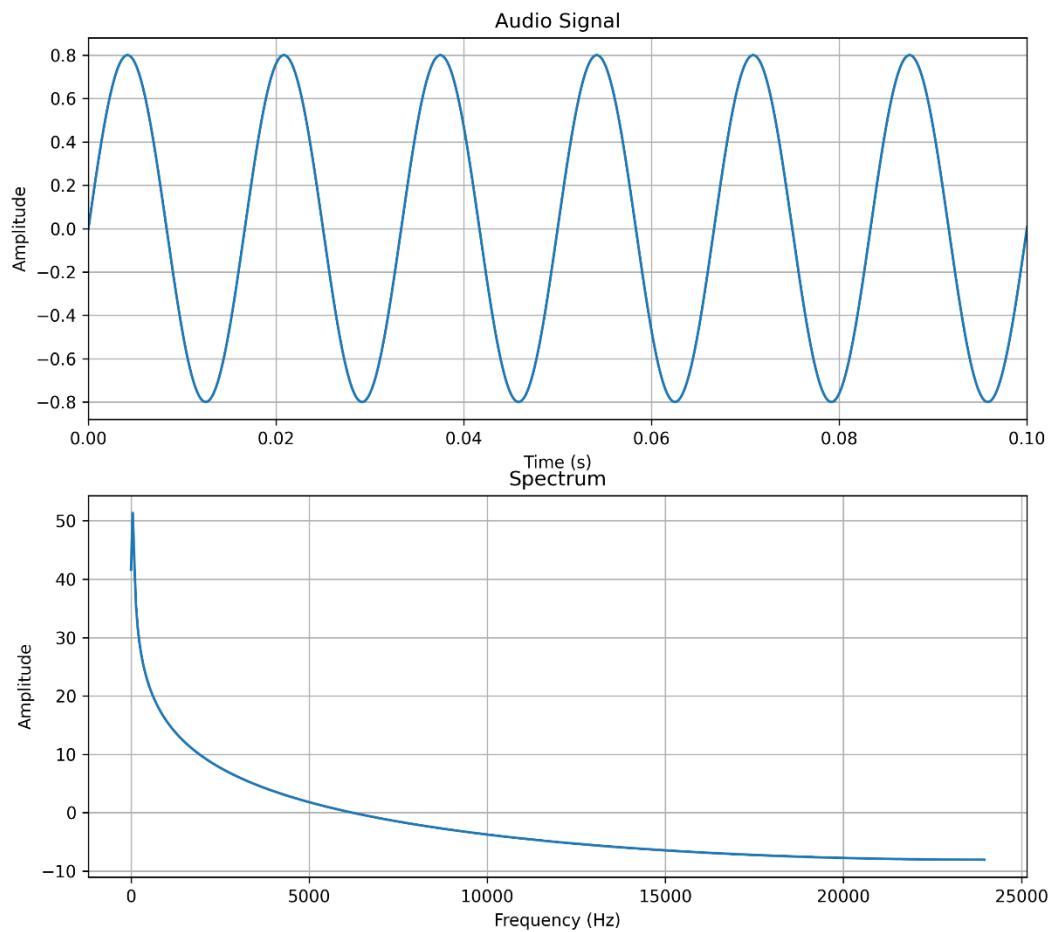
Sygnal zapisany na 8 bitach

Quantization: 8 bits



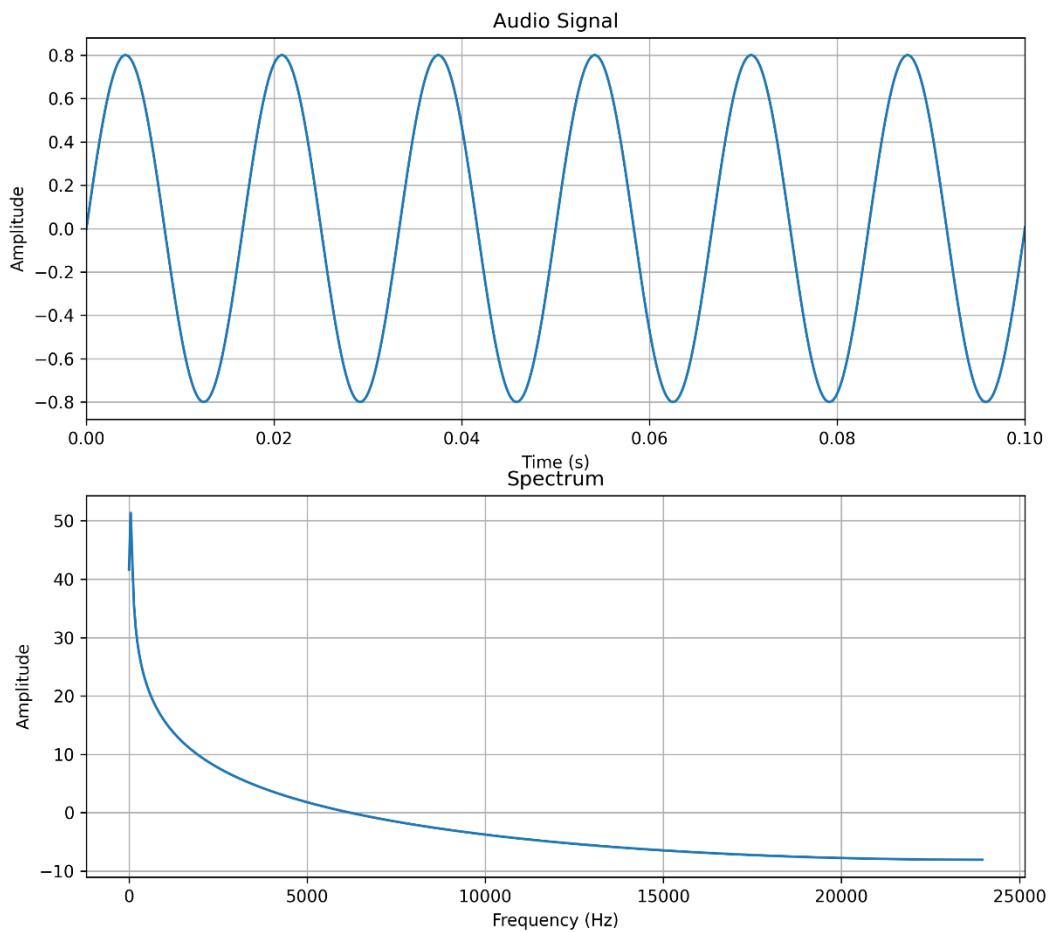
Sygnal zapisany na 16 bitach

Quantization: 16 bits



Sygnal zapisany na 24 bitach

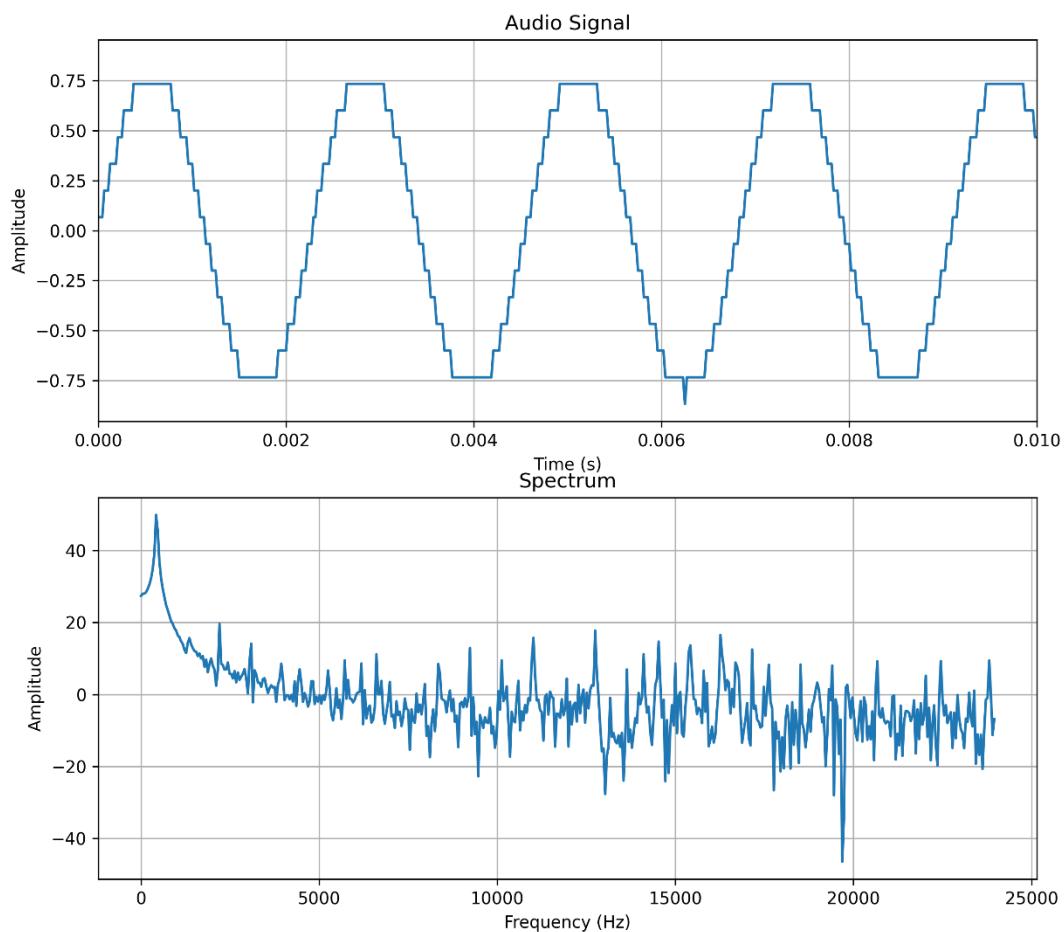
Quantization: 24 bits



Plik: sin 440 Hz

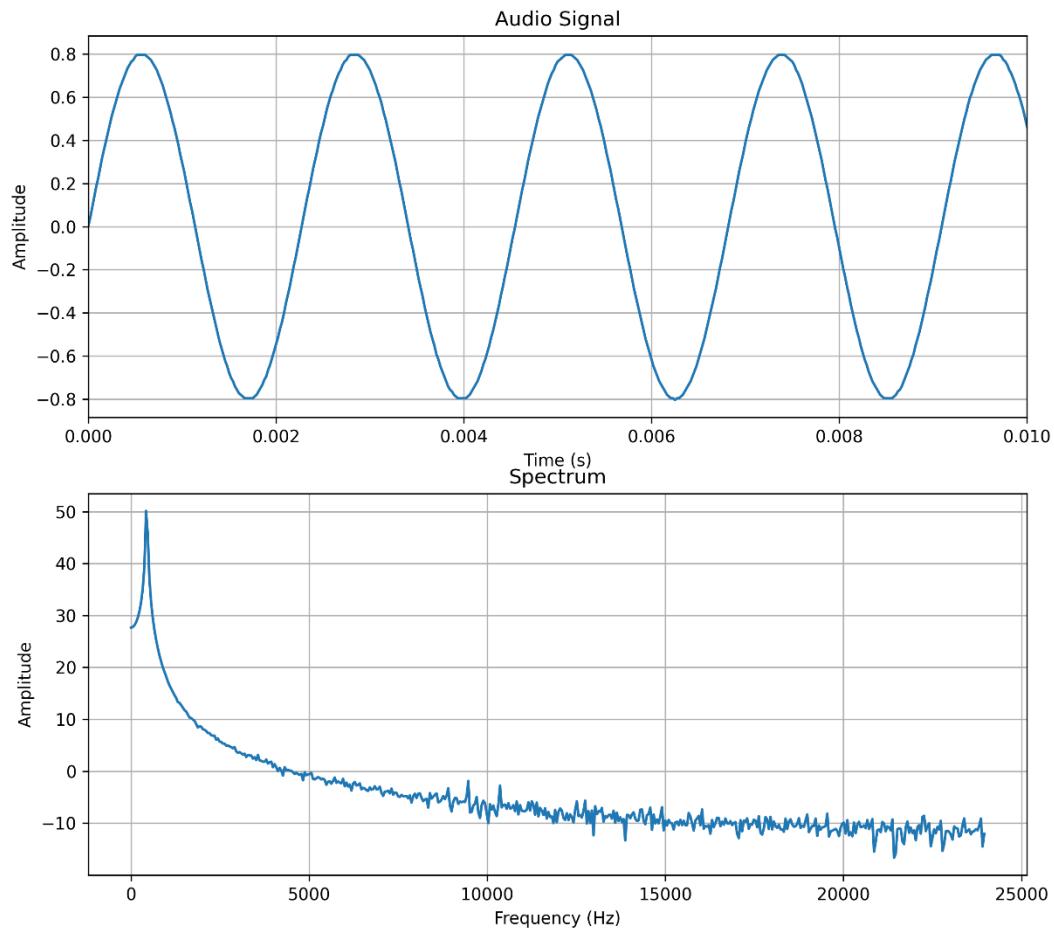
Sygnal zapisany na 4 bitach

Quantization: 4 bits



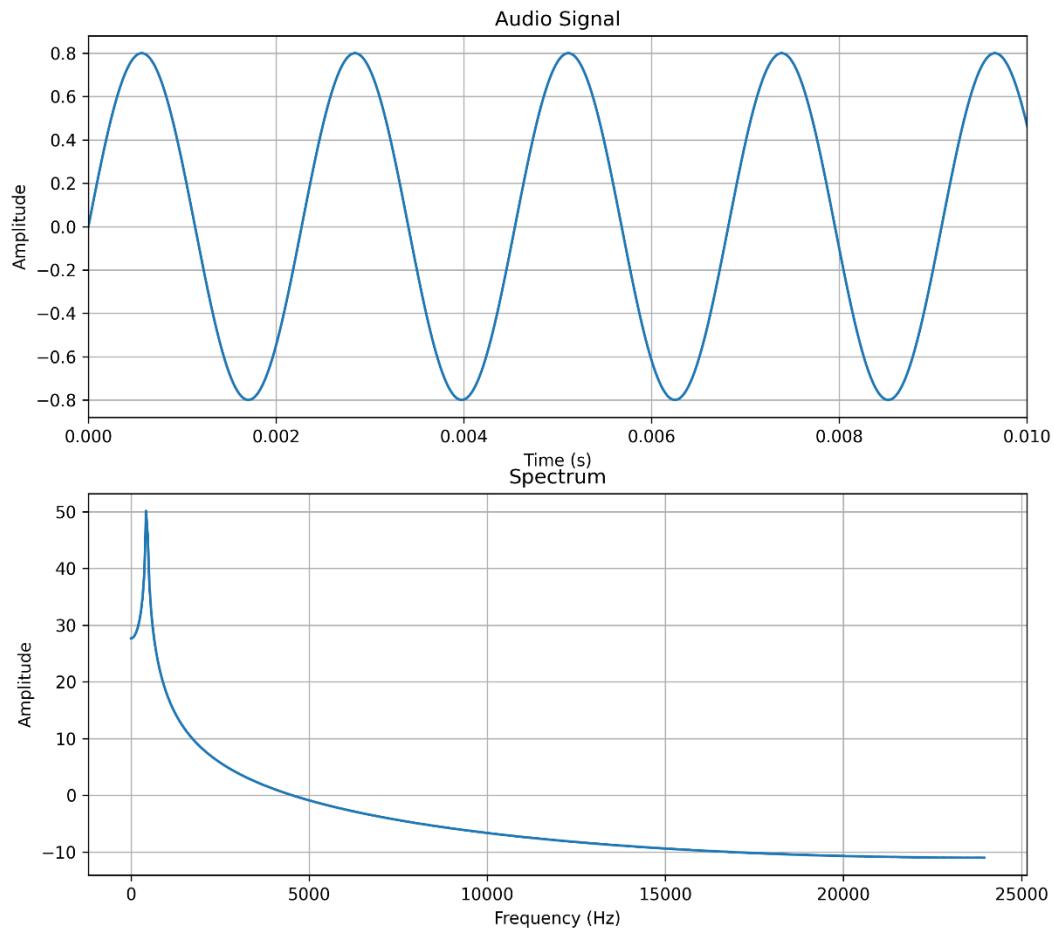
Sygnal zapisany na 8 bitach

Quantization: 8 bits



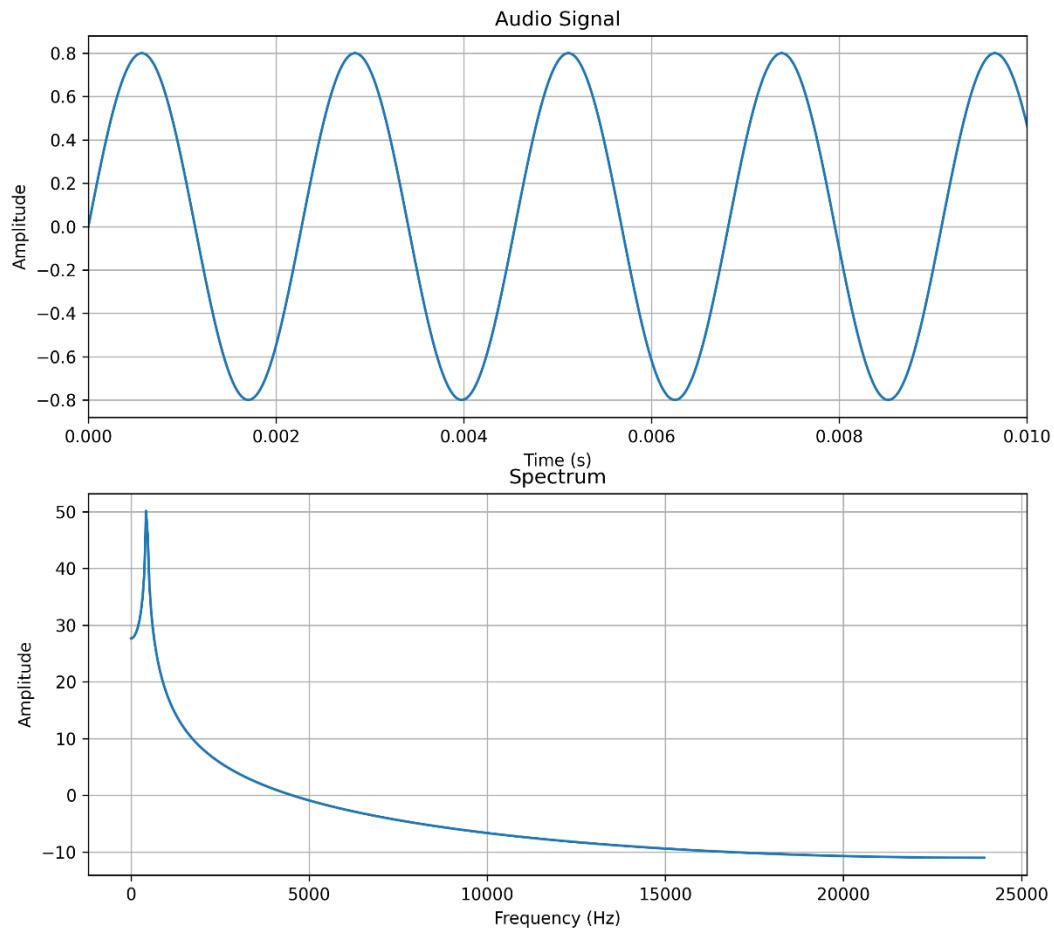
Sygnal zapisany na 16 bitach

Quantization: 16 bits



Sygnal zapisany na 24 bitach

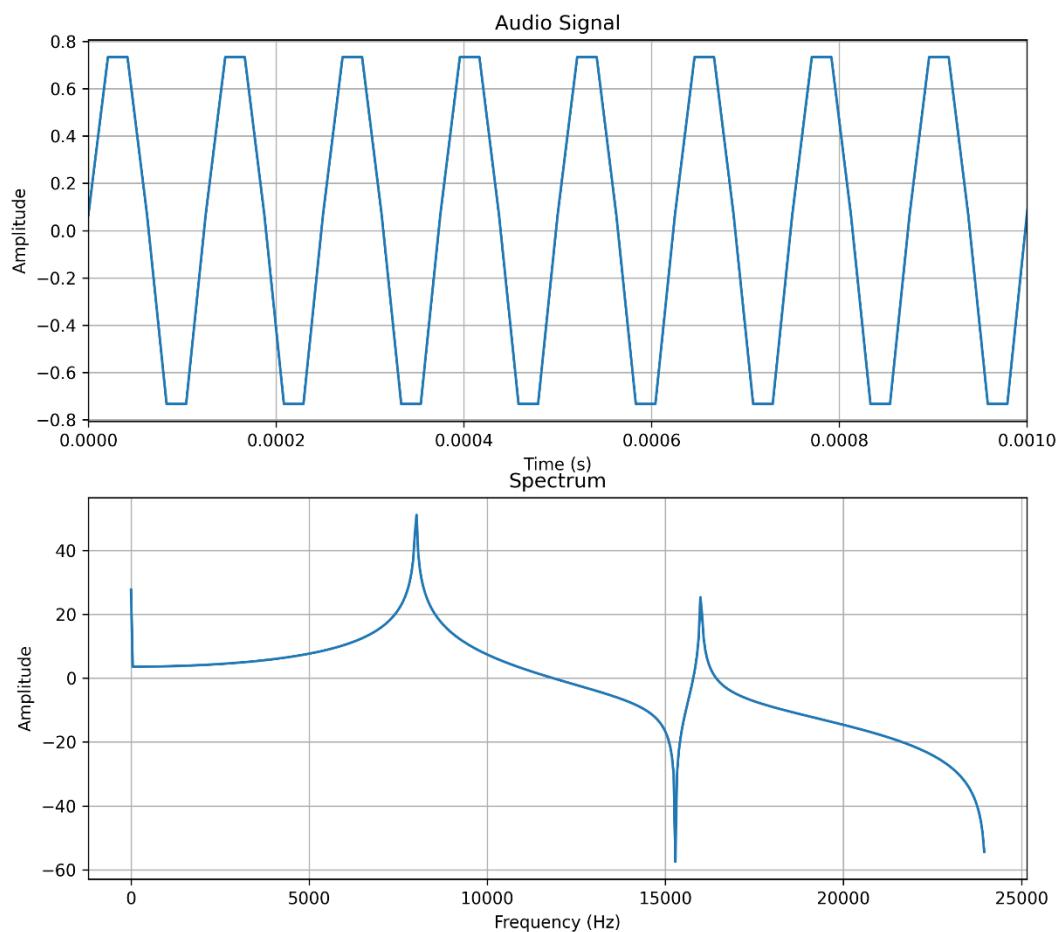
Quantization: 24 bits



Plik: sin 8000 Hz

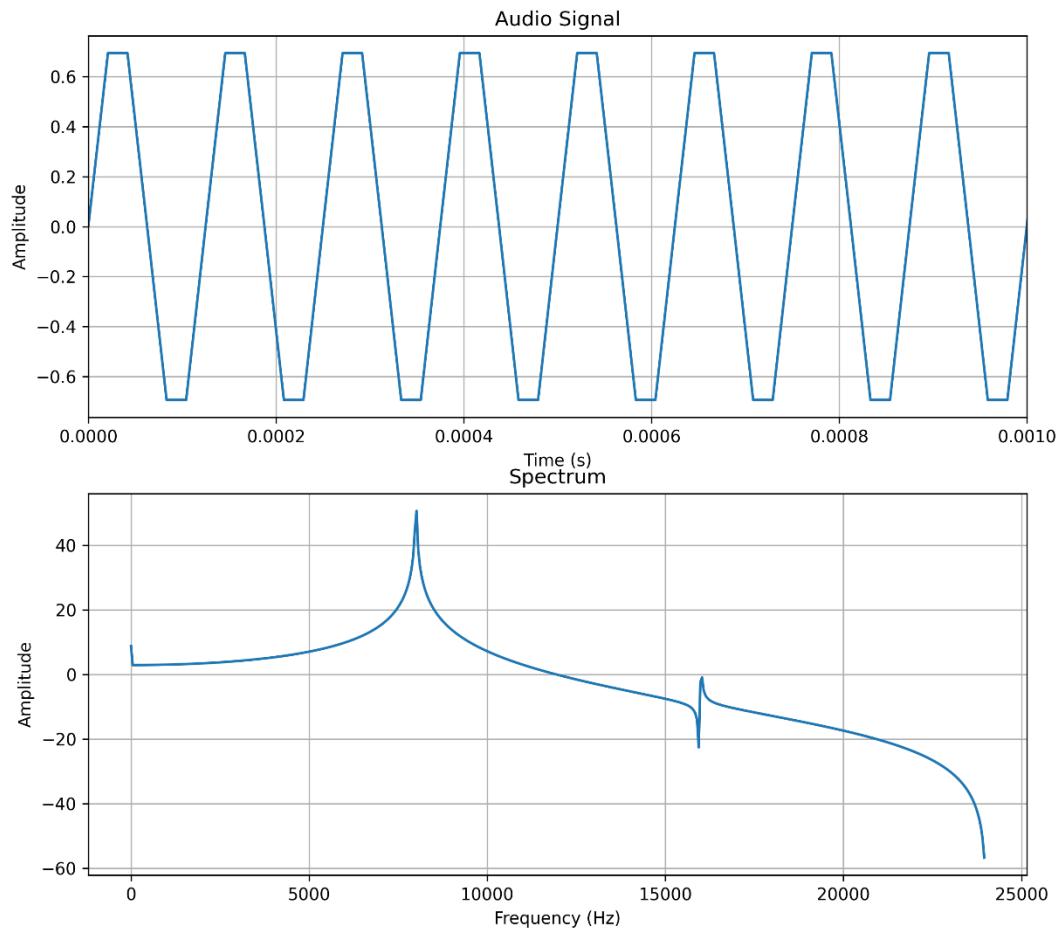
Sygnal zapisany na 4 bitach

Quantization: 4 bits



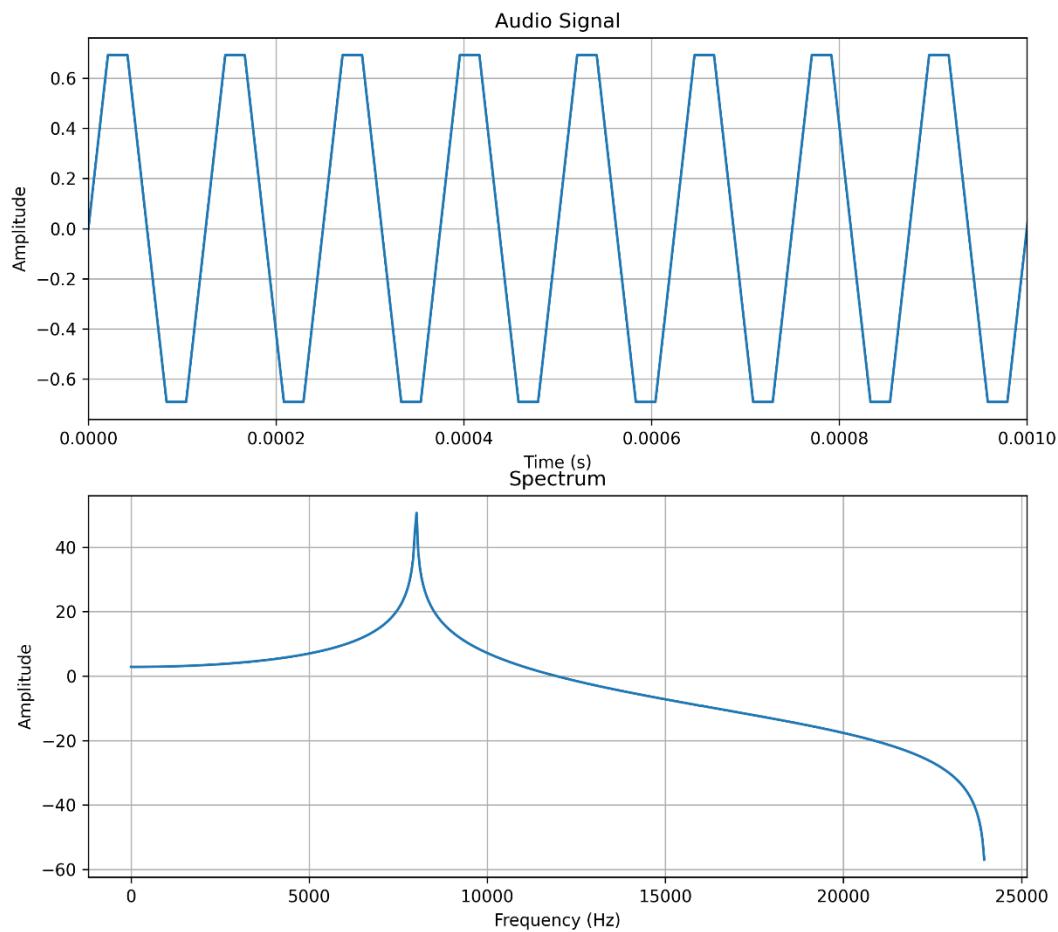
Sygnal zapisany na 8 bitach

Quantization: 8 bits



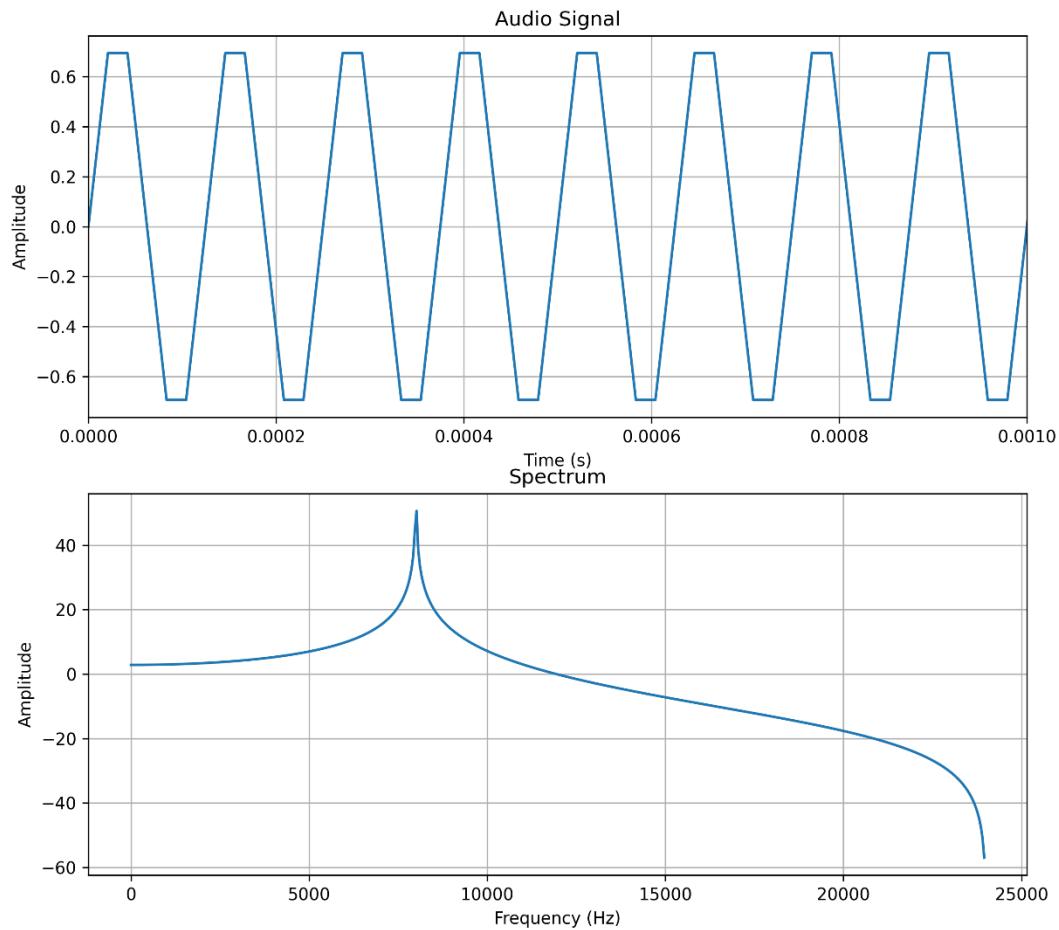
Sygnal zapisany na 16 bitach

Quantization: 16 bits



Sygnal zapisany na 24 bitach

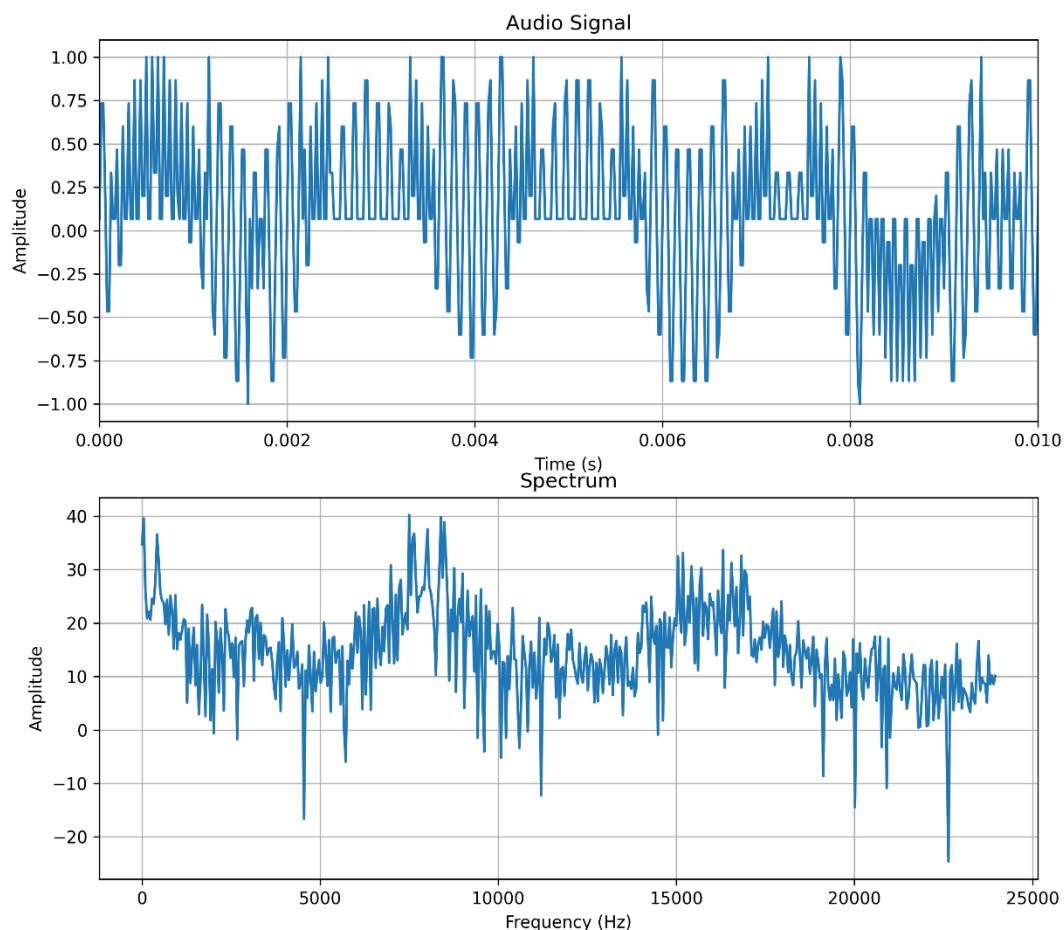
Quantization: 24 bits



Plik: sin combined

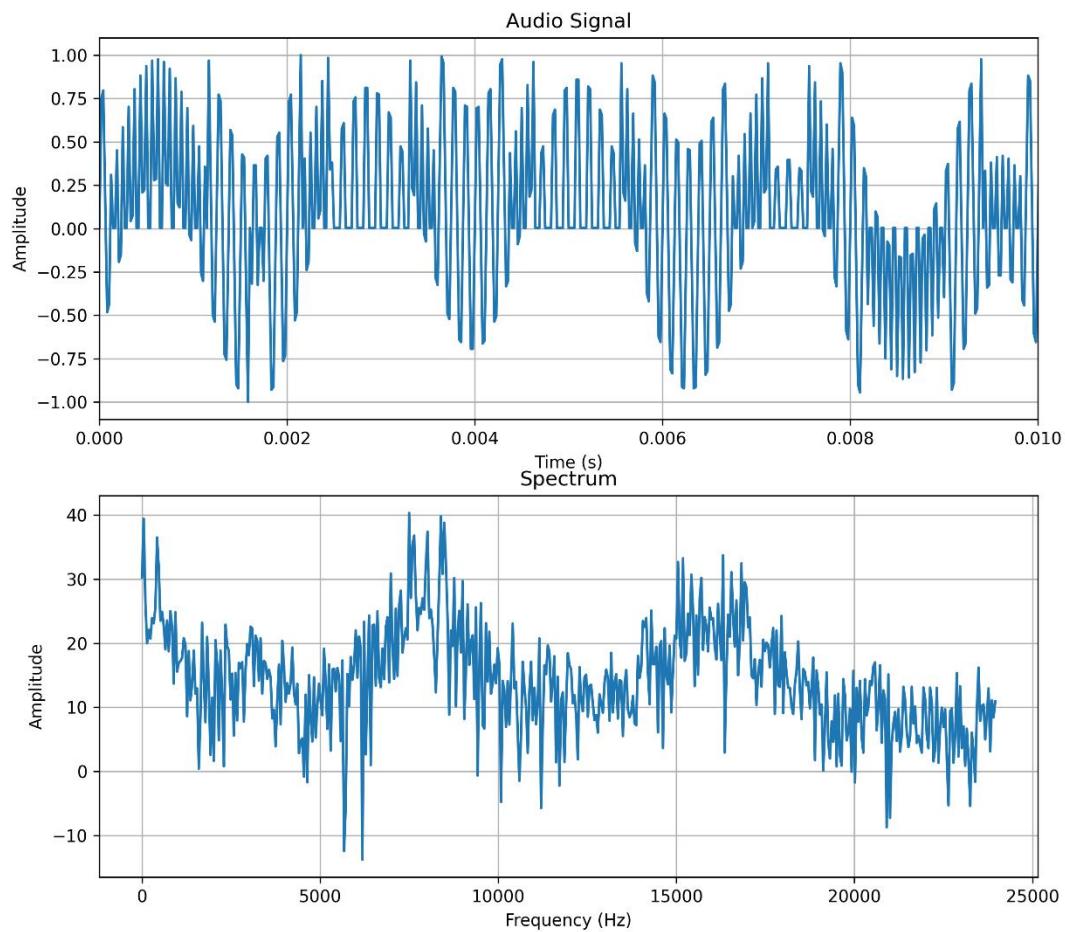
Sygnal zapisany na 4 bitach

Quantization: 4 bits



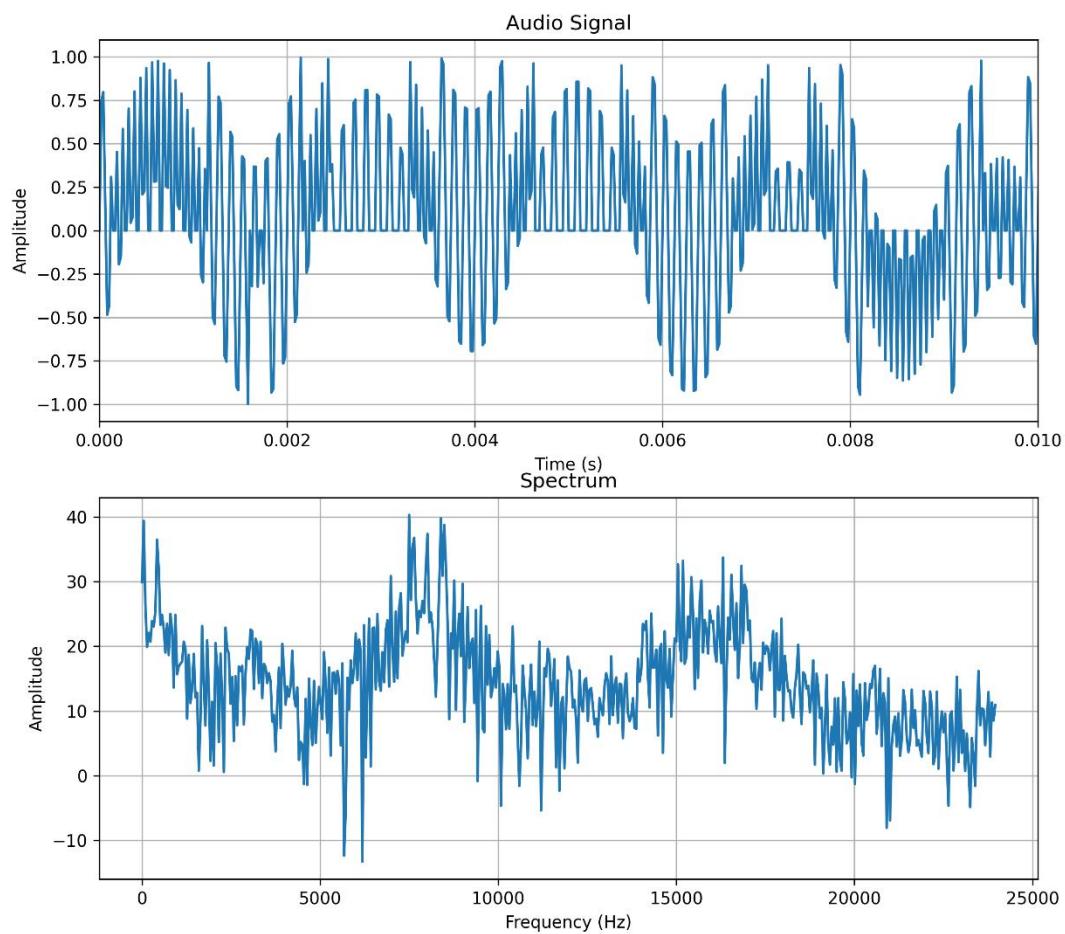
Sygnal zapisany na 8 bitach

Quantization: 8 bits



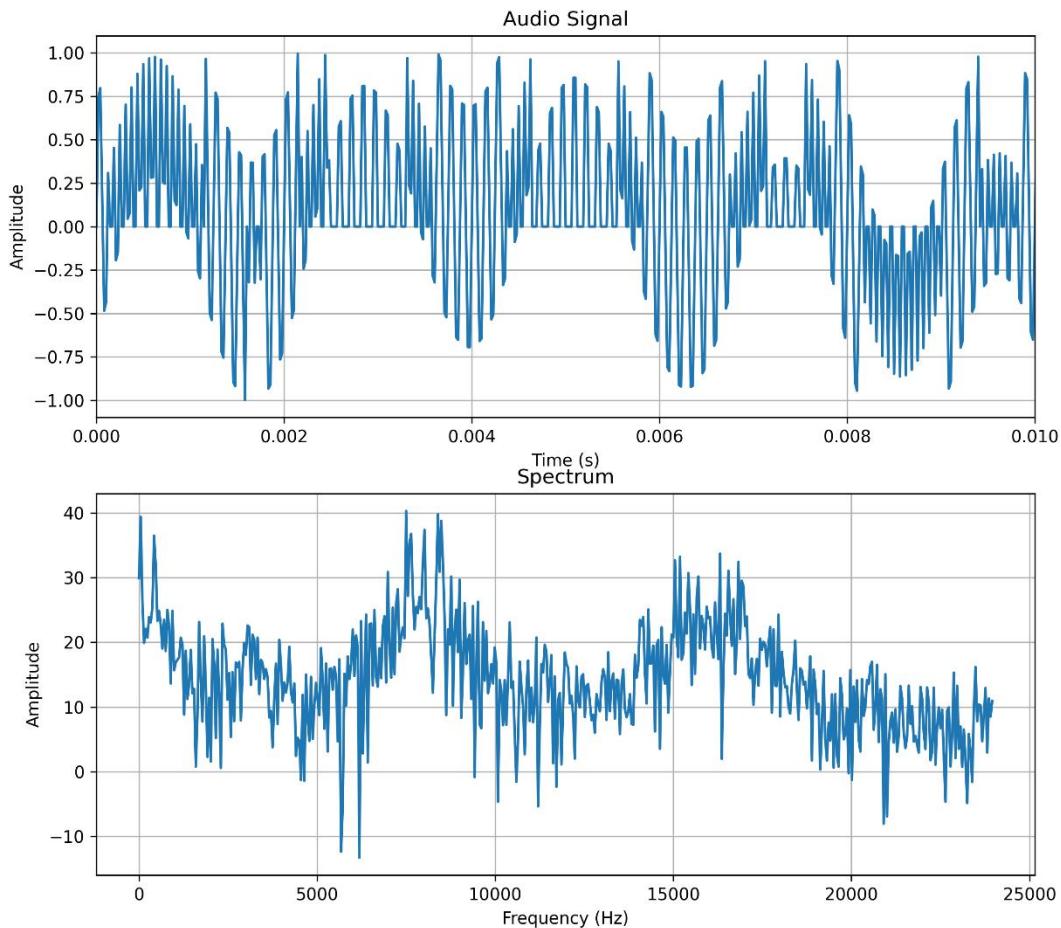
Sygnal zapisany na 16 bitach

Quantization: 16 bits



Sygnal zapisany na 24 bitach

Quantization: 24 bits



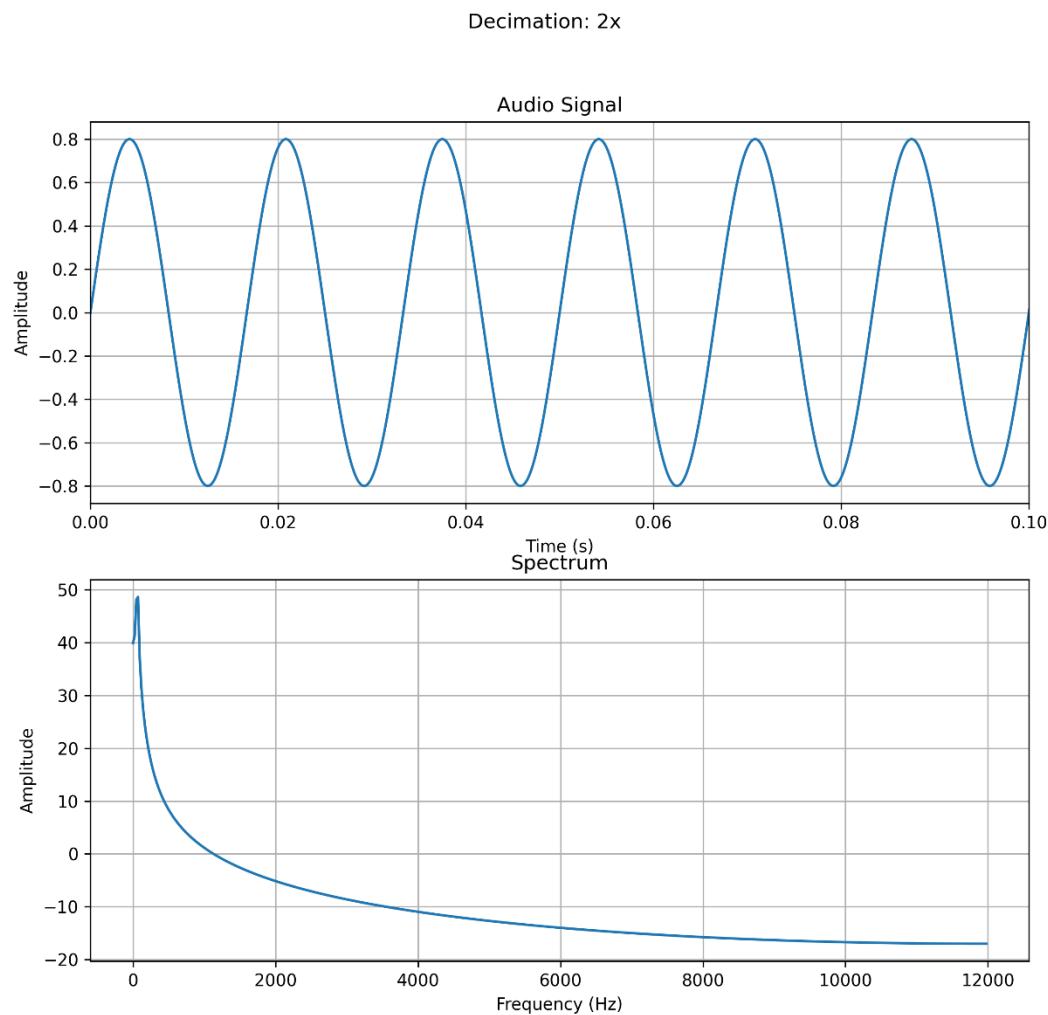
WNIOSKI:

- Jakość odwzorowania sygnału wzrasta wraz z liczbą bitów, niwelowane są szумy.
- Największą różnicę widać pomiędzy sygnałami zapisanymi na 4 i 8 bitach.
- Różnice pomiędzy sygnałem zapisanym na 8 i 16 bitach są również znaczne.
- Widma sygnałów zapisanych na 16 i 24 bitach są trudne do odróżnienia, różnice są w większości niezauważalne.
- W przypadku ostatniego pliku również największe różnice są widoczne między 4 a 8 bitami, dla reszty zmian widać mniejsze różnice.

Decymacja

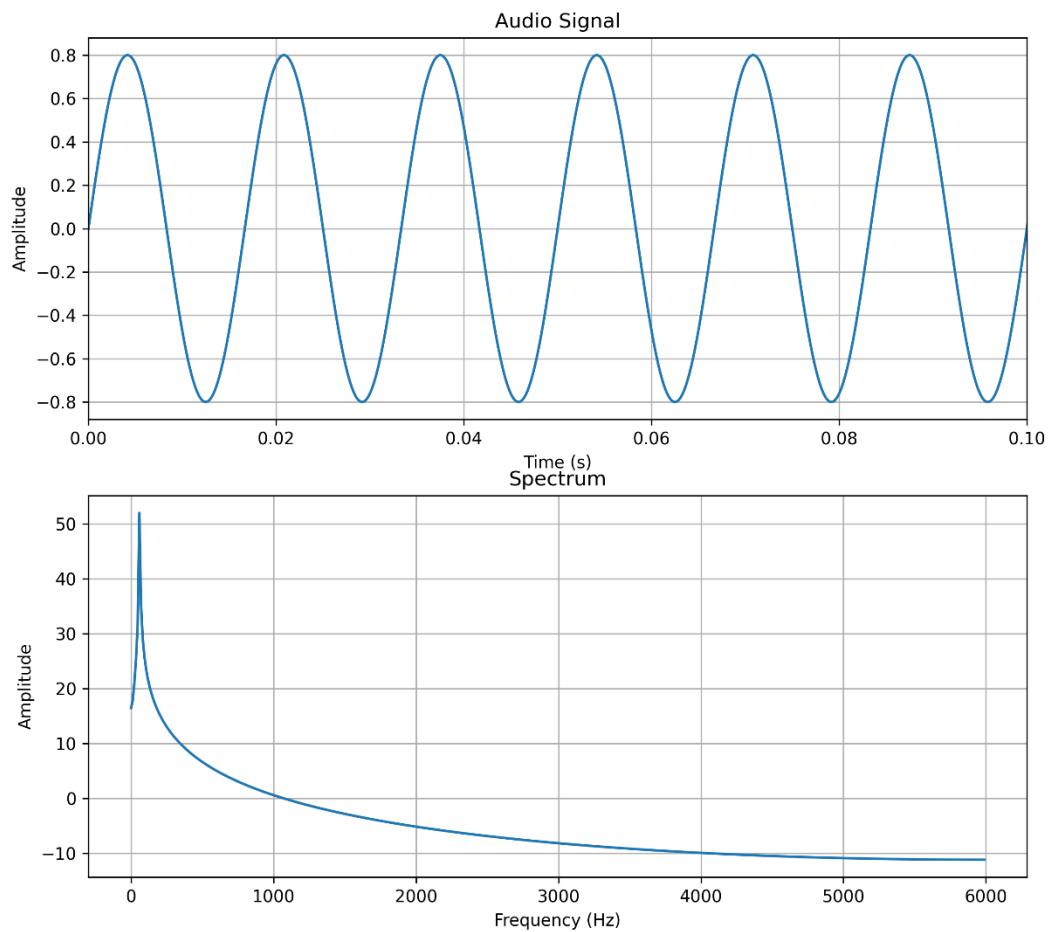
Plik: sin 60 Hz

Krok: 2



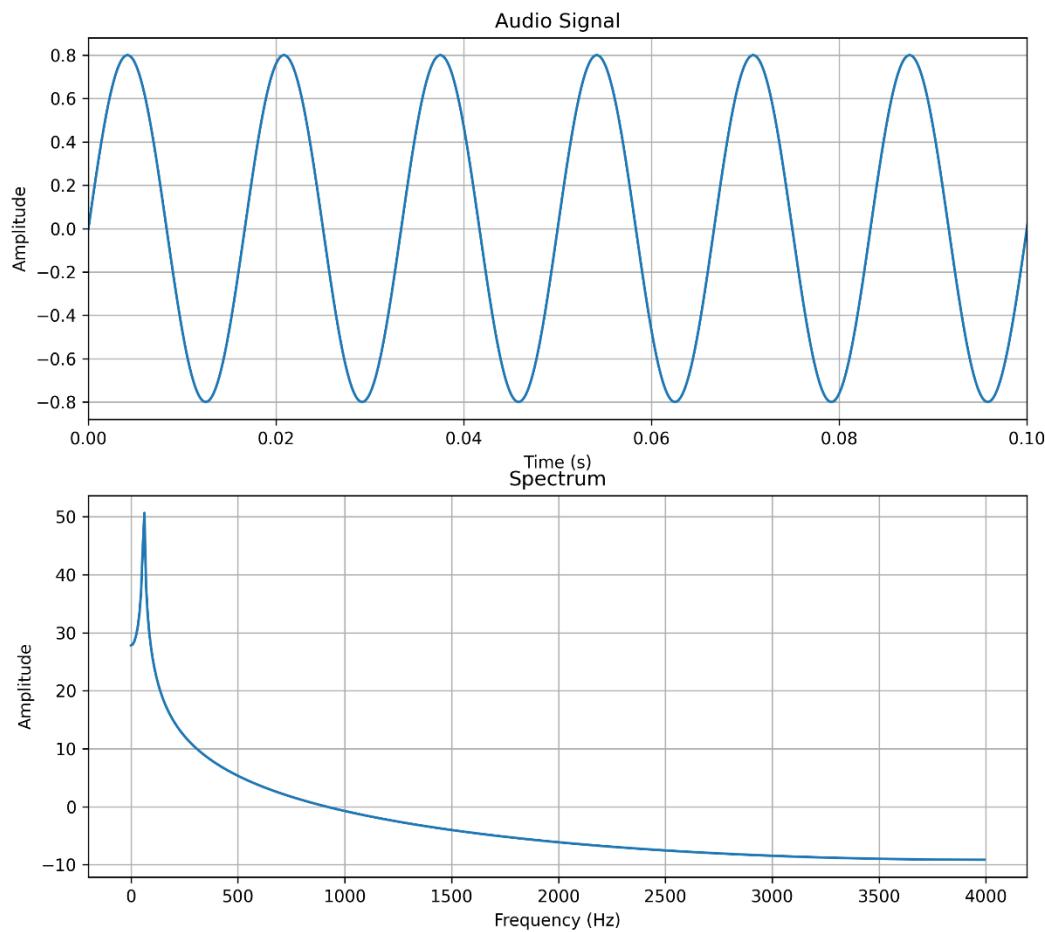
Krok: 4

Decimation: 4x



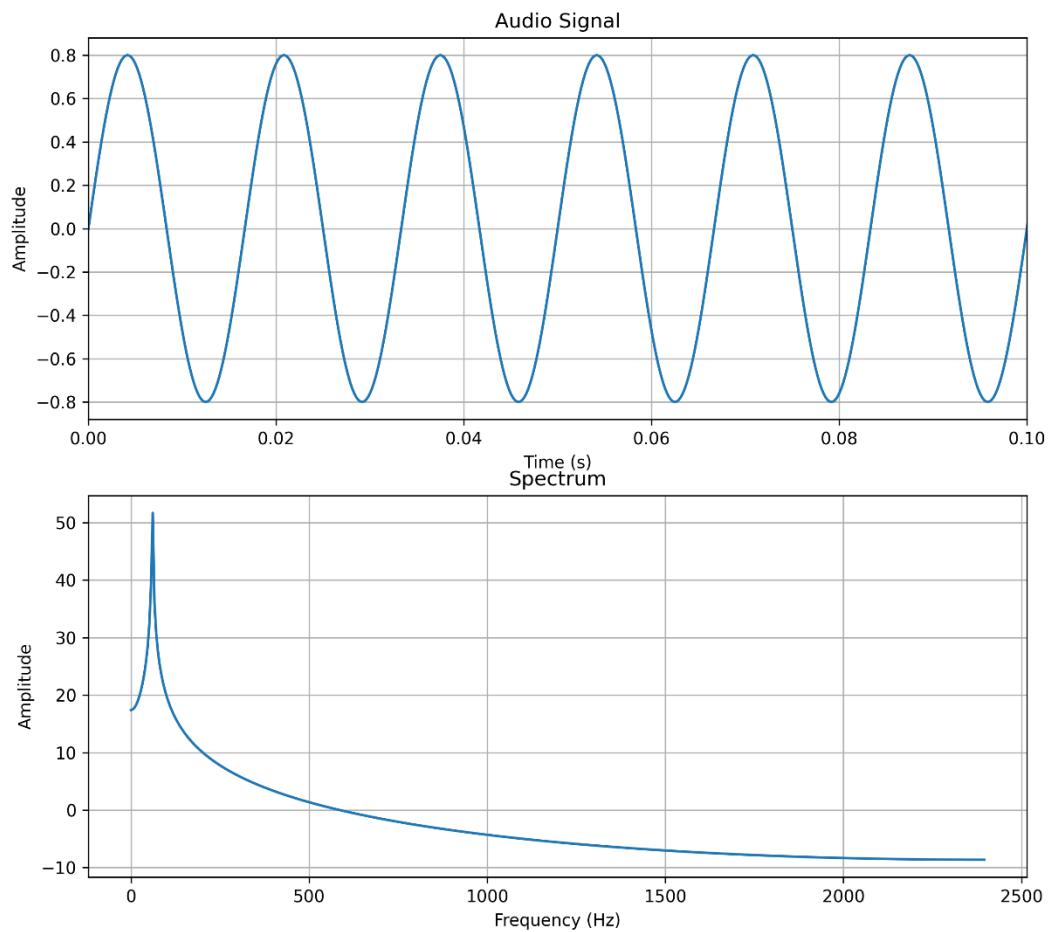
Krok: 6

Decimation: 6x



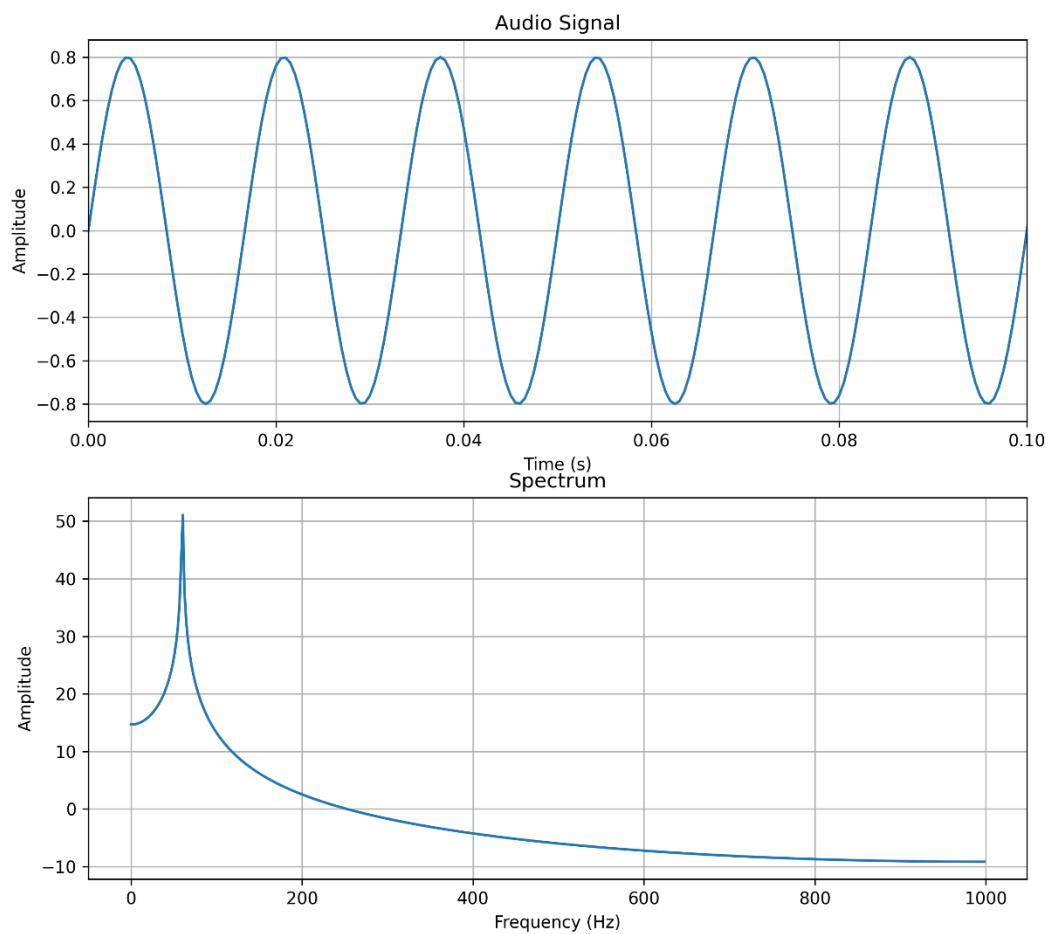
Krok: 10

Decimation: 10x



Krok: 24

Decimation: 24x

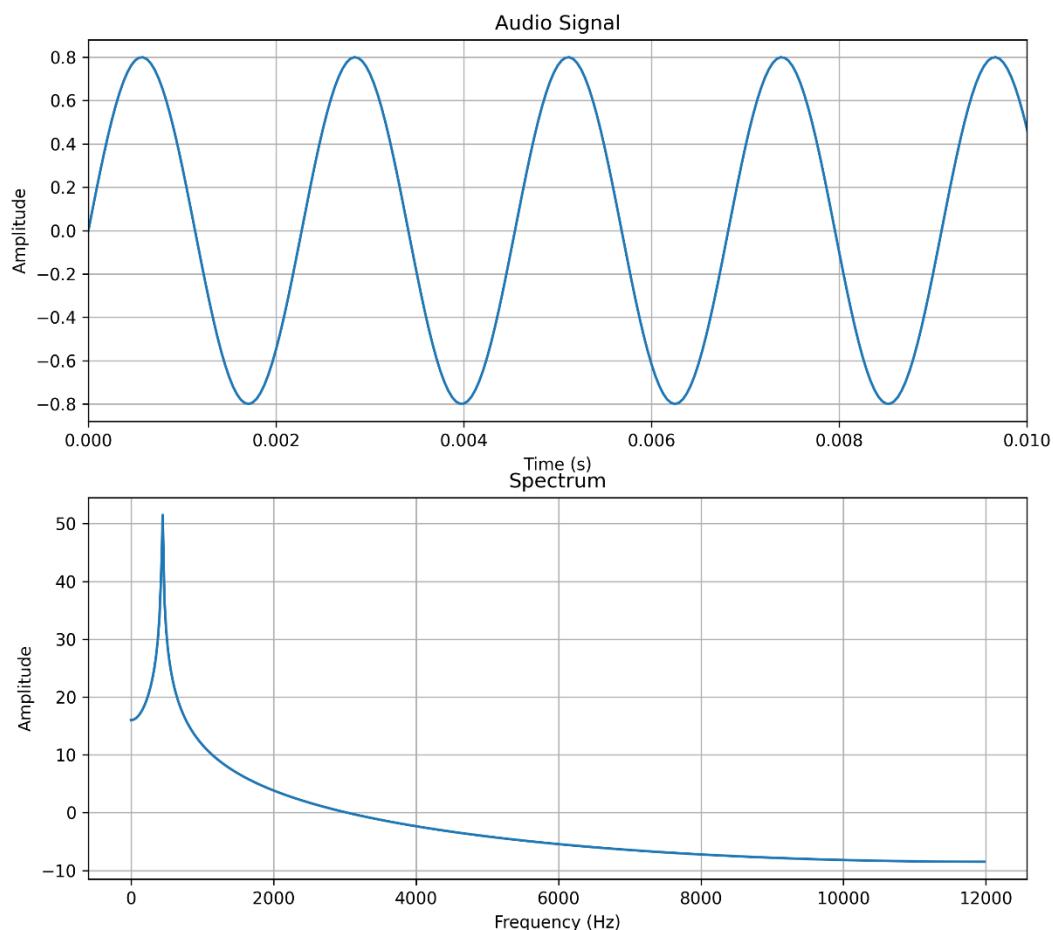


Krystian Szabat 51114

Plik: sin 440 Hz

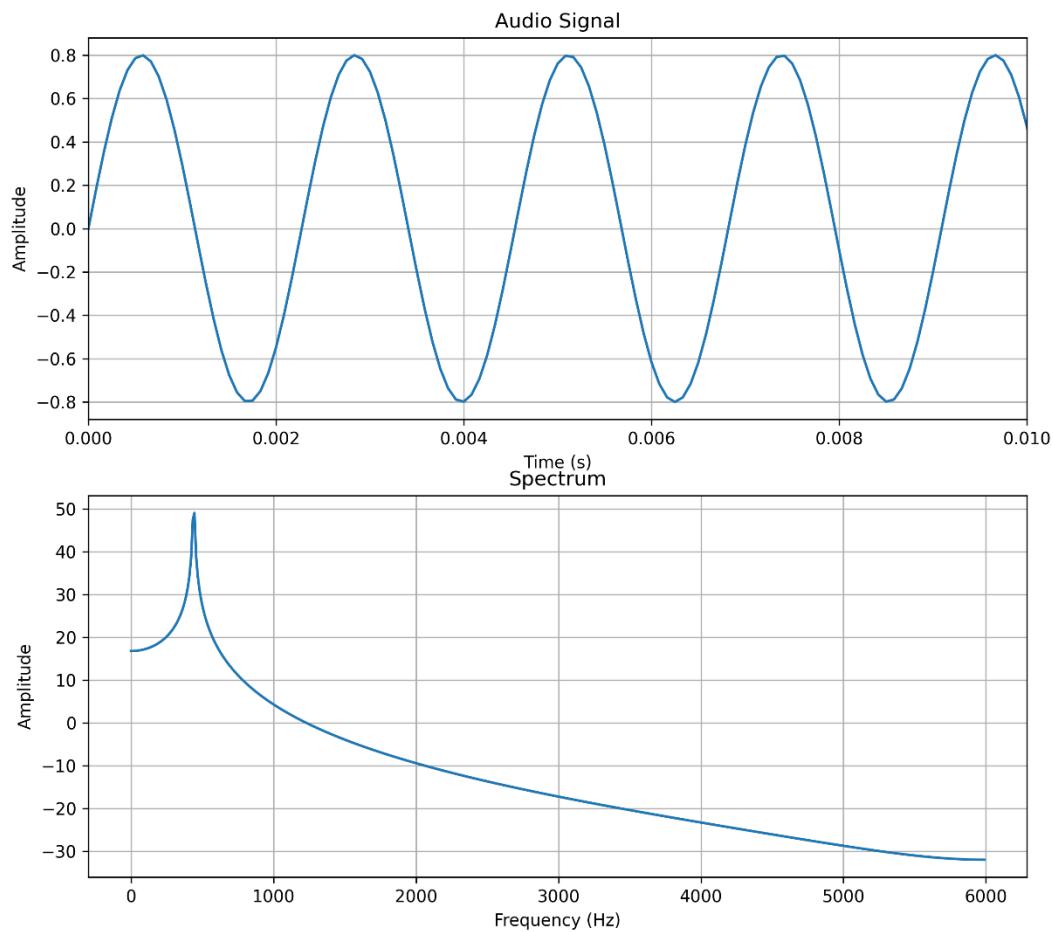
Krok: 2

Decimation: 2x



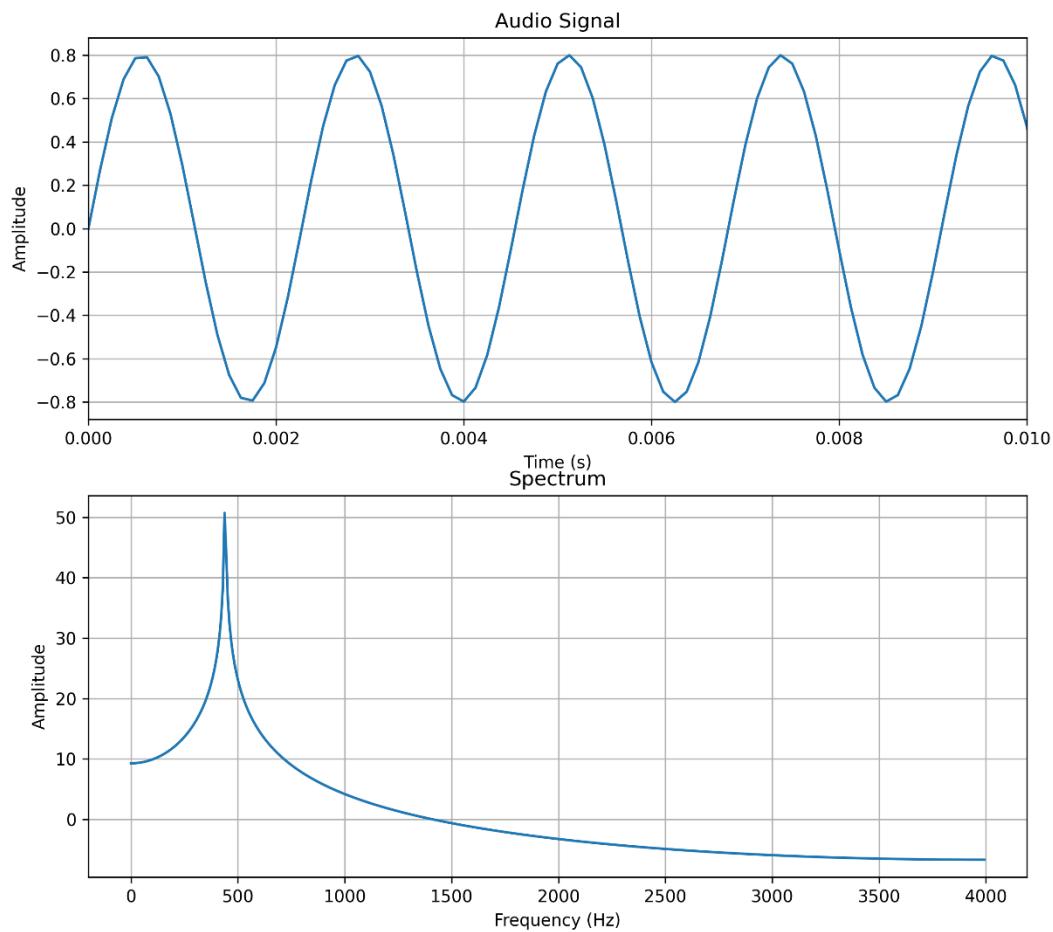
Krok: 4

Decimation: 4x



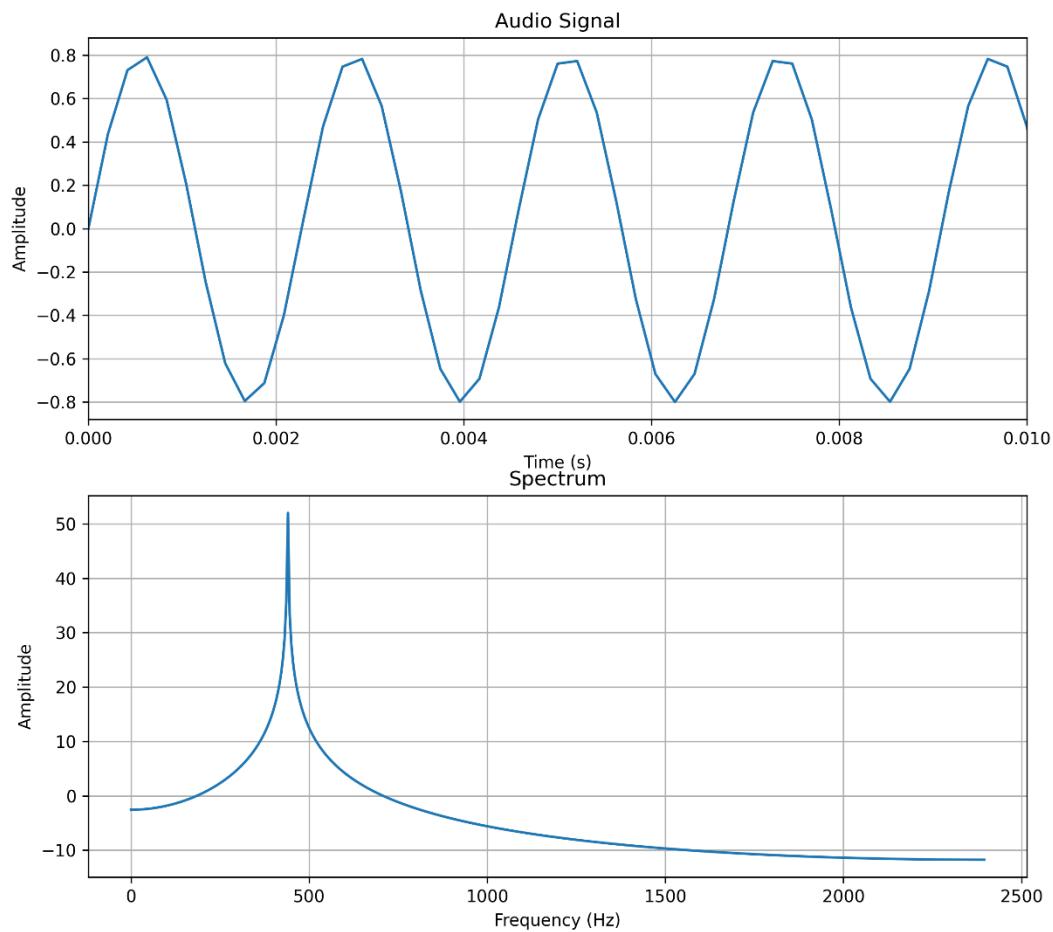
Krok: 6

Decimation: 6x



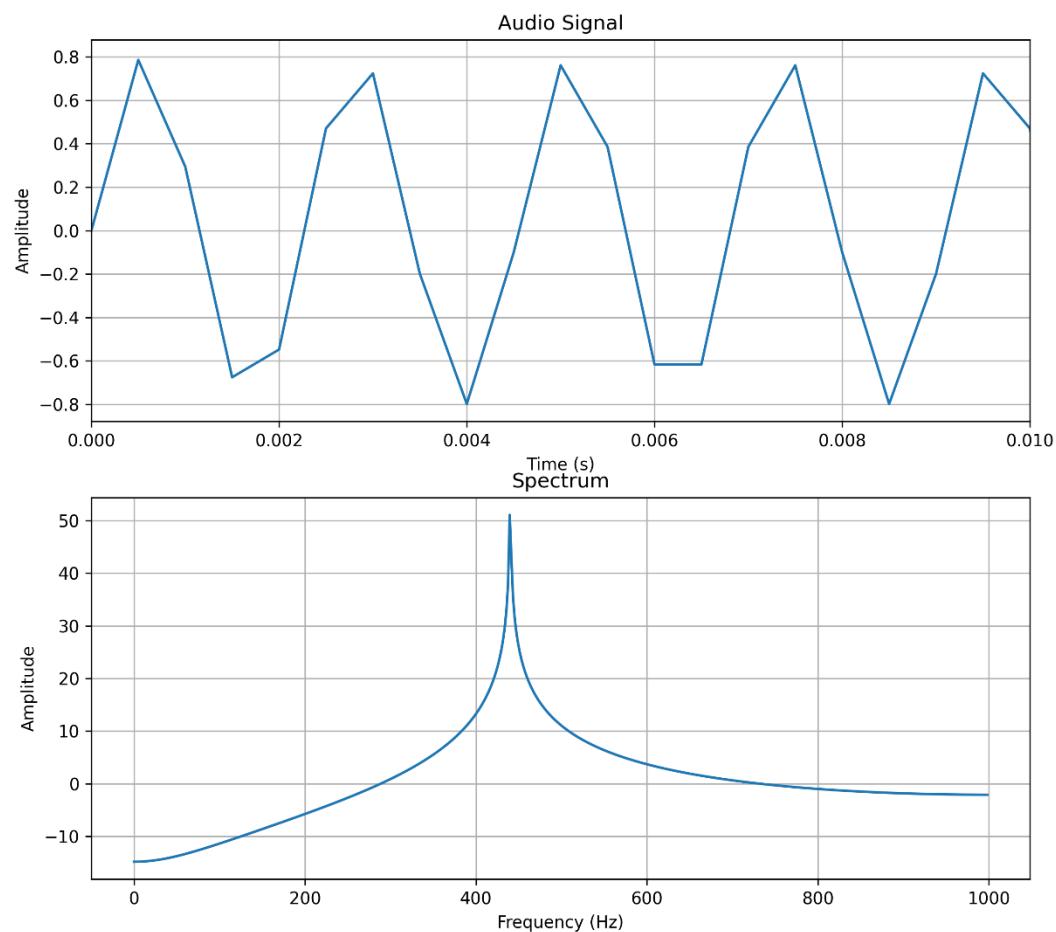
Krok: 10

Decimation: 10x



Krok: 24

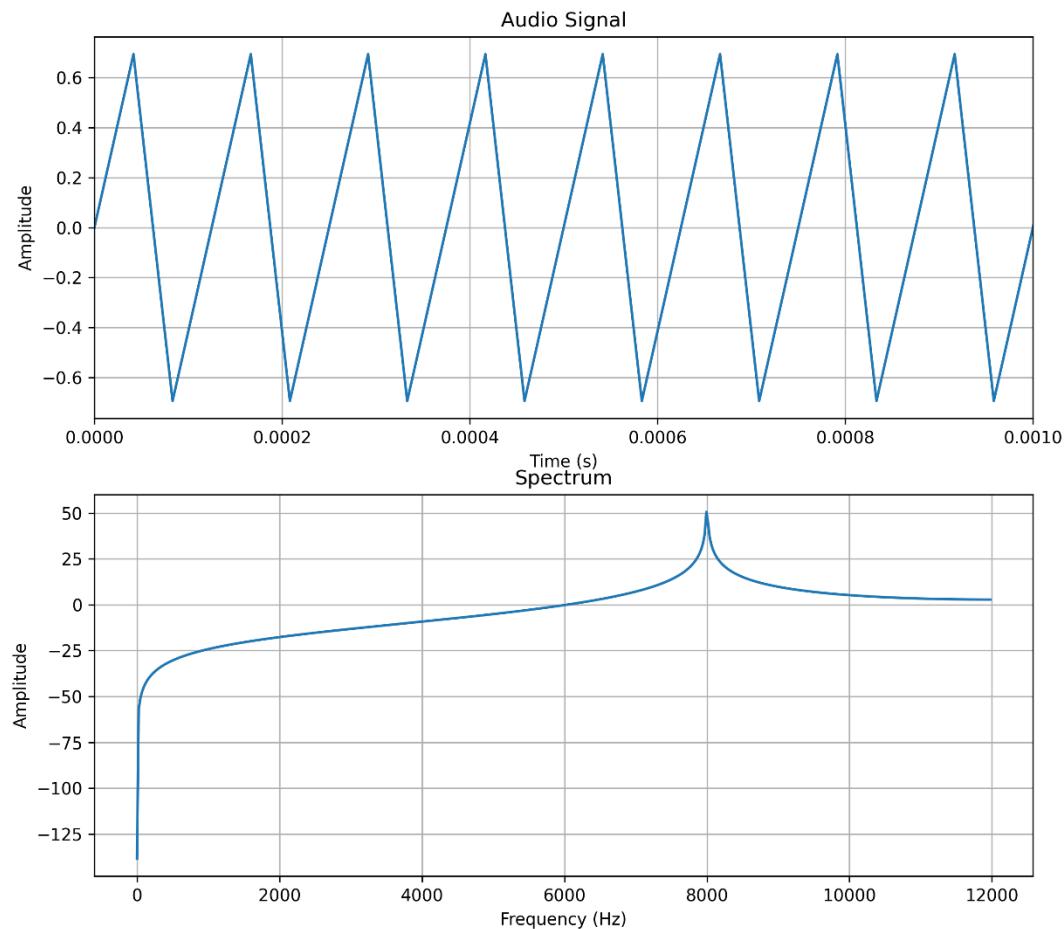
Decimation: 24x



Plik: sin 8000 Hz

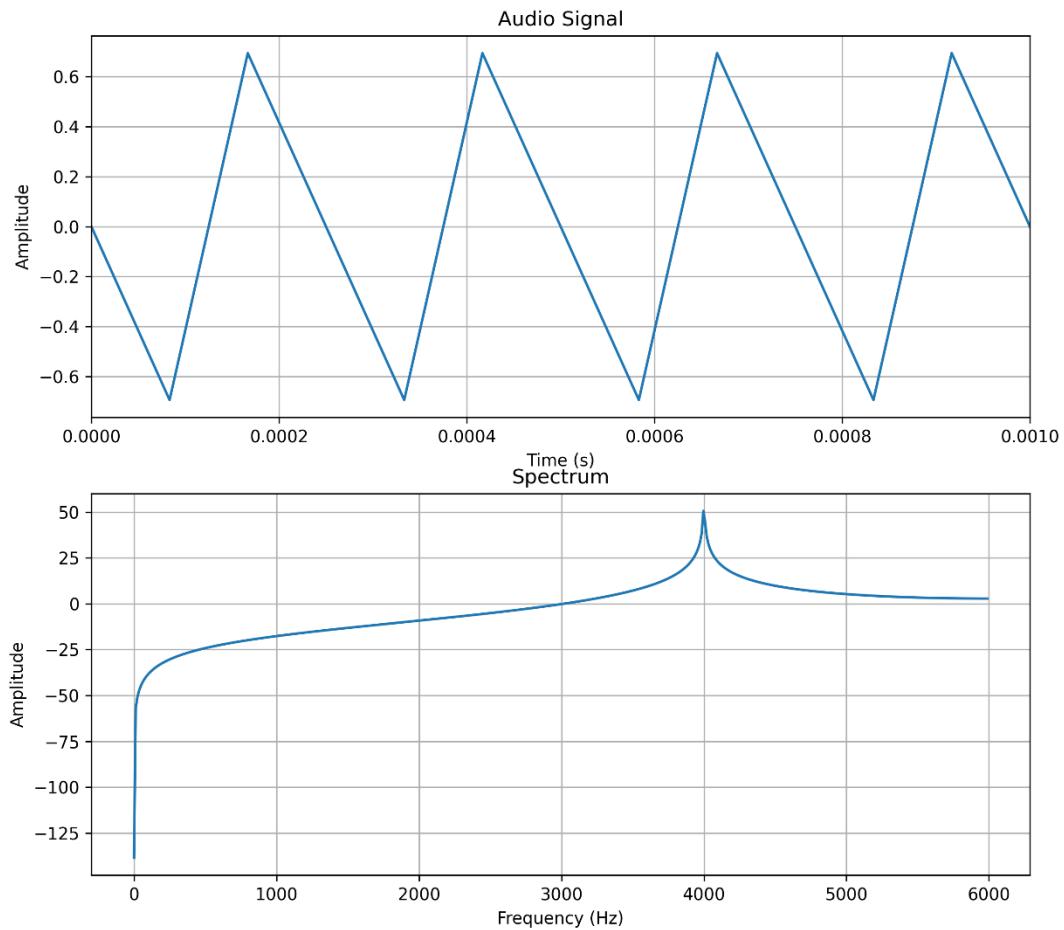
Krok: 2

Decimation: 2x



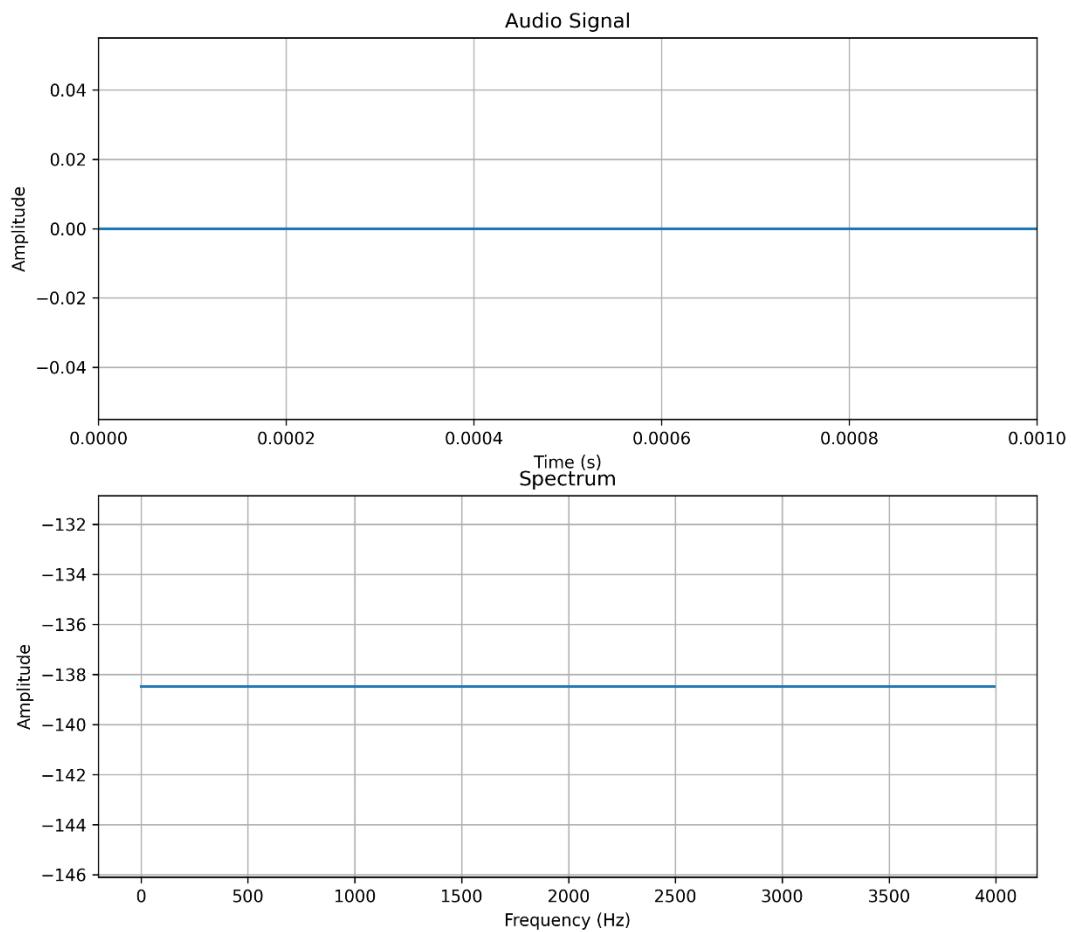
Krok: 4

Decimation: 4x



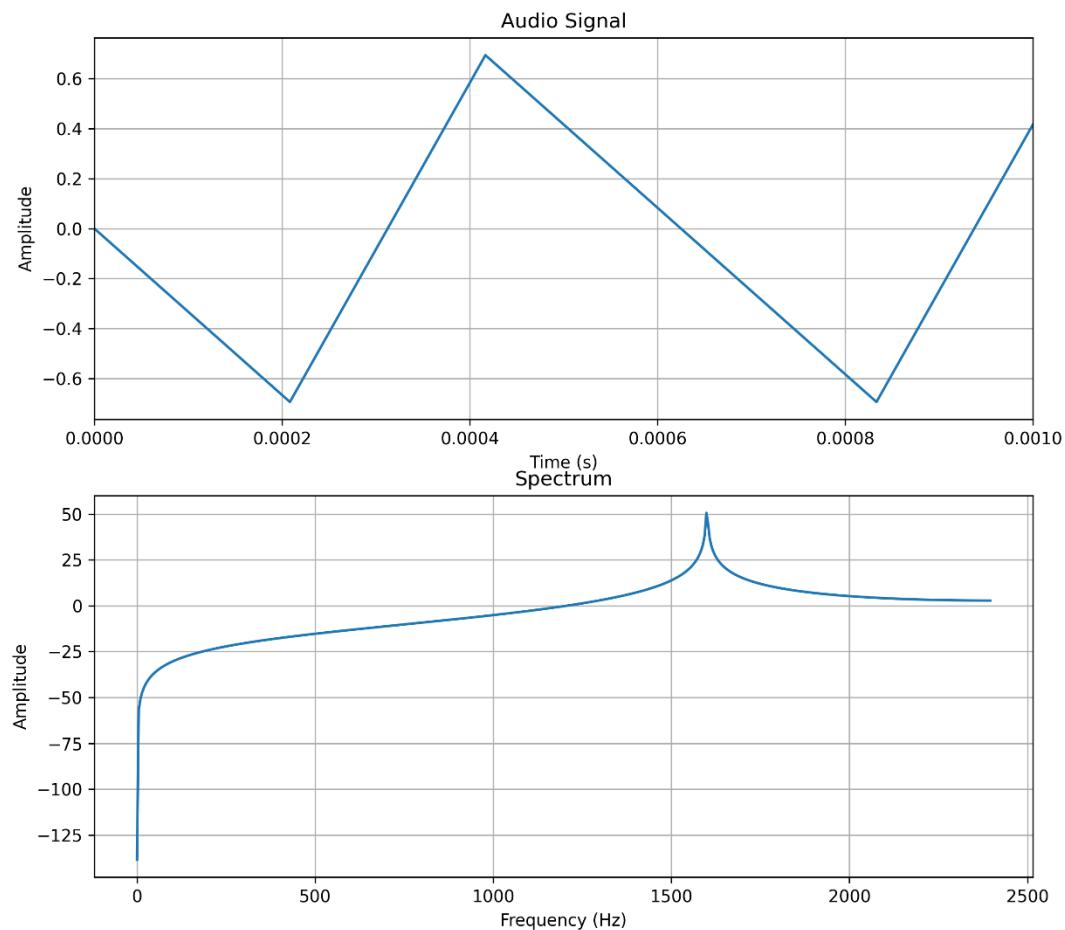
Krok: 6

Decimation: 6x



Krok: 10

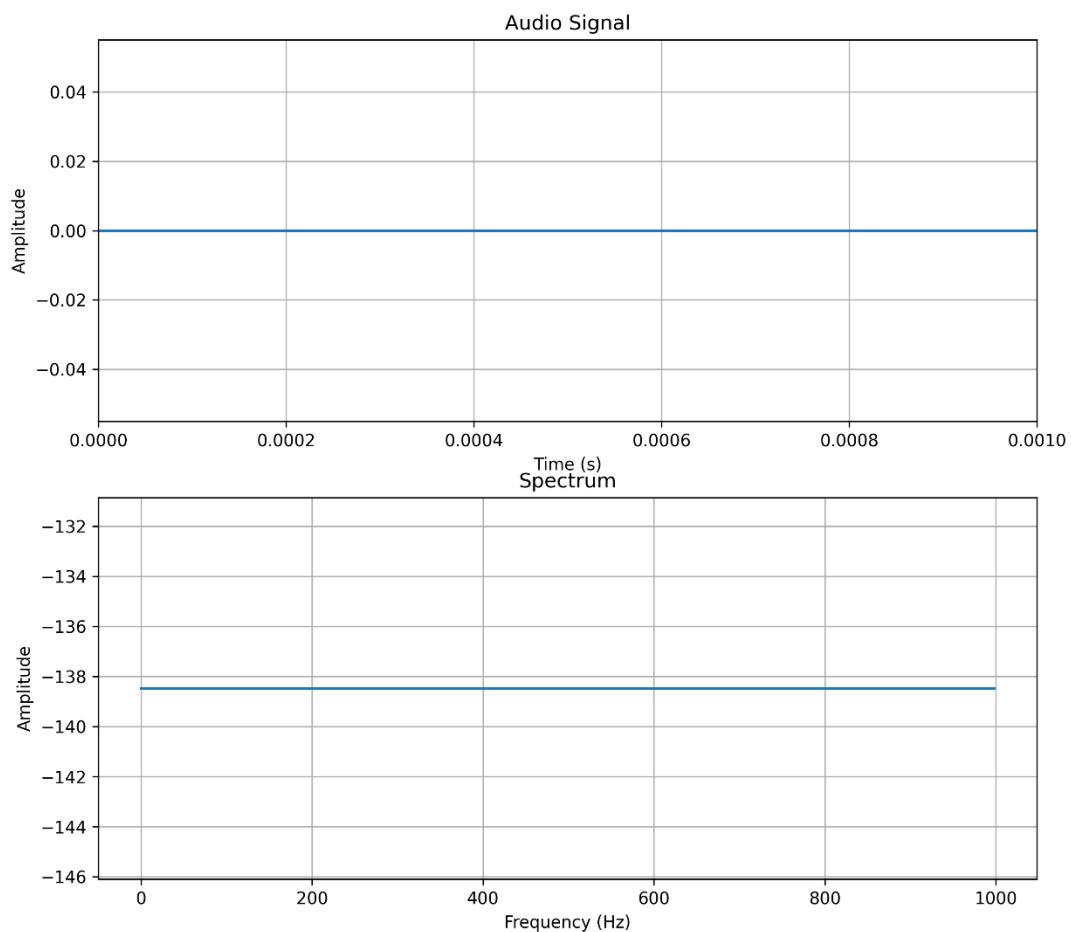
Decimation: 10x



Krysztof Szabat 51114

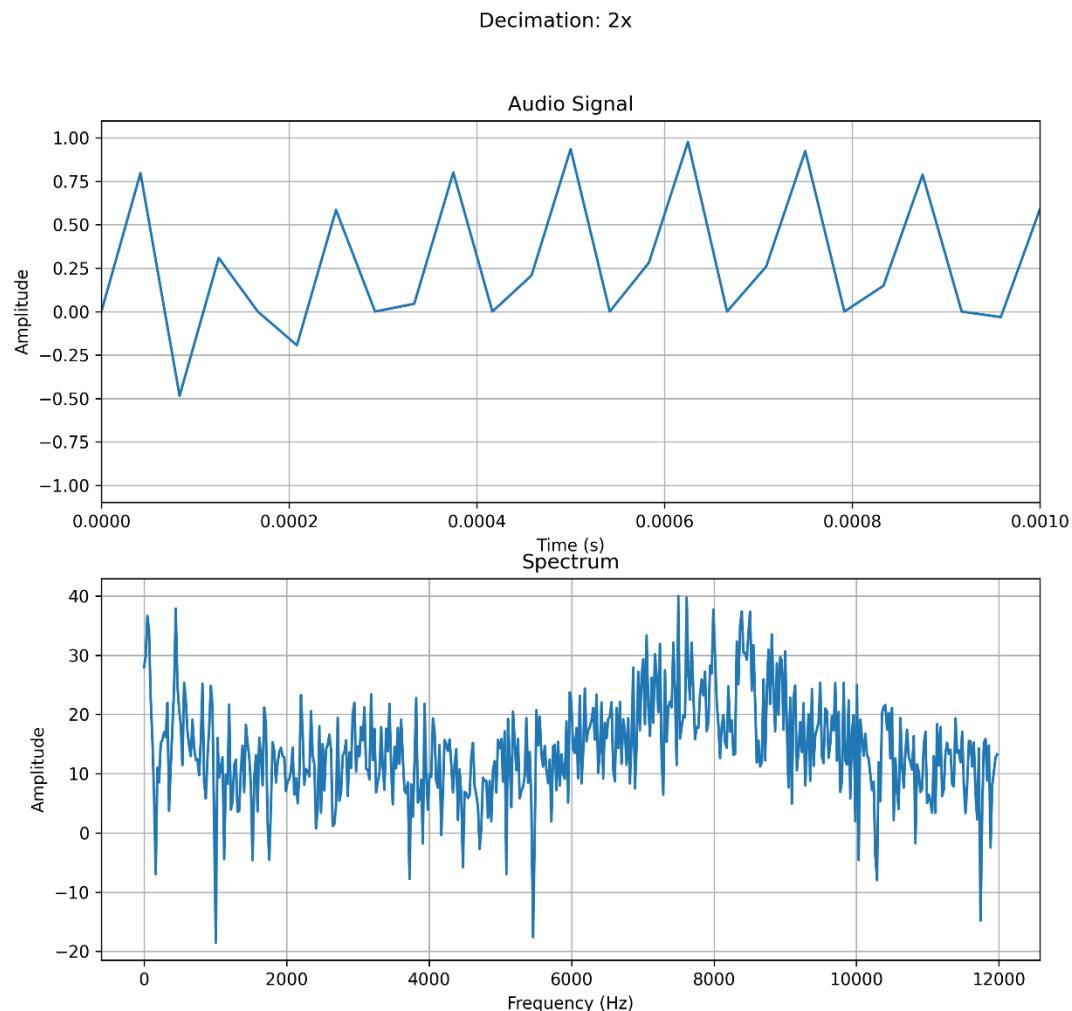
Krok: 24

Decimation: 24x



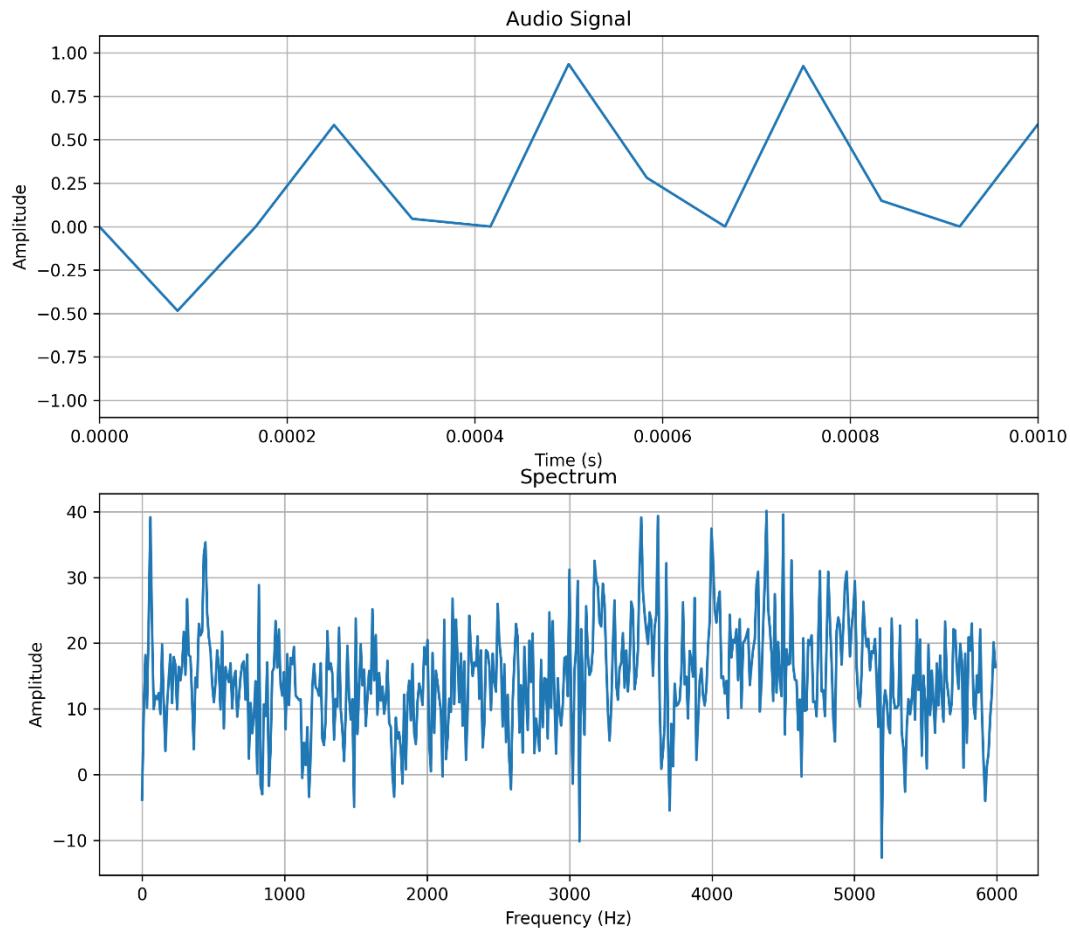
Plik: sin combined

Krok: 2



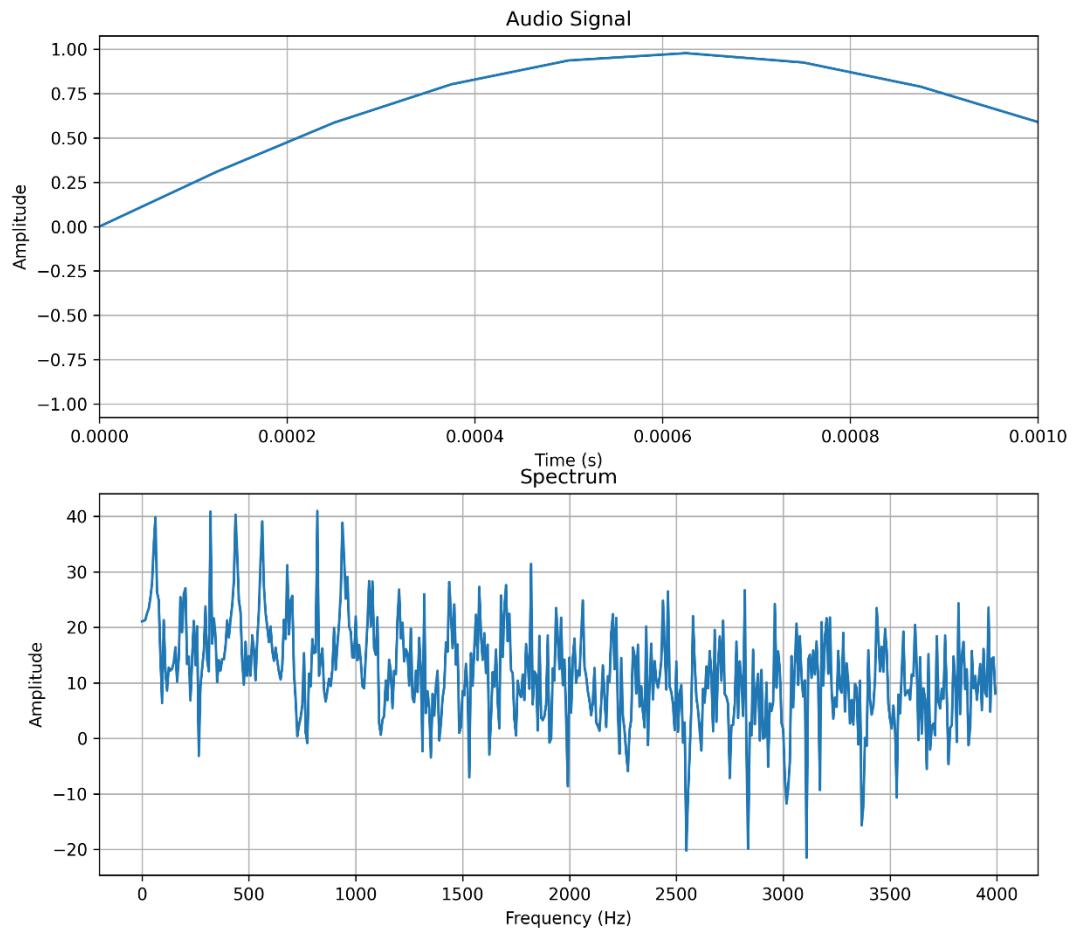
Krok: 4

Decimation: 4x



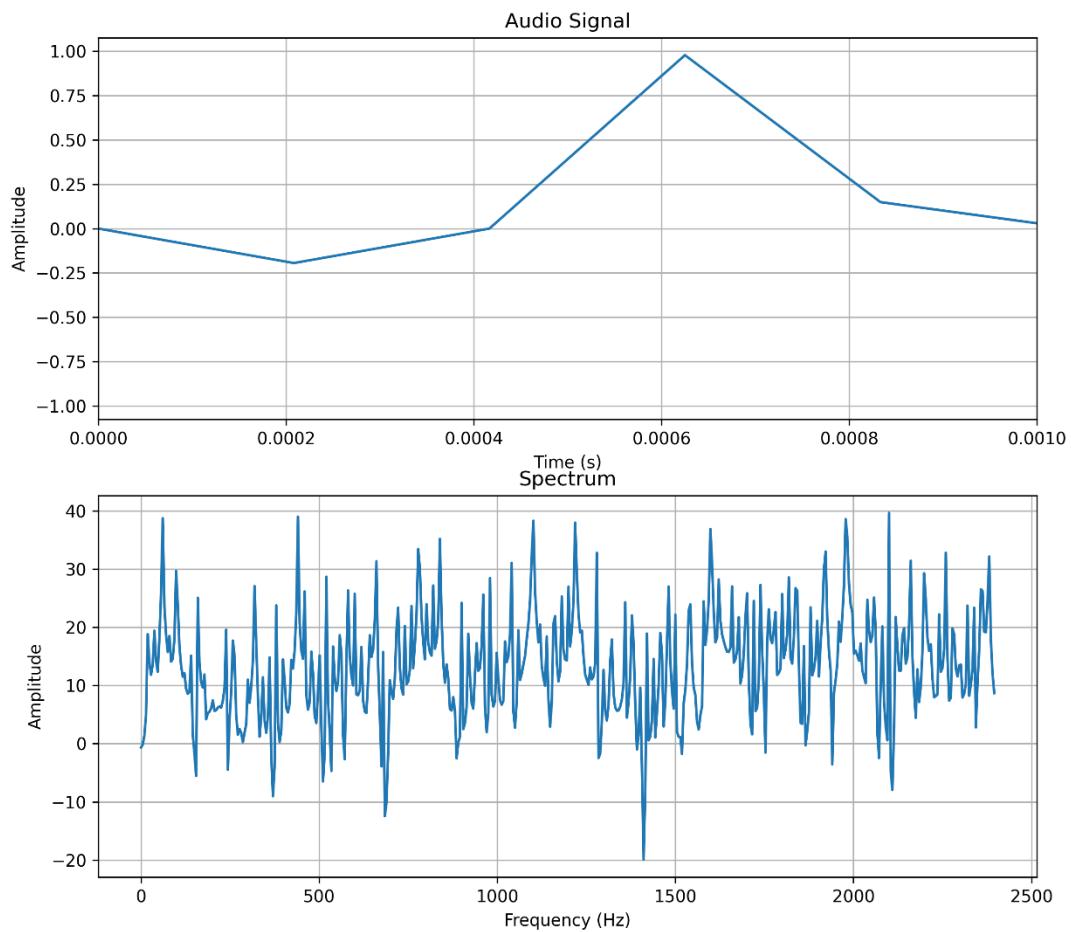
Krok: 6

Decimation: 6x



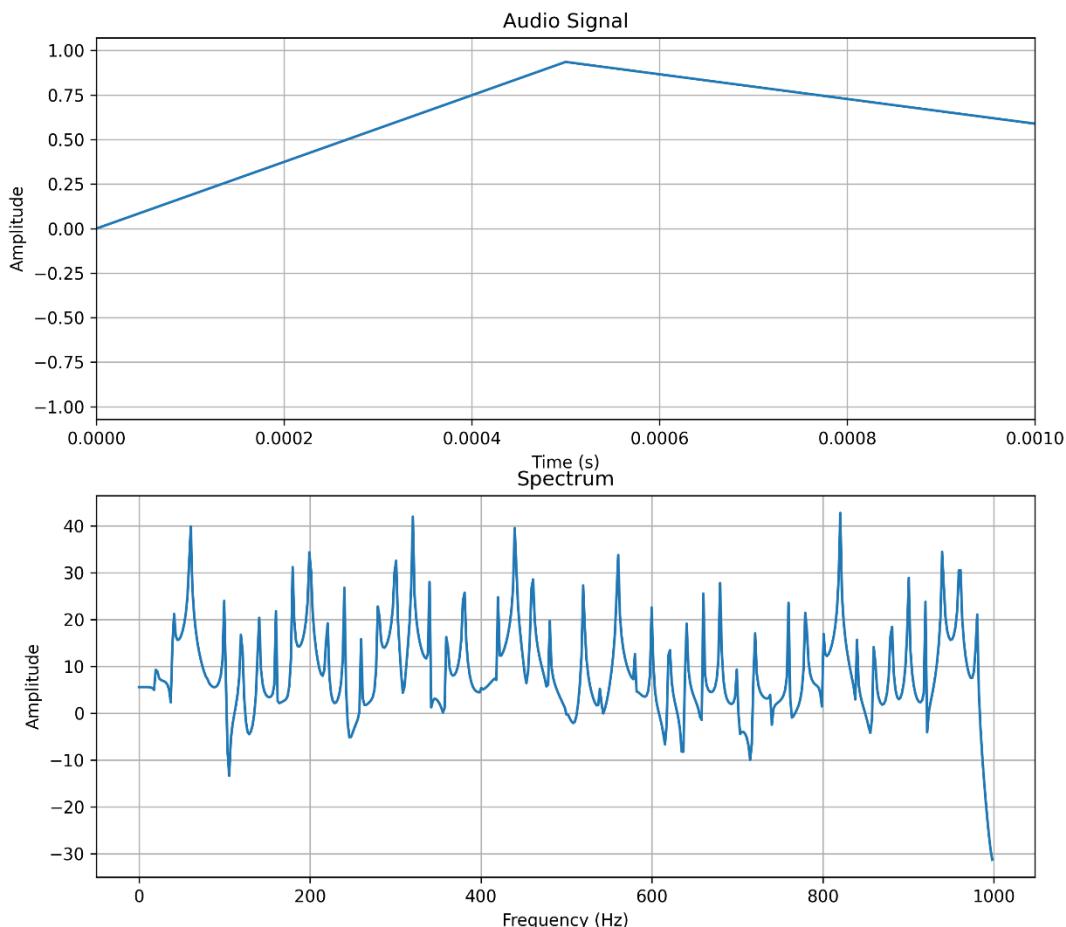
Krok: 10

Decimation: 10x



Krok: 24

Decimation: 24x



WNIOSKI:

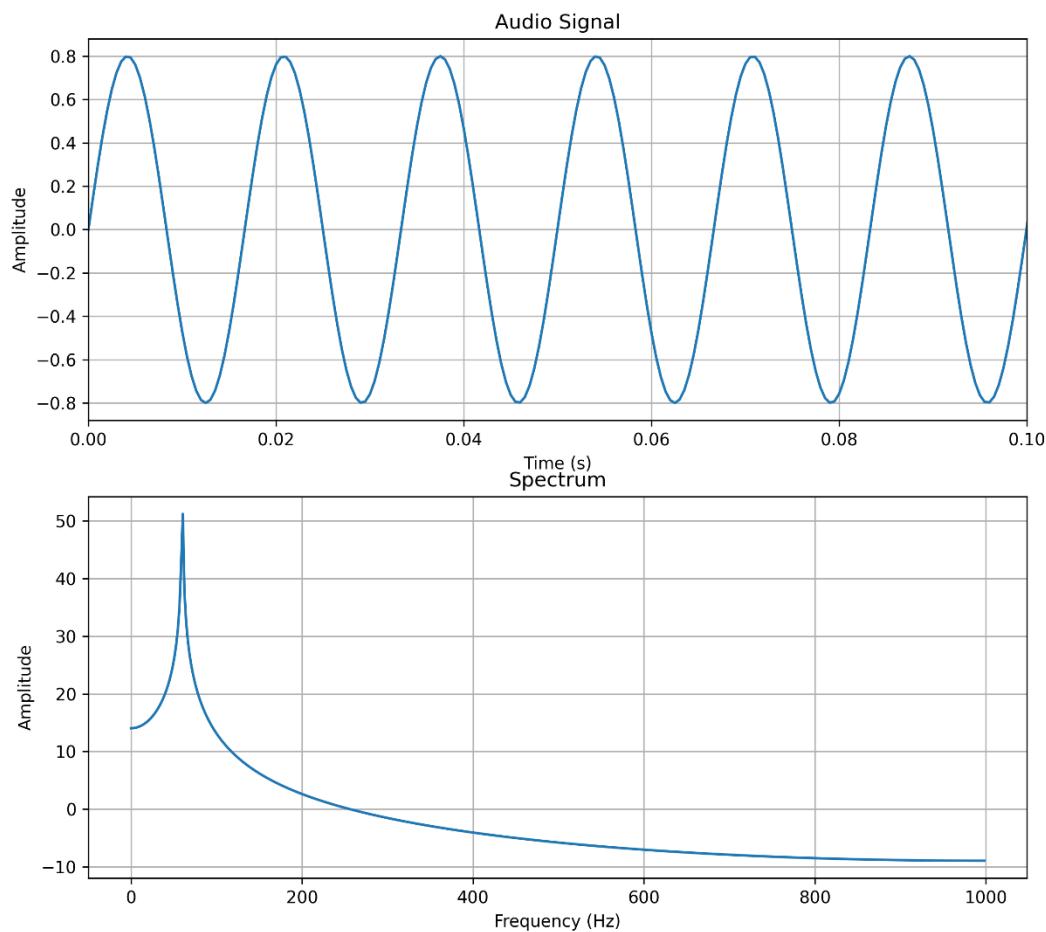
- W przypadku decymacji różnice zwykle lepiej widać na fragmentach sygnału w czasie.
- Wraz ze zwiększeniem kroku jakość sygnału pogarsza się.
- Kod nie jest w stanie wyświetlić widma w przypadku decymacji dla pliku sin_8000Hz, również sygnał w czasie znacznie odbiega od oryginału (tak samo jak plik sin_combined), ma to związek twierdzeniem o próbkowaniu Nyquista–Shannona.
- W przypadku plików o mniejszej częstotliwości sygnał w czasie jest bardziej postrzępiony, ale na pierwszy rzut oka można zauważyć że wszystkie wykresy odnoszą się do tego samego sygnału, okres sygnałów jest taki sam.

Interpolacja liniowa

Plik: sin 60 Hz

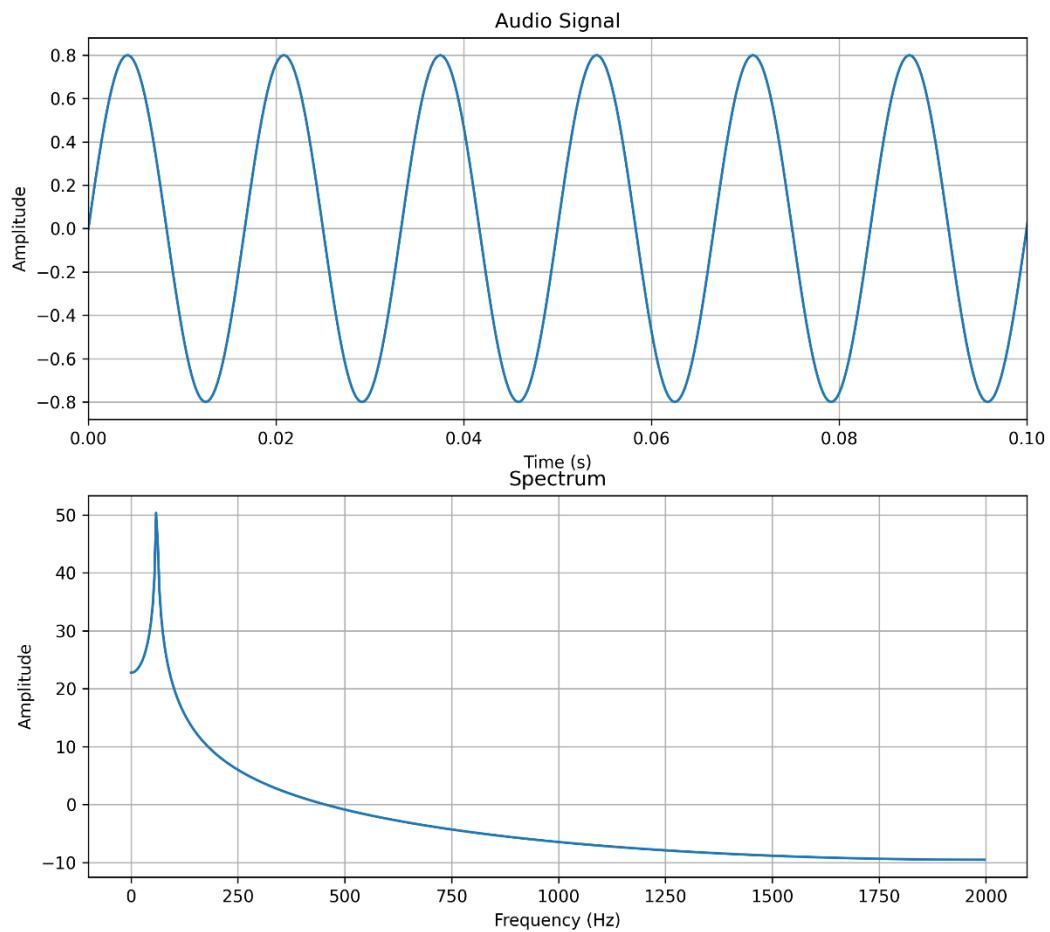
2000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



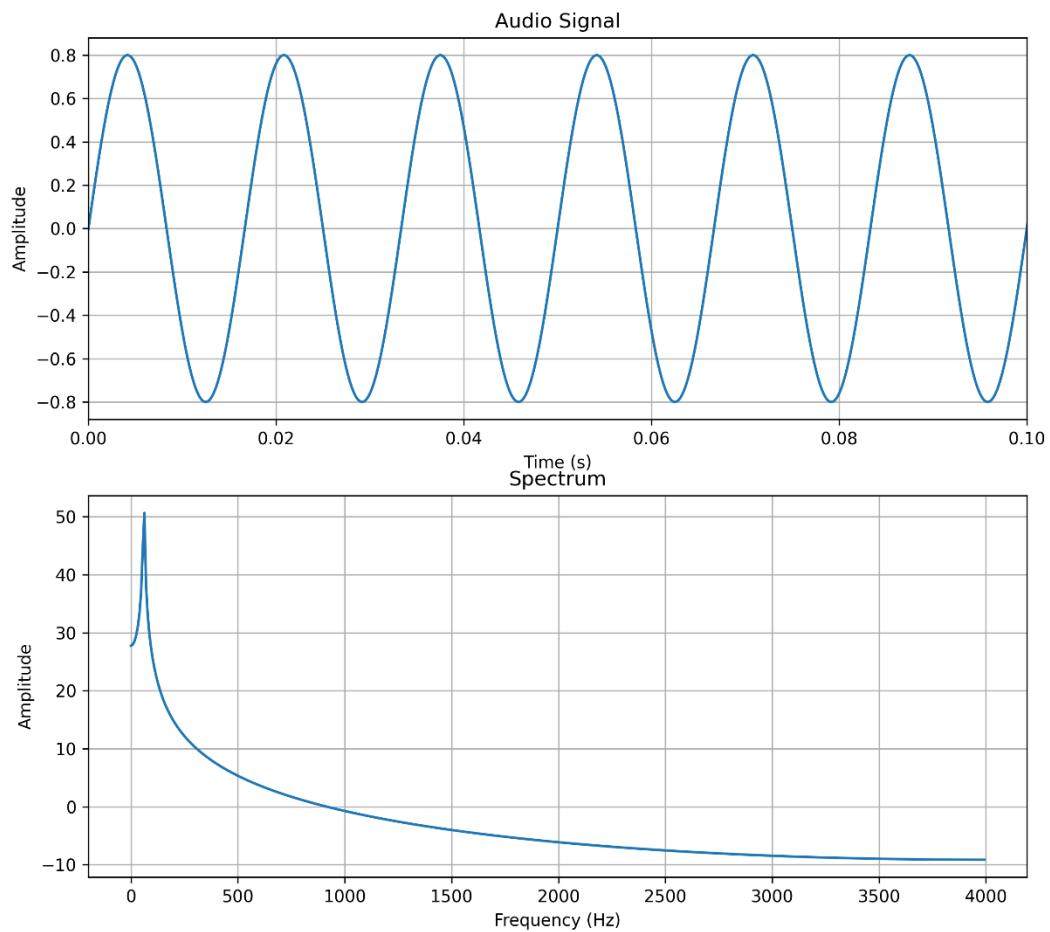
4000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



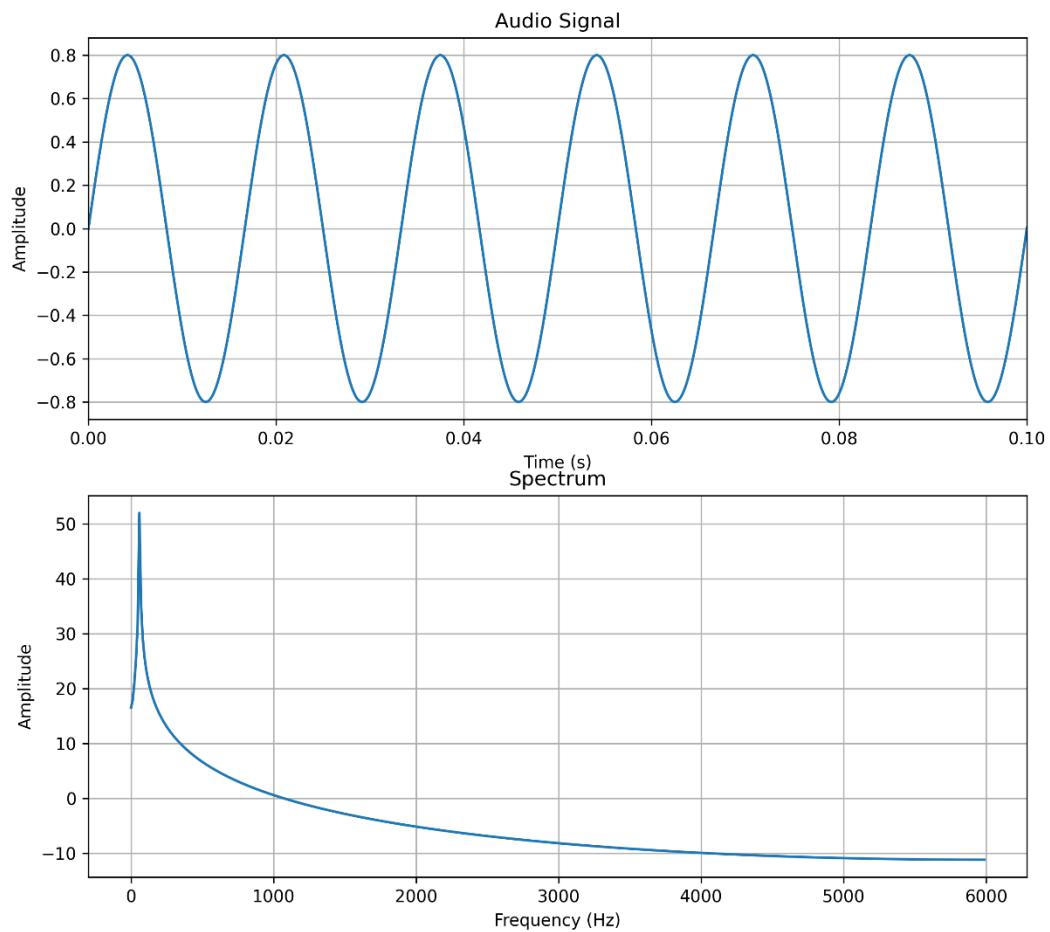
8000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



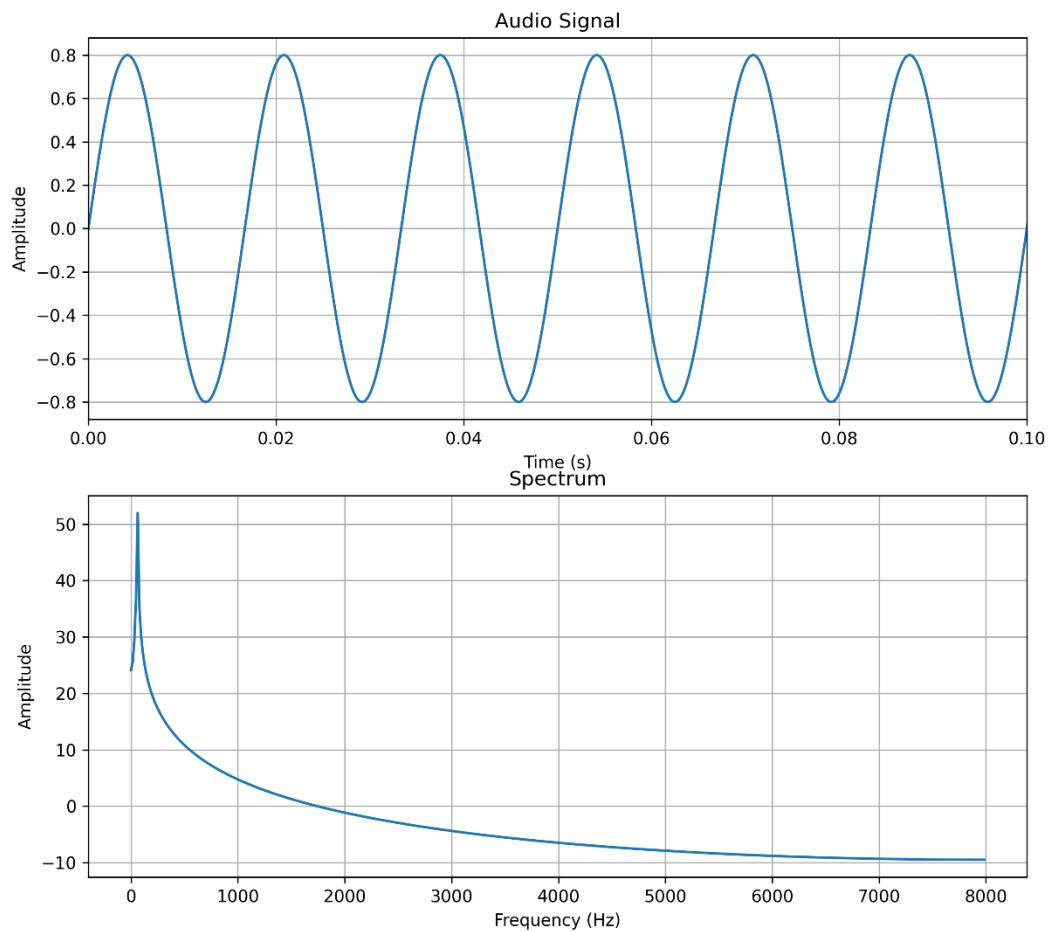
11999 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



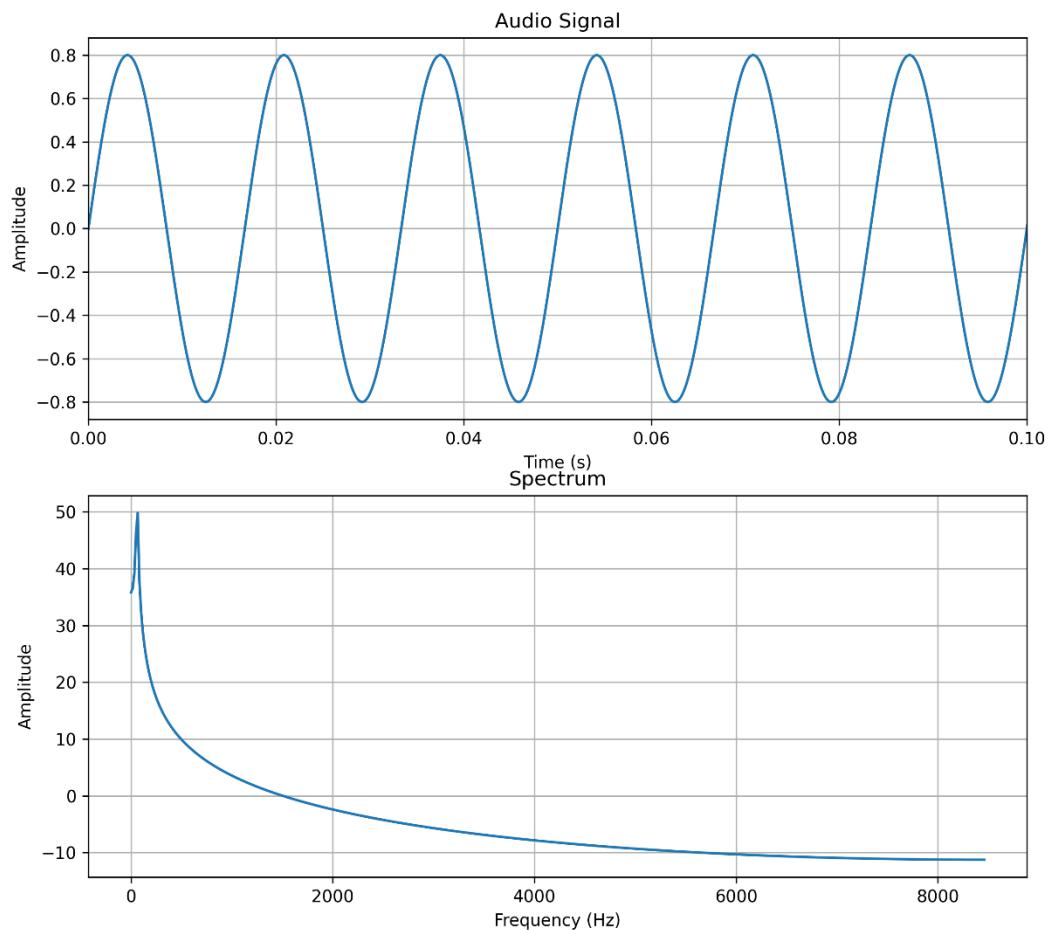
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



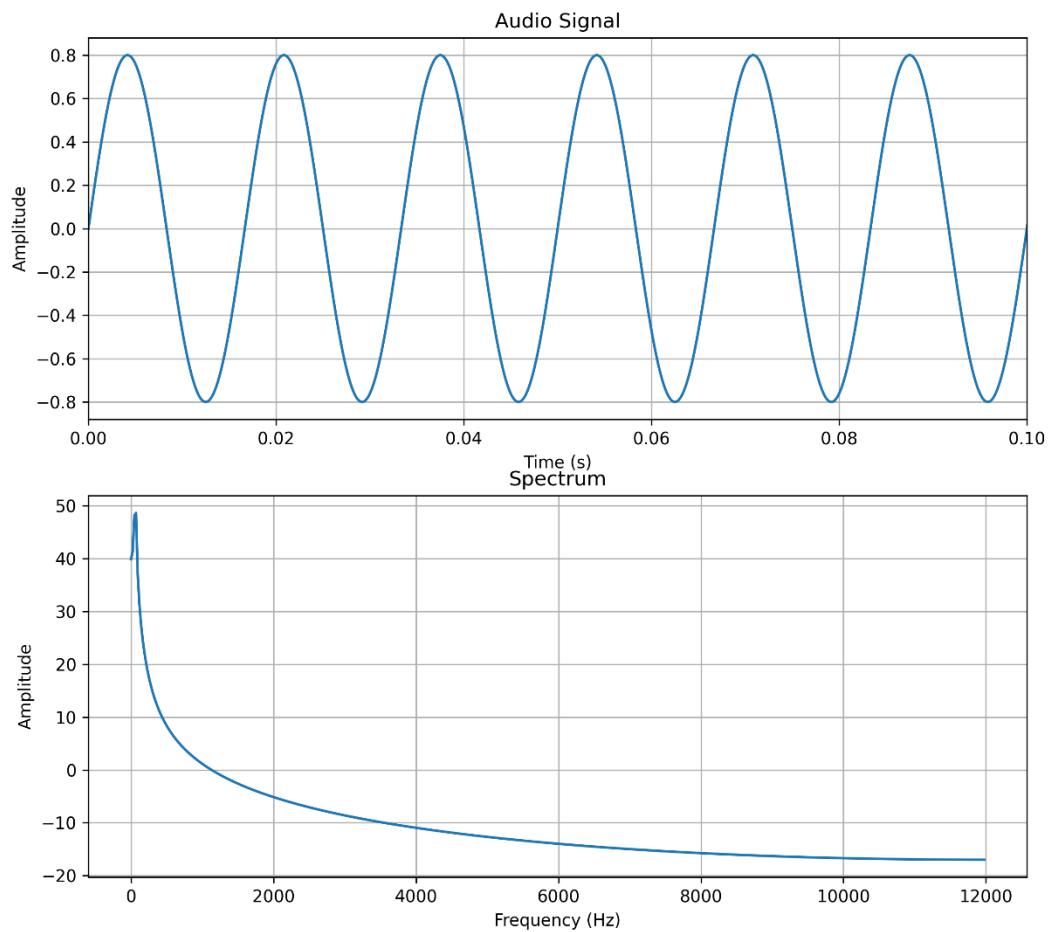
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



24000 Hz

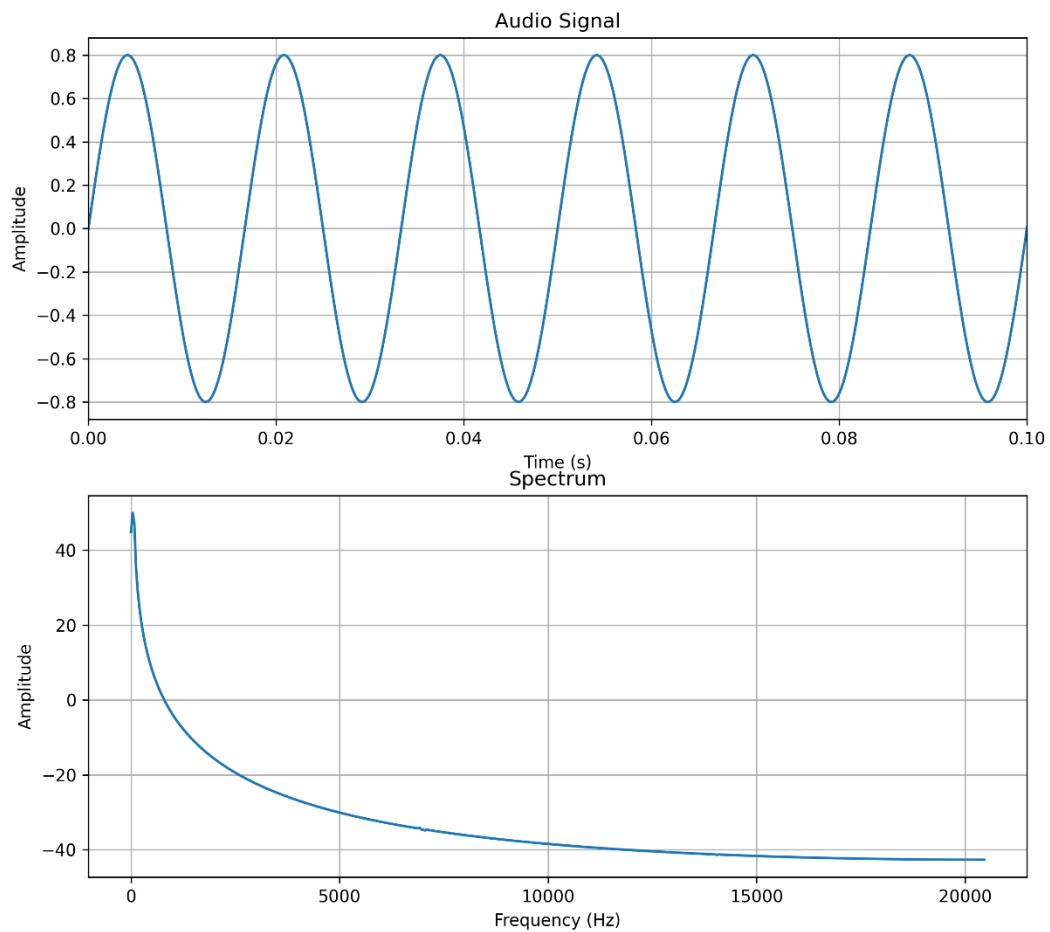
Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



Krystian Szabat 51114

41000 Hz

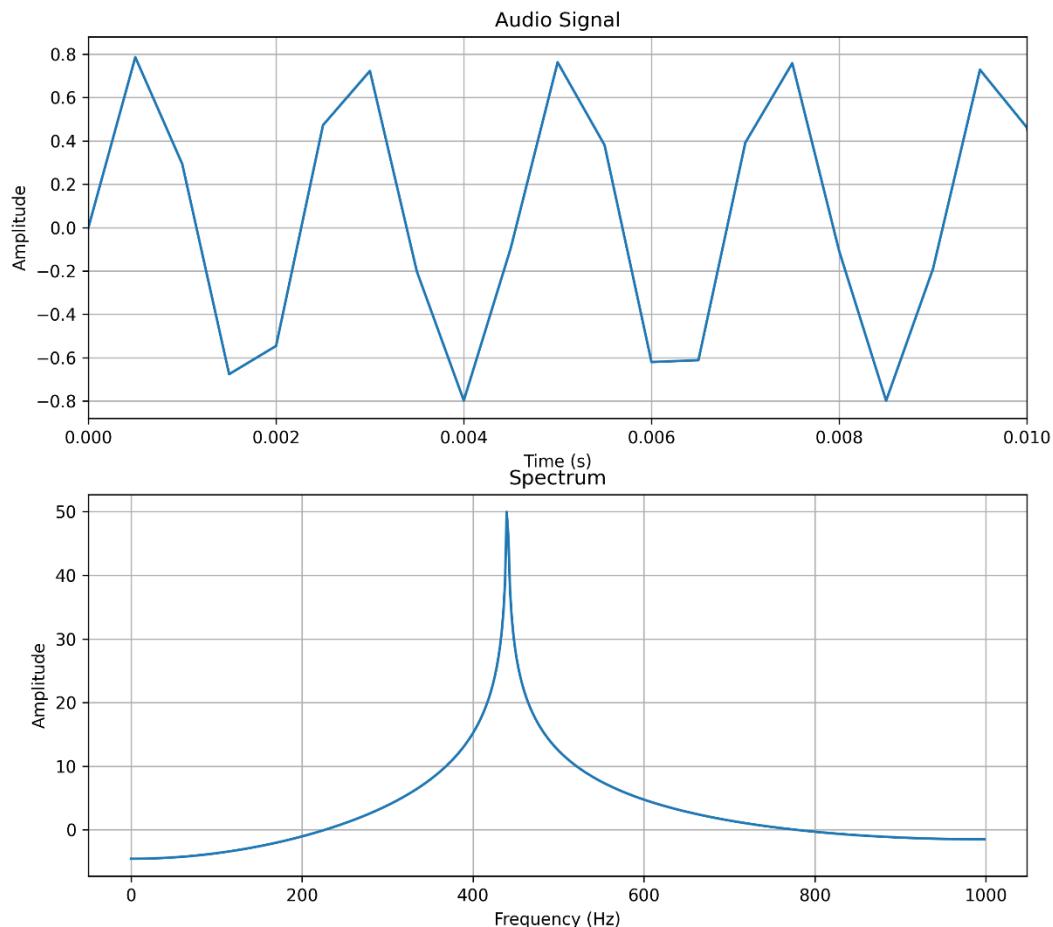
Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz



Plik: sin 440 Hz

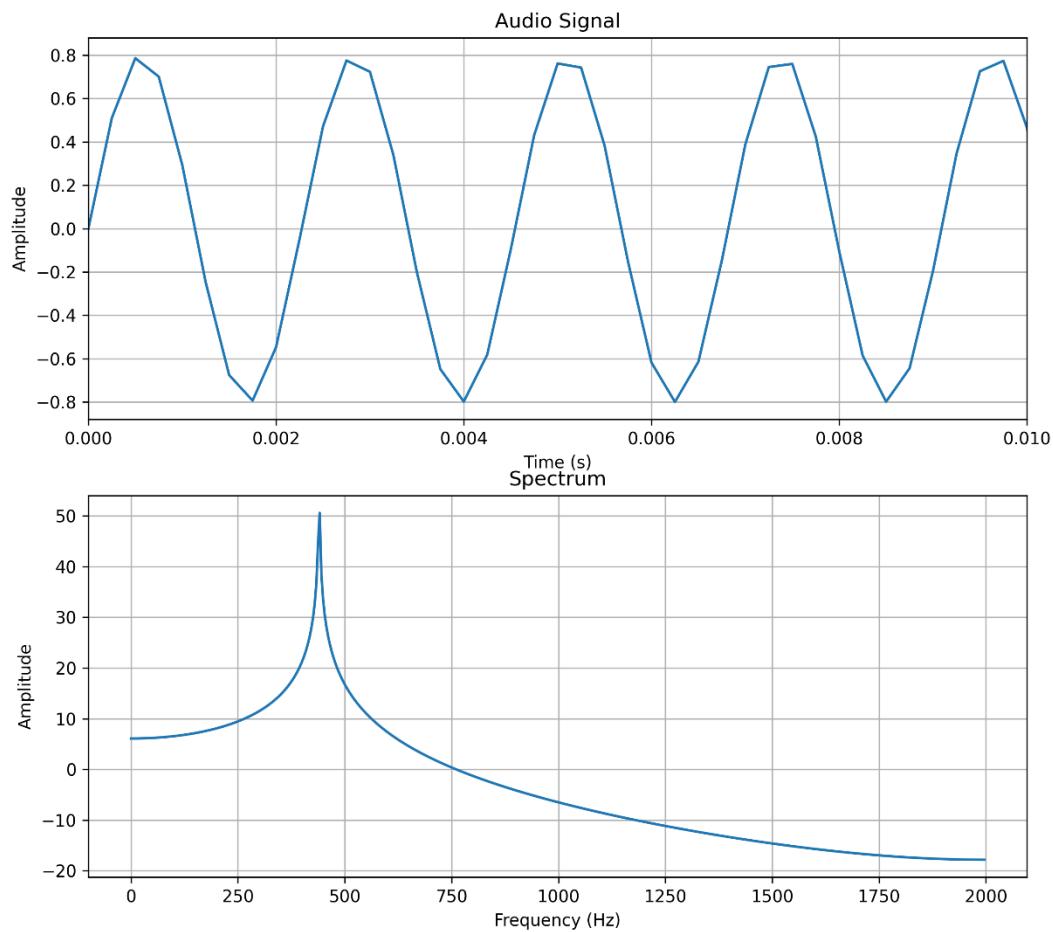
2000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



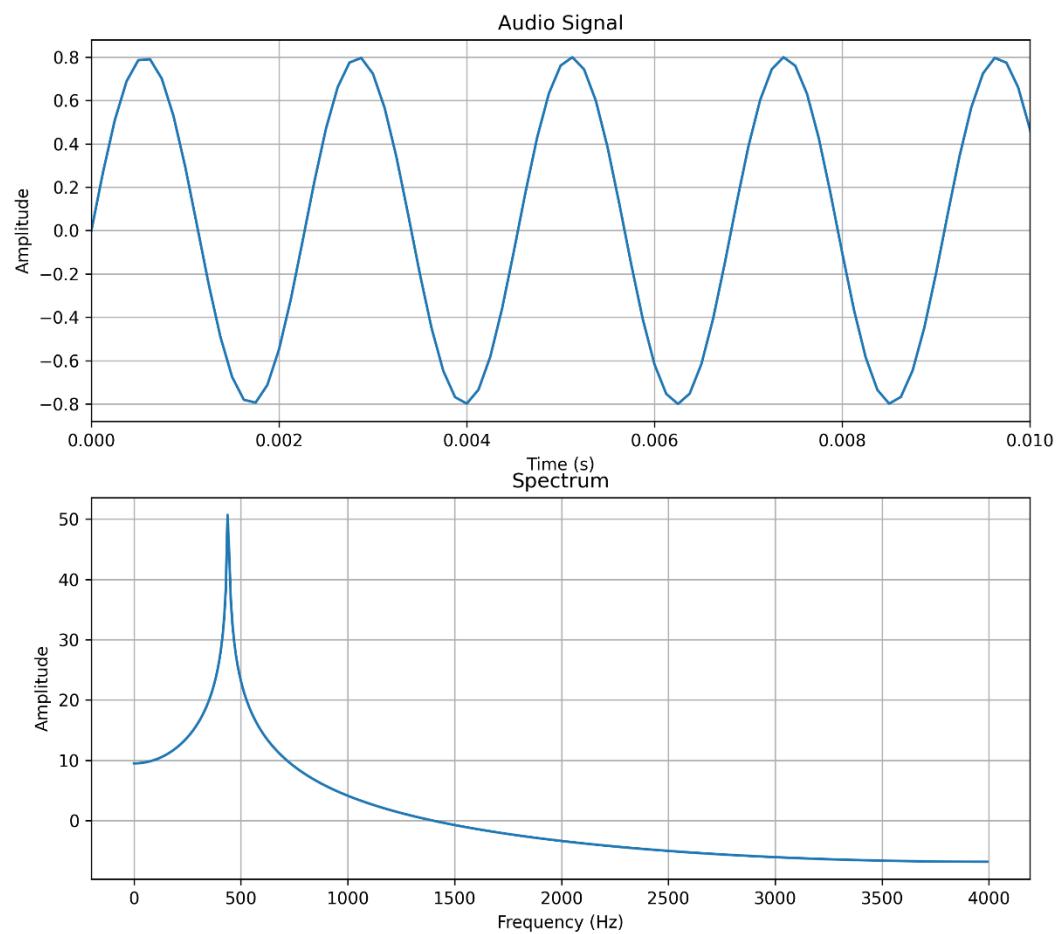
4000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



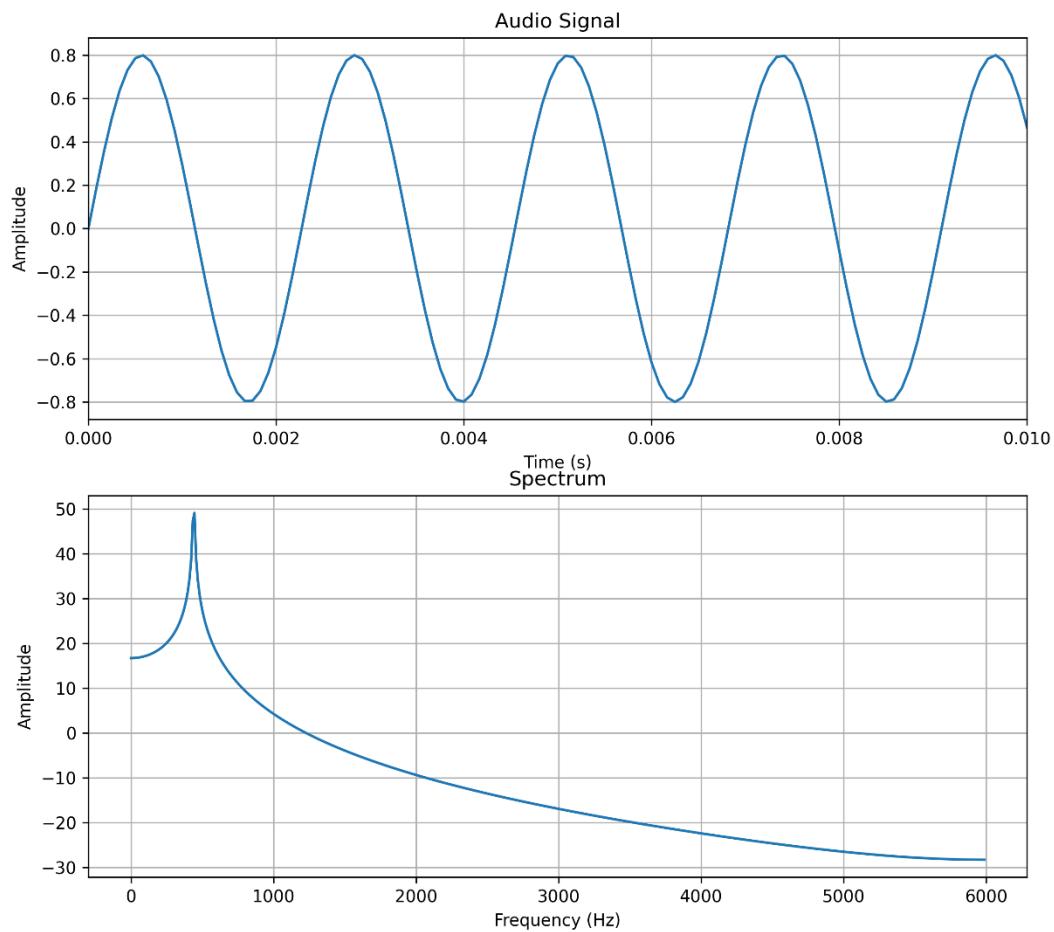
8000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



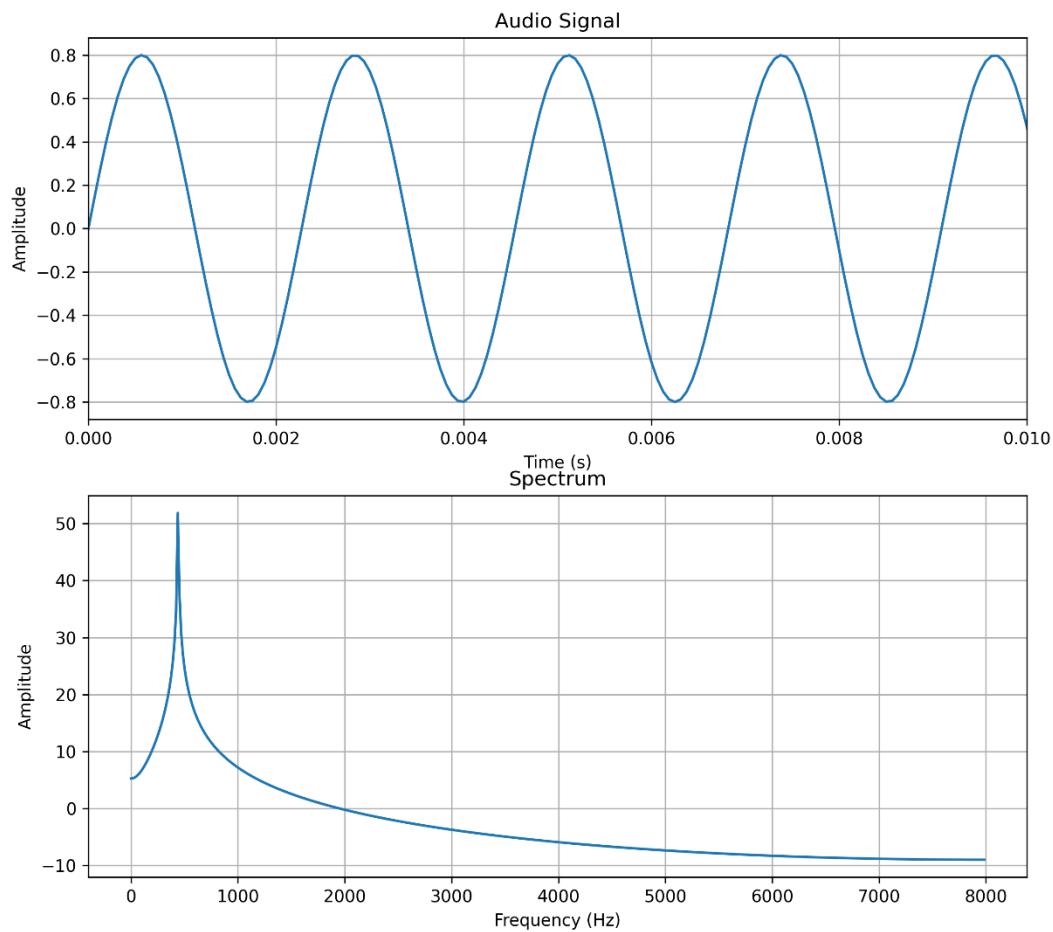
11999 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



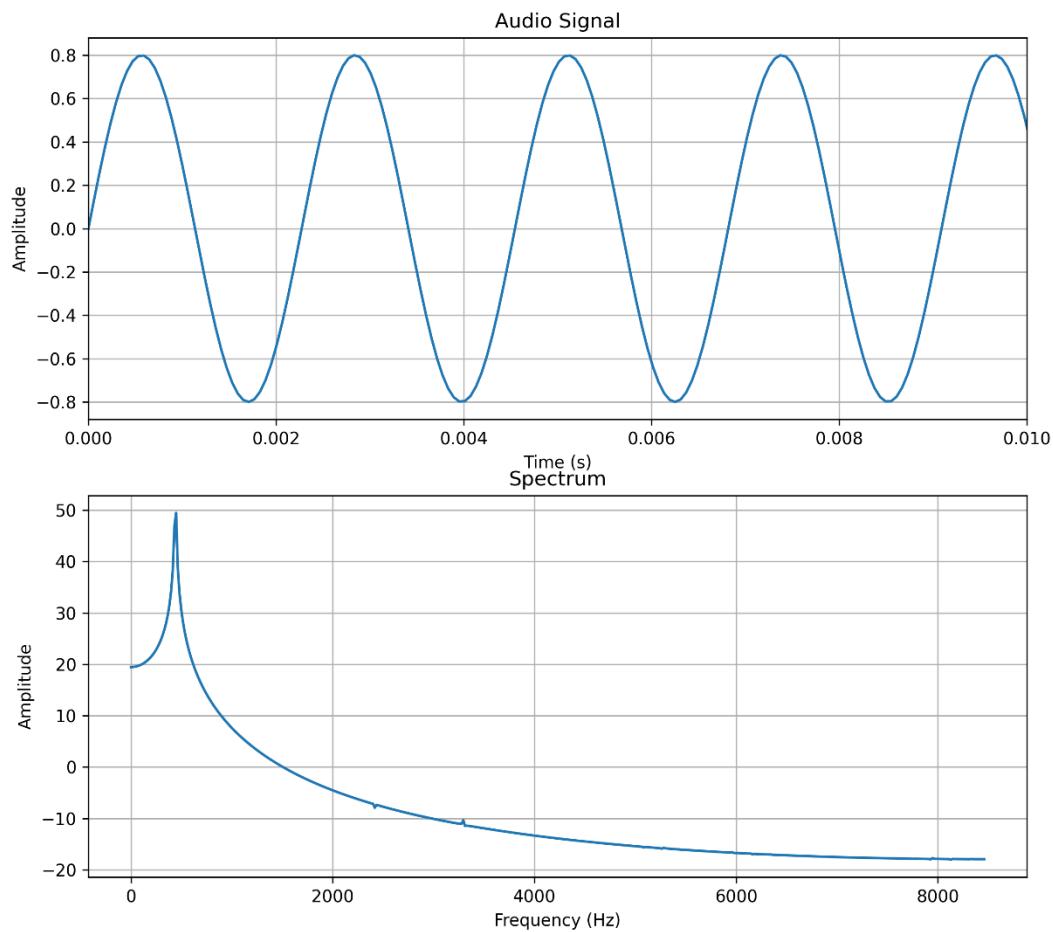
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



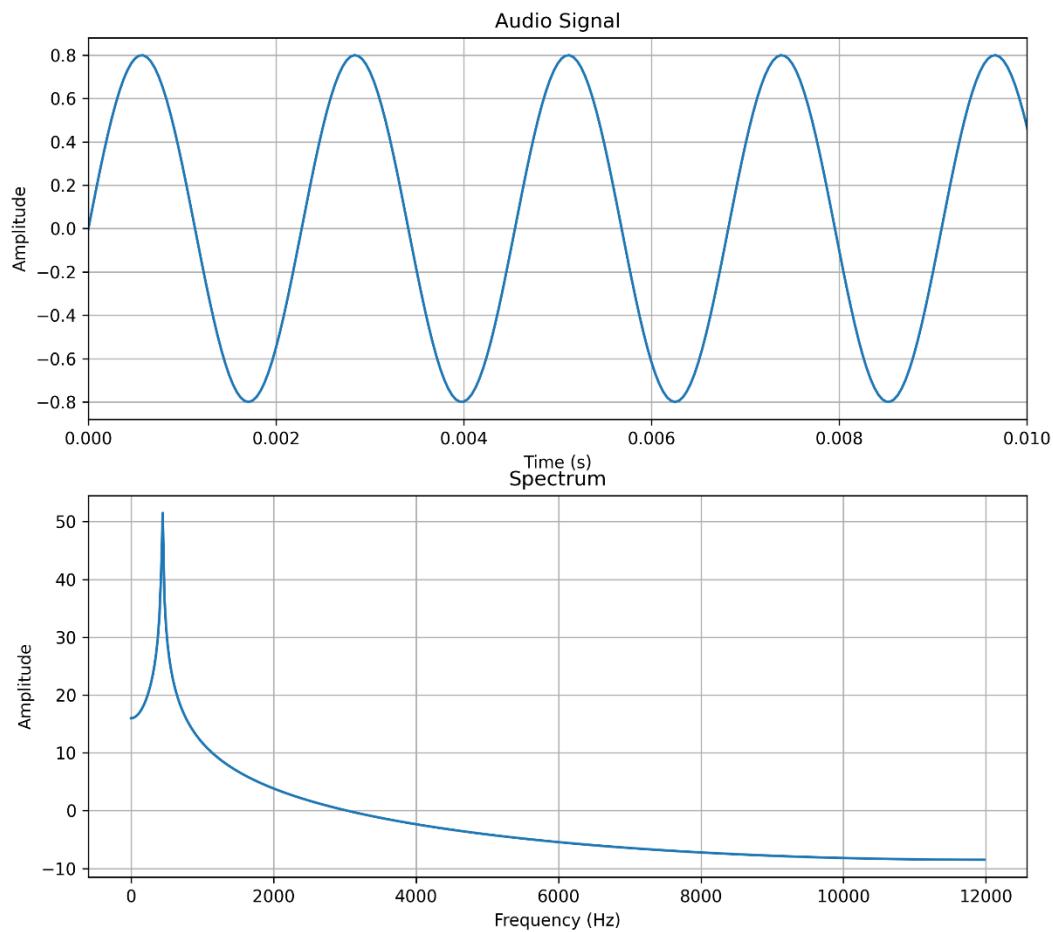
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



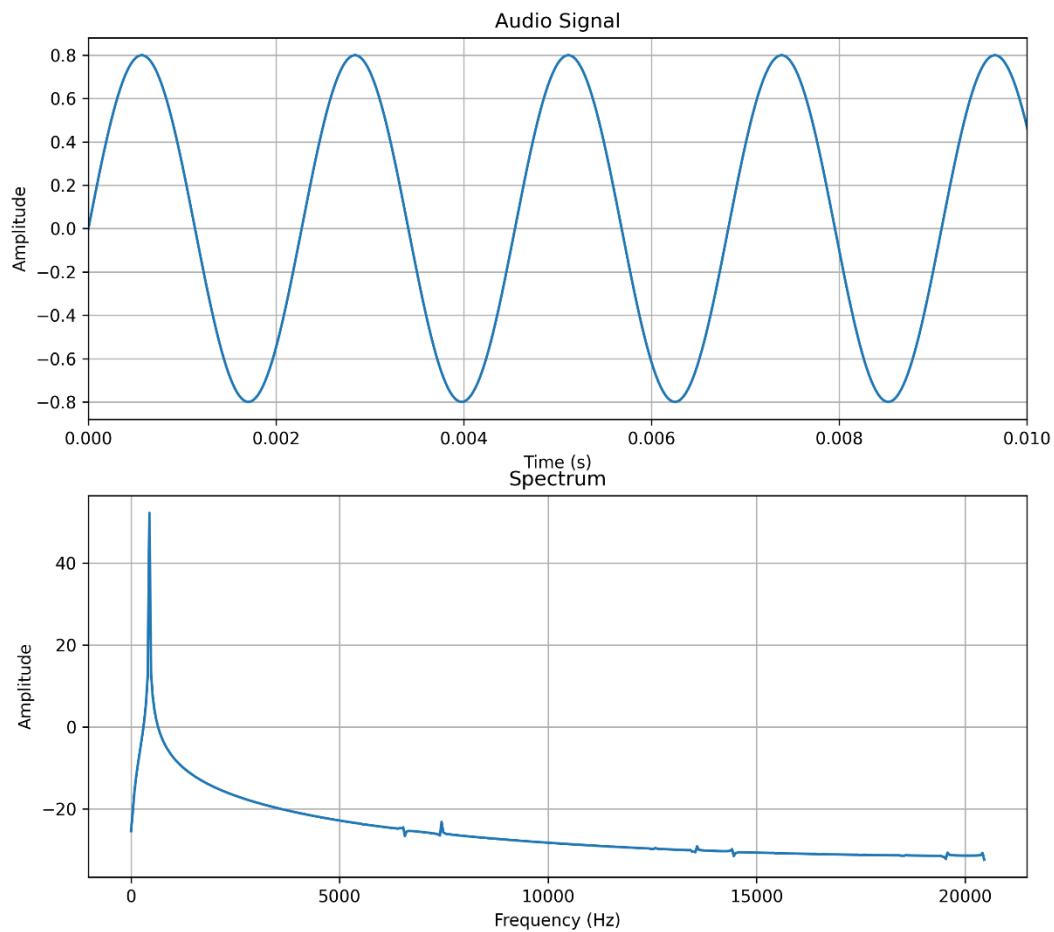
24000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



41000 Hz

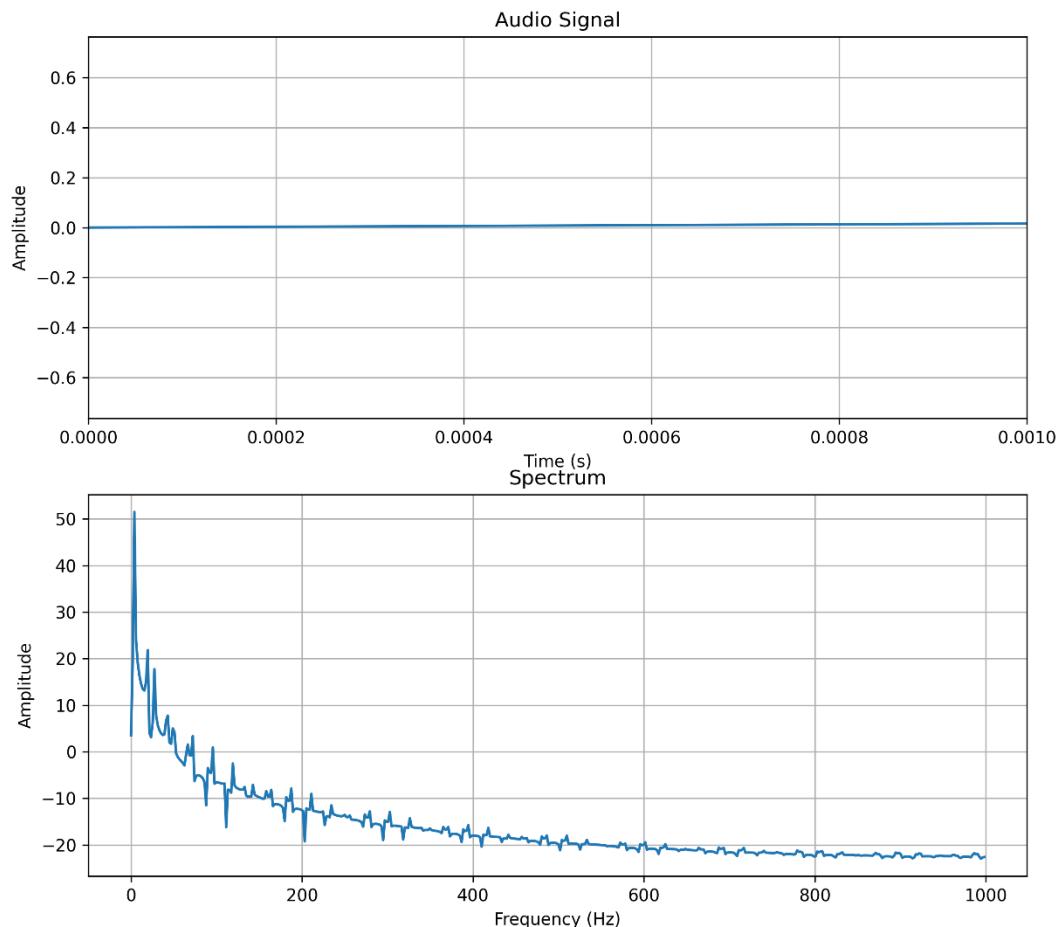
Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz



Plik: sin 8000 Hz

2000 Hz

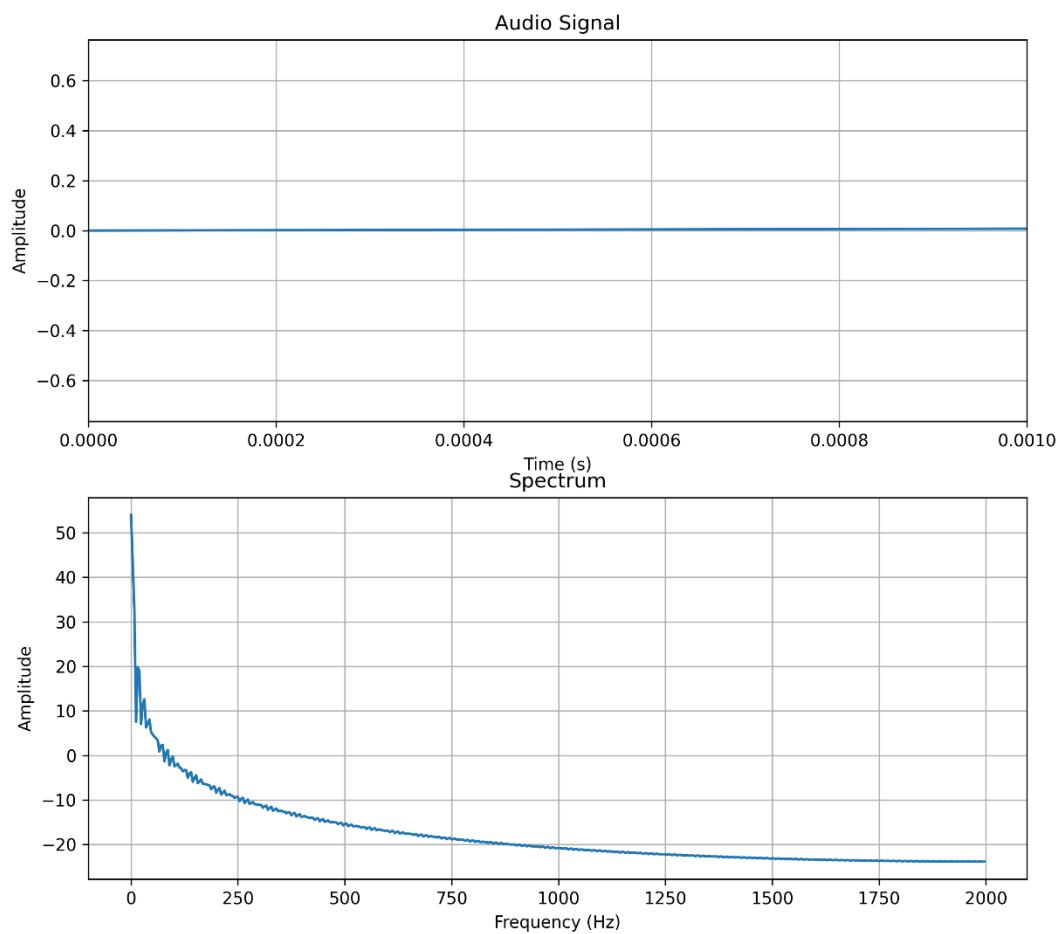
Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



Krystian Szabat 51114

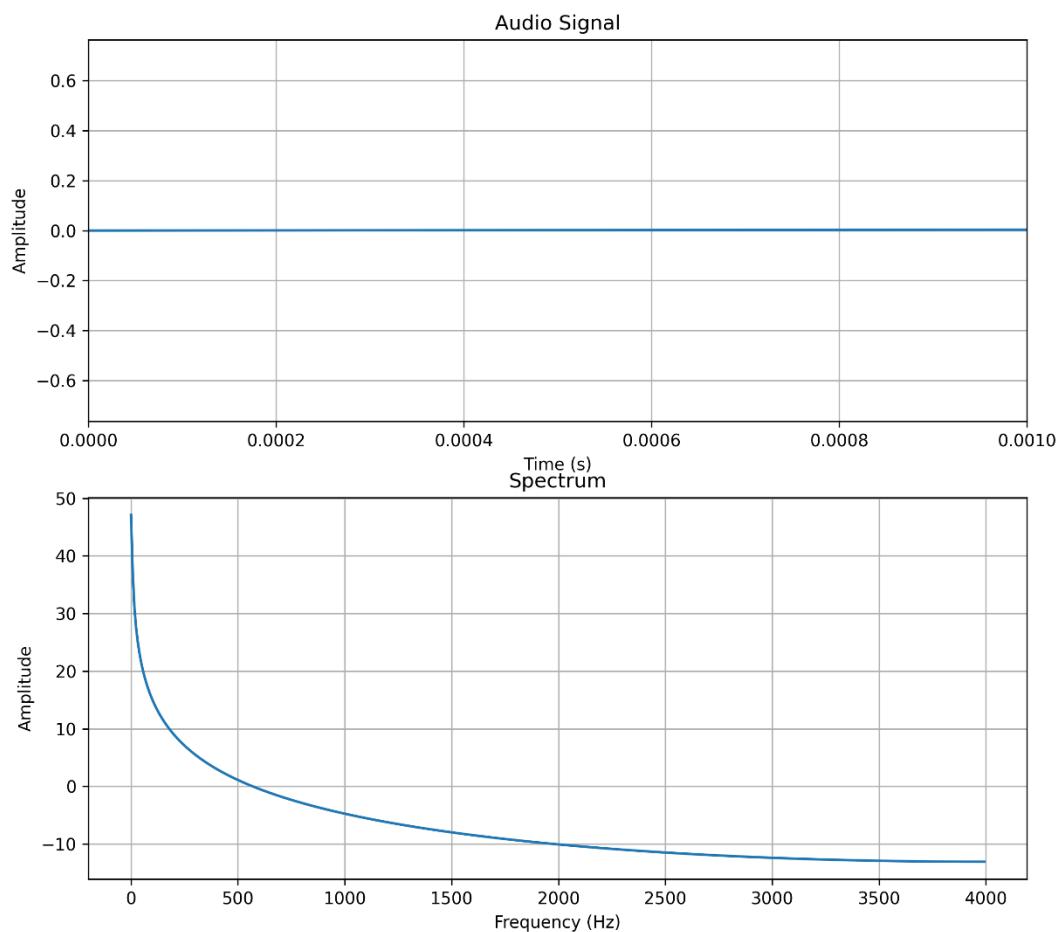
4000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



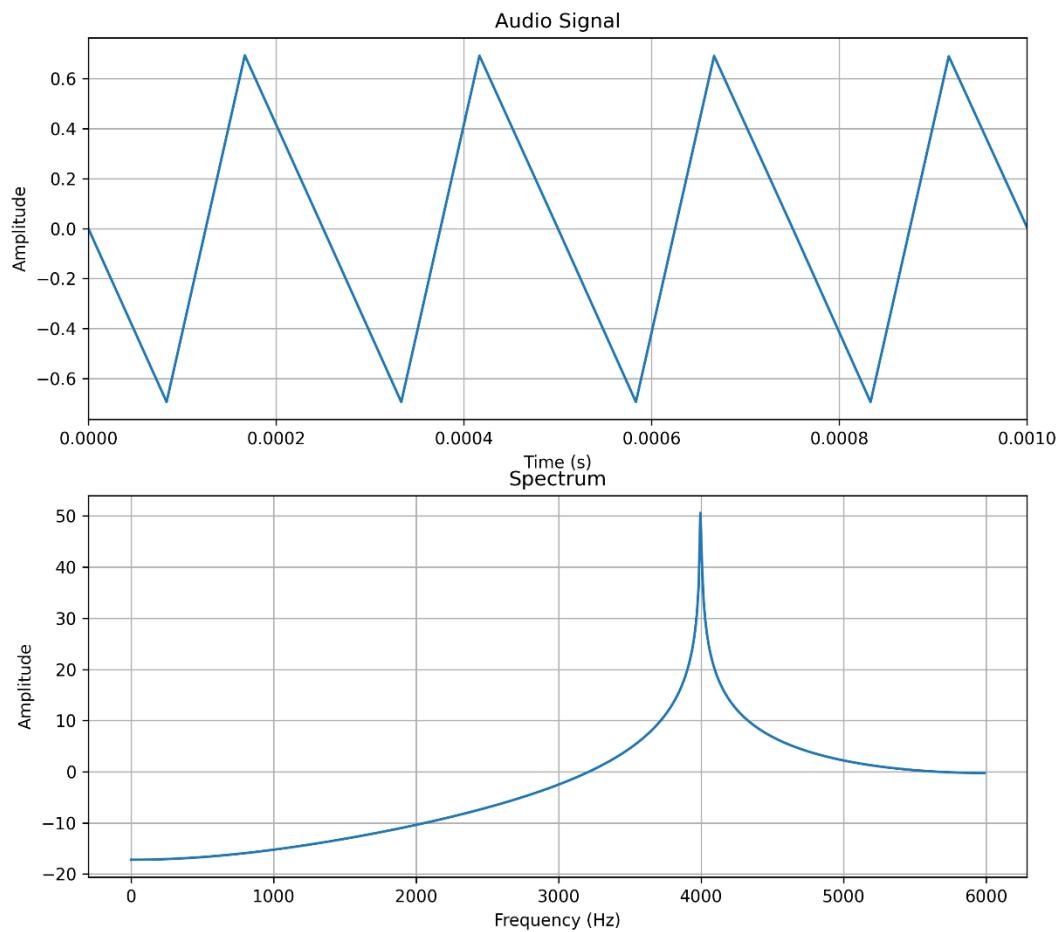
8000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



11999 Hz

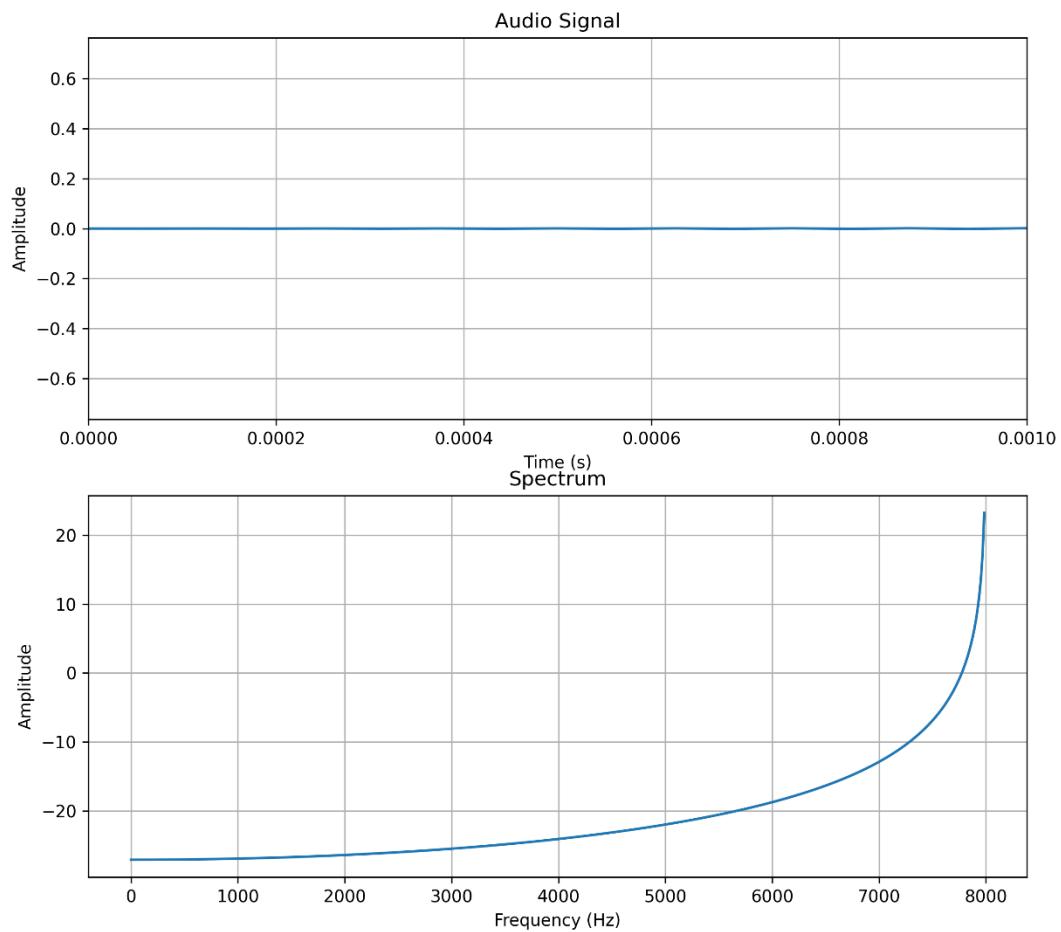
Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



Krystian Szabat 51114

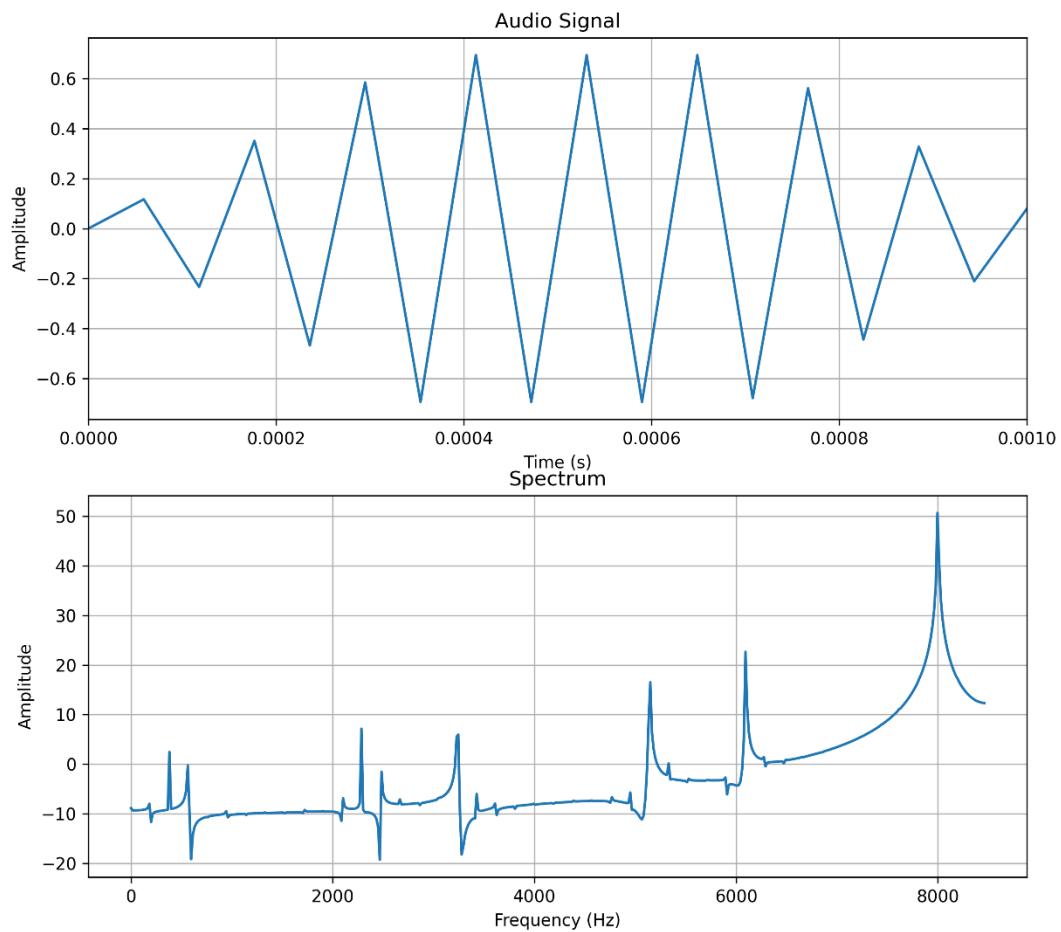
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



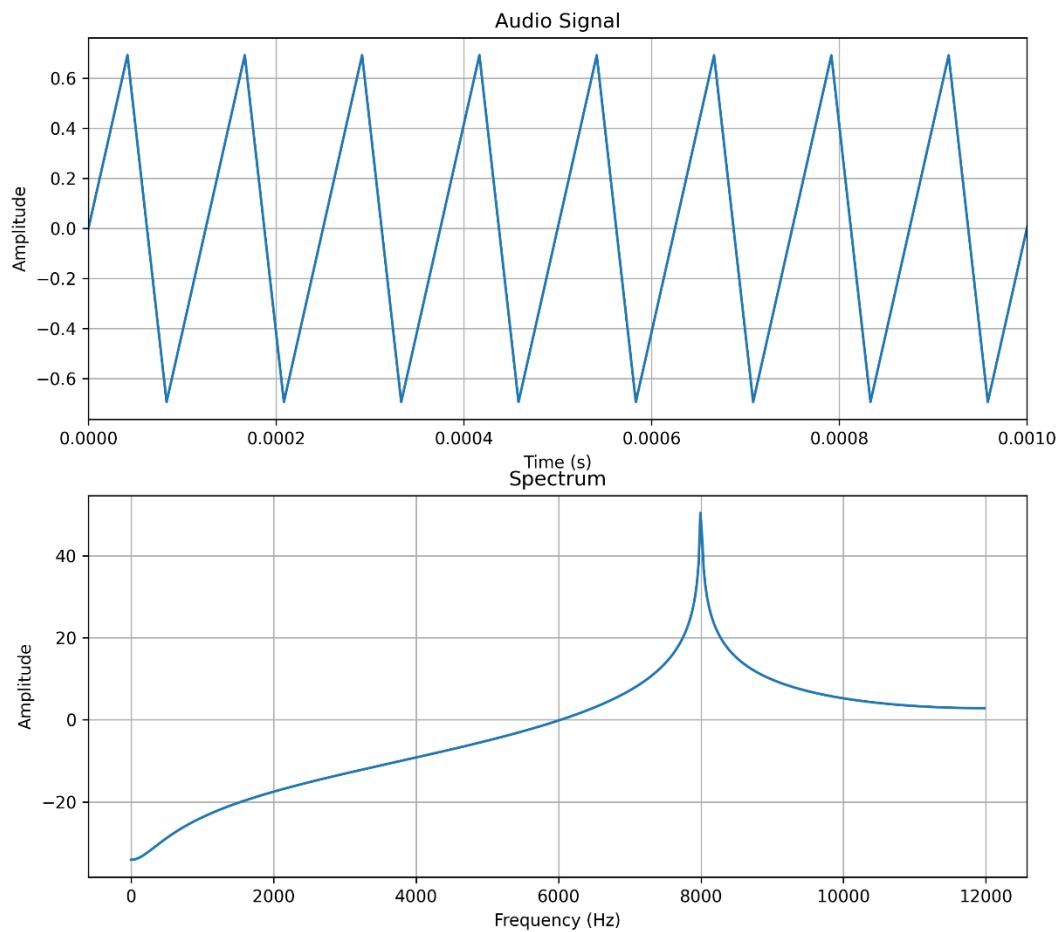
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



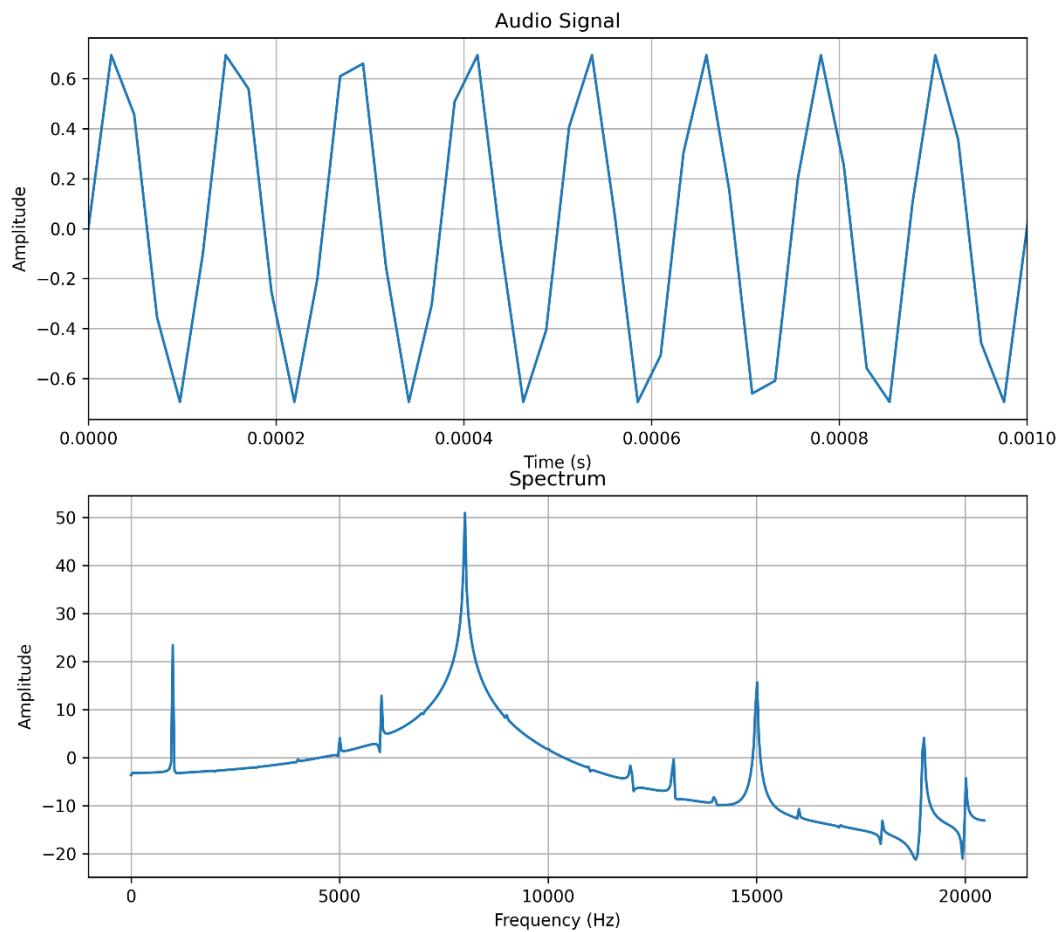
24000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



41000 Hz

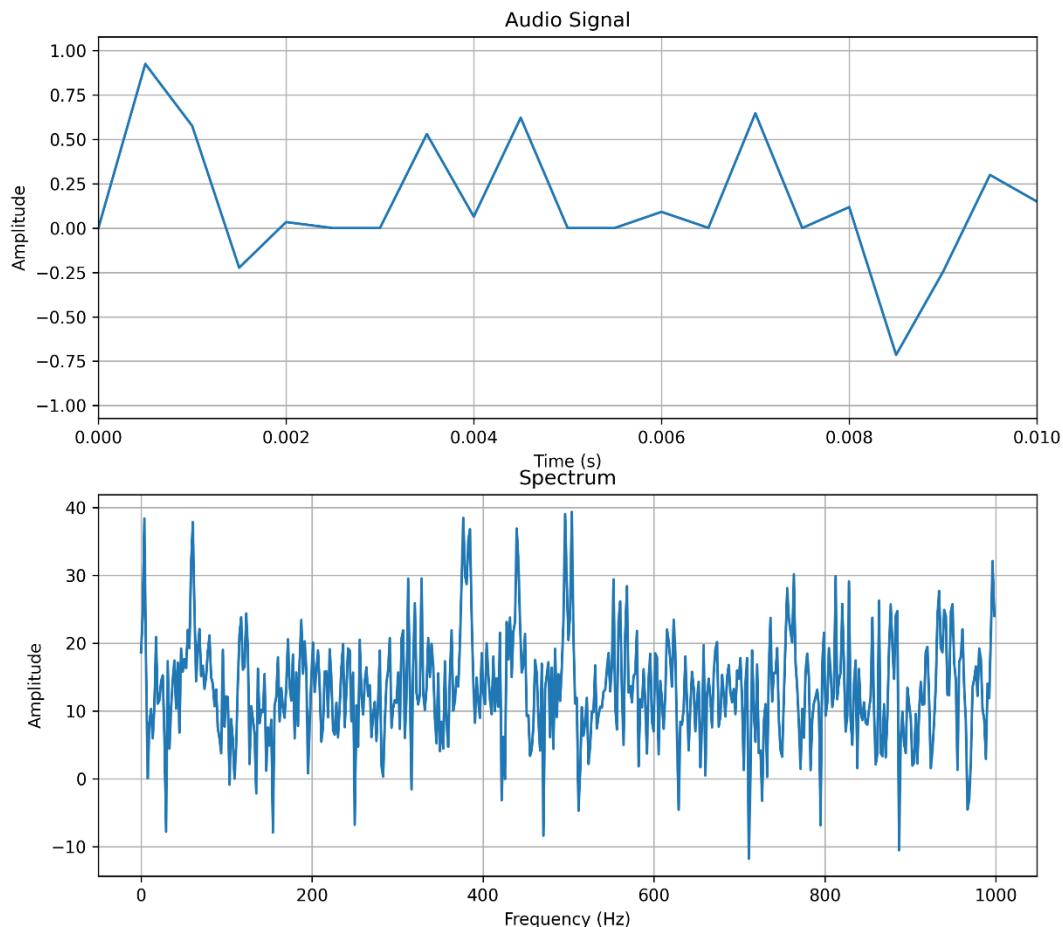
Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz



Plik: sin combined

2000 Hz

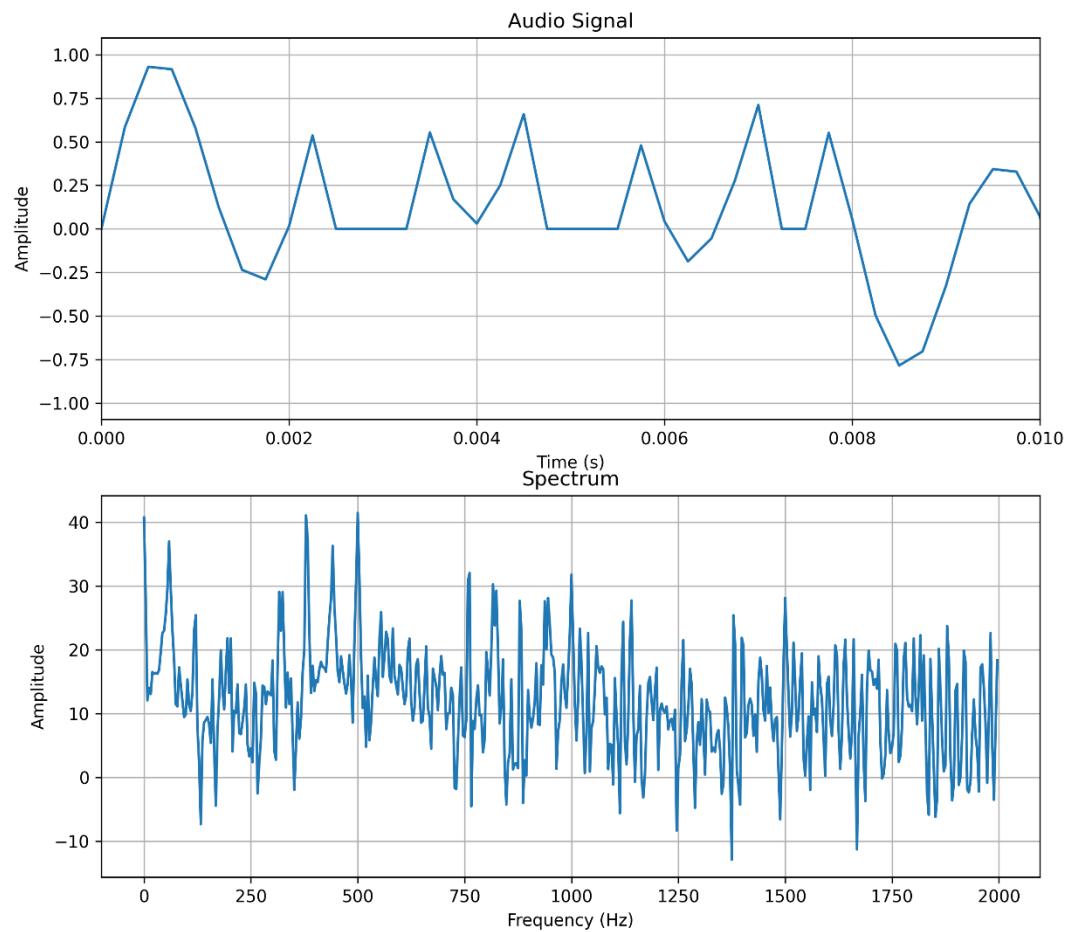
Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



Krystian Szabat 51114

4000 Hz

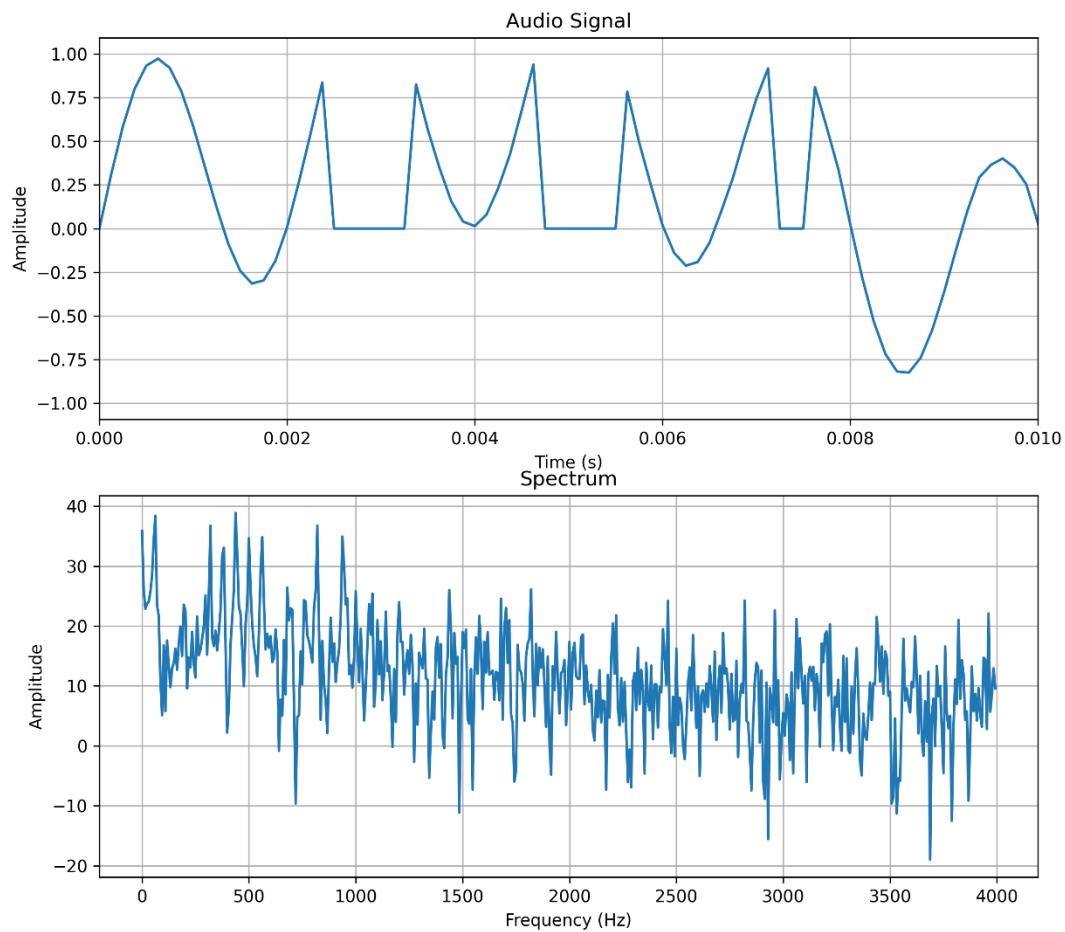
Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



Krystian Szabat 51114

8000 Hz

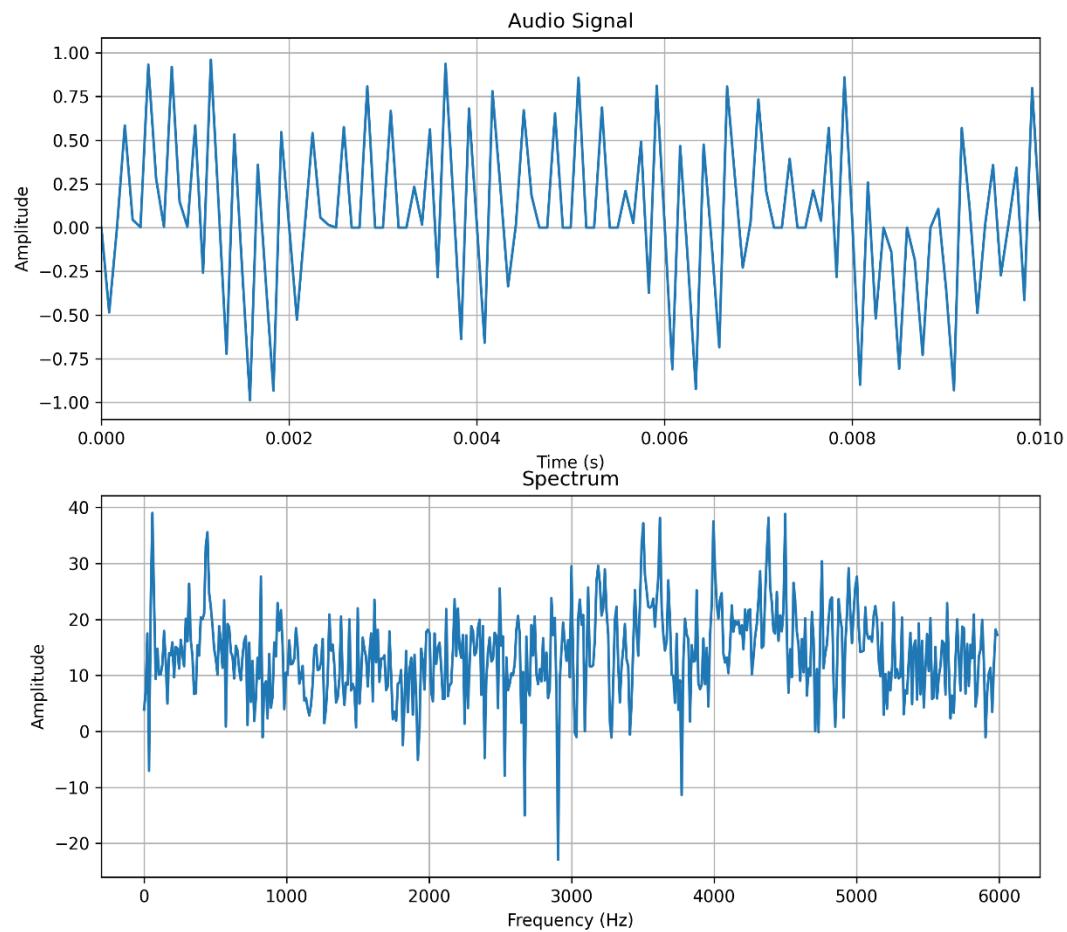
Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



Krystian Szabat 51114

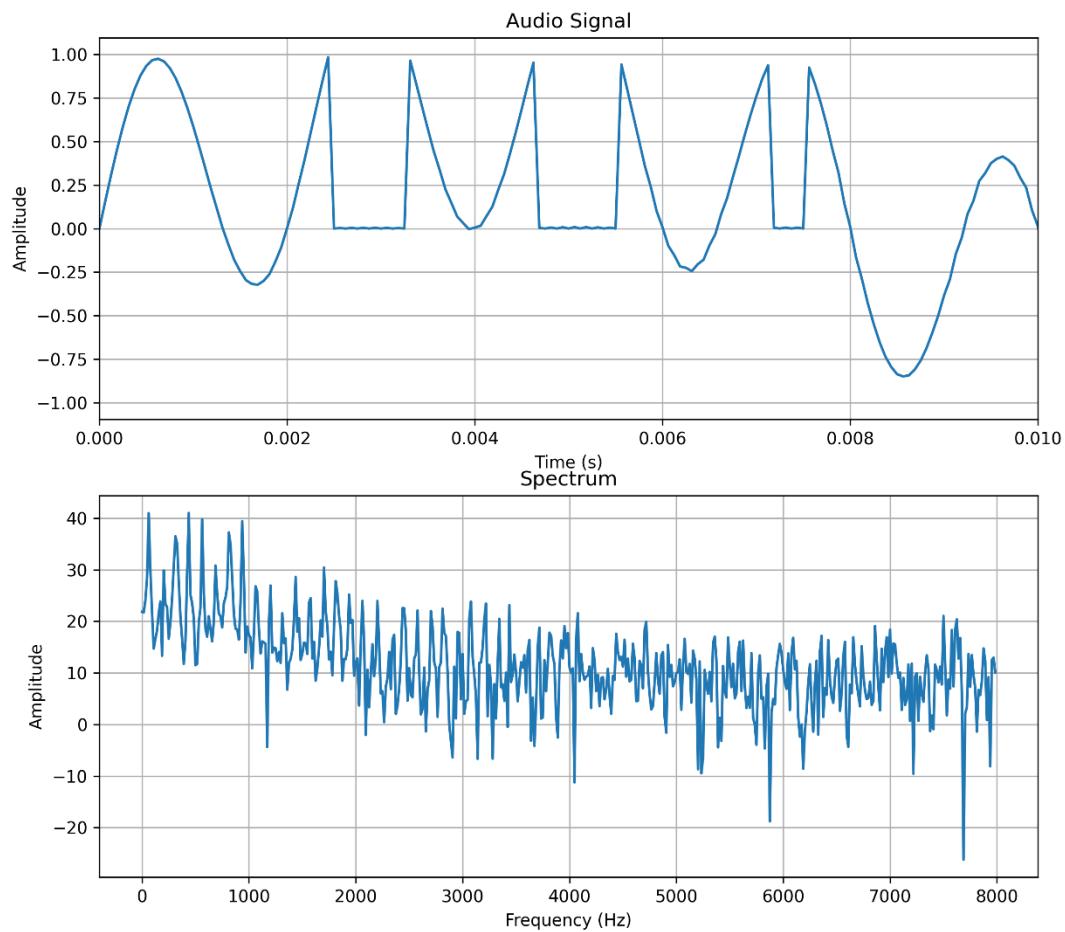
11999 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



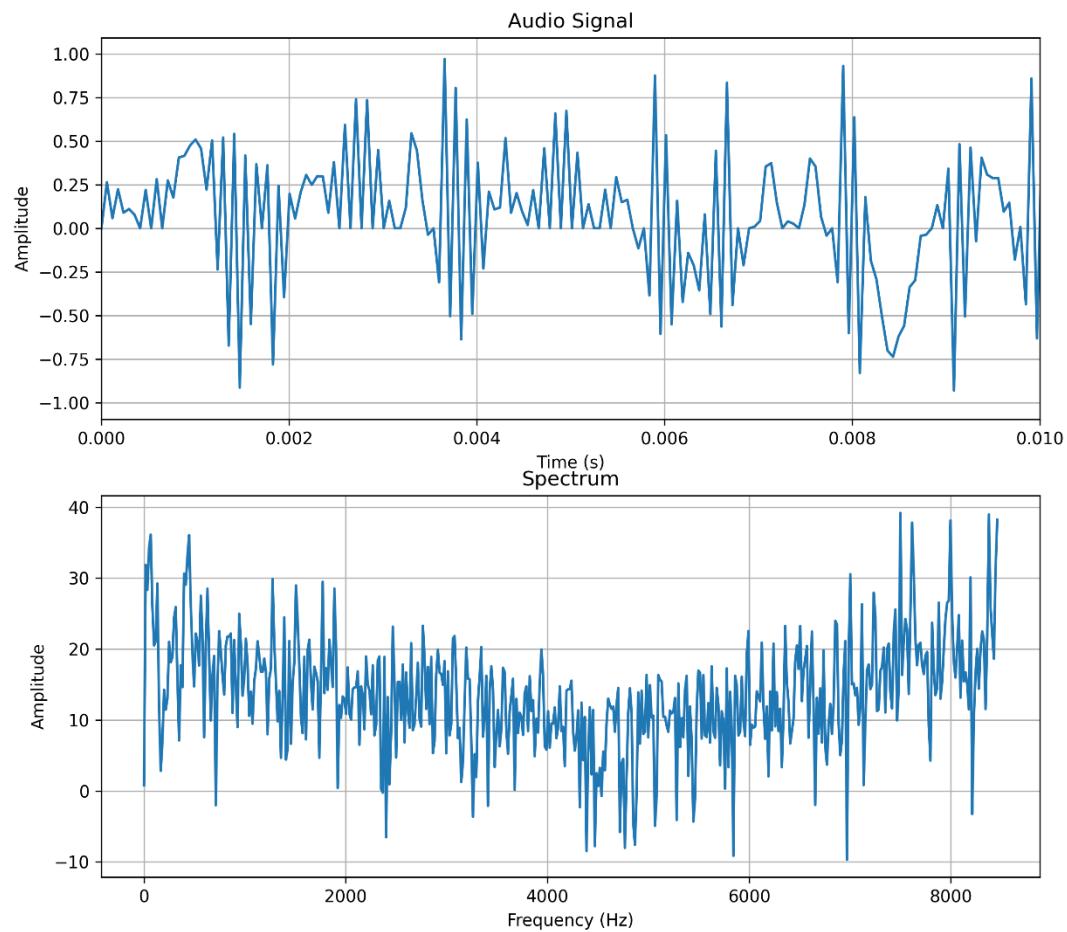
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



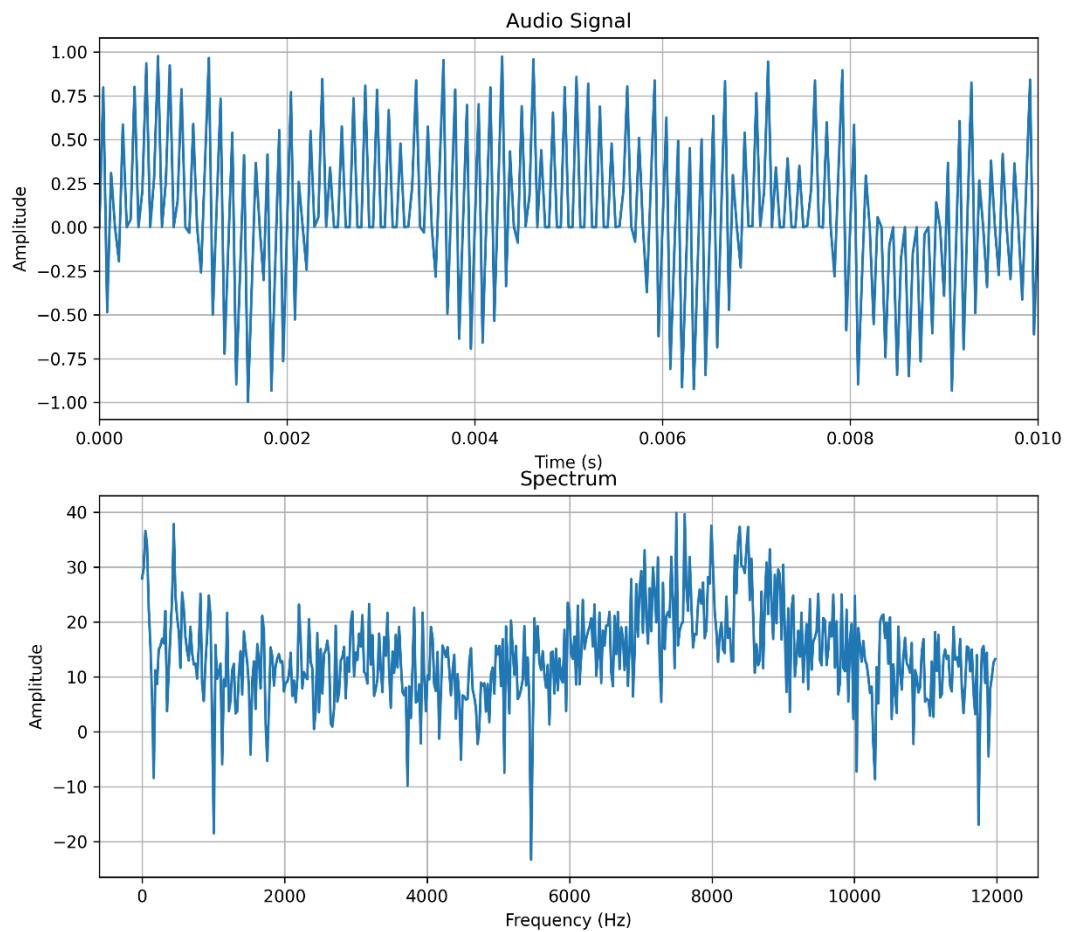
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



24000 Hz

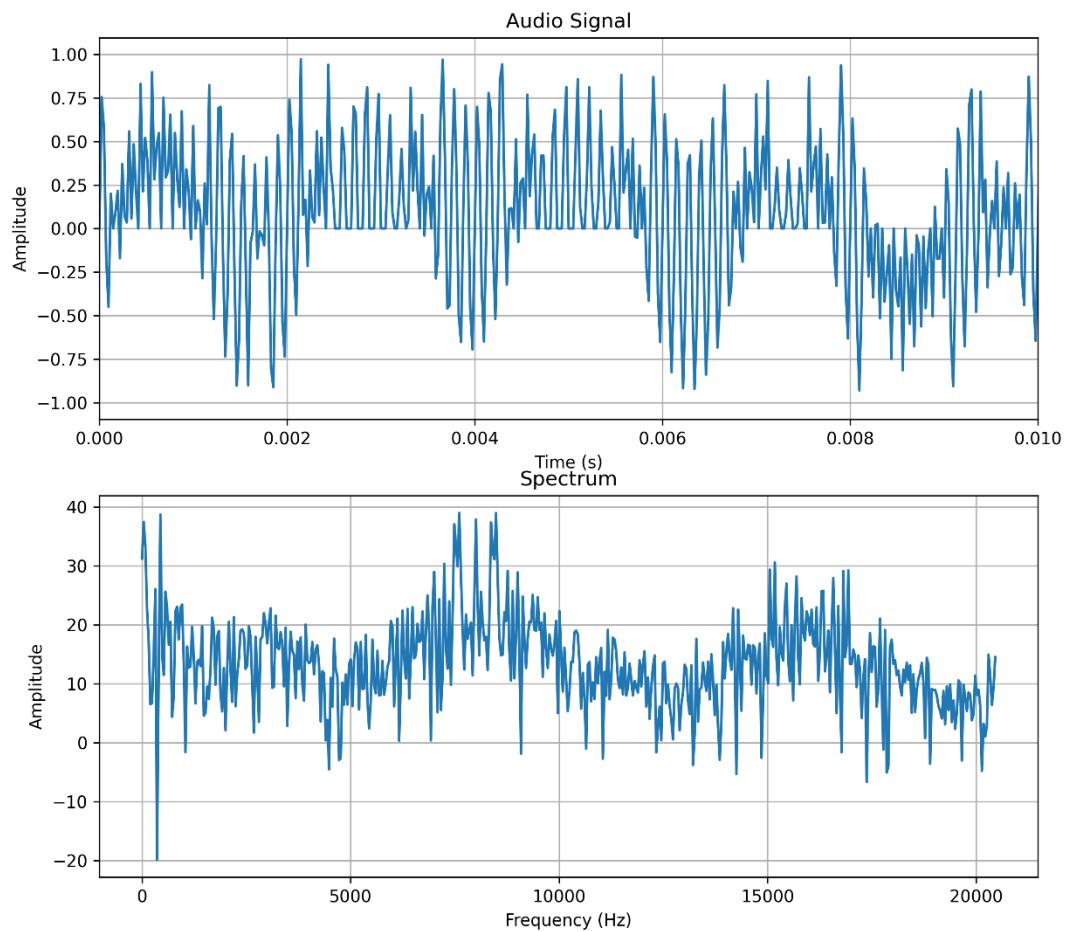
Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



Krystian Szabat 51114

41000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz

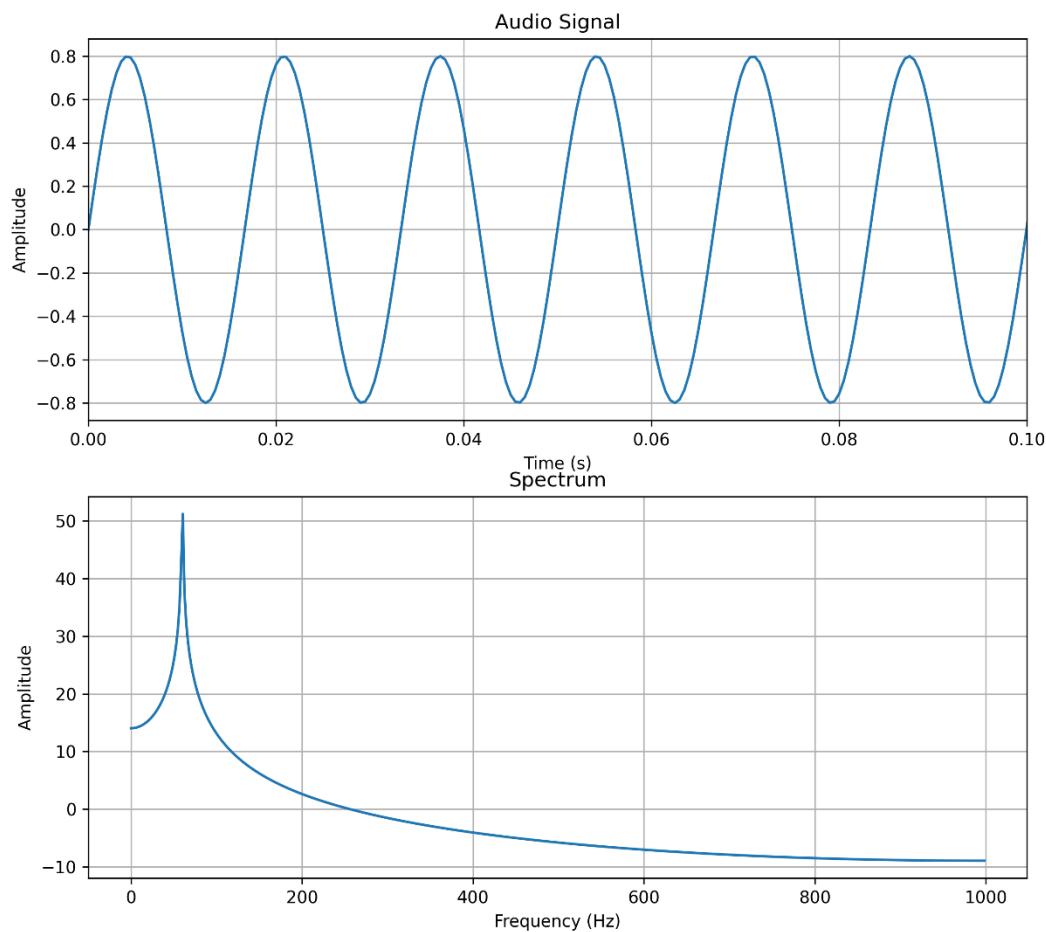


Interpolacja nieliniowa

Plik: sin 60 Hz

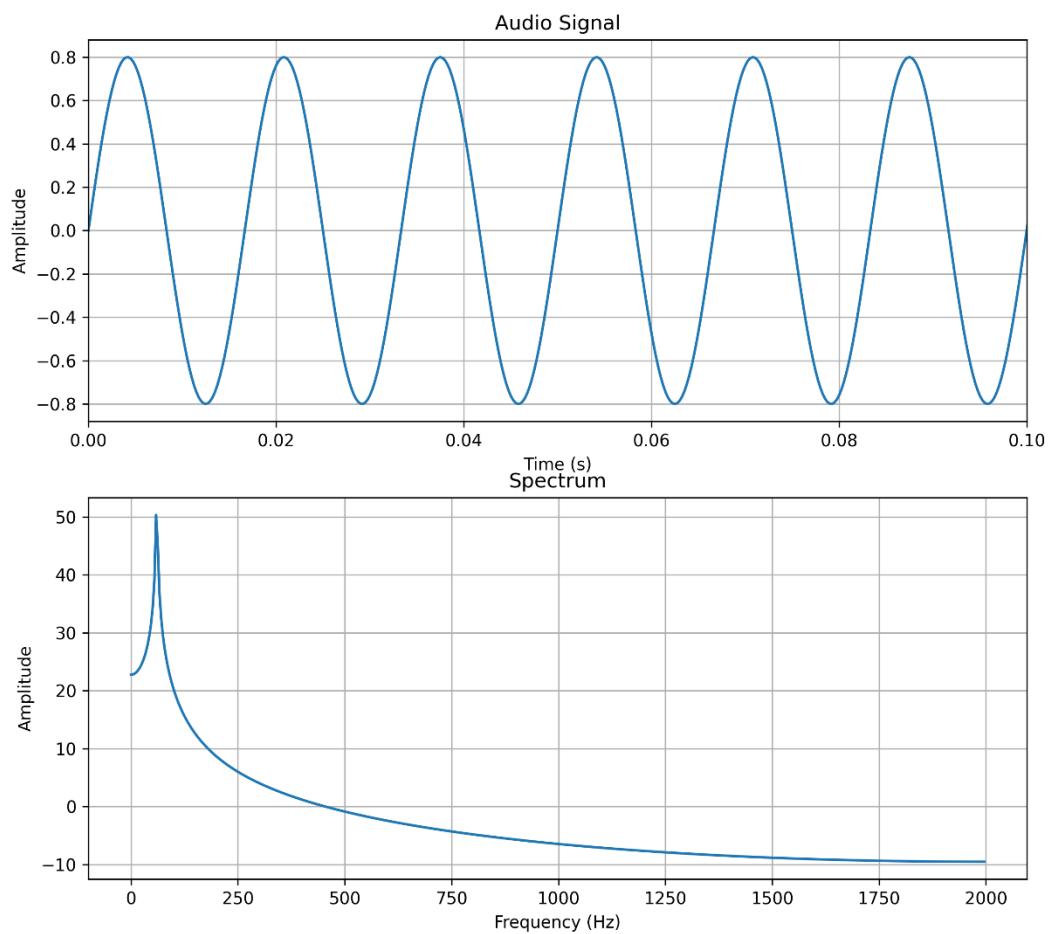
2000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



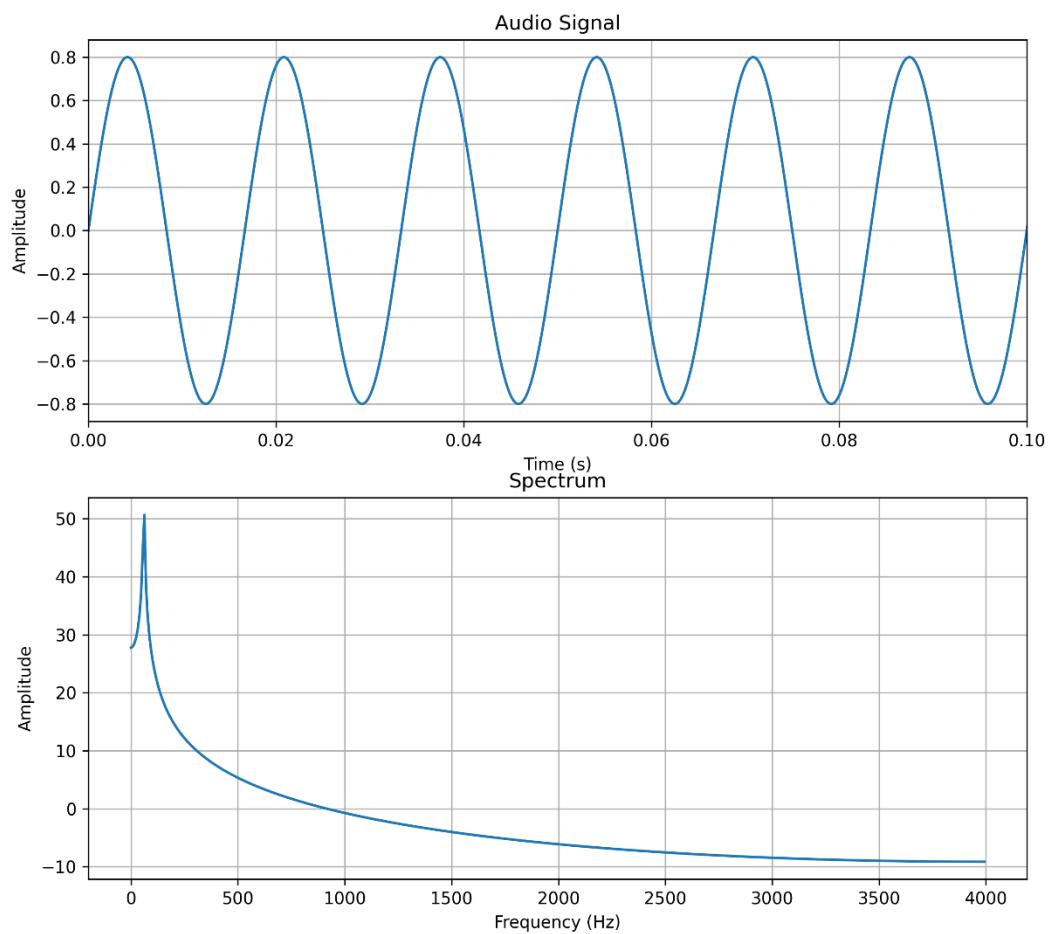
4000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



8000 Hz

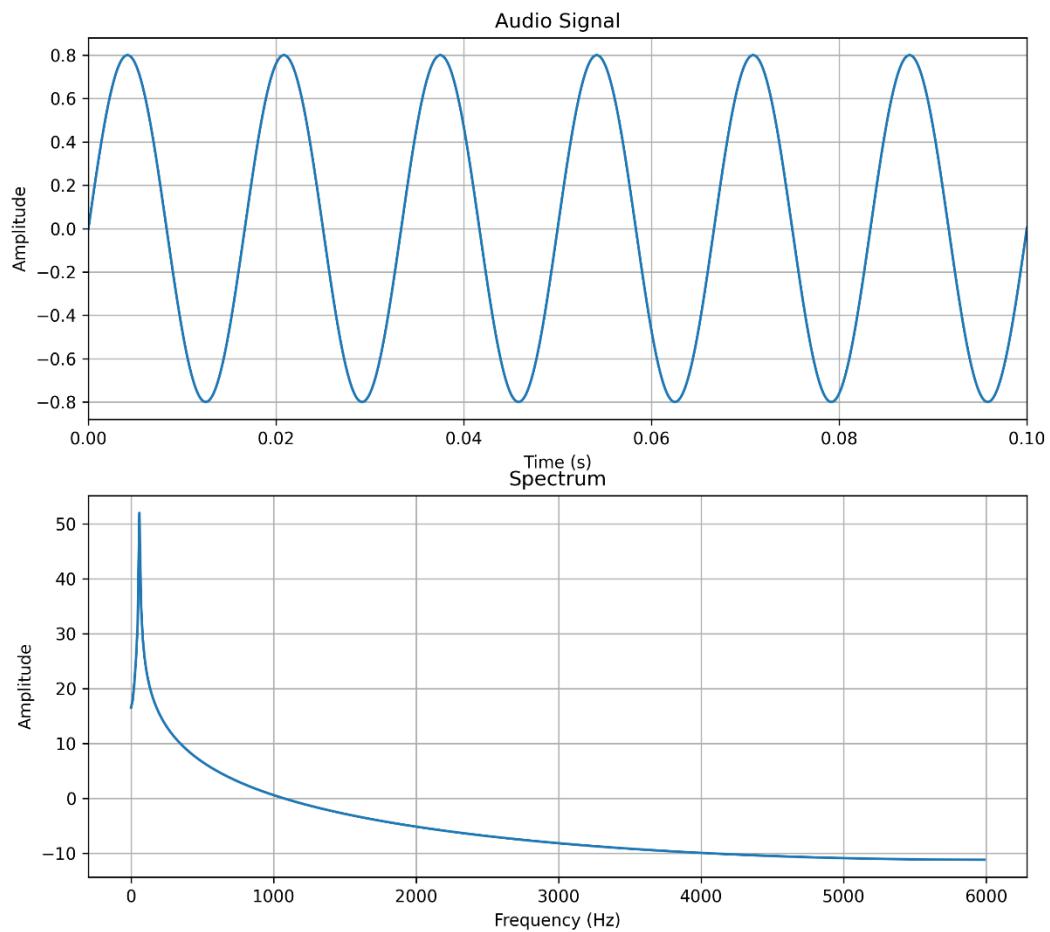
Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



Krystian Szabat 51114

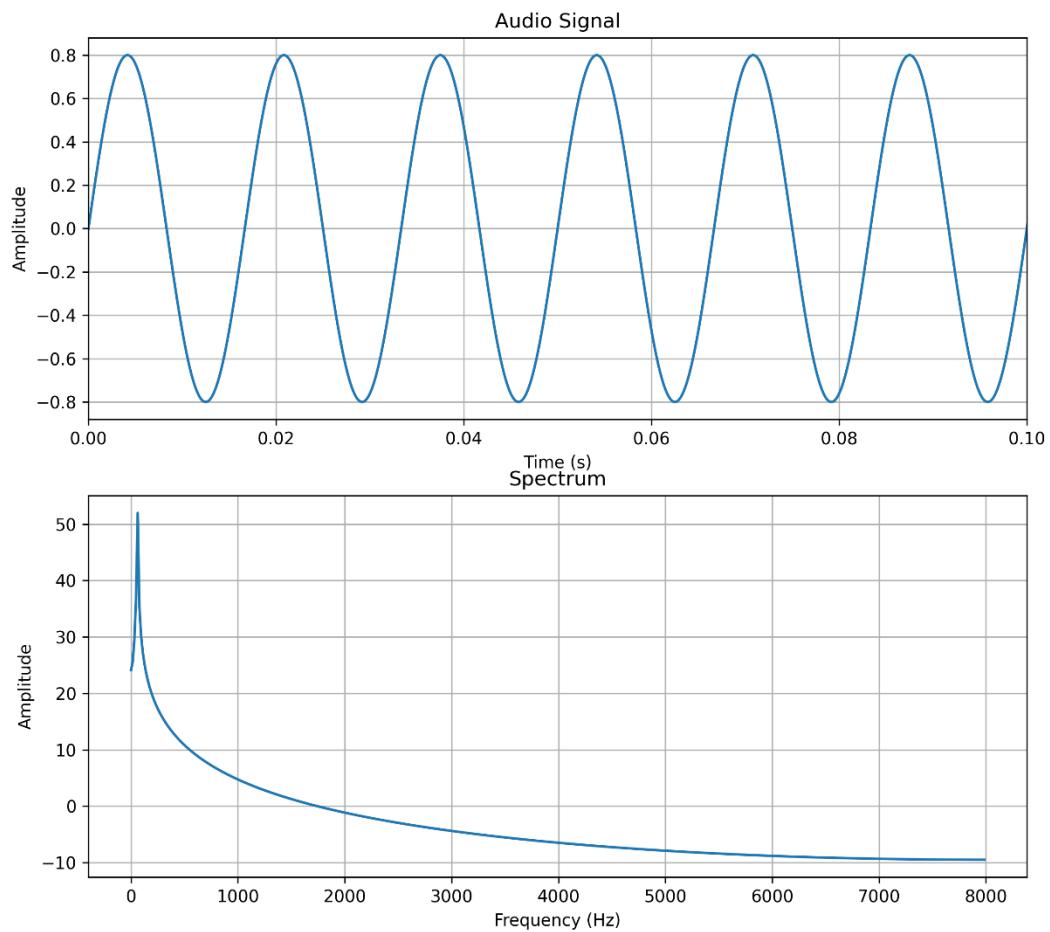
11999 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



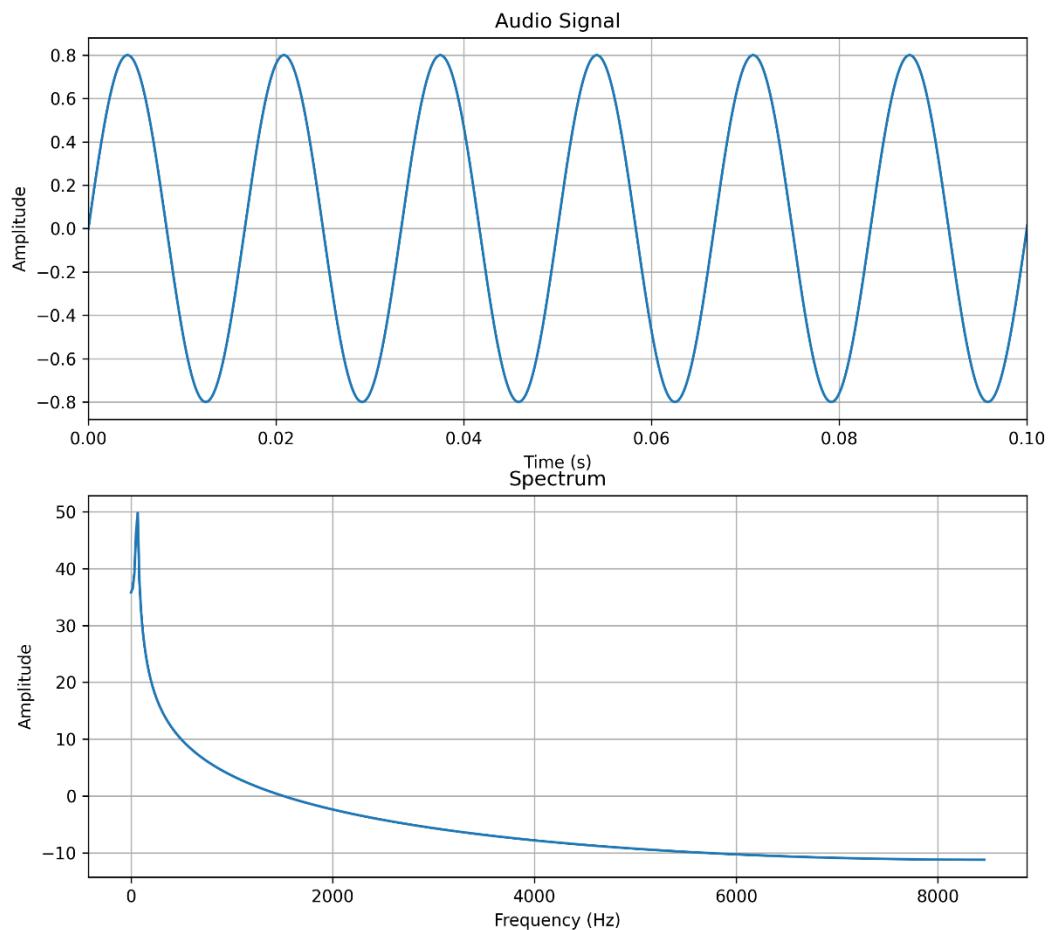
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



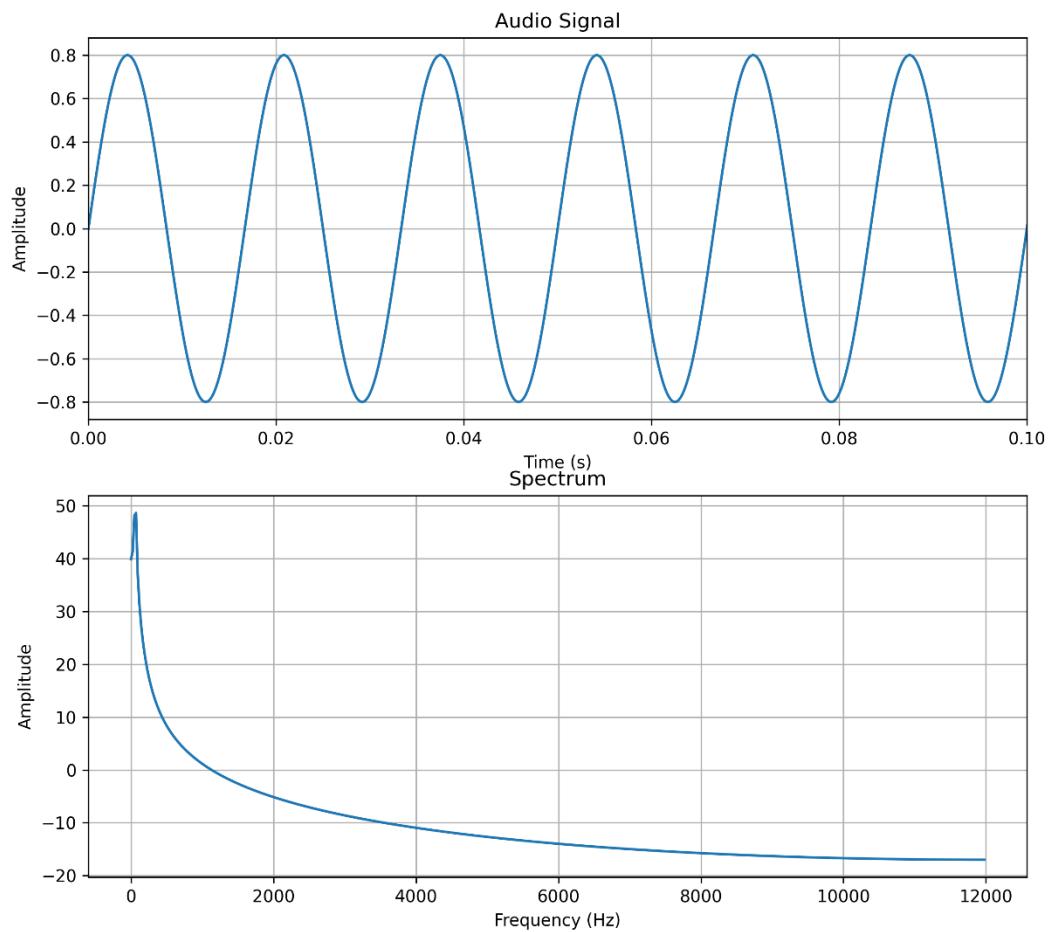
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



24000 Hz

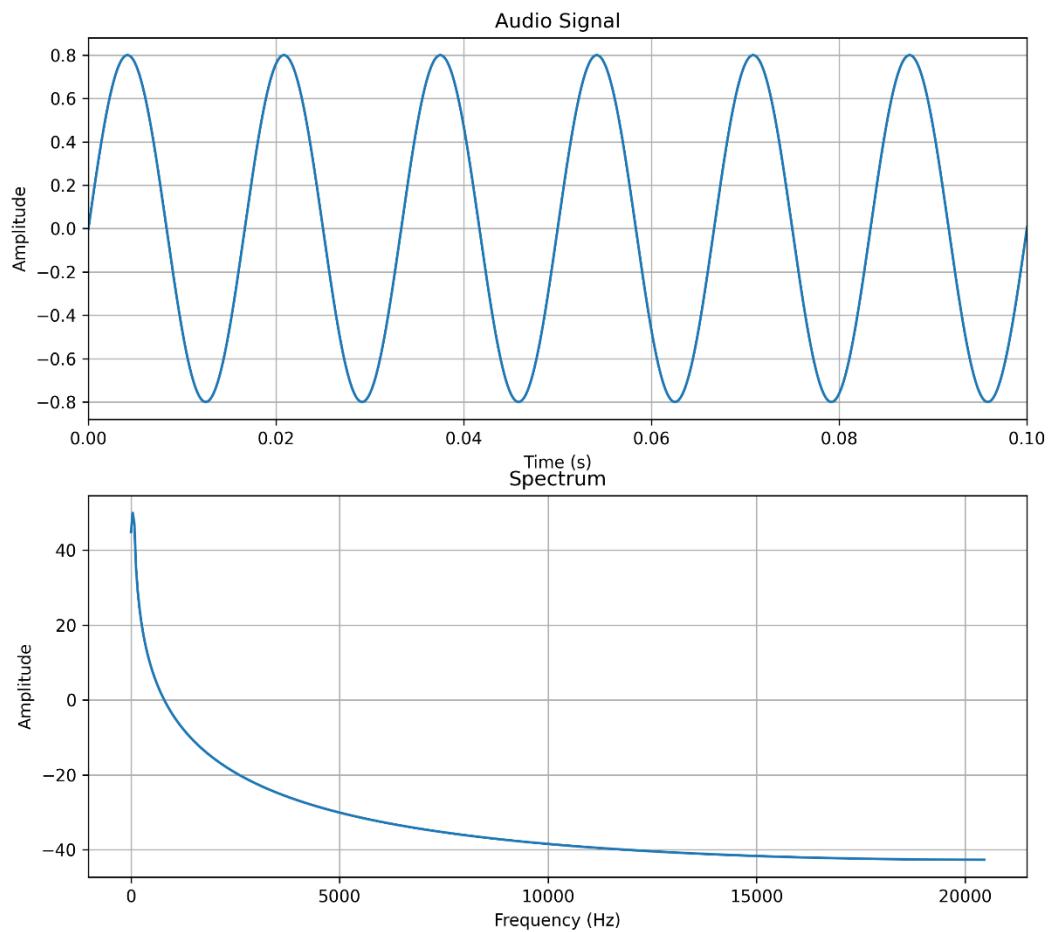
Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



Krystian Szabat 51114

41000 Hz

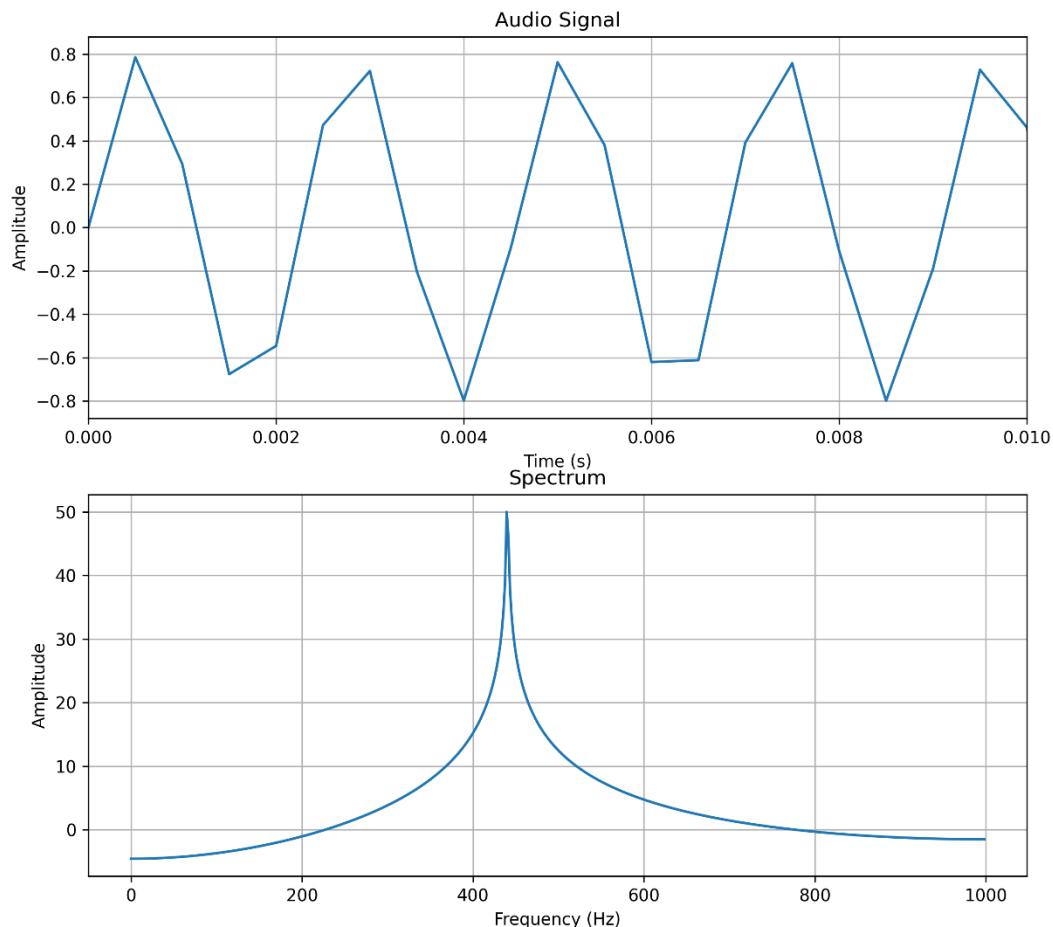
Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz



Plik: sin 440 Hz

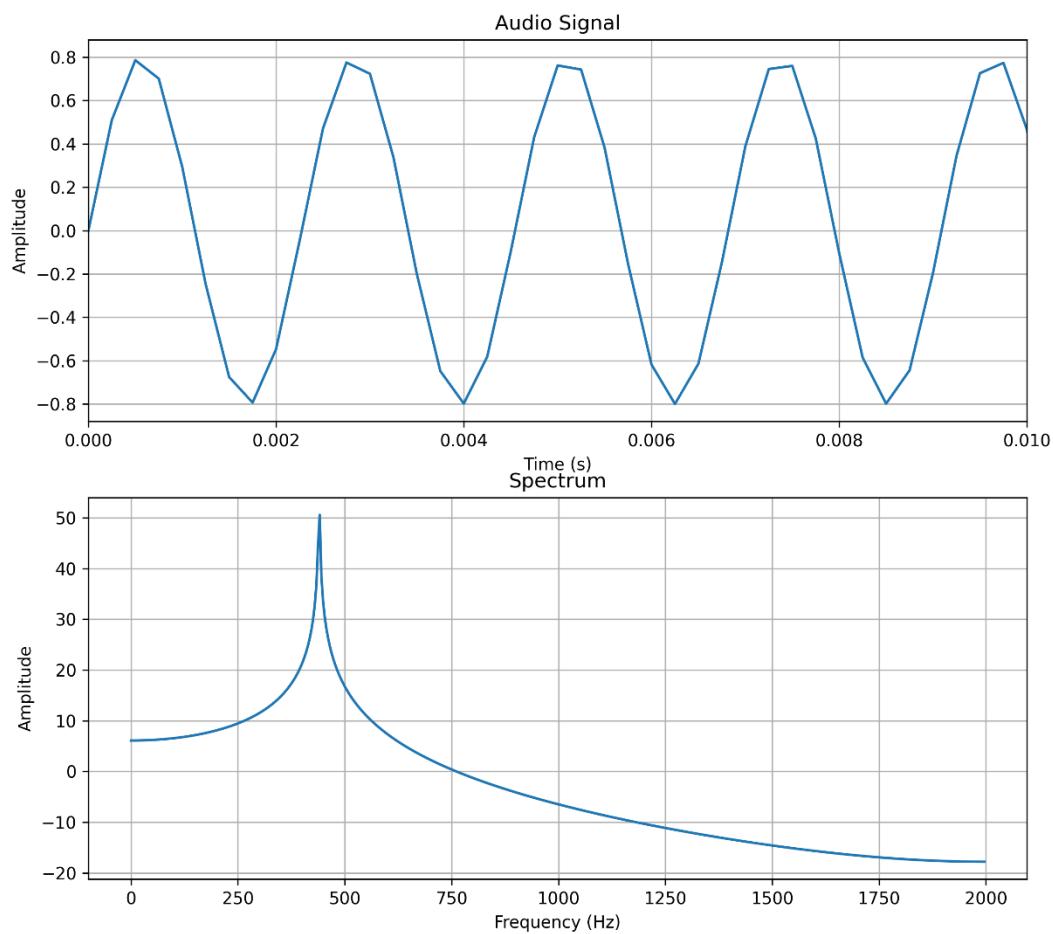
2000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



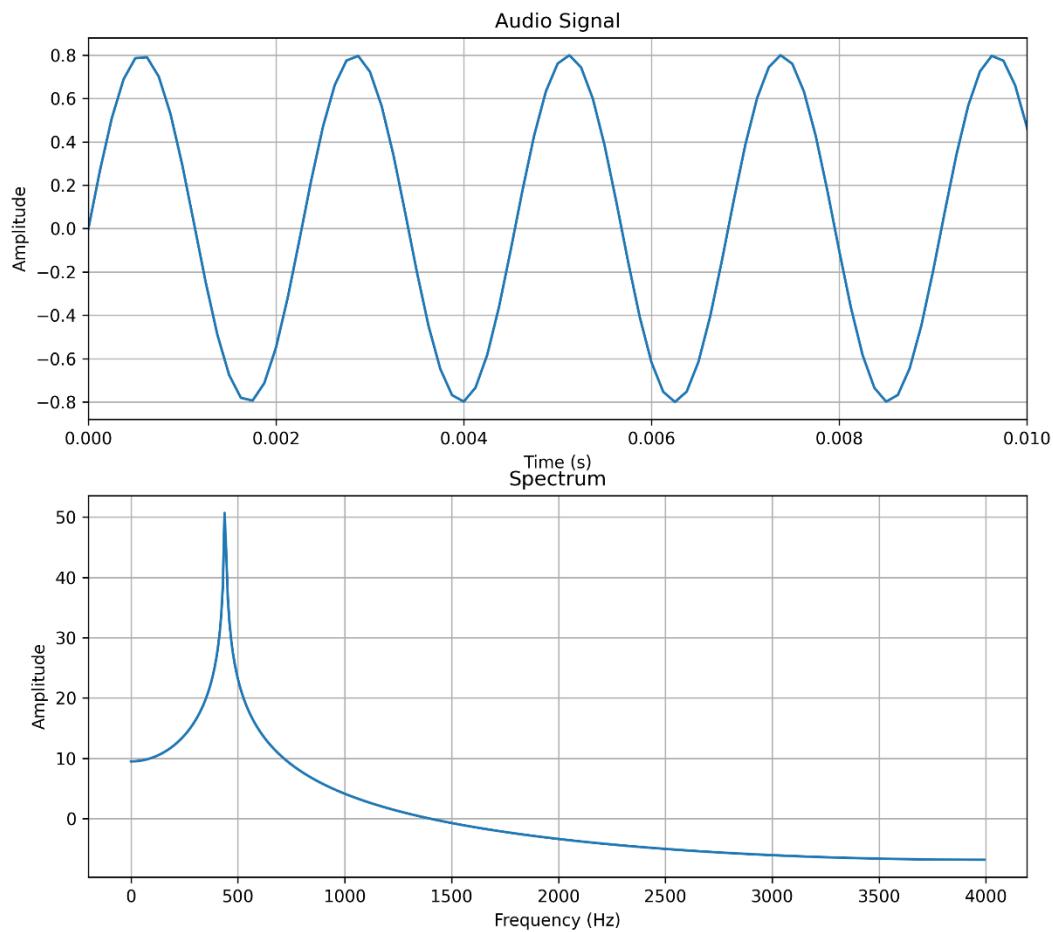
4000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



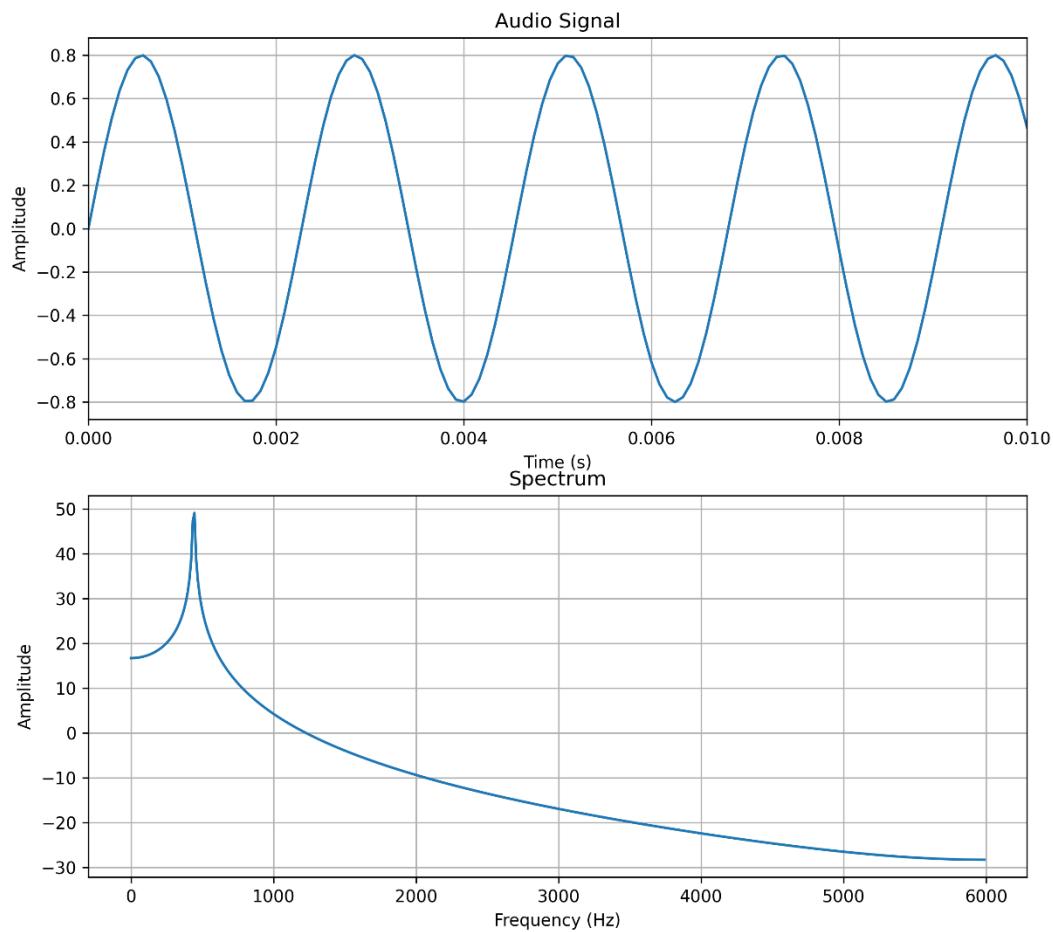
8000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



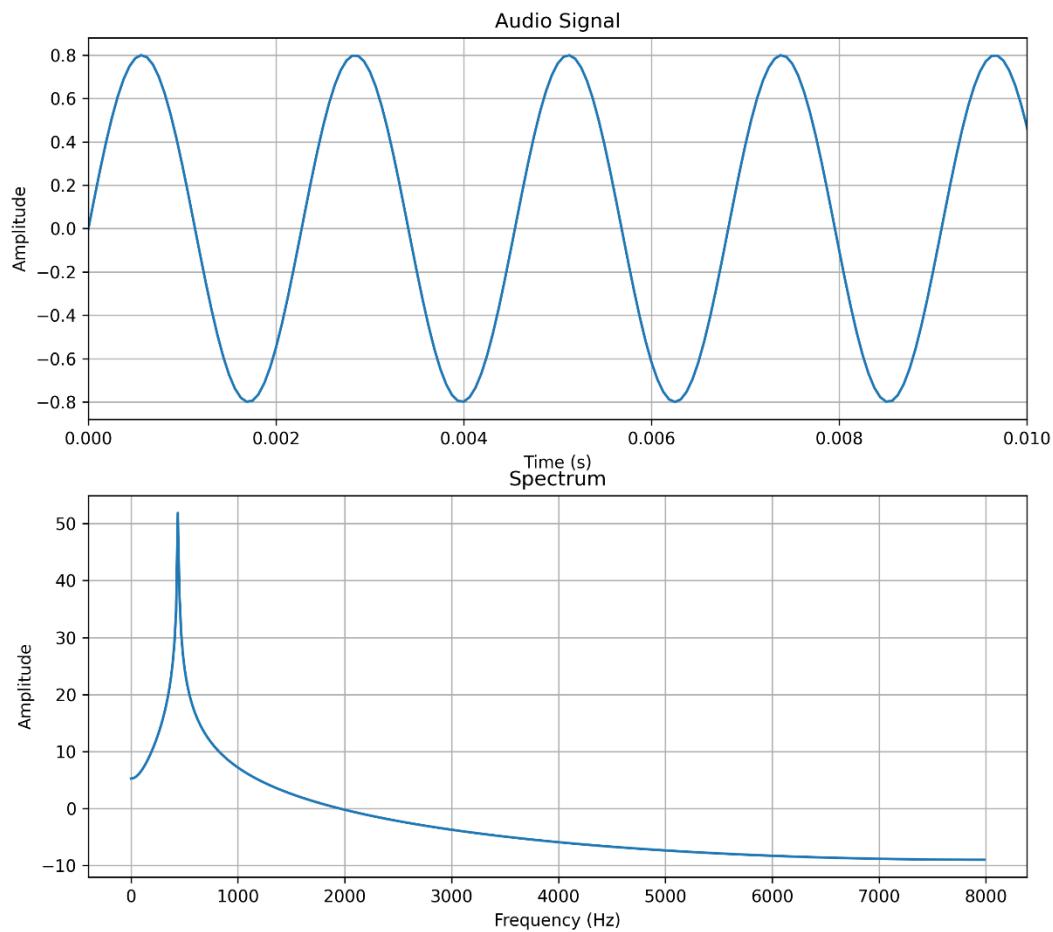
11999 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



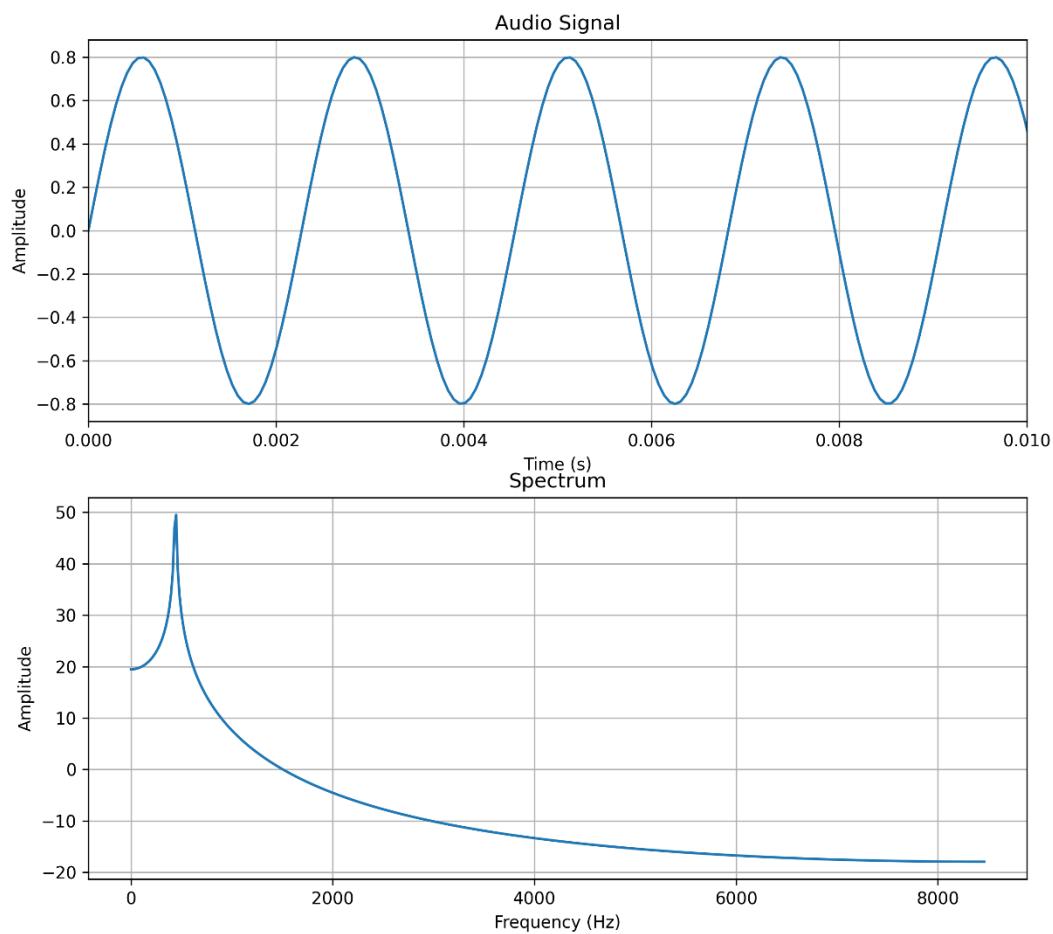
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



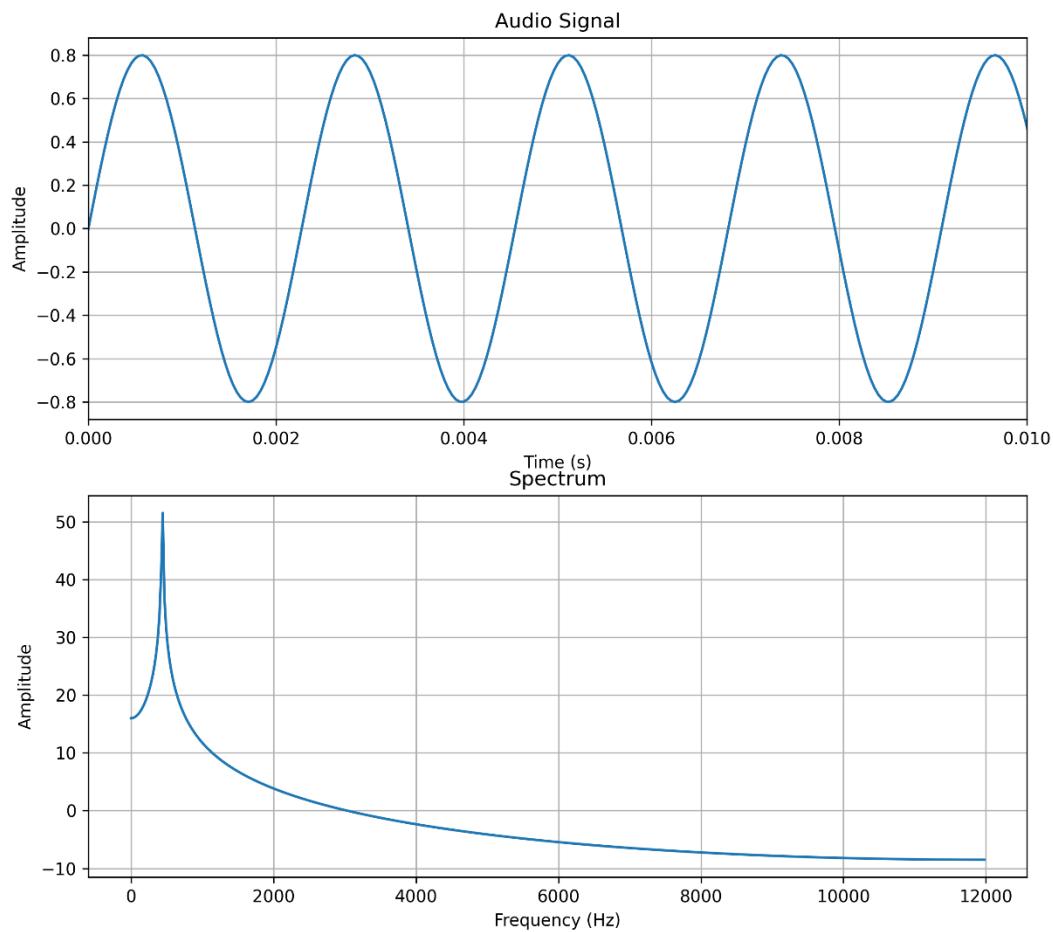
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



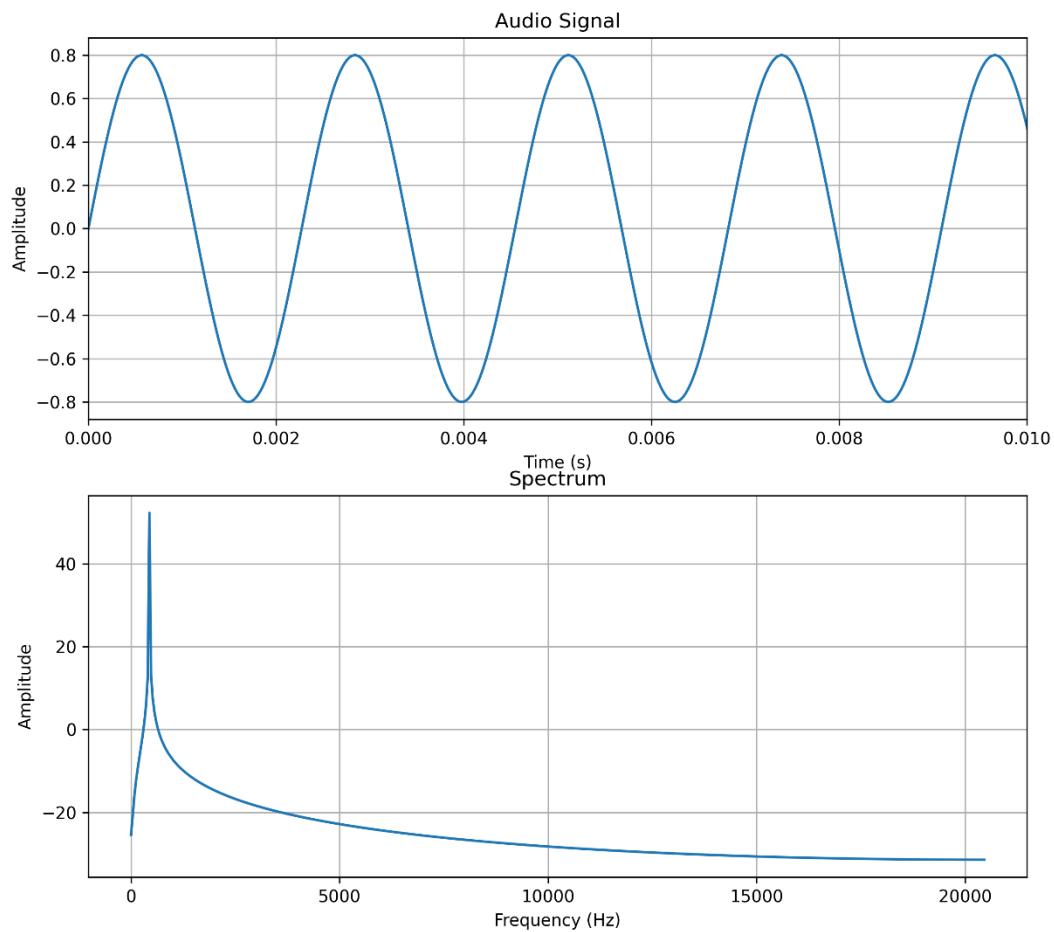
24000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



41000 Hz

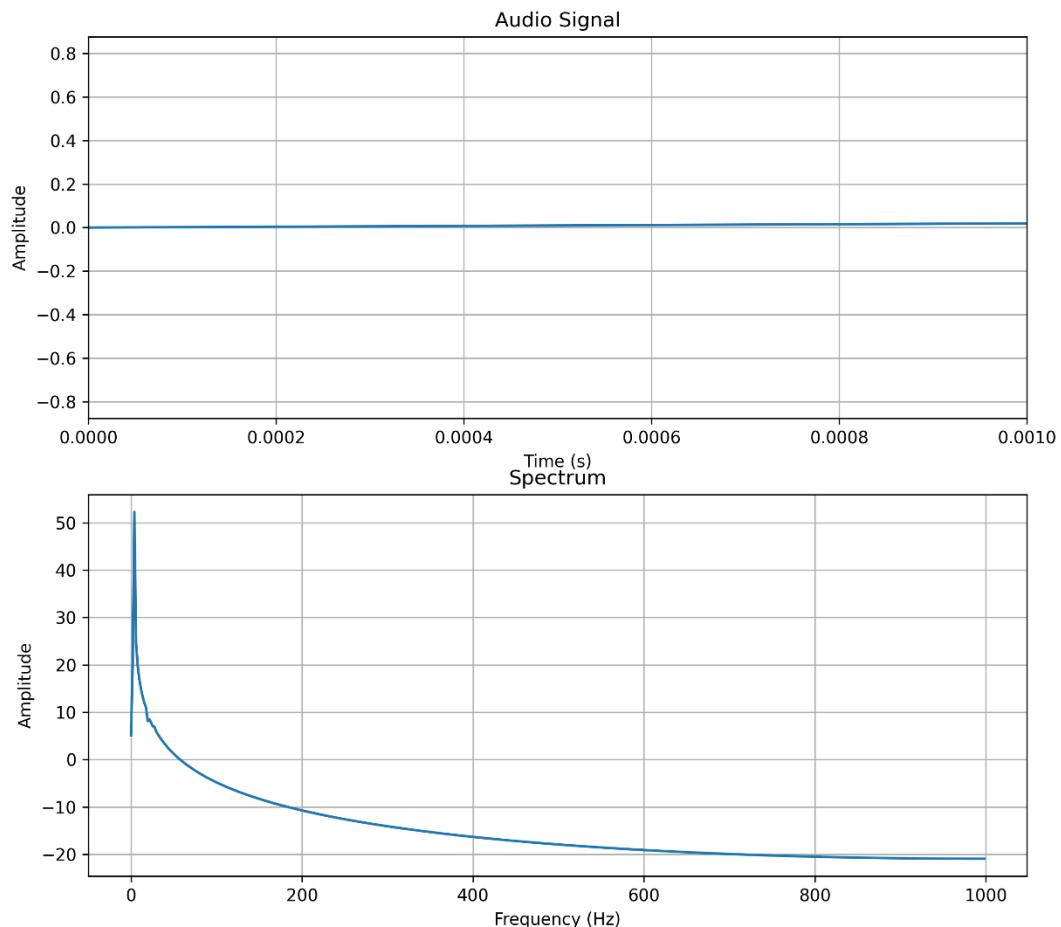
Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz



Plik: sin 8000 Hz

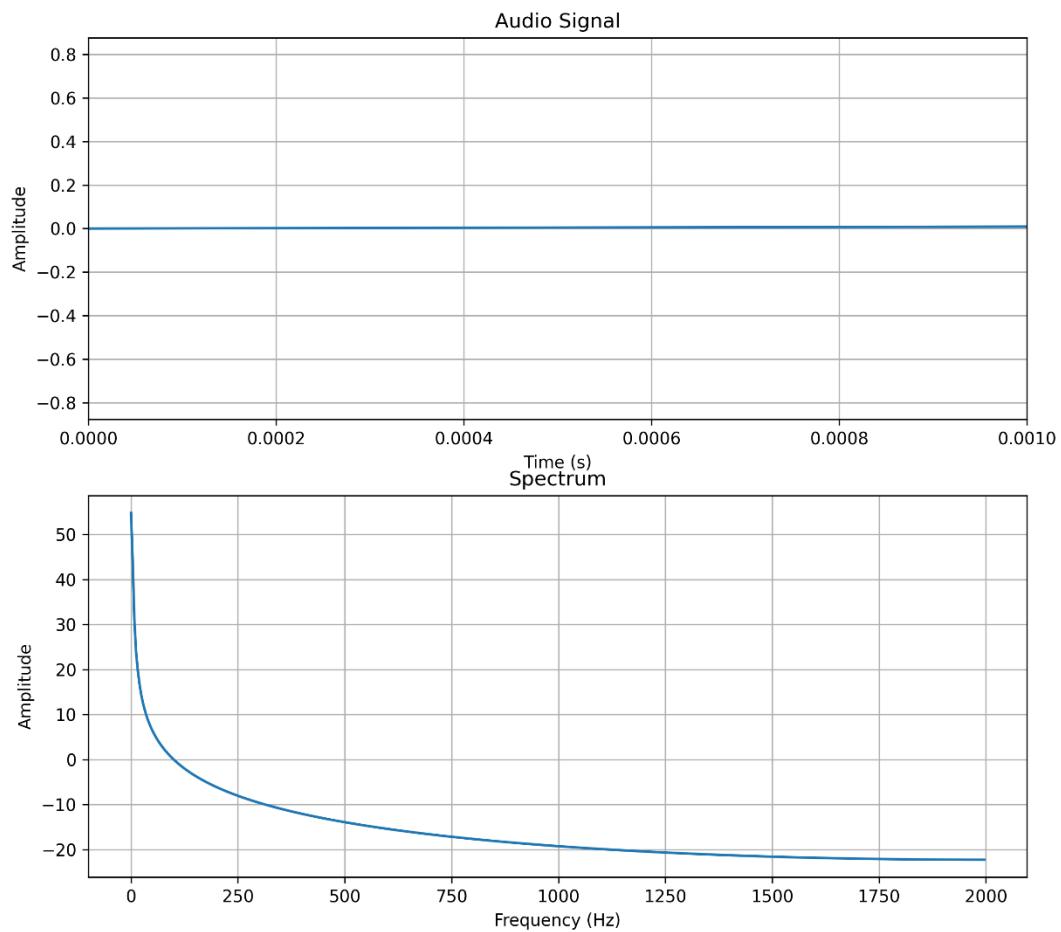
2000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



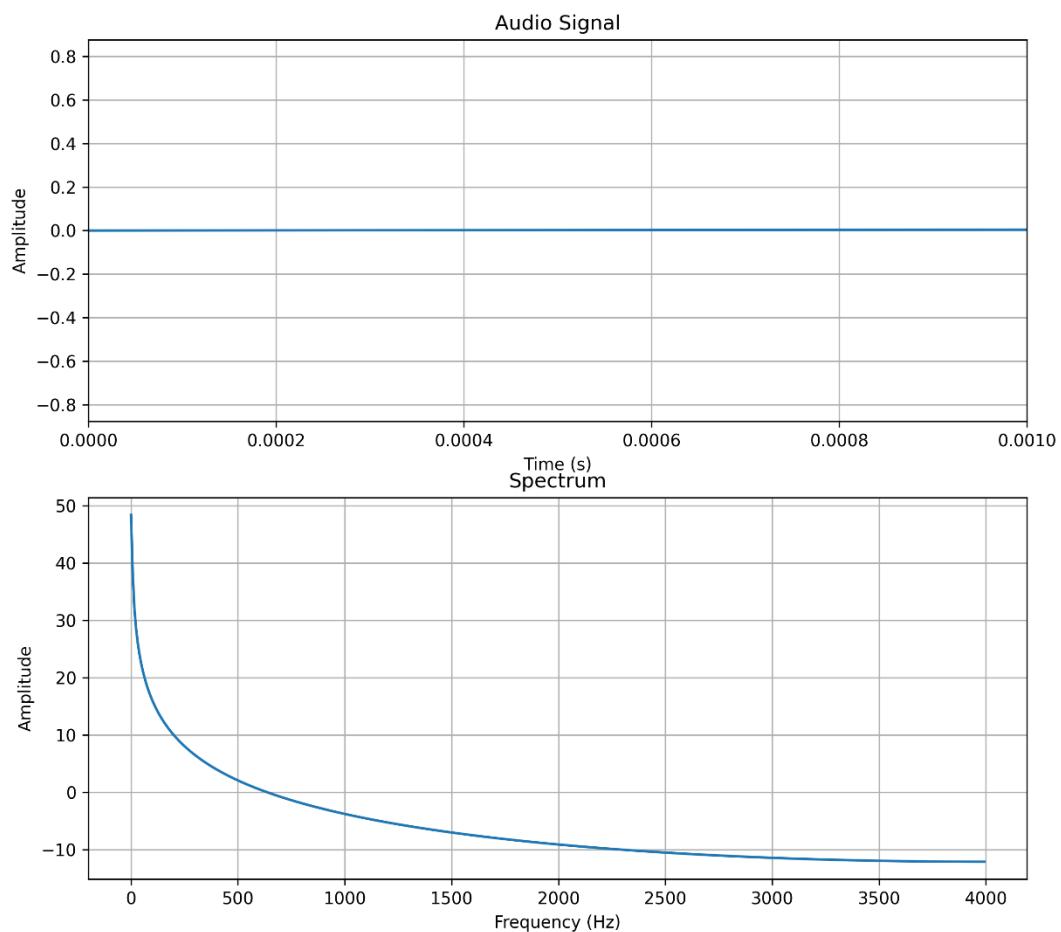
4000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



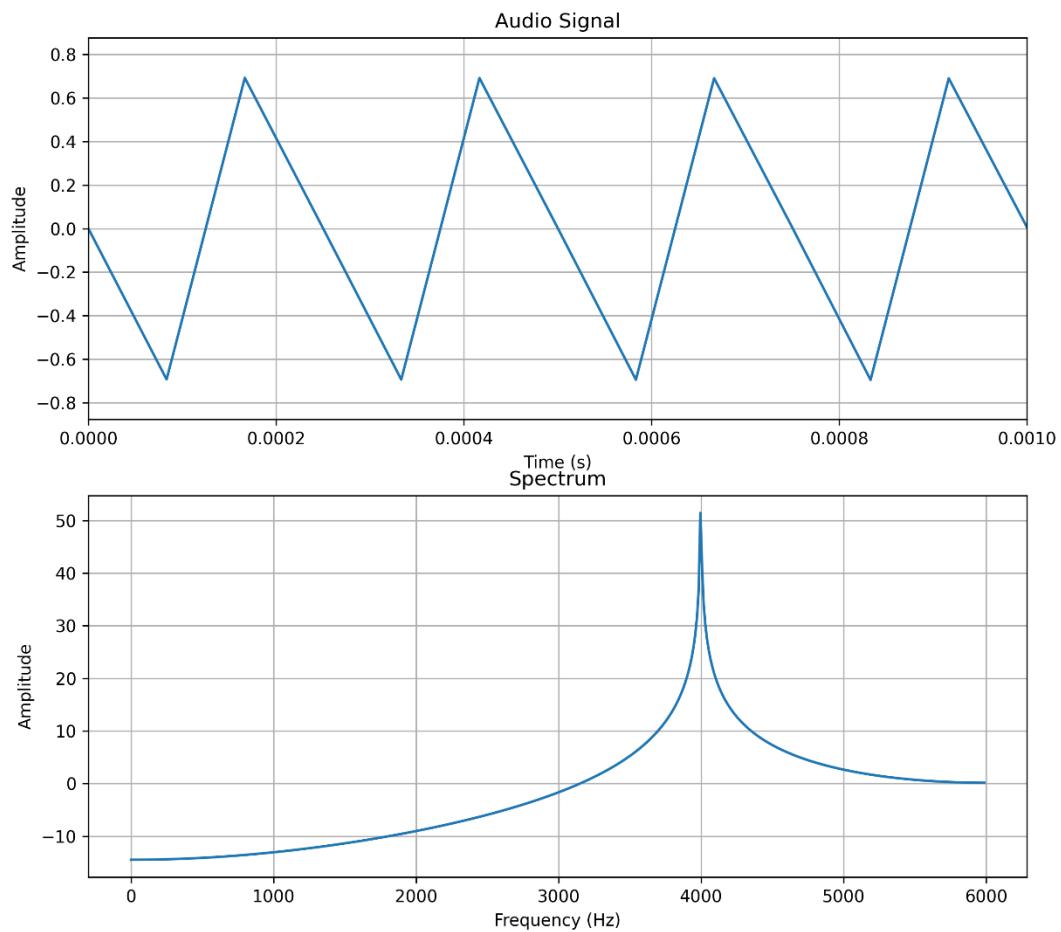
8000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



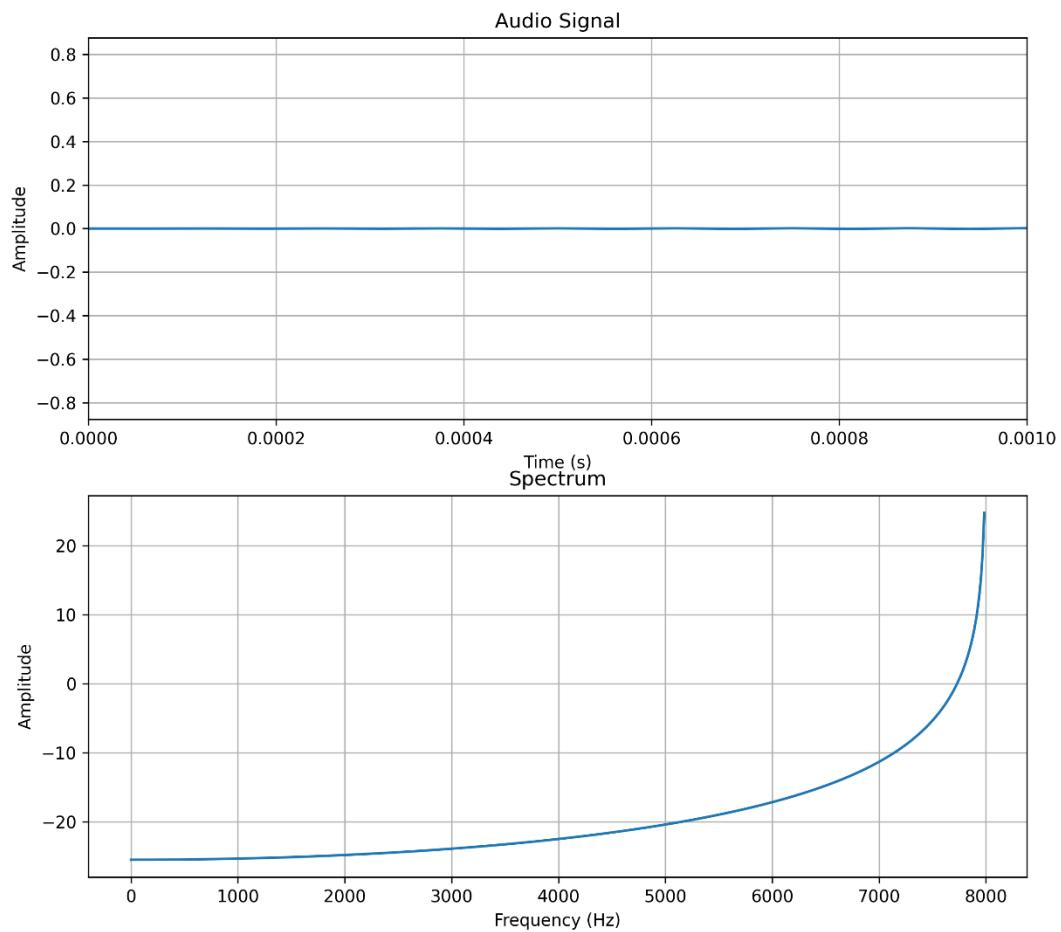
11999 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



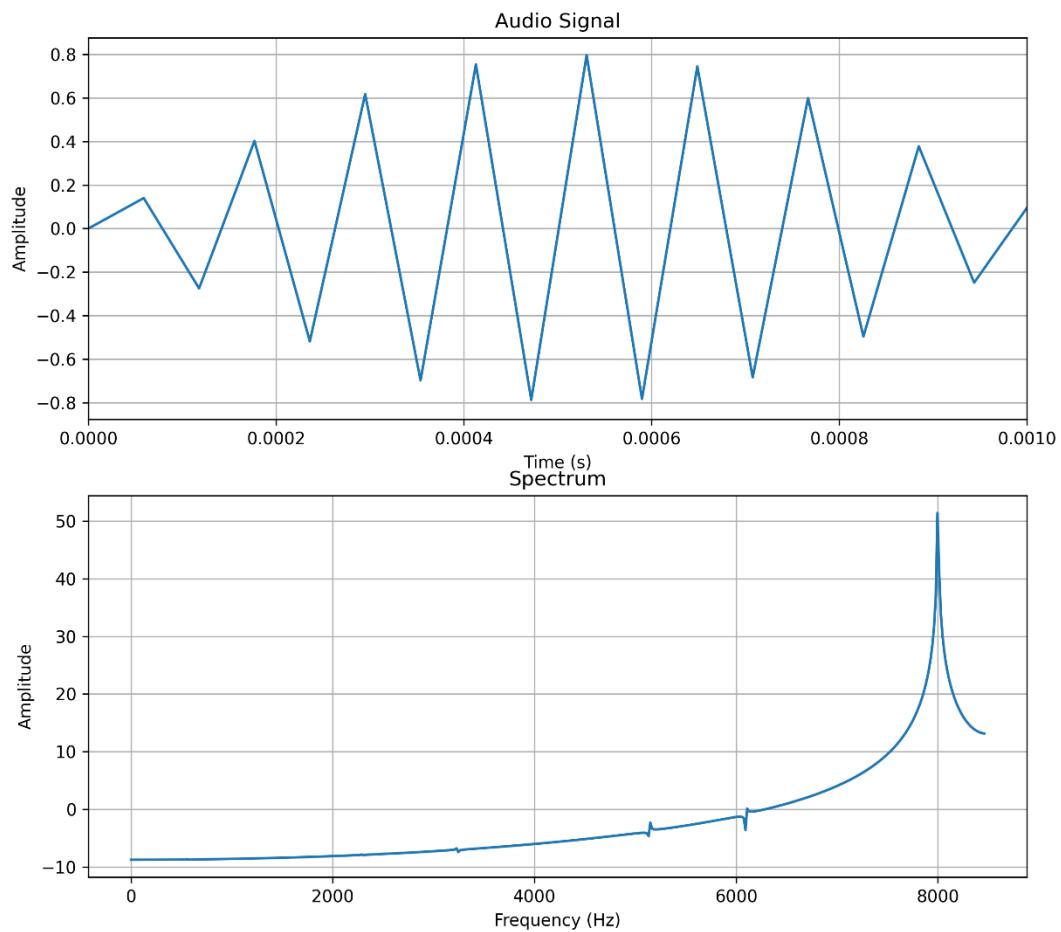
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



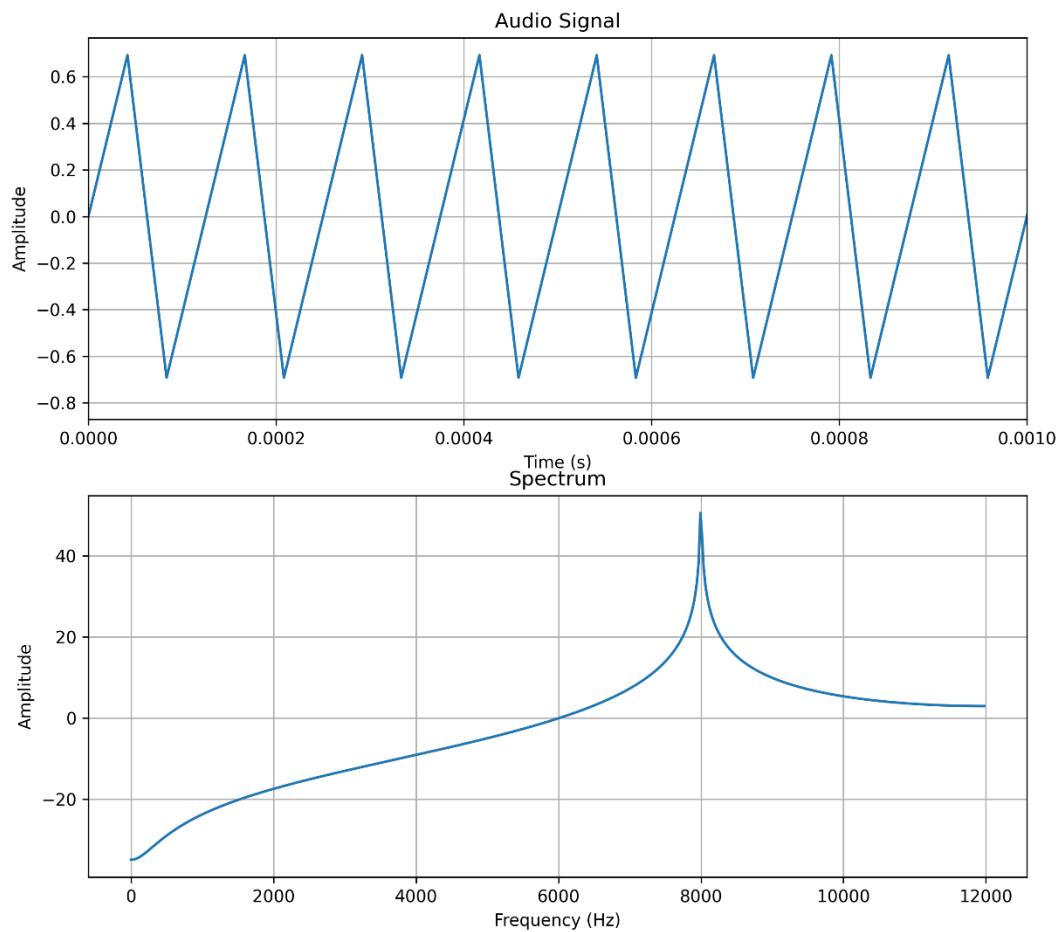
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



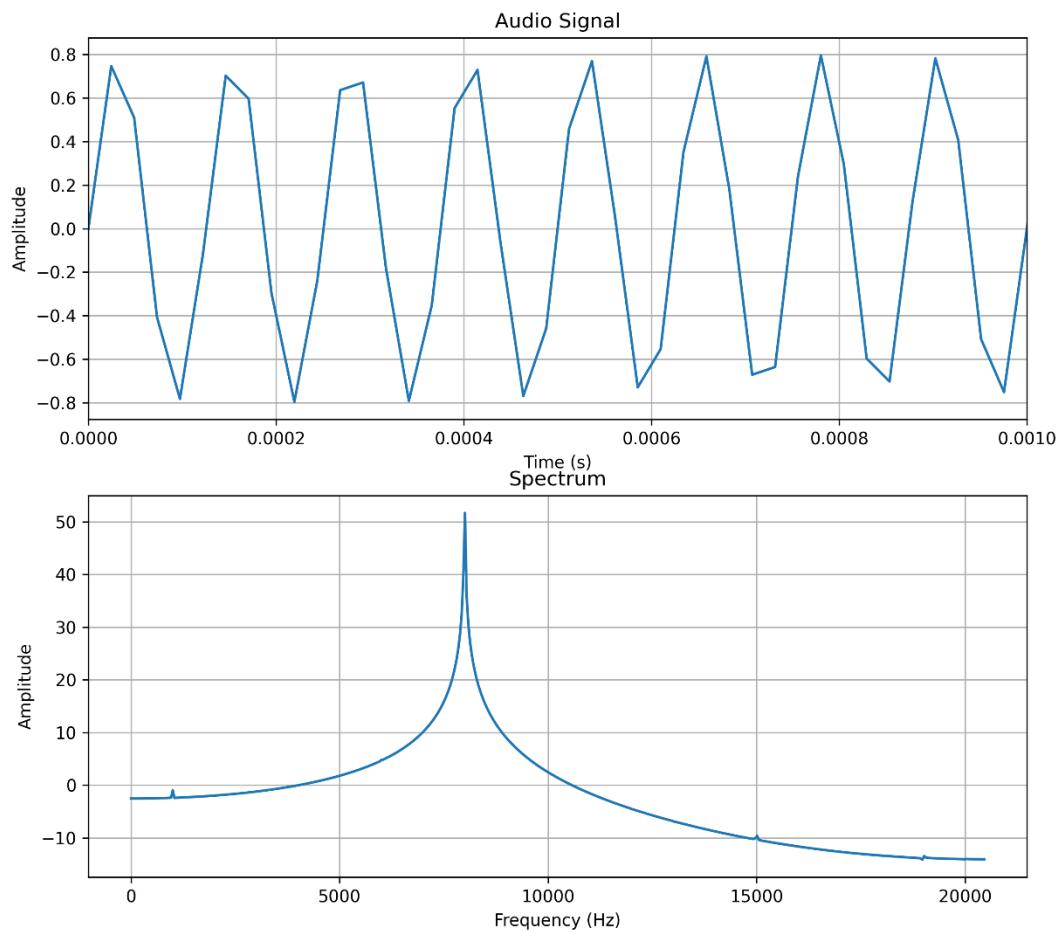
24000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



41000 Hz

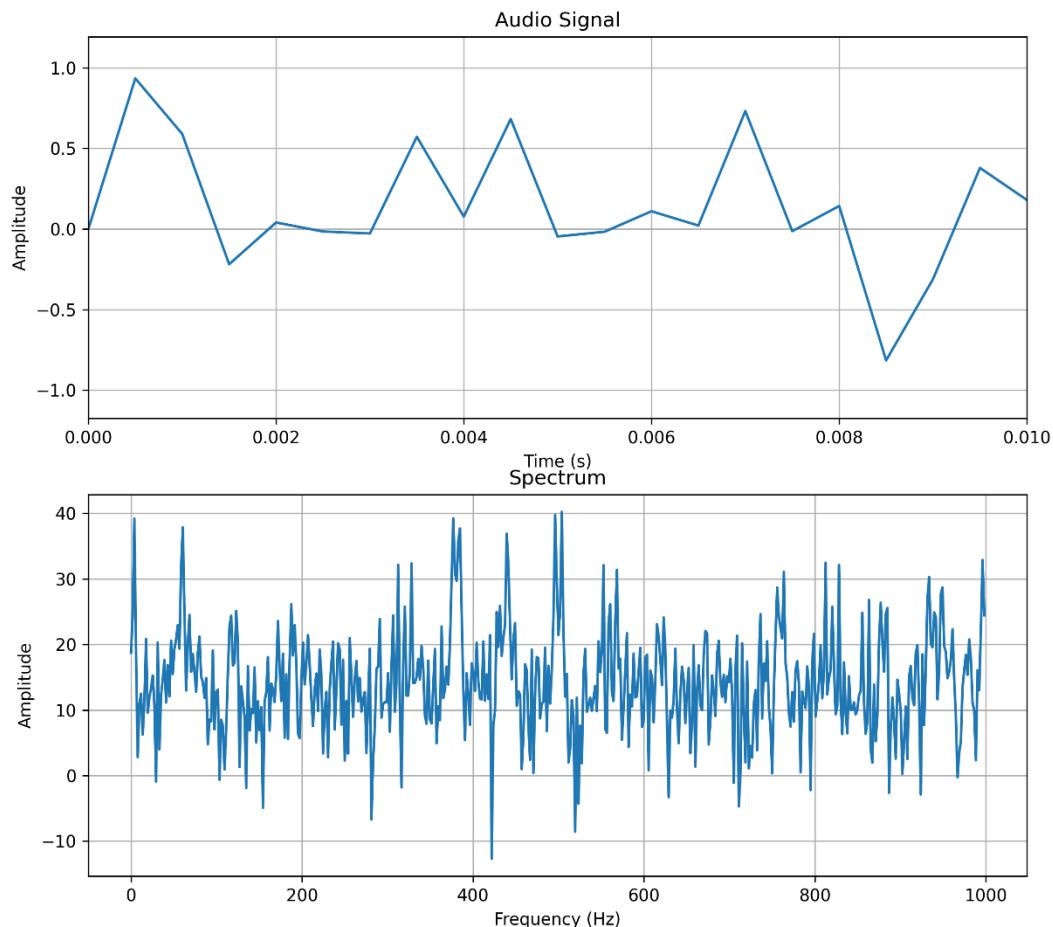
Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz



Plik: sin combined

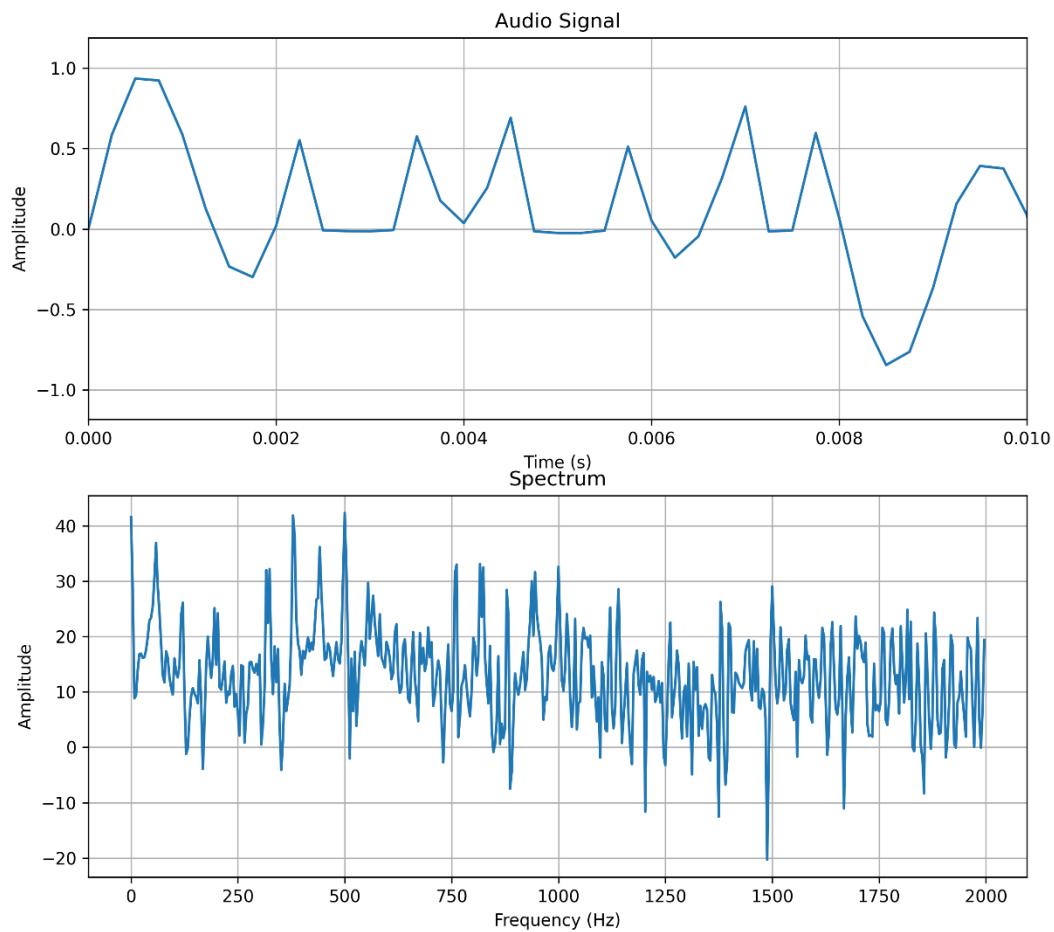
2000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 2000Hz



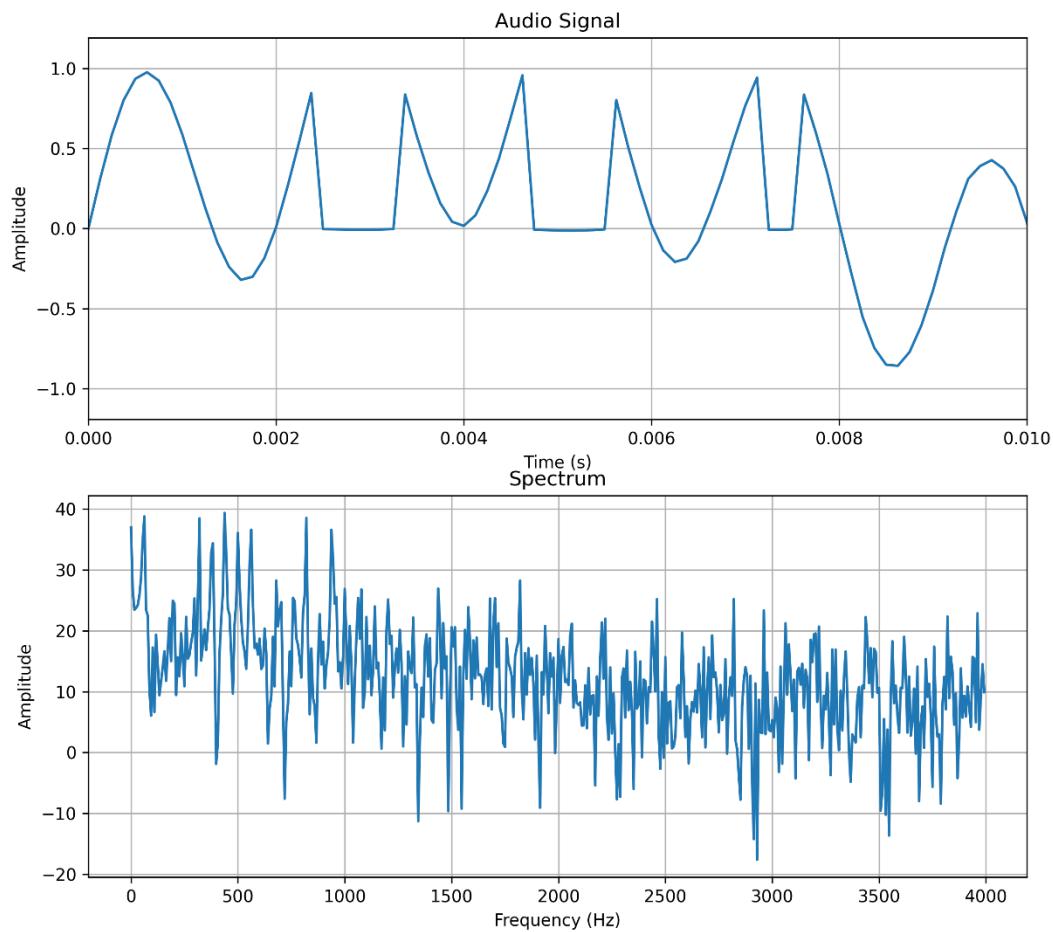
4000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 4000Hz



8000 Hz

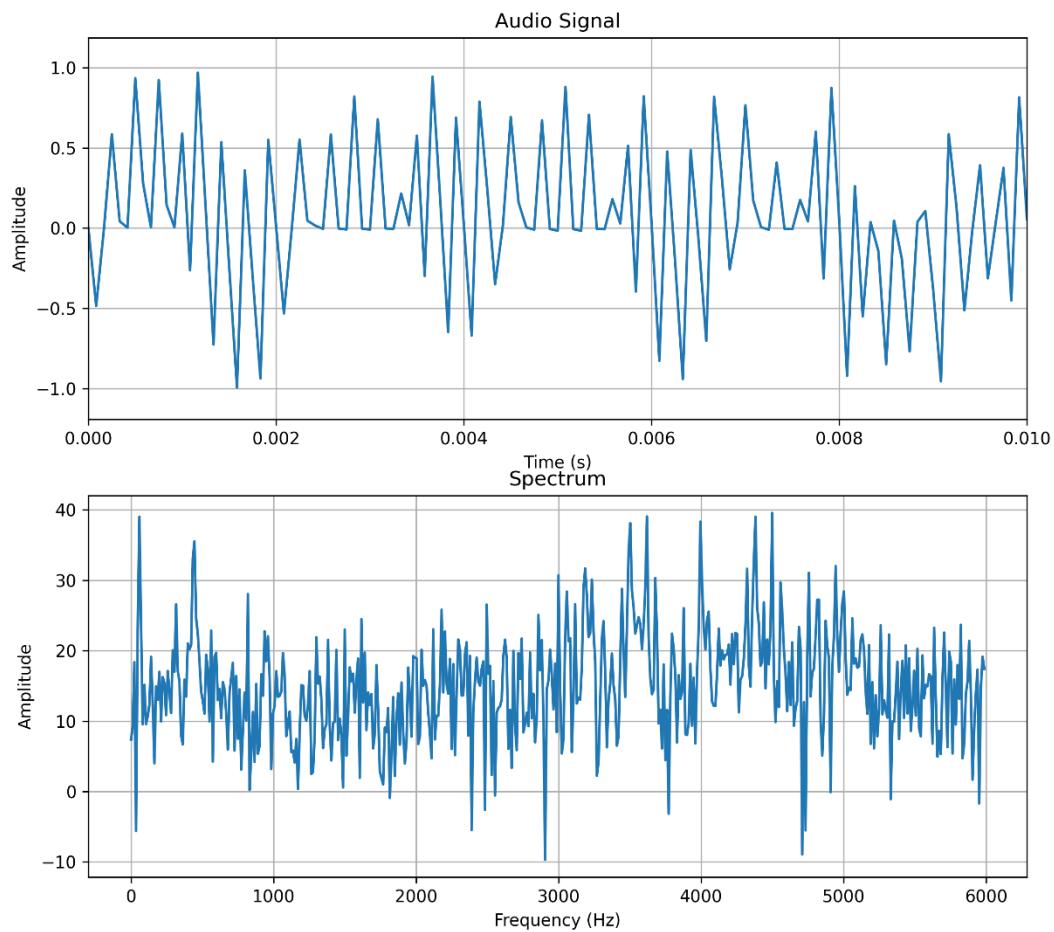
Interpolation: 48000Hz -> 8000Hz



Krystian Szabat 51114

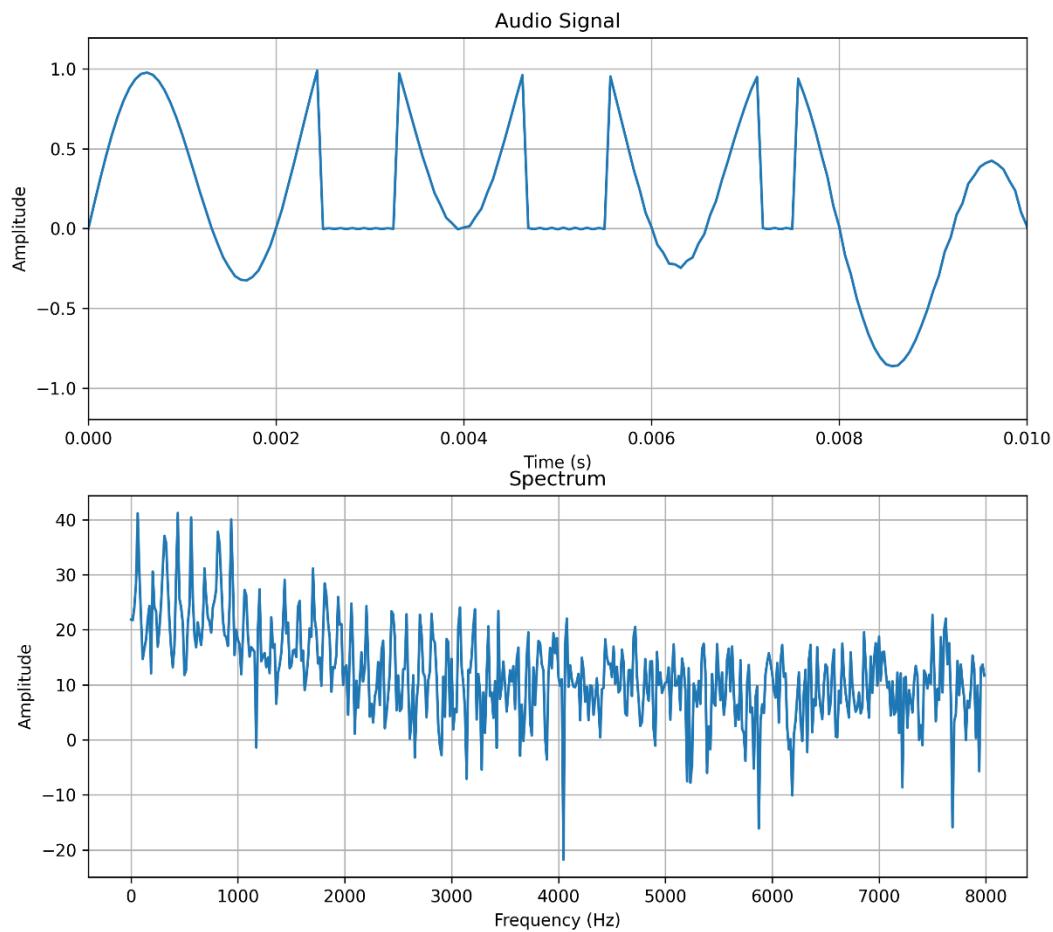
11999 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 11999Hz



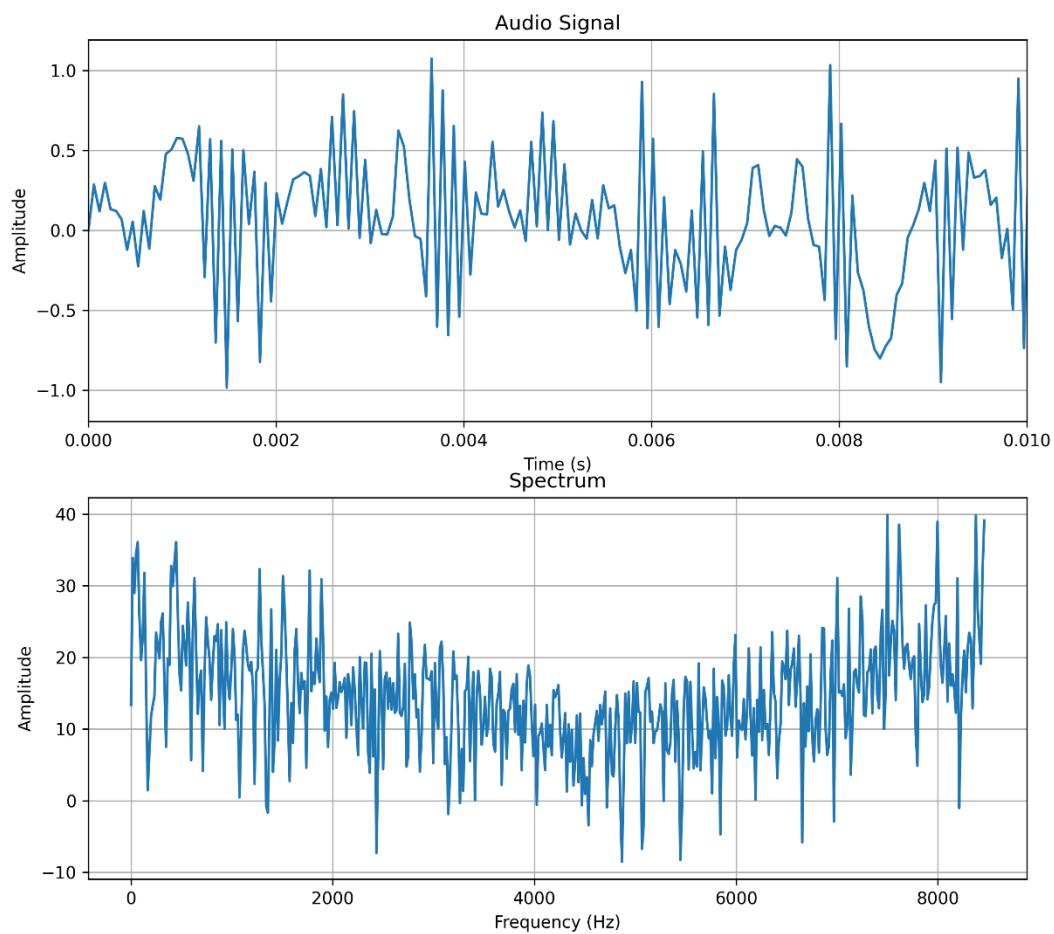
16000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16000Hz



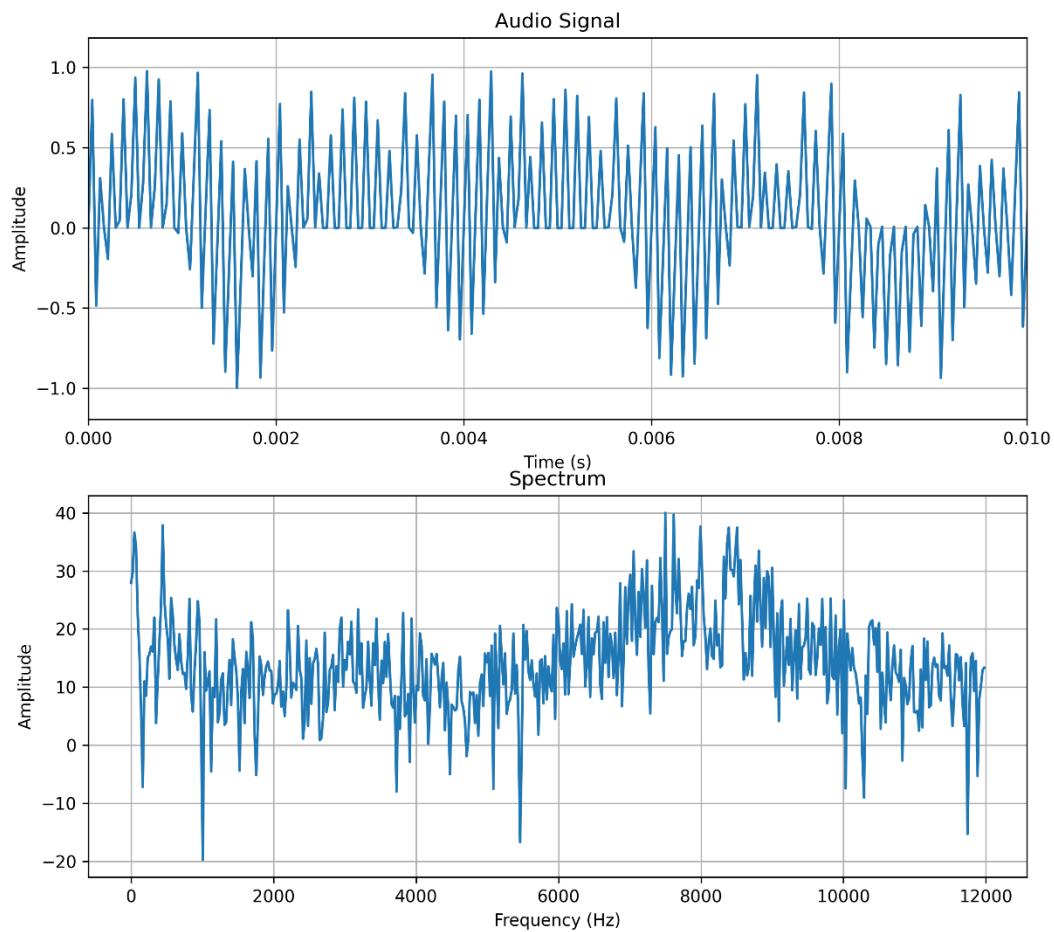
16953 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 16953Hz



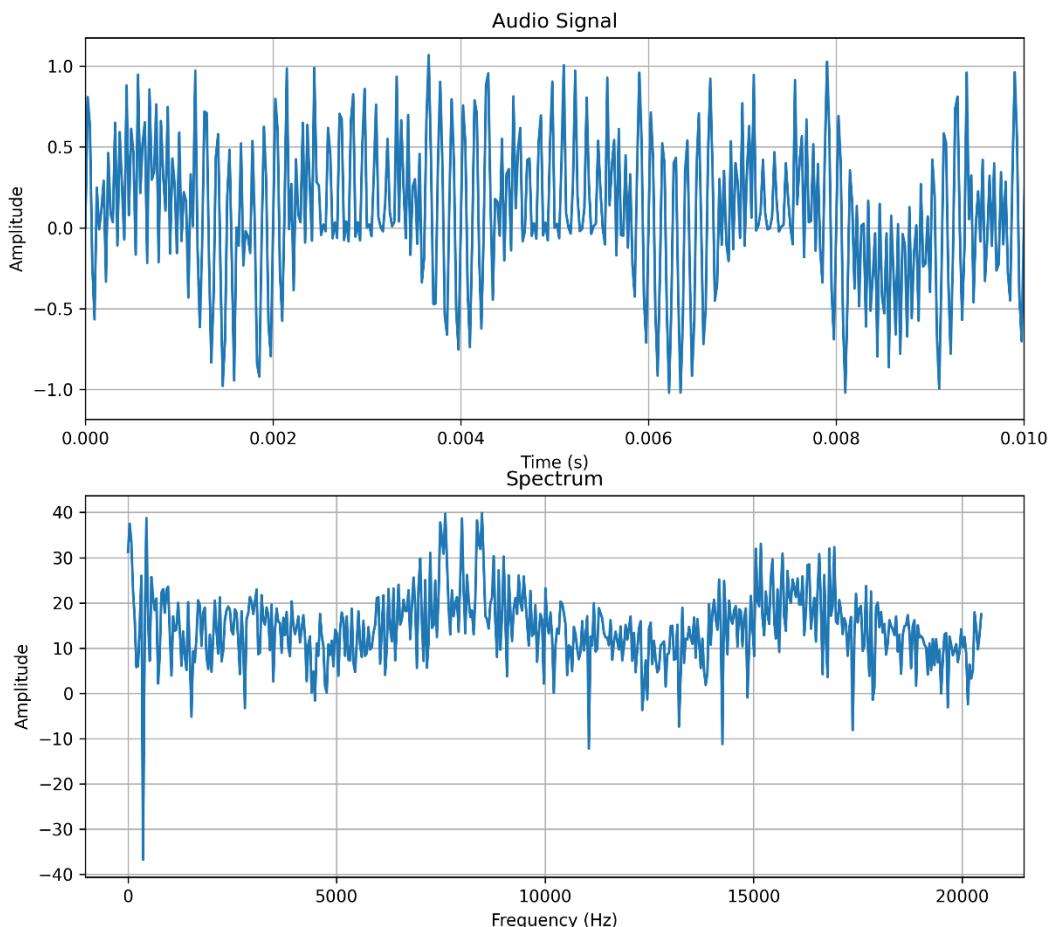
24000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 24000Hz



41000 Hz

Interpolation: 48000Hz -> 41000Hz



WNIOSKI:

- Różnice między interpolacją liniową i nieliniową są znikome, niezauważalne na pierwszy rzut oka.
- Tutaj również, tak samo jak dla decymacji, były problemy z wyświetleniem wykresu dla sygnału sin_8000Hz oraz sin_combined, dopiero dla wartości próbkowania 24000Hz sygnał zaczyna przypominać ten oryginalny.
- Zwiększenie częstotliwości próbkowania powoduje polepszenie jakości.
- Dla plików sin o mniejszej częstotliwości różnice pomiędzy poszczególnymi wartościami próbkowania są mniej widoczne, w szczególności dla pliku sin_60Hz gdzie różnice są praktycznie niewidoczne.

Wpływ na odbiór plików

W przypadku interpolacji liniowej i nieliniowej nie udało mi się ustyszeć znaczących różnic w odbiorze dźwięku, z tego powodu nie dzielę wniosków ze względu na rodzaj interpolacji.

Plik: sing_low1.wav

Kwantyzacja

- Sygnał zapisany na 4 bitach – słyszać trzeszczenie, dźwięk jest znacznie głośniejszy
- Sygnał zapisany na 8 bitach – dźwięk nie jest już tak głośny jak w przypadku 4 bitów, znacznie mniej słyszać trzaski.

Decymacja

- Dopiero przy decymacji z krokiem 10 słyszać znaczne pogorszenie się jakości, dźwięk jest mocno przytłumiony, da się zrozumieć treść.
- Przy kroku 24 ciężko odgadnąć pierwotną treść, nie da się rozróżnić niektórych dźwięków.

Interpolacja

(Hz)

- 4000 – cichy, mocno zniekształcony dźwięk.
- 8000 – prawie można zrozumieć treść.
- 11999 – dźwięk nadal cichszy niż oryginalny, można już go zrozumieć i odróżnić każdą z liter.
- 16000 – słyszać wyraźne różnice między literami.
- 16953 – być może minimalnie głośniej (ciężko mi to stwierdzić).

Plik: sing_medium2.wav

Kwantyzacja

- Sygnał zapisany na 4 bitach – dźwięk zauważalnie głośniejszy (nie aż tak bardzo jak w przypadku pierwszego pliku), słyszać trzaski
- Sygnał zapisany na 8 bitach – zamiast trzasku pojawia się szum w tle.

Decymacja

- Znaczną różnicę w jakości (pogorszenie) dźwięku słyszać już po przejściu z kroku 4 na 6.
- Przy kroku 24 również ciężko odgadnąć pierwotną treść.

Interpolacja

(Hz)

- 4000 – nie da się zrozumieć co kryje się pod usłyszанныm dźwiękiem, jest zbyt mocno zniekształcony
- 8000 – Dźwięk mniej zniekształcony, prawie da się zrozumieć treść.
- 11999 – można zrozumieć treść, jakość w dalszym ciągu jest zła
- 16000 – wciąż zła jakość, słyszać większą różnicę, porównując do oryginalnego dźwięku, niż w przypadku pliku o niższej jakości (sing_low1.wav).
- 16953 – brak znacznych różnic w stosunku do 16000 Hz.

Plik: sing_high1.wav

Kwantyzacja

- Sygnał zapisany na 4 bitach – słyszać mocne trzaski
- Sygnał zapisany na 8 bitach – dźwięk jest gorszy, lecz nie słyszać takiego spadku jakości jak w przypadku pozostałych plików.

Decymacja

- Przy kroku 6 dźwięk przypomina świst.
- Przy kroku 10 również słyszać świst + dźwięk staje się dużo mocniej zniekształcony.
- Krok 24 – tak jak w przypadku innych plików przy tym kroku dźwięk nie jest podobny do oryginału.

Interpolacja

(Hz)

- 4000 – sounddevice.PortAudioError: Error opening OutputStream: Invalid sample rate.
- 8000 – dźwięk całkowicie różny od oryginału, treść nie do odgadnięcia.
- 11999 – słyszać lekki trzask, dźwięk nadal w zbyt złej jakości by dowiedzieć się jaka była treść oryginału.
- 16000 – jeżeli ktoś słyszałby oryginał, mógłby domyślać się, że to to samo nagranie, jednak w znacznie gorszej jakości.
- 16953 – dźwięk podobny do oryginału tylko w gorszej jakości, zdaje się być cichszy.

Kwantyzacja (w szczególności zapisanie na 4 bitach) powoduje występowanie artefaktów dźwiękowych, dźwięk jest słyszany podobnie do tego, jak gdyby ktoś krzyczał do mikrofonu z bliskiej odległości.

W przypadku decymacji zniekształcenie dźwięku często jest podobne do tego z początku nagrania [dźwięk przybycia kosmitów](#).

Im lepsza jakość wejściowego pliku tym interpolacja z zadaną ilością próbek dawała gorsze efekty.