

Sprawozdanie – Laboratorium 3

Próbkowanie, kwantyzacja i kształtowanie widma szumu rekwantyzacji

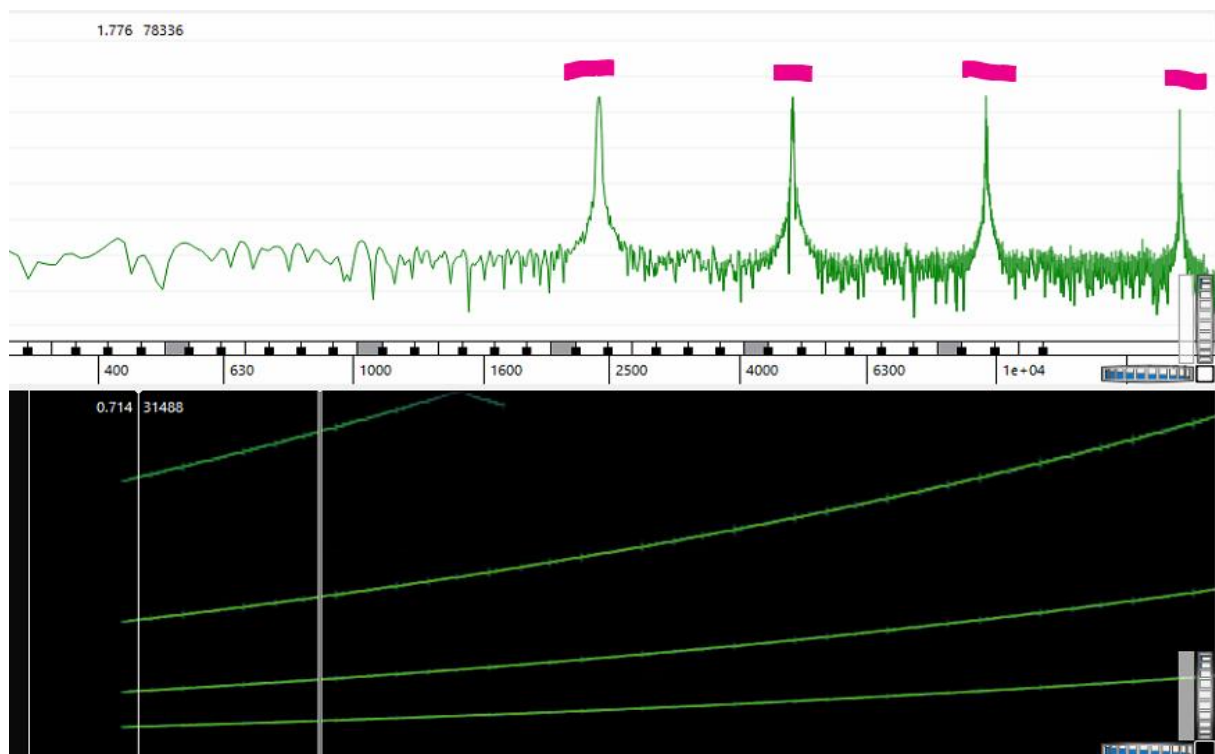
Zadanie 1. Próbkowanie

Pkt 5.

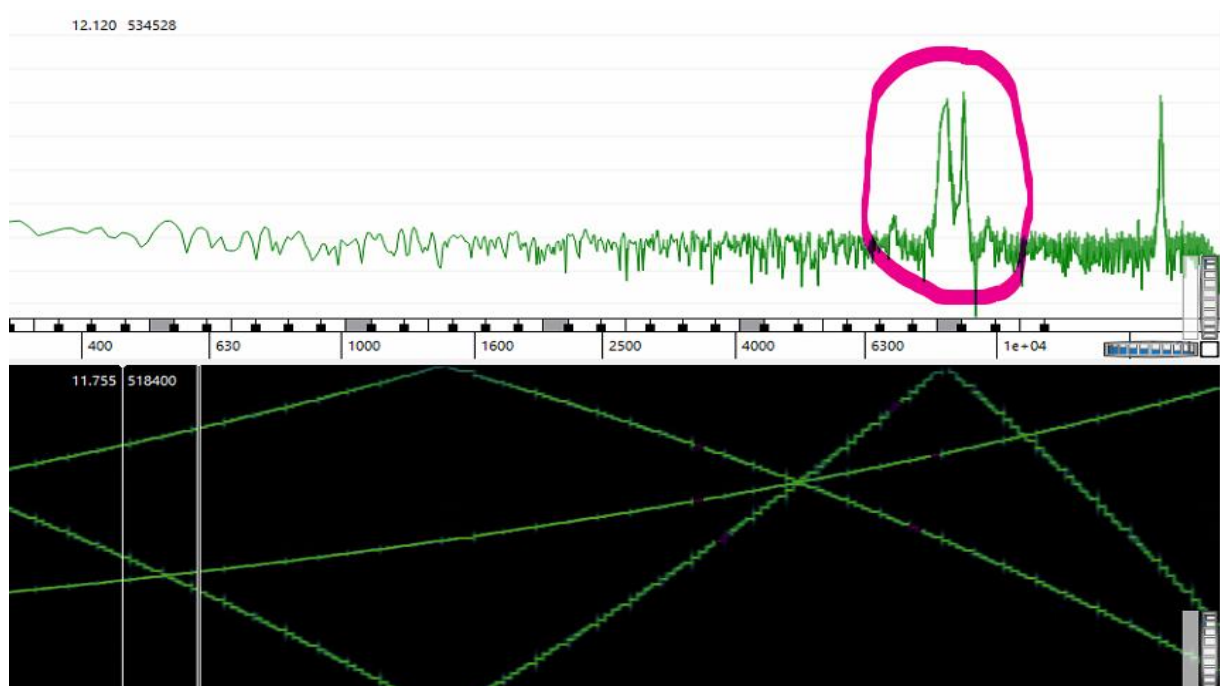
Dla pliku: [Oscillator 2 4 8 16kHz PitchUp and PitchDown Fs44100Hz.wav](#)

Początkowo wszystkie częstotliwości startują od 2kHz, 4kHz, 8kHz, 16kHz.

plik dźwiękowy to suma sygnałów sinusoidalnych o częstotliwościach początkowych 2kHz, 4kHz, 8kHz i 16kHz o zmiennej liniowo wysokości dla wszystkich tonów w czasie (o 4 oktawy do góry - częstotliwości x2 dla każdej oktawy i później 4 oktawy w dół), częstotliwość próbkowania sygnału 44100Hz, rozdzielczość bitowa 32b (float).

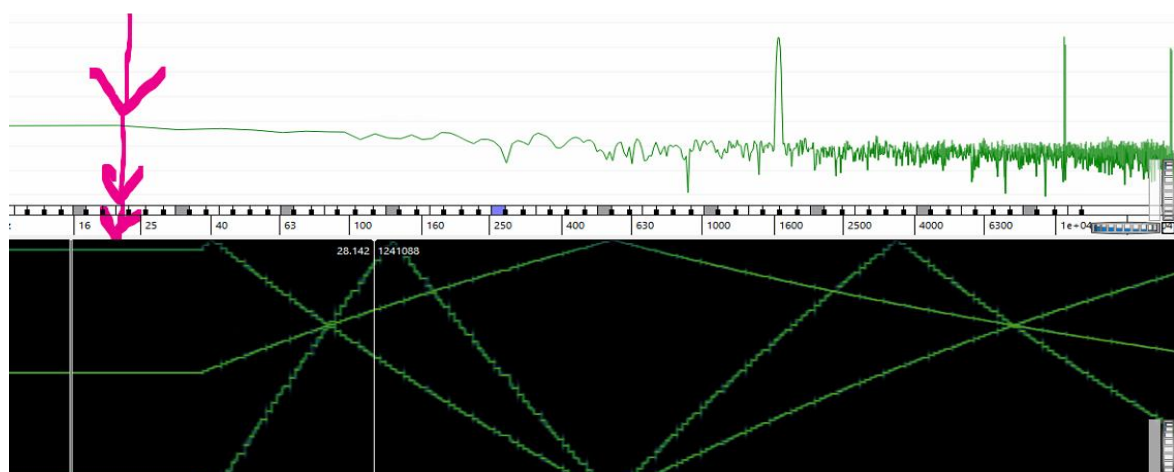


Ponieważ częstotliwości wzrastają o 4 oktawy do góry a potem spadają to następują momenty w których wartości tych częstotliwości są takie same więc **nakładają się** wzajemnie na siebie jak również ich harmoniczne. Powoduje to dla ucha efekt najeżdżania i rozjeżdżania się dźwięków. **Co jest pewną formą aliasingu.**

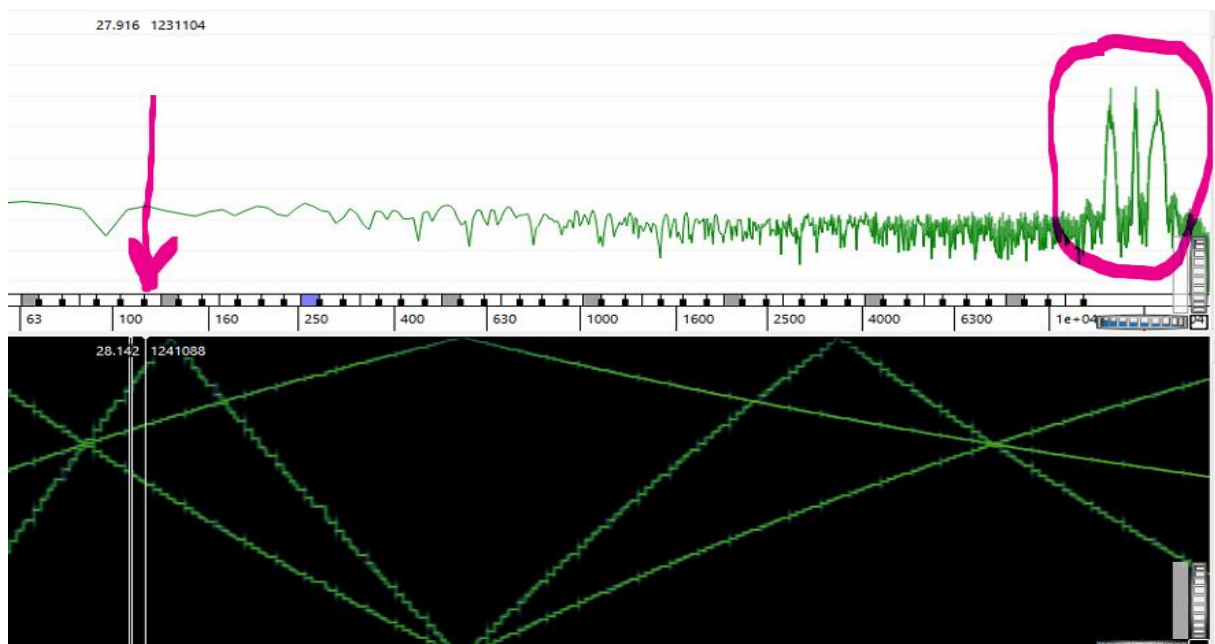


Wszystkie bardzo blisko, efekt aliasingu, ponadto jak częstotliwości się nakładają (krzyżowanie na wykresie) następuje efekt że mogą się zerować jeżeli mają przeciwną fazę. Kolejnym efektem jest podwyższenie częstotliwości dźwięku w momencie krzyżowania się sygnałów i zanikanie dźwięku jak się nałóżą/krzyżują. Może to być również skutkiem nałożenia tych samych harmonicznnych występujących w górnych partiach pasma częstotliwości dźwięku.

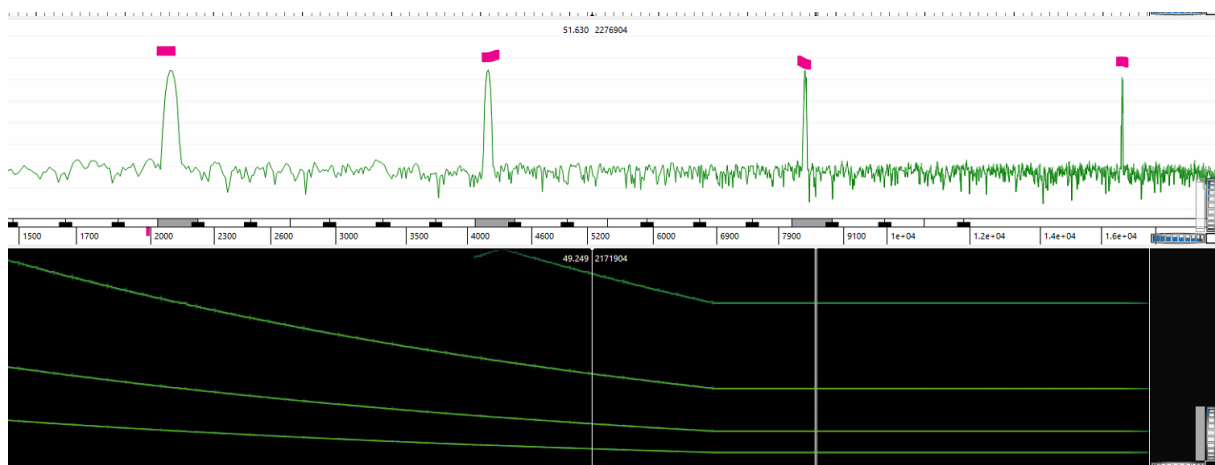
Występuje też moment w którym wartości częstotliwości ustalają się na pewnym stałym poziomie. Dźwięk jest dobrze słyszalny.



Efekt bliski nałożeniu się.



Powrót do ustawień początkowych 2kHz, 4kHz, 8kHz, 16kHz



Wrażenia:

Generalnie w zadaniu występują trzy nośne które dokonują zmian częstotliwości w zakresie od 1kHz do 20,844 kHz.

Na spektrogramie występują pewne charakterystyczne punkty momenty:

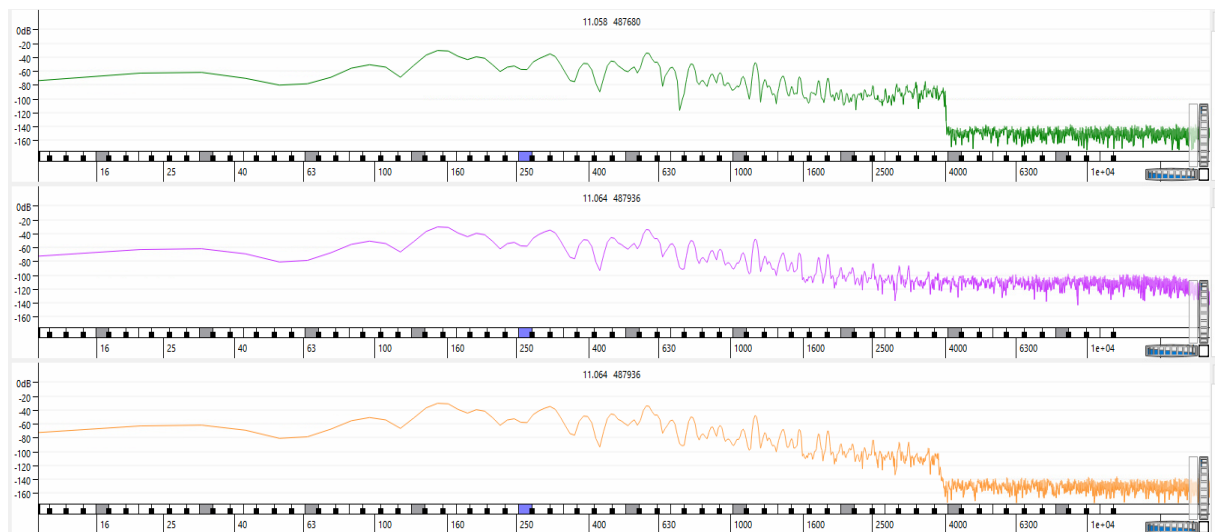
- skrzyżowanie się wszystkich wykresów częstotliwości powoduje że z trzech częstotliwości słyszymy tylko jedną, również dużo ciszej
- każde skrzyżowanie przecięcie się 2 sygnałów częstotliwości powoduje zmniejszenie liczby słyszanych sygnałów o jeden.

- w środkowej części spektrogramu występuje moment kiedy wszystkie częstotliwości mają stałą wartość (dosyć męczący odsłuch)
- Raptowne podnoszenie się częstotliwości ,również nie jest przyjemnym zjawiskiem do odsłuchu,

Pkt 7.

Badanie dźwięku oryginalnego i porównanie z dźwiękami z kolejnych plików.

1. Dźwięk oryginalny - [Original_piano.wav](#)
2. Próbką 1 - [Original_piano_sampled_at8kHz_sample1.wav](#)
3. Próbką 2 - [Original_piano_sampled_at8kHz_sample2.wav](#)



Dźwięk oryginalny do częstotliwości 4kHz ma najlepszy poziom mocy sygnału, do częstotliwości około 1.2kHz poziom około -80dB potem powolny spadek do 4kHz. Po 4kHz następuje odcięcie poziomu częstotliwości do -140dB, dzięki temu nie słychać szumu na wysokich częstotliwościach nie ma efektu powtarzania się sygnału np, harmonicznym w górnym paśmie częstotliwości dźwięku.

Próbka 1 – Nie ma obniżenia poziomu szumów przy 4kHz, przez to szum jest bardziej słyszalny w górnym paśmie częstotliwości oraz lekko odczuwalne są harmoniczne ,które tam się pojawiają. Jakość dźwięku pogorszona w stosunku do oryginalnego

Próbka 2 – Po 4kHz obniżenie poziomu szumu do niesłyszalnego. Odczucie trochę mniejszego szumu niż sygnał oryginalny. Być może oryginał ma dodany Dither. Jednak też lekko odczuwalny efekt jakby echa szumu po dźwiękach końcowych. Być może

WIT Pawel Kobiela Nr. Ind: 2366	Cyfrowa Technika Foniczna Laboratorium 3 – Sprawozdanie	Warszawa, 31.01.2023
---------------------------------------	--	----------------------

jest to efekt lekko gorszego poziomu mocy sygnału poniżej 4kHz niż dla sygnału oryginalnego. Jakość dźwięku lepsza niż Próbką 1.

Zadanie 2. Kwantyzacja

Pkt 2.

Dla pliku [quantization_sinus_mono_loweringBitDepth.wav](#) kwantyzacja osiąga poziom 3 bitów w chwili około 21.025sec. Dźwięk staje się wtedy najmniej wyraźny (mało dzwięczny) zaszumiony tak jakby jego częstotliwość uległa rozproszeniu na kilka jednocześnie zakłócających, szumiących częstotliwości. Ponadto jest też wrażenie przesterowania i przez pewien czas, w miarę jak liczba poziomów kwatyzacji rośnie dźwięk staje się znów wyraźny szum znika.

Pkt 3.

Dla pliku [Piano_16b_to_2b_to_16b_quantizer1.wav](#) rozdzielczość kwantyzacji osiąga poziom 2 bitów około 12.8 s.

Wrażenia wtedy są takie jakby dźwięk został zupełnie wycięty a potem pojawia się, jednak jego jakość jest bardzo kiepska słysząc raczej głównie trzaski niż muzykę. W dziedzinie czasu: są to trzaski i zaniki dźwięku.

Pkt 4.

Jest to kwantyzator: **mid-tread**

Pkt 5.

Dla pliku [Piano_16b_to_2b_to_16b_quantizer2.wav](#) rozdzielczość kwantyzacji osiąga poziom 2 bitów około 13,711s.

Wrażenie jest takie jakby szum kwantyzacji przyrastał w momencie najniższego stopnia kwantyzacja 2bitowa dźwięk zamieniał się w charczenie. Słysząc też taki efekt jakby przesterowania.

Pkt 6.

Jest to kwantyzator: **mid-rise**

Dźwięk słysząc bez przerwy, w porównaniu do poprzedniego utworu jest częściej słyszany lekki szumek.

Pkt 7.

Plik [quantization_music_1_8bit_fade_error_compensated.wav](#) Pomiedzy 52 sek 1:10 jest słyszalny wyraźny spadek poziomu sygnału. Rzeczywiście od samego początku

WIT Pawel Kobiela Nr. Ind: 2366	Cyfrowa Technika Foniczna Laboratorium 3 – Sprawozdanie	Warszawa, 31.01.2023
---------------------------------------	--	----------------------

słysząc szum kwantyzacji, narasta on znacząco do 52 sek, a potem do 1:10 jest bardzo przebijający się natomiast poziom sygnału/dźwięku jest niski i mocno zaszumiony ale jednak wyraźny.

Pkt 8.

Plik [quantization_music_2_8bit_fade_error_compensated.wav](#), spadek poziomu sygnału pomiędzy 24-40sec utworu. Szum kwantyzacji bardziej słyszalny wtedy.

Pkt 9.

W przypadku Pkt 7. i Pkt 8.

Błąd kwantowania występuje jako addytywny sygnał szumowy do sygnału wejściowego oparty o źródło szumu białego, nieskorelowany(o niezależnych parametrach) z sygnałem źródłowym.

Błąd ten jest szumem białym o stacjonarnych parametrach w czasie ma równomierną moc i występuje w całym paśmie. Na podstawie addytywnego sygnału szumowego można operować pojęciem stosunku sygnału do szumu SNR.

W mierze logarytmicznej można go przedstawić następująco

$$SNR = 10 \log \frac{\sigma_{\frac{2}{x}}}{\sigma_{\frac{2}{e}}} = 6,02N + 10,79 + 10 \log \sigma_{\frac{2}{x}}$$

Stosunek sygnału do szumu zwiększa się o około 6 dB, przy zwiększeniu długości słowa kodowego o 1 bit.

Pkt 10-11.

Plik [quantization_music_3_8bit_to_16b_downto_3_andback_to_24b.wav](#) . W okresie czasu 29 – 38 sek pojawia się bardzo silny szum. Jednak nie następuje degradacja dźwięku źródłowego pomimo szumu wciąż można go odróżnić, szum ma charakter nałożony na dźwięk. Stąd też wniosek że powstający szum jest wynikiem zwiększonego błędu kwantyzacji niezależnego źródła szumu, którym jest tutaj najprawdopodobniej szum biały. Czyli pojawiający się wysoki błąd kwantyzacji tego szumu jest niezależny od źródła sygnału dźwiękowego. Jest to więc addytywny błąd kwantyzacji.

WIT Pawel Kobiela Nr. Ind: 2366	Cyfrowa Technika Foniczna Laboratorium 3 – Sprawozdanie	Warszawa, 31.01.2023
---------------------------------------	--	----------------------

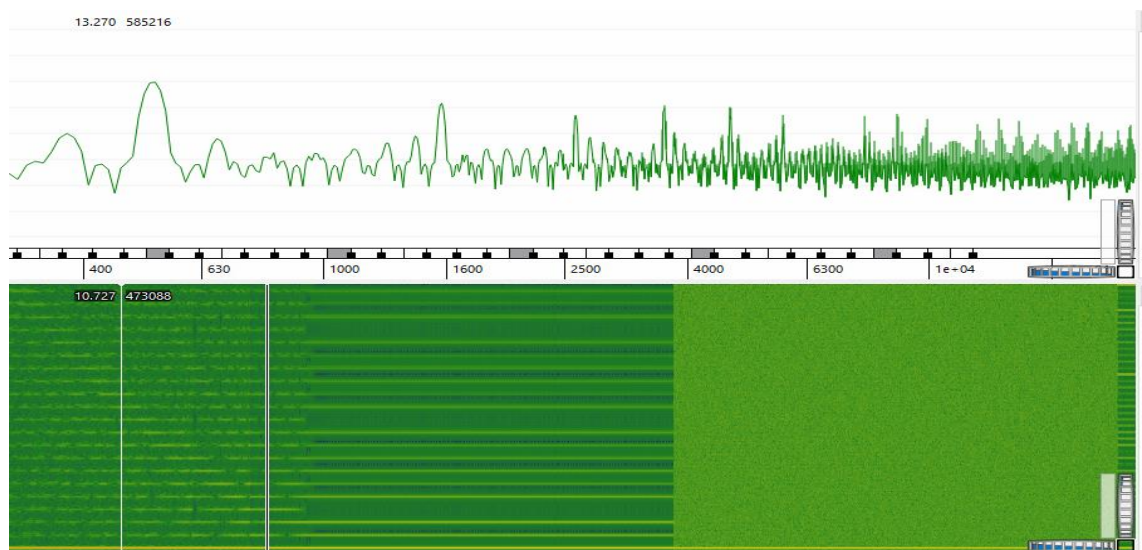
Zadanie 3. Dithering i kształtowanie szumu rekwantyzacji

Sprawozdanie

Pkt 2.

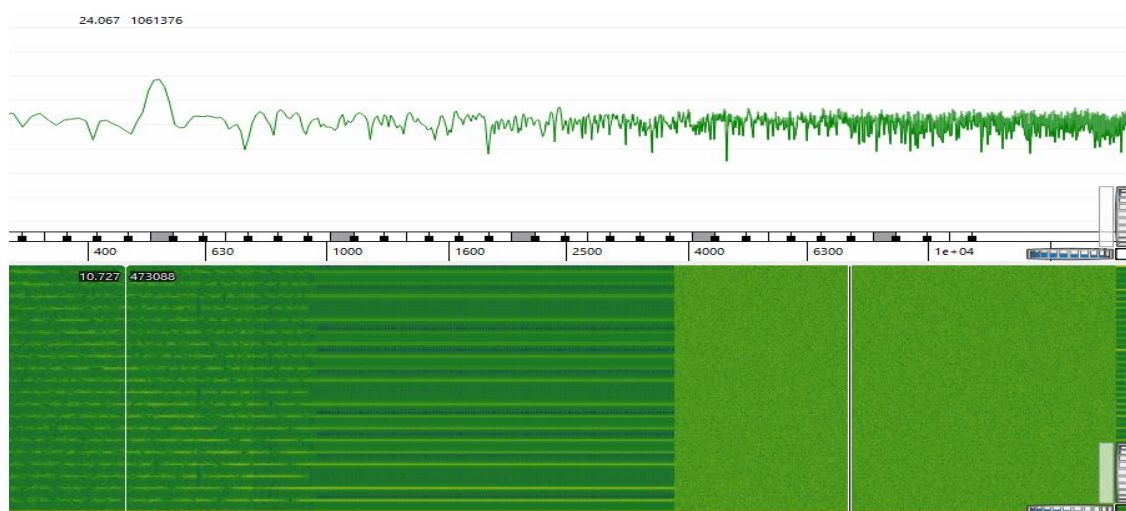
Etap 1.

Słyszalny jest spadek częstotliwości sygnału(dźwięku) oraz sygnał staje się jakby mniej zmienny częstotliwościowo i sygnał/dźwięk ustala się na jednej częstotliwości i na niższym poziomie. W tle słyszalne są zniekształcenia harmoniczne. Widoczne na wykresie



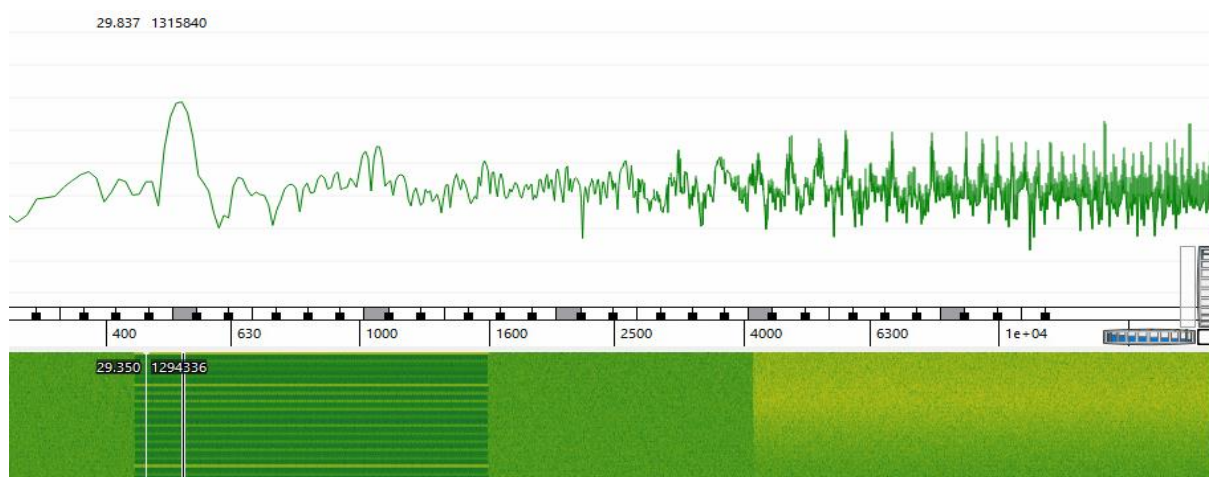
Etap 2.

Około 21 sek zmienia się charakterystyka sygnału pojawia się stały słyszalny szum, sygnał jest też słyszalny. Szum jak gdyby usuwa harmoniczne. Pogarsza się stosunek sygnał szum. Prawdopodobnie jest to wynikiem włączenia sygnału Dithera (1 bitowy).



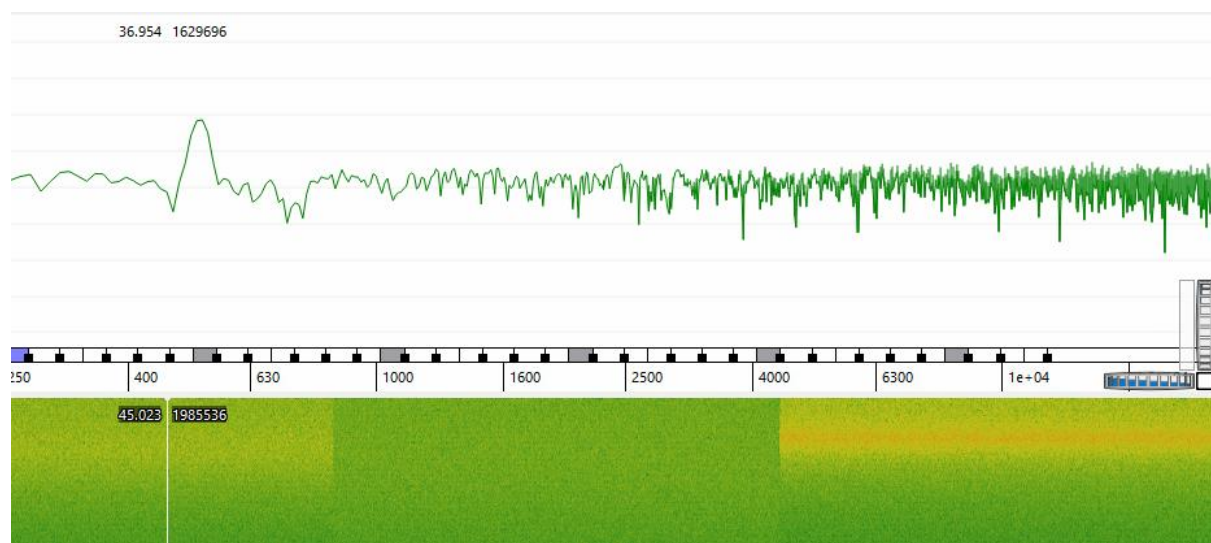
Etap 3.

W 29sec szum znika pojawiają się znów harmoniczne. Ponadto dźwięk zmienia charakter z takiego o jednym poziomie na skaczący częstotliwościowo lub zmienny w sensie prógów kwantyzacji niższy/wyższy i odwrotnie. Tak jakby Dither został wyłączony.



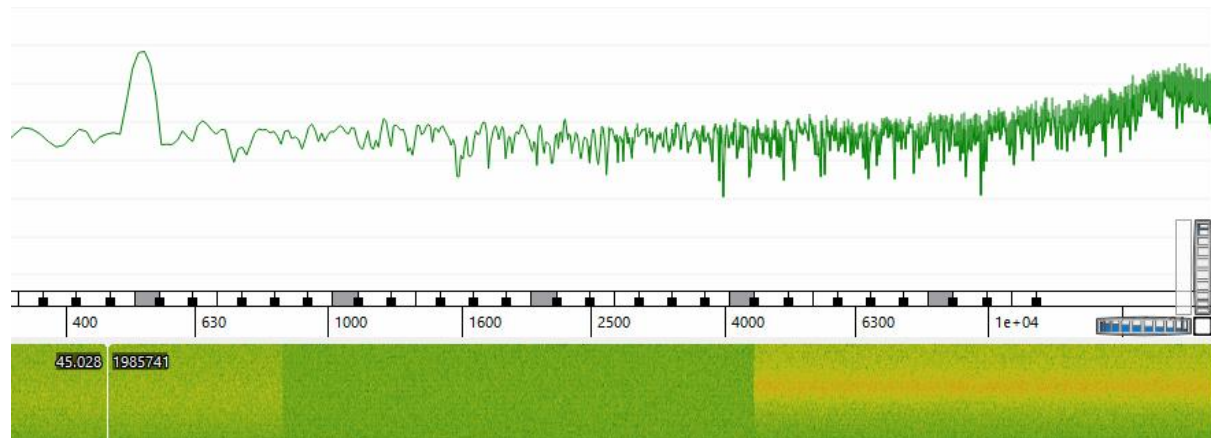
Etap 4.

W 35sek znów pojawia się szum. Znikają harmoniczne.

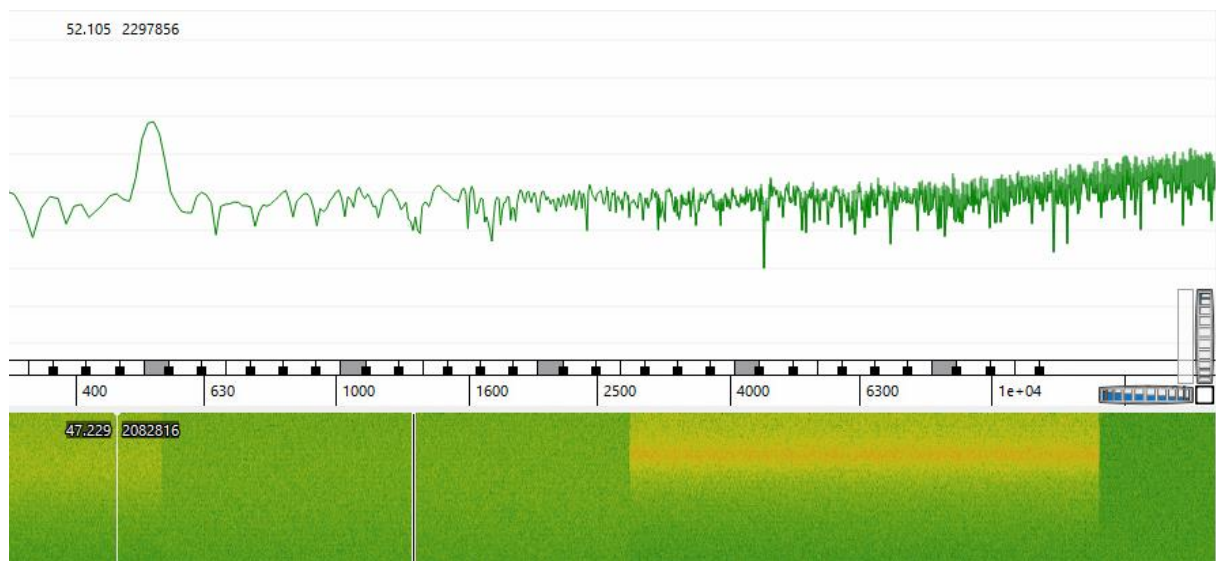


Etap 5.

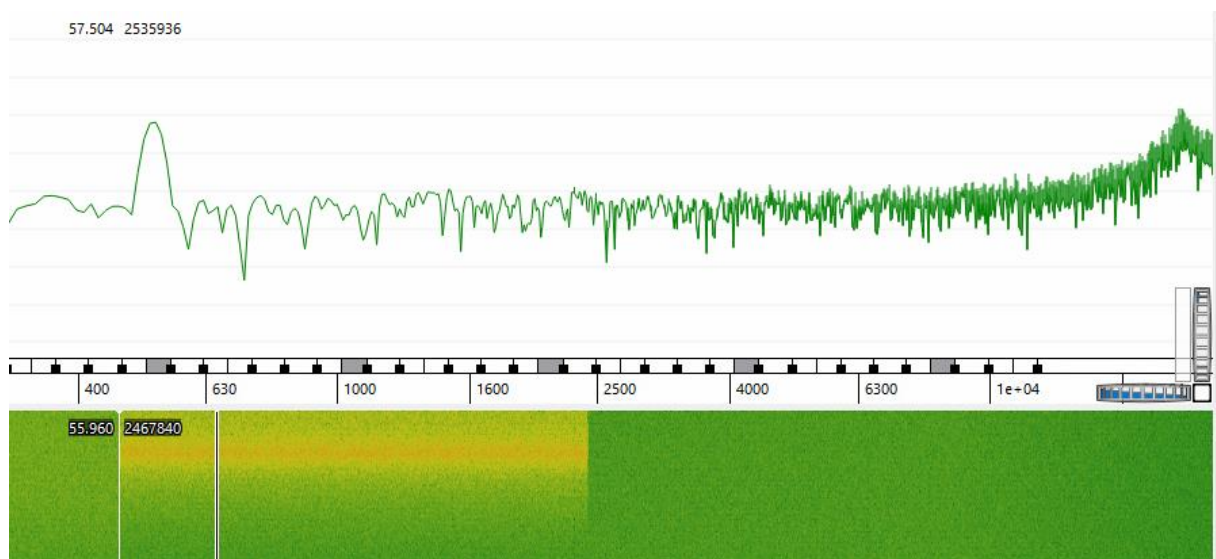
W 40sek szum zmienia charakter staje się mniej odczuwalny, nastąpiło jego przesunięcie na wyższe poziomy częstotliwości. Czyli jakby sygnał dither'a został dodany



W 48sec szum jakby zmienia częstotliwość na niższą ale tak jakby wzrosła jego amplituda na niższych częstotliwościach natomiast spadła na wyższych. Jakby został włączony kolejny sygnał dither'a

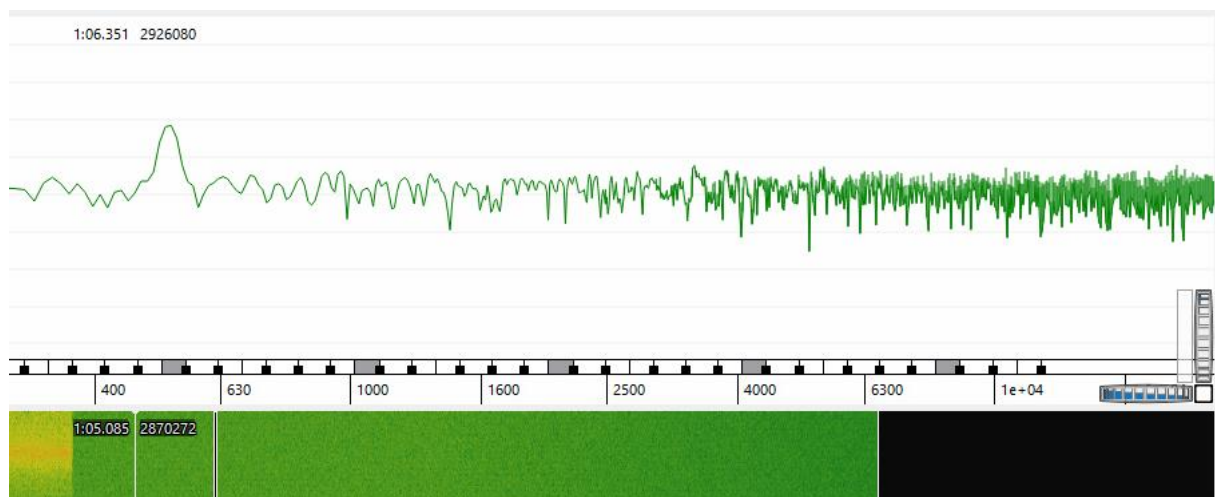


W 56 sec, znów następuje wzrost szumu na wyższych częstotliwościach, czyli tak jakby przełączył się Dither na ten co był w 40sec.

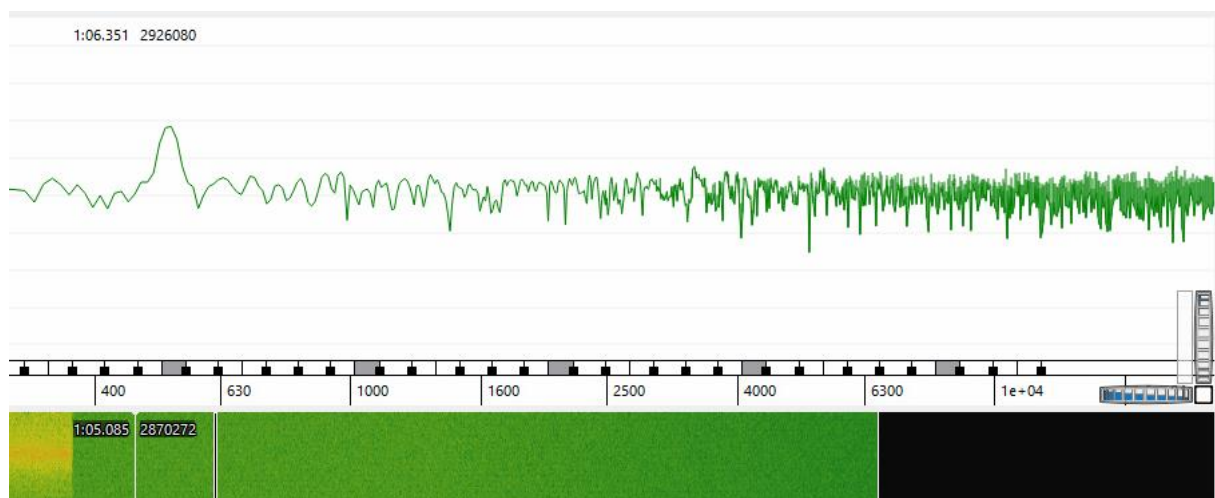


Etap 7.

W 1:04sec ponownie następuje spadek poziomu częstotliwości szumu jak w 48sek jest bardziej wyraźny i uciążliwy. Tutaj mogła wystąpić zmiana parametrów kształtowania błędów kwantyzacji



Jednak w miarę upływu czasu szum zaczyna znikać na korzyść lepszej słyszalności sygnału. Mamy tutaj do czynienia najprawdopodobniej z filtrowaniem funkcją $H(z)$ przy zastosowaniu wraz filtracją sygnału filtrem o charakterystykach ważonych. W około 1:15sec następuje redukcja szumu/błędu kwantyzacji prawdopodobnie wynikająca z zastosowania najbardziej stromego filtra $H(z)$.

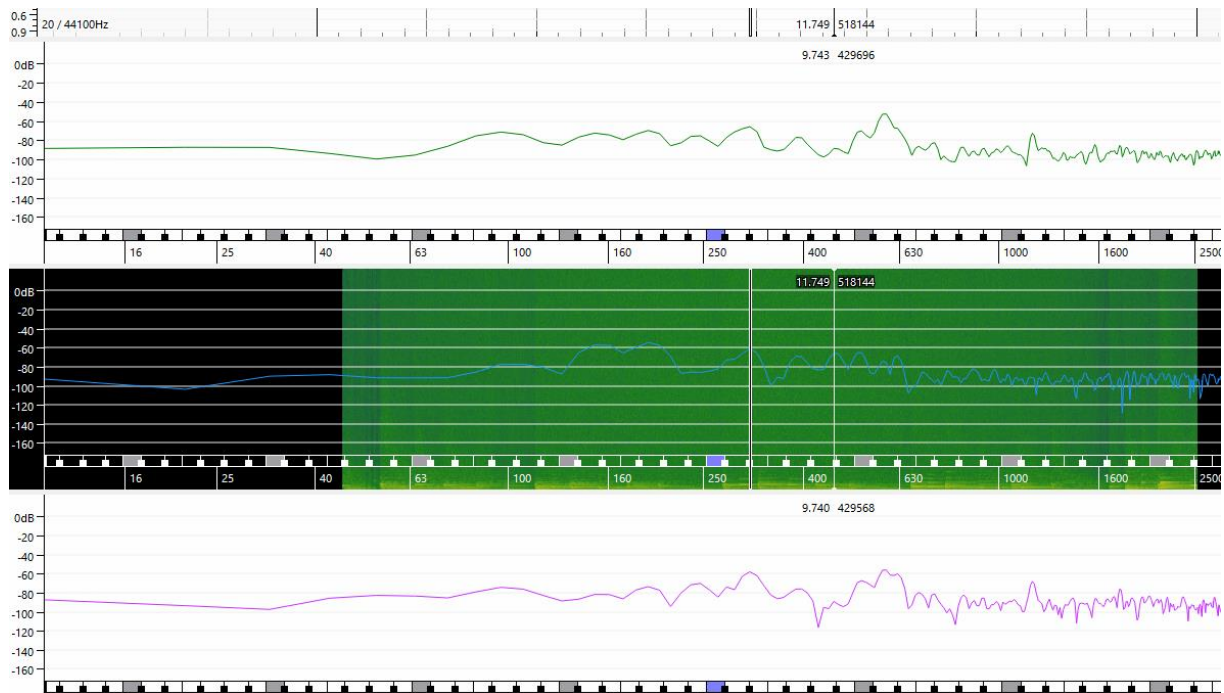


Pkt 4.

Około 8,6 – 12.0 sec widoczna jest skuteczna eliminacja zniekształceń harmoniczných.

Pkt 6.

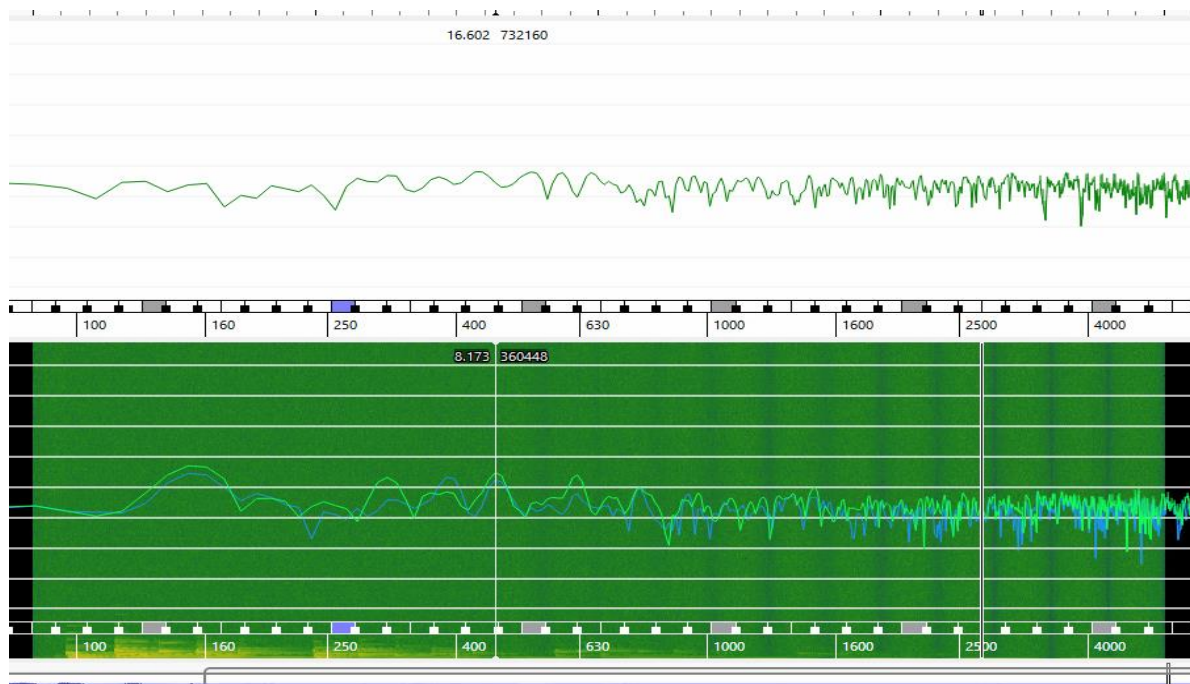
Skuteczna eliminacja zniekształceń harmoniczných można zauważyć przy amplitudzie na poziomie -52...-55dB wtedy dźwięk ma najmniej słyszalnych harmoniczných



Pkt 8.

W momencie jak poziom sygnały oryginalnego dźwięku pianina zaczął spadać do poziomu około -80dB to przy tak niskich poziomach nastąpiło znaczne pogorszenie jakości odbioru.

WIT Pawel Kobiela Nr. Ind: 2366	Cyfrowa Technika Foniczna Laboratorium 3 – Sprawozdanie	Warszawa, 31.01.2023
---------------------------------------	--	----------------------



Pkt 10.

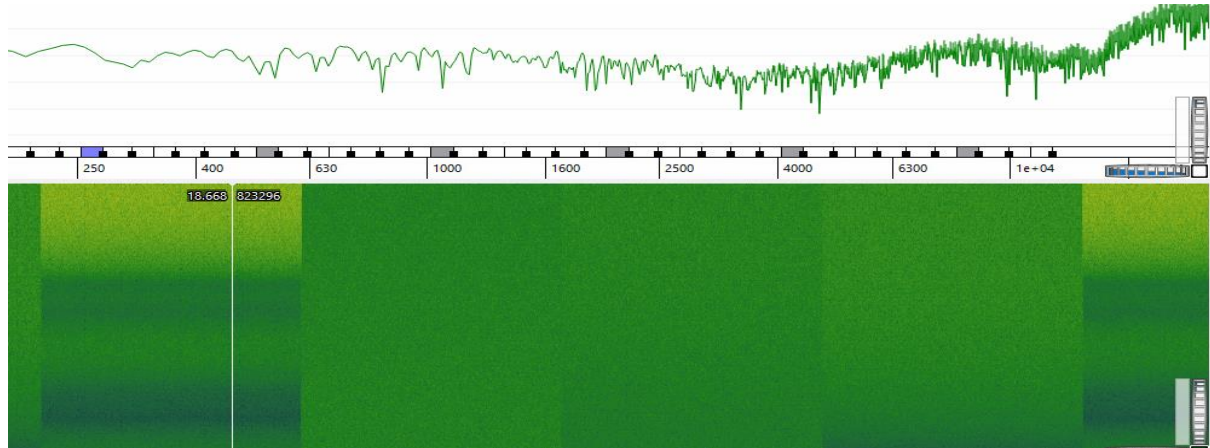
Zdecydowanie tak przy dither'rze o trójkątnym rozkładzie TPDF modulacja szumu jest niwelowana.

Pkt 12.

Rodzaj dithera	Obserwacje
dither TPDF 2LSB	Szum dosyć wyraźny i uciążliwy dla dłuższą metę
filtrowany górnoprzepustowo dither TPDF 2LSB	Szumu cichszy ale wciąż odczuwalny niekomfortowy
dither TPDF 2LSB kształtowany filtrem 1- szego rzędu	Szum jeszcze cichszy niż poprzednio, bardziej Akceptowalny do przebywania na jakiś czas
dither TPDF 2LSB kształtowany funkcją 9- tego rzędu ważoną charakterystykami	Najprzyjemniejszy dźwięk szumu dla ucha i najcichszy

WIT Pawel Kobiela Nr. Ind: 2366	Cyfrowa Technika Foniczna Laboratorium 3 – Sprawozdanie	Warszawa, 31.01.2023
---------------------------------------	--	----------------------

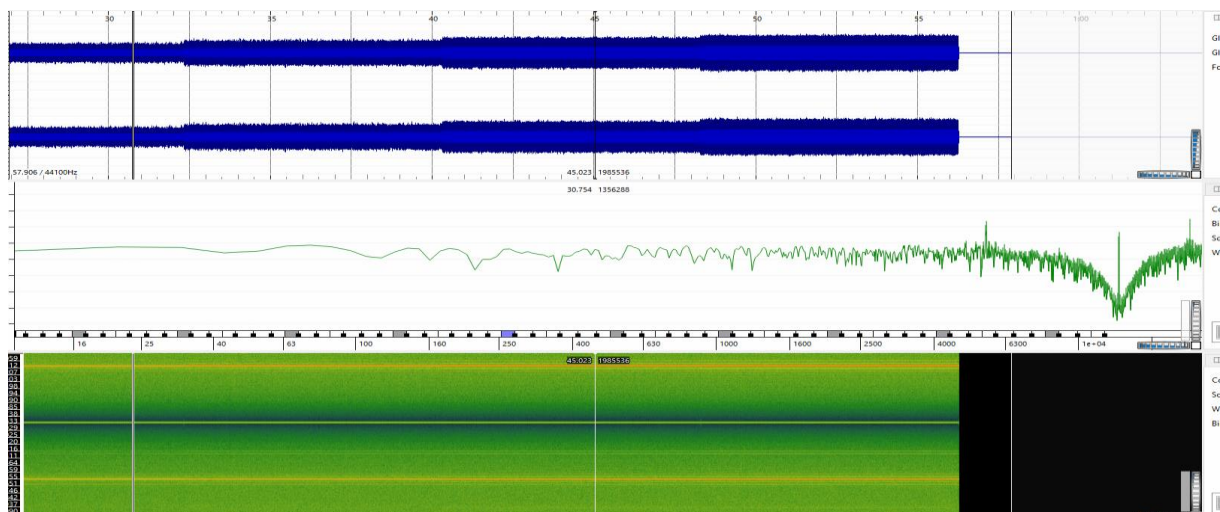
odwrotnymi do krzywych
izofonicznych



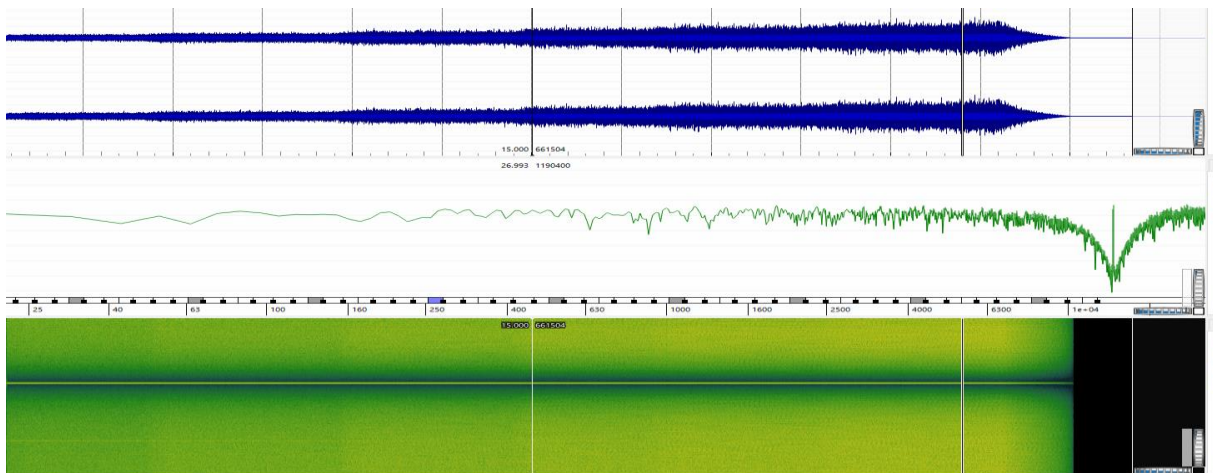
Zadanie 4. Jitter i błędy synchronizacji zegarów

Pkt 1.

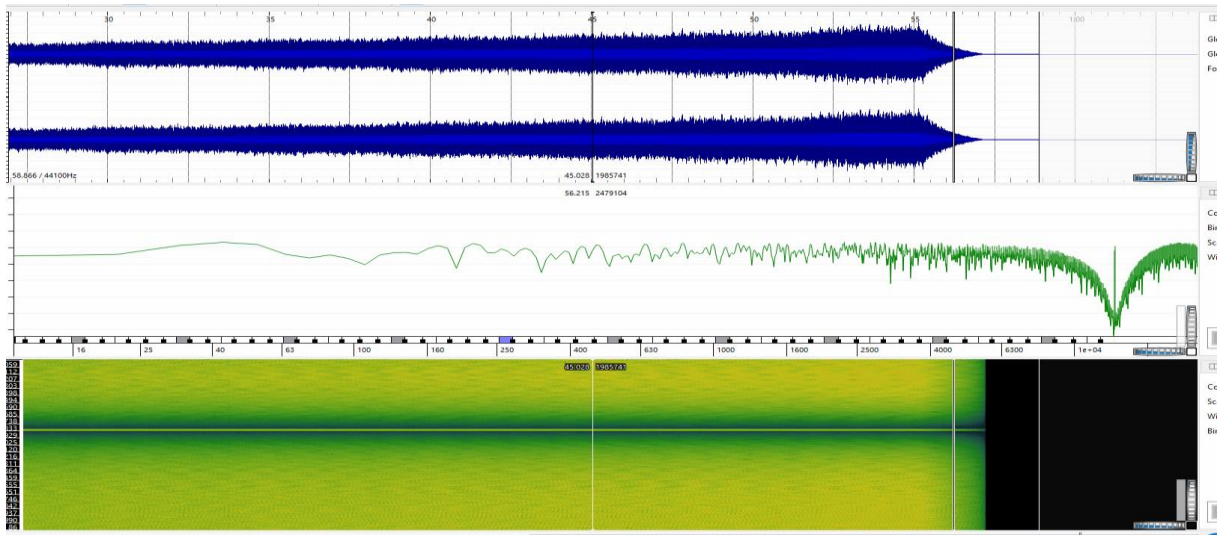
zegar taktujący został zmodulowany sygnałem prostokątnym o częstotliwości 8kHz (jitter1),



Zegar taktujący został zmodulowany sygnałem szumowym (jitter2)



Zegar taktujący został zmodulowany sygnałem o niskiej częstotliwości (jitter3)



Pkt 2.

Jitter1.wav – dziwięk świszczący oraz coraz bardziej przypominający gwizd.

Jitter2.wav – bardzo wyraźny poziom szumu(wysoka podłoga szumowe), również nie komfortowy