



CYFROWA TECHNIKA FONICZNA

Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego nr 2:
Próbkowanie, kwantyzacja i kształtowanie widma
szumu rekwantyzacji

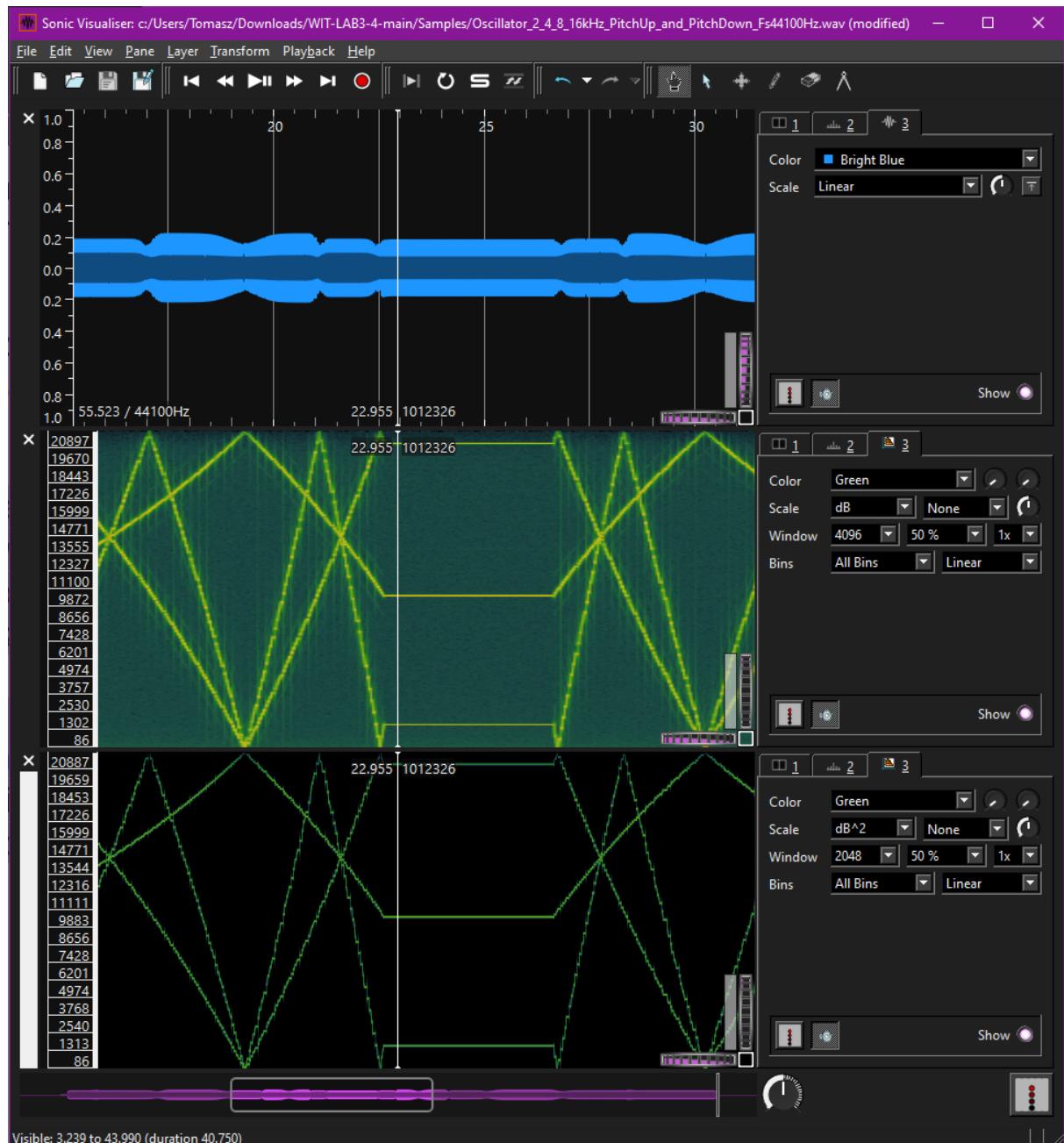
Prowadzący: dr inż. Marcin Lewandowski

Wykonujący: Tomasz Skiba

Grupa: MZ02IP1

Zadanie 1 - Próbkowanie

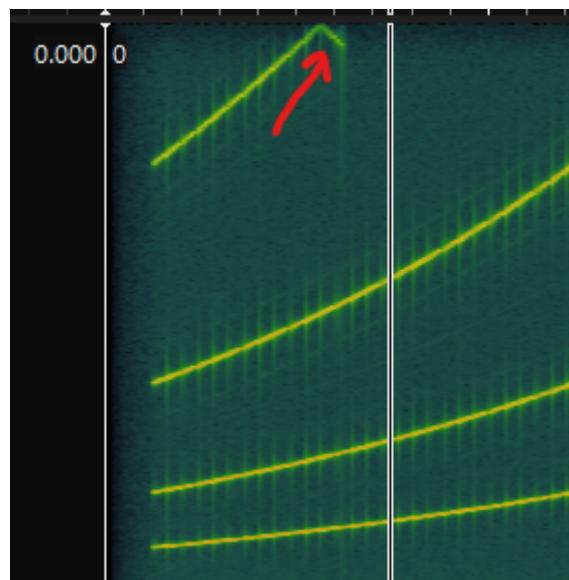
Do zadania przygotowany został program Sonic Visualiser z plikiem Oscillator_[...].Fs44100Hz.wav oraz następującymi parametrami.



Obserwacje:

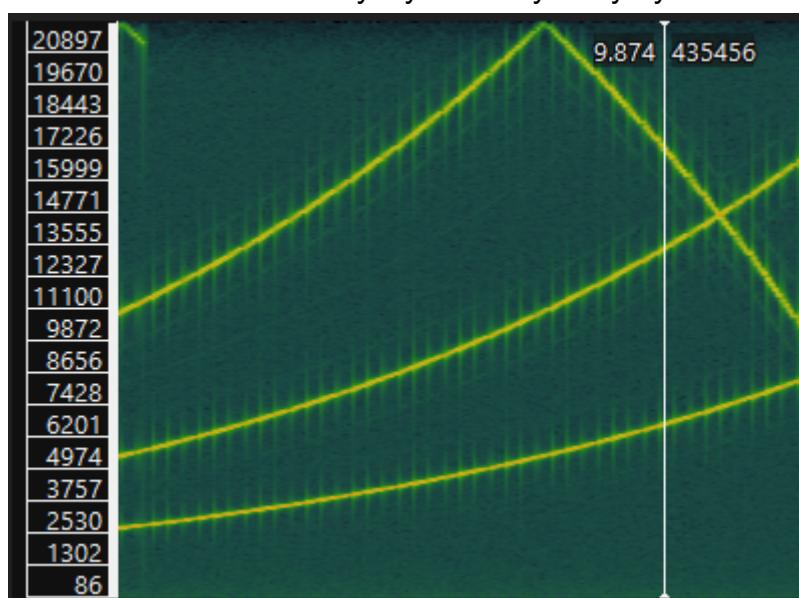
Czas 0.00-4.00:

Częstotliwość dźwięku wzrasta równomiernie w czasie dla słuchu. Na obrazie widma widać cztery częstotliwości składowe, z czego ich przebieg jest zbliżony do liniowego. Fragment w którym górną składową przez ułamek sekundy obniża swoją częstotliwość jest przeze mnie nie słyszalny. Dźwięk sprawia wrażenie "falowania" pomiędzy lewym, a prawym uchem.



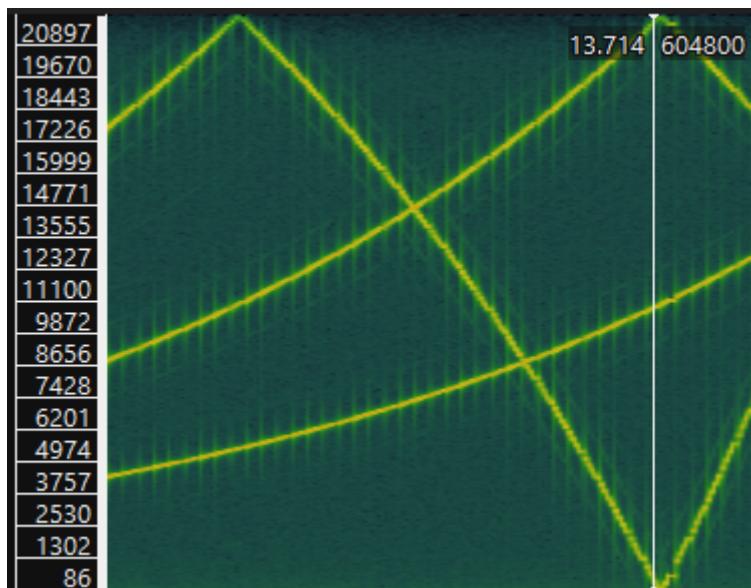
Czas 4.00-10.50:

Po przekroczeniu kolejnego szczytu i spadku górnej składowej do poziomów ok. 16kHz, słuchać obniżanie tonu. Towarzyszy temu wyraźny dysonans.



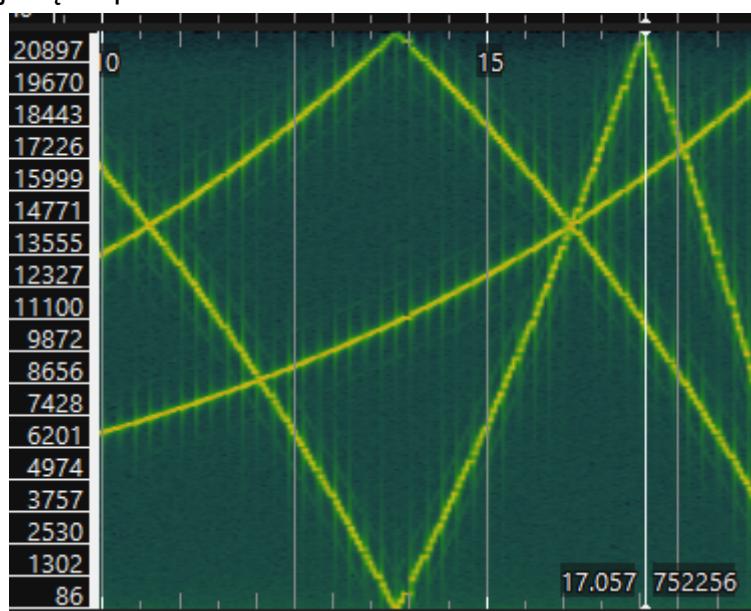
Czas 10.50-13.70:

Punkty przecięć częstotliwości na spektrogramie słyszalne są wyraźnie jako przesunięcie źródła dźwięku z jednego do drugiego ucha. W 13.70 słyszalne są wyłącznie dwa dolne pasma, gdyż górne jest poza zakresem mojego słuchu. Bez spektrometru nie potrafiłbym stwierdzić ile pasm jest słyszalnych w danym momencie.



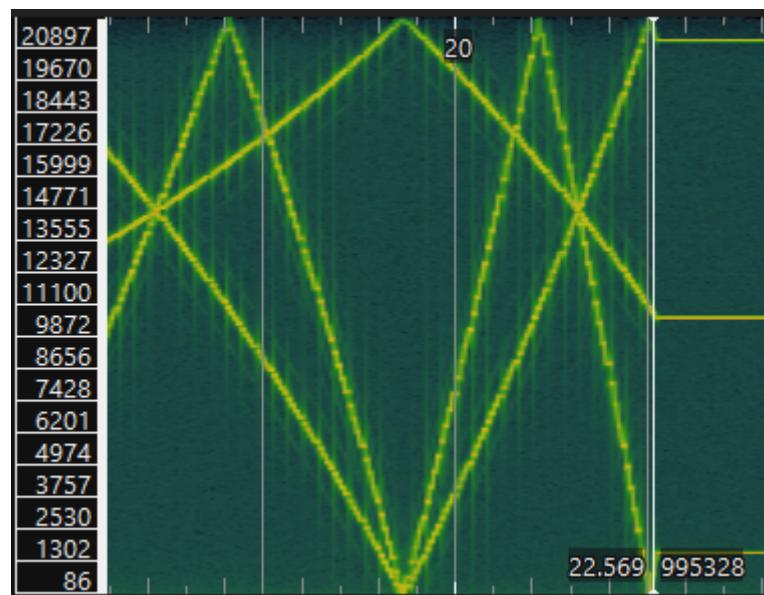
Czas 13.70-17:00:

Punkt przecięcia wszystkich pasm (16s) wydaje się być znacznie cichszy od dotychczasowej części pliku.



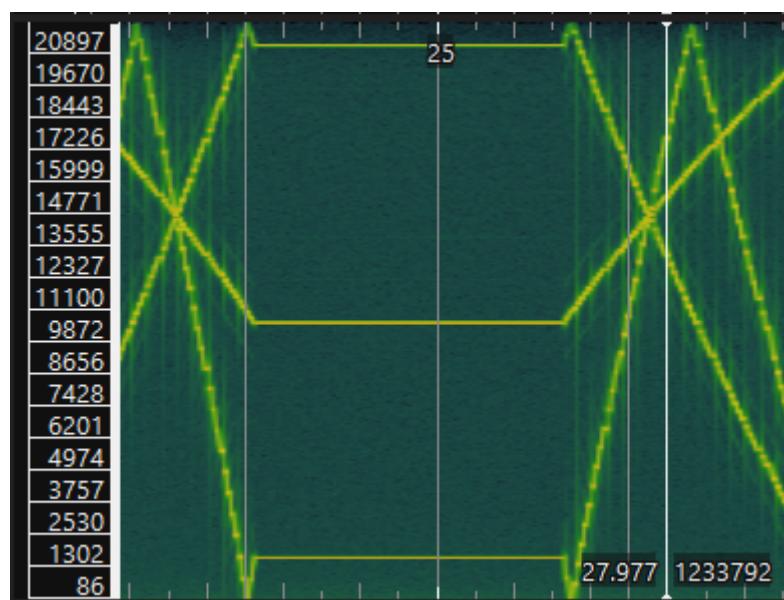
Czas 17:00-22.50:

Ponownie, punkt przecięcia wszystkich pasm (21.6s) wydaje się być znacznie cichszy.



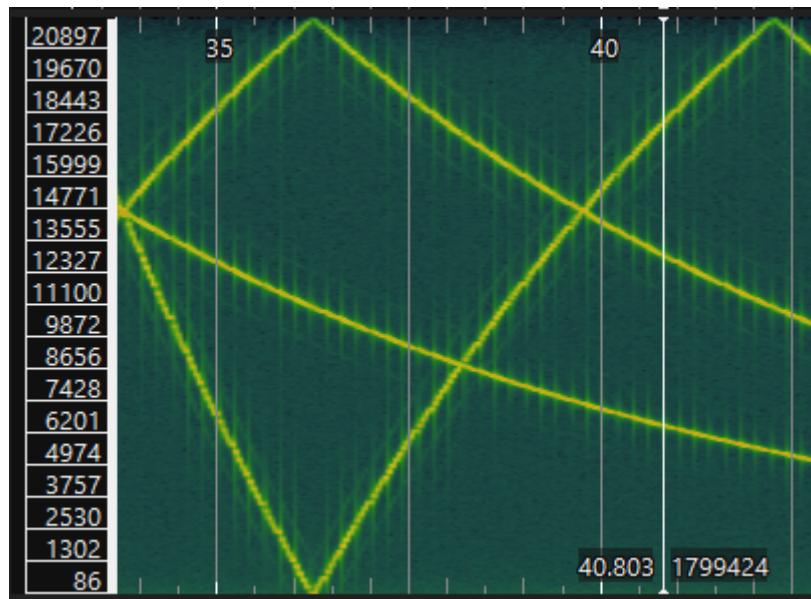
Czas 22.50-28.00:

Jednostajny dźwięk, da się wyróżnić dwie niższe składowe. Wyższa poza zakresem mojego słuchu.

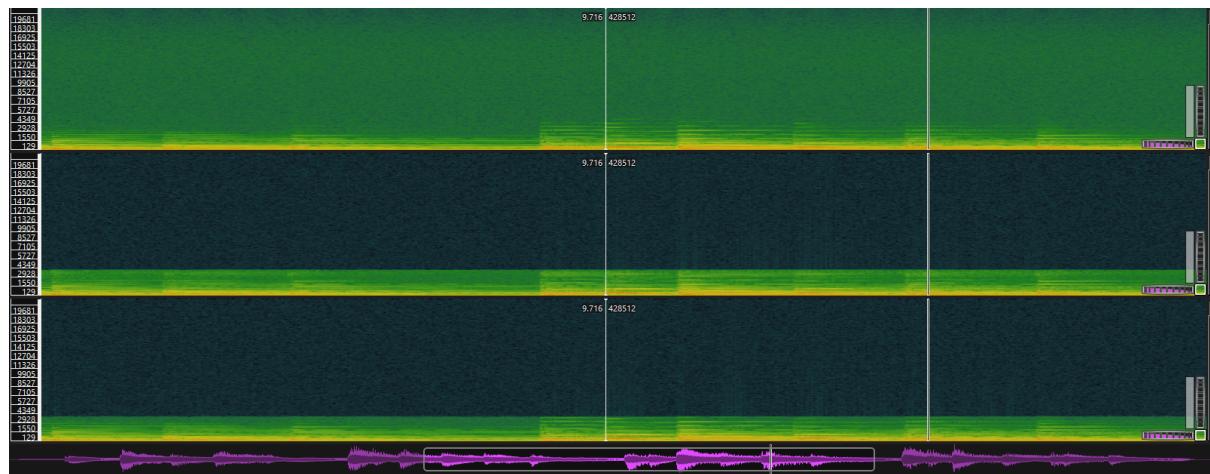


Czas 35.00-55.00:

Dźwięk wydaje się zwiększać częstotliwość do około 41s, przy której następuje odwrócenie tej tendencji i jedyne słyszalne jest spadanie częstotliwości do końca pliku. Zauważać można to, że przy dochodzeniu nowych częstotliwości otrzymujemy efekt ciągłego spadania - jest to swojego rodzaju iluzja, którą można zapętlić poprzez dodawanie nowych spadających częstotliwości i wyciszanie tych, które zbliżają się do niższej części spektrum.



Analiza dźwięku pianina



Podczas odsłuchu oryginalny fragment pianina wydawał się mieć dźwięk bardziej otwarty, zawierający pełen przekrój częstotliwościowy, co potwierdza obraz spektrogramu. Pomimo, że słyszalne są w nim szумy, to dźwięk samego pianina wydaje się być bardziej naturalny.

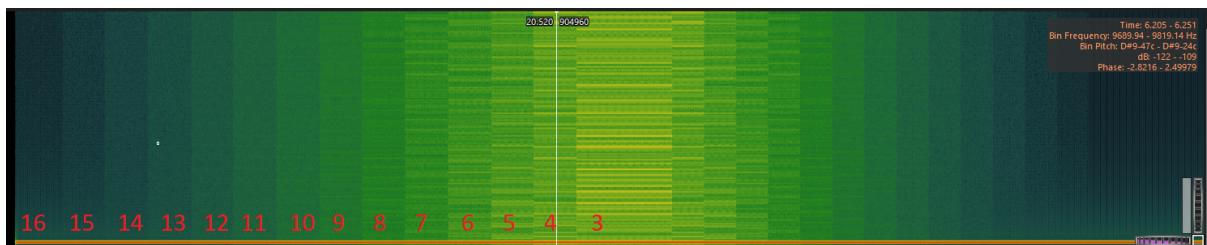
W wersji 1 i 2 słyszalne jest zamknięcie dźwięku, jest to spowodowane odcięciem wyższych częstotliwości z pasma.

Próbka 1 w stosunku do 2 jest zdecydowanie bardziej zaszumiona występuje metaliczny odgłos echa. Spektrogram dla próbki 2 wydaje się mieć więcej poziomów,

możliwe, że próbka 2 powstała przy pomocy lepszego algorytmu aproksymacji przy próbkowaniu.

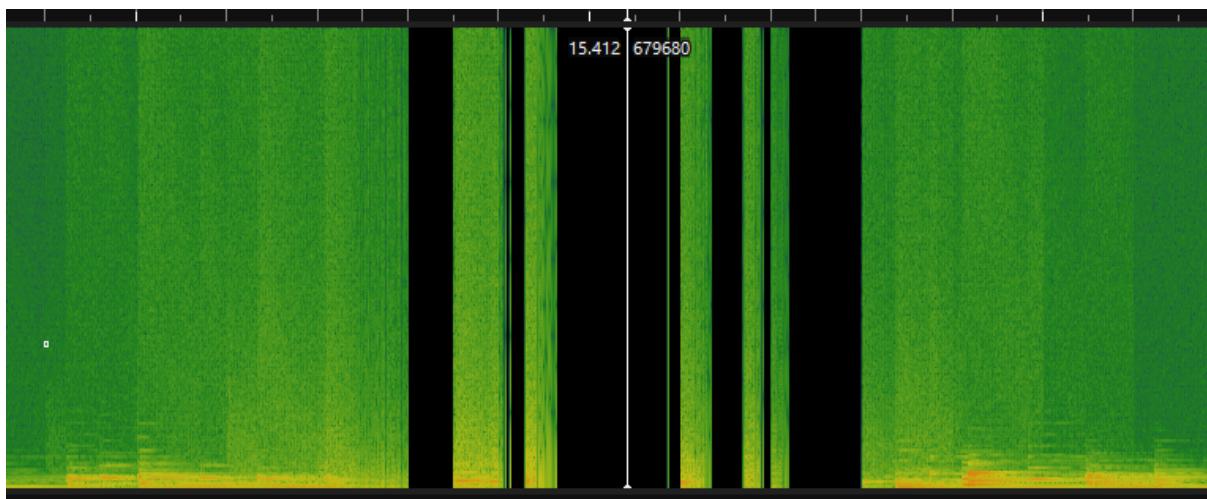
Zadanie 2 - Kwantyzacja

W wyznaczonej do sprawozdania próbce sygnału sinusoidalnego rozdzielczość kwantyzacji spadła do 3 bitów w 21.25 sekundzie. Można to zaobserwować poprzez rozłożenie mocy sygnału na szerokim spektrum oraz tym, że pojawia się wiele częstotliwości poza bazową częstotliwością sinusa. W sygnale w tej rozdzielczości słychać liczne zakłócenia i szумy.



Wiedząc, że sygnał rozpoczyna się 16 bitową rozdzielczością, możemy policzyć zmiany na spektrogramie.

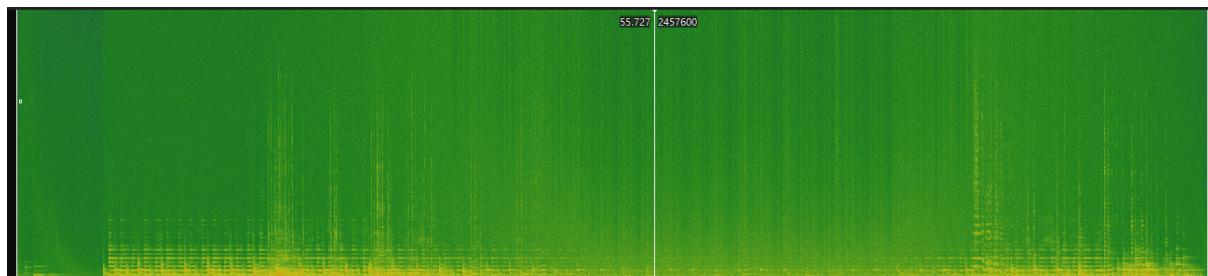
Przy analizie dźwięku pianina również wraz ze zmniejszaniem rozdzielczości kwantyzacji, narastały poziomy szumu oraz zakłóceń. W momentach gdy kwantyzacja była 2-bitowa widać i słyszać momenty kompletnej ciszy, które sugerują zastosowanie kwantyzatora typu mid-tread.



W przypadku próbki pianina nr. 2 brak momentów ciszy sugeruje użycie kwantyzatora mid-rise. Przy najniższej rozdzielczości nastąpiło wyraźne wzmacnienie całego sygnału wraz z szumami.

Podczas badania dźwięku multi instrumentalnego nagrania przy każdym obniżeniu poziomu głośności, artefakty związane z błędem kwantyzacji były coraz bardziej wyraźne. Około 39 sekundy, zaczęło pojawiać się charakterystyczne metaliczne echo, zaobserwowane przy okazji odsłuchu 1 (nie oryginalnej) próbki pianina z zadania 1.

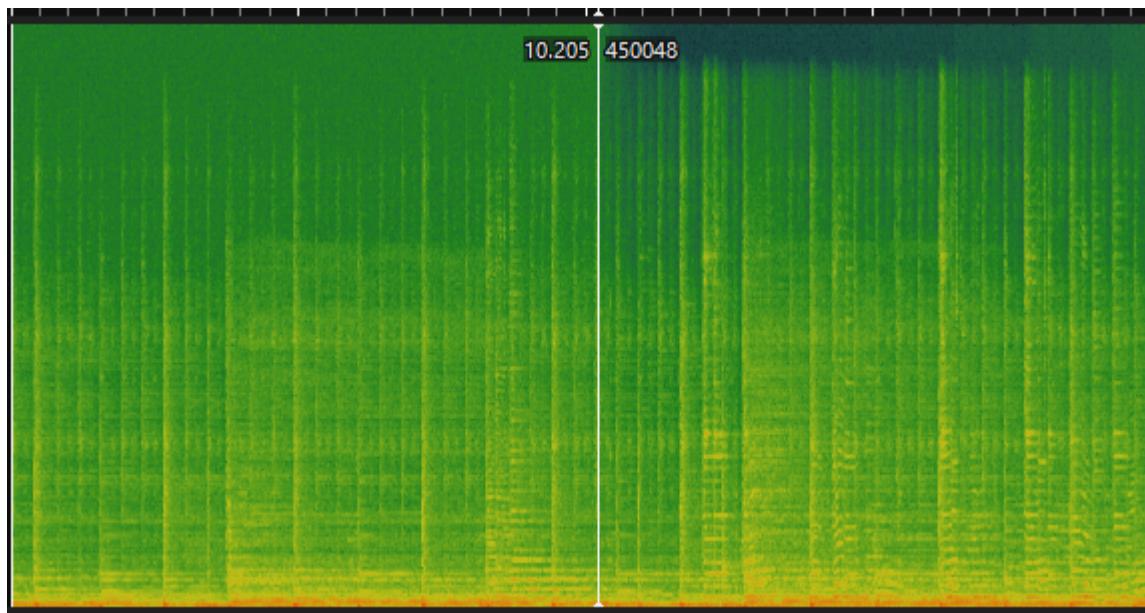
Ze zmniejszaniem się mocy sygnału następuje rozmycie częstotliwościowe sygnału, ale w dalszym ciągu, zachowana jest informacja muzyczna - utwór można rozpoznać, nawet w momencie największego rozmycia.



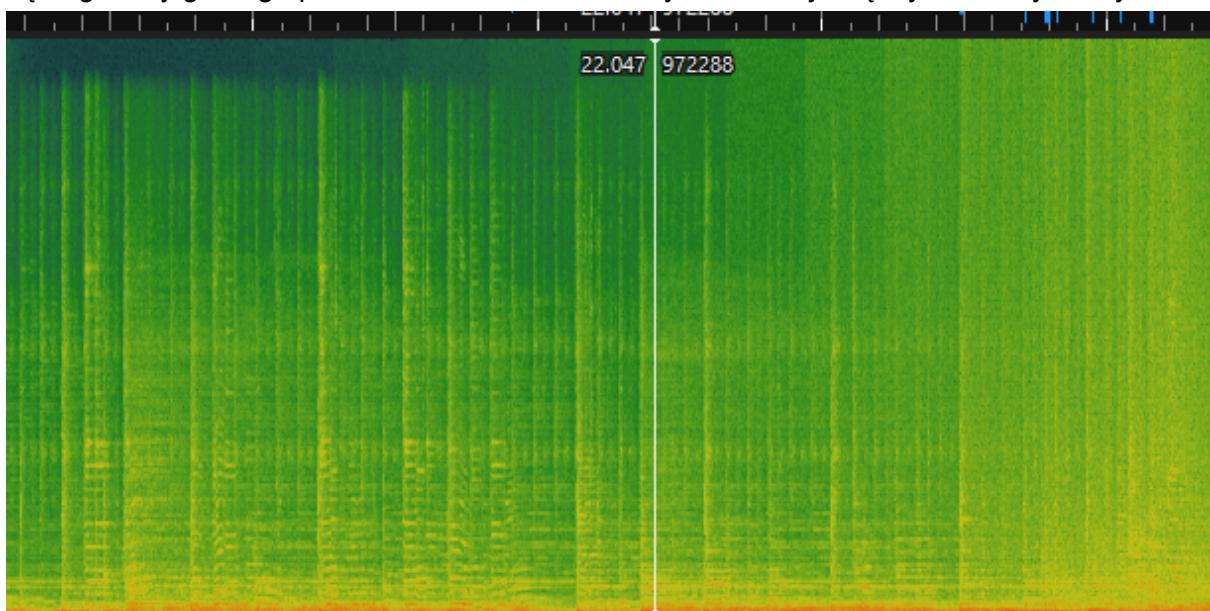
W przypadku drugiej próbki muzyki z wokalem, nie zauważylem znaczących zmian w stosunku do próbki instrumentalnej.

Sygnal w obu przypadkach można potraktować jako addytywny i niezależny od sygnału wejściowego

W próbce nr 3 na spektrogramie widoczny jest moment zmiany kwantyzatora - widoczne odcięcie górnego pasma. Nie wpłynęło to znacząco na jakość nagrania



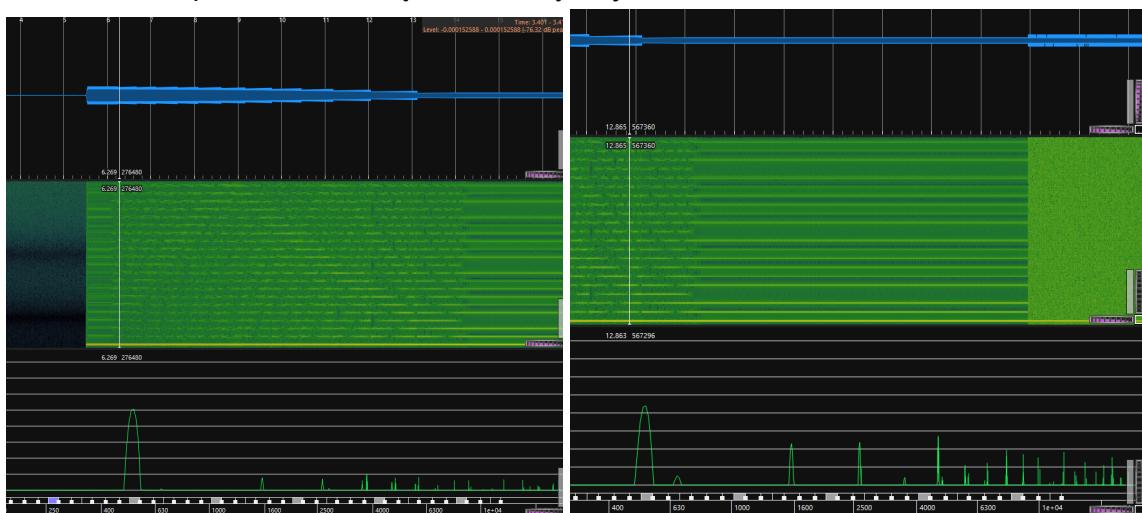
Zmniejszanie rozdzielczości widoczne jest na spektrogramie jako stopniowo zaciemniające się segmenty górnego pasma. Od około 22 sekundy, szum staje się wyraźnie słyszalny.



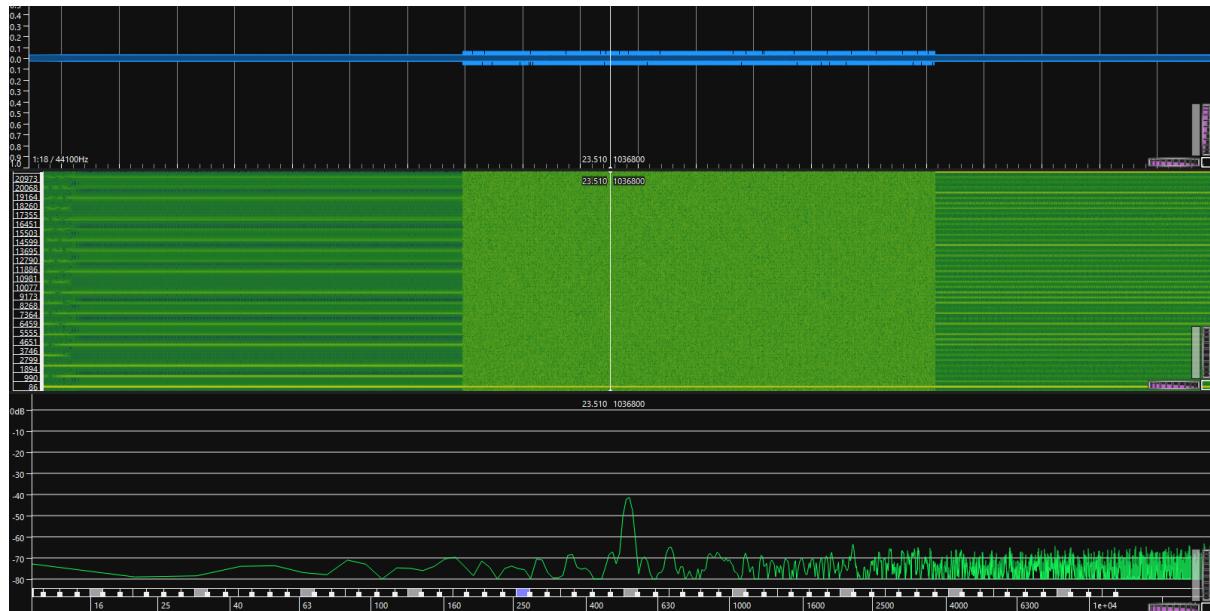
Zadanie 3. Dithering i kształtowanie szumu rekwantyzacji

[quantization_sinus_dth_noiseShaping_mono.wav](#)

Sygnał bez dithera wraz ze zmniejszaniem się poziomu wygnału przed kwantyzatorem i zwiększeniem mocy kwantyzacji ulega zniekształceniom - nasilają się częstotliwości harmoniczne spowodowane błędem kwantyzacji.



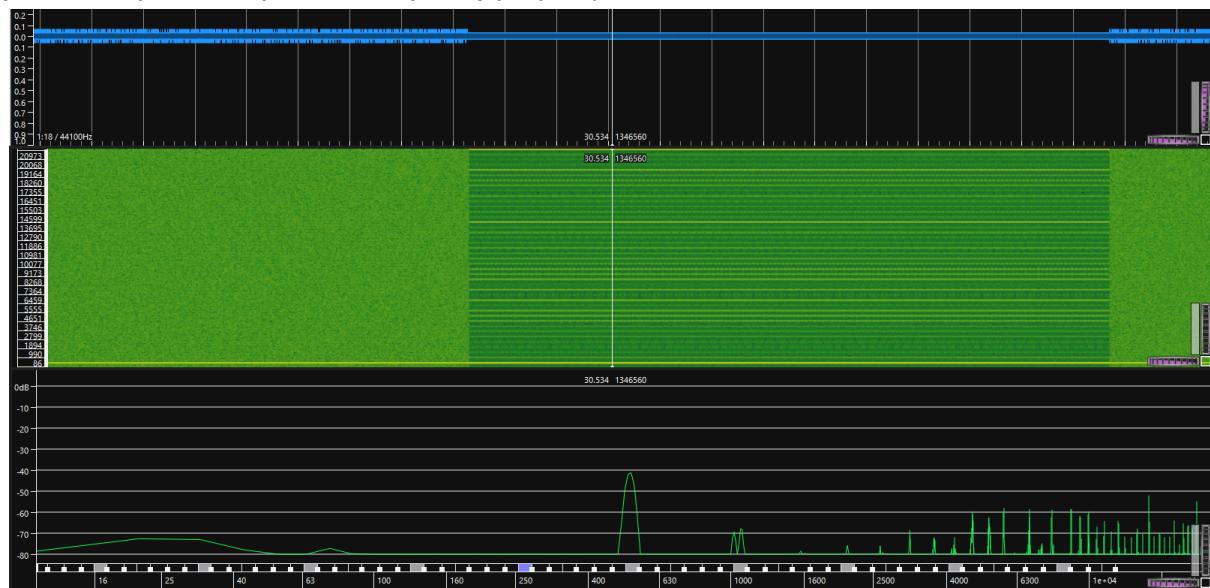
Pierwszy dither nakłada losowe częstotliwości na sygnał, odczyt mocy wskazuje na jedną stałą częstotliwość ~500Hz, której moc jest względnie stała. Słyszać wyraźne zaszumienie.



W odpowiednim przybliżeniu widać, że sygnał jest schodkowy z ostrymi pikami.

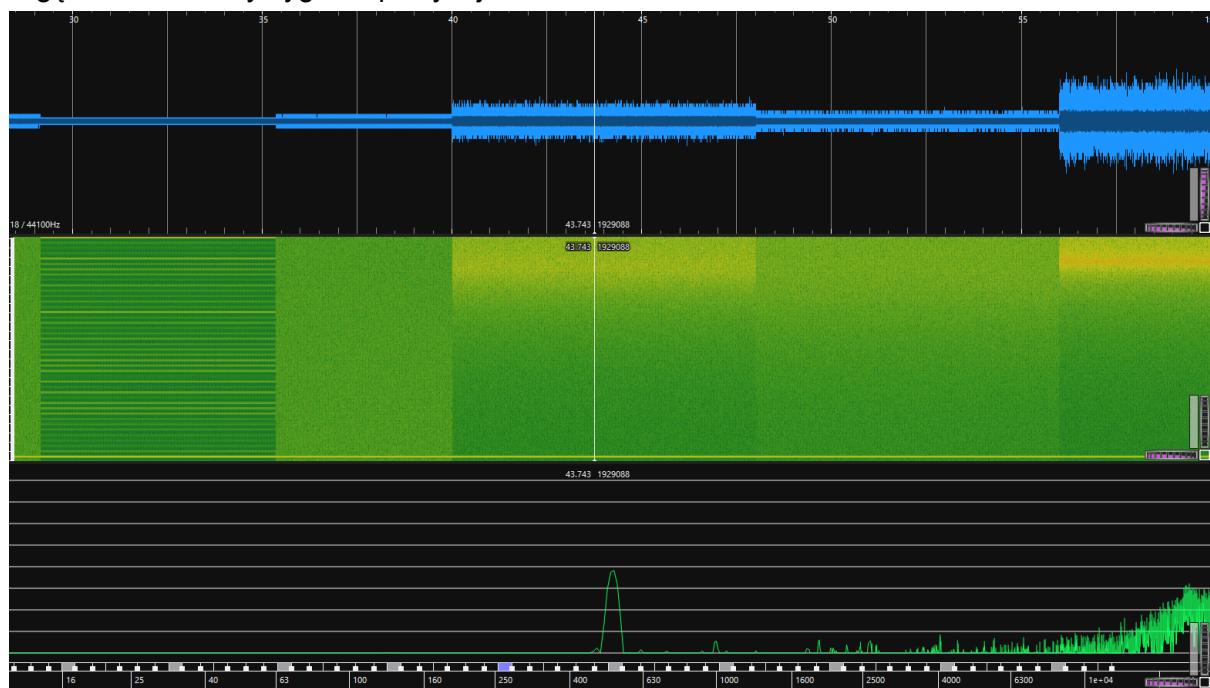


W przypadku drugiego dithera widać wyraźnie mniejsze zaszumienie, lecz w dalszym ciągu jest ono wyraźnie słyszalne. Pojawiają się częstotliwości harmoniczne.

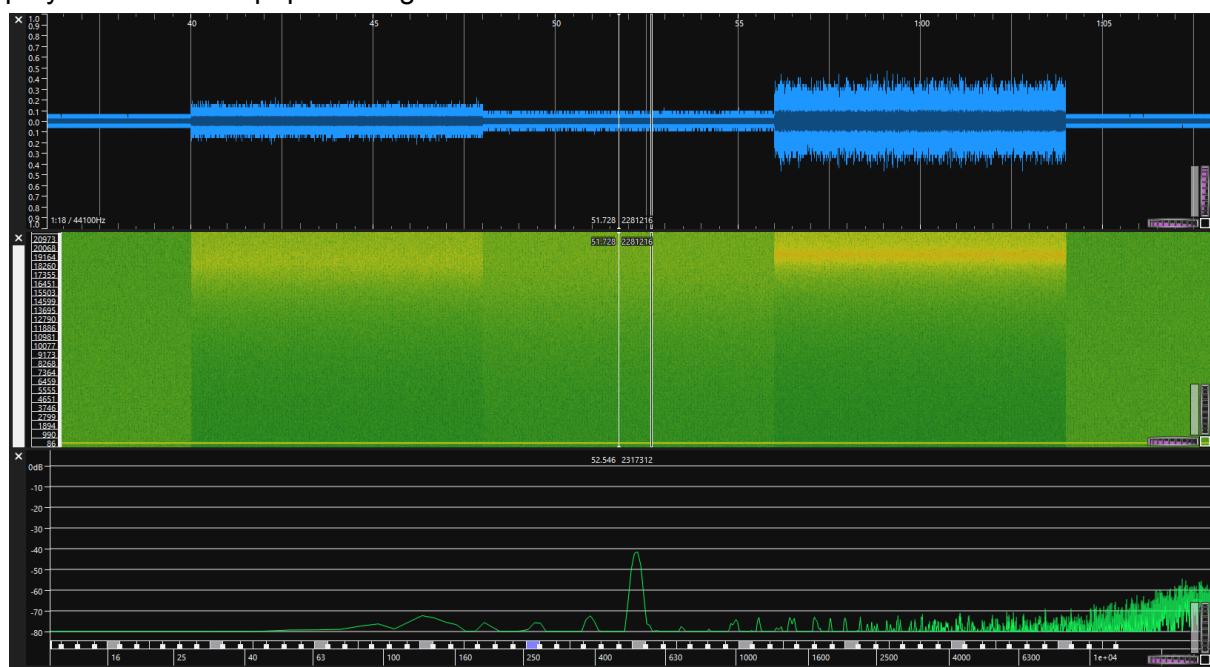


Kolejna próbka - pierwszy dither z łagodnym kształtowaniem szumów niewiele różni się zarówno w odsłuchu jak i odczytach od braku tego kształtowania.

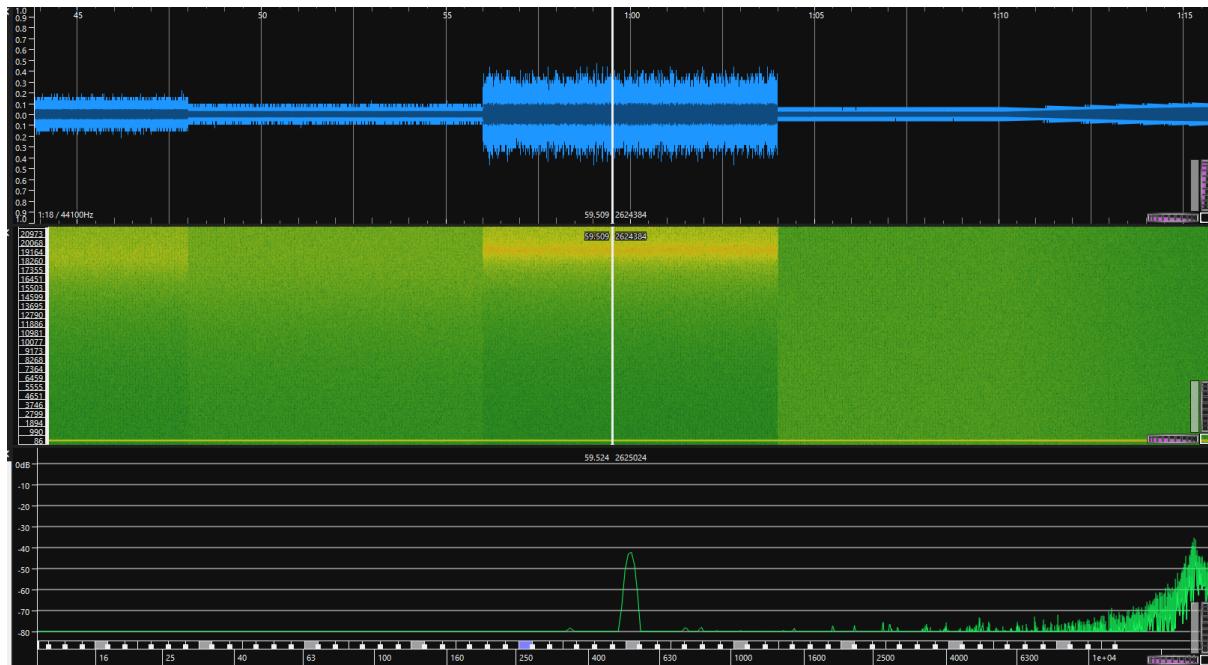
Zmiana parametrów filtra w kolejnej próbce pierwszego dithera powoduje wyraźne zagęszczenie mocy sygnału powyżej 15kHz



Zastosowanie szerszego filtru powoduje zmniejszenie sygnału sinusoidalnego oraz rozłożenie mocy szumu na częstotliwości, które są słyszalne - sygnał jest gorszej jakości niż przy zastosowaniu poprzedniego filtru.

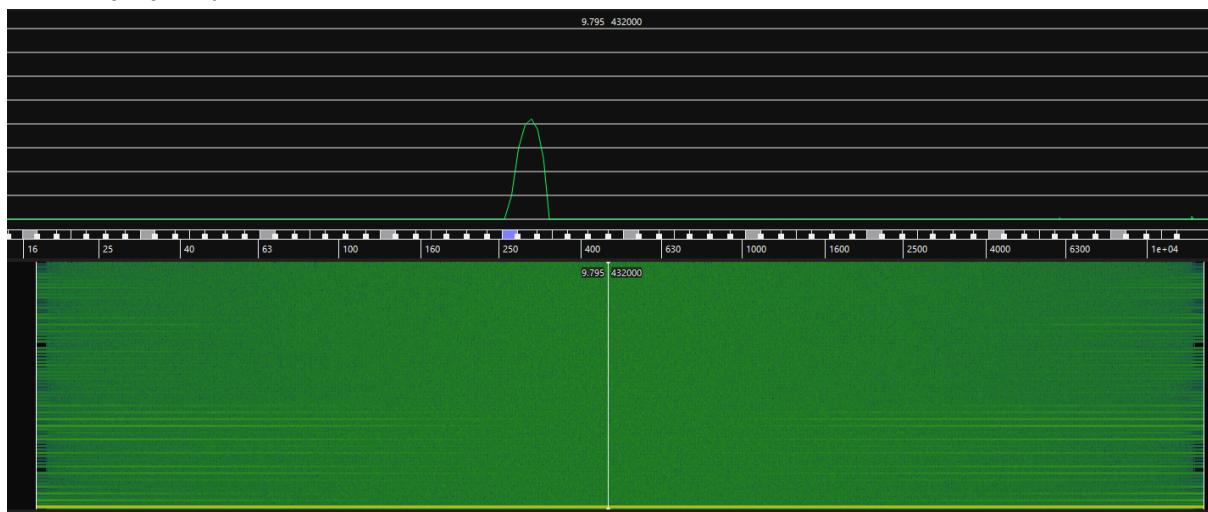


Najbardziej stromy filtr pomimo gorszej wartości odczytu mocy sygnału sinusoidalnego, przesuwa zagęszczenie mocy pasma na praktycznie niesłyszalne częstotliwości - dało to najlepszy akustycznie rezultat z przedstawionych próbek, pomimo niższej wartości SNR.



sinus_8bit_9LSBp-p_RPDF_0_to_1LSB_to_0.wav

Na podstawie odczytów spektrum i spektrogramu można stwierdzić, że od 8,3s do 11,7s nastąpiła skuteczna eliminacja zniekształceń. Podczas tego okresu, szacowana wartość LSB znajduje się w przedziale (0,83;1).



piano_8bit_9LSBp-p_RPDF_0_to_1LSB_to_0.wav

Na początku nagrania wyraźnie słyszać metaliczne echo - zniekształcenia harmoniczne. Podobny efekt występuje na końcu nagrania. Efekt ustaje dla wartości LBS > 0.65 (przedział czasowy 6.5s - 13.5s)

piano_faded_8bit_RPDF1LSB_rampDCoffset_changing.wav

Początek nagrania wskazuje na skuteczne wyeliminowania zniekształceń harmonicznych. Od 8.5s dźwięk zaczyna regularnie pulsować - słyszalny jest wyraźnie dołożony wielozmienny sygnał trójkątny

piano_faded_8bit_TPDF1LSB_rampDCoffset_changing.wav

Wykorzystanie dithera TPDF skutecznie wyeliminowało efekt pulsowania, słyszalny i widoczny na spektrogramie w próbce RPDF.

noise_shaping_floor.wav

TPDF 2LSB - rozkład szumu w całym paśmie jest równomierny.

HPF TPDF 2LSB - częściej pojawiającą się piki mocy w wyższej częstotliwości, pomimo tego rozkład mocy sygnału jest stosunkowo równomierny.

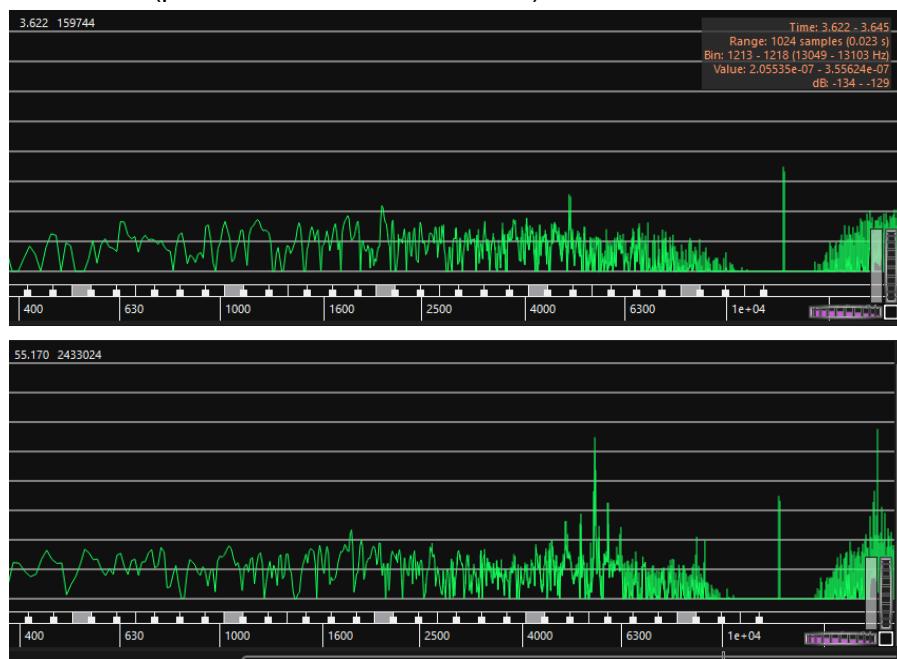
TPDF 2LSB kształtowany filtrem 1-szego rzędu - widoczne jest zagęszczenie mocy sygnału w górnym paśmie sygnału powyżej 9kHz

TPDF 2LSB kształtowany funkcją 9-tego rzędu ważoną charakterystykami odwrotnymi do krzywych izofonicznych - widoczne jest zagęszczenie mocy sygnału w górnym paśmie sygnału powyżej 14kHz

Zadanie 4. Jitter i błędy synchronizacji zegarów

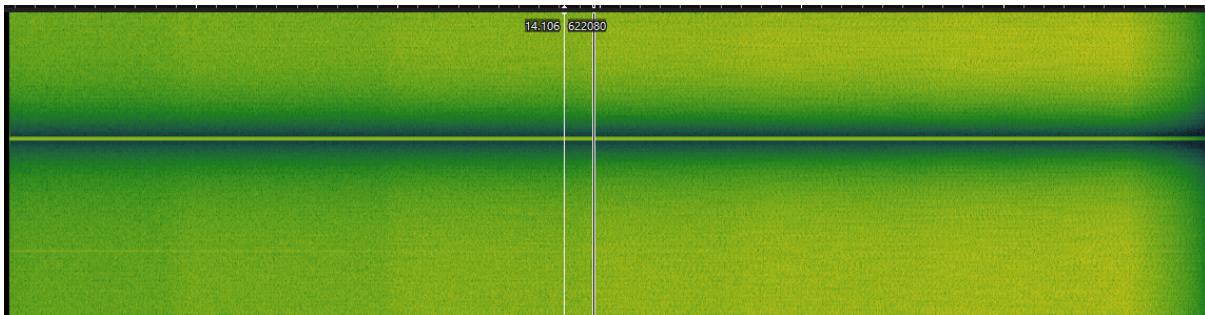
jitter1.wav - zmodulowany sygnałem prostokątnym o częstotliwości 8kHz

Wraz z czasem wzrasta amplituda sygnału wejściowego, powoduje to wyraźniejsze zakłócenia (piki w 5,6 kHz oraz 20,5 kHz) które wraz ze wzrostem amplitudy uwypukla jitter.



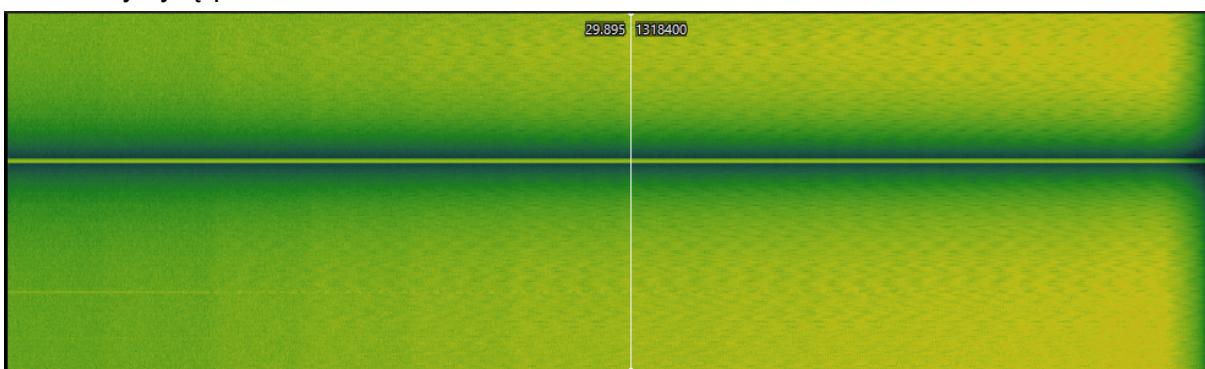
jitter2.wav - zmodulowany sygnałem sygnałem szumowym

W przeciwieństwie do modulacji sygnałem prostokątnym, zakłócenia wpływ na szersze spektrum - szum wraz ze wzrostem amplitudy staje się mocniejszy.



jitter3.wav - zmodulowany sygnałem o niskiej częstotliwości

Wraz ze wzrostem amplitudy, pojawia się szum na całym spektrum, ale zawiera ono charakterystykę pulsowania.



jitter4.wav, jitter5.wav, jitter6.wav, oraz jitter7.wav

Zakłócenia są niesłyszalne z wyjątkiem 21s, gdzie głośność nagrania przekroczyła maksymalny rejestrowany przez mikrofon dźwięk (clipping). Może mieć na to wpływ, że charakterystyka częstotliwościowa instrumentu posiada kilka dominujących składowych w tym samym czasie. Wyczuwalne jest lekkie falowanie dźwięku, które spowodowane jest efektem vibrato wykonanym przez muzyka.

sync1.wav

Sygnal jest niesłyszalny. Słyszać wyłącznie zakłócenia w postaci "pyknięć".

sync2.wav

Sygnal jest słyszalny zakłócenia podobne do poprzedniej próbki

sync3.wav

Słyszalne są zakłócenia takie jak opisane w poprzednich próbkach. W przeciwieństwie do poprzednich przykładów, nie widzialne są one na spektrogramie .