

Inzicht in het HDMI-audio jitter reductie circuit in de OPPO UDP-205. Vertaling bladzijde 8

Understanding the HDMI Audio Jitter Reduction Circuit in the OPPO UDP-205

<http://www.oppodigital.com/KnowledgeBase.aspx?KBID=129>

The Challenge

HDMI is the most commonly used audio/video interface these days, delivering ultra-high definition video and high resolution audio from source devices like Blu-ray Disc players to downstream equipment such as TVs and A/V processors or receivers. While HDMI has been great for transmitting video with its huge bandwidth, audio enthusiasts often question its ability to carry audio. Transmitting digital audio requires two elements: audio data and clock. The question is not about whether HDMI can carry digital audio data accurately in a bit-for-bit perfect sense (it can!), but whether it can deliver the data bits at perfect time intervals based on the original audio clock timing. When data bits arrive at slightly varying time intervals, the problem is called "jitter" and it has negative impact on the quality of converting the audio data back to audible sound, a process called digital-to-analog conversion.

The problem of digital audio jitter has been well documented and thoroughly discussed by industry experts, for a brief overview, the [About Jitter: Digital Audio's Weakest Link](#) presentation by the experts at ESS Technology is a good reference.

The HDMI technology was developed from DVI (Digital Video Interface), which does not carry audio at all. When the requirement to carry audio appeared for HDMI, the decision was made that audio data should be carried in data packets and inserted into so called "data islands" during the blanking interval of video. This way no extra wire or bandwidth is needed in order to carry audio, and the audio clock signal is completely eliminated over HDMI. Instead, HDMI defines a mechanism to reconstruct the audio clock on the receiving side using the video clock and a pair of multiplier and divisor values called N and CTS.

At the receiving side, the audio clock is reconstructed from the video clock using a clock divider and a clock multiplier following this formula:

$$128 \cdot f_s = f_v \cdot N / CTS$$

" f_s " is the audio clock frequency. " f_v " is the video clock frequency. "N" is a constant defined by the HDMI specification. "CTS" is called a Cycle Time Stamp because it is generated by counting the number of video clock pulses in each of the $128 \cdot f_s / N$ time frame. The HDMI cable has a dedicated pair of wires for carrying the video clock. N and CTS values are transmitted to the receiving side using special "Audio Clock Regeneration Packets" so that the receiving side has all three parts to reconstruct the audio clock.

For example, when sending an audio signal with a 44.1 kHz sample rate with a 1080p 60 Hz video signal, the video clock is 148.5 MHz, N is 6272, and CTS is 165000. The hardware on the receiving side can reconstruct a 44.1 kHz clock signal by doing this simple math:

$$((148,500,000 * 6272) / 165,000) / 128 = 44,100$$

The above example is the ideal scenario, but in a real piece of consumer electronics equipment, the situation is not that simple.

Now consider that the video clock may not be exactly 148.5 MHz (CEA and VESA standards allow a +/- 0.5% video clock frequency tolerance), and that the video clock may have high jitter (HDMI 1.4 specifications allow a 0.25 Tbit [25% of a clock cycle time] clock jitter at the transmitting end), the quality of the reconstructed audio clock can definitely be affected by the quality of the video clock.

Another potential problem is that at the source side, the video clock frequency is decided by the video format used, while the audio clock frequency is usually a fixed value based on the original audio encoding. The video and audio clocks may not originate from a common clock source, so it might not be possible to get a fixed CTS value. For example, if the audio clock is 32 kHz and the video is 720p 59.94 Hz, the CTS value would be alternating between 210,937 and 210,938 because there is no rational (integer divided by integer) relationship between the two clock frequencies. When the CTS value keeps changing, the reconstructed audio clock will have higher jitter.

The Solution

In the OPPO UDP-205 Audiophile UHD 4K Blu-ray Disc player, OPPO engineers address the two problems outlined above with a unique HDMI Audio Jitter Reduction Circuit. The goal of this circuit is to provide a very stable video clock and a constant integer CTS value. This way when the receiving side reconstructs the audio clock, it has a clock source with extremely low jitter to begin with, and there is no extra jitter induced by a varying CTS value.

The main challenge for getting a very stable video clock in a universal disc player is the many video formats that must be supported. Different video formats require different video clock frequencies. It is not possible to generate all of these frequencies directly from many clock oscillators, so instead a master clock and multiple PLLs (Phase Locked Loops) are used to generate the required video clock frequencies. However the use of multiple PLLs degrades the quality of the video clock in comparison to the original master clock. Fortunately, the UDP-205 has two HDMI ports: an HDMI 2.0 port supporting all video formats including Ultra HD, and an audio-only HDMI port. Since the actual video can be carried over the main HDMI 2.0 port, OPPO engineers can completely discard the original video clock on the audio-only HDMI port, and replace it with a dedicated high stability and ultra-low jitter master clock.

What is the best frequency for this new master clock? OPPO engineers looked deep into the HDMI specifications and decided on the 148.5 MHz frequency. This 148.5 MHz is a magic number. It is the video clock frequency for the 1080p 50 Hz and 1080p 60 Hz video formats, the two highest formats supported by HDMI 1.4. Since audio bandwidth over HDMI is directly dependent on the video bandwidth, having the highest video bandwidth ensures that the UDP-

205 can handle all high-resolution audio formats. The 148.5 MHz video clock frequency also has a rational relationship with all common audio clock frequencies, resulting in constant CTS values for all sample rates including 32 kHz, 44.1 kHz, 88.2 kHz, 176.4 kHz, 48 kHz, 96 kHz, 192 kHz, and so on. The following table summarizes the N and CTS values using this 148.5 MHz clock for all these audio sample rates:

Audio Sample Rate	N value	CTS value
32 kHz	4096	148500
44.1 kHz	6272	165000
88.2 kHz	12544	165000
176.4 kHz	25088	165000
48 kHz	6144	148500
96 kHz	12288	148500
192 kHz	24576	148500

OPPO engineers set out to look for the best 148.5 MHz clock source for this design, and ended up having Seiko Epson Corporation custom-build a Surface Acoustic Wave (SAW) oscillator for the UDP-205. When compared to crystal oscillators (XO) or crystal oscillators with PLLs (PLL-XO), a SAW oscillator has significant advantages. SAW is able to produce high frequencies with fundamental mode oscillation only, resulting in a clean clock source with no spurs and does not exhibit frequency jumps. It does not require PLLs to achieve the 148.5 MHz output. SAW has ultra-low jitter and excellent phase noise performance. The long term stability and reliability of SAW are far better than a crystal oscillator at the same 148.5 MHz frequency since the crystal tuning fork will be too thin to be reliable. The SAW oscillator clock source ensures that the UDP-205 has the best possible clock signal for HDMI audio.

In order to further remove the dependency of the audio signal to video, the UDP-205 utilizes a special video pattern generator chip to create a video stream with full black content and sends the black video with the high quality clock to the downstream audio processor or receiver.

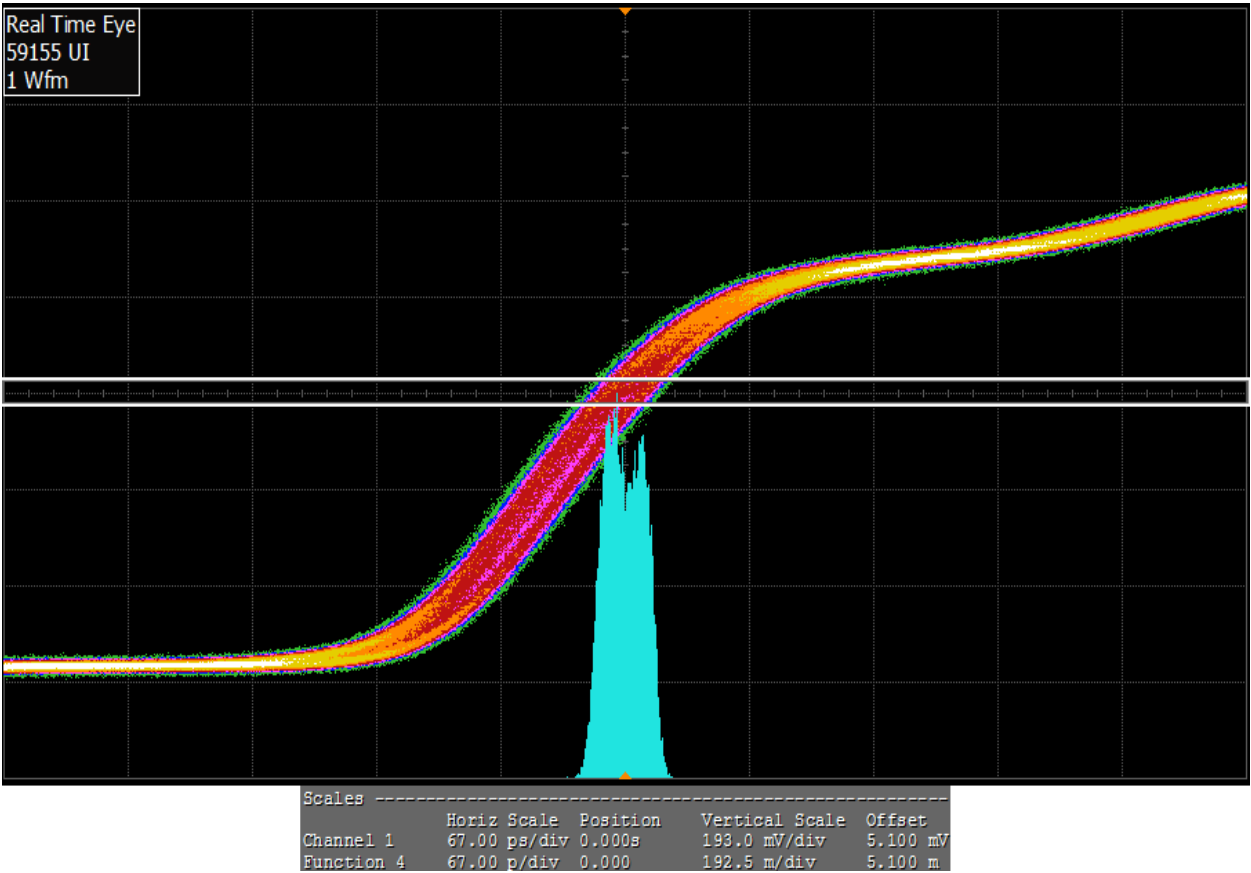
Once the signal reaches the receiving end, for PCM and DSD audio, the reconstructed audio clock is usually used directly to drive the audio data. As a result, the HDMI audio jitter reduction circuit can improve the sound quality of PCM and DSD audio directly. For bitstream audio in compressed formats such as Dolby Atmos, Dolby TrueHD, DTS:X or DTS-HD Master, the jitter reduction benefit depends on whether the decoder design in the audio processor/receiver uses a synchronous or asynchronous clock. Compressed audio decoding requires buffering of the audio data and performing mathematic manipulations. If the decoder uses a synchronous clock design, the decoded data is usually driven out with a clock that is 1x, 2x, or 4x that of the reconstructed audio clock but synchronized to it, so the benefit can carry over. If the decoder uses a completely new, locally generated clock to drive out the decoded data, then jitter reduction on the player side is not a benefit, but the same circuit ensures error-free delivery of the bitstream audio data to the decoder thanks to a very stable HDMI video clock and a constant CTS value.

The Results

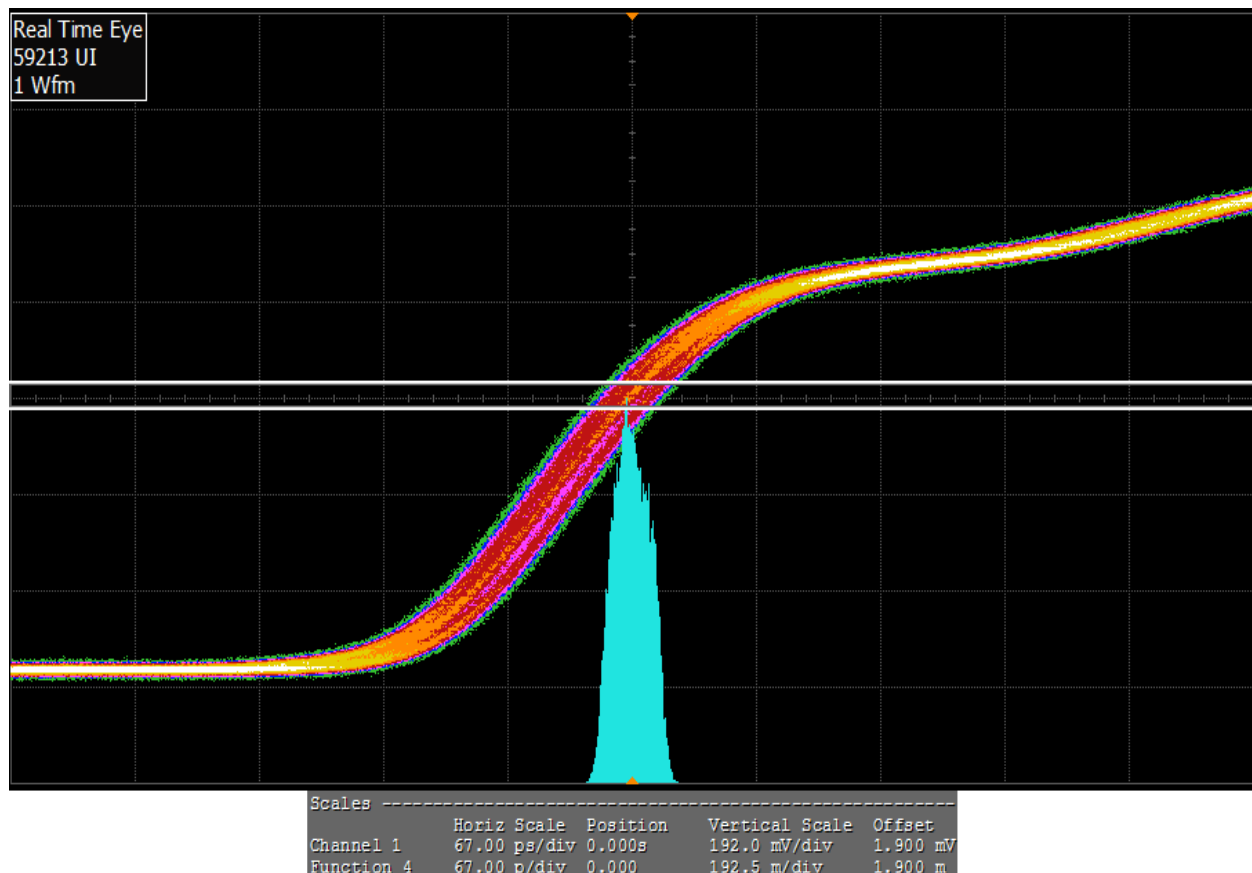
So how does the HDMI audio jitter reduction circuit of the OPPO UDP-205 perform? OPPO engineers conducted lab tests to find out and here are the results.

First, take a look at the HDMI video clock quality. Since the clock frequency is very high, jitter measurements at this frequency must be done with special test equipment that captures an "Eye Diagram".

This is the zoomed-in eye diagram of the normal 1080p video clock from the UDP-205. The clock jitter is measured to be 0.080 Tbit, or 53.82 ps.



This is the zoomed-in eye diagram of the video clock after the HDMI jitter reduction circuit is inserted. The clock jitter is measured to be 0.075 Tbit, or 50.67 ps.

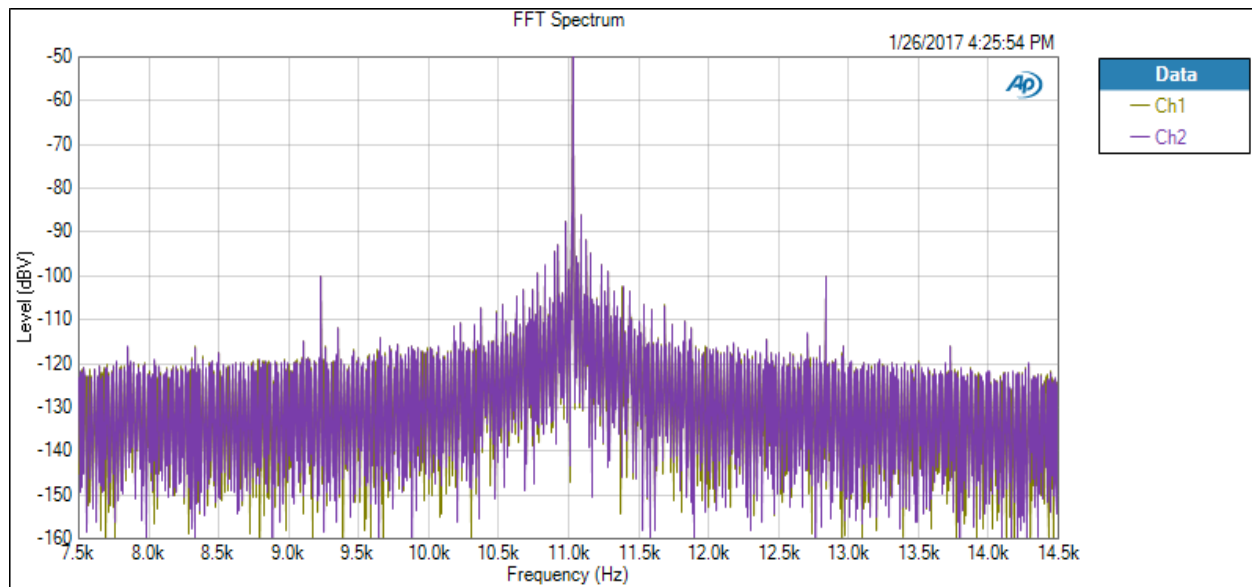


As can be seen from the above eye diagrams and measurements, the HDMI clock jitter has been reduced. Although the reduction is only a few pico-seconds and does not seem to be a big percentage, keep in mind that the UDP-205 is already a very high performance design to begin with, and any small performance gain is like a cherry on top.

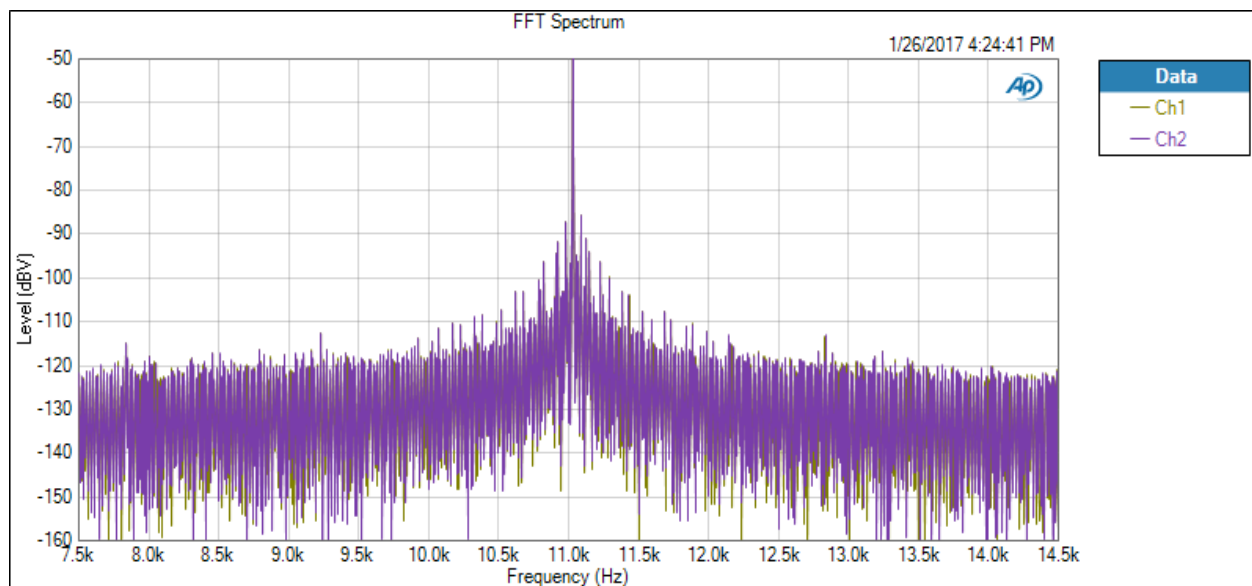
Next, OPPO engineers used the famous "J-test" audio signal to test the actual impact to digital audio transmission over HDMI. The player plays the J-test audio file, which is a high level main signal at 1/4 the sample rate with a low level square wave modulation at 1/192 of the sample rate. The digital audio signal is transmitted over HDMI, and then converted to analog audio by an A/V processor. The analog signal is then processed by FFT (Fast Fourier Transform) to show the energy of all frequencies around the original high level signal. Jitter artifacts are shown as sidebands around the main signal. The higher the sideband levels are, the higher the jitter is.

In order to isolate the benefit of the UDP-205's HDMI jitter reduction circuit, the engineers intentionally selected a lower end mass market A/V processor for this experiment. The reason is that some high-end A/V processors have their own clock regeneration or clock isolation circuit, so the test result may be attributed to the A/V processor's design rather than the UDP-205. Using a mass market A/V processor may not reveal the best possible performance from the UDP-205, but the key here is to identify the sidebands to see how the jitter reduction circuit performs.

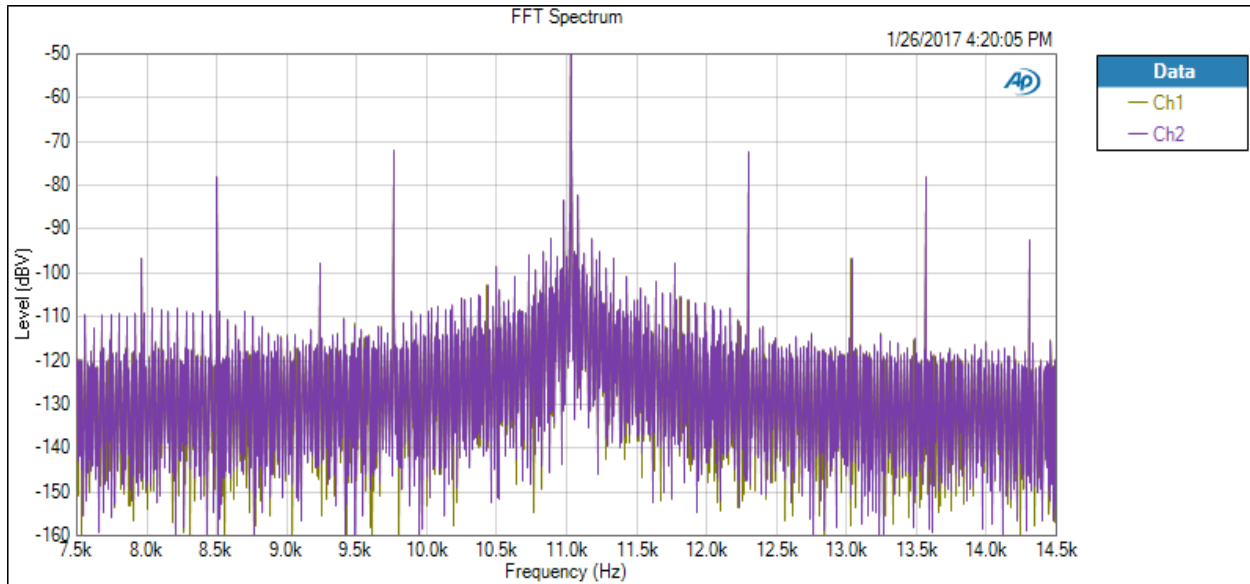
This image below is the zoomed-in FFT of the J-test signal transmitted by a prototype UDP-205 using the original 1080p video clock. Note that the two high sidebands are at around the -100 dB level.



The next image is the zoomed-in FFT of the J-test signal transmitted by the same UDP-205 using the special 148.5 MHz HDMI clock. Note the sideband level is reduced to about -115 dB. This is a significant reduction of actual audio jitter artifacts.



Just for the sake of comparison, the following is the same J-test signal played via a competitor's Blu-ray Disc player, whose brand and model will remain unidentified.



The Conclusion

The HDMI jitter reduction circuit in the UDP-205 is a unique design which can significantly reduce jitter and eliminate timing errors. Customers can enjoy their music with increased accuracy when using the audio-only HDMI output port for connecting the audio signal to an A/V processor or receiver.

Inzicht in het HDMI-audio jitter reductie circuit in de OPPO UDP-205

<http://www.oppodigital.com/KnowledgeBase.aspx?KBID=129>

De Uitdaging

HDMI is tegenwoordig de meest gebruikte audio/video-interface en levert ultra-high definition video en audio met hoge resolutie van bronapparaten zoals Blu-ray Disc-spelers tot downstream-apparatuur zoals tv's en A/V-processors of -ontvangers. Hoewel HDMI geweldig is geweest voor het verzenden van video met zijn enorme bandbreedte, twijfelen audioliefhebbers vaak aan het vermogen om audio over te brengen. Voor het verzenden van digitale audio zijn twee elementen nodig: audiogegevens en klok. De vraag is niet of HDMI digitale audiogegevens nauwkeurig kan overbrengen in een bit-voor-bit perfecte zin (dat kan!), maar of het de databits met perfecte tijdsintervallen kan leveren op basis van de oorspronkelijke timing van de audioklok. Wanneer databits met enigszins variërende tijdsintervallen aankomen, wordt het probleem "jitter" genoemd en heeft het een negatieve invloed op de kwaliteit van het converteren van de audiogegevens naar hoorbaar geluid, een proces dat digitaal-naar-analoog-conversie wordt genoemd.

Het probleem van digitale audiojitter is goed gedocumenteerd en grondig besproken door experts uit de industrie, voor een kort overzicht is de [presentatie About Jitter: Digital Audio's Weakest Link](#) door de experts van ESS Technology een goede referentie.

De HDMI-technologie is ontwikkeld op basis van DVI (Digital Video Interface), die helemaal geen audio draagt. Toen de eis om audio te dragen voor HDMI verscheen, werd besloten dat audiogegevens in datapakketten moesten worden vervoerd en in zogenaamde "data-eilanden" moesten worden ingevoegd tijdens het blanking-interval van video. Op deze manier is er geen extra draad of bandbreedte nodig om audio over te dragen en wordt het audiokloksignaal volledig geëlimineerd via HDMI. In plaats daarvan definieert HDMI een mechanisme om de audioklok aan de ontvangende kant te reconstrueren met behulp van de videoklok en een paar vermenigvuldigings- en delerwaarden genaamd N en CTS.

Aan de ontvangende kant wordt de audioklok gereconstrueerd uit de videoklok met behulp van een klokdeeler en een klokvermenigvuldiger volgens deze formule:

$$128 \cdot f_s = f_v \cdot N / CTS$$

"FS" is de klokfrequentie van de audio. "FV" is de klokfrequentie van de video. "N" is een constante die wordt gedefinieerd door de HDMI-specificatie. "CTS" wordt een cyclustijdstempel genoemd omdat het wordt gegenereerd door het aantal videoklokpulsen in elk van de $128 \cdot f_s / N$ -tijdsbestekken te tellen. De HDMI-kabel heeft een speciaal paar draden voor het dragen van de videoklok. N- en CTS-waarden worden naar de ontvangende kant verzonden met behulp van speciale "Audio Clock Regeneration Packets", zodat de ontvangende kant alle drie de delen heeft om de audioklok te reconstrueren.

Bij het verzenden van een audiosignaal met een samplefrequentie van 44,1 kHz met een videosignaal van 1080p 60 Hz is de videoklok bijvoorbeeld 148,5 MHz, N 6272 en CTS 165000.

De hardware aan de ontvangende kant kan een kloksignaal van 44,1 kHz reconstrueren door deze eenvoudige wiskunde uit te voeren:

$$((148.500.000 * 6272) / 165.000) / 128 = 44.100$$

Het bovenstaande voorbeeld is het ideale scenario, maar in een echt stuk consumentenelektronica is de situatie niet zo eenvoudig.

Bedenk nu dat de videoklok misschien niet precies 148,5 MHz is (CEA- en VESA-standaarden staan een frequentietolerantie van +/- 0,5% van de videoklok toe), en dat de videoklok een hoge jitter kan hebben (HDMI 1.4-specificaties staan een klokjitter van 0,25 Tbit [25% van een klokcyclustijd] toe aan de zendende kant), de kwaliteit van de gereconstrueerde audioklok kan zeker worden beïnvloed door de kwaliteit van de videoklok.

Een ander potentieel probleem is dat aan de bronzijde de videoklokfrequentie wordt bepaald door het gebruikte videoformaat, terwijl de audioklokfrequentie meestal een vaste waarde is op basis van de originele audiocodering. De video- en audioklokken zijn mogelijk niet afkomstig van een gemeenschappelijke klokbron, dus het is mogelijk dat het niet mogelijk is om een vaste CTS-waarde te krijgen. Als de audioklok bijvoorbeeld 32 kHz is en de video 720p 59.94 Hz, zou de CTS-waarde afwisselend tussen 210.937 en 210.938 liggen, omdat er geen rationale (geheel getal gedeeld door geheel getal) relatie is tussen de twee klokfrequenties. Wanneer de CTS-waarde blijft veranderen, zal de gereconstrueerde audioklok een hogere jitter hebben.

De oplossing

In de OPPO UDP-205 Audiophile UHD 4K Blu-ray Disc-speler pakken OPPO-ingenieurs de twee hierboven beschreven problemen aan met een uniek HDMI Audio Jitter Reduction Circuit. Het doel van dit circuit is om een zeer stabiele videoklok en een constante gehele CTS-waarde te bieden. Op deze manier heeft de ontvangende kant, wanneer deze de audioklok reconstrueert, om te beginnen een klokbron met een extreem lage jitter en wordt er geen extra jitter veroorzaakt door een variërende CTS-waarde.

De grootste uitdaging om een zeer stabiele videoklok in een universele schijfspeler te krijgen, zijn de vele videoformaten die moeten worden ondersteund. Verschillende videoformaten vereisen verschillende videoklokfrequenties. Het is niet mogelijk om al deze frequenties rechtstreeks uit veel klokoscillatoren te genereren, dus in plaats daarvan worden een hoofdklok en meerdere PLL's (Phase Locked Loops) gebruikt om de vereiste videoklokfrequenties te genereren. Het gebruik van meerdere PLL's verslechtert echter de kwaliteit van de videoklok in vergelijking met de originele hoofdklok. Gelukkig heeft de UDP-205 twee HDMI-poorten: een HDMI 2.0-poort die alle videoformaten ondersteunt, inclusief Ultra HD, en een HDMI-poort met alleen audio. Aangezien de eigenlijke video kan worden overgedragen via de HDMI 2.0-hoofdpoot, kunnen OPPO-ingenieurs de originele videoklok volledig weggooien op de HDMI-poort met alleen audio en deze vervangen door een speciale hoofdklok met hoge stabiliteit en ultralage jitter.

Wat is de beste frequentie voor deze nieuwe moederklok? OPPO-ingenieurs keken diep in de HDMI-specificaties en kozen voor de 148.5 MHz-frequentie. Deze 148,5 MHz is een magisch getal. Het is de videoklokfrequentie voor de videoformaten 1080p 50 Hz en 1080p 60 Hz, de

twee hoogste formaten die worden ondersteund door HDMI 1.4. Aangezien de audiobandbreedte via HDMI direct afhankelijk is van de videobandbreedte, zorgt de hoogste videobandbreedte ervoor dat de UDP-205 alle audioformaten met hoge resolutie aankan. De videoklokfrequentie van 148,5 MHz heeft ook een rationele relatie met alle gangbare audioklokfrequenties, wat resulteert in constante CTS-waarden voor alle samplefrequenties, waaronder 32 kHz, 44,1 kHz, 88,2 kHz, 176,4 kHz, 48 kHz, 96 kHz, 192 kHz, enzovoort. De volgende tabel geeft een overzicht van de N- en CTS-waarden met behulp van deze 148,5 MHz-klok voor al deze audiosamplefrequenties:

Frequentie van audio-bemonstering	N-waarde	CTS-waarde
32 kHz	4096	148500
44,1 kHz	6272	165000
88,2 kHz	12544	165000
176,4 kHz	25088	165000
48 kHz	6144	148500
96 kHz	12288	148500
192 kHz	24576	148500

OPPO-ingenieurs gingen op zoek naar de beste 148,5 MHz-klokbron voor dit ontwerp en lieten Seiko Epson Corporation uiteindelijk een Surface Acoustic Wave (SAW)-oscillator op maat bouwen voor de UDP-205. In vergelijking met kristaloscillatoren (XO) of kristaloscillatoren met PLL's (PLL-XO) heeft een SAW-oscillator aanzienlijke voordelen. SAW is in staat om hoge frequenties te produceren met alleen oscillatie in de fundamentele modus, wat resulteert in een schone klokbron zonder sporen en geen frequentiesprongen vertoont. Er zijn geen PLL's nodig om de 148.5 MHz-uitvoer te bereiken. SAW heeft een ultralage jitter en uitstekende prestaties op het gebied van faseruis. De stabiliteit en betrouwbaarheid op lange termijn van SAW zijn veel beter dan een kristaloscillator op dezelfde frequentie van 148,5 MHz, omdat de kristallen stembork te dun zal zijn om betrouwbaar te zijn. De SAW oscillator klokbron zorgt ervoor dat de UDP-205 het best mogelijke kloksignaal heeft voor HDMI-audio.

Om de afhankelijkheid van het audiosignaal van video verder weg te nemen, maakt de UDP-205 gebruik van een speciale videopatroongeneratorchip om een videostream met volledige zwarte inhoud te creëren en stuurt de zwarte video met de klok van hoge kwaliteit naar de downstream-audioprocessor of -ontvanger.

Zodra het signaal de ontvangende kant bereikt, wordt voor PCM- en DSD-audio meestal de gereconstrueerde audioklok rechtstreeks gebruikt om de audiogegevens aan te sturen. Als gevolg hiervan kan het HDMI-audiojitterreductiecircuit de geluidskwaliteit van PCM- en DSD-audio direct verbeteren. Voor bitstream-audio in gecomprimeerde formaten zoals Dolby Atmos, Dolby TrueHD, DTS:X of DTS-HD Master hangt het voordeel van jitterreductie af van het feit of het decoderontwerp in de audioprocessor/ontvanger een synchrone of asynchrone klok gebruikt. Gecomprimeerde audiodecodering vereist buffering van de audiogegevens en het uitvoeren van wiskundige manipulaties. Als de decoder een synchroon klokontwerp gebruikt, worden de gedecodeerde gegevens meestal verdreven met een klok die 1x, 2x of 4x zo groot is als die van de gereconstrueerde audioklok, maar ermee gesynchroniseerd, zodat het voordeel kan worden overgedragen. Als de decoder een volledig nieuwe, lokaal gegenereerde klok gebruikt om de

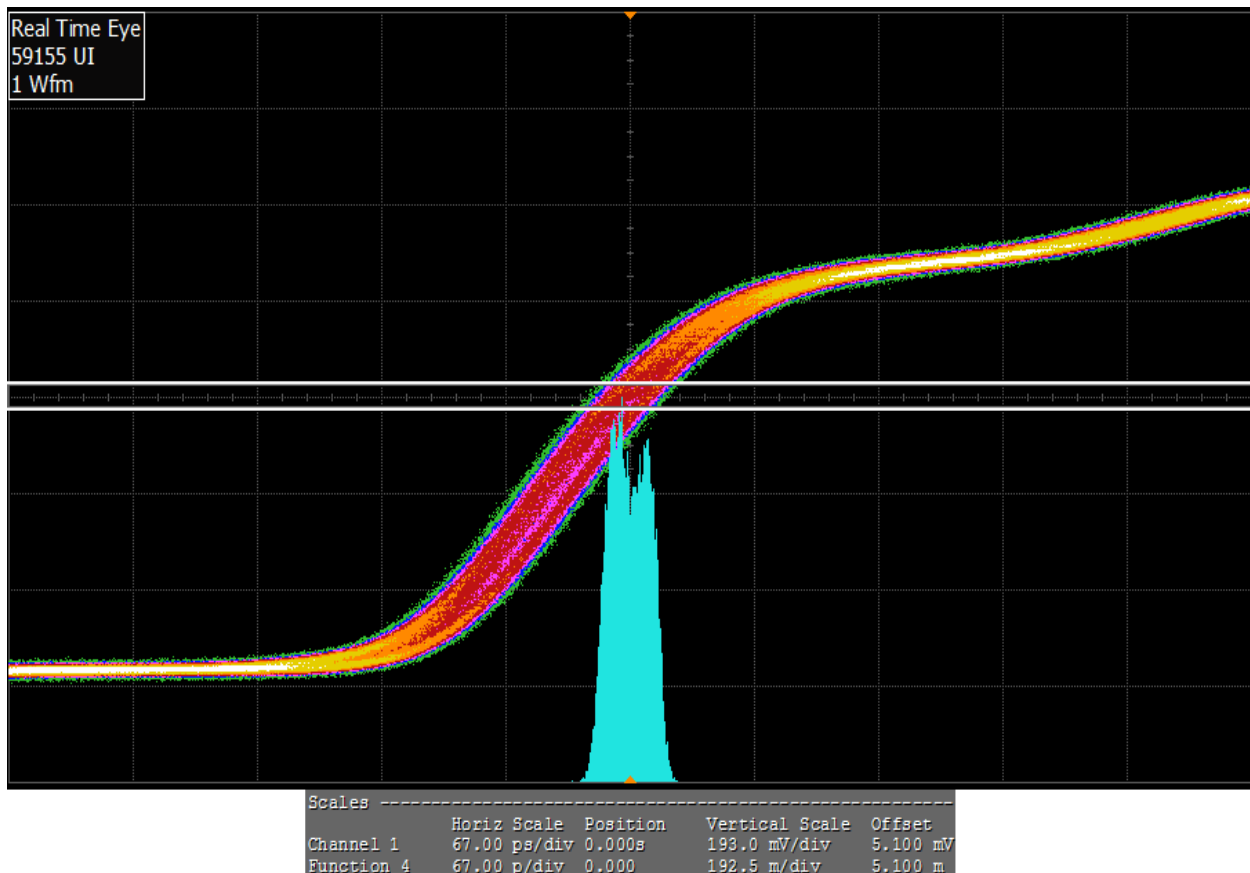
gedecodeerde gegevens te verdrijven, dan is jitterreductie aan de kant van de speler geen voordeel, maar hetzelfde circuit zorgt voor een foutloze levering van de bitstream-audiogegevens aan de decoder dankzij een zeer stabiele HDMI-videoklok en een constante CTS-waarde.

De resultaten

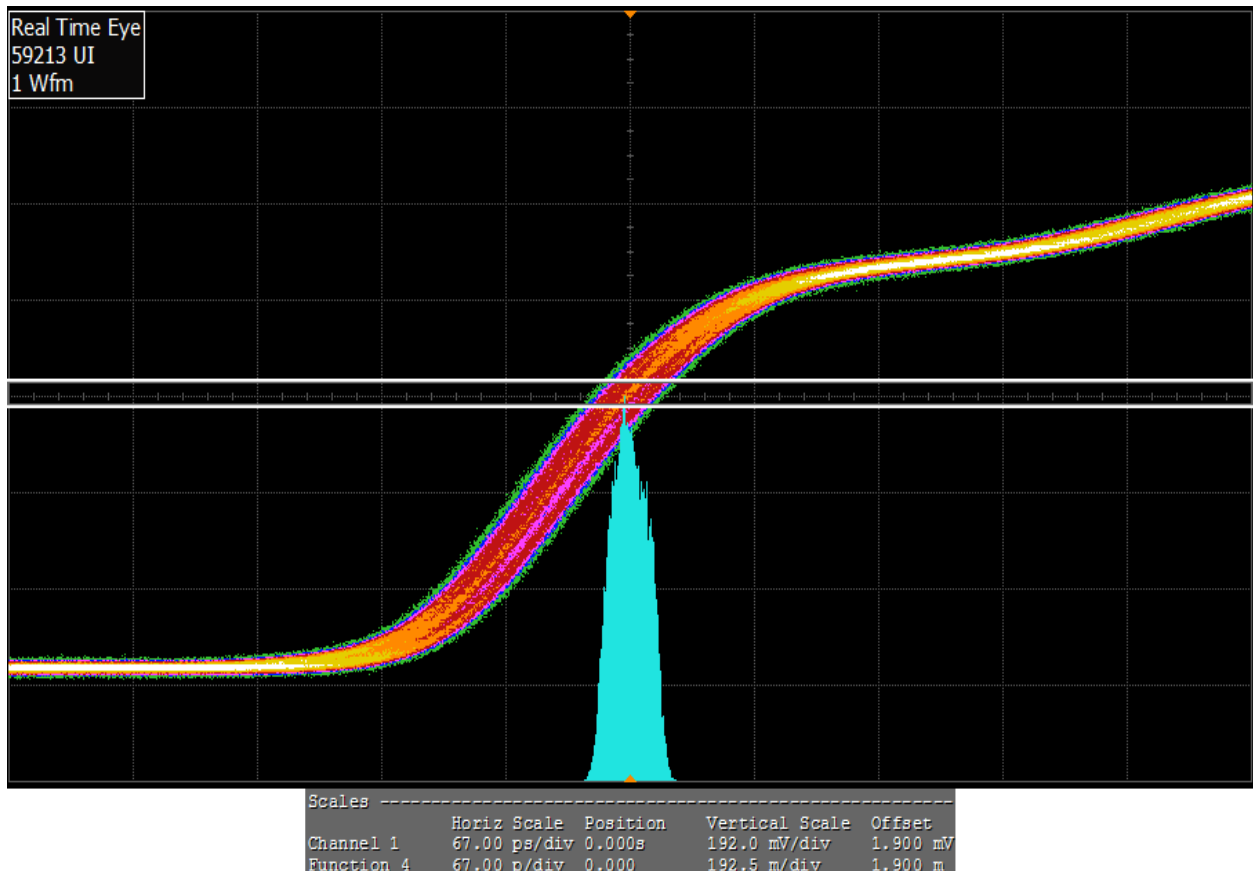
Dus hoe presteert het HDMI-audiojitterreductiecircuit van de OPPO UDP-205? OPPO-ingenieurs voerden laboratoriumtests uit om erachter te komen en hier zijn de resultaten.

Kijk eerst eens naar de kwaliteit van de HDMI-videoklok. Omdat de klokfrequentie erg hoog is, moeten jittermetingen bij deze frequentie worden uitgevoerd met speciale testapparatuur die een "oogdiagram" vastlegt.

Dit is het ingezoomde oogdiagram van de normale 1080p videoklok van de UDP-205. De klokjitter wordt gemeten als 0,080 Tbit, of 53,82 ps.



Dit is het ingezoomde oogdiagram van de videoklok nadat het HDMI-jitterreductiecircuit is geplaatst. De klokjitter wordt gemeten op 0,075 Tbit of 50,67 ps.



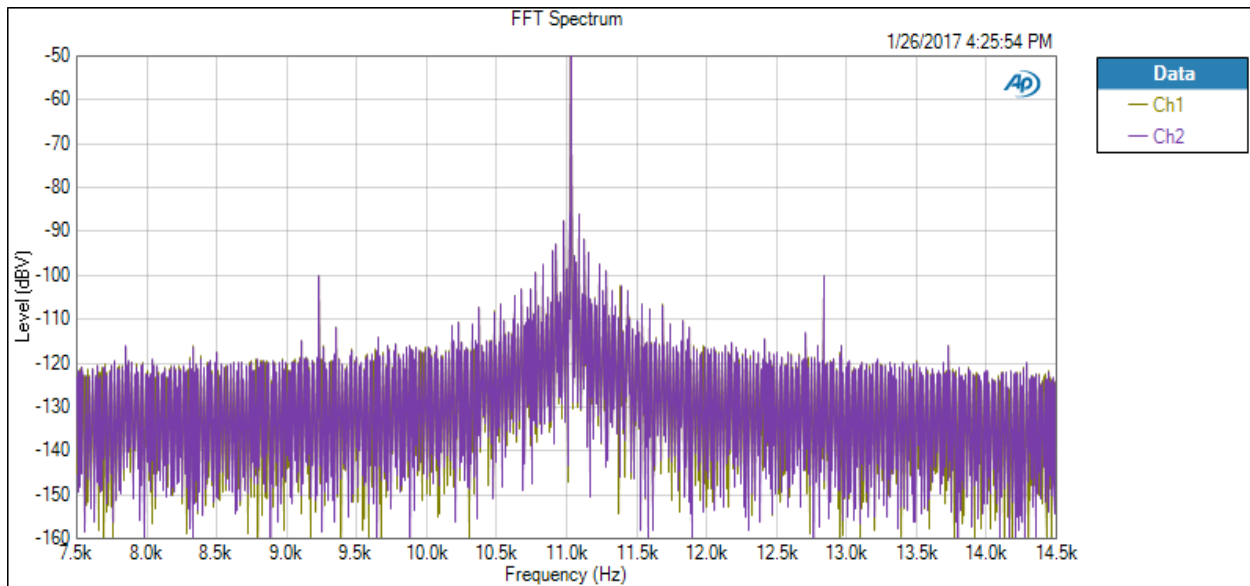
Zoals te zien is aan de bovenstaande oogdiagrammen en metingen, is de HDMI-klokjitter verminderd. Hoewel de reductie slechts een paar picoseconden is en geen groot percentage lijkt te zijn, moet u er rekening mee houden dat de UDP-205 om te beginnen al een zeer krachtig ontwerp is, en dat elke kleine prestatiewinst als een kers op de taart is.

Vervolgens gebruikten OPPO-ingenieurs het beroemde "J-test"-audiosignaal om de werkelijke impact op digitale audiotransmissie via HDMI te testen. De speler speelt het J-test-audiobestand af, een hoofdsignaal op hoog niveau met 1/4 van de samplefrequentie met een blokgolfmodulatie op laag niveau op 1/192 van de samplefrequentie. Het digitale audiosignaal wordt verzonden via HDMI en vervolgens door een A/V-processor omgezet in analoge audio. Het analoge signaal wordt vervolgens verwerkt door FFT (Fast Fourier Transform) om de energie van alle frequenties rond het oorspronkelijke signaal op hoog niveau weer te geven. Jitter-artefacten worden weergegeven als zijbanden rond het hoofdsignaal. Hoe hoger de niveaus van de zijband, hoe hoger de jitter is.

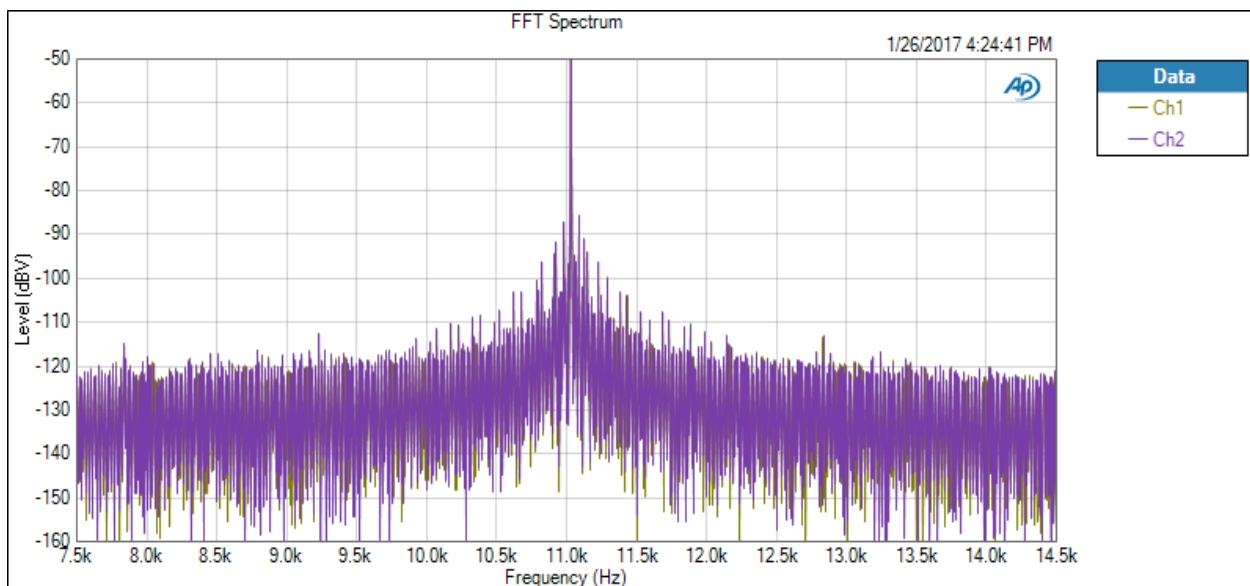
Om het voordeel van het HDMI-jitterreductiecircuit van de UDP-205 te isoleren, selecteerden de ingenieurs opzettelijk een lagere A/V-processor voor de massamarkt voor dit experiment. De reden is dat sommige high-end A/V-processors hun eigen klokregeneratie- of klokisolatiecircuit hebben, dus het testresultaat kan worden toegeschreven aan het ontwerp van de A/V-processor in plaats van aan de UDP-205. Het gebruik van een A/V-processor voor de massamarkt onthult

misschien niet de best mogelijke prestaties van de UDP-205, maar de sleutel hier is om de zijbanden te identificeren om te zien hoe het jitterreductiecircuit presteert.

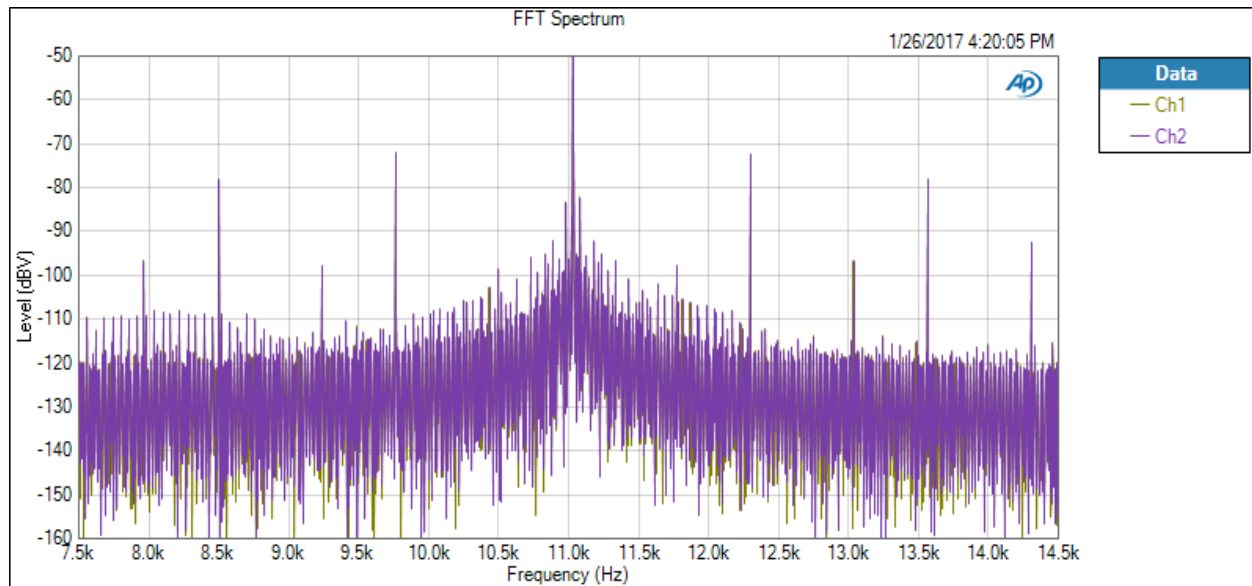
Deze afbeelding hieronder is de ingezoomde FFT van het J-testsignaal dat wordt uitgezonden door een prototype UDP-205 met behulp van de originele 1080p-videoklok. Merk op dat de twee hoge zijbanden rond het niveau van -100 dB liggen.



De volgende afbeelding is de ingezoomde FFT van het J-testsignaal dat door dezelfde UDP-205 wordt uitgezonden met behulp van de speciale 148,5 MHz HDMI-klok. Let op: het niveau van de zijband wordt verlaagd tot ongeveer -115 dB. Dit is een aanzienlijke vermindering van de werkelijke audiojitterartefacten.



Ter vergelijking: het volgende is hetzelfde J-testsignaal dat wordt afgespeeld via de Blu-ray Disc-speler van een concurrent, waarvan het merk en model ongeïdentificeerd blijven.



De conclusie

Het HDMI-jitterreductiecircuit in de UDP-205 is een uniek ontwerp dat jitter aanzienlijk kan verminderen en timingfouten kan elimineren. Klanten kunnen nauwkeuriger van hun muziek genieten wanneer ze de HDMI-uitgang met alleen audio gebruiken om het audiosignaal aan te sluiten op een A/V-processor of -ontvanger.

