

Brickwall test op 96 kHz audio

Variaties op een filter

Eelco Grimm

Hoge sample-frequenties blijven sterk in de aandacht staan. Inmiddels hebben steeds meer fabrikanten hun apparatuur aangepast voor 96 kHz audio, maar veel onderzoek naar de reden voor de bijzondere klank is er nog niet gedaan. Met drie geoefende luisteraars heb ik daarom een bijzonder experiment opgezet dat duidelijkheid moest verschaffen of frequenties boven 20 kHz nu wel of niet nodig zijn. Het werd een bijzonder avontuur in luisteren...

In Pro-Audio magazine mei 1998 stond een artikel van mij over de ontwikkelingen op high-sampling gebied. Daarin schreef ik onder andere over een test van de Amerikaanse opnametechnicus en master-engineer Bob Katz. Deze had diverse opnames op 96 kHz gemaakt waarbij de geluidskwaliteit overtuigend veel beter was dan bij gebruik van dezelfde converters op 44,1 kHz. Waar dit aan lag, kon niet met zekerheid gezegd worden omdat bij het omschakelen van de sample rate vrij veel factoren tegelijk veranderden. Om een beter begrip te krijgen van wat er aan de hand was, besloot hij dat er een 'one parameter' test gemaakt moest worden, waarin de sample rate gelijk bleef, maar wel de frequenties boven 20 kHz verwijderd waren. Mogelijke invloed van de D/A-converter zou daarmee vermeden worden. Via een oproep op de internet 'ProAudio' mailing list van PGM vond hij de DSP programmeurs Rusty Scott, Robert Bristow-Johnson, Matthew Xavier Mora en Ernst Parth bereid om voor hem een digitaal brickwall-filter programma te schrijven dat een 96 kHz AIFF audio file kon bewerken. Deze file werd vanuit een 96 kHz Sonic Solutions systeem gemaakt en het resultaat kon opnieuw in Sonic worden geladen voor vergelijking met het origineel. Bob deed verslag van zijn bevindingen en die waren opvallend: hij kon geen enkel verschil horen tussen de bewerkte versie en het origineel! Het leek er dus op dat zowel de hoge frequenties als de afwezigheid van een brickwall-filter niet de reden waren dat 96 kHz audio een bijzondere klank had.

Ik had me indertijd direct al voorgenomen om de test van Bob Katz zelf te herhalen en kreeg van hem al snel het speciale programmaatje toegestuurd. Omdat er jammer genoeg lange tijd geen

96 kHz Sonic Solutions systeem in Nederland voorhanden was, heeft het toch nog even geduurd. Afgelopen april kwam daar verandering in (met bijzondere dank aan Transtec) en konden we de test dupliceren. Daarvoor nam ik contact op met Bert van der Wolf van Kompas CD Multimedia. Hij is een van de pioniers in Nederland op het gebied van high sampling en heeft inmiddels een flinke bibliotheek van 96 kHz opnames opgebouwd. Daaruit was vrij eenvoudig een aantal kritische opnames te selecteren, waarmee we de test konden doen. Naast de 'Bob Katz' test zouden we gelijk nog een paar andere tests meenemen. Op de Tonmeister Tagung van vorig jaar was een presentatie geweest van een paar Duitse 'Tonmeisters' die een vergelijkbaar experiment hadden uitgevoerd door een 96 kHz audiofile met een sample rate converter naar 48 kHz om te zetten en daarna weer terug te converteren naar 96 kHz. Een onderdeel van zo'n sample rate converter is een anti-aliasing brickwall filter dat in deze opzet twee

keer doorlopen zou worden. Ook nu was het eindresultaat een 96 kHz file waaruit de hoge frequenties verwijderd waren. De Duitsers gebruikten voor hun proef de 'Double Rate' sample rate converter uit de AudioCube van Spectral Design. Deze heeft bijzonder goede specificaties. Zo heeft het filter in de 'high quality' mode een passband ripple van slechts 0,0000007 dB! Het resultaat van de proeven door de Duitsers: geen verschil te horen met het origineel... Een vergelijkbare proef had Bert van der Wolf op mijn verzoek al eerder dat jaar uitgevoerd met behulp van de dCS972 sample rate converter. Zoals ik in het artikel van mei 1998 schreef, hoorde hij wel degelijk verschillen met het origineel. Aan de rekenkracht van de dCS972 lag dat niet, want een controleproef waarbij de 96 kHz audio niet naar 48 kHz maar naar 88,2 kHz 'neer en op' geconverteerd werd, leverde geen klankmatig verschil van betekenis op.

De proef op de som

Nu we de Bob Katz proef konden herhalen leek het me een goed idee om alle drie de tests nog een keer over te doen. Daarvoor werd een 'luisterpanel' samengesteld, bestaande uit Bert van der Wolf, Onno Scholtze, Peter van Willenswaard en ikzelf.



Tijdens de eerste luisterdag. Vlnr: Peter van Willenswaard, Eelco Grimm en Onno Scholtze (foto Bert van der Wolf).

De proeven werden in Haaften in de montagekamer van Kompas CD gedaan. Daarbij werd als af luistering een Nagra-D, een dCS 954 D/A-converter en twee actieve luidsprekers van Rens Heijnis gebruikt. Als extra apparatuur voor het bewerken van het geluid werden gebruikt: een Sonic Solutions USP high definiton systeem met 'Bob Katz' filter-software, een Spectral Design AudioCube, een dCS972 sample rate converter en een Aujan OMX-24. De Nagra-D werd door ons gebruikt als bron voor de diverse bewerkte en onbewerkte fragmenten. Dit omdat in het verleden gebleken was dat deze qua jitter de mooiste machine was, op de voet gevolgd door de Aujan. De originele tracks (vanzelfsprekend allemaal 24 bits) werden eerst vanuit de Aujan OMX-24 op de Nagra-D gezet. Daarna werden deze overgespeeld naar de Sonic Solutions en AudioCube waar de processors hun werk konden doen (zie het schema). Voor het tijdelijk opslaan van de 48 kHz data uit de dCS972 werd de Aujan OMX-24 gebruikt. Uiteindelijk werd alles als 96 kHz/24 bits sporen teruggezet op de Nagra-D voor de klankmatige vergelijking.

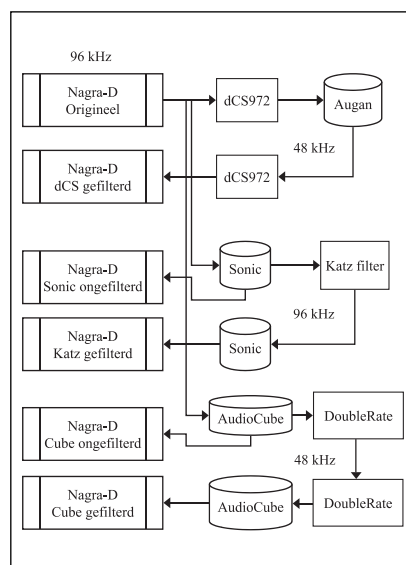
Tijdens die vergelijking drong zich het idee op dat we nog steeds een extra parameter in de test hadden: het origineel was niet vanuit dezelfde bron op de Nagra-D band geschreven als de bewerkte versies waarmee we vergeleken. De data zou bit-gelijk moeten zijn, maar misschien zou het jitter-karakter van de bron op enige manier door kunnen werken tot in de Nagra-band. Om ook die variabele uit te sluiten hebben we de nog onbewerkte files vanaf de AudioCube en Sonic Solutions teruggespeeld naar de Nagra-D als 'gekopieerd origineel'. Deze op het eerste gezicht nutteloze handeling bleek niet voor niks gedaan te zijn...

Luisteren

De geluidsfragmenten waren alle akoestische opnames, variërend van harp solo via jazz trio tot een startende T-Ford uit het museum (!). Als eerste werd het door de AudioCube bewerkte signaal vergeleken met het origineel. Bert en Peter constateerden dat het leek of de bewerkte versie van het jazz-trio op een onprettige manier 'trager' liep (zonder dat de toonhoogte verschilde, het was een subjectief gevoel). Bert kreeg bovendien "een mono-gevoel in het laag". Peter vond dat de harp in het origineel duidelijk voller

was en hij hoorde in alle fragmenten minder galm, de ruimte was minder tastbaar. "De auto is in de onbewerkte versie levensecht, de gefilterde versie klinkt als een 'kopie'." Onno zei dat het leek alsof de bewerkte versie meer nadruk op het hoog heeft. "Op de orgelpassage nemen de boventonen toe, waardoor het frisser lijkt, maar het gaat ten koste van de diepte-afbeelding. In het algemeen is de precisie, helderheid en duidelijkheid minder mooi." Ikzelf vond het origineel op de harp lieflijker, breekbaarder klinken. Er was ook meer galm en ruimte, terwijl de gefilterde versie een beetje smeerde.

Vervolgens hebben we het origineel teruggespeeld van de AudioCube naar de Nagra en die versie gebruikt in de vergelijking met de bewerkte track.



Het maken van de verschillende versies voor onze luisterproeven.

Peter en Bert hoorden weinig verschil met de vorige vergelijking, maar Onno vond de twee versies nu meer op elkaar lijken dan het echte origineel op het gekopieerde origineel. Na verificatie was iedereen het erover eens dat er wel degelijk verschil te horen was, Bert stelde echter dat dit een ander soort verschil was. Het leek er in elk geval op dat jitter van de bron wel degelijk doorwerkt op de Nagra kopie!

Hierna werd er geluisterd naar de door de dCS972 bewerkte versie. Daarbij viel mij op dat de harp de echte losheid miste en dat de tokkels minder hun plaats in de ruimte hadden. Het verschil met het origineel was echter duidelijk kleiner dan bij de AudioCube. De sax van het jazz-trio miste wat ruimte en zijn plek in die

ruimte. Hij klonk bovendien iets dunner. De definitie van de bas was beter op het origineel. Ik vond het geheel in de gefilterde versie allemaal wat fragmentarischer klinken. Het origineel bleef dus het mooist. Ook Peter vond het verschil kleiner dan met de AudioCube. Zo hoorde hij nu absoluut geen subjectief tempoverschil. Perfect was het volgens hem echter niet: "Op het origineel waren de ruimte-afbeelding en kleine bewegingen van de muzikanten beter te horen, de instrumenten leken na bewerking meer vlekken dan scherp omlind. Ook waren er in het origineel meer details te horen en klonk het lossier." Bert voegde toe dat hij het origineel dynamischer vond klinken. Ook hij vond het beter dan de AudioCube, maar hij stelde wel dat het niet helemaal eerlijk vergelijken was omdat het door hem ingestelde filter van de dCS972 minder steil was dan de traditionele brick-wall, zoals in de AudioCube gebruikt werd. Naar zijn ervaring klinkt een minder steil filter qua ruimtelijke afbeelding meestal mooier. Onno vond de klank met de dCS972 zonder meer goed. "Ik hoor een lichte verkleuring bij 5 kHz waardoor de sax een klein accentje krijgt, maar verder is het helemaal niet verkeerd."

Na een zeer lange rekenpartij was inmiddels de van Sonic Solutions afkomstige file bewerkt door het filterprogramma van Bob Katz en kon deze naar de Nagra gekopieerd worden. Het oordeel van de vier luisteraars liep bij deze versie wat uiteen. Onno vond dat de bewerkte versie breder klonk. Om precies te zijn: "de plaatsing van bijvoorbeeld de harp en de auto is veranderd, waarbij de kopie meer vanuit het midden klinkt met af en toe uitschieters naar de zijkant. Alsof er iets niet goed is met de microfoonopstelling." Bert constateerde dat ook: "dit is de eerste versie die de plaatsing in het stereobeeld verandert, ik vind het tot nu toe het grootste verschil. Ik krijg de neiging om de zaal in te lopen en iets te veranderen aan de microfoonopstelling. Bovendien is het laag minder diep, het rolt minder." Peter had minder problemen met deze versie: "Ik vind deze beter dan de AudioCube. Er gebeurt wel iets raars met het stereobeeld, de natuurlijke ruimtelijke spreiding ontbreekt enigszins. De auto is weer een 'projectie' in plaats van echt." Zelf vond ik het verschil bij de AudioCube ook groter. Ik hoorde meer losheid op de harp in het origineel, de rust ontbrak in de 'Bob Katz-filter' versie.

Vervolgens hebben we natuurlijk ook de gefilterde versie vergeleken met het origineel dat via Sonic Solutions 'gebounded' was. Onno constateerde direct dat nu allebei de versies dat 'springerige' leken te hebben. Ze misten allebei een bepaalde rust. Peter vond ook dat het verschil kleiner was geworden: "de ongefiltreerde 'Sonic'-versie zit qua ruimtelijkheid een beetje tussen de Katz-gefilterde versie en het echte origineel in." Bert bleef erbij dat hij dit het grootste verschil vond. "De gefilterde versie is bijna een andere opname waarbij de microfoons anders stonden. Het hele afbeeldingsgevoel is veranderd, in de orde van dat ik er wat aan zou gaan doen. En het laag is dus veel minder mooi."

Wel of geen verschil?

Waar we het in elk geval over eens waren, was dat er wel degelijk duidelijke verschillen hoorbaar waren tussen gefilterde en ongefiltreerde audio. Dit was natuurlijk in strijd met de bevindingen van Bob Katz en de Duitse Tonmeesters. Omdat Bob Katz niet vanaf een Nagra-D band, maar direct vanuit de Sonic vergeleek, hebben we vervolgens de twee files ook vanaf het Sonic systeem in plaats van de Nagra gespeeld. Het resultaat was opvallend. Peter: "ik hoor nu geen verschil meer, maar het klinkt allebei afschuwelijk. Het geluid is uitgesmeerd over de hele breedte. Heel misschien dat de tokkels van de harp in de gefilterde versie wat meer 'hun eigen weg gaan door de ruimte' dan in de ongefiltreerde versie, maar dat zou suggestie kunnen zijn." Ikzelf had het gevoel dat ik in beide files een klein beetje de klankmatige 'handtekening' van Sonic herkende, zoals die eerder ook op de Nagra klonk in het verschil tussen het echte origineel en het origineel via Sonic. Net als Peter hoorde ik bij gebruik van Sonic Solutions als bron misschien wel iets verschil tussen de gefilterde en ongefiltreerde versie, maar daar zou ik mijn hand niet voor in het vuur willen steken. Onno en Bert hoorden echter meer. Onno: "op beide versies hangt het stereobeeld gek naar links. Het laag klinkt dikker door een soort verkleuring. Maar het ergste is dat bij de gefilterde versie: die heeft laag als een soort vervorming." Bert: "de gefilterde versie is niet te pruimen. Zo plat als een duppie, alles is over het beeld uitgesmeerd. Ik blijf het verschil duidelijk horen."

Ter controle hebben we vervolgens de

twee Sonic files weer vanaf Nagra beluisterd. Peter hoorde nu weer wel duidelijk verschil. "Niet zozeer in de afbeelding als wel in de ruimte, galm en details. De instrumenten 'lopen' gemakkelijker in de ongefiltreerde versie." Onno stelde dat "de gefilterde versie wringt." Het lijkt er dus op dat jitter van de bron de verschillen tussen 96 kHz audio met en zonder brick-wall filter op 24 kHz voor een groot deel kan maskeren. Eens te meer toont dit het belang aan van een jittervrije afuistering.

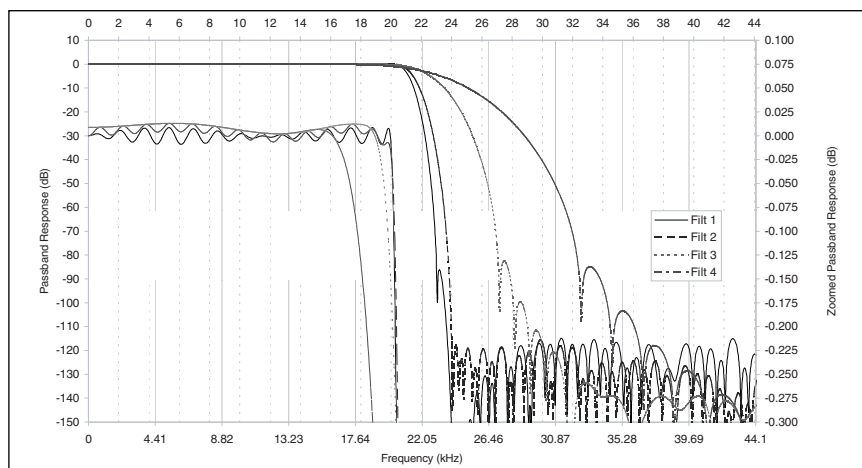
Commentaar

Nadat ik de resultaten van onze luisterproef aan de internet discussiegroep had gepresenteerd was het commentaar niet van de lucht. We hadden in elk geval AB moeten luisteren en sommigen zouden het pas geloven als iemand het blind zou horen. Ik heb duidelijk gemaakt dat wij zonder meer achter onze resultaten stonden, geen twijfel mogelijk. Het leek me echter geen probleem om naast onze eigen test ook nog een AB-test te doen, vooral uit nieuwsgierigheid. Ik maakte dus een nieuwe afspraak met Bert van der Wolf om met z'n tweeën de tracks opnieuw te vergelijken, ditmaal vanaf de Augan OMX die de mogelijkheid geeft om twee 96 kHz audiofiles synchroon te leggen en tegelijk af te spelen. Zijn jitterniveau ligt daarbij niet veel hoger dan dat van de Nagra-D. We sloten twee identieke dCS 954 D/A-converters aan op de Augan en konden zodoende in het analoge domein 'AB' schakelen. Bij een check met twee identieke signalen door beide converters was er geen verschil waar te nemen, dus dit was een veilige keus.

We hebben de vier versies eerst op

dezelfde manier beluisterd als de vorige keer: een lang stuk op je in laten werken en dan naar het volgende stuk toe. De verschillen die we hoorden waren goed vergelijkbaar met die van de eerste proef. Opvallend was wel dat de verschillen tussen het echte origineel en de originelen die via de AudioCube en Sonic waren gekopieerd nu vrijwel onhoorbaar waren: de jitter-verschillen waren er door de Augan blijkbaar goed uitgefilterd. Vervolgens zijn we AB gaan schakelen terwijl de muziek doorliep. Onze jarenlange ervaring met AB testen werd bevestigd: het beperkt je concentratie tot maar één aspect van het geluid. En daarbij vallen vooral kleuringsverschillen op. Desondanks konden we de verschillen bij de eerste paar keer schakelen goed horen, misschien dat sommige facetten zelfs meer opvielen. Zo bleek dat het Katz filter een lichte kleuringsgaf, terwijl het dCS en AudioCube filter daar geen last van hadden. Ook waren er verschillen in het stereobeeld te horen. Na een paar keer schakelen leken alle verschillen echter te verdwijnen! Het was alsof het gehoor zich aanpaste aan het schakelende geluid. Na een pauze waren er weer wel verschillen te horen.

Ondanks deze ervaring durfde Bert het aan om een blinde AB test te doen. Daarbij beperkten we ons tot het Katz filter versus het origineel. We zetten markers bij twee koppels van files: een origineel/origineel paar en een origineel/Katz-gefilterd paar. Als zo'n paar af werd gespeeld kon zodoende met de AB-schakelaar gekozen worden tussen het origineel en een tweede geluid dat ofwel het origineel of de gefilterde versie kon zijn.



De vier verschillende filtercurves van de dCS972, ingezoomd (links) en in het groot. Deze curves hebben betrekking op de 96 kHz naar 44,1 kHz conversie, maar verlopen verder hetzelfde als bij een conversie naar de door ons gebruikte 48 kHz en vice versa.

Een van ons schreef een rijtje van vijf koppels op in willekeurige volgorde, waarbij de ander niet kon zien wat hij deed. Vervolgens kon de 'proefpersoon' vragen om een nummer en het bijbehorende paar werd dan vanaf de marker afgespeeld. De opdracht was om te bepalen of er een verschil hoorbaar was tussen de twee standen van de AB-schakelaar. Er was geen tijdsdruk en elk nummer kon net zo vaak opnieuw beluisterd worden als de proefpersoon wilde. Na het op deze manier beoordelen van vier verschillende audiofragmenten waren we kapot en was het gemiddelde resultaat voor ons allebei 50%: puur gokwerk.

Een nieuwe test

Natuurlijk waren we erg teleurgesteld, maar we hadden ook allebei het gevoel dat er iets niet klopte met deze testmethode. Ik was mijn spullen al aan het pakken toen Bert zei dat hij toch nog een andere test wilde doen. Omdat hij beta-tester is voor dCS had hij al een aantal keren commentaar mogen geven op nieuwe filters die voor de dCS972 ontwikkeld waren. Hij kreeg die filters in groepjes van vier, waarbij hem niet verteld werd welk filter in welke bank stond. De opdracht was om de vier filters in een volgorde van kwaliteit te zetten. Hiermee had Bert tot nu toe 100% gescoord, hoewel het zelfs een dubbelblinde test was (waarbij er geen persoon aanwezig is die weet wat de oplossing is zodat hij onbewust kan hintten). Bert wilde onze filters nu ook op deze manier gaan beluisteren. Hij zou dan in z'n eentje kunnen luisteren, alle tijd nemend die maar nodig was, desnoods meerdere dagen. Bert ging de deur uit en ik plaatste de vier versies (drie gefilterde plus een origineel) in een willekeurige volgorde in de Augan, waarbij ik ze als naam een cijfer van 1 t/m 4 gaf. Ik sloot de sessie af, zodat de oorspronkelijke namen niet via 'undo' terug te vinden waren, schreef de oplossing in mijn blocnote en vertrok naar huis.

's Avonds laat ging de telefoon. Het was Bert die stond te trillen van de spanning en niet langer op het antwoord kon wachten. Hij had natuurlijk al zitten luisteren, op z'n gemak en in het donker. Het geluid was duidelijk beter geweest dan tijdens onze sessie overdag - een bekend verschijnsel dat waarschijnlijk samenhangt met verminderde netstoring. Bert was zo overtuigd van zijn resultaat dat hij zou stoppen met zijn vak als het niet goed

was. Hij vertelde me de volgorde die hij had gevonden en het was helemaal goed... De beschrijvingen die Bert op had geschreven als eigenschappen van de verschillende nummers kwamen opvallend goed overeen met de verschillen die we tijdens onze eerste sessie met z'n vieren hadden gevonden. Voor mij was dit bewijs genoeg: de filters zijn hoorbaar.

Conclusies

Er zijn heel wat conclusies te trekken. Om te beginnen natuurlijk dat we hebben aangetoond dat zelfs brickwall filters van hoge kwaliteit het geluid aantasten. Een doorbraak! Verder is gebleken dat de verschillen voor een groot deel gemaskeerd kunnen worden door jitter van de bron. Dat Bob Katz en de Duitsers geen verschil konden horen was dus geen verrassing. Het blijkt dat zelfs een D/A-converter als de dCS 954 die bijzonder goede jitteronderdrukkende eigenschappen heeft (wat ik onlangs nog op de AES show met een Audio Precision gemeten heb) sterk genoeg door de bron beïnvloed wordt om de verschillen te laten verdwijnen. Het klinkt in dat geval allebei niet optimaal. Opvallend was verder dat de 'jitter-handtekening' van de bron voor een deel nog door lijkt te klinken in de kopie op Nagra tape. Dit is een uiterst vreemd verschijnsel, waar momenteel nog geen goed mechanisme voor is bedacht.

In onze eerste test beoordeelde niet iedereen het geluid op dezelfde manier. Het origineel was duidelijk het beste en daarna kwam de dCS972 sample rate converter met twee keer het minder steile filter #2 in serie unaniem als tweede. Bij het 'Bob Katz'-filter en de AudioCube sample rate converter hing de voorkeur vervolgens van de luisteraar af. Alle gefilterde versies hebben hun eigen klank. Bert van der Wolf stelde dat je dat ook duidelijk hoort bij de diverse filtercurves die de dCS972 zelf biedt. De AudioCube- en Katz-filters waren allebei traditioneel steile brickwall filters, waarbij het filter van de AudioCube een onwaarschijnlijk kleine passband ripple had. Dat brengt me meteen bij het artikel in Pro-Audio magazine van mei vorig jaar, waarin ik twee theorieën presenteerde van Mike Story en Julian Dunn. Het idee van de laatste dat de passband ripple samenhangt met een pre- en post-echo die het geluid verstoren, kan in elk geval niet de volledige verklaring zijn. De superkleine ripple van 0,0000007 dB in het AudioCube

filter bleek namelijk nog niet genoeg te zijn om onhoorbaar te blijven! Mike Story's theorie blijft wel overeind, al is Julian Dunn's commentaar dat Mike alleen naar verschillen van boven 22 kHz kijkt nog niet weerlegd. Een mogelijk alternatief voor beide theorieën is nog dat het afrondingen in de filter-berekeningsprocessen zijn die roet in het eten gooien. Ik heb zelf ervaren dat een eenvoudige volumeverandering in het digitale domein al hoorbare invloed kan hebben, zelfs als deze met hoge precisie wordt uitgevoerd. Het Bob Katz filter werd echter met 64 bits precisie berekend en met dither naar 24 bits afgerond. Veel lijkt daar niet aan verbeterd te kunnen worden.

Waar iedereen het over eens was, is dat de kwaliteit van de gefilterde versies - met name die van de dCS972 - nog heel hoog was. Dat was dus in feite 48 kHz / 24 bits. Daarmee zit je echter nog niet op CD-kwaliteit. Een verlaging naar 44,1 kHz zal de kwaliteit nog wat verder verslechteren en een woordlengtereductie van 24 naar 16 bits gooit daar nog een schepje bovenop. De optelling van al deze op zich kleine invloeden, geeft bij elkaar dat 96 kHz/24 bits audio duidelijk beter klinkt dan 44,1 kHz/16 bits. De introductie van DVD heeft een belangrijk obstakel geruimd, namelijk de onmogelijkheid om deze kwaliteit bij de consument thuis te brengen. Als de keuze nu valt op hogere kwaliteit audio, dan ligt het voor de hand om niet alleen voor 24 bits te gaan, maar ook high sampling te gebruiken, zelfs al snappen we nog steeds niet precies waarom dat beter klinkt. Ik zou willen eindigen met een paradox: wellicht hebben we die supersonische frequenties helemaal niet nodig, maar kunnen we ze vanwege de onmogelijkheid van ideale processing domweg niet onhoorbaar verwijderen... □

Met veel dank aan:

Transtec BV voor het ter beschikking stellen van een Sonic Solutions USP 96 kHz systeem.

Heynen BV voor het ter beschikking stellen van een Spectral Design AudioCube. Bert van der Wolf van Kompas CD Multimedia.

Onno Scholtze.

Peter van Willenswaard.

Bob Katz.

Allen op de Pro-Audio mailing list van PGM die via hun commentaar hebben bijgedragen aan het aanscherpen van onze luisterproef.