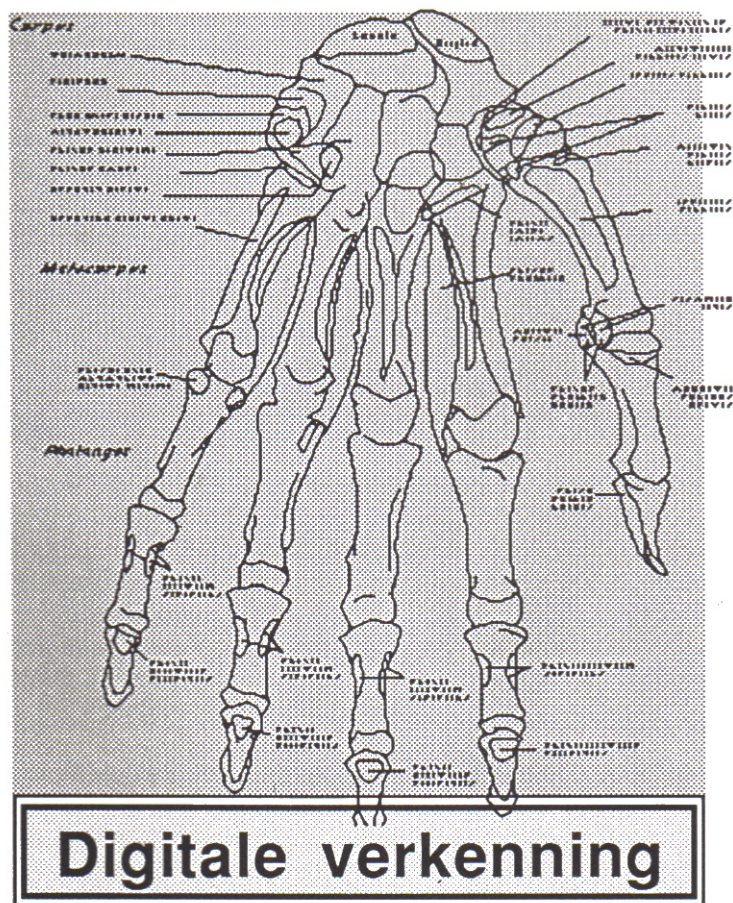


# De techniek achter CD en DAT



**Digitale verkenning**

De rol van de audio-processor bij het vastleggen en verwerken van muziek.



# DIGITALE VERKENNING

*Geflipte flop ..... of  
de blits van de bits ?*

Henri A. van Hessen  
mei 1982

Zelden heeft een ontwikkeling in de audio-wereld zoveel opschudding teweeg gebracht als de digitalisering van onze vertrouwde (analoge) muziekdragers, de magnetische band en de plaat. Nu zowel hard- als software (aan vakjargon geen gebrek natuurlijk) volop aan de markt zijn, wordt het tijd eens de balans op te maken. Tegelijk een mooie aanleiding om war- van digitaal te scheiden.

Bij voorgaande audio-revoluties was even rustig nadenken meestal al voldoende om te begrijpen dat de begeleidende kretten niet meer voorstelden dan een storm in een glas water. Immers, voordat de kwadrafonie een zegetocht op de plaat kon maken, had er toch op zijn minst een carrière op de bandrecorder aan vooraf moeten gaan. Voor vierkanaals-registratie via de band was vrijwel geen enkel technisch hoogstandje nodig geweest. De Elcaset ging er van uit dat de 'gewone' cassette nooit de omroep-norm van 15 kHz zou halen en kon weer worden afgevoerd toen dat wel het geval bleek.

## LOKKER

De vooruitzichten op digitale verwerking van onze audio-signalen staan heel wat steviger in hun schoenen omdat aangrenzende gebieden zoals de satelliet en de glasvezel, bol staan van digitale techniek. En in plaats van een formidabel technisch struikelblok wenkt aan de horizon een onweerstaanbare lokker, de video-recorder, de hoogst-ontwikkelde uiting van technologie die ooit onze huiskamer kwam binnengeslopen. Het apparaat is niet alleen kant en klaar voor de opslag van digitale audio-signalen, het hoeft daarvoor geen eens van topklasse te zijn. Een zwart-wit recorder is al goed genoeg.

Met zo'n ijzersterke rugdekking hebben we alleen nog maar een digitale processor nodig om ons audio-signaal om te zetten in een stroom nullen en enen, en pats, zijn we voor altijd verlost van wow en flutter, band- en modulatie-ruis, spetters en tikken, overspraak, bandslijtage (tot op zekere hoogte), faseverschuivingen en kopieer-verliezen. De CD die ook met deze technologie omgeven is brengt ons een uur studio-kwaliteit zonder overgevoeligheid voor krassen, vette vingers of gemorste sherry.

## GOEROES

Alleen, omdat we aanvankelijk niets te horen kregen over de nadelen die er toch ook wel moesten zijn, werden we wantrouwend. Dat opende de deur voor onheils-goeroes die het eind der dingen zagen naderen.

Digit is latijn voor vinger, en digitaal geeft aan dat je met hele getallen werkt, en niet in globale hoeveelheden als een grote kudde, een handje rijst, of bloedheet. En codering van informatie ? We doen de hele dag nauwelijks iets anders. Terwijl u dit leest, bent u bezig de informatie in deze regels te decoderen. In regels, van elkaar gescheiden door de wagenrugloop, opgebouwd uit woorden, die weer bestaan uit letters. En die letters zijn ook al niet massief, maar opgebouwd uit puntjes. 300 per inch. Voordat Edison ons de Phonograph schonk, opvolger van de digitale speeldoos, was er eeuwenlang geen andere manier om muziek vast te leggen dan via de partituur : notenbalken met digitaal-gecodeerde informatie. Zonder dat ging het niet, zelfs niet als je toevallig de keurvorst van Pruisen was en het hele orkest bij je thuis kon laten komen.

Als we niet aan de kant willen blijven staan jammeren over al dat onbegrijpelijk dat ineens over ons uitgestort wordt, dan zullen we ons danig in de achtergronden ervan moeten verdiepen. Het zal de lezer wellicht sterken om te vernemen dat uw auteur niet met digitaal begrip werd geboren, zodat zijn worsteling met de materie zich niet in de nok van het circus afspeelt, maar in de piste, beschenen door het zelfde genadeloze licht dat ook de andere clownsnummers omstraalt.

## KLOKWERK

Op het eerste gezicht lijkt de nieuwe techniek een beetje op de herleving van de morse-code, maar dan een stuk vlugger. Morse werkt met kort en lang, binair (de simpelste vorm van digitaal) alleen maar met aan en uit, wit en zwart, yin en yang, licht en donker, goed of fout, alles of niets, flip of flop, nul of een. Alleen, met de uitspraak dat een computer niet meer is dan een stel knipperlichten komen we niet verder. Het is zinvoller om de computer op te vatten als de opvolger van het kasregister, maar dan uitgerust met electronische tandwielen.

De essentie van de digitale techniek is niet zozeer de bit, waar iedereen de mond van vol heeft, maar de besturing door klokken. Met een klok kunnen we iets wat morse niet kon : onze bits bot achter elkaar breien. De klok maakt wel uit om hoeveel bits het gaat. Met quartz-precisie, zegt de juwelier.

Digitale transmissie heeft iets weg van het verhuizen van een bos door de bomen bovenstrooms in het water te gooien om ze beneden weer op te vissen. We kunnen die bomen bundelen tot vloten om ze beter hanteerbaar te maken. We kunnen ook bomen van weerszijden aanvoeren als we ze maar met een lik verf merken zodat ze beneden weer naar links en rechts gesorteerd kunnen worden. En, ook heel belangrijk : het tempo bovenstrooms hoeft niet hetzelfde te zijn als het tempo beneden !

## BIT, BITTER, BITS

Bij het woord bit moeten we aantekenen dat het ondanks de prille jeugd van de digitale techniek niet gelukt is verwarring te vermijden : de bit is niet alleen schakelaar, het is ook de stand van die schakelaar, en dan ook nog eens de elektrische stroom die van die schakelstand het gevolg is. (*Het* bit daarentegen past in de mond van het paard).

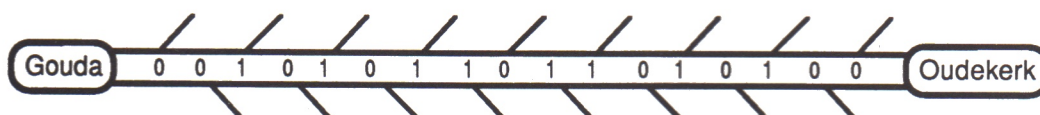
De surrealist Magritte tekende in 1928 een pijp en zette er voor de zekerheid bij : dit is geen pijp. En gelijk had hij. Digitale freaks echter lijken meer in het zog van McLuhan te varen en dus werd de bit zowel boodschap als boodschapper. Maar, we moeten verder.

## OP JE VINGERS

'Bit' is een afkorting voor 'binaire digit', getal uit het tweetalig talstelsel. In dat stelsel komen we alleen de cijfers 0 en 1 tegen, en optelsommen zijn dan ook niet moeilijk :  $1 + 1 = 10$ ,  $10 + 1 = 11$ ,  $11 + 1 = 100$ . De complete tafels van vermenigvuldiging baren ook al weinig zorg :  $0 \times 1 = 0$ , en  $1 \times 1 = 1$ . Maar nu zijn we eigenlijk al bezig met een wat misleidende rolbevestiging : iedereen denkt dat de computer een rekenwerktuig is, en dat is niet zo. De computer *kan* zelfs niet rekenen. Net als bij 'de radio' zijn het de programma's die het 'm doen. Dat het ding zo geschikt is om er rekenprogramma's op te verwerken, is een andere zaak. Het is al evenzeer geschikt om er muziekprogramma's op te draaien.

We kennen trouwens al meer dan 100 jaar een puur binair besturingssysteem op mechanische basis : de spoorwegen. *In de hele wereld wordt de treinenloop geregeld door wissels met maar 2 standen : rechtdoor of niet rechtdoor.*

Wij mensen kunnen heel best met elkaar afspreken dat we die bits, die wisselstanden, in code weergeven, bv rechtdoor als 0, en de andere stand als 1. Dan kunnen we het traject Gouda-Oudekerk aanduiden als 00101011011010100, maar dat houdt niet in dat een spoorwegnet kan rekenen. Evenmin heeft de computer enig benul van getallen, het ding reageert uitsluitend op de standen van zijn interne schakelaars en die van het programma dat erop draait. Meestal zijn dat wel veel schakelaars, ruwweg even veel als er spoorwegwissels in Europa zijn.



*Een ritje per spoor, in binaire code*

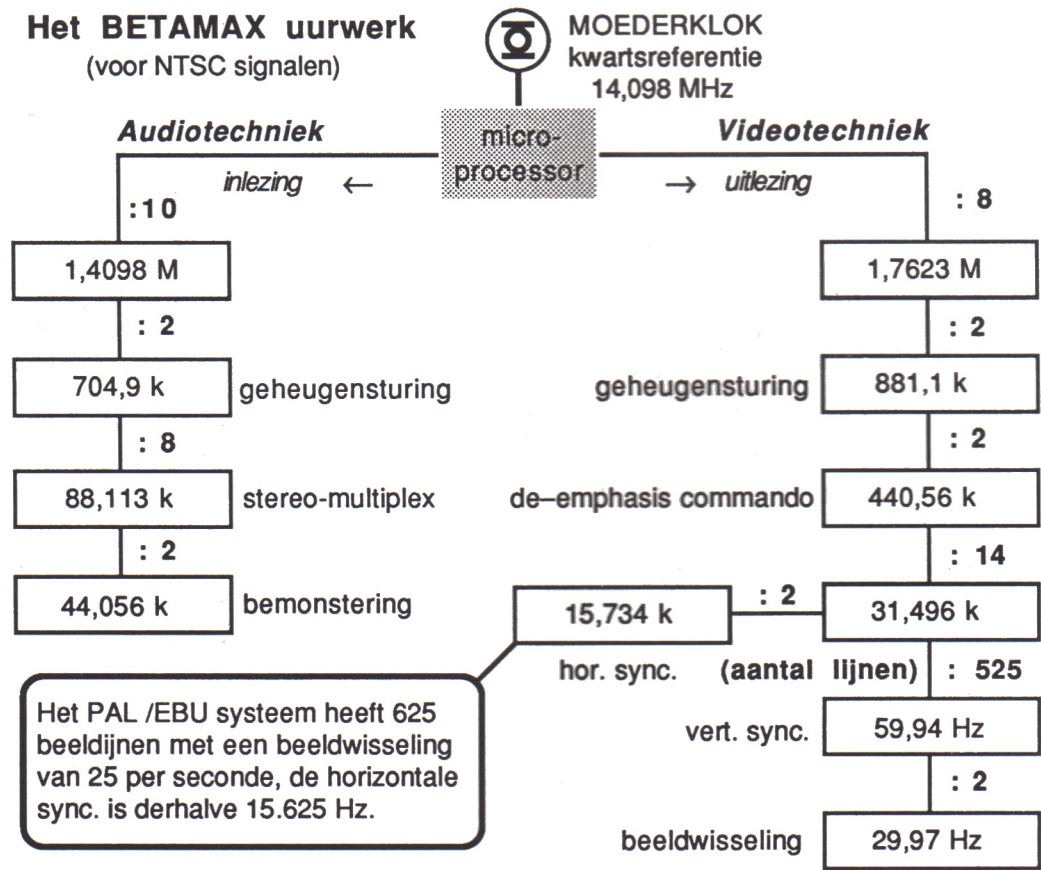
Als we de trein het vermogen geven zelf de opdoemende wissels om te zetten volgens dit lijstje, en dat programma afsluiten met de opdracht om te stoppen na de 17e wissel, kan de machinist thuis blijven. De computer is zo'n soort trein.

## HET KWARTS EN DE KLOKKEN

Kwarts is gewoon een van de vele silicium-verbindingen of kiezelsoorten waar je je tenen aan stoot in de bergen of die je in je badpak vindt aan zee. Sommigen hopen meer aanzien voor hun product te kweken en zo meer geld te vangen door dat spul als quartz aan te duiden. Dunne plaatjes kwarts buigen een beetje als je aan weerskanten een elektrische spanning aanlegt, en omgekeerd, als je een plaatje kwarts buigt verschijnt er op de grensvlakken een elektrische spanning. Daarmee kunnen we elektrische trillingen van enorme stabiliteit opwekken : onze klok.

In de digitale processor treffen we honderden chips aan (IC's, integrated circuits), kleine rechthoekige blokjes met een heleboel pootjes, die elk weer honderden of duizenden transistors bevatten. Vrijwel al die transistors fungeren als schakelaars. En vrijwel alle chips zijn belast met de aanmaak en de zuivering van kloksignalen. Al die signalen worden afgeleid van één moederklok, een kwartskristal dat in een zeer constante hoge frequentie trilt. De lagere frequenties worden verkregen door frequentiedeling, zodat ze onderling in een vaste verhouding staan, net als de tandwielen van een uurwerk of een versnellingsbak.

Bijgaand schema geeft een indruk van het elektronisch klokkenspel dat te pas komt aan de omzetting van een audiosignaal in een digitaal signaal, geschikt voor opslag in een videorecorder. De frequentiedelers zijn in dit voorbeeld ingericht voor het NTSC systeem, met 525 lijnen en 30 beelden per seconde.  $525 \times 30$  is 15750. Het PAL systeem van de EBU (European Broadcasting Union) werkt met 625 lijnen, en 25 beelden per seconde.  $625 \times 25$  is 15625. De PAL-klok loopt dus iets langzamer dan die van NTSC.



Processors die beide systemen aankunnen moeten een bemonsterings-frequentie van zowel 44,1 als 44,056 kHz in huis hebben. Daarvoor zorgt een frequentie-omzetter met de verhouding 101/100. De restfout is te verwaarlozen : een speeltijd van 1 uur geeft een fout tussen PAL en NTSC van nog geen 4 seconden.

We zullen u niet verder lastig vallen met deze elektronische tandwielenbak, maar MTSers kunnen nu misschien uitleggen hoe digitale goocheltrucs in elkaar zitten.

Wanneer het u niet zo direct duidelijk is wat al die televisie-techniek eigenlijk met geluidswaergave van doen heeft :

**EVEN GEDULD AUB**

dat gaan we nu juist uitleggen, voorzover het inzicht onszelf gegeven is natuurlijk.

## CENTRALE MELD- EN REGELKAMER

Het hart van de processor is een LSI, van Large Scale Integration, een soort superchip van enorme complexiteit, die in zijn eentje meer dan honderd alledaagse chips vervangt. Dit commando-centrum stuurt en controleert de hele gang van zaken in de processor. Het ontwerpen van zo'n gigant kost jaren, en is dan ook pas lonend als een omzet van miljoenen stuks verzekerd is.

De komst van de Compact Disc heeft moeten wachten op de ontwikkeling van zo'n pronkjuweel, door Sony en Philips gezamenlijk. Nu die chip er is, gaan allerhand andere ontwikkelingen daar op hun beurt weer van profiteren. Het CD medium is druk bezig door te dringen in de computer-industrie. Zo begint zich een ontwikkeling af te tekenen die een fenomeen als de komst van de sprekende film in 1925 of daaromtrent ver in de schaduw stelt en best wel eens kon gaan samenvloeien met de televisie als wereldwijd medium voor communicatie.

## DE MICRO-PROCESSOR

Een andere belangrijke rol komt toe aan de 16-bits microprocessor die de eigenlijke omzetting van het audio-sigitaal verricht. De term 16-bits slaat op het bezit van een 16-stellige (electronische) schakelaarset die als rangeerterrein fungeert. Met 2 schakelaars kunnen we 4 toestanden onderscheiden : 00, 01, 10 en 11. Met 3 schakelaars komen we aan 2 tot de derde, of 8 variaties : 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111. Met 16 wissels 2 tot de macht 16, dat zijn 65.536 combinaties. Die gaan we in de audio-processor gebruiken om 65.536 verschillende voltages aan te duiden.

We hoeven dan niet meer het spanningsniveau zelf over te seinen, we kunnen volstaan met de standen van onze schakelaarset op te geven. De ontvanger, die ook zo'n stel schakelaars heeft, kan telkens het bedoelde spanningsniveau samenstellen aan de hand van het binnenkomende recept. Daar is niet alleen aan weerskanten een klok voor nodig, er moet ook nog een signaal zijn waarop beide klokken gelijk gezet kunnen worden.

Dat heet een synchronisatie-sigitaal, een goed-herkenbare stootspanning, die in het jargon syncpuls heet, bij de schrijfmachine de wagenterugloop. Dank zij die puls kunnen we ook combinaties overseinen die uit louter nullen of enen bestaan, want onze klok meet de tijd uit die nodig is voor 14 of 16 bits en de klok van de ontvanger hakt de binnenkomende gelijkstroom wel weer in 14 of 16 partjes.

Als we afspreken (zo'n afspraak heet in de techniek een standaard) om onze bits 1 V positief te maken, dan kunnen we nog allerlei andere signalen meezenden, bijvoorbeeld een syncpuls van 2 V, en langere, bredere, of negatieve pulsen, zonder de eigenlijke informatie geweld aan te doen. Van deze vrijheid wordt gebruik gemaakt om het audio-sigitaal aan te vullen tot een imitatie video-sigitaal, met alle syncpulsen die de videorecorder nodig heeft om zijn werk te doen.

## WAAROM ZO MOEILIK ?

Edison legde muziek vast op een draaiende wasrol door zijn artisten in een trechter te laten roepen, blazen of strijken, en bracht zodoende een membraan in beweging waaraan een naald bevestigd was. De latere verfijningen en de tussenkomst van de electronica hebben in deze gang van zaken geen wezenlijke verandering teweeg gebracht. Waarom nu ineens die onafzienbare omweg ? Wat heeft een digitaal sigitaal dat een analoog sigitaal niet heeft ?

Wel, om te beginnen : digitale informatie is vrijwel onverwoestbaar. Daarmee bedoelen we dat die informatie alleen maar goed verwerkt kan worden, of helemaal niet. Als ons signaal weer uit de bewerkingen te voorschijn komt, is het heelhuids. Als dat niet lukt, ontstaat er chaos. Kleine afwijkingen zijn uitgesloten. Digitaal heeft een cijfermatig, dus alles-of-niets karakter. De schrijfmachine kan geen 5 op het papier zetten die de ene keer op een 8 lijkt, dan weer meer van een 3 wegheeft.

Zelfs in onze sterk vereenvoudigde beschrijving duikt nu al een aantal niet te versmaden voordelen op. We hebben namelijk afgerekend met de kwaliteit van de lijnverbinding (daaronder valt de hele omweg via radio, straalzenders, recorders en noem maar op) en het optreden van storingen daarin. Laten we aannemen dat de verbinding niet erg best is. Misschien komt een signaal van 1 V over als  $3/4$  V, en een signaal van  $1/2$  V als  $1/4$  V. En een signaaltje van 0,1 V zal helemaal niet meer doorkomen, omdat het verdrinkt in de ruis van de lijn. Analoog gesproken, is dat een bar slechte verbinding.

Maar digitaal is er niets aan de hand. Zolang de verbinding goed genoeg is om onderscheid te maken tussen de aanwezigheid van signaal en de afwezigheid daarvan, kunnen we onze bits heelhuids opvissen. Zoals een hobo wel, maar een partituur niet onbruikbaar wordt wanneer er koffie over gemorst wordt. De schakelaars aan de ontvangstzijde kunnen weer precies het spanningsniveau instellen dat verzonden werd.

## MONSTERS

Hoe komen we nu aan zo'n digitaal signaal ? Daarvoor zorgt de processor. Aan de ene kant komt ons analoge audio-signaal binnen, aan de andere kant verlaat een stroom bits het apparaat, met een productie van 2,5 miljoen bits per seconde. Elke seconde worden 44.000 monsters van het audio-signaal genomen en elk monster wordt als een combinatie van 14 of 16 bits doorgegeven. Dat is dus een heel verschil met de film, die 24 keer per seconde een beeld van miljoenen puntjes tegelijk vastlegt. Sample-and-hold heet dat bij het digitale volkje.

Audio-bemonstering gaat in stapjes na elkaar, ongeveer zoals u  $f$  18,89 zou betalen : een tientje, dan 5 gulden, 2,50, een gulden, een kwartje, een dubbeltje en tenslotte 4 centen. Omdat u geen losse centen hebt, legt u een stuiver neer.

De processor werkt in stapjes die steeds de helft van de voorgaande stap zijn (in ons voorbeeld, het kan ook anders). Eerst kijkt de microprocessor, in opdracht van de commando-chip, en in het tempo van de kloksignalen, of het signaal positief of negatief is. Dat kost 1 bit, en we hebben er nog 15 over om de grootte boven of onder de nullijn aan te geven. Vervolgens kijkt de processor of het signaal groter of kleiner is dan  $1/2$  Volt. Als het kleiner is schrijft hij een nul op (de tweede schakelaar gaat dicht), en gaat vervolgens kijken of het signaal kleiner of groter is dan  $1/4$  V.

Als het groter is, schrijft hij een 1 (de derde schakelaar gaat open), en zo gaat het door tot de laatste stap die nog maar 30 microvolt bedraagt, de waarde die je krijgt door 1 V 15 maal door 2 te delen. Dat laatste stapje is dus onze cent, de fijnheid van het raster waarin we ons audio-signaal onderbrengen, de grens van het oplossend vermogen. In tegenstelling tot het belang van deze laatste stap heeft deze de naam LSB (least significant bit, ofwel het minst-belangrijke cijfer) meegekregen van zijn ouders die wijzer hadden moeten zijn. We krijgen het nog met Kleinduimpje aan de stok.

## TEMPO, TEMPO ....

Die microprocessor moet dus wel een beetje opschieten, zult u zeggen, om dat allemaal in 1/44.000e seconde voor elkaar te krijgen. Het is nog erger dan u denkt, want voor stereo moeten de beide kanalen om de beurt bemonsterd worden, zodat voor elke meting maar 1/88.000e seconde beschikbaar is. Op het ogenblik is de techniek zover dat 16 bits moeilijk gaat (dus duur is), maar we mogen er op rekenen dat dat over een tijdje wel verbeteren zal en dat de 14 bits techniek alleen in goedkope apparaten zal worden toegepast.

Een stereo-monster bevat dus 2 x 16 bits en wordt 44.000 maal per seconde genomen. Bovendien hebben we een aanduiding nodig uit welk kanaal de bits afkomstig zijn. Elke bit vertegenwoordigt een stand van het schakelpakket in de 16-bits processor en alle schakelstanden worden gemeld aan een buffergeheugen, een RAM, voor Random Access Memory, een expeditiehof waar zendingen binnenkomen, om ze daarna weer in andere volgorde te verlaten.

Het buffergeheugen rangschikt de binnenkomende bits om en om in 2 afdelingen, zodat de bits per kanaal bij elkaar komen te zitten en als complete blokken van 16 bits om en om worden uitgelezen. Achter elk van die blokken worden de hulpsignalen toegevoegd die voor de verwerking door de video-recorder nodig zijn, en verscheidene andere, die we nog tegen zullen komen. Tenslotte verschijnen er, met de lijnfrequentie van de televisie, 15.625 Hz, keurige pakketten van 3 paar stereo-samples a 16 bits, plus de toegevoegde coderingen, plus horizontale en verticale syncpulsen, en de controlegetallen die latere foutcorrectie mogelijk maken. Al met al is zo'n pakketje nu uitgedijd tot 168 bits, en dat is het formaat van 1 lijn van ons tv-beeld. Per seconde worden 2.643.000 bits (in het PAL-systeem 2,625 Mb) geproduceerd en door de recorder verwerkt.

Als analoog opgevoed mens zult u moeite hebben met deze industriële verwerking van zoiets puurs als een vioolsolo. Kan dat allemaal zo maar, zonder de audio-informatie butsen en deuken te bezorgen? Het is alweer erger dan u denkt, want de video-recorder verspilt aan onder- en bovenzijde van elk beeld nog eens een behoorlijk aantal beeldlijnen om de zaak synchroon te houden. We moeten er dus bovendien nog voor zorgen dat op die weggegooiden lijnen geen audio-informatie terecht komt, om de audio-boodschap niet onherstelbaar te verminken.

## DIGITALE SUPERMARKT

We stellen u daarom nog een keer en dan wat uitgebreider voor aan de hierboven reeds eerder ten tonele gevoerde digitale ordebewaker, het buffergeheugen of rangeerterrein, in meer vereenvoudigde uitvoering ook bekend als verdragingslijn, het zijspoor. Zo'n buffer verschaft het digitale signaal een grote mate van elasticiteit waardoor we de bitpakketten kunnen uitrekken, samenpersen of hergroeperen, en allerlei trucs uithalen die analoog niet mogelijk zouden zijn.

U bent al goed bekend met de verdragingslijn, in de supermarkt. Daar komt u met uw karretje bij de check-out, waar uw bits 'achter elkaar' door de processor, de kassa, worden verwerkt en doorgeschoven naar een buffer met twee afdelingen. Zodra u afgehandeld bent, wordt de schuif omgezet en terwijl de volgende klant aan de beurt is, kunt u op uw gemak, in uw eigen tempo, uw bits inlezen in uw tas of doos, in de volgorde die u het beste uitkomt. Als u maar weg bent voor de derde klant aan de beurt is.

*De checkout zou best 2 klanten tegelijk kunnen verwerken, als maar bij elke boodschap de schuif wordt omgezet.*

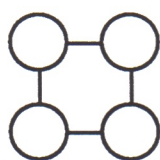


Met een buffergeheugen kunnen we de informatie in een ander tempo en in een andere volgorde uitlezen dan waarin ze binnenkwam. De stuurfrequenties die daaraan te pas komen, zijn precies op maat gemaakt voor de toevoegingen of weglatingen die we nodig hebben. De supermarkt kan nog allerhand materiaal toevoegen, zoals de kassabon, zegels, en reclame. De kassabon gebruikt u om thuis na te gaan of u onderweg iets verloren bent.

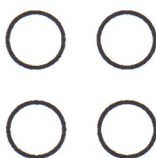
### VERTRAGINGSTACTIEK

Het geluk wil dat het PAL systeem van televisie gebruik maakt van een vertraginglijn van 64 microseconden, de tijd waarin één lijn van het tv-beeld geschreven wordt. Door massale productie staat dit onderdeel goedkoop ter beschikking van de recorder, die daarmee transportschade aan het signaal kan herstellen. De recorder vervangt een beschadigde of incomplete lijn door de voorgaande, die wel correct is. Pas als meerdere opeenvolgende lijnen beschadigd zijn, zien we een onregelmatigheid op het tv-scherm.

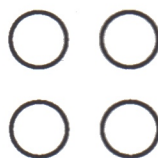
Stel u ontdekt dat uw voorganger er met uw boodschappen van door ging terwijl u stond af te rekenen. Geen nood, de zijne liggen er nog, en die neemt u dus mee. Ho ho, zult u nu roepen, dat gaat toch zomaar niet? Ik heb toch geen enkele boodschap aan zijn boodschappen? Maar digitaal gesproken moet u dat toch genuanceerder zien. Het audiosignaal wordt zo vaak en zo snel bemonsterd dat er maar weinig verschil kan bestaan tussen twee opeenvolgende monsters. Bedenk ook dat de digitale supermarkt maar een uiterst beperkt assortiment biedt: u kunt alleen maar kiezen tussen lege en volle blikken... En of er in de volle blikken kaviaar of hondevoer zit, dat hangt af van het vervoermiddel waarmee u naar huis gaat! Het zijn maar symbolen die digitaal worden verwerkt. Wat ze voorstellen is vers twee. Zoals de 4 cirkeltjes hieronder telkens van identiteit veranderen.



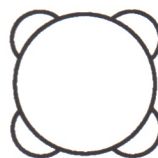
booreiland



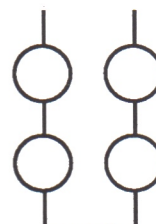
mexicanen



1 gulden



eethoek



panda

(Met een MIDI interface bv kunnen we een gitaar weergeven als een harp, of een trompet, om maar iets te noemen, en zwart-wit films worden alsnog ingekleurd.)

Op een videoband van gemiddelde dikte en kwaliteit zullen per minuut zeker 5, soms wel 10 dropouts voorkomen, en uw tv-scherm laat zien dat de ene lijn zo sprekend op de andere lijkt dat u daar niets van merkt. Bovendien is deze correctie in vergelijking tot de herstellmogelijkheden waarover een audio-processor beschikt zo primitief, dat ze beter uitgeschakeld kan worden. De processor doet dat beter.

### DWANGBUIS MET GRENDELS

Het laatste mechaniek van de video-recorder waar we u mee aan boord willen komen is geen chip, maar een soort slipkoppeling, de phase-locked loop of fase-vergrendeling, een wiel dat klem, maar niet onwrikbaar op de as is bevestigd.

De video-recorder staat evenals de processor onder toezicht van een kwartsklok, en de pulsen van het processor-uurwerk worden bij opname door een apart kopje (analoog) op een randje van de band gezet. (De andere rand van de band kan ook analoog benut worden, bv. voor tv-geluid, commentaar, of na-synchronisatie.) Bij de weergave wordt niet de eigen klok van de recorder voor de besturing gebruikt, maar de op de band opgetekende pulsen worden nu aangewend om een andere klok, voorzien van een slipkoppeling, gelijk te laten lopen met de klok van de opnameprocessor, meestal door de bandloop zoveel te vertragen of versnellen dat beide in de pas lopen. Pas als dat geregeld is wordt de signaalweg vrijgegeven en daar moet u dus telkens een seconde of zo op wachten, na elke bandstart.

De koppentrommel met de beide koppen (bij Betamax) fungeert in dit proces als vliegwiel. Tussen twee syncpulsen, die 1/30 seconde uit elkaar liggen (in PAL 1/25 s) kan niet meer dan een minimale afwijking optreden. Zo'n gering verschil speelt geen rol meer, want de uitlezing van de opgetekende bits geschiedt weer onder kwarts-controle. Of een bit iets te vroeg of te laat verschijnt, maakt niet uit, zolang er maar een bit *is* op het moment dat de processor 'kijkt'. Speciale chips zijn daarna weer belast met het fatsoeneren van de opgepikte bit-fragmenten tot hun oorspronkelijke gedaante.

We hebben zodoende afgerekend met wow en flutter, want onze flutter-meter werkt ook met een kwartskristal-referentie om snelheidsafwijkingen op te sporen. De processor gebruikt precies zo'n referentie om die variaties weg te regelen. De kwartsklok van de meter kan daarna niet meer doen dan constateren dat dat inderdaad gebeurd is.

Tot zover dan de *mooie* dingen voor muzikale mensen.

Zwartkijkers die we zijn willen we nu toch wel eens het vloerkleed optillen om uit te vissen wat daar allemaal onder geveegd is.



PS In verband met de snel toenemende onveiligheid in het bamboebos vertoeft de panda het liefst *achter* de boom.

## DIGITALE VERKENNING

Deel 2

juli 1987

Het voorgaande deel van deze verkenning stamt uit 1982, toen de Compact Disc speler zijn opwachting zou gaan maken op de Firato van dat jaar. We zijn nu 5 jaar verder en kijken al weer uit naar de DAT, de Digitale Audio Tape. Het huwelijk van de processor met de cassette.

Onze cent is inmiddels ter ziele, maar u weet nog wel wat dat voor een ding was.

### *Samenvatting Deel 1*

Om erachter te komen waar de geestdrift voor digitale verwerking van muziek op gebaseerd is lieten we diverse digitale technieken de revue passeren. We vonden in theorie inderdaad een indrukwekkende reeks voordelen : geen wow en flutter, band- noch modulatie-ruis, geen afwijkingen van de muzikale toonhoogte, zo goed als ideale fase-reinheid, frequentieverloop en kanaalscheiding.

Bovendien bleek dat frequentiegetrouwheid en vervorming niet meer beïnvloed werden door de eigenschappen van band of recorder, maar uitsluitend door de toegepaste omzetter, van analoog naar digitaal en terug. Dat alles dan ook nog met een dynamiek van 6 dB per bit, zodat we van een 14-bits omzetter al 84 dB signaal-ruisafstand mochten verwachten, en van een 16-bitter zelfs 96 dB.

Daar bleef het niet bij. We kunnen onbekommerd copieren, zonder enig verlies van kwaliteit, de nachtmerrie van de muziek-industrie. Aan het eind van al onze bewerkingen stijgt uit de luidspreker weer exact het zelfde signaal op als destijds door de microfoon opgepikt. Samen met de processor zelf zijn de microfoon en de luidspreker nu dus onze zwakke schakels geworden. Wat in het digitale domein getransporteerd wordt verandert niet meer.

Maar er stegen ook heel andere stemmen op, en die willen we ook aan het woord laten. Gewapend met stofkam en schijnwerper gaan we daarom nog een keer het digitale huishouden rond. Over de rommelzolder en door de kruipkelder. Op zoek naar enge beesten.

### DE MINSTE BROEDER

Lang hoeven we niet te zoeken. We hadden in Deel 1 al onze bedenkingen over de Least Significant Bit, en ja hoor, zodra we het onschuldig ogend kereltje aan de tand voelen, blijkt dat een wolfsangel te zijn.

In ons voorbeeld was de LSB ons pasmuntje, een stapje van 30 microvolt, en daarmee de grens van het oplossend vermogen van de digitalisering. De fijnheid van ons raster. Dat die grens een stap is maakt dat we liever van bemonstering spreken dan van meting. Want het kan gebeuren dat twee verschillende waarden in dezelfde stap terecht komen, en andersom, dat signalen die nauwelijks van elkaar verschillen, als twee verschillende stappen worden opgeslagen.

De LSB geeft zodoende een onzekerheid bij de optekening van de signaalsterkte in de orde van 30 microvolt, dat is 90 dB onder 1 Volt, en dat klopt ook wel, want we telden 15 stappen van 6 dB om tot de LSB te komen. Nu is een vervorming van 30 op 1 miljoen microvolt, dat is 0,003 %, op het eerste gezicht een kleinigheid waar we best mee kunnen leren leven.

Maar, die digitale afronding is een constante, en neemt dus procentueel toe als de signaalsterkte afneemt. Bij een signaalsterkte van 100 mV, dat is 20 dB onder 1 V, is de vervorming al 10 x groter, en op 1 mV, dus op -60 dB, zitten we al aan 3 %.

Dat roept herinneringen op aan de begintijd van de transistor, toen het jaren duurde voordat het '*exclusieve transistorgeluid*' eindelijk ontmaskerd werd als crossover vervorming. Tijd dus om indringende vragen te gaan stellen. Wat gebeurt er nu eigenlijk, onder in die dynamiek die ons zo gul voorgetoverd werd? Waar blijven die 96 dB die ze ons beloofd hebben?

Laten we om te beginnen maar eens kijken naar de 'ruisvloer', het kleinste signaal dat de omzetter van analoog naar digitaal te verwerken kan krijgen. Dat signaal zal bestaan uit de akoestiek van de opnameruimte, vermenigvuldigd met de versterkingsfactor die nodig is om de fortissimo's op nulniveau te brengen (als u dit met redelijke overtuiging kunt nazeggen is er een opname-technicus aan u verloren gegaan ....)

Bij een studio-opname zal deze stilte min of meer het karakter van 'witte ruis' hebben, in een kerk dat van laagfrequente 'kerkrumble'. In de concertzaal zal de air-conditioning en eventueel de aanwezigheid van publiek hoorbaar worden. Dit minimumsignaal is van dezelfde grootte-orde als de LSB (daar stelden we de microfoonversterker immers op in), misschien iets groter, misschien iets kleiner. Daardoor zal de LSB onregelmatig op en neer springen, onder en boven de nullijn, en af en toe zal ook de volgende bit geactiveerd worden.

Deze klompdansen levert een blokspanning op, die geen enkel verband met het oorspronkelijke signaal meer vertoont en na (overmatige) versterking het meest weg heeft van een machinekamer vol ijverig stampende machines.

Die digitale onrust bezit een veel agressiever karakter dan de ons bekende en vertrouwde 'witte ruis' en staat in het jargon (de dievetaal van digitaal) bekend als kwantiseringruis. Allicht beschikt het digitale arsenaal over middelen om deze onrust te bedwingen zodat het achtergrond-decor een neutraler karakter krijgt, maar die houden in dat de LSB wordt opgeofferd, zodat we nog maar een 15-bits resolutie overhouden, dat betekent een beperking van 6 dB in de dynamiek.

### MUZIEK, *waar niets ter wereld aan vooraf gaat... ?*

Als het daarbij bleef, was het mooi. Maar aan de bovenkant van onze uitsturing zit het ook al niet zo royaal als we dachten. Bij de analoge opnametechniek waren we gewend aan een vrij elastische bovengrens, die bepaald werd door het niveau waarop verzadiging van de band inzet. We legden de insturing bv op het punt waar de vervorming over band de waarde van 1 % bereikt, en noemden dat 0 dB. Dan konden we nog zo'n 6 dB verder insturen voordat de vervorming tot 3 % was toegenomen. En die reserve gebruikten we voor het opvangen van pieken die zo kort van duur waren dat ons oor de vervorming toch niet kon waarnemen.

Die 'elastieken' grens zijn we in het digitale proces kwijt. De processor produceert 16 bits, en geen sikkebitje meer. We moeten dus verder van de bovengrens af blijven dan we gewend waren. Of onze meters aanzienlijk sneller laten aanwijzen, maar dat komt op het zelfde neer. Een marge van 10 dB lijkt wel het minimum, Sony adviseert zelfs 15 dB.

### DE NETTO WINST

En daar zitten we dan, met een dynamiek die praktisch iets van 75 dB bedraagt, dat is ongeveer wat we met een analoge recorder en Dolby-A halen. Het is trouwens ook de dynamiek van goede microfoons, binnenkomend op een dito regeltafel. Maar, roepen de voorstanders van digitaal dan driftig, van die Dolby processor zijn we tenminste af. Alsof een digitale processor niet duizend maal erger is.

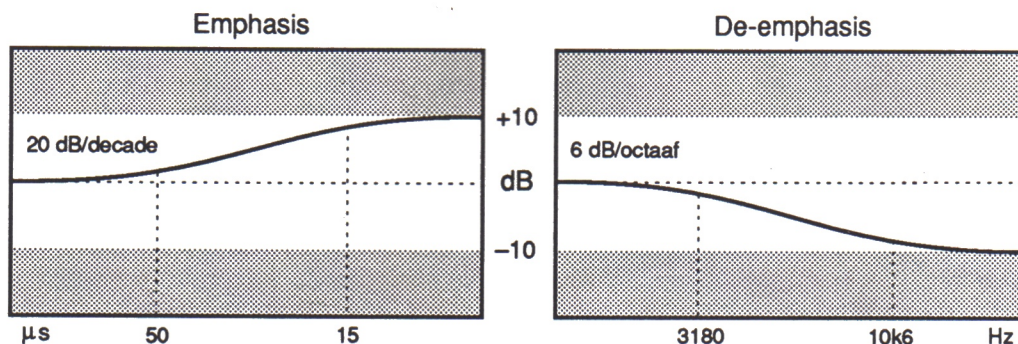
### LICHTPUNTJE

Gelukkig staat daar tegenover dat we niet meer met de beperkingen van het bandmateriaal te maken hebben. De analoge band kwam eerder in de verzadiging naarmate de op te tekenen frequentie hoger was. Dat kwam ons goed uit bij het registreren van klassieke muziek, omdat vrijwel alle orkestrale uitbarstingen zich afspelen in een zeer beperkt frequentiegebied, de octaven rond de 1 kHz. Van die beperking zijn we verlost.

### EMPHASIS EN DE-EMPHASIS

We hebben nu integendeel zelfs ruimte om een hoogopjaging toe te passen, die we bij het afspelen weer ongedaan maken. Dit procede wordt ook toegepast bij de FM zender, en heet daar net zo : emphasis voor de opjaging, en de-emphasis voor de neutralisatie. Ook de langspeelplaat kent zo'n recept, de RIAA-curve.

De emphasis begint bij 50  $\mu$ s (micro-seconden), 3180 Hz en loopt door tot 15  $\mu$ s, 10,6 kHz. Het hoorbare resultaat is een ruisvermindering van ca. 10 dB voor alle ruisbijdragen die *tussen* het aanleggen van emphasis en de-emphasis aan het signaal werden toegevoegd. (De 'vernederlandste' termen emphase en de-emphase lijken ons minder gelukkig, want de ingreep heeft niets met fase te maken. Emphasis, met de nadruk op Em, is engels voor nadruk).



De curven zijn elkaars spiegelbeeld, en hun gezamenlijk optreden levert dus weer een rechte karakteristiek op. De ingreep wordt aangegeven door een controlebit die met het signaal meereist zodat bij de weergave de de-emphasis automatisch wordt ingeschakeld. Er kunnen dus geen ongelukken gebeuren.

Al met al schijnt het dat we toch niet mogen mopperen : als we uitgaan van de 16-bits omzetting houden we van de 96 theoretisch beschikbare dB's er praktisch 84 bruikbaar over. Als we van 14 bits uitgaan ook, maar dan zonder onderdrukking van de kwantiseringruis. De 84 dB van de 14-bits omzetter kunnen we aanduiden als amateur-dB's, en die van de 16-bitter als professionele.

Het verschil zit 'm daarin dat de amateur te maken krijgt met programma's die al door een vakman zijn opgenomen. Voor 'live' opnemen met de microfoon lijkt een 16-bits systeem aan te bevelen, voor het copieren van plaat en radio is 14 bits meer dan goed genoeg. Inmiddels werd in 1987 de 18-bits processor uitgebracht, zodat ook de 14-bitter wel zal verdwijnen.

## ALIASSES

Zijn we er nu ? Nee, helaas niet. Er is nog een verschijnsel dat narigheid kan veroorzaken en dat in de analoge audioteknik niet voorkwam (in de radio-techniek wel : de spiegelfrequenties bij de superheterodyne ontvanger). De bemonstering verloopt alleen goed wanneer ze tenminste tweemaal zo snel plaats vindt als de hoogste audio-frequentie die in het te bemonsteren signaal voorkomt.

Dat klinkt onschuldig, tot we de mededeling omdraaien : het programma mag geen frequenties bevatten hoger dan de halve 'sampling' frequentie! Zijn die frequenties wel aanwezig, blijkt de omzetting ernstig in de fout te gaan : de microprocessor is wel rap, maar niet slim, en ziet geen verschil tussen bv. 16 en 28 kHz, omdat die allebei even ver van 22 kHz afliggen. Wij zelf zouden ook niet kunnen zeggen of het eb of vloed is als we maar één waterstand doorkregen, daar is een tweede waarneming (of aanvullende informatie) voor nodig.

Misschien hebt u wel eens gezien wat er bij afregeling van de tv kan gebeuren : de bovenkant van het beeld vouwt om en komt op zijn kop over de rest van het beeld te hangen. Of gebruikt u wel een stroboscopische schijf om de snelheid van uw draaitafel te controleren. Hier komt de bemonstering tot stand via een lichtbron die met wisselstroom gevoed wordt.

En het zal u zeker wel eens zijn opgevallen dat de spaken van een draaiend wiel op de film de verkeerde kant uit bewegen. Die spaken verplaatsen zich dan sneller dan de halve bemonsterings frequentie (24 beelden per seconde), en elk nieuw beeld toont de volgende spaak op het moment dat hij/zij meer dan de halve afstand, maar minder dan de hele, tot zijn/haar voorgang(st)er heeft afgelegd.

Nu we het toch over de film hebben : realiseert u zich dat op geen enkel fimbeeld beweging te zien is ? Wat we in de bioscoop zien zijn opeenvolgende *stilstaande* dia's, die alleen door hun snelle opeenvolging de illusie van beweging voortoveren, dank zij de traagheid van onze ogen, die een beeldwisseling van 24 x per seconde niet meer kunnen waarnemen.

Onze oren echter zijn uit gans ander hout gesneden. Daar zitten we meer mee in ons maag dan we eerst in de smiezen hadden (iedereen weet wat smiezen zijn, maar slechts weinigen kunnen het ook helder uitleggen. Onze oren draaien ons gewoon een loer, ergens tussen de lurven en de kladden in. Daar hebben we best de smoor of de dampen over in).

## TUSSEN TWEE IJZEREN TANGEN

Aldus ons dilemma : we willen het audio-gebied tot en met 20 kHz volledig overdragen, maar nu blijkt dat er geen spoortje signaal boven 22 kHz aanwezig mag zijn. Onze 'sampling frequency' bedraagt immers 44,1 kHz ! Dat betekent een filter van waarlijk ijselijk-grote steilheid, zo omstreeks de 80 dB per octaaf.

Zo'n filter is duur, moeilijk te maken en geeft zelfs in het ideale (theoretische) geval ongezellige bijverschijnselen. Daar is dan ook duchtig op gestudeerd en we mogen hier wel verklappen dat we op het scherm van de oscilloscoop eng-uitziende effecten kunnen waarnemen, maar dat we daar in de praktijk weinig van horen. In elk geval doen bezitters van een MPX (multiplex) filter er verstandig aan dit aan te zetten als ze digitaal willen opnemen, om mee te helpen tonen van 19 kHz en hoger te vrijwaren van alialisatie.

Bij de omzetting terug, van digitaal naar analoog, gebeurt hetzelfde. Een signaal van 20 kHz komt terug als een mengsel van 20 en 24 kHz, een toon van 1 kHz als 1 en 43 kHz. Ook hier moet dus gefilterd worden, maar Philips bedacht dat je al in het digitale domein kunt filteren, en daarbij tevens nog een aanzienlijke winst in dynamiek kunt boeken. Deze uitvinding, overbemonstering of 'oversampling' staat veel zachter werkende filters toe, met hoorbaar beter resultaat.

Als je wilt weten hoeveel koeien in het weiland lopen, tel je de poten, en deelt door 4. Wanneer daar geen geheel getal uitkomt, rond je naar boven af. Als je een koe over het hoofd ziet, zit je fout, maar al mis je 2-3 poten dan is het resultaat toch nog correct. In deel 1 oversampelde u zelf al om panda en tijger te ontwaren.

Al met al is de hoorbare verslechtering in de digitale omweg niet slechter dan bij andere bewerkingen van het signaal, kleiner bv. dan van de microfoonversterker in de voortrappen van de regeltafel. Practisch mogen we stellen dat geen hoorbare aantasting van het signaal plaats vindt.

## FOUTCORRECTIE

De video-recorder bezit zelf een eenvoudige inrichting om fouten te corrigeren, althans om die practisch onzichtbaar te herstellen. Natuurlijk wordt de magnetische emulsie door de bandenfabriek zo gelijkmatig mogelijk aangebracht, maar zodra de band een paar maal heen en weer gelopen is, zullen er slijtplekken ontstaan. Daar zal de optekening verminkt raken. Zulke ongelukjes heten drop-outs. In Deel 1 werd beschreven hoe een verminkte beeldlijn door zijn voorganger kon worden vervangen, zodat het tv beeld niet zichtbaar geschonden op het scherm verscheen.

## DIGITALE CORRECTIES

De processor bezit een veel verfijnder mechanisme voor het herstellen van fouten dan de recorder, en moet dat ook bezitten, omdat het oor veel minder traag is dan het oog. Onze ogen kunnen beeldwisselingen van meer dan 20 per seconde niet meer uit elkaar houden, onze oren beginnen bij die frequentie pas te werken.

De processor voegt aan elk pakketje informatie een stel controlecijfers toe, die later weer door de processor gebruikt worden om na te gaan of er iets mis is gegaan tijdens het transport van het signaal. De kassabon van de supermarkt. Deze controle zit zo listig in elkaar, dat maximaal een half tv-beeld kan worden hersteld. Voorwaarde daarbij is wel dat de eigen foutcorrectie van de recorder uitgeschakeld wordt, want zodra die in actie komt klopt de kassabon niet meer.

Om een voorbeeld te geven, zonder uitschakeling van de correctie in de video-recorder zullen al na 2-3 keer overcopieren dropouts hoorbaar worden. Met uitgeschakelde foutcorrectie kan men jarenlang (!) copieën van copieën maken zonder dat een dropout plaats vindt. De kansberekening komt uit op de waarschijnlijkheid van een onherstelbare fout eens in de 1000 of 2000 jaar.....

Dat klinkt te mooi om waar te zijn. En het is ook niet waar. Althans, het is niet de hele waarheid. Er is nog een mechanisme werkzaam om fouten onhoorbaar te maken en dat kan wel verandering teweeg brengen, de foutversluiting, of Error Concealment.

Dat is zo iets als in onze indianenboeken vroeger : de slimme woudloper, door boze indianen achtervolgd, bond een takkenbos achter zijn paard en wiste zo zijn sporen uit. Nooit begrepen we waarom die indianen dan niet achter het spoor van die bos takken aangingen, maar misschien wordt dat ergens in de blankenboeken van de roodhuidenlectuur verklaard. In ieder geval werkte het, want de indianen zitten nu boos in de reservaten, en de woudlopers hangen de slimme held uit voor de Commissie van het Congres.

### SLUIERENDE ZEEF *Error Concealment, de zeef en de sluier*

Error Concealment is de laatste truc die de processor uithaalt voordat hij het bijltje er definitief bij neer en de signaalweg dichtgooit (de Mute functie). De processor neemt het gemiddelde van de vorige onbeschadigde lijn en de eerstvolgende goede, en vervangt de beschadigde lijn(en) door de zo berekende waarde.

Dat gaat zo :

<i>16-bits register</i>	<i>binair getal (processortaal)</i>	<i>decimaal (mensentaal)</i>
↓		↓
vorige waarde	0011 0101 1001 0110	13.718
volgende waarde	+ 0011 0110 1001 0010	13.970
opgeteld	0110 1100 0010 1000	27.688
schuif →	: 2 0011 0110 0001 0100	13.844

Om door 2 te delen schuift de microprocessor, die immers niet rekenen kan, elk cijfer in zijn werk-register een plaats naar rechts en zet een nul op de lege plaats vooraan. Het achterste cijfer valt af. Zoals wij door 10 delen, dus, eigenlijk.

Wanneer dat middelen gebeurt tijdens het copieren, zal de copie niet meer precies identiek zijn met het origineel. Als we die copie weer gaan copieren en die copie ook weer zullen er op den duur toch hoorbare verschillen optreden. We kunnen beter steeds van het origineel uitgaan, net als we in de analoge tijd gewend waren.

Met professionele apparatuur wordt de gebruiker gewaarschuwd :

- 1) als de Error Correction in actie komt,
- 2) als de Error Concealment moet ingrijpen, en natuurlijk ook :
- 3) wanneer de MUTE inschakelt.

De opname-technicus kan dan naar eigen inzicht zijn maatregelen treffen.



## STOMWEG

Pas als al deze recepten onuitvoerbaar blijken, gooit de processor het bijtje er stomweg bij neer : de signaalweg gaat dicht en het MUTE lampje aan. We horen een heel kort moment niets, digitale stilte, en dat is heel stil, daarna valt de muziek weer in, meestal met een tik, omdat er een steile niveau-sprong plaats vindt. Het digitale arsenaal is best in staat die tik te onderdrukken, maar de fabrikanten vinden dat niet de moeite waard, of de recensenten dringen er niet hard genoeg op aan.

Bij opnamen voor plaat en radio worden net als in de analoge tijd minstens twee recorders gebruikt, zodat dergelijke ongelukjes, als ze al voorkomen, eruit gemonteerd kunnen worden.

## EN AL DIE NEGATIEVE REACTIES DAN ?

We hebben een periode achter de rug waarin Engeland weergalmde van de kritiek op de CD en vooral de Amerikaanse high-end publikaties hun vitriool met vaten vol over het nieuwe medium uitstortten. Een periode tussen twee haakjes, waarin, voor het eerst in de audio geschiedenis, de Amerikaanse industrie niet voorop loopt, maar de Europese en Japanse initiatieven op eerbiedige afstand volgt.

De verwijten zijn niet mals : digitaal mist sfeer, mist goed laag, vervalst de zaal-akoestiek, en verleent het hoog een synthetisch karakter dat het luisteren vergalt. Volgens ons hadden de mensen die zo klaagden, groot gelijk. Hadden gelijk. Schenen gelijk te hebben. Maar eigenlijk deden ze iets wat niet mag. Ze vergeleken de eerste woordjes van een baby met de conversatie van volwassenen. Eerlijk vergelijken doe je pas als je digitale opnamen van 1986 vergelijkt met LP's uit 1948 of stereo-platen uit 1958.

De eerste Compact Discs werden gemaakt om te bewijzen dat digitale verwerking geen hersenschim was. Aanvankelijk werden ze ook niet door muzikaal ingestelde producers opgenomen, maar door technici in opdracht van hun directie. Vaak ook werden opnamen uitgebracht die wel door muzikale mensen gemaakt waren, maar nog met de ervaring en de routine opgedaan in het analoge tijdperk.

Daarbij komt dat de eerste digitale omzetter nog niet zo geweldig waren. De eerste generatie werd aan professionele gebruikers geleverd, pas een paar jaar daarna kwam de amateur-uitvoering aan de beurt. En in die paar jaar bleek er iets gek te zijn gebeurd. De amateur kon voor betrekkelijk weinig geld (weinig in vergelijking met een studio-recorder) een digitale audio-processor kopen, de PCM F-1, die (destijds) stukken beter was dan de 1610 professionele processors (van dezelfde fabrikant). Geen wonder dat er in die aanloop-periode klachten waren !

## A/D en D/A

Hebben we dan toch nog iets over het hoofd gezien ? Ja. We zijn er zonder meer van uitgegaan dat het met de omzetting van analog naar digitaal en omgekeerd wel goed zou zitten, maar dat blijkt allerm minst vanzelf te spreken. Aan de vervaardiging van zo'n omzetter komt enorme precisie te pas en de industrie is er nog niet aan toe om die op de vereiste massale schaal op te brengen. Dat blijft voorlopig handwerk.

Het is niet moeilijk om een digitaal muzieksignaal aan meerdere D/A processoren tegelijk aan te bieden, en dan kun je waarnemen dat elke processor iets anders klinkt. Dat is niet zozeer een kwestie van beter of slechter, maar ze zijn duidelijk niet geheel identiek, ook onderling per model of merk niet. Daar is dus nog verbetering te boeken, maar het is moeilijk om in het grensgebied tussen digitaal en analoog zinvolle metingen uit te voeren. En het valt daarom ook niet mee de vinger op de wonde plekken te leggen.

Dit klinkt allemaal onheilspellender dan het in werkelijkheid is : zoals de toestand nu is, zijn we al beter af dan met de beste studio-recorders van 10 jaar geleden, dus erg hard mogen we niet klagen. Maar we moeten onze fabrikanten (en onze politici) wel scherp in de gaten houden, want die maken de indruk dat ze terwille van de gouden eieren de kip om zeep willen helpen.

### SLOTSOM

De geestdrift voor digitalisering is terecht en gebaseerd op een indrukwekkende reeks wezenlijke verbeteringen. Evengoed is er in de eerste roes wat te gemakkelijk over de nadelen heen gestapt : de omzetting van analoog naar digitaal en terug. Het is niet moeilijk te voorspellen dat daarin nog verdere verfijning kan, moet en zal optreden.



De hysterische vrees van de muziekindustrie voor nog plattere platenpersers duikt als marktversturende factor op. Angst is een slechte raadgever. Geldzucht een sterke drijfveer.

De paranoïde angst voor een anonieme perser in Hong Kong die miljoenen Madonna's ter wereld zou kunnen brengen dreigt te leiden tot een lastenverzwaring voor de eenzame ziel in Delfzijl die zijn eigen muziekprogramma's zelf wil samenstellen.

Geloof iemand oprecht dat de ingezamelde miljoenen heelhuids bij Madonna terecht zullen komen ?

## KOFFIEDIK

Aan de opnamekant mogen we rustig aannemen dat de grote platenfabrikanten erop gespist zullen zijn perfecte A/D omzetter in huis te halen.

Aan de weergavezijde echter valt te vrezen dat de moordende concurrentie die nu loskomt niet zal bevorderen dat men gaat wedijveren in de kwaliteit van de D/A omzetter, integendeel. Op dit punt is een taak weggelegd voor gespecialiseerde fabrikanten, die hetzij een eigen CD-speler zullen uitbrengen, hetzij een versterker met ingebouwde D/A converter van onberispelijke kwaliteit.

Dit laatste wordt te meer waarschijnlijk nu ook DAT in aantocht is, de digitale opvolger van de musicassette. Een versterker die zowel CD- als DAT-signalen digitaal kan verwerken, maakt het mogelijk om beide apparaten zonder D/A-processor uit te voeren, wat een enorme besparing zou betekenen.

En een besparing die niet ten koste van de kwaliteit gaat, tenminste als de politiek zijn handen nog even thuis kan houden.

Als die ontwikkeling achter de rug is en de opname-technici vertrouwd geraakt zijn met het nieuwe medium, mogen we echt streng gaan oordelen. Zo ging het met de bandrecorder, de langspeelplaat, stereo, FM en het cassettedeck. Alleen ging dat toen allemaal wat langzamer en geleidelijker.

Persoonlijk kunnen we het niet anders zien dan dat de immense voordelen van de digitale techniek het pleit snel zullen beslechten.

Concreet gesteld :

dat het geen vijf jaar meer duurt voor de stereo - lp een even dierbare oude vriend wordt als de 78-toeren plaat.

Dierbaar, maar niet actief meer.

## LITERATUUR

Voor degenen die het naadje van de digitale kous willen weten (en niet opzien tegen zware kost) :

Dieter Thomsen **Digitale Audiotechnik**  
Grundlagen und Praxis der modernen  
Audiotechnik und ihrer Systeme

Franzis Verlag München 1983  
ISBN 3-7723-7151-5