

Feedback, de interactie in Physical Models

We hebben al kennis gemaakt met de twee onderscheiden globale systeemelementen uit de muziekinstrumenten: excitator(en) of driver(s) en resonator(en). Zonder deze twee systemen geen akoestisch muziekinstrument.

Echter wat wat minstens zo belangrijk is, is de interactie tussen deze beide onderdelen. Vooral als je uit de traditionele ‘analoge synthewereld’ komt sta je daar meestal niet bij stil. Gewoonweg omdat daar interactie meestal niet aan de orde is. Een oscillator is aangesloten op een filter, vanuit het filter naar een versterker. Dat is zo –kort door de bocht gesteld– de signaalrouting.

Je kunt tot in lengte van jaren aan de filterinstellingen tweakken, maar er gebeurt echt niets met het element daarvoor, de oscillator. Kortom, er is geen feedback, geen terugwerking, geen terugkoppeling, geen interactie.

Vooral bij blaas- en strijkinstrumenten speelt die interactie een cruciale rol. Vanwege het belang daarvan, “Feedback: de interactie in Physical Models”. En, even helemaal geen resonator, maar daarvoor inplaats een gewone simpele zaagtandoscillator.

Arp 2600

In een vorig leven, de zeventiger jaren van de vorige eeuw, toen ik een demotour deed voor de Nederlandse Arp-importeur langs diverse studio’s in het land kwam ik voor het eerst die interactie op het spoor. Bij zo’n 2600 hoorde ook een boek om je op weg te helpen: het Arp 2600 Patch Book.

Met name voorbeeld 66, ‘Inharmonic Sequencing’, was en is tot vandaag een ear and eye opener. Aanvankelijk besteedde ik geen aandacht aan deze patch, omdat ik inharmonic interpreteerde als niet-harmonisch: random toonhoogtes dus. Uiteindelijk toch maar eens gepatched. Dat was al weer een paar jaren later. Ik had toen de beschikking over twee Arp 2600’s van de Tilburgse muziekschool waar ik inmiddels als docent werkte. Het klinkende resultaat

bezorgde mij een Ahaerlebnis.

Deze patch produceerde riedeltjes in een mineurtoonladder. Behalve de stemming, de intervallen, die rein waren, was veel meer nog de impact op m'n luisterervaring, de overgangen van de ene naar de andere toon. Na wat getweak bleek dezelfde patch ook rifjes te kunnen genereren in de harmonische reeks, de natuurtonenreeks.

Die overgangen tussen de opeenvolgende tonen leken/liken sprekend op wat er gebeurde als je aan het overblazen bent op een koperen blaasinstrument of fluit. Ik herkende dat ogenblikkelijk; ik ben ooit begonnen met bugel spelen in de dorpsfanfare en later ook aan de gang gegaan met alle soorten van fluiten. Na wat gezoek in literatuur leek deze Arp patch een variant te zijn op wat in de elektronica bekend staat als een 'phase locked loop' (pll).

PLL

Deze schakeling stamt uit de dertiger jaren van de vorige eeuw uit de radiotechniek. Voor een goede radio-ontvangst stem je je ontvanger af op de juiste zendfrequentie. In die tijd allemaal analoog spul uiteraard. Je kent het ook nog wel van de echte oude analoge synths: na zorgvuldig stemmen zijn de oscillatoren na enige tijd toch weer ontstemd.

Hetzelfde laken een pak met die analoge ontvangstoscillator in de radio. Je krijgt dan een hinderlijk soort vervorming die bekend staat als fading. Er is toen een slimme schakeling bedacht om de ontvangst-oscillator te locken, te vergrendelen als het ware, aan de zendfrequentie.

Hoe dan ook, in het geval van de Arp patch ging en gaat het als volgt: een referentie-oscillator (de zendfrequentie), in de rol van resonator, clockt een sample and hold, die zorgt dus voor de bemonsteringscommando's. Maar wat wordt er dan gesampled? Dat is een zogenoemde zaagtand slave oscillator, die de excitator of driver voorstelt.

Bij elke ingangspuls van de referentie, de clock, wordt een sample genomen van de de amplitudewaarde van de zaagtanduitgang van de slave oscillator, en vervolgens naar

de de output van de S&H module gestuurd en vast gehouden tot de volgende clockpuls komt. De sample-waarden verschijnen nu opeenvolgend in het 'ritme' van de referentiefrequentie aan de uitgang van de S&H module, en worden vervolgens omgekeerd, geïnverteerd, dat is gewoon met -1 vermenigvuldigd, teruggestuurd naar de Lin FM input van diezelfde slave oscillator.

Bij een juiste instelling van de hoeveelheid feedback ontstaat nu een zelfregelend systeem dat zich zelf uit een chaotische situatie inregelt naar een stabiele staat, waarbij de slave oscillator aléén gehele veelvouden of gehele deeltallen kan produceren van de referentie-frequentie: de harmonische reeks respectievelijk de subharmonische serie.

In het geval van harmonic locking regelt het systeem zich in naar een constante feedbackwaarde; de bemonsteringsmomenten vallen dan steeds op dezelfde plaats in de zaagtand van de slave oscillator, de twee frequenties zijn aan elkaar gesynchroniseerd. Bij synchronisatie op subharmonischen zien we zowel aan de output van de slave oscillator als op de S&H uitgang een trapvormig signaal waarvan het aantal treden in de trap het frequentiedeeltal aangeeft.

een muziekinstrument beschouwd als draaggolfmodulator

De puzzlestukjes vielen opeens in elkaar. Ik realiseerde me dat de overgangsverschijnselen bij het van de ene harmonische gaan naar een volgende de zogenoemde 'interne fijnstructuurmodulatie' voorstelde zoals bij het overblazen bij blaasinstrumenten. Het prachtige verhelderende verhaal over de beschouwing van een muziekinstrument als draaggolfmodulator vind je in het boek Elektronische muziek.

Hierin onderscheidt Tempelaars drie principiële onderscheiden modulaties:

1. de globale modulatie, dat zijn de noten die op papier staan, of die je zelf hebt opgeschreven. Dat zijn uiteraard grove abstracties van wat je echt speelt;

2. externe fijnstructuurmodulatie, dat wat je wel écht speelt, toonhoogtebuigingen, vibrato, timing dynamiek etc., kortom alles wat je zelf aan verfijning kan aanbrengen in je spel, samengevat als expressie;

3. interne fijnstructuurmodulatie vanuit het instrument, vanuit het systeem zelf. Dat zijn al die kenmerkende eigenschappen van het instrument waar je zelf niet of maar in zeer geringe mate invloed op kan uitoefenen.

Deze kenmerken ontstaan in belangrijke mate door de interactie tussen excitator en resonator. Die interactie, deze terugkoppeling kun je horen, ontdekken in de download patch PLL-Instrument.pch2

PLL-Instrument

Deze patch behelst acht verschillende subpatches die je vindt onder 'Variation'. Ze zijn allemaal gebaseerd op hetzelfde PLL-model.

De gele modules vormen de eigenlijke phase locked loop.

De groene module is een (high) pass filter dat de beker van een blaasinstrument simuleert

De blauwe module stelt een virtuele bespeler voor. In dit geval LfoA waarvan de RndStep of de (smooth) Rnd output wordt gebruikt om de slave oscillator harmonischen of subharmonischen te laten 'improviseren'.

Bij gebruik van de RndStep output stelt deze alléén de globale modulatie voor, de noten dus. Bij smooth Rnd gaat het outputsignaal geleidelijk van de ene naar de andere waarde en herbergt zodoende naast de globale modulatie ook de externe fijnstructuurmodulatie. De output van deze LfoA wordt ook nog teruggekoppeld naar de eigen 'Rate' input. Er ontstaat zo een modaliteit waarbij toonhoogte wordt verbonden met toonduur. Hoge tonen klinken korter dan lage.

Doordat de twee Rnd outputs van de Lfo niet zomaar lukraak ‘dobbelstenentoeval’ genereren verschijnt er nog meer modaliteit, een extra kenmerk. De twee Rnd outputs produceren een zogenoemd ‘drunk’ random. Een soort dronkemansbeweging. De grote lijn is dobbelsteentoeval. Stel je voor dat tussen twee willekeurige waarden wordt geïnterpoleerd volgens een zigzaggende beweging. Dat is nu die zatte man, die van A naar B gaat; hij komt er wel, maar zwalkend en zigzaggend. Al met al levert dat een globaal (en eventueel extern fijnstructuurmodulatie) uitgangssignaal op dat behoorlijk natuurlijk en logisch overkomt; je zou het als het ware ook zelf zo gespeeld kunnen hebben.

De andere verschijnselen die je hoort, als bijvoorbeeld trillers en het weifelen tussen de ene en andere (sub)harmonische ontstaat vanuit het systeem zelf, de interne fijnstructuur. Ja, inderdaad door de terugkoppellus van de S&H-uitgang naar de FM Lin input van de slave osc.

Als laatste schakel in de patch zien we de grijze modules. Dat is simpel een stereo output met daarvoor een stereo delay module, die enerzijds dient als productionele opleuking en anderzijds fungeert als een soort echo- en canonmachine, en zodoende meerstemmigheid simuleert. Neem de tijd voor het beluisteren van de acht verschillende presets en luister vooral naar wat tussen de tonen gebeurt. Een andere keer halen we onze resonator weer van stal gaan we het PLL-model wat verder uitbouwen tot een meer op de werkelijkheid gebaseerde patch die blaas- en strijkinstrumenten simuleert.

Ernst Bonis

Dit artikel werd eerder gepubliceerd in Interface 92 oktober 2005.

literatuur

Elektronische muziek
F. C. Weiland en C. A. G. M. Tempelaars
Bohn, Scheltema & Holkema
Utrecht/Antwerpen 1982

ISBN 90 313 0531 6

Arp 2600 Patch Book

internet

www.uoguelph.ca/~antoon/gadgets/pll/pll.html

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/music/brassa.html>

www.phys.unsw.edu.au/~jw/brassacoustics.html