

Klankopwekking in U-he Zebra 3

Zebra 3 bouwt zijn geluid op via vier onafhankelijke kolommen (U-he noemt ze lanes) in de voice-grid. Elke lane kan één of meer oscillatortypen draaien, met een eigen filter, envelopes en modulatiemogelijkheden, en de lanes kunnen elkaar onderling beïnvloeden via cross-lane routing. Dat maakt Zebra minder een 'synthesizer met een oscillatorsectie' en meer een modulair systeem, waarin vier verschillende synthese-filosofieën naast elkaar bestaan. Hieronder een diepere behandeling van elk type oscillator, plus hoe ze in de praktijk samenwerken.

1. De analoge oscillator

Dit is de meest herkenbare en toegankelijke bron in Zebra, en het startpunt voor vrijwel iedereen die met subtractieve synthese bekend is.

Basisgolfvormen

- **Zaagtand:** bevat alle harmonischen (even en oneven) met afnemende sterkte — de meest volle en helderste basisvorm, favoriet voor leads, bassen en pads die veel filterbeweging moeten kunnen verdragen.
- **Puls/rechthoek:** bij 50% pulsbreedte bevat alleen oneven harmonischen, wat een holle, klarinetachtige klank geeft. Verschuif de pulsbreedte en de harmonische balans verandert continue.
- **Sinus:** geen boventonen, puur de grondtoon. Nuttig als subtiele sub-laag onder een complexere klank, of als modulatiebron in FM-context. Met portamento en een mooie galm kan de sinus in de hogere regionen ook dienst doen als subtiele fluitachtige leadsound.
- **Driehoek:** bevat alleen oneven harmonischen maar veel zachter dan de puls — ook een zachte, fluitachtige kleur.

Pulsbreedtemodulatie (PWM)

De breedte van de rechthoekgolf varieert continu, meestal aangestuurd door een LFO of envelope. Dit verschuift voortdurend de harmonische balans en geeft de klassieke 'zwevende', licht chorus-achtige beweging die je kent van analoge synths uit de jaren 70 en 80. Een langzame LFO met een kleine hoeveelheid geeft subtiele beweging; een snelle LFO met een grote hoeveelheid geeft een ratelend, bijna FM-achtig effect.

Hard sync

Bij hard sync wordt de cyclus van een slave-oscillator geforceerd gereset telkens wanneer de master-oscillator een nieuwe cyclus begint. Het resultaat is een golfvorm die zijn eigen toonhoogte lijkt te hebben, maar waarvan de boventooninhoud drastisch verschuift zodra je de stemming van de slave verandert — vaak hoorbaar als een schurende, metaalachtige of sirene-achtige klank. Dit is een van de meest expressieve technieken in Zebra: koppel de slave-stemming aan een envelope of aan aftertouch, en je krijgt een klank die opent naarmate je harder speelt of langer aanhoudt.

FM binnen de analoge oscillator

Eén oscillator kan de frequentie van een andere moduleren. Bij lage modulatie-index hoor je subtiele zijbanden die de klank iets warmer of metaalachtiger kleuren; bij hoge index ontstaan complexe, vaak onharmonische spectra — klokken, gongs, of ruisachtige texturen. Omdat Zebra's FM-implementatie iets losser en minder steriel klinkt dan een pure digitale FM-synth, wordt het vaak gebruikt voor karakteristieke, licht vervormde texturen in plaats van voor klassieke DX7-achtige klanken.

Ringmodulatie

Naast FM kun je ook ringmodulatie tussen twee oscillatoren toepassen. Waar FM de frequentie van de ene door de andere laat sturen, vermenigvuldigt ringmodulatie de twee signalen met elkaar, wat som- en verschilfrequenties oplevert die vaak niet harmonisch gerelateerd zijn aan de oorspronkelijke tonen. Dit levert metaalachtige, klokachtige of robotachtige texturen op, en is bijzonder effectief voor percussieve of sci-fi-achtige klanken.

Unison en detune

Meerdere kopieën van dezelfde oscillator, licht ontstemd tegen elkaar en (optioneel) verspreid in het stereobeeld, geven de klassieke dikke superwave-achtige klank die je in veel moderne leads en pads hoort. Hoeveel stemmen, hoeveel detune, en hoe breed het stereobeeld wordt uitgesmeerd, bepaalt of het effect subtiel blijft of extreem breed wordt.

Praktische tip: de analoge oscillator is de plek om intuïtie op te bouwen voor de relatie tussen golfvorm, harmonische inhoud en filtergedrag, voordat je aan de complexere motoren begint. Bijna elk basisconcept dat je hier leert (PWM, sync, FM, unison) keert in andere vorm terug bij de andere oscillator-types.

2. De Wave-oscillator (wavetable-synthese)

De Wave-oscillator vervangt de enkele golfvorm door een hele tabel van maximaal 16 golfvormen die je kunt doorlopen. Dit voegt een extra dimensie van beweging toe zonder dat je meteen ingewikkelde modulatie hoeft op te zetten.

De tabel en het scannen

Een wavetable bestaat doorgaans uit tientallen tot honderden losse cycli, geordend van eenvoudig (vaak een sinus) naar complex (vaak ruisachtig of extreem harmonisch rijk). Door met een enkele parameter — de tabelpositie — door deze reeks te scannen, verandert het timbre continu. Dit scannen kan handmatig (statisch ingesteld), of gemoduleerd worden door een LFO, envelope, velocity, aftertouch of een externe modulatiebron.

Interpolatie versus steppy scannen

Standaard interpoleert Zebra vloeiend tussen twee opeenvolgende golfvormen in de tabel, wat een geleidelijke klankovergang geeft. Je kunt er echter ook voor kiezen om de interpolatie uit te schakelen, waardoor je harde, hoorbare sprongen tussen golfvormen krijgt — dit levert een ruwer, meer digitaal of glitch-achtig karakter op, wat bruikbaar is voor ritmische of experimentele klanken.

De wave-sequencer

Naast het scannen van een enkele tabel kun je een reeks van stappen programmeren, waarbij elke stap verwijst naar een andere tabelpositie (of zelfs een andere tabel), met een eigen tijdsduur, glide-tijd en eventueel willekeurige variatie. Dit maakt het mogelijk om een klank te ontwerpen die bij elke aanslag een klein, herhaalbaar (of licht gevarieerd) verhaal van timbres doorloopt — bijvoorbeeld van hol naar scherp naar ruisachtig binnen één noot — zonder dat je daarvoor een externe modulatiematrix nodig hebt.

Zelf tabellen bouwen

Je kunt je eigen wavetabellen samenstellen door individuele harmonischen met de hand in te tekenen (harmonische voor harmonische, met amplitude en fase), of door bestaand audiomateriaal te laten resynthetiseren tot een tabel met cycli die de spectrale evolutie van het origineel volgen. Dit opent de deur naar wavetables die gebaseerd zijn op akoestische instrumenten, stemgeluid, of zelfs veldopnames, in plaats van alleen de meegeleverde synthetische tabellen.

Fase-instellingen

De startfase van elke cyclus in de tabel kan invloed hebben op hoe de golfvorm klinkt bij korte, percussieve noten, en op hoe goed meerdere unison-stemmen door elkaar heen klinken zonder ongewenste fase-annulering.

Praktische tip: wavetables zijn de snelste manier om gratis beweging te krijgen — de textuur verandert simpelweg omdat de tabel dat al bevat. Voor beginners is dit vaak toegankelijker dan additieve synthese, omdat je resultaat direct hoorbaar en visueel te volgen is via de tabelpositie.

3. Additieve en spectrale synthese

Additieve synthese is de motor waarin je een klank niet ontleent aan een kant-en-klare golfvorm, maar zelf opbouwt uit individuele boventonen (partials). Dit is de meest wiskundig georiënteerde, maar ook de meest precieze en flexibele synthese-methode in Zebra.

Partial count en dichtheid

Je bepaalt hoeveel partials actief zijn — dit kan variëren van een handvol (voor heldere, fluitachtige of orgelachtige klanken) tot tientallen of zelfs honderd-plus (voor dichte, ruisachtige of koorachtige texturen). Meer partials betekent meer vereiste rekenkracht, maar ook meer detail en dichtheid in het spectrum.

Curve Geometry

In deze modus teken je een envelope-achtige curve die de relatieve amplitude van de partials over de tijd bepaalt, waarbij de vorm van de curve intuïtief aanvoelt als het vormgeven van een spectrale envelope — vergelijkbaar met het tekenen van een filterhelling, maar dan direct op het boventoonspectrum. Dit geeft vaak organische, ronde resultaten, doordat naburige partials relatief soepel in amplitude overlopen.

Curve Spectrum

Deze modus werkt directer op het spectrum zelf: in plaats van een globale vorm te tekenen, filter je of selecteer je specifieke boventoongroepen met scherpere overgangen. Het voelt meer als spectraal snijden dan als vormgeven, en is geschikter voor precieze, chirurgische aanpassingen — bijvoorbeeld het volledig dempen van een specifieke groep boventonen om een metaalachtige bijklank te verwijderen of juist te benadrukken.

Individuele modulatie van partials via Mappers

De Mappers zijn kleine, flexibele modulatiematrices waarmee je afzonderlijke partials of groepen partials (bijvoorbeeld alleen de oneven boventonen, of alleen de partials boven een bepaald nummer) anders kunt laten bewegen dan de rest. Zo kun je bijvoorbeeld de oneven boventonen laten zwellen met een langzame LFO terwijl de even boventonen stabiel blijven, wat een subtiele, levendige detuning-achtige beweging geeft zonder dat er daadwerkelijk sprake is van pitch-detuning.

Fase-modulatie tussen partials

Door de fase-relaties tussen partials te moduleren, ontstaan interferentie-effecten die de klank een vocale, orgelachtige of zelfs formant-achtige kwaliteit kunnen geven — vooral bij middelgrote partial counts (10–30) is dit effect goed hoorbaar.

Willekeurige variatie (randomisatie)

Je kunt een kleine hoeveelheid willekeur toevoegen aan amplitude, fase of stemming van individuele partials, wat een enkele, statische additieve klank net dat beetje levend en organisch maakt, vergelijkbaar met de natuurlijke onregelmatigheden van een akoestisch instrument.

Praktische tip: begin met een klein aantal partials (tien tot twintig) en één curve-vorm voordat je Mappers en fase-modulatie toevoegt. Additieve synthese belooft geduld: het is de motor waarin de kleinste aanpassingen vaak het grootste hoorbare verschil maken, maar ook de motor waarin het makkelijkst is om het overzicht te verliezen als je te veel tegelijk verandert.

4. Modal — physical modeling

Modal simuleert hoe een fysiek object (een snaar, een membraan, een staaf, een buis) zou trillen wanneer deze wordt aangeslagen, gestreken of aangeblazen, in plaats van een golfvorm of spectrum direct af te spelen. Dit is conceptueel de meest afwijkende motor ten opzichte van klassieke synthese.

Resonantiemodi

Een fysiek object trilt niet op één enkele frequentie, maar op een set van resonantiemodi — elk met een eigen frequentie, sterkte en dempingstijd. Bij een ideale snaar liggen deze modi op precieze gehele veelvouden van de grondtoon (harmonisch), maar bij echte fysieke objecten wijken ze daarvan af:

- Bij een piano-snaar zorgt de stijfheid van de snaar voor **inharmoniciteit**: hogere boventonen liggen net iets scherper dan hun ideale harmonische positie, wat toeneemt naarmate je hoger in het register gaat.

- Bij een membraan (zoals een pauk) volgen de modi geen eenvoudige harmonische reeks, maar verhoudingen die worden beschreven door Bessel-functies, wat een karakteristiek dreunend, niet-harmonisch boventoonspectrum oplevert.

Je kunt deze modi handmatig instellen, kiezen uit meegeleverde modellen, of importeren via eigen data (bijvoorbeeld een CSV-bestand met specifieke frequentieverhoudingen en dempingswaarden), wat je volledige controle geeft over hoe akoestisch accuraat of juist hoe abstract het gemodelleerde object klinkt.

Exciters

De exciter is wat de modi in trilling brengt — het equivalent van de hamer op een piano-snaar, de strijkstok op een viool, of de drumstok op een vel:

- Een **korte klik of impuls** geeft een percussieve aanslag, vergelijkbaar met een hamer of stok.
- Een **ruisboog (sustained noise excitation)** simuleert een strijkstok of ademstroom, en laat de modi continu doorklinken zolang de exciter actief blijft — geschikt voor gestreken of geblazen klanken.
- Een **pulserende of ritmische exciter** brengt het object herhaaldelijk in trilling, wat roffelende, ratelende of tremolo-achtige effecten oplevert.

De sterkte, duur en spectrale inhoud van de exciter hebben een directe invloed op de helderheid en agressiviteit van de aanslag — een harde, ruisrijke exciter benadrukt de hogere modi sterker dan een zachte.

Stemming en materiaalgevoel

Door de onderlinge verhoudingen tussen de modi te verschuiven, verandert het waargenomen materiaal van het object: dicht bijeen liggende, sterk harmonische modi klinken houtachtig of snaarachtig, terwijl wijder uiteenlopende, inharmonische modi eerder metaalachtig of glasachtig klinken.

Decay per modus

In een fysiek correct model sterven hogere modi meestal sneller weg dan lagere — dit is waarom een aangeslagen snaar of membraan na de aanslag steeds ronder en donkerder gaat klinken. Zebra laat je deze dempingskarakteristiek per modus of per modusgroep instellen, wat essentieel is voor een geloofwaardig akoestisch resultaat, maar net zo goed omgedraaid kan worden voor onnatuurlijke, surreële klanken.

Praktische tip: gebruik Modal in het begin niet als enige klankbron, maar als aanvullende laag — bijvoorbeeld alleen voor de aanslag/transiënt bovenop een wavetable- of analoge laag. Dat is makkelijker te beoordelen en te mixen dan een volledig modaal patch, en je hoort meteen wat de fysieke modellering toevoegt ten opzichte van een gewone oscillator.

5. De FM-oscillator (FMO)

Naast de FM die je binnen de analoge oscillator kunt toepassen tussen twee lanes, heeft Zebra ook een speciale FM-oscillator (FMO) — een compacte, op zichzelf staande FM-

synthese-engine binnen één enkele lane. Waar de analoge FM in feite twee losse oscillatoren aan elkaar koppelt, is de FMO ontworpen als een zelfstandig, meer gestructureerd FM-systeem, in geest vergelijkbaar met klassieke operator-gebaseerde FM-synths, maar dan ingebed in Zebra's eigen architectuur.

Draaggolf en modulator

De FMO werkt met een draaggolf (carrier) die door een of meerdere modulatoren in frequentie wordt gestuurd. De verhouding tussen de frequentie van de modulator en die van de draaggolf (de C:M-ratio) bepaalt of het resultaat harmonisch klinkt (bij eenvoudige geheeltallige verhoudingen zoals 1:1 of 2:1) of juist inharmonisch en klokachtig (bij niet-geheeltallige verhoudingen zoals 1:1.41).

Modulatie-index

Net als bij de FM binnen de analoge oscillator bepaalt de index hoeveel zijbanden er rondom de draaggolf ontstaan en hoe ver ze uitwaaiëren:

- Een lage index geeft subtiele, warme boventoonkleuring — vaak gebruikt om een basisklank net iets meer bite of glans te geven.
- Een middelhoge index geeft heldere, metaalachtige of elektrische piano-achtige texturen.
- Een hoge index genereert dichte, vaak chaotisch klinkende spectra, bruikbaar voor scherpe leads, gongs of ruisachtige effecten.

Feedback

De FMO ondersteunt feedback, waarbij (een deel van) de output van een operator wordt teruggevoerd als zijn eigen modulatiebron. Bij lage hoeveelheden feedback ontstaat een zaagtand-achtige verrijking van de draaggolf; bij hoge hoeveelheden kan de klank omslaan in ruisachtige, bijna onvoorspelbare chaos — een krachtig middel voor ruwe, organische texturen die met nette FM alleen niet te bereiken zijn.

Envelope per operator

Omdat de modulatie-index (en soms de ratio) tijdsafhankelijk gemoduleerd kan worden — bijvoorbeeld met een eigen envelope per operator — kan de helderheid van de klank gedurende de noot evolueren: fel en boventoonrijk bij de aanslag, en geleidelijk terugvallend naar een warmere, eenvoudiger spectrum tijdens het uitklinken. Dit is de klassieke FM-techniek om een percussieve, elektrische attack te combineren met een zachtere sustain-fase.

Verskil met FM binnen de analoge oscillator

Het praktische verschil met de FM-mogelijkheid van de analoge oscillator is vooral structureel: de analoge FM gebruikt twee volledige, gewone oscillator-lanes waarbij de ene toevallig de andere moduleert, terwijl de FMO een compacter, specifiek voor FM geoptimaliseerd systeem is binnen één lane, met eigen ratio-, index- en feedback-controls die direct voor dat doel zijn ingericht. Dat maakt de FMO efficiënter om puur FM-georiënteerde klanken op te bouwen, terwijl de analoge FM handiger is als je toch al twee normale oscillatorlagen wilt combineren en er terloops wat FM-kleuring aan wilt toevoegen.

Praktische tip: begin met een eenvoudige C:M-ratio in gehele getallen (1:1 of 2:1) en een lage index om een gevoel te krijgen voor hoe de klank verandert, voordat je ratio's met cijfers achter de komma en feedback toevoegt — die laatste twee kunnen de klank snel onvoorspelbaar maken als je ze allebei tegelijk verhoogt.

6. Overige klankbronnen: ruis en sample-gebaseerde opties

Naast de vier hoofdmotoren biedt Zebra ook eenvoudigere, aanvullende bronnen:

- **Ruisgenerator:** witte, roze of gefilterde ruis, bruikbaar als losse laag voor lucht, wind, aanslag-textuur, of als exciter-achtige bron in combinatie met andere lanes.
- **Sample-gebaseerde input:** eigen audio kan als basis dienen, hetzij direct afgespeeld, hetzij omgezet naar wavetables (zoals hierboven beschreven bij de Wave-oscillator) voor gebruik binnen de synthese-engine.

Deze bronnen worden vaak onderschat, maar zijn bijzonder nuttig als subtiele aanvulling: een vleugje ruis onder een additieve pad, of een korte sample-transient vóór een modale aanslag, kan een patch net dat beetje realisme of textuur geven dat de hoofdosillator alleen niet kan bieden.

7. De vier lanes combineren

De echte kracht van Zebra zit niet in één enkele oscillator, maar in hoe de vier lanes samenwerken.

Onafhankelijke signaalpaden

Elke lane heeft zijn eigen filter, envelopes en (optioneel) effecten, wat betekent dat je elke synthese-laag apart kunt vormgeven voordat ze samenkomen in de hoofdmix. Een analoge laag kan bijvoorbeeld een warm, laagdoorlatend filter krijgen, terwijl een Exciter/Modal-laag juist een scherp, resonerend bandfilter krijgt voor extra karakter in de hoge boventonen.

Cross-lane routing

Je kunt de output, envelope of andere parameters van de ene lane gebruiken om een parameter van een andere lane te sturen. Typische toepassingen:

- De amplitude-envelope van een Modal-aanslag stuurt kort de filter-cutoff van een wavetable-laag open, zodat elke noot een korte, natuurlijke attack-flits krijgt.
- De spectrale beweging van een Exciter/Modal-laag stuurt de pulsbreedte van een analoge laag, zodat twee totaal verschillende synthese-werelden ritmisch met elkaar communiceren.
- Eén lane fungeert als modulatiebron (bijvoorbeeld audio-rate) voor FM of ringmodulatie op een andere lane, wat resultaten oplevert die met een enkele oscillator onmogelijk zouden zijn.

Typische lane-indelingen

Een paar veelgebruikte manieren om de vier lanes te verdelen:

- Eén lane voor de fundamenteetoon (analoog of wavetable) als ruggengraat van de klank.
- Eén lane voor textuur of beweging (wavetable-sequencing of modal met langzame Mapper-modulatie).
- Eén lane voor de aanslag/transiënt (Modal met een korte exciter, of een korte ruisburst).
- Eén lane als subtiele kleuring of lucht (ruis, of een stille additieve laag met alleen hoge partials).

Balans en terughoudendheid

Het is niet nodig — en vaak juist niet wenselijk — om alle vier lanes tegelijk op volle sterkte te gebruiken. Veel bruikbare, muzikale patches gebruiken er maar één of twee, en reserveren de overige lanes voor subtiele aanvullingen. De kracht van Zebra zit in de mogelijkheid om te combineren wanneer dat de klank echt iets toevoegt, niet in de verplichting om alle motoren tegelijk in te zetten.

Samenvatting voor de startende sound designers

- Begin met de **analoge oscillator** om gevoel te krijgen voor golfvorm, PWM, sync en FM in hun meest directe vorm en proef ook van de heerlijke unisono, waarmee Zebra 3 andere superwave-synths naar de kroon steekt.
- Gebruik de **Wave-oscillator** wanneer je snel beweging en textuur wilt zonder ingewikkelde modulatie-routing op te zetten.
- Verdiep je in de Exciter/Modal-combinatie zodra je precieze controle wilt over individuele boventonen, en accepteer dat dit de motor is die het meeste geduld vraagt.
- Zet **Modal** in voor realistische aanslagen, akoestische karakters, of juist voor surrealistische, onmogelijke materialen.
- Grijp naar de **FMO** wanneer je gericht en efficiënt met FM wilt werken, los van een tweede standaard oscillatorlaag.
- Vergeet de eenvoudige **ruis- en sample-bronnen** niet als subtiele aanvulling, maar vergeet ook niet dat je met de veelzijdige ruisgenerator snel een heleboel effecten kunt maken.
- Combineer lanes pas bewust, en bouw eerst één lane volledig uit voordat je cross-lane routing toevoegt — zo blijf je horen wat elke keuze daadwerkelijk verandert. Gelukkig kunnen lanes ook solo worden beluisterd en worden gemuted.