

I FM-synthese, globaal en eenvoudig

akoestische trillingen

Bij de traditionele mechanisch-akoestische muziekinstrumenten wordt de toon opgewekt door middel van een trillend mechanisme. Globaal kunnen we daarin twee verschillende manieren onderscheiden.

Enerzijds resonatoren, zoals snaren, gespannen vellen en staven, die spontaan in een gedempte trilling geraten als we ze aanstoten met een energie-impuls. De hamer die de pianosnaar aanslaat is hiervan een voorbeeld.

Anderzijds zijn dat complexe samengestelde systemen, zoals we die bij snaar- en blaasinstrumenten aantreffen. Onder bepaalde condities raken deze systemen in trilling, in oscillatie. Elke blazer en strijker weet uit ervaring dat het tijd en moeite kost om die condities al doende te ontdekken en, direct samenhangend daarmee, vaardigheid op te bouwen om steeds weer die optimale voorwaarden te realiseren.

oscillator

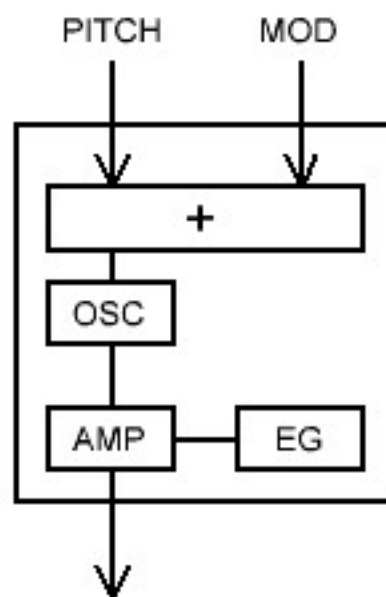
Ook in de elektronische instrumenten moet voor de toonopwekking een trilling teweeg worden gebracht, zij het dan niet in eerste instantie op mechanisch-akoestische wijze. Bij deze groep instrumenten wordt een periodieke trilling opgewekt door middel van een elektronische schakeling. Die trilling wordt dan uiteindelijk door de luidspreker weer omgezet in een akoestisch signaal. Zo'n elektronisch circuit dat als basis dient voor de toonopwekking wordt een *oscillator* genoemd, letterlijk vertaald, een triller.

operator

In de eerste FM-synthesizers van Yamaha, met als bekendste de DX7, vindt de trillingsvorming niet meer plaats door een specifieke discrete elektronische schakeling, maar

in een digitale chip, een geïntegreerde schakeling, die als het ware zo'n oscillator simuleert, de *operator*. Dat gebeurt zo snel dat we het ogenblikkelijk ervaren; daarom wordt het dan ook wel 'real time' genoemd. In feite wordt echter stap voor stap, serieel, de werking van een oscillator nagebootst.

een operator in schematische weergave



Elke operator, zowel carrier als modulator, bestaat uit een ingangsmixer waar toonhoogtedata, PITCH, van de toetsen en modulatie data, MOD, worden gemengd. De mixeruitgang vormt nu de sturingang voor de oscillator, OSC. D.m.v. de envelope generator, EG, kan de amplitude van de oscillator dynamisch worden geregeld in de AMP.

één carrier en één modulator, 'simple FM'

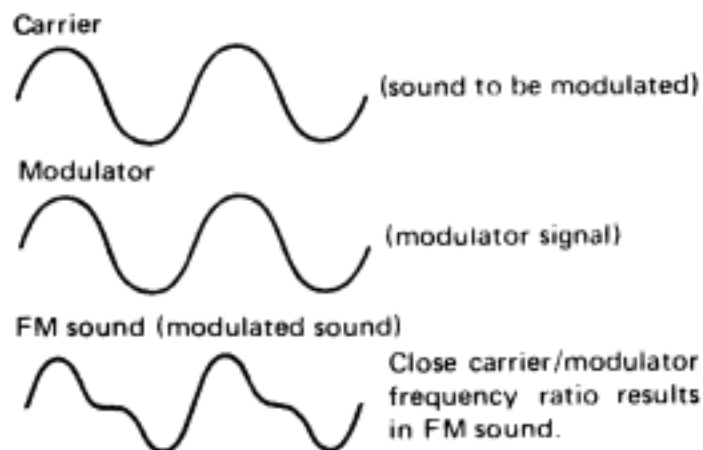
In het basis-FM-principe van Chowning fungeert één zo'n operator als draaggolftriller, de carrier genaamd, die is verbonden via een versterker met de luidspreker. We horen echter deze oscillator niet zonder meer. Hij wordt namelijk

cyclisch in frequentie veranderd door een andere operator die modulator wordt genoemd. Deze cyclische verandering nemen we niet als zodanig waar omdat die verandering zich te snel voltrekt en integreert in een nieuwe gehoorsensatie. We ervaren *deze frequentiemodulatie* nu als een verandering van de *klank*.

1 '+' 1 = veel

In dit 'simple FM'-model produceren beide operatoren een zogenoemde pure toon (een sinusgolfvorm), zonder boventonen. Volgens de wiskundige theorie van Fourier kan evenwel worden aangetoond dat we nu een resulterende trilling hebben verkregen die bestaat uit een grondtoon met boventonen. Hierin schuilt dan ook de kracht en de elegantie van het FM-model: uitgaande van slechts twee pure sinustrillingen wordt een nieuwe complexe trilling verkregen die echter kan bestaan uit vele, nieuw gevormde sinustrillingen, ontstaan door het modulatieprincipe (zie onderstaande afbeelding uit de DX7-handleiding).

FM tone generation



Het belang hiervan wordt nog eens onderstreept door het feit dat elke denkbare klank is opgebouwd uit een veelvoud van sinusvormige trillingen, met bijbehorende frequentie en amplitude, d.w.z. de grootte van de trillingsuitslag. De sinustrilling met de laagste frequentie wordt de grondtoon, eerste harmonische, of fundamenteel genoemd, de hogere

frequenties worden aangeduid als boventonen of harmonischen. Eén zo'n paar operatoren met sinusgolfvormen, de carrier en de modulator, wordt in het elektronica- en computermuziekjargon aangeduid als *simple FM*.

klankkleur, timbre

de frequentieverhouding tussen carrier en modulator: bepaalt welke boventonen

Enerzijds wordt de resulterende klankkleur door de *frequentieverhouding* tussen *carrier* en *modulator*, ofwel in muziektermen: door het toonhoogte-interval tussen de carrier en modulator bepaald. Dit interval is bepalend voor *welke* boventonen er kunnen worden gevormd.

de hoeveelheid frequentiemodulatie bepaalt de hoeveelheid en sterkte van de boventonen

Anderzijds bepaalt de mate van frequentieverandering *hoeveel* van die boventonen er zullen ontstaan. De hoeveelheid van die frequentieverandering van de carrier wordt geregeld door de grootte van de trillingsuitslag van de modulator. Anders gesteld door de amplitude, of het uitgangsvolume van het modulerend signaal. In de FM-synthesizers kunnen deze twee variabelen, het interval tussen carrier en modulator, toonhoogte en modulatie diepte, nauwkeurig worden vastgelegd en geprogrammeerd.

complex FM, FM met méér dan twee operatoren

In de Yamaha-FM-synthesizers wordt meestal gebruik gemaakt van meer dan twee operatoren. In dat geval spreken we van complex FM. Er ontstaan dan vanzelf meerdere manieren om deze operatoren met elkaar te koppelen.

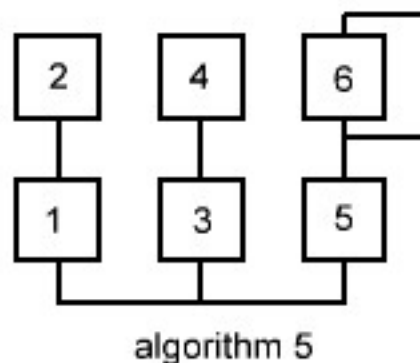
diverse combinaties van operatoren

Het is nu bijvoorbeeld mogelijk één carrier, de draaggolf, te moduleren door twee of nog meer operatoren die als modulator fungeren. Deze verschillende manieren van aaneenschakeling zijn bijvoorbeeld te zien als opdruk op de DX7-synthesizer.

Het betreft configuraties van genummerde rechthoekige blokjes. De onderste blokjes stellen de carriers voor, de modulators worden aangegeven door de blokjes erboven. Er loopt steeds een verbinding, weergegeven door een lijn. Van boven naar beneden tussen de boven elkaar staande blokjes. Deze symboliseren de verbinding tussen uitgang van de modulator en de frequentie-sturingsingang van de carrier.

Onder elk blokschema vindt men een nummer dat de betreffende configuratie aanduidt. De blokschema's worden van boven naar beneden gelezen naar analogie van de schematische voorstellingen in de wereld van de computermuziek.

algoritmes, configuraties van meerdere operatoren

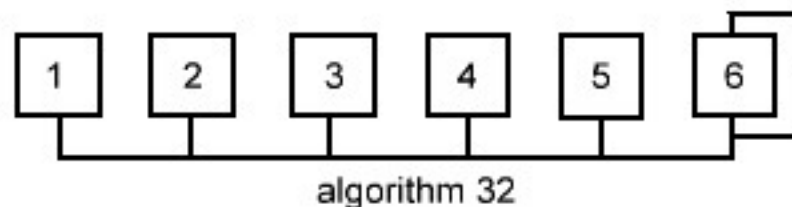


De onderscheiden wijzen van meerdere operatoren met elkaar verbinden of koppelen wordt in Yamaha-jargon aangeduid met de term algoritme. In algoritme nr. 5 en 6 op

de DX7 vinden we zo'n drie paren simple FM die met elkaar worden gemengd. Het zal duidelijk zijn dat door gebruikmaking van meer dan twee operatoren de klankmogelijkheden aanzienlijk worden vergroot.

additief algoritme

Een voorbeeld van een additief algoritme is te vinden bij algoritme nr. 32 op de DX7.



In deze configuratie zien we alle zes operatoren naast elkaar. Hun uitgangen worden eenvoudig bij elkaar opgeteld (gemengd). In dit voorbeeld hebben we in principe het zogenoemde *additieve synthesesemodel* verkregen. Additief betekent hier letterlijk optellen, mengen. Alle operatoren functioneren nu als carriers. Modulators ontbreken hier geheel, van FM-synthese in nu dus geen sprake meer.

operatoren met complexe golfvormen

Een aantal FM-synthesizers beschikt naast de pure sinustoon per operator nog over andere trillingsvormen, complexe golfvormen genaamd, omdat deze trillingen behalve de grondtoon ook nog boventonen in zich verenigen. Dit vergroot de klankmogelijkheden aanzienlijk. Het betreft instrumenten als TX81Z, DX11, V50, SY99, SY77 en TG 77. Genoemde SY- en TG-instrumenten beschikken per operator over een sinus en nog 15 extra complexe golfvormen. De eerder genoemde 4-operator-instrumenten

als TX81Z etc. Bieden per operator een sinus en nog 7 complexe golfvormen.

feedback, terugkoppeling

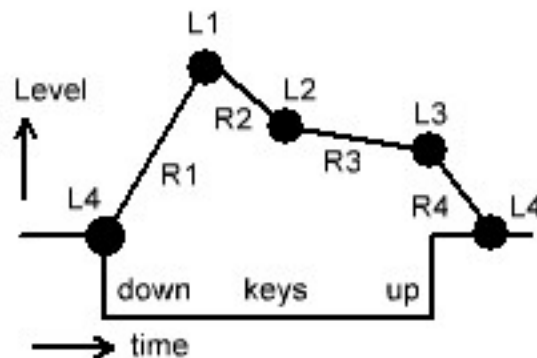
In de algoritmeschema's van o.a. de DX7 zien we steeds één operator waarvan de uitgang door middel van een lijntje is verbonden met de eigen modulatie-ingang. Dit wordt terugkoppeling ofwel feedback genoemd. Het uitgangssignaal zelf wordt nu toegepast als modulatiebron. Bij een bepaald feedback level levert dit een golfvorm op die vrijwel identiek is aan de traditionele zaagtandtrilling.

meervoudige feedback

Deze terugkoppeling wordt daarom ook wel feedback-synthese, of zelfmodulatie genoemd. In sommige FM-instrumenten kan men beschikken over meerdere van deze feedback-verbindingen. In de SY77/TG77 en SY99 synthesizers kunnen maximaal 3 van deze terugkoppelingen worden benut.

de klank en z'n dynamiek: modulatie als functie van de tijd

Het verloop in de tijd van de modulatiediepte, het modulator output level, kan precies worden bepaald. Dat geldt evenzeer voor het uitgangsvolume, het output level van de carrier. Op de Yamaha-synthesizers is door middel van een schema aangegeven hoe deze variabele in de tijd kan veranderen.



In bovenstaande afbeelding lezen we verticaal de modulatie diepte. Horizontaal zien we de tijdas waarop is aangegeven wanneer een toets wordt ingedrukt en weer wordt losgelaten. De aangegeven functie erboven, die wordt gestart bij het indrukken en gestopt bij het loslaten van een toets, geeft een mogelijk verloop in de tijd weer. We verkrijgen zodoende een beter inzicht in de wijze waarop de amplitude van de modulator- en carriertrilling in de tijd verandert en, daarmee direct samenhangend, hoe de resulterende klank zich in de tijd ontwikkelt.

envelope generator, EG

Zo'n variabele-, of parameterverloop wordt *envelope*, of in het Nederlands *omhullende* genoemd. Het deel van de software of programmatuur in de synthesizer dat hiervoor zorg draagt is bekend onder de naam envelope generator (EG), ofwel omhullendevormer.

volume- en timbre-omhullende

Elke operator herbergt een envelope generator. Het output level, de trillingsgrootte (de amplitude, het volume) kan van elke carrier en modulator geheel onafhankelijk worden geregeld. Zo vormt de carrier EG de uiteindelijke volume-

omhullende en de modulator EG de timbre-omhullende. Een zelfde soort envelope generator kan worden benut voor het toonhoogteverloop, deze wordt aangeduid als PITCH EG.

omhullende-generatoren, basisbouwstenen van klanksynthese

Omhullende-generatoren behoren tot de wezenlijke bouwstenen voor klankvormgeving in een synthesizer. Met deze gereedschappen wordt het mogelijk klanken te programmeren die een specifiek *dynamisch* timbre vertonen. Het begin van een klank kan zodoende een geheel ander karakter worden gegeven dan bijvoorbeeld het eind van diezelfde klank.

expressie: de ‘gekneede’ klank

Bij het bespelen van een mechanisch-akoestisch muziekinstrument hebben we de klank vaak letterlijk in de hand. We kunnen bijvoorbeeld een snaar op een gitaar hard of zacht aanslaan. De vinger die een vioolsnaar op de toets drukt kan cyclisch een beetje in de lengte-as van de snaar worden bewogen om zodoende een toon met vibrato te realiseren. Ook bij blaasinstrumenten kan met de adem de toon letterlijk expressief leven worden ingeblazen.

adem- en spieracties

De bespeler van een mechanisch-akoestisch instrument functioneert welbeschouwd als laagfrequent modulator van de draaggolftrilling, de toon, de klank van het instrument (Tempelaars). Door adem- en of spieractie kunnen de tonen heel genuanceerd worden ingezet, gemoduleerd en gestopt.

externe fijnstructuurmodulatie

De laagfrequente genuanceerde toonvariaties die op deze wijze worden verkregen zijn van uitermate groot belang

voor de levendigheid en kwaliteitservaring van de klank. Deze verfijnde modulatie staat bekend als *externe fijnstructuurmodulatie* (Tempelaars). Extern omdat ze door de bespeler wordt gerealiseerd.

interne fijnstructuurmodulatie

Andersoortige verfijnde modulaties waarop de bespeler geen enkele invloed kan uitoefenen komen veelvuldig voor bij mechanisch-akoestische instrumenten.

Ze zijn een gevolg van en liggen verankerd in het fysische model van het instrument. Deze modulatie staat bekend als *interne fijnstructuurmodulatie* (Tempelaars).

speelhulpen algemeen

Op de Yamaha FM-synthesizers vinden we diverse aansluitingen voor zogenoemde speelhulpen, ook wel, in MIDI-termen, controllers genoemd. Zo wordt bijvoorbeeld geregistreerd met welke snelheid (velocity) en hoe hard (after touch) een toets wordt ingedrukt. Deze variabelen kunnen dan worden toegewezen om bijvoorbeeld modulatie diepte, d.w.z. het output level van de modulator en/of carrier te beïnvloeden.

breath controller

Bij vrijwel alle Yamaha-FM-synthesizers vinden we nog een extra, zeer krachtige, manier om invloed uit te oefenen op de toonvorming. Het behelst de aansluiting van een zogenoemde breath controller. Dit instrument registreert de ademdruk van de bespeler. Door middel van de variërende ademspanning kunnen dan weer, zoals in het vorige voorbeeld, het modulator en carrier output level worden beïnvloed. Deze breath controlling biedt mogelijkheden tot een uiterst expressieve manier van bespeling.

voetzwellen en modulatiewielen

De Yamaha-FM-synthesizers bieden de mogelijkheid tot het aansluiten van één of twee zogenoemde continuous controllers ofwel voetzwellen. Hiermee kunnen overeenkomstige parameters worden geregeld als met breath controller. Daarnaast beschikken de instrumenten nog over modulatiewielen, die eveneens door de bespeler zijn toe te wijzen aan een bepaalde klankparameter.