

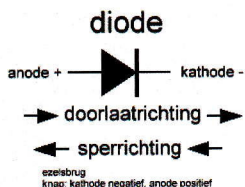
Sixpack Modular DIY

Nee, deze workshop leert je niet hoe je een Minimoog nabouwt, maar hoe je een experimenteel systeem opzet. Bijvoorbeeld als input voor het filter van je Monotron, als uitbreidingsmodule voor je analoge synth of als gehoorzaam slaafje van je digitale synth. Je leert hier oscillatoren bouwen, lfo's, preamp, overdrive/distortion/fuzz, filters, sequencer, frequency divider, input devices en nog veel meer. De modules kunnen worden gecombineerd tot een patchable modulair systeem.

door Ernst Bonis > ernst@interface.nl

In aflevering 2 gaan we de relaxatie-oscillator uit de vorige aflevering uitbreiden met pulsbreedtemodulatie, en ombouwen tot zaagtandoscillator. Verder koppelen we twee oscillatoren via een diode, waardoor de ene master wordt en de andere zich gedraagt als slave: oscillator sync dus. Dat kan allemaal met een eenvoudige diode!

Een **diode** is de eenrichtingsweg voor elektrische stroom. Het symbool voor de diode wijst daar al op. Aan de ene kant zien we een pijl en aan de andere kant een verticaal schotje. De kant van



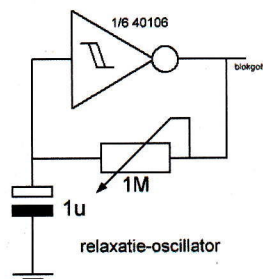
het pijltje heet 'anode' en vanaf deze kant laat de diode stroom door, dit is de zogenoemde doorlaatrichting. Vanaf de andere kant, de 'kathode', laat de diode geen stroom door, dat is de sperrichting. Dit wordt aardig gesymboliseerd door het schotje als metafoor voor blokkade. Met het volgende ezelsbruggetje zijn de kenmerken van de diode gemakkelijk te onthouden: knap (kathode negatief, anode positief).

De diode werkt ook als een soort ventiel. Er moet eerst een zekere spanningsdrempel worden overwonnen, de doorslagspanning, voor 'het ventiel' zich opent en er daadwerkelijk stroom gaat lopen. Bij siliciumdiodes bedraagt die drempelspanning 0,7V. Er zijn echter ook diodes op basis van germanium, waarvan de drempelspanning slechts 0,3V bedraagt.

Behalve dat een led (light emitting diode) licht geeft, is het nog steeds diode, en laat dus maar in één richting stroom door. De drempelspanning is voor led's echter hoger. Bijvoorbeeld

voor een rode en blauwe led is dat achtereenvolgens 1,5V en 3,6V. Er bestaan nog andere diodes, waaronder de schottky-varianten met heel lage doorlaatdrempels tot maar 0,46V.

In het schema van de **relaxatie-oscillator** zien we dat de condensator zowel wordt opgeladen als ontladen door middel van dezelfde potentiometer. De condensator kunnen we ons voorstellen als een oplaadbare microbatterij. Als de uitgang van de inverterende schmitt



trigger hoog is (9V), dan wordt de condensator opgeladen door de weerstand. Als de spanning oploopt en tweeterde van de voedingsspanning bereikt, dan wordt de uitgang van de omkerende schmitt trigger laag (0V).

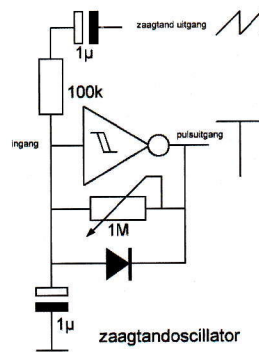
Nu loopt de stroom terug, de andere kant op, maar wel weer via diezelfde weerstand. Zakt de spanning dan onder eenderde van de voedingsspanning, dan wordt de uitgang weer hoog (9V) en herhaalt het proces zich.

Het op- en ontladen gaat langs dezelfde weg en en duurt zodoende dan ook even lang, wat resulteert in een blokgolf aan de uitgang en een driehoeksgolf aan de ingang.

(Merk op dat als de potmeter helemaal op nul staat ingesteld de schakeling niet meer oscilleert. Met een kleine weerstand in serie met de potmeter kan dat worden voorkomen en kan de maximale frequentie worden bepaald.)

Het schema van de **zaagtandoscillator** is een uitbreiding op het schema van de relaxatie-oscillator. Die uitbreiding

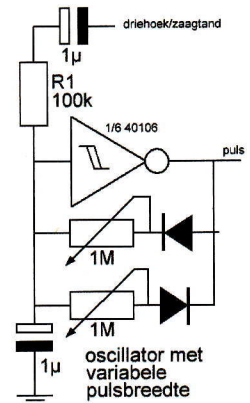
betreft een diode die is opgenomen in het op- en ontladecircuit. Deze diode staat parallel geschakeld aan de potentiometer. Als de uitgang van de inverter



schmitt trigger hoog is, staat de diode in sperrichting. De condensator kan dus alleen worden opgeladen via de regelbare weerstand, de potentiometer.

Evenwel bij het ontladen staat de diode in doorlaatrichting, omdat de uitgang van de schmitt trigger laag is (0V). De stroom neemt nu de weg van de minste weerstand en de condensator ontladt zich ogenblikkelijk over de diode. Dan begint het proces weer opnieuw. Dat ontladen voltrekt zich met de snelheid van een elektronische schakelaar en resulteert zo in een zaagtandvormig signaal aan de ingang, dat zich beweegt tussen eenderde en tweeterde van de voedingsspanning. Via een ontkoppelweerstand en een elco realiseren we de zaagtanduitgang. Aan de uitgang van de inverter schmitt trigger zien we nu slechts een naaldpulsvormig signaal op

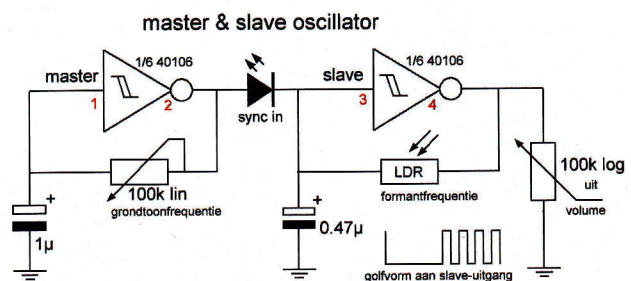
het moment dat de condensator zich ontladt (variërend tussen 0 en 9V).

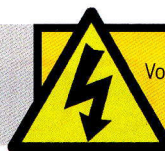


De hoog- en laagtijd van een pulsvormig signaal wordt doorgaans aangegeven in het Engels als 'mark' en 'space'. Als we voor het op- en ontladen twee afzonderlijke circuits toepassen kan de pulsbreedte, respectievelijk de stand tussen driehoek- en zaagtandsignaal geheel gescheiden worden geregeld.

Stellen we bijvoorbeeld het ontladen in met een vaste tijd en regelen we de frequentie met de oplaadtijd, dan krijgen we een signaal met een gefixeerde spectrumomhullende ofwel met een formantkarakteristiek. Zulke signalen vormen de grondslag van het zogenoemde Pulse Forming Synthesis, zoals toegepast in het elektronische blaasinstrument Variophon, dat in de jaren zeventig in Duitsland werd ontwikkeld. De grondleggers van dit klanksynthesemodel zijn Karl Erich Schumann, Jobst P. Fricke en Wolfgang Voigt. Helmut Reuter was de oprichter van Realton, de firma die de Variophon produceerde. Jürgen Schmitz was de elektronicus die het PFS-model omzette in concrete elektronische schakelingen.

In het schema hieronder zijn twee relaxatie-oscillatoren met elkaar verbonden via een diode. De uitgang van de master oscillator loopt via de diode, die in doorlaatrichting





Voor je eigen veiligheid: werk alléén met batterijen, nooit met een netvoeding of netvoedingadapter!

staat, naar de ingang van de slave oscillator. Dit heeft als gevolg dat de slave oscillator wordt gesynchroniseerd aan de master. Dat gaat als volgt in z'n werk.

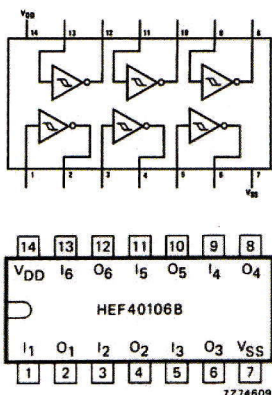
Op het moment dat de uitgang van de master hoog is, laat de diode stroom door en wordt zo de ingang van de slave eveneens hoog. Dit betekent dat nu per definitie (inverter) de uitgang van de slave laag is (OV). Er gebeurt dus helemaal niets, want de condensator van de slave oscillator kan niet worden opgeladen. Echter op het moment dat het uitgangssignaal van de master oscillator laag wordt (OV), wordt de ingang van de slave laag en per definitie de uitgang hoog, en kan het proces van op- en ontladen van de condensator in de slave beginnen.

De slave wordt als het ware aan- en uitgezet door de master. Als de master-uitgang hoog is, wordt de slave uitgezet, maar als de masteruitgang laag wordt, dan wordt op dat moment de slave oscillator gestart. Staat de master subaudio ingesteld, dan horen we daadwerkelijk het ritmisch in- en uit-schakelen van de slave oscillator.

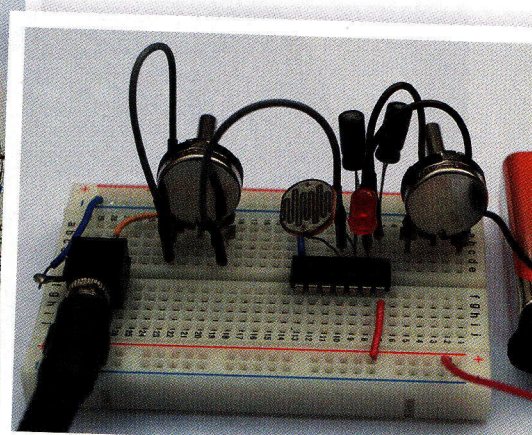
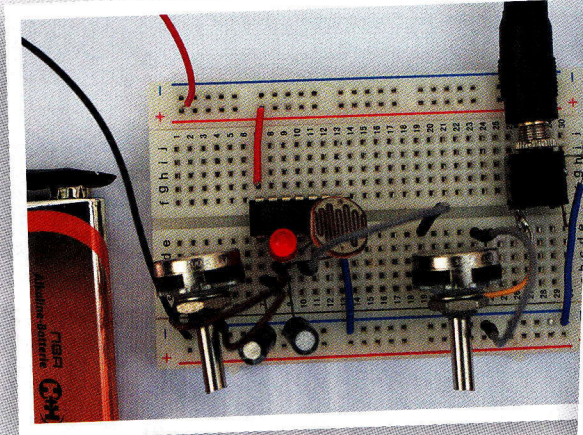
Als we nu met de potmeter de master oscillator op een lage toon afregelen, dan verkrijgen we een formant-oscillator waarvan de toonhoogte wordt bepaald door de master en de formantfrequentie door de slave. Zo kunnen we bijvoorbeeld met de hoeveelheid lichtinval op de ldr de formantfrequentie variëren. Zulke syncgolfvormen vertonen veel gelijkenis met signalen uit VOSIM en FOF.

Uitleg formantfrequentie

Als in een toon een bepaalde frequentie of frequentiegebied er overduidelijk uit springt, onafhankelijk van de toonhoogte, dan wordt dat een formantfrequentie genoemd. Bijvoorbeeld de klank van de klinker 'aa' heeft een formantgebied rond de frequentie 1000Hz. Of je nu deze vocaal laag of hoog uitspreekt of zingt, kenmerk is dat de luidste frequenties in die klank zich rond de 1000Hz bevinden.



Lay-out van de gebruikt hex schmitt trigger inverter CMOS IC 40106 (is identiek aan de IC's 74C14 en 4584).



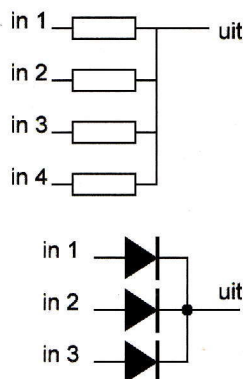
Aan de slag

Het ic (integrated circuit) wordt met pin 14 aan de 9V (+) van batterij verbonden via de rode draad, en met de blauwe draad aan de aarde (-) via pin 7, de min van de batterij. De linkse potmeter (100K lineair) voor de grondtooninstelling is ingeprikt op respectievelijk lijn 1 en 5 voor de uiteinden en op lijn 3 voor de midden aftakking. Met de twee bruine patchkabeltjes is deze pot verbonden met pin 1 (de middenaftakking) en 2 van het ic. De led koppelt inverter 1 met inverter 2 en bevindt zich tussen pin 2 en 3 (op lijn d) van het ic. De ldr verbindt pin 3 en 4 van het ic. De rechtse potmeter (100K log) voor het volume is ingeprikt op de lijnen 19, 21 en 23. Met de grijze patchkabeltjes is deze potmeter enerzijds verbonden met lijn 10, pin 4 van het ic, en anderzijds gekoppeld aan aarde (-). De midden aftakking van deze potmeter gaat via het gele kabeltje naar de uitgang. De linkse elco van 1μ is aan de ene kant (aangemerkt met -) verbonden met de aardlijn (-) en met de andere kant verbonden met lijn 7, pin 1. De rechtse elco-condensator van 0.47μ bevindt zich tussen de aardlijn (-) en lijn 9 (IC pin 3).

Meerdere oscillatoren kun je eenvoudig mengen met weerstanden. De verhouding van de weerstandswaarden bepaalt de mengverhouding. Bij gelijke weerstandswaarden krijg je zo volumeverhoudingen van een op een. Waarom is dat zo, kun je je afvragen. Dat heeft alles te maken met de fundamentele basiswet uit de elektriciteit en elektronica: de wet van Ohm. Die wet komt dan ook in de volgende aflevering uitgebreid in theoretische en praktische zin aan de orde. Deze wet verklaart heel veel omtrent de werking van elektronische schakelingen. Een goed begrip hiervan is dan ook belangrijk voor het volgen van deze serie artikelen.

Als we meerdere signalen mengen via diodes in plaats van via weerstanden, resulteert dat in ringmodulatorachtige klanken, omdat er behalve de signalen

zelf ook nog som- en verschilfrequenties van die signalen worden gevormd.



Experimenteer met diverse frequentie-instellingen van de oscillatoren: zowel audio als subaudio. Dat kun je gemakkelijk doen door respectievelijk grotere of kleinere condensatorwaarden en weerstandswaarden te kiezen. Met name een mixage van audio en subaudio kan interessante klankresultaten opleveren. Zo'n klankoutput is bijvoorbeeld een mooi ingangssignaal voor het filter van de Monotron of een andere synth. Naar believen kun je het aantal ingangen eenvoudig uitbreiden met (identieke) weerstanden en/of diodes.

Behalve de wet van Ohm in de volgende aflevering een nieuw CMOS ic, de 4049. Een geïntegreerde schakeling met zes - jawel, weer een sixpack - identieke inverterende buffers. Eigenlijk is het een digitale schakeling, maar met een terugkoppelweerstand van uitgang naar ingang, omgetoverd tot een soort van inverterende analoge operationele versterker.

Let wel

In de schema's en bij het experimenteren op breadboard zijn alle niet gebruikte ingangen van het 40106 ic ook niet aangesloten. Daardoor is het ic echter wel instabiel, en gebruikt het aanzienlijk meer energie. Voor het experimenteren is dat niet zo'n punt. Als je echter de

schakelingen definitief wilt bouwen op print, dan moet je alle niet gebruikte ingangen via een (100k) weerstand met aarde verbinden. Dit zijn de pinnen nummer 3, 5, 9 en 11. De schakeling blijft dan stabiel en energiezuinig. Ook als je de schakelingen modulaar wilt gebruiken, moet je de ingangen dus met weerstanden aan aarde leggen. Op het moment dat je zo'n ingang dan verbindt/patcht met een andere schakeling, wordt hierdoor die weerstand naar aarde overruled en doet zo niet meer ter zake.

In de schakelingen wordt uitgegaan van een voedingsspanning van 9V. Dit sluit goed aan als je je DIY-bouwsels wilt combineren met een analoog modulaar systeem. Ben je echter van plan de DIY-schakelingen alléén aan te wenden als uitbreiding van je Monotron, dan is het handiger uit te gaan van een 4,5V batterijvoeding; de Monotron werkt immers op een laag voltage van slechts 3V. ■

BOODSCHAPPENLIJST VOOR DEZE AFLEVERING

- 1x breadboard (klein model)
- 1x hex schmitt trigger inverter CMOS IC 40106 (gelijk aan 74C14 en 4584)
- 1x ldr (light dependent resistor)
- 1x condensator van 1 microfarad (elco, spanning > 16V)
- 1x potmeter 100 k-ohm logaritmisch
- 1x 9V batterij met aansluitingclip voor breadboard
- 1x audio-uitgang plug (mini-jack bijvoorbeeld)
- enkele gekleurde stukjes montage draad

Bovenstaande onderdelen hebben we ook in de eerste aflevering gebruikt

Nieuw aan te schaffen:

- 1x rode led (maakt niet uit welk type)
- 1x condensator van 0,47 microfarad (elco, spanning > 16V)
- 1x potmeter 100 k-ohm lineair

Literatuur

- Nicolas Collins - Handmade Electronic Music (ISBN 978-0-415-99873-4)
- Don Lancaster - CMOS Cookbook (ISBN-10: 0-75069943-4)
- Ruud Lexx - Operatie Monotron (artikel Interface 144)

Internetlinks

- http://nl.wikipedia.org/wiki/Georg_Ohm
- www.sdiy.org/pinky/vosim/vosim.html
- www.variophon.de

Online elektronica winkels

- www.budgetronics.com
- www.conrad.nl
- www.deradiobeurs.nl/webwinkel
- www.muco.nl
- www.newtone-online.nl
- www.rotor.eu

