

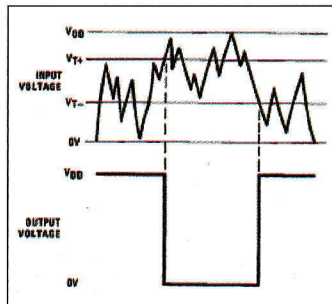
Sixpack modular

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 deze eerste aflevering, Sixpack modular, gaan we aan de slag met de hex schmitt trigger inverter CMOS IC 40106, ook wel bekend als 74C14 of 4584. Dit is een geïntegreerde schakeling die zes identieke schakelingen herbergt. Met wat extra componenten eromheen maak je er zomaar zes oscillatoren mee. En dat ic'tje kost slechts veertig eurocent...

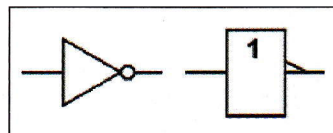
Otto Schmitt, een Amerikaanse student wiskunde, in natuurkunde en diekunde, ontdekte in 1934 dat de zenuwen van een pijlkritvis pas bij een bepaald prikkelniveau werden geactiveerd. Voor deactivering moest de prikkelgrootte beduidend kleiner zijn dan het niveau van activering. Dit inspireerde hem tot de schakeling, toen nog met buizen, die de naam 'thermionic trigger' kreeg. De term 'thermionic' stond voor radio-lamp of -buis. Later werd de schakeling vernoemd naar zijn uitvinder: 'schmitt trigger'. Deze wordt veelvuldig toegepast om vervuilde digitale signalen op te poetsen, dus alleen enen en nullen, zoals is te zien in de afbeelding.



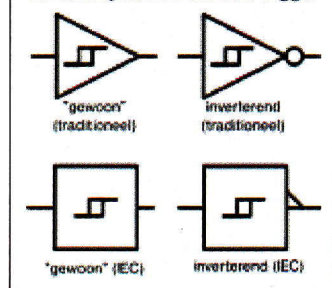
Inverter

De schmitt trigger inverter verenigt twee functies. Allereerst de inverter oftewel omkeerschakeling, ook wel een logische niet-poort of in het Engels NOT gate genoemd. Sluit je op de ingang een logische 1 aan, dan verschijnt er aan de uitgang een logische 0. In het geval van een 9V-batterij betekent dit dat er bij aan-

sluiting van 0 volt op de ingang – een verbinding met aarde dus – 9 volt aan de uitgang verschijnt. En dat omgekeerd bij een ingangsspanning van 9 volt, er aan de uitgang 0 volt staat. Er zijn diverse symbolen in omloop voor de inverter: Amerikaans en Nederlands/internationaal, zie afbeelding.

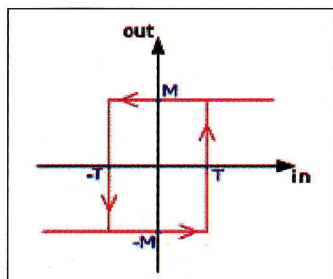


Schakelsymbolen schmitt-trigger



Schmitt trigger

Bij de schmitt trigger reageert de uitgang pas bij het overschrijden van een bepaalde waarde. In dit geval gebeurt dat bij $\frac{2}{3}$ van de voedingsspanning – bij 6 volt dus. Overschrijdt de ingang 6V, dan verandert de uitgangsspanning naar 0V. Maar als je nu de spanning aan de ingang laat zakken, dan zie je dat pas bij $\frac{1}{3}$ van de voedingsspanning (3V), de uitgang omkeert naar 9V. Tussen 3V en 6V zit als het ware een dode ruimte die men 'hysteresis' noemt (zie afbeelding).



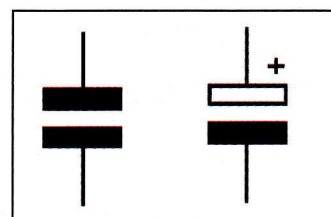
Dat verschijnsel wordt toegepast in bijvoorbeeld een thermostaat in je koelkast, maar vormt ook de basis voor een oscillator.

Condensator als oplaadbare microbatterij

Een condensator is als het ware een oplaadbare microbatterij, maar dan een die in een fractie van een seconde kan worden geladen of ontladen. Hoe lang het opladen en ontladen van een condensator duurt, hangt af van de capaciteit (aangegeven in Farad), van de snelheid waarmee hij wordt opgeladen en ontladen, en van het aangesloten voltage. Het opladen en ontladen gebeurt nu door een weerstand (aangegeven in ohm). Deze weerstand is hier te vergelijken met je iPod, die langzaam de batterij leeg trok. Maar diezelfde weerstand fungeert ook als toevoerleiding om de condensator op te laden. De weerstand kun je vergelijken met een waterleidingsbuis. Een heel dun buisje vormt een grote weerstand. Het zal dan lang duren voordat de condensator is opgeladen. Bij het ontladen werkt de weerstand als afvoerleiding. Heeft de weerstand een kleine waarde (buis met grotere diameter), dan voltrekt het oplaad- en ontladproces zich veel sneller.

Het opladen gebeurt dus als er een zeker voltage wordt aangesloten op de weerstand, die op zijn beurt is verbonden met de ene kant van de condensator. De andere zijde van de condensator is aangesloten op de aarde. Zo kan de condensator worden opgeladen. Ontladen kan de condensator alleen als er aan de andere kant van de weerstand een lagere spanning staat dan het voltageniveau op de geladen condensator. Sluit je bijvoorbeeld 0V aan – we leggen de weerstand aan aarde – dan loopt de stroom terug naar 0V. De stroom loopt op de tegengestelde richting op. Het proces van opladen en ontladen wordt 'integreren' genoemd. Als je de spanning op de weerstand steeds zou omschakelen van 9 naar 0 volt, dan

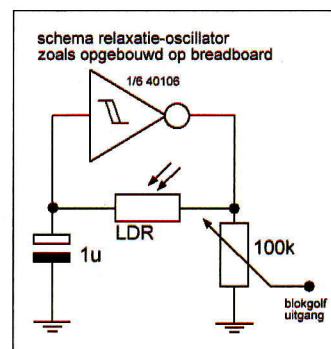
zou de condensator zich afwisselend opladen en ontladen. Met deze aangesloten wisselspanning (0 en 9V) hebben we zo een wisselstroom verkregen in de weerstand; de stroom loopt altijd van + naar -. Plus is in ons geval 9V, terwijl min voor 0V oftewel aarde.



Links: niet gepolariseerde condensator, rechts: gepolariseerde variant elco

Een oscillator

Voor het automatisch ompolen van plus en min op de weerstand zetten we de omkerende schmitt trigger in. Afbeelding relaxatieoscillator toont de schematische opbouw. Stel dat de uitgang van de schmitt trigger logisch één is (9V), dan is per definitie de spanning op de ingang 0V. Er gaat nu stroom lopen door weerstand R naar condensator C. Op een



gegeven moment bereikt de condensatorspanning $\frac{2}{3}$ van de voedingsspanning (6V). Op dit moment klappt de uitgangsspanning van de inverter om naar 0V. Omdat de stroom altijd van positief naar negatief loopt, kan de condensator zich nu ontladen via dezelfde weerstand. Op een zeker moment is de spanning gezakt naar 3V, dus $\frac{1}{3}$ van de voedingsspanning. Dit is het moment dat de inverter aan de uitgang verandert naar weer 9V. Dan herhaalt het proces zich.

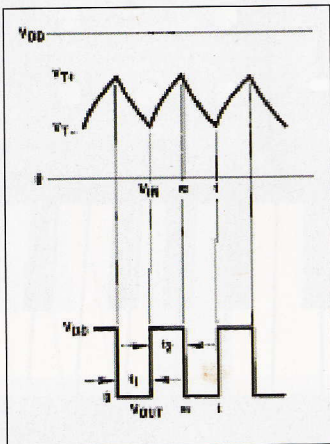
Kortom: we hebben een oscillator gebouwd! Een oscillator met een blokgolf aan de uitgang van de inverterende schmitt trigger, en een driehoekssignaal aan de ingang. Het blokgolfsignaal wisselt tussen 0 en 9V, terwijl de driehoek op en neer loopt van 3 naar 6V. Of onze

Art Of Noise is een workshop over het zelf bouwen van een modulaar synthesizersysteem, standalone en/of als uitbreiding van je synth. Daarbij proberen we het zo simpel mogelijk te houden, maar leer je wel iets te bouwen dat nuttig en leerzaam is.



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

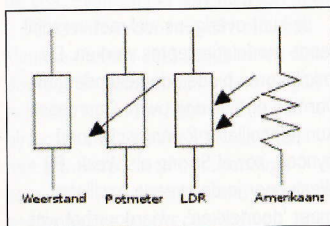
oscillator een audiovariant oftewel een zogenoemde lfo is, hangt af van hoe snel het oplaad- en ontladproces zich voltrekt. Bij minder dan twintig keer per seconde opladen en ontladen zul je aan de uitgang van de inverter meer of minder snelle tikken horen. Bij het toenemen van de snelheid verandert het in een duidelijk waarneembare toonhoogte.



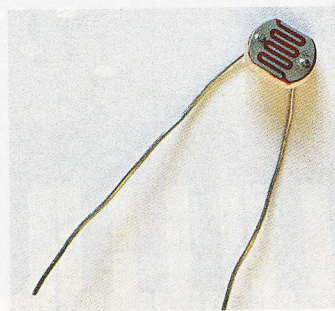
Aan de slag

In de afbeelding zie je één zo'n oscillator opgebouwd op breadboard, rondom inverter 1 van het IC. De weerstand in de schakeling is regelbaar omdat we een potmeter toepassen.

Met de combinatie van een 1µF (microfarad) condensator en een weerstand van 1 megaohm, kan de frequentie worden geregeld van subaudio tot en met het



gehele audiogebied. De condensator is een elektrolyt, oftewel elco. Deze heeft een plus- en minkant; de min wordt aangesloten op de aarde. We kunnen het werkingsgebied eenvoudig verschuiven door of de condensator, of de weerstandswaarde, ofwel beide te veranderen. Vergroten we de elco naar 10µF, dan wordt het gehele frequentiegebied met een factor 10 verlaagd.



In plaats van een potmeter kunnen we ook een fotoweerstand of LDR (light dependent resistor) toepassen.

De toonhoogte kan dan worden geregeld door de hoeveelheid lichtinval. Je zou ook je huidweerstand kunnen gebruiken als variabele weerstand. Twee muntstukken van vijf eurocent met een paar draadjes eraan gesoldeerd vormen zo twee elektroden die je kunt aanraken, met daartussen je huid als weerstand. Het wel of niet aanraken fungeert met een als aan- en uitschakelen.

Voor het aansluiten van deze oscillator op een versterker moet het signaal worden verzwakt tot lijnniveau. We doen dat door middel van een zogenoemde spanningsdeler (uitleg en theorie volgen in een volgende aflevering van deze workshop), bestaande uit een potmeter en een regelbare weerstand. De ene kant van deze potmeter is via een 33k weerstand verbonden met de output van de oscillator. Het andere uiteinde

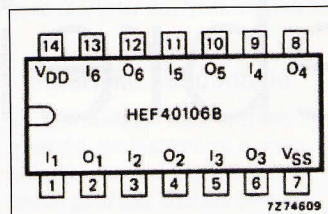
Wat je nodig hebt

Als je de schakelingen alleen wilt evalueren, heb je genoeg aan een breadboard (zie afbeelding hieronder), een 9V-batterij, montagedraad, kniptangetje en een audiokabel naar je versterker. Verder de in het artikel genoemde componenten, zoals ic's, weerstanden, potmeters en condensatoren. Wil je de schakelingen permanent maken, dan moet je ze op een printplaat solderen. Je hebt dan een soldeerbout nodig die geschikt is voor fijn elektronica-werk. Deze hebben een vermogen van maximaal 15 tot 25 watt. Voor inbouw in een kastje heb je een boormachine nodig. In de elektronica-winkel vind je kant-en-klare behuizingen, maar ook goedkope plastic Tupperware-voorraaddozen voldoen prima.

Boodschappenlijst:

- 1x breadboard (klein model)
- 1x hex schmitt trigger inverter CMOS IC 40106 (= 74C14 of 4584)
- 1x condensator 1 microfarad (elektrolyt/elco, spanning > 16V)
- 1x potmeter 100 K ohm logaritmisch
- 1x ldr (light dependent resistor)
- 1x 9V batterij met aansluitingclip voor breadboard
- 1x plug voor audio-uit (mini-jack bijvoorbeeld)
- enkele gekleurde draden

van de potentiometer is verbonden met aarde. De loper van de potmeter is nu de in volume regelbare uitgang.



Als je meerdere van deze oscillatoren opzet, kun je die met elkaar mengen via weerstanden van dezelfde waarde voor gelijke sterkteverhoudingen. Door de waarden van de weerstanden ongelijk te maken, kunnen we de volumebalans regelen. Via een koppel-elco kunnen we ook het driehoeksignaal op een versterker aansluiten. Ook hierachter kun je

Literatuur

- Nicolas Collins - Handmade Electronic Music (ISBN 978-0-415-99873-4)
- Don Lancaster - CMOS Cookbook (ISBN-10: 0-75069943-4)

Afbeeldingen

- foto's Reinier Bonis
- Wikipedia
- National Semiconductor, datasheet CD40106

Internetlinks

- www.beavisaudio.com

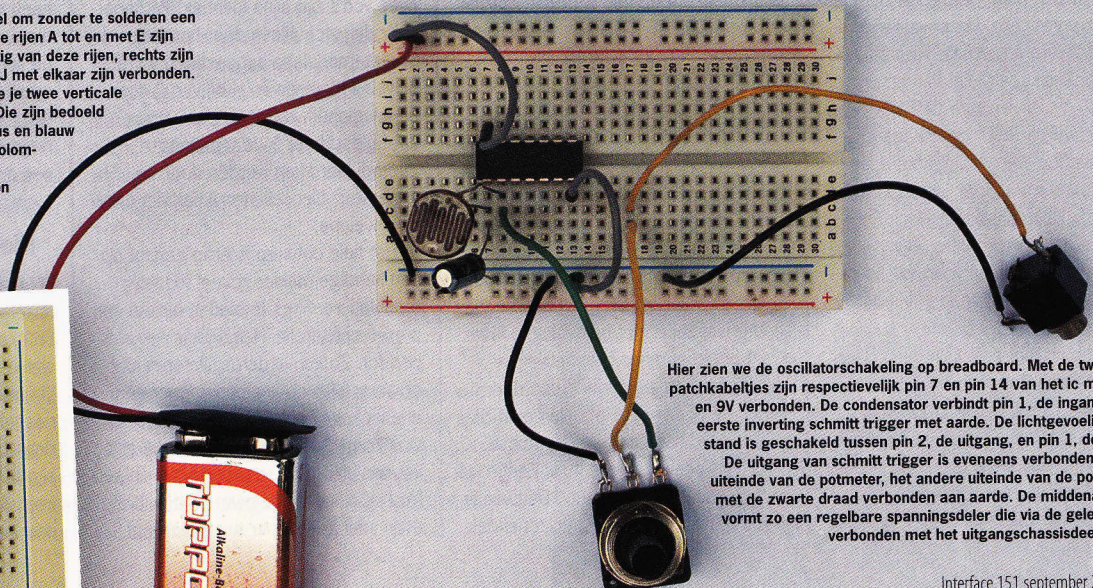
Online elektronica-winkels

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

weer zo'n spanningsdeler zetten door middel van een potmeter. ■

In de volgende aflevering meer over sixpack modular en de toepassingen ervan: lfo's, van driehoek naar zaagtand, fixed formant waveforms, pulsbreedte-regeling, heterodyne modulatie, oscillatorsynchronisatie, en van breadboard naar definitieve schakeling.

Een breadboard is een handig hulpmiddel om zonder te solderen een proefschakeling te maken. De horizontale rijen A tot en met E zijn met elkaar verbonden. Links vind je dertig van deze rijen, rechts zijn er dertig rijen waarvan de punten F t/m J met elkaar zijn verbonden. Aan beide kanten van het breadboard zie je twee verticale kolommen, één rood, de andere blauw. Die zijn bedoeld voor de batterijaansluiting: rood voor plus en blauw voor min. De punten op deze verticale kolommen zijn met elkaar verbonden. Over de scheidslijn tussen kolom E en F wordt een ic (integrated circuit) geplaatst. Alle pootjes van het ic zijn vervolgens voorzien van elk vier aansluitpunten rechts en links van het ic.



Hier zien we de oscillatorschakeling op breadboard. Met de twee grijze patchkabeltjes zijn respectievelijk pin 7 en pin 14 van het ic met aarde en 9V verbonden. De condensator verbindt pin 1, de ingang van de eerste inverting schmitt trigger met aarde. De lichtgevoelige weerstand is geschakeld tussen pin 2, de uitgang, en pin 1, de ingang. De uitgang van schmitt trigger is eveneens verbonden met één uiteinde van de potmeter, het andere uiteinde van de potmeter is met de zwarte draad verbonden aan aarde. De middenaftakking vormt zo een regelbare spanningsdeler die via de gele draad is verbonden met het uitgangschassisdeel (audio).

