

Passieve en actieve



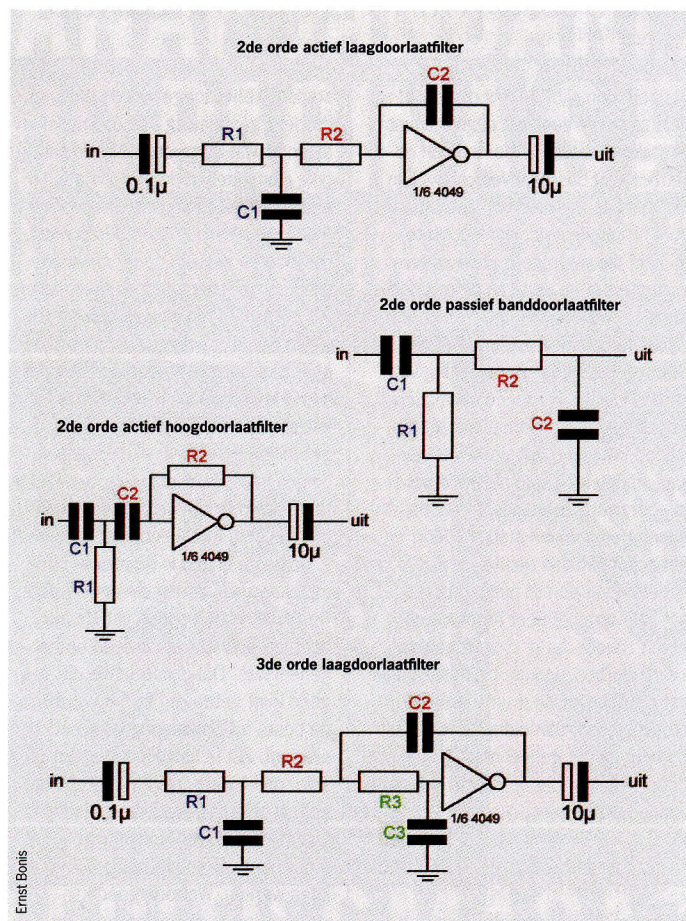
- boek Budgetronics als pdf
- Application note CD4049 als pdf
- full size afbeeldingen

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. We hebben ons in de vorige aflevering bezighouden met passieve en actieve filters, en daar gaan we nu vrolijk mee verder. We gaan aan de slag met de resterende zes van de in totaal veertien filterschakelingen die we willen maken (zie voor de eerste acht *Art of Noise 4*).

door Ernst Bonis > ernst@interface.nl

Onderstaande schema's laten zien hoe je diverse filters kunt vormen van tweede en hogere orde; zowel low pass en high pass als band pass.

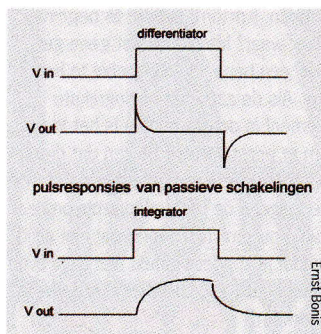
Het tweede laagdoorlaatfilter bevindt zich in de tegenkoppeling. Ter verduidelijking zie je de onderlinge filterstanden en condensatoren aangeduid in verschillende kleuren. Bij het 18dB/oct laagdoorlaatfilter zie je een derde low pass-sectie, R3 en C3 in groen.



Identieke waarden

Bij tweede-orde-laagdoorlaatfilters zie je een weerstand met een condensator als aftakking naar aarde: dit vormt één filter.

weergegeven. In deze schema's van tweede en hogere orde filters is het de bedoeling dat de weerstanden en condensatoren in de verschillende filtersecties identieke waarden hebben.



Stapresponsie passieve integrator

In de twee afbeeldingen is duidelijk te zien dat het antwoord op de gate impuls verschillend is. Bij de passieve weerstand-condensatorcombinaties zien we aan de uitgang een logaritmsch en exponentieel verloop. Dat valt eenvoudig te verklaren met de wet van Ohm.

We nemen het voorbeeld van de integrator/laagdoorlaatfilter. Op het moment dat de gate impuls op de ingang wordt aangesloten is er nog geen lading in de condensator aanwezig; de ingangsspanning bedraagt dus 0 volt. Maar dat gaat nu veranderen. Via de weerstand wordt de condensator opgeladen. Aanvankelijk vanuit een ongeladen situatie; het voltage over condensator is dus 0 volt. Volgens de wet van Ohm bedraagt de stroom bij het begin nu een waarde volgens $I=U/R$, waarin U het voltageverschil is tussen de aangesloten gatespanning en de spanning over de condensator. Even later echter is de condensator al tot een bepaald voltage opgeladen. Volgens nog steeds de wet van Ohm is de stroomsterkte I nu afgenomen, omdat het spanningsverschil U kleiner is geworden dan aanvankelijk. Naarmate de tijd vordert, wordt het spanningsverschil U steeds kleiner. Dit verklaart zo het logaritmsch verloop gedurende het opladen.

Bij het ontladen (wanneer de gatespanning 0 volt wordt) zien we het omgekeerde gebeuren. De stroom is aan het begin groot en neemt in de tijd steeds langzamer af. Dit verklaart het exponentieel verlopen van de uitgangsspanning tijdens het ontladen.

Stapresponsie actieve integrator

Bij de actieve variant zien we een lineair verloop van de spanning aan de uitgang; zowel tijdens het opladen als gedurende het ontladen. Dat doet vermoeden dat de stroom door de weerstand die voor het laden en ontladen zorgt, constant blijft. En dat is ook zo. Hoe dat komt? De ingang van de inverterpoort gedraagt zich als een virtueel nulpunt, een evenwichtspunt, dat ligt op de halve voedingspanning, en dat blijft zo. Op deze manier wordt de condensator met een constante stroom geladen en ontladen.

Faseverschuiving

De condensator als opslagvat voor elektrische lading. Dat betekent dat er eerst lading moet instromen voordat er lading in het vat aanwezig kan zijn. Of anders gezegd: eerst is er stroom, daarna komt lading. Of nog anders gesteld: ingangs- en uitgangsspanning zijn niet in fase. Als we een sinus aan de ingang aansluiten, zien we dat aan de uitgang het sinussignaal een kwart periode is verschoven, wat uitkomt op 90 graden faseverschil. In elektronica-boeken heet dat: de spanning 'ijlt na' op de stroom.

Van faseverschuiving naar oscillator en filter

Stel we sluiten twee actieve laagdoorlaatfilters in serie. Dit resulteert nu in een faseverschuiving van twee maal 90



filters, deel II

graden (180 graden). Precies in tegenfase dus. Zouden we nu ingangs- en uitgangssignaal een op een bij elkaar mengen, dan heffen ze elkaar op en houden we niets over. Maar, stel weer, dat we de uitgang van de twee in serie geschakelde low pass-filter omkeren (180 graden verschuiven) dan is dit signaal weer in fase met de ingang. Stel nu ook dat we deze uitgang terugvoeren naar de ingang. Deze terugkoppeling is nu vanwege de faseomkering eigenlijk geen tegenkoppeling maar een meekoppeling geworden, waardoor er oscillatie kan ontstaan (vergelijkbaar met een microfoon en een versterker die gaan rondzingen). Theoretisch hebben we zo een sinusoscillator gemaakt. Behalve de meekoppeling kunnen we aan de ingang van de inverterpoort nog een extra ingang maken voor een extern signaal. Zo kan de schakeling ook als low pass-filter met resonantie werken.

Let op

In alle filterschema's dienen de in- en uitgangselco's van respectievelijk 0,1 μ en 10 μ slechts als gelijkspannings-blokkade; ze vormen geen onderdeel van het eigenlijke filtercircuit.

Literatuur

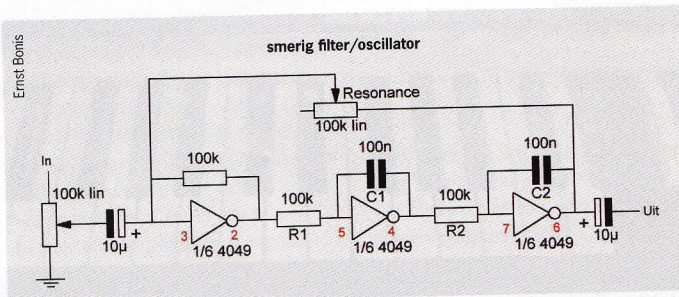
- Nicolas Collins - *Handmade Electronic Music*
- Don Lancaster - *CMOS Cookbook*
- Robert Sontheimer - *Audio-Elektronica Begrijpen, Ontwerpen, Bouwen*

Internetlinks

- RC-Filter Cutoff - www.muzique.com/schem/filter.htm
- Tone control/filtering/equalizing - www.muzique.com/lab/swtc.htm
- Dual tone control - www.muzique.com/lab/atone.htm
- Condensatorcode en -waarde - www.muzique.com/schem/caps.htm
- Omrekenen decibel naar voltage gain en omgekeerd - www.muzique.com/schem/gain.htm
- Conversie van muzieknoten naar frequentie - www.muzique.com/schem/freq.htm

Online elektronica winkels

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



In deze afbeelding zien we het schema van wat hierboven werd beschreven. Ik heb de schakeling smerig filter/oscillator genoemd. Waarom? Wel, het mag dan theoretisch een sinusoscillator zijn, de praktijk is toch wat weerbarstiger. De schakeling vervormt namelijk meer of minder afhankelijk van de resonantie-instelling.

Eigenaardigheden

We gaan wat dieper op het schema in. Via een elco wordt een extern signaal aangesloten op de ingang van inverterpoort 1, die fungeert als analoge buffer. Vervolgens wordt de uitgang van deze poort gevoerd naar twee identieke integratoren die in serie staan. Dat zijn opvolgend integrator 1 (bestaande uit weerstand R1, condensator C1 en inverter 2) en integrator 2 (gevormd door weerstand R2, condensator C2 en inverter 3). Behalve dat de uitgang via een elco-condensator naar buiten is uitgevoerd, wordt die uitgang terug gekoppeld naar

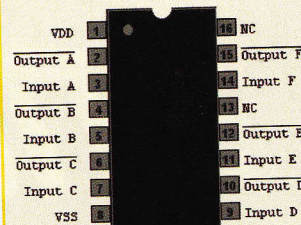
de ingang van inverter 1. Dat gebeurt via een regelbare weerstand die wordt gevormd door de 100k resonance potmeter.

Behalve dat deze schakeling vervormt, vertoont ze nog een eigenaardigheid. Als je de resonantiewaarde verandert (door de potmeter te verdraaien), verandert ook de kantelfrequentie. Dat is eenvoudig in te zien. De hele terugkoppelweg wordt namelijk gevormd door een serieschakeling van de twee weerstanden R1, R2 én de weerstand van de resonantiepotmeter. Deze gezamenlijke weerstand bepalen uiteindelijk tezamen met de twee condensatoren C1 en C2 de kantelfrequentie. Zonder signaal aan de ingang functioneert de schakeling als een sinusoscillator met vervorming.

In de schakeling op breadboard heb ik voor de twee frequentiebepalende weerstanden gekozen voor twee ldr's (light dependent resistors). Als je de twee lichtgevoelige weerstanden vlak bij elkaar zet en ze gelijkelijk met licht moduleert, gedraagt de schakeling zich aardig als een 12dB/oct low pass-filter.

LET WEL

Wil je de schakelingen uit deze aflevering definitief bouwen, verbind dan alle niet gebruikte ingangen van de overige inverters via een 100k weerstand met aarde. Niet gebruikte open ingangen kunnen hoogfrequent gaan oscilleren. CMOS consumeert alléén stroom bij het wisselen van hoog-naar-laag-niveau en andersom. De open niet gebruikte inverters kunnen zo door hoogfrequentoscillatie stiekem toch batterijstroom slurpen.



Als je de schakelingen uit deze serie gaat combineren met een analogo modulaire systeem, bedenken dan dat zo'n systeem werkt met zowel positieve als negatieve voltages. Sluit je nu zo'n negatieve spanning aan op je ingangen van de CMOS ic's (type: CD4049 - CMOS hex buffers/inverters) dan loop je grote kans het ic naar de chipmel te helpen. Je moet daarom de CMOS-ingangen beschermen met een diode. Dat doe je door de diode tussen ingang en aarde te solderen. Anode aan aarde en kathode (de kant met het 'schotje') aan de ingang. Eventuele negatieve ingangsspanningen worden zo kortgesloten naar aarde.



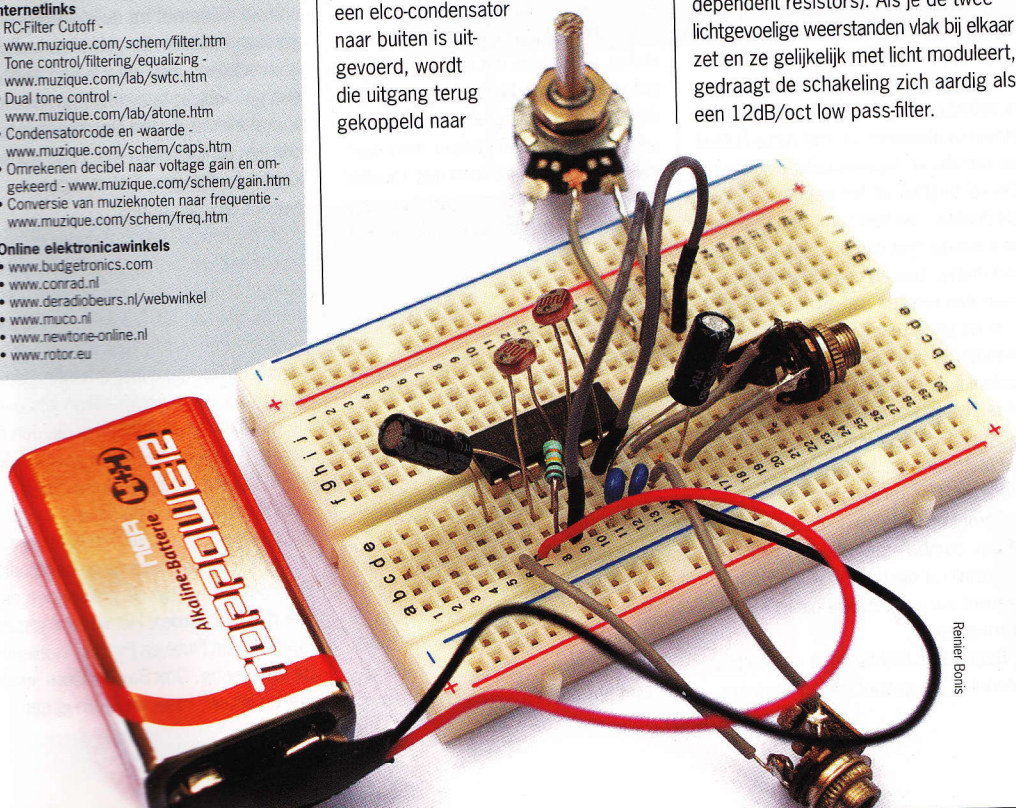
Reimer Bonis

Uiteraard kun je experimenteren met de twee ldr's onafhankelijk te moduleren. Bijvoorbeeld met een voorlichtfietslamp van de Action-winkel. Die koop je voor € 1,29 (inclusief twee 1,5V batterijtjes). Behalve statisch licht produceren de negen ingebouwde led's een aantal sequentiële lichtpatronen. Vooral met twee van deze fietslampjes kun je ware *art of noise* produceren, zeker als je beide ldr's onafhankelijk moduleert, met ieder een verschillend lichtpatroon.

Ook de resonantiepotmeter kun je vervangen door een ldr. Dat levert dan weer meer mogelijkheden op. Experimenteer met diverse ingangssignalen en diverse instellingen van de resonantiepotmeter (of dus de belichting van de ldr). Vanzelfsprekend kun je voor de weerstanden R1 en R2 ook een lineaire stereopotmeter nemen. De schakeling wordt zo handbediend door de twee potmeters die op één as zijn gemonteerd. Met één knop regel je dan de filterfrequentie. ■

BOODSCHAPPENLIJST

- 1x breadboard (klein model)
- 1x CD4049 - CMOS hex inverting buffers
- 2x condensators 10 microfarad (electrolyt/elco, spanning > 16V)
- 2x condensators 100 nanofarad
- 3x 100 k-ohm weerstand
- 1x 100 k lineair potmeter
- 2x ldr (light dependent resistor)
- 1x 9V batterij met aansluitingclip voor breadboard
- 1x audio-uitgangplug (mini-jack bijvoorbeeld)
- enkele gekleurde stukjes montage draad



Reimer Bonis