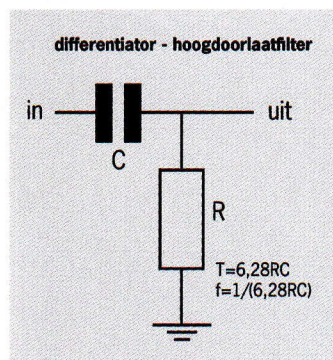


Passieve en actieve

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 gaan ons twee afleveringen lang bezighouden met passieve en actieve filters. In totaal maken we veertien filterschakelingen, waarvan je de eerste acht aantreft in deze aflevering en de overige zes in aflevering 5.

door Ernst Bonis > ernst@interface.nl

In de eerste aflevering van Art of Noise hebben we de condensator beschouwd als een oplaadbare microbatterij, die heel snel kon worden geladen, en ook weer snel kon worden ontladen. In dit schema bekijken we de condensator als hoogdoorlaatfilter. Sluiten we een gelijkspanning aan op de linkerkant van de condensator, dan blijkt dat er aan rechterkant geen spanning

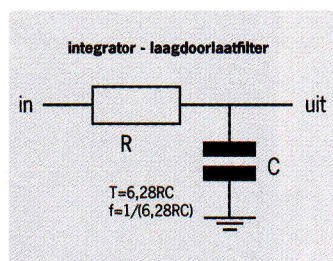


is te meten (0 volt). Hij gedraagt zich als een gelijkspanningsblokkade. Echter, wisselspanningen hoger dan de kantelfrequentie worden ongemoeid doorgelaten. Frequenties lager dan de kantelfrequentie worden in toenemende mate verzwakt.

De kantelfrequentie, ook wel grens- of afsnijfrequentie genaamd, wordt niet alléén bepaald door de capaciteitswaarde van de condensator, maar samen met de aangesloten weerstand. De formule $f = 1/(2\pi RC)$ bepaalt de kantelfrequentie. Een voorbeeld: een condensator van 1µ samen met een weerstand van 1k geeft als uitkomst voor de filterfrequentie 159,2Hz. Vanaf deze frequentie worden dus alle hogere frequenties gewoon doorgelaten. Maar tonen met lagere frequenties dan 159,2Hz worden in toenemende mate verzwakt. Om precies te

zijn bedraagt die verzwakking 6dB/oct. Dat betekent dat voor een frequentie van één octaaf lager de amplitude is gehalveerd. Voor nog een octaaf lager is de amplitude nog slechts een kwart van de oorspronkelijke grootte. Enzo-voorts.

Zo'n hoogdoorlaatfilter, bestaande uit slechts één condensator en één weerstand, wordt een eerste-orde-passief-hoogdoorlaatfilter genoemd, ook wel aangeduid als one pole passive



high pass filter. (Het begrip passief geeft aan dat er in het filter geen actieve onderdelen worden toegepast, dat zijn componenten die een aparte voedingspanning nodig hebben zoals buizen, transistors en ic's.)

Factor X

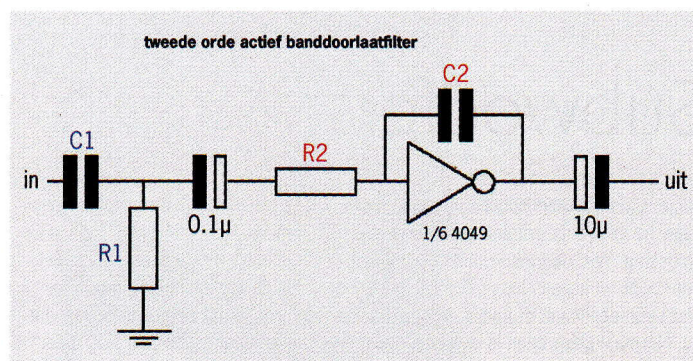
Vermenigvuldigen we nu bijvoorbeeld de weerstandswaarde met 10 van 1k naar 10k en verkleinen we de condensatorwaarde ook met 10 van 1µ naar 100n dan komen we uit op dezelfde kantelfrequentie van 159,2Hz. Zo kunnen we doorgaan de weerstand met een factor X te vergroten en de condensator met diezelfde factor X te verkleinen, en steeds uitkomen op dezelfde kantelfrequentie. Waar is dat goed voor? Wel, op deze manier kun je de de hoog- of laag-ohmigheid, van het filtercircuit bepalen. In een later voorbeeld zie je dat dit van belang kan zijn.

Het berekenen kun je uiteraard met een zakrekenmachine doen, maar handiger is de app RC-Filter Cutoff op de website van Jack Orman (www.muzique.com/schem/filter.htm). Deze app laat je ook zien dat je een laagdoorlaatfilter krijgt als je condensator en weerstand van plaats verwisselt.

king kan verdubbelen, verdrievoudigen enzovoorts. Dat klopt in principe ook wel. Er zijn echter wel een paar kanttekeningen.

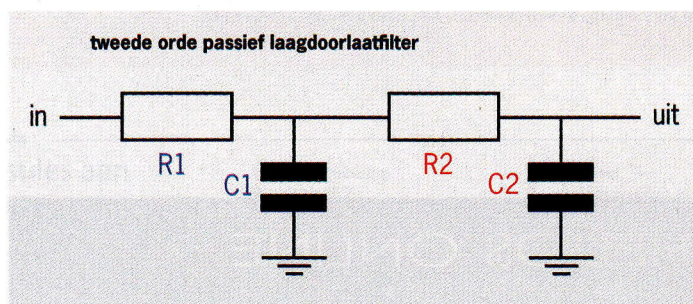
Maar nummer 1

Om onderlinge belasting en daarmee wederzijdse beïnvloeding te voorkomen,



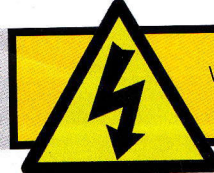
In dit schema zie je hoe de beide hoog- en laagdoorlaatfilters kunnen worden gecombineerd tot een banddoorlaatfilter (band pass). Zo'n combinatie van twee eerste-orde-filters krijgt als benaming – je voelt het al aankomen – tweede-orde-filter of 2 pole filter.

moet volgens de impedantievuistregel de ingangsimpedantie van het tweede filter minstens tien maal zo hoog zijn als de uitgangsimpedantie van het eerste filter. Als dat inderdaad het geval is, kun je stellen dat je nu een 12dB/oct laagdoorlaatfilter hebt ge-



Het ligt voor hand te denken dat je door het achter elkaar (in serie) schakelen van meerdere laagdoorlaatfilters de filterwer-

bouwd. Evenwel, als je stomweg een aantal identieke filters met evenzo gelijke waarden voor de condensatoren



e filters, deel I

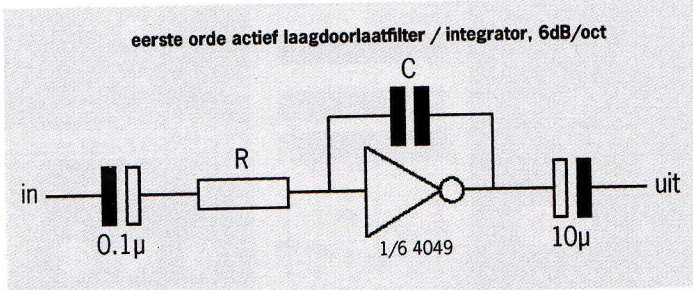
en weerstanden achter elkaar schakelt, is dat niet het geval.

Condensator C2 in het schema 'ziet' niet alleen weerstand R2, maar ook daarmee in serie weerstand R1 uit het eerste filter. Ze vormen samen een spanningsdelers. Daardoor zal de kantelfrequentie van het tweede filter dalen en resulteert dat ook in een signaalverzwakking. Ook de totale filterhelling zal geen 12dB meer zijn. Al met al wordt de werking nu veel complexer (ik zal me dus niet wagen aan formules en of de wiskunde erachter).

Er is een oplossing voor het belastingsprobleem. Stel dat we het eerste filter hebben gedimensioneerd met een 1k weerstand en een 1µF condensator als in het eerdere voorbeeld. De kantelfrequentie bedraagt dan 159,2Hz. Als we voor het tweede filter de weerstand vertienvoudigen, moeten we de condensatorwaarde met een factor tien verkleinen. Dat levert op 10k en 100n. We hebben op deze manier de belasting praktisch ongedaan gemaakt. Het filtercircuit is nu echter wel een stuk hoogohmiger geworden. Dat betekent meer (kans op) ruis en hogere gevoeligheid voor het oppikken van storing. Passieve filters zijn daarom niet zo geschikt voor zwakkeingangssignalen.

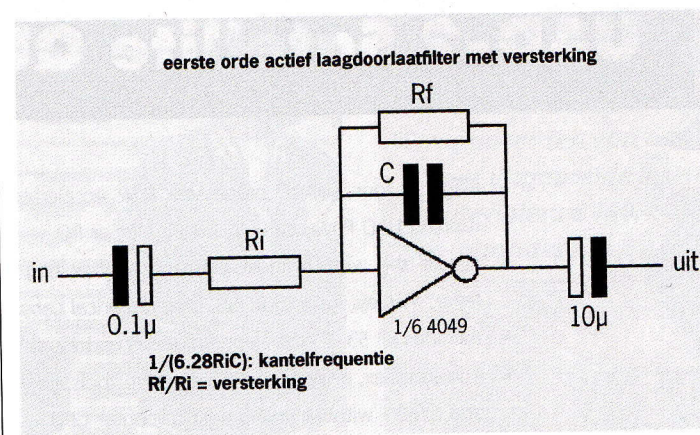
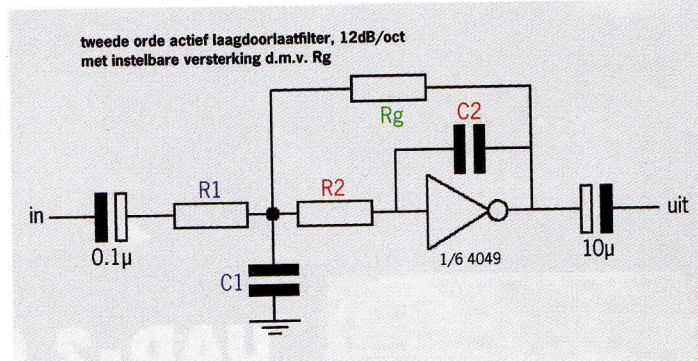
Maar nummer 2

Dat betekent niet dat je zo geen wederzijds belastende schakelingen mag combineren. Juist een heleboel toonregeling- en filtercircuits uit de muziek-elektronica, met name in de gitaarwereld, bestaan uit schakelingen waarin wel



onderlinge beïnvloeding door belasting voorkomt. Vaak klinkt dit juist aangenaam en is het bepalend voor de identiteit van zo'n schakeling. Mijn vuistregel: als het goed klinkt, is het goed. Bekijk de vele toonregel- en filterschakelingen op de site van Jack Orman en laat je inspireren: www.muzique.com/lab/swtc.htm en www.muzique.com/lab/atone.htm.

De oplossing voor het verzwakkingsprobleem bij passieve filters zijn actieve filters. Het actieve element dat we hier



frequenties dan ook praktisch geen tegenkoppeling.

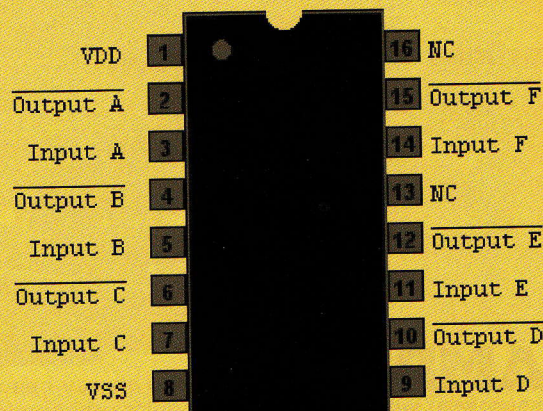
In dit schema zie je hoe je het low pass-filter kunt combineren met versterking. Dat is makkelijk in te zien. Voor hele lage frequenties doet de condensator in de terugkoppeling nauwelijks mee. Dat komt doordat die condensator, zoals al eerder gesteld, een hoogdoorlaatfilter voorstelt. De lage frequenties worden in toenemende mate slechter doorgelaten. Zodoende is er voor die lage frequenties dan ook geen of nauwelijks tegenkoppeling. Er is dan eigenlijk alleen sprake van

>>

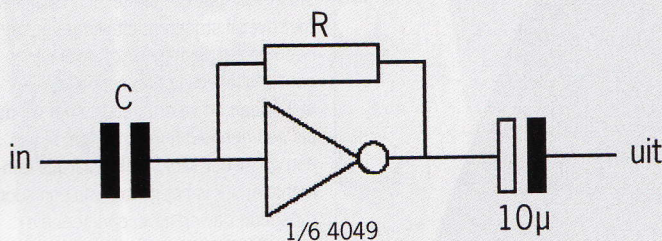
Let wel

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 analoog modulair 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 chiphemel 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.



eerste orde actief hoogdoorlaatfilter / differentiator, 6dB/oct



>> versterking, die wordt bepaald door de verhouding tussen de twee weerstanden R_f en R_i .

Hoge frequenties worden door de condensator wel goed doorgegeven. In dit geval wordt als het ware de terugkoppelweerstand R_f overruled. Voor hoge frequenties gedraagt de schakeling zich dan ook nagenoeg alleen als een laagdoorlaatfilter waarvan de kantelfrequentie wordt bepaald door weer-

stand R_i en de condensator C (zie ook schema tweede orde laagdoorlaatfilter met versterking).

Als we de condensator en weerstand van plaats laten wisselen, krijgen we een eerste-orde-actief-hoogdoorlaatfilter. ■

In aflevering 5 van deze serie (Passieve en actieve filters, deel II) vind je de overige zes filterschakelingen (waaronder een smerig filter/oscillator-schakeling), en leer je experimenteren met een fietslampje.

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.doradiobeurs.nl/webwinkel
- www.muco.nl
- www.newtone-online.nl
- www.rotor.eu

Farad

Omdat 1 farad een zeer grote capaciteit voorstelt, wordt een condensatorwaarde uitgedrukt in de volgende kleinere delen van de farad: micro, nano en pico.

- 1μ (micro) = $0,000001F = 10^{-6}$
- $1n$ (nano) = $0,000000001F = 10^{-9}$
- $1p$ (pico) = $0,000000000001F = 10^{-12}$

Voor alle schema's geldt dat een waarde voor R en C van een 100k lin potmeter en een 100n condensator een goed uitgangspunt vormen voor het experimenteren. Met het regelen van de weerstand bestrijk je zo het hele audiogebied. Als weerstand kun je uiteraard ook een lichtgevoelige weerstand (ldr) inzetten.

advertenties

mono[®]

EFX SERIES

CIVILIAN SERIES

ROTTERDAM
Ceintuurbaan 191
3051 KC Rotterdam
Tel. 010 275 7373

EINDHOVEN
Gen. Bothastraat 3
5642 NJ Eindhoven
Tel. 040 281 59 96

UTRECHT
Biltstraat 90-92
3572 BH Utrecht
Tel. 030 273 3544

APELDOORN
Laan van Westenenk 108
7336 AZ Apeldoorn
Tel. 055 578 7 454

WWW.FEEDBACK.NL

SOUND EDUCATION

Erkende, part-time beroepsopleiding Geluidstechnicus/Producer in de stad Utrecht

18 topdocenten van naam,
zeer uitgebreide lesmaterialen: € 149,-
per maand all-in.

Ontdek waarom elke
Sound Education klas op
voorhand is volgeboekt.

Kom naar een van de open dagen en overtuig jezelf.
www.soundeducation.nl Telefoon: 030 2625395