

Alle begin...

...is nog niet klaar met de spoel

Eric Bogers (Elektor)

We hebben de feestdagen inmiddels (hopelijk) overleefd – tijd dus om ons weer met de spoel bezig te houden. Ongeliefd bij hobbyisten maar o zo belangrijk...

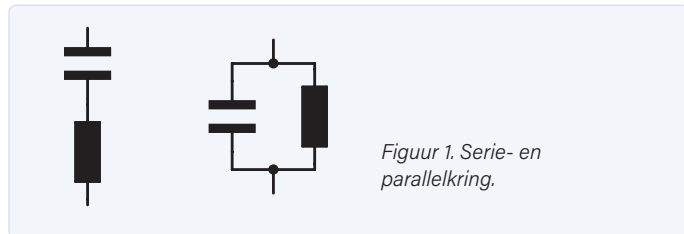


Serie- en parallelkringen

Trillings- of resonantiekringen (**figuur 1**) zijn de frequentiebepalende schakelingen in oscillatoren; bij de zogenaamde resonantiefrequentie is hun impedantie minimaal of maximaal (heeft dus een extreme waarde). Bij die resonantiefrequentie is de impedantie van de condensator gelijk aan die van de spoel; er geldt dan:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_R \cdot C} = X_L = 2 \cdot \pi \cdot f_R \cdot L$$

$$\Rightarrow f_R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

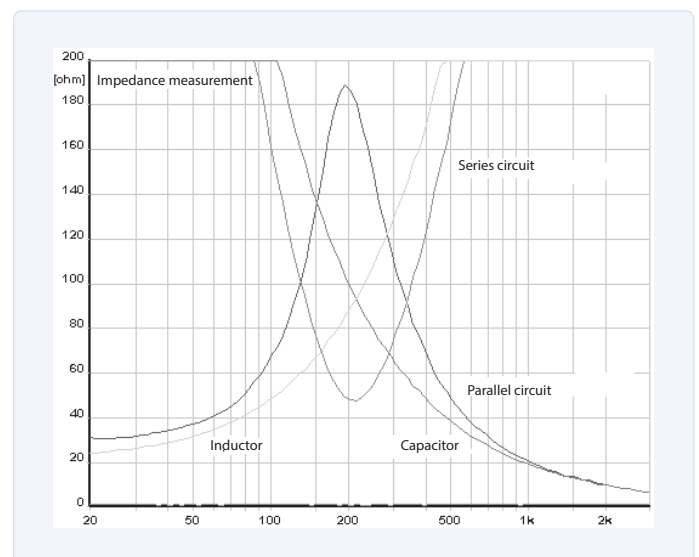


Deze formule geldt zowel voor de serie- als voor de parallelkring. In **figuur 2** ziet u het verloop van de impedantie als functie van de frequentie. Een seriekring kan (onder andere!) worden gebruikt om bij een luidsprekerbox een smal frequentiebandje te verzwakken en op die manier de karakteristiek van de box te lineariseren.

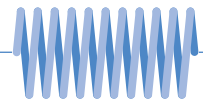
In de meeste gevallen moet de seriekring daartoe met een weerstand in serie worden geschakeld.

Wisselfilters

Figuur 3 toont de impedantie- en fasekarakteristiek van een lagetonenluidspreker (die in een front-loaded hoornbehuizing is gemonteerd, maar dat mag u wat ons betreft meteen weer vergeten).



Figuur 2. Impedantieverloop bij serie- en parallelkring.



Figuur 4 geeft de frequentie karakteristiek van dat systeem en **figuur 5** geeft een indruk van de vervorming.

We zien dat we het totale frequentie bereik in vier delen kunnen opsplitsen. Het eerste gebied ligt beneden de resonantiefrequentie – in het voorbeeld van deze luidspreker is dat het gebied van 0 Hz tot ongeveer 30 Hz. Het rendement van de luidspreker kan hier slechts matig worden genoemd, de vervorming is zeer groot terwijl spanning en stroom ten opzichte van elkaar $60^\circ \dots 90^\circ$ in fase verschoven zijn. Dat betekent dat het verliesvermogen in de versterker maximaal is. Om die reden is het zinloos de luidspreker voor dit frequentie gebied te gebruiken – in de eerste plaats is de klank niet goed, in de tweede plaats moet er vanwege het geringe rendement een veel te groot elektrisch vermogen in gepompt worden, en in de derde plaats zal de versterker oververhit raken (met alle kwalijke gevolgen van dien).

Voor deze luidspreker zou een hoogdoorlaatfilter met een kantelfrequentie van tenminste 50 Hz moeten worden gebruikt. Voor de weergave van lagere frequenties dienen we dan een andere luidspreker en/of een andere behuizing te gebruiken.

Het tweede gebied ligt rond de resonantiefrequentie; hier nemen de impedantie (en dus ook het rendement) duidelijk toe. Meestal functioneren luidsprekerboxen bij deze frequentie al heel behoorlijk (in dit voorbeeld echter toevallig net niet...).

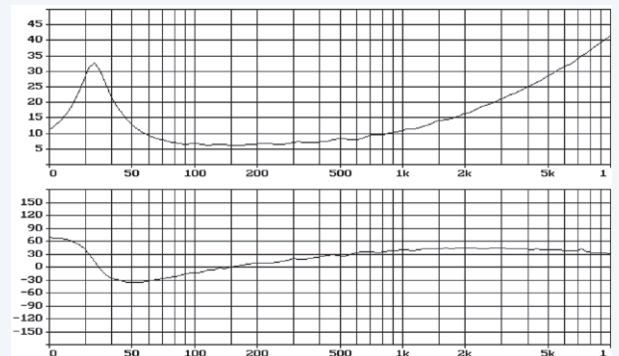
In het derde gebied vertoont de impedantie een redelijk horizontaal (constant) verloop en is het rendement acceptabel bij een geringe vervormingsfactor; ook het faseverloop baart ons hier geen zorgen. In het voorbeeld loopt dit bereik van ongeveer 100 Hz tot zo'n 1 kHz – en dit is het frequentie gebied waarvoor deze luidspreker ingezet hoort te worden. De vervormingskarakteristiek illustreert de relatief grote tweede-orde vervorming (even harmonischen) die kenmerkend is voor hoornsystemen.

In het vierde bereik tenslotte neemt de impedantie ten gevolge van de zelfinductie van de spreekspoel steeds meer toe, het uitgangsniveau neemt duidelijk af en ook wordt de vervorming weer groter. Het aan de luidspreker toegevoerde frequentie bereik mag maximaal tot hier doorlopen. Als bij passieve wisselfilters (zie verderop) de kantelfrequentie in dit vierde bereik valt, dan moet impedantiecompensatie worden toegepast (dit komt in de volgende aflevering aan de orde).

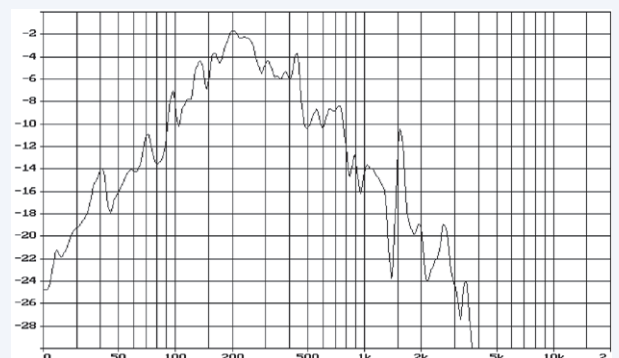
Waarom wisselfilters?

Zoals we hierboven hebben gezien, kunnen luidsprekers slechts een beperkt frequentie gebied goed weergeven. Daarom moet het audiospectrum in een aantal bereiken worden opgesplitst die elk aan speciaal voor het betreffende bereik ontworpen luidspreker worden toegevoerd. Daarvoor gebruiken we wisselfilters, die ervoor zorgen dat elke luidspreker de juiste frequenties krijgt voorgeschoteld.

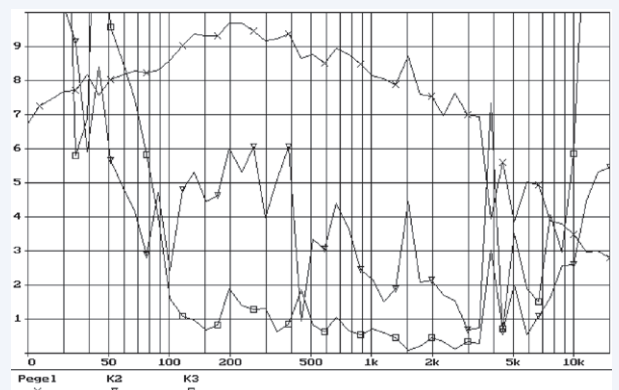
Dat kan in principe op twee manieren: het signaal kan achter de eindversterker met behulp van een passief filternetwerk (dat uit spoelen en condensatoren bestaat) worden opgesplitst, of het signaal kan al eerder in verschillende frequentie bereiken worden verdeeld waarna elk deelsignaal naar een eigen eindversterker



Figuur 3. Impedantie- en fasekarakteristiek.



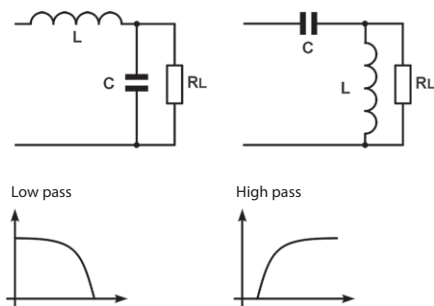
Figuur 4. Frequentie karakteristiek.



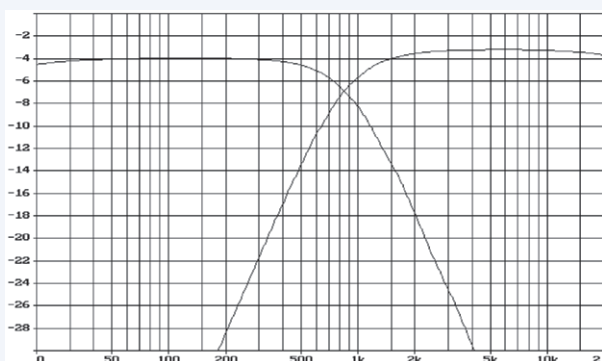
Figuur 5. Vervorming.

plus luidspreker wordt geleid. In dat geval spreken we van een actief wisselfilter.

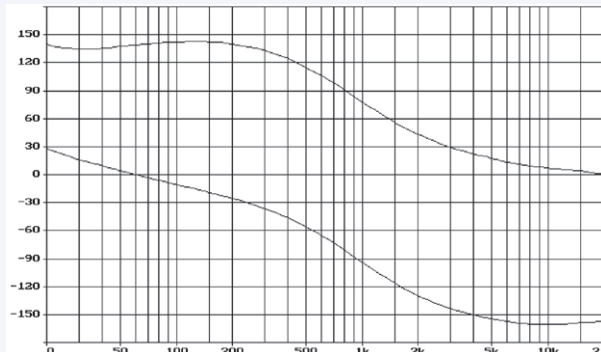
Terzijde: er is ook een mengvorm mogelijk: daarbij worden de lage tonen actief van de rest gescheiden, en voor die rest wordt dan een passief filter gebruikt. Dan spreekt men wel van bi-amping.



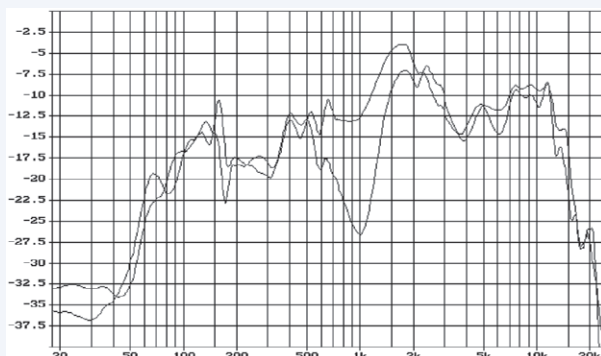
Figuur 6. Passief laag- en hoogdoorlaatfilter met een flanksteilheid van 12 dB/octaaf.



Figuur 7. Frequentiecarakteristiek van een hoog- en van een laagdoorlaatfilter.



Figuur 8. Fasecarakteristiek van een hoog- en van een laagdoorlaatfilter.



Figuur 9. Correct en verkeerd-om aangesloten wisselfilter.

Hieronder gaan we verder met passieve wisselfilters; actieve filters komen in een latere aflevering aan de orde.

Passieve wisselfilters

Figuur 6 toont de schema's van een laag- en een hoogdoorlaatfilter met een steilheid van 12 dB/octaaf. Flanksteilheden van 6 dB/octaaf, die met behulp van een voorgeschakelde condensator resp. spoel kunnen worden gerealiseerd, dienen in de geluidstechniek te worden vermeden. **Figuur 7** illustreert de frequentiecarakteristieken van deze filters.

De grens- of kantelfrequentie van een filter is die frequentie waarbij het niveau van het uitgangssignaal met 3 dB is afgenomen ten opzichte van het ingangssignaal. Uit **figuur 8** blijkt dat bij die kantelfrequentie de fase van het uitgangssignaal $+90^\circ$ (hoogdoorlaatfilter) of -90° (laagdoorlaatfilter) is verschoven ten opzichte van de fase van het signaal in het doorlaatbereik.

Als de luidsprekers fasegelijk worden aangesloten, dan zijn hun signalen in de buurt van de kantelfrequentie 180° ten opzichte van elkaar verschoven en zouden deze signalen elkaar opheffen. Het resultaat zou een 'dip' in de karakteristiek van het systeem zijn, zoals te zien in de onderste curve van **figuur 9**.

In principe maakt het niet uit welke van de beide luidsprekers wordt omgepoold, maar om te garanderen dat twee bij elkaar in de buurt opgestelde luidsprekerboxen dezelfde fase hebben, verdient het aanbeveling dat we ons aan de internationale 'standaard' houden: de lagetonenluidspreker wordt normaal aangesloten en de hogetonenweergever omgepoold.

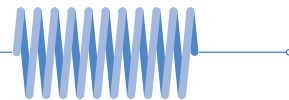
Overigens mogen we in de praktijk niet blindelings vertrouwen op de bijschriften die de fabrikant bij de aansluitklemmen van zijn luidsprekers zet – in de eerste plaats omdat elke fabrikant kan doen en laten wat hij wil, en in de tweede plaats omdat ten gevolge van looptijdverschillen de fase juist bij de overnamefrequentie tegengesteld kan zijn. Zowel bij actieve als bij passieve filtering moet de poling van de luidsprekers daarom in principe altijd worden gecontroleerd.

Voor de dimensionering van de onderdelen geldt (voor een Butterwoth-karakteristiek):

$$C = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot Z} = \frac{0,1125}{f \cdot Z}$$

$$L = \frac{Z}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,2251 \cdot Z}{f}$$

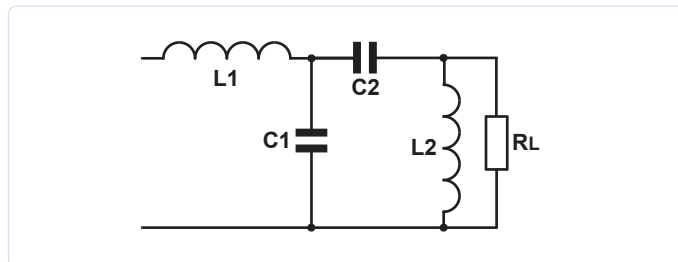
Voor de dimensionering van wisselfilters zijn verschillende karakteristieken gangbaar, die met betrekking tot de steilheid bij de overnamefrequentie en het impulsgedrag elk hun voor- en nadelen hebben; voor nadere bijzonderheden verwijzen we naar de betreffende vakliteratuur.



Figuur 10 toont het prinsipschema van een banddoorlaatfilter; dat is eigenlijk gewoon een serieschakeling van een laagdoorlaat- en een hoogdoorlaatfilter. De bovenste en onderste kantelfrequenties worden dan ook op de bekende manier berekend. ◀

210564-02

De artikelreeks "Alle begin..." is gebaseerd op het boek "Basiscursus elektronica" van Michael Ebner, dat bij Elektor is verschenen.



Figuur 10. Banddoorlaatfilter.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur of naar de redactie van Elektor, via redactie@elektor.com.

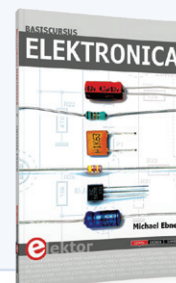
Een bijdrage van

Idee en illustraties: Michael Ebner
Tekst en redactie: Eric Bogers
Layout: Giel Dols



GERELATEERDE PRODUCTEN

- > **Boek:**
Basiscursus elektronica
www.elektor.nl/13950
- > **E-boek:**
Basiscursus elektronica
www.elektor.nl/18232



Deel je ideeën en elektronica projecten

eender welke
moeilijkheidsgraad

op www.elektor-labs.com
en wordt beroemd!!



Start nu een nieuw project op:
www.elektor-labs.com

design > share > sell

