Et reelt nyt filter eller blot tankespind?

Inspireret fra kommunikation på nyhedsgruppen DK.Teknik.lyd er jeg kommet på et nyt faselineært filter.
Filteret vil - samtidig med at have afrulningskurver, der er realiserbare med 12 og 18 dB pr. oktav - også summere til fasedrej 0.
Dette alene gør filteret interessant, da de kendte faselineære filtre alle kræver 1.ordens filtrering af en eller flere enheder. Men er altså ikke således i dette tilfælde.

Teorien baserer sig på det matematiske udtryk H(s)=1, der blot betyder, at det der kommer ind er det samme, som det, der kommer ud mht amplitude og fase. Der må dog forventes et vist tab, da en side i en trekant altid er mindre end summen af de to andre og der i dette filter er tale om vektoraddition.
Man kan udregne de ideale filterkomponenter, men de kan ikke bruges til noget som helst.
De vil dog ved en simulering på en computer, hvor højttalerne er erstattet med ideale modstande , vise filterets karakteristiske egenskaber.

Udregningerne, teoretiske resultater, og lige så teoretiske stumper er altså angivet - godt nok kun tilnærmet. (matematikken er mig for langhåret) - og derefter tilrettet ved hjælp af et simpelt simuleringsprogram.

Skulle der være nogen blandt læserne, der kan kunsten at opløse de herværende overføringsfunktioner til de helt teoretisk korrekte stumper, måtte vedkommende meget gerne komme med et bud.

De beregnede kurver har a=4,5
Data er angivet i 1/3 oktav spring.
Data kan samlet forskydes op/ned i frekvens for at få en anden centerfrekvens for systemet.
Der er altså ikke tale om delefrekvenser i traditionel forstand, men et samlet hele.

frekvens	bas	mellem	diskant
19.7	-0.75	-42.17	-84.15
24.8	-0.71	-38.19	-78.16
31.25	-0.65	-34.24	-72.2
39.4	-0.55	-30.31	-66.27
49.6	-0.42	-26.44	-60.39
62.5	-0.23	-22.64	-54.58
78.7	0.01	-18.96	-48.9
99.2	0.29	-15.45	-43.38
125	0.55	-12.18	-38.1
157.5	0.71	-9.23	-33.15
198.4	0.69	-6.68	-28.59
250	0.38	-4.59	-24.49
315	-0.27	-2.95	-20.84
397	-1.26	-1.75	-17.63
500	-2.55	-0.92	-14.79
630	-4.1	-0.39	-12.24

794	-5.87	-0.1	-9.93
1000	-7.81	0	-7.81
1260	-9.93	-0.1	-5.87
1587	-12.24	-0.39	-4.1
2000	-14.79	-0.92	-2.55
2520	-17.63	-1.75	-1.26
3175	-20.84	-2.95	-0.27
4000	-24.49	-4.59	0.38
5040	-28.59	-6.68	0.69
6350	-33.15	-9.23	0.71
8000	-38.1	-12.18	0.55
10080	-43.38	-15.45	0.29
12699	-48.9	-18.96	0.01
16000	-54.58	-22.64	-0.23
20159	-60.39	-26.44	-0.42
25398	-66.27	-30.31	-0.55
32000	-72.2	-34.24	-0.65

Overføringsfunktionen var:

H(s)= (1 + 2as + (a^2 +2)s^2 +2as^3 + s^4) / (1 + 2as + (a^2 +2)s^2 +2as^3 + s^4)
Der jo da tæller og nævner er ens vil give resultatet 1.
Funktionens tæller kan deles i tre: (1 + 2as) + ((a^2 +2)s^2) + (2as^3 + s^4))

Bas:
H(s) = (1 + 2as) / (1 + 2as + (a^2 +2)s^2 +2as^3 + s^4)

Basfilter topologi

```
__________C1__L1______L2___
          R1        |        |
                C2        Enhed
___________________|________|
```

I oversættelsen af dette kredsløb til spoler, kondensatorer og modstande vil
C1s --> C1s+1/R som jeg her tillade mig at indsætte som (C1+1/R)S.
Jeg er helt klar over at det er forkert. Men jeg kan ikke overskue
sammenblanding af H(s) og H(s+alfa). Størrelsen 1/R sættes lig nul og
genindføres senere på næste trin, som vil være ved simuleringen på et
højttalerprogram hvor modstandens virkning lettere kan følges.

H(s)=(C1+1/R)S/
((C1+1/R)L1C2L2)S^4+((C1+1´R)L1C2)S^3+(C1L1+C2L2+C1L2)S^2+(C1+C2)S+1

Modstandens rolle er at "lukke op" for kondensatoren. Modstandens størrelse
må afhænge af "a"s størrelse og må foreløbig findes indirekte.
"R"s værdi sættes derfor til uendelig (1 udgår af tælleren i overføringsfunktionen) og
komponentværdierne findes ud fra - nu bandpassfunktionen - til at være

L1=((a^2+1)^2) / (2*a^3)   L1n=2,4777
C1=(2*a^3) / (a^2+1)   C1n=8,5765
C2=(2*a) / (a^2+1)   C2n=0,4235
L2=1 / (2*a)   L2n=0,1111

med en impedans=8 Ohm og centerfrekvens = 1000 Hz bliver:
L1=2.4777*8/2/pi mH = 3.15mH
C1=8.5765/8/2/pi*1000 uF = 170,6 uF
C2=0.4235/8/2/pi*1000 uF= 8,42 uF
L2=0,1111*8/2/pi mH = 0,1415 mH

mellemtone:
H(s) = (a^2 +2)s^2) / (1 + 2as + (a^2 +2)s^2 + 2as^3 + s^4)

Mellemtonefilter topologi

```
_______C1______L1__________
                  |     |   |
                 C2    L2 Enhed
___________________|____|_ _|
```

H(s)= (L2C1)S^2 /
((L1C1L2C2)S^4 + (C1L1L2)S^3 + (C1L1+C1L2+C2L2)S^2+(L2)S+1)

C1=a/2 C1n= 2,25
L1=2/a L1n = 0,4444
C2=1/(2*a) C2n= 0,1111
L2=2*a L2n= 9

med en impedans=8 Ohm og centerfrekvens = 1000 Hz bliver:
L1=0.4444*8/2/pi mH = 0.566mH
C1=2.25/8/2/pi*1000 uF = 44.76uF
C2=0.1111/8/2/pi*1000 uF= 2.21uF
L2=9*8/2/pi mH = 11.45mH

Diskant:
H(s) = (2as^3 + s^4) / (1 + 2as + (a^2 +2)s^2 + 2as^3 + s^4)

Diskantfilter

```
____________L1____C1____C2__
           R1        |       |
                    L2    Enhed
_______________________|______|
```

L1 ERSTATTES AF (R1*L1/(R1+L1))s (samme fejl som for bas)

Modstandens rolle er at "lukke op" for spolen. Modstandens størrelse må afhænge af "a"s størrelse og må findes indirekte.
"R"s værdi sættes derfor til uendelig (s^4 udgår i tælleren) og komponentværdierne findes ud fra - nu bandpassfunktionen - til at være

H(S)= C1L2C2S^3/
L1*R1/(R1+L1)C1L2C2S^4 + C1C2(L1*R1/(R1+L1)+L2)S^3 +
(L2C2+L1*R1/(R1+L1)C1+L2C1)S^2 + C2S +1

L1=(a^2+1) / (2*a^3) L1n	=0,1166
C1=(2*a^3) / (a^2+1)^2 C1n	=0,4036
L2=(a^2+1) / (2*a) L2n	=2,3611
C2=2*a C2n	=9

med en impedans=8 Ohm og centerfrekvens = 1000 Hz bliver:

L1=0,1166*8/2/pi mH	=	3.15mH
C1=0,4036/8/2/pi*1000 uF	=	170,6 uF
L2=2,36*8/2/pi mH	=	0,1415 mH
C2=9/8/2/pi*1000 uF	=	8,42 uF

Indsættes de her beregnede værdier, nås resultatet IKKE.
Modstanden skal jo genindføres og dens korrekte størrelse findes, så filteret bliver åbnet for
bas og diskant.
De beregnede værdier må derefter tillempes den aktuelle modstandsværdi som for a=4.5 giver en modstandsværdi omkring 2.7 Ohm.

Basfilter med korrigerede komponentværdier:

```
                 500   3.3        0,12
__________________C1__L1______L2___
                  R1          |        |
                  2.7         C2       Enhed 8 Ohm følsomhed 90 dB
                              8.4      |
______________________________ _ |________|
```

Mellemtonefilter med korrigerede komponentværdier

```
                  39    0,68
__________________C1___L1___________
                            |    |     |
                           C2   L2    Enhed 8 Ohm 87.7 dB
                           2.2 11.45   |
___________________________|____|____|
```

Diskantfilter med korrigerede komponentværdier.

```
                0.6      8      179
________________L1____C1____C2__
                R1           |       |
               2.7          L2     Enhed 8 Ohm 90 dB
                             3       |
_____________________________|_____|
```

Jeg må her understrege at disse værdier kun gælder sådan cirka og kun for tænkte enheder.

Med faktiske enheder er man nødt til at indregne/medtage de i enheden selv værende komponenter. Det har den heldige virkning at de store værdier enten forsvinder ud af det elektriske filter eller skal have indført modstande, så f.eks. spoler måske skal have en stor værdi, men samtidig en stor modstand, så det ikke er bekosteligt at lave dem.

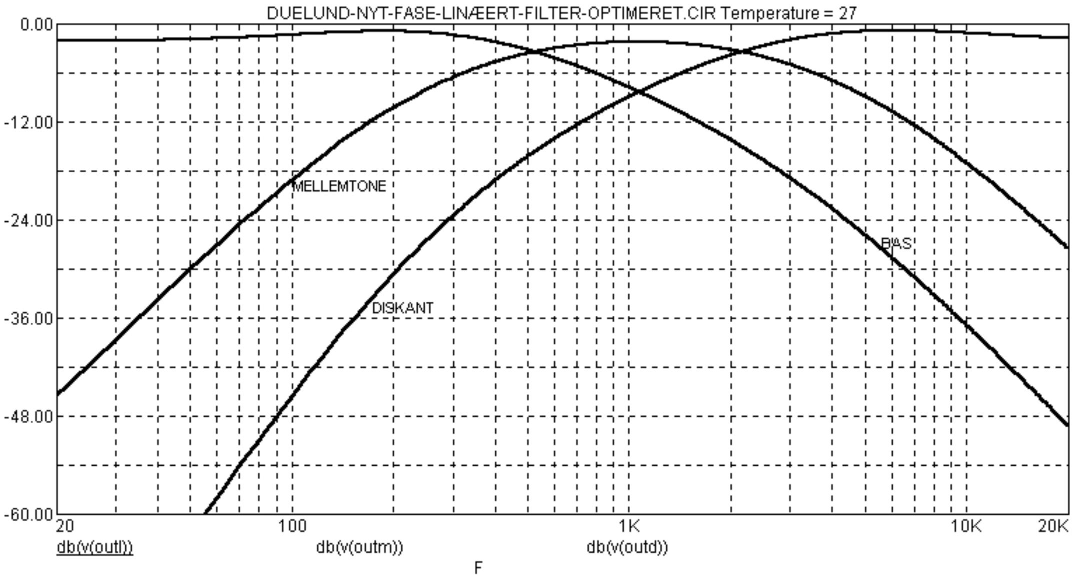
En ting mange nok vil undre sig over er, om det går at indføre modstande i serie med basenheder. Det må man jo normalt ikke.
Det både kan man og må man, hvis men kun hvis bashøjttalens Qt i kabinet er lavt og impedanskorrigeret. Det kræver lidt omhu med den parameter, men skulle ikke være noget egentlig problem.
Med hensyn til diskanten skal man nok finde en, der ikke stiger i niveau opadtil.

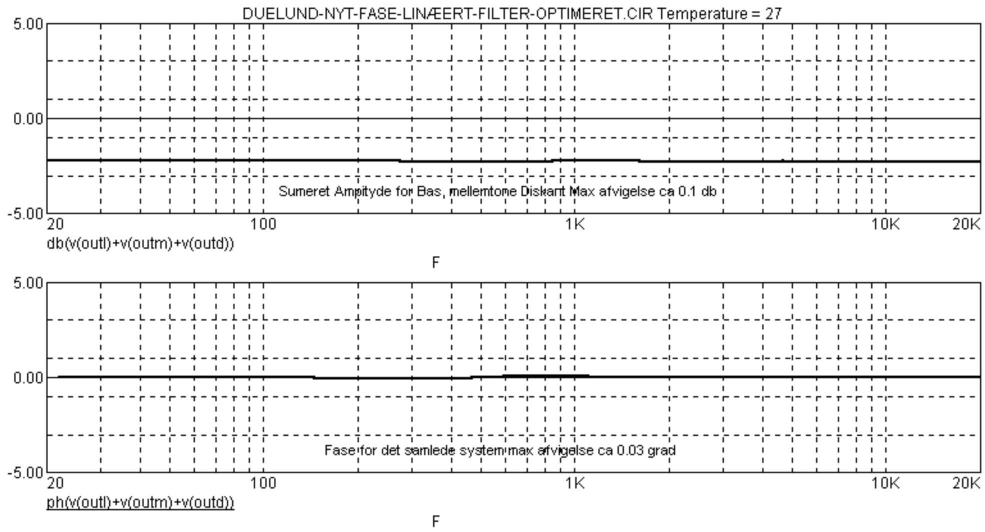
Dette filter kan korrekt udført klare impulsgengivelse, stepresponse, firkanter m.v. som tillægges så megen betydning
Der vil blive tabt et par dB i varme og vektoraddition, men det er den faktiske pris at betale for at nå sådanne teoretiske mål i praksis.

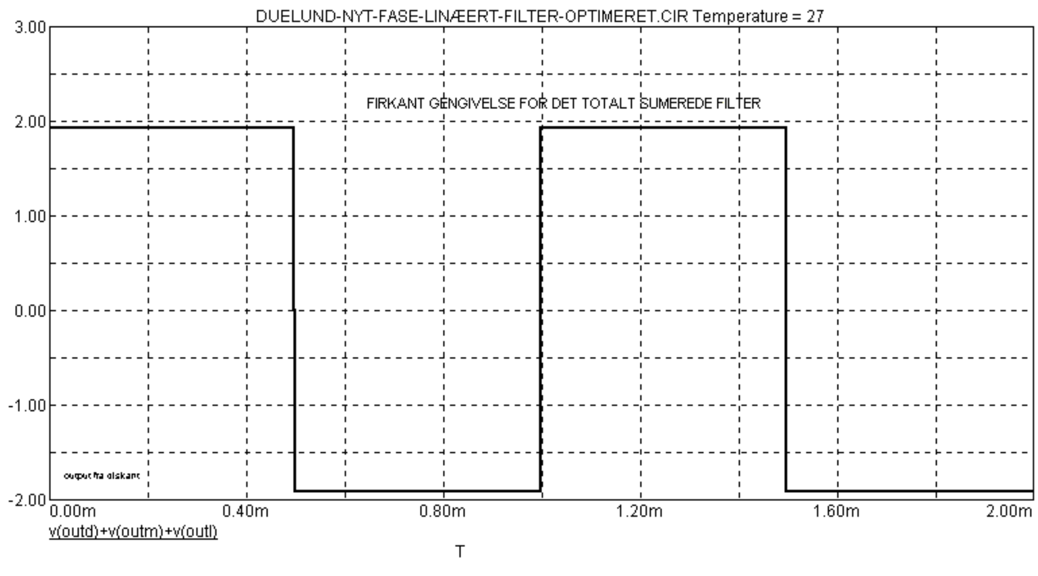
Om løsningen så også vil behage vore ører, er en ganske anden og langt mere interessant sag. Som kun vores hørelse vil kunne afgøre, når den tid kommer.
Enheder er på vej og kabinet haves så der er plads for en ledig hånd, der kunne have interesse i at bygge sådan en højttaler.
Med Hensyn til impedansen af systemet, kan også den gøres temmelig lineær.
Det fordrer blot at mellemtonen har en impedans sådan cirka på det dobbelte af bassens og diskantens.

Der er flere, der har leget med disse filtre, og det viser sig at simuleringsprogrammer ikke er totalt ens. Det er nok et spørgsmål om antallet af decimaler, der regnes med.
De herværende kurver er fra Torben Kristiansen, og skal altså ikke tages for andet end de er – simuleringer.

Den sidste viser filterets evne som et faselineært filter at gengive de meget svære firkant-signaler. Hvilket jo ses, at det klarer fint, dog taget i betragtning at det altså er modstande og perfekte filterstumper, der er tale om, så det er lidt snyd.
Dog er det min overbevisning og erfaring at praksis KAN bringes i temmelig god overensstemmelse med hinanden.


DUELUND-NYT-FASE-LINÆERT-FILTER-OPTIMERET.CIR Temperature = 27
MELLEMTONE
DISKANT
BAS
0.00
-12.00
-24.00
-36.00
-48.00
-60.00
20
100
1K
10K
20K
db(v(outl))
db(v(outm))
db(v(outd))
F


DUELUND-NYT-FASE-LINÆERT-FILTER-OPTIMERET.CIR Temperature = 27
Sumeret Ampityde for Bas, mellemtone Diskant Max afvigelse ca 0.1 db
5.00
0.00
-5.00
20
100
1K
10K
20K
db(v(outl)+v(outm)+v(outd))
F
Fase for det samlede system max afvigelse ca 0.03 grad
ph(v(outl)+v(outm)+v(outd))


DUELUND-NYT-FASE-LINÆERT-FILTER-OPTIMERET.CIR Temperature = 27
FIRKANT GENGIVELSE FOR DET TOTALT SUMEREDE FILTER
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
0.00m
0.40m
0.80m
1.20m
1.60m
2.00m
v(outd)+v(outm)+v(outl)
T