

# Moderne aktive LF-filtre

Af OZ8T

"Behøver du et LF-filter?" spørger KG7YK [1] i den nye, spændende rubrik "New Ham Companion" i QST, og han slutter med selv at give svaret: "Det afgør, om du kan gennemføre en QSO under QRM eller ikke!".

Forinden har han dog nået at være rundt ved de mange argumenter, der hører med til en bedømmelse af et behov. Og han nævner, hvilke typer LF-filtre, der findes: de, der ingen forstærkning har til ophævelse af den uundgåelige dæmpning, RC- og RLC-led medfører. Dernæst de aktive filtre, som tidligere bl. a. har været behandlet i OZ [2, 3, 4, 5 og 6].

Så er der de filtre, der bruger "switched-capacitor"-teknikken og de endnu nyere, der bruger DSP = digital signal behandling.

For så til slut at nævne "auto-notching" typen: den, der selv er i stand til at opsøge en interferenstone og eliminere den!

## Valg af filter

Men lad os til en begyndelse lige se lidt på, hvad der står om dette emne i Bob Locher, W9KNI's dejlige bog: "The Complete DX'er" [7]. Der er et kapitel om hjælpemidler for DX'eren, men man behøver bestemt ikke at være DX'er for at have glæde af at blive delagtiggjort i hans mange erfaringer, af hvilke én af dem er, at især kan et aktivt filter ofte hjælpe én til et endnu bedre udbytte af ens arbejde med stationen.

Om de aktive filtre skriver han til indledning, at der er nogle, der er fremragende, og at der er nogle, der ikke er de penge værd, som de koster. Så det er altså bare det med at se sig godt for, hvis man vil anskaffe sig sådan et filter.

Videre fortæller han, at han foretrækker de filtre, der har trinvis variabel båndbredde fremfor dem, hvor båndbredden er kontinuert variabel. For disse sidstes vedkommende gælder det, at i nogle af dem foregår dette ved at variere "Q"-et, og visse af disse filtre bør undgås, idet deres resulterende "ringning" gør dem ubrugelige netop i de situationer, hvor ekstra hjælp er påkrævet. Dog er det naturligvis ikke regelen, at et sådant filter skal ringe. Hvis det konstrueres med konstant gruppeløbetid, altså vælger Bessel- eller eventuelt Butterworth-filtre, bliver der ingen ringning; men flankestejlheden "pr. filterorden" er jo også mindre end ved mere "krasse" filtertyper, altså filtre, hvor der er brugt større flankestejlhed i de enkelte kredse.

Han behandler også den nyere teknik med "Switched Capacitors", der har gjort det muligt at udvikle aktive filtre med meget fine filteregenskaber.

Formålet med anvendelsen af et LF-filter er altså - hvor det er nødvendigt - at forbedre modtagerens

selektivitetsegenskaber, d.v.s. evnen til at skille et ønsket signal ud fra forstyrrelser.

Selektiviteten tilvejebringes i mellemfrekvenskredsene og kan her være understøttet af krystalfiltre med forskellige båndbredder.

Men for de fleste modtagers vedkommende er den størst opnåelige selektivitet ikke under alle forhold tilstrækkelig, og dér vil et LF-filter være en gevinst. Dette anbringes så til sidst i kredsløbet, nemlig dér, hvor signalet i sin lavfrekvente form skal ud, enten det nu er pr. hovedtelefon eller højttaler, at dette skal ske.

Står valget - ved ønsket om en nødvendig forbedring af modtageren - mellem et ekstra krystalfilter og et aktivt filter, så kan afgørelsen meget let falde ud til fordel for det sidst nævnte, idet det med moderne teknologi er muligt at bygge disse med mange flere filteregenskaber end den ene, som krystalfilteret har.

## Hvilke typer er der?

Lad os nu se på de enkelte typer ét for ét.

De, der lytter på mellem- og langbølgeradiofoni, har nytte af et 9 kHz filter til eliminering af nabosenderes generende indflydelse på modtagelsen, hvis ikke mellemfrekvensforstærkeren er så godt konstrueret, at 9 kHz interferens er elimineret.

For SWL's, der vil være fri for interferenstoner under lytning på kortbølgeradiofonibåndene, kan et aktivt 5 kHz filter - således som beskrevet i [6] - anvendes.

Men for dem, der arbejder med smalbåndene modulationer såsom f.eks. SSB og CW, stilles der helt anderledes og meget større krav til deres modtagers evner til at skille signaler fra hinanden i et velpakket bånd under gode "forhold".

Til disse formål kan der som nævnt konstrueres udmærkede filtre. Et filter uden forstærkende elementer kaldes "passivt". Det har den egenskab, at jo mere selektivt det skal være, jo større dæmpning af det ønskede signal medfører det, og det kan så skabe problemer.

Så er det en løsning at indkoble den fornødne forstærkning, og så har vi et "aktivt" filter.

Aktive filtre har været i brug i mange år, og konstruktionerne har naturligvis undergået en udvikling takket være mangfoldigheden af integrerede kredse, herunder sådanne, der arbejder i switched-capacitor-teknik.

## Switched-capacitor filters

Switched-capacitor filterteknikken har vel efterhånden over 10 år på bagen, og den har været grundigt behandlet i artiklen [8] i 1982, og i denne er der

automatisk niveaukontrol, et feature, jeg dog ikke er stødt på i senere artikler. Senere fulgte [9] i 1984 og den blev fulgt op af en praktisk udførelse og beskrevet i konstruktionsartiklen [10]

Som et trin på udviklingens vej må WB4TLM og KB4KVE's konstruktion - beskrevet i [11] - betragtes.

Det vil være rimeligt på dette sted at opsummere egenskaberne ved switched-capacitors-filtre (SCF), og fra [9] citeres:

- Indførelse af SCF i modtagere er en relativt simpel proces.
- Alle typer af filtre er mulige.
- Gain/shape faktor - d.v.s. forholdet mellem forstærkning og filtrets selektivitetskurve - varierer mindre end 0,1%.
- Temperaturstabilitet er bedre end 20 ppm/°C.
- Q faktorer op til 50 med en enkelt chip.
- Dynamikområde typisk 80 dB.
- Udvendig clock-frekvens-kontrol og
- Lavt strømforbrug og tab.

Men nu til en ret så ny konstruktion, gjort mulig af de som sædvanlig faldende priser på IC'erne!

### N4UAU's konstruktion

For switched-capacitor-teknikken har det som så meget andet ikke behaget at stå stille, og nu har fremkomsten af National Semiconductor's MF8 i denne teknik inspireret N4UAU til en fiks konstruktion af et aktivt filter, og dette beskriver han i den artikel [12], som har givet anledningen til udarbejdelsen af denne artikel. (I W4UAU's artikels overskrift anføres kun CW, men det er også til SSB!)

Med en pris på under \$ 5 pr. styk for MF8'erne - der bruges to - og en samlet materialepris under \$ 50 inclusive printet, må man sige at være nede på noget, der lyder fornuftigt, især når man tager filtrets egenskaber i betragtning

Lad os se på, hvad N4UAU selv skriver om dets egenskaber:

- Ét potentiometer regulerer dets centerfrekvens.
- Dets -3 dB-båndbredde kan let indstilles fra 0,13 til 3 gange dets centerfrekvens. (Med en centerfrekvens på f.eks. 750 Hz spænder dets -3 dB-båndbredde fra 108 til 2440 Hz).
- Det skærer meget skarpt af med en dæmpning, der stiger til 30 dB kun 150 Hz underfor dets gennemgangsområde.
- Dets forstærkning ændrer sig ikke, når båndbredden varieres.
- Det "ringer" minimalt.
- Dets strømforbrug er lavt - under 50 mA, når det trækker en hovedtelefon til et behageligt lytteniveau.
- Dets komponenter er lette at få fat i som nye.
- Bruger man udelukkende nye komponenter, kan det bruges for under \$ 50 inclusive printet.
- Det er let at bygge og trimme.

Og hvor godt fungerer det så? "Ja, selv om jeg til sidst købte et \$ 70 250-Hz filter til min transceiver, så bruger jeg mit eget filter til 95 % af mine CW-QSO'er!" siger N4UAU.

Sådan ser hans filter ud, og det skal tilføjes, at et printudlæg (en "template") af printet kan fås gratis ved henvendelse til ARRL, altså send på sædvanlig måde en adresseret M65-kuvert og et par IRC'er og et par ord, så kommer det ønskede prompte. Der er også anvisning på en leverandør af printet. De øvrige komponenter, vil jeg tro, skulle det være muligt at købe herhjemme.

For at give et lidt tydeligere billede af N4UAU's filter, vil det være på sin plads at hente nogle få bemærkninger ud af hans artikel.

Flere af de "klassiske" konstruktioner, som han havde bygget med 741-typer af Op-Amp's, forekom ham mindre tilfredsstillende: de var ikke skarpe nok, at ændre deres båndbredde var vanskelig og deres forstærkning steg sædvanligvis, når båndbredden blev gjort smallere.

Og så var det, at han fik øje på National Semiconductor's switched-capacitor båndpas-filter IC MF8 til under \$ 5 pr. styk.

Selvom denne har en indbygget clock-generator, har han alligevel brugt en udvendig for at have bedre muligheder for at eksperimentere.

Når man så ser nærmere, opdager man, at der er fornuft i at anvende en god CMOS 555 timer (der oplyses om anbefalelsesværdige typer), idet en sådan genererer et mindre indhold af harmoniske end bipolarer 555'er.

Når forfatteren sammenligner de harmoniske fra en bipolarer contra en CMOS 555 timer, synes dette at pege på, at han mener, at CMOS udgavens udgangstrin ikke er så "brutal" ved forsyningsspændingen. Den bipolarer 555 er behæftet med den ulempe (fejlkonstruktion?) at begge dens transistorer i dens udgangstrin er "on" et kort øjeblik samtidigt. Derved kortslyttes forsyningsspændingen faktisk et øjeblik, og den bliver vanskelig at afkoble. CMOS-udgaven opfører sig mere civiliseret; men CMOS firkant-flanker er normalt stejlere end TTL-flanker og indeholder således flere harmoniske.

Det er en god ting at kunne afpasse sit filters båndbredde efter forholdene på båndet, og til dette formål bruges der en en-polet omskifter med seks stillinger, der giver dette antal forskellige båndbredder, f.eks. i det viste eksempel 2440, 575, 459, 383, 230 og 108 Hz ved hans centerfrekvens 750 Hz, der i øvrigt som nævnt kan varieres. Den trinvis variable båndbredde er jo i overensstemmelse med Bob Locher's erfaring.

Der er taget de fornødne skridt til at sørge for, at der hverken kan trænge HF ind i filteret og "forstyrre" det i dets funktion eller trænge eventuelle harmoniske fra timeren ud.

Dets smalleste båndbredde er praktisk ved nul-

stød af modtagne signaler, og i filterets største båndbredde kan det bruges til SSB, hvilket nævnes til slut - i titlen står der nemlig kun CW nævnt!

Når jeg er gået så forholdsmeæssigt dybt ind i W4UAU's beskrivelse, skyldes det, at hans filtre - så enkelt, det forekommer at være - er et værdifuldt hjælpeapparat, som kan forøge udbyttet af den tid, der bruges ved stationen - og bestemt også for en ikke DX'er! Og så er det et eksempel på et moderne filter.

### Filtre med notch-funktion

Notch-funktion består i at "lave et indsnit" - altså en skarp udskæring - i det frekvensbånd, der overføres.

Muligheden for "Notch"-funktion har - såvidt jeg har kunnet se - kun været omtalt i en af de nedenfor refererede artikler, nemlig [9], så noget tyder på, at det måske formodes, at denne funktion enten let varetages i modtagerens MF-kredsløb, eller at den store selektivitet, der let kan opnås i switched-capacitor-filtrene, overflødiggør en "Notch"-funktion i det aktive filter.

### Filtre med auto-notch-funktion

Om denne i indledningen nævnte type filtre er det endnu ikke lykkedes mig at finde noget på tryk - SRI.

### Filtre med digital signalbehandling

Mangt og meget behandles idag ved digital behandling af signaler, og har du lyst til at studere digital signalbehandling, DSP - et emne som vi sikkert vil komme til at høre endnu mere om i fremtiden - så har Fred Williams i en større artikel [14] beskrevet et filter med digital signalbehandling; men her skal blot citeres ordene i indledningen; "Digital elektronik invaderer mere og mere af vores analoge verden. Nøjagtighed og reproducérbarhed af kredsenes egenskaber gør brugen af digitale integrerede kredse meget ønskelig. Denne artikel bringer dig til frontlinien af den digitale signalbehandlings fascinerende område".

Og DSP teknikken kravler rask opad i frekvens - vi står formentlig på tærsklen til en rivende udvikling på dette område!

### Filtre på markedes

KR1S har foretaget en afprøvning af tre aktive filtre, og hans gennemgang findes i QST [15]. Er de pågældende filtre ikke på det danske marked, så er artiklen i hvert fald god at få et indblik i emnet af!

Det først behandlede er kun til CW, og samtidig også det billigste, \$ 115. Det næste behandler SSB, CW og digitale "modes", og det koster \$ 195. Det sidste arbejder med digital signalbehandling, og prisen bliver så også derefter, nemlig \$ 395. Alle tre har vidt forskellige egenskaber, og man skal gøre sig sit behov klart, førend man går i lag med en sådan anskaffelse.

- 1 Steven J. Gill, KG7YK, Do You Need an Audio Filter? QSR MAY 1993 pp. 62-63.
- 2 H. Andresen, OZ1BII, Beregning af aktivt filter, OZ AUG 1982, p. 479
- 3 J. C. Jacobsen, CW Audio filter, OZ DEC 1983 pp. 712-713.
- 4 Sven Lundbeck, OZ1AWJ, LF-filtre, OZ JUL 1991 p. 393
- 5 Rick Meilstrup, OZ5RM, LF-filtre (Efter DJ6HP), OZ MAR 1990 pp. 144-145.
- 6 Rick Meilstrup, OZ5RM, 5 kHz audio filter, OZ AUG 1991, p. 467.
- 7 Bob Locher, W9KNI, The Complete DX'er, 1st Edition, 1983, p. 144, 2nd Edition, 1989, p. 163.
- 8 Richard R. Schellenbach, W1JF, Versatile Switched Capacitor Filter with Automatic Level Control, QST NOV 1982 p. 52.
- 9 Richard R. Schellenbach, W1JF og Frank Noble, W3MT, Switched Capacitor Filters - an Emerging Technology for Amateur Radio Use, QST MAR 1984 pp. 19 - 25.
- 10 Richard R. Schellenbach, W1JF og Frank Noble, W3MT, Digital Switched-Capacitor Filters - A Practical Construction Project, QST JUL 1984 pp. 11-15.
- 11 Rick Arndt, WB4TLM og Joe Fikes, KB4KVE, SuperSCAF and Son - A Pair of Switched-Capacitor Audio Filters, QSR APR 1986 pp. 13-19.
- 12 Samuel O. Ulbing, N4UAU, An Active Audio CW Filter You Can Build, QST OCT 1992 pp. 27-29.
- 13 Rick Olsen, N6NR, Digital Signal Processing for the Experimenter, QSR NOV 1984 pp. 22-27.
- 14 Fred Williams, Digital Signal Processing - A Modern Audio Filter, QST DEC 1986 pp. 32-40.
- 15 Jim Kearman, KR1S, Audio-Filter Roundup, QST OCT 1991 pp. 36-38.

Vy tnx til TR for kommentarer og supplerende info, inden denne korte omtale af nogle moderne aktive LF-filtre nåede "klar-stadiet".

**OZ**

## Fra andre blade

### "Inden i" den jordede-gitter lineære forstærker.

Denne forstærkertype er let at arbejde med, og den er blandt andet karakteristisk ved, at en del af drivereffekten går direkte med ud i antennen, hvorved der kan hentes mere ud af forstærkertrinnet, end selve udgangsrøret kan levere.

Hvad der foregår "inden i" forstærkeren er i almindelighed knapt så kendt, og derfor kan W5OLY's artikel belyse denne spændende forstærkertype, og heri kommer han også ind på lidt af de nyere idéer om afstemning og belastning. Endvidere omtaler han et par "detektorer" til dette formål samt et lidt udvidet pilet i udgangen.

Warren Bruene, W5OLY, Inside the Grounded-Grid Linear Amplifier, QST OCT 1993 pp. 28-30

OZ8T

OZ DECEMBER 1993