

# DELTA

## 3 Dipol bas

Af Jan Nielsen

Som det blev forklaret i de første artikler, ruller den åbne baf-fel naturbetinget af nedefter. Derfor skal de laveste oktaver hæves. Det kan klares med en elektronisk equalisering - eller som et kompromis - rent passivt. Hvor meget der skal hæves - og hvor - afhænger af rummet, placeringen, de valgte enheder og baf-lens størrelse. Det er således svært at give endelige angivelser, så i stedet vil jeg beskrive en variabel equalizer.

I DELTA systemet hæves der ca. 6 dB ved 60 Hz og ca. 12 dB ved 30 Hz. Jeg vil anbefale brugen af aktiv equalisering sammen med et elektronisk delefilter, men en passiv løsning er også beskrevet. Bemærk at equaliseringen ikke følger de tidligere beregninger 100%. Grundet placeringen nær ved gulvet, den let forøgede Qts grundet baf-lens udformning og rummets påvirkning, sker der en ren elektrisk/akustisk tilpasning ved de laveste frekvenser.

En form for sub-filter anbefales, men er ikke strengt nødvendigt. Visse CD-plader og bestemt også "støj" fra skæve LP'er indeholder frekvenser under de ca. 30 Hz vi ønsker at nå ned på. Enkelte af Tel-arcs "imponator-plader" går ned under 20 Hz og en sådan fik højttalerne til at bunde med en meget "upæn" lyd! Hvis du absolut vil gengive 10-15 Hz, så er det bestemt ikke dipoler der skal gøre det! Dette er en kompetent bas-højttaler - ikke en egentlig subwoofer.

Holder vi os til de tidligere nævnte beregninger, så skal basserne bevæge sig omkring +/- 2 cm for at gengive et lydtryk på 96 dB omkring 10 Hz! Dette endda uden at tage hensyn til den yderligere afskæring, der sker under enhedernes egenresonans. Regner vi den med, så taler vi om flere cm - altså fuldstændigt umuligt og helt overflødigt.

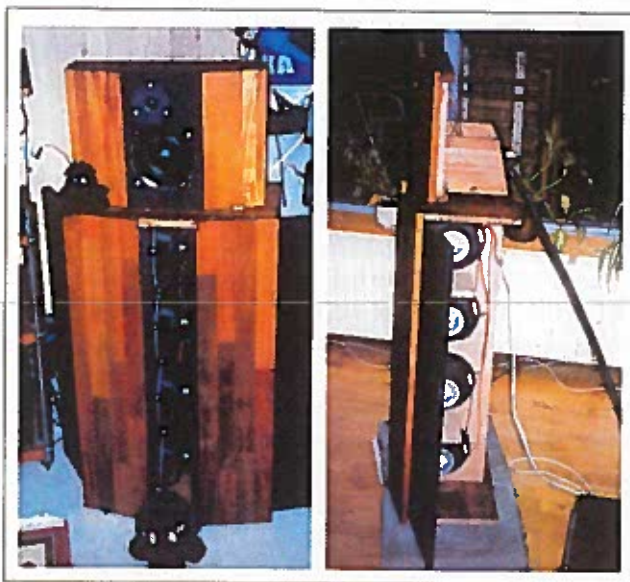
### Passiv equalizer

En passiv løsning er mulig, men den er dyr og brænder en masse effekt af i store modstande. Fig. 1 viser diagram for en passiv equalizer, der blev anvendt i opstartfasen. Bemærk dog at der muligvis skal eksperimenteres lidt med værdierne for at tilpasse højttaleren placering samt rummet.

Den store spole på 15 mH virker som et 1. ordens filter, der skærer ved ca. 30 Hz. Anvender man DELTA baf-len som ren subwoofer og placerer en mindre to-vejs højttaler oven på, er denne spole faktisk nok. Man skal dog være opmærksom på, at følsomheden herefter ligger omkring de 88 dB, så niveaumæssig tilpasning til hovedhøjttalerne kan være nødvendig.

Ønsker man at gå længere op i frekvensomfang, skal kurven opefter knække ved ca. 100 Hz. Dette klares ved at by-passe den store spole med en kondensator i serie med en modstand. Modstanden bestemmer, hvor meget der dæmpes opefter. Da et passivt kredsløb ikke indeholder nogen forstærkning, må vi altså sænke de øvre frekvenser. Med de angivne værdier opnåede vi et rimeligt resultat. Efter selve equaliseringen følger et passivt 2. ordens filter, der deler ved ca. 300 Hz (med 4 ohms belastning). Delefilteret kan ændres efter behov, men husk at højttaleren ikke rækker længere op end omkring de 400 Hz.

*Vi afslutter projektet med at behandle equalizer og filter*



### Aktiv equalisering

Den mest simple løsning er en kompetent tonekontrol, hvor såvel angrebsfrekvens som forstærkning kan reguleres (en såkaldt parametriske equalizer). Den bedste løsning vil dog være at bygge en dedikeret equalizer, evt. kombineret med delefilter. Hermed får vi en aktiv løsning som kræver en ekstra effektforstærker. Effektmæssigt behøver forstærkeren ikke at være særlig kraftig. Som nævnt vil en 80-100 watt i 4 ohm være tilstrækkeligt.

Dansk Audio Teknik kan levere de hollandske Hypex forstærkermoduler. De indeholder filtre samt equalizer funktion. Da højttaleren ikke har noget egentligt kabinet kan indbygning være lidt vanskelig, men dog ikke umuligt. Equalizerfunktionen i Hypex modulerne skal ændres lidt (få passive komponenter), for at få tilstrækkeligt med niveau nedefter. Denne løsning vil nok være den nemmeste for de, der ikke før har prøvet at bygge elektronik.

### Aktivt filter

En aktiv løsning er så absolut at foretrække for at kompensere for den akustiske kortslutning. Samtidig skal der helst være en smule forstærkning, så vi er mere frit stillet mht. valg af effektforstærker. For at kunne tilpasse baf-len til alle forhold, skal det også være muligt at justere hvor meget der hæves og fra hvilken frekvens det sker.

Selve lavpasdelingen kan løses af kommercielt tilgængelige filtre, men for en optimal løsning på equalizerdelen må vi ty til hjemmebyg.

For at gøre det hele lidt mere simpelt og undgå alt for meget eks-

▶ I tra elektronik i signalvejen har jeg i DELTA systemet anvendt et rent passivt højpasfilter til mellemtone/diskant sektionen. Det elektroniske filter behandler således alene bassignalet.

Den i det følgende beskrevne equalizer stammer fra et elektronisk filter fra det tyske firma THEL ([www.thel.de](http://www.thel.de)). Filteret indeholder en lille equalizer, der tillader et hævn på ca. 6 dB ved 20 Hz. Efter tilpasning af en enkelt modstand (R4 i diagrammet, der oprindeligt var på 4,7k) blev dette ændret, så der nu kan hæves med op til 16 dB ved 20 Hz. I fig. 2 ses blokdiagrammet for selve equalizerfunktionen, som nemt kan lade sig realisere med en enkelt IC.

### Beskrivelse

Equalizeren bygges op omkring IC'er af TL071/072 typen. Mere moderne ækvivalenter kan anvendes, hvis man ønsker det. Kredsløbet er rimeligt nemt at gå til og kan fremstilles med ganske få komponenter på et såkaldt "Veroboard".

R1 regulerer hvor meget der hæves ved de lave frekvenser. I min stilling er forstærkningen lineær. Reguleres R1 til den anden yderposition (10 kohm) hæves der ca. 16 dB ved 20 Hz. Hvor meget der hæves er også afhængig af angrebsfrekvensen, der bestemmes af C1.

I den opstilling jeg benytter (ca. 1 m fra hjørerne i et 20 kvm rum), er C1 sat til 1 uF, men her kan man passende eksperimentere med forskellige værdier fra ca. 330 nF til ca. 1 uF. Jo højere kondensatorværdi desto længere nede i frekvens er angrebsfrekvensen. Typisk skal der altså anvendes en større kondensator med en større baffel.

Selve det elektroniske delefilter kan udføres som rent passivt eller aktivt 2. ordens eller evt. 4. ordens filter. Grundet bafkens udformning sker der en kraftig akustisk afrulning fra ca. 400 Hz, så et 2. ordens filter finder jeg fuldt tilstrækkeligt. I sidste ende er det selvfølgelig også afhængig af, hvilket filter man ønsker at anvende på mellemtone/diskant sektionen.

Læs evt. mere om elektroniske filtre på <http://www.crossovers.com/index.html>.

Elektroniske delefilter findes i flere forskellige udformninger, både færdige og som byggesæt. Jeg har derfor ikke gengivet nogle diagrammer her. Igen henvises til internettet, der myldrer med flere varianter.

### Systemet

Målet var, at DELTA skulle kunne anvendes op til ca. 500 Hz i et højkvalitets 3-vejs system. Dette mål nåede jeg - næsten. Grundet den specielle spalteudformning er der en kraftig afrulning opefter. Målingerne viser at 400 Hz er det absolut maximale.

Med hensyn til et passende mellemtone/diskant system er der flere muligheder, men man bør afgjort satse på en aktiv løsning. I det mindste bør man regne med bi-amping - altså en separat forstærker til bas og mellemtone/diskant.

En umiddelbar løsning ville være en af de udmærkede koaksialenheder fra Seas eller evt. en lille højkvalitets 2-vejs højtaler. Jeg har dog valgt at gå et skridt videre og har fremstillet mit helt eget system.

I første omgang blev der satset på en ATC SM75-150S - verdens nok bedste 3" mellemtonedome. Desværre viste det sig at ATC'en og DELTA baflen ikke arbejdede optimalt sammen. Der kræves en bas/mellemtone, som rækker længere ned. Hermed kan delefrekvensen placeres mere optimalt omkring de 250-300 Hz. Mens disse linier skrives, eksperimenteres der med flere alternativer, som passer i en åben baffel.

De øverste oktaver er p.t. dækket af en Monacor DT-252. Monacor er nok ikke ligefrem berømte for deres diskanter, men her har de lavet noget af et scoop. Enheden har høj følsomhed, masser af luft opefter (et let hævn mellem 15 og 20 kHz), og den spiller virkelig godt. Ene-ste anke, er at der faktisk er tale om en "super-diskant", der befinder sig bedst med delefrekvenser omkring de 3.500 Hz eller højere.

Det stiller store krav til mellemtoneenheden. Både hvad angår følsomhed og frekvensområde lever Focal AUDIOM 6W Utopia op til disse krav (<http://www.focal.tn.fr>). I princippet er der tale om en enhed til biler, men faktisk har den en hel del til fælles med de mellemtoner der sidder i den dyre Utopia serie fra Focal. Focal enhederne kan købes direkte fra F3/LYD og de kan da også anvendes til biler!

Med en Fs på ca. 120 Hz og en angivet følsomhed på hele 95 dB er der tale om en meget dynamisk og yderst afslørende enhed. Jeg har i første omgang valgt at placere den i en åben baffel på ca. 50 cm, men

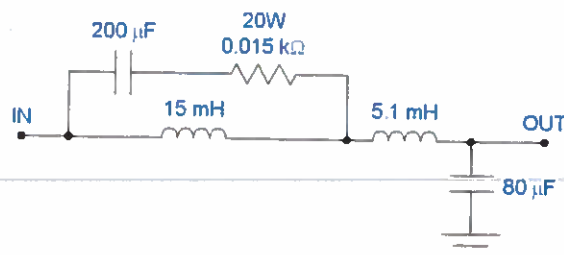


Fig. 1. Alternativ passiv equalizer til dipolen. Det anbefales dog alligevel at anvende en separat forstærker så niveauet kan reguleres.

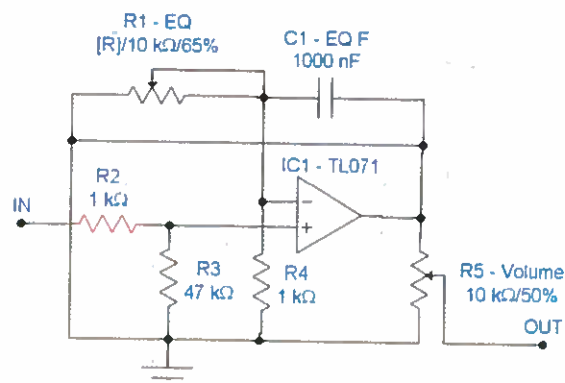


Fig. 2. Aktiv equalizer. Se nærmere beskrivelse i teksten.

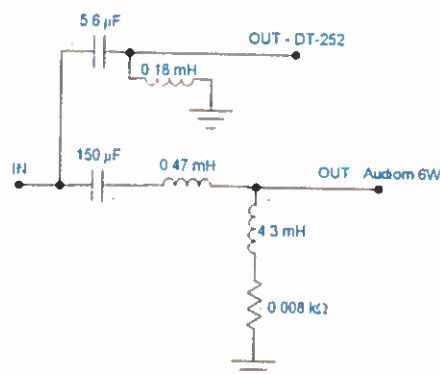


Fig. 3. Prototype udkast til passivt filter til brug med top-systemerne.

en mere optimal løsning vil nok være et mindre kabinet på en 5-8 liter. Filteret fremgår af fig. 3, men da der stadig eksperimenteres og lyttes, skal det kun tages som en rettesnor. Mellemtonen skæres af nedefter med en 150 uF kondensator. Opefter sker afrulningen akustisk samt via en 0,47 mH spole. Der er med vilje ikke anvendt impedanskorrektion opefter, men impedanspuklen ved enhedens egenresonans er dæmpet med 4,3 mH spole i serie med 8 ohm koblet til stel.

DT 252 rulles af nedefter med et 2. ordens filter bestående af C3 og L3. Her er der heller ingen impedanskorrektion, idet den lille diskant opfører sig pænt uden.

Bemærk at ingen af enhederne er dæmpet og følsomheden for systemet således ligger forholdsvis højt - omkring de 93 dB.

### Lyden

Dipolbas er meget anderledes. Den befinder sig bag højttalerne integreret med resten af musikken. Den starter og stopper helt uden at hænge i rummet. Således kommer bassen ikke frem og fylder rummet omkring lytterne, som man er vant til. Det kræver noget tilvænning, men på den anden side, når man så igen hører en "kassehøjttaler" buldrer den som en tom tønde.

Jeg har hele tiden gjort kraftigt opmærksom på, at der ikke er tale om en subwoofer. Måske bliver jeg nødt til at æde disse ord i mig igen. Når den rette indstilling på equaliseren er fundet og korrekt opstillet i et ikke alt for stort rum er der fuldt output ned til omkring de 35 Hz, men længere nede er der stadig et brugbart niveau.

Ikke nok med det, bassen er stram, hurtig og impulsiv, helt uden buldrende bilyde. Kun ved decideret overbelastning sætter det max. membransudsving sine grænser, når enhederne begynder at forvrænge. Der skal dog meget til og kun med helt ekstreme plader er det muligt. Alt i alt en basgengivelse man bliver afhængig af.

### Lytteindtryk - Johnny Sørensen

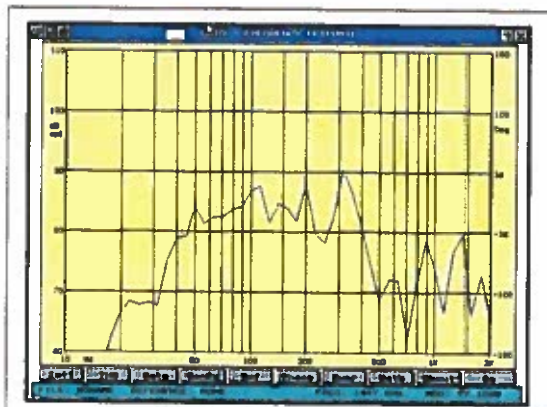
Siden 1987 har jeg jævnligt besøgt Jan Nielsen i hans hyggelige hule i Ishøj. Første gang for at lytte til hjemmebyggede båndhøjttalere. Siden er det blevet til mange spændende besøg i musikens tjeneste.

Mit sidste besøg var for at prøvelytte Jans nye DELTA bassystem. Jeg tror ikke jeg fornærmer Jan, når jeg siger at hans lytterum ikke hører til de største. Netop dette faktum, gør det til lidt af en udfordring, at få et bassystem til at fungere ordentligt. Rummets størrelse og facon gør at højttalerne er nødt til at stå i hjørnerne. Jeg har hørt mange forskellige højttalere i rummet, så jeg kender det ganske godt.

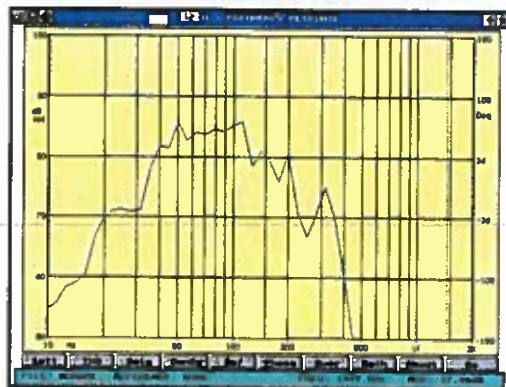
Det tog ikke mange sekunder før jeg blev klar over, at dette var en mindre revolution. Disse højttalere kobler så perfekt til rummet, at man næsten tror det er "snyd". Ingen buldren, svuppen eller "loudness" effekt. Denne bas er meget "stram" og uhyggelig dynamisk. Gengivelsen er meget frigjort og, naturligvis, helt fri for kasselyd. Jeg er overhovedet ikke i tvivl om, at det er den bedste basgengivelse jeg nogensinde har hørt hos Jan. Det er meget tydeligt at definere alt hvad der foregår i bunden, el-bas, kontrabas, stortrommer, kirkeorgler m.m.

Det var lidt svært at vurdere hvor dybt de spiller, men tilstedeværelsen af fysisk bas, indikerer i hvert fald at de går dybt. Jan kunne spille bragende højt uden den mindste forvrængning jeg var faktisk flere gange bekymret for naboerne.

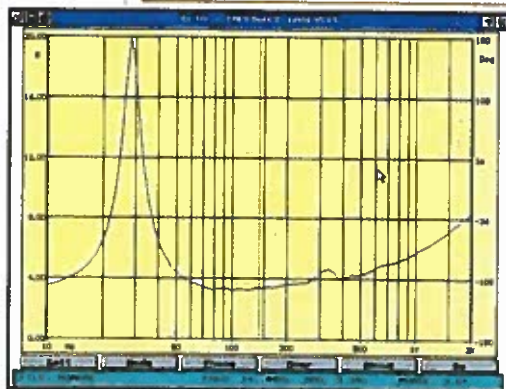
For mig at se, er denne konstruktion virkelig en gave til dem med problematiske lytterum. Vi kender flere der har opgivet dybbas i mindre rum. Sådan behøver det altså ikke være mere. Nu kan du få



Kurve 1. Frekvensgang målt med CLIO i ca. 1 meters afstand. Her UDEN equalizer.



Kurve 2. Frekvensgang målt med equalizer.



Kurve 3. Impedanskurve for DELTA.

dyb ren bas uden bulder og mudren. Den konstruktion kan virkelig være løsningen for mange.

Jeg har også lyttet til højttalere i et noget større rum (ca. 40 kvm). Her blev benyttet lidt mere beskedent udstyr og det var vanskeligt at lave en symmetrisk opstilling. Filteret var også tilpasset Jans rum. Man kunne stadigvæk fornemme nogle af kvaliteterne, men her var lyden ikke nær så overbevisende. Så indtil andet er bevist, vil jeg påstå at DELTA først og fremmest viser sine dyder i et mindre lytterum.

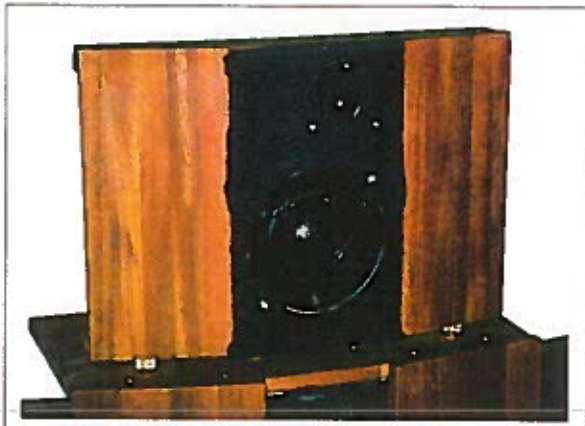
### Kommentarer til målingerne

Begge målinger er taget i en afstand på ca. 1 meter i frekvensområdet fra 10 til 2.000 Hz. Målingerne er ikke kalibreret og det angivne lydtryk skal altså ikke tolkes som følsomheden.

Frekvenskurven i kurve 4 er uden equalisering. Her ses den teoretiske afrulning på ca. 6 dB pr. oktav fra omkring de 100 Hz.

Ujævnhederne i frekvensgangen op efter skyldes til dels de mange enheder og den tætte mikrofonplacering, samt indvirkninger fra gulv og vægge. I typisk lytteafstand vil disse ujævnheder være udlignet. Dykket omkring de 250 Hz skyldes dog afstanden fra gulv til loft, og den kan man ikke sådan lige komme af med.

Kurve 5 viser den tilsvarende måling med equalizer. Det noget højere niveau skyldes forstærkning i filter og equalizer. Faldet



*Desværre viste det sig at den fremragende ATC enhed og DELTA baflen ikke fungerer optimalt sammen. Ideelt bør der deles i 250 - 300 Hz området.*

ned efter er tydeligt udlignet og der ses en rimelig ret frekvensgang ned til ca. 40 Hz. Opefter skærer det skarpe 4. ordens filter ved ca. 250 Hz. kurve 6 viser impedanskurven for en komplet baffel. Fs ligger tydeligt en del under de ca. 38 Hz, der blev målt på de enkelte utilspillede enheder.

### Internetartikler

Jeg vil på det kraftigste anbefale at du kigger inde på <http://www.diy-subwoofers.org/dipole/> hvor du kan læse om såvel teori som praksis. Her kan du også hente Excel regneark til beregning af dipolbasser, samt melde dig til en nyhedsgruppe om dipolhøjtalere.

På Fritz Linkwitz hjemmeside <http://www.linkwitzlab.com/> er der løbende en masse diskussion om dipoler og komplette tegninger og diagrammer til et meget avanceret 3-vejs system med elektroniske defilte. Her kan du også se en meget nyttig FAQ hvor stort set alle spørgsmål om dipoler har været berørt.

Skal det være rigtigt vildt er der et system med 8 stk. 12" basser pr. side koblet som subwoofere til Quad ESL.63 på <http://home.swbell.net/taama/john.html>. Bemærk de fine tegninger, der meget tydeligt viser princippet bag den foldede baffel.

I 1998 deltog Michigan Technical University i en højtaler konkurrence. Et af de satte parametre var, at ingen højtaler måtte veje mere end 50 kg. Læs her om deres 3-vejs system med åben baffel [http://project.ee.mtu.edu/stu\\_orgs/aes/projects.html](http://project.ee.mtu.edu/stu_orgs/aes/projects.html).

Relevante spørgsmål eller kommentarer til DELTA dipoleerne kan rettes til undertegnede på [sound@image.dk](mailto:sound@image.dk). Jeg kan dog ikke love, at alle henvendelser vil blive besvaret. ■

CD, DVD, MC og VHS replikation ■  
 CD og DVD premastering ■  
 på Sonic Solutions i egne studier ■  
 CD og DVD glass mastering ■  
 Specielle pakkeløsninger ■  
 Eget trykkeri ■  
 Personlig service ■



2.000.000 CD UGENTLIG  
 600.000 CD-R UGENTLIG  
 300.000 DVD UGENTLIG  
 200.000 VHS UGENTLIG

Tocano A/S · Hassellunden 12-16 · 2765 Smørum · Tlf: 44 66 62 00 · Fax: 44 66 40 33  
 Tocano Mastering · Nyhavn 63 A · 1051 København K · Tlf: 44 66 62 00 · Fax: 33 91 51 47

**Tocano**  
 DISCS OF THE FUTURE

[www.tocano.dk](http://www.tocano.dk)