

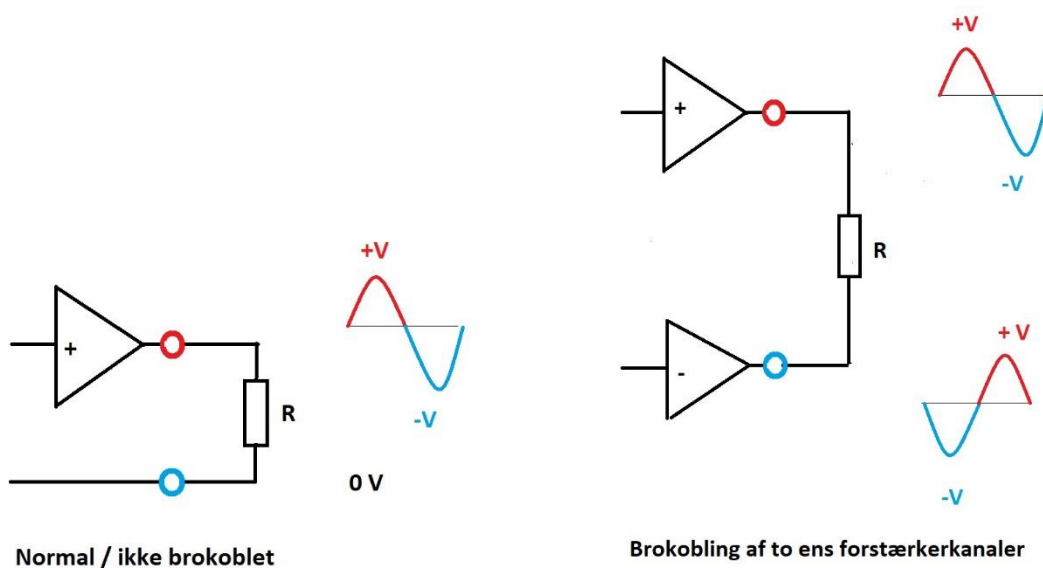
## Derfor skal du ikke brokoble din forstærker

Af: Henrik Skinbjerg 7/1 2018

Blandt musikfans der vil høre musikken højt, og blandt hi-fi nørdere med meget tungt-drevne højttalere er der generelt en opfattelse af, at det kan være en farbar vej at brokoble to ens effektforstærkere for øget effekt. Det er sådan set også teknisk muligt, men oftest bliver der kun fokuseret på den eneste fordel (øget effekt) og til gengæld glemt alt om ulemperne. Men der er som bekendt intet her i verden der er gratis, så jeg vil her forsøge at klarlægge prisen for den højere effekt.

### Sådan virker brokobling

Brokobling foretages ved at lade den ene kanal trække højttalerens plus og den anden kanal trække højttalerens minus. Dermed sættes højttaleren i en bro imellem de to udgange, og de to forstærker-kanaler leverer nu den dobbelte spænding over højttaleren i forhold til blot en kanal med minussen til 0 volt/stel. Ved dobbelt spænding vil højttaleren også trække den dobbelte strøm, og med dobbelt spænding og dobbelt strøm får man teoretisk set fire gange så høj effekt, altså sådan at forstærkeren nu kan levere f.eks. 100 Watt i stedet for 25 Watt.



Fordele ved brokobling:

- 1) Teoretisk set 4 gange så høj effekt

Man kan måske godt forstå begejstringen, men hvis vi lige starter med at perspektivere fordelene lidt, hvor meget betyder en firedobling af effekten så rent lydæssigt?

Den akustiske energi øges med 3 dB for hver fordobling af effekten, så vi får altså 6 dB ekstra lydtryk at tage af. Men vi skal huske at de 6 dB kommer os først til glæde i toppen, altså først når vi allerede har brugt de 25 Watt op, og vi allerede har nået klippegrænsen eller at vi er meget tæt på, og det er generelt et dårligt

sted at være. Hvis man normalt spiller så tæt på klippegrænsen, så er de 6 dB ekstra headroom er måske i virkeligheden alt for lidt.

Hvis situationen er ungdomsværelset og store gulvhøjttalere med en eller flere let-drevne 10-15" basenheder og 100 Watt+ effektforstærkere med brokoblingsswitch bagpå, så vil jeg mene at man i forvejen aldrig kommer op til klippegrænsen alligevel. Her giver brokobling højst sandsynligt ingen positiv forskel i lyd kvaliteten. En eventuel opfattelse af en begrænsning eller manglende evner i anlægget skal her nok findes i andre parametre end i effekten. Måske manglende kontrol i bassen? (Det kommer vi tilbage til)

Hvis situationen er kostbare high-end højttalere med en lav følsomhed så vil ekstra headroom i forstærkeren som regel altid være ønskværdigt. Måske har lytteren allerede oplevet klipning eller begrænsning fra alt for små forstærkere på de nævnte højttalere, og derfor virker idéen om brokobling af to ens effektforstærkere umiddelbart som en farbar vej. Men når man længer nede læser ulemperne kan det være at man skifter mening.

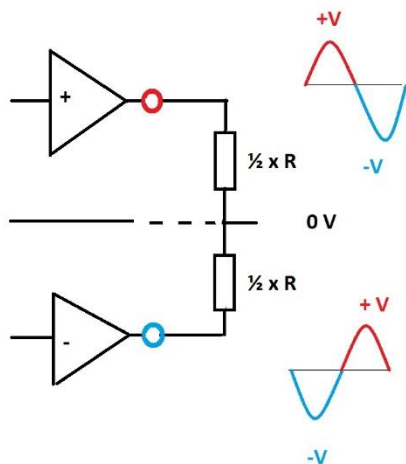
En helt andet spørgsmål er om højttalerne overhovedet kan følge med den ekstra effekt?

Ofte ligger begrænsningen for maksimalt lyd-tryk og maksimal akustisk gengive-evne ( inden at stereo-perspektivet kolliderer) nok lige så meget i højttaler-enhedernes/konstruktionens akustiske maksimum som den ligger i forstærkerens effekt-grænse.

Men lad os nu ikke dvæle ved den slags petitesser, og komme tilbage vurderingen af fordele versus ulemper, udelukkende set inde fra forstærkerens 'maskinrum'.

### **En forstærker under pres**

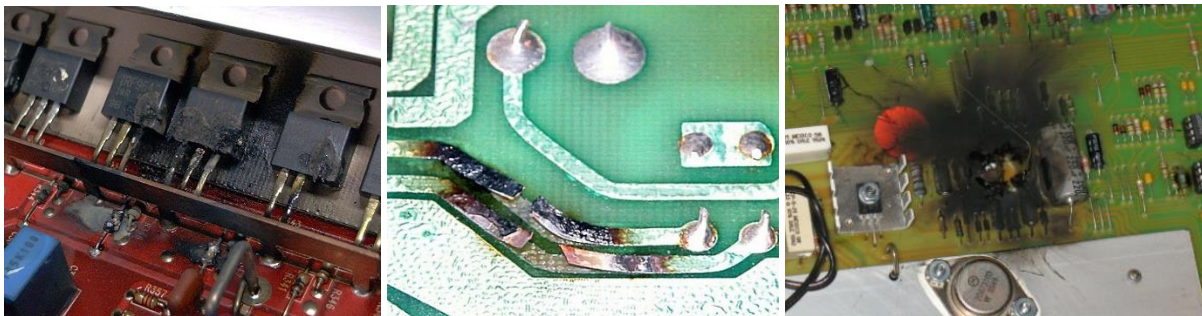
I den virkelige verden er der ingen forstærkere der sådan uden videre er særligt glade for at levere den dobbelte strøm. Udover et par lydmæssige ulemper, som vi kommer til lidt senere, så er det simpelthen et spørgsmål om dimensionering af forstærkerens strømforsyning, printkort, ledningsføring, udgangstrin og køleevne. Ved en brokobling bliver hver forstærkerkanal nemlig belastet med den halve højttaler-impedans, altså kun 4 ohm ved en 8 ohms højttaler, og 2 ohm ved en 4 ohms højttaler, og det er en ret hård belastning.



Brokobling set fra den enkelte forstærkerkanal

Tekniske ulemper ved brokobling er:

- 1) Vi tømmer strømforsyningens elektrolytter dobbelt så hurtigt, på grund af dobbelt strømforbrug
- 2) Den interne modstand i transformatorens sekundærviklinger, printbaner og ledningsføring er nu årsag til endnu større varmetab
- 3) Udgangstransistorerne bliver de varmere og kommer tættere på at forlade deres Safe-Operating-Area (nedbrudsgrænse)
- 4) Kortere levetid for flere komponenter på grund af øget varmeudvikling, herunder hurtigere udtørring af elektrolyt kondensatorer, lang-tids varmepåvirkning af printbaner og komponenter som emitter-modstande, samt risiko for udvikling af destruktive hot-spots på udgangstransistorenes silicium-overflade



Denne hårdere brug er forstærkeren ganske simpelt ikke beregnet til fra producentens side, og den øgede varmeudvikling vil både forkorte forstærkerens levetid og øge risikoen for afbrænding.

Ja selv effektforstærkere der har en decideret brokoblingsswitch på bagsiden virker sjældent fornuftigt dimensioneret til den hårdere brug. Ofte vil de endda ikke engang kunne levere den teoretiske firedobling af udgangseffekten, ganske simpelt fordi at strømforsyningens spænding "sag'er" (falder) for meget ved øgede belastning, eller fordi at strømbegrænseren slår ind for at undgå ødelæggelse af forstærkeren.

Med monster overdimensionerede high-end effekttrin kan man måske tænke "hmm, det kan den her da

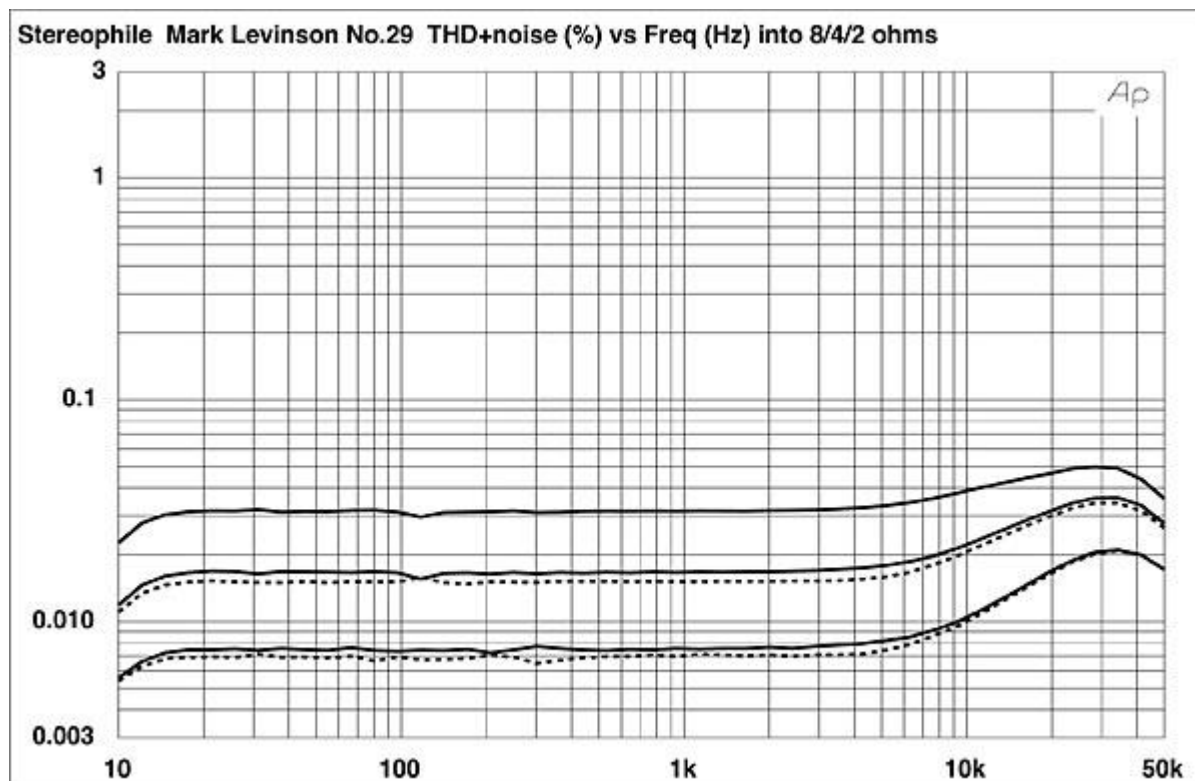
snildt klare” men tænk på at du jo så ’bruger’ af den indbyggede overdimensionering som netop gør denne high-end forstærker unik ved normal brug. Du tapper den simpelthen for alle de ekstra kræfter som konstruktøren lagde i den, netop for at den skulle kunne lyde så godt som den gør, vel at mærke når den ikke er brokoblet.

### Dårligere performance

Nu vil nogle sikkert argumentere at ulemperne ved varmeudvikling og tapning af strømforsyning, som beskrevet ovenfor, selvfølgelig først bliver relevante hvis man rent faktisk også spiller dobbelt så højt efter at man har brokoblet. For hvis man spiller ved samme hverdags lytte-styrke som før, så vil hver forstærker-kanal jo kun skulle levere den halve spænding og dermed den halve strøm, og så er der jo ingen problemer... eller er der? Nu skal vi kigge lidt på en forstærkers andre egenskaber, og påvirkningen af at trække den halve impedans, uanset signalstyrke.

### Forvrængning

En forstærker har som bekendt forvrængning, nogle mere end andre, men en lille smule er der altid. Det opstår i transistorerne og skyldes en ulineær overførselskurve. Forvrængningen kan dæmpes med korrekt komponentvalg, avancerede konstruktionsløsninger og forskellige feedback teknologier. Men udgangstransistorer skal levere så stor en strøm, at deres ulinearitet i overførselskurven slår igennem på forvrængningsmålingerne alligevel, og det afhænger altså direkte af den belastning de skal trække. Som eksempel kan vi herunder se en ældre men velkonstrueret traditionel klasse AB konstruktion med global feedback. Kort sagt: en konstruktion der både har høj teknisk performance, svarer i koncept til langt størstedelen af normale (transistor)forstærkere, og som samtidig også har fået fine anmeldelser.



Total harmonisk forvrængning + støj i 8 ohm nederst, 4 ohm i midten og 2 Ohm øverst.

Som du kan se så stiger forvrængningen ganske simpelt desto lavere impedans der skal trækkes. Selvom at forvrængningen generelt stadig er meget langt nede, så er det altså en tydelig trend: Halv impedans = dobbelt harmonisk forvrængning!

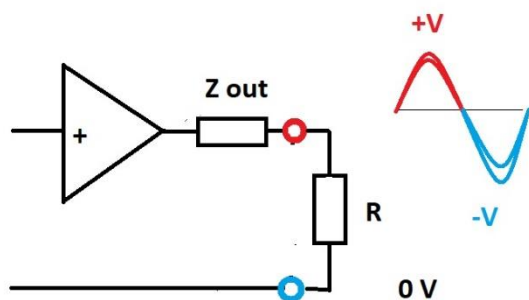
I denne velkonstruerede forstærker er vi stadig under 0,05 % THD hvilket næppe er hørbart i sig selv, men i f.eks. forstærkere uden global modkobling er den harmoniske forvrængning meget højere, og ved 4 eller 2 ohms belastninger kan vi godt risikere at nærme os en hel (1) procent. Hvis det sker så overholder forstærkeren ikke engang DIN 45500 normen fra 1966 og må ikke længere markedsføres som værende "Hi-fi".

Siden at en brokoblet forstærker altid er belastet med den halve højttalerimpedans per kanal, så betyder brokobling altså målbart dårligere ydelse.

### Dæmpningsfaktor

Den samme forstærker er målt til en intern modstand/udgangsimpedans ( $Z_{out}$ ) på gennemsnitligt 0,058 ohm (0,043 – 0,073 ohm frekvensafhængigt) og det bringer os videre til dæmpningsfaktoren.

En forstærkers dæmpningsfaktor handler om dens evner til at levere strøm nok til højttalerens impedans, og det er lydmæssigt med til at definere kontrollen i bassen og dynamikken i hele toneområdet.



### Dæmpningsfaktor

Forstærkeren leverer alle sine Ampere gennem dens interne modstand, og forholdet mellem denne og højttalerens nominelle impedans er ganske simpelt dæmpningsfaktoren. I dette eksempel vælger vi at se bort fra højttalerkablets impedans, som kunne være ca. 0,14 Ohms resistans der udgøres af 2,5 meter højttalerkabel med 1,5mm<sup>2</sup> kobber, og som kun gør baskontrol og dynamik endnu dårligere.

Dæmpningsfaktor ved 8 ohm :  $( 8 / 0,058 ) = 138$

Dæmpningsfaktor ved 4 ohm :  $( 4 / 0,058 ) = 69$

Som vi kan se: den halve impedans giver den halve dæmpningsfaktor.

Så nu kan vi altså føje følgende lydmæssige konsekvenser til listen over ulemper ved brokobling:

5) Halveret impedans giver dobbelt forvrængning i udgangstransistorer

6) Halveret impedans giver en halvering af dæmpningsfaktoren

### **Konklusion**

Det er muligt at forvrængningen fra eksemplet før i forvejen er så lav at det ikke kan høres alligevel, men halvering af dæmpningsfaktoren – det kan jeg love at man kan høre forskel på! Ja faktisk vil jeg gå så langt som at sige, at hvis man i praksis allerede har oplevet en lydmæssig forskel på at brokoble, så er det ikke utænkeligt at det netop er halveringen af dæmpningsfaktoren man har hørt. Altså simpelthen dårligere baskontrol. (At en forringelse nogle gange kan forveksles med en forbedring er set/hørt før.)

Brokobling giver altså lidt ekstra headroom, men gør altså også at forstærkerne arbejder hårdere, slides hurtigere op, er i større risiko for afbrænding, måler dårligere og lyder dårligere.

Jeg vil mene at hvis man synes man mangler lidt kontrol eller dynamik og derfor overvejer at brokoble sine forstærkere, så bør man i virkeligheden langt hellere overveje simpelthen at skifte til en kraftigere eller bedre forstærker.