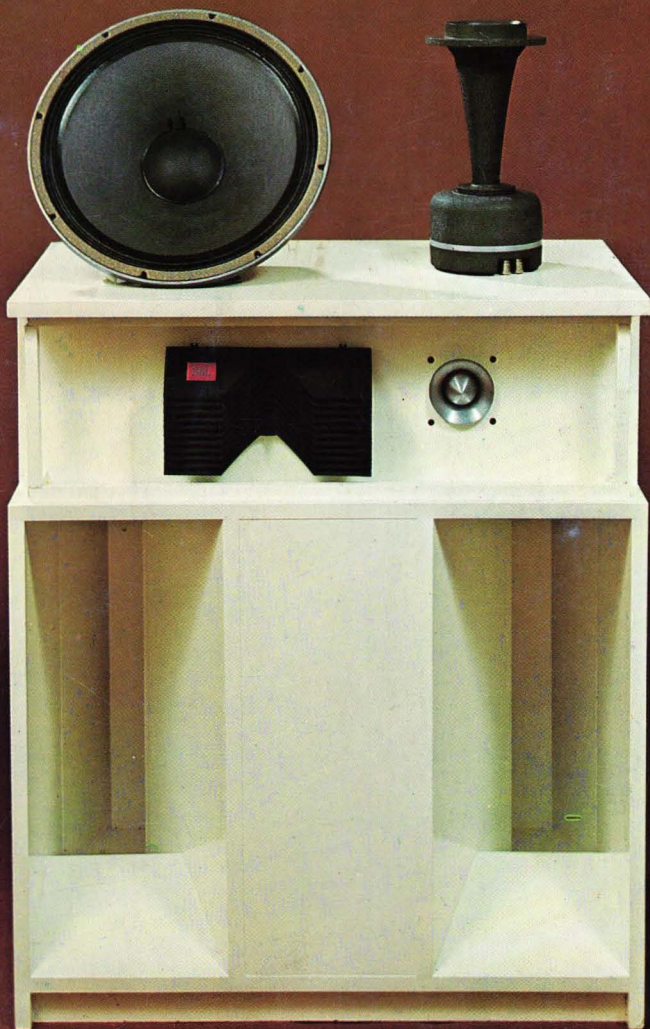


**radio &
televvisions**

ca pris 24:50 (inkl moms)

BYGG SJÄLV

Ljudteknik



BYGG SJÄLV:

- Fem olika högtalarhorn
- Två högkvalitativa stereoslutsteg
- Passiva och aktiva filter för 3D-koppling
- Mini 10-elektronikstyrd kompakthögtalare
- Nya DNL brusreduktion

Loudspeaker Components by JBL

JBL

PR 10-75

10" Slavbasssystem 42 l.

Slavbas	PR10
Basdriver	LE10A
Diskantelement	075
Filter	Komponentsats
Delningsfrekvens	3.150

JBL

Voigt-hornet

1/4-vågspipa

Baselement	2110
Diskantelement	077
Filter	kondensator
Delningsfrekvens	9.000

JBL

KIT 300

Basreflexsystem 158 l.

Baselement	2231A
Mellanreg./diskant	DLH91
Diskantelement	077
Filter	LX13
Delningsfrekvenser	800/9.000



JBL

Bashorn MK 1

(Enligt Radio & Television)

Basdriver	2220
Mellanreg./diskant	DLH91
Diskantelement	075
Filter	komponentsats
Delningsfrekvenser	800/9.000

JBL

Bashorn 70/80

(Enligt Radio & Television)

Basdriver	2202
-----------	------

JBL

Sidosystem för 3D enligt R&T

(Centralkanal för bas: 70/80 hornet)

Bas/mellanreg.	2110
Diskantelement	077
Filter	kondensator
Delningsfrekvens	9.000

Hör Du av Dig till oss så kan vi hänvisa till närmaste återförsäljare.

Professionella högtalarbyggsatser—Professionell HiFi

Tommy Jenving AB

Aschebergsgatan 1, 411 27 Göteborg, Tel. 031/13 05 61

Distributör till svensk HiFi-handel.

**radio &
televvisions**

BYGG

Ljudteknik

SJÄLV

Redigering och bearbetning:
Gunnar Lilliesköld

Ansvarig utgivare:
Lars Erik Holmerz

Formgivning:
Christina Blencke

ISBN-nr:
91-7274-057-4

Tryckt hos:
AB Grafiska Gruppen,
Stockholm 1976

Innehållsförteckning

KAPITEL 1, Så konstrueras högtalarhornet Av Per Elving	Sid 6
KAPITEL 2, Presentation av tre horn Av Per Elving	11
KAPITEL 3, MK 1-hornet Av Per Elving	13
KAPITEL 4, 70/80-hornet Av Per Elving	17
KAPITEL 5, Kuben Av Per Elving	24
KAPITEL 6, Mellanregisterhorn Av Gunnar Lilliesköld	26
KAPITEL 7, Sidosystem till hornen Av Gunnar Lilliesköld	28
KAPITEL 8, Filter Av Per Elving	30
KAPITEL 9, Horn för 8" element Av Werner Schmacks	32
KAPITEL 10, RT-hornet	35
Stegvis byggbeskrivning	39
Sidosystem	43
Filter	44
Av Bo Klasson, Ulf B Strange	
KAPITEL 11, Aktivt delningsfilter med basförstärkare Av Lars Mürbeck	47, 73
KAPITEL 12, 2 × 75 W slutsteg Av Per Elving	50
KAPITEL 13, Komplementärt RIAA-steg Av Per Elving	55
KAPITEL 14, 2 × 20 W slutsteg Av Gunnar Lilliesköld	58
KAPITEL 15, Högtalarkonstruktion i teori och praktik Mini 10 — liten högtalare med "stort" ljud Av Karl-Erik Ståhl	63 67
KAPITEL 16, DNL-brusreduktionssystem Av Ralph Löfberg	74

OMSLAGET: Bilden visar ett bygge av MK 1-hornet som gjorts av **Tommy Jenving AB**. Ovanpå bashornet är placerat en låda som innehåller diskantsystem (*JBL 075*) och mellanregisterhorn (*JBL 2305* med 2410 driver).

Foto: Lars Mauritz, Göteborg.

OBS samtliga konstruktioner är framtagna med tanke på amatörbygge. Den som är intresserad av att ta upp tillverkning av byggsatser eller kompletta produkter måste därför inhämta resp konstruktörers tillstånd.

Eftertryck är förbjudet enl lagen om upphov. Särtryck kan beställas från Radio & Television, Specialtidningsförlaget.

Förord

Högklassig ljudreproduktion är i dag möjlig att uppnå i hemmen tack vare det stora utbudet av apparater som finns i handeln. Prestanda varierar dock avsevärt mellan olika fabrikat och modeller. För en Hifi-anläggning i den översta klassen får man under alla omständigheter vara beredd att betala en ganska hög summa.

Det finns dock delar i anläggningen som man kan bygga själv. Med fördel gäller detta högtalare, där en snickarkunnig person med bara någon insikt i elektronik och akustik kan bygga högklassiga ljudkällor till en bråkdel av det pris som en motsvarande färdig högtalare skulle ha kostat.

I denna fjärde bok i serien "bygg själv" från Radio & Television har vi sammanställt ett antal byggbeskrivningar för audiomateriel med tonvikt på exponentialhornshögtalare.

Denna högtalartyp har en lång tillblivelsehistoria men en av de kända akustiker som särskilt förde utvecklingen framåt på 1940-talet är amerikanen Paul Klipsch. Den har ett flertal egenskaper som ställer den i en klass för sig: Distorsionen är ofta avsevärt lägre än i slutna lådor och i basreflexlådor, transientåtergivningen är mycket god och verkningsgraden synnerligen hög. Framför allt kommer dessa egenskaper fram vid återgivning av orgelmusik och vid moderna, tekniskt krävande inspelningar där popens elektrofoniska instrumentarium används.

Nackdelarna kan sammanfattas i ett stort format och en komplicerad mekanisk uppbyggnad med ett stort antal inre delar, vilket gör den dyrbar att serietillverka. Fabrikstillverkade horn betingar ett pris i storleksordningen 3—10 tusen kronor. Det är dock fullt möjligt att själv bygga ett bashorn för ca 500—800 kr efter de beskrivningar som visas i boken och komplettera dessa med ett fabriksbyggt mellanregisterhorn för ca 1 000 kr. Resultatet kan väntas medföra en ljudkvalitet som motsvarar de färdiga, kompletta hornens men till ett väsentligt lägre pris. I ett 3D-system kan kostnaderna pressas ytterligare.

Vilken konstruktion skall man då välja att bygga?

För den som har utrymme och kräver en mycket djup bas är *RT-hornet* ett lämpligt val. Ett annat effektivt bashorn är *70/80-hornet*, som arbetar över ett större frekvensområde och som tar litet mindre golvyta i anspråk.

En förminskad upplaga av detta är *MK1*, som dock genom sin speciella konstruktion går påfallande långt ned i basen.

Verkar det hornet avskräckande på sitt svårbyggda utförande kan *Kuben* vara ett lämpligare val.

I de utrymmeskrävande exponentialhornen har man valt en akustisk lösning av högtalarens anpassningsproblem. Genom att tillgripa en elektrisk lösning kan man ur en liten högtalare få ett "stort" ljud. Ett exempel på det är *Mini 10*, som utgör en integrerad enhet av förstärkare och basreflexhögtalare.

Hornen måste naturligtvis drivas från ett slutsteg och vi ger i boken två exempel på lämpliga steg: Det avancerade, symmetriskt uppbyggda 75W-slutsteget och det lättbyggda 20W-steget med integrerad kretsteknik.

De komponenter för Hifi-anläggningen som här beskrivs utgör en god grund för en högklassig hemljudanläggning och kan framhållas som särskilt lämpad att bygga själv. Exponentialhornen kräver huvudsakligen snickeriarbeten medan förstärkarna är lämpliga objekt för elektronikamatörer.

Det är vår förhoppning att alla intresserade skall finna ett eller flera projekt som passar ekonomi, intresseområden och musikaliska krav.

Lycka till!

Gunnar Lilliesköld

Så konstrueras högtalarhornet

Exponentialhornshögtalarna upplever en ny vår i en tid då ljudtrycksalstring och god basåtergivning är ett krav hos många. Hornet kräver dock omtanke vid konstruktionen. Här följer en samlad redogörelse för beräkningsmetodik och dimensionering.

■ Horn har på senare tid fått allt större plats i medvetandet hos musikaliskarna. Det har tyvärr tidigare varit en högtalar-konstruktion som endast de mest seriösa discofilerna och inspelningsstudiorna har kunnat unna sig. I litteraturen förekommer sedan gammalt horn i ganska stor utsträckning, men på ett sätt som den vanlige hembyggaren sällan eller aldrig kunnat tillgodogöra sig. Avsikten med följande artikel är att försöka lätta litet på det hemlighetsmakeri som under alla tider omgärdat högtalarkonstruktioner i allmänhet och horn i synnerhet.

Den största orsaken till att horn aldrig fått någon större spridning är att de inte är speciellt små jämfört med den flora av tryckkammarlådor av miniformat som dominerar. En annan bidragande faktor i det här sammanhanget är att det inte finns så många möjligheter till att få lyssna på ett par välkonstruerade horn, om inte någon i vänkretsen äger ett par.

Mindre distorsion i hornet och bättre transientåtergivning

— Varför ska man ha ett par horn?, har många frågat. Svaret på detta är väl i första hand att man erhåller en återgivning som bättre stämmer överens med de signaler som matas in i högtalaren. Med bättre menar vi då, att det generellt är mycket mindre distorsion i den akustiska signalen samt att transientåtergivningen är väsentligt mycket bättre. Detta genom att man för en viss given akustisk effekt behöver ett konutslag, som är direkt försumbart jämfört med en direktstrålade högtalare.

Högre verkningsgrad kräver mindre effekt

Verkningsgraden är en annan bidragande faktor, som ger hornen en klar fördel över andra typer av system. Den totala verkningsgraden hos en sluten låda ligger i storleksordningen 0,5–1 %, medan ett horn har en verkningsgrad, som ligger mellan 15 och 40 %. Det är således en markant skillnad i verkningsgrad, vilket i sin tur ger ett minskat behov av stora effekter i slutstegen, som ska driva systemen. Stora slutsteg är ju ganska dyra om

man behöver effekter i storleksordningen 50–100 W eller däröver, vilket blir allt vanligare.

När man sedan tittar på effektförhållandet i musik inser man snart att man inte utan stora uppoffringar kan erhålla den rätta dynamiken. Om vi tittar på en skiva med pianomusik, t ex en pianokonsert, kan musiken på skivan då vara komprimerad med ungefär 10–20 dB. Vid uppspelning antar vi att vi behöver 30 W i kontinuerlig effekt. Då behövs ca 100–150 W för att återge de transienter som finns i musiken, utan att dessa på något sätt klipps över sitt omfång.

Ett slutsteg som skulle kunna klara av dessa krav måste i allmänhet vara dimensionerat för kontinuerliga effekter i storleksordningen 70 W eller mer. Om vi antar, att dessa 30 W ger en ljudstyrka på 100 dB, behöver man endast ca 6 W för att uppnå samma ljudtryck med horn!

Missanpassning ger dålig verkningsgrad

Hur kan det komma sig att man genom att sätta ett horn framför elementet kan uppnå denna höga verkningsgrad, frågar sig kanske läsaren efter denna proklamation av hornhögtalarens fantastiska verkningsgrad.

Låt oss i stället vända på frågan så att den lyder: "Varför har ett direkt strålade element så låg verkningsgrad?" Den frågan är nämligen lättare att besvara. Vi kan få en uppfattning om varför *direkt strålade element* har låg verkningsgrad genom att betrakta elementens *impedans* och *belastning* (vilken är omgivningsluf-ten).

Strålningsimpedansen, X_g , hos ett element vid en viss frekvens är:

$$X_g = \omega \cdot m \quad (1)$$

där $\omega = 2\pi f$

m = vikten hos kon och talspole (kg).

Luftens belastning, R_{ma} , kan räknas ut med följande formel, som gäller när den aktuella frekvensens våglängd är mindre eller lika med omkretsen hos elementet:

$$R_{ma} = 13,2 \cdot 10^{-3} \cdot d^4 \cdot f^2 \quad (2)$$

Som exempel kan vi ta en 12"-högtalare med en vikt hos kon + talspole av 40 g och påföra högtalaren frekvensen 400

Hz. Den kondiameter man ska räkna med är den rörliga delen, vilket innebär att en 12"-högtalare kanske bara har en effektiv diameter av 0,25 m.

Dessa värden insatta i ekvation (2) ger:
 $R_{ma} = 13,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25^4 \cdot 400^2 \quad (2)$
 $R_{ma} = 8,25 \text{ ohm}$

Strålningsimpedansen är ungefär 100 ohm vid 400 Hz och 40 g massa. Detta ger som synes en betydande missanpassning, eftersom strålningsimpedansen praktiskt taget är kortsluten. Därmed blir energiöverföringen dålig, vilket i praktiken medför att konen måste röra sig med större utslag än nödvändigt och detta förorsakar dålig transientåtergivning.

Man får också en anseelig grad av modulation av de ingående signalerna, alltså en form av intermodulationsdistorsion. Detta fenomen behandlas av en mängd akustiker och bland dem är *P.W Klipsch*s arbeten bland de mest kända. Han har, som RT påtalat, introducerat begreppet "modulationsdistorsion".

Horn förbättrar anpassningen

Man kan öka belastningsimpedansen som luften utgör genom att innesluta högtalaren i en tunnel med konstant tvärsnittsarea. Denna tunnel kommer att öka belastningsimpedansen, men problemet kvarstår tyvärr, därför att vi i stället erhåller missanpassning i rörets andra ände.

Man kan i princip se det hela som en transformator med omsättningen 1:1 (där vi för enkelhetens skull antar att anpassningen är 100 %), till vilken belastningen nu är ansluten till sekundärsidan. Fortfarande känner dock högtalaren samma belastning.

Impedanstransformation kan man uppnå om man låter tunneln utvidga sig enligt en viss funktion:

$$A_x = A_h \cdot e^{ml} \quad (3)$$

där

A_x = Slutarean (m^2)

A_h = halsarean (m^2)

$$m = \frac{4\pi f_u}{c}$$

f_u = undre gränsfrekvens (Hz)

c = ljudhastigheten 343,8 m/s

l = hornets längd (m)

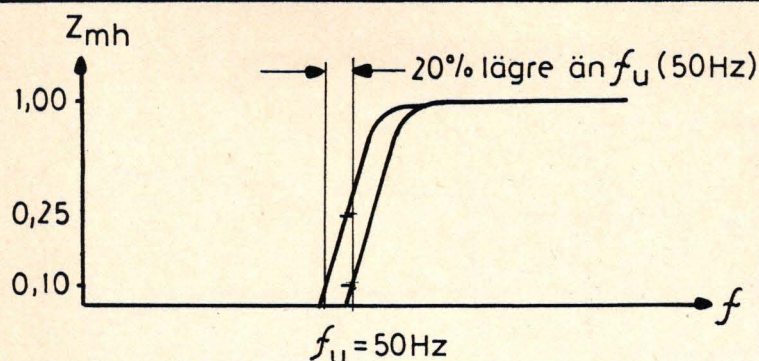


Fig 1. Den relativa belastningen ökar med minskad frekvens. Vid undre gränshfrekvensen har Z_{mh} minskat till en rel faktor 0,1. Denna kan ökas till 0,25 genom att beräknas efter 20 % lägre frekv än f_u (men A_x ber efter f_u).

Begynnelsearean eller halsarean i uttrycket (3) uppvisar en impedans av:

$$r_{mh} = p \cdot c \cdot \frac{A^2 k}{A_h} \quad (4)$$

där

A_k = effektiv konarea (m^2)

I detta uttryck är endast realdelen för impedansen given, då det endast är över den som akustisk effekt bildas. Detta förutsätter emellertid att imaginärdelen är av försumbar storlek. Låt oss anta att fallet är så, för enkelhets skull.

Genom att studera fig 1, så ser vi hur belastningen förändras sig med frekvensen. För att erhålla optimal verkningsgrad ska uttrycket (1) vara lika med (4). Ur (4) kan vi se att vi kan öka belastningen genom att göra effektiva konarean, A_k , större än halsarean, A_h . Detta kan göras i viss utsträckning, men om ett för stort förhållande väljs, får man en stark distorsion i hornhalsen vid stora ljudtryck, vilket inte är önskvärt och en av nackdelarna med horn. Ett förhållande om 1:2 brukar användas i mindre horn.

Låg undre gränshfrekvens innebär stort horn

Hittills har vi bara berört hornets belastning av elementet. En annan viktig faktor är den undre gränshfrekvensen. Enligt uttrycket (3) ser vi att A_x blir större, ju lägre den undre gränshfrekvensen är. Hornets längd ökar också då f_u minskar. Allt detta ger ett stort horn för låga frekvenser. Om man utgår från ett bestämt värde på A_h , kan hornets storlek beräknas då A_x står för en viss given undre gränshfrekvens. Härav följer sambandet:

$$A_x = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{c}{\pi f_u} \right)^2 \quad (5)$$

där

A_x = slutarea (cm^2)

f_u = undre gränshfrekvens (Hz)

c = 343,8 m/s

Tag hänsyn till rummet!

Det samband som erhålls enligt (5) ger den minsta area som A_x kan ha för ett godtagbart resultat om den arbetar i 4π steradianer, vilket är det samma som fri rymd. Nu är det en ganska ovanlig drifts-

form. Normalt i ett bostadsrum har man π steradianer eller $\pi/2$ steradianer. Detta motsvarar en uppställning mot en vägg eller i ett hörn. Det är således ganska viktigt att man redan vid de grundläggande beräkningarna tar hänsyn till under vilka driftsförhållanden hornet kommer att arbeta.

Då man bestämt den maximala strålningsvinkeln för hornet och minskat (5) proportionerligt lika mycket som man minskat strålningsvinkeln, kan man skapa en teoretisk modell av hornet. Med denna modell kan man sedan gå vidare i sina beräkningar och kalkyler.

Hornets impedans skall följa strålningsimpedansen

Som tidigare nämdes ska (1) och (4) vara lika för att uppnå stor verkningsgrad. Ur uttrycket (1) framgår att X_r ökar linjärt med frekvensen medan uttrycket (4) förblir konstant. Att förändra (1) låter sig inte göras, men att få (4) att med ganska god precision följa (1) är relativt lätt. Det innebär att A_h i uttrycket ska göras variabelt. Detta kan man erhålla genom att seriekoppla en mängd horn med skilda undre gränshfrekvenser. I praktiken räcker det i allmänhet med två horn. Se fig 2.

Många högtalare har för låg konvikt

Av ekvation (1) framgår att högtalarens konvikt direkt inverkar på strålningsimpedansen. Det är därför mycket viktigt att man väljer en högtalare med rätt konvikt, och med rätt avses då en konvikt som ligger i ett visst viktområde. De flesta högtalarelement som förekommer på marknaden är avsedda för slutna lådor, och dessa element har i allmänhet för stor konvikt. För en 10" högtalare är en konvikt på 40–50 g typiskt. Hur man beräknar konvikten framgår senare i artikeln.

Det förutsattes att halsimpedansen skulle vara helt reell, för att (4) skulle gälla generellt. Detta krav kan uppfyllas om ena sidan av elementet är innesluten i en slutna luftkavitet.

Man kan i sammanhanget konstatera att så kallade compoundhorn inte kan realiseras, då dessa inte har en reell halsimpedans. Beteckningen compoundhorn

innebär att högtalarens ena sida mynnar fritt i luften. Högtalarelement kan visserligen uppvisa en viss mån av reaktiv impedans, som svarar mot hornets. Detta skulle man exempelvis kunna tänka sig att uppnå om elementets resonansfrekvens svarar mot hornets, men i praktiken förändras elementets egenskaper p g a exponentialhornets belastning på ena sidan.

Om man väljer att låta högtalaren mynna i exponentialhornet på ena sidan och en slutna låda på andra sidan kan man kontrollera högtalarens akustiska impedans mot hornet. I det fallet är det luften i den slutna kammaren som till stor del bestämmer högtalarens resonansfrekvens.

Den luftkavitet som erfordras bakom högtalaren skall ha en volym av:

$$V = 2,9 A_h \cdot \ddot{u} \quad (6)$$

Där gäller:

V = volym (l)

A_h = halsarean (dm^2)

$\ddot{u}$ = den sträcka på vilken hornarean fördubblas sig (dm).

Det är viktigt att kaviteten är helt *lufttät*, då i annat fall den slutna kaviteten kommer att försämra resultatet i stället för tvärt om.

Stor bandbredd ger lägre verkningsgrad

Det är här på sin plats att påpeka att verkningsgraden även är beroende av hur stort område hornet ska arbeta i. Det förhåller sig nämligen så, att ju större bandbredd hornet har, desto lägre blir verkningsgraden. Normalt låter man hornet täcka ett område på ca 3–3,5 oktaver, t ex 40–400 Hz.

Det uppstår redan vid så här små bandbredder problem med att erhålla en rak frekvensgång. Detta beror på att man inte kan hålla impedanserna (1) och (4) alldeles lika, och att man därtill får en del tillskottsreaktanser med ökad frekvens.

Detta kan avhjälpas på ett sätt som liknar reaktanskompenseringen vid låga frekvenser. Man ansluter mellan hornet och elementet en luftkavitet som shuntar de reaktanser som uppstår vid det högre registret i passbandområdet. För denna kavitet gäller:

Övre gränsfrekvensen höjs med luftkavitet

$$V = \frac{A_k^2 \cdot p \cdot c^2 \cdot 10^3}{8 \pi^2 \cdot f^2 \cdot m} \quad (7)$$

där

A_k = konarea (m^2)

p = luftdensitet $1,2 \text{ kg/m}^3$

c = ljudhastighet 344 m/s

m = konmassa (kg)

Lika viktigt som att den slutna kaviteten bakom elementet är helt lufttät, är att kaviteten framför elementet (kompensationskavitet, se fig. 2) inte har något mått som kan ge upphov till resonanser i återgivningen. Detta kommer i sådana fall att ge antingen kraftiga toppar eller dalar i frekvenskurvan.

Praktisk konstruktion av ett horns system

När man bestämt alla de i hornet ingående storheterna, dvs hornets längd, begynnelse- och slutareor, så kan man börja konstruera och forma hornet för ett praktiskt resultat. Här får den enskilde konstruktören fritt spelrum för sin fantasi.

Den modell som hittills legat till grund för hornets preliminära beräkningar ger ofta praktiskt realiserbara storlekar. Detta gäller speciellt den slutarea som beräknas ur (5). Då A_x påverkar hornets storlek i avseende på längden, enligt (3), kan man säga att det är den som direkt är avgörande för hornets storlek.

Man har praktiskt bevisat att en minskning av A_x med upp till 50 % inte ger hörbara förändringar i återgivningen. Vad som sker om man minskar A_x under beräknade storlek, framgår av fig 2:

Vi ser att den upplagrade insvängning som belastningen företar under den första oktaven i passbandet kommer att öka i amplitud. Detta skulle, om vi hade strömmatning av elementet, innebära stora olägenheter då återgivningen direkt skulle följa denna kurva, men med moderna transistorförstärkare med låg utimpedans erhåller man en spänningsmatning snarare än strömmatning.

Detta gör att man kan minska hornets storlek ganska mycket under den teoretiskt beräknade storleken.

Eftersom A_x storlek även är beroende av vilken undre gränsfrekvens man valt, är det ganska viktigt att man väljer den med omsorg. Det är således ingen idé att

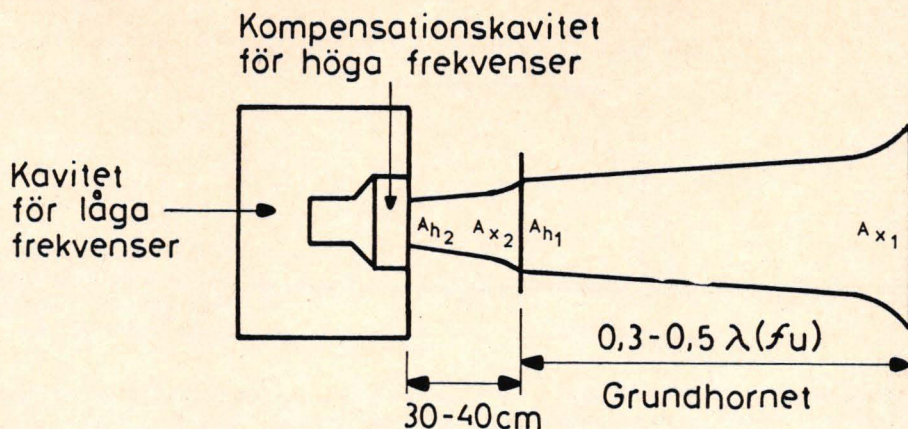


Fig 2a. Framför högtalaren placeras en kavitet för att förbättra högfrekvensåtergivningen.

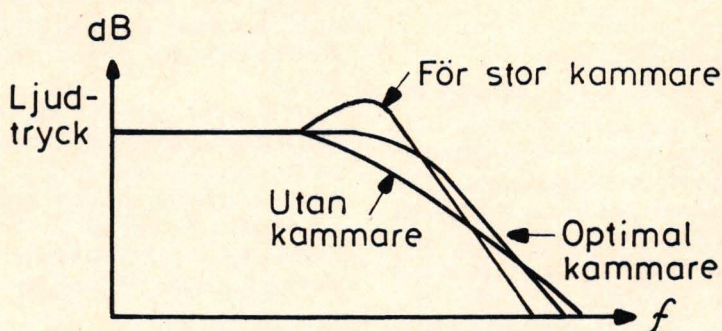


Fig 2b. En kavitet framför högtalaren förbättrar som synes återgivningen i högtalarens övre register. Kaviteten bör dock inte vara för stor som framgår.

dimensionera ett horn för kanske 20 Hz, om rummets dimensioner inte tillåter återgivning ned till denna frekvens. På gramfonoskivor är dessutom ofta den undre gränsfrekvensen lagd mellan 50 och 80 Hz, vilket även detta talar för att 20 Hz f_u kan vara realistisk.

Antag, att omständigheterna tillåter en undre gräns om 50 Hz. Man bör då dimensionera hornets f_u till 15–20 % lägre frekvens. Orsaken till detta framgår av fig 1. Man ser att belastningen när den närmar sig f_u går mot noll. I verkligheten blir den inte noll, men dock starkt reducerad. Genom att förlägga f_u 15–20 % lägre än önskad nedre gränsfrekvens, minskar belastningen, r_{mh} , med ca 75 % av r_{mh} maximalvärde jämfört med ungefär 90–95 % om inte minskningen gjorts.

Konstruktivt innebär detta stora fördelar. Man beräknar hornets f_u för 50 Hz – 20 %, vilket ger 40 Hz. Detta gäller för exponenten i (3), medan A_x beräknas för $f_u = 50 \text{ Hz}$. Hornet kommer således att utvidga sig för en frekvens lika med 40 Hz, men ha en slutöppning för 50 Hz.

Det nämndes tidigare att för att man ska erhålla en hög och jämn verkningsgrad, skulle uttrycken (1) och (4) hållas så identiska som möjligt. Här kommer elementets totala kon- och talspolevikt in i beräkningarna. Hur man får dessa data framgår av litteraturförteckningen.

Antag, att den totala kon- och talspolemassan är 20 g. Vi erhåller då ett värde

enligt (1) på $x_g = 6,28 \text{ mek ohm}$ vid 50 Hz. Om hornet ska täcka ett passbandsområde på 3 oktaver, blir $x_g = 50,25 \text{ mek ohm}$ vid den övre gränsfrekvensen 400 Hz. Förhållandet mellan extremvärdena blir 1:8.

Detta är lite för mycket för att man ska kunna använda ett konstant värde på A_h och ändå få en god överensstämmelse mellan (1) och (4). Om man däremot hade haft ett mindre passbandsområde, t ex 1:4, kunde man ha använt sig av den möjligheten att ta medelvärde av extremvärdena, vilket med tidigare givna värden blir lika med 15,5 mek ohm.

Ett medelvärde ger dock inte alltid ett gott resultat, utan man bör i stället använda s k multihornkonstruktion, som nämndes tidigare. Denna konstruktion går ut på att ett antal horn kopplas efter varandra, på så sätt att utgångsöppningen från ett horn samtidigt utgör begynnelsearean, A_h , för nästföljande horn. För att förenkla beräkningen kan vi anta att varje sektion utvidgar sig linjärt.

Grundhornets A_h beräknas för att ge likhet för högtalarens strålningssimpedans (1) och halsareans impedans (4) vid f_u men ej det f_u som gäller för exponenten i (3) utan för A_x . Den belastning som A_h ger blir sedan konstant efter ca 1–1,5 oktaver eller vid 100–150 Hz. Eftersom man vill att r_{mh} ska stiga med frekvensen, proportionerligt med x_g , så låter man här ett nytt horn ta vid. Dess A_{h2} beräknas

Liten konvikt och låg resistans krävs hos högtalarelementet

för att ånyo ge likhet mellan (1) och (4). A_{x2} blir lika med det tidigare beräknade A_h -värdet. Det här extrahornet kan göras ganska kort, ungefär 30–40 cm. Orsaken till att det kan vara så kort är att det har en mer ideal belastning vid A_{x2} än vad som är fallet vid A_x .

Luftkavitet höjer övre gränshfrekvensen

Trots dessa åtgärder kommer återgivningen att falla med ökad frekvens, beroende på att man bl a får tillskottsreaktanser från talspolen. Detta fenomen kan man råda bot på genom att sätta in en luftkavitet omedelbart framför elementet. Denna kavitet kommer då att räta ut återgivningen fram till övre gränshfrekvensen.

Den har också en annan fördel: Då återgivningen normalt kanske skulle ha fallit med 6 dB/oktav, kommer den efter f_g att falla med ca 12 dB/oktav, vilket har sin betydelse vid dimensionering av delningsfilter. Sambandet för kaviteten finns uttryckt i (7). Om man använder ett medelvärde för A_h , så är det ingen större vinst med att sätta in någon kavitet för att kompensera det övre registret.

Vi har hittills inte berört elementets inverkan på verkningsgraden eller hur stor dess konarea bör vara. Man förleds att tro att man genom att använda en stor konarea kan minska ned hornets storlek och ändå behålla dess egenskaper. Detta är emellertid inte möjligt, utan man bör eftersträva ett förhållande mellan A_h och A_x på ungefär 1:6 eller 1:7 eller mer.

Elementets inverkan på verkningsgraden

Elementets inverkan på verkningsgraden framgår av nedanstående uttryck:

$$\eta = \frac{(Bl)^2 \cdot r_{mh}}{r_{dc}(r_{mh}^2 + x_g^2) + (Bl)^2 r_{mh}} \cdot 100\% \quad (8)$$

där

B = flödestätheten i magnetgapet (T)

l = trådlängden i magnetgapet (m)

r_{dc} = talspolens likströmsresistans (ohm)

$x_g = 2 f \cdot m$ (m mätes i kilogram)

r_{mh} = som i uttryck (4), men med arean i m^2

De i nämnaren ingående parametrarna kommer att bestämma verkningsgraden i huvudsak, då speciellt r_{dc} och x_g . Det är

alltså viktigt att man väljer ett element med låg likströmsresistans i förhållande till dess egentliga impedans. För att man ska erhålla denna mäter man bara resistansen med ett universalinstrument.

Man ser också vilken inverkan massan i kon och talspole har, varför det är av stor vikt att denna är känd. Elementets egenresonansfrekvens har också en viss inverkan på det slutliga resultatet. Då elementet kommer att vara inneslutet i en luftkavitet, precis som i en sluten låda, kommer dess resonansfrekvens att höjas. Detta är inte av vital betydelse för det slutliga resultatet, om höjningen inte överstiger 100 % (eller där omkring). Resonansfrekvensen bör alltså ligga omkring 30 Hz för ett 50 Hz horn; ju lägre resonansfrekvens dess bättre.

Detta är emellertid ganska svårt att uppfylla då i allmänhet lågresonanta element har en ganska tung kon. Vidare ser man att den sk Bl-faktorn har en viss inverkan, varför denna också ska hållas så hög som möjligt. Ett långslagit element kan ju ha ett ganska högt värde på B , men i gengäld har det blott en liten del av sin talspole i magnetgapet, vilket gör att nettoresultatet blir lågt. Elementet ska alltså ha hela sin talspole i magnetgapet hela tiden för att man skall uppnå ett optimalt resultat. Denna typ av element är ofta lite dyrare än vanliga element, men resultatet blir så mycket bättre.

Veckning sänker övre gränshfrekvensen

Vid det direkta konstruktionsarbetet med hornet bör det nämnas att vissa regler finns om hur man kan utforma sitt horn. Man har vid det här stadiet beslutat sig för en viss övre gränshfrekvens. Denna kommer att påverka hornets fysiska utseende på så sätt, att de krökar som bildas vidveckningen av ett horn måste ha vissa minimimått. Veckningen är ofta direkt nödvändig vid konstruktion av ett bashorn. Dessa minimimått för kurvorna innebär att de inte får ha en radie som är lika med eller större än våglängden hos den högst återgivna frekvensen, utan den måste vara mindre än våglängden, t ex en fjärdedel eller mindre än så. Vidare gäller för hornets väggar att dessa måste vara av ett styvt material. Ett poröst material

skulle absorbera en hel del av den akustiska energin, vilket inte är avsikten med ett horn. Som nämntes tidigare har här den enskilde konstruktören fritt spelrum för sin fantasi vad beträffar formen på hornet.

Det finns i huvudsak två grundtyper av horn: de som har hela hornet veckat i ett stycke och de som har hornet uppdelat i två eller flera veckade sektioner som sedan vid A_x samlöper till ett enda horn.

Den form som A_x antar, är av väsentlig betydelse för återgivningen. Den är ursprungligen beräknad för en cirkulär form, vilket är lite otympligt för praktiska resultat. Den brukar i allmänhet vara rektangulär eller kvadratisk. Att designa A_x med någon extrem form är inte tillrådligt.

Förf menar då att den inte ska ha en form som närmar sig en slits, då dess akustiska beteende inte är av samma karaktär som det vi har räknat med.

Högtalarens anslutning till hornet

Samma regler som gäller för A_x gäller även för A_h i sin anslutning till elementet. En kvadratisk anslutning brukar vara den bästa lösningen, då man ska ansluta ett cirkulärt element. Man bör undvika krökar som är skarpare än 90°, då dessa kan ge reflektioner i hornet som i sin tur förorsakar en ojämn återgivning.

Hornet ska ju ha en exponentiell utvidgning; något som är ganska svårt att förverkliga. Det brukar gå bra att approximera hornet i linjära sektioner om dessa inte är för långa, dvs att hornet kan vara linjärt på en sträcka som är lika med den som hornet fördubblar sig på. För ett 50 Hz horn blir denna sträcka lika med 40 cm, ungefär. Om detta skulle vara ogynnsamt från konstruktionssynpunkt, så kan man i hornet placera bitar som tar upp den överflödiga arean som *fig 3* visar. På så sätt kan man komma ganska nära det teoretiska idealet för hornets utvidgning.

Hornet kommer att bli ganska stort i relation till ett par små tryckkammarhögtalare, men å andra sidan erhåller man ett resultat som inte kan jämföras med de vanligaste högtalarna i dag.

Lämpliga element är, som sagts tidigare, inte sådana som är avsedda för slutna lådsystem, utan man eftersträvar element

med stark magnet, stor diameter på talspolen samt en förhållandevis lätt kon.

Förslag på lämpliga element finns i tab 1.

Beräkning av kon - talspolevikt

För att man ska få reda på kon - talspolevikten kan följande mätmetod användas:

Konen belastas med en känd mängd av modellera eller annat plastiskt material. Därefter uppmäts resonansfrekvensen f_x . Genom insättning i följande samband erhåller man konvikten:

$$m = m_x \frac{f_x^2}{f_0^2 - f_x^2}$$

där m_x är den applicerade mängden mate-

rial på konen och f_0 är elementets egenresonansfrekvens.

Elementets Bl-faktor uppmäts på ett liknande sätt: Konen belastas med en känd massa, varefter den nedsjunkning som uppstår kompenseras genom att en ström flyter genom talspolen. Strömmen ska ha en sådan storlek att konen intar sitt viloläge med vikten applicerad.

Den totala Bl-faktorn blir då:

$$\frac{F}{i} = Bl$$

där

F = den massa som appliceras (N)

i = ström genom talspolen (A)

B = flöde i magneten (Gauss).

Med Bl-faktorn känd kan man sedan

beräkna hornets ungefärliga verkningsgrad enligt ekvation (8).

Naturligtvis finns det fler aspekter på ett horn än vad som här nämnts i artikeln, men de nämnda är de viktigaste parametrarna. Oftast kan man vid den praktiska konstruktionen inte helt följa de teoretiska grunderna, och högtalarhornets egenskaper kan skilja sig från de teoretiskt beräknade. Därför är det även viktigt att ett högtalarbygge kompletteras med mätningar av ljudtryck, impedansvariationer m m. De brister som därvid avslöjas har man då möjlighet att korrigera. ■

Litteratur:

1. Harry F Olson: *Acoustical Engineering*, D van Norstrand Company Inc, USA.
2. A B Cohen: *Hi fi loudspeakers and Enclosures*.
3. *The Why and How about Horn Loudspeakers*. Särtryck av *Audio*, mars 1971.
4. Bertil Nilsson, Bo Rydbeck: *Kompensdium i akustik*.
5. P W Klipsch: *Bibliography on audio*.

Typ	Fabrikat	Storlek
122/12	Fane	12"
122/14	Fane	12"
122/17	Fane	12"
152/12	Fane	15"
152/14	Fane	15"
152/17	Fane	15"
SRo12	Elektro voice	12"
SRo15	Elektro voice	15"
Axiom 401	Goodman	12"
WFR 15	Audax	12"

Några lämpade högtalarelement av två standarddimensioner.

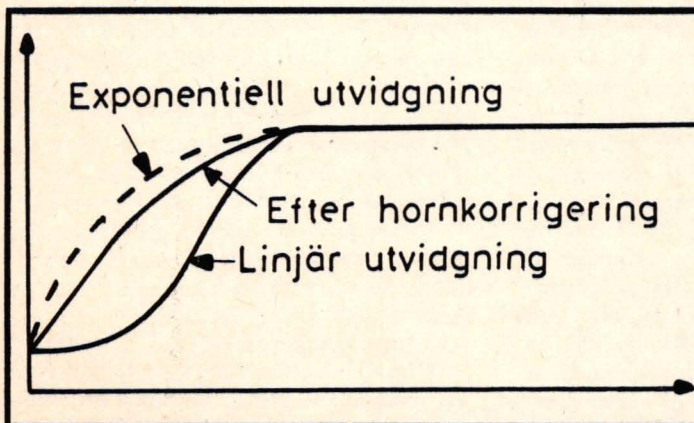
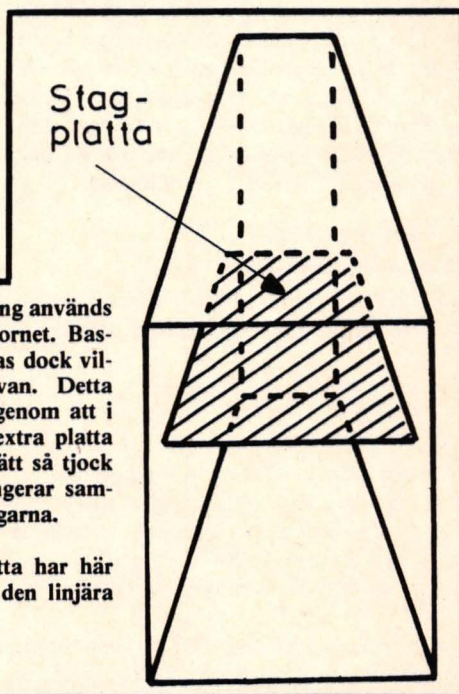


Fig 3a. Linjär utvidgning används av praktiska skäl i hornet. Basåtergivningen försämrats dock vilket framgår av kurvan. Detta kan man hjälpa upp genom att i sektionen placera en extra platta som gärna kan vara rätt så tjock på mitten. Plattan fungerar samtidigt som stag för väggarna.

Fig 3b. En extra platta har här placerats i mitten av den linjära sektionen i hornet.



Presentation av tre högtalarhorn

Konstruktören till tre av hornen i denna bok, Per Elving, ger här en orientering om de olika hornens huvudsakliga egenskaper, vad som skiljer dem åt och efter vilka riktlinjer dessa är beräknade.

■ Denna bok innehåller ett flertal beskrivningar av exponentialhornshögtalare och vi redovisar här de fakta och tankegångar som ligger till grund för konstruktionen av främst utföranden 70/80, Mk 1 och kubén. Önskvärt är naturligtvis att bygga ett horn med små dimensioner men med låg undre gränsfrekvens. Tyvärr strider dessa önskemål mot varandra.

Praktiskt utförande kräver kompromisser

Som nämntes i kapitlet "så konstrueras högtalarhornet" blir det alltid fråga om kompromisser i konstruktionsarbetet, men med litet rationellt tänkande kan man i viss mån optimera bassystemet (-en).

Den undre effektiva gränsfrekvensen bestämmer hornets storlek, och därför kräver detta litet omsorg vid beräkningen. Man måste ta hänsyn till en rad faktorer, som t ex hur stort lyssningsrummet är, vilket avgör lägsta återgivningsbara frekvens och även den lägsta frekvens man kan påräkna i programmaterialelet. Den är vanligen inte 20 Hz utan en frekvens som ligger ca 1,5–2 oktav över, vilket innebär 60–80 Hz.

En annan faktor är hornets övre gränsfrekvens. Denna påverkas starkt av om hornet är vikt ("veckat") eller inte. Allt för många veckningar har nämligen en degenererande inverkan på de högre frekvenserna. Dessutom gäller det faktum, att radien för en vikning måste vara mindre än 1/6 av den högsta frekvensens våglängd. Detta gäller speciellt i början av hornet, där kraven på konstruktionen är störst.

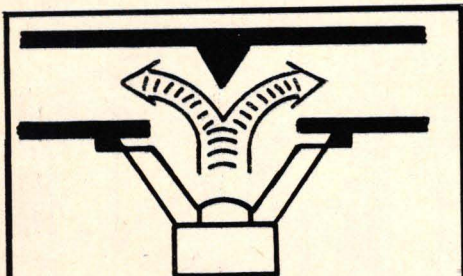


Fig 1a. Konventionell lösning av anpassningen mellan drivelement och horn.

Lösningen har ett flertal nackdelar:

- a) Risken för transversell reflexion stor.
- b) Svårighet att hålla korrekt hornform. Den blir alltid starkt approximerad.
- c) Kriteriet att hålla ett så stort avstånd som möjligt mellan drivelement och den första kröken uppfylles ej.
- d) Lösningen bör endast användas då man har ett stort element och då en hög övre gränsfrekvens ej erfordras.

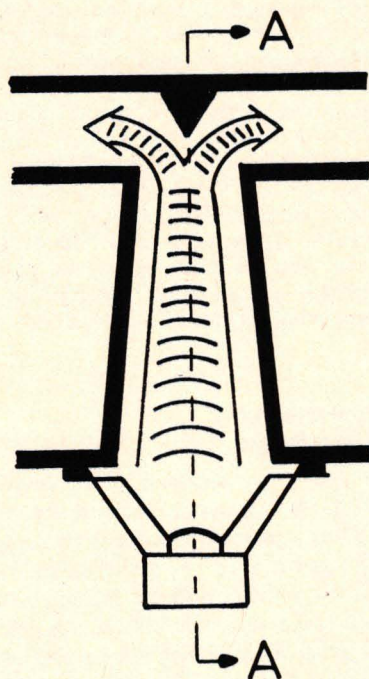


Fig 1b. Anpassning mellan horn och drivelement med ett rakt segment, utfört med expansion i två plan. Principen ger större noggrannhet än den som visas i fig 1a. Risken för reflexion är mindre. Kriteriet att hålla så stort avstånd som möjligt mellan element och första krök uppfylles.

Rak anslutning till drivenheten

Genomgående har en så rak anslutning som möjligt använts mellan horn och drivenheten. Se fig 1 a och b. Hornets slutarea har valts så, att denna motsvarar 70 Hz vid strålning π steradianer. I de flesta fall brukar man vid konstruktion välja en utvidgningskoefficient som motsvarar slutareans frekvens. Det betyder att $m = 0,0255$, vilket inte alltid ger ett fullgott resultat.

Förf har valt ett värde för m som motsvarar 45 Hz för ett av hornen (70/80), samt ett annat värde för m som motsvarar 70 Hz för det nästa minsta hornet (216 l). Det senare hornet drivs av ett 15" element medan det förra är avsett för ett 12" element.

Ett hörnhorn ger i många fall en optimal lösning, eftersom det vid en given undre gränsfrekvens kan göras hälften så stort som ett horn, avsett att stå mot en vägg. Vi har dock i den här publikationen av praktiska skäl avstått från ett sådant bygge.

Hörnhornets begynnande del har samma utförande som de övriga hornen, men slutarean är här dimensionerad för 33 Hz medan koefficienten m är vald för 47 Hz (detta ger en fördubbling av hornarean var 40:e cm). Hörnhorn förefaller vid en första anblick att vara det ideala hornet. Det är det i sig, men man

kan få vissa problem med rumsresonanser med en hörnplacerad högtalare. Rummet bör med andra ord vara oregelbundet och absolut inte kvadratisk för ett gott resultat!

Valet ej kritiskt av högtalarelement

Inget av hornen har försetts med kompensationskammare för höga frekvenser, då avsikten har varit att så många olika högtalarelement som möjligt skall kunna användas. Dessa kräver ju vanligen olika volym hos kompensationskammaren.

Samtliga horn har försetts med en s k multi-flare, vilket innebär att hornen består av två (eller fler) utvidgningskoefficienter. Konstanten är vald så, att den motsvarar en frekvens som ligger ca 1/2 oktav över slutareans frekvens (105–115 Hz); detta för att man ska erhålla en god belastning av element vid högre frekvenser.

Volymen hos hornen är 209 l för det minsta och uppgår till 290 l för vägghornet med 12" element (70/80-hornet). De är således avsevärt mindre än RT-hornet som även återfinns i denna bok.

Kort hornlängd i minsta hornet

Det minsta hornet är ett vägghorn som ska

arbeta i 2π till π steradianer, se fig 2 samt omslagsbilden! Hornet tillhör kategorin kort horn, vilket innebär att hornlängden är mindre än $1/2$ våglängd hos den lägst dimensionerade frekvensen (70 Hz). Hornet har en utvidgningskoefficient för 70 Hz, vilket ger en areafördubbling vid var 27:e cm. Konstruktionen har ett tvådelat horn med två 90° avböjningar som har en största radie om 8 cm, vilket ger en övre gränsfrekvens av 700 Hz. Hornets volym är 220 liter.

Den lägsta frekvens som hornet kan återge i rimlig proportion till övriga spektrum ligger vid 40 Hz (-10 dB rel 0 dB vid 100 Hz).

Lämplig brytfrekvens för mellanregistret ligger mellan 400 och 700 Hz.

Stora horn med mindre högtalare

Förmodligen finns det ett flertal läsare som har ett eller annat 12"-element i sin ägo. De är något billigare än 15"-element och av dessa skäl har även ett vägghorn med 12"-element konstruerats. Hornet blir nödvändigtvis större till volymen, men ändå inte otympligt; endast 292 l, se fig 3. Hornet har en slutarea för 70 Hz, men en utvidgningskoefficient för 44 Hz, vilket gör att hornet går längre ned i basen än det tidigare nämnda hornet, samtidigt som man har ett längre horn: ca 1,10 m. Systemet

är försett med multi-flare genom att de första decimeterna bildar ett horn med utvidgning för 95 Hz som dessutom bildar en helt rak hornsektion utan krökar. Detta är fördelaktigt för det högre frekvensregistret. Vid prov har förf mätt upp -10 dB vid 1,3 kHz, vilket gör att man kan tillämpa relativt hög delningsfrekvens för mellanregistersystemet.

Hornen kräver en hel del av sina byggare. Det gör nu horn i gemen; i form av noggrannhet vid hopsättningen av de olika delarna. Förf är av den mening att det inte går att enbart spika ihop ett horn utan det bör limmas och skarvas ihop. Dessutom kan man inte nog peka på att eventuella vibrationer alltid ger upphov till svackor i frekvenskurvan. Därför bör man alltid kontrollera sitt horn med en generator och lokalisera eventuella resonanser med relativt enkla medel. En metod är att staga upp lådan med tunna spånplattbitar fastsatta på rätt plats så som visades i kapitlet "Så konstrueras högtalarhornet". Detta kommer att behandlas ingående för varje hornbeskrivning.

Var rädd om öronen — 20 Hz-horn farligt!

För entusiaster ligger det nära till hands att göra ett 20 Hz-horn i tron att man då ska erhålla ett bättre resultat, vilket kan vara sant. Emellertid kan det även — med all sannolikhet — bli ett kortvarigt nöje, då dels grannar kommer att klaga, dels man utsätter sig själv för risken av invärtes skador vid exponering av sub-soniska ljud med hög effekt. Ett 20 Hz-horn skulle i princip vara kapabelt till att återge 10 Hz eller lägre frekvenser med en ansevärd energi.

Forskning pågår vad beträffar dessa frekvensers inverkan på organismen, och man vet idag mycket litet om vilka effekter de har och hur mycket som inte är skadligt. Så tills vidare avråds på det bestämdaste att experimentera i dessa frekvensområden.

Högt ljudtryck med låg effekt

Hornsystem är av naturen väldigt lättdrivna, och de här är inte något undantag. Hornen har med en medeleffekt om 6 W avgivit en ljudtrycksnivå om 116 dB (SPL), vilket innebär att man med största försiktighet bör handskas med ett horn, t ex när man bygger upp det och kontrollerar systemet med huvudet i närheten av utgångsöppningen. Risken för eventuella och bestående hörselskador kan aldrig överskattas, och en gång hörselskadad, alltid hörselskadad; kom ihåg det!

Lyssna därför till hornljud i måttliga proportioner och förfall inte till att mata ut ljudtryck några få dB under smärtgränsen. Med den goda basåtergivning som ett horn ger, blir ljudbilden angenäm redan vid låga ljudtrycksnivåer. —

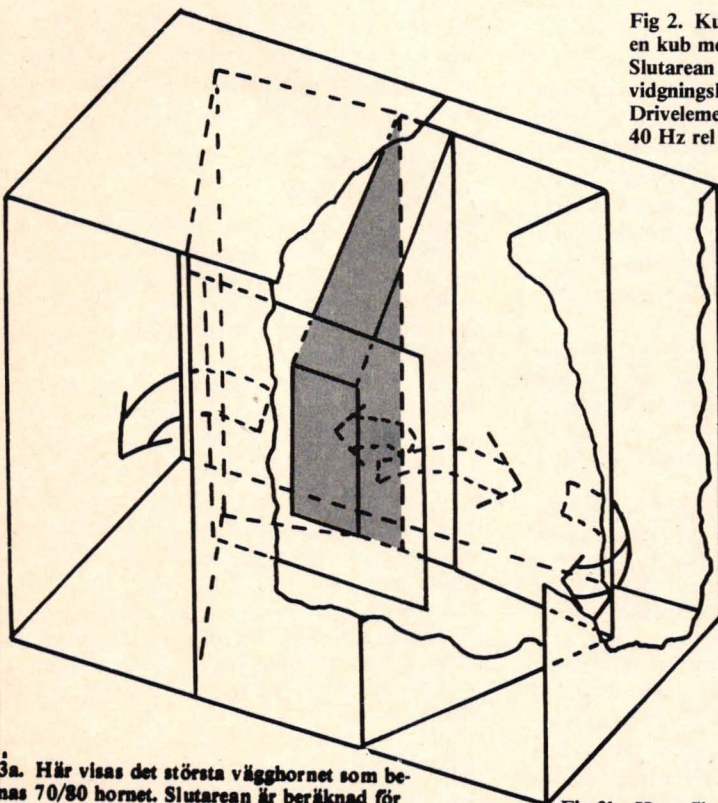


Fig 3a. Här visas det största vägghornet som betecknas 70/80 hornet. Slutarean är beräknad för 70 Hz och hornets utvidgningskoefficient motsvarar 44 Hz. Drivelement 12". Volym 290 l. Basfall -10 dB vid 36 Hz rel 100 Hz.

Fig 2. Kuben. Detta horn är veckat i en kub med måtten $60 \cdot 60 \cdot 60$ cm. Slutarean motsvarar 70 Hz. Hornets utvidgningskoefficient motsvarar 70 Hz. Drivelement 15". Basfall -10 dB vid 40 Hz rel 100 Hz. Volym 220 l.

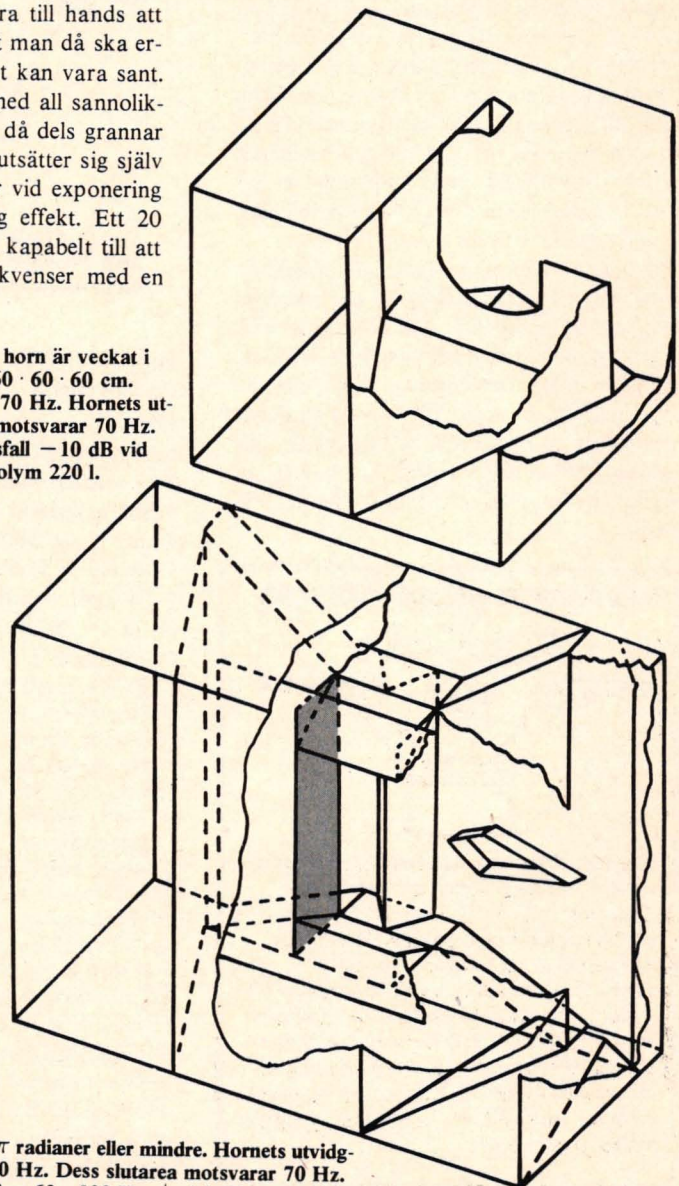


Fig 3b. Horn för strålning i π radianer eller mindre. Hornets utvidgningskoefficient motsvarar 60 Hz. Dess slutarea motsvarar 70 Hz. Drivelement 15". Frekvensgång $60-500$ Hz $\pm 5,5$ dB.

Minsta vägghornet: MK 1

- *Detta horn är i princip en bantad upplaga av 70/80-hornet men har trots det mindre formatet en god basåtergivning beroende på att en mängd kompenserande ingår för att ge så exakt exponentialfunktion som möjligt.*
- *Byggtiden uppgår till 40 timmar för detta tämligen svårbyggda horn. Det kan dock vara värt besväret att bygga hornet, eftersom det ger ovanligt god ljudkvalitet i förhållande till sin storlek.*

70/80-hornet har ganska stora likheter med det här beskrivna hornet som betecknas MK1. I själva verket ligger 70/80-hornet till grund för denna konstruktion med avseende på hur det är veckat. Grundavsikten har varit att göra ett horn som är väsentligt mindre än t ex RT-hornet som står med hela 360 l volym.

70/80-hornet har en total yttermåttvolym av ca 292 liter, vilket gör att det endast blir ca 18 % mindre. Emellertid ansågs detta inte vara en tillräcklig minskning av volymen, och därför bedrevs undersökningar för att utvärdera om det var möjligt att ytterligare minska volymen med 20 % under förutsättning att man kunde tillåta en något högre gränshörsfrekvens för hornet.

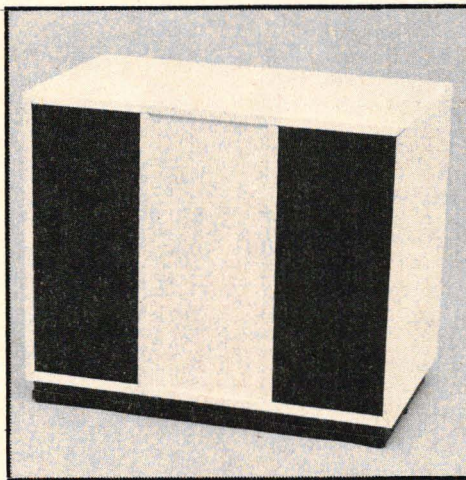
Konstruktionsfilosofi för 70/80-hornet

Orsaken till att 70/80-hornet har en så stor volym i förhållande till sin ringa slutarea ligger i dess grundstruktur. För att man ska få en god belastning av drivelementet användes olika gränshörsfrekvenser för hornets slutarea och hornets utvidgning (60 Hz resp 44). Detta för att kompensera för den, i det ideala exponentialhornet, fallande impedansfunktionen, se fig 1. Som påpekades tidigare, kommer emellertid belastningen som funktion av frekvensen att skilja sig avsevärt från idealfallet.

Detta föreskriver ett oändligt horn. En god praktisk approximering av ett idealt horn är att hornlängden ska vara 0,5 ggr våglängden för hornets undre gränshörsfrekvens, se fig 2. Detta skulle för 70/80-systemet ha givit en hornlängd av 3,9 m och för det här beskrivna hornet (Mk 1-hornet) 2,65 m. Med sådana hornlängder blir hornets volym givetvis enormt stor.

I den praktiska lösningen blir man därför tvungen att minska volymen. Dessutom approximeras hornet i linjära segment. Detta bidrar till att försämra belastningen av högtalarelementet, då ett linjärt segment är att likna vid ett koniskt horn. Ett sådant har en belastningskaraktär av den typ som visas i fig 3.

Det slutgiltiga hornet består av en serie sammankopplade koniska horn, som (såvida sektionerna inte är identiska) har skiftande impedanskurvor.



Mellanreg Horn	Drivelement (bas)	Leverantör
PH101 + PD100 + PT6A	P38A, 7BL2220	
PH50 + PD50	P38A	LW Ljud- teknik AB
PM40 + PT6A	P38A	Tel 08/290876

Vad som egentligen eftersträvas är, att hornets halsimpedans ska öka proportionellt med frekvensen och då också med drivelementets akustiska reaktans. Det kräver, som beskrivs i inledningen, att hornet består av flera seriekopplade horn med skilda gränshörsfrekvenser, se fig 4. I ett med linjära segment approximerat exponentialhorn uppfylls inte detta krav med någon större precision, om man inte korrigerar segmenten för att med större noggrannhet följa exponentialfunktionen.

I ett korrigerat horn typ Mk 1, i motsats till 70/80-systemet som inte är korrigerat, gäller att hornets utvidgningskoefficient och slutöppning kan vara dimensionerade för ungefär samma gränshörsfrekvens. Därigenom krävs en mindre volym hos hornet, medan man fortfarande har en bra belastning vid låga frekvenser.

I 70/80-hornet uppnåddes detta med skilda gränshörsfrekvenser för hornets utvidgning och dess slutarea, vilket ger en förskjutning av halsimpedansens minimum mot en lägre frekvens.

Det slutliga hornet delades upp i två identiska, spegelvända sektioner för att radierna hos de krökar, som är nödvändiga för veckningen, skulle bli så små som möjligt. Den största radien är ca 10 cm, vilket ger en övre gränshörsfrekvens av ung 1,7 kHz. Delhornen är approximerade i två sektioner, som

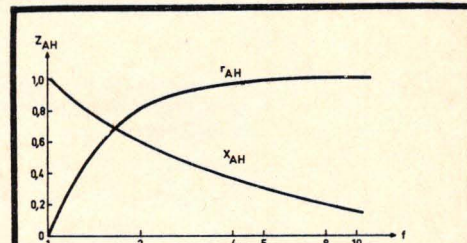


Fig 1. I ett idealt horn varierar halsimpedansen enligt diagrammet. Här är utritade real- och imaginärdelar.

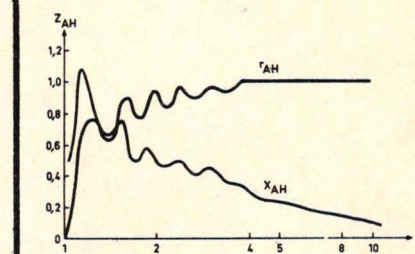


Fig 2. Vid ett förkortat horn blir kurvorna "våga" för halsimpedansens relativt frekvens. Jfr med kurvorna för ett oändligt horn i fig 1. Vid ytterligare förkortning ökar vågigheten. Den här visade kurvan svarar mot ett relativt långt horn.

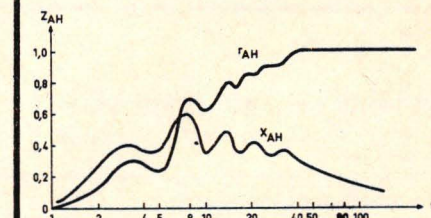


Fig 3. I ett koniskt horn beskrivs kurvorna för halsimpedansens imaginär- och realdel detta förlopp. Jfr med fig 1 och 2.

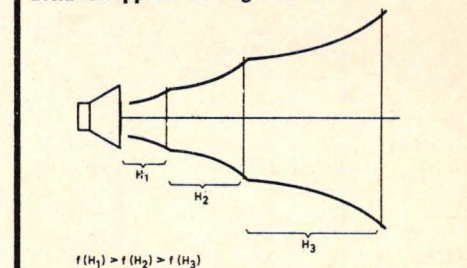
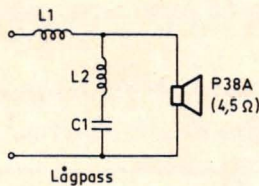


Fig 4. Ett veckat horn består egentligen av ett antal seriekopplade exponentialhorn för olika frekvenser. Se texten.

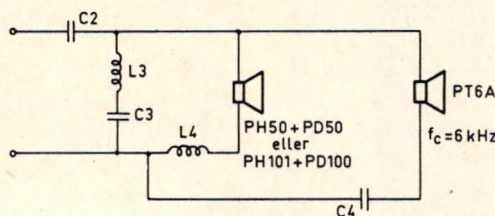
vardera är korrigerade enligt vad som tidigare nämnts. Begynnelsen är gemensam för de båda sektionerna, och har en något högre frekvens än grundhornet för att ge en med frekvensen varierande begynnelsearea och där-

Tabell 2



f_c	L1	L2	C1
500	0,8	1,3	40
700	0,6	0,95	28,5
(Hz)	(mH)	(mH)	(μF)

a) Basdelen i ett trevägssystem. Filtret är ett serierederande lågpassfilter, beräknat för 4,5 ohms impedans hos bashögtalaren.



f_c	L3	L4	C2	C3	C4
500	2,5	0,21	67	45	3,3
700	1,8	0,21	45	30	3,3
(Hz)	(mH)	(mH)	(μF)	(μF)	(μF)

Om PH50+PD50 används skall inte PT6A användas varför L4 och C4 utelämnas.

b) Mellanregister- och diskantregisterdelen till fig b. Vid brytfrekvenserna 500 Hz eller 700 Hz tillämpas 12 dB filter medan filtret för 6 kHz har 6 dB/oktav lutning. Om PH50 + PD50 används, behövs ej ett diskanthorn. Därvid ersätts L4 med en tråd och C4 utelämnas.

Man börjar med att i (4) ta upp det rektangulära hålet, 173×390 mm (15"-varianten), och hålet i (5) för rätt elementstorlek, 12 eller 15". När detta är klart monteras bitarna (6, 6, 6, 6, 7, 7) enligt ritningen i (4). Därefter, enligt ritning, monteras även (8) och (9) på (4). Fästbaffeln (5) monteras sedan på (8) och (9).

Var noga med hela denna sektion, då hornets högre frekvenssegenskaper i hög grad bestäms av den delen av hornet.

Därefter sorteras sidorna (10) samt (11). Ge akt på hela sektionens symmetri och kravet på lufttäta fogar.

Innan hela mittsektionen monteras in i "lådans", fästs hörnkorrektionsbitarna (12, 12) samt båda bitarna (13, 13) monteras lodrätt mellan (7, 7).

När detta är klart passar man in mittsektionen till botten (2) och markerar sektionens anslutningsytor mot (2) och (3). Borra därefter upp skruvhålen i (3) och (2). Dessutom ska man ta upp monteringshållet för drivelementet i detalj (2).

Mittsektionen limmas och skruvas fast i (2) och (3), varefter man limmar och skruvar toppskivan (2) och slutligen passar in korrektionsbitarna (17, 17, 18, 18) i hornets slutdel.

Hornet ska stå på en sockel bestående av (14, 14, 15, 16, 16), som ingår i den slutna kaviteten bakom elementet. Denna ska vara avmonterbar för att man ska komma åt drivelementet. Hela kaviteten ska vara fylld med glasfiberull för att ge rätt volym och dämpning. Var noga med att sockeln blir tät efter montering.

Horn även för mellan- och diskantregister

Inget högtalarsystem är komplett utan mellanregister- och diskantsystem. Detta gäller även detta horn, och i tabell 1 återfinns de utprovade och rekommenderade hornsystemen. Vilket man väljer är givetvis en kostnadsfråga liksom i fallet med 70/80-systemet, men även här har hornsystemet PH50 + PD50 givit ett utmärkt resultat.

Mellanregistersystemet PM40 har också givit gott resultat i kombination med diskantsystemet PT6A. Delningsfrekvensen är för båda systemen 700 Hz, och de filter som visas i fig 5 har använts.

I det ena fallet har ett drivelement med 4 ohms impedans använts, och där har den enkla varianten av det serierederade filtret inte kunnat användas, då det kräver samma impedans hos elementen.

Stycklista för bashorn typ Mk 1

Dimensionerna är i vissa fall angivna med putsmått för avfasning.

Nr	Antal	Storlek (mm x mm)	Anmärkning
1	2	568 x 430	Exakt
2	2	430 x 765	Exakt
3	1	733 x 568	Exakt
4	1	568 x 503	Exakt
5	1	430 x 420	Exakt
6	4	099 x 186,5	
7	2	100 x 173	
För 15"-	8	568 x 50,5	Exakt
element	9	173 x 60	
10	2	568 x 301	
11	1	568 x 265	Exakt
12	2	568 x 115	
13	2	390 x 100	
Furu	14	50 x 730	Exakt
15	1	698 x 378	Exakt
Furu	16	50,5 x 378	Exakt
17	2	171 x 163	
18	2	240 x 188	
För 12"-	2	568 x 100	
element	9A	173 x 130	

Material: 16 mm spånplatta om inget annat anges.

Material: 16 mm spånplatta om inget annat anges.

för en jämnare belastning av drivelementen.

Mk1-hornet har beräknats för ett 15" element. Den ursprungliga beskrivningen i RT upptog även en 12" version som dock hade sämre verkningsgrad, högre distorsion och ojämnare frekvenskurva. Den har därför fått utgå i denna publikation.

Svårbyggt objekt men stabilt hölje

Hornet består av fler bitar än tidigare horn i den här serien, vilket gör det till det definitiva svåraste och mest tidskrävande bygget. Till de positiva sidorna hör att konstruktionen blir väldigt stabil, speciellt i hornets begynnelse, där det är viktigast med god stadga.

Eftersom 70/80-hornet och det här beskrivna Mk 1-hornet har stora likheter i sin uppbyggnad, kan samma principer tillämpas vid ihopsättningen. Således börjar man med ytterlådans delar (1, 1, 2, 3).

Mittsektionen monteras sedan ihop separat.

Erfarenheter från provbygge av Mk 1-hornhögtalaren

- **MK 1-högtalaren är komplicerad att bygga, men man blir rikt belönad för mödorna.**
- **Här är en text- och fotoredogörelse för provbyggets disposition och stegvisa förverkligande.**

■ I ett tidigare kapitel redovisades ett provbygge av 70/80-hornet. Radio & Television har även gjort ett provbygge av MK 1-hornet som beskrivs i föregående kapitel. Vid en jämförelse hornen emellan kan man utan vidare konstatera att MK 1-hornet är det mest svårbyggda. Hela 40 timmars arbete krävdes vid bygget och då återstod.

Hornet är ganska nätt och det kan därför vara befogat att lägga ned en del arbe-

te på bygget. Det lilla formatet gör det lämpligt att placera hornet i mindre lokaler. Det kan även vara motiverat att välja detta framför 70/80-hornet om man inte vill ha en alltför dominerande högtalar-möbel i rummet.

Lyssningsmässigt skiljer sig hornen åt en smula. 70/80-hornet ger definitivt den djupaste basen även om basåtergivningen är imponerande. Vårt bygge gjordes med utgångspunkt i en 12" Gamma-högtalare

och skiljer sig alltså från den beskrivning som redovisas i denna publikation. Initialdelen var längre för att ge anpassning till den mindre högtalaren och detta medförde att det blev ont om plats för elementet. Förutom dessa rent mekaniska problem visade det sig den version som var byggd för 15" element (Isophon) gav högre verkningsgrad och en högre gränshänsyn, tack vare bättre anpassning i hornets initialdel.

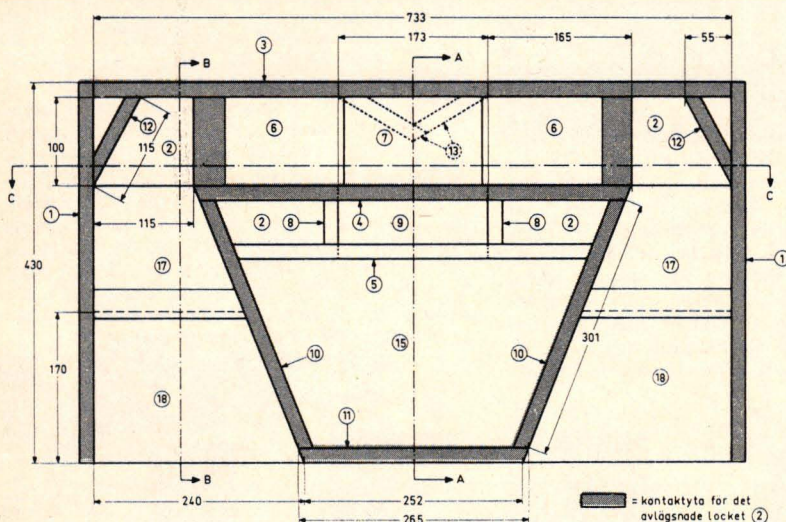


Fig 6. a) Lådan sedd uppifrån. De ytor som är markerade med färg gör kontakt med locket. (2). Observera att det är mycket viktigt att den slutna lådan i mitten blir helt tät. Alla fogar skall limmas och skruvas. Lämpligt skruvavstånd 10–15 cm.

Fig 6. b) Snitt AA i ritningen fig 6a. Ge akt på att sockeln måste flyttas fram så långt det är möjligt om man bygger 12"-versionen. Se även fig 7.

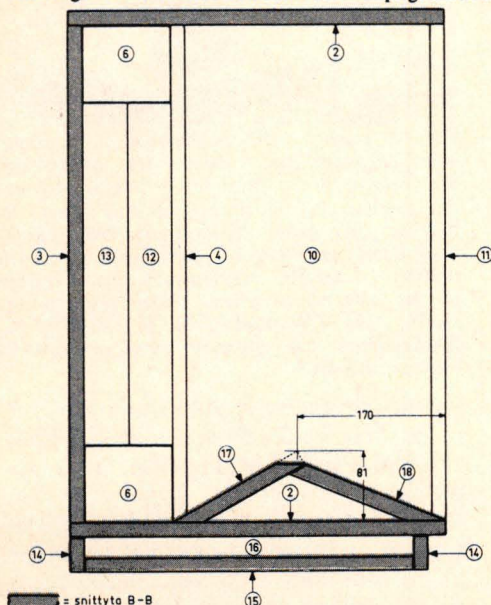
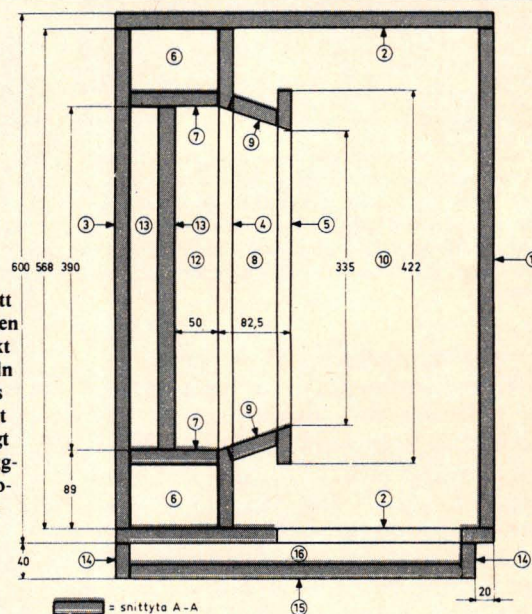
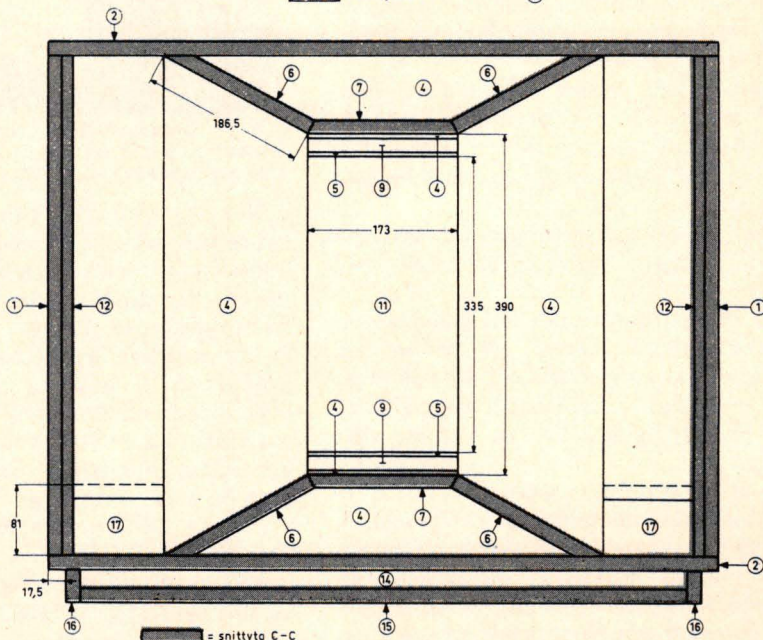


Fig 6. c) Snitt BB i ritningen fig 6a.

Fig 6. d) Snitt- yta CC i fig 6a. Detta är i princip vad man ser om man lossar bakstycket, men i det fallet ser man hela bitarna 12. (I ritningen är bara snittytan markerad.)



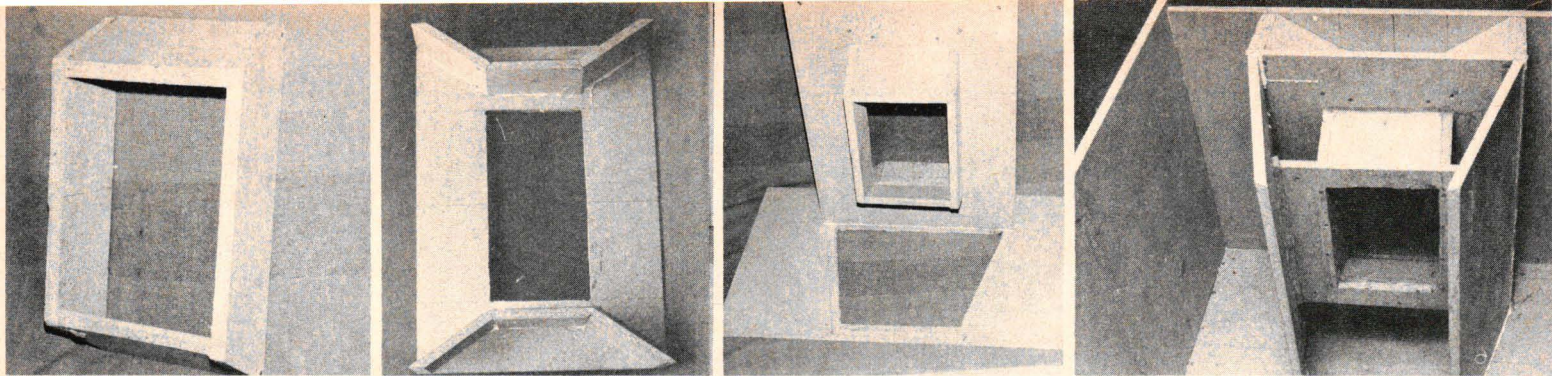


Fig 1. Här visas hornets begynnande del monterad. Se till att ytorna mot (4) och (5) blir plana och att det är tätt mellan bitarna (9) och (8).

Fig 2. Bitarna (6) och (7) monterade på detalj (4).

Fig 3. De detaljer som visades i fig 1 och 2 monterade.

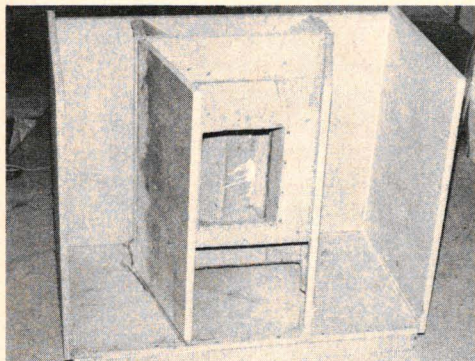


Fig 5. Bygget börjar ta form. Här saknas bara kompensningsbitarna (12), (17) och (18), samt lock, fram- och bottenstycke. Vi lät sidostycken gå upp till lockets överkant. Detta stämmer dock ej med ritningarna i Elvings artikel. Det är lättare att få en jämn yta om locket i stället ligger över sidobitarna.

Verkningsgraden vid 12"-versionen gav problem eftersom denna var lägre än mellanregisterhornens verkningsgrad. Till och med de sidostycken med konhögtalare som vi byggde (JBL 2110), och som finns beskrivna i denna bok, hade större verkningsgrad. Anpassningen mellan de olika elementen löstes dock med den basmodul som beskrivs längre fram i boken.

Ett annat problem med 12"-versionen var att dess övre gränshörsfrekvens var tämligen låg: ca 400 Hz.

De anförda problemen med 12"-versionen motiverade dess uteslutning i denna återpublicering, men bildserien härintill bör i alla fall ge en god uppfattning om bygget.

Vid val av 15"-versionen kan man med fördel lägga delningsfrekvensen vid 700–800 Hz och man kan då använda ett mellanregisterhorn. Dessa går sällan ned längre i frekvens. Därför är de olämpliga att använda i ett 3D-system där man kräver en delningsfrekvens av 300 Hz eller lägre.

Vid bygget togs en del bilder som vi här visar som komplement till ritningarna i artikeln. Vi monterade bitarna i en annan ordning än vad konstruktören, *Per Elving*, beskriver i artikeln; vi har monterat mittsektionen först och har byggt hornet så att säga inifrån och ut.

ras samman och fästs därefter på bottenplattan. Tänk även på att bakstycket skall stå på plattan. Rita exakta mått på bottenplattan. Efter sammansättning sågas ett hål ut i bottenplattan, så att sockelns volym adderas till den låda som innesluter högtalarelementet. Man kan även såga upp så att man utnyttjar den volym som ligger under bitarna

(6) och (7). Se till att det är tätt överallt.

Fig 4. Här är bak- och sidostyckena monterade. När bitarna (10) har fästs i bottenplattan, har framstycket (11) använts som mått. Bit (5) kan med fördel göras så bred att den går ända fram till bitarna (10). Det ger extra stadga åt kaviteten bakom högtalaren.

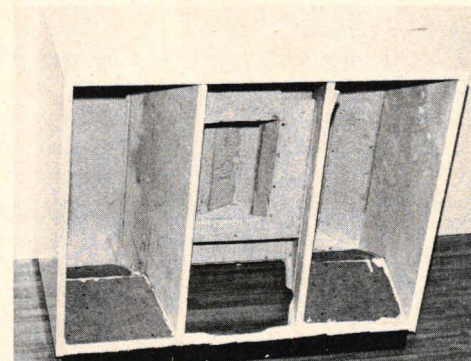


Fig 6. Locket är här på plats och lådan har spacklats, slipats och målats. Detta gjordes fabriksmässigt hos *Bällsta Träindustri* och resultatet blev därför professionellt, i klass med fabriksstillverkade, målade möbler. Framstycket målades givetvis på samma gång. För bästa hållbarhet målades sockeln svart. Märk att vi monterat sockeln så långt fram som möjligt, i kant med frontpanelen, detta för att högtalarelementet skulle kunna monteras i lådan. Se fö nästa bild.

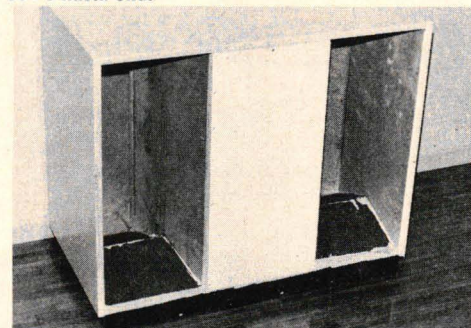


Fig 8. Högtalarelement, frontpanel och bottenstycke är här på plats. Dessutom är kompensationsbitarna (17) och (18) monterade.

Vilken metod man väljer spelar ingen större roll, men man måste givetvis vara konsekvent. Med så många bitar som ingår är det viktigt att monteringen sker i rätt följd för att man ska kunna komma åt att montera nästföljande bitar utan svårigheter. I detta fall, liksom vid alla hornbyggen, gäller att alla fogar måste vara helt täta – det vill vi åter understryka. Sammanfogningen sker med såväl limning som skruvning. För bygget användes ca 200 skruvar samt rikliga mängder trälim.

Hur bygget skedde visas steg för steg i vidstående bildkollektion.

Det här är en utmärkt hornhögtalare för dem som inte vill offra för stort ut-

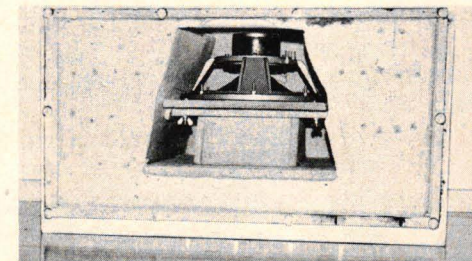


Fig 7. När lådan var färdig, tvingades vi konstatera att högtalarelementet inte fick plats! Hornet är ursprungligen dimensionerat för ett 15" element. För att anpassa hornet för ett 12" element måste begynnelse delen göras längre (enl fig 7 i vidstående beskrivning) och detta gav mindre plats för elementet. Kåpan på detta togs därför av (*Gamma Bk 3031A*), men det räckte ej. Vi fick fräsa spår för att få baffeln på plats. Se fig! Med en tunnare baffel hade kanske detta inte varit nödvändigt. Spåren togs upp med en hobby-maskin som försetts med en cylinderrasp.



Fig 9. Lister, som sprutmålades samtidigt som högtalarlådan, täcker här skruvhålen för frontstycket. Listerna är något bredare än spånplattans tjocklek, 22 mm resp 16 mm, och ger därför en kant som håller skumplastbitarna på plats. Ett glest galler av tunna trälistor innanför skumplastbitarna hjälper till att hålla dessa plana. Skumplast kan anskaffas från *LW Ljudteknik*, tel 08-29 07 76. (Skumplasten har givetvis bara en estetisk funktion att fylla.)

rymme i bostaden, åt dylika ting. Den ger en utmärkt ljudkvalitet och är, generellt sett, bättre än den något större, men mycket lättbyggda kuben. Kvalitetsmässigt ligger den ganska nära 70/80-hornet. Det betyder en återgivningskvalitet av basregistret som klart distanserar marknadens gängse bestånd av slutna lådor (kommerciellt sett ofta betecknade som "tryck-kammar"-högtalare) och basreflexlådor.

70/80-hornet

Detta horn, som betecknas 70/80-hornet, ger en förnämlig basåtergivning och den som bygger hornet efter alla konstens regler kommer med säkerhet inte att bli besviken.

Det är dock inte särskilt enkelt att bygga ett veckat exponentialhorn. Byggaren bör vara väl förtrogen med snickeriarbeten.

Byggtiden med färdigsågade detaljer uppgår till ca 20 timmar.

■ Här beskrivs ett väggplacerat exponentialhorn med 290 l volym. Det har efter sina frontmått, 70×80 cm fått beteckningen 70/80-hornet.

Hornet är dimensionerat med avseende på de högt ställda krav man har vid återgivning av klassisk musik och speciellt då orgelmusik.

Hornet bör naturligtvis av estetiska skäl inte vara alltför skrymmande. För ett minimum av storlek vid en given undre gränshänsyn ska hornet stråla i $\pi/2$ radianer. Vill man dock samtidigt ha ett horn som ska vara något lunda flexibelt med avseende på uppställning, bör det stråla i π -radianer, dvs uppställt mot en vägg. Det senare alternativet kan man nog antaga vara intressant för de flesta användare, och här presenteras därför som första beskrivning i serien ett sådant horn.

Dimensionering av hornet

Ur tabell 1 och tabell 2 kan man erhålla hornets slutarea vid mynningen samt hornlängden för en viss given begynnelseareal vid olika gränshänsyn och strålningsvinklar. Skillnaden mellan tabell 1 och tabell 2 ligger i den maximala kvot, som halsimpedansen uppvisar vid sina maxima resp minima. Tabell 1 ger kvoten 2,4 och i tabell 2 kvoten 6,75.

För det aktuella hornet har förf valt en slutare enligt tabell 1 som svarar mot frekvensen 60 Hz. Tabellen ger även längden 2,83 m för hornet. Så långt är dock inte det beskrivna hornet vilket, som brukligt är i dessa sammanhang har kortats av.

Ett förkortat horn ger en vågighet i högtalarens belastningskurva. Dock förändras inte impedansvariationernas amplitud vid avkortning. Däremot ökar avståndet mellan maxima och minima, vilket har till följd att variationerna sträcker sig längre upp i frekvensspektrum.

I extremfallet, då kvoten mellan begynnelse- och slutarea går mot 1, kommer hornet att övergå till en tunnelresonator. Man bör eftersträva en kvot ≥ 4 . I detta fall har vi en kvot som är 5,89.

Bredbandiga högtalare med flera seriekopplade horn

För en så optimal belastning av drivelementet som möjligt över ett stort frekvensområde tillämpas det utförande som grundar sig på att ytterligare ett horn mellan drivelement och bashorn byggs in. Teorierna för denna typ av dimensionering berörs i inledningsartikeln.

Bashornets frekvensberoende utvidgningskonstant har lagts ca 30 % under den av slutarean bestämda gränshänsyn och belöper sig i det här fallet till 44 Hz. I praktiken ligger dock den undre gränshänsyn vid 36 Hz. Orsaken till detta kommer att behandlas mer ingående längre fram.

Bashornet är approximerat i två linjära segment bestående av bitarna 2 och 5 samt 3 och 6. Se ritningarna!

Det är ganska vanligt att man approximerar en exponentialfunktion i en eller flera sektioner med deras resp slut- och begynnelseareor i överensstämmelse med de teoretiska värdena, medan de

mellanliggande areorna kan skilja sig 30 % eller mer från ett optimalt värde. Det finns en metod att lösa problemet. Metoden innebär att en platta, placerad mitt i en linjär sektion, samtidigt med en uppstagning ger en förändring av den linjära utvidgningen mot en mera optimal.

När man bygger ett horn med hyperbolisk utvidgning och använder linjära sektioner, kommer slutresultatet att närma sig ett exponentialhorn. Man kan anta att det är detta förhållande som gör att ett, enligt beräkningarna, hyperboliskt horn går längre ned i basen än ett beräknat exponentialhorn. Om man sedan, som i det här fallet, låter utvidgning och slutarea skilja i frekvens, så får man ett mellanting mellan ett hyperboliskt och ett exponentiellt utvidgade horn.

Det horn som är placerat mellan drivelement och bashorn har en undre gränshänsyn av ca 115 Hz. Det är utfört så, att man har ett avstånd av 25,4 cm till närmaste reflekterande yta. Vikten av att hålla detta avstånd stort har omtalats i inledningskapitlet.

Olika högtalarelement är användbara i hornet

Hornet har inte försetts med någon för höga frekvenser optimerande lågpasskavitet mellan drivelement och hornets början. Skälet till detta utförande är att den presumtive byggaren bör ha möjlighet att välja högtalarelement av olika fabrikat och typ. (Detta gäller naturligtvis enbart inom vissa gränser.)

Stycklista för bashorn typ 70/80

Dimensionerna är i vissa fall angivna med putsmått för avfasning.

Nr	Antal	Dimension	Kommentar
1	2	480×832	Exakt (topp o botten)
2	2	480×700	Exakt (yttersidor)
3	1	800×700	Exakt (baksida)
4	1	320×700	Exakt (frontplatta)
5	2	340×700	Avfasas
6	2	215×700	Exakt
7	2	285×120	Avfasas och tillkappas
8	2	190×700	Avfasas och tillkappas
9	1	350×400	Exakt (fästbaffel ska vara försedd med ett rektangulärt hål om 120×240)
10	2	145×700	
11	2	210×187	Masonit (stagbitar)
12	2	175×110	Masonit (stagbitar)

Material: 16 mm spånplatta eller plywood (utom för nr 11 och 12). Ytterhöljet (1, 2, 3) kan alternativt göras i lamellträ, vilket möjliggör ett snyggare slutresultat vid betstning eller dyl.



Så här prydligt kan resultatet bli vid ett hornbygge. Spånskivorna är spacklade, grundmålade och sedan lackade med gråvit blank färg.

Frontpanelen har försetts med lister för att dölja frontpanelens skruvhål. Panelen skall ju kunna tagas av i fortsättningen för ev utbyte av eller service på högtalarelementet. Därför skall panelens skruvhål ej spacklas igen.

Trälister har bredden 22 mm och ger en liten kant till stöd för skumplastfronten.

Lämpliga drivelement för bashornet

Elementen skall ha 8 ohms impedans för att kunna anpassas till mellanregister- och diskantelement.

Lämpligaste element: P 30/37 från **Isophone** (LW-Ljudteknik, Sundbyberg) och **JBL** 2202 (Tommy Jenving AB, Göteborg).

Andra alternativ är 122/17A och 122/12A från **Fane** (Sinectro AB, Stockholm) och **BK** 3031A från **Gamma** (Frekvensia Gete AB, Uppl Väsby). De två senare alternativen har dock för låg verkningsgrad för att kunna anpassas till flertalet mellanregisterhorn men kan i stället användas i ett 3D-system med separat basförstärkare av den typ som beskrivs längre fram i boken.

Högtalarelementet ska ha en kon/talspolevikt, som ligger inom området 14–25 g och ett magnet-system som ger ett magnetfält mellan 1,0 och 1,7 Tesla (10 000–17 000 Gauss). Resonansfrekvensen för elementet ska vara mindre än eller lika med 50 Hz. Man bör undvika att använda element som är konstruerade för att användas i slutna lådsystem, då dessa genomgående har en oacceptabelt hög kon-talspolevikt samt dålig elektromagnetisk verkningsgrad, vilket uppbyggnadsmässigt sett in-

nebär att den procentuella trådlängden i magnetfältet är låg. Föreslagna och utprovade element återfinns sammanställning här intill.

Öppen, obelastad baksida ogynnsamt för elementet

I flertalet tidigare hornutföranden har man varit tvungen att välja ett högtalarelement med "rätt" resonansfrekvens (eg compliance) i förhållande till hornet för att därigenom försöka kompensera för den med sjunkande frekvens ökande reaktiva delen i halsimpedansen. På grund av detta har urvalet av lämpliga högtalare varit tämligen begränsat.

Det går naturligtvis att, inom vissa gränser, er-hålla en sådan kompensering, men resultatet blir sällan eller aldrig helt tillfredsställande.

En annan nackdel med en sådan lösning är att elementet är helt okontrollerat vid frekvenser under hornets gränsfrekvens. Detta gör, att man i allmänhet vid dessa frekvenser får kraftiga elementutslag. Elementet slits därför snart sönder, och p g a att det drivs utanför sitt linjära arbetsområde får man en rad kraftigt störande distorsionsprodukter, som ligger inom hornets arbetsområde. Dessa kommer att höras besvärande tydligt. Man får vid denna typ av horn därför se till att en skivspelare med högt rumble ej ansluts eller att ett högpasfilter finns på något ställe i ljudkedjan.

Sluten låda skyddar elementet

Hur man kan avhjälpa nämnda problem redogjor-

de *P W Klipsch* för redan på 40-talet.

Lösningen består i att man låter drivelementets baksida arbeta i en sluten kavitet. Volymen för denna beräknas med hänsyn till hornets frekvens och begynnelsearea. Uttrycket gäller för oändligt stora horn, men kan ändå anses gälla i praktiska fall, eftersom avvikelserna är ringa.

Denna lösning av problemet har naturligtvis sina motståndare, som hävdar att man erhåller resonant återgivning, något som strider mot hornets natur.

Man kan visserligen få resonanser i den slutna lådan som sådan, men skulle detta inträffa har man inte beaktat de konstruktionskriterier som gäller för slutna lådor med avseende på avstånd mellan parallella väggar, systemets arbetsområde och applicering av dämpmaterial.

Bashornets kompensationskammare utgörs av bitarna 1, 4, 5 och 6 tillsammans med tillsatshornets bitar 7, 8 och 9. Kammarens volym är ca 80 l. Den teoretiska volymen för detta horn är 79,34 l, men eftersom drivelementet har en viss compliance som adderar sig till kaviteten så ska volymen vara något större än det teoretiska värdet. Kammaren ska vara något dämpad med *Rockwool* eller glasfiberull.

Den praktiska delen av hornhögtalarbygget

Hornet sätts helst ihop i två delar. Den ena bestående av hornets "ytterhölje", dvs bitarna 1, 2

TABELL 1

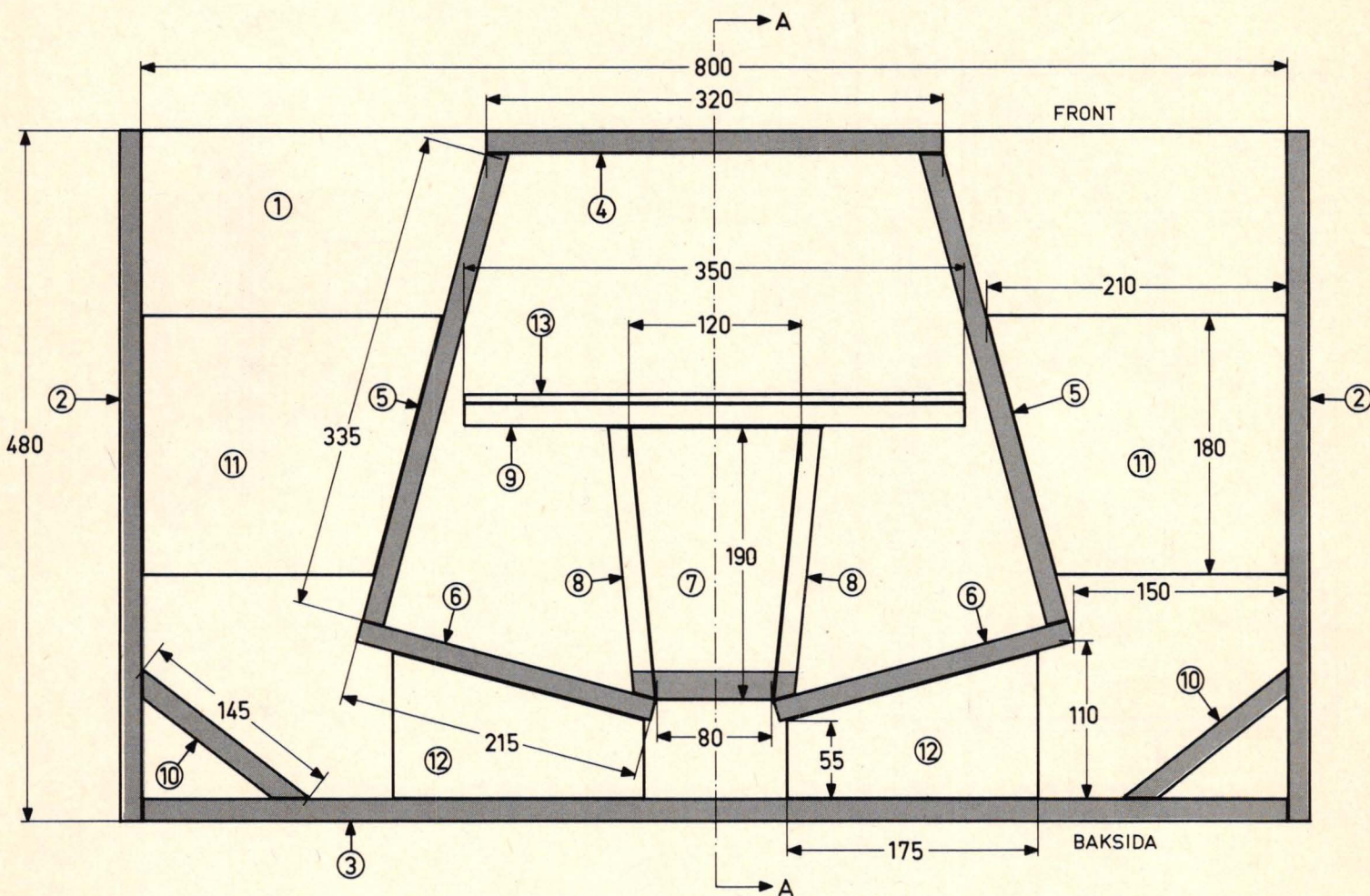
Kvot = 2,4

Strålningsvinkel:

f=	d=	4 π A=	l=	d=	2π A=	l=	d=	π A=	l=	d=	π/2 A=	l=
70	1,105	0,9590	2,7	0,781	0,4795	2,43	0,5525	0,2397	2,16	0,39	0,1198	1,88
65	1,19	1,1122	2,9	0,84	0,5561	2,62	0,595	0,2780	2,33	0,420	0,1390	2,03
60	1,28	1,3054	3,15	0,91	0,6527	2,83	0,644	0,3263	2,52	0,455	0,1631	2,20
55	1,406	1,5526	3,44	0,99	0,7763	3,09	0,700	0,3881	2,75	0,497	0,1940	2,40
50	1,547	1,8798	3,78	1,09	0,9399	3,40	0,770	0,4699	3,02	0,546	0,2349	2,65
47	1,645	2,1269	4,02	1,16	1,0634	3,62	0,820	0,5317	3,21	0,58	0,2658	2,81
45	1,719	2,3208	4,20	1,215	1,1604	3,80	0,86	0,5802	3,35	0,61	0,2901	2,93
40	1,933	2,9372	4,73	1,367	1,4686	4,25	0,966	0,7343	3,78	0,683	0,3671	3,30
35	2,210	3,8363	5,40	1,562	1,9815	4,85	1,105	0,9590	4,31	0,781	0,4795	3,77
30	2,578	5,2216	6,30	1,823	2,6108	5,66	1,289	1,3054	5,03	0,911	0,6527	4,40
25	3,087	7,4842	7,55	2,1828	3,7421	6,79	1,543	1,8710	6,03	1,091	0,9355	5,27
20	3,867	11,7488	9,45	2,735	5,8744	8,50	1,933	2,9372	7,55	1,367	1,4686	6,60
(Hz)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m ²)	(m)

Tab. gäller för: l=0,55, d=0,225, A_r=0,0075.

Fig 1. Lådan sedd uppifrån. De ytor som är markerade med färg gör kontakt med locket (1). Obs att det är mycket viktigt att den slutna lådan i mitten är alldeles tät! Alla fogar skall limmas och skruvas. Lämpligt skruvavstånd: 10–15 cm. Bitarna 11 och 12 kläms fast och limmas mot ytorna 2, 5 resp 3, 6.



Man börjar då med att sätta ihop bitarna 1, 2, 3, 2 i nämnd ordning. Skivorna förordas limmas och skruvas tillsammans.

Nästa steg är att skruva och limma samman bitarna 6, 6 och 5, 5, varefter frontplattan (4) monteras provisoriskt med ett par skruv. Man bör beakta att man senare ska montera sektionen mellan två parallella skivor (1), varför det är viktigt att man

Nu kan man avfasa och montera hörnkorrektionsbitarna (10).

Nu kan man montera stagbitarna 12 och 13. Efter detta skruvas och limmas översidan (1) fast och frontskivan 4 demonteras.

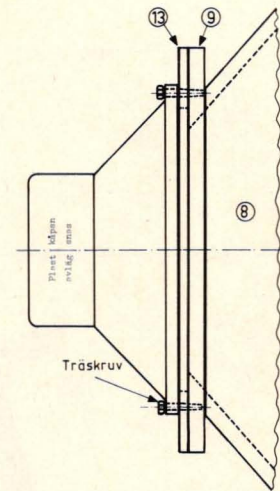
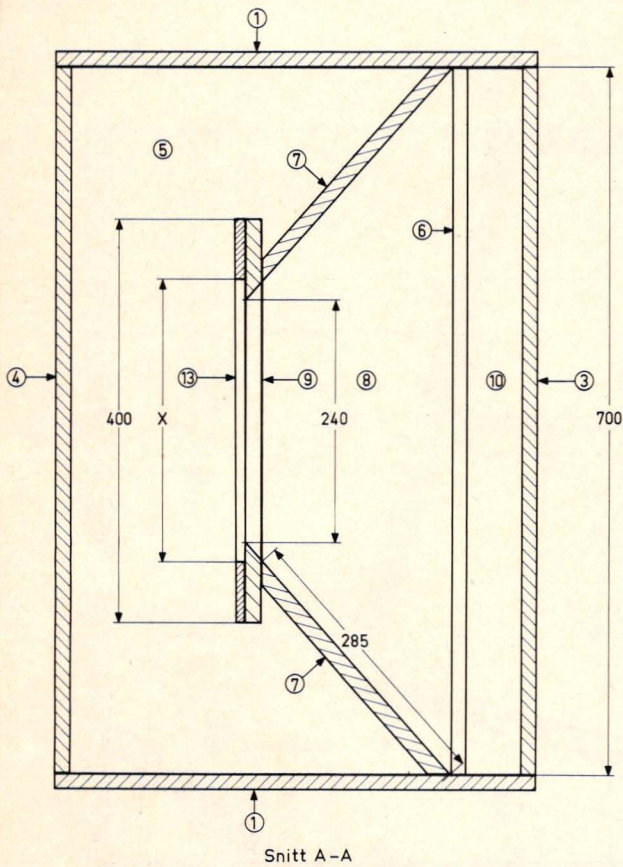
Högtalarelementet kan nu monteras på sin biffel och kopplas in. Det bör påpekas, att högtalarkabelns genomföring ska vara lufttät. Tätning utför man bäst genom att trycka in gummimassa mellan

Ritningarna är gjorda för ett 16 mm material såsom spånplatta eller plywood. Det senare materialet är relativt dyrbart men mera stumt, vilket är viktigt i sammanhanget. Partier som rör sig påverkar ofelbart frekvenskurva och transientåtergivning.

För att bilda ett komplett horns-system måste bas-hornet kompletteras med ett mellanregister- och diskantsystem.

Som mellanregisterhorn kan man använda något av de färdiga mellanregisterhorn som finns på marknaden. Se kapitlet mellanregisterhorn.

Fig 2. Snitt A — A ur ritningen i fig 1. Bit (4) är frontplatta. Diametern X bestäms av högtalar-elementets kondiameter. Hålet måste vara så stort att membranet inte gör kontakt med bit (13). Den-na behöver f ö ej vara tjockare än ca 3—4 mm eftersom konrörelserna blir mycket små i ett horn.



TABELL 2

Kvot: 6,8

Strålningsvinkel:

f=	d=	4π A=	l=	d=	2π A=	l=	d=	π A ×	l=	d=	$\pi/2$ A=	l=
70	0,73671	0,4262	2,32	0,520	0,2131	2,08	0,368	0,1065	1,81	0,260	0,0532	1,54
65	0,793	0,4943	2,53	0,561	0,2471	2,25	0,396	0,1235	1,95	0,280	0,0617	1,66
60	0,859	0,5802	2,75	0,607	0,2901	2,43	0,429	0,1450	2,11	0,303	0,0725	1,80
55	0,937	0,6905	3,00	0,663	0,3452	2,65	0,468	0,1726	2,30	0,331	0,0863	1,96
50	1,031	0,8355	3,3	0,729	0,4177	2,92	0,515	0,2088	2,54	0,364	0,1044	2,16
47	1,097	0,9453	3,51	0,775	0,4726	3,10	0,548	0,2363	2,70	0,387	0,1181	2,29
45	1,146	1,0315	3,66	0,810	0,5157	3,24	0,573	0,2578	2,82	0,405	0,1289	2,39
40	1,289	1,3055	4,13	0,911	0,6527	3,65	0,644	0,3263	3,175	0,455	0,1631	2,70
35	1,473	1,7051	4,71	1,041	0,8525	4,17	0,736	0,4262	3,62	0,520	0,2131	3,08
30	1,719	2,3209	5,50	1,215	1,1604	4,86	0,859	0,5802	4,23	0,607	0,2901	3,60
25	2,058	3,3267	6,58	1,455	1,6633	5,82	1,029	0,8316	5,06	0,727	0,4158	4,30
20	2,578	5,2236	8,25	1,828	2,6118	7,30	1,289	1,3059	6,35	0,911	0,6529	5,40

Tab. gäller för: $l=0,48$, $d=0,15$, $A_r=0,0075$.

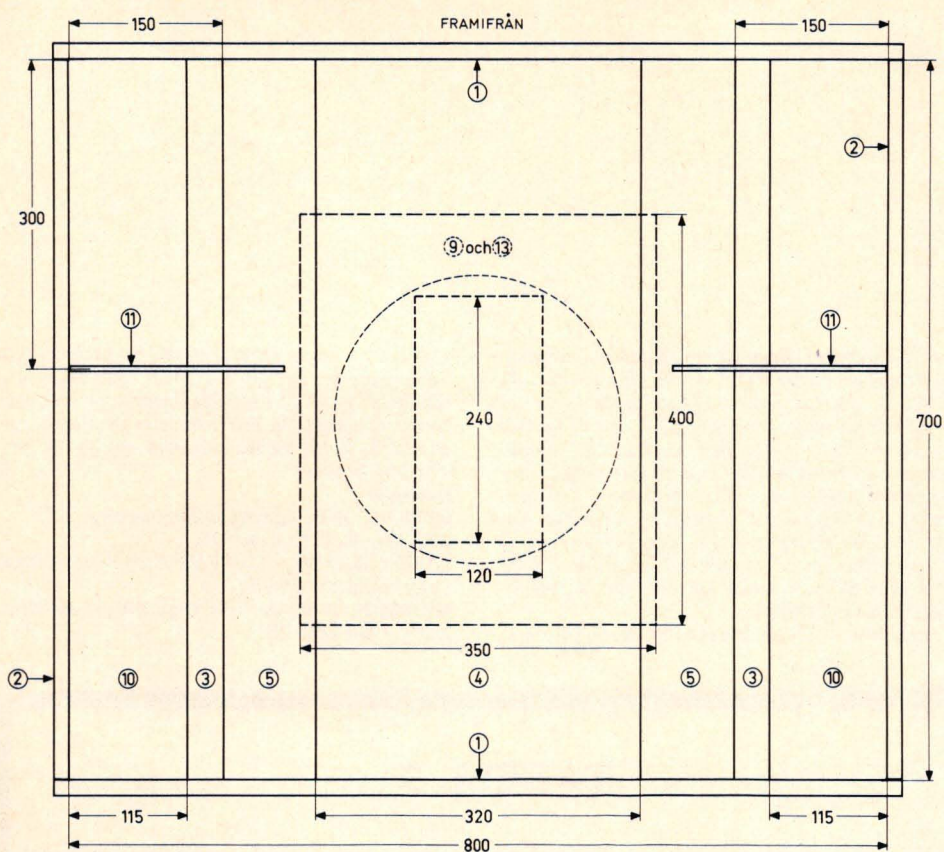


Fig 3. Högtalarlådan sedd framifrån. Streckade linjer markerar baffel, högtalarelement och hornets början.

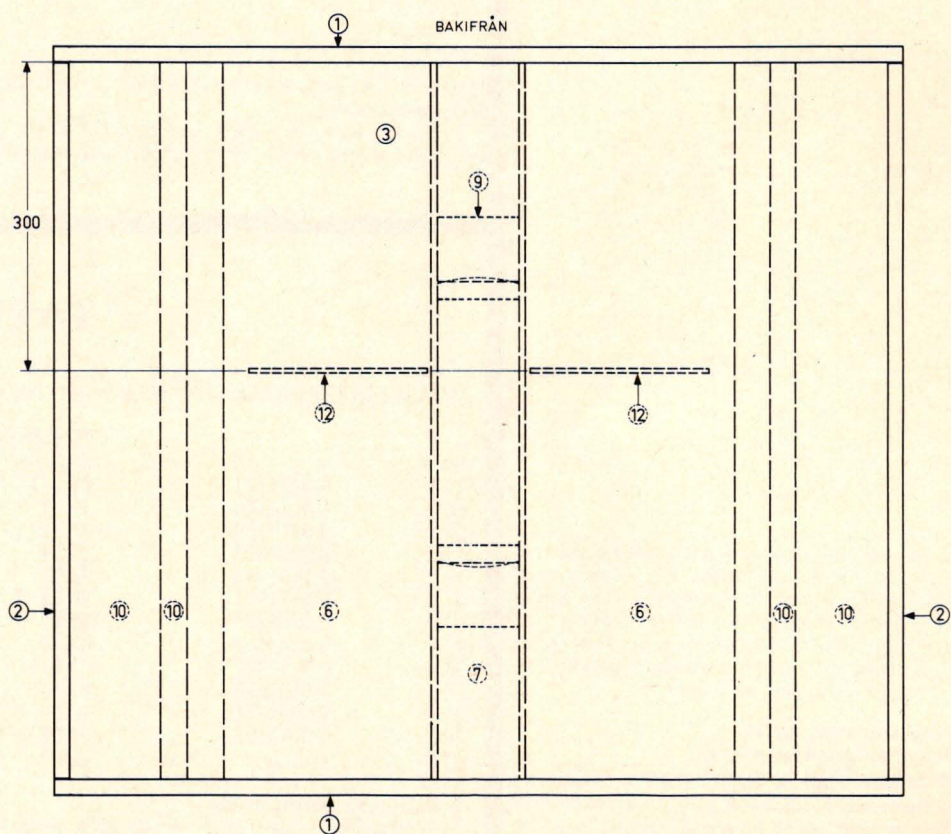


Fig 4. Hornet sett bakifrån. De streckade linjerna markerar vad som är synligt om bakstycket (3) är avlägsnat.

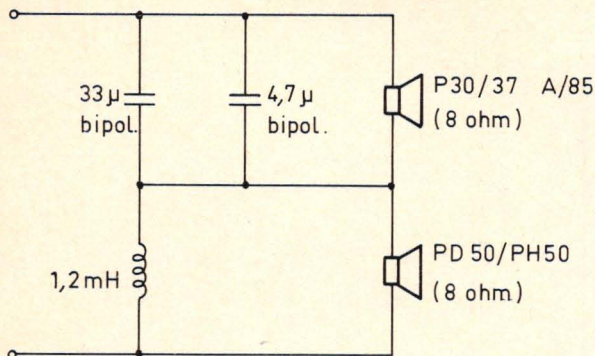


Fig 5. Förslag till delningsfilter med brantheten 12 dB/oktav inom $\pm$ en oktav från delningsfrekvensen, utanför detta område 6 dB/oktav. Se kapitlet *Filter*. Kondensatorerna skall vara opolariserade för audiobruk.

För dem som inte har den maskinella utrustningen att förfärdiga hornet — det innehåller trots allt en hel del spetsiga vinklar — och för dem som vill ha ett bra resultat och känner på sig att de kanske inte kan klara av bygget helt, har *Bällsta Träindustri*, som varit behjälpliga med att färdigställa prototypen, färdigkapade satser för hornet. Det kanske blir något dyrare att utnyttja denna prefabrikation, men det är utan tvivel värt en merkostnad, så att man verkligen får rätta och spetsiga vinklar samt önskad noggrannhet, speciellt för mittsektionens kritiska höjdmått.

Resultatet av ett hornbygge i avseende på jämn-

het i återgivningen samt även verkningsgraden står i direkt proportion till byggarens ansträngningar, och det är alltid värt att lägga ned tid på att bygga hornet noggrant, då det är både svårt och olustigt att efteråt korrigera för vad man inte gjorde korrekt från början.

Litteratur:

OLSSON, H F: *Acoustical Engineering*.

BERANEK, L L: *Acoustics*.

KLIPSCH, P W: A Low Frequency Horn of Small Dimensions. *JAES* 1941 nr 2.

KLIPSCH, P W: A New High-Frequency Horn. *IEEE* 1964 april 27.

TABELL 3

Lämpliga mellanregister-/diskanthorn att komplettera bashornet med. Viktigt i sammanhanget är att verkningsgraden för bashorn och övrig högtalarbestyckning är lika. Elementen har 8 ohms impedans.

Typ	Lämplig delningsfrekv	Fabrikat	
PH 50 + PD50	800 Hz	Pioneer	Pioneer Electronic Sv AB
PH 101 + PD50	500 Hz	Pioneer	
Modell 920	500 Hz	Fane	AB Sinectro

Hornet *PH 50* med drivern *PD 50* har ett extremt stort frekvensområde: 800 Hz till 21 000 Hz och ger ett superbt resultat.

PH 101 är ett multicellhorn, som med *PD 50* kan ge ett frekvensområde av 400 Hz till 10 000 Hz. Det bör därför kompletteras med ett lämpligt diskanthorn. *Tex PT 6* (Pioneer) eller *T35* (Elektro Voice).

TABELL 4

Här ges några tabellvärden för dem som själv vill beräkna sitt horn.

f =	m =	fördubbling av arean =	längd för 15 % ökning av arean =
70	0,025589	27,143	5,5
65	0,0237584	29,23	5,9
60	0,0219308	31,667	6,4
55	0,0201032	34,54	6,95
50	0,0182756	38,00	7,66
47	0,0171791	40,42	8,15
45	0,0164481	42,25	8,5
40	0,0146205	47,50	9,55
35	0,0127929	54,287	10,9
30	0,0109654	63,335	12,8
25	0,0091378	76,00	15,3
20	0,0073102	95,00	19,1
(Hz)	$(\frac{4 \pi f u}{c})$	(cm)	(cm)

m = utvidgningskoefficienten

15 % areaökning har valts som exempel därför att detta svarar mot en lämplig längd för ett linjärt segment.

För ett optimalt resultat bör de i tabell 4 angivna mellanregisterhornen användas tillsammans med det angivna filtret eller ett elektroniskt filter. Bäst resultat har fö erhallits med PH50 + PD50 och P30/37 med 800 Hz delningsfrekvens. Verkningsgraden i resp system överensstämmer ganska väl vilket ger en rak tonfrekvenskurva.

Lyssningsrummets storlek innverkar på basåtergivningen

Som tidigare påpekats (se RT 1974 nr 4) så har lyssningsrummets storlek och volym en direkt och avgörande inverkan på basåtergivningens linjäritet och undre gräns. Det finns även en utpräglad tendens till skarpa markering av rumsresonanser i vissa fall, speciellt vid volymmässigt små rum.

Provbygge av 70/80-hornet

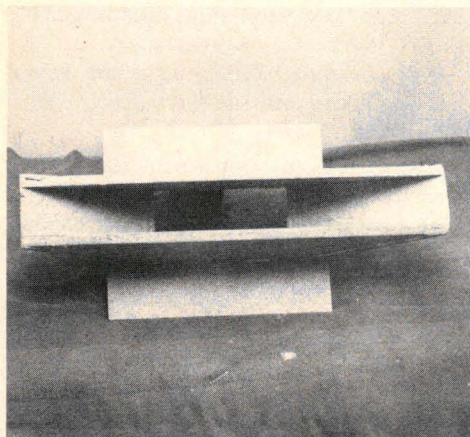


Fig 1. Vid hornets sammansättning börjar man med hornets initialdel. Använd rikligt med skruv och lim och var noggrann med fasningen av spånplattornas ytor.

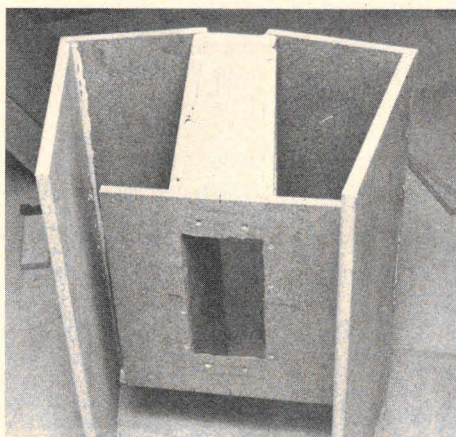


Fig 2. Här har mittpartiet monterats. Man kan med fördel, provisoriskt, skruva fast frontpanelen för att få rätta vinklar och avstånd.

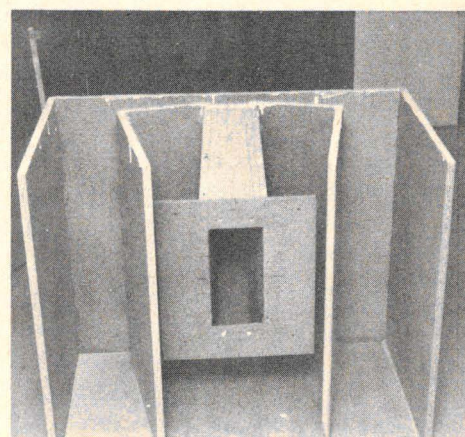


Fig 3. Mittsektion och väggar är här monterade mot bottenplattan.

■ För att undersöka svårighetsgrad och tidåtgång vid bygge av ett högtalarhorn har vi byggt ett 70/80-horn.

70/80-hornet är betydligt enklare och mindre tidskrävande att bygga än det bara 209 l stora Mk 1-hornet. Det betyder dock inte att 70/80-hornet är speciellt lättbyggt. Det som beredde bekymmer var hornets initialdel som visas i *fig 1*. Eftersom bredden ökar i ett plan och samtidigt minskar i ett annat (om vi rör oss i det tredje planet), betyder detta att vinklarna blir ganska sneda. Med en rasp kan man utföra den erforderliga fasningen. Ett gott hjälpmedel var en roterande rasp (cylinderfräs), som drevs av vår hobbymaskin.

Speciellt besvärlig var anslutningen mot plattan (9) och detaljerna (6). Skulle man råka fila för mycket, måste hålet fyllas igen med t ex plastiskt trä.

Använd rikligt med lim i fogarna! Plastiskt trä kan man enkelt åstadkomma genom att blanda sågspån med trälim. OBS att några större sprickor inte kan lagas med plastiskt trä, eftersom det finns risk för att denna massa kan vibrera sönder eller lossna från träbitarna.

Håll dig till ordningen! Hornets yttre viktigt

Det är viktigt att man följer den ordningsföljd vid monteringen som redovisas i texten härintill. Studera ritningarna i detalj, så att delarna placeras på rätt ställe. I annat fall kan man få fel som belöper sig till skivans tjocklek, 16 mm.

Mittsektionen tillverkas först. För korrekta vinklar monteras frontpanelen provisoriskt. För byg-

get åtgår ungefär 200 skruvar! Lämplig skruvdimension är 35×4,2 mm.

När lådan är färdig kan den lackas eller faneras. Det kan vara svårt att lacka en spånplatta själv med gott resultat. Mk 1-hornet lackerades av **Bällsta Träindustri**, och ytan blev då lika bra som för en fabrikstillverkad, målad möbel.

Högtalaröppningarna täcktes för med skumplast som anskaffades hos **LW Ljudteknik**. Se fö vinjetten.

Vikten av ett tilltalande yttre kan inte nog understrykas. Visserligen förändras inte ljudkvaliteten av en ytbehandling (inte nämnvärt i alla fall), men det räcker inte med att det hela bara ska låta vackert. Hornet måste naturligtvis accepteras av sin omgivning. Det rör sig ju om en ganska stor möbel, som radikalt förändrar rumsintrycket (även om det beskrivna hornet inte är särskilt stort för att vara ett bashorn).

Den totala byggtiden uppgår till minst 20 timmar.

Hornets klangliga kvaliteter måste få ett högt betyg

Den stora frågan läsaren ställer sig är naturligtvis: "Hur låter hornet?"

Har man väl lyssnat på ett väldimensionerat och välbyggt horn kommer man vid en jämförelse med ordinära, slutna lådor eller basreflexkonstruktioner att finna att hornets egenskaper överglänser det mesta i högtalarvärld på marknaden.

Hornet kan ge anseende ljudtryck vid låga frekvenser. Dessutom är dämpningen av högtalarelementet mycket god, vilket ger små konrörelser även vid höga ljudtryck. Dämpningen ger ett mycket "kort" ljud, dvs transientåtergivningen är mycket god. De små konrörelserna ger låg distorsion. I **H H Klingers bok, Bygg för hi-fi-ljud**, Norstedts Förlag, finns resultat från distorsionsmätningar. Med samma högtalarelement i en sluten resp en exponentiallåda uppmättes tredjtonsdistorsionen till 30 % resp 1 % vid frekvensen 50 Hz!

Hornets specifika egenskaper gör det lämpligt att återge t ex orgelmusik. Detta instrument kräver att högtalaren ska kunna prestera höga ljudtryck långt ned i basregistret, samtidigt som upplösningen ska vara klar utan översvängar hos konen. Detta klarar vanligen inte mindre kompakthögtalare, som trots allt vid andra, mindre krävande tillfällen kan låta basrika och till och med på papperet ha en frekvenskurva som sträcker sig långt ned i basen.

Vi provlyssnade några utvalda plattor när högtalarhornet var färdigt. Genast kunde vi konstatera att instrument, som tidigare hade haft en plats i skymundan ljudmässigt sett, nu lyftes fram. Så framträdde t ex "baskaggen" klart och tydligt i en gammal inspelning med **Max Roach** (i ett par **OA 5**-lådor lät detta instrument bara som ett odefinierbart muller), orgeln i en Bachfuga gav en mäktig klang och pukorna i **Strauss** ofta anlitade "Also sprach Zarathustra" fick husets golvtilljor att börja svänga. Här kan man verkligen tala om ljudupplevelser.

Den som bygger ett (eller två) bashorn kommer definitivt inte att bli besviken!

Kuben

Detta horn är det mest lättbyggda och innehåller ett fåtal trästycken. Hornet är litet men ger trots detta relativt god basåtergivning.

■ I föregående kapitel beskrevs ett horn som kan återge basen ned till ca 35 Hz med tämligen god linjäritet. (Det s k 70/80-hornet.) I många fall finns inte ett så djupt basomfång med i programmaterialiet, utan basen kapas ca en oktav högre upp, vid 65 – 70 Hz.

Om man tar fasta på detta kan man erhålla ett horn som blir betydligt mindre till volymen än ett fullregisterhorn.

Så har man gjort för det här beskrivna hornet. Slutarean är 3 220 cm², vilket medger en placering var som helst mellan ett rumshörn till mitt på ett golv. I det sista fallet blir basåtergivningen något ojämn för krävande Hi-fi-bruk, men i gengäld är den här idealisk som orkesterhögtalare, tack vare det höga ljudtryck som uppstår i förening med låg distorsion. Ställd mot en vägg eller i ett hörn ger dock kuben en god Hi-fi-kvalitet.

Hornets utvidgningskoefficient motsvarar en frekvens av ca 65 Hz. För att ett kort horn med en stor begynnelsearea skulle uppnås valdes ett 15" drivelement.

Hornlängden blir då 80 cm. Variationerna i halsimpedans blir visserligen ganska kraftiga men påverkar inte återgivningen nämnvärt. Ljudtrycket sjunker med ca 6 dB/oktav under 100 Hz ned till 50 Hz, där det avtar med 10 dB/oktav.

Halsens impedansvariationer medför att konhastigheten kommer att variera, vilket ger en misstanke om stark distorsion i de lägre registren. Mätningar och kalkyler pekar emellertid på att distorsionen ligger under 5 % totalt vid ett ljudtryck av 105 dB.

Lättbyggt horn med få delar

Bashornet har relativt få delar och är därför tämligen enkelt att bygga.

Lämpligt är att först montera ihop delarna (1,1,2,3) varvid man på (3) först markerar skruvhålen för delarna 6, som utgör den första horndelen.

I fästbaffeln (5) borrar man först hålen för drivelementet efter det att man tagit upp begynnelseöppningen för hornet. Därefter monterar sidorna (4) fast i (5).

Här är det noga med att avfasningen i anliggningsytan mot (5) blir helt tät! Samma sak gäller där sidorna (4) bildar en spets. Man kan här välja mellan att fasa av en av sidorna, så

att de ligger omlott, eller att plana av spetsen och skruva fast en tätningslist av trä.

När detta är klart har man ett segment av hornet bestående av (4, 4, 5, 6, 6, 6, 6). Hela detta stycke ställs i den tidigare hopsatta lådan, bestående av (1,1,2,3) och mätas in enligt ritningarna.

På stycket (2) markeras insidan av (4,4,5) så, att man senare kan ta upp ett triangulärt

hål i (2). Genom hålet skall sedan elementet monteras. Öppningen, som slutligen skall vara vänd nedåt mot golvet, täcks över med en träskiva (7) som enbart skruvas fast.

När monteringshålet har tagits upp, monterar hela hornet och sist skruvas och limmas toppskivan (2) fast.

Elementet monteras in genom hålet i botten. Det sker lättast med hornet på "rygg", dvs

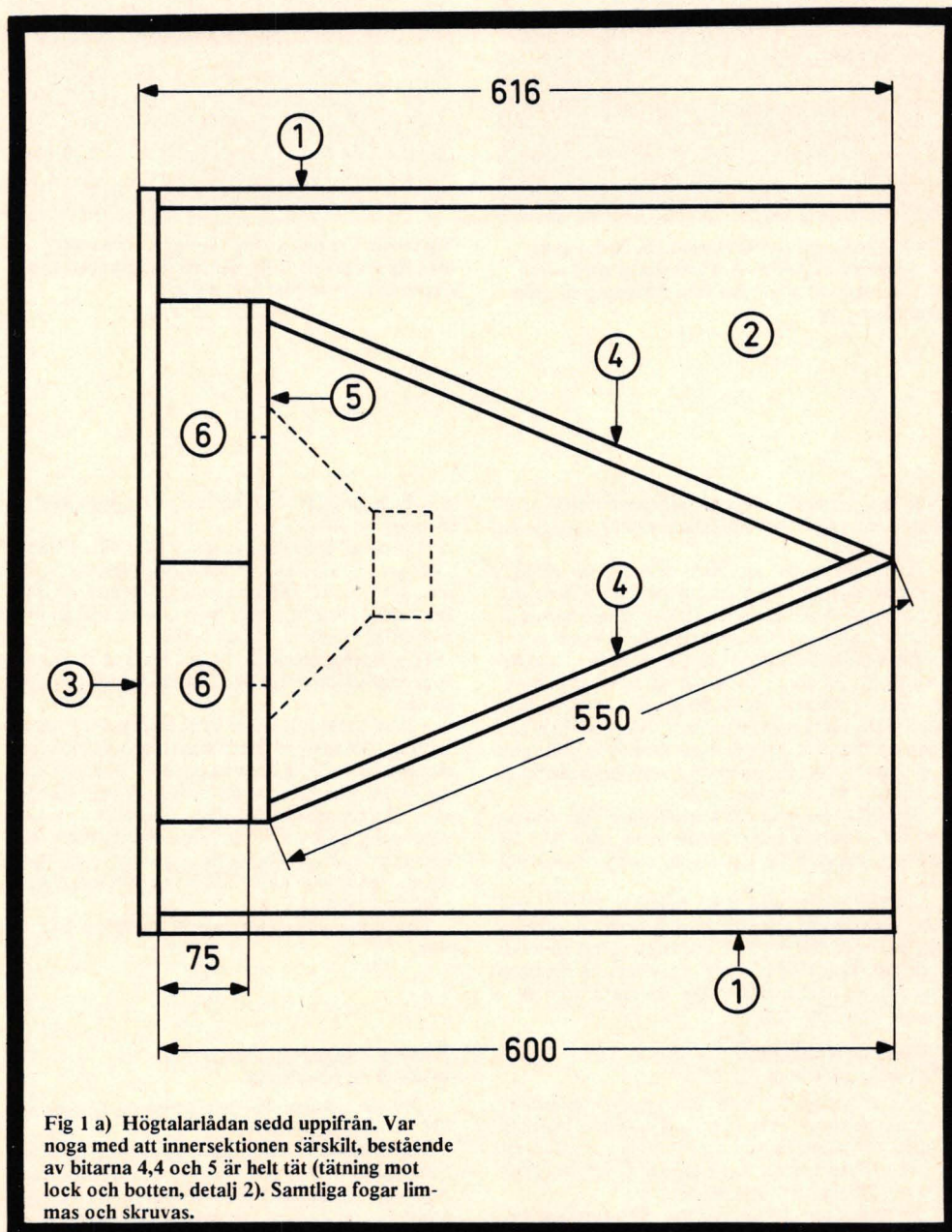
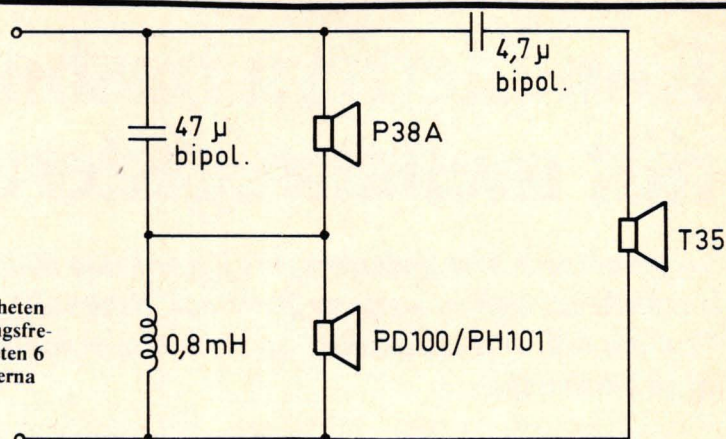


Fig 1 a) Högtalarlådan sedd uppfra. Var noga med att innersektionen särskilt, bestående av bitarna 4,4 och 5 är helt tät (tätning mot lock och botten, detalj 2). Samtliga fogar limmas och skruvas.

Fig 2. Förslag till delningsfilter med brantheten 12 dB/oktav inom $\pm$ en oktav från delningsfrekvensen. Utanför detta område är brantheten 6 dB/oktav. Se kapitlet *Filter*. Kondensatorerna skall vara opolariserade för audiobruk.



vilande på (3). Fästbultarna kan tryckas in genom hålen i (5), genom att man kommer åt dessa utifrån genom hornet. Man kan med fördel använda vingmutter tillsammans med låsbricka.

Staga upp lådan om resonanser finns

Hornet måste, som tidigare påpekats, vara

helt tätt bakom elementet för en korrekt funktion i de lägre registren. Det här även visat sig att man i vissa exemplar av denna horn typ måste styva upp sidorna (4) gentemot sidorna (1) för att få bort resonanser omkring 290 Hz. Detta gäller inte generellt utan måste testas fram för varje exemplar.

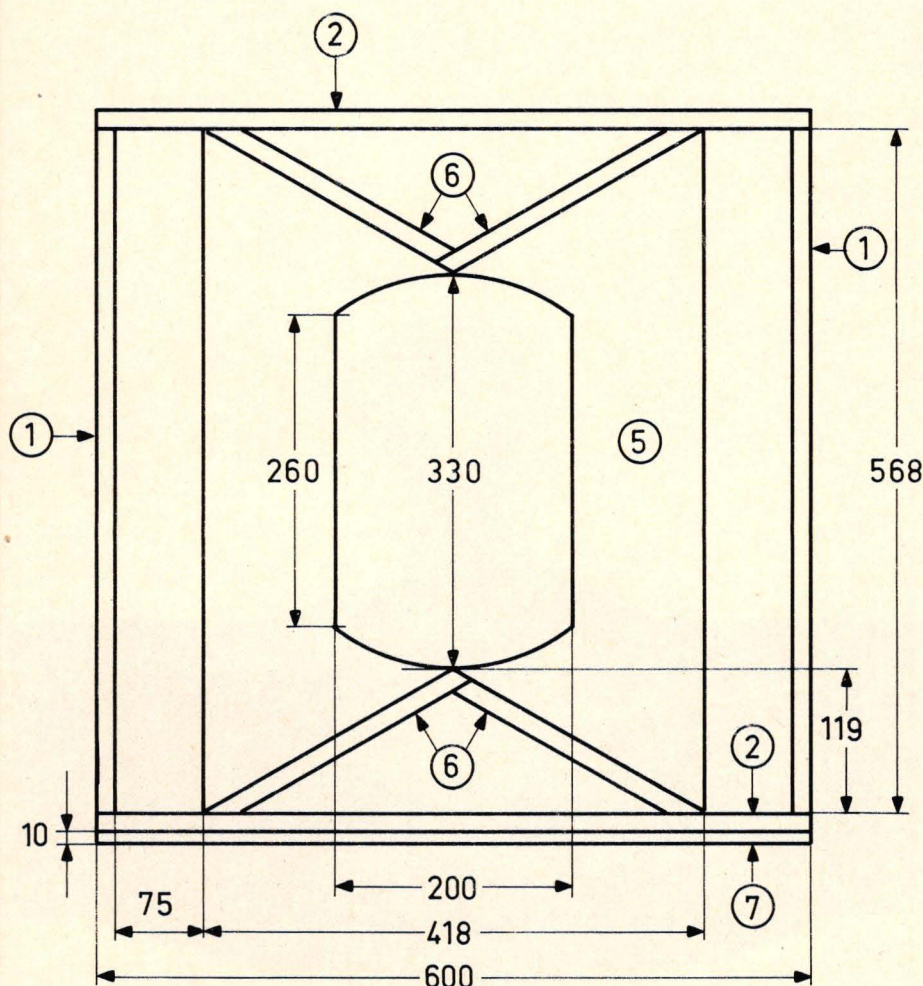
Eftersom hornet är ganska kort kan man

utan att kompensera det erhålla en tämligen hög övre gränshäns: omkring 800–1 000 Hz. Detta medger att man kan använda ett mellanregisterhorn med en undre delningsfrekvens av 800 Hz. Tester har genomförts både för 400 Hz och 800 Hz mellanregisterhorn.

I tabellen framgår deras huvudsakliga data. Bästa resultat erhöles med **Klipsch K-400** tillsammans med ett diskantorn, typ **T35** från **Electro-Voice**. Hornet har genomgående bättre egenskaper än vad som skulle kunna tänkas för ett horn med dessa ringa yttermått.

Försök med orgelmusik har givit fullt acceptabla resultat i basen, även om den inte helt kan jämföras med ett större horns förmåga.

För diskotekbruk har den varit alldeles ypperlig i sina prestanda och uppvisar, typiskt för ett horn med dessa ringa yttermått. Hornet säljs dock ej längre som separat enhet, enl uppgift från fabriken, men har man tur kan man ev fortfarande få tag i ett element i USA-handeln. (*Wernor GT-R55* är ett svenskt byggt horn som kan användas ned till 400 Hz för orkesterbruk, red anm.)



b) Högtalarlådan sedd bakifrån. Detalj 3 är här bortmonterad för att delarna 6 och 5 skall synas.

Tabell 1.

Drivelement:
Bas: P38/A Isophon
Mellanregister och diskant:
PD 100+ PD101 Pioneer
500–16 000 Hz 60 W
Bas: P38/A Isophon, JBL2220

Tabell 2: Stycklista

Material 16 mm spånplatta.
568×600 exakt (2 st)
600×616 exakt (2 st)
568×600 exakt
568×550 avfasas (2 st)
568×418 exakt
240×75 avfasas (4 st)
600×616 exakt (10 mm tjock)

Komplettera bashornet med rätt mellanregistrelement

Då bashornens övre gränshfrekvens ligger kring 300–1200 Hz beroende av typ måste dessa kompletteras med en mellanregister och diskantdel.

De olika delarnas anpassning till varandra är viktig och man har vid val av element ett flertal faktorer att ta hänsyn till.

■ ■ Till de bashorn som beskrivs i boken måste man ha mellan- och diskantregistersystem för att täcka hela tonfrekvensområdet. Man har då några speciella krav att ställa på de ingående delarna. Elementen måste väljas med omsorg för att kunna användas tillsammans med hänsyn till verkningsgrad, frekvensområden, resonansfrekvenser, effektivitet, mekaniska dimensioner och pris. För bästa ljudåtergivning bör man naturligtvis försöka undvika kompromisser.

3-D system billigast

Med ett 3-D system kan man förbilliga totalkostnaden för en stereoanläggning genom att bara bygga ett bashorn och komplettera detta med två sidosystem för mellan- och diskantregistren. Genom att örat dåligt uppfattar frekvenser under 300 Hz låter sig detta utföras. Delningsfrekvensen förläggs alltså vid 300 Hz eller lägre och detta innebär att sidosystemen måste ha en rak frekvenskurva ned till denna frekvens. Marknadens mellanregisterhorn går som regel inte längre ned än till 500–800 Hz. Ett horn för 300 Hz blir otympligt så därför är man tvungen att välja en konhögtalare för mellanregistret i ett 3D-system. Som tumregel gäller att man bör välja ett element som monterat i en låda har en resonansfrekvens som ligger ca en oktav under delningsfrekvensen för att man skall undvika den distorsion som annars kan uppkomma. Det innebär en resonansfrekvens av högst 150 Hz. Lämpliga val är prisbilliga *Philips 9710 MC* och den mycket högkvalitativa *JBL 2110*. Båda elementen har mycket god transientåtergivning. Den vasshet i ljudet som finns i *9710* saknar man dock i den ca fem ggr dyrare *2110*. Dess ljudkvalitet överglänser det mesta och frågan är om det finns något mellanregistrelement på marknaden med lika goda egenskaper. Ett annat bra element från JBL är *2105*. Det kan också användas men dess resonansfrekvens, 200 Hz, ligger i överkant för det här ändamålet. Sidosystem med de två förnämnda elementen finns beskrivna i boken. Hur ett filter för 3D-koppling skall vara beskaffat visas i anslutning till RT-hornet och i kapitlet "Aktivt delningsfilter med förstärkare för högtalarens baskanal".

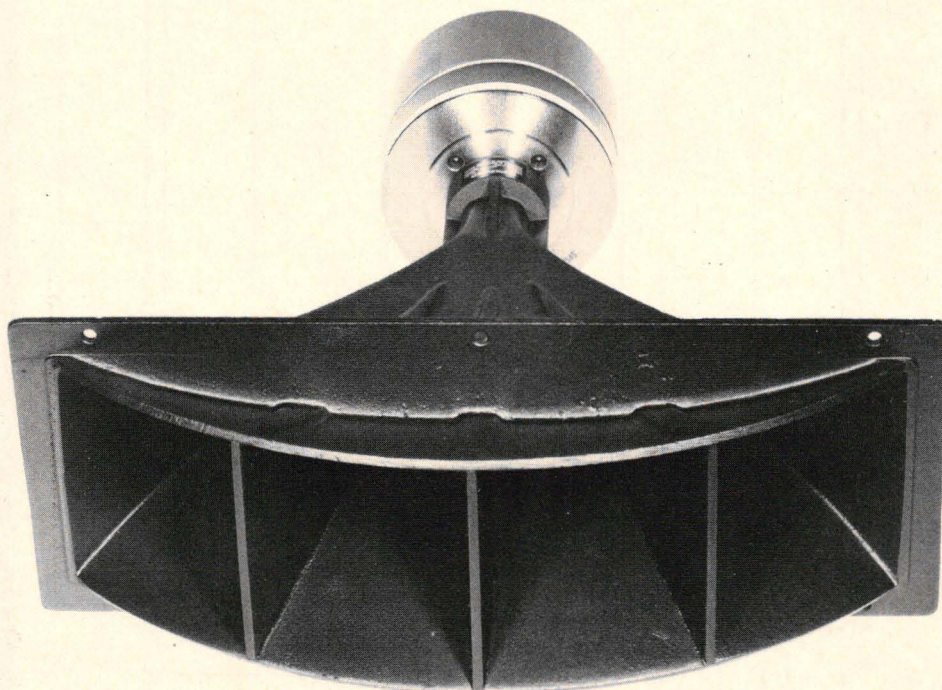


Fig 1. Här visas Pioneer PD50 + PH50. För detta, liksom andra liknande mellanregisterhorn gäller att det bör monteras på en baffel som minst har hornmynningens dubbla höjd och dubbla dess bredd. Lämplig undre delningsfrekvens: 700–800 Hz. Kan användas i kombination med 70/80 och Mk1. Till kuben är PD100 + PH101 ett bättre val, men det kräver ett diskantelement som t ex PT6, Isophon DKT 11C, Electrovoice T35, T350, JBL 075 eller 077.

Kompleta hornsystem

Bygger man två identiska högtalare är det lämpligt att välja horn för mellan- och diskantregistret eftersom dessa har en verkningsgrad som är ungefär lika med bashornets.

Till *MK1*, *70/80* och *Kuben* kan man med fördel använda *Pioneer PH 50 + PD50* (horn + driver) som utprovats med gott resultat. Ett annat bra horn från denna tillverkare är *PH 101 + PD 100* som dock måste kompletteras med ett diskanthorn. Man kan välja mellan *Pioneer PT6* eller *PT7*, *Electrovoice T35* eller *T350*, *JBL 075* eller *077*.

JBL tillverkar också mellanregisterhorn.

De är mycket högklassiga, men betingar tyvärr ett relativt högt pris. Vi finner i det omfattande sortimentet två passande kombinationer: *JBL 2410* (driver), *2307* (horn), *2308* (spridare) *077* (diskanthorn) alternativt *075* (diskanthorn) + *2308* (spridare). Diskanthornet har en mjuk och naturlig ljudkaraktär som är helt fjärran från många "dometweeters" men det kan upplevas som påträngande om man lyssnar rakt framför hornet. Med spridarna *2308* försvinner denna olägenhet.

Den andra kombinationen består av *JBL 2420* (driver), *2307* (horn) och *2308* (spridare). Här behöver man alltså inte något diskanthorn vilket ger en lägre totalkostnad, men systemet har en något mer metallisk karaktär än vad den första kombinationen har.

Mellanregisterhorn kan låta mycket påträngande och vasst vilket dock inte gäller nämnda element. Orsaken ligger till stor del i hornens hals där turbulensfenomen ger upphov till olinjäriteter i frekvenskurvan. En ökad diameter ger som regel en förbättring men naturligtvis spelar även andra faktorer in som driverns egendistorsion och rent allmänt kornens anpassning till luften. Att ett horn låter vasst kan även ha andra orsaker. Resonanser kan förekomma i lättmetallhornet. En ägare till ett horn av typen *Altec Lansing 811* fann att detta gav ett betydligt "mjukare" ljud sedan det dämpats på utsidan av Antiphon (som bl a används för att dämpa resonanser i bilkarosser mm). Försök med underredsmassa för bilar (den typ som stelnar) har också givit goda resultat.

Ett något stummare material än aluminium är glasfiberarmerad plast. Detta används i svensktillverkade *Wernorhornet*. Hittills tillverkade typer är framtagna för PA och orkestrala sammanhang och kan t ex användas i kombination med *Kuben*. I skrivande stund har vi fått vetskap om ett nytt horn som skall tas fram för hifiapplikationer men som tyvärr inte fanns färdigt för lyssning.

Det finns en rad andra tillverkare av horn. Vi har t ex det italienska *RCF*, engelska *Fane* och *Onkyo* m fl japaner.

Det är svårt att tillverka horn utan att få "trattkolorering" och vi har därför avstått från en byggbeskrivning av ett mellanregister i denna bok. Den som själv ämnar tillverka ett horn bör tänka på att detta bör utvidgas exponentiellt i både vertikal- och horisontalled. Parallella ytor ger nämligen upphov till stående vågor, vilket färgar ljudet. ■

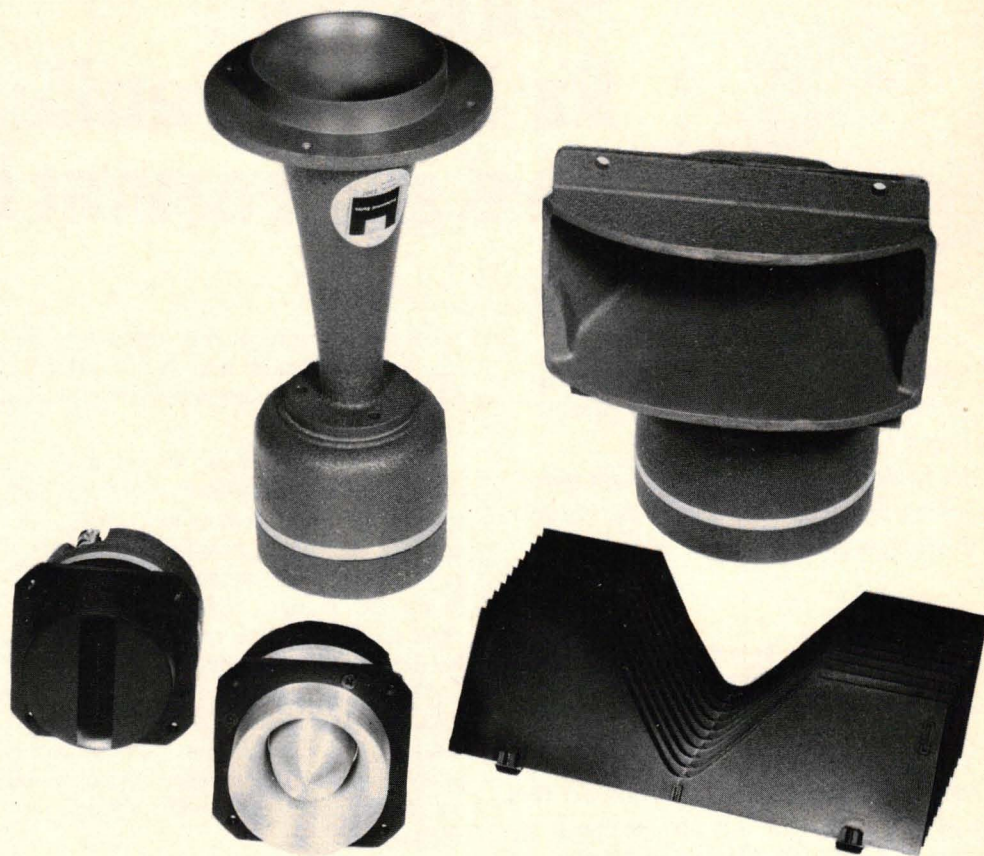
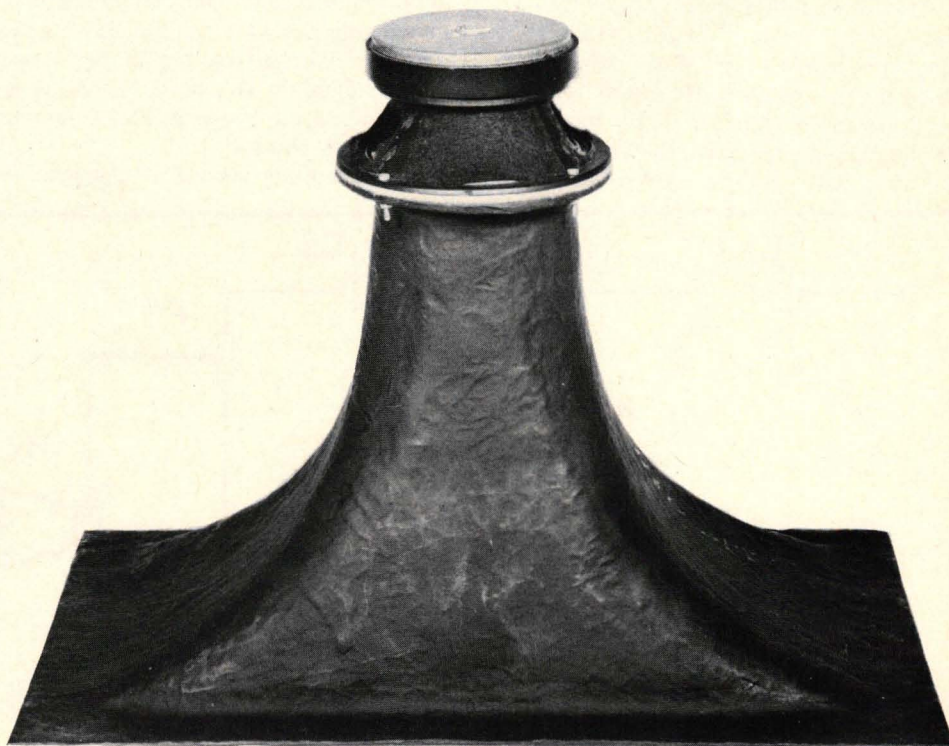
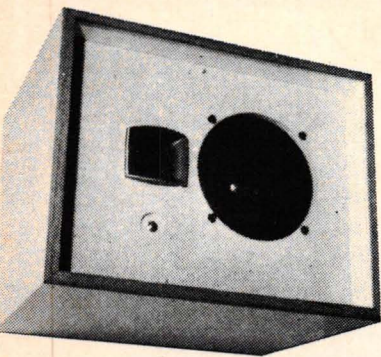


Fig 2. Elementen på bilden är av fabrik JBL. Främre raden utgörs av diskantelementen 077, 075, linsen 2308. Bakom dessa står hornet 2307 med driver 2410. Bredvid denna visas hornet 2340 med drivern 2420.

Fig 3. Det svensktillverkade Wernorhornet GT-R55 är framtaget främst med tanke på orkesterbruk och kan därför vara lämplig tillsammans med *Kuben*. Ett horn för Hi fi-bruk lär vara under utveckling och kan bli ett intressant alternativ till de "stora" tillverkarnas element.





Sidosystem för högtalaranläggning med gemensamt horn för basen

Av utrymmesskäl väljer många att bygga bara en hornhögtalare som ger gemensam bas för bägge kanalerna i ett sk 3D-system.

Vi beskriver här ett högklassigt sidosystem som väl svarar mot bashornets klangliga egenskaper.

■ Bästa resultat får man genom att bygga två bashorn och komplettera dessa med de mellanregisterhorn som rekommenderas i resp byggbeskrivningar (t ex 70/80). Det är dock inte alltid man har plats för två horn, utan man får lösa problemet med att bygga ett 3D-system, dvs bygga en gemensam baskanal och två sidosystem för mellanregister och diskant. Det låter sig göras om delningsfrekvensen är 300 Hz eller lägre, eftersom örat bara i viss mån uppfattar riktningen av ljud med så låga frekvenser.

Passivt delningsfilter begränsar högtalarplaceringen

I RT-hornets beskrivning redovisas ett filter för 3 D-system. Det är relativt billigt att bygga men har den nackdelen att ge endast 6 dB dämpning över brytfrekvensen. Man får därför med relativt mycket mellanregistertoner i bassystemet och man uppfattar således var detta

är placerat i rummet. För att inte ljudbilden i rummet skall ändras vid olika frekvenser, måste bashornet placeras mellan sidosystemen.

En bättre metod är att använda ett elektronisk delningsfilter av den typ som finns beskrivet i denna bok. Högtalaren behöver med detta branta filter ej placeras mellan sidosystemen, utan en viss flexibilitet medges. Extrema placeringar skall dock undvikas; man bör ställa bashornet och sidosystemen åt samma vägg.

Den största fördelen med ett elektroniskt filter av den beskrivna typen är att baskanalens förstärkning kan varieras. Härigenom spelar det ingen roll om de olika högtalarelementen har skilda verkningsgrader.

8" mellanregisterelement och horn för diskanten

Vi beskriver här ett högtalarsystem som tagits fram speciellt med tanke på användning tillsammans med ett bashorn. Man kan naturligtvis tänka sig att använda fabriktillverkade system som sidosystem. Goda resultat har rapporterats vid användning av OA-5 och liknande högtalare. Om läsaren inte redan har några mindre högtalare av god klass, kan vi rekommendera ett bygge av den högtalartyp som beskrivs här.

En målsättning vid val av element i si-

dohögtalarna var att dessa skulle ha en ljudkvalitet som var jämbördig bashögtalaren. Många element i 100-kr-klassen och därunder har oacceptabelt dålig transientåtergivning. Här är klassiska **Philips 9710 M** ett undantag, men elementet är behäftat med ett ganska vasst ljud, som enligt författarens mening är störande vid lyssning av t ex violinmusik.

För att finna ett högtalarelement som uppfyllde de krav som ställdes var vi tvungna att gå upp åtskilliga hundralappar i pris, men när sidosystemen var färdiga för avlyssning stod det klart att den goda ljudkvaliteten väl uppvägs den ökade kostnaden.

Det mellanregisterelement som valdes betecknas **D208** eller **2110** och tillverkas av **JBL**. Elementet tål hela 20 W kontinuerlig sinuseffekt tack vare aluminiumspole och aluminiumdom vilken verkar som kylande yta. Dessutom är ett hål borrat genom magneten för att kylluft den vägen skall ledas till talspolen.

Hög verkningsgrad kräver diskantorn

D208 har, för att vara konhögtalare, en ovanligt hög verkningsgrad. **JBL** anger denna till 48 dB enligt **EIA**, vilket innebär ungefär 97 dB vid 1 m och 1 W. Diskantelementet måste givetvis ha lika stor verkningsgrad och detta innebär att ett diskanthorn måste väljas.

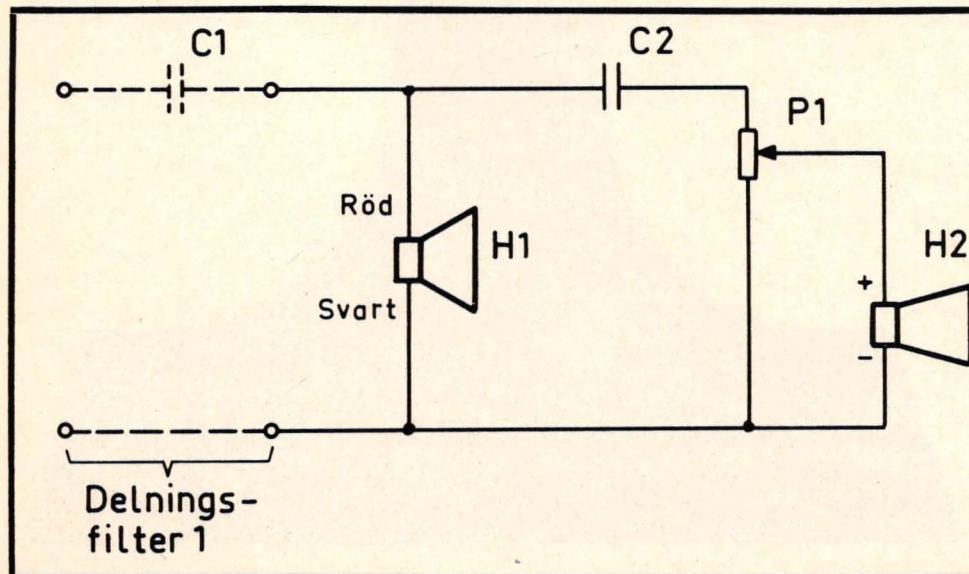


Fig 1. Här visas det enkla delningsfilter (–6 dB/oktav) som ingår i högtalaren. Diskantelementet **PT6A** har något högre verkningsgrad än vad mellanregisterelementet har och skall därför dämpas något med en potentiometer **C 2 = 4–5 μF**. Väljer man **DKT11/C** kan potentiometern uteslutas och **C 2** kopplas direkt till diskantelementet, vilket är en klar fördel. Delningsfilter 1 avser ett högpasfilter med brytfrekvens mellan 125 och 300 Hz. Samma delningsfrekvens används till den gemensamma baskanalen.

Använder man basmodulen, beskriven i RT nr 10, 1975, uteslutes delningsfilter 1, eftersom detta redan finns i modulen.

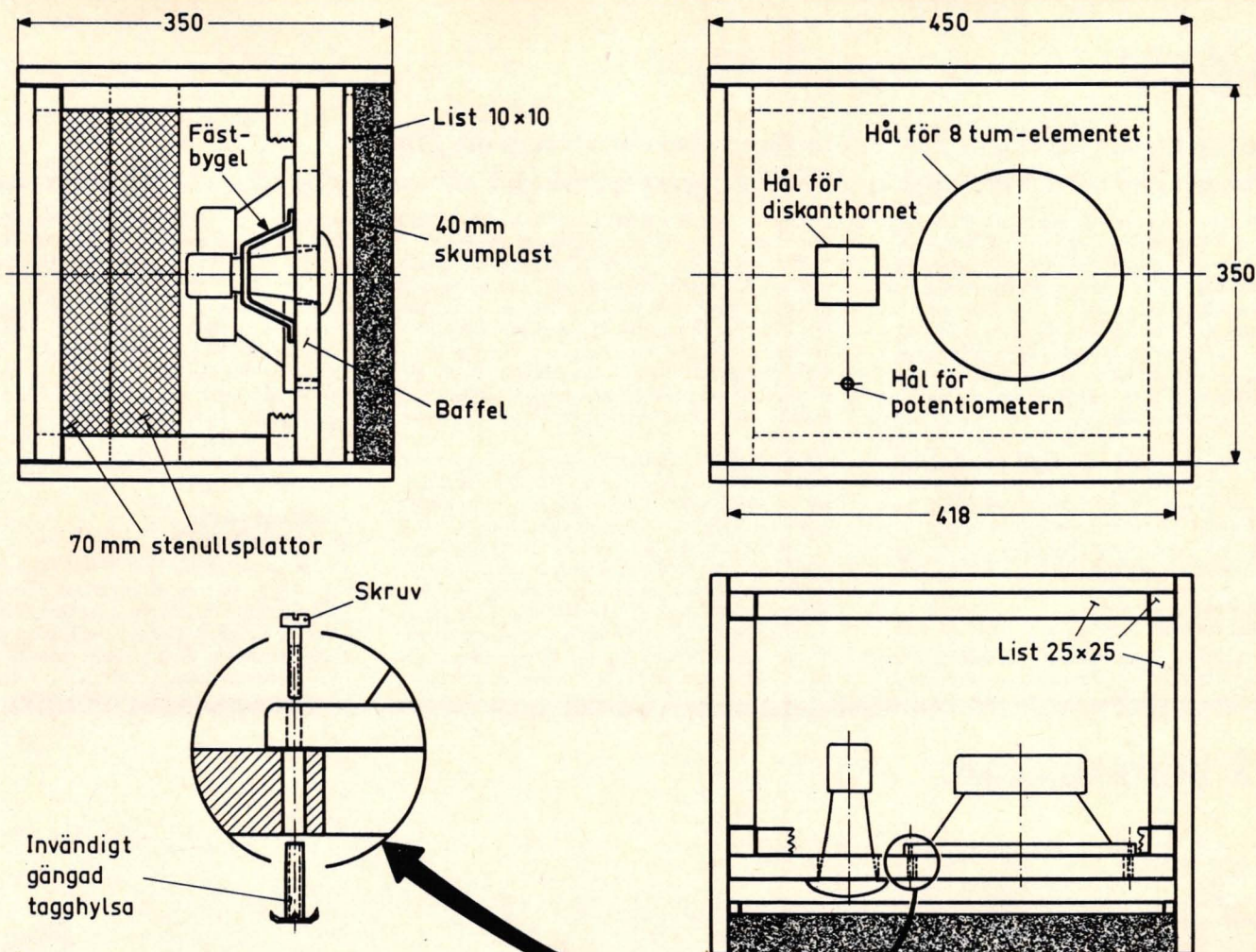


Fig 2. Högtarlådan är uppbyggd av 16 mm spånplatta. Lådan blir dock tung och man kan gå ned till 13 mm. Kom då bara ihåg att måttet 418 skall ändras till 424 mm.

Vi har valt **Pioneer PT 6A** som enligt uppgift skall ge 102 dB vid 1 m och 1 W. Därför måste elementet dämpas något vilket sker med en potentiometer, se *fig 1*. Delningsfiltret innehåller förutom bara en kondensator. För bästa resultat bör man här välja en plastfoliekondensator (tex polykarbonat), vilken har bättre egenskaper än bipolära elektrolyter. De senare kan faktiskt ge distorsion, beroende på olinjär överföring runt nollpotential.

Man kan naturligtvis tänka sig att använda andra diskantelement.

● Det mest väljande man kan få tag på är **JBL 075**, men det kostar också därefter.

● **ElektroVoice T 35** eller **T 350** är andra väljande och mera exklusiva alternativ.

● **Isophone DKT 11/C** kan med fördel användas. Den har något lägre verkningsgrad än vad **PT 6A** har och den skall därför anslutas utan potentiometer. Verkningsgraden är kanske i underkant, men å andra sidan låter detta element mycket rent; det har en klarare återgivning än vad **PT 6A** har, men går inte riktigt lika långt

upp i frekvens. Vilket av dessa element man använder kan vara en smaksak. De kostar ungefär lika mycket.

Lådan måste vara tät! Höljet är en sluten låda

Högtalarens princip är enklaste tänkbara: dvs en sluten låda. För att denna skall fungera som tänkt är det viktigt att lådan är fullständigt tät. Lådans uppbyggnad framgår av *fig 2*. De olika bitarna sammanfogas med lister för bästa stabilitet. Man kan skruva eller spika och limma samman segmenten. Vid lådans bakstycke placeras två 7 cm tjocka glasfiberullsmattor för dämpning.

Mellanregister- och diskantelementet fästs på baffeln enligt *fig 2*. Innan hålet för 8"-elementet sågas upp, bör man kontrollera att det får plats i sidled, eftersom stöddlisten tar upp utrymme. Skruvar och hylsor medföljer elementet.

PT 6A levereras med fästbygel. Man bör se till att det är tätt mellan hornet och

baffeln. Lägg gärna en skumgummilist för tätning här.

Det kan vara en fördel att kunna nå potentiometern från fronten om högtalaren exempelvis är upphängd på en vägg. Potentiometerhylsan är ej tillräckligt lång för att gå igenom en spånplatta (16 mm tjock). Därför bör man försänka med ett 30 mm träborr före monteringen.

För att skydda det ömtåliga 8"-elementet och för att lådan skall bli prydlig, täcks fronten med 4 cm tjock skumplast. Platen skall vara av den typ som är framtagna just för högtalarbruk med god passage för även de högsta frekvenserna. En list på insidan av skumplasten håller denna på plats. På framsidan kan man fästa en dekorlist av tex ek. Detta framgår ej av *fig 2* men väl av fotografiet.

Mycket mer är inte att tillägga om detta enkla bygge. Lådans dimensioner är så tilltagna att delningsfrekvensen 125 Hz utan vidare kan användas. Bäst resultat uppnås med 70/80-hornet och den aktiva basdrivenheten. Då får man en ljudkvalitet som ligger i toppklass.

Filter

- **För sammankoppling av bas- och mellanregisterhorn krävs det filter.**
- **Här ges en kort orientering om olika filtertypers egenskaper och ett förslag till en praktisk lösning.**

■ ■ Ett idealt delningsfilter skall vara så beskaffat att det, utan fasvridning, tillför högtalarelementet signaler inom ett visst bestämt frekvensområde samtidigt som det har en oändlig dämpning utanför detta frekvensområde.

Det kravet uppfyller man varken med aktiva eller passiva filter i någon nämnvärd utsträckning — man blir tvungen att göra kompromisser.

Fasvridningen är ett problem som har uppmärksamats på senare tid. Det har visat sig att udda-gradsfilter (filter av 1:a, 3:e ... ordningen, eller graden) har gynnsammare överföringsfunktioner än vad filter av jämna ordningen har. Ett filter av 2:a ordningen ger t ex en svacka i den totala överföringsfunktionen vid delningsfrekvensen. En nackdel med högre ordningens filter är att dessa ger en tidsfördröjning som kan vara besvärande.

Ett filter kan skydda elementen

Förutom frekvensuppdeleningen har delningsfiltret en skyddande funktion. Om ett diskantelement ma-

tades med signalen direkt från förstärkaren skulle den bli överstyrd vid små lyssningsnivåer och skulle förmodligen snart gå sönder p g a för stora konrörelser. Ett delningsfilter skiljer bort bastonerna med stor amplitud så att diskantelementet bara tillförs högfrequensregistret där små amplituder förekommer. Delningsfiltret fördelar även energin till flera element så att den totala effekttåligheten blir större. (Om man räknar med en viss fördelning av ljudenergin över tonfrekvensområdet, så som fallet är vid musik).

P g a fasvridningsfenomenen kan endast 1:a ordningens eller 3:e ordningens filter komma ifråga. Ett 1:a ordningens filter (6 dB/oktav) är tämligen enkelt att realisera och har ett flertal fördelar. Dess största nackdel är den låga dämpningen utanför passbandsområdet vilket skall ses i relation till ökningen av konutslaget vid lägre frekvenser. Denna ökning belöper sig till +12 dB/oktav. Det ger en nettoökning av 6 dB/oktav vid minskande frekvens. Vilket innebär att diskantelementet, trots filtret, faktiskt ger ett bidrag i mellanregistret. Man

får undersöka om den använda diskant-högtalaren lämpar sig för ett 1:a ordningens filter. Effekttåligheten blir naturligtvis lägre än i ett högre ordningens filter. Tag t ex 3:e ordningens filter som dämpar 18 dB/oktav. Härvid minskar alltså konrörelserna med 6 dB/oktav vid minskad frekvens.

En nackdel med 3:e ordningens filter är att detta är relativt kritiskt i sin uppbyggnad och det kan därför vara mera attraktivt att bygga ett 1:a ordningens filter. Det har också visat sig att ett sådant filter många gånger är helt tillräckligt för hemmabruk där man normalt sett inte har så stora krav på högs medeleffekt.

Modifierad version av förstagradsfilter

Det filter som föreslås här är inte av renodlad förstagradsstyp, utan en kvasivariant som Kaminsky givit upphov till. Det har k-länkens faskontinuitet utan att ha dess typiska -3 dB svacka vid övergångsfrekvensen. Brantheten är inom en oktav runt övergångsfrekvensen 12 dB/oktav. Utanför detta

075 som diskant

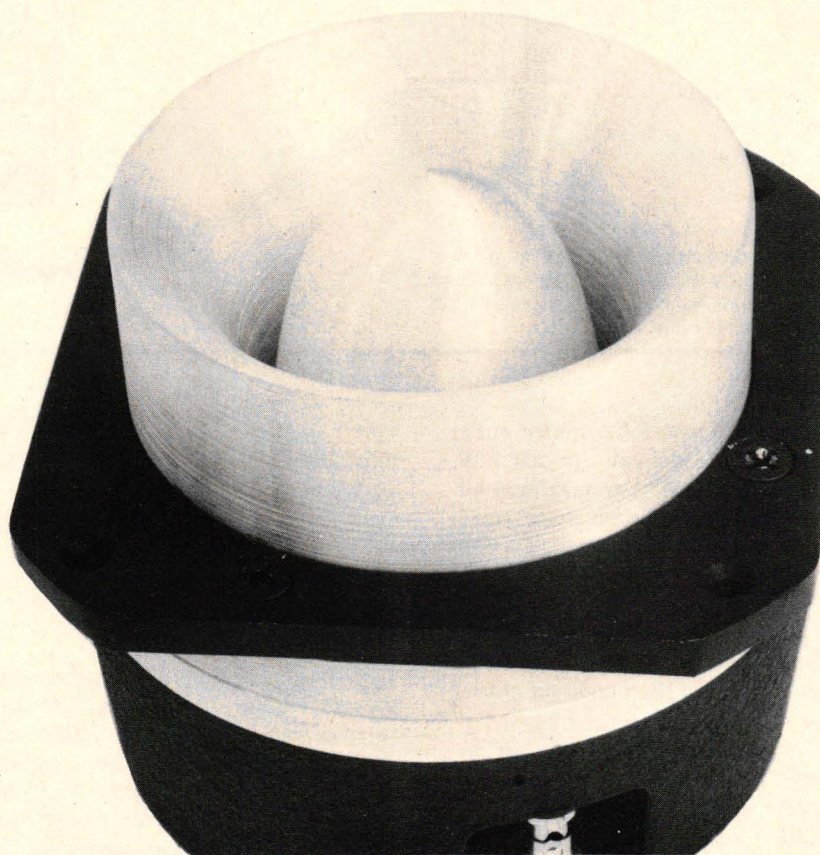
■ ■ Som nämndes kan man i sidosystemet använda JBL 075 som diskant. Enligt många mening är detta ett element vars goda ljudkvalitet inte har någon motsvarighet. Det har dock en relativt snäv spridningsvinkel som kan förbättras genom att man placerar en lins framför, som t ex JBL 2308. Lyssning rakt framifrån kan ge ett något hårt intryck, men denna hårdhet försvinner med användande av linsen. I övrigt är ljudet mycket mjukt p g a låg distorsion även vid de höga ljudtryck som elementet kan prestera.

Anpassa nivåerna

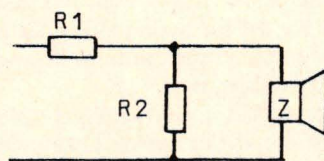
Elementet 075 har högre verkningsgrad (61 dB EIA) än vad 2110 har (48 dB EIA) och man måste därför införa en dämpning. I stället för den enkla potentiometerkopplingen som visas i sidosystemets filter bör man använda dämpning med motstånd enl figuren intill. Genom att välja lämpliga värden på R1 och R2 kan man hålla konstant impedans på ingången av dämpsatsen. Detta är mycket viktigt eftersom högpassfiltret (kondensatorn) som ligger före dämpnätet måste känna konstant impedans. I annat fall ändras brytfrekvensen (övergångsfrekvensen) samtidigt som dämpningen ändras. Man kan bygga upp ett antal nät som ansluts till en omkopplare för varierbar dämpning i fasta steg. Det finns annars på marknaden potentiometrar som är kopplade för konstant inimpedans. Sådana tillverkas t ex av Elektrovoice. För 075 i kombination med 2210 gäller R1 = 7,5 ohm och R2 = 3,9 ohm. Om man använder lins framför diskantelementet är lämpliga värden R1 = 3,9 ohm och R2 = 10 ohm eftersom man i det fallet har en större spridning av den utstrålade effekten. Använder man elementet 077 skall man välja R1 = 2,9 Ω och R2 = 13,5 Ω . ■

Fig 1. Med denna koppling kan man samtidigt få konstant inimpedans och olika värden av dämpning. Värden för R1 och R2 beräknas enl tabellen (fig är hämtad ur den "Konstruktionsguide" som tagits fram av JBL-distributören Tommy Jenving AB, Göteborg. Där kan samtliga JBL-element som nämns i boken anskaffas).

Fig 2. Diskantelementet JBL 075.



Z = impedansen i ohm		Dämpn. dB	A	B
R1 = Z A		0,5	0,056	16,876
R2 = Z B		1	0,109	8,196
		2	0,206	3,862
		3	0,292	2,424
		4	0,369	1,710
		5	0,438	1,285
		6	0,499	1,005
		7	0,553	0,807
		8	0,602	0,661



område är brantheten 6 dB/oktav.

Schemat för filtret visas i fig 1. Vid beräkningen antar vi att $R_1 = R_2$, varvid gäller att:

$$C = \frac{2 \cdot \zeta}{\omega \cdot R_2}$$

$$L = \frac{R_1}{2 \cdot \omega \cdot \zeta}$$

$$\zeta = \frac{(R_1 + R_2)}{2 R_1 \cdot R_2} \frac{L}{C}$$

För att filtret skall stämma i realiteten skall man för R_1 och R_2 inte räkna med elementens märkimpedanser utan mäta upp vilken impedans dessa har (monterade i låda) vid övergångsfrekvensen.

Mätningen kan enklast göras så att en högtalare ansluts till förstärkare via en kalibrerad potentiometer (t ex 50 ohm). Man mäter spänningen över högtalaren resp över potentiometern. Denna ställs in så att man får lika stor spänning över denna som över högtalaren. Då har man ju samma impedans i högtalare och potentiometer och kan därför få högtalarimpedansen som är lika med det resistansvärde som vi läser av på potentiometerskalan. Genom att mäta upp impedansen vid flera frekvenser kan vi plotta dessa värden i en impedanskurva. Som voltmeter använder vi en tonfrekvensvoltmeter eller ett oscilloskop. (Mätningen förenklas med ett dubbelstråleoscilloskop).

En enklare variant är att lägga ett 100 ohms motstånd i serie med högtalaren. Vi mäter spänningen över högtalare resp 100 ohms-motståndet och kan med Ohms lag beräkna högtalarimpedansen.

Mätningar har visat att elementet P 30/37 i dess 8 ohms version från Isophon monterad i ett 70/80-horn har en impedans av 4,9 ohm vid 650 Hz och en likströmsresistans av 4,5 ohm. Detta innebär en verkningsgrad av ca 8 % (vilket även andra beräkningar pekar på).

Mellanregistersystemet PH50/PD50 har en något högre impedans vid 650 Hz vilket innebär att konstanten $\zeta = 0,5$ en tidigare uttryck. En lämplig delningsfrekvens för nämnda kombination är 650 Hz eller högre (< 800 Hz).

Butterworth-karakteristik

Om man väljer $\zeta = \frac{1}{\sqrt{2}}$

så får man 1:a ordningens Butterworthfilter. Uttrycken för L och C blir då:

$$L = \frac{R_1}{W_0}$$

$$C = \frac{1}{W_0 R_2}$$

om $R_1 \approx R_2$

Litteratur:

Activ and passiv Filters as Loudspeaker Crossover Network JAES, 1971 Jan: vol 19 nr 6
(Finns t ex på högskolebibliotek)

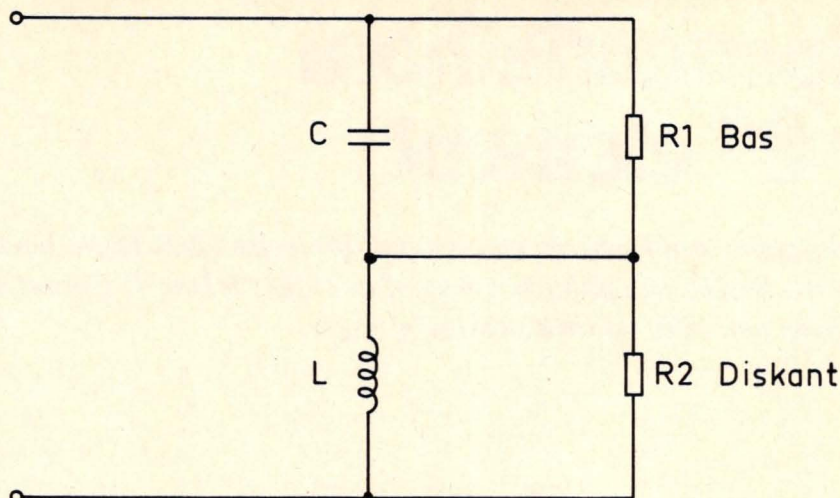


Fig 1. Filter av första ordningen enl Kaminsky.

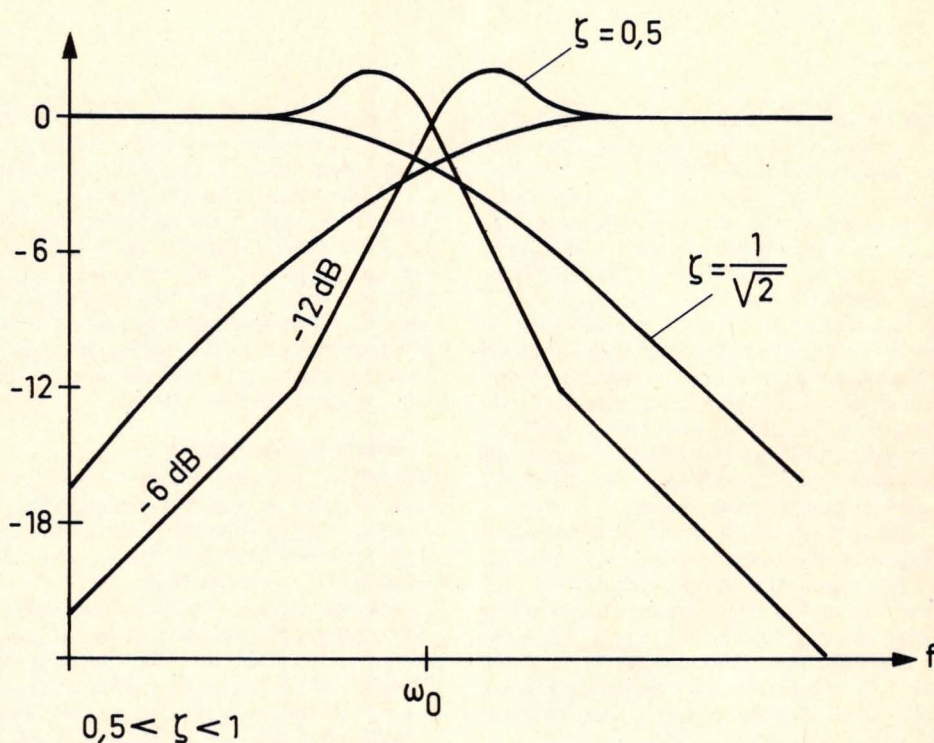


Fig 2. Överföringskarakteristik av filtret enl fig 1. Här visas vad som händer vid olika värden av ζ .

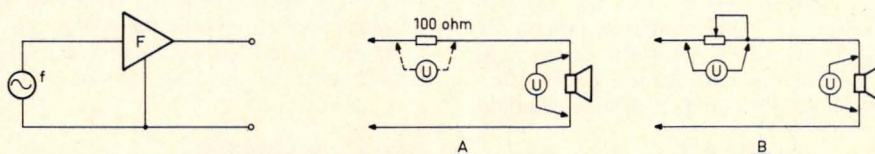


Fig 3. Schema för bestämning av högtalarens impedans vid olika frekvenser. Se texten. a) med 100 ohms motstånd i serie med högtalaren. b) med potentiometer för direkt avläsning av högtalarimpedansen.

Exponentialhorn för 8" element

Hornhögtalare som bygge är en gammal företeelse i RT. Detta horn har tagits fram av Werner Schmacks, Berlin, och publicerades redan 1959 i RT nr 7. Hornet skiljer sig från övriga konstruktioner i denna bok i det att förkammare ej ingår.

■ ■ Att exponentialhornet har stora fördelar i jämförelse med en basreflexlåda visade Werner Schmacks redan 1959 i RT nr 7. Han redovisade mätningar av ett 21 cm högtalarelement placerat i dels en basreflexlåda och dels i det exponentialhorn av egen konstruktion som visas här. Distorsionen i basreflexlådan var påfallande hög vilket framgår av fig 1. Distorsionen påverkades i mycket liten utsträckning när basreflexöppningen varierades i storlek. Lyckligtvis hör man basdistorsionen endast när denna uppnår mycket stora värden, den gör sig f ö märkbar i första hand som en viss hårdhet hos bastonerna. Framför allt blir denna hårdhet påfallande vid vissa toner som frambringas på kontrabas.

Man har angivit medel för att komma ifrån denna hårdhet, exempelvis genom införande av dämpande material på vissa ställen i ljudets väg mellan högtalare och basreflexöppning. Det har emellertid visat sig att dylika anordningar har en icke önskad biverkan i det att verkningsgraden för bastonerna minskas och därmed kan den önskade basreflexverkan bli mer eller mindre illusorisk.

Beräkningsgrunder för exponentialhornet

Exponentialhornet förbättrar vid låga frekvenser den dåliga anpassning som föreligger mellan högtalarmembranet och den omgivande luften. Genom exponentialhornets form ökas trålningsresistansen avsevärt för högtalarens membran ända ned till hornets undre grännsfrekvens.

Om hornet utformas med tvärsnittsökning enligt en exponentialfunktion ernås bästa verkan vid minsta möjliga volym. Öppningsarean A hos hornet bör dimensioneras så att

$$A = A_0 e^{\lambda l}$$

där A_0 = hornets ingångsarea vid högtalarmembranen, λ = utvidgningsexponenten och l = avståndet, mätt från hornets mynning. Se fig. 2. Exponenten λ bestämmer undre grännsfrekvensen f_u hos hornet. Följande samband gäller

$$\lambda = 4\pi f_u / c$$

där c = ljudhastigheten, ca 340 m/s. För en undre grännsfrekvens av ca 30 Hz får man tydligen $\lambda = 1/90$.

Anpassningen till ett runt exponentialhorn är ideell när öppningsvinkeln α hos hornet vid ändpunkten, se fig 2, uppgår till 45° . Därvid är radien r hos utgångsöppningen $= 2/\lambda$ (i cm). Det framgår härav att för ett ideellt horn med 30 Hz grännsfrekvens behövs det en utgångsöppning med 180 cm radie. Fortsätter man att räkna kommer man fram till att hornets volym uppgår till åtskilliga m^3 . Sådana storlekar hos en högtalaranläggning ligger givetvis helt och hållet utom det möjligas gräns när det gäller hemapparater.

Avkortat exponentialhorn

Lyckligtvis kan man minska volymen högst avsevärt utan att grännsfrekvensen ändras. Genom att minska volymen — det är detsamma som att man förkortat hornet — uppstår endast en viss missanpassning.

Man kan göra en jämförelse med elektriska filterkedjor. Där påverkar en felaktig avslutningsimpedans en viss »vågighet» hos impedansen sedd från generatorsidan. På samma sätt är det med ett förkortat exponentialhorn. Fig 3 visar strålningsresistansen som funktion av frekvensen för ett ideellt horn (kurva a) och ett förkortat horn (kurva b) samt strålningsresistansen som funktion av frekvensen för en 21 cm högtalare utan baffel (kurva c). Kurvan för strålningsresistansen som funktion av frekvensen för det förkortade hornet (kurva b) motsvarar ganska nära den impedanskurva se fig 4 som uppmättes för en 21 cm 4 ohms högtalare, inbyggd i det förkortade exponentialhorn som skall beskrivas i det följande. Detta horn har en volym av endast $0,23 m^3$ och har undre grännsfrekvensen vid 30 Hz.

Ljudtryckskurvan för ett förkortat horn kommer sålunda att uppvisa en viss vågighet i det lägre frekvensområdet. Denna vågighet är emellertid av mindre betydelse, då den täcks av resonansfenomen i lådan och interferensfenomen i återgivningsrummet.

Veckat exponentialhorn

Konstruktören har gjort en del försök att reducera volymen hos ett exponentialhorn genom att vecka det i en lämplig låda. Försöken

har resulterat i en låda, uppbyggd av 19 mm porösa träfiberplattor med en volym av $0,23 m^3$ och en hornlängd av ca 2,5 m. Försök med en $0,15 m^3$ låda blev märkbart sämre i fråga om basåtergivningen.

Bilderna visar måttsskisser och en perspektivskiss för en exponentiallåda av detta slag. De olika väggarna och mellanväggarna måste skäras till mycket exakt, så att inga otätheter uppstår. Detta är viktigt, framför allt vid hornets ingång. Exakt tillskurna plattor förenklar också hopbyggnaden och hoplimningen av lådan. Vanligt trälim kan utnyttjas.

Som högtalare kan man använda vilket system som helst med en diameter mellan 20 och 22 cm och med en egenresonansfrekvens mellan 45 och 70 Hz. Egenresonansens läge inom

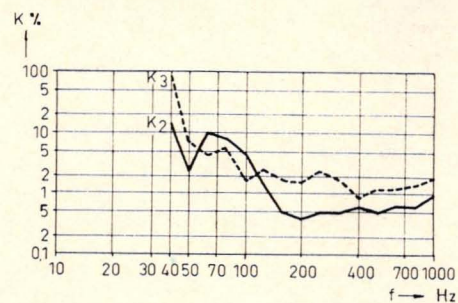


Fig 1. Distorsionskurvor för 21 cm högtalare med 5 W belastning. Högtalaren är inkopplad i en 140 l basreflexlåda. K_2 och K_3 är distorsionen p g a andra och tredje deltonen.

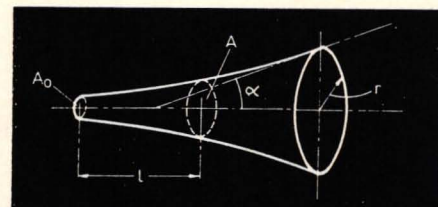
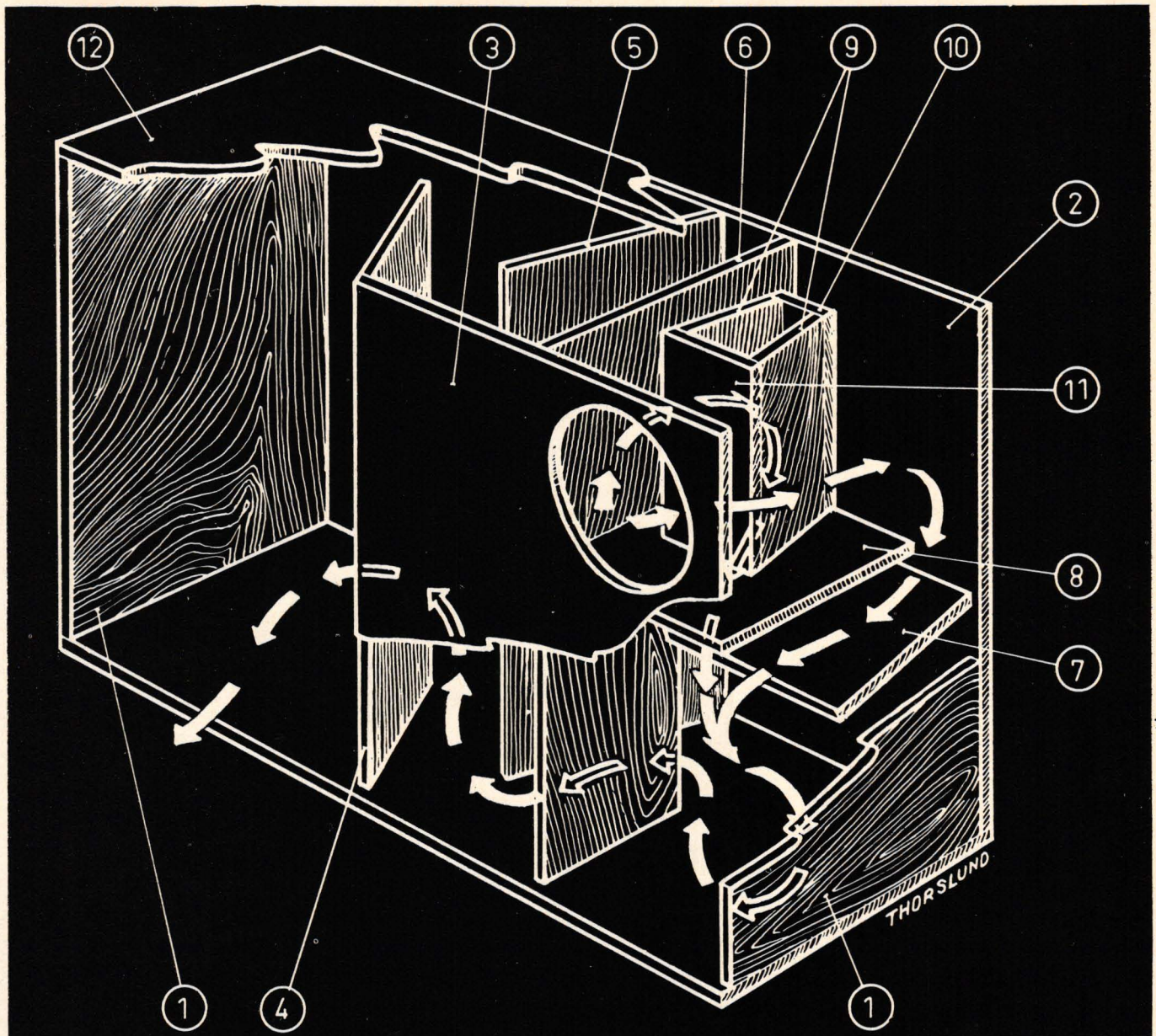


Fig 2. Exponentialhorn.



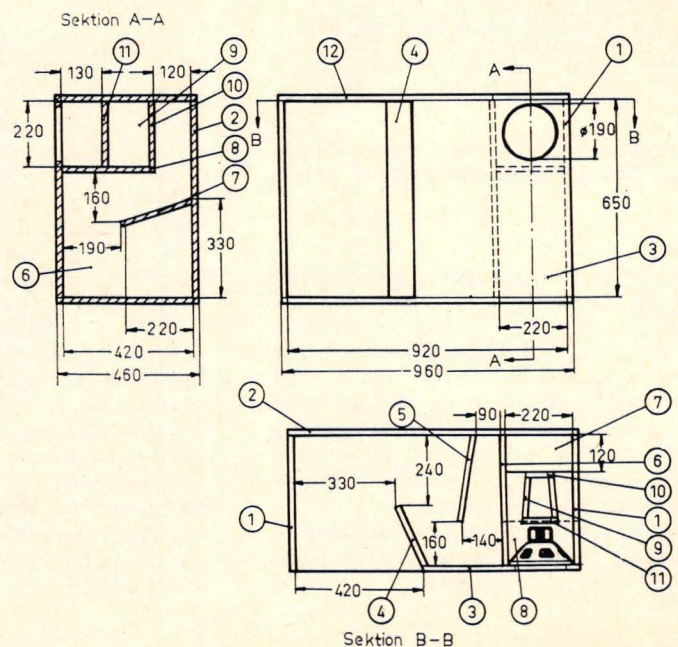
I perspektivskissen ovan visar pilarna ljudets väg i det veckade exponentialhorn som beskrivs i artikeln på motstående sida. Ljudet passerar ett 2,5 m långt horn, vars tvärsnittsarea vidgas exponentiellt, mynningen på hornet mäter 42x65 cm. Genom att hornet är veckat får det plats i en låda av måttliga dimensioner 96x46x65 cm. T.h. visas en måttskiss (mått i mm) för det veckade exponentialhornet, som byggs upp av porösa träfiberplattor, ca 2 cm tjocka, som limmas ihop med kallim. Siffrorna i denna skiss korresponderar med motsvarande siffror i perspektivskissen ovan. Det veckade hornet bör placeras i en snygg trälåda, som förses med ben och öppningar för högtalaren och hornmynningen.

Måtten för väggar och mellanväggar:

- Det. 1: 42x65 cm (högra gaveln, sedd framifrån)
 Det. 1: 44x65 cm (vänstra gaveln, sedd framifrån)
 Det. 2: 96x65 cm
 Det. 3: 52x65 cm (med 19 cm högtalaröppning)
 Det. 4: 22x65 cm (ena långkanten avfasas)
 Det. 5: 27x65 cm (ena långkanten avfasas)
 Det. 6: 42x65 cm (med trapetsformig ursågning)
 Det. 7: 22x25 cm (ena kortkanten avfasas)
 Det. 8: 22x30 cm
 Det. 9: 22x13 cm
 Det. 10: 22x10 cm } (2 stycken)
 Det. 11: 22x12 cm } (sammanfogas till trubbig »kil«)
 Det. 12: 96x46 cm (förses med lock, 23x14 cm, ovanför högtalarkammaren)

Bottenplatta: 96x46 cm

På överstycket (12) anbringas ett lock 23x14 cm för högtalarkammaren, det fastskruvas på trälistor, som fastlimmas på väggarna (1) och (6). Av stor vikt är att fogarna blir täta, särskilt i den av väggarna (1) och (6) begränsade delen av lådan. Såga till delarna mycket exakt, det underlättar hoplimningen, som lämpligen utföres i ordningsföljden: Bottenplatta + (2)+(1), (vänstra gaveln)+(1), (högra gaveln)+(6)+(8)+(7)+(3)+(9), 2 st, (10), (11)+(5)+(4)+(12).



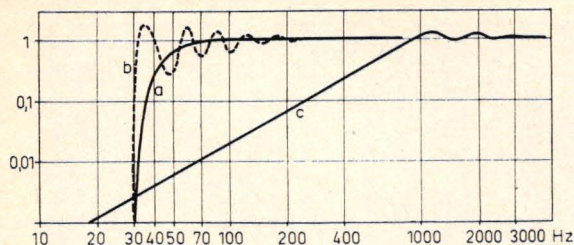


Fig 3. Kurva a) Strålningsresistansen som funktion av frekvensen för ett idealt exponentialhorn. Kurva b) Strålningsresistansen som funktion av frekvensen för ett förkortat exponentialhorn. Kurva c) Strålningsresistansen som funktion av frekvensen för 21 cm högtalare utan baffel.

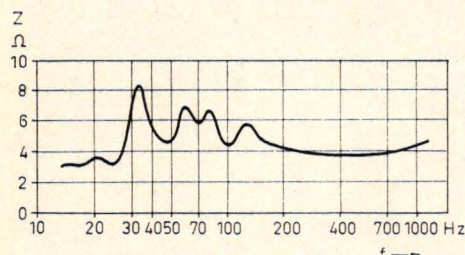


Fig 4. Impedanskurva för 4 ohms högtalarelement vid montering i det beskrivna 230 l exponentialhornet.

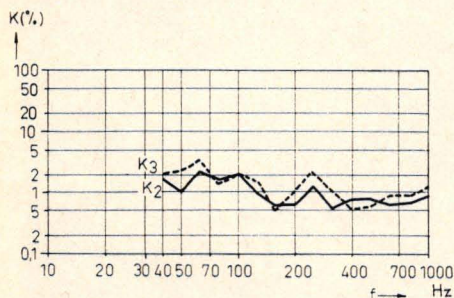


Fig 5. Distorsionen för 21 cm högtalare, monterad i det beskrivna 230 l exponentialhornet. Tillförd effekt 5 W. K₂ och K₃ avser distorsionsbidraget från andra resp tredje deltonen.

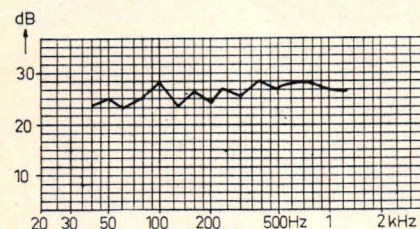


Fig 6. Ljudtryckskurva för det färdiga exponentialhornet. Mätningen är utförd med hjälp av vitt brus.

detta område har knappast något inflytande på klangen, emedan hornet genom den fasta kopplingen dämpar högtalarmembranet så starkt att det huvudsakligen är hornet som bestämmer ljudtryckskurvan vid frekvenser under 100 Hz. Detta är ju en påtaglig fördel, som exponentialhornet har framför basreflexlådan, vid vilken ju, som känt, högtalarresonansen, höljets volym och basreflexöppningen måste avstämmas mot varandra.

Den starka dämpningen av membranen genom hornet ned till 30 Hz medför i övrigt ytterligare två väsentliga fördelar:

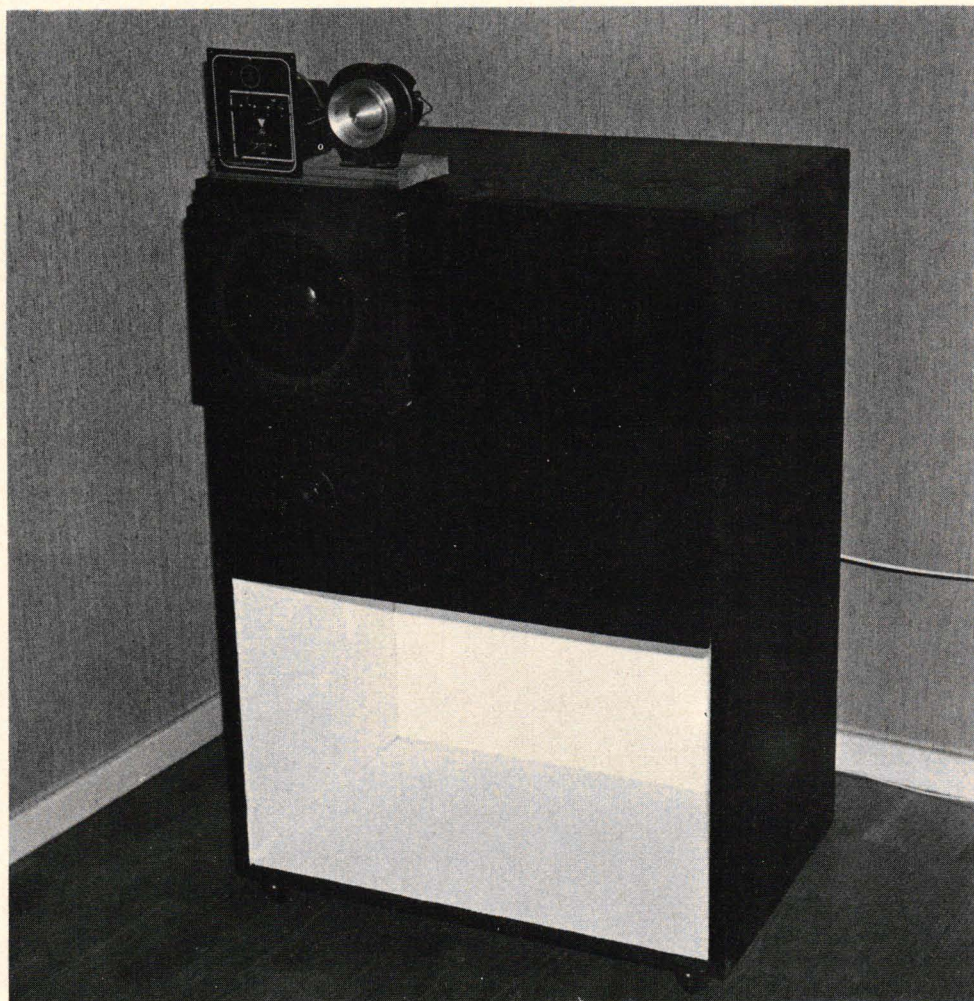


Fig 7. Bilden visar hur ett Schmackshorn kan ta sig ut. Genom att ställa hornet med öppningen mot golvet kan man få viss basvinst genom speglingen av utgångsarean. Med rätt elementval kan detta horn låta mycket bra. Här används JBL D208 (2110), JBL 075 med delningsfiltret LX 10. (Foto och bygge: Curt Sandberg, Viggbyholm.)

1) Talspolens rörelseamplitud blir ned till 30 Hz mycket liten. Detta återverkar mycket gynnsamt på distorsionen, vilket framgår av fig 5, som visar klirrfaktorvärdena vid 5 W tillförd effekt. Jämför man med motsvarande värden i fig 1 för en högtalare, inmonterad i en basreflexlåda, finner man att distorsionen i exponentiallådan ligger en tiopotens lägre!

2) Tack vare god verkningsgrad hos exponentialhornet behövs det mycket obetydlig effekt för att få full ljudvolym i lyssnarummet.

3) Vid 5 W tillförd effekt är distorsionen ännu långt under den gräns, vid vilken den är uppfattbar. Ett högtalarsystem som normalt belastas med 5–6 W kan utan vidare drivas med 10–12 W utan att distorsionen når sådan nivå att den blir störande.

Av vad som sagts torde ha framgått att dämpningen av detta högtalarsystem endast är verksam ner till den undre gränshänsen, i detta fall 30 Hz. Man finner också vid genomprovning med tongenerator med kon-

stant utgångseffekt att membranamplituden ökar snabbt under 30 Hz. Det är därför inte rådligt att använda ett alltför mjukt högtalarsystem med egenresonans under 45 Hz. I annat fall kan motorbuller eller andra mycket lågfrekventa impulser förorsaka otillåtet starka membranrörelser.

Det bör påpekas att »kammaren», i vilken högtalaren monteras, inte kan göras godtyckligt stor. Denna luftkammare verkar nämligen som ett akustiskt delningsfilter, i den här beskrivna lådan kan endast frekvenser upp till ca 150 Hz ledas genom hornet, för högre frekvenser verkar högtalarsystemet som en direktstrålar.

Inte heller ingångstvärsnittet hos hornet bör ändras för mycket.

Fig 6 visar en ljudtryckskurva för den färdiga exponentiallådan, upptagen med hjälp av »vitt brus». Kurvan ger medelvärdet av fem ljudtryckskurvor som upptagits på fem olika ställen i ett boningsrum.

RT-hornet

● *RT-hornet, som presenteras här i sin tredje version, gav efter publiceringen 1973 upphov till en ny hornvåg i Sverige.*

● *Det är relativt lättbyggt p g a rektangulära segment. Hornet har en låg undre gränsfrekvens tack*

vare den stora öppning som bildas av fundament, vägg och golv.

● *Med fördel kan man använda ett gemensamt horn för basen. I kapitlet visas ett förslag till sidosystem för mellan- och diskantregister.*

■ RT publicerade på 50-talet en del stora exponentialhorn, tillika något horn teori. Ett exempel var Schmacks bidrag i det horn för 8" element som publicerades i RT 1958 nr 10 och 1959 nr 7 och som även återfinns i denna bok. Av någon anledning dog den första "horn"-vågen ut under 60-talets början. Många trodde väl att andra mindre typer av högtalare skulle kunna utvecklas väsentligt, men med få undantag blev det inte så. Det gäller väl egentligen bara de senare årens elektronikstyrda högtalare där man ur en liten låda kan få mycket bas (se byggbeskrivningen av Mini 10).

Många önskemål om ett bashorn pånyttfödde idén om 3D-system

När förf:a våren 1972 mera konkret började diskutera en byggbeskrivning av ett renodlat bashorn utgick vi från det befintliga gamla hornet, en variant av 50-talshornen, konstruerade av BK. Vid den tiden hade också en mängd brev och läsarönskemål, framförda på olika sätt till RT, givit rätt klar indikation om att många tröttnat på de inte särskilt baspotenta småsystem de hade och gärna skulle vilja komma över anvisningar till ett bygge som bättre tillfredsställde t ex återgivning av goda orgelupptagningar och en del annan krävande

musik, vid vars lyssnande känslan "något fattas" alltför ofta infann sig. Dra bort en del inbillade saker och överdrifter, kvar stod att ett stort system med mäktig — och helst ren — bas står högt på många audiovänners önskelista, detta utan att man skall behöva ge 2×5 000—10 000 kr för något av de klassiska, USA-byggda studiosystemen, som många icke med orätt har som ideal.

Bra högtalare, sak samma vad man främst vill ha ut av dem, är alltid dyra. Men en högtalare som utan att vara oöverkomligt kostsam erbjuder uttalade kvaliteter — trots att det visst finns begränsningar också här — och mycket väl lämpar sig som hembygge är just hornet, så mycket mer som det hela inte är särskilt kritiskt att göra och knappast kräver lab-resurser för fullbordan även om man sannoligen kan råka ut för oväntade problem med svängande väggar o dyl. Hornet byggs ju också på beprövade principer, och det kan förses med standardframställda, likaledes rätt prisbilliga och allmänt tillgängliga komponenter.

Exponentialhornet företräder en välkänd, om också ibland debatterad princip.

Hornet låter sig väl utföras med spånplattor, vilka är ett ganska billigt, lättillgängligt och lättarbetat material. Spånplattan har kri-

tiserats i samband med högtalarbygge, t ex för risken av resonanssvängningar, men vet man vad man gör får fördelarna anses så stora att de överväger.

Utifrån dessa överväganden konstruerades nu ett horn med så små fria, svängande ytor som möjligt. Hornet skulle med fördel bilda grunden i ett trehögtalarsystem av det slag RT ofta förordat som effektivt.

Trehögtalarsystemet består alltså av två sidosystem för stereolyssning och ett gemensamt bassystem som tar hand om frekvenser lägre än 300 Hz. Örat kan nämligen inte riktighetsbestämna frekvenser under ca 300 Hz. Kopplingen benämnes oftast 3D-koppling men egentligen är detta en felaktig beteckning eftersom man ej tillför lyssningen någon ny dimension. I stället är det så att man får ett normalt stereoeintryck. Transienterna från anslaget av basinstrumenten distribueras av sidosystemen och av örat uppfattas detta som om hela basinformationen kom från dessa.

Hornet gjordes så, att det lämpar sig för placering mitt på en vägg. På ett tidigt stadium frångicks tanken att göra ett gängse "corner horn", ett i väggvinkeln placerat, vec-kat horn som s a s är fäällt bakåt in i sig självt och som utnyttjar sin bakstrålning över väg-garna för basåtergivningsvinst. Sådana hörn-

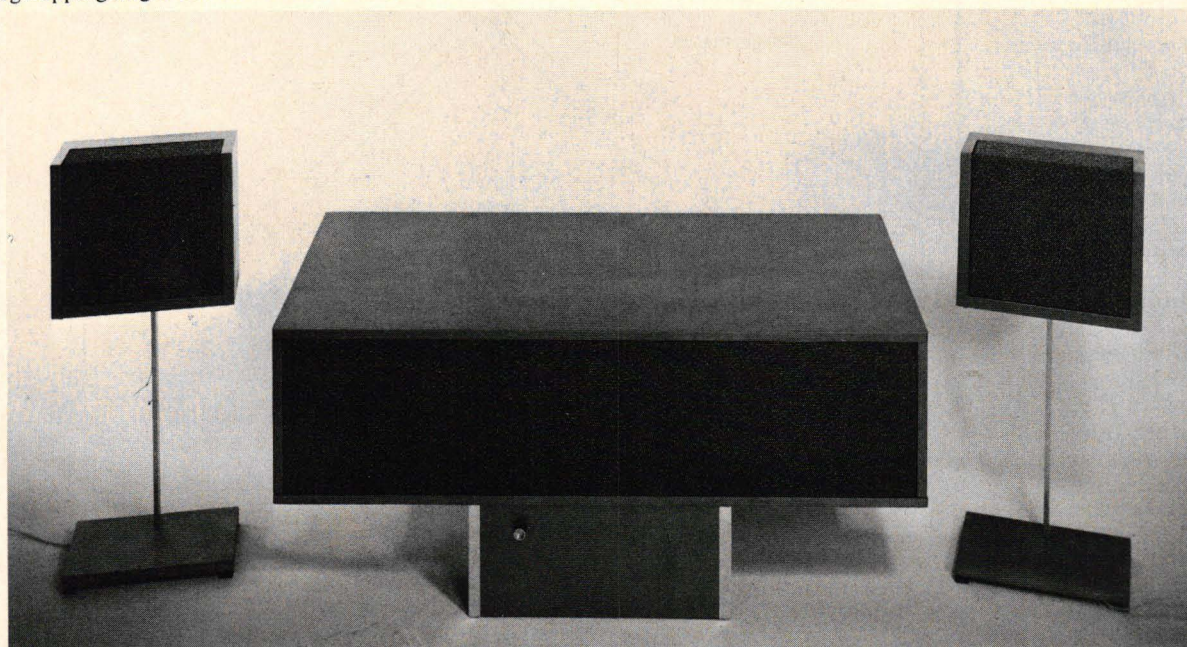


Fig A. RT:s "3D"-system för stereofoni från två mycket lättdrivna sidosystem med måttlig volym samt en gemensam baskanal i form av ett — all verksam volym inräknad — 360 liters exponentialhorn för frekvensområdet ca 25 Hz till omkring 300 Hz. Hornet vilar på ett specialfundament som bidrar till konstruktionens optimering. Sta-

tiven till sidosystemen är gjorda av stålprofiler. Dessa system är enkelt omställbara för reflexionsljud resp direktstrålning av mellan- och diskantregistren.

horn finns många av. Mest känt torde *Paul W Klipschs* klassiska och sedan 1940 patentsökta horn vara.

Ursprungslösningen av det här beskrivna hornet bestod i att konstruera ett horn som samtidigt fungerade som underskåp i ett bokhylla- och förvaringsmöbelsystem. Trots den ofrånkomliga storleken på hornet fick möbelen inte bli för skrymmande och klumpig. En lösning blev då att golvutrymmet under hornet fick ingå som en del i detta liksom att totalhöjden gjordes låg, så att möbelen kan fås att smälta in i gängse inredningsstil; ev då som bänk för TV, blomsterarrangemang, farfars byst m.m.

Förkammarlöst ursprungshorn

Den första varianten av hornet hade ej någon sluten kammare för högtalarelementet. Den principen, som t ex utnyttjas i *Schmackshornet*, kräver att högtalarelementet har en resonansfrekvens som ligger över hornets. Hornet belastar nämligen inte elementet under sin gränshöjd och alltför stora konrörelser kan då bli följden hos högtalarelementet vid låga toner. Detta kan förstöra elementet.

Här uppträdde ett problem. För 15 år sedan kunde man nöja sig med att systemet tålde en tillförd effekt av 10–15 W per kanal. I dag är kraven högre satta. Tiotums högtalarelement med resonansfrekvenser väl över 30 Hz är svåra att finna i den önskade Hi fi-klassen och dessutom tål de nominellt inte mer än 10 W på baffel eller 20 W i ett horn.

Förkammare löste problemet

Det välbekanta sambandet mellan dagens mest använda högtalarelement och den sedan länge påtagliga dominansen av slutna lådor kom nu att studeras. Varför inte ta fasta på detta, liksom att försöka anpassa det stora hornet genom att driva det med en högtalare anbragt i ett slutet hölje? Gick det att utföra, skulle man kunna lägga på ca 50 W utan ovan påtalade risker för konskador etc.

Principen med "akustiska kammare" i horn och homelement är i och för sig känd. Det förhåller sig ju så vid hornhögtalare, att dess luftmassa (som svarar mot en induktans) kompenseras av membraninspänningens styvhet (vilket motsvarar en kapacitans), varvid en reell strålningsimpedans föreligger. Hornet kräver på dessa grunder principiellt system med relativt stel membraninspänning. Härvid formuleras kravet på att gränshöjden för hornet förläggs minst en halv oktav och gärna en hel oktav under systemets resonansfrekvens. Man kan peka på att ett antal konstruktioner utnyttjar en sådan kapsling, men de närmare beräkningarna är som regel omgärdade av stor hemlighetsfullhet. Dimensionering är något som resp konstruktör svart-sjukt slagit vakt om. Det gängse i de här sammanhangen är, som tidigare redogjorts för, konstruktion med en kammare som lagts mellan högtalarelementet och hornet; sådana mellan- och diskantregisterhorn har flera gånger beskrivits i RT. Dvs lösningen tillgrips för elementets o dyl bakre omgivning, inte som här i form av en större "förkammare". — En annan känd företeelse är användning av akustiska kammare i anslutning till själva hornets drivsystem, utformade som lågpasfilter.

"Kammarprincipen" använder t ex *Klipsch*

i sitt 1940 patentsökta, veckade horn, som är ett mellanting mellan direktstrålar och "bakblåsare", i form av en luftkavitet eller akustisk kammare över högtalarelementets (det ena, nota bene) baksida, där det sitter ett slutet hölje, vars uppgift det är att med sin inneslutna luftvolym kompensera impedansen från hornets luftmassa. Den i lådan befintliga luften motsvarar då en kapacitans och kan i stället för membraninspänningen verka utjämnande på hornmynningen.

Lösningen har främst två fördelar: Man får en linjärt verkande återställningskraft hos luftfjädringen ("acoustic suspension"-principen), och man når vid korrekt beräkning en hög noggrannhet vid impedanskompensering.

Tredje versionen optimerad

Hur den första versionen byggs framgår av en bildserie litet längre fram i kapitlet. Då metodiken är densamma för den här visade versionen har vi låtit bildserien bestå. Säkert framgår här alla praktiska små lösningar vid sammanställningen. Version två presenterades i

RT 1973 nr 4 och hade alltså förkammare. Denna har vidareutvecklats till en tredje version som här presenteras. Skillnaden mot den andra versionen ligger i ett antal kompensationsbitar i det veckade hornets hörn för att undvika stående vågor. Framför allt förbättras högfrekvenssegenskaperna med detta och frekvenskurvan blir jämnare. I den första och andra varianten bestod bitarna 8 av en enda plan skiva. Detta gav upphov till stående vågor vilket visade sig som resonanser i frekvenskurvan. Med det nya, vinklade utförandet elimineras denna effekt. Frekvenskurvan blir linjärare och den förbättrade anpassningen torde bidra till högre verkningsgrad.

Exponentialhornet lätt att bygga

Hornets konstruktion gör att det är ganska lätt att bygga, se *fig 1*. Mellan två skivor (1) ligger de olika segmenten. De flesta av dessa är rektangulära och därför lätta att såga ur. Tack vare hornets utförande kan detta sammanställas med spikning (4–5 cm dyckert vilkas skallar slås ned i plattan) och limning.

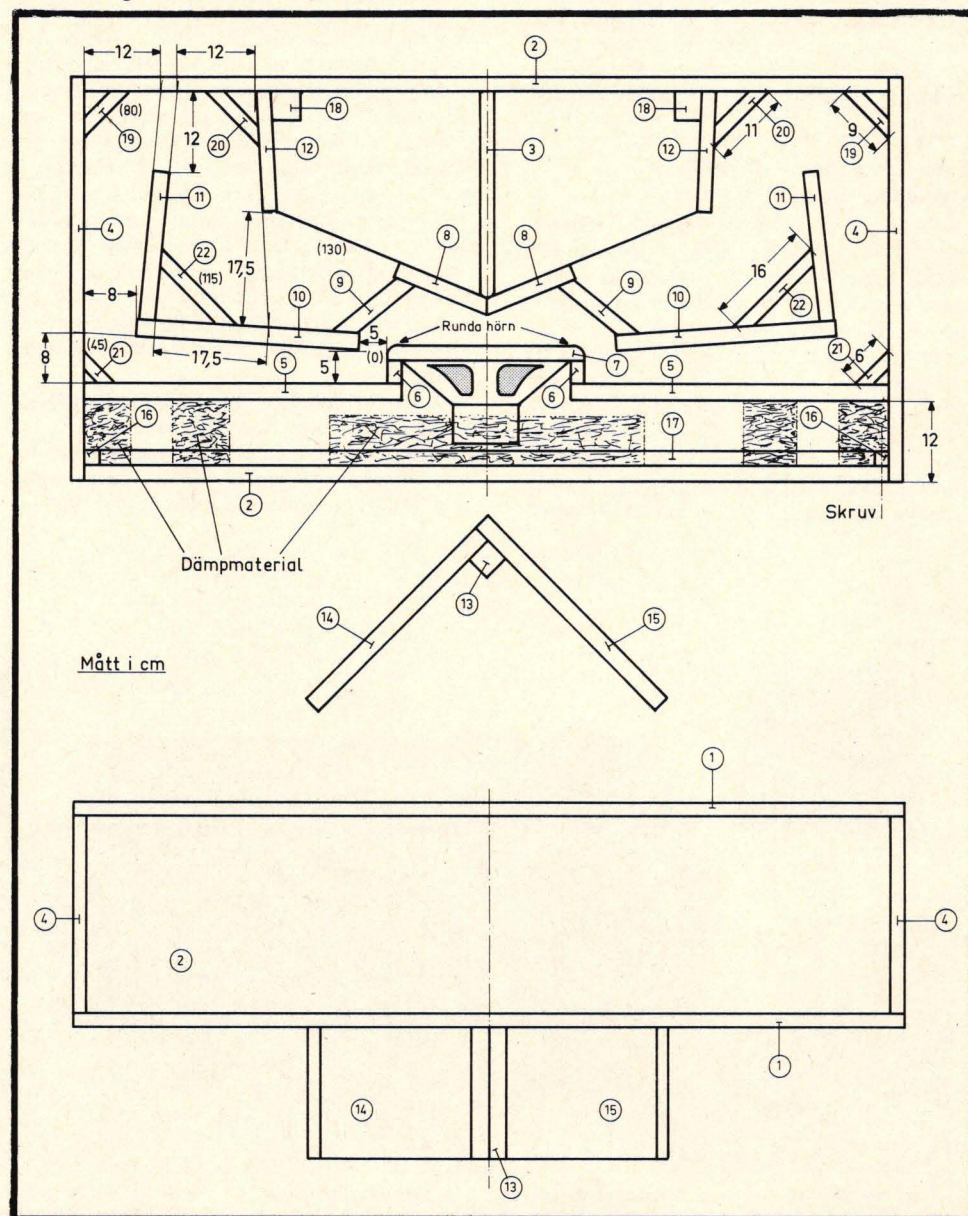


Fig 1. Huvudritning över bashornet i dess tredje utförande med sluten förkammare, kompensationsbitar i hörnen och en vinklad front (8) mot elementet. Förkammaren dämpas enligt fig och skall vara helt tät. Fundamentet kan exempelvis målas mattsvart för att ge ett diskret intryck.

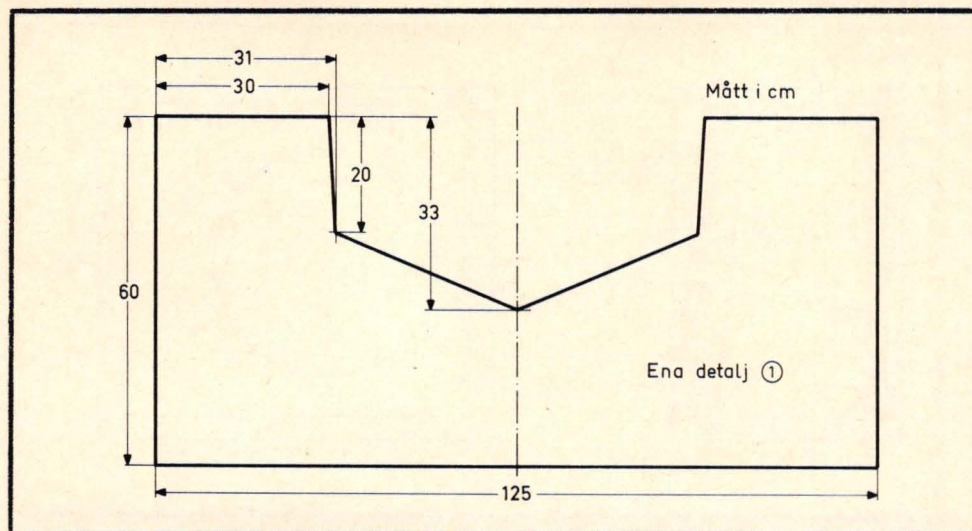


Fig 2. Detaljritning av det undre stycket (1).

Spikarna håller samman hornet vid bygget. När limfogarna har torkat håller dessa samman segmenten.

Några kommentarer om avsnittet "Stegvis byggbeskrivning av exponentialbashornet" är här på sin plats:

Avsnittet utformades med tanke på de första varianterna. Glöm därför inte att tillfoga de nya segmenten, dvs de bitar som placerats i hörnen: 19, 20 och 21. Tillkommit har även stagbiten 3 mot de numera vinklade bitarna 8. Det kan vara en fördel att även staga frontplattan 2 mot bitarna 5 med en fyrkantstav.

Dämpningen av den slutna kaviteten bakom högtalaren sker med mineralull. Dämpmaterialet skall läggas så som visas i fig 1. Lämplig tjocklek är 10 cm.

Val av baselement

Tack vare att förkammare nyttjas har man en hel flora högtalarelement att välja emellan. Vi har fått goda resultat med följande:

Philips AD 10100/W8

Peerless L100 WG

Isophone PSL 245/35

Isophone PSL 245/60

Det sistnämnda elementet tål hela 60 W.

Mätningar som gjorts med primitiv mätutrustning (och som därför skall tas med en nypa salt) pekar på ett frekvensområde av 30–300 Hz. Över 300 Hz faller frekvenskurvan relativt brant, vilket är en fördel i ett 3D-system där man ej vill höra mellanregistertoner från basdelen. En annan fördel med akustisk brant dämpning över 300 Hz är att den harmoniska distorsionen, som redan är extremt låg, faller ytterligare. Sålunda faller andratonsdistorsionen med ca 20 dB/oktav över 150 Hz, tredjetonsdistorsionen med lika mycket över 100 Hz osv.

En effektiv undertryckning av frekvenser är nämligen nödvändig om bashornet ej placeras exakt mitt emellan sidosystemen. I kapitlet "Aktivt delningsfilter med förstärkare för högtalaranläggningens baskanal" finns mer att läsa om detta problems lösning.

Hornets verkningsgrad mättes upp till 102 dB vid 1 W in vilket är betydligt mer än vad många slutna lådor av ordinär typ ger. Om vi använder ett element med 50 W tålighet innebär detta att vi kan få ut 117–118 dB. Hornet är alltså mäktigt stora ljudtryck och detta

Stycklista för bashornet

- | | | |
|----|------|------------------------------|
| 1 | 2 st | 125 × 60 |
| 2 | 2 st | 121 × 30 |
| 3 | 1 st | 31 × 30 |
| 4 | 2 st | 60 × 30 |
| 5 | 2 st | 47,5 × 30 |
| 6 | 2 st | 4 × 30 |
| 7 | 1 st | 30 × 30 |
| 8 | 2 st | 14 × 30 |
| 9 | 2 st | 13,5 + 30 |
| 10 | 2 st | 32,5 × 30 |
| 11 | 2 st | 23 × 30 |
| 12 | 2 st | 18 × 30 |
| 13 | 1 st | 5 × 5 × 20 |
| 14 | 1 st | 33 × 20 |
| 15 | 1 st | 35 × 20 |
| 16 | 2 st | 2 × 2 × 30 (fyrkantstav) |
| 17 | 2 st | 2 × 2 × 118 (fyrkantstav) |
| 18 | 2 st | ben 5 × 5 × 52 (fyrkantstav) |
| 19 | 2 st | 9 × 30 |
| 20 | 2 st | 11 × 30 |
| 21 | 2 st | 6 × 30 |

19 mm
spånplatta

19 mm
spånplatta

vid låga frekvenser. Hade vi haft en ordinär högtalarlåda skulle vi förmodligen behövt 10 ggr högre tillförd effekt för att få ut samma ljudtryck. Vi skulle med andra ord behövt en superförstärkare med effekten 500 W!

Att hornet mäter så bra vid låga frekvenser beror mycket på den stora hornöppningens placering vid golvet. Lådans fundament, bitarna 14 och 15 bildar tillsammans med golvet och bakomliggande vägg en hornöppning som är ca 3 600 cm². Golvet speglar dessutom hornöppningen. Man kan därför räkna med dubbla hornöppningen som verksamt, dvs 7 200 cm². Mätningarna var som nämndes tämligen primitiva, men att det lägsta basregistret finns med känns verkligen när man lyssnar.

Förslag till sidosystem

De sidosystem som konstruerades till bashornet togs fram som en kompromiss mellan pris och kvalitet och den visade konstruktionen skall ses som ett exempel på hur man kan göra ett sidosystem. Många byggare av RT-hornet har använt hemmets befinnliga små Hi-fi-högtalare som sidosystem och speciellt bra verkar **Sonab OD 11** och andra Carlssonlådor låta i kombination med bashornet. Ett annat alternativ presenteras i boken, nämligen sidosystem med det förnämliga elementet D 208 (2110) från **James B Lansing (JBL)**, men den högtalarkombinationen kostar 4–5 ggr mer än den här föreslagna. Dessutom har den en verkningsgrad som är för hög för att anpassning skall kunna ske med det passiva 3D-filter som beskrivs i detta kapitel. Däremot sker anpassning enkelt med det "aktiva filtret" enl ett av bokens senare kapitel.

I sidosystemen används till mellanregistret **Philips** klassiska högtalarelement **9710 MC** som har dubbelkon och 8 1/2" diameter. Dess goda transientåtergivning är omvittnat god även om en del lyssnare tycker att det kan låta vasst stundtals. Dess uppbyggnad med kortslutna kopparvarv inlagda i centrumstycket av magneten för att förhindra mätnad i järnet när talspolen rör sig, används numera även av andra tillverkare, tex Scan Speak A/S i deras "symmetrical drive"-element. Philips-elementet 9710 går ganska högt upp i frekvens men man kan som här komplettera med diskantelement som är riktat uppåt för di-

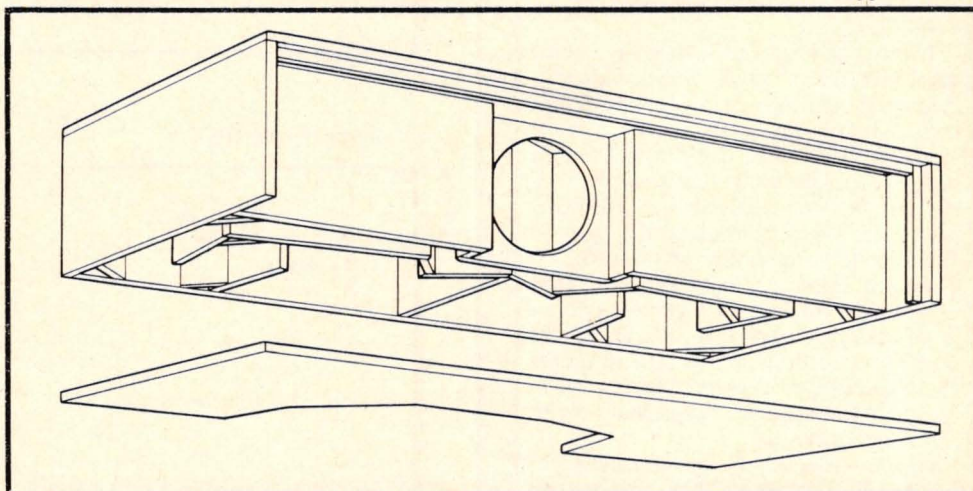


Fig 3. Sprängskiss över bashornet med botten lossad från väggarna. Den slutna förkammaren eller lådan som högtalaren arbetar i utgöres av fronten vänd mot betraktaren. Förkammaren förses med dämpmaterial i form av glasfiber- eller stenullsmattor (10 cm tjocklek) som placeras enl ritningen i fig 1.

skantspridning mot bakomliggande vägg å la Carlsson. Vill man ha ett direkt ljud, kan diskantelementet placeras på samma baffel som mellanregistrelementet, men då bör delningsfiltret kompletteras så att diskantregistret dämpas till mellanregistrelementet. I annat fall kan man få en höjning i det översta registret.

Som diskantelement kan man välja **Philips AD 160/T4**. **Isophone KK7** är ett annat bra val; detta element har en ganska mjuk ljudkarakteristik för att vara en kalotmembranhögtalare (Dome-Tweeter).

Ett förslag till lämplig låda visas i *fig 4*. Fronten lutar något bakåt i överkanten för att undvika förekomsten av parallella väggar som kan ge upphov till resonanser. En sådan uppmättes ändå vid 1 300 Hz, men den kunde lätt dämpas ut med glasfiberull. Lådvolymer är kanske i minsta laget för den använda undre delningsfrekvensen 300 Hz.

Som nämndes finns ytterligare ett sidosystem beskrivet i boken. Man kan naturligtvis använda lådan till detta och montera in de prisbilligare elementen 9710/MC + AD 160/T8, ev för att vid ett senare tillfälle byta ut dessa mot mera exklusiva varianter. ■

LITTERATUR

om horn finns knappast som separata arbeten annat än i form av kompendiutgivning och specialdokument som tex den engelska *Five Speakers and How to Build Them* som **Hi Fi News** utgav för ett antal år sedan jämte olika institutionella rön, osv. Men lite horn-teori av grundläggande slag finns i RT 1959 nr 7 av dr **Werner Schmacks** och i nr 10 året innan fanns ett bidrag av samme förf om dimensionering av ett veckat horn.

I övrigt hänvisas till den rikliga standardlitteraturen som tex *Beraneks Acoustics*, som har ett mycket grundligt och teoribetonat avsnitt om horn. I skrifter av **Harry F Olson** finns även en hel del att hämta; andra förf är *Tremaine*, *Newnes-Butterworth* (Electroacoustics, en **STC**-monografi) och *E Villchur* (Reproduction of Sound). — Populära framställningar har lämnats i *G A Briggs* böcker, av *E Jordan* och av *H H Klinger*, vars lilla bok *Bygg för Hi Fi-ljud* i utdrag är översatt till svenska (**Norstedts**). *J Jecklins* *Lautsprecherbuch* (**Telekosmos**) behandlar också horn lättfattligt osv.

De akustiska och elektroakustiska tidskrifterna som **JAES** har under åren haft en myckenhet bidrag kring kapitlet horn och horn-teori; bla har **Paul W Klipsch** utlagt texten flera gånger.

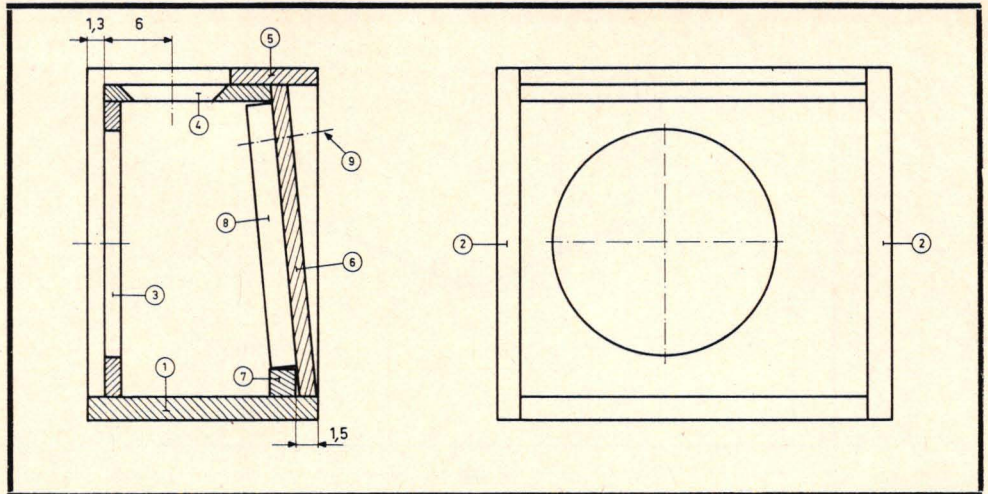


Fig 4. Sidohögtalarsystemen sammanställs enligt dessa ritningar. Diskanthögtalaren strålar uppåt. Kanterna är fasade för bästa diskantspridning. Ett annat, bättre alternativ är att montera elementet från utsidan. Var då noggrann med tätningen!

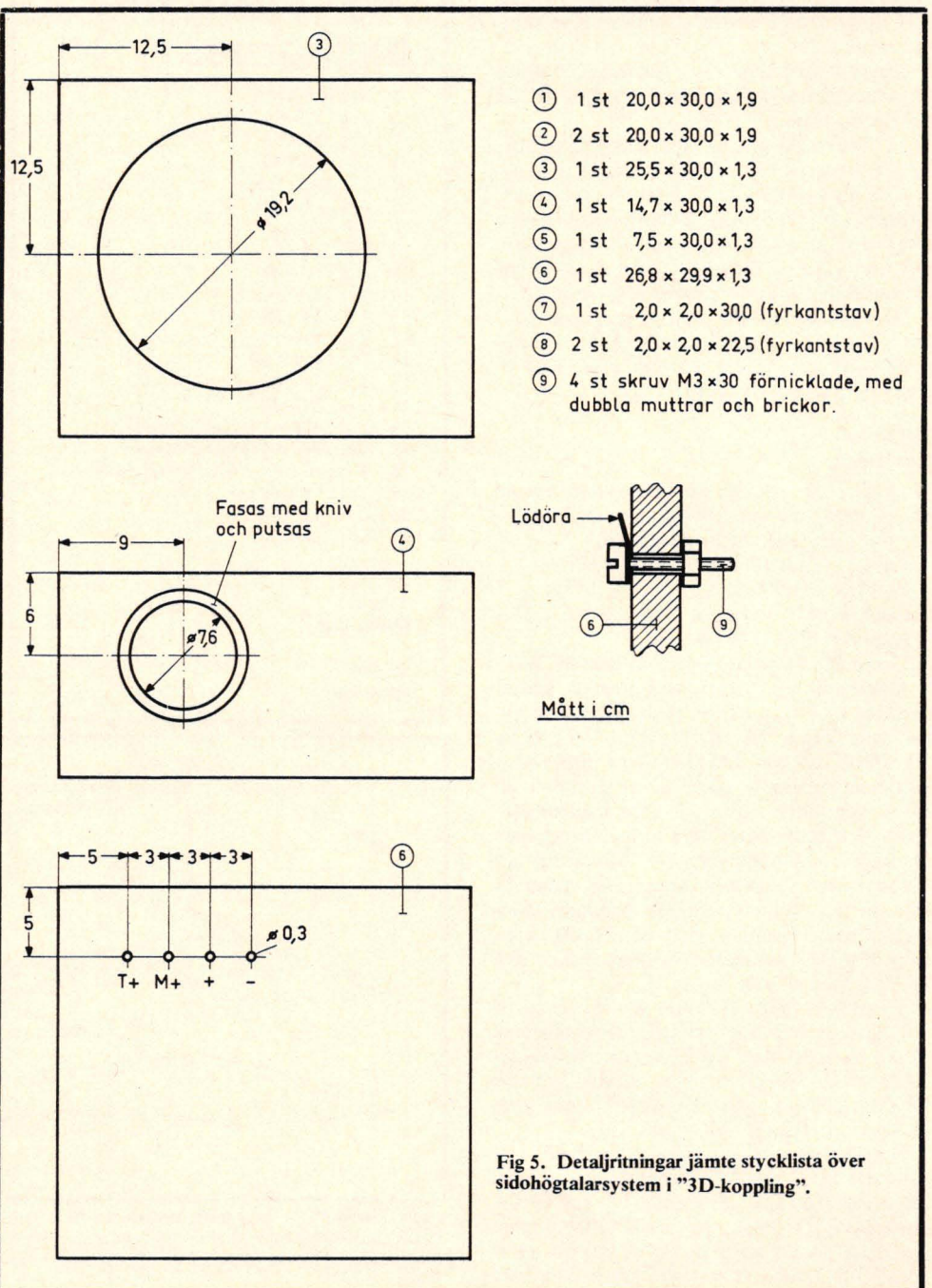
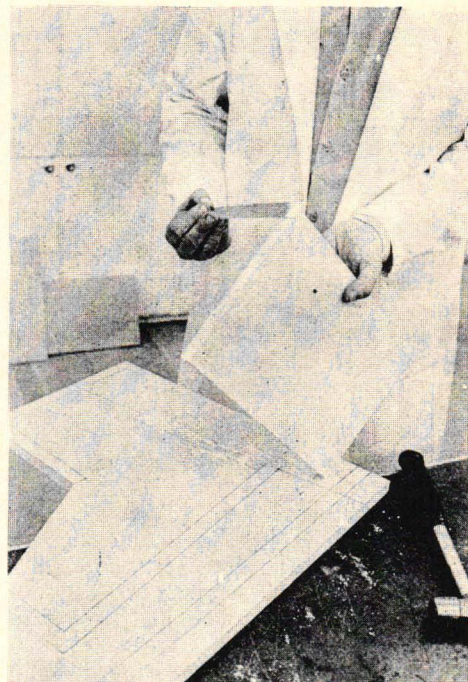
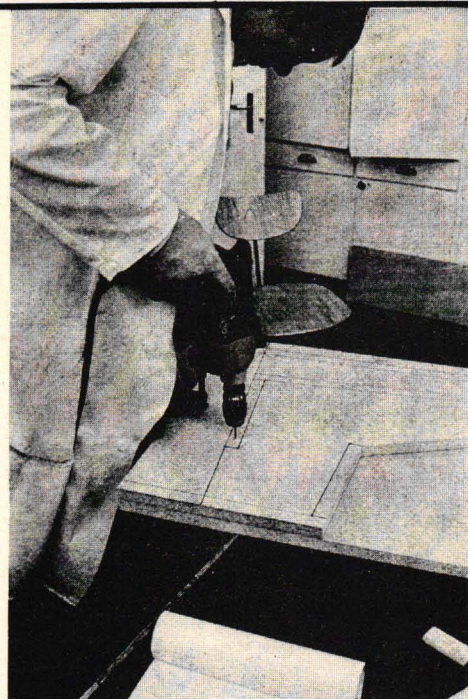
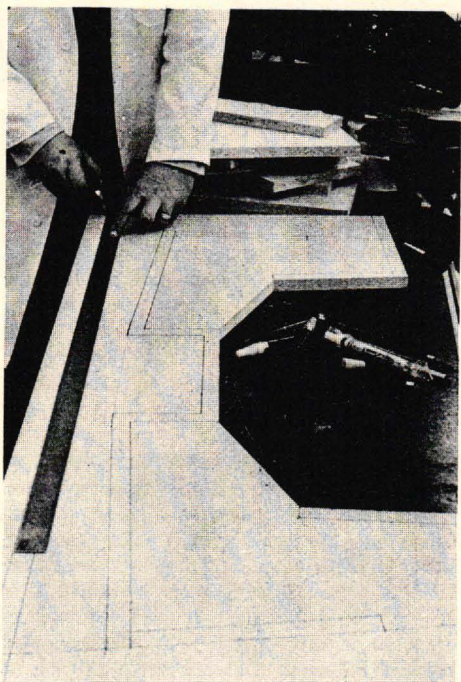
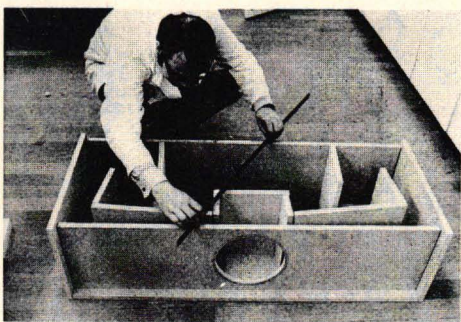
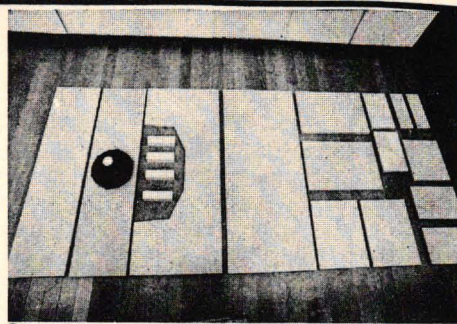


Fig 5. Detaljritningar jämte stycklista över sidohögtalarsystem i "3D-koppling".



Stegvis byggbeskrivning av exponentialbashornet

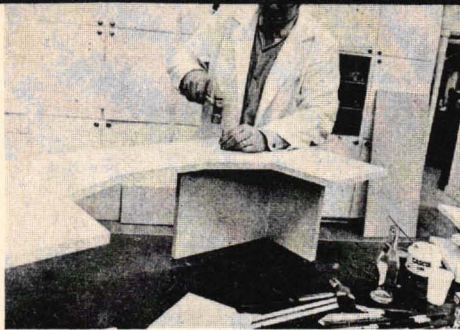
Det stora hornet bygger man av standardmaterial från byggvaruhus — priset blir lågt.

Det är dock noga med tillkapningen av bitarna!

■ ■ Materialet till bashornsbygget kan man tillgå på olika sätt. Som nedan närmare kommer att beskrivas passar på ett idealiskt sätt vissa standardträvaror som är tillgängliga i byggvaruhus och materialaffärer, men man kan naturligtvis också underlätta bygget för sig genom att låta en snickerifirma eller servicesinnad brädgård såga till de olika sektionsstyckena efter

mått. Härvid är det kritiskt noga med att höjden av de stående väggarna i hornet — *se ritning* — färdigställes med samma inställning av sågen; detta måste man uttryckligt begära. Då vi byggde upp den ena av de två, sinsemellan skiljaktiga prototyperna i RT:s lab använde vi en träfirma i Stockholmstrakten som vi visste hade mångårig vana vid att utföra noga

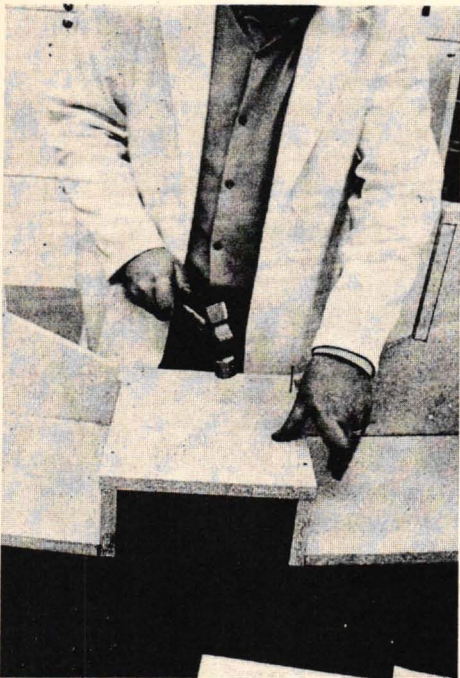
specificerade beställningsarbeten åt högtalarbyggare, som beordrat höljet för RT:s rundstrålande enhet av "Carlsson-typ" från 1964. Firman ifråga, **Bällsta Träindustri AB**, gjorde också ett förnämligt arbete med synnerligen exakt tillkapning av spånplattelementen, vilka tillika var av god kvalitet med jämna och lättarbetade fibrer i snittytor. Hela kostnaden betingade (med moms) 220 kronor, för bashornets materiel. Var och en må själv undersöka priset för motsvarande operationer på sin ort och, naturligtvis, avgöra i vad mån det kan anses förmånligt att leja ut själva tillkapningen för att spara tid. Då inte heller alla disponerar vare sig verktyg eller lämpade utrymmen för sådana här rätt utrymmeskrävande och bullrande jobb, föreställer sig förf: a att många kommer att



8



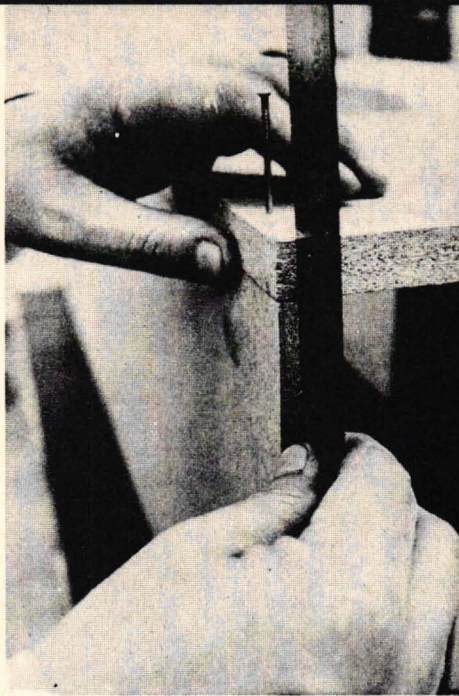
9



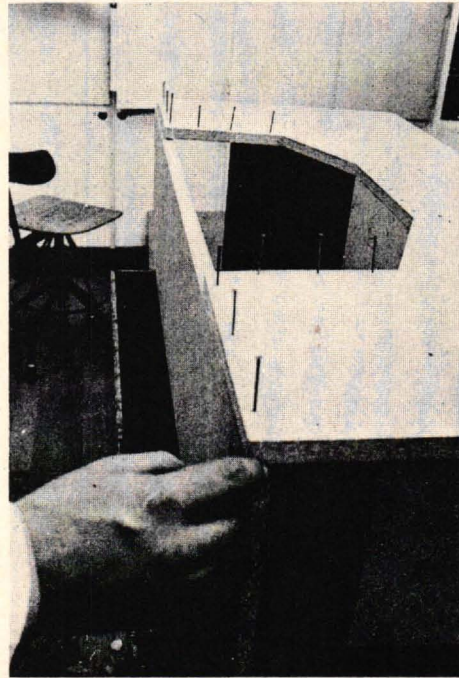
10

ha intresse av att beställa bitarna tillsågade och monteringsklara, och då kan kanske ovannämnda pris, med någon modifiering, bli för den tillbyggnad vi senare återkommer till, vara ett kalkylmässigt utgångsbud.

Angående materialet: Den spånplatta som man kan utgå ifrån finns som standardelement i handeln med dimensionerna 122×244 cm med tjockleken 19 mm; gjort för byggändamål. Vissa varuhus marknadsför 30 resp 60 cm breda, 2,5 m långa plattor, vilket avsevärt underlättar bygget. Det finns för en hel serie tjocklekar, men vi har av olika skäl valt att utföra hornet med den aktuella tjockleken 19 mm hos spånplattaelementet. Ingenting hindrar dock att individuella önskemål om annan tjocklek kan realiseras, men i så fall måste omräkningar ske. Beakta emellertid, att tjockleken inte får understiga 19 mm! — Det



11



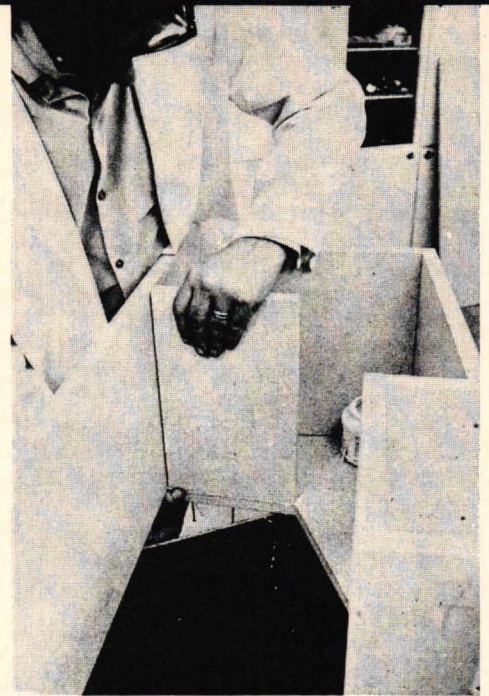
12

torde för även gå att tillverka hornet av annat material än spånplatta, t ex båtplywood eller lamellträ, om detta är att föredra från någon synpunkt; prismässigt kommer dock en sådan lösning att bli tämligen ofördelaktig. — Vid materialvalet bör man, hur som helst, vara uppmärksam på ytstrukturen med tanke på senare ytbehandling; en från början problemfri och jämn yta underlättar givetvis den avslutande lackeringen.

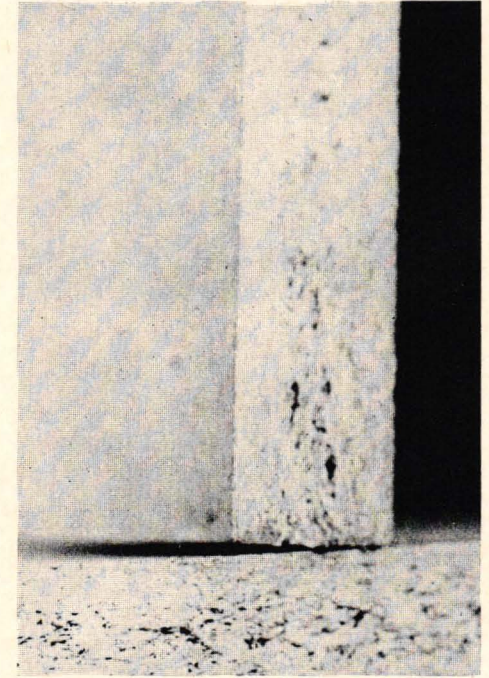
Den stegvisa beskrivningen av bygget som nu följer refererar till de fig som återfinns på följande sidor och vilka numreras i löpande svit.

Stegvis beskrivning med fotonhänvisning

① Lägga ut den kompletta materialsatsen i sitt tillsågade skick på golvet och kontrol-



13



14

lera alla mått och dimensioner samt märk upp styckena. Obs, att arbetet måste bedrivas på ett *plant* golv eller underlag!

► Märk så upp utsågningens kontur på den ena av de med *nr 1* märkta detaljerna enligt ritningen (*fig .*).

► Börja utsågningen efter märkningen.

► ② Tag nu upp hålet för högtalarelementet i detalj *nr 8*. Högtalaren monteras framifrån, och inbyggnadsmåttet varierar förstås med det aktuella elementet. Vanligt är ett mått kring 230 mm = något mindre än 10 tum. Kontrollera att högtalaren passar = monteringsdiam i spec överensstämmer!

► ③ Det kan nu vara lämpligt att resa upp alla byggbitarna på bottenplattan (= utsågad detalj i *nr 1*) för kontroll och överblick av hur hornet kommer att ta sig ut samt för checkning av måtten. Det lö-

nar sig att vara noga med dessa.

Hur byggbitarna skall ställas upp, framgår av huvudritningen över hornet, och efter korrekt placering av styckena markerar man deras lägen med en penna på bottenplattan 4.

► Obs! Rita på båda sidor av de upp-
resta elementen. Fyll i linjerna med en linjal för tydlighet 5.

► Nästa moment blir nu att man lägger ihop över- och undersidorna = detaljerna nr 1, detta för samtidig borring av dem. Eftersom de stående väggarna skall förenas med båda dessa detaljer, underlättar man för sig med att "paketborra" bitarna 6.

Borra så, att spikarna senare tränger in mitt i de stående väggarna. Håll således bormaskinen rakt! Det kan vara lämpligt

att hålla borrhålen för ett spikavstånd om 5—10 cm efter eget omdöme. Vinsten med det här är förstås att man slipper att märka upp också den undre skivan.

Skälet till att vi spikar elementen i hornet är helt enkelt det, att de måste fixeras medan limmet torkar. (Skruvning befanns alltför mödosamt och är knappast nödvändigt.)

► Vid uppbyggnaden kan det vara lämpligt att inleda med byggelement nr 11 7.

Vid bygget av prototyperna har Cascol trälim använts. — Lim stryks på båda de ytor, vilka skall sammanfogas.

► Ställ biten på plats på bottenplattan och spika fast den i läge med dyckertspik genom de tidigare borrarade hålen.

► Montera sedan på samma sätt detalj nr 10 och se då till, att den ligger an ordent-

ligt mot detalj nr 11. Fastlimning sker också i nr 11. Förutom att nr 10 fixeras med spik i bottenplattan enligt föregående skall den också fixeras med spikar i detalj nr 11.

Man kunde förstås ha förenat detaljerna 10 och 11 med varandra först och sedan fäst ihop det inre "paketet" i bottenplattan som ett slags "sub-assembly", men detta implicerar vissa risker för förskjutningar och följaktligen också att hornet blir otätt, vilket är särdeles viktigt att det inte blir. Byggt på plattan (och ett stabilt underlag) blir det hela däremot garanterat rakt, detta under förutsättning att varje stående element först fästes i plattan och därpå i de intilliggande, stående elementen 8.

(Det kan vara underlättande att vid infästning av vissa element kunna skjuta monteringen utanför en bordskant etc för spikning underifrån. Man bör disponera arbetsplatsen från början med tanke på bl a detta.)

► Då elementen 9 och 10 har monterats på båda sidor, har man nått vad som inom tex flygningen benämnes "point of no return". Härvid gäller att man antingen förtröstar på att fortsatt bygande kan förlopa riktigt bra, eller också nedlägges projektet nu, varvid spin off-effekten är nog så påtaglig, i det att man ju försett sig med något som kan bli en riktigt användbar bardisk för den öl man hur som helst bör unna sig nu 9.

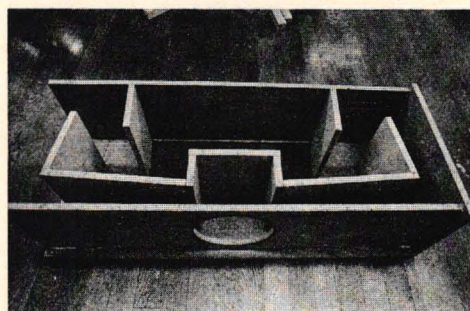
► Vid det fortsatta bygget gäller, att huvudritningens detaljer nr 9 fasas i 45° vinkel och monteras, varefter insättandet av detalj nr 8 avslutar det första stående paketet. 10 Hela monteringen av detta paket måste ske snabbt, så att ev justeringar kan göras innan limmet har torkat. Och kom hela tiden ihåg fördelen av att utföra hornet symmetriskt som bygge sett; man bygger halvor i stegvisa moment.

Det torde nu inte erbjuda några större problem med att bygga upp resten av de stående väggarna, men några vägledande kommentarer kan möjligen vara på sin plats:

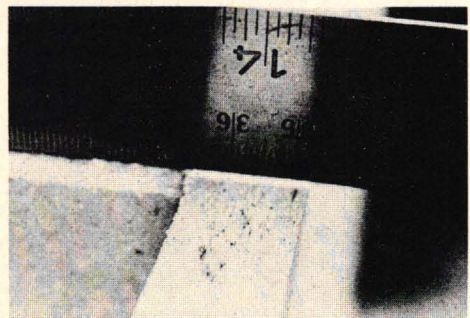
► 11 För att man skall få en tät anslutning av sidoväggen 4 måste bakstycket 3 och elementen 5 monteras noggrant kant i kant med bottenplattan. Slå i spikarna lätt i bottenplattan 12 och sätt in en av spikarna så, att den tränger ut någon mm. Denna spik, som bör vara den som är fäst närmast vägg 4, användes nu som styrestift eller fäste för tex bakstycket.

De spikar man använder bör vara omkring 5—8 cm långa dyckertspik, som antytts.

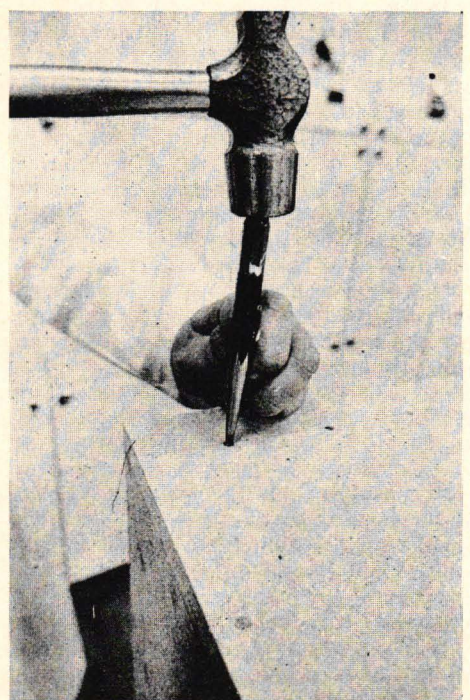
► Vi har inte lagt ner något arbete på att fasa kanterna på de väggar som möts icke vinkelrätt. Exempel på detta är hopfogningen av vägg nr 12 mot bakstycket 3. Det är enklare att i stället täta den kilformade spalt som uppstår. Fotona 13 och 14 kan kanske ge en antydning om den här saken. RT-byggets spalt är tätad genom att ett överskott av lim har hållits i. — En noggrannare byggare kan ju täta med plastiskt trä o dyl efter eget gottfinnande. Förf:a varnar dock för att driva in en tätning i kilen, då risk härvid finnes för att man helt enkelt spränger loss fogen. Det gäller ju endast att täta hornet beträffande mot mycket låga lufttryck. — Tätningen blir fö alltmera kritisk, ju när-



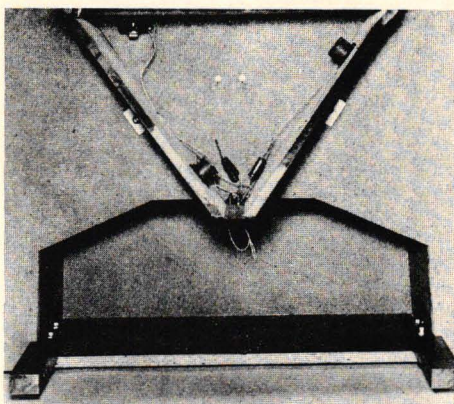
15



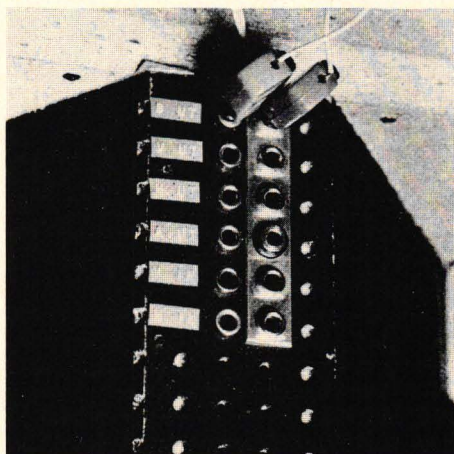
16



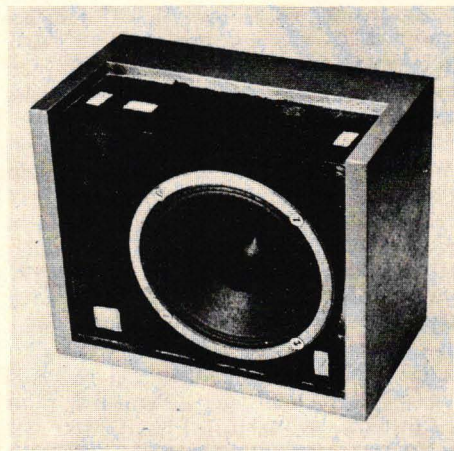
17



18



19



20

mare högtalarelementet man kommer in i hornet.

► När alla stående väggar om 30 cm höjd med detalj nr 2 undantagen har kommit på plats, fästes detalj nr 4 på den gavel man utgick från då man syftade in bakstycket. Denna bör nu, om arbetet skett noggrant, bli helt tät mot samtliga väggar den har kontakt mot. På så sätt bygger man tätt från början 19.

Nästa moment innebär infästning av locket, dvs den ej ursågade detaljen nr 1. Nu börjar det dock bli kritiskt, eftersom den måste täta mot samtliga tidigare resta väggar. Föreligger det måttfel på höjden av någon vägg, får man otätheter, vilket illustreras av 20, vilken samtidigt anvisar en kontrollmetod: En ställinjal, hållen över ytan avslöjar defekterna. Sådana måste korrigeras med putsning eller senare tätning, vilka båda procedurer innebär besvär. Det är förf:s förhoppning att grundmaterialets bitar blir så exakt tillsågade resp bygget blir så noggrant utfört, att sådana efterhandskompensationer inte skall bli nödvändiga.

► Efter det att alla överkanter kontrollerats ligga på samma nivå, lägger man på lim längs kanterna och hornets lock lägges på plats, dikt an mot den monterade väggen nr 4. Nu inser vi fördelen med att ha samborrt detaljerna, och nu är det helt enkelt bara att driva in spikar i alla redan färdiga och förborrade hål i locket, varvid detta dras fast mot alla de stående väggarna.

► Nu börjar anordningen vi byggt bli ganska tung, samtidigt som limmet ännu inte torkat. Det är därför att rekommendera, att fortsatt arbete får anstå en stund. Flytta inte hornet ur läge under torkningsproceduren!

► När hornets detaljer torkat, trimmas kanterna vid den ännu öppna gaveln, om så visar sig nödvändigt. Trimningen sker så, att även den andra gavelbiten nr 4 kan fästas tätt. Den monteras på samma sätt som tidigare med spik och lim.

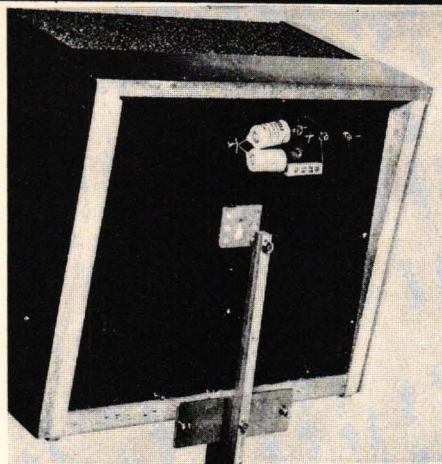
► Nästa moment i hornbygget innebär att listerna 16 och 17 sättes på plats 2 cm innanför kanten (spikas och limmas).

► För att underlätta senare ytbehandling av hornet är det lämpligt att man försänker spikskallarna i träet, vilket tex kan ske med en dorn 17.

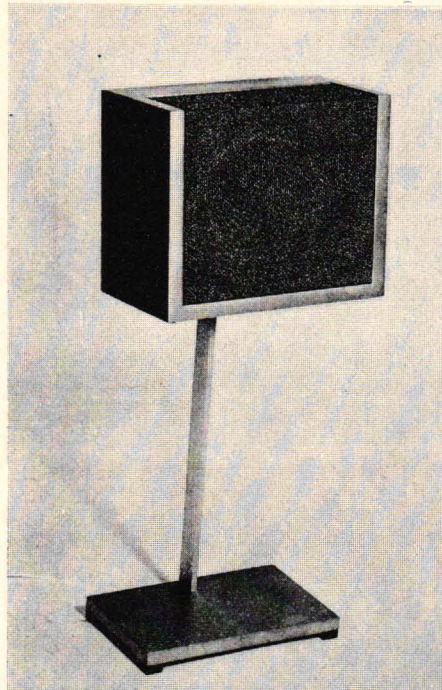
► Förf:a har laborerat med två olika typer av fundament för hornet, ett bestående av fyra ben och ett i form av en triangulär fot i kombination med två ben. Den triangelformade foten är kanske något mera stringent, då den ger en hornmykning, som bättre ansluter sig till exponentialfunktionen. Dessutom kan ett så format fundament hårbärgera delningsfiltret. Vidare ger den en experimentsinnad byggare möjligheter att med håltagning förena fundamentets inre med den slutna lådan, vilket sålunda ökar lådvolyten. Nettoeffekten av detta blir ca 12 liter 18.

► Förf:a har byggt en version av hornet med delningsfiltret lagt i det nämnda fundamentet med anslutningar bakåt enligt foto 19.

Hornets anseende tyngd nödvändiggör ett stadigt fundament. Det triangulära fundamentet blir mycket stabilt. Tillverkar man en benställning, måste den givetvis



21

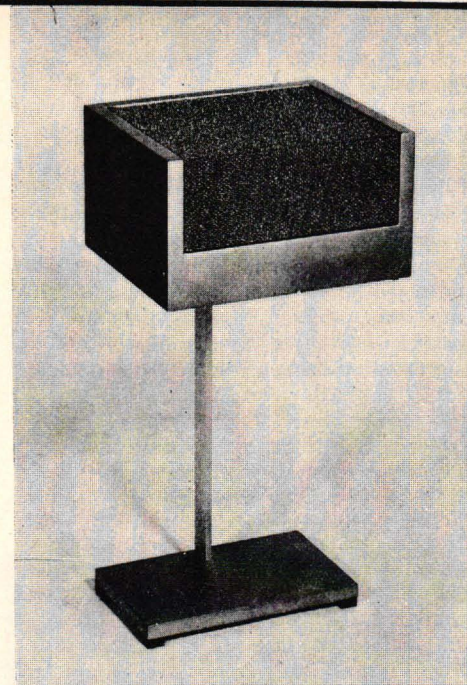


22

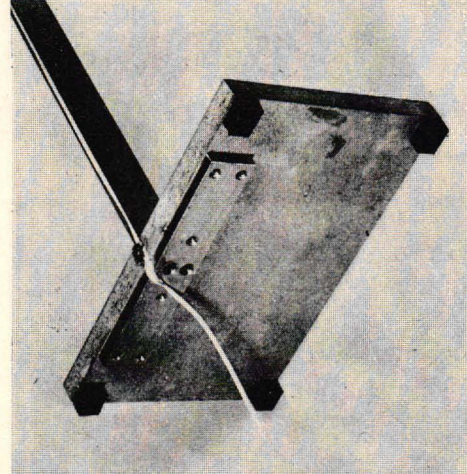
stabiliseras väl.

► Vilket utförande man än väljer för fundamentet, bör hornet komma minst 17–18 cm upp över golvet det står på. Någon övre kritisk gräns har inte studerats, men det torde saknas anledning att förlägga hornet högre än 20–22 cm över golv. För övergången från lådan till utrymmet under hornet uppfylles ekvationen vid en höjd av 20 cm.

► Genomgång för kablarna till högtalarelementet utföres på samma sätt som senare beskrivs för sidosystemen man kan bygga ut det här bashornet med, dvs med förnicklad mässingskruv. Kablaget drages genom hornets botten. Högtalaren monteras nu på plats mot element 7, vilket framgår av ritningen. Därefter dämpas den slutna lådan förslagsvis med stenull ca 3 dm från gaveln. — Skär till ca 10 cm breda, 30 cm långa bitar av dämpmaterialet 7 cm tjock stenullsmatta och förlägg dessa bitar på varandra mellan botten och locket på elementen 5. Fyll alltså inte upp hela hålrummet med dämpmaterial! Detta skulle nämligen dämpa hornet för mycket. Det finns dock utrymme för individuella experiment med dämpmaterialet i hornet. Här beskrivna förfarande har an-



23



24

setts ge fullt tillfredsställande resultat, men ytterligare förfining kan möjligen ske.

► Efter det att fronten (2) blivit fastskruvad i listerna 16 och 17 är lådan färdigmonterad och bashornet klart. — Tätningen underlättas om man anbringar självhäftande tätningslist av skumplast mot listerna.

► Beträffande ytbehandling av hornet gäller naturligtvis att varje byggare kan anpassa den till personlig smak och till befintlig interiör i lyssningsrummet.

Ytbehandlingen av hornet kan naturligtvis ske efter varje byggares personliga smak. RT har provat två alternativ: Det ena bestod i pålimning av väggpanel som levererades i 60 cm bredd plus teaklist över kanterna. Det andra innebar en enkel sprutlackering efter gängse spackling och slipning av ytorna. En kantlist av plast fästes med varmt strykjärn. Finns i rulle i byggvaruhus. Förf sprutade hornet med kopparbrons (Herdins) varefter en skyddshinna av Turtle motorplast sprayades på. Om andra färgtyper skall användas — kontrollera först att dessa inte ger upphov till kemiska konflikter.

Frontpanelen kläddes med högtalarduk för att matcha sidosystemen, men detta har givetvis en rent estetisk funktion. ■

Sidosystem för RT-hornet

■ ■ Som antytts tidigare är valfriheten vid utformningen av de här beskrivna sidohögtalarna stor för den enskilde byggaren, i den mån dessa alls blir byggda; förfogar man redan över ett par mindre bassvaga bredbandssystem behöver man ju inte direkt komplettera bashornet med nya enheter utan kan koppla in de gamla i det här "3D"-systemet.

Förf:an har dock experimenterat fram den här beskrivna lösningen för hög grad av flexibilitet och god frekvensdistribution. Ljudbilden är mycket tilltalande och "stor".

Här föreslagna högtalarlådor för mellanregister- och diskantsystem är också de utförda av spånplattor. Som framgår har förf:an för vissa av skivorna nöjt sig med 13 mm spånplatta. Obs att materialkostnaderna för dessa inte är inräknade i den summa som angivits för bashornets material!

► Den lutande bakväggen nr 6 avser vi inte endast skall minska risken för stående vågbildning i höljet utan ger även den lutning av lådan som framgår av foton av högtalarsystemet uppsatt på stativ. I bit 4 har, enl ritningen, ett fasat hål upptagits för diskantelementet. Detta gjordes för att möjliggöra montering av diskantelementet inifrån, vilket som bekant är olämpligt. Fasa alltså inte men flytta istället hålet så, att centrum kommer 5 cm från framkanten och inte som på ritningen 6 cm. Då kan diskantelementet på normalt sätt monteras utifrån.

► Det kan vara lämpligt att starta med att först montera ihop byggelementen 5 och 4 med spik och lim enligt tidigare. Var noggrann med montering kant i kant, också om vi inte längre har samma krav på täthet som vid bygget av bashornet.

► Sedan tillfogas element 3 och slutligen element nr 1. Vi har nu framställt ett paket, bestående av ovansidan, fronten och botten. Nu fästs sidostyckena 2, varefter det hela får torka.

► Efter detta monterar man listerna 7 och 8, varvid man skall tillse att övre änden av listerna 8 placeras så, att bakstycket också kommer att vila mot bakkanten till element 4.

► Därpå ytbehandlas höljet, varvid de synliga delarna av element 3 och 4 lämpligen målas svarta, detta för att de inte senare skall lysa igenom högtalarduk eller frontgrill.

Montage av högtalarelement

Nu är det dags att montera högtalarelementen i lådan. Element 9710 är inte direkt gjort för den här typen av montering, då korkkanten ligger på framsidan och inte bidrar till tätningen, vilket dock i det här fallet är ett mindre problem. Å andra sidan utgör den heller inte något lämpligt underlag för de skruvskallar vilka skall

De här beskrivna sidosystemen utförda med prisbilliga standardelement.

Vi har gjort dem "omställbara" för individuellt val av utstrålning och ljudbild.

De stativ som förslag lämnas på kan man givetvis variera utformningen av eller utesluta — högtalarna kan ju t ex anbringas över en vägg, om så önskas.

hålla fast elementet i lådan. Lägg därför stora brickor under skruvskallarna. De brickor som framgår av foto 20 är egentligen något för små för sitt ändamål. För att inte korkkanten skall lysa igenom högtalarduken bör den svärtas med tusch, filt-penna el dyl. — Undvik härvid en ofrivillig "ytbehandling" av konen ännu en gång — det har ju Philips redan gjort, vilket är en omvitnad tillgång för elementet. (Alltså ingen färg som rinner ut från kanten!) ► I foto 20 har diskantsystemet alltså monterats inifrån i höljet, vilket som nämnts bör undvikas. De små, ljusa fyrkanterna på den svarta ytan i bilden 20 är kardborrband, vilka utnyttjats för infästning i lådan av en separat ram med högtalarduk. Utformning av denna del av konstruktionen får läsaren själv avgöra närmare. Själva har vi dock med gott resultat använt Elfes klassiska högtalartyg som finns i flera färger (valet av kulör hänger ju samman med den ytbehandling man väljer för lådan).

► Det ställer sig praktiskt underlättande om man före montage av elementen i höljet löder fast de erforderliga anslutningskablar till resp lödöron och då tar till ca 3 dm långa långder för enheternas senare förbindning.

Philips-högtalarnas lödöron är färgmärkta, och markeringarna bör man hålla reda på vid den senare anslutningen av kablarnas andra ände, då man ju inte längre ser högtalarelementen.

► Ett viktigt moment är skyddet av mellanregisterhögtalarens baksida, eftersom detta element inte är helkapslat: Dämpmaterialet bör inte komma i kontakt med konen. Förf:an har tagit till det gamla knepet med en skyddsduk av gastyg, sträckt över elementet och fäst med häftstift i spånplattan runt elementets radie.

Dämpning och anslutning

► Lådan fylls helt och hållet med lätt komprimerad stenull. Prototyperna uppvisade en liten resonans i lådan, vilken dock gick att helt dämpa ut med utfyllnaden av stenull.

► Anslutningarna för högtalarelementen sker på bakstycket 6, och som framgår av ritningen har vi borrarat fyra 3 mm hål i bakstycket och märkt dessa hål för identifiering av dem. Som genomgång använder vi i RT-bygget 25 mm långa M3-skruv (förnicklad mässing) med skruvskallen mot lådans inre.

► Anslut den omärkta sladden till det omärkta lödörat på diskantelementet till T+ på bakstycket 6 genom att löda sladden till en bricka eller ett lödöra som sättes på skruven. Dra fast skruven med bricka och mutter på bakstyckets utsida. An-

slut på samma sätt den rödmärkta anslutningen på mellanregisterhögtalaren till M+ på bakstycket. Den rödmärkta anslutningen på diskantelementet och den omärkta på mellanregisterhögtalaren ansluts på samma sätt till minus på bakstycket.

► Skruv för + på bakstycket monteras men utan anslutning på insidan!

► Nu kan bakstycket skruvas fast i lådan. Prototyperna är spikade, men förf:an är uppmärksam på risken med att spikningen inte är långtidssäker. Ett mera omsorgsfullt bygge skruvas ihop för att inte "disintegreras" av utmattning vid ljudvägornas inverkan.

► Anslut med brickor och mutter en 4 mF kondensator mellan T+ och M+ på utsidan. Efter detta, anslut ett 4 ohms 10 W motstånd mellan M+ och +. Lådan kan nu anslutas till resten av delningsfältet med + och — 21. Se ritning!

Stativ förhöjer verkan

I samband med byggandet av prototyperna framställdes också ett specialstativ som ger möjlighet till valfri lyssning av antingen högtalarna som direktstrålade ljudkällor 22 eller med delvis reflekterad ljudbild (i ena fallet riktas mellanregistret framåt och diskantstrålningen i taket = 22, i andra fallet = 23 har lyssnaren ljudfältet från diskantelementet rakt mot sig, medan mellanregisterinformationen strålar uppåt).

Den praktiska lösningen av det här bör framgå av foto 21. Stativomställningen består i en skruvskalle med en skruv med skalle i stativbenet, som passas in i en platta, där hål för skruvskallen tagits upp och ett spår finns för fixering. Plattan skruvas fast på högtalarhöljets baksida enligt fig. Motsvarande platta finns på lådans undersida, eller element nr 1 i ritningen för upphängning enligt det andra strålningsmönstret. Längst ner i bild 21 syns en stödplatta som stabiliserar höljet och hindrar lådan från att vicka. Skruvarna längst ut på denna stödplatta användes för trimning av högtalarens lutning — det hela är knappast någon funktionell fråga men väl en estetisk. Var och en kan modifiera det här helt efter smak och egna idéer.

► Själva stativbenet kan givetvis också framställas på en mängd sätt. RT har valt ett 5×1 cm plattjärn av aluminium. Fastsättningen av detta i stativfoten framgår av fig 24. Resultatet saknar inte elegans, menar vi.

► För placering av de båda sidolådorna direkt på en bordsyta eller i en hylla har kanterna skonats med självhäftande tätningsslist. Lämpliga sk möbeltassar finns också i de flesta branschaffärer för påsättning över bottenytan så att denna ej repar resp kommer upp någon cm från bärande plan.

3D-filter för RT-hornet

Det här beskrivna filtret används vid 3D-uppkopplingen. Det är passivt och kräver en viss försiktighet vid inkopplingen. Här ges några synpunkter på lämpligt anslutningsförfarande och redovisas filtrets beräkningsgrunder.

Den som finner att detta filter inte kan anslutas till befintlig förstärkare eller använder komponenter i 3D-systemet med annan verkningsgrad än det här föreslagna bör i stället välja det aktiva delningsfilter som beskrivs i ett annat kapitel.

■ Det filter som används till RT-hornet med dess sidosystem är relativt okomplicerat, men kräver ändå en närmare förklaring av funktion och beräkningsgrunder därför att det till vissa förstärkare är mindre lämpligt att använda.

Filtret har som nämnts i tidigare artikel en delningsfrekvens som ligger kring 300 Hz. Under denna frekvens blandas kanalerna till en gemensam baskanal som matar hornet. På att örat inte kan riktningsbestämma ljud med så låg frekvens låter sig detta göras. Denna blandning av frekvenser lägre än 300 Hz gör dock att förstärkarens kanaler kan belastas ogynnsamt. Vi återkommer till detta senare och granskar först filtrets uppbyggnad.

Schemat framgår av fig 8. Via motstånd R och drosslarna L matas baskanalens högtalare. Vid kompakt montering av delningsfiltret bör spolarna orienteras med vinkelräta axlar mellan varandra för att man skall undvika den koppling som annars kan komma att ske.

Kondensatorn C1 bildar högpasfilter med samma brytfrekvens som för basdelen (300 Hz) och de högsta frekvenserna passerar kondensatorn C2 som matar diskant-högtalaren med frekvenser högre än 4 kHz. Kondensatorerna skall vara av typen bipolära elektrolyter. Standardvärden kan parallellkopplas för att man skall uppnå rätt värden. Filtret kan lämpligen placeras i bashornets fundament.

Motfasförhållande belastar hårt

Ett filter av denna typ kan i vissa fall utgöra så stor belastning på slutförstärkaren att den kan haverera. Främst kan detta ske då ett par villkor blir uppfyllda som ett rent motfasförhållande mellan signalerna (och därmed hög ström genom transistorerna) jämte förutsättningen att förstärkaren uppvisar i förhållande till chassiet separata jordledningar för båda stereokanalerna. Man behöver vid lämplig dimensionering och eventuellt vidtagande av skyddsåtgärder dock knappast befara olyckor annat än i rätt försumbara undantagsfall.

Delningsfiltrets anslutning till stereoförstärkaren

Innan filtret används bör man självklart kontrollera att förstärkarens utgångar har gemensam jord i förstärkaren. Sedan gäller det att koppla in filtret rätt så att man inte kortsluter någon utgång.

För att man skall vara säker på att identifiera de rätta utgångarna, kan man förfara på följande sätt:

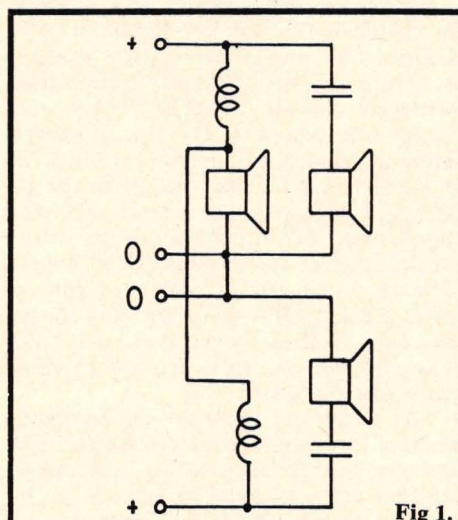


Fig 1.

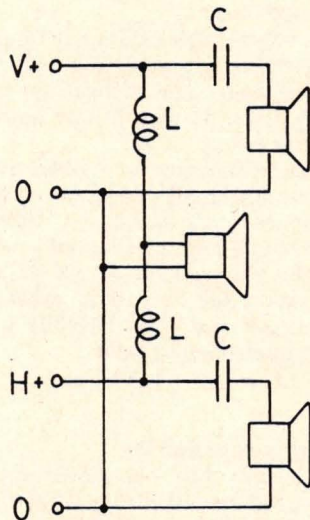


Fig 2.

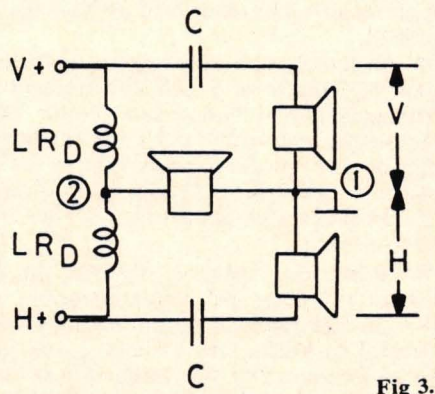


Fig 3.

Ett par utgångar i en stereoförstärkare har fyra anslutningar, ofta kopplade per kanal i DIN-kontakter. Låt oss kalla dem V+, Vo, H+ och Ho. Tag en högtalare och anslut den till två godtyckliga anslutningar. Koppla upp en monokälla och drag på lite volym. Är det tyst, trots manipulerande med balanskontrollen, har högtalaren kopplats mellan Vo och Ho, och vi har hittat jord för de båda utgångarna. Låter det nästan vackert, men blir tyst eller nästan tyst i ett läge kring mittpunkten på balanskontrollen, har högtalaren kopplats mellan H+ och V+. Låter det riktigt vackert, utan utsläckning i balanskontrollens mittläge men i stället med maxvolym i balanskontrollens ena ändläge och minvolym i andra ändläget, är högtalaren kopplad antingen mellan H+ och Ho eller Vo eller mellan V+ och Vo eller Ho.

Går det inte att få tyst, bör man inte utan att konsultera förstärkartillverkaren, använda denna typ av filter.

Filtrets funktion

Fig 1 visar, med svarta linjer, ett delningsfilter med dämpning 6 dB/oktav.

Det röda filtret är likadant, men i stället för egen bashögtalare kopplas bashögtalaren i det svarta filtret in i det röda. Noll för båda filtren måste då sammanföras, dvs de båda förstärkarna måste kunna arbeta med gemensam jord.

Fig 2 visar samma filter, så som det brukar ritas. Ännu översködligare blir det i fig 3, där svart är "bas". Här är uppenbarligen V+ och H+ sammankopplade med de båda drosslarna.

Förenklat kan som bekant en drossel beskrivas som ett frekvensberoende motstånd med impedansen $Z = f(L, R)$, där L är induktansen, som ger det frekvensberoende bidraget och R, som är drosselns resistans eller likströmsmotstånd, ger ett ej frekvensberoende bidrag.

Vid de lägsta frekvenserna kan L försummas, och vi kan betrakta drosseln som ett motstånd med resistansen R_D . Högtalaren betraktas samtidigt som ett motstånd med resistansen R_H .

Tre fall blir nu intressanta, nämligen två extremfall och ett däremellan:

1) Ena kanalen max positiv signal (momentant) samtidigt som den andra har maxnegativ (fig 4). 2) i fig 3 blir då momentant nollpunkt och ingen signal går genom bashögtalaren. De båda förstärkarkanalerna känner var för sig vid låga frekvenser belastningen R_D .

2) Ena kanalen max signal, den andra ing-

en signal eller i praktiken kortsluten. Den "arbetande" kanalen arbetar nu vid låga frekvenser mot en belastning som svarar mot den ena drosselns resistans, seriekopplad med högtalaren, som är parallellkopplad med den andra drosseln (fig 5).

$$\text{Belastningen} = R_D + \frac{R_D \cdot R_H}{R_D + R_H}$$

3) De båda kanalerna arbetar i fas. Därvid är fig 6a och 6b ekvivalenta, innebärande att vardera kanalen arbetar mot belastningen $R_D + 2R_H$.

Förstärkaren kan således slumpmässigt belastas av endast R_D , innebärande att värdet för R_D bör vara minst lika stort som den lägsta impedansen förstärkaren får belastas med. Är lägsta tillåtna impedans 4Ω , bör R_D vara 4Ω , dvs drosseln seriekopplas med en resistans som är skillnaden mellan drosselns egen resistans och 4Ω . Ju kortslutningssäkrare förstärkaren är, desto mindre kan motståndet väljas.

En principiell möjlighet vore naturligtvis att avsäkra slutsteget. Glöm detta! Ingen säkring hinner med.

Sannolikheten att ogynnsammaste fall skall inträffa, dvs att slumpen inrättar det så att vid låg frekvens den ena kanalen får max pos signal samtidigt som den andra får max neg, är dock så låg att erfarna konstruktörer vi samarbetar med menar, att man skall vänta med säkerhetsåtgärder till dess man bränt ett par slutsteg. Detta må vara resandes ensak, men som vi senare skall se kan man mycket väl försäkra sig på R_D -sidan.

Man kan emellertid undvika att fall 1 och 2 inträffar genom att se till att båda kanalerna arbetar i fas vid låga frekvenser, t ex genom hopkoppling med en lämpligt vald drossel vid monoswitchen eller på något annat gynnsamt ställe i förstärkarna.

I verkligheten gör man i regel så redan vid graveringen av en skiva för att undvika besvärande vertikala nålrörelser. Vid avlyssning av skivmaterial löper man således (peppar peppar), ingen risk för motfaskatastrofer, för så vitt pickupen är korrekt inkopplad.

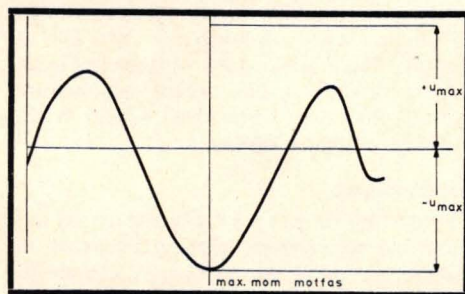


Fig 4.

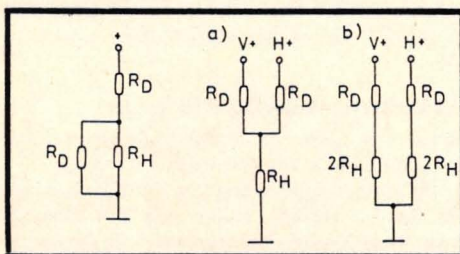


Fig 5.

Fig 6.

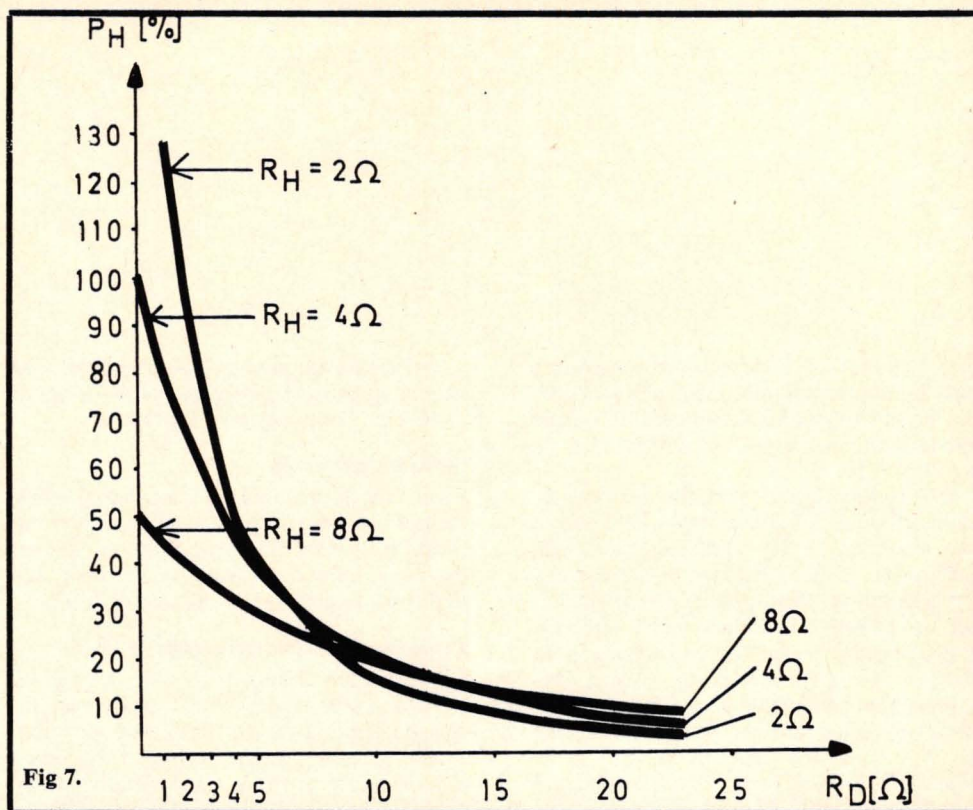


Fig 7.

Om pickupen skulle vara felkopplad, så att kanalerna är felfasade i förhållande till varandra, får man ett rent motfasförhållande, vilket alltså är farligt. Detta fel bör lätt kunna konstateras!

Spela av en monoskiva. Om balanskontrollen i förstärkaren ligger före monoswitchen, bör man i läge mono kunna få signalerna från de båda kanalerna att släcka ut varandra i närheten av balanskontrollens mittläge vid motfas. Ligger balanskontrollen efter monoswitchen, bör ljudnivån från de båda kanalerna vara klart lägre i läge mono än i läge stereo.

Om motfas konstateras, pola om anslutningarna till den ena av pickupens båda kanaler.

Dämpning

Ökar man R_D , minskar man effekten på bas-högtalaren eller dämpar den relativt resten av högtalarsystemet (Obs ej att förväxla med dynamisk dämpning av högtalaren). Det kan vara av intresse att studera effekten genom högtalaren som funktion av R_D .

För att få procenttal direkt utgår vi från en förstärkare som per kanal ger $P =$

$$100 \text{ W}/8 \Omega, \text{ dvs } U^2 = 800 \left(P = \frac{U^2}{R} \right). - \text{Vi}$$

betraktar en kanal:

R = den belastning förstärkaren känner.
 P_F = den effekt förstärkaren avger.
 P_H = den effekt som går genom högtalaren.

Vi bortser nu från fall 1 (motfasfallet).

För de övriga gäller:

	R	P_F	P_H
Fall 2	$R_D + \frac{R_D \cdot R_H}{R_D + R_H}$	$\frac{U^2 (R_D + R_H)}{R_D (R_D + 2R_H)}$	$\frac{U^2 \cdot R_H}{(R_D + 2R_H)^2}$
Fall 3	$R_D + 2R_H$	$\frac{U^2}{R_D + 2R_H}$	$\frac{2U^2 \cdot R_H}{(R_D + 2R_H)^2}$

Om man löser detta uttryck för högtalarimpedanserna 2, 4 och 8Ω för ett antal R_D får man följande värden för fall 3:

	$R_H = 2 \Omega$			$R_H = 4 \Omega$			$R_H = 8 \Omega$		
	R_D	R	P_F	R_D	R	P_F	R_D	R	P_F
	[Ω]	[Ω]	[%]	[Ω]	[Ω]	[%]	[Ω]	[Ω]	[%]
	0	4	200	8	100	100	16	50	50
	1	5	160	12	9	89	17	47	44
	4	8	100	16	50	67	20	40	32
	8	12	67	20	50	25	24	33	23
	12	16	50	25	40	16	28	29	16
	17	21	38	32	32	10	33	24	12
	23	27	30	4,4	31	26	39	20	8,5

Högtalareffektens variation med R_D ($P_H = f(R_D)$) återfinnes i fig 7.

Lyssningsprov

Förf:a anställde ett lyssningsprov med bas-hornet, för tillfället utrustat med Peerless L 100 WG/8 Ω och sidosystem, bestyckade enligt beskrivningen. Drosslar med $R = 1 \Omega$ användes, och R_D kunde med en omkopplare varieras stegvis till 1, 4, 8, 12 och 17 Ω enligt tabellen ovan. Vid avlyssning av några krävande baspassager fann vi ingen kvalitetsförsämring vid något R_D . Bästa balans fann vi vid $R_D = 4-8 \Omega$, men stegen var mycket

små. Endast ca 1,2 dB/steg kunde registreras med bullernivåmätaren inom området 30–225 Hz med systemet drivet med RC-generator, konstant spänning. Vid 350 Hz blev stegen ca 0,1 dB.

Detta tyder på att man för att få balans med de valda sidosystemen, som knappast kan anklagas för låg verkningsgrad, endast behöver ca 25 % av effekten på sidosystemet för drivning av bassystemet, och vi tillgodosör oss således här hornets höga verkningsgrad. Bassystem med låg verkningsgrad kan således ej användas med denna uppkoppling.

Man kan, som framgår av fig 7, få ut mer effekt med högtalare med lägre impedans. Om $R_D = 4 \Omega$ får man max effekt med en 2Ω högtalare. Sänker man högtalarimpedansen men vill bibehålla balansen, eldar man emellertid mera för kråkorna, samtidigt som man ytterligare försämrar den dynamiska dämpfaktorn.

Det senare har dock mindre betydelse. Hornets goda akustiska koppling ger i sig den erforderliga dämpningen av högtalaren.

Delningsfrekvensen

Ökar man resistansen men bibehåller induktansen i spolen, så ökar man samtidigt delningsfrekvensen. Nu spelar detta mindre roll då hornet faller brant över 300 Hz. Köp således ej större drosslar av den anledningen.

Problem med sammankoppling av jord

I de flesta förstärkare är jord för de båda kanalerna sammankopplade. I mera primitivt byggda förstärkare kan emellertid jordpunktens placering skapa (troligen försumbara, och dessutom i och för sig riskfria) återkopplingsfenomen, resulterande i försämrad kanal-separation.

Det finns emellertid sällsynta högeffektförstärkare (i regel över 100 W/kanal) där varje

kanal har två slutförstärkare, den ena i motfas till den andra. I en sådan förstärkare är högtalaren ej kopplad till jord, och då kan naturligtvis inte filtret användas direkt. Där kan man emellertid tillgripa mer eller mindre smakliga lösningar med specialtransformatorer (fanns i marknaden åtminstone för ett 10-tal år sedan) eller stora avkopplingskondensatorer.

Rekommenderat filter

Fig 8 visar ett filter där ett motstånd lagts i serie med drosseln. Pkt 1 ansluts till jord på de båda förstärkarutgångarna.

Vid jämförelse med filtret från aprilnumret av RT finner man att motståndet om 4Ω i sidokanalkretsen utgått, och att C_1 i konsekvens därmed ökats från $50 \mu F$ till $72 \mu F$. Detta till följd av att dämpningen av sidosystemet vid "tillvänjning" till anläggningen med fördel kunde borttagas.

Vi föreslår för C_2 nu $5 \mu F$ mot tidigare $4 \mu F$, vilket sänker delningsfrekvensen för tweetern från 5 000 Hz till 4 000 Hz, dvs fortfarande långt ovanför tweeterns resonansfrekvens. Det bör observeras, att filtret i fall 1, då man alltså eldar mera för talspolens uppvärmning än "musikeffekt", är brantare än i de övriga fallen. Övergångsfrekvensen (def av 3 dB fall) ligger där vid 145 Hz.

Överhörning

Farhågor för ev överhörning mellan sidosystemen kan avvisas som grundlösa. Överhörningen blir naturligtvis en funktion av förstärkarens inre resistans. Om denna sättes till 0,1 Ω , och högtalarna i vänster sidosystem vid 300 Hz får effekten P, blir effekten i höger högtalare i storleksordningen $P \cdot 10^{-4}$. Obs att man till förstärkarens inre resistans här måste addera resistansen hos kabeln mellan filtret och förstärkaren. Inga klena kablar alltså. Använd vanlig nätkabel.

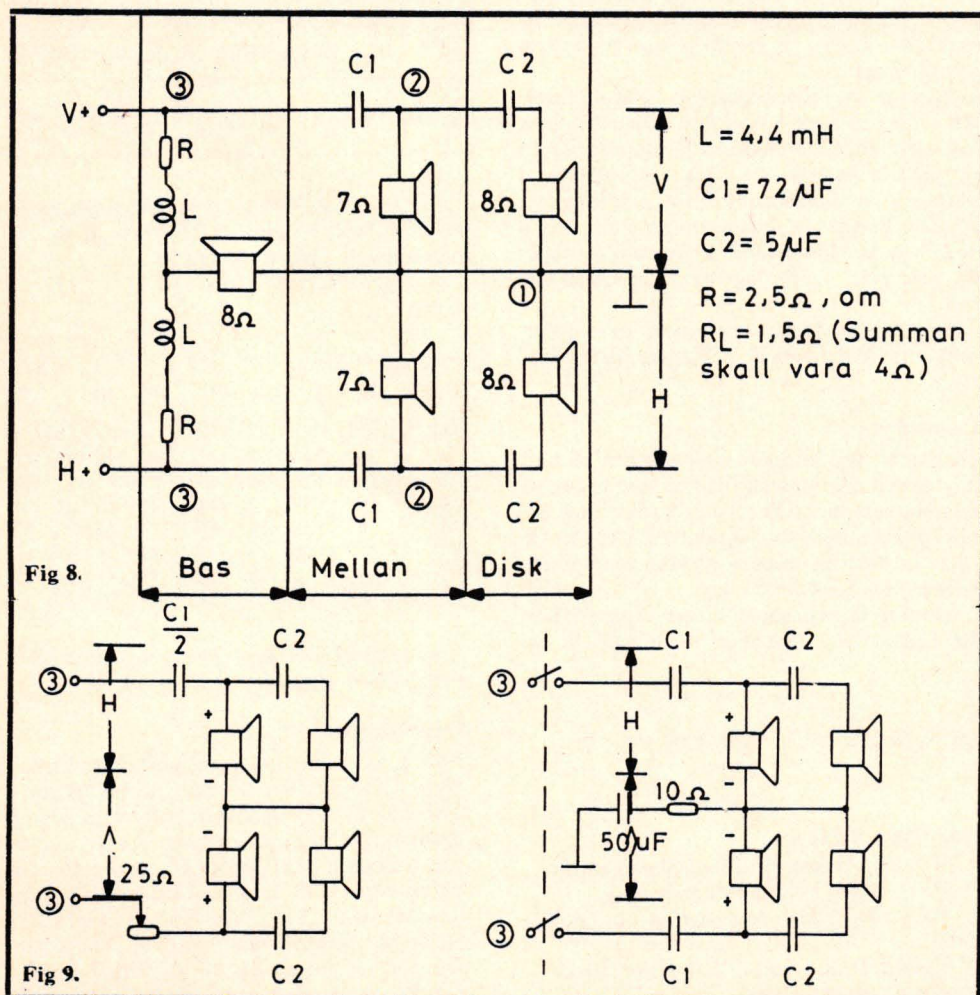
Effekttålighet

Om delningsfiltret i fig 8 samt de av oss tidigare rekommenderade högtalarelementen används, blir sidosystemen dimensionerade för maxeffekten. Såväl mellanregisterhögtalaren som tweetern torde med denna uppkoppling tåla ca 45 W. Om hela systemet drivs med 2×45 W, får bashögtalaren något under 30 W.

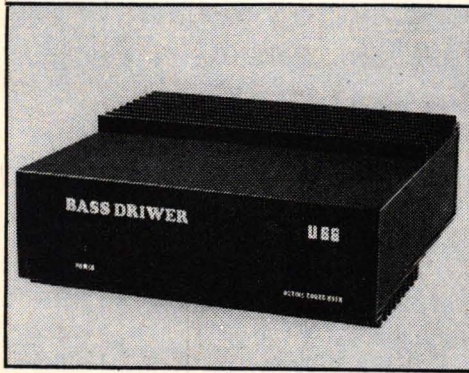
Ambiofoniuppkoppling med hornet

Bakre högtalare vid ambiofoni kan anslutas mellan de båda markeringarna 3 i fig 8.

En ambioupkoppling kan då utföras enligt fig 9a. En variant, stulen och fritt översatt från Dave Hafler och Dynaco framgår av fig 9b.



Aktivt delningsfilter med förstärkare för högtalaranläggningens baskanal



■ Ett högtalarsystem bör bland många andra krav även prestera en rak frekvensgång ända ner till mycket låga toner, utan antydan till resonanser. Detta kräver en förhållandevis stor högtalare som, beroende på vilken princip som används, också ofta fordrar förhållandevis stor effekt. Exempel på detta är slutna lådor och högtalare av typ "transmission line" (ljudledningssystem). En annan väg att klara detta problem är att använda olika typer av horn, t ex det populära "RT-hornet" med efterföljare, vilka ger högre akustisk verkningsgrad samt en väl definierad och dämpad rörelse hos högtalarmembranet.

På grund av att man har svårt att uppfatta från vilken riktning ett ljud med tillräckligt låg frekvens kommer, kan man använda endast en högtalare för basåtergivningen. Speciellt i mindre rum, typ normalt vardagsrum, blir högtalarens placering okritisk under en viss lägsta frekvens, 150 Hz–300 Hz. Men märk väl, att för att riktningsverkan inte ska uppstå, måste frekvenser över ovan nämnda frekvens vara väl dämpade. Om man önskar komplettera sin befintliga anläggning med en separat baskanal, vill man gärna kunna ändra dels brytfrekvensen för de filter man använder, dels nivån på baskanalen i förhållande till det övriga systemet. Verkningsgrad, lämpligt frekvensområde för de högtalare man använder, rummets storlek och egenresonanser är faktorer som gör att man för att nå ett optimalt resultat bör ha möjlighet att lätt anpassa systemet till ovannämnda parametrar.

Ett passivt filter är kostsamt

Ett passivt system, med drosslar som vid låga frekvenser antar ansevärd dimensioner och som man oftast måste tillverka själv för att få den induktans man önskar, förorsakar åtskilligt arbete både för beräkning och tillverkning. Om man ska ha dubbla filter för att direkt kunna göra en jämförelse genom att slå om en omkopplare blir också kostnaden tämligen stor innan man finner ett optimalt system.

- *Exponentialhornens storlek medför att man ofta bara bygger ett enda basregisterhorn som blir gemensamt för båda kanalerna.*
- *Ett passivt delningsfilter på högtalarsidan ger dock nackdelar som lägre dämpningsfaktor och sämre dämpning över delningsfrekvensen. Sådant kan överkommas med det här beskrivna elektroniska delningsfiltret, uppbyggt med aktivt lågpasfilter plus efterföljande slutsteg om 45 W.*
- *En fördel med arrangemanget är att anpassning lätt kan ske mellan bashögtalare och övriga element, trots att dessa kan ha högst olika verkningsgrad.*

Lätt att ändra frekvensen vid aktiva system

I jämförelse härmed har ett aktivt system många fördelar, som t ex att brytfrekvensen enkelt kan ändras. Man kan då med en omkopplare skifta mellan olika filter. Skulle man vilja välja andra filterfrekvenser, byter man endast några små kondensatorer eller motstånd. Dessutom får man på ett enkelt sätt kontroll över volymen i baskanalen genom en potentiometer på ingången, som så s verkar som en extra baskontroll för låga frekvenser.

Dämpfaktor förbättras

Genom att bygga ett separat slutsteg för baskanalen vinner man också många andra fördelar. Dämpfaktorn ökar väsentligt, eftersom den resistansökning som en drossel ger försvinner. Därigenom får man bättre kontroll över konens rörelser. Vidare kan komplicerade passiva filter med drosslar och kondensatorer medföra högst varierande belastning på slutsteget vid olika frekvenser. Om belastningsimpedansen därvid blir alltför låg vid vissa frekvenser och kanske samtidigt är kraftigt

reaktiv, kan detta ge en väsentlig försämring av ljudet, eftersom distorsionen ökar. Ström- och effektbegränsande kopplingar kan också börja träda i funktion med ökad olinjäritet som följd.

Högtalarna tillsammans med pick up i ett återgivningssystem hör till de element som bidrar med den största distorsionen. Man kan minska intermodulationsdistorsionen väsentligt i en högtalare genom att uppdelat frekvensområdet på olika högtalarelement. Högtalarkonen måste, för att kunna återge låga frekvenser med samma styrka som höga, göra mycket större utslag. Om då magnetfältet inte är homogent eller "fjäderkonstanten" varierar med utslaget storlek, uppstår olinjäritet. Denna olinjäritet medför att låga frekvenser modulerar höga frekvenser.

De blandningsprodukter som uppstår står oftast inte i något harmoniskt förhållande till varandra utan örat uppfattar dem som distorsion. Finns då en högtalare som speciellt tar hand om låga frekvenser, kan detta till stor del undvikas.

Ökad effektivitet med separat basdel

En annan fördel med att bygga separat slutsteg

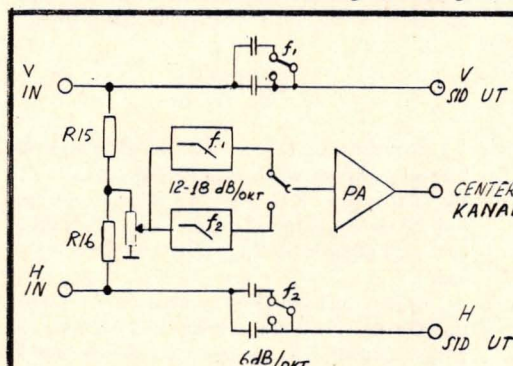


Fig 1. Blockschemata för basmodulen. De ingående delarna är filter för sidosystemen, avkänning för centerkanalen med volymkontroll, valbara aktiva lågpasfilter samt slutsteg. Dessutom ingår i konstruktionen automatik för inkoppling av nätdelen. Automatiken påverkas av inkommande audiosignal.

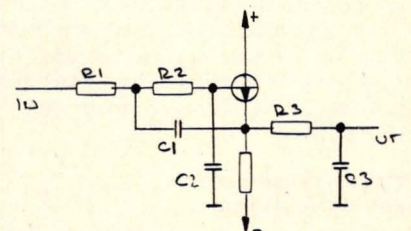


Fig 2. Emitterföljare används för att driva lågpasfiltern lågohmigt. Detta är ett krav som betingas av att man lätt skall kunna kontrollera frekvensgången hos efterföljande lågpasfilter.

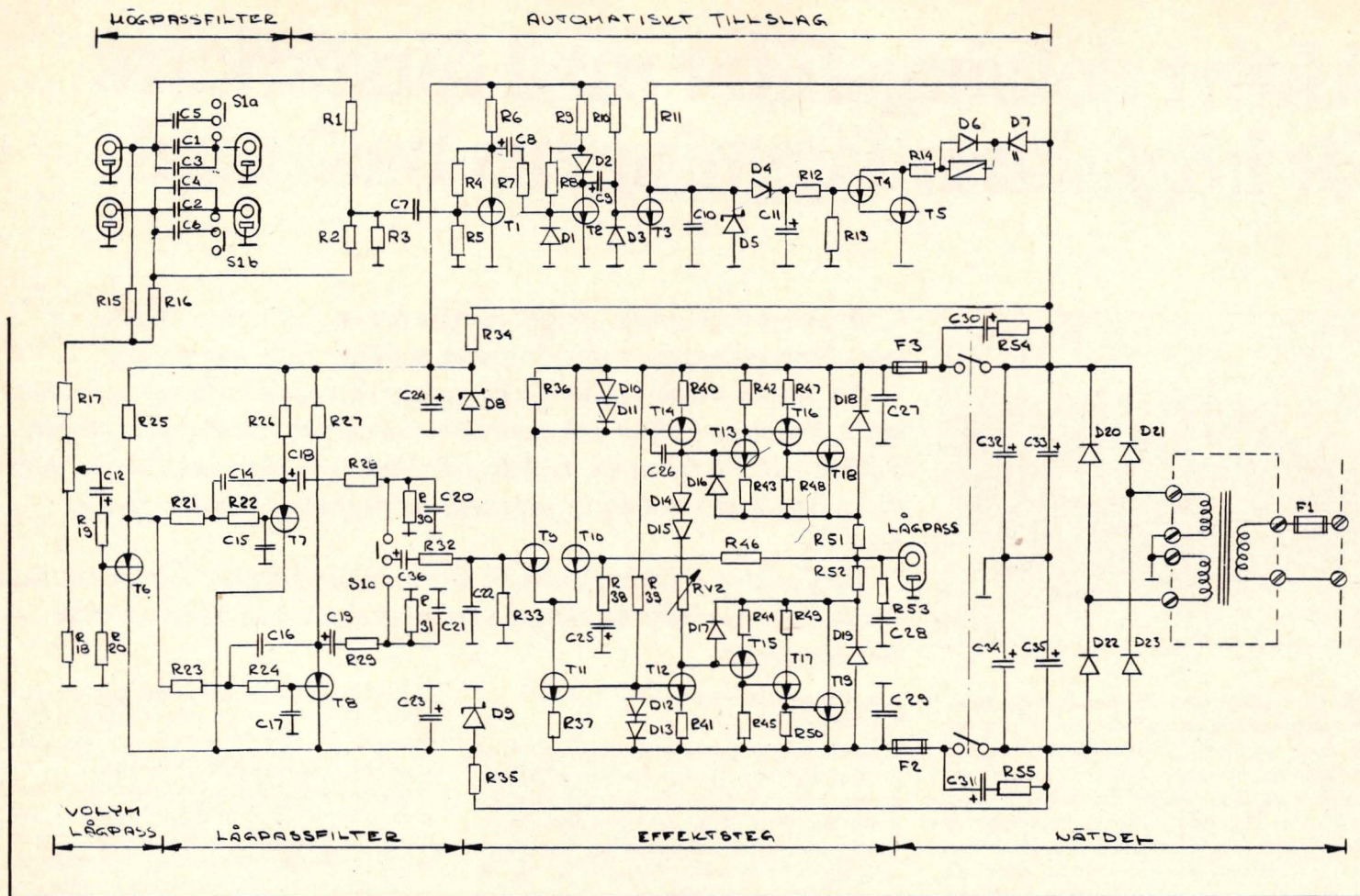


Fig 3. Schema för basmodulen.

för basen är den ökade effekttålighet man får. Den här beskrivna förstärkaren innehåller en transformator om 100 VA samt kondensatorer på $2 \times 4400 \mu\text{F}$ samt lämnar drygt 40 W kontinuerlig uteffekt. Eftersom huvuddelen av energispektrum i både tal och musik ligger vid tämligen låga frekvenser, kan man genom att ta hand om dessa frekvenser separat avlasta ett befintligt, mindre effekttålgt system som därmed kanske räcker utmärkt bra för att styra ut högre frekvenser.

Automatiskt till- och fränslag

För att man ska slippa ytterligare en nätströmbrytare finns en koppling för automatiskt till- och fränslag. Den består av transistorerna T1-T5, vilka driver ett relä. Kopplingens funktion är den, att när en signal på endera kanalen kommer in, slår reläet till. En signal om några mV är tillräcklig. Det motsvarar ett knappt hörbart ljud. Efter det att man stängt av sin förstärkare, ligger reläet draget i ca två min, varefter matningsspänningarna till förstärkaren bryts.

Högtalarlådan kan rymma baskanalens förstärkare

Anläggningen kopplas således in automatiskt, varför förstärkaren t ex kan byggas in i en högtalarlåda.

Ett blockschema över hur enheten i praktiken är uppbyggd, där endast de signalbehandlande delarna ingår, visas i fig 1. De ingående delarna är filter för sidosystemen, avkänning för centerkanalen med volymkontroll, valbara aktiva lågpasfilter samt slutsteg. De behandlas nedan var för sig.

Sidosystemen består lämpligen av ett par befintliga högtalare, eftersom man önskar lägga filterfrekvensen lågt: Detta för att undvika all riktningsverkan. För att filtrera bort basen från sidosystemen har valbara kondensatorer placerats i serie med dessa högtalare. Detta ger ca 6 dB/oktav dämpning av låga frekvenser, beroende på hur impedansen för den använda högtalaren varierar med frekvensen.

Man kan även utesluta C5, C6 och ersätta dessa med en överbrygning, vilket vid praktiska prov visade sig fungera mycket bra. Man använder med andra ord sidosystemen över hela frekvensområdet. Man kan beräkna kondensatorvärdena enligt

$$C = \frac{1}{2\pi f_0 \cdot R}$$

I tab 1 antas att R är 8 ohm. Om högtalarna har 4 ohms impedans, fördubblas värdena på C1-C6. Via motstånd R15 och R16 blandas signalen från höger och vänster kanal. Tack vare slutstegens låga utimpedans finns ingen risk för överhörning.

Därefter följer en potentiometer som nivåkontroll för baskanalerna. En emitterföljare ger låg utgångsimpedans. Denna låga utgångsimpedans är ett krav som betingas av att man lätt ska kunna kontrollera och beräkna frekvensgången för de lågpasfilter som följer. Beteckningarna framgår av fig 2.

För ett filter med en dämpning på 12 dB/oktav behövs inte R3 och C3. För ett sådant filter ska $C1/C2 = 2$ om man vill ha slät överföringskaraktistik. Resonansfrekvensen ges av

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R1 R2 C1 C2}}$$

För ett filter med dämpningen 18 dB/oktav och slät överföringskaraktistik ska i stället $C1/C2 = 4$.

$$\text{Resonansfrekvensen } f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R1 R2 C1 C2}}$$

$$\text{Dessutom gäller: } f_0 = \frac{1}{2\pi R3 C3}$$

Några sammanhängande värden för olika frekvenser finns i tab 1.

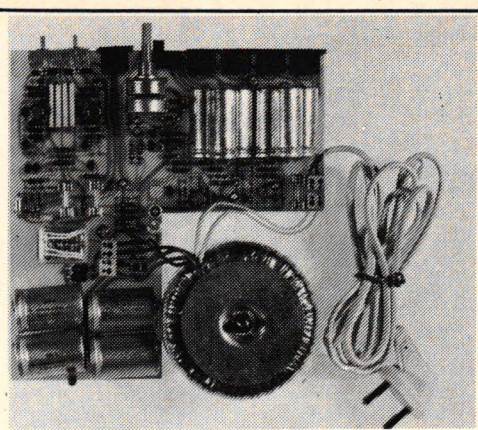
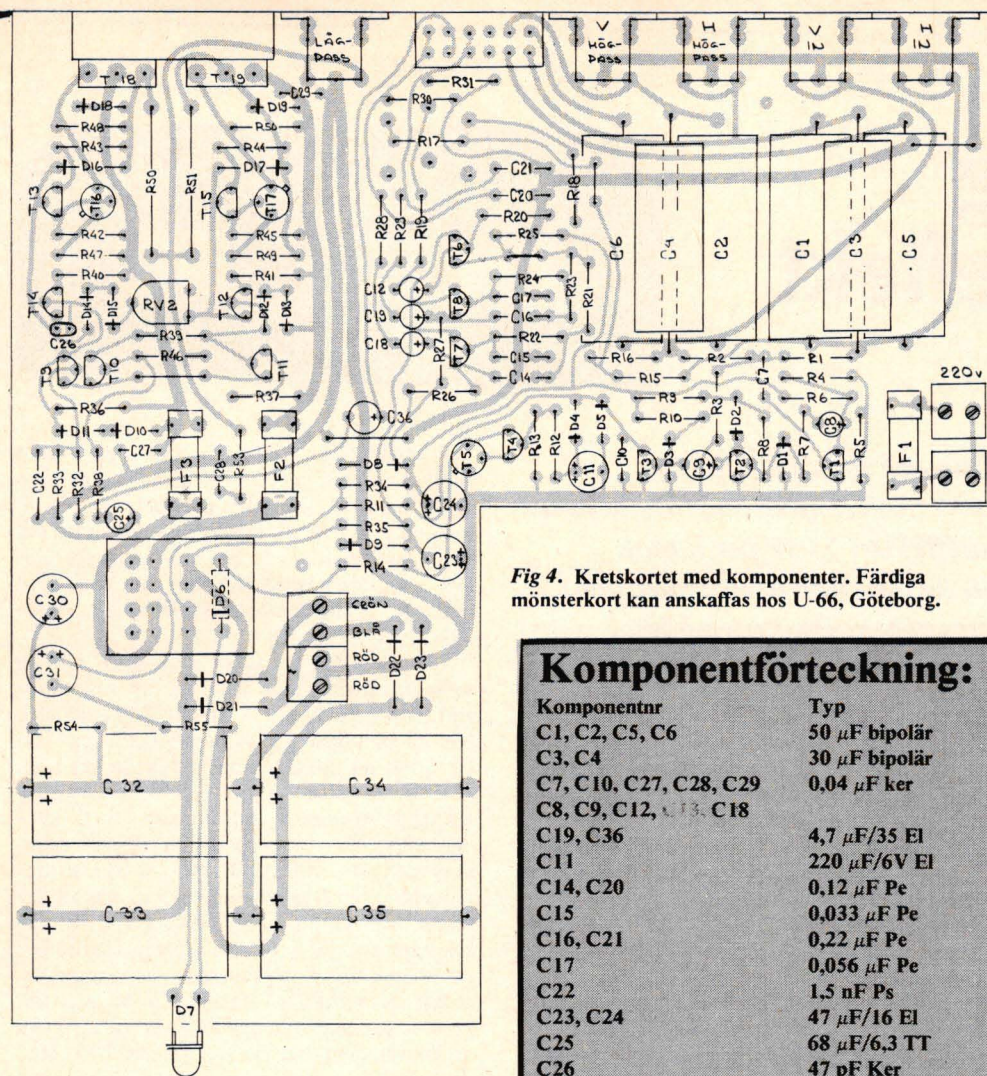
Slutsteget är av en numera tämligen konventionell typ med differentiellt ingångssteg. Matningsspänningen ligger balanserad i förhållande till jord. Man kan därför koppla högtalarna direkt och slippa kopplingskondensator. Detta ger lägre utgångsimpedans och förbättrad frekvens- och färgång vid låga frekvenser.

Differentialsteget samt transistorerna T14 är de delar som ger spänningsförstärkning. Eftersom T14:s kollektorbelastning utgörs av en strömgenerator, T12, är förstärkningen före motkoppling mycket hög.

Sex transistorer i slutdelen

Transistortriplarna T13, T16, T18 samt T15, T17, T19 kan betraktas som speciella NPN- resp PNP-emitterföljare med mycket stor strömförstärkning. De har samtidigt inbyggd strömbegränsning mot stora strömmar genom R14, D15, D16 och D17. D14 och D15 ger samtidigt lämplig förspänning.

Genom att T13 och T15 inte har någon egentlig egenuppvärmning, p g a den lilla ström som går



f_1	C1+C3 C2+C4	C10 C14	C15	f_2	C1+C3+C5 C2+C4+C6	C16 C12	C17
H _z	μF	μF	μF	H _z	μF	μF	μF
400	50+0	0,082	0,022	200	50+0+50	0,15	0,039
285	50+20	0,1	0,027	165	50+20+50	0,18	0,049
250	50+30	0,12	0,033	150	50+30+50	0,22	0,056
200	50+50	0,15	0,039	132	50+50+50	0,22	0,068

genom dem, kommer deras temperatur att följa D14 och D15. Härigenom erhålls en mycket god kompenserung av tomgångsströmmen som kan väljas så, att man får låg övergångsdistorion. Slutstegets förstärkning bestäms av förhållandet $(R_{46} + R_{38})/R_{38}$. Genom motkopplingen fås mycket låg distortior, eftersom slutsteget redan före motkoppling är ovanligt linjärt.

Ett kretskort rymmer alla delar

Alla ingående delar är monterade på ett krets-kort. Det ska gå lätt att bygga upp kretsarna.

Man börjar helst med motstånden och sedan monteras kondensatorerna, säkringshållare etc. Sist monteras halvledarna. Vid montering av transistorer, dioder och kondensatorer kontrolleras att de är vända åt rätt håll samt att de inte förväxlats.

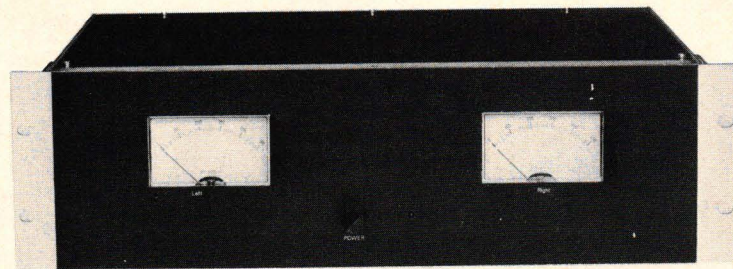
**40 W glödlampa
skyddar vid test**

När allt är noggrant kontrollerat en extra gång

Komponentförteckning:

Komponentnr	Typ		
C1, C2, C5, C6	50 μ F bipolar	R51, R52	0,33 ohm
C3, C4	30 μ F bipolar	RV1	100 kohm log
C7, C10, C27, C28, C29	0,04 μ F ker	RV2	100 ohm Trim
C8, C9, C12, C13, C18		1 kretskort	
C19, C36	4,7 μ F/35 EI	1 omk S1 4 växl (<i>Telko J1000</i>)	
C11	220 μ F/6V EI	1 relä 4 växl (<i>Multikom 101196</i>)	
C14, C20	0,12 μ F Pe	5 högtalarkont f kretskort	
C15	0,033 μ F Pe	1 trafo 2 $\times$ 22V 100VA	
C16, C21	0,22 μ F Pe	1 1 amp trög F1	
C17	0,056 μ F Pe	2 1,6 amp snabb F2,3	
C22	1,5 nF Ps	2 $\times$ 3 säkringshållare	
C23, C24	47 μ F/16 EI	4 $\times$ 2 skruvlist	
C25	68 μ F/6,3 TT	1 kyldistans	
C26	47 pF Ker	2 M3 $\times$ 18 skruv	
C30, C31	100 μ F/35V EI	1 M5 $\times$ 50 skruv	
C32, C33, C34, C35	2200 μ F/35V EI	1 M5 mutter	
D1, D2, D3, D4, D10, D11		2 M3 mutter	
D12, D13, D14, D15, D16, D17	1N4148	1 kiselfett	
D5	Zener 5,1 V	2 glimbricka + bussn	
D6, D18, D19	1N4002	1 plåtrondell	
D7	LED TIL 220	2 gummironnell	
D8, D9	Zener 15 V	1 nätsladd	
D20, D21, D22, D23	MR502, 1N5402, 1N4002	1 lödtenn	
T1, T6, T7, T8, T14, T15	BC212, BC157, BC177	I den kompletta byggsatsen ingår även:	
T2, T3, T4, T9, T10, T11, T12, T13	BC 182, BC147, BC107	2 distans	
T5, T17	BFT40, BFT39	2 M3 $\times$ 8 skruv	
T16	BFT80, BFT79	2 M3 $\times$ 5 skruv	
T18, T19	TIP33A, B	2 M3 $\times$ 14 skruv	
R1, R2, R39	22 kohm	2 avlastare	
R3, R7, R25, R26, R27	3,9 kohm	5 plåtskruv	
R4, R17, R21, R22, R23, R24, R28, R29, R33, R46		2 gavlär	
R5	10 kohm	1 front	
R6	47 kohm	1 bakstycke	
R8, R13	15 kohm	2 gummifot	
R9	680 kohm	2 gummifot	
R10, R30, R31	12 kohm	1 plastgenomf	
R11, R19, R36	220 kohm	Komponenter enligt stycklistan kan köpas ge-	
R12, R20	3,3 kohm	nom: U-66 Elektronik AB, Vallgatan 8, 411 16	
R14	100 kohm	Göteborg, tel 031/11 79 70-90, 29 33 85.	
R15, R16	220 ohm	Enbart borrar kretskort	50:— (58:82)
R18, R32, R42, R45	680 ohm	Komplett komponentsats	335:— (394:12)
R34, R35, R37	1 kohm	enl stycklistan	
R38, R41	1,2 kohm	Komplett med tryckt chassi	415:— (488:25)
R40, R43, R44	330 ohm	Byggsatsen kan även fås med färdigmonterat och	
R47, R49, R53, R54, R55	100 ohm	provat kretskort mot ett tillägg på 45:— (52:95).	
R48, R50	10 ohm	Priserna gäller exkl moms (resp med moms inom	
	47 ohm	parentes) och frakt.	

Stereoslutsteg för 2×75 W effekt



Ökade fordringar på dynamiskt omfång och högre kvalitet på återgivningen reser krav på effektreserverna i tonfrekvensförstärkare. RT presenterar här ett slutsteg med uteffekten 75 W per kanal. Utmärkande för konstruktionen är att de enskilda kretsarnas steg gjorts bredbandiga — därmed uppfylles väsentliga krav på låg transientdistorsion, TIM.

■ Slutstegens utförande diskuteras ofta med avseende på både kretslösningar och prestanda. Konstruktionen sker alltid med avvägning mellan olika parametrar och man kan ibland fråga sig tex varför ett visst steg inte har gjorts effekttarkare eller kortslutningssäkert.

Föreliggande slutsteg har konstruerats med utgångspunkt i de resultat som gavs vid en provlyssning för en tid sedan. Ett slutsteg med effekten 20 W fick driva ett exponentialhorn. Tack vare hornets höga verkningsgrad låg det nära till hands att anta att den använda effekten mer än väl skulle räcka till. Det visade sig dock att de första crescendoerna infann sig samtidigt som grimaserna i provlyssnarnas ansikten. Tillgänglig mätutrustning togs fram och det kunde konstateras att slutsteget klipp-te under de starkaste passagerna. Det stod med andra ord klart att effekten 20 W inte var tillräcklig utan man skulle behöva en effekt i storleksordningen 70 W över 8 ohm.

Det är dock inte tillräckligt att förstärkaren är effekttark. Det finns en mängd andra krav att ställa på en slutförstärkare. Den skall tex ha så liten fasvridning som möjligt inom tonfrekvensområdet, vilket innebär att bandbredden skall vara stor. Låg distorsion och stort signal/brus-avstånd ansågs självklart. Bandbredden före motkoppling dvs "open-loop"-bandbredden skall vara ≥ 20 kHz, samtidigt skall open-loop-förstärkningen inte överstiga 70 dB. (Ojala föreskriver en inre bandbredd som överstiger det inmatade programmateriallets.) Open-loop-kriterierna var de som krävde mesta tiden vid beräkningar och mätningar varför vi skall dröja kvar vid denna del av förstärkaren.

Problem med kopplingen mellan driv- och ingångssteg

Tidigare försök med vanlig differentialförstärkare som ingångssteg påvisade en hög grad av olinjäritet i kopplingen till efterföljande steg, där basströmmen kunde ha högt distorsionsinnehåll.

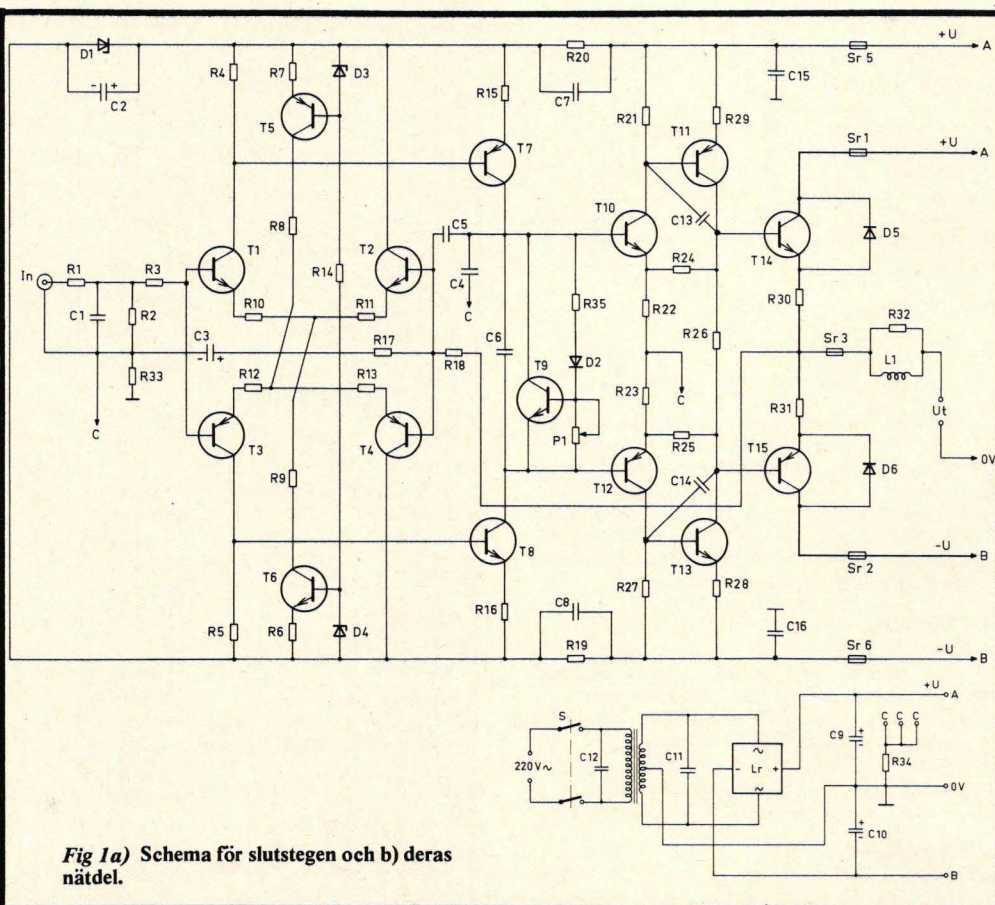
För att undvika detta används i den här beskrivna förstärkaren ett mottakt kopplat steg,

bestående av två komplementära differentialsteg med transistorerna T1—T8; se fig 1. Det är denna del som också bestämmer bandbredden och huvuddelen av förstärkningen (i "open-loop"), vilket gör att den kräver stor omsorg vid dimensioneringen.

De element i ingångsdelens, som i huvudsak bestämmer bandbredden är kollektorströmmen genom T1; T8 och kollektormotstånden R4; R5. Förstärkningen i ingångsdifferentialen bestäms av strömmen genom T1 och T3 tillsammans med R4; R5.

Problemet är tämligen komplext. Med angivna värden är bandbredden i open-loop ungefär 40 kHz och förstärkningen ca 67 dB. Ingångsstegen av differentiatyp drivs med två strömgeneratorer T5; T6 och dioderna D3; D4. Diodernas zenerspänning har valts med tanke på lägsta temperaturkoefficient, vilken ligger mellan 4,1 och 5,1 V.

T7 och T8, som utgör drivsteget, har en tomgångsström som bestäms av respektive emittermotstånd; R15 och R16. Motstånden bör ha tämligen god anpassning sinsemellan ($\pm 1\%$), då olikheter mellan dessa ger upphov till en offsetspänning på kollektorsidan. Kollektorströmmen tillsammans med kondensatorn C4 bestämmer drivstegets spänningsderivata, vilken bör vara så stor att den motsvarar en frekvens som är ca 10 gånger högre än open-loop-bandbredden för att man ska undvika för stor fasvridning. Drivsteget har med givna komponenter en spänningsderivata (slew-rate) på ungefär 21 V/ μ s, vilket ger en maximal toppspänning av ca 20 V för att begränsning inte skall ske under 200 kHz.



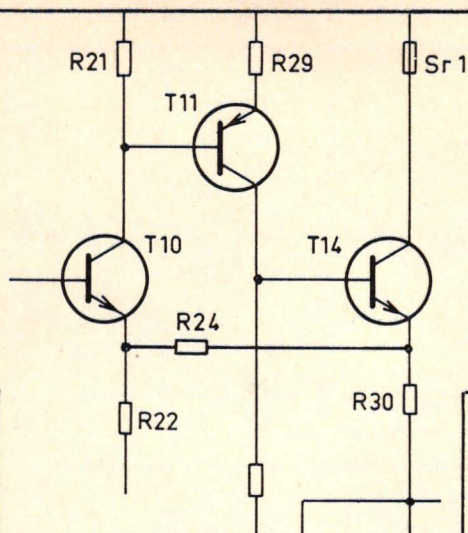


Fig 2. Ett försök med denna trippelkonfiguration gav stabilitetsproblem. Därför valdes i stället den koppling som visas i fig 1.

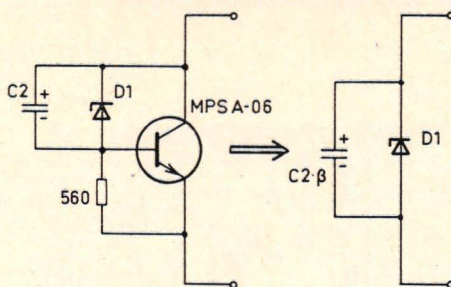


Fig 3. I stället för att stabilisera spänningen med en kondensator parallellt med en zenerdiod kan man använda en transistor, diod och kondensator. I det senare fallet får man genom Miller-effekten en multiplicering av kondensatorns värde med transistorens strömförstärkningsfaktor. M a o kan man i en sådan koppling välja en liten kondensator och trots detta få god glättning och en långsam spänningsökning vid tillslag.

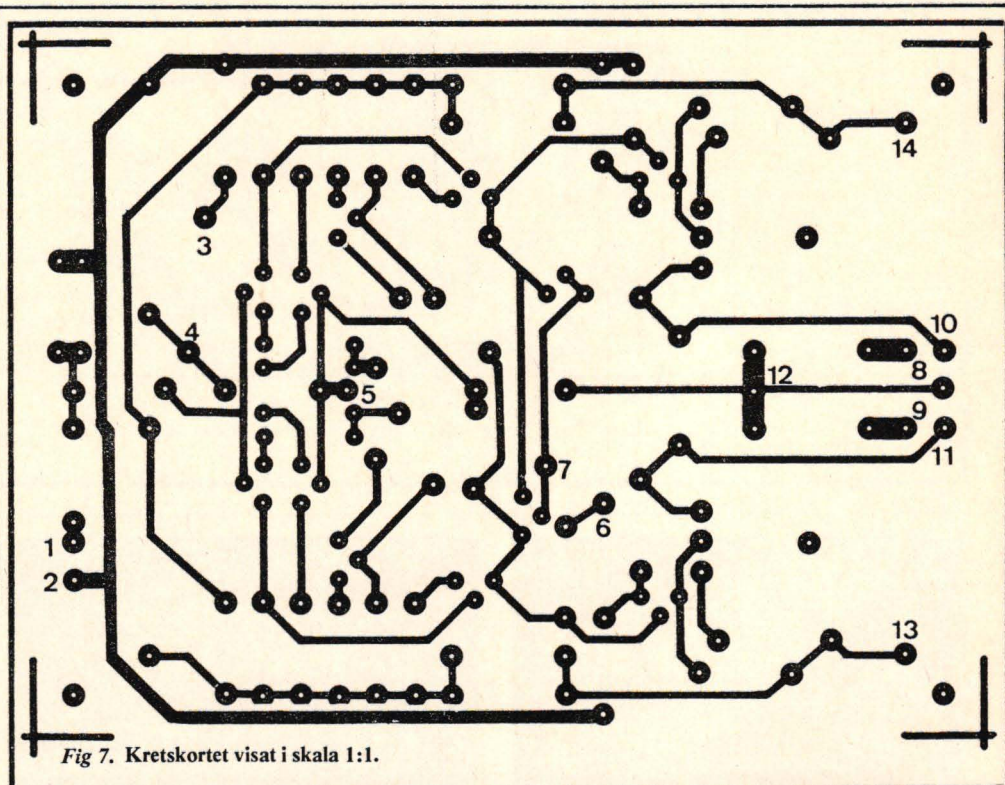


Fig 7. Kretskortet visat i skala 1:1.

För att man skall kunna ta ut fullt spänningssving har effektdelen givits en förstärkning av 2,19 ggr med motstånd R18, R19, och R20, R21. Denna förstärkning ökar spänningsderivatan till ca 47 V/ μ s, eller toppvärdet hos utsignalen till 37 V, vilket motsvarar matningsspänningen vid full utstyrning.

Uppdelning av förstärkningen mellan driv- och slutsteg

Förfarandet med att dela upp förstärkningen mellan drivsteg och effeksteg har flera fördelar. Man kan med lätthet erhålla en hög slewrate utan att behöva driva hög ström genom T7 och T8. Det medför att förlusteffekten i T7 och T8 blir låg och samtidigt kan man minska distorsionen ytterligare genom att inte utnyttja fullt spänningssving, vilket minskar

kollektor-baskapacitansens modulerande inverkan på bandbredden.

Effektdelen består av två symmetriska halvor för positiva och negativa signaler. Uppbyggnaden är tämligen lik den klassiska trippelkopplingen men med två viktiga skillnader: dels vad som nämnts beträffande förstärkningen, dels funktionen hos R26.

I tidigare kopplingar har man besvärats en hel del av en effekt som benämns "mutal con-

duction", vilken innebär att om switchförloppet från positiv till negativ signal (eller tvärt om) varit för snabbt, har detta medfört att båda effektransistorerna varit ledande, vilket framkallar sekundärt genombrott.

Det bör här också påpekas, att transistorens tillverkningsteknologi spelar en stor roll. Man bör använda tämligen snabba switch-transistorer tillverkade i epibase-teknik. Funktionen hos R26 är den, att då signalen växlar polaritet, kommer basen på den ena transistoren att dras till en polaritet som effektivt stryper transistoren.

Framför allt kommer R26 att påskynda tömningen av basladdningen hos transistoren.

Problem med tretransistorkoppling

Vissa försök med en modifierad version av effektdelen har också gjorts, se fig 2. Skillnaden mellan den och den här använda är att motkopplingen ligger över samtliga tre transistorer. Vissa problem med stabiliteten medgav dock inte användandet av den kopplingen då den förutsätter att T10, T11 resp T12, T13 skall vara av samma typ, vilket är svårt att realisera i effekthanseende.

Lägre spänning hos ingångsstegen

Ingångs- och drivstegen har en lägre mat-

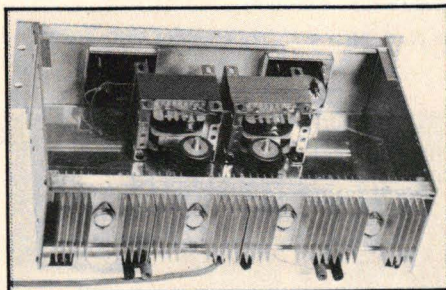


Fig 5. Apparaten sedd bakifrån. Märk raden av kylflänsar! Deras monteringsflänsar är avsågade för att kylflänsarna skall få plats på bredden i ISEP-lådan. I stället för att som här använda två parallellkopplade transformatorer, kan man använda en enda ringkärnetransformator.

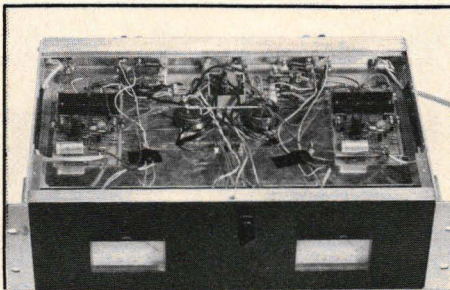
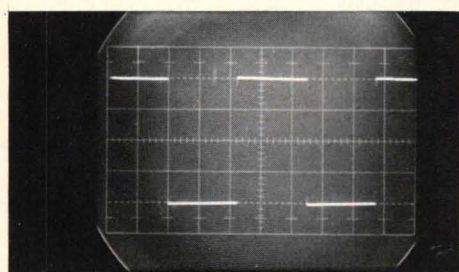
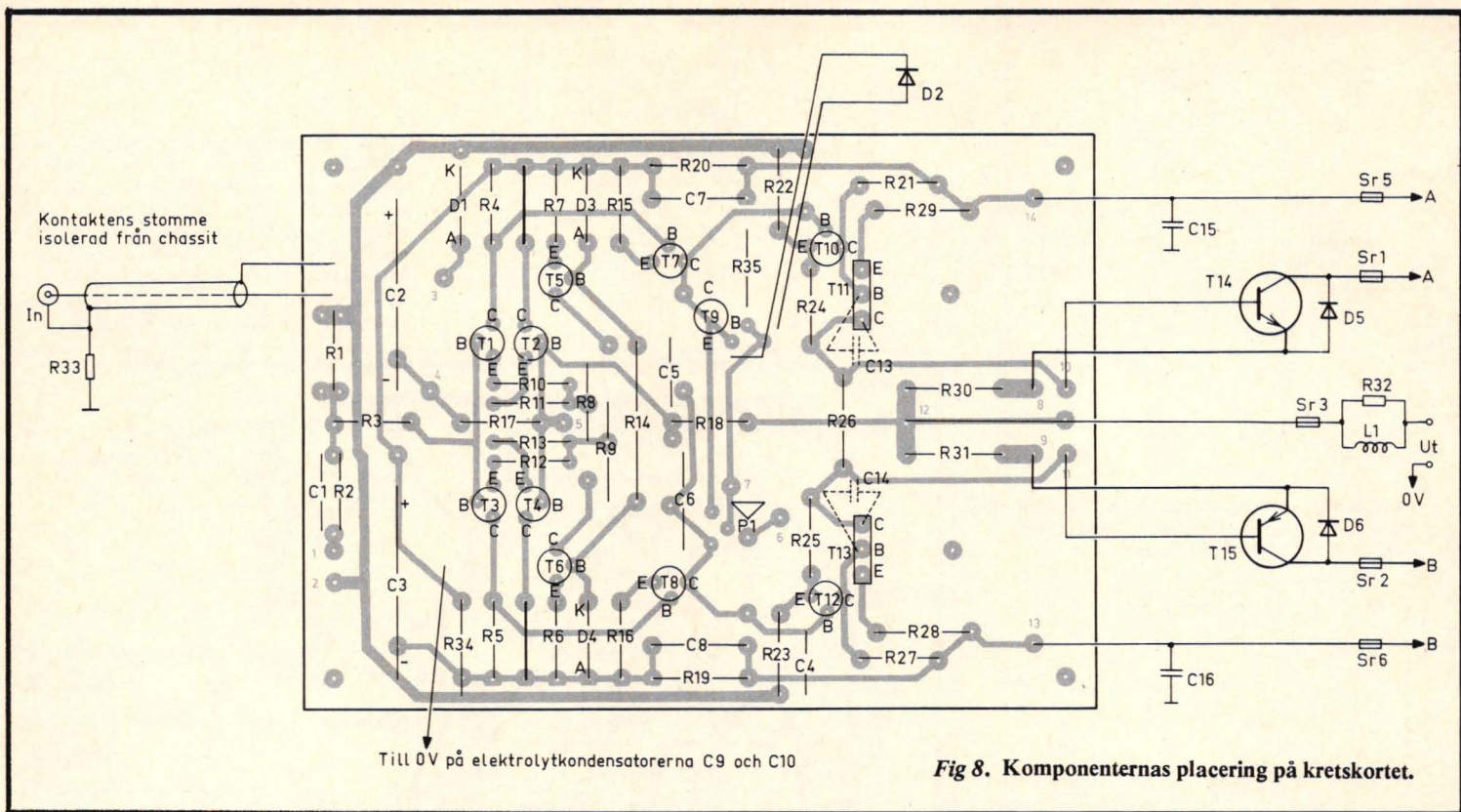
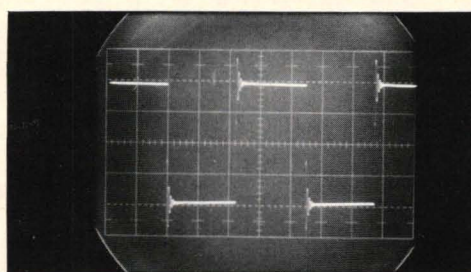


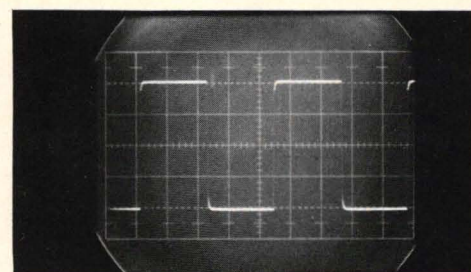
Fig 6. Här framgår hur apparaten ser ut från undersida. Här visas en tidig prototyp och därför skiljer kretskortens utseende något från det här presenterade utförandet.



a) 1 kHz och 7,5 ohm. 0,2 μ s resp 10 V/ruta.



b) 1 kHz och 7,5 ohm parallellt med 1,5 μ F. 0,2 μ s och 10 V/ruta.



c) 10 kHz och 7,5 ohm. 20 μ s resp 10 V/ruta.

Tabell 1

Av författaren uppmätta testdata för slutsteg av typ 75/75.

Max uteffekt, båda kanalerna drivna. 1 kHz

2 $\times$ 130 W över 4 ohm

2 $\times$ 75 W över 8 ohm

2 $\times$ 42 W över 16 ohm

Intermodulationsdistorsion

125 W 4 ohm 0,07 %

75 W 8 ohm 0,06 %

40 W 16 ohm <0,05 %

1 W 4-16 ohm <0,05 %

Frekvensgång 80 W

-2,5 dB 6 Hz - 680 kHz mätt utan filter på ingången. Med filter på ingången:

$\pm$ 1 dB 6 Hz - 190 kHz

Störavstånd:

Öppen ingång: 1,06 mV

Kortsluten ingång: 0,25 mV

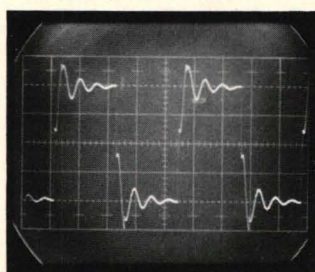
mätt på utgången utan bandbredds begränsning (50mHz oscilloskop).

Slew rate (max spänningsderivata):

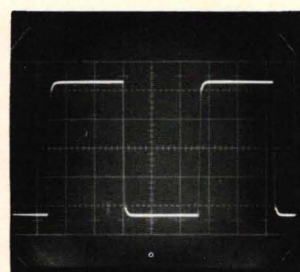
47 V μ s, mätt utan filter på ingången

Stigtid: 1,8 μ s för -37 - +37 V.

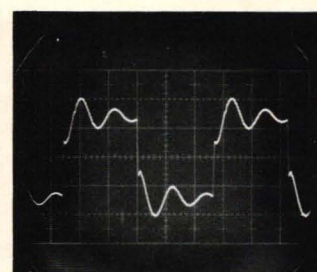
Fyrkantvågssvar vid olika belastningar och frekvenser se vidstående figurer.



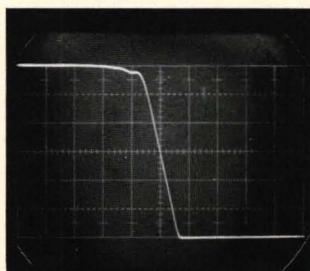
d) 10 kHz och 7,5 ohm parallellt med 1,5 μ F. 20 μ s och 10 V/ruta.



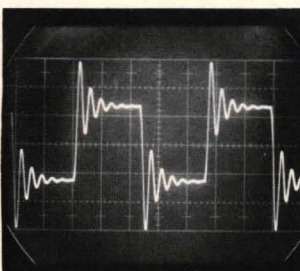
e) 20 kHz och 7,5 ohm. 10 μ s resp 10 V/ruta.



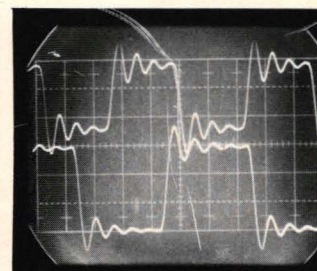
f) 20 kHz och 7,5 ohm parallellt med 1,5 μ F. 10 μ s resp 10 V/ruta.



g) 20 kHz och 7,5 ohm. 1 μ s resp 10 v/ruta.



h) 10 kHz och 1,5 μ F (20 VA). 20 μ s resp 10 V/ruta.



i) 15 kHz, överst, och 20 kHz. Belastning 1 μ F 20 μ s resp 20 V/ruta.

ningsspänning än effektdelen för att ett minimum av rippel skulle uppstå. Regleringen sker med zenerdioden D1 och kondensatorn C2 tillsammans med motståndet R19, R20. Nätaggregatet består i prototypen av två 160 VA transformatorer som parallellkopplats för att ge 320 VA. Spänningen 2×30 V likriktas och man får därvid ut ± 42 V som glättats med två kondensatorer om $10\,000\ \mu\text{F}$. Dessa transformatorer har använts då de fanns tillgängliga vid konstruktionens början. Bättre är dock att använda ringkärnetransformatorer. Se tillägg.

I ett senare exemplar har sådana med effekten 300 VA byggts in, vilket givit ca 20 % högre uteffekt från förstärkaren då dessa, i motsats till andra transformatorer, är dimensionerade att ge 2×30 V ut vid en given ström, vilket inte är vanligt men väl önskvärt.

I motkopplat skick uppmättes bandbredden vid halv effekt till 200 kHz (-1 dB). Det ansågs viktigt att slutsteget inte hade någon väsentlig inre fasvridning, utan att denna, liksom den totala bandbredden, bestämdes av passiva komponenter på ingången, R1; C1. Om bandbredden är känd i förstärkaren och denna är ≤ 200 kHz, så skall inte C1 tas med utan man låter förstärkaren helt bestämma bandbredden. Fasvridningen med givet värde på R1 och C1 blir ca $2,3^\circ$ och -3 dB gränsen ca 400 kHz. Drivsteget är separat motkopplat via C5 för bästa pulssvar i resistiv last.

Enkelt skydd med säkring

Någon form av elektroniskt skydd mot kortslutning och dylikt har inte tagits med, då

Appendix till förstärkarkonstruktionen:

Spänningsderivatan (slew rate) för ett steg bestäms av kollektorström, I och den på kollektorsidan anslutna totala kapacitansen C enligt:

$$S = \frac{I(\text{mA})}{C(\text{nF})} \left(\text{V}/\mu\text{s} \right)$$

För att bestämma den nödvändiga spänningsderivatan för en given toppamplitud används:

$$S = V_p' 2\pi f \quad \begin{array}{l} V_p = \text{toppamplitud (V)} \\ f = \text{maximal frekvens utan distorsion} \end{array}$$

För att bestämma mättaggregatets filterkondensatorer optimalt så bör man använda sambandet:

$$C = \frac{I' t}{V} \quad (F) \quad \begin{array}{l} I = \text{maximal toppström beroende på lasten (A)} \\ t = \text{tiden för en halv period av strömmen. } I \cdot (S) \end{array}$$

$t = \text{tiden för en halv period av strömmen. } I \cdot (S)$

$V = \text{matningsspänningen (V)}$

säkringar ansågs vara tillräckligt. Det är ju inte här fråga om någon transportabel semi-proffsapparat som kan utsättas för defekta laster utan ett slutsteg för hemmabruk med en last av känd storlek och kvalitet. Slutsteget uppvisar en god stabilitet gentemot ren kapacitiv last eller blandlast — se foto.

Kommentarer och tillägg till byggbeskrivningen

Spänningsregleringen för ingångs- och drevsteg kan också utföras med en sk förstörad kondensator och zenerdiod, vilket ger ett långsammare tillslag av drivsidan samtidigt som spänningen glättas ännu effektivare, se fig 2.

Det har tidigare i RT påpekats att det vore önskvärt att slutsteg har en variabel förstärkning för att optimalt brus-avstånd skulle kunna uppnås. I fig 4 ges förslag till en stegad förstärkningskontroll som då skall ingå i motkopplingslängan.

Det finns i konstruktionen ingen kondensator som kan isolera ingången mot likspänningar från förstärkaren, något som bör

beaktas om det är osäkert hur den aktuella förstärkaren är konstruerad.

Det är viktigt att beakta hur man jordar slutsteg av detta utförande för att få så litet brus som möjligt, och det rekommenderas att det av författaren använda systemet tillämpas, se fig 1. Samtidigt bör utgångsanslutningar av typen polskruvar användas. DIN-kontakter göra sig ej besvär!

När man första gången skall starta slutsteget bör detta ske med en kanal åt gången. Effektt transistorerna T14, T15 skall inte ha sina respektive kollektorer anslutna till matningsspänningarna utan endast vara anslutna med bas och emitter. Enligt schemat kan man utföra detta genom att ta bort kollektorsäkringarna. Därefter kopplas matningsspänningarna in och man kontrollerar att offsetspsänningen på utgången är $< \pm 50$ mV. Potentiometern P1 skall vara ställd för maximal resistans, vilket vid inkoppling av sluttransistorerna ger minimal tomgångsström. Säkringarna för effektt transistorerna sätts i, varvid nätaggregatet skall vara avstängt och urladdat, och tomgångsströmmen ställs in till ca 10 mA i effektt transistorerna.

Komponentförteckning:

R1, R3	1 kohm
R2	47 kohm
R4, R5, R6, R7	4,7 kohm
R8, R9	2,2 kohm
R10, R11, R12, R13	
R17	100 ohm
R14	4,7 kohm 1 W
R15, R16	68 ohm
R18	24 kohm
R19, R20	820 ohm 1 W
R21	560 ohm
R22, R23	470 ohm
R24, R25, R27	560 ohm
R26	82 ohm
R28, R29	4,7 ohm 2 W
R30, R31	0,2 ohm 2 W
R32	10 ohm 5 W (Philips typ 83540)
R33	2,2 ohm 2 W
R34	1,8 ohm 2 W
R35	390 ohm
P1	470 ohm trimpot
Alla motstånd 5 % 1/4 W om inte annat anges.	
C1	330 pF
C2	470 $\mu\text{F}/40$ V
C3	220 $\mu\text{F}/6$ V
C4	680 pF styrol
C5	39 + 39 pF styrol parallell

C6	0,1 μF 160 V
C7, C8	22 nF 160 V
C9, C10	10 000 μF 40 V
C11	0,1 μF ker 500 V
C12	0,01 μF ker 500 V
C13, C14	27p
C13, C16	0,1 μF
D1	IN5259 39 V 5 % 1/2 W
D2	IN3754 RCA
D3, D4	IN5230, 4,7 V 5 % 1/2 W
D5, D6	IN4007
Likriktare	26 MB20
T1, T2	2N5209
T3, T4	2N5086
T5, T7, T12	MPS-A56
T6, T8, T9, T10	MPS-A06
T11	BD530
T13	BD529
T14	BD317
T15	BD318

Samtliga halvledare: Motorola/Interelko utom D2 som kommer från RCA och likriktaren från Multi-komponent eller Elfa.
L1 Drossel lindad på R32 med Cu-tråd $\varnothing$ 1 mm 18 varv.
Tr Transformator 220 V/2 $\times$ 30 V 5 A Transduktor 6030.
Br Strömbrytare Lesa 8 B4 Deltron

S1, S2 3,15 A trög
S3 4A trög för 8 ohms last
S4 1 A trög
S5, S6 160 mA
Kylfläns för drivtransistorerna (kortmontage) Elfa K 18/2 (75-6216-8) $T_c = 20^\circ \text{C/W}$.
Kylfläns för effektt transistorerna ska ha en termisk resistans $\leq 1,2^\circ \text{C/W}$.
Dioden i kollektor-bas-kretsen vid T9 ska vara termiskt ansluten till kylflänsarna för effektt transistorerna. Ledningarna mellan kort och effektt transistorerna ska vara ≤ 10 cm och hållas väl separerade mellan T14/T15.
Anslutningskabeln mellan kollektor och nätaggregat, emitter-kretskort ska utföras med minst 1 mm² ledning. Samma gäller anslutningen mellan kretskort och utgångskontakt.
Trimpotentiometern ska vara någon av följande typer:
Morgan typ 81 AE 500 ohm
Morgan typ 81E 500 ohm
Helipot typ 82P 500 ohm
Helipot typ 66W 500 ohm
I undantagsfall kan användas:
AB Electronics C10 stående montage 470 ohm (Elfa).
Kondensatorerna C2/C3:
C2 Siemens B41 010 470 $\mu\text{F}/40$ V
C3 Siemens B41 282 220 $\mu\text{F}/10$ V
Kretskort kan köpas hos:
L W — Ljudteknik tel 08/29 08 76.

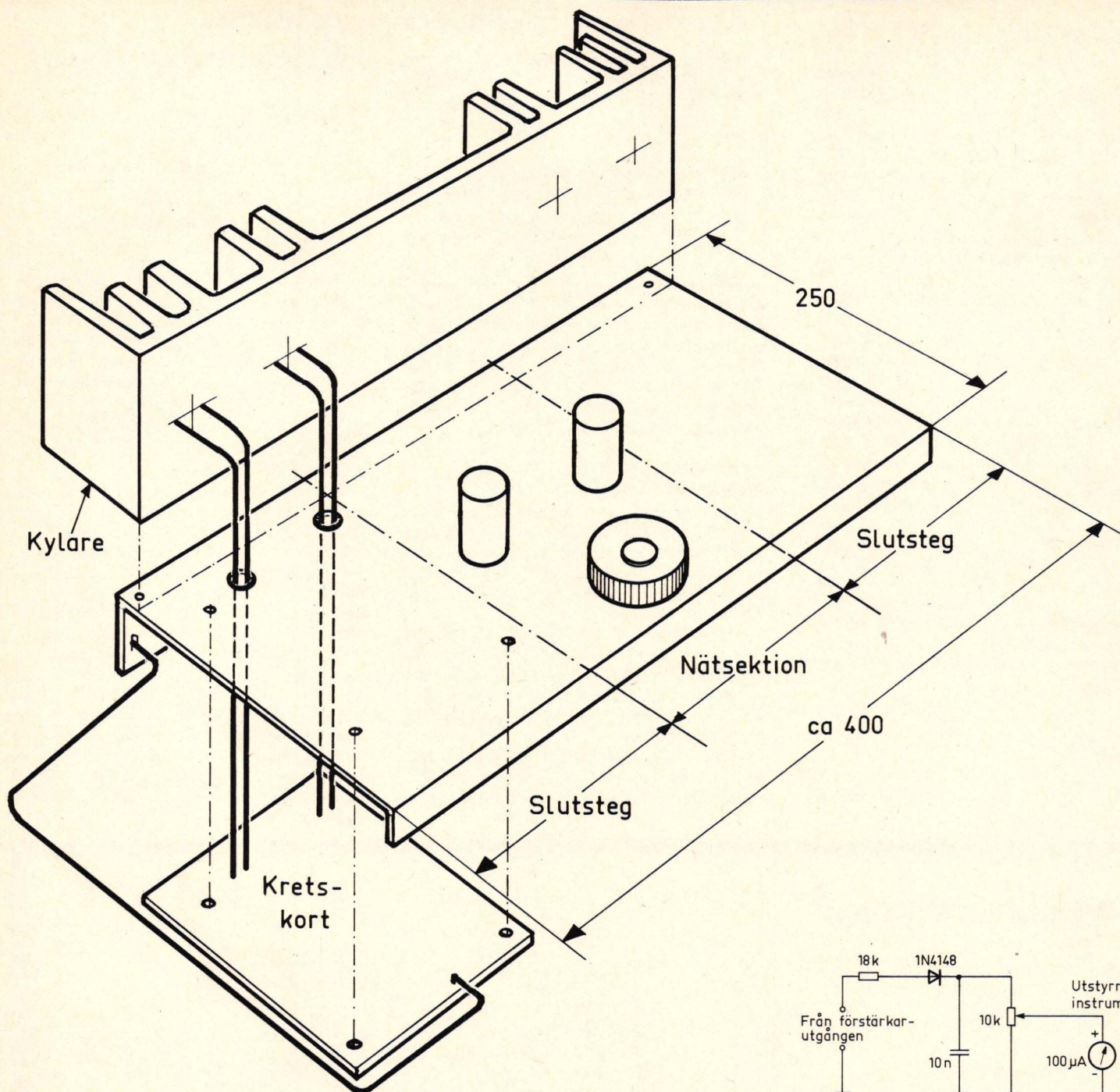


Fig 4. Här visas en lämplig mekanisk uppbyggnad av förstärkaren. De båda kanalerna byggs upp symmetriskt med den stora nättransformatorn mellan dem. Följ nogga anvisningarna om jordpunkter och ledningsdragning!

Erfarenheter av olika byggen

Sedan slutsteget publicerades i RT 1975 nr 10, har ett stort antal förstärkare byggts och glädjande nog har väldigt få haft problem med sina steg. Vid de flesta fall har det rört sig om missförstånd samt slarvig eller kompakt uppbyggnad. Slutsteget skall vara symmetriskt placerat på ett monteringschassie med en ungefärlig storlek av 250×400 mm. Man kan med fördel placera transformatorn mitt på ovansidan av plåten och genomgående montera filterkondensatorerna genom chassiet. Se

fig 4. Kretskorten monteras sedan på undersidan av plåten på ca 10 mm höga distanser. Matningsspänningarna dras fram via säkringarna och avkopplas med C15/C16 direkt till chassieplåten. Kondensatorerna C14/C13 monteras på kortets foliesida enligt fig 8.

Med föreslagen uppbyggnad får man en önskad symmetri. Enda anslutningen direkt till chassiet skall ske vid de sammankopplade elektrolyterna C9/C10. De förbindes till jord med en grov ledning.

Alla andra "jordledningar" går fram separat till elektrolyterna.

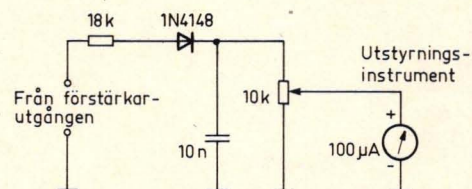


Fig 9. Förslag till enkel inkoppling av utstyringsinstrument. Med potentiometern ställs visaren till 100 % (uA) vid full utstyrning. OBS att instrumentet registrerar spänning. Med en normerad impedans betyder alltså utstyrning till 50 spakstreck att man tar ut 1/4 av fulleffekt. Instrumentet ger alltså en mycket ungefärlig uppfattning om uttagen effekt.

Transduktors transformator lämnar minst 2×33 V vid tomgång. Detta gav i den tidigare publicerade konstruktionen en klar överspänning. Med de här valda driv- och sluttransistorerna skall dock inga problem av detta slag behöva uppstå.

Man bör beakta att det finns vissa tendenser till självsvängning innan man har ställt in tomgångsströmmarna genom sluttransistorerna. För den första provningen och intrimningen av förstärkaren gäller sedvanlig procedur. Detta förklaras närmare i byggbeskrivningen av det aktiva delningsfiltret för basen längre fram i boken.

Komplementärt uppbyggt RIAA-korrektionssteg

Ordinära RIAA-korrektionssteg för Hi-fi bruk brister i många avseenden.

Några av problemen kan lösas med den här beskrivna, okonventionella kretslösningen som har flera förtjänster.

Steget är helt symmetriskt uppbyggt.

■ ■ Behovet av kapabla ingångssteg för magnetiska avkännare har alltid varit stort, och kraven har också skärpts på senare tid, särskilt vad det gäller 4-kanalavkännare enligt CD 4-systemet.

Det har ju dessutom varit känt en längre tid att alla avkännare *inte* ska ha en belastningsimpedans av 47 kohm, som är den vanligast förekommande och i de flesta fall av fabriken rekommenderade. Tvärt emot detta ska exempelvis 4-kanalpick-uper belastas med ungefär 100 kohm, medan vissa andra standardavkännare kräver 68 eller 82 kohm för bästa frekvensavgång, särskilt i diskanten. Att impedansen hålls konstant är också en viktig faktor att beakta, och detta har mest skett på studiosidan och inte i hemapparaturen.

Samtidigt som utbudet på avkännare ökat har skivindustrin utvecklats och är i stånd att pressa skivor med större dynamik än tidigare, vilket medfört att man har fått behov av en större utstyringsmarginal på ingångssteg. Denna överstyrningskapacitet ligger typiskt på 110 mV/1 kHz hos de bättre stegen i dag men ofta långt lägre hos enklare apparater.

En annan egenskap hos dagens skivor är, om man har tur, en väsentligt lägre brusnivå jämfört med föregångarna, vilket också ställer högre krav på ingångssteg.

Utvecklingen av korrektionsstegen har dock inte hållit jämna steg med utvecklingen av skivor och pick-uper. Inte heller har korrektionssteget genomgått samma utveckling som i synnerhet slutstegen varit föremål för.

Traditionellt hög förstärkning i RIAA-försteget gammal slentrian

Man har hittills som regel lagt den största förstärkningen i en Hi-fi-kedja vid just RIAA-steget. Detta är dock att göra saker och ting extra svåra för sig, då störavstånd, överstyrningsmarginal och förstärkning hänger nära samman. Det enda för förf kända undantaget är **Cambridge P 50** (som förr importerades till Sverige av **Sonab**).

Om vi studerar uttrycket (1) som gäller för totala bruset i en kedja av n -steg, så ser vi att det största brustillskottet erhålls av första länkens brus F_1 . Detta beror på att alla andra termer

$$F_{tot} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \frac{F_n - 1}{G_1 \cdot G_2 \cdot G(n-1)}$$

är mindre än F_1 , under förutsättning av att brusfaktorn är densamma för samtliga steg. Det är den vanliga inte, men eftersom för-

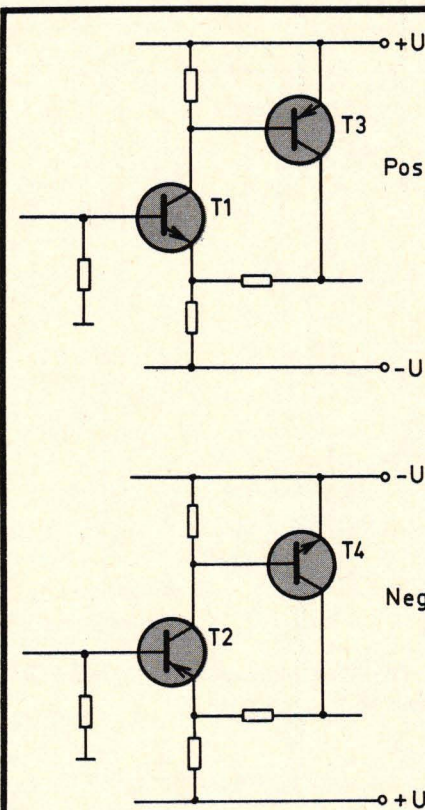


Fig 1. a) Det komplementära stegets positiva del. b) Den negativa delen.

stärkningen minskar inverkan av efterföljande stegs brus kommer vanligen den första termen F_1 helt att dominera. Bruset från moderna transistorer är dock lågt, och man kan därför minimera förstärkningen på ingången och öka den längre bak i kedjan utan att den totala brusfaktorn nämnvärt höjs.

Det finns vissa slutsteg som har försetts med en varierbar förstärkning i fasta steg. Det är här den på många förstärkare befintliga "muting"-knappen skulle sitta.

Förstärkningen varierar i ett RIAA-steg

I ett RIAA-steg varierar förstärkningen mellan 100 vid 20 Hz och 1 vid 21,22 kHz. Denna är i de flesta fall sedan multiplicerad två eller flera gånger. En förstärkning om 1 000 ggr (60 dB) vid 20 Hz är inte ovanlig. Om man har en sådan hög förstärkning är det självfallet så att man har en överstyrningsmarginal som är mycket ringa, såvida man inte har en extremt hög matningsspänning.

Föreslaget RIAA-steg symmetriskt uppbyggt

En tänkbar korrektionsförstärkare skulle

Komponentförteckning till RIAA-steget

R1, R2	200 ohm
R3, R4	30 kohm
R7, R8	390 kohm
R5, R6	390 kohm
	(alt CR047 Siliconix)
R9	2 kohm trimpot
R10	1,8 kohm
R11	19,5 kohm
	(två 39 kohm parallellt)
R12	2 kohm
	(alt 1 kohm för $G = 20 \text{ dB/1kHz}$)
R13	15 kohm
R14	470 ohm
R_L	= belastningsimp 47 – 100 kohm.
	Samtliga motstånd av metallfilm
	1/4 W 1 %
C1, C2	0,47 μ F 10 %
C3	56 pF
C4, C5	6,8 μ F Tantal
C6	16,3 nF
	(15 nF + 1,2 nF + 100 pF) 2,5 %
C7	3,69 nF
	(3,3 nF + 390 pF) 2,5 %
C8	470 pF 2,5 %
T1, T4	2N5210 Motorola
T2, T3	2N5087 Motorola

kunna vara den här föreslagna lösningen, som har en låg brusfaktor, en maximal förstärkning omkring 100 ggr, hög överstyrningsmarginal, låg distorsion genom att steget är helt mottaktkopplat samt att det är plus/minusmatat (med ganska höga spänningar), vilket eliminerar besvärande dunsar och smällar vid omkopplingen efter steget.

Förstärkaren kan uppdelas i två halvkor: en positiv och en negativ, bestående av T1–T3 resp T2–T4. Varje halva kan åskådliggöras som en ganska vanligt förekommande koppling enligt fig 1. Mottakt-kopplingen motiveras enligt samma erfarenheter som redogjordes för i RT 1974 nr 10 gällande slutsteg. I stället för att, som föreslogs där, använda ett komplett differentialpar har man här för att spara in ett par halvledare utnyttjat möjligheten att använda emittern i varje transistor som inverterande ingång. Varje halva av steget är separat likströmsmottkopplat genom motståndet R7 för den positiva sidan och R8 för den negativa sidan.

För att man ska kunna kompensera för

Överstyrningsreserven mycket god: 1,2 V kan påföras ingången vid 1 kHz.

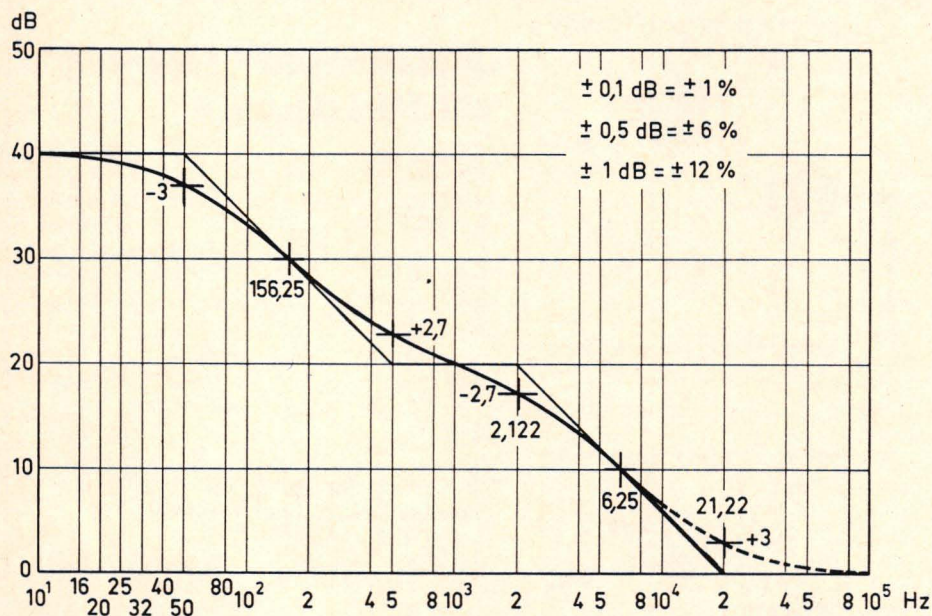


Fig 2. RIAA-korrektion för ett icke inverterande steg. Observera, att man får en brytpunkt i diskanten p g a att förstärkningen inte kan bli mindre än 0 dB.

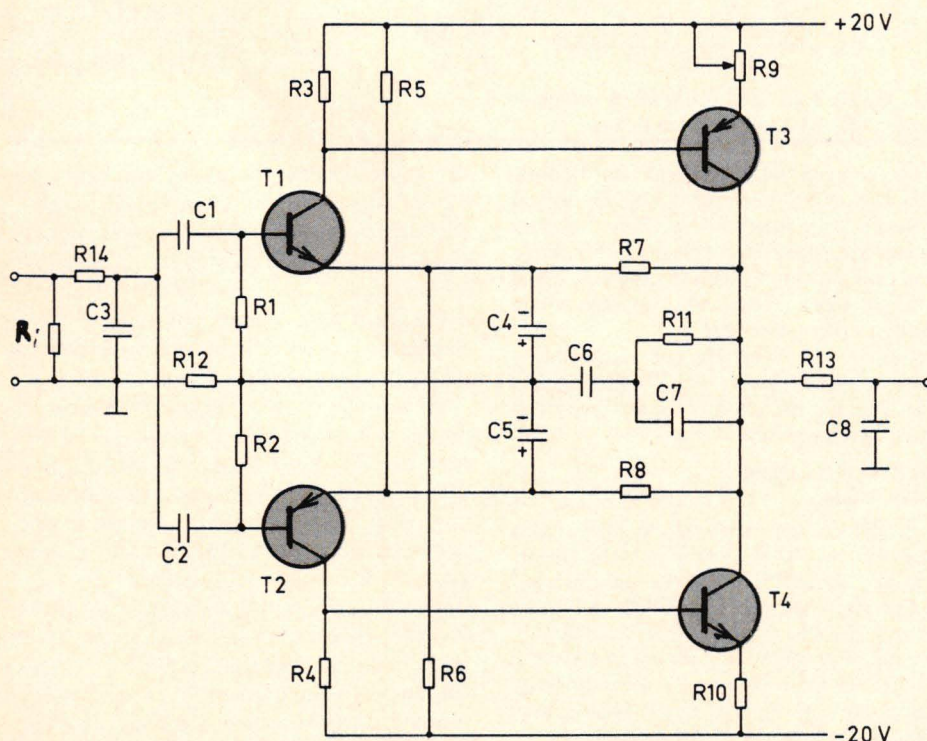


Fig 3. Schemat för RIAA-förstärkaren. Komponentvärden återfinns i stycklistan.

eventuell offsetspänning har R9 gjorts varierbar. Motstånd R5 och R6 tjänar som strömgeneratorer för enkelhets skull, men man kan givetvis ersätta den med någon bättre form av strömgenerator, som t ex Siliconix strömregulatoriodier.

Om man använder konstantströmdiod (CR047 Siliconix) har man större frihet vid val av matningsspänning medan man med motstånd måste hålla spänningen ± 20 V inom 2 % med en matchning av spänningarna till ± 1 %.

Ingångsimpedansen bestäms i huvudsak av R1 parallellt med R2, vilket medför att ingångsimpedansen kan väljas valfritt till $\leq R1/R2$.

Matningsspänningarna är ± 20 V, vilket ger en maximal utspänning om ca $12 V_{rms}$ innan klippning inträder. Det totala motkopplingsnätet består av R7, R8, R11, R12 samt C4, C5, C6 och C7. Nätet bildar en RIAA-korrektion enligt fig 2.

Kurvan enligt fig 2 planar ut vid ca 20 kHz, fullt i enlighet med funktionen hos en icke inverterande koppling. Enligt (2) kan ju inte förstärkningen sjunka under 1.

$$\frac{U2}{U1} = 1 + \frac{R1}{R2}$$

R1 är motkopplingsnätet mellan utgång och (-) ingång. R2 ligger mellan (-) ingång och jord.

(2) gäller således för en icke inverterande, motkopplad operationsförst.

Fel korrektion vanlig vid 20 kHz

De flesta korrektionssteg på marknaden är av icke inverterande typ, vilket gör att de alltid kommer att ha ett fel med för hög förstärkning ovanför 6 kHz. Felets storlek beror sedan på hur pass stor förstärkningen är, dvs hur många dB över 0 dB man ligger vid 20 kHz.

Således har man åter ett motstridigt förhållande, eftersom hög förstärkning i ett steg icke är att rekommendera av olika orsaker.

Man kan välja mellan att byta till en inverterande koppling, som medger att man går ända till noll i förstärkning eller, som här har

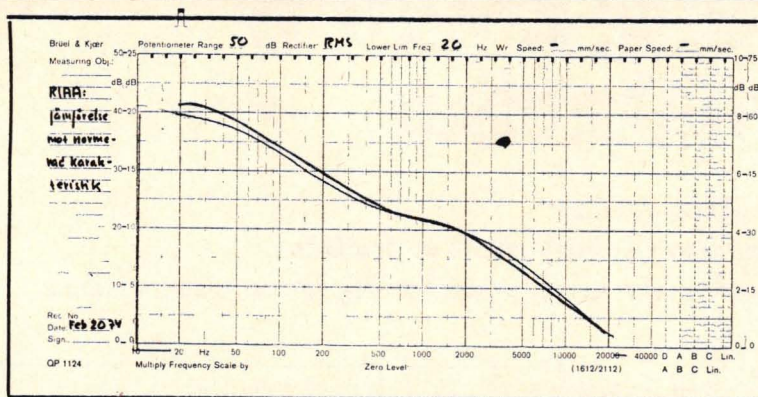


Fig 1. Här framgår avvikelserna om ca 2 dB mot normen för RIAA-korrekturen som utgör ena kurvan. Phonoingångssteget är trots detta mycket rekommendabelt tack vare sina rent tonala kvaliteter och stora kapacitet som bör räcka för varje känt programmaterial av den mest extrema karaktär.

MÄTRESULTAT OCH TESTDATA:

■ De mätningar som RT låtit utföra pekar på en god konstruktion. Förstärkaren kan t ex påföras 1,2 V vid 1 kHz utan att den klipper. Pga RIAA-korrekturen varierar givetvis överstyrningsmarginalen med frekvensen. Detta innebär en klippgräns av 12 V insignal vid 20 kHz. Vid 20 Hz är motsvarande siffra 0,12 V.

En orsak till att klippgränsen ligger på hög nivå är att stegets förstärkning är ca 10 ggr lägre än vad som är brukligt. Man kan därför behöva ett extra steg efter RIAA-steget för att få en lämplig

signalnivå.

Det efterföljande steget matas gärna med en relativt hög spänning (t ex ± 30 V), så att klippning inte sker där. Detta steg kan också utföras som det beskrivna steget, med undantag av att RIAA-nätet ersättes med ett motstånd eller, ännu bättre, en potentiometer för varierbar förstärkning.

Störnivån mättes. Den låg ungefär vid -90 dB relativt 1 V ut. Trots att steget matades med batterier, bestod störningen av övervägande brum, inducerat i mätkablar m m.

Genom att minska brummet och välja ut speciellt lågbrusi-

ga transistorer för ingången kan man vinna ytterligare några dB. Mätvärdet är dock helt acceptabelt. (Det motsvarar ca 110 dB vägt värde.)

Distorsionen mättes upp. Mätutrustningen tillåter inte mera noggranna mätningar under 0,02 %, varför de reella värdena kan ligga ännu lägre. Siffrorna bör hur som helst tas med en nypa salt, eftersom det rör sig om ett icke frekvenslinjärt system man mäter på.

IM: 0,02 % (7 kHz, 50 Hz)

THD 20 Hz vid 2 V ut: 0,03 %

THD 1 kHz vid 10 V ut: 0,06 %

THD 20 kHz vid 2 V ut: 0,02 %

THD 20 kHz vid 10 V ut: 0,02.

I prototypen har standardkomponenter med 10 % tolerans använts, vilket påverkar RIAA-kurvans utseende. Felet belöpte sig till -2 dB i basen och $+1$ dB i diskanten. En avvikelse av denna storleksordning får nog anses som representativ för många fabrikstillverkade förstärkare. Med precisionskomponenter och kanske en del fintrimning kan man givetvis komma ned till mindre toleranser. Steget är starkt att rekommendera.

GL

valts, att sätta ett passivt lågpassfilter på utgången. Filtret omfattar R13 och C8 med en tidkonstant av $7,2 \mu\text{s}$, se schemat. Som mullerfilter tjänar C1 och C2 tillsammans med R1 och R2 samt C4 och C5 tillsammans med R12. Avskärmningen blir 12 dB/oktav under 10 Hz med -3 dB vid ungefär 15 Hz.

Högre förstärkning eller extrasteg

Det beskrivna steget, fig 3, ger som nämnts ganska låg förstärkning i jämförelse med vad som är brukligt. Om man ersätter det befintliga grammofonsteget med det komplementära

steget kanske man kan få problem p g a att skillnaderna i förstärkning mellan resp steg är stor och om man har en pickup som lämnar extremt låg spänning. I det senare fallet kan det vara lämpligt att öka komplementärstegets förstärkning. I komponentförteckningen gäller då att R12 skall minskas till 1 kohm, vilket ger 13 dB förstärkning i stället för 10 dB vid 1 kHz.

Överstyrningsreserven minskar dock när vi ökar förstärkningen i steget vilket kan vara en nackdel då en pickup med hög utspänning ansluts. Man kan då i stället lägga till ett extra steg som matas med en högre spänning, t ex ± 42 V från det 75 W slutsteg som beskrivs

i boken. Man får då ändra motstånden R5 och R6 så att man får $0,47 \mu\text{A}$ ström genom dessa. Frekvenskurvan i detta andra steg måste naturligtvis vara rak och korrektnäten måste därför tagas bort. Komponenterna C6, C7, R11, R13 och C8, R, R14, C3 avlägsnas därför. Det första steget ansluts direkt till C1 och C2 och utsignalen tas från sammanbindningspunkten av T3, T4, R7 och R8. Signalen från detta andra steg förs vidare via en skärmad kabel till nästföljande delar av förstärkaren. Här kan man placera en potentiometer (min 10 kohm för att inte belasta förstärkaren hårt, vilket då skulle ge distorsion) för att ev dämpa signalen till en lämplig nivå. ■

Stereoslutsteg 2×20 W med monolitkretsar

Hela 20 W förmår kretsen TDA 2020 ge.

Hemligheten ligger i ett förbättrat kylförfarande av brickan.

Vi redovisar här en applikation i ett stereoförstärkarsteg jämte provningsdata.

■ Integrerade slutförstärkare har nu funnits i ganska många år. Gemensamt för dessa kretsar är dock att de är av hybridtyp, åtminstone när det rör sig om litet högre effekter. Att man här tillämpar hybridteknik är absolut ingen nackdel, sett ur användarens synvinkel. För tillverkaren gäller det dock att hålla priserna nere, och i stora kvantiteter (10 000 eller mer) lönar sig monolittekniken bättre.

Hittills har man haft svårigheter att få ut mycket mera än ca 5 W från en monolitiskt uppbyggd krets. I den effektklassen finns det ett flertal kretsar att välja på. 5 W är idag en alltför liten effekt för att vara användbar i t ex Hi fi-sammanhang. Dagens högtalare är ju ofta trögdrivna, och som ett minimum kräver man nu i allmänhet effekter i storleksordningen 2×20 W (om man inte råkar ha ett exponentialhorn med superstarka magneter i högtalrelementen).

Det målet har man uppnått hos SGS-ATES med den nya monolitiska kretsen TDA2020. Den skiljer sig i uppbyggnaden helt från sina föregångare TAA611, TBA641, TBA800, TBA810S, TBA820, TCA830 och TCA940.

Problemet med integrerade monolitiska förstärkare är kylningen. 20 W uttagbar effekt över 8 ohms last har man här gjort möjlig genom att den termiska resistansen är mycket låg. 3°C/W redovisas, medan ett typiskt värde för liknande kretsar ligger kring 13°C/W . Kåpan är av typen "quad in line", vilket framgår av vinjettbilden.

För att slippa utgångskondensator till-

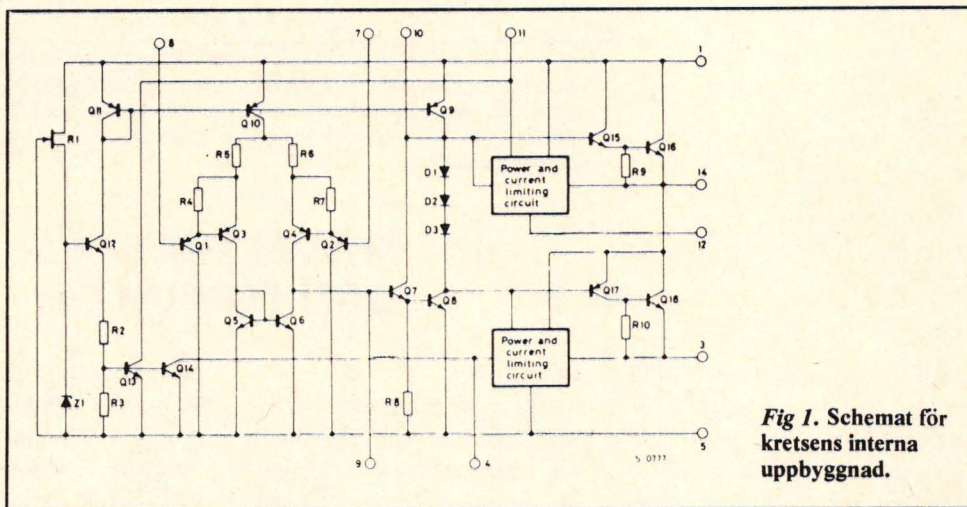


Fig 1. Schemat för kretsens interna uppbyggnad.

lämpar man plus- och minusspänning. Fabrikantens datauppgifter finns att läsa i tabell 1.

Differentialsteg med Darlingtonpar

Kretsens interna schema visas i fig 1. Här framgår att ingångsstegets består av differentialsteg med Darlingtonpar. Steget matas med två strömgeneratorer i stället för kollektormotstånd, och därigenom uppnår man hela 38 dB förstärkning här. Steget Q7/Q8 har hög inimpedans, vilket inverkar gynnsamt på förstärkningen. För att man ska uppnå hög förstärkning i detta steg – drivsteget – ingår en strömgenerator även här. Denna består av transistor Q9.

Dioderna D1, D2 och D3, som ingår i drivsteget, ger en vilostrom i det kvasi-

komplementära slutsteget av 30 mA. Klass AB tillämpas.

Samtliga stegs förstärkning kontrolleras av ett sammanhängande nät, som består av transistorerna Q9, Q10, Q11, Q12 och tunneleffektmotståndet R1 (ritat som en FET) samt zenerdioden Z1. Detta förfarande håller vilostrommen konstant, oberoende av temperatur och matningsspänning. Därför kan kretsens funktion garanteras inom vida gränser (matningsspänning ± 5 V till ± 20 V, brickans temperatur -25 till $+150^\circ\text{C}$).

Termiskt skydd mot överbelastning

Med zenerdioden Z1 och den spänningsdelare som utgörs av R2 och R3 erhåller man 340 mV vid basen hos de temperaturavkännande transistorerna Q13 och Q14. Denna spänning är tillräcklig för att förhindra att dessa transistorer inte leder vid temperaturer lägre än $+150^\circ\text{C}$.

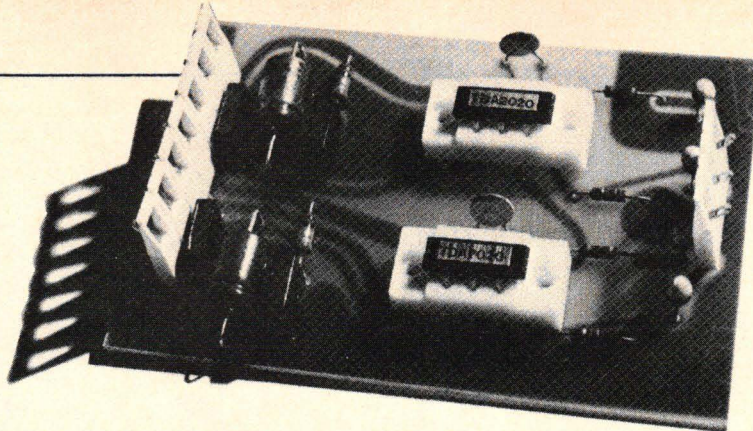
Vid ytterligare förhöjd temperatur leder transistorerna och skyddskretsarna blockerar förspänningen till sluttransistorerna, så att vilostrommen upphör att flyta.

Effektbegränsning ingår även i kretsen

Vissa audioförstärkare som arbetar

Tillverkarens uppgifter

Max matningsspänning	± 20 V	Ingångsström	$0,2 \mu\text{A}$
Max ström ut (internt strömbegr)	3,5 A	Undertryckning av matningsspänningen	80 dB
Termisk resistans bricka – hölje	3°C/W	Ingångsbrus	$4 \mu\text{V}$
Open loop-förstärkning	90 dB	Common mode rejection, CMR;	90 dB
Utgångsresistans (open loop)	1 ohm	= undertryckning av likfasiga signaler,	



med låg matningsspänning använder enbart en temperaturkännande säkerhetskrets. Det går bra om spänningen inte är högre än ca 16–18 V, men vid högre matningsspänningar, i storleksordningen 40 V, kräver man även annan form av begränsning för att sluttransistorerna ska drivas inom de s k *SOAR*-området (se RT 1974 nr 1; "Feldimensionerade kretsar undviks med *SOAR*-kurvor").

Problemet löses här då i den beskrivna kretsen ingår ett överbelastningsskydd, som känner av både spänning och ström.

Mindre termisk resistans med direktlöd bricka

Kretsens hölje, av typen quad in line med kopparplatta på ovansidan liknar tidigare typers utförande, men vid en närmare betraktelse framgår att uppbyggnaden är annorlunda.

I fig 3 visas skillnaderna mellan den

gamla och den nya typen. Genom att man har nedbringat antalet skikt som värmen ska passera har man i väsentlig grad kunnat sänka den termiska resistansen. För att man ska kunna ta ut maximal effekt utan att det termiska skyddet sätter in sin verkan, är det viktigt att värmen väl förs bort från kretsen. Mot kretsens översida (kopparplatta) anbringas en kylfläns i enlighet med fig 4. Se till att kylflänsen ligger plant mot kretsen, och använd kisel fett här för att värmeöverföringen ska bli den bästa möjliga!

Vid 4 ohms last krävs av kylflänsen att den ska ha en termisk resistans av högst 5°C/W , medan man med 8 ohms last kan klara sig med $6,5^{\circ}\text{C/W}$.

Få yttre komponenter kännetecknar SGS-kretsen

Som framgår av vinjettbilden är antalet komponenter kring den integrerade kret-

sen litet. I fig 6 visas ett schema för en enkel applikation i ett stereoslutsteg. Kretsen är kopplad som en operationsförstärkare, där förstärkningen bestäms av förhållandet mellan R13 och R12. Motståndet R11 ger referens mot jord. På utgången finns ett RC-nät (Zobelnet) för att skydda slutsteget mot allt för hög induktans i högtalaren. Diverse avkopplingar ingår naturligtvis, men som nämnts tidigare, man behöver ingen utgångskondensator.

En mycket viktig komponent är kompenseringskondensatorn. I fig 5 visas frekvenskurvorna vid icke motkopplad förstärkare (*open loop*) och olika värden på kompenseringskondensatorn (C13 och C23).

För att kunna motkoppla kraftigt måste man hålla kompenseringskondensatorn så stor att lutningen på kurvan efter förs-

Fig 2. Kretsens bricka, här visad i stark förstoring.

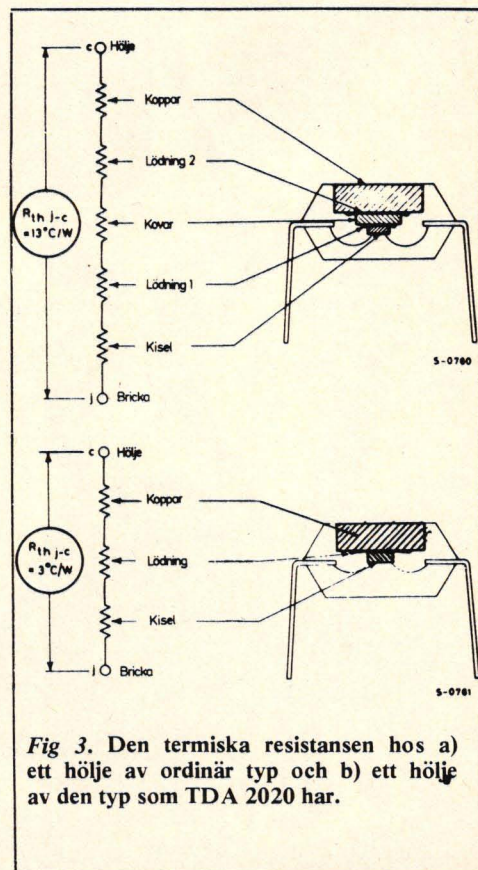
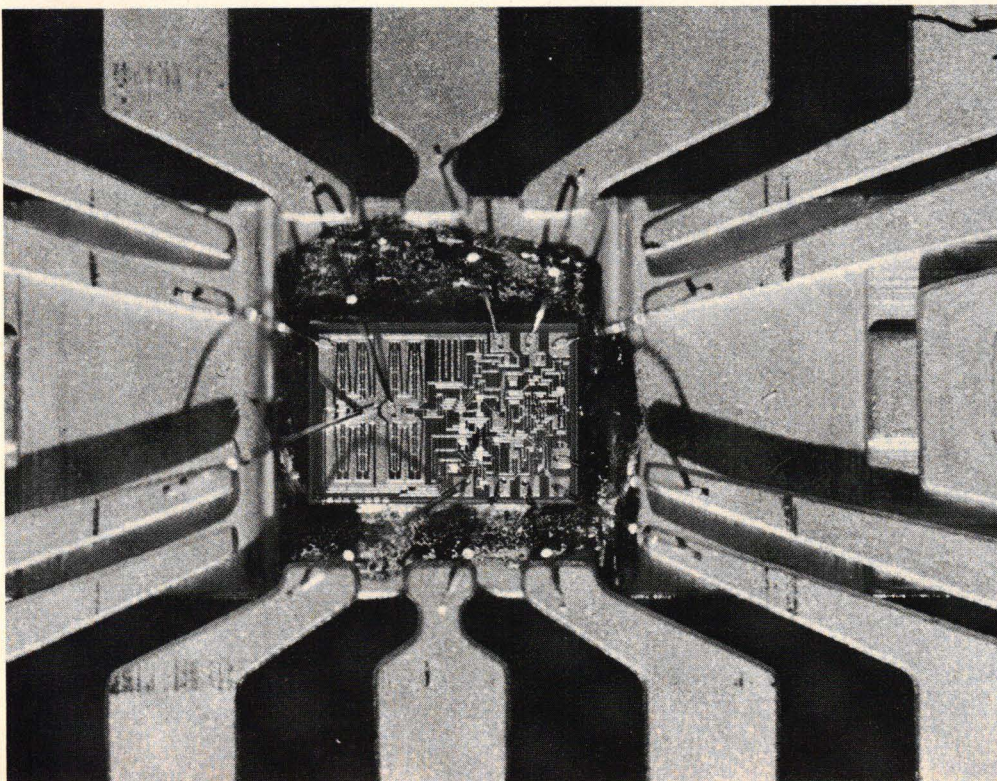


Fig 3. Den termiska resistansen hos a) ett hölje av ordinar typ och b) ett hölje av den typ som TDA 2020 har.

ta brytpunkten ej blir brantare än 6 dB/oktav.

I den här applikationen används 22 pF, vilket innebär en inre bandbredd av ca 500 Hz. Enligt *Otalas* principer kan detta ge upphov till *TIM* (se RT 1974 nr 10: *Transientdeformationens uppkomst och avhjälpande i förstärkarsteg*), om inte överstyrningsmarginalen är mycket hög. Tittar man i diagrammet, så framgår det att man faktiskt kan utesluta kompensationskondensatorn, under förutsättning att stegets förstärkning ligger kring 50 dB eller mer. (Öka R13 till 330 kohm.)

— Finsmakaren kan välja denna lösning. Än finns ju inga mätnormer för TIM, och vi har faktiskt inte haft tillfälle att mera ingående lyssna till förstärkaren. Skulle ljudet låta pressat, kan man göra ändringar enligt ovanstående, men man får natur-

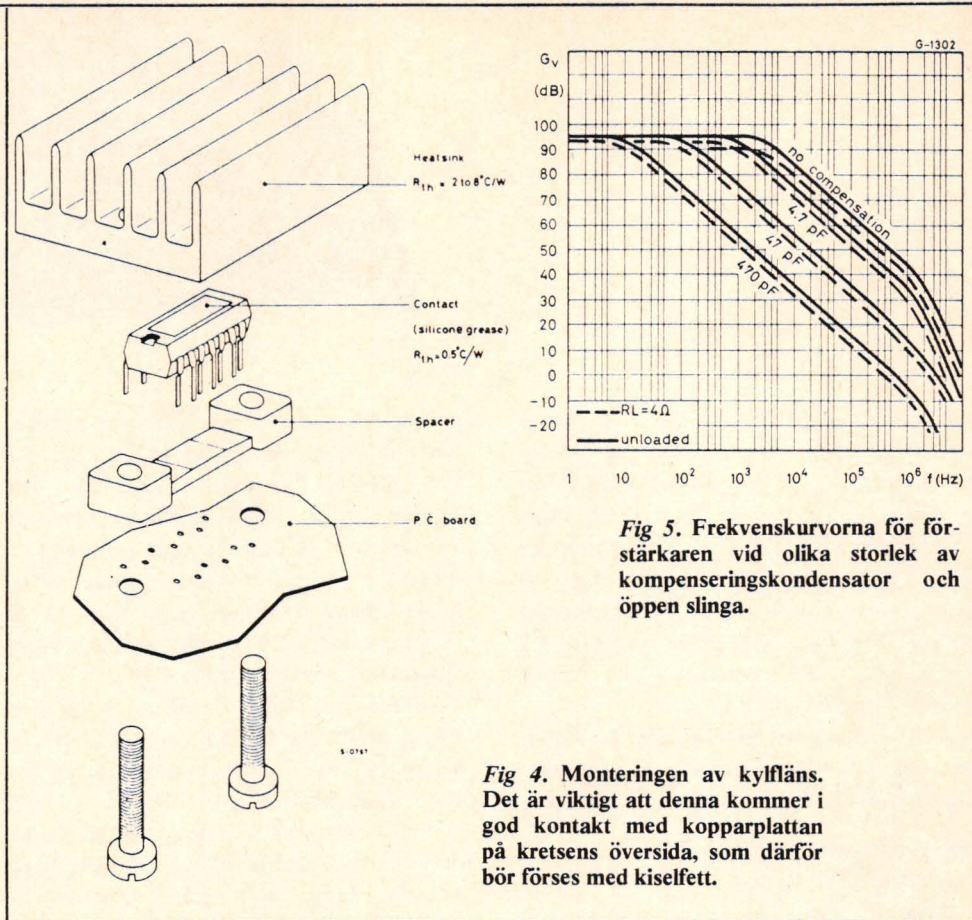


Fig 5. Frekvenskurvorna för förstärkaren vid olika storlek av kompensationskondensator och öppen slinga.

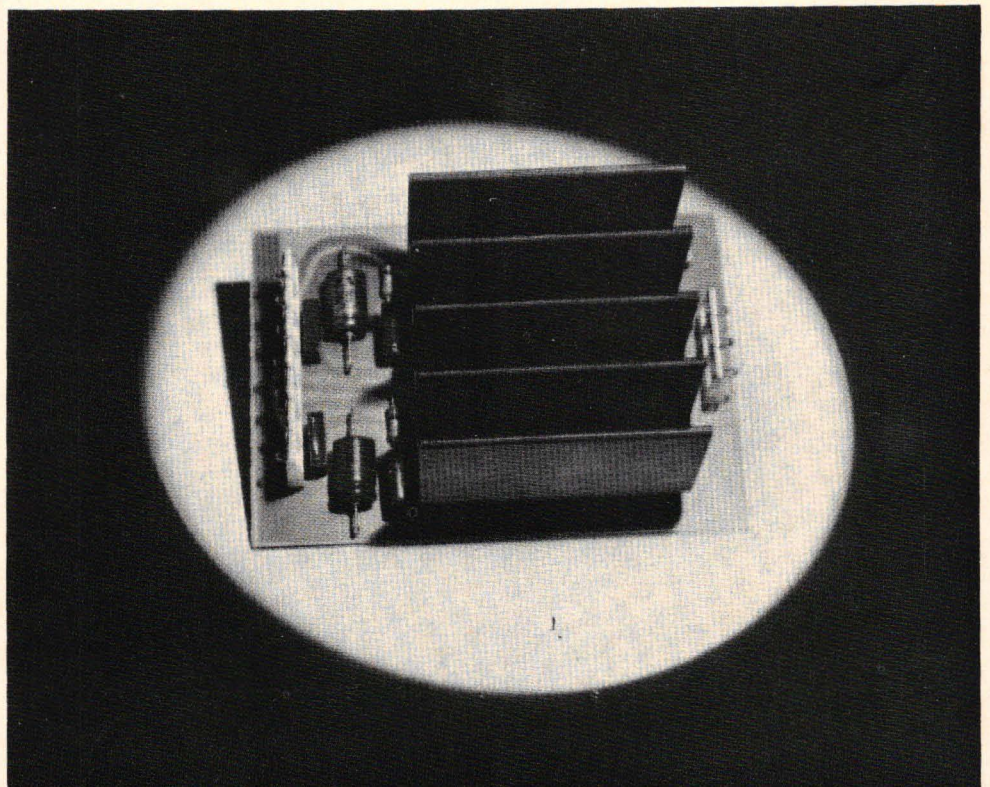
Fig 4. Montering av kylfläns. Det är viktigt att denna kommer i god kontakt med kopparplattan på kretsens översida, som därför bör förses med kiselfett.

ligtvis räkna med att den statiska distorsionen ökar i betydlig grad. Säkert blir dock distorsionen över lag i alla fall ac-

ceptabel. De värden som uppmättes för den beskrivna kretslösningen är faktiskt imponerande goda, med siffror i

Fig 7. Kretskortsmönstret för stereoslutsteget. Mönstret är här visat i skala 1:1.

Fig 9. Kretskortet inkl kylfläns.



Komponentförteckning

R11, R21	15 k
R12, R22	1,2 k
R13, R23	100 k
R14, R24	1 ohm
C1, C2	2 000 μ F

C3, C4	220 nF
C11, C21, C12, C22	4,7 μ F
C13, C23	22 pF
C14, C24	220 nF
IC1, IC2	TDA2020

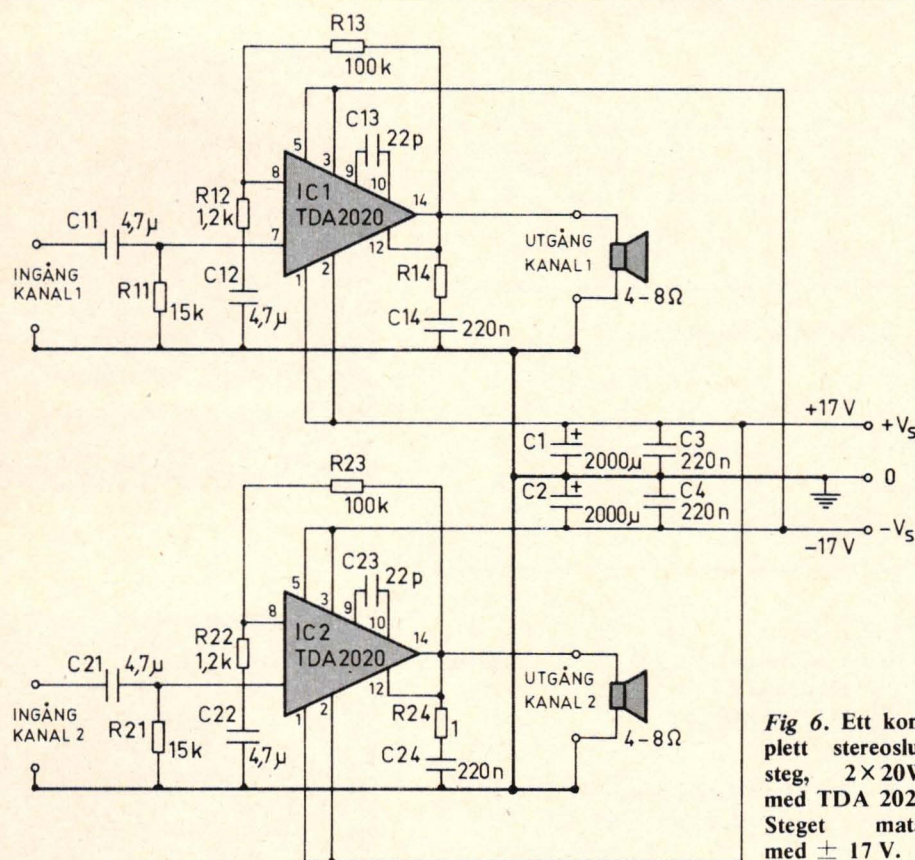


Fig 6. Ett komplett stereoslutsteg, 2×20W, med TDA 2020. Steget matas med ± 17 V.

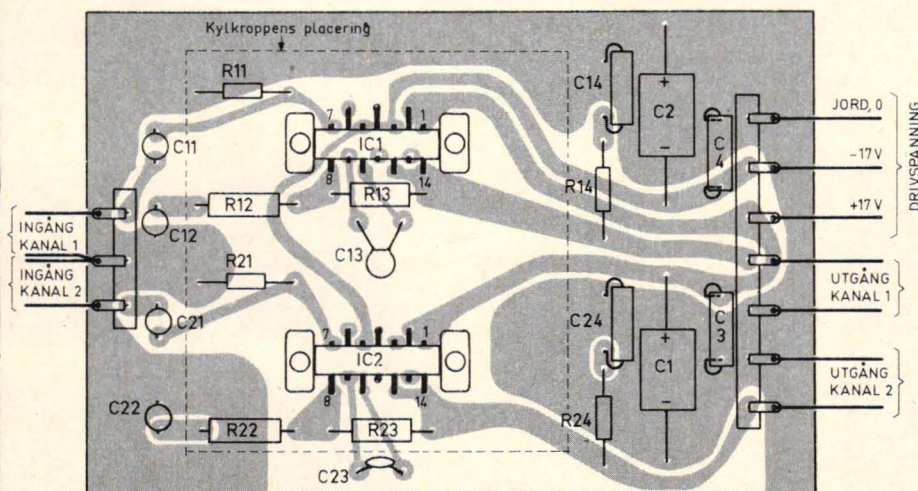


Fig 8. Komponenternas placering på kretskortet.

storleksordningen tiondels promille.
— Se testresultaten!

Om förstärkaren inte är stabil efter den föreslagna modifikationen, så bör man inte avhjälpa detta. Koppla ej in en kompenseringsskondensator, utan öka i stället förstärkningen genom att öka motkopplingsmotståndet R13 och R23!

Enligt Otala är motkopplingen fortfarande för hög efter denna vidtagna modifikation (ca 55 dB), men genom att den inre bandbredden är hög (ca 20 kHz), kan resultatet ändå bli gott. Man bör förstås även begränsa frekvensområdet till förstärkarens ingång genom att antingen lägga ett filter där som skär vid 20 kHz, eller att införa denna frekvensområdesbegränsning i förförstärkaren.

Enkelt kretskort Kylfläns erfordras

Hela slutsteget är uppbyggt på ett kretskort med formatet 80×120 mm. Se fig 7 och 8. Sluttransistorerna kräver en kylfläns, som anbringas efter det att alla komponenter är inlödda på kretskortet. Om man så vill, kan man förse in- och utgångar med kontakter i likhet med vad som visas i vinjetbilderna, för att förenkla vid service och komponentbyten. Med tanke på de goda skyddsfunktioner som finns inbyggda är det dock föga troligt att något sådant ska behöva ske, åtminstone inte under normal drift. Man ska förstås inte påstå att förstärkaren *aldrig* kan gå sönder! Redaktionen minns tex en gång då en av våra "helt kortslutningssäkra och överbelastningsskyddade" förstärkare lånades ut för ett experiment — och kom tillbaka totalhavererad och utbrunnen...

Defekta förstärkare är en ganska irriterande företeelse, men de väl utbyggda skyddsfunktionerna i TDA2020 lovar gott för användaren. Goda mätdata och en enkel sammanställning gör den här förstärkaren till ett litet fynd.

MÄTRESULTAT OCH TESTDATA

1 Max uteffekt, RMS, 1 kHz, vid samtidig drivning i båda kanalerna och begynnande klippning på oscilloskopet. Matningsspänning ± 18 V.

Resistiv belastn imp	Utsp	Vänster kanal Uteff	Dist	Utsp	Höger kanal Uteff	Dist
4	8,6V	19,5W	0,06%	8,6V	19,5W	0,05%
8	11V	15W	0,038%	11V	15W	0,04%
16	11,9V	9W	0,019%	11,9V	9W	0,02%

2 Total harmonisk distorsion uppmätt för vänster kanal över 8 ohm belastnings-

impedans. Klirrförekomsten blir då:

Effekt					
Frekvens:	15W	10W	6W	1W	0,25W
100 Hz	0,04%	0,02%	0,02%	0,02%	0,038%
1 kHz	0,038%	0,02%	0,02%	0,02%	0,038%
10 kHz	0,11%	0,06%	0,04%	0,034%	0,04%

3 Intermodulationsdistorsion (enligt SMPTE-metoden) 50 Hz – 7 kHz; 4:1)

Vänster kanal uppmätt:

Belastning	4 ohm	8 ohm	16 ohm
Effekt:	19W 0,08% 1W 0,02%	15W 0,05% 1W 0,01%	9W 0,04% 1W 0,01%

4 Effektbandbredd (–3 dB-punkterna, 8 ohm), klirr
1 %: 6 Hz – 36 kHz

5 Frekvensomfång (1 W uteffekt, –1,5 dB-punkterna)
48 Hz – 85 kHz

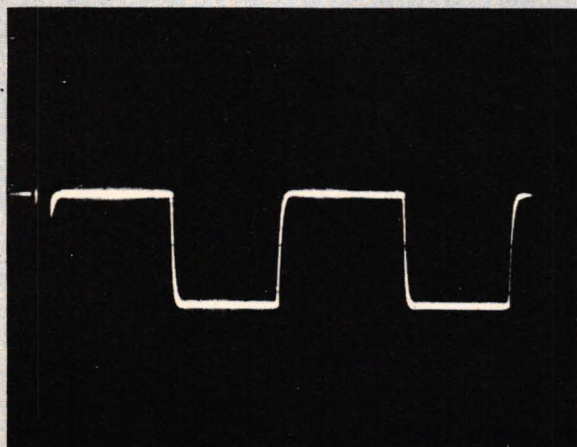
6 Dämpfaktor (1 kHz, 8 ohm)
56

7 Överhörning, vänster till höger kanal; två frekvenser:
1 kHz 10 kHz
64 dB 64 dB

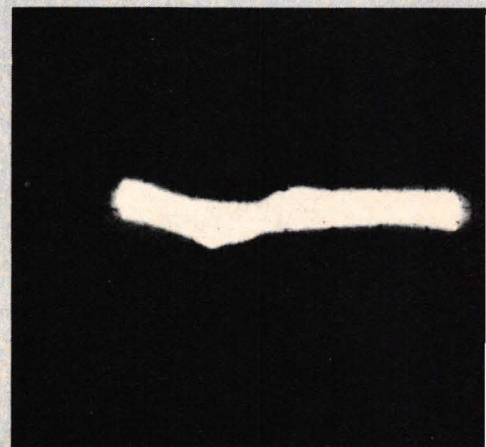
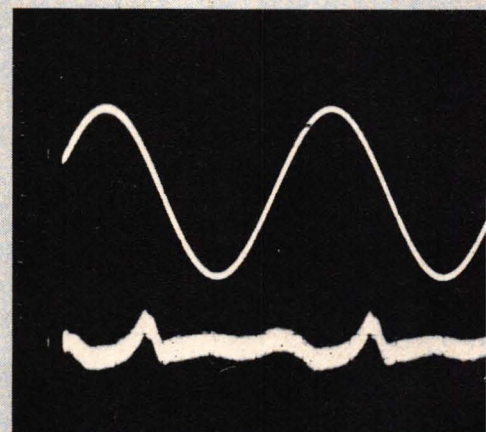
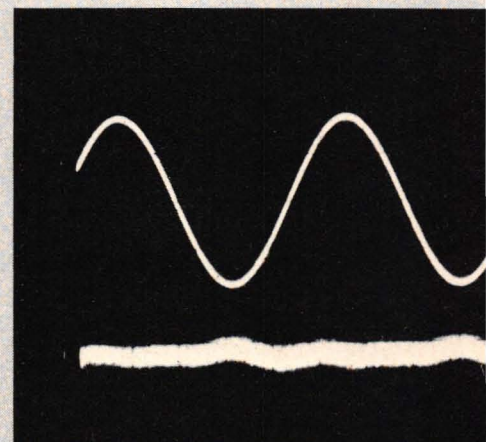
8 Signal/brusförhållande vid 1 kHz, 8 ohm. – Kortsluten ingång.

Vägt med IEC-vägningskurva A:
Linjärt: 60 dB
Rel DIN: 68 dBA
Rel full utst: 85 dB
93 dBA

10 Fyrkantvågsväret vid 10 kHz.



9 Övergångsdistorsionen vid 1 W och 8 ohm.
a) 1 kHz, b) 10 kHz.
Utseendet vid X-Y-koppling av oscilloskopet till distorsionsanalysatorn visas här. Som framgår är övergångsdistorsionen mycket låg, vilket till stor del har sin grund i en relativt hög tomgångsström (35 mA).



Högtalarkonstruktion i teori och praktik

Förf till detta bidrag menar att högtalarkonstruktörer skulle kunna uppnå betydligt bättre resultat i praktiken om vederbörande bara lade ner viss tid på att kontrollberäkna konstruktionerna och inte bara litade till "provning" av lättvindigaste slag. Beräknar man först hur systemen enligt vedertagen teori bör uppföra sig, ökas ju chanserna till framgång betydligt!

De konstruktionsprinciper som framförs här är alldeles allmängiltiga men baserar sig på ett arbete förf utfört för att konstruera en kompakt, portabel ljudanläggning med speciellt god anpassning mellan förstärkare och högtalare. Detta har resulterat i en högklassig ljudåtergivning. Beräkningarna är delvis utförda med dator.

Man kan lösa problemet med högtalarens dämpning på två sätt — antingen mekaniskt, som i hornen, eller elektriskt som i Mini 10 vilken beskrivs i efterföljande artikel. Den goda anpassningen i denna kompakthanläggning har förf uppnått genom att förse effektförstärkaren med negativ utgångsresistans.

■ ■ De högtalarberäkningar och -mätningar, som skall presenteras i det följande, är tillkomna som en följd av arbetet på en kompakt och portabel musikanläggning — Mini 10 som beskrivs i följande artikel. Förutom att denna är liten är den också prisbillig och enkel att tillverka, men står sig likväl i konkurrensen med både större och dyrare system.

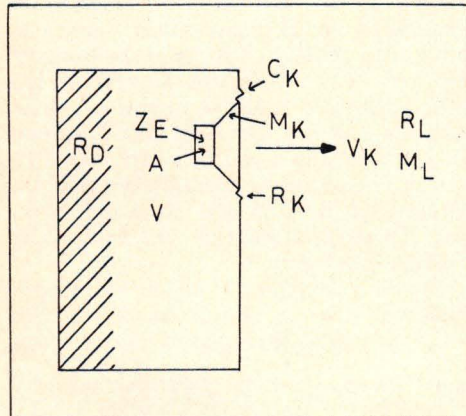


Fig 1. Slutna låda med beteckningar på karakteristiska storheter.

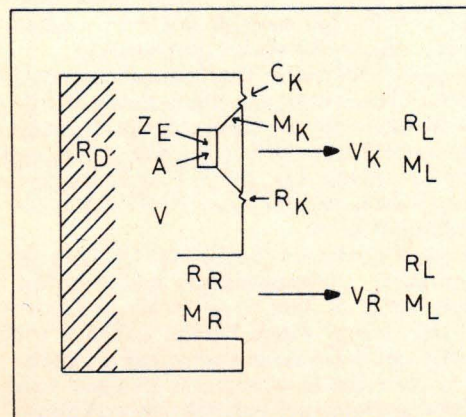


Fig 2. Basreflexlåda med beteckningar på karakteristiska storheter.

Mini 10 är i grundutförandet en monoanläggning, där såväl effekt- som förförstärkaren har byggts in i högtalarhöljet. Därigenom kan förstärkaren anpassas till den speciella högtalarkonstruktionen, samtidigt som man får hela anläggningen (utom programkällorna) samlad i en "låda". En stereofonisk variant är naturligtvis inte svår att åstadkomma genom kompletteringar.

De konstruktionsprinciper och beräkningsförfaranden — även beträffande drivningen av högtalare med negativ utgångsresistans hos förstärkaren — som här redogörs för, är helt allmängiltiga och gäller inte bara Mini 10.

Modeller för basåtergivningssystem

För återgivning av låga frekvenser (< 500 Hz) i moderna Hi fi-högtalare förekommer huvudsakligen två system, den slutna lådan ("tryckkammars-högtalaren"), som är vanligast, och basreflexlådan. (Horn har lämnats därhän, då de är mycket platskrävande.)

Den slutna lådan består — som beteckningen anger — av en helt slutna låda, i vilken ett högtalarelement har monterats. Fig 1 visar en principskiss med beteckningar på de storheter som i huvudsak karakteriserar systemet.

M_K är den svängande massan (konens + talspolens massa).

C_K är konens fjädring (definition: $C = \text{förskjutning/kraft}$, dvs den statiska förskjutning konen gör för viss pålagd kraft).

R_K är den mekaniska dämpningen hos konen, tex friktionsförluster i upphängningen.

R_D är dämpningen i lådvägg och dämpmaterial.

M_L är den medsvängande luftmassan.

R_L är luftens strålningsresistans; det är effekten som utvecklas över R_L som "hörs".

V_K är konens hastighet.

V är lådans volym.

A , överföringsfaktorn, är magnetfältets styrka gånger längden av talspolens lindningstråd i magnetfältet.

Z_E , bromsimpedansen, är högtalarelementets elektriska impedans, om konen kunde hållas stilla. $Z_E \approx R_E$, vid de låga frekvenser vi här diskuterar. R_E är talspolens resistans.

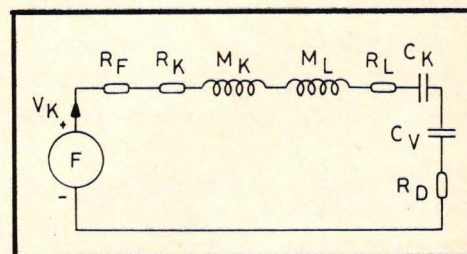


Fig 3. Den slutna lådans ekvivalenta schema.

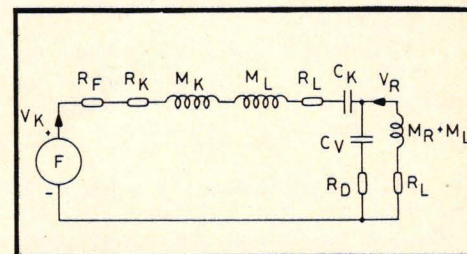


Fig 4. Basreflexlådans ekvivalenta schema.

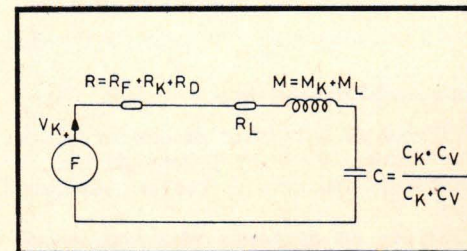


Fig 5. Förenklat schema för den slutna lådan.

Motsvarande skiss för basreflexlådan återfinns i fig 2. Den skiljer sig från den slutna lådan, genom att en svängande massa M_R införs. Den är här ritad som luftmassan i ett rör. Annat utförande är till exempel endast en öppning i höljet, eller en passiv högtalarkon, en sk basslav. En viss dämpning, R_R , uppträder i röret (pga friktion). Ljudstrålning sker här både från högtalarelementet och basreflexöppningen.

Använd $j\omega$ -metoden

Sambanden mellan krafter och rörelser hos mekaniska system av den här typen bestäms av linjära differentialekvationer. Liknande differentialekvationer uppkommer då man behandlar linjära elektriska nät (bestående av resistanser, kapacitanser, induktanser, spännings- och strömkällor). För elektriska nät finns det välutvecklade metoder för att lösa dessa differentialekvationer, utan att man någonsin behöver ställa upp dem, t ex $j\omega$ -metoden och Laplace-räkning. Det är därför lämpligt att göra ett ekvivalent schema av det mekaniska systemet, där man låter de mekaniska storheterna representeras av elektriska. Man kan då räkna på det mekaniska systemet på samma sätt, som man räknar på elektriska nät.

I fig 3 och 4 visas ekvivalenta scheman för den slutna lådan respektive basreflexlådan. Ur tabell 1 framgår bl a att massa representeras av induktans, fjädring av kapacitans och dämpning av resistans. Det finns även en omynd analogi. För dem som önskar en utförlig behandling av mekaniska och elektriska analogier hänvisas till "Dynamical Analogies" av Harry F Olson.

Kraften, $F = \frac{U \cdot A}{Z_E} \approx \frac{U \cdot A}{R_E}$ (vid låga frekvenser), betraktas som en spänningsgenerator. U är den verkliga spänningen från

Tabell 1. Samband mellan storheterna vid mekanisk-elektrisk analogi.

Mekanisk storhet	Elektrisk storhet
F , kraft	U , spänning
V , hastighet	I , ström
S , förskjutning ($\int v dt$)	Q , laddning ($\int i dt$)
M , massa	L , induktans
C , fjädring	C , kapacitans
R , dämpning	R , resistans

den drivande förstärkaren. I schemat för basreflexlådan har förutsatts att tvärsnittsarean hos konen och basreflexöppningen är lika, vilket ingalunda är nödvändigt, men förenklar något. R_F i schemat är dämpningen, som härrör från den elektriska sidan. $R_F = \frac{A^2}{R_E + R_i}$, R_i är förstär-

karens utgångsresistans. $C_V = \frac{V}{\rho \cdot c^2 \cdot S_K^2}$ är fjädringen som beror på den inneslutna luftvolymen V . ρ är luftens densitet, c ljudhastigheten och S_K konens tvärsnittsarea.

Vi har nu definierat våra system och kan med utgångspunkt i ekvivalenta sche-

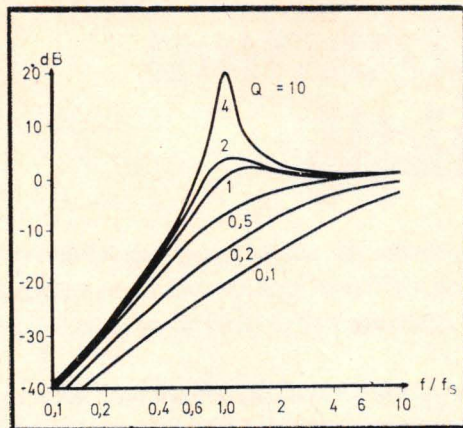


Fig 6. Frekvenskurvor för en slutna låda vid olika dämpning.

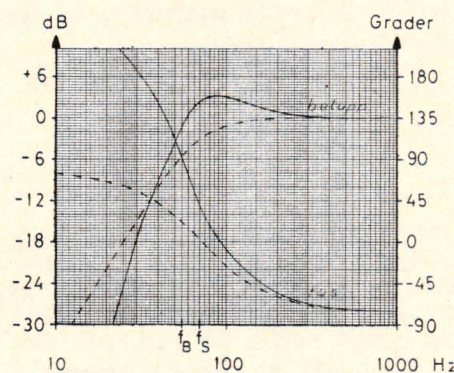


Fig 7. Frekvens- och faskurva för en "normalt" dimensionerad basreflexlåda. Motsvarande kurvor för slutna låda har streckats.

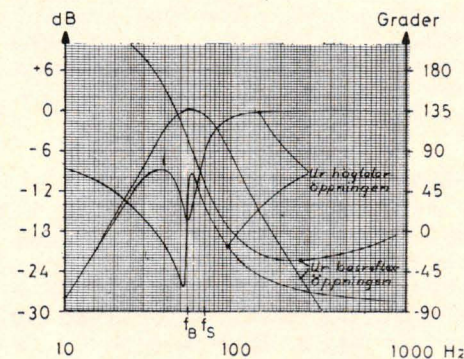


Fig 8. Separerade kurvor för strålningen ur högtalar- resp basreflexöppningen.

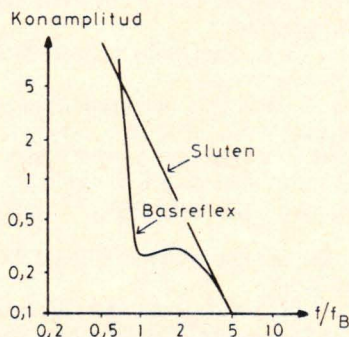


Fig 9. Jämförelse mellan erforderlig konamplitud för konstant akustisk uteffekt, för slutna resp basreflexlåda.

man beräkna hur systemen uppför sig. Den slutna lådans schema kan, som syns i fig 5, förenklas till en serieresonanskrets. Konens hastighet kan nu med $j\omega$ -metoden tecknas som

$$V_K = \frac{F}{j\omega M + R + R_L + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$(jfr: I = \frac{U}{Z}).$$

R_L kan ofta försummas vid sidan av R . För frekvenser över resonansfrekvensen

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{M C}} \text{ är } V_K \text{ proportionell mot}$$

$\frac{1}{\omega M_K}$; ($\omega = 2\pi f$). Den utstrålade effekten blir $P = |V_K|^2 R_L$ (jmf: $P = |I|^2 R$). Strålningsresistansen R_L kan för en kolv ($\approx$ högtalarmembran) skrivas som

$$R_L = \frac{S_K^2 \rho \omega^2}{2 \pi c}$$

vid de låga frekvenser vi här diskuterar. P kommer alltså att vara oberoende av frekvensen över resonansfrekvensen. Fig 6 visar frekvenskurvan för en slutna låda, för olika värden på dämpningen; $Q = \frac{\omega_s \cdot M}{R}$.

För god återgivning av låga frekvenser krävs alltså en låg resonansfrekvens. Det kan uppnås genom stor lådvolym (i förhållande till kon-arean) samt lös upphängning av konen och/eller stor massa hos högtalarkonen. Stor massa och liten area hos konen medför dock låg verkningsgrad. Moderna Hi fi-högtalare är ofta gjorda enligt principen moderat volym och kon-area samt en tämligen tung kon. På grund av den lilla kon-arean och den slutna lådans princip, måste högtalarelementet utföras så, att det kan göra stora linjära utslag för att ge tillräckligt utstrålad effekt vid låga frekvenser.

Hos basreflexlådan finns, förutom resonansfrekvensen f_s , som är densamma som för den slutna lådan, även lådans reso-

nansfrekvens $f_B = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_V (M_R + M_L)}}$ f_B brukar väljas lika med högtalarelementets egenresonansfrekvens $\frac{1}{2\pi \sqrt{C_K M_K}}$ R_R och R_D bör vara så små som möjligt, medan $R_K + R_F$ skall väljas lämpligt.

Basreflexlådan är betydligt arbetsamare att räkna på än den slutna lådan, varför författaren använt dator för att beräkna de publicerade kurvorna. Alla kurvorna är beräknade för det 6,5 tums-element med resonansfrekvensen 55 Hz, som används i Mini 10.

Fig 7 beskriver utnivå och fas från en "normalt" dimensionerad basreflexlåda, volymen är 50 liter, $f_s = 70$ Hz och $f_B = 55$ Hz. Motsvarande kurvor, gällande för fallet om lådan hade slutits, har streckats. Om man kunde separera strålningen från högtalaröppningen och från basreflexöppningen (lätt gjort matematiskt) fås kurvorna i fig 8. Det framgår att över lådreso-

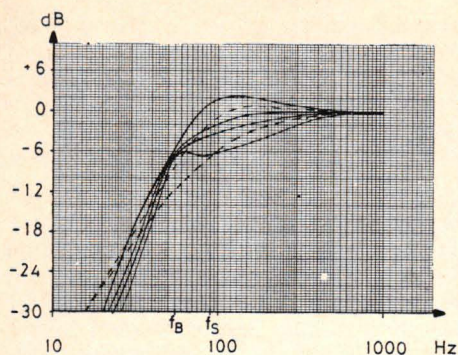


Fig 10. "Carlsson-dimensionerad" basreflex-låda vid olika dämpning. Om lådan slutes, fås de streckade kurvorna.

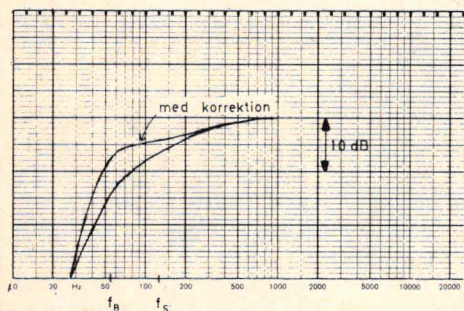


Fig 11. Den beräknade frekvenskurvan för "Mini 10", med och utan förstärkarkorrektion.

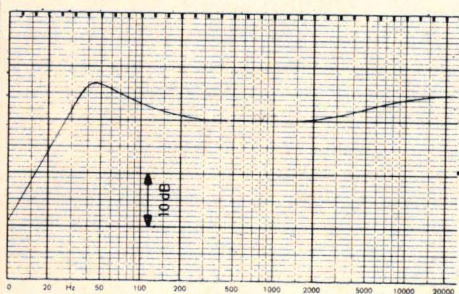


Fig 12. Förstärkarens frekvenskorrektion i "Mini 10".

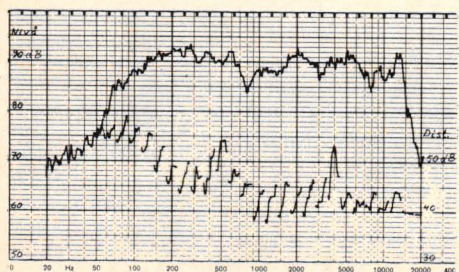


Fig 13. Frekvenskurva och distorsion för "Mini 10" uppmätt i SP:s efterklangsrum. Nivån för distorsionen är höjd 20 dB. — Under 80 Hz är mätområdet osäkert.

nansen f_B sker strålningen i fas, medan under f_B sker strålningen i motfas. Man vinner således i nivå omkring f_B , men frekvenskurvan faller snabbare under f_B , jämfört med en sluten låda. Vidare framgår att kring f_B sker strålningen huvudsakligen från basreflexöppningen, vilket innebär att konamplituden och därmed distorsionen blir låg. Fig 9 visar en jämförelse mellan konamplituden hos en sluten låda och en basreflexlåda som funktion av frekvensen vid konstant utstrålad effekt. Under f_B växer konamplituden mycket snabbt, vilket kan leda till att det linjära området överskrids med kraftig distorsion som följd.

Carlssons dimensionering

Hittills har ej tagits hänsyn till rummets inverkan på återgivningen. Reflexioner från väggar och golv gör att man får en bashöjning. Det är därför önskvärt att högtalarsystemet i sig har en jämnt fallande frekvensgång i basen. Det är här Stig Carlssons patenterade dimensionering av basreflexsystem kommer in.

Om man minskar lådans volym och samtidigt ökar den svängande massan i basreflexöppningen så att f_B förblir densamma, kommer verkningsgraden vid f_B att minska. Nivån vid f_S kommer dock inte att minska, vilket vore önskvärt för en jämn frekvenskurva. Genom att öka dämpningen $R_K + R_F$ kan man dock minska nivån vid f_S utan att nivån vid f_B ändras nämnvärt.

I fig 10 visas beräknad frekvenskurva för en "Carlsson-dimensionerad" basreflexlåda vid olika dämpning. Volymen är 20 liter, $f_S = 90$ Hz, $f_B = 55$ Hz. Motsvarande kurvor gällande fallet för sluten låda har streckats. Man vinner inte endast en jämnare frekvensgång, mindre dimensioner på lådan och lägre distorsion (p g a mindre kon-amplitud) jämfört med den slutna lådan, utan även att transientåtergivningen väsentligt förbättras genom den ökade dämpningen, något som RT tidigare beskrivit i anslutning till skildring av såväl RT-högtalaren av 1964 som de orto-akustiska Stig Carlsson-högtalarna.

Negativ utgångsresistans

Hos den slutna lådan är det likgiltigt, om dämpningen ökas genom ökning av R_F , R_K eller R_D . R_D är enklast att variera genom att olika mycket dämpmaterial placeras i lådan. Hos basreflexlådan däremot bör R_D hållas liten. (Man kan dock ej helt avstå från dämpmaterial, då stående vågor annars kommer att uppstå i lådan.) Dämpningen regleras här med hjälp av R_F eller R_K . Kondämpningen R_K kan ökas, genom att dämpmaterial placeras omedelbart bakom konen, så som är gjort i Sonabs OA-5. Förstärkarens dämpande verkan kan, som tidigare nämnts, skrivas $R_F =$

$$= \frac{A^2}{R_E + R_i}$$

A och R_E är givna för en viss högtalare. För att ändra på R_F måste man alltså ändra förstärkarens utgångsresistans R_i . Vanliga förstärkare har $R_i \approx 0$. Vill man öka R_F , blir man tvungen att göra R_i negativ, vilket är fullt möjligt. Sonabs OA-6 utnyttjar den metoden.

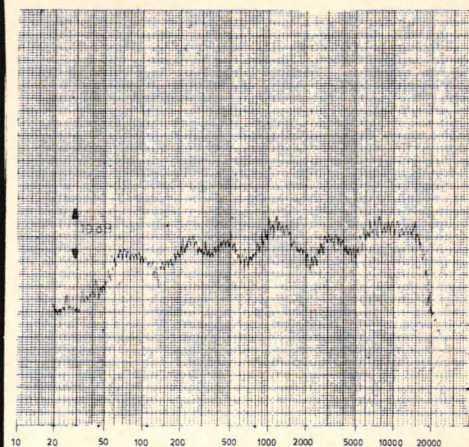


Fig 14. Frekvenskurvan för den i RT 1964, nr 4, beskrivna högtalaren (även beskriven i RT:s elektronikbyggbok, BYGG SJÄLV 1) uppmätt i SP:s efterklangsrum.

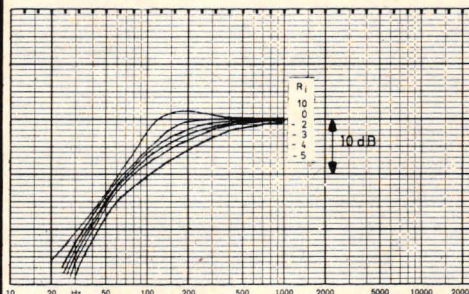


Fig 15. Beräknade frekvenskurvor för en tidigare version av "Mini 10", vid olika utgångsresistans hos förstärkaren.

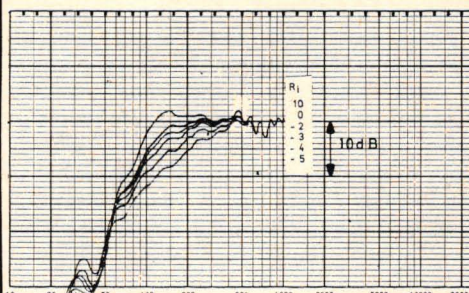


Fig 16. Motsvarande kurvor som i fig 15 fast uppmätta i ekofritt rum.

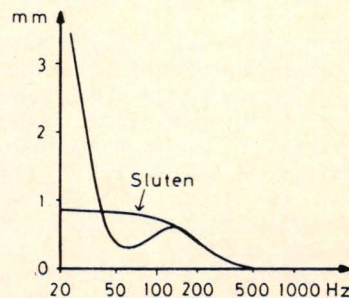


Fig 17. Uppmätt konamplitud för "Mini 10" vid konstant inspänning, 1 W över 8 ohm.

Mini 10 är utpräglat "Carlsson-dimensionerad". Volymen är endast 10 liter, lådans avstämningssfrekvens $f_B = 55$ Hz och f_S blir 125 Hz. Detta ger en för låg nivå vid f_B , men kan lätt korrigeras elektriskt i förstärkaren. För att man skall få rätt dämpning är förstärkaren gjord med negativ utgångsresistans, $R_i = -5 \omega$ ($R_E = 7,1 \omega$). Fig 11 visar den beräknade frekvenskurvan, med och utan förstärkarkorrekturen. Korrekturen är uppritad i fig 12.

Som synes är ett högpasfilter, som skär vid 40 Hz, inlagt i förstärkaren. Det är till för att begränsa konamplituden vid de lägsta frekvenserna. Utan detta filter skulle högtalarkonen lätt hamna utanför det linjära området på grund av muller från skivspelaren eller musik med mycket låga toner, om man har hög volym och baskontrollen uppvriden. Den slutgiltiga frekvenskurvan för Mini 10, såsom den uppmätts i Statens Provningsanstalts efterklangrum, är återgiven i fig 13.

Som jämförelse visas i fig 14 frekvenskurvan för den i RT 1964 presenterade Rosenberg — Idestam — Almquist-högtalaren, uppmätt i samma rum.

Stämmer teorin med praktiken?

Man möter ofta en skeptisk inställning till olika sätt att räkna på högtalare. Ett högst måttligt beräkande samt praktiska prov "hur det låter", brukar vara vanligare hos högtalarbyggare. Författaren vill dock bestämt hävda att man har mycket god hjälp av mer omfattande beräkningar vid högtalkonstruktion. Som exempel visas i fig 15 och 16 — beräknade resp uppmätta i ekofritt rum — frekvenskurvor för en tidigare version av Mini 10, vid olika värden på utgångsresistansen R_i . Överensstämmelsen är som synes god.

Under 100 Hz uppstår dock stående vågor i mättrummet, vilket gör mätvärdena där osäkra. Konamplituden har, vid konstant inspänning, uppmätts dels i "riktigt" utförande dels då basreflexöppningen tillslutits. Resultatet visas i fig 17. Därefter har motsvarande kurvor beräknats, fig 18. (Konrörelsen: $S = \int V_K dt$, integration motsvaras i $j\omega$ -metoden av division med $j\omega$, vilket medför att amplituden blir: $\hat{S} = \frac{|V_K|}{\omega} \sqrt{2}$. Avvikelsen är av samma stor-

leksordning som det använda instrumentets (skjutmått) noggrannhet. Med tillkopplad korrektion och driven med den negativa utgångsresistansen är konamplituden praktiskt taget konstant mellan 50 och 120 Hz.

Försiktighet bör dock iakttas om sådana modeller, som behandlats här, appliceras vid högre frekvenser. Den angivna funktionen för R_L gäller ej då våglängden är mindre än $2\pi r$, (r är konradien). Vidare svänger ej hela konen vid högre frekvenser; s k "break up" uppträder. Strålningen blir vidare mer riktad, vilket förändrar ljudkaraktären. Å andra sidan kan man beträffande diskantåtergivningen ej manipulera på samma sätt som vid basåtergivningen, då man oftast är hänvisad till färdiga, slutna diskant-högtalare. Det använda högtalarelementet i Mini 10 är

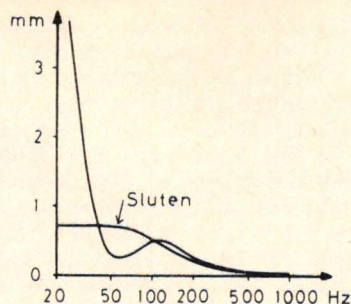


Fig 18. Beräknad konamplitud under samma förutsättningar som i fig 17.

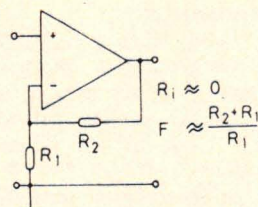


Fig 19. Negativ spänningsåterkoppling.

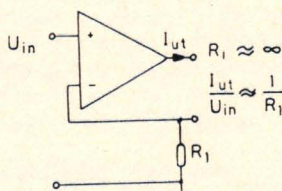


Fig 20. Negativ strömåterkoppling.

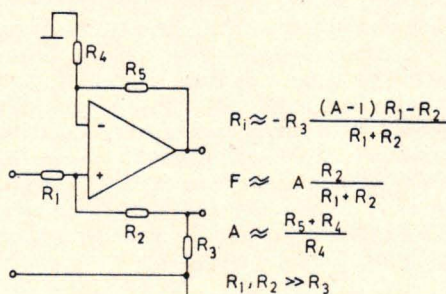


Fig 21. Kombinerad negativ spänningsåterkoppling och positiv strömåterkoppling ger negativ utgångsresistans.

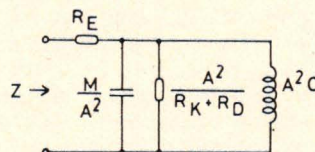


Fig 22. Elektriska impedansen Z , sedd från förstärkaren, för den slutna lådan i fig 5.

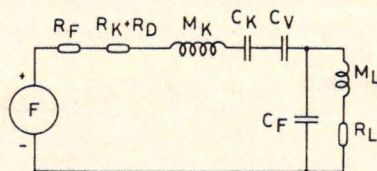


Fig 23. Ekvivalent schema för RT-hornet

av dubbelkontyp och återger hela frekvensområdet. Elementet är monterat uppåt, vilket ger behaglig mellanregister-diskantåtergivning. En viss diskant-höjning är inlagd i förstärkaren (se fig 12) för att frekvensgången vid normal placering skall bli rak.

Realisering av negativ utgångsresistans

Då en förstärkares utgångsspänning återkopplas negativt (fig 19), minskar utgångsresistansen R_i . Är råförstärkningen (förstärkningen innan återkopplingen) tillräckligt hög, blir $R_i \approx 0$. Återkopplas istället strömmen negativt, såsom i fig 20, ökar R_i , och om råförstärkningen är hög blir R_i mycket stor ("oändlig"). Genom att kombinera negativ spänningsåterkoppling och positiv strömåterkoppling, tex enligt fig 21, kan negativ utgångsresistans erhållas. Förstärkaren får givetvis inte belastas så hårt att belastningsresistansen $+R_i \leq 0$.

Bestämning av M_K , C_K m fl storheter

Skall man räkna kvantitativt på högtalare, måste man givetvis mäta upp högtalarelementets parametrar. Tillverkarna brukar tyvärr vara sparsamma med sådana uppgifter. Uppmätningen kan till exempel tillgås på följande sätt:

- 1) Belasta membranet med en känd (omagnetisk) tyngd och mät nedsjunkningen. Detta ger C_K = nedsjunkningen/kraften.
- 2) Skicka likström genom talspolen, så att membranet återgår till viloläget. Då blir överföringsfaktorn A = kraften/strömmen.
- 3) Mät talspolens resistans R_E , tex med ohm-meter.
- 4) Med högtalarelementet fritt uppställt mäts elektriska impedansen. Vid elementets resonansfrekvens f_R har impedansen maximalt värde Z_R . Konmassan M_K beräknas ur

$$f_R = \frac{1}{2\pi \sqrt{M_K C_K}} \quad \text{Kondämpningen } R_K$$

blir $R_K = A^2 / (Z_R - R_E)$.

Den "impedans" som ses av kraftgeneratoren i ett ekvivalent mekaniskt schema skall inte förväxlas med den elektriska impedansen, som förstärkaren ser. (För den i kretsteori bevandrade läsaren kan nämnas, att den elektriska impedansen blir det duala nätet till det ekvivalenta mekaniska schemat.) Som exempel visas det elektriska schemat för den slutna lådan, i fig 22.

Slutligen visas i fig 23 ekvivalentschemat för RT-hornet. C_V är fjädningen från det slutna utrymmet bakom konen, medan C_F kommer från kammaren framför konen. R_L och M_L följer här andra funktioner än för en kon (vilket är en fördel med ett horn). Studera tex Leo Beranek's Acoustics!, ett standardverk på området.

Litteraturhänvisningar:

- Leo L Beranek: *Acoustics*.
Harry F Olson: *Dynamical Analogies*.
Stig Carlsson: *Svenskt patent 176 417*.
Ulf Rosenberg: *Kompakthögtalare med jämn frekvenskurva, RT 1964 nr 4*.

Mini 10 – en Hifi-ljudkälla i småformat med stort ljud

Föreliggande konstruktion, vars teoretiska del inleddes i föregående kapitel och som datorberäknats i vissa avseenden, svarar mot kriterierna liten, lätt, placeringsvänlig och kompakt.

Tack vare bl a den kritiska anpassningen av förstärkaren, som har negativ utgångsimpedans, till högtalaren har en mycket jämn frekvensgång kunnat uppmätas.

Mini 10 är primärt en monoljudkälla men kan givetvis byggas ut för stereo eller fyrkanal.

■ ■ Förf/konstruktören har under utvecklingsarbetet med *Mini 10* ofta fått höra att en monoanläggning inte är något att satsa på. De, som hävdar dessa åsikter — ofta starkt påverkade av fyrkanalhysterin — har emellertid alltid efter lyssning till *Mini 10*, blivit mycket intresserade och tom imponerade av det utmärkte ljud, som den lilla musikanläggningen kan presterar.

Den är speciellt lämplig för dem, som inte vill lägga ner alltför mycket pengar på dyrbar apparatur och som samtidigt sätter själva ljudkvaliteten före stereoverkan. Har man utrymmesbrist eller ej vill låta sitt vardagsrum domineras av stereoanläggningen bör *Mini 10* också vara ett bra alternativ. Även som "andraanläggning" hos barnen eller i sommarstugan kan den komma fint till användning. Risken är dock att man blir besviken på sin "förstaanläggning", något som drabbat förf själv!

Elektrisk funktion

Det kompletta principschemat visas i fig 2. Förförstärkaren är uppbyggd kring två kapslar (=4 förstärkare av den lågbrusiga operationsförstärkaren $\mu A 739$ (=TBA231 =SN76131), medan slutsteget är uppbyggt

av diskreta komponenter. IC1a utgör RIAA-korrigerad pick up-förstärkare. Förstärkningen är 50 ggr vid 1 kHz. Känsligheten för full utstyrning av effektförstärkaren är 2 mV, medan själva pick up-steget tål mer än 150 mV innan det klipper. Signal-brusavståndet har uppmätts till inte mindre än -87 dBA, relativt 10 mV in (inklusive resten av förstärkaren)!

Högnivåingångarna (känslighet: 100 mV) matas via volymkontrollen till IC1B. Den av ingångarna, som anpassats till kristallpick up, är avsedd för enklare typer av sådana med hög utspänning, då känsligheten endast är 1 V. För den som önskar använda en bättre kristallpick up eller keramisk pick up rekommenderas en ombyggnad av pick up-förstärkaren (IC1a) enligt Fig 3, varvid känsligheten blir 100 mV. IC1b förstärker signalen ca 10 ggr. Även bas- och diskantkorrektionen (se konstruktionsartikeln i RT nr 10) är inlagd här (R17, C15 resp R14, C12).

Därpå följer tonkontrollsteget, som är av beprövad Baxandall-typ. Verkningsområdet har gjorts större än brukligt, se datasammanställningen. Observera även den goda symmetrin i kurvorna, vilken erhålls genom att råförstärkningen hos OP:n är hög, även i diskanten.

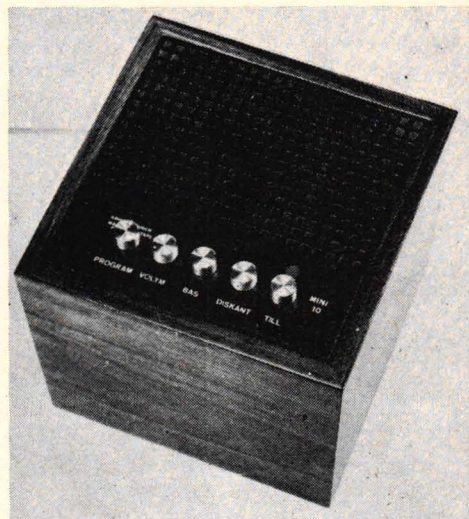


Fig 1. Den i art beskrivna musikanläggningen Mini 10.

IC2b används i det aktiva filter, som skär bort de låga frekvenser som högtalaren ej förmår återge, men som däremot skulle kunna göra konamplituden för stor. Högpasfilteret skär med 12 dB/oktav från 40 Hz. Motståndet R29 är till för att minska transienten vid tillslag av förstärkaren.

RT har
PROVAT

Mini 10 — en liten musikanläggning med fullvuxet ljud



■ ■ Den lilla, mycket kompakta Hi-fi anläggningen *Mini 10* har före publiceringen fått genomgå ett grundligt lyssningstest av RT:s redaktion. Det är intressant att konstatera, att en anläggning av detta lilla format är kapabel att prestera en så fyllig och nyanserad ljudbild.

Det som först slår lyssnaren är den goda basåtergivningen, som är helt i klass med åtskilligt större högtalare av basreflex-typ. Denna egenskap beror främst på konstruktörens ansträngningar att anpassa förstärkaren till det använda högtalarelementet, med förebild från bl a den berömda *Carlsson*-"kolboxen". Förstärkaren har sålunda en negativ utgångsresistans, vilken är konstant över hela frekvensregistret. (Konstruktionsarbetet finns noggrant beskrivet i RT 1973, nr 10, där både praktisk och teoretisk högtalarkonstruktion behandlas.)

Invändningen mot *Mini 10* är given; den är i grunden en monoanläggning, även om det — som framgår av art. — naturligtvis går att göra en stereoversion av *Mini 10*.

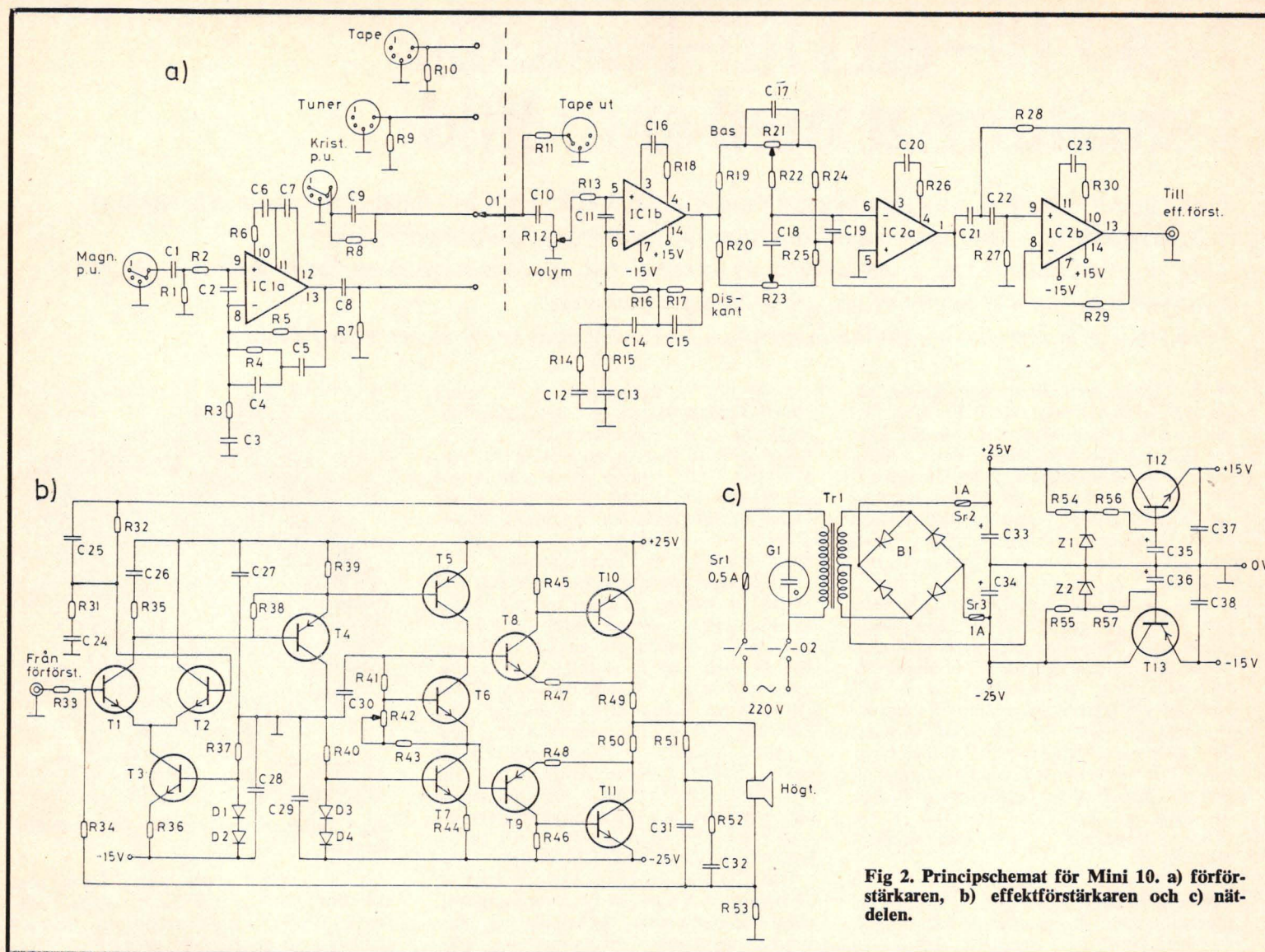


Fig 2. Principsschemat för Mini 10. a) förförstärkaren, b) effektförstärkaren och c) nätdelen.

Men den som primärt sätter ljudkvaliteten före stereoverkan och samtidigt behöver en portabel anläggning, som lätt kan forslas under armen, har här en god och behändig 20 W musikanläggning, som dessutom är lättbyggd och inte tar för djupt tag i plånboken. Och elektriska data skäms inte heller för sig:

UPPMÄTTA DATA FÖRSTÄRKAREN

Uteffekt: 20 W (sinuseffekt) i 8 Ω last

Effektbandbredd: Större än 15 Hz—50 kHz
IM-distorsion: <0,02 % vid alla nivåer upp till klippning, mätt från tuninggång t o m slutsteg. 8 Ω last.

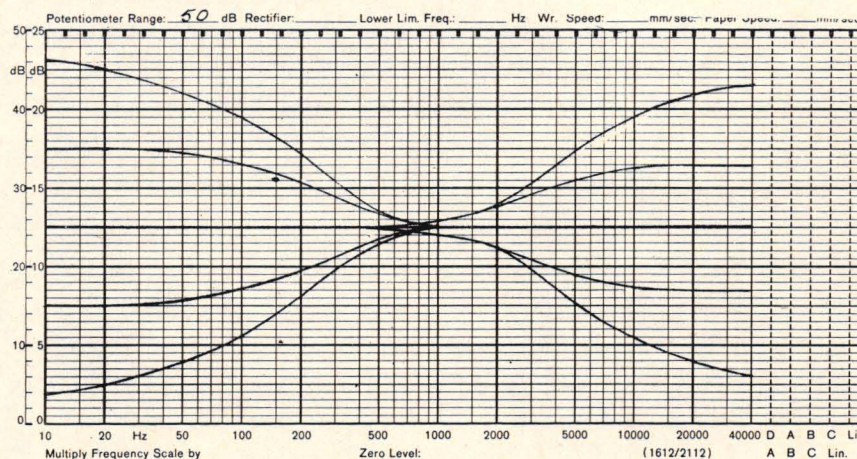
Ingångar:

Magn p u: RIAA-korrektion 20 Hz—20 kHz, ± 1 dB; känslighet: 2 mV, max in: 150 mV; inimpedans: 47 k Ω ; signal/brusavstånd: +87 dBA rel 10 mV in, kortsluten ingång.

Tuner, Tape: Rak frekvensgång; känslig-

het: 100 mV; inimpedans: 100 k Ω ; signal/brusavstånd 90 dBA; rel 100 mV in, kortsluten ingång, volymkontrollen i sämsta läget.

Fig 15. Tonkontrollernas reglerområde.



Krist p u: Rak frekvensgång; känslighet 1 V; inimpedans 1 M Ω .

Tapeutgång: 100 mV/10k Ω .

Total frekvensgång: Se kurva i föregående kapitel.

Slutsteget, vars uteffekt är 20 W (sinus), är helkomplementärt och direktkopplat till högtalaren utan kopplingskondensator. Detta utgör ej någon fara, varken för högtalaren eller effektt transistorerna, då 1 A-säkringarna i nätdelen brinner av långt tidigare än någon skada hinner ske. Någon elektronisk säkring har ej ansetts nödvändig, då förstärkaren är sammanbyggd med högtalaren.

Effektt transistorerna, i plastkapsel, är av **Motorolas** tillverkning. Även andra komplementära plasttransistorer bör gå att använda (tex *TIP 41/42 A*). Drivtransistorerna *BC 327/337* bör monteras med korta tillledare, då de får sin huvudsakliga kylning genom dessa.

Råförstärkningen är hög (> 100 dB) och förstärkaren är hårt motkopplad. Den negativa utgångsresistansen (-5Ω) är direkt proportionell mot R_{53} ($0,33 \Omega$), som därför bör väljas med högst 5 % tolerans, vilket dock kan vara svårt att få tag på hos ett så lågohmigt motstånd. RC-nätet (R_{51} , R_{52} , C_{31} , C_{32}) på utgången kompenserar högtalarens ökande impedans vid höga frekvenser, vilket annars skulle medföra att nivån sjönk i diskanten, då förstärkaren arbetar med negativ utgångsresistans över hela fre-

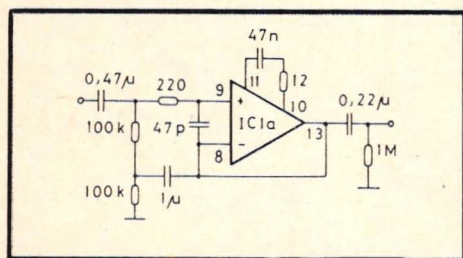


Fig 3. Alternativt pick up-steg avsett för kristall-pick up istället för magnetisk.

kvensområdet. Högtalaren tillsammans med RC-nätet har konstant reell impedans, då frekvensen är större än 500 Hz.

Skall man göra mätningar på slutsteget och belasta detta resistivt med 8Ω , måste RC-nätet bortkopplas, annars kommer förstärkaren att självsvänga, då belastningsimpedansen blir mindre än 5Ω vid högre frekvenser.

Matningsspänningen till slutsteget är ostabiliserad, medan OP-förstärkarnas matningsspänning har stabiliserats.

Mekanisk uppbyggnad

Högtalarlådans utförande framgår av ritningen och fotona. Materialet är 16 mm:s spånplatta, vilket kan förefalla tjockt, men man slipper då stadga lådan med lister invändigt. Lådan limmas och spikas; använd något trälim. Tunneln i botten, mot vilken förstärkarchassiet skall täta, måste utföras noggrant, då det är viktigt att lådan är alldeles tät (utom basreflexöppningen). Basreflexröret är ett styvt papprör, typ ritningsrulle, med 46 mm:s innerdiameter. Det bör limmas fast i sitt hål.

Högtalarelementet monteras från ovasidan medan chassiet skruvas i undersidan,

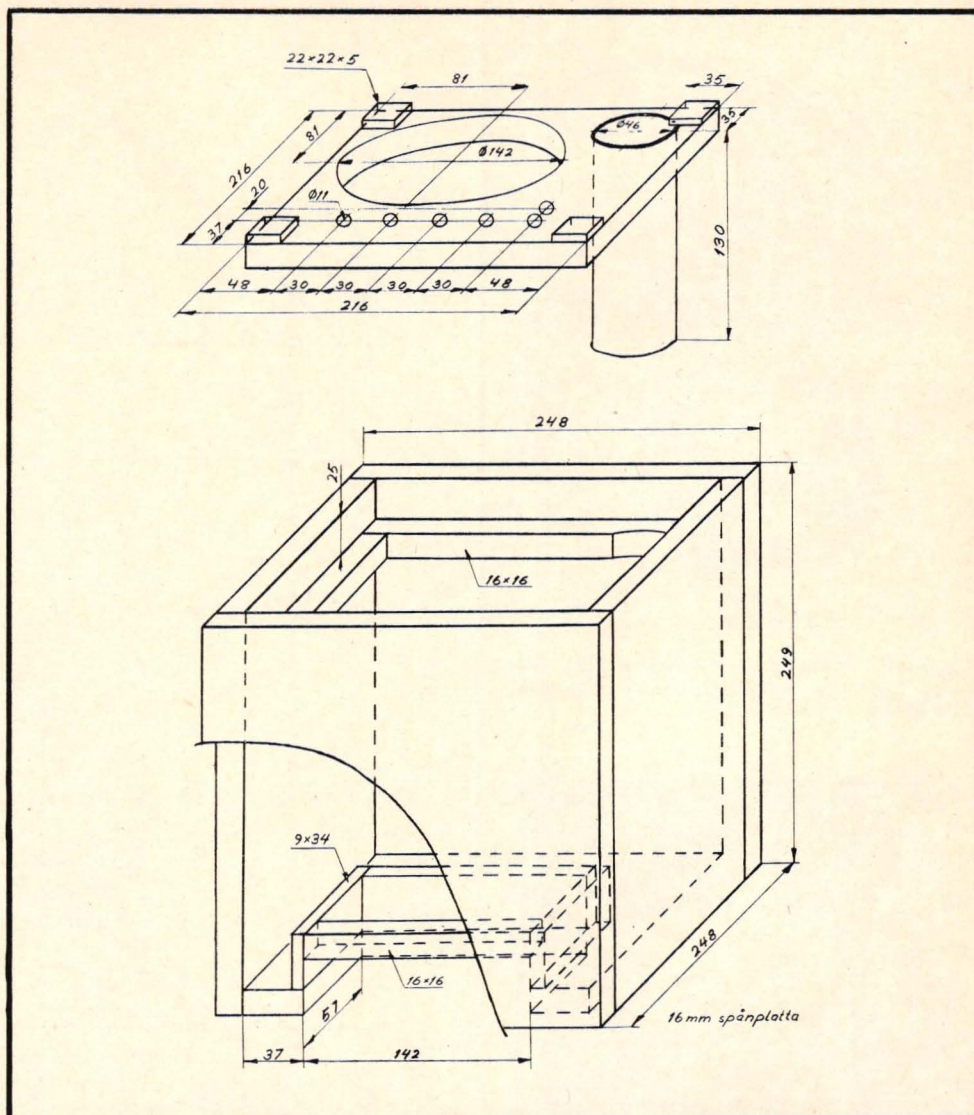


Fig 4. Sprängskiss över högtalarlådan.

se fig 6. Plåtskruv bör användas, då de har gängor ända upp till skallen. Där förstärkarchassiet möter lådan, vid tunneln i botten och kring axlarnas genomföring i överdelen, måste man täta ordentligt, tex

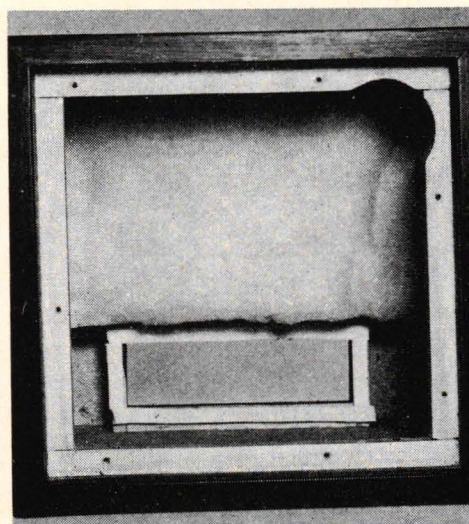


Fig 5. Högtalarlådan sedd uppfifrån. Förstärkarchassiet skall täta mot öppningen i botten.

med "tesa moll" fönsterlist av den kompaktare typen (finns i varuhus bl a).

Fig 8 visar ritningen till chassiet. Det bör utföras av 1 mm:s järnplåt med tanke på den magnetiska skärmningen, då nättransformatorn monteras på undersidan av chassiet. Längden är kritisk, då chassiet, som tidigare nämnts, skall täta mot både toppen och botten av lådan med lagom spel för tätningslistan. Även DIN-kontakterna och nätkabelgenomföringen samt potentiometrar, omkopplare och strömställare måste vara av tät typ, annars blir den oönskade dämpningen för stor. Överdelen till chassiet bör däremot vara perforerad, så att förstärkarlådan ej utgör en sluten låda inuti högtalarlådan.

I botten på lådan skall läggas en skiva 10 cm:s dämpmaterial, tex Gullfiber, för att eliminera stående vågor inuti lådan. Klipp till dämpmaterialet något större än bottenarean (tunneln ej inräknad), så att det ligger stilla av sig självt.

Ytbehandlingen och frontens utförande är givetvis en smaksak. Den visade prototypen har fanerats med jakaranda och klarlackats. Fronten, som fästs med fastlimmade kardborrband, är gjord av en svartmålad perforerad järnplåt, på insidan

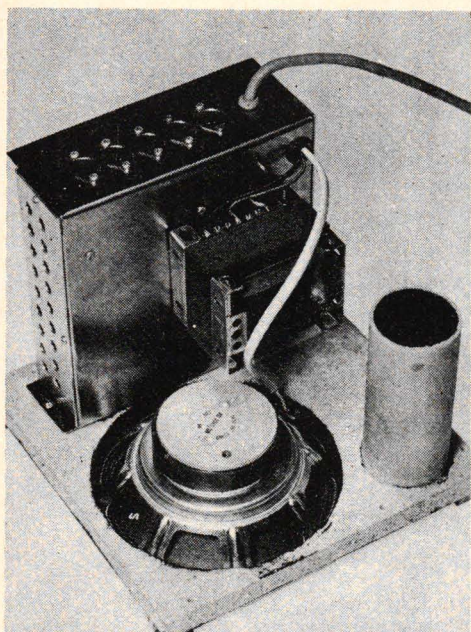


Fig 6. Den löstagbara överdelen av lådan. Obs placeringen av förstärkarchassiet och transformatorn.

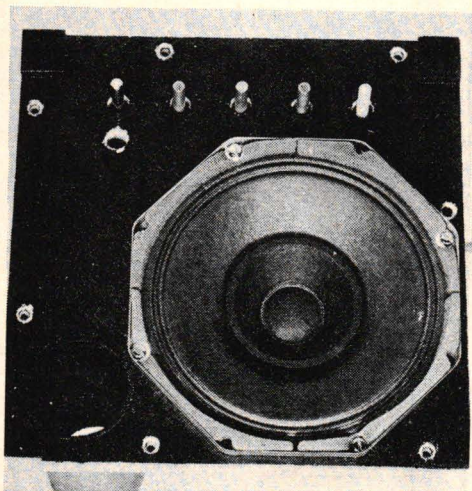


Fig 7. Lådans överdel. Fronten fästes med "kardborrband".

klädd med ett glest svart tyg. Panelen kring rattarna utgörs av en pålimmad, mattsvart plastkiva, som textats med vita "gnuggisar". För indikatorlampan har ett hål upptagits i plastkivan, och en röd plastfolie limmats på insidan. Slutligen bör

överdelen av lådan under fronten målas mörk för att förhindra genomlysning.

Kretskortet

Såväl slutsteg, förförstärkare som strömförsörjning är monterade på ett och samma kretskort. Komponenterna R9, R10

samt R8, C9 skall dock monteras på ingångskontakterna.

Potentiometrarna löds direkt in på kretskortet och fungerar även som fastsättning av kretskortet vid chassiet i överkanten.

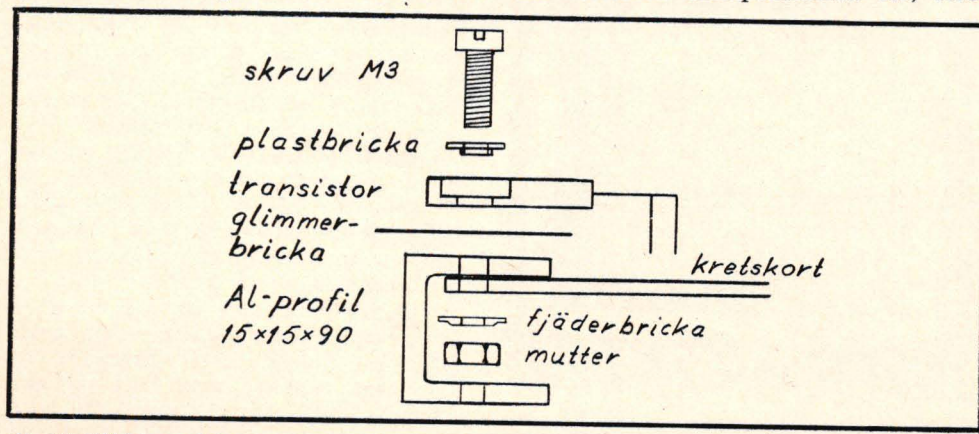


Fig 11. Effekttransistorernas montering vid aluminiumprofilen.

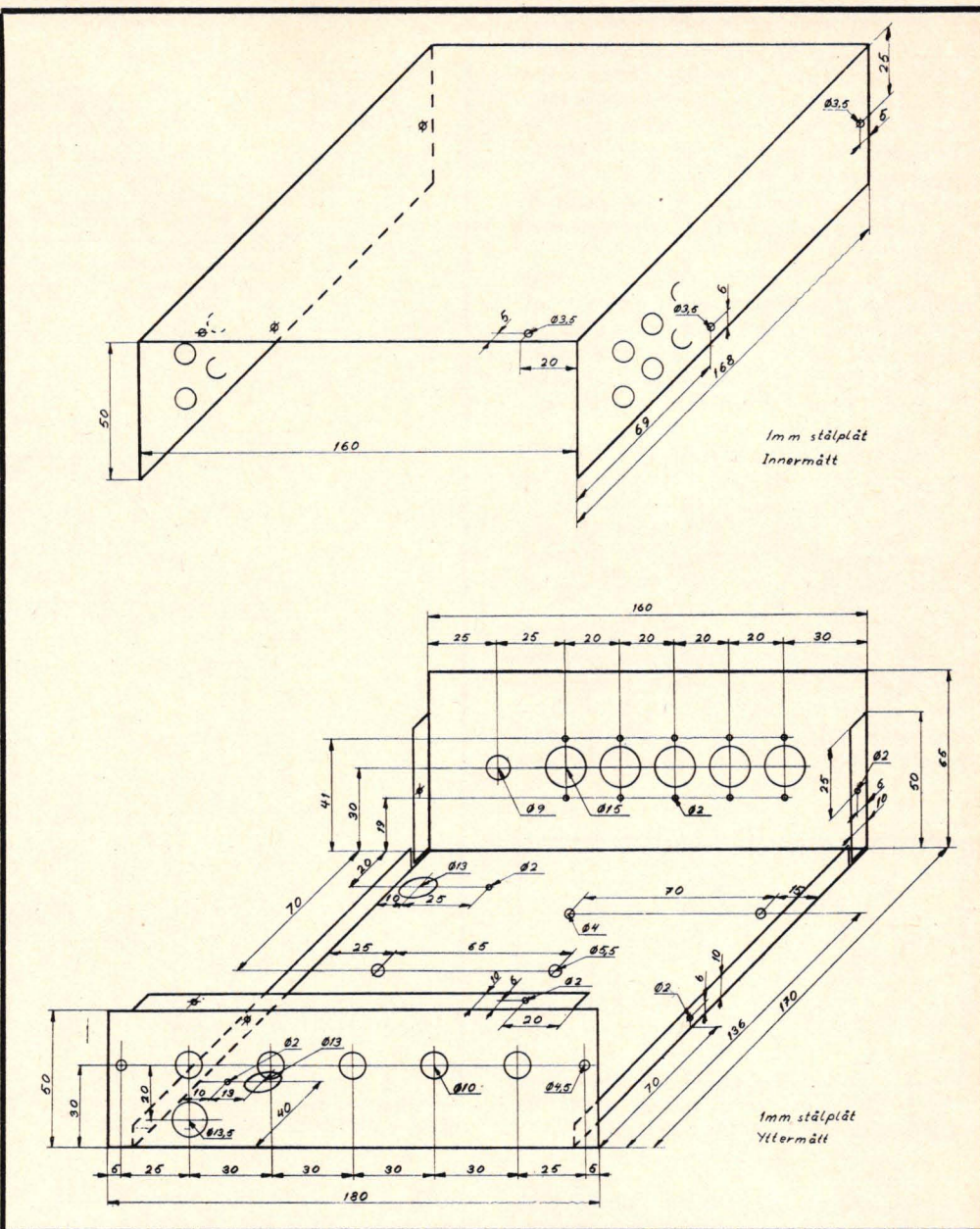


Fig 8. Ritning till det i högtalarlådan inbyggda förstärkarchassiet.

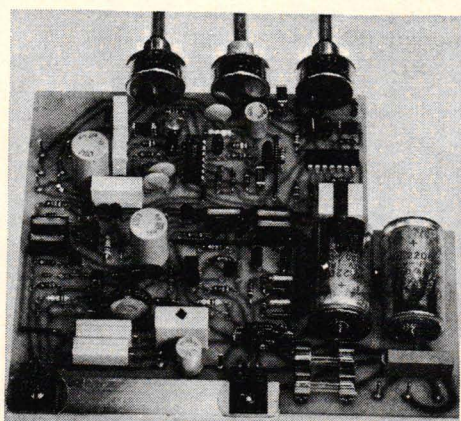


Fig 12. Det färdigmonterade kretskortet.

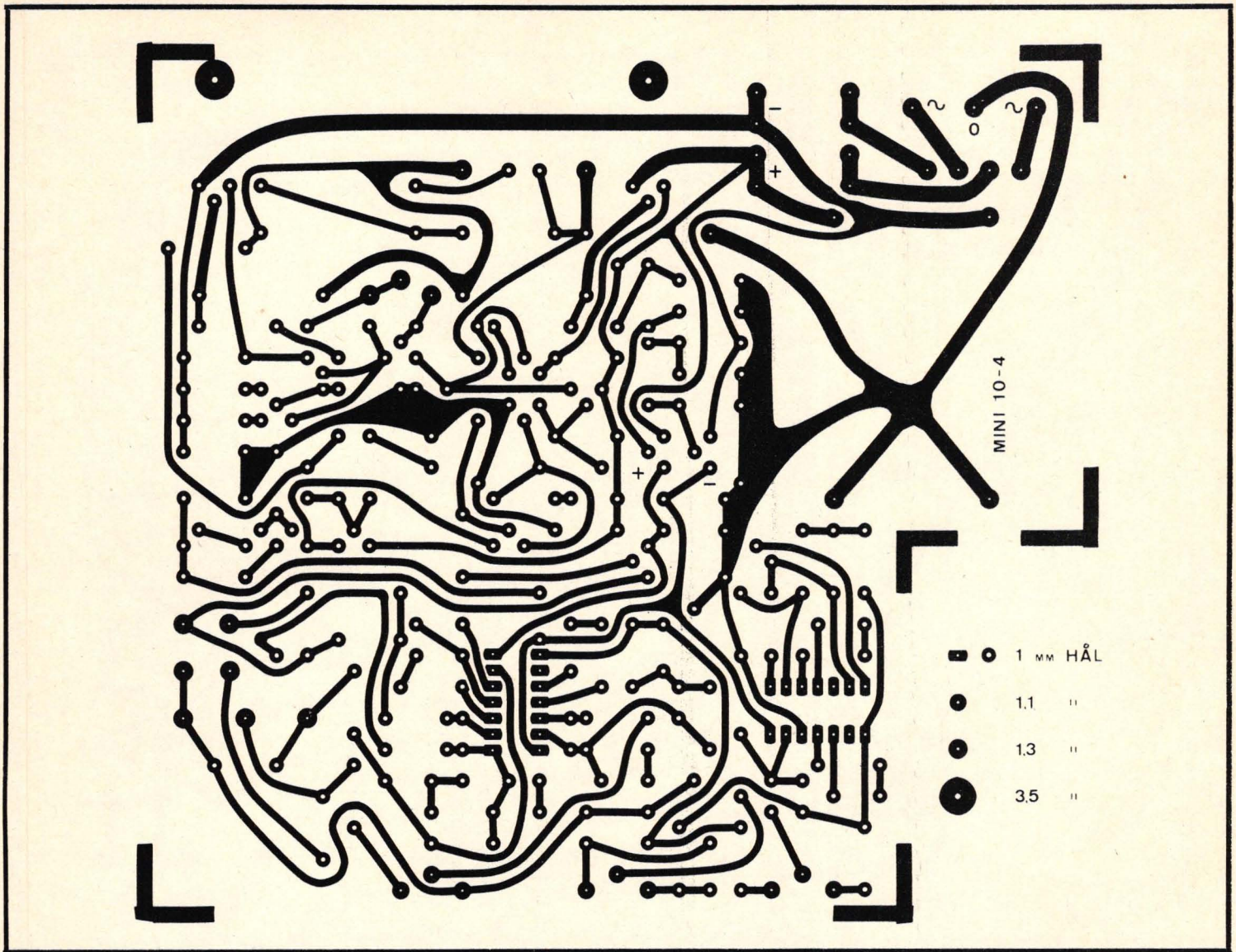


Fig 9. Kretskortet i skala 1:1 sett från foliesidan.

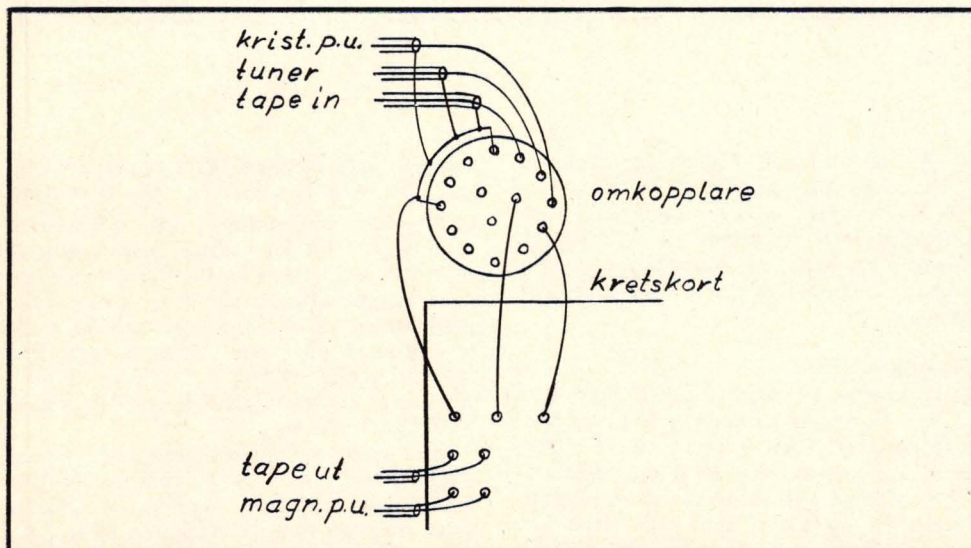


Fig 13. Anslutningen av ingångskontakterna till omkopplaren och kretskortet.

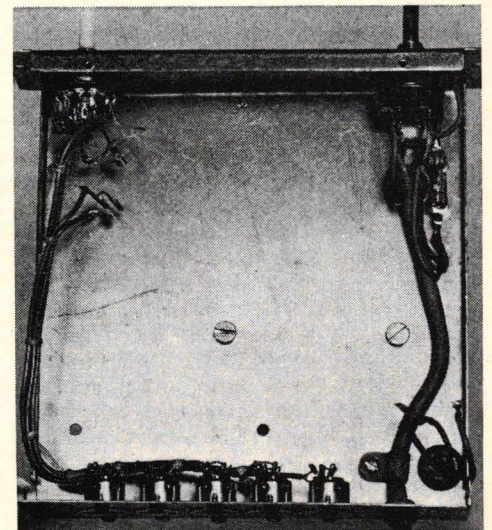


Fig 14. Förstärkarchassiet med borttaget kretskort.

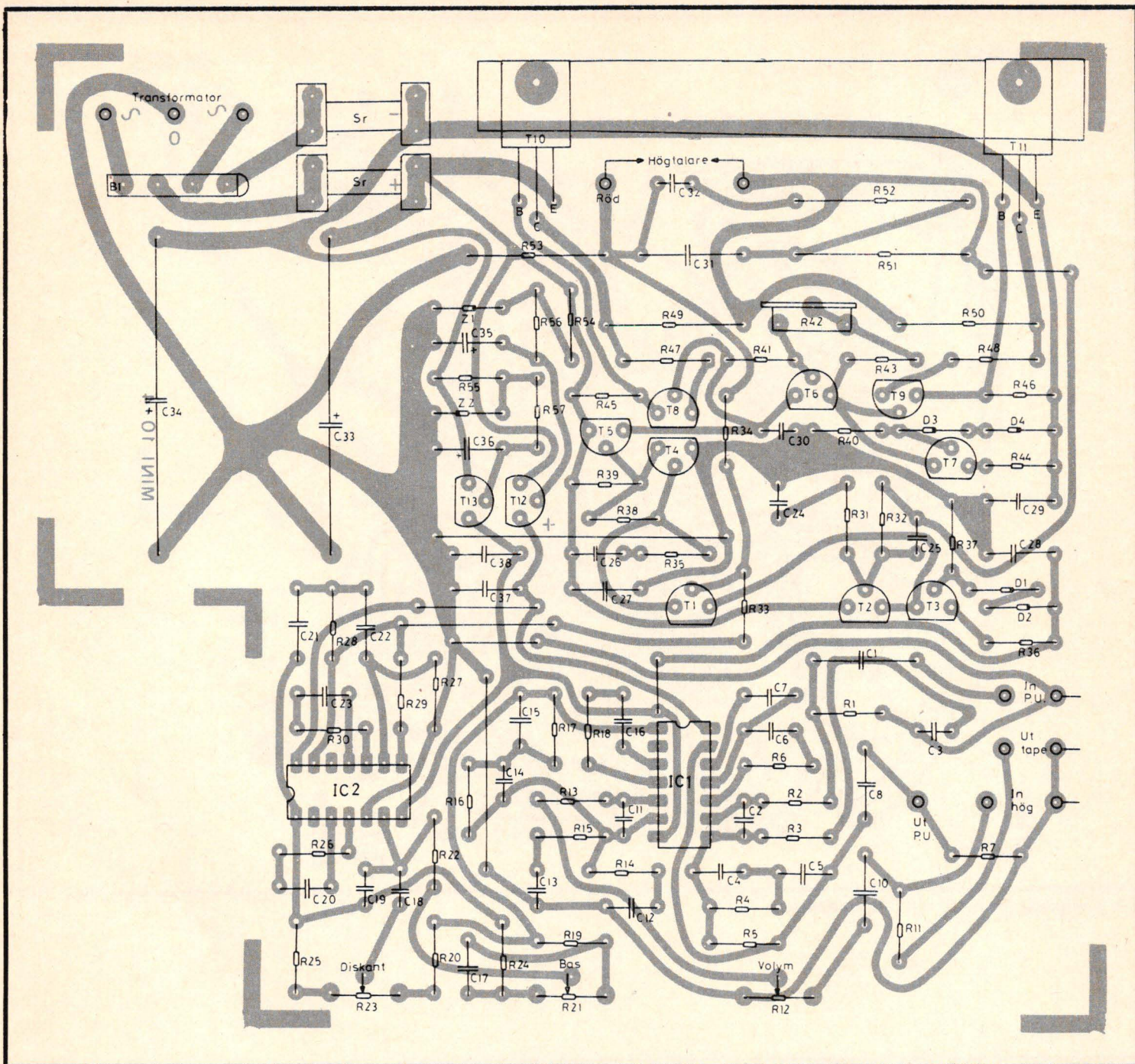


Fig 10. Komponentplaceringen på kretskortet.

Den andra kanten av kretskortet fästs i den aluminiumprofil, som tjänstgör som kylelement för effekttransistorerna, se fig 11 och 12.

Tack vare uppbyggnaden på endast ett kretskort blir ledningsdragningen mycket enkel och okritisk. Dessutom har kontaktstift/hylsor (Elfa 48-9260-0/48-9270-9) använts, så att inga ledningar blir fast monterade i kretskortet. Från ingångskontaktorna används skärmad kabel som sammanbinds till en stam vid kretskortskanten. Kretskortet kan då lätt demonteras från en färdigbyggd förstärkare.

Anslutning av kablarna till omkopplaren och kretskortet skall ske enligt fig 13. Jordningen av chassiet sker via skärmen

till pick up-ingången. Endast denna skärm skall anslutas till chassiet!

I övrigt skall endast högtalaren och transformatorn anslutas till kretskortet. Nätströmbrytaren, säkringshållaren, glimlampan och nätkabeln monteras som i fig 14.

Driftsättning

Innan kretskortet monteras bör lödningarna, samt att alla komponenter är monterade och rättvända kontrolleras. Förstärkaren kan drivas utan ansluten högtalare. Finns tillgång till voltmeter, kan likspänningen på utgången uppmätas. Den bör vara försumbar (< 50 mV). Högtalaren kan nu anslutas. Installationen bör utföras

så, att högtalarkonen drivs uppåt av den negativa offsetspanningen på utgången (rödmärkta anslutningen på högtalaren mot "jord") för att i någon mån kompensera nedsjunkningen ($\approx 0,1$ mm) av konen p g a tyngdkraften. Även utan föregående uppmätning av likspänningen kan högtalaren anslutas, då 1 A:s säkringar utgör ett fullt tillräckligt skydd — både för högtalaren och sluttransistorerna — om något fel skulle föreligga.

Med signal till förstärkaren skall denna (på utgången) öka då högtalaren ansluts p g a den negativa utgångsresistansen. Kom ihåg att om förstärkaren skall belastas resistivt med 8Ω för mätningar måste RC-nätet på utgången bortkopplas.

Tomgångsströmmen genom effekttransistorerna är inte kritisk men bör ställas till ca 30 mA. — Mät, utan signal och högtalare tillkopplade, spänningen över R49—R50 och justera med R42 till 30 mV, eller lossa en säkring och ställ strömmen till hela förstärkaren till 60 mA. Inga andra justeringar skall behöva göras.

Mini 10 i stereoversion

Den som önskar göra en stereoanläggning av *Mini 10* kan gå tillväga på något av följande sätt:

● Bygg två kompletta *Mini 10*. Det är enklaste sättet, som dock ger till följd att man måste "ratta" på två olika ställen. Även ledningarna från programkällorna blir onödigt många.

● Bygg två kompletta anläggningar, men anslut en separat förstärkare till högnivåingångarna. Denna metod ger fördelen av att man kan använda en *Mini 10* som portabel anläggning. Metoden rekommenderas!

● Uteslut pick up-steget och tonkontrollerna ur båda lådorna och anslut en separat förstärkare. Alla kontrollorgan kan då uteslutas, om nätspänningen kopplas över förstärkaren.

● Bygg all elektronik i ett separat hölje och anslut högtalarna på vanligt sätt via en kabel. Man slipper då nätansluta högtalarna och klarar sig med en nätdel. ■

KOMPONENTFÖRTECKNING

R1, R22	47k	1/8 W	5 %	C4, C12	4,7 n	10 %	
R2, R13	220	1/8 W	5 %	C5	15 n	10 %	
R3	390	1/8 W	5 %	C6, C7	4,7 n		
R4	18k	1/8 W	5 %	C8, C10	0,22 µ		
R5	270k	1/8 W	5 %	C9	22 p		
R6	10	1/8 W	5 %	C13	10 µ	35 V	Bipolär el lyt (Elfa)
R7, R8	1 M	1/8 W	5 %				
R9, R10	4,7 M	1/8 W	10 %	C15	47 n	5 %	
R11, R20,				C16	10 n		
R25, R33	10k	1/8 W	5 %	C17	68 n	10 %	
R12	100k	log pot		C18	680 p	10 %	
R14, R15	3,9k	1/8 W	5 %	C19	10 p		
R16	39k	1/8 W	5 %	C20, C23	47 n		
R17	82k	1/8 W	5 %	C21, C22	0,22 µ	5 %	
R18	33	1/8 W	5 %	C24	47 µ	35 V	Bipolär el lyt (Elfa)
R19, R24	4,7k	1/8 W	5 %				
R21	50k	lin pot		C26	1,5 n		
R23	250k	lin pot		C27, C28,			
R26, R30	12	1/8 W	5 %	C29, C37,			
R27	36k	1/8 W	5 %	C38	0,1 µ		
R28	9,1k	1/8 W	5 %	C30	220 p		
R29, R41	2,2k	1/8 W	5 %	C31	1 µ		
R31, R56,				C32	4,7 µ	35 V	Bipolär el lyt (Elfa)
R57	1k	1/8 W	5 %	C33, C34	2200 µ	35 V	El lyt
R32	20k	1/8 W	5 %	C35, C36	1 µ	20 V	El lyt
R34	3,0k	1/8 W	5 %	T1, T2,			
R35	68	1/8 W	5 %	T3, T6,			
R36, R54,				T7			BC 237 B
R55	3,3k	1/8 W	5 %	T4, T5			BC 307 B
R37, R40	22k	1/8 W	5 %	T8, T12			BC 337
R38	5,6k	1/8 W	5 %	T9, T13			BC 327
R39	560	1/8 W	5 %	T10			BD 598 (Motorola)
R42	500	trimpot		T11			BD 597 (Motorola)
R43	2,7k	1/8 W	5 %	D1—D4	1N4148		
R44	150	1/8 W	5 %	Z1, Z2	1N966B	16 V 0,4 W zener	
R45, R46	330	1/8 W	5 %	IC1, IC2	µA 739 = TBA231 = SN76131		
R47, R48	1	1/8 W	5 %	B1	B80C1500/1000 likriktarbrygga		
R49, R50	0,47	1 W	10 %	Tr1	Prim: 220 V Sek: 2×21 V		
R51, R52	8,2	2 W	10 %		30 VA (Delttron)		
R53	0,33	1 W	5 %	G1	Glimlampa 220 V		
C1	0,47 µ			Högt	AD 7063 M8 (Philips)		
C2, C11,				01	1 pol, 4 lägen		
C14, C25	47 p			02	Vridströmbrytare		
C3	47 µ	16 V	Bipolär el lyt (Elfa)				

(se upp så att tennet inte åstadkommit några överbrygningar) och kortet monterats på plats, kan avprovning ske. Om man vill, kan man därvid koppla en lampa på 40 W i serie med nätanslutningen för att skydda förstärkaren i händelse av eventuella felkopplingar. Lampan glimmar till vid urkopplingen, men ska i fortsättningen endast glöda svagt eller inte alls.

Man börjar med R35 vriden helt motsols och justerar sedan denna så, att man får en tomgångsström av ca 45 mA genom att öka R35. Tomgångsströmmen kan mätas genom att man avlägsnar en säkring och i stället kopplar in en mA-meter. Om man har en voltmeter som mäter 100 mV fullt utslag, kan man mäta spänningen över R46 och R47. Över båda motstånden ska spänningen då kunna uppmätas till $0,66 \times 45 = 30$ mV. Om man har en voltmeter som kräver större spänning, kan man ersätta säkringarna med motstånd, 22 ohm. Därvid ska vid 45 mA ca $22 \times 0,045 \approx 1,0$ V uppträda över dessa.

Lägg märke till att en svag ingångssignal krävs för att förstärkaren ska slå till. Den måste dock

vara tillräckligt liten för att tomgångsströmmen inte ska påverkas. Efter det att tomgångsströmmen är inställd, avlägsnas 22-ohmsmotstånden samt den eventuella lampan och man kan börja lyssna.

Data för basförstärkaren

Byggsatsen är avsedd för 8 ohms sido- och basystem (4 ohms basystem reducerar uteffekten till ca 30 W).

Filter:

Delningsfrekvens
Lågpasfilter
Högpasfilter

150 och 250 Hz
18 dB/oktav
6 dB/oktav

Slutsteget:

Effekt 8 ohm
Distorsion (alla effekter)
Dämpfaktor
Undre gränshfrekvens

40 W
< 0,1 %
> 70
< 5 Hz

Slutvärdering

och kommentarer

Detta filter med slutsteg har ytterligare vidgat möjligheterna och förbättrat funktionen hos en centerbaskanal. Framför allt märker man vid lyssning att mellanregisterfrekvenser inte finns med i centersystemet, tack vare närvaro av branta filter och låg delningsfrekvens. Härigenom är det omöjligt att lokalisera varaskanalen är placerad i rummet. Detta har också eliminerat den ibland besvärande "pingpong"-effekten mellan bas- och sidosystem. Volymkontrollen för basen gör att man utan hänsyn till olika verkningsgrad hos bas- och sidosystem kan välja element. Observera dock, att den lägre delningsfrekvensen ökar kravet på sidosystemens basåtergivningsförmåga.

Byggaren av filtret kommer också att märka att volymkontrollen för basen utgör en ypperlig kontroll av de lägre frekvenserna. Förf vill dock utfärda en varning: Tänk på grannarna! Låga frekvenser fortplantas bättre än du tror i väggar, golv och tak. ■

Dynamisk brusbegränsare - DNL

- *Brus från kassettband och slitna grammofoonskivor reduceras effektivt med en DNL-tillsats.*
- *Till skillnad från andra brusreduktionssystem arbetar DNL enbart i avspelningsledet.*

■ ■ DNL (Dynamic Noise Limiter) är en aktivt arbetande krets för undertryckning av brus vid avspelning av främst kassettband. Systemet är framtaget av **Philips**. Med utgångspunkt i den konstruktionen ger vi här en praktisk beskrivning.

Undertryckningen av bandbruset måste göras så, att kretsen arbetar utan att den inspelade signalen (musiken) på något vis påverkas och så att förvrängning inte sker, utan innehållet motsvarar originalet. Denna krets som elektroniskt "känner av" signalen arbetar till skillnad från Dolby-tekniken endast under avspelning. Den är därigenom kompatibel, dvs bruset från en kassett kan med hjälp av DNL-enheten reduceras, oavsett på vilken apparat den är inspelad och oavsett när. Det är alltså möjligt att ta bort bruset från en inspelning man gjort för flera år sedan och på samtliga i marknaden förekommande musikkassetter.

Främsta målet: att eliminera kassettbrus

DNL-systemet är speciellt konstruerat med tanke på att reducera bruset från kassettband, varför en noggrann analys av detta brus ligger till grund för den här presenterade konstruktionen. Härvid studerades hur bruset från ett kassettband är sammansatt och fördelat i ljudspektrum med avseende på frekvenser och nivåer. Det som då framkom var att i stort sett uppfattar örat bandbruset från en band-

spelare med låg hastighet så, att brus i det övre frekvensregistret (diskanten) är det vi störs mest av.

Gråtonen i *fig 1* representerar detta brus. Ett enkelt, passivt diskantavskärningsfilter skulle

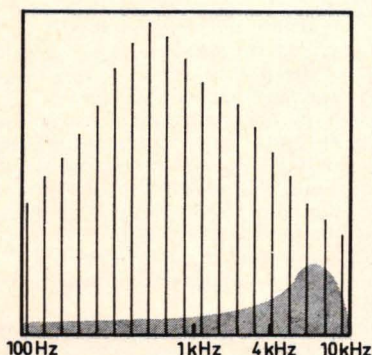
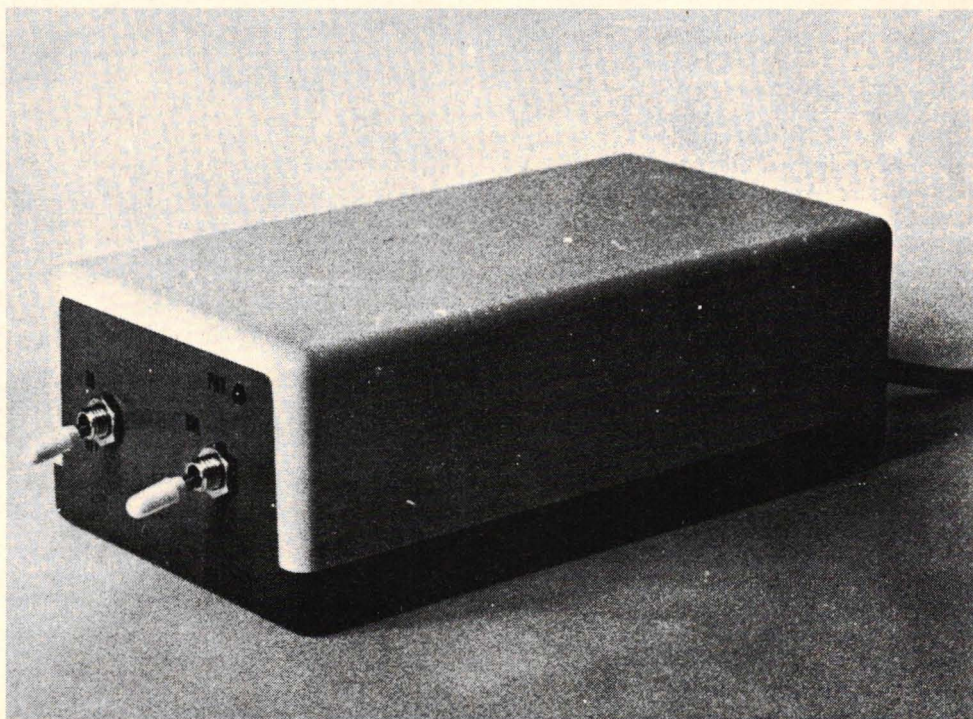


Fig 1. Typiskt signal- och bruspektrum (gråton) från en kassettbandspelare vid kraftiga passager i musiken.

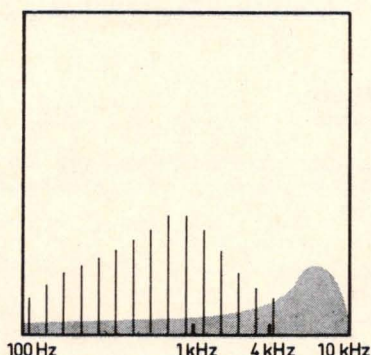


Fig 2. Utsignal från en bandspelare utan brusreduktion vid svaga partier i musiken.

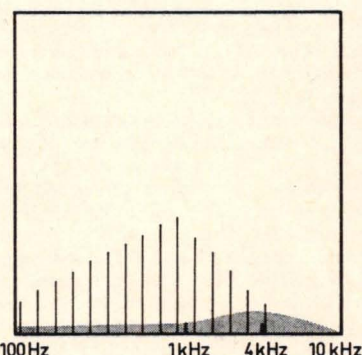
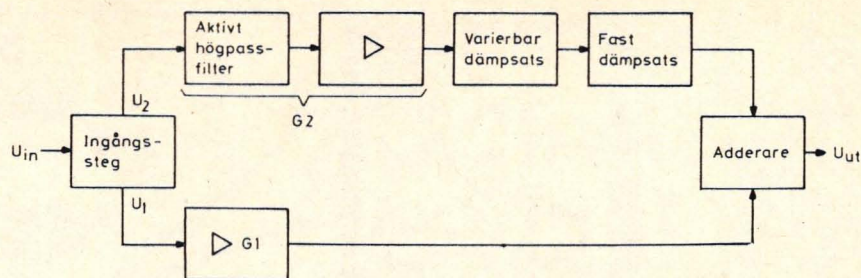


Fig 3. Samma som i fig 2 men med brusreduktion.



lätt kunna ta bort detta brus. Ett dylikt filter har dock den inverkan att det menligt inverkar på programinnehållet, så att höga grundtoner och övertoner blir bortfiltrerade tillsammans med bruset, vilket resulterar i en torr och onaturlig återgivning. Det man avsåg att utveckla skulle således begränsa bruset utan att inverka så, att förluster av detaljer i musiken blev ett bifenomen. Detta gjorde att man övergick till att studera den sammansatta signalen av musik och brus för att utröna frekvens- och amplitudinnehållet vid olika tillfällen och tidpunkter i ett musikstycke och för att se vilka möjligheter som fanns att särskilja önskad signal och brus.

När musikinstrumentet spelar starkt, innehåller musiken inte bara grundtoner av låga och medelhöga frekvenser, utan också övertoner i det högre frekvensområdet. Stolparna i *fig 1* representerar detta ljudspektrum, och det är viktigt att man återger detta med ett stort frekvensområde utan begränsningar.

Komponentförteckning

Av nedanstående krävs en uppsättning komponenter.

R20	22 ohm
R21	10 kohm
R22	6,8 kohm
R23	1 kohm
C13	1 000 μ F, 25 V
C14	1nF
C15	220 μ F, 25 V
T5	BD137
IC1	μ A 723
D7—D10, D11	1N4002
D12	Lysdiod
S1	2-pol str bryt
S2	1-pol str bryt
Säkringshållare	
Säkring	100 mA
Låda	Elfa 50-5522-3
Kretskort	
Transformator	15—18 V
2 st kontakter	5-pol DIN chassihona
Dessutom tillkommer	
lödöron, skruvar,	
muttrar och genomfö-	
ringshylsa.	
<i>Två uppsättningar krävs av nedanstående kom-</i>	
<i>ponenter, dvs en uppsättning för varje kanal</i>	
R1	68 kohm
R2	56 kohm
R3, R4, R13, R15	680 ohm
R5, R7	1 kohm

R6	8,2 kohm
R8, R11	330 kohm
R9	100 kohm
R10	1,8 kohm
R12, R17	22 kohm
R14	5,6 kohm
R16, R18	120 kohm
R19	10 kohm pot
C1, C11	4,7 μ F
C2, C6, C8, C9	0,022 μ F
C3	3300 pF
C4	470 pF

C5	1800 pF
C7	680 pF
C10	0.01 μ F
C12	2200 pF
D1-D6	IN4148
T1, T2, T4	BC238B
T3	BC238C

Från **Electronic Development, Box 48, 182 71 Stocksund**, kan komplett materialsats beställas till ett pris av 175 kr. Pris utan nätdel 130 kr. Enbart kretskort 28 kr. Transformator 26 kr. Samtliga priser inkl moms.

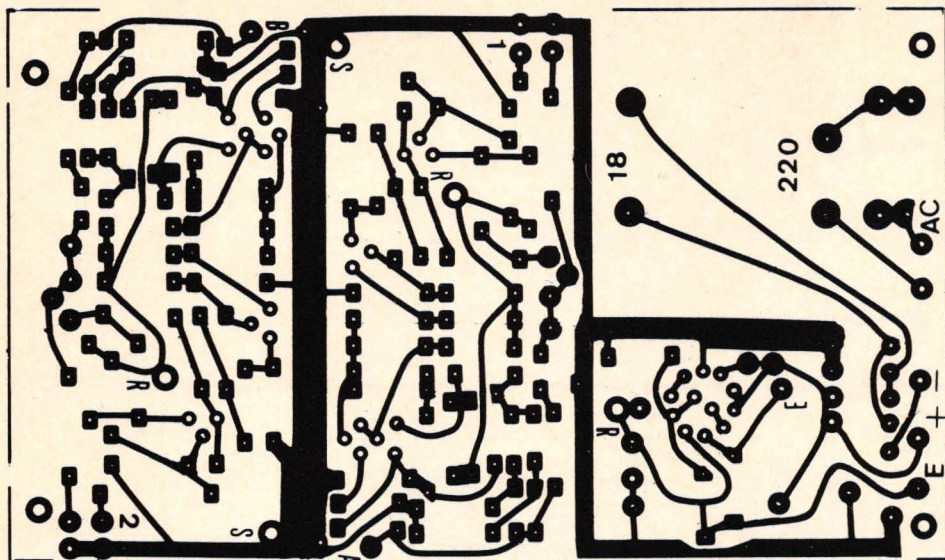


Fig 7. Kretskortet sett från foliesidan i skala 1:1.

ma frekvensområde som störningen). Vid återgivning av starka passager i musiken sker ingen brusundertryckning och den sammansatta signalen kommer efter DNL-enheten att ha ett frekvensspektrum som framgår av fig 1.

När musikinstrument spelas svagt däremot, består signalen från instrumenten huvudsakligen av grundtoner med låga och medelhöga frekvenser och knappast några övertoner alls. Eftersom ytterst få musikinstrument avger toner med högre grundton än 4,5 kHz, kommer ljudspektrum vid svaga passager i musiken att se ut som stolparna i fig 2.

Eftersom bandbrus enligt tidigare resonemang består av ljud i det övre frekvensområdet, är det under dessa svaga partier och vid pauser i musiken som detta är störande. Vid återgivning av svaga partier utan brusreducering kommer frekvensspektrum att se ut enligt fig 2, där det framgår att vid svag musik finns praktiskt taget inget "musik innehåll" i det område där bruset är störande.

Störande blir bruset på grund av att örats maskeringseffekt inte fungerar när musik innehåll ej ligger i samma frekvensområde som bruset. Man kan därigenom undertrycka dessa frekvenser vid

detta tillfälle. Vid återgivningen av svaga partier kommer därför signalen efter DNL-behandlingen att se ut som i fig 3.

Av detta framgår, att bandbrus ska undertryckas så, att maximal reduktion erhålls under pauser i musiken, att vid svaga passager bruset reduceras i proportion till innehållet av övertoner (för att inte ta bort detaljer i musiken) och att vid starka partier ingen reduktion förekommer.

Det resonemang som förts hittills har behandlat tänkta fall under vissa tidpunkter i ett musikstycke. I musiken förekommer däremot snabba dynamiska förlopp, så att en effektiv brusundertryckning måste följa musikens förlopp för att bieffekter ej ska uppstå.

I DNL-enheten analyseras signaler i varje ögonblick med avseende på övertonsinnehållet, och brusundertryckningens storlek kommer hela tiden

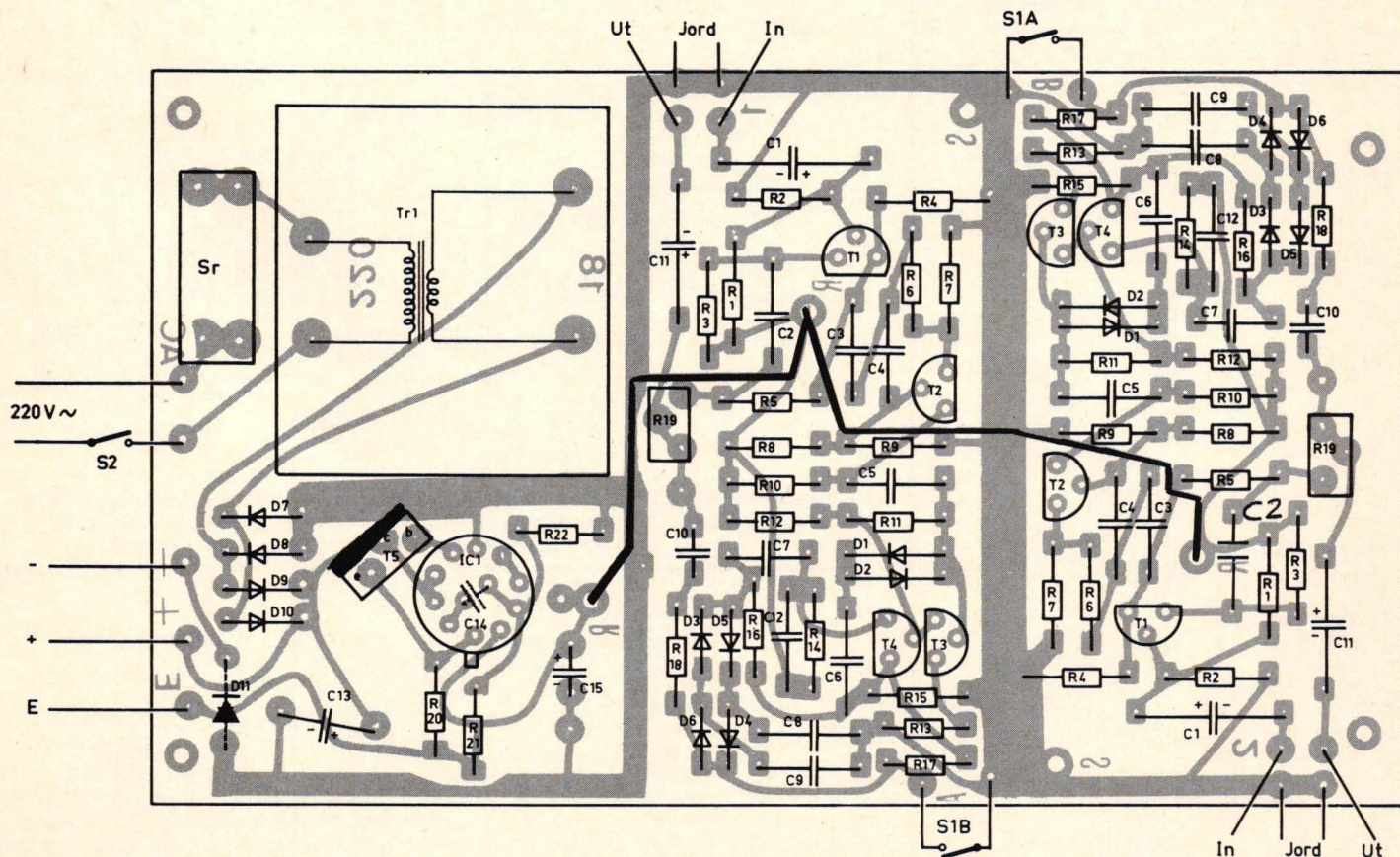


Fig 8. Komponenternas placering på kretskortet.

Fig 10. Bilden visar kretskortet monterat i lådan.

att stå i proportion till övertonshalten i musiken för att inte ta bort dessa.

I praktiken fungerar det hela så, att så snart musiken är svag och frekvensinnehållet i denna är sådant att örats maskeringseffekt inte längre fungerar, reduceras bruset för att inte bli störande. När sedan styrkan och övertonshalten ökar så att örats maskeringseffekt fungerar, minskas brusredueringen i DNL-enheten.

Vid linjär mätning uppvisar DNL-enheten en förbättring av signal/brusförhållandet med 5 dB vid 6 kHz och upp till 20 dB vid 10 kHz.

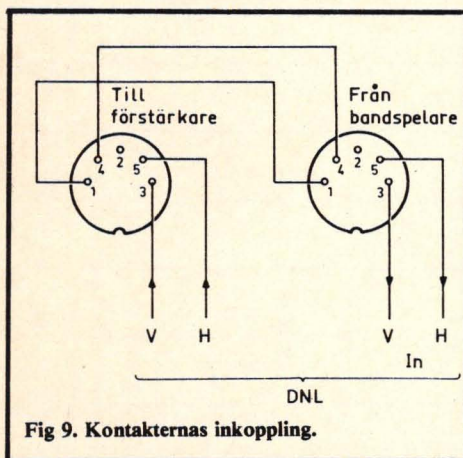


Fig 9. Kontaktens inkoppling.

För att man skall uppnå en dämpning i det högre frekvensområdet när ingen eller mycket svag nytto-signal föreligger och samtidigt erhålla en helt rak frekvensgång då frekvenser över 4 kHz överstiger en viss nivå (38 dB), har DNL-enheten konstruerats enligt blockschemat i fig 4.

Insignalen delas upp i två signaler, U_1 och U_2 , varav U_1 får passera linjärt till adderingssteget på utgången där den är 180° fasförskjuten. U_2 däremot passerar först ett högpassfilter, som känner av om där finns några höga toner av nämnvärd styrka. Skulle så vara fallet, får den variabla dämparen styrsignal för att ställa in sig på hög dämpning, med resultat att ingen eller mycket liten rest av U_2 påförs adderingssteget. Ut från DNL-enheten kommer därvid endast U_1 , innehållande hela frekvensspektrum.

Innehåller insignalen inga övertoner över 4 kHz, passerar ingen styrsignal till den variabla dämparen och denna fungerar inte längre som någon dämpare med resultat att det som finns över 4 kHz — främst bandbruset — påförs adderingssteget.

Eftersom denna del av frekvensområdet påförs i motfas till U_1 (som fasvänts 180° enl tidigare resonemang) tar signalerna över 4 kHz ut varandra, och DNL-enheten fungerar som ett effektivt lågpassfilter.

Förekommer insignaler över 4 kHz, men mycket svaga sådana, får dämparen motsvarande styrinformation, så att en lämplig grad av utsläckning av de höga (brusiga) frekvenserna blir resultat.

Lätt att bygga DNL Allt på ett kretskort

Trots sin effektivitet är principen för DNL verkligen enkel. Därom kan alla förvissa sig genom att studera principschemat i fig 5. Endast fyra transistorer per kanal ingår. Nätdelen var i den i RT tidigare presenterade varianten tämligen enkel. Den gav också ett visst mått av brum. I den presenterade konstruktionen är nätdelen stabiliserad, och den ger ett brum som är försumbart vid normal användning, dvs då den används med lämpligt vald signalnivå in.

DNL-enheten är lätt att montera, eftersom komponenterna är placerade på ett kretskort. Komponenterna sitter monterade ganska tätt och det krävs därför en viss metodik vid sammanställningen:

Man börjar med att montera alla motstånd på kretskortet. Därefter monteras alla kondensatorerna utom C13 och C15, som monteras sist. Bygg på med transistorer, dioder och IC1 (IC1 anbringas ovanför C14). Sist löder man in transformator och säkringshållare på kretskortet.

Den stabiliserade nätdelen lämnar 17 V. I punkten E kan man ta ut denna spänning till yttre kretsar. I så fall bör man förse T5 med en kylfläns som leder av värmen. Kylflänsen kan helt enkelt vara en bit aluminiumplåt som limmas fast med cyanid mot transistor. Strömmen genom regulatorn bestäms av R20, som vid utökad belastning måste minskas. Man kan även använda yttre nätaggregat för strömförsörjning av DNL-kretsarna. Strömförbrukningen är ca 50 mA.

Apparatlådan, fabrikat OKW, har ingjutna muttrar, så att kretskortet enkelt kan skruvas fast. I frontpanelen borrar hål för strömbrytarna och lysdioden. Observera, hur denna skall kopplas in! Avfasningen anger katodsida, vilken kopplas till R23. I bakstycket fästes de båda DIN-kontakterna.

Nätströmbrytaren bör givetvis vara S-märkt. Nätkabeln förs ut ur lådan med en vanlig genomföringshylsa.

Inkoppling före volymkontroll väsentligt för DNL-kretsarna

Den dynamiska brusbegränsaren är avsedd att arbeta med signalnivåer mellan ca 700 mV och 1 V (referensnivån anges till 780 mV), vilket är vad ett bandspelardäck normalt lämnar till efterföljande förstärkare. Man ansluter i detta fall alltså DNL-enheten mellan bandspelare och förstärkare. Är bandspelare och förstärkare sammanbyggda, så att ingrepp måste göras i apparaten, är det viktigt att DNL-enheten kopplas in före volymkontrollen, då denna annars påverkar brusundertryckningen.

Intrimningen är synnerligen enkel, eftersom en enda trimpotentiometer ingår. Denna ställer man helt enkelt in så att den för örat bästa ljudåtergivningen uppnås. Någonstans på potentiometern har man maximal undertryckning av bruset, men i vissa fall kan det optimala läget ligga något vid sidan om, så att inte dämpningen blir alltför hög.

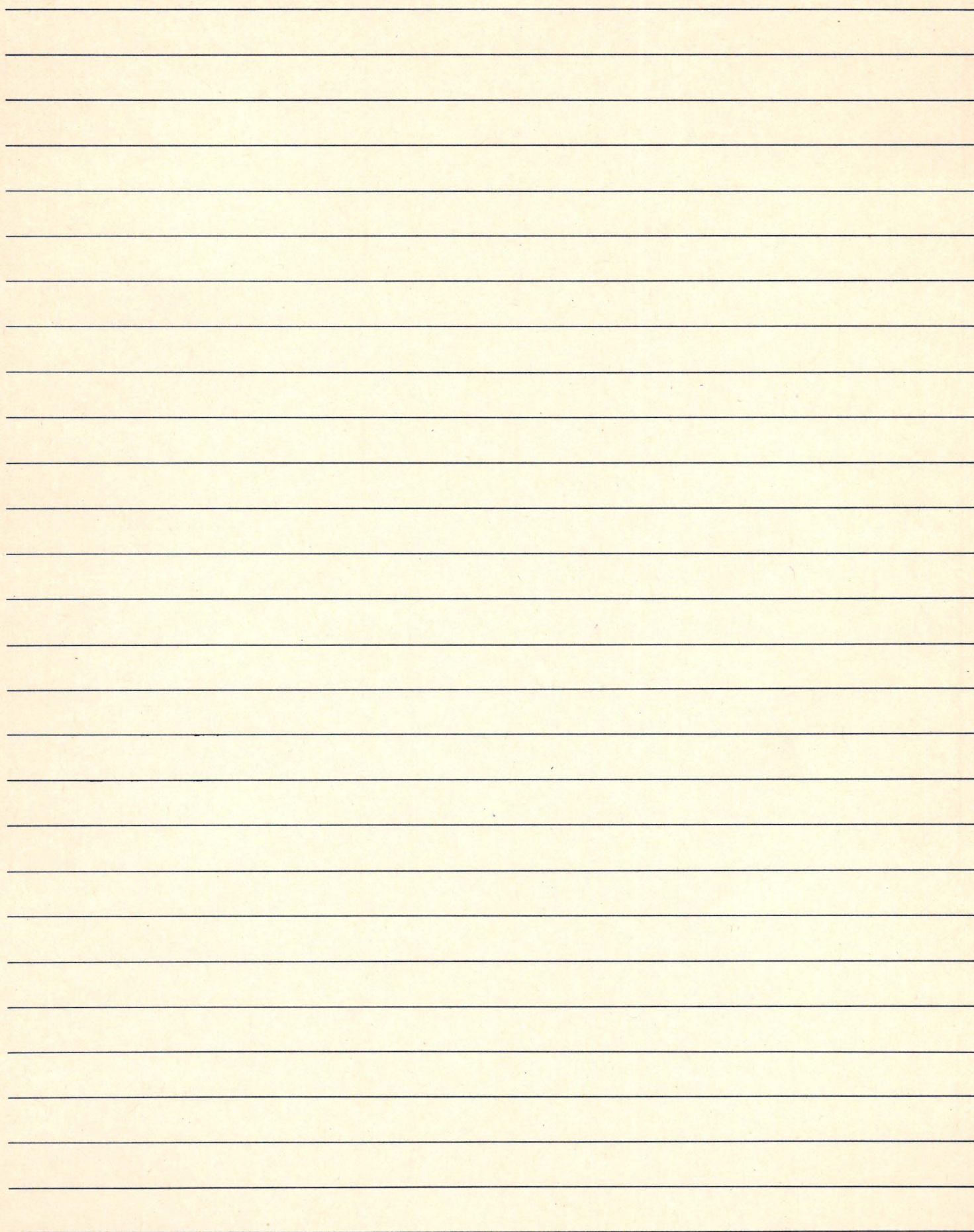
Inte bara kassettrus elimineras Lämplig även för skivavspelning

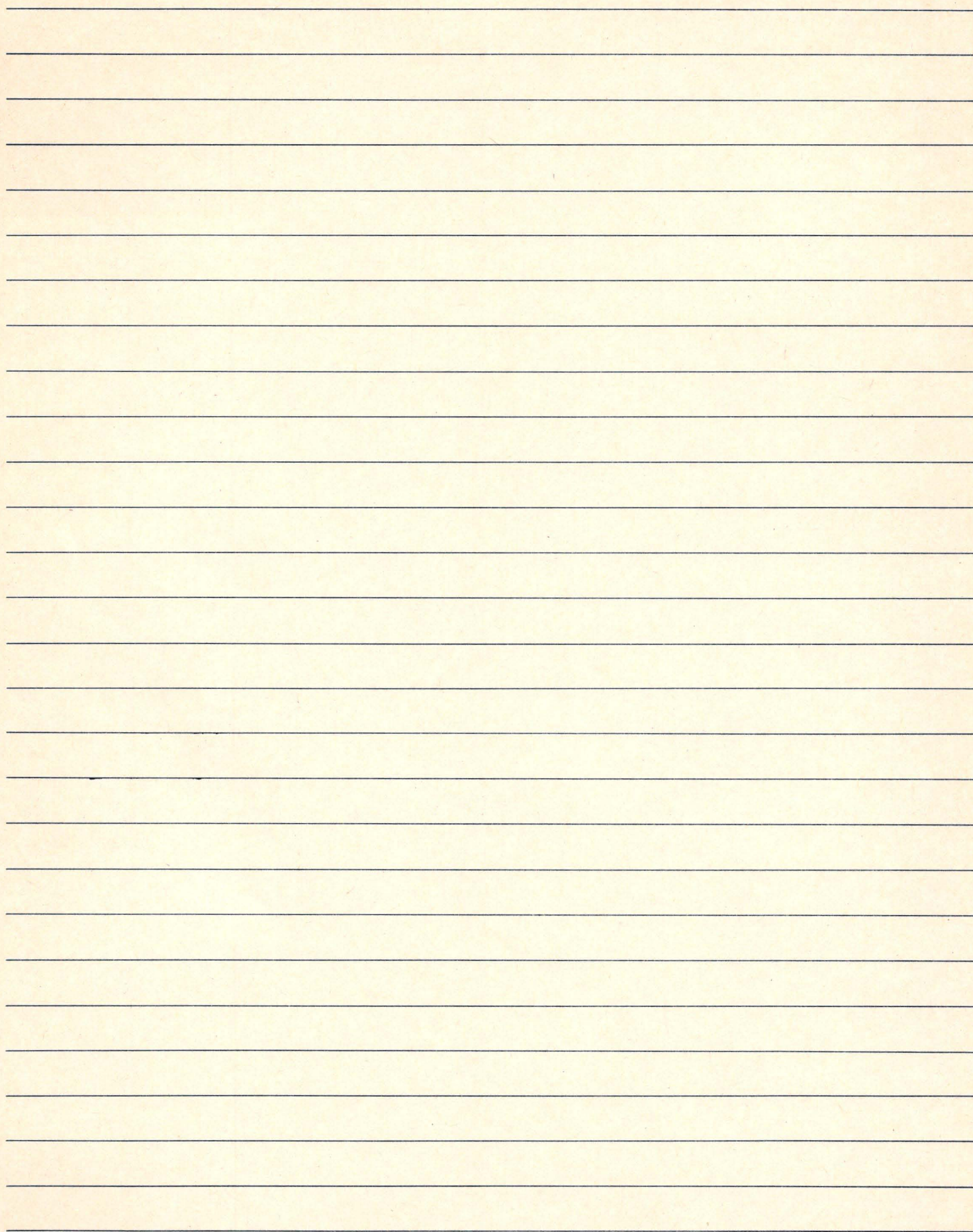
Även om DNL-systemet främst är avsett att användas tillsammans med kassettspelare kan det göra god nytta även i andra sammanhang. Inspelningar på bandspelare kan vara brusbemängda, särskild då de lägsta hastigheterna 4,75 och 9,5 cm/s används.

DNL kan faktiskt även användas vid avspelning av skivor. Antag att man har gamla raspiga "78-varvare" som är musikaliskt intressanta. Återgivningen kan då förbättras en hel del med DNL. Man kan då koppla in enheten mellan för- och slutförstärkare. Signallnivån bör ligga kring 0,7 V nominellt. Därvid kan man koppla en extra volymkontroll efter DNL. Den ordinarie volymkontrollen tjänar då som nivåregulator för DNL och ställs in en gång för alla. Max signallnivå in till DNL är 3 V, då klippning sker.

Rätt använd är DNL ett brusreduktionssystem som kan vara till stor nytta för ljudamatörer och semiprofessionella användare, inte minst tack vare att det är prisbilligt att få ihop som bygge eller att skaffa som färdig enhet.

This image shows a single sheet of cream-colored paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper has a slightly textured appearance and some minor discoloration or foxing, particularly towards the edges. There is no handwriting or other markings on the page.





radio & television

ökar och ökar!

Upplaga helår 1975:

29 824 ex.

+3 273 ex.

TS-kontrollerad medelupplaga helår 1975

Grundbyggsats 75 W hi-fi slutsteg enl RT 10/75 & 4/76 alt. årets "Bygg själv" - Gnuggisar skala 1:1 & 2:1 för krets-kortsgnuggare - 45 W hybridslutsteg AP4353P - Philips högtalarelement & delningsfilter - 3kanals fabriksbyggd ljusorgelmodul (3x1000 W) - Skalkärnor - spolstommar Vogt - toroider Amidon & Philips - avstörningsfilter för sändare, mottagare/TV & stereoanläggningar - Gasdetektor - Kristallfilter KVG - mekaniska filter - keramiska filter - kristaller fabriksnya & surplus - databöcker - ekvivalenttabeller - TRANSDUKTORS ring-kärnetransformatörer - byggsatser - kondensatorer: tantaler, trimrar, lytar, folie, keramik, styrol, glimmer - potentiometrar - kol & metallfilmmotstånd.

Om ovanstående och mycket annat får Du fortlöpanande information under 1976/77 mot 3 kr i frim eller 3 kr till vårt postgiro 90535-6

Dessutom: halvledare/IC med ett urval, som vi antar är det fylligaste i Europa.



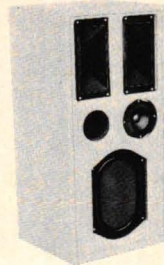
BHIAB electronics

Box 216 - 761 00 NORRTÄLJE
Tfn. 0176 / 184 25

ACOUSTIC LOUDSPEAKER SYSTEMS

ALLT FÖR HÖGTALARBYGGAREN

50 olika kompletta byggsatser
ACOUSTIC STUDIO



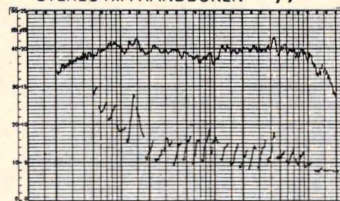
Acoustic — högtalarbyggsatser består av färdigmonterade lådor förbehandlade för lakering eller valnötssanerade.

Med byggsatserna följer allt som behövs för att få ett par helt färdiga högtalare i samma finish som ett par fabriksbyggda men till ett mer tilltalande pris.

Pris 1095:-/st.

inkl. låda och moms.

Frekvens och distorsionskurva mätt för "STEREO HiFi HANDBOKEN" - 77



Demonstration och butiksförsäljning:

Öppet: månd.-fred. 11-18. lörd. 11-14

HIPI KIT, Box 23098, 104 35 Stockholm

Sänd mig gratis nya katalogen med prislista

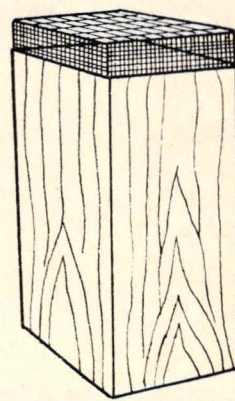
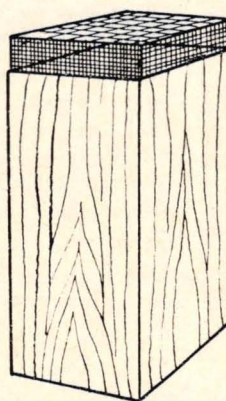
NAMN:

Adress:

Postnummer: Ort:

ACOUSTIC LOUDSPEAKER SYSTEMS

Rundstrålande högtalare



Byggsatser inkl. komponenter.

Träslag: jakaranda, valnöt, ek, teak, furu, vitlack, svartlack, obehandlad spånskiva.

Byggsatser till RT-hornen.

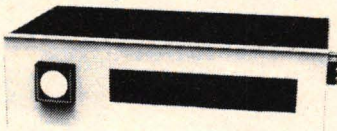
BÄLLSTA TRÄINDUSTRI AB

KARLSBODAVÄGEN 12 · 161 30 BROMMA
TEL 08/29 16 16, 29 95 16

DIGITALKLOCKA Klockan med go!

Nu är den här vår fantastiska digital-klocka, som du lätt bygger själv. Marknadens mest avancerade idag. Klockan är uppbyggd med en integrerad Mos-krets och har 6 siffrors visning – timmar, minuter, sekunder samt dessutom datumvisning, månad och dag, som sker växelvis med tidvisningen. Den väcker dig med summer eller sätter på radion. Med de två ställbara registren finns det otaliga möjligheter. Klockans automatik släcker displayerna vid nätabrott och kopplar samtidigt över till batteridrift. En inbyggd oscillator krets håller tiden när nät-frekvensen är borta. Kristallstyrning av klockan är lätt att införa, vilket gör den mycket lämplig för mobilt bruk.

- 24-timmars klocka (timmar, minuter och sekunder)
- Datum (månad, dag)
- 24-timmars larm
- Repetitionslarm (10 min)
- Tidbas 50/60 Hz nätfrekvens alternativt kristall (100,8 kHz)
- Klockradiofunktion (9 tim och 59 minuter) med många finesser. Kan användas som timer för styrning av yttre funktioner.
- Summer med reglerbar ljudnivå
- Stora tydliga siffror: 12,7 mm höga



- Mått: BxHxD 160x50x80 mm
- Vikt: ca 650 g
- Pris: 428:– inkl. moms

PS. Vi glömde nästan tala om att den håller reda på antal dagar i resp. månad också – utom vid skottår då du själv får ställa fram den en dag. DS.

För **BATTERIDRIFT** av Digitalklockan Kristall 100,8 KHz, motstånd samt trimkondensator. Pris: 130:– inkl. moms.

RELÄ-tillsats för styrning från digital-klockan av nätanlutna bruksföremål. Innehåller

- 2 st reläer 220 V manöverspänning
- 1 st relä 12 V manöverspänning
- 2 st omkopplare 1-pol, växl s-märke
- säkringshållare, lämplig låda och sladd.

Pris: 140:– inkl. moms.

DISPLAYKORT för tidsmultiplexad drift av 7-segments displayer. Upp till 6 siffror kan anslutas. Vi har kretskort passande displayer för de idag på marknaden vanligaste förekommande fabrikaten.

Typ Di 1:A PASSANDE ex.vis MAN 51, 52, 71, 72, 81, 82 (Monsanto)

TIL 302 (Texas) SLA-7 (opcoa) + många andra fabrikat

Typ Di 1:B PASSANDE 5082 – 7750 (HP) 5082 – 7751 (HP)

Typ Di 2 PASSANDE FND 500, 507 (Fairchild)

Pris för samtliga korttyper: 15:–/st inkl. moms.

D: 2 inklusive 6 st FND 507 Pris 105:– inkl. moms.

Karlbergsvägen 84
113 35 STOCKHOLM
08-31 51 15 - 30 75 15

**INKO'X
ELECTRONIC**

Sätt dig på första parkett i din egen konsertsal med Inko'x quadroförstärkare

Byggsatserna innehåller komponenter, kylflänsar och mönsterkort.

- **STEREOFÖRSTÄRKAREN** – 2 x 20 watt – är uppbyggd helt med integrerade kretsar kring 2 st. TDA 2020, förstärkarkretsen som har en uteffekt på 20 W sinus och en distortion under 1 procent. 165:00
- **QUADROFÖRSTÄRKAREN** – 4 x 20 watt – består helt enkelt av två stycken stereo-enheter. 310:00
- **FÖRFÖRSTÄRKAREN** – med volym-, bas- och diskantkontroller – är uppbyggd med de nya integrerade kretsarna TDA 1054, som bl. a. innehåller mycket lågbrusiga förstärkar-steg och inbyggd stabiliseringskrets. 165:00
- **SQ-DEKODERN** – MC 1312 – fördelar förförstärkarens stereosignal till fyra signaler – en till varje slutsteg. 50:00
- **NÄTAGGREGATET** är stabiliserat. För att uppnå de bästa hifi-egenskaperna hos TDA 2020 och Quadro-detektorn måste man använda ett stabiliserat likriktaraggregat med så lite brum som möjligt. Vårt aggregat är avsett att monteras på basplattan. (Separat kretskort kan erhållas kr. 25:00.) 80:00
- **RINGKÄRNETRANSFORMATOR** har vi valt att använda p.g.a. dess låga vikt och låga störfält. 80 VA för stereo 95:00
120 VA för quadro 135:00
- **BASPLATTAN**. På denna platta monteras korten för effektstegen, för förförstärkaren samt för SQ-dekodern. Direkt på basplattan monteras nätaggregatet samt alla omkopplare och kontakter. 365:00
- **TRÄLÅDA** i valnöt eller jakaranda, snygg design. 230:00
- **RADIODEL**, stereo. Quadron är förberedd för radio, som f.n. är under utveckling. Det kommer att bli en sak helt med integrerade kretsar, kristallfilter och andra finesser. Den beräknas kosta c:a 310:00

Karlbergsvägen 84
113 35 STOCKHOLM
08-31 51 15
30 75 15

**INKO'X
ELECTRONIC**



BEYSCHLAG MOTSTÅNDSSATSER

För hobby, lab, service

För dem som behöver ha till hands ett stort sortiment motstånd i mindre antal per värde av många ohmvärden; praktiskt och överskådligt förvarade kan vi leverera våra Beyschlag kolskikt-motstånd i standardkvalitet med tolerans $\pm 5\%$ i färdigpackade s. k. laboratoriesortiment, dvs. kompletta satser inom hela värdeområdet enligt serie E24 (se nedan) för typ SBB 0207, SBC 0309 och SBE 0414.

Kompletta sortiment förpackade i fackindelade plastkartor. Storlek ca 230x300x20 mm med täckskiva av klarplast. Värden enl. serie E24.

Pris per komplett sats: Kr 210:–

- Labsats 0207:** SBB 0207 0,25 W 70° C DIN 44051
10 per värde 1,0 ohm–1 M 1210 st
- Labsats 0309:** SBC 0309 0,33 W 70° C DIN 44051
10 st per värde 4,7 ohm–1 M 1290 st
- Labsats 0414:** SBE 0414 0,5 W 70° C DIN 44051
5 st per värde 1 ohm–10 M 845 st

BO PALMBLAD AB
08/24 61 60
Box 170 81
104 62 Stockholm



PIONEER

HÖGTALARELEMENT
BAFFELSYSTEM
BYGGSATSER

DISKANT- OCH MELLANREGISTERHORN

MÖNSTERKORT OCH KOMPONENT-SATSER TILL PER ELVINGS KONSTRUKTIONER.

- SST 76** (2 x 75 W slutsteg R&T 10/75)
- LL 20 B** (2 x 20 W slutsteg R&T 10/74)
- FF 2 B** (förförstärkare R&T 10/74)
- RIAA** (korrektionsförstärkare R&T 4/75)
- A-08** (universalsteg av samma typ som RIAA)

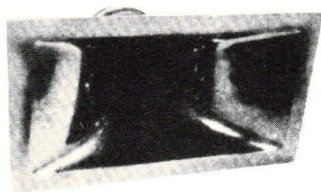
FÖR HÖGTALARBYGGAREN

Luftlindade drosslar, Bipolära elektrolyter, Polyester-kondensatorer, Högtalarfront i olika tjocklekar och porttätheter. Dämpmateriel m m.

LW LJUDTEKNIK
R. WICKSTRÖM

TULEGATAN 61 B
172 32 SUNDBYBERG
Tel: 08/ 29 08 76

NYA HORN



GT-R55 GT-R60

Mellanregisterhorn, efterföljarna till våra storsäljare GT-R50 och GT-R52. Vi är stolta över att kunna presentera två avsevärt förbättrade versioner. Verkningsgraden, frekvensgången och den allmänna transparensen i ljudåtergivningen har blivit hör- och mätbart bättre.

GT-R55 har tack vare sitt stora frekvensomfång den fördelen att det kan användas utan extra diskant-högtalare i disco, orkester och PA-system.

GT-R60 är ett utpräglat Hi-Fi-horn där man skall komplettera systemet med ett diskantorn.

Vi tror att GT-R55/60 som pris-prestanda-kombination är oslagbara på världsmarknaden. Och även om de kostade tre gånger så mycket skulle R-55, R-60 fortfarande vara två prisvärda produkter.

GT-R55 och GT-R60 ersätter våra tidigare modeller ur GT-serien med avsevärt bättre resultat inom alla användningsområden.

DATA:

Effekt:
Frekvensomr.: Hi-Fi

orkester, PA mm
Verkningsgrad:
Impedans:

Material:

Dimensioner

B x H x D:
PRIS inkl moms:

GT-R55

20 W RMS 40 W musik
500-6.000 Hz fritt mont.
400-6.000 Hz i kabinett
500-15.000 Hz
107 dB SPL vid 1 W
8 ohm
Mattsvart armerad
polyesterplast
andra färger på begäran

450 x 257 x 315 mm
449:-

GT-R60

samma
300-6.000 Hz
rek. deln.
400-4.000 Hz
108 dB SPL

samma
samma
460 x 310 x 275 mm
449:-

Vår KATALOG som innehåller hela vårt produktsortiment får du mot 3:- (i frimärken).

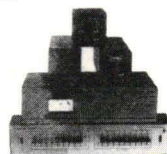
WERNOR LUD AB

Box 72, 133 01 Saltsjöbaden

08/717 62 88, 717 79 41, Torsvägen 61

"TIGER" SLUTSTEG OCH EQUALIZER

en serie amerikanska byggsatser i super-fi klassen.
Byggsatserna innehåller allt material inkl. chassie m m.



VPA210 300 W	1.495:-
VPA207 75 W	1.045:-
VPA275 90 W	795:-
VPA215 2 x 30 W	798:-
VEQ216 9-BANDS STEREO EQUALIZER	999:50

HIGH-PRO OCH MEKANMODUL

heter våra modulära elektroniska och mekaniska byggsystem, i proffsklass, för audiobruk. De är speciellt lämpliga för ljudmixrar i alla storleksklasser. Med High-Pro och Mekanmodul kan du idag bygga individuellt anpassade system.

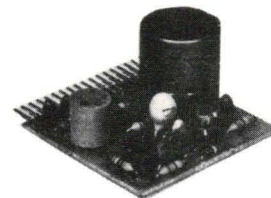
I High-Pro-systemet ingår bl.a. mik/linjeförstärkare, tonkontroller, phono-förstärkare, filter, universalförstärkare, mixerförstärkare, PPM-driver, nät-aggregat, olika moderkort m m. Några intressanta nyheter är hörtelefon-förstärkaren som även kan driva högtalare samt en liten toppspännings-indikator att användas tillsammans med VU-meters.

Mekanmodul är ett panelmodulsystem i huvudsak enligt skandinavisk-tysk studiostandard. Det består av borrade panelplåtar samt sammanfognings-materiel för elektroniken och mekaniken.

Komponenter passande till ovanstående system: Plastbanepotentio-metrar, regler, rattar, kontakter, omkopplare, kabel m m.

Några prisexempel:

VHH100 RIIA-först.	57:-
VHS100 Mikförst.	47:-
VHS300 Universalförst.	29:-
VHS500 Tonkontroll 3-bands	68:-
VHS600 Filter	31:-
VHS700 PPM-driver	98:-



HANDLEDDNING I MIXERBYGGE

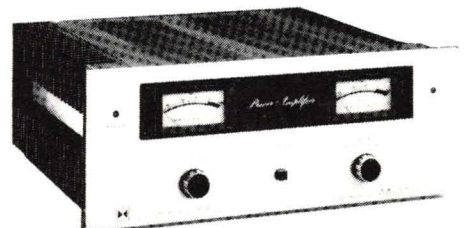
Denna handledning behandlar uppbyggnaden av mixrar i olika storlekar med ett blockschema som utgångspunkt. Dessutom innehåller den anvisningar om jordproblem, dämpsatser, dB och dBm-tabeller m m. Då behoven oftast är rätt standardiserade har vi därför sammanställt ett antal förslag baserade på High-Pro och Mekanmodulsystemet. Till exempel: orkester-mixer, enkel inspelningsmixer, discotekmixer m m. Dessa blockscheman medlevereras Handledningen i Mixerbygge.

PRIS: 10:-

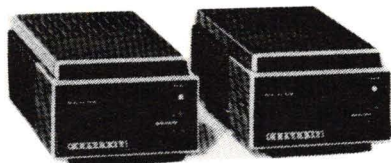
HEATHKIT BYGGSATSER



AN-2016 4-KANAL FÖRFÖRSTÄRKARE MED DIGITAL AM/FM STEREOTUNER
Kan användas som 2- eller 4-kanalstereo



AA-1640 STEREO EFFEKTSTEG
2 x 200 WATT SINUS, THD max 0,1 %

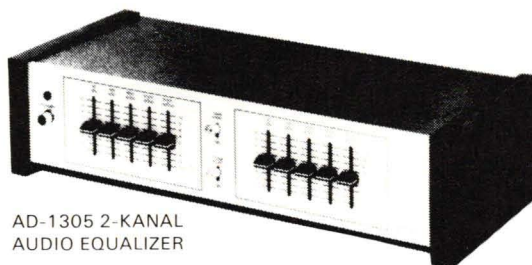


AA-1505 2 x 35 W
EFFEKTSTEG

AA-1506 2 x 60 W
EFFEKTSTEG



AP-1615 STEREO
FÖRFÖRSTÄRKARE

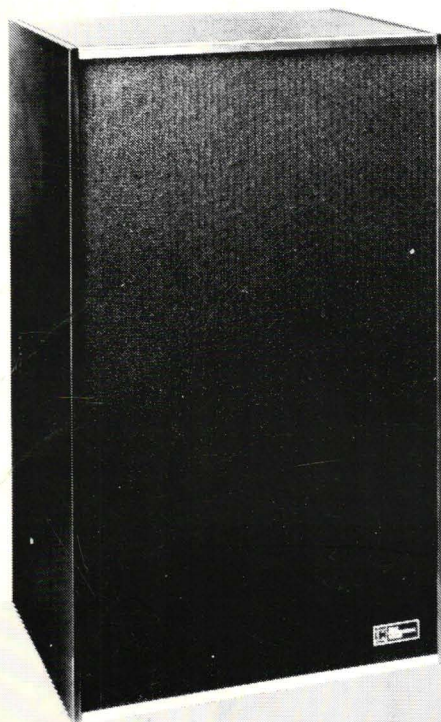


AD-1305 2-KANAL
AUDIO EQUALIZER

Beställ vår byggkatalog! Där finner Du fullständiga data på dessa nyheter. Vi har mer än 200 olika byggsatser!

HEATHKIT, Schlumberger AB.
Box 120 81, 102 23 STOCKHOLM 12. Tfn 52 07 70
Gatuadr: Norr Mälarstrand 76

HEATH
Schlumberger



BYGG DINA HÖGTALARE SJÄLV! Kul sysselsättning som spar pengar.

Med de helt nya SEAS högtalarbyggsatserna kan Du nu själv bygga avancerade HiFi högtalare och förena nytta med nöje samt spara pengar. SEAS PROFESSIONAL SOUND-serien består av 4 olika typer. Dessutom finns en mindre MINI KIT och för den som önskar den stora ljudvolymen, DISCO KIT. Monteringen är mycket enkel, Du behöver varken lödkolv eller andra specialverktyg. Med varje KIT följer en detaljerad byggvägledning. Som tillbehör finns CABINET KITS till SEAS PROFESSIONAL SOUND-serien och MINI KIT. Dessa består av kompletta träbyggsatser. Till DISCO KIT levereras färdigmonterad låda.

SEAS PROFESSIONAL SOUND KIT 503



Seas typ 503

Högtalartyp : Tryckkammare 3-vägs
Högtalare : 33 F-WK
 : 13 F-GM / 86 M
Delningsfilter : D030
Delningsfrekv. : 700/3500 Hz
Frekvensområd. : 25 - 20000 Hz
Nomin. effekt : 60 W
Musikeffekt : 120 W
Känslighet : 2,5 W
Karak. följförm. : 92 db
Volym : 50 lit.
Rek. först. eff. : 6 - 120 W
Impedans : 8 ohm

Brüel & Kjær
Gydenborg

Measuring Object:

KIT 503

full free space

Zero Lev: 60 Paper Sp: 10

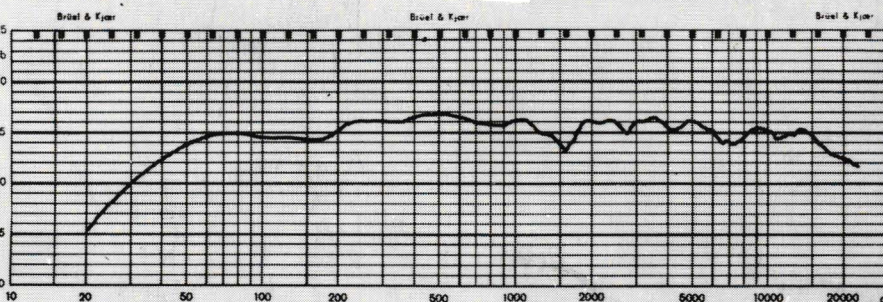
L Lim Fr: Rec. No:

Pot: 50 Date: 26.6.75

Wr. Sp: 100 Sign: KO

Rect: Freq. Scale

QP 0123



BYGGSATS	203	302	303	303R	503	MINI	DISCO
Högtalartyp	Tryckkammare	Tryckkammare	Tryckkammare	Basreflex	Tryckkammare	Tryckkammare	Basreflex
Högtalare	3-vägs	2-vägs	3-vägs		3-vägs	2-vägs	7 element 3-vägs
Frekvensområde	50-20.000	35-20.000	35-20.000	30-20.000	25-20.000	60-20.000	35-20.000
Nominell effekt	30	50	50	50	60	12	100
Musik effekt	45	70	80	80	120	25	150
Känslighet enl DIN	2,5	5	4	4	2,5	3,2	0,6
Lådvolum	20	30	30	30	50	12	120
Rek. förstärkareffekt	6-45	10-70	8-80	8-80	6-120	6-25	6-150

Kontakta någon av våra återförsäljare!

HiFi Kit Dannemoragatan 14, Universal Import AB, Fridhemsg. 43 Stockholm; AB Ljudmiljö Svedjevägen 6 Vallentuna; Video TV Center, Dalgatan 3 Sundsvall; Ing f:a KABE, Centralg. 2 Tibro; Hedbergs Radio TV, Storg. 29 Växjö; F:a Göransson, Kungsg. 14 Söderhamn; Studio Sound, Nygatan 21 Eskilstuna; Aros Ljud, Emausg. 35 Västerås; Josty Kit AB, Övre Husarg. 12 Göteborg; Josty Kit AB, Östra Förstadsg. 19 Malmö; Eltema AB, Kristinag. 20 Norrköping

Generalagent



Bo Knutsson ab

JOHANNESFREDSVÄGEN 5-7, FACK, 16113 BROMMA
TELEFON 08/30 29 20, TELEX 10034