

vierpitter

De laatste paar jaar valt er onder audiofreaks duidelijk een hernieuwde belangstelling voor buizen te constateren.

Buizenversterkers zijn "in". Volgens hen die het weten kunnen, klinken buizen gewoon beter dan transistoren, ... muzikaler, echter. We mengen ons maar liever niet in deze typische liefhebbersdiskussie. Of het hier een sprookje betreft of niet, kan iedereen wat ons betreft zelf constateren. Tenminste als hij of zij de moeite neemt om deze versterker op te bouwen — een echte "ouderwets goede" buizenversterker!

10 watt hifi- buizenversterker

Specificaties

nominaal uitgangsvermogen:
10 watt in 4, 8 of 16 ohm
(bij juiste aanpassing
uitgangstrafo)
maximaal uitgangsvermogen:
12 watt
harmonische vervorming:
0,5% (50 Hz...20 kHz)
signaal/stoorafstand:
50 dB t.o.v. 1 W
(vnl. brom)
ingangsgoederting:
200 mV_{eff}
ingangsimpedantie:
1 Mohm
dempingsfactor: 25
frekwentiekarakteristiek:
20 Hz...40 kHz ± 1 dB
(bij 1 watt)
tegenkoppeling: ca. 26 dB

Misschien dat het voor sommigen wel zo lijkt, maar helemaal "weg" geweest is de buis natuurlijk nooit. Voor talloze toepassingen, speciaal waar het grote HF-vermogens betreft, is hij nog steeds onmisbaar.

Maar ook in de toepassingen waar hij wèl "misbaar" was na de komst van de transistor, bleven een hoop techneuten en hobbyisten hardnekkig vasthouden aan de buis. En zeker niet alleen de audiofielen; met name de club van zendamateurs heeft altijd veel trouwe buizenaanhangers geteld, die je desgewenst uren door konden zagen met verhalen over "hun" buizen. "Transistoren waren wel aardige dingen", hoorde je ze nogal eens zeggen, "maar ze hadden zo'n dun gloeidraadje!" Goed. Ging het de HF-mensen vooral om de onverwoestbaarheid en de goede vermogens-eigenschappen, de audiofielen hadden zo hun eigen redenen om buizen

te gebruiken. Zoals we in de aanhef al zeiden, "klinken" buizen volgens hen anders en beter dan transistoren. En of dat nu waar is of niet, het is in elk geval een stelling die steeds meer aanhang schijnt te krijgen, te oordelen naar het toenemend aantal buizen-eindtrappen in de high-end sektor.

Dus voelden wij ons zo langzamerhand verplicht om ook iets te doen op dit gebied. Vandaar dit buizen-ontwerp. We zijn begonnen met een bescheiden vermogen (10 watt), maar wie weet komt er ook nog ooit een wat zwaardere versie. Beloven doen we echter niets! De buizen zelf zijn evenals uitgangstrafo's en voedingstrafo's nog steeds vrij goed verkrijgbaar, dus dat hoeft geen probleem te zijn. Wat zegt u? Of deze versterker beter klinkt dan de Crescendo? Tja, we hebben hem uitgebreid beluisterd en hij klinkt heel fijn — dat moet gezegd. Maar beter

dan de Crescendo... Weet u wat: bouw hem even op en laat ons eens weten wat u er van vindt!

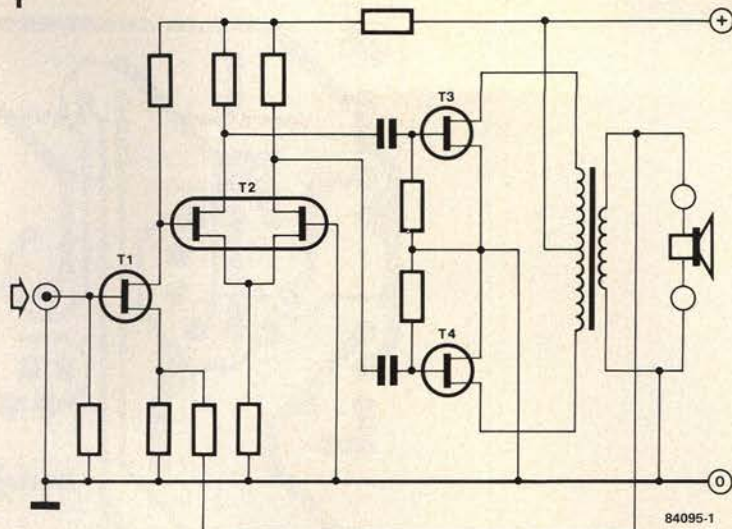
Het schema

Het schema is duidelijk klassiek. Voor degenen die niet zijn opgegroeid met buizenontwerpen en er misschien wat vreemd tegenaan kijken, hebben we in figuur 1 eerst even getekend hoe het ontwerp er ongeveer uit zou zien als het met halfgeleiders was uitgerust. Dat leek ons een aardig idee — zeker als je bedenkt dat het zo'n pakweg 25 jaar geleden nog precies andersom gebeurde: toen vertaalde men die nieuwerwetse transistorschema's ter verduidelijking eerst even terug naar buizen!

Zeker voor "niet-buizen-kenners" zal de in figuur 1 geschetste opzet van een verbluffende eenvoud zijn. Een voorversterkertrap (T1), een verschiltrap (T2) en twee eindtorren — dat is alles! Met gewone bipolaire transistoren zou een dergelijke versterker nooit mogelijk zijn; er zouden dan minimaal een paar drivers moeten worden toegevoegd. Hier stoten we dus gelijk op een onmiskenbaar voordeel van de goede ouderwetse buis. Van de moderne halfgeleiders kan alleen de MOSFET zich wat dit betreft met de elektronenbuis meten.

Dan nu het "echte" schema. Dat is afgebeeld in figuur 2. Kompensatienetwerken en ontkoppelkondensatoren etc. buiten beschouwing gelaten, valt duidelijk te zien dat de opzet in wezen exakt gelijk is aan het schemaatje van figuur 1. Een pen-

1



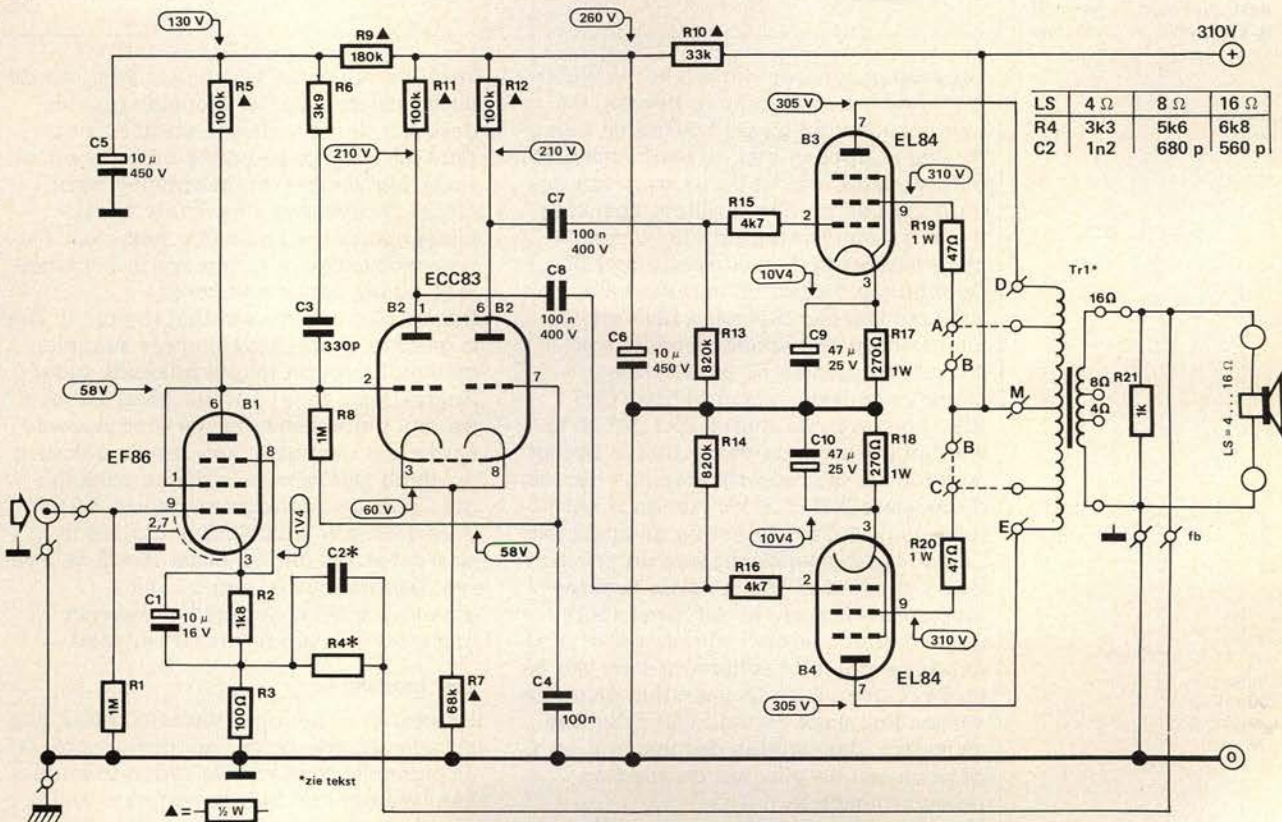
tode van het type EF86 (B1) fungeert als voorversterker, dan een verschilversterker bestaande uit een dubbeltriode ECC83 (B2) en tenslotte een balanstrap met twee pentodes EL84, welke via een uitgangstrafode de luidspreker stuurt.

De EF86 is als triode geschakeld en ingesteld op een versterking van ca. 20 maal. Het parallel aan de anodeweerstand (R5) liggende filter R6/C3 zorgt voor een versterkingsafname bij hoge frequenties; een maatregel die nodig is in verband met de stabiliteit. De voor de aansturing van de eindbuizen benodigde fase draaier is gerealiseerd met een dubbeltriode ECC83 met kathodekoppeling.

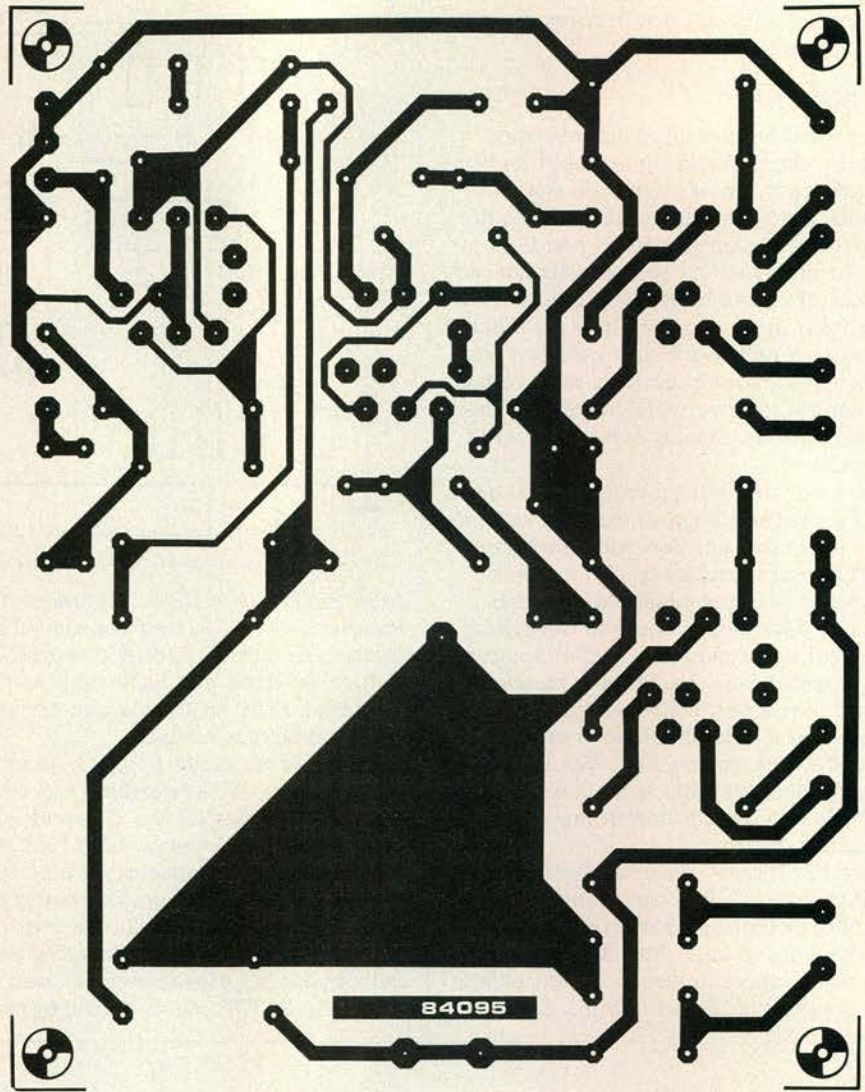
Figuur 1. Zo zou de versterker er ongeveer uit zien als hij met halfgeleiders was opgebouwd. Een heel simpel recht-toe-recht-aan-ontwerp!

Figuur 2. En hier hebben we dan het "echte" schema van de buizenversterker. De vier toegepaste buizen zijn nog steeds vrij gangbare typen. De waarden van C2 en R4 zijn afhankelijk van de luidsprekerimpedantie. Het voedingsgedeelte vindt u op de laatste pagina van dit artikel.

2



84095-2



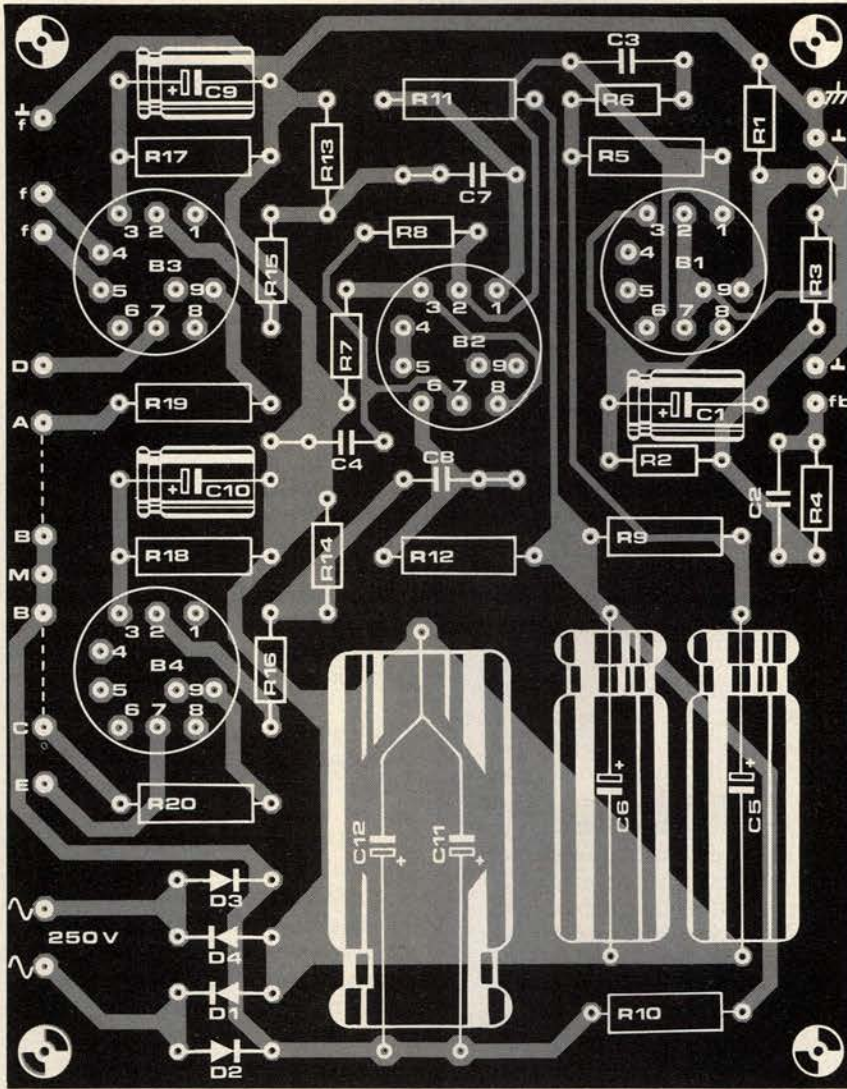
Figuur 3. Koper-layout en componentenopdruk van de print. Met uitzondering van de beide trafo's, past alles wat in figuur 2 is afgebeeld er royaal op.

Toepassing van een dergelijke "verschiltrap" houdt de vervorming beperkt tot een minimum en maakt bovendien een directe koppeling met de voorversterkerbuis mogelijk, omdat de roosters van de dubbeltriode op een positieve spanning moeten staan vanwege de forse spanningsval over de kathodeweerstand (R7). De eindtrap bestaat uit een konventionele balansschakeling met twee EL84'ers, ingesteld op een anodespanning van 310 volt. Aangezien B3 en B4 elk een eigen kathodeweerstand hebben (R17, R18), behoeven de buizen niet per se te worden gepaard; de winst die dat brengt is erg klein. Stopweerstand in serie met de roosters (R15, R16) en met de schermroosters (R19, R20) verhogen de stabiliteit. Er zijn uitgangstrafo's die aan de primaire kant zijn voorzien van speciale schermrooster-aftakkingen. In dat geval sprak men vroeger van een "ultra-lineaire" eindtrap en worden de schermroosters van B3 en B4 (punten A en C) natuurlijk daarmee verbonden. Bezit de trafo niet zulke aansluitingen, dan worden de punten A en C gewoon aan de plus van de voeding gelegd (punten B). Nog even iets over de tegenkoppeling. Die is aangebracht over de totale verster-

ker; dus vanuit de sekundaire kant van de uitgangstrafo naar het niet-ontkoppelde deel van de kathodeweerstand (knooppunt R2/R3) van de eerste buis. De dimensionering van het terugkoppelnetswerk C2/R4 is daardoor afhankelijk van de luidsprekerimpedantie die men kiest. De respectievelijke waarden zijn in het tabelletje bij het schema vermeld. Dan tot slot nog de voeding (figuur 4). Dat is gelukkig een heel simpele aangelegenheid, beperkt tot het bekende trafo/brugcel/elko-recept. In dit geval hebben we een ouderwetse buizen-voedingstrafo nodig (die overigens nog steeds geleverd worden!) met twee sekundaire wikkelingen: voor de anodespanning van 310 volt is een 250 volt wikkeling nodig die in staat moet zijn om minimaal 75 mA te leveren. Daarnaast is er een 6,3 volt gloeistroomwikkeling nodig, waarvan ongeveer 2 A stroom wordt verlangd.

De bouw

Hoewel er in het oude buizentijdperk nog op een andere manier gebouwd werd, is er eigenlijk geen enkele reden te bedenken waarom een buizenversterker niet — net als een transistorversterker — gewoon op een print zou worden onder-



Onderdelenlijst

- Weerstanden (1/4 W, tenzij anders vermeld):
 R1, R8 = 1 M
 R2 = 1k8
 R3 = 100 Ω
 R4 = zie figuur 2
 R5, R11, R12 = 100 k, 1/2 W
 R6 = 3k9
 R7 = 68 k, 1/2 W
 R9 = 180 k, 1/2 W
 R10 = 33 k, 1/2 W
 R13, R14 = 820 k
 R15, R16 = 4k7
 R17, R18 = 270 Ω, 1 W (koolweerstand)
 R19, R20 = 47 Ω, 1 W (koolweerstand)
 R21 = 1 k, 1/2 W

Kondensatoren:

- C1 = 10 μ/16 V
 C2 = zie figuur 2
 C3 = 330 p styroflex
 C4, C7, C8 = 100 n/400 V
 C5, C6 = 10 μ/450 V
 C9, C10 = 47 μ/25 V
 C11, C12 = 50 μ/450 V (in één huis)

Buizen en halfgeleiders:

- B1 = EF86
 B2 = ECC883
 B3, B4 = EL84
 D1...D4 = 1N4007

Diversen:

- S1 = netschakelaar
 F1 = zekering 1 A (traag)
 Tr1 = uitgangstrafo voor 2 x EL84
 primair: 2 x 4 kΩ, evt. met schermrooster-aftakkingen
 secundair: 4, 8 en/of 16 Ω
 Bijvoorbeeld:
 Löwe Gü9 (sek. 5 & 15 Ω);
 Löwe Gü14 (sek. 4 x 5 Ω; met schermrooster-aftakkingen)
 Tr2 = voedingstrafo
 250 V/75 mA + 6,3 V/2 A (bijv. Löwe NTR4 of NTR5)
 4 noval buisvoeten paneelzekeringhouder voor F1
 1 cinch-bus (ingang)
 2 banaanstekerbussen (uitgang)

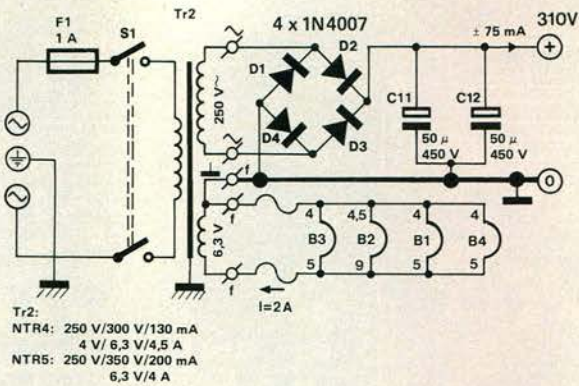
Geschatte bouwkosten:

f 100,- (inkl. print, exkl. trafo's)

gebracht. Tenslotte bestaan er al lang buisvoetjes voor printmontage en verschillen de overige onderdelen niet van die in een transistorversterker.

Figuur 3 toont de print die wij voor de versterker hebben ontworpen. Mooi compact van afmetingen en toch past, met uitzondering van de uitgangsen voedings- trafo en R21, die over de luidsprekerklemmen moet worden gemonteerd, alles er royaal op. Over het volbouwen van die print hoeven we eigenlijk nauwelijks iets te zeggen. Voor iemand die een béétje kan solderen is het een volledig probleemloze aangelegenheid die niet veel meer dan een uurtje of zo in beslag zal nemen. Een paar details mogen echter niet onvermeld blijven. Om te beginnen zitten op de print géén verbindingen voor de gloeidraden van de buizen; deze dient u dus zelf met de hand te bedraden! Dat bedraden kan het beste gebeuren met soepele montagedraad van een niet al te kleine diameter (de totale gloeistroom ligt rond 2 A!), waarbij het aan te bevelen is om de beide draden tussen de buizen steeds netjes op de ouderwetse manier te twisten. Bij de buizen B1, B3 en B4 zijn de pennen 4 en 5 de gloeidraadaansluitingen, bij dubbelbuis B2 zijn het de pennen 4, 5

(reeds op de print doorverbonden) en 9. Voor de afvlakelko's C11 en C12 is op de print ruimte gereserveerd voor een dubbelenko (2 x 50 μ/450 V in één behuizing), aangezien dat in deze waarde het meest gangbare type is. U mag natuurlijk ook één elko van 100 μ/450 V gebruiken. Nog een laatste en wellicht overbodige opmerking over het opbouwen van de print: Wees zo verstandig en wacht met het insteken van de buizen tot de hele print compleet gemonteerd is! Dan de trafo's. Zowel de voedings- als uitgangstrafo zijn bij de schemabespreking al kort genoemd. Geschikte trafo's worden o.a. geleverd door de firma Löwe. De in de onderdelenlijst genoemde voedingstrafo's NTR4 en NTR5 van Löwe voldoen prima, maar ook in de dumphandel zijn voldoende bruikbare trafo's te vinden. Dat laatste geldt ook voor de uitgangstrafo. Primair dient de trafo een impedantie te hebben van 2 x 4 kohm, liefst met schermrooster-aftakkingen; de secundaire impedantie hangt af van de te gebruiken luidsprekers. Normaliter vraagt men in de winkel gewoon om een 10 watt buizen-uitgangstrafo of om een trafo voor een balanspaar 2 x EL84. Zeer geschikt is o.a. het type Gü9 van Löwe. In ons proefmodel



Figuur 4. De voeding voor één kanaal.

Méér lezen?

Elders in dit nummer staat een algemeen artikel over "buizen". En verder kunnen we u aanraden om het boek **HIFI VERSTERKER SCHAKELINGEN** (E. Rodenhuis; Philips Technische bibliotheek; tweede druk 1965) te pakken zien te krijgen: nog steeds een belangrijke inspiratiebron voor de buizenveteranen onder ons.

Figuur 5. Hier zien we de ingrediënten nog eens bij elkaar.

hebben we een, reeds tamelijk bejaarde, Unitran type 9U14 toegepast en die voldeed zondermeer uitstekend.

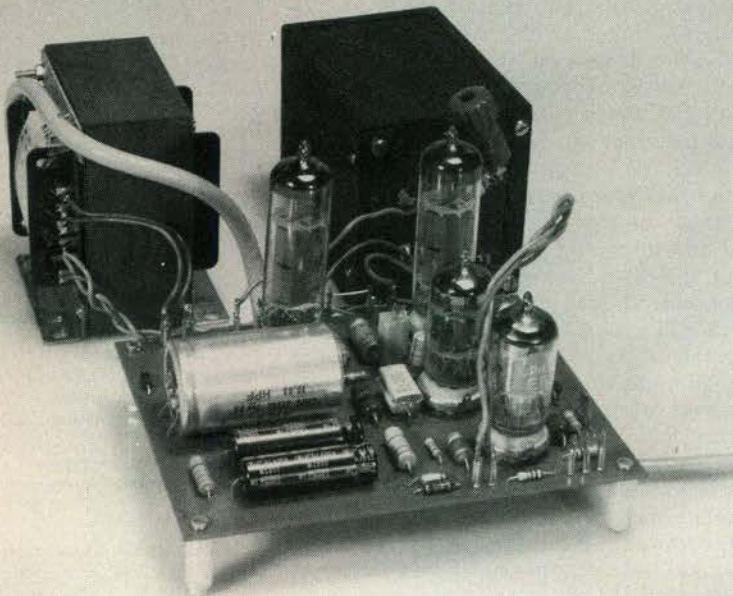
Inkasten en bedraden

In mechanisch opzicht is het afwerken van de versterker tot een compleet apparaat eigenlijk een betrekkelijk eenvoudig karwei. Tenminste, als men het vergelijkt met een transistorversterker. Buizen hebben namelijk geen koellichamen nodig, zoals vermogenstransistoren. Dat maakt dat men een stuk vrijer is in de keuze van de kast; zolang alles er maar in past, is elke stevige (metalen) behuizing bruikbaar. Eén algemene opmerking nog over de kast: Zorg voor voldoende ventilatie-openingen, want de buizen moeten hun warmte natuurlijk wel op een of andere manier kwijt! Eventueel kan het in een wat krappe kast aan te bevelen zijn om de print op zijn kant te monteren, zodat de buizen horizontaal liggen en zoveel mogelijk koellucht vangen.

Een heel belangrijk detail is bij een versterker altijd weer de bedrading van het geheel. Fouten hierbij resulteren al gauw

in een forse brom, die men slechts met de grootst mogelijke moeite weer kwijt raakt. In principe gelden voor het leggen van de bedrading altijd dezelfde regels, of het nu om een transistor- of buizenversterker gaat. De belangrijkste hiervan zijn: Gebruik altijd één centraal voedingsnulpunt en leid daar alle nul-aansluitingen van de versterker direct naar toe! Het doorverbinden van de voedingsnul met de metalen behuizing geschiedt ofwel op dat centrale punt, ofwel meteen aan de ingang; uitproberen wat het minste brom geeft! De bedrading tussen de ingangsbuss(en) en de print(en) dient met afgeschermde kabel te gebeuren. Hou tenslotte de bedrading overal zo kort als enigszins mogelijk en vermijd aardlussen! Let op de juiste polariteit van de tegenkoppeling-aansluiting op de uitgangstrafo. Bij verwisseling van de "warme" en de "koude" luidspreker-aansluiting zal de versterker hoorbaar oscilleren.

Kontroleer vóór het inschakelen van de vierpitter of de anodes van B3 en B4 (via Tr1) met de "plus" zijn doorverbonden. In het geval van een onderbreking zal het schermrooster de taak van anode overnemen, met alle nare gevolgen van dien voor de desbetreffende "pit".



Tenslotte

Als u de print netjes aan de hand van de opdruk en het schema hebt volgebouwd en het geheel van print, voedings- en uitgangstrafo (figuur 5) volgens de regelen der kunst bedraad is, dan behoort de zaak eigenlijk meteen goed te functioneren. Afregeling is bij deze versterker niet nodig — ook nog een voordeel! Wel is het uiteraard verstandig om vóór de definitieve ingebruikname de in het schema vermelde meetpunten te controleren. Wil een van de opgegeven spanningen niet kloppen, loop dan de print even na, want dan is in de opbouw gegarandeerd ergens een foutje gemaakt!

Tenslotte, om misverstanden te voorkomen, nog dit: voor een stereo-versterker zal alles wat in figuur 2 (en figuur 4) is weergegeven dubbel moeten worden genomen — dus twee printen, twee voedingstrafo's en twee uitgangstrafo's. ■