

HIFI KWALITEIT MET BUIZENVERSTERKER

Om de zoveel tijd duiken de buizenversterkers weer op. Het lijkt wel of het daarbij vooral gaat om zeer hoogwaardige ontwerpen die het op durven nemen tegen de transistor versterkers. In ieder geval zijn nog velen in Nederland bezig om buizenversterkers van hoge kwaliteit te bouwen en te ontwerpen. In de komende afleveringen van Radio Bulletin worden een eind- en voorversterker met buizen beschreven. Hier geven we alvast een voorbeschuiving van wat de liefhebber van goede geluidskwaliteit te wachten staat.

Het blijft opmerkelijk dat er nog steeds buizenversterkers te koop zijn in deze tijd van hoogwaardige technologische ontwikkelingen. Wat is dat toch voor een vreemd verschijnsel, dat sommige geluidsminnaars bij voorkeur

Buizen roepen herinneringen op aan nostalgische tijdperken. Kwalitatief zijn ze echter volledig 'van deze tijd'.

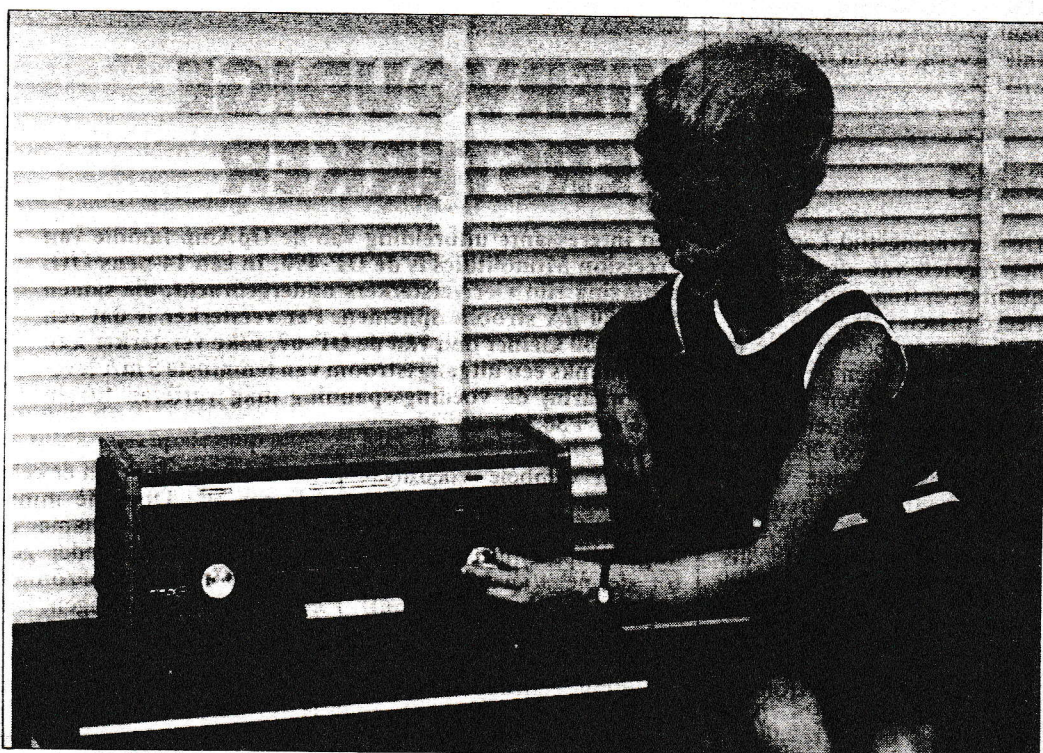
de buizenversterker gebruiken in plaats van de kleinere en vaak goedkopere halfgeleider versterkers? Hoe komt het dat men nog steeds denkt dat de 'klank' van buizenversterkers superieur is? Om deze vragen te beantwoorden is het verstandig om naar de apparatuur te kijken die op de high-end geluidsmarkt verkocht wordt. Eerst beschrijven we de naam 'high-end'. Hieronder wordt verstaan de groep geluidsappa-

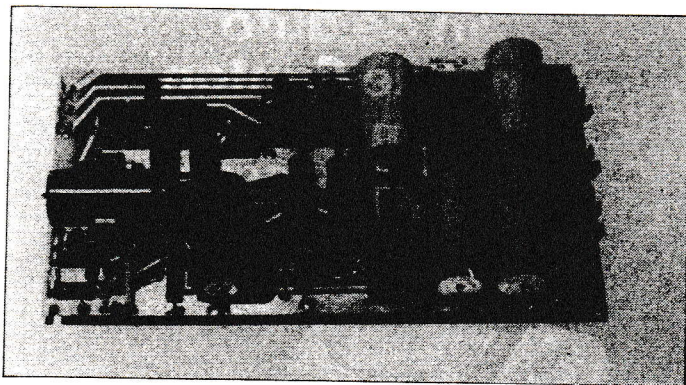
ratuur waarbij gestreefd wordt naar optimale geluidskwaliteit. Hier worden geen of nauwelijks compromissen gesloten ten opzichte van de kwaliteit van de componenten, de kwaliteit van de vormgeving, de kwaliteit van de kabels en geluidsbronnen en geluidsweergevers. Als men zulke hoge eisen stelt, dan is het logisch dat de prijzen ook navenant zijn. Een prijs van f 15.000,- voor een eindversterker van 2×100 watt is dan helemaal niet zo opvallend, want de fabrikant heeft uitgebreide zorg besteed aan zijn produkt. Zorgvuldige selectie van weerstanden en condensatoren, van buizen of halfgeleiders. Veel aandacht is besteed aan de kwaliteit van de print, contact materiaal zoals stekers en klemmen. Het ontwerp is dermate uitgevogeld dat vervorming (zelfs zonder tegenkoppeling) al minimaal is. Hoe het

ook zij: de omschrijving van high-end wordt het beste weergegeven door 'pure kwaliteit'. Binnen dat kwaliteitsplaatje schijnt de buizenversterker zich wonderwel thuis te voelen. Maar de prijs die men er voor moet betalen is in het algemeen zo ontzettend hoog dat alleen de zeer rijken onder ons zich die kwaliteit kunnen veroorloven. We zijn dan nu bij uitstek beland bij het grote voordeel van de amateur, die er niet voor terug schrikt om zelf veel aandacht aan zijn bouwsels te besteden. De dure tijd van de fabrikant hoeft nu niet meer betaald te worden. En daardoor wordt de prijs van een zelfbouw buizenversterker veel lager dan in de winkel. Hier mikken we nu precies op met de komende ontwerpen in Radio Bulletin. Pure kwaliteit die juist voor de zelfbouwer bereikbaar is tegen een aanvaardbare prijs. Met daarbij de mogelijkheid om juist die vormgeving aan te brengen die men altijd al mooi vond en de mogelijkheid om lekker zelf nog door te experimenteren en de ontwerpen nog net iets te verbeteren en te optimaliseren en aan te passen aan de al aanwezige geluidsapparatuur.

Buizen-technologie

Ten opzichte van transistoren hebben buizen het grote voordeel dat ze spanning-gestuurd worden. We ontmoeten dat ook bij MOSFETS's en die moeten dan ook als een geduchte concurrent van de buis beschouwd worden. De buizenversterkers kunnen zeer grote uitgangsspanningen leveren tegen een lage vervorming. Bij een zorgvuldig uitgevogeld





Buizenversterkers waren vroeger voorzien van chaotische hoeveelheden draad. Tegenwoordig wordt er dubbelzijdige print gebruikt.

ontwerp kan zelfs de invloed van de uitgangstransformator geminimaliseerd worden. Want laten we wel wezen: ook bij de buizenversterker zijn nadelen aan te wijzen. Ook al gedraagt de buis zich in hoge mate lineair, de uitgangstrafo is nog steeds een van de beperkende elementen in de uiteindelijke kwaliteit. Bij sommige heel slimme ontwerpen (zoals de OTL van Julius Futterman) is deze trafo niet nodig. Maar de aldaar toegepaste buizen zijn juist niet zo makkelijk verkrijgbaar. De stroomgestuurde transistoren lijdten onder het feit dat de logaritmische stuurkarakteristiek verre van lineair is en dat daardoor vele slimme correcties nodig zijn.

staan deze correcties haaks op het high-end model waar men zo weinig mogelijk wil corrigeren. Immers iedere correctie verdoezelt een onvolkomenheid, ieder correctie signaal zal tijd nodig hebben om de juiste correctie waarde te bereiken. En dat is, ook al wordt dit regelmatig ontkend, gewoon hoorbaar. De buizenversterker klinkt lossier en opener dan vele halfgeleider ontwerpen. Waarbij we er natuurlijk van uit gaan dat de buizenversterker een goed ontwerp is. Leggen we de criteria vast waaraan een versterker moet voldoen, dan komen we tot de volgende eisen: de *vervorming* moet laag zijn ook als er geen tegenkoppeling wordt toegepast, de *dynamiek* van het geluid mag niet door condensatoren en/

of uitgangstransformator of voeding beperkt worden, de *diepte* van het stereobeeld mag niet aangetast worden door hetzij overspraak, hetzij fase vervorming of een combinatie van die twee. En het *klankbeeld* moet correct zijn, hetgeen een eis is die gesteld wordt aan de frequentie- en dynamische karakteristiek van de versterker. Deze eisen gelden zowel voor de buis als voor de transistor, maar we herhalen nogmaals dat ze gemakkelijker realiseerbaar zijn bij de buis ten gevolge van diens spanninggestuurde gedrag.

De ontwerpen

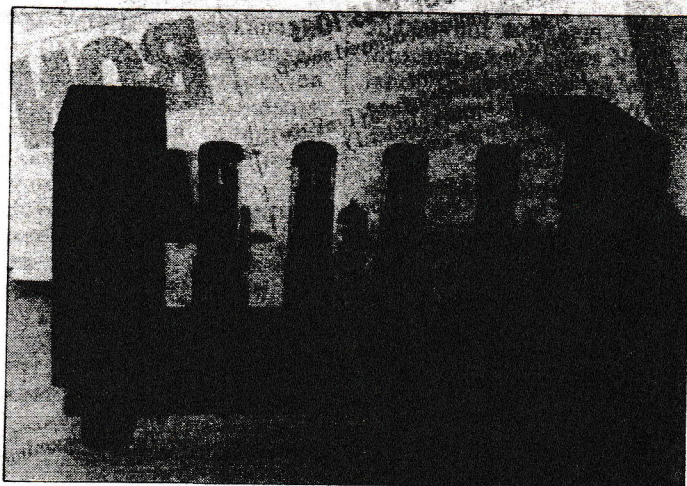
De komende afleveringen van Radio Bulletin bevatten ontwerpen waarbij aan bovengenoemde criteria veel aandacht is besteed. Om te beginnen met de eindversterker: deze is opgebouwd met buizen en dat zal nu niemand meer verbazen. Er is zorgvuldig gekeken naar welke typen buizen gedurende nog hele lange tijd probleemloos leverbaar zullen zijn. Dat bleken de EL34 en ECC81 en ECC82 te zijn en daarmee is het ontwerp dan ook uitgevoerd. Zelfs de prijzen van deze buizen zijn nog redelijk te noemen en ook dat was een uitgangspunt bij de keuze. Maar de versterker bevat niet alleen buizen. Ook de voeding en diens condensatoren zijn aan de kritische blik van leverbaarheid onderworpen. Het bleek dat zolang de voedingsspanning onder de 450 volt bleef er bij de leverbaarheid geen problemen te verwachten waren. Om voldoende dynamiek weer te kunnen geven, zelfs bij laag rendement luidsprekers is ge-

kozen voor een uitgangsvermogen van 100 watt (continu) en dat resulteerde in de toepassing van vier EL34 eindbuizen. De uitgangstransformator en de voedingstransformator behoren in deze tijd niet meer tot het standaard pakket van de leverancier en die moesten dan ook apart ontwikkeld worden. Er is gekozen voor het concept van ringkerntrafo's vanwege hun, en dat geldt vooral voor de uitgangstrafo, lage verliesfactor. De hoge koppelingsgraad in de uitgangstransformator gaf zelfs aanleiding tot de mogelijkheid van een bijzondere correctie schakeling (niet ultra lineair!) waarbij de eindbuizen zich nagenoeg als triodes gaan gedragen met behoud van hun hoge penthode rendement. Een tweede voordeel van deze schakeling bleek de zeer uitgebreide frequentie karakteristiek te zijn die zich tot ver boven de gehoor grens uitstrekt. Ook de voedingstransformator is van het ringkern type en heeft meer dan voldoende vermogen in huis om de versterker continu op 100 watt in 8 ohm te laten werken. De vorm van de ringkerntrafo is dermate afwijkend van de gewone trafo's, dat de mogelijkheid ontstond om bijzondere vormgeving elementen te realiseren.

Wat de voorversterker betreft: hier speelt natuurlijk de uitgangstransformator geen rol. Er is gekozen voor de uitstekend verkrijgbare ECC83 en het ontwerp bevat een MD correctie trap die zowel actief als passief uitge-

voerd kan worden. De voorversterker bevat GEEN toonregeling omdat deze alleen maar aanleiding zal geven tot fase vervormingen. Zowel de voor- als eindversterker zijn van hoogwaardige materialen gemaakt en ondanks dat toch nog voor de amateur uitstekend betaalbaar. We wijzen de handel er op dat de te publiceren ontwerpen uitsluitend voor amateurtoepassingen beschikbaar gesteld worden en dat alle rechten voor wat betreft printontwerpen, trafo's en schakelingen door de auteurs voorbehouden zijn. Wij hopen u flink nieuwsgierig gemaakt te hebben naar de volgende afleveringen. □

De buitenkant van de buizenversterker zoals die in het volgende nummer van RB zal worden beschreven.



HI-TECH MET BUIZENBAK

100 W buizen-eindversterker

Buizen-eindversterkers zijn en blijven bijzondere versterkers. Eigenschappen als een aangenaam natuurlijk klankbeeld, uitstekende dynamiek en diepte weergave worden er aan toegekend. Uit de hier gegeven beschrijving van een 100 W-buizen-versterker moge duidelijk worden dat het verkrijgen van die hoge kwaliteit niet zomaar gaat. Goede kwaliteit krijg je niet voor niets. De uitgangspunten van het ontwerp worden daarom ook zorgvuldig toegelicht. En de bouwbeschrijving om tot een goed werkend eindprodukt te komen wordt op tafel gelegd.

Enige jaren geleden, om precies te zijn september 1985, verscheen er in Radio Bulletin een artikel over een buizenversterker met 4X EL84 in de eindtrap. Bij deze versterker werd voor het eerst gebruik gemaakt van een uitgangstransformator met ringkern. De resultaten van de versterker waren zo hoopvol, dat er ondertussen driftig werd doorgeëxperimenteerd om nog betere resultaten te bereiken. Daarbij bleek dat een uitgangsvermogen van 30 W toch te gering was om de volle dynamiekomvang van de goede CD weer te kunnen geven. Vooral bij luidsprekers met een kleiner rendement dan 90 dB/1 W/1 m was er een tekort aan uitgangsvermogen. En juist die luidsprekers behoren vaak tot de beste weergevers van pure geluidskwaliteit. Er was dus meer uitgangsvermogen nodig. Op grond van vele gesprekken en eigen ervaring en vele adviezen werd besloten om een nieuwe buizen-eindversterker te ontwerpen met een uitgangsvermogen van 100 W continu. Hoe de schakeling nu precies moest worden, was in het begin geheel niet duidelijk. Wel moest er gebruik worden gemaakt van een uitgangstrafo met ringkern vanwege de uitstekende

ervaringen die daarmee waren opgedaan: de ringkerntrafo blinkt uit door een lage verliesfactor en een hoge koppelingsgraad tussen primaire en secundaire windingen. Door zorgvuldige dimensionering konden we er voor zorgen dat er een belans ontstond tussen het aantal windingen en de capaciteit van de windingen. Veel windingen levert het voordeel op van een hoge zelfinductie (belangrijk bij weergave van lage frequenties). Maar de windingscapaciteit neemt ook drastisch toe en dat wordt dan een storende factor bij de hoge frequenties. Zoals gezegd, de balans werd gevonden en daarmee was de basis gelegd voor een 100W-buizenversterker.

Andere keuzes

De nieuwsgierige lezer heeft natuurlijk allang het schema van de versterker bekeken en is daarmee al op de hoogte van de belangrijkste uitgangspunten van dit ontwerp. Maar laten we het één en ander toch maar consequent nalopen om niets te vergeten. Om de benodigde 100 W te verkrijgen zijn vier EL34-eindbuizen gebruikt in klasse AB-instelling (zie afb. 1). De voedingsspanning is

bewust niet te hoog gekozen omdat voedingselektrolyten tot 450 V gemakkelijk leverbaar bleken te zijn. Vandaar de keuze van een voedings-transformator met een hoogspanningswikkeling die de gelijkgerichte spanning van ongeveer 450 V levert. Voegen we deze gegevens nu samen, dan is de enig nog te definiëren grootte het instelpunt van de eindbuizen. Is dat gekozen, dan kan de primaire impedantie van de uitgangstransformator worden vastgelegd. Er is enige tijd, doch zeer kort, getwijfeld over de manier waarop de eindbuizen moesten worden ingesteld op hun werkpunt.

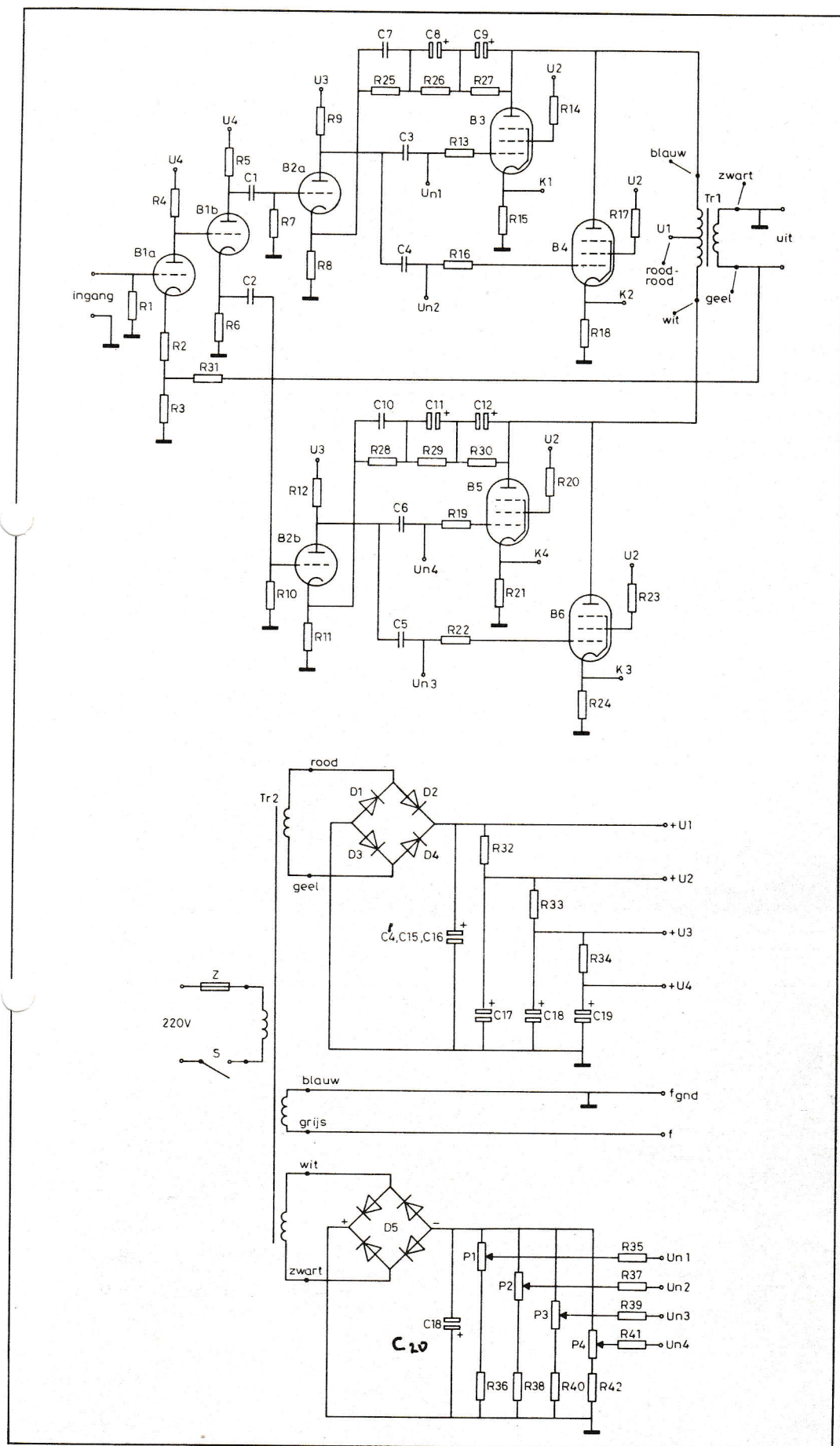
De methode waarbij naar verhouding grote weerstanden van de kathoden naar aarde gaan, met bijbehorende elektrolytische condensatoren, werd verworpen. En wel omdat deze schakeling dynamisch gezien traag kan reageren. De instelling van de eindbuizen werd daarom gerealiseerd met een instelbare negatieve rooster-spanning. Voordeel van deze methode is dat er nu geen sprake is van traagheid bij plotselinge signaalpieken. Ook zijn nu eventuele verschillen tussen de eindbuizen weg te regelen. Immers, uit de schakeling blijkt dat elke buis zijn eigen NRS-instelling kent en dus optimaal op zijn werkpunt kan worden ingesteld. Luisterproeven en berekeningen toonden aan dat het zinvol is om de versterker tot ongeveer 16 W in klasse A te laten werken en daarna pas over te gaan naar de klasse AB-instelling. In dat geval is een ruststroominstelling van 45 mA per buis een goed compromis. Het instellen van eindbuizen met behulp van een negatieve rooster-spanning heeft echter het grote nadeel dat om de

zoveel tijd de ruststroom gecontroleerd en bijgesteld moet worden. Maar ach, laten we dat rekenen tot de halfjaarlijkse servicebeurt.

Ultra lineair of niet?

Wat de grote voordelen van een ultra lineaire schakeling zijn (hulpafslakkingen op de uitgangstransformator naar schermroosters) kunnen we als volgt samenvatten: door deze slimme schakeling wordt de inwendige impedantie van de eindbuizen verlaagd en de warmte-dissipatie van de schermroosters wordt verminderd. In het onderhavige ontwerp wilden we echter nog meer dan alleen maar dat. Kijken we nu in het schema, dan zien we dat de eindbuizen worden aangestuurd door de ECC82. Op de kathoden van deze buis zijn tegenkoppelingsweerstand aangebracht, die verbonden zijn met de primaire aansluitingen van de uitgangstrafo. Hierdoor vindt er tegenkoppeling plaats over de ECC82, de EL34 en de primaire wikkeling van de uitgangstrafo.

Deze schakeling biedt het grote voordeel dat en de effectieve inwendige weerstand van de eindbuizen wordt verlaagd en eventuele a-lineariteit van de eindbuizen wordt gecompenseerd en de primaire impedantie van de uitgangstransformator wordt bewaakt. Dit laatste houdt in dat hoe de uitgangstrafo zich als functie van de frequentie wenst te gedragen, de stuurspanning op de primaire wikkeling steeds precies de ingangsspanning van de versterker zal volgen. En hiermee hebben we een stevige greep gekregen op de



Afb. 1. Principeschema.

resultaat van deze schakeling is dat het frequentiegebied van de versterker zeer uitgebreid wordt (zie de meetgegevens) en dat de uitgangsimpedantie van de versterker laag wordt. Daarmee wordt de dempingsfactor voldoende groot en dat is een noodzakelijke eis om tot een goede basweergave te kunnen komen. Zetten we nu de voordelen van deze schakeling naast die van de ultra lineaire schakeling, dan biedt deze schakeling een betere controle op de uitgangstrafo met eindbuizen, het frequentiegebied en de uitgangsimpedantie, terwijl de ultra lineaire schakeling hoofdzakelijk alleen de uitgangsimpedantie van de versterker verlaagt.

Ingangstrap

De schakeling rondom de ingangsbuis (ECC81) is gelijk aan die we ook hebben gebruikt bij het eerdere ontwerp met de vier EL84-eindbuizen. We hadden hier zulke goede ervaringen mee opgedaan dat we geen enkele reden zagen om dit concept te wijzigen. De instelling van de voorversterker en de fase-draaier verdient in zoverre toelichting dat duidelijk te zien is dat er een stevige stroom door de tweede helft van de ECC81 loopt (15 kΩ anode- en kathodeweerstand). Dit is gedaan om zo goed mogelijk gebruik te maken van de lage inwendige weerstand van de ECC81 en om z'n groot mogelijk frequentiegebied te verkrijgen. Meestal treft men bij schakelingen van deze configuratie over de anodeweerstand (R4) een correctienetwerk aan om instabiliteit bij hoge frequenties te voorkomen. In dit ontwerp is deze correctie gelukkig niet nodig omdat de speciaal ontworpen uitgangstransformator en de schakeling met de ECC82 er voor zorg dragen dat ongewenste fasedraaiingen niet optreden en hiermee wordt oscillatie voorkomen.

Condensatoren

Als het even kan moet er in de signaalweg een minimum

uitgangstrafo. Afwijkingen van ideaal inductief en capacitief gedrag in de uitgangstrafo worden keurig gecompenseerd.

Is dit nu niet strijdig met het uitgangspunt van high-end versterkers om minimaal te compenseren? Nee;

want zonder die compensatie werkt de versterker ook al prima. Dus we zitten weer op de goede lijn. Het praktische

aan condensatoren worden opgenomen. De reden daar-
toe is eenvoudig omdat het
diëlektricum van een con-
densator nu eenmaal de
onhebbelijke eigenschap
heeft het dynamische gedrag
van de geluidssignalen aan te
tasten. Om die reden hebben
we de inganscondensator
laten vervallen. Dit stelt wel
hoge eisen aan de voorver-
sterker, want daar mag dan
beslist GEEN gelijkspan-

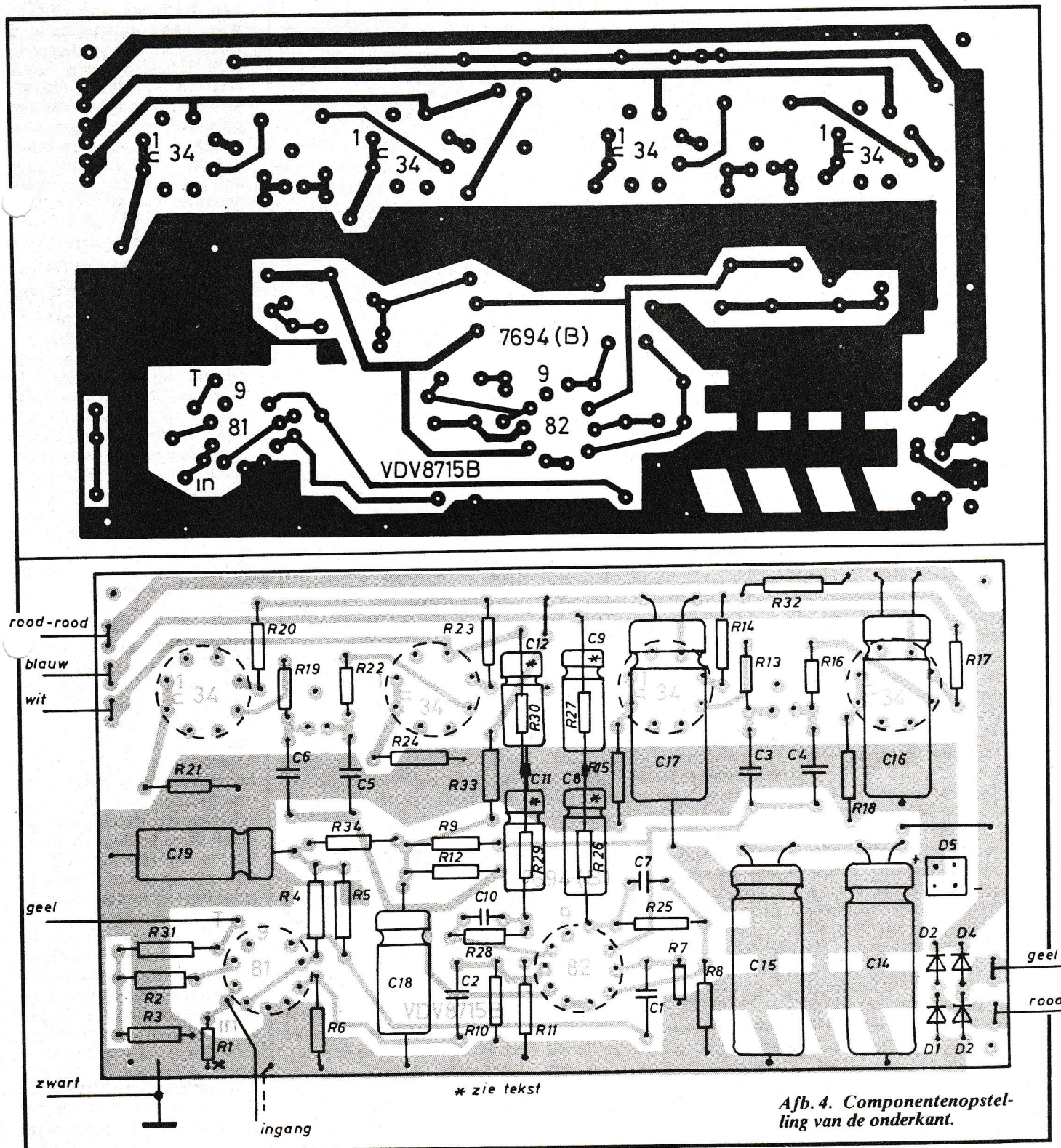
ningscomponent in het
uigangssignaal zitten. Men
controleer dit zorgvuldig! De
toegepaste schakeling met de
ECC81 maakt het onmogelijk
om condensatoren weg te
laten. Dus C1 en C2 moeten
er in en als men daarvoor
polypropyleen types ge-
bruikt, dan zal hun invloed
minimaal zijn. Door de instel-
ling van de eindbuizen met
negatieve roosterspanning
konden we C3 tot en met C6

ook niet voorkomen en daar
geldt dezelfde eis van poly-
propyleen condensatoren. Tot
zover gaat het prima, maar
nu komen we in de pro-
blemen. De tegenkoppeling
van de uitgangstrafo naar de
kathoden van de ECC82
bevat elco's. Zowaar, een
onacceptabele zaak! Ware
het niet dat we hier grondig
mee hebben geëxperimen-
teerd en tot de conclusie zijn
gekomen dat de toepassing

van elektrolyten op deze
plaats het geluidsbeeld NIET
schaadt. We dagen de lezer
echter uit om de elco's weg te
laten, de ECC82 een andere
instelling te geven (en dat
moet wel, want de hoog-
spanning komt nu gedeelte-
lijk op de kathoden terecht)
en vervolgens de verkregen

Afb. 2. Onderkant van de dub-
belzijdige print, schaal 1:1.

onjuist



Afb. 4. Componentenopstel-
ling van de onderkant.

geluidskwaliteit te vergelijken met deze oplossing. Wij hoorden geen verbetering. Dus ook al lijkt deze schakeling vreemd, we hebben hem zonder twijfel toegepast. Vervolgens kijken we naar de elektrolyten in de voeding. Daar pas je er niet gauw te veel toe. Immers hoe

groter de ladingsreserve in de voeding (zie meetgegevens), des te beter is de versterker in staat om plotselinge signaalspieken weer te geven. Verder spreekt de voeding voor zich.

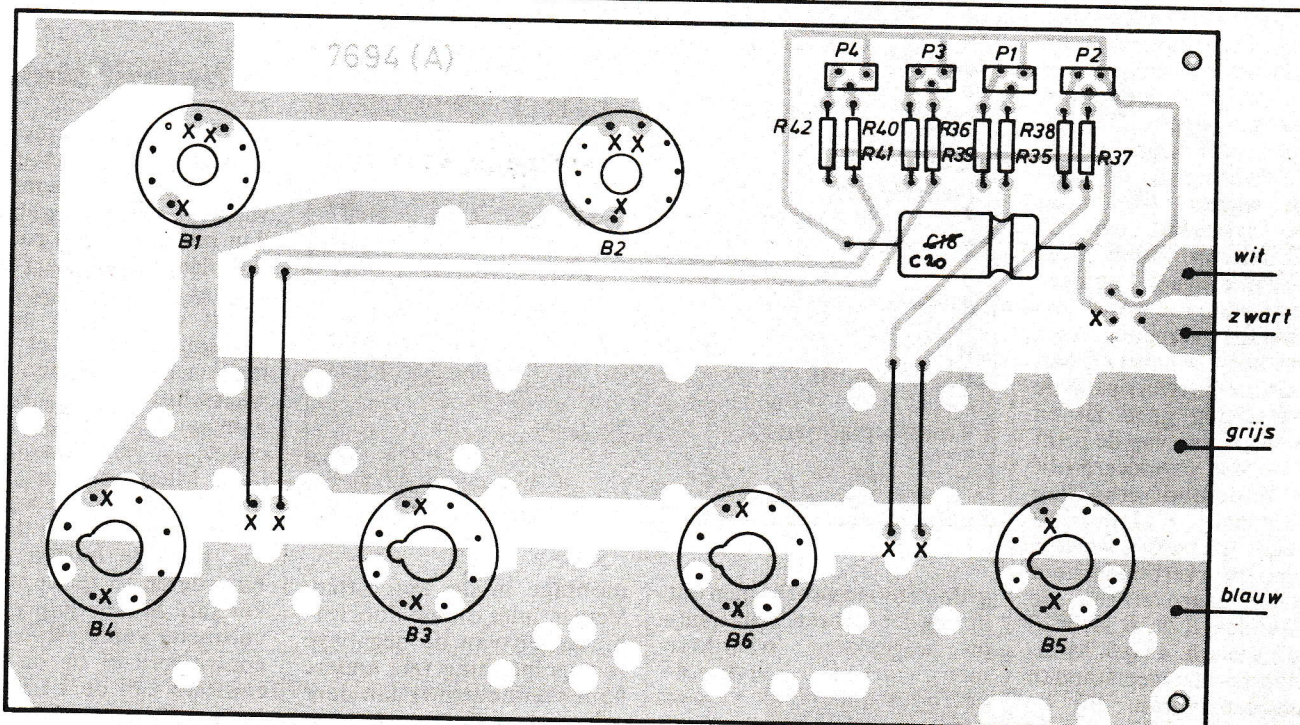
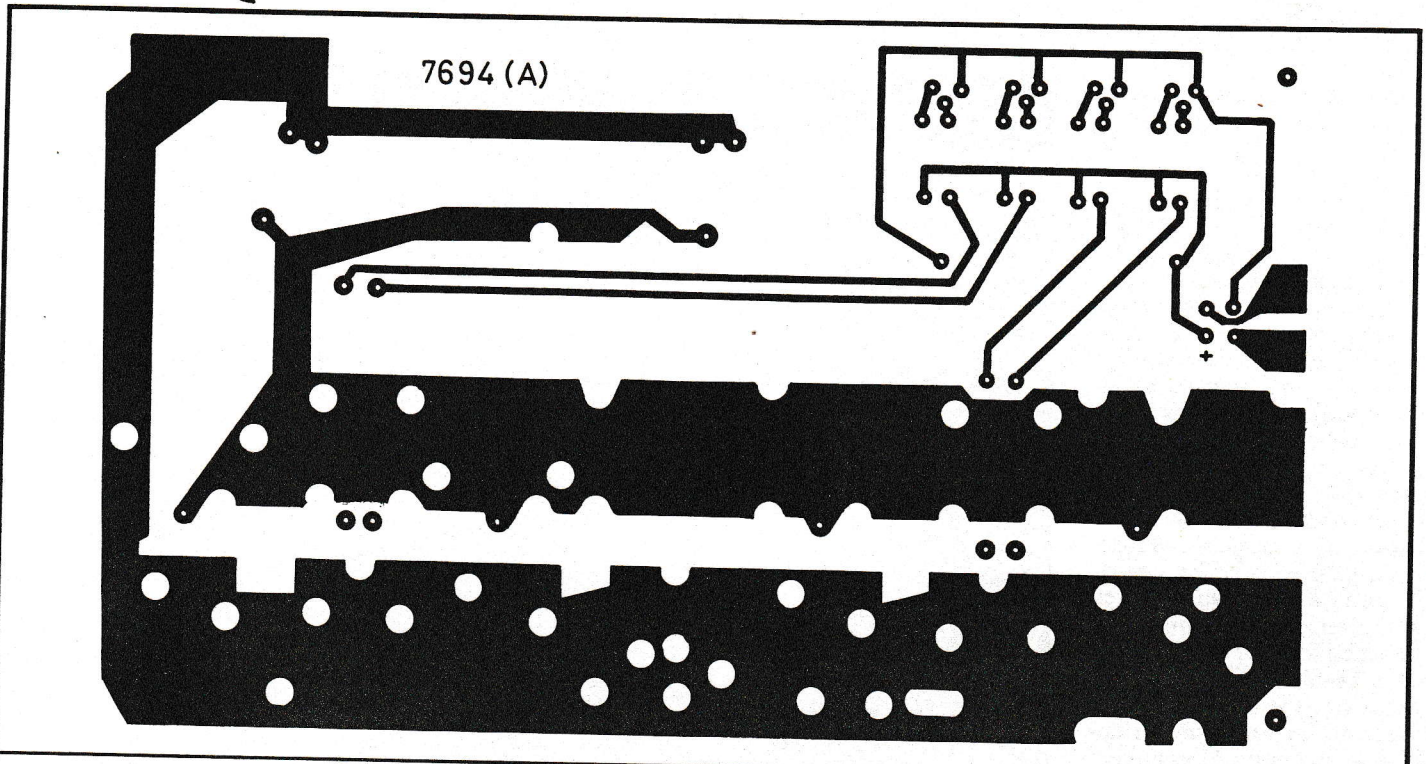
Hoe bouw je dit ding?

We hebben in het voorafgaande gedeelte nogal wat

aandacht besteed aan het hoe en waarom van de schakeling, maar nu gaan we door met de bouwbeschrijving van dit ontwerp (zie afb. 2, 3, 4, 5, 6 en 7). In de eerste plaats zullen de noodzakelijke onderdelen en de print (en eventueel de kast) in huis moeten worden gehaald. De print wordt geleverd door DIL in Rotterdam (010-4854213) evenals de aanvullende onderdelen en de trans-

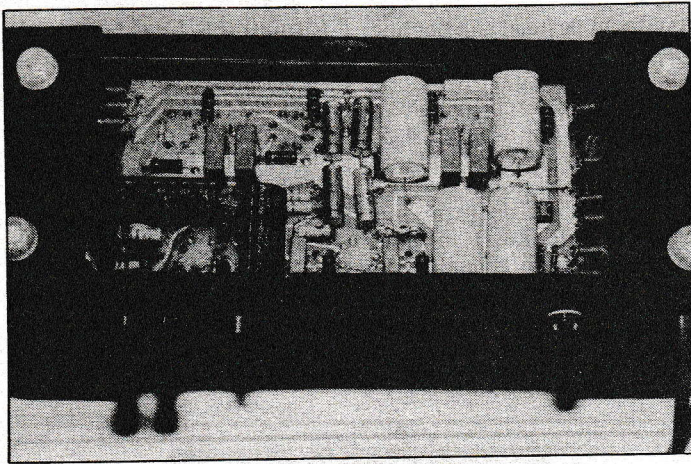
formatoren. Deze laatste zijn in samenwerking met ILP Nederland (05407-62024) ontwikkeld en zijn daar ook verkrijgbaar (zie de advertenties elders in dit blad). De print is dubbelzijdig, NIET doorge-metalliseerd. De volgorde van bestukking luidt: monteer eerst de buisvoeten. Let er bij de EL34-octal-voeten op dat de centrale inspring in de goede richting wijst (aangegeven met een U op de print).

Afb. 3. Bovenkant van de dubbelzijdige print, schaal 1:1.
origineel



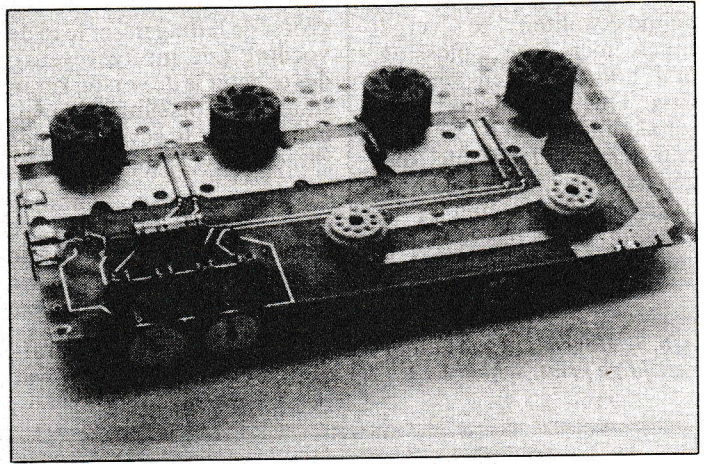
Afb. 6. Componentenopstelling van de bovenkant.

x = aan beide printzijden solderen!



Afb. 5. Gemonteerde onderkant.

Zoals uit de printlayout blijkt wordt één zijde gebruikt voor de aanvoer van voedingspanning en de negatieve roosterspanning. Aan die kant komen de buisvoeten te zitten. De aansluitingen 2 en 7 van de octal-buisvoet moeten aan deze zijde worden gesoldeerd evenals de aansluitingen 4, 5 en 9 van de noval-buisvoeten. Daarmee zijn dan de gloeidraadverbindingen aangebracht. Het gedeelte van de negatieve roosterspanning en de vier doorverbindingen kunnen dan vervolgens worden gesoldeerd. Deze printzijde heeft vier aansluitingen naar de voedingstransformator. In het onderdelenpakket zitten vier vlakstekerdelen met oog. Deze kunnen rechtstreeks op de aangegeven plaatsen op de kopervlakken worden gesoldeerd. Het stekerdeel moet dan in de andere richting als de buisvoeten wijzen. Nu is de andere printkant aan de beurt. Hierop zitten twee doorverbindingen. Leg deze eerst aan want die worden zo gemakkelijk vergeten. Vervolgens komt brugcel D5 aan de beurt. Let hierbij op dat de plus-aftakking goed zit en aan beide zijden van de print moet worden gesoldeerd (dit is de aarde-doorverbinding voor de nrs.). C11 en C12 (eveneens C8 en C9) worden zwevend doorverbonden met zwevend daaroverheen de weerstanden R29, R30, R26 en R27, zie afb. 4 en 5. Monteer daarna alle weerstanden en condensatoren. Bij de condensatoren blijkt dat de printgaatjes dicht bij elkaar zitten dan de steekafstand van de pennen. Dit is



Afb. 7. Gemonteerde bovenkant.

Onderdelenlijst

Weerstanden

R1, R7, R10, R36, R38, R40, R42	100 k Ω , 1/4 W
R2	820 Ω , 1/4 W
R3	180 Ω , 1/4 W
R4	220 k Ω , 1/2 W
R5, R6	15 k Ω , 1 W
R8, R11	1 k Ω , 1/4 W
R9, R12	47 k Ω , 2 W
R13, R16, R19, R22	10 k Ω , 1/4 W
R14, R17, R20, R23	150 Ω , 1 W
R15, R18, R21, R24	10 Ω , 1 W
R25, R28	27 k Ω , 2 W
R26, R27, R29, R30	2,2 M Ω , 1/4 W
R31, R34	10 k Ω , 1 W
R32	100 Ω , 5 W
R33	4,7 k Ω , 2 W
R35, R37, R39, R41	220 k Ω , 1/4 W
P1, P2, P3, P4	100 k Ω , instelpot, klein staand model, Piher

Condensatoren

C1, C2	150 nF, 400 V, polypropyleen, Wima MKP10
C3, C4, C5, C6	330 nF, 400 V, polypropyleen, Wima MKP10
C7, C10	82 pF, 1000 V; of 2 in serie 160 pF, 630 V
C8, C9, C11, C12	10 μ F, 450 V
C14, C15, C16, C17	2x 47 μ F, 450 V, Amroh
C18, C19	47 μ F, 400 V, ITT
C20	100 μ F, 63 V

Halfgeleiders

D1, D2, D3, D4	1N4007
D5	B80C100

Buizen

B1	ECC81
B2	ECC82
B3, B4, B4, B6	EL34

Transformatoren

Tr1	5B535, ILP
Tr2	7B649, ILP

gedaan om te voorkomen dat de condensatoren in de gaatjes wegzakken, waardoor men er niet meer met de soldeerbout onder kan komen om de aansluitingen te solderen. C14 t.e.m. C19 moeten als laatste worden aangebracht omdat ze anders bij de

montage in de weg zitten. Vergeet niet om de doorverbindingen van de negatieve roosterspanning (zie andere kant van de print) aan deze printzijde door te solderen. De vlakstekers voor de uitgangstrafo en de hoogspanning kunnen nu worden aan-

gebracht. Bij de montage in de kast moet men om het volgende denken: voer de secundaire wikkeling van de uitgangstransformator rechtstreeks naar de luidsprekerpluggen en ga vandaar met draadjes naar aardevlak en tegenkoppelpunt T. Gebruik voor de ingangskabel een afgeschermde kabel, die bij het ingangs-chassisdeel (tulp) zeer stevig met het metaal van de kast dient te zijn verbonden.

Let op de aangegeven kleuren en aansluitingen van de transformatoren. Als deze worden gevolgd, is de kans op onjuiste fase-aansluiting afwezig en wordt daardoor oscillatie voorkomen.

In bedrijf stellen

Als de versterker gemonteerd is, in de kast geplaatst en de trafo-aansluitingen met hun vlakstekers zijn aangebracht, dan resten ons een paar veiligheidsmaatregelen. Denk er om dat er met hoogspanning wordt gewerkt en die kan aanleiding geven tot vervelende schokken. Men zij gewaarschuwd! Radio Bulletin aanvaardt in dezen geen enkele verantwoordelijkheid. Maak eerst de verbindingen van de hoogspanningswikkeling naar de print los, haal de buizen uit de buisvoeten en zet de versterker aan. Met behulp van een voltmeter kan nu worden gecontroleerd of op de stuurroosters van de EL34-eindbuizen een negatieve roosterspanning van ongeveer -50 V aanwezig is. Zo nodig moet men daartoe P1 t.e.m. P4 bij-

regelen. Plaats vervolgens de buizen in de buisvoeten en controleer of alle gloeidraden het doen. Dat is gewoon met het oog te controleren. Doe de versterker weer uit, sluit de hoogspanningswikkeling aan, schakel de netspanning in en regel P1 t.e.m. P4 zo af dat over de kathode weerstanden R15, R18, R21 en R24 een spanning staat van 0,45 V. Herhaal deze instelling regelmatig, óók na enige tijd en halfjaarlijks.

Hiermee wordt de ruststroom van 45 mA van de eindbuizen ingesteld. Zijn alle tussentijdse rampen opgelost, dan is de versterker nu bedrijfsklaar.

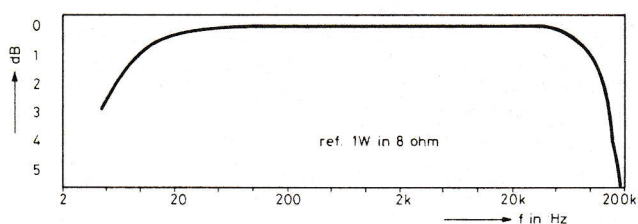
Opmerkingen

Bewust zijn de uitgangspunten van deze eindversterker uitgebreid aan de orde gesteld. Ook al is dit ontwerp grondig berekend, getest en

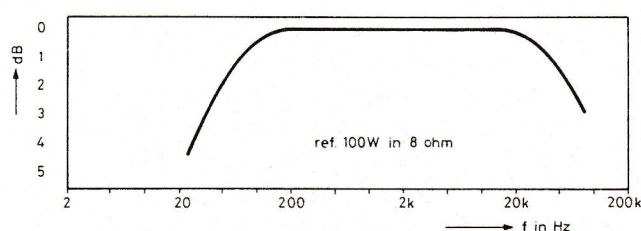
geoptimaliseerd, ons is bekend dat velen in buizenversterker-land er niet voor terugschrikken om zelf nog door te experimenteren. Men handele alzo, want daarin ligt juist een groot deel van de zelfbouwvreugde. Dit artikel zal de meeste vragen rondom zelfbouw hebben opgelost. Maar er blijven natuurlijk nog altijd specifieke problemen over die afhangen van welke kast men gebruik maakt of men andere types

uitgangstrafo's toe kan passen of een hogere voedingspanning mogelijk is en of...

Het is voor ons onmogelijk om nu al op die specifieke problemen in te gaan en we gaan er van uit dat ze in eerste instantie door de eigen ervaring van de lezer kunnen worden opgelost. Wij wensen de lezer in ieder geval veel bouwplezier en luistergenot en... volgende maand komt de voorversterker. □



Grafiek 1. Frequentiecarakteristiek.



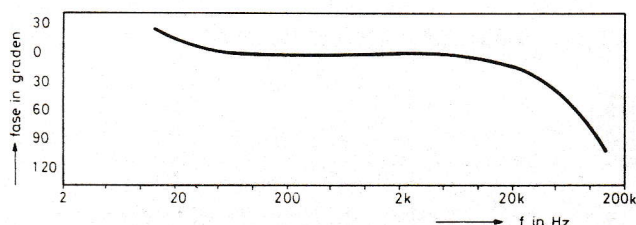
Grafiek 2. Vermogenscarakteristiek.

Meetgegevens

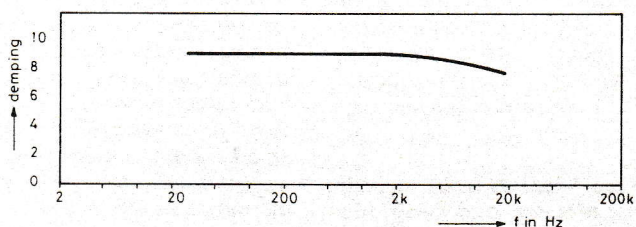
- Apparaat: 100W-buizen eindversterker (Tube-VDV 100).
- Bijzonderheden: ringkerntrafo's, ECC81, ECC82, 4× EL34.
- Frequentiegebied: 5 Hz tot 125 kHz (−3 dB, ref. 1 W in 8 Ω).
- Continu vermogen: 121 W (1 kHz in 8 Ω).
- Burst vermogen: 156 W (1 ms aan, 64 ms uit, 8 Ω).
- Verm. bandbreedte: 30 Hz tot 80 kHz (−3 dB, ref. 100 W), bij 80 kHz gedurende 5 s wegens maximale dissipatie van EL34.
- Faseverschuiving: < 14 graden bij 20 kHz, zie grafiek.
- THD: 0,78 %, 1 kHz, 100 W in 8 Ω, zie grafiek.
- Slew rate: 14,2 V/μs (ref. 50 W bij 80 kHz sinus).
- Klasse A-gedrag: tot 16 W in 8 Ω.
- Klasse AB-gedrag: 16 tot 100 W in 8 Ω.
- Dampingsfactor: 8,7, zie grafiek.
- Ingang: 0 dBm (0,775 V_{rms}), ref. 100 W in 8 Ω.
- Ingangsimpedantie: 100 kΩ DC (geen ingangscondensator!).
- Uitgang: 8 Ω luidsprekerbelasting.
- Brom en ruis: −87 dB (A_{rms}), ref. 100 W in 8 Ω.
- Voeding: 28 joule voor 4× EL34, 220 V en 200 W.
- Stabiliteit: de ruststroom is per EL34 instelbaar, kan 80 V_{tt} bij 1 kHz open uitgang verdragen.
- Levering en prijs: zie advertenties van DIL en ILP.

Kosten

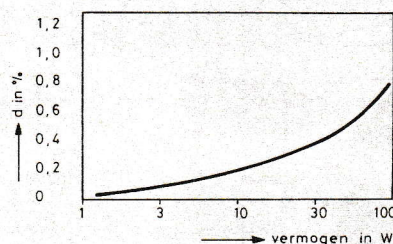
De prijs van dit ontwerp, inclusief de dubbelzijdige print, is ongeveer f 700,00.



Grafiek 3. Fasecarakteristiek.



Grafiek 4. Dampingsfactor.



Grafiek 5. Harmonische vervorming bij 1 kHz.