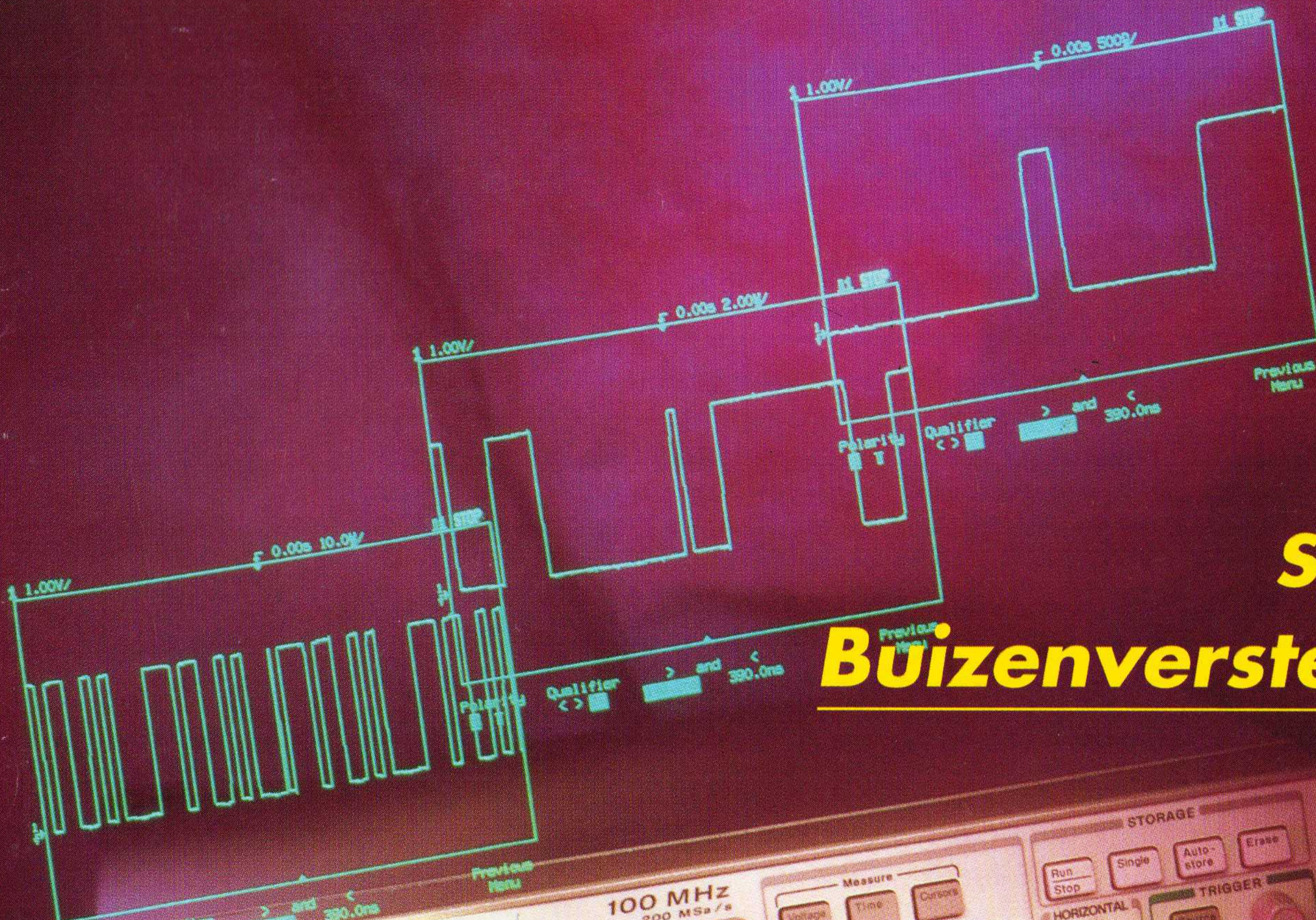


RB elektronica

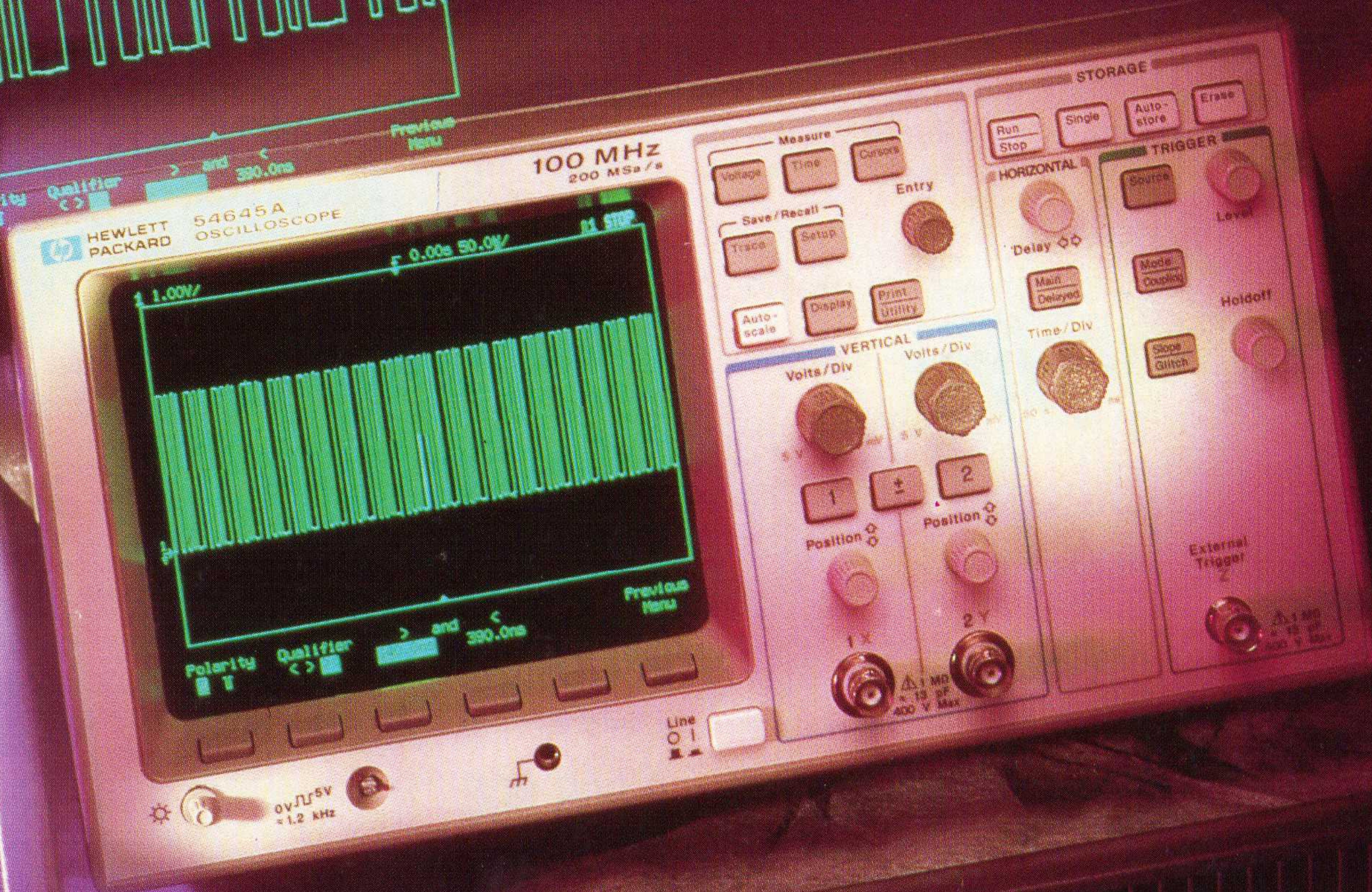
RADIO
BULLETIN

juli/augustus 1996, nr. 7/8

prijs fl. 7,95 / Bfr. 160



Special:
Buizenversterkers

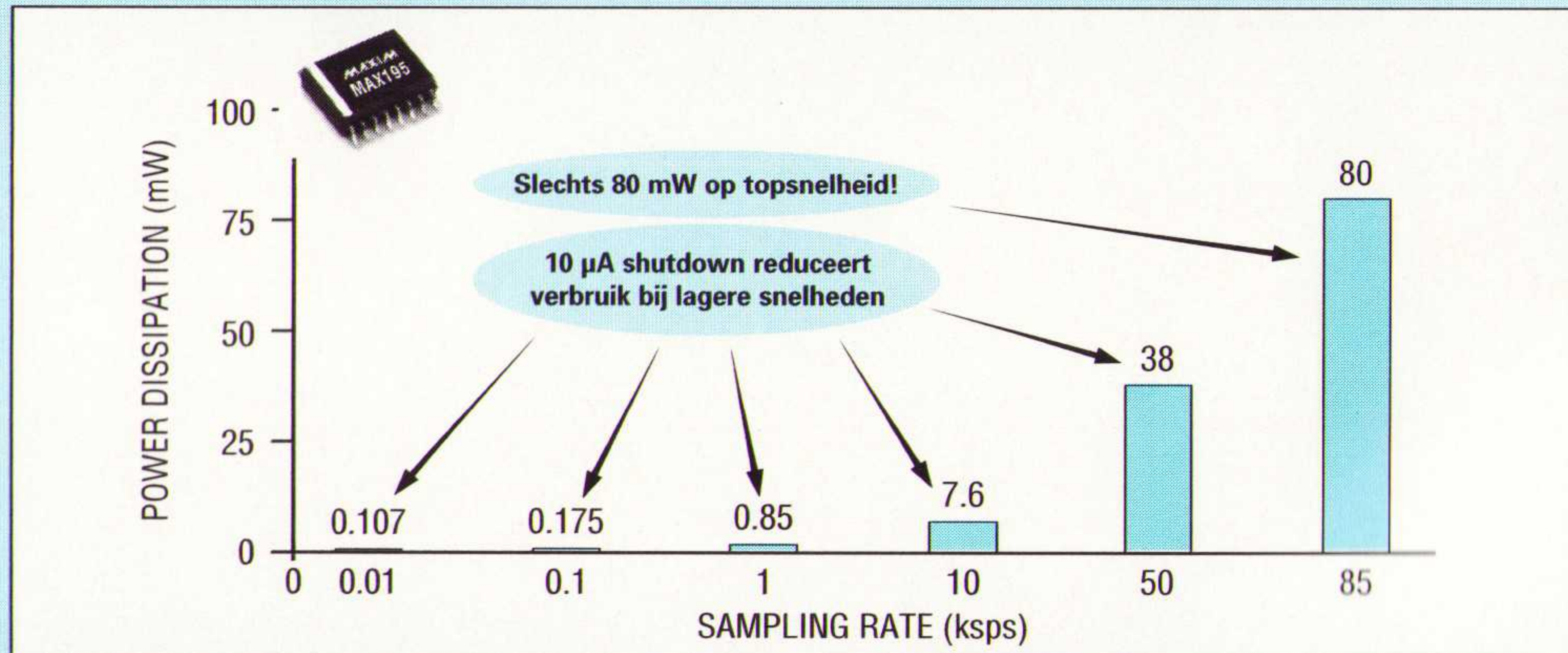


HP 54645A



SNELLE 16-BITS SERIËLE ADC MET 10 μ A SHUTDOWN

Tot 85 kps throughput met 5 V of - 5 V/+ 5 V ingangsbereik



- ◆ 16-bits resolutie
- ◆ 3-draads seriële interface
- ◆ Voedingsstroom max. 8 mA
- ◆ 10 μ A shutdown mode
- ◆ Snelle 85 kps throughput
- ◆ Compacte 16-pins DIP- en SOIC-behuizing

EERSTE 5 V 12-BITS ADC MET SOFTWARE-GESELECTEERDE INGANGSBEREIKEN

Ingangsbereiken ± 10 V, ± 5 V, 0 V tot 5 V, en 0 V tot 10 V via software-instellingen
- geen omzettingen in de hardware!

De MAX196-MAX199 is de ruimtebesparende oplossing voor 12-bits ADC-toepassingen waarbij meerdere signalen met verschillende ingangsbereiken worden gesampled. De ADC's, die werken op een enkelvoudige + 5 V voeding, hebben tot acht ingangskanalen die onafhankelijk en softwarematig geprogrammeerd worden voor een van de vier ingangsbereiken. Deze eenvoudige overschakeling van bereik maakt PGA's en level shifting overbodig. Dankzij de $\pm 16,5$ V fault-protected multiplexer heeft u bovendien geen beschermende weerstanden, diodes en zenerdiodes meer nodig. Een fout op het ene kanaal heeft géén effect op de uitlezing van andere kanalen. Kortom, verminder het aantal benodigde componenten, vergroot de flexibiliteit en bespaar ruimte met de MAX196-199.

- ◆ 14-bits effectief dynamisch bereik!
- ◆ 5 V voeding - ingangssignalen tot ± 10 V
- ◆ 100 kps throughput
- ◆ Twee power-down modes
- ◆ Evaluatiekit leverbaar

Type	Ingangskanalen	Ingangsbereiken	Databus-interface
MAX196	6	± 10 V, ± 5 V, +10 V, +5 V	μ P/12
MAX198	6	± 4 V, ± 2 V, +4 V, +2 V	μ P/12
MAX197	8	± 10 V, ± 5 V, +10 V, +5 V	μ P/8+4
MAX199	8	± 4 V, ± 2 V, +4 V, +2 V	μ P/8+4

Gratis A/D Converter Design Guide

Bestel nu de tiende uitgave

Bel 015 - 2 609 906

en wij versturen uw exemplaar binnen 24 uur.

MAXIM



Maxim Integrated Products - U.K.,
phone (01734) 303 388; fax (01734) 305 577

Maxim is een geregistreerd handelsmerk
van Maxim Integrated Products



KONING EN HARTMAN

TELECOMMUNICATIE EN INDUSTRIËLE ELEKTRONICA

ENERGIEWEG 1, POSTBUS 125, 2600 AC DELFT, TELEFOON 015-2609906. FAX 015-2619194.

Getronics Group

RB ELEKTRONICA
(Jaargang 65)

Is een uitgave van
De Muiderkring B.V.,
Hogeweyselaan 227,
Postbus 313,
1380 AH Weesp
telefoon: 0294-450460 (ISDN)
telefoon: 0294-415210
telefax: 0294-412782
bank: 48 49 54 563
giro: 83214

Directie:
Ir. S.M.Th. Kremer

Hoofdredacteur:
Ing. D.J.F. Scheper

Eindredactie:
J.E.E. van der Hoogte

Vaste medewerkers:
J. van Emden, L. Foreman, J.H.M. Goddijn,
ir. S.J. Hellings, O.C.A. van Lidth de Jeude,
J.W. Richter, drs. ing. C.F. Ruyter, J. Smilde,
ing. B. Stuurman, C.G.C. van der Vlies,
Ir. M. van der Veen.

Vormgeving/productie:
Sandra Schaap

Prepress:
Fotolitho van Setten B.V.

Advertentieverkoop:
Bosch & Keuning, Postbus 1, 3740 AA Baarn,
tel. 035-5482340, fax 035-5482344 en/of G. Belecke,
tel/fax 035-6936293.

Abonnementen:
Abonnementsprijs per jaar:
f 75,-/Bfr. 1500.
Studenten: f 25,-/Bfr. 1200.
Abonnementen worden automatisch verlengd,
tenzij uiterlijk drie maanden voor het einde van de
aflooptermijn schriftelijk bericht is ontvangen.
Vermeld bij correspondentie altijd uw abonnee-
nummer (zie wikkel).

Druk:
grafische bedrijven
Bosch & Keuning, Baarn

Distributie:
Betapress

RB in België:
Redactionele bijdrage en correspondentie sturen
naar:
De Muiderkring B.V.,
Hogeweyselaan 227,
Postbus 313,
1380 AH Weesp
telefoon: 0294-450460 (ISDN)
telefoon: 0294-415210
telefax: 0294-412782
bank: 48 49 54 563
giro: 83214

Auteursrecht:
Het geheel of gedeeltelijk overnemen, kopiëren of verme-
nigvuldigen van dit tijdschrift gepubliceerde artikelen is
uitsluitend mogelijk na schriftelijke toestemming en met
bronvermelding. Gepubliceerde schakelingen en software
kunnen door een (Nederlands) octrooi zijn beschermd.
Toepassing voor persoonlijk gebruik is toegestaan. De uit-
gever stelt zich niet aansprakelijk voor de gevolgen van
eventuele fouten.

ISSN: 0928-5008

RB Elektronica juli/augustus 1996

Buizenversterker van 40 W

blz. 8

Dit artikel heeft in 1985 veel stof doen opwaaien.
Nog steeds is deze eindversterker populair en
misstaat zeker niet.

HiFi kwaliteit met buizenversterker

blz. 11

Ondanks dat deze versterker ruim acht jaar
voor het eerst is beschreven, gaat het om een
ontwerp dat kwalitatief uitstekende resultaten boekt.

Hi-tech met buizenbak

blz. 13

De hier beschreven 100W-buizenversterker wordt
zorgvuldig uitgediept en beschreven. Een must voor
iedere buizenliefhebber.

Voorversterker met buizen

blz. 19

Een buizeneindversterker moet om traditiegetrouwe
redenen vooraf worden gegaan door een
voorversterker in buizentechniek of...

Nogmaals: hi-tech met buizenbak

blz. 25

De beantwoording van vele lezersvragen op de
publicatie van de buizenbak, die in dit speciale
nummer op pagina 13 is beschreven.

Hi-Tech buizenbak gemoderniseerd in 1996

blz. 27

Nogmaals zijn we teruggekomen op dit opmerkelijke
ontwerp. De ontwerper gaat in op de allerlaatste stand
der techniek. Een must voor de liefhebber.

**Vanderveen UL40-S, High-End
Klasse-A buizenversterker**

blz. 29

Buizen toegepast in een ontwerp met klasse.
Lees en geniet van de ontwerpcriteria.

De nieuwe buizenlijn voorversterker UL40-SV

blz. 36

De ontwerpfilosofie van een voorversterker wordt
hier besproken als uitbreiding op de op pagina 29
beschreven eindversterker.

Ringkerntransformatoren voor audio?

blz. 40

Een achtergrond artikel dat de vraag beantwoord,
een vraag die nog steeds relevant is gezien de vragen
die binnenkomen.

En verder:

Produktinformatie

blz. 47

Boekenrecensies

blz. 7 en 51

Agenda

blz. 54

COVERFOTO: De HP 54645D is een zogenoemde mixed-signal oscilloscoop.
Het is een nieuw instrument dat twee 100 MHz-kanalen combineert met 16
timing-analyse kanalen.

(Coverfoto: Hewlett-Packard te Amstelveen)

Buizenversterkers, waarom hier een speciaal nummer aan wijden?

Nog steeds wordt de redactie vrijwel dagelijks gebeld over informatie over artikelen op het gebied van buizenversterkers. Niet alleen wil men technische informatie, maar ook over aanpassingen en/of verbeteringen aan het onderwerp. Deze belangstelling voor RB Elektronica en met name voor de artikelen over buizenversterkers die de afgelopen jaren in RB Elektronica hebben gestaan, doet de redactie goed.

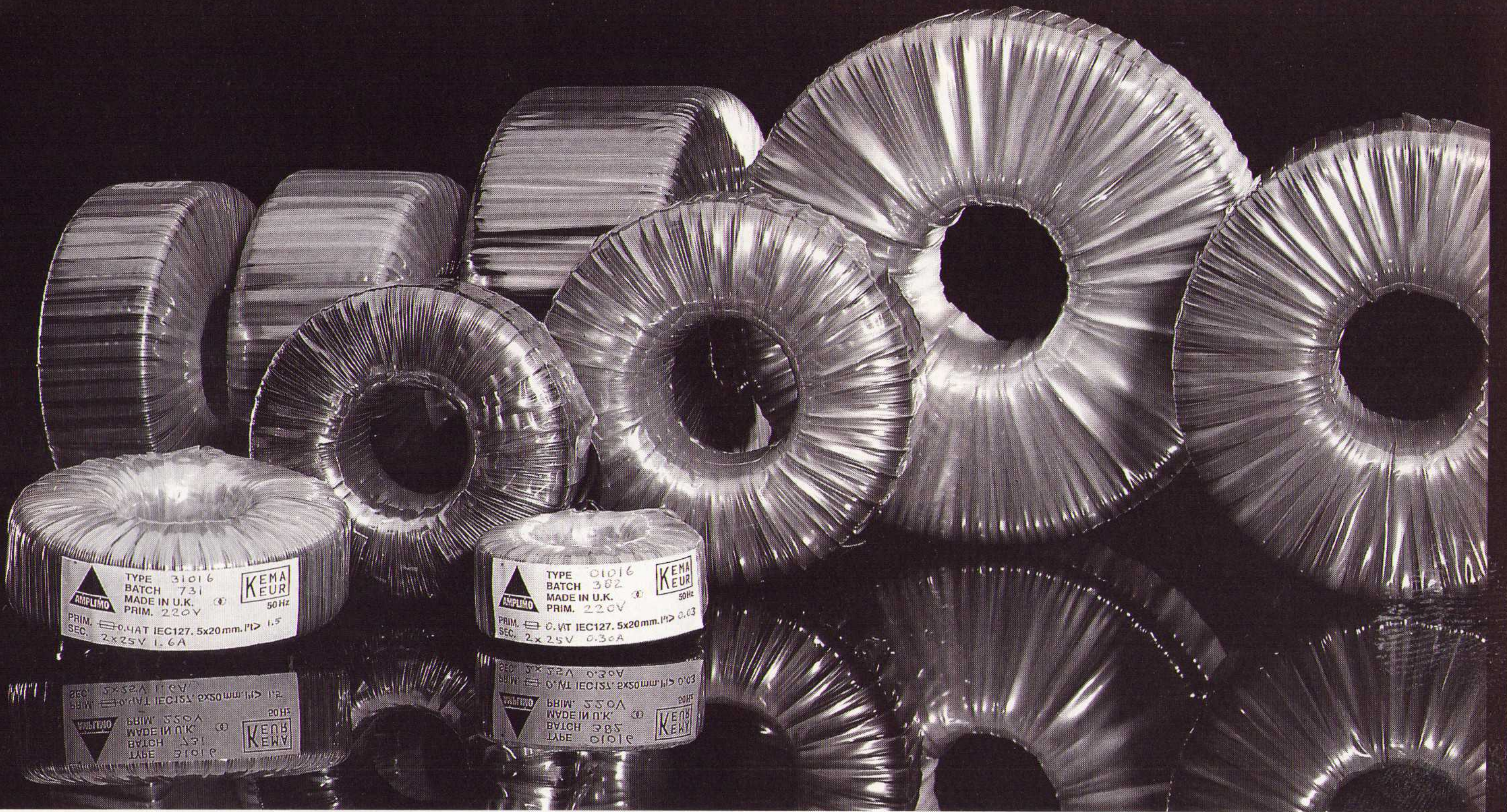
Het betekent dat ondanks alle berichten over nog betere, nog mooiere en met andere superlatieve geladeerde uitspraken over halfgeleider versterkers, de buizenversterker - en ook de buis als component - niet weg te denken valt. RB Elektronica heeft dan ook gemeend dat het goed is om alle artikelen op dit gebied van de afgelopen tien jaar, compleet en voor zover noodzakelijk aangepast, in één nummer te bundelen. Het enige artikel dat wij niet hebben opgenomen, is de buizenversterker van W. de Jager genoemd: 'De Vacusolid, een hybride buizenversterker', omdat dit artikel zeer recentelijk in RB Elektronica van januari 1996 is gepubliceerd.

De bundeling is volledig en waar noodzakelijk tevens aangepast. Niet alleen voor wat betreft de componenten en of schematisch, maar ook voor wat betreft de feedback die van lezers is binnengekomen.

Wij van de redactie hopen u hiermee een goede dienst te hebben bewezen. Mocht u echter desondanks vragen en/of aanmerkingen hebben, uw reacties zijn altijd welkom.

Veel plezier.

Dirk Scheper



AMPLIMO LEVERT NÚ RINGKERNTRAFO'S MET DE BESTE GARANTIE



Het KEMA-KEUR-merk is de beste garantie voor kwaliteit en veiligheid. De AMPLIMO ringkerntrafo's dragen nu dit keurmerk.

AMPLIMO is de eerste in Nederland met KEMA-KEUR voor liefst 170 types van 15 t/m 1000VA.

Alle zijn uit voorraad leverbaar.

Topkwaliteit in combinatie met een uitstekende veiligheid.

De wikkeling met de gevaarlijke netspanning is volledig omgeven door een drievoudige isolatie, welke liefst 5000V kan weerstaan.

Het ontwerpen en wikkelen geschieden zeer zorgvuldig en de eindcontrole wordt uitgevoerd volgens ISO9003.

Zelfs trafo's met andere wikkelingen in de 12 standaard formaten worden met het beroemde KEMA-KEUR geleverd!

Duidelijk advies over de toe te passen zekering voor optimale veiligheid.

Het voldoen aan de strenge KEMA eisen heeft bij AMPLIMO nauwelijks of geen prijsverhoging tot gevolg.



AMPLIMO b.v.
Vossenbrinkweg 1
7491 DA Delden

Telefoon 074 376 3765
Fax 074 376 3132

FLUKE®

Fluke 80-serie: de èchte 'MULTI'-meters

Méér multimeter-eigenschappen in één compact en handzaam instrument. Dat is het belangrijkste kenmerk van de drie modellen uit de Fluke 80-serie. Deze 3³/₄ digit, 4000 count multimeters

(de Fluke 87 zelfs 4¹/₂ digit) beschikken over een unieke combinatie van eigenschappen, zoals:

- Frequentie-, duty cycle- en capaciteitsmetingen
- Zeer snelle bargraph met 41 of 128 segmenten

- Registratiemogelijkheid met weergave van MIN, MAX en gemiddelde
- Uitstekende EMI-afscherming
- Beveiligd op alle bereiken
- Drie jaar garantie

De Fluke 80-serie is uit voorraad leverbaar via de Fluke distributeur.

Voor de adressen van leveranciers in uw omgeving kunt u bellen met (040) 267 81 00.

Fluke Nederland B.V.



De Zelfbouw & Inbouwbeurs '96

Americahal Apeldoorn

Een greep uit de aanwezige produkten:

ACR	Mundorf
Amplimo	OLS
Audio Gods	Peerless
Audison	Phoenix Gold
Autron	Provision
Bazooka	Puresonic
Beyma	Ritmo
Boston	Rockford Fosgate
Caliber	Scan Speak
Cerwin Vega	Seas
De Jong Systems	Sinus Live
Dynaudio	Soundstream
Emphaser	Sowter
Fanatiq	Speakerland
Final	Speaker & Co
Focal	Stichting HiFive
Intertechnik	T.A.F.
J.B.L.	Thommessen
Klaré	Transfer Audio
Lanzar	Trilogy
LA-Sound	US-Amps
Longmill	US-Blaster
Macrom	V.A.A.
Mc Farlow	Vifa
Monacor	Visaton
Millennium	X-tant
Magnat	etc.
MB-Quart	

Ca. 200 merken aanwezig!

**6, 7 en 8
september
1996**

- ✓ **Meer dan 50 deelnemende firma's**
- ✓ **Alle topmerken zijn aanwezig!**
- ✓ **Uitgebreide demonstraties van o.a.: luidsprekers, versterkers, meetapparatuur en software.**
- ✓ **Gratis shuttle-dienst vanaf het station van Apeldoorn**
- ✓ **Gratis parkeren**
- ✓ **Gemakkelijk per auto en openbaar vervoer te bereiken**

Openingstijden:

vrijdag 6 sept.: 16.00 - 22.00 uur
zaterdag 7 sept.: 10.00 - 18.00 uur
zondag 8 sept.: 10.00 - 17.00 uur

Organisatie: Audio Components B.V.
Postbus 554 5340 AN Oss
tel.: 0412-626610

**AUDIO
COMPONENTS**

Wat kunt u o.a. verwachten:

- # **Luidsprekers:** Losse units, zelfbouwkits, car-compo's, subwoofers, electrostaten, PA-speakers.
- # **Versterkers:** Buizenversterkers, car-audio, zelfbouw-, High-End fabrieks-.
- # **Componenten:** Spoelen, condensatoren, buizen, trafo's, actieve & passieve wisselfilters, trimode-sub-center en rear filters etc.
- # **Demonstraties:** - Luidsprekers en versterkers
- Veel demo-auto's
- Dolby Surround sets
- Meetapparatuur en software
- Digitale luidspreker en ruimte correctie
- # **Extra's:** - Verkoop van CD's, boeken en magazines
- Bezoek de stand van uw favoriete maandblad
- # **Route beschrijving:** A50 afslag Apeldoorn - Teuge, einde afslag rechts, 1e stoplicht links, 150 m. rechts. Laan van Erica 50 (1500 m. van A50)

Dé Audio Happening van het jaar!

Titel: Alles über moderne Telefonanlagen im analogen Netz und im Euro-ISDN

Auteurs: Frey/Schönfeld
ISBN: 3-7723-4292-2
Uitgeverij: Franzis
Bestelnummer: 630292
Prijs: f 90,-
Porto: f 6,-

Verkrijgbaar bij: De Muiderkring BV

Zowel in het zakelijke als het privégebruik zijn telefooncentrales met de modernste techniek in opmars. Dat deze markt nog erg in beweging is, is te zien aan de meest uiteenlopende schakelaars, faxomschakelaars en additioneel aan te sluiten apparatuur. Door de voordelen van het Euro-ISDN en de subsidiëring van de Euro-ISDN aansluiting voor meerdere apparaten door de Duitse Telekom neemt het gebruik van ISDN-telefooncentrales toe. Uit deze ontwikkeling komen een aantal vragen naar voren:

- Wat is Euro-ISDN?
- Welke telefooncentrales kunnen op dit moderne, digitale net aangesloten worden?
- Welke installatie is de juiste?
- Wat zijn de voordelen van een ISDN-telefooncentrales?
- Welke prestatiekenmerken zijn belangrijk?

Dit boek geeft antwoorden op deze en nog veel meer vragen. Daarbij wordt diep ingegaan op de techniek en

het praktische gebruik van moderne telefooncentrales vanuit het perspectief van de gebruiker. De lezer vindt een heel palet aan analoge schakelaars en omschakelaars, de schakeltechniek van analoge eindapparaten en kleine, middelgrote apparaten en aanverwante die gebruikt kan worden met ISDN.



Titel: Alles über SAT-Receiver und Headends

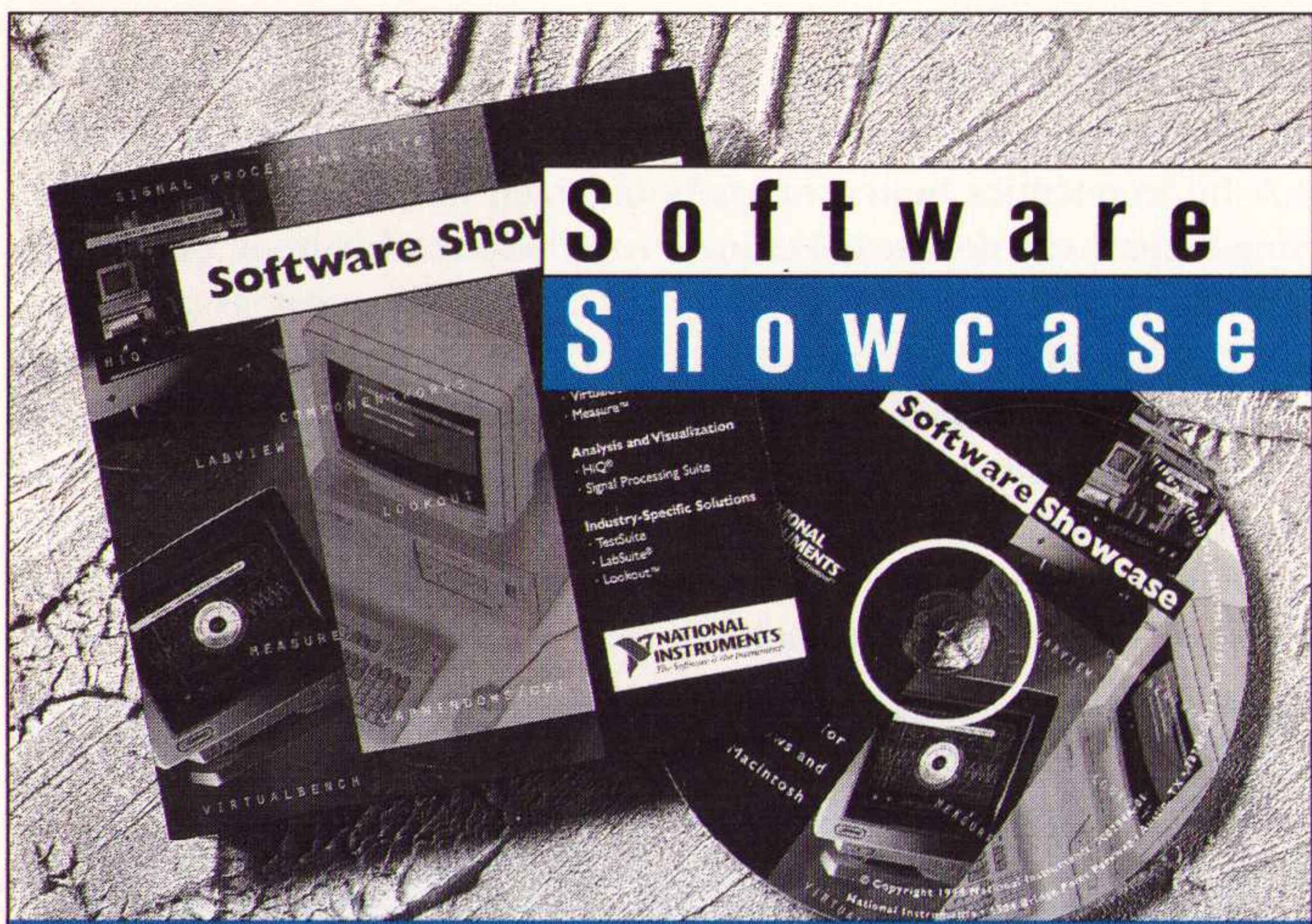
Auteurs: Ilsanker, Mann, Schell
ISBN: 3-7723-771-8
Uitgeverij: Franzis
Bestelnummer: 630771
Prijs: f 102,-
Porto: f 6,-

Verkrijgbaar bij: De Muiderkring BV

In dit boek vindt u de compacte know-how voor satellietontvangers en headends voor de huidige stand der techniek. Buiten de basis Fmtechniek worden ook de modernste digitale overdrachtsprincipes beschreven.

De basisonderdelen van de satelliet-ontvanger zijn de Fmtuner, video-ontvangst..., toonsignaalverwerking, UHF-modulator, voorprogrammeringssysteem en besturings-functioneringsmanagement worden gedetailleerd beschreven. Ook op verdeelstations voor kabelnetten, de headends voor SMATV en CATV, wordt in dit boek uitvoerig ingegaan. De gebruiker is zo in staat om de voordelen van de verschillende verdeelsystemen optimaal op zijn toepassing over te brengen.

- basis en fundamentele werking satelliet-ontvangst;
- componenten van de satelliet-ontvanger;
- management van de besturingsfuncties;
- functionele werking en toepassing van satelliet-headends;
- verdeling van de satelliet signalen.



Bel voor een GRATIS Software Showcase 0348-433466 • Fax: 0348-430673
E-mail: info.netherlands@natinst.com • WWW: <http://www.natinst.com>

Software Showcase is een multi-media CD-ROM voor PC's met Windows 95/3.1 en Macintosh computers. Het voorziet de gebruiker van demo-versies en uitgebreide informatie over virtuele instrumentatie software van National Instruments.

Software showcase omvat informatie over:

- LabVIEW grafische programmatiesoftware
- LabWindows/CVI visuele programmatiesoftware
- ComponentWorks add-on software voor Visual Basic 4.0
- Measure add-on software voor Excel
- VirtualBench kant-en-klare virtuele instrumenten



National Instruments Netherlands B.V. • Pompmolenlaan 25 • 3447 GK Woerden

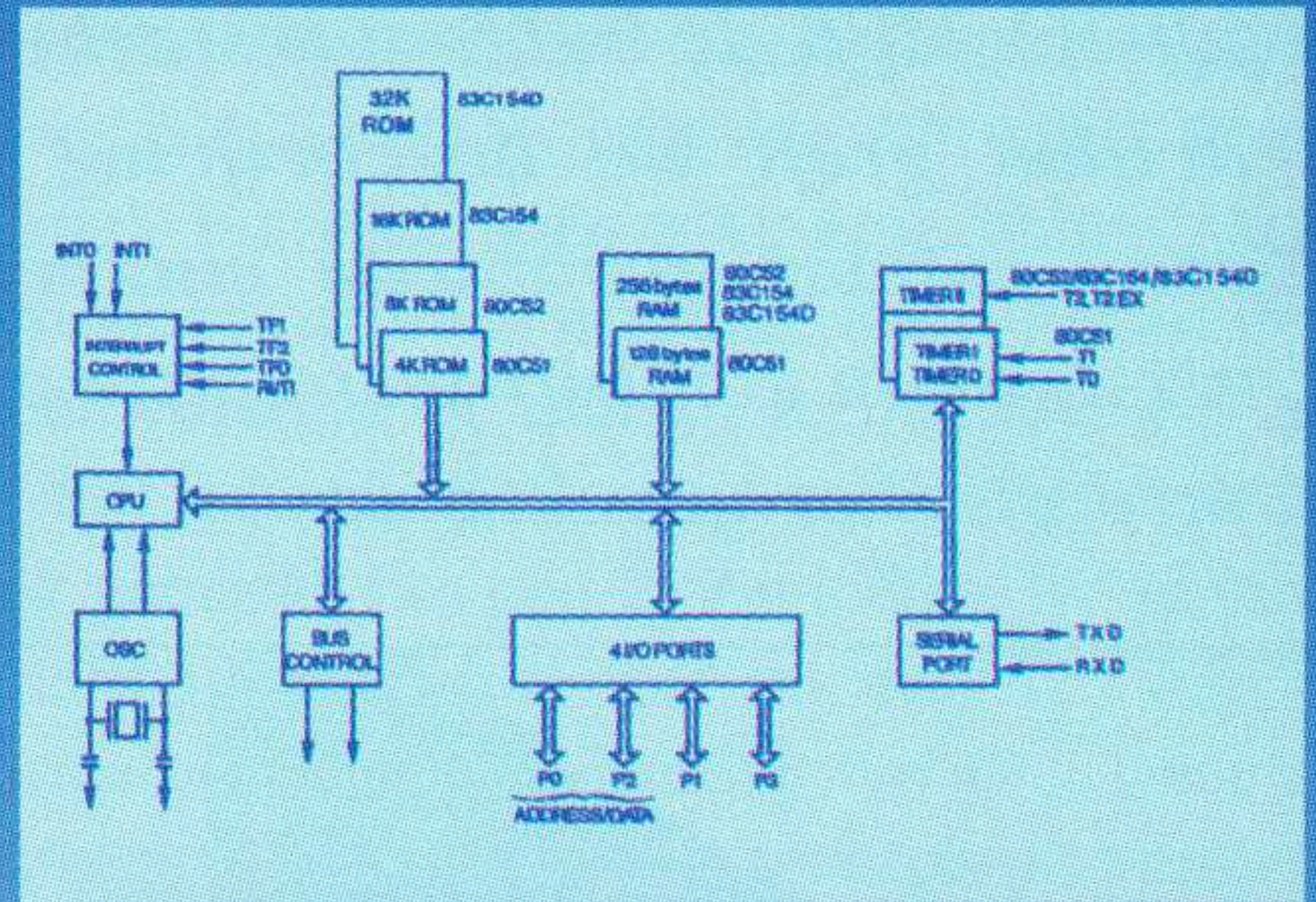
© Copyright 1996 National Instruments Corporation. All rights reserved. Product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies.

CMOS-mask-ROM-microcontrollers

Informeer naar onze actieprijsen!

van

TEMIC



MHS C51-serie

al leverbaar vanaf slechts 2000 stuks per bestelling

TEMIC (MHS) beschikt over een ruim assortiment van componenten uit de microcontroller-serie volgens 80C51-standaard, met de volgende opties:

- ROM-capaciteit van 4k tot 32kbyte: 80C51, 80C52, 83C154, 83C154D
- low-voltage (2,7V), secret ROM feature
- high-speed uitvoeringen, tot maximaal 44MHz
- DIL-, PLCC- of PQFP-behuizing

Voordelen van de TEMIC (MHS) C51-microcontrollers:

- reeds leverbaar vanaf slechts 2000 stuks per bestelling
- supersnelle levering:
 - snelle programmaverificatie (kan binnen één dag)
 - „Quick ROM-Service“ voor pilootseries vanaf 1000 tot maximaal 3000 stuks
 - „Rush Service“ voor minimaal 3000 stuks 80C52 of 83C154
 - ROMed componenten voor serie binnen 5 weken
- nieuwe „encryption secret ROM Option“ voor een perfecte beveiliging van de code



NL-3606 AK Maarssebroek, Planetenbaan 2
Tel. (0346) 58.30.10, Fax (0346) 58.30.25

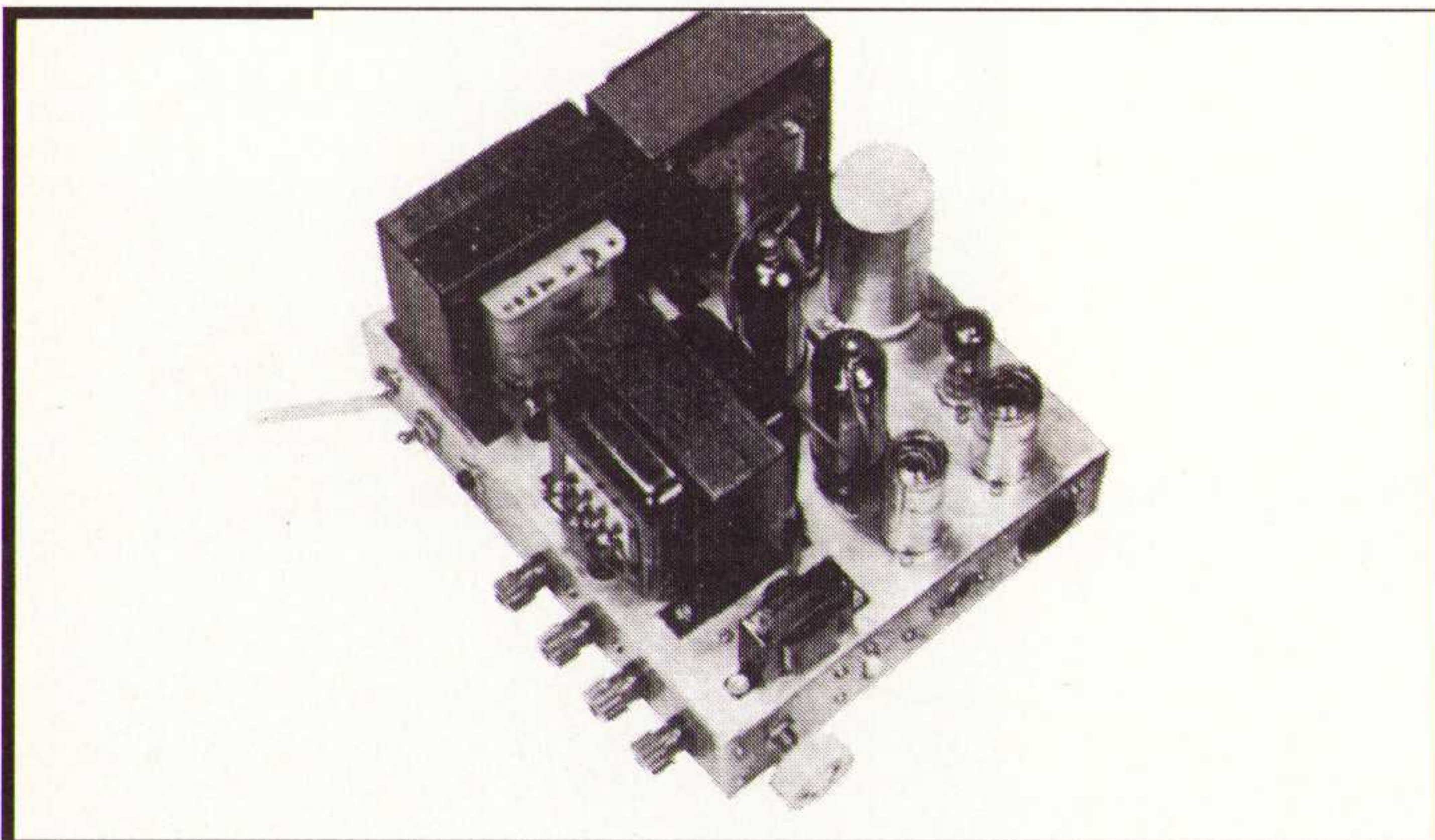
(herdruk september 1985)

Buizeneindversterker van 40 W

De allerlaatste der Mohikanen?

Wie gebruikt er tegenwoordig nog buizenversterkers? Dat is wel erg ouderwets. Toch is er een groot aantal hifi-enthousiastelingen die buizenversterkers preferreert boven transistorversterkers. Ook onder gitaristen bestaat er een grote voorkeur voor de buis vanwege het specifieke geluidskarakter. In dit transistortijdperk blijft de buizenversterker interessant!

Dit artikel geeft de beschrijving van een op een moderne manier gebouwde eindversterker, die niet zal misstaan in een hifi-installatie en tevens ook voor gitaarversterker geschikt is.



Uitsterven zullen ze niet, de Mohikanen, en de buizenversterker ook niet!

In Radio Bulletin van januari 1967 staat een artikel over een buizenversterker met de titel: "De allerlaatste der Mohikanen". De Mohikanen schijnen een taai volk geweest te zijn dat met kracht voor zijn voortbestaan heeft gevochten. Hoe vreemd ook, maar de buizen werden met dit volk vergeleken. Het genoemde artikel was het laatste in een serie over buizenversterkers. Door het vraagteken in de titel duidde de schrijver aan dat het wel eens afgelopen kon zijn met de buizenversterker. Immers, de transistor drong met kracht voorwaarts. Maar het bleek niet afgelopen te zijn met de buizen. Er kwamen, en komen nog steeds, regelmatig nieuwe gitaarversterkers in de handel, die als hoogwaardige en vaak dure kwaliteitsproducten worden aangeprezen. Te denken valt aan namen als "Mesa Boogie" en "Fender Twin Reverb".

Voor de hifi-installaties klinken dan namen als Quad, Radford en de direct drive buizenversterkers volgens het OTL-principe van Julius Futterman.

Uitgebreide discussies zijn er door de techneuten in het verleden gevoerd over het hoe en waarom van de transistorversterker ten opzichte van de buizenversterker. En nog steeds wordt hierover nagedacht. Het is niet de bedoeling van de auteur om zich in de strijd te werpen over de voors en tegens van buizenversterkers, alhoewel...

Toch spreekt uit buizenversterkers een stuk historie en herkenning van een rijk verleden. Bij het rommelen in voorraden oude onderdelen kwam de auteur een stel onderdelen tegen die, samengesteld, een buizenversterker zouden kunnen vormen. Bladerend in oude technische literatuur kwam vervolgens een schat aan informatie naar boven en de

weg werd zo vrij om weer eens ouderwets een buizenversterker te gaan bouwen. Is zo iets nostalgie? Zeer zeker, maar gezien de genoemde versterkernamen blijkt de buis nog "modern" te zijn. Misschien beschrijft dit artikel niet de "aller-allerlaatste der Mohikanen"!

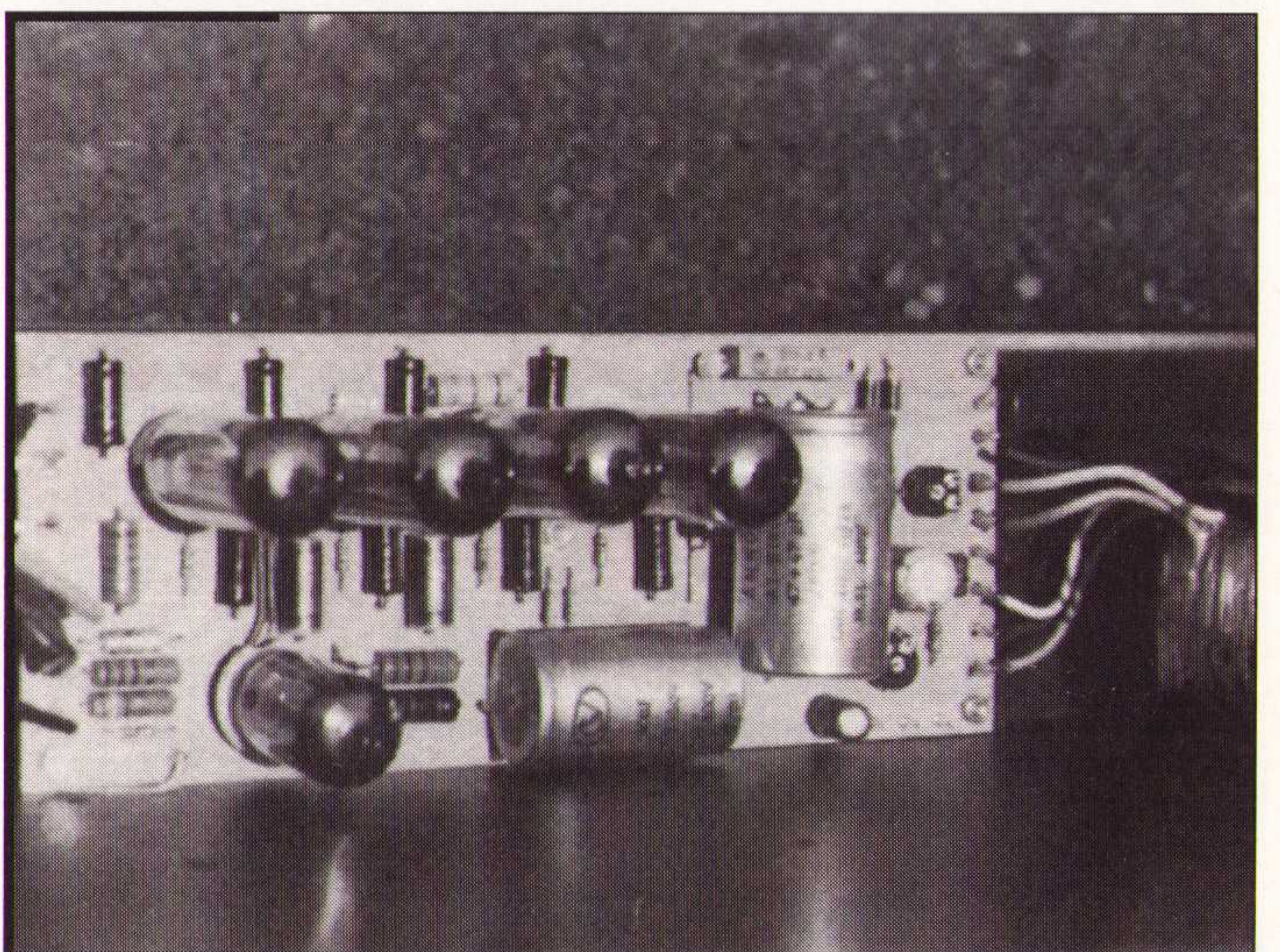
Versterker van 40 W

Als men een eindversterker bouwt met onderdelen uit de oude doos, moet men tevreden zijn met trafo's en buizen die daar in liggen. Bij het publiceren van een artikel over een buizenversterker moet echter anders te werk worden gegaan. Alle te gebruiken onderdelen moeten goed verkrijgbaar zijn in de normale elektronica-handel of ze moeten instens te bestellen zijn. Pas dan kunnen de lezers de versterker nabouwen! Ten behoeve van dit artikel is daarom de eindversterker nog eens opnieuw gebouwd met verkrijgbare onderdelen. Er is een print ontwikkeld en gebruik gemaakt van moderne ringkerntrafo's met zeer goede eigenschappen. Afb. 1 geeft een foto van de eindversterker.

Bij de keuze van de eindversterkerbuizen waren meerdere mogelijkheden: 2x EL34, 2x 6L6GC of 4x EL84. Er is gekozen voor een eindbuisbezetting van 4x EL84 omdat deze buizen nog best verkrijgbaar en goedkoop zijn en omdat ze een mooi geluidsbeeld bij oversturing geven. Het geluid doet sterk denken aan dat van de ouderwetse VOX-versterkers, namelijk heel helder, maar toch niet schril. En dat is precies dat geluid waarbij naar dit ontwerp gezocht is.

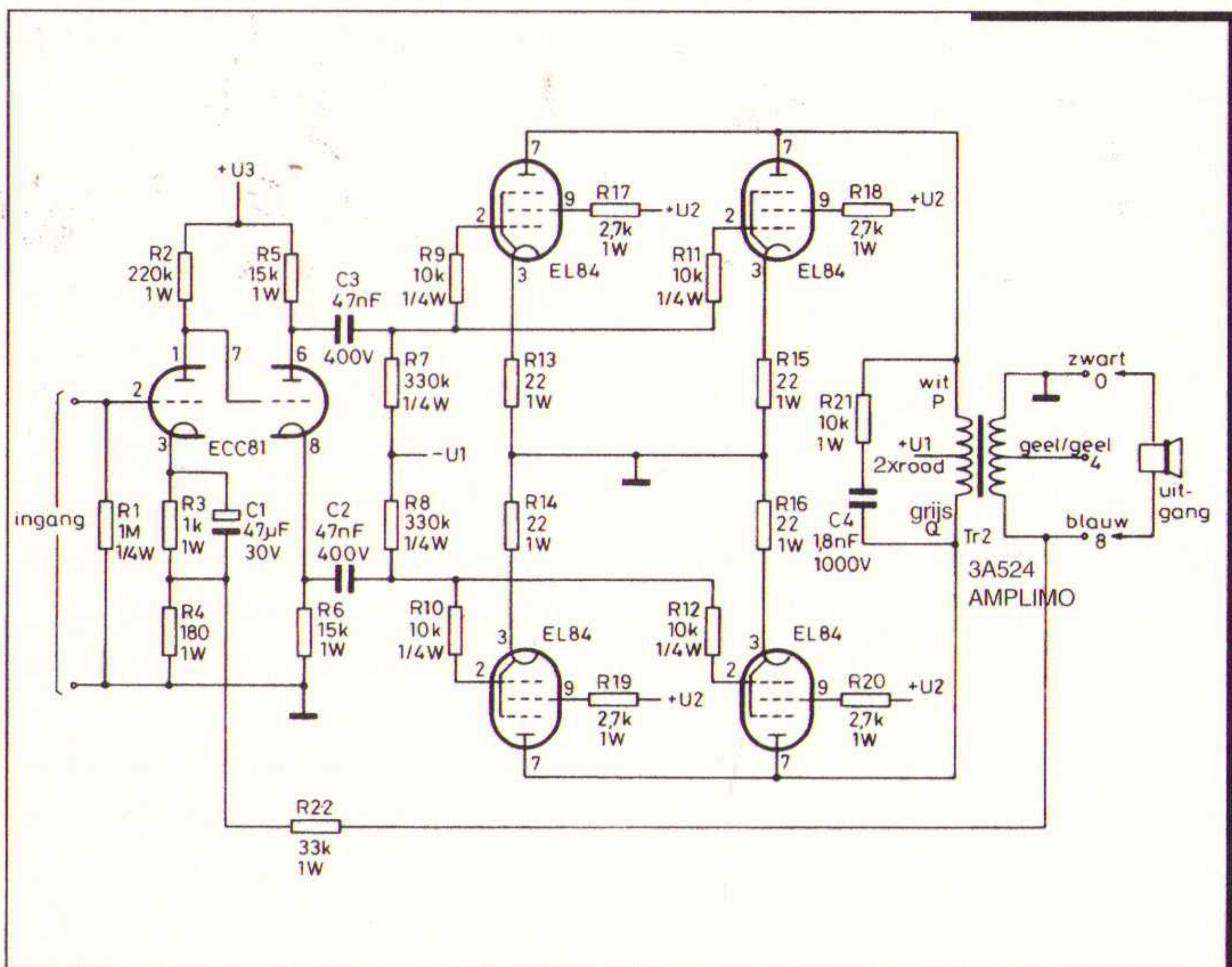
Het schema (zie afb. 2) is recht toe, recht aan. De verschillende functies zijn duidelijk te herkennen. Aan de ingang treft men de buis ECC81 aan als voorversterker en fase draaier. Vooral de twee weerstanden R5 en R6, met de lage waarden van 15 k Ω , zorgen er voor dat de fase draaier ook bij frequenties buiten het hoorgebied nog goed werkt. Het uitgangssignaal van deze schakeling is ruim voldoende om de eindbuizen aan te sturen.

Om het benodigde uitgangsvermogen van 40 W te verkrijgen, worden vier eindbuizen gebruikt die twee aan twee parallel staan. De kathode van elke eindbuis is via een weerstand van 22 Ω met aarde verbonden. Door deze weerstanden (R13, R14, R15 en 816) worden eventuele verschillen in ruststroom door de eindbuizen voor 20 % gecompenseerd en wordt oscilleren voorkomen.



Afb. 1 Print met de buizenversterker.

De eindbuizen staan nagenoeg in klasse B ingesteld met behulp van de negatieve roosterspanning -U1. Deze spanning wordt zo ingesteld, zie verderop in dit artikel, dat de ruststroom per EL84 20 mA bedraagt. Over de kathodeweerstanden R13...R16 staat dan een spanning van $22 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,44$ V. De klasse B-instelling verdient de voorkeur boven een klasse AB-instelling, waarbij de ruststroom per EL84 40 mA bedraagt. In dat geval wordt meestal aan de kathodeweerstanden parallel een condensator aangesloten en worden de kathodeweerstanden vergroot tot ongeveer 200 Ω . Maar bij piekvormige signalen duurt het enige tijd voordat een klasse AB-versterker zich goed heeft ingesteld. Dit resulteert dan in een slechter spronggedrag van de eindversterker. Bij klasse B-instelling worden sprongvormige signalen zonder instellingsvertraging doorgegeven hetgeen een helder en transparant geluidsbeeld oplevert.



Afb. 2 Eindversterker met ECC81 en 4x EL84.

Men kan eventueel met behulp van de negatieve spanning -U1 de ruststroom verlagen tot 7 mA, maar dan wordt crossoververvorming hoorbaar.

De schermroosters zijn via de weerstanden R17, R18, R19 en R20 met de hoogspanning verbonden.

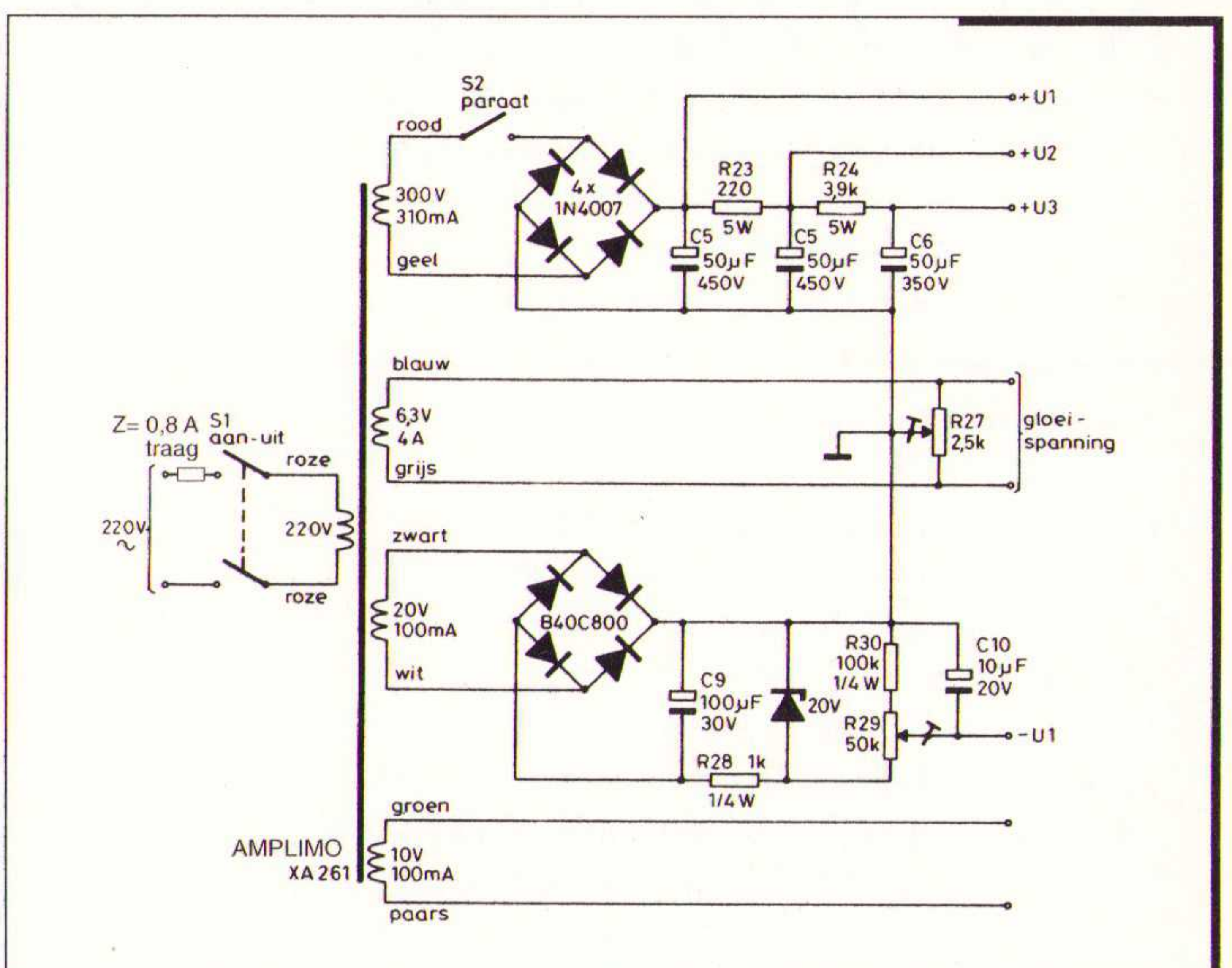
Uitgangstransformator Tr2, een ringkerntrafo (verkrijgbaar bij Amplimo), heeft een primaire impedantie $R_a = 4$ k Ω en een secundaire impedantie van 4 en 8 Ω . De trafo heeft een 80W-kern en is dus ruim bemeten, hetgeen ook in het ruime frequentiegebied in het laag van de eindversterker te merken is. Bij meting van de blokgolfweergave door deze eindversterker bleek er sprake te zijn van uitslingering. Condensator C4 en weerstand R21 compenseren dit verschijnsel. Neem voor C4 wel een exemplaar dat 1000 V kan verwerken, omdat anders de piekspanningen over de primaire wikkeling van Tr2 condensator C4 kunnen doen sneuvelen.

C4 en R21 zijn niet beslist noodzakelijk en hangen enigszins af van de impedantie van de luidsprekers als functie van de frequentie. Het effect van C4 en 21 is niet te horen, het is alleen zichtbaar op de oscilloscoop. Weerstand R22 verzorgt de tegenkoppeling van de gehele eindversterker. Deze tegenkoppeling is gering omdat dan bij beginnende oversturing van de eindversterker de vervorming niet direct groot wordt. Hierdoor wordt bereikt dat een piekvermogen van 40 W met geringe vervorming door de versterker kan worden geleverd. Bij het voor de eerste maal in bedrijf stellen van de eindversterker kan men R22 beter eerst niet aansluiten. Als de versterker goed werkt, en men sluit dan R22 aan, dan moet de versterker minder gaan versterken. Alleen dan is er sprake van tegenkoppeling. Gaat de versterker meer versterken, of zelfs oscilleren, dan is er sprake van meekoppeling en

dat moet juist niet. Merkt men dit verschijnsel echter toch op, dan moeten de aansluitingen P en Q van uitgangstransformator Tr2 worden omgewisseld.

Voeding

De voeding van de buizenversterker wordt verzorgd door ringkerntrafo Tr1. Het schema van de voeding staat in afb. 3. Aan de primaire zijde van Tr1 treffen we de 220V-winding aan met aan- en uitschakelaar S1. Aan de secundaire kant zijn vier windingen aangebracht. De hoogspanning van 300 V en 310 mA met bijbehorende dioden en afvlakcondensatoren C5 en C6. Schakelaar S2 levert de mogelijkheid om de hoogspanning uit te schakelen en zo de versterker op paraat te zetten. De verschillende benodigde hoogspanningen staan in het schema aangegeven. Hoogspanningen zijn levensgevaarlijk. Werk nooit met twee handen tegelijk in deze versterker bij afstelling en reparatie. Verwijder dan altijd het netsnoer en ontlaadt de elco's met een 220 k Ω 1 W weerstand. De gloeidraden van de buizen krijgen 6,3 V aangeboden. Als aardpunt van de gloeidraden wordt gebruik gemaakt van een instelpotentiometer, R27, die zo moet worden ingesteld tot geen brom meer uit de versterker te horen is. Voor de negatieve roosterspanning in de eindversterker wordt gebruik gemaakt van een 20V-winding. De spanning -U1 wordt met een zenerdiode gestabiliseerd en met R29 ingesteld. Tevens heeft de transformator nog een wikkeling van 10 V. Deze spanning kan worden gebruikt voor voeding van transistorvoorversterkers of bijvoorbeeld gitaareffectapparaten. Voor gitaar is een geschikte voorversterker de HY83 van Amplimo.

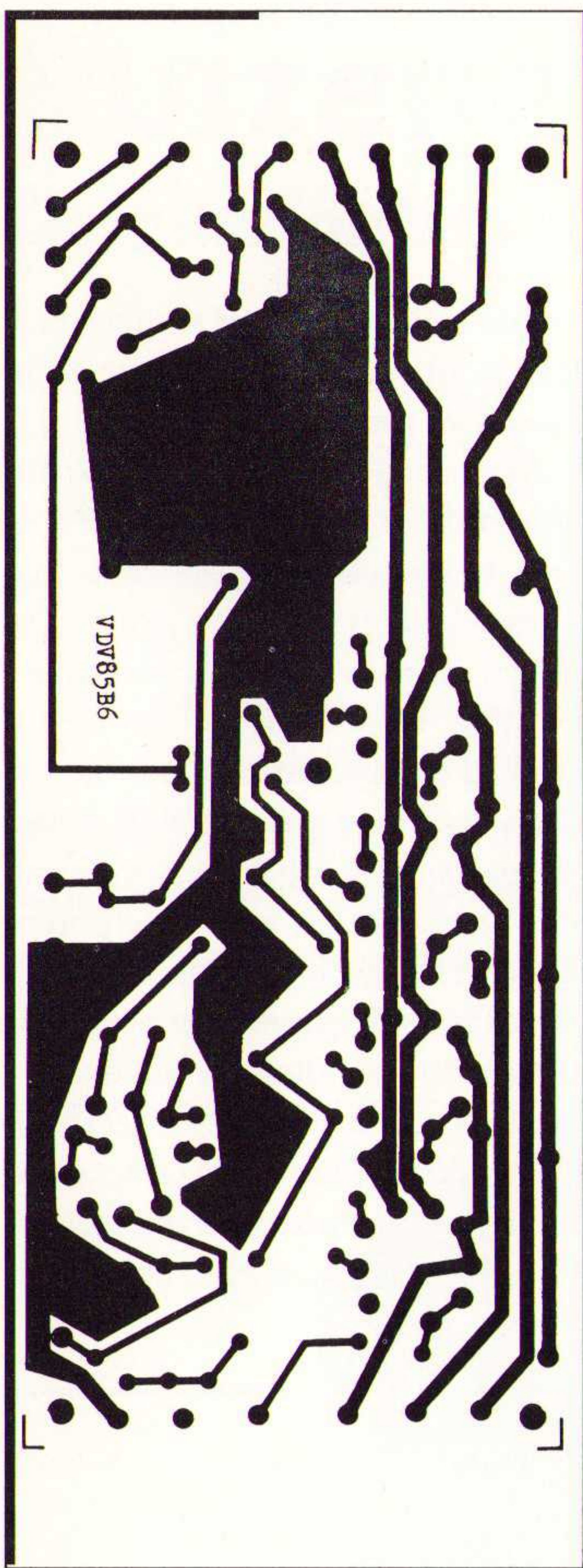


Afb. 3 Voeding voor de buizenversterker.

Eindversterkerprint

De gehele eindversterker en het voedingsgedeelte van de eindversterker is op één print gemonteerd, zie afb. 4 en 5.

De opbouw van de print wijst zich met behulp van deze afbeeldingen vanzelf. Op enige zaken moet men letten: de gloeispanningslijnen voor de ECC81 konden niet meer in de print worden aangebracht, dus moeten die met behulp van doorverbindingen aan de bovenzijde van de print worden aangebracht. De printbanen voor de gloeidraadspanning voeren een aanzienlijke stroom, zo groot zelfs dat er een niet meer te verwaarlozen spanningsval over deze printbanen ontstaat. Om deze spanningsval te minimaliseren moet men deze printbanen goed vertinnen, vanaf het aanvoerpunt van de trafo tot aan de laatste EL84. Door het vertinnen neemt de weerstand van de printbanen af en is de genoemde spanningsval niet meer storend.



Afb. 4 Print, niet op schaal (verkrijgbaar bij Amplimo).

Voor de buisvoeten zijn exemplaren gebruikt die rechtstreeks met printpennen op de print kunnen worden gesoldeerd. Condensator C5 is een dubbel exemplaar in één huls, waardoor de ruimte voor de afvlakking voor de hoogspanning op deze print niet zo groot is. De print kan met behulp van vijf schroeven met afstandbusjes in een kast worden gemonteerd. Afb. 6 geeft een foto van de verticaal staande print, in verband met goede warmteafvoer en ventilatie, in een kast van 19 inch van twee hoogte-eenheden. De hoogte van de print is daar precies op bemeaten. In de bodem en deksel van de kast moet dan een ruim aantal ventilatiegaten worden geboord.

Afregelen

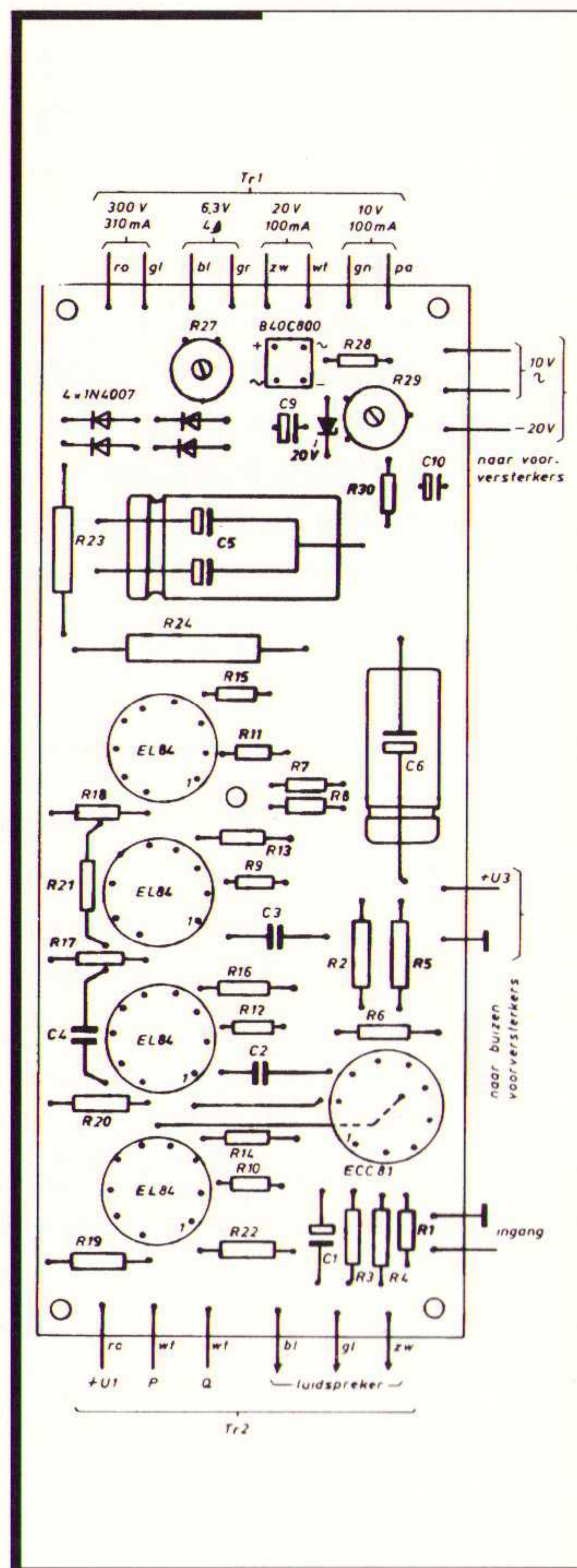
In tabel 1 staan de meetgegevens van deze versterker opgenomen. Continu levert de versterker een vermogen van 30 W, maar pieken tot 40 W kunnen gemakkelijk worden verwerkt. De bandbreedte van de versterker is ruim vol-

Tabel 1 Meetgegevens.

Continu vermogen met $d < 1\%$: 30 W
 Piekvermogen gedurende 30 ms: 40 W
 Frequentiegebied (-3 dB):
 15...33000 Hz
 Uitgangsimpedantie: 4 en 8 Ω
 Ingangsimpedantie: 1 M Ω
 Ingangse gevoeligheid voor 30 W in 8 Ω : 300 mVeff
 Ruis aan uitgang ten opzichte van 30 W in 8 Ω : -93 dB

doende voor hifi-toepassingen en voor gitaarversterkergebruik. Bij de uitgangstrafo is rekening gehouden met twee luidsprekerimpedanties die het meest voorkomen. De ingangse gevoeligheid en de ingangsimpedantie zijn van die orde van grootte dat de meeste voorversterkers zonder problemen op deze eindversterker kunnen worden aangesloten. Door de zorgvuldige plaatsing van onderdelen op de print is het ruis- en bromniveau van deze versterker zeer laag en vermoedelijk nergens storend.

De juiste instelling van de negatieve roosterspanning van de eindbuizen is van het grootste belang. Wat is namelijk het geval: bij het ontwerp is er naar gestreefd om zoveel mogelijk vermogen uit de vier EL84 eindbuizen te halen. Deze staan dan ook op de rand van hun maximale dissipatie ingesteld. Dit houdt in, dat indien men de ruststroom met behulp van R29 te hoog instelt, de eindbuizen teveel aan warmte moeten afgeven en enigszins rood worden. Een eenvoudige manier om de juiste instelling van -U1 te controleren is door een mA-meter tussen +U1 en punt P aan te sluiten en met R29 de ruststroom



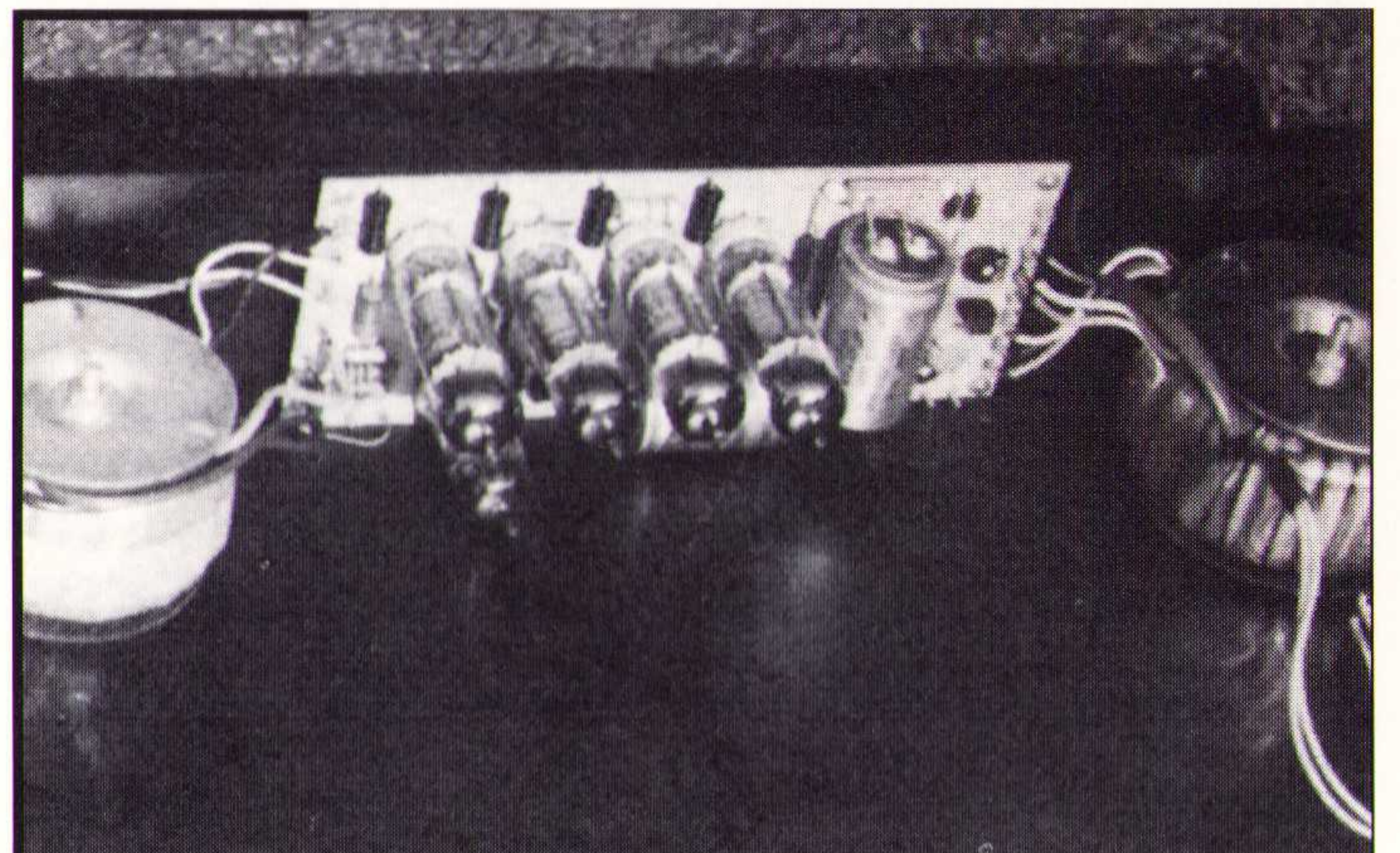
Afb. 5 Componentenopstelling.

op 40 mA totaal af te stellen. Sluit men daarna de mA-meter aan tussen +U1 en punt Q van de uitgangstrafo, dan moet de ruststroom ook 40 mA bedragen. Het kan dan blijken dat er enige afwijking van deze 40 mA optreedt, maar zolang de afwijking zich bevindt tussen 35 en 40 mA, hoeft men zich daar geen zorgen over te maken.

Montage en verkrijgbaarheid van de onderdelen

Op de foto's is te zien dat het prototype van deze buiseneindversterker geplaatst is in een 19"-kast van twee hoogte-eenheden. Men is natuurlijk geheel vrij in de keuze van de kast, maar de getoonde montage is wel erg prettig omdat er nog voldoende ruimte aanwezig is om voorversterkers te plaatsen of zelfs om een galmveer in de kast op te nemen.

Een en ander wordt aan de fantasie van de lezer overgelaten.



Afb. 6 Voorbeeld van de montage.

Literatuur

1. Radio Bulletin, mei 1966: "De laatste der Mohikanten".
2. Radio Bulletin, april 1966: "Elektrische gitaren".
3. Radio Bulletin, januari 1967: "De allerlaatste der Mohikanten?", W. Jak.
4. "Het ontwerpen van versterker" van ir. S.J. Hellings, uitgegeven door De Muiderkring BV, Bussum.

(herdruk september 1987)

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 voorbeschouwing 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 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 geluidsapparatuur 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 geluidswedgevers. 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 x 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.



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

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.

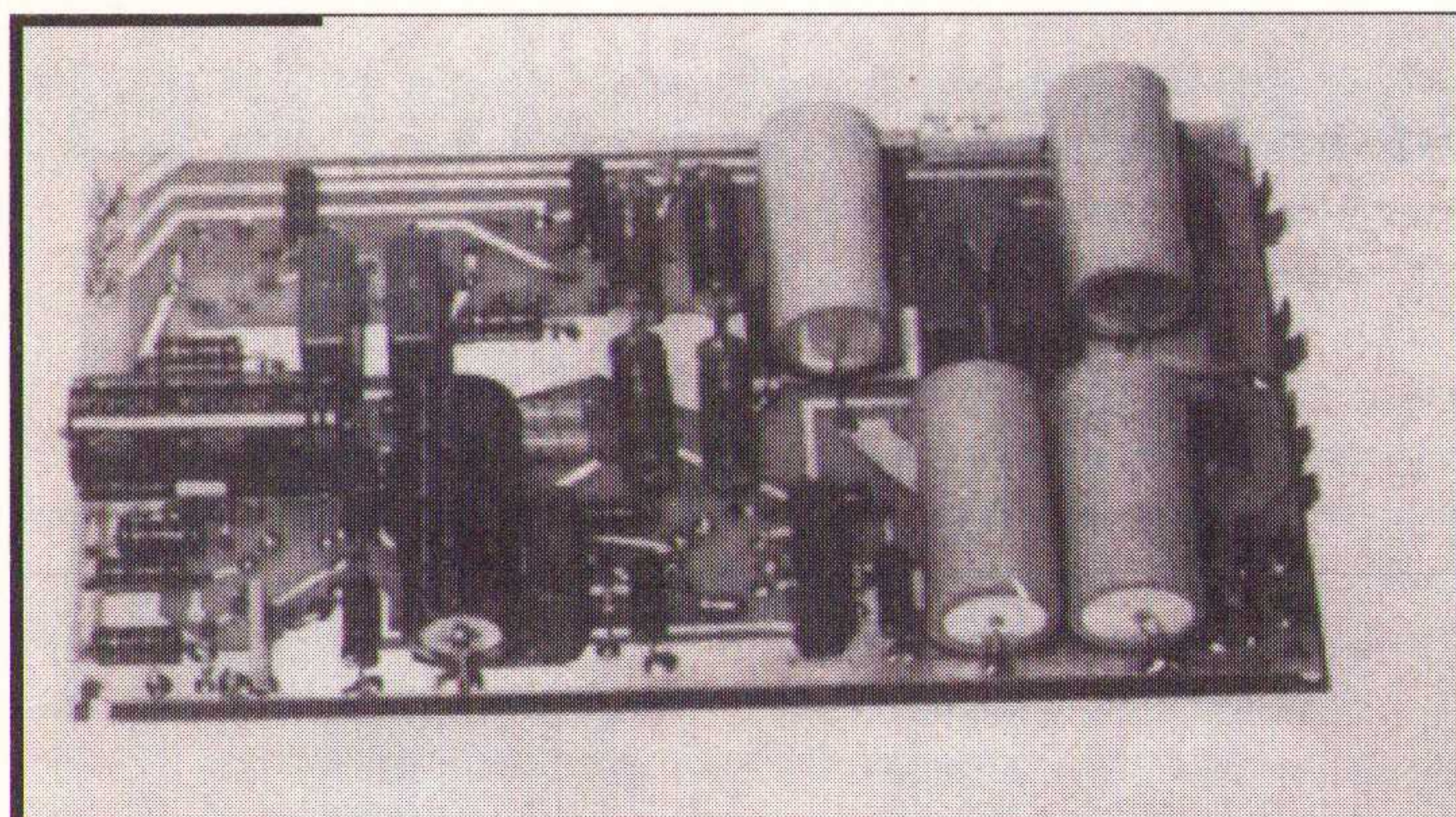
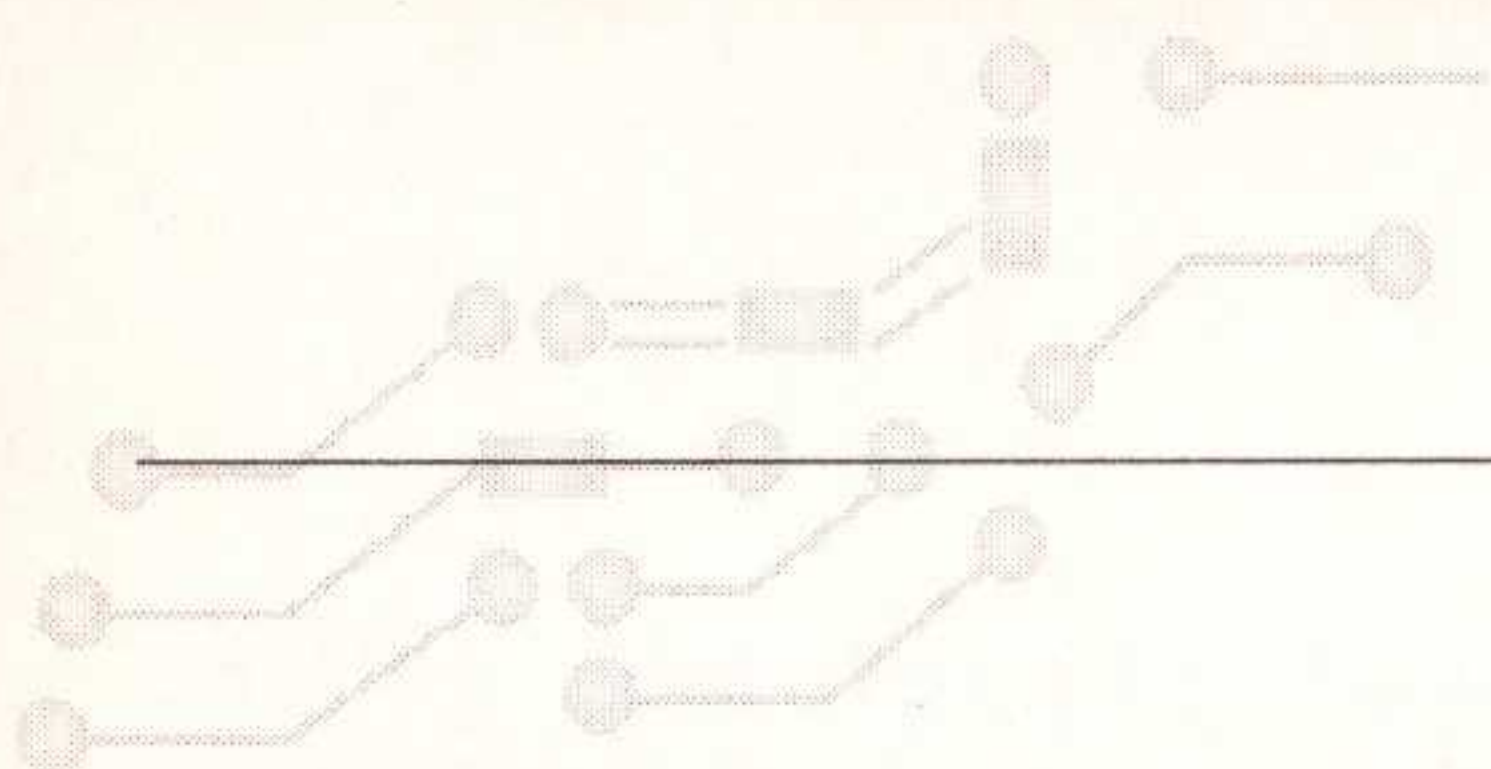
We zijn dan nu bij uitstek beland bij het grote voordeel van de amateur, die er niet voor terug schrikt om zelf veel aandacht aan zijn bouwsels te besteden. De dure tijd van de fabrikant hoeft nu niet meer betaald te worden. En daardoor wordt de prijs van een zelfbouw buizenversterker veel lager dan 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.

Buizentechnologie

Ten opzichte van transistoren hebben buizen het grote voordeel dat ze spanninggestuurd 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 uitgangspanningen leveren tegen een lage vervorming. Bij een zorgvuldig uitgevogeld 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 lijden onder het feit dat de logaritmische stuurkarakteristiek verre van lineair is en dat daardoor vele slimme correcties nodig zijn. Nu 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.



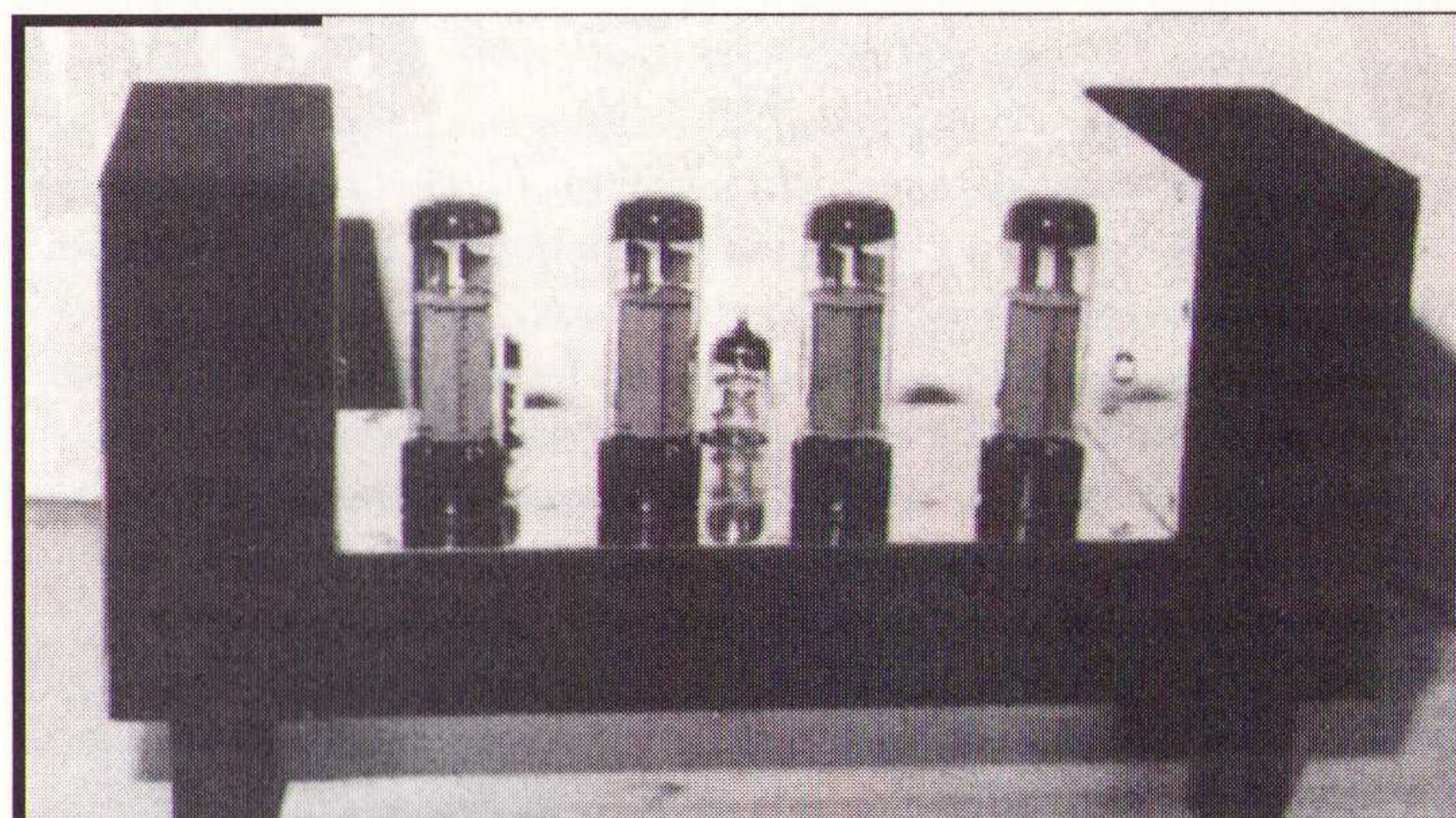
Buizenversterkers waren vroeger voorzien van chaotische hoeveelheden draad. Tegenwoordig wordt er dubbelzijdige print gebruikt.

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 gekozen 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 uit-

gangstransformator 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 gehoorgrens 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 uitgevoerd 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.

GRATIS
06-022-3444

NOW, THE BATTLE IS OVER

ULTIBOARD BUNDLED WITH **SPECCTRA**
SHAPE BASED AUTOROUTER

ULTIboard's interactieve kwaliteiten zijn doorslaggevend geweest voor de populariteit onder professionele printontwerpers. Nu elk ULTIboard Designer systeem vanaf januari 1996 standaard is voorzien van de beroemde SPECCTRA SP4 Autorouter, krijgen ULTIboard gebruikers *the best of both worlds*. Alle ULTIboard Designer gebruikers met een geldig update-abonnement krijgen een kosteloze MAINTENANCE UPGRADE met de SPECCTRA SP4 (4 signal layers + power & ground layers) Shape Based (gridless) Autorouter. Hiermee blijkt weer eens te meer dat ULTIboard de EDA-aanbieder is die zijn bestaande gebruikers werkelijk belangrijk vindt!

ULTIMATE TECHNOLOGY

Hoofdkantoor: Energiestraat 36 1411 AT Naarden
tel. 035-6944444 • fax 035-6943345

België; GRATIS: 0800-71937

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-buizenversterker 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 eindproduct 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 balans 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

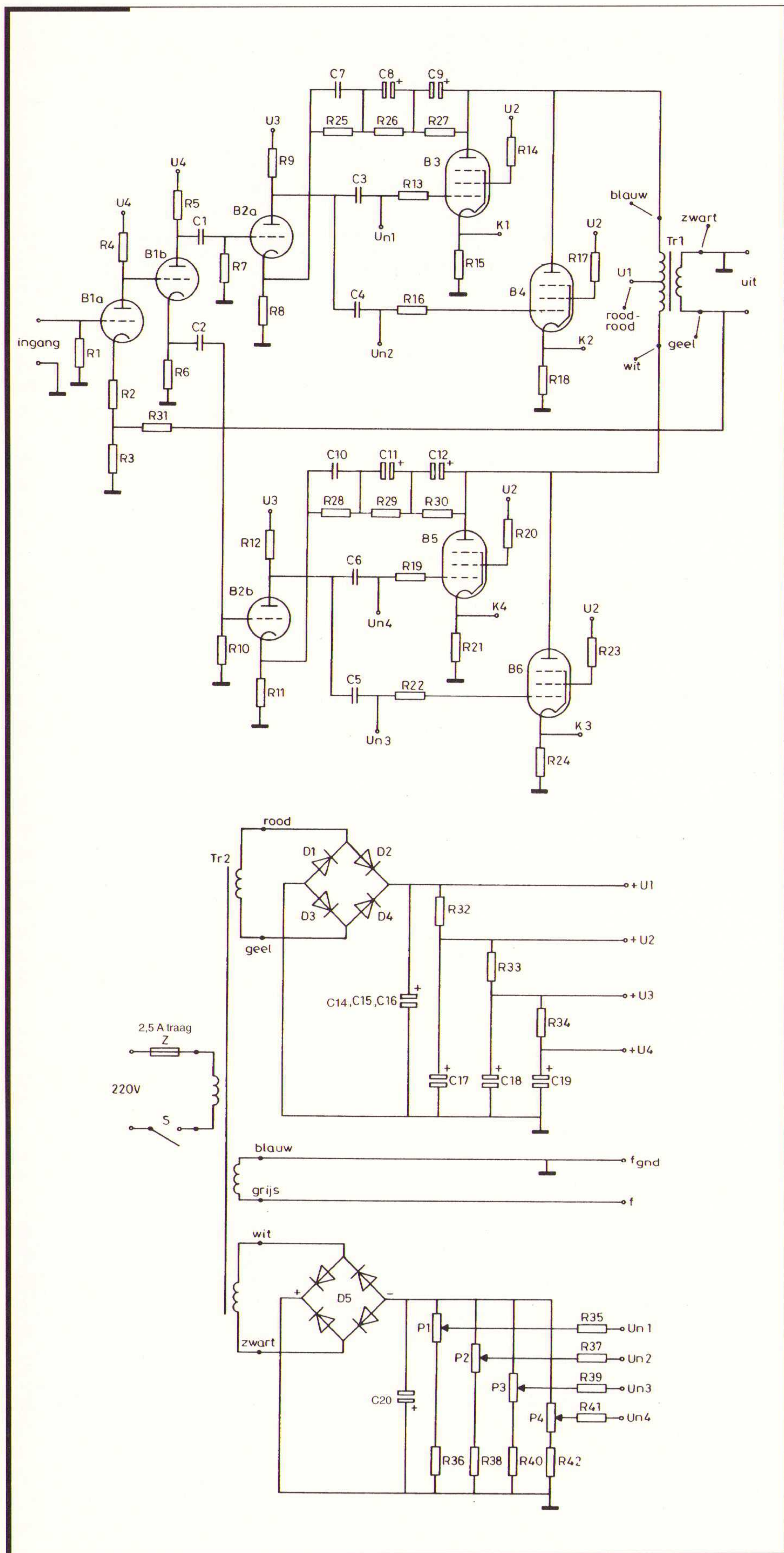
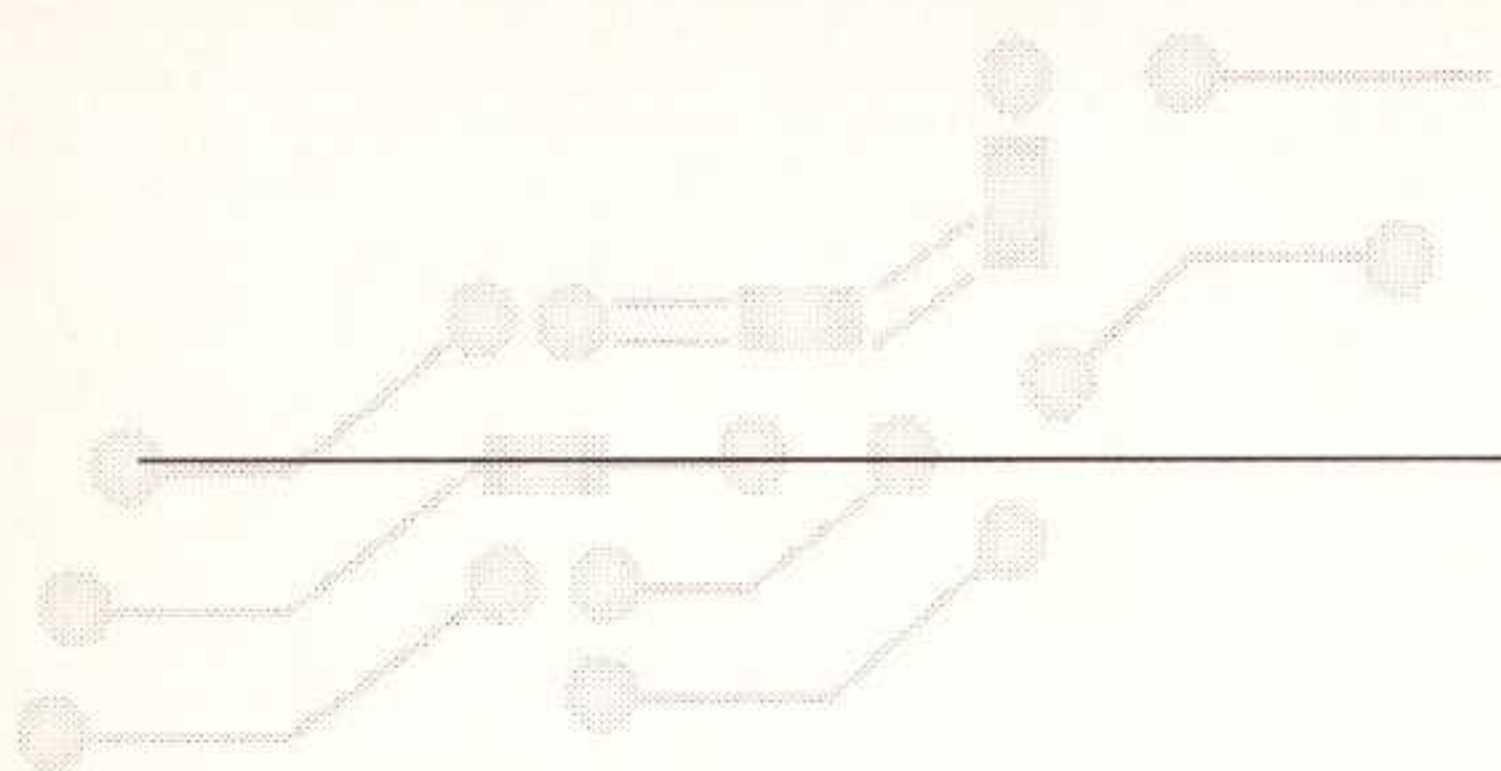
De nieuwsgierige lezer heeft natuurlijk allang het schema van de versterker bekeken en is daarmee al op de hoogte van de belangrijkste uitgangspunten van dit ontwerp. Maar laten we het een en ander toch maar consequent nalopen om niets te vergeten. Om de benadigde 100 W te verkrijgen zijn vier EL34-eindbuizen 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 voedingstransformator 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 roosterspanning. 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 roosterspanning 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 (hulpaf-takkingen 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 òn 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 uitgangstrafo. Afwijkingen van ideaal inductief en capaciteef 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 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 schakelwijze 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.



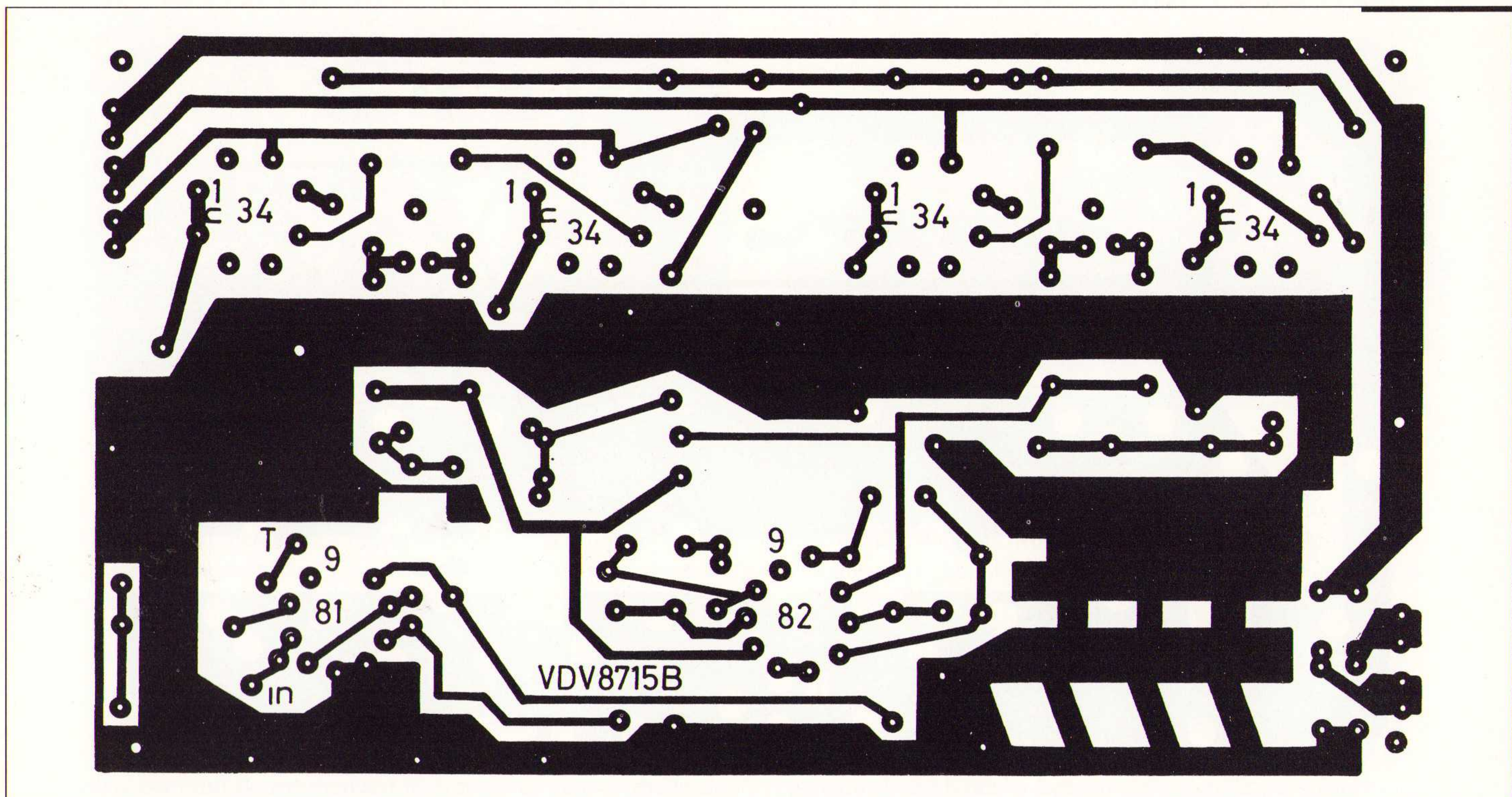
Afb. 1. Principeschema.

Ingangstrap

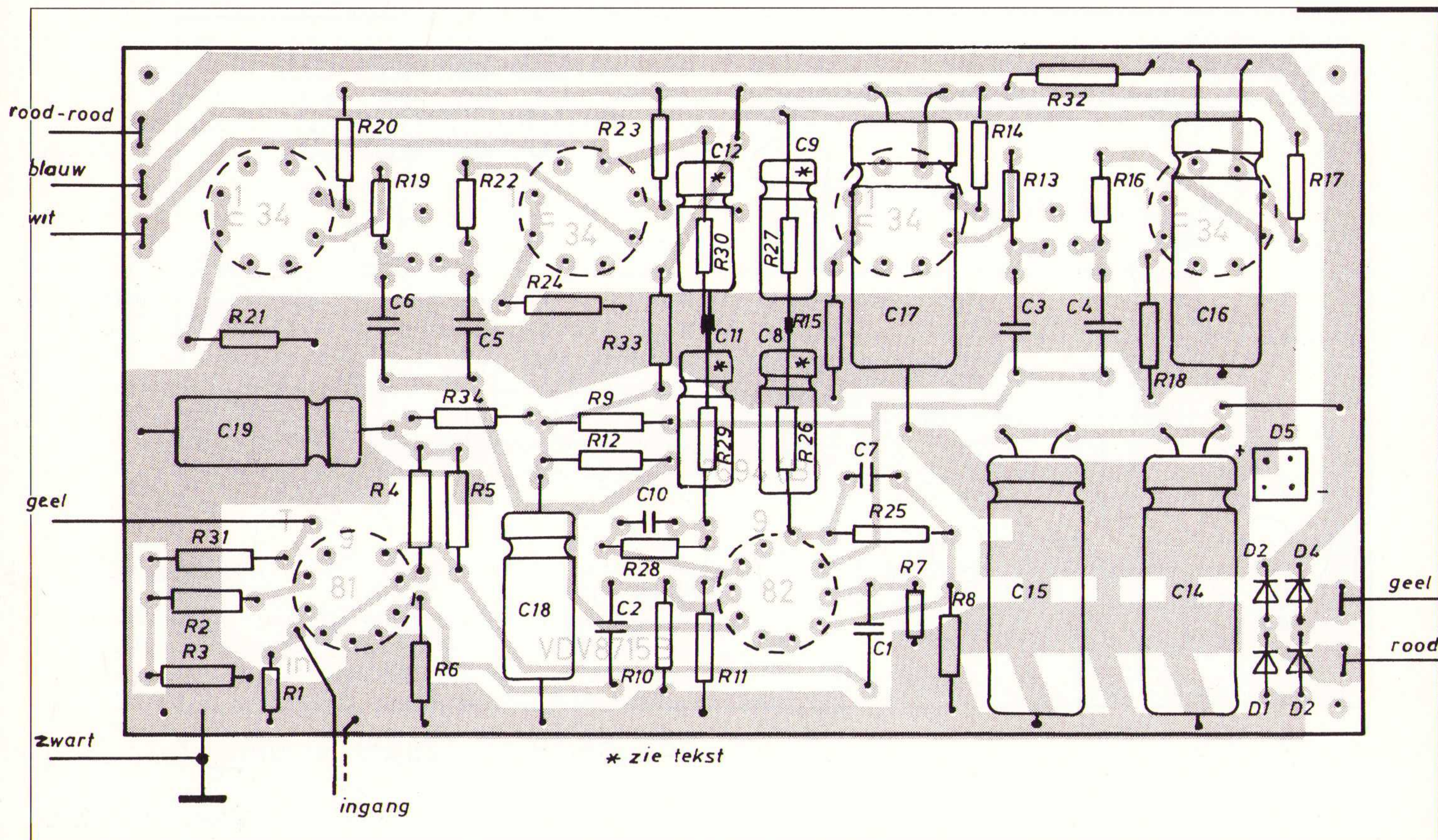
De schakeling rondom de ingangsbuis (ECC81) is gelijk aan die we ook hebben gebruikt bij het eerdere ontwerp met de vier EL84-eindbuizen. We hadden hier zulke goede ervaringen mee opgedaan dat we geen enkele reden zagen om dit concept te wijzigen. De instelling van de voorversterker en de fasedraaier verdient in zoverre toelichting dat duidelijk te zien is dat er een stevige stroom door de tweede helft van de ECC81 loopt (15Ω anode- en kathodeweerstand). Dit is gedaan om zo goed mogelijk gebruik te maken van de lage inwendige weerstand van de ECC81 en om zo'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 aan condensatoren worden opgenomen. De reden daartoe is eenvoudig omdat het dielektricum van een condensator nu eenmaal de onhebbelijke eigenschap heeft het dynamische gedrag van de geluidssignalen aan te tasten. Om die reden hebben we de ingangcondensator laten vervallen. Dit stelt wel hoge eisen aan de voorversterker, want daar mag dan beslist GEEN gelijkspanningscomponent in het uitgangssignaal 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 gebruikt, dan zal hun invloed minimaal zijn. Door de instelling van de eindbuizen met negatieve roosterspanning konden we $C3$ tot en met $C6$ ook niet voorkomen en daar geldt dezelfde eis van polypropyleen condensatoren. Tot zover gaat het prima, maar nu komen we in de problemen. 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 geëxperimenteerd 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 hoogspanning komt nu gedeeltelijk op de kathoden terecht) en vervolgens de verkregen 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.



Afb. 2. Onderkant van de dubbelzijdige print. (Niet op schaal)

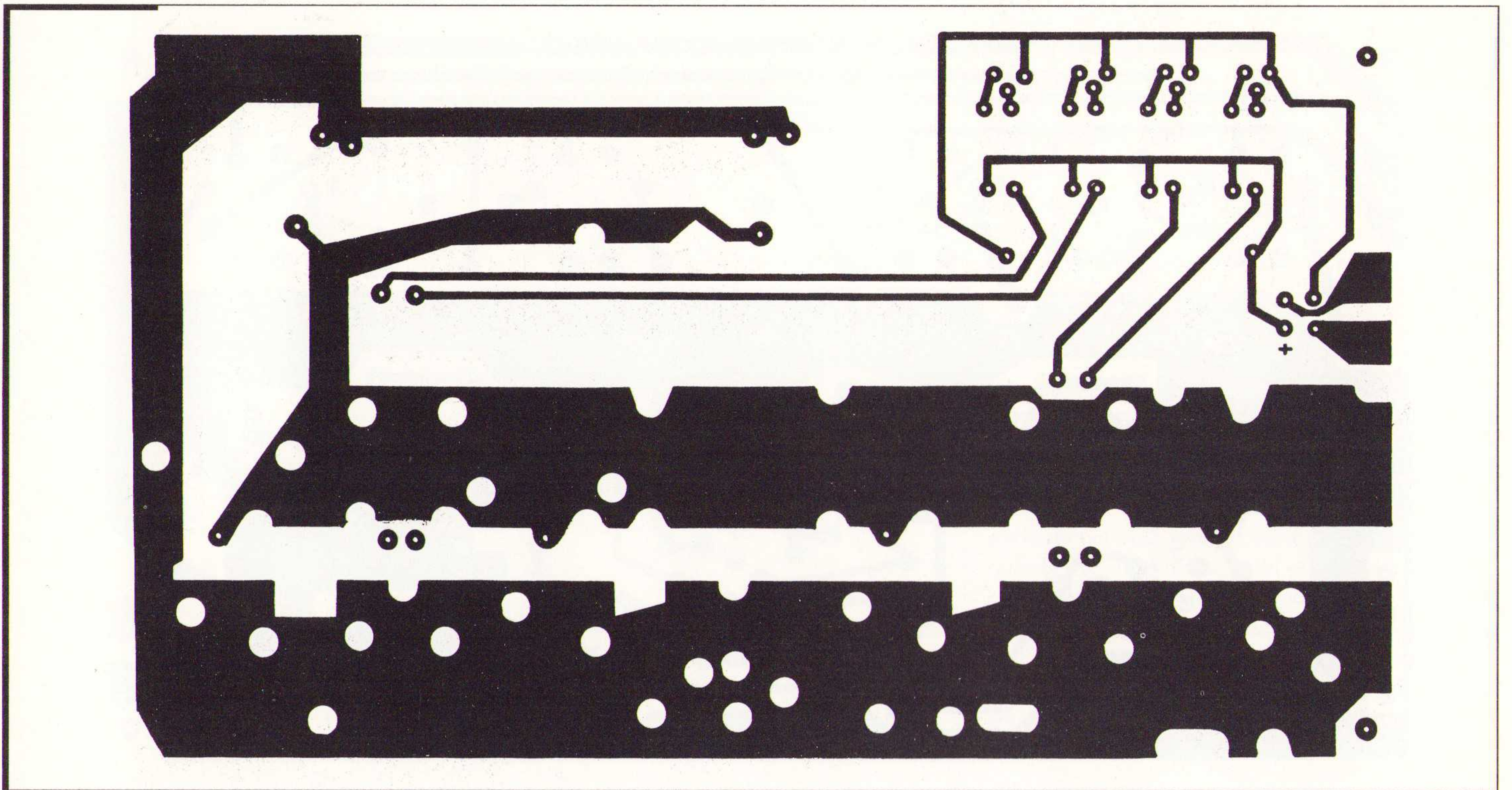


Afb. 4. Componentenopstelling van de onderkant.

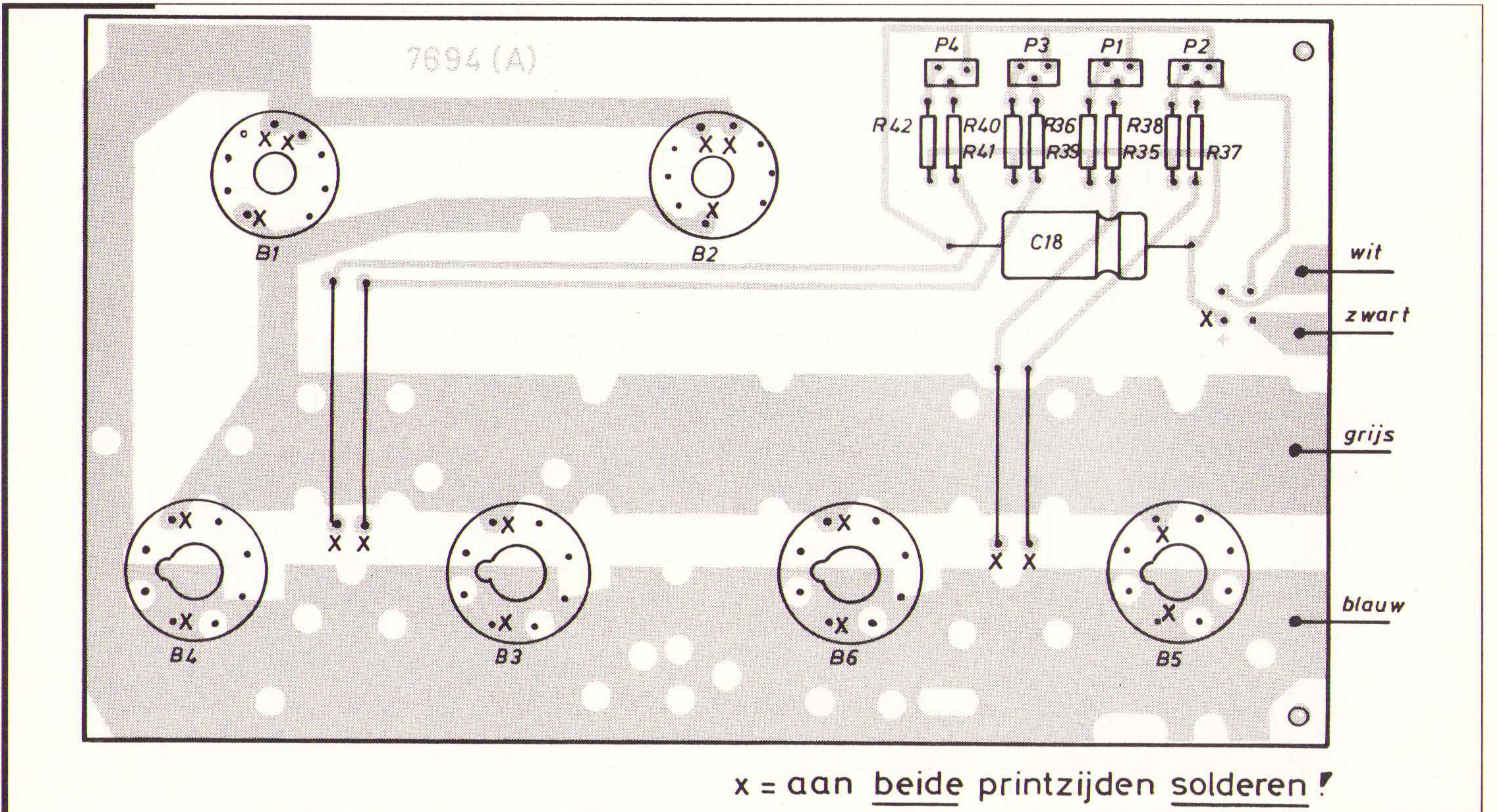
Immers hoe groter de ladingsreserve in de voeding (zie meetgegevens), des te beter is de versterker in staat om plotselinge signaalpieken weer te geven. Verder spreekt de voeding voor zich.

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



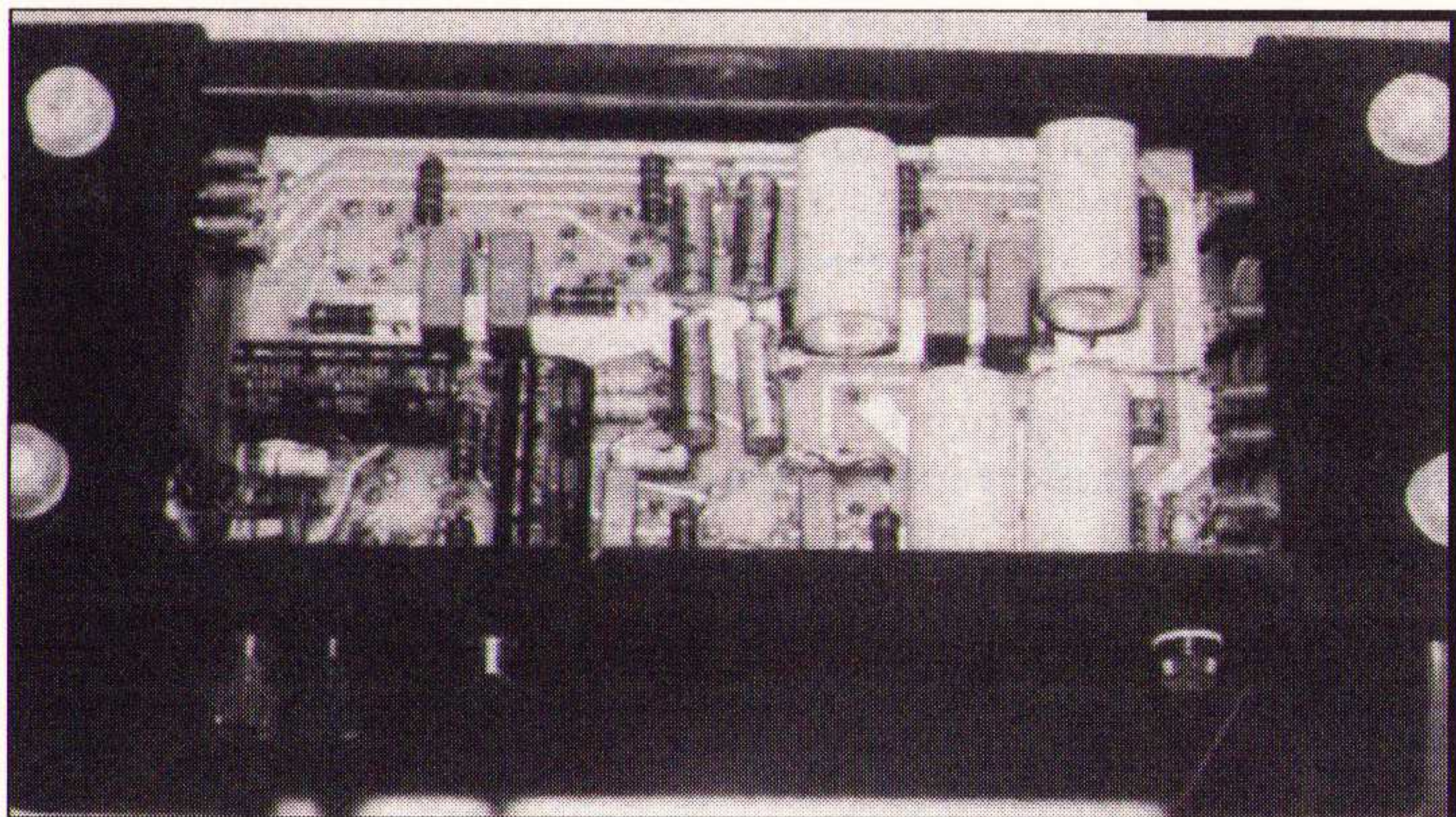
Afb. 3. Bovenkant van de dubbelzijdige print. (Niet op schaal)



Afb. 6. Componentenopstelling van de bovenkant.

eerste plaats zullen de noodzakelijke onderdelen en de print (en eventueel de kast) in huis moeten worden gehaald. De print is verkrijgbaar bij Amplimo (074-3763765, zie de advertenties elders in dit blad). De print is dubbelzijdig, NIET doorgemetaliseerd. De volgorde van bestukking luidt: monteer eerst de buisvoeten. Let er bij e EL34-octal-voeten op dat de centrale inspringing in de goede richting wijst (aangegeven met

een U op de print). Zoals uit de printlayout blijkt wordt een zijde gebruikt voor de aanvoer van gloeidraadspanning 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 aanslui-



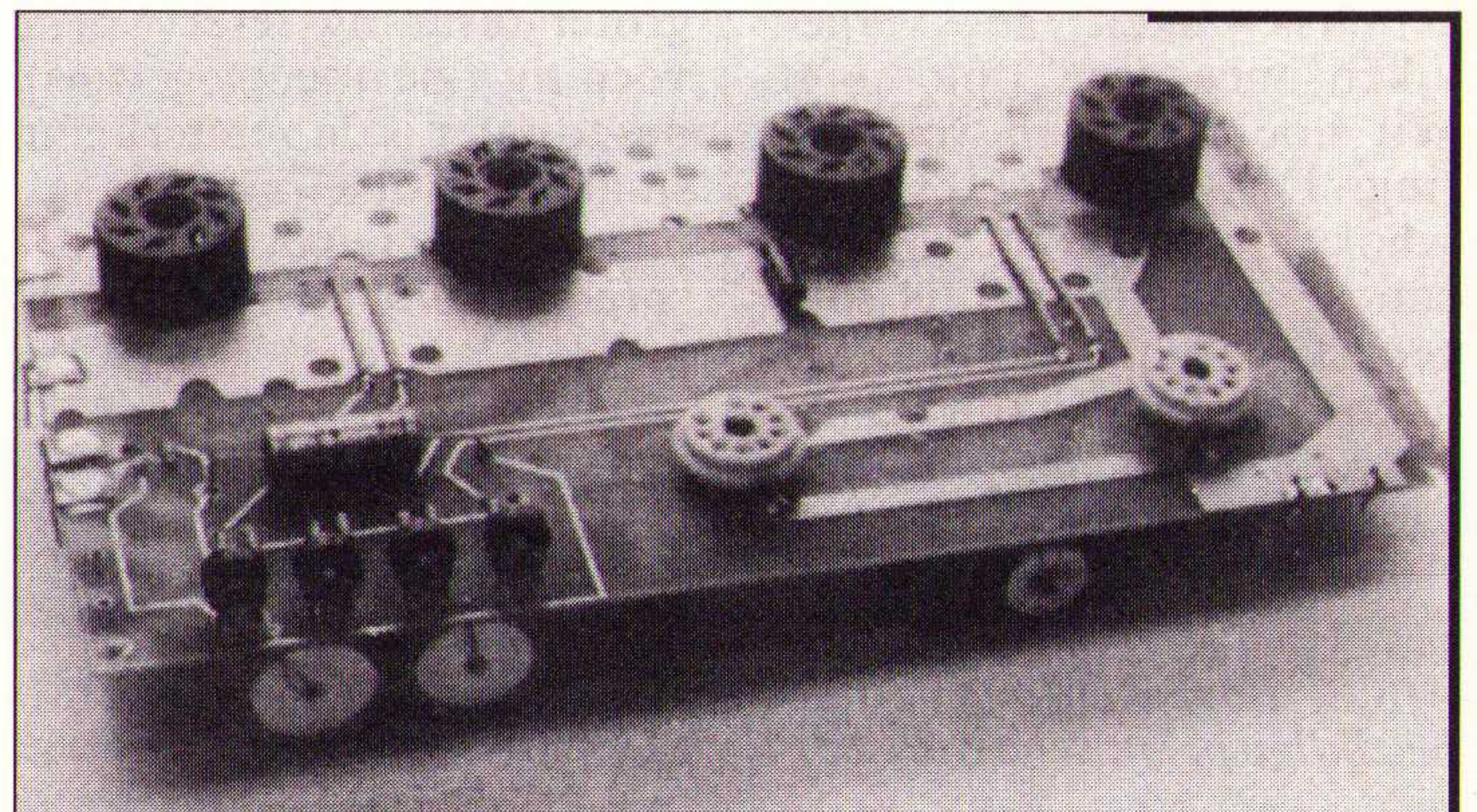
Afb. 5. Gemonteerde onderkant.

tingen naar de voedingstransformator. In het onderdelenpakket zitten vier vlak-stekerdelen 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 dichter bij elkaar zitten dan de steekafstand van de pennen. Dit is 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 rooster-spanning (zie andere kant van de print) aan deze printzijde door te solderen. De vlakstekers voor de uitgangstrafo en de hoogspanning kunnen nu worden aangebracht. 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 afgeschermd 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 rooster-spanning van ongeveer -50 V aanwezig is. Zo nodig moet men daartoe P1 t.e.m. P4 bijregelen. 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 kathodeweerstanden R15, R18, R21 en R24 een spanning



Afb. 7. Gemonteerde bovenkant.

staat van 0,45 V. Herhaal deze instelling regelmatig, ook 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.

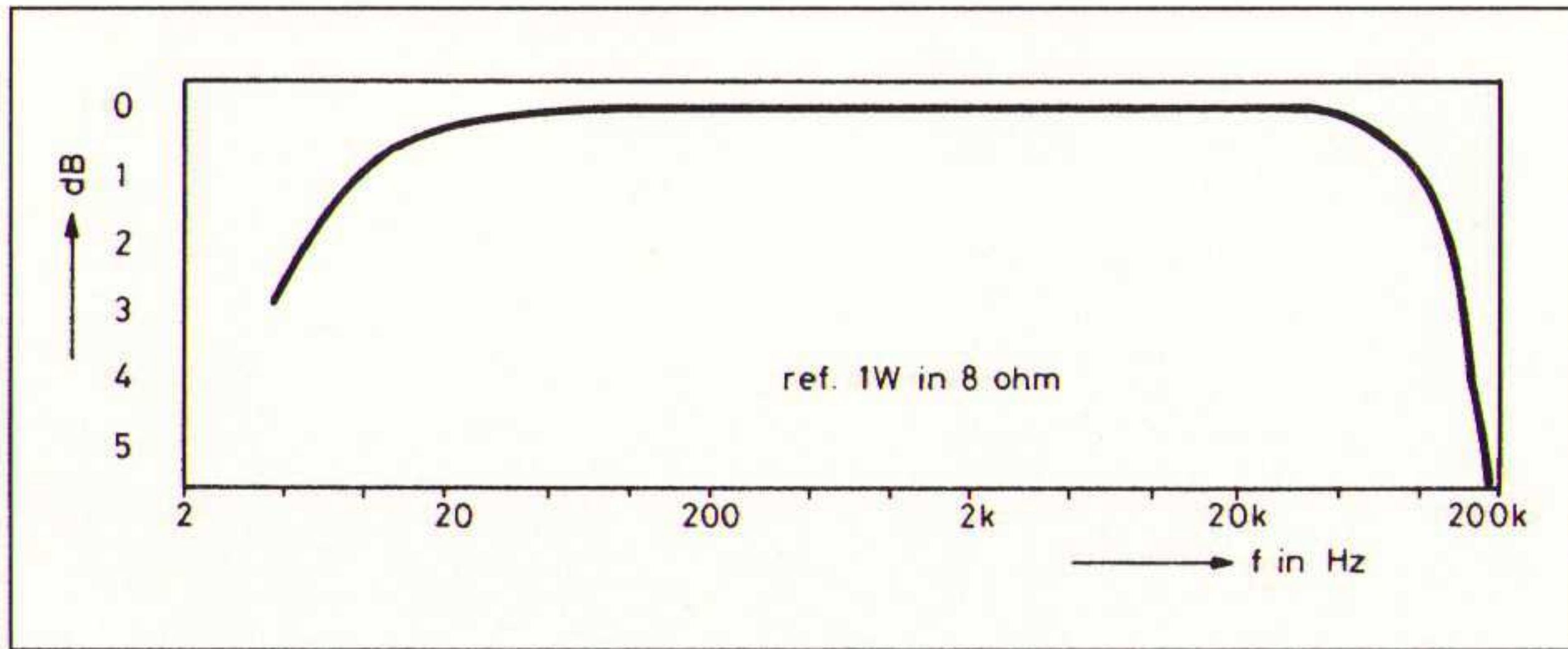
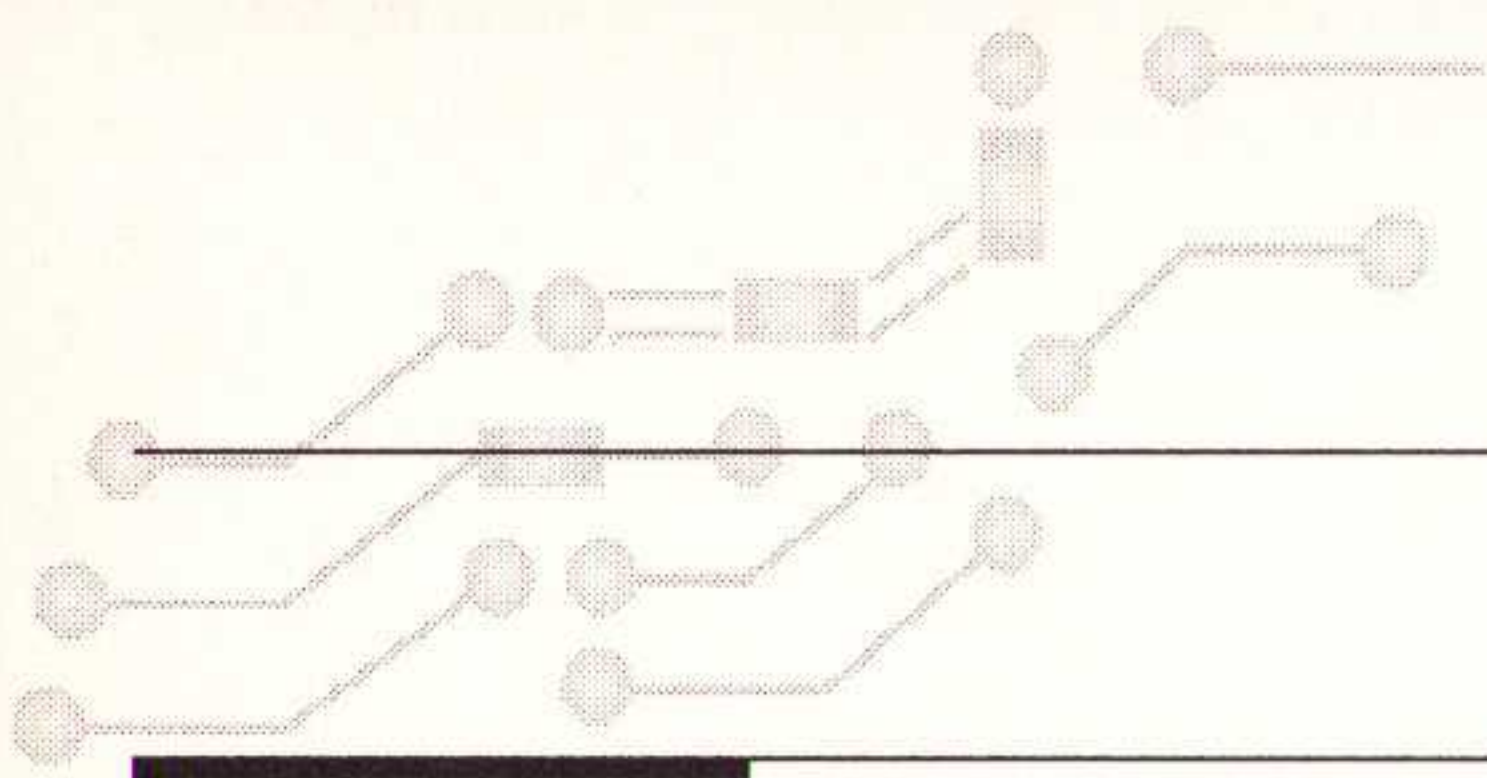
Opmerkingen

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 voedingsspanning mogelijk is en of...

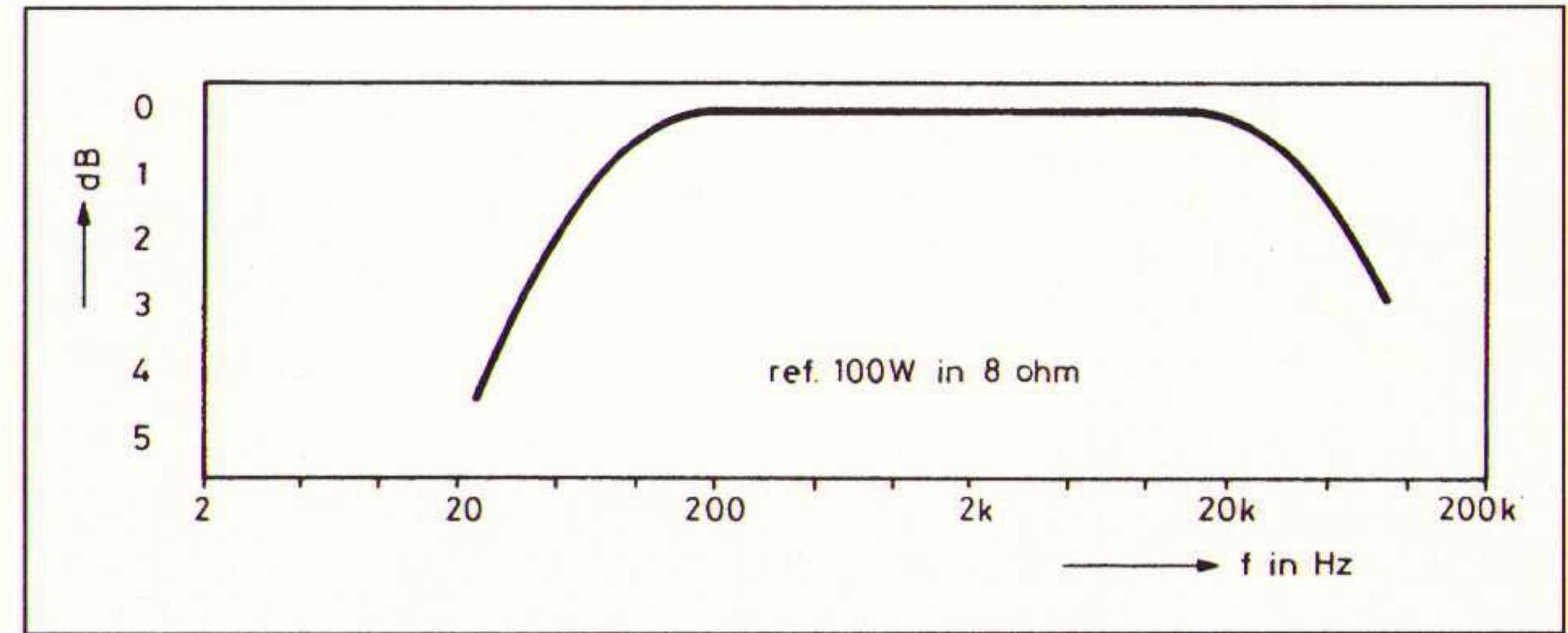
Het is voor ons onmogelijk om nu al op die specifieke problemen in te gaan en we gaan er van uit dat ze in eerste instantie door de eigen ervaring van de lezer kunnen worden opgelost. Wij wensen de lezer in ieder geval veel bouwplezier en luistergenot en... volgende maand komt de voorversterker.

Onderdelenlijst

Weerstanden	
R1, R7, R10, R36, R38, R40, R42	100 kΩ, 1/4 W
R2	820 Ω, 1/4 W
R3	180 Ω, 1/4 W
R4	220 kΩ, 1/2 W
R5, R6	15 kΩ, 1 W
R8, R11	1 kΩ, 1/4 W
R9, R12	47 kΩ, 2 W
R13, R16, R19, R22	10 kΩ, 1/4 W
R14, R17, R20, R23	150 Ω, 1 W
R15, R18, R21, R24	10 Ω, 1 W
R25, R28	27 kΩ, 2 W
R26, R27, R29, R30	2,2 MΩ, 1/4 W
R31, R34	10 kΩ, 1 W
R32	100 Ω, 5 W
R33	4,7 kΩ, 2 W
R35, R37, R39, R41	220 kΩ, 1/4 W
P1, P2, P3, P4	100 kΩ, instelpot, klein staand model, Piher
Condensatoren	
C1, C2	150 nF, 400V, polypropyleen, Wima MKP10
C3, C4, C5, C6	330 nF, 400V, polypropyleen, Wima MKP10
C7, C10	82 pF, 1000V; of 2 in serie 160 pF, 630 V
C8, C9, C11, C12	10 μF, 450 V
C14, C15, C16, C17	47 μF/500 V Amplimo
C18, C19	47 μF/400 V ITT
C20	100 μF/63 V
Halfgeleiders	
D1, D2, D3, D4	IN4007
D5	B80C100
Buizen	
B1	ECC81
B2	ECC82
B3, B4, B4, B6	EL34
Transformatoren	
Tr1	Amplimo XC462
Tr2	Amplimo 7B649



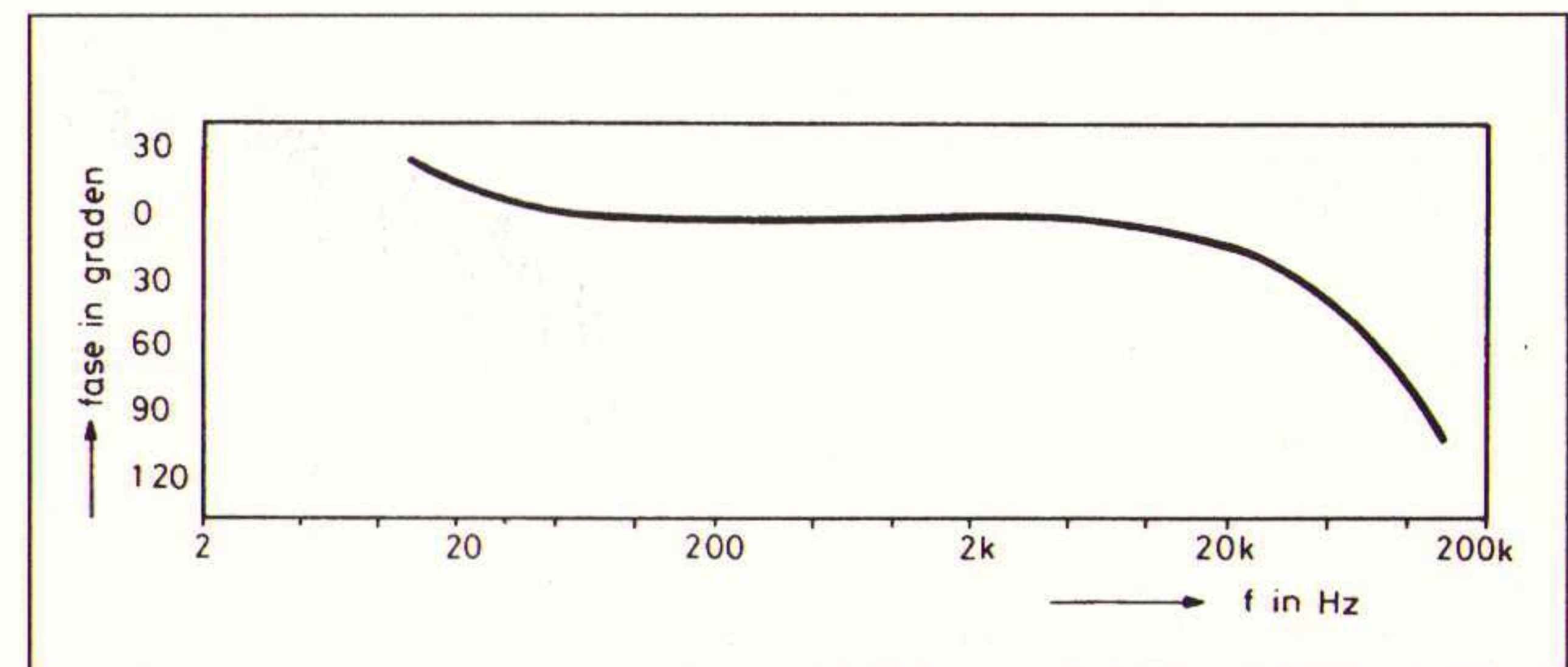
Grafiek 1. Frequentiekarakteristiek.



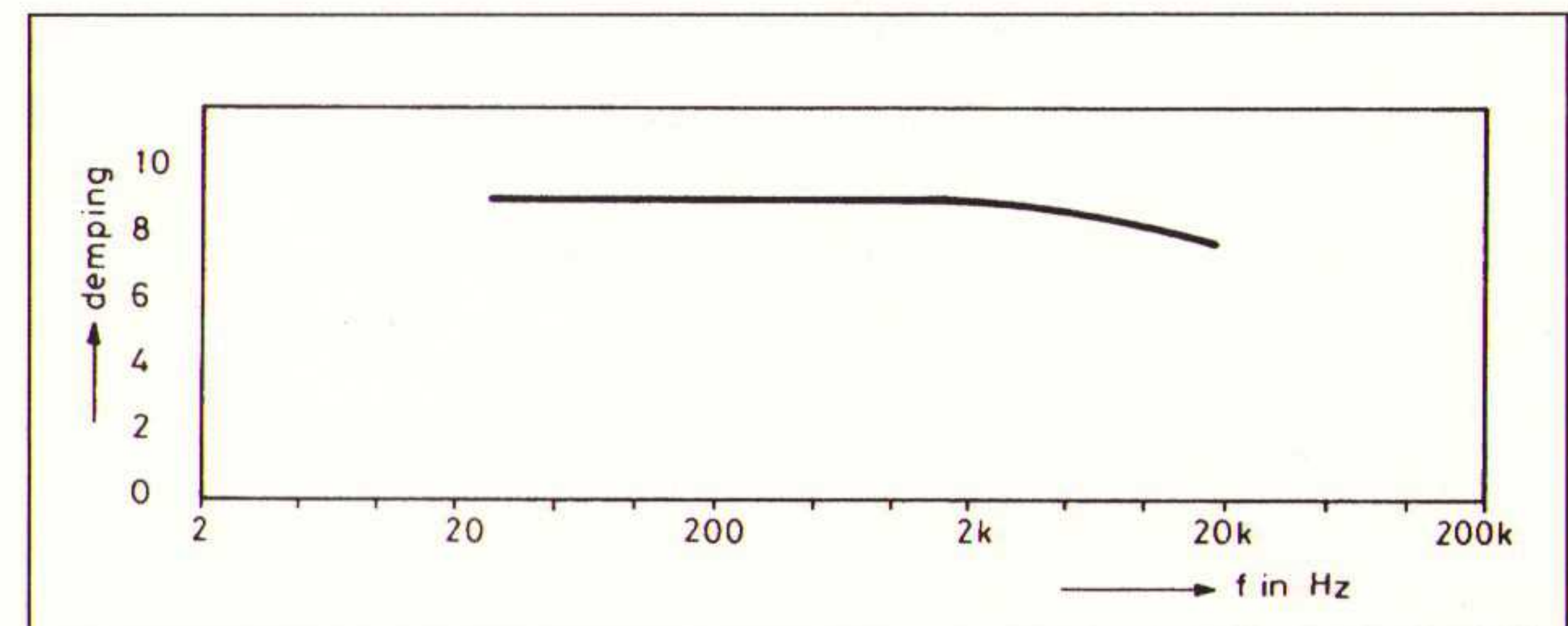
Grafiek 2. Vermogenskarakteristiek.

Meetgegevens

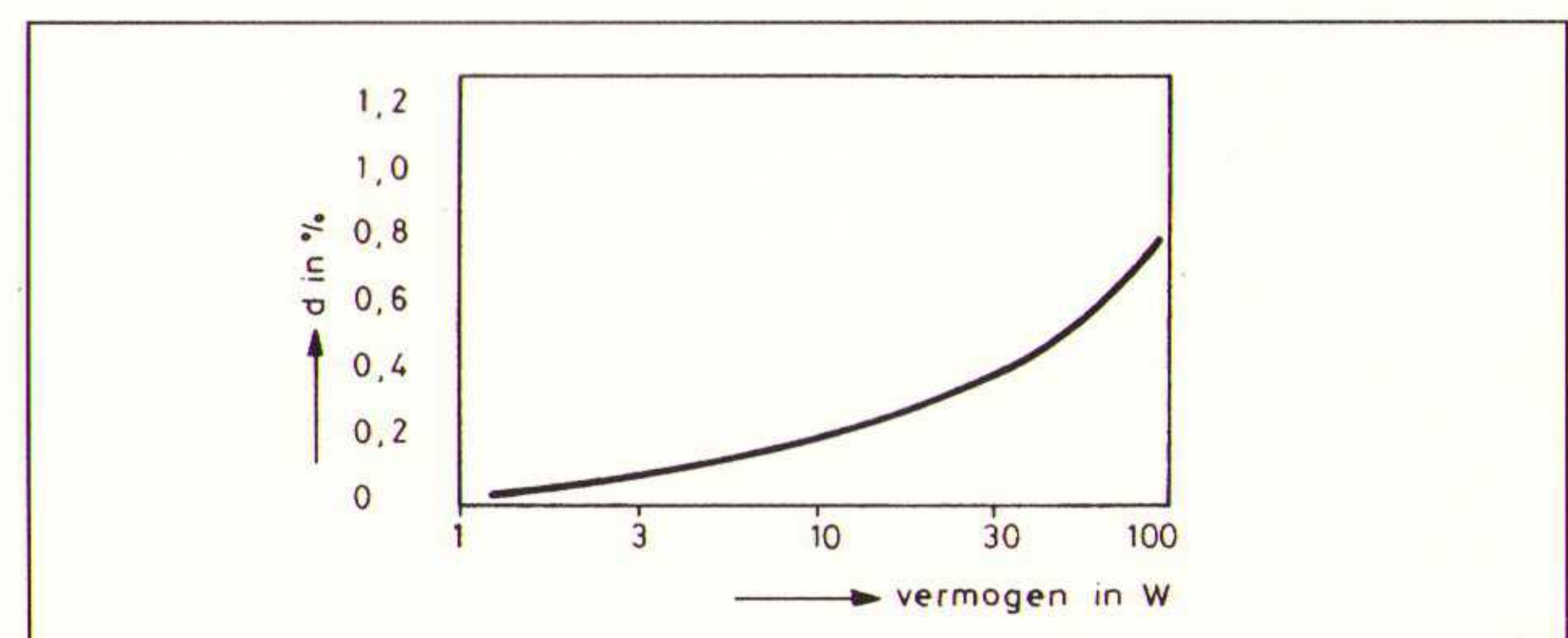
- Apparaat: 100W-buizen eindversterker (Tube-VDV 100).
- Bijzonderheden: ringkerntrafo's, ECC81, ECC82, 4X EL34.
- Frequentiegebied: 5 Hz tot 125 kHz (-3 dB, ref. 1 W in 8 Ω).
- Continu vermogen: 121 W (1 kHz in 8 Ω).
- Burst vermogen: 156 W (1 ms aan, 64 ms uit, 8 Ω).
- Verm. bandbreedte: 30 Hz tot 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/ μ s (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 .
- Dempingsfactor: 8,7, zie grafiek.
- Ingang: 0 dBm (0,775 Vrms), ref. 100 W in 8 Ω .
- Ingangsimpedantie: 100 k Ω DC (geen ingangscapacitor!).
- Uitgang: 8 Ω luidsprekerbelasting.
- Brom en ruis: -87 dB (Arms), ref. 100 W in 8 Ω .
- Voeding: 28 joule voor 4X EL34, 220 V en 200 W.
- Stabiliteit: de ruststroom is per EL34 instelbaar, kan 80 Vtt bij 1 kHz open uitgang verdragen.
- Levering en prijs: zie advertentie Amplimo.



Grafiek 3. Fasekarakteristiek.



Grafiek 4. Dempingsfactor.



Grafiek 5. Harmonische vervorming bij 1 kHz.

Voorversterker met buizen

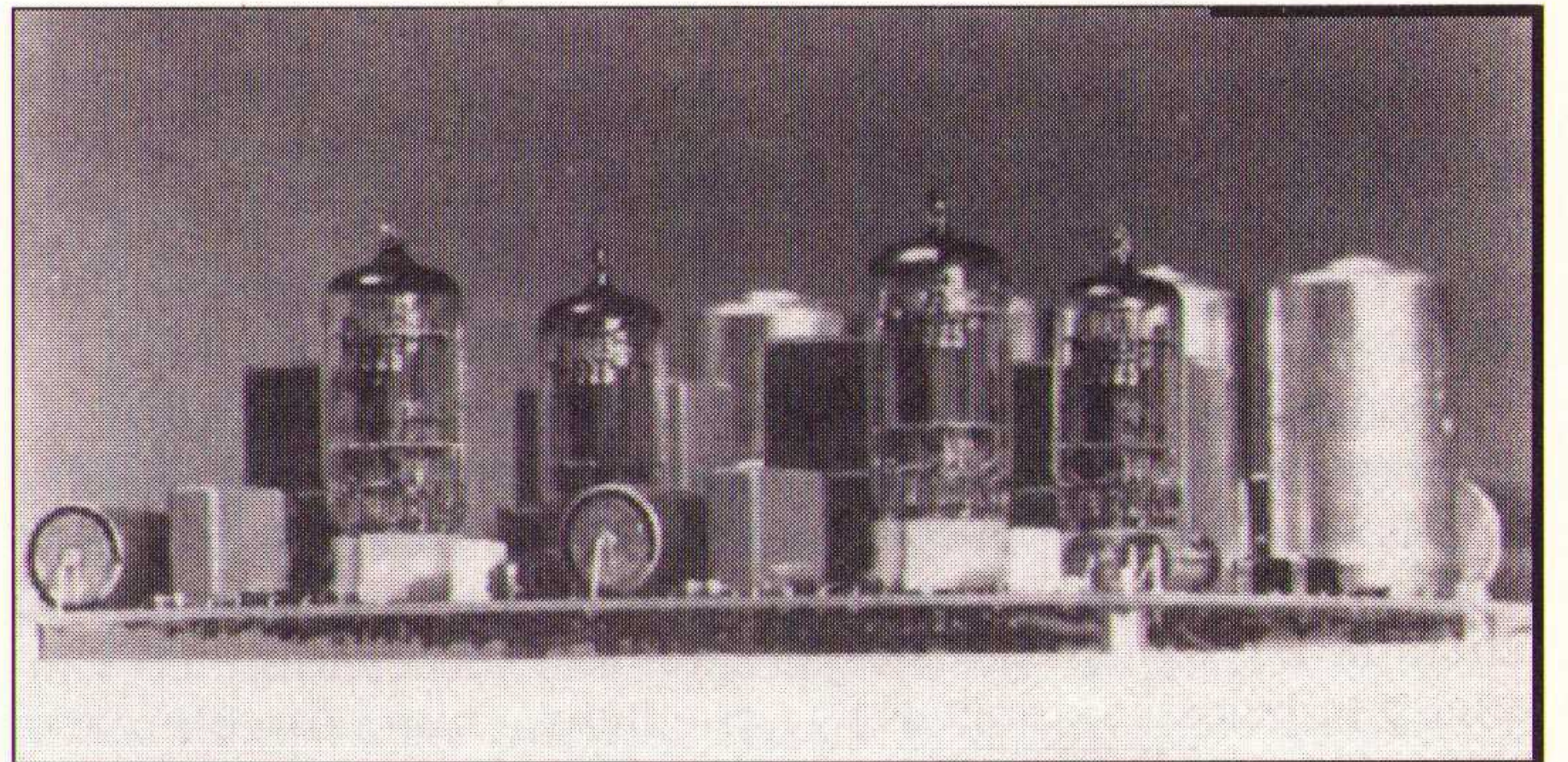
Hifi met buizenbak

Al meer dan twintig jaar lang heeft de transistor de plaats weten in te nemen van buizen. Maar toch is het die transistor niet gelukt om de buis te verdrijven. Ook al zijn er uitstekende FET's en IC's leverbaar, de hifi-liefhebber weet nog steeds de uitzonderlijke kwaliteiten van de buis te waarderen. Volgens sommige audio-freaks kan echte hifi-kwaliteit alleen met buizen worden bereikt. Dit is nogal een kras standpunt waarover we hier niet zullen twisten. Het is in ieder geval wel een feit dat in een buizenversterker de signaalweg directer is en dat daardoor minder hoeft te worden gecorrigeerd. Het kan daarom best waar zijn dat...

Bij het streven naar steeds kleinere en meer betrouwbare hifi-apparaatuur was de intrede van de transistor een uitkomst. De voedingen werden kleiner, warmteproblemen traden niet of nauwelijks meer op en ook de constructie van versterkers ging vele malen gemakkelijker dan met buizen. Deze economische argumenten zijn de hoofdredenen geweest van de snelle en veelvuldige introductie van de transistor. Om in de jaren zestig een buizenversterker te maken was ook geen sinecure. Immers de signaalbronnen waren niet van zo'n hoge kwaliteit als tegenwoordig. Alle filter- en correctieschakelingen waren nodig om de onvolkomenheden van plaatopnames en ruisende ontvangers en dergelijke weg te werken. Ook schrok men er niet voor terug om uitgebreide klankregelnetwerken (Baxandall-filters) toe te passen om zoveel mogelijk de onvolkomenheden van signaalbronnen en luidsprekers te elimineren. En juist voor al die correctieschakelingen zijn de transistoren en geïntegreerde circuits in het voordeel. Niks geen omvangrijke onderdelen meer, maar op een klein plekje een complete toonregeltrap. Toch zijn de buizenversterkers van vroeger nog steeds zeer gewilde verzamelobjecten. Zoals McIntosh, Leak, Quad, Marantz of Dynaudio om maar een paar beroemde merken te noemen.

Vacuüm of silicium?

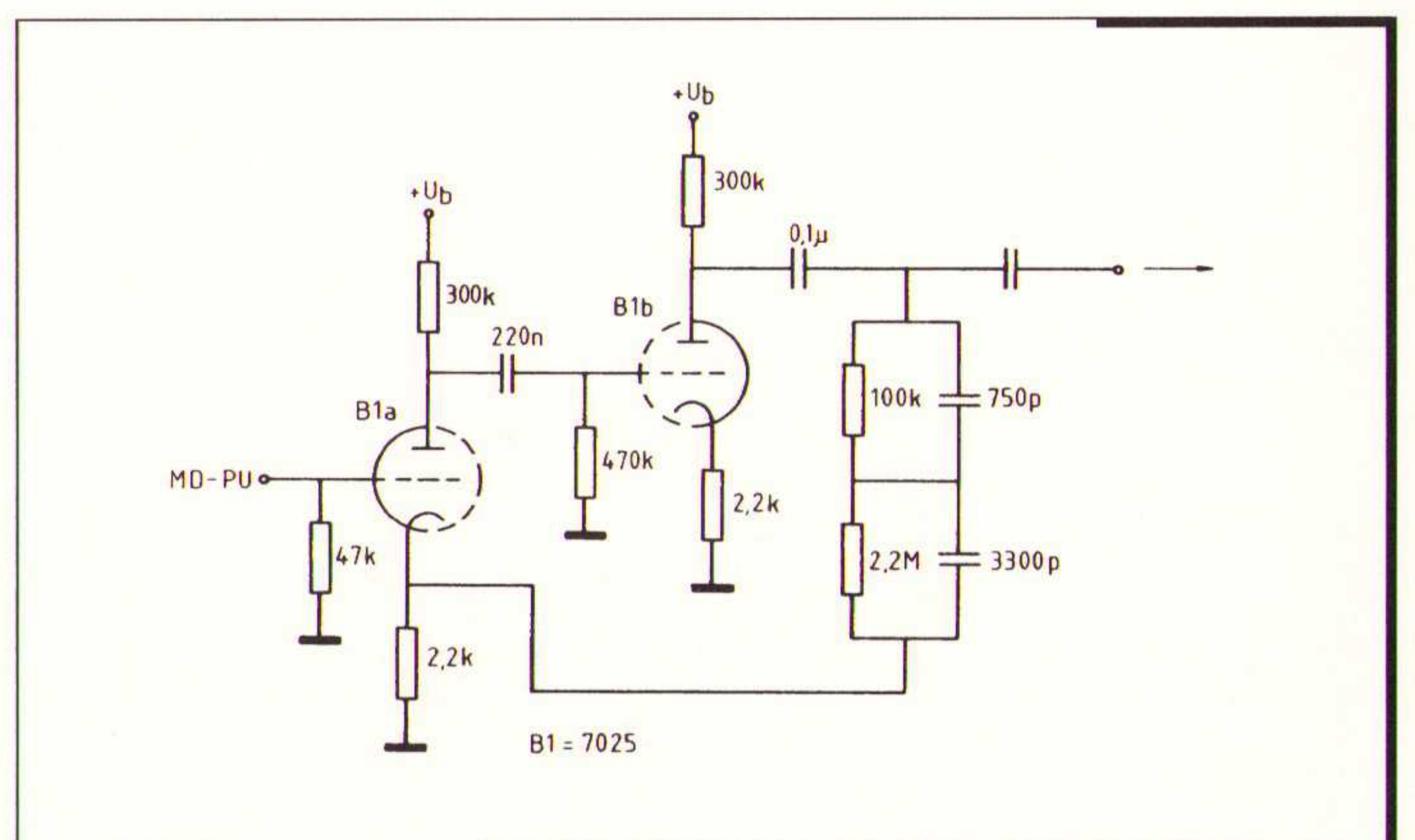
Ruwweg gezien kun je de audiowereld indelen in twee kampen. De ene roemt de kwaliteiten van de buizen, terwijl de ander de analytische benadering van de transistor wenst. De buizenliefhebber spreekt over de warmte en de concertzaal-atmosfeer die hij/zij mist bij de transistorversterker. Maar meettechnisch is de buizenversterker lang niet altijd een raspaardje. Vervorming en brom zijn vaak beduidend slechter dan bij de halfgeleiderversterker. Wat is nu hifi? Aangenaam geluid of analytische weergave van de signaalbronnen? De hier aangebrachte scheiding is bewust wat kunstmatig versterkt, want de moderne buizenversterker bereikt specificaties die niet voor zijn halfgeleider opponent behoeven onder te doen. Immers uitgebreide correctieschakelingen zijn nu niet meer nodig omdat we tegenwoordig hoogwaardige signaalbronnen als CD-spelers hebben. En ook de kwaliteit van de luidsprekers is met grote sprongen toegenomen. In die situatie heeft de buizenversterker aanzienlijke voordelen vanwege de grote eenvoud van schakeling en de afwezigheid van interne correcties om het gehele spulletje correct te laten werken.



Zaken als grote dynamiek en slew-rate, lage ruisspanning en grote lineariteit zijn bij de buis beter en gemakkelijker te realiseren.

Lineaire versterking

Tegenwoordig kunnen we ons bij de ontwikkeling van een voorversterker - afgezien van de RIAA-correctie - beperken tot zuivere lineaire versterking. Vroeger waren hoogwaardige condensatoren nauwelijks te krijgen en heel duur. Nu is dat niet zo'n probleem meer en zijn ook de prijzen dermate gunstig dat een voorversterker met buizen geen onbetaalbaar object wordt. Het is zelf zo dat een buizenversterker nu nauwelijks duurder hoeft te zijn dan een transistorvoorversterker. Maar de kwaliteit van die buizenversterker staat veel hoger. Hoe komt dat toch? De reden is simpel. Voor de RIAA-correctie is maar één buis nodig terwijl voor de lineaire voorversterking volstaan kan worden met een dubbel triode. Vergelijk dat maar eens met IC's waar al gauw honderd transistoren in zitten, die elk hun kleine bijdrage leveren tot de vervorming en dan wordt de voorkeur voor de buis duidelijk. De RIAA-correctie en daarmee de magneto dynamische voorversterking wordt dus met één buis gerealiseerd (zie afb. 1). Dit is een dubbele triode die zo geschakeld is dat de RIAA-correctie zowel actief als passief kan worden uitgevoerd. In de lineaire voorversterker is een instelpotmeter opgenomen waarmee de versterkingsfactor onafhankelijk van de frequenties kan worden ingesteld. De voeding is dank zij de halfgeleidercomponenten uiterst simpel en effectief. In eerste instantie laat deze samenstelling niets te wensen over. Toch zou een halfgeleiderversterker misschien betere brom en ruiscijfers laten zien. Maar als er luid-



Afb.1. Detail van de actieve RIAA-correctie.

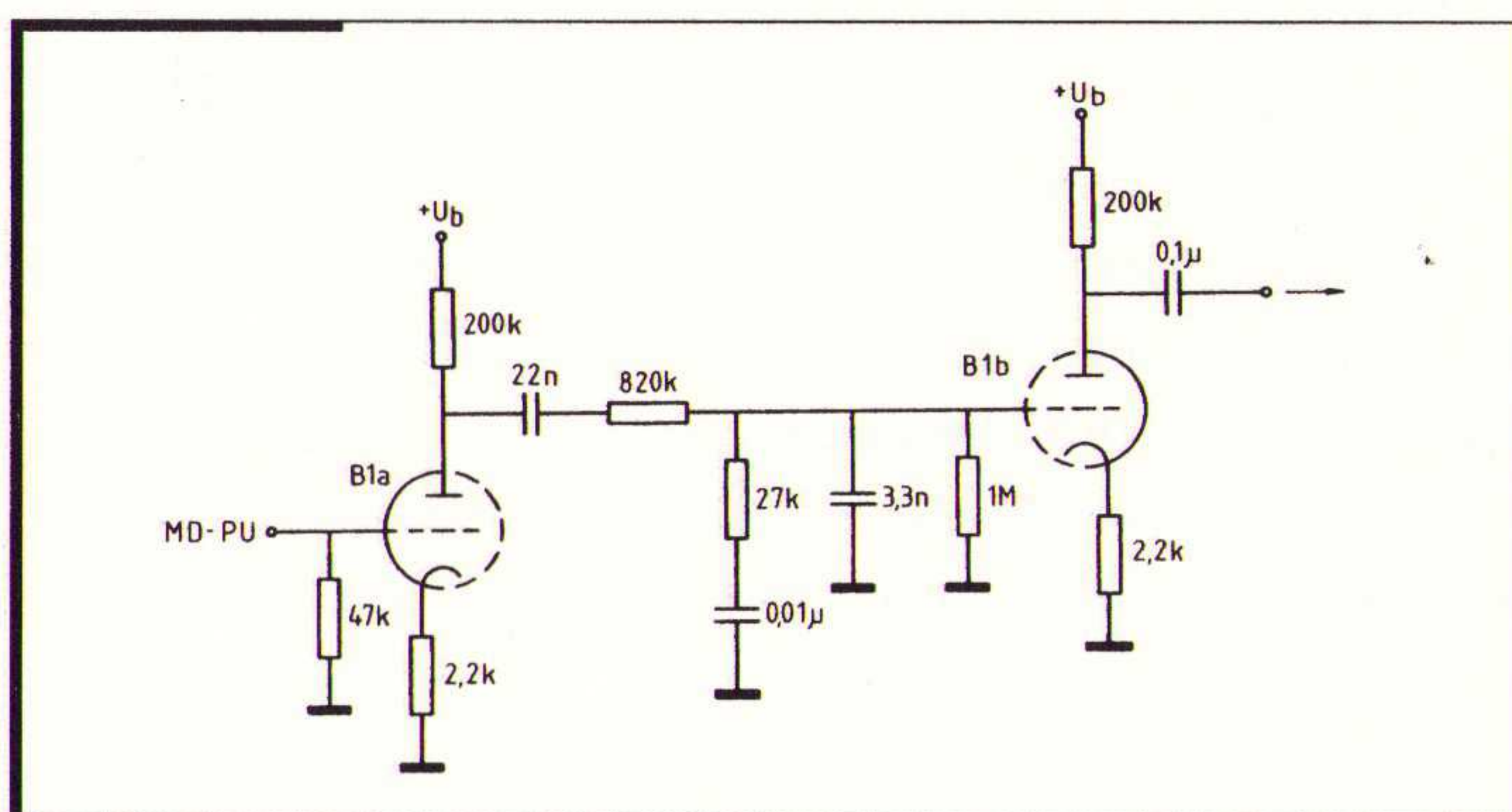
sprekers gebruikt worden met een rendement dat kleiner is dan 90 dB/1 W/1 m, dan speelt die brom en ruis geen rol meer en overheersen de goede kwaliteiten van de buisweergave: het warme en transparante geluidsbeeld met de hoge uitsturingruimte die volledig aan de moderne compact disk tegemoet komt.

RIAA-correctie

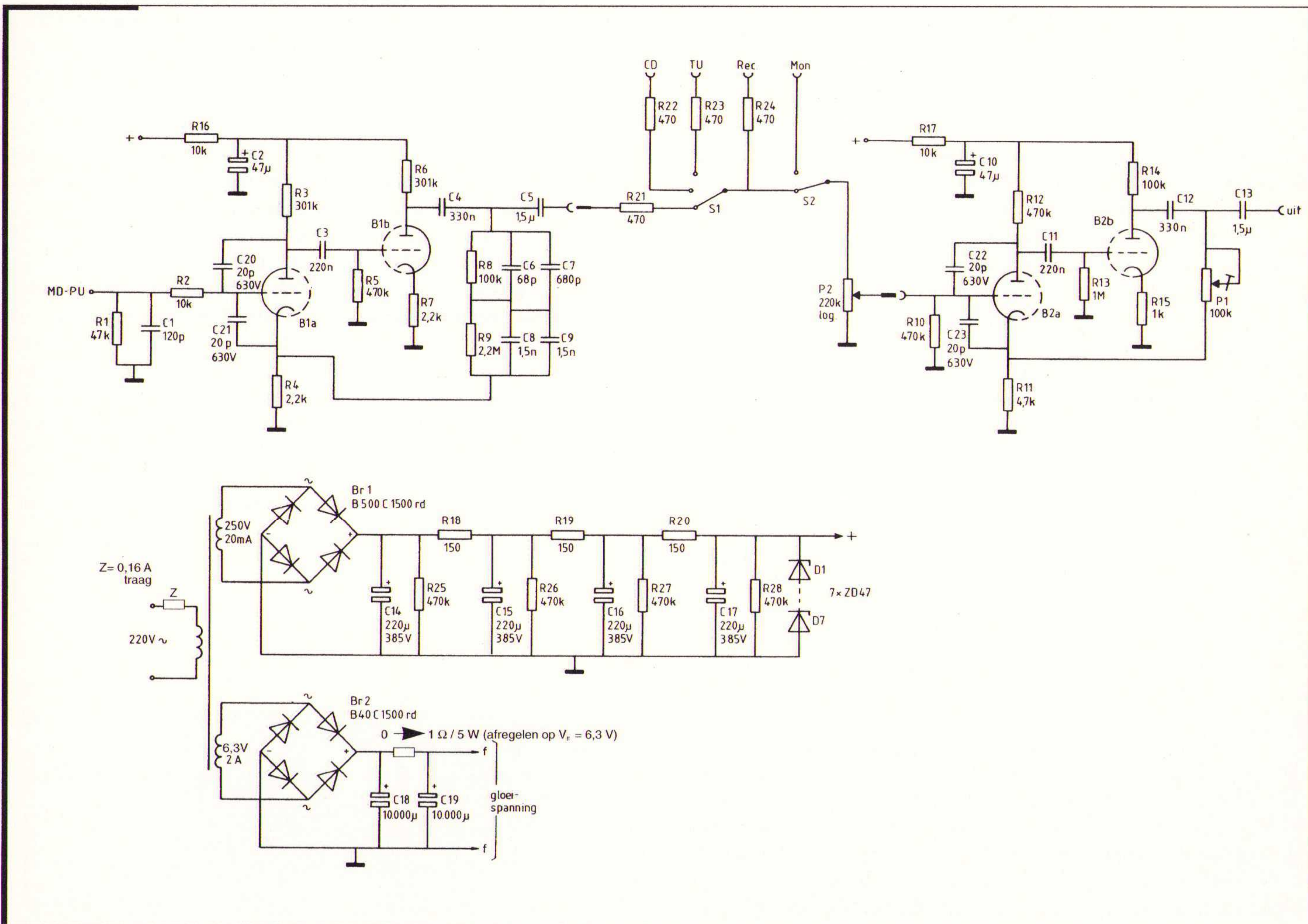
Om zoveel mogelijk muziek op een plaat te krijgen, worden de lage tonen verzwakt opgenomen. Daarnaast worden de hoge tonen versterkt op de plaat gezet en later in de versterker verzwakt.

Dat is weer gunstig voor de ruis. Deze slimme correctie noemt men de RIAA-correctie. Een voorversterker moet dit weer ongedaan maken en dat kan gelukkig met een paar weerstanden en condensatoren. De eerste versterkertrap (B1a) begint met $R1=47\text{ k}\Omega$ en $C1=120\text{ pF}$ (zie afb. 2). Deze beide onderdelen vormen de ingangsweerstand en -capaciteit van deze voorversterker voor magneto dynamische elementen. Mocht het nu voorkomen dat elementen beter werken met een andere afsluitweerstand en -capaciteit, dan schrome men niet om $R1$ en $C1$ aan te passen en te optimaliseren. Weerstand $R2$ zorgt ervoor dat hoogfrequentstoringen worden tegengehouden (in samenwerking met de ingangscapaciteit van de buis) en het signaal komt dan op het rooster van de eerste helft van de 7025 (bijzondere uitvoering van de ECC83). We hebben bewust dit buistype gekozen omdat de 7025 voorgeselecteerd is op hoge mechanische stabiliteit en lage ruis. De beide triodehelften werken als een tweetraps voorversterker met frequentie-afhankelijke tussenkoppeling ($R8, R9, C5, C7, C8$ en $C9$). Deze tegenkoppe-

ling corrigeert de al eerder genoemde RIAA-opnamecurve en het resultaat is nu een rechte frequentie karakteristiek. Neem voor deze weerstanden en condensatoren types met een tolerantie van 2% of beter. De RIAA-correctie kan ook passief. De dan te gebruiken componentenwaarden staan in afb. 3. Het is niet zo moeilijk om de tijden van het RIAA-correctiewerk te weten te komen. Die staan wel vermeld in de vakliteratuur. Wat echter nogal wat experimenteel werk gevraagd heeft is de optimale combinatie van componenten te vinden die goed klinkt. Die componentwaarden staan hier vermeld en ze zijn het resultaat van vele luisterproeven. De koppelcondensatoren $C3, C4$ en $C5$ verdienen bijzondere aandacht. Ze zijn nodig om de gelijkspanning van de anoden tegen te houden. Maar ze mogen de geluidssignalen NIET beïnvloe-



Afb.3. Op deze manier kan de RIAA-correctie passief worden gerealiseerd.



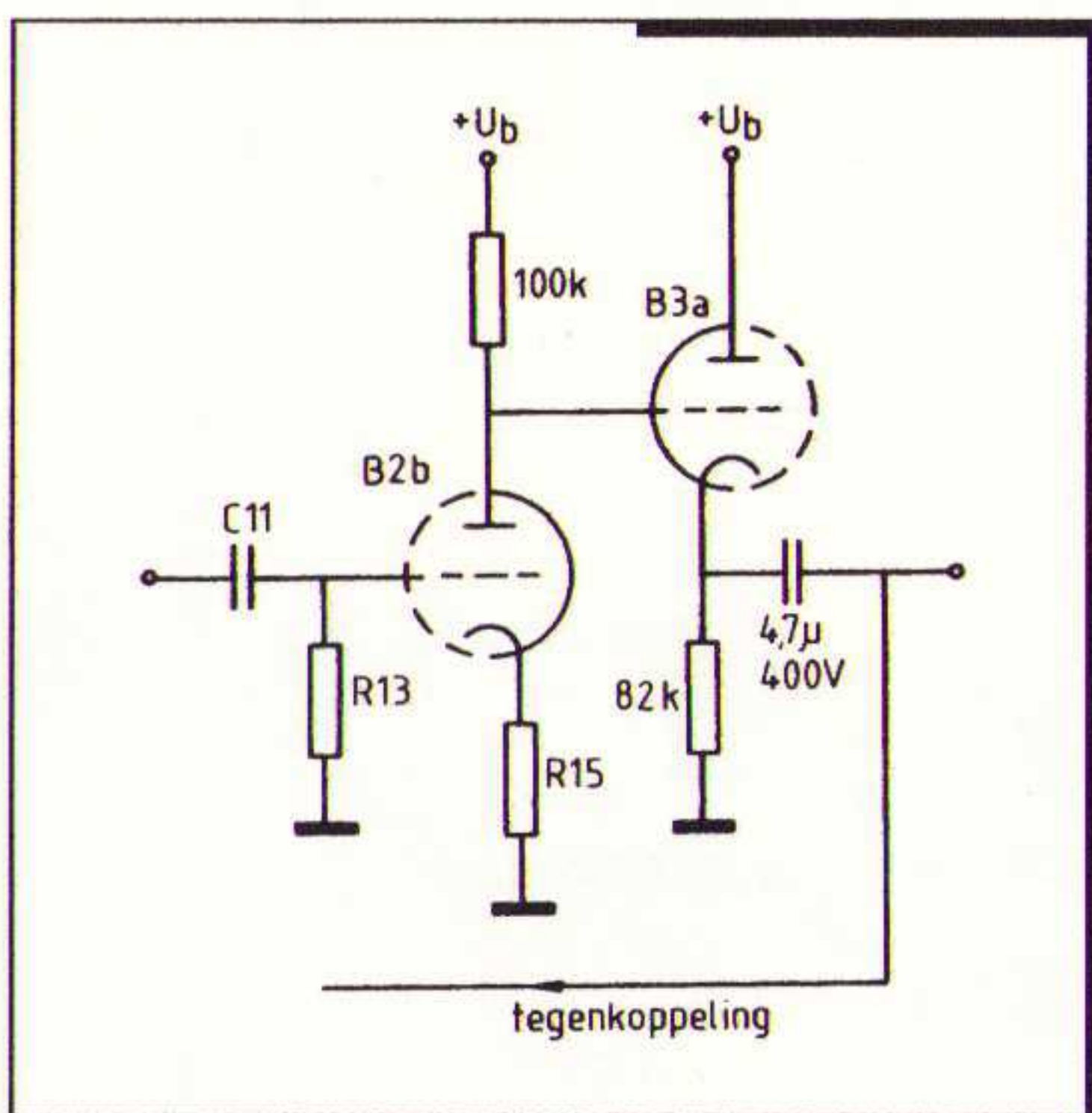
Afb.2. Principeschema van de gehele voorversterker. Slechts één kanaal is getekend. Het andere kanaal is identiek.

den. Dus hier is goede kwaliteit bijzonder belangrijk. Luisterproeven toonden aan dat de Wima-types MKP10 prima voldoen. Omdat in deze eenvoudige voorversterkingsschakeling geen kathodevolgers zijn toegepast, bepalen C3 en C4 en C5 mede de ingangsimpedantie van de daarop volgende versterkertrap en daarmee ook de onderste grensfrequentie van de RIAA-correctieschakeling. Kijken we bijvoorbeeld naar de impedantie die na C4 en C5 volgt ($P2=220\text{ k}\Omega$), dan komt de onderste grensfrequentie te liggen bij 3 Hz. (Hierbij is de belasting van het tegenkoppelnetwerk niet meeberekend.) Duidelijk moge zijn dat men in de problemen komt als deze magneto dynamische voorversterker zonder meer op een versterker wordt aangesloten, die bijvoorbeeld een ingangsimpedantie van $10\text{ k}\Omega$ heeft. In dat geval zal er te weinig bas te horen zijn. Maar door de zorgvuldige dimensionering van deze schakeling treedt dit probleem hier niet op en zijn kathodevolgers als impedantieomvormers niet nodig.

Lineaire voorversterker

Er volgt nu eerst de keuzeschakelaar S1 waarmee men kan bepalen welke signaalbron gaat worden beluisterd. Dat kan de platenspeler zijn, maar ook een radio of CD-speler. De koppeling met een bandrecorder - straks spreken we alleen nog over de DAT-recorder - gaat via de tape-monitorschakelaar S2. Vervolgens wordt de sterkte van het signaal geregeld met volumeregelaar P2. De eigenlijke voorversterker wordt gevormd door de tweede buis (B2a en B2b). Ook hier is gekozen voor het type 7025. Met instelpotiometer P1 is de versterkingsfactor van deze buisschakelaar instelbaar gemaakt.

Dit biedt de mogelijkheid om optimale aanpassing aan de ingangsevoeligheid van de eindversterker in te stellen. Mocht het nu nodig zijn om eindversterkers aan te sturen die een laagohmige ingangsimpedantie hebben (minder dan $60\text{ k}\Omega$), dan is er een extra kathodevolger nodig. Zie daartoe afb. 4. Maar aangezien de meeste eindversterkers een ingangsimpedantie hebben van $100\text{ k}\Omega$, is het onwaarschijnlijk dat er een extra kathodevolger moet worden toegepast.



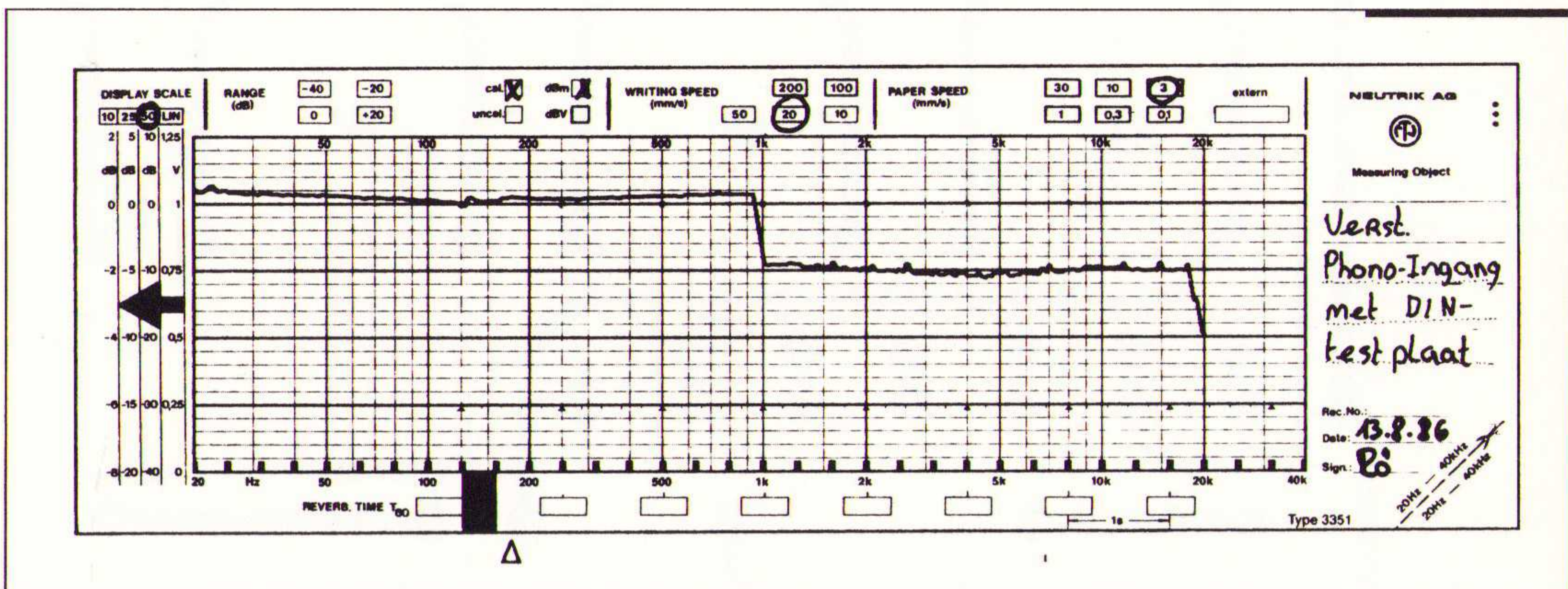
Afb.4.

Deze kathodevolger (impedantieomvormer) is nodig als lage impedanties moeten worden aangestuurd.

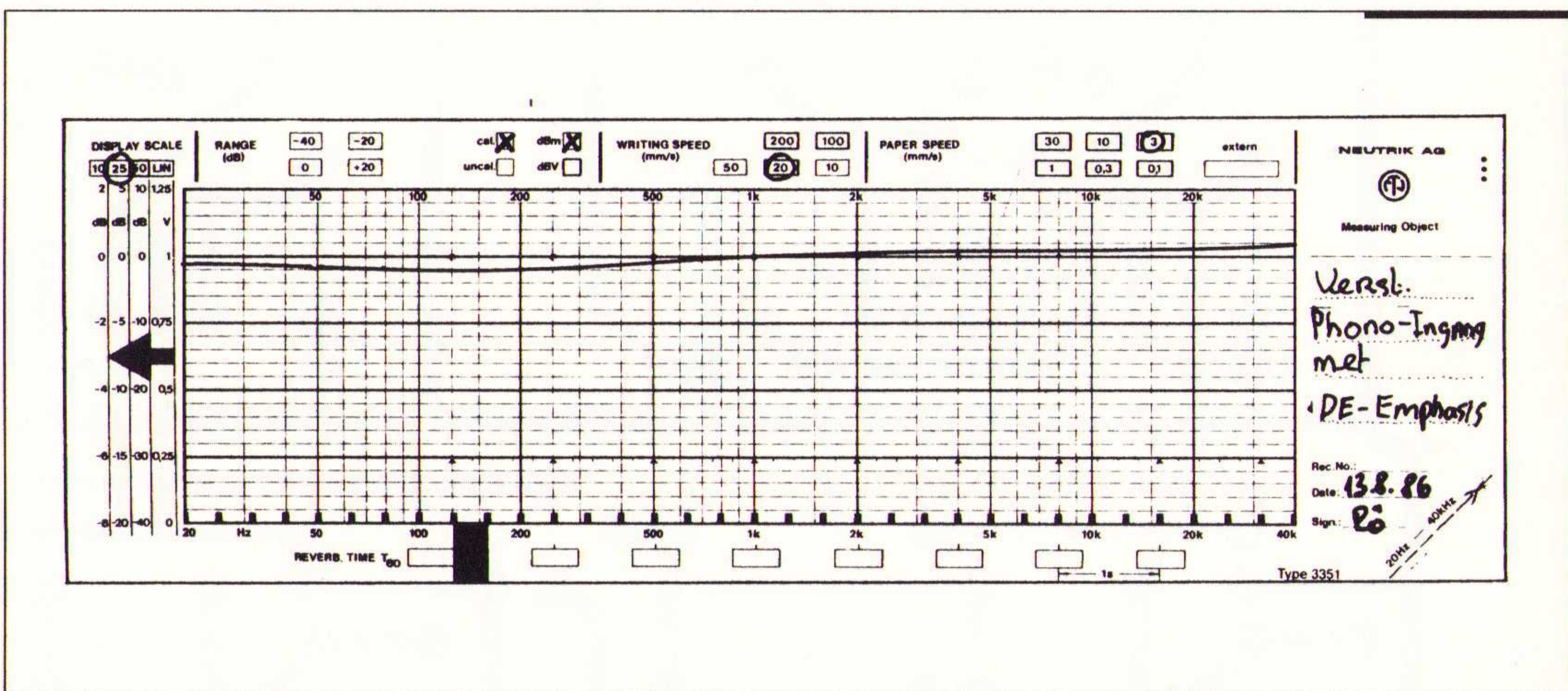
Hoogspanning

We hebben nu de gehele voorversterker en kunnen ons wijden aan de details. Het stroomverbruik van de schakeling is gering. Er moet hoogspanning worden geleverd en een voeding voor de gloeidraden. De transformator past op de print. Amplimo levert deze trafo ook in ringkernuitvoering voor de puristen onder typenummer IN242. Na gelijkrichting moet de hoogspanning worden ontdaan van de 100Hz-rimpelspanning. Dit gebeurt bijzonder effectief, en ondertussen toch weer heel simpel, door C14 tot en met C17 met bijbehorende weerstanden. Door toepassing van zeven zenerdioden met een zenerspanning van 47 V wordt de hoogspanning gestabiliseerd op $7 \times 47 = 329\text{ V}$.

Dit levert een uiterst stabiele en rustige hoogspanning op, wat zeer belangrijk is voor een goede impulsweergave zonder ongewenste uitslissingen en doorlek van hogere frequenties via de voedingslijnen. Iedere versterkertrap heeft nog een aanvullende voedingsontkoppeling bestaande uit een elco van $47\text{ }\mu\text{F}$ en een weerstand van $47\text{ k}\Omega$.



Grafiek 1. Frequentie karakteristiek in de stand 'platenspeler'. Gemeten is met de meetplaat DIN45543. Om technische redenen is op deze plaat bij 1 kHz een signaalsprong van 10 dB aanwezig.



Grafiek 2. Frequentie karakteristiek in de stand 'platenspeler'. Nu is echter een toongenerator met een anti-RIAA-schakeling aangesloten.

Hierdoor wordt onderlinge beïnvloeding van de verschillende versterkertrappen tot verwaarloosbare proporties teruggebracht. De weerstanden R25 t/m R28 zorgen ervoor dat de condensatoren zich goed ontladen als de voorversterker wordt uitgezet. Toch moeten we waarschuwen voor de hoge spanning in deze voorversterker. Oppassen is de regel en het ouderwetse advies 'één hand in de broekzak' kan stevige schokken voorkomen.

Afb.5. Print, schaal 1:1.

220 V

7696

Line Out

Line Out

Line In

Line In

Phone Out

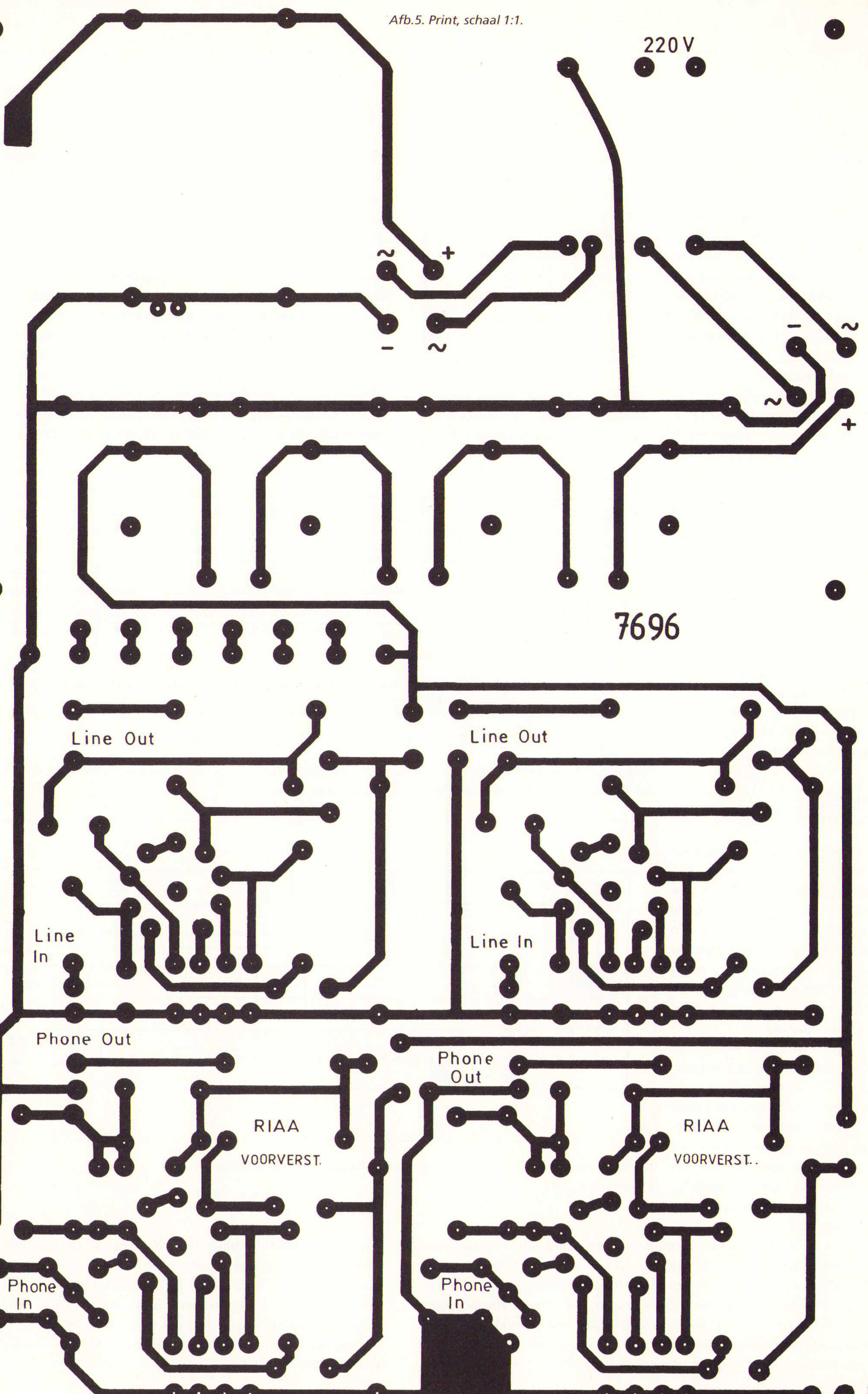
Phone Out

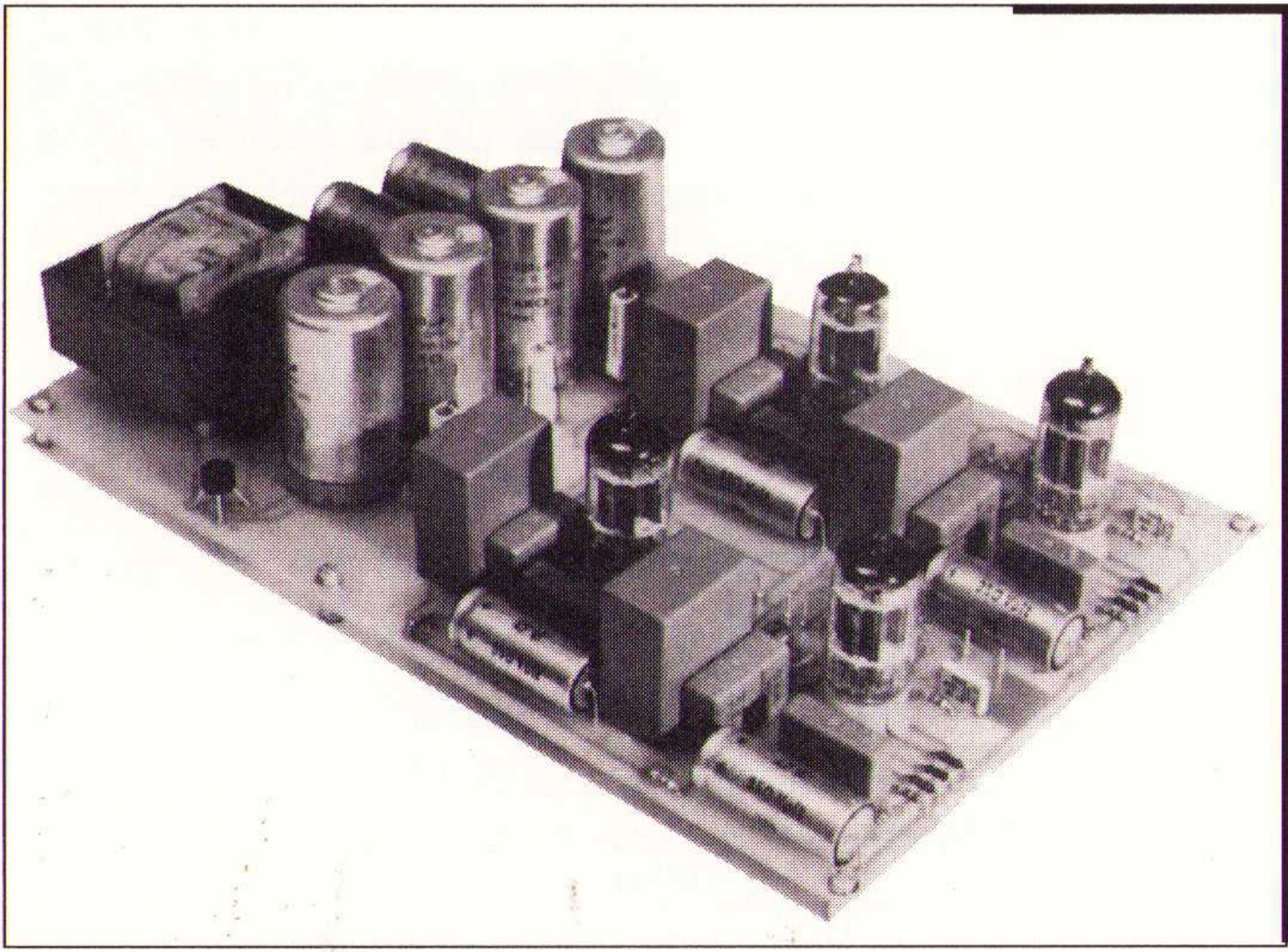
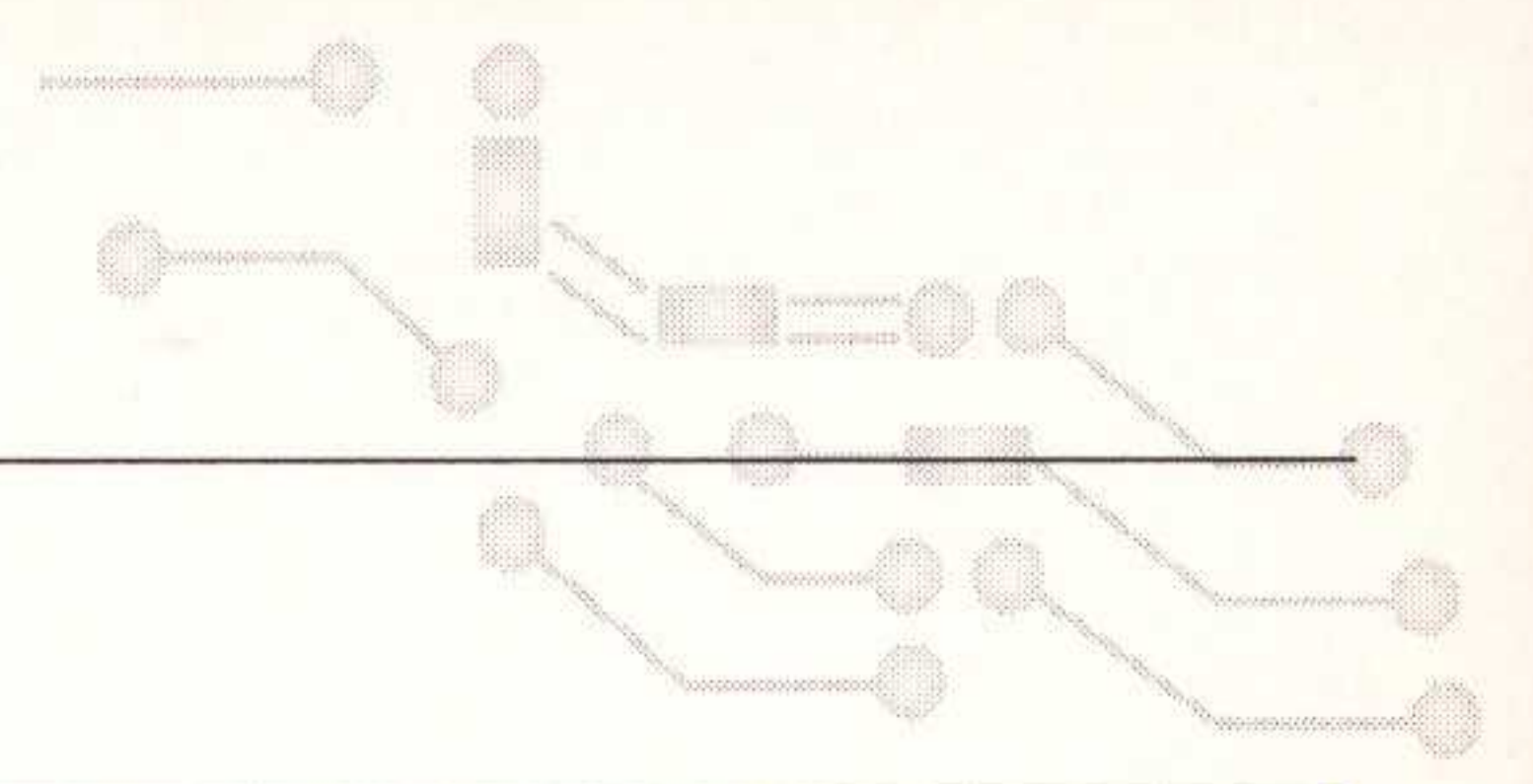
RIAA
VOORVERST.

RIAA
VOORVERST.

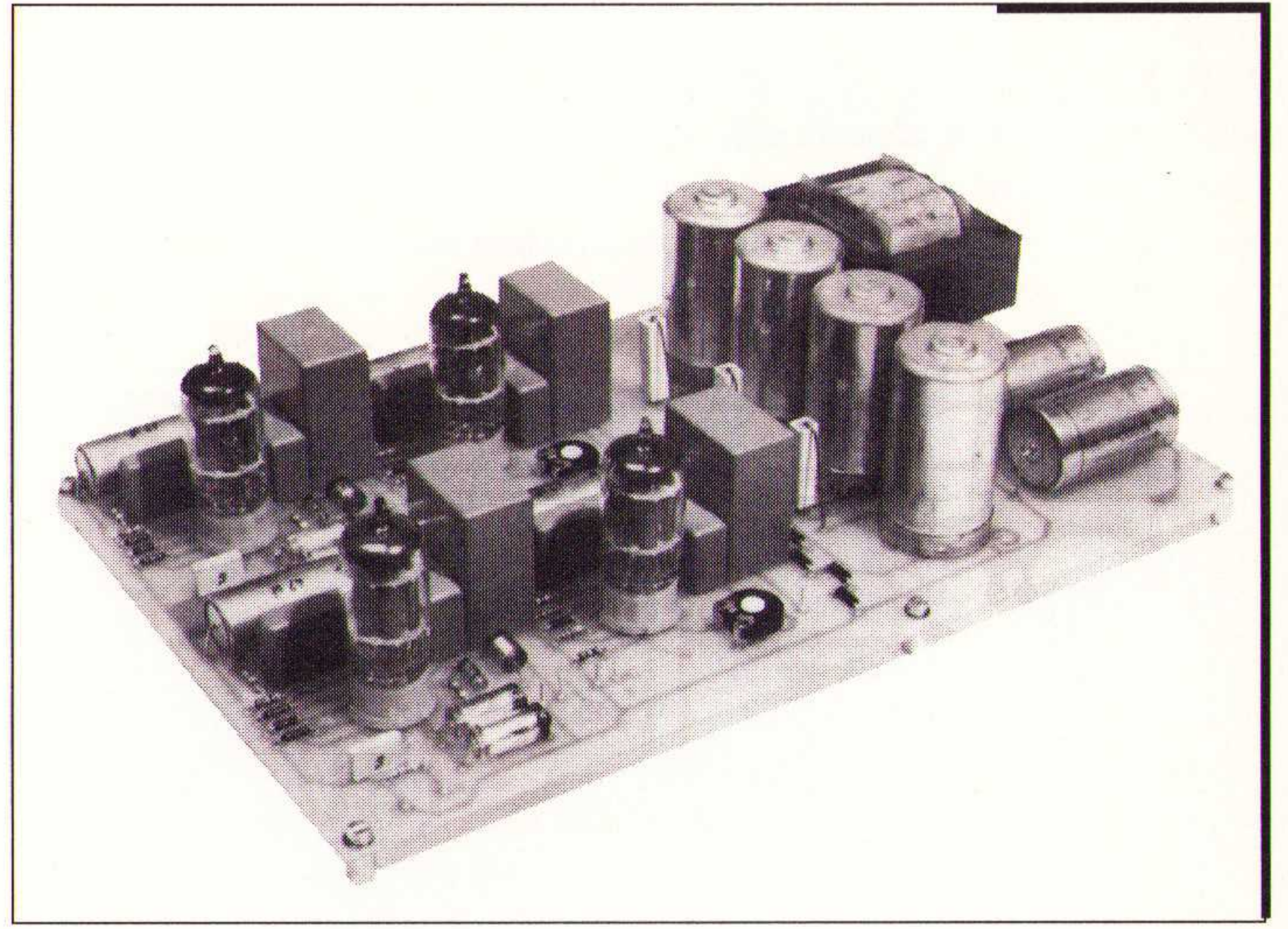
Phone In

Phone In

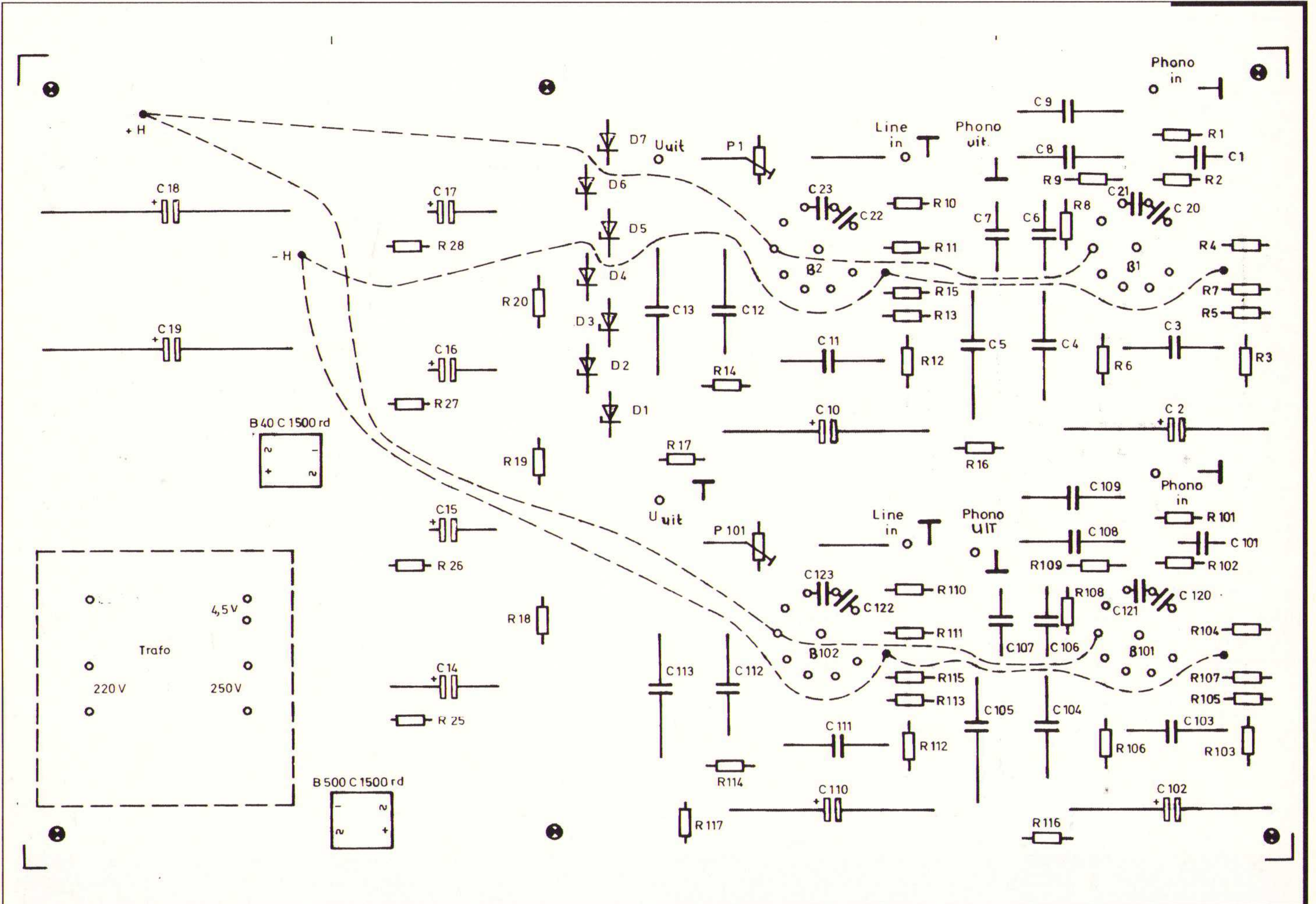




Afb.6. De gemonteerde print.



Afb.7. De buizen in vol aanzicht.



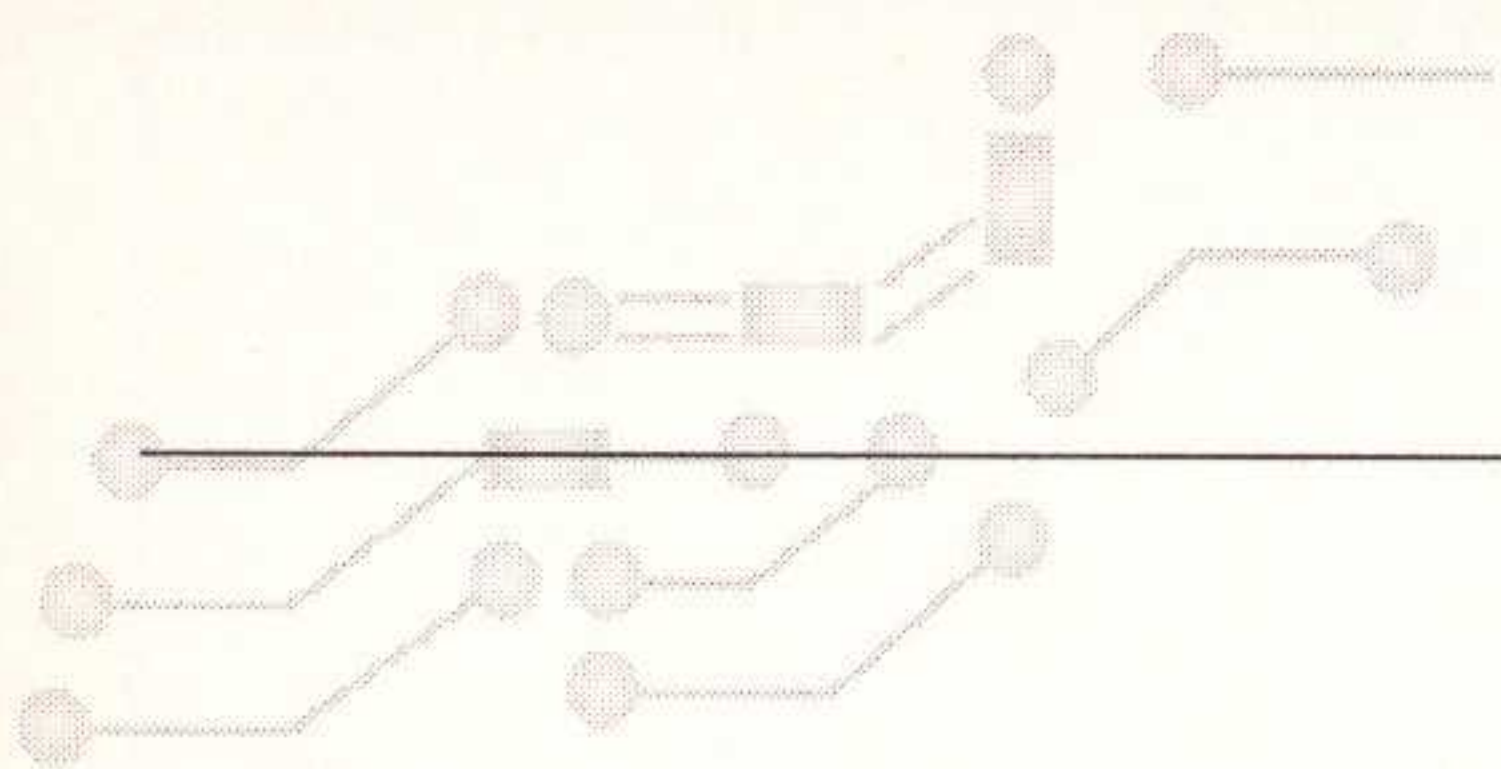
Afb.8. Onderdelenbezetting van de print. C20 t/m C23 en C120 t/m 123 (van het andere kanaal) worden rechtstreeks onder de buisvoetjes gesoldeerd. De gestippelde verbindingen zijn aansluitingen voor de gloeidraadspanning.

Voeding van de gloeidraden

Normaal worden de gloeidraden gevoed met 6,3 V wisselspanning. Bij deze schakeling is de wisselspanning gelijkgericht en van zijn rimpel ontdaan door C18 en C19. Het grote voordeel van deze schakeling is dat de zozeer gevreesde brom niet op zal treden.

Bouwaanwijzingen

Zoals in afb. 5, 6 en 8 is te zien wordt de gehele stereoversterker op één print gemonteerd. Daarop zitten dan ook alle aansluitpennetjes voor de koppeling met schakelaar S1 en S2 en potentiometer P2. De aanvoerdraden voor de gloeispanning zitten niet op deze print, dus



moeten nog los worden aangebracht. Afb. 8 geeft duidelijk aan hoe dat moet.

Wat voor kast men moet nemen of welke pluggen, knopjes, lampjes en dergelijke wordt volledig aan de creativiteit van de bouwer overgelaten. Men kan zelf aluminium frontplaten gaan maken en deze laten gra-

veren. Of wat te denken van staal met een goudlaagje? Duidelijk is dat hier veel ruimte ligt om eigen esthetische ideeën te gaan realiseren. Wij wensen de bouwers veel plezier met het nadenken over de vormgeving en vooral bijzonder veel luistergenot met deze prachtige buizenversterkers.

Meetgegevens

Nom. uitgangsspanning: 0 dBm = 0,775 Veff.
 Max. uitgangsspanning: 32 dBm = 30,85 Veff.
 Uitgangsimpedantie: ca. 1 kΩ.
 MD-ingang: 47 kΩ, 120 pF.
 MD-ingangsgevoeligheid: -44 dBm (1 kHz).
 MD-max. ingangsspanning: -22 dBm (1 kHz).
 MD-freq. karakteristiek: <10 Hz t/m 80 kHz (±1 dB).
 MD-sigitaal-ruisverh.: -75 dBm (t.o.v. 0 dBm aan uitgang).
 Lijningang: 250 kΩ.

Ingangsgevoeligheid: -10 dBm.
 Max. ingangsspanning: +12 dBm.
 freq. karakteristiek: <10 Hz t/m 700 kHz (-0,5 dB).
 Signaal-ruisverh.: -95 dBm (t.o.v. 0 dBm aan uitgang).

Vervorming bij uitgang			
van 0 dBm en:	100 Hz	1 kHz	10 kHz
MD	0,4%	0,4%	0,45%
lijn	0,05%	0,1%	0,05%

Onderdelenlijst

Weerstand

R1	47 kΩ
R2, R16, R17	10 kΩ
R3, R6	301 kΩ
R4, R7	2,2 kΩ
R5, R10, R12	470 kΩ
R8, R14	100 kΩ
R9	2,2 MΩ
R11	4,7 kΩ
R13	1 MΩ
R15	1 kΩ
R18, R19, R20	150 Ω, 2 W
R21, R22, R23, R24	470 Ω
R25, R26, R27, R28	470 kΩ, 1 W
Alle weerstanden metaalfilm	
P1	100 kΩ
P2	2 x 220 kΩ, log.

Condensatoren

C1	120 pF, Wima FKC3
C2, C10	47 μF, 350 V
C3, C11	0,22 μF, 400 V, Wima MKP10

C4, C12	0,33 μF, 400 V, Wima MKP10
C5, C13	1,5 μF, 400 V, Wima MKP10
C6	68 pF, 630 V, Styroflex
C7	680 pF, 630 V, Styroflex
C8, C9	1500 pF, 630 V, Styroflex
C14, C15, C16, C17	220 μF, 385 V, Frako
C18, C19	10.000 μF, 16 V
C20, C21, C22, C23	20 pF, 630 V, Styroflex

Halfgeleiders

D1 t/m D7	ZD47
Br1	B500C1500
Br2	B40C1500

Buizen

B1, B2	7025 (ECC83)
--------	--------------

Diversen

Tr1	sec. 250 V bij 20 mA en 6,3 V bij 2 A, bijv. 1N242 van Amplimo
S1	driestanden schakelaar, twee dekken
S2	dubbelpolige omschakelaar

NOW, THE BATTLE IS OVER

ULTIBOARD BUNDLED WITH SPECCTRA
SHAPE BASED AUTOROUTER

Ultiboard's interactieve kwaliteiten zijn doorslaggevend geweest voor de populariteit onder professionele printontwerpers. Nu elk Ultiboard Designer systeem vanaf januari 1996 standaard is voorzien van de beroemde SPECCTRA SP4 Autorouter, krijgen Ultiboard gebruikers *the best of both worlds*. Alle Ultiboard Designer gebruikers met een geldig update-abonnement krijgen een kosteloze MAINTENANCE UPGRADE met de SPECCTRA SP4 (4 signal layers + power & ground layers) Shape Based (gridless) Autorouter. Hiermee blijkt weer eens te meer dat Ultiboard de EDA-aanbieder is die zijn bestaande gebruikers werkelijk belangrijk vindt!

ULTIMATE TECHNOLOGY Hoofdkantoor: Energiestraat 36 1411 AT Naarden
tel. 035-6944444 • fax 035-6943345

België: **GRATIS: 0800-71937**

(herdruk februari 1988)

Nogmaals: hi-tech met buizenbak

Radio Bulletin kwam in september 1987 uit met een nieuw gezicht en een serie over buizenversterkers. Zowel het nieuwe uiterlijk, de nieuwe filosofie, als het hi-tech buizen ontwerp hebben vele reacties bij de lezers opgeroepen. De brieven bleven binnenstromen waarin vele interessante opmerkingen en vragen stonden rondom de buizenversterker. De redactie heeft daarom gedacht er goed aan te doen om nog eens op deze versterkerserie terug te komen om zo de vele vragen te kunnen beantwoorden.

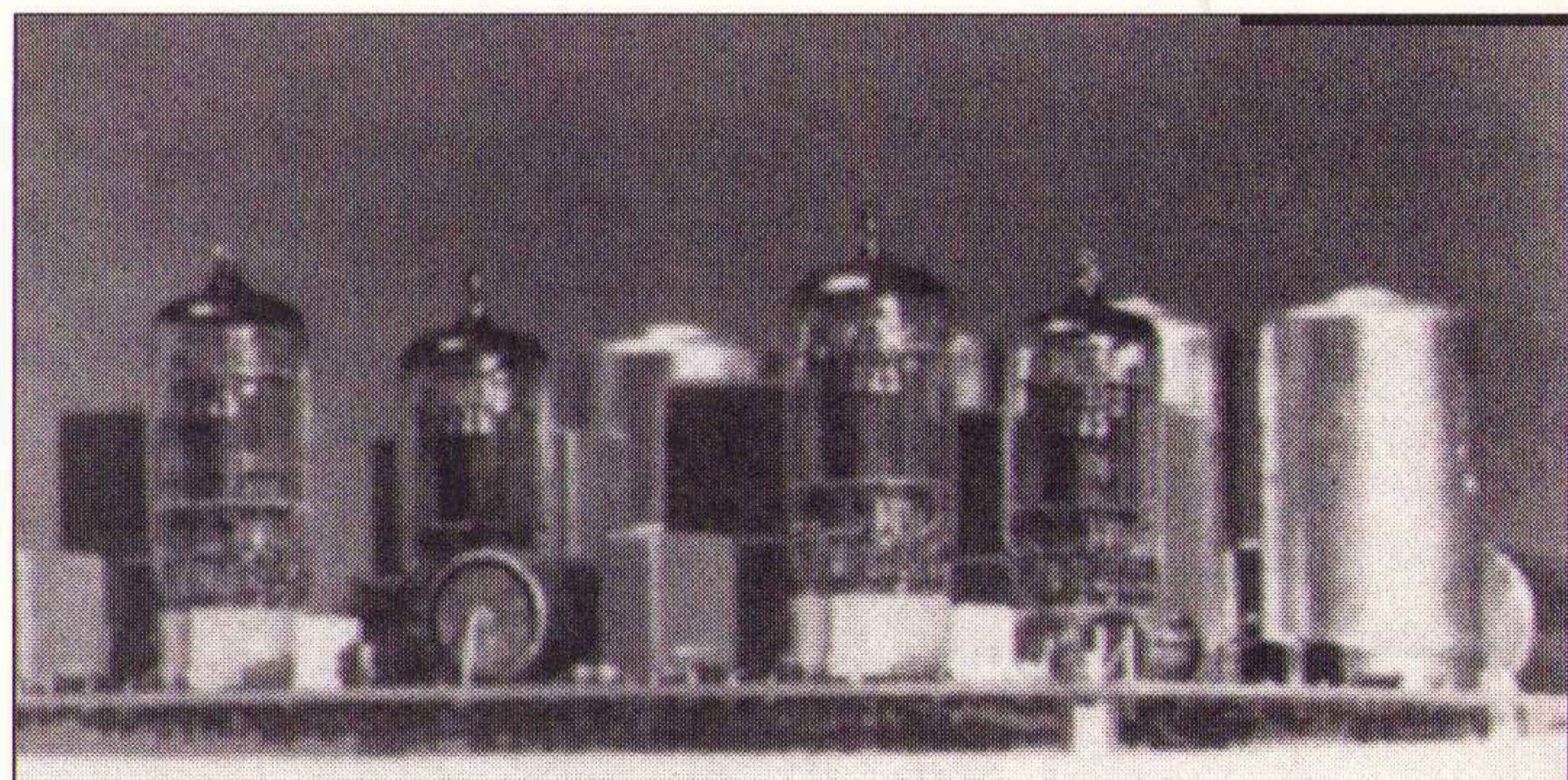
Op deze manier hopen we iedereen op de hoogte te stellen van de nieuwste ontwikkelingen en inzichten betreffende de versterker en opnieuw wegen te openen voor interessante vervolggelasten.

4 x EL84

Een regelmatig terugkerende vraag was: "zend mij a.u.b. de schematuur en/of het gehele artikel over de 40 W-versterker met 4 x EL84 eindbuizen". De schrijvers van deze brieven adviseer ik telefonisch contact op te nemen met de redactie en tegen geringe kosten een nabestelling van dit artikel te plegen bij Radio Bulletin. Een der lezers stelde voor om aan dat ontwerp de schakeling met de ECC82 actieve tegenkoppeling toe te voegen. Hij vroeg zich af of dit wel kon met de daar gebruikte uitgangstransformator. Dit kan beslist, echter R25 en R28, beide 27 kohm, moeten aangepast worden in de 4 x EL84 schakeling. Te lage waarden van deze weerstanden geven namelijk te veel tegenkoppeling waardoor de ruimtelijkheid uit het geluidsbeeld gaat verdwijnen. Experimentele bepaling van R25 en R28 op het gehoor is de beste methode (de nummering R25 en R28 verwijst naar schema blz. 23, RB okt. 87).

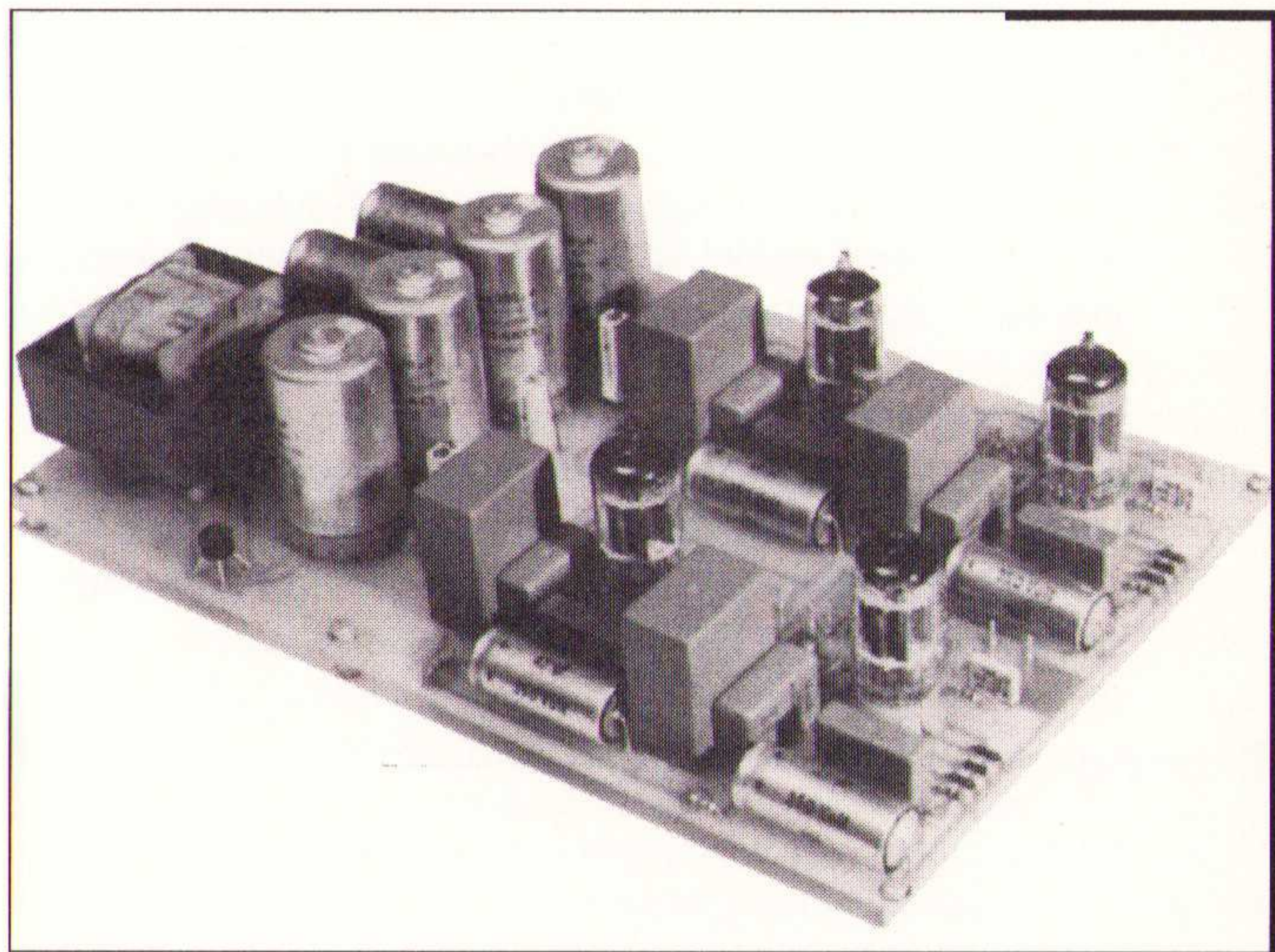
Uitgangstrafo

Wat ik al verwacht had, gebeurde. Vele briefschrijvers kwamen met vragen in de trend van: "en als ik nu die en die uitgangstransformator toepas, wat...". Uit deze brieven blijkt hoeveel buizen transformatoren nog in Nederland rondzwerven en ik krijg de indruk dat de hele voorraad oude trafo's van Unitran en Amroh bij trotse bezitters in de kast ligt te wachten op hernieuwde toepassing. Het heeft geen zin om per type te gaan zeggen hoe men moet handelen. Daarvoor zijn er te veel verschillende soorten trafo's genoemd. Ik geef daarom de eisen aan die IN IEDER GEVAL aan de uitgangstrafo gesteld moeten worden om rampen te kunnen voorkomen. De trafo moet aan de primaire kant gemakkelijk de stromen kunnen verwerken. Deze bedragen continu 100 mA per helft en lopen op tot 300 à 400 mA bij de pieken. Als de trafo windingen dit niet aankunnen, gebruik die trafo dan niet! Tevens dient de primaire impedantie R_{aa} in de buurt van 2000 ohm te liggen. Stel men heeft een trafo met $R_{aa} = 4000$ ohm en een secundaire wikkeling van 16 ohm. Sluit men op die wikkeling een 8 ohm luidspreker aan, dan wordt R_{aa} 2000 ohm. Dus in vele gevallen zal een slimme aanpassing plaats kunnen vinden. Ook dient de kern van de transformator voldoende ruim te zijn omdat anders de basweergave in de knel komt. En hier zijn we aangeland bij een punt waarop enige lezers kritiek uitspra-

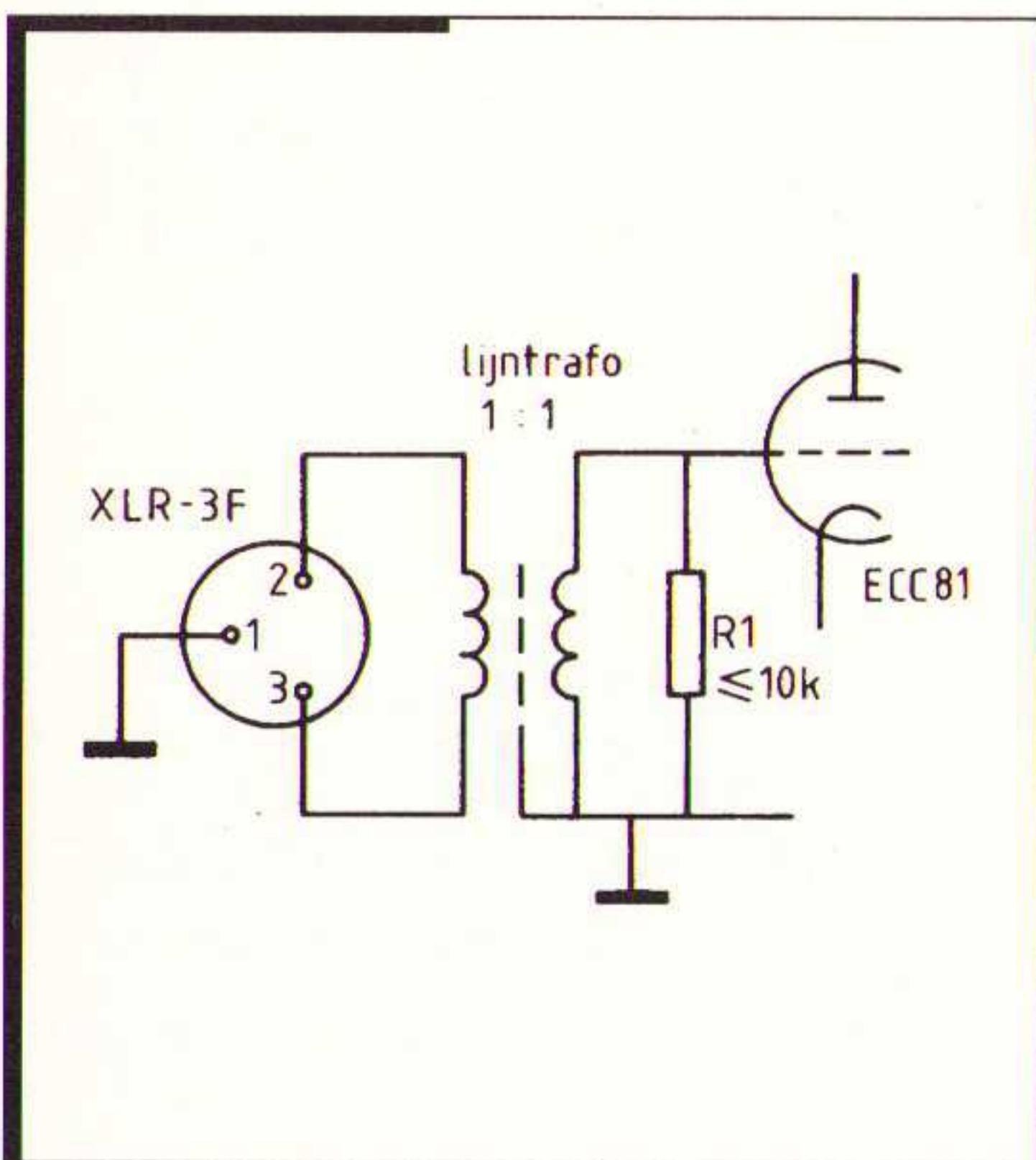


ken. Wat is namelijk het geval: als we naar de vermogenskarakteristiek kijken (zie blz. 27, RB okt. 87 fig. 2) en ook naar de specificaties, dan zien we dat de versterker maximaal in staat is om 50 watt bij 30 Hz te leveren. Sommigen vonden dat geen goed ontwerpuitgangspunt. Aldus in de verdediging gedwongen meen ik toch een iets ander standpunt te moeten huldigen. En dat luidt als volgt: op grond van luisterproeven heb ik gekozen voor de trafo die het minste aantal windingen had, het kleinste was en daardoor de geringste primaire capaciteit had tussen de windingen. Vooral de weergave van het mid-hoog was hier gevoelig voor en was optimaal bij deze speciaal ontworpen trafo. Daarnaast gebruik ik deze hi-tech versterker zelden continu op zijn maximale volume en dan is 50 watt bij 30 Hz ruim voldoende.

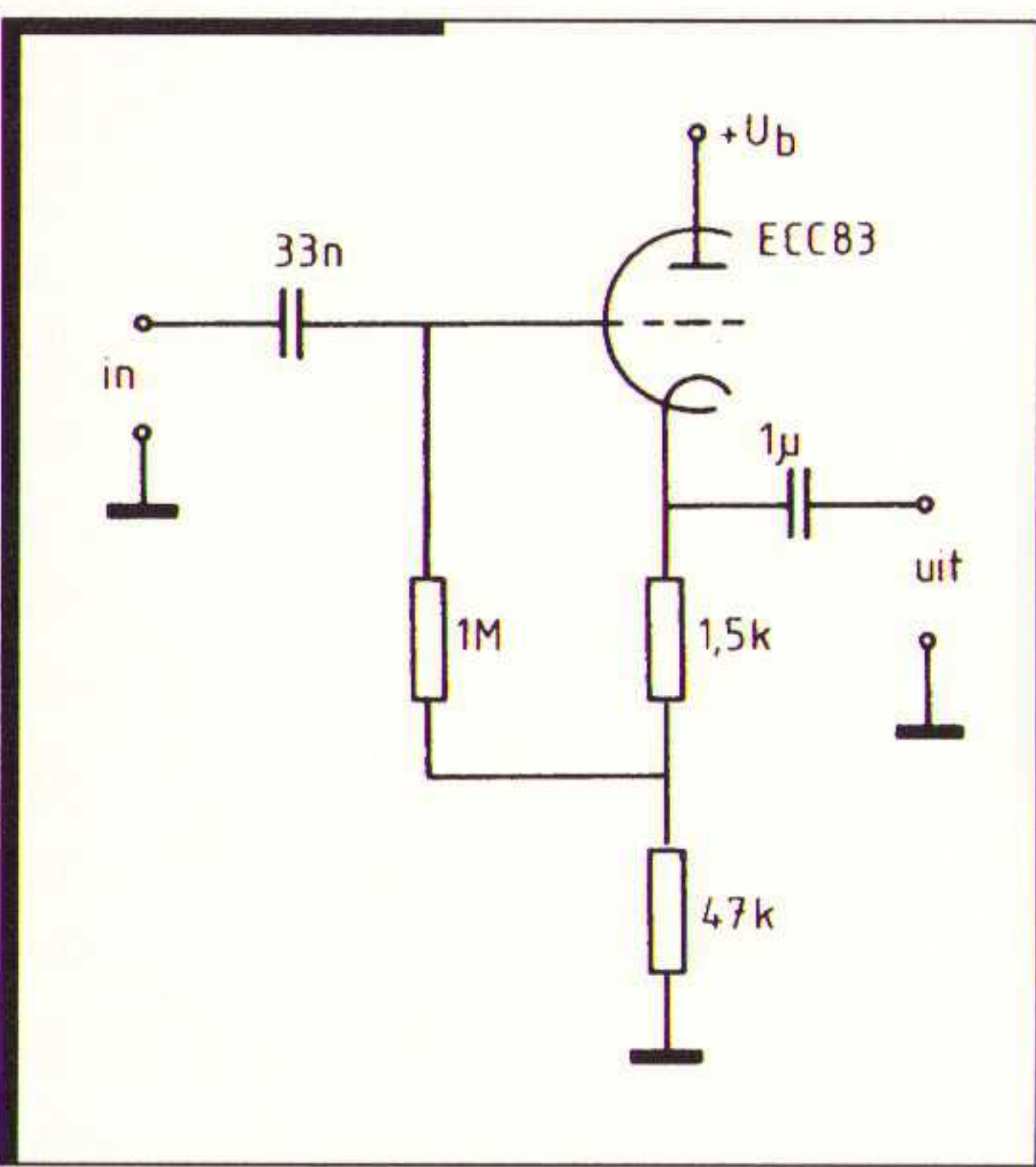
De trafo-keuze is dus gemaakt op grond van geluidskwaliteit. Het is een bekend verschijnsel dat kleinere trafo's een betere mid-hoog weergave hebben dan grote met veel windingen, bijvoorbeeld type GB851. Deze trafo is toepasbaar, loopt in het laag verder door, maar had mijn voorkeur niet. Gezien toch ook de vele vragen die ik kreeg over ultralinear en hogere dempingsfactoren en een grotere kern en perfecte weergave tegen minimale kostprijs en maximaal rendement (grapje) is er een vervolgsérie experimenten op gang gebracht. Op het moment van publicatie zal die ontwikkeling wel afgerond zijn en kan men contact opnemen met Amplimo en vragen naar de nieuwste uitgangstrafo die a: een grotere kern heeft, b: toch een geringe windingscapaciteit, c: ultra lineair te schakelen valt en d: aan te passen is op een secundaire



Nog een keer de print van de gehele voorversterker. Caption



Afb.1. De symmetrische ingang op de buizenversterker.



Afb.3. De universeel inzetbare kathodevolger.

die zegt dat de inductiestroom altijd zo gericht is dat deze de oorzaak van zijn ontstaan tegenwerkt. De ontstaansoorzaak is in dit geval een eigenwijze beweging van de spreekspoel, dus grote demping is noodzakelijk. Dus hoge inductiestroom, dus lage uitgangsimpedantie, dus HOGE dempingsfactor. De hier gebezigde redenering klopt bijna helemaal. Wat men vaak vergeet is dat de ohmse weerstand van de luidspreker zelf de grootste weerstand in de hele keten is en dat die de inductiestroom zeer beperkt. Mijn luisterervaringen luiden dat een dempingsfactor in de buurt van 10 voldoende is voor strakke basweergave bij de meeste luidsprekers. Het hangt echt enigszins van de luidsprekers af, omdat de elektrische kwaliteitsfactor hiervan mede bepaald wordt door de ohmse luidspreker weerstand plus de uitgangsimpedantie. Dus kan een te hoge uitgangsimpedantie de afstemming van luidspreker plus zijn kast beïnvloeden. Maar als iemand meer wil, dan kan dat bereikt worden met de nieuw te ontwikkelen uitgangstrafo (zie hiervoor), waarbij door middel van combinatie van ultra lineaire en actieve primaire tegenkoppeling de uitgangsimpedantie nog lager zal worden. Hoge tegenkoppeling vermindert de uitgangsimpedantie, maar kan er bij onzorgvuldige dimensionering de oorzaak van zijn dat de ruimtelijkheid uit het geluidsbeeld verdwijnt. Uit dit geheel blijkt dat welk ontwerp men ook maakt er altijd ergens compromissen gesloten moeten worden. Ik hoop met deze informatie de meeste experimentatoren voldoende gegevens verstrekt te hebben.

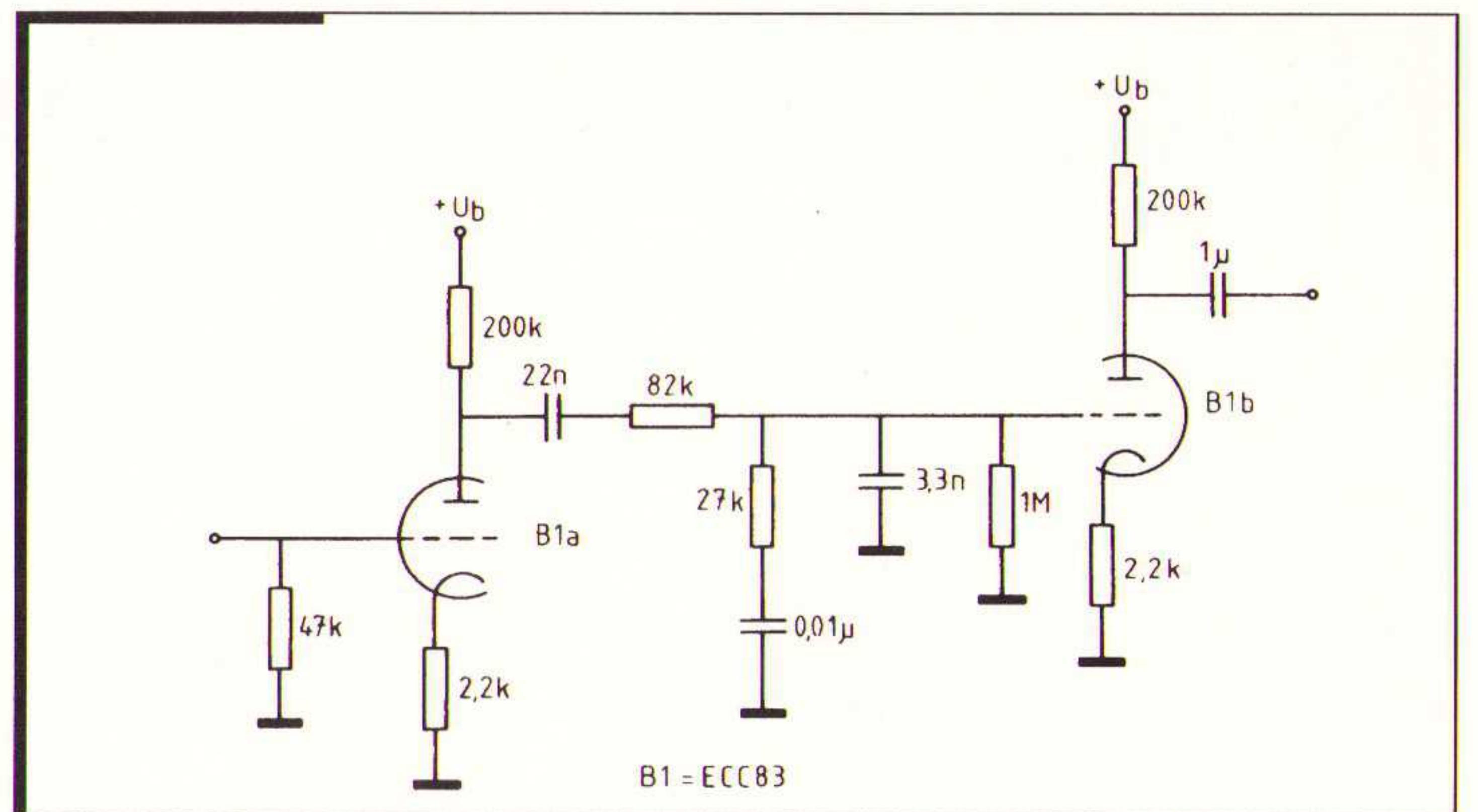
Ingang

"Wij willen deze versterker professioneel toepassen en hebben daarom een zwevende gebalanceerde ingang nodig. Hoe moet dat?" Dit kan simpel en moeilijk gedaan worden. In het simpele geval kope men een

impedantie van 4 en 8 ohm. Prijzen en nummers zijn op dit moment nog niet bekend, dus even bellen. In samenwerking met Amplimo zullen we er dan voor zorgen dat aanvullende schematuur bij deze transformator geleverd zal worden.

Dempingsfactor

Sommige lezers vonden de dempingsfactor van 8,7 te laag. Voor de duidelijkheid: onder dempingsfactor verstaan we 8 ohm gedeeld door de uitgangsimpedantie van de versterker. Deze uitgangsimpedantie ligt dus in de buurt van 1 ohm. De redenering die men dan volgt luidt: als de luidspreker een eigen ongewenste beweging uit gaat voeren, dan ontstaat in de spreekstoel een inductiestroom. Deze loopt door de kabels terug naar de versterker en dus ook door de uitgangsimpedantie van de versterker. Hoe lager deze uitgangsimpedantie, des te groter zal deze inductiestroom worden en daardoor wordt de demping op de luidspreker beter. De achterliggende theorie wordt het eenvoudigst verwoord door de wet van Lenz



Afb.2. RIAA-passief met de juiste componentenwaarden.

1 op 1 lijntransformator die met mu-metaal is afgeschermd en sluit de primaire kant aan op een XLR-3 chassisdeel (op de punten 2 en 3 waarbij punt 1 onaangesloten kan blijven of verbonden wordt met de afscherming van de lijntrafo) en de secundaire kant verbindt men met de ingang van de buizenversterker. Parallel aan R1 dus, waarbij het verstandig is om R1 te verlagen tot 10 kohm of nog minder. In dat geval wordt deze lijntransformator goed gedempt en zal daardoor een uitgebreid frequentiebereik hebben. Moeilijker kan het ook. Er is dan een actieve symmetrische versterker met IC's nodig. Een geschikt ontwerp staat in het jaarboekje Elektronica 1988 van de Muiderkring, (het enige echte!) op blz. 92. Gezien de extra problemen die dan opgelost moeten worden betreffende de voeding voor deze IC's en de verminderde galvanische scheiding ten opzichte van een lijntrafo, beveel ik de toepassing van een lijntrafo aan.

"Ik sluit een transistorvoorversterker op deze eindversterker aan. Is dan eeningangsimpedantie van 100 kohm (R1) niet te hoog?" Ja, die kan wel lager maar een minimale waarde van $R1 = 10$ kohm moest men wel in de gaten houden. Bij toepassing van de buizenvoorversterker moet men R1 beslist NIET verlagen omdat dan basafval het gevolg zal zijn.

Voorversterker

Ir. Peter van Willemswaard, een bekende man op het gebied van hi-end weergave, wees mij op een foute weerstandswaarde in afb. 3 van de passieve RIAA-correctie. Hiervoor mijn dank. Het gaat om de weerstand van 820 kohm die 82 kohm behoort te zijn. Zijn redenering is juist en is gebaseerd op het artikel On RIAA Equalization Networks van S. Lipshitz. (Zie JAES, june 1972.) Hierin vinden verwoede rekenaars een keur aan formules om zelf RIAA netwerken te kunnen berekenen. Daarnaast kreeg ik nog vragen over de kathode volger die gebruikt kan worden om de uitgangsimpedantie van deze voorversterker te verlagen. Afbeelding 4 gaf aan hoe dat moest, maar sommige lezers vonden dit niet duidelijk genoeg. Vandaar het bijgevoegde schemaatje dat een mogelijke schakeling weergeeft van een extra kathodevolger. Hierdoor kan een ECC83 gebruikt worden, maar 81 of 82 voldoet ook. De ene triodehelft gebruikte men dan voor het linker kanaal, de andere is voor het rechter kanaal. Bij zorgvuldige lay-out van de onderdelen hoeft men niet voor overspraak te vrezen.

Nawoord

Nagenoeg alle vragen die gesteld zijn, zijn nu beantwoord. Wij prijzen ons gelukkig dat zoveel lezers gereageerd hebben aan dit bouwontwerp. Maar om te voorkomen dat we nu reactie op reactie krijgen, sluiten we met deze nabeschuiving de serie over dit Hi-Tec ontwerp met buizen definitief af!

Hi-Tech Buizenbak gemoderniseerd in 1996

Het ontwerp van de Hi-Tech buizenbak is nu bijna 10 jaar oud. In de jaren volgend op de publicatie heeft het onderzoek aan buizen versterkers en uitgangstransformatoren niet stil gestaan. Wat gebeurt er als een ontwerp van 1987 gecombineerd gaat worden in 1996 met de modernste en nieuwste ringkern uitgangstransformatoren die in de afgelopen jaren ontwikkeld zijn?

Ik kon deze kans niet laten schieten. De afgelopen jaren hebben ringkern uitgangstransformatoren centraal gestaan in mijn onderzoek waarbij op vele vlakken fikse vooruitgang is geboekt. De transformator, zoals toegepast in 1987, behoorden tot de eerste generatie van ringkern transformator terwijl in de jaren daarna zowel op wikkelaars rekengbied en keuze van kernmaterialen veel verfijningen gevonden zijn. Daarbij werd gebruik gemaakt van moderne technieken zoals CAD (computer aided design), CAI (computer aided implementation), Tijd-Frequentie analyse en modellering met Fourier synthese, enzovoort. De resultaten van dit onderzoek zijn in de vorm van een preprint in 1994 voorgesteld aan de Audio Engineering Society in San Francisco (zie (1)). Het versterker ontwerp van 1987 zou er wel eens heel erg op vooruit kunnen gaan als de nieuwste trafo's van 1996 gebruikt zouden worden.

Uit de beschikbare reeks van nieuwe trafo's heb ik de moderne Amplimo-VDV2100 gekozen als waardige opvolger van de oorspronkelijke Amplimo-5B535 of XC462. Vervanging van de trafo bleek niet moeilijk te zijn, met dien verstande dat de primaire blauwe 5B535 aansluiting bij de VDV2100 nu groen is, terwijl de oorspronkelijke 5B535 witte draad nu VDV2100 kanarie-geel is. Zo'n uitwisseling moet foutloos te doen zijn.

2100 Pentode Configuratie

In eerste instantie werden alle tegenkoppelingen verwijderd. Bedoeld worden R31 en C7,8,9 met bijbehorende weerstanden R25,26,27 en C10,11,12 eveneens met bijbehorende weerstanden R28,29,30. In dat geval hebben we met een pure pentode uitgangstransformatie te maken en dat leverde de volgende resultaten op. De -3dB bandbreedte in het hoog bedroeg 65 kHz. Deze grensfrequentie wordt bepaald door een bandbreedte beperking in de stuurtrap (B1 en B2) en omdat de inwendige weerstanden van de eindbuizen in deze pentode instelling groot zijn. Zo meette ik aan de secundaire kant een effectieve uitgangsimpedantie aan van 109 Ω en dat betekent aan de primaire kant een effectieve inwendige weerstand van de eindbuizen van 44 k Ω .

(Let wel: in de buizenboeken staat dat de EL34 een inwendige weerstand bezit van ongeveer 17 k Ω . Dat is echter het geval als de spanning op anode en schermrooster om en nabij de 250 V is bij een ruststroom van 100 mA. In het VDV100-ontwerp staan de buizen op 450 V bij een ruststroom van 45 mA. Daar loopt de pentode karakteristiek horizontaler en daardoor is de inwendige weerstand per buis hoger. Tevens: er zijn vier buizen, twee aan twee parallel en dan in serie. Dus de gemeten R_i van 44 k Ω is identiek aan de inwendige anode weerstand per

buis).

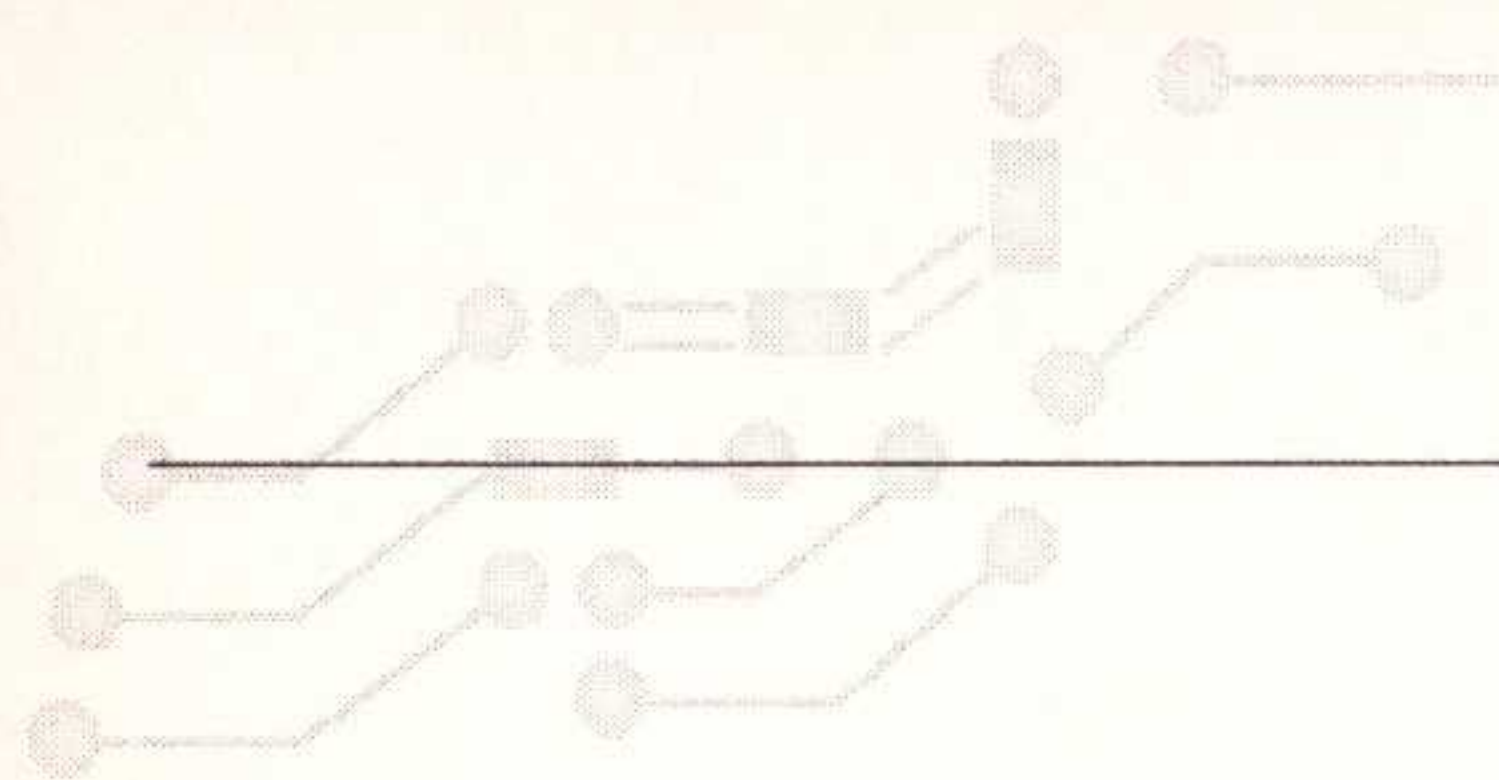
Samen met de lage spreidings zelfinductie en de lage interne capaciteit van de uitgangstrafo ontstaat dan een 2-e orde low-pass filter waarvan de frequentie zo om en nabij de 70 kHz ligt. Van te voren is voorspelbaar dat deze instelling een dof en gekleurd geluidsbeeld op zal leveren, omdat de luidsprekers nu helemaal niet meer gedempt worden waardoor hun frequentie karakteristiek in het hoog een fikse afval zal vertonen. Verder voortborduren op deze instelling is niet zinvol, tenzij men een gitaarversterker ontwikkelt waarbij een mild hoog juist wel prettig kan zijn.

2100 Ultra Lineair

Als tweede experiment is vervolgens de Ultra Lineaire instelling getest. Daarbij worden de schermroosters van de eindbuizen verbonden met aftakkingen op de primaire wikkeling van de uitgangstrafo. In dit geval: R14+R17 naar de "bruine" aftakking op de VDV2100 terwijl R20+R23 naar de "violette" aftakking gaan. Alle tegenkoppelingen waren nog steeds verwijderd (zie hiervoor). Nu werd er aan de secundaire kant van de VDV2100 een effectieve uitgangsimpedantie van 10,4 Ω gemeten. Dat is ongeveer 10 keer zo weinig als in de pentode situatie en dit is ook wel logisch. Immers de EL34 eindbuizen worden nu intern tegen gekoppeld via hun schermroosters waardoor hun inwendige weerstand daalt. Die komt dan ongeveer op 4,4 k Ω per buis te staan. Nu ontstaat er een situatie waarbij de luidspreker al redelijke demping krijgt. De dempingsfactor wordt $8/10,4 = 0,8$. Dat is nog laag, maar kan in sommige gevallen acceptabel zijn. De blokgolf uitsturing was perfect, met keurige afronding aan de stijgende en dalende flanken. Afhankelijk van het type luidspreker kan dit een acceptabele instelling zijn, maar in de meeste gevallen zal de basweergave toch te rommelig worden. Daarom het volgende experiment.

2100 met Primaire Tegenkoppeling

De schermroosters werden weer van hun aftakking op de VDV2100 aansluiting losgehaald en aangesloten op de voedingsspanning U2. (Dit betreft dus R14,17,20,23). De eindbuizen staan dus in de pentode configuratie. Nu werd wel het tegenkoppel circuit aangesloten bestaande uit R25,26,26,C8,9 en R28,29,30,C11,C12. Niet aangesloten werden C7 en C10 evenmin als R31 (overall tegenkoppeling). De reden dat C7 en C10 niet gemonteerd werden is omdat deze condensatoren de bandbreedte beperken terwijl die beperking alleen nodig is als R31 wel is aangesloten. Doordat nu een fikse tegenkoppeling rondom de eindbuizen in werking is gesteld kan verwacht worden dat hun inwendige weerstand daalt. Dat bleek ook uit de meting. Aan de uitgang trof ik een effectieve uitgangsimpedantie aan van 3,43 Ω . Terug rekenend naar de inwendige weerstand per eindbuis wordt dat een R_i van 1371 Ω . (Dit is EL34-triode-gedrag terwijl het volle pentode uitgangsvermogen beschikbaar blijft). Zoals voorspeld is de inwendige weerstand inderdaad fiks gedaald. Maar dat is niet het enige wat er gebeurt. Nu blijkt dat de bandbreedte ruim 100 kHz bedraagt. Dat is logisch omdat de uitgangstrafo nu met een lagere impedantie wordt aangestuurd waardoor het 2-e orde laag-doorlaat filter (t.g.v. spreidings zelfinductie en interne trafo capaciteit) een hogere grensfrequentie krijgt. Maar er gebeurt nog meer: de buis B2 bezit zelf een filter werking die door de



toegepaste lokale tegenkoppeling op een hogere grensfrequentie is gekomen. Totaal is het resultaat nu een effectieve bandbreedte van 100 kHz.

(Opmerking: in advertenties en specificaties bij de VDV2100 claim ik een bandbreedte tot 250 kHz. Waarom wordt die hier niet gehaald? Het antwoord is eenvoudig: om die bandbreedte te halen moet de stuurtrap (B1 en B2) extreem breedbandig zijn en dat was in het oorspronkelijke 1987 ontwerp niet noodzakelijk). De effectieve dempingsfactor aan de uitgang is nu $8/3,43 = 2,3$.

Deze beide gegevens van hogere dempingsfactor en breed frequentiegebied maken dat de nu gebruikte instelling voor de meeste luidsprekertypen goed bruikbaar is voor een homogene en strakke weergave van dieplaat tot tintelend hoog.

Daarom is het onderzoek voortgezet met de metingen van maximaal vermogen (nu 109 Watt) en de vermogens bandbreedte. In het oude ontwerp kon de versterker gedurende korte tijd 80kHz bij 50 Watt weergeven. Nu kan deze configuratie 109 Watt bij 80 kHz continu weergeven. Vooral uit deze meting blijkt dat de versterker in het hoogfrequente gebied veel sneller en stabiel is geworden. Maar dat is nog niet alles. Kon in het oude ontwerp maximaal 50 Watt bij 30 Hz worden weergegeven, nu is dit door het verbeterde VDV2100 ontwerp ruim 90 Watt bij 30 Hz geworden. Conclusie: in deze configuratie toont de "oude" versterker met de "nieuwe" uitgangstrafo een sterke verbetering van specificaties. De ingangsevoeligheid wordt nu 390 mV voor 100 Watt in 5 Ω luidspreker belasting en dat is ongeveer de helft van de ingangsevoeligheid van het oude ontwerp. Er is nu dus meer ingangsreserve. De blokgolf weergave is zo schoon als wat, zonder doorschietters en de versterker is ook bij capacatieve belasting onvoorwaardelijk stabiel.

Met Overall Feedback

De laatste test betrof de instelling waarbij extra R31 ook aangesloten wordt. Dan is het absoluut noodzakelijk dat C7 en C10 ook worden aangesloten om de versterker stabiel te houden. De -3dB bandbreedte komt nu op 125 kHz terwijl de dempingsfactor stijgt naar 11,2. De blokgolf weergave (1kHz) vertoont een zekere doorslingering en de versterker wordt gevoeliger voor capacatieve belasting. De ingangsevoeligheid komt nu opnieuw op 775 mV, evenals in het oude ontwerp. Dit lijkt allemaal beter, maar subjectief gaat het ontwerp nu in de richting waarbij door de hoge totale inwendige tegenkoppeling het geluidsbeeld dicht begint te slippen.

Vergelijk tussen Oud en Nieuw

Een paar opmerkingen: de versterker is met de VDV2100 een stuk sneller en stabiel geworden, ook als deze tegen de grens van zijn maximale uitgangsvermogen moet werken. Ik vind de instelling zoals omschreven bij "2100 met Primaire Tegenkoppeling" het beste, zowel meettechnisch als subjectief luisterend. De versterker bloeit extra open in diepte afbeelding en frisheid. Hier wordt echt winst gehaald. Deden de oude 5B535/XC462 trafo's het dan niet goed? Jawel, maar ze moesten door correcties (C7,10 en R31) steviger in de greep gehouden worden dan de VDV2100. De nieuwste traforeeks is van zich zelf uit stabiel en sneller en dat komt, ook in dit "oude" ontwerp, heel goed tot uiting. Totaal-tegenkoppeling (R31) is nu niet meer nodig. In latere studies, gepubliceerd in Radio Bulletin 1993 en 1994 (2-4) over tegenkoppeling, heb ik aangetoond dat tegenkoppeling heilzaam kan zijn, maar ook ongewenst nadelig. Met de nieuwe VDV2100 uitgangstrafo kan de oorspronkelijke Hi-Tech VDV100 eindversterker sterk opgewaarderd worden omdat nu die totaal tegenkoppeling weg mag terwijl dempingsfactor en frequentiebereik groot blijven en de versterker nu intrinsiek sneller en doorzichtiger is. Tot slot: ook de print heeft een vernieuwing ondergaan en is met moderne computer tekentechnieken aan de zware eisen van deze tijd aangepast. Bestelling kan bij Amplimo b.v.. Zie advertentie.

Ik hoop dat dit naschrift velen tot hernieuwd experimenteren zal aanzetten.

ir. Menno van der Veen April 1996

- (1): Menno van der Veen: "Theory and Practise of Wide Bandwidth Toroidal Output Transformers"; Preprint 97th AES convention San Francisco; 3887 (G-2)
- (2): Menno van der Veen: "Tegenkoppeling van de Werkelijkheidsweergave, deel 1: Voor tegenkoppeling"; RB Electronica; nov.1993; pp.23-25.
- (3): Menno van der Veen: "Tegenkoppeling van de Werkelijkheidsweergave, deel 2: Tegen tegenkoppeling"; RB Electronica; dec.1993; pp.8-12.
- (4): Menno van der Veen: "Tegenkoppeling van de Werkelijkheidsweergave, deel 3: Het meten aan deze weergave"; RB Electronica; febr.1994; pp.26-30.

wist u dat...

Standaard voor ASSP's

Om aan de vraag naar de ADSP-21xx DSP-architectuur te kunnen voldoen, heeft Analog Devices Inc. een nieuwe strategie aangekondigd, waardoor ontwerpers van deze technologie gebruik kunnen maken van signal processing systemen, kaarten en chips. Overeenkomsten met Acer Laboratories Ali, AMD, ASPEC Technology en Mentor Graphics zullen leiden tot een grotere variëteit in ADSP-21xx gebaseerde produkten. Mentor Graphics zal de DSP-kern toevoegen aan zijn bibliotheek van macrocells. Ali en AMD hebben de architectuur overgenomen voor hun op stapel staande ASSP's. ADI zal ASPEC's Open Design Implementation Technology gebruiken, waaronder ASIC-architecturen, bibliotheken en methodieken, om ASIC-services te kunnen leveren. Inl.:070-3589378.

Vanderveen UL40-S, High-End Klasse-A buizenversterker

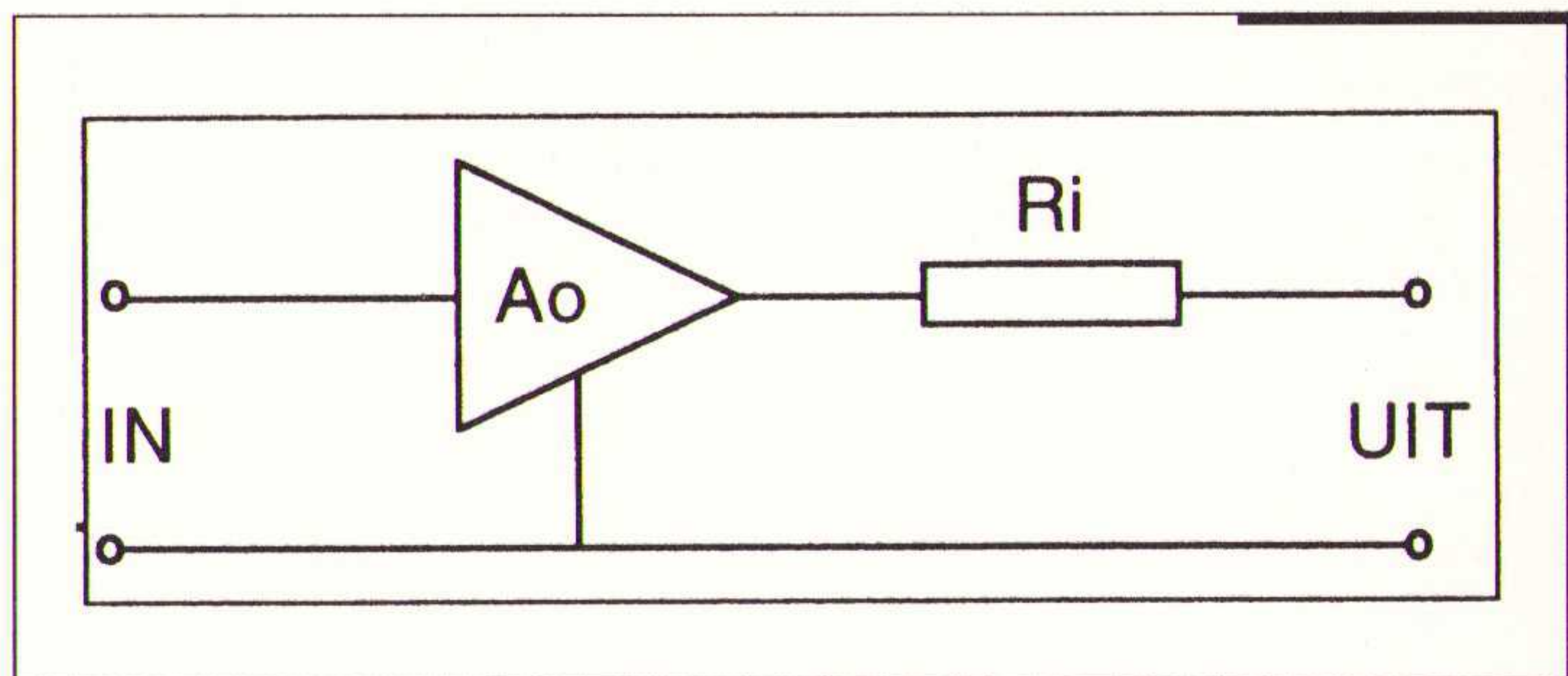
Nog steeds staat de buizenversterker in de wereld van de werkelijkheidsweergave centraal in de belangstelling. Velen kopen of bouwen juist nu de prachtigste buizenversterkers met schitterend uiterlijk en nog mooier geluidsbeeld.

Niet alleen het warme geluid van de buizen trekt de aandacht, maar vooral de soepelheid van het geluid en het gemak waarmee ruimtelijke informatie weergegeven wordt tot in de kleinste details. Dit artikel beschrijft de achtergrond, de werking en constructie van een stereo buizenversterker waarin hoogwaardige componenten en schakeltechnieken zijn toegepast. Er wordt geen gebruik gemaakt van tegenkoppeling en het aantal componenten is minimaal. Ondanks dat is de vervorming laag en loopt het frequentiebereik ruim door tot 80 kHz.

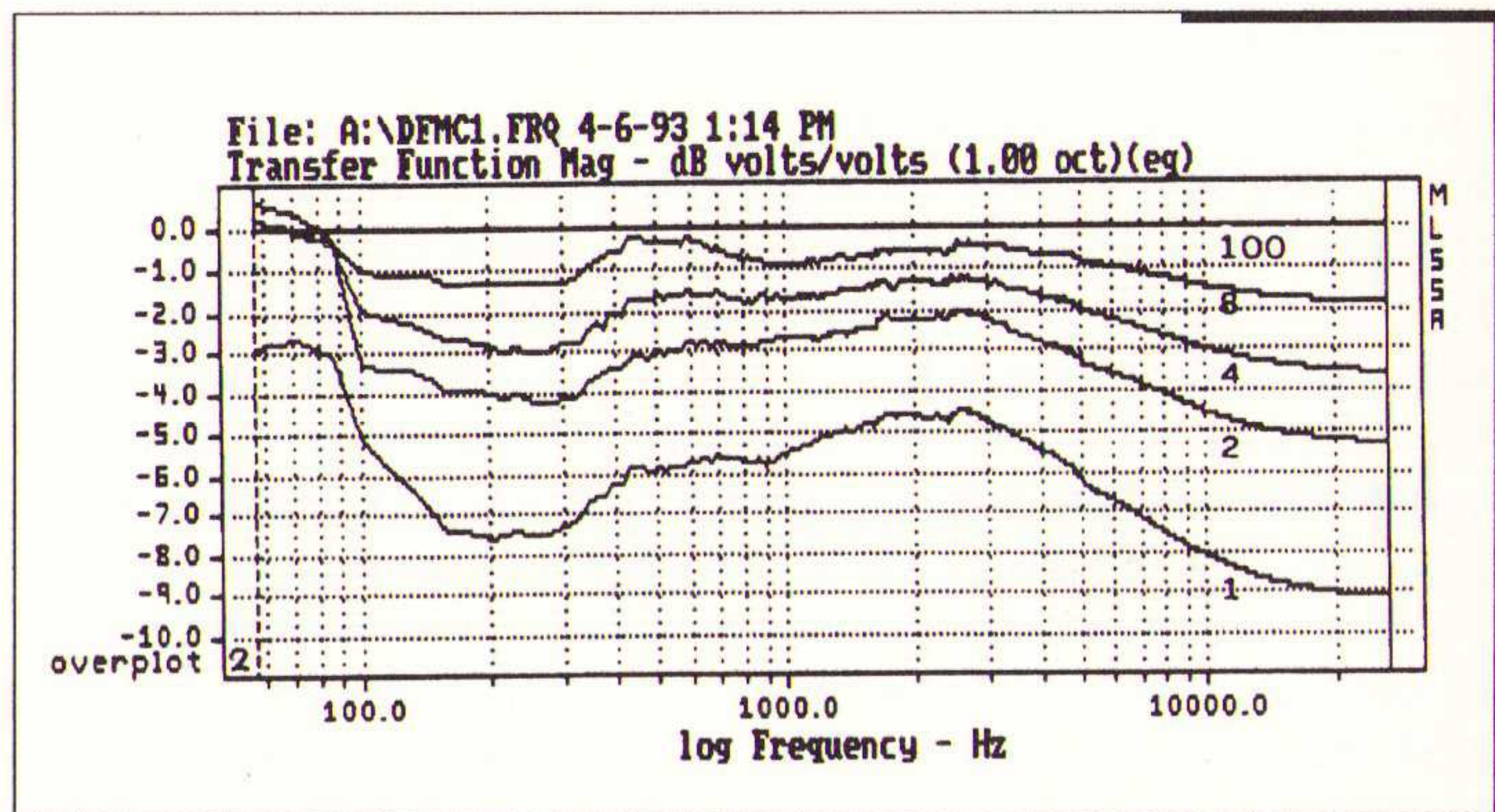
De hier behandelde buizenversterker is ontwikkeld door ir.buro Vanderveen. de afgelopen jaren is het buro op het gebied van transformatoren en buizenversterkers actief geweest en richt zich nu vooral op de nationale en internationale markt door middel van samenwerking met strategische partners. In Nederland is daar de geïntegreerde versterker 'Miracle' een voorbeeld van (zie (1)) evenals de introductie van nieuwe breedbandige uitgangstransformatoren (zie (2)). Bij al deze ontwikkelingen en ontwerpen kwam echter heel duidelijk naar voren dat we ook in staat zijn om een low-budget versterker in bouwdoosvorm op de markt te brengen door toepassing van moderne alternatieve ontwerptechnieken. In samenwerking met Koch-Custom-Shop kon de marketing van onze ontwikkelingen gerealiseerd worden.

In grote lijnen

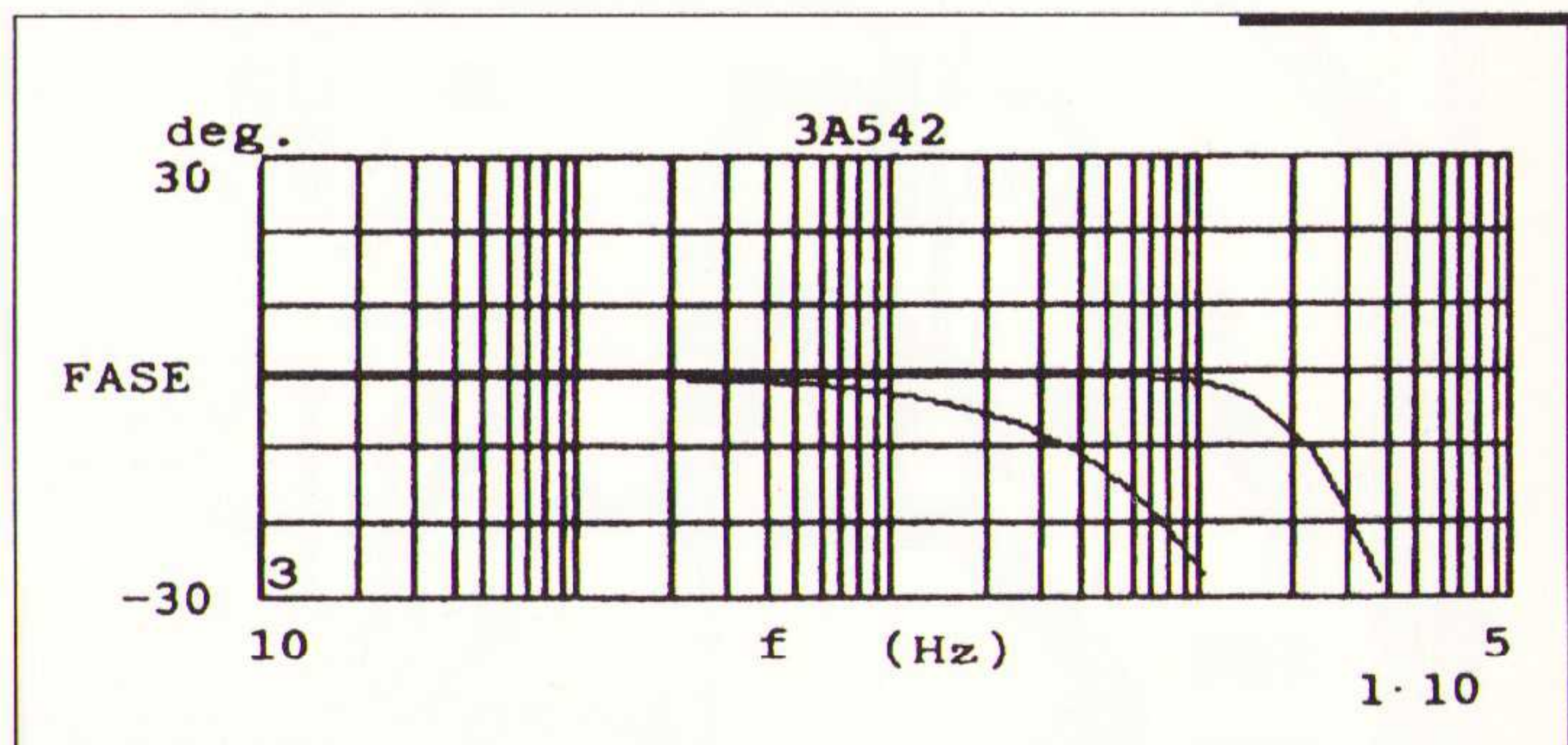
De 40UL-S buizenversterker bezit een paar opmerkelijke uitgangspunten. Er wordt geen tegenkoppeling toegepast, het vermogen is met ruim 30 watt per kanaal meer dan voldoende, het frequentiebereik is voor een buizenschakeling zonder tegenkoppeling extreem uitgebreid en de schakeling bevat een absoluut minimum aan componenten. De achtergrondgedachte bij dit ontwerp is heel eenvoudig: het gaat om een zo sober mogelijke RECHTSTREEKSE versterking van het signaal van de CD-speler naar de luidsprekers. De versterker is voorzien van een ALPS volumeregelaar en een ingangskeuzeschakelaar zodat tuner en recorder ook aangesloten kunnen worden. Men kan deze versterker opvatten als een stereo eindversterker, maar gezien zijn ingangsgevoeligheid kan hij rechtstreeks het signaal van de CD-speler aan. Dit ontwerp vormt de kortste verbinding tussen CD-speler en luidspreker en



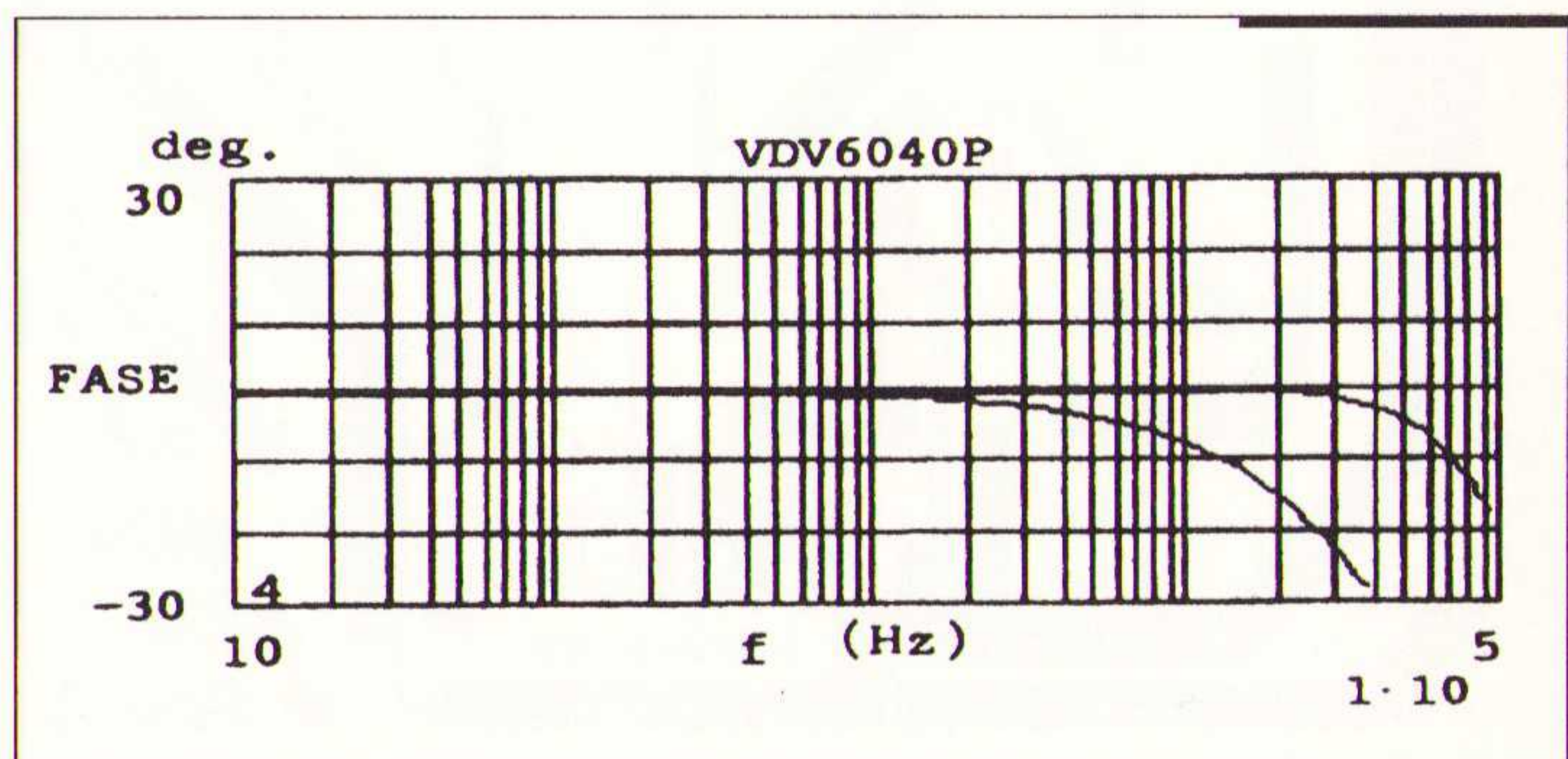
Afb. 1 Basisschema van een versterker met daarin de open-lus versterking (Ao) en de uitgangsimpedantie (Ri).



Afb. 2 De invloed van de dempingsfactor op de frequentiecarakteristiek van een gemiddelde dynamische luidspreker.



Afb. 3 Gewone fase en differentiële fase van een 20kHz uitgangstrafo.



Afb. 4 Gewone fase en differentiële fase van een 80kHz uitgangstrafo.

juist daarom zijn de eisen aan dit ontwerp extreem hoog. Onderweg mag er in de versterker niets misgaan. Welke filosofieën gehanteerd zijn en hoe oplossingen gevonden zijn, wordt behandeld. Net zoals bij vorige ontwerpen (zie (3) en (4)) worden ook nu weer ringkernen gebruikt bij de uitgangstransformator en voor de voeding. Deze trafo's zijn nu volledig nieuw ontwikkeld waardoor extra gunstige audiofiele en technische eigenschappen zijn bereikt (zie (2)).

De schakeling is een heel elementair qua opzet en past volledig op een enkele print die bij de bouwdoos geleverd wordt, zodat zelfbouw weinig problemen oplevert. Bij buizenversterkers is het tegenwoordig vooral de vraag of alle componenten nog voldoende verkrijgbaar zijn. De trafo's zijn nieuw en daardoor goed leverbaar. Wat de buizen betreft bevinden we ons nu in de gelukkige situatie dat de grenzen naar de Oostbloklanden open zijn. Dat betekent dat er bijvoorbeeld een keur aan goede buizen uit Rusland (Sovtek) beschikbaar is. De modernste condensatoren worden gebruikt, zelfs de nieuwste types van Philips die voor de computerindustrie bedoeld zijn met vooral uitstekende Hf-eigenschappen. Alle materialen zijn met andere woorden verkrijgbaar.

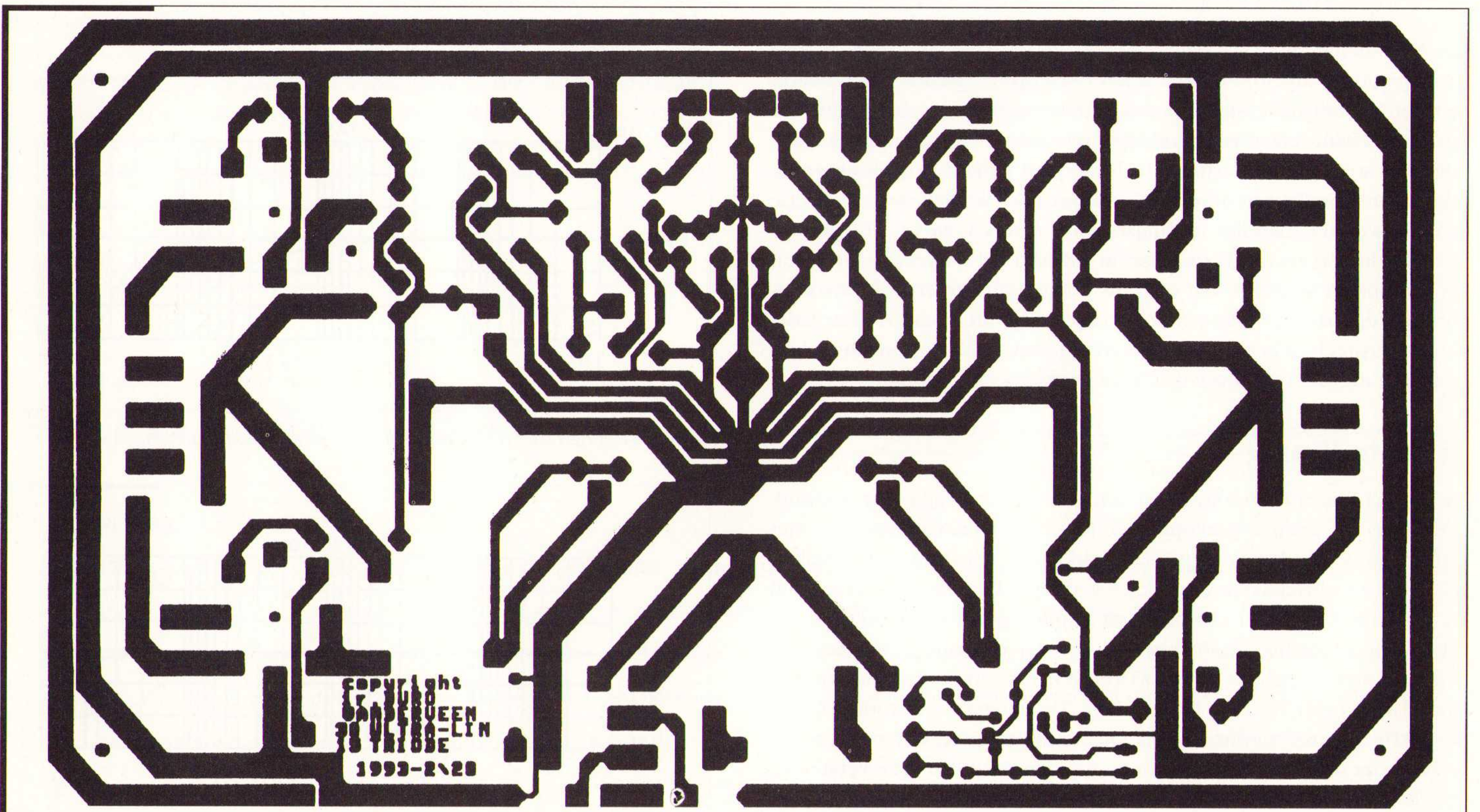
Uitgangspunten

Wie al naar het schema gekeken heeft, heeft gezien dat deze buizenversterker heel weinig componenten bevat en zelfs een absoluut minimum aan buizen. Daar is heel bewust voor gekozen. Uitgaande van de gedachte dat iedere component in principe ook een negatieve invloed op het geluidsbeeld kan hebben, worden nu zo weinig mogelijk componenten gebruikt. Dit stelt heel erg hoge eisen aan de onderdelen die wel gebruikt worden, want die mogen dan ook niks verkeerd doen. Maar er is nog iets opvallends: er wordt geen tegenkoppeling toegepast. Dat betekent dat het uitgangssignaal niet vergeleken wordt met het ingangssignaal, dus dat de versterker zijn eigen fouten niet corrigeert. Nu zijn de meningen over tegenkoppeling sterk verdeeld.

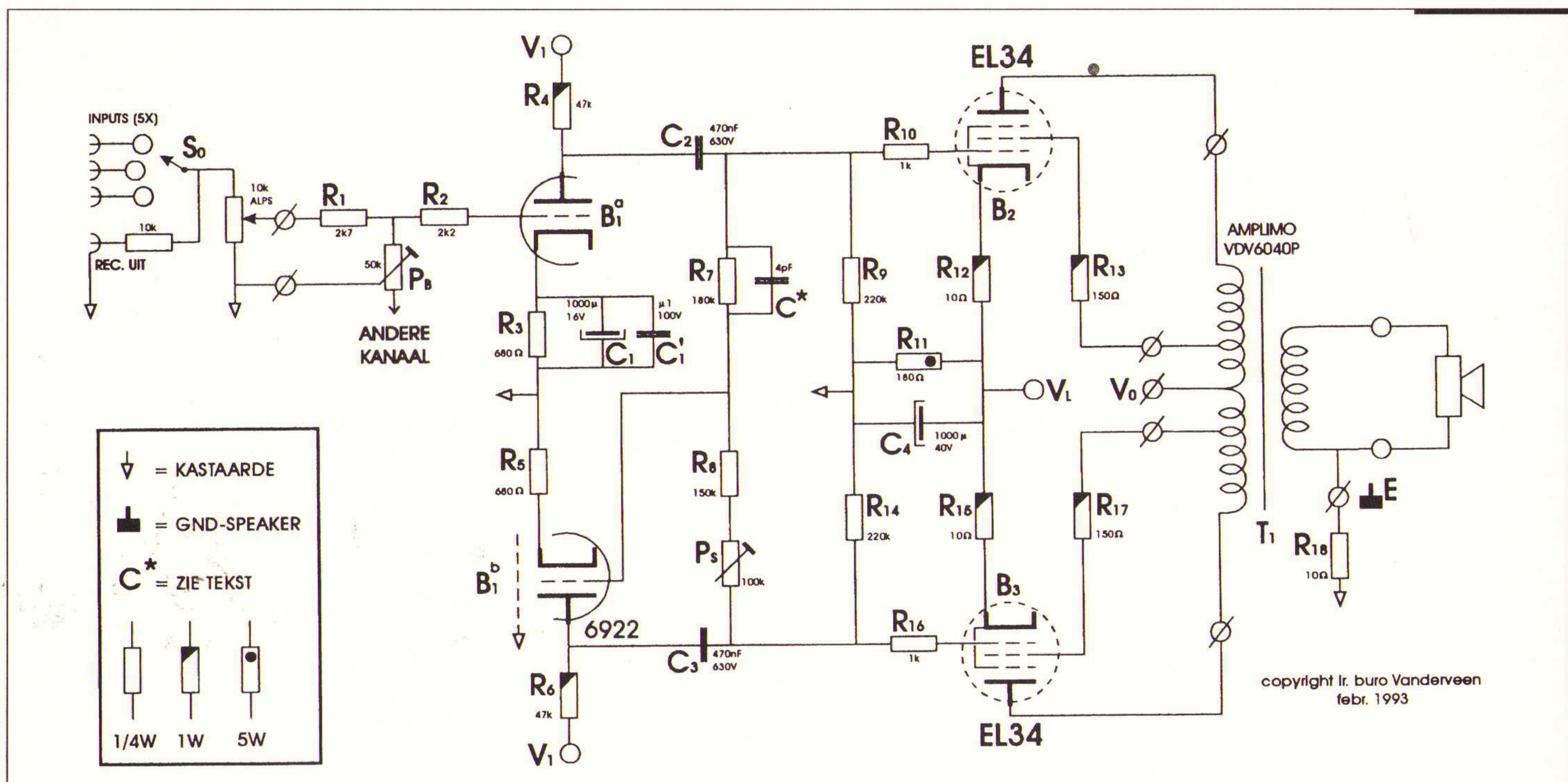
Sommigen zeggen; tegenkoppeling levert een groot frequentiebereik, een lage vervorming en een hoge dempingsfactor. Deze mensen hebben gelijk. Anderen beweren; tegenkoppeling zorgt er voor dat het geluidsbeeld van de versterker dichtslaat, zelfs een hard karakter krijgt en mogelijk zorgt voor instabiliteit van de versterker bij moeilijke speaker-impedanties. Zij die dit zeggen hebben ook gelijk. Zie voor een uitgebreide behandeling van de voor- en nadelen van tegenkoppeling de studies zoals gepubliceerd in (5), (6) en (7). Om bij dit ontwerp een keuze te maken tussen wel of niet tegenkoppelen zijn veel experimenten en metingen verricht die er uiteindelijk toe geleid hebben dat we tegenkoppeling niet gebruiken. Die keuze stelt echter extreem hoge eisen aan de schakeling en vervormingsvrijheid van de versterker. Nu is er immers niets meer dat de vervorming tot lage percentages terugbrengt. De versterker moet het zelf al helemaal goed doen. Het ontwerp is hierop gebaseerd en verderop wordt uitgelegd hoe die lage vervorming bereikt wordt. Kritische lezers zullen in de schematuur ontdekken dat bij buishelft 1-b toch interne tegenkoppeling wordt toegepast. Dit is helemaal waar en we kunnen dan ook concluderen dat we afgezien hebben van 'overall negative feedback'.

Dempingsfactor

Zodra je een buizenversterker maakt zonder tegenkoppeling, kun je er zeker van zijn dat je te maken krijgt met een lage dempingsfactor aan de uitgang. Onder de DempingsFactor verstaan we 8 (gestandaardiseerde luidsprekerimpedantie) gedeeld door de effectieve uitgangswaarde (R_i) van een versterker (figuur 1). De versterker van dit ontwerp kan op drie manieren ingesteld worden. In Penthode schakeling, Ultra Lineair of als Triode. De dempingsfactor aan de uitgang bereikt dan waarden van respectievelijk 0,2, 1,5 en 3. Deze dempingsfactoren hebben rechtstreeks invloed op het klankbeeld dat men waarneemt. Om dit aan te tonen zijn de volgende metingen verricht: van een luidspreker is de frequentie karakteristiek in een echolooze omgeving opgemeten. De versterker die de luidspreker aandreef, werd ingesteld met



Afb. 5 Printlayout van de UL40-S (in verband met copyright afgebeeld met factor 0,7).



Afb. 6 Versterkerschema: analoge deel.

dempingsfactor 100, 8 en lager. Bij $DF=100$ is de frequentiearakteristiek rekentechnisch 'recht' gemaakt. Wat blijft nu; hoe lager de DF is, des te meer de midden- en hogetonen verzwakt worden weergegeven, terwijl het diepe laag naar verhouding minder in intensiteit afneemt (figuur 2). De oorzaak van dit verschijnsel is dat de uitgangsimpedantie van de versterker deel uit gaat maken van de afstemming van de basluidspreker (invloed op Q_e) en de instelling en effectiviteit van het mid-hoog scheidingsfilter verandert. Hier hebben we een van de verklaringen te pakken waarom buizenversterkers vaak zo 'donkerbruin' klinken. Ondanks dit verschijnsel bleek bij alle luisterproeven dat de luisteraars heel snel aan deze iets gewijzigde klankkleur wennen. Ze formuleerden zelfs dat "dit laag wel prettig was en je de indruk gaf alsof je de ruimte in de opname hoorde zoemen en ademen". Ook daar zijn weer verklaringen voor te vinden die hier verder niet besproken worden. Op grond van vele luisterproeven kwam uiteindelijk de conclusie naar voren dat de 'nadelen' van een lage dempingsfactor veel minder waren dan de nadelen die zouden optreden als door tegenkoppeling een hoge dempingsfactor kunstmatig zou worden gecreëerd.

Hoogfrequent

Dankzij de samenwerking tussen Amplimo b.v. en de auteur, was het mogelijk om over een keur van uitgangstransformatoren te beschikken en te onderzoeken welke invloed ze op het geluidsbeeld hebben. In de afgelopen jaren zijn er uitgebreide computerprogramma's ontwikkeld waarmee op voorhand de eigenschappen van transformatoren berekend kunnen worden. Wat bleek nu bij het vergelijken van trafo's? Gehoorsmatig was steeds te herkennen of het frequentiebereik van de transformator in het hoog beperkt is of niet. Als voorbeeld bespreek ik twee proeftrafo's waarvan de ene een -3dB-punt heeft bij 20 kHz en de andere bij 80 kHz. In eerste instantie zou je zeggen dat beide trafo's meer dan genoeg hoog weergeven, dus dat verschillen niet hoorbaar zijn. Dat was wel het geval en de verklaring voor dit verschijnsel werd gevonden in de fasemetingen. Figuur 3 geeft de berekeningen met de 20kHz-trafo en figuur 4 met de 80kHz-trafo. In elk figuur staan twee lijntjes. De onderste kromme is de gewone fase. Dat wil zeggen dat in-

en uitgangsspanning met elkaar vergeleken worden. Het nadien van de uitgangsspanning wordt door de fasehoek weergegeven (zie ook artikel (8)). De bovenste kromme is de zogenaamde differentiële fase (artikel (9)). Hierin wordt de altijd aanwezige constante vertragingstijd, die het signaal in de versterker van in- naar uitgang ondervindt, van de gewone fasemeting afgetrokken. Wat overblijft is de tijdafwijking (fase=tijd) die vooral de hoge frequentie TEN OPZICHTE VAN ELKAAR hebben. De differentiële fase zegt iets over hoe je de tijdfouten hoort. De gewone fase doet dat ook wel, maar het is moeilijker in de grafiek herkenbaar. Wat blijkt nu: bij de 20kHz-trafo begint de differentiële fase in het audiogebied al af te wijken. Bij de 80kHz-trafo begint die afwijking pas ergens bij 30 à 40 kHz, dus ver buiten de audioband. Om deze reden is uiteindelijk de extra breedbandige uitgangstrafo toegepast, zodat voorkomen wordt dat tijdfouten in het hoog de pulswaergave van transiënten zouden verstoren. (Zie ook (2))

Klasse-A/AB instelling

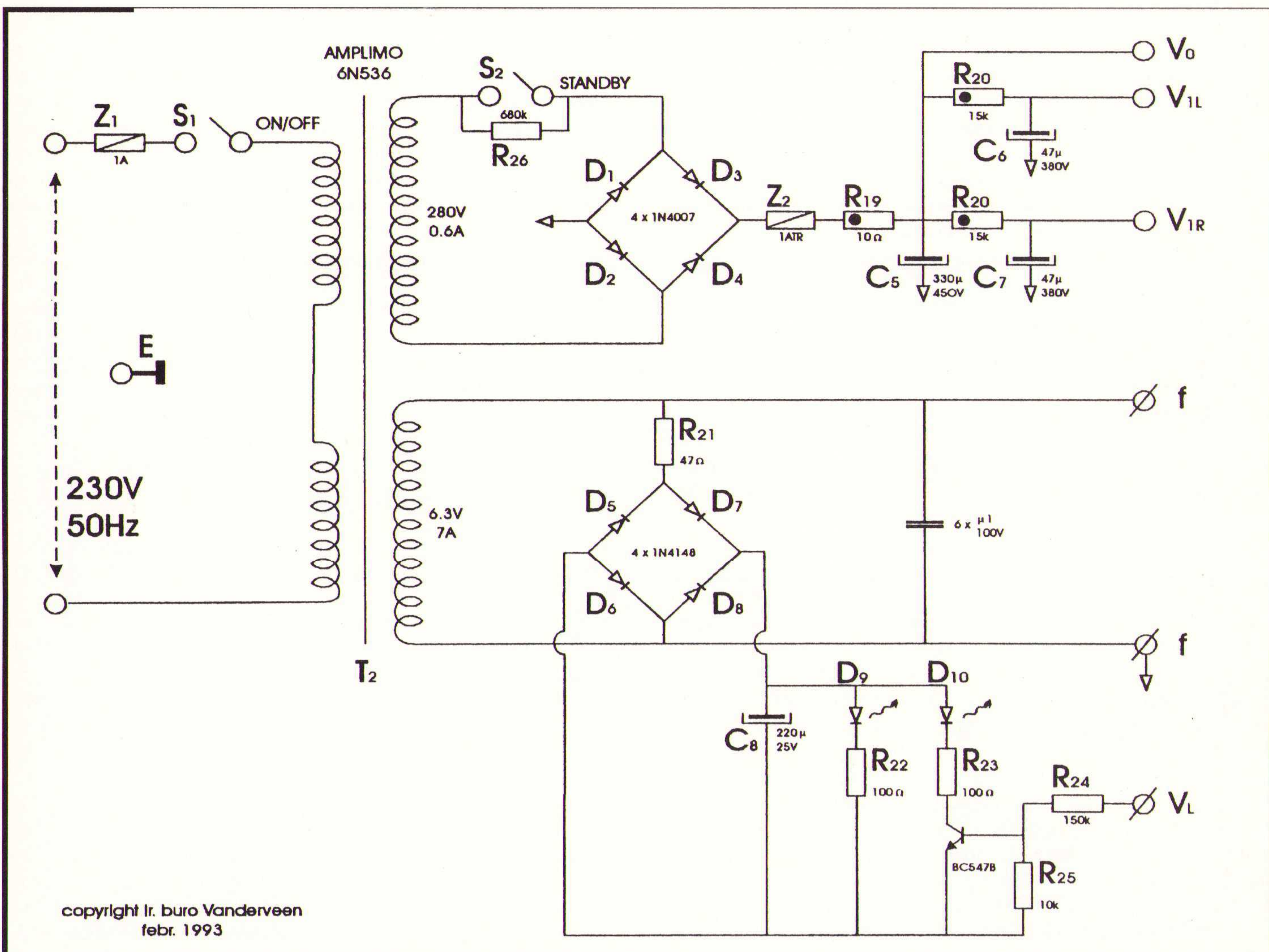
Per kanaal worden twee eindbuizen toegepast die in balans de uitgangstrafo aandrijven. De eindbuizen maken gebruik van de gezamenlijke kathodeweerstand R_{11} waarover een condensator geplaatst is van $C_4=1000 \mu F$. Vanwege deze gezamenlijk kathodeweerstand is het noodzakelijk om op ruststroom en steilheid gepaarde eindbuizen te gebruiken. Doet men dat niet, dan bestaan de kans dat de ene eindbuis meer stroom trekt dan de andere. Dat heeft dan minstens tot gevolg dat het bromniveau aan de uitgang hoger wordt. Om paring te kunnen controleren is in serie met iedere kathode een weerstandje van 10 Ohm opgenomen. Daarover moet dan een spanning staan van ongeveer 0,7 volt die per kanaal bij beide eindbuizen gelijk moet zijn. In Ultra Lineaire instelling bereikt men met de EL34-eindbuizen een uitgangsvermogen van tweemaal 33 watt (de hoogspanning bedraagt 380 volt). Stelt men de buizen in als triodes door het schermrooster door het schermrooster met de anodes te verbinden, dan is de helft van voornoemd uitgangsvermogen beschikbaar. Over de gezamenlijke kathodeweerstand R_{11} staat een spanning van ongeveer 25 volt en dat betekent per buis een ruststroom van 69 mA. De dissipatie per EL34

bedraagt dan $(380-25) \cdot 0.069 = 24,7$ watt. Dit ligt onder de maximale anodedissipatie van 25 watt. Deze instelling is dus veilig. Nu valt heel eenvoudig uit te rekenen tot welk vermogen de eindbuizen in klasse A staan. Bijvoorbeeld bij triode-instelling is er sprake van een rendement van maximaal 25%, en dat betekent dat het klasse-A vermogen 12,5 watt bedraagt. Stelt men de buizen in als Penthode, door de schermroosters met de voedingsspanning V_0 te verbinden, dan is het rendement ruim 50% en dat levert dus meer dan 25 watt klasse-A vermogen op. Ultra Linear levert net 25 watt klasse-A. Stuur men de versterker verder uit, dan veranderen automatisch alle buisinstellingen van klasse A naar AB.

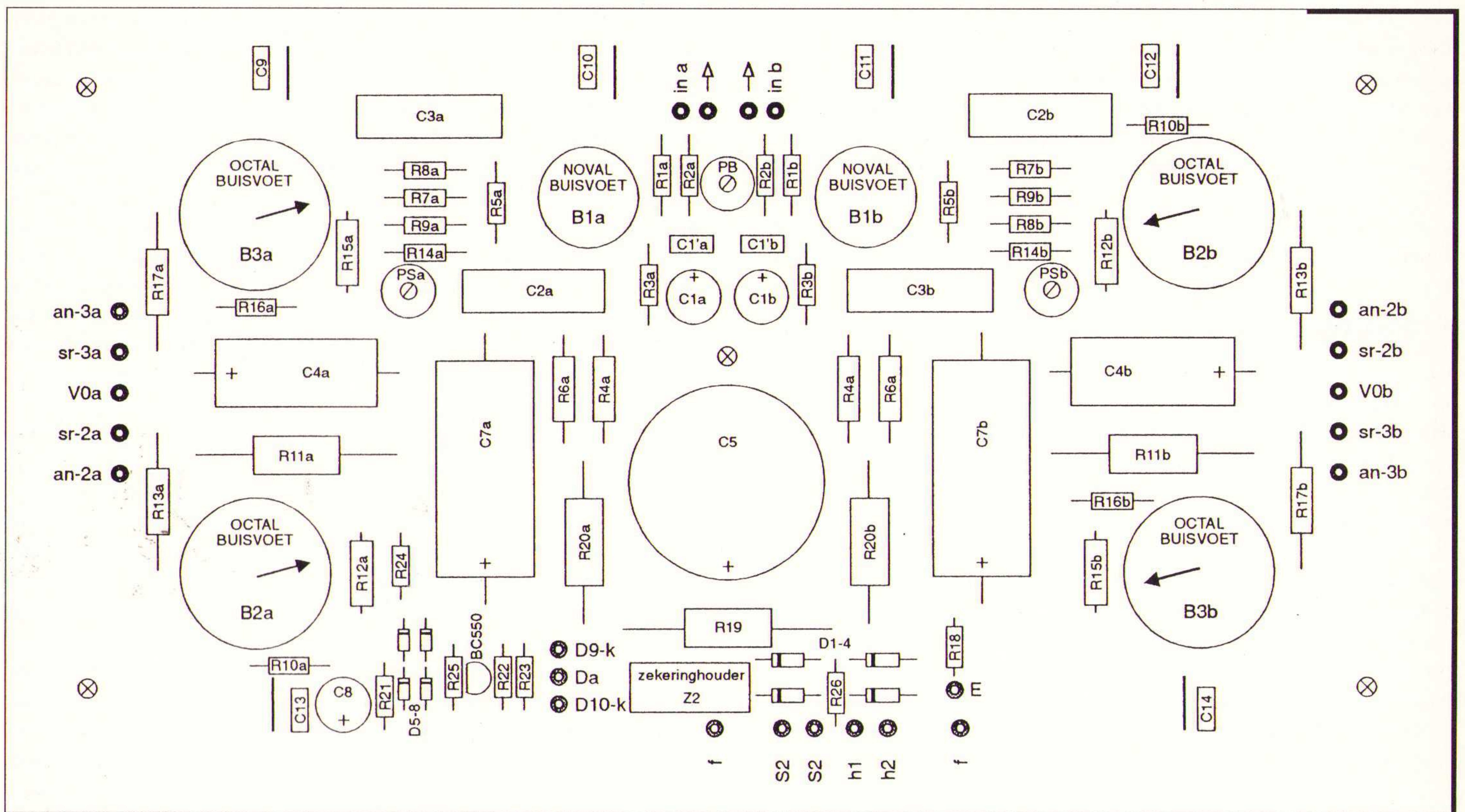
Vervorming

Eerder werd al gezegd dat de eisen die aan vervorming gesteld worden hoog zijn. Immers er is geen tegenkoppeling die de vervorming terugdrukt. Juist daarom is in de stuurtrap en fasedraaier (E88CC of 6922) gebruik gemaakt van een buisje met een goed lineair gedrag. De hoogspanning op de anodes bedraagt bij deze instelling 90 tot 100 volt. Tot 80 Vtt (28 volt effectief) uitgangsspanning op de anode is de totale harmonische vervorming (THD) bij 1 kHz kleiner dan 1%. Bij grotere uitgangsspanning (tot 150 Vtt) begint de vervorming gelijkmatig toe te nemen. De eindbuizen worden echter met genoemde 28 Veff al volledig tot hun grenzen uitgestuurd zodat de vervormingsbijdrage van de stuurtrap verwaarloosbaar is. Er is echter een tweede reden waarom

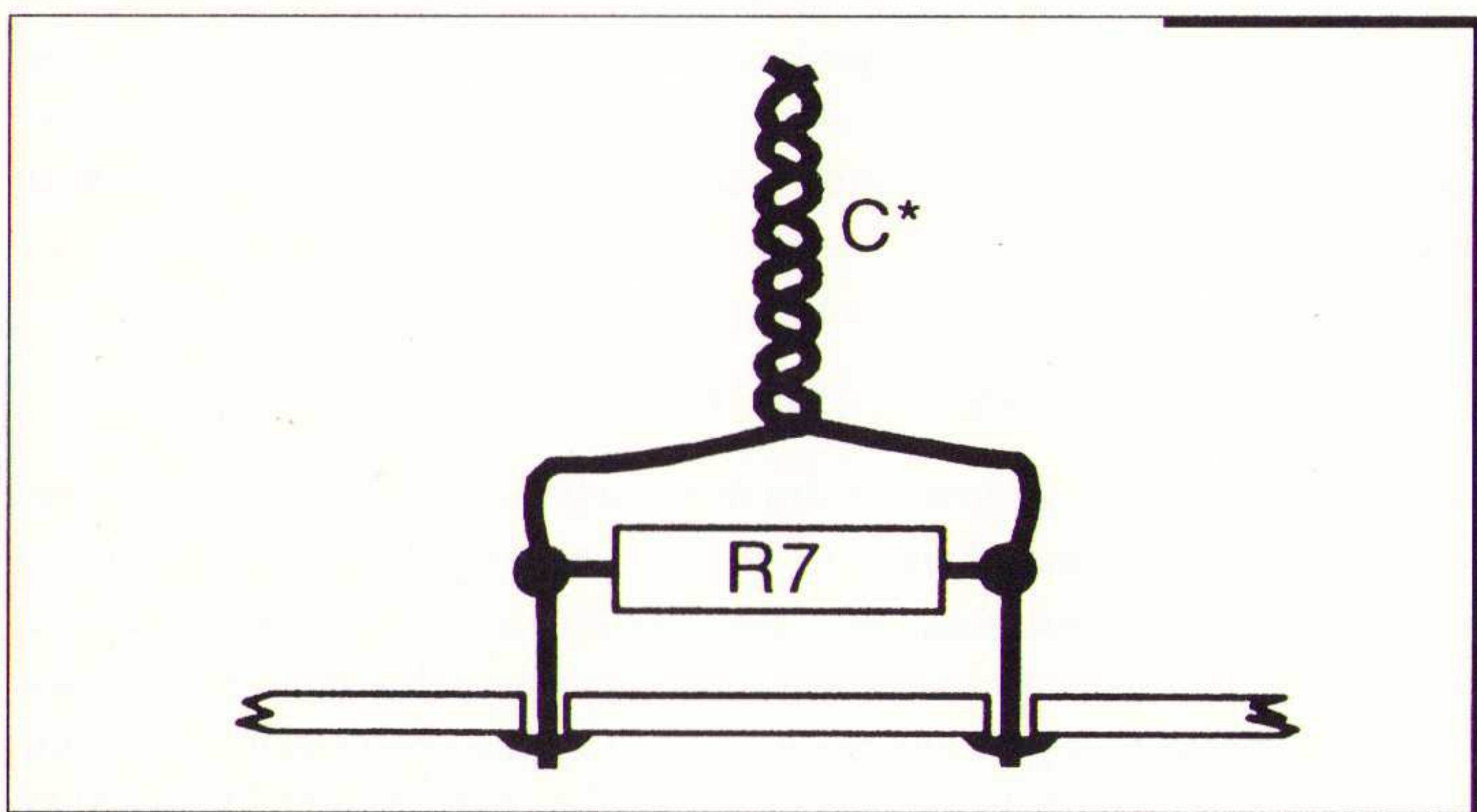
hier van de E88CC gebruik wordt gemaakt. Bij deze instelling hebben beide buishelften een effectieve inwendige weerstand van ongeveer 4 kOhm. Deze inwendige weerstand komt nu in serie te staan met de ingangscapaciteit van de eindbuizen. Bij penthode instelling is die laag (enkele pF), maar vooral in triode-instelling loopt de ingangscapaciteit door het Miller Effect sterk op en bedraagt zelfs 50 pF. In samenwerking met voornoemde 4 kOhm betekent dit dat de stuurtrap in principe een bandbreedte bereikt van 800 kHz, waarmee het frequentiebereik van de uitgangstransformator verre overtroffen wordt. Dat was ook de bedoeling. Toch is hier wat extra opletten nodig. Het tegenfasesignaal wordt namelijk in buishelft 1-b door middel van tegenkoppeling door de weerstanden R7 en R8+Ps bereikt. Nu moet men parallel aan R8+Ps de capaciteit denken die tussen rooster en anode van buishelft 1-b aanwezig is. Dat houdt in dat het frequentiebereik van buishelft 1-b ongeveer 180 kHz gaat bedragen, terwijl buishelft 1-a nog veel verder gaat. Dit levert asymmetrie op van de aansturing bij heel hoge frequenties. Deze hoogfrequent afval van buis 1-b is echter te compenseren door parallel aan R7 een capaciteit te plaatsen van ongeveer 4 pF. Voor normaal audiogebruik is dat echt niet nodig, maar voor de fijnproevers met scopen en toongeneratoren kan hier net een extra plusje bereikt worden. In de handel hebben wij geen geschikte condensator kunnen vinden die aan alle eisen van spanning en frequentiebereik en interne absorptie voldoet. Daarom kan men het beste deze condensator zelf maken door twee geïsoleerde enkelkernige draden van 10 cm lengte in elkaar te twisten (zie figuur 9). Afregeling van deze capaciteit



Afb. 7 Versterkerschema: voeding.



Afb. 8 Plaatsing van componenten en doorverbindingen. NB: alleen de aanvoer van hoogspanning naar de uitgangstrafo's wordt met twee extra geïsoleerde draden uitgevoerd.



Afb. 9 De fabricage van C*.

gaat als volgt: belast de uitgang met een weerstand van 5 Ohm en stuur de versterker zover uit tot er een uitgangsspanning van 8 Vtt aanwezig is. Verhoog nu de frequentie tot boven 100 kHz en dan wordt zichtbaar dat de onder of bovenkant van deze hoogfrequent sinus extra afneemt ten opzichte van de andere sinus helft. Door nu C* te vergroten of verkleinen (draden meer of minder te twisten) kan de sinusafname aan boven en onderkant volledig gelijk gemaakt worden. Nogmaals: dit is voer voor fijnproevers. Je hoort er niets van.

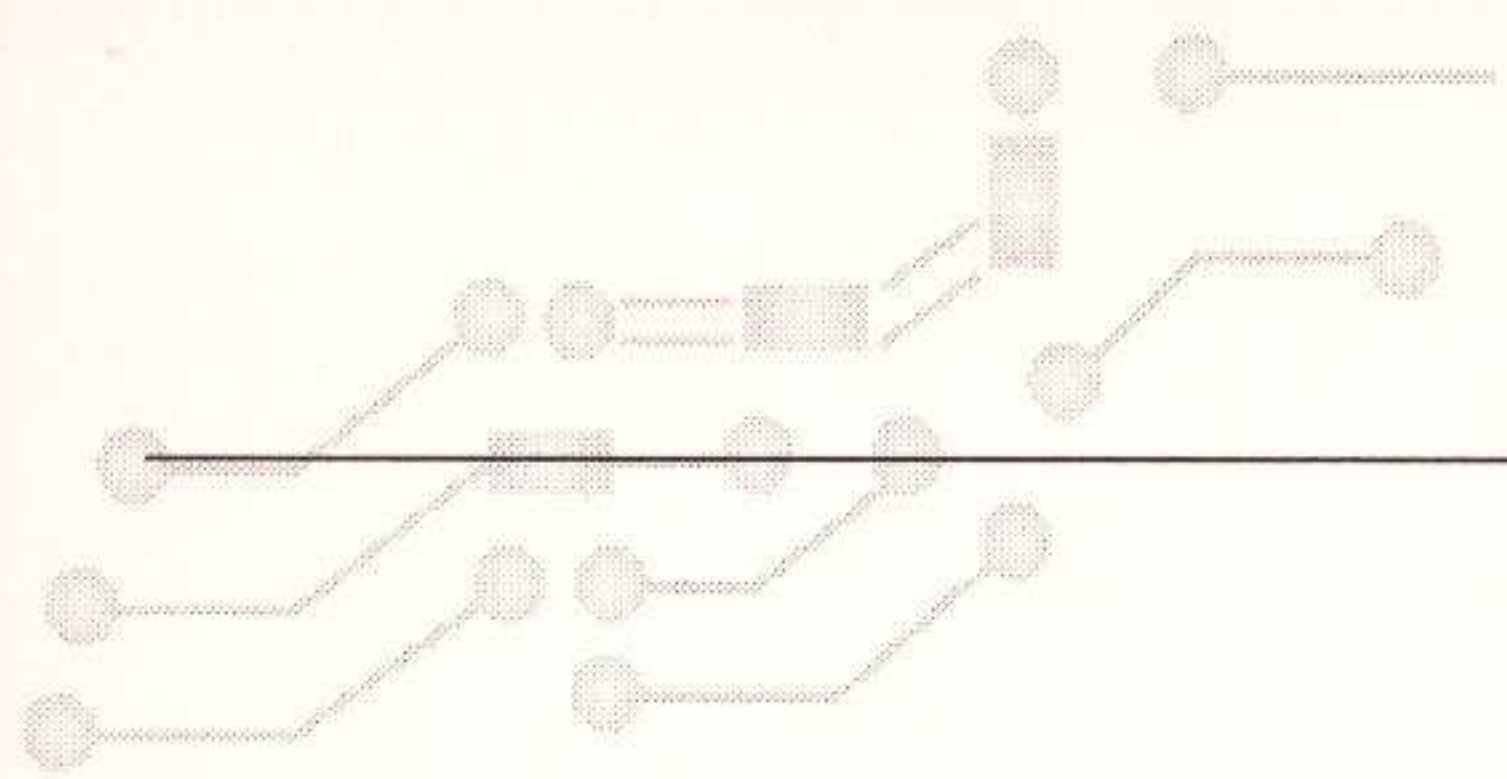
Symmetrische aansturing

Er is nog een reden waarom vervorming opgewekt kan worden in aansturing van de beide eindbuizen. De voorwaarde is dat die exact hetzelfde signaal op hun anodes vertonen, alleen dan met tegengestelde fase. Dat exact gelijk zijn valt in te stellen bij de stuurtrap door de versterkingsfactor van de onderste buishelft 1-b binnen zekere grenzen te regelen. Daarom is daar een instelpotentiometer Ps opgenomen van 100 kOhm. Als men niet beschikt over apparatuur om vervorming te

meten, dan moet die instelpot gewoon in zijn middenstand staan. Daar is deze schakeling op berekend. Opnieuw kunnen mensen met meetapparatuur nog mogelijk ietsje extra's bereiken door een vervormingsmeter te gebruiken en de instelling op minimale THD af te regelen. Een andere eenvoudige afregelmethode is: sluit op de ingang een blokgolfspanning aan van 100 Hz. Belast de uitgang met 5 Ohm en stuur de versterker steeds verder uit. Bij juiste instelling van Ps zullen de stijgende en dalende flanken van de blokgolf geen doorzakking vertonen. Treedt dit wel op dan is bijregeling van Ps voldoende om dit effect op te heffen. Bij de tot nu toe gebouwde proefversterkers bleek nadere bijregeling van Ps niet nodig te zijn als deze nagenoeg in middenstand staat. Tot slot over de schakeling rondom de E88CC: de buis is zo ingesteld dat zelfs met 6dB-oversturing de gemiddelde waarde van de spanning op de anodes geen DC-shift gaat vertonen. Dit is nodig om te voorkomen dat de versterker bij puls vormige muzieksignalen gaat naslingeren. Juist voor de correcte behandeling van transiënten is deze DC-shift-vrije instelling van het grootste belang.

Hoogfrequente gloeidraden?

Een opmerkelijk detail in de schakeling is dat de gloeidraden van alle buizen hoogfrequent ontkoppeld zijn. Dit wordt bereikt door 100nF-condensatorpjes bij iedere buis, maar tevens door de spoelvorming gewikkelde aanvoerdraden van de voedingstrafo. Kijkt men naar de printbanen die verantwoordelijk zijn voor de gloeidraadspanning, dan blijken die in een lus aan de printrand te liggen. Om er nu voor te zorgen dat iedere gloeidraad dezelfde spanning krijgt toegevoerd, moet er rekening gehouden worden met de minimale restweerstand van die printbanen. Er loopt in totaal ruim 6 A doorheen. Die gelijke spanning per buis is bereikt door de gloeidraadspanning aan weerszijden van de lus aan te bieden. Maar dat houdt in dat de richting van de stroomsterkte in de twee gloeidraadbanen gelijk is en dat er dus sprake is van een grote rondom liggende spoel. Die spoel gaat per definitie stralen en dat



gebeurt niet alleen met 50 Hz maar ook met de hoogfrequent-signalen die vanuit het lichtnet via de voedingstrafo doorlekken. De 50Hz-straling is door zijn loodrecht op de print staande magnetische veld niet storend, maar hoogfrequent kan er van alles misgaan. Daarom is de gloeidraadspanning hoogfrequent ontkoppeld en is de rondgaande lus voor hoge frequenties kortgesloten zodat de lange printbanen niet als zenders kunnen werken. Het is een micro-detail, maar alle kleine details samen zorgen er toch maar voor dat deze print lay-out bijzonder goed functioneert.

Stand-by en LED's

Door uitschakeling van de hoogspanning door S2, wordt de versterker in Stand-By geplaatst. Opmerkelijk is daarbij de weerstand R26 die voor deze schakelaar is geplaatst. Die heeft twee functies: in de eerste plaats zorgt R26 er voor dat er altijd een geringe restspanning over de elco's blijft staan zodat ze voortdurend gepolariseerd blijven. Dit verlengt sterk hun levensduur. De tweede functie is dat de versterker op heel laag niveau nog vermogen aan de luidspreker kan leveren (minder dan een mili watt). Dit geringe vermogen is voldoende om te horen of de volumeregelaar open staat en of er signaal aanwezig is. Dit laatste is handig omdat men zo bij inschakeling van de versterker met S2 niet plotseling door een luid geluidsniveau verrast wordt. Dan de LED's. Deze worden gevoed uit de gloeidraadspanning. LED's hebben echter de eigenschap dat ze boven 1,5 volt (afhankelijk van kleur) zeer snel in geleiding gaan.

Bij rechtstreekse voeding van de LED's met wisselspanning zou dit betekenen dat er stevige schakelpulsen op de gloeidraadleidingen zouden verschijnen. dat zou heel storend zijn en daarom is eerst de gloeidraadspanning van 6,3 volt gelijkgericht. Tevens is de voorschakelweerstand van de LED's verdeeld over de drie weerstanden R21, R22 en R23. In samenwerking met C8 wordt er nu een laagdoorlaatfilter gecreëerd zodat het schakelend gedrag van de LED's sterk wordt afgezwakt en de belasting van de gloeidraadleidingen nagenoeg geen hoge frequentie componenten bevat. Een van de LED's (de Stand-By-Led) gaat pas aan als de spanning op de EL-34 kathodes van het rechterkanaal boven de plus 16 volt komt. Dit betekent dat deze Led aangeeft of de eindbuizen stroom trekken. Heel fraai is dat zichtbaar als men bij koude versterkers de schakelaars S1 en S2 gelijktijdig aanzet. pas na enige tijd gaat dan de stand-by-led aan en op hetzelfde moment begint ook de versterker muziek weer te geven. Dit is een aardig futilliteitje. overigens wordt aanbevolen om de schakelaar S2 altijd enige tijd na S1 aan te doen.

De versterker is dan direkt bedrijfsklaar omdat de buizen al op temperatuur zijn. Tevens zijn de elco-spanningen dan altijd kleiner dan hun maximale werkspanningen. Ook dit komt de levensduur van de elco's ten goede.

De specificaties

De gegevens in de lijst van specificaties spreken voor zich zelf. Opmerkelijk is echter wel het tabelletje met -a- waarden. Dit verdient nadere toelichting. De versterker wordt voor hoge frequenties namelijk volledig beschreven door een tweede- plus eerste orde filter waarvan de formule luidt:

$$H(f) = \frac{1}{1 + a \cdot j \cdot f / f_0 + (j \cdot f / f_0)^2} \cdot \frac{1}{1 + j \cdot f / f_1}$$

hierin is -f- de frequentie, -j- de wortel uit -1 en f1 de al eerder genoemde 800 kHz van de ECC88 buis. De frequentie f0 wordt bepaald door de uitgangstransformator en de inwendige weerstanden van de eind-

buizen en de luidspreker impedantie. Hetzelfde geldt voor de constante -a-. (Deze is overigens gelijk aan 1/Q waarin Q de "kwaliteitsfactor" van het tweede orde filterdeel voorstelt). Wat blijkt nu: bij triode instelling heeft men te maken met een filterstructuur die zeer geringe differentiële fasefouten bezit. Gaat men over naar Ultra Lineaire instellingen, dan verkrijgt men de zogenoemde "kritische" instelling (a=2) die nog steeds uitmuntend is. Bij penthode instelling tenslotte wordt -a- meer dan 2. De demping is dan "over-kritisch" en het -3dB-frequentiebereik begint extra af te nemen. Bovenstaande is voor rekenaars die graag met rekenmodellen werken. Het aardige is dat bij de gebruikte ringkerntrafo's deze modellen volledig van toepassing zijn en voorspellen wat de versterker hoogfrequent doet. Zie (10) voor uitvoerige behandeling en achtergrond van deze theorie en rekentechnieken.

Vermogen en Z-uit

De uitgangstransformator is slechts voorzien van een enkelvoudige secundaire impedantie. Die is bedoeld voor een optimale belasting van 5 Ohm. Hiervoor is bewust gekozen omdat bij toepassing van meerdere secundaire aftakkingen de trafo extra ingewikkeld (en daardoor duur) zou worden). Daarnaast is bij de gekozen secundaire impedantie het vermogen nagenoeg constant voor speakers van 3 tot 8 Ohm (binnen 0,5 dB). Toch is er nog een belangrijker reden. Bij de trafo-constructie bleek hoe hoog de eisen zijn aan de ligging van de afzonderlijke wikkelingen. Indien nu meer aftakkingen gemaakt waren, dan zou de optimale ligging van de wikkellingen verstoord zijn, hetgeen direkt slechtere hoogfrequent eigenschappen zou opleveren. Tot slot een laatste reden: de meeste speakers bezitten geen constante impedantie, maar een impedantie die schommelt tussen 4 en 8 Ohm, met enige uitschieters naar boven, bijvoorbeeld bij de overname frequenties van de scheidingsfilters. Voor een voldoende goede aanpassing is het dan het beste om de secundaire impedantie in de buurt van de minimum impedantie van de speakers te kiezen. Berekeningen en metingen toonden aan dat de gekozen waarde van 5 Ohm dan een goed optimum vormt.

Hoe klinkt de versterker

Alhoewel de auteur gewend is om in lyrische termen te schrijven over producten van anderen (zie voormalige testen in HomeStudio), ligt de situatie duidelijk anders op het moment dat je het over je eigen produkt hebt. Daarom geef ik hoofdlijnen aan, waarbij het uiteindelijke oordeel natuurlijk bij de zelfbouwer ligt. De luisterproeven zijn hoofdzakelijk verricht met de volgende installatie: luidsprekers Quad ESL63 en M3 van Meyst-Corbier en de nieuwste B&W803-Series-2. De speakerkabels waren Ocos en "Revelation" van A.J. van den Hul. Zowel met de interlink STC 4/80 als de zilver-goud versie is geluisterd en meer malen zijn die uitgewisseld met "The First" en "The Second" van Van den Hul. De CD-spelers waren Project-19 MK2 van STC en de Wadia X-32 en als platenspeler functioneerde de VPI met Morch arm en Adcom-element en een eigenbouw passief-RIAA buizen voorversterker. (Misschien publiceer ik die ook nog eens). Algemeen kenmerk van het geluidsbeeld was dat het karakter absoluut stressvrij is. Zelfs bij heel langdurig luisteren treedt er geen enkele irritatie op. Het is totaal niet vermoeiend, klinkt zacht en rustig en legt iets nadruk op de basweergave. Dat is gezien de dempingsfactor ook logisch. De ruimtelijke afbeelding is in de breedte groot en in de diepte ver naar achteren. De ruimte en rust tussen de verschillende instrumenten is opmerkelijk. Hier horen we bij uitstek de afwezigheid van tegenkoppeling. De versterker reageert razendsnel op transiënten en keert direkt daarna naar zijn rusttoestand terug. Daardoor vallen "stiltes" in de muziek extra duidelijk op en dit geheel zorgt voor een gedetailleerd ruimtebeeld. Qua detaillering is de triode-instelling iets beter dan de Ultra Lineaire instelling en veel beter dan de Penthode instelling. Die laatste beveel ik niet

aan, maar is alleen in dit artikel genoemd omdat het tot de eenvoudige mogelijkheden behoort. Bij goed gepaarde buizen (zitten in de bouwdoos) wordt met een 90dB/W, m-speaker geen enkele brom gehoord. Opvallend is de hoogweergave: die is door en door rustig en iedere "grinderigheid" of tijdersmering is afwezig. Opnieuw is hier de triode-instelling iets beter. Vervormingen zijn subjectief niet waarneembaar, tenzij men de versterker te ver uitstuurt, maar zelfs dan is de vervorming nog zacht van karakter. De stabiliteit van het ruimtebeeld is bij goed ingespeelde versterkers opmerkelijk rustig en constant.

SPECIFICATIES

apparaat: UL40-S stereo zelfbouw buizenversterker
 buizen: 4 x EL34 en 2 x 6922 (E88CC)
 instelling: Klasse A in Triode, Ultra-Lineair of Pentode

overzicht:	Triode	Ultra-Lin.	Pentode
P.nom (watt):	2 x 15	2 x 33	2 x 35
a (zie tekst):	1,8	1,97	2,22
f-3dB-bovenkant:	100 kHz	80 kHz	68 kHz
f-3dB-onderkant:	8 Hz	8 Hz	8 Hz
Demp. Factor:	3	1,5	0,2

V-in: 670 mV (UL; ref. P.nom. in 5 Ohm)

THD 1kHz

.1 W UL: 0,04 %

1 W UL: 0,06 %

10 W UL: 0,3 %

IMD 11+12kHz

.1 W UL: 0,06 %

1 W UL: 0,1 %

10 W UL: 0,4 %

stabiliteit: onvoorwaardelijk (8 Ohm // 1 uF)

brom: -93 dB (reference P.nom UL)

Afb. 10 Specificaties.

Zaken van orde

In dit artikel is gepoogd om de belangrijkste uitgangspunten en principes te behandelen. Wat nu nog rest is de organisatie rondom de versterker. De versterker wordt in bouwdoosvorm geleverd door Tube Society. Eventuele zelfbouwproblemen worden ook door Koch behandeld en opgelost. Hoogwaardige gepaarde buizen (Sovtec EL34 en Sovtec 6922) zitten in het pakket. Opmerkelijk is dat de kast van de versterker volledig uit kunststof materialen is samengesteld. Hier is bewust voor gekozen om ieder effect van kringstromen en Foucault-verliezen in een metalen kast te elimineren. Zo zal de zelfbouwer in deze bouwdoos nog meer uitzonderlijke keuzes herkennen, die we nu echter buiten het bestek van dit artikel laten vallen. Een volledige

bouwbeschrijving is bijgevoegd met uitgebreide handleiding, zodat de versterker met standaard gereedschap probleemloos na te bouwen is. Ik spreek de hoop uit dat vele zelfbouwers door middel van dit project opnieuw enthousiast met buizenversterkers bezig gaan.

"Zie voor prijzen en levering de advertentie van TubeSociety elders in dit nummer".

Literatuurlijst

- (1) Hans de Ligt: Test Miracle; HiFi-Video-Test; juli/augustus 1994; pp. 29-31
- (2) Menno van der Veen: Het Vanderveen Buizen Bouwboek, 3e druk; bestelbaar bij Amplimo b.v.
- (3) Menno van der Veen: Buizenversterker van 40 Watt; RB Elektronica 9/85; pp. 329-333
- (4) Menno van der Veen: Hi-Tech met Buizenbak, 100 Watt buizenversterker; RB Elektronica 10/87, pp. 22-27
- (5) Menno van der Veen: Tegenkoppeling van de werkelijkheidsweergave, Voor tegenkoppeling; RB Elektronica; nov. 1993
- (6) Menno van der Veen: Tegenkoppeling van de werkelijkheidsweergave, Tegen tegenkoppeling; RB Elektronica; dec. 1993; pp. 8-12
- (7) Menno van der Veen: Tegenkoppeling van de werkelijkheidsweergave, Het meten van; RB Elektronica; febr. 1994; pp. 26-30
- (8) Menno van der Veen: Wat bedoelen we met fase?; Home studio 10/10; pp. 28-29
- (9) W. Marshall Leach Jr.: The Differential Time-Delay Distortion and Differential Phase-Shift Distortion as Measures of Phase Linearity; JAES 37/9; sept. 1989; pp. 709-715
- (10) Menno van der Veen: Theory and Practise of Wide Bandwidth Toroidal Output Transformers; Preprint 97th AES Convention, Nov. 1994, San Francisco.

COOPER
CooperTools



'Beauty-case for men!'

Technical Tools, uw leverancier van kwalitatief hoogwaardige gereedschapkoffers voor technici die vandaag al willen werken met de techniek van morgen.

Want de koffers van Xcelite zijn niet alleen zeer functioneel maar ook nog bijzonder fraai om te zien. Bovendien zijn deze koffers in vele verschillende maten en uitvoeringen verkrijgbaar.

Bel vandaag nog voor de gratis catalogus en u kunt morgen al uw keuze maken.

Xcelite® U.S.A.

Kwaliteit mag best mooi zijn.



TECHNICAL TOOLS b.v.

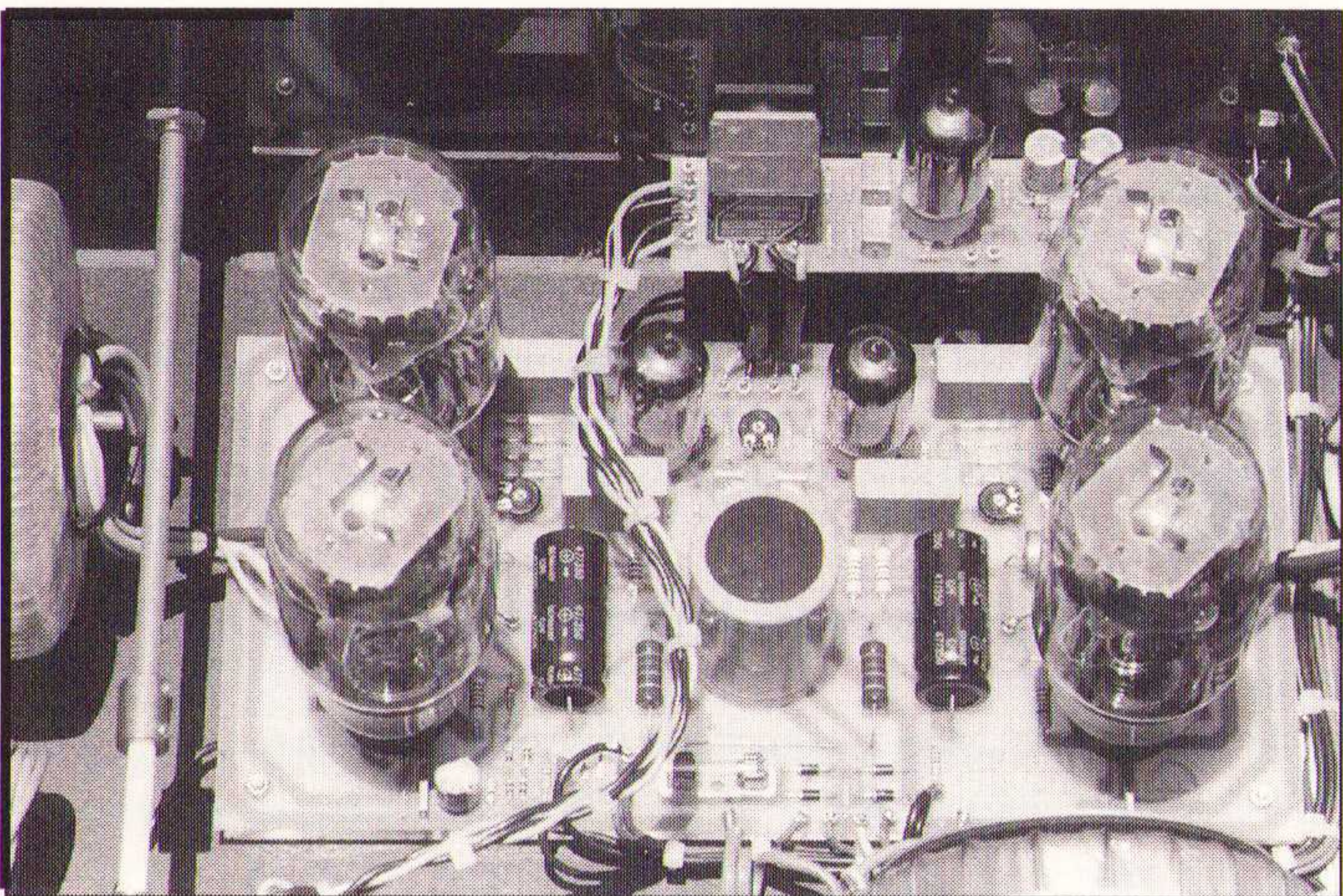
Hoogstraat 62-64,
3011 PT Rotterdam
Postbus 22031,
3003 DA Rotterdam
Tel.: 010-4125697/4125874
Fax: 010-4115835

Uitbreiding van de UL40-S:**De Nieuwe Buizen Lijn-
Voorversterker UL40-SVV**

Enige zelfbouwers van de UL40-S benaderden ons met de vraag of een extra lijn-voorversterker in de UL40-S mogelijk was. Veel extra voorversterking zou niet nodig zijn; 4 maal werd als voldoende beschouwd om de ingangsevoeligheid op 200 mV te brengen. In dit artikel wordt de ontwerpfilosofie van een dergelijke lijn voorversterker besproken.



UL40-SVV



UL40-SVV

De ingangsevoeligheid van de UL40-S bouwdoos bedraagt (in triode instelling) ongeveer 1 V. Sommige signaalbronnen leveren niet zoveel uitgangspanning. Denk daarbij aan oudere typen tuners en recorders. Voor CD-weergave is de 1 Volt ingangsevoeligheid geen enkel probleem. CD-spelers leveren immers 2 Volt uitgangspanning af bij volle uitsturing van de CD-opname.

Maar hoeveel extra voorversterking is dan nodig. Bij teveel voorversterking zou de volumeregelaar meestal nagenoeg dicht (op 9 uur bijvoorbeeld) moeten staan terwijl het geluid uit de luidsprekers dan al heel luid klinkt. Zo'n snel regelgedrag beschouwen wij als ongewenst omdat dan de volume regelaar in het onnauwkeurigste begin-gedeelte van zijn regelbereik wordt gebruikt. Juist in dat gedeelte is de gelijkheid van linker en rechter signaal niet optimaal. De balans kan zelfs meer dan 1dB afwijken. Daarom, met een extra versterking van 4 x (= 12 dB) zou de volume regelaar van de UL40-S ongeveer in de "middenstand" komen te staan in plaats van "vol open". Dan is er dus voldoende reserve aanwezig om zelfs de zwak opgenomen CD's nog luid weer te geven terwijl de balans tussen linker en rechter kanaal niet verstoord wordt.

Na uitgebreid beraad is besloten om aan deze wens tegemoet te komen. Omdat de UL40-S een uitgevogeld en grondig getest ontwerp is, moet men uiterst voorzichtig zijn om hierin wijzigingen aan te brengen. Het aantal componenten zou door de extra voorversterker toenemen en misschien ook het brom- en ruisniveau. En wat te denken van extra vervorming? Allemaal nadelen waarop niemand zit te wachten. Toch liet ons deze vraag niet los en langdurig onderzoek plus heel veel luisteren hebben ertoe geleid dat we nu met enige gepaste trots de nieuwe UL40-SVV voorversterker aankondigen. Deze is als een stukje "maatwerk" uiterst precies aan de UL40-S aangepast en bezit niet de veronderstelde nadelen van brom, ruis en vervorming. Deze prachtig klinkende voorversterker draagt het typenummer UL40-SVV.

Hij kan gemakkelijk, zonder enig extra boor-, schuur- of schaaftwerk, rechtstreeks in de UL40-S kast geplaatst worden, vlak onder de al aanwezige Alps volume regelaar.

Welke Buis ?

Omdat er niet zoveel voorversterking nodig is, kan gebruik gemaakt worden van een buisje met een lage μ -waarde (verhouding tussen anode wisselspanning en rooster wisselspanning). Dat stuurde de keuze al in de richting van ECC82 of E88CC of 6922. Daarnaast was echter ook een lage r_i -waarde nodig omdat het ontwerp brom-, ruis- en HF-ongevoelig moet zijn.

Een buisje dat bij uitstek beide eigenschappen bezit is de 6922 of de E88CC. Gezien onze positieve ervaringen met de Sovtek 6922 is uiteindelijk voor deze buis gekozen. De gegevens daarvan luiden: $\mu = 33$, $s = 12,5$ mA/V en $r_i = 2,64$ k Ω . Deze specificaties zijn correct bij $V_a = 90$ V en $V_{gk} = -1,3$ V met $I_a = 15$ mA.

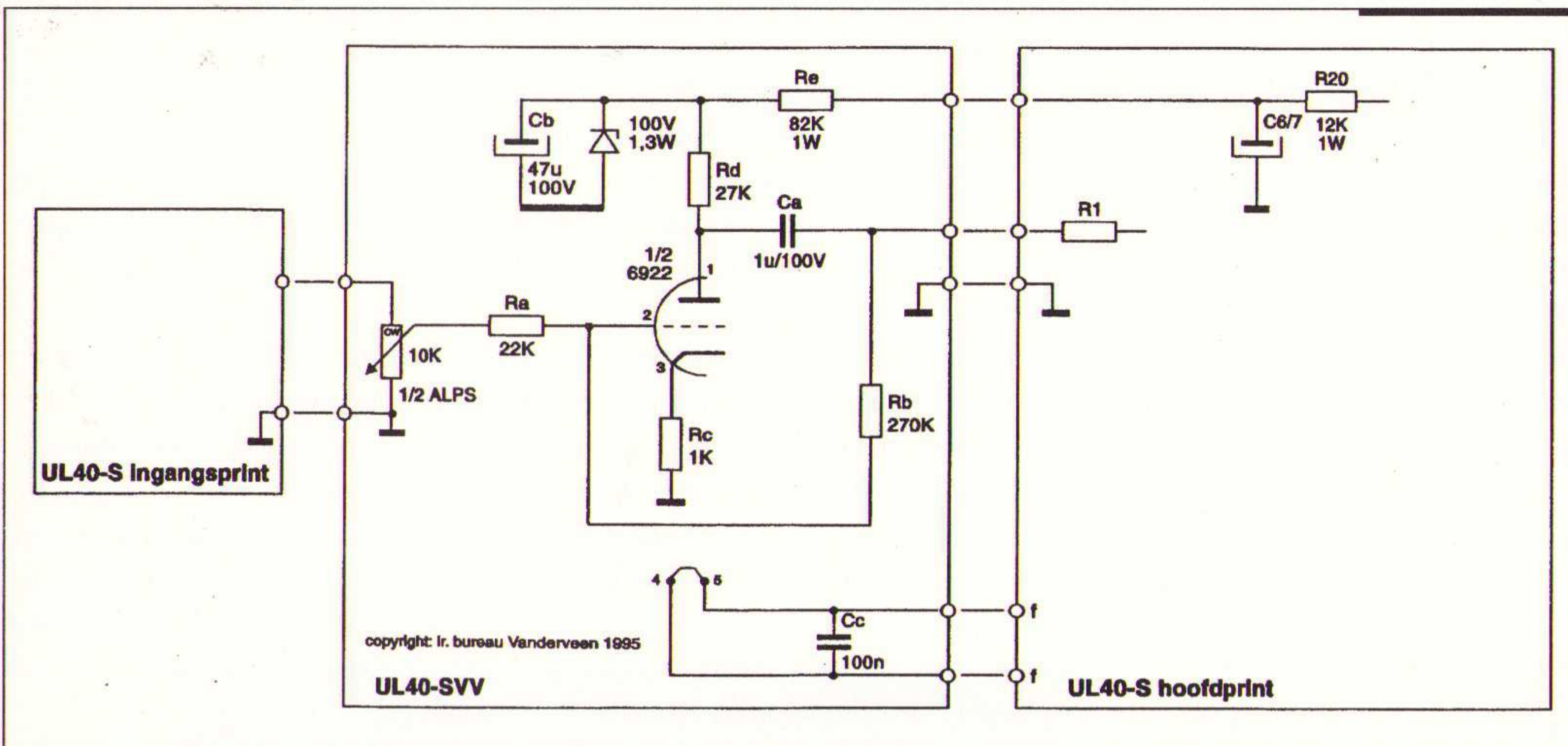
Hoeveel Hoogspanning ?

De volgende overweging luidde dat we niet met al te hoge voedingspanningen wilden gaan werken. De reden daartoe is eenvoudig: hoge voedingspanningen betekenen grote en dikke elco's voor de voedingsontkoppeling en zowel vanwege de prijs als de beschikbare ruimte komt dat onvoordelig uit. Als maximum werd gekozen voor een effectieve voedingspanning van 100 Volt. Goede en betrouwbare elco's van die spanning zijn ruim verkrijgbaar (en hebben ook prettig kleine afmetingen).

Beveiliging van de hoogspanning

Normaal is het zo dat men bij inschakelen van de versterker eerst de netschakelaar op "aan" zet (de gloeidraden branden dan), enige tijd wacht en vervolgens de "stand-by" schakelaar omzet (nu is er ook hoogspanning). Omdat de buizen al warm zijn beginnen ze direct stroom te trekken en komen de verschillende interne voedingsspanningen direct op hun juiste waarde terecht.

Maar, wat gebeurt er als per ongeluk de netschakelaar tegelijkertijd met de stand-by schakelaar aangeschakeld wordt? Dan komt direct de volle hoogspanning (380 Volt) op ALLE elco's te staan. Dus ook op het door ons gekozen exemplaar met een maximumspanning van 100 Volt. U raadt het al: dat gaat 10 keer goed, maar daarna is het resultaat een "spuitende, lekkende, stinkende" elco. Om die reden MOET de spanning over de 100 Volt elco aan een veilige bovengrens gebonden zijn. Dat hebben we gerealiseerd door de voedingsspanning van 100 Volt te stabiliseren door middel van een zenerdiode van 100 Volt. (Zie C_b en Z in het schema).



Schema UL40-SVV plus aansluiting aan hoofdprint.

Shunt-Stabilisatie

In combinatie met R_e (= 82 k Ω) werkt deze zenerdiode nu als een variabele SHUNT-regelaar die de spanning op 100 Volt houdt, onafhankelijk van eventuele stroomvariaties door de voorversterkerbuis. Het woord "shunt" is bewust vetgedrukt om de nadruk te leggen op het feit dat de voorversterkerbuis samen met de zenerdiode zorgt voor een constante stroomvraag, onafhankelijk van het momentane signaalniveau door de voorversterkerbuis. Hierdoor wordt ook nog bereikt dat eventuele "50 en 100 Hz"-componenten in de voedingsspanning effectief naar aarde worden afgevoerd.

Plaatsing van de volumeregelaar

In een voorversterker kan de volume regelaar op verschillende posities geplaatst worden. Aan de ingang, ergens halverwege of aan de uitgang. Elk van die posities heeft zijn eigen voor- en nadelen. In dit ontwerp hebben we heel bewust gekozen voor plaatsing van de volume regelaar aan de ingang, VOOR de voorversterker. Waarom?

Stel we hadden de volume regelaar aan de uitgang van de voorversterker geplaatst. Dan zou ieder signaal eerst voorversterkt worden en dan pas bij de volume regelaar komen. Maar neem nu als voorbeeld een CD-signaal op maximale sterkte. De effectieve spanning daarvan bedraagt 2 Volt, wat neer komt op een top-top spanning van $2 \cdot 2 \cdot \sqrt{2} = 5,66$ Volt. Als de voorversterker dan vervolgens 4 keer versterkt, dan is

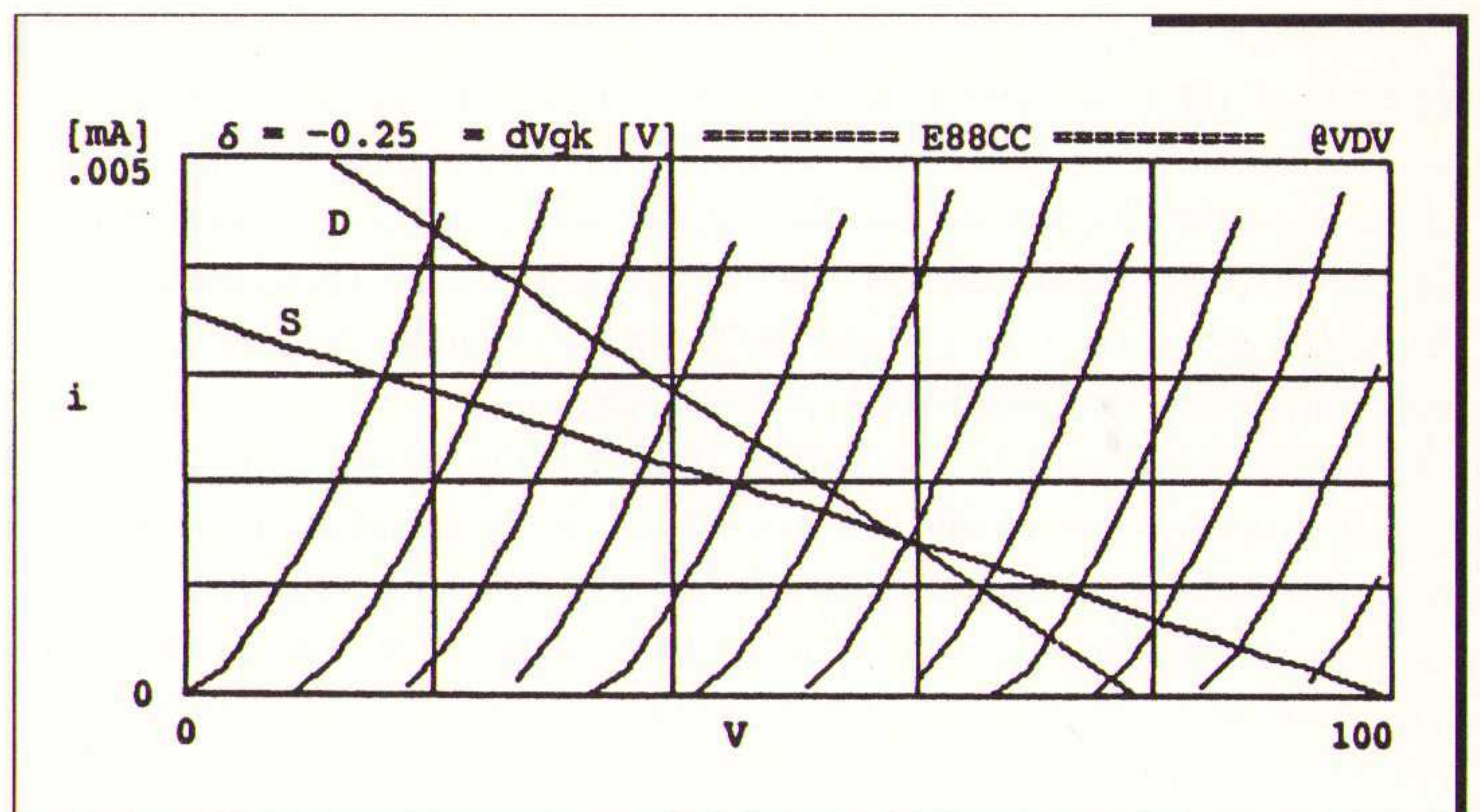


Fig. 1 Statistische en dynamische karakteristiek van de E88CC, belast met $R_a = 27$ k Ω en $R_{in} = 27,7$ k Ω .

deze wisselspanning toegenomen to 22,6 Volt_{eff}.

Bij een effectieve voedingsspanning van 100 Volt beginnen we nu al in de buurt te komen van de maximale uitsturing van de triode-schakeling. Dus komen we in de buurt van toenemende vervorming van de wisselspanning. Hierdoor tasten we de integriteit en kwaliteit van het audiosignaal aan. Dat kan nooit de bedoeling zijn. Daarom hebben we deze schakelwijze verworpen.

Maar, als we de volume regelaar aan de ingang van de voorversterker plaatsen, dan wordt eventuele ruis van de voorversterker zonder meer en onverzwakt doorgegeven aan de eindversterker. Dus dient de voorversterker bijzonder ruisarm te zijn, willen we

hiervan geen last hebben. Nu komt weer een reden om de hoek kijken waarom we gekozen hebben voor de 6922-dubbeltriode, omdat deze fraaie buis een bijzonder lage ruis bezit (de equivalente ruisweerstand bedraagt $R_{eq} = 300 \Omega$, wat inhoudt dat deze buis evenveel ruis levert als een weerstand van 300 Ω en dat is weinig). Ruis zal daarom een verwaarloosbare invloed hebben op de kwaliteit van het audiosignaal dat naar de eindversterker gaat.

Stel dat we nu een audiosignaal aanbieden met een effectieve waarde van 2 Volt, dan zal men in dat geval nooit de volume regelaar volledig open zetten, omdat dan de eindversterker teveel ingangssignaal ontvangt (namelijk 8 Volt_{eff}) en daardoor overstuurd zou raken. Door deze schakelwijze zorgen we er voor dat de vervorming van de voorversterker verwaarloosbaar is ten opzichte van de vervorming van de eindversterker (en die vervormt al heel weinig).

Tot slot een laatste overweging: de UL40-S bezit al een uitstekende Alps volumeregelaar van 10 k Ω die nu opnieuw gebruikt kan worden. Hadden we de volumeregelaar achter de voorversterker geplaatst, dan was een andere regelaar-impedantie van bijvoorbeeld 100 k Ω nodig geweest om de voorversterker niet al te zwaar te belasten.

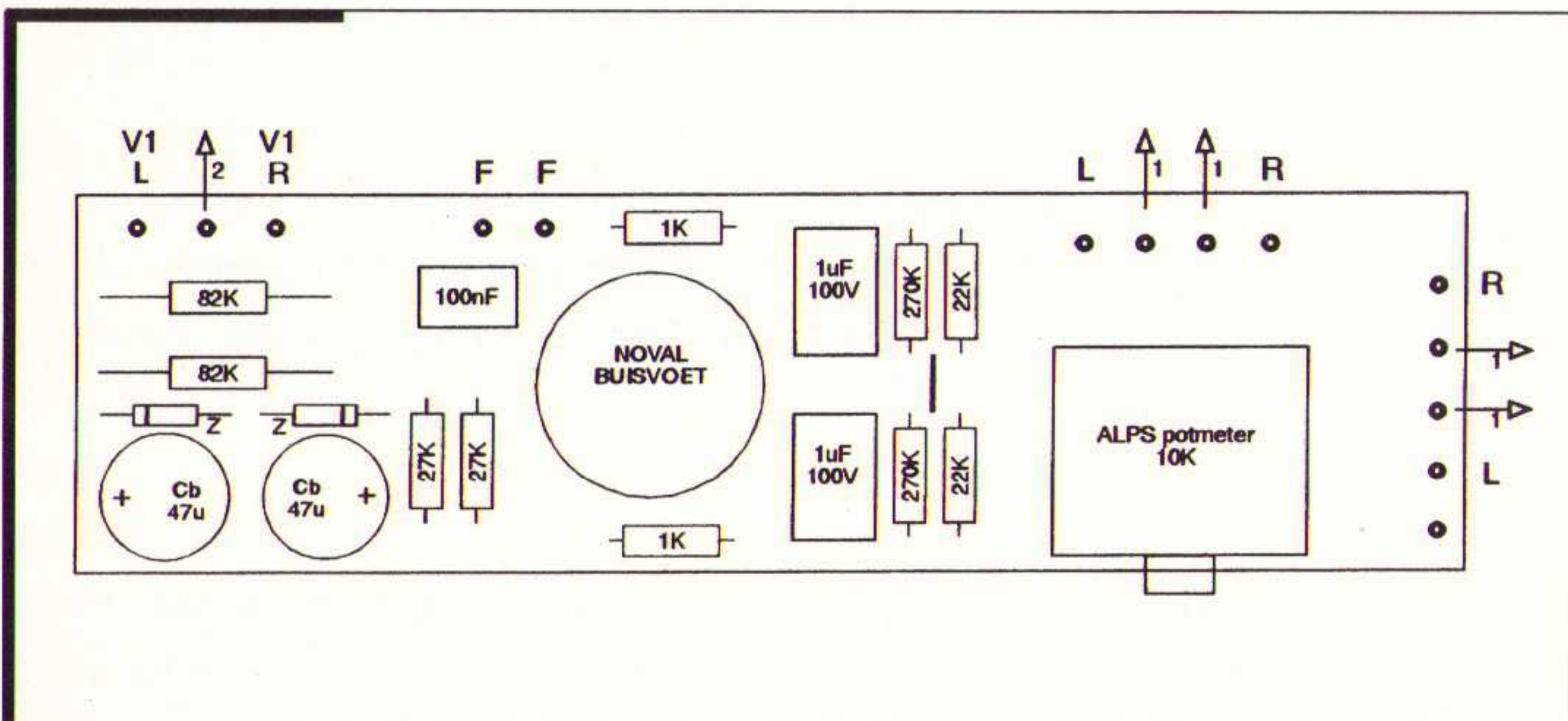
Instelling van de Versterkingsfactor

Zoals al eerder was aangegeven, hadden we een versterking van ongeveer 4 nodig. Nu versterkt de 6922 veel meer dan dat, namelijk maximaal 33 x (gelijk aan μ). Dat is teveel en een deel van deze versterking moeten we op een fatsoenlijke manier kwijt raken.

De handigste methode is: koppel de buis intern tegen door de kathode weerstand (R_c) niet met een condensator te overbruggen. De wisselstroom die door de buis loopt verschijnt nu ook gedeeltelijk als wisselspanning over de kathode weerstand. Dit zorgt er voor dat de effectieve wisselspanning tussen het rooster en de kathode AFneemt. De versterking neemt dus af (tot ongeveer 8,2 maal) evenals de eventuele vervorming. Beide effecten zijn door ons gewenst.

Een minder gunstig effect is dat nu de inwendige weerstand r_i van de buis toeneemt (van r_i tot $r_i + \mu \cdot R_c$), wat de schakeling als geheel weer gevoeliger maakt voor brom- en HF-storingen. Dat hebben we echter kunnen opvangen door de anode weerstand R_a een betrekkelijk lage waarde te geven en tevens het ingangscircuit van de eindversterker ongewijzigd te laten. Dit ingangscircuit (bestaande uit R_1 , R_2 en P_B) heeft een equivalente impedantie van 27,7 k Ω en in samenwerking met R_a (= 27 k Ω) komen we weer op een lage totaal-impedantie uit die instraling van stoorsignalen voorkomt.

Heel aardig is deze lage totaal impedantie te zien in figuur 1, waar de karakteristiek van de E88CC gegeven wordt (nagenoeg gelijk aan de 6922) met daarin twee belastingslijnen. De statische lijn (aangeduid met S) geeft de buisbelasting aan die veroorzaakt wordt door de inwendige weerstand plus de anode weerstand R_a . De dynamische belastingslijn (aangeduid met D) geeft de totale effectieve belasting van de buis weer door de extra samenwerking van de ingangsimpedantie van de UL40-S eindversterker. Zoals duidelijk te zien is verloopt "D" veel stijler dan "S". Dit geeft aan dat bij "D" de totale effectieve impedantie lager is dan bij "S", en dat is weer identiek aan een lagere stoorgevoeligheid. Deze stoorongevoeligheid is zo effectief, dat de UL40-SVU nu zonder extra aanvullende afscherming rechtstreeks in de kunststof kast van de UL40-S geplaatst kan worden. Brom en ruis zijn dan niet hoorbaar.



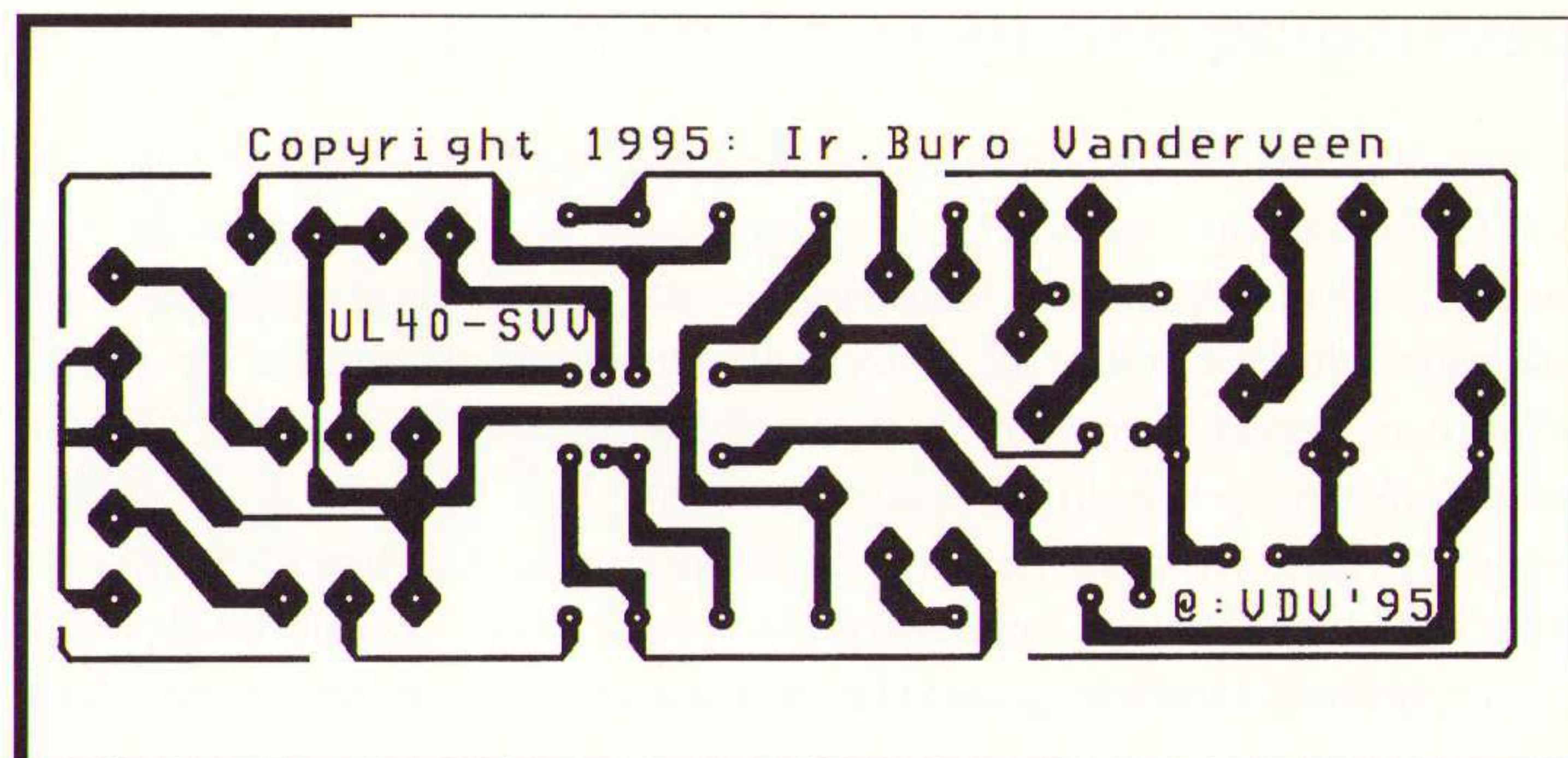
Componenten bezetting UL40-SVU

Zowel uit de berekeningen als uit de metingen volgt nu dat we een effectieve versterkingsfactor overhouden van - 8,2 maal. (Op de "-" komen we verderop terug). Echter, we hebben nog een extra tegenkoppeling toegepast. Via de uitgangscapacitor C_a en de weerstand R_b van 270 k Ω koppelen we het uitgangssignaal terug naar de ingang. De openlus versterking (-8,2 maal) wordt nu nog eens een factor 2 omlaag gebracht, terwijl de effectieve inwendige weerstand ook nog een factor 2 daalt.

Doordat de volumeregelaar aan de ingang is geplaatst en door de toegepaste kathode en "overall"-tegenkoppeling ligt de effectieve vervorming ver onder de 0,01 % THD. Vanwege de laagimpedante opbouw loopt het frequentiebereik door tot ruim boven 140 kHz (-3dB-punt), zodat we deze voorversterker als volledig "transparant" kunnen beschouwen voor het audiosignaal.

Koppeling met de eindversterker

Het versterkte audio signaal verschijnt op de anode van de voorversterkerbuis en moet vandaar naar de ingang van de eindversterkerprint. Nu



Print UL40-SVU: in verband met copyright niet op schaal.

staat de anode in deze schakeling op een gemiddelde spanning van 58 Volt terwijl de ingang van de eindversterker op aarde potentiaal staat. Dit verschil van 58 Volt moet weggewerkt worden en dat doen we door middel van een goede condensator. De vraag is alleen welke waarde die condensator moet hebben en welke extra factoren daarop van invloed zijn.

In samenwerking met de aanwezige impedanties bepaalt de waarde van deze condensator het -3dB laagfrequent kantelpunt f_{3dB} . Dit is de laagste frequentie die 3dB zwakker klinkt dan het geluid in het midden van de bandbreedte van de versterker (bij ongeveer 1000 Hz). We spreken hier van een zogenaamd "high-pass"-filter (HP-filter van de 1-e orde).

Nu heeft de UL40-S eindversterker zelf al enige HP-filters in zich en daarom moeten we de kantelfrequentie van dit nieuwe extra filter met zorg kiezen. De extra hoge zelfinductie van de ringkern VDV uitgangstransformator levert in de eindversterker een eerste kantelfrequentie van 0,3 Hz op (1-e orde High-Pass). De tweede kantelfrequentie wordt veroorzaakt door de koppelcondensatoren $C_{2,3}$ in de eindversterker (3,4 Hz; 1-e orde High Pass). Met de koppelcondensator C_a hebben we dus in totaal drie HP-kantelfrequenties die gezamenlijk te veel verzwakking kunnen veroorzaken.

We kunnen die verzwakking alleen maar minimaliseren door C_a zo groot te kiezen dat de totale -3dB frequentie van de drie filters samen ver onder 20 Hz ligt. Dat bereiken we met een capaciteitswaarde van 1 μ F. Het totale HP-kantelpunt van de gehele versterker ligt dan bij 5 Hz en dat is ruim ver genoeg onder de grens van ons hoorbereik (20 Hz).

Fase Integriteit: de Absolute Fase

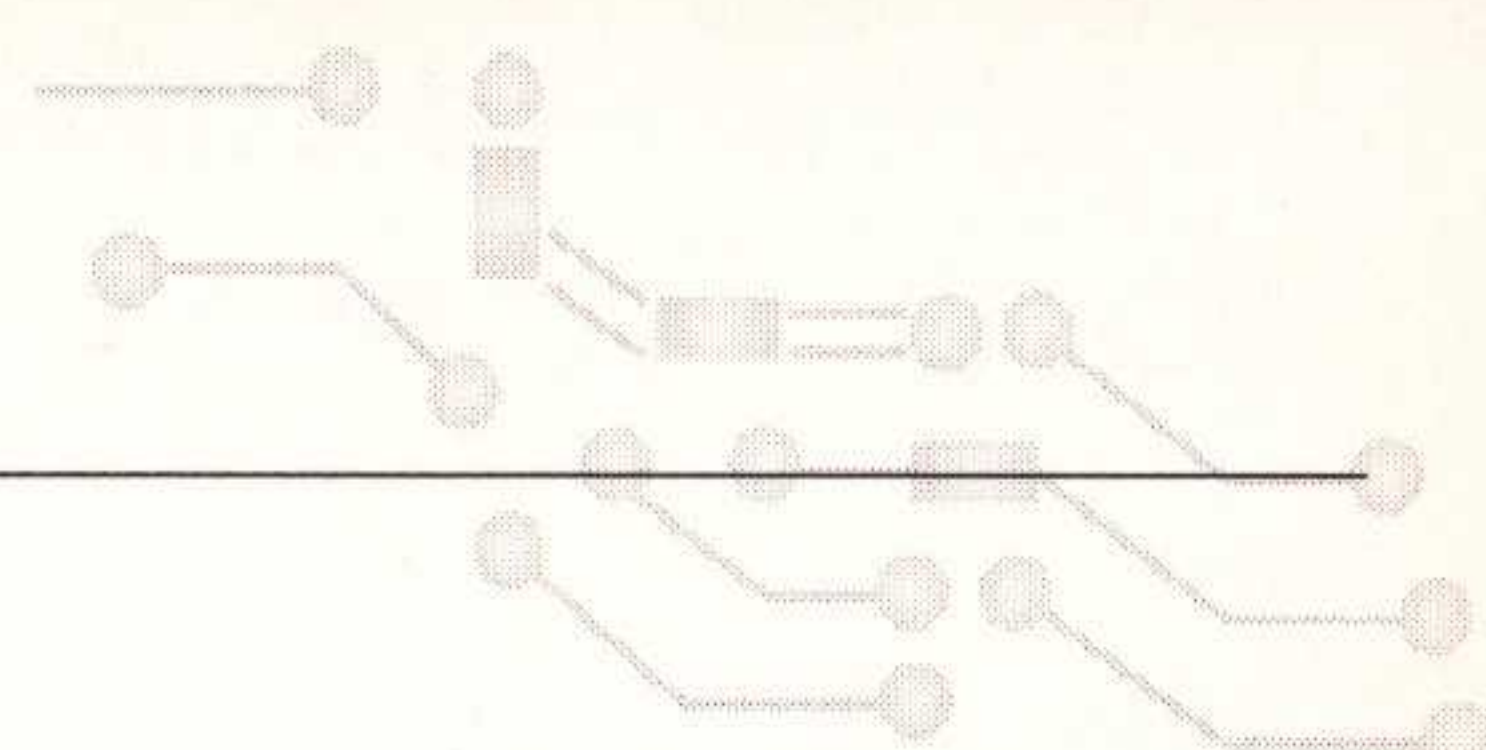
De voorversterker versterkt niet alleen, maar draait de fase van het audiosignaal precies 180 graden (de voorversterker versterkt **minus** 4 maal). Nu gebeurt dat zowel in het linker als rechter kanaal, dus de fase TUSSEN linker en rechter kanaal blijft correct.

In vele onderzoeken is onderzocht of een 180 graden fase-draaiing, gerekend vanaf de ingang van de versterker naar de uitgang van de versterker, hoorbaar is. Sommigen zeggen dat het niet hoorbaar is, anderen vinden van wel. In onze onderzoeken konden we dat we dit effect wel waarnemen. Daarom hebben we maatregelen getroffen om de (absolute) fase weer correct te maken.

Dat gaat heel gemakkelijk. De aansluitdraden van de primaire wikkeling van beide uitgangstransformatoren moeten precies omgedraaid worden. Dus de "gele" aansluiting wordt de "groene" en de "bruine" aansluiting wordt de "violet". Deze omwisseling moet natuurlijk zowel bij het linker als het rechter kanaal plaatsvinden.

Samenvattend

Wie een eerste blik werp op het schema van de nieuwe voorversterker, zal vermoedelijk denken: "wat eenvoudig". Daar zijn wij het mee eens, maar we hopen met de voorafgaande bespreking te hebben aan-

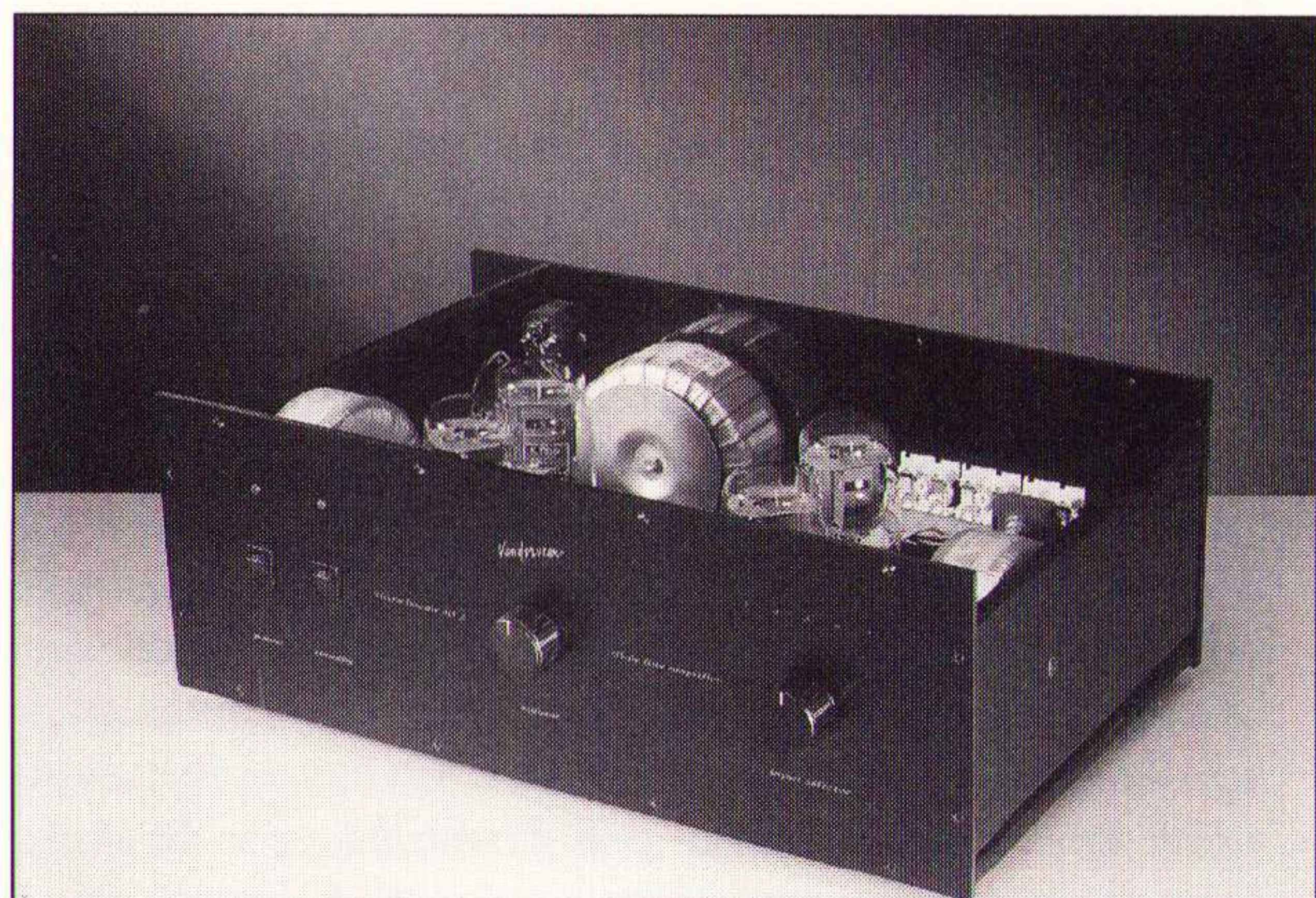


getoond dat ondanks deze "eenvoud" toch met heel veel zaken rekening is gehouden. Tevens zijn we ons er van bewust dat we in dit artikel alle berekeningen en luisterproeven nog niet eens uitputtend behandeld hebben.

We willen in dit artikel uitsluitend onze "denkwijze" behandelen, een verklaring van het ontwerp geven, zodat de zelfbouwer in hoofdlijnen inzicht krijgt waar het om gaat. Wij wensen de UL40-S bezitters met deze nieuwe UL40-SVV lijn-voorversterker extra veel volumineus luistergenot. Kan deze voorversterker ook bij andere ontwerpen worden toegepast? In principe wel, maar onderzoek eerst of de belasting door de eindversterker, de storinggevoeligheid en de uitsturing optimaal zijn. De UL40-SVV is geoptimaliseerd voor de UL40-S.

Specificaties

apparaat	:	UL40-S + UL40-SVV = UL40-SV
omschrijving	:	UL40-S eindversterker plus lijn voorversterker
condities	:	Metingen in UL-stand met Sovtek EL34G buizen gemeten op 4 Ohm belasting
frequentiebereik	:	6 Hz - 80 kHz (-3dB)
vermogen	:	2 x 28,8 Watt
dempingsfactor	:	1,4
ingang	:	10 kΩ , 190 mV
brom-ruis	:	- 93 dBArms (ref. Pnom UL)
stabiliteit	:	onvoorwaardelijk
apparaat	:	UL40-SVV (alleen de voorversterker)
frequentiebereik	:	5 Hz - 140 kHz (-3dB)
versterking	:	- 4,3 maal bij belasting van 27,7 kΩ
ingangsimpedantie	:	10 kΩ
THD	:	< 0,01 % bij Vuit = 2 Vrms bij 1 kHz
voeding	:	6,3 V-AC 50 Hz 360 mA
	:	270 V-DC, effectief 100 V-DC met zener Shunt Stabilisatie
	:	stroomsterkte: tussen 3 en 4 mA
buis	:	Sovtek 6922
verkrijgbaarheid	:	TubeSociety Amersfoort ad f.195,- excl. verzending
		Zie advertentie elders in dit blad.



UL40-S met EL34's : f 1860,-
 UL40-S met KT66's : f 2250,-
 UL40-SVV : f 195,-

UL40-S BOUWDOOS

Voor beluistering is er, op afspraak, een demo-model beschikbaar.



Tube Society

Arnhemseweg 152, 3817 CL Amersfoort
 Tel: 033-4634533, Fax: 033-4655274

(herdruk februari 1995)

Ringkerntransformatoren voor audio?

Ringkern transformatoren worden tegenwoordig breed toegepast in netvoedingen. Dankzij hun geringe lekveld, kleine afmetingen en hoog rendement bezitten ze opmerkelijke voordelen ten opzichte van de rechthoekige El-trafo's.

Ringkern transformatoren worden tegenwoordig breed toegepast in netvoedingen. Dankzij hun geringe lekveld, kleine afmetingen en hoog rendement bezitten ze opmerkelijke voordelen ten opzichte van de rechthoekige El-trafo's. De vraag is echter of ringkerntrafo's ook voordelen bezitten wanneer ze voor audiosignalen worden gebruikt. Dit achtergrond artikel geeft op die vraag antwoord.

In de afgelopen jaren heeft er uitgebreid onderzoek plaatsgevonden naar toepassingen van ringkerntransformatoren voor de bewerking van audiosignalen. Dit heeft geleid tot een compleet pakket van nieuwe audio transformatoren voor buizenversterkers (zie (1)) en step-up transformatoren voor elektrostatische luidsprekers (zie (2)). Uit deze onderzoeken is gebleken dat ringkern transformatoren enkele opmerkelijke voordelen bezitten ten opzichte van El-transformatoren. In dit artikel willen we die voordelen uitleggen en de algemene theorie toelichten die voor de optimale implementatie van deze nieuwe audio transformatoren onontbeerlijk is.

Lekvelden en inducties

Een van de meest opmerkelijke voordelen van ringkern transformatoren is hun geringe uitwendige lekveld. Nagenoeg alle magnetische veldlijnen worden in de ringkern gevangen (zie fig. 1) terwijl dekkend,

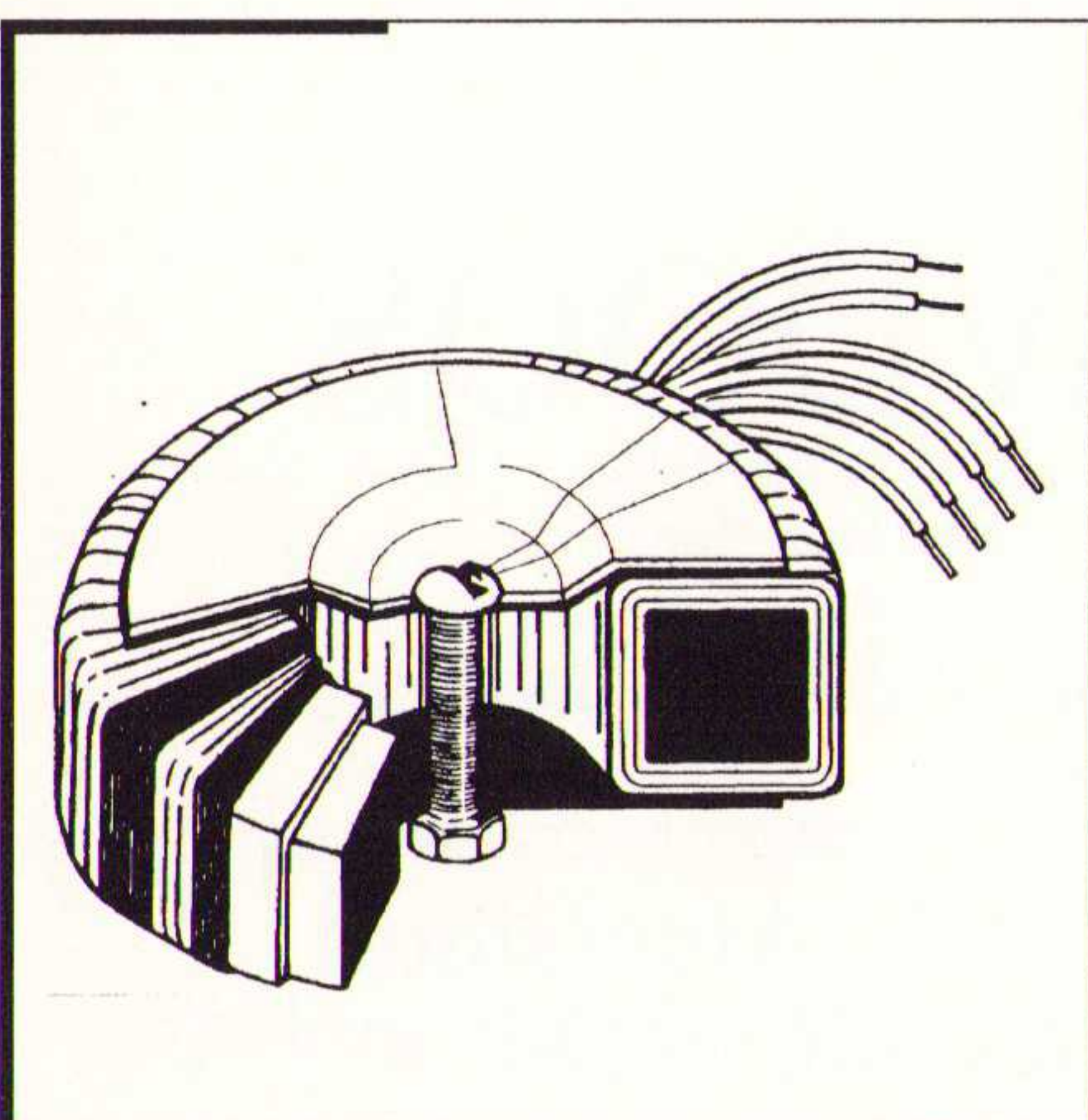
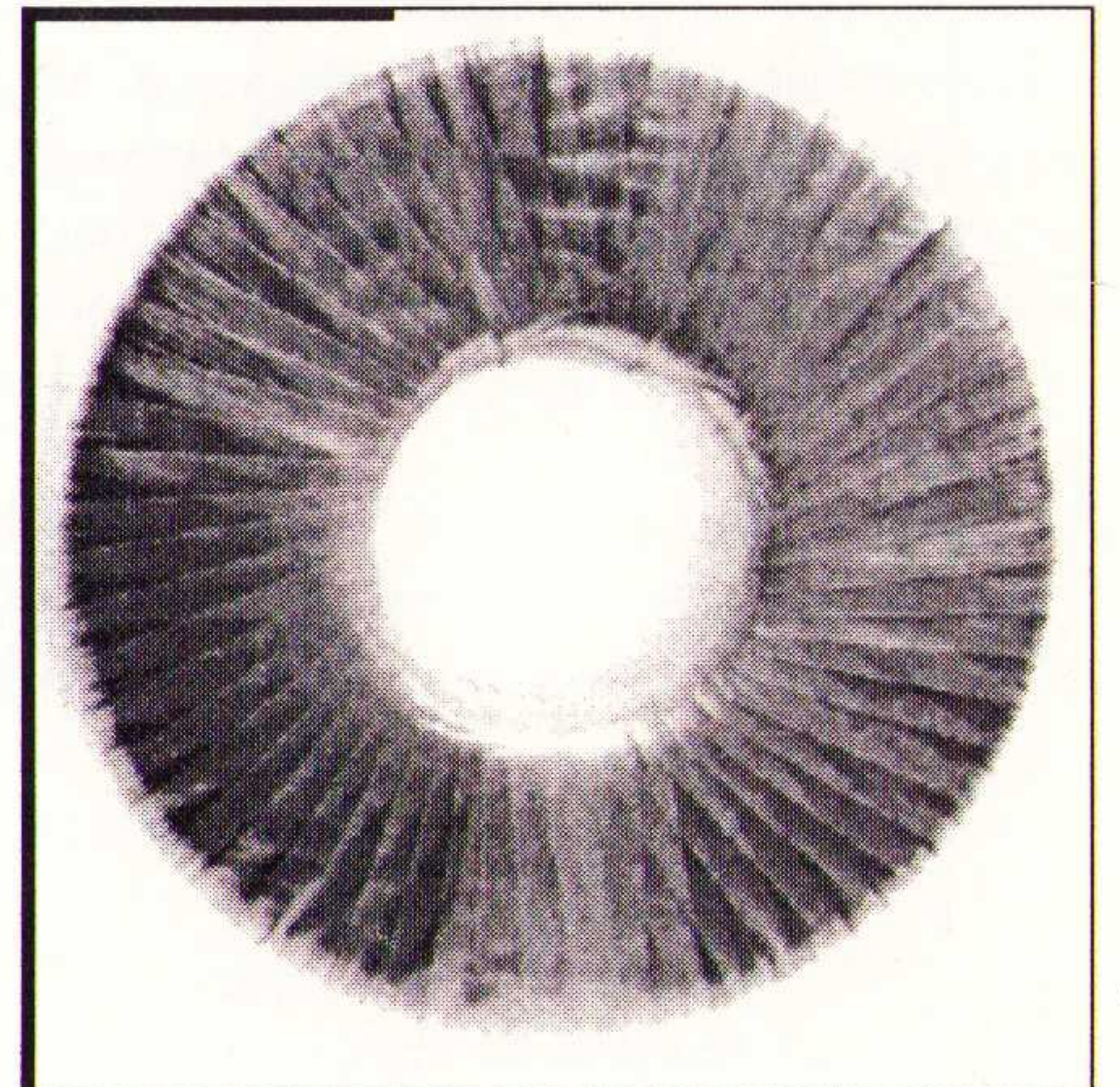


Fig. 1 Opbouw van een ringkern transformator

rondom de gehele kern, de wikkelingen gelegd zijn. Daardoor treedt plaatselijk wegkruipen en lekken van veldlijnen (fringing) niet op. Dit houdt in dat er 'zuinig' met het magnetische veld wordt omgesprongen. Als er sprake is van veldverlies neemt de magnetische koppeling tussen primaire en secundaire wikkelingen af. Die koppeling vinden we direct terug in de zogenaamde 'spreidings

zelfinductie'. Hoe beter de koppeling, des te lager de spreidings zelfinductie wordt. Deze inductie kan men zowel aan de primaire als aan de secundaire zijde van de transformator bepalen en dan wordt dit aangeduid met respectievelijk L_{sp} , of L_{ss} . Metingen tonen bij ringkerntrafo's opmerkelijk lage L_{sp} -waarden aan van enkele mH's (bij uitgangstrafo's



$$L = \frac{\mu_o \cdot \mu_r \cdot N^2 \cdot A}{l} = \mu_o \cdot N^2 \cdot \frac{A}{l_l + \frac{l_m}{\mu_r}}$$

Formule 1

voor buizenversterkers). Het lekveld bij El-kernen is groter en daar vindt men vaak L_{sp} -waarden in de orde van tientallen mH. Zoals verderop aangetoond zal worden, zijn lage L_{sp} -waarden essentieel voor correcte verwerking van hoge frequenties.

Dan een tweede voordeel: omdat de kern van een ringkern volledig 'gesloten is, hoeven de veldlijnen niet gedeeltelijk door lucht te lopen. Die situatie is duidelijk anders bij El-trafo's. Daar kan men ten gevolge van de El-blikstapeling nooit realiseren dat de kern volledig gesloten is. (Zie (3) waarin expliciet genoemd wordt dat bij optimaal om-en-om El-kernblik stapeling toch altijd nog een rest-luchtspleet aanwezig is). Nu wordt de zelfinductie L van een transformator in hoge mate bepaald door de effectieve magnetische weglengte l_{eff} van de veldlijnen in de kern. Deze weglengte bestaat uit twee delen: de weglengte in lucht (l_l) en de weglengte door het magnetisch kernmateriaal (l_m). Zie formule 1. In de El-trafo zijn nu twee elementen aanwezig die sterk afwijken van de ringkern. De luchtspleetlengte l_l is ongelijk aan nul en de relatieve magnetische permeabiliteit ' μ_r ' is kleiner dan de maximale waarde bij volledig gesloten kern (μ_r gaat over in de incrementele permeabiliteit). Om een getalsmatige indruk te geven gaan we een ringkern en El-kern van gelijke dimensies vergelijken. Neem een El-kern met $l_m=20$ cm en $l_l=0,0013$ cm (dit is een heel dichte om-en-om El-stapeling). De incrementele permeabiliteit is afhankelijk van de momentane fluxdichtheid B , maar we stellen voor de eenvoud μ_r gelijk aan 10.000. Neem nu aan dat de dwarsdoorsnede oppervlakten A van de El- en ringkern gelijk zijn, evenals het aantal windingen N en de magnetische weglengte l_m . Bij volledig gesloten kern, dit is de ringkernsituatie, bereikt μ_r een maximale waarde van bijvoorbeeld 30.000. Laten we voor dit vergelijk echter aannemen dat μ_r ook maar 10.000 is. Nu kunnen we de verhou-

ding berekenen van de zelfinductie bij ringkern- en EI-uitvoering. Die wordt gegeven door:

$$\frac{L_{ring}}{L_{EI}} = \frac{0.0013 + \frac{20}{10000}}{\frac{20}{10000}} = 1,65$$

Formule 2

De ringkerntrafo heeft dus ongeveer tweemaal zoveel zelfinductie als zijn EI-tweeling. Vooral voor de correcte en diepe weergave van lage frequenties wordt dit een heel belangrijk voordeel.

Kwaliteitsfactor

In audio-transformatorland is het gebruikelijk om de hiervoor genoemde gegevens van zelfinductie en spreidings-zelfinductie op elkaar te delen en zo de zogenaamde 'Qualityfactor' te berekenen.

$$QF = \frac{L_p}{L_{sp}}$$

Formule 3

Deze kwaliteitsfactor zegt heel veel over het frequentiegebied dat de transformator 'probleemloos' kan weergeven. Hoe groter de QF-waarde, des te groter de bandbreedte wordt. Ook hier helpt weer een getalenvoorbeeld om inzicht te krijgen. De beroemde uitgangstrafo U70B die in de zestiger jaren een hoofdrol speelde in de toenmalige HiFi-versterkers heeft een L_p van 50 H en een L_{sp} van 30 mH. De kwaliteitsfactor bedraagt dus $50/0,03=1667$. Nemen we de even beroemde UNITRAN 10-U-72N uit die dagen, dan komen we op $600/0,035=17142$. (Voor de liefhebbers: de interne primaire capaciteit daarvan bedroeg aan de primaire kant 400 pF. Zoals verderop zal blijken, was deze trafo terecht heel geliefd). Latere ontwikkelingen leverden heel dure EI-trafo's op met kwaliteitsfactoren in de buurt van 150.000 (Pearl Inc. Canada). Onze moderne audio ringkern trafo's bereiken echter waarden van 274.000 (VDV1080) en de nieuwste ontwikkelingen gaan ruim over de 300.000 heen. Als we ons nu realiseren dat er een directe relatie bestaat tussen de kwaliteitsfactor en het frequentiebereik (-3dB bandbreedte), dan wordt nu al duidelijk dat ringkernen op dit vlak gaan scoren.

Primaire capaciteit C_{ip}

Omdat de primaire wikkelingen vlak in elkaars omgeving zijn, en elkaar dus allemaal 'zien', is het onvermijdelijk dat deze wikkelingen ten opzichte van elkaar een zekere capaciteit bezitten. Wij noemen die capaciteit C_{ip} (interne capaciteit gemeten aan de primaire zijde). hoe kleiner die C_{ip} -waarde is, des te uitgebreider het frequentiegebied wordt dat de trafo weer kan geven. Zie fig. 2, waarin getekend is hoe

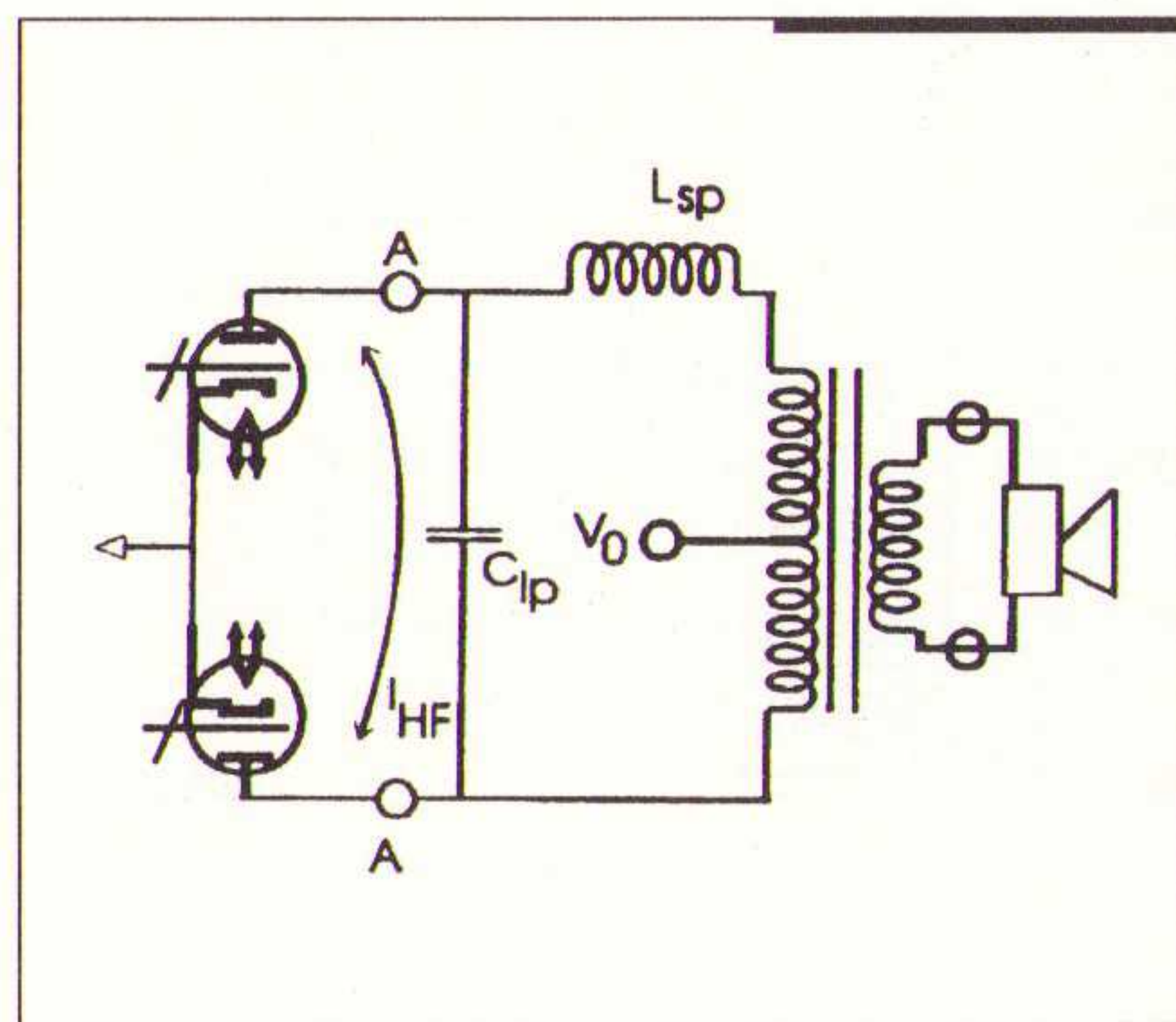


Fig. 2 C_{ip} -invloed

bij hoge frequenties de audiosignalen meer door C_{ip} gaan lopen dan door de transformator.

Nu ontlopen ringkern trafo's en EI-trafo's elkaar op dit vlak niet zoveel. Waarden van 300 tot 600 pF komen in balans uitgangstrafo's voor beide types. Maar onze jongste ontwikkelingen laten nu al capaciteiten zien in de omgeving van 250 pF (VDV8020) en vooral bij

de step-up transformatoren voor elektrostaten zijn we erin geslaagd om C_{ip} terug te brengen tot 50 pF en kleiner.

Voor een goed inzicht in de bandbreedte effecten van L_p , L_{sp} en C_{ip} is het echter nodig om eerst de vervangingsmodellen voor transformatoren op te stellen, zodat er gemakkelijker en vollediger aan gerekend kan worden.

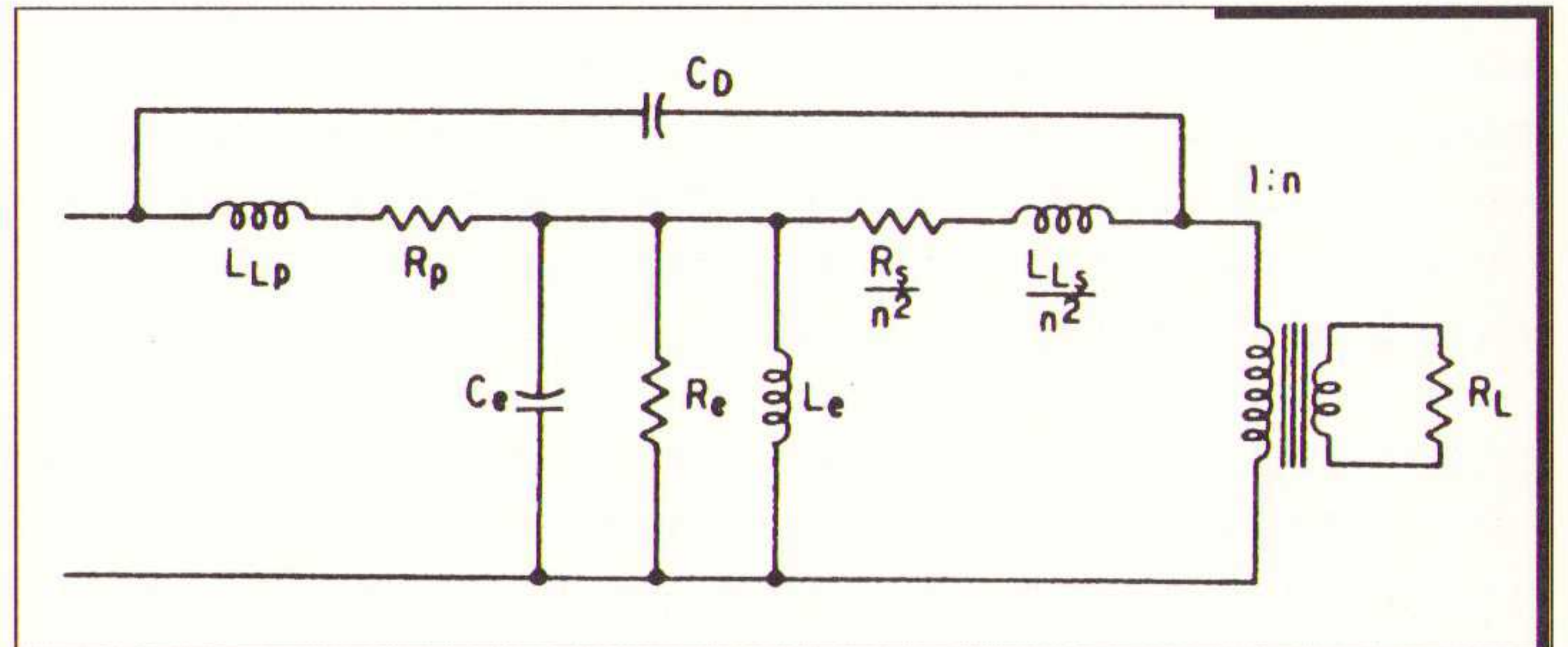


Fig. 3 Vervangingsmodel compleet

Vervangingschema's

Uitgebreid onderzoek heeft in het verleden al aangetoond dat men transformatoren goed kan beschrijven door middel van vervangingsmodellen. Zo introduceert Flanagan (zie (3)) het volgende model voor een balans uitgangs transformator die primair een hogere impedantie heeft dan secundair ($N_p > N_s$):

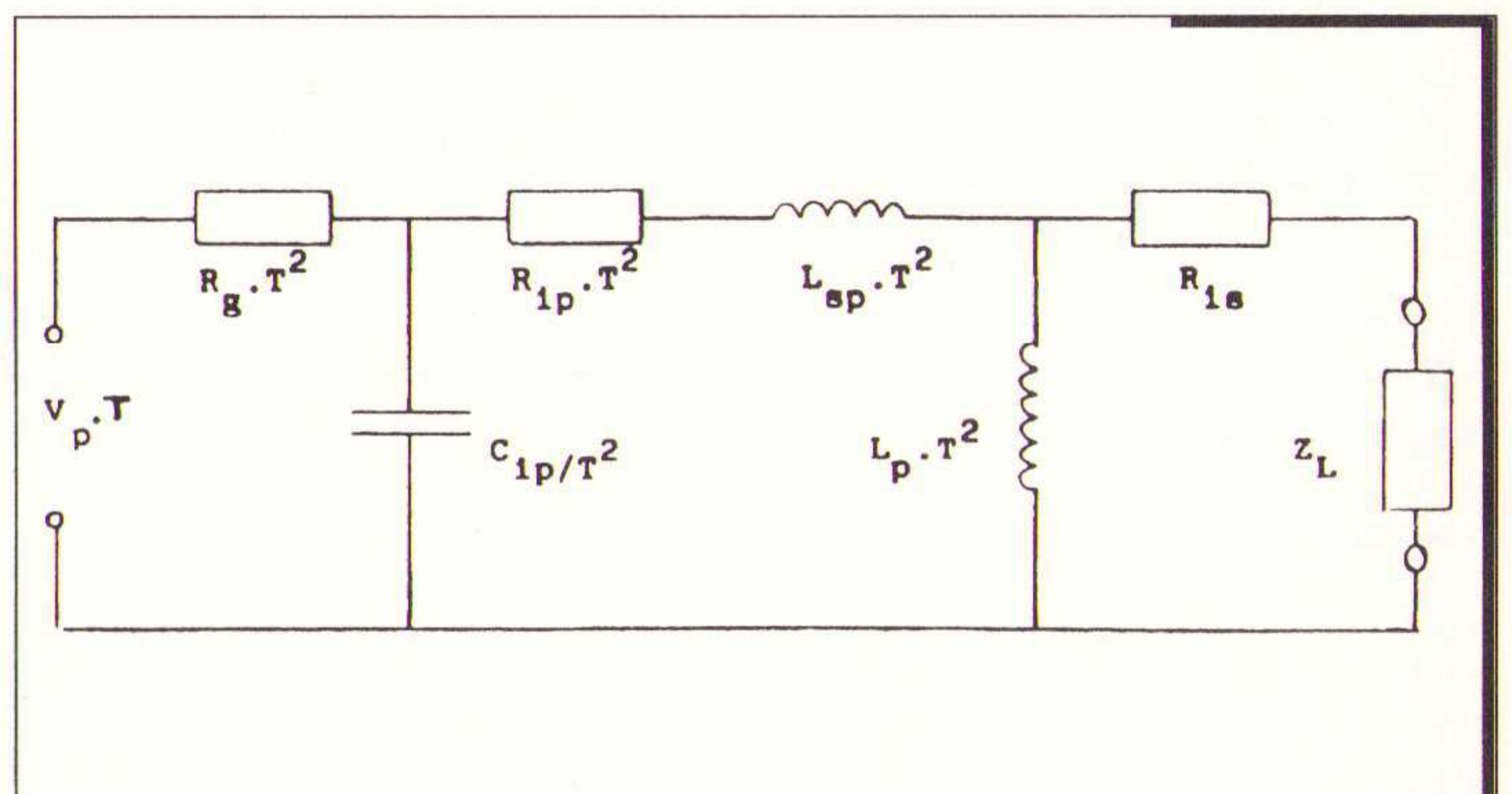


Fig. 4 Vereenvoudigd model ($N_p > N_s$)

We vinden hierin L_p , L_{sp} en C_{ip} terug plus de Ohms weerstanden van de primaire en secundaire wikkelingen (R_{1p} en R_{1s}). Kernverliezen worden aangegeven door R_e (Eddy currents). Extra is aanwezig een capaciteit C_d die bedoeld is voor modellering van resonanties. Ons onderzoek heeft echter aangetoond dat we dit model voor toepassing in het frequentie-domein sterk kunnen vereenvoudigen.

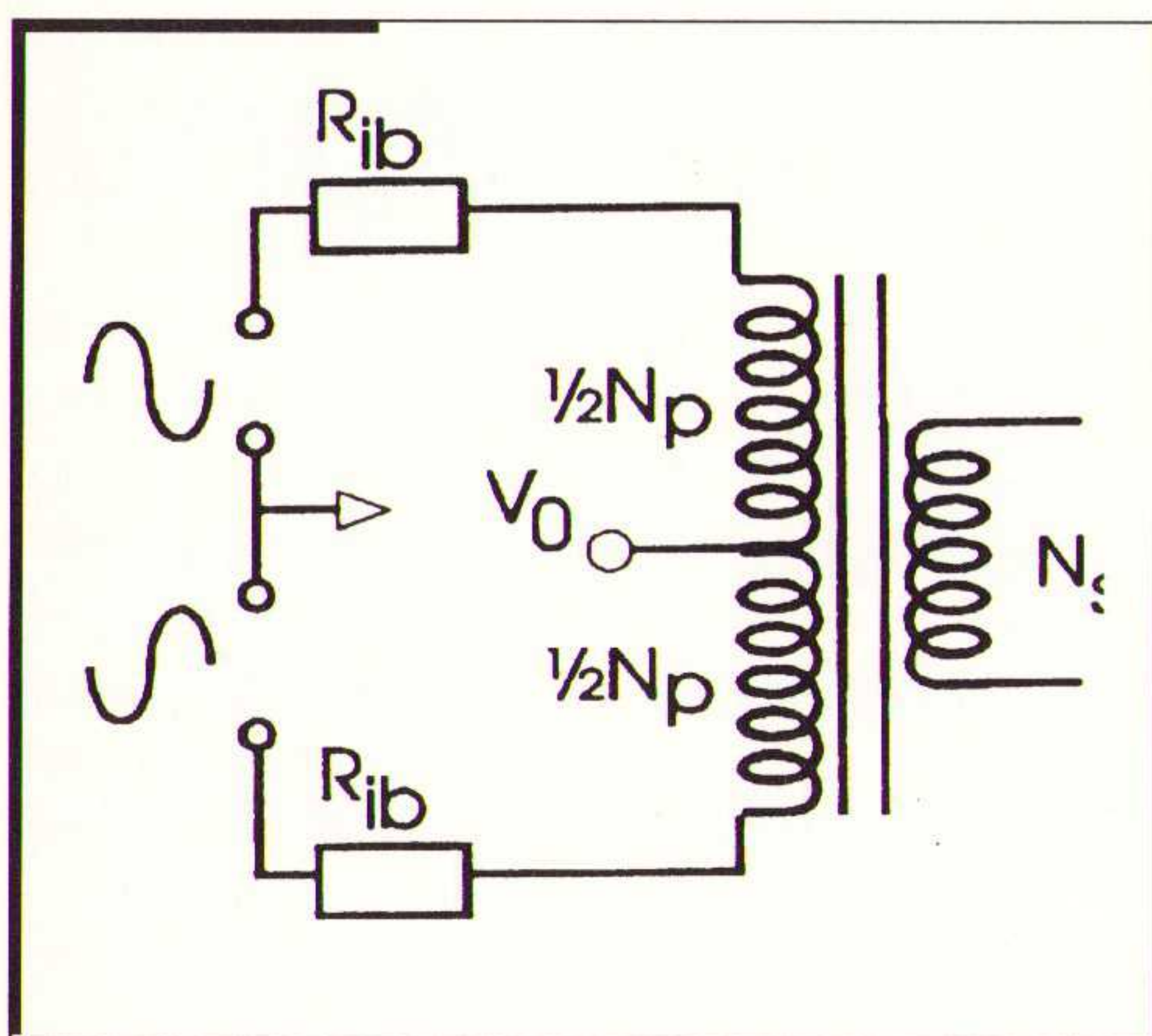


Fig. 5 Buizen weergegeven door spanningsbronnen en r_i

waarloosbaar zijn (de afwijking die hierdoor optreedt is gebleken meestal kleiner te zijn dan 5%).

Bij dit model neemt de weerstand R_{gen} een belangrijke plaats in. Bij buizenversterkers moeten we ons dan het volgende voorstellen: de trafo wordt aangestuurd door eindbuizen die een zekere inwendige weerstand r_i bezitten (zie de oude vertrouwde buizenboeken). Als we nu elk van de eindbuizen vervangen door een spanningsbron met dubbele spanning en $2 \cdot r_i = R_{gen}$ in serie.

Heel duidelijk is nu in fig. 4 zichtbaar dat het frequentiebereik van de transformator niet alleen door zijn eigen specificaties wordt bepaald, maar tevens door de groottes van R_{gen} en R_s , waarbij de laatste de (Ohms en constant veronderstelde) impedantie van de luidspreker voorstelt.

Enige studie aan fig. 4 leidt al snel tot de volgende uitspraak: "het frequentiebereik van een transformator in een versterker wordt bepaald door de eigenschappen van de transformator PLUS de eigenschappen van de vermogensbuizen en de luidspreker". Een uitgangstransformator heeft dus geen eigen frequentiebereik, maar een bandbreedte in samenwerking met zijn omgeving.

Bandbreedte berekeningen

Het vervangingsmodel van fig. 4 maakt het mogelijk om de complete transferfunctie in het frequentiedomein te berekenen, maar verwijzen we naar onze AES-preprint (zie ((5))). Hierin worden de volledige wiskundige achtergrond en de afleidingen verstrekt voor frequentiedomein berekeningen. We houden het hier bij de eindresultaten en passen die nu toe.

type	R_{gen}	R_s	T^{-1}	L_p	L_{sp}	C_{ip}	f_{-3L}	f_{-3H}	Q
1080	1.2	5	15,7	360	1,3	593	0,28	251	0,68
1080	50	5	15,7	360	1,3	593	0,53	242	1,1
U-72	3	5	44,7	600	35	400	0,66	58	0,5
U-72	50	5	36,3	600	35	400	1,59	61	1,1
	k Ω	Ω	-	H	mH	pF	Hz	kHz	-

Tabel 7 Vergelijk ringkern-VDV 1080 en EI-versie 10-U-72

Opmerkelijk is dat C_a nu opgenomen is in C_{ip} (dit geldt alleen voor balans uitgangstransformatoren) en dat kernverliezen buiten beschouwing worden gelaten. Over het algemeen neemt men, en wij doen dat ook, de draaddiktes van de primaire en secundaire wikkelingen zo dik mogelijk. Dit leidt er toe dat R_{ip} en R_{is} nagenoeg verwaarloosbaar zijn (de afwijking die hierdoor optreedt is gebleken meestal kleiner te zijn dan 5%).

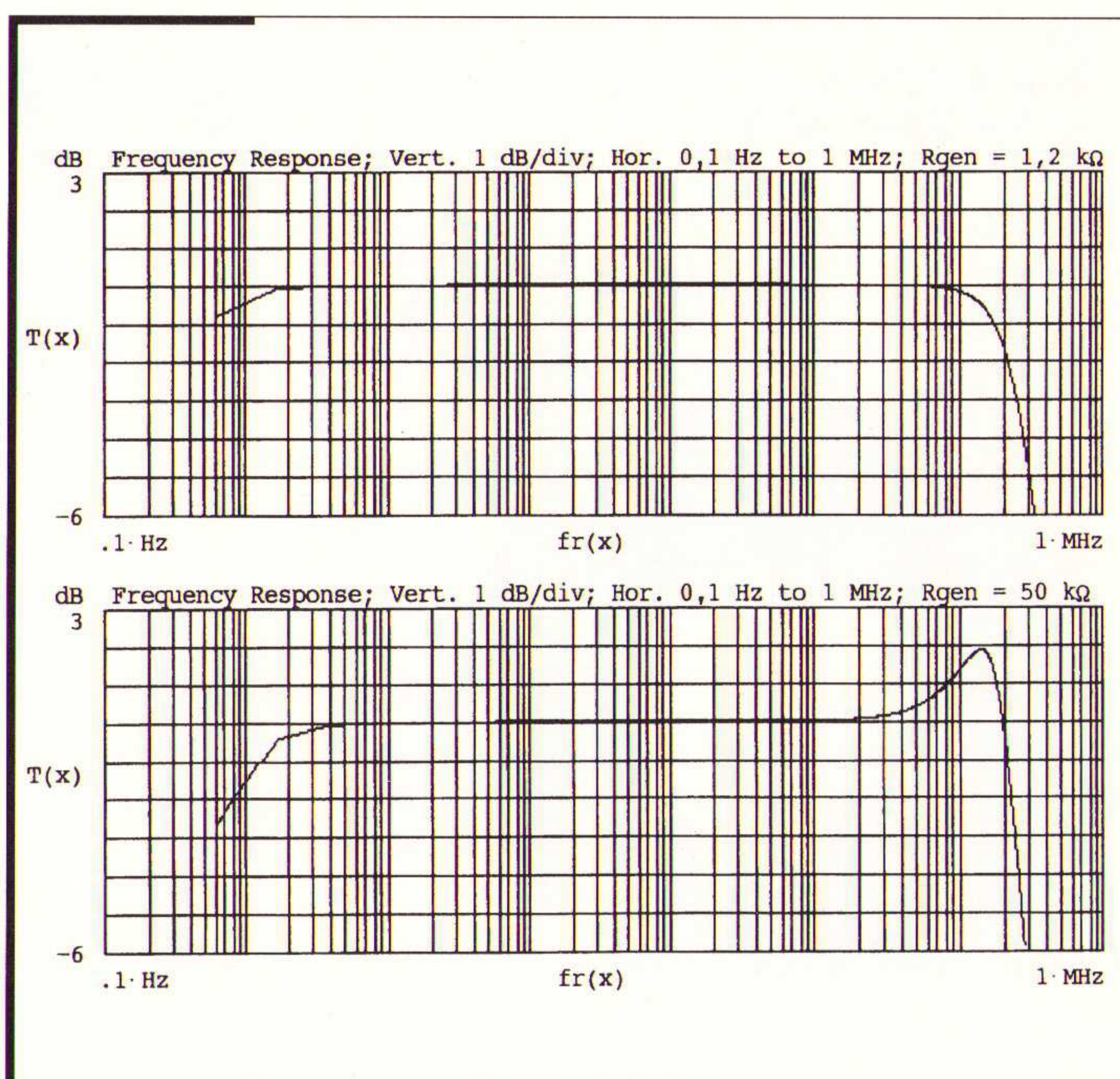


Fig. 6 Frequentiebereik met $R_{gen} = 1200$ en 50000 Ohm

Als voorbeeld gebruiken we de specificaties van de VDV1080 ringkern transformator. Stel $R_{gen} = 1200$ Ohm (balans 4x6550 triode aansturing) en stel dat de luidspreker een gemiddelde impedantie van 5 Ohm bezit. De laagste -3dB frequentie (f_{s1}) wordt dan 0,278 Hz. Hadden we aangenomen dat $R_{gen} = 50000$ Ohm (tweemaal EL34 in penthode instelling), dan was f_{s1} gelijk geworden aan 0,53 Hz. Zoals gezegd beïnvloedt R_{gen} dus het frequentiebereik.

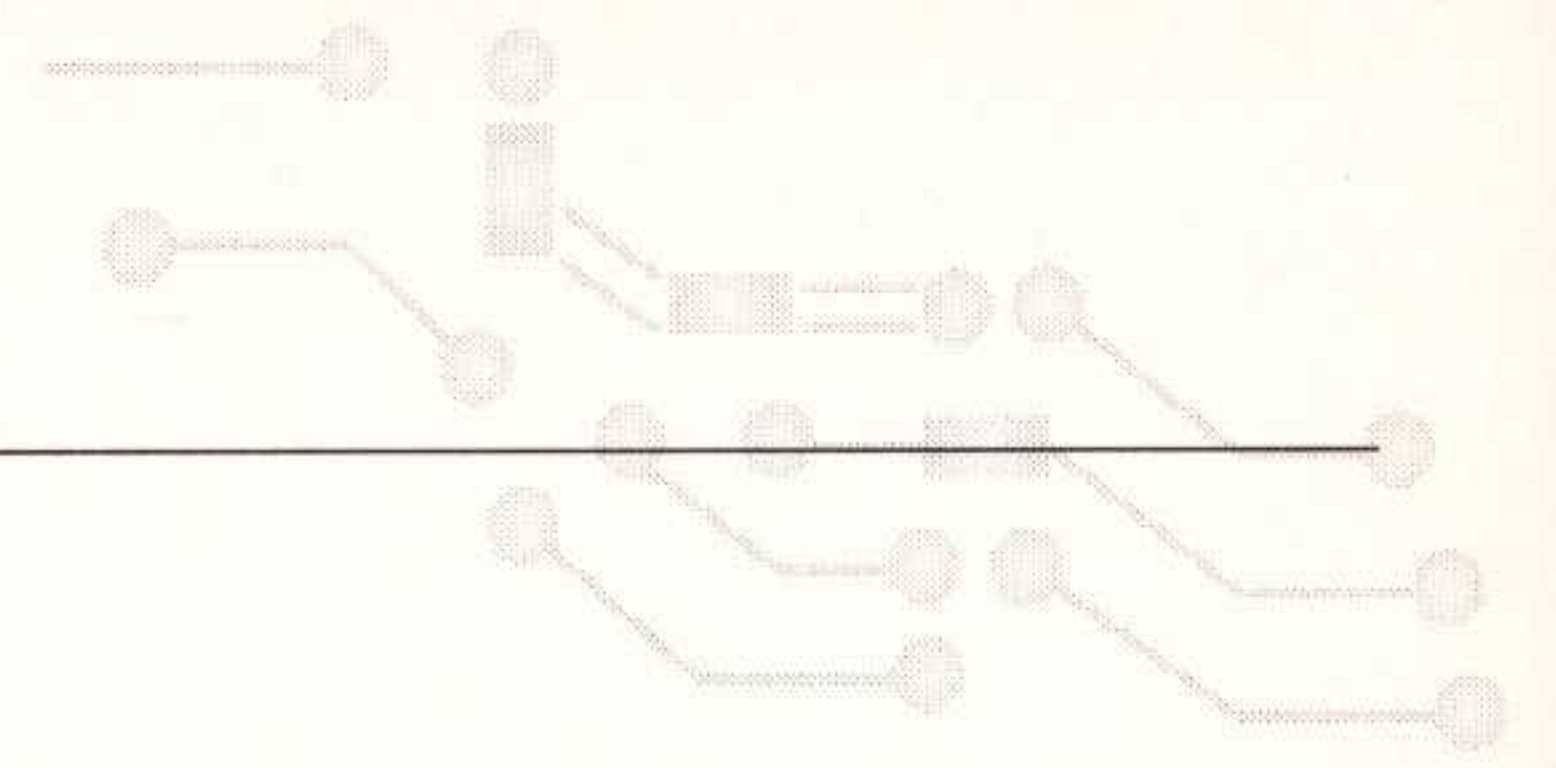
Zo kunnen we ook de hoogste -3dB frequentie (f_{sH}) uitrekenen met gebruikmaking van dezelfde specificaties. Nemen we weer $R_{gen} = 1200$ Ohm, dan wordt $f_{sH} = 251$ kHz! Bij $R_{gen} = 50000$ Ohm wordt f_{sH} gelijk aan 242 kHz, echter met een uitslingering (ringing) van 2 dB die bij de $R_{gen} = 1200$ Ohm situatie niet optreedt (zie fig. 6 en de hoogfrequent Q-factor in tabel 7).

Uit deze berekeningen volgt dat de VDV1080 ringkern transformator een extreem grote -3dB bandbreedte bezit die start bij 0,3 Hz en dan doorloopt tot 251 kHz. Deze bandbreedte wordt ZONDER TEGENKOPPELING bereikt. Nu wordt ook duidelijk dat er heel hoge eisen gesteld moeten worden aan de buizen elektronica om dit grote frequentiebereik volledig te kunnen benutten. Als vergelijk rekenen we nu ook nog de Unitran transformator door bij optimale aansturing. Alle resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel. (Merk daarbij overigens op dat Unitran, ondanks de EI-stapeling toch een extreem grote L_p heeft gerealiseerd. Dit wordt veroorzaakt door de hoge primaire impedantie van die trafo. Bij de hogere VDV-trafonummers vinden we een overeenkomstige toename in L_p . Men raadt het al: L_p en primaire impedantie hangen nauw samen).

Uit deze berekeningen volgt overduidelijk dat dankzij de lage L_{sp} -waarde de ringkern-uitvoering een veel grotere bandbreedte bezit dan de EI-transformator van Unitran. Soortgelijke resultaten vinden we ook bij andere reken- en meetstudies terug.

Rekenen in decades

Als standaard wordt algemeen aangenomen dat het menselijk oor frequenties kan horen vanaf 20 Hz tot aan 20 kHz, een en ander afhankelijk van leeftijd. Modern onderzoek (zie lit.6) heeft echter duidelijk gemaakt dat frequenties tot 40 à 50 kHz op een of andere wijze ook



nog gehoord wordt. Op grond van dergelijke gegevens hebben wij ons tot doel gesteld om 1 decade onder, en 1 decade boven het audiobereik probleemloos door de audiotrafo te laten verwerken. we doelen hier op de open-lus gedragingen van de trafo zonder toepassing van tegenkoppeling (zie lit.7, 8, 9). Door deze eis bereiken we dat eventuele tijdfouten (fase- en/of differentiële-fase afwijkingen) duidelijk buiten het direct waarneembare audiobereik komen te liggen. Dit houdt in dat de trafo's weer moeten kunnen geven van 2 Hz tot aan 200 kHz. Totaal spreken we dus over 5 decades want $200 \text{ kHz} = 2 \text{ Hz} \cdot 10^5$. Anders gezegd:

$$\frac{f_{-3H}}{f_{-3L}} \geq 100.000$$

Formule 4

Nu is er een directe koppeling tussen f_{-3H}/f_{-3L} en de kwaliteitsfactor en die luidt:

$$\frac{f_{-3H}}{f_{-3L}} = TF \cdot QF$$

Formule 5

In de zogenaamde Tuning Factor (TF) zijn de impedantie-verhoudingen opgenomen, evenals de eventuele uitslingering (ringing) die door Q wordt aangeduid. Berekeningen en metingen hebben aangetoond dat de TF meestal een waarde bezit in de omgeving van 1. Dit impliceert dat voor onze basiseis van ongestoorde weergave van 5 decades de QF een waarde moet hebben van 100.000 of meer. Hiermee wordt verklaard waarom we in ons onderzoek zoveel aandacht besteed hebben aan het maken van trafo's met extra grote L_p - en heel kleine L_{sp} -waarden. Vatten we het voorafgaande nu samen, dan levert dat op: ringkerntrafo's excelleren ten opzichte van EI-soortgenoten in grotere waarden van de Kwaliteitsfactoren. Dat leidt tot een extra uitgebreid frequentiebereik. Daarnaast zijn (op dit moment) de interne capaciteiten van ringkern- en de betere EI-audiotrafo's vergelijkbaar, evenals lage ohms weerstanden van de primaire en secundaire wikkelingen.

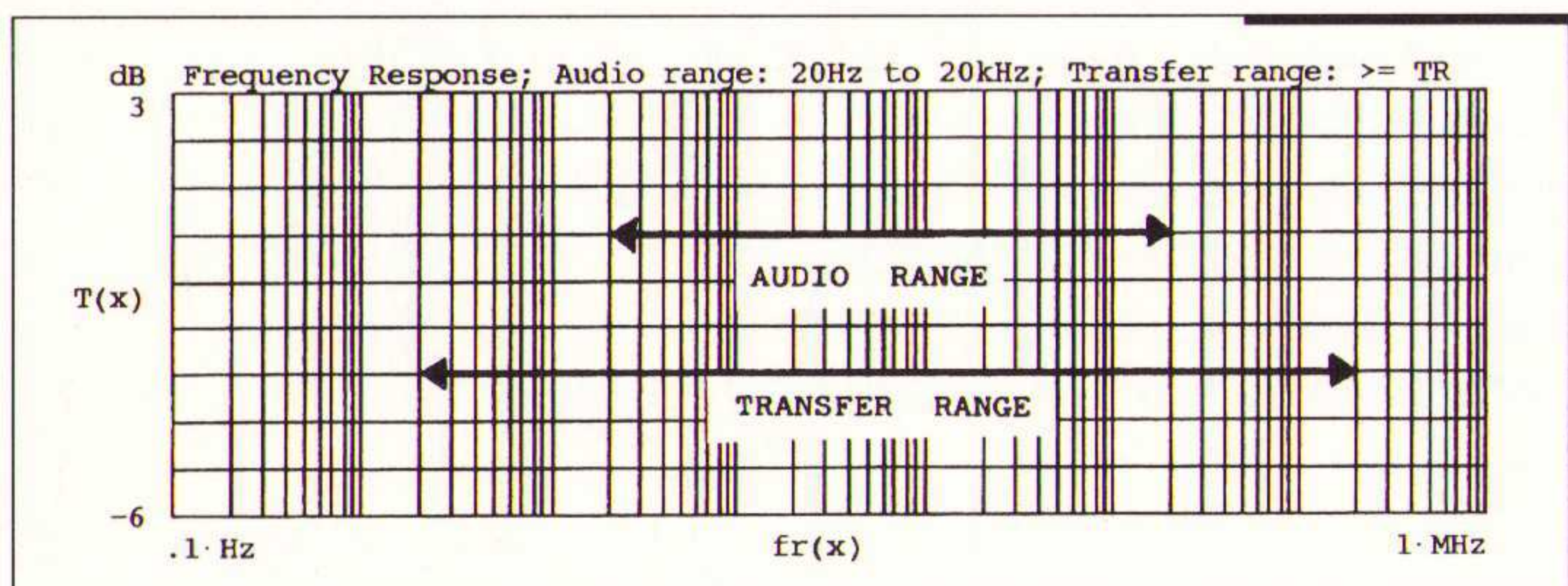


Fig. 8 Audio en omgeving in decades

Vermogensbeschouwing

Op het vlak van vermogen dat de transformator kan verwerken, ontlopen ringkern- en EI-trafo elkaar niet of nauwelijks. Dezelfde relaties gelden in beide gevallen over de verhouding tussen kernvolume en het vermogen. Hoogstens kan men zeggen dat door de ringkernvorm er

een gunstiger balans bestaat tussen uitwendige afmetingen en het beschikbare volume van het kernmateriaal.

De reden dat 'vermogen' hier toch wordt besproken is de volgende: soms treft men specificaties aan bij uitgangstransformatoren waarin het vermogen van de trafo vermeld wordt. Wat in zo'n specificatie ontbreekt, is de laagste frequentie waarmee de transformator dit vermogen nog kan verwerken. Waarom is die frequentie zo belangrijk?

De volgende bekende formule geeft de relatie aan tussen maximale fluxdichtheid B_{max} , de frequentie f en het aantal windingen per volt_{rms}: N/V .

$$N_V = \frac{\sqrt{2}}{B_{max} \cdot A \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

Formule 6

Laten we als voorbeeld aannemen dat een transformator primair 1500 windingen heeft, een vermogen van 100 watt moet verwerken, primair een impedantie heeft van 4000 Ohm en secundair 5 Ohm, een maximale fluxdichtheid van 1,3 T en een dwarsdoorsnede kernoppervlak van 9 cm². Nu geven 100 watt en 4000 Ohm primair samen de primaire wisselspanning en die bedraagt $(100 \cdot 4000)^{0.5} = 632 \text{ V}$. Vullen we nu alle gegevens in, dan vinden we als laagste frequentie $f = 81 \text{ Hz}$. Voor frequenties lager dan die 81 Hz zal de transformator kern verzadigd raken. Had men alleen het vermogensgetal ter beschikking gehad, dan was op basis van specificaties niet meer te achterhalen geweest dat de trafo beneden 81 Hz in de verzadiging zal komen. Daarom pleiten we voor de specificatie-vermelding van 'welk vermogen bij welke laagste frequentie'. Bij onze ringkerntrafo's lossen we dit op door de zogenaamde -3dB vermogensfrequentie (f_{3dB}) te verstrekken. Deze frequentie is bijvoorbeeld gelijk aan 14 Hz bij een 100 watt transformator. Deze transformator kan bij 14 Hz dan 50 watt (-3dB van 100 watt) verwerken. Bij 14 maal wortel 2 = 19,8 Hz kan de transformator het volle vermogen van 100 watt doorgeven. Conclusie: niet alleen het vermogen is belangrijk; de laagste frequentie waarbij dit vermogen doorgegeven kan worden is essentieel.

Vervorming

In het verleden heeft Partridge (zie lit.10) uitgebreid onderzoek verricht naar vervormingen in transformatoren. Daarbij kwam als essentiële oorzaak van vervorming naar voren dat de relatieve magnetische permeabiliteit μ_r van de trafo-kern geen constante is, maar afhangt van de stroomsterkte door de trafo-spoelen. Onderstaande grafiek geeft daarvan een aardige indicatie. Horizontaal staat uit de magnetische fluxdichtheid B terwijl verticaal de μ_r -waarde ($=B/H$) staat uitgezet. Bij kleine stroomsterktes is dan μ_r laag, terwijl de waarde ervan toeneemt bij hogere stroomsterktes.

Deze grafiek impliceert overigens ook dat de primaire zelfinductie af zal hangen van de toegepaste stroomsterkte en dus geen constante is. Daarom vertellen wij bij onze specificaties ook onder welke condities L_p gemeten is (bijvoorbeeld: bij 200 volt 50 Hz wisselspanning).

In het onderzoek van Partridge maakt hij onderscheid tussen zogenaamde 'stroomvervorming' en 'spanningsvervorming'. Aan de hand van een heel eenvoudige afleiding willen we laten zien wat hier gebeurt. De afleiding wordt 'eenvoudig' genoemd omdat alleen de nadruk gelegd wordt op de vervorming die ontstaat ten gevolge van μ_r -variatie terwijl andere complexe gedragingen van de trafo buiten beschouwing worden gelaten.

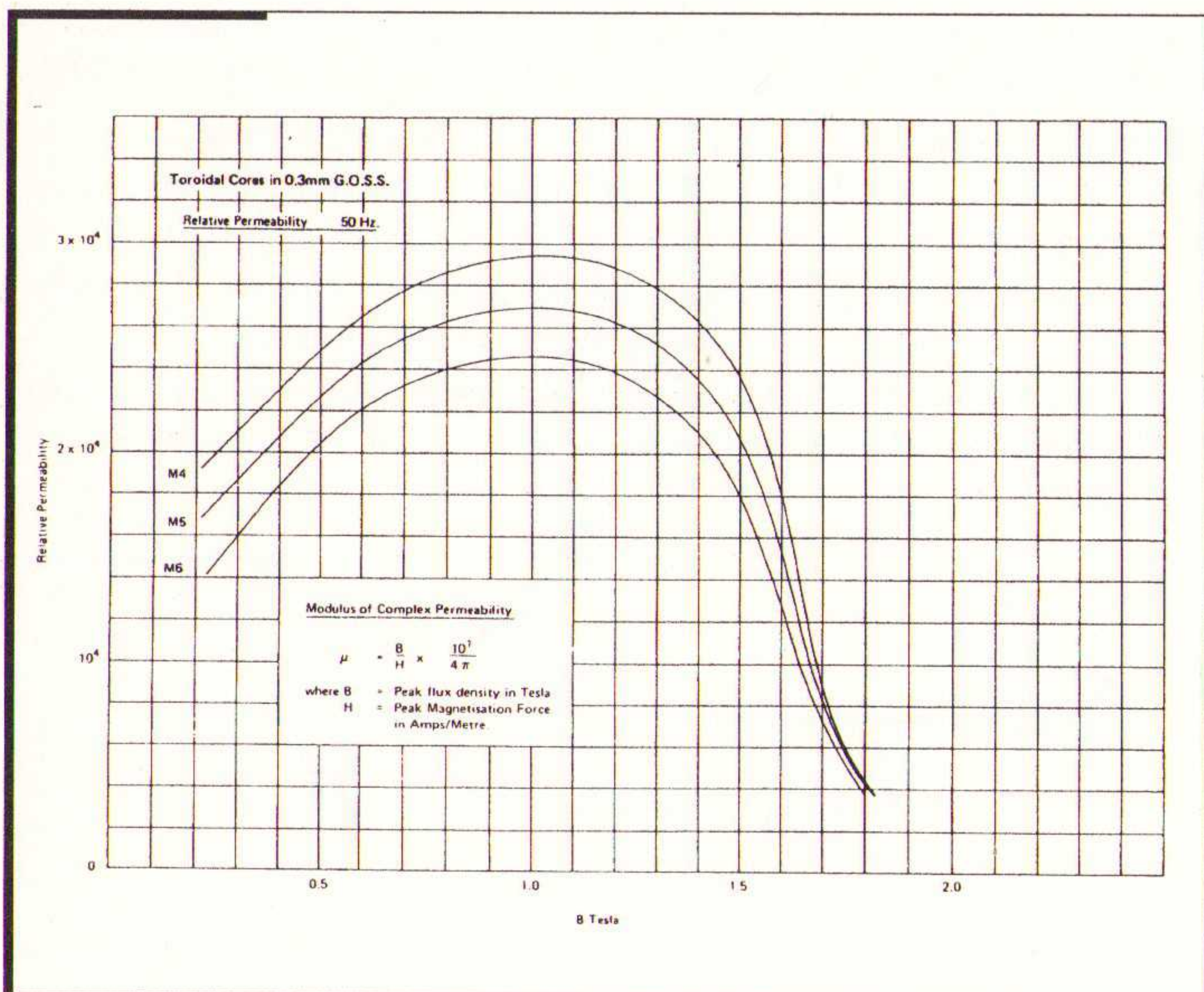


Fig. 9 μ_r/B afhankelijkheid

Beschouw onderstaande transformator die aangedreven wordt door een spanningsbron met een serie-weerstand R_{gen} .

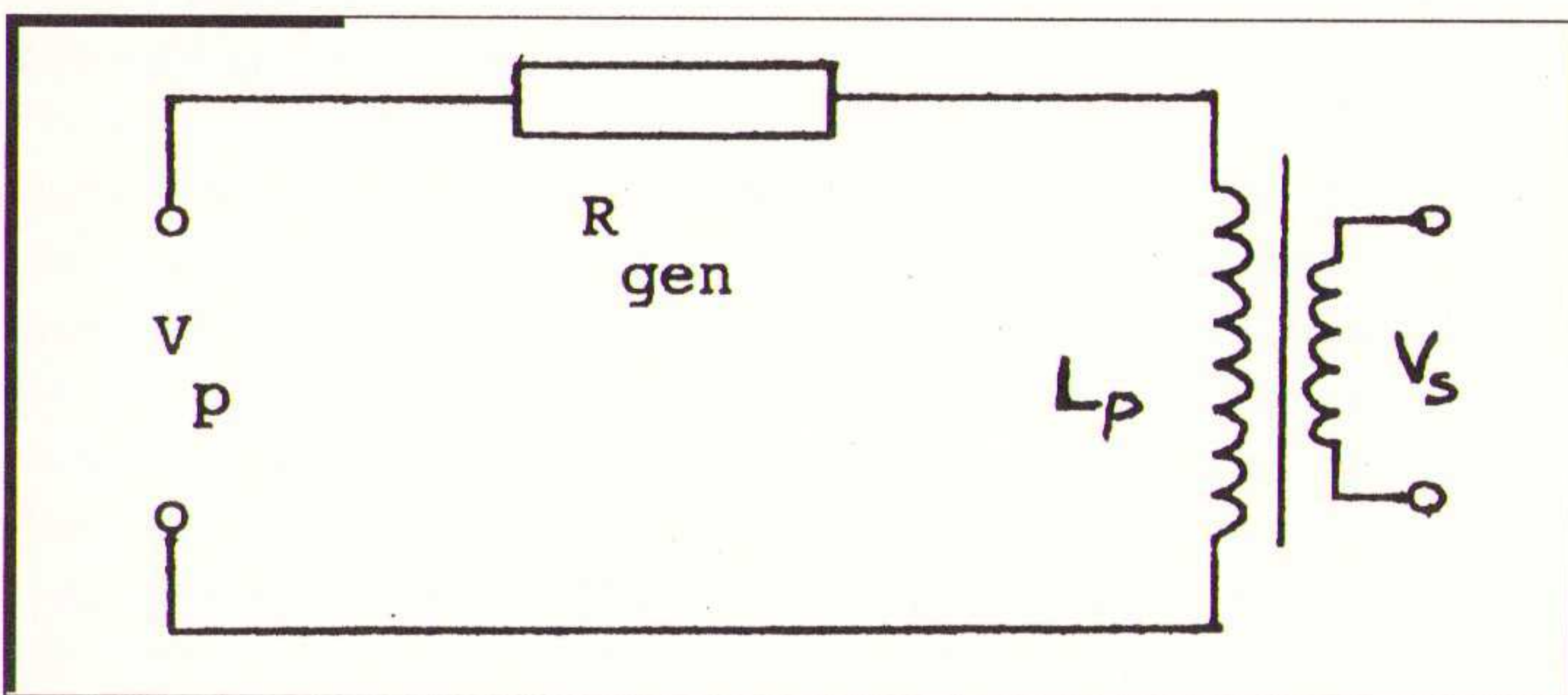


Fig. 10 Eenvoudig basismodel voor vervormingsberekening

In de primaire keten zal nu een stroomsterkte I gaan lopen die gegeven wordt door:

$$I = \frac{V}{R_{gen} + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_p}$$

Formule 7

Hierin wordt de primaire zelfinductie bepaald door:

$$L_p = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot N_p^2 \cdot \frac{A}{l_m}$$

Formule 8

Omdat μ_r varieert met de stroomsterkte I , zal de grootte van I niet evenredig met de spanning V zijn, maar extra variaties (= vervorming) gaan vertonen. Bekijkt men de stroomsterkte op een oscilloscoop, dan is dat meestal zichtbaar door opvallende hellingsveranderingen bij de

nuldoorgangen van de sinus-wisselstroom. Echter, deze stroom wekt een fluxdichtheid in de kern op die gegeven wordt door:

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r N_p \cdot I}{l_m}$$

Formule 9

Vullen we hier nu in de I van formule 7, dan wordt duidelijk dat de fluxdichtheid in de kern ook vervormd zal zijn en daardoor niet meer zuiver sinusvormig zal verlopen. De secundaire spanning wordt gegeven door:

$$V_s = -N_s \cdot A \cdot \frac{\delta B}{\delta t} = \frac{-N_s \cdot A \cdot \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N_p}{l_m}}{R_{gen} + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N_p^2 \cdot A}{l_m}} \cdot \frac{\delta V_p}{\delta t}$$

Formule 10

Nu is één conditie, waarbij de μ_r -afhankelijkheid van de secundaire spanning volledig verdwijnt. Dat is het geval als R_{gen} verwaarloosbaar is ten opzichte van de impedantie van L_p . Streep om dit te zien de desbetreffende term in de formule weg en vereenvoudig. Dus: de secundaire spanning wordt onvervormd als $2\pi f \cdot L_p \gg R_{gen}$. Om die reden is een grote waarde van L_p wezenlijk, zoals in ringkern transformatoren wordt verwezenlijkt. Op grond hiervan worden extra lage vervormingscijfers bij lage frequenties met ringkern transformatoren bereikt.

DC-onbalans

Ondanks al het goede en voortreffelijke van ringkerntrafo's, kunnen ze een mogelijk nadeel bezitten ten opzichte van EI-kernen. Dat treedt op als de DC-stroomsterktes in beide helften van de primaire winding niet exact aan elkaar gelijk zijn. Zie onderstaande figuur.

Stel dat de instelling van de vermogensbuizen in de loop van de tijd wijzigt. Hun ruststroom is bijvoorbeeld niet meer exact gelijk. Dan zal er effectief een permanente gelijkstroom door de primaire winding gaan lopen (de twee half-stromen heffen elkaar magnetisch gezien niet meer op). Alhoewel die ruststroom kleiner zal zijn dan de maximale wisselstroom (afkomstig van muziek), kan deze toch de kern al verzadigen. Dit effect treedt nauwelijks op in EI-kernen, omdat ten gevolge van de altijd aanwezige luchtspleet, kernverzadiging pas bij grotere DC-stroomsterktes plaats vindt. Men moet dus bij ringkernuitgangstrafo's de buizen zorgvuldiger balanceren dan bij EI-trafo's. Nu is dat voor HiFi of High-End geen onmogelijk-

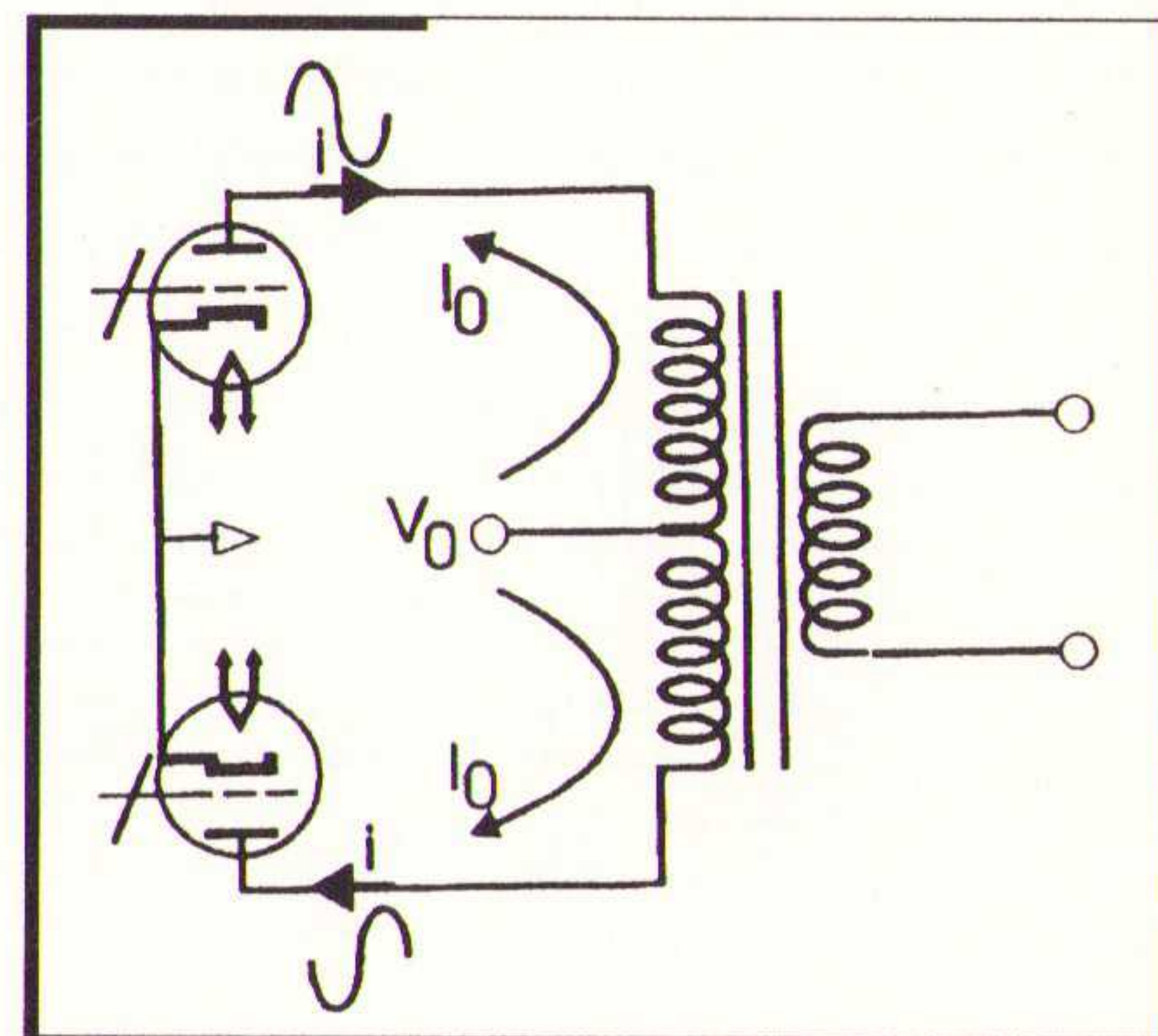


Fig. 11 Balanceren van primaire stromen

ke eis, omdat daar de versterker steeds optimaal ingesteld hoort te staan. Meestal bereikt men dit door te werken met gepaarde buizen en/of instelbare negatieve roosterspanning (NRS) plus bijbehorend meetcircuit (bijvoorbeeld bij de 'Miracle' gebeurt dit door een ingebouwde (LED-indicator). Toch kan de dagelijkse praktijk zijn, dat niet regelmatig gecontroleerde versterkers ernstig gaan verlopen. Omdat wij ringkernen propageren, willen we ook dit potentiële probleem oplossen.

VDV-NRS-2610

Daarom hebben we een volledig automatisch circuit ontwikkeld dat de buizen permanent bewaakt en optimaal instelt. Principe-schema fig. 12.

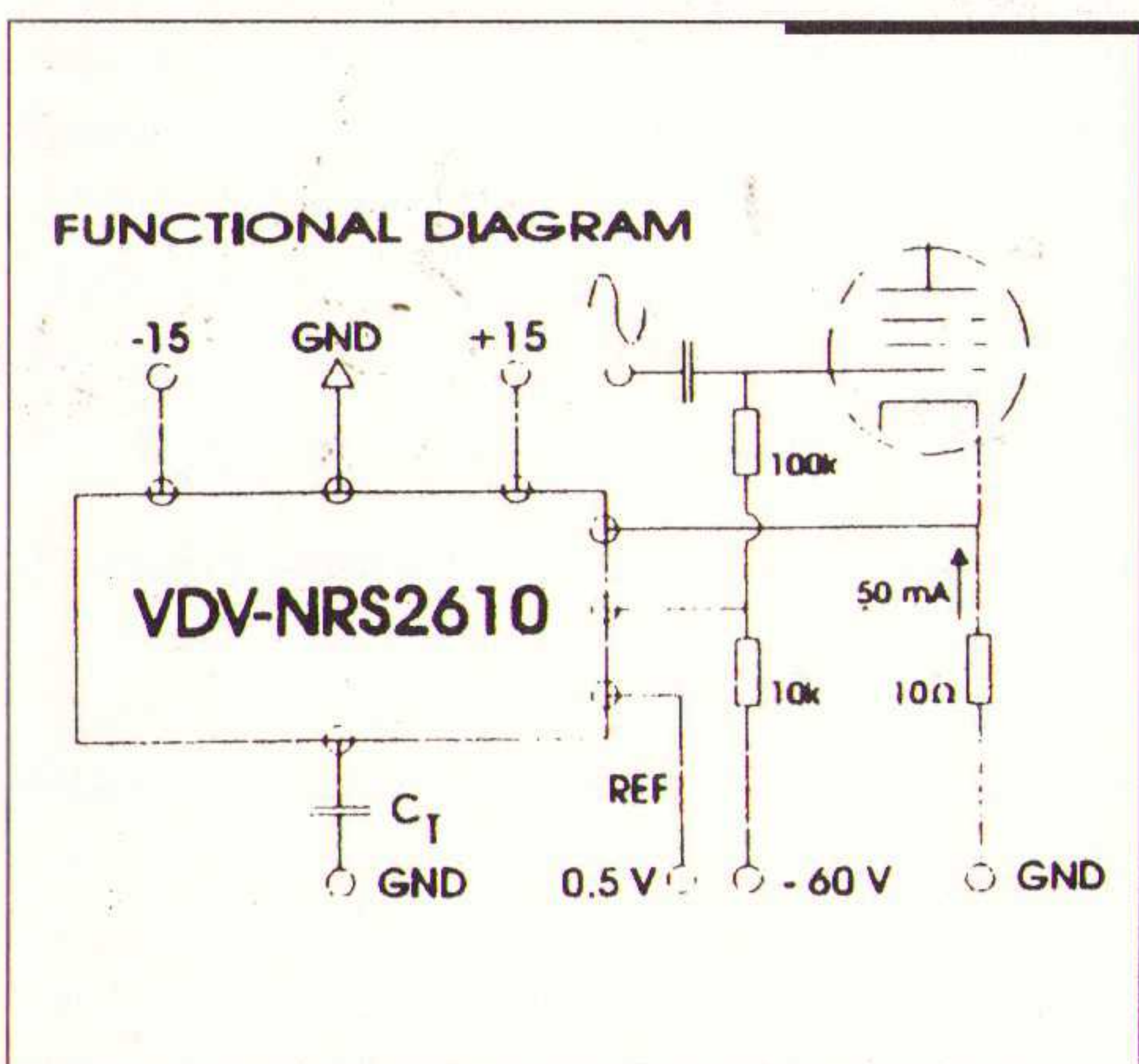


Fig. 12 Functional diagram VDV-NRS-2610

Het circuit meet de spanning $V_k = I_o \cdot R_k$ over de kathode-weerstand (elke buis krijgt zo'n circuit) en vergelijkt die spanning met een referentiespanning V_{ref} . Is er verschil tussen V_k en V_{ref} , dan wordt de negatieve roosterspanning bijgesteld totdat de twee spanningen gelijk zijn. Op die manier wordt dus de kathodestroom I_o op

een constante waarde gehouden. Echter, zodra de buis muziekspanning gaat versterken neemt de gemiddelde stroomsterkte door de buis toe. Dus de spanning over de kathode weerstand stijgt. Een standaard circuit zou nu de negatieve roosterspanning gaan bijregelen omdat V_{ref} en V_k verschillend zijn geworden. Zo niet de NRS-2610. Intern maakt dit circuit onderscheid tussen de ruststroom (die constant moet blijven) en de stroomvariaties ten gevolge van de muziekversterking. Deze stroomvariaties worden in de regel- en stuurfuncties van de NRS-2610 volledig geëlimineerd. Daardoor blijft de schakeling voortdurend ALLEEN de ruststroom meten. Het gevolg is dat de geregelde negatieve roosterspanning volledig constant blijft en niet met de versterkte muziek mee gaat variëren. Deze schakeling is uniek omdat hij, onder sterk variërende stroomomstandigheden, in staat is om zeer snel en voortdurend alleen de ruststroom te meten. De schakeling kan een eindbuis blijvend controleren, of deze nu in klasse A, AB1 of AB2 staat ingesteld. Klasse B wil niet, want daar is geen ruststroom. Met de NRS-2610 kunnen wij garanderen dat de paring van de ruststromen in de dagelijkse praktijk altijd perfect zal blijven. Op het moment van schrijven van dit artikel zijn alle meet- en testrondes afgerond en wordt onderzocht of de schakeling als chip of SMD-circuit geproduceerd gaat worden.

Dus: het probleem van DC-onbalans is volledig te voorkomen en zo kan men steeds van een optimaal ingestelde eindversterker genieten.

AC-onbalans

Stel dat beide eindbuizen, die verbonden zijn met de uiteinden van een balansuitgangstrafo, verschillende wisselspanningen afgeven. Die situatie treedt op als de versterking van de eindbuizen wijzigt of als de fasedraaier niet volledig symmetrisch is ingesteld. Dan kan er een netto gelijkstroom (geïnduceerd door de wisselstromen) door de primaire wikkeling gaan lopen. Zo zou er potentieel kernverzadiging kunnen optreden. In (11) staat een blok golf-test beschreven waarmee deze situatie geanalyseerd en voorkomen kan worden. Hier geldt: bij optimaal

ingestelde elektronica (dat is identiek aan minimale Totale Harmonische Vervorming) treedt dit verschijnsel zowel bij ringkern- als El-trafo's niet op.

Overzicht

Tabel 13 geeft vervolgens een overzicht van alle tot nu toe in Nederland ontwikkelde transformatoren. De belangrijkste specificaties zijn vermeld. Ook wordt de nieuwe reeks van step-up transformatoren voor elektrostatische luidsprekers aangegeven. Hierbij wordt nog opgemerkt dat men bij aanschaf van een ringkern transformator een volledig en uitgebreid specificatieblad ontvangt plus de bijbehorende frequentie- en fase-karakteristieken evenals het verloop van de differentiële fase. Voor prijsgegevens in de Benelux kan men Amplimo b.v. raadplegen die daar de distributie regelt.

Welke gegevens nodig?

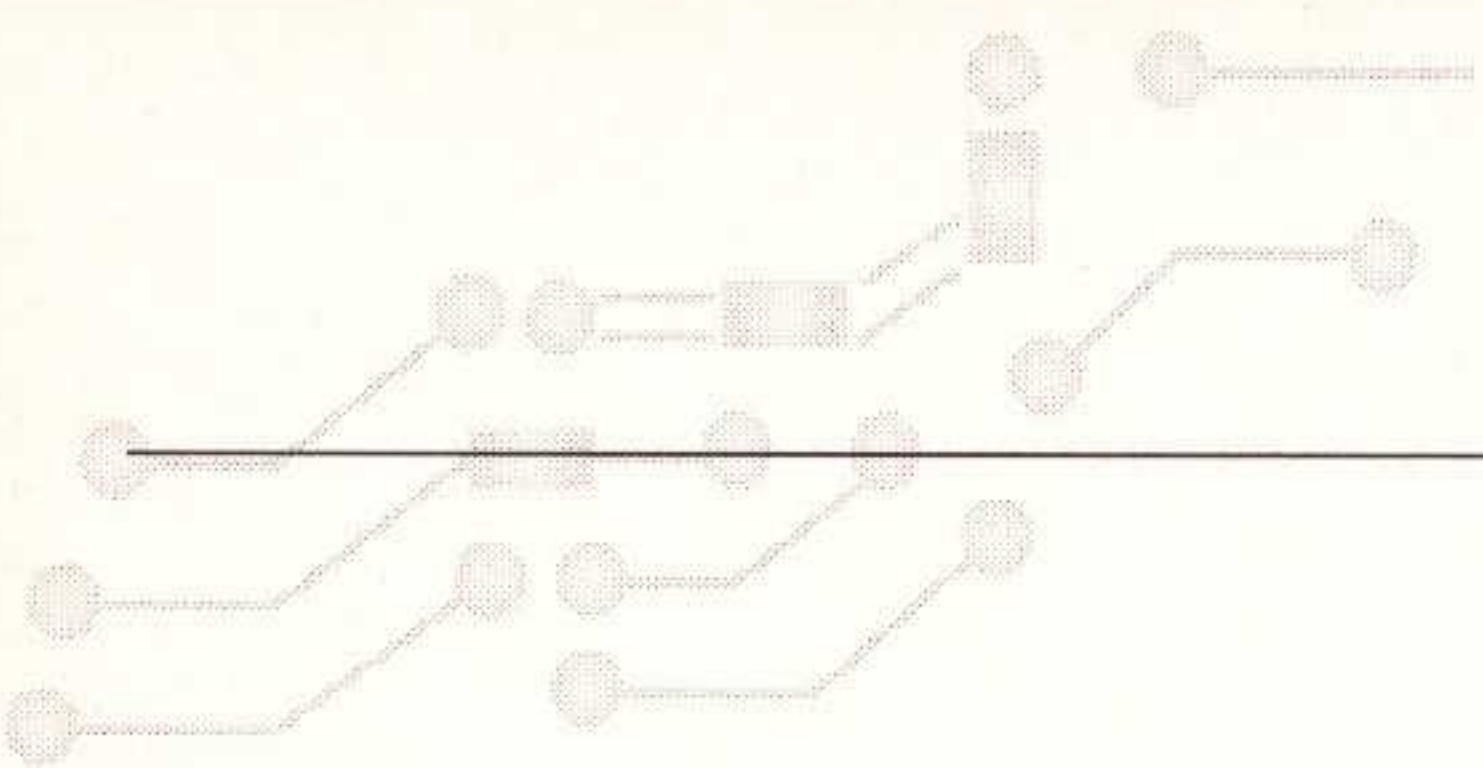
Tijdens ons onderzoek hebben wij vele trafo's getest en grondig onderzocht. Wat ons daarbij steeds opviel, was hoe weinig gegevens in het algemeen bij transformatoren worden verstrekt. Mede, zowel namens de professionele gebruiker als de amateur, doen wij een dringend beroep op transformator fabrikanten om openbaarheid van gegevens te verstrekken. Dat maakt de toepassing en het gebruik, evenals de selectie, vele malen duidelijker en toegankelijker. De volgende gegevens zijn volgens ons minstens nodig: N_p/N_s , L_p en L_{sp} plus meetcondities, C_{ip} , R_{ip} en R_{is} , nominaal vermogen P_{nom} plus laagste frequentie die bij dit vermogen door de trafo verwerkt kan worden, eventueel aangevuld met maximale stroomsterkte door de primaire wikkeling. Wij hopen dat velen ons voorbeeld zullen volgen.

Conclusie

Dit artikel tracht antwoorden te geven op de vele vragen die ons het afgelopen jaar over ringkern-'contra' El-trafo's bereikten. Immers, jarenlang deed de mening opgeld dat ringkernen absoluut ongeschikt zijn voor de verwerking van audio-signalen. Opmerkingen als 'beperkt frequentiebereik' en 'hoge interne capaciteit' en 'kernverzadiging' werden ons regelmatig verstrekt. Aan de hand van dit onderzoek hopen wij u duidelijk gemaakt te hebben dat in tegenstelling tot die heersende mening ringkerntrafo's opmerkelijk goede eigenschappen bezitten. Daarom spreken we de hoop uit dat men zijn/haar standpunt nog eens wil overwegen en, met even harde specs als wij verstrekken, de boeiende discussie met ons voortzet. Een korte samenvatting van dit onderzoeksverslag luidt: ringkernen hebben hogere zelfinductie, kleinere spreidingszelfinductie, gelijke tot lagere capaciteit en een groter frequentie bereik dan de meeste van hun El-soortgenoten. DC/AC-verzadiging lijkt een nadeel, maar de versterker zorgvuldig afregelen lost dit op evenals toepassing van de VDV-NRS-2610. Tevens zijn er bij ringkernen subjectief nog wat extra voordelen aanwezig, maar die ontdekt u al luisterend zelf wel.

Literatuurlijst

- 1) Menno van der Veen: 'Het Vanderveen Buizen Bouwboek'; 3e druk; Amplimo b.v.
- 2) E. Fikier: 'Elektrostatische Luidsprekers'; Elektuur b.v.
- 3) Reuben Lee c.s.: 'Electronic Transformers and Circuits'; third edition; pp. 83-93; ISBN 04-7181-976-X
- 4) William M. Flanagan; 'Handbook of Transformer Design & Applications'; ISBN 00-7021-291-1



VANDERVEEN - ONTWERPEN BIJ AMPLIMO (nov. 1994)

model	N_p/N_s	P_{nom}	$f_{J, nom}$	L_p	QF	C_{ip}	R_{ip}	R_{is}	R_{os}	R_{ps}	f_{JL}	f_{JH}
VDV-	[]	[W]	[Hz]	[H]	[]	[pF]	[----- Ohm -----]				[Hz]	[kHz]
1080	15,74	80	20,5	360	274410	593	37,8	0,16	1239	1200	0,3	251
2100	19,42	100	20,7	530	294410	585	104	0,18	1885	2000	0,3	217
3070	23,48	70	22,7	490	188510	558	174	0,17	2756	2000	0,4	187
6040	34,29	40	25	535	144610	613	68,1	0,16	5878	5300	0,8	99
8020	40	20	28,5	485	60625	250	155	0,16	8000	8000	1,8	132
06-p	33,6	10	22	1400	360	0,15	9000	3000	0,3	...
B-500	22,39	500	20	1180	147500	3000	30,3	0,06	2000	5000	0,2	40
A1060	17,65	60	14	1385	207335	1812	53,2	0,16	1246	2000	0,1	63

model	N_p/N_s	P_{nom}	$f_{J, nom}$	L_s	QF	C_{is}	R_{ip}	R_{is}	C_{load}	f_{JH}	opm
STATIC	[]	[W]	[Hz]	[H]	[]	[pF]	[-- Ohm --]		[nF]	[kHz]	[]
VDV-G	5	60	14	1068	150422	600	7,84	196	0,951	30	12 dB ONFB
VDV150D150	6	300	300	529	8266	132	0,16	142,2	0,2	43	mid-hoog
VDV70	70	100	215	146	11496	42	0,5	80	0,5	60	mid-hoog
ST105	50,2	100	50	693	68613	222	0,2	162	1,0	60	full-range

Range affects Brain Electric Activity and Sound Perception'; 91st AES Convention New York; Pre-print 3207

7) Menno van der Veen; 'Tegenkoppeling van de Werkelijkheidsweergave; deel 1; RB electronica; november 1993; pp. 23-25

8) Menno van der Veen; zie 7); deel 2; dec. 1993; pp 8-12

9) Menno van der Veen; zie 7); deel 3; feb. 1994; pp 26-30

10) Dr. Tom Hodgson: 'Single Ended Amplifiers, Feedback & Horns: some History'; Sound Practices; Spring 1994; pp. 39-42; (dit artikel bevat de belangrijkste literatuurverwijzingen naar het werk van Partridge). Zie eventueel ook 3) pp. 149-154

5) Menno van der Veen: 'Theory and Practise of Wide Band- width Toroidal Output transformers'; 97th AES convention San Francisco 1994; pre-print 3887 (G-2)

6) Tsutomu Oohaski c.s.: 'High Frequency Sound above the Audible

11) Menno van der Veen: 'UL-40-Stereo zelfbouw buizenversterker'; RB electronica; dec. 1994; pp. 6-11

12) Telmag Magnetics Components Limited; Wound Cores; Publication 102, June 1987.

wist u dat...

Overeenkomst/samenwerking

TelCom Semiconductors heeft met IC Works - beide in de Benelux door Tekelec (Zoetermeer, 079-3310100) vertegenwoordigd - een overeenkomst gesloten waarin TelCom zich verbonden heeft om ± 10 miljoen dollar te investeren in apparatuur om de submicron waf-erfabriek van IC Works in San José (VS) te verbeteren en uit te breiden. Van haar kant garandeert IC Works de beschikbaarheid van pro-duk-tiecapaciteit. Binnen enkele maanden zal de nieuwe fabriek operationeel zijn.

Alarmering Signalering Beveiliging BV (Eindhoven, 040-2622322) heeft de vertegenwoordiging verworven van CCTV-apparatuur van het Amerikaanse bedrijf Pelco. Pelco levert een CCTV-programma, bestaande uit monitoren, speciale binnen- en buitenbehuizingen, pan- en tiltmechanismen, bevestigingssteunen, besturingssystemen en dome-units.

Telefoneren via Internet, al dan niet met gelijktijdige beeld- en datacommunicatie, is binnenkort de gewoonste zaak van de wereld. Intel (Rotterdam, 010-2866113) en Microsoft (023-5689189) kondigen de gezamenlijke ontwikkeling aan van een open, op industriestan-daards gebaseerd en computeronafhankelijk platform, dat communicatie van spraak, beeld en data via Internet even gemakkelijk maakt als telefoneren. Ruim honderd leidende software- en hardwareproducenten, telecommunicatie carriers en Internet-service providers hebben al aangegeven dat ze deze ontwikkeling zullen ondersteunen.

Opamps

Maxim Integrated Products introduceert de MAX4108/MAX4109 opamps. Deze 5 V operationele versterkers combineren de hoge frequentie van 400 MHz met een lage vervorming. Het zijn breedbandige opamps die gebouwd zijn in het 9,3 GHz complementaire bipolaire proces. De MAX4108 is gecompenseerd voor de zogenoemde eenheidsversterkingsstabiliteit (unity-gain stability) en beschikt over een -3 dB bandbreedte van 400 MHz met een stijgtijd (slew-rate) van 1200 V/ μ s en een spurious-free dynamisch bereik (SFDR) van -93 dBc (5 MHz). De MAX4109 is gecompenseerd voor de gesloten lus-versterking (closed-loop gain) van +2 V/V of hoger en levert een 225 MHz -3 dB bandbreedte en een SFDR van -90 dBc. Beide componenten hebben een brede uitgangsspanningzwaai en een hoge stroomsturing van 70 mA. Ze hebben een lage differentiële fase en versterking van 0,002 μ respectievelijk 0,002%. Beide opamps stellen zich binnen 8 ns in op 0,1% en binnen 12 ns op 0,01%. Inl.: Koning en Hartman, Delft, tel. 015-2609906.

Trimmers

Tekelec Components (Zoetermeer, 079-3310100) heeft de M-serie ontwikkeld. Deze trim capacitors hebben een gegarandeerde werkspanning van 200 Vcc, een lage temperatuurcoëfficiënt van -40°C tot +85°C en bevatten een gepatenteerd, automatisch koppel aandrijfmechanisme dat zorgt voor een uniform koppel, hoge Q en lage dynamische ruis. De M120 serie heeft een capaciteit van 1,2 tot 7 pF, 1 pF resolutie per wikkeling. De rotor- en stator elektroden bestaan uit één stuk. De M220, M320 en M420 hebben een capaciteit van <14 pF. Ze worden op dezelfde wijze geassembleerd als de M120 serie, maar de elektroden worden onder druk passend gemaakt, hetgeen resulteert in een lagere temperatuurcoëfficiënt. De series zijn leverbaar voor verschillende montagetechnieken.

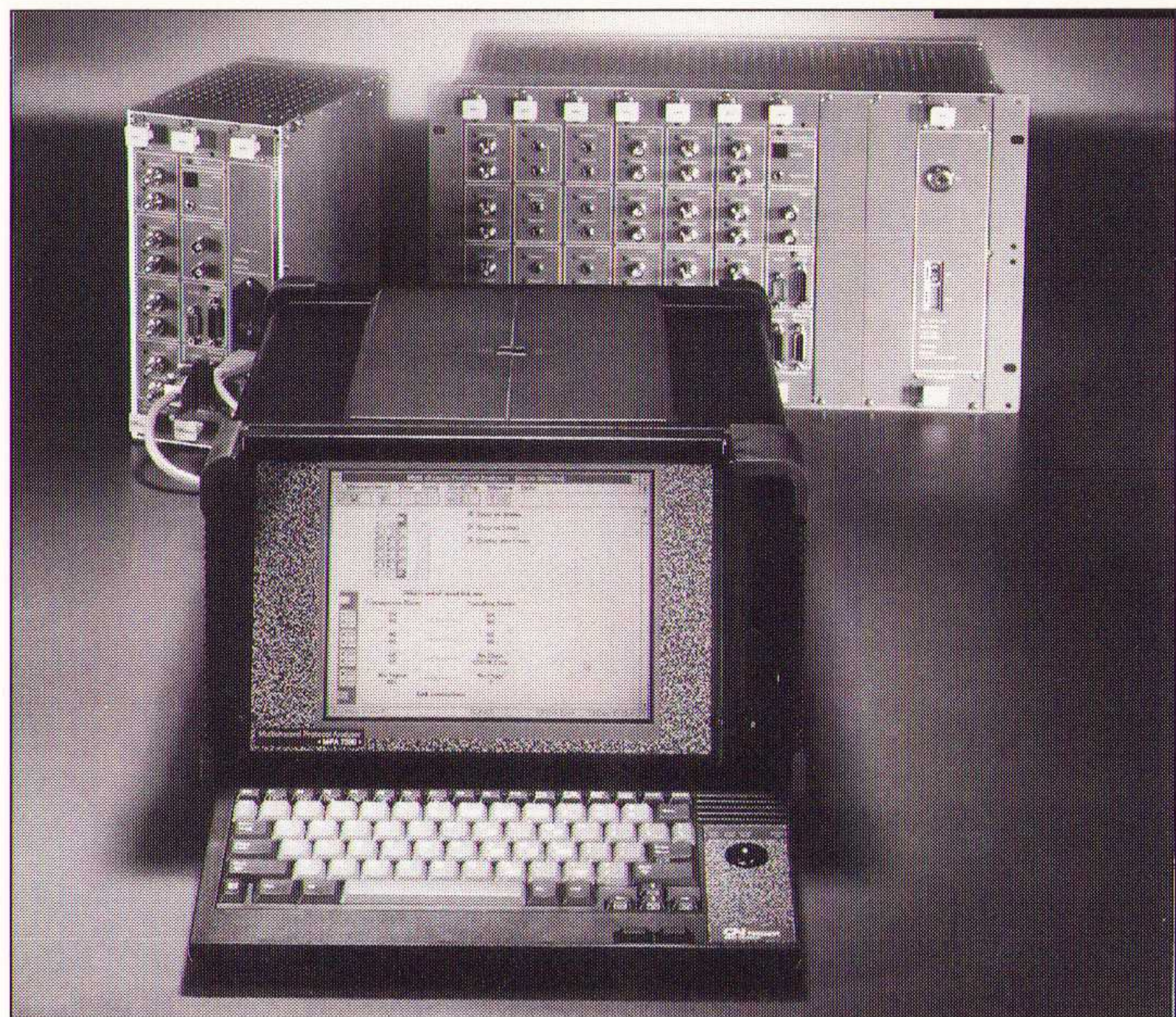


Tekelec M-trimmers.

Multichannel protocol analysers

GN Nettest's Elmi Division heeft een veelzijdige familie van multichannel protocol analysers geïntroduceerd voor gebruik in systeeminstallatie en -onderhoud, alarmmonitoring, troubleshooting en prestatie-analyse. De lijn bestaat uit de MPA 7100 en 7200 rack-based units en de MPA 7300, een krachtige, draagbare analyser die overal in het netwerk aangesloten kan worden. Er zijn tot 24 full duplex links verkrijgbaar, voorgeprogrammeerde triggers en filters, een grote data-opslagcapaciteit en de apparatuur is ook via een modem aan te sturen. Er zijn drie hoofd-functies: protocolanalyse, statistieken en alarmmonitoring. De protocolanalysefunctie slaat signalling-boodschappen op en laat ze in gedecodeerd formaat zien. De MPA kan zowel op specifieke 'signalling' events

filteren en triggeren als op complete 'signalling sequences'. Voorgeprogrammeerde triggers en filters vereenvoudigen het verkrijgen en analyseren van complexe protocollen zoals SCCP en TCAP en automatische detectie van zowel sequence- als message-syntax errors. Statistische informatie wordt in intervallen verzameld en gelogged voor elke signalling link en daarna opgeslagen voor postprocessing. transmissie- en signalling-alarmsignalen worden voor iedere link onmiddellijk afgebeeld, van een tijdtabel voorzien en opgeslagen. Inl.: S&S Telecommunication Systemes BV, Vlaardingen, tel. 010-4603000.



De Multichannel protocol analyser.

Precisie hoogspanningsvoeding

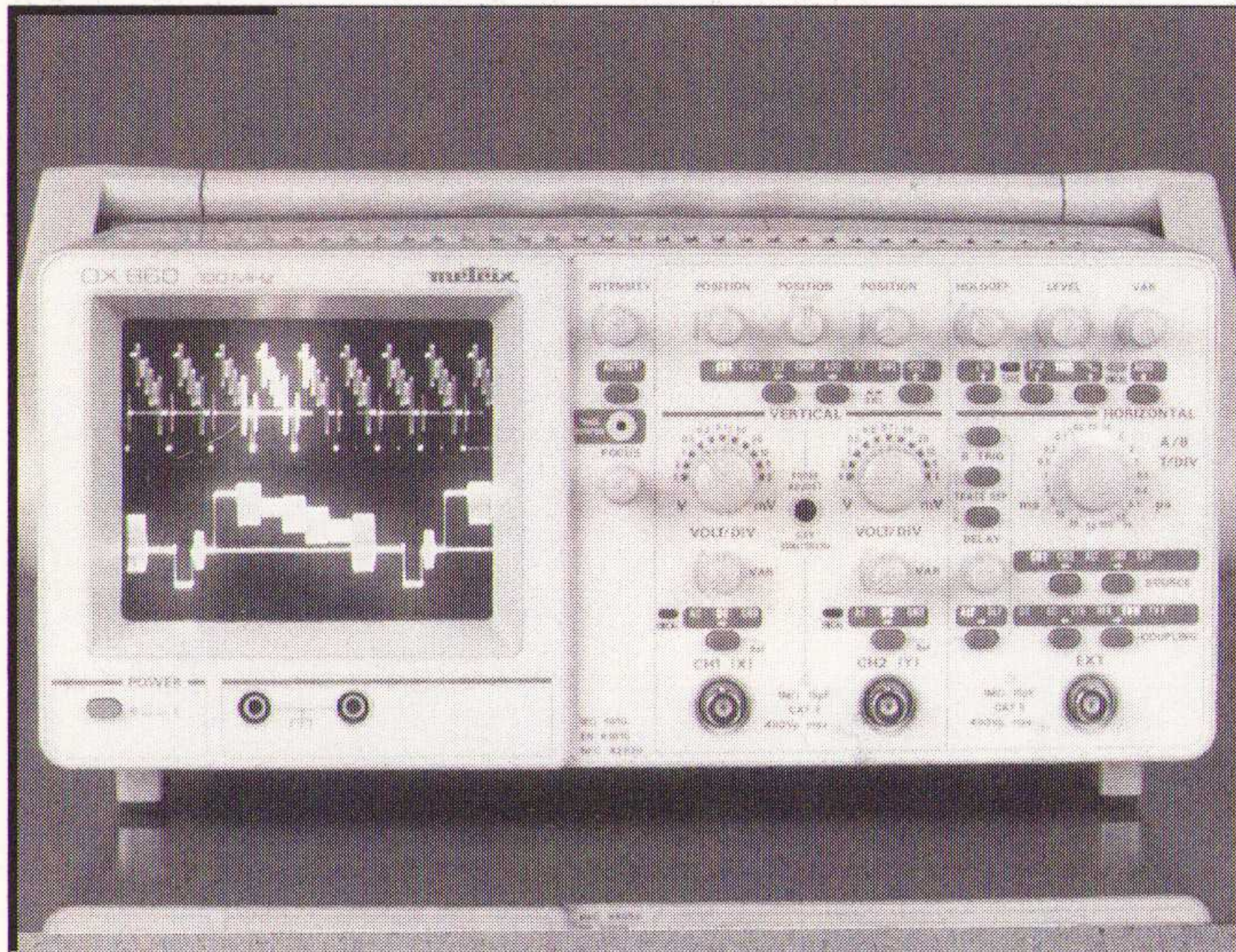
Keithley (Gorinchem, 01830-35333) introduceer model 248, een precisie 5 kV bron die vanwege de veelzijdigheid zowel geschikt is voor het laboratorium als voor produktietesten. De uitgang kan via de voorzijde, via de IEEE-bus of met een analoge spanning (0 tot 10 V) ingesteld worden. Twee displays aan de voorzijde tonen de gemeten spanning en stroom, en een derde toont de preciese instelling van de uitgang. De maximale uitgangsstroom van model 248 bedraagt 5 mA, de stroomlimiet en 'Trip' bereik kunnen ingesteld worden met een resolutie van 1 μ A. De stroomlimiet varieert de uitgangsspanning zodanig dat de uitgangsstroom op de ingestelde waarde blijft. De 'Trip' waarde schakelt de uitgang uit bij het overschrijden van een ingestelde waarde aan de primaire zijde van de hoogspanningstransformator.



De hoogspanningsvoeding model 248.

Dual-function oscilloscoop

Metrix introduceert de OX-86 serie oscilloscopen als aanvulling op de bestaande OX-800 serie. De OX-86 heeft een analoge (100 MHz) en een digitale (40 MS/s) scoop. De bediening is logisch en overzichtelijk opgebouwd. Communicatie is mogelijk via RS232, IEEE488 en Centronics. Hierdoor zijn de scoops volledig SCPI programmeerbaar en compatibel met LabVIEW en LabWindows van National Instruments. De scoops hebben storingvrije optische schakelaars om slijtage uit te sluiten. Inl.: Schauten Instr. BV, Rijswijk Zuid, tel. 070-3900500.



De OX 860.

Microsysteem

Met de FW 18 brengt Philips (Eindhoven, 040-2782792) een 'HiFi-monster' op de markt. Het compacte microsysteem is namelijk uitgerust met het Incredible Sound geluidsverbredingssysteem dat het stereoeffect verhoogt door de indruk te wekken dat de luidsprekers veel verder uit elkaar staan dan het geval is. Het systeem, dat 16 cm breed is en 23 cm hoog, produceert een geluid dat vergelijkbaar is met de grotere HiFi-systemen. De FW 18 is ook voorzien van de Digital Sound Control-functie, waarmee de voorkeur voor een bepaalde muziekkleur kan worden ingesteld. Het systeem is voorzien van twee bas-reflex luidsprekerboxen van 2 x 75 W, die voor een warm geluid zorgen. De FW 18 is eenvoudig aan te sluiten, bestaat uit een programmeerbare CD-speler, een auto-reverse cassettedeck en een newstimer en wordt geleverd met afstandsbediening.

De Power-TV

Auvio (Leiden, 071-5792920) introduceert een low-cost hoogwaardige scan converter die 640 x 480 VGA-beelden omzet naar video. De converter maakt geen gebruik van software drivers waardoor geen conflict met andere software kan ontstaan. De Power-TV converteert VGA-beelden naar zowel PAL als NTSC standaardvideo en YC-Video (S-VHS). Door de hand-held afmetingen kan de Power-TV mee worden genomen in de laptoptas, waardoor deze op elke gewenste plek kan worden aangesloten op een standaard TV of monitor.

Infrarood temperatuurmeter

De microprocessorgestuurde infrarood temperatuurmeter SP i-tec 2006 maakt het mogelijk om in industriële processen, ook op moeilijk

FLUKE®

De Fluke 10-serie: Héél veel voor héél weinig!

Onze Fluke 10-serie biedt héél veel Fluke voor een uiterst aantrekkelijke prijs. Wat dacht u bijvoorbeeld van:

- Echte éénhandsbediening
- Robuuste uitvoering
- Beveiligd op alle bereiken
- Nederlandstalige gebruiksaanwijzing
- Drie jaar garantie

De Fluke 10 is met z'n snelle doorbeltest, Sleep-mode, diodetest en meetmogelijkheden voor Vac, Vdc en Ω al compleet uitgerust.

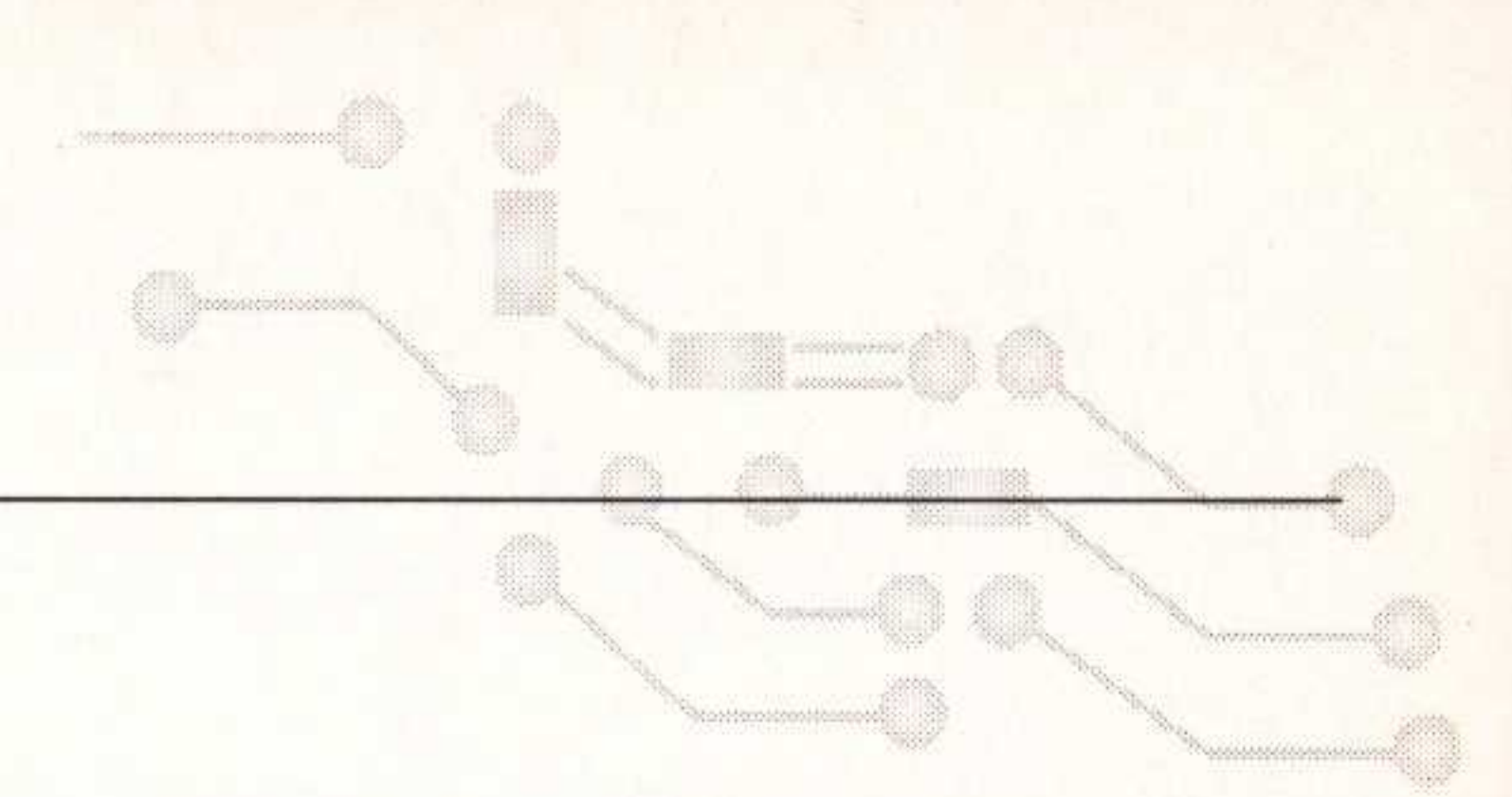
De Fluke 11 kent bovendien

capaciteitsmetingen en de tijdbesparende VCheck™ (één instelling voor bijna alle basiscontroles). Maar de Fluke 12 overtreft beide met z'n Continuity Capture™ (waarmee u kortsluitingen en onderbrekingen van >250 μ s kunt registreren) en z'n Min Max stand met relatieve tijdaanduiding!

Bel voor meer informatie of voor dealer-adressen:

Fluke Nederland B.V.
Telefoon (040) 267 81 00





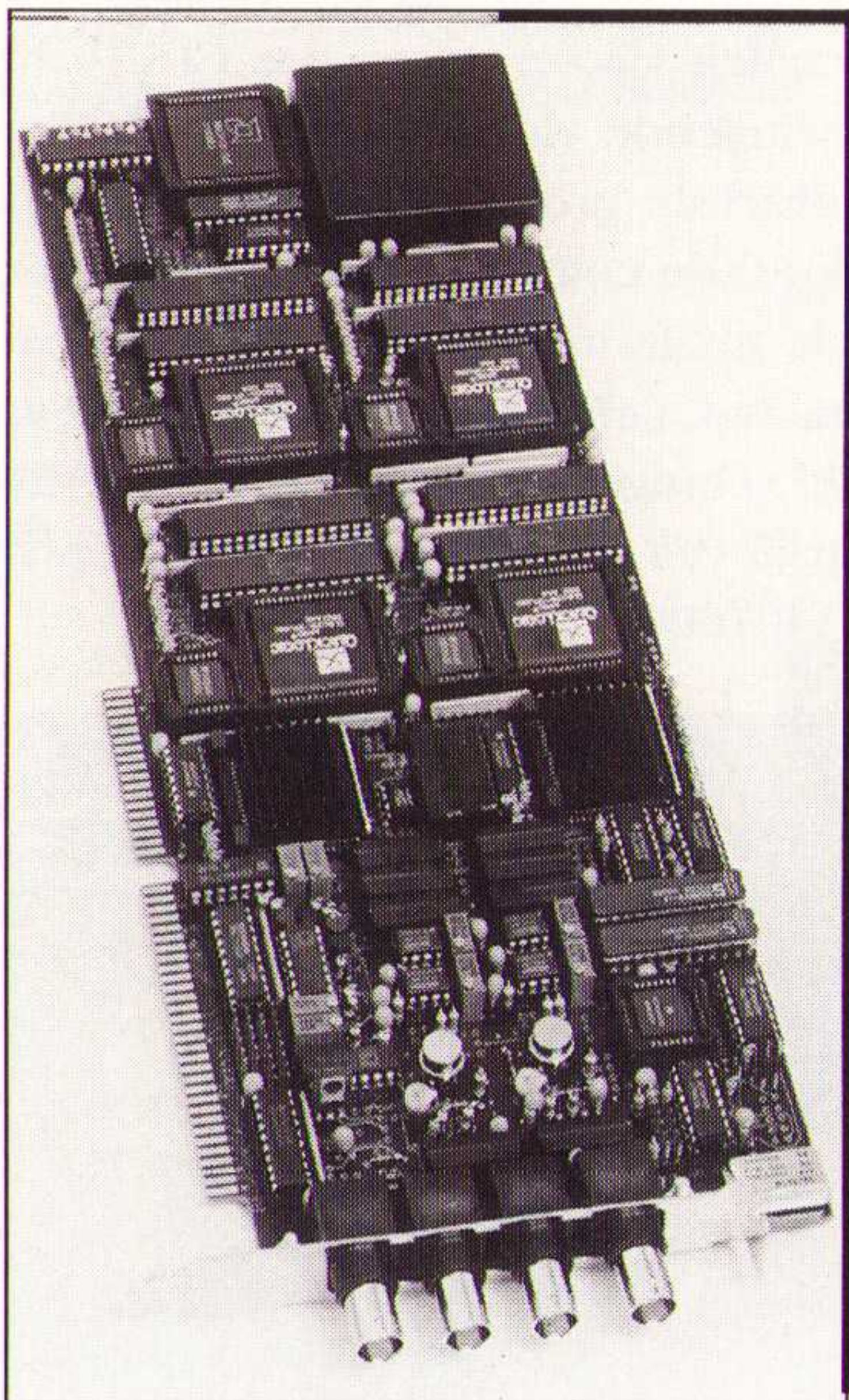
toegankelijke plaatsen, temperaturen aan de grootst mogelijk verscheidenheid van materialen snel en nauwkeurig te meten en te bewaken. Door de korte meettijd kunnen ook snel lopende continue of intermitterende processen bewaakt worden. Het meetbereik loopt van -50°C tot 1500°C en is te programmeren in marges van 10, 30, 100 en 300 K. De SP i-tec 2006 heeft een kleine losse sensor, die is voorzien van een spoelluchtaansluiting. Met twee verwisselbare objectieven kan de meetafstand/meetspot aangepast worden. De temperatuurmeter heeft de mogelijkheid tot automatische emissiecorrecties in het bereik van 0,8-1 en handmatig van 0,1-1. Een analoge en RS 232 uitgang zorgen voor de verdere verwerking van de genormeerde meetgegevens door een printer of computer en beeldscherm. op een LED-display kan de temperatuur te plekke afgelezen worden. Het bewaken van processen wordt verder vereenvoudigd door grenswaardemeldingen in het minimale en maximale bereik. Inl.: Sensor Partners, Drunen, tel. 0416-378239.



De SP i-tec.

400 MHz transiënt recorder

Spectrum GmbH heeft de high speed transiënt recorder voor de PC ontwikkeld. De PAD 242 PC-kaart heeft een maximale sample rate van 400 MHz met één kanaal en 200 MHz met twee kanalen. De twee kanalen worden synchroon bemonsterd en de analoge bandbreedte bedraagt 120 MHz. Het standaard geheugen van 256 K samples is uit te breiden tot 4 M samples per kanaal. Pre- en posttriggering en verdeling van het geheugen in segmenten behoort tot de standaard mogelijkheden. De PC-kaart wordt bestuurd door het programma SBench. Inl.: Tritec, H.I.Ambacht, tel. 078-6816133.

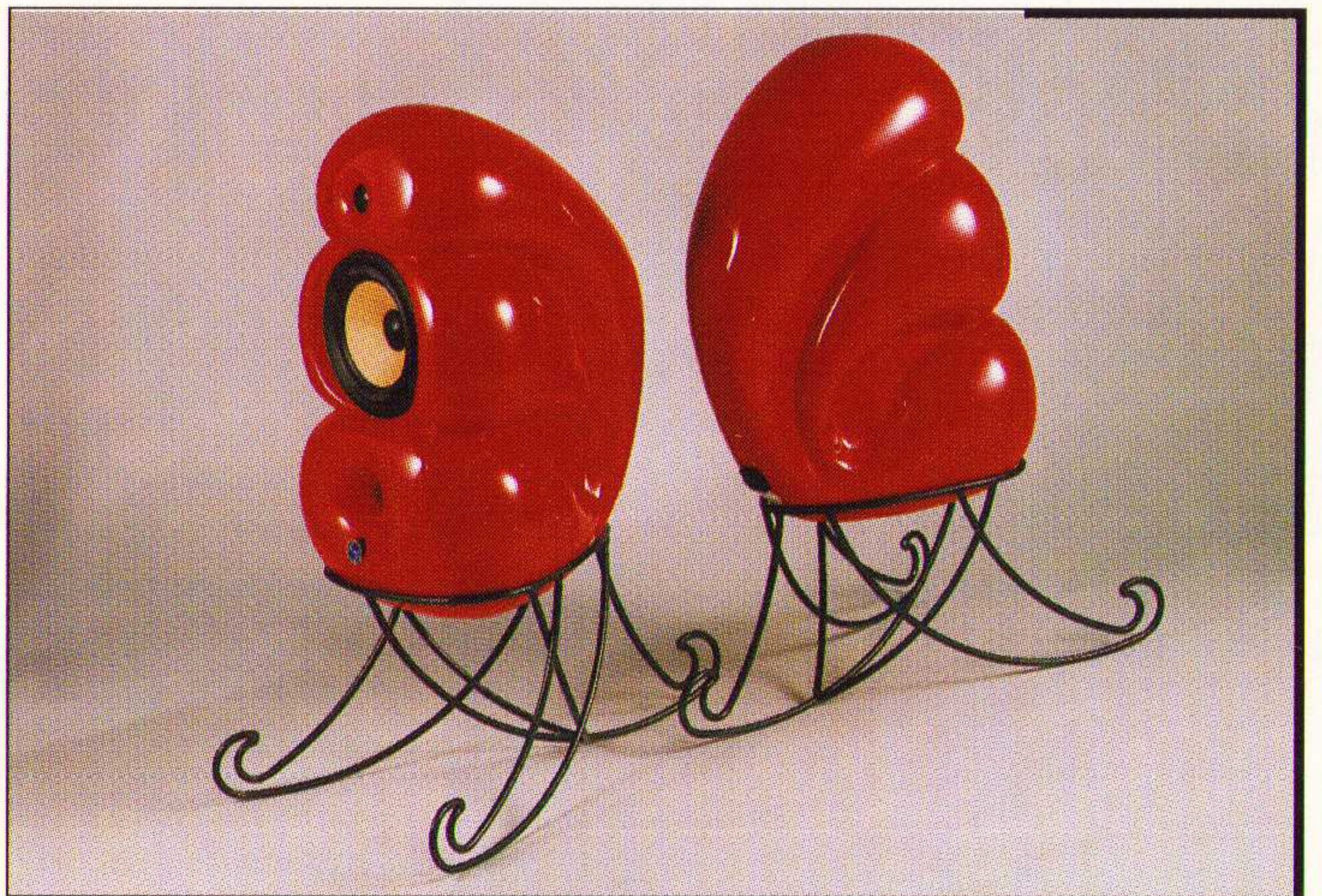


De PAD 242 400 MHz transiënt recorder

De House Pod luidsprekers met vloerstatieven.

De Blue Room House Pod en Techno Pod luidsprekers met opmerkelijke vormgeving en goede weergavekwaliteit zijn met name ontwikkeld om te voldoen aan de hoge eisen van de 'house' en 'techno' muziek: een diep laag en een hoog geluidsvolume. De House Pod is een compact tweeweg basreflexsysteem met een laag/middeneenheid en een 26 mm hoogeenheid. Hij heeft een weergave van 30 tot 22.000 Hz en een belastbaarheid van 120 WRMS. Dankzij de magnetische afscherming kan hij naast beeldschermen staan. De Techno Pod is een geslo-

ten driewegsysteem met een laageenheid, een laag/middeneenheid en een 32 mm hoogeenheid. De bruikbare weergave loopt van 35 tot 22.000 Hz en de belastbaarheid is 250 WRMS. De luidsprekers zijn leverbaar in blauw, rood, wit en zwart. Inl.: Audioscript, Soest, tel. 035-6020302.



De House Pod luidsprekers met vloerstatieven.

Draadloze infrarood koptelefoonsystemen

De K 333 IR en K 444 IR kenmerken zich door een gedetailleerde weergavekwaliteit, een speciale vormgeving, een hoog draagcomfort en gebruikersvriendelijkheid. De K 333 IR in 'Dynamic Blue' heeft een krachtig laag en twinklend hoog. Met de NiCd accupack werkt hij ruim vier uur aan één stuk. De K 444 IR in 'Discreet Silver' is ontwikkeld met de 'Finite Elements Optimization' methode: via de computer zijn de membranen zodanig ontworpen dat resonanties buiten het hoorbare gebied vallen. De NiMH power-pack werkt ruim zes uur. de 'oor'gonomisch gevormde oorkussens (180 g) sluiten met een lage drukkracht goed aan op elk oor. Een systeem wordt compleet geleverd met een zender, een hoofdtelefoon/ontvanger plus een oplaadbaar accupack. Het 'pack' wordt in de zender opgeladen. Inl.: Audioscript, Soest, inl.: 035-6020302.



Draadloze koptelefoon van AKG.



133 MHz Pentium processor

Intel Corporation (Rotterdam, 010-2866113) introduceert de 133 MHz Pentium processor voor notebook computers. Draagbare computers met deze processor bieden professionele gebruikers multimediale faciliteiten, die de mogelijkheden van desktop PC-gebruikers voor het afspelen van grafische voorstellingen, volledig bewegende video, stereogeluid en het draaien van zware Internet-applicaties evenaren. Gebruikers die meer mogelijkheden willen, kunnen de Pentium processor koppelen aan een local PCI-bus. Zo kunnen mobiele gebruikers op draagbare computers met de 133 MHz Pentium processor van bedrijfspresentaties, rapporten en elektronische post, interactieve, krachtige en visuele communicatiemiddelen maken. De processor maakt gebruik van de Voltage Reduction-technologie waardoor deze extern functioneert op 3,3 V en intern op 2,9 V. Intel levert de processor in zowel de Tape Carrier Package uitvoering als de conventionele Staggered Pin Grid Array.

Switches

Hewlett-Packard (Amstelveen, 020-5477143) introduceert de HP AdvanceStack Switch 2000 en de HP AdvanceStack Switch 200, waarmee nieuwe en bestaande werkgroep-LAN's met elkaar kunnen worden verbonden. De switches ondersteunen zowel de 10 Mb/s 10Base-T als de 100 Mb/s 100VG-AnyLAN netwerkstandaarden. Hierdoor kunnen bestaande 10Base-T netwerken worden geïntegreerd met nieuwe 100 VG-AnyLAN netwerken. De Switch 2000 beschikt over zes universele slots waarin een vierpoorts 10Base-T module, een tweepoorts 100VG-AnyLAN module of een 1-poort 100Base-T module naast elkaar kunnen worden geplaatst. Er zijn modules in ontwikkeling voor FDDI en ATM-poorten. De Switch 200 combineert switched 10Base-T poorten met 100VG-AnyLAN switching faciliteiten en beschikt standaard over zestien 10Base-T switched poorten en twee dedicated 100VG-AnyLAN poorten die als high-speed pipes naar de fileserver gebruikt kunnen worden. Deze high-speed poorten kunnen ook worden gebruikt voor de aansluiting van een 100VG hub.

DSP-ontwikkelgereedschap

De EX-KIT Lite van Analog Devices (Oosterhout, 0162-481500) bevat een ontwikkelboard met 16 bits stereo audio in- en uitgangen, assembler-, linker- en simulatiesoftware en de DSP algoritme broncodes. De demonstratiediskette bevat programma's die MPEG audio decoderen en echo's opheffen. Met de 16-bits stereo codec (AD1847) kunnen audiotoe toepassingen geëvalueerd en ontwikkeld worden. De ADSP2181 op dit board heeft 32 K woorden RAM, DMA-poorten en vermogensmanagement schakelingen op de chip. Bij het afspelen van de MPEG audiodemo produceert de DSP ongeveer zeven seconden audio zonder extern geheugen of EPROM-verbinding. De aanwezige simulator op instructieniveau zorgt dat de ontwerper alle ADS_2181 operaties stap voor stap kan doorlopen. De assembler ondersteunt alle functies van de ADSP2181.

Desktopschijven

Quantum Corporation komt met de Quantum Sirocco 1700 en 2550, twee harddiskdrives voor desktops, met een opslagcapaciteit van 1700 respectievelijk 2500 Mb, met SCSI-3 of PIO-mode 4 interface. De Sirocco 1700 is afgestemd op gangbare desktops, terwijl de 2550 speciaal is ontwikkeld voor geheugenintensieve consumententoepassingen. Beide hebben een krachtige interface en zijn geschikt voor het ontwerpen en afspelen van multimedia-bestanden, interactieve video of het laden van toepassingen vanuit Internet en andere bronnen. Een PRML read-channel en MR-heads zorgen samen voor een interne overdrachts-

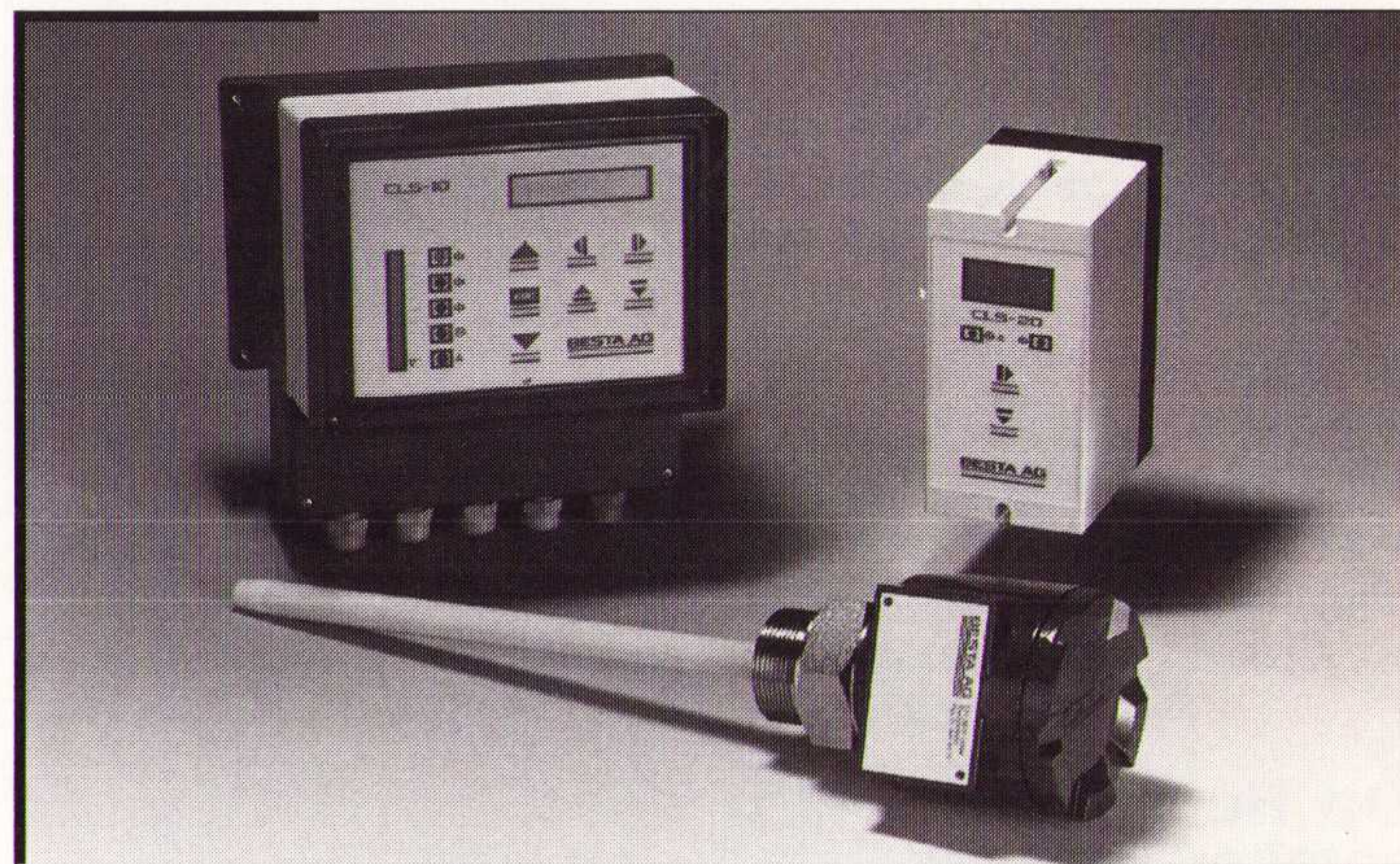
snelheid van 9 Mb per seconde. Met PIO-mode 4 en multiword DMA-mode 2 realiseert de snelle ATA-2 interface dataverkeer tot 16,6 Mb/s bij 4500 toeren per minuut. De SCSI Sirocco's ondersteunen ook Fast SCSI-3 datatransport tot 10 Mb/sec. Inl.: REIN Elektronik, Eindhoven, tel. 040-2659300.

Handthermometer

Comark Ltd brengt vier nieuwe thermometers op de markt. De C9400 Serie is microprocessor gebaseerd, water- en stofresistent en richt zich op de professionele markt. Het temperatuurbereik ligt tussen -200°C en +1370°C in een omgevingstemperatuur van 0°C tot 50°C met een reactietijd van minder dan een seconde. Het instapmodel C9442 heeft één bedieningsknop en is compatible met type K thermokoppels. Het geavanceerde model C9443 heeft maximum/minimum geheugen met een clear knop en een hold functie voor het vasthouden van de display voor latere uitlezing. Model C9444 heeft een dubbele ingang voor differentieel metingen, ideaal voor onder andere koel-, verwarmings- en air-conditioningsinstallaties. De C9445 is compatible met thermokoppels type K, T en J voor een maximum aan flexibiliteit. Elk toestel is compact en heeft een ingebouwde staander voor tafelgebruik. Inl.: Dimed NV, Antwerpen (B), tel. 0032-32366465.

Capacitieve niveaumeting

De CLS is geschikt voor het continu meten van niveau in vloeistoffen en blikmaterialen. Een complete niveaumeting bestaat uit een niveau-probe en een niveaucontroller. De volledig geïsoleerde probe (PFTF-isolatie) is voor gebruik in geleidende en niet-geleidende vloeistoffen. Er zijn twee controllers: de uitgebreide CLS-10 en de standaard CLS-20, beide voorzien van een microprocessor. De units zijn eenvoudig in te stellen via een menu. De CLS-10 heeft de mogelijkheid om twee verschillende vloeistoffen met afwijkende, dielektrische constanten met dezelfde probe te meten zonder de probe opnieuw te calibreren. U kunt de controller gebruiken in een 'alternatieve mode'. Hierbij wordt de totale meetlengte opgedeeld over 0/4-20 mA. Naast drie relaiscontacten, een analoge output en een RS232 is ook een uitvoering voor EExi-omgeving leverbaar. De CLS-20 is uitgevoerd met een output signaal 0/4-20 mA en één relaiscontact. Inl.: Doedijns, Rijswijk, tel. 070-3401600.



CLS capacitieve niveaumeting.

Geautomatiseerd opslagsysteem

De Kardex Industrier (Woerden, 0348-417554) is een geautomatiseerd opslagsysteem voor magazijn en productie. Met een vloeroppervlak van 2-6 m² is de Industrier praktisch overal te plaatsen. De sterke, stabiele, zelfdragende constructie geeft de machine een lange

Titel: ISDN How to get a high-speed connection to the Internet

Auteurs: Charles Summers/Bryant Dunetz

ISBN: 0-471-13326-4

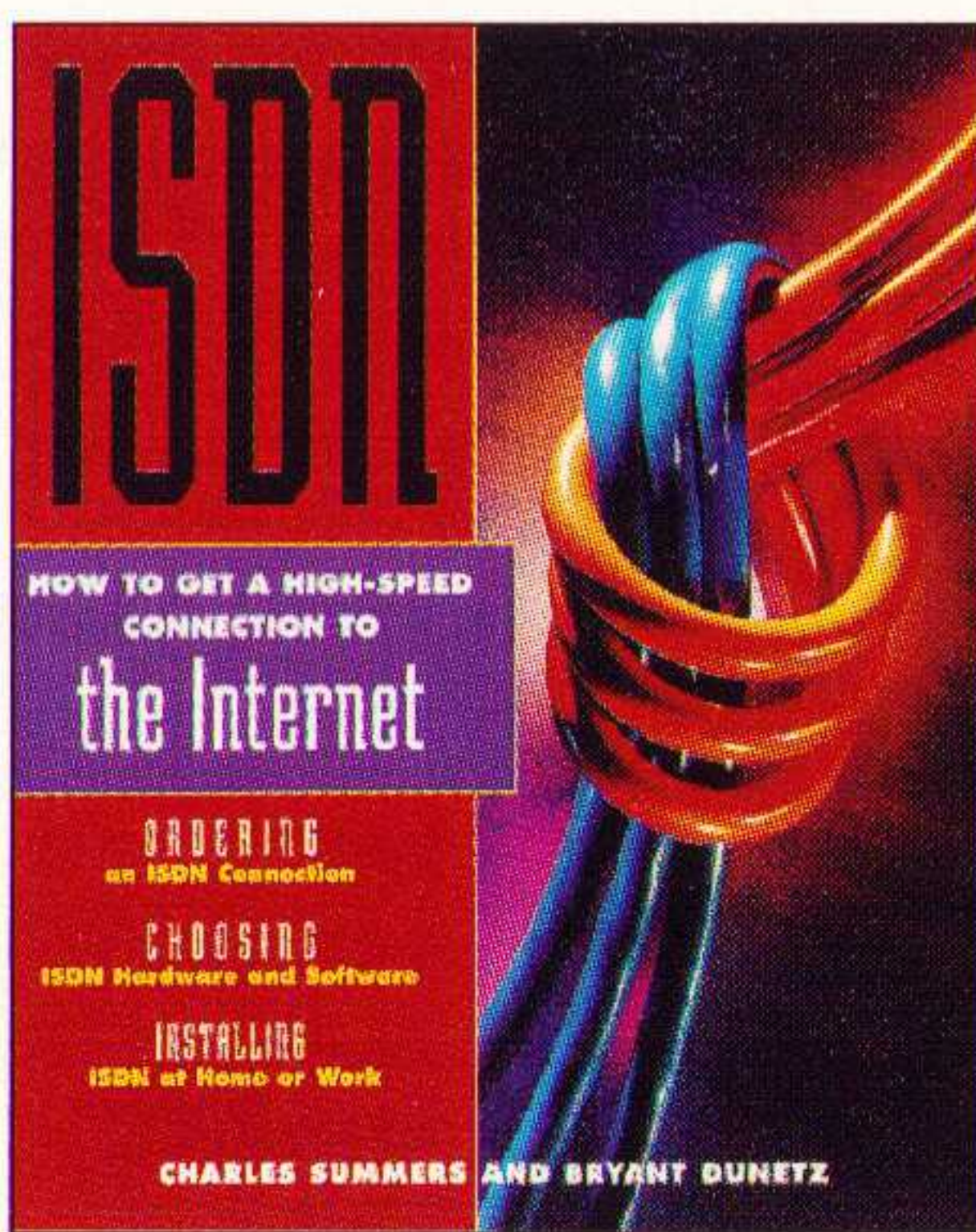
Uitgeverij: Wiley

Bestelnummer: 803326

Prijs: f 48,-

Porto: f 6,-

Verkrijgbaar bij: De Muiderkring BV



Deze bron van onschatbare waarde, speciaal geschreven voor individuele bellers en kleine bedrijven, legt in niet-technische taal precies uit wat een hogesnelheidsverbinding voor u kan doen. U leert over de achtergrond van ISDN, de architectuur, maar ook over de hardware en software die nu beschikbaar zijn.

Dit boek geeft antwoorden op de volgende vragen:

- Welke ISDN-aansluiting moet ik kiezen?
- Hoe verkrijg ik de noodzakelijke telefoonservice?
- Hoe beveilig ik een ISDN-verbinding van een Internet service provider?
- Hoe installeer ik de ISDN-hardware op mijn computer?
- Hoe kan ik met mijn ISDN-verbinding zoveel mogelijk profijt halen uit het Internet en het World Wide Web?

Titel: Beginnen met Internet voor Windows 95

Auteur: Peter Kent

ISBN: 90-395-0447-4

Uitgeverij: Academic Service

Bestelnummer: 790447

Prijs: f 49,50

Porto: f 6,-

Verkrijgbaar bij: De Muiderkring BV

Overall hoor je de term 'Internet' vallen. Als je de mensen moet geloven, bestaat er niets dat leuker, boeiender en leerzamer is. Maar om zelf het Net op te gaan... daar moet u nog even niet aan denken. Hier is uw redder in nood! Beginnen met Internet voor Windows 95 biedt u toegang tot de opwindende wereld van Internet. Op een vrolijke, duidelijke manier wordt alles besproken wat u weten moet. Uw drempelvrees zal spoedig verdwenen zijn en u hoort er weer helemaal bij.

Ontdek hoe eenvoudig het is om:

- een aansluiting op Internet te krijgen
- over het Web te surfen met browsers zoals Internet Explorer en Netscape
- met FTP, Archie, Gopher, Telnet en WAIS te werken
- aan nieuwsgroepen deel te nemen over allerlei onderwerpen die u interesseren
- via e-mail met vrienden over de hele wereld te communiceren
- grappige, interessante en onthutsende ervaringen op te doen op het Net.

Titel: Visual Basic for Windows 95 insider

Auteur: Peter G. Aitken

ISBN: 0-471-06483-1

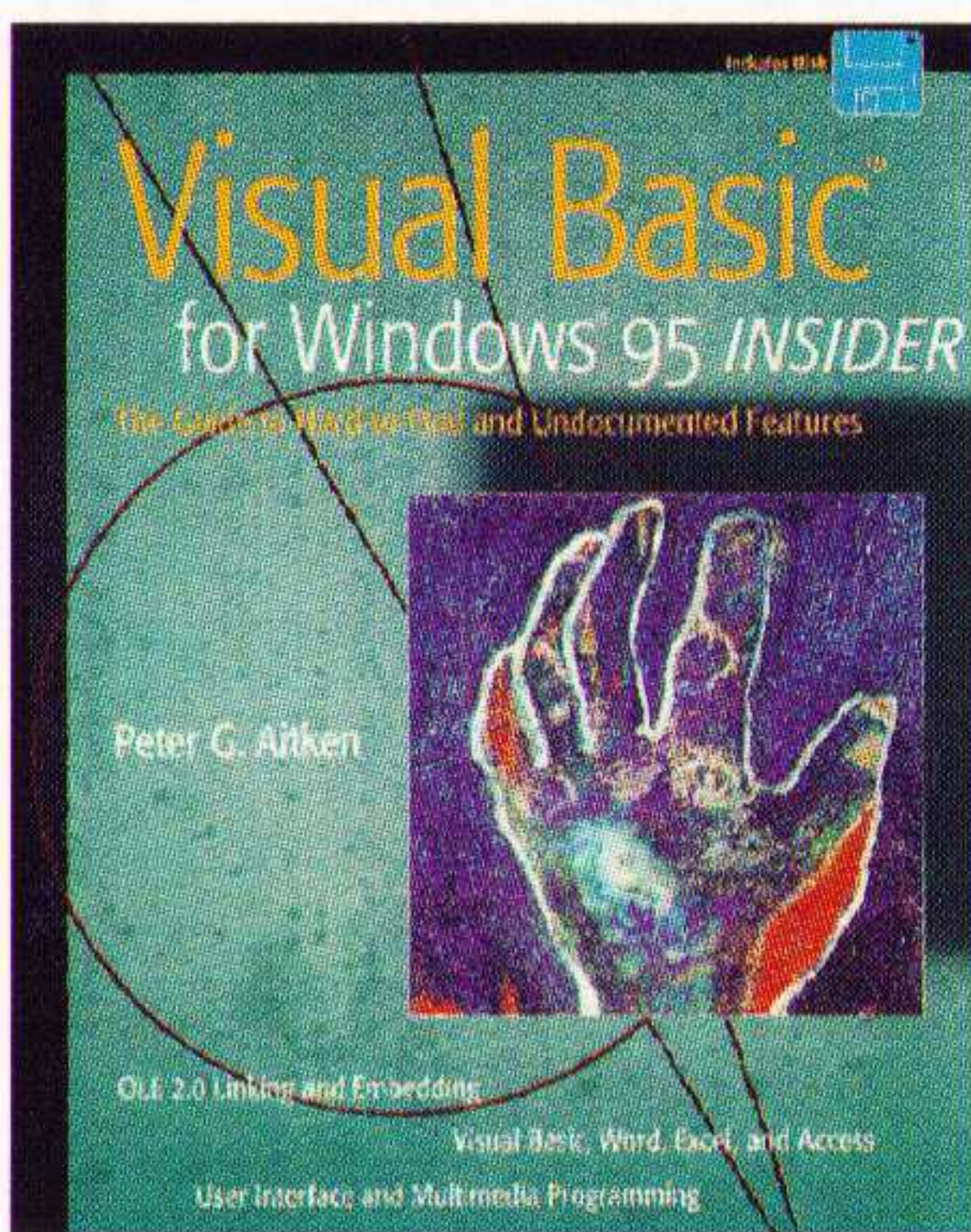
Uitgeverij: Wiley

Bestelnummer: 806483

Prijs: f 88,-

Porto: f 6,-

Verkrijgbaar bij: De Muiderkring BV

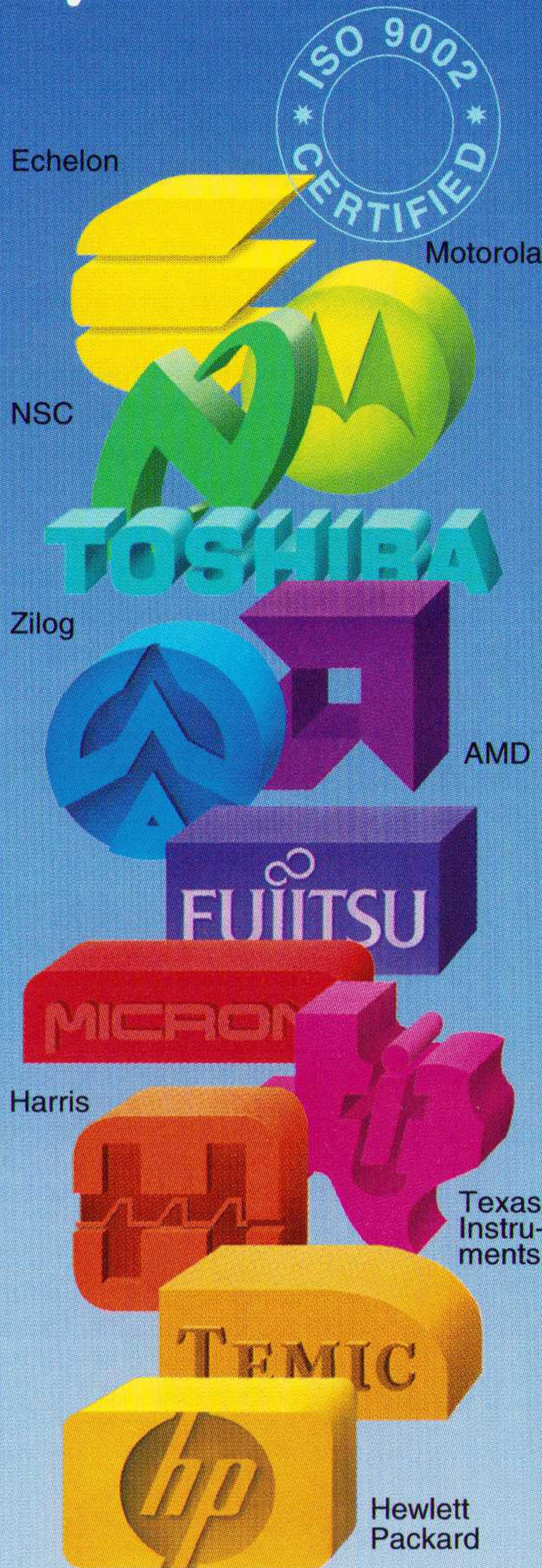


- Weet u hoe u API-functies in uw programma's moet gebruiken? Weet u al wat Windows 95 API allemaal kan?
- Wilt u met Visual Basic multimediatoepassingen creëren?
- Wilt u met OLE 2.0 uw Windows 95 toepassingen schakelen?
- Weet u hoe u Visual Basic moet gebruiken om een model te maken voor toepassingen en grafische front-ends voor andere programma's te maken?
- Weet u hoe u met Visual Basic for Windows 95 database programma's kunt schrijven voor Microsoft Access?

Dit boek vertelt u hoe.

In de opvolger van zijn bestseller Visual Basic Insider toont Peter Aitken hoe u meer kunt halen uit Visual Basic voor Windows 95 door het programma aan te passen aan uw manier van werken en uw individuele doelen. In dit boek vindt u veel vernieuwende manieren van werken, trucs en technieken die nergens anders beschreven zijn. Met Visual Basic for Windows 95 kunt u uw dagelijkse programma-taken eenvoudiger en sneller uitvoeren en kunt u nieuwe projecten starten, die uniek zijn voor Windows 95.

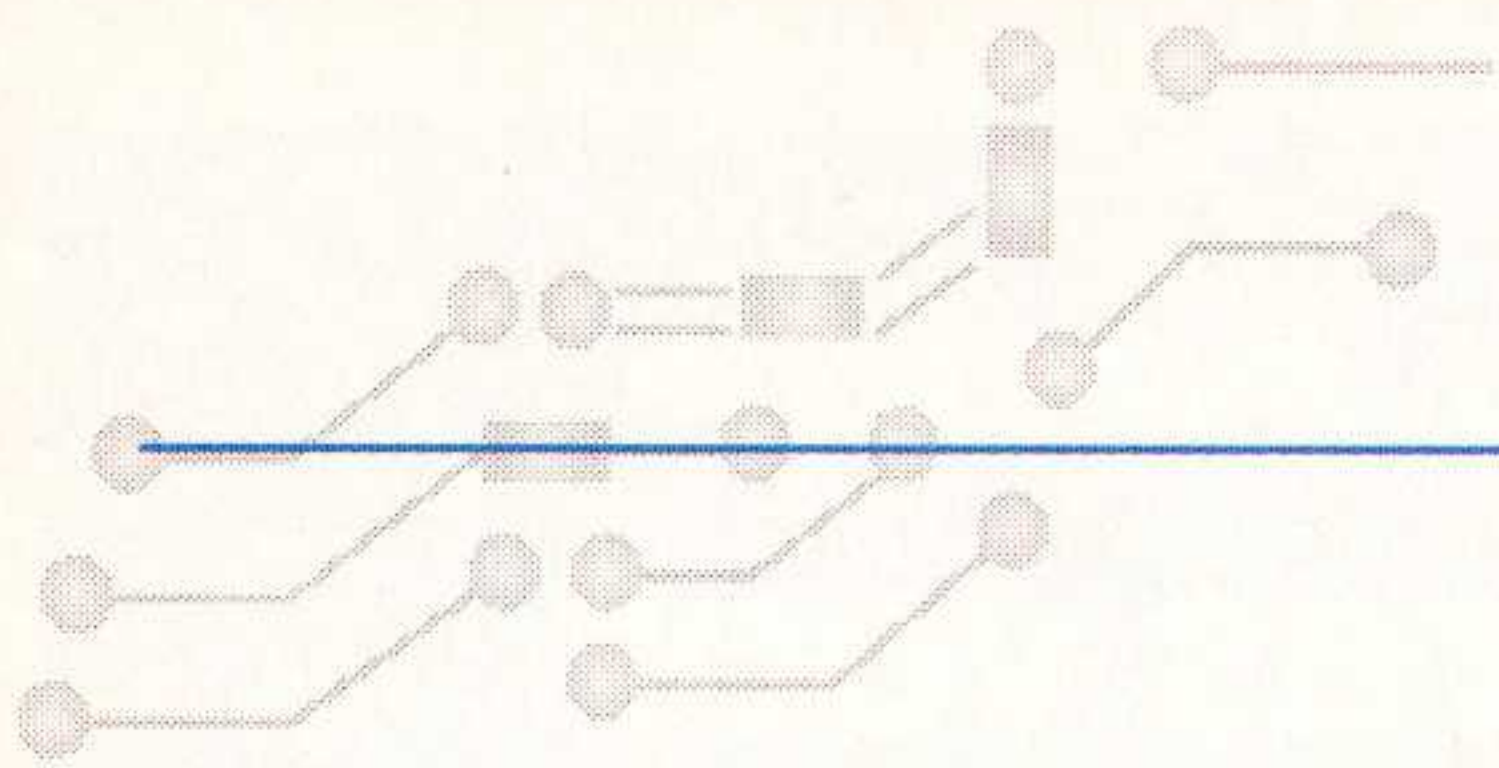
Uw eerste adres voor halfgeleiders en micro-systemen



EBV is een toonaangevende Europese distributeur voor halfgeleiders en micro-systemen. Met in 1995 een omzet van meer dan 600 miljoen hfl. In het centrale magazijn in München liggen 40.000 verschillende partnummers met een waarde van 120 miljoen hfl. gereed. Meer dan 340 medewerkers staan in voor kwaliteit: Voor snelle levering, vakkundigheid en concurrerende prijzen.



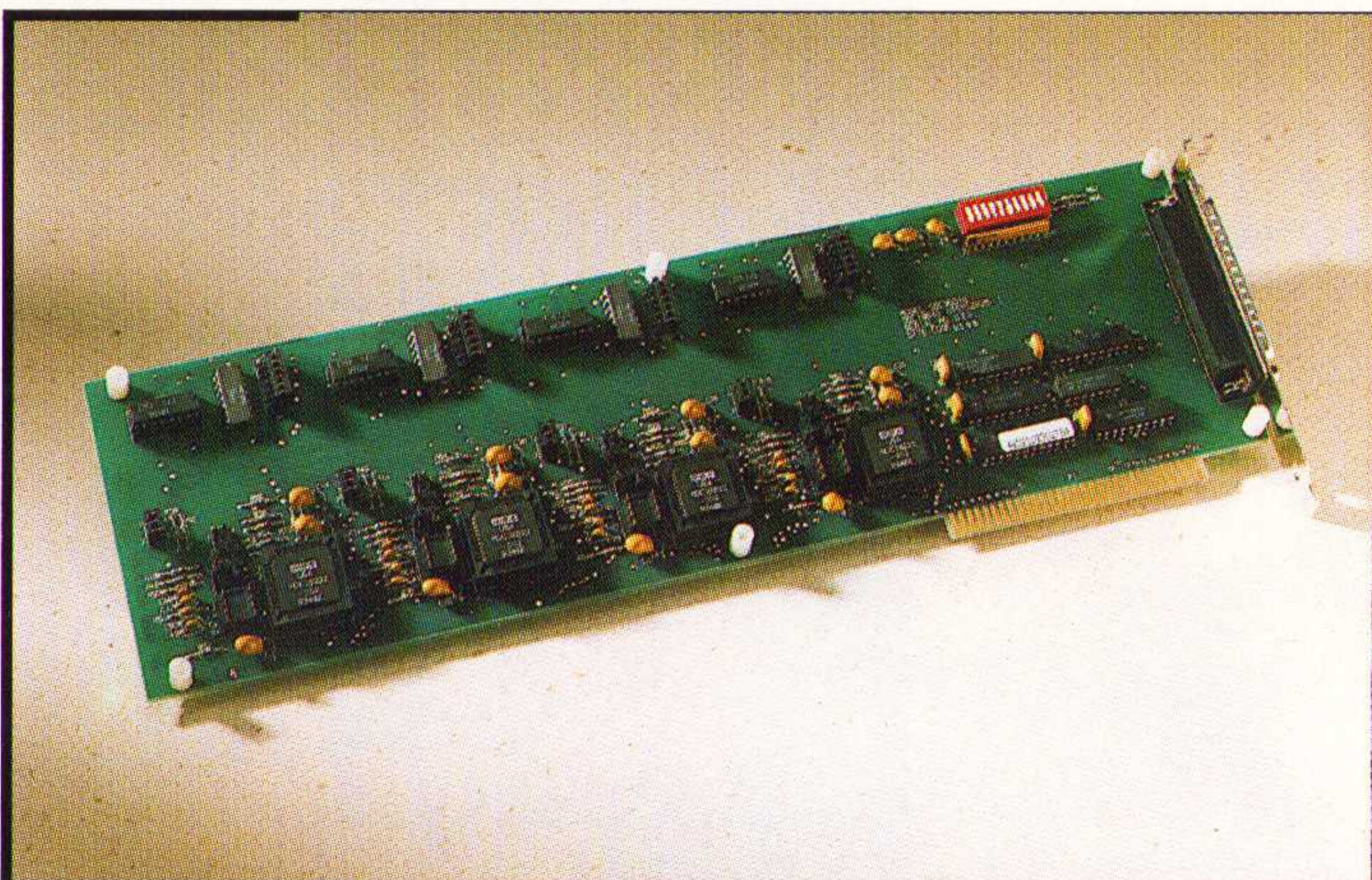
Planetenbaan 2
NL-3606 AK Maarssenbroek
Tel. (0346) 58.30.10, Fax (0346) 58.30.25



levensduur, gegarandeerde storingsvrije werking en beperkt het onderhoud tot een minimum. De machine is afgewerkt met een milieuvriendelijke structuurlak op waterbasis en heeft een bedieningsdeur met een veiligheidsslot. De plateaus worden aan beide kanten door middel van kwaliteitskettingen en geleiderollen geleid. Deze constructie biedt de mogelijkheid van een plateaubelasting van 100 tot 650 kg en een variatie in plateaudieptes van 320-620 mm, afhankelijk van het model. De industriever heeft een omloopsnelheid van 10-18 cm/s. De besturing kan zowel manueel als via intelligente microprocessors en/of een PC geschieden. Standaard software voor artikel-, locatie- en magazijnbeheer, evenals communicatiesoftware wordt desgewenst geleverd en ondersteund.

Synchro/resolver naar digitaal PC-kaart

ILC Data Device Corporation introduceert de SDC-36016. Deze full-size PC-kaart biedt de mogelijkheid van 1 tot 4 onafhankelijke conversiekkanalen, elk met 4 V velocity uitgangssignaal, keuze tussen synchro of resolver formaat; 100 Hz, 300 Hz of door de gebruiker te bepalen bandbreedte, met jumpers te programmeren resolutie en lijn-tot-lijn spanning van 2, 11.8 of 90 V. De kaart wordt geleverd met demonstratiesoftware en is bestemd voor commerciële/industriële bewegings- en positiecontrole-toepassingen. Inl.: AVE, Dordrecht, tel. 078-6215900.



De SDC-36016 PC-kaart.

Procesregelsysteem

Met de PR.-100 biedt Jumo (Weesp, 0294-419076) een nieuw procesregelsysteem, dat aan de verschillende automatiseringsopgaven aangepast kan worden. De PR.-100 bestaat standaard uit een bedienings- en voedingseenheid, een processor en een analoog- en relismodule. De bedieningseenheid bestaat uit een schittervrij elektro-luminiscentie-beeldscherm van 149 x 179 mm en een IP 64 toetsenpaneel. Het beeldscherm is geschikt voor de Window-techniek en biedt naast alfanumerieke aanwijzingen, diagrammen enzovoort ook talrijke hulpfuncties. Door middel van functietoetsen kunnen in het gebruikersniveau programma's ingevoerd en veranderd worden, direct starten/stoppen via de tijdklok en via handbesturing. De toegang tot het parameter- en configuratieniveau is beschermd door een wachtwoord. Voor de configuratie van het procesregelsysteem en voor de programmering van de besturing ontvangt de klant een softwarepakket voor een standaard PC met gebruikersgerichte documentatie.



De PR.-100 van Jumo.

wist u dat...

Triple P Telematics BV is vanaf 1 april '96 gevestigd op het volgende adres: Handelsweg 37, 1525 RG Westknollendam. Postbus 183, 1520 AD Wormerveer. Tel: 075-6288998; fax: 075-6220280.

AMPLIMO audio trafo's

Een veelzijdige en uitgebreide serie audiotrafo's. Alle in de moderne **ringkern**-uitvoering, behalve de signaaltrafo's in een mumetalen huis. Uitstekende **kwaliteit**, de onderaan genoemde types behoren zelfs tot de beste ter wereld. In het algemeen leveren we alle **direkt** uit voorraad.

100 V LIJNTRAFO'S

Aan te sluiten achter eindversterkes om 100V lijnspanning te bereiken. Hierdoor minder vermogensverlies in lange luidsprekerleidingen en alle 100V luidsprekers zijn eenvoudig parallel te schakelen. Meerdere types van **30W t/m 450W** sinusvermogen. Primair 4 of 8Ω. Frequentiebereik 20 - 35000Hz. **Hoog** rendement en **ruim** bemeten. Secundair 50V, 70V en 100V. Deze lijntrafo's zijn omgekeerd te gebruiken.



RINGLEIDING- TRAFO'S

Voor het groeiend aantal gebruikers van een hoorapparaat is de verstaanbaarheid meestal slecht door de zaalakoestiek en door bijgeluiden. Als men het hoorapparaat omschakelt op inductieve ontvangst wordt de verstaanbaarheid veel beter. Het inductieve veld wordt opgewekt door een leiding langs de plint in de zaal of kamer die op een speciale eindversterker is aangesloten. Deze leiding (de ringleiding) heeft meestal een impedantie van minder dan 4Ω, zodat er voor de aanpassing op de eindversterker een aanpassingstrafo nodig is. We leveren deze van **30W, 60W** en **120W** met primair 4Ω of 100 V. **Gratis** vernieuwde informatie over het goed aanleggen van ringleidingen.



SIGNAAL- TRAFO'S

Een serie kwaliteitsfoto's voor het koppelen van versterkers **zonder** aardlussen te veroorzaken. Tevens voor het symmetrisch maken van lange signaalleidingen, waardoor veel minder brom en stringen optreden. Rondom afgeschermd door een **mu-metalen huis** 600Ω/600Ω, 10kΩ/10kΩ, meerdere types voor max. 8dB en 20dB, frequentiebereik 30 - 25000Hz. Ook mikrofoontrafo's voor mikrofoons van 200-600Ω, 1:5 en 1:15.



BUIZEN- VERSTERKER- TRAFO'S

Uitgangstrafo en voedingstrafo voor **40W** versterker met 4x EL 84 volgens beschrijving in deze Radio Bulletin. Ultra lineaire uitgangstrafo en voedingstrafo voor **100W** versterker met 4x EL34 volgens beschrijving in deze Radio Bulletin. Print leverbaar. Voedingstrafo's voor voorversterkers. Uitgangstrafo's en voedingstrafo's voor topklasse versterkers van **10 t/m 100W**. Deze nieuwste uitgangstrafo's gaan **zonder** tegenkoppeling tot **100kHz!** Sterk verlaagde prijzen dankzij enorm succes! De schema's en beschrijvingen staan in het beroemde BuizenBouwBoek van Ir. Menno van der Veen, hij ontwierp ook de speciale uitgangstrafo's. Het boek is te bestellen zoals aangegeven op de folder. Ook leverbaar: kwaliteitsbuizen EL34, EL84, koppelcondensatoren en afvlakelco 50 + 50 μF 500V.



TRAFO VOOR ELEKTRO- STATISCHE LUIDSPR.

Dit is de eerste **ringkern**-audiotrafo voor elektrostatische luidsprekers. Uitmuntende geluidskwaliteit dankzij de zeer **vlakke** frequentie karakteristiek en het enorme frequentiebereik. Deze loopt door tot liefst 40.000Hz bij belasting met een luidspreker van 1000pF. **Verlaagde prijs!** Transformatie-verhouding 1 : 50. Ook 1 : 150 leverbaar. Er is een stijgende belangstelling voor het zelf bouwen van deze zeer goede luidsprekers, mede door een nieuw boek van Elektuur hierover.



®

AMPLIMO

Over al deze onderwerpen zijn **gratis** folders verkrijgbaar, Bel of schrijf rechtstreeks naar AMPLIMO.

AMPLIMO b.v.
Vossenbrinkweg 1
7491 DA Delden

Telefoon 074 376 3765
Fax 074 376 3132

DATUM	ACTIVITEIT	LOKATIE	TELEFOON
Juli			
1-2	EMC Training	Brussel (B)	0356944444
1-5	RF IC desing for wireless comm. systems	Lausanne (CH)	+41216910244
4-5	Printed circuit boards EMC design & layout	Zoeterwoude (NL)	0715417531
10-12	Electro-static discharges	Zoeterwoude (NL)	0715417531
17-18	EMC Training	Naarden (NL)	0356944444
Augustus			
19-23	Digital IC design	Lausanne (CH)	+41216933975
26-30	Analog IC design	Lausanne (CH)	+41216933975
September			
2-6	Practical aspects in analog & mixed-mode IC design	Lausanne (CH)	+41216933975
3-4	EMC-ESD-EMI-EMP-Bliksembeveiliging	Breda (NL)	0104082162
16-20	ISEA96	Rotterdam (NL)	0102133003
19-21	SMPTE Conference on Imaging Media	Montreux (CH)	+492218212196
25-27	EMC tests and measurements workshops	Zoeterwoude (NL)	0715417531
Oktober			
7-11	Het Instrument	Utrecht (NL)	0356018204
11-20	Emotion '96	Amsterdam (NL)	0205941212
16-18, 21-22	EMI fixes and practical installation guide lines	Zoeterwoude (NL)	0715417531
23-25	Introduction to EMC/EMI/RFI	Zoeterwoude (NL)	0715417531
30-31	Printed circuit boards EMC design & layout	Zoeterwoude (NL)	0715417531
30 okt.-5 nov.	Equipment design, Grounding & Shielding for EMC	Zoeterwoude (NL)	0715417531
November			
5-6	IEEE	Jeruzalem (Isr.)	+97236910188
6-8	Electro-static discharges	Zoeterwoude (NL)	0715417531
13-15	EMC tests and measurements workshops	Zoeterwoude (NL)	0715417531

wist u dat...

Het Georgia Department Of Highways heeft de RAD (00972-6458107) Data Communications Megaplex-2000 geselecteerd voor het aan te leggen verkeersbegeleidingssysteem (ATMS) dat tijdens de Olympische Spelen gebruikt zal worden. Binnen ATMS is een veelheid aan apparaten bijeengebracht die op locaties worden geconcentreerd in Traffic Control Centers. Van daaruit kan het verkeersaanbod op de toegangswegen naar Atlanta worden gereguleerd en kan ook noodhulp worden gedirigeerd in geval van ongelukken. Deze TCC's staan in verbinding met hubs langs de grote snelwegen. De backbone wordt gevormd door een 620 Mbps OC-12 SONET verbinding van AT&T, die vervolgens geconverteerd wordt in een 155 Mbps OC-3 ring. Hierin worden de TCC's opgenomen die op grote schermen en monitoren het verkeersaanbod kunnen zien. Op de betrokken snelwegen worden signaleringssystemen aangebracht en verkeerslichten geplaatst, die verbonden zullen worden met de regionale verzamelpunten die langs de snelwegen zijn geplaatst. In deze verzamelpunten staan RAD Data Communications Megaplex-2000 systemen die de informatie over een single-mode glasvezelverbinding doorseinen naar de TCC's.

DE EERSTE 12-BITS "μ-DAC™" BESPAART U RUIMTE EN ENERGIE

Wat is een μ-DAC?

- ◆ **μ-Power**
enkelvoudige + 5 V werking
160 μA voedingsstroom
- ◆ **μ-formaat**
complete oplossing op 1 chip
8-pins SO en SSOP
- ◆ **μ-Volt nauwkeurigheid**
± 1/2 LSB (max.) INL
- ◆ **Rail-to-rail uitgangsspanning**
- ◆ **4-quadrants multiplying**

KENMERK	MAX530	MAX531	MAX538	MAX539
INTERFACE	PARALLEL	SERIEEL	SERIEEL	SERIEEL
REFERENTIE	INT OF EXT	INT OF EXT	EXT	EXT
V _{OUT} -BEREIK	0-5 V OF ± 5 V	0-5 V OF ± 5 V	0-2,5 V	0-5 V
BEHUIZING	24 SSOP/SO/DIP	14 SO/DIP	8 SO/DIP	8 SO/DIP

μ-DAC is een geregistreerd handelsmerk van Maxim Integrated Products

2-DRAADS SERIËLE DAC's BESPAREN U I/O-LIJNEN

8-bits V_{OUT} in singles, duals, quads en octals vereenvoudigen signal routing

Maxim's MAX517-MAX521 8-bits spanningsuitgang-DAC's vereenvoudigen applicaties met calibratie en afstemming. Ze zijn 's werelds enige 8-bit DAC's met een 2-draads interface, waardoor meerdere DAC's en andere componenten (inclusief 2-draads E²PROM's) op dezelfde bus kunnen. Ze werken op een enkelvoudige + 5 V voeding en bevatten rail-to-rail uitgangen, power-on reset en een 10 μA shutdown mode. Bovendien worden ze geleverd in ruimtebesparende behuizingen. De octal MAX521 is verkrijgbaar in een 24-pins SSOP-behuizing - de kleinste octal DAC-behuizing in de markt.

- ◆ **Eenvoudige 2-draads interface**
- ◆ **Enkelvoudige 5 V voeding**
- ◆ **Rail-to-rail uitgangen**
- ◆ **10 μA (max.) shutdown mode**
- ◆ **I²C-compatibel**

I²C is een handelsmerk van Philips

TYPE	AANTAL DAC's	VOORDEEL
MAX520	4	4 μA voedingsstroom bespaart energie
MAX517	1	Single en dual DAC's in 8-pins SOIC besparen ruimte
MAX518	2	
MAX519	2	Vereenvoudigt signal routing met tot 16 MAX519's op een 2-draads bus
MAX521	8	Bespaart ruimte met een 24-pins SSOP-behuizing

Gratis D/A Converter Design Guide

Bestel nu de zevende uitgave

Bel 015 - 2 609 906

en wij versturen uw exemplaar binnen 24 uur.

MAXIM



Maxim Integrated Products - U.K.,
phone (01734) 303 388; fax (01734) 305 577



Maxim is een geregistreerd handelsmerk van Maxim Integrated Products

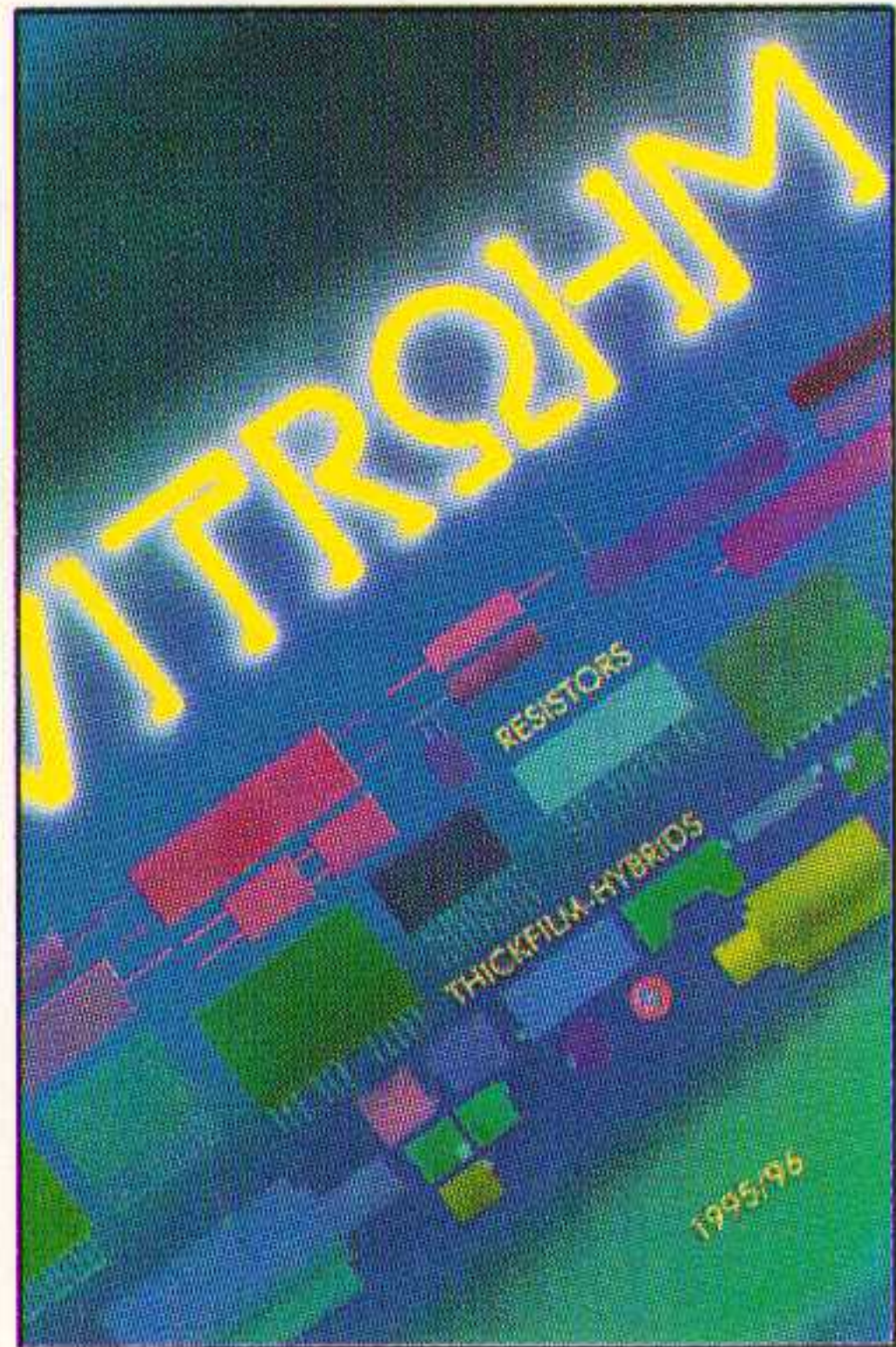


KONING EN HARTMAN

TELECOMMUNICATIE EN INDUSTRIËLE ELEKTRONICA

ENERGIEWEG 1, POSTBUS 125, 2600 AC DELFT, TELEFOON 015-2609906. FAX 015-2619194.

Getronics Group



VITROHM

Europees marktleider in draadgewonden weerstanden, tevens

- kool- en metaalfilmweerstanden
- netwerken
- hybrideschakelingen



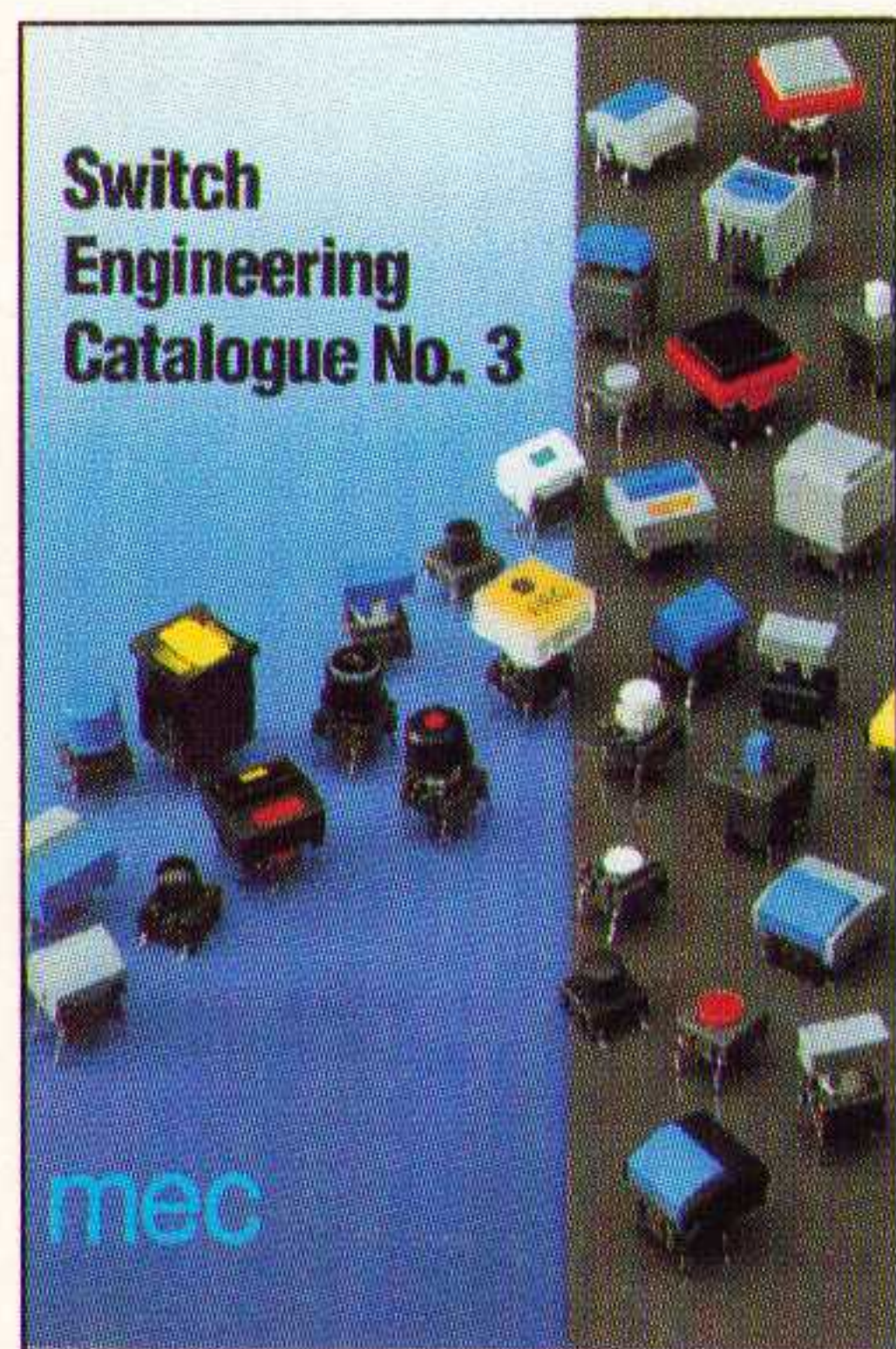
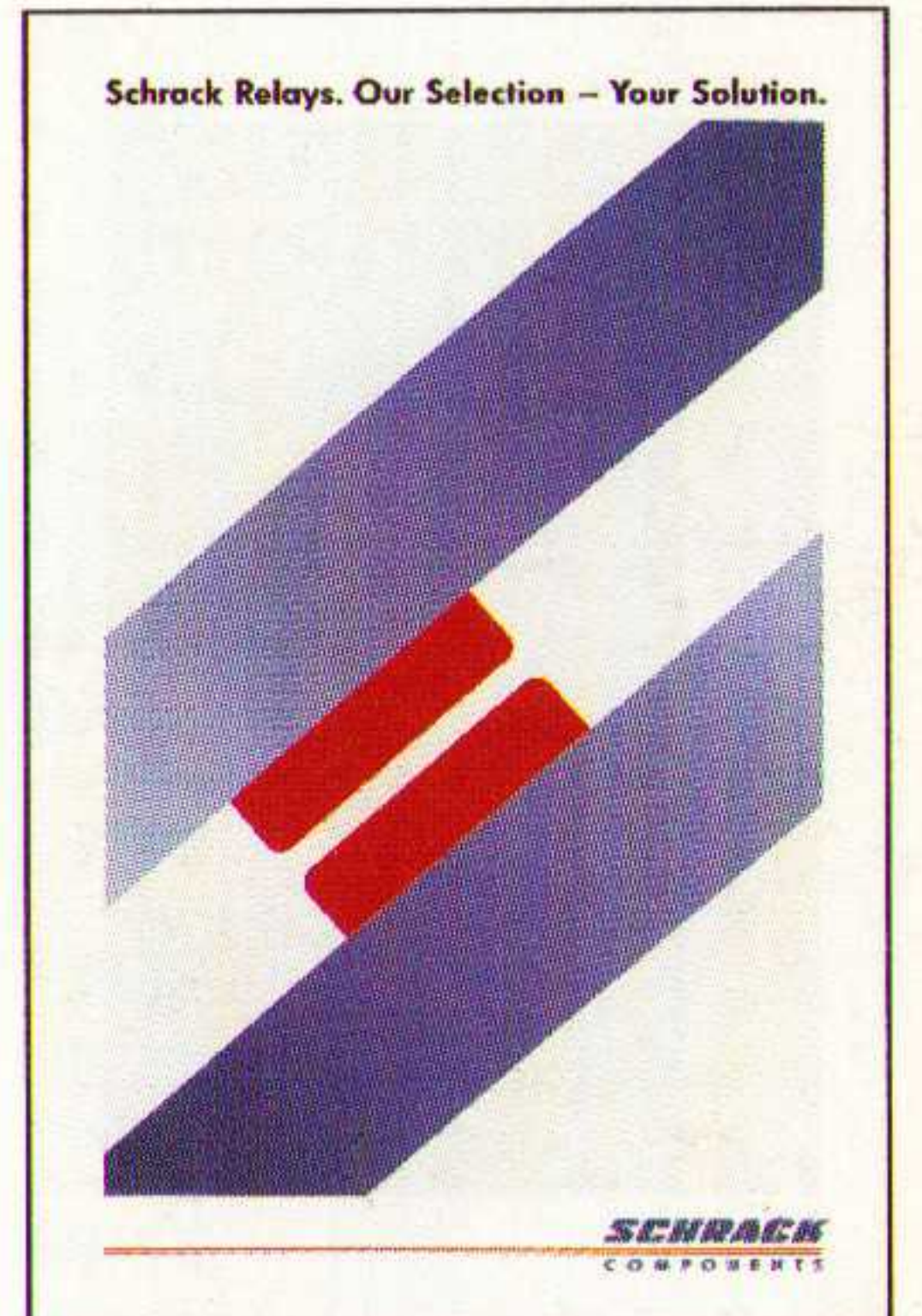
MORS

Een wereld van tuimel-, wiptoets-, drukknop-, schuif- en codeerschakelaars in miniatuur en standaarduitvoering

SCHRACK

Een relaisprogramma met allure:

- vermogensprintrelais van 1 tot 40 Amp.
- insteekrelais tot 30 Amp.
- accessoires, o.a. relaisvoeten met insteekmodules



MEC

Modulaire printschakelaars

- standaard en SMD-uitvoering
- verlichte versies
- groot aantal accessoires in 7 kleuren



AMROH: internationaal een gerenommeerde naam als het gaat om de levering van elektronische en elektromechanische componenten; meet- en regelapparatuur en hoogwaardige HI-FI-producten.

NCC

Toonaangevende fabrikant van elektrolitische condensatoren in axiale, radiale en SMD uitvoering

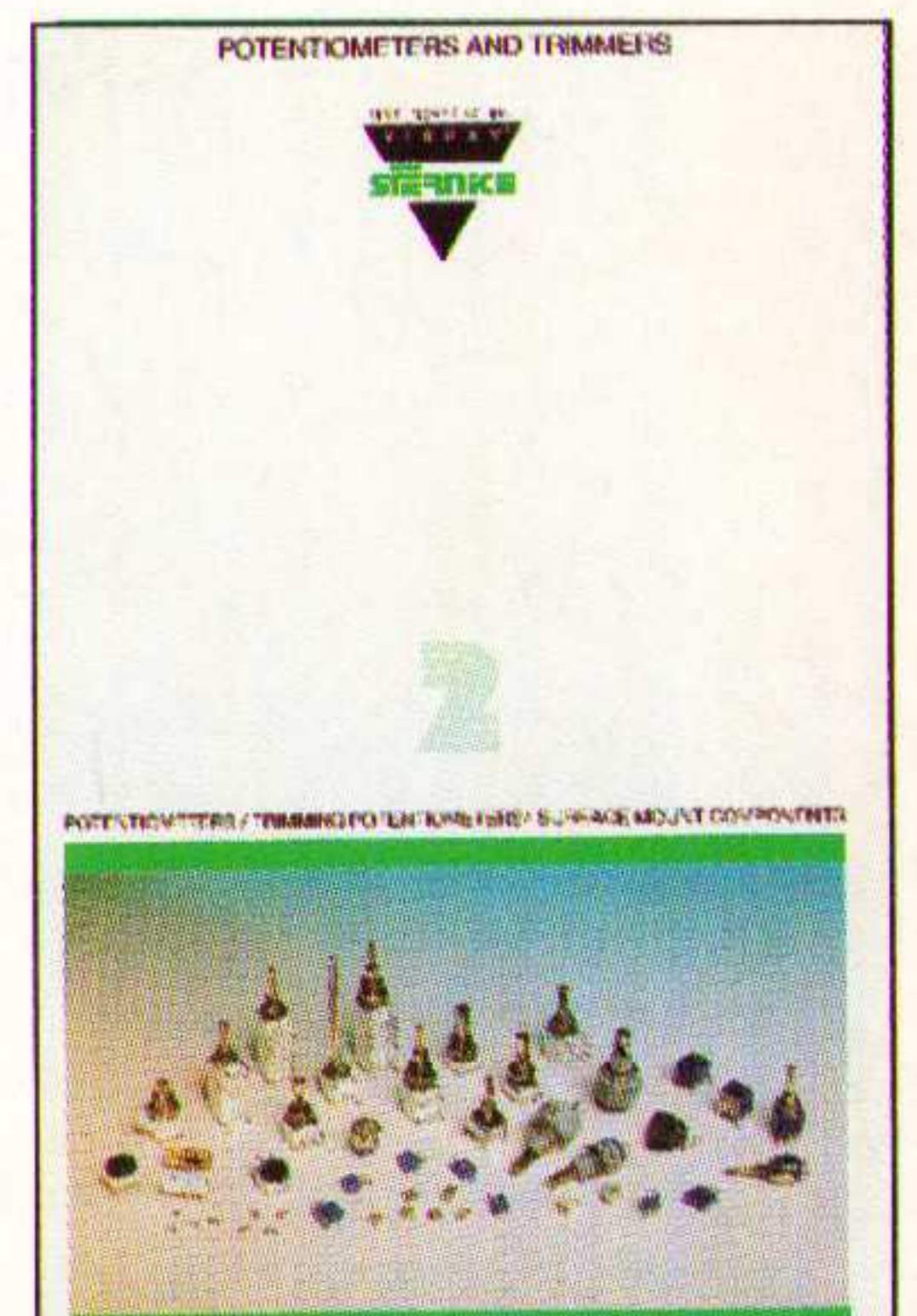


MINIMOTOR

- miniatuur DC motoren van \varnothing 10 mm tot \varnothing 35 mm
- vertraging tot 1.000.000 : 1
- borstelloze servomotoren
- motor- en tachogeneratoren
- impulsgevers

SFERNICE

- cermet enkel- en meerslagen trimmers
- industriële potentiometers in een grote verscheidenheid
- vermogens- en precisie weerstanden



BELLING LEE

- netontstoringfilters
- zekeringen en houders
- meerpolige ronde connectoren
- DIL-relais
- trek magneten



NEDERLAND: Hogeweyselaan 227
1382 JL Weesp
Postbus 370
1380 AJ Weesp
Tel: 02940-15350 Fax: 02940-12782

BELGIE: Amroh Electronics Belgium
Nieuwdreef 7
B-2328 Hoogstraten
Tel/Fax: 03/3150606

DUITSLAND: Amroh Electronics GmbH
Postfach 460201
D-47856 Willich
Tel: 02154-428461

SIFAM

Europa's grootste producent van:

- kunststof knoppen
- paneelmeters
- proces-indicatoren
- glasvezel-componenten

