

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

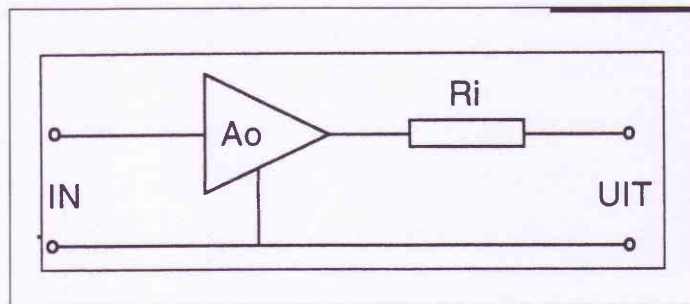
Nog steeds staat de buizenversterker in de wereld van de werkelijkheidsweergave centraal in de belangstelling. Velen kopen of bouwen juist nu de prachtigste buizenversterkers met schitterend uiterlijk en nog mooier geluidsbeeld.

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.

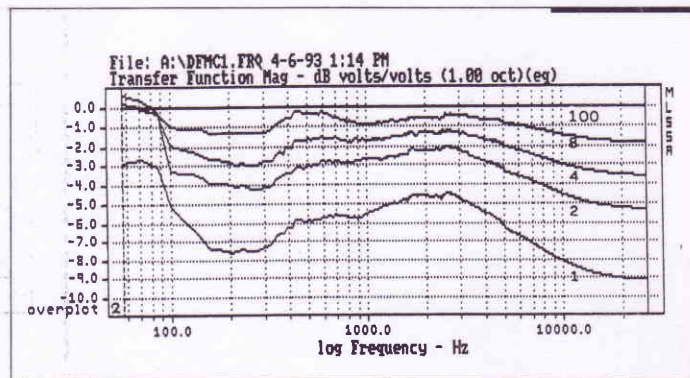
De hier behandelde buizenversterker is ontwikkeld door ir.buro Vanderveen. de afgelopen jaren is het buro op het gebied van transformatoren en buizenversterkers actief geweest en richt zich nu vooral op de nationale en internationale markt door middel van samenwerking met strategische partners. In Nederland 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

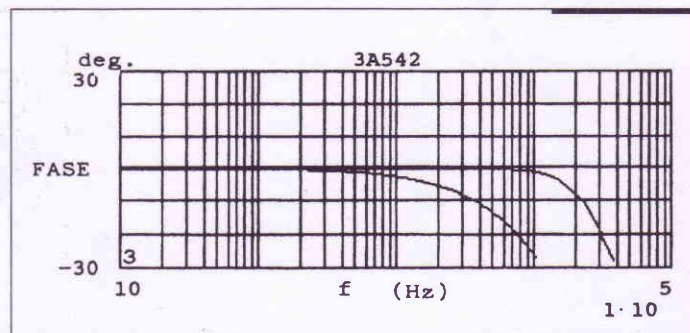
De 40UL-S buizenversterker bezit een paar opmerkelijke uitgangspunten. Er wordt geen tegenkoppeling toegepast, het vermogen is met ruim 30 watt per kanaal meer dan voldoende, het frequentiebereik is voor een buizenschakeling zonder tegenkoppeling extreem uitgebreid en de schakeling bevat een absoluut 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



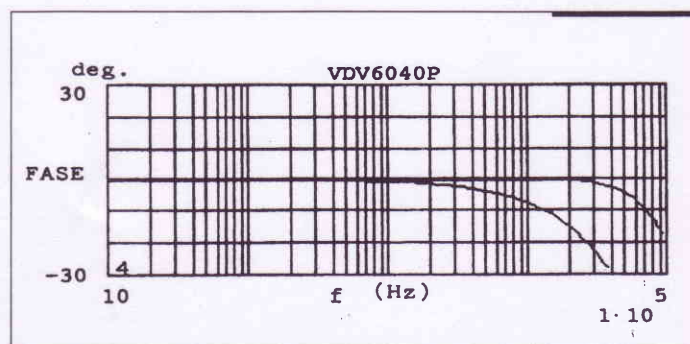
Afb. 1 Basisschema van een versterker met daarin de open-lus versterking (Ao) en de uitgangsimpedantie (Ri).



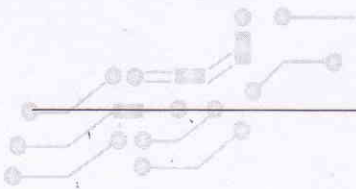
Afb. 2 De invloed van de dempingsfactor op de frequentiecarakteristiek van een gemiddelde dynamische luidspreker.



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 uitmuntende Hf-eigenschappen. Alle materialen zijn met andere woorden verkrijgbaar.

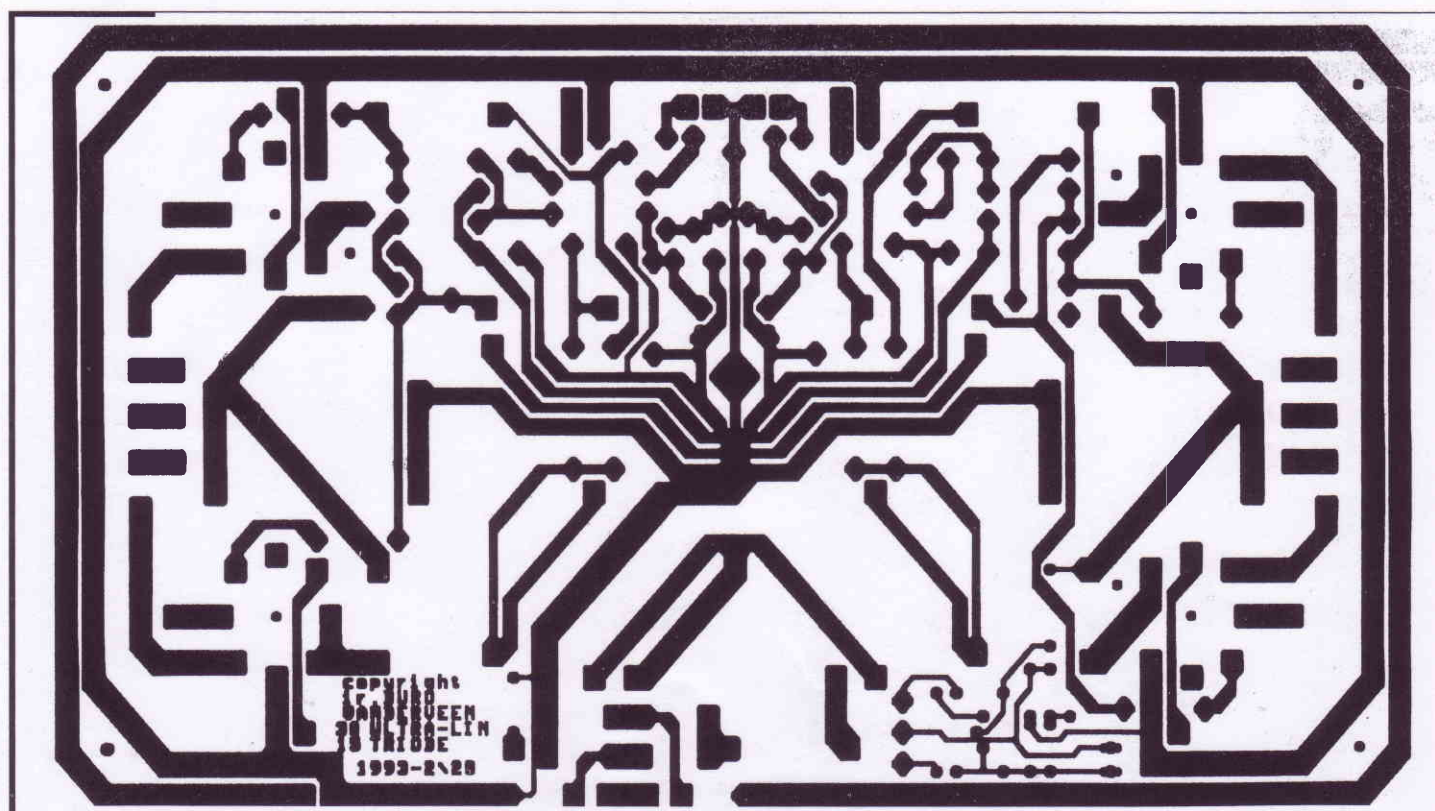
Uitgangspunten

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.

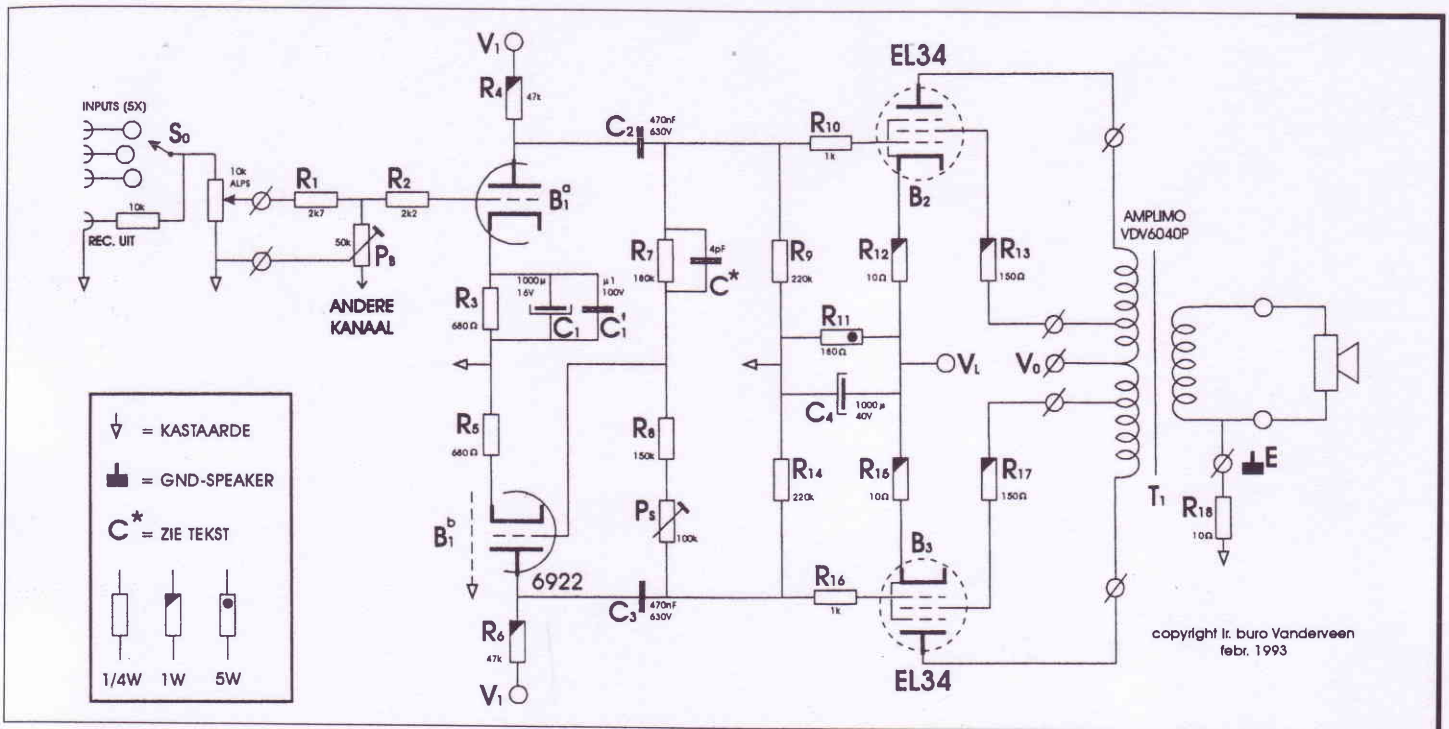
Sommigen zeggen; tegenkoppeling levert een groot frequentiebereik, een lage vervorming en een hoge dempingsfactor. Deze mensen hebben gelijk. Anderen beweren; tegenkoppeling zorgt er voor dat het geluidsbeeld van de versterker dichtslaat, zelfs een hard karakter krijgt en mogelijk zorgt voor instabiliteit 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 (Ri) van een versterker (figuur 1). De versterker van dit ontwerp kan op drie manieren ingesteld worden. In Penthode schakeling, Ultra Linear 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 echo-loze 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 Verstekerschema: 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

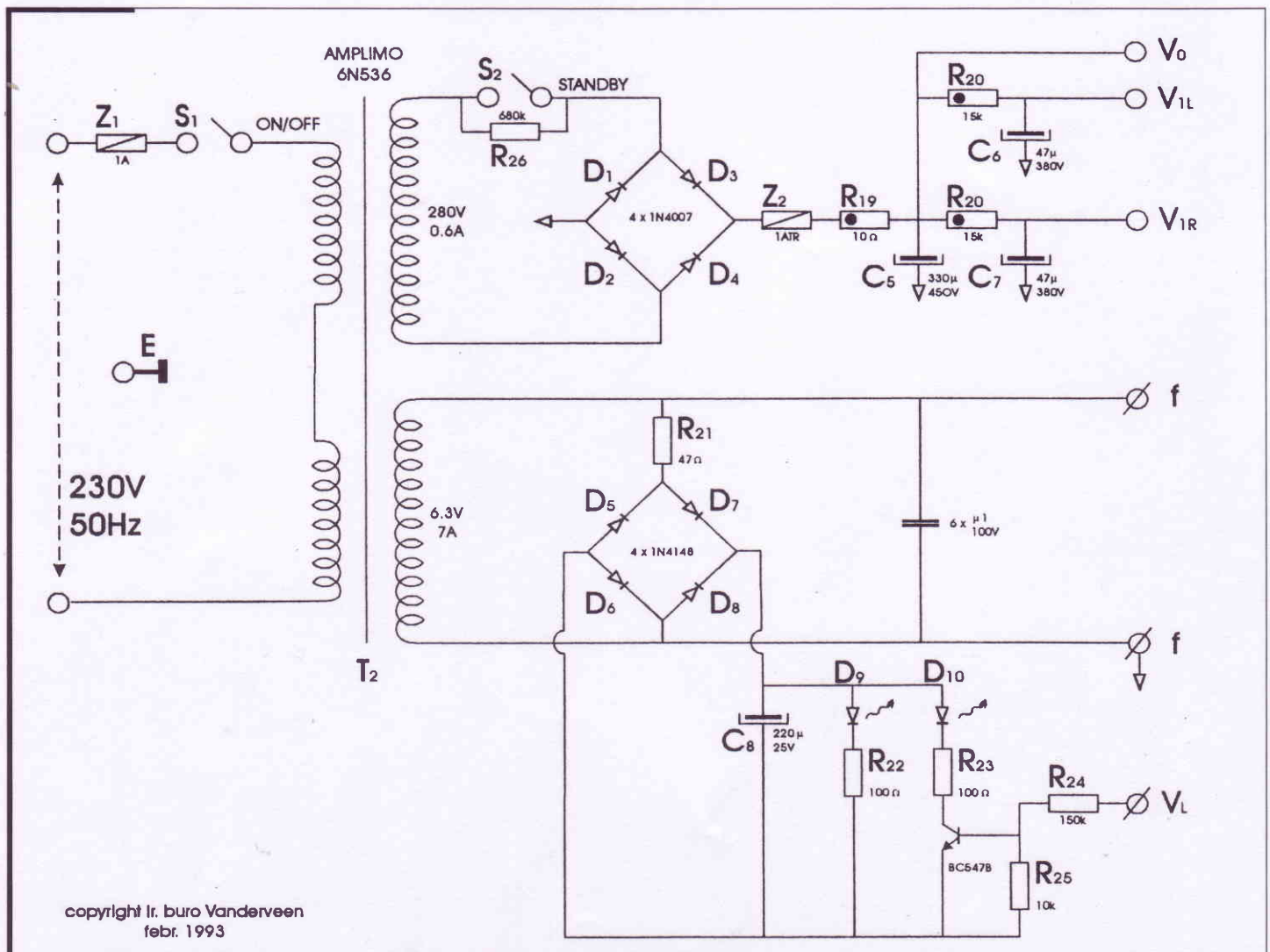
Per kanaal worden twee eindbuizen toegepast die in balans de uitgangstrafo aandrijven. De eindbuizen maken gebruik van de gezamenlijke kathodeweerstand R11 waarover een condensator geplaatst is van $C_4=1000 \mu F$. Vanwege deze gezamenlijk kathodeweerstand is het noodzakelijk om op ruststroom en steilheid 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 R11 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.

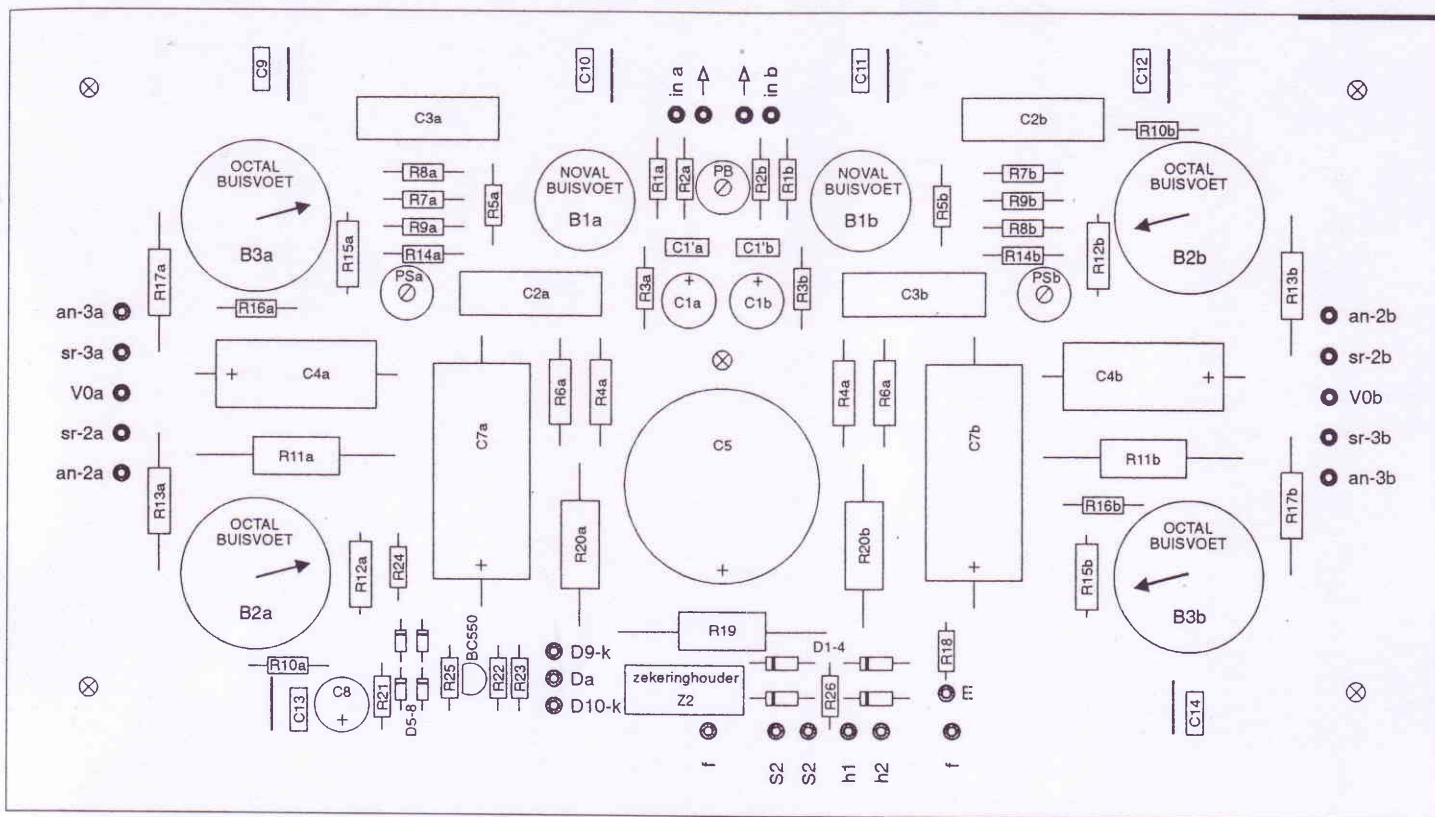
Vervorming

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 V_{tt} (28 volt effectief) uitgangsspanning op de anode is de totale harmonische vervorming (THD) bij 1 kHz kleiner dan 1%. Bij grotere uitgangsspanning (tot 150 V_{tt}) begint de vervorming gelijkmatig toe te nemen. De eindbuizen worden echter met genoemde 28 V_{eff} al volledig tot hun grenzen uitgestuurd zodat de vervormingsbijdrage van de stuurtrap verwaarloosbaar is. Er is echter een tweede reden waarom

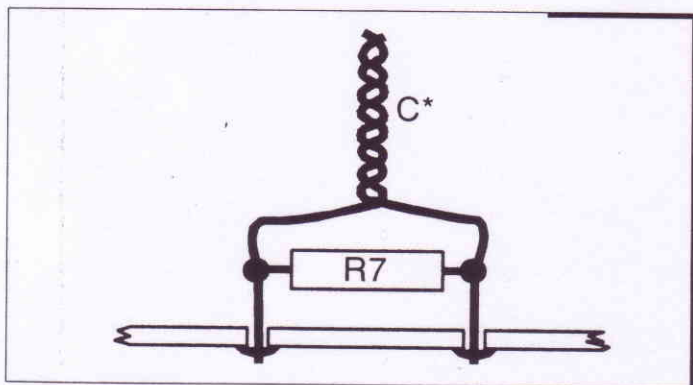
hier van de E88CC gebruik wordt gemaakt. Bij deze instelling hebben beide buishelften een effectieve inwendige weerstand van ongeveer 4 kOhm. Deze inwendige weerstand komt nu in serie te staan met de ingangscapaciteit van de eindbuizen. Bij penthode instelling is die laag (enkele pF), maar vooral in 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 tegenfase-sigitaal 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 V_{tt} aanwezig is. Verhoog nu de frequentie tot boven 100 kHz en dan wordt zichtbaar dat de onder of bovenkant van deze hoogfrequentsinus extra afneemt 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.

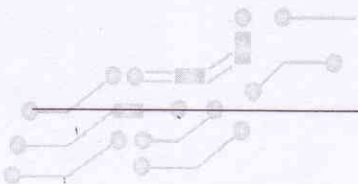
Symmetrische aansturing

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 pulsvormige 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 miliwatt). 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 wikkellagen 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 scheidingfilters. 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 produkten 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 eenvoudigheid in te stellen 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 tijdversmering 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-Linear 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 werkelijkheidswaer-gave, Voor tegenkoppeling; RB Elektronica; nov. 1993
- (6) Menno van der Veen: Tegenkoppeling van de werkelijkheidswaer-gave, Tegen tegenkoppeling; RB Elektronica; dec. 1993; pp. 8-12
- (7) Menno van der Veen: Tegenkoppeling van de werkelijkheidswaer-gave, 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