

AUDIO & TECHNIEK

BOUWBESCHRIJVING

A-25

**HYBRIDE
KLASSE-A
EINDVERSTERKER**

INHOUD

inleiding

hoe dit boek te gebruiken

Inleiding	4
schema eindversterker	8
schema voeding	10
behuizing	11, 12
onderdelenlijst	13
montage eindversterkerprint	14
montage van de vermogens FET's	19
montage voedingsprint	21
kastmontage	22
bedrading	23
tekeningen bedrading	24
controle en metingen	25
gebruik	26
specificaties	27
printopdruk eindversterker	28
printopdruk voedingsprint	29

Dit ontwerp, print lay outs, tekeningen en teksten kwamen tot stand met medewerking van Paul Meijer, Patrick Nieuwenburg en Michiel Noordermeer. We danken alle medewerkers voor hun inspanningen en moeite die tenslotte leidden tot dit uiterst muzikale ontwerp!

Copyright 1991 Audio & Techniek Rotterdam Holland.

Tekst, ontwerp en tekeningen in deze beschrijving zijn beschermd door auteursrecht, octrooirecht respectievelijk modelbescherming. Het is zonder de uitdrukkelijke toestemming van de uitgever niet toegestaan teksten en/of tekeningen te kopiëren, dan wel voor andere doeleinden te gebruiken, dan voor eigen huishoudelijk gebruik.

Inleiding

door John van der Sluis

In "High End" kringen staan buizen weer volop in de belangstelling. Als je een audio specialzaak binnenloopt dan is het neusje van de zalm altijd een buizeninstallatie. Deze revival van de oude radiobuis begint in steeds meer kringen door te dringen en natuurlijk ook in de hobby-zelfbouw sfeer.

Mijn eigen ervaringen op dit gebied dateren uit de 50er jaren. Na mijn eerste kristalontvangers bouwde ik op 11-jarige leeftijd mijn eerste buizen-ontvanger met onderdelen van de rommelmarkt w.o. een direct verhitte A-415 buis. Brom en ruis waren niet van de lucht, maar het werkte en beter dan wat ik daarvoor had. Later werd het meer professioneel aangepakt en ik heb bijv. de bekende Williamson-versterker gebouwd en ook "Ultra-Lineaire" schakelingen. Na de Philips uitgangstransformatoren kwam de fameuze U-70-BN en zo experimenteerden we allemaal met uitgangstrafo's en buizen.

Het was een leuke en avontuurlijke tijd en de komst van echt stereo maakte het nog spannender. Er bleven een paar problemen : brom, ruis en slijtage! Vooral de eindbuizen waren kwetsbaar en de ingangsbuizen hadden last van mikrofonie.

En toen kwam de transistor. "Solid State" noemden we dat in het begin. De State was misschien wel leuk, maar Solid was het geenszins. Om de haverklap waren de (germanium) transistoren defect. Ik liet speciale transistoren overvliegen uit Amerika, maar ook dat was geen onverdeeld succes. Bovendien was de ruis nog erger dan met buizen! Met het silicium als basismateriaal (+/-1968) werd alles betrouwbaarder en ruisarmer. Later met de komst van de plastic transistoren werd het nog goedkoop ook. De buis? We lachten er om. Dat was iets voor ouderen, die uit nostalgie liever naar de "warme" klank van notenhouten kistjes luisterden. Een goede buizenversterker haalde met moeite 2% vervorming, terwijl wij, de Solid State jongens, al op minder dan 0,01% zaten. De frequentiekenarakteristiek van een buizenversterker was verre van "lineaal-glad" en wij zaten inmiddels binnen 0,1 dB van 20 Hz tot 40 kHz. En natuurlijk was het ondenkbaar dat slechte meetgegevens goed geluid opleverden. Mis, mis driewerf mis. In onze onnozelheid gingen we voorbij aan het simpele gegeven dat ons gehoor meer hoort dan de meters aangeven.

Inmiddels (1972) hadden we een bouwdoosje geconstrueerd en op de markt gebracht met de naam "Hawk". Dat was een echte DC-versterker, dus met een ongelofelijke basweergave, zelfs uit een Quad elektrostaat! De vervorming was omstreeks 0,03% en de Japanners gingen nog verder; men kwam tot 0,0001% vervorming. Dat moest echt onhoorbaar zijn. Inmiddels weten we beter.

Otala

In 1974 publiceerde Matti Otala, een Fin, zijn eerste artikel over Transient Intermodulatie Vervorming (TIM), waarin hij aantoonde dat een transistor niet het ideale versterker element is. Otala's betoog komt in het kort op het volgende neer. Een transistor is een nogal "krom" element met van nature een extreem hoge versterkingsfactor. Wil je dat in de hand houden dan moet je tegenkoppelen en compensatienetwerken aanbrengen anders wordt de versterker instabiel. Hoe meer transistoren je gebruikt hoe meer versterking er is en hoe meer (overall) tegenkoppeling je kunt toepassen. Van buitenaf gezien en gemeten is daar niets mis mee. Echter binnen de lus (of zonder tegenkoppeling) is er met dergelijke schakelingen van alles mis. Een transistor vertraagt en de tegenkoppeling, die er voor zorgt dat het uitgangs- met het ingangssignaal vergeleken wordt, komt altijd te laat. Transistoren gaan dan bijv. "slewen" resp. lopen korte tijd vast tegen de voeding. Wilt U meer over dit onderwerp weten dan is dat te vinden in de "Journal of the Audio Engineering Society", kortweg JAES, 1974-1978. U kunt ook een aantal artikelen vinden in Radio Electronica en Radio Bulletin van de jaren 1978-1980.

Het bovenstaande doorredenerend kom je tot ontwerpen met zgn. "lokale" tegenkoppeling. D.w.z. dat iedere transistor van zijn eigen tegenkoppeling wordt voorzien en dus niet meer zo extreem versterkt. Bovendien kun je een schakeling zodanig ontwerpen dat hij ook zonder overall tegenkoppeling al goed werkt. Dat is na 1978 dan ook onze ontwerpvolgorde steeds geweest. Het bovenstaande overwegende kwamen wij langzaam maar zeker tot de overtuiging dat het hier eigenlijk om de faktor "tijd" gaat. Een transistor heeft tijd nodig voor de overdracht van in- naar uitgang. Met het injecteren van elektronen in de basis komt een cumulatief effect op gang, een soort sneeuwbal effect, waarmee de collectorstroom toeneemt en de transistor versterkt.

Later toonde "Hephaistos" in l'Audiophile aan dat "thermische vervorming" ook in de tijd plaats vindt. Hij toonde eveneens aan dat buizen daar nauwelijks last van hebben. Thermische vervorming kun je tegengaan door altijd een relatief grote stroom door de transistor te laten lopen, zoals bijv. in klasse-A versterkers gebeurt. Wij lieten overigens in onze transistor voorversterkers ook grote stromen in de transistoren lopen, soms zelfs het tien- à twintig-voudige van wat gebruikelijk is.

Buizenversterkers anno nu

De huidige "High End" buizenversterker verschilt nogal van wat we van vroeger kenden. Een buis heeft de volgende (nadelige) eigenschappen :

- hoge in- en uitgangsimpedanties
- versterkt maar één kant uit en refereert altijd aan de voedings- (aarde-)lijn
- wisselspanning op de gloeidraden introduceert brom
- hoge voedingsspanning en dus duurdere componenten
- verschillend spanningsniveau tussen de trappen, waardoor op die plaats altijd koppelcondensatoren nodig zijn

De grote voordelen van buizen zijn de lineaire overdrachtskarakteristiek en de (t.o.v. de transistor) korte transfer-tijd. In de huidige buizenversterkers vinden we veelal de volgende oplossingen :

- de hoogspanning wordt veel beter afgevlakt en eventueel gestabiliseerd
- de gloeispanning wordt gelijkgericht, afgevlakt en eventueel gestabiliseerd
- de koppelcondensatoren zijn van een veel betere kwaliteit dan vroeger (polypropyleen) en soms worden meerdere soorten parallel geschakeld om over het gehele frequentiegebied een gelijke impedantie te verkrijgen

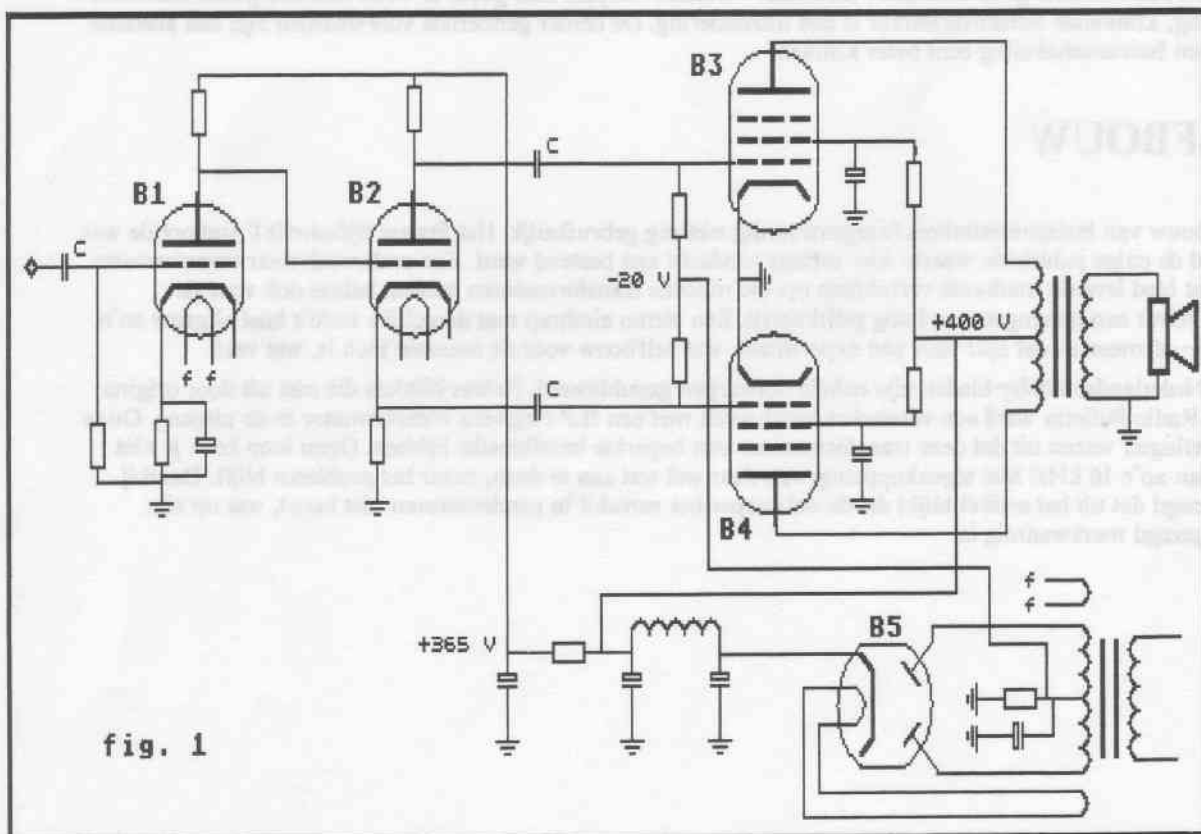


fig. 1

Figuur 1. Een klassieke buizenschakeling.

Veel fabrikanten gebruiken oude beproefde schakelingen, waarin bovengenoemde verbeteringen werden aangebracht. Een bijzondere ontwikkeling is wel dat op het gebied van audio transformatoren ook vorderingen zijn gemaakt. Zowel in Japan als in Engeland (Partridge) zijn nu uitgangstransformatoren te verkrijgen met een vrijwel lineaire overdracht tussen 20 Hz en 100 kHz. Dergelijke transformatoren zijn bijzonder prijzig, helaas, en de meeste fabrikanten van buizenversterkers gebruiken relatief goedkope transformatoren.

In figuur 1 zien we zo'n oude schakeling. De geluidskwaliteit wordt in hoge mate bepaald door de condensatoren "C", de ontkepelco's voor de kathode van B1 en de negatieve voorspanning, resp. de eigenschappen van de uitgangstransformator. Een mogelijke verbetering is het toepassen van aftakkingen op de uitgangstransformator voor de schermroosters van de eindbuizen, waarmee de schakeling "ultra-lineair" wordt. Een panacee voorde eventuele onvolkomenheden is het toepassen van tegenkoppeling. Daarmee daalt het vervormingspercentage, echter, net als in transistor schakelingen, moet je oppassen dat je met het kind het badwater niet weggooit. M.a.w. tegenkoppeling maakt nooit echt goed wat al fout is. Bijv. een slechte kwaliteit condensator of idem uitgangstransformator blijft hoorbaar.

We moeten bij dit alles bedenken dat een penthode, d.w.z. een buis met drie roosters, minder lineair is dan een triode en meer oneven harmonische vervorming oplevert. Een bijzondere penthode is de zgn. "beam-tetrode", zoals de KT-66 resp. KT-88, die voor audio enigszins gunstiger is, echter duurder.

Een geheel andere ontwikkeling is het vervolg op de transformatorloze zgn. "OTL" (Output TransformerLess) eindtrap. Bij de OTL-eindtrap gaat het om een schakeling, waarbij twee in serie geschakelde eindbuizen al dan niet via een elco direct de luidspreker aansturen. Daar de verkrijgbare eindbuizen maximaal 1,2 Ampere Anode-stroom kunnen verdragen kan met zo'n schakeling een "moeilijke" luidspreker niet zonder meer aangestuurd worden. Een oplossing is dan om meerdere buizen parallel te schakelen, wat echter, gezien de daaruit volgende prijs voor de voeding en de buizen, heel duur wordt.

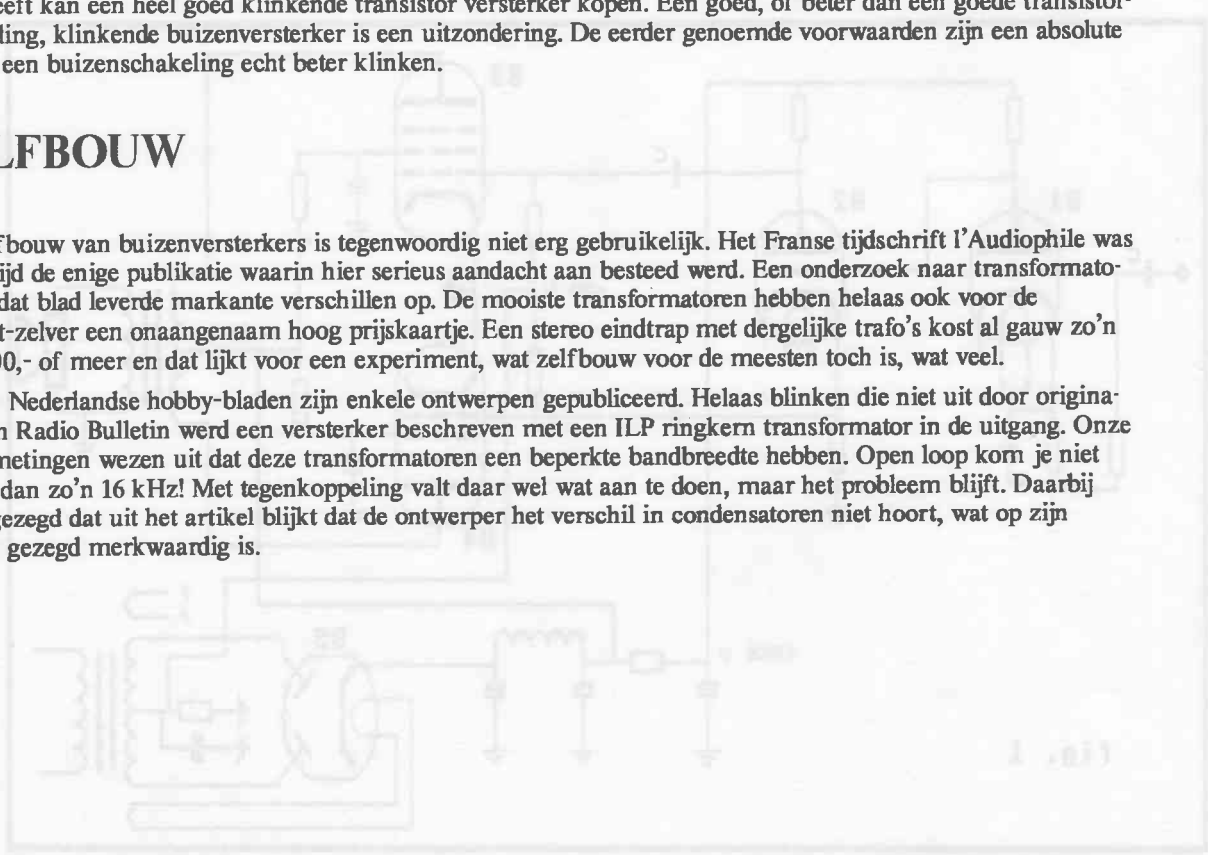
Een andere oplossing is om in de laatste versterkertrap, waar de luidsprekerstroom vandaan moet komen, Power Mosfet's toe te passen in plaats van buizen. Je hebt dan "the Best of two Worlds", buizengeluid en voldoende stroom om ook de meest gecompliceerde luidspreker aan te sturen. Ook prijstechnisch is dat een aantrekkelijke oplossing.

We moeten ook bedenken dat de research op het gebied van transistor schakelingen veel intensiever is geweest, en nog is, dan ooit voor buizen het geval was. Alle grote fabrikanten hebben daar veel geld en mankracht in gestoken. De resultaten van dat onderzoek zijn door anderen gemakkelijk te kopiëren. Er is dan ook een veelheid aan relatief goedkope en redelijk goed klinkende transistor versterkers op de markt. Om die reden is het niet eenvoudig zo dat een buizenversterker altijd beter klinkt dan zijn transistor pendant. Wie er wat meer geld voor over heeft kan een heel goed klinkende transistor versterker kopen. Een goed, of beter dan een goede transistor-schakeling, klinkende buizenversterker is een uitzondering. De eerder genoemde voorwaarden zijn een absolute eis wil een buizenschakeling echt beter klinken.

ZELFBOUW

De zelfbouw van buizenversterkers is tegenwoordig niet erg gebruikelijk. Het Franse tijdschrift l'Audiophile was lange tijd de enige publikatie waarin hier serieus aandacht aan besteed werd. Een onderzoek naar transformatoren in dat blad leverde markante verschillen op. De mooiste transformatoren hebben helaas ook voor de doe-het-zelver een onaangenaam hoog prijskaartje. Een stereo eindtrap met dergelijke trafo's kost al gauw zo'n fl. 3.000,- of meer en dat lijkt voor een experiment, wat zelfbouw voor de meesten toch is, wat veel.

Ook in Nederlandse hobby-bladen zijn enkele ontwerpen gepubliceerd. Helaas blinken die niet uit door originaliteit. In Radio Bulletin werd een versterker beschreven met een ILP ringkern transformator in de uitgang. Onze eigen metingen wezen uit dat deze transformatoren een beperkte bandbreedte hebben. Open loop kom je niet verder dan zo'n 16 kHz! Met tegenkoppeling valt daar wel wat aan te doen, maar het probleem blijft. Daarbij moet gezegd dat uit het artikel blijkt dat de ontwerper het verschil in condensatoren niet hoort, wat op zijn zachtst gezegd merkwaardig is.



ALTERNATIEVEN VOOR ZELFBOUW

Mijn gedachtengang over dit onderwerp leidde tot de volgende overwegingen:

- een zelfbouwontwerp dient van excellente kwaliteit te zijn en zich te kunnen meten met gangbare (verkrijgbare) modellen.
- condensatoren in de signaalweg dienen zoveel mogelijk vermeden te worden en indien gebruikt van goede kwaliteit te zijn.
- een uitgangstransformator moet of heel goed zijn of vermeden worden.
- de eindversterker moet ook "moeilijke" luidsprekers aan kunnen.

Experimenten

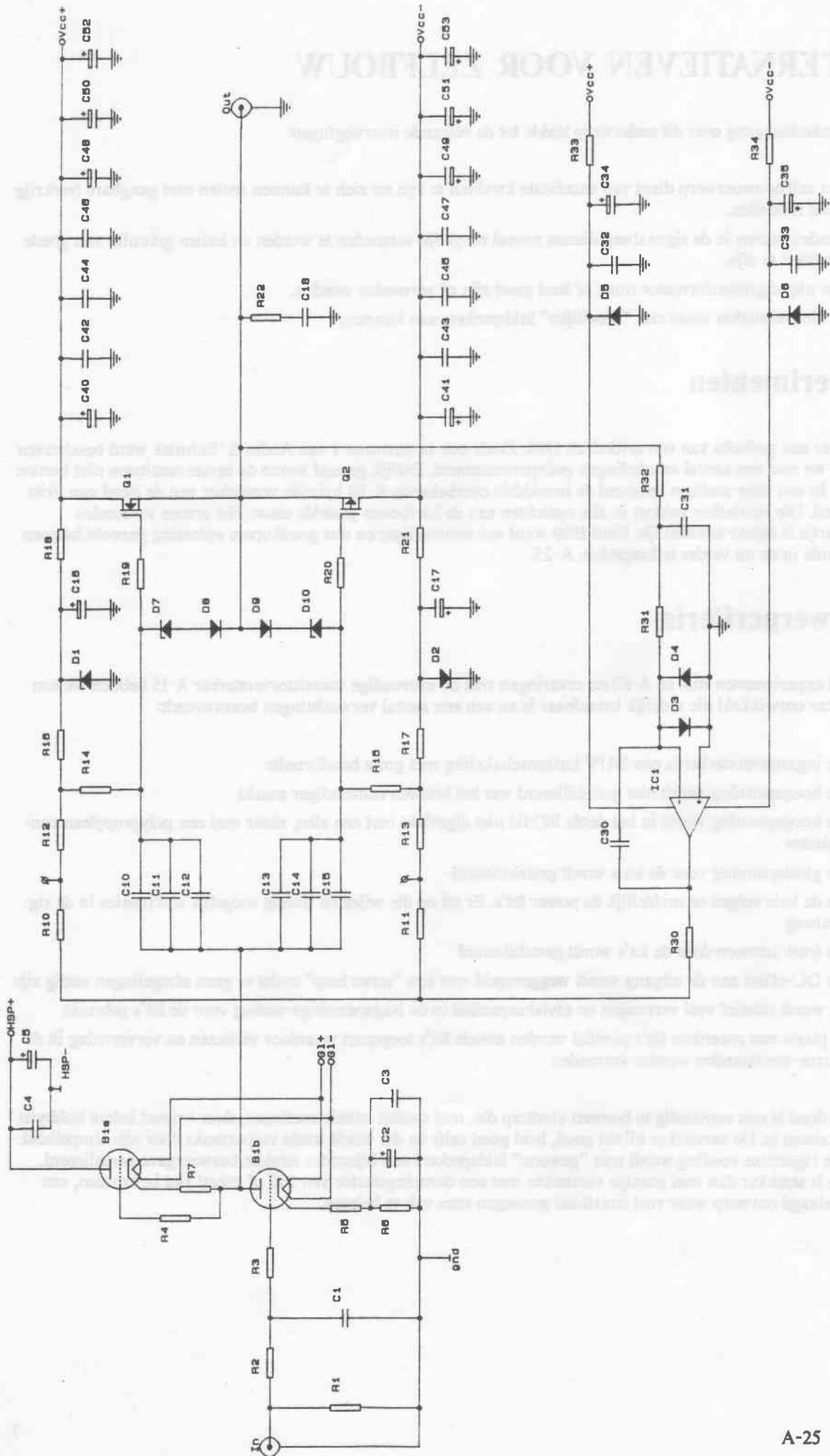
Tot zover een gedeelte van een artikel uit 1988. Zoals ook in nummer 1 van Audio & Techniek werd beschreven hebben we met een aantal schakelingen geëxperimenteerd. Eerlijk gezegd waren de eerste resultaten niet bemoedigend. In een later stadium ontstond de inmiddels overbekende A-80 hybride versterker van de hand van Frits Savelkoul. Die versterker voldoet in alle opzichten aan de hierboven gestelde eisen. Het ermee verbonden prijskaartje is echter aanzienlijk. Eind 1989 werd een eenvoudiger en dus goedkopere oplossing gezocht hetgeen resulteerde in de nu verder te bespreken A-25.

Ontwerpcriteria

Na veel experimenten met de A-80 en ervaringen met de eenvoudige transistorversterker A-15 hebben we een versterker ontwikkeld die redelijk betaalbaar is en aan een aantal verwachtingen beantwoordt:

- De ingangsversterker is een SRPP buizenschakeling met grote bandbreedte
- De hoogspanning wordt niet gestabiliseerd wat het bouwen eenvoudiger maakt
- De hoogspanning wordt in het derde RC-lid niet afgevlakt met een elco, maar met een polypropyleen condensator
- De gloeispanning voor de buis wordt gestabiliseerd
- Na de buis volgen onmiddellijk de power fet's. Er zit op die wijze zo weinig mogelijk elektronica in de signaalweg.
- De (rust-)stroom door de fet's wordt gestabiliseerd
- De DC-offset aan de uitgang wordt weggeregeld met een "servo loop" zodat er geen afregelingen nodig zijn
- Er wordt relatief veel vermogen en afvlakcapaciteit in de laagspanningsvoeding voor de fet's gebruikt
- In plaats van meerdere fet's parallel worden enkele fet's toegepast waardoor verliezen en vervorming in de source-weerstanden worden vermeden

Het resultaat is een eenvoudig te bouwen eindtrap die, met slechts enkele metingen, door vrijwel iedere hobbyist na te bouwen is. De versterker klinkt goed, heel goed zelfs en dat wordt mede veroorzaakt door zijn simpelheid. Door de rigoreuze voeding wordt met "gewone" luidsprekers een bijzonder strakke basweergave gerealiseerd. Die bas is strakker dan met menige versterker met een dempingsfactor van 100 of meer! Het is, kortom, een zeer geslaagd ontwerp waar veel muzikaal genoegen mee valt te beleven.



De Schakeling

In figuur 2 zien we de schakeling van de A-25. De actieve schakeling wordt gevormd door de buis B1 en de transistoren Q1 en Q2. Bekijken we nu de schakeling van in- tot uitgang.

Aan de ingang is een RC-netwerk aangebracht, R2 en C1. Dat netwerk zorgt er voor dat de versterker signalen onderdrukt boven de kantelfrequentie van 100 kHz. Na het netwerk wordt de eerste buis B1b direct aangestuurd via de stopweerstand R3. Die eerste buis is dus DC ofwel gelijkstroom gekoppeld met de sturende bron. In de kathode vinden we een serieschakeling van twee weerstanden R5 en R6. De laatste kan ontkoppeld worden door de optionele condensatoren C2 en C3. Indien niet ontkoppeld is de versterking van de buis laag en zo ook de vervorming. De gevoeligheid is dan omstreeks 1 Volt voor volle uitsturing. Indien de sturende bron een te lage output heeft om de versterker voluit te sturen dan kunnen C2 en C3 geplaatst worden waardoor de versterking toeneemt en de gevoeligheid omstreeks 300 mVolt wordt voor volle uitsturing.

B1a vormt een soort stroombron voor B1b. Het gevolg is dat de schakeling minder gevoelig is voor storingen via de hoogspanningsvoeding. Bovendien is de impedantie aan de anode van B1b relatief laag. Dit laatste is nodig daar de stroomversterkende fet's een lage impedantie vormen bij toenemende frequentie.

Via de parallel-schakeling C10, C11 en C12 respectievelijk C13, C14 en C15 worden de gates van de fet's aangestuurd. Er zijn op dat punt meerdere condensatoren parallel geschakeld om een optimale overdracht te verkrijgen voor het gehele frequentiegebied. Deze condensatoren bepalen in hoofdzaak de gehoormatige kwaliteit van de schakeling. Het is daarom van belang hiervoor een zo goed mogelijke kwaliteit toe te passen. De gelijkspanning aan de anode van B1b is omstreeks 100 Volt en de gelijkspanning op de gates van de fet's is omstreeks 0 Volt. Afhankelijk van de grootte van het muzieksignaal varieert de spanning aan de anode van B1b. C10 t/m C15 moeten daarom een minimale spanning van 160 VDC kunnen verdragen. Hoger is beter en klinkt ook beter.

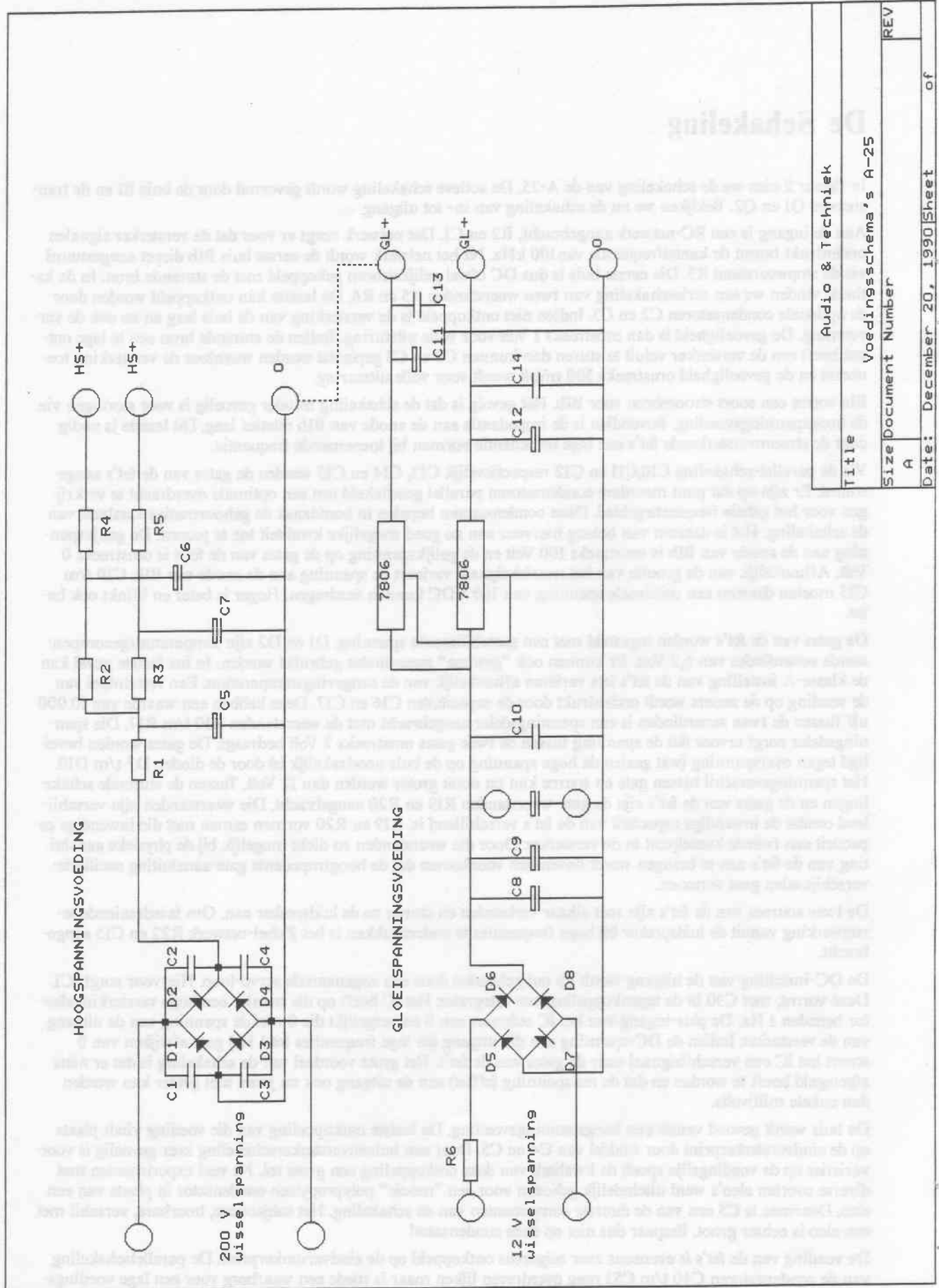
De gates van de fet's worden ingesteld met een gestabiliseerde spanning. D1 en D2 zijn temperatuurgecompenseerde zenerdiodes van 6,2 Volt. Er kunnen ook "gewone" zenerdiodes gebruikt worden. In het laatste geval kan de klasse-A instelling van de fet's iets variëren afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Een restrimpel van de voeding op de zeners wordt onderdrukt door de capaciteiten C16 en C17. Deze hebben een waarde van 10.000 uF. Tussen de twee zenerdioden is een spanningsdeler aangebracht met de weerstanden R10 t/m R17. Die spanningsdeler zorgt ervoor dat de spanning tussen de twee gates omstreeks 2 Volt bedraagt. De gates worden beveiligd tegen overspanning (wat gezien de hoge spanning op de buis noodzakelijk is) door de dioden D7 t/m D10. Het spanningsverschil tussen gate en source kan nu nooit groter worden dan 12 Volt. Tussen de sturende schakelingen en de gates van de fet's zijn de gate-weerstanden R19 en R20 aangebracht. Die weerstanden zijn verschillend omdat de inwendige capaciteit van de fet's verschillend is. R19 en R20 vormen samen met die inwendige capaciteit een tweede kantelpunt in de versterker. Door die weerstanden zo dicht mogelijk bij de fysieke aansluiting van de fet's aan te brengen wordt bovendien voorkomen dat de hoogimpedante gate-aansluiting oscillatieverschijnselen gaat vertonen.

De twee sources van de fet's zijn met elkaar verbonden en sturen zo de luidspreker aan. Om fasedraaiende terugwerking vanuit de luidspreker bij hoge frequenties te onderdrukken is het Zobel-netwerk R22 en C15 aangebracht.

De DC-instelling van de uitgang wordt op nul gehouden door een zogenaamde servo-loop. Hiervoor zorgt IC1. Deze vormt, met C30 in de tegenkoppellus, een integrator. Het IC heeft op die manier een hoge versterkingsfactor beneden 1 Hz. De plus-ingang van het IC refereert aan 0 en vergelijkt die 0 met de spanning aan de uitgang van de versterker. Indien de DC-spanning aan die uitgang (en lage frequenties tot 1 Hz) gaat afwijken van 0 stuurt het IC een verschilsignaal naar de gates van de fet's. Het grote voordeel van de schakeling is dat er niets afgeregeld hoeft te worden en dat de restspanning (offset) aan de uitgang ook na jaren niet groter kan worden dan enkele millivolts.

De buis wordt gevoed vanuit een hoogspanningsvoeding. De laatste ont koppeling van die voeding vindt plaats op de eindversterkerprint door middel van C4 en C5. Daar een buizenversterkerschakeling zeer gevoelig is voor variaties op de voedingslijn speelt de kwaliteit van deze ont koppeling een grote rol. Na veel experimenten met diverse soorten elco's werd uiteindelijk gekozen voor een "mooie" polypropyleen condensator in plaats van een elco. Daarmee is C5 een van de duurste componenten van de schakeling. Het subjectieve, hoorbare, verschil met een elco is echter groot. Bespaar dus niet op deze condensator!

De voeding van de fet's is eveneens zeer roigoreus ont koppeld op de eindversterkerprint. De parallelschakeling van de condensatoren C40 t/m C53 mag overdreven lijken maar is mede een waarborg voor een lage voedingsimpedantie over een groot frequentiegebied. Die voedingsimpedantie speelt een rol bij de aansturing van de luidspreker. Indien die impedantie toeneemt bij toenemende frequentie zal de controle van de versterker over het luidsprekergedrag minder worden.



Audio & Techniek

Title

Voedingsschema's A-25

Size Document Number

A

Date: December 20, 1990 Sheet of

REV

De Voeding van de buis

In figuur 3 is de schakeling van de voeding te zien. Die voeding is uiterst eenvoudig en wordt op een kleine printplaat AT-902 ondergebracht.

De hoogspanning wordt met vier dioden gelijkricht en afgevlakt door C5. Voor de twee kanalen wordt de hoogspanning gesplitst en in tweede instantie afgevlakt door R2 met C6 respectievelijk R3 met C7. Via R4 en R5 worden de twee kanalen tenslotte gevoed (de laatste ontkoppeling zit op de eindversterkerprint). De hoogspanningsdioden zijn overbrugd met kleine condensatortjes om eventuele piekstoringen uit het lichtnet te onderdrukken.

De gloeidraden worden gevoed uit een 10 à 12 Volts wikkeling van de voedingstransformator. De gelijkrichter wordt gevormd door de dioden D5 t/m D8. De laagspanning wordt afgevlakt met twee elco's van 2200 uF op de printplaat en eventueel (maar wel aanbevolen) een zware 10.000 uF elco die naast de print gemonteerd wordt. De spanning wordt vervolgens gestabiliseerd met twee spanningsregelaars, één voor elke buis.

Aan de ingang van de laagspanningsvoeding is voorzien in een weerstand R6. Deze is voorzien om een te hoge wisselspanning weg te werken. De stabilisatoren werken het best met een ingangsspanning (DC) van 10 à 12 Volt. Sommige typen transformatoren geven een (veel) te hoge spanning. Door R6 kan het eventuele teveel worden weggewerkt. Mocht uw transformator bij belasting de juiste spanning afgeven dan kan in plaats van die weerstand een draadverbinding worden aangebracht.

Merk op dat er een draadverbinding wordt gemaakt tussen de plus van één van de gloeidraadvoedingen en de 0 van de hoogspanningsvoeding. De gloeidraden van de buizen staan nu altijd op een negatief potentiaal ten opzicht van nul.

De Laagspanningsvoeding

Deze bestaat uit één ringkerntrafo per kanaal. Het is zaak tevoren te overwegen welke grootte deze transformator zal hebben. U kunt kiezen voor een relatief kleine en goedkope transformator, bijvoorbeeld 120 VA. Het is echter het overwegen waard een groter type te kiezen, bijvoorbeeld 160 VA, 225 VA of zelfs 300 VA. In de laatste twee gevallen dienen ook de voedingselco's groter gekozen te worden (respectievelijk 2 x 15.000 uF en 2 x 22.000 uF per kanaal). De winst die u met een zwaardere voeding kunt verwachten is dat langdurig aangehouden lage tonen (te denken valt aan orgelmuziek, maar ook in popmuziek komt dit voor) beter gecontroleerd uit uw luidspreker komen. Het nadeel van een zwaardere voeding is dat de behuizing groter en zwaarder wordt. In alle gevallen dient een zware bruggelijkrichter met een metalen behuizing en centrale schroefbevestiging te worden gebruikt.

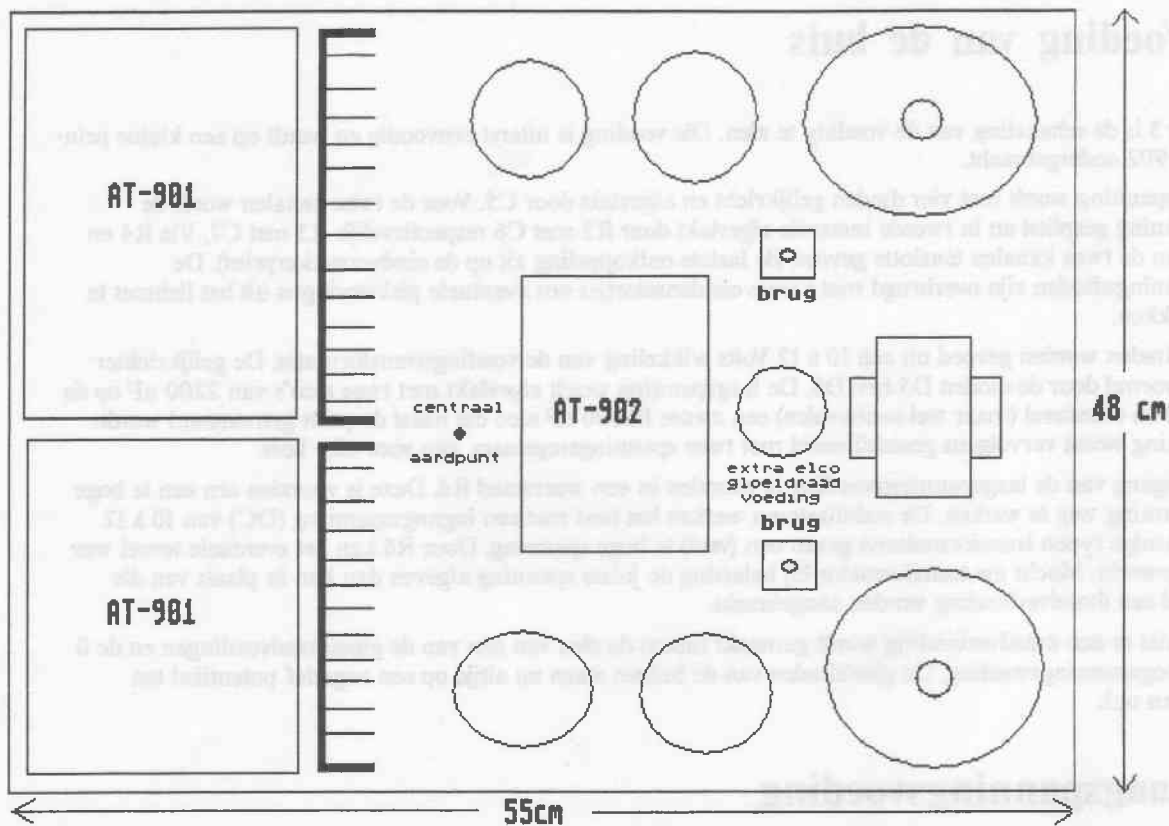
De Behuizing

Vóórdat u met de bouw aanvangt is het zinvol om de behuizing te bepalen. De grootte van de behuizing hangt af van de keuze voor monoblokken of een stereoversterker én van de toegepaste laagspanningsvoedingen.

Bij het ontwerp zijn we uitgegaan van een stereoversterker waarin slechts één hoogspanningsvoeding wordt toegepast. Dat beperkt de kosten aanmerkelijk. Zoals in figuur 4 te zien valt worden de afmetingen bij stereo aanzienlijk. De hoogte van de kast is afhankelijk van de toegepaste laagspanningselco's en de koelribben. In onze prototypen hebben we de behuizing 20 cm hoog gemaakt. Indien u niet al te hoge elco's toepast en netjes bouwt kan de kasthoogte tot 15 cm beperkt blijven.

Gezien het bovenstaande is het zinvol alle componenten voor de laagspanningsvoeding van de fet's, de koelers en de printplaten in huis te hebben en daarmee uw kastgrootte te bepalen.

In de beschrijving gaan we uit van de bouw van een stereo eindversterker. Bij mono wordt de afmeting omstreeks 55 cm diep en 30 cm breed.



Lees voor u begint de gehele bouwbeschrijving goed door.

Het lijkt natuurlijk leuk om gelijk alle componenten vast te solderen en zo gauw mogelijk deze versterker aan de praat te krijgen, maar wij adviseren u hier vooral ruim tijd voor uit te trekken. Het bouwen van de zo goed klinkende A-25 begint met het zeer nauwkeurig bestuderen van deze bouwbeschrijving. Ook de assemblage van de print dient met zorg en precies volgens de bouwbeschrijving gedaan te worden om fouten zo veel mogelijk te voorkomen, maar laat u niet ontmoedigen: iedereen met een minimum aan ervaring of kennis van elektronica kan aan de hand van deze bouwbeschrijving een klasse-A eindversterker bouwen van uitzonderlijke klasse.

Montage van de printplaat AT-901

Deze printplaat is met zorg gemaakt. Indien u hem ook met zorg behandelt zal de versterker jarenlang goed blijven werken. Gebruik vooral een goede soldeerbout van 15 à 20 Watt en een goede harskernsoldeer.

GEBRUIK IN GEEN GEVAL EEN SOLDEERREVOLVER

Dit laatste in verband met de magnetische velden die de revolver opwekt en die de componenten (door inductie) zou kunnen beschadigen. Bovendien is de soldeertemperatuur van zo'n revolver erg hoog wat ook schadelijke gevolgen kan hebben.

Onderdelenlijst Versterker A-25 (mono)

Weerstanden

R1 = 100K
R2 = 1K5
R3 = 1K
R4 = 120
R5 = 39
R6 = 82
R7 = 121
R8,R9 vervallen
R10,R11 = 2.0K
R12,R13 = 412
R14,R15 = 1M
R16,R17 = 6.65K
R18,R21 = 3K3 - 1W 10%

R19 = 604

R20 = 402

R22 = 10 - 1W 10%

R30 = 10K

R31,R32 = 100K

R33,R34 = 1K8 - 1W 10%

alle weerstanden 1% tolerantie tenzij anders aangegeven

CONDENSATOREN

C1 = 1 nF - styroflex axiaal

C2 = 100 uF - 16V

C3 = 10 nF - 160V - styroflex axiaal

C4 = 1,5 uF MKP - 160V

C5 = 10 uF - 400V - axiaal (S,C)

C10,C15 = 470 nF - 400V - FKP

C11,C14 = 1 uF - 400V - FKP

C12,C13 = 68 NF - 125 V - styroflex

C16,C17 = 10.000 uF - 10V standaard 3-pins behuizing (Philips)

C18 = 100 nF - 100V - MKS

C30 = 0,68 uF 63V - MKP of MKS

C31 = 0,47 uF 63V - MKP of MKS

C32,C33 = 0,68 uF 100V - MKP of MKS

C34,C35 = 100 uF - 40V

C40,C41 = 10 uF - 40V

C42,C43 = 0,47 uF - 400V - (S,C)

C44,C45 = 0,68 uF - 100V - MKS

C46,C47 = 68 NF - 63V - styroflex

C48,C49 = 100 uF - 40V

C50,C51 = 470 uF - 40 V

C52,C53 = 2200 uF - 40 V

alle elco's ITT of Marcon

Condensatoren

S = Solen

C = Chateauroux

alle condensatoren FKP, MKP en MKS = Wima

Dioden

D1,D2 = 1N825A

D3,D4,D8,D9 = 1N4148

D7,D10 = 12V - 400mW

D5,D6 = 15V - 1,3W

IC1 = TL 071

Fet's

Q1 = 2SK135

Q2 = 2SJ50

Buis

B1 = ECC88 of E88CC

Voeding Stroomversterker A-25 per kanaal:

2 x Bekereico 10.000 uF - 40V (SicSafco, CEF, Mallory)

alternatief 2 x 22.000 uF - 40V

Trafo : ringkern 2 x 22V - 2,72A (120VA) b.v. ILP, type-nummer 41015 of 160 VA type 51015

Brugcel 25A - 100V

Onderdelenlijst buisvoeding A-25 (stereo)

Weerstanden

R1 = 10 Ohm - 1 W

R2,R3,R4,R5 = 5,6 Kohm - 5 W

R6 = 8,2 Ohm - 5 W (zie tekst bouwbeschrijving)

Condensatoren

C1,C2,C3,C4 = 0,01 uF - 400V - FKP

C5,C6,C7 = 33 uF - 350V

C8,C9 = 2200 uF - 25 V

C10 = 0,22 uF - 100V - MKS

C11,C12 = 47 uF - 25V

C13,C14 = 0,01 uF - 100V - MKP of MKS

IC's

T1,T2 = LM7806 (1A-Type met koel-plaatje)

Dioden

D1 t/m D4 = 400 V - 1A Schottky (of 1N4007)

D5 t/m D8 = 100V - 3A

] Trafo secundair 200V - 50mA + 12V - 2A (+ statisch scherm)

Mono eindversterkerprints

We beginnen het eerst met de eindversterkerprints

Maak als eerste een passende koelbeugel uit aluminium hoekprofiel. Die beugel heeft een maat van 35 x 35 mm, 20 cm lang en 3 à 5 mm dik. (Hoe dikker hoe liever!) Die beugel wordt voorzien van gaten overeen komend met de gaten voor Q1 en Q2 op de printplaat. De vier grote gaten dienen 4 mm in doorsnee te zijn en de kleine gaten 3 mm. Als het hoekprofiel goed op maat is wordt het opzij gelegd tot na de montage van de componenten op de printplaat.

Printpennen

Leg de printplaat met de opdruk naar boven op een niet te harde ondergrond bijv. een houten plankje. Neem vervolgens de 14 printpennen en tik deze met een hamertje in de gaatjes waar V_{cc+} , V_{Cc-} , $in+$, $in-$, $S1$, $S2$, $GL+$, $GL-$, $HSP+$ en $HSP-$ bij staat (10x) en in de vier gaatjes rondom C18, waar niets bij staat. Dit worden de aansluitingen voor voeding, ingangen, luidsprekers, e.d. In de printplaat zijn gaatjes van 1,2 mm aangebracht. Het is de bedoeling dat de printpennen daar klemmend in passen. Indien uw leverancier printpennen van 1,3 mm levert kan het nodig zijn die gaatjes iets op te boren. Doe dat voorzichtig en liefst met een printboormachine van de onderzijde van de printplaat. Zorg er in ieder geval voor dat de gaten niet te groot worden.

Draai na het intikken de printplaat om en soldeer de pennen vast. Laat de soldeer goed uitvloeien. Een goede soldeerverbinding glimt en heeft een holle meniscus.

Maak een draadverbinding (draadbrug) over het lijntje naast R32. Dit mag dun draad zijn.

Weerstanden

Vervolgens worden alle weerstanden gemonteerd. De weerstanden zijn voorzien van een kleurcode, bestaande uit 5 of 6 gekleurde ringen die voor een numerieke waarde of een vermenigvuldigingsfactor staan. De kleurcode tabel geeft een overzicht van de waarde van een kleur:

zwart	= 0
bruin	= 1
rood	= 2
oranje	= 3
geel	= 4
groen	= 5
blauw	= 6
violet	= 7
grijs	= 8
wit	= 9
goud	= x 0,1 (*)
zilver	= x 0,01(*)

* Deze kleuren kunnen bij metaalfilm precisieweerstanden alleen op de vierde ring voorkomen en zijn in dat geval vermenigvuldigingsfactoren.

De ringen zijn als volgt af te lezen:

- 1e ring = 1e cijfer
- 2e ring = 2e cijfer
- 3e ring = 3e cijfer
- 4e ring = aantal nullen
- 5e ring = tolerantie

Wanneer u een versterker bouwt is het de bedoeling dat u hier metaalfilm precisieweerstanden (tolerantie = 1%) voor neemt. Alleen dan wordt de juiste kwaliteit van de versterker bereikt. Bij deze weerstanden is de laatste kleur dus altijd bruin.

Weerstandswaarden worden aangeduid in Ohms, kiloOhms (kOhms) of MegaOhms (MOhm). Bijvoorbeeld: 1 kOhm = 1000 Ohm, 1MOhm = 1.000.000 Ohm.

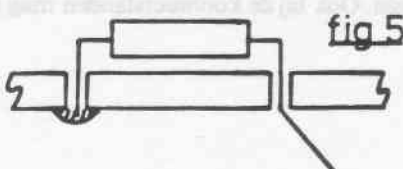
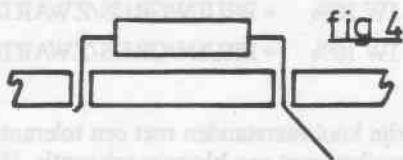
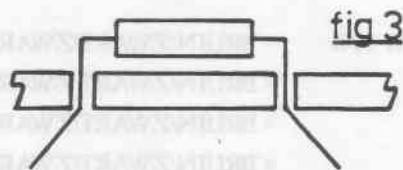
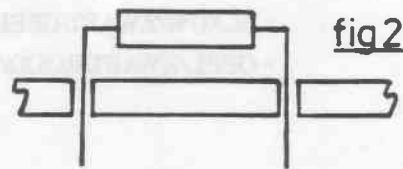
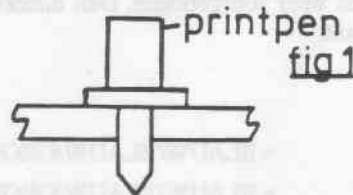
We beginnen nu met de montage. De weerstanden worden gemonteerd in groepjes van vijf. Als u de kleurcode niet vertrouwt kunt u de waarde nameten met een universeelmeter in de stand kOhm. Eventueel zoekt u eerst de weerstanden uit en legt u bij iedere waarde een briefje met de weerstandswaarde in cijfers.

We beginnen nu met de eerste vijf weerstanden.

R1	= 100K	= BRUIN/ZWART/ZWART/ORANJE/BRUIN
R2	= 1K5	= BRUIN/GROEN/ZWART/ROOD/BRUIN
R3	= 1K	= BRUIN/ZWART/ZWART/BRUIN/BRUIN
R4	= 120	= BRUIN/ROOD/ZWART/ZWART/BRUIN
R5	= 39	= ORANJE/WIT/ZWART/GOUD/BRUIN

De draadjes van de weerstanden worden zodanig omgevouwen, dat de weerstand precies op de print past. Dan wordt de weerstand ingestoken. Het weerstandslichaam moet tegen de print aanliggen!! Buig de pootjes van de weerstand die onder de print uitsteken een eindje om zodat ze niet uit de print vallen. Knip vervolgens n draadje zo af dat er nog ongeveer 2 mm van het draadje door de print steekt. Het ingekorte draadje kan nu worden vastgesoldeerd. De tekeningetjes hieronder zullen het een en ander verduidelijken. Indien u de weerstand eerst vastsoldeert voordat de draadjes ingekort zijn, zullen bij het afknippen minuscule haarscheurtjes ontstaan. Hierdoor zal na verloop van tijd de soldeerverbinding gaan oxideren en een grotere weerstand krijgen. Dit kan een grote (negatieve) invloed hebben op de kwaliteit van het geluid. De juiste manier om te solderen staat hieronder beschreven.

Breng de punt van de soldeerbout bij het draadje. Zorg dat tegelijkertijd het draadje en het vertinde rondje op de print verwarmd worden. Breng nu de soldeer erbij. De soldeer smelt. Voeg zoveel soldeer toe dat een klein bolletje ontstaat. Neem de soldeer weg en laat de bout nog enkele tellen op de soldeerplek. Wanneer het bolletje uitvloeit tot een soldeerverbinding met holle zijanten halen we de bout weg en laten de soldeerplek afkoelen.



!!ALTIJD EERST AFKNIPPEN EN DAARNA VASTSOLDEREN!!

Nu kan het tweede draadje op de juiste lengte (2 mm) worden afgeknipt en op de juiste wijze worden vastgesoldeerd.

De volgende vijf weerstanden:

R6	= 82	= GRIJS/ROOD/ZWART/GOUD/BRUIN
R7	= 121	= BRUIN/ROOD/BRUIN/ZWART/BRUIN
R8	= VERVALT	
R9	= VERVALT	
R10	= 2K	= ROOD/ZWART/ZWART/BRUIN/BRUIN

N.B. In het laatste ontwerp van de A-25 zijn de weerstanden R8 en R9 vervallen; er zitten ook geen gaatjes voor op de print.

De weerstanden worden weer voorgebogen. Dan insteken, ombuigen. Eerst één kant afknippen en vastsolde- ren, daarna de andere kant.

We vervolgen met het volgende groepje:

R11	= 2K	= ROOD/ZWART/ZWART/BRUIN/BRUIN
R12	= 412	= GEEL/BRUIN/ROOD/ZWART/BRUIN
R13	= 412	= GEEL/BRUIN/ROOD/ZWART/BRUIN
R14	= 1M	= BRUIN/ZWART/ZWART/GEEL/BRUIN
R15	= 1M	= BRUIN/ZWART/ZWART/GEEL/BRUIN

Ook deze weerstanden worden weer voorgebogen. Dan insteken, ombuigen. Eerst één kant afknippen en vast- solderen, daarna de andere kant.

En vervolgens:

R16	= 6,65K	= BLAUW/BLAUW/GROEN/ZILVER/BRUIN
R17	= 6,65K	= BLAUW/BLAUW/GROEN/ZILVER/BRUIN
R18	= 3K3 - 1W 10%	= ORANJE/ORANJE/ROOD/ZILVER
R19	= 604	= BLAUW/ZWART/GEEL/ZWART/BRUIN
R20	= 402	= GEEL/ZWART/ROOD/ZWART/BRUIN

tenslotte de laatste zes:

R22	= 10 - 1W 10%	= BRUIN/ZWART/ZWART/ZILVER
R30	= 10K	= BRUIN/ZWART/ZWART/ROOD/BRUIN
R31	= 100K	= BRUIN/ZWART/ZWART/ORANJE/BRUIN
R32	= 100K	= BRUIN/ZWART/ZWART/ORANJE/BRUIN
R33	= 1K8 - 1W 10%	= BRUIN/GRIJS/ZWART/ROOD/ZILVER
R34	= 1K8 - 1W 10%	= BRUIN/GRIJS/ZWART/ROOD/ZILVER

De 1 Watt weerstanden zijn koolweerstanden met een tolerantie van 10% (zilver) of 5% (goud). U kunt beter me- taalfilmweerstanden gebruiken met een kleinere tolerantie. Helaas zijn die weerstanden (metaalfilm 1 Watt) vaak moeilijk te verkrijgen. Ook bij de koolweerstanden mag de tolerantie kleiner zijn.

Nu zitten voor één kanaal de weerstanden op de print. Controleer uw soldeerverbindingen goed. Een goede soldeerverbinding glanst. Een slechte soldeerverbinding ziet er matgrijs uit. Wanneer u een matgrijze soldeerverbinding ziet, kunt u het beste nog een keer de soldeerbout er tegenaan houden en een klein beetje soldeer toevoegen.

Volg deze hele procedure nogmaals voor het tweede kanaal. Monteren in groepjes van vijf; eerst knippen, dan solderen!

Halfgeleiders

Halfgeleiders zijn transistoren en diodes. Wanneer er meer dan één halfgeleider in een behuizing zit, noemen we dit een geïntegreerde schakeling of kortweg IC (uit het Engels van Integrated Circuit). Zo'n IC kan allerlei schakelingen bevatten bijv. geheugens, elektronische schakelaars of computerschakelingen.

Een aparte categorie IC's zijn de operationele versterkers, beter bekend als OPAMP's (uit het Engels van Operational AMPLifier). Transistoren en OPAMP's zijn actieve elementen in een versterker. Ze doen iets met het signaal (bijv. versterken). Weerstanden en condensatoren zijn passieve elementen. Met de passieve elementen kun je eigenschappen van de actieve elementen veranderen en aanpassen aan de gewenste situatie.

Allereerst wordt het IC-voetje gemonteerd. Aan één kant van het voetje zit een uitsparing. Op de printplaatopdruk zit ook een uitsparing. Het voetje moet zodanig gemonteerd worden dat de beide uitsparingen aan dezelfde kant zitten. Op het IC zit namelijk ook een uitsparing. Wanneer het voetje op de juiste manier wordt gemonteerd komt u later ook niet in de problemen met de vraag hoe het IC in het voetje hoort. Alle uitsparingen in dezelfde richting!!

Het IC mag niet in het voetje worden gezet voordat het voetje is vastgesoldeerd. Het IC wordt pas later in het voetje geplaatst, omdat tijdens het solderen het IC te warm wordt en stuk raakt.

Steek de pootjes van het IC-voetje door de print en soldeer eerst één voetje vast. Bekijk of het plastic van het voetje tegen de print aankomt en soldeer daarna pas de andere pootjes vast.

IC1 = TL 071

Dit IC wordt pas op het laatst in het voetje geplaatst. We gaan nu verder met de zenerdioden D5 en D6, D7 en D10. Dit zijn zeer dunne buisjes met twee draadjes en aan één zijde een zwarte ring. Deze ring moet aan dezelfde kant komen als de streep in het symbool zoals dat wordt aangegeven op de printplaatopdruk. Ook hier weer voorbuigen, insteken en de pootjes een beetje uitbuigen zodat de diode niet uit de print valt. Eén pootje afknippen en vast solderen en daarna de andere poot.

D5	= 16 V - 1,3 W
D6	= 16 V - 1,3 W
D7	= 12 V - 400 mW
D10	= 12 V - 400 mW

Nu doen we de andere dioden op precies dezelfde manier als de zenerdioden. Let weer op het streepje op de diode en de print. Deze moeten ook hier aan dezelfde kant zitten.

D1	= 1N825A
D2	= 1N825A
D3	= 1N4148
D4	= 1N4148
D8	= 1N4148
D9	= 1N4148

Condensatoren

We gaan nu de condensatoren aanbrengen op de print. De waarde van een condensator wordt aangegeven in microFarad (uF), nanoFarad (nF) of picoFarad (pF). De opdruk kan per fabrikant anders zijn en verwarring geven, bijv. 1000 nF is hetzelfde als 1 uF en 1000 pF is hetzelfde als 1 nF of 0,001 uF

Ook de condensatoren worden in groepjes van vijf op de print bevestigd. Sommige condensatoren staan rechtop. Dit noemen we de axiale stand. Wanneer dit zo is, wordt dit vermeld.

Ook hier geldt: **EERST KNIPPEN EN DAN SOLDEREN**

De styroflexcondensatoren zijn zilverkleurige rolletjes met dunne draadjes. U mag daar niet te lang aan solderen. Steek de condensatoren in de printplaat, buig de pootjes naar buiten en soldeer steeds één draadje vast, zodat de condensator niet te heet wordt.

De elektrolytische condensatoren (elco's) zijn gepolariseerd. Dit wil zeggen dat er een plus (+) en een min (-) kant aan zit. Op de opdruk van de printplaat is dit ook aangegeven. Let dus goed op dat u de condensatoren goed monteert anders zullen ze heuse (stinkende) rooksignalen uit uw versterker doen optrekken. Let ook op de isolatiespanning van de elco's. Soms worden elco's geleverd met een hogere isolatiespanning dan nodig. Dit is niet erg (integendeel!!). Elco's met een te lage isolatiespanning zullen echter vroegtijdig de geest geven. Dit doen zij met een (kleine) explosie.

Soldeer de condensatoren op dezelfde manier als de weerstanden vast. Dus beide pootjes insteken en uitbuigen. Dan één draadje afknippen en solderen, daarna het tweede draadje.

- C1 = 1 nF styroflex axiaal
- C2 = optioneel nog niet monteren
- C3 = optioneel nog niet monteren
- C4 = 1,5 uF MKP - 160 V
- C5 = 10 uF - 400 V axiaal (fabrikaat SOLEN of CHATEAUROUX)

Ook hier zijn in het laatste ontwerp (zoals u voor u hebt liggen) enkele veranderingen aangebracht en wat condensatoren weggelaten om de versterker te optimaliseren. De oude nummering is echter wel gehandhaafd.

- C10 = 470 nF FKP - 400 V
- C11 = 1 uF FKP - 400 V
- C12 = 68 nF 125 V Styroflex
- C13 = 68 nF 125 V Styroflex
- C14 = 1 uF FKP - 400 V

En de volgende vijf:

- C15 = 470 nF FKP - 400 V
- C16 = 10.000 uF - 10 V standaard drie-pins behuizing
- C17 = 10.000 uF - 10 V standaard drie-pins behuizing
- C18 = 100 nF MKS - 100 V
- C30 = 0,68 uF - 63 V MKP of MKS

Controleer de kwaliteit van de soldeerverbindingen goed!

Nu verder:

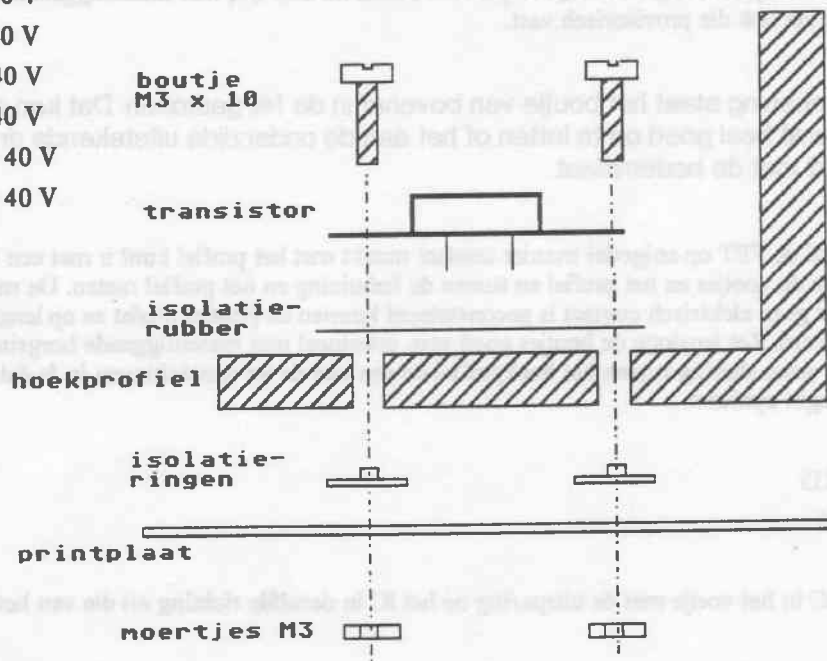
- C31 = 0,047 uF - 63 V MKP of MKS
- C32 = 0,68 uF - 100 V MKP of MKS
- C33 = 0,68 uF - 100 V MKP of MKS
- C34 = 100 uF - 40 V
- C35 = 100 uF - 40 V

Indien leverbaar gebruik dan liever MKP, bijvoorbeeld van WIMA. Die condensatoren kosten iets meer dan MKS maar het komt de geluidskwaliteit ten goede.

- C40 = 10 uF - 40 V
- C41 = 10 uF - 40 V
- C42 = 0,47 uF - MKS - 100 V
- C43 = 0,47 uF - MKS - 100 V
- C44 = 0,68 uF MKS - 100 V

En weer: goed controleren!

- C45 = 0,68 uF MKS - 100 V
- C46 = 68 nF - 100 V
- C47 = 68 nF - 100 V
- C48 = 100 uF - 40 V
- C49 = 100 uF - 40 V
- C50 = 470 uF - 40 V
- C51 = 470 uF - 40 V
- C52 = 2200 uF - 40 V
- C53 = 2200 uF - 40 V



Nu moeten alleen nog de versterkende elementen worden aangebracht. Omdat de FET's gekoeld moeten worden is het noodzakelijk op de print een hoekprofiel te monteren. Hierbij gaan we als volgt te werk. In het hoekprofiel komen per FET vier gaten. (Als het goed is had u dat al gedaan!) Twee gaten voor de pootjes waarmee de FET wordt vastgezet en twee voor de pootjes van de FET. Het is heel belangrijk dat de FET en het hoekprofiel GEEN elektrisch contact maken!!! In de figuur hierboven staat aangegeven hoe de FET's gemonteerd dienen te worden.

Boor ook de bevestigingsgaten op de zijflens van het hoekprofiel waarmee het hoekprofiel tegen de koeler bevestigd wordt. Zorg er voor dat deze gaten **tussen** de ribben van het koelprofiel vallen. Boor meteen ook de gaten in het koelprofiel. Indien u over draadtapgereedschap beschikt is het nuttig om de gaten in het koelprofiel te tapen voor M4 draad. Bepaal met behulp van de printplaat én het hoekprofiel waar de gaten in het koelprofiel moeten komen. De onderzijde van het koelprofiel dient 10 mm onder de koelplaat uit te steken.

Voorzie de onderzijde van het koelprofiel van twee gaten M3 x 15 of, liever nog, M4 x 15. Deze laatste gaten dienen om het koelprofiel op de bodemplaat te bevestigen.

FET-montage op hoekprofiel

De gaten voor de pootjes mogen ruim worden genomen om geen contact te maken. De gaten voor de boutjes moeten even groot zijn als de isolatiebusjes. De gaten op het profiel dienen overeen te komen met de gaten op de print. Het bepalen van de juiste plaats voor de boorgaten doen we door het hoekprofiel op de print te leggen en met een vulpotlood (o.i.d.) door de gaatjes in de print de boorgaten op het hoekprofiel af te tekenen.

Zorg ervoor dat aan de boorgaten **GEEN** bramen zitten die eventueel door het isolatie plaatje kunnen steken. Later bij het inschakelen van de versterker kan dat het vroegtijdige einde van de FET betekenen (van +/- f1 15, - per stuk). De bramen haal je eenvoudig weg door met een grote boor (met de hand) een paar keer stevig door de gaten te draaien.

Leg nu het voorgeboorde profiel (zonder bramen) met de opstaande rand naar boven. Op het hoekprofiel komt eerst een grijs isolatieplaatje, voordat de FET wordt aangebracht. Plaats de FET Q1 (=2SK135) nu zodanig dat de dunne pootjes door de kleinere gaten steken. Steek een boutje M3 x 10mm van onderaf (dus aan de koperzijde) door een bevestigingsgat voor Q1. Schuif aan de bovenzijde van de printplaat een omgekeerd busje op het boutje. Doe zo ook met het tweede bevestigingsgat voor Q1 én de twee gaten voor Q2. Leg de printplaat op een harde ondergrond, zodanig dat de boutjes er niet uitvallen. Plaats nu het koelprofiel met fet op de printplaat. De kraagjes van de isolatiebusjes steken nu **in** het hoekprofiel en maken daarmee geen elektrisch contact. Draai nu twee moertjes M3 op de boutjes voor Q1 losjes vast. Plaats nu ook Q2, met tussenliggende isolatie op het hoekprofiel en zet ook die provisorisch vast.

N.B. Op de tekening staat het boutje van bovenaf in de fet gestoken. Dat kan ook maar dan dient u achteraf heel goed op te letten of het aan de onderzijde uitstekende draadeindje geen sluiting maakt met de bodemplaat.

Om te kijken of de FET op enigerlei manier contact maakt met het profiel kunt u met een Ohmmeter (stand x 10 Ohm) tussen de pootjes en het profiel en tussen de behuizing en het profiel meten. De meter mag niet uitslaan. Als er geen elektrisch contact is geconstateerd kunnen de pootjes (nadat ze op lengte zijn geknipt) worden vastgesoldeerd. Zet tenslotte de boutjes goed vast, eventueel met tussenliggende borging, en meet nogmaals na of er geen sluiting tussen het hoekprofiel en een van de fet-aansluitingen is. Is dat wel zo demonteer dan alles en begin opnieuw.

Q1 = 2SK135

Q2 = 2SJ50

Plaats nu het IC in het voetje met de uitsparing op het IC in dezelfde richting als die van het voetje.

Buis E88CC

Het buisje plaatsen we pas op het laatst. Eerst moet de buisvoet worden vastgesoldeerd. Deze kan maar op één manier worden geplaatst. Ook de buis past op slechts één manier in het voetje zodat dit nooit problemen kan veroorzaken. Plaats de buisvoet in de print en soldeer deze vast op de zelfde wijze als alle andere componenten.

Dit waren alle onderdelen van één mono eindversterkerprint. Werk de andere eindversterkerprint op precies dezelfde manier af als in de bouwbeschrijving staat aangegeven en ook deze zal perfect werken.

Monteer tenslotte de eindversterkerprints tegen de koelers.

Print van de voeding

Dit is een heel eenvoudige printplaat. Om te beginnen moeten de 12 printpennen met een hamertje worden ingetikt en vastgesoldeerd.

Hierna monteren we de weerstanden op dezelfde manier als op de eindversterkerprint.

Dus: pootjes ombuigen, insteken, uitbuigen, één pootje afknippen en vast solderen, daarna pas het andere pootje afknippen en vast solderen.

- R1 = 10 - 1W 10%
- R2 = 5K6 - 5W 10%
- R3 = 5K6 - 5W 10%
- R4 = 5K6 - 5W 10%
- R5 = 5K6 - 5W 10%
- R6 = 8,2 - 5W 10%

Dit zijn, behalve R1, allemaal draadgewonden weerstanden. Daar staat geen kleurcode op. De waarde in Ohms is opgedrukt.

Monteer weerstand R6 niet direct tegen de printplaat, maar laat de pootjes op lengte en steek ze slechts 2 mm door de print. Sodeer ze dan vast. Dit is gedaan omdat nogal wat vermogen in deze weerstand wordt gedissipeerd waardoor hij warm wordt. Zou u hem tegen de print aan monteren, dan zou de printplaat onder de weerstand zwart kunnen worden (dat stinkt!) en eventueel beschadigen.

Vervolgens worden de gelijkrichtdioden geplaatst. Let er hierbij weer op dat het streepje op de dioden in dezelfde richting staat als het streepje op de printplaatdruk. Deze dioden moeten minimaal 3 A nominaal kunnen verdragen.

- D1 = 400 V - 1 A Schottky (of 1N4007)
- D2 = idem
- D3 = idem
- D4 = idem

Zo ook de overige dioden

- D5 = 100 V - 3 A
- D6 = idem
- D7 = idem
- D8 = idem

condensatoren

Monteer ook de condensatoren van de voeding op dezelfde wijze als op de eindversterkerprints.

- C1 = 0,01 uF - 400 V MKP
- C2 = 0,01 uF - 400 V MKP
- C3 = 0,01 uF - 400 V MKP
- C4 = 0,01 uF - 400 V MKP

Nu worden de elektrolytische condensatoren gemonteerd. Dit zijn elco's met een waarde van 33 uF - 350 V. Let op dat ook de kant van de + overeenkomt met de + op de printplaatopdruk. Steek de elco's in de printplaat en buig de pootjes naar buiten. Knip van elke condensator één pootje vast en soldeer dit vast. Idem voor het andere pootje.

C5 = 33 uF - 350 V

C6 = 33 uF - 350 V

C7 = 33 uF - 350 V

Ook de volgende elco's volgens hetzelfde recept...

C8 = 2200 uF - 50 V

C9 = 2200 uF - 50 V

C10 = 0,22 uF MKS - 100 V

C11 = 47 uF - 63 V

C12 = 47 uF - 63 V

C13 = 0,01 uF - 100 V MKP

C14 = 0,01 uF - 100 V MKP

Spanningsstabilisatoren

De laatste stap is het monteren van de spanningsstabilisatoren T1 en T2, beide van het type 7806. Ze dienen op een koelprofieltje te worden gemonteerd. Deze profielen zijn standaard in de handel verkrijgbaar. Schroef met een boutje en moertje M3 de metalen achterkant tegen het koelprofiel. Steek de pootjes zo in de print dat de metalen achterkant van de 7806 in dezelfde richting staat als de witte balk op de printplaatopdruk. Knip weer de pootjes op 2 mm af en soldeer ze vast. Doe dit ook met de andere stabilisator.

T1 = LM7806 (1A type met koelplaatje)

T2 = LM7806 (1A type met koelplaatje)

Nu is deze print ook klaar. Controleer de soldeerverbindingen op eventuele fouten. Een glimmende verbinding is goed.

Kastmontage 1e fase

De versterker kan in een handelsmodel instrumentkast gemonteerd worden. Een alternatief is het toepassen van zogenaamd **Handytube**. Dat is een vierkante pijp profiel van aluminium dat geleverd wordt met een zijflens voor plaatbevestiging. Bij het Handytube systeem zijn hoekverbindingen verkrijgbaar, die de montage zeer gemakkelijk maken.

Bij gebruik van Handytube dient de onderplaat uit twee stukken aluminium vervaardigd te worden. Eén deel dient voor de bevestiging van de eindversterkers met koelers en het tweede deel voor de voeding. Tussen beide delen wordt een spleet opengelaten ter breedte van de uitstekende "vingers" van de koeler. Op die wijze krijgt de koeler maximale luchttoevoer waardoor de temperatuur binnen de perken blijft. De Handytube kast wordt verder voorzien van aluminium beplating rondom. Neem voor de bodem, voor- en achterplaat 3 mm aluminium en voor de zijplaten 1,5 mm. De bovenzijde wordt afgedicht met geperforeerd aluminium.

Handytube is verkrijgbaar bij de firma MIKO annex De Metaalwinkel in Den Haag, Alphen aan de Rijn, Deventer, Rotterdam en Tilburg.

Bij gebruik van een bestaande kast dient deze op de plaats waar de koelers komen "geperforeerd" te worden met een aantal grote gaten. Dat moet ook in de deksel gebeuren, zowel boven de koelers als boven de buizen.

Voeding stroomversterker A-25

Deze voeding dient voor beide kanalen op dezelfde wijze gemonteerd te worden. Nu wordt de montage van één kanaal beschreven.

Gezien de omvang van de bekerelco's worden deze niet op de printplaat gemonteerd, maar op de bodemplaat van de kast. Hiervoor zijn in de handel speciale beugels beschikbaar. Eventueel kunnen de elco's ook met montagekit worden vastgeplakt. De behuizing (buitenkant) van de elco's mag geen elektrisch contact met de kast maken. Meet dat na met een Ohm-meter. Bedraad de voeding volgens het schema. Gebruik hiervoor gewoon VD 2,5 mm² elektriciteitsdraad (zit ook bij u thuis in de muur) wat zelfs bij de HEMA te koop is. Dit geeft het beste resultaat.

Boor voor de ringkerntrafo's een gat in de bodemplaat, zo ver mogelijk van de eindversterkerprints af, zodat de magnetische velden van de trafo's de schakeling zo min mogelijk beïnvloeden. De opstelling zoals in het schema levert het beste resultaat op. De koelblokken van de eindversterkers sluiten de magnetische velden kort, zodat de invloed op de schakeling afneemt.

Kastmontage 2e fase

Plaats nu eerst de eindversterkerprints in de kast. Daarbij komen de koelers aan de achterzijde (boven de sleuf respectievelijk de koelgaten in de bodemplaat) en de ingang zo dicht mogelijk bij de voorzijde.

De voorzijde van de print wordt op afstand gehouden met twee afstandsbusjes van 10 mm en vastgezet met twee boutjes en moertjes M3 x 15 mm.

Bevestig nu ook de hoogspanningstrafo tussen de eerder gemonteerde ringkerntrafo's. Monteer hierna de voedingsprint met behulp van 4 afstandsbusjes en plaats ook de extra 10.000 uF elco voor de afvlakking van de gloeispanning.

Monteer ook de bruggeleijkrichters voor de laagspanning op de bodemplaat door middel van M4 bouten en moeren.

Maak tenslotte een 3,5 mm gaatje in het midden van de bodemplaat en bevestig daar met een 3 mm boutje een aantal soldeerlippen. Dat wordt het centrale aardpunt.

Maak in de achterplaat 4 gaten voor de luidsprekerbussen en monteer die. Zorg ervoor dat die bussen geen sluiting met de kast maken (Meten: Ohmmeting).

Maak in de frontplaat twee gaten voor de cinch-ingangen en monteer daar de cinch-chassisdelen. Het is geen absolute noodzaak, maar het is gewenst ook de cinchaansluitingen te isoleren. Er zijn geïsoleerde cinchbusjes verkrijgbaar.

Bedrading

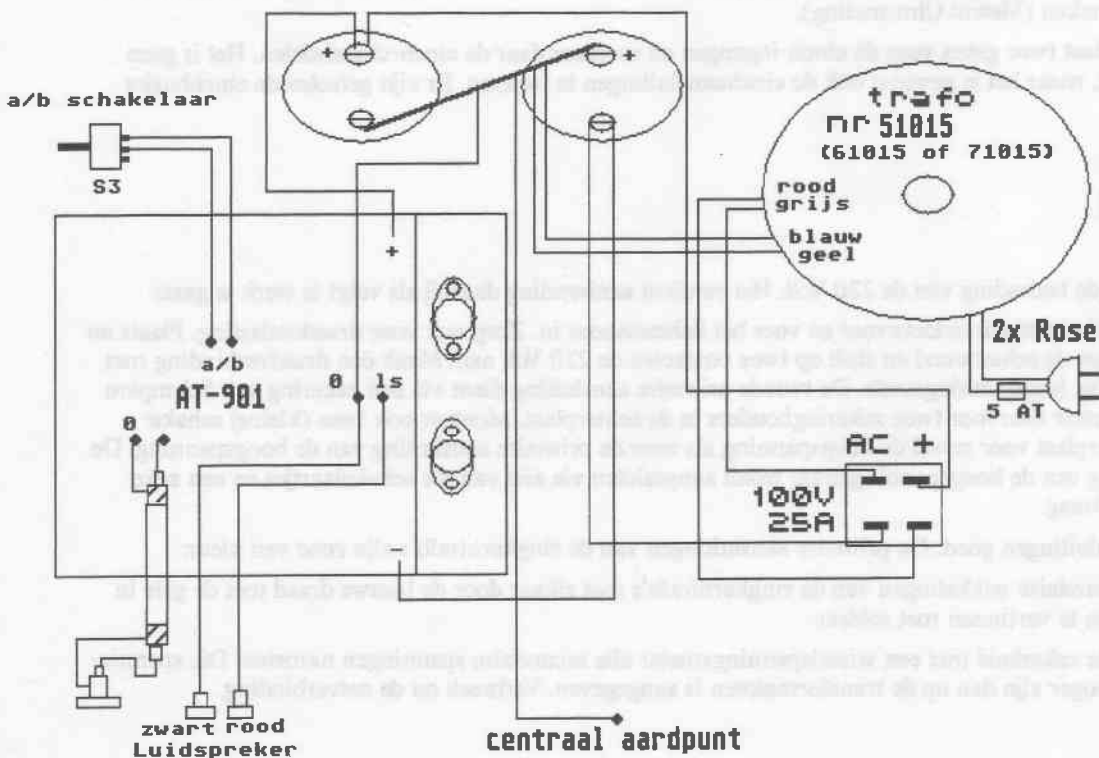
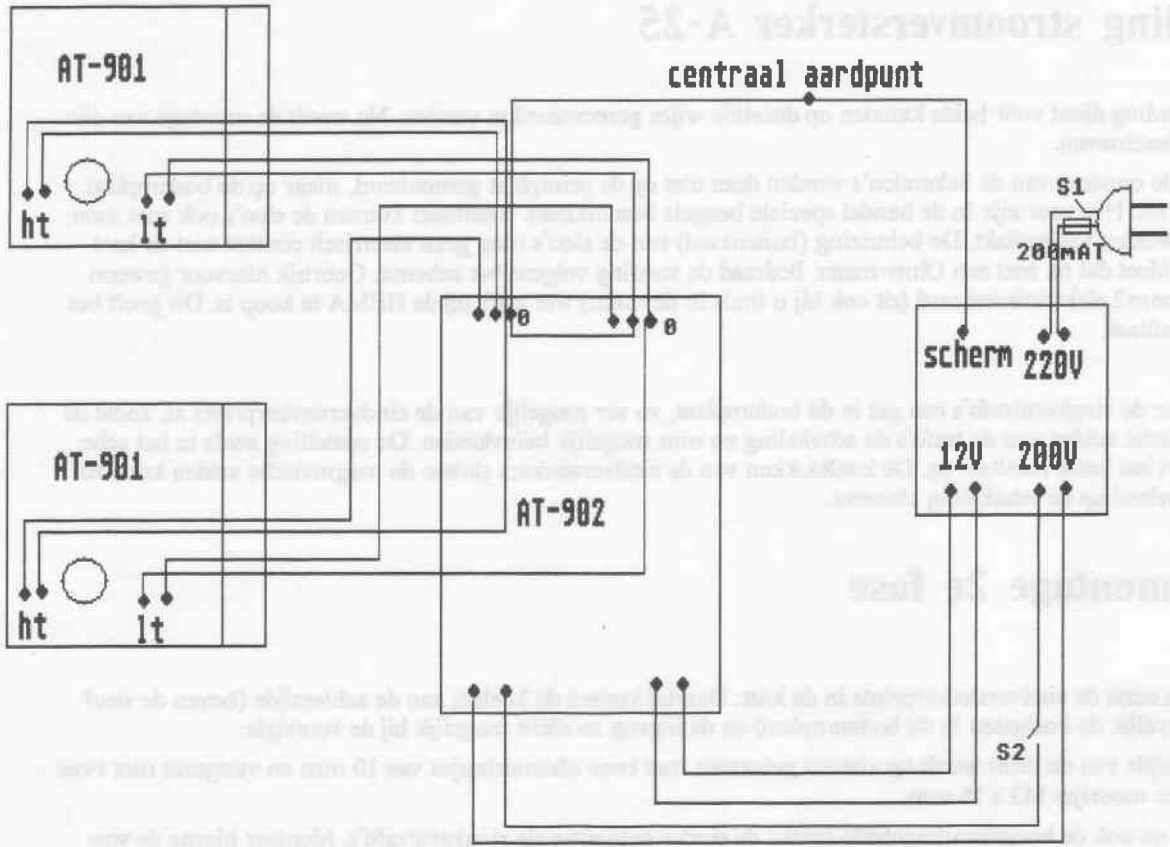
We beginnen met de bedrading van de 220 Volt. Het verdient aanbeveling daarbij als volgt te werk te gaan:

Neem een goed geïsoleerde draaddoorvoer en voer het lichtnetsnoer in. Zorg ook voor draadontlasting. Plaats nu een kroonstrip tegen de achterwand en sluit op twee contacten de 220 Volt aan. Maak één draadverbinding met de primaire van elke laagspanningstrafo. De tweede primaire aansluiting dient via een zekering van 5 Ampère traag te gaan. Monteer daarvoor twee zekeringhouders in de achterplaat. Monteer ook twee (kleine) schakelaartjes in de achterplaat voor zowel de hoogspanning als voor de primaire aansluiting van de hoogspanning. De primaire wikkeling van de hoogspanningstrafo wordt aangesloten via één van die schakelaartjes en een zekering van 200 mA traag.

Controleer de aansluitingen goed. De primaire aansluitingen van de ringkerntrafo's zijn rose van kleur.

Verbindt nu de secundaire wikkelingen van de ringkerntrafo's met elkaar door de blauwe draad met de gele in elkaar te draaien en te vertinnen met soldeer.

U kunt nu voor alle zekerheid met een wisselspanningsmeter alle secundaire spanningen nameten. Die spanningen kunnen 10% hoger zijn dan op de transformatoren is aangegeven. Verbreek nu de netverbinding.



Verbind de rode en grijze aansluitdraden van de ringkerntrafo's met de wisselspanningsaansluiting van de bruggelijkrichters. Het is wenselijk hiervoor een zware soldeerbout te gebruiken. Maak met dik draad (2,5 mm VD-draad) een verbinding tussen de plusaansluiting van een laagspanningsselco met de minaanluiting van de tweede. De middenaftakking van de ringkerntrafo (de in elkaar gedraaide blauwe en gele draad) wordt nu verbonden met het midden van de laatste draad tussen de twee elco's. Maak een verbinding met massief draad vanaf ditzelfde punt naar het centrale aardpunt. Verbindt de overblijvende plus van de ene elco met de plus van de bruggelijkrichter en doe idem met de min. Herhaal dit voor het tweede kanaal.

Verbindt vervolgens de 200 Volt aansluitingen van de hoogspanningstrafo met de 200 V pinpennen op AT-902. Verbindt de 12 Volt aansluitingen met de 12 Volt aansluitingen op dezelfde printplaat. Verbindt het statische scherm van de hoogspanningstrafo met het centrale aardpunt. Maak een korte verbinding tussen de 0 van de hoogspanning op AT-901 met het dichtstbijzijnde punt GS op diezelfde print. Verbindt de 0 van de hoogspanning door middel van massieve draad met het centrale aardpunt.

Metten

Verbindt het 220 Volt netsnoer met het lichtnet. Ga nu alle gelijkgerichte spanningen controleren. Op de grote laagspanningsselco's dient een spanning aanwezig te zijn van + en -33 à 35 Volt. De hoogspanning dient tussen 300 en 350 Volt te bedragen en de aansluitingen GS dienen 6 Volt te zijn ten opzichte van de naastliggende 0 op de printplaat.

Verbreek de 220 Volt en ontlad alle elco's met een weerstand (100 kOhm voor de hoogspanning en 10 kOhm voor de laagspanning).

Maak nu de verbindingen voor de laagspanning met de eindversterkers. Vanaf de elco's gaan drie draden naar de printplaat. De middenaansluiting (die ook aan het centrale aardpunt zit) gaat naar een printpen naast R32. De +aansluiting van de elco die met de bruggelijkrichter is verbonden wordt verbonden met Vcc+ op de print.

De -aansluiting idem met Vcc- op de print.

Maak twee verbindingen vanaf de printplaat met de luidsprekerbussen op de achterwand. De +aansluiting komt naast R22 en de -aansluiting naast R32.

Verbindt nu de punten GL+ en GL- met de punten 0 en GS op de voedingsprint.

Verbindt het punt HSP- op AT-901 met de 0 van de hoogspanning op AT-902. Verbindt HSP+ op AT-901 via het overgebleven schakelaartje op de achterzijde met de HS+ op AT-902.

Naast de muzieksleutel op AT-901 zijn de ingangsaansluitingen geplaatst. Gebruik een goede afgeschermd kabel om deze punten met het cinch-chassisdeel te verbinden. De IN+ komt aan de binnenader en de IN- aan de afschermmantel van die kabel.

Indien geïsoleerde cinchbussen zijn toegepast dient er nog een extra draad te worden aangebracht vanaf IN- naar het centrale aardpunt.

N.B. S1 en S2 zijn nog niet aangesloten. Indien gewenst kan de versterker via die punten in klasse-B geschakeld worden. Monteer daartoe een dubbel aan-uit schakelaartje op de frontplaat en maak naar elke schakelaarhelft twee verbindingen vanaf die punten. Meet met de Ohmmeter de aansluitingen van de schakelaar op. Verwissel in elk geval niet de linker- met de rechterhelft!

Eindcontrole

Tenslotte wordt de gehele bedrading goed nagekeken. Als u er zeker van bent dat er geen fouten gemaakt zijn wordt de 220 Volt weer aangesloten (zonder luidsprekers!). Wacht tot de buisjes opgluizen en meet opnieuw alle spanningen ten opzichte van het centrale aardpunt ofwel de behuizing. De punten Vcc+ en Vcc- op AT-901 zijn nog steeds + en -33 Volt. De hoogspanning op de print bij HSP+ moet nu 200 Volt of minder bedragen (iedere spanning tussen 180 Volt en 200 Volt is goed). De gloeispanning op het punt GL- dient -6 Volt te zijn. Tussen de contacten van de A/B-schakelaar dient in klasse-B 0 Volt aanwezig te zijn.

Meet vervolgens de gelijkspanning op de luidsprekerklemmen. Die mag maximaal + of -10 mV bedragen (met kortgesloten ingang). Als alles goed is kan de versterker uitgeschakeld worden. Schakel daartoe eerst S2 uit (de hoogspanning) en 1 minuut later S1. Tenslotte kan de 220 Volt verbroken worden.

Inschakelen

Indien de versterker **GEHEEL UIT** staat dient u de volgende volgorde aan te houden:

1. verbindt het lichtnet
2. schakel de gloeidraad in (S1)
3. schakel na 1 minuut de hoogspanning in (S2)
4. verbindt de luidsprekers met de versterker

De stand van de A/B-schakelaar maakt niet uit.

Uitschakelen

We gaan daarbij in omgekeerde volgorde te werk:

1. verbreek de verbinding met de luidsprekers
2. schakel de hoogspanning uit (S2)
3. schakel na 1 minuut de gloeidraad uit (S1)
4. verbreek de lichtnet aansluiting

Deze schakelvolgorden zijn belangrijk. Indien alles tegelijkertijd wordt ingeschakeld gaat dat ten koste van de levensduur van de buis. Ook geeft de versterker een grote spanningsprong af aan de luidspreker bij het in- en uitschakelen van de hoogspanning.

Een alternatief is de versterker altijd aan te laten staan. Ook dat gaat echter ten koste van de levensduur van de buis. **DIT IS NIET WAAR**

Gebruik

De A-25 klinkt pas optimaal wanneer deze enkele weken aanstaat. U kunt de versterker daartoe in Klasse-B laten staan. De versterker wordt dan niet zo warm en de elektriciteitsrekening valt dan ook weer mee. Voordat de versterker gebruikt wordt moet hij eerst een uurtje in klasse-A staan, voor het beste resultaat. De kast wordt dan warm en de schakeling gebruikt meer stroom dan noodzakelijk voor het uitgangsvermogen.

Plaats de kast op een plaats waar goede luchtdoorlaat is aan boven- en onderzijde van de versterker. Indien er niet genoeg luchtdoorlaat is, wordt de levensduur van de versterker bekort.

Wij bevelen aan, de versterker ook als deze niet gebruikt wordt aan te laten staan. Hij klinkt dan altijd optimaal.

Indien u niet om de paar jaar de buis wilt vervangen dient deze wel uitgeschakeld te worden. Dat verlengt de levensduur. Vandaar dat er twee extra schakelaars op zitten. Normalerweise wordt de laagspanning voor de fet's nooit uitgeschakeld.

Na langdurig uitschakelen (bijv. tijdens vakanties) heeft de versterker tenminste één dag nodig om weer optimaal te functioneren.

Specificaties (bij 300 VA voedingstrafo)

Pout aan 8 Ohm	36 Watt
Pout-piek aan 8 Ohm	45 Watt
Pout aan 4 Ohm	45 Watt
Pout aan 2 Ohm	40 Watt
Pout aan 1 Ohm	25 Watt
Frequentiebereik -1 dB	1 Hz - 45 kHz
idem -3 dB	0,3 Hz - 60 kHz
S/N t.o.v. 1 Watt	65 dB
THD + ruis	2%
Overshoot aan 8 Ohm//2 uF	6,6%
idem aan 2 Ohm//2 uF	20%
Slew Rate	4 V/us
Transfertime	2 us
Ingangsgevoeligheid	300 mV

Tot zover deze bouwbeschrijving. We wensen u veel succes met de bouw van de versterker en vooral veel luisterplezier!

Slot

Geen keten is sterker dan zijn zwakste schakel. Ook deze versterker laat veel horen van uw overige audio componenten. Zorg daarom voor goede kabels en pluggen. Maak uw pluggen ook regelmatig schoon met een goed reinigingsmiddel (bijv. KONTAK).

Ook wat er tussen de bron en de eindversterker zit speelt een grote rol in de geluidswaergave. Gebruik liefst zo weinig mogelijk elektronica. Een enkele goede potentiometer klinkt beter dan menige regelversterker. Een leuke (en goede) oplossing is ook de in Audio & Techniek nummer 15 beschreven MS-SWITCH. Dat is een zeer vervormingsarme regelversterker, want zonder actieve componenten.

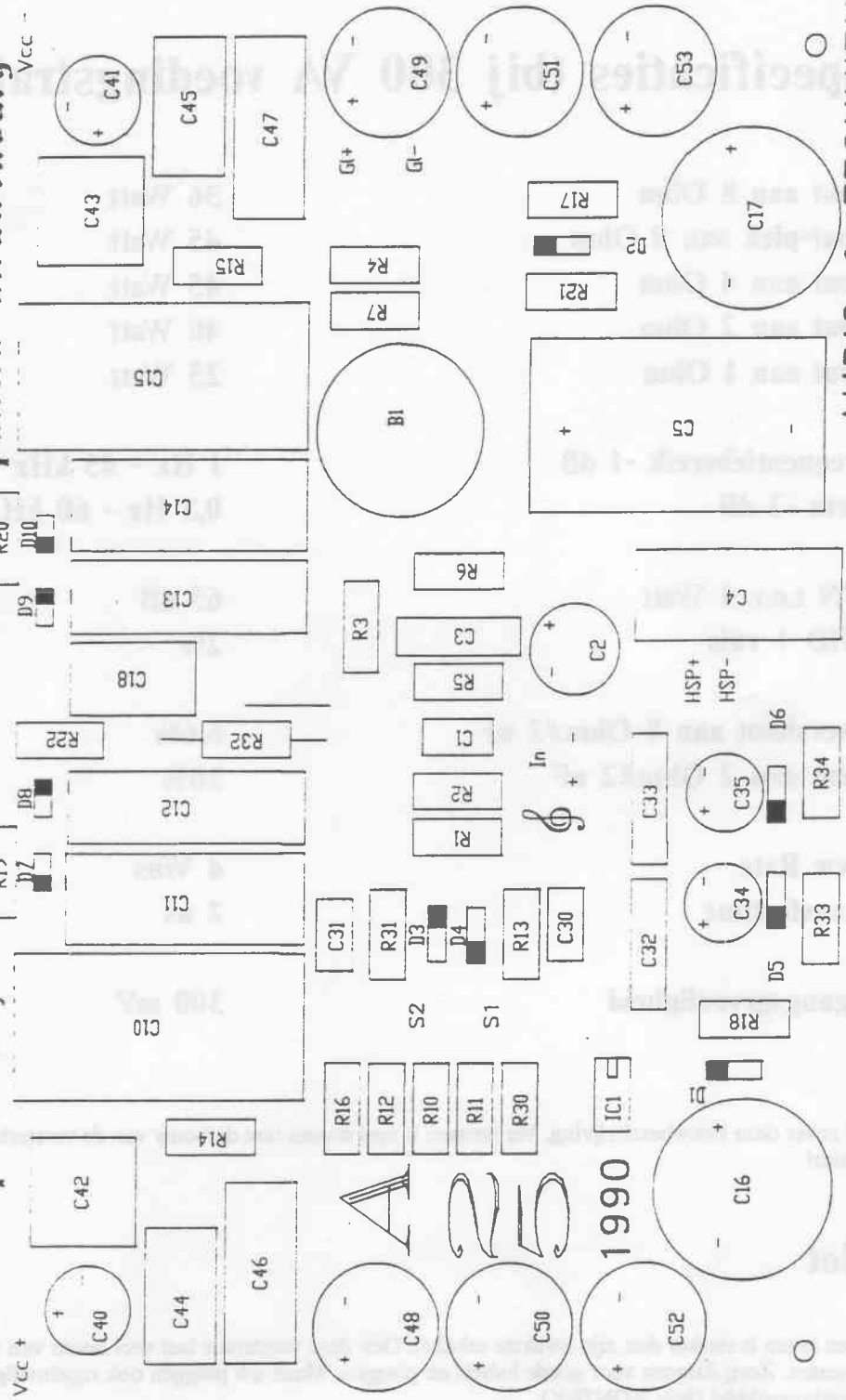
Indien u lange kabels gebruikt naar de eindversterker(s) toe dan is een regelversterker helaas noodzakelijk. Ook daarvoor heeft Audio & Techniek een aantal ontwerpen gemaakt die het beluisteren alleszins waard zijn.

AT 901



paul meijer

patrick nieuwenburg



AUDIO & TECHNIK

