

Hybride eindversterker A80 ; Audio & Techniek ; 60 Watt klasse A.

Ontworpen door John van der Sluis. Gebouwd door Jan Hermsen.

Geschiedenis.

In begin jaren 80 verscheen een nieuw tijdschrift op de markt genaamd Audio & Techniek. Dit tijdschrift was vernieuwend in vele opzichten. De inhoud bestond uit een mix van vrij diepgaande technisch beschouwingen op het gebied van audio-techniek en daarnaast zeer kritische besprekingen van nieuw audioapparatuur, zoals versterkers, CD spelers en luidsprekers. Mijn interesse was onmiddellijk gewekt. In de jaren daarna heb ik achtereenvolgens de MD-MC en lijnversterker, de M25 Ypsilon eindversterker met de BD66 en de BD67 darlington's, de A15 met de mosfets 2SJ50 en 2SK135 en tenslotte de A80 gebouwd.

De A80

In de tijdschriften A&T van 1988 en 1989 is de ontwikkeling van de A80 beschreven met al zijn technisch achtergronden. Een van de uitgangspunten, die voor mij doorslaggevend was bestond uit de wens die stelde dat er een versterker moest worden ontwikkeld, die betaalbaar was met gangbare onderdelen en van superieure kwaliteit. Deze versterker zou moeten kunnen wedijveren met in de markt verkrijgbare versterkers, die vele malen de bouwkosten van deze versterker te boven zouden gaan. Geschatte kosten van alle benodigde onderdelen indertijd samen ongeveer 1000 gulden per monoblok.

De uitgangspunten voor dit ontwerp zijn:

1. De versterker moet probleemloos iedere luidspreker aan kunnen sturen en liefst een constante spanning afgeven aan een variërende en complexe impedantie.
2. In de signaalweg, vooral van het buizendeel, moeten liefst geen koppelcondensatoren voorkomen.
3. Gezien de gevoeligheid van buizenschakelingen voor variaties van de voedingsspanning dient deze zo schoon mogelijk te zijn.

De schakeling

Het schema is enigszins complex geworden. Van links naar rechts ziet U achtereenvolgens de spanningsversterker met 4 trioden, 2 IC's voor de drempel-instelling van de power mosfet's, 8 koppelcondensatoren en 8 mosfet's (2SJ50 en 2SK135 Hitachi). Vanaf de uitgang gaat een signaal naar het onderste IC in de schakeling. Dit laatste IC regelt de offsetspanning aan de uitgang bij. Bovenin is de stabilisatie van de hoogspanning voor de buizen te zien. Tenslotte is links onderaan nog de voeding van de gloeidraden afgebeeld. De stippellijnen geven aan dat de schakeling op twee prints is opgebouwd. De spanningsversterker is universeel en dezelfde printplaat kan ook als lijntrap resp. regelversterker toegepast worden. De print voor de stroomversterker is vrij groot geworden met 8 fet's op een rijtje. Er was ook een wat afgeslankte versie van met 4 fet's. Mijn A80 heeft 6 fets.

De ingangstrap

Aan de ingang is geen koppelcondensator toegepast. De versterker dient gestuurd te worden uit een bron die geen gelijkspanning afgeeft. De ingangsschakeling is voorzien van een RC-filter, waarmee de bandbreedte bepaald wordt. De interne bandbreedte en de maximale slew rate worden bepaald door de eigenschappen van de fet's. In de hier gegeven schakeling bedraagt die bandbreedte omstreeks 600 kHz. Het buizendeel heeft een grotere bandbreedte en haalt met gemak enkele MHz!

We dienen ervoor te zorgen dat het inkomende signaal zodanig gefilterd wordt dat er geen problemen in de elektronica ontstaan. Om het "slewen" van de eindtransistoren te voorkomen zou het voldoende zijn om het kantelpunt op 400 à 500 kHz te leggen. In de eerste proeffase is dat inderdaad gedaan en dat ging probleemloos. Ook met een belasting van 2 uF en 8 Ohm parallel. We kunnen nu twee mogelijke oorzaken van problemen zien:

1. In het licht van de elders besproken kwestie t.a.v. het CD-systeem kunnen we verwachten dat er CD-spelers bestaan die een forse hoogfrequent output hebben tussen 200 kHz en 2 MHz. We kunnen dit signaal zoveel mogelijk intact laten en doorgeven aan de luidspreker. We weten echter niet wat daar dan mee gebeurt.
2. We kennen niet alle soorten luidsprekers. Sommige luidsprekers kunnen, indien aangestuurd met een zeer snelle impuls, ongewenste energie teruggeven aan de versterker, die vervolgens aardig "in de war" kan raken.

Beide zaken zijn beperkt door het ingangskantelpunt laag te kiezen. Voorlopig was voor 200 kHz gekozen. Als er lager zou zijn gegaan zou dat fasedraaiing binnen het hoorbare gebied kunnen introduceren. Het stond de bouwer vrij om de condensatorwaarde van C1 te halveren en daarmee de bandbreedte te verdubbelen. Door mij is dat niet gedaan. Bovendien is de waarde in het uiteindelijke ontwerp juist verhoogd van 220 pF naar 330 pF.

De eerste triode bepaalt de versterkingsfactor en dus de gevoeligheid van de schakeling. Door de keus van het buistype kun je dat beïnvloeden. We hebben gekozen voor een ECC83 (in mijn geval de ECC803). Met deze populaire buis wordt de ingangsgoedigheid omstreeks 1 Volt voor 25 Volt aan de uitgang (versterking = gain = 25 x = 28 dB).

Het werkpunt van de onderste triode B1b wordt bepaald door de daarboven aangebrachte stroombron B1a. Deze schakeling is zeer betrouwbaar gebleken ook op de lange duur.

De tweede trap

Vanuit de kathode van B1a wordt het signaal DC naar het stuurrooster van B2a gevoerd. Aan de anode van B2a verschijnt het versterkte signaal. Via de condensatoren C2 en C3 wordt dat anode signaal naar de onderste triode B2b gevoerd. De anode van B2b zit aan de kathode van B2a waardoor een 100% tegenkoppeling ontstaat. B2 staat ingesteld op een anodestroom van 10 mA en dissipeert omstreeks 1,5 Watt. Door de tegenkoppeling en de grote anodestroom wordt de impedantie aan de uitgang zeer laag, voor wisselspanning minder dan 50 Ohm! Voor B2 is de keus op de E80CC of de 6FQ7 gevallen. In mijn versterker zit de E80CC.

Aan de uitgang van de spanningsversterker kunnen we een zwaai realiseren van 70 Vtt zonder noemenswaardige vervorming. Bij een grotere zwaai komen we in het kromme deel van de buizenkarakteristiek en neemt de vervorming duidelijk toe. Met een hogere voedingsspanning kan een hogere zwaai gerealiseerd worden. Dan is het echter wenselijk voor B2 een andere buis te kiezen in verband met de dan grotere dissipatie.

Voeding van de buizen

Het is wenselijk om een rimpelvrije voedingsspanning te hebben. Bovendien dient de voeding stabiel te zijn en de stromen van de twee buizen mogen elkaar niet beïnvloeden. We hebben deze zaak nogal rigoureuus aangepakt (hoewel niet zo rigoureuus als in de TOAS voorversterker). De hoogspanning komt uit een transformator met een 220 Volts wikkeling. Na gelijkrichting hebben we dan bijna 300 Volt DC. Voor afvlakking zijn uitsluitend polypropyleen condensatoren gebruikt van 100 uF 400V (SCR). Bovendien heb ik na tussen de eerste 100 uF en de tweede 100 uF een MEC 50 toegepast. Via R28, de zenerdiode D4 en de ladder R23 t/m R 27 wordt de basis van T3 op 275 Volt gebracht. Het nulpunt van de stabilisator IC3 wordt 260 Volt en op de uitgang van IC3 hebben we 263 Volt DC zonder rimpel en met een lage impedantie. Als optie kan de grote elco C17 (ik heb hier 2x 100 uF toegepast van SCR). Met deze eventuele elco kan bij het inschakelen bovendien de

hoogspanning vertraagd opgebouwd worden. Door mij is een inschakelvertraging gebruikt om de hoogspanning later in te schakelen. De voeding wordt vervolgens gesplitst in twee takken. Voor iedere buis een.

Die takken werken identiek, daarom wordt de eerste het eerst besproken (meest linkse in het schema). R16,D1,D2,R11 en R13 zorgen ervoor dat op de niet-inverterende ingang van IC1 een spanning wordt aangeboden van 243 Volt. Na het IC komt de emittervolger T1 en de uitgang wordt 100 % tegengekoppeld naar de inverterende ingang van het IC. De gelijkspanning wordt extra gefilterd door de condensatoren C10 en C8. Op deze wijze kunnen de twee buizen elkaar via de voeding niet beïnvloeden. Tenslotte wordt er per buis nog eens extra gefilterd met C4, C5 en C24.

De gloeidraden van de buizen worden elk apart gevoed door de stabilisatoren IC4 en IC5. Alle componenten zijn op een printplaat ondergebracht waardoor het geheel overzichtelijk blijft. De printplaat is enigszins afwijkend van de gebruikelijke soort. De buizen staan er op zijn kop in. Dat betekent dus dat de passieve componenten aan de onderzijde gemonteerd worden.

De stroomversterker

De fet's worden in klasse-A ingesteld, waardoor het "buisen-karakter" van de schakeling behouden blijft. Na de eerdere ervaringen met de A-10, A-15 en de A-20 is gekozen voor een stroom van 300 mA per fet. Met een koelrib van 400 mm breed en 100 mm hoog (0,4°C per Watt) blijft de temperatuur binnen redelijke grenzen. (De printplaat is ook 400 mm breed). De ruststroominstelling wordt bepaald door de referentiedioden D8 en D9. Die spanning wordt gebufferd met IC6 en IC7 en via R36 en R37 naar de gates van de fet's gevoerd. De offset spanning aan de uitgang wordt bij geregeld door IC8. De uitgangsspanning van IC8 is verbonden met de inverterende ingangen van IC6 en IC7.

De fet's worden extra beveiligd met de dioden D12 t/m D15. Dat was nodig omdat uit het buisendeel hogere spanningen kunnen komen dan de fet's kunnen verdragen.

Het signaal wordt aan de fet's toegevoerd via 4 parallel geschakelde condensatoren van verschillende waarden. Iedere fet heeft zijn individuele gateweerstand, en wordt uitgekoppeld via twee parallel geschakelde sourceweerstand van 0,1 Ohm. Aan de uitgang is een Zobel-netwerkje geplaatst om genereerverschijnselen als gevolg van terugwerking uit de luidspreker en de luidsprekerkabel te onderdrukken.

Voeding van de stroomversterker

De stroomversterker wordt gevoed uit een standaard ILP-transformator van 2 x 25 Volt. Die transformatoren zijn verkrijgbaar in verschillende vermogens. Een voor de hier gepresenteerde schakeling is een transformator van 300 VA bij gebruik van 6 fet's per kanaal gekozen. Het uitgangsvermogen is dan omstreeks 60 Watt aan 8 Ohm. De voedingscondensatoren worden navenant groot. Bij de 300 VA trafo is 2 x 33.000 uF en 1x 10.000 uF per kanaal toegepast met elco's van Vishay (33.000 uF 40V) en Nichicon audio elco's voor de 10.000 uF.

Deze A80's zijn door mij volledig gereviseerd in overleg met Sep Schiet. De eerste versie heeft probleemloos gedraaid tot 2015. Toen zijn de voedingselco's gaan lekken (Sprague 1x 30.000 en 1 x 50.000 uF. Met een enorme knal begaf een versterker het. Zowel de afvlakelco's als de overige elco's zijn nu vervangen. Het merendeel door hoog kwalitatieve Panasonic elco's.

Meetresultaat

In de eerste proefopstelling gebruikten we 4 fet's per kanaal en voedingstrafo's van 300 VA. De eerste metingen leverden de volgende resultaten op:

signal-noise-ratio bij 1 Watt = 79 dB

gevoeligheid 500 mV_{rms} voor 20 V_{rms} uit (50 Watt - 8 Ohm)

bij 700 mV_{rms} in neemt de vervorming toe tot 1%

Vervorming THD bij 1 Watt <0,1 %

Vervorming THD bij 10 Watt <0,3 %

Vervorming THD bij 50 Watt <0,6 %

Luisteren

De luistertesten bevestigden wat we eerder gesteld hebben, de versterker geeft een uitstekende controle van de lage tonen weergave. Het buizenkarakter is duidelijk aanwezig, het geluid klinkt heel open en los. Dat blijft ook zo bij de extremen van het frequentiegebied.

Het totale geluidsbeeld is diffuus en instrumenten en zangstemmen hebben "lucht" er omheen. Je kunt de solisten (bij goede opnamen) bijna de hand schudden. Kortom dit is de mooiste eindtrap die ik ooit gemaakt heb. De bouwprijs, hoewel niet gering, was alleszins gerechtvaardigd. Voorlopige evaluaties voor deze versterker in zijn eenvoudigste vorm leiden toentertijd tot een bouwprijs van omstreeks fl. 1.000,- stereo. Gezien de meer dan uitstekende kwaliteit leek dat geen probleem. Tot 2015 vormden deze twee monoblokken het hart van mijn installatie. Daarna volgde een verbouwing, waarin de versterkers ongeveer 6 maanden niet meer gebruikt werden. Bij het opnieuw opstarten heeft een van beide versterkers het begeven zoals al eerder vermeld. Intussen had ik ook nog de MUGEN uit Elektuur gebouwd. Deze versterker geeft een uitstekend geluidsbeeld echter niet zo mooi als de A80.

Na afbouw ga ik de A80 opnieuw beluisteren in mijn huidige keten.

Jan Hermsen; juni 2023