

werken (uitgaande van een maximale omgevingstemperatuur van 35 °C en een maximale toegestane koelplaattemperatuur van 75 °C). Op het moment dat we met dit ontwerp bezig waren, hartje zomer, waren er enkele dagen waarbij de temperatuur 's middags in het lab bijna 36 °C bedroeg. Die dagen hebben we gebruikt om de temperatuur van de koelplaten te meten als de versterker een hele dag aan had gestaan. Gewoonlijk zal de temperatuur in uw huiskamer zelden boven 30 °C stijgen, zodat de versterker altijd een veilige werkt temperatuur zal houden. Nu u weet hoe onze Optimum-A-instelling werkt, is het interessant om nog even wat te vertellen over het praktische nut van een echte klasse-A-versterker. Een klasse-A-versterker draait alleen maar in zijn klasse-A-bereik bij de gespecificeerde afsluitimpedantie, gewoonlijk 8 Ω. In een belasting van 4 en 2 Ω kan natuurlijk veel meer vermogen geleverd worden, maar dat is dan niet meer geheel in klasse A. Daarbij zitten we meteen bij een nadeel van klasse-A-versterkers dat nooit vermeld wordt maar wel degelijk een rol speelt: Bij een laagohmigere belasting gaat de eindtrap weer over naar klasse-AB-bedrijf. Aangezien bijna alle moderne luidsprekerboxen tegenwoordig een impedantie hebben die varieert tussen circa 4 en 10 Ω, is het voor een versterkerfabrikant eigenlijk ondoenlijk om een versterker te ontwerpen die bij al deze impedanties volledig in klasse A blijft werken. Het vermogen dat namelijk verstookt moet worden om een eindtrap ook bij 4 Ω helemaal in klasse A te laten draaien, is namelijk tweemaal zo groot als bij 8 Ω (het geleverde vermogen stijgt dan immers ook met een faktor twee als de voedingsspanning niet verandert). Een voor 8 Ω gedimensioneerde 25-W klasse-A stereo-versterker dissipeert in totaal dik 100 W, maar om deze versterker ook bij 4 Ω nog in klasse A te laten draaien zou de ruststroom zodanig moeten worden verhoogd dat er zo'n 200 W gedissipeerd wordt!

Waar het om gaat bij een hoogwaardige eindtrap, is dat deze een flink vermogen in klasse A kan leveren (laten we zeggen minstens 10 W) en dat bij alle te verwachten impedanties. Binnen dat vermogen zal men in 95% van de tijd zitten te luisteren en bij grotere uitschieters zal het verlopen naar klasse B geen probleem meer zijn. Bij de LFA-50-OA wordt 25 W in klasse A geleverd bij 8 Ω, 12,5 W bij 4 Ω en zelfs nog dik 6 W bij 2 Ω (dat laatste mag u voor een heleboel dure versterkers wel eens uitrekenen, u zult schrikken van het resultaat!). In klasse AB is er dan royaal meer: 48 W bij 8 Ω, 83 W bij 4 Ω en 122 W bij 2 Ω.

### De LFA-50-OA

Wat hebben we nu gedaan bij de LFA-150 om deze voor een klasse-A-instelling geschikt te maken? Ten eerste is de voedingsspanning flink verlaagd van +56 V naar +29 V. Het is namelijk belangrijk dat een bepaalde stroom continu door de eindtransistoren loopt. En hoe hoger de voedingsspanning is, des te groter is dan de dissipatie van de versterker om hem een bepaald vermogen in klasse A te laten leveren. De tweede maatregel was het vervangen van een aantal transistoren omdat deze door de fabrikanten helaas niet meer gemaakt worden. De BF762/BF759 van Motorola zijn daarom vervangen door BF470/BF469; voor de Toshiba-eindtransistoren 2SC2565/2SA1095 zijn vervangers gevonden in de vorm van 2SC2922/2SA1216 van Sanken. Een andere belangrijke verandering is de versterking van de diverse versterker-trappen. Bij de LF-50-OA versterkt de eerste verschiltrap nu circa 2,5 keer meer en de tweede verschiltrap zo'n tweemaal minder dan in de oorspronkelijke uitvoering. De open-lus-versterking is hierdoor gestegen van 2300 naar 3000 maal, wat weliswaar nog steeds de kreet "low feedback amplifier" rechtvaardigt, maar wel de vervorming lager houdt dan in het oorspronkelijke ontwerp (mede doordat de versterking beter verdeeld is over de eerste en tweede verschiltrap). Ook de compensatie en gelijkstroominstelling zijn op diverse punten veranderd, zodat het schema kwa componentenwaarden nauwelijks nog lijkt op de oorspronkelijke LFA 150.

Voor een complete schemabeschrijving en een blokschema van de versterker verwijzen we u naar het oorspronkelijke artikel in november 1988, maar voor de nieuwkomers onder de lezers volgt hier nog een beknopte beschrijving.

In figuur 1 ziet u het schema van de eindtrap. Deze is ondergebracht op twee printen. Een derde print bevat de beveiligingselektronica en een vierde print de hulpvoeding voor de spanningsversterker. Het ingangssignaal komt binnen bij C1 (de enige condensator in de signaalweg) en gaat dan via een laagdoorlaatfilter (R2/C2,  $f_c = 340$  kHz, ter voorkoming van TIM-vervorming) naar de ingangverschiltrap T1/T2. Dit zijn twee gepaarde FET's in één huisje. De gelijkstroominstelling door de FET's wordt verzorgd door een rond T5 opgebouwde konstante-stroombron. De samen met T3 en T4 opgezette kaskodeschakeling versterkt ongeveer 9,2 maal. Een offset-regeling is aanwezig in de kollektorleiding van T4, in de vorm van P1. R5 en C3 dienen voor de frekwentiekompensatie (lag-kompensatie).

### Onderdelenlijst spanningsversterker

Weerstanden:

- R1 = 1 × 100 k 1%
- R2 = 1 × 681 Ω 1%
- R3 = 1 × 33k2 1%
- R4 = 1 × 562 Ω 1%
- R5 = 1 × 15 Ω
- R6 = 1 × 10k0 1%
- R7 = 1 × 1k00 1%
- R8 = 1 × 953 Ω 1%
- R9,R10 = 2 × 18Ω2 1%