

Fig. 9a. Firkantgengivelsen ved 20 Hz. Øverst forstærkerudgangen, nederst generatorens udgangssignal.

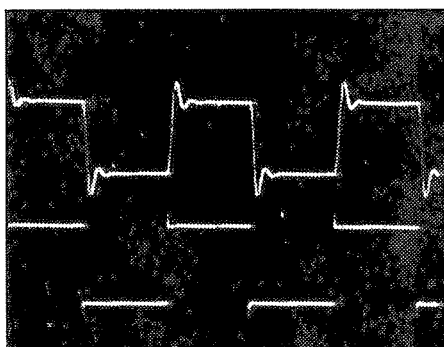


Fig. 9b. Firkantgengivelsen ved 20 kHz og kapacitiv belastning, 0,47 uF i parallel med 9 ohm.



Fig. 9c. Flankestejlheden ved 10 kHz. Stigetiden er mindre end 0,5 us.

MONSTERET

gæld er koblinger med tetroder eller pentoder, selv i et trin, klart underlegne, specielt når vi taler om rør som er lette at få fat i (med dårlige subjektive egenskaber) som KT88 og 6550. Man skal dog ikke tro at det kan lade sig gøre at opnå hvad som helst, blot man anvender et trioderør. En kasserolle er og bliver en kasserolle, hvad enten den produceres af "Pyrex" eller "Le Creuset".

Lad os kaste et blik på de effektrioder som fremstilledes mellem 1930 og 1950. Vi finder i disse rør (ikke push-pull uden modkobling) en musikalsk glans som fremstår som helt ægte, en harmonisk rigdom og oplevelse af rum og frihed som er forbavsende. Det bedste af de gamle trioderør er måske ikke kendte for læserne, netop fordi de er gamle. Det gælder, for at tage de bedste, den første version af RE 604 (Telefunken) fra 1930, PX4 og dets ækvivalenter (4PX, PP3/250), AD 1 af tysk oprindelse (Lowew Opta med køleflance på anoden), VT52 og WE275A (Western Electric, USA) eller 205B (et ældre rør 1917) med gitter af ægte platin og mange andre.

Alle disse rør har en anodetabseffekt på mellem 10 og 15 W og kan præstere en udgangseffekt på 2,5 til 5 W i en ikke push-pull konfiguration.

I en vellykket konstruktion kommer lyd kvaliteten dog til at overgå 99% af alle transistorforstærkere! De bedste af disse forstærkere kommer til at udgøre fundamentet for vores videre eksperimenter.

I mere kraftfulde varianter kan man anvende rør som 300 B, DA 30, PX 25A, TM 100, TM 75, WE 252A eller E 105B.

Imidlertid bør man regne med et vist tab af "ægthed" i klangen (selv ved kendte rør som TM 100 og 300B) selv om man kompenserer med forøget udgangseffekt, 6 til 12 W, ikke push-pull.

Naturligvis findes der de der mener at det er

dumt at anvende rørforstærkere som referencenår de er opbygget med rør som er så gamle, at de ikke længere fremstilles. Husk dog på at ved sammenligning mellem end 15\$ violin og en Stradivarius, findes klare forskelle i klangen og at de falder ud til Stradivariusens fordel på trods af at denne er gammel og ikke fremstilles længere.

Blandt forstærkere med lidt højere udgangseffekt er Kaneda 50x50 W en meget vigtig reference.

Vi må heller ikke glemme Pioneers "Exclusive M-4" (klasse A 50x50 W) eller McIntosh MC 3500 (monoblok med rør på 350 W). Alle disse forstærkere har deres områder hvor de er uovertrufne, den ubegrænsede rum, dynamikken og nuancerigdommen hos Kaneda, balancen og finessen hos M-4, det nedre mellemtoneregister og fyldigheden hos MC 3500 som gør den overlegen på operastykker og live-indspillede symfonier.

For at vende tilbage til Hiraga klasse A 20 W, har den meget store kvaliteter når den anvendes bredbåndet. Naturligvis skulle man kunne ønske sig lidt mere af Kaneda's egenskaber i bassen, men også lidt af 3500'en selv om der er noget modstridende i dette. Desuden skulle man kunne tilføje lidt af den finesse og detaljerigdom som kendetegner de bedste triodertrin. Ikke dårlige intentioner! Men det går. Det eneste der kræves er vilje og tålmodighed. Vi har gennem L'Audiophiles tidligere konstruktioner: Kaneda forforstærkeren, Sunsey minimum, Minimum forforstærkeren med rør, Hiragas MC-trin, Hiragas klasse A 20 W, Le Classe A 30 W og effektforstærkeren Nemesis med kun en transistor, bevist at det kan lade sig gøre at nå særdeles langt med enkle diagrammer og udvalgte komponenter. Det vigtigste er at tro på at det kan lade sig gøre. Resultatet er denne 8+8 W klasse A. Monsteret!

Monsteret

I direkte modsætning til dets navn, udgangseffekt og funktion i klasse A, er vort Monster ingen kopi inspireret af Stax Monster I-08. Stax' Monster havde ikke mindre end 42 transistorer i forstærkerdelen. Selv om den var imponerende var dette kredsløb alt for komplekst. Vort Monster er i stedet inspireret af Hiraga 20 W klasse A. Desuden er den et etape mål i vore bestræbelser for at afstedkomme en effektforstærker med kun en transistor (Nemesis 10 W).

Kort sagt er det i hovedtræk følgende punkter som skiller Monsteret fra den velkendte Hiraga 20 W klasse A:

Indgangstrinnet:

- mere støjsvage transistorer med stor forstærkning med høj linearitet
- lav indgangsstrøm
- højere indgangsimpedans
- mindskning af Miller-effekten for at reducere forvrængningen ved høje frekvenser
- indgangstrin som kan overstyres uden risiko for mætning.

Driver-trin

- kredsløb med automatisk kompensation af lineær forvrængning.
- lav udgangsimpedans.
- lav forvrængning.

Effekttrin

- som det der anvendes i 20 W klasse A
- valg af andre transistorer med lavere effekt men højere subjektiv kvalitet.

Forbedringerne på det subjektive plan har vi allerede beskrevet. De virker modsætningsfyldte, men slutresultatet bærer ikke præg af dette, og vi skal nu se på hvordan resultatet på virkes af dimensionering og valg af parametre.

Fig. 2 viser diagrammet over forstærkeren, hvor vi lægger mærke til udgangstrinnet af "Darlington" type, en omvendt Darlington. Den ældre kombination 2SC 1096/2SA 634 og 2SD 188/2SA 627 er blevet erstattet af en ny kombination med lavere effekt men betydeligt bedre subjektive egenskaber. Valget af dri-

ver er således sket ud fra både subjektive og objektive kriterier.

Cob som var 75 pF hos 2SA 634, er kun 1,8 pF hos 2SB 716. Derimode er Pc meget lavere (kun 750 mW) hos den nye driver, dette er dog tilstrækkeligt til at "trække" udgangstrinnet. Udgangsparret 2SD 844 og 2SB 754 er i en støbt udgave i et nyt hus. Dette komplementære sæt har en Pc på 60 W, hvilket er tilstrækkeligt til at producere en moduleret effekt på 8 til 15 W i klasse A. Dette par kan klare sig med en halvt så stor indgangsspænding som 2SD 188/2SA 627, hvilket forklarer anvendelsen af de svagere drivere.

Fig. 3 viser de forskelle der findes imellem transistorerne. Det fremgår at disse transistorer ikke ville være egnede til arbejde i klasse A op til 20W.

Forskellen mellem et udgangstrin opbygget med 2SB 716/2SD 756 og 2SD 844/2SB 754 er, sammenlignet med 2SC 1096/2SA 634 og 2SD 188/2SA 627:

- mindre forvrængning mellem 0,1 og 3 W ved høje frekvenser (takket være lavere Cob hos driveren)
- forbedret definition i diskanten
- mere fyldigt nedre mellemtoneområde
- større fasthed i bassen (Rbb hos udgangstransistorerne er 3,2 ohm istedet for 7 ohm)
- mere åben lyd (på grund af lavere modkobling)
- "varmere" mellemtoneområde uden tab af detaljerigdom.

De øvrige positive egenskaber påvirkes ikke. Til forskel fra almindelige forstærkere, så øges effekten ikke når belastningsimpedansen falder.

Karakteristikken for effekt/impedans-forholdet er ikke faldende (som hos en almindelig forstærker), men er rundere som hos et transformatorløst rørtrin.

Mellem 7 og 20 ohm er denne variation mindst og ved 30 ohm er den stadig meget lav. Dette er en stor fordel i forbindelse med højtydende højttalere der ofte har en impedans ved resonansfrekvensen som er på mere end 100 ohm. Kredsløbet er fuldstændigt stabilt, selv med en belastning på 1 μ F i parallel med 8 ohm. Koblingen giver en meget stor båndbredde (over 4 MHz) og ekstremt kort stige-tid (mindre end 0,5 μ s). Observer at et Mosfet trin med samme ydelse aldrig vil være stabilt ved capacitive belastninger.

Endnu en fordel består i at vi har kunnet forkorte afstanden mellem drivertransistoren og effekttransistoren fra ca 18 cm i "klasse A 20W" til ingenting i denne konstruktion, hvor effekttransistorerne tilsluttes direkte til printpladen. Dette reducerer kapaciteten i tilslutningsledningerne og risikoen for ustabilitet.

Indgangstrin

Indgangstrinnet er ikke det samme som anvendes i "20 W klasse A". I dette kredsløb er valget af indgangstrin det vigtigste. Hvor mærkeligt det end kan lyde, så har det været

hensigten at komme tilbage til den lyd som produceredes af det kendteste og mest legendariske rør som har eksisteret: WE 310A, et pentoderør fra Western Electric som er absolut fantastisk hvad angår gengivelsen af stemmer, guitar piano . . . kort sagt enestående i området 200 til 5.000 Hz.

Et trin med bipolare transistorer producerer let forvrængning med mange ulige harmoniske forvrængningsprodukter, ligesom et trin med et komplementært Fet-par som har dominans af 3. harmonisk forvrængning (hård og ubehagelig lyd), hvilket forklares i fig. 4. I tilfældet med "20 W klasse A", anvendes kompromisset med bipolare transistorer af meget høj subjektiv kvalitet, 2SA 872 (E) og 2SC 1775 (E), hvilket vitterligt gav en høj total forvrængning, men et usædvanligt lavt harmonisk indhold. Det andet trin drev da drivertrinnet til grænsen af mætning, men dette gav heldigvis ingen alvorlige problemer efter lidt forskellige justeringer og en korrektion af forsyningsspændingen til ± 21 volt. Id/VDs karakteristikken for en Fet transistor har samme forløb som et trioderør, mens forvrængningsspektret hos et rør som WE 310A ikke ligner en bipolar transistor. Dog kan en kombinationskobling af de to transistorer give os det vi søger:

- lav udgangsimpedans
- meget høj forstærkning
- lav forvrængning

- lav indgangsstrøm
- et kredsløb med meget lav Miller-effekt
- høj overstyringsreserve i indgangstrinnet.

Disse kriterier gælder for en komplementær kaskodekobling af FET/bipolar hvor valget af transistorer er yderst kritisk for at det ønskede resultat skal opnås.

De opnåede resultater ville aldrig være opnåede med nogen anden metode. Kaskodekoblingen giver en meget høj forstærkning og risikoen for ustabilitet er, i det aktuelle tilfælde, ikke-eksisterende. I tilfældet trioderør med høj forstærkning skulle dette ikke være muligt. Kombinationen Fet/bipolar skaber en kombineret karakteristik som på mange måder minder om et pentoderør. Dette må anses som en eftertragtet egenskab på trods af en del ulige harmoniske overtoner. Dette er imidlertid til at gøre noget ved. Push-pull koblingen reducerer dette og det er totalresultatet der tæller. En kaskodekobling af denne type med lav udgangsimpedans skal give de ønskede subjektive forbedringer, det vil sige øget fyldighed i mellemtoneområdet og en mere fast basgengivelse (til dels på grund af netdelens udformning). Den største fordel er dog en øgning af transparencen. Til dels beror dette også på valget af transistorer. Et uomgængeligt krav er at anvende en Fet med meget meget høj Gm i indgangen, mellem 20 og 30 gange højere end for en Fet af typen 2SK

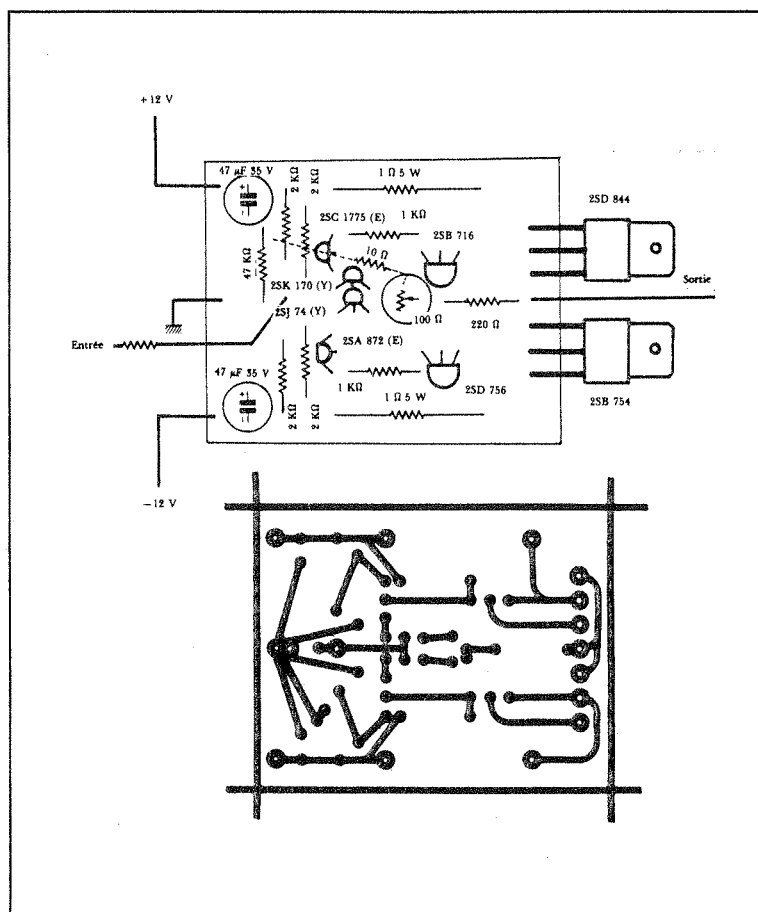


Fig. 10. Print lay-out'et og komponentplaceringen.

MONSTERET

30AGR. Anvendt alene kan denne meget støjsvage transistorer type bruges i moving coil og RIAA forstærkere. De to komplementære Fets som anvendes her har to store fordele: Meget lav støj ($e_n = 0,9 \text{ nV/Hz}$) og høj Gm: 2,2 mMho.

Ulemperne er derimod mange:

- stort gate-strøm
- parasit-kapaciteterne C_{iss} og C_{rss} er store: 30 pF og 6 pF (imod 8 og 2 pF hos 2SK og 30 AGR)
- gatestrømmen stiger drastisk når forsyningsspændingen V_{DS} øges.
- indgangstrinnets mætningspænding er meget lav på grund af høj forstærkning (ca. 0,1 V).

En kaskodekobling forbedrer forholdene betydeligt. Man kan lave en kaskode udelukkende med Fets, (som i fig. 5a), men kombinationen bipolar NPN/N-kanal Fet er bedre.

Har du modtaget et girokort til brug vedrørende fornyelse af dit abonnement?

Ønsker du at bevare fordelene ved at være abonnent, så må vi bede dig indbetale beløbet senest den dato, der er anført på girokortet.

**Med venlig hilsen
Forlaget Audio**

De endelige fordele er følgende

- betydelig reduktion af parasitkapaciteten C_{RSS} (returkapaciteten emitter-gate) som falder til en tiendedel af sin oprindelige værdi, det vil sige 0,6 pF i stedet for 6 pF, altså en betydelig reduktion af Miller-effekten (fig. 6)
- sænkning af arbejds-spændingen V_{DS} (det er en serieforbindelse), hvilket medfører en reduktion af gate-strømmen I_{GX} (fig. 7)
- højere overstyringsreserve på indgangen (i nærheden af 1 volt imod 0,2 volt).

Fig. 8 viser indgangstrinnets diagram og elektriske ækvivalentdiagram. Denne kobling er mere interessant end en standardkobling af en Fet transistor med strømgenerator: lavere forstærkning, højere udgangsimpedans, en subjektiv forringelse af dynamikken, udgangskapaciteten påvirker forvrængningen.

I det her beskrevne kredsløb er den høje indgangsimpedans belastet med 47 kohm og en modstand på 1,2 kohm er placeret i serie med indgangen. Det komplementære indgangstrin belastes udelukkende med disse 47 kohm, strømmen er mellem 0,9 og 1 mA. Baserne er forspændt ved hjælp af fire modstande på 2 kohm. Forsøg med forskellige former for regulering (Zenerdioder) har vist sig at medføre dårligere lyd.

Valget af kombinationen 2SK 170-2SJ74/2SC 1775-2SA 872 er også sket på grundlag af subjektive iagttagelser.

Måling og lytning

Kredsløbet er sammenstillet lidt efter lidt ved hjælp af målinger og lytning i april 1982.

Den lagdes siden på hylden fordi de to transistorer som gav det bedste resultat var umulige at fremskaffe i tilstrækkelige mængder, selv på det japanske marked. Parret 2SD844/2SB 754 var specielt svære at finde. H_{fe} værdien for de eksemplarer vi fandt frem til var ikke den rette.

Denne størelse som er 60 for 2SA 627/2SD 188 ligger her, afhængig af parti (K, L, M, N, O) mellem 70 og 240 og det er kun partierne K og L (2SD 844K og 2SB 754L) som kan anvendes.

Hvad angår 2SK 170/2SJ 754L, er disse transistorer stadig ganske svære at få fat i, de er temmelig nye og fremstilles i små serier af Toshiba.

Hvad angår lytteresultatet er det kun den lave effekt som kaster en skygge over dette lysende kompromis mellem triodeforsærkere og Hiraga "20W klasse A".

Totalt vurderet får man en meget veldefineret lyd, luftig og med al efterklang og ruminformation som måtte ønskes. Paradokset ligger i basgængivelsen, som med den imponerende netdel kun kan sammenlignes med Kanedas 30 og 50 W effektrin: en utrolig stabilitet, fasthed og detaljerigdom.

Selv på relativt effektkrævende systemer fungerer denne forstærker særdeles godt, den præsterer en fornemmelse af rum og effektreserve som kun de nævnte usædvanlige forstærkere formår. Vi har for eksempel anvendt Monsteret til at drive flere af Stig Carlssons konstruktioner samt diverse tungtdrevne elektrostatiske højttalere, alt med godt resultat.

Den er døbt Monsteret på grund af sin størrelse og overdimensionerede strømforsyning, men kunne lige så godt kaldes "tube memory" på grund af sine klanglige ligheder med de bedste af triodeforsærkerne.

Denne konstruktion er helt perfekt til mellemtoneområdet og diskanten i bi_7 tri- eller quadri forstærkede systemer, men klarer selv at trække hele komplette systemer hvis virkningsgraden hos disse er blot nogenlunde normal. ■

I næste nr. vender vil tilbage med en beskrivelse af strømforsyningen til Monsteret.

Stykliste for 8 W "Monsteret":

Komponentplacering, se tegningen, stereo version.

Modstande: (samtlige, hvor intet andet er nævnt, tantalmodstande $\frac{1}{2}$ W)

2 stk.	1,2 k Ω
2 stk.	47 k Ω
4 stk.	1 k Ω
8 stk.	2 k Ω
2 stk.	10 Ω
2 stk.	220 Ω
4 stk.	1 Ω (5 W trådviklet)
2 stk.	Trimpot 100 Ω COSMOS RA 12P

Kondensator:

4 stk.	Tantalkondensatorer 68 μ F/25 V CTS 13
--------	--

Transistorer:

2 sæt	2SD844/2SB754
2 sæt	2SB716/2SD756
2 sæt	2SK170/2SJ74
2 sæt	2SC1775A/2SA872A

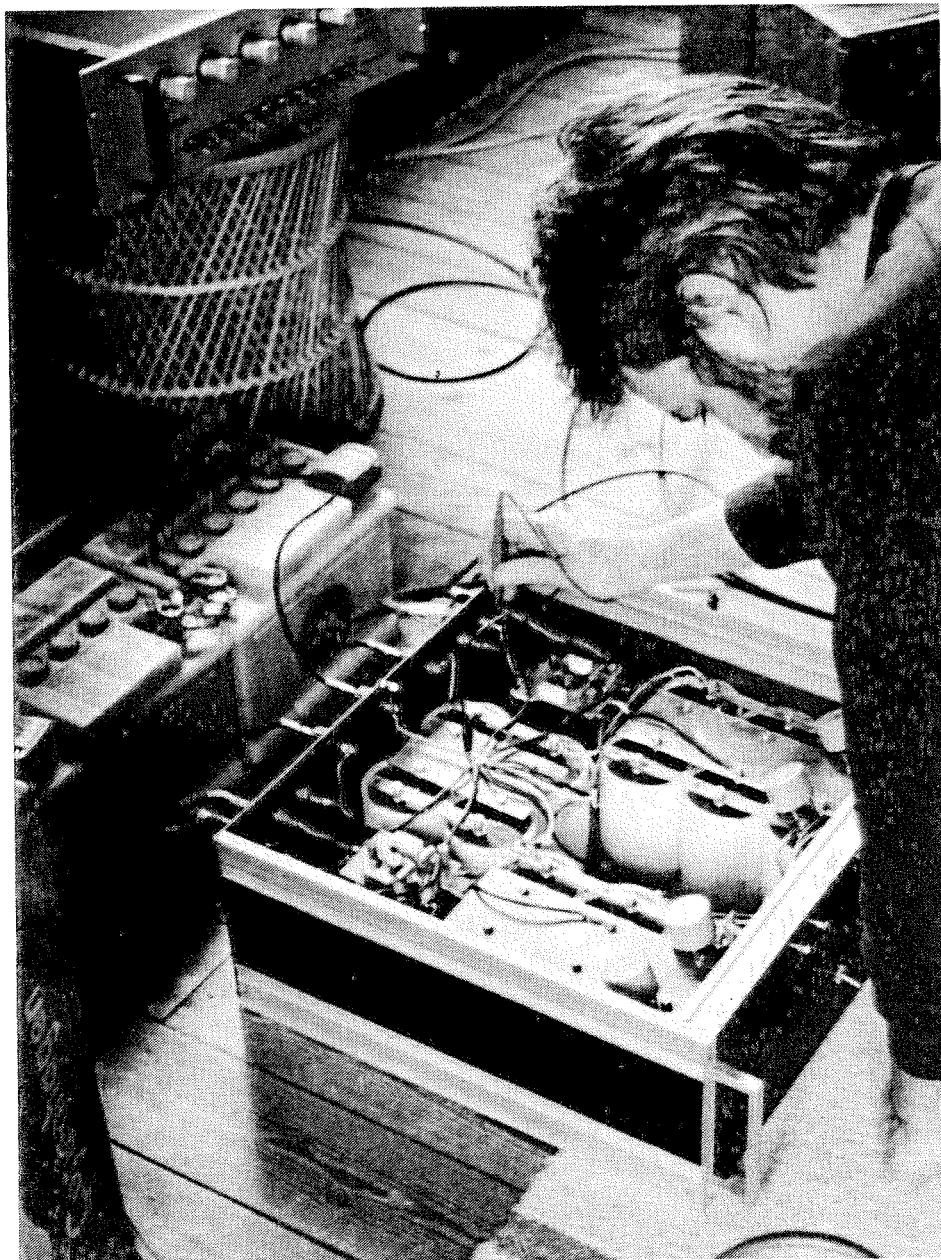
Type 1 408.000 μ F
Type 2 1.408.000 μ F + 2 stk. akkumulatorer 12 V 6 Ah

Type 3 "monsteret" 2.088.000 μ F + 2 stk. akkumulatorer 12 V 45 Ah

Strøm til, MONSTER

I sidste nummer præsenterede vi opbygningen af den transistoriserede effektforstærker kaldet "Monsteret". Det erklærede mål med projektet er at opnå en lyd kvalitet som ligger på linie med de bedste forstærkere med trioderør. Diagrammet er yderst simpelt, men komponenterne er nøje udvalgte og lyden er sammenlignelig med den der kendetegner det berømte trioderør 300B.

af Jean Hiraga.



Lige siden første udgave af "L'Audiophile" har man beskæftiget sig med kontroversielle emner indenfor audioteknikken. Det har ofte drejet sig om enkle ting, billige metoder til at opnå et højere kvalitetsniveau uden at komplicere det hele. Ofte har selve enkelheden i rådene medført konflikter med teknikker efter "den gamle skole".

En del af skriverierne gjaldt ting som da var nærmest ukendte, men som i dag tiltrækker stor opmærksomhed: "passive komponents lyd", kontakternes betydning, plade-måtter, kabler, store netdele eller rørforstærkere. På trods af at disse artikler var omdiskuterede, dårligt opfattede eller helt enkelt ikke værdsatte, var det rart at konstatere at størstedelen af de apparater som var aspiranter til topklassen i 1983 faktisk begyndte at benytte disse ideer. En del konstruktører begyndte at vende tilbage til enkle men potente konstruktioner og en del holdt sig endog ikke tilbage fra at anvende akkumulatorer i stedet for netdele i deres forforstærkere. Enkelte erstattede deres regulerede netdele med RC-led med meget høj kapacitet før filtreringen.

Andre glemmer helt hvad de sagde for ti år siden og vender tilbage til klasse A drift, gode plade-måtter eller ligefrem til højttalere med høj virkningsgrad. Trods dette er der ingen tvivl om at det kun er den harmoniske forening af veludtænkte konstruktioner i en optimal kombination, som formår at åbne døren til de højere sfærer. Noget som desværre kun indtræffer sjældent, trods god vilje. Hvis en del af anstrengelserne er fordelt ujævnt, mærker man meget lidt til dem i slutresultatet. Man kører fast, går i cirkler.

Et system som nærmer sig perfektion kan, allerede efter nogle sekunder, give en total amatør kuldegysninger ned ad ryggen, når han lytter til Debussy eller Mahler.

Mængden af information er så stor at alt hvad komponisten og musikeren har villet formidle af følelse og indlevelse overføres. Hele den musikalske værdi er afhængig af om denne formidling af intentionerne når frem eller ej. Med disse vilkår bliver det ikke længere et spørgsmål om "den sidste forbedring som nærmer sig dumhed", men et spørgsmål gengivelsens "liv eller død".

Netop af denne årsag skal "monsteret" ikke klare sig med en "normal" netdel på ± 12 volt.