

een wanklank in de zelfbouw-versterker

Brom uit de luidspreker — een verschijnsel dat zelfs ervaren elektronici tot vertwijfeling kan brengen. Wat zijn de belangrijkste oorzaken en hoe komt men er van af? U leest het in dit artikel.

Brom is er de oorzaak van dat vele zelfgebouwde audioschakelingen nooit het stadium van praktisch gebruik bereiken. Een versterker die bromt is een verschrikking, en zal, hoe goed de overige eigenschappen ook mogen zijn, uiteindelijk in de rommel-doos belanden. Maar zo gemakkelijk mag men zich het plezier in de elektronica niet laten ontnemen!

De oorzaak van alle brom is het feit dat ons 220-V-lichtnet een wisselstroom van 50 Hz voert. Deze net-frekwentie, die op alle leidingen in huis aanwezig is, wordt langs verscheidene wegen op de omgeving overgedragen: inductief (door middel van een magnetisch veld), capacitef (via een elektrisch veld), of zelfs in de vorm van een elektromagnetische golf. Bijgevolg voert elk stukje geleidend materiaal dat zich in huis bevindt, een min of meer duidelijk meetbare bromspanning ten opzichte van aarde. Raak met uw vinger maar eens de ingang van een oscilloscoop aan, en u zult een flinke wisselspanning meten, soms ter grootte van enkele volts. Bovendien is bijna elke audioschakeling wat betreft de voeding aangewezen op het 220-V-net. Voor dit doel wordt meestal een netvoeding met een trafo en een gelijkrichtschakeling toegepast, en deze kan een oorzaak van bromproblemen zijn. Nu is

het weliswaar niet mogelijk het 220-V-net af te schaffen, maar tegen de ongewenste bijwerkingen ervan kan wel degelijk iets worden ondernomen.

Trafo

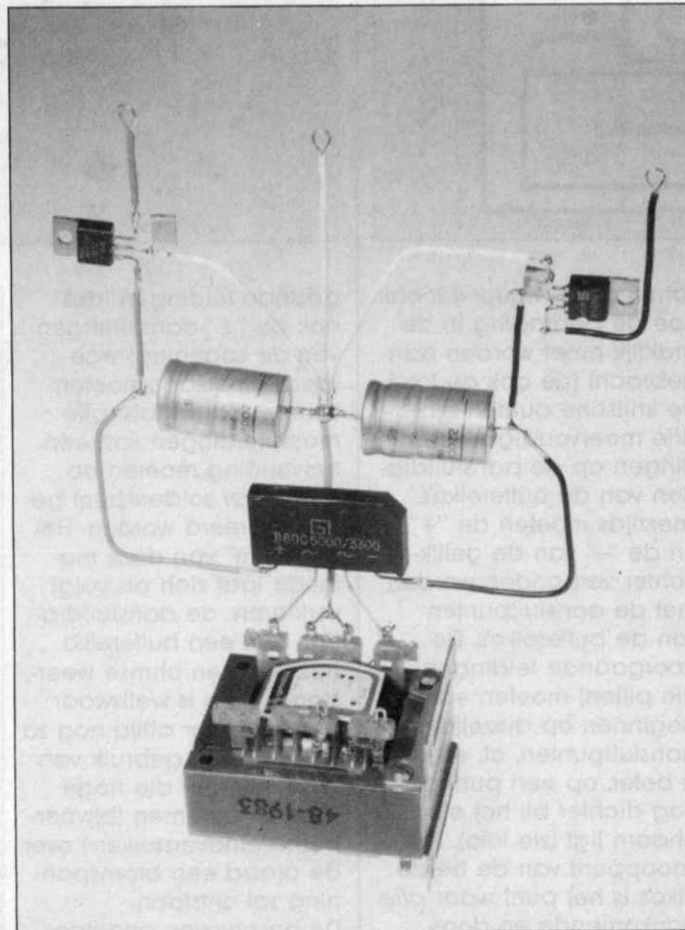
De problemen beginnen al bij de trafo. Het magnetische strooiveld van een normale trafo is bepaald niet gering, en induceert dus kleine bromspanningen op alle draden die zich in de omgeving be-

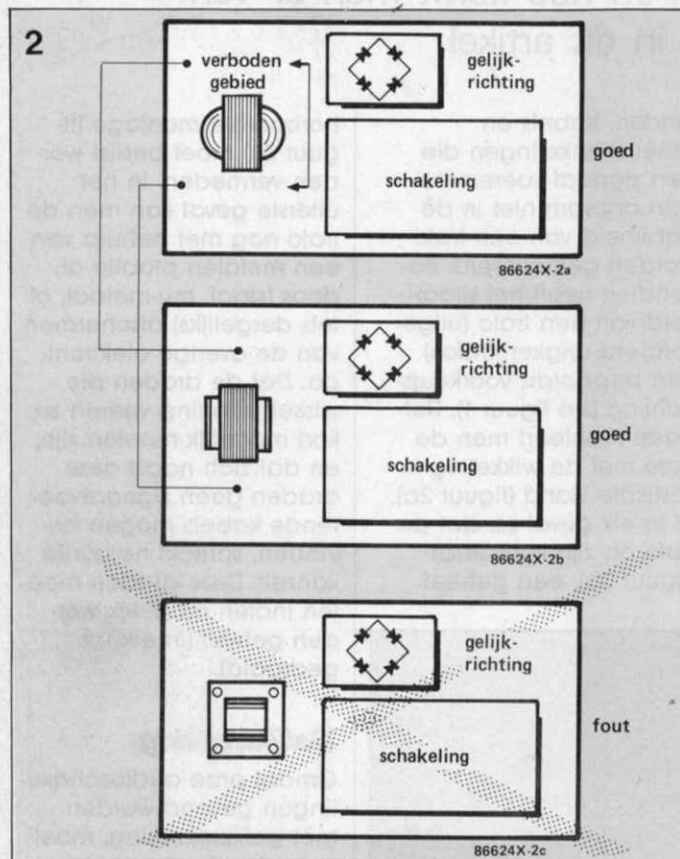
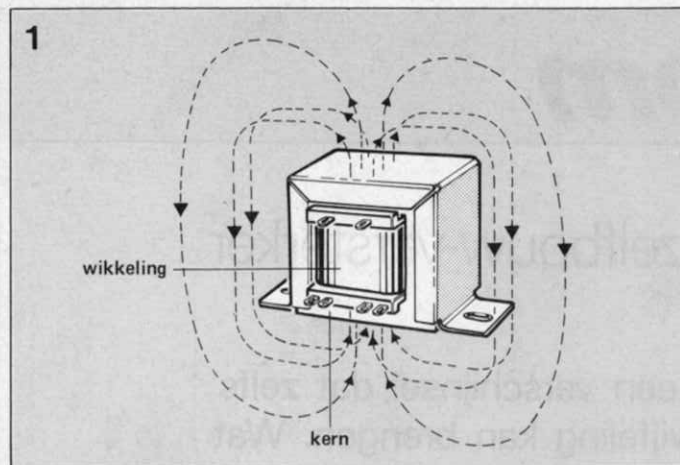
finden. Kabels en (deel)schakelingen die een signaal voeren mogen daarom niet in de nabijheid van een trafo worden gemonteerd. Bovendien heeft het strooiveld van een trafo (uitgezonderd ringkerntrafo's) een bepaalde voorkeursrichting (zie figuur 1). Het beste monteert men de trafo met de wikkeling in verticale stand (figuur 2a), of in elk geval zo, dat de trafo op zijn kant staat (figuur 2b); een geheel

horizontale montage (figuur 2c) moet beslist worden vermeden. In het uiterste geval kan men de trafo nog met behulp van een metalen plaatje of doos (staal, mu-metaal, of iets dergelijks) afschermen van de overige elektronica. Dat de draden die wisselspanning voeren zo kort mogelijk moeten zijn, en dat zich naast deze draden geen signaalvoerende kabels mogen bevinden, spreekt natuurlijk vanzelf. Deze draden moeten indien mogelijk worden getwist (in elkaar gedraaid).

Gelijkrichting

Omdat onze audioschakelingen gevoed worden met gelijkspanning, moet men de wisselspanning van de trafo eerst gelijkrichten en afvlakken. Maar een gelijkspanning die op deze wijze verkregen wordt, is (in tegenstelling tot de spanning uit batterijen) niet geheel vrij van wisselspanningsresten. Omdat het aandeel van de wisselspanningsresten zo laag mogelijk moet zijn, komt enkelzijdige gelijkrichting (figuur 3a) voor audio-toepassingen niet in aanmerking; de dubbelzijdige gelijkrichting (met twee dioden of een brugschakeling, zie figuren 3b en 3c) is de enige juiste methode. Ook de capaciteit van de bufferelko C moet voldoende groot zijn. Als vuistregel wordt vaak gesteld: minstens 2200 μ F

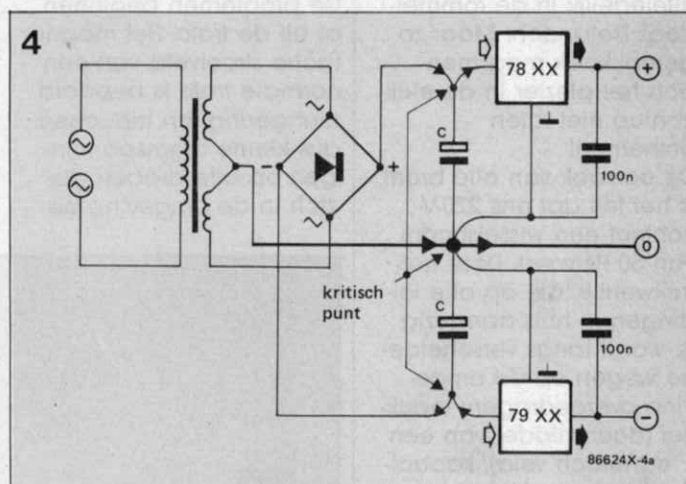
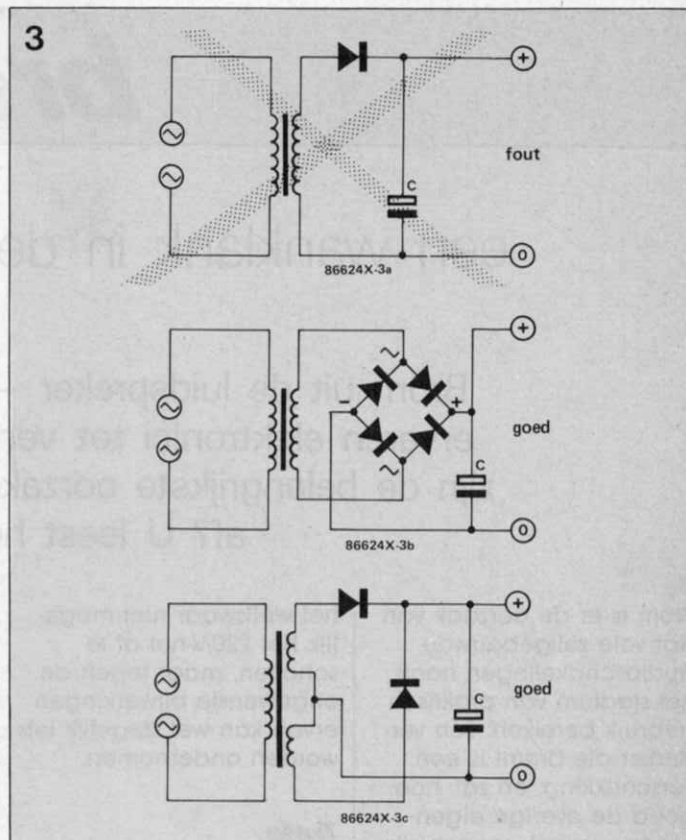




per ampère bij maximale stroomafname. Bufferelko's voor bromgevoelige versterkertrappen moeten nog ruimer worden bemeeten. Bovendien moet bij dergelijke versterkertrappen de bufferelko altijd gevolgd worden door een schakeling die de spanning stabiliseert. De drie-benige, geïntegreerde spanningsregelaars van het type 78XX of 79XX zijn in dat geval praktisch onmisbaar.

Als de bromspanning zo laag mogelijk moet zijn, is het van groot belang dat men de bedrading van het gelijkricht- en stabilisatie-deel op de juiste wijze uitvoert. Het

schema van figuur 4 toont hoe de bedrading in de praktijk moet worden aangebracht (zie ook de foto). De kritische punten zijn de drie meervoudige verbindingen op de aansluitdraden van de bufferelko's. Enerzijds moeten de "+" en de "-" van de gelijkrichter verbonden worden met de aansluitpunten van de bufferelko's. De doorgaande leidingen (zie pijlen) moeten echter beginnen op diezelfde aansluitpunten, of, en dat is beter, op een punt dat nog dichterbij het elkoli-chaam ligt (zie foto). Het knooppunt van de beide elko's is het punt waar *alle* aankomende en door-



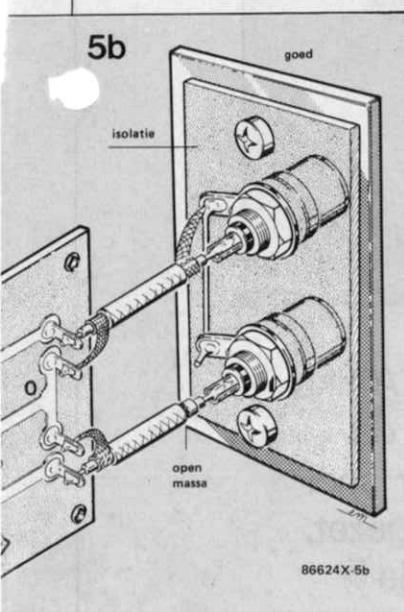
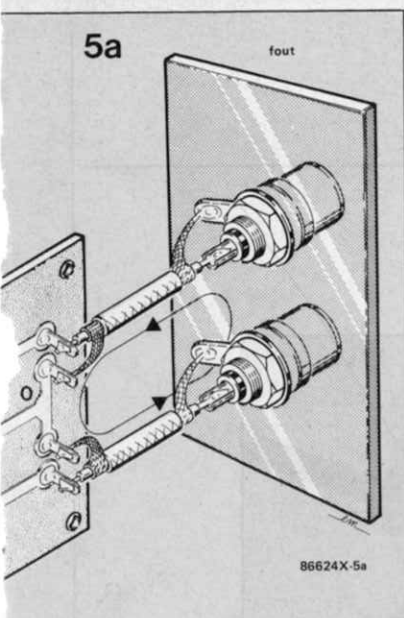
gaande leidingen (dus ook de "1"-aansluitingen van de spanningsregelaars) bij elkaar moeten komen. Nogmaals: alle massaleidingen van een netvoeding moeten op *één enkel* soldeerpunt geconcentreerd worden. Het "waarom" van deze methode laat zich als volgt verklaren: de aansluitdraden van een bufferelko hebben een ohmse weerstand; deze is weliswaar gering, maar altijd nog zo groot dat bij gebruik van schakelingen die hoge stromen afnemen (bijvoorbeeld eindversterkers) over de draad een bromspanning zal ontstaan. De beschreven principes

Figuur 1. Een trafo heeft een gericht magnetisch strooiveld.

Figuur 2. Verschillende opstellingen van de trafo ten opzichte van de overige elektronica. Figuur 2c heeft, wat betreft het magnetische strooiveld, de ongunstigste eigenschappen.

Figuur 3. Enkelzijdige gelijkrichting dient men in principe te vermijden. Dubbelzijdige gelijkrichting, met een bruggelijkrichter of twee dioden, is beslist noodzakelijk.

Figuur 4. Ter voorkoming van bromspanningen over de ohmse weerstanden van de aansluitdraden van de bufferelko's, moet men zich strikt aan dit bedravingsvoorbeeld houden.



Figuur 5. Gebruik afgeschermd kabel voor de bedrading van de chassisdelen. Door het bedradingsprincipe van figuur 5b toe te passen, worden aardlussen voorkomen. Monteer de chassisdelen in elk geval geïsoleerd van de kast.

Figuur 6. Zo moet de bedrading worden aangebracht als men voor- en eindversterker in dezelfde kast monteert. Kritisch zijn de aansluitingen van de voor- en eindversterkerprinten, de bedrading van de luidsprekerklemmen (isoleren!) en de verbinding tussen de massa en de kastaarding.

gelden ook voor niet-symmetrische netvoedingen. Omdat er in dat geval slechts één bufferelko aanwezig is, moet men de onderste helft van figuur 4 wegdenken.

Bedrading

Omdat schakelingen voor de audio- en de muziek-elektronica altijd moeten worden afgeschermd tegen storingen "van buiten" door middel van een metalen behuizing, kunnen ook de cinch-chassisdelen die voor de in- en uitgangen gebruikt worden, een bron van problemen zijn. Juist bij zelfbouw-apparaten moeten deze chassisdelen geïsoleerd gemonteerd worden, anders ontstaan gemakkelijk zogeheten "aardlussen"; dat zijn lusvormige, gesloten circuits in de massabedrading die zich ten opzichte van het magnetische transformator-strooiveld gedragen als een soort extra secundaire wikkeling. Het strooiveld induceert in de aardlus een bromspanning die (door de geringe weerstand van de aardlus) een grote stroomsterkte ontwikkelt (zie figuur 5a). Het gevolg is dat op elk punt van de aardlus verschillende bromspanningen aanwezig zijn; deze

worden dan bij de signaalspanning opgeteld en keurig meeversterkt. Veel beter is de aansluiting volgens figuur 5b. Alleen bij de gevoeligste ingang (mikrofoon, pick-up) wordt de kabel-afscherming zowel met de print als met het chassisdeel verbonden. De massa-aansluitingen van alle andere chassisdelen worden door middel van een extra draad met de massa-aansluiting van deze ene ingang verbonden, en de resterende kabel-afschermingen laat men aan de zijde van het chassisdeel "open". Bij een vermogensversterker worden de massaklemmen van de luidsprekeraansluitingen rechtstreeks verbonden met het massapunt van de netvoeding; verbind ze dus *niet* met de naburige chassisdelen. Als men de voorversterker en de eindtrap in dezelfde kast onderbrengt, worden de netvoedingen van de beide schakelingen niet met elkaar verbonden. Men verbindt slechts de uitgang van de voorversterker via een afgeschermd kabel met de ingang van de eindversterker (bij stereo dubbel uitvoeren; zie figuur 6). De afschermingen van de beide kabels wor-

den via een weerstand van 100 ohm verbonden met de massa-aansluitingen van de ingangen op de eindversterkerprint. Deze weerstanden verhinderen dat de geïnduceerde bromspanning een grote stroom ontwikkelt, zodat het aardlus-effekt minimaal blijft. Soms kan men nog een beter resultaat bereiken door een van de weerstanden weg te laten en de 100-ohm-massaverbinding bij slechts een van de eindversterkers aan te brengen. Een andere maatregel ter voorkoming van aardlussen via de LF-kabels betreft de kastaarding. De aardleiding van de netkabel verbindt men met de kast; dit aardpunt wordt op zijn beurt via een weerstand van 100 ohm verbonden met de massa-aansluiting van de voorversterker-netvoeding.

Zelfbouwers die al deze aanwijzingen nauwkeurig opvolgen, hoor je zelden brommen.

