

# Schakelende transceivervoeding

## Inleiding

Als basis gebruiken we een schakelende voeding ('Switched-Mode Power Supply, SMPS') zoals die worden toegepast in pc's. Deze voedingen zijn vaak voor een paar euro te koop op radiomarkten en/of 2e hands computer winkels.

Schakelende voedingen kunnen, in vergelijking met klassieke voedingen, gezien hun afmetingen en gewicht veel vermogen leveren.

De uitgangsspanningen zijn 5 V, 12 V en bij de zgn. ATX-voedingen ook 3,3 V, naast nog een aantal andere spanningen. Afhankelijk van het vermogen lopen de prestaties uiteen van 5 V/15 A en 12 V/6 A bij 150 W tot 5 V/27 A en 12 V/10 A bij 275 W. De prestaties zijn meestal op het kastje vermeld.

In deze aflevering wordt eerst een beknopte uiteenzetting gegeven van de werking van deze voedingen. Daarna zullen wij twee mogelijkheden beschrijven voor de realisatie van een dergelijke voeding: n.l. ombouw van een bestaande voeding -'as is'- respectievelijk de nieuwbouw van een voeding, gebruik makend van nieuwe onderdelen.

Zelf hebben wij een dergelijke voeding omgebouwd die 13,8 V bij 20 A kan leveren. De afmetingen zijn 14 × 15 × 9 cm en het ding weegt 1,3 kg. Het apparaat geeft absoluut geen storingen op de radiofrequenties. Totale kosten: minder dan € 10.

Prachtig dus. Maar zoals gewoonlijk: hier zitten ook weer, ditmaal flinke, adders onder het gras.

Om een pc-voeding om te bouwen heb je het schema van het apparaat nodig. Die worden er niet bijgeleverd. Je moet dat dus maar zelf uitzoeken. Arie Dogterom, PA0EZ, heeft dat voor zo een voeding gedaan en heeft de werking ervan in Electron beschreven (2).

Als je nu met veel moeite het schema hebt verkregen en de voeding hebt omgebouwd dan blijkt dat een volgend exemplaar volslagen anders is en kan je weer opnieuw beginnen. Arie Dogterom had een vrij 'ouderwetse' voeding. De tegenwoordig toegepaste zgn. ATX-voedingen zijn

**In een aantal artikelen willen wij een aantal experimenten voor de bouw van een voeding voor de gemiddelde HF-transceiver beschrijven, met als doel levering van 20 A bij 13,8 V.**

heel anders en voorzien van moderne componenten. Soms is de uitvoering met SMD-componenten en is ombouw vrijwel onmogelijk.

In deze artikelen bespreken we met name de zgn. 'kloon'-voedingen van meestal oosters fabrikaat. Fabrikanten als IBM, HP, Compaq e.d. gebruiken vaak afwijkende modellen in hun computers. Zo is in de IBM-computer de opwekking van de 3,3 V op het moederbord gemonteerd.

## Opbouw van de voeding

De netspanning van 230 V wordt via een netfilter toegevoerd aan een gelijkrichter die twee maal 150 V gelijkspanning in serie maakt. Deze spanning is afhankelijk van de belasting. Het netfilter dient om eventuele stoorspanningen, die de voeding maakt, voor het net te blokkeren. Dezelfde functie heeft het HF-filter aan de uitgang. Een spanningsomzetter maakt van de gelijkspanning van  $2 \times 150 = 300$  V de gewenste spanning van 13,8 V (of eventueel een andere spanning). Deze spanningsomzetter is het hart van de schakeling en wordt door een stuur- en beveiligingsschakeling gestuurd. Het stuurgedeelte zorgt ervoor dat de uitgangsspanning onze gewenste 13,8 V is, terwijl de beveiliging waakt tegen te grote uitgangsstroom (o.a. kortsluiting). Ook bij een fout mag de uitgangsspanning niet te hoog worden zodat we bijvoorbeeld onze transceiver dan niet naar de reparatie behoeven te brengen.

De ingang van de converter bevindt zich op netpotentiaal, terwijl de uitgang en de stuurschakeling dat niet zijn maar aan de 13,8 V uitgang zijn gekoppeld. Er moet dus een galvanische scheiding aangebracht zijn. Dit kan met een optocoupler of met een transformator gebeuren.

## Werking van de spanningsomzetter

De hier gebruikte spanningsomzetter zet een gelijkspanning om in een blokvormige wisselspanning van een vrij hoge frequentie (bijvoorbeeld 50 kHz) die na transformatie en gelijkrichting een gelijkspanning van

Kees Heuvelman, PA0CJH en Fred Plomp, PA3HGF

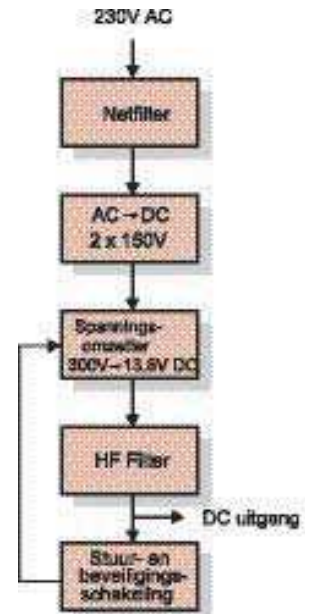


Fig. 1. Opbouw van de schakelende voeding

een gewenste waarde geeft. Omdat deze wisselspanning een hoge frequentie heeft, kan de toegepaste scheidingstransformator klein van formaat zijn.

Er zijn vele types van deze omzeters (converters) mogelijk, zoals de fly-back converter, de forward converter en de push-pull converter. Van elk van deze converters bestaan weer een aantal varianten. Het voert in het kader van dit artikel te ver al deze varianten bespreken en we beperken ons tot het type dat meestal in pc-voedingen en het hierna beschreven zelfbouwontwerp toegepast wordt n.l. de zgn. single-ended push-pull converter. Voor een beschrijving voor de andere converters verwijzen we naar (1).

Figuur 2 geeft het principeschema van de single-ended push-pull converter waarbij we veronderstellen dat de voeding slechts een spanning van 13,8 V moet leveren, dit in tegenstelling met pc-voedingen die meerdere spanningen moeten afgeven. Voor het principe maakt dit niet veel uit, alleen wordt het secundaire gedeelte gecompliceerder.

Uit het net worden door gelijkrichting de gelijkspanningen  $U_1$  en  $U_2$  van elk

ongeveer 150 V verkregen. De elektronische schakelaars  $S_1$  en  $S_2$  worden afwisselend gesloten en geopend en wel zo dat als  $S_1$  geopend is,  $S_2$  gesloten is.  $S_1$  en  $S_2$  zijn nooit gelijktijdig gesloten omdat anders  $U_1$  en  $U_2$  worden kortgesloten. Door de schakelaars  $S_1$  en  $S_2$  korter of langer te sluiten kan de effectieve spanning over de transformator geregeld worden. Dit heet pulsbreedtemodulatie, Pulse Width Modulation, PWM. Wanneer de belastingsstroom groter wordt gaan de schakelaars langer open. De getekende schakelaars zijn in werkelijkheid power mosfets of snelle bipolaire transistoren die door een stuurschakeling worden gestuurd.

Over de primaire van de transformator komt aldus een wisselspanning te staan met een amplitude van  $U_1 = U_2$ , hier dus 150 V, en met een frequentie die door de stuurschakeling wordt bepaald en bij dit soort voedingen vaak in de buurt van 50 kHz is.

Over de secundaire van de transformator komt een spanning die voldoende is om de gewenste uitgangsspanning en -stroom te krijgen. Voor 13,8 V bij 20 A is een secundaire transformatorspanning van  $2 \times 26$  V een goede waarde. De transformator heeft in ons geval dus een wikkerverhouding, dus overzetverhouding van  $150 : (26+26)$ . De transformator zorgt tevens voor een galvanische scheiding tussen de netspanning en de belasting.

De twee diodes,  $D_1$  en  $D_2$  richten de secundaire spanning gelijk zodat er aan de uitgang, dus over de condensator C, een gelijkspanning van maximaal 26 V zou komen te staan. Echter wordt in werkelijkheid de converterschakeling gestuurd waardoor, bij enige belasting, de uitgangsspanning lager wordt, dus de gewenste 13,8 V. In tegenstelling met een conventionele voeding hebben we hier niet te maken met sinusvormige- maar met blokvormige spanningen en stromen.

In figuur 3 is te zien hoe de spanning over de transformator er uit kan zien.

De tijd tussen het gesloten zijn van  $S_1$  en  $S_2$  is de dode tijd  $t_D$ . Deze tijd is van groot belang en moet een minimale waarde hebben om te voorkomen dat  $S_1$  en  $S_2$  gelijktijdig gesloten zijn. Aan de andere kant moet  $t_D$  ook niet te groot zijn omdat de uitgangsstroom dan te veel afneemt.

Op het moment  $t_1$  wordt  $S_1$  gesloten en springt de spanning aan de bovenkant van de secundaire van de transformator, dus bij de diode  $D_1$ , tot 26 V (Figuur 2).

Stel dat de uitgangsspanning, dus de spanning over de condensator, 13,8 V

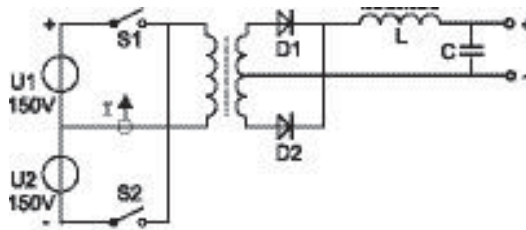


Fig. 2. Het principe van de single-ended push-pull controller

is dan zal  $D_1$  geleiden en is de spanning over de spoel L gelijk aan  $26 - 13,8 = 12,2$  V, waarbij de spanningsval over de diode even verwaarloosd wordt.

Dat is van  $t_1$  tot  $t_2$ . De onderkant van de transformator is  $-26$  V, dus  $D_2$  is gesperd. Een constante spanning over een spoel veroorzaakt in die spoel een toenemende, zeg zaagtandvormige stroom. Op het moment  $t_2$  kan er dan een flinke stroom lopen. Als op  $t_2$  de transformatorspanning plotseling nul wordt, dus gedurende  $t_D$ , wordt de spoelspanning 13,8 V met tegengestelde polariteit. De stroom blijft doorlopen maar neemt nu af tot moment  $t_3$ . In de schakeling van figuur 2 gaat die stroom door diodes  $D_1$  en  $D_2$ . Dit heet 'flywheeling'. Op moment  $t_3$  dus als  $S_2$  gesloten wordt draait de spanning over de transformator van polariteit en zal  $D_2$  gaan geleiden en stroom door L sturen.

## De stuurschakeling en beveiliging

De stuurschakeling meet de uitgangsspanning van de voeding en stuurt pulsbreedte-gemoduleerde (PWM) spanningen naar de schakelaars  $S_1$  en  $S_2$  van de spanningsomzetter zodat, onafhankelijk van de uitgangsstroom en netspanning, die uitgangsspanning een gewenste waarde heeft, bijvoorbeeld 13,8 V.

De beveiligingsschakeling waakt tegen het te groot worden van de uitgangsstroom (kortsluiting) en dat de uitgangsspanning door onvoorziene omstandigheden niet boven een bepaalde waarde uitkomt. De schakeling is van belang omdat in het apparaat grote stromen kunnen lopen en aan het 230 V net is aangesloten. Als er iets misgaat kunnen de gevolgen daardoor desastreus zijn.

Uiteraard kan de stuur- en beveiligingsschakeling op allerlei manieren opgebouwd zijn.

In de eerste schakelende voedingen was de schakeling opgebouwd uit discrete componenten, zie bijvoorbeeld de schakelende voeding die Arie Dogterom, PA0EZ, heeft geanalyseerd (2).

In de huidige voedingen worden voor dit doel geïnte-

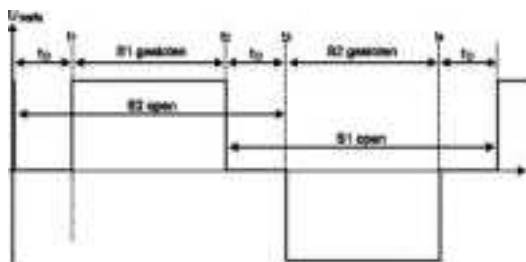


Fig. 3. De spanning over de transformator

greerde circuits toegepast. Ook bij deze IC's is een ontwikkeling te constateren.

Zo heeft bijvoorbeeld de veel toegepaste TL494 van Texas Instruments een vrij eenvoudig uitgangscircuit, en daarom zijn er om de spanningsomzetter te sturen, nog vrij veel externe componenten nodig. Ook heeft dit IC nog geen z.g. 'softstart', dat is een schakeling die maakt dat de voeding niet in een klap inschakelt en er niet meteen een zekering uitvliegt maar dit kalm aan doet.

Het IC SG3525 van Thomson heeft een meer geavanceerde uitgangsschakeling waarmee de schakeltransistoren van de spanningsomzetter direct kunnen worden aangestuurd. Verder heeft het IC een softstartschakeling. De SG3526 heeft daarbij nog een extra ingang om de uitgangsstroom van de schakelende voeding te regelen.

In figuur 4 is het blokschema van de stuur- en beveiligingsschakeling getekend zoals deze voorkomt in bovengenoemde IC's.

Een nauwkeurige verschilversterker vergelijkt de uitgangsspanning van de

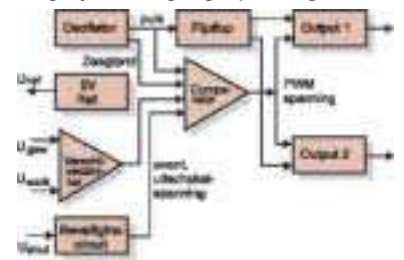


Fig. 4. Blokschema van de stuur- en beveiligingsschakeling

totale voeding met een gewenste referentiespanning  $U_{GEW}$ . Die is heel stabiel en wordt verkregen uit een ingebouwde referentiespanning  $U_{REF}$ . Bij de meeste IC's is deze spanning in de buurt van 5 V. De spanning  $U_{WERK}$  wordt uit de gewenste uitgangsspanning verkregen door een (nauwkeurige) spanningsdeler.

Verder bevat het IC een oscillator waarvan de frequentie door externe componenten kan worden ingesteld. Deze frequentie ligt vaak in de buurt van 100 kHz. De oscillator levert een zaagtandspanning aan een comparator die dan met de uitgangsspanning van de verschilversterker het PWM spanning opwekt.

In figuur 5 zijn de belangrijkste spanningen getekend. De neergaande flank van de oscillator-zaagtandspanning garandeert de minimaal noodzakelijke dode tijd. Deze tijd is ook door externe componenten instelbaar. Van deze neergaande flank wordt n.l. een pulsspanning  $U_{PULS}$  afgeleid die ook aan de comparator wordt toegevoerd

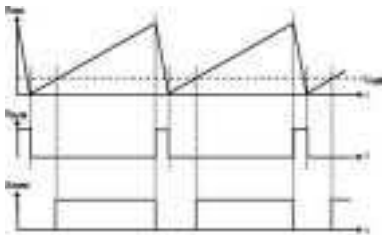


Fig. 5. De spanningvormen in de stuurschakeling

waardoor de PWM-spanning dan in ieder geval nul wordt. Ook het beveiligingscircuit levert een eventuele spanning om bij ongewenste situaties de PWM-spanning uit te schakelen. De spanning die het beveiligingscircuit daarvoor nodig heeft, de shut-down spanning  $U_{SHUT}$ , wordt afgeleid uit de uitgangsstroom en -spanning van de voeding.

In figuur 5 is duidelijk te zien dat de breedte van de PWM-spanning  $U_{PWM}$  wordt bepaald door grootte van de uitgangsspanning van de verschilversterker  $U_{DIFF}$ . Neigt bijvoorbeeld door stroomtoename de uitgangsspanning van onze schakelende voeding eraan te laag te worden dan zal de spanning  $U_{WERK}$  aan de ingang van de verschilversterker lager worden waardoor  $U_{DIFF}$  zakt. Hierdoor wordt de PWM-spanning breder en zal de uitgangsspanning van de voeding op peil blijven.

Door de versterking van de verschilversterker groot te maken kan een zeer constante uitgangsspanning van de geschakelde voeding worden verkregen. Bij een nog grotere versterking zal de schakeling gaan oscilleren.

De pulsspanning wordt ook naar een flip-flop gestuurd. De twee uitgangen van de flip-flop worden afwisselend hoog en laag. De ingangen van het outputcircuit, die ook de PWM-spanning toegevoerd krijgen, zijn met de twee uitgangen van de flip-flop verbonden. Het resultaat daarvan is dat de twee outputcircuits afwisselend een PWM-spanning afleveren aan  $S_1$  en  $S_2$  van de spanningsomzetter. Die uiteindelijke PWM-spanning heeft, door de werking van de flip-flop, een frequentie die de helft is van de oscillatorfrequentie. Doordat de twee PWM-spanningen  $180^\circ$  in fase verschoven en dus in tegenfase zijn en in de transformator weer bij elkaar komen, krijgt de spanning uiteindelijk de vorm zoals die in figuur 3 is getekend met nog steeds de halve oscillatorfrequentie. Door de push-pull gelijkrichting secundair, zie figuur 2, wordt de frequentie verdubbeld zodat de zaagtandvormige stroom door de zelfinductie  $L$  weer de oorspronkelijke oscillatorfrequentie heeft, vaak ongeveer 100 kHz.

De twee PWM spanningen, afkomstig van de stuurschakeling, sturen de twee schakeltransistoren, (de schakelaars  $S_1$  en  $S_2$  in figuur 2). Moderne circuits, zoals de SG3525, kunnen de twee schakeltransistoren rechtstreeks sturen. Bij de oudere circuits, bijvoorbeeld de TL494, moeten extra driver-transistoren worden gebruikt. Omdat de stuurschakeling galvanisch geïsoleerd moet zijn van de netspanning, is in beide gevallen een scheidingstransformator noodzakelijk.

De voeding van het PWM IC kan op verschillende manieren worden gerealiseerd. We komen hierop in het hoofdstuk over de pc-voeding nader terug.

Hiervoor is al het een en ander over de beveiliging vermeld. In ieder geval moet gewaakt worden tegen te grote uitgangsstroom en overspanningen. Afhankelijk van het gebruikte stuur- en beveiligings-IC worden verschillende schakelingen toegepast. Om stroombeveiliging te verwezenlijken moet die stroom gemeten worden. In pc-voedingen is het meten van de uitgangsstroom vrij lastig omdat we met meerdere uitgangen hebben te maken. Daarom zien we dat in de spanningsomzetter de stroom door beide schakelaars  $S_1$  en  $S_2$  gemeten wordt. Dit gebeurt door in de verbinding I (zie figuur 2) een stroomtransformator op te nemen.

De secundaire spanning van die trafo wordt na gelijkrichting toegevoerd aan het stuur- en beveiligings-IC. In de zelfbouwschakeling die hierna wordt behandeld wordt een stroommeetshunt in de uitgang van de voeding toegepast. Een stroomtrafo is dan niet nodig maar een eenvoudige meetversterker is dan wel noodzakelijk.

## De in- en uitgangsfilters

In het secundaire circuit van de spanningsomzetter lopen grote stromen. Door de zelfinductie  $L$  heeft die stroom een stevige wisselstroomcomponent. De amplitude van die zaagtandvormige stroom is vele ampères terwijl de frequentie ervan rond de 100 kHz is. Als we geen maatregelen nemen hebben we hier een potentiële radiostoringsbron.

De volgende maatregelen kunnen worden genomen: De gehele voeding in een metalen (stalen) kast bouwen, welke om veiligheidsredenen met de netaarde moet worden doorverbonden. Ook de nul van de uitgangsspanning kunnen we daarmee verbinden. Als een galvanische verbinding niet gewenst is moet een capacitieve verbinding worden gemaakt bijvoorbeeld met een condensator van 4,7 nF.

Ook dienen de gelijkspanninguitgangen van de 230 V netgelijkrichter via dergelijke condensatoren aan de kast te worden verbonden.

Om uitstraling via het net te voorkomen, wordt aan de ingang een netfilter geplaatst. In figuur 6 is een voorbeeld van een goed netfilter getekend. In serie met de netspanningsleidingen is een tweetal filters opgenomen. Een 'common mode' filter B en een pi-filter. Filter B bestaat uit een bifilair gewikkelde spoel op een ringkern met twee tegengestelde windingen; met ontkoppelcondensator  $C_3$ . De flux veroorzaakt door de ene geleider wordt op-

geheven door de flux van de andere geleider zodat de kern niet verzadigd raakt. Stoorsignalen die de voeding willen verlaten worden verzwakt door de hoge impedantie van de spoel. Aan de netzijde zit een pi-filter bestaande uit zelfinducties  $L_1$  en  $L_2$  met condensatoren  $C_1$  en  $C_2$ . Hiermede worden signalen verzwakt die in fase zijn met de netstroom. Dit filter dient zo dicht mogelijk bij de net-entree te worden gemonteerd; nog beter is een entree- / filtercombinatie. Opgemerkt kan nog worden dat niet alle pc-voedingen van een dergelijk uitgebreid filter zijn voorzien. Er wordt daar kennelijk nogal eens op bezuinigd. Dan weet je ook meteen waarom sommige computers niet tegelijk met onze HF-transceiver zijn te gebruiken. Aan de uitgang van onze voeding moet een pi-filter, bestaande uit twee condensatoren en een zelfinductie een goede onderdrukking van het 100 kHz stoorsignaal geven.

## Nu de praktijk in detail

Kijken we eerst nog eens naar het algemeen overzicht van de opbouw van de pc-voeding. Het basisschema is weergegeven in figuur 1. Een aantal blokken in het schema, zoals de AC-DC en de spanningsomzetter naar de laagspanning zijn vrijwel standaard. Hierin vinden we weinig variaties. In met name het beveiligingscircuit en de opwekking van de hulpspanning komen meer verschillen voor. Maar door het herkennen van een aantal karakteristieke elementen zal het minder moeilijk zijn om je weg te vinden op de print. Zo is dan een basis-schema te tekenen, voldoende voor het uitvoeren van de te beschrijven ombouwprocedures. We zullen de verschillende blokken nu achtereenvolgens bespreken.

## Het primaire circuit

Het primaire circuit, zie figuur 7

Dit zijn de netspanninggelijkrichter naar  $2 \times 150$  V en de spanningsomzetter naar 13,8 V schakelingen in detail. Verschillen komen voor in de uitvoering van het netfilter, het aantal toegepaste NTC-weerstanden en/of

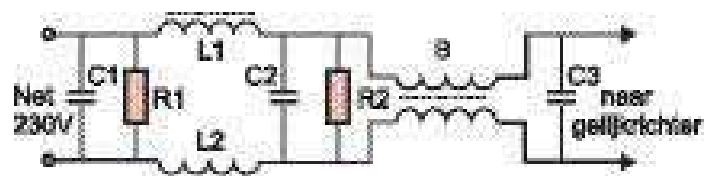


Fig. 6. Het netfilter

het toepassen van VDR-weerstanden parallel aan de twee hoogspanningscondensatoren.

Het netfilter was weergegeven in figuur 6.

$Q_1$  en  $Q_2$  zijn de schakeltransistoren. Deze zijn gemonteerd op een koellichaam. De stuurspanning naar de bases wordt overgebracht via transformator  $T_2$ ;  $T_1$  is een stroomtransformator voor de maximumstroombeveiliging. Transformator  $T_3$  levert de secundaire spanningen.

De R, C combinaties zijn zgn. snubbers. Zij beperken de collectorstroom tijdens het afschakelen.

Schakelaar S maakt in gesloten toestand de voeding geschikt voor 115 V. Bij een ombouw kan deze eventueel verwijderd worden.

## Het secundaire circuit

Het secundaire circuit, zie figuur 8

Ook dit circuit kent weinig variaties en door de royale sporen op de print en de grote componenten, is het niet moeilijk om een schema te tekenen. De 3,3 V spanning wordt afgeleid van de 5 V via een transductor met stuurschakeling. Voor de -5 en -12 V worden soms IC 's type 7905 resp. 7912 toegepast.

Het kan ook voorkomen dat de +12 V verkregen door een +7 V in serie met de 5 V te schakelen.

De ventilator F wordt, al dan niet via een temperatuursensor, gevoed vanaf de +12 V.

De punten 'S' gaan naar de stuurschakeling. De drie smoorspoelen 'L' zijn op één kern gewikkeld.

Ook hier zijn over de dioden snubbers aangebracht

## Hulpspanning

Het PWM-IC heeft een voedingspanning nodig van 8-35 V. In de pc-voedingen worden een aantal mogelijkheden voor de opwekking van deze spanning toegepast. Het eenvoudigst is de mogelijkheid waarin het schakelcircuit na inschakeling even als vrijlopende oscillator werkt, waarbij de 12 V uitgang spanning levert aan de PWM. Deze neemt vervolgens de controle van de schakelelementen over. Als deze methode wordt toegepast, wordt er geen extra transformator toegepast.

Ook wordt soms een extra oscillator toegepast waarvan de uitgangsspanning wordt gelijkgericht. Een voorbeeld van deze schakeling wordt gegeven in figuur 9.

Toepassing van deze schakeling is te

herkennen aan het aanwezig zijn van een extra vermogenstransistor in de buurt van  $Q_1$  en  $Q_2$  vaak op hetzelfde koellichaam. De +5 V VSB is een spanning die zichtbaar wordt gebruikt bij het in- en uitschakelen van de computer.

Een derde mogelijkheid voor de opwekking van U, is de toepassing van een miniatuur zelfstartende schakelende voeding met het IC TOP210. Het schema daarvan geeft figuur 10.

Meer informatie over deze schakeling is te vinden via de gegevens van de TOP210 (3).

In een luxere uitvoering van een geschakelde voeding wordt de hulpspanning verkregen via een extra transformator/gelijkrichter. In het in deel 3 te beschrijven ontwerp van een voeding zullen wij deze manier toepassen.

## Stuur- en beveiligingscircuit

Zoals hiervoor is beschreven en in figuur 4 in principe is aangegeven, levert de zgn. PWM de blokspanningen voor de sturing van de schakeltransistoren. In figuur 11 en in de te beschrijven ombouw, gaan we uit van het type TL494.

De C en R aan resp. 5 en 6 bepalen de frequentie van de oscillator.

De uitgangen 8 en 11 zijn via transistoren  $Q_3$  en  $Q_4$  verbonden met de scheidingstransformator  $T_3$  en verzorgen de sturing van de schakeltransistoren. Ingang 2 (Uwerk) van de verschilversterker is verbonden met Uref, punt 14 (5 V); soms via een spanningsdeler van 2 : 1. Ingang 1 (Ugew) is via de deler  $R_1/R_2$  en  $R_3$  verbonden met de +5 en de +12 V. Punt 4 is de zgn. 'dead-time-control input'. Als de spanning op dit punt varieert van 0 tot 3,3 V, verandert de dode tijd tussen 3 en 100 %. Dit punt is verbonden met het controlecircuit.

Omdat er in het be-

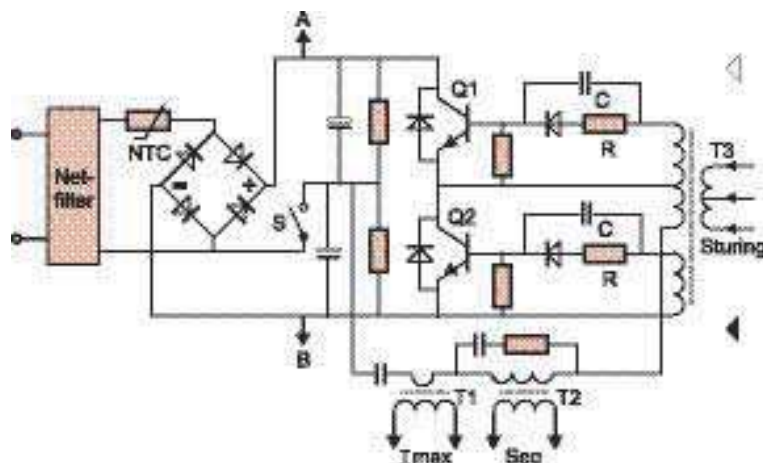


Fig. 7. Het primaire circuit

veiligingscircuit nogal wat variaties voorkomen (IC of discrete componenten) is deze schakeling slechts schematisch als een blokje A weergegeven. Bovendien zullen we het circuit in de ombouwprocedure vervangen door een nieuwe schakeling. Uitgang A4 gaat naar de dode-tijdingang 4 van de TL494. Om de TL494 te laten werken moet dit punt 'laag' (0V) zijn. In rust is de uitgang A4 hoger dan 3,5 V en de TL494 uit. Op punt A1 is de aan/uit (PC ON') schakeling aangesloten. Aarding van A1 laat A4 omslaan.

De maximum stroombeveiliging gaat naar punt 2. Op punt A3 worden van de uitgangen afgeleide spanningen gesommeerd.

De schakeling A is nu zodanig ontworpen dat via A3 gecontroleerd

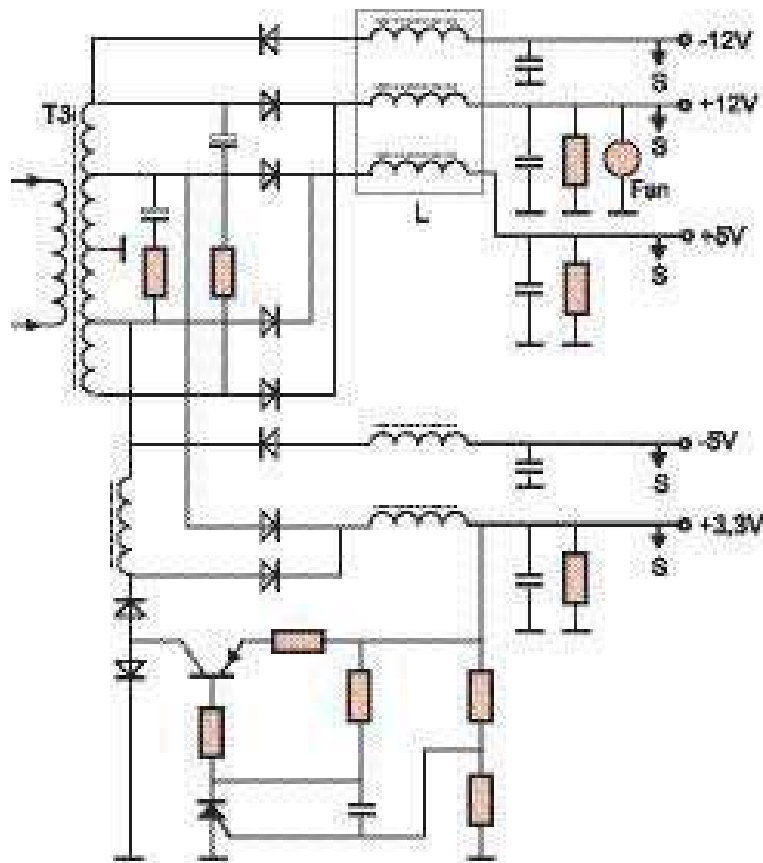


Fig. 8. Het secundaire circuit

# Literatuur

1. Application Note AN120, Philips Semiconductors, Data Handbook IC11 en ook overzicht artikel in een ARRL Handbook der 90'er jaren (1994, hoofdstuk 16).
2. A. Dogterom, Technische Notities, Electron juli 2000, 269-270;
3. TOP209/210, Power Integrations, Inc; www.p8s.com

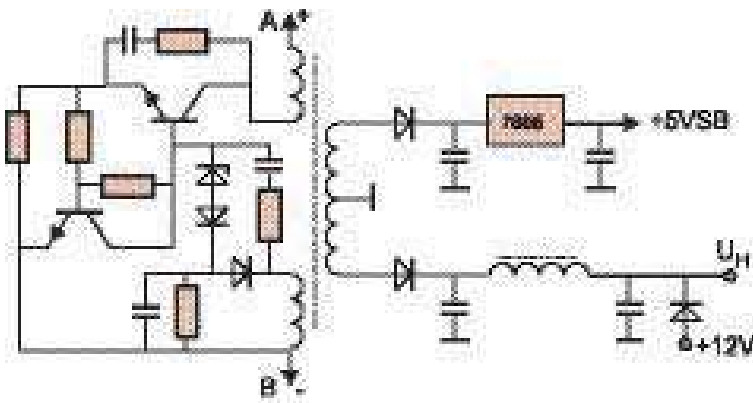


Fig. 9. De hulpspanning verkregen door middel van de oscillator

wordt of de uitgangsspanningen aanwezig zijn, terwijl via twee zenerdiodes de maximumspanning van de +5 en de +3,3 V wordt bewaakt. Als die genoemde condities in orde zijn, dan geeft punt A4 0 V (laag) en de PWM gaat werken. Indien een en ander niet het geval is, dan gaat spanning op punt A4 naar 3,5 V en wordt de PWM en hiermede de voeding uitgeschakeld. De dimensionering van de componenten is zodanig dat een en ander ook als kortsluitbeveiliging funktioneert: bij kortsluiting wordt A4 weer hoog en de PWM gaat uit.

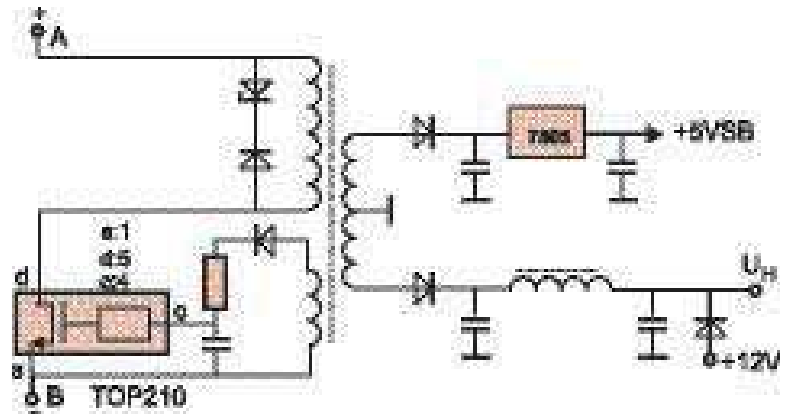


Fig. 10. Hulpspanning met de TOP210

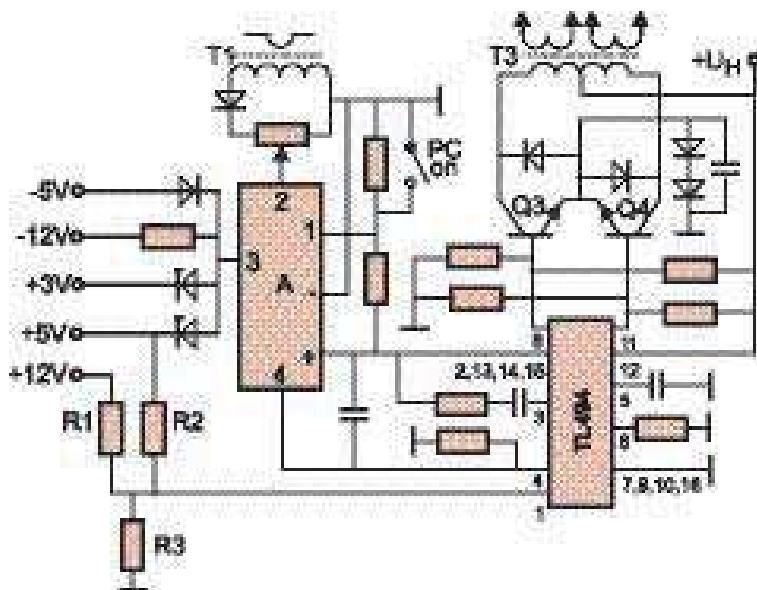


Fig. 11. Het stuur- en beveiligingscircuit

## C-cursus VERON afdeling Twente

De VERON afdeling Twente organiseert dit jaar weer de zendcursus ter verkrijging van een amateurvergunning. Deze cursus zal starten op 12 september voor belangstellenden in de regio Twente. Er kan een opleiding gevolgd worden voor het C-examen. De verkregen licentie geeft toegang tot de fascinerende wereld van het experimentele radio-onderzoek en de -communicatie.

Deze communicatie gebeurt met behulp van radio, TV, telex, via satellieten al dan niet gecombineerd met de computer.

Deelnemers kunnen tijdens de opleiding reeds verbindingen maken onder begeleiding van gecenceerde zendamateurs.

Nadere informatie is verkrijgbaar bij de cursuscoördinator, telefoon (074) 291 14 41 of via e-mail [pe1ryl@amsat.org](mailto:pe1ryl@amsat.org).

[www.classicint.nl](http://www.classicint.nl)

Bezoek onze website voor info, producten en prijzen!

**Classic International**  
Experts in wireless communication

Zuidhoven 9G, 6042 PB Roermond, Postbus 1020, 6040 KA Roermond, Tel. (0475) 32 73 90, Fax (0475) 35 02 40