

regelbare voeding

0...24V, 1 of 2A

ideaal "werkpaard" voor elke hobbyist



Kregen we jaren geleden nog wel eens het verwijt dat er toch wel erg veel voedingen in Elektuur stonden, de laatste tijd horen we exact het omgekeerde. Nu moet ons lezerspubliek omdat er al in geen tijden een universele labvoeding is gepubliceerd. Dit verzuim maken we hier goed met deze eenvoudig te bouwen regelbare voeding, die door zijn ruime spanningsbereik en instelbare stroombegrenzing tegen bijna alle voorkomende voedingsklussen opgewassen is.

Een regelbare voeding hoort samen met een soldeerbout en een multimeter tot de onmisbare basisuitrusting van elke elektronica-hobbyist. Zonder die dingen begin je gewoon niet veel. Nu is een robuuste regelbare voeding met een ruim spanningsbereik en liefst ook een instelbare stroombegrenzing niet echt goedkoop. Reden waarom er altijd een behoorlijke vraag blijft bestaan naar betrouwbare zelfbouwrecepten hiervoor. De hier beschreven schakeling is geknipt voor dit doel. Deze voeding bezit voldoende instelmogelijkheden, is redelijk eenvoudig van opzet en bovendien van huis uit voorzien van de mogelijkheid om DVM-modules aan te sluiten voor de indicatie van uitgangsspanning en

–stroom. Een pluspunt is voorts dat de schakeling, met uitzondering misschien van een stel vermogens-FET's, louter gangbare standaard-componenten bevat. En tenslotte is de optie gecreëerd om de voeding naar keuze in een 1-A- of 2-A-uitvoering op te bouwen.

OPZET

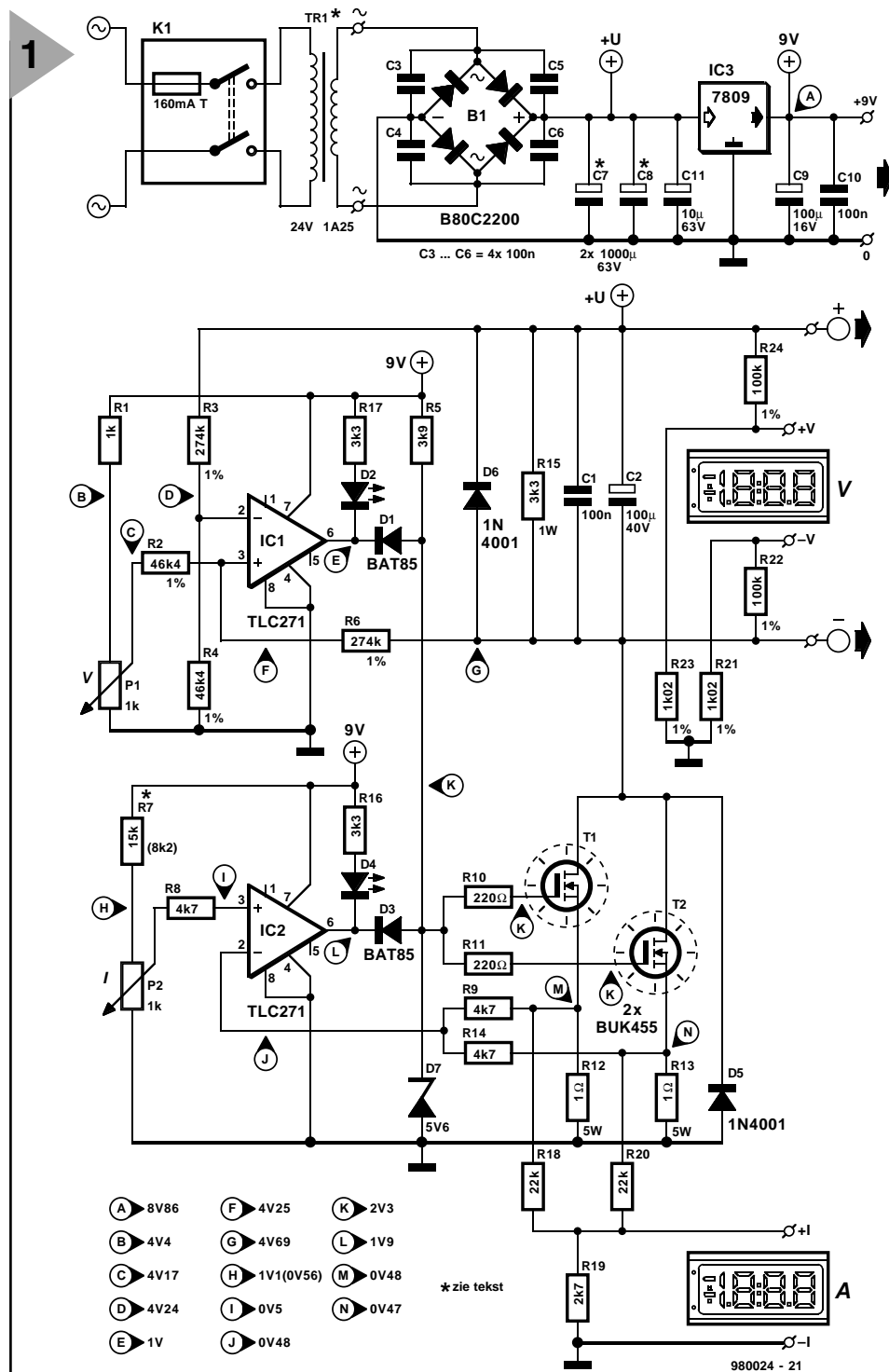
Het basisrecept van de voeding is eigenlijk heel simpel, zoals een blik op het schema van **figuur 1** duidelijk maakt. De van een 24-V-trafo afkomstige spanning wordt op de gebruikelijke manier gelijkgericht (spanning +U) en vervolgens in hoogte geregeld door twee parallelgeschakelde FET's (T1 en T2), welke zich tussen de negatieve uitgangsklem en massa bevinden. Deze FET's worden op hun beurt aangestuurd door twee rond een opamp opgebouwde regelcircuits die de uitgangsspanning respectievelijk uitgangsstroom continu vergelijken met de ingestelde streefwaarde. Dat is in feite waar het om draait.

De praktische uitwerking van een en ander geeft in elk geval één opvallend detail te zien. In tegenstelling tot wat gangbaar is, zijn de regel-FET's hier namelijk niet als source-volger geschakeld. Dit is bewust gedaan om een extra voedingspanning uit te sparen. De spanning op de gate dient namelijk maximaal zo'n 6 V hoger te zijn dan die op de source, en de hier gekozen opzet maakt dat mogelijk omdat de gate gestuurd kan worden ten opzichte van de interne massa van de voeding (en dus niet ten opzichte van de plus van de uitgangsspanning). Wat valt er verder nog in algemene zin over de schakeling te vertellen? Wel, zoals te zien is met een 7809 (IC3) een hulpspanning voor de regeling gemaakt, die tevens als referentiespanning fungeert. De streefwaarden voor de spannings- en stroomregeling worden met respectievelijk P1 en P2 ingesteld. Ook de opamps IC1 en IC2 worden vanuit de gestabiliseerde +9 V gevoed.

SPANNINGSREGELING

Zoals te zien is, de schakeling zodanig opgezet dat de over C2 staande uitgangsspanning "zweeft", waarmee bedoeld wordt dat deze met een kant aan de ongestabiliseerde (!) voedingspanning ligt. De nul van de uitgang is verbonden met de drains van de vermogens-FET's T1 en T2. De referentiespanning is echter wel ten opzichte van de nul, daarom wordt de ingang van opamp IC1 aangesloten via R3/R4 en R6/R2. Deze weerstandsnetwerken zorgen ervoor dat de uitgangsspanning wordt vergeleken met de op de looper van P1 ingestelde streefwaarde. Dit principe werkt uitstekend, mits de verhoudingen van

Figuur 1. Het complete schema van de voeding. Met P1 wordt de spanning ingesteld en met P2 de stroombeperzing. Op de punten +V/-V en +I/-I kunnen desgewenst (digitale) meetinstrumenten worden aangesloten voor de spannings- resp. stroomindicatie.



- A) 8V86
- B) 4V4
- C) 4V17
- D) 4V24
- E) 1V
- F) 4V25
- G) 4V69
- H) 1V1(0V56)
- I) 0V5
- J) 0V48
- K) 2V3
- L) 1V9
- M) 0V48
- N) 0V47

* zie tekst

R3/R4 en R6/R2 nauwkeurig gelijk zijn. Voor deze weerstanden dienen dus 1%-typen te worden gebruikt. De verschilspanning aan de uitgang van IC1 regelt via D1 de spanning op de gates van de FET's. Normaliter worden beide FET's altijd volledig opengestuurd via R5. Het dichtsturen gebeurt of door de spanningsregeling, of door de stroomregeling. D7 is nog

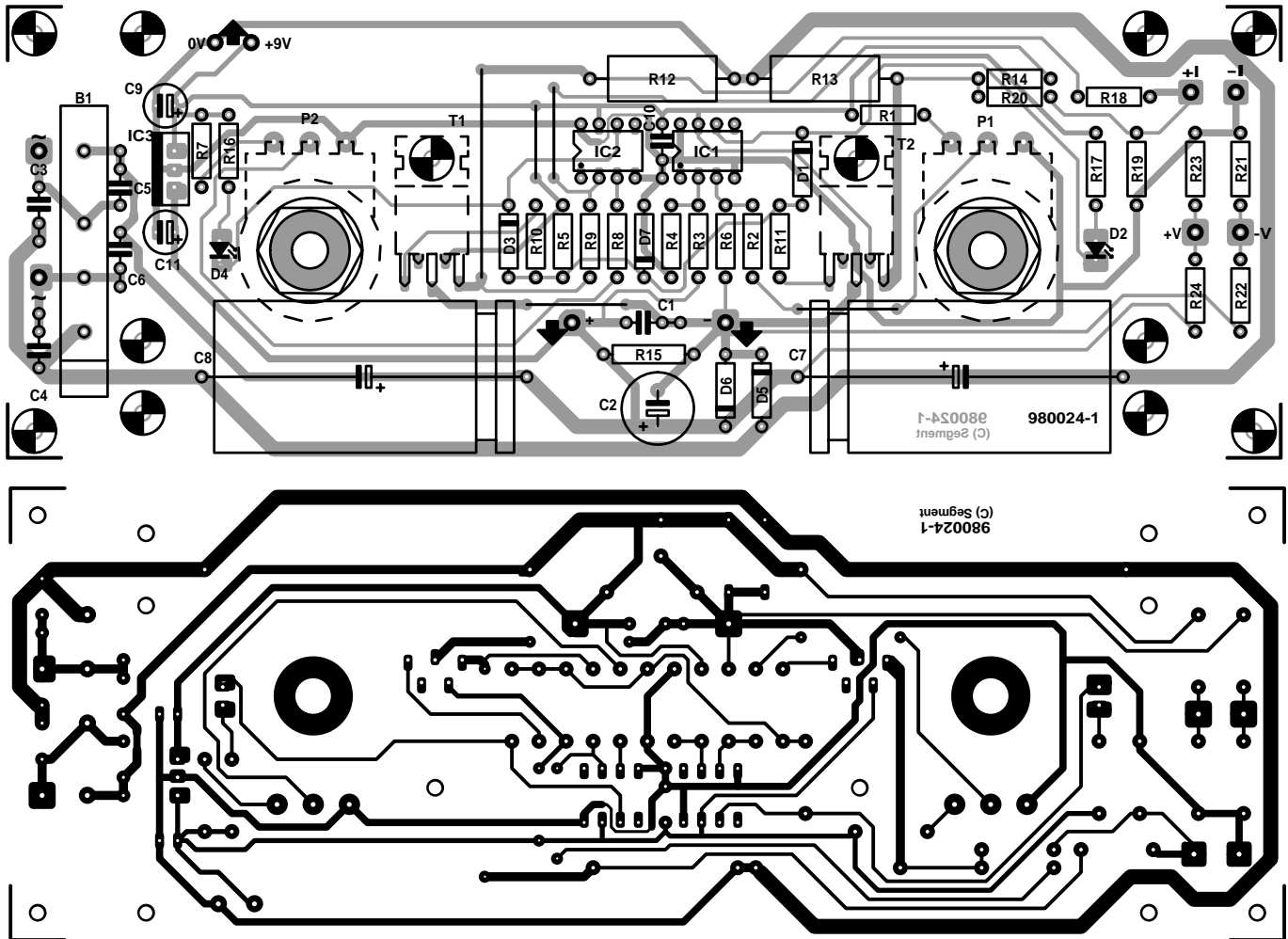
toegevoegd om de maximale gate-spanning van T1 en T2 te beperken; dit verkort de reactietijd wanneer de FET's zich in opengestuurde toestand bevinden. R10 en R11 voorkomen hoogfrequent oscillaties.

STROOMREGELING

Het controleren van de uitgangsstroom gebeurt uiteraard op de

2

Figuur 2. De print is zodanig ontworpen dat deze parallel achter het front van de kast kan worden gemonteerd.



3



bekende manier, namelijk door het meten van de spanningsval over een shuntweerstand. Als shunt fungeren de source-weerstanden van de FET's (R12 en R13). Omdat de FET's onderling grote verschillen kunnen vertonen, hebben ze beide een relatief grote source-weerstand van $1\ \Omega$ gekregen. Loopt er bijvoorbeeld een uitgangsstroom van 2 A, dus door iedere FET 1 A, dan valt er over elke weerstand 1 V. Deze spanningen worden via de weerstanden R9 en R14 uitgemiddeld (dus ook als de verdeling tussen de FET's minder ideaal is, wordt de *totale* stroom gemeten) en in IC2 vergeleken met de via P2 ingestelde streefwaarde. Is de stroom te groot, dan daalt de uitgangsspanning van de opamp en worden de FET's via D3 wat verder dichtgestuurd. Om er zeker van te zijn dat de FET's

Figuur 3. Hier is te zien hoe het proefmodel is opgebouwd. Het formaat van de trafo bepaalt de vereiste hoogte van de kast.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1 = 1 × 1 k
R2,R4 = 2 × 46k4 1%
R3,R6 = 2 × 274 k 1%
R5 = 1 × 3k9
R7 = 1 × 15 k (2 A: 8k2)
R8,R9,R14 = 3 × 4k7
R10,R11 = 2 × 220 Ω
R12,R13 = 2 × 1 Ω/5 W
R15 = 1 × 3k3/1 W
R16,R17 = 2 × 3k3
R18,R20 = 2 × 22 k
R19 = 1 × 2k7
R21,R23 = 2 × 1k02 1%
R22,R24 = 2 × 100 k 1%
P1,P2 = 2 × 1 k lin.

Condensatoren:

C1,C3...C6,C10 = 6 × 100 n
C2 = 1 × 100 μ/40 V rad.
C7,C8 = 2 × 1000 μ/63 V (2 A: 2200 μ/63 V)
C9 = 1 × 100 μ/16 V rad.
C11 = 1 × 10 μ/63 V

Halfgeleiders:

B1 = 1 × B80C3300/2200
D1,D3 = 1 × BAT85
D2,D4 = 2 × LED rood (high eff.)
D5,D6 = 2 × 1N4001
D7 = 1 × 5V6/400 mW
T1,T2 = 2 × BUK455-100A of
BUK106-50S* (Philips)
IC1,IC2 = 2 × TLC271CP
IC3 = 1 × 7809

Diversen:

K1 = net-entree met schakelaar en zekering 0,16 AT
Tr1 = nettrafo sec. 24 V/1,25 A (bijv. Amplimo 21012) of 24 V/2,5 A*
koelplaat voor T1/T2: SK85/75SA (1,2 K/W)
2 banaanstekerbussen
1 print EPS 980024-1 (zie Servicepagina's)
behuizing: Telet LC850 (80×200×180mm) of LC950 (100×200×180mm)*
optie: meetinstrumenten voor stroom- en spanningsindicatie *

* zie tekst

in voldoende mate dichtgestuurd kunnen worden, zijn voor D1 en D3 Schottky-dioden toegepast. De LED's D2 en D4 zijn toegevoegd ter indicatie van het feit dat de spannings- respectievelijk stroomregeling in werking zijn. Het meest voor de hand liggend zou zijn om deze LED's in serie met D1 en D3 te schakelen, maar dat zou tot gevolg hebben dat de FET's niet voldoende kunnen sperren. Een mogelijke oplossing voor dat probleem zou weer zijn geweest om de opamps een negatieve voedingsspanning te geven, maar het is uiteraard veel eenvoudiger en goedkoper om de indicatie-LED's gewoon parallel te plaatsen. Op deze manier is het stroomverbruik weliswaar 2 mA hoger, maar dat is bij een voeding geen enkel probleem. Verder zijn er de gebruikelijke zaken: D5 en D6 beveiligen de schakeling tegen te hoge of verkeerd gepoolde spanning, R15 zorgt ervoor dat de kleine stroom via R6 en de eventuele lek van de FET's "verdwijnt". R15 bepaalt dus eigenlijk de minimale uitgangsspanning. C1 en C2 verbeteren tenslotte de stabiliteit en het gedrag bij plotseling wisselende belastingen.

AANSLUITEN VAN SPANNINGS- EN STROOMMETERS

Er zijn op de print een aantal weerstanddelers opgenomen die het mogelijk maken (digitale) meetinstrumenten aan te sluiten. In het schema zijn deze weerstanden terug te vinden onder de nummers R18...R24.

Het delernetwerk R18...R20 is bestemd voor de stroomindicatie; het is parallel over de source-weerstanden R12/R13 geschakeld (punten "M" en "N") en de voor de stroomindicatie bestemde DVM-module wordt op de met "+I" en "-I" gemerkte punten aangesloten. De meeste digitale modules hebben een gevoeligheid van 0,2 V. De spanningsval over de stroomweerstand R12 en R13 bedraagt 1 V bij 2 A en daarom verzwakken R18/R19 vijf maal. De verzwakker voor de spanning

bestaat weer uit vier weerstanden (R21...R24) omdat, zoals al gezegd, de spanning "zweeft". Uitgaande van dezelfde gevoeligheid (0,2 V) van de op "+V" en "-V" aan te sluiten DVM-module, dient de verzwakking hier 20 V/0,2 V oftewel 100 maal te bedragen. Omdat de meeste "gewone" 3½-digit-instrumenten slechts tot 1.999 meten, kan er maximaal 20 volt (19,99 volt feitelijk) worden weergegeven. Er zijn twee alternatieven: U kunt een digit "weggooien" door de verzwakking tien keer zo groot te maken (voor R21 en R23 100 Ω nemen). Of u kunt proberen de hand te leggen op een 3¾-digit-meter, die tot 3.999 telt. De voeding voor de meetmodules kan worden betrokken van de door IC3 gestabiliseerde 9 V; hiervoor zijn aansluitpunten op de print aanwezig (markeringen "0V" en "+9V"). Let op: bij veel digitale modules lukt het niet om deze interne 9-V-spanning als voedingsspanning te gebruiken! De "gewone" goedkope typen moeten doorgaans apart met een batterij of een extra hulpspanning worden gevoed. Van de interne 9 V kan alleen gebruik worden gemaakt door modules waarbij de voedingsspanning en de meetspanning gelijk mogen zijn; met andere woorden: het common-mode-bereik moet binnen de hele voedingsspanning liggen. Geen enkel type met een IC uit de 7106-familie voldoet hier aan en deze moeten dus apart worden gevoed. Er bestaan echter ook digitale modules die met behulp van een ingebouwd spanningsomvormertje dit probleem omzeilen. Hoe weet u nu met wat voor type u te doen heeft? Wel, bij DVM-modules die geen hulpspanning nodig hebben, wordt dit feit door de fabrikant in de specificaties doorgaans nadrukkelijk vermeld – wordt het niet vermeld, dan kunt u er gevoeglijk van uitgaan dat er wel een aparte hulpspanning nodig is.

BOUW

De print voor de voeding is in **figuur 2** afgebeeld. De opbouw daarvan aan

de hand van de componentenopdruk is een betrekkelijk simpele aangelegenheid.

Zoals te zien, worden ook de potmeters P1 en P2 rechtstreeks op de print gemonteerd. Dat heeft alles te maken met de gekozen behuizing, een LC850 of LC950 van Telet. Het is namelijk de bedoeling dat de print via een stel afstandsbusen parallel aan de frontplaat van de kast wordt gemonteerd. De voor de FET's benodigde koelplaat wordt dan weer achter op de print geschroefd. Met een beetje geluk vallen de bevestigingsgaten van de print precies tussen twee ribben van de koelplaat; anders kunnen er natuurlijk gewoon een paar gaten extra worden geboord. Zo krijgen we een heel compacte module en is de koelplaat tevens niet aanraakbaar. Bij vol vermogen kan die namelijk behoorlijk heet worden. De FET's worden aan de onderkant van de print gesoldeerd en op de koelplaat vastgeschroefd. Het is overigens beter dit in omgekeerde volgorde te doen: buig de aansluitdraden in de passende vorm, monteer de print op de koelplaat, schroef de FET's op hun plaats en soldeer ze dan pas vast door de bout voorzichtig tussen print en koelplaat te steken.

Het is niet per se noodzakelijk de FET's te isoleren; thermisch gezien is het zelfs beter om dit niet te doen. Maar dan moet u er wel voor zorgen dat de koelplaat nergens tegenaan komt en verder goed geïsoleerd is van zijn omgeving. Isolatieplaatjes toepassen is veiliger, maar gebruik dan wel goede exemplaren met een lage warmteweerstand. Aluminiumoxide is goed, mica niet. Gebruik in alle gevallen warmtegeleidende pasta. Boor met het oog op de ventilatie een paar extra gaten in de kast, boven en onder het koellichaam. Het valt ook te overwegen om een kleine (PC-)ventilator in te bouwen, want afhankelijk van de trafo-spanning kan de zaak toch wel behoorlijk warm worden in zo'n klein kastje. De gangbare 12 V PC-ventilatoren lopen nog heel redelijk op 9 V en

maken dan tevens wat minder herrie – maar het staat u natuurlijk ook vrij om een extra 7812-stabilisator toe te voegen, als u de ventilator liever op volle kracht laat draaien.

De grote trafo zal verticaal gemonteerd moeten worden, omdat de voorgestelde Telet-kast niet erg diep is. Gebruik bij voorkeur een ringkerntrafo van Amplimo; die zijn voor deze toepassing elektrisch veilig.

Nu we het toch over veiligheid hebben: we adviseren met nadruk om een net-entree te gebruiken met geïntegreerde zekering en dito netschakelaar, die aan de achterkant van de kast wordt geplaatst. De gevaarlijke 230 V blijft zo helemaal weg van de print en

1 A OF 2 A

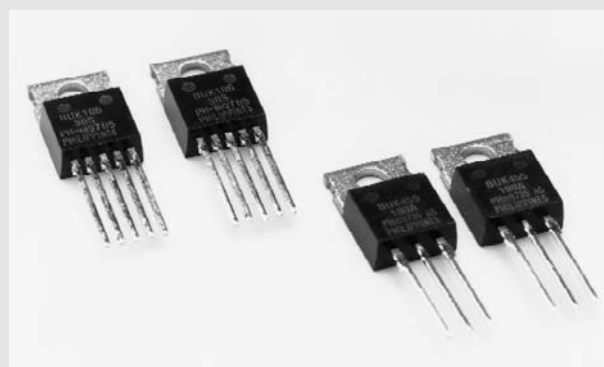
Als men de voeding wil opbouwen in 24 V/1 A-uitvoering, dan is een trafo van 2x12 V bij 1,25 A zeer geschikt. Met wat passen en meten kan deze combinatie nog net in een Telet-kast van 8 cm hoog. Er ontstaat dan een heel charmante compacte voeding. Een 2-A-versie vereist een trafo voor de dubbele stroom en dan past het geheel alleen nog maar in de Telet-kast die 10 cm hoog is.

De in het schema aangegeven onderdeeldimensionering geldt voor de 1-A-uitvoering. Om deze om te bouwen naar 2 A zijn echter behalve de trafo niet veel wijzigingen nodig. De afvlak-elco's C7 en C8 worden vergroot tot

van de meetpunten dient te gebeuren, is dat men nog even controleert of de uitgangsspanning hoog genoeg (24 V) wordt en of de uitgangsstroom wel de maximale waarde van 1 of 2 A bereikt (afhankelijk van de trafo).

Ook dient men nog na te gaan of de uitgangsspanning met P1 wel tot nagenoeg nul teruggeregeld kan worden. Een minimum van 0,2 à 0,3 V is normaal, maar wanneer de spanning niet lager te krijgen is dan bijvoorbeeld 1 V, dan wordt dit veroorzaakt doordat de verhoudingen R3/R4 en R6/R2 niet gelijk zijn. Als u dit hinderlijk vindt, kunt u een weerstandje van omstreeks 1 M (grootte experimenteel bepalen) parallel zetten aan R2 of R4 totdat de

De FET's



Terwijl de BUZ- en IRF-typen intussen al wel tot de bekende verschijningen horen in *Elektuur*, hebben we nog niet eerder FET's uit de BUK-serie gebruikt. Deze familie telt diverse typen, voor steeds grotere spanningen en stromen. De hier toegepaste BUK455-100A kan spanningen tot 100 V aan. Het bijzondere van deze FET is zijn lage thermische weerstand van 1,2 K/W. Hierdoor kan hij in een TO220-behuizing zelfs nog meer (125 W) vermogen dissiperen dan de bekende 2N3055 in zijn SO3-behuizing (115 W). Nu zijn dit zuiver theoretische waarden (de koe-

ling zou oneindig goed moeten zijn), maar met een koelplaat van 1,2 K/W (SK85, 75 mm) kan dan toch bij een delta-T van 150° zo'n 62,5 W worden gedissipeerd. En dat is dus heel veel! Om aan de veilige kant te blijven en niet op bovenstaande theoretische waarden te gaan zitten, hebben we de dissipatie over twee FET's verdeeld.

Het is ook mogelijk om uit dezelfde familie de BUK106-50S te gebruiken. Dit is een zogenaamde "TOPFET". Deze component is duurder, maar heeft enkele bijzondere eigenschappen. Hij heeft twee pootjes meer: een "protection supply input" en een "flag output". Wanneer op de protection supply input een voedingsspanning wordt gezet, dan zal de component zichzelf beschermen tegen spanningen hoger dan 50 volt (hij gaat dan een beetje geleiden; niet per se gunstig bij een voeding) en hij zal zichzelf uitschakelen zodra zijn temperatuur te hoog (> 150°C) wordt. Dat laatste is natuurlijk wel gunstig in een voeding. De Flag-uitgang geeft aan of een beveiliging actief is. De beveiliging wordt opgeheven door het tijdelijk uitschakelen van de voedingsspanning.

Op onze print kunnen beide typen FET's zonder meer gemonteerd worden. De "protection supply input" van de 5-pens BUK106-50S is dan automatisch doorverbonden met de door IC3 geleverde +9 V. Van de Flag-uitgang wordt hier geen gebruik gemaakt.

de aanraakbare gelijkspanningsuitgang. Als u straks op de achterkant van de kast ook nog een identificatieplaatje plakt met daarop de netspanning en de zekeringwaarde (zoals elders in dit artikel afgedrukt), voldoet u ook wat dat betreft aan de veiligheidsvoorschriften.

Nog een tip: Wanneer de toegepaste DVM-modules ingebouwde verlichting hebben, trekken ze al snel enkele tientallen mA. In dat geval kan het nodig zijn de spanningsstabilisator een kleine koelplaat (circa 20 K/W) te geven.

Tot besluit van al deze praktische informatie gunt **figuur 3** alle geïnteresseerden een inblikje in een van de door ons opgebouwde proefmodellen. Zoals te zien, zijn de bedieningsorganen op het front beperkt tot de twee potmeters, de indicatie-LED's D2 en D4 en twee banaanstekerbussen voor de uitgangsspanning.

2200 µF, en R7 wordt gehalveerd tot 8k2 om te zorgen dat de volle uitslag van P2 correspondeert met 2 A.

TESTEN

Als de print compleet is opgebouwd en terdege is gecontroleerd, dan wordt het zo langzamerhand tijd om de trafo aan te sluiten en de netspanning in te schakelen. Daarna is het allereerst zaak om de in het schema aangegeven meetpunten na te lopen met een digitale voltmeter. Let op: de waarden in het gedeelte dat de spanningsregeling verzorgt (dus IC1 en omgeving) zijn gemeten bij een ingangsspanning van 28 V, een uitgangsspanning van 24 V en onbelast. De spanningen in het stroomgedeelte (rond IC2) plus de opgaven bij de FET's zijn gemeten bij 28 V in, 20 V uit en een belasting van 1 A.

Een echte afregeling kent de schakeling niet. Het enige dat na het checken

uitgangsspanning minimaal is.

Voor de op "+V" en "-V" aan te sluiten spanningsindicatie geldt iets soortgelijks. Ook hier is de fout die meestal optreedt dat de meter een spanning aangeeft terwijl die er niet is. De enige mogelijke reden hiervoor is een kennelijke ongelijkheid in de verhouding tussen R22/R21 en R24/R23 – zelfs bij gebruik van 1%-weerstand kan dat gebeuren. De fout valt te corrigeren door een experimenteel weerstandje van rond 100 k parallel aan R21 of R23 te schakelen.

(980024)

ELEKTUUR		
230V ~	50Hz	
No. 980024		
F = 160mA T		