

M. J. Wijffels

# Digitale modeltreinbesturing

Bits, bytes en bielzen

NUDI 432

ISBN 90-70160-82-X

niet meer verkrijgbaar



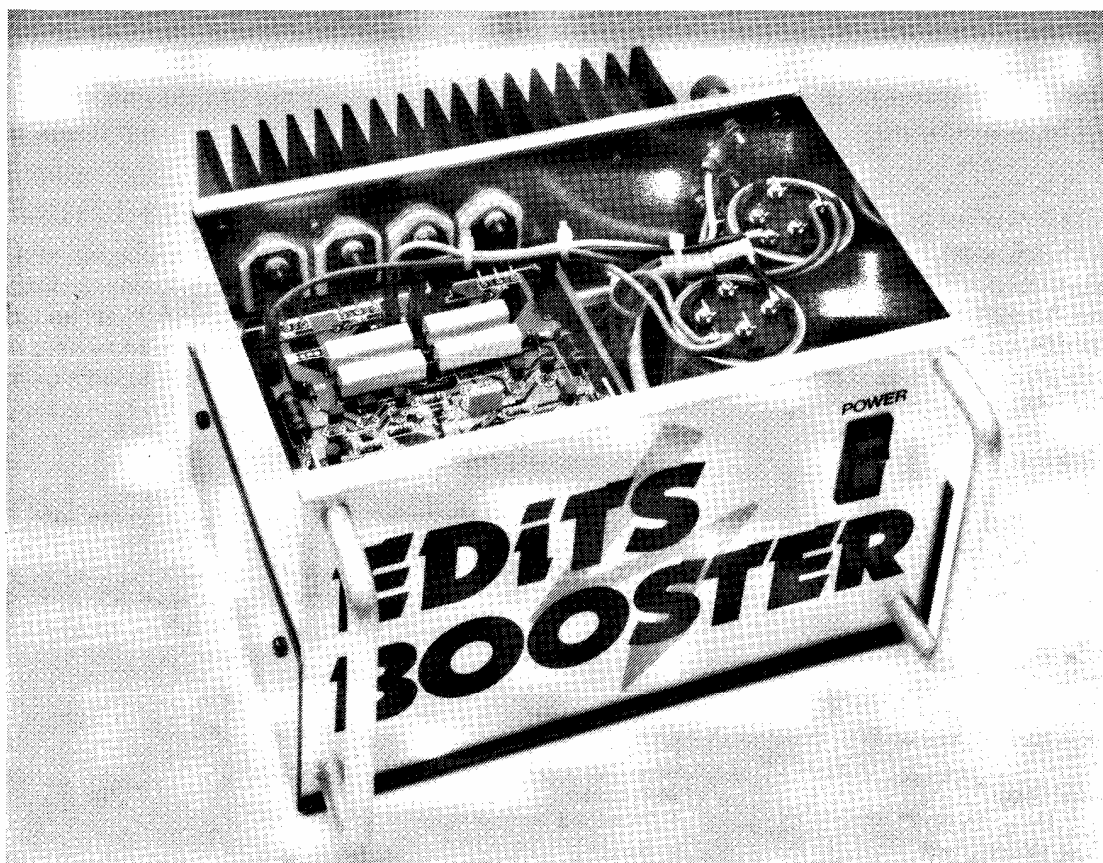
elektuur

## 2.10 Booster

Deze booster heeft voldoende in zijn mars om circa 15 treinen op een digitaal bestuurd modeltreinbaan te voeden en kan niet alleen met EDITS maar ook met andere digitale treinbesturingsystemen gebruikt worden. De uitgang is spanningsgestabiliseerd en uiteraard kortsluitvast.

### Specificaties

- uitgangsstroom 10 A, kortsluitvast
- uitgangsspanning +18 V/-18 V, gestabiliseerd
- bruikbaar bij:
  - EDITS,
  - Märklin digital H0
  - Märklin digital =/N/Z
  - Roco digital
- uitgangsspanning kan naar behoefte aangepast worden
- automatische afschakeling bij overbelasting



*Figuur 2.10.1 Foto van de booster in geopende kast.*

## Een "digitale" voeding

De stroomvoorziening van een digitaal bestuurd modeltreinbaan is fundamenteel anders dan een konventionele. Op een digitale baan wordt de "rijspanning" in snel tempo tussen ongeveer +18 en -18 V geschakeld. Deze taak, het schakelen van de rijspanning, wordt door de booster (vermogensversterker) uitgevoerd.

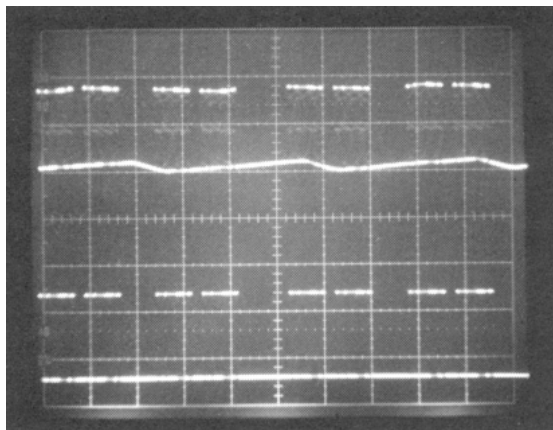
Voor een goed functioneren van een digitaal bestuurd modelbaan speelt die booster dan ook een belangrijke rol. Dankzij de booster bevatten de door de digitale besturing opgewekte seriële besturingskommando's niet alleen de informatie maar ook de energie om lokomotieven, wissels en seinen in gang te zetten. Voor de bedrijfszekerheid is het bovendien van absoluut belang dat een degelijke kortsluitbeveiliging aanwezig is. Ontsporingen, vaak gepaard gaande met botte kortsluitingen, komen op de modelbaan nu eenmaal vaker voor dan in het grootbedrijf.

De booster is speciaal ontwikkeld voor EDITS, maar kan ook bij digitale fabriekssystemen ingezet worden.

## Koncept

Ook van de treinfabrikanten kunt u boosters betrekken, maar onze schakeling heeft twee belangrijke voordelen: een riant uitgangsvermogen en een gestabiliseerde uitgangsspanning. Om met dat vermogen te beginnen: de booster van bijvoorbeeld Märklin levert 2,5 à 3 A, niet echt veel als je bedenkt dat een trein ongeveer 500...700 mA vraagt. Bovendien worden vanaf de baan ook andere stroomverbruikers gevoed zoals (bekrachtigde) wissels, wissel- en seinverlichting en rijtuigverlichting. Al met al zal er, zeker bij meertreinsbedrijf, al snel behoefte zijn aan meer dan 3 A uitgangsstroom. Om deze reden is deze booster gedimensioneerd voor 10 A, waarmee circa 15 treinen van energie voorzien kunnen worden. Een klein deel van de uitgangsstroom moet gereserveerd worden voor het bekrachtigen van wissels en seinen, maar softwarematig is bij EDITS ervoor gezorgd dat niet meer dan twee wissels gelijktijdig bekrachtigd kunnen zijn (één wissel via het toetsenbord en één via de RS232-interface).

Een ander belangrijk voordeel is de gestabiliseerde uitgangsspanning. De uitgangstrap zoals die door Märklin wordt toegepast, levert een nogal belasting-afhankelijke uitgangsspanning: 25%



*Figuur 2.10.2 Dataoverdracht door middel van het schakelen van de voedingsspanning. Duidelijk is dat de Märklin-booster (bovenste spoor) geen gestabiliseerde uitgangsspanning levert. Dit in tegenstelling tot de EDITS-booster (onderste spoor).*

spanningsdaling van nullast tot vollast is vrij normaal. Daardoor wordt de snelheid van de lokomotieven en de helderheid van de rijtuigverlichting beïnvloed.

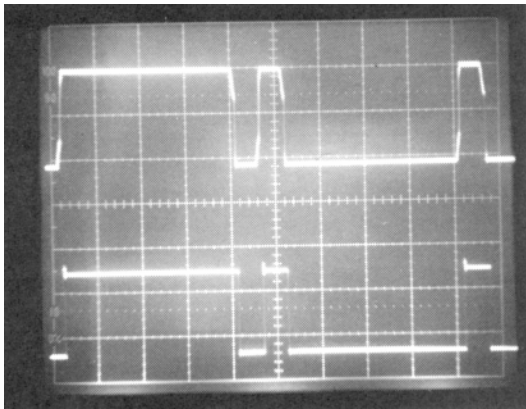
Bij de EDITS-booster is de uitgangsspanning nagenoeg konstant, dus onafhankelijk van de belasting. Dit resulteert in een gelijkmatig brandende verlichting en echt onafhankelijke snelheidsregeling van de treinen.

### Schema

In het schakelpatroon van de spanning op de rails schuilt de besturingsinformatie. Het is daarom belangrijk dat de booster, ook onder complexe belastingen (denk maar aan al die bufferkondensatoren in de dekoders), een net signaal aflevert. In het ontwerp is daarom veel aandacht besteed aan schakelsnelheid. Figuur 2.10.3 illustreert wat dat in de praktijk opgeleverd heeft.

De uitgangstrap (T1...T4) is geschakeld als emittervolger. Met deze configuratie kan sneller geschakeld worden dan wanneer de transistoren in verzadiging gestuurd zouden worden. Nu werken de transistoren in hun lineaire gebied en er zijn geen verzadigingseffekten die de schakeltijd nadelig beïnvloeden. Nadeel is echter de hogere spanning over de eindtransistoren en daarmee de grotere warmteontwikkeling. Door extra koeling van de eindtransistoren dient dit ondervangen te worden.

De bases van de uitgangstransistoren worden door respectievelijk T5 en T6 naar +20 en -20 V geschakeld. Deze beide hulpspanningen worden door IC1 en D3, c.q. IC2 en D4 opgewekt. De uiteindelijke uitgangsspanning zal gelijk zijn aan de hulpspanning verminderd met de basis-emitterspanning van de uitgangstransistoren (ongeveer 1,5 V) en de spanningsval over de emitterweerstand (maximaal zo'n 0,6 V). In



*Figuur 2.10.3 Het schakelgedrag onder belasting van de Märklin-booster (bovenste spoor) vergeleken met de EDITS-booster.*

de praktijk komen we op een redelijk konstante  $\pm 18$  V (zie ook de belastingkarakteristiek in figuur 2.10.5). Dat voor dit concept gekozen is, heeft te maken met de vereiste bandbreedte (schakelsnelheid) en de gewenste stabiliteit bij complexe belastingen.

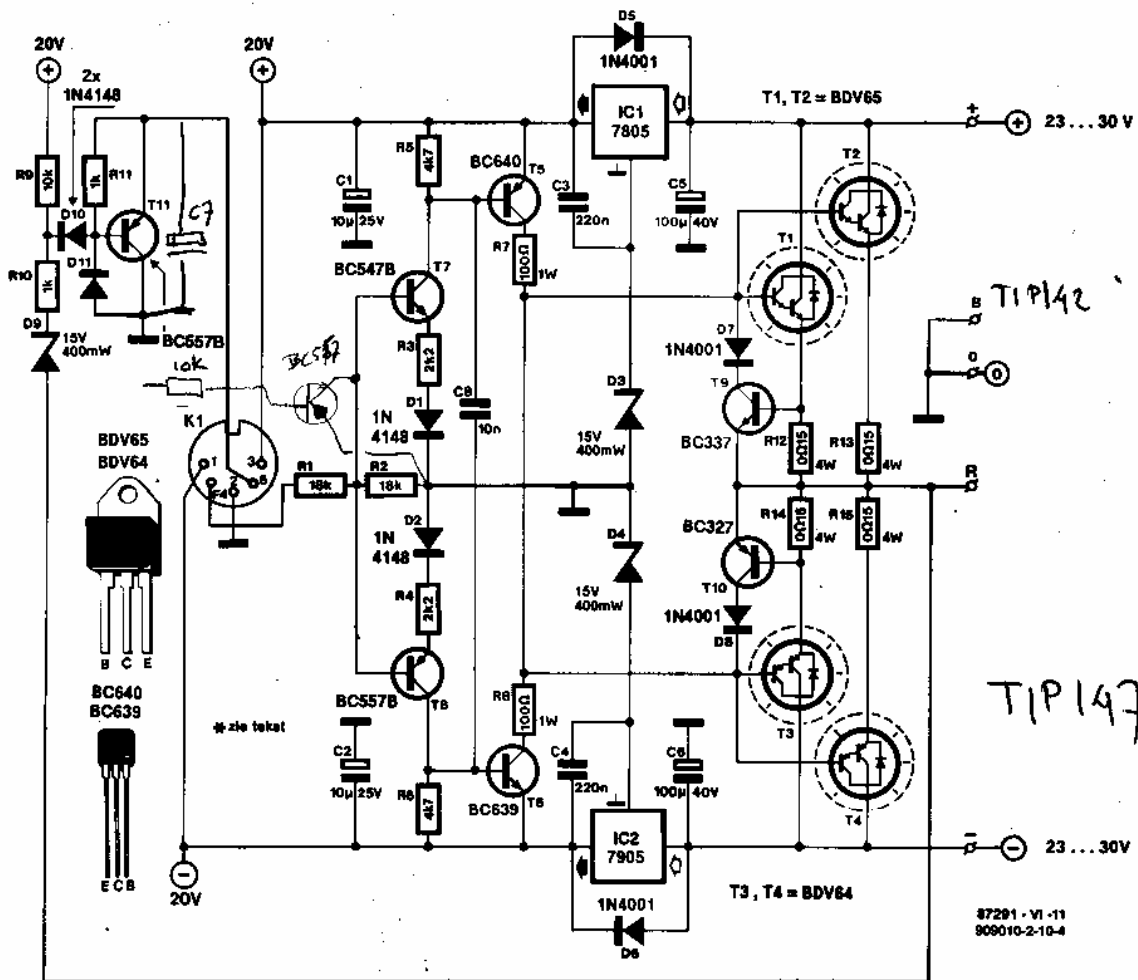
De emitterweerstand R12...R15 moeten zorgen voor een evenredige stroomverdeling over enerzijds T1 en T2 en anderzijds T3 en T4. Bovendien worden R12 en R14 ook gebruikt als stroommeetweerstand ten behoeve van de kortsluitbeveiliging. Die kortsluitbeveiliging wordt gevormd door T9 en T10. Zodra de emitterstroom van T1 of T3 te groot dreigt te worden, zal de spanning over R12 of R14 zo ver stijgen dat T9 of T10 in geleiding komt. Daardoor wordt de basisstroom van de eindtransistoren gedeeltelijk weggenomen, waardoor de emitterstroom begrensd zal worden.

De ingangstrap wordt gevormd door T7 en T8 en is zo van opzet dat een symmetrisch ingangssignaal nodig is. Is de ingang (pen 4 op K1) 0 V of is ze niet aangesloten, dan zijn alle transistoren uit geleiding en is de uitgang min of meer hoogohmig. Er staat hooguit nog een kleine restspanning (enkele volts) op de rails als gevolg van de overbelasting-detectieschakeling. Bij een positieve ingangsspanning (5...20 V) komen T7, T5, T1 en T2 in geleiding en schakelt de uitgang naar +18 V; bij een negatieve ingangsspanning geldt dat voor T8, T6, T3 en T4 en wordt de uitgangsspanning -18 V.

Alle transistoren met uitzondering van T5 en T6 werken in hun lineaire gebied. Er zullen daarom geen verzadigingsverschijnselen optreden, waardoor een snel schakelgedrag gegarandeerd is. Het in verzadiging schakelen van T5 en T6 is helaas noodzakelijk. Speciale schakeltrons zouden hier eigenlijk op hun plaats zijn, maar die zijn weer niet leverbaar voor een voldoende hoge spanning (minimaal 50 V). Vandaar dat hele normale "audiotransistoren" gekozen werden. Met C8 wordt evenwel de schakelsnelheid van T5 en T6 met ruimschoots voldoende resultaat verbeterd.

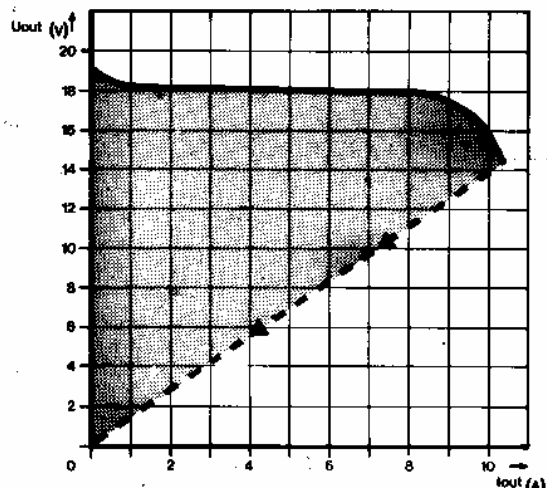
#### Overbelastingssignalering

Het gedeelte van de schakeling rond T11 vormt de overbelastingssignalering. Via D9 wordt "gekeken" naar de negatieve uitgangsspanning. Alleen bewaking van die negatieve spanning is voldoende omdat deze



Figuur 2.10.4 Schema van de boosterschakeling.

zwaarder dan de positieve uitgangsspanning belast wordt. De wisseldekoders bijvoorbeeld hebben enkel-fasige gelijkrichters en belasten daardoor alleen de negatieve spanning. De duty cycle van het digitale uitgangssignaal is bovendien zodanig dat de uitgang gemiddeld in de tijd meer negatief dan positief is. De pauzes tussen de databytes zijn namelijk negatief. De Central Unit van Märklin levert als via de Control 80 of de interface nog geen lok geadresseerd is een konstante (dus DC) negatieve uitgangsspanning. Wordt de booster overbelast (in het meest extreme geval betekent dat een volledig kortgesloten uitgang), dan zorgen T9 en T10 in eerste instantie voor de stroombegrenzing. De uitgangsspanning zal sterk dalen. Dat betekent tevens dat de spanning over de eind-



Figuur 2.10.5 De belastingskarakteristiek.

transistoren en dus de dissipatie sterk toeneemt. Zou deze situatie lang voortduren, dan bestaat er kans op thermische overbelasting van de booster. Ook is het gevaar voor brand op de baan ten gevolge van de kortsluitstroom (ca. 12 A) niet denkbeeldig. Daalt de uitgangsspanning echter tot minder dan 15 V negatief, dan zal T11 uit geleiding gaan. Het signaal op pen 5 van K1 wordt, mede door toedoen van een pullup-weerstand op de EDITS-print "1", en softwarematig wordt de aansturing van de booster onderbroken. Thermische overbelasting wordt daarmee vermeden en ook "weet" EDITS nu dat in deze toestand geen data verzonden kan worden. Bij een kortgesloten booster zou die data de dekoders immers niet bereiken. Met C7 (niet getekend in het schema) kan naar wens een traag afschakelgedrag gecreëerd worden zodat de baan niet bij elke kortstondige kortsluiting op tilt gaat. Met name op drierailbanen ontstaan dit soort korte kortsluitingen nogal eens bij het passeren van

een wissel. Deze condensator mag overigens alleen gemonteerd worden als de booster in combinatie met de central unit van Märklin Digital gebruikt wordt. Bij EDITS is een afschakelvertraging softwarematig voorzien en mag C7 niet gemonteerd worden.

## ■ ■ ■ Bouwen

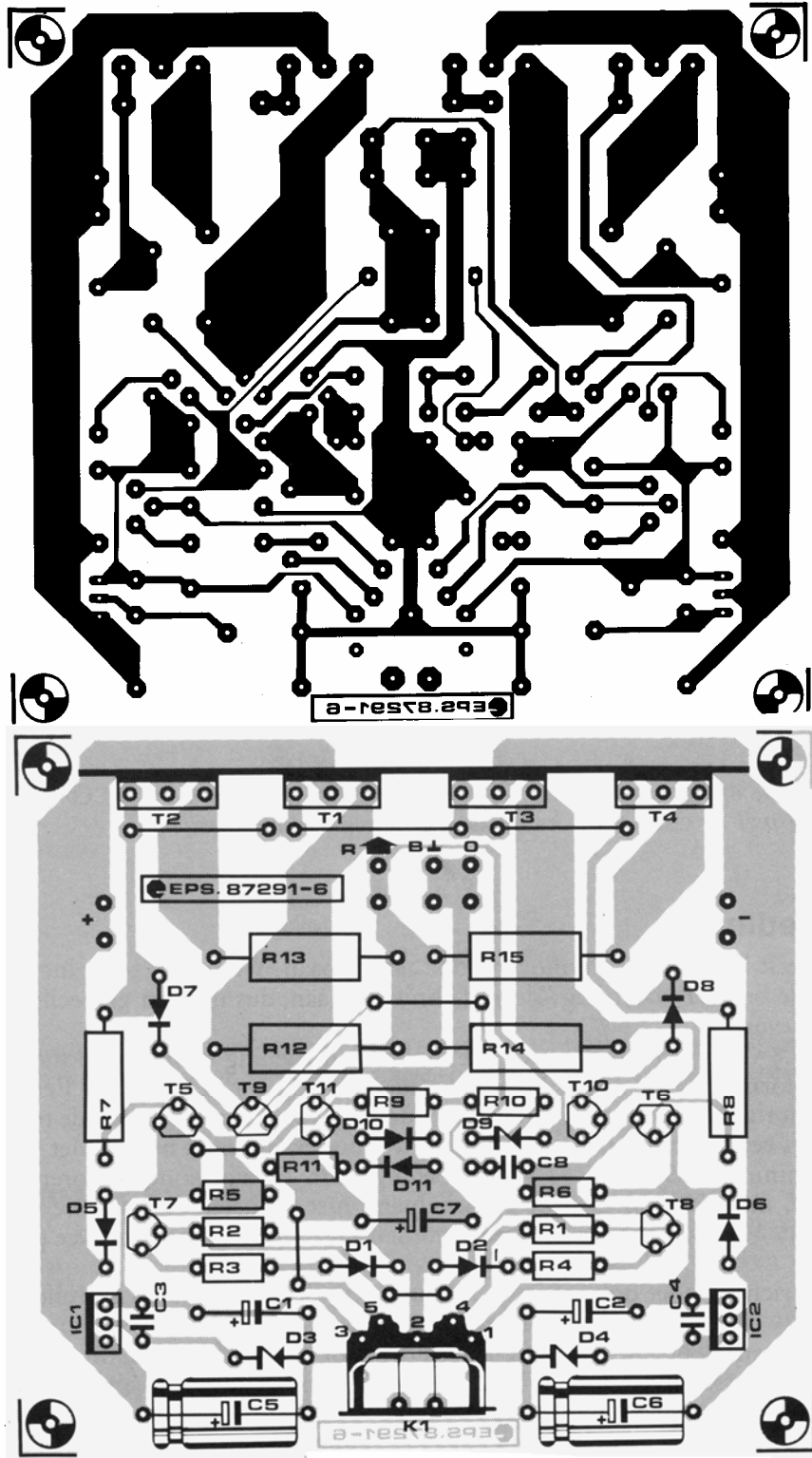
Dankzij de print en de componentenopdruk hoeft de bouw van de booster u weinig problemen op te leveren. Het is het handigst om eerst de draadbruggen op de print te leggen. Voor de drie draadbruggen direkt naast de eindtransistoren (T1...T4) moet wat dikkere draad ( $\varnothing$  1mm) gebruikt worden. R12...R15 moeten enigszins verhoogd opgesteld worden omdat ze tijdens het gebruik behoorlijk warm kunnen worden. Voor de voedingsaansluitingen en de uitgang kunnen, in verband met de grote stromen, vlakstekers voor printmontage toegepast worden. Aansluiten van de positieve en de negatieve voedingsspanning kan echter ook via de kollektor (het metalen koelvlak) van T1 of T2, respectievelijk T3 of T4.

De print-layout is dusdanig dat voor K1 een 5-polige DIN-bus voor printmontage gebruikt kan worden. Wordt de booster echter in een vaste opstelling gebruikt, en dat zal meestal het geval zijn, dan mogen de draden natuurlijk ook direkt op de print gesoldeerd worden.

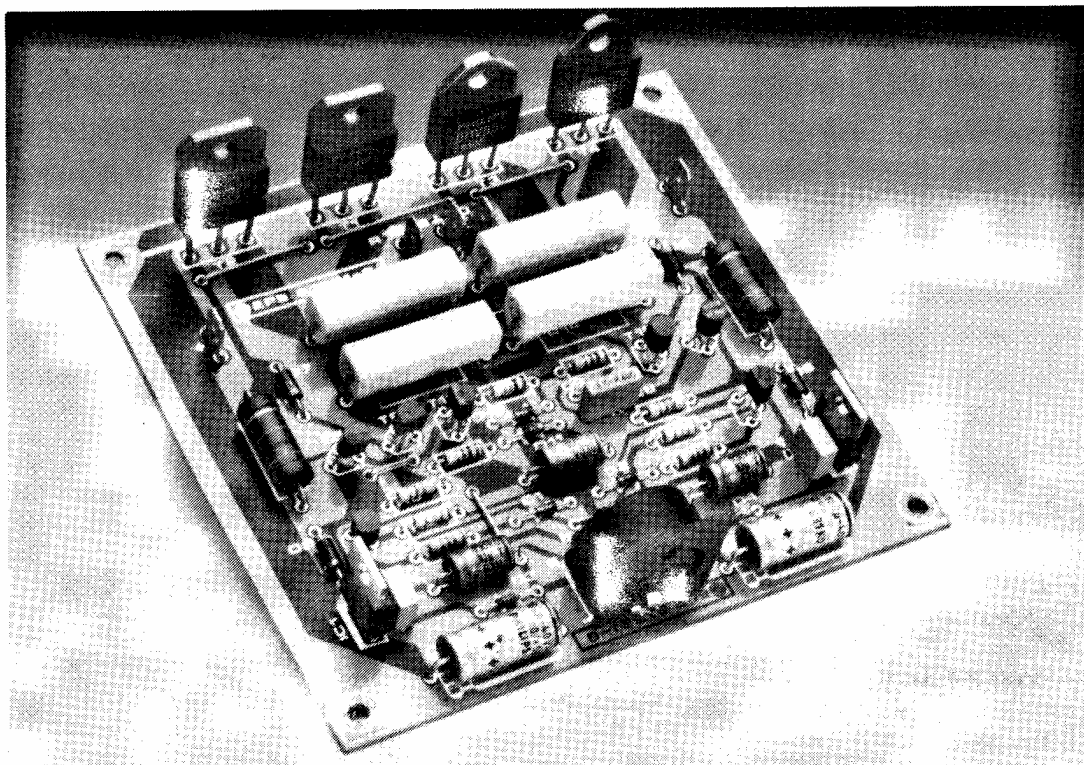
IC1 en IC2 hoeven niet gekoeld te worden. C7, de condensator die verantwoordelijk is voor een vertraagde reactie van de kortsluitbeveiliging, wordt in eerste instantie nog **niet** gemonteerd. Deze condensator is alleen nodig bij gebruik met de Central Unit van Märklin.

Om T1...T4 gemakkelijk naar het koellichaam te kunnen buigen, worden de aansluitpoten weinig of niet ingekort. Zoals al ter sprake kwam is, mede gezien het grote uitgangsvermogen, een behoorlijk koellichaam noodzakelijk. Het in de onderdelenlijst vermelde koellichaam (Fisher, type SK120  $\times$  100 mm) is zeer geschikt maar geen bindende aanbeveling. U moet, indien u kontinu het volledige uitgangsvermogen af wilt kunnen nemen, een koellichaam nemen met een thermische weerstand van minder dan 0,8 K/W. Het is hoe dan ook nodig om de eindtransistoren geïsoleerd op het koellichaam te monteren. Gebruik dus mika of keramische isolatieplaatjes en kunststof isolatiebusjes voor T1...T4. De vier eindtransistoren zijn darlington's, maar het type is niet erg kritisch. Darlington's met een  $U_{CE}$  van minimaal 60 V,  $I_{C-max.} > 12$  A (dc) en  $P_{max.} > 125$  W voldoen. Geschikte alternatieven zijn bijvoorbeeld BDV66 en BDV67 (die hebben in verband met de grotere vermogensreserve zelfs enige voorkeur) of BDX66 en BDX67.

Deze laatste zitten wel in een TO-3-behuizing zodat u ze, na montage op een koellichaam, via niet te lange en voldoende dikke draden met de print moet verbinden.



Figuur 2.10.6 De componentenopdruk en koperlayout van de boosterprint.



*Figuur 2.10.7 De opgebouwde print, nog zonder koellichaam. Merk op dat C7 hier gemonteerd is. Bij gebruik met de EDITS-print komt deze condensator te vervallen.*

## Voeding

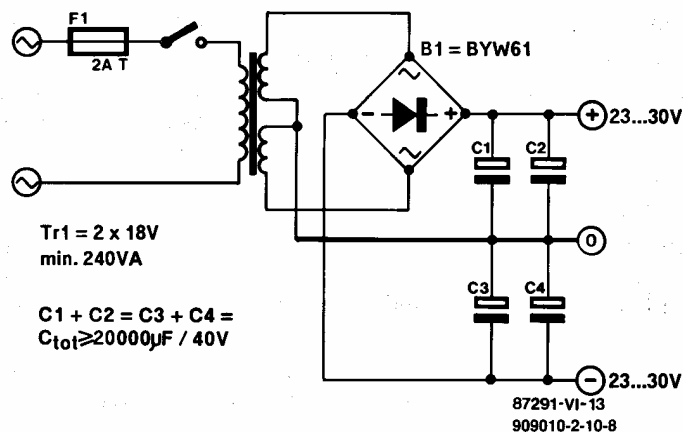
De booster geeft het voedingsvermogen door aan de baan. Wordt een te kleine voeding gekozen, dan zal de booster voortijdig "door de knieën" gaan, dus niet het gespecificeerde vermogen kunnen leveren.

In figuur 2.10.8 vindt u het schema van de aanbevolen voeding voor één booster. We gaan uit van een transformator met een dubbele sekundaire wikkeling ( $2 \times 18 \text{ V}$ ). Een trafo van dit vermogen is in ringkern-uitvoering overigens duidelijk voordeliger dan met de traditionele E-I-kern. Verder is een zware gelijkrichter en flink wat buffercapaciteit nodig. Met "flink" bedoelen we hier minimaal  $20.000 \mu\text{F}/40 \text{ V}$  per voedingshelft. Er zijn condensatoren leverbaar van  $22000 \mu\text{F}/40 \text{ V}$ , maar u kunt zich ook "behelpen" met de beter verkrijgbare  $10000 \mu\text{F}/40 \text{ V}$ -condensatoren. Vier van deze exemplaren worden in dat geval twee aan twee parallel geschakeld.

De bruggelijkrichter moet ook gekoeld worden. Daarvoor kan deze op hetzelfde koellichaam als dat van T1...T4 gemonteerd worden.

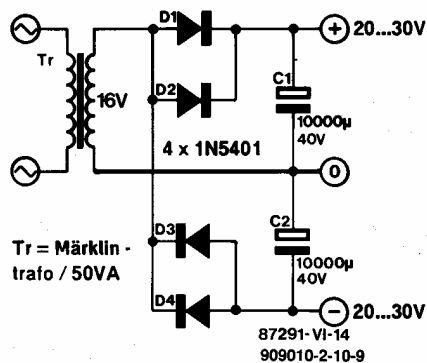
Een aantal mensen zal nog een oude treintransformator hebben liggen en deze liever niet werkloos terzijde willen schuiven. Gebruik van zo'n trafo is mogelijk als de uitgangsspanning maar ten minste  $16 \text{ V}$  wisselspanning bedraagt (feitelijk betekent dat dat het dus een Märklin-trafo moet zijn). U moet zich wel realiseren dat deze trafo's lang niet die stroom kunnen leveren die nodig is alles uit de booster te halen. Met zo'n  $2,5 \text{ A}$ , uitgaande van een  $50 \text{ VA}$ -trafo, is het





*Figuur 2.10.8 Een geschikte voeding. Bruikbare transformortypen vindt u in de onderdelenlijst.*

wel bekeken. De schakeling uit figuur 2.10.9 moet daarom eerder als noodgreep gezien worden; er valt mee te werken maar het is geen optimale oplossing. Parallel schakelen van transformatoren om de uitgangsstroom te verhogen willen we hier ten zeerste afraden omdat het tot levensgevaarlijke situaties kan leiden.



*Figuur 2.10.9 Indien u zich (voorlopig) tevreden stelt met een kleinere uitgangsstroom, dan is met een Märklin-treintransformator (met een enkele 16 V-wikkeling) een alternatieve voeding te maken.*

## Inkasten en testen

We gaan ervan uit dat u, al dan niet met de onderdelenlijst, een geschikte transformator en bufferkondensatoren heeft uitgekozen. Het inbouwvoorbeeld dat hier gegeven wordt, is gebaseerd op de voorkeursonderdelen volgens de onderdelenlijst.

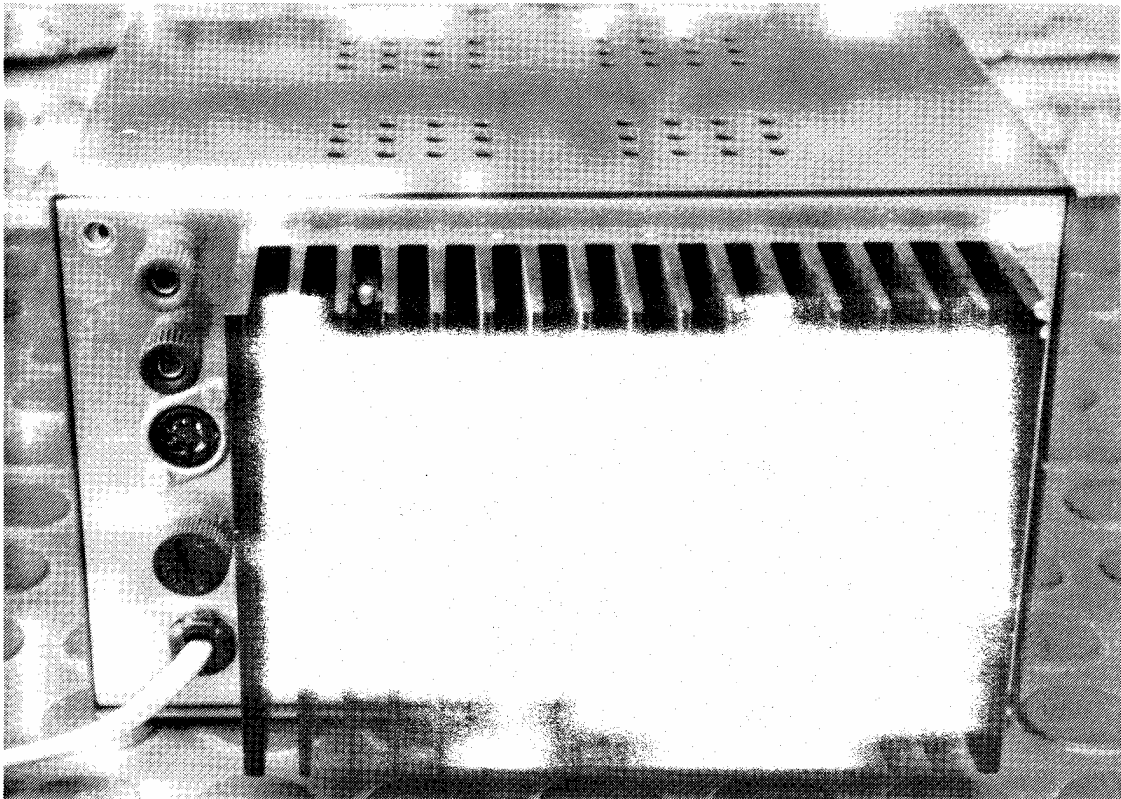
Omdat de booster uit het lichtnet gevoed wordt, dient de nodige zorg besteed te worden aan een korrekte inbouw en isolatie.

Bij gebruik van de booster zijn er altijd aanraakbare metalen delen die elektrisch met de schakeling verbonden zijn (de aangesloten rails!). Daarom moet het geheel bij voorkeur uitgevoerd worden als een klasse II geïsoleerd apparaat. Om te beginnen betekent dat dat de transformator aan bepaalde isolatie-eisen moet voldoen. De in de onderdelenlijst vermelde voorkeurs-(ring-

kern)transformator voldoet aan deze eisen. Als netsnoer gebruikt u een tweederig snoer met aangegoten platte eurostekker. Het spreekt voor zich dat daar waar het netsnoer de kast binnen komt een trekontlasting moet worden gemonteerd. De doorvoer van het netsnoer in de kastwand kan gekombineerd worden met de trekontlasting. Dergelijke trekontlastingen zijn als chassis-inbouwcomponent kant en klaar verkrijgbaar. De primaire zekering kan in een zekeringhouder voor chassis-montage geplaatst worden. De netschakelaar mag niet zo'n bekende miniatuur tuimelschakelaar zijn, laat u niet misleiden door de 250 V die op deze schakelaars vermeld wordt. Technisch zijn ze weliswaar in staat 250 V te schakelen, maar de isolatiewaarde tussen schakelcontacten en (metalen) bedieningshefboom voldoet niet aan de eisen voor klasse II. De in de onderdelenlijst vermelde netschakelaar voldoet wèl aan de eisen en heeft bovendien een ingebouwd neonlampje als aan/uit-indikatie.

Vervolgens de kast. Het door ons uitgezochte exemplaar is van metaal. Voor een klasse-II-apparaat betekent dat de noodzaak van dubbele isolatie. Maak allereerst bij de montage van de rinkertrafo gebruik van de meegeleverde polypropyleen-schijven (een soort kunstrubber). De trafo wordt tussen deze schijven ingeklemd. Met een centrale bout kan de trafo op de kastbodem verankerd worden.

Daar waar het netsnoer ontdaan wordt van de buitenmantel (om de afzonderlijke aders te kunnen splitsen) dient met krimpkous extra (dubbel) geïsoleerd te worden. Dat geldt ook voor de soldeerverbindingen met de trafo, de zekeringhouder en de netschakelaar. Verder is het van belang dat alle verbindingen niet alleen elektrisch maar ook mechanisch geborgd moeten wor-



*Figuur 2.10.10 Achterzijde van de booster. Van onder naar boven: doorvoer netsnoer met trekontlasting, zekeringhouder, ingangsbuis en uitgangsklemmen.*

den. Bij soldeerverbindingen in soldeerogen moet de draad eerst door het oog gestoken en omgebogen worden en daarna pas gesoldeerd. Men moet zich voorstellen dat als de soldeertin zou smelten (een hypothetisch geval), dat dan de verbinding in stand blijft en de draad niet losspringt.

Bij gebruik van een transformator die niet aan klasse-II- isolatievoorschriften voldoet, dient de inbouw aan de voorschriften voor klasse-I-apparatuur te voldoen. Dat betekent dat de booster van een driederig netsnoer met randaarde dient te worden voorzien en dat alle aanraakbare metalen delen met randaarde dienen te worden verbonden. Dat geldt ook voor het koellichaam, de kast en de massa-aansluiting van de uitgang (punt B op de print).

**Waarschuwing:**

Gaat men de booster met de EDITS-print en met een computer via de seriële aansluiting gebruiken, dan mag de booster niet met de randaarde van het lichtnet worden verbonden. De meeste computers zijn ook op de lichtnet-randaarde aangesloten en er zou, via de RS232-verbindingkabel, een aardlus ontstaan. Deze aardlus kan storing veroorzaken waardoor de bedrijfszekerheid in het geding zal komen. In dat geval moet de booster absoluut als klasse-II-apparaat opgebouwd worden, dus zonder netaarde.

Bij gebruik van de Märklin-interface bestaat dit probleem niet. Deze interface heeft intern een galvanische scheiding door middel van optocouplers. In deel drie van die boek is een dergelijke schakeling overigens ook voor EDITS beschreven.

### Testen

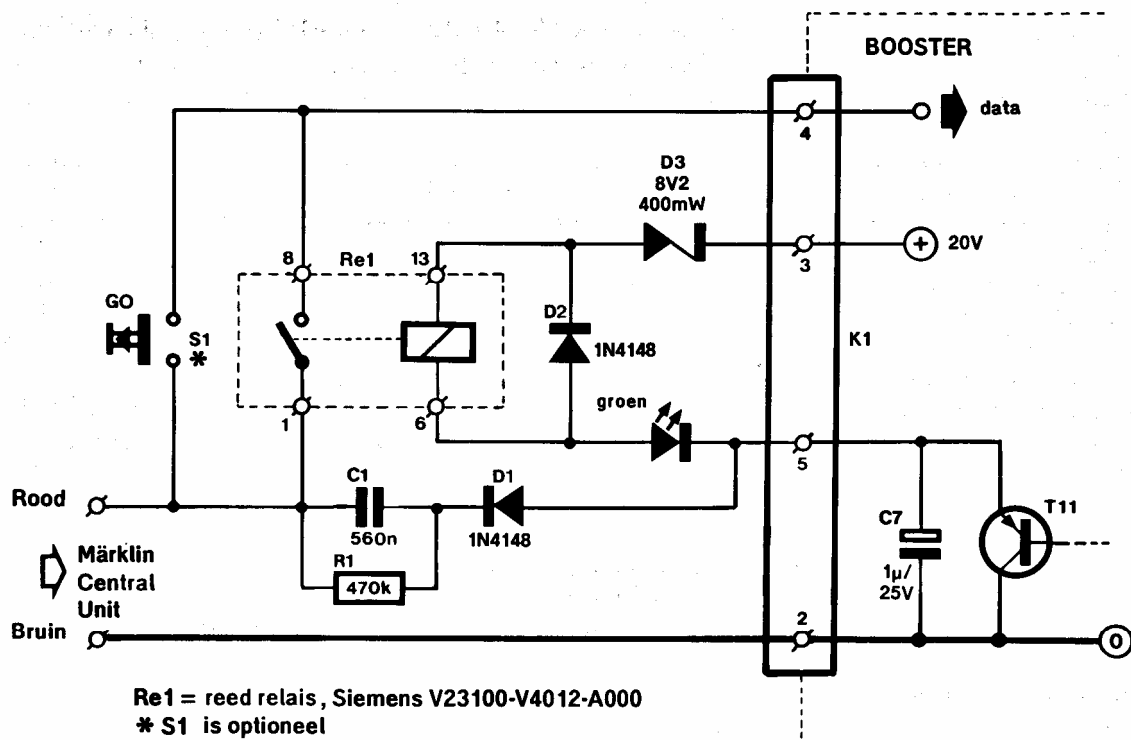
Het is altijd een beetje angstig om apparaten die een dergelijk vermogen kunnen leveren in één keer in te schakelen. Als er iets verkeerd is aangesloten, gebeurt het niet zelden dat die vermogensreserve voor zelfdestruktie wordt aangewend. Het is daarom beter eerst de voeding te bouwen en te testen om daarna pas de boosterprint erop aan te sluiten.

Schakel de beide sekundaire wikkelingen van de trafo in serie en sluit de brugcel en de bufferkondensatoren aan. Schakel de netspanning in en meet de gelijkgerichte en afgevlakte spanning over de bufferkondensatoren (25..29 V). Meet u 0 V, dan zijn waarschijnlijk beide sekundaire trafowikkelingen in tegenfase aangesloten en moet er één omgepoold worden. Schakel de netspanning weer uit, ontlad de bufferelko's met een weerstand (nooit ontladen door kortsluiting, dat schaadt de elko's) en sluit de boosterprint aan met voldoende dikke draad (minstens 1 mm<sup>2</sup>). Na opnieuw inschakelen kan allereerst de uitgangsspanning van IC1 (+20 V) en IC2 (-20 V) gecontroleerd worden. De uitgang, tussen punt B (= massa) en R zal, bij niet aangesloten ingang, een spanning voeren van 3 à 5 V. Dit is een niet harde restspanning van de overbelasting-signalering. Sluit een belasting aan tussen B en R (bijvoorbeeld 100 Ω/5 W). De uitgangsspanning moet nu 0 V worden. Verbind vervolgens de ingang (K1/punt 4) met een positieve spanning (bijvoorbeeld +20 V, punt 3 op K1). De uitgang moet nu +18 V worden. Bij een negatieve spanning op de ingang (punten 4 en 1 van K1 met elkaar verbinden) moet de uitgang -18 V worden. Klopt dit alles, dan kan het echte werk beginnen.

### Aansluiten op Märklin Digital

Via K1 wordt de boosterschakeling aangestuurd. Op deze konektor zijn ook de hulpspanningen van +20 V en -20 V uitgevoerd. Deze zijn voor Märklin Digital niet van belang maar op de EDITS-print worden ze gebruikt voor het voeden van de RS232-interface.

Beperken we ons hier even tot Märklin Digital, dan hoeven alleen de punten 2 (massa) en 4 (ingang) van K1 verbonden te worden met respectievelijk de bruine en de rode klem achterop de Central Unit. Onze booster maakt dus géén gebruik van de aparte vijfpolige aansluiting achter op de Central Unit.



*Figuur 2.10.11 Toevoegschakeling voor automatische afschakeling bij overbelasting van de booster als deze met de Central Unit van Märklin wordt gebruikt.*

Op deze wijze aangesloten wordt de booster bij kortsluiting niet automatisch afgeschakeld. In principe is de booster wel kortsluitvast, maar er kan ten gevolge van de grote kortsluitstroom thermische overbelasting ontstaan; de booster wordt te heet. Dit euvel is op te lossen met een kleine toevoegschakeling (figuur 2.10.11). Deze toevoeging is dus alleen nodig als de booster met de Central Unit van Märklin Digital moet samenwerken.

De schakeling zorgt voor een automatische afschakeling van de booster bij kortsluiting of overbelasting van de boosteruitgang. Als er meerdere boosters op één baan zijn aangesloten (elke booster op een apart blok), dan moet aan elke booster deze schakeling toegevoegd worden. Alleen de booster die het baanvak voedt waar de kortsluiting optreedt, zal afschakelen; de Central Unit gaat samen met de overgebleven boosters door.

De feitelijke toevoeging bestaat uit een aantal extern aan te sluiten componenten, eventueel op een klein stukje experimenteerprint op te bouwen. Bovendien moet nu op de boosterprint op de plaats van C7, die oorspronkelijk niet gemonteerd moest worden, een condensator van  $1\mu/25\text{ V}$  geplaatst worden. D1, R1 en C1 zorgen ervoor dat de booster zichzelf inschakelt zodra de Central Unit data op de rails zet. Het reedrelais zal bekrachtigd worden en de groene LED licht op. T11 op de boosterprint werkt als houdcontact voor het reedrelais. Wordt de booster afgeschakeld door een kortsluiting (T11 gaat uit geleiding), dan dooft tevens de LED. Na de kortsluiting verholpen te hebben kan de booster weer ingeschakeld worden door op de Central Unit even de stop-toets en direct daarop de go-toets weer in te drukken. Het opnieuw inschakelen van de booster kan eventueel ook met een drukschakelaar, parallel geschakeld aan het relaiscontact.

Met de Central Unit zelf kan naar wens ook nog een deel van de baan van stroom worden voorzien, maar let erop dat alleen de B-aansluiting van Central Unit en booster met elkaar doorverbonden mogen worden. De R-aansluitingen (bij Märklin dus de middenrail) dienen onderling geïsoleerd te worden. Märklin levert speciale hulpmiddelen om bij de overgangen te voorkomen dat de sleepcontacten de elektrisch gescheiden middenrails zouden kortsluiten. Onder volle belasting kan het koellichaam van de booster behoorlijk warm worden, maar dit is een volkomen normale bedrijfsconditie.

## **Booster + EDITS-print**

De booster is speciaal ontwikkeld voor gebruik bij de EDITS-print. Aansluiten daarop geschiedt met behulp van een vijfpolige kabel met DIN-stekers. De aansluitingen zijn massa, ingang, overbelastingmelding, +20 V en -20 V. Deze laatste twee spanningen worden op de EDITS-print gebruikt voor het voeden van de RS232-interface, die met symmetrische uitgangsspanningen van  $\pm 12$  V werkt.

Met name door de aanwezigheid van die  $\pm 20$  V moet er goed op gelet worden dat de booster-kabel op de EDITS-print niet in een andere dan de daartoe bestemde bus gestoken wordt. Dat kan door voor zowel de bus als de stekker een zespolige in plaats van een vijfpolige konektor te kiezen.

Gebruikt u een kant en klare (vijfpolige) audiokabel, let er dan op dat dit geen zogenaamde "kopieerkabel" is, met gekruiste verbindingen. De kontaktnummers van boosterprint en EDITS-print moeten één op één doorverbonden worden.

Een aparte toevoegschakeling voor automatische afschakeling bij overbelasting is nu niet nodig. De overbelastingmelding, die door het EDITS-systeemprogramma bewaakt wordt, draagt voor deze functie zorg.

Voor het goed functioneren van de overbelastingsbeveiliging mag C7 op de boosterprint niet gemonteerd zijn.

## **Opties**

### **Lagere uitgangsspanning**

Een tip voor schaalgetrouwheidsfanaten. De uitgangsspanning van  $\pm 18$  V is gekozen omdat lokomotieven hierbij ongeveer dezelfde maximale snelheid zullen behalen als in konventioneel bedrijf. Nu rijden modeltreinen meestal eigenlijk te snel, niet schaalnauwkeurig dus. Dit kunt u oplossen door een lagere uitgangsspanning te kiezen en dat kan weer door voor D3, D4 en D9 12-V-zeners te kiezen. De uitgangsspanning komt hierdoor 3 V lager te liggen. Eventueel kan ook een wat lagere trafospanning gekozen worden ( $2 \times 15$  V of  $2 \times 16$  V) om de dissipatie in de eindtransistoren te beperken.

### **Boosterspanning bij Digital H0=/Digital N**

De uitgangsspanning van Digital H0= en Digital N hoort iets lager te zijn dan bij Digital H0 "wisselstroom". Ook hiervoor geldt dat bovenstaande truuk toegepast moet worden, dus kies voor D3, D4 en D9 12-V-zeners en neem een trafo met een iets lagere uitgangsspanning.

### **Uitgangsspanning voor Digital Z**

Hoe kleiner de schaal, des te lager de spanning. Voor spoor Z neme men zeners van 6V8 en een trafo van  $2 \times 12$  V.

### Lagere uitgangsstroom

De nominale kortsluitstroom is hoog: ongeveer 12 A. Om verschillende redenen kunt u kiezen voor een kleinere kortsluitstroom: om schade en eventueel brandgevaar bij kortsluiting zoveel mogelijk te vermijden. Of omdat u meerdere boosters gebruikt met elk een relatief kleine trafo en een klein koellichaam.

De grootte van de kortsluitstroom wordt bepaald door de waarde van R12...R15. Verhogen van deze waarden naar bijvoorbeeld 0,33  $\Omega$  heeft tot gevolg dat de kortsluitstroom verlaagd wordt tot ongeveer 5 A. Een andere manier om de uitgangsstroom te beperken is het weglaten van T2, T4, R13 en R15. Hiermee wordt de uitgangsstroom gehalveerd.

### Hogere uitgangsstroom

Voor hogere uitgangsstromen is het mogelijk om meerdere boosters parallel te schakelen. Hoe dat in zijn werk gaat, wordt behandeld in hoofdstuk 2.14.



*Figuur 2.10.12 De finishing touch. Bij een krachtige booster hoort een krachtige frontplaat.*

#### Onderdelenlijst boosterprint

##### Weerstanden:

R1,R2 = 18 k  
R3,R4 = 2k2  
R5,R6 = 4k7  
R7,R8 = 100  $\Omega$ /1 W  
R9 = 10 k  
R10,R11 = 1 k  
R12...R15 = 0 $\Omega$ 15/4 W

##### Kondensatoren:

C1,C2 = 10  $\mu$ /25 V  
C3,C4 = 220 n  
C5,C6 = 100  $\mu$ /40 V  
C7 = 1  $\mu$ /16 V \*  
C8 = 10 n

##### Halfgeleiders:

D1,D2,D10,D11 = 1N4148  
D3,D4,D9 = 15 V/400 mW zener

D5...D8 = 1N4001

T1,T2 = BDV 65 \*\*

**TIP 142**

T3,T4 = BDV 64 \*\*

**TIP 147**

T5 = BC 640

T6 = BC 639

T7 = BC 547B

T8,T11 = BC 557B

T9 = BC 337

T10 = BC 327

IC1 = 7805

IC2 = 7905

Diversen:

K1 = (naar eigen keus) 5 polige DIN-bus (180°)  
voor print- of chassis-montage

5 vlakstekers (male) voor printmontage, staand  
model

isolatiemateriaal voor T1...T4

koellichaam voor T1...T4,  $R_{th} < 0,8 \text{ K/W}$ ,

bijvoorbeeld SK120 × 100 mm (Fisher)

print EPS 87291-6

\* alleen monteren bij gebruik met Märklin Digital,  
zie figuur 2.10.11.

\*\* ook andere darlington's (bijvoorbeeld BDV 66/67  
of BDX 64/65) kunnen gebruikt worden

**Aanbevolen onderdelenlijst voor de voeding  
(niet op print):**

nettransformator, 240...300 VA, sek. 2 × 18 V,  
bijvoorbeeld Toroid No. 224.182 (voldoet aan  
klasse-II-isolatie) of ILP 71014 (voldoet aan klasse-  
I-isolatie)

dubbeladerig netsnoer met aangegoten vlakke  
eurostekker (voor klasse-II-toestel) of drieadrig net-  
snoer met stekker met randaarde (voor klasse-I-  
toestel)

kabeldoorvoer/trekontlasting voor netsnoer  
netschakelaar (enkelpolig)

geïsoleerde zekeringhouder voor chassis-montage  
zekering 2 A traag

gelijkrichterbrug, min. 20 A (bijvoorbeeld BYW 61)

bufferkondensatoren, 4 × 15.000 μF/40 V

(voorkeur) of 4 × 10.000 μF/40 V of

2 × 22.000 μF/40 V.