

motorregelaar voor modelbouw

op basis van een microprocessor

Onder onze lezers is de modelbouw behoorlijk populair. Vandaar dat met een zekere regelmaat schakelingen voor deze hobby worden gepubliceerd. De echte elektronicus is de energieverblindende manier waarop gewoonlijk met een variabele weerstand de snelheid van een elektrisch voertuig wordt geregeld, een doorn in het oog. De schakeling die we hier voorstellen, zorgt voor een nagenoeg verliesvrije regeling die gebruik maakt van een microprocessor.

ontwerp: A. Voggeneder en
A. Nader (Oostenrijk)



Modelbouw spreekt tot de verbeelding van veel elektronica-hobbyisten. Bij deze technische hobby komen tal van disciplines, waaronder werktuigbouw en elektronica, elkaar tegen. Veel modelbouwers gaan, zeker als zij voor het eerst met deze hobby kennis maken, uit van kant en klare modellen die grotendeels "voorgebouwd" zijn. Zonder veel risico is dan een modelvoertuig in de vorm van een boot, auto of vliegtuig in elkaar te zetten. Alle accugevoede modellen hebben in de praktijk één ding gemeen: ze maken voor de snelheidsregeling gebruik van een variabele weerstand die met behulp van een servo wordt bestuurd. Iedereen die een tijdje met zo'n model gewerkt heeft, heeft inmiddels ontdekt dat de variabele weerstand flink warm wordt, een teken dat veel energie in de regelaar verloren gaat. Zonde, temeer daar het opslaan van voldoende elektrische energie nog steeds één van de grootste problemen in de modelbouw is. Gelukkig kan het allemaal een stuk efficiënter. Deze schakeling laat zien dat met behulp

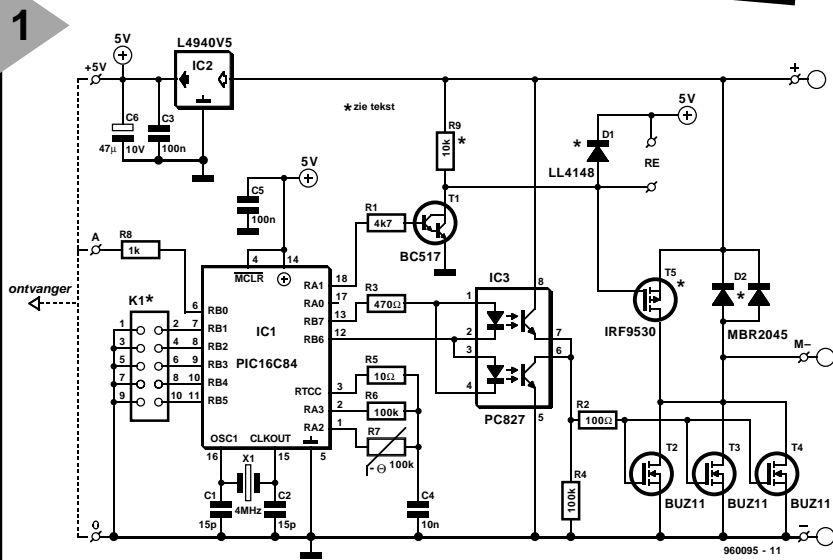
van relatief weinig elektronica een intelligente en verliesarme motorregelaar te maken is. Het resultaat: met een acculading kan aanzienlijk langer worden gereden, gevlogen of gevaren. Omdat de schakeling zelf relatief eenvoudig na te bouwen is, vallen de kosten ook nog reuze mee. Bovendien zijn de afmetingen en het gewicht van de schakeling gering, wat in dit verband natuurlijk ook belangrijk is.

EEN NAADLOZE OVERGANG

Uiteraard is bij de elektronische motorregelaar gebruik gemaakt van standaarden die in deze branche door iedereen gebruikt worden. Alleen op deze wijze is het vervangen van de bestaande regelaar door de moderne elektronische variant eenvoudig mogelijk. De mechanische regelaars die standaard in de kant en klare modellen worden gebruikt, worden aangestuurd met behulp van een servo. Deze servo krijgt op zijn beurt pulsbreedte-gemoduleerde signalen van de ontvanger in het model. De pulsbreedte van het stuursignaal varieert altijd tussen 1 en

Technische specificaties

Voedingsspanning: 6...10 V
 Voedingstroom: < 5 mA
 Gewicht: 23 gram
 Max. uitgangsstroom: 40 A
 Processor: PIC 16C84
 Aansluiting: 3-polige stekker
 Toepassing: modelboot, -auto, -vliegtuig
 Versies: naar keuze uni- of bidirectioneel
 Motorrem: ingebouwd in unidirectionele versie
 Therm. beveiliging: bij 120 °C



Figuur 1. Het schema van de motorregelaar die gebruik maakt van een microprocessor van Microchip Arizona.

2 ms. Hierbij komt 1 ms overeen met de maximale stand, 1,5 ms met de middenstand en 2 ms met de minimale stand. De puls wordt om de 40 ms (25 Hz) verzonden. De gebruikte servo heeft een belangrijke functie, want hij zet de pulsbreedte om in een verdraaiing van een hefboompje dat uiteindelijk via een stangetje de waarde van de variabele weerstand verandert. De spanning over de motor wordt meer of minder, zodat het toerental verandert. Bij de elektronische regelaar worden de servo, het stangetje en de variabele weerstand vervangen door een compacte elektronische regeling. Hierdoor wordt naast elektrische energie ook nog een hoeveelheid ruimte en gewicht uitgespaard. De motorregelaar kan in twee versies worden opgebouwd. Voor vliegtuigen wordt de regelaar unidirectioneel (dus een gewone min-/max-regeling) gebruikt. Het hele regelbereik wordt gebruikt om het toerental van de aandrijfmotor over een groot traject te regelen. De tweede versie werkt als bidirectionele regelaar. Zo'n type zal gekozen worden bij het besturen van boten en auto's. Hier is het regelbereik opgedeeld in twee trajecten, één voor vooruit en één voor achteruit. De midden-

stand van de regelaar komt overeen met de ruststand, de motor staat dan stil. Omdat het nulpunt nogal kritisch is, is rond dit punt een programmeerbare dode zone gedefinieerd. Hiermee wordt voorkomen dat het relais dat de draairichting bepaalt, gaat staan trillen. Dit wisselrelais hoort standaard in het voertuig aanwezig te zijn en is dus in de schakeling niet terug te vinden. Bij unidirectioneel gebruik is een motorrem geïmplementeerd. Deze rem sluit in de nulstand de motor kort, waardoor via de tegen-emk die de motor opwekt de snelheid van het voertuig zeer snel zal afnemen tot nul. Om er zeker van te zijn dat de interface en de gebruikte zender optimaal met elkaar samenwerken, zijn naast de dode zone ook de minimale en maximale uitsturing te programmeren. De microprocessor wordt zo optimaal benut.

DE AANPAK

In **figuur 1** is het schema van de complete motorregelaar te vinden. In het schema staan alle componenten voor zowel bi- als unidirectioneel gebruik. Bij de opbouw wordt de gewenste versie gekozen en bepaald welke componenten uiteindelijk gebruikt worden. De schakeling is zo compact mogelijk

gehouden. Het resultaat: een regelaar die opgebouwd minder dan 25 gram weegt!

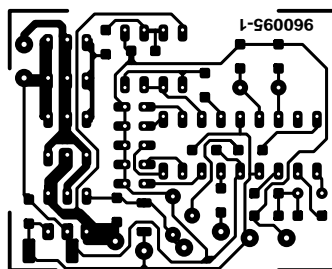
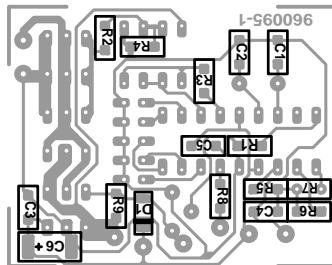
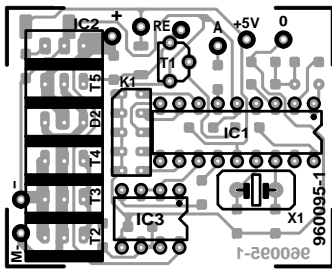
Het intelligente hart wordt gevormd door een PIC-processor (type PIC16C84-04) van Microchip Arizona. Deze miniatur RISC-processor heeft alle eigenschappen in huis die voor dit project nodig zijn. Omdat de stuursignalen altijd uit logische niveaus bestaan (aan zowel de in- als de uitgang treffen we pulsbreedte-gemoduleerde logische signalen aan), is bij de snelheidsregeling nergens de hulp van A/D-omzetters ingeroepen. Een A/D-omzetting wordt wel gebruikt bij de temperatuurbewaking via een NTC. Door het digitale karakter van alle stuursignalen is het systeem behoorlijk ongevoelig voor de vele stoerpulsen die bijvoorbeeld door de aandrijfmotor worden opgewekt. Vandaar dat deze motorregelaar in de praktijk uiterst betrouwbaar blijkt te zijn en niet hoeft onder te doen voor de veel kostbaardere kant-en-klare oplossingen die in de vakhandel worden aangeboden.

De verbinding met de ontvanger wordt gemaakt via een in de modelbouw algemeen toegepaste driedraads-interface. Naast het stuursignaal (A) staat op de interface ook de voedingsspanning (+5 volt en massa). De ontvanger krijgt zijn voeding dus via de motorregelaar.

Het stuursignaal dat de ontvanger opwekt, gaat direct naar de microcontroller (IC1) en staat op ingang RB0. De andere ingangen van de microcontroller (RB1...RB5) zijn verbonden met connector K1 en worden gebruikt bij het configureren van de schakeling. Drie uitgangen spelen een rol bij de feitelijke regeling van de motor. Op uitgang RA1 staat het signaal waarmee in de bidirectionele versie het richtingsrelais en in de unidirectionele versie de motorrem wordt geschakeld. Via de uitgangen RB6 en RB7 wordt optocoupler IC3, een PC827, aangestuurd. Op zijn beurt stuurt dit IC de transistoren aan die de stroom door de motor bepalen. Omdat flinke motorstromen in de modelbouw geen uitzondering zijn, zijn drie MOSFET's van het type BUZ11 parallel geschakeld. Door deze opzet kunnen stromen tot 40 A probleemloos verwerkt worden.

Zoals al is opgemerkt, moet bij de opbouw rekening gehouden met de versie van de schakeling die u wilt hebben. In de bidirectionele versie vervallen T5 en R9. In de unidirectionele versie vervallen D1 en D2.

De motor is geschakeld tussen de aansluitklemmen + en M-. Over deze aansluiting is in de unidirectionele versie ook diode D2, een MBR2045, te vinden. Deze dubbele Schottky-diode is speciaal voor het zware werk ontwikkeld. Elke diode kan een stroom van



Figuur 2. De print garandeert een zeer compacte opbouw. De componenten worden aan beide zijden van de print aangebracht.

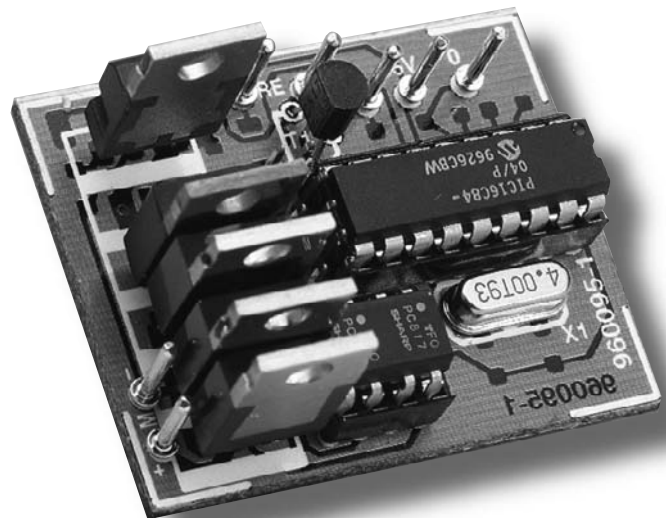
20 A verwerken. In deze schakeling werken ze als vrijlooptiode en onderdrukken spanningspieken die ontstaan bij het schakelen van de motor. Diode D1 is de vrijlooptiode die over het relais wordt geschakeld.

De accuspanning wordt door een geïntegreerde stabilisator omgezet in een stabiele spanning van 5 V voor de voeding van zowel de motorregelaar als de ontvanger.

De bewaking van de motor- of accu-temperatuur is mogelijk met behulp van een NTC, in dit geval R7. De waarde van deze NTC wordt berekend door condensator C4 beurtelings op te laden met R6 en R7. Omdat R6 bekend is, is uit de tijdsverschillen de waarde van R7 te berekenen. Bij de gekozen schakeldrempels (die in de

aan beide zijden van componenten voorzien. Daar waar mogelijk is bovendien gebruik gemaakt van SMD's.

Breng als eerste alle SMD's aan de onderzijde van de print aan. Met behulp van een fijne soldeerbout en dun soldeertin is dat snel en eenvoudig te realiseren. Vervolgens wordt de print omgedraaid en aan de bovenzijde van componenten voorzien. IC1 en IC3 kunnen desgewenst in een voetje worden gezet. Voor connector K1 wordt een 10-polige header gebruikt. Hoewel er stevige stromen door de uitgangstrap van de schakeling kunnen lopen, is een koeling niet nodig. Voordat met de opbouw wordt begonnen, moet natuurlijk eerst de keuze voor uni- of bidirectioneel gebruik gemaakt worden. Bij unidirectioneel gebruik vervallen D1 en D2 en zijn T5 en R9 aanwezig. Bij bidirectioneel gebruik is het omgekeerde het geval. Indien behoorlijk zware motoren worden gebruikt, verdient het aanbeveling om de kopersporen waardoor de motorstroom loopt te verdikken



Figuur 3. Het opgebouwde prototype blinkt uit door zijn compacte opzet. Dankzij de gebruikte PIC-processor bedraagt het gewicht van de schakeling slechts 23 gram.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

- R1 = 4k7, SMD
- R2 = 1 × 100 Ω, SMD
- R3 = 1 × 470 Ω, SMD
- R4, R6 = 2 × 100 k, SMD
- R5 = 1 × 10 Ω, SMD
- R7 = 1 × NTC, 100 k
- R8 = 1 × 1 k, SMD
- R9 = 1 × 10 k, SMD*

Condensatoren:

- C1, C2 = 2 × 15 p, SMD
- C3, C5 = 2 × 10 n, SMD
- C4 = 1 × 100 n, SMD
- C6 = 1 × 47 μ/10 V, SMD

Halfgeleiders:

- D1 = 1 × LL4148*
- D2 = 1 × MBR2045CT*
- T1 = 1 × BC517
- T2...T4 = 4 × BUZ11
- T5 = IRF9530*
- IC1 = 1 × PIC16C84-04 (EPS 966510-1)
- IC2 = 1 × L4960V5
- IC3 = 1 × PC827

Diversen:

- K1 = 1 × 10-polige tweerijige header
- X1 = 1 × 4-MHz-kristal combinatiepakket EPS 960095-1, bestaande uit print en geprogrammeerde microcontroller 966510-1
- Wie de print zelf etst, kan de geprogrammeerde controller ook los bestellen onder nummer EPS 966510-1.

*zie tekst

software zijn vastgelegd) spreekt de beveiliging aan bij 120 °C en valt ze af bij 80 °C. Is deze beveiliging niet nodig, dan kan de NTC gewoon worden weggelaten. De weerstand is dan oneindig hoog, een waarde die voor de controller overeenkomt met een koude motor of accu.

DE OPBOUW

Nu we weten hoe de zaak in elkaar zit, kan de schakeling worden opgebouwd. In **figuur 2** zijn de koperlay-out en de componentenopstelling van de print te vinden. Zoals al eerder is opgemerkt, stond compactheid voorop bij het uitwerken van deze schakeling. De print is enkelzijdig uitgevoerd en

door er een draadje op te solderen. De aansluitingen voor de voedingspanning, de motor, de NTC en het relais worden voorzien van printpenen. Nadat de geprogrammeerde controller in het voetje is gestoken, is de schakeling klaar voor gebruik. Omdat stoorsignalen die afkomstig zijn van bijvoorbeeld de motor de goede werking van de regelaar kunnen beïnvloeden



Figuur 4. In vrijwel ieder modelvoertuig, of het nu een auto, boot of vliegtuig is, kan de schakeling gebruikt worden om een mechanische regelaar te vervangen door een elektronische versie.

vloeden, is het aan te raden over de motor een ontstoring van bijvoorbeeld 3 condensatoren van 100 nF aan te brengen. Eén condensator komt tussen de beide aansluitpennen van de motor en van iedere aansluitpen gaat een condensator naar massa (de behuizing). Tenslotte is het aan te bevelen om de draden met stuursignalen die van de ontvanger naar de regelaar gaan, zo dicht mogelijk aan de ontvangerzijde enkele malen door een ferrietkraaltje te halen.

NOG ENKELE ZAKEN

Nu de schakeling klaar is, moet met behulp van jumper 5 de juiste versie gekozen worden. Is de jumper aanwezig, dan werkt de schakeling als unidirectionele regelaar; is hij afwezig; dan werkt ze bidirectioneel.

Zet in de unidirectionele versie de regelaar van de zender op minimaal vermogen en sluit jumper 2 kortstondig (circa 1 seconde). De PIC-procesor koppelt de op dat moment ontvangen pulstijd aan de minimale snelheid. Zet vervolgens de stuurknuppel op maximaal vermogen en sluit jumper 1 kortstondig. Nu wordt het maximale vermogen gekoppeld aan de aangeboden pulstijd. De regelaar zorgt er verder voor dat het hele vermogensbereik gekoppeld is aan het regelbereik van het stuursignaal.

Bij de bidirectionele versie wordt dezelfde procedure doorlopen, alleen wordt jumper 2 dan gebruikt om de maximale snelheid achteruit vast te leggen. Extra is nu de mogelijkheid om een dode zone te programmeren. Zet de stuurknuppel in de middenstand (de nulpositie). Nu kan de stuurknuppel iets uit het midden gezet worden, de bovengrens van wat straks nog als middenstand geaccepteerd moet worden. Sluit dan jumper 3 kortstondig. De controller slaat de instelling op en heeft dus een dode zone in zijn geheugen zitten. Alle instellingen worden in een EEPROM opgeslagen en blijven dus voor lange tijd behouden. Een reset waarbij de standaardinstellingen worden gekozen, is mogelijk door jumper 4 te sluiten en daarna de voeding in te schakelen. De controller wordt teruggezet in de basisinstelling, alle geprogrammeerde waarden worden nu overschreven. Bouw de motorregelaar in het model in en sluit hem aan. Indien u van de NTC gebruik wilt maken, dan wordt deze op de motor of accu gemonteerd. Vele uren plezier met de modelauto, modelboot of modelvliegtuig staan nu op u te wachten.

(960095-1)