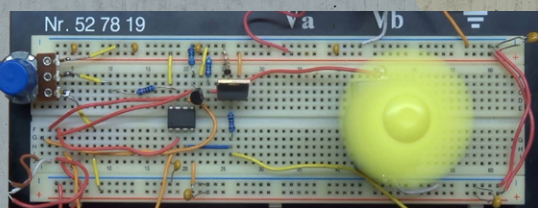


FOCUS OP

Energie & Vermogen

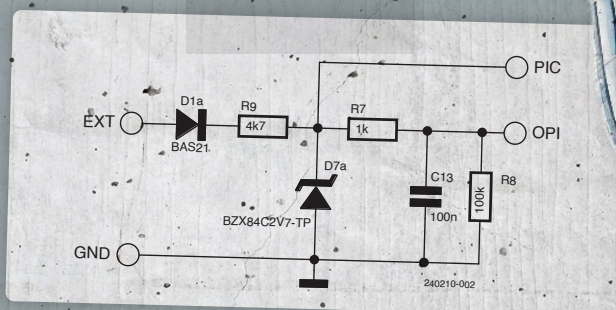
Snelheidsregeling van een gelijkstroommotor met borstels

EMF-meting in plaats van een Tachogenerator



8-bit-maatje voor de Raspberry Pi

Energiebesparing gemakkelijk gemaakt



Monitor voor stroomuitval

Is je netvoeding constant beschikbaar?

BIJZONDERE

ONDERDELEN

Kwikdampgelijkrichters

Infographics

Stroom & Energie



MAZZELAAR!



GRATIS
DOWNLOAD

Een e-zine abonnee mist nooit
het maandelijkse 'reverse project'

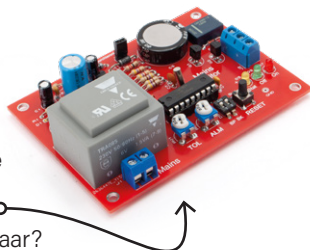
Nog geen abonnee? Schrijf je in voor onze gratis e-zine
op elektormagazine.nl/ezine-24





IN DIT NUMMER

- 3 Colofon**
- 4 Snelheidsregeling van een gelijkstroommotor met borstels**
EMF-meting in plaats van een Tachogenerator
- 10 8-bit-maatje voor de Raspberry Pi**
Energiebesparing gemakkelijk gemaakt
- 12 Uit het leven gegrepen**
Micromanagement
- 14 Bijzondere onderdelen**
Kwikdampgelijkrichters
- 16 Infographics: Stroom en energie**
- 18 Monitor voor stroomuitval**
Is je netvoeding constant beschikbaar?



C. J. Abate

Content Director, Elektor

Bonuseditie Toepassingen voor stroom en energie

Op zoek naar meer informatie over stroom en energie? Deze bonuseditie van ElektorMag bevat extra inhoud om je te inspireren je eigen oplossingen te ontwerpen. Zoals gewoonlijk hebben we ook artikelen over andere interessante onderwerpen. Is je netvoeding constant beschikbaar? Het artikel "Monitor voor stroomuitval" beschrijft een schakeling die constant de netstroom controleert en stroomuitval signaleert. Voordat er krachtige gelijkrichters op basis van halfgeleiders bestonden, was het omzetten van AC naar DC in industriële en toepassingen in het openbaar vervoer een grote uitdaging. De onderdelen waren omvangrijk, kwetsbaar, gebruikten vervuilde materialen en moesten vaak onderhouden worden. Bekijk het artikel "Kwikdampgelijkrichters" voor meer informatie over deze kwikdampgelijkrichters en meer. Gelijkstroommotoren met borstels worden vaak vervangen door borstelloze (BLDC) en stappenmotoren, maar hun eenvoudigere besturing heeft nog steeds voordelen. Het artikel "Snelheidsregeling van een gelijkstroommotor met borstels" onderzoekt het constant houden van de snelheid ongeacht het koppel - zonder tachometergenerator. We hopen dat je veel plezier beleeft aan deze artikelen en de rest van de inhoud van de bonuseditie. Als je aan je eigen projecten werkt, zorg er dan voor dat je je ontwikkelingen beschrijft op het Elektor Labs platform (www.elektormagazine.com/labs)!

Ons team

Internationaal hoofdredacteur: Jens Nickel | **Content Director:** C.J. Abate | **Internationale redactie:** Asma Adhimi, Roberto Armani, Eric Bogers, Jan Buiting, Rolf Gerstendorf (RG), Ton Giesberts, Saad Imtiaz, Alina Neacsu, Dr. Thomas Scherer, Jean-Francois Simon, Clemens Valens, Brian Tristam Williams | **Vaste medewerkers:** David Ashton, Stuart Cording, Tam Hanna, Ilse Joostens, Prof. Dr. Martin Ossmann, Alfred Rosenkränzer | **Vormgeving & Layout:** Harmen Heida, Sylvia Sopamena, Patrick Wielders | **Directeur:** Erik Jansen | **Technische vragen:** redactie@elektor.com

COLOFON

65^e jaargang nr. 693B
januari/februari 2025 bonus editie

Elektor verschijnt acht keer per jaar
en is een uitgave van

Elektor International Media B.V.
Postbus 11, 6114 ZG Susteren (Nederland)
Tel.: +31 (0)46 4389444

www.elektor.nl | www.elektormagazine.nl

Voor al uw vragen: service@elektor.nl

Lid worden: www.elektormagazine.nl/abo

Advertenties

Raoul Morreau
Tel. +31 (0)6 4403 9907 – raoul.morreau@elektor.com
www.elektormagazine.nl/adverteren

Auteursrecht

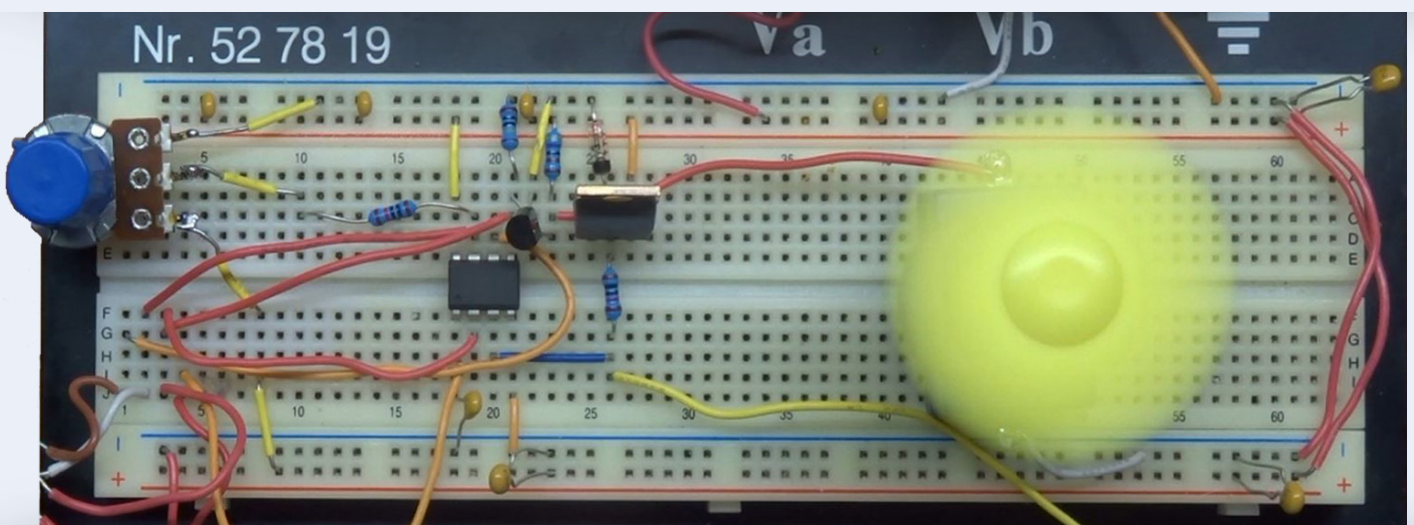
© Elektor International Media B.V. - 2025

Niets uit deze uitgave mag veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De auteursrechtelijke bescherming van Elektor strekt zich mede uit tot de illustraties met inbegrip van de printed circuits, evenals de ontwerpen

daarvoor. In verband met artikel 30 van de Rijkssoctrooiwet mogen de in Elektor opgenomen schakelingen slechts voor particuliere of wetenschappelijke doeleinden vervaardigd worden en niet in of voor een bedrijf. Het toepassen van de schakelingen geschiedt buiten de verantwoordelijkheid van de uitgever. De uitgever is niet verplicht ongevraagd ingezonden bijdragen, die hij niet voor publicatie aanvaardt, terug te zenden. Indien de uitgever een ingezonden bijdrage voor publicatie aanvaardt, is hij gerechtigd deze op zijn kosten te (doen) bewerken. De uitgever is tevens gerechtigd een bijdrage te (doen) vertalen en voor haar andere uitgaven en activiteiten te gebruiken tegen de daarvoor bij de uitgever gebruikelijke vergoeding.

Snelheidsregeling van een gelijkstroommotor met borstels

EMF-meting in plaats van een Tachogenerator



Rainer Schuster (Duitsland)

Gelijkstroommotoren met borstels worden steeds vaker vervangen door hun borstelloze (BLDC) en stappenmotor varianten. Het gebruik ervan is echter nog steeds zinvol, omdat een snelheidsregeling aanzienlijk eenvoudiger is. Dit artikel laat zien hoe men de snelheid van een DC-motor met borstels constant kan houden, ongeacht het koppel – en zonder tachogenerator.

In het eenvoudigste geval is een gelijkstroommotor aangesloten op een variabele spanningsbron, zoals getoond in **Figuur 1**. De snelheid is (theoretisch) evenredig met de voedingsspanning V_M , maar alleen zolang het koppel constant is. Helaas ziet het equivalente schema van de gelijkstroommotor eruit als in **Figuur 2**. De motorwikkeling heeft niet alleen een inductie L_M , maar ook een ohmse weerstand, die wordt aangeduid met R_M . Hoe hoger het koppel, hoe meer spanning er over R_M valt, tot er uiteindelijk geen spanning meer over de inductie L_M staat en de motor stopt (**Figuur 3**).

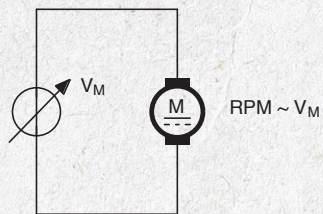
Regeling met Tachogenerator of EMF-meting

Om deze koppelaafhankelijke snelheidsschommelingen te compenseren, werd de motor vroeger meestal gekoppeld aan een tachogenerator, die op zijn beurt een

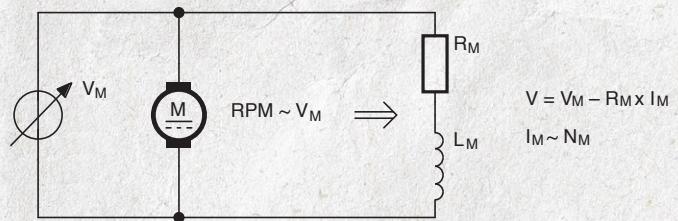
spanning leverde die evenredig was met de snelheid (**Figuur 4**). Een motor-tachogenerator-combinatie is echter groter en duurder dan een motor zonder tachogenerator.

Als de motor echter met een gepulseerde spanning (PWM) werkt, is de snelheid evenredig met de duty cycle. Tegelijkertijd werkt de motor als een generator in de uit-fase van het PWM-signaal, zodat de snelheid in deze fase kan worden gemeten. In het verleden, in het analoge tijdperk, was een elektronische schakeling voor een dergelijke regeling niet onaanzienlijk, zoals te zien is in het schema in **Figuur 5**.

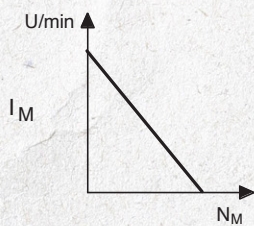
Een blokvolggenerator, een spanningsgestuurde pulsbreedtemodulator, een sample-and-holdschakeling om de snelheid te meten en een PI-regelaar waren nodig. In de digitale wereld blijft het principe hetzelfde, maar het benodigde aantal onderdelen is veel geringer dankzij het gebruik van een microcontroller.



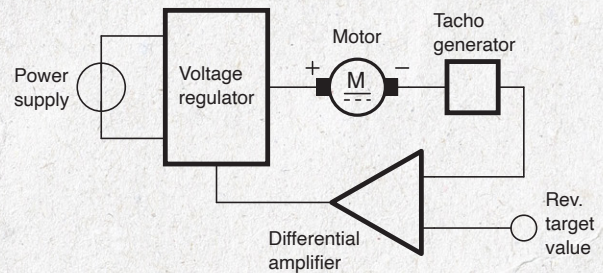
Figuur 1: In een ideale wereld is de snelheid evenredig met de motorspanning.



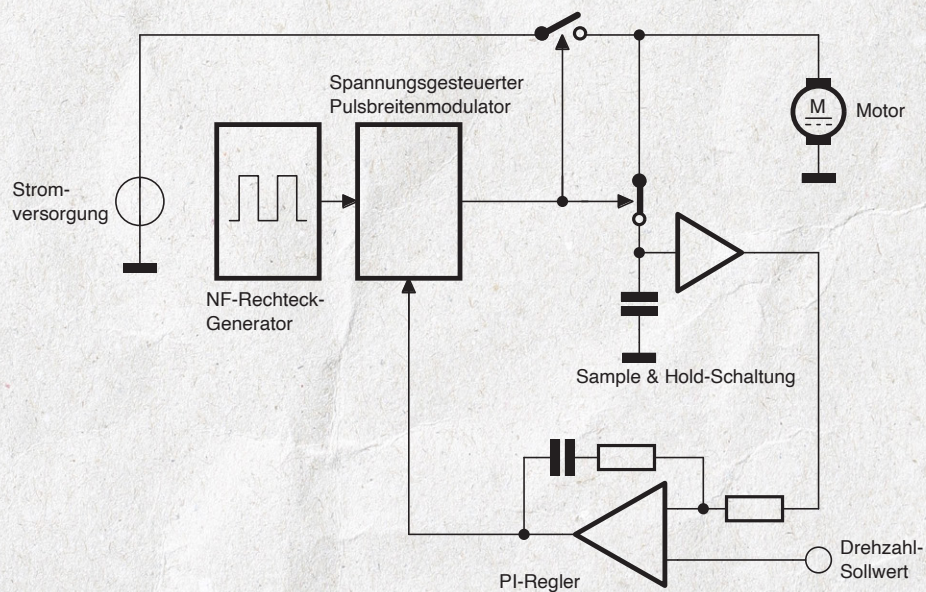
Figuur 2: In de praktijk is de ohmse weerstand van de motorwikkeling evenredig met zijn inductie.



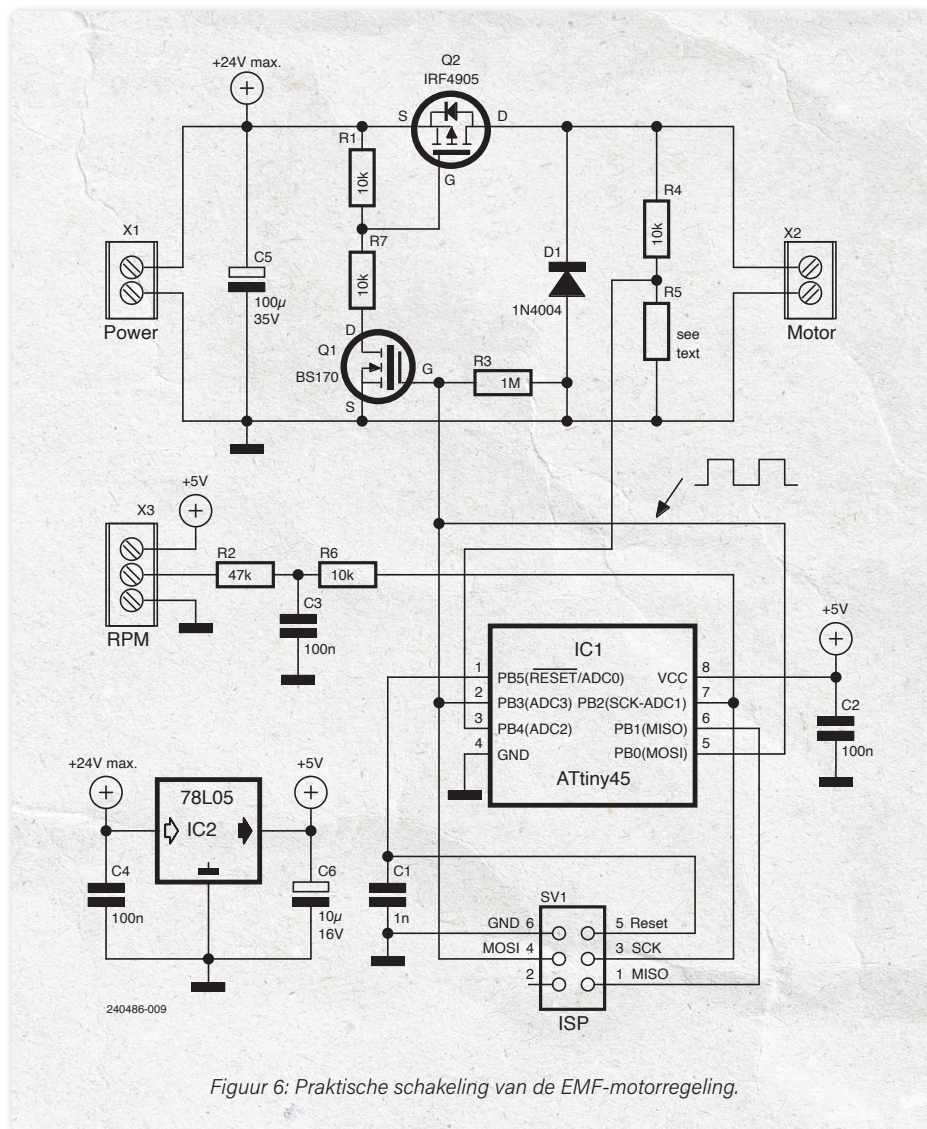
Figuur 3: Hoe hoger het koppel, hoe langzamer de motor draait.



Figuur 4: Blokschema van een motorbesturingssysteem met tachogenerator.



Figuur 5: Blokschema van een motorbesturing met EMF-meting.



Figuur 6: Praktische schakeling van de EMF-motorregeling.

Praktische implementatie van een EMF-regeling

Zoals het volledige schema in **Figuur 6** laat zien, wordt een ATtiny45 microcontroller van Microchip met 4 kB flash-geheugen gebruikt voor de besturing. De controller heeft slechts acht pinnen, maar is perfect geschikt voor deze toepassing. Hij kan "in-system" via SV2 worden geprogrammeerd met behulp van een ISP-programmeerapparaat.

De microcontroller wordt gevoed met 5 V door de spanningsregelaar IC2; daarom mag deingangsspanning (en dus de motorspanning) niet hoger zijn dan 24 V. Q1 en Q2 sturen de motor aan. Q2 is een PMOSFET van het type IRF4905, die theoretisch een motorstroom van 74 A aankan, maar alleen met een voldoende gedimensioneerd koellichaam. **Figuur 7** laat zien wat er gebeurt op de motorklemmen tijdens de verschillende fasen van het PWM-sig-naal: Na de AAN-fase van het PWM-sig-naal volgt een demagnetisatieperiode in de UIT-fase; daarna genereert de motor een EMF-spanning die evenredig is met de snelheid. Deze spanning wordt via spanningsdelers R4/R5 toegevoerd aan de ADC2 A-to-D converter van de microcontroller. R5 moet zo worden gedimensioneerd dat de spanning op ADC2 niet hoger kan worden dan 5 V.

VB	R5
12 V	4k7
24 V	2k2

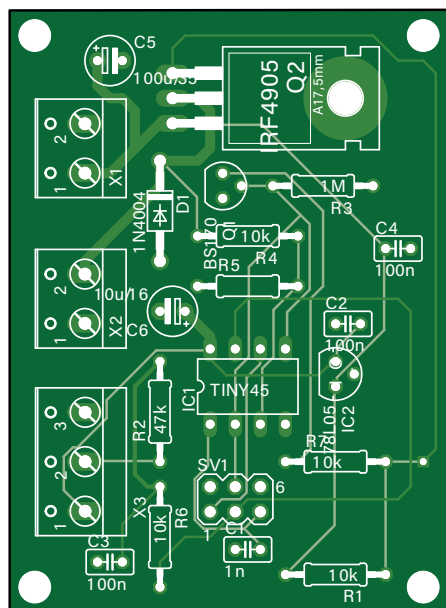


Figuur 7: De snelheid wordt gemeten in de uitschakelfase na demagnetisatie.

De gewenste snelheid wordt ingesteld door een potentiometer of een externe spanning van 0...5 V op X3, en wordt naar ADC1 van de microcontroller gestuurd. Diode D1 is absoluut noodzakelijk omdat wanneer de stuurspanning wordt uitgeschakeld, de inductie van de motor ontlaadt, wat resulteert in een negatieve spanningspiek die D1 begrenst tot ongeveer 0,7 V. **Figuur 8** toont de lay-out van de print voor de motorbesturing met EMF-meting; de benodigde componenten staan vermeld in de **Componentenlijst**.

Software I

De software voor de ATtiny45 is geschreven in BASCOM. De controller werkt intern op 8 MHz. Timero werkt als een



Figuur 8: Voorstel voor een print lay-out voor de EMF-regeling.

PWM-timer in de modus *Phase Correct PWM Timer*. Met een prescaler van $N = 64$ is de PWM-frequentie:

$$f_{OCn \times PCPWM} = \frac{f_{clk_I/O}}{N \times 510}$$

Bij 8 MHz resulteert dit in een frequentie van 245 Hz. De pulsbreedte wordt via register *PWM0A* ingesteld tussen 0 en 255. Afhankelijk van het motortype kan het nodig zijn de prescaler in te stellen op 256, bijvoorbeeld als de inductiefase langer is dan of even lang is als de uitschakelfase. Dit resulteert in een PWM-frequentie van ongeveer 60 Hz.

In de hoofdprogrammalus wordt de spanning voor het gewenste toerental ingelezen bij *ADC1*. De werkelijke waarde voor het toerental wordt ingelezen bij *ADC2* tijdens de uit-fase (*Pwm_Pin=0*). Deze worden bij elkaar opgeteld. Wanneer de motor weer wordt ingeschakeld, wordt het gemiddelde van de werkelijke waarde berekend.

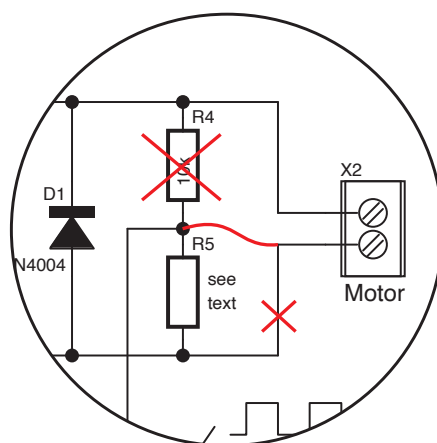
Om de PI-regelaar te implementeren, is er de constante T_i (integratietijd), samen met de tijdconstante van *Timer1* en K_p (proportionele versterking), die moeten worden aangepast aan de gebruikte motor. De interrupttijd van *Timer1* wordt ingesteld met het register *TCCR1*:

TCCR1	Timer1 Interrupt
4	250 μ s
5	500 μ s
6	1 ms
7	2 ms

Als T_i is verstreken (*Timer1-Interrupt* $\times T_i$), wordt de snelheidsafwijking berekend, opgeteld bij de vorige waarde (rekening houdend met het teken) en vermenigvuldigd met K_p . Het resultaat wordt direct uitgevoerd als de nieuwe inschakelduur.

Regeling met RI-compensatie

Een andere praktische oplossing kan de zogenaamde RI-compensatie zijn. Zoals aan het begin vermeld, wordt de snelheidschommeling van een gelijkstroommotor veroorzaakt door de ohmse weerstand van de wikkeling. Als de stroom door de motor wordt gemeten, kan deze weerstand worden gecompenseerd. Hiervoor hoeft alleen de spoelweerstand van de motor bekend te zijn, die eenvoudig kan worden gemeten. De schakeling in **Figuur 9** is hetzelfde als die in **Figuur 6**, behalve dat de motorstroom wordt gemeten als spanningsval over R_5 . R_5 moet zo gedimensioneerd worden dat er maximaal 0,5 V over R_5 staat bij maximale motorstroom. De vermogensdissipatie in Watt moet gelijk zijn aan $R_5 \times \text{motorstroom}$ in het kwadraat. **Figuur 10** toont de lay-out voor de motorbesturing met RI-compensatie.



Figuur 9: De motorregeling met RI-compensatie verschilt slechts in één detail.

Software II

De software voor de RI-compensatie is ook geschreven in BASCOM. *Timero* is geconfigureerd als een PWM-timer met een frequentie van 245 Hz. In tegenstelling tot de EMF-regeling is de regeling hier ontworpen als een pure P-regelaar. Hiervoor moeten de spoelweerstand van de motor en de voedingsspanning bekend zijn en als constanten *RM* en *U0* in het programma worden gespecificeerd.

De motorstroom wordt nu gemeten tijdens de inschakelfase van het PWM-sigitaal. De effectieve waarde van de stroom wordt berekend uit de inschakelduur:

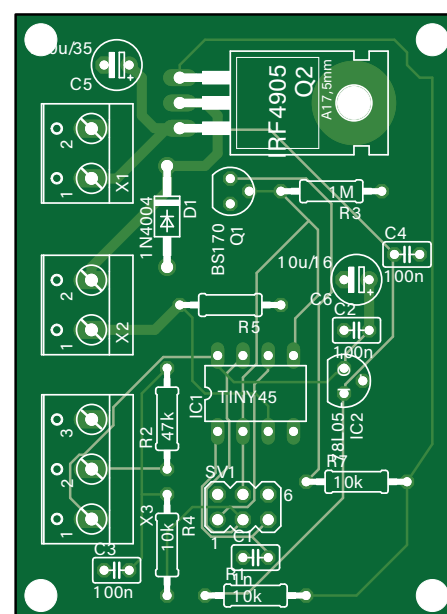
$$I_{RMS} = I_P \times \frac{T_{on}}{T} = \frac{V_{R5}}{R5} \times \frac{PMW0A}{255}$$

De dutycycle wordt dan verhoogd met de overeenkomstige waarde.

Twee opties

Er zijn verschillende manieren om een gelijkstroommotor aan te sturen zonder tachogenerator. Elk van deze opties heeft verschillende voor- en nadelen:

- Voor de EMF-regeling is een PI-regelaar nodig, waarvan de parameters moeten worden aangepast aan de gebruikte



Figuur 10: Voorgestelde print lay-out voor de regeling met RI-compensatie.

motor om de over- en onderschrijding te optimaliseren. Hiervoor worden spanningsfluctuaties in de voedingsspanning gecompenseerd.

- Met RI-compensatie zijn er geen overshoots of undershoots, maar spanningsschommelingen in de voedingspanning worden niet gecompenseerd.

De schema's, lay-outs en software voor beide controllers kunnen worden gedownload van de Elektor Labs projectpagina op [1].

200486-03



Over de auteur

Rainer Schusters fascinatie voor elektronica begon op 13-jarige leeftijd, toen hij in 1970 met Kerstmis van zijn ouders de Philips EE1 elektronica-experimenteerkit kreeg. In september 1971 kocht hij zijn eerste nummer van het tijdschrift Elektor dat hij tot op de dag van vandaag trouw is gebleven. Na zijn studie elektrotechniek aan de Universiteit voor Toegepaste Wetenschappen in München werkte hij 37 jaar als ingenieur in de elektronica-ontwikkeling bij Agfa in München. Sinds 2009 schrijft hij artikelen voor Elektor. Nu hij met pensioen is, heeft hij ook zijn eigen YouTube-kanaal (www.youtube.com/@rainerschuster5722), waar hij zijn projecten post.

Vragen of opmerkingen?

Heeft u vragen of opmerkingen over dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur op rainerschuster@mnet-mail.de, of neem contact op met Elektor via redactie@elektor.com.



Componentenlijst voor RI-compensatieregelaar

Weerstanden:

R1, R6, R7 = 10 kΩ
R2 = 47 kΩ
R3 = 1 MΩ
R5 = zie tekst

Condensatoren:

C1 = 1 nF
C2...C4 = 100 nF
C5 = 100 µF/35 V
C6 = 10 µF/16 V

Halfgeleiders:

D1 = 1N4004
Q1 = BS170
Q2 = IRF4905
IC1 = ATtiny45
IC2 = 78L05

Diversen:

SV1 = 2× 3-pins header
X1,X2 = 2-pins print klem-connector,
5 mm pitch
X3 = 3-pins print klem-connector,
5 mm pitch



Onderdelenlijst voor EMF Controller

Weerstanden:

R1, R4, R6, R7 = 10 kΩ
R2 = 47 kΩ
R3 = 1 MΩ
R5 = zie tekst

Condensatoren:

C1 = 1 nF
C2...C4 = 100 nF
C5 = 100 µF/35 V
C6 = 10 µF/16 V

Halfgeleiders:

D1 = 1N4004
Q1 = BS170
Q2 = IRF4905
IC1 = ATtiny45
IC2 = 78L05

Diversen:

SV1 = 2× 3-pins header
X1, X2 = 2-pins print klem-connector,
5 mm pitch
X3 = 3-pins print klem-connectorPCB
terminal, 5 mm pitch



Gerelateerde producten

- Ontwikkelbundel motorbesturing
www.elektor.nl/20534

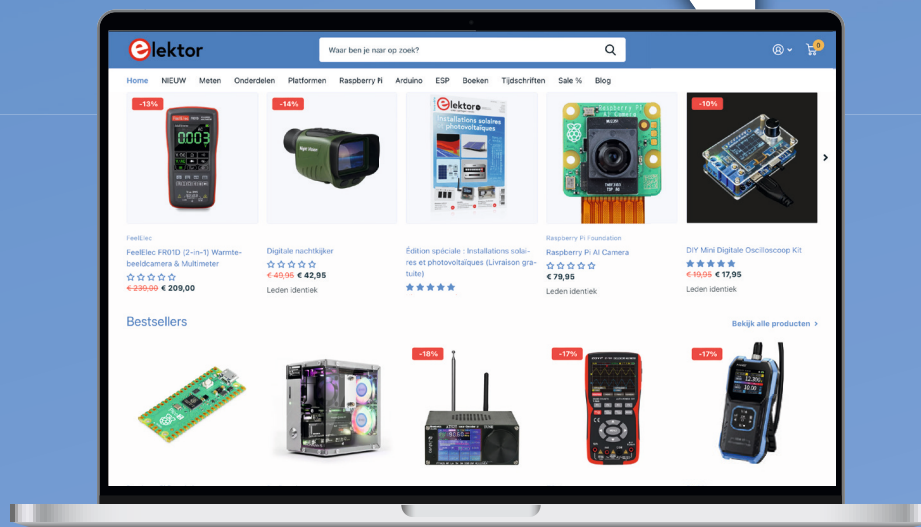


WEBLINKS

[1] Elektor Labs pagina over dit project: <https://tinyurl.com/200486-01>

[2] YouTube video: <https://www.youtube.com/watch?v=6IEVBQyKIF4>

Wat is uw mening?



Bij Elektor bieden we meer dan alleen elektronica - we creëren een ervaring van kwaliteitsproducten en uitzonderlijke klantenservice, ondersteund door de passie van onze community.

Deel uw mening op
www.elektor.nl/pages/customer-reviews



Zijn prijs waard !!

Werkt prima, snelle levering, goed verpakt, altijd al tevreden geweest van Elektor!



Geleverd zoals beloofd

Het product is uiteraard een zeer goed product, de bestelling werd omwille van de beschikbaarheid later uitgevoerd maar kwam toch vroeger dan verwacht. Prima shop!



Prima!

Snel geleverd, goed verpakt, prima product. Wat wil je nog meer? Zal zeker vaker bestellen bij deze winkel

8-bit-maatje voor de Raspberry Pi

energiebesparing gemakkelijk gemaakt

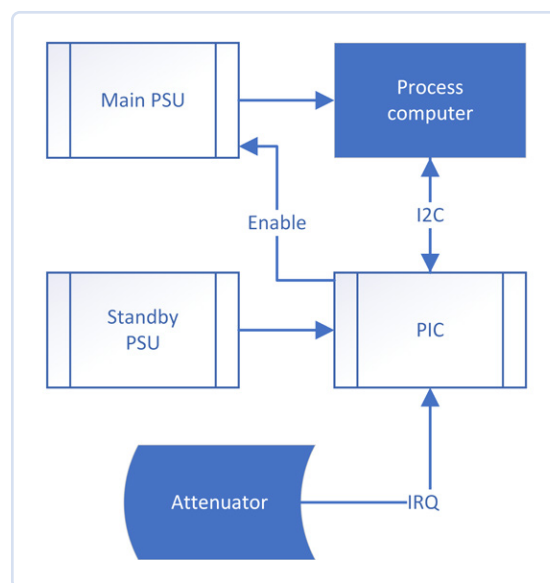
Tam Hanna (Hongarije)

Raspberry Pi's en andere SBC's zijn ideaal voor geavanceerde procesbesturing, maar ze vereisen aanzienlijk meer vermogen dan microcontrollers. Met een tandem combineert u het beste van twee werelden! Hier laten we zien hoe u een 8-bit PIC een Raspberry Pi kunt laten inschakelen wanneer dat nodig is.

Single-board computers met Unix-mogelijkheden vergemakkelijken de ontwikkeling van complexe besturings-systemen. Vooral in scenario's met hoge eisen aan GUI en gegevensverwerking zijn ze superieur aan microcontrollers (MCU's). Helaas laten het stroomverbruik en de real-time mogelijkheden nog ruimte voor verbetering. Maar waarom niet het beste van beide werelden combineren? Als u een kant-en-klare single-board computer voor een lager energieverbruik wilt modificeren, dan kunt u dat bereiken met een extra microcontroller. Als voorbeeld willen we een systeem implementeren dat zich houdt aan geprogrammeerde stilstandtijden en een 'alarmstart' uitvoert als reactie op een specifieke externe gebeurtenis.

Het concept van de schakeling

In principe werkt de schakeling zoals weergegeven in het stroomdiagram van **figuur 1**. De spanningsregelaar

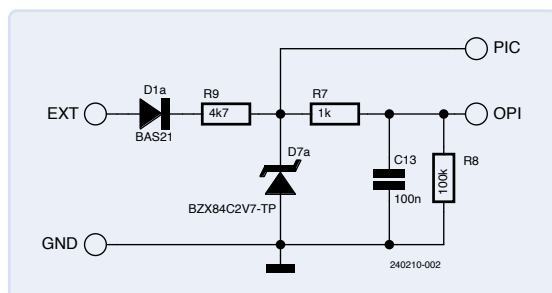


▲ *Figuur 1. Dit ontwerp vermindert het energieverbruik aanzienlijk.*

die fungeert als hoofdvoeding voor de procescomputer (meestal een schakelende regelaar) wordt via diens Enable-ingang (EN) aangestuurd door de microcontroller. De MCU heeft uiteraard een aparte voeding nodig die onafhankelijk is van de EN-ingang; vanwege de geringe energiebehoefte is een lineaire regelaar hier de meest economische oplossing. In het algemeen maakt het helemaal niet uit welke onderdelen worden ingezet; de auteur gebruikt graag moderne PIC16F-afgeleiden van Microchip vanwege goede ervaringen.

Figuur 2 toont de subschakeling die de PIC informeert wanneer de SBC (OPI = Orange Pi) wordt gevoed door de externe schakelende regelaar (EXT). D1a, R9 en D7a implementeren een min of meer 'klassieke' verzwakker, die ingangsspanningen in een bereik tot 20 V verlaagt tot een waarde die door de ingangen van de procescomputer en microcontroller wordt verdragen.

Het opdelen van de serieweerstand in de twee deelweerstand R7 en R9 is nodig omdat single board computers soms een laagohmige belasting vormen of een



► *Figuur 2. Weerstand R7 kan zowel kosten als hoofdpijn besparen.*

restspanning hebben als ze worden uitgeschakeld – zonder de weerstand zou de externe-microcontroller (aangesloten via de PIC-ingang) vreemde of ongeldige waarden kunnen zien.

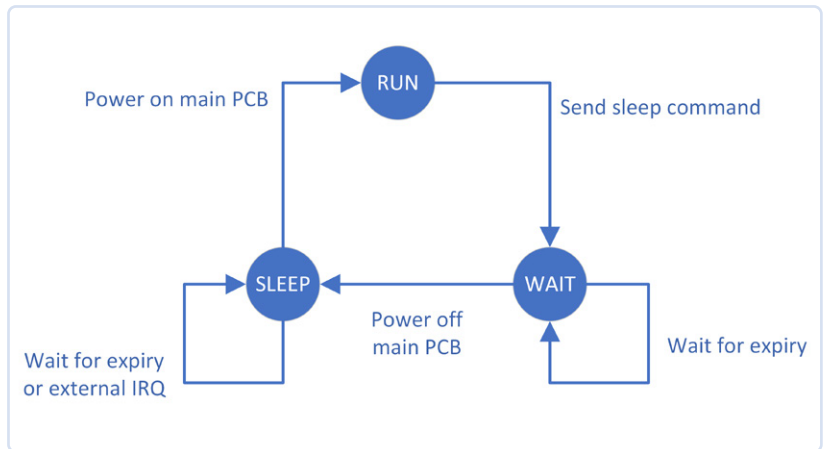
R7 is ook een extra beveiligingselement – de ingangen van de procescomputer zijn via beschermingsdiodes verbonden met de voedingsspanning en massa. Wanneer er zeer hoge spanningsniveaus optreden, zorgt R7 ervoor dat de stroom naar deze diodes beperkt wordt en de procescomputer niet beschadigd raakt; C13 en R8 zorgen voor een beetje extra ontddering.

Opgemerkt moet worden dat de hier getoonde schakeling met EXT-ingang 'rechtstreeks' is aangesloten op de elektrische installatie van verschillende schoolbussen. Aangezien er nu enkele duizenden van dergelijke systemen op de markt zijn zonder defecten, mag de goede werking als bewezen worden beschouwd.

De rol van diode D1a als beveiliging tegen omgekeerde polariteit is ook nuttig – geloof de auteur, die ook in de logistieke sector werkt, wanneer hij zegt dat het verkeerd-om aansluiten van accu's en dergelijke een klassieke 'tijdverdrijf' van een monteur is.

De software is de sleutel

Communicatie via I²C verloopt over het algemeen probleemloos (maar vergeet de noodzakelijke pull up-weerstanden niet). Het 'geheim' van dit systeem zit in de software. De PIC implementeert een soort toestandsmachine die is gebaseerd op de toestanden in **figuur 3**. De implementatie van het uitschakelproces is van bijzonder belang. Unix- en soortgelijke besturingssystemen hebben de neiging om niet erg vriendelijk te reageren op 'bot' uitschakelen. Een handige en praktische manier om het probleem op te lossen is het implementeren van een countdown-timer: de SBC activeert deze counter en start dan het uitschakelen van het besturingssysteem. Nadat de (ruim bemeeten) tijd is verstreken, is de procescomputer 'inert' en kan hij worden losgekoppeld van de voeding. Natuurlijk kan de PIC ook andere taken uitvoeren. Naast het opslaan van serienummers en andere informatie (om eventuele manipulatie te bemoeilijken) is het bijvoorbeeld ook mogelijk om basis-besturingstaken op de PIC uit te voeren. Natuurlijk zijn er ook complexere implementaties mogelijk: een complexe MSR-taak zou bijvoorbeeld een 32-bit MCU redelijk geschikt maken als secundaire controller.



Praktijkervaring

Trackers die zijn gebaseerd op het hier getoonde circuit-concept worden nu door tienduizenden klanten van de auteur gebruikt, wat de praktische waarde van het ontwerp aantoont. In plaats van een stand-by-stroomverbruik van ongeveer 200 mA kan het systeem nu volstaan met slechts een paar milliampère. AN4121 van de auteur, gepubliceerd door Microchip, is beschikbaar op [1] en geeft meer informatie over dit onderwerp. ◀

240210-03

▲
Figuur 3. Ook nuttig in embedded toepassingen: de toestandsmachine.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via tamhan@tamoggemon.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

Ing. Tam Hanna werkt al meer dan 20 jaar met elektronica, computers en software; hij is freelance ontwikkelaar, auteur en journalist (www.instagram.com/tam.hanna). In zijn vrije tijd houdt Tam zich onder andere bezig met 3D-printen en verkoop (en genieten) van goede sigaren.

WEBLINK

[1] Usha Ganesh and Tam Hanna, "Using PIC16F Microcontrollers for System Power Supply Control," Microchip Application Note AN4121, 2021: <https://www.microchip.com/en-us/application-notes/an4121>



Uit het leven gegrepen

micromanagement

Ilse Joostens (België)

Ik heb de Elektor-artikelen uit 2021 en 2024 rond balkon-PV-centrales van dr. Thomas Scherer [1][2] met interesse gelezen en ik ben helemaal gewonnen voor het idee om het 'ruststroomverbruik' van je huis te dekken met zonne-energie. In Duitsland krijg je hiervoor zelfs subsidie maar ik woon helaas in België waar dit soort installaties krachtens technisch voorschrift C10/11 van Synergrid streng verboden zijn wegens – vermeend – brand- en elektrocutiegevaar.

Belgen zijn een nogal risico-avers volkje en dat uit zich ook op beleidsniveau en in de regelgeving. In mijn opinie kan men beter verlengsnoeren met stekkerblok, elektrische fietsen, elektrische steps en hoverboards verbieden. Deze zijn al meermaals in het nieuws gekomen in het kader van woningbranden en met de laatste twee contrapties kan je nog behoorlijk op je gezicht gaan ook. Ik moest er aan denken na de commotie van vorige zomer rond een bekende Belgische bouwmarkt die met de beste bedoelingen stekkerzonnepanelen had aangeboden maar deze tot schade en schande weer uit de schappen diende te halen.

Flitspaal

Terwijl in de buurlanden 'stekkerzonnepanelen' al jaren probleemloos gebruikt worden (**figuur 1**), lijken – los van het feit dat het verboden is – de gebruikersorganisatie Test-Aankoop en de sectorfederatie voor hernieuwbare energie ODE bijzonder koele minnaars van balkon-PV-installaties [3]. Volgens hen zijn deze potentieel onveilig, met mogelijk een korte levensduur, en financieel nauwelijks interessant. Zij hebben een duidelijke voorkeur voor grotere PV-installaties, ook voor appartementsbewoners. Die laatsten moeten maar een gemeenschappelijke installatie op het dak installeren of aan energiedelen doen

met de eigenaar van een installatie op een andere locatie. Voor een gemeenschappelijke installatie hebt u een tweederde meerderheid nodig van de mede-eigenaars, veel succes daarmee zou ik zo zeggen; als huurder moet u proberen om uw huisbaas zo gek te krijgen. En dat energiedelen, dat komt nauwelijks van de grond wegens complex, omslachtig en vooral duur. Het kán wel, een kleine PV-installatie, in België, maar dan dient men zich aan dezelfde procedures te houden als bij de klassieke grotere installaties. Met een vaste aansluiting op een aparte groep in de verdeelkast, de nodige keuringen en bureaucratie lopen de kosten danig op waardoor uw winst smelt als sneeuw voor de zon.

Er is echter licht aan het einde van de tunnel en vanaf mei 2025 zouden stekkerzonnepanelen dan toch – eindelijk – toegelaten worden in België. De vraag is natuurlijk hoe streng de voorwaarden en modaliteiten zullen zijn. Met een beetje pech moet u een keuringsverslag van uw elektrische installatie kunnen voorleggen en loopt u het risico een 'slimme' meter in de maag gesplitst te krijgen.

Die slimme meter was de afgelopen jaren niet weg te branden uit het nieuws, eerst wegens het al of niet virtueel terugdraaien voor eigenaars van zonnepanelen en later in het kader van de invoering van het capaciteitstarief. Met dat tarief wordt uw



Figuur 1. Balkoncentrale – in het ene land verboden, in het andere gesubsidieerd. Bron: Adobe Stock / Ronald Rampsch.



Figuur 2. Ook grote bedrijven zijn ooit klein begonnen. Bron: Adobe Stock / Gorodenkoff.

slimme meter eerder een flitspaal die u genadeloos op kosten jaagt telkens u in een vlaag van onoplettendheid wat teveel toestellen tegelijk aan hebt staan. En de regeling rond de terugdraaiende teller, waar eigenaars met zonnepanelen nog vijftien jaar gebruik zouden kunnen van maken, werd in 2021 door het Grondwettelijk Hof vernietigd omdat de Vlaamse overheid hierbij haar boekje te buiten was gegaan. Na felle protesten zag diezelfde overheid zich alsnog verplicht de gedupeerde eigenaars van zonnepanelen te compenseren.

Flipflop

U zult ongetwijfeld wel bekend zijn met wiskundige en computerwetenschapper Edsger Dijkstra [4] die het excessief gebruik van goto-instructies in hogere programmeertalen op de korrel nam [5]. Tijdens mijn opleiding werd het verbod op goto-instructies er in gedruild om onoverzichtelijke 'spaghetticode' te vermijden.

Politici hebben doorgaans een juridische achtergrond en binnen die opleiding ziet men blijkbaar geen been in ondoordachte

ad hoc wet- en regelgeving. Men doet maar naargelang de waan van de dag of vanuit steekvlampolitiek met onoverzichtelijke 'flipflop-regelgeving' tot gevolg. Voor elektrische wagens zijn de premies nu al twee keer ingevoerd en weer afgeschaft en door kronkels in de wet dreigen gebruikers van een elektrische bedrijfswagen die deze thuis laden binnenkort een pak meer belastingen te mogen betalen. België heeft geen monopolie op absurditeiten en in Nederland hoor ik geruchten rond netbeheerders die stiekem de taps op wijktransformatoren hoger zetten om het terugleveren door zonnepanelen in te dammen. In Zeeland is zelfs een experiment gestart waarbij huiseigenaren op zonnige dagen gevraagd wordt om tegen betaling hun zonnepanelen uit te schakelen. Gekker moet het niet meer worden nadat mensen jarenlang gepusht zijn geweest om vooral toch maar zonnepanelen te installeren.

Betutteling

De overheid moeit zich steeds meer met alle aspecten van ons leven en dat gaat

helaas verder dan energie, onze woning, verwarmingssystemen en met welke auto we rijden. Zo is ook de verkoop van talloze 'gevaarlijke' stoffen aan particulieren aan banden gelegd. Zelfs loodhoudend soldeer wordt steeds moeilijker te vinden en er zijn nu al leveranciers in Europa die dit spul niet meer aan particulieren verkopen omdat het lood bevat. U zult maar voor de hobby aan oudere elektronische apparatuur werken. Dit soort micromanagement beknot ook het ondernemerschap omdat vele bedrijven klein beginnen, misschien als enkele studenten die een gat in de markt ontdekten hebben en in een garage aan een product werken (figuur 2). Zelfs giganten als Microsoft, Google [6], HP en Amazon zijn ooit zo begonnen [7].

De website "Nanny State Index" [8] brengt de betutteling door diverse overheden in kaart wat eten, drinken, roken en vaperen betreft en mag wat mij betreft uitgebreid worden met meer criteria. Ik durf alvast pleiten voor minder bemoeizucht, minder en duidelijker regelgeving en vooral meer rechtszekerheid. Daar kan niemand tegen zijn. ◀

240608-03

WEBLINKS

- [1] Dr. Thomas Scherer, "Zonnepanelen op je balkon," Elektor 9-10/2021: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-185/59907>
- [2] Dr. Thomas Scherer, "Optimalisatie van balkon PV-centrales," Elektor 1-2/2024: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-326/62602>
- [3] VRT nws: Are solar panels on your balcony a good idea?: <https://www.vrt.be/vrtnws/en/2022/10/18/are-solar-panels-on-your-balcony-a-good-idea/>
- [4] Wikipedia: Edsger Dijkstra: https://nl.wikipedia.org/wiki/Edsger_Dijkstra
- [5] Centrum Wiskunde & Informatica: Edsger Dijkstra: Go To Statement Considered Harmful: <https://homepages.cwi.nl/~storm/teaching/reader/Dijkstra68.pdf>
- [6] Inside Google's original garage, 1998-style: <https://blog.google/products/maps/inside-googles-original-garage-1998-style/>
- [7] Business Pundit: 11 famous garage startups that now rule the world: <https://www.businesspundit.com/11-famous-garage-startups-that-rule-the-world/>
- [8] The Nanny State Index: <https://nannystateindex.org/>

Kwikdamp- gelijkrichters

David Ashton (Australië)

Vóór de komst van hoogvermogen gelijkrichters op basis van halfgeleiders was het omvormen van wisselstroom naar gelijkstroom in de industrie en het transport geen sinecure! De apparaten waren enorm groot, kwetsbaar, bevatten zeer vervuilende materialen en moesten vaak onderhouden worden.

Gelijkrichters - dat zijn toch net diodes? Ja, dat klopt, maar dit zijn niet dezelfde soort diodes die je in je kristalradio gebruikt. Of voor de voeding van je Raspberry Pi. Of voor die fantastische 200 W per kanaal versterker die je aan het bouwen bent. Denk aan elektrische treinen, metrosystemen, omroepzenders. Het echte GROTE spul. Zoals Crocodile Dundee zou kunnen zeggen: "Dat is geen gelijkrichter, DIT is een gelijkrichter!"

Vloeibaar kwik

Kwikdampgelijkrichters maken gebruik van het feit dat een laagje vloeibaar kwik met wat kwikdamp als kathode wordt gebruikt, en er een lichtboog kan worden getrokken van een koolstofanode erboven, maar het proces werkt niet andersom.

Vandaar de gelijkrichting. Dit is voldoende elektronisch om ze in deze rubriek op te nemen, ook al zijn ze niet het soort componenten dat ooit in een Elektor-project is gebruikt.

Kwikdampgelijkrichters werden in 1902 uitgevonden door Peter Cooper Hewitt, een Amerikaanse elektrotechnicus die in 1901 kwikdamlampen (de voorlopers van onze fluorescentielampen) had uitgevonden. Ze werden begin 1900 ontwikkeld en werden al snel de oplossing voor het gelijkrichten van hoge spanningen en hoge stromen. De boogspanning is ongeveer 20...30 V en de eenvoud van de constructie maakt ze efficiënt en betrouwbaar. Ze werden gebruikt tot de jaren 1970, toen er halfgeleidergelijkrichters en thyristoren beschikbaar kwamen die

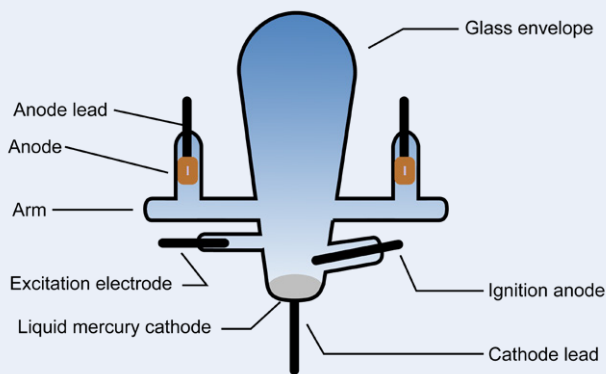


Figuur 1: Een 6-fasige, hoogvermogen kwikdampgelijkrichter in werking. (Bron: Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quecksilberdampfgleichrichter_in_Betrieb.JPG)

hetzelfde werk konden doen. Sommige werden gebruikt tot 2012. Figuur 1 toont een typische 6-fasige gelijkrichter.

Ontstekelektrode

De ontsteking moet worden gestart door een ontstekelektrode, die meestal kort in contact moet komen met het kwik. Dit gebeurt op een aantal manieren, waaronder elektromagneten, bimetalen strips, enz. Als de boog eenmaal is ontstaan, waardoor zich kwikdamp vormt, kan de gelijkrichting plaatsvinden.



Figuur 2: Functioneel schema van een kwikdampgelijkrichter
(Bron: Wikimedia commons, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4577899>)

De meeste kwikdampgelijkrichters waren 3 of 6-fasig, maar enkelfasige gelijkrichters hadden een excitatie-elektrode nodig om het proces op gang te houden. Het geheel is ingebouwd in een grote glazen bol, waardoor de kwikdamp kan condenseren en terugvloeien naar het kathodebad. De constructie van deze speciale gelijkrichter wordt getoond in **Figuur 2**.

Een typische 6-fase, 150 A gelijkrichter was ongeveer 600 mm hoog en ongeveer 300 mm rond. Boven 500 A werden stalen tanks gebruikt met keramische isolatoren voor de elektroden en deze werden berekend tot enkele duizenden ampères. Er waren vermogens tot meerdere kV beschikbaar, met speciale constructietechnieken zelfs nog hoger, maar deze vereisten veelvuldig onderhoud.

De kwikdampgelijkrichters zenden veel ultraviolet licht uit, je kon verbranden als je er in de buurt werkte. Bovendien was het lawaai van deze bogen en de bijbehorende transformatoren aanzienlijk. Kwik is zeer giftig en bij de ontmanteling zijn vaak uitgebreide schoonmaakwerkzaamheden nodig om de kwiksporen te verwijderen. 

240624-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel, stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

David Ashton is geboren in Londen, groeide op in Rhodesië (nu Zimbabwe), woonde en werkte in Zimbabwe en woont nu in Australië. Hij is al geïnteresseerd in elektronica vanaf zijn vroege jeugd. Rhodesië was niet het centrum van het elektronica-universum, dus aanpassen, vervangen en onderdelen bij elkaar scharrelen waren vaardigheden die hij al vroeg aanleerde (en waar hij nog steeds trots op is). Hij heeft een elektronicalab gehad, maar heeft voornamelijk in de telecommunicatie gewerkt.

Zij vertrouwen ons, u ook?

Wij houden van elektronica en van projecten, en doen ons uiterste best om aan de behoeften van onze klanten te voldoen.
De Elektor Store: **'Nooit duur, altijd verrassend'**

Elektor Store

Reviews 365 • Excellent



VERIFIED COMPANY



Bekijk meer beoordelingen op onze Trustpilot-pagina: www.elektor.com/TP/nl

of oordeel zelf door een bezoek te brengen aan onze Elektor Store, www.elektor.nl



Wereldwijde markt voor zonne-energie: Een goed vooruitzicht tot 2030

De wereldwijde zonne-energiemarkt bevindt zich in een positieve groeifase omdat de zonne-energie-industrie voortdurend in ontwikkeling is. Tegen 2030 zal de geïnstalleerde capaciteit voor de opwekking van hernieuwbare elektriciteit volgens het IRENA 1,5°C-scenario (zie kadertekst op de volgende pagina) naar verwachting meer dan verdubbelen, waarbij zonnepanelen 49% van de totale capaciteit voor zijn rekening zal nemen, tegenover 40% in 2023 [1]. Dit vertaalt zich in een toename van 4.085 GW in 2023 naar 11.173 GW in 2030, door een jaarlijkse toename van gemiddeld 558 GW per jaar.

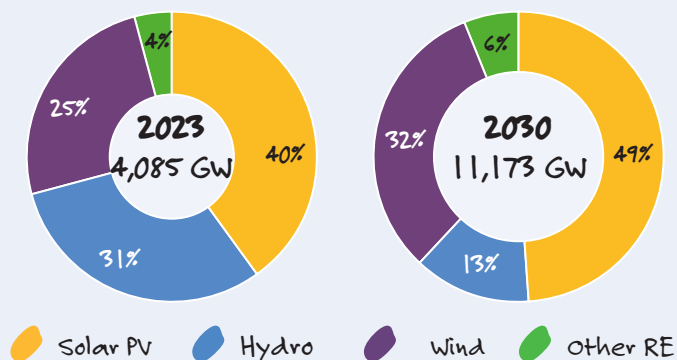
Uitdagingen en kansen

Om de doelstellingen voor 2030 te halen, zijn robuuste innovaties en investeringen nodig. Het vermogen van de zonne-energiesector om het huidige momentum vast te houden, hangt af van de voortdurende vooruitgang in technologieën zoals bifacial panelen, drijvende zonne-energieparken en AI-geoptimaliseerde energiesystemen. Deze innovaties zullen de efficiëntie en integratie verbeteren en de sleutelrol van zonne-energie in een toekomst van schone energie verzekeren.

Zonne-energie: innovaties voor de toekomst

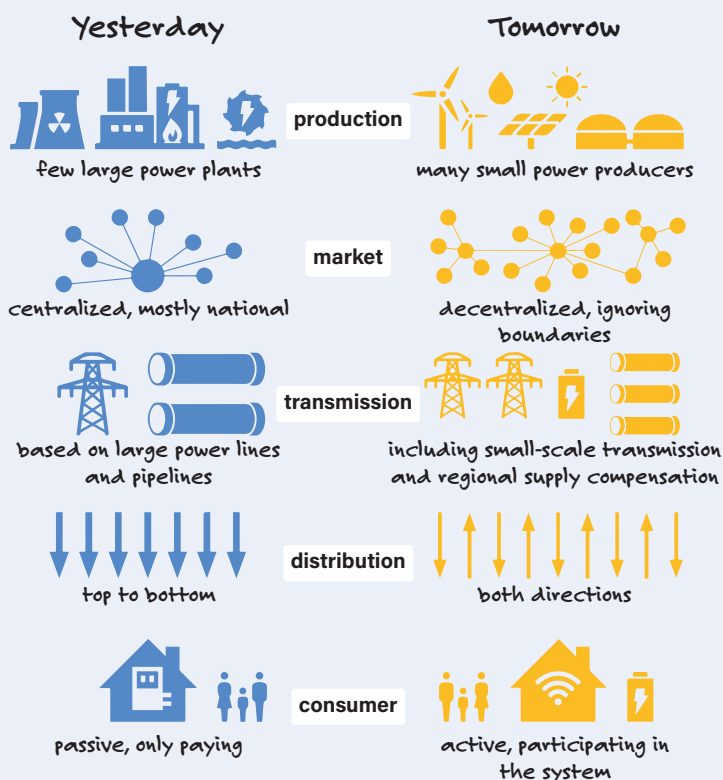
- **Perovskiet zonnecellen:** Deze betaalbare en efficiënte alternatieven voor siliciumcellen transformeren de toegankelijkheid van zonne-energie. Laboratoriumrendementen tot 25% suggereren dat ze een belangrijke rol kunnen spelen in toekomstige zonnetechnologieën.
- **Transparante zonnepanelen:** De integratie van fotovoltaïsche panelen in ramen biedt een revolutionaire manier om energie te winnen zonder afbreuk te doen aan de vormgeving. De eerste transparante panelen halen een rendement van rond de 10%.
- **Drijvende zonneparken:** Door gebruik te maken van wateroppervlakken optimaliseren drijvende zonneparken het landgebruik en profiteren ze van natuurlijke koeling, wat de efficiëntie van de panelen verhoogt.
- **AI-geoptimaliseerde energiesystemen:** AI transformeert zonne-energie door nauwkeurige energievoorspelling, slimmere netintegratie en realtime optimalisatie.
- **Solar-skins:** Zonnepanelen met een aanpasbare vorm kunnen ideaal worden geïntegreerd in woonhuizen en commerciële ontwerpen, waarbij rekening wordt gehouden met esthetische aspecten [5].

Wereldwijd geïnstalleerde hernieuwbare elektriciteitsproductiecapaciteit in het 1,5°C-scenario, 2023 en 2030 [1].



Bron: SolarPower Europe (2024), IRENA (2024)

Slimme energienetten: Het mogelijk maken van de energietransitie



Bron: Bartz/Stockmar (M), CC BY 4.0

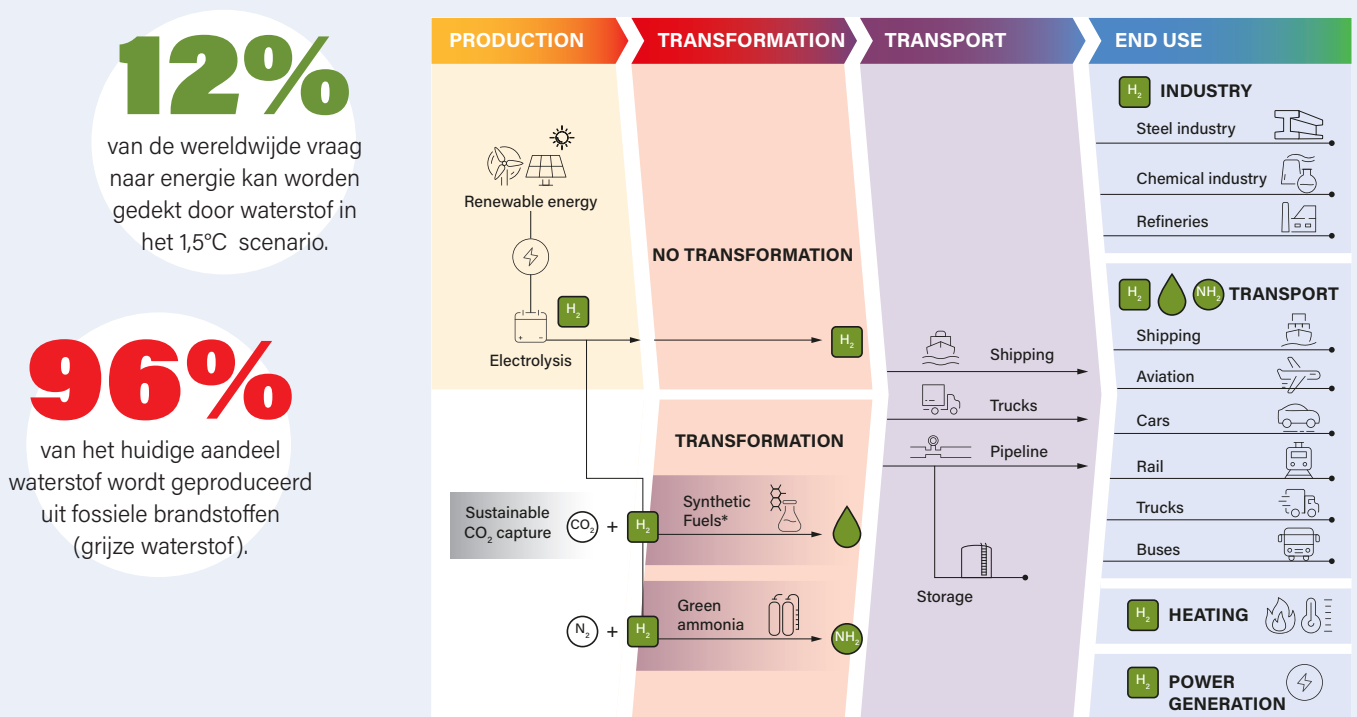
Waterstof: Belangrijkste ingrediënt voor CO₂ vermindering

Een andere cruciale factor is waterstof voor sectoren die moeilijk te elektrificeren zijn, zoals de zware industrie en het langeafstandsvervoer. Volgens IRENA zou waterstof kunnen voorzien in 12% van de wereldwijde vraag naar energie in het 1,5°C scenario [3], met toepassingen in transport, energieopwekking en verwarming.

De productiemethoden variëren echter sterk in milieu-impact en krijgen de labels grijs, blauw en groen, afhankelijk van de CO₂-uitstoot. Momenteel is 96% van de wereldwijde waterstofproductie gebaseerd op fossiele brandstoffen (grijze waterstof), wat de noodzaak onderstreept van een snelle overgang naar schonere methoden [4]. De hoge

productiekosten van groene waterstof en de aanzienlijke energieverliezen tijdens de productie, opslag en conversie maken het minder efficiënt dan alternatieven zoals batterijen, terwijl de toename van blauwe waterstof afhankelijk is van dure CO₂-afvangtechnologieën.

Groene waterstofproductie, -omzetting en -toepassingen. [3]



Wat is het IRENA 1,5°C-scenario?

IRENA staat voor het International Renewable Energy Agency, een intergouvernementele organisatie die de toepassing en het duurzame gebruik van hernieuwbare energie wereldwijd promoot. Het IRENA 1,5°C-scenario in de World Energy Transitions Outlook presenteert een route om de klimaatdoelstelling van 1,5 °C tegen 2050 te halen [2]. Om dit doel te bereiken zijn aanzienlijke investeringen nodig in schone-energie technologieën, zoals zonne-energie, windenergie en opslag, om de wereldwijde energiesystemen CO₂-vrij te maken.

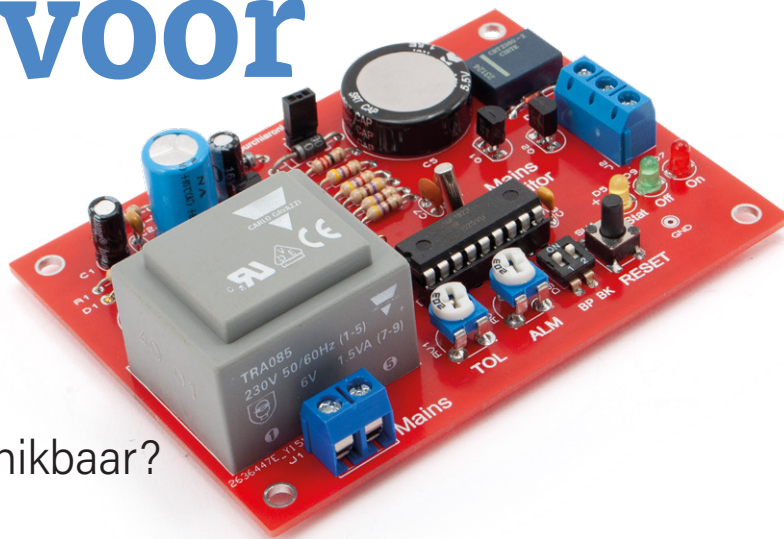
WEBLINKS

- [1] SolarPower Europe, "Wereldwijde marktvooruitzichten", juni 2024: <https://tinyurl.com/solar-outlook-2024>
- [2] IRENA, "World Energy Transitions Outlook 2024: 1,5°C Traject, november 2024.": <https://www.irena.org/Publications/2024/Nov/World-Energy-Transitions-Outlook-2024>
- [3] IRENA, Waterstof: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Hydrogen>
- [4] Zürich, "Hoe blauwe en groene waterstof de klimaatcrisis kunnen helpen oplossen," juli 2024: <https://www.zurich.com/media/magazine/2022/is-hydrogen-the-fuel-that-can-save-our-planet>
- [5] Tamesol, "De toekomst van zonne-energie", januari 2024: <https://tamesol.com/future-of-solar-energy/>

240640-03

Monitor voor stroom-uitval

Is je netvoeding constant beschikbaar?



Stefano Purchiaroni (Italië)

In gebieden waar de netspanning instabiel is en/of er veiligheidsproblemen kunnen zijn, kan het nuttig zijn om een schakeling te hebben die constant de aanwezigheid ervan controleert en de stroomonderbrekingen tijdig doorgeeft aan een extern systeem. In dit artikel worden twee ontwerpoplossingen gepresenteerd: een analoge basisversie en een digitale versie met een microcontroller, om de aanwezigheid van de netspanning thuis te bewaken en ook de uitvalen te tellen.

Dit ontwerp speelt in op de noodzaak om onderbrekingen in de stroomtoevoer in de gaten te houden, of ze nu worden veroorzaakt door technische problemen - zoals onderhoud aan de infrastructuur - of door kwaadwillenden die met de externe hoofdschakelaar knoeien om de stroomtoevoer af te sluiten. Een dergelijke actie kan de back-up-batterijen van het alarmsysteem leegtrekken, waardoor het de woning kwetsbaar maakt. Een alarm dat afgaat zodra een stroomonderbreking wordt gedetecteerd, verhoogt de algemene veiligheid van de woning. Om onnodige activeringen te voorkomen, is er een vertragingstijd (of tolerantietijd) van enkele seconden geïmplementeerd. Dit helpt valse alarmen door korte onderbrekingen te voorkomen. In aanvulling op de basisversie (zie **Tabel 1**) biedt de digitale versie verbeterde functies: het houdt gebeurtenissen met netspanningsdaling bij, maakt het mogelijk om de alarm- en vertragingstijden aan te passen en schakelt het signaal automatisch uit zodra de vooraf ingestelde alarmduur is verstreken.

Tabel 1: Beschikbare functies in analoge en digitale versie.

Functie	Analoog	Digitaal
Vertraging (tolerantietijd) tegen korte onderbrekingen	×	×
Instelling vertragingstijd	-	×
Alarm stop na een ingestelde tijd	-	×
Instelling alarmtijd	-	×
Tellen en weergeven van aantal onderbrekingen	-	×
Instelling <i>pulse of steady mode</i>	×	×
Signalering terugkeer netspanning	-	×

Bovendien kun je door twee DIP-schakelaars op de printplaat te configureren een akoestische signaalfunctie en een melding voor netherstel inschakelen. Deze extra functies worden later in detail besproken.

Verschillen tussen de analoge en digitale versies

Analoge versie

Zoals te zien is in het schema in **Figuur 1** heeft het voedingsgedeelte geen transformator, die vinden we wel in de digitale versie. **Daarom moet tijdens het testen voorzichtiger te werk worden gegaan, omdat het hele circuit is aangesloten op de netspanning, met gevaar voor elektrocutie bij aanraking!** In het geval van de digitale versie is dit gevaar beperkt tot het kleine deel van het circuit dat verbonden is met de primaire van de transformator, **wat niettemin zorgvuldige aandacht moet hebben tijdens de testfasen!**

Na de AC-gelijkrichting en het 24 V DC-begrenzingsgedeelte, bestaande uit de diodes D1...D4 en Zener-diode D5, zien we de splitsing van die spanningsbron in twee aansluitingen. De ene gaat naar de combinatie van D6-C2, de andere naar de basis van Q1. De D6-C2 serieschakeling produceert een gestabiliseerde 23,3 V uitgang, die

gebruikt wordt om het relais te activeren via pad 4-6 (Steady Mode) van de DPDT schakelaar SW1. Als de netspanning wegvalt, keert het relais terug naar de uit-stand en wordt het COM-NC contact gesloten. Opmerking: In het schakelschema is het relais in spanningsloze toestand getekend, wat betekent dat het alarm geactiveerd is. Dit geldt alleen als SW1 in de *Steady Mode* staat, in de positie die op het schema is weergegeven. In de andere stand van de schakelaar (4-3/5-2/*Pulse Mode*) wordt het relais slechts gedurende 1 tot 2 seconden bekrachtigd (wat betekent dat het alarm dan geactiveerd is). Wanneer de netspanning uitvalt in de *steady mode*, wordt het alarm geactiveerd met een vertraging van ongeveer 3 tot 4 seconden, vanwege de energie die is opgeslagen door de grote elektrolytische condensator C2 die wordt ontladen. Als de stroom weer aangaat, wordt het alarm gedeactiveerd met een vertraging van ongeveer 2 s, de tijd die C2 nodig heeft om op te laden en een spanning te leveren die hoog genoeg is om het relais weer te activeren.

Condensator C5, aanvankelijk ontladen, zorgt ervoor dat het relais onmiddellijk op volle spanning wordt geactiveerd, maar zodra hij is opgeladen, wordt de stroom om het relais geactiveerd te houden toegevoerd via R5 en iets verlaagd, maar toch op een niveau dat meer dan voldoende is om de relaiscontacten in de gesloten stand te houden. Deze techniek verlengt de levensduur van het relais aanzienlijk, omdat het de meeste tijd iets te weinig stroom krijgt.

Het relais moet van het DPDT-type zijn, met een spoel van 24 V en een inwendige weerstand van 1.600 Ω . Een netuitschakeling die korter duurt dan de eerder genoemde vertragingstijd zal niet leiden tot een alarmactivering, omdat C2 niet voldoende ontladen zal zijn om de spanning die aan het relais geleverd wordt onder zijn V_{off} te laten dalen, proefondervindelijk gemeten op ongeveer 4 V. Deze vertraging voorkomt onnodige alarmen in geval van korte onderbrekingen.

In deze analoge versie is de vertragingstijd niet instelbaar. Een ander nadeel betreft de alarmtijdsduur: Zodra C2 ontladen is - en er nog steeds geen netspanning aanwezig is op de ingang - dan gaat het relais permanent uit, waardoor het alarm voor onbepaalde tijd actief

blijft. Het beheer van een maximale tijdsduur zal verderop in het circuit moeten worden geïmplementeerd, of het moet deel uitmaken van de sirene of een ander aan te sturen onderdeel naar keuze.

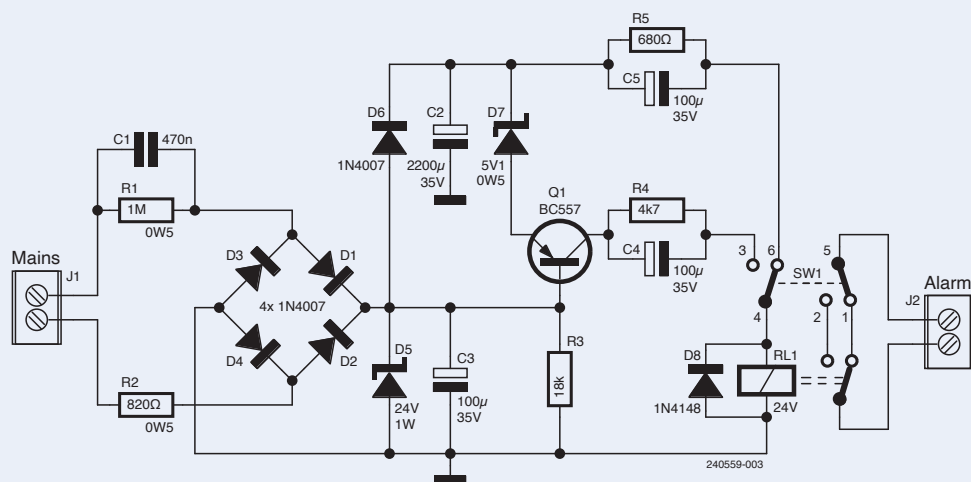
Naast permanente signalering kan de *Pulse Mode* van ongeveer 2 s geselecteerd worden via de andere stand van schakelaar SW1 (contacten 5-2 en 4-3 gesloten). Bij afwezigheid van de netspanning ontladt C3 zich geleidelijk, waardoor de spanning op de basis van Q1 afneemt totdat deze in geleiding wordt gebracht. Q1 laat dus stroom lopen van C2 naar het relais, door C4. Het relais wordt bekrachtigd en activeert het alarm.

Na ongeveer een halve seconde is C4 volledig opgeladen, waardoor de stroom door de relaisspoel wordt verminderd totdat het relais na ongeveer 2 s weer wordt ingeschakeld. De waarden van de condensatoren en weerstanden zijn al berekend om ervoor te zorgen dat de lading van C2 de hele cyclus kan ondersteunen. Wanneer de spanning terugkeert, gaat Q1 weer uit, het relais verandert niet van toestand en C2 wordt weer opgeladen en kan nieuwe cycli ondersteunen.

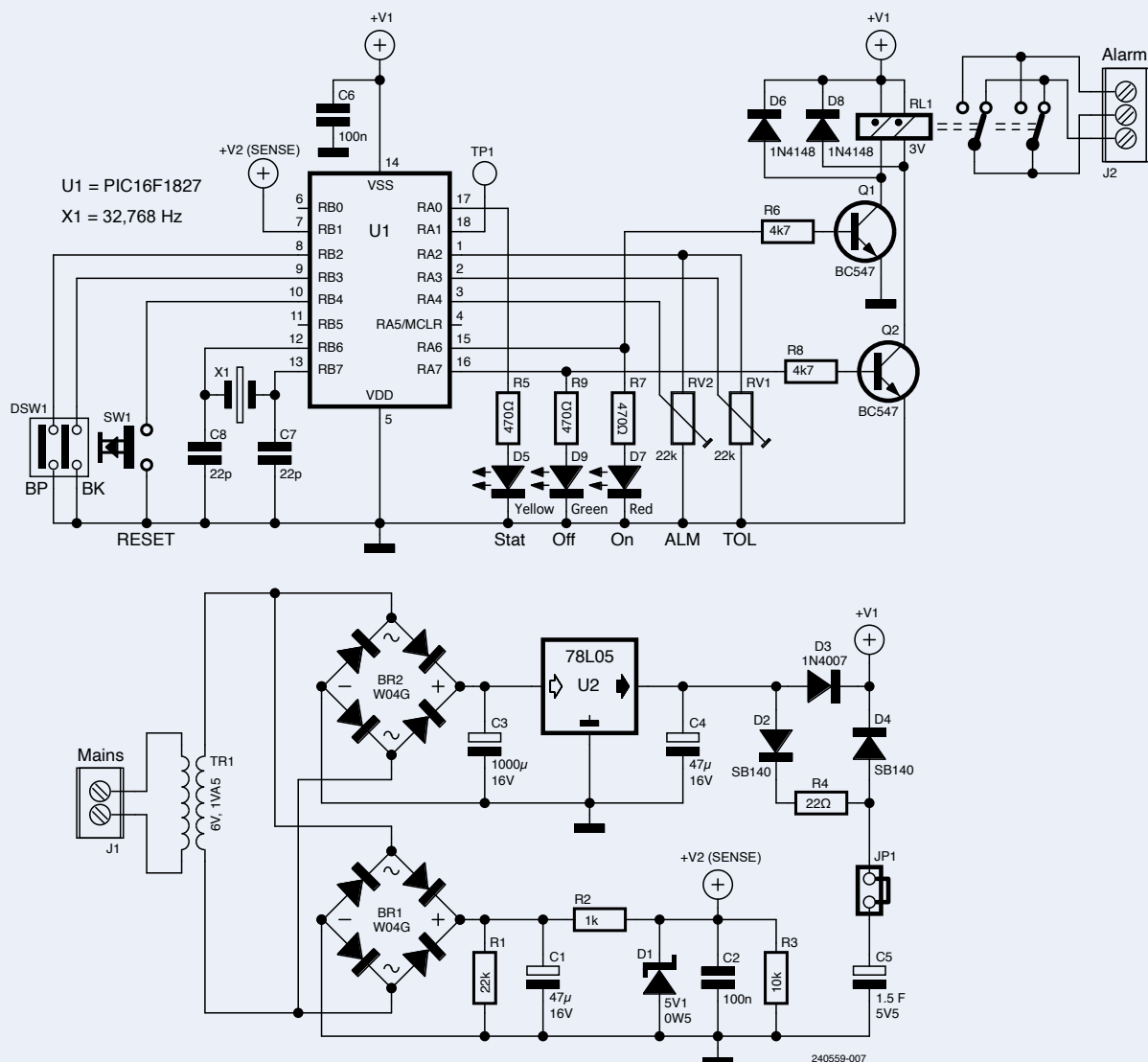
Let op de belangrijke functie van diode D6 in deze modus, die werkt als een "terugslagklep" die voorkomt dat de basis van Q1 hoog blijft door de opgebouwde lading in C2 en dat het relais uit blijft.

Digitale versie

De grotere complexiteit van de digitale versie wordt meteen duidelijk aan de hand van het schema in **Figuur 2**. De schakeling wordt gevoed door een transformator met een uitgang van 6 V, die twee gelijkrichterbruggen voedt, BR1 en BR2. Deze laatste, gevolgd door de stabilisatorgedeelte - bestaande uit C3, een kleine, 5 V lineaire spanningsregelaar U1 en C4 aan de uitgang - levert voeding voor microcontroller U2, een veelzijdige PIC16F1827 van Microchip. Als er geen netspanning is, blijft de supercondensator C5 van 1,5 F nog geruime tijd voldoende stroom leveren aan de PIC. De supercondensator wordt beheerd door blokkeerdiodes D2, D3 en D4, die de supercondensator tijdens normaal bedrijf isoleren maar ervoor zorgen dat hij wordt opgeladen.



Figuur 1: Schema van de analoge versie voor stroomuitval.



Figuur 2: Schema van het digitale ontwerp met een microcontroller.

Let op jumper JP1, voorzien voor het verwijderen en herprogrammeren van de PIC zonder dat deze gevoed wordt door de supercondensator. Om overmatige spanningsverliezen te voorkomen, zijn de diodes D2 en D4 van het Schottky-type, met een directe drempelspanning VDS van slechts 0,2 V. Hierdoor kan C5 opgeladen worden tot 4,8 V en krijgt hij 4,6 V voor de reservevoeding van de PIC, die een minimale werkspanning heeft van slechts 2,8 V voor het gekozen type. Wanneer de supercondensator het circuit voedt, wordt de vermindering van het stroomverbruik van de microcontroller bereikt door het inschakelen van de "Nanowatt"-modus, die Microchip op de meeste van zijn microcontrollers toepast. Deze stuurt de controller in een spaarstand, waarin alleen de 32.768 Hz oscillator aan blijft staan en de code-uitvoering alleen wordt gereactiveerd bij interrupts van de timer die aan die oscillator is gekoppeld.

De interrupts activeren vervolgens de microcontroller om elke seconde een programma uit te voeren, in principe om de verstreken seconden te tellen en te beslissen of het tijd is om het relais in te schakelen - door de tweede teller te vergelijken met de uitlezing van de twee potentiometers RV1 en RV2.

Een verdere vermindering van het stroomverbruik is mogelijk door de twee trimmers niet rechtstreeks op de voedingsspanning aan te sluiten, maar op de digitale uitgangspen RA2, die alleen op een logisch hoog niveau wordt gezet tijdens het uitlezen van de twee trimmers, via de analoge ingangen AN3 en AN4 (pennen 2 en 3 van respectievelijk U1, RA3 en RA4).

Detectie van netspanningsdaling wordt gedaan door het gedeelte dat begint bij BR1, dat stroomafwaarts geen hoge capaciteit heeft, maar is uitgerust met een circuit dat 5,1 V genereert als er netspanning

aanwezig is. In het geval van een stroomonderbreking daalt de gemarkeerde SENSE-uitgangsspanning snel en wordt dit doorgegeven aan de digitale ingang RB1 (AN11), die een spanning van minder dan 0,8 V interpreteert als een binaire "0"; met de componentwaarden in dit gedeelte wordt deze drempel ongeveer een halve seconde na de daling van de netspanning bereikt. Door de optionele weerstand R3 te monteren, kan deze vertraging nog verder worden teruggebracht. Op basis van het hoge of lage niveau van pin RB1 activeert de besturingssoftware het alarm, volgens de instellingen van de twee potentiometers RV1 en RV2, waarmee de vertragingstijd kan worden ingesteld tussen 0...10 s, en de alarmtijd tussen 0...2 min.

Zoals eerder vermeld, wordt de secondetelling uitgevoerd door de interne low-power oscillator van de PIC, voorzien van het kleine externe 32,768 Hz horlogekrystal, X1. Nogmaals, om het stroomverbruik te minimaliseren, is gekozen voor een bistabiel, 3 V, een DPDT type relais met dubbele spoel. De twee sets contacten zijn parallel geschakeld om de stroombelastbaarheid te vergroten, die echter niet hoger mag zijn dan 5 A.

De twee in- en uitschakelspoelen worden aangestuurd door de transistors Q1 en Q2, waarvan de basis verbonden is met de pennen RA6 en RA7 van de PIC. De microcontroller kan het relais dus in- en uitschakelen met korte positieve pulsen op deze pinnen. Deze chip is ook verbonden met een dubbele DIP-schakelaar die de twee optionele functies *Beep* en *Back* inschakelt.

De eerste beperkt het alarm tot ongeveer een seconde, om een korte maar intense waarschuwing te geven aan degenen in huis, bijvoorbeeld om hen te waarschuwen voor de spanningsval zonder de buurt te storen. De *Back*-functie geeft twee korte pulsen om de terugkeer van de netspanning aan te geven. Deze functie wordt echter beperkt door de maximale tijdsduur voor het leveren van energie door supercondensator C5, die ongeveer een paar uur bedraagt.

Tot slot zien we knop SW1 en LED D5. Deze laatste heeft als taak om met korte flitsen aan te geven hoeveel spanningsuitvalen zich hebben voorgedaan. Als er bijvoorbeeld twee keer een stroomstoring is opgetreden, zal D5 twee keer knipperen, gevolgd door een pauze van ongeveer 3 s.

Om de telling te resetten, drukt u gewoon op de resetknop SW1. Deze schakelaar zorgt ook voor een volledige herstart van de PIC en een geforceerde uitschakeling van het relais, wat handig is in geval van problemen. De twee LED's, D7 en D9, geven de aansturing aan van het korte commando om het relais in en uit te schakelen, als dit niet gevolgd wordt door het klikkende geluid van het relais, helpt dit om een storing in dit elektromechanische onderdeel op te sporen.

Software

Laten we ons concentreren op de hoofdfuncties `SetAlm()`, `interrupt()` en `main()`. De `SetAlm`-functie hieronder zorgt voor de activering van het alarmapparaat dat is aangesloten op de J2-uitgangsklemmen door middel van directe pulsen naar het bistabiele relais. De tijdsduur van de puls naar de relaisstuurspoelen wordt bepaald door de constante `RlyTim`, standaard ingesteld op 200 ms. De spoelen worden aangesloten op de pennen RA6 en RA7 van de microcontroller, die ze bekrachtigt via Q1 en Q2 transistors.

```
void SetAlm() {
// Activate the alarm and count the event in EEPROM

// Activate the alarm
  ALMOFF=0;
  ALMON=1;
  delay_ms(RlyTim);
  ALMON=0;
  curs = 0;          // Reset the second counter
}
```

De volgende `interrupt()` functie vormt het ingangspunt van de interruptservice-routine, ISR, van de PIC. Deze wordt aangeroepen door de interrupt die wordt gegenereerd door Timer1 als de seconde afloopt, zelfs in spaarstand. Op de printplaat is een uitgang voorzien op testpunt TP1 om met een frequentiemeter of oscilloscoop de werking van de oscillator te controleren.

Het niveau van TP1 wisselt elke seconde en produceert een signaal van 0,5 Hz. De massa voor de meting is beschikbaar op het respectievelijke GND-gemarkeerde testpunt. Het hoofddoel van de interrupt-procedure is het tellen van de verstreken seconden met behulp van de 32-bits variabele, `curs`. De interrupt voor de volgende cyclus wordt verderop in de functie weer ingeschakeld:

```
void interrupt() {
// Interrupt Service Routine.
// It is called every second by Timer1 overflow.

// ----- TMR1 -----
// Manage Timer1 overflow (each 1s)
// to count seconds
  if (PIR1.TMR1IF == 1) {
    CLKOUT ^= 1; // Provide 0.5 Hz to Pin 1
                // for checks
    curs++;      // Update the current
                // second counter
    TMR1H = TMR1H_INI; // Reload counter high byte
    TMR1L = TMR1L_INI; // Reload counter low byte
    PIR1.TMR1IF = 0; // Clear TMR1 Interrupt flag
  }
}
```

Na het instellen van de hardware en het initialiseren van de variabelen, handelt de functie `main()` gebeurtenissen af volgens de logica van een eindige-toestandsautomaat. De huidige toestand van de automaat wordt ingesteld in de variabele `Mode`. Eerst wordt gecontroleerd of de SW1-knop is ingedrukt om de gebeurtenissteller te resetten en de microcontroller opnieuw te starten via de instructie `reset` assembler. Bij de allereerste opstart met een lege microcontroller, en alleen dan, zal het nodig zijn om op de SW1-knop te drukken om de alarmtelling in EEPROM op nul te zetten. Bij het uitvoeren van `setup()`, volgend op het indrukken van de knop, zal deze ook gedwongen worden om het alarmrelais uit te schakelen, voor het geval deze (om welke reden dan ook) actief was gebleven.

Alarmactiveringsgebeurtenissen worden geteld in de variabele `AlmCnt`. Als de netspanning erg laag terugkeert en de capaciteit van supercondensator C5 wordt overschreden, wordt de waarde van `AlmCnt` opgeslagen in een EEPROM om de alarmtelling niet te verliezen. De functie `setup()` vereist dat deze opnieuw wordt gelezen wanneer de microcontroller opnieuw wordt opgestart:

```
void main() {

    setup();           // Initialization

    while(1) {         // Forever Loop

        if (Button(&PORTB,4,1,0)){
            // Reset button pressed
            STSLED = 1;
            Delay_ms(500);
            STSLED = 0;
            AlmCnt = 0;
            EEPROM_Write(CNTADDR, AlmCnt);
            // Raz the Alarms counter in EEPROM
            curms = 0;
            // Raz the elapsed ms for Blink cycle
            BlkSts = 0; // Reset the Blink automaton
            {asm{reset}}; // Reset the MCU
                        // (the program will restart)
        }
    }
}
```

In het volgende fragment worden de spanningen afgelezen op de analoge pinnen die zijn aangesloten op de loper van de twee potentiometers; deze zijn bedoeld voor het instellen van de vertragingstijd en alarmtijden. Het aflezen is mogelijk door de twee potentiometers te verbinden via de digitale uitgang RA2, hier `DIVPOW` genoemd. Aangezien de microcontroller een 10-bit A/D converter heeft, zullen de twee uitlezingen bestaan uit een waarde tussen 0 en 1.023, tussen waarden gedefinieerd door configureerbare parameters die standaard de vertragingstijd beperken tot 0...10 seconden en de alarmtijd tot 0...2 minuten.

In de standaardtoestand `Mode_SBY`, bestuurd door het volgende blok, wacht de automaat op de gebeurtenis dat de netspanning daalt, doorgegeven door de SENSE-verbinding via pin RB1 (AN11) waarnaar verwezen wordt met de `POWER`-definitie. Als deze naar logisch niveau 0 gaat, begint het tellen van seconden en wordt de PIC in spaarstand gezet. Houd er rekening mee dat vanaf dat moment de voeding uitsluitend wordt geleverd door de supercondensator C5.

De nieuwe toestand is `Mode_TOL`:

```
// Automaton
switch (Mode) {
    case Mode_SBY: // Nominal Mode.
                    // Wait for a Power Down event

    if (POWER == 0) { // The Main power gone down,
```

```
        // the MCU is powered just by supercap!
        curs = 0;           // Start seconds count
        STSLED = 0;         // Force Status Led off
        Mode = Mode_TOL;
        // Enter the Tolerance Mode
    }
    break;
```

In de `Mode_TOL` toestand die in het volgende gedeelte wordt behandeld, wordt gewacht op een van de twee mogelijke gebeurtenissen: de terugkeer van de netspanning voordat de vertragingstijd verstrijkt, om weer terug te keren naar de `Mode_SBY` toestand, of het overschrijden van die tijd.

De voorwaarde waaraan in het laatste geval moet worden voldaan, wordt enigszins gecompliceerd door het beheer van de optionele *Beep-mode* die door de eerste van de twee DIP-schakelaars wordt geactiveerd. Afhankelijk van de stand van deze schakelaar wordt ofwel de `ttol`-limiettijd geselecteerd die als eerste is gedefinieerd door de RV1-potentiometer, ofwel de `MinTol`-tijd die is ingesteld door de initiële codedefinities, wat overeenkomt met 2 s. Het overschrijden van de limiettijd brengt de automaat in de `Mode_ALM` toestand.

De voortgang van de code is altijd gebonden aan de Timer1 interrupt, omdat deze blijft werken in de low-power stand:

```
case Mode_TOL: // Waiting ttol time
// before activating the alarm

    if (POWER == 1) { // Mains is back
        // before the alarm activation
        Mode = Mode_SBY; // Just go
                        // back to Standby Mode
    } else {           // Check end
                        // of Tolerance time
        if ( ((BeepMode==FALSE)&&(curs>=ttol))
            ||((BeepMode==TRUE)&&(curs>=MinTol)) ) {
            SetAlm(); // Start the
                        // alarm,
            IncAlm(); // Increment
                        // the alarms counter,
            Mode = Mode_ALM; // Enter in
                        // the Alarm Mode
        }
    }
    break;
```

Dit gedeelte behandelt de status `Mode_ALM`. Het wacht tot de netspanning terugkeert, om het alarm te resetten en terug te keren naar Standby door de low-power toestand permanent te verlaten. Of er wordt gewacht tot de maximale alarmtijd is verstreken, gekozen uit de `talM`-waarde die is ingesteld door de analoge uitlezing van de RV2-potentiometer, of uit de `MinAlm`-waarde die aan het begin van het programma is ingesteld op 1 s. Hij blijft in dat geval in low power om de terugkeer van de netspanning naar de `Mode_BACK`-status mogelijk te maken:



Listing 1: Knipper sequence en routine voor netbewaking

```
// On power presence, signal the occurred alarms (one blink per each alarm)
if ((POWER == 1) && (AlmCnt > 0)) {
    switch (BlkSts) {
        case 0:          // Initialize a new Blinks cycle
            n = AlmCnt;
            STSLED=1;
            curms = 0;          // Start ms counting
            BlkSts = 1;        // Go to "Wait to turn off the LED"
            break;
        case 1:          // Wait CNTBLINK ms to turn off the LED
            if (curms >= CNTBLINK) {
                STSLED=0;
                n--;          // Decrement residual Blinks counter
                curms = 0;    // Start ms counting
                if (n > 0) BlkSts = 2;    // Go to "Wait to turn on the LED"
                else      BlkSts = 3;    // Go to "Wait for next Blinks cycle"
            }
            break;
        case 2:          // Wait CNTBLINK ms to turn on the LED
            if (curms >= CNTBLINK) {
                STSLED=1;
                curms = 0;    // Start ms counting
                BlkSts = 1;    // Go to "Wait to turn off the LED"
            }
            break;
        case 3:          // Wait CNTINTERV for next Blinks cycle
            if (curms >= CNTINTERV) {
                curms = 0;    // Start ms counting
                BlkSts = 0;    // Initialize a new cycle
            }
            break;
    }
    if (BlkSts > 0) curms += TIC;    // Increment the elapsed time counter (ms)
}

#ifdef LOWPOW
// If no external power is present, go in Low Power Mode
if (POWER == 0) {asm{sleep};} // Sleep. Awake on Timer1 interrupt.
#endif
Delay_ms(TIC);    // Introduce a cycle delay

case Mode_ALM:      // Wait taln seconds before
                    // to stop the alarm
    if (POWER == 1) { // Mains is back during Alarm
        ResetAlm();    // Stop the alarm
        if (BackMode==TRUE) Signal();
                        // Signal "Mains is back" if requested
        Mode = Mode_SBY; // Manage the Power Up event
    }
    if ( ((BeepMode==FALSE)&&(curs>=taln))
        ||((BeepMode==TRUE)&&(curs>=MinAlm)) ) {
        ResetAlm();    // Suspend the alarm
        Mode = Mode_BACK; // Wait for the
                        // Power Up event
    }
    break;
} else {            // Check end of Alarm time
```

In **Mode_BACK** wacht het op de terugkeer van de netspanning en signaleert het de gebeurtenis door het alarm te activeren gedurende twee korte opeenvolgende pulsen indien ingesteld door de **Back** DIP-schakelaar. Tot de netspanning terugkeert, blijft de PIC in de low-power mode:

```
case Mode_BACK:    // Waiting for the mains power
                  // to come back again

    if (POWER == 1) {    // Mains
                        // is back: exit to Standby mode
        ResetAlm();      // Force
                        // alarm off
        if (BackMode==TRUE) Signal();
                        // Signal "Mains is back" if requested
        Mode = Mode_SBY;
    }
    break;
```

Na de hoofdcyclus werd een tweede cyclus met vier toestanden geïmplementeerd om D5 te besturen die verbonden is met RA0. Deze LED is bedoeld om de huidige telling weer te geven van spanningsuitvalven die langer duren dan de vertragingstijd. De **AlmCnt**-teller kan worden gereset door op SW1 te drukken, aangestuurd in de eerste regels code van de hoofdcyclus, zoals hierboven te zien. De knipperbesturing door een automatiseringscyclus is noodzakelijk om de hoofdcyclus niet te onderbreken met eenvoudige vertragingen, die alle andere acties tijdens hun uitvoering zouden blokkeren. De knippertijden worden gedefinieerd door de constanten **CNTBLINK**, ingesteld op 200 ms, en **CNTINTERV**, die de pauze tussen twee knipperblokken definieert, en is ingesteld op 3 s (**Listing 1**).

De printplaten

Voor zowel de analoge als de digitale versie zijn twee enkelzijdige printplaten zonder jumpers ontworpen. Dit maakt het ongetwijfeld gemakkelijker om ze te maken met de klassieke methoden van fotograveren of hot/toner transfer. Je kunt de Gerber-bestanden die nodig zijn voor zelfbouw downloaden van de Elektor Labs pagina voor dit artikel [1].

Montage

In de analoge versie op de assemblagetekening is de SW1 schakelaar voor modeselectie aangesloten op een zespolige connector op de printplaat. Je kunt er een hefboomschakelaar of een willekeurige DPDT-schakelaar op aansluiten. Bij de digitale versie van het ontwerp, te zien op het montageplan, wordt de microcontroller in een socket gemonteerd, evenals twee miniatuur potentiometers, een tweeweg dopschakelaar en een jumper.

De 1,5 F supercondensator is een speciaal onderdeel, maar wel goed verkrijgbaar. In deze versie wordt de alarmuitgang geleverd via een driepolige klem, waarmee de gebruiker kan kiezen tussen NC- of NO-activeringstype, afhankelijk van het beoogde gebruik. Dit is niet mogelijk in de analoge versie vanwege de beperkingen van het circuit. De digitale versie biedt dus meer veelzijdigheid en gebruiksgemak dan de analoge versie, dankzij de mogelijkheid om de alarmuitgang naar wens te configureren. De analoge versie behoudt echter een structurele eenvoud die voordelig kan zijn in sommige specifieke toepassingen. De keuze tussen de twee versies hangt daarom af van de behoeften van de gebruiker en de kenmerken van het signaleringssysteem waarop het apparaat wordt aangesloten. ◀

240559-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel, stuur een e-mail naar de auteur via info@purchiaroni.com of de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Over de auteur

Stefano Purchiaroni is gepassioneerd door elektronica en programmeren en deelt zijn werk door projecten te publiceren. Hij geeft ook gratis robotica-lessen aan tieners op een populaire school. Hij is momenteel werkzaam bij Telespazio en werkt in een satellietcentrum in de buurt van de Italiaanse hoofdstad.



Gerelateerde producten

> **OWON XDM1141 Multimeter**
www.elektor.nl/20671



WEBLINK

[1] Elektor Labs page for this article: <https://elektormagazine.com/labs/mains-power-outages-monitor>

Douk Audio P6 mini Buizen Voorversterker

Verhoog uw audio-ervaring met de Douk Audio P6 mini buizen voorversterker, een perfecte mix van moderne connectiviteit, HiFi-geluidskwaliteit en vintage charme. Of u nu een audiofiel bent of net begint aan uw reis naar audio van hoge kwaliteit, deze compacte maar krachtige voorversterker biedt alles wat u nodig hebt.



Prijs: € ~~74,95~~

Actieprijs: € 59,95

www.elektor.nl/21014

Raspberry Pi 500 (US)

De Raspberry Pi 500 (gebaseerd op de Raspberry Pi 5) heeft een quad-core 64-bit Arm-processor, RPI I/O-controller, 8 GB RAM, draadloze netwerken, dual-display uitgang, 4K video-weergave en een 40-pins GPIO-header. Het is een krachtige, compacte all-in-one computer ingebouwd in een draagbaar toetsenbord.



Prijs: € 104,95

www.elektor.nl/21074

FNIRSI GC-02 Nucleaire Stralingsdetector (Geigerteller)



Prijs: € 49,95

Ledenprijs: € 44,96

www.elektor.nl/21046

M5Stamp Fly Quadcopter (met M5StampS3)



Prijs: € 79,95

Ledenprijs: € 71,96

www.elektor.nl/21008

Word lid van de Elektor Community



Neem **nu** een
lidmaatschap!



- ✓ Toegang tot het compleet web-archief t/m 1960!
- ✓ 8x Elektor Magazine (Print)
- ✓ 8x digitaal (PDF)
- ✓ 10% korting in de Elektor Store, en exclusieve aanbiedingen
- ✓ Toegang tot meer dan 5000 Gerberfiles



Ook verkrijgbaar

Het digitale
lidmaatschap!



- ✓ Toegang tot het compleet web-archief
- ✓ 10% korting in de Elektor Store
- ✓ 8x Elektor Magazine (PDF)
- ✓ Toegang tot meer dan 5000 Gerberfiles



www.elektormagazine.nl/abo