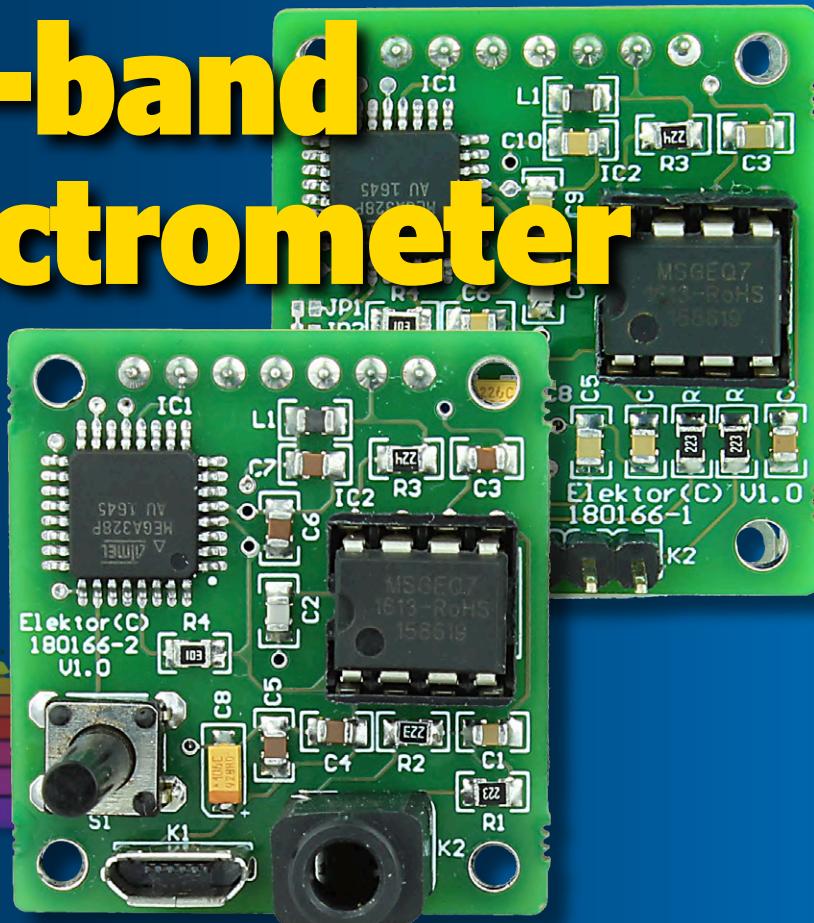


Simplele 7-band audio-spectrometer

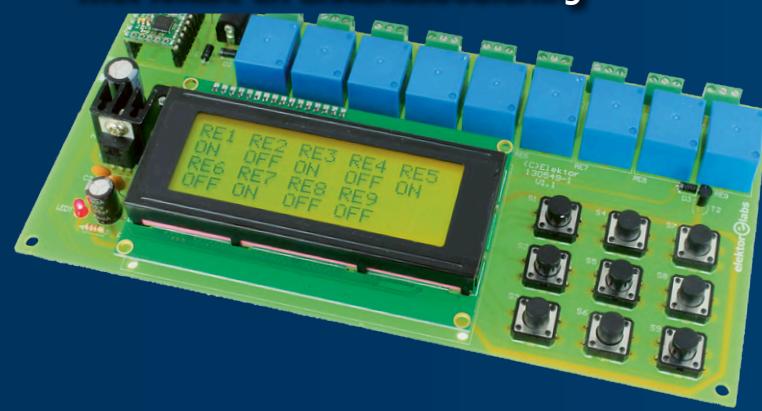


in
twee versies



9-kanaals relaiskaart

met lokale en afstandsbediening



Gigantische LED-klok met WLAN en temperatuurweergave

cijfers van 10 cm, internet-tijd via ESP32
en draadloze omgevingssensoren

Dual-anode MOSFET-thyristor ▷ Voeding voor piepschuimsnijder ▷ Neural Compute Stick 2 van Intel ▷ De cryptocurrency IOTA (en een FPGA voor de RPi) ▷ USB-stroombewaking ▷ Microcontroller-kits voor gevorderden ▷ Achtbitters: nieuws onder de zon ▷ PIC1650-microcontroller ▷ SCR gatepuls-generator ▷ Het SCCC-project (2) ▷ Upgrade voor de wekker met drievoudige weergave ▷ Review Weller WT 1014 soldeerstation ▷ Wat willen we met Artificiële Intelligentie? ▷ Wolverine CNC-portaalrobot (2) ▷ en meer...



productronica
fast forward
the start-up platform

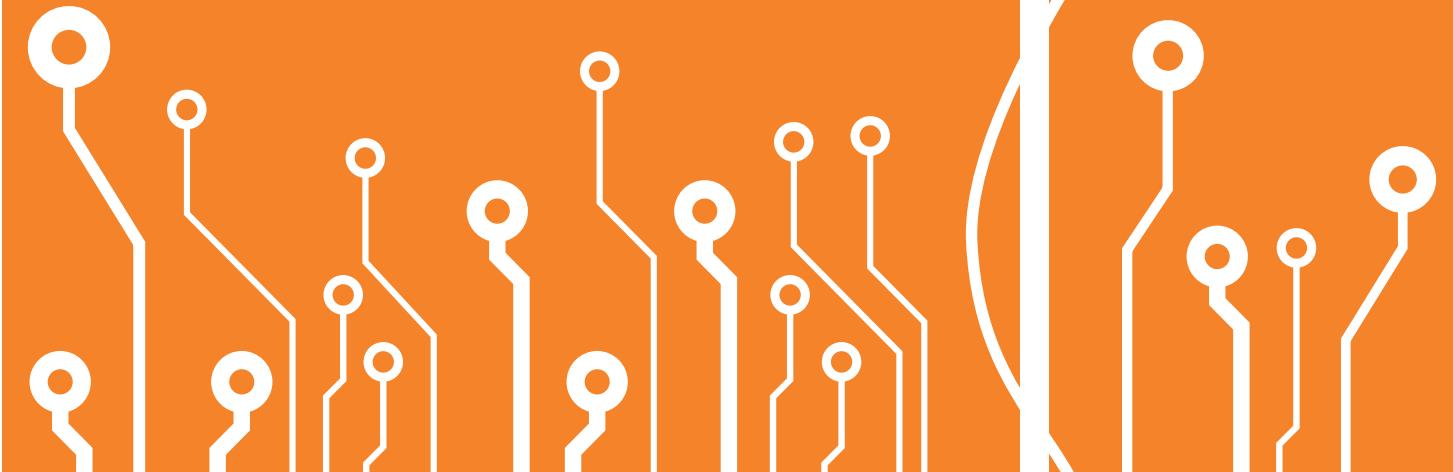
powered by Elektor

COMPETE TO
LAUNCH YOUR STARTUP
@
PRODUCTRONICA 2019

● p-ffwd 2019 – Doe mee!

12 - 15 november 2019

Messe München



Meer info:

www.elektormagazine.nl/p-ffwd

Platinum Sponsor:
DISTRELEC
Distribution with a difference

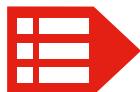
Productronica Fast Forward is brought to you by

productronica

Elektor
INNOVATION STARTUP TRADE

Colofon

59^e jaargang nr. 653,
mei/juni 2019
ISSN 2590-0765



Elektorlabs is een uitgave van

Elektor International Media B.V.

Postbus 11, 6114 ZG Susteren, Nederland
Tel.: +31 (0)46- 4389444,
Fax: +31 (0)46-4370161

Nieuwe abonnementen & bestellingen

service@elektor.nl Tel. 046-4389444

Elektor International Media B.V. legt gegevens vast voor de uitvoering van de (abonnementen) overeenkomst. De door u verstrekte gegevens kunnen gebruikt worden om u te informeren over relevante diensten en producten. Stelt u daar geen prijs op, dan kunt u dit schriftelijk doorgeven aan:

Elektor International Media B.V.,
Afdeling Customer Service
Postbus 11, 6114 ZG Susteren.

Of per email: service@elektor.nl

In overeenstemming met de Wet bescherming persoonsgegevens zijn de verwerkingen van persoonsgegevens aangemeld bij de toezichthouder, Autoriteit Persoonsgegevens te Den Haag.

Druk: Senefelder Misfit, Doetinchem
Distributie: Betapress, Gilze

Advertenties Benelux

Margriet Debeij
Tel. +49 2 41/955 09 174
Mobiel: +49 (170) 550 539 6
E-Mail: margriet.debeij@eimworld.com

Advertentietarieven, nationaal en internationaal, op aanvraag. Alle advertentiecontracten worden afgesloten conform de Regelen voor het Advertentiewesen gedeponeerd bij de rechtkantons in Nederland. Een exemplaar van de Regelen voor het Advertentiewesen is op aanvraag kostenloos verkrijgbaar.

Auteursrecht

Niets uit deze uitgave mag verveelvoudigd 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 Rijksoctrooiwet 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 gebruikte vergoeding.

Intelligentie

Naast de gebruikelijke mix van informatie, inspiratie en transpiratie (die laatste van de auteurs en redacteuren) treft u in dit nummer een zeer lezenswaardig artikel aan van onze vaste columniste Tessel Renzenbrink over kunstmatige intelligentie, en wat we daar eigenlijk mee willen.

Kunstmatige intelligentie is een bijzonder interessant onderwerp, waar we in de nabije toekomst zeker nog meer aandacht aan gaan besteden. De huidige incarnaties daarvan (zie het artikel van Tessel) zijn zeker op het gebied van ‘typisch’ menselijke vaardigheden nog lang niet zover gevorderd dat ze een bedreiging voor de mens gaan vormen (zoals HAL9000 in Kubrick’s film ‘2001’, die aan het moorden slaat om zijn eigen fouten te verbergen – is het overigens iemand wel eens opgevallen dat de letters HAL in het alfabet één plaats voor de letters IBM komen? Toeval?)

Niettemin blijft het zaak op het gebied van AI de vinger aan de pols te houden – en dat is misschien het grootste probleem of zelfs gevaar. Want in deze tijden waar *fake news* de sociale en andere media overspoelt en de wereldpolitiek per twitter geregeld lijkt te worden, is er voor de menselijke intelligentie nog veel ruimte naar boven...

Iets heel anders. U ziet mij weer terug als gezicht op deze pagina, want Thijs Beckers heeft Elektor verlaten. Thijs: dank je wel voor alles wat je gedurende vele jaren voor Elektor hebt gedaan en betekend; we wensen je het allerbeste!

Eric Bogers

Hoofdredacteur NL

Ons team

Hoofdredacteur:

Eric Bogers (eric.bogers@elektor.com)

Internationale redactie:

Jan Buiting, Jens Nickel, Marilene Thiebaut-Brodier

Technische redactie:

Mathias Claussen, Ton Giesberts, Luc Lemmens,
Denis Meyer, Clemens Valens, Jan Visser

Aan dit nummer werkten mee:

Jelle Aarnoudse, Rolf Blijlevens, Kees de Groot,
Martien Jansen, Evelien Snel

Ledenmanagement:

Raoul Morreau (raoul.morreau@eimworld.com)

Vormgeving & Layout:

Giel Dols, Jack Jamar

Hoofd Online:

Daniëlle Mertens

Directeur:

Don Akkermans

in dit nummer

59^e jaargang – nr. 653

mei/juni 2019

- 46 Vreemde onderdelen**
Optocouplers
- 48 Vreemde onderdelen**
PIC1650-microcontroller
- 49 Elektor Labs Pipeline**
- 50 Electronics & Applications**
compleet aanbod van elektronica-experts
- 56 Project 2.0**
correcties, updates en brieven van lezers
- 70 V & A**
de Neural Compute Stick 2 van Intel
- 84 Shop-highlight**
programmeren, experimenteren en meten...
- 91 Review**
Weller WT 1014 soldeerstation
- 94 HomeLab Helicopter**
de wondere wereld der elektronica in vogelvlucht
- 104 Retrotronica**
Tektronix-apparatuur voor kalibratie van oscilloscopen
- 112 Elektor Store**
- 114 Hexadoku**

achtergrond & info

- 34 Fast Forward 2019**
Elektronica start-ups: doe mee aan productronica
- 36 Microcontroller-kits voor gevorderden**
voor veeleisende projecten
- 72 Achtbitters: nieuws onder de zon**
High Endurance Flash en Logic Cells bij PIC-controllers
- 86 Opamps in de praktijk**
deel 3: opamps met PNP-ingangen; vermogens-opamps
- 110 Elektor Ethisiek**
Wat willen we met Artificiële Intelligentie?

Simple 7-band



in twee versies!

9-kanaals relaiskaart met lokale en afstandsbediening

80



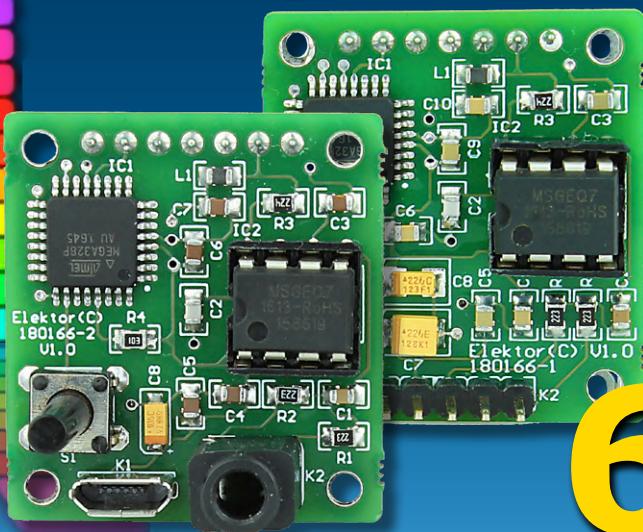
In veel situaties is er behoefte om meerdere apparaten individueel aan en uit te schakelen vanuit een centrale locatie zoals een controlekamer. Natuurlijk zou je voor elk individueel apparaat een schakelaar op een bedieningspaneel kunnen zetten, maar daarmee is nog geen afstands- of computerbediening mogelijk. De hier gepresenteerde schakeling voegt die mogelijkheden toe.

projecten

- 6 Simple 7-band audio-spectrometer**
in twee versies!
- 10 Het SCCC-project (2)**
softcore-processor en C-compiler voor zelfbouw
- 15 Dual-anode MOSFET-thyristor**
sneller en zuiniger dan een gewone thyristor

94
HomeLab Helicopter
de wondere wereld der elektronica in vogelvlucht

audio-spectrometer



Gigantische LED-klok met WLAN en temperatuurweergave

cijfers van 10 cm, internet-tijd via ESP32 en draadloze omgevingssensoren



- 20 **Voeding voor piepschuimsnijder**
verliesarme voeding van een snijdraad met een laagspanningsdimmer
- 23 **SCR gatepuls-generator**
“Een, twee, drie vuur!” voor thyristoren en triacs
- 26 **Wolverine CNC-portaalrobot**
deel 2: elektronica en software



elektorlabs
magazine

- 52 **Naukeuriger RTC voor uw klok**
upgrade voor de wekker met drievoudige weergave
- 60 **Gigantische LED-klok met WLAN en temperatuurweergave**
cijfers van 10 cm, internet-tijd via ESP32 en draadloze omgevingssensoren
- 80 **9-kanaals relaiskaart**
met lokale en afstandsbediening
- 98 **De cryptocurrency IOTA (en een FPGA voor de RPi)**
deel 1: machines betalen machines

 **binnenkort**

Elektorlabs magazine juli/augustus 2019

Qi-laders • horticuluer-box • hardware-ontwerp met (V)HDL(4) • baristor • het SCCC-project(3) • nieuwe CPLD-print met MAX10 • IOTA FPGA-HAT voor RPi • softstart voor versterkers • uitbreidingen voor netuitvaldetector • MIDI I/O Break-out-Board • Multi-node datalogger • retrotronica • studenten in de schijnwerpers ...en nog veel meer.

Aankondigingen onder voorbehoud.
Elektorlabs juli/augustus 2019 verschijnt op 20 juni 2019

Elektor Industry 2/2019

Editie 2/2019 heeft als onderwerp sensoren, apparatuur en methodes voor testen en meten. De contributies komen van bedrijven, specialisten uit de industrie, Elektor-redactie en freelance-auteurs. Daarnaast schenken we uitgebreid aandacht aan de Sensor & Test-expositie in Neurenberg, Duitsland, 25 t/m 27 juni 2019.

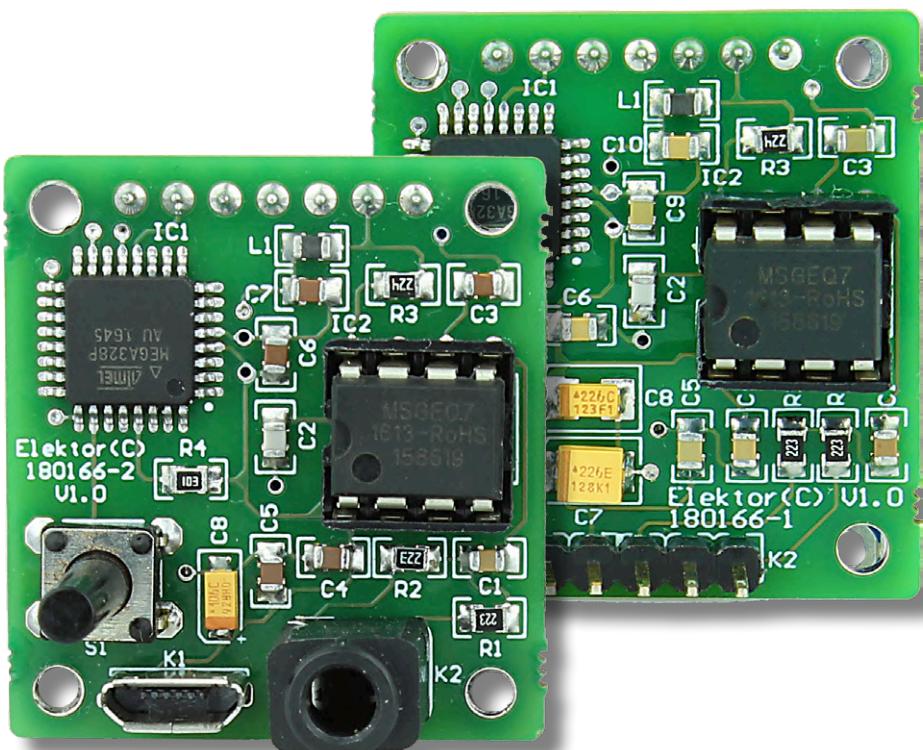
Elektor Industry 2/2019 verschijnt op 18 juni 2019 in druk voor Elektor Gold-leden en als pdf-download voor Elektor Green-leden. Het nummer is voor belangstellenden ook te koop via www.elektormagazine.com. Aankondigingen onder voorbehoud.

Simpele 7-band audio-spectrometer

in twee versies!

Sunil Malekar (India)

We presenteren hier een audiospectrometer die niet veel meer dan een microcontroller en een grafische equalizer-chip nodig heeft. Het signaalniveau in zeven subbanden van het audiospectrum wordt weergegeven in de vorm van een corresponderend staafdiagram op een grafisch OLED-display. Er zijn twee versies beschikbaar met verschillende functionaliteit met betrekking tot voeding en audio-input.



PROJECT-INFO

- USB**
- audio**
- OLED**
- beginners**
- gevorderden**
- experts**
- ca. 1 uur
- soldeerbout,
audio-signalbron
- ca. € 25

Dit project heeft twee hoofdcomponenten: een grafisch equalizer-IC van het type MSGEQ7 van MSI [1] dat het audiospectrum kan opdelen in zeven banden: 63 Hz, 160 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 2,5 kHz, 6,25 kHz en 16 kHz. En de bekende ATmega328P-AU-microcontroller, hier geprogrammeerd om de uitgangssignalen van de MSGEQ7 om te zetten in ingangssignalen voor een klein OLED-display.

Spectrum, spectra, spectro...
Een spectrogram is een visuele weergave van de relatieve sterkte van

bepaalde frequentiebanden in het audiospectrum van een samengesteld geluid of een ander signaal, dat varieert in tijd en volume. Spectrogrammen worden ook wel watervaldiagrammen of voicegrams genoemd. Er bestaan veel variaties op dit thema. Een vorm die we vaak zien is een curve met twee assen; de ene representeert de tijd en de andere de frequentie. Een derde dimensie wordt toegevoegd om de momentane amplitude van de componenten binnen een bepaald frequentiegebied weer te geven.

Belangrijkste specs, versie 180166-1

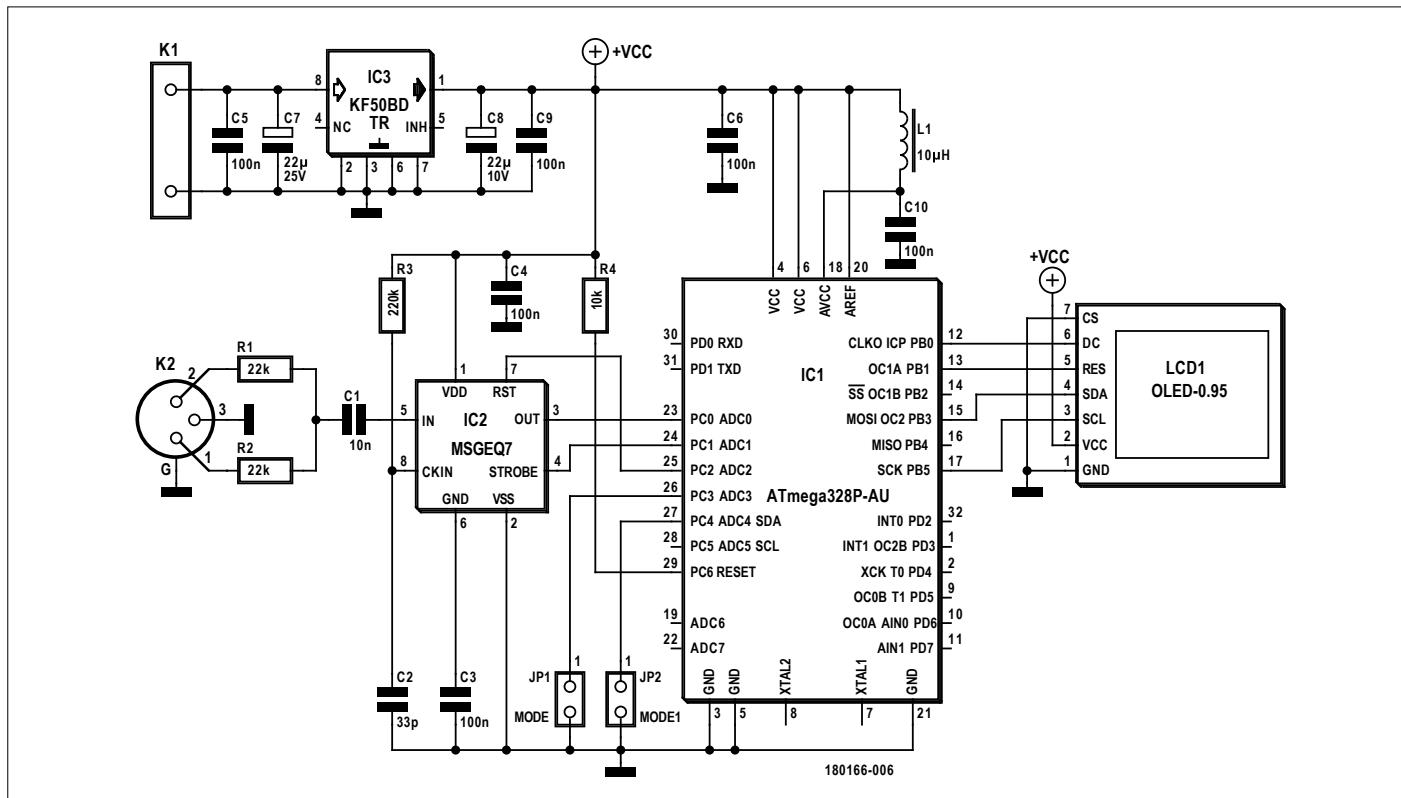
- Compact 0,96-inch full colour OLED-display
- 7-band spectrogram
- Voeding 8...12 VDC
- Klein, compact en energiezuinig ontwerp
- 4 weergavemodi, te kiezen met 2 jumpers

Een beetje theorie: twee versies

De spectrometer is ontworpen voor voeding uit een netspanningsadapter, dus uit een gelijkspanningsbron van 8-12 V. Het schema is te zien in **figuur 1. Versie 180166-1**, zoals we deze uitvoering

van nu af aan zullen noemen, is geschikt voor montage in een luidsprekerbox of een audioversterker. Het stereo-audio-signalen op lijnniveau komen binnen op K2; het linker en rechter kanaal worden gemengd met R1 en R2. Daarna gaan

het mono-signaal naar de spectrumanalyser-chip via C1. In de MSGEQ7 worden de piekwaarden van de zeven genoemde frequenties gedetecteerd en gemultiplexed op de uitgang gezet als een directe spanningsre-



Figuur 1. Schema van de 7-bands spectrometer met 8...12VDC-voeding uit een netspanningsadapter of vergelijkbaar. Deze versie van het project is bedoeld om te worden ingebouwd in bestaande audioapparatuur.



ONDERDELENLIJST

Print 180166-1

Weerstanden:

R1,R2 = 22 k, 1%, 125 mW, 150 V
R3 = 220 k, 1%, 125 mW, 150 V
R4 = 10 k, 1%, 125 mW, 150 V

Condensatoren:

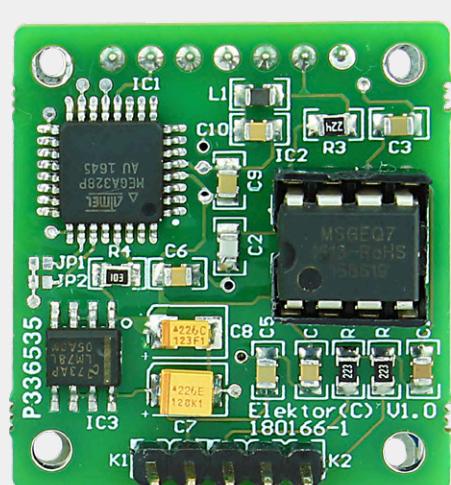
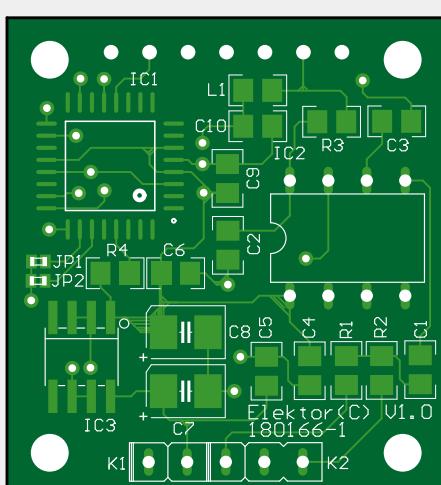
C1 = 1 n/50 V, 10%
C2 = 33 p/50V, C0G, 10%
C3..C6,C9,C10 = 0,1 µ/100V, ± 10%
C7 = 22 µ/20 V, TAJ-serie, ± 10%
C8 = 22 µ/10 V, TAJ-serie, ± 10%

Spoel:

L1 = 10 µ

Halfgeleiders:

IC1 = ATmega328P-PU, geprogrammeerd
180166-41
IC2 = MSGEQ7
IC3 = KF50BD-TR



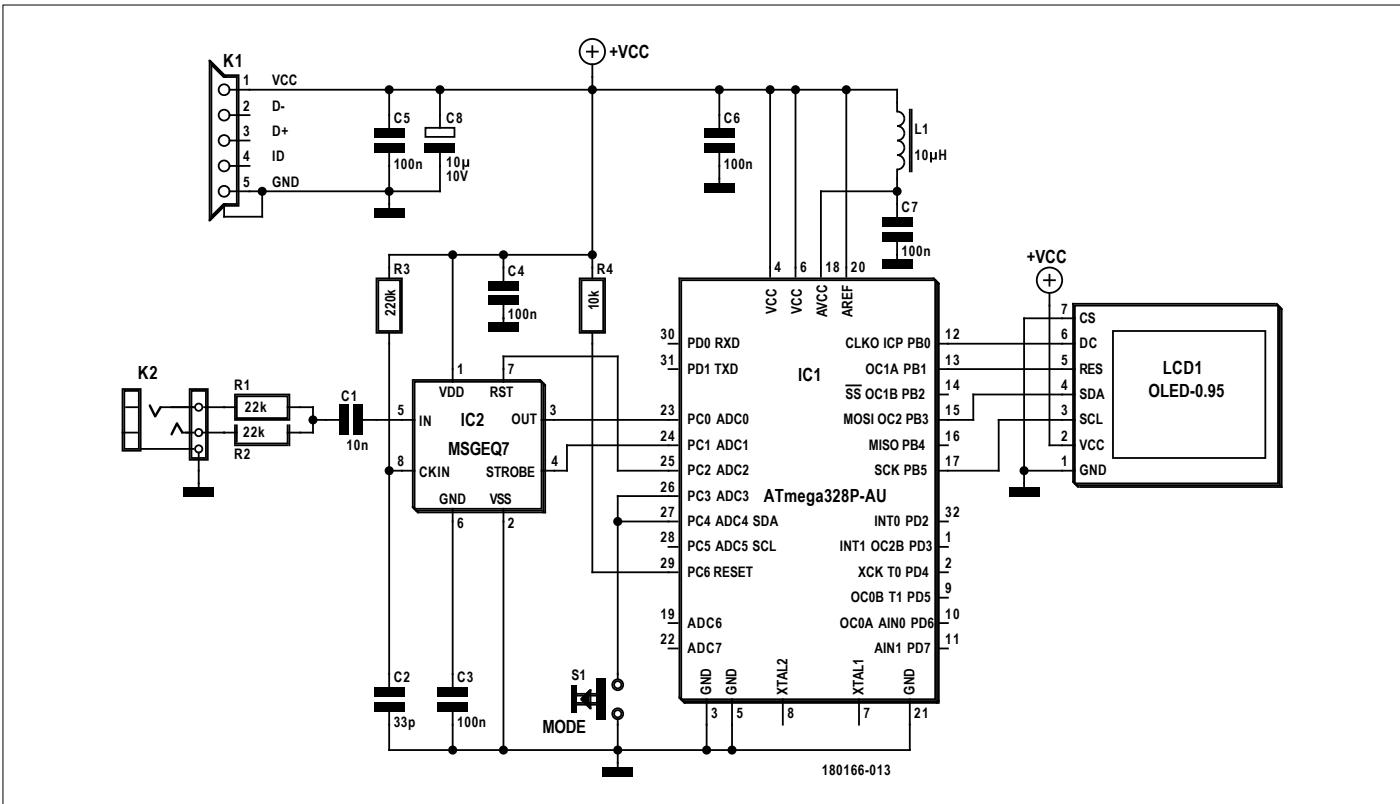
IC3 = KF50BD-TR

Diversen:

K1 = 2-polige pinheader, raster 0,1"
K2 = 3-polige pinheader, raster 0,1"
IC-voetje DIL 8-pens

LCD1 = M605 0,95-inch, 7-pens, full colour
65K, ssd1331 OLEDD

7-polige busstrip, raster 0,1"
Print # 180166-1



Figuur 2. Zoek de verschillen met figuur 1, bijvoorbeeld rond K1. Deze versie van de spectrometer is bedoeld voor gebruik als een draagbaar meetinstrument.

Belangrijkste specs, versie 180166-2

- Compact 0,96-inch full colour OLED-display
- 7-bands spectrogram
- 5V-USB-voeding
- Klein, compact en energiezuinig ontwerp

presentatie van de amplitude van elke 'band'. Er zijn geen externe componenten nodig voor het instellen van de (banddoorlaat-)filterkarakteristieken. R3 en C2 bepalen de oscillatorfrequentie van de ingebouwde klokgenerator. De middelfrequenties van de filters veranderen evenredig met de klokfrequentie.

De MSGEQ7 levert volgens MSI optimale prestaties bij +5,0 V en dat is precies wat spanningsregelaar IC3 levert, samen met de gebruikelijke batterij van keramische en elektrolytische ontkoppelcondensatoren. De MSGEQ7 heeft een lage ruststroom van typisch minder dan 1 mA, zodat hij heel geschikt is voor draagbare audioapparaten. De in-chip mul-

tiplexor (dat staat echt zo in de MSI-datasheet) wordt bestuurd met een reset (RST) en een strobe-pen en biedt een gemultiplexte uitvoer via twee pennen. Het tempo van uitlezen bepaalt ook de afvaltijd (10% afval per keer uitlezen). Daarom zijn er geen pennen of externe onderdelen waarmee dat geregeld zou moeten worden.

De ATmega328P-AU-microcontroller en het OLED-display zijn zó bekend dat ze niet verder besproken hoeven te worden. Met jumpers JP1 en JP2 kunnen vier verschillende waarden worden ingesteld: 00, 01, 10, 11. Die leiden tot vier verschillende patronen op de OLED:

- wit staafdiagram;
- groen/geel/rood staafdiagram (elke staaf is opgebouwd in 3 kleuren);
- dun blauw staafdiagram;
- dun rood staafdiagram;

Een geïnstalleerde jumper geeft een 0 en een weggeleggen jumper geeft een 1. Omdat deze versie van de spectrometer





ONDERDELENLIJST

Print 180166-2

Weerstanden:

R1,R2 = 22 k, 1%, 125 mW, 150 V

R3 = 220 k, 1%, 125 mW, 150 V

R4 = 10k, 1%, 125 mW, 150 V

Condensatoren:

C1 = 1 n/50V, 10%

C2 = 33 p/50V, C0G, 10%

C3..C7 = 0,1 μ /100V, 10%

C8 = 10 μ /10V, TAJ-serie, \pm 10%

Spoel:

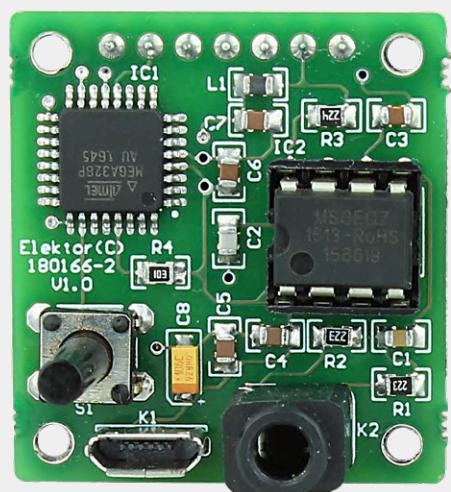
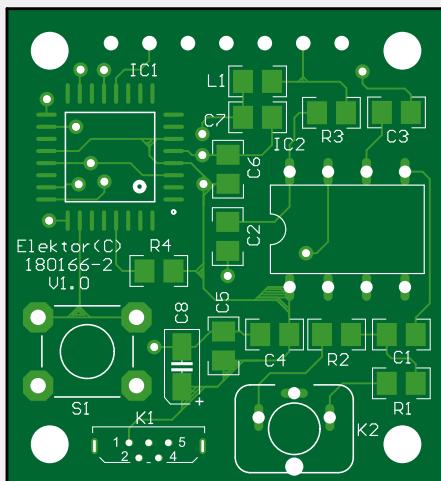
L1 = 10 μ H

Halfgeleiders

IC1 = ATmega328P-AU, geprogrammeerd

180166-42

IC2 = MSGEQ7



Diversen

K1 = MicroUSB Type B-socket staand

K2 = audio-jack female, 3 contacten, 3,5 mm,
voor printmontage

IC-voetje DIL 8-pens

LCD1 = M605 0,95-inch, 7-pens, full colour
65K, ssd1331 OLED

7-polige busstrip, raster 0,1"

S1 = drukknop, zonder verlichting, 24 V/50 mA

Print # 180166-2

is ontworpen om te worden gebruikt in een audiosysteem, is de keuze van de displaymodus opgelost op een goedkope, eenvoudige manier met niet meer dan twee jumpers.

Het schema van de spectrometer versie 180166-2 is te zien in **figuur 2**.

Deze schakeling kan worden ingebouwd in een klein handzaam kastje met ruimte voor de connectoren en drukknop en een opening voor het display. Hij wordt gevoed met een gelijkspanning van 5 V via USB-connector K1. Bij deze versie kunt u de verschillende weergavemode kiezen door op S1 te drukken.

Software

De besturingssoftware voor beide versies van het project is geschreven in Atmel studio voor de ATmega328p met een interne klokfrequentie van 8 MHz. De software is gratis te downloaden van de projectpagina bij dit artikel [2]. Hij bestuurt de multiplexor (*sic*) in IC2 met behulp van pulsen op de STROBE- en RST-pen. Met deze signalen op pennen PC1 en PC2 van de ATmega kunnen we met de interne ADC de niveaus van verschillende frequenties uit-

lezen via PC0. De resultaten worden dan grafisch weergegeven op een 0,96-inch RGB OLED die is verbonden met PORTB van de μ C. De μ C communiceert met de OLED met behulp van het I²C-protocol en leest de door de gebruiker geselecteerde displaymode in via PC3 en PC4.

Opnieuw twee versies

Voor beide versies van het project (die welke met een 8...12VDC netspanningsadapter en die welke via USB wordt gevoed) is een eigen print en onderdeelenlijst, dus haal die niet door elkaar. Controleer uw soldeerwerk en de gekozen componenten heel zorgvuldig, voordat u gaat beginnen met...

het testen van versie 180166-1:

- plaats jumpers JP1 en JP2 om de displaymodus te kiezen;
- sluit het audiosignaal aan op connector K2;
- schakel de voedingsspanning in door 8...12 VDC aan te sluiten op connector K1;
- controleer het audiospectrum op het display.

Als u wilt overschakelen naar een andere weergavemodus, schakel dan de voeding uit, verander de jumperinstellingen en schakel weer in.

En wie de ‘USB-gevoede’ versie heeft gebouwd kan...

versie 180166-2 testen:

- sluit het audiosignaal aan op audiojack K2;
- verbind een USB-kabel met K1;
- controleer het audiospectrum op het display.

Druk op S1 om de weergavemodus te veranderen. Met elke keer indrukken wordt naar de volgende modus omgeschakeld. ▶

180166-04

Weblinks

- [1] Datasheet MSGEQ7:
www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/MSGEQ7.pdf
- [2] Projectpagina bij dit artikel: www.elektrormagazine.nl/180166-04

IN DE STORE



→ PCB, versie 180166-1
www.elektror.nl/180166-1

→ PCB, versie 180166-2
www.elektror.nl/180166-2

→ Geprogrammeerde
microcontroller voor versie 180166-1
www.elektror.nl/180166-41

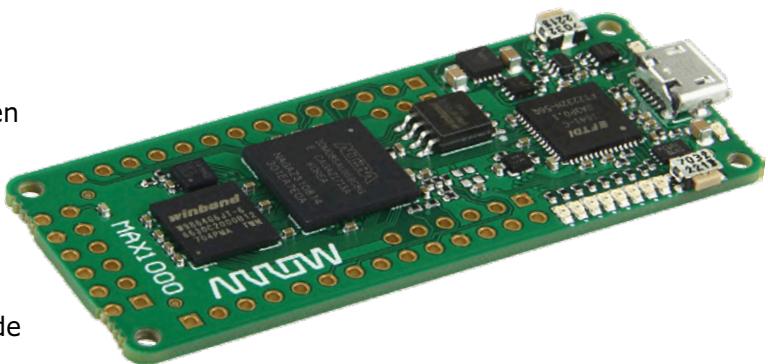
→ Geprogrammeerde
microcontroller voor versie 180166-2
www.elektror.nl/180166-42

Het SCCC-project (2)

softcore-processor en C-compiler voor zelfbouw

Martin Oßmann (Duitsland)

Met de simulator voor de zelfbouw-CPU kunt u, zonder FPGA-hardware, C-programma's uitvoeren en testen. Ideeën voor verdere uitbreiding van de processor kunt u in de simulator uitproberen, voordat u die in een FPGA implementeert. In het tweede deel van deze serie gaan we kijken hoe de compiler onze C-code omzet in een assembler-listing.



In het eerste deel van deze serie [1] hebben we ook al gewerkt met de sCCCP-ontwikkelomgeving, waarmee we de C-programmatuur voor onze zelfbouw-processor kunnen compile-

ren (**figuur 1**). Die ontwikkelomgeving omvat ook een CPU-simulator, die geschreven is in de programmeertaal Java, net als de compiler. Met behulp van deze simulator kunt u zich

Toggle View	Compiler Protocol
Toggle View	Compiler Output
Toggle View	Optimizer Output
Toggle View	Assembler ListFile
Toggle View	Preprocessor Output
MAKE	Compile,Assemble,Run
RUN	Run Simulation
LogInstructions <input type="checkbox"/>	
CountInstructions <input type="checkbox"/>	
BREAK	CONTINUE
CLEAR LOG	clear logwindow

Figuur 1. De gebruikersinterface van de sCCCP-omgeving.

de programmeertaal tinyC (een subset van C) gemakkelijk eigen maken.

Experiment 3: simulatie in de sCCCP-omgeving

En daarmee zijn we aangeland bij het derde experiment in deze serie. Het software-archief [2] met de projectmap *sCCCP*/ hebben we in de eerste aflevering al uitgepakt in een lokale map op de harddisk.

Start een opdrachtprompt in de directory *C:/sCCCP/experiment3* en geef daarin het commando *c.bat* om de sCCCP-omgeving op te starten. De applicatie die we deze keer gebruiken is het bestandje *primes.c*, dat alle priemgetallen tot 20 berekent. U compileert het programma met de knop *MAKE*. Dat moet zonder foutmeldingen verlopen. Vervolgens klikt u op de *RUN*-knop om het te starten, en dan verschijnen (in het uitvoervenster) de eerste priemgetallen. Als u eerst ook nog de optie *LogInstructions* aanvinkt voordat u op *RUN* klikt, dan ziet u in detail waar de CPU zoal mee bezig is. Als het programma voltooid is (of als u het afbreekt met *BREAK*), dan ziet u bovendien hoe vaak welke instructies zijn uitgevoerd. Voor mij was dit heel behulpzaam, want zo kon ik zien of een optimalisatie voor bepaalde commando's ook inderdaad de beoogde verbetering opleverde.

Opties

Op dit punt is het zinvol om de diverse opties van de sCCCP-ontwikkelomgeving door te nemen. Tot dusver hebben we meestal alleen gewerkt met *MAKE*, om onze sourcecode te compileren en de resulterende objectcode naar de juiste plek te sturen. De functies *RUN*, *BREAK* en *CONTINUE* dienen ter ondersteuning van de CPU-simulator.

Als alles zonder enige problemen verloopt, dan hebben we ook niet meer nodig. Maar meestal verlopen projecten verre van gladjes. Om dan onze fouten op te kunnen sporen is het zinvol om eerst de afzonderlijke stappen van de compiler na te gaan. Als eerste loopt er een pre-processor door de broncode heen die de nodige macro-vervangingen voor zijn rekening neemt. Als u het resultaat daarvan wilt zien, dan klikt u op de knop *Toggle View* naast *Preprocessor Output*.

Daarna maakt een *Recursive Descent Parser* een abstracte syntax-boom (AST = *Abstract Syntax Tree*) van de broncode. Met *Toggle View* naast *Compiler Protocol* kunt u zien wat de parser het vermelden waard vindt. Tenslotte wordt de AST weergegeven. Als dat met goed gevolg is gebeurd, wordt de objectcode gegenereerd. Hoe die eruitziet kunt u zien met *Toggle View* naast *Compiler Output*.

Daarna volgt een eenvoudige *Peephole Optimizer*. Die herkent bepaalde patronen van opeenvolgende commando's en vervangt die door constructies die hetzelfde sneller of efficiënter doen. Het resultaat daarvan ziet u onder *Toggle View* naast *Optimizer Output*. De laatste fase is een assembler-run. Ook dit kunt u weer nader bekijken met *Toggle View* naast *Assembler Listing*. Sommige fouten kunnen pas boven water komen in de assembler. De assembler geeft aan als er iets niet in orde is, en dan kunt u in de assemblerlisting nagaan waar dat aan ligt. Een veelvoorkomende fout is bijvoorbeeld dat dezelfde variabele meermalen wordt gedeclareerd.

De compiler produceert de volgende bestanden:

- *sCCCPassemblerListing.txt*
- *sCCCPcompilerOutput.txt*
- *sCCCPoptimizerOutput.txt*

In deze tekstbestanden kunt u de resultaten van de verschillende stappen ook achteraf nog inspecteren.

Experiment 4: simulatie in Java en in Verilog

Als u de verschillende simulaties eens met elkaar wilt vergelijken, dan is Experiment 4 iets voor u. De werkmap voor deze oefening is *C:/sCCCP/experiment4/experiment4/*.

We openen een opdrachtprompt in deze directory en starten weer de sCCCP-omgeving met *c.bat*. Tegelijk openen we in deze map de file *primes1.c* met onze favoriete editor, zodat we daar wat aan kunnen veranderen. Dit bestand compileren we met *MAKE* in onze sCCCP-omgeving; met *RUN* starten we de simulatie in de sCCCP-omgeving. In deze versie van de batchfile *c.bat* is de optie *-i c:\sCCCP\IcarusVerilog* toegepast, waardoor de resulterende objectcode ook in de werkmap voor Icarus/Verilog wordt gekopieerd (zie ook [1]). Daar kunnen we het programma starten met de Icarus-simulator, met achtereenvolgens de batchfiles *c.bat* (compile) en *r.bat* (run). De testbench is momenteel

Listing 1. De features van de C-subset.

SourceCode	Regelnr.
	00000
int x,y,*xp,xa[10] ;	00001
	00002
setLEDs(int p){	00003
p ; //fetch p to R0	00004
#asm	00005
OUTA 14 ; out R0 to LEDs	00006
#endasm	00007
}	00008
	00009
outString(int *p){	00010
while(*p){	00011
setLEDs(*p) ;	00012
p++ ;	00013
}	00014
}	00015
	00016
funA (int px,int py){	00017
int localxp ;	00018
localxp=&x ;	00019
return px<	00020
}	00021
	00022
main(){	00023
outString("1234") ;	00024
xa[2]=xa[3]+funA(12,34) ;	00025
y=(x=1) ;	00026
if(x>=y) {	00027
y=1 ;	00028
}	00029
else{	00030
y=2 ;	00031
}	00032
}	00035

Listing 2. Parsen van een if-then-else-statement.

```

ASTIfNode ifStatement() throws CompilerException
{
    // generate a new node with 2 or 3 subnodes:
    // subnode 1 : condition
    // subnode 2 : if-part statement1
    // subnode 3 : else-part statement optional

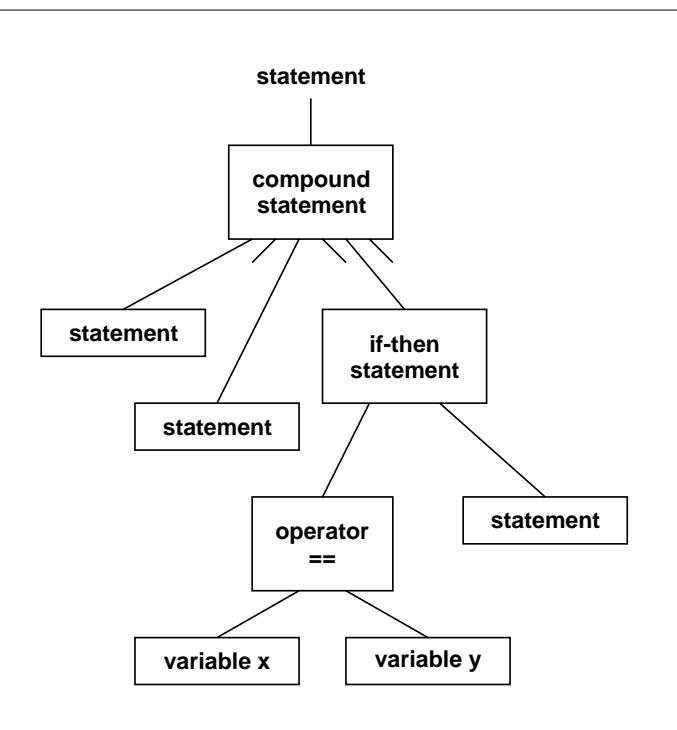
    if( ! tccScan.sbTestWordAndSkip("if") )
    {
        // exit if "if" not found
        return null ;
    }

    ASTIfNode thisNode=new ASTIfNode() ;
                                            // get a new node for this statement
    ASTnode cond=condition() ;           // test for condition
    if(cond==null){Environment.error("condition missing") ; }
                                            // if not found: error
    thisNode.addSubNode(cond) ;          // add condition to the new node
    ASTnode st1=needStatement() ;
                                            // we need a statement, error if not found
                                            // add this statement to the new node

    thisNode.addSubNode(st1) ;
    if( ! tccScan.sbTestWordAndSkip("else") )
    {
        // test for "else"
        return thisNode ;
    }

    ASTnode st2=needStatement() ;
    thisNode.addSubNode(st2) ;
    return thisNode ;
}

```



Figuur 2. Een gedeelte van de *Abstract Syntax Tree*.

zo ingesteld dat de uitvoering na 80.000 ticks in de simulator beëindigd wordt. Als uw eigen programma niet volledig doorlopen wordt, dan moet u deze grens aanpassen.

De programmeertaal tinyC

Nu kunnen we naar hartlust allerlei simulaties met onze eigen programma's uitvoeren en de resultaten van de toolchain onderzoeken. Het MAX1000-board [3], dat behalve de MAX10-FPGA ook 8 MB flash en 8 MB RAM aan boord heeft, hebben we daarvoor niet nodig. Daar gaan we in het derde deel van deze serie weer mee aan de slag.

Ik raad u aan om op uw gemak de diverse elementen van tinyC te leren kennen. De makkelijkste manier om u een overzicht te vormen, is met het voorbeeldprogramma in **listing 1**. Dat programma is weliswaar vrij nutteloos, maar qua syntaxis klopt het en geeft het een overzicht van de gerealiseerde features. Al op het eerste gezicht ziet u dat er een heleboel constructies worden verwerkt. Ik ga hier verder alleen in op de 'kleine lettertjes'. Het enige datatype dat ondersteund wordt is *signed 32 bit*. Dus ook *char*-variabelen slaat u op in woorden van 32 bit breed. Dat is inderdaad niet bepaald zuinig met geheugen, maar het maakt de compiler en de CPU een enorm stuk simpeler. Daarnaast zijn er alleen ééndimensionale arrays met integer-waarden. Van functies wordt impliciet aangenomen dat ze een waarde retourneren. Het datatype van de gereturneerde parameter

Listing 3. Compileren van een if-then-else-statement.

```
void compile() throws CompilerException {
    logVisit(this) ;
    label1=Environment.getNewLabel();
    label2=Environment.getNewLabel();
    subNodes.elementAt(0).toHL();
    Environment.asmLISTER.listln("           JFALSE      "+Environment.label(label1)) ;
    subNodes.elementAt(1).compile();
    if(subNodes.size()<3){
        Environment.asmLISTER.listln(Environment.label(label1)+" EQU $") ;
    }
    else {
        Environment.asmLISTER.listln("           JMP      "+Environment.label(label2)) ;
        Environment.asmLISTER.listln(Environment.label(label1)+" EQU $") ;
        subNodes.elementAt(2).compile();
        Environment.asmLISTER.listln(Environment.label(label2)+" EQU $") ;
    }
}
```

wordt niet opgegeven. De operatoren `+=`, `-=` etc., evenals `&&` en `||` zijn niet geïmplementeerd.

Met `#asm` en `#endasm` kunt u assemblercode direct in uw broncode opnemen. Dat is belangrijk als u de CPU met andere hardware wilt verbinden. Alles bij elkaar hebben we hier het hoogst noodzakelijke voor het programmeren van embedded-toepassingen (zonder floating point-operaties).

Opbouw van de compiler

Wie de geïmplementeerde omvang van de taal onvoldoende vindt, of wie de taal wil uitbreiden met speciale commando's, kan de compiler zelf aanpassen. Het is allemaal open source. Ik geef hier enige aanwijzingen met betrekking tot de werking van de compiler. Zoals al opgemerkt wordt de bronstekst door een *Recursive Descent Parser* verwerkt tot een syntax-boom (AST, *Abstract Syntax Tree*). Elke constructie in de taal heeft een eigen parser-routine die kijkt of de desbetreffende constructie inderdaad bestaat en geldig is.

Zo test bijvoorbeeld de routine `statement()` of we met een statement te maken hebben, en zo ja met welk statement. Een statement is een blok code van een of meer commando's dat in C meestal omgeven is door accolades. Deze functie maakt gebruik van de routine `ifStatement()`. Die maakt op zijn beurt weer gebruik van `statement()`, om bijvoorbeeld een if-then-else-constructie te parsen. De desbetreffende syntax-test-routine geeft, bij goed resultaat, een knooppunt (`ASTnode`) terug, waarmee de boom wordt opgebouwd.

Het stuk code van **listing 2** geeft weer hoe dat is geïmplementeerd. Zit er geen `if` in de tekst, dan geeft de functie `null` terug, dat wil zeggen dat een poging tot het parsen van een if-statement geen resultaat heeft opgeleverd.

De parser-routine `condition()` test of er in de bronstekst een voorwaarde volgt. Indien niet, dan geeft dat een *syntax error*. Het knooppunt dat `condition()` teruggeeft wordt in een AST-knooppunt ingebouwd. Daarna moet er een statement volgen, dat ook in het knooppunt wordt geïntegreerd. Tenslotte kan er nog een `else`-statement volgen dat eveneens in het nieuwe knooppunt wordt ingebouwd. Daarna is het hele if-then-else-statement correct afgewerkt en wordt het bijbe-

horende knooppunt aan de aanroepende functie teruggegeven. Zo wordt de boom stap voor stap opgebouwd. Een gedeelte van zo'n boom zou eruit kunnen zien als in **figuur 2**.

Genereren van de code

Als de boom voltooid is, wordt deze vervolgens doorlopen om code te genereren. Een AST-knooppunt heeft daarom de

Advertentie

verkerk
SERVICE SYSTEMEN

Jouw kennis en toewijding in meer dan 800 zorginstellingen door heel Nederland?

Verkerk Service Systemen ontwikkelt en produceert kritische alarm- en communicatiesystemen voor de gezondheidszorg. De afdeling Research & Development zoekt nieuwe collega's om onze producten verder te innoveren:

PCB Design Engineer
Heb je ervaring met het EAGLE PCB Design pakket en ben je goed thuis in de selectie en toepassing van elektronische componenten? Dan zoeken we jou!

R&D Hardware (RF) Engineer
Heb je minimaal vijf jaar werkervaring in het ontwerpen van elektronica-producten, zowel op hardware- als op embedded software gebied? En heb je kennis van hoogfrequente techniek? Kom dan eens met ons praten!

Meer informatie over onze organisatie en de vacatures?
Kijk dan snel op www.verkerkgroep.nl

Listing 4. C-sourcecode en bijbehorende assemblerlisting.

```
;  
; if(x) { y=1 ; } else { y=2 ; }  
;  
        LD      @ __x  
        JFALSE  __LBL00000  
        LDI     1  
        ST      @ __y  
        JMP     __LBL00001  
  
__LBL00000 EQU $  
        LDI     2  
        ST      @ __y  
  
__LBL00001 EQU $
```

methode `compile`. Bij wijze van voorbeeld ziet u in **listing 3** de methode `compile` voor het knooppunt `ASTifNode`.

Als eerste halen we twee labels op, voor gebruik straks. De code voor de voorwaarde wordt gemaakt met `subNodes.elementAt(0).toHLL`. Daarna wordt een voorwaardelijke sprong gegenereerd die over de code van het if-geval heen springt (als aan de voorwaarde niet voldaan is). De code voor het if-geval wordt gemaakt met `subNodes.elementAt(1).compile`. Als er geen else-clausule is, dan wordt vervolgens een label aange-

maakt. Is er wel een else-clausule, dan moet de bijbehorende code worden gegenereerd.

Met een voorbeeld wordt dit allemaal wat inzichtelijker. In **listing 4** ziet u welke code het statement `if(x) else` oplevert.

Als u nog andere voorbeelden wilt zien van hoe code gegenereerd wordt, dan kunt u de file *C:/sCCCP/demo6/demo6/demo6.c* compileren en vervolgens de assemblerlisting bekijken. Hier ziet u bovenin (als commentaar) de C-broncode, en daaronder de bijbehorende objectcode.

In **listing 5** ziet u een voorbeeld van de omzetting van een eenvoudige wiskundige formules in assemblercode. Bij het simpele toewijzings-statement `x=y` wordt eerst de waarde van `y` in het R0-register gezet. Daarna wordt de waarde van R0 opgeslagen in het adres van `x`.

Daaronder ziet u hoe de formule `x = x + y * 5` wordt afgewerkt. Elk tussenresultaat wordt op de stack geplaatst. De verwerking van wiskundige formules vormt overigens het leeuwedeel van de compiler-code.

Vooruitzichten

In dit tweede deel van deze serie hebben we ons grotendeels beperkt tot simulatie. In de volgende aflevering gaan we weer met het MAX1000-board aan de slag. Dan gaan we het ontwikkelboardje via één of twee seriële poorten met een PC verbinden om programma's te uploaden en seriële in- en uitvoer mogelijk te maken. ▶

180394-B-03

Listing 5. Eenvoudige wiskundige formules en de omzetting in assembler.

```
-----  
; x=y  
        LD      @ __y      ; R0 = y  
        ST      @ __x      ; x = R0  
-----  
; x=x+y*5  
        LDPUSH  @ __x      ; push x onto stack  
        LDPUSH  @ __y      ; push y onto stack  
        LDI     5          ; R0 becomes 5  
        POP    R1          ; y popped from stack to R1  
        IMUL   R1          ; R0=R0*R1 = 5*y  
        POP    R1          ; x popped from stack to R1  
        IADD   R1          ; R0=R0+R1=y*5+x  
        ST      @ __x      ; store R0 on address x  
-----
```

Weblinks

- [1] Het SCCC-project (1), Elektorlabs maart/april 2019:
www.elektormagazine.nl/180394-03
- [2] Projectpagina van deze aflevering:
www.elektormagazine.nl/180394-B-03
- [3] MAX1000 FPGA-ontwikkelboard:
www.elektor.nl/max1000

IN DE STORE



→ MAX1000 FPGA-ontwikkelboard
www.elektor.nl/max1000

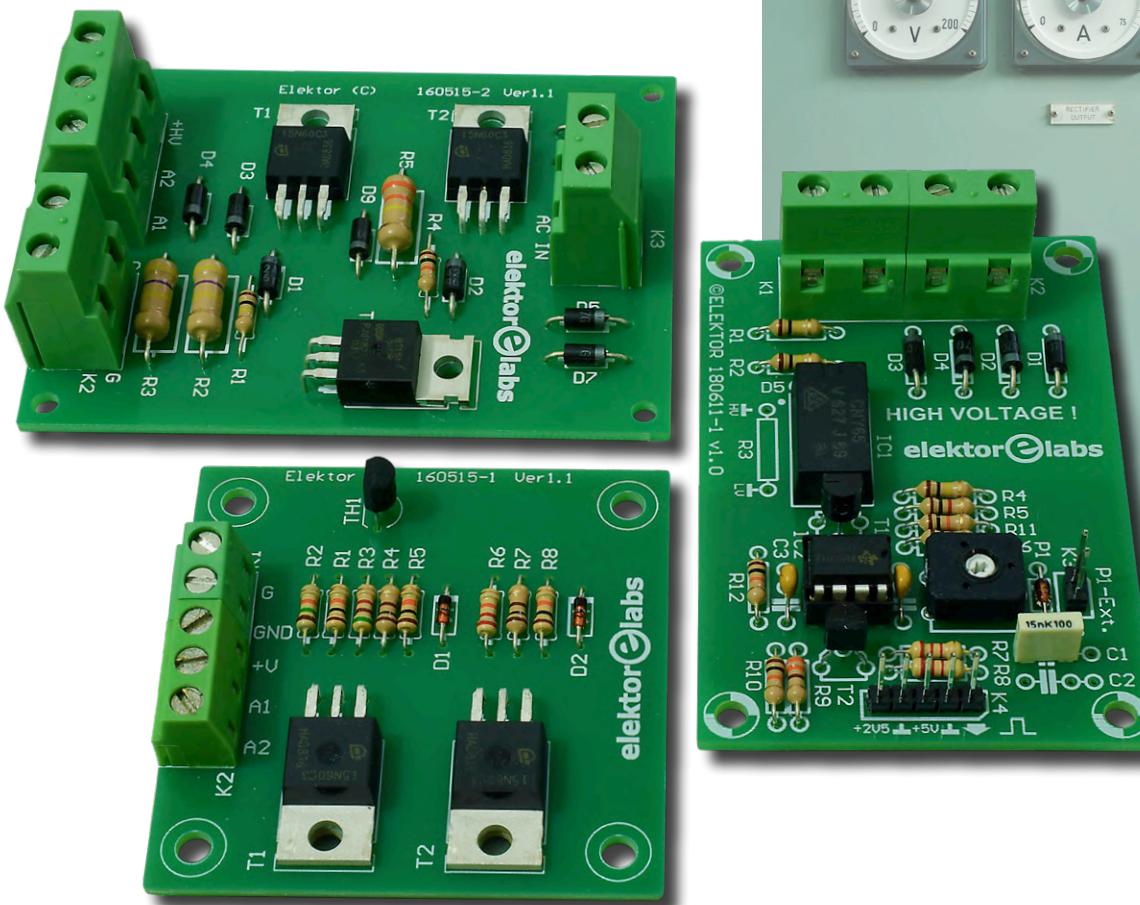
→ E-boek (Engelstalig) 'Microprocessor Design Using Verilog HDL'
www.elektor.nl/verilog

Dual-anode MOSFET-thyristor

sneller en zuiniger dan een gewone thyristor

Michael A. Shustov (Rusland) en Ton Giesberts (Elektor Labs)

Thyristoren en triacs die fungeren als schakelaar hebben vanwege hun principiële opbouw een grote kathode/anode-spanningsval in geleidende toestand en ze laten 'veel te wensen over' in termen van hun schakelprestaties. Bijgevolg worden deze 'SCR'-componenten (Silicon Controlled Rectifiers) behoorlijk warm bij grote vermogens; soms leidt dit tot oververhitting en uiteindelijk falen van de gehele component. Tegelijkertijd staat het opwarmen van een traditionele thyristor gelijk aan verspilling van energie, wat leidt tot aanzienlijke verliezen wanneer er wordt opgeschaald naar wereldwijd massaal industrieel en huishoudelijk gebruik. Hoog tijd voor een 'groener' onderdeel – dat we hier presenteren.



PROJECT-INFO



thyristor

AC-belastingsregeling

MOSFET



beginners

→ gevorderden

experts



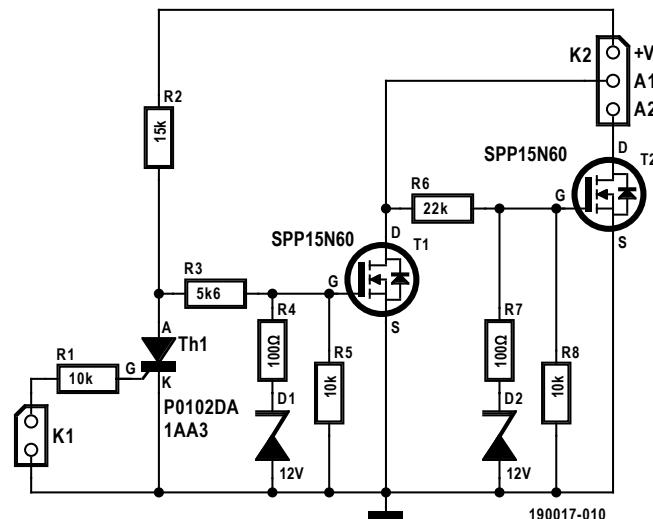
30 mins. approx.



soldeerbout



ca. € 15...25



Figuur 1. Laagspanningversie (40 VAC max.) versie van de dual-anode MOSFET-thyristor. Met twee anodes en schakelcomponenten met weinig verlies moet deze sneller en energiezuiniger zijn dan een conventionele thyristor.

De verbeterde thyristor die we in gedachten hebben, heeft de ingangskenmerken van een snelle thyristor, maar de verliezen in zijn schakelementen zijn bijna twee ordes van grootte kleiner dan bij de conventionele equivalenten. In tegenstelling tot conventionele thyristoren heeft de 'upgrade' twee uitgangen, één in de ingeschakelde en een tweede in uitgeschakelde toestand. Deze uitgangen worden geschakeld door de thyristorwerking. Bij gebruik van de nieuwe dual-anode MOSFET-thyristor in een wisselstroomnetwerk met een vermogensregelaar in een van de kanalen, gaat het ongebruikte deel van de sinus niet 'verloren' maar kan nuttig worden gebruikt in de schakeling van het andere kanaal (belasting).

Het gebruik van MOSFET-transistoren in de 'verbeterde' thyristor resulteert in betere schakeleigenschappen, extreem lage verliezen en een hoge ingangsweerstand. Deze kenmerken en parameters van de dual-anode MOSFET-thyristor komen aardig in de buurt van een ideaal schakelement.

Twee versies

Het basisidee van de auteur leidde tot twee versies: de ene is het basisconcept en kan worden gebruikt met een laagspanning-AC-voeding (LV-AC). Deze versie werd getest met 40 V wisselspanning; hij heeft een externe bruggelijkrichter-

ter nodig. De andere versie kan worden gebruikt als een meer praktische schakeling voor 'werkelijk' hoge spanningen (HV-AC), dat wil zeggen de netspanning (ook wel 'lichtnet'), dus 230 V AC bij 50 Hz in het grootste deel van Europa, of 110...117 V AC bij 60 Hz in de VS en andere gebieden. De HV-versie (dat is nummer 160515-2) is getest met twee 100-W gloeilampen. Voor zwaardere belastingen moeten de diodes in de lokale bruggelijkrichter worden vervangen door typen met een grotere nominale stroom. Ook moeten de MOSFET's in dat geval elk van een eigen koellichaam worden voorzien en zijn überhaupt voor de andere diodes ook zwaardere types nodig. De print is hier eigenlijk niet op ontworpen en op dit punt moeten we vermelden dat beide schakelingen alleen voor educatief en experimenteel gebruik zijn bedoeld.

De LV-AC versie

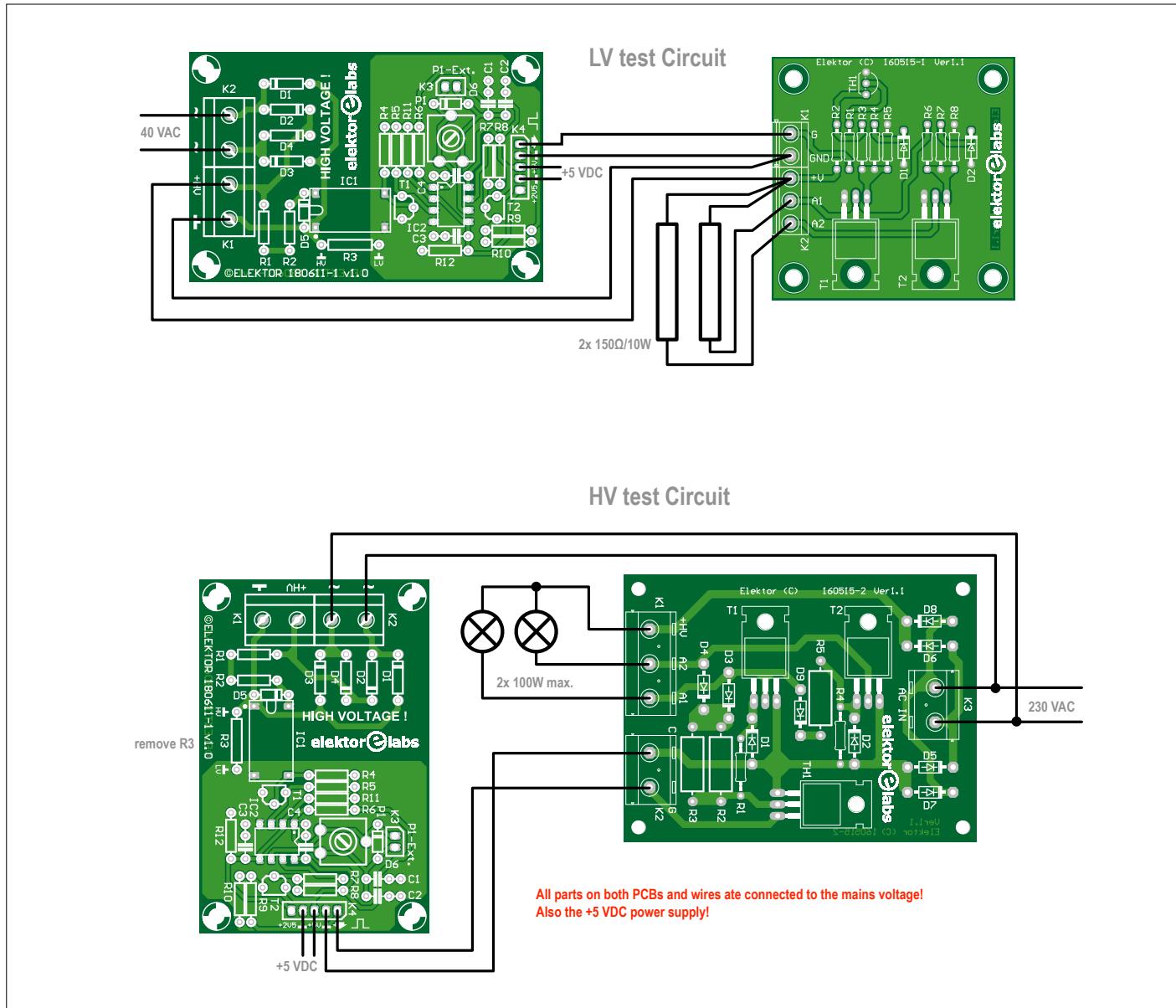
Het schema van de 'nieuwe' thyristor voor laagspanning (LV) AC-toepassingen (print 160515-1) is weergegeven in **figuur 1**. Deze eenvoudige schakeling wordt gebruikt om het concept van de 'verbeterde' thyristor te verklaren met zijn twee anodes gevormd door N-kanaal MOSFET's T1 en T2. De belasting kan worden aangesloten tussen +V en een MOSFET-drain (A1- of A2-aansluiting), waardoor twee belastingen kunnen wor-

den aangesloten zoals weergegeven in het **bedradingsschema in figuur 2**. De schakeling is getest met een 10W-weerstand van 150 Ω als belasting op elke 'A'-aansluiting.

SCR Th1 stuurt de MOSFET T1 aan, terwijl voor MOSFET T2 gatepulsen uit de drain van T1 worden betrokken. SCR Th1 wordt gebruikt om de spanning te regelen over de belastingen die zijn aangesloten tussen de 'anodes' en +V aangestuurd via extern aangesloten lichtnet-gesynchroniseerde gatepulsen. Een eenvoudige schakeling voor dit doel (die ook de extra bruggelijkrichter bevat die voor deze LV-schakeling nodig is) is elders in deze editie van Elektorlabs gepubliceerd als 'SCR gatepuls-generator'.

De LV-schakeling werd getest met een wisselspanning van 40 V. Een externe bruggelijkrichter is nodig (die zit op de SCR gatepuls-generator) zonder condensator voor de +V-voeding. De dubbelfasig gelijkgerichte +HV-uitgang op de SCR gatepuls-generator (K1) wordt verbonden met +V van K2 en GND van K1. De stijgende flank van de gatepuls die op K1 wordt aangelegd, regelt in relatie tot de nuldoorgang van de netspanning dan de effectieve waarde van de spanning over de belasting.

Thyristor Th1 is van het type P0102DA 1AA3 en heeft een standaard pinout. Andere thyristoren in een TO-92-behu-



Figuur 2. Bedrading van de 'verbeterde thyristor'-modules op basis van MOSFET's en de (elders in dit nummer beschreven) SCR gatepuls-generator.

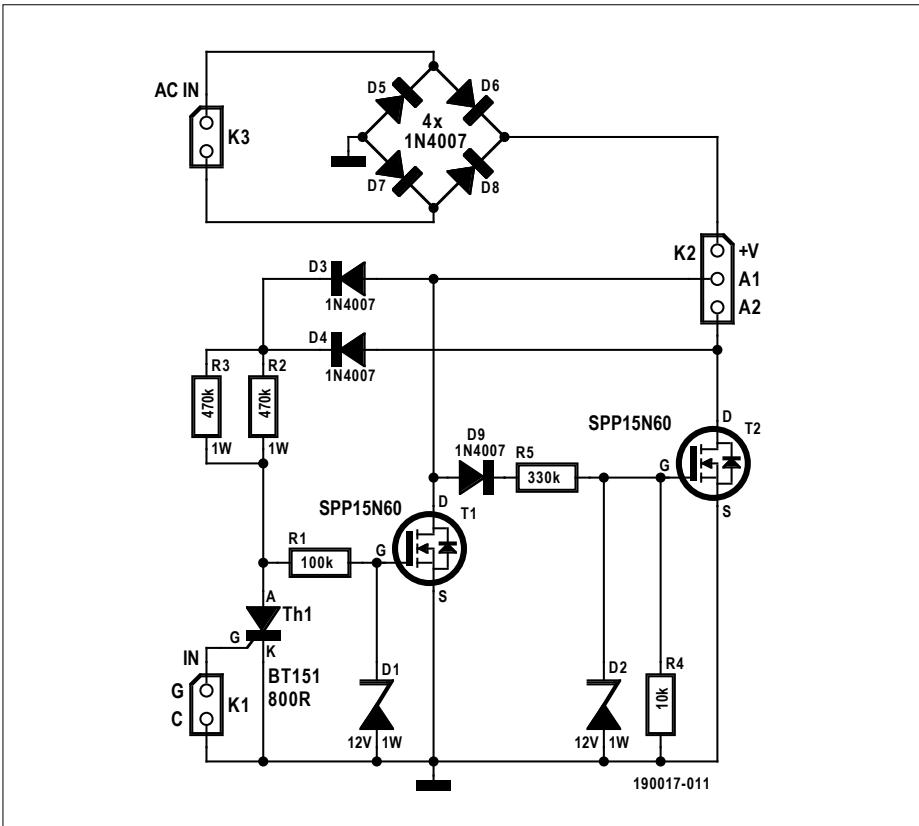
zing zullen waarschijnlijk ook werken. Wees echter voorzichtig met het gebruik van componenten met een gespiegeld pinout, zoals de BT149G. De activeringsstroom is laag voor deze typen, zoals 200 µA max. voor het hier voorgestelde type. Ter bescherming is een extra weerstand van 10 kΩ (R1) in serie geschakeld met de gate.

De enkelzijdige print (55 x 55 mm) die voor dit project is ontworpen, heeft ruimte te over tussen de componenten; alle onderdelen kunnen in een paar minuten worden gemonteerd en gesoldeerd. De print heeft een kopervylak dat is verbonden met massa en is daarom niet geschikt voor spanningen van meer dan ongeveer 40 V AC!

De HV-AC versie

Deze schakeling is bedoeld voor ohmse belastingen zoals gloeilampen en dergelijke, die ook met een dimmer voor vermogens tot ongeveer 100 W geregeld kunnen worden. De schakeling bestaat uit de bruggelijkrichter D5...D8, thyristor Th1 en MOSFET's T1 en T2 als belangrijkste onderdelen. Het hart van de schakeling is echter Th1 omdat deze de beide 'anodes' regelt die worden gevormd door de N-kanaal MOSFET's T1 en T2. Er kunnen twee belastingen worden aangesloten, elk tussen +HV en de drain van een van de MOSFET's (dus aansluitingen A1 en A2). De netspanning wordt aangesloten op connector K3. De uitgang van de bruggelijkrichter wordt gebruikt als +HV voor de schakeling en is via de belas-

tingen en D3 en D4 verbonden met de rest van de schakeling. Beide belastingen kunnen worden aangesloten op connector K2 – raadpleeg het bedradingsschema. Net als bij de LV-schakeling wordt de gatepuls voor Th1 op connector K1 gezet en kan de SCR-gatepuls-generator worden gebruikt voor het leveren van netsynchrone gatepulsen (G). De weerstanden R4, R5 en diode D9 samen zorgen voor een soepele omschakeling van MOSFET T2. R2, R3 en R5 zijn weerstanden voor een werkspanning van 500 V nominaal, omdat afhankelijk van de fase van de puls de maximale spanning over die weerstanden vrijwel gelijk is aan de netspanning. D9 en R4 zijn verantwoordelijk voor het laden resp. ontladen van de gatecapaciteit van T2. Zenerdiodes



Figuur 3. Deze versie van de MOSFET-thyristor met twee anodes is ontworpen voor het regelen van twee netstroombelastingen van elk ongeveer 100 W.

D1 en D2 beschermen de gates van MOSFET's T1 en T2 en beperken de gatespanningen tot ongeveer 12 V. De triggerstroom van de thyristor van het type BT151-800R bedraagt typisch 2 mA en maximaal 15 mA. Onwaarschijnlijk maar niet onmogelijk is dat de door de SCR gatepuls-generator geleverde trig-

gerstroom misschien net te laag is. Het is echter geen probleem om weerstand R9 op de print van de pulsgenerator tot 150 Ω te verkleinen.

De schakeling werd getest met twee belastingen van 100 W met een ingangsstroom van 0,43 A bij 230 VAC en een arbeidsfactor van 1,0 (met andere woer-

den: ohmse belastingen). De enkelzijdige print is ontworpen met aandacht voor elektrische veiligheid. De printkroonstenen hebben een afstand van 7,5 mm tussen de aansluitpennen en voldoen dus ruimschoots aan de voor elektrische veiligheid vereiste minimale afstand van 3 mm.

Houd er rekening mee dat, zodra de netspanning op K3 aanwezig is, alle componenten in principe netpotentiaal voeren. Dat geldt ook voor de pulsgenerator en zijn 5V-voeding die is aangesloten op K1!

Testprocedures

Werp weer een blik op het bedradingsschema van figuur 2.

1. LV-AC dual-anode MOSFET-thyristor

Er zit geen bruggelijkerichter op de print zodat een externe gelijkrichter (zoals op de SCR gatepuls-generator) moet worden gebruikt (zonder filtercondensator) voor het genereren van +V (dus een pulserende gelijkstroom). Deze +V (+HV op de gatepuls-generator) moet op connector K2 worden aangesloten. Ook moeten beide GND-lijnen worden aangesloten, hoewel ze er al zijn als R3 (0 Ω of een draadbrug) is gemonteerd op de print van de gatepuls-generator. Laat R3 weg als de HV-schakeling ook moet worden getest.

- Sluit beide belastingen (1 en 2) op K2 aan, met één uiteinde aan +V en



ONDERDELENLIJST

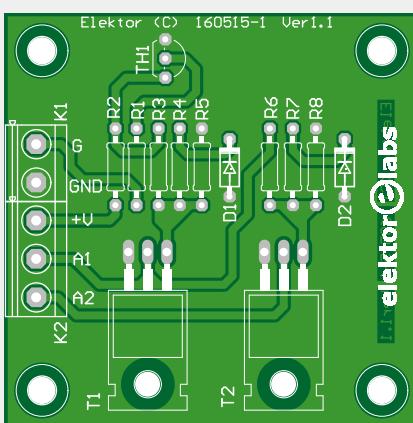
LV-AC dual-anode MOSFET-thyristor (print 160515-1)

Weerstanden:

R1,R5, R8 = 10 k, 5%, 0,25 W, 250 V
R2 = 15 k, 5%, 0,25 W, 250 V
R3 = 5k6, 5%, 0,25 W, 250 V
R4,R7 = 100 Ω, 5%, 0,25 W, 250 V
R6 = 22 k, 5%, 0,25 W, 250 V

Halfgeleiders:

D1,D2 = zenerdiode 1N5242BTR, 12 V, 5%, 0,5 W, DO-35
Th1 = thyristor P0102DA 1AA3, 800 mA, 400 V, TO-92
T1,T2 = N-kanaal MOSFET SPP15N60C3XK-SA1, 600 V, 15 A, TO-220



Diversen:

K1 = 2-polige printkroonsteen,
steek 0,2", 630 V

K2 = 3-polige printkroonsteen,
steek 0,2", 630 V

print # 160515-1 v1.1



ONDERDELENLIJST

HV-AC dual-anode MOSFET-thyristor (print 160515-2)

Weerstanden:

R1 = 100 k, 5%, 0,25 W, 250 V
 R2,R3 = 470 k, 5%, 1W, 500 V
 R4 = 10 k, 5%, 0,25 W, 250 V
 R5 = 330 k, 5%, 1W, 500 V

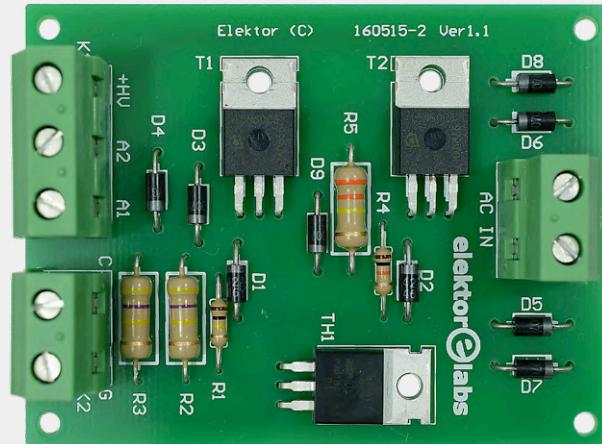
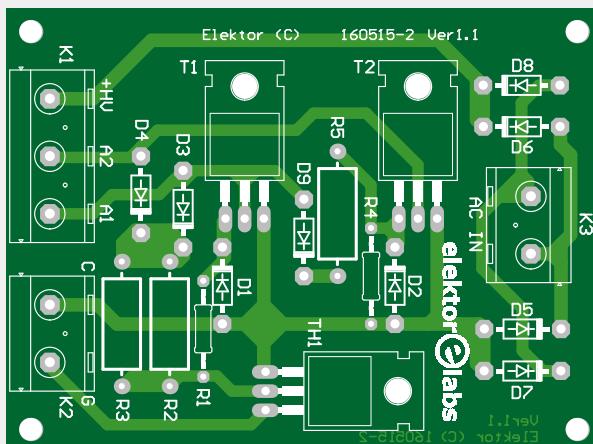
Halfgeleiders:

D1,D2 = zenerdiode 1N4742A, 12 V, 5%, 1 W, DO-41
 D3...D9 = 1N4007, DO-41
 Th1 = thyristor BT151-800R, 800 V, 7,5 A, lgt 15 mA max., TO-220
 T1,T2 = N-kanaal MOSFET SPP15N60C3XK-SA1, TO-220

Diversen

K2,K3 = 2-polige printkroonsteen, steek 0,3", 630 V
 K1 = 3-polige printkroonsteen, steek 0,3", 630 V

print # 160515-2



het andere aan A1 resp. A2. Belasting 1 en belasting 2 zijn 10W-weerstanden van $150\ \Omega$ voor elke anode (A). Belasting 1 wordt ingeschakeld en belasting 2 uitgeschakeld.

- Sluit de SCR gatepuls-generator (dat is project 180611) aan en sluit 5 V aan op de besturingsprint.
- De GND van de vermogensschakeling (K1) en de GND van de besturingsprint (K4 op 180611) moeten met elkaar worden verbonden.
- Verdraai nu potentiometer P1 die het momentane vermogen naar belasting 1 en belasting 2 regelt.
- Vanwege de vermogensdissipatie in de belastingsweerstanden kan een behoorlijke hoeveelheid warmte worden gegenereerd (ongeveer 10 W maximaal in elke weerstand bij 40 V wisselspanning), dit vereist voorzorgsmaatregelen tijdens het gebruik.

2. HV-AC dual-anode MOSFET-thyristor

- Sluit beide belastingen (1 en 2) op K1 aan, met één uiteinde aan +HV en het andere aan A1 resp.

A2. Belasting 1 en belasting 2 zijn gloeilampen van 100 W, maar met 25W-exemplaren gaat het ook.

- Sluit de netvoeding aan op de print via printkroonsteen K3.
- Belasting 1 wordt ingeschakeld en belasting 2 uit.
- **De netspanning moet compleet verwijderd zijn – BEIDE aansluitingen moeten worden losgenomen.**
- Verwijder R3 van de gatepuls-generator (180611).
- Verbind de besturingsprint met de vermogensprint zoals weergegeven in het bedradingsschema, en sluit 5 V op de besturingsprint aan.
- Verbind GND (K1) van de vermogensprint met GND (K4) van de besturingsprint.
- Sluit de netspanning weer aan.
- Verdraai instelpotmeter P1 van de gatepuls-generator met behulp van een kunststof trimsleutel (bijvoorbeeld H-90/H-91/H-92-1 van Bourns). P1 regelt het vermogen naar belasting 1 en belasting 2 en daarmee de lampintensiteit. Let op: gloeilampen kunnen ook heet worden!

Gebruik indien beschikbaar een variabele autotransformator (variac; de kleinste zijn meestal 500 VA) en een 230VA 1:1-scheidingstransformator om de HV-schakeling van stroom te voorzien. Dit laatste is nodig omdat één uitgang van een variac rechtstreeks doorverbonden is met de ingang! Met een extra scheidingstransformator kunt u vervolgens de netspanning geleidelijk en veilig opvoeren. Maar ga nooit naar 100%. De uitgangsspanning bij het streepje '100%' is vaak 15% hoger dan de ingangsspanning (of zelfs nog meer) bij geringe belasting. Het is leuk voor het testen van overspanningssituaties (zonder de veiligheidstransformator natuurlijk), maar hier niet aan te raden. ▶

(190017-04)

IN DE STORE



→ Print LV-AC dual-anode

MOSFET-thyristor

www.elektor.nl/18791-1

→ Print HV-AC dual-anode

MOSFET-thyristor

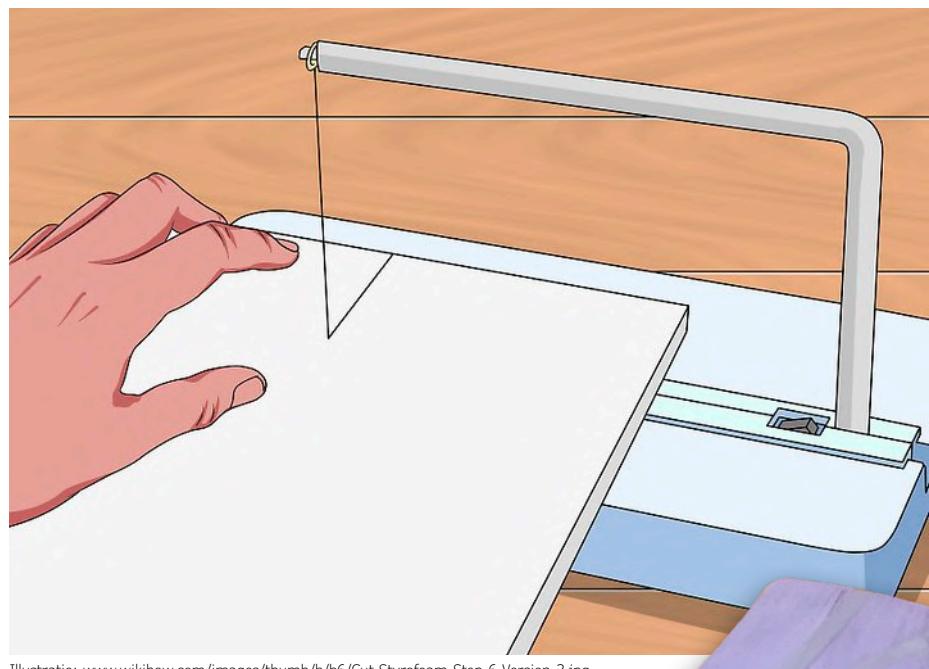
www.elektor.nl/18791-2

Voeding voor piepschuimsnijder

verliesarme voeding van een snijdraad met een laagspanningsdimmer

Peter Grundmann (Duitsland)

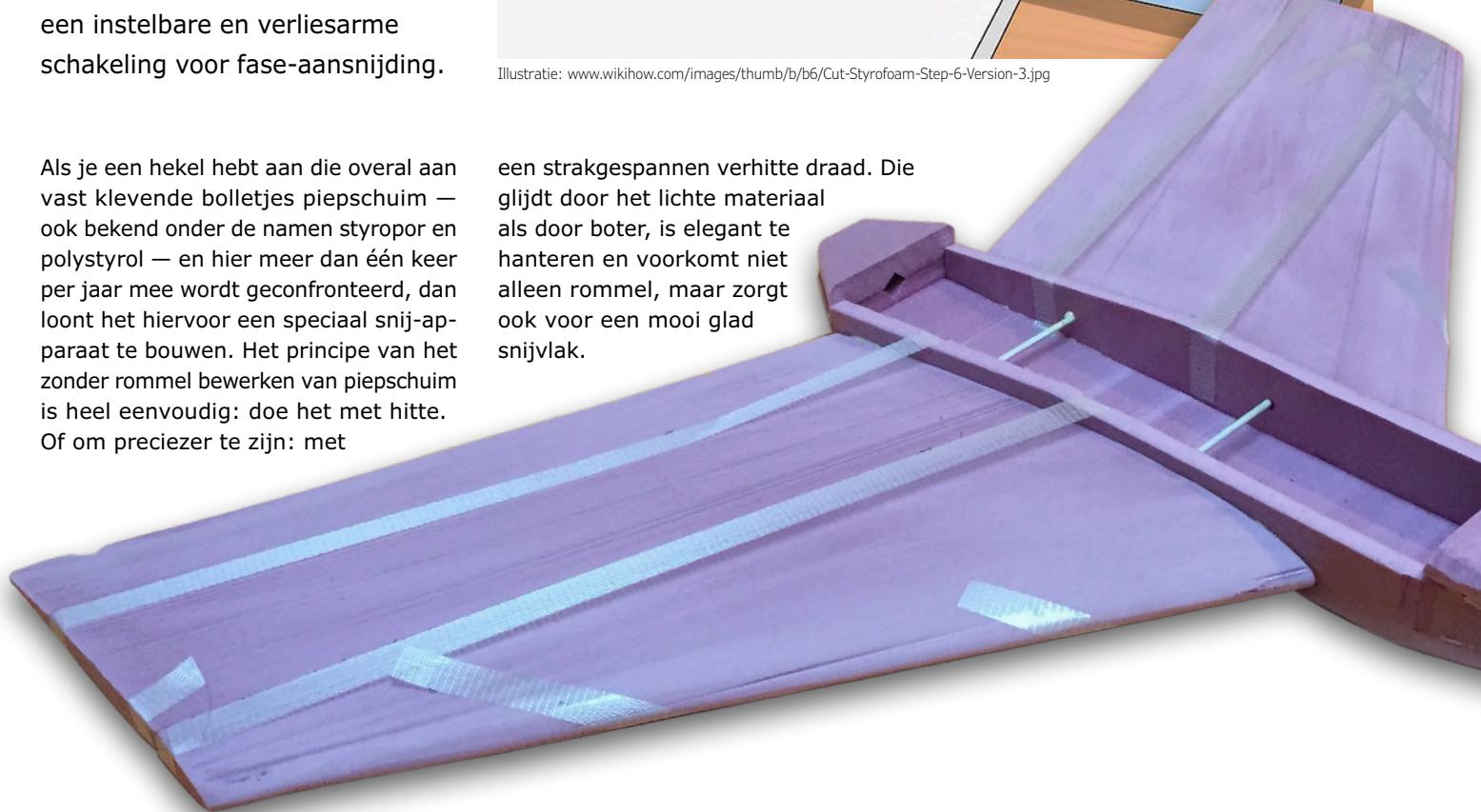
In de modelbouw en bij doe-het-zelven in en om huis wordt vaak een scherp mes gebruikt als een blok piepschuim op maat moet worden gesneden. Dat kruimelt niet alleen, maar het is ook niet erg precies — en complexere vormen zijn vrijwel onmogelijk. Daarom kan piepschuim beter met een verhitte draad worden gesneden. De stroom daarvoor kan worden geleverd door een instelbare en verliesarme schakeling voor fase-aansnijding.



Illustratie: www.wikihow.com/images/thumb/b/b6/Cut-Styrofoam-Step-6-Version-3.jpg

Als je een hekel hebt aan die overal aan vast klevende bolletjes piepschuim — ook bekend onder de namen styropor en polystyrol — en hier meer dan één keer per jaar mee wordt geconfronteerd, dan loont het hiervoor een speciaal snijapparaat te bouwen. Het principe van het zonder rommel bewerken van piepschuim is heel eenvoudig: doe het met hitte. Of om preciezer te zijn: met

een strakgespannen verhitte draad. Die glijdt door het lichte materiaal als door boter, is elegant te hanteren en voorkomt niet alleen rommel, maar zorgt ook voor een mooi glad snijvlak.



De benodigde hitte wordt verkregen door een elektrische stroom door de draad te sturen. Die stroom moet instelbaar zijn, om de in de draad vrijkomende energie te kunnen aanpassen aan de draad zelf en aan het te snijden materiaal. Omdat het hier al snel om enige tientallen watt kan gaan, moet de voedingsschakeling verliesarm zijn. Een laagspanningsdimmer is hiervoor uitermate geschikt, omdat die echt 'schakelt' en slechts weinig spanningsverlies heeft bij het 'rege- len'. In dit artikel wordt een speciaal voor dit doel ontworpen dimmer beschreven.

Fase-aansnijding

Er kan geen sprake van zijn dat we voor het snijden van piepschuim een hoogohmige draad direct aansluiten op een normale, met het lichtnet verbonden dimmer. Zonder galvanische scheiding van de 230-V-lichtnetspanning zou deze onze dan een soort van Russisch Roulette worden ("Ligt de fase van het lichtnet aan de boven- of aan de onderzijde van de snijdraad?") Een transformator is dan ook een absoluut vereiste, en biedt bovendien het voordeel dat we de voedingsspanning kunnen aanpassen aan de doorgaans laagohmige snijdraad. **Figuur 1** toont de complete door de auteur ontwikkelde en geteste schakeling.

Liefhebbers van analoge elektronica komen hier volledig aan hun trekken: in de verste verte geen microcontroller te bekennen! In plaats daarvan neemt de timer NE555 (IC2, het "werkpaard

van de analoge elektronica") alle vereiste schakelfuncties voor zijn rekening. Hij wordt direct door de netfrequentie aangestuurd. De tijdsvertraging tussen de nuldoororgang van de netwisselspanning tot aan het ontsteken van een triac wordt ingesteld met een potmeter. De dimmer zelf wordt gevoed door een eigen kleine trafo en is daarmee volledig onafhankelijk van de trafo waarmee de snijdraad wordt gevoed. De schakeling is zo eenvoudig, dat deze met enige handigheid op een stuk gaatjesprint kan worden opgebouwd.

Schakelfunctie

Van links naar rechts: de elektronica wordt door Tr1 gevoed. Omdat de schakeling slechts enkele mA gebruikt, volstaat een kleine trafo van 1,5 VA. D1... D4 vormen een bruggelijkerichter. Door de tussenschakeling van D5 (die de bufferelco C1 van R2 scheidt) staat over R2 een gelijkgerichte sinus van 100 Hz met een amplitude van ca. 20 V (omdat Tr1 nauwelijks wordt belast). T1 wordt in dit ritme geschakeld en levert aan zijn collector een blokgolfsignaal, waarvan de positieve pulsen kort voor een nuldoororgang beginnen en kort erna eindigen. Een 12-V-spanningsregelaar, die niet hoeft te worden gekoeld, levert de stabiele gelijkspanning voor de rest van de elektronica. Timer IC2 is als monostabiele multivibrator geschakeld. C4 bepaalt samen met de combinatie P1, R6 en R7 de tijdconstante. Met de hier gebruikte dimensivering is de schakeling aan de hand van

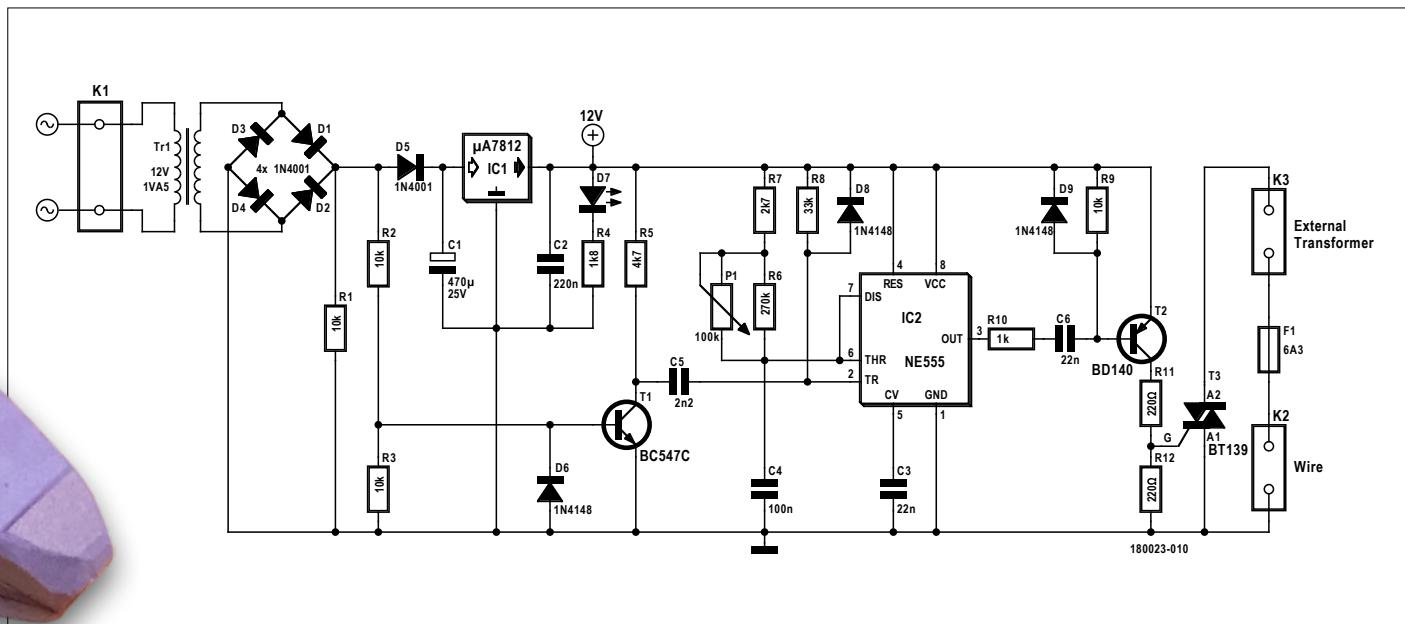
de formule $\tau = 1,1 \times R \times C$ in een bereik van 0,3 ms tot 8 ms in te stellen. Hiermee kan met behulp van P1 het vermogen geregeld worden van minder dan 5% tot vrijwel 100%.

IC2 wordt door de negatieve flank van het signaal van T1 getriggerd. Direct daarna wordt zijn uitgang op pin 3 hoog. Na het aflopen van de ingestelde tijd wordt dit signaal weer laag en stuurt via R10 en C6 transistor T2 en daarmee via R11 triac T3 aan, die vervolgens na de volgende nuldoororgang weer gespeld wordt. D8 en D9 dienen om C5 en C6 snel te ontladen.

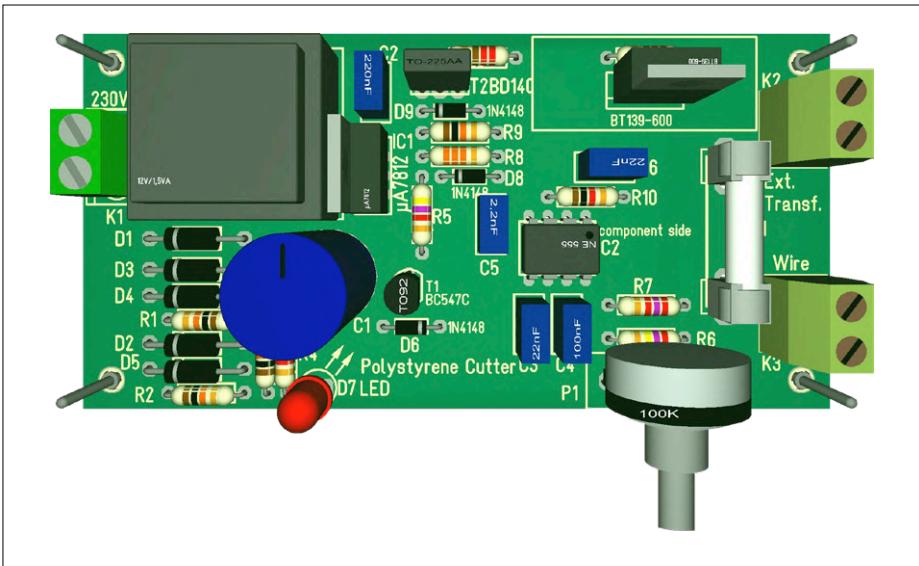
Nog een waarschuwing met betrekking tot de aan de potmeter parallel geschakelde weerstand R6: potmeters kunnen grote afwijkingen hebben. Als de weerstand van de parallelschakeling te hoog is, kan de pulsduur van de timer groter worden dan de 10 ms van een halve 50-Hz-periode. Dan wordt de trafo asymmetrisch belast en kan de minimumspanning niet meer goed worden ingesteld. Het is daarom verstandig om óf met een 'scoop de maximale pulsduur te meten (die moet ≤ 9 ms zijn), óf de parallelschakeling te meten en door eventueel aanpassen van R6 ervoor te zorgen dat deze ≤ 80 k Ω is.

Tot slot...

Peter Grundmann heeft zijn eerste prototype op gaatjesprint gebouwd. Daarna heeft hij ook een print ontwikkeld (**figuur 2**) die wij op de bij dit artikel horende downloadpagina als bestand



Figuur 1. De schakeling om met fase-aansnijding een snijdraad te verhitten waarmee piepschuim kan worden gesneden, heeft geen microcontroller nodig.



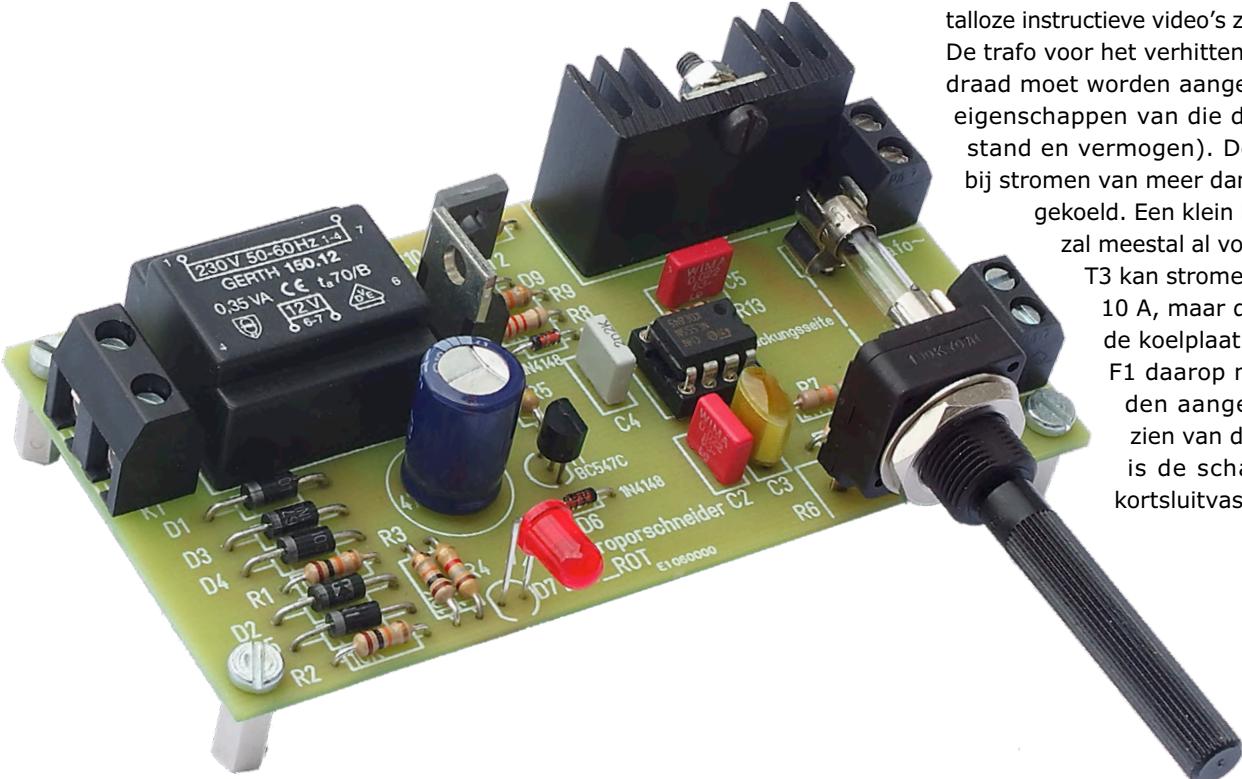
Figuur 2. De bestukte print moet er ongeveer zo uitzien als in deze 3D-simulatie.

IN DE STORE

→ Engelstalig boek: 3D Printing and CNC Fabrication with SketchUp
www.elektor.nl/3d-printing-and-cnc-fabrication-with-sketchup

Weblinks

[1] Webpagina bij dit artikel:: <http://www.elektrormagazine.nl/180023-03>



Figuur 3. Het laatste prototype (op een print) leidde tot een (eventueel noodzakelijke) verandering van R7 (zie tekst).

[1] voor het softwarepakket Target3001 hebben klaargezet. Om dit bestand te kunnen gebruiken is geen volledige versie van dit CAD-pakket nodig; de demo-versie is voldoende. De print is door de auteur opgebouwd (**figuur 3**), waarbij bleek dat de schakeling beter werkt als voor R7 een waarde van $15\text{ k}\Omega$ in plaats van $2,7\text{ k}\Omega$ wordt gebruikt, even proberen dus. De print is geheel voor through-hole componenten ontworpen. Om piepschuim goed te kunnen snijden is ook de snijdraad van belang. Gangbare weerstandsdraad is minder geschikt, omdat deze een dusdanig lage weerstand heeft, dat bij lage spanningen zeer grote stromen nodig zijn. De auteur haalde zijn snijdraad uit afgedankte haardrogers, broodroosters, bakovens en dergelijke. Om goede resultaten te krijgen, moet de draad zorgvuldig en zonder knikken worden afgewikkeld en rechtgetrokken. Dunne staaldraad uit de modelbouw of gitarsnaren zijn minder goed bruikbaar, vanwege de hoge temperatuurcoëfficiënt. Op plekken waar veel warmte aan de draad wordt onttrokken koelt deze af, waardoor de weerstand afneemt, hetgeen nu net niet de bedoeling is. Er moet een compromis worden gevonden tussen trekvastheid, draadbreukrisico en de nauwkeurigheid waarmee kan worden gesneden. Als de draad doorhangt krijgen we geen mooi recht snijvlak. Maar dit is meer het terrein van Youtube, waar talloze instructieve video's zijn te vinden. De trafo voor het verhitten van de snijdraad moet worden aangepast aan de eigenschappen van die draad (weerstand en vermogen). De triac moet bij stromen van meer dan 1 A worden gekoeld. Een klein koelprofieltje zal meestal al voldoende zijn.

T3 kan stromen aan tot 5 à 10 A, maar dan zal zowel de koelplaat als zekering F1 daarop moeten worden aangepast. Afgezien van deze zekering is de schakeling niet kortsluitvast! ▶

180023-03

SCR gatepuls-generator

“Een, twee, drie vuur!” voor thyristoren en triacs

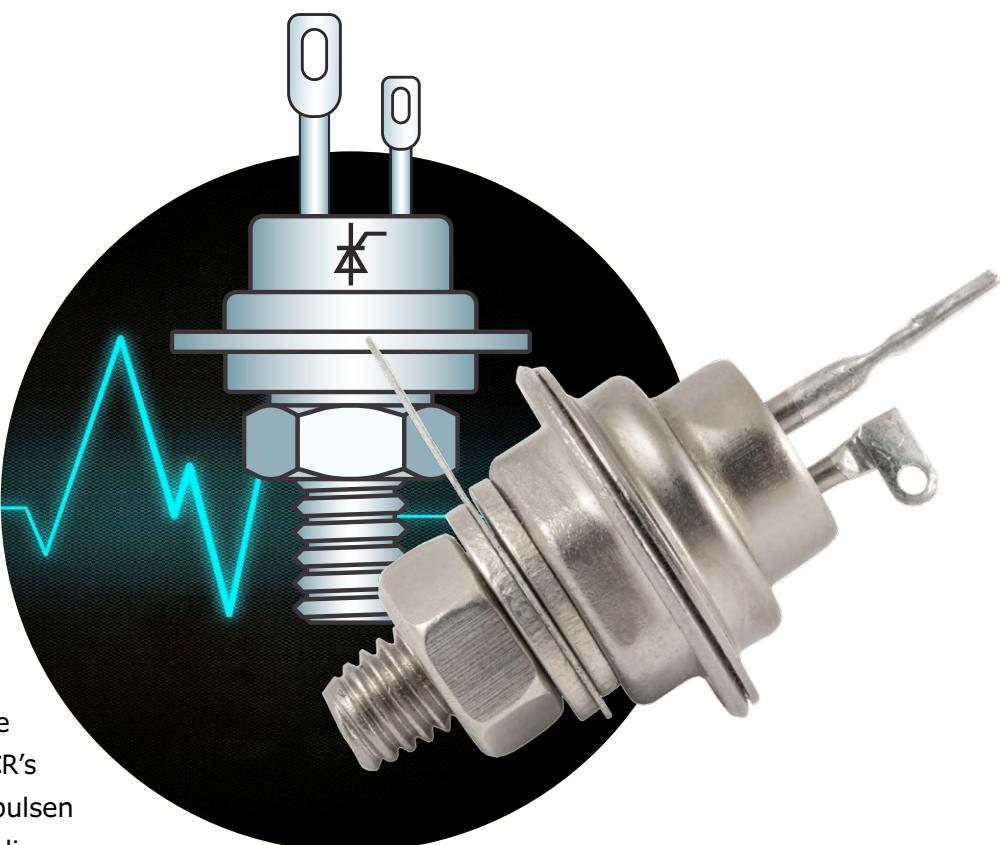
Ton Giesberts (Elektor Labs)

De aloude halfgeleiderfamilie der ‘silicon-controlled rectifiers’ of kortweg SCR’s bestaat onder andere uit thyristoren en triacs. In tegenstelling tot veel andere halfgeleiders, die tot op zekere hoogte kunnen worden getest en doorgemeten met een eenvoudige ouderwetse multimeter, moeten SCR’s dynamisch worden getest door pulsen op de gate te zetten. De eenvoudige maar effectieve schakeling die we hier presenteren, gebruikt de netspanning om gesynchroniseerde gatepulsen op te wekken.

Deze schakeling werd oorspronkelijk ontworpen voor gebruik met beide versies van de ‘dual-anode MOSFET-thyristor’ schakelingen elders in deze uitgave van Elektorlabs (dat betreft de printen 160515-1 v1.1 en 160515-2 v1.1), maar hij kan ook worden gebruikt voor andere toepassingen.

Werking van de schakeling

In het schema fungeert optocoupler IC1, een CNY65, als nuldoorgangsdetector voor de wisselspanning op de ingang K1. Twee standaard 100-k Ω weerstanden met een werkspanning van 250 V, R1 en R2, worden gebruikt om de LED in de optocoupler aan te sturen. Als de



spanning op K2 relatief laag is, kan het nodig zijn om de waarden van R1 en R2 te verlagen, zoals bij gebruik van de ‘LV’ -schakeling met nummer 160515-1. Voor de elektrische veiligheid heeft de CNY65-optocoupler de vereiste kruipafstand van meer dan 6 mm tussen de hoogspanningszijde (HV) en de laagspanningszijde (LV) op de print. **Indien nodig kunnen LV en HV worden doorverbonden met een weerstand van 0 Ω of een stukje draad op de positie van R3. Maar let op: de gehele schakeling is dan verbonden met de netspanning, en dus ook connector K4.** Het doorverbinden van de LV- en HV-zijde met R3 kan nodig zijn wan-

neer de +HV-uitgang van bruggelijkrichter D1...D4 (K1) wordt gebruikt (dit is bijvoorbeeld nodig bij de LV-schakeling 160515-1). Terug naar de optocoupler: zijn uitgangssignaal wordt geïnverteerd, gebufferd en versterkt door transistor T1, een BC547B. De volgende actieve component, IC2, is een dubbele comparator van het type LM393. Hij heeft een common-mode ingangsbereik van 0 V tot 1,5 V (bij 25 °C) onder het niveau van de positieve voedingsrail. Als een ingang binnen dit common mode-bereik ligt en de andere daarboven, zal er geen faseomkering optreden op de open collector-uitgang. Comparatoren IC2A en IC2B krijgen beide een referentiespanning van

PROJECT INFO

	testen en meten SCR triac thyristor
	beginners → gevorderden experts
	ongeveer 1 uur
	soldeerbout
	ca. € 20

seert. De +HV-uitgangsfrequentie van de dubbelfasige gelijkrichter is 100 Hz (K1), uitgaande van een netfrequentie van 50 Hz (netspanning aangesloten op K2). De uitgangsspanning op K1 kan worden gebruikt voor het voeden van een SCR-schakeling die een thyristor, triac of soortgelijke component bevat. Om de schakeling universeler te maken, levert connector K4 niet alleen het uitgangspuls-signaal maar ook de +5VDC-voedingsspanning. Daarvoor moet een externe 5 V gelijkspanningsvoeding worden aangesloten.

Wederom, wanneer weerstand R3 van 0 Ω op de print is gemonteerd, hangt de externe +5V-voeding ook aan de netspanning in de veronderstelling dat op K2 de netspanning is aangesloten. Er moeten voorzieningen worden getroffen om te voorkomen dat de schakeling tijdens het gebruik wordt aangeraakt. Verwijder altijd de netspanning bij het veranderen van de bedrading enzovoort.

De 2,5V-referentiespanning staat ook op K4 – de relevante pin kan zowel ingang als uitgang zijn. Afhankelijk van de toepassing kan dit handig zijn. Op K3 kan een externe potentiometer worden aangesloten, maar gebruik alleen een potmeter met een plastic as! Verwijder ook de instelpotmeter van de print, anders wordt deze parallel met de externe potmeter verbonden. Gebruik bij voorkeur alleen de instelpotmeter.

De uitgangstrap rond T2 werd toegevoegd om ervoor te zorgen dat de uit-

gangsspanning echt tot nul volt kan gaan. Het gebruik van alleen een weerstand met een lage waarde als een pullup aan de uitgang van IC2B om de gate van een thyristor aan te sturen, zal nog wat restspanning op de uitgang overlaten vanwege de open collector-uitgang van de comparator. Hoewel laag, kan een dergelijke spanning ervoor zorgen dat een te testen thyristor in de geactiveerde toestand blijft hangen. De waarde van 330 Ω voor R9 zorgt ervoor dat de meeste thyristors en triacs voldoende gatestroom krijgen om correct te worden geactiveerd, aangezien er meer dan 10 mA beschikbaar is.

Bouw van de tester

Op het eerste gezicht lijkt de enkelzijdige print (de component-overlay laat de kopersporen aan de onderkant zien) een beetje groot, maar houden wel rekening met de veiligheidsregels die zijn voorgeschreven, zoals een minimumafstand van 3 mm waar de netspanning aanwezig is. Aan de netzijde van de print hebben alle sporen een afstand van 6 mm tot de rand van de printplaat, ook om veiligheidsredenen. De DC-isolatietestspanning van de CNY65 is 13,9 kV gedurende 1 s. ▀

180611-04

IN DE STORE

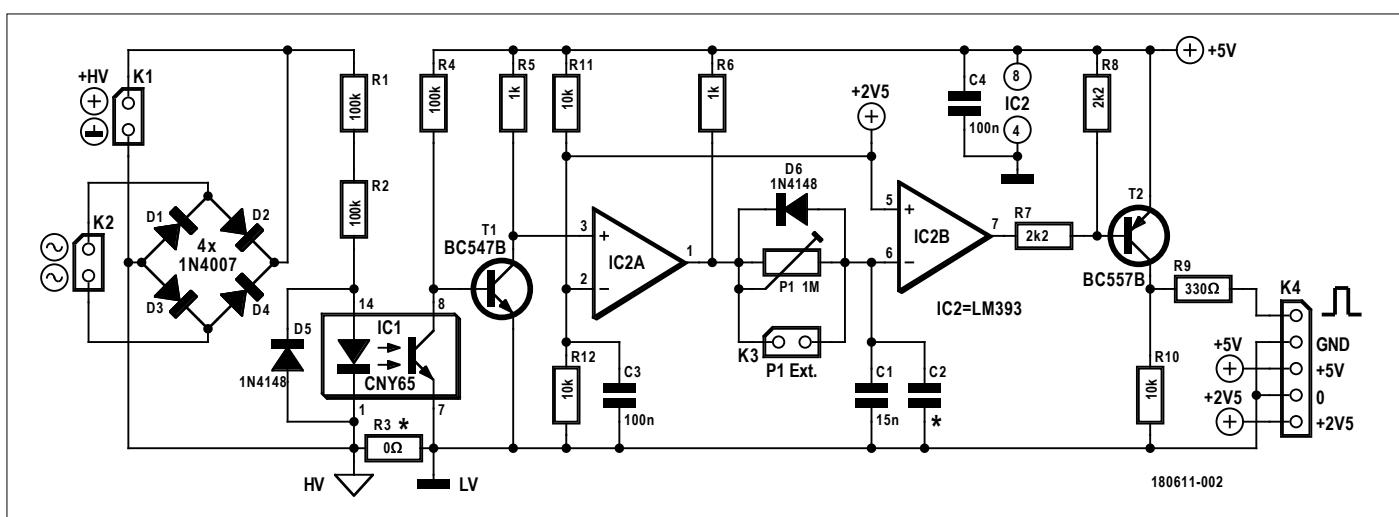
→ SCR gatepuls-generator,
kale print 180611-1 v1.0
www.elektor.nl/180611-1



2,5 V, gegenereerd door spanningsdeler R11/R12 en ontkoppeld met C3. Instelpotmeter P1 en condensator C1 zorgen tezamen voor de RC-tijdconstante van de puls. C2 is alleen nodig als de timing wat nauwkeuriger moet zijn, of bij een netfrequentie van 60 Hz. Rekening houdende met een tolerantie van 20% voor de (instel)potmers, is de RC-tijdconstante (τ) gelijk aan

$$\tau = (C_1 + C_2) \times P_1 \quad [\text{s}]$$

Diode D6 onlaadt condensator C1 direct nadat de ingangsspanning de nul pas-



Figuur 1: Met dit handjevol onderdelen kunnen SCR's zoals thyristoren en triacs op een veilige en gecontroleerde manier dynamisch worden getest. Voor het gemak is de SCR-triggerspanning gesynchroniseerd.



ONDERDELENLIJST

Weerstanden:

R1,R2,R4 = 100 kΩ, 5%, 0,25 W, 250 V
R3 = 0 Ω, 5%, 0,25W (of een draadbrug).

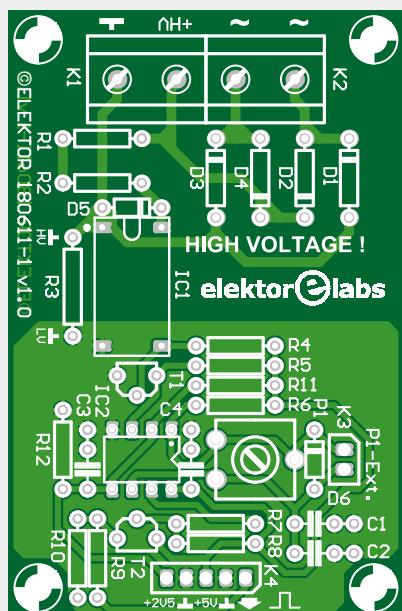
Zie tekst voor belangrijke veiligheidsinformatie
R5,R6 = 1 kΩ, 5%, 0,25 W
R7,R8 = 2,2 kΩ, 5%, 0,25 W
R9 = 330 Ω, 5%, 0,25 W
R10,R11,R12 = 10 kΩ, 5%, 0,25 W
P1 = 1MΩ, instelpotmeter horizontaal

Condensatoren:

C1 = 15 nF, 100V, 10%, PET, steek 5,0/7,5 mm
C2 = normaliter niet gemonteerd (zie tekst)
C3,C4 = 100 nF, 50V, 10%, X7R,
steek 5,0/7,5 mm

Halfgeleiders:

D1..D4 = 1N4007, DO-41
D5,D6 = 1N4148, DO-35
T1 = BC547B, TO-92
T2 = BC557B, TO-92
IC1 = CNY65, DIP-4 HV (lxb = 17,8 x 9,6 mm)
IC2 = LM393P, DIP-8



Diversen:

K1,K2 = 2-polige printkroonsteen, steek 0,3", geschikt voor 630 V
K3 = 2-polige pinheader, verticaal, raster 0,1"
K4 = 5-polige pinheader, verticaal, raster 0,1"

8-voudige DIL IC-voet, raster 0,1", 0,3" breed
(optioneel voor IC2)

Print # 180611-1 v1.0

Advertentie



Vlakbodem 10
+31 187 602 744

3247 CP Dirksland
www.tbp.nl

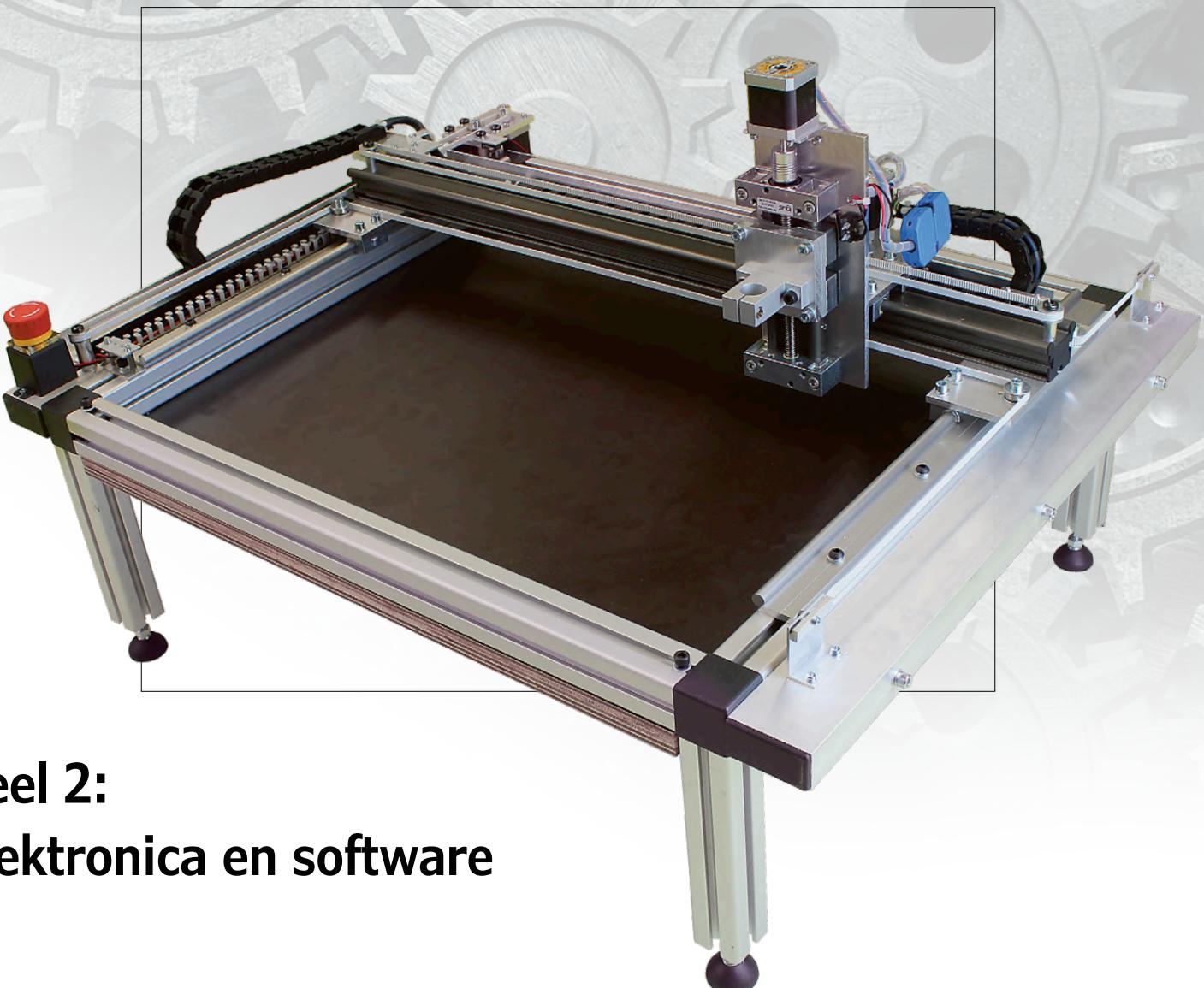
the Netherlands
info@tbp.nl

**focus on cost drives out quality
focus on quality drives out cost**

eabeurs.nl | 14 t/m 16 mei | stand 7B048

Wolverine CNC-portaalrobot

multifunctionele krachtpatser



deel 2: elektronica en software

Ilse Joostens (België)

In deel 1 van dit artikel (Elektorlabs maart/april 2019 [1]) kwam de mechanische opbouw van onze CNC-portaalrobot aan bod. Nu is het tijd voor de besturingselektronica en de software. Aan de hand van enkele eenvoudige CNC-projecten helpen we u de portaalrobot in gebruik te nemen en laten we u kennis maken met diverse softwarepakketten die u in combinatie met onze machine kunt inzetten voor uw eigen creaties.

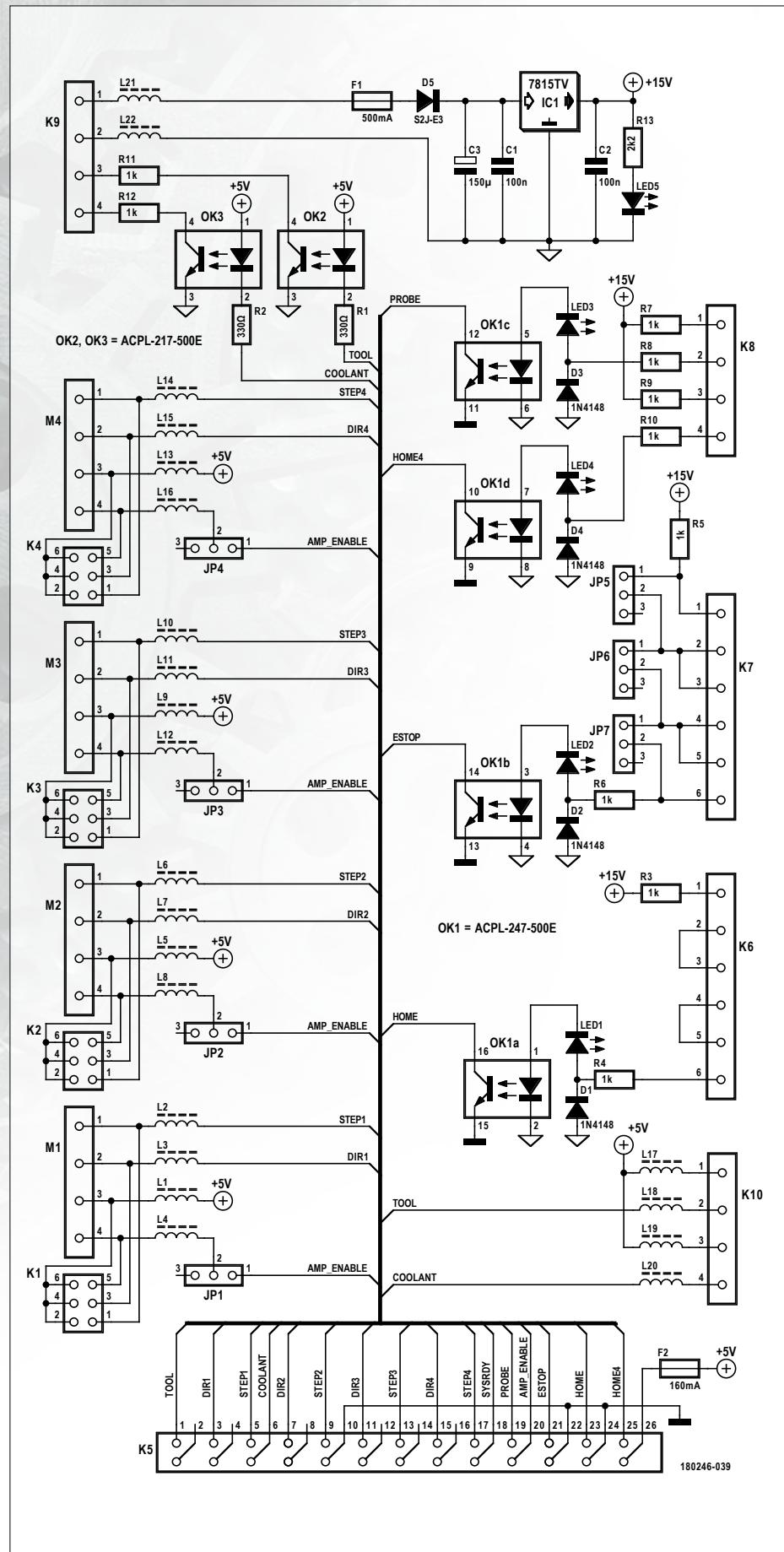
Tijdens de opbouw van het eerste prototype hebben we diverse CNC-sturingen en bijhorende software bekeken en er ook enkele in de praktijk uitgetest. Hoewel we gewoonlijk de voorkeur geven aan open source-software (en hardware), waren we deze keer toch wat minder gecharmeerd van het aanbod. Een bonte verzameling printjes onderling verbonden met een kabelspaghetti of een toren van Arduino-shields en stepsticks oogt niet alleen erg rommelig, maar kan ook aanleiding geven tot allerlei storingen — van slechte contacten tot elektromagnetische interferentie. Daar komt nog bij dat de elektronica bij deze wat meer industriële toepassing blootgesteld wordt aan behoorlijke mechanische trillingen en temperatuurverschillen.

Wat de software betreft werden we bij meerdere programma's getrakteerd op diverse crashes en bugs in de gebruikers-interface. Toen de machine tijdens handmatige bediening plots de verkeerde kant op ging, vonden we het stilaan welletjes. In tegenstelling tot grote CNC-machines blijven de potentiële gevolgen bij onze portaalrobot weliswaar beperkt, maar het is voldoende om een werkstuk te ruïneren of een freesje te breken.

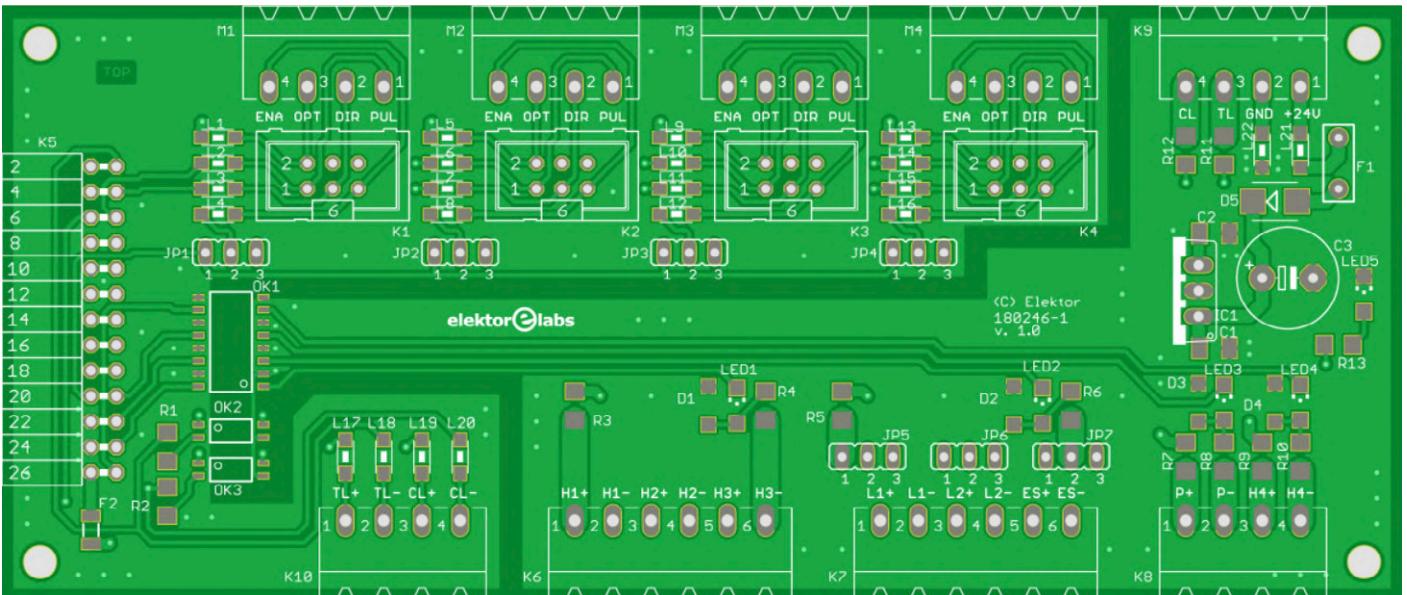
De CNC-sturing, het hart van de machine

Omwille van de problemen die we hebben ondervonden met open source CNC-sturingen, hebben we uiteindelijk voor een meer professionele oplossing gekozen in de vorm van een CNC-sturing van *Eding CNC*, een bedrijf dat meer dan 25 jaar ervaring heeft met motion-hardware, -software en -toepassingen [2]. Met hun nieuwe, in 2018 geïntroduceerde CNC310-starterbordje hebben we een betrouwbare én betaalbare oplossing gevonden. We zetten de eigenschappen hier even op een rijtje:

- Computer-interface via USB of ethernet (optioneel)
- Externe 5V-voeding of voeding via USB
- Uitgangen voor 3 assen met standaard STEP/DIR-interface
- Optionele 4^{de} as
- Maximaal 125 kHz stapfrequentie
- Ingangen voor homingschakelaars (in serie), probe/toolsetter en noodstop
- Uitgangen voor spindel, koelmiddel, motordrivers-enable en



Figuur 1. In het schema van het break-out-bordje zien we voornamelijk headers en aansluitblokken.



Figuur 2. Printlayout van het break-out-board.

system ready-signaal

- 2.5D CNC-starter-software, uit te breiden tot full 3D (optioneel)
- Ondersteuning voor een pendant

Een klein nadeel van het Eding CNC310-bordje zijn de relatief beperkte I/O-mogelijkheden en het feit dat de stappenmotordrivers niet op het bordje zelf geïntegreerd zijn. Dat laatste heeft ook een voordeel: door de standaard STEP/DIR-interface kan zo een heel scala aan motorsturingen gebruikt worden, van kleine tot grote stappenmotoren, al dan niet closed-loop, tot en met industriële servo's met DC-motoren.

Mocht u meer I/O nodig hebben, bijvoorbeeld voor het sturen van SMT-feeders bij een pick & place-toepassing, dan kunt u een van de duurdere controllers van Eding CNC overwegen.

De interface tussen het CNC310-bord en de rest van de machine bestaat uit een haakse 26-polige pinheader. Om het aansluiten van de bekabeling in de praktijk wat comfortabeler te maken, hebben we een breakout-bord ontworpen.

CNC310 breakout-board

In principe heeft de CNC310-controller alles aan boord om onze machine rechtstreeks aan te sturen en we hadden dan ook kunnen volstaan met een eenvoudig breakout-board met niet veel meer dan een 26-polige socket en printkroonstenen. Om het geheel wat robuuster te maken

en om mogelijke EMI-problemen te voorkomen, hebben we het breakout-board voorzien van wat extra elektronica in de vorm van optocouplers en ferrietspoeltjes. Het schema hiervan is te zien in **figuur 1**. De optocouplers dienen hierbij een dubbel doel: Enerzijds is de CNC310-controller zo geheel galvanisch gescheiden van de rest van de machine, anderzijds zijn de I/O-lijnen door het toepassen van extra 1k-weerstanden beschermd tegen elektrische foutcondities.

Mocht om wat voor reden ook één van de I/O-aansluitingen op K6 tot K9 ooit in aanraking komen met de 24V-voedingsspanning, dan gaat er niets stuk. Om de door de 1k-weerstanden gedissipeerde warmte (maximaal 0,6 W) in dat geval wat beter weg te geleiden, hebben we de weerstanden verbonden via extra dikke koperbanen op de print (zie **figuur 2**). Door de scheiding tussen de CNC310-controller en de machine en door het feit dat de rechtstreekse I/O-lijnen van de CNC310-controller niet vlak naast de draden van de motorsturing lopen, is de kans op problemen met de USB-interface van de CNC310 minimaal.

In industriële omgevingen raadt Eding CNC om dezelfde reden het gebruik van de ethernet-interface op het CNC310-bord aan. Ethernet voorziet eveneens in een galvanische scheiding, maar dit vereist een uitbreiding van de softwarelicentie én mogelijk de installatie van een extra netwerkkaart op de

host-computer.

De aansluiting van de stappenmotordrivers gebeurt via printkroonstenen M1-M4 of via kraagheaders K1-K4. Met jumpers J1-J4 kunt u het Amp Enable-signal van de CNC310-controller al dan niet doorsturen naar de stappenmotordrivers. Met dit signal kunt u stappenmotordrivers dus softwarematig in- en uitschakelen. Dit heeft als nadeel dat bij het opnieuw activeren van de drivers de stappenmotoren iets van positie kunnen veranderen. Met uitzondering van specifieke toepassingen raden daarom we aan om de drivers continu ingeschakeld te laten als de machine ingeschakeld is.

Op K6 kunt u de homingschakelaars aansluiten voor de eerste drie assen, gewoonlijk X, Y en Z. Omdat een contact verbreken betrouwbaarder is dan een contact maken, dient u voor de homingschakelaars NC-types (*Normally Closed*) te gebruiken. Omdat de CNC310-controller slechts over één ingang beschikt voor de homingschakelaars van deze assen, zijn de aansluitingen op de print in serie gezet (en wordt elke as separaat 'gehomed'). Een niet gebruikte ingang dient u dan ook met een stukje draad te overbruggen.

Volgens hetzelfde principe kunt u op K7 limietschakelaars en een noodstop aansluiten. Dit is optioneel en dient bij gebruik geactiveerd worden in de Eding CNC-software. De limietschakelaars hebben daarbij een vergelijkbaar

effect als een noodstop. Ongebruikte ingangen kunt u overbruggen met jumpers JP5-JP7.

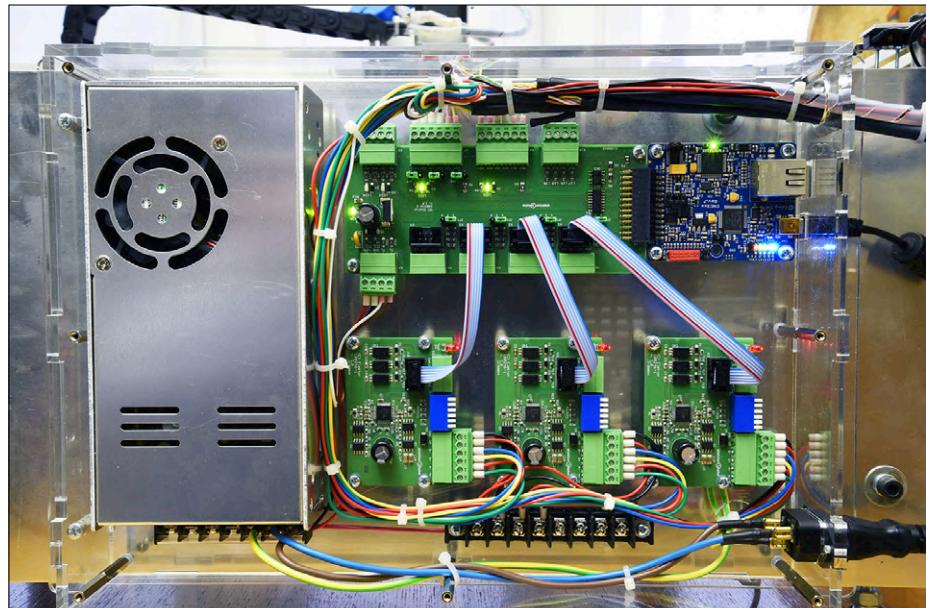
Een probe of toolsetter en een homing-schakelaar voor een vierde as kunt u aansluiten op K8. Voor een vierde as hebt u wel een additionele softwarelicentie nodig.

De uitgangssignalen van de CNC310-controller voor de freesspindel en koelmidelpomp zijn rechtstreeks beschikbaar op K10. Desgewenst kunt u hier een solid state-relais op aansluiten om bijvoorbeeld een 230V-freesspindel aan en uit te zetten vanuit software. Deze signalen vindt u ook galvanisch gescheiden via optocouplers terug op K9, waar u ze ook kunt gebruiken voor andere toepassingen, bijvoorbeeld om een laser aan of uit te zetten of een pick & place-kop te sturen. Op K9 sluit u ook de 24V-voedingsspanning voor het breakout-board aan. Deze spanning wordt intern door een lineaire 7815-regelaar omgezet naar een stabiele 15 V.

Stappenmotordrivers

Voor de stappenmotordrivers kunt u zowat elke kant-en-klare driver gebruiken die geschikt is voor NEMA 17-stappenmotoren. Voor ons prototype (zie **figuur 3**) hebben we echter een recent door ons ontwikkelde driver rond de nieuwe TMC2160-chip van Trinamic [3] gebruikt. Deze is geschikt voor motorstromen tot 3 A (RMS) en kan NEMA 17-, NEMA 23- en beperkt NEMA 34-motoren aansturen. Bijkomend voordeel is de geruisloze sturing van de motoren. Voor frezen maakt dat misschien niet zoveel uit, maar andere, stillere toepassingen worden zo een stuk minder energerend. Deze schakeling bespreken we uitgebreid in een separaat artikel dat in een van de volgende nummers van ElektorLabs zal verschijnen.

Het sturen van stappenmotoren is in de praktijk een stuk complexer dan u op het eerste gezicht zou vermoeden en een goede kwaliteit driver kan een wereld van verschil betekenen. We raden dan ook het gebruik van goedkope Chinese drivers en stepsticks af. Deze laatste zijn beter geschikt voor lichtere toepassingen en kunnen door hun kleine afmetingen en slechtere thermische eigenschappen behoorlijk heet worden. Belangrijk is ook dat de gebruikte stappenmotordriver een galvanische scheiding biedt tussen de stuuringangen en de voedingsspanning voor de motoren. Wilt u direct aan de



Figuur 3. De hardware voor de aansturing van de CNC-machine bestaat uit het Eding CNC310-board, ons CNC310-breakout-board en onze stappenmotordrivers op basis van de TMC2160.

slag, dan kunnen we de DM422C van Leadshine aanbevelen. Hiermee hebben we goede ervaringen.

Let op: bij het aansluiten van meerdere stappenmotordrivers is het belangrijk om de voeding van elke driver af te nemen van één centraal punt. Als u de voedingslijnen van driver naar driver doorlust, kunnen de drivers elkaar gaan beïnvloeden, wat niet de bedoeling is.

Eding CNC Starter Software

Download het *Eding CNC Starter Software Release for CNC310*-pakket en de bijhorende handleiding via de Eding CNC-website [2]. Vóór de installatie te starten, is het raadzaam om de handleiding grondig door te nemen. Voor alle duidelijkheid: het programma draait alleen onder Win-

dows (versies 7, 8 en 10).

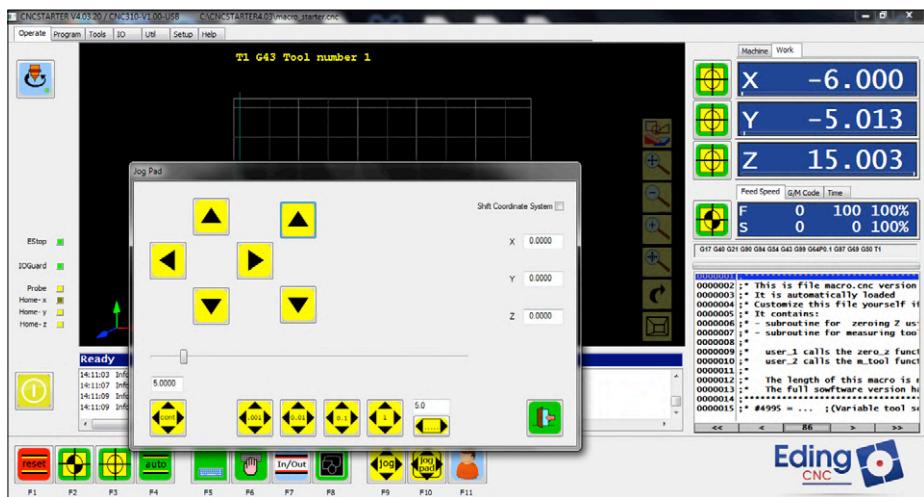
Belangrijk is om bij de installatie de USB-drivers mee te installeren en om in Windows zowel UAC als Windows Update uit te schakelen. U wilt het écht niet meemaken dat de CNC-machine in het midden van een langdurige job er plots de brui aan geeft omdat Windows zo nodig wil updaten...

Schakel verder energieschema's uit, zodat de computer zeker niet in slaapstand gaat, en geef de Eding CNC Starter Software administratorrechten. Start het programma ook op als gebruiker met administratorrechten.

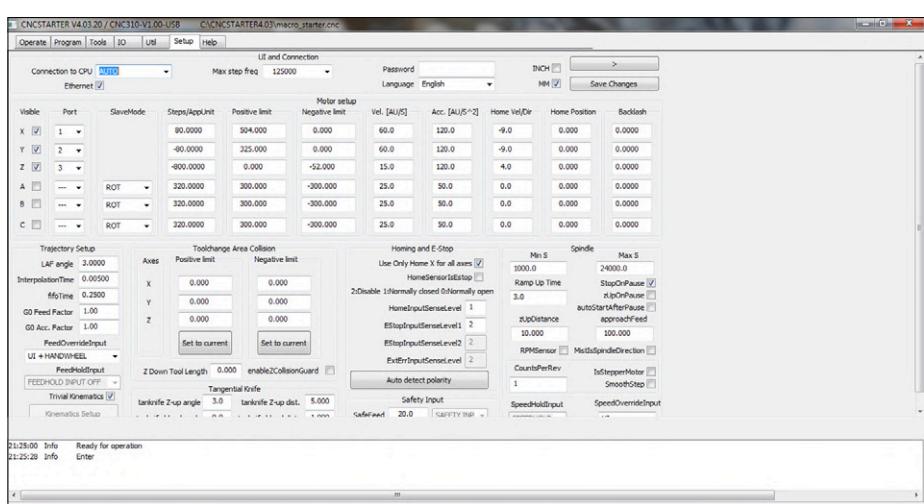
Alvorens de software voor de eerste keer te starten, kunt u het door ons ter beschikking gestelde cnc.ini-bestand [4] kopiëren naar de map waar de Eding-software

Weblinks

- [1] Elektorlabs maart/april 2019: www.elektormagazine.nl/180246-01
- [2] Website van Eding CNC: www.edingcnc.com
- [3] Website van Trinamic: www.trinamic.com
- [4] Downloads bij dit artikel: www.elektormagazine.nl/180246-B-01
- [5] Website van DraftSight: www.3ds.com/products-services/draftsight-cad-software/free-download
- [6] Website van EstLCAM: www.estlcam.de
- [7] Website van Flatcam: flatcam.org
- [8] Elektor YouTube-kanaal: www.elektor.tv



Figuur 4. Kies een stapgrootte van 5 tot 10 mm en beweeg de assen handmatig via het jogpad.



Figuur 5. In de setup stelt u belangrijke parameters van het programma in.

geïnstalleerd is. Daarmee staan de meeste instellingen meteen min of meer goed. Zorg ervoor dat de assen van de machine ongeveer in de middenstand staan, schakel de machine in en start de software. Druk op F1 om de machine te resetten en de stappenmotordrivers te activeren. Open vervolgens het jogpad (zie **figuur 4**) en kies een manuele beweging van de assen van ongeveer 5 tot 10 mm. Klik vervolgens op de pijlen om de assen één voor één handmatig te bewegen. Mocht één of meerdere assen de verkeerde richting uit gaan, dan kunt u dat aanpassen in het tabblad "Setup" bij de waarden voor "Steps/AppUnit" door een minteken toe te voegen dan wel te verwijderen.

Sla de instellingen op, ga terug naar het hoofdscherm en druk opnieuw F1. Als

de homingschakelaars correct zijn aangesloten, kunt u nu een homing van de assen uitproberen.

Als dat allemaal naar behoren werkt, is het tijd voor de kalibratie van de machine. Voor de waarden van "Steps/AppUnit" in het tabblad "Setup" (**figuur 5**) kunt u beginnen met een waarde van +/- 80 voor de X- en Y-as en +/- 800 voor de Z-as (bij 1/8 microstepping). Dit is het aantal stappen dat naar de stappenmotordriver gestuurd dient te worden om de betreffende as over een afstand van 1 mm te bewegen. Open opnieuw het jogpad en begin met het bewegen van de assen over een bekende afstand, bijvoorbeeld 20 of 40 mm. Meet vervolgens de reële verplaatsing van de as met een schuifmaat en pas de waarde van "Steps/AppUnit" zodanig aan, dat de verplaatsing in de software overeenkomt

met de fysieke verplaatsing van de as. In plaats van het jogpad kunt u desgewenst ook G-code-commando's gebruiken om een as te verplaatsen. Met "G00 X100" verplaatst u de X-as 100 mm naar rechts vanaf het werkstuk-nulpunt. Door vervolgens het commando "G00 X200" te geven, verplaatst de X-as zich 100 mm naar rechts ten opzichte van de vorige positie, wat u met de schuifmaat kunt nameten.

Als alle assen gekalibreerd zijn, is de machine klaar voor gebruik. Het praktische gebruik van de machine en de te volgen workflow leggen we verderop uit aan de hand van een eenvoudig project voor een tafellamp en een printje voor een looplichtje.

G-code

G-code, of ook wel RS-274, is de meest voorkomende programmeertaal voor computergestuurde productiewerk具 (CNC-machines). De taal bevat verschillende commando's voor het aansturen van motoren en voor het bewegen van gereedschappen volgens gedefinieerde paden met instelbare snelheden met het doel materiaal weg te nemen van een werkstuk tot een afgerukt product ontstaat. Waar G-code oorspronkelijk gebruikt werd voor het sturen van verspanende machines, wordt het tegenwoordig ook gebruikt voor het aansturen van andere processen zoals lasersnijden, meetsystemen, fotoplotters en natuurlijk ook 3D-printers.

Een eerste implementatie van een dergelijke programmeertaal werd eind jaren '50 ontwikkeld in het laboratorium voor servomechanismen van het MIT. In de daaropvolgende jaren werden verschillende versies van G-code ontwikkeld door diverse organisaties, met de nodige compatibiliteitsproblemen tot gevolg. Veel machinebouwers volgden in de periode 1970-1990 de commando-set die Fanuc voor zijn CNC-controllers gebruikte. Momenteel spelen compatibiliteitsproblemen minder een rol omdat CAM-software gewoonlijk verschillende implementaties van G-code kan genereren naar gelang de gebruikte CNC-machine.

Hoe komen we nu aan een G-code-bestand voor onze machine? Vroeger werd G-code wel vaker met de hand geschreven, maar tegenwoordig zijn er diverse handige CAM-softwarepakketten beschikbaar (CAM = Computer Aided Manufacturing) die G-code kunnen genereren.

CAM-software

Er is heel wat CAM-software beschikbaar, al dan niet als Open Source en met prijzen uiteenlopend van gratis tot enkele duizenden euro's. Naast complete CAD/CAM-oplossingen waarmee je vanaf nul een object kunt ontwerpen, zijn er ook CAM-processoren beschikbaar die bestaande CAD-data kan omzetten naar G-code. Sommige daarvan zijn gericht op specifieke toepassingen zoals het frezen van printplaten en 3D-printen. Enkele voorbeelden van dergelijke programma's zijn Fusion 360, SolidCAM, Vectric, Flatcam, CAMBAM, EstlCAM, DeskProto, SprutCAM, SheetCAM, Inventor (met plugin Inventor HSM), Dolphin CAD/CAM.

We beseffen dat dit alles behoorlijk intimiderend kan overkomen en we helpen u dan ook op weg met een paar eenvoudige en betaalbare softwarepakketten. Daarbij is onze keuze gevallen op de combinatie van Draftsight [5] (2D CAD-programma) en EstlCAM [6]. Voor niet-commercieel gebruik kunt u Draftsight gratis gebruiken en EstlCAM kunt u gedurende een proefperiode eveneens gratis uittesten met volledige functionaliteit. Indien u EstlCAM wil blijven gebruiken, kost een licentie € 49. Het programma is bijzonder intuïtief en eenvoudig in gebruik en biedt desondanks zeer krachtige mogelijkheden.

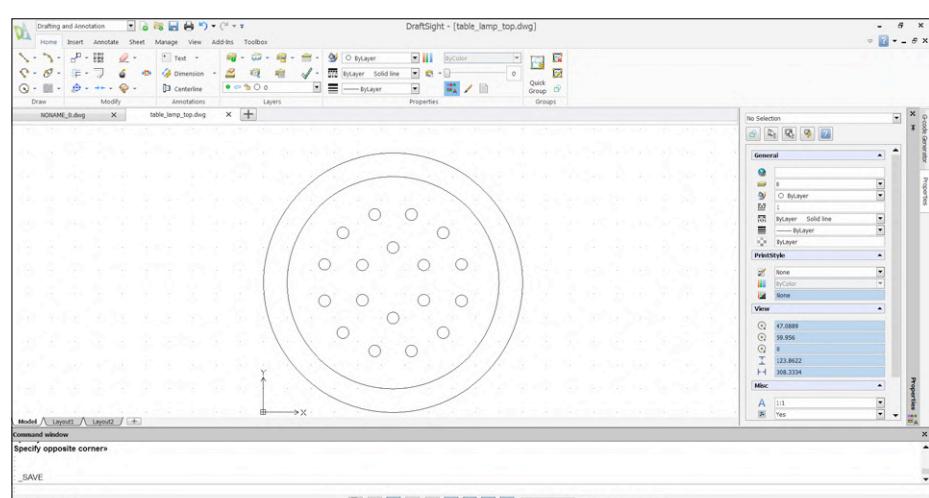
Een tafellamp voor sfeerverlichting

Onze tafellamp bestaat uit een standaard snoeppot met een rond deksel op een uit MDF gefreesde sokkel. In de sokkel hebben we afwisselend warmwitte en koudwitte 5mm-leds gemonteerd die de snoeppot van de onderkant belichten. Het geheel wordt gevoed met een 12V-adapter. Voor ons prototype hebben we de snoeppot gevuld met stukjes plexiglas (afval van lasersnijden), maar u kunt ook knikkers, kleine glazen flesjes of namaak-ijsblokjes gebruiken. Het idee is dat het licht van de leds in alle richtingen geleid en gereflecteerd wordt, waarbij de afwisseling van warmwit en koudwit licht een speciaal effect geeft, zie **figuur 6**. De sokkel is opgebouwd rond drie uit 12 mm dik MDF gefreesde delen die aan elkaar gelijmd en geschroefd worden. We gebruiken hiervoor een 3mm-freesje met twee snijkanten van Proxxon (HM Multifrees type 28761).

We beginnen met het tekenen van de bovenkant, middengedeelte en onder-



Figuur 6. Zo gaat onze tafellamp eruit zien.

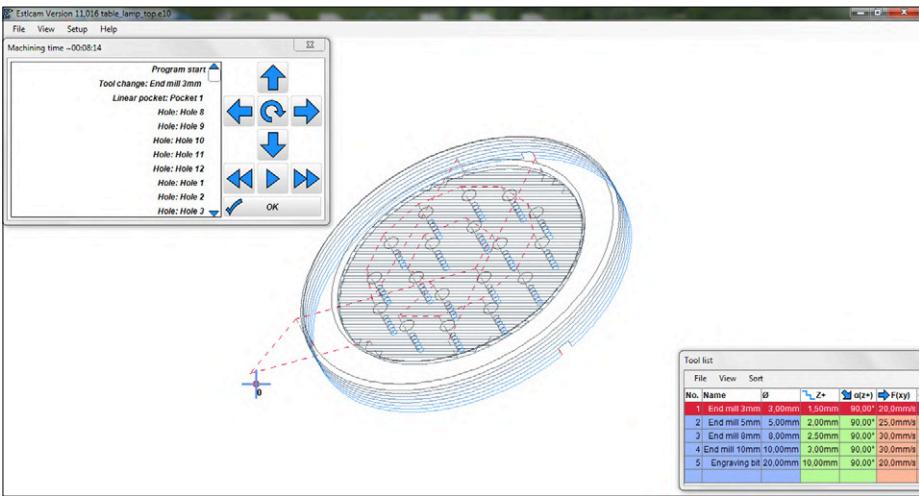


Figuur 7. Met DraftSight tekenen we de lamp en produceren we DXF-bestanden.

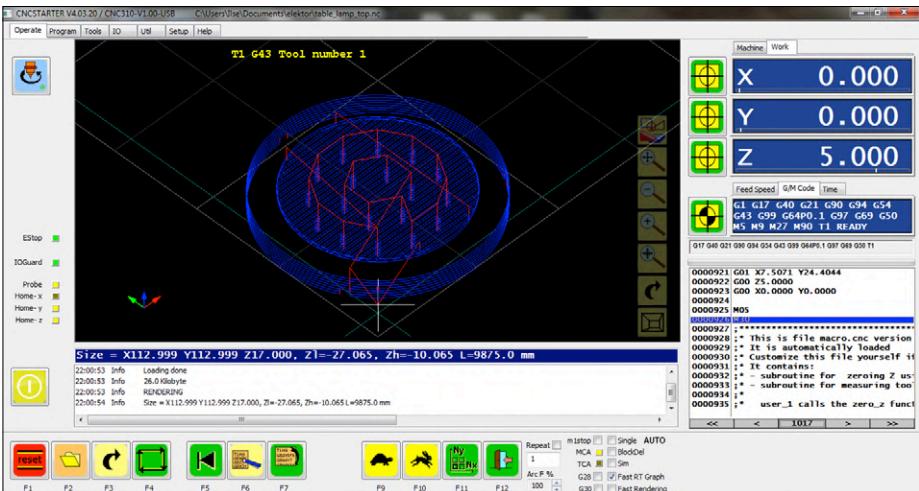
kant in Draftsight (**figuur 7**). Omdat het slechts om een aantal cirkels gaat, is dit vrij snel en makkelijk. Sla de tekeningen op als DXF-bestanden. U kunt natuurlijk ook elk ander programma dat DXF-be-

standen kan exporteren gebruiken. Vervolgens starten we EstlCAM en openen we ons eerder gemaakte DXF-bestand. We nemen het bestand voor de bovenste MDF-plaat als voorbeeld. Kies

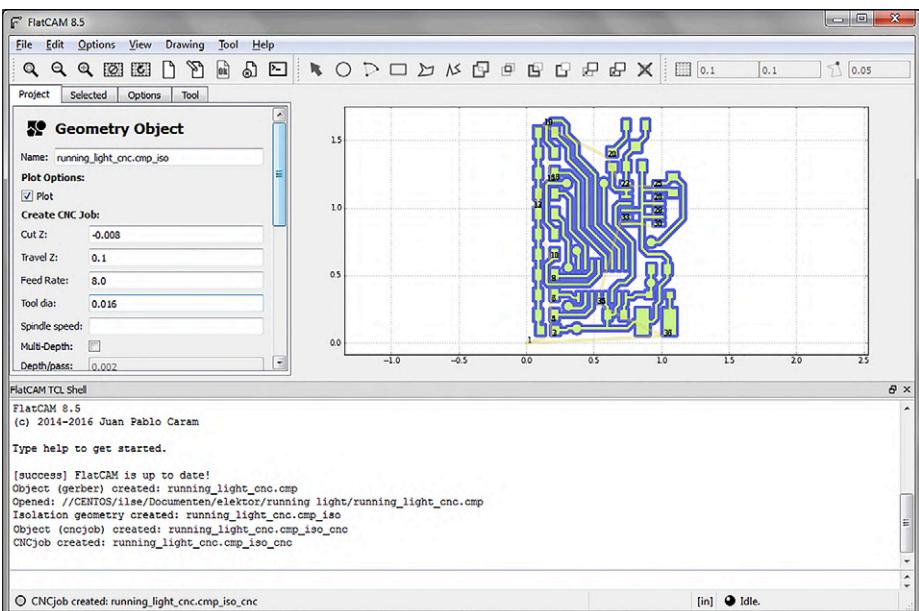
IN DE STORE
→ Eding CNC310-board
www.elektor.nl/cnc310



Figuur 8. De DXF-bestanden importeren we in EstlCAM, waarmee we de G-code kunnen genereren.



Figuur 9. De G-code kan nu in Eding CNC Starter Software geopend worden om het werkstuk te frozen.



Figuur 10. Met het programma Flatcam kunnen we G-code genereren op basis van gerber-bestanden.

in EstlCAM een 3mm-frees (End Mill 3 mm) als tool of maak desnoods een nieuwe tool aan (**figuur 8**). Geef de volgende parameters mee: "Depth per pass - Step down": 1,5 mm, "Plunge angle": 90°, "Feedrate": 1200 mm/min (20 mm/s), "Plunge feedrate": 600 mm/min (10 mm/s) en "Stepover": 90%. De parameter "RPM" maakt niet uit omdat we het toerental op de Proxxon boorslijper handmatig instellen op ongeveer 18.000 tpm.

Normaal gezien zijn er formules en tabellen om de feedrate te berekenen, maar omdat onze machine niet zeer rigide is en het vermogen van de Proxxon boorslijper beperkt is, raden we aan om wat meer conservatief te zijn.

Klik vervolgens op de knop "Hole" (links) en selecteer de middelste grote cirkel uit het DXF-bestand. Kies "Toolpath depth": 3 mm, "Start level": 0 mm en "Machining order": 10. Klik op de knop "Pocket" en kies "Pocketing strategy": Linear. Dit houdt in dat de middelste cirkel in twee stappen over een totale diepte van 3 mm uitgefreesd zal worden door evenwijdige bewegingen van de frees.

Selecteer vervolgens de kleine cirkels voor de gaten voor de 5mm-leds. Voor elk van deze gaten geeft u volgende parameters op: "Toolpath depth": 9 mm, "Start level": 3 mm, "Machining order": 20.

Kies nu de knop "Part" aan de linkerkant en klik op de buitenste grote cirkel. Kies "Toolpath depth": 12 mm, "Start level": 0 mm en "Machining order": 30. Plaats met de knop "Holding tab" drie tabs op de cirkel en kies "Holding tab length": 1,5 mm en "Holding tab height": 3 mm. Hierdoor wordt het frezen op de plaats van de tabs onderbroken, zodat het werkstuk nog vastgehouden wordt





ONDERDELENLIJST

Weerstanden:

R1,R2 = 330 Ω (SMD 1206)
 R3...R12 = 1 k, 660 mW (SMD 1206), bijv.
 Panasonic ERJP08F1001V
 R13 = 2k2 (SMD 1206)

Condensatoren:

C1,C2 = 100 n, 50 V, X7R
 C3 = 150 μ, 50 V

Halfgeleiders:

D1...D4 = 1N4148 (SMD SOD123)
 D5 = S2J-E3
 LED1...LED5 = led, groen (SMD 1206)
 OK1 = ACPL-247-500E
 OK2,OK3 = ACPL-217-500E
 IC1 = 7815 (TO-220)

Diversen:

L1...L22 = Ferrite bead, 2512067007Y3
 (SMD 1206)
 F1 = PPTC resettable fuse, 500 mA,
 60R050XPR
 F2 = PPTC resettable fuse, 160 mA
 (SMD 1206)
 JP1...JP5 = 3-polige pinheader + jumper,
 steek 2,54 mm
 M1...M4, K8...K10 = Phoenix Contact
 MC1.5/4-G-3.81 + MC1.5/4-ST-3.81
 K1...K4 = 2x3-pens kraagheader,
 steek 2,54 mm
 K5 = 2x13=pens socket header, haaks,
 steek 2,54 mm
 K6,K7 = Phoenix Contact MC1.5/6-G-3.81 +
 MC1.5/6-ST-3.81

tijdens het frezen! Ook een stofmasker kan nuttig zijn afhankelijk van het type materiaal dat bewerkt wordt.

Een printje voor een looplichtje

We hebben als tweede project ook nog een printje voor een looplichtje met SMD-componenten ontworpen. Het is gebaseerd op een decadeteller (CD4017) met een 6-voudige Schmitt-trigger inverter (CD40106) voor het kloksignaal. Met het programma Flatcam [7] hebben we een G-code-bestand gegenereerd op basis van de gerber-bestanden voor het looplichtje (zie **figuur 10**). Het uiteindelijke frezen hebben we met een hardmetal puntig graveervreesje gedaan (0,1 mm / 30°).

Alle projectbestanden zijn te downloaden via de Elektor-website [4] zodat u meteen aan de slag kan. Om één en ander nog duidelijker te maken, kunt u nog meer foto's downloaden via de website. Daarnaast kunt u een en ander ook nog eens bekijken op een aantal korte filmpjes op ons YouTube-kanaal [8].

(180246-B-01)

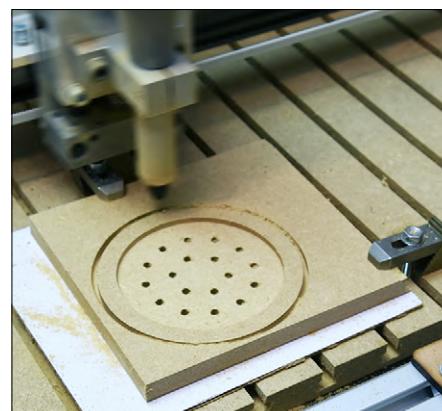
als de frees helemaal door het materiaal heen is. Wanneer je dit niet doet, bestaat de kans dat het werkstuk loskomt en gegrepen wordt door de frees met beschadigingen tot gevolg.

Bewaar het project als een .e10-bestand. Met de knop "Preview" kunt u een simulatie uitvoeren van hoe het project door de machine gefreesd zal worden. Indien alles naar wens is, kunt u de G-code via "File -> Save CNC program" laten genereren en opslaan als een .nc-bestand. Onder "Setup -> CNC Program settings" kunt u eventueel nog een postprocessor kiezen. De optie "Default" lijkt goed te werken, maar u kunt ook "Eding CNC" kiezen.

Nu is het tijd om de Eding CNC Starter Software te openen. Gebruik het jogpad om de frees naar de juiste positie

te manoeuvreren en stel deze als werkstuk-nulpunt in. Positioneer vervolgens de Z-as zodat de frees zich ongeveer 5 mm boven het werkstuk bevindt en importeer het eerder gemaakte G-code-bestand (**figuur 9**). Zet de Proxxon-boorslijper aan, regel het toerental op 18.000 tpm en start vervolgens de freesjob. Gebruik een stofzuiger om regelmatig de spanen op te zuigen. Als u nog niet helemaal zeker bent van uw werkstuk, is 'in de lucht frezen' ook een mogelijkheid. Zo krijgt u een idee van de bewegingen van de machine zonder risico te lopen op een crash.

Als u in de toekomst ook hardere materialen en metalen wilt gaan bewerken, dient u zeker eens trochoïdaal frezen in EstLCAM te bekijken, echt een aanrader. Belangrijk: draag altijd een veiligheidsbril





productronica
fast forward
the start-up platform

powered by Elektor

Elektronica start-ups: doe mee aan productronica Fast Forward 2019

By Elektor Fast Forward Team



Photo credits: Jens Nickel and Clemens Valens @ electronica Fast Forward 2018.

Fast Forward is het start-up platform van Elektor, en is zelf ook ooit begonnen als start-up met eigenlijk niet meer dan een paar krabbels op een bierviltje. Na twee succesvolle presentaties op de elektronica-beurzen in 2016 en 2018 had Fast Forward de reputatie ‘totaal innovatief’ te zijn. Samen met Messe München rollen we nu Fast Forward opnieuw uit op productronica 2019 van 12 tot 15 november. Het team achter Fast Forward is trots op wat er sinds 2016 is bereikt. Bent u een beginnende onderneming met een briljant idee en bent u toe aan de sprong in het diepe? Ons team kan u helpen een groot publiek te bereiken. We bieden u serieuze en vakkundige ondersteuning in marketing en sales. Elektor staat klaar om u te helpen.

Elektorlabs-magazine en Elektor Industry-magazine behandelen het vakgebied elektronica ten behoeve van zowel de serieuze amateur als de professional. Beide uitgaven hebben een gemeenschappelijk belang om start-ups, spin-outs en scale-ups te helpen bij het bereiken van een professioneel niveau en bij het vinden van vakbekwame partners voor de financiering, de productie en de marketing van hun geesteskind.

“Dat is awesome / gaaf / super / cool / top / geil / fantastisch / veelbelovend! Kan Elektor dat ook voor mij doen?” Zeker! Ons racevehikel voor deze taken is ontzettend snel en heeft grote invloed in de elektronica-wereld. Het heet **Fast Forward**. In 2016 maakte het FFWD-team een gedegen indruk op de prestigieuze elektronica-beurs in München en sindsdien is het team in (en op) het circuit actief gebleven. November

Wedstrijd-tijdlijn

- Inschrijven kan tot **1 oktober 2019**.
- De jury beoordeelt alle inzendingen. De meest veelbelovende deelnemers wordt gevraagd om nader gedetailleerde informatie aan te leveren.
- De jury kiest een groep finalisten die de gelegenheid krijgt om hun start-ups te pitchen op *productronica 2019*. Deze finalisten krijgen een presentatieruimte binnen ons *productronica Start-up Platform* op *productronica 2019*.
- In november 2019 presenteren de finalisten hun start-up op het *productronica start-up-platform* op *productronica 2019*. De jury kiest drie winnaars.

- uw innovatieve product of dienst presenteren op de Fast Forward-stand op *productronica 2019*;
- meedingen met andere Fast Forward-finalisten naar een marketing-campagne samen met Elektor ter waarde van € 25.000;
- potentiële partners, investeerders en klanten van over de hele wereld ontmoeten;
- uw start-up-onderneming presenteren aan 250.000 lezers van Elektorlabs en Elektor Industry.

Teams met lef

U mag het stoutmoedig noemen, maar het is onze vaste overtuiging als Elektor FFWD-team dat elektronica start-ups hun kostbare tijd niet moeten verspillen aan verhalen over wat al bestaat, waarom die ‘zo goed’ zijn en ‘goed in de markt liggen’ en bla bla bla. Bent u daarentegen een start-up met:

- bestaande financiering, hoe klein en/of virtueel ook;
- een goed omschreven ondernemingsplan en marketingplan;
- een professionele aanpak;
- een uitstekende presentatie;
- uithoudingsvermogen;
- pit;
- een serieuze ambitie om beroemd te worden met uw team en uw geesteskind;
- geen enkele angst voor de jury van Fast Forward en hun cameraploeg,

doe dan wat de winnaars van FFWD 2016 en 2018 ook deden, en druk op de fast-forward-knop! Het enige wat u hoeft te doen is u inschrijven voor het p-FFWD-event dat Elektor organiseert op *productronica München* van 12 tot 15 november 2019.

De prijzen

Alle inzendingen worden beoordeeld en geëvalueerd door de jury. Uitblinkers worden uitgenodigd om hun start-up te presenteren op *productronica 2019* en maken kans op marketing door Elektor ter waarde van duizenden euro's en een stand op *productronica 2021*.

- **Eerste Prijs:** een marketingpakket ter waarde van € 25.000 van Elektor International Media, waaronder een beursstand op *productronica 2021*.
- **Tweede Prijs:** een marketingpakket ter waarde van € 15.000 van Elektor International Media.
- **Derde Prijs:** een marketingpakket ter waarde van € 5.000 van Elektor International Media.



Sponsor worden

productronica Fast Forward, the start-up platform powered by Elektor, editie 2019, is ook een uitstekende kans voor elk elektronica-bedrijf om zijn product of dienst te promoten door middel van sponsoring of met een demo of een presentatie binnen het Fast Forward 2019-forum. Als *productronica* Fast Forward Sponsor kunt u rekenen op een complete mediacampagne met promotie on-site, advertenties in tijdschriften, online banners en meer. Er zijn diverse sponsorpakketten beschikbaar, aangepast aan uw behoeften.

Meer informatie heeft margriet.debeij@elektor.com.

2018 was zo mogelijk een nog groter succes, en daarom pakken we in november van dit jaar nog eens extra flink uit op *productronica 2019*.

Inschrijven voor p-ffwd 2019 biedt u de kans om uw innovatie te presenteren aan de elektronica-gemeenschap wereldwijd. Wordt u uitverkoren, dan kunt u:

Doe het nu. Dit is de knop die u moet indrukken:

www.elektormagazine.com/p-ffwd

Het team kijkt naar u uit!

190147-01

Microcontroller-kits voor gevorderden voor veeleisende projecten

Wie met de Arduino Uno of andere 8-bit controllerboards werkt, maar voor veeleisende projecten meer rekenkracht nodig heeft, ontkomt niet aan het gebruik van 32-bits microcontrollers en professionele ontwikkelomgevingen. Elektor-auteurs Viacheslav Gromov en Tam Hanna laten u in dit artikel zien dat dit minder ingewikkeld is dan u denkt.

Tam Hanna is een van de bekendste Duitstalige journalisten op het gebied van software. Hij woont eigenlijk in Bratislava, maar is vaak onderweg naar elektronica-congressen en computersymposia. Zijn aandachtsgebieden zijn PC-programmering, Android, single-board computers en het IoT.

Voor ons heeft Tam het 'Wemos Lolin ESP32 OLED'-board uitgeprobeerd, dat via WLAN en Bluetooth in verbinding staat met de netwerken van de buitenwereld.

Viacheslav Gromov (readers@gromov.de) is freelance-journalist en -ontwikkelaar op het gebied van elektronica. Hij schrijft al sinds zijn schooltijd artikelen en boeken voor verschillende vaktijdschriften. Zijn expertise ligt op het gebied van kunstmatige intelligentie, (ARM-)MCU's en FPGA'S; daarnaast schrijft hij leerboeken voor hogescholen en halfgeleiderfabrikanten, en is hij ook betrokken bij internationale productontwikkelingen. Onlangs heeft Viacheslav een startup opgericht voor de ontwikkeling van producten met kunstmatige intelligentie voor autonoom rijden.

Wemos Lolin ESP32 OLED

Tam Hanna (Slowakije)

Het Lolin ESP32 OLED van de Chinese fabrikant Wemos verenigt een ESP32-controller inclusief antenne met een klein monochroom OLED-display dat door een SSD1306-controller wordt aangestuurd. Beide controllers zijn via een I²C-bus met elkaar verbonden. De module kan met de Arduino-IDE worden geprogrammeerd en er is een bibliotheek voor de OLED-controller beschikbaar.

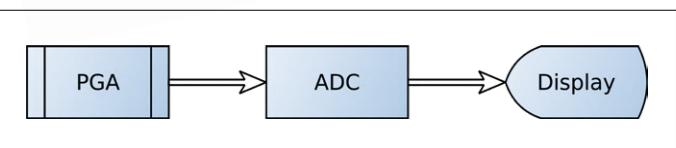
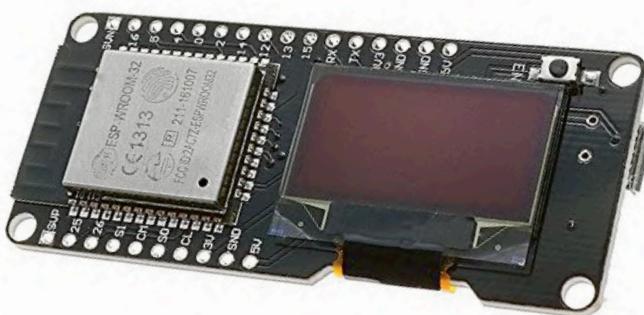
Als voorbeeldproject gaan we een datalogger maken die is voorzien van een autorange-functie. Ik maak hierbij (zoals meestal) gebruik van ontwikkel-PC's waarop Linux draait.

Over de techniek

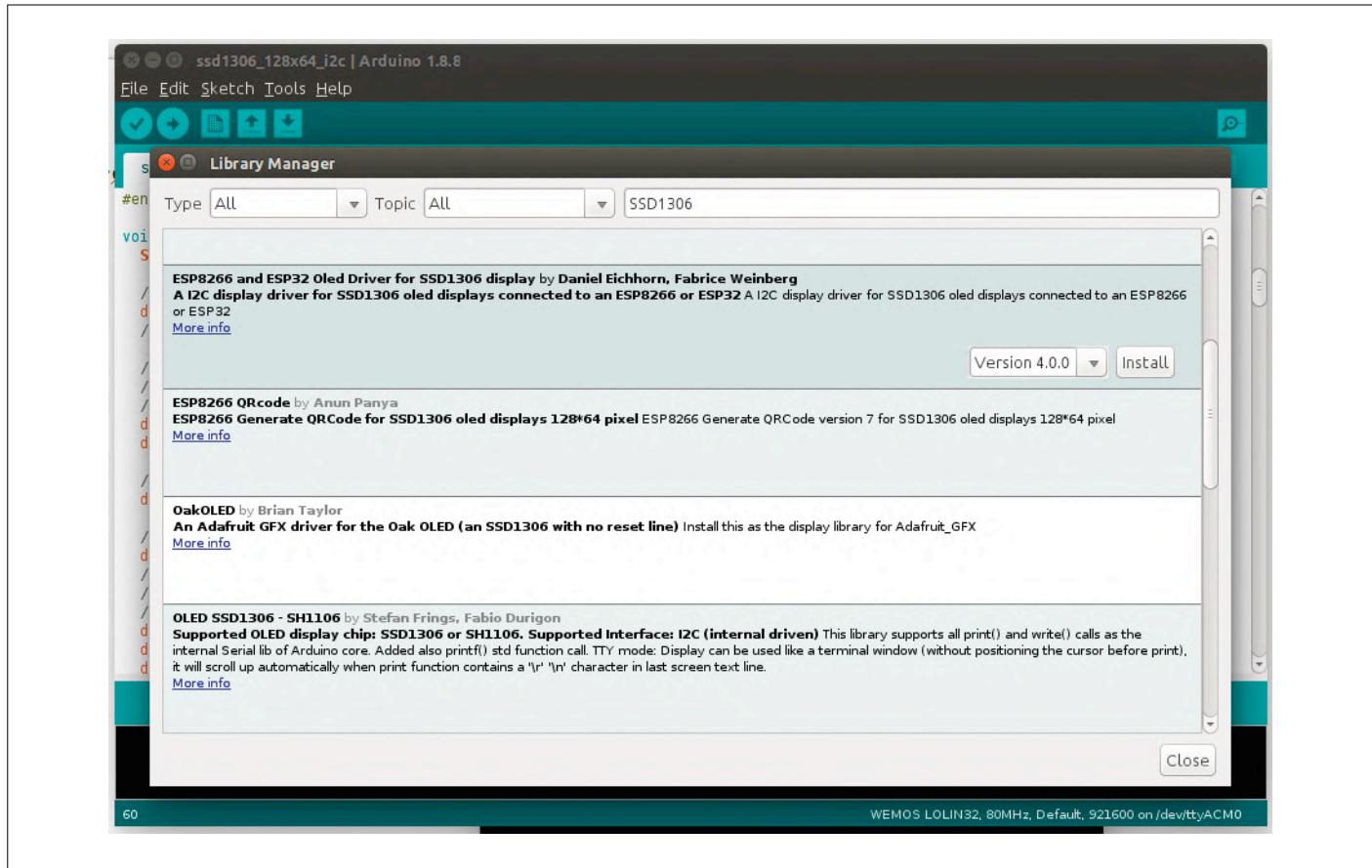
In dit stadium moet eerst worden nagedacht over de uiteindelijke architectuur van het project. In ons geval gaat deze er uitzien zoals in **figuur 1** is weergegeven. Als u het blokschema goed bekijkt ziet u dat ik op dit moment nog niet heb besloten wat voor hardware er voor de omschakeling van het meetbereik zal worden gebruikt.

Als u onder tijdsdruk werkt (zoals ik voor dit artikel), is het van belang om u zoveel mogelijk op 'kant-en-klare' code te oriënteren. In de bibliotheek-repositories is een displaydriver beschikbaar. De bestanden kunt u met de Arduino-IDE downloaden (zie **figuur 2**).

Volgens een oud gezegde zijn er veel wegen die naar Rome leiden. Dit geldt ook voor I²C-displays want de leverancier van de print kan namelijk zelf bepalen via welke pennen hij het display met de ESP32 verbindt. In de body van het programma bevindt dan ook slechts de volgende niet-compileerbare declaratie:



Figuur 1. De autorange-functie maakt dat de ADC efficiënt wordt gebruikt.



Figuur 2. Deze bibliotheek zorgt voor de aansturing van het display.

```
// Initialize the OLED display using Wire library
SSD1306Wire display(0x3c, D3, D5);
```

We gaan nu eerst de voor ons geldende I²C-waarden opzoeken in de documentatie van het Lolin-board. Dit levert het volgende op:

```
// Initialize the OLED display using Wire library
SSD1306Wire display(0x3c, 5, 4);
```

De volgende stap is om met behulp van het dmesg-commando te bepalen waar de ESP32 zich in de /dev-boom van het besturingssysteem heeft genesteld:

```
tamhan@tamhan-thinkpad:~$ dmesg
...
[29329.470219] cp210x 3-2:1.0: cp210x converter
detected
[29329.470635] usb 3-2: cp210x converter now attached
to ttyUSB0
```

Nu is het een goed idee om het gedownloade display-codevoorbeeld uit te voeren. Daarmee kunnen we namelijk controleren of de compilatie-toolchain werkt.

Af kijken mag...

We gaan nu het demo-programma als uitgangspunt voor ons eigen project gebruiken. Diomidis Spinellis stelde in zijn 'Code

Reading' [1] (dat de moeite van het lezen zeker waard is), dat je er bij het porteren van code van moet kunnen uitgaan dat het onderliggende programma 'werkt'. De codebasis moet dus net zolang worden gecompileerd en bewerkt totdat er geen fouten meer optreden.

Met de hardware-drivers doen we hetzelfde. Het volgende programma functioneerde als minimale oplossing:

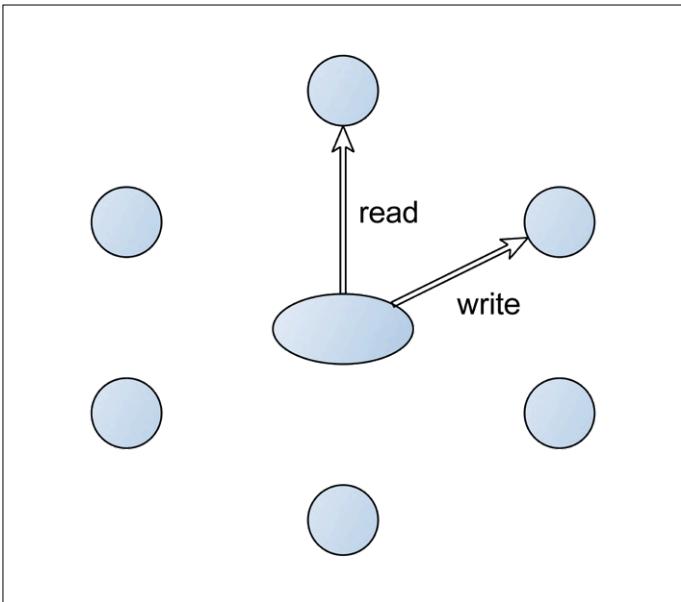
```
#include <Wire.h>
#include "SSD1306Wire.h"

SSD1306Wire display(0x3c, 5, 4);

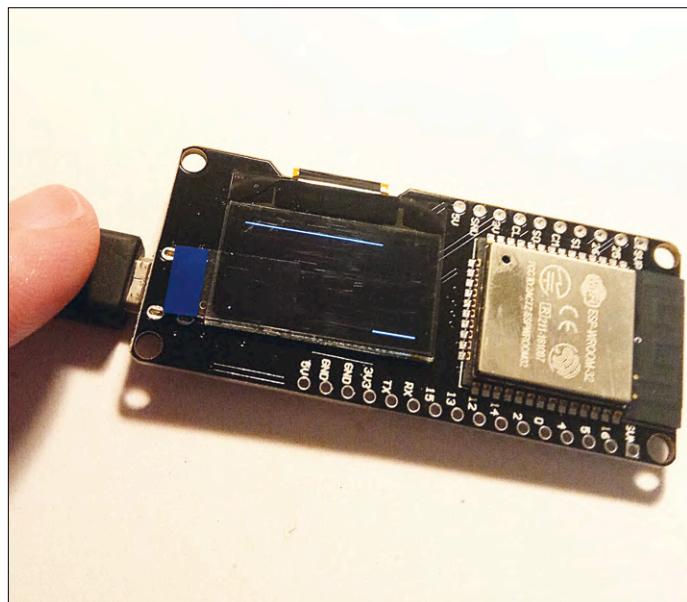
void setup() {
    display.init();
    display.flipScreenVertically();
    display.setFont(ArialMT_Plain_10);
}

void loop() {
    display.setColor(WHITE);
    display.drawCircle(32, 32, 2*3);
    display.display();
    delay(1000);
}
```

Het is van belang dat de driver een interne framebuffer creëert. Deze kan door het aanroepen van `init()` worden geleegd



Figuur 3. Zes cirkels helpen om het systeem beter te begrijpen.



Figuur 4. Na de start verdringen de 'enen' de 'nullen' van het display.

en de inhoud kan met de methode `display()` naar het display worden gestuurd. Ontbreekt een van deze methodes, dan blijft het display zwart (zie **kader 'de zombie-OLED'**).

Over rendering gesproken

Als er een cirkel op het beeldscherm is verschenen, kunnen we beginnen aan de volgende opdracht: het opzetten van een Acquire-Framework. Onze logger doet alles op zijn gemak – we gaan de data iedere 250 ms binnentrekken.

Dit relatief trage proces heeft als voordeel dat we ons hiermee het werken met interrupts en dergelijke besparen. Het verschil tussen een datalogger en een oscilloscoop is eigenlijk alleen dat hij als het ware ‘continu’ informatie verzamelt en deze net als een curve-tracer permanent weergeeft.

Bij de implementatie van een logger moeten we gebruik maken van de Round-Robin-opslagmethode. Achter dit Engelse begrip gaat een eenvoudig concept schuil dat de auteur in **figuur 3** schematisch heeft weergegeven. De twee wijzers draaien rond tijdens bedrijf van de logger. De leeswijzer wijst hierbij naar een geheugenplaats die zich vóór de schrijfwijzer bevindt – na verloop van tijd ontstaat zo een permanent ‘voortschrijdend’ datadiagram.

Hoewel de ESP32 over veel geheugen beschikt, beperken we ons in eerste instantie tot de hoeveelheid informatie die op het display kan worden weergegeven. Voor de declaratie van het

emmertjesgeheugen is dan de volgende code nodig:

```
SSD1306Wire display(0x3c, 5, 4);
```

```
//CAVE - 12bit ADC
int myAcquisitionField[128];
int writingNow=0;
int readingNow=1;
```

In het commentaar geeft de auteur aan dat de int-variabelen die voor de opslag worden gebruikt wat ‘loze ruimte’ bevatten. Dit is met name handig voor externe ontwikkelaars die deze code ooit op zoek naar inefficiënties zouden willen doorspitten. Omdat in de functie `setup` geen wijzigingen nodig zijn, is deze hier niet afgedrukt. De methode `loop` ziet er echter wel interessant uit:

```
void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
    myAcquisitionField[writingNow] = adcRead();
    writingNow = (writingNow + 1) % 128;
    readingNow = (readingNow + 1) % 128;
    drawChart();
    delay(100);
}
```

In de eerste stap halen we de actuele ADC-waarde op en plaatsen deze in de door de schrijfwijzer geadresseerde geheugenplaats. In de volgende stap worden de wijzers opgehoogd. Hierbij maken we gebruik van de modulo-functie van de taal C. Deze operator levert de restwaarde van de deling – in ons geval lopen de wijzers van 0...127.

We zijn nu bijna klaar. Er moet alleen nog een diagram worden getekend, en er moet een vertraging worden ingebouwd.

Surrogaat-meetgegevens

Om het geheel te kunnen testen gebruiken we gesimuleerde

De zombie-OLED

Organische displays hebben de onhebbelijke eigenschap dat ze er bij het weergeven van een volledig zwart scherm ‘dood’ uitzien. Bij de introductie van organische displays bij draagbare spelcomputers was dit een veel voorkomende oorzaak van problemen. Game-engines gaven namelijk tijdens het gebruik vaak een zwart scherm weer, dat door ontwikkelaars als een fout van de hardware of van het besturingssysteem werd geïnterpreteerd.

meetgegevens. Als de code netjes is gestructureerd kunnen we de ADC simuleren, dat wil zeggen de data-aquisitie vervangen door een methode die vooraf gedefinieerde waarden aanlevert. We beginnen met het aanleveren van de waarde 4000:

```
int adcRead()
{
    return 4000;
}
```

Dit is geen toevallige keuze, want bij het genereren van testwaarden moet u proberen waarden te vinden die 'aan de rand' van het toegestane gebied liggen. Instabiele algoritmen en andere onhebbelijkheden openbaren zich meestal pas als de waarden 'in de buurt van de grens' komen.

We kunnen nu de tekenfunctie realiseren:

```
void drawChart()
{
    display.clear();
    display.setColor(WHITE);
    for(int i=0;i<128;i++){
        int pointVal = myAcquisitionField[(i+readingNow)
            % 128];
        pointVal = pointVal >> 6;
        display.setPixel (i, pointVal);
    }
    display.display();
}
```

Loggers die zijn gebaseerd op het 'papierstrook-en-potlood'-principe hebben het altijd druk. Ze moeten namelijk na iedere meting de beeldscherminhoud verversen. Dit betekent dat er voor omvangrijke processen in het algemeen geen tijd overblijft. De mogelijkheid om via DMA delen van de framebuffer te verschuiven en te 'recyclen' moeten we hier dan ook buiten beschouwing laten.

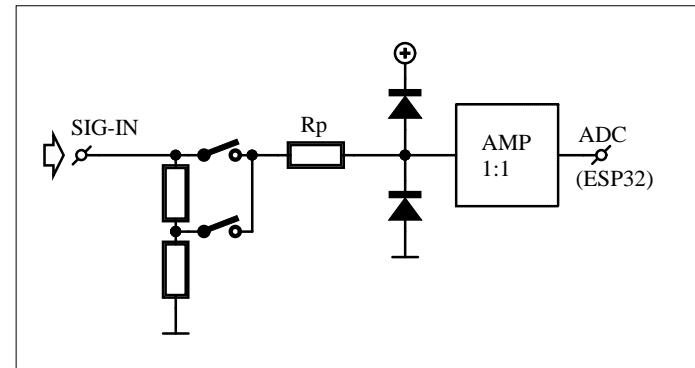
Delingen hebben altijd al gegolden als bijzonder lastige rekenoperaties. Ons programma omzeilt ze op een elegante manier. De ADC van de ESP32 levert waarden van 0 tot 4095. Omdat het display een Y-resolutie van 64 heeft, betekent dit een keurige deelfactor 64. Deze kan met een weinig resources gebruikende schuifoperatie worden uitgevoerd, en de rest van het programma is dan standaardcode.

We kunnen in dit stadium al een eerste test uitvoeren. Omdat de variabele `myAcquisitionField` 'globaal' is gedeclareerd, wordt deze door de compiler bij de initialisatie volgestopt met nullen. Als we nu het programma uitvoeren, dan zien we dat na de start de 'lage' waarden door de 'hoge' waarden van het beeldscherm worden verdreven (zie **figuur 4**).

Autorange

Het volgende punt is de bereiksomschakeling. Zoals altijd geldt ook hier 'beter goed geleend dan slecht ontworpen', en we gaan hiervoor op zoek naar informatie over multimeters. Dat zijn namelijk apparaten waar al sinds mensenheugenis meetversterkers in voorkomen.

Hoewel service-manuals van klassieke multimeters vaak als een goede inspiratiebron voor aankomende ontwerpers worden beschouwd, zijn de schakelingen die in de wereld van de metrologie worden toegepast – alleen al vanwege de minimale



Figuur 5. Deze schakeling voorziet de ESP32 van twee meetbereiken.

Meer info bij Holzleitner

Met name bij precisie-ADC's zorgen diode-lekstroomen vaak voor problemen – in de application note van Renesas is bijvoorbeeld de (niet meer verkrijgbare) Intersil ID101 te vinden. Peter Holzleitner is bekend uit de wereld van de Solartron-meetapparaten en neemt u mee op een interessante reis naar 'alternatieve diodes' [3].

lineariteit van onze ADC – een complete 'overkill' voor deze klus. In plaats daarvan kunnen we beter de kunst afkijken bij verschillende ontwerpers van multimeter-chips voor de low-end markt. In hun application notes moet toch iets bruikbaars te vinden zijn! Application note an028 van Renesas [2] is zeker de moeite van het lezen waard, maar met name de beschrijving van de autorange-topologie is wat gebrekig. De auteur heeft daarom een topologie afgeleid van het in dit document beschreven type A. Deze topologie (zie **figuur 5**) gaan we in ons project gebruiken. De relais zijn absoluut noodzakelijk, de diodes bevinden zich eigenlijk in de converter maar zijn hier voor de duidelijkheid apart getekend.

Bij het ontwerpen van een dergelijke schakeling is een vulpotlood met geïntegreerd vlakgum erg handig, omdat verkeerde aannames dan on-the-fly kunnen worden gecorrigeerd. Het principe van de schakeling is overigens erg simpel: met twee relais wordt gekozen welke spanning op de converter terechtkomt. Bij te hoge spanningen begrenst de in serie geschakelde weerstand R_p de stroom die door de twee beschermingsdiodes loopt. Hoe primitief het ontwerp ook lijkt, het werkt en wordt in bijna alle goedkope multimeters toegepast.

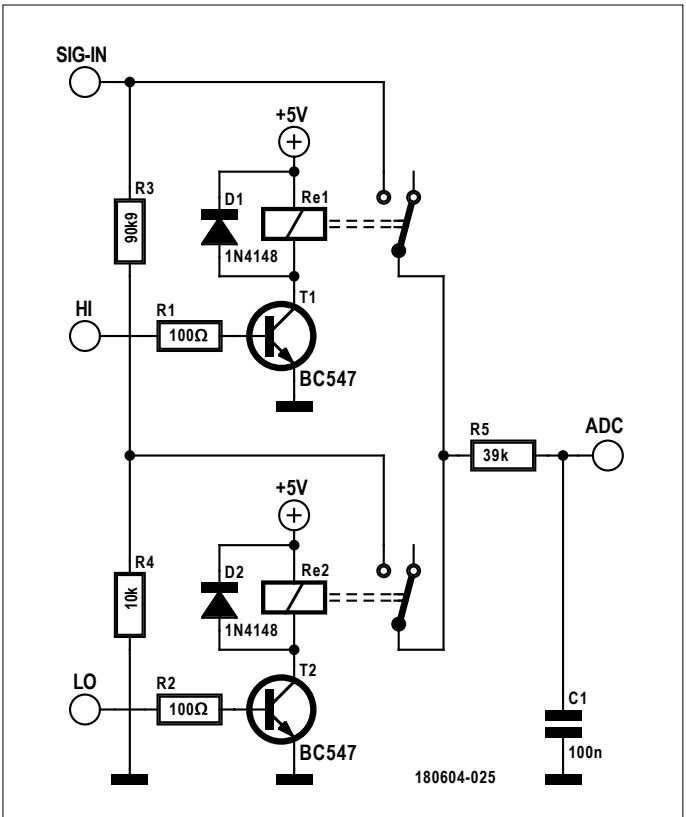
Zoals bij alle spanningsdelen geldt ook hier dat de schakeling het beste werkt als de converter zelf geen stroom opneemt. Daarom heb ik in dit stadium van de ontwikkeling optioneel een 1:1-versterker toegevoegd.

Op naar het lab!

Het eerste dat u in uw thuislab moet doen is het bepalen van de ingangsstroom.

Hiertoe moet u het board van een pinheader voorzien. Omdat het monteren van deze onderdelen voor machines erg lastig is, wordt dit bijna alle evaluatieboards overgelaten aan de eindgebruiker.

Voor de inbedrijfstelling moeten we allereerst een ADC selec-



Figuur 6. Met deze schakeling kan de data-aquisitie beginnen.

Hubs reden computers!

We raden u dringend aan om testprinten niet direct met PC te verbinden. Wie een actieve hub van goede kwaliteit gebruikt, verlengt hiermee de levensduur van zijn moederbord aanzienlijk.

teren. De ADC-API van de Arduino-core voor de ESP32 heeft wat haken en ogen. Daarom integreren we de volgende volwaardige bibliotheek:

```
#include <esp_adc_cal.h>
...
void setup() {
    ...
    adc1_config_width(ADC_WIDTH_BIT_12);
    adc1_config_channel_atten(ADC1_CHANNEL_0, ADC_ATTEN_DB_11); //ADC_ATTEN_DB_11 = 0-3,6V
}
```

Ik heb hier gekozen voor de ingang ADC0, die op het board met pin SVP is verbonden. Dankzij het modulaire ontwerp van de software gaat het eigenlijke inlezen van de data erg eenvoudig – u hoeft alleen maar `adcRead()` aan te passen:

```
int adcRead()
{
    return adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_0);
}
```

We gebruiken voor de test een $50\text{k}\Omega$ -weerstand, die tussen 3,3 V en de ADC wordt geplaatst. Omdat je met een Solartron-multimeter niet zo goed kleine stromen kunt meten, heb ik deze meting uitgevoerd met een Keithley 177.

Vanwege de ‘traagheid’ van de hoofdlus moet weliswaar bij het beoordelen van de meetresultaten de nodige voorzichtigheid in acht worden genomen, maar de weergave van 0,010 in het $20\mu\text{A}$ -bereik geeft duidelijk aan dat er hier geen noemenswaardige stromen lopen. Om de bij het meten optredende stroompieken tegen te gaan kan een afvlakcondensator tussen ADC en GND worden aangebracht. Op het beeldscherm is te zien dat de logger op de gewijzigde ingangssituatie reageert.

En nu allemaal tegelijk!

De laatste opgave betreft de verzwakker. Eerst moeten we controleren of de gekozen relais door de ESP32 kunnen worden gevoed. Sluit hiervoor de relaisspoel direct aan tussen 5 V en GND. Met de door de auteur gebruikte bekende SRD-05VDC van Songle werkte dit zonder problemen.

Gewapend met deze wetenschap zijn we klaar voor het realiseren van de laatste schakeling – het definitieve ontwerp van de auteur is te zien in **figuur 6**. Technisch gesproken hebben we het hier niet over raketwetenschap, maar laat de beschermingsdiodes bij de kleine transistoren niet weg, want anders zullen ze al gauw de geest geven.

Relais zijn trage mechanische schakelementen die tijd nodig hebben om uit te schakelen. Daarom is het erg belangrijk om het ‘break before make’ principe toe te passen:

```
char currentState=232;
void setAttenuators(char _high)
{
    if(currentState==_high) return;
    digitalWrite(16, 0);
    digitalWrite(5, 0);
    delay(25);
```

Hierna worden pas de nieuwe instellingen van de verzwakker geëffectueerd. Dankzij het behoud van de vorige toestand worden bij deze functie onnodige schakelacties voorkomen.

```
if(_high==1){
    digitalWrite(5, 1);
}
else{
    digitalWrite(16, 1);
}
currentState=_high;
```

Belangrijk is de ‘initialisatie’. We laden hiervoor een onwaarschijnlijke waarde in de global variabele `currentState`, om er zeker van te zijn dat er een schakelactie plaatsvindt. In `setup` vindt de configuratie plaats volgens dit patroon:

```
void setup() {
```

...

```
pinMode(16, OUTPUT);
pinMode(5, OUTPUT);
setAttenuators(1);
```

Als de relais zijn gemonteerd schakelt het programma nu echter het display niet meer in (ook als u de 5 V door een externe labvoeding laat leveren). De oorzaak hiervan is dat de communicatie tussen het display en de processor plaatsvindt via een groep datalijnen die ook via de pinheader toegankelijk is. Bij experimenten van de auteur functioneerde het systeem het beste als gebruik werd gemaakt van pin 16 en pin 2 (in plaats van pin 5 zoals bij de eerste test hierboven).

Bij de volgende stap moeten we de omschakeling tussen de twee bronnen uitvoeren. Een naïeve implementatie van de methode ziet er als volgt uit:

```
int adcRead()
{
    int val;
    val = adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_0);
    if(currentState==0 && val > 3600)
    {
        setAttenuators(1);
    }
    else if(currentState==1 && val < 200)
    {
        setAttenuators(0);
    }

    return val;
}
```

Als u het programma nu uitvoert klinkt er een bijna oorverdovend klapperen van de relais, en op het beeldscherm ziet u het in **figuur 7** weergegeven resultaat.

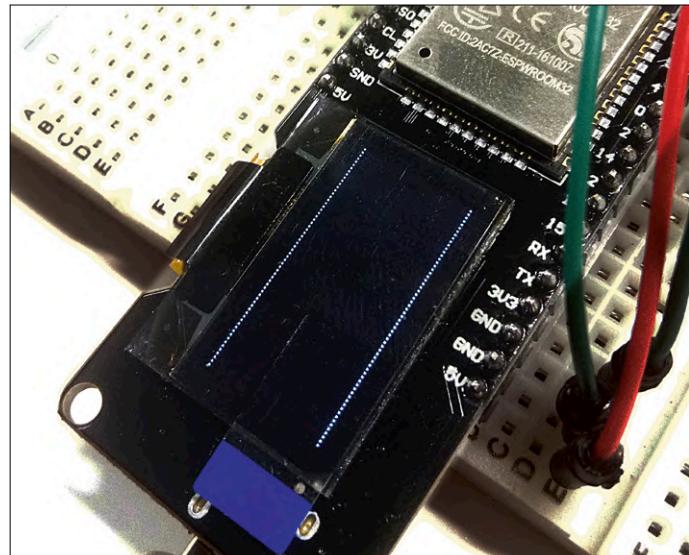
Om dit probleem op te lossen, moeten we de schakeldrempels aanpassen:

```
int adcRead()
{
    int val;
    val = adc1_get_raw(ADC1_CHANNEL_0);
    if(currentState==0 && val > 3600)
    {
        setAttenuators(1);
    }
    else if(currentState==1 && val < 5)
    {
        setAttenuators(0);
    }

    return val;
}
```

Vanwege de traagheid van de relais wordt aanbevolen om een extra vertraging aan het einde van de schakelactie toe te voegen.

```
char currentState=232;
void setAttenuators(char _high)
```



Hier ontbreekt nog wat hysterese!

```
{
    if(currentState==_high) return;
    digitalWrite(16, 0);
    digitalWrite(0, 0);
    delay(25);
    if(_high==1){
        digitalWrite(0, 1);
    }
    else{
        digitalWrite(16, 1);
    }
    delay(300);
    currentState=_high;
}
```

Hiermee is ook deze versie van het programma klaar voor gebruik. Verbind om deze te testen de ingang met 3,3 V om zo een schakelactie van de relais uit te lokken.

Mogelijkheden voor uitbreiding

Er zijn veel mogelijkheden om verbeteringen aan onze kleine datalogger aan te brengen. Zo zouden bijvoorbeeld de weerstandswaarden kunnen worden aangepast om niet-lineaire of ruisgevoelige gebieden van de converter te vermijden. Ook op het gebied van de software valt er nog wel het een en ander te doen. Er komt waarschijnlijk binnen afzienbare tijd een vervolgartikel waarin we deze kleine converter nieuwe trucs bijbrengen.

Een uitgebreid review van dit board vindt u op elektormagazine.nl:

www.elektormagazine.nl/news/esp32-oled-op-een-board



IM ELEKTOR-SHOP

→ Wemos Lolin ESP32 OLED Display Module

www.elektor.nl/wemos-lolin-esp32-oled-module-with-wifi

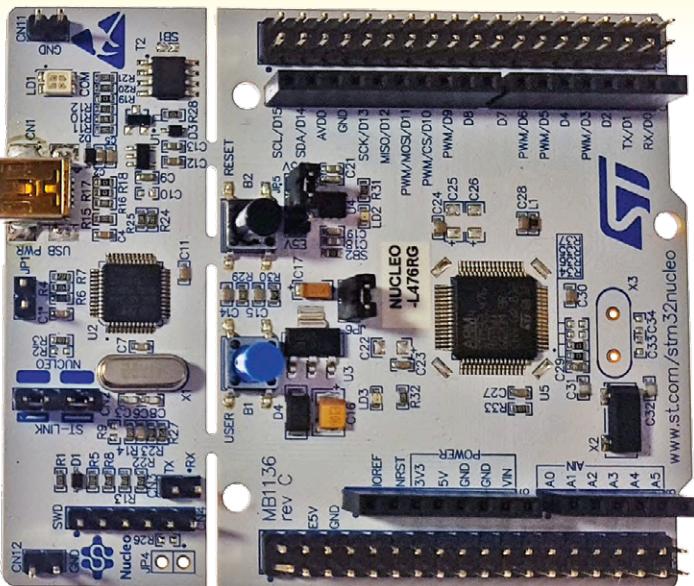
ST-Nucleo-L476RG met STM32CubeMX en Keil MDK 5

Viacheslav Gromov (Duitsland)



Als eerste werpen we een blik op de ARM-Cortex-M4-microcontroller uit de *STM32L476xx-Ultra-Low-Power*-reeks van ST die zich op dit Nucleo-board met 64 pennen bevindt. Met een klokfrequentie tot 80 MHz, een FPU, een voor ARM-Cortex-M gebruikelijke DMA en met 1 MB Flash- en 128 KB SRAM-geheugen heeft deze zelfs voor grotere projecten voldoende rekenkracht en capaciteit beschikbaar. Naast de energiebesparende eigenschappen spreken de vier geïntegreerde digitale filters, 24 touch-kanalen en een LCD-driver voor zichzelf. Ook de USB-interface plus nog 19 andere interfaces, evenals de 16 timers en een grote analoge eenheid zijn het vermelden waard (**figuur 1**). Sommige I/O-pennen kunnen 5 V verdragen, en dit is een extra pluspunt bij de overstap van de gebruikelijke 8-bits microcontrollers.

Een van de voordelen van de erg veelzijdige familie van 64-pens-Nucleo-boards is de volledig geïntegreerde *ST-Link/V2-1-Debugger* met virtuele seriële interface. De debugger kan door afbreken van het betreffende gedeelte van de print van de



(Bron: Viacheslav Gromov)

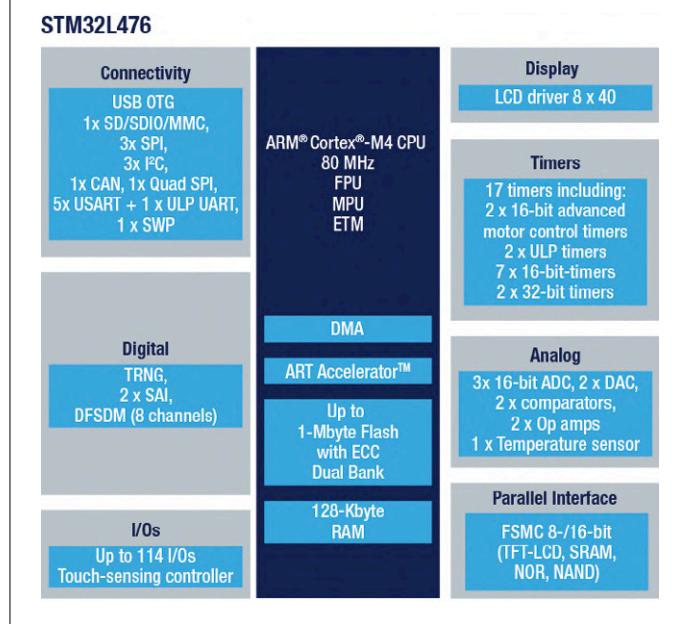
board-MCU worden gescheiden. Vervolgens kan de debugger via de SWD-interface ook op andere MCU's worden aangesloten. Natuurlijk is er ook elementaire hardware-periferie voor de gebruiker aanwezig, bestaande uit een LED en een druktoets. Het board is voorzien van busheaders à la Arduino Uno en ook van morpho-connectoren (waarop alle MCU-pennen naar buiten zijn uitgevoerd). Op deze laatste kunnen indien gewenst ook ST-shields worden aangesloten. Dit is met name erg handig als het gaat om prototypes met een veeleisende sensorbezetting en een lage prijs. Voor details betreffende de penbezetting en de interne aansluitingen verdient het aanbeveling om het uitgebreide document UM1724 [4] te raadplegen.

Voor een eerste kennismaking met het board raden we u aan om het zeer overzichtelijk vormgegeven online-platform *Mbed* te gebruiken, waarop het board zich voordoet als een eenvoudig USB-opslagapparaat. Maar omdat we in dit artikel de MCU-eigenschappen zo goed mogelijk willen benutten en ook gebruik willen maken van de door ST ter beschikking gestelde professionele C-tools, beginnen we meteen met CubeMX en Keil. In de volgende beschrijving wordt er dan ook van uitgegaan dat u bekend bent met MCU's en software.

Om de ontwikkeling van dit kleine project voor gevorderden te demonstreren hebben we uiteraard de bijbehorende software-tools nodig. In dit stadium kunt u het beste de nieuwste gratis versies van *STM32CubeMX*- [6] en *Keil-MDK-5-Lite* [5] van het internet downloaden en installeren. Let er bij beide tools op dat de benodigde softwarepakketten voor de STM32L4-reeks zijn geïntegreerd.

Basisconfiguratie met CubeMX

Nu zijn we al klaar om met het project te beginnen. Het resultaat van deze oefening moet het volgende zijn: bij een druk op



Figuur 1. Het blokschema met alle onderdelen van de STM32L476-MCU (Bron: ST).

de on-board-druktoets B1 wordt de actuele tijd van de in de MCU geïntegreerde real-time klok met behulp van de ST-link brug via de geïntegreerde UART-interface naar de PC verzonden. Deze functie wordt vervolgens gedurende één seconde gedeactiveerd, waardoor de tijd bij een permanent ingedrukte toets in het ritme van de seconden wordt weergegeven. De onboard-LED moet tijdens deze acties oplichten.

Omdat we alleen maar gebruik maken van de op het board aanwezige hardware, gaan we direct met de software aan de slag. We gebruiken hiervoor STM32CubeMX, een platformoverstijgend grafisch tool van STMicroelectronics waarmee een compleet project inclusief alle onderliggende bibliotheken en periferie-configuraties kan worden gecreëerd.

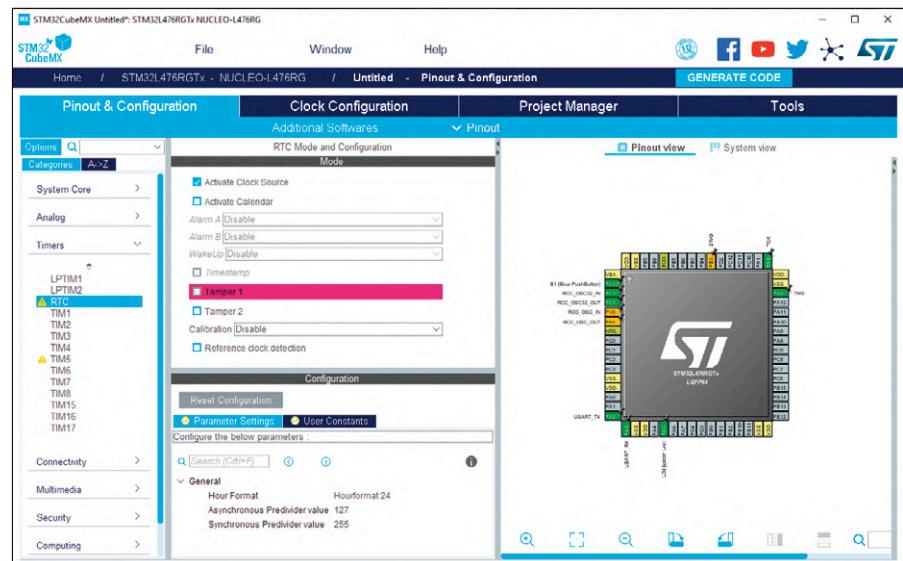
Om van start te gaan opent u in het begin-scherf van CubeMX onder *File* een nieuw project. Bovenin het volgende venster selecteert u de tab *Board Selector* en scrollt u naar beneden naar het juiste board met de aanduiding *NUCLEO-L476RG*. Selecteer dit board en bevestig uw keuze rechtsboven met *Start Project*. Als u een board hebt gekozen kunt u indien nodig in de bovenste balk de bijbehorende PDF-documentatie oproepen.

Hierna wordt de vraag gesteld of de basis-modules voor het geselecteerde board moeten worden geladen. Het antwoord hierop moet in ieder geval ja zijn. Als u de weg via de *Board Selector* neemt is dit de juiste keuze omdat de volgende stappen hierdoor eenvoudiger worden. Hiermee wordt namelijk (in tegenstelling tot bij de *MCU Selector*) de volledige op het board aanwezige periferie waaronder de UART, de druktoets en de LED geconfigureerd.

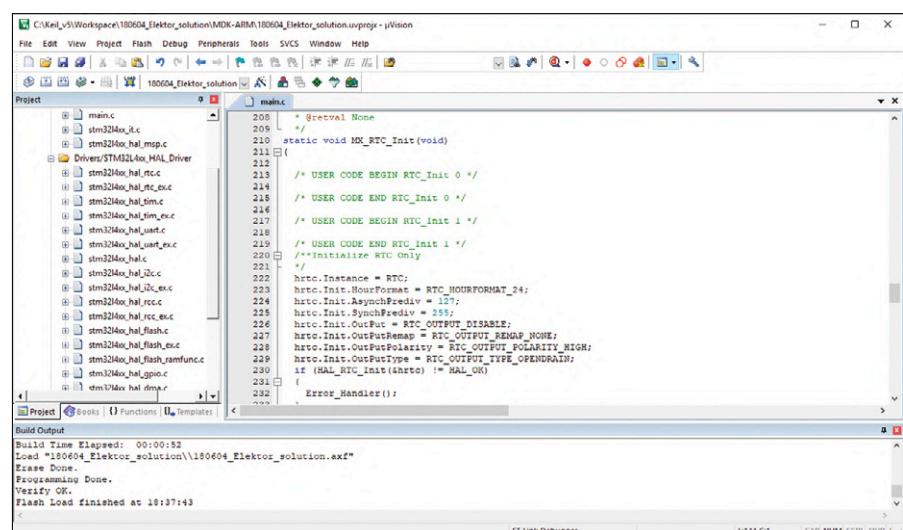
Na deze standaardmelding verschijnt het gebruikelijke CubeMX-scherf waarbij u rechts, afhankelijk van de gekozen tab, de penlayout of de gekozen modules kunt bekijken. Links vindt u alle beschikbare periferie- en andere MCU-modules die kunnen worden geselecteerd en geconfigureerd. Omdat – zoals u in het scherm kunt zien – in dit geval de LED, de toets en de UART al zijn voorgeconfigureerd, ontbreekt bij ons alleen nog de RTC. Deze vindt u links onder *Timers*.

Als u de RTC heeft gekozen verschijnen er twee pop up-menu's, een voor *Mode* en een voor *Configuration*. Als u in *Mode* een vinkje bij *Activate Clock Source* zet, is de real-time klok in de software geactiveerd en worden de bijbehorende bibliotheken bij het genereren van het project automatisch geïmporteerd. Bij *Configuration* hoeft u in dit (zeldzame!) geval niets te veranderen omdat het 24-uur-formaat al is ingesteld.

Dit was alles wat betreft de modules. Kijk voordat u de tab *Project Manager* opent ook nog even naar *Clock Configuration* en *Tools*. In *Project Manager* moet u het project een passende



Figuur 2. Het gebruikelijke schermbeeld van STM32CubeMX, hier met de instellingen voor de RTC.



Figuur 3. In de Keil-ontwikkelomgeving ziet u een deel van de in ons project geïntegreerde HAL-bibliotheken.

naam geven, het geheugenpad kiezen (het beste is in dit geval de workspace van uw Keil-IDE) en de toolchain *MDK-ARM V5* selecteren (**figuur 2**). Voor ons doel is de *Basic*-projectstructuur voldoende. Controleer nog een keer de instellingen links onder *Code Generator* en *Advanced Settings*, en klik vervolgens rechtsboven op *GENERATE CODE* om het project met de gewenste instellingen te genereren. Hiermee verlaat u ook CubeMX.

Code met Keil MDK

Direct na het genereren van de code krijgt u een melding waarbij u de mogelijkheid hebt om uw project met *Open Project* in de Keil MDK te openen. Het alternatief is om het project in een eerder gekozen map handmatig te openen.

Als u Keil hebt geopend kunt u zich vervolgens met de basisstructuur van het gegenereerde project vertrouwd gaan maken. Werp eerst een uitgebreide blik op de bibliotheken (**figuur 3**).

Listing 1.

```
/* USER CODE BEGIN 2 */
time.Hours = 15; //15:30:00
time.Minutes = 30;
time.Seconds = 0;
HAL_RTC_SetTime(&hrtc, &time, RTC_FORMAT_BIN); //set time from "time" into RTC
/* USER CODE END 2 */

/* Infinite loop */
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
    if(!HAL_GPIO_ReadPin(B1_GPIO_Port, B1_Pin)){ //only if button B1 is pressed
        HAL_GPIO_WritePin(LD2_GPIO_Port, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_SET); //put LED LD2 on
        HAL_RTC_GetTime(&hrtc, &time, RTC_FORMAT_BIN); //read time from rtc
        HAL_RTC_GetDate(&hrtc, &date, RTC_FORMAT_BIN); //read date from rtc (useless here)
        HAL_UART_Transmit(&huart2, time_word, 8, HAL_UART_TIMEOUT_VALUE); //Transmit "\r\nTime: " with UART2
        Transmit_dec(time.Hours); //Convert and transmit hours with UART2
        HAL_UART_Transmit(&huart2, &time_word[6], 1, HAL_UART_TIMEOUT_VALUE); //Transmit ":" with UART2
        Transmit_dec(time.Minutes); //Convert and transmit minutes with UART2
        HAL_UART_Transmit(&huart2, &time_word[6], 1, HAL_UART_TIMEOUT_VALUE); //Transmit ":" with UART2
        Transmit_dec(time.Seconds); //Convert and transmit seconds with UART2
        HAL_Delay(1000); //wait 1 second
        HAL_GPIO_WritePin(LD2_GPIO_Port, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_RESET); //put LED LD2 off
    }
/* USER CODE END WHILE */
```

Het vele commentaar hierin draagt bij aan een goed begrip. Nog veel meer nuttige aanwijzingen vindt u in het (ruim tweeduizend pagina's tellende!) document UM1884 [7], waarin onder andere elke functie en iedere structuur uitvoerig en begrijpelijk wordt beschreven.

Voor ons project hoeven we alleen maar het Main-bestand aan te passen. U ziet direct dat hierin alle configuratie- resp. initialisatiefuncties voor de geselecteerde MCU-onderdelen al worden aangeroepen.

Voordat we het project in de Main-functie realiseren, moeten we nog een array met de ASCII-karakters voor 'Time:' (voorafgegaan door een regeleinde) declareren resp. initialiseren, evenals de beide structures voor tijd en datum van de RTC. Hiervoor moeten direct na het commentaar `USER CODE BEGIN 0` de volgende drie regels worden ingevoegd:

```
uint8_t time_word[] = ; //ASCII for "\r\nTime: "
RTC_TimeTypeDef time; //declare structures for time
                      and date
RTC_DateTypeDef date;
```

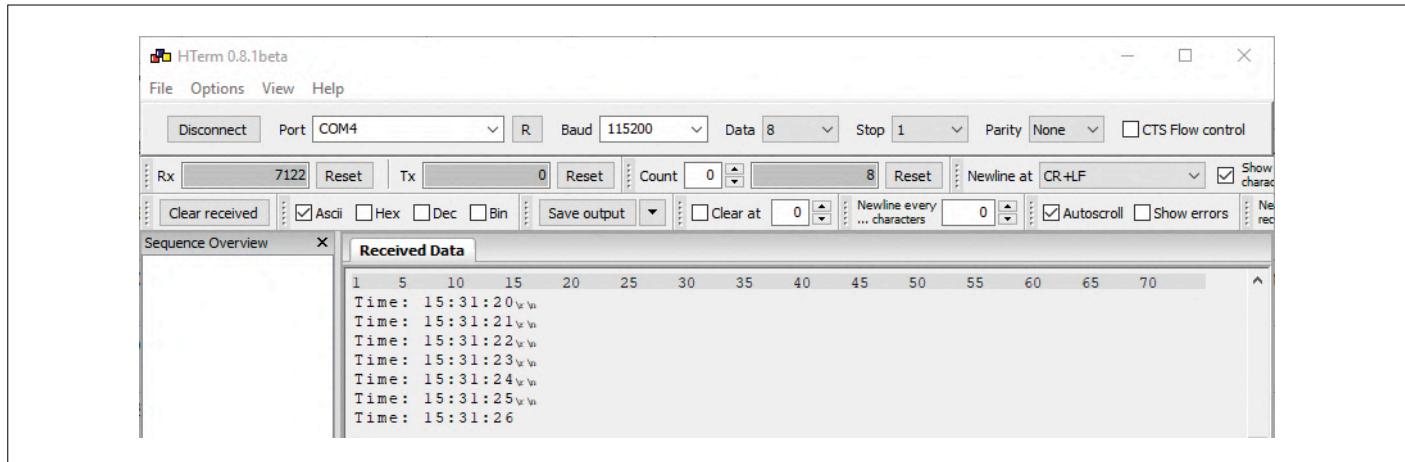
Let ook in de toekomst op dit soort commentaar-vermeldingen, om te voorkomen dat uw code bij eventuele latere wijzigingen van het project in CubeMX wordt overschreven.

We gaan verder met de Main-functie, die er uit zou moeten zien zoals in **listing 1** is weergegeven. Vóór de eindeloze lus wordt de eerder gedeclareerde tijd-structure gevuld met de actuele tijd (u kunt dit naar wens aanpassen) en aan de RTC toegewezen.

In de eindeloze lus wordt bij het bedienen van de druktoets de onboard-LED ingeschakeld en worden vervolgens de tijd en de datum uitgelezen.

Listing 2.

```
/* USER CODE BEGIN 4 */
static void Transmit_dec(uint8_t i)
{
    uint8_t buff[] = ; //declare and initialize a buffer
    buff[0] = i / 10 + 48; //convert and store the first digit
    buff[1] = 48 + i - (buff[0] - 48) * 10; //convert and store the second digit
    HAL_UART_Transmit(&huart2, buff, 2, HAL_UART_TIMEOUT_VALUE); //transmit the buffer with UART
}
/* USER CODE END 4 */
```



Figuur 4. De tijd vliegt... als u de toets ingedrukt houdt. Ook ziet u hier de vereiste terminal-instellingen.

Hoewel we bij ons project alleen de tijd gebruiken, moeten we direct daarna ook nog de datum uitlezen. De reden hiervoor is dat de functie na het uitlezen van de tijd wacht op het uitlezen van de datum, en als we de datum dan niet uitlezen blijft bij ons letterlijk de tijd stilstaan...

In het verdere programmaverloop wordt de uitgelezen tijd in een aparte functie steeds met twee cijfers via de UART verzonden. De noodzakelijke dubbele punt ertussen halen we eenvoudig uit de string 'Time:'. Met een wachtfunctie van de Systick-timer van één seconde en het aansluitend uitschakelen van de onboard-LED is de Main-functie beëindigd.

`Transmit_dec()` is een functie die apart is gedefinieerd om de tweecijferige ASCII-omzetting te verduidelijken. Deze functie moet op dezelfde plaats als in **listing 2** worden ingevoegd. In deze functie wordt gebruik gemaakt van de resultaten van een deling zonder typeconversie. Na het omrekenen worden de twee ASCII-karakters via de UART verzonden. Het prototype voor deze functie kan het beste direct na `USER CODE BEGIN PFP` worden geplaatst:

```
static void Transmit_dec(uint8_t i);
```

Het project is nu klaar. Om het te testen kunt u het met de betreffende Keil-functies compileren (*Build*) en in de MCU laden (vergeet niet handmatig te resetten!) respectievelijk debuggen. Als dit allebei ondanks de correcte instellingen niet werkt, dan ligt het waarschijnlijk aan een ontbrekende ST-Link-dri-

ver, die u online bij ST kunt downloaden. Als u problemen hebt met CubeMX of met de code, dan kunt u het volledige project bekijken op de webpagina bij dit artikel [8]. Als alles werkt dan kunt u in een willekeurig terminalprogramma (met instellingen zoals in **figuur 4**) de tijd weergeven door op B1 te drukken. Gefeliciteerd. U hebt uw eerste project succesvol gerealiseerd!. Als u zich verder in dit onderwerp wilt verdiepen, dan zou u bijvoorbeeld het project zodanig kunnen aanpassen dat ook de datum wordt weergegeven. Daarnaast kunt u ook (timer-) interrupts gebruiken omdat het doorlopen van de code nu eigenlijk net iets langer dan een seconde duurt. Vergeet niet dat ook voor gevorderden *learning by doing* net zo belangrijk is als voor beginners, maar dat dit het bestuderen van de documentatie niet overbodig maakt. Wij wensen u in ieder geval veel succes in de professionele 32-bit-wereld! ▶

(180604-B-03)

IN DE STORE

-

→ STM32 Nucleo L476RG Board
www.elektor.nl/stm32-nucleo-l476rg-board

→ Boek (Engelstalig): "Programming with STM32 Nucleo Boards" + GRATIS STM32 Nucleo L476RG Board
www.elektor.nl/programming-with-stm32-nucleo-boards

Weblinks

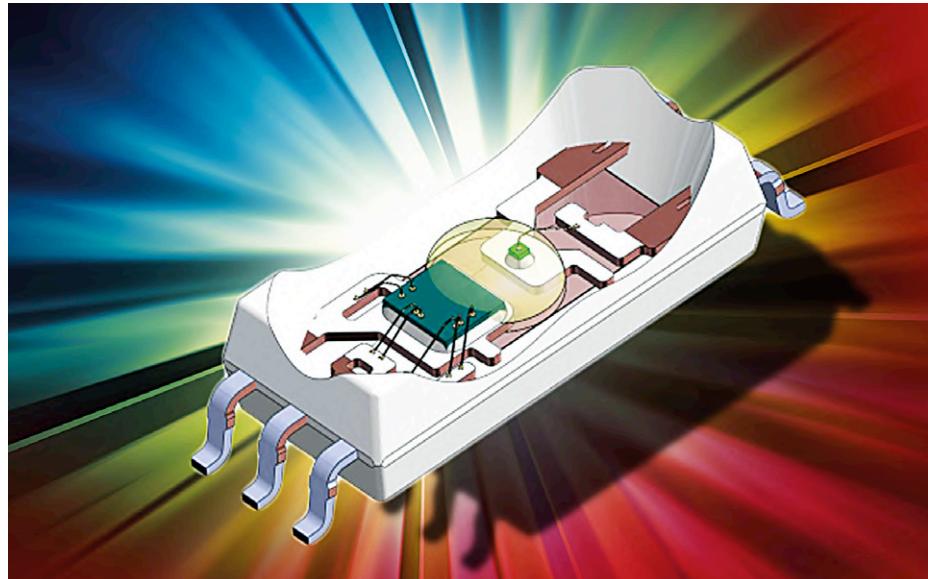
- [1] "Code Reading": www.amazon.com/Code-Reading-Open-Source-Perspective/dp/0201799405
- [2] Meetversterker: www.renesas.com/eu/en/www/doc/application-note/an028.pdf
- [3] Over het geheime leven van diodes: <https://holzleitner.com/el/picoampere/index-de.html>
- [4] UM1724 User Manual: <http://bit.ly/2iAbnxF>
- [5] STM32Cube Initialization Code Generator : www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html
- [6] Keil Microcontroller Development Kit: www2.keil.com/mdk5/
- [7] UM1884 User Manual: <http://bit.ly/2X3CNzF>
- [8] Webpagina bij dit artikel: www.elektrormagazine.nl/180604-B-03

Optocouplers

Vreemde onderdelen

Neil Gruending (Canada)

Soms moeten schakelingen van elkaar worden geïsoleerd om veiligheidsredenen, ruisonderdrukking of zelfs om de schakeling te vereenvoudigen. Een klassiek voorbeeld is de fotoweerstand die Gibson en Fender gebruikten om een tremolo-effect in de eerste gitaarversterkers toe te voegen. Die fotoweerstand was een vroege vorm van een optische koppelaar (optocoupler), een weerstand van een cadmiumsulfide (CdS) cel varieerde onder invloed van een lichtbron om de instelling van een versterker te moduleren voor een tremolo-effect. Ze waren eenvoudig te maken met discrete componenten en werden uiteindelijk in de jaren '60 door bedrijven als VACTEC geïntegreerd tot één enkele component. Een optocoupler gebruikt een isolatiekloof van licht in plaats van een directe elektrische verbinding. Deze zorgt ervoor dat de schakeling zeer hoge spanningen (kV), pieken en ruis kan weerstaan die normaal gesproken desastreuus zouden zijn. Maar het isoleren van een schakeling is niet erg nuttig als er geen informatie kan worden gestuurd, dus een optocoupler heeft ook een lichtbron en een detector aan beide



zijden, zoals in **figuur 1** is geschetst. Dit werkt prima voor signalen, maar is onpraktisch voor overdracht van vermogen, zoals in een isolatietransformator wel kan. De isolatiekloof betekent ook dat beide zijden van de schakeling altijd geïsoleerd blijven, zelfs als de optocoupler de geest geeft, waardoor hij tevens beveiliging biedt. De grootte van de kloof tussen de lichtbron en de ontvanger bepaalt de toegelaten isolatie spanning, een grotere kloof geeft een hogere isolatie spanning. Apparaten die maar een paar kV isolatie nodig hebben, gebruiken meestal een vlakke opbouw zoals de bovenste uitvoering in figuur 1. De onderste constructie toont een silicium dome opbouw waarbij het licht horizontaal gaat om een grotere kloof mogelijk te maken voor hogere spanningswaarden.

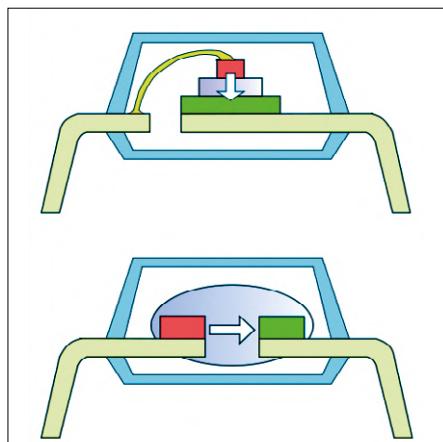
Optocouplers gebruikten oorspronkelijk gloeilampjes of neonlampjes als lichtbron, maar dat veranderde snel in de jaren '70 toen leds beschikbaar kwamen. Leds zijn een enorme verbetering ten opzichte van gloeilampen omdat ze sneller en meer lineair zijn en minder temperatuureffekten vertonen. De detectoren zijn in de jaren veranderd van CdS cellen tot foto-

diodes en fototransistors. Fotodiodes worden gebruikt bij logische interfaces die op een hoge snelheid moeten draaien, fototransistors zijn langzamer en geven een uitgangsstroom afhankelijk van de stroom door de led.

Een fotoweerstand is een voorbeeld van een lineaire optocoupler, omdat het variëren van de stroom door het lampje (zender) een overeenkomstige verandering geeft in de weerstand van de CdS-cel (ontvanger). Aan de andere kant zijn digitale optocouplers bedoeld om digitale aan/uit-signalen over te dragen. Daarom worden ze geoptimaliseerd voor snelheid. In feite hebben sommige optocouplers zoals de familie van de HP 6N137/HPCL2601 extra schakelingen om de fototransistor nog sneller te kunnen laten werken.

Optocouplers worden al een hele lange tijd gebruikt en blijven heden ten dage nog steeds nuttige componenten, hoewel magnetisch en capacitief gekoppelde isolators nu ook beschikbaar zijn. Hopelijk heeft u wat meer inzicht gekregen in deze nederige dienaren. ▶

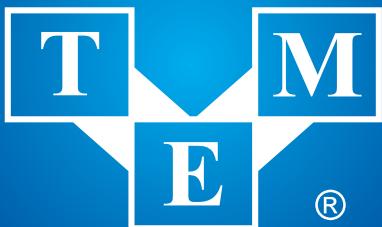
(160136)



Figuur 1. De opbouw van een optocoupler [1]

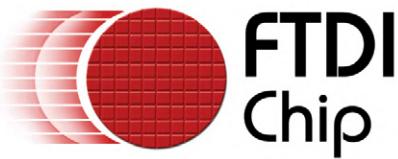
Weblink

- [1] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Optoisolator_topologies_both.svg/220px-Optoisolator_topologies_both.svg.png



Electronic Components

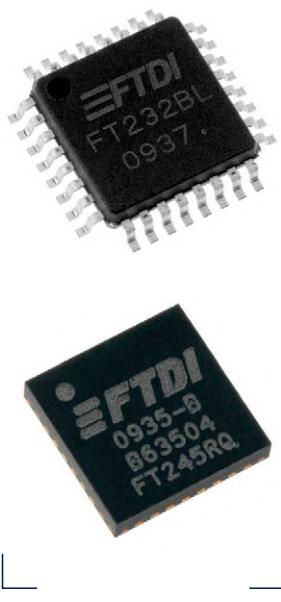
tme.eu



FTDI
Future Technology
Devices International Ltd.

Een breed productaanbod met focus
op USB-connectiviteit

Een simpele manier om je apparaat
te verbinden met de rest van de wereld!



ICs

FT-X serie

Full Speed USB naar I2C/SPI/UART/FIFO

FT12 serie

Full Speed Apparaatcontroller

Vinculum family

USB Host/Slave controllers

FT300 series

USB Host/Android Open Accessory (AOA)

FT series

USB Slave Controllers

FT90x/FT93x serie

8/32 bit MCU



KABELS

USB-UART seriële kabels

USB-TTL seriële kabels

USB-RS232/422/485 converters

USB to USB kabels

USB Hi-Speed kabels

Voor alle soorten
oplossingen binnen
alle marktsegmenten:

- industrie • klant •
- PC-randapparatuur •
- medisch • telecom •

en nog veel meer...



MODULE

FT9xx modules

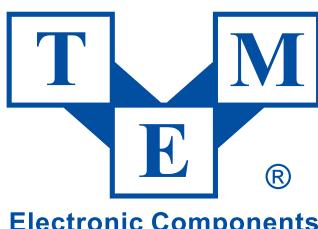
32-bit RISC MCU modules

SuperSpeed modules

USB3.0 modules met de
FT600/FT601/FT602 ICs

USB-RS232/422/485 modules

Ontwikkelingsmodules



Transfer Multisort Elektronik B.V.
Beemdstraat 1, 5653MA Eindhoven
tel. +31 40 737 04 57
fax +31 40 737 00 26
tme@tme-benelux.nl

instagram.com/tme.eu
 facebook.com/TME.eu
 linkedin.com/company/1350565
 youtube.com/TMEElectroniComponent
 twitter.com/tme_eu

www.tme.eu

Nuclear Event Detector

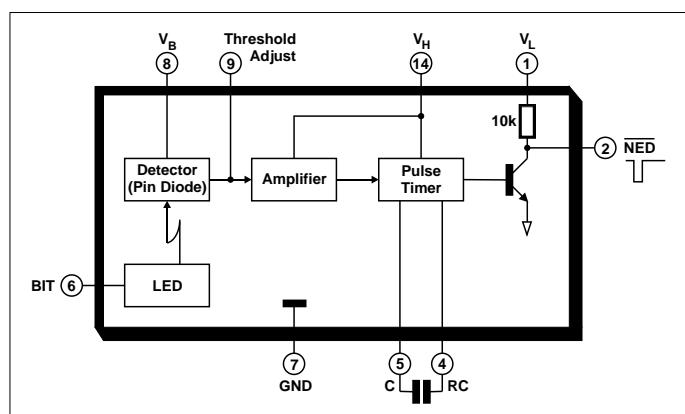
vreemde onderdelen

Neil Gruending (Canada)

Deze aflevering van 'vreemde onderdelen' is geïnspireerd op een Twitterbericht met een afbeelding van een 'Nuclear Event Detector'.

Ik had er nog nooit één gezien en moest er natuurlijk meer van weten... Het blijken fascinerende componenten met allerlei toepassingen.

Nuclear Event Detectors meten het niveau van gammastraling en triggeren een alarm als dat boven een bepaalde drempel komt. Er zijn verschillende manieren om stralingsniveaus te meten (bijvoorbeeld met Geigertellers), waarvan de in de PN-overgang van een halfgeleider geïntroduceerde proportionele fotostroom de eenvoudigste is.



Figuur 1. Blokschema van de HSN1000 [1].

De HSN1000 van Maxwell Technologies (blokschema in **figuur 1**) gebruikt een PIN-diode om het gammastraling-niveau te meten. Een PIN-diode lijkt op een normale PN-diode, maar heeft tussen de P- en de N-lagen een extra niet-gedoteerde laag (de zogenaamde intrinsieke laag) waardoor zowel de gevoeligheid als de snelheid bij het detecteren van nuclear events worden vergroot. De uitgang van de PIN-diode wordt naar een versterker geleid die een puls-timer triggert die een actief lage puls genereert op de NED-uitgang.

En nu wordt het interessant, want deze NED-uitgang kan worden gebruikt voor een hele reeks toepassingen om elektronische schakelingen te beschermen. Stralingsresistente compo-



Bron: www.maxwell.com/images/documents/hsn1000_rev3.pdf

nenten zijn duur en daarom worden beschermingsschakelingen toegepast om het aantal benodigde stralingsresistente componenten tot een minimum te beperken, of de schakeling gedurende het event in een veilige modus te brengen. Want anders kunnen soft-errors ontstaan zoals een onjuiste werking van een CPU, of kunnen zelfs halfgeleiders doorbranden als gevolg van 'latchup'. Dat laatste is een serieus probleem, omdat logische I/O-pennen in een vaste toestand terecht kunnen komen die zelfs door een reset niet meer kunnen worden hersteld. Deze 'junction burnout' kan het gevolg zijn van het toegepaste type transistoren, maar ook van de door de straling veroorzaakte fotostroom.

Nuclear Event Detectors worden voornamelijk gebruikt voor militaire toepassingen, maar zijn door hun stralingsgevoeligheid natuurlijk ook geschikt voor bemannede ruimtevaart en satellieten. Van oudsher worden ruimtevaartuigen met allerlei afschermingen tegen straling beschermd, maar dat verhoogt het gewicht en dus ook de lanceerkosten. Tegenwoordig worden stralingsresistente componenten gebruikt in combinatie met Nuclear Event Detectors om de systemen tegen piekstralingsniveaus te beschermen. Hiermee worden zowel gewicht als kosten gereduceerd.

Helaas zijn dit soort componenten zeer duur en bovendien nauwelijks tweedehands verkrijgbaar, wat misschien ook maar goed is, want je hebt een gammastralingsbron nodig om ze te triggeren... Maar het is natuurlijk altijd interessant om te zien hoe simpele onderdelen zoals PIN-dioden kunnen worden gebruikt voor ongebruikelijke toepassingen. ▶

(180575-B-03)

Weblink

- [1] Maxwell Technologies HSN1000 datasheet:
www.maxwell.com/images/documents/hsn1000_rev3.pdf

Elektor Labs Pipeline



Als u op zoek bent naar inspiratie of een project om de verveling te verdrijven, kijk dan eens rond op de Elektor Labs-website. Daar wachten honderden projecten op ontdekking. Dit zijn er een paar – veel plezier!

Rijk en beroemd worden? Post uw projecten @ Elektor Labs

DALI: het best bewaarde geheim van de industrie

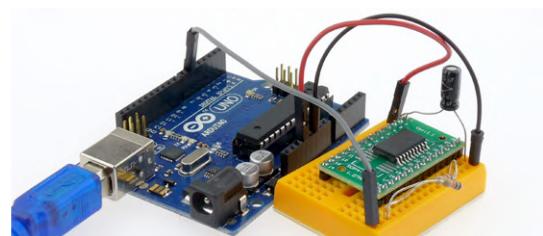
Veel microcontrollers hebben toepassingsvoorbekenden voor de Digital Addressable Lighting Interface of DALI-standaard, bedoeld om verlichtingsapparatuur te bouwen met onderdelen van verschillende fabrikanten die onderling soepel samenwerken. DIY-projecten hiermee zijn echter niet of nauwelijks te vinden. Het hier beschreven project gaat over DALI, maar is niet compleet en misschien zelfs in de steek gelaten. Kunt u helpen?



@ Elektor Labs: www.elektor-labs.com/532

Sneller met moderne AVR-microcontrollers

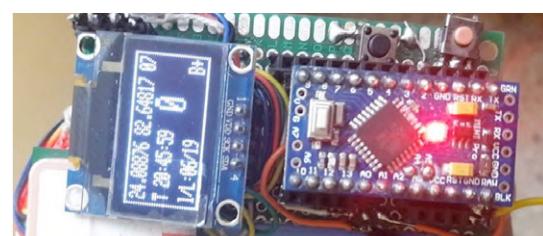
De nieuwste microcontrollers van Microchip zoals de ATmega4809, ATmega3209, ATTiny816 en ATTiny1616 worden geprogrammeerd via de Unified Program and Debug Interface (UPDI). De MKII-programmers die velen van ons voor het programmeren van AVR gebruiken, ondersteunen deze interface niet. Gelukkig kunt u zo iets zelf bouwen met een Arduino en een open source-library. Hier wordt beschreven hoe.



@ Elektor Labs: www.elektor-labs.com/1702

Bouw uw eigen (fitness-)tracker

Deze fitness-tracker ziet er misschien niet zo flitsend uit als commerciële producten, maar deze kan – in tegenstelling tot die 3-cijferig geprijsde gadgets – volledig aan uw wensen worden aangepast ('customizing' heet dat in goed Nederlands). Niet alleen kunt u hiervoor zelf een passende behuizing ontwerpen (of niet), ook wat u erin stopt bepaalt u helemaal zelf. De basisversie heeft GPS en een OLED-display en jazeker: hij registreert al uw bewegingen!



@ Elektor Labs: www.elektor-labs.com/1660

Maak een muzikant blij

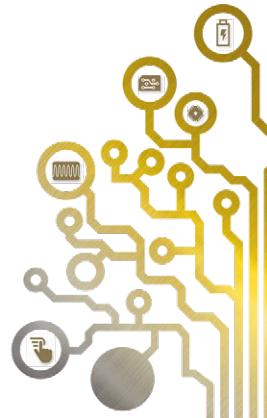
In essentie is een stompbox niets anders dan een houten kist met een microfoon erin, waarop de muzikant (zoals Seastick Steve) het ritme stampet met zijn voet en zo een geluid produceert dat vergelijkbaar is met een basdrum. Maar in onze moderne wereld van 'connected' objecten horen daar natuurlijk minstens een ESP32 en/of een I²C-OLED display bij... Muzikanten worden altijd blij van elektronica-ontwerpers, omdat ze daar hun speeltjes aan danken. Ook u kunt een muzikant blij maken door dit schakelingetje voor hem of haar te bouwen. ▶



@ Elektor Labs: www.elektor-labs.com/1598

ELECTRONICS & APPLICATIONS

14 T/M 16 MEI 2019 JAARBEURS UTRECHT



De vakbeurs Electronics & Applications 2019 weet zich in het beurzenlandschap te onderscheiden doordat hij de volledige keten van elektronica bedrijven herbergt. E&A, van 14 tot en met 16 mei 2019, is vanwege grote interesse te vinden in hal 7 van de Jaarbeurs en biedt plaats voor de naar verwachting 140 deelnemende exposanten.

Naast veel trouwe deelnemers is er ook een grote groep nieuwe spelers die de bezoekers verwelkomen. De ongeveer 4.300 bezoekers zijn afkomstig uit de OEM-sector, de machinebouw, data- en telecommunicatie en de industriële eindmarkten.

De beursvloer is verdeeld in vijf clusters: test & meetapparatuur, componenten, productie, design & engineering en applicaties. Nieuw tijdens de aankomende editie is de applicatiecluster waarin exposanten (sub)systemen tonen met toegepaste elektronica. Ook biedt de cluster een nieuwe kijk op productiemethodes voor (metaal)machineleveranciers. Zij moeten steeds vaker samenwerken met elektronicspecialisten om tot een optimaal eindresultaat te komen.

E&A conferentieprogramma

Veel elektronica-experts, waaronder ontwikkelaars en leveranciers van productieapparatuur en componenten, zetten zich in om de bezoekers van het conferentieprogramma goede kennisoverdracht te bieden. Topics die op dit moment in de elektronica-industrie stevig in ontwikkeling zijn, komen tijdens E&A uitgebreid aan bod. Gezamenlijk worden de belangrijkste

thema's in de markt toegelicht, zoals 3D-printing en IoT, waarbij de organisatie diverse externe sprekers heeft uitgenodigd.

3D-printen van mechanica en elektronica

Op woensdag 15 mei kunt u luisteren naar presentaties over '3D-printen van elektronica en mechanica', waarbij onder andere GBO, Tenco DDM en Nano Dimension betrokken zijn. De seminars beschrijven zowel een fase voor de ontwikkeling van prototypes als nieuwe methoden om de mechatronica en elektronica vooruit te brengen. Daarnaast gaat het bij dit seminar ook over een moderne manier van werken: sneller, innovatiever en meer geïntegreerd een *proof of concept* of prototype maken.

Het uitgangspunt in het seminar is de trend dat diverse domeinen, zoals mechanica, elektronica en software, naar elkaar toe-groeien. Elektronica vereist bijvoorbeeld een behuizing die een optimale bescherming biedt en functioneel is in het gebruik, terwijl een geïntegreerde productontwikkeling uiteindelijk altijd goed is voor de klant. Zowel voor prototyping, elektronica-on-

Alle onderwerpen van het conferentieprogramma op een rij:

◊ Communicatieprotocollen binnen IoT

Dinsdagochtend 14 mei, Croesefoyer

◊ Energieverbruik

Dinsdagochtend 14 mei, Croesezaal

◊ Smart Industry

Dinsdagochtend 14 mei, Seminarzaal op beursvloer

◊ IoT in de praktijk, handvatten in het hier en nu

Woensdagochtend 15 mei, Croesefoyer

◊ Industrial Design

Woensdagochtend 15 mei, Croesezaal

◊ 3D printen van elektronica en mechanica

Woensdagochtend 15 mei, Seminarzaal op beursvloer

◊ Cyber Security

Donderdagochtend 16 mei, Croesefoyer

◊ Test & meet of the future

Donderdagochtend 16 mei, Croesezaal

◊ Hardware design voor een succesvol product

Donderdagochtend 16 mei, Seminarzaal op beursvloer



Compleet aanbod van elektronica-experts

door Thijss Beckers



wikkeling als productie biedt dit thema dus een goede kapstok voor interessante – en actuele – onderwerpen.

IoT in de praktijk, handvatten in het hier en nu

Industriële Internet of Things-toepassingen worden snel volwassen en bieden de gebruiker meerwaarde. De technologie is here to stay, maar het valt niet altijd mee om nieuwe producten op de markt te brengen. In het lezingenprogramma ‘IoT in de praktijk – handvatten in het hier en nu’ belichten sprekers hoe succesvolle Industriële IoT-toepassingen ontwikkeld kunnen worden. Betrokken exposanten zijn onder meer Salland Electronics, Indes-IDS, TOP-electronics en ED&A. De sprekers helpen u valkuilen te vermijden en *best practices* tijdens het productontwerp toe te passen. Ook is er aandacht voor security en het benutten van cloud computing voor de aansturing van Industriële IoT-hardware.

E&A beursprojecten

Samen met exposanten zijn ook levendige projecten opgezet. Daardoor krijgt u de kans om een volledig aanbod van bedrijven, geconcentreerd rondom specifieke thema’s, op een efficiënte wijze te bezoeken. U komt laagdrempelig in contact



met een groep elektronica-experts op de beursvloer. Ontdek de nieuwste (product)innovaties en haal oude en nieuwe contacten aan. In de E&A-bezoekersregistratiemodule kunt u uw deelname aan de projecten kenbaar maken. Ga daarvoor naar

<https://fhi.nl/eabeurs/>

- ◊ **Gadget 2019 – FlexKlok**
- ◊ **Productiedemo's 2019**
- ◊ **Demonstraties op de beursvloer**
- ◊ **Beste soldeerder van de Benelux**
- ◊ **Elektor start-up games: start-up op E&A**

180723-01

Nauwkeuriger RTC voor uw klok

upgrade voor de wekker met drievoudige weergave

Thomas Scherer (Duitsland) en Mathias Claußen (Elektor labs)



Niets is zo ergerlijk als een klok die niet gelijkloopt. Een wekker mag dan nog zo goed en optisch aantrekkelijk of mechanisch hip zijn, als hij te vroeg of te laat wekt en u hem elke maand gelijk moet zetten, dan doet hij niet waar hij voor bedoeld is. Elektronische klokken zijn veelal uitgerust met een DS1302 RTC-chip of een equivalent daarvan. Die kunt u vervangen door het break-out-board (BoB) dat we in dit artikel presenteren.

In het mei/juni-nummer 2018 van Elektor presenteerden we de *Wekker met drievoudige weergave* van Oliver Croiset [1], een compacte klokmodule met grafisch kleuren-TFT. Ik was er direct gecharmeerd van, want het was vooral een wekker met eenvoudige bediening. Dat leek een goede oplossing voor mijn moeder, die met de cryptische bediening van moderne wekkers en klokken van Chinese makelij op voet van oorlog staat. Dus heb ik het bouwpakket uit de Elektor-shop [2] in elkaar gezet en schreef ik een bespreking op de Elektor-site [3].

Onnauwkeurigheden

Zoals ik al beschreef in mijn review was het bouwpakket simpel in elkaar te zetten en mijn moeder was blij met een wekker die er niet alleen goed uitzag, maar die ze ook zelf kon instellen (**figuur 1**). De vreugde werd helaas al snel bedorven door het feit dat de wekker onnodig haast had. Hij liep niet bepaald synchroon met het toerental van de aarde. Over een periode van vier maanden liep de wekker maar liefst 24 minuten voor (ik heb mijn moeder gevraagd om hem niet gelijk te zetten, omdat ik wilde weten wat de afwijking precies was). Dat is zes minuten per maand, oftewel bijna twaalf seconden per dag! Dat leek me onaanvaardbaar. Maar wat was de oorzaak? De wekker haalt de tijd uit een RTC-chip van het type DS1302, die op zijn beurt (evenals vele andere elektronische klokken) draait op een klassiek kwartskristal van 32.768 Hz. Er is een supercap die de rol van noodvoeding vervult bij netstoringen



Figuur 1. Mijn ‘wekker met drievoudige weergave’ in een behuizing van zwart aluminium.

enzovoort, wat een nuttige voorziening is. De chip is beslist onschuldig, dus het euvel moest hem zitten in het klokristal. Ik moet een toevallig misbaksel gekregen hebben, want zo’n kristal heeft normaliter een maximale afwijking van ±50 ppm, terwijl die van mij bijna driemaal zo slecht was.

Oplossingen

Wat te doen? Ander kristal erin en hopen op verbetering? Dergelijke klokkristallen worden in het Verre Oosten in mega-aantallen geproduceerd en voor een paar cent per stuk op de markt gegooid. Daarom heb ik zo mijn twijfels of die wel allemaal voldoen aan de opgegeven tolerantie. Het ging me echter te ver om de wekker steeds weer open te maken om er een nieuw kristal in te zetten, totdat het hopelijk een keer goed was. Daarom ging ik op zoek naar een klokoscillator die nauwkeuriger was...

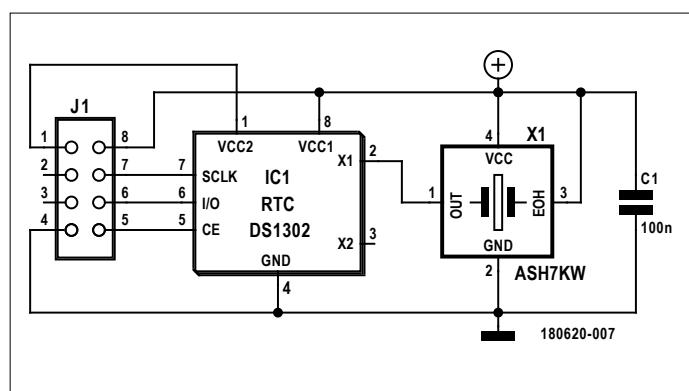
...en juist rond die tijd kwam ik er achter dat Mathias Claussen in het Elektor-lab bezig was met een upgrade-optie om deze klok nauwkeuriger te maken. Telepathie? Tovenarij? Hoewel ik als elektronicus natuurlijk bekend ben met het fenomeen van de toevallige samenloop van omstandigheden, was ik hier toch bijzonder verheugd over. En er waren nog meer overeenkomsten. Mathias was net als ik tot de slotsom gekomen dat een precisie-kristaloscillator met temperatuurcompensatie ofwel te duur zou worden ofwel te veel stroom zou slurpen. Bij dit laatste zou de supercap, die dient als backup-batterij bij stroomstoring, te snel leeggetrokken worden. We zochten dus een zuiniger maar toch voldoende nauwkeurige vervanging. Mathias koos voor de 32.768 kHz Low Power SMD Crystal Oscillator type ASH7KW van Abracon. Die trekt slechts 1,8 µA en werkt nog wanneer de spanning is afgенomen tot 1,2 V. Dat is ideaal voor voeding uit een supercap. Hij heeft een nauwkeurheid van ±20 ppm.

Voordat u nu de neus optrekt omdat dit niet veel nauwkeuriger is dan normale klokkristallen, wil ik u graag even wijzen op **figuur 2**, het grafiekje met de tolerantie als functie van de temperatuur (afkomstig uit de datasheet [4]). Een wekker in de

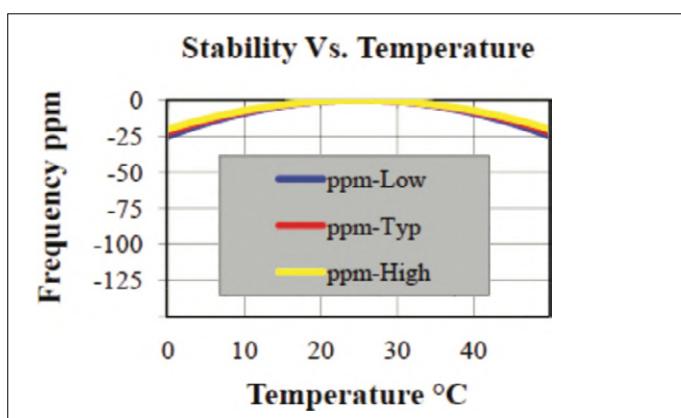
slaapkamer bevindt zich normaliter in een temperatuurbereik van zo'n 15...30 °C, en daarin heeft de ASH7KW een afwijking van maximaal ±10 ppm en 'typisch' in de buurt van ±5 ppm. Dat komt neer op minder dan 13 seconden per maand ofwel maximaal twee-en-een-halve minuut per jaar. Dat klinkt al een stuk beter en het is een welkome oplossing, want hiermee is alles ook nog goed uitvoerbaar.

Realisering

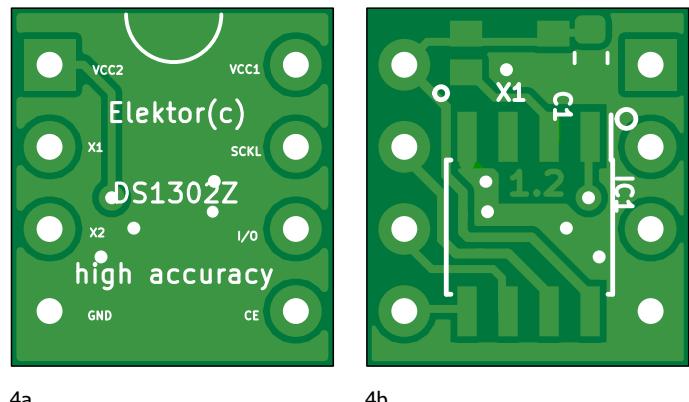
Als u de schakeling in **figuur 3** bekijkt, dan zult u opmerken dat daar nauwelijks iets te zien is. J1 bestaat uit twee vierpolige pinheaders, die bijna één op één naar de pootjes van de IC1 gaan (IC1 is een DS1302 in SMD-uitvoering) – het resulterende break-out-board kan dan de DS1302 (in DIL-formaat) op de wekkerprint direct vervangen. Het duidelijk nauwkeuriger kloksignaal is te vinden op aansluiting X1, dat is pin 2 van IC1. Het printontwerp voor deze minimalistische elektronica kunt



Figuur 3. De schakeling van deze upgrade is echt heel simpel.



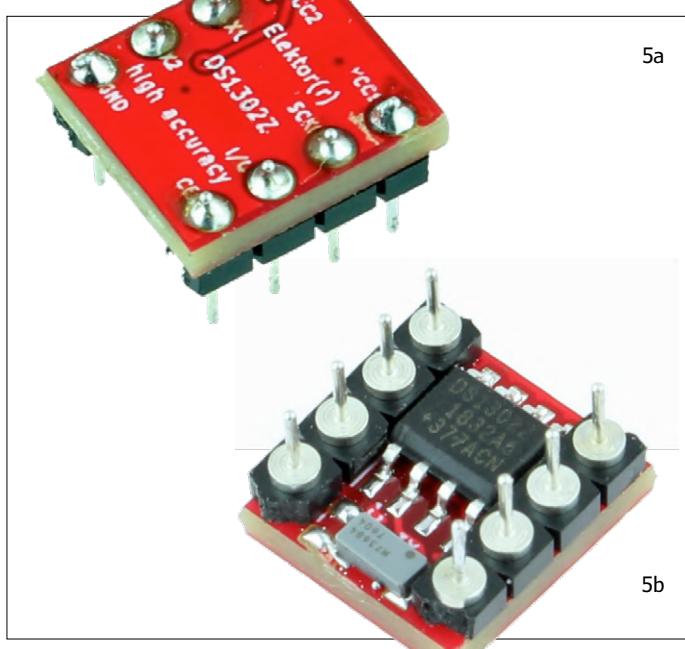
Figuur 2. Een gedeelte van de grafiek met de afwijking als functie van temperatuur uit Abracon's datasheet van de ASH7KW.



Figuur 4. Boven- (4a) en onderkant (4b) van het miniprintje.

Weblinks

- [1] Artikel 'Wekker met drievoudige weergave': <http://www.elektormagazine.nl/160590>
- [2] Bouwpakket 3-Way Display Alarm with 2,2" TFT: <http://www.elektor.nl/3-way-display-alarm-kit>
- [3] Review: Wecker mit 3-fach-Anzeige als Kit: <http://www.elektormagazine.de/news/review-wecker-mit-3-fach-anzeige-als-kit>
- [4] Datasheet ASH7KW: <https://abracon.com/Oscillators/ASH7KW.pdf>



Figuur 5. Boven- (5a) en onderkant (5b) van het voltooide prototype.

u bewonderen in **figuur 4**. De pinheaders, IC1, X1 en de ont-koppelcondensator C1 komen op de onderkant van het printje. De pootjes van het IC-printje kunt u het beste uitvoeren met pinheaders met ronde pennen. Hebt u die niet in voorraad, dan kunt u het ook doen met stukjes stevig draad van bijvoorbeeld normale through-hole weerstanden, die u na het insolderen op lengte knipt. Zoals altijd is de volgorde van bestukken van laag naar hoog, dus eerst X1 en C1, dan IC1 en ten slotte de pennen. Als het klaar is, dan moet het BoB eruitzien zoals in **figuur 5**.

Upgrade

Met dit BoB kunt u in principe elke willekeurige elektronische klok die is uitgerust met een RTC van het type DS1302 in DIL-behuizing, van een upgrade voorzien. Voor de *Wekker met drievoudige weergave* zijn er nog wel een paar aandachtspunten, die hieronder aan de orde komen.



ONDERDELENLIJST

Kondensatoren:

C1 = 100 n, SMD 0603

Halfgeleiders:

IC1 = DS1302, SOIC8

X1 = ASH7KW, 32.768 Hz, SMD

Diversen:

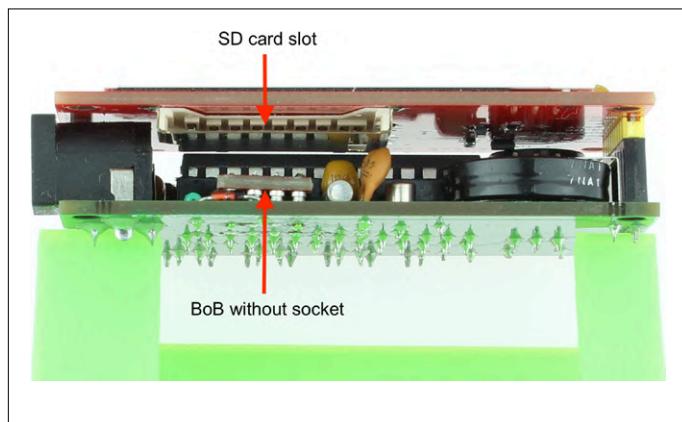
2 x 4-pol. pinheader, raster 1/10", zie tekst
print 180620-1 v1.2



Figuur 6. Klokprint met BoB in plaats van de oorspronkelijke RTC.



Figuur 7. Sandwich van de klokprint met BoB en displaymodule waar eerst de SD-kaarthouder van verwijderd is.



Figuur 8. Sandwich van klokprint en displaymodule, waarbij het BoB direct (zonder voetje) in de klokprint is gesoldeerd. De SD-kaarthouder kan dan blijven zitten.

De RTC DS1302 zit in een 8-pens IC-voetje. De upgrade plaat-sen is in principe heel makkelijk: wekker openmaken, display eraf, RTC eruit, BoB erin. Let op de oriëntatie; om die reden zijn de pennen aan de bovenkant van het printje genummerd. In **figuur 6** ziet u wat de bedoeling is.

Maar helaas! Zo simpel is het niet. Aan de onderkant van de displaymodule zit namelijk een metalen slot voor een SD-kaartje. Zou u de displaymodule zonder meer erop prikken, dan sluit die de pootjes van het printje kort. Er zijn drie simpele oplossingen voor dit probleem:

1. U verwijdert de SD-kaart-houder van de displayprint. Zonder deze metalen houder is er voldoende tussenruimte tussen de displayprint en het upgradeprintje en kunt u het IC-voetje voor het upgrade-printje handhaven. Dat ziet eruit zoals het zijaanzicht in **figuur 7**.

2. U verwijdert het IC-voetje van de klokprint. Dat gaat makkelijker als u het plastic van het voetje eerst met een zijkniptang verwijdert (verbrokelt), en er de pennen dan één voor één uit soldeert. Als u vervolgens eerst de ontstane gaatjes op de klokprint met litzedraad schoonmaakt, dan kunt u daarna het BoB'je er vrij eenvoudig in solderen. In **figuur 8** kunt u zien dat het zo ook goed past.

3. U soldeert de headers aan de bovenkant van het BoB en vervolgens soldeert u dit geheel tegen de onderkant van de wekkerprint, op de plaats van het voetje voor IC2. Zo wordt het geheel wel wat dikker, en het ziet er ook nogal slordig uit. Daarom tonen we geen afbeelding van deze oplossing.

Conclusie

De nauwkeurigheids-upgrade is een simpele oplossing die zijn geld beslist waard is. U kunt hiermee heel eenvoudig de *Wekker met drievoudige weergave* verbeteren. Hetzelfde printje past ook in andere klokken met de DS1302 in DIL-uitvoering. Voor mij kwam deze oplossing precies op het goede moment, en het heeft me veel geknussel en gehannes met ‘zwevende’ bedrading bespaard, dankzij de modulaire uitvoering.

Hartelijk dank, Mathias! ▶

180620-04

Advertentie



Mouser heeft het grootste assortiment van TI op voorraad

Meer dan 46.000 TI-producten

Meer dan 4.000 TI-ontwikkelingstools

Mouser Electronics - uw officiële TI-distributeur met meer producten op voorraad voor uw volgende ontwerp. nl.mouser.com/ti



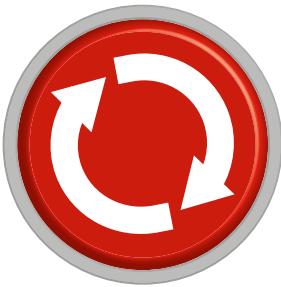
IN DE STORE



→ 3-Way Display Alarm with 2,2" TFT
www.elektor.nl/3-way-display-alarm-kit

→ Nauwkeuriger RTC – kale print (180620-1 v1.2)
www.elektor.nl/18831

→ Nauwkeuriger RTC – gedeeltelijk bestukt (180620-91)
www.elektor.nl/18832



Project 2.0

correcties, updates en brieven van lezers

Zelfbouw soldeerstation met temperatuurregeling

Elektorlabs januari/februari 2019, p. 14 (180348)

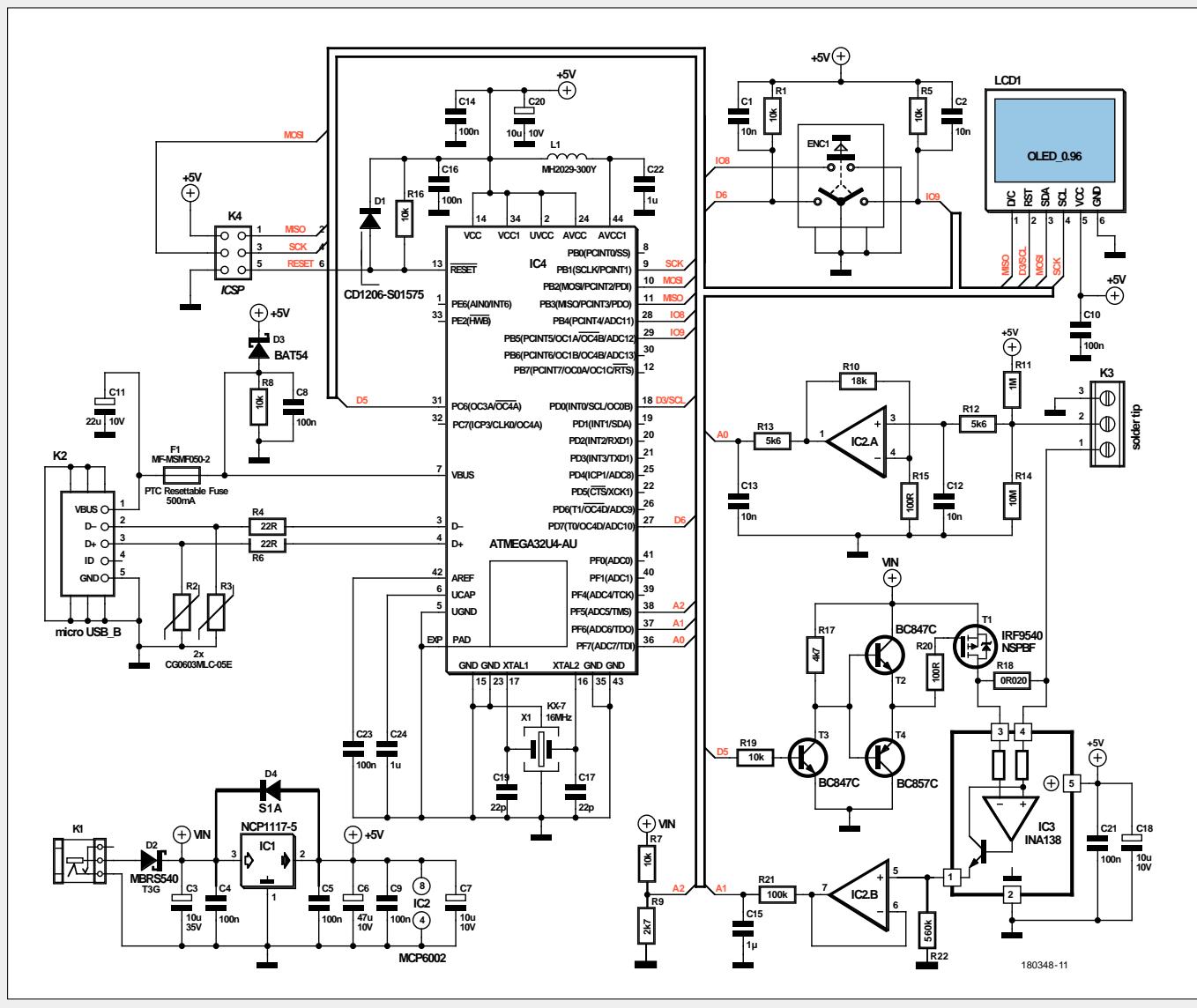
In het schema zijn helaas enkele fouten gesloten:

- T4 moet een PNP-type zijn, waarvan de emitter met de emitter van T2 verbonden is.
- In het schema ontbreekt R22 (560 k) aan de uitgang van IC3, naar 0 V.
- In het schema ontbreekt D4 als vrijloopdiode over IC1.
- R7 en R9 vormen een spanningsdeler waarmee met analoge ingang A2 van de controller VIN kan worden gemeten; de beide weerstanden ontbreken in het schema. De software vraagt de spanning op poort A2 niet op, maar de gebruiker kan deze functie invoegen. Zo kan het soldeerstation bijvoorbeeld uit een (auto)accu worden gevoed en diepontlading worden voorkomen.

De print is correct.

Een nieuw schema staat voor alle geïnteresseerden als download klaar op:

www.elektrormagazine.nl/180348-04



10-MHz-referentie

Elektor mei/juni 2018, p. 32 (160594)

In het schema (figuur 3) is een foutje geslopen: de waarde van weerstand R4 moet 10 kΩ zijn in plaats van 820 Ω.

Vuurtorenlicht 2.0

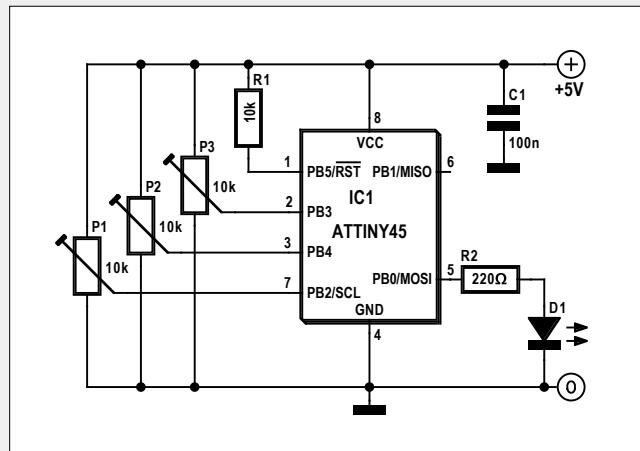
Elektorlabs januari/februari 2019, p. 24 (180334)

In een uitgebreide duurtest viel op, dat de software na verloop van tijd kan vastlopen. Nader onderzoek leerde dat het inlezen van de potmeterwaarde in de DO-LOOP-lus het probleem is. In een aanpassing van deze lus in een nieuwe softwareversie wordt de potmeterwaarde alleen nog bij de start van het programma ingelezen. De schakeling moet zo nodig worden gereset.

Het instellen verloopt nu als volgt:

Eerst worden alle drie potmeters op minimum ingesteld. Nu wordt met P1 de gewenste flitslengte ingesteld. Daarna kan met P3 het aantal flitsen worden ingesteld. Omdat ook de tijdsduur van het lichtkarakter nog op minimaal staat, legt het programma automatisch de lengte van het lichtkarakter op een waarde vast die 2 seconden langer duurt dan alle flitsen en daarbij horende onderbrekingen nodig hebben. Als het aantal flitsen is vastgelegd, kan met P2 die lengte op een gewenste waarde worden ingesteld. Daarmee zijn de parameters van de vuurtoren ingesteld. Om de betreffende instelling over te nemen, wordt de resetknop ingedrukt, waardoor het programma opnieuw start. Dit kan ook door de voedingsspanning uit- en vervolgens weer in te schakelen.

Friedrich Lischeck (auteur)



Netuitval-detector met SMS-alarm

Elektorlabs oktober/november 2018, p. 10 (180344)

Correcties en aanwijzingen voor de onderdelenlijst:

- L2 is van het type BLM21AJ601SN1D (niet BLM12...).
- MOD2: de GSM-module van Quectel kan worden gebruikt in zowel de versie M95FA-03STDN als in de versie M95FA-03STN.
- X1 (CSTCC8M00G53-R0, keramische-resonator, 8 MHz, Murata) is verkrijgbaar bij Farnell, TME, Mouser, Distrelec en andere distributeurs.
- K2: de printkroonsteen heeft een steek van 7,62 mm, niet 7,68 mm.



Over ledstrips...

Elektor mei/juni 2018, p. 84 (160669)

Voor de zoveelste keer kom ik (niet alleen in Elektor) de kreet 'laagspanning' in de verkeerde context tegen.

Thomas Scherer schrijft over 230V-ledlampen en vervolgens over ledstrips die (meestal) op laagspanning worden aangesloten. In werkelijkheid hoort die eerder genoemde 230 V tot het laagspanningsbereik. Het door de auteur genoemde laagspanningsbereik (vermoedelijk wordt daarmee de 12 V bedoeld die verderop ter sprake komt) is daarentegen het extra lage spanningsbereik. Pas op voor verwarring door het Engelstalige begrip 'Low Voltage'!

Franz Babener

Antwoord van de redactie:

U hebt helemaal gelijk. De juiste aanduiding is extra lage spanning, in het Engels: Extra Low Voltage, ELV; in België worden sporadisch de termen "ZLS" (Zeer Lage Spanning) of "ZLVS" (Zeer Lage Veiligheids-Spanning) ook wel gebruikt. In het laatste geval (in het Engels "Safety Extra Low Voltage" genoemd, SELV) mag deze voor wisselspanningen niet hoger zijn dan 25 V en voor gelijkspanningen niet hoger dan 60 V. Spanningen beneden deze waarden gelden bij aanraking nog als ongevaarlijk, zodat ook geen speciale maatregelen hoeven te worden getroffen om aanraking te vermijden.



Minder stroom verbruiken

Elektor 11-12/2018, p. 100 (160633)

Een PT1000-sensor heeft een standaardwaarde van 1000Ω bij 0°C (DIN EN 60751) en niet bij 20°C , zoals de auteur beweert. PT1000-sensoren zijn platina-weerstandsthermometers met een positieve karakteristiek. Gebruikelijk worden ze ingezet bij temperatuurbewaking van motoren.

De in het artikel vermelde PT10000 bestaat helemaal niet. Typische waarden zijn: 50Ω , 100Ω , 200Ω , 500Ω en 1000Ω . Andere waarden zijn mogelijk, maar worden op bestelling gemaakt en zijn niet vrij verkrijgbaar.

Volker Schulze

Antwoord van de auteur:

U hebt gelijk, de weerstandswaarde van een PT1000 wordt gegeven bij 0°C en niet bij 20°C , zoals ik in het artikel schreef. Mijn excuses daarvoor.

Maar een PT10000 is wel degelijk regulier verkrijbaar, bijvoorbeeld bij UST (www.umweltsensorstechnik.de).

Robert Lacoste



Tips & trucs: Deurschakelaar als wateralarm

Elektor 07-08/2018, p. 72 (160470)

Om de elektronica ook bij hogere waterstanden te behoeden voor een nat pak, kun je de schakeling met de sensorpootjes ook door een stuk styropor (piepschuim) steken, zodat hij drijft en droog blijft.

Kees de Groot



Wekker met drievoudige weergave – update

Elektorlabs november/december 2018, p. 84 (170112)

Ik heb in het november/december-nummer 2018 gelezen, hoe in twee projecten moeizaam sinussen en cosinussen werden berekend (wekker en DDS).

Zelf gebruik ik in mijn programma's de functie arctangens, die zonder enig probleem loopt op een simpele 8-bits MCU zonder veel MHz-en en geheugen. Voor de berekening gebruik ik het CORDIC-algoritme, dat er wiskundig behoorlijk gecompliceerd uitziet, maar als C-code (met 16-bits integers) heel goed te volgen is.

Hetzelfde algoritme is ook te gebruiken voor sinus en cosinus. Hiervoor is een LUT (LookUp Table, opzoektabel) met N ingangen nodig, waarin de $\arctan(1/2^i)$, met $i = \{0 \dots N-1\}$ vooraf wordt berekend. In N iteraties wordt nu een vector net zolang met $\arctan(1/2^i)$ met de klok mee of tegen de klok in gedraaid, tot ongeveer de gezochte hoek is bereikt.

Nauwkeurigheid en snelheid zijn direct afhankelijk van N. Er zijn alleen optel- en schuif-operaties nodig; alle getallen (hoek, sinus, cosinus, etc) worden geïnterpreteerd als integer.

Grof gezegd ziet de sinus/cosinus-CORDIC er uit als in de hiernaast afgedrukte listing:

Wat hier nog ontbreekt zijn — naast de LUT — de startwaarden voor `sin`, `cos` en `angle`. Deze hangen af van de concrete situatie.

CORDIC kan overigens nog veel en veel meer, daarom is de informatie op Internet (Wikipedia en zo) hierover ook zo wiskundig en voor elektronici moeilijk te begrijpen.

Het beste dat ik hierover heb gevonden is:

<http://nonagon.org/ExLibris/sites/default/files/pdf/Cordic-Faster-Sin-Cos.pdf>

Nog makkelijker te begrijpen is de \arctan^2 -functie die hier is beschreven:

http://bsvi.ru/uploads/CORDIC--_10EBA/cordic.pdf

Natuurlijk heeft ook de LUT in het wekker-artikel voordelen (snelheid). Hij vraagt echter veel geheugen en is niet echt flexibel. Anderzijds zijn de `sin()`/`cos()`-functies uit de `math.h` library erg traag en gebruiken ze veel hulpbronnen (floating-points).

Overigens mijn dank voor het leuke artikel, ik kan er altijd weer iets van opsteken!

Andreas Dick

```
for (i=0; i
{
    if (angle < 0)
    {
        int temp = sin;
        sin -= cos >> i;
        cos += temp >> i;
        angle += lut[i];
    }
    else
    {
        int temp = sin;
        sin += cos >> i;
        cos -= temp >> i;
        angle -= lut[i];
    }
}
```



Platino-transistortester

Elektor maart 2015, p. 62 (130544)

De Platino-transistortester uit Elektor 03/2015 is een weliswaar al wat ouder project, maar mijns inziens is er niets tegen voorstellen die oudere projecten verbeteren. Bovendien is de print nog steeds verkrijgbaar; ik heb hem een kleine twee jaar geleden aangeschaft. De opbouw ging probleemloos, maar met de software leek iets niet in orde te zijn. Als een transistor wordt aangesloten, wordt die zonder problemen gemeten. Maar als de ingangsklemmen zonder DUT zijn, geeft hij geen melding daarvan. Na indrukken van de knop leek er iets op de eerste regel van het display voorbij te schieten, maar pas na aanhoudend indrukken verscheen 'No transistor'. De verbetering was met een volledige versie van BASCOM snel ingebouwd: na regel 320 `Lcd "No transistor"` heb ik de regel `Waitms 1000` ingevoegd, waarna de aanduiding 'No transistor' wel leesbaar bleef. Maar nu werden daarna weer de waarden uit de vorige meting met aangesloten transistor afgebeeld. Daarom moeten na de ingevoegde regel nog de betreffende variabelen gewist worden:

```
321: Waitms 1000  
322: I = 0  
323: T_type = 0  
324: Cal_pin = 0
```

Super, het werkt!

Omdat ik in de broncode ontdekt had dat de meetresultaten ook via de seriële interface worden uitgevoerd (hetgeen in de tekst helaas slechts heel kort wordt aangestipt), heb ik een USB/seriele-module aangesloten en een terminalvenster gestart. Het duurde even voordat ik begreep dat de snelheid van de seriële poort in de terminal verkeerd was ingesteld; in regel 14 van de broncode ontbrak namelijk de instructie `Baud = 9600`. Toen dat in orde gemaakt en vervolgens opnieuw gecompileerd was, leek alles in orde. Totdat de seriële kabel werd uitgetrokken en een nieuw uitgevoerde transistormeting liet zien dat er niets meer gebeurde. Op dat moment herinnerde ik mij een advies dat Clemens Valens mij had gegeven, die mij bij foutzoeken twee jaar geleden wees op een 'floating serial port'. Dus legde ik PD0 (TXD) en PD1 (RXD) van de ATmega32 elk met een weerstand van 100 kΩ aan VCC (foto). En ziedaar: nu werkt alles gladjes.

Hans Schneider



Opmerking van de redactie: de softwareversie van Hans Schneider (V3.1) kan (onder Project Comments) worden gedownload van: www.elektormagazine.com/labs/130544-1-platino-transistor-tester

Hamster Run-O-Meter

Elektorlabs november/december 2018, p. 79 (180431)

In de tekst van dit artikel zijn twee foutjes geslopen. In de paragraaf 'Hardware' hebben we de operationele versterker voor IC3 uitgescholden. Dat moet natuurlijk IC4 zijn.

En in dezelfde zin hebben we IC2 een Schmitt-trigger-inverter genoemd. Dat moet IC3 zijn.



RGBDigit klok

Elektor maart/april 2017, p. 6 (160100)

In het schema van deze RGB-klok is een 2-polige header K5 getekend met de signalen Button0 en Button1 die naar de QTouch-sensoren IC4 en IC5 gaan. In het artikel staat echter nergens wat precies op K5 moet worden aangesloten (bijv. een stuk metaal met bepaalde afmetingen).

Klaus Fiebig

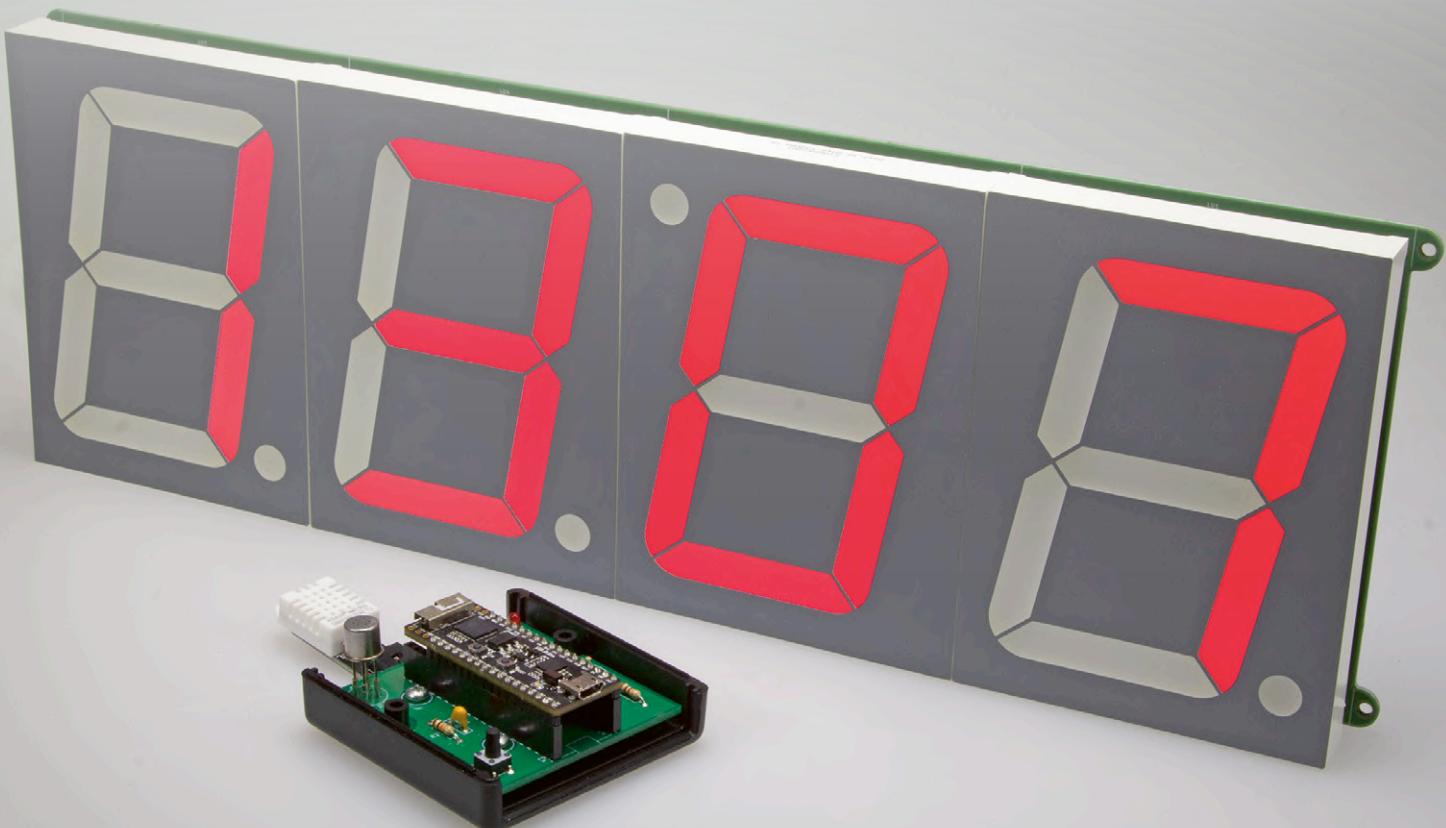
Het is mij gebleken dat dit niet kritisch is.

Een stuk draad (tot 15 cm) van de print naar bijvoorbeeld een bout als contactvlak doet het al prima.

Luc Lemmens, Elektor Labs

Gigantische LED-klok met WLAN en temperatuurweergave

cijfers van 10 cm, internet-tijd via ESP32 en draadloze omgevingssensoren



Rainer Krugmann (Duitsland)
en **Mathias Claußen** (Elektor Labs)

Zo'n klein board met een ESP32-controller en WLAN-functionaliteit is een prima uitgangspunt voor het realiseren van allerhande projecten. Dit idee kwam ook op bij Rainer Krugmann, toen hij tussen zijn verzameling elektronische onderdelen een paar gigantische zeven-segment-displays tegenkwam. Met wat ontwikkelwerk is uit zijn eerste idee een echte klok ontstaan, die dankzij de MQTT-interface ook een prima hardware-basis vormt voor eigen projecten en uitbreidingen. Er is al een draadloze sensor voor luchtkwaliteit, temperatuur en luchtvochtigheid beschikbaar.

Woord vooraf: helaas is auteur Rainer Krugmann, een trouwe lezer van Elektor, vlak voor Kerstmis 2018 plotseling overleden. Zijn kinderen hebben ons ver-

zocht om zijn project toch te publiceren. En omdat dit ontwerp zo interessant is, heeft Mathias Claußen van het Elektor Lab de schakeling overgenomen en deze

voor publicatie bewerkt. Dit artikel is dus zowel een hommage als een dankjewel voor de vele jaren samen!

Gigantisch?

Wat natuurlijk het eerste opvalt is het voor een LED-display ongebruikelijke formaat. De vier zeven-segment-displays van het type SA40-19SRWA van Kingbright hebben afmetingen van 122 x 90 mm (h x b) en een actieve cijferhoogte van 101,2 mm. Samen vormen ze een LED-display met een indrukwekkende breedte van 36 cm. Ideaal voor een klok die van een afstand van 5 m nog makkelijk kan worden afgelezen. Echt wel gigantisch, eigenlijk.

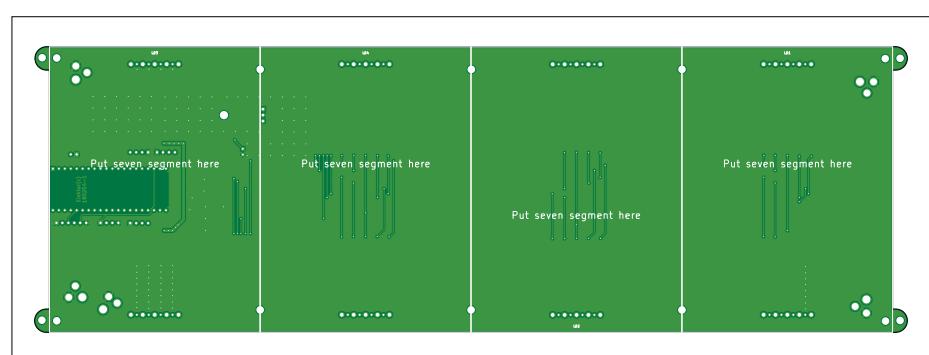
Natuurlijk kan met een LED-matrix met nog grotere afmetingen een meer dan gigantische klok worden gebouwd, maar een zeven-segment-display ziet er met zijn strakke randen erg fraai uit. Ook zijn hierbij geen afzonderlijke pixels te zien, wat in dit tijdperk van high-resolution retina-displays nogal ouderwets zou aan doen. Ze zijn bovendien veel eenvoudiger aan te sturen en u hoeft bij zelfbouw niet eerst eindeloos LED's op helderheid te sorteren om de uitschieters eruit te wissen. Voor een matrix van 5-mm-LED's met een cijferhoogte van 10 mm zijn al gauw zo'n 1000 LED's nodig (of u moet kiezen voor kant-en-klare LED-modules die in dit formaat niet echt goedkoop zijn). De 10-cm-displays van Kingbright zijn daarentegen in verschillende kleuren voor minder dan € 15 per stuk verkrijgbaar, en als u goed bent in 'internet-research' waarschijnlijk nog goedkoper.

Klok?

Het is duidelijk waarom Rainer Krugmann voor de processormodule ESP32 Pico-Kit [1] heeft gekozen, hoewel voor een klok met vier displays ook een ATMega, een PIC of een Arduino voldoende was geweest. Dankzij zijn lage prijs is een ESP32 maar een fractie duurder dan een 'kale' microcontroller, en bovendien een eenvoudig te programmeren met de Arduino-IDE. De ingebouwde WLAN-functionaliteit maakt nauwkeurige tijdweergave zonder de drift van een RTC-chip mogelijk, omdat de actuele tijd eenvoudig via het internet van een van de vele NTP-servers (Network Time Protocol) kan worden verkregen. Hierdoor is een backup-batterij voor het overbruggen van netspanningsuitval of de tijd die het verplaatsen van de klok kost, niet nodig. Internet-tijdservers zijn namelijk altijd bij de tijd en nauwkeurig. Weliswaar geldt dat een klok altijd een klok blijft, maar wat extra functionaliteit



Figuur 1. Een gigantisch display. In vergelijking met de paperclip worden de enorme afmetingen duidelijk.



Figuur 2. Onderdelenzijde of achterzijde van de klok? In ieder geval de displayzijde... LD2 wordt op zijn kop gemonteerd.

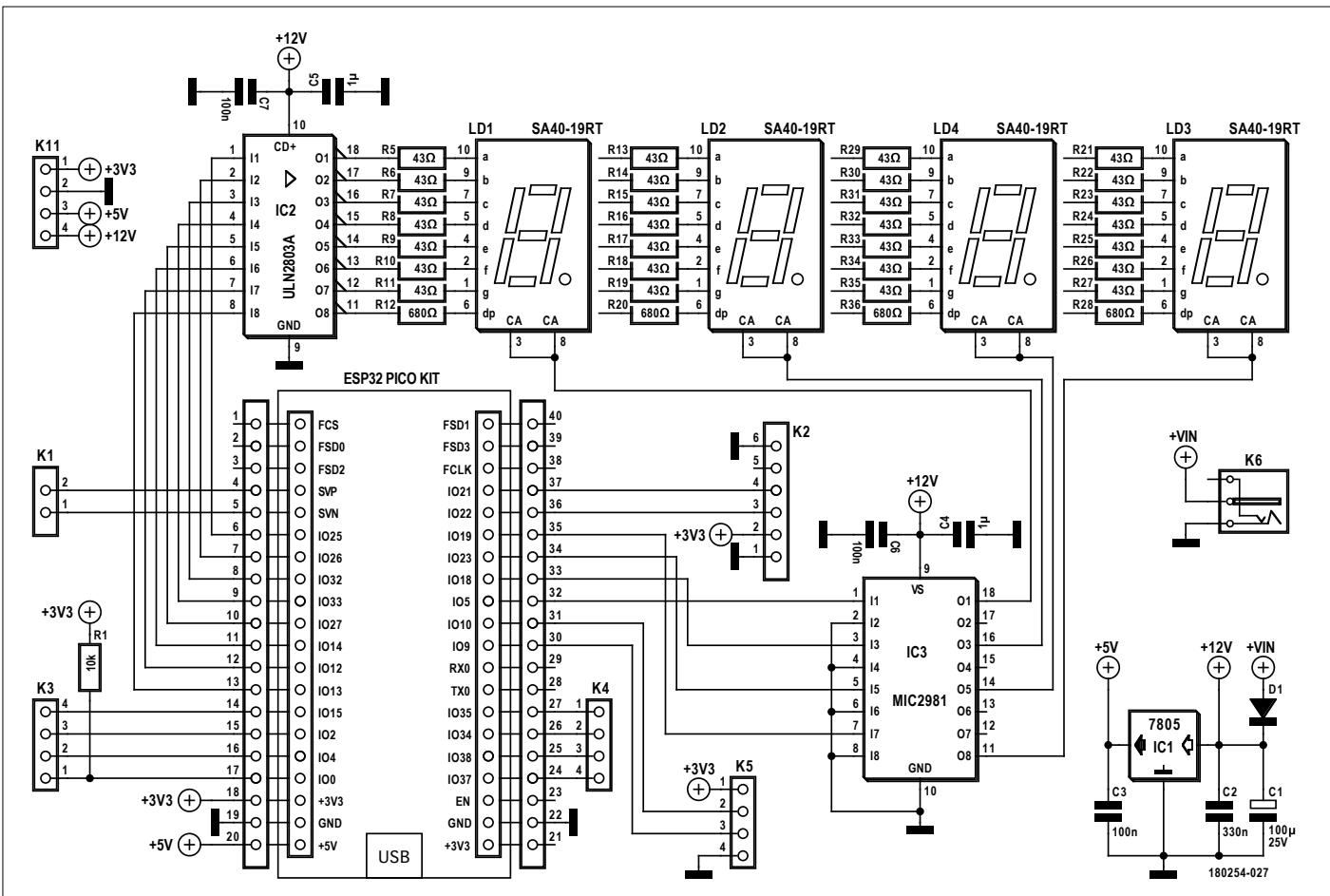
kan best handig zijn. Als u bijvoorbeeld 's ochtends bij het wakker worden al wilt weten hoe warm of koud het buiten is, dan komt een geschikte draadloze sensor goed van pas. Om u geen ergernissen op de hals te halen met bedrijfseigen protocollen op de vaak door storingen geplagde vrije frequentiebanden, kan de sensor ook 'via het internet' worden benaderd. Om het eenvoudig te houden, wordt hiervoor naast de eigenlijke sensoren een tweede ESP32-module gebruikt. Daarmee kan ook de sensorenheid op het internet inloggen en is veilig dataverkeer binnen het bereik van uw WLAN-verbinding gegarandeerd. Vanwege standaardisering wordt hiervoor het MQTT-protocol [2] gebruikt.

Tot zover de eigenschappen van het project, dat in principe een klok met een groot display en internet-tijd is, die echter ook met behulp van MQTT voor het weergeven van willekeurige data (in dit geval de temperatuur) kan worden gebruikt.

Display, hardware en co.

Zoals eerder gezegd bestaat het weergavegedeelte uit vier grote zeven-segment-LED-displays. In **figuur 1** ziet u het compleet opgebouwde display, dat wil zeggen de volledige klok uit het Elektor Lab (waarvan hier alleen het display zichtbaar is). Het display is niet alleen groot, maar bevat ook iets bijzonders: als u goed kijkt, dan ziet u dat de derde module (van links) op zijn kop staat. Door deze truc vormen de decimale punten van het tweede en derde cijfer een dubbele punt tussen de uren en de minuten, die we in het ritme van de seconden kunnen laten oplichten. Bij het monteren van de displays op de print (**figuur 2**) moet u hier dus even op letten.

Voor de aansturing van het display zijn drivers nodig. Om het aantal besturingslijnen binnen de perken te houden wordt het display gemultiplexed aangestuurd. Daarbij hebben we voor ieder cijfer en ieder segment een driver nodig en dit resulteert in de schakeling van **figuur 3**.

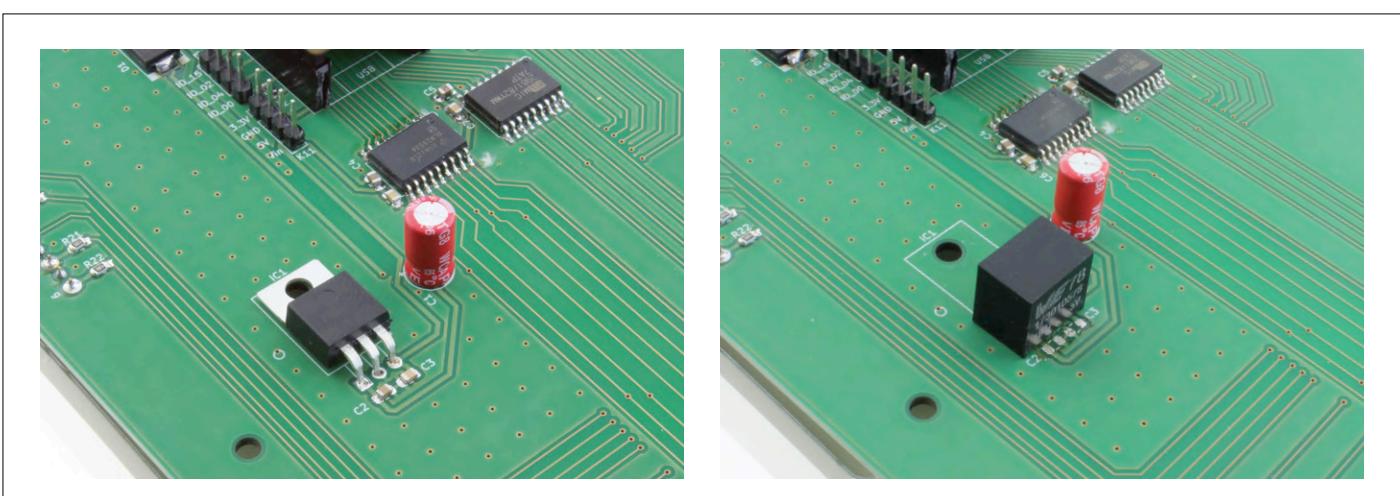


Figuur 3. De schakeling van de complete klok plus display is door de toepassing van het ESP32-board best overzichtelijk.

De gemeenschappelijke anodes van de displays worden naar +12 V geschakeld met vier van de acht high-current-drivers van IC3 – De segmenten worden naar massa geschakeld door de acht darlington-tos in IC2.

Let op: de helderheid van de displays is niet alleen afhankelijk van puls/pauze-verhouding van de (PWM-)stuursignalen, maar ook van de voedingsspanning (+12 V). Er moet dus een netadapter met gestabiliseerde 12V-uitgang worden

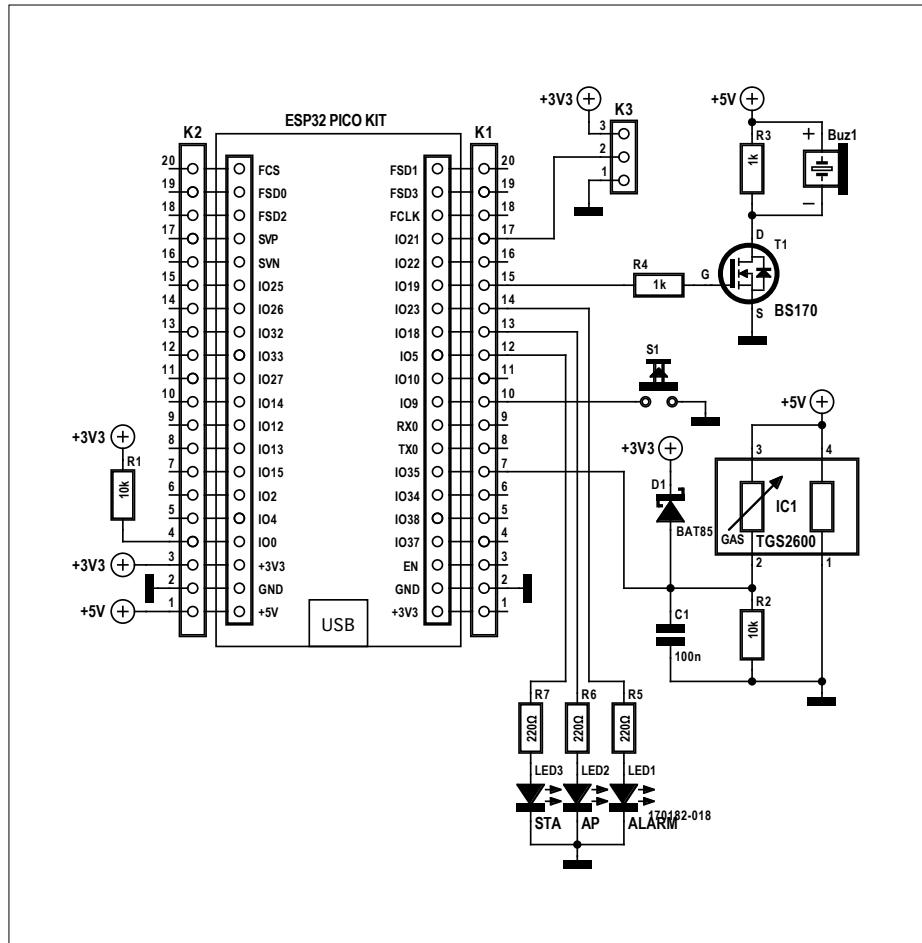
gebruikt. Bij hogere spanningen moeten de voorschakelweerstanden R5...R28 worden aangepast. Dit geldt in principe ook als u de hier gebruikte rode displays door pencompatibele exemplaren met een andere kleur of helderheid wilt



Figuur 4. Wie dat wil, kan de 7805-regelaar vervangen door een DC/DC-converter van Würth.

vervangen, want bij andere LED-kleuren horen andere doorlaatspanningen. Ieder segment bevat een aantal in serie geschakelde LED's (de punt een paar minder). Er zijn normale en superheldere versies evenals uitvoeringen in rood, groen en geel-oranje. Bij het toegepaste superheldere rode display SA40-SRWA komen we op 7,4 V en bij de groene versie op 8,8 V per segment. De displaykeuze hangt af van uw smaak en van de locatie – in de slaapkamer hoeft het natuurlijk niet superhelder te zijn. Serieregelaar IC1 maakt van de 12V-voedingsspanning een gestabiliseerde spanning van +5 V voor de voeding van het ESP32-board, dat op zijn beurt een 3,3V-regelaar voor de voeding van uitbreidingen bevat. In het lab werd bij een helder display een stroomopname gemeten van 320 mA, hetgeen een dissipatie van ongeveer 2,5 W in IC1 betekent. Als u dit te veel vindt, kunt u de 7805 vervangen door een pencompatibele schakelende regelaar (bijvoorbeeld de WPMXL1100501S van Würth), die minder dan 0,4 W dissipert, maar iets meer rimpel op de uitgangsspanning heeft (**figuur 4**). Bij gebruik van de schakelende regelaar van Würth moeten de condensatoren C2 en C3 worden weggetakeld. Experimenten met schakelende regelaars van andere fabrikanten wezen bovenindien uit dat de uitgangsspanning langzamer opkomt dan bij de serieregelaar. Dit kan bij de ESP32 problemen met het bootproces veroorzaken. Om die problemen gegarandeerd te voorkomen kunt u een 10 μ F-condensator aanbrengen tussen 'EN' (ESP32 pin 23) en massa. Deze truc vertraagt het booten totdat een stabiele 5V-spanning aanwezig is.

De niet gebruikte pennen van de ESP32 zijn beschikbaar op K1...K5 en de drie voedingsspanningen op K11. Er zijn dus genoeg aansluitingen voor eigen uitbreidings. Hierdoor kan de hardware ook eenvoudig voor andere doeleinden worden gebruikt. Tot zover alle onderdelen van de klok-hardware.



Figuur 5. De sensoreenheid bestaat uit een ESP32, een buzzer, drie LED's, een druktoets, sensor IC1 voor de luchtkwaliteit en een aansluiting (K3) voor een temperatuursensor.

Sensor

Zoals eerder vermeld is ook de via WLAN aangesloten sensoreenheid gebaseerd op een ESP32-board. Daar komen de eigenlijke sensoren nog bij, plus een druktoets en een paar LED's. **Figuur 5** toont de schakeling van de complete sensor. Ook deze is niet erg ingewikkeld. Bij de sensor voor het meten van de luchtkwaliteit IC1 [3] worden zowel het verwarmings-element tussen de pennen 1 en 4 als de eigenlijke sensor gevoed met 5 V. Om de ESP32 tegen een te hoge spanning op analoge ingang IO35 (pen 7 van K1) te beschermen is deze via schottkydiode

D1 aan +3,3 V gelegd. De buzzer wordt via T1 aangestuurd. Op K3 vinden we naast massa en 3,3 V ook een digitale 1-wire-ingang voor een extra sensorsignaal. Op deze driepolige pinheader wordt de sensor voor luchtvochtigheid en temperatuur DHT22 [4] aangesloten.

Verder valt er weinig meer te vertellen over deze eenvoudige en betrouwbare hardware – behalve misschien dat de behuizing ervan niet luchtdicht mag zijn, anders valt er voor IC1 (als deze sensor is gemonteerd) niets te meten. De sensoreenheid moet daarom buiten

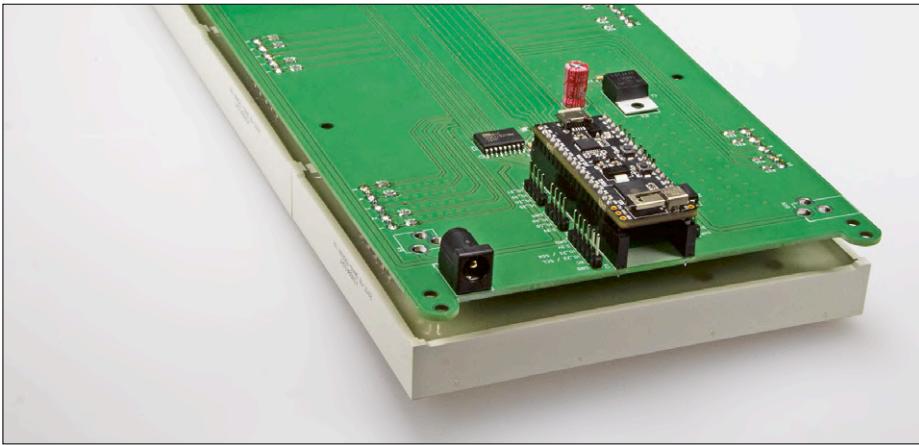
All inclusive.
MagI³C Power Modules

www.we-online.com/powermodules

Start now
with SIP-3!

WÜRTH ELEKTRONIK

Advertentie



Figuur 6. Elektronica van de weergave-eenheid van het prototype. Links onder bevindt zich de voedingsconnector die opzij of naar achteren wijzend kan worden gemonteerd.

onder een klein afdakje – als bescherming tegen de regen – worden gemonteerd. De temperatuursensor kan op een andere plek worden gemonteerd en met een drie-adige kabel worden aangesloten. De opstelling moet zich natuurlijk wel binnen het bereik van uw eigen WLAN bevinden. Omdat de sensoreenheid bij 5 V zo'n 100 mA verbruikt, is er voor de voeding een kleine netadapter nodig, of een wat complexere oplossing met zonnecellen, een laadregelaar en een accu die voor vier dagen reserve een capaciteit van zeker 10 Ah moet hebben. Het voordeel van al deze moeite is dat een WLAN-verbinding veel minder last van storingen heeft dan de gebruikelijke

draadloze verbinding op 433 of 866 MHz bij goedkopere oplossingen.

Opbouw

De twee schakelingen zijn zo eenvoudig dat de montage geen grote problemen zal opleveren. Er moeten wat bedrade onderdelen, SMD's en pinheaders worden gesoldeerd, en vervolgens kunnen de ESP32-boards op de print worden geplaatst. Op de achterkant van de grote display-unit bevinden zich SMD-weerstanden en -condensatoren in het met de hand goed te solderen formaat 0805. Ook de IC's hebben geen te kleine penafstanden. Op de foto van de achterzijde van het gemonteerde prototype (**figuur 6**)

is linksonder een bijzonderheid te zien: de aansluitbus voor de steker van de 12V-voeding kan zowel liggend naar opzij als staand naar achteren worden gemonteerd.

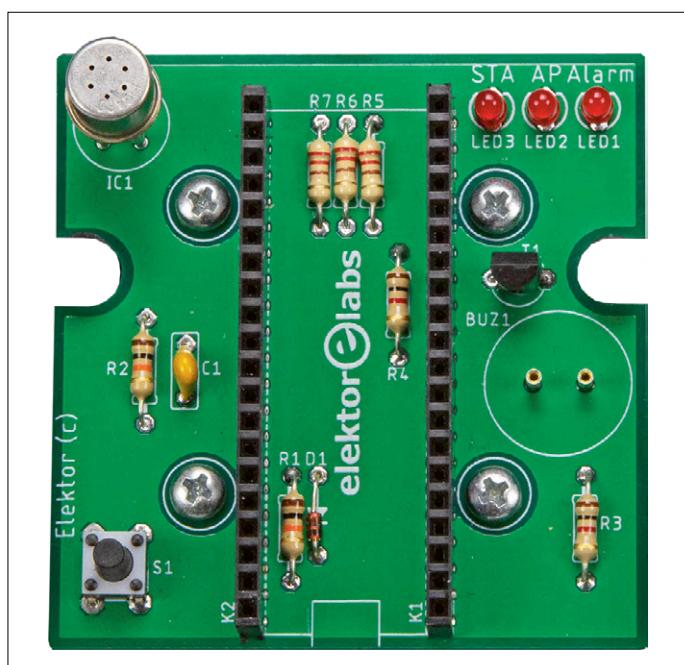
Ook als u minder soldeerervaring hebt, zal de montage van de sensorprint geen problemen opleveren, want deze bevat geen SMD's maar alleen bedrade onderdelen en bus-/pinheaders. In **figuur 7** ziet u het prototype uit ons lab, zonder het ESP32-board zodat alle onderdelen goed zichtbaar zijn. In **figuur 8** ziet u de complete sensoreenheid inclusief ESP32 en DHT22.

Software en co.

Zoals bij alle projecten met microcontrollers is het niet voldoende om de hardware te bouwen, aan te sluiten en de stroom in te schakelen. Daarvoor is moderne elektronica te complex. De benodigde intelligentie voor de meer ingewikkelde functies zoals de WLAN-integratie, de toegang tot tijdservers en het verzamelen en uitlezen van omgevingsvariabelen zit in de software die in de twee ESP32-boards moet worden geladen. Gelukkig zijn ESP32-boards compatibel met de Arduino-IDE. Dit maakt het veel makkelijker om ze te programmeren. Het gebruik van de Arduino IDE zelf valt buiten het kader van dit artikel.

Display

Voor de display-unit kon gelukkig een flink stuk bestaande code worden herge-



Figuur 7. Overzicht van de sensoreenheid zonder ESP32 en temperatuursensor DHT22.



Figuur 8. Het prototype van de sensoreenheid met ESP32 en temperatuursensor DHT22.

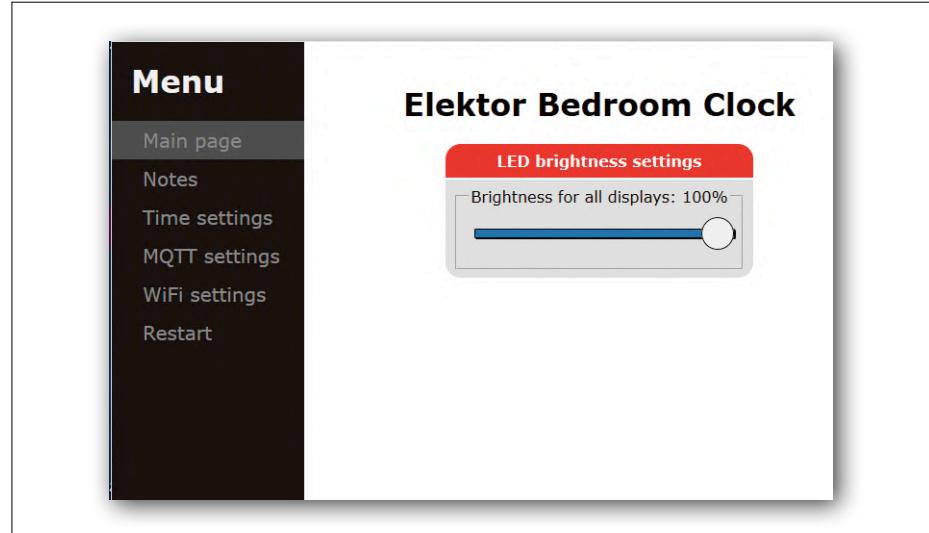
bruikt, afkomstig uit het flipperklok-project dat in het vorige nummer van ElektorLabs Magazine werd gepubliceerd [5]. Eerst werd alle code verwijderd die te maken heeft met het flippermechanisme, waarna de 'kale' klok-code overbleef. Ook werd de code voor de in het origineel via I²C aangesloten realtime-klok verwijderd omdat deze hier niet nodig is. Uit het originele project van de auteur blijven natuurlijk de MQTT-functies behouden waarmee externe omgevingsvariabelen zoals temperatuur en luchtkwaliteit op een standaardmanier kunnen worden ingelezen. De MQTT-interface kan via de webinterface van de klok worden geconfigureerd.

De standaardinstelling is dat bij iedere tiende minuut (om 15:09, 15:19, 15:29 enzovoort) de temperatuur wordt weergegeven in plaats van de tijd. Dit gebeurt alleen als de temperatuur sinds de laatste weergave is veranderd. Zo niet, dan wordt ook in de negende minuut de tijd weergegeven.

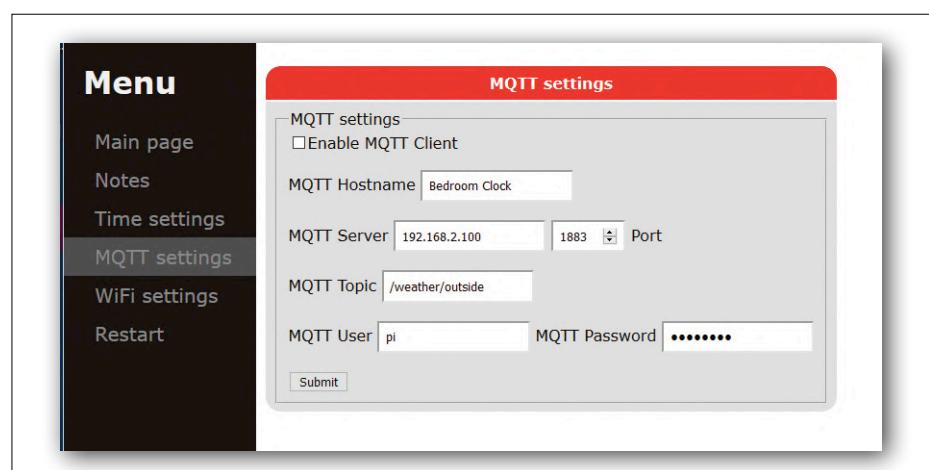
Rainer Krugmann maakte voor de aansturing van de displays gebruik van de bibliotheek *SevenSeg*. Helaas is hierbij de helderheid afhankelijk van de doorloop-tijd van de programmalus en daarmee van het werk dat de MCU van de ESP32 onderhanden heeft. Om dit te vermijden wordt de PWM-aansturing van de displays gerealiseerd met de LEDC-module van de ESP32. De hiermee opgewekte PWM-frequentie is gebaseerd op een klok van 40 MHz. Dit maakt een helderheidsresolutie van 13 bit bij een scanfrequentie van 5 kHz mogelijk. Dit PWM-signalen kan op elke GPIO-aansluiting worden geleverd. Voor ieder segment wordt dus een eigen PWM-signalen gegenereerd, waarbij steeds na 2,5 ms naar het volgende cijfer wordt omgeschaald (multiplex-aansturing). Dit geeft het volledige display uiteindelijk een flikker-vrije multiplexfrequentie van 100 Hz – de 5 kHz van het PWM-signalen is zelfs voor een insect onzichtbaar. Dankzij de hoge PWM-resolutie kan de helderheid over een groot bereik met zeer kleine stapjes worden gevarieerd – ideaal voor gebruik in de slaapkamer.

Helderheid

De helderheid kan via de webinterface van de klok (**figuur 9**) met bijvoorbeeld een smartphone worden ingesteld. Ten opzichte van de flipperklok is een extra menu toegevoegd. Het is natuurlijk ook mogelijk om een helderheidssensor op



Figuur 9. De helderheid van de klok kan eenvoudig met een smartphone worden geregeld.



Figuur 10. De instellingen van het MQTT-protocol onder Web-Settings.

een van de pinheaders aan te sluiten en de helderheid van de weergave automatisch aan de omgevingsverlichting aan te passen. Dit zou met name in de slaapkamer zinvol kunnen zijn want zo'n groot LED-display geeft al gauw erg veel licht. Dankzij de 13-bit resolutie kan de helderheid, met name bij lagere niveaus, erg nauwkeurig worden aangepast. Hier kunt u zich dus softwarematig op uitleven.

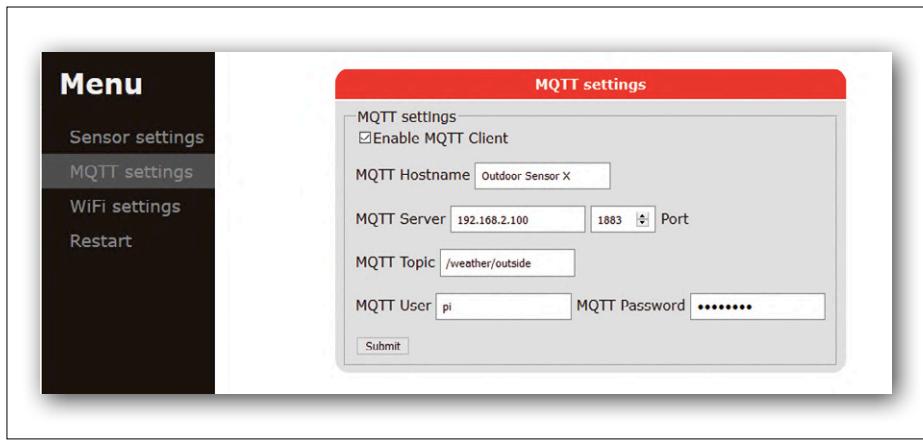
MQTT

De rest van de webinterface biedt net als bij de flipperklok instellingen voor het WLAN en de tijd. Nieuw zijn bij deze interface de MQTT-instellingen (**figuur 10**). Voor het uitlezen van de temperatuurwaarden luistert de klok naar MQTT-berichten die in JSON [6] zijn geformateerd. Als een gewijzigde temperatuurwaarde ouder is dan negen minuten, dan

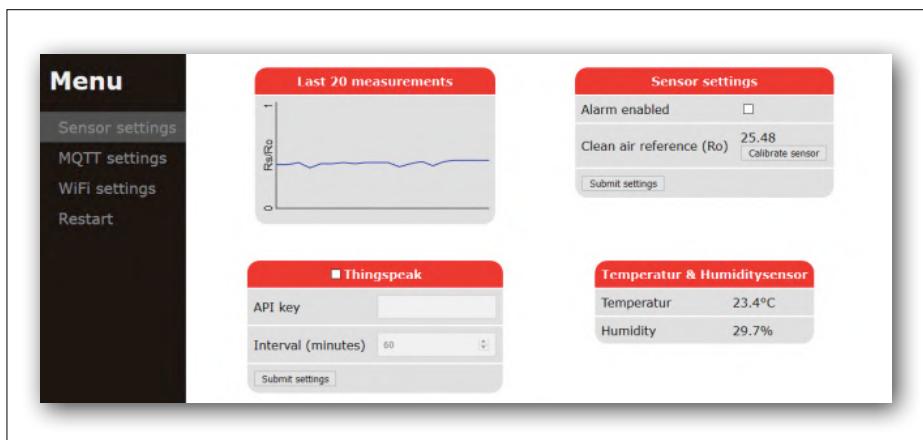
wordt deze genegeerd en wordt gewacht op een nieuwe wijziging van de waarde. Er moeten een paar MQTT-parameters worden ingesteld: de hostname (in dit geval: 'Bedroom Clock'), het IP-adres en het poortnummer (standaard: 1883) van de MQTT-broker en last but not least het topic dat moet worden ingelezen (in dit geval '/weather/outside' voor de temperatuur van de sensoren). Daarna komen nog de gebruikersnaam en het wachtwoord van de server. Als u een RPi als MQTT-server gebruikt, dan zijn dit de gebruikersnaam en wachtwoord van de RPi. Bij een wijziging van de instellingen moeten deze gegevens volledig opnieuw worden ingevoerd.

Booten

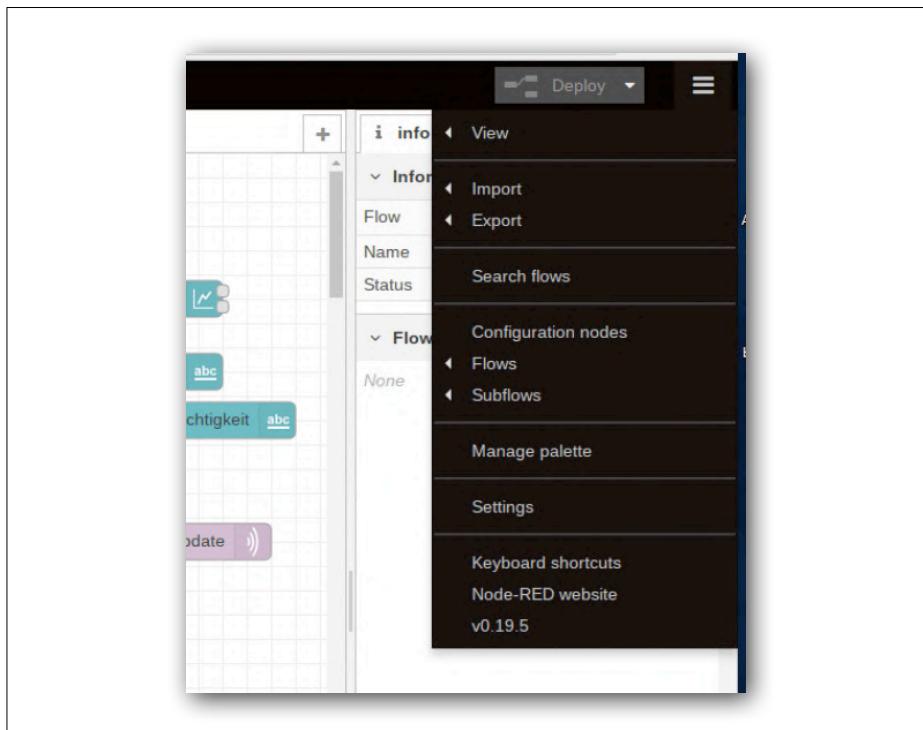
Als de benodigde software is gecompileerd en in het ESP-board is geladen



Figuur 11. MQTT-instellingen in de webinterface van de sensoreenheid.



Figuur 12. Sensor-instellingen in de webinterface van de sensoreenheid.



Figuur 13. Webpagina van NODE-RED op de RPi.

en de nodige instellingen zijn gedaan, dan zal de klok na het aansluiten van de netadapter booten en vervolgens 'STA' of 'AP' weergeven, afhankelijk van de instelling als WLAN-station of Access Point. Aansluitend verschijnt het IP-adres van de klok zodat deze via een PC of smartphone kan worden benaderd en geconfigureerd.

MQTT-data

Om de klok omgevingsvariabelen te kunnen laten ontvangen en weergeven, moeten die natuurlijk ook ergens vandaan komen. In dit geval van de met MQTT-functies uitgeruste sensoreenheid. In het lab was al software voor de luchtkwaliteitssensor beschikbaar (zie het project 'luchtvervuilingsmonitor' in Elektolabs maart/april 2019). Deze werd zodanig aangepast dat de meetgegevens nu naar een MQTT-broker worden gezonden en dat de webinstellingen van de sensoreenheid voortdurend beschikbaar zijn. Voor de MQTT-communicatie is een eigen thread gereserveerd die op een van de kernen van de MCU van de ESP21 wordt uitgevoerd – net zo als dit bij de weergave-eenheid gebeurt. Hierdoor worden de andere software-onderdelen geïsoleerd en ongestoord uitgevoerd. De MQTT-instellingen kunnen natuurlijk ook

In de webinterface van **figuur 11** worden gewijzigd, maar vergeet niet dat bij zo'n webinterface alle instellingen tussen webpagina en apparaat in leesbare tekst worden verzonden. De hostname is in dit geval '*Outdoor Sensor X*', de rest is hetzelfde als bij de klok.

Als de DHT22-sensor niet is aangesloten, hebben we altijd nog de luchtkwaliteitsgegevens van IC1. In het sensormenu van **figuur 12** zijn de actueel gegenereerde waarden zichtbaar. De verzamelde gegevens worden iedere 30 seconden naar de MQTT-broker verzonden. Natuurlijk kunt u hier ook zelf in de software ingrijpen en uw eigen presentatie realiseren. Van de kant van Elektor kunnen in de toekomst nog meer uitbreidingen worden verwacht die MQTT-compatibele meetwaarden leveren.

De Raspberry Pi als MQTT-broker

Zoals eerder vermeld worden bij dit ontwerp de gegevens niet direct draadloos naar de klok respectievelijk het display gestuurd, maar door de sensor in een standaardformaat op een server geplaatst waar ze door de klok naar wens

kunnen worden opgehaald. Voor dit doel hebben we dus een server nodig. Als u ervaring hebt met dit soort servertechniek is het niet echt ingewikkeld, maar het kan nog eenvoudiger, namelijk met een simpele kleine server, gebaseerd op een goedkope Raspberry Pi die in deze toepassing niet echt veel te doen heeft. Het hoeft dus ook niet de nieuwste high-performance uitvoering van de Raspberry Pi te zijn.

Op deze RPi moet een MQTT-broker worden uitgevoerd, met daarnaast 'NODE-RED' voor de gegevensverwerking. Om dit te realiseren kunt u het beste eerst de nieuwste versie van Raspbian op de SD-kaart installeren en installeert u vervolgens de andere onderdelen.

Mosquitto

Voor de MQTT-broker werd Mosquitto gekozen. Nadat u de RPi voor uw LAN hebt geconfigureerd, is er een terminal-verbinding nodig om de benodigde commando's in te voeren. Allereerst moet u een upgrade naar de nieuwste software-versies uitvoeren. Hiervoor zijn de volgende terminal-commando's nodig:

```
sudo apt-get update
sudo apt-get upgrade
sudo apt-get dist-upgrade
```

Om mosquitto te installeren typt u het volgende in het terminalscherm:

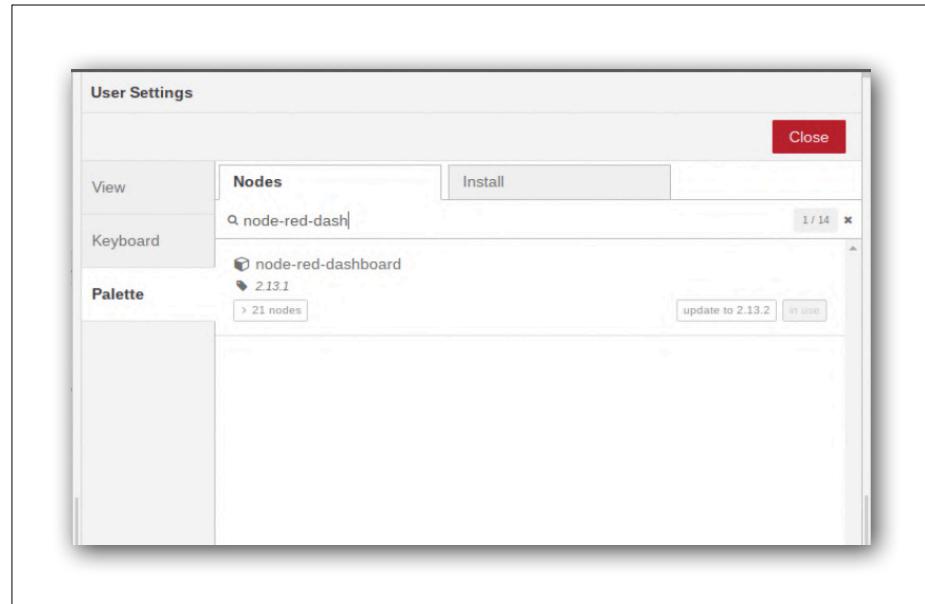
```
sudo apt-get install mosquitto
mosquitto-clients
```

Vervolgens wordt Mosquitto als auto-start-toepassing geconfigureerd:

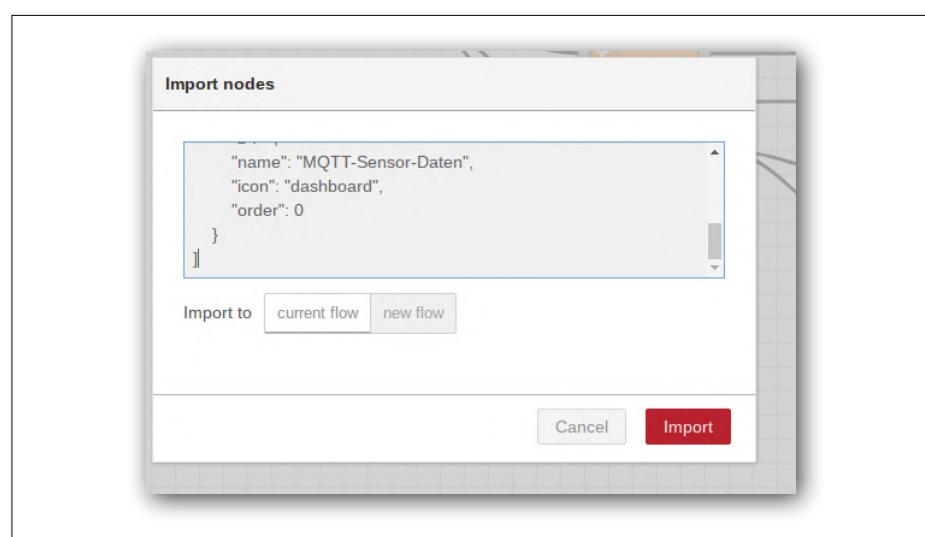
```
sudo systemctl enable mosquitto
```

NODE-RED

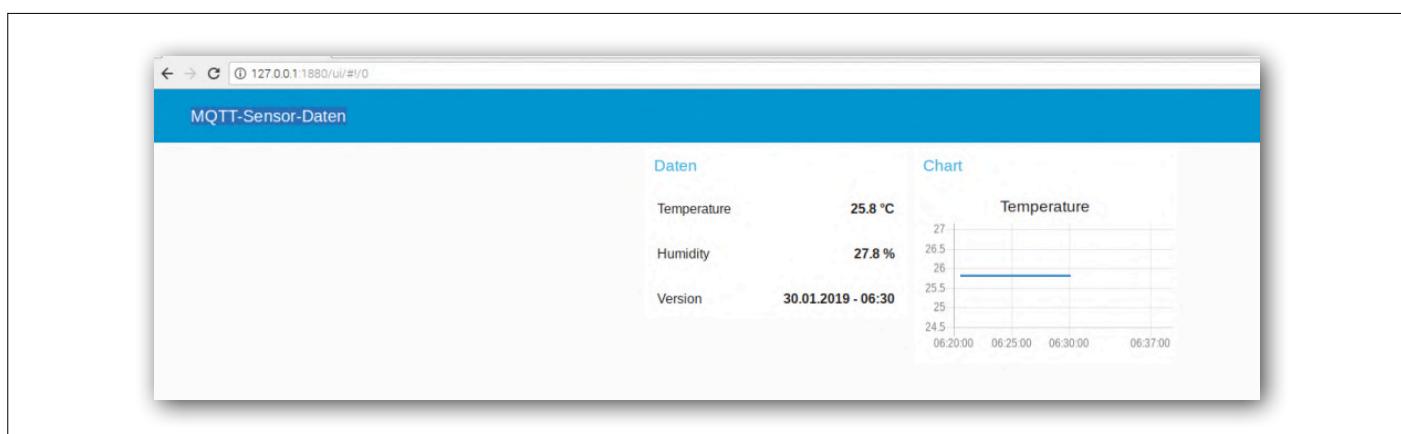
Nu gaan we verder met NODE-RED. Volg hierbij de handleiding uit [8]. Daarna



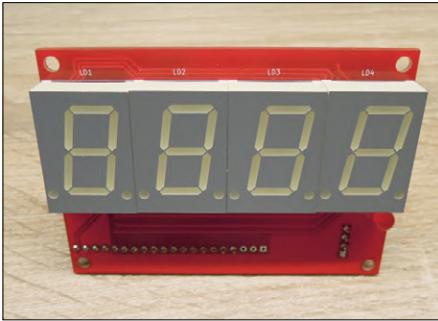
Figuur 14. Import van het NODE-RED-dashboard.



Figuur 15. Zo ziet het eruit als de code uit het bestand *Listing.text* naar het import-venster is gekopieerd.



Figuur 16. Gebruikersinterface van de RPi met zojuist binnengekomen gegevens van de sensoreenheid.



moet het NODE-RED-dashboard worden geïnstalleerd. Voer hiervoor in de adresregel van een webbrowser de tekst '[http://\[RPI-IP-adres\]:1880](http://[RPI-IP-adres]:1880)' in, waarna de NODE-RED-webpagina verschijnt (**figuur 13**). Klik op het menu-

Figuur 17. Eerste prototype van een kleinere variant van de LED-klok met normale zevensegment-displays.

item *Manage palette*, waarna een overzicht van reeds geïnstalleerde en nog te installeren add-in's wordt weergegeven (**figuur 14**). Kies voor *node-red-dashboard* en installeer dit. Hierna moet de code voor de gegevensverwerking worden geïmporteerd. Om dit te doen kiest u in het menu (figuur 13) het item *Import* en vervolgens als bron het clipboard. Er moet nu natuurlijk ook code op het clipboard.



ONDERDELENLIJST KLOK

Weerstanden:

(SMD 0805, 1/4 W)

R1 = 10 k

R5...R11,R13...R19,R21...R27,R29...R35 = 43 Ω *
R12,R20,R28,R36 = 680 Ω *

Condensatoren:

(tenzij anders vermeld: SMD 0805)

C1 = 100 µF/25 V, elco staand, steek 2,5 mm

C2 = 330 nF/50 V, X7R *

C3,C6,C7 = 100 nF/50 V, X7R *

C4,C5 = 1 µF/50 V, X7R

Halfgeleiders:

D1 = MBRSS540

LD1...LD4 = SA40-19SRWA, Kingbright, bijvoorbeeld Reichelt SA40-19RT *

IC1 = 7805, 5-V-spanningsregelaar *

IC2 = ULN2803A, SOIC18-W

IC3 = MIC2981, SOIC18-W

ESP32 Pico Kit, Espressif, zie [1]

Diversen:

Voedingsconnector voor printmontage, staand of liggend * (Würth 694108402002 of 694108301002)

2 x 20-polige busstrip voor ESP32, SIL, steek 2,54 mm

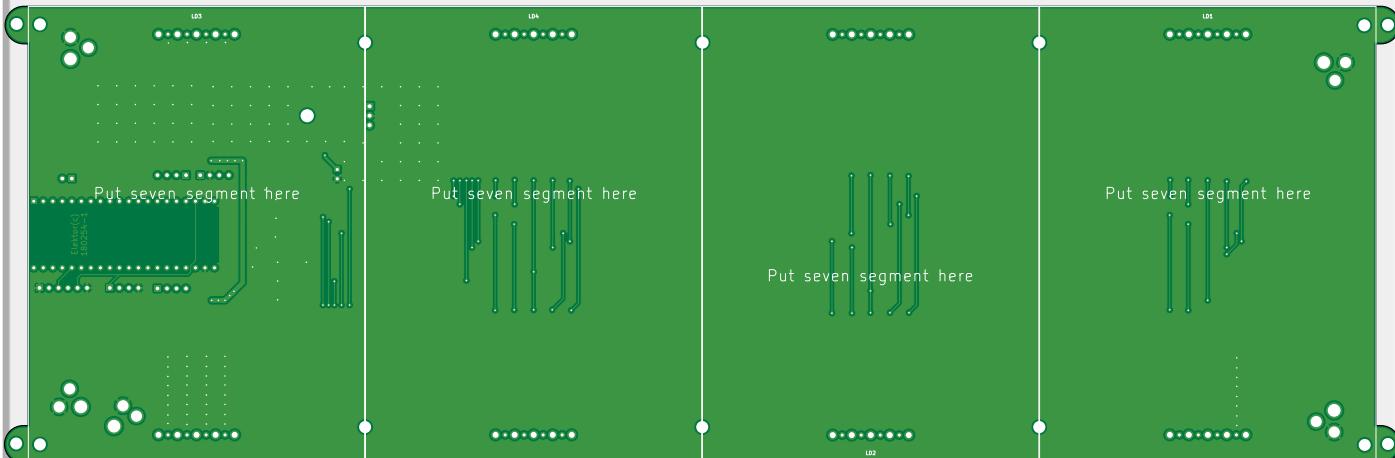
K1 = 2-polige pinheader, steek 2,54 mm

K2 = 6-polige pinheader, SIL, steek 2,54 mm

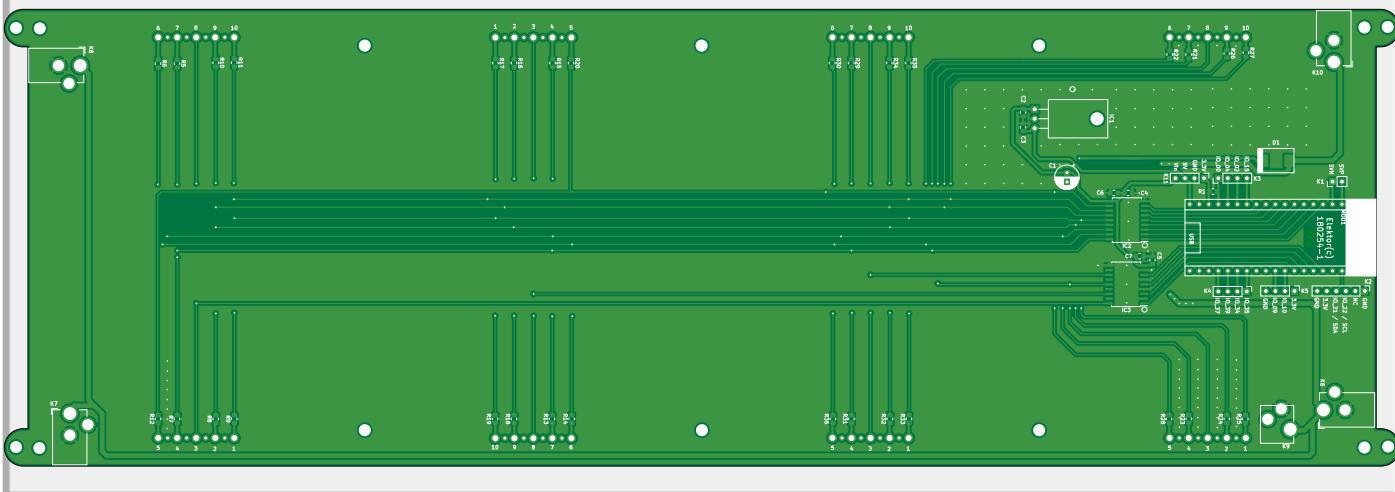
K3..K5,K11 = 4-polige pinheader, SIL, steek 2,54 mm

Print # 180254-1 v1.2

* = zie tekst



50% van ware grootte





ONDERDELENLIJST SENSOREENHEID

Weerstanden:

(through-hole, $\frac{1}{4}$ W)

R1,R2 = 10 k

R3,R4 = 1 k

R5...R7 = 220 Ω

Condensatoren:

C1 = 100 n/50 V, keramisch, staand, steek 5 mm

Halfgeleiders:

LED1..LED3 = LED, 3 mm, rood

D1 = BAT85

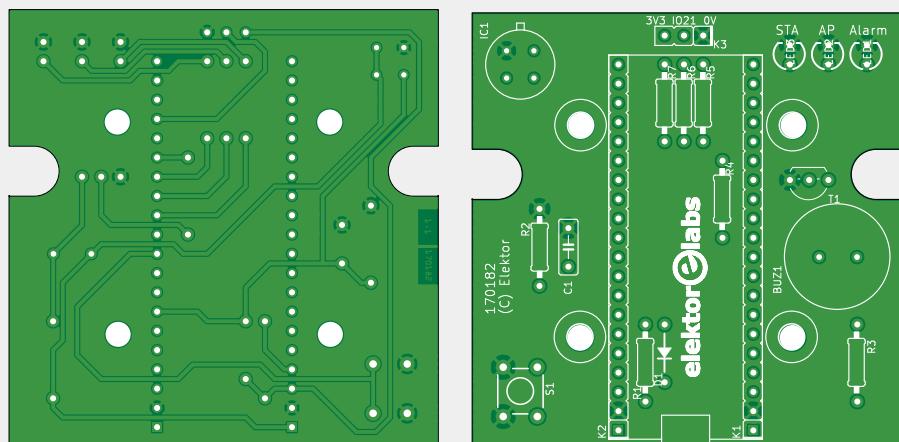
T1 = BS170

IC1 = TGS2600, Figaro

ESP32 Pico Kit, Espressif, zie [1]

Diversen:

Sensormodule DHT22 (temperatuur en luchtvochtigheid)*



BuZ1 = piëzo-buzzer, bijvoorbeeld PS1420P02CT, TDK

K1,K2 = 20-polige busstrip voor ESP32, SIL, steek 2,54 mm

K3= 3-polige pinheader, haaks, steek 2,54 mm

S1 = druktoets, SMD, bijvoorbeeld S-TACTI-

LE-6X6-PTH, Alps
Print # 170182-1 v1.1

* = zie tekst

board worden geplaatst. Open hiervoor met een willekeurige teksteditor het ASCII-bestand *Listing.txt*, kopieer de inhoud en plak deze in het venster van **figuur 15**. Het bestand bevindt zich in de download bij dit project die samen met de bronbestanden voor de klok en de sensorenheid via de Elektor-webpagina bij dit artikel [9] beschikbaar is. Als alles goed is gegaan moet de RPi na een klik op 'Import' klaarstaan als MQTT-server. Via de URL '[http://\[RPi-IP-adres\]:18080/ui/](http://[RPi-IP-adres]:18080/ui/)' heeft u toegang tot de gebruikersinterface en moeten er waarden worden weergegeven zoals die in **figuur 16**. De gigantische klok, de sensorenheid en de RPi-MQTT-server werken nu samen.

Tot slot nog even dit...

Zoals eerder gezegd is deze hardware een prima uitgangspunt voor eigen projecten. Hij demonstreert hoe u met relatief bescheiden hardware-inspanningen en wat software een stabiele server-gebufferde data-overdracht via uw LAN kunt realiseren. Het viercijferige display is voor meer geschikt dan alleen het weergeven van de tijd. Ook van de kant van Elektor kunt u nieuwe sensoren verwachten die volgens het MQTT-protocol data afleveren. vindt u het idee goed, maar bent u niet zo blij met het toch wel erg grote display, dan hebben we hiervoor ook nog iets in de pijplijn. In **figuur 17** ziet u een eerste prototype met normale zeven-segment-displays, maar met dezelfde func-

tionaliteit. Een soort niet-zo-gigantische klok dus. Helaas was de print van deze alternatieve uitvoering nog niet klaar toen dit artikel naar de drukker ging (vaak

zijn er minstens drie printrevisies nodig). Deze print wordt later nageleverd, dat beloven we! ▶

180254-03

Weblinks

- [1] ESP32 Pico-Kit: www.elektor.nl/esp32-pico-kit-v4
- [2] MQTT-Protocol: <https://de.wikipedia.org/wiki/MQTT>
- [3] TGS2600: www.figarosensor.com/products/entry/tgs2600.html
- [4] DHT22: <https://bit.ly/1TZDFPz>
- [5] Flipperklok: www.elektormagazine.nl/180307-03
- [6] JSON: https://de.wikipedia.org/wiki/JavaScript_Object_Notation
- [7] Eclipse Mosquitto: <https://mosquitto.org>
- [8] NODE-RED: <https://nodered.org/docs/hardware/raspberrypi>
- [9] Projectpagina van dit artikel: www.elektormagazine.nl/180254-03

IN DE STORE



→ LED-klok 'kale' print (180254-1 v1.2)
www.elektor.nl/18851

→ Sensor-print (170182-1 v1.1)
www.elektor.nl/18695

→ ESP32 Pico-Kit V4
www.elektor.nl/esp32-pico-kit-v4

→ Raspberry Pi 3 (Model A+) incl. GRATIS RPi-Compilatie 2
www.elektor.nl/raspberry-pi-3-model-a-plus

→ Das MQTT-Praxisbuch (Duitstalig)
www.elektor.nl/das-mqtt-praxisbuch



(Bijna) alles wat u altijd al wilde weten over... de Neural Compute Stick 2 van Intel

met antwoorden van **dr. Thomas Scherer**



V Het thema KI is helemaal in en Intel wil daarin niet achterblijven. In hoeverre heeft deze speciale USB-stick met 'Kunstmatige Intelligentie' van doen?

A Het verband met KI wordt duidelijk als we bekijken wat dit kleine stukje hardware allemaal in zijn mars heeft. Deze stick is bedoeld voor ontwikkelaars die extreem krachtige hardware met KI-algoritmes willen ontwikkelen of ook met zogenaamde neurale netwerken willen experimenteren, zonder dat daarvoor peperdure speciale computers met nog speciaalere ontwikkelssoftware aangeschaft moeten worden. Een laptop met een USB-3.0 poort volstaat, maar het lukt al met een goedkope

singleboard-computer. De rekenkracht komt dan van de stick.

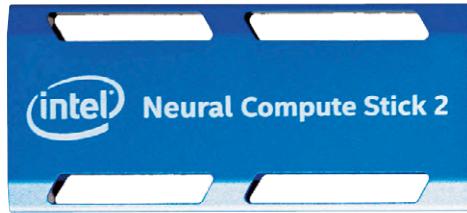
V Wat kan de NCS2 precies, wat zit erin en voor welke toepassingsgebieden is hij bedoeld?

A Het beoogde toepassingsgebied is Computer Vision met KI-mogelijkheden in het IoT. De NCS2 van Intel is geschikt voor ontwikkelaars van bijzonder slimme camera's, drones, gesture-control, industriële robotica en smart-homes, oftewel al die toepassingen waar zaken veilig moeten kunnen worden herkend en gevolgd of waar oriëntatie in de ruimte met behulp van Computer Vision vereist is. In de stick zit een speciale chip: de Movidius Myriad X VPU (Video

Processing Unit), een soort neurale 'Computing Machine' die als hardware-versneller voor neurale netwerken fungeert. Door zijn 16 kernen zijn zeer hoge prestaties bij een gering energiegebruik mogelijk.

V Waarom is er al een versie 2 en waarin onderscheidt die zich van zijn voorganger?

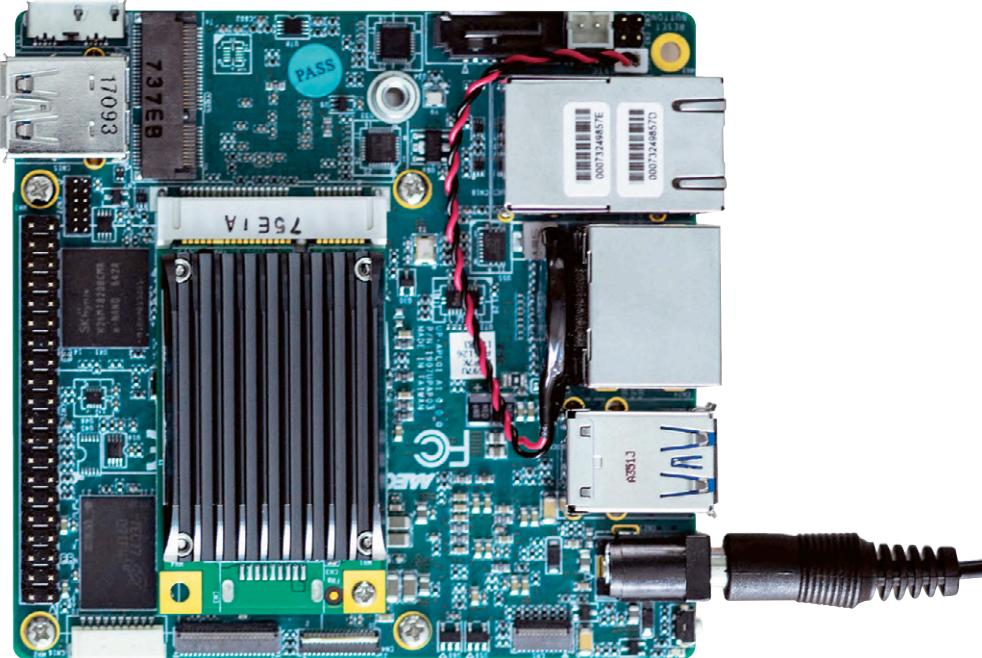
A Simpele vraag, simpel antwoord: Intel heeft in 2017 de eerste versie van een Neural Compute Stick uitgebracht. Duizenden gebruikers publiceerden op Internet meer dan 700 video's en veel projecten met deze stick. Hij was dus zeer succesvol. De reden voor een tweede versie is simpelweg het voort-



schrijden der techniek: volgens Intel zijn de prestaties van de NCS2 in neurale netwerken acht keer zo hoog als die van zijn voorganger. Daarmee worden nieuwe toepassingen mogelijk, die tot dan toe ondenkbaar waren. Afmetingen en behuizing zijn niet gewijzigd, er zit alleen een moderne chip in.

V Wordt er ondersteuning voor deze chip geboden, hoe flexibel zijn de ermee ontwikkelde oplossingen en wat kost dit geintje?

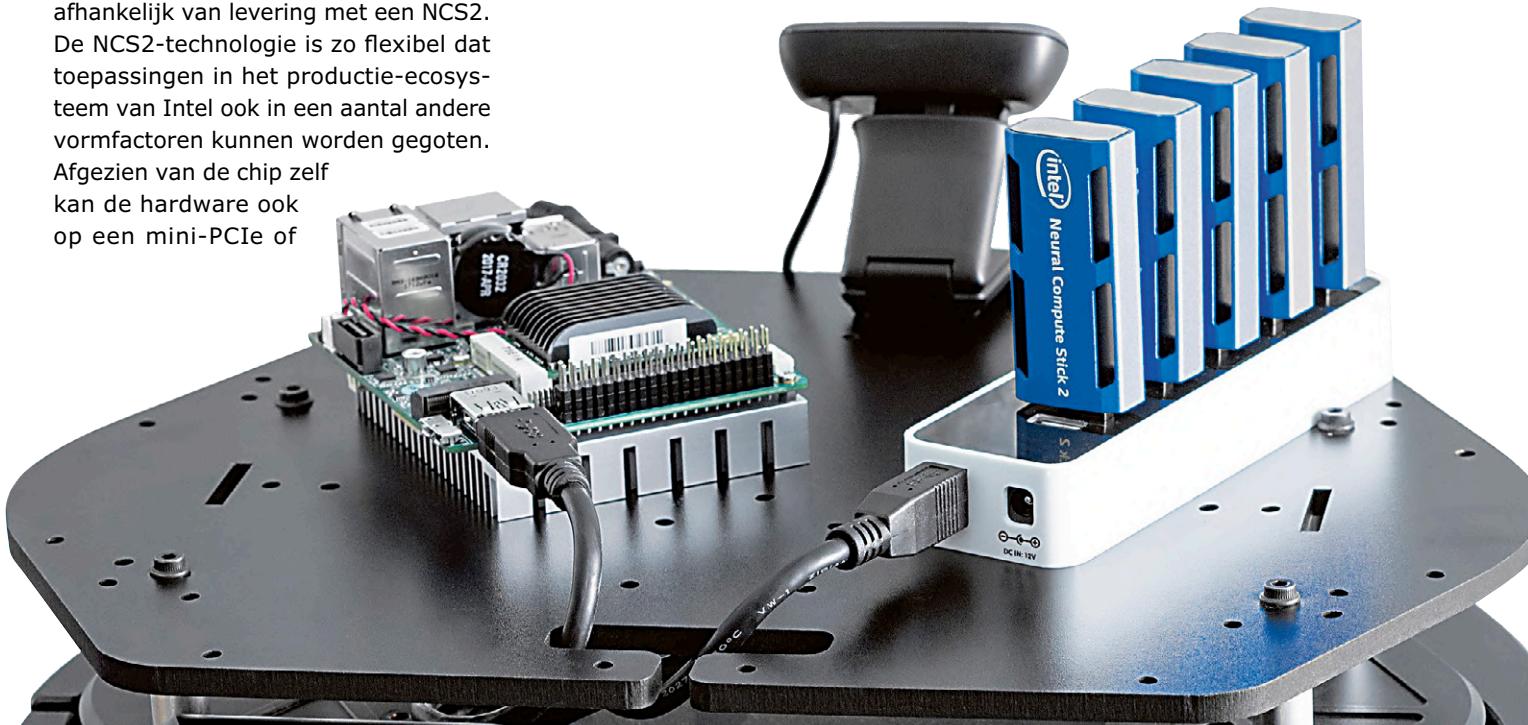
A Moderne chips zonder een uitgebreide ondersteuning door de fabrikant zijn eigenlijk ondenkbaar. Ook in dit geval: Intel biedt een 'Distribution of OpenVINO Toolkit' aan, die samen met de Hardware-in-a-stick een voordeelig en eenvoudig ontwikkelplatform voor Computer Vision en KI vormt. Uiteraard zijn kant-en-klare oplossingen niet afhankelijk van levering met een NCS2. De NCS2-technologie is zo flexibel dat toepassingen in het productie-ecosysteem van Intel ook in een aantal andere vormfactoren kunnen worden gegoten. Afgezien van de chip zelf kan de hardware ook op een mini-PCIe of



M2-board op basis van de Movidius Myriad X VPU worden verkregen en zo in voor de betreffende toepassing geschikte basis-hardware reden geïntegreerd. Als nog hogere prestaties gewenst zijn, kunnen meerdere sticks worden gecombineerd. Het beste is

natuurlijk de prijs: Intels Neural Compute Stick 2 is momenteel voor nog geen € 100 bij de bekende distributeurs verkrijgbaar. ▶

Alle afbeeldingen: Intel
(180735-03)

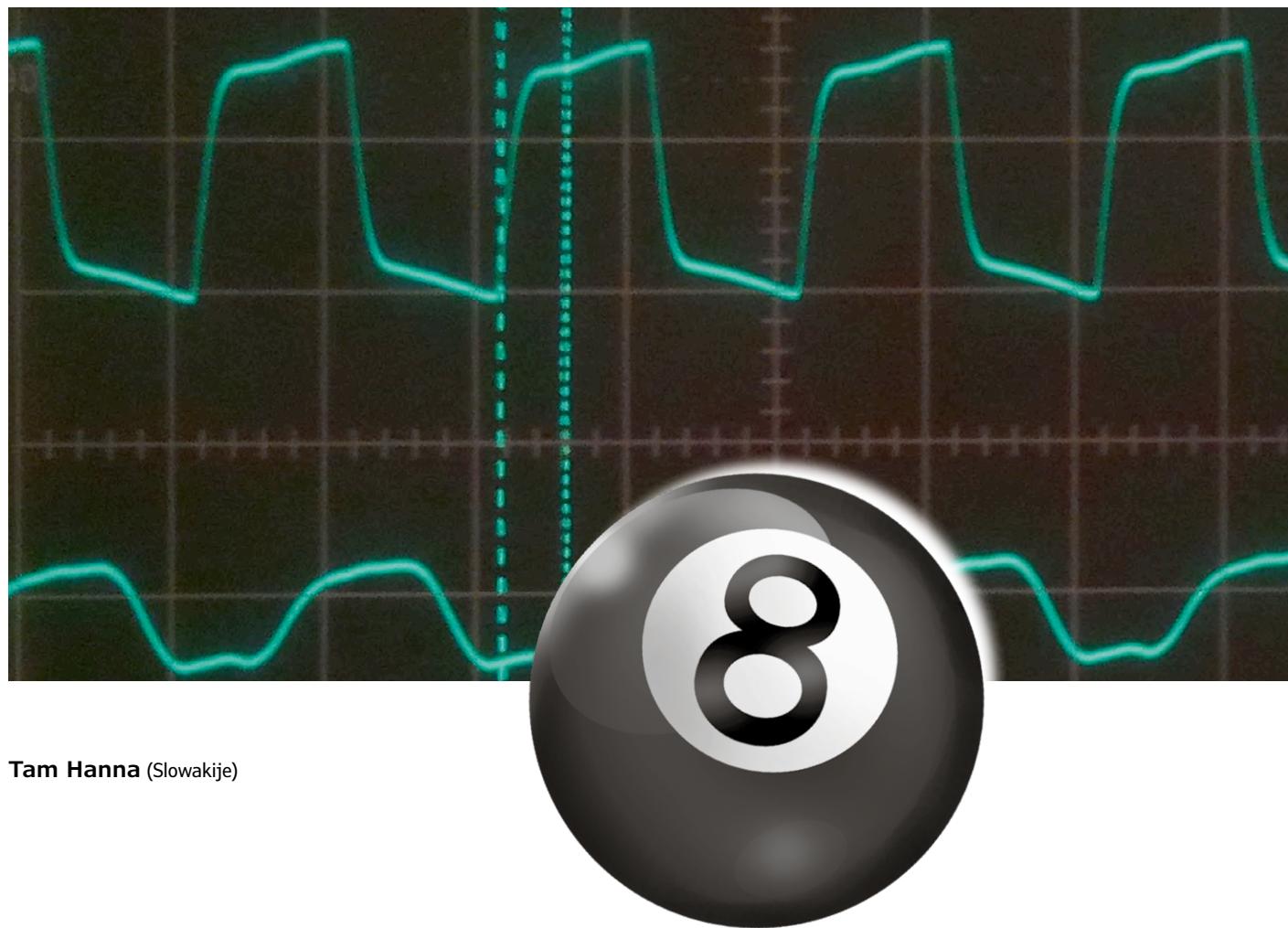


Weblink

[1] Elektor News over de NCS2 van Intel (met video): www.elektormagazine.de/news/intels-neural-compute-stick-2

Achtbitters: nieuws onder de zon

High Endurance Flash en Logic Cells bij PIC-controllers



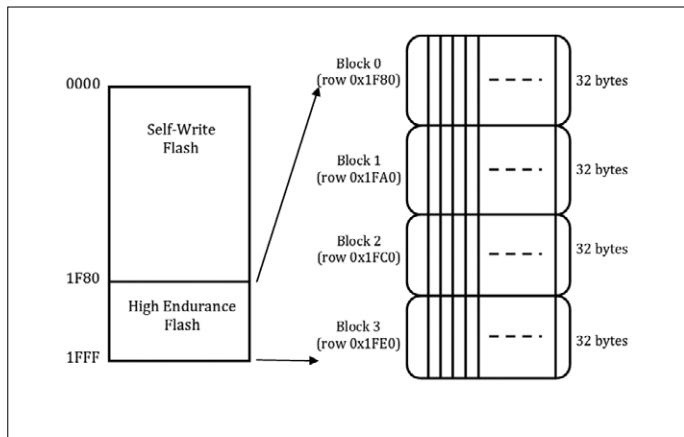
Tam Hanna (Slowakije)

Microchip geeft aan zijn nieuwste 'kroost' een aantal interessante features mee, die ontwikkelaars die gewend zijn aan andere PIC's misschien nog niet kennen. In dit artikel willen we twee daarvan kort aan u voorstellen. High Endurance Flash is een robuust gedeelte van het flashgeheugen dat de controller zelf mag schrijven en uitlezen. Met de flexibele Logic Cells kunnen we een stuk hardware van de controller configureren, wat veel code en rekentijd kan besparen.

In deze tijden van Raspberry Pi en goedkope 32-bit microcontrollers vraagt u zich misschien af, wat het nut van klassieke achtbitters eigenlijk nog is.

De auteur werd enkele weken geleden geconfronteerd met de situatie dat een op een Orange Pi gebaseerde single board-computer op bepaalde momenten zou moeten 'slapen' en in die tijd zo weinig mogelijk energie zou moeten verbruiken. Omdat de ervaring leert dat het uitschakelen van processorkernen bij ARM-processoren niet veel effect heeft, werd in plaats daarvan gekozen voor een extra microcontroller, die dan als een soort voedingsbesturing kon dienen.

De taak van die controller zou dan zijn om de situatie van het hele systeem permanent te bewaken en het systeem te wekken



Figuur 1. Het HEF-bereik ligt aan de bovenkant van het programmageheugen (bron: Microchip).

PIC12(L)F1501/PIC16(F)L150x Family Types

Device	Data Sheet Index	Program Memory Flash (words)	Data SRAM (bytes)	I/O's ⁽¹⁾	10-bit ADC (ch)	Comparators	DAC	Timers (8/16-bit)	PWM	EUSART	MSSP	CWG	CLC	NCO	ICD	XLP
PIC12(L)F1501	(1)	1024	64	6	4	1	1	2/1	4	—	—	1	2	1	—	—
PIC16(L)F1503	(2)	2048	128	12	8	2	1	2/1	4	—	1	1	2	1	—	—
PIC16(L)F1507	(3)	2048	128	18	12	—	—	2/1	4	—	—	1	2	1	—	—
PIC16(L)F1508	(4)	4096	256	18	12	2	1	2/1	4	1	1	1	4	1	Y	Y
PIC16(L)F1509	(4)	8192	512	18	12	2	1	2/1	4	1	1	1	4	1	Y	Y

Figuur 2. Wie een 16F1509 koopt, hoeft dankzij de interne debug-logica (ICD) geen aparte uitbreidingskaart van ongeveer € 50 aan te schaffen (bron: Microchip).

als dat nodig was. De keuze viel op een chip van de fabrikant Microchip. De PIC16F15xx-serie heeft het grote voordeel dat de chips ook in kleine aantallen erg goedkoop verkrijgbaar zijn.

Intelligent flashgeheugen

Klassieke PIC-microcontrollers zijn normaal gesproken uitgerust met een flashgeheugen dat ongeveer 10000 keer geprogrammeerd kan worden: het is bedoeld voor het vastleggen van de 14-bit instructies. Op klassiekers zoals de 16F84 zit er daarnaast een klein EEPROM dat verantwoordelijk is voor het onthouden van tijdens de uitvoering van het programma ontstane configuratiegegevens.

Waarschijnlijk uit kostenoverwegingen besloot de fabrikant bij de nieuwe 16F15XX-familie in plaats daarvan een soort

'self-modifying' controller te realiseren. Deze PIC's zijn in staat om hun hele programmageheugen tijdens het uitvoeren van het programma zelf te overschrijven.

Dit geheugen overleeft echter niet meer dan 10000 schrijfacties, en daarom is aan de bovenkant van het geheugenbereik een apart gedeelte geïmplementeerd, dat het High Endurance Flash (kortweg HEF) wordt genoemd. Bij het bestuderen van de in **figuur 1** getoonde schematische weergave moet u in gedachten houden dat slechts acht van de 14 bits als HEF zijn uitgevoerd.

We gaan bij de volgende experimenten uit van het gebruik van MPLAB X: de auteur gebruikt deze geïntegreerde ontwikkelomgeving onder Ubuntu Linux, maar het product gedraagt zich onder Windows en op de Mac vrijwel hetzelfde. Omdat bij het bovengenoemd project van de auteur een 16F1503 werd gebruikt, is het debuggen gedaan met een uitbreidingskaart van het type AC244051/AC244052, die is verbonden met een debugger/programmer van het type ICD3. Opmerkelijk genoeg ontbreekt de debuggingslogica niet bij alle leden van deze processorfamilie. In de uit het datasheet overgenomen tabel kunt u in de laatste twee kolommen zien, welke chips zonder externe hulpmiddelen kunnen worden gebruikt (**figuur 2**).

HEF in de praktijk

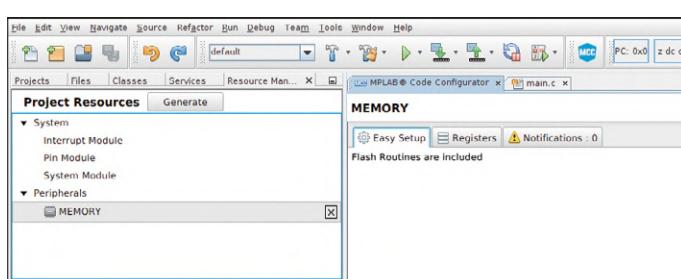
Als we met HEF-geheugen aan de slag gaan, zijn er twee wegen naar succes. Ten eerste is er de in MPLAB geïntegreerde Code Configurator (MCC). Die kan code genereren om zowel in HEF als ook in het normale flashgeheugen te schrijven (zie tekstkader). Vooral voor kleinere controllers is er echter ook een door Lucio di Jasio ontwikkelde bibliotheek, die is gepubliceerd als application note. Die gaan we in de volgende stappen gebruiken. Om te beginnen maken we op de gebruikelijke manier een nieuw project aan in MPLAB X: we gaan er in de volgende stappen vanuit, dat u bekend bent met de bediening van MPLAB. Als compiler gebruiken we de gratis versie van XC8; de voorbeelden zijn zó eenvoudig, dat we de geavanceerde optimalisatiefuncties van de betaalde versie niet nodig hebben.

Open dan MCC en maak een project zonder verdere bijzonderheden aan. Let op, dat u het in **figuur 3** getoonde device NIET gebruikt: de code die het genereert is niet volledig compatibel met HEF.

Open [1] om de bij application note AN1673 behorende broncode te downloaden. Pak dan het archief uit op een gemakkelijk toegankelijke plaats in het bestandssysteem van uw werkstation. De bibliotheek bevat twee bestandsgroepen: *FLash.** is voor de eigenlijke toegang tot het geheugen, terwijl *HEFLash.** de 'hoogwaardige' logica voor zijn rekening neemt. De hoofdletter L in de bestandsnamen is geen typfout van Elektor!

We gaan nu uit de gedownloade code die delen overnemen die we voor ons eigen project nodig hebben. Om precies te zijn: we missen de constanten die het begin en einde van de in figuur 1 getoonde geheugenbereiken bepalen. Die zijn te vinden in het bestand *FLash.h*. U moet het declaratieblok volledig overnemen. Het ziet er, sterk ingekort, als volgt uit:

```
#if defined( __16F1501 )
//1K
#define FLASH_ROWSIZE 16 // size of a row
#define HEFLASH_START 0x0380 // first address in HE
FLash memory
```



Figuur 3. Het Memory-periferiedevice hebben we in onze oplossing niet nodig.

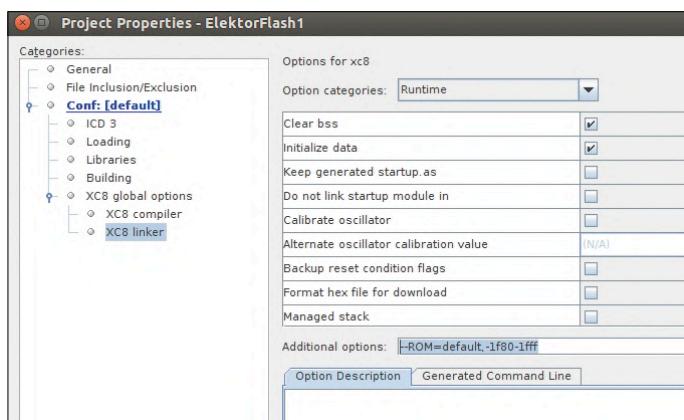
```

#define HEFLASH_END 0x03FF // last address in HE
Flash memory
#elif defined( __16F1503 ) || defined( __16F1507 ) ||
defined( __16F1512 ) || \
defined( __16F1703 ) || defined( __16F1707 )
//2K
...
#endif

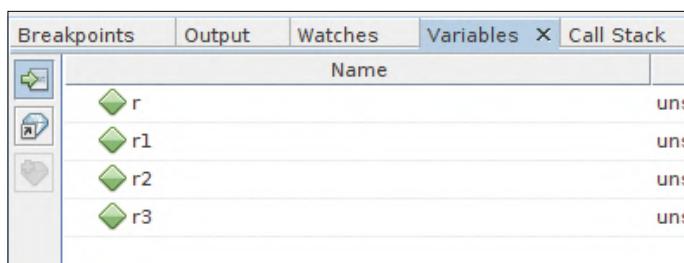
```

Hoe u die constanten precies gebruikt in uw project, laten we aan u over. De auteur maakt in zijn oplossingen graag een bestand aan met de naam *Globals.h*, waarin dit soort declaraties worden opgenomen.

De beide bestanden *HEFlash.c* en *HEFLash.h* worden daarna 1:1 in de oplossing overgenomen. Maak gewoon nieuwe bestanden met deze namen, en zet de inhoud erin via het clipboard. In plaats van de #include van *Flash.h* laadt u dan het globale headerbestand.



Figuur 4. Let op: de hexadecimale waarden verschillen van IC tot IC.



Figuur 5. Deze optie zorgt voor chaos.

Variables				
Name	Type	Address	Value	Pin Manager: Grid [MC]
r	unsigned int	0x76	16003	
r1	unsigned int	0x78	16383	
r2	unsigned int	0xA	208	
r3	unsigned int	0x7C	208	

Figuur 6. Hier klopt iets niet!

Het is aan te raden om gebruik te maken van de aanpak die Diomidis Spinellis aanbeveelt in zijn boek "Code Reading": we bieden ons gedeeltelijk geporteerde programma gewoon aan aan de compiler, die ons dan met zijn foutmeldingen de weg wijst naar ons doel. Specifiek worden bij ons voorbeeld methoden *FLASH_erase*, *FLASH_read* en *FLASH_write* aangeroepen. De rest van het bestand *Flash.c* is niet nodig en moet ook niet in ons project terecht komen.

Tenslotte hebben we een functie nodig, die de voor het vrijgeven van het flashgeheugen benodigde bewerkingen beschikbaar maakt in de vorm van een stukje assemblercode. Dat gaat met de volgende code, die we hier vooral afdrukken vanwege het gebruik van de #asm-macro:

```

void _unlock( void )
{
#asm
BANKSEL PMCON2
MOVLW 0x55
MOVWF PMCON2 & 0x7F
MOVLW 0xAA
MOVWF PMCON2 & 0x7F
BSF PMCON1 & 0x7F,1 ; set WR bit
NOP
NOP
#endifasm
} // unlock

```

Voordat we kunnen beginnen met het programmeren van het flashgeheugen, is nog een voorbereidende handeling nodig. Vanwege de in figuur 1 getoonde opbouw zou de door MPLAB gegenereerde code namelijk 'in botsing kunnen komen' met ons programmacode-bereik. Om dat op te lossen moet u MPLAB duidelijk maken dat een deel van het codegeheugen gereserveerd is voor andere doeleinden. Hoe dat gaat, ziet u in **figuur 4**.

Nu kunnen we eindelijk gaan beginnen met het in het geheugen schrijven van informatie. Het volgende codefragment zou, tenminste in theorie, een reeks getallen in het geheugen moeten schrijven en weer uitlezen:

```

void main(void)
{
// initialize the device
SYSTEM_Initialize();
unsigned r, r1, r2, r3;
FLASH_erase(HEFLASH_START); // hier Breakpoint zetten
FLASH_write(HEFLASH_START, 64, 0);
r = FLASH_read( HEFLASH_START );
FLASH_erase(HEFLASH_START+1);
FLASH_write(HEFLASH_START+1, 128, 0);
r = FLASH_read( HEFLASH_START+1 );
FLASH_erase(HEFLASH_START+2);
FLASH_write(HEFLASH_START+2, 208, 0);
r = FLASH_read( HEFLASH_START+2 );
r1 = FLASH_read( HEFLASH_START );
r2 = FLASH_read( HEFLASH_START+1 );
r3 = FLASH_read( HEFLASH_START+2 );
}

```

```
r3 = FLASH_read( HEFLASH_START+2);

while (1)
{
// Add your application code
}

}
```

Technisch gezien zal deze code weinig vragen oproepen. Het is alleen belangrijk om als laatste waarde altijd een 0 aan `FLASH_write` aan te bieden om de µC ertoe te brengen daadwerkelijk een schrijfoperatie uit te voeren.

Het software-project vindt u, zoals altijd, ook op de webpagina bij dit artikel [2].

Slim foutzoeken

De debugging-engine van de 16F1509 ondersteunt maar één breakpoint tegelijk. Nadat MPLAB het programma bij de eerste Erase-cyclus heeft gestopt, klikt u breakpoint aan met de rechter muisknop en schakelt u het uit met behulp van *Breakpoint Enabled*. Open daarna de tab Variables onderaan de IDE, en gebruik de drie verticaal boven elkaar staande knoppen voor het deactiveren van de onnodige comfort-functies (**figuur 5**).

Daarna kunt u de code stap voor stap doorlopen door meermalen op *Step Over* te drukken. Voor het afwerken van het tweede leescommando in r3 zien we de numerieke variabelen zoals weergegeven in **figuur 6**. Dat is interessant, want bij de eerdere Read-commando's werden steeds de juiste waarden in r weergegeven.

Bij het testen van programma's die met het flashgeheugen werken, is het heel belangrijk dat u de resultaten pas analyseert na het voltooien van alle schrijfoperaties. In de praktijk komt het namelijk vaak voor, dat het 'laatste stuk' van een schrijfroutine het werk van het 'eerste stuk' kapot maakt. En dat is ook hier het geval, want het wissen van de flash-cellén beïnvloedt ook de elementen die daar in de buurt zitten.

Een valkuil

En het wordt nog leuker: de PIC16F1503 en de PIC16F1509 verschillen niet alleen met betrekking tot de grootte van het programmageheugen, ook de grootte van de cellén is verschillend! Als voorbeeld hiervan dient de volgende code, waarbij de waarde van r1 wordt verstoord:

```
FLASH_erase(HEFLASH_START);
FLASH_write(HEFLASH_START, 64, 0);
FLASH_erase(HEFLASH_START+1*FLASH_ROWSIZE );
FLASH_write(HEFLASH_START+1*FLASH_ROWSIZE , 128, 0);
FLASH_erase(HEFLASH_START+2*FLASH_ROWSIZE );
FLASH_write(HEFLASH_START+2*FLASH_ROWSIZE , 208, 0);
r1 = FLASH_read( HEFLASH_START);
r2 = FLASH_read( HEFLASH_START+1*FLASH_ROWSIZE );
r3 = FLASH_read( HEFLASH_START+2*FLASH_ROWSIZE );
r3 = FLASH_read( HEFLASH_START+2*FLASH_ROWSIZE );
```

Wie in Flash.h handmatig zoekt naar de juiste waarde voor `FLASH_ROWSIZE` en die invult, krijgt het resultaat dat te zien is in **figuur 7**. Een manier om dit met een programma te realiseren, kan er zo uit zien:

Breakpoints	Output	Watches	Variables	Call Stack	Pin Manager: Grid [MCC]
	Name	Type			Address
	r1	unsigned int	...	0x76	...
	r2	unsigned int	...	0x78	...
	r3	unsigned int	...	0x7A	...
	r	unsigned int	...	0x7C	...

Figuur 7. Nu is alles prima in orde.

```
FLASH_erase(HEFLASH_START); // Breakpoint hier
FLASH_write(HEFLASH_START, 64, 0);
FLASH_erase(HEFLASH_START+1*32 );
FLASH_write(HEFLASH_START+1*32, 128, 0);
FLASH_erase(HEFLASH_START+2*32 );
FLASH_write(HEFLASH_START+2*32, 208, 0);
r1 = FLASH_read( HEFLASH_START);
r2 = FLASH_read( HEFLASH_START+1*32);
r3 = FLASH_read( HEFLASH_START+2*32);
r3 = FLASH_read( HEFLASH_START+2*32);
```

In de praktijk betekent dit voor de ontwikkelaar twee dingen: ten eerste mag u, als u van de ene microcontroller overgaat naar de andere, niet vergeten om de configuratie in de header aan te passen. Ten tweede is het aan te bevelen om het flashgeheugen altijd cel voor cel te beschrijven. Desnoods slaat u de al aanwezige gegevens tijdelijk op in een tussengeheugen, zodat u daarna de hele cel opnieuw kunt schrijven.

De drie HEFlash-routines proberen dit probleem te omzeilen door de gebruiker uit te nodigen tot het lezen en schrijven van hele blokken tegelijk. Maar let daarbij wel op het verschil in blokgrootte tussen de controllers die we zojuist hebben besproken.

FPGA of MCU?

Sinds enige tijd – de trend begon ongeveer in 2014 – zijn er steeds meer microcontrollers die een kleine FPGA of CPLD aan boord hebben. Het achterliggende idee is heel eenvoudig: de ontwikkelaar kan daarmee vaak voorkomende logische operaties delegeren aan een hardware-eenheid (CLC = Configurable Logic Cell).

Dat maakt om te beginnen het applicatieprogramma eenvoudiger, omdat het zich kan concentreren op het ingewikkelde deel van het werk. Ten tweede kan het programma daardoor een stuk korter zijn. Bij slim gebruik kan de CLC van veel controllers zelfs externe elektronica overbodig maken, wat weer scheelt in de totale kosten.

Microchip biedt sinds enige tijd verschillende CLC-implementaties aan. De fabrikant heeft er, met de aankoop van Atmel, naast zijn eigen implementatie ook nog een stiefkind bij gekregen. Hoe dan ook, de CLC van de hier gebruikte PIC bestaat uit vier segmenten, die in **figuur 8** aanschouwelijk zijn gemaakt. We beginnen met de inputs: afhankelijk van het type PIC zijn hier maximaal 16 verschillende bronnen beschikbaar. De eerste stap naar een 'werkende' CLC is om er daar vier van uit te kiezen: de interne logica kan maar vier signalen tegelijk verwerken.

Geheugentoegang op de moderne manier

De door Lucio di Jasio ontwikkelde Flash-toegangsroutes worden eigenlijk alleen bij heel kleine PIC's gebruikt. Bij grote PIC's geeft men de voorkeur aan de door MCC gegenereerde code. Open dus MCC en voeg een Flash-periferiedevice toe. De eerste relevante methode in het nieuw aangemaakte bestand *memory.c* dient voor het inlezen van informatie. Hij begint met het deactiveren van interrupts:

```
uint16_t FLASH_ReadWord(uint16_t flashAddr)
{
    uint8_t GIEBitValue = INTCONbits.GIE; // Save
    interrupt enable
    INTCONbits.GIE = 0; // Disable interrupts
```

In de volgende stap vult de code het besturingsregister met het doeladres en deactiveert de toegang tot het configuratiegebied. Door de RD-vlag op één te zetten, vertellen we de controller dat we willen lezen:

```
NVMADRL = (flashAddr & 0x00FF);
NVMADRH = ((flashAddr & 0xFF00) >> 8);
NVMCON1bits.NVMREGS = 0; // Deselect Configuration
space
NVMCON1bits.RD = 1; // Initiate Read
```

Daarna zijn twee NOP's nodig om de chip de tijd te geven voor het lezen. Als dat is gedaan, zetten we de waarde van GIE terug naar de eerdere toestand, en geven we de uit het programmageheugen gelezen waarde terug aan de aanroepende routine:

```
NOP();
NOP();
INTCONbits.GIE = GIEBitValue; // Restore interrupt
enable
return ((uint16_t)((NVMDATH << 8) | NVMDATL));
}
```

Voor het schrijven van informatie zijn twee methods beschikbaar: *WriteWord* en *WriteBlock*. *WriteWord* schrijft één enkel datawoord in het geheugen, terwijl *WriteBlock* er vanuit gaat, dat de informatie in de vorm van complete Flash-blokken wordt aangeleverd. Omdat *WriteWord* ingewikkelder is, bespreken we die methode als eerste:

```
void FLASH_WriteWord(uint16_t flashAddr, uint16_t
*ramBuf, uint16_t word)
{
    uint16_t blockStartAddr = (uint16_t)(flashAddr &
    ((END_FLASH-1) ^ (ERASE_FLASH_BLOCKSIZE-1)));
    uint8_t offset = (uint8_t)(flashAddr &
    (ERASE_FLASH_BLOCKSIZE-1));
    uint8_t i;
```

Bij het schrijven van één enkel woord speelt de inwendige architectuur van het flashgeheugen ons parten, omdat we de cel in zijn geheel moeten wissen. De methode lost dit probleem op door de invoerparameter *uint16_t *ramBuf*. Let op: de functie verwacht daar een geheugenbereik, waar de data van het blok tijdelijk kan worden opgeslagen.

Bij de volgende stap zorgt de methode *FLASH_ReadWord* ervoor, dat de buffer wordt gevuld met de in het flashgeheugen aanwezige informatie:

```
// Entire row will be erased, read and save the
existing data
for (i=0; i<ERASE_FLASH_BLOCKSIZE; i++)
{
    ramBuf[i] = FLASH_ReadWord((blockStartAddr+i));
}

// Write at offset
ramBuf[offset] = word;
```

Met de offset-variabele schrijft de routine de aangeleverde waarde in het array *ramBuf*, dat daarna in zijn geheel naar het flashgeheugen wordt gekopieerd. De functie maakt daarbij gebruik van zijn collega *WriteBlock*:

```
// Writes ramBuf to current block
FLASH_WriteBlock(blockStartAddr, ramBuf);
}
```

De code voor het schrijven van een heel blok heeft alleen het adres nodig, en een buffer waar de te schrijven data zich bevindt:

```
int8_t FLASH_WriteBlock(uint16_t writeAddr, uint16_t
*flashWordArray)
{
    uint16_t blockStartAddr = (uint16_t)(writeAddr &
    ((END_FLASH-1) ^ (ERASE_FLASH_BLOCKSIZE-1)));
    uint8_t GIEBitValue = INTCONbits.GIE; // Save
    interrupt enable
    uint8_t i;
```

Omdat schrijfcommando's altijd bij een blokgrens moeten beginnen, controleert de functie eerst of het *writeAddr* correct is. Zo niet, dan wordt -1 teruggegeven aan de aanroepende routine.

```
// Flash write must start at the beginning of a row
if( writeAddr != blockStartAddr )
{
    return -1;
}
```

Dan worden de interrupts uitgeschakeld en wordt het flashgeheugen vrijgegeven via `FLASH_EraseBlock`:

```
INTCONbits.GIE = 0; // Disable interrupts

// Block erase sequence
FLASH_EraseBlock(writeAddr);
```

Voor het eigenlijke schrijven zijn instellingen in NVMCON1 nodig. Deze worden in drie stappen in het bitveld in het register geplaatst:

```
// Block write sequence
NVMCON1bits.NVMREGS = 0; // Deselect Configuration space
NVMCON1bits.WREN = 1; // Enable write
NVMCON1bits.LWLO = 1; // Only load write latches
```

Na deze parametrisering van het flashgeheugen begint het eigenlijke schrijven. De PIC verwerkt, ook als het een compleet gewiste cel is, altijd maar één 8-bits woord tegelijk. Daarom is er een for-lus nodig, die itereert over de individuele bytes:

```
for (i=0; i<WRITE_FLASH_BLOCKSIZE; i++)
{
    // Load lower 8 bits of write address
    NVMADRL = (writeAddr & 0xFF);
    // Load upper 6 bits of write address
    NVMADRH = ((writeAddr & 0xFF00) >> 8);
    // Load data in current address
    NVMDATL = flashWordArray[i];
    NVMDATH = ((flashWordArray[i] & 0xFF00) >> 8);
```

Ten eerste moeten het adres- en dataregister van de schrijf-engine worden gevuld. Omdat het programmageheugen van onze PIC 14 bits breed is, moeten we zowel het lage als het hoge gedeelte parametriseren.

Als de besturingsregisters zijn gevuld, dan volgt het vrijgeven van het schrijfcommando:

```
if(i == (WRITE_FLASH_BLOCKSIZE-1))
{
    // Start Flash program memory write
    NVMCON1bits.LWLO = 0;
}
NVMCON2 = 0x55;
NVMCON2 = 0xAA;
NVMCON1bits.WR = 1;
NOP();
NOP();
writeAddr++;
}
```

Na het schrijven van de bytes deactiveert de functie de schrijfrechten en herstelt hij de toestand van de GIE-bits:

```
NVMCON1bits.WREN = 0; // Disable writes
INTCONbits.GIE = GIEBitValue; // Restore interrupt enable

return 0;
}
```

Tenslotte bevat de API nog een commando voor het wissen van een blok. De code bestaat, in grote lijnen, uit onderdelen die we al kennen van het schrijfproces:

```
void FLASH_EraseBlock(uint16_t startAddr)
{
    uint8_t GIEBitValue = INTCONbits.GIE; // Save interrupt enable

    INTCONbits.GIE = 0; // Disable interrupts
    // Load lower 8 bits of erase address boundary
    NVMADRL = (startAddr & 0xFF);
    // Load upper 6 bits of erase address boundary
    NVMADRH = ((startAddr & 0xFF00) >> 8);

    // Block erase sequence
    NVMCON1bits.NVMREGS = 0; // Deselect Configuration space
    NVMCON1bits.FREE = 1; // Specify an erase operation
    NVMCON1bits.WREN = 1; // Allows erase cycles

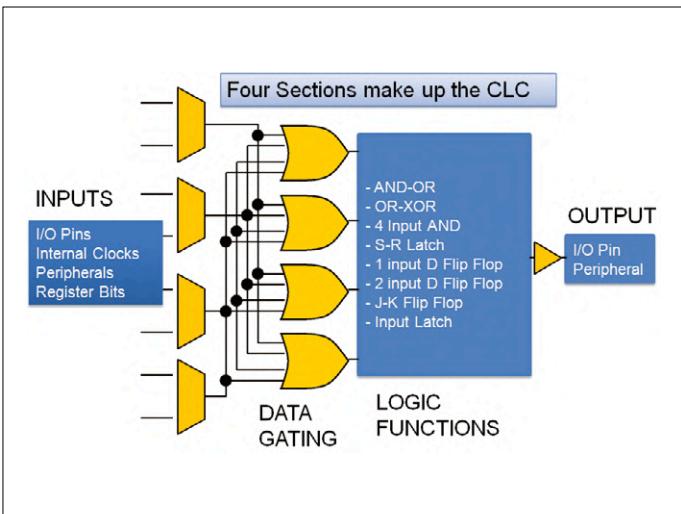
    // Start of required sequence to initiate erase
    NVMCON2 = 0x55;
    NVMCON2 = 0xAA;
    NVMCON1bits.WR = 1; // Set WR bit to begin erase
    NOP();
    NOP();

    NVMCON1bits.WREN = 0; // Disable writes
    INTCONbits.GIE = GIEBitValue; // Restore interrupt enable
}
```

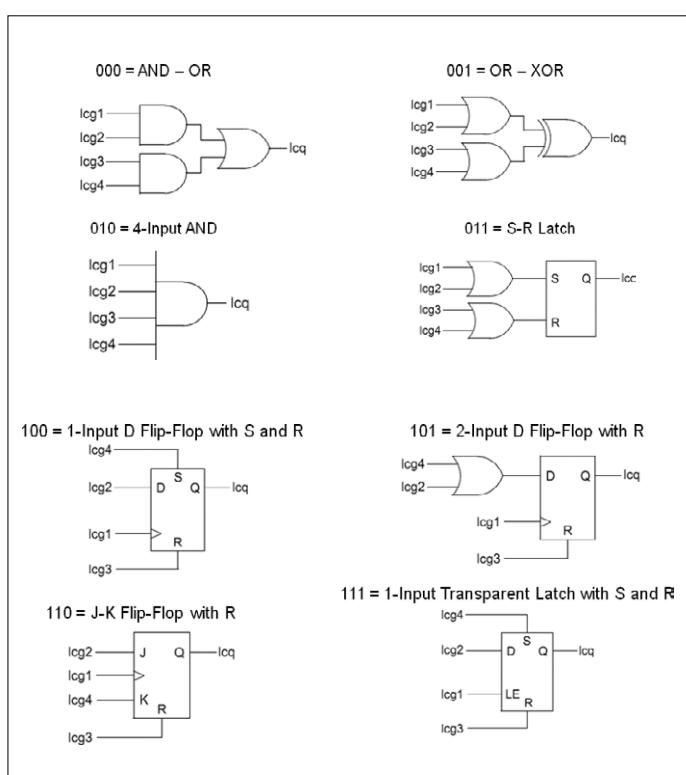
`FLASH_EraseBlock` onderscheidt zich van de schrijfroutine doordat hij in NVMCON1 de opdracht tot wissen van de geheugenbank plaatst. Voor de rest zien we weer de bekende vrijgaveroutine en het zetten van het WR-bit om het schrijfcommando vrij te geven.

In de header staan verder nog drie constanten, die onder meer de grootte van de blokken en het eindadres van het flashgeheugen vastleggen:

```
#define WRITE_FLASH_BLOCKSIZE 32
#define ERASE_FLASH_BLOCKSIZE 32
#define END_FLASH 0x8000
```



Figuur 8. De CLC bestaat uit vier achter elkaar geschakelde elementen (bron: Microchip).



Figuur 9. De logische cel kent acht verschillende bedrijfstoestanden (bron: <http://microchipdeveloper.com/8bit:clc>).

Die signalen belanden dan in een structuur die *Data Gating* wordt genoemd. Dit is een groep van ‘configureerbare’ logische poorten die de signalen met verschillende, door de ontwikkelaar te kiezen, logische bewerkingen met elkaar verknoopt. Het belangrijkste is hierbij de configuratie van de ingangen: een signaal kan ofwel rechtstreeks ofwel inverterend ofwel helemaal niet met een bepaalde poort verbonden zijn. Ook het uitgangssignaal kan ofwel geïnverteerd of niet-geïnverteerd worden doorgegeven.

Het derde deel vormt het eigenlijke ‘vlees’ van de CLC. Het gaat daarbij om één van acht verschillende logicafuncties. Ook hier geldt, dat de acht varianten het best in de vorm van een afbeelding (**figuur 9**) kunnen worden gepresenteerd.

En ten slotte is er nog de vraag wat er met de resultaten moet worden gedaan. Dat wordt verzorgd door het output-blok: dit kan interrupts triggeren, maar het is ook mogelijk om de resultaten rechtstreeks naar een speciale output-pen te leiden (**figuur 10**).

Hoe snel gaat dat?

Als ‘oude rot’ wilde de auteur de CLC om te beginnen eens aan de tand voelen. Hoe zit het met de *latency*? Om dat te onderzoeken, voeren we een eenvoudig experiment uit: we genereren een blokgolf met een functiegenerator en voeren die aan een AND-poort.

Dan kunnen we de latency meten met een oscilloscoop. Omdat ‘handmatig knutselen’ in de verschillende nodige configuratie-registers vervelend werk is, heeft Microchip de codegenerator MCC uitgebreid met een module waarmee we de configuratie kunnen vastleggen in een grafische interface.

Maak voor het gemak een nieuw MPLAB-project aan, en open de MCC. Voeg dan een element van het type CLC toe aan de configuratie om de in **figuur 11** weergegeven configuratie op het scherm te krijgen. De PIC16F1503 heeft twee CLC’s. We kiezen in dit geval voor CLC2. Als klokfrequentie (rubriek ‘Internal Clock’) stellen we 500KHz_MF in, dat vormt een goed compromis tussen de meetbaarheid en de belasting voor de Arbitrary Waveform Generator.

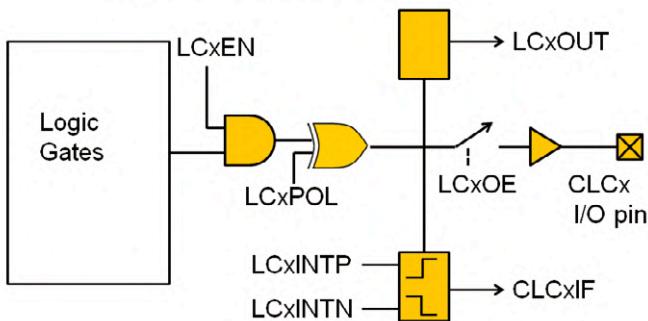
Let op dat u niet per ongeluk CLC1 kiest. Er is namelijk een kleine eigenaardigheid. U moet MCLR omleiden, maar dat maakt (vanwege inwendige details van de controller) debuggen onmogelijk, grappig genoeg zelfs als we een externe debugger gebruiken. Omdat Microchip van de relatie tussen de CLC’s en inputs star heeft vastgelegd, kunnen we het probleem oplossen door CLC nummer 2 te gebruiken. Die gebruikt RC0 als uitgang en RC3 en RC4 als ingang, waardoor er geen pennen dubbel gebruikt worden.

Klik eerst de checkbox *Enable CLC Output* aan om de uitgang van de CLC te koppelen met de uitgangspen. MPLAB config-

Weblinks

- [1] Application note met demo-code: www.microchip.com/wwwAppNotes/AppNotes.aspx?appnote=en567894
- [2] Projectpagina bij dit artikel: www.elektrontmagazine.nl/180734-03
- [3] Configurable Logic Cell Tips ‘n Tricks: ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41631B.pdf

There are multiple bits that control the output from the CLC module



Figuur 10. Ook wat betreft de uitgang blijkt Microchip flexibel (bron: Microchip).

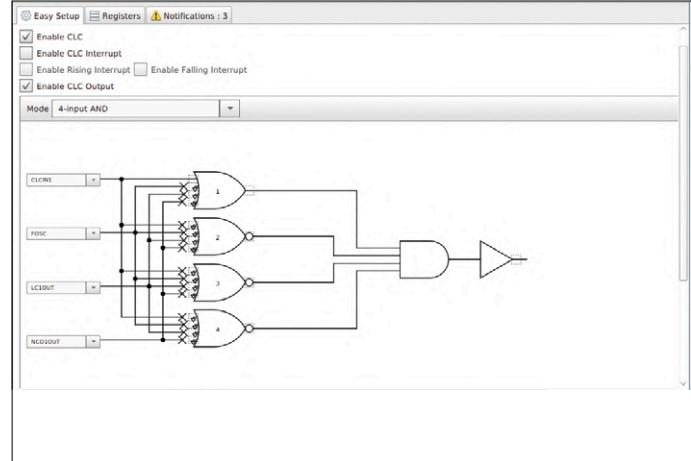
gureert de pen automatisch als uitgang, daar hoeft u verder niets voor te doen.

Overigens kan de CLC ook een andere rol spelen dan die van directe 'driver' van een uitgangspen. De door de inwendige schakeling berekende waarde kan ook via een register worden uitgelezen. MCC genereert daar code voor, die volgens het volgende schema is opgebouwd:

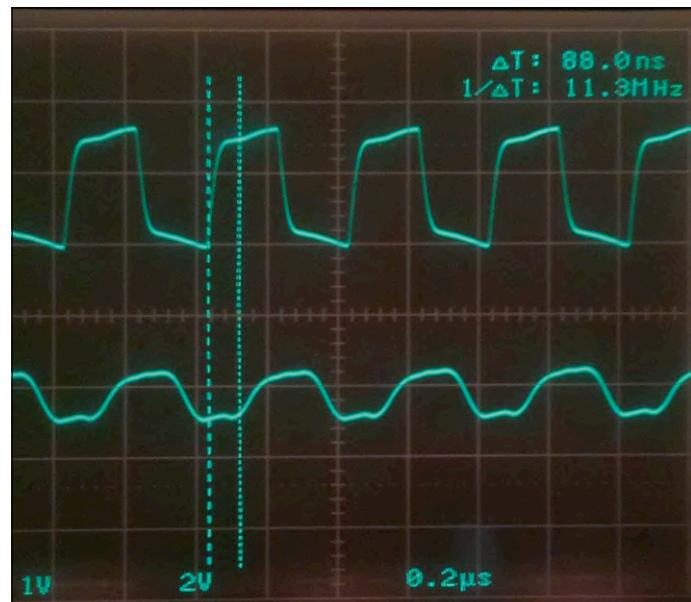
```
bool CLC1_OutputStatusGet(void) {
    return(CLC1CONbits.LC1OUT);
}
```

Verder is er nog de mogelijkheid, om te kiezen voor de opgaande of neergaande flank voor het triggeren van een interrupt, maar dat zijn dingen waar we hier niet verder op in kunnen gaan. We moeten nu de interne topologie van de CLC gaan kiezen. We kunnen gebruik maken van de bedrijfsmodus *4AND*, die geeft ons een AND-poort met vier ingangen. De buffer of inverter voor de 'data sink' is trouwens verplicht. Maar als hij in de modus buffer staat, dan beïnvloedt hij het te verwerken gesteld signaal verder niet. Daarna kunnen we onze blokgolf naar de PIC leiden, wat leidt tot de in **figuur 12** getoonde latency-meting. Microchip biedt onder [3] een aantal voorbeeldschakelingen aan, die geavanceerde toepassingen van de CLC beschrijven. We kunnen de CLC's trouwens ook 'in serie schakelen'. Verder is het belangrijk om te weten dat CLC's normaal gesproken ook doorwerken als de rekenkern is uitgeschakeld; een heel efficiënte manier om onnodige *wakeups* te vermijden. ▀

(180734-03)



Figuur 11. Configuratie van de logicacellen.



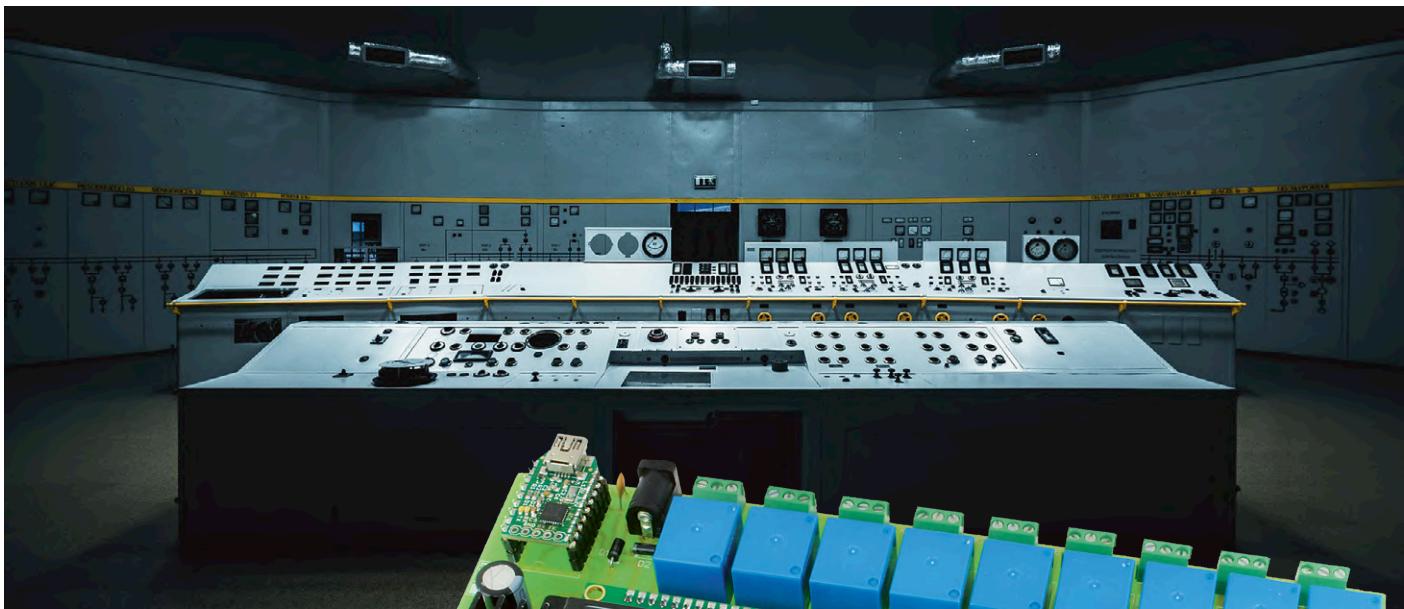
Figuur 12. Latency-meting. De CLC is hier als buffer geconfigureerd en geeft het ingangssignaal (boven) slechts door naar de uitgang (onder).



●
IN DE STORE

- Boek (Duitstalig): 'Elektronik gar nicht schwer - Mikrocontroller-Basics mit PIC' (Tam Hanna)
www.elektor.de/hanna
- Boek (Duitstalig): '8-Bit-Mikrocontroller'
www.elektor.de/8-bit-mikrocontroller

9-kanaals relaiskaart met lokale en afstandsbediening



Sunil Malekar (India) en
Clemens Valens (Elektor Labs)

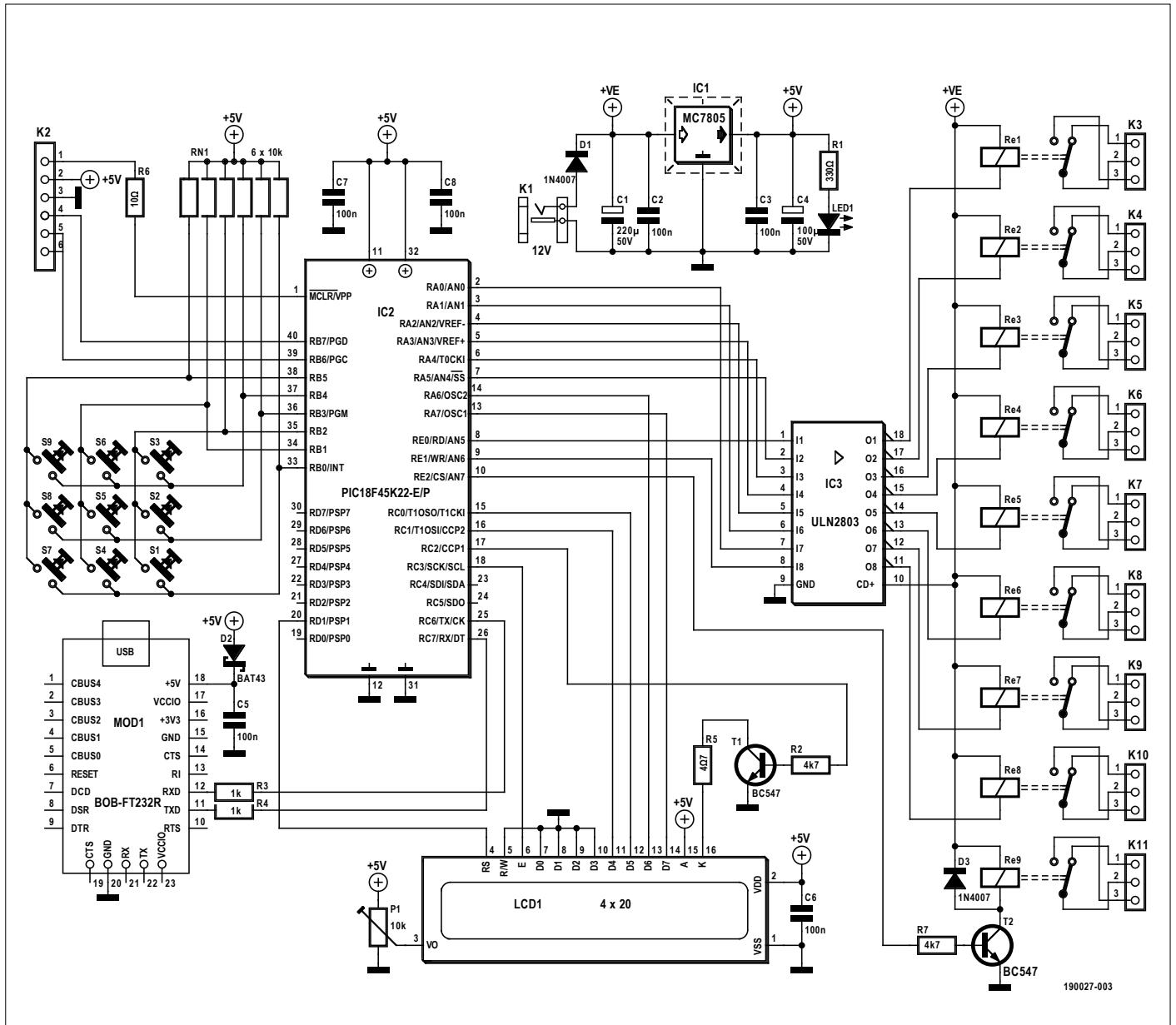
In veel situaties is er behoefte om meerdere apparaten individueel aan en uit te schakelen vanuit een centrale locatie zoals een controlekamer. Natuurlijk zou je voor elk individueel apparaat een schakelaar op een bedieningspaneel kunnen zetten, maar daarmee is nog geen afstands- of computerbediening mogelijk. De hier gepresenteerde schakeling voegt die mogelijkheden toe.

Relais zijn heel geschikt voor het automatiseren van schakelopdrachten. Ze worden bestuurd door een externe elektrische spanning en ze schakelen allerlei belastingen op bijna dezelfde manier als een mechanische schakelaar. Ze

zijn gemakkelijk aan te sturen met een microcontroller en drivertransistoren.

Microcontrollers zijn programmeerbaar en hebben alles aan boord om met andere apparaten zoals computers en

netwerken te kunnen communiceren. Dat is ongeveer alles wat we nodig hebben om ons project op de rails te zetten; toeters en bellen zoals een toetsenbord en een display kunnen we naar smaak toevoegen.



Figuur 1: Dankzij de kracht en de functionaliteit van moderne geïntegreerde schakelingen, microcontrollers in het bijzonder, zijn er eigenlijk maar weinig onderdelen nodig om een nuttig apparaat te bouwen.

Het schema: eenvoudiger kan niet

Het schema van het project is te zien in **figuur 1**. Zoals u misschien al gedaan hebt, is de microcontroller de grote rechthoek met het opschrift IC2. Hij is van het type PIC18F45K22 en is voornameleijk gekozen vanwege zijn indrukwekkende aantal I/O-lijnen (een verbluffende 36 stuks). Daarnaast heeft hij een lage prijs en een 40-pens DIP-behuizing. Hij heeft nog allerlei andere krachtige mogelijkheden, die we in dit geval niet nodig hebben, maar dat is tegenwoordig bij veel microcontrollers het geval. Net als mensen benutten ze nauwelijks meer dan 10% van hun brein.

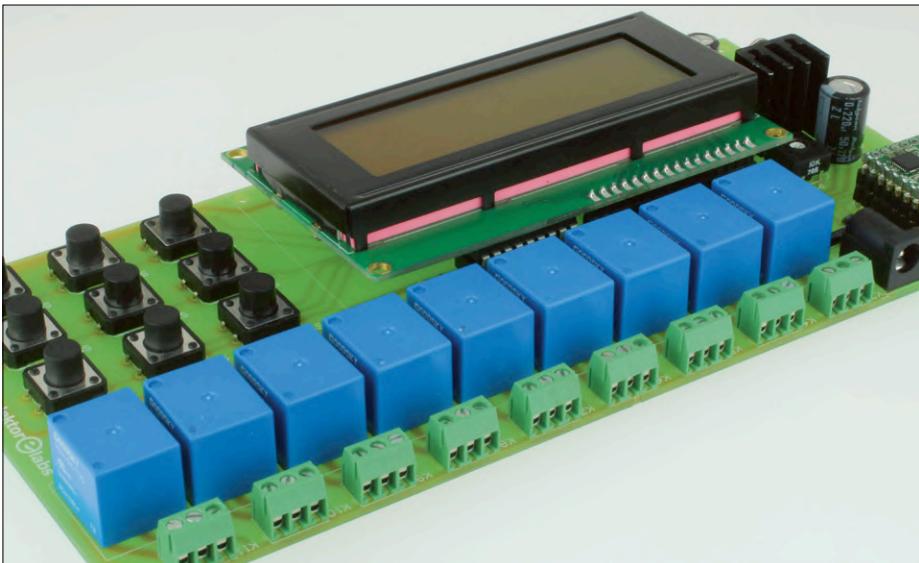
Uitgerekend negen kanalen?

De µC bestuurt negen relais, een ongebruikelijk aantal in onze wereld die bol staat van de machten van twee. Daar is een heel praktische reden voor. Zoals u kunt zien in het schema en de print is de µC aangesloten op een manier die het layouten van de print vereenvoudigt. De relais en het display zijn verbonden met één kant van de controller, terwijl het toetsenbord en de PC-interface aan de andere kant zitten. Er bleven negen I/O-lijnen beschikbaar voor de relais, dus die hebben we allemaal gebruikt. De print kon bovendien enkelzijdig worden gehouden. De negen relais kunnen worden bestuurd met negen drukknop-

pen die zijn opgesteld in een vierkante 3x3-matrix. Dat ziet er netjes uit en is een tweede goede reden om voor negen relais te kiezen.

De relais worden aangestuurd door transistoren. Gangbare relaisdriver-IC's, zoals IC3, hebben acht transistoren aan boord. Dat is voldoende voor de acht relais Re1...Re8. Daarnaast hebben we één transistor toegevoegd, T2, voor de aansturing van Re9. Diode D3 beschermt als vrijloopdiode T2 voor de uitschakelstroompiek die de spoel van Re9 veroorzaakt. In IC3 zijn dergelijke diodes ingebouwd voor elke uitgang, daarom zijn ze in het schema niet te zien.

Let op: de hier gebruikte relais zijn



Figuur 2: Elk van de negen relais heeft een *Normally Open* (NO)- en een *Normally Closed* (NC)-contact, toegankelijk via de drie aansluitingen.

geschikt voor het schakelen van ohmse belastingen tot 1200 W bij wisselspanning (240 W bij gelijkspanning). Als u een niet-ohmse belasting zoals een motor wilt aansturen, controleer dan de datasheets van uw relais om te zien of ze geschikt zijn.

Display

Display LCD1 is een standaard alfanumeriek type met vier regels van elk 20 tekens (bekend onder de algemene aanduiding '4x20'). Het heeft een ingebouwde LED-achtergrondverlichting, die wordt bestuurd door T1 omdat de µC niet in staat is om voldoende stroom te leveren.

De LCD wordt bestuurd in de vereenvoudigde 4-bits modus, wat bespaart op het aantal pennen en printsporen. Een nadeel is, dat de µC niet kan controleren of het display doet wat ervan verwacht wordt. Maar zolang het display genoeg tijd krijgt om de commando's te verwerken, kan dat geen kwaad.

Als u het board voor het eerst inschakelt, kunt u het contrast van het LCD instellen met P1. Doet u dat niet, dan is de tekst op het display misschien niet zichtbaar.

3x3-toetsenbordje

Er zijn drukknoppen aanwezig om de relais gemakkelijk individueel te kunnen besturen. Met de schakelaars in een 3x3-matrix zijn er maar zes verbindingen nodig voor de aansluiting op de µC. Het weerstandsnetwerk RN1 voorziet in pull-up-weerstanden zodat open lijnen een gedefinieerde waarde hebben.

De gebruikte drukknoppen zijn robuuste exemplaren van 12×12 mm, wat ze gemakkelijk en comfortabel in het gebruik maakt.

USB/serieel-BoBje

Omdat de schakeling is opgebouwd met uitsluitend through-hole componenten, hebben we een USB/serieel-convertermodule gebruikt als communicatie-interface. Daardoor hoeven er geen SMD-componenten gesoldeerd te worden. De USB-module is een oudgediende [1] die al vaak zijn nut heeft bewezen. Let er wel op dat deze module een jumper (JP1) heeft voor het instellen van het signaalniveau (5 V of 3,3 V). Stel die met een druppel soldeer vast in op '5V'. Diode D2 voorkomt verbinden van de 5V-lijn van de USB-poort met die van de schakeling. Andersom is wel toegestaan, dus u kunt de USB-voedingspen

open laten als u dat beter uitkomt. Op die manier belast de schakeling de USB-poort van de host niet.

Voeding

Omdat er met 12V-relais wordt gewerkt, moet de ingangsspanning (aan te sluiten K1) ook 12 V gelijkspanning zijn. De maximale stroom (alle relais aangesloten, achtergrondverlichting aan, µC draait op volle kracht) is ongeveer 500 mA, dus een netspanningsadapter van 12 V bij 6 VA zou voldoende moeten zijn om de kaart te voeden. Omdat de relais zowel *Normally Open* (NO)- als *Normally Closed* (NC)-contacten hebben (zie figuur 2), is het verstandig om belastingen die meer dan 50% van de tijd actief moeten zijn, te verbinden met NC-contacten om wat energie te sparen. IC1 verlaagt de ingangsspanning van 12 V naar 5 V voor de rest van de schakeling. Over IC1 valt dus een spanning van bijna 7 volt en daardoor kan deze halfgeleider behoorlijk warm worden. Het is daarom aan te raden hem van een koellichaam te voorzien. LED1 dient als voedingsspannings-indicator.

In-circuit programming

Via K2 wordt de firmware in de µC gezet. Deze connector is bedraad volgens de standaard Microchip ICSP-penconfiguratie, dus sluit een PIC-compatibel programmer (PICkit/ICD) aan, en dan zou het moeten zou moeten lukken.

Software

Bij een eenvoudig apparaat als deze relaiskaart hoort ook eenvoudige software. De software is geschreven in C en kan worden gecompileerd met Microchip's gratis MPLAB X. Het porten van de code naar andere compilers zal waarschijnlijk niet te ingewikkeld zijn.

De µC draait op 16 MHz afkomstig van zijn interne oscillator. Daarom is er geen kristal in het schema te vinden.

Na het initialiseren van de relais (allemaal uit) en het display start een timer en wordt de seriële poort klaargezet. Dan gaat het programma wachten tot er iets gebeurt: iemand drukt op een toets of

Weblinks

- [1] FT232R USB/serieel BoB/bridge: www.elektrormagazine.nl/110553
- [2] Projectpagina op Elektor Labs: www.elektor-labs.com/1778

er komt een commando binnen op de seriële poort. Zodra er een commando is ontvangen op de seriële poort of via een toets, begint de µC dat commando uit te voeren.

Het scannen van het toetsenbord gaat als volgt: er is maar één rij (zoals getekend in figuur 1) tegelijk laag. De µC leest het niveau van de kolommen en als één daarvan ook laag wordt is het indrukken van een toets gedetecteerd. Dan komt hij in actie. Dus als rij 1 omlaag getrokken is, worden alleen toetsen S1, S4 en S7 ingelezen. Rij 2 schakelt de toetsen S2, S5 en S8 in en rij 3 is voor S3, S6 en S9.

\$RLYxO[N|F]...&

...is de syntax van de relaiscommando's die de µC binnen krijgt via de seriële poort. Deze cryptische code betekent dat een bericht voor de kaart moet beginnen met het karakter '\$' en moet eindigen met een '&'. Het deel 'RLYxO' in de bovenstaande syntax geeft aan welk relais moet schakelen, waarbij 'x' een cijfer van 1...9 is. Hier blijkt weer een voordeel van de keuze voor negen relais: de lengte van de berichten is altijd dezelfde, de gewenste relaistoe-stand wordt gecodeerd als 'N' (On) of 'F' (Off). Voorbeelden:

- \$RLY3ON& — schakel relais #3 aan
- \$RLY7OF& — schakel relais #7 uit
- \$RLY4OFF& — schakel relais #4 uit

U ziet bij het laatste voorbeeld een extra 'F'. Die is optioneel en dient alleen om het commando voor mensen beter begrijpelijk te maken.

Als een relaisbesturingscommando is ontvangen, wordt het bevestigd met een statusbericht waarin de huidige toestand van het relais (RELAYx SWITCHED [ON|OFF]) wordt gemeld. Als de teruggekoppelde huidige toestand niet overeenkomt met de gevraagde toestand, kan er een probleem zijn...

Met het commando \$STATE& kan de toestand van alle relais in één keer worden opgevraagd.

Help!

Als de µC het commando \$H& ontvangt, retourneert hij een helptekst met een overzicht van alle beschikbare commando's.

De opbouw

De relaiskaart is vrij gemakkelijk te bouwen, want er zijn niet veel onderdelen.



COMPONENT LIST

Weerstanden:

Alle weerstanden 5%, 0,25 W
R1 = 330 Ω
R2,R7 = 4,7 k
R3,R4,R6 = 0 Ω
R5 = 4,7 Ω
RN1 = 10 k, 8-polig SIL-netwerk
P1 = 10 k instelpotmeter

Condensatoren:

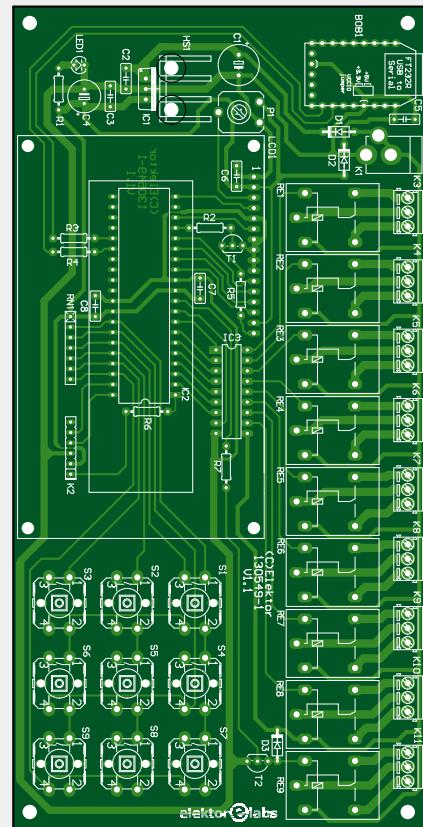
C1 = 220 µ/50 V
C2,C3,C5...C8 = 100 n
C4 = 100 µ/50 V

Halfgeleiders:

D1,D3 = 1N4007
D2 = BAT43
IC1 = MC7805
C2 = PIC18F45K22-E/P, geprogrammeerd
IC3 = ULN2803A
T1,T2 = BC547
LED1 = LED, 3 mm, rood

Diversen:

K1 = voedingsconnector, middenpen 1,95 mm
K2 = 2x3-polige pinheader, raster 0,1"



Er worden geen geavanceerde soldeer-vaardigheden van u gevraagd. Begin met het plaatsen van de onderdelen met maar twee aansluitingen, zoals de weerstanden en de diodes, en ga dan verder met steeds hogere onderdelen. Let op de polariteit van onderdelen die daar kieskeuring in zijn, zoals diodes en elektrolytische condensatoren.

Sluit voordat u de IC's inprikt, eerst de 12 V ingangsspanning aan en controleer met een voltmeter of op de 5V-voedingslijn inderdaad 5 V staat.

Koppel de voeding dan weer los van de kaart en plaats de resterende IC's. Let goed op de oriëntatie! Sluit dan een compatibele ICSP-programmer aan en schakel de kaart in. Nu moet u het HEX-bestand (te downloaden van [1]) in de µC kunnen branden. Als dat gelukt is, schakel dan de voeding weer uit en plaats het LCD. Als u nu opnieuw inschakelt, zou er een welkomstbericht op het display moeten verschijnen. Misschien moet u P1

verdraaien om die zichtbaar te maken. Als u op de knoppen drukt, zou u de bijbehorende relais moeten horen klikken.

BoB1 roept controle...

Sluit de BoB1 aan op de kaart en verbind hem met een vrije USB-poort op een PC. De PC zou de BoB1 moeten detecteren als een seriële poort. Start een terminalprogramma en stel het dat op 9600 baud, acht databits, geen pariteit en één stopbit (9600n81). Als de relaiskaart voeding heeft, zou hij nu moeten reageren als u commando's invoert in de terminal. Als dat zo is, bent u klaar. Anders zult u op zoek moeten naar de fout.

Veel plezier met schakelen! ▶

(190027-04)

SHOP-HIGHLIGHT

Programmeren, experimenteren en meten... ...wat wil een elektronicus nog meer?



Android App Development with Basic for Android

De makers van Basic For Android (B4A), Anywhere Software, claimen dat hun product alle functionaliteit bevat die nodig is om snel alle soorten Android-apps te ontwikkelen. Daarbij komt het goed uit dat de proefversie van Basic For Android (B4A) gratis is en dat u met dit boek van de hand van Dogan Ibrahim gebruik kunt maken van alle mogelijkheden; alleen professionals hoeven te overwegen om B4A te kopen.



handhaaft de auteur een strikte, leerboek-achtige structuur voor elk project, ongeacht de complexiteit, van het laten knipperen van een LED tot en met UDP-verbindingen.

De listings zijn paginabreed weergegeven, zowel in het gedrukte boek als in het e-boek, en zijn niet afgekapt door de pagina-layout. Alle software-voorbeelden kunnen worden gedownload van de ondersteunings- en informatiepagina bij het boek. B4A is een gemakkelijke taal om eigen Android-apps van de grond af te ontwikkelen. De proefversie is op zijn minst

bevredigend te noemen. Het boek geeft B4A aandacht die het verdient in het zeer gevarieerde en concurrerende veld van programmeergereedschappen voor Android-hardware en -interfacing. Door er ‘goede vrienden’ zoals de Arduino, RPi, ESP32 en vooral WiFi bij te betrekken, vormt het boek een perfecte brug voor veel fans van deze computertjes om over te gaan tot volledige netwerkverbinding van hun thuis ontwikkelde programma’s die draaien op een Android-smartphone.

Zoals in al zijn boeken over microcontrollers en programmeren,

PaPiRus ePaper Screen HAT voor de Raspberry Pi

De PaPiRus ePaper Screen HAT voor de Raspberry Pi is bedoeld om ePaper-technologie bereikbaar te maken voor iedereen. Daarom is het een volledig open source-product met schema’s en broncode op GitHub. Naast het ePaper-display, heeft de HAT ook vier drukknoppen, een real time-klok (RTC) en een temperatuursensor.

In de verpakking van de kit vinden we een bestukte print met een knoopcel, een dun ePaper-display in een antistatisch zakje, 4 dubbelzijdige plakstrips, een zakje met drukknoppen, een pogo-pen en montagemateriaal, stickers en een kaart met wat informatie. Omdat er verder geen uitleg of instructies zijn, moeten we naar de website van de fabrikant om uit vinden wat precies de bedoeling is.

Omdat het om een kit gaat, moeten we zelf wat dingen doen,



IN DE STORE



- Mastech-multimeter MS8238H
www.elektor.nl/android-app-dev

voordat we de PaPiRus kunnen gebruiken. Als u de voorbeeldprogramma's wilt proberen, moet u de drukknoppen solderen. Die kunnen ook handig zijn als gebruikersinterface voor eigen toepassingen, maar ze zijn niet nodig voor het bedienen van het display. Als u de drukknoppen plaatst, duw ze dan zoveel mogelijk naar de rand van de kaart, anders past het scherm niet goed.

De pogo-pen, een veercontact dat vaak gebruikt wordt in testopstellingen voor elektronica, moet door de gebruiker worden geplaatst omdat de juiste positie afhankelijk is van de versie van de Pi waar hij mee moet werken. Hij moet contact maken met het vierkante soldeervlak van de RUN-jumper op de Pi. Als we het schema van de PaPiRus bekijken, blijkt dat de pogo-pen is verbonden met de multi-functie pen (MFP) van de RTC. Volgens het internet kan de RUN-pen van de Pi worden gebruikt om hem opnieuw te starten, bijvoorbeeld na een shutdown-commando, dus het lijkt erop dat die pen een soort van watchdog/reboot-functie toevoegt aan de Pi. Als u die niet nodig hebt, hoeft u de pogo-pen ook niet te plaatsen.

Het display wordt aangesloten op CN1. Wees daarbij voorzichtig en forceer niets. Met de vier dubbelzijdige kleefstrips kan het display op de kaart worden vastgemaakt. Het display is echter breekbaar (het is maar 1 mm dik) en de kleefstrips plakken erg goed. Een defect display vervangen kan daardoor heel lastig zijn. Het is dus aan te raden om de plakstrips niet te gebruiken, voordat u uw apparaat gaat inbouwen in een behuizing. De PaPiRus is een uitbreidingskaart (HAT) voor de Raspberry Pi die ePaper-technologie toegankelijk wil maken voor iedereen. Hij is in twee maten verkrijgbaar, voor de 'gewone' RPi 3 en voor de RPi Zero. Omdat het een volledig open source-product is, kan de geïnteresseerde gebruiker in detail bestuderen hoe het een en ander werkt. De documentatie is behoorlijk goed, en bespreekt veel achtergronden, maar is wel verspreid over verschillende websites. Dat is dan ook eigenlijk het enige minpuntje – de PaPiRus HAT is een heel leuke kit om mee te experimenteren.



IN DE STORE

→ PaPiRus – ePaper Screen HAT voor Raspberry Pi (groot: 2,7")
www.elektor.nl/papirus-large

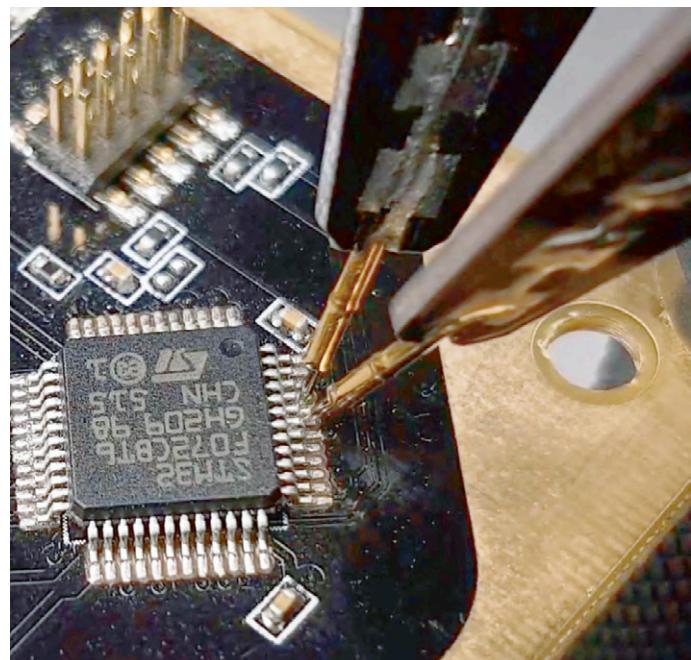
→ PaPiRus Zero – ePaper Screen HAT voor RPi Zero (klein: 1.44")
www.elektor.nl/papirus-z-small

PCBite: houd uw handen vrij bij het meten op printplaten

Elektronicaliefhebbers werken, net als kunstenaars, vaak alleen. En net als andere kunstenaars koesteren ze hun gereedschappen. Ze blijven trouw aan hun tools, zelfs als die niet altijd optimale resultaten geven. Het kost veel tijd om op de hoogte te blijven van de nieuwste ontwikkelingen, maar soms komt er iets op de markt dat voor een doorslaggevende verbetering kan zorgen!

Als u niet meer hebt dan twee handen en tien vingers, maar veel metingen moet doen op de printplaten die u aan het testen bent, dan is hier een interessant hulpmiddel: het is de ontbre-

kende schakel tussen een krokodillenklem en een meetpen. Een jaar na de lancering van hun magnetische ondersteuning voor prototype-kaarten, die heel gemakkelijk, flexibel en stabiel is in het gebruik, komen de uitvinders van de PCB Holder met een verbazende tweede versie. Hun innovatie is een knappe combinatie van de mechanische eisen van het vasthouden van de kaarten op uw werkblad en die van het meten: de betrouwbaarheid van de contacten.



Er zijn allerlei 'derde handjes' op de markt, de één wat stabieler dan de ander, maar hier is de vierde hand. Hiermee kunt u meetpennen vastprikkelen zonder mechanische bevestiging... en ze loslaten! Het lijkt erop dat deze truc is voortgekomen uit suggesties van de gebruikers-community van de eerste versie van de PCB Holder. Die hebben aangegeven dat ze graag continue metingen willen doen en hun handen vrij willen houden. De meetpennen worden op hun plaats gehouden door een flexibele arm met een zwanenhals en een verwisselbare probe. Om de meetpen vast te zetten, hoeven we hem alleen een beetje in te drukken tegen het raakvlak en hem weer los te laten. De stijfheid van de (flexibele) metalen arm waar de meetpen aan is gemonteerd, is voldoende om hem op zijn plaats te houden en voor een betrouwbaar contact te zorgen. Dankzij de kracht van de magneten in de voet van de arm en de stevige ondersteuning blijft alles op zijn plaats, zowel de printplaat als de meetpen. U kunt het geheel zelfs (voorzichtig) verplaatsen.

De mechanische koppeling van de probe aan het einde van de flexibele arm wordt verzorgd met een M3-schroefdraad. De meetpen is snel en gemakkelijk te verwisselen.

180689-C-01



IN DE STORE

→ PCBite Kit incl. 4 PCBite-probes en testsnoeren
www.elektor.nl/pcbite-probes-wires



Opamps in de praktijk

deel 3: opamps met PNP-ingangen; vermogens-opamps

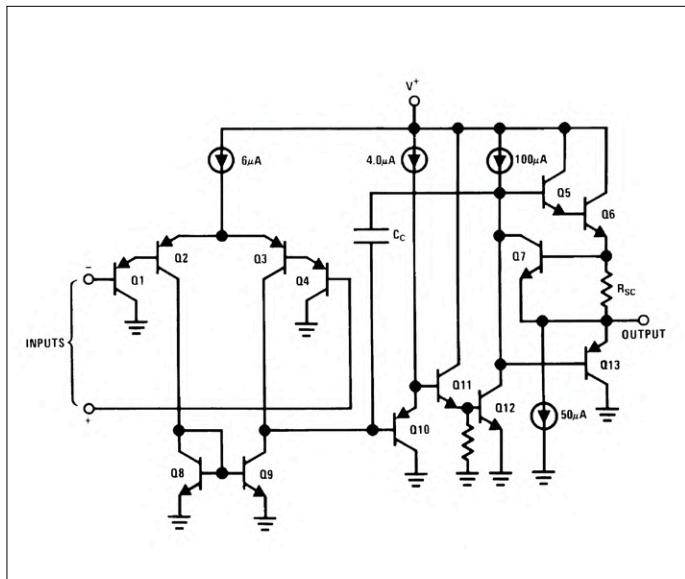
Burkhard Kainka (Duitsland)

In het laatste deel van deze kleine opamp-serie laten we zien hoe we gebruik kunnen maken van bijzondere eigenschappen van opamps. Daarnaast kijken we naar opamps met vermogens-uitgangstrappen.

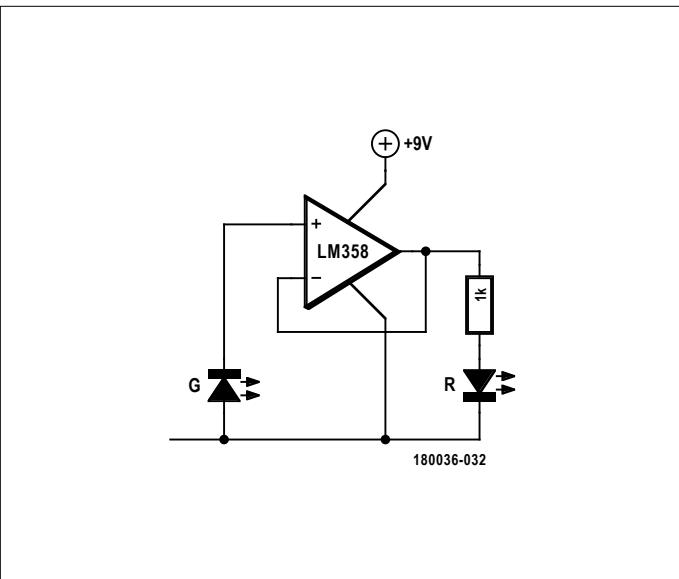
De meeste opamps werken in een beperkt spanningsgebied met een zekere afstand tot de voedingsspanning, die wordt veroorzaakt door de stroombronnen, de basis-emitterovergangen en de stroomspiegels. Sommige typen zijn met bijzondere ingangstrappen zodanig geoptimaliseerd, dat ze tot aan de negatieve voedingsspanning kunnen werken: ze hebben een extra basis-emitterovergang in de ingangsverschilversterker, zodat ingangssignalen tot aan de negatieve voedingsspanning mogelijk zijn. Zo kan bijvoorbeeld de dubbele opamp LM358 (**figuur 1**) net als de viervoudige opamp LM324 met een enkelvoudige voedingsspanning van 3 V worden gebruikt; zeer geschikt voor batterijvoeding dus. Door de inzet van PNP-ingangstrappen mogen de ingangsspanningen zelfs tot 300 mV *beneden* de negatieve voedingsspanning liggen. De uitgangsspanning kan echter niet helemaal tot nul komen. Het loont dus in elk geval de moeite de eigenschappen van de ingangstrappen nader te beschouwen.

De LM358 is zo'n beetje de standaard-opamp voor alle mogelijke toepassingen; hij is door massaproductie extreem goedkoop en in de meeste gevallen goed genoeg. Als in een schakeling meer dan twee opamps nodig zijn nemen we de LM324. Eigenlijk moet een schakeling altijd zodanig worden gedimensioneerd, dat hij met vrijwel elke opamp goed werkt. Maar het is ook aantrekkelijk gebruik te maken van speciale eigenschappen van bepaalde typen, om onderdelen uit te sparen of om bijzondere oplossingen te ontwikkelen. De schakeling in **figuur 2** toont een eenvoudige lichtsensor waarin de groene LED als fotodiode fungeert.

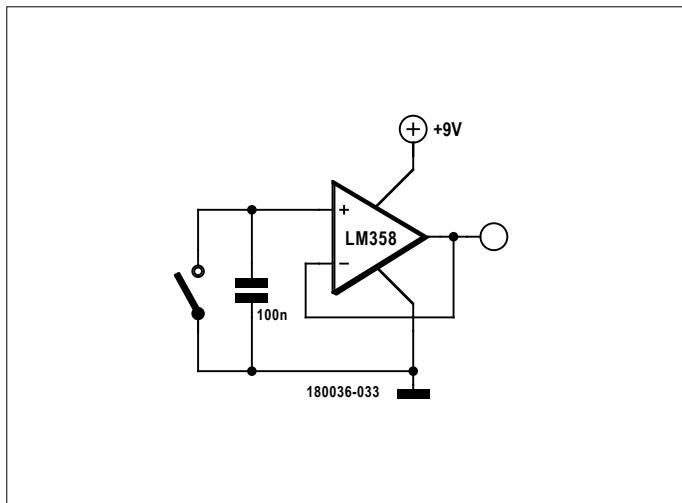
De LED staat in sperrichting, dus met de anode aan massa. Als licht op de LED valt, loopt er een kleine fotostroom. Deze opzet werkt niet met elke willekeurige opamp, maar wel met de LM358 of LM324. De reden hiervoor moet worden gezocht in de PNP-ingangstrappen van deze typen, die aan elke ingang een kleine stroom (de basisruststroom) van ca. 30 nA leveren.



Figuur 1. Inwendige schema van de LM358 met PNP-ingangstrappen (afbeelding: Texas Instruments).



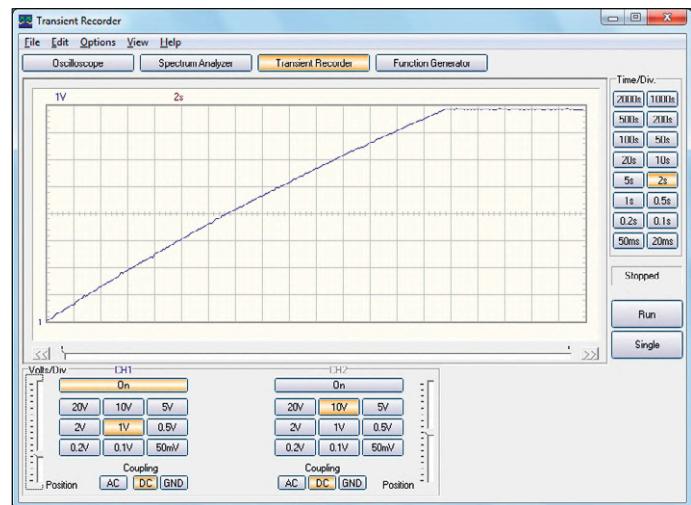
Figuur 2. Benutten van de ingangsstroom.



Figuur 3. Eenvoudige zaagtandgenerator.

Een open ingang wordt hierdoor hoog getrokken. Bij geringe lichtsterkte brandt de rode LED. Zodra genoeg licht op de groene sensor-LED valt, leidt deze de ingangsstroom af zodat de ingangsspanning afneemt. Bij voldoende licht schakelt de opamp dan de rode LED uit. De ingangsstroom is slechts aan een geringe spreiding onderhevig en is nauwelijks afhankelijk van de voedingsspanning. Hij legt hier de drempel vast van de helderheid waarbij wordt omgeschakeld. Als deze schakeling met een CMOS-opamp wordt gebouwd, moet de ingangsstroom via een weerstand van $330\text{ M}\Omega$ lopen, een waarde die u niet snel bij uw elektronica-leverancier zult vinden.

Als een condensator op de ingang van een LM358 wordt aangesloten, krijgen we een zeer simpele zaagtandgenerator (**figuur 3**). De nagenoeg constante opamp-ingangsstroom laadt de condensator langzaam op. Uit de stijgsnelheid kan de exacte ingangsstroom worden afgeleid (**figuur 4**). De zaagtand vertoont een lichte kromming. Bij een laadstroom van 30 nA meten we na de eerste tien seconden een spanning van 3 V .

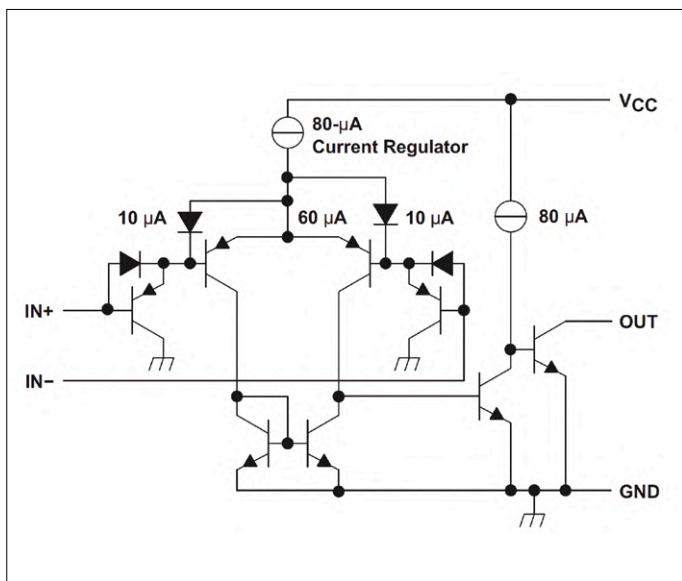


Figuur 4. De zaagtand aan de uitgang.

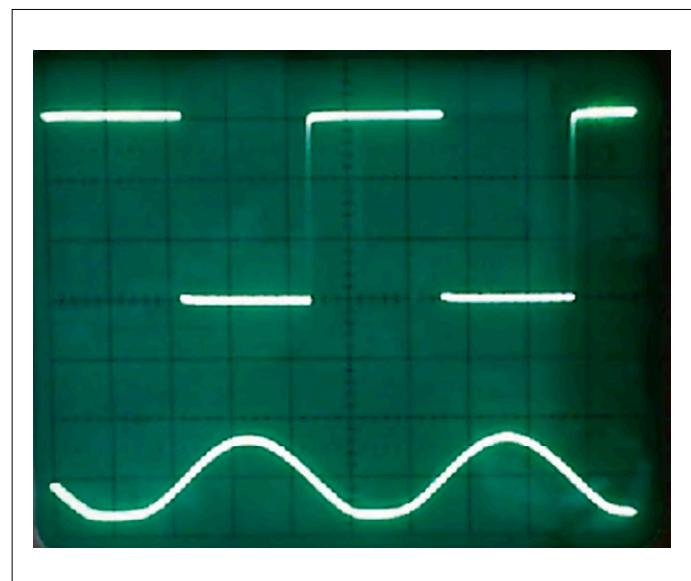
De comparator LM339

De comparator LM339 beschikt over eenzelfde ingangstrap als de LM358 (**figuur 5**). Aanvullende dioden verbeteren het gedrag bij sterke oversturing. In de uitgang wordt een emitterschakeling met open collector toegepast, zodat een externe collectorweerstand moet worden gebruikt. Een ander verschil met normale opamps is dat geen interne begrenzing van de frequentiekarakteristiek wordt toegepast. Hierdoor kan sneller worden geschakeld, met een hogere werkfrequentie en steilere uitgangsflanken. Stabiliteitsproblemen komen bij een comparator niet voor, omdat hij zich vrijwel altijd in een toestand van oversturing bevindt, met een zeer kleine effectieve versterking.

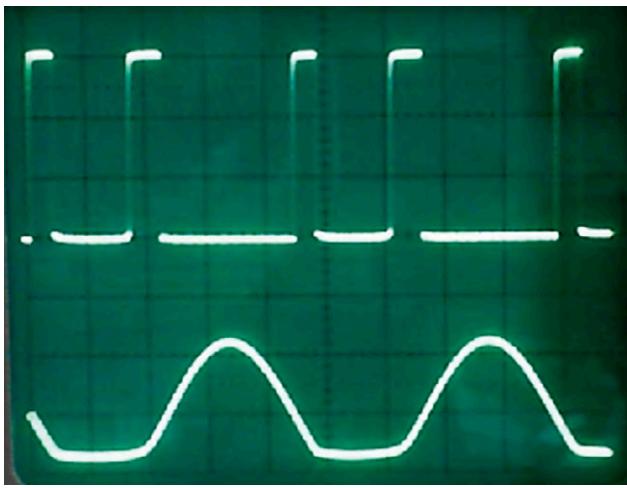
U zou kunnen proberen een comparator met een belastingsweerstand naar $V+$ als opamp te gebruiken. Bij hogere versterking zal de comparator zich als een normale opamp gedragen, maar bij volle tegenkoppeling zal oscillatie optreden. De comparator kan dan ook maar beter als comparator worden gebruikt



Figuur 5. Inwendige schema van de comparator LM339 (afbeelding: Texas Instruments).



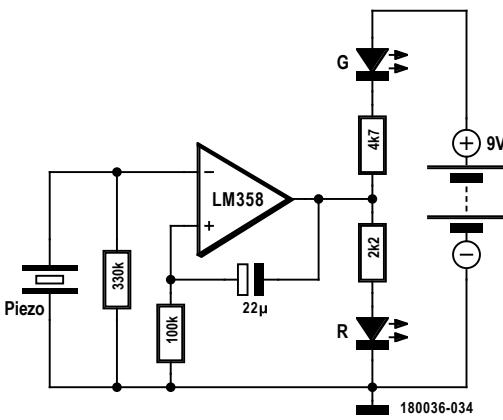
Figuur 6. Genereren van een blokgolf.



Figuur 7. Oversturing in het negatieve gebied.

die slechts blokgolven aan zijn uitgang levert. **Figuur 6** toont een typische schakeling waarin een sinus – of wat voor signaal dan ook – wordt omgevormd naar een blokgolf. Hiervoor kan ook een LM358 worden gebruikt, maar met een echte comparator zijn hogere frequenties haalbaar.

De datasheet geeft voor een voedingsspanning van 5 V een common-modebereik (het bereik waarbinnen signalen met gelijke fase aan de ingang mogen liggen) van 0 tot 1,5 V aan. Ingangsspanningen beneden 0 V worden niet besproken, maar hij functioneert nog tot -300 mV, net als een LM358. Vanaf -500 mV ontstaan echter serieuze problemen. De ingang keert plotseling zijn functie om en het resultaat van de vergelijking wordt omgekeerd. Bij oversturing in het negatieve gebied zijn plotseling signalen met de dubbele frequentie in het uitgangssignaal waarneembaar (**figuur 7**). Oversturing kan worden voorkomen door twee Schottkydioden anti-parallel aan de ingang te zetten. Hiermee wordt de ingangsspanning tot ± 300 mV begrensd.

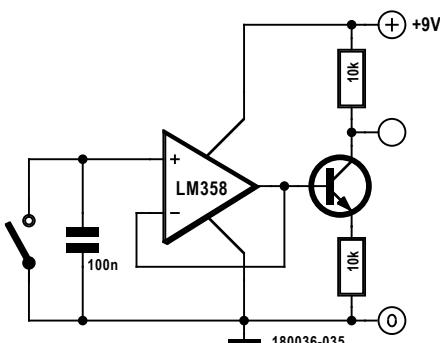


Figuur 8. Monoflop en integrator met een LM358.

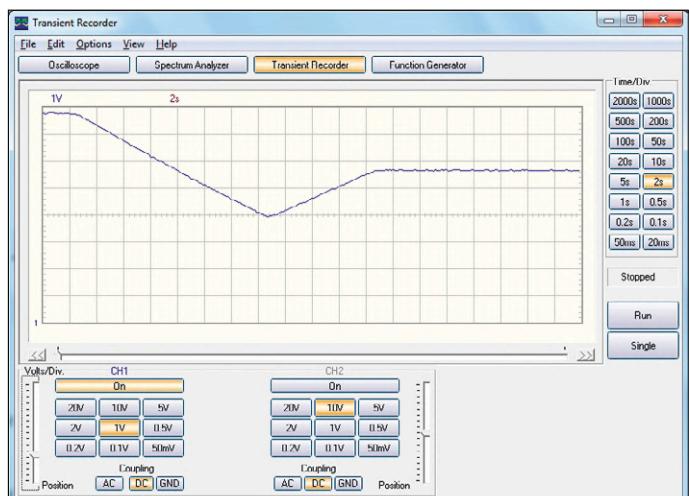
Klapschakelaar

De LM358 heeft met precies hetzelfde probleem te kampen. Tot -300 mV op de ingangen verloopt alles nog normaal, maar als de plusingang een spanning van -500 mV ziet, gedraagt deze zich plotseling als een inverterende ingang. Maar elk nadeel heeft zijn voordeel: met dit meestal ongewenste neveneffect is een bijzondere klapshakelaar te bouwen met een piezo-schijfje als sensor, die de LED's bij hard geluid of bij tikken op de sensor omschakelt (**figuur 8**). In rusttoestand brandt de groene LED. Een geluid of trilling veroorzaakt een plotseling omschakelen van groen naar rood. Daarna duurt het ca. een halve minuut voordat naar de groene toestand wordt terug geschakeld. Het lijkt alsof we met een monoflop te maken hebben...

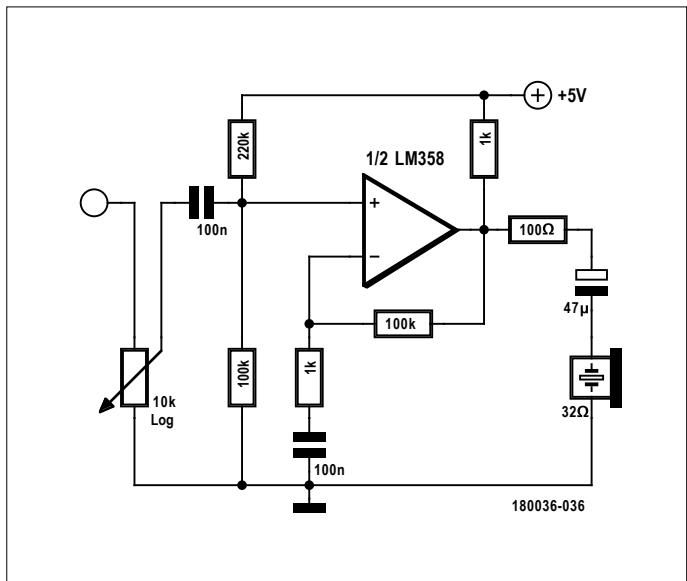
Maar nu wordt het hoogst merkwaardig: de overgang van rood naar groen verloopt namelijk niet abrupt maar de kleuren gaan langzaam in elkaar over. Een ideale opamp zou zich totaal anders gedragen. Hier worden dus de bijzondere eigen-



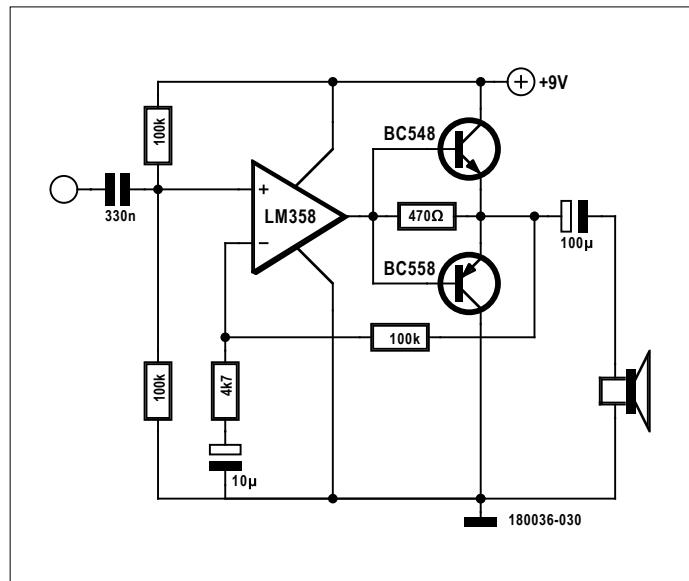
Figuur 9. Modelexperiment voor het inverteren van de ingangsfunctie.



Figuur 10. Signaalomkering bij oversturing.



Figuur 11. Een hoofdtelefoonversterker.



Figuur 12. Vermogensversterker met complementaire eindtrap.

schappen van een bipolaire opamp met PNP-ingangstrappen uitgebuit. De ingangsstroom ligt rond de 30 nA, waardoor een spanningsafval van 10 mV aan de inverterende ingang optreedt, tegen slechts 3 mV aan de niet-inverterende ingang. Het verschil is genoeg om in een stabiele rusttoestand te resulteren. De sensor moet minstens 7 mV genereren om de toestand te laten omklappen. Bij de overgang naar de rood-toestand trekt de elco de spanning op de plus-ingang hoog en houdt deze toestand door de terugkoppeling stabiel. Hij moet zich dan zover opladen tot de ingangsspanning beneden de 5 mV zakt, wat ongeveer een halve minuut duurt. Dan klapt alles weer terug naar de uitgangssituatie. Hierdoor wordt de ingang echter enkele V beneden nul getrokken, dus buiten het normale werkgebied van de opamp. Beneden -500 mV keert de functie van de LM358 om. De terugkoppeling verandert dan gedurende zekere tijd in tegenkoppeling en de schakeling werkt als integrator. Dat is de reden dat de uitgangstoestand slechts langzaam verandert.

Om dit fenomeen beter te kunnen begrijpen, kijken we naar de ingangstrap. Bij een te negatieve aansturing van de plus-ingang worden beide emittors van de darlingtontransistors van de ingangs-verschilversterkers zover naar beneden getrokken, dat ook de collectorspanningen weer negatiever worden. Dit kan experimenteel worden verduidelijkt: nu wordt een NPN-transistor aangestuurd (**figuur 9**). Als aansturing nemen we de eerder besproken zaagtandgenerator. Aanvankelijk daalt de uitgangsspanning bij stijgende ingangsspanning, zoals te verwachten bij een emitterschakeling (**figuur 10**). Zodra echter de transistor volledig is uitgestuurd, keert het gedrag om. De uitgangsspanning stijgt nu weer.

Vermogensversterker

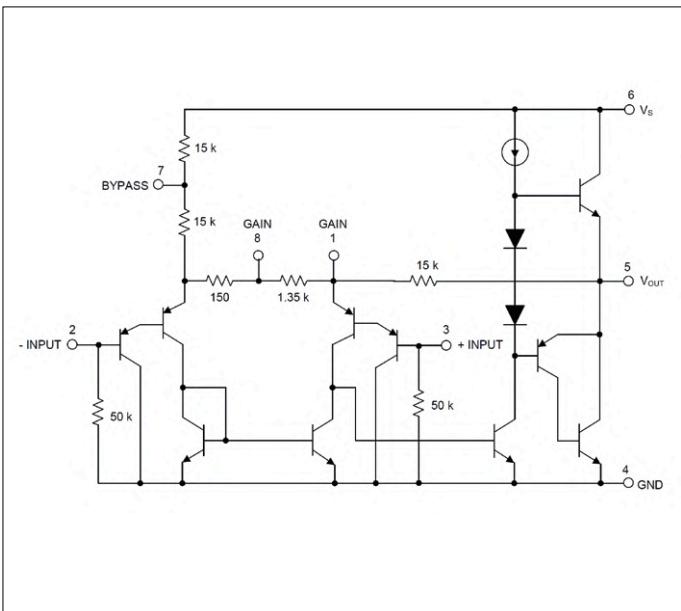
Opamps worden doorgaans gebruikt voor uitgangsstromen tot zo'n 10 mA. Maar er zijn ook speciale vermogens-opamps. Vaak volstaat een normale opamp met een paar transistoren aan de uitgang die meer uitgangsstroom kunnen leveren.

De kleine hoofdtelefoonversterker in **figuur 11** is opgebouwd

met een dubbele opamp LM358 om de Elektor-SDR (zie Elektorlabs juli/augustus 2018) als direct-mixer zonder PC te kunnen gebruiken. De LM358 vertoont overnamevervorming als hij een relatief laagohmige belasting bij grote versterking moet aansturen. Dit probleem wordt gereduceerd door de 1-kΩ-weerstand van de uitgang naar de voedingsspanning, omdat dan bij kleine uitsturing alleen het onderste deel van de tegenkoppeluitgang actief is. In serie met de hoofdtelefoon zit nog een weerstand van 100 Ω. Enerzijds verlicht die de taak van de opamp, anderzijds wordt gehoorschade uitgesloten omdat het maximale vermogen in de hoofdtelefoon binnen de perken blijft. De LM358 kan tot op vrijwel GND-niveau worden uitgestuurd, maar haalt niet helemaal het voedingsspanningsniveau. Daarom is het rustniveau op ongeveer een derde van de voedingsspanning ingesteld.

Met opamps kunnen ook luidsprekerversterkers zoals in **figuur 12** worden gebouwd. Met een maximale uitgangsstroom van ca. 10 mA is deze weliswaar hooguit geschikt als hoofdtelefoonversterker, maar dat is door toevoeging van twee transistors op te lossen, waarbij de schakeling overzichtelijk blijft. De transistoren vormen een balans-eindtrap met ruststroom nul. Kleine uitgangsstromen worden direct door de opamp geleverd. Pas bij uitgangsstromen groter dan 10 mA beginnen de transistors in de eindtrap te versterken. Het principe doet sterk denken aan dat van de legendarische Edwin-versterker uit de beginjaren van (toen nog) Elektuur.

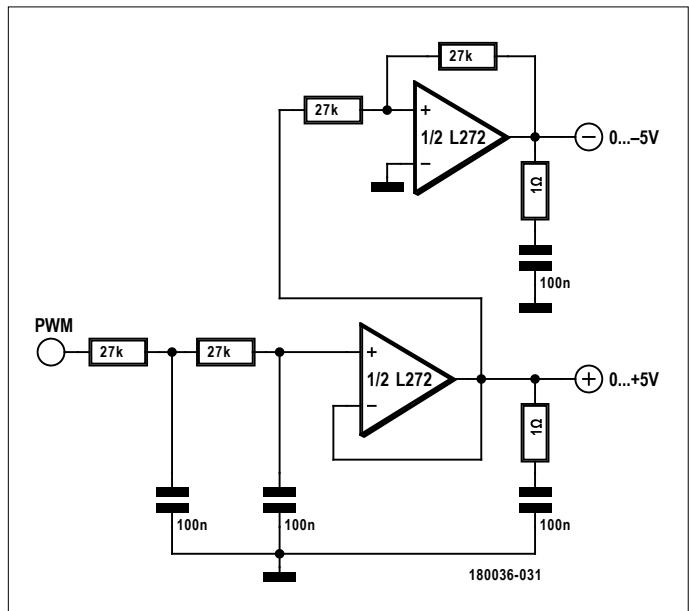
Een balansversterker zonder ruststroom wordt principieel door een grote overnamevervorming geplaatst. Maar die wordt hier door de sterke tegenkoppeling grotendeels gecompenseerd. Niettemin kan op deze manier geen hifi-versterker worden gebouwd. De schakeling is alleen geschikt voor kleine experimenten of een eenvoudige signaalhoorn. Voor serieuze toepassingen kan beter een geïntegreerde vermogensversterker zoals de LM386 worden gebruikt. De inwendige schakeling van de LM386 (**figuur 13**) vertoont een grote overeenkomst met een opamp – maar dan met een



Figuur 13. Inwendige schema van de luidsprekerversterker LM386 (afbeelding: Texas Instruments).

interne tegenkoppeling waarmee de basisversterking op 20 wordt ingesteld. Door de PNP-ingangstrappen zijn ingangsspanningen mogelijk met een uitsturing rondom GND-potentiaal. De gemiddelde uitgangsspanning stelt zich zonder verdere maatregelen in.

Voor algemene toepassingen met groter uitgangsvermogen is er de dubbele vermogens-opamp L272 met uitgangsstromen tot 1 A. **Figuur 14** toont een schakeling voor het opwekken van een instelbare dubbele voedingsspanning. Een microcontroller levert een PWM-signalen dat door een dubbel laagdoorlaatfilter wordt omgezet in een gelijkspanning van 0...5 V. De L272 werkt als vermogensbuffer en als inverter voor de negatieve uitgangsspanning. De opamp vertoont een oscilleerneiging, daarom zijn dempingsnetwerkjes met 100 nF en 1 Ω toegevoegd, zoals we die ook kennen uit audioversterkers. Zo is de stabiliteit gegarandeerd.



Figuur 14. Toepassing van vermogens-opamp L272.

De L272 heeft net als de LM358 PNP-ingangstrappen. Dat is goed om te weten! In een eenvoudige functietest sluiten we (zonder een PWM-uitgang van een microcontroller aan te sluiten) de ingang kort naar massa. Beide uitgangsspanningen zijn dan ongeveer 0 V. Als nu de kortsluiting van de ingang wordt opgeheven, laadt de ingangsstroom van de L272 de condensatoren in de ingangsfilters langzaam op. Daarmee hebben we dus weer een eenvoudige zaagtandgenerator en kunnen we de beide uitgangsspanningen met en zonder belasting in alle rust onderzoeken, om eventuele instabiliteiten te herkennen. ▀

(180036-C-02)



IM ELEKTOR-SHOP



- Discreet opgebouwde opamp XL741
www.elektor.nl/the-xl741-discrete-op-amp-kit

- Boek (Duitstalig): Elektronik – gar nicht schwer 5
Experimente mit Operationsverstärkern
www.elektor.de/elektronik-gar-nicht-schwer-5



Review

Weller WT 1014 soldeerstation

Luc Lemmens (Elektor Labs)



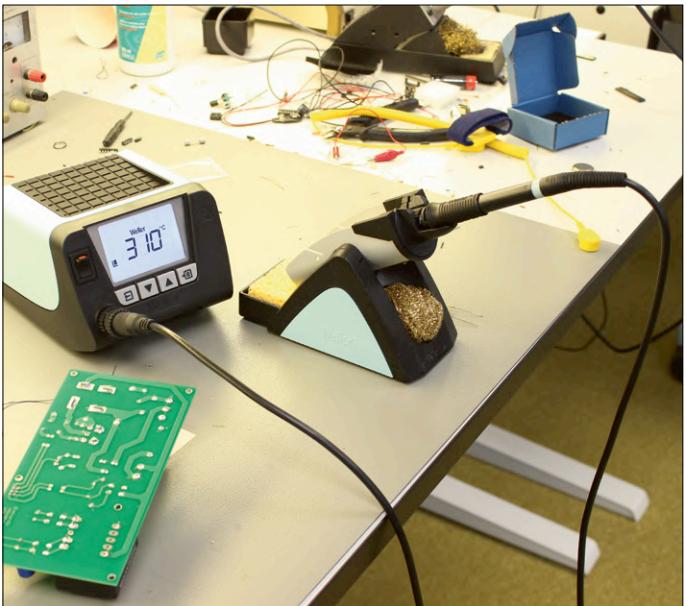
Wanneer we een boodschappenlijst maken van apparatuur die absoluut onmisbaar is in een elektronica-lab, dan mag 'soldeerbout' of 'temperatuur-geregeld soldeerstation' daar absoluut niet op ontbreken. Dat zijn al twee opties en wie zich gaat oriënteren op het huidige aanbod, zal waarschijnlijk overdonderd worden door het grote aantal verkrijgbare merken en typen en zich — niet op de laatste plaats — verbazen over de enorme prijsverschillen. Prijzen variëren van nog geen tientje voor een heel simpel boutje tot (veel) meer dan € 1000 voor een professioneel soldeerstation.

En wat moet je dan kiezen? Wie heel af en toe eens een draadje wil kunnen vastsolderen, kan heus wel volstaan met een goedkoopje, maar wie zich serieuzer met elektronica bezig wil houden, komt toch al snel uit bij een temperatuurgeregeld soldeerstation van een bekender, meer gerenommeerd merk zoals Weller.

Elektor heeft sinds enige tijd de WT 1014-set van dit merk in de shop en ik kreeg de vraag om dit soldeerstation eens aan de tand te voelen en mijn bevindingen te delen met onze lezers. Laat ik het maar meteen zeggen: ik ben geen Weller-fan. Op de kwaliteit van dit merk is niets af te dingen, maar als je hun prijslijst bekijkt, kom je toch snel in de verleiding om iets goedkopers te gaan zoeken. Bovendien waren de bouten van Weller waar ik in het verleden mee gewerkt heb voor mij te lomp en te zwaar en ergerde ik me aan de relatief lange opwarmtijd. Maar wie weet zal deze 'hernieuwde kennismaking' mij van mening doen veranderen.

De WT 1014 is een set uit de midden-(prijs)klasse van Weller en bestaat uit:

- Soldeerstation WT 1
- Soldeerbout WSP-80
- Soldeerbout-standaard WSR 201



De WT 1 is geschikt voor zes verschillende soldeerbouten uit het Weller-aanbod. De bout is ook aan te sluiten op een 120 W WT 1H-station en de standaard kan gebruikt worden voor andere modellen soldeerbouten uit deze serie. De WT 1014-set wordt dan ook geleverd in een grote kartonnen doos waarin de drie onderdelen nog eens apart verpakt zijn. Eén voor één uitpakken dan maar...

Allereerst de standaard, een onderdeel dat misschien het minst spannend lijkt, maar tijdens gebruik merk je pas hoe belangrijk het is. Een goede standaard gewoon blijft op zijn plek staan als je de bout erin zet of eruit haalt. Daarnaast moet de bout er makkelijk in en uit gaan. Het moet geen kwestie van ‘goed mikken’ zijn als je deze in de houder wilt zetten en het is minstens net zo irritant als de bout blijft haken als je ‘m wilt pakken. Ik kan er kort over zijn: de WSR 201 scoort in beide opzichten een dikke voldoende. De standaard staat als een huis er werkt lekker, helemaal niets op aan te merken. Er zit een beugeltje aan om extra soldeerstiften op te bergen, erg fijn dat die niet los op de werktafel hoeven te zwerven. Voor het schoonmaken van stiften heeft de standaard zowel een sponsje als een dot ‘staalwol’. Goed over nagedacht dus, maar dat mag je ook wel verwachten van een fabrikant die het vak al meer dan 75 jaar beheert.

De soldeerbout zelf (de WSP-80) is verrassend licht en handzaam voor een bout van 80 W. Een soepel, dun snoer dat lang genoeg is, daar is ook helemaal niets mis mee. De WSP-80 wordt geleverd met een redelijk dikke stift (type LT B) met een $2,4 \times 0,8$ mm beitelvormige punt, die door zijn vorm zowel voor het fijnere als het zwaardere soldeerwerk geschikt is. Toch zou ik er voor het fijnere SMD-werk meteen een dunnere, spitsere stift bij aanschaffen. Het arsenaal stiften in de LT-reeks is indrukwekkend (veel vormen en afmetingen, zie [1]), al moet ik zeggen dat het Weller-assortiment zo groot is, dat je daar soms door de bomen het bos niet meer ziet.

De prijzen van de stiften zijn absoluut acceptabel, de duurste zijn zo rond de € 10 per stuk. En voor wie de gok wil wagen: online zijn in het verre oosten setjes van 10 verschillende

LT-tips te koop voor € 9, maar dat zullen echt geen originele Weller-accessoires zijn.

Voor het wisselen van stiften is geen speciaal gereedschap nodig. De grote kunststof ring kun je ook als de bout nog heet is losschroeven zonder je vingers te branden. Stift uit de huls, andere erin en weer vast! Toegeven: in dit proces zou een siliconen lap zoals merk X standaard meegeleverd bij hun soldeerstations geen overbodige luxe zijn geweest. Het duurt nou eenmaal wel even voordat de metalen delen van een soldeerbout afgekoeld zijn. De neiging is dan groot om de eerste de beste tang te erbij te pakken om brandblaren te voorkomen, maar dat is, hoe voorzichtig je het ook doet, niet bevorderlijk voor het behoud van de stift of huls. Bovenop het soldeerstation zelf zit een bak om (hete) soldeerstiften in te leggen en de voering van zwart siliconenrubber die daar los in ligt, kan op zich ook wel dienst doen als ‘pannenlap’, maar dat is niet echt de bedoeling.

Het soldeerstation WT 1 is qua kleur en vormgeving meteen herkenbaar als een telg uit de Weller-familie. Een degelijk kastje met degelijke knoppen (aan/uit, exit, down, up en menu) en een groot, duidelijk afleesbaar LCD met backlight, dat meer functies, instellingen en opties herbergt dan je in eerste instantie zou vermoeden. En ook meer mogelijkheden dan je als standaardgebruiker echt nodig hebt. De bijgeleverde handleiding ziet er wel lijvig uit, maar de eerste paar pagina's zijn een getekende handleiding die niet zouden mistaan in de instructies van een niet nader te noemen Zweeds bedrijf met zelfbouwmeubels. De rest, lees: het overgrote deel, zijn veiligheidsaanwijzingen en garantiebepalingen in diverse talen. De plaatjes geven wel voldoende informatie om meteen aan de slag te kunnen met het soldeerstation, maar toch is het een beetje spijtig dat niet ook de Aanvullende Gebruiksaanwijzing [2] wordt meegeleverd. Hierin wordt namelijk meer informatie gegeven over de werking en instellingen van de WT 1. Zoals gezegd zijn veel functies niet zo belangrijk voor normaal gebruik, maar het kan bijvoorbeeld geen kwaad om te weten dat het station vergrendeld kan worden en, misschien nog belangrijker, hoe je die vergrendeling er weer af haalt.



Naast de connector voor de soldeerbout op het frontpaneel zitten er aan de voorzijde onderaan een 3,5 mm jack-aansluiting voor potentiaalvereffening (losse stekker is meegeleverd) en een RJ11-aansluiting voor het Zero Smog-afzuigsysteem van Weller. Op de achterzijde wordt de netvoedingskabel ingestoken.

Na het inschakelen is meteen een van mijn vooroordelen over Weller verdwenen: hoewel het geen snelheidemonster is, is de bout toch binnen zeer acceptabele tijd op temperatuur. Eerste soldeertestjes gaan prima. Even stukje tekst voor deze review typen en daarna de soldeerbout weer uit de houder halen om te ontdekken dat deze afgekoeld is, is in eerste instantie een kleine verrassing. Je merkt het pas op het moment dat je weer wilt solderen en het tin niet meer smelt. Het soldeerstation heeft namelijk een instelbare stand-by-tijd en wanneer deze verstrekken is, regelt de WT 1 de bout terug tot een (ook instelbare) lagere temperatuur om de levensduur van de stift te verlengen. Om de WSP-80 weer uit stand-by te krijgen, moet je kort op up of down drukken. Als je nog langer wacht, schakelt de WT 1 de soldeerbout zelfs helemaal uit en moet je beide toetsen indrukken om verder te kunnen met solderen; uiteraard is ook deze tijd instelbaar.

Weller heeft bouten in het assortiment die met een bewegingssensor aan het station melden wanneer de soldeerbout gebruikt wordt. Daarmee wordt dit stand-by-interval steeds weer gereset, of wordt de stand-by automatisch opgeheven zodra de bout in beweging komt. Helaas heeft de WSP-80 deze sensor niet en zit er niets anders op dan af en toe het station handmatig wakker te maken. Natuurlijk kun je het stand-by-interval verlengen (tot maximaal 99 minuten) om er minder vaak last van te hebben, maar bedenk daarbij dat deze

functionaliteit echt wel nut heeft om langer plezier te hebben van de stift. Ondanks dit minpuntje is het prima werken met de WT 1014-set.

Conclusie

De WT 1014-set heeft mijn mening over Weller absoluut veranderd. Een soldeerboutje dat lekker in de hand ligt en gewoon fijn werkt, hoewel een dunnere stift voor het fijnere (SMD-) werk geen overbodige luxe is. Er zijn verschillende soorten en maten stiften voor een heel schappelijke prijs beschikbaar en van een fabrikant als Weller mag je verwachten dat alle (reserve-)onderdelen nog de nodige jaren verkrijgbaar zijn en blijven. De standaard, het station en de soldeerbout maken alle drie een degelijke indruk en ook over de ergonomie is goed nagedacht. Toegegeven: de set is niet bepaald goedkoop, maar je met de WT 1014 heb je dan wel een prima soldeerstation in huis waar je nog jaren plezier van zult hebben.

190074-01



IN DE STORE

→ Weller WT 1014 Digital Soldering Station:
www.elektor.nl/18649

→ Weller ESF 120ESD PCB Holder:
www.elektor.nl/17481

Weblinks

- [1] Stiften in de Weller-catalogus:
https://media-weller.de/weller/data/ebooks/epaper-Weller_Catalogue_2016-17_EN/index.html#108
- [2] Aanvullende gebruiksaanwijzing: https://media-weller.de/weller/data/OI/OI/OI_WT1_WT1H_supplementary.pdf



HomeLab Helicopter

de wondere wereld der elektronica in vogelvlucht

samengesteld door Clemens Valens (Elektor Labs)

Push It - wie heeft eigenlijk de drukknop uitgevonden?

Waarom drukken we op dingen? Zet een mens voor een machine en hij of zij begint meteen op knoppen te drukken. Als er geen zichtbare drukknoppen zijn, maar alleen een plat glimmend oppervlak, zoals bij een inductiekookplaat, gaat de persoon die ervoor staat erop duwen. Als we iets niet direct open of aan kunnen krijgen gaan we op willekeurige plekken duwen. Mensen hebben een duwreflex.

Onze twee katten kunnen een deur open-duwen. Maar als je hun techniek beter bekijkt zie je dat ze niet tegen de deur zelf duwen, maar hun neus door de



Duw tegen een van de stenen om de deur van de tempel te openen.



Olifanten kunnen naast bomen ook hun kroost een duwtje in de goede richting geven.

opening proberen te wurmen. Dat hierdoor de deur opengaat is maar een neveneffect. Katten kunnen niet duwen en ik durf deze gewaagde uitspraak uit te breiden naar honden en alle andere dieren. (Behalve olifanten, want die kunnen, zoals ik op YouTube heb gezien, complete bomen omver duwen).

Dat we al generaties lang duwers zijn kan worden afgeleid uit de Indiana Jones-achtige films waarin de held in eeuwenoude Maya- of Inca-tempels op stenen moet duwen om hele muren voor hem (zelden voor haar) opzij te laten bewegen om toegang tot de schat (een berg goud of een jonkvrouw in nood) te krijgen. Dit bewijst dat de Inca's al op dingen duwden en dus hun voorouders ook, want waarom zouden uitgerekend de Inca's

dit hebben uitgevonden? Volgens mij heet zo'n waterdichte redenering bij wiskundigen een 'bewijs met volledige inductie'. Hebben wij een duw-gen of is het aangeleerd gedrag? Een moeilijke vraag waarop ik (nog) geen antwoord heb. Creëerden wij de drukknop omdat we duwers zijn, of leerden we duwen omdat we de drukknop hadden uitgevonden? (Gebruik uw fantasie om 'drukknop' in de vorige zin te vervangen door 'steen in de muur'.)

Wie vond de drukknop eigenlijk uit? Lastig te zeggen, want de Engelse Wikipedia-pagina over de push-button vermeldt geen geschiedenis. Bepakt dit dat er nooit onderzoek is gedaan naar de oorsprong van de drukknop? Zal dit voor altijd een witte vlek in de geschiedenis van de mensheid blijven?

De swipe-reflex daarentegen is duidelijk (en recent) aangeleerd gedrag. Anders zou Indiana Jones waarschijnlijk hebben

geprobeerd om de muren en deuren in Maya-tempels open te swipen in plaats van op stenen te duwen. (Heeft men overigens al geprobeerd om de geheimen van de piramides met swipen te ontrafelen?) Zal op zekere dag de krachtige duw zijn gereduceerd tot een slappe 'tap' om dan te worden vervangen door een arrogante swipe?



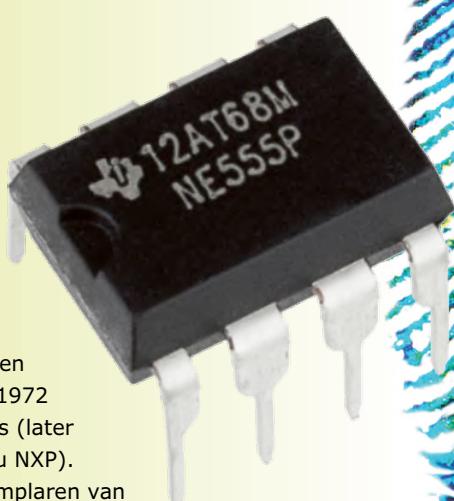
Is u wel eens het verschil opgevallen tussen de signalen die worden afgegeven door duwen en swipen? Ergens op duwen betekent "Ik wil dit" terwijl swipen een duidelijk "Weg ermee" overbrengt, het tegenovergestelde dus. Druk aan, swipe uit.

Lees verder:: Rachel Plotnick, "Power Button - A History of Pleasure, Panic, and the Politics of Pushing", MIT Press, 2018.

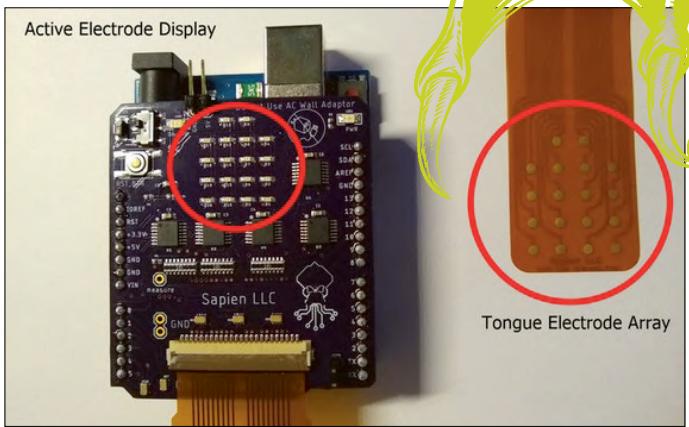
Vingerafdruk scannen? Gebruik een 555!

Iedereen heeft wel eens een schakeling gemaakt met die goeie ouwe '555'. U weet wel, het beroemde 8-pens timer-IC. Een beetje geschiedenis (Wikipedia is uw steun en toeverlaat): in 1971 ontworpen door Hans R. Camenzind, in 1972 geïntroduceerd door Signetics (later overgenomen door Philips, nu NXP). Daarna zijn er miljarden exemplaren van deze kleine timer geproduceerd. Volgens de originele datasheet is de 555 bedoeld voor timer-toepassingen, best wel logisch voor een timer-IC. Texas Instruments produceert de 555 ook en publiceerde de datasheet in 1973. Bij de herdruk in 2014 werden ook de toepassingsgebieden herzien: vingerafdruk- en iris-scanners en RFID-lezers. Wie had ooit gedacht dat dit klassieke IC vijftig jaar na zijn geboorte een goede keuze zou zijn voor zulke high-tech toepassingen? Ik voorspel dat de 555 in 2219 nog steeds wordt gebruikt, en dan wordt aanbevolen voor onder andere teleporteren.

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>



Data van het internet naar je tong streamen

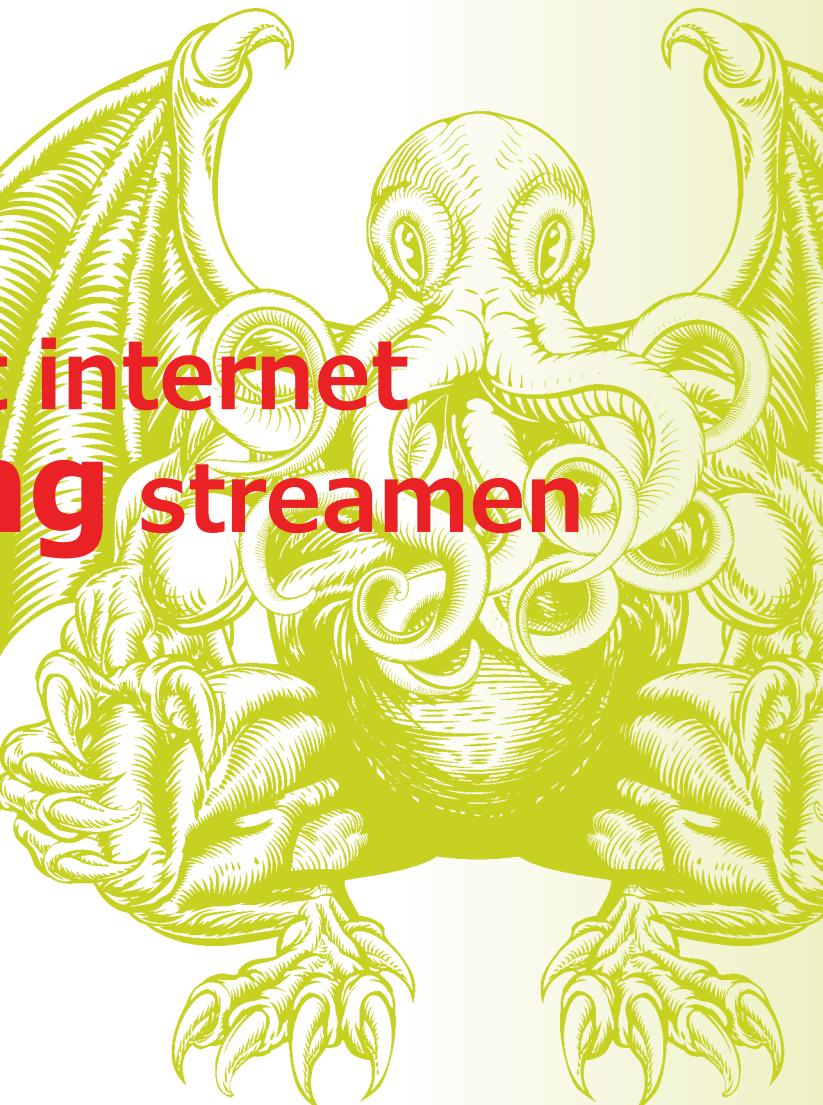


Cthulhu (sprek uit: ka-THOE-loe) is een fictieve kosmische entiteit die rond 1928 door de schrijver H. P. Lovecraft werd gecreëerd. Omdat hij fictief is, en alleen in woorden is beschreven, wordt zijn uiterlijk aan de fantasie overgelaten. In de loop der jaren hebben verschillende kunstenaars zich hiermee beziggehouden en dit leidde tot spectaculaire afbeeldingen, maar niemand heeft hem ooit eerder de vorm van een Arduino-shield gegeven.

Het Cthulhu-shield is een human-interface-device (HID), dat bijna net zo vreemd lijkt als de kosmische entiteit van meneer Lovecraft: het wordt verbonden met de tong van de gebruiker... Raar, maar als je er even over nadenkt is het toch niet zo vergezocht. Of juist wel? Nee, zeker niet. Toch wel. Nee, echt niet... Nou ja, oordeelt u zelf.

Het flexibele mondstuk bevat 18 elektrodes die de communicatie tussen het shield en de tong van de gebruiker mogelijk maken. Het shield kan de tong prikkelen met elektrische impulsen, of het kan de elektrische signalen meten die door de tong worden geproduceerd. Het shield zelf wordt op een Arduino geplaatst.

Door de activiteit van de flexibele spier in de mond van de Cthulhu-gebruiker te meten, kan hij of zij er iets mee besturen. Dit maakt het niet alleen mogelijk voor gehandicapten om met hun omgeving te communiceren, maar het kan ook dienen als helpende hand in situaties waarin twee handen niet genoeg zijn. Naast computer-interface is het Cthulhu-shield een systeem dat zintuigen kan vervangen en aanvullen. Met prikkeling van



de tong kan iemand bijvoorbeeld leren om kleuren te 'proeven' of de richting te voelen die een navigatiesysteem aangeeft (*handsfree* bediening). Tongprikkeling kan zintuigen geven aan gehandicapten, maar kan ook nieuwe zintuigen toevoegen en bestaande uitbreiden.

De open-source Cthulhu-Shield-ontwikkelkit waarmee makers en elektronica-hobbyisten hun eigen zintuigvervanging/-uitbreiding of human/machine-interface kunnen creëren, is te vinden op GitHub.

<https://github.com/SapienLLCdev/Cthulhu/>



μ House

Homelab-hebbeding

U weet vast wel hoe moeilijk het is om de punt van een meetprobe op een pen van een IC te houden (zonder kortsluiting te maken), terwijl u probeert een multimeter of een oscilloscoop af te lezen. En dan komt u erachter dat u het verkeerde ingangsbereik of de verkeerde tijdbasis hebt gekozen, en staat het instrument net buiten uw bereik... Deze balanceer-act is met twee probes al bijna onmogelijk, laat staan met drie of vier. U lost dit op door draden aan de chip te solderen en deze met de probes te verbinden. Na afloop soldeert u alles weer los en hoopt u dat hierbij geen kortsluitingen ontstaan. Met PCBite 2.0 is dit niet meer nodig, want deze heeft maximaal vier flexibele magnetische armen die de probes voor u vasthouden.

[https://www.elektor.com/
pcbite-kit-incl-4-pcbite-probes-and-test-wires](https://www.elektor.com/pcbite-kit-incl-4-pcbite-probes-and-test-wires)



Dingen worden steeds kleiner. Vergelijk maar eens de afmetingen van de mobiele telefoons uit de jaren tachtig van de vorige eeuw met die van een recente smartphone. (Smartphones zijn eigenlijk geen goed voorbeeld omdat ze tegenwoordig de neiging hebben om steeds groter te worden.) Een ander opvallend voorbeeld is het micro-huis van het Franse onderzoeksinstituut Femto-ST (uit 2016... de tijd vliegt).

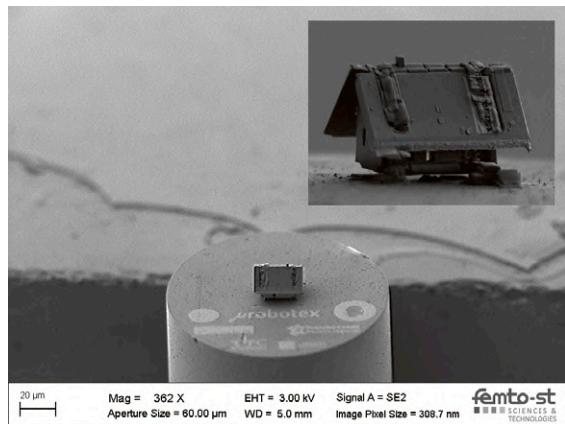


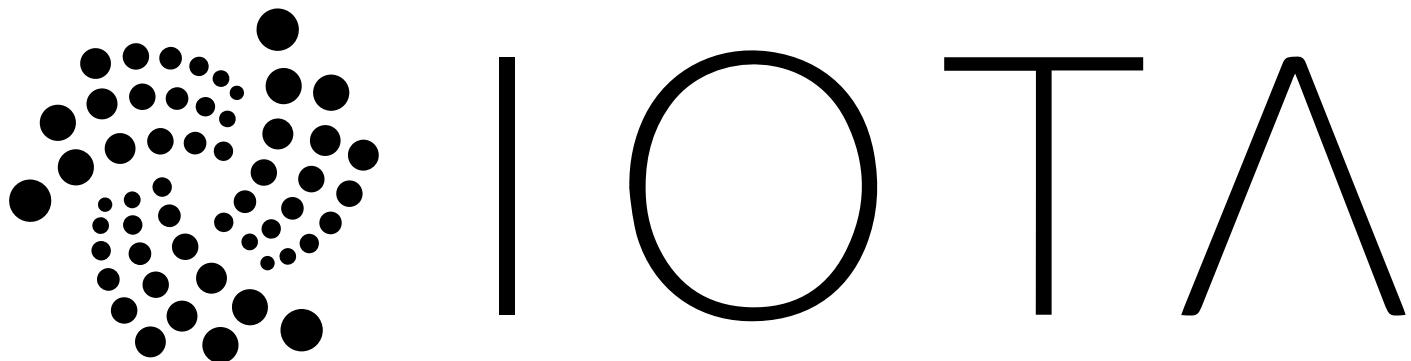
Foto met toestemming van Femto-ST

Volgens de webpagina zijn de afmetingen van deze kleine villa slechts 10 x 20 μm (opvallend, want een huis heeft meestal drie dimensies) en werd deze gebouwd met elementen die uit een micro-membraan van silica (siliciumdioxide) met een dikte van 0,7 μm waren gesneden. De onderdelen werden verlijmd met naftaleen; de schoorsteen is een druppel lijm. Het micro-huis is bevestigd aan een glasvezel met een diameter van 80 μm (het heeft dus snel optisch internet!) en werd gemaakt om de mogelijkheden van het μ Robotex-platform te demonstreren, dat is bedoeld voor de classificatie, manipulatie en montage van micro- en nanosystemen met afmetingen kleiner dan 10 μm . Konden ze mensen maar laten krimpen om in deze μ Houses te wonen, dan zou de wereld minder dicht-c.q. overbevolkt zijn!

[http://projects.femto-st.fr/microrobotex/fr/
realisations](http://projects.femto-st.fr/microrobotex/fr/realisations)

De cryptocurrency IOTA (en een FPGA voor de RPi)

deel 1: machines betalen machines



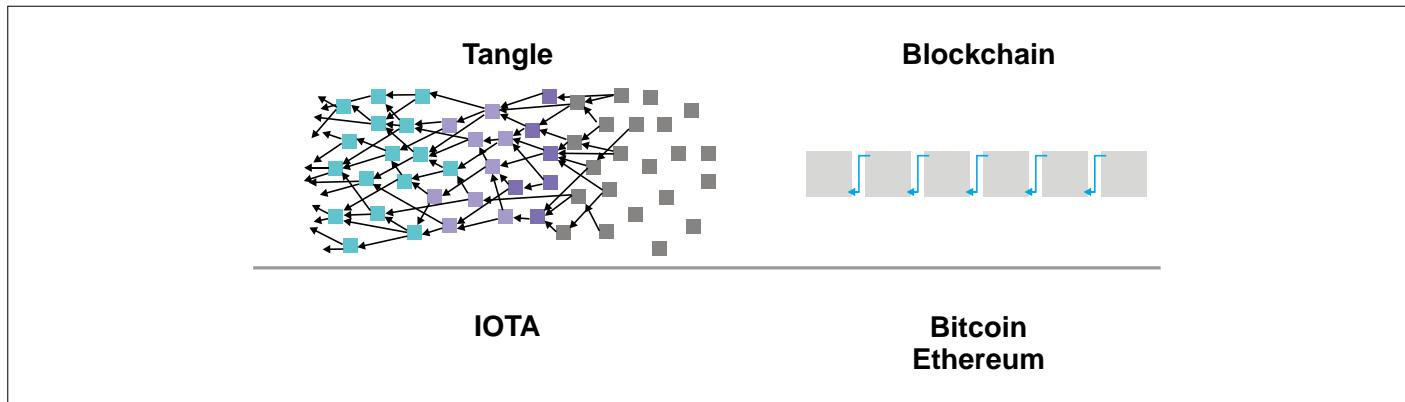
Julia Orlitzky en Thomas Pototschnig (Duitsland)

Door de technologische vooruitgang worden steeds kleinere, goedkopere en zuiniger apparaten voor het Internet of Things mogelijk. Maar dit gaat gepaard met een gegevensstroom die wel beheerst moet worden. Een oplossing zou kunnen zijn om flexibele computercapaciteit op het netwerk aan te bieden – daar is dan wel een vorm van betaling voor nodig die automatisch door IoT-knooppunten kan worden uitgevoerd. Dit is waar nieuwe soorten cryptocurrency zoals IOTA in het spel komen. In dit nummer werpen we licht op de achtergrond; in het volgende nummer introduceren we een uitbreidingsprint met FPGA voor de Raspberry Pi die IOTA-transacties kan versnellen.

Er zijn legio toepassingsmogelijkheden van het IoT. De koelkast die zelf zorgt voor aanvulling, de auto die zelfstandig de weg naar de bestemming bepaalt met behulp van actuele verkeersgegevens, of de wasmachine die ons via de smartphone op de hoogte houdt over het lopende wasprogramma – dat zijn slechts de meest in het oog springende voorbeelden. De verbeelding kent geen grenzen.

Veel IoT-apparaten zijn alleen bedoeld voor het verzamelen van gegevens. Allerlei soorten sensoren bijvoorbeeld verzamelen weersgegevens die kunnen worden gebruikt voor globale analyses van het klimaat, andere sensoren registreren de stralingswaarden die kunnen worden gebruikt om een kaart van de radioactiviteit in Japan te berekenen, weer anderen worden in het slimme huis geïntegreerd als elektriciteitsmeter en bepalen het stroomverbruik en het gebruiksgedrag. Als gevolg hiervan kunnen elektriciteitsleveranciers piekbelastingen beter

voorspellen en zo hun elektrische infrastructuur optimaliseren. Maar het internet der dingen gaat nog verder. Het maakt een machine-economie mogelijk waarbij machines kunnen betalen voor diensten van andere machines. Het Amerikaanse marktonderzoeksbureau Gartner voorspelde in 2017 [1] dat tegen 2020 ongeveer 20 miljard apparaten met het internet zullen zijn verbonden. Met het toenemende aantal IoT-apparaten neemt de hoeveelheid gegenereerde data echter ook toe, waardoor de huidige technologieën aan hun grenzen dreigen te komen. De vraag die zich nu aandient: waar slaan we al die gegevens op? En als eenmaal een locatie voor gegevensopslag is gevonden, hoe kom je daar dan bij en hoe kan die data worden gebruikt? Dit is waar IOTA om de hoek komt kijken! IOTA probeert alle technische problemen op te lossen die de alsmaar toenemende populariteit van het IoT met zich meebrengt en zal brengen.



Figuur 1. Gerichte acyclische graaf versus blockchain [8].

Welk probleem probeert IOTA op te lossen?

Met de ontwikkeling van cryptocurrencies zoals Bitcoin en Ethereum zijn gedecentraliseerde, niet te manipuleren en veilige virtuele grootboeken (*ledgers*) ontstaan die iedereen vrij (*permissionless*) en anoniem met een zelfgegenereerde cryptografische sleutel kan gebruiken. Die visie was verleidelijk omdat plotseling virtueel geld via peer-to-peer transacties kon worden verstuurd zonder tussenkomst van anderen en zonder een centrale autoriteit te hoeven vertrouwen.

Helaas kwam door onvoorzien conceptuele kwesties al snel aan het licht dat de *blockchains* van de eerste generatie (Bitcoin) en de tweede generatie (Ethereum met Smart Contracts) zeer beperkt waren in hun transactiesnelheid, waardoor ze uit de boot vallen voor het toekomstige internet der dingen. Ook problematisch is het gekozen betaalmodel waarbij de ruimte voor een transactie in een van de cryptografisch gekoppelde blokken zo ongeveer wordt gevuld, wat op piekmomenten leidt tot transactiekosten van onbekende hoogte of zeer lange bevestigingstijden.

IOTA kan worden omschreven als een cryptocurrency van de derde generatie, die de lineaire blockchain volledig verlaat en in plaats daarvan vertrouwt op *Distributed Ledger Technologie* (DLT), waarbij alle transacties, zoals weergegeven in **figuur 1**, in een gerichte acyclische graaf (*directed acyclic graph*) opgeslagen worden. Het met gegevens gevulde netwerk van transacties wordt *tangle* genoemd.

Het voordeel is duidelijk: terwijl blockchains grote schaalproblemen hebben, heeft de tangle van IOTA geen bottleneck die de maximale transactiesnelheid beperkt. De tangle werkt zelfs beter naarmate er meer transacties plaatsvinden (**figuur 2**). Naast de overdracht van cryptovaluta, biedt IOTA ook de mogelijkheid om transacties ‘zonder waarde’ uit te voeren, dat wil zeggen, de tangle te gebruiken als een infrastructuur en opslaglocatie voor allerlei datapakketten, waarmee het perfect geschikt wordt voor bijvoorbeeld sensorgegevens – en dat allemaal zonder transactiekosten in rekening te brengen.

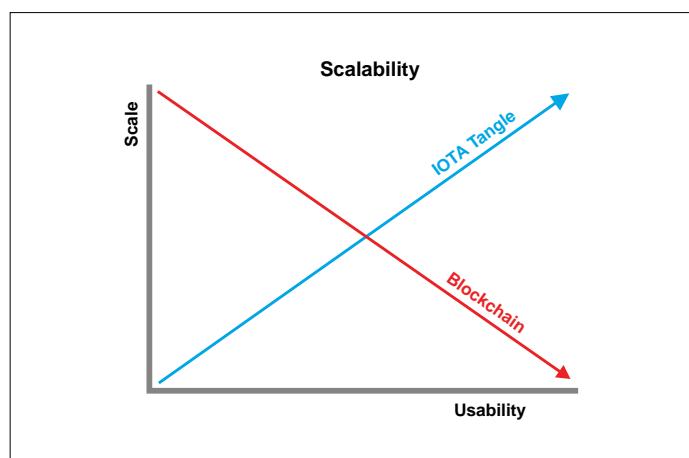
Er zijn ook officiële uitbreidingen van het protocol op hoger niveau, zoals *Masked Authenticated Messaging* (MAM), waarmee versleutelde, continue datastromen mogelijk zijn.

Een equivalent van Ethereum Smart Contracts is in actieve ontwikkeling met Qubic, maar het kan nog niet worden gebruikt. In tegenstelling tot smart contracts zal IOTA een functionele programmeertaal gebruiken die een wiskundig bewijs van de juiste werking mogelijk maakt.

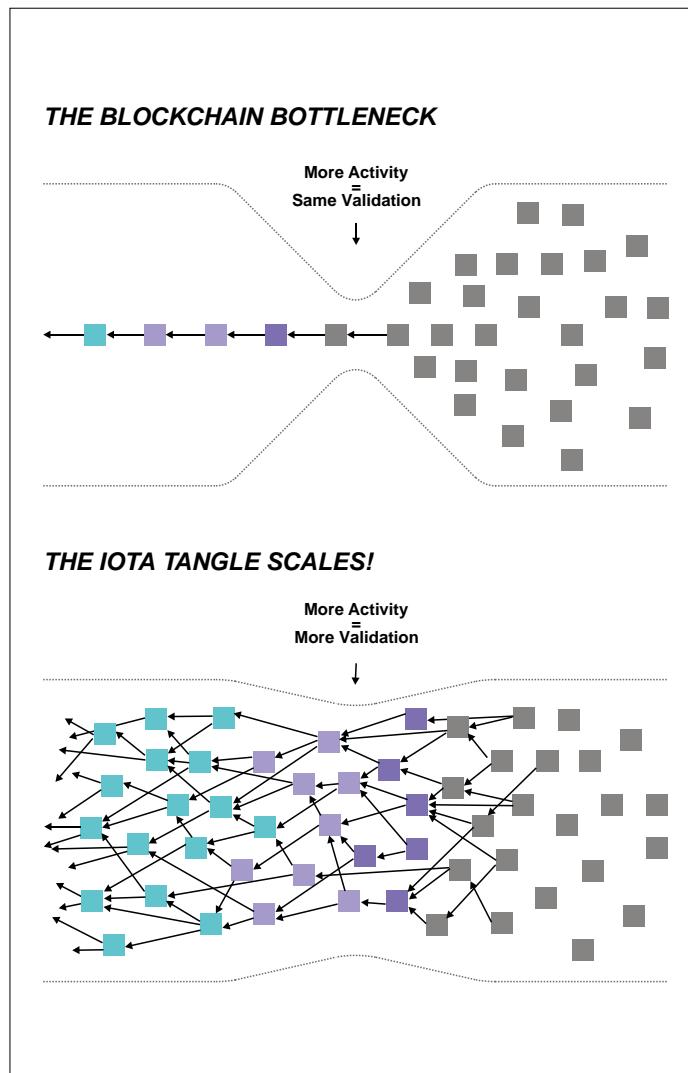
Transacties in de tangle

Bij de bekende cryptovaluta Bitcoin moeten alle transacties die worden uitgevoerd, door *miners* in blokken worden ingebouwd. Miners worden voor hun werk beloond met nieuwe bitcoins. Dit zorgt voor een financiële prikkel om voor het netwerk te werken. Bij het minen wordt een rekentaak uitgevoerd waarvan de oplossing ongeveer tien minuten kost. Maar als blokken sneller worden geproduceerd, omdat er meer rekenkracht beschikbaar is, wordt de moeilijkheidsgraad van de rekenkundige taak aangepast om een gewenste waarde van zes blokken per uur te handhaven – dat doet het Bitcoin-netwerk automatisch. Dit op het eerste gezicht goede idee maakt het minen meteen tot de Achilleshiel van Bitcoin. Het zorgt voor een knelpunt dat de transactiesnelheid ernstig beperkt, omdat de maximale hoeveelheid gegevens van de blokken een vast gegeven is. Momenteel worden ongeveer 300.000 transacties per dag bevestigd, wat neerkomt op ongeveer 3,4 transacties per seconde. Ethereum komt met zijn hogere blokfrequentie tot ten minste 20 transacties per seconde.

Nog problematischer is dat de prioriteit waarmee transacties in blokken worden geïntegreerd, wordt bepaald door vergoedingen die de miner ontvangt. Het is daarom in zijn belang om ‘belangrijker’ transacties voor te trekken. Dit werd heel duidelijk tijdens de laatste Bitcoin-hype, eind 2017, toen je ongeveer



Figuur 2. Qua schaalbaarheid scoort de IOTA-tangle veel hoger dan de blockchain [9].



Figuur 3. In tegenstelling tot blockchain, levert meer activiteit bij de IOTA-tangle juist meer geldige transacties op [10]!

\$ 50 aan transactiekosten moest betalen om een transactie in de blockchain te vereeuwigen (**figuur 3**).

Dit is bij IOTA heel anders: om een transactie in de tangle uit te voeren, worden twee eerdere transacties gevalideerd, waarbij de beloning bestaat uit het valideren van de eigen transactie via een volgende transactie. Dit *pay it forward*-systeem van validaties vereist geen financiële prikkels.

En omdat die prikkels niet nodig zijn, blijft IOTA niet beperkt tot alleen maar boekhoudkundige transacties. Het is mogelijk om informatie veilig op te slaan in tangle-transacties, of zelfs grote hoeveelheden informatie te verspreiden over meerdere gebundelde of gekoppelde transacties. Deze structuur maakt ook een grote schaalbaarheid van transacties mogelijk. Hoe meer activiteit in de tangle, des te sneller transacties kunnen worden bevestigd.

Omdat er bij IOTA geen transactiekosten zijn, kan het zonder problemen worden gebruikt voor microbetalingen. De exploitant van een installatie met zonnepanelen kan voor de stroom die op het net wordt geloosd dus onmiddellijk worden betaald door de elektriciteitsmaatschappij, zonder dat daar verder kosten aan verbonden zijn.

Voor transacties gelden eigenlijk maar twee vaste regels:

- **Een transactie moet twee andere transacties valideren**

Dat klinkt simpel en dat is het ook. De open uiteinden van de tangle worden tips genoemd. Een algoritme (aanbevolen door de IOTA Foundation) kiest twee tips waarmee de nieuwe transactie wordt verketend.

Er moet speciale aandacht worden besteed aan de term 'aanbevolen', omdat de tangle van de IOTA vrij te gebruiken is, wat betekent dat iedereen in principe kan doen wat hij wil met de tangle. Dit betekent ook bijvoorbeeld dat u willekeurig tips kunt selecteren, hoewel de praktijk heeft aangetoond dat dit tot slechte resultaten leidt (slecht validatietempo). Er wordt daarom van uitgegaan dat u als tangle-deelnemer vrijwillig een geschikt algoritme gebruikt, omdat dit tot goede resultaten leidt. Dit is niet alleen goed voor u, maar ook voor het netwerk als geheel.

- **Een transactie heeft indirect of direct via een milestone een referentie nodig**

Een *milestone* is een ondertekende transactie van een centrale eenheid (*coördinator*), die de groeirichting van de tangle bepaalt. Deze coördinator is zowel een vloek als een zegen, en het belangrijkste punt van kritiek op IOTA. Daarom is het belangrijk te begrijpen welke taak de coördinator daadwerkelijk vervult.

Om te beginnen is zijn belangrijkste taak het beveiligen van de tangle. Deze wordt veiliger naarmate er meer transacties worden uitgevoerd, maar er is een bepaalde minimale transactiesnelheid vereist voordat de tangle zonder coördinator kan. In de beginstijd van Bitcoin waren er vergelijkbare *checkpoints* die een veilige toestand garandeerden. Dergelijke beveiligingen zijn nodig omdat een meerderheidsaanval (51%-aanval) niet kan worden uitgesloten terwijl de netwerksnelheid nog steeds laag is. Als gevolg hiervan was in het verleden bijvoorbeeld de *double spend attack* mogelijk, waarbij Coins tweemaal werden uitgegeven.

Hoewel de coördinator in de ogen van voorstanders van cryptocurrency logisch is, vormt deze niet alleen een SPOF-risico (*Single Point Of Failure*), maar concentreert hij ook de macht in eigen handen die theoretisch door de foundation kan worden misbruikt door bijvoorbeeld bepaalde transacties voor te trekken en andere daarentegen te negeren.

Een ander probleem is nog dat deze centrale instantie de prestaties van het hele netwerk aanzienlijk vertraagt, omdat het een bottleneck is. Je zou je bijvoorbeeld een multicore-computer kunnen voorstellen waarbij elke kern op één enkele thread moet wachten.

De IOTA Foundation is hiervan op de hoogte en heeft een projectgroep opgezet om te werken aan de 'moord op de coördinator' (*coordicide*) [2].

De IOTA Foundation

De IOTA Foundation is opgericht op 17 november 2017 en wordt gefinancierd met giften (ongeveer 5% van alle IOTA-tokens). IOTA is een geregistreerde non-profitorganisatie naar burgerlijk recht met hoofdzetel in Berlijn. Maar IOTA heeft ook vestigingen in andere steden zoals Tel Aviv, Oslo en Taipei. De Foundation heeft momenteel wereldwijd ongeveer 80 mensen in dienst (stand november 2018). Er zijn ook meer dan 70.000 actieve community-leden en meer dan 120.000 men-

Meer informatie:

- IOTA-website: www.iota.org/
- Partners: <http://iotaarchive.com/>
- Officiële blog: <https://blog.iota.org/>
- Ecosysteem: <https://ecosystem.iota.org/>
- Reddit: www.reddit.com/r/Iota/
- Discord: <https://discordapp.com/invite/fNGZXvh>
- Twitter: <https://twitter.com/iotatoken>

sen volgen de publicaties van de IOTA Foundation.

De IOTA Foundation wil het IOTA-ecosysteem actief promoten door eigen onderzoek uit te voeren om een solide wetenschappelijke basis voor de tangle-technologie te ontwikkelen. Bovendien ontwikkelt ze op basis van haar onderzoek de kerncomponenten zoals de referentie-implementatie van de IOTA *full nodes* (IRI) en verschillende bibliotheken in verschillende programmeertalen, wat het gemakkelijk zou moeten maken om de IOTA-technologie in eigen projecten te integreren. Natuurlijk helpt ze ook actief met hulp en adviespartners bij de integratie. Een ander aandachtspunt is de standaardisatie van de IOTA-technologie, die vooral belangrijk is voor acceptatie in de industriële omgeving.

IOTA-datamarktplaats

De datamarktplaats van IOTA is sinds 2015 in ontwikkeling. Het doel is om een decentrale marktplaats te bieden waar sensorgegevens kunnen worden verkocht of gekocht. Daarbij maakt IOTA gebruik van het feit dat de tangle zonder transactiekosten kan worden gebruikt, waardoor microbetalingen mogelijk zijn. Hoewel de gegevensmarktplaats zich nog in een besloten bèta-stadium bevindt, kunnen nu al sensorgegevens worden gekocht. In Kaiserslautern wordt bijvoorbeeld een sensor genoemd die

gegevens verzamelt over de kwaliteit van het stroomnet en deze beschikbaar stelt als een gegevensstroom. De prijs is met 1366 i (omgerekend 0,000273 €) erg laag. Dit jaar moet de datamarktplaats de deuren openen voor alle gebruikers, zodat de handel in sensorgegevens kan beginnen.

Ecosysteem voor projecten

De IOTA Foundation promoot ook een ecosysteem van projecten en code. Ontwikkelaars kunnen hun projecten publiceren op een speciaal ontwikkeld webplatform. Een donatieknop maakt het mogelijk IOTA's te doneren aan ontwikkelaars. Inmiddels zijn meer dan 2500 geregistreerde gebruikers met bijna 200 gepubliceerde projecten op het platform te vinden.

De IOTA Foundation financiert zelfs geselecteerde projecten via het Ecosystem Development Fund. De donatiepot is vanaf 2015 gebaseerd op vrijwillige donaties en bevat momenteel (december 2018) ongeveer zes miljoen dollar. De basisvereisten voor financiering zijn dat het project open source is en dat de IOTA-gemeenschap kan profiteren van de resultaten. Niet alleen projecten, maar ook evenementen kunnen worden gefinancierd via het ecosysteem.

Ternaire processor: JINN

OTA is ternair (ook wel: trinair) – in plaats van bits gebruikt het *trits*, in plaats van bytes *trytes*. In plaats van alleen met 0 en 1 te werken, wordt een gebalanceerd ternair talstelsel gebruikt met -1, 0 en +1.

Dit lijkt in eerste instantie inefficiënt, omdat IOTA (momenteel) uitsluitend draait op binaire machines die altijd gegevens moeten converteren naar het ternaire talstelsel (en terug), waarvoor meerdere vermenigvuldigingen en delingen nodig zijn. Dit is met name problematisch voor kleinere microcontrollers. Maar het gebalanceerde ternaire systeem zelf is zeer efficiënt – efficiënter dan het binaire systeem. Positieve en negatieve getallen worden in het talstelsel weergegeven zonder de noodzaak van een tekenbit. In plaats van een two's-complement

Advertentie

INFRA TEC.

Your Specialist for Thermography
From Product Development to Quality Assurance

1,920 x 1,536 Detector 105,000 Hz 1.3 µm Trigger ≥ 15 mK

- Cooled and uncooled high-end thermography cameras to solve complex tasks
- Detectors with up to (1,920 x 1,536) native IR pixels and frame rates up to the kilohertz range
- Complete solutions including software and accessories for active thermography to localise defects reliably
- Modular hardware and software concept for the adjustment of different measurement and inspection tasks
- Highest resolution due to high-precision interchangeable lenses with excellent transmission quality
- First-class service ensures excellent system availability

www.InfraTec.de
Made in Germany



(bit-inversie en met één ophogen), kan een ternair getal van teken wisselen door elk cijfer van teken te laten wisselen. Twee ternaire getallen kunnen van elkaar worden afgetrokken door een getal van teken te laten wisselen en bij het andere op te tellen. Logische bewerkingen of complexere functies zoals *full adders* kunnen net zo eenvoudig worden gerealiseerd als in het binaire systeem.

Ook vanuit hardware-oogpunt is het ternaire systeem zeer aantrekkelijk. Om een getal met hetzelfde waardebereik ternair op te slaan of te verzenden, zijn er veel minder geheugenelementen of -lijnen nodig. Een 64-bits binair getal zou bijvoorbeeld slechts 41 ternaire geheugenelementen vereisen. Dit vereenvoudigt het chipontwerp, verkleint het waferoppervlak voor de chip, vermindert de benodigde hoeveelheid logica, kortom, het totale ontwerp wordt efficiënter, kleiner en energiezuiniger.

Het idee van de ternaire computer is niet nieuw. Ze bestonden al in de jaren zestig, bijvoorbeeld de Russische Setun. Voor educatieve doeleinden en wetenschappelijk werk (onder andere in nucleair onderzoek) werden tegen 1995 in totaal 50 van deze computers gebouwd [3]. Ternaire computers waren tot nu commercieel echter geen succes.

Het principe van de ternaire computer is echter niet helemaal vergeten. In 2014 werd bekend gemaakt dat al maanden in het geheim aan een ternaire processor genaamd JINN werd gewerkt [4]. De financiering van het extreem ambitieuze project moest mogelijk worden gemaakt door crowdfunding. In totaal werden 100.000 JINN-aandelen gevuld via het NXT-handelsplatform [5]. Het bedrijf Jinn Labs werd opgericht door IOTA-medewerkers Sergey Ivancheglo en David Sønstebø. De eerste richtte ook het crypto-handelsplatform NXT op.

In 2016 verscheen op het YouTube-kanaal Hackaday een video met de titel 'Building a Base 3 Computer', waarin Jessie Tank uitlegt hoe ternaire logica werkt. [6] In deze video werd de eerste experimentele ternaire chip genaamd JINN getoond en werd ook voor het eerst IOTA besproken, dat de nodige infrastructuur voor de ternaire processor zou moeten bieden. Over JINN zelf is er nog niet veel informatie beschikbaar, omdat de ontwikkeling plaatsvindt achter gesloten deuren. De processor moet een architectuur hebben tussen CPU en GPU, maar is niet performance-geoptimaliseerd omdat hij 'horizontaal' moet schalen. 'Verticaal' schalen betekent dat CPU-kernen zelf sneller worden, 'horizontaal' schalen dat er meer kernen zijn. Er wordt gezegd dat JINN een kleine, energie-efficiënte CPU is voor IoT-apparaten die kunnen worden gebruikt voor

massaal gedistribueerd computergebruik via de tangle. Al in 2014 werden MMOG's (*Massively Multiplayer Online Games*) als een perfecte toepassing voor JINN gezien. Het is niet verrassend dat dit jaar een platform genaamd Paracosm is aangekondigd [7].

Een andere mogelijke toepassing voor JINN zou kunstmatige intelligentie zijn, omdat ternaire logica veel beter geschikt is voor neurale netwerken dan binaire logica. Hier kunnen de infrastructuur van IOTA en de ternaire JINN-CPU worden gebruikt voor een gigantisch globaal neurale netwerk. ▶

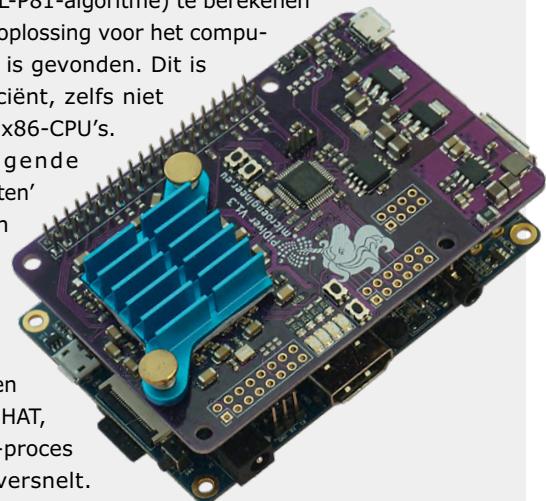
180361-04

In de volgende Elektorlabs...

Een IOTA *Proof of Work* (PoW) vergt veel rekenkracht, waardoor het verzenden van transacties op kleinere microcontrollers zoals ARM erg traag verloopt. Een van de belangrijkste redenen is dat het niet ongebruikelijk is om meerdere miljoenen hashes (CURL-P81-algoritme) te berekenen voordat een oplossing voor het computerprobleem is gevonden. Dit is niet erg efficiënt, zelfs niet op moderne x86-CPU's.

In het volgende nummer 'porten' we een open source-versie van het 'IOTA Pearl Diver'-algoritme naar een Raspberry Pi HAT, die het PoW-proces aanzienlijk versnelt.

Deze 'PiDiver' biedt maximaal 15,8 MH/s, waardoor de proof of work-tijd met een factor 300 kan worden verkort. Niet alleen is de FPGA sneller dan een volwaardige 4-core i5 CPU met een SSE-geoptimaliseerde multithreadbibliotheek, hij verbruikt ook slechts een fractie van diens stroom.



Weblinks

- [1] Persinformatie Gartner (login vereist): www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016
- [2] Coordinator: The Path to Coördicide: <https://blog.iota.org/coordinator-part-1-the-path-to-coördicide-ee4148a8db08>
- [3] Ternaire computer Setun: <https://de.wikipedia.org/wiki/Setun>
- [4] JINN in het NTX-Forum: [https://nxtforum.org/news-and-announcements/\(ann\)-jinn/](https://nxtforum.org/news-and-announcements/(ann)-jinn/)
- [5] Jinnlabs: <https://web.archive.org/web/20141005232852/http://www.jinnlabs.com/>
- [6] Building A Base 3 Computer: www.youtube.com/watch?v=EbJMtJq20NY
- [7] Paracosm-Showcase: https://paracosm.company/Paracosm_Showcase_ENG.pdf
- [8] Bron figuur 1: <https://twitter.com/iotatokennews/status/955455377096757249?lang=de>
- [9] Bron figuur 2: <https://steemit.com/german/@moodledidoodledi/die-internet-der-dinge-iot-revolution-iota>
- [10] Bron figuur 3: <https://blog.iota.org/on-the-tangle-white-papers-proofs-airplanes-and-local-modifiers-44683aff8fea>

Deel je ideeën en elektronische projecten – eender welke moeilijkheidsgraad – op www.elektor-labs.com en wordt beroemd!

Elektor Labs: www.elektor-labs.com
Design, Build, Share... Electronics!

Word lid van de Elektor Community Neem nu een GOLD lidmaatschap!

**Ook verkrijgbaar:
Het digitale GREEN lidmaatschap!
www.elektor.nl/member**

GOLD € 2,45/week

- ✓ Toegang tot ons web-archief
- ✓ 10% korting in onze webshop
- ✓ 6x ElektorLabs Magazine (Print)
- ✓ 6x ElektorLabs Magazine (PDF)
- ✓ Exclusieve aanbiedingen
- ✓ Toegang tot meer dan 1000 Gerberfiles
- ✓ Elektor's jaarlijkse DVD-ROM

GREEN € 1,78/week

- ✓ Toegang tot ons web-archief
- ✓ 10% korting in onze webshop
- ✓ 6x ElektorLabs Magazine (PDF)
- ✓ Exclusieve aanbiedingen
- ✓ Toegang tot meer dan 1000 Gerberfiles

Tektronix-apparatuur voor kalibratie van oscilloscopen

het neusje van de zalm

Jan Buiting (redactie Retrotronica)

Het is dikke pret en altijd weer een complete ontdekkingsreis om klassieke elektronische apparatuur te repareren en te herkalibreren met de instrumenten, 'standaards' en 'hulpmiddelen' die de fabrikanten aanbevelen en ook leveren. In deze aflevering van Retrotronica besteden we aandacht aan een aantal van die instrumenten, om precies te zijn van Tektronix. Hoewel dit bedrijf een kalibratie- en onder-

houdsservice aanbiedt voor hun oscilloscopen, stelden ze ook informatie en apparatuur beschikbaar om dat zelf te doen. Zou die apparatuur, die destijds heel kostbaar was en nu zeldzaam maar niet vergeten, veertig tot zestig jaar later nog steeds werken?



Als je vroeger investeerde in een high-end elektronica-uitrusting van een voor-aanstaande fabrikant, maakte een kalibratie- en onderhoudsplan deel uit van de overeenkomst. Dat hield in dat de apparatuur eens per jaar moest worden opgestuurd naar 'de geautoriseerde dealer'. Daarbij moest vooruit worden betaald, en moest je een paar weken of maanden

wachten, voordat de instrumenten weer terugkwamen. In speciale (en kostbare) gevallen kwam een geautoriseerde technicus naar uw laboratorium en was dan een paar dagen bezig met het ter plaatse kalibreren van de apparatuur met behulp van nauwkeurige instrumenten waar je als gewone sterveling alleen maar van kon dromen. In het Elektor-lab hebben

enkele HP-instrumenten uit de jaren tachtig een reeks van verhuizingen en opruimcampagnes overleefd. Ze dragen nog verbleekte kalibratiestickers uit het midden van de jaren negentig.

Oscilloscoopkalibratie

Bij het verzamelen, repareren en documenteren van klassieke Tektronix-os-

cilloscopen uit de periode 1955...1980 kwam ik vaak verwijzingen tegen naar apparatuur die speciaal ontwikkeld was voor het kalibreren van deze topinstrumenten. En inderdaad komt in veel handleidingen van de beroemde Tektronix-oscilloscopen een heel hoofdstuk voor over het door de gebruiker zelf kalibreren van het instrument. Natuurlijk is het niet per se nodig om exact die apparatuur beschikbaar te hebben die wordt aanbevolen door Tektronix, maar het is wel interessant om op jacht te gaan naar die instrumenten. Dan blijkt dat ze niet gemakkelijk te vinden zijn, en sommige zijn zo zeldzaam als hobbelpaarden mest. Sommige apparaten die oorspronkelijk waren ontwikkeld voor de professionele kalibratieprocedure van Tektronix-oscil-

ESTP 2004

www.elektor.tv

Retrotronica is een rubriek over oude elektronica en legendarische Elektor-ontwerpen. Bijdragen, suggesties en vragen zijn meer dan welkom; stuur uw telex of telegram naar redactie@elektor.nl

loscopen zijn later doorontwikkeld voor de verkoop. Deze instrumenten hebben over het algemeen een '067'-typenummer. Alle 067's die ik tot nu toe heb gezien hebben dezelfde behuizing, die gemakkelijk kan worden gestapeld en gedragen.

Een complete gebruikerskalibratie van, bijvoorbeeld, een Type 535-oscilloscoop uit 1959 kan gemakkelijk 10 uur in beslag nemen, zelfs als u de meeste van de door Tektronix aanbevolen kalibratie-

apparatuur tot uw beschikking hebt. De meeste tijd gaat zitten in het instellen van de vertragingslijn met behulp van een snelle pulsgenerator zoals de 106. Bij het uitvoeren van een kalibratie zult u zonder twijfel veel defecte en oude componenten ontdekken, die u zult moeten vervangen. Uw beloning is dan wel een perfect functionerend instrument dat de 'conservatieve' specificaties van de fabrikant ruimschoots overtreft.

067-0502-01 Kalibratiehulpmiddel: amplitudekalibratie en vergelijking



Beschrijving: 1kHz-blokgolfgenerator met nauwkeurige uitgangsfrequentie en -amplitude. Uitgangsbereik 200 mVtt tot 100 Vtt in een belasting van 1 MΩ in 18 bereiken. Standaard Tektronix behuizing: 35 x 23 x 14 cm.

Dit instrument valt op door zijn volledig getransistoriseerde, gestabiliseerde voeding met verschillende uitgangsspanningen en een zeer stabiele buizenoscillator met een 6DJ8. De uitgangsversterker is een passief gekoelde 7734-buis gevuld door een verzwakker met 18 standen.

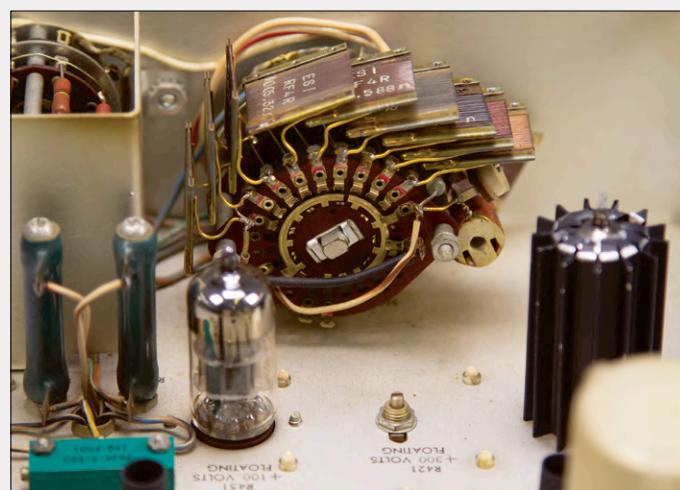
Toepassing: Kalibratie van de verticale ingangsversterkers en -verzwakkers van een oscilloscoop; nauwkeurige gelijkspanningsvergelijkingen en -instellingen.

Geschiedenis: Gekocht van de eigenaar van een opgeheven kalibratieservice.

Trivia: Het typenummer is 'Tektronix-intern'. Het instrument bevat een 'chopper' voor nauwkeurige vergelijking van een externe gelijkspanning met het ingestelde niveau via de amplituderegelaar op de 67-0502-01 met de mode-schakelaar in de stand +DC. Dankzij de chopper (60 Hz) kan met een gevoelige oscilloscoop of millivoltmeter aan de uitgang van het instrument het verschil tussen het 'onbekende'

gelijkspanningsniveau en het kalibratieniveau tot op enkele millivolts worden vergeleken.

Reparaties: Het uitgangssignaal was erg zwak en instabiel en op de -100V-voedingslijn stond niet meer dan -36 V. Ik zag dat één pootje van een zesbenige 2N2913-dubbeltransistor over de volle lengte horizontaal uitstak tussen de TO5-transistorbehuizing en het transistorvoetje (echt waar). Nadat die heel voor de hand liggende fout was opgelost, was de -100V-voeding weer hersteld en het instrument produceerde een uitgangssignaal. Maar dat was asymmetrisch met een duty cycle van ongeveer 70/30, het was dus geen zuivere blokgolf. De boosdoener in de oscillator bleek niet de 6DJ8/CV2493-dubbeltriode, zoals men zou verwachten, maar één van twee 200 pF 1%-zilvermicacondensatoren. Ik vervanging ze allebei door 2,5%-polystyreencondensatoren van 220 pF uit mijn onderdelenvoorraad en toen was het oscillatorsignaal weer symmetrisch, al was de frequentie nu 1286 Hz in plaats van de gewenste 1000 Hz. De andere voedingsspanningen, +300 V, +125 V en +100 V, waren allemaal binnen de specificatie, zowel met betrekking tot



spanning (3% tolerantie) als brom.

Nog te doen: Verder schoonmaken; kalibratie van de -100V-voeding, twee 1% polystyreen- of zilvermica-condensatoren van 200 pF vinden en monteren. Amplitudenaauwkeurigheid controleren.

In gebruik voor: Snelle check van de verticale gevoeligheid van alle vintage-'scoops die gerepareerd of gekalibreerd

moeten worden.

Nauwkeurigheid: amplitude binnen 0,25% op alle 18 bereiken, dankzij de hoogwaardige precisieweerstanden die rechtstreeks op de schakelaar zijn gemonteerd (zie foto).

Opmerkingen: tot nu toe geen.

067-0542-99 Kalibratiehulpmiddel: sinusgenerator



Beschrijving: Sinusgenerator met een bereik van 10 Hz tot 1 MHz met een nauwkeurige uitgangsfrequentie en -amplitude. Uitgangsspanningsbereik van 20 mVtt tot 10 Vtt in een 50Ω -belasting (20 V, 50 V en 100 V bij 450Ω) in 12 bereiken. Frequentie in stappen en continu instelbaar. Standaard Tektronix behuizing: 35 x 23 x 14 cm. Dit instrument heeft een klassieke buizenoscillator en amplituderegelaar (6DJ8 en 6A6) maar de uitgangsversterker is getransistoriseerd met een RCA 2N4063 die de uitgangsverzwakker aanstuurt. De sinus is amplitude-gestabiliseerd met een regellus (die niet al te snel werkt).

Toepassing: Kalibratie van de verticale ingangsversterkers en -verzwakkers van oscilloscopen; sweep- en triggerschakelingen; laagfrequente (< 1 MHz) responsietesten.

Geschiedenis: Gekocht op eBay van een Spaanse verzamelaar en handelaar.

Trivia: Het typenummer is 'Tektronix-intern'. Het instru-

ment heeft geen frequentie-sweepfunctie. De enige documentatie die ik heb kunnen vinden over dit apparaat is een gekrabbelde notitie voor intern gebruik bij Tektronix. Daar staat een schema in, maar dat verschilt aanzienlijk van de werkelijkheid in mijn exemplaar.

Reparaties: Het uitgangsniveau was te laag en de amplitude-instelling werkte slecht. De boosdoener: in de 'Amplitude Multiplier'-potentiometer bleek één aansluiting helemaal losgeraakt van de koolbaan. Ik heb de betreffende draad overgezet naar een andere (ongebruikte) aansluiting en toen werkte het weer. (Jazeker: de potmeter was gewoon via twee aansluitingen in serie aangesloten).

Nog te doen: Verder reinigen (de kast is zwaar gecorrodeerd); gecorrodeerd 1kHz-contact op de multiplier-schakelaar schoonmaken; complete documentatie vinden; vervorming meten.

In gebruik: Nauwelijks; foutzoeken in audioapparatuur; laagfrequente (sub-100-Hz) responsiemeting van oscilloscopen.

Nauwkeurigheid: De amplitude van de sinusgolf is binnen 2% op alle bereiken; de frequentie binnen 3%. Ik heb het instrument vergeleken met een HP 5131A-counter die ik had geleend van het ElektorLab. De twee uiterste bereiken, 100 Hz en 1000 kHz, hadden een afwijking van respectievelijk 0,7% en 0,9%. Bij de overige bereiken was de afwijking tussen 0,01% en 0,1%, wat, in één woord, verbluffend is voor zo'n oud instrument, en veel beter dan Tektronix belooft. De uitgangsamplitude in het 1V- en 3V-bereik had een afwijking van slechtst een fractie van een procent. Alles tests zijn uitgevoerd na een opwarmtijd van 25 minuten.

Opmerkingen: Een geweldig apparaat, vooral vanwege het grote frequentiebereik en het voorstellbare uitgangssignaalniveau.

Type 106 Blokgolfgenerator

Beschrijving: Pulsgenerator met een frequentiebereik van 10 Hz tot 1 MHz met een snelle uitgangs-stijgtijd (<1 ns). Standaard Tektronix behuizing: 35 x 23 x 14 cm.

Dit apparaat heeft een hoogfrequente buizenoscillator/multivibrator gevuld door een buizenvermogensversterker die twee paar zeer snelle schakeldioden aanstuurt. Er zijn twee uitgangen beschikbaar: de ene levert 500 mV in 50Ω en

heeft een stijgtijd van minder dan 1 ns, de ander levert maximaal 120 V bij 240 mA met een stijgtijd van 12 ns. Er zijn trigger- en synchronisatieaansluitingen aanwezig.

Toepassing: Controleren van de stijgtijd en pulseresponsie van oscilloscopen; TDR-metingen, metingen van oversturingsresponsie en -herstel.

Geschiedenis: Gekocht via eBay van een Duitse radioamateur.



Trivia: Het apparaat heeft drie GR874-uitgangsconnectoren. GR874 is de enige genderneutrale HF-connector die ooit op de markt is verschenen; deze is nu een zeldzaamheid. Ondanks het duidelijke etiket op het pakket werd het door DHL Duitsland op het verkeerde adres bezorgd. Het kwam uiteindelijk toch aan, dankzij hulp van de verzender en ondanks de onverschillige houding van de ontvanger.

Reparaties: De voedingsspanning van -150 V deed het niet. Het bleek dat de bruggelijkerichter was doorgebrand, evenals de beschermingsweerstand van $5,1\ \Omega$ die ermee in serie stond. Vervangen door vier BY127-diodes herstelde de -150 V. Ook de beschermingsweerstand van de bruggelijkerichter in de 20V-voeding was aangebrand. Die heb ik vervangen. Er waren voor de rest geen beschadigingen in het 20V-circuit.

Nog te doen: Kalibreren volgens de Tektronix-specificatie; controleren van de 1ns-stijgtijd op een snelle 'scoop zonder

de ingang op te blazen.

In gebruik voor: Controleren van de stijgtijd van alle oscilloscopen die gerepareerd of gekalibreerd moeten worden. Ontzenuwen van mythen over snelheid en 'fast transient discovery abilities' bij moderne digitale oscilloscopen.

Nauwkeurigheid: Afwijkingen van de stijgende flank zijn <2% in de eerste 5 ns bij belasting met $50\ \Omega$.

Opmerkingen: Stijgtijdmetingen zijn leuk en verslavend. Beneden 1 ns leer je parasitaire capaciteiten en inductanies te 'ruiken' waarvan weinig mensen van de microcontroller-generatie ook maar het flauwste vermoeden hebben dat ze bestaan. Het uitgangssignaal in $50\ \Omega$ is ongelooflijk strak. De GR874-connector is echt geweldig, een waar genoegen voor HF-liefhebbers. De pulsen van 120 V/240 mA van de 106 zijn **dodelijk** voor *Plastic-Fantastic*-scopes.



Type P Plug-in test-eenheid

Beschrijving: Een plug-in eenheid voor oscilloscopen van de Tektronix 500-serie met een specificatie tot ca. 30 MHz. (Dat was uniek in 1959!) De unit genereert een signaal met een geringe frequentie (100 of 120 Hz) en een stijgtijd van ongeveer 4 ns. De puls wordt gevormd met een kwikscha-

kelaar die wordt geopend en gesloten door een transformator. Het type P is geen instrument voor algemeen gebruik, maar uitsluitend voor gebruik in in Tektronix-oscilloscopen.

Toepassing: Controleren van stijgtijd en impulsresponsie van Tektronix-oscilloscopen uit de 53x/54x/55x-serie; afstellen van vertragingsslijnen.

Geschiedenis: Ontvangen als donatie van een universiteit, die blij was op een nette manier van wat kwik af te kunnen komen.

Trivia: De "elektronica" is gemonteerd op een paneel dat onder een hoek van 45° staat ten opzichte van het frontpaneel. Daardoor kan de te testen oscilloscoop op zijn rechterkant worden gezet voor het instellen van de interne vertragingsslijnen. Een subtiele aanduiding daarover is op de voorzijde van de P gedrukt. De levensduur van de kwiksakelaar is kort: enkele tientallen uren. Het schema van de 'P' is op het schuine paneel afdrukken. Dit is volgens mij het enige testapparaat van Tektronix met een onjuiste beschrijving op het frontpaneel! Het Type P test geen plug-ins, het is er zelf een! En hij test de oscilloscoop waar hij ingeschoven wordt.





'P' staat waarschijnlijk voor 'puls'.

Reparaties: Geen, dit ding werkte meteen, ondanks zijn leeftijd van meer dan zestig jaar.

Nog te doen: De 'aan'-tijd tot een minimum begrenzen. Misschien proberen een extra kwickschakelaar op de kop te tikken.

In gebruik voor: Stijgtijdcontrole bij Tek 53x/54x/55x-oscilloscopen tot ongeveer 30 MHz die over een plug-in-bay beschikken.

Nauwkeurigheid: Niet van belang, zolang de outputpuls (4 ns) sneller is dan de stijgtijd van de oscilloscoop.

Opmerkingen: Het zoemende geluid dat de P maakt is verontrustend. De combinatie van de geringe herhalingsfrequentie (100 Hz) en de snelle stijgtijd (ongeveer 4 ns) maakt het moeilijk om een stabiel gesynchroniseerd beeld op de scoop te krijgen.

Type 190A: Sinusgenerator met constante amplitude



verzwakking (als functie van de frequentie) in de coaxkabel tussen de verzwakkerkop en de generator.

De 190A is waarschijnlijk niet bedoeld voor kalibratie in het veld. Gezien het gewicht en de afmetingen moet hij wel in een laboratorium blijven (zoals bij Elektor Labs in Aken waar mijn 190A tentoongesteld wordt). Maar hij is en blijft heel nuttig voor kalibraties.

Toepassing: Controleren van de frequentieresponsie (vlakheid) van oscilloscopen tot ongeveer 50 MHz.

Geschiedenis: Ik heb hem gekocht van een gepensioneerde ingenieur uit een onderzoeks laboratorium voor radio & telefonie.



Beschrijving: Een LC-sinusgenerator die gebruik maakt van terugkoppeling om een signaal met een vrijwel constante amplitude te genereren in een frequentiebereik van 350 kHz tot ongeveer 50 MHz als ingangssignaal voor een te testen apparaat. De constante amplitude (binnen een fractie van een dB) wordt bereikt door een piek-piek-detector in een verzwakkerkop die een terugkoppelsignaal levert aan een amplituderegelaar in de 190A. De regellus corrigeert de afwijkingen in het uitgangsniveau van de oscillator en de

Trivia: Een 190A is niet heel nuttig zonder de bijbehorende verzwakkerkop. De mijne is eigenlijk een kop voor het type 190B. Het inwendige van de 190A is een waar kunstwerk, zoals de meeste buizenapparatuur van Tektronix uit de jaren vijftig en zestig, zie de **foto** voor een blik op de afstemcondensator met zijn vier secties en de frequentietrommel. De afstemschaal ziet eruit als die van een oude kortegolfontvanger, de trommel met de frequentieschaal is gemakkelijk te draaien met een rubber wiel. De crèmekleurige schaal achter een plastic venster heeft een zachte achtergrondverlichting, die maakt dat je zou willen afstemmen op Wolfman Jack op de middengolf. De 190A heeft geen sweepfunctie, je moet zelf de frequentie door elk bereik draaien om de ‘amplitude dips’ te zien op het scoopscherm.

Reparaties: Eén gebarsten (maar niet verbrande) vermensweerstand en één afgeleefde buis moesten worden ver-

angen om de 190A weer aan de praat te krijgen.

Nog te doen: Kabelinvoer bij de Amphenol-connector heeft nog een opknapbeurt nodig. Kalibreren volgens de fabrieksspecificatie.

In gebruik: Zelden, meestal werk ik liever met mijn 191 die veel kleiner en lichter is en een bereik tot 100 MHz heeft.

Nauwkeurigheid: Binnen 5% voor de frequentie, 2,5% voor de amplitude. In de praktijk zijn de prestaties veel beter dan dat.

Opmerkingen: Indrukwekkend en betrouwbaar instrument dat ook heel goed dienst kan doen als een HF-signalbron met een nauwkeurige niveau-indicator. De amplitudestabilisatie bereikt vrij langzaam zijn doelniveau. Prettig afstembbaar en de afstemschaal met zijn achtergrondverlichting is een echte blikvanger.

Type 184 Time-Mark Generator



Beschrijving: Het instrument biedt een keuze uit 16 time-markers en 5 sinusburstsignalen. De instelmogelijkheden beslaan een totale bereik van 2 nanoseconden tot 5 seconden. De triggerpulsen voor het te testen apparaat zijn te selecteren binnen een bereik van 1 μs tot 5 s. De 184 dankt zijn nauwkeurigheid aan een 10MHz-kristal in een oven met temperatuurstabilisatie. Standaard Tektronix behuizing: 35 x 23 x 14 cm.

Toepassing: Kalibratie en afregeling van de tijdbasis en horizontale versterker van oscilloscopen.

Geschiedenis: Gekocht als ‘over compleet’ van een particulier.

Trivia: In de boven-, zij- en onderpanelen zijn extra gaten geboord voor een betere koeling van de elektronica. De kristaloven wordt op een temperatuur van ongeveer 75 °C gehouden, ook als het instrument is uitgeschakeld. Als het verwarmingselement wordt ingeschakeld is het geklik van een relais te horen en gaat er een geel lampje branden.

Reparaties: Geen.

Nog te doen: Kalibreren van het interne kristal met een GPS-frequentiestandaard van 10 MHz.

In gebruik: Vaak; dit instrument is ideaal voor het instellen en kalibreren van bijna alle ‘horizontale’ circuits in oudere oscilloscopen, inclusief tijdbasis en sweep.

Nauwkeurigheid: 10MHz-frequentie: binnen 0,001%; stabiliteit: <3 ppm in 24 uur.

Opmerkingen: Buitengewoon nuttig en gemakkelijk te gebruiken instrument. Heeft een lange opwarmtijd nodig om de genoemde nauwkeurigheid en stabiliteit te bereiken. Prachtige inwendige constructie, vooral de centrale oscillator. ▶



Wat willen we met Artificiële Intelligentie?

Tessel Renzenbrink (Nederland)

'Robots pikken onze banen.' 'De smartphone kaapt onze aandacht.' Het zijn twee willekeurige krantenkoppen over het effect van technologie op ons bestaan. Technologehistoricus Leo Marx noemt dit een gevaarlijke manier van denken in een essay uit 2010 [1]. Robots willen geen banen stelen want robots hebben geen wil. Het zijn mensen die besluiten arbeiders te vervangen door cyber-fysieke systemen. We hebben de neiging, zegt Marx, om technologie een autonome macht toe te kennen. Daarin schuilt het gevaar dat we ons onvoldoende realiseren dat mensen verantwoordelijk zijn voor de impact van technologie op de maatschappij.

Die neiging om technologie een vermogen tot autonom handelen toe te schrijven, geldt zeker ook voor Artificiële Intelligentie. Dat blijkt wel uit de populariteit van de AI-apocalyps. Er wordt serieus gespeculeerd over scenario's waarin de mensheid wordt geknecht dan wel uitgeroeid door zijn eigen creatie. De ongelukkig gekozen benaming zal daar speelt daar waarschijnlijk een rol bij. Het woord 'intelligentie' roept het beeld op van een zelfstandige entiteit in staat tot rationele afwegingen, bewuste keuzes en behept met wilskracht. Het geeft het idee dat we onderweg zijn naar het creëren van computers die kunnen denken als mensen. Maar AI werkt niet als het menselijk brein. Het kan taken uitvoeren die een mens kan: schaken, Go spelen of kattenplaatjes herkennen. Maar AI bewerkstelligt die taken op een wezenlijk andere manier. Hoewel AI geen eenduidige definitie heeft, kunnen er wel drie hoofdingrediënten worden geïdentificeerd: data, algoritmen en computerkracht. Er wordt een stortvloed aan data in de computer ingevoerd, door een stel algoritmen getrokken en aan de andere kant worden resultaten uitgespuugd.

Computers hebben geen historisch besef

En die andere 'denkwijze' leidt tot andere uitkomsten. Computersystemen hebben geen benul van historische context, politieke verhoudingen of menselijke emo-



ties, stelt Yarden Katz in een paper uit 2017 [2]. Als voorbeeld geeft hij een foto van mensen die rennen voor hun leven terwijl achter hen een huis verzwolgen wordt door een overstroming. Een beeldherkenningsysteem interpreteert de foto als 'een groep mensen die bovenop een strand staan'. Elk mens zou direct de dreiging in het beeld herkennen, een computersysteem niet. 'De kennis van objecten en hun relaties, of van menselijke emoties en intenties (gemakkelijk waar te nemen in de gezichten van de gefotografeerden) ontbreekt', schrijft Katz. Hij behaalde zijn PhD Cognitieve Wetenschappen aan MIT en is werkzaam aan de Harvard University in het department voor Systems Biology.

Katz toont dit aan door een aantal foto's in te voeren in Googles Show and Tell: een Deep Learning-systeem dat foto's van onderschriften voorziet. In één foto drukt een Israëlische soldaat een Palestijns jongetje tegen de grond. De familie van het jongetje probeert hem te ontzetten. Twee vrouwen trekken de soldaat naar achteren, een meisje bijt hem in de hand. Googles AI produceert het onderschrift: 'mensen die samen op een bank zitten'. 'De complexe relaties tussen de geportretteerde mensen worden niet gezien', schrijft Katz. 'Hun motieven, doelen en intenties gaan compleet verloren.'

Katz vervolgt: 'Onze reactie op deze voorbeelden zou kunnen



zijn dat met meer trainingsdata deze systemen zelfs de complexe beelden zouden kunnen 'begrijpen'. De aanname is dat het overzetten van beelden naar onderschriften toereikend is. Dat de 'informatie' aanwezig is in de foto en dat we slechts moeten zoeken naar het juiste model om het te ontcijferen. Maar meer training op basis van gelabelde beelden zal het systeem niet voorbereiden op zoiets als de foto van Ruby Bridges' (zie foto).

Sterren tellen

De specifieke manier waarop AI systemen tot resultaten komen, maakt hen uiteraard niet zinloos. Integendeel, er zijn veel toepassingen waarbij computers de menselijke zoektocht naar kennis kunnen ondersteunen. Het Machine Learning systeem SKICAT bijvoorbeeld, heeft als doel 500 miljoen astronomische objecten in kaart te brengen. Op basis van foto's van het heelal identificeert het sterren, planeten en sterrenstelsels. Een taak die mensen enorm veel tijd zou kosten en die voor ons eindeloos saai is. Maar daar waar een AI-systeem direct ingrijpt op het leven van mensen, is het van belang AI te zien voor wat het is. AI is niet intelligent of slim, het is slechts een computerprogramma dat input-data omzet in output-data.

De voorbeelden van hoe dat mis kan gaan, zijn legio: een algoritme dat uit kandidaten voor een ingenieursbaan alleen witte mannen selecteert, omdat die groep mensen in de trainingsdata is oververtegenwoordigd. Een mens zou het al snel opvallen als alle vrouwelijke en zwarte mensen naar de stapel 'afgewezen' worden gedirigeerd. Een AI is daar blind voor.

Een ander voorbeeld betreft de invoering van AI in de Amerikaanse rechtspraak. Daar worden software-programma's ingezet die de kans op recidivisme

berekenen. Rechters kunnen deze scores meenemen in hun oordeel. Een hoge score kan bijvoorbeeld leiden tot een hogere straf of borgsom. Een beroemd onderzoek uit 2016 van het journalistieke platform ProPublica wees uit dat zwarte mensen vaker ten onrechte een hogere score toegewezen krijgen [3]. Het potentiële recidivisme van witte mensen werd juist onderschat.

Om terug te komen op het punt van technologiehistoricus Leo Marx. De discriminatie en het racisme uit bovengenoemde voorbeelden kan niet worden toegeschreven aan AI. Het is het gevolg van een opeenstapeling van menselijke handelen: de beslissing om algoritmische besluitvorming überhaupt toe te laten in de rechtspraak. De trainingsdata die is doordeweeks met vooroordelen en door het algoritme worden gereproduceerd. De opkomst van AI moeten we niet zien als een blinde kracht die onze samenleving verandert. Een kracht waarvan we maar moeten hopen dat die ons niet zal overweldigen. Door technologie een zelfstandig vermogen tot handelen toe te kennen, zegt Marx, 'leiden we de aandacht af van de menselijke relaties (met name de socio-economische en politieke relaties) die verantwoordelijk zijn voor de maatschappelijke veranderingen.' AI biedt krachtige mogelijkheden, het is aan ons mensen die ten goede aan te wenden. ▀

180572-C-01

De zesjarige Ruby Bridges tijdens haar eerste schooldag op een tot dan toe gesegregeerde school voor witte kinderen (1960). Om haar te beschermen, wordt ze geëscorteerd door drie Amerikaanse federale agenten. Googles AI systeem interpreteert de foto als: 'een groep mannen die naast elkaar staan'.

(Foto: Publiek domein. Bron: Wikipedia: <https://is.gd/BDAGux>)

Weblinks

- [1] Leo Marx. Technology: The Emergence of a Hazardous Concept: <https://is.gd/0jnMem>
- [2] Yarden Katz. Manufacturing an Artificial Intelligence Revolution: <https://is.gd/3bvOPe>
- [3] Propublica: Machine Bias: <https://is.gd/YHVDXX>



welkom in je WEB STORE

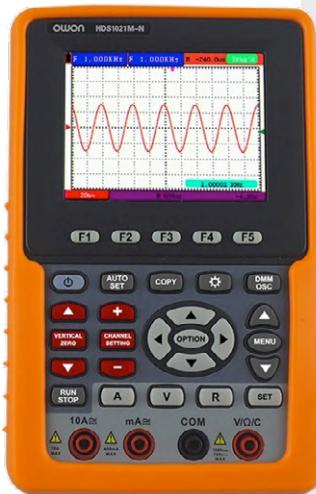
TIP VAN DE REDACTIE



OWON HDS1021M-N 1-kanaals oscilloscoop + multimeter (20 MHz)

Voor nog geen € 200 is de Owon HDS1021M-N een twee-in-een meetinstrument dat verdraaid handig in het gebruik is. Zeker wanneer u zo'n instrument regelmatig moet meenemen, is dit een prima oplossing. De 'scoop doet wat hij moet doen, heeft een redelijk hoge bemonsteringsfrequentie en biedt daarnaast een heleboel configuratiemogelijkheden. Het multimeter-deel is een reuze handig extraatje dat bijzonder gemakkelijk in het gebruik is. Het instrument is bovendien zeer goed afgewerkt en kan tegen een stootje. Voor deze prijs kunnen we het alleen maar aanbevelen!

Harry Baggen (Elektor Labs)



www.elektor.nl/owon-hds1021

Elektor Bestsellers

1. The Complete ESP32 Projects Guide (Engelstalig)
www.elektor.nl/esp32-projects-guide



2. Miniware TS100 soldeerbout
www.elektor.nl/mineware-ts100
3. PCBite Kit
www.elektor.nl/pcbite-kit
4. Raspberry Pi 3B+
www.elektor.nl/rpi-3b-plus
5. Bakeey UM25C USB-multimeter/logger
www.elektor.nl/bakeey-um25c
6. Embedded in Embedded (Engelstalig)
www.elektor.nl/embedded-in-embedded

KiCad Like a Pro



Dit (Engelstalige) boek leert u KiCad te gebruiken. Of u nu een hobbyist bent of een professionele elektronicus, dit boek helpt u om snel productief te worden en te beginnen met het ontwerpen van eigen printen. Het boek volgt een praktische benadering om te leren: het bestaat uit vier projecten van oplopende moeilijkheidsgraad en verschillende recepten.



Ledenprijs: € 35,96

www.elektor.nl/kicad-like-a-pro

HiFiBerry DAC+ DSP



De HiFiBerry DAC+ DSP is een high-resolution digitaal-analoog-converter voor de Raspberry Pi. Hij combineert een Burr-Brown DAC met digitale in- en uitgangen met een krachtige digitale signaalprocessor.



Ledenprijs: € 71,96

www.elektor.nl/hifiberry-dac-dsp

JoyPi – Experimenteerkoffer voor de Raspberry Pi



De JoyPi is een experimenteerkoffer die is opgebouwd rondom een Raspberry Pi en is een ideale start voor wie wil beginnen met elektronica en programmeren. De geavanceerde opzet biedt een perfecte alles-in-één omgeving en maakt een einde aan het gepruts met kleine onderdeeltjes en de chaos van kabels op de werkbank. De JoyPi bevat een groot aantal sensoren en modules die zonder ervaring in de elektronica te gebruiken zijn.



Ledenprijs: € 224,10

www.elektor.nl/joypi



SHOPPING

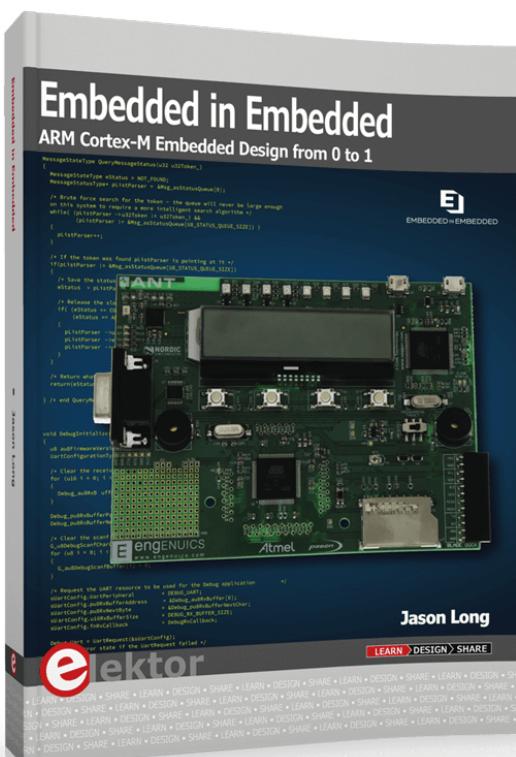
BOEKEN

ONTWIKKEL TOOLS

PROJECTEN

CD/DVD

nieuw



Embedded in Embedded

Dit boek gaat zeer diep in op embedded design, inclusief een besprekking van de hardware, initialisatie van de processor, ontwikkeling van low-level drivers en het ontwerpen van een application interface voor een product. Hoewel de auteur dit alles beschrijft aan de hand van een specifieke applicatie van een Cortex-M3 ontwikkelboard, gaat het hem erom de lezer de basiskennis aan te reiken die van doorslaggevend belang is voor de uiteindelijke ontwikkeling van een goed product. Ter ondersteuning van het boek is het ontwikkelboard leverbaar; het platform dat de lezer al doende ontwikkelt kan worden gebruikt als uitgangspunt voor verdere ontwikkeling en diepergaand leren.

'The Embedded in Embedded' gaat over het bijbrengen van de basisvaardigheden waarmee engineers een solide basiskennis verkrijgen die binnen elke ontwikkelomgeving kan worden gebruikt.



Ledenprijs: € 44,96
www.elektor.nl/embedded-in-embedded

Modifi3D – nabewerkingstool voor 3D-prints



Modifi3D is een verwarmd handtool met speciaal gecoate verwisselbare tips, bedoeld voor het afwerken, repareren en modificeren van 3D-geprinte werkstukken. Modifi3D kan u bij het afwerken van uw werkstukken een beetje schuur-, schraap-, snij- en breekwerk besparen. Door de penvorm is de Modifi3D prettig in het gebruik en ligt hij goed in de hand wanneer het om precisiewerk gaat. Modifi3D is bruikbaar voor PLA, ABS en andere 3D-printmaterialen.



Ledenprijs: € 31,46

www.elektor.nl/modifi3d

The Complete ESP32 Projects Guide



Dit boek wil u de Arduino IDE en MicroPython programmeertalen voor projecten op basis van de ESP32 bijbrengen, onder gebruikmaking van het bijzonder populaire ESP32 DevKitC ontwikkelboard. In het boek wordt een groot aantal projecten met de Arduino IDE en de ESP32 DevKitC gepresenteerd, variërend van simpel tot gevorderd. Alle projecten zijn getest en werken. Voor alle projecten worden de (blok)schema's en complete programmalistings inclusief commentaar gegeven.



Ledenprijs: € 35,96

www.elektor.nl/esp32-projects-guide

PCBite Kit incl. vier PCBite-probes en meetsnoeren



PCBite is het perfecte tool om uw printen tijdens het ontwikkelproces te hanteren. Krachtige magneten bieden, in combinatie met een roestvrijstaal basisplaat, flexibiliteit, mobiliteit en gebruiksvriendelijkheid. De houder kan gemakkelijk worden verplaatst om printen van verschillende vorm en afmetingen te hanteren. De probe is tegelijk stevig en buigzaam, en kan worden gebruikt voor directe metingen of voor volledig handsfree gebruik met uw multimeter of ander meetinstrument.



Ledenprijs: € 121,46

www.elektor.nl/pcbite-kit

Hexadoku puzzelen voor elektronici

PC, oscilloscoop en soldeerbout kunnen weer even op adem komen terwijl u uw hersenen pijnigt met onze Hexadoku. De instructies voor deze puzzel zijn heel eenvoudig. De Hexadoku werkt met de hexadecimale cijfers 0 t/m F, helemaal in de stijl van elektronici en programmeurs.

Vul het diagram van 16 x 16 hokjes zodanig in dat **alle** hexadecimale cijfers van 0 t/m F (dus 0...9 en A...F) precies éénmaal voorkomen in elke rij, in elke kolom en in elk vak van 4 x 4 hokjes (gemarkerd door de dikdere zwarte lijnen).

Een aantal cijfers is al aangegeven en deze bepalen de uitgangssituatie voor de puzzel.

Onder de inzenders met de goede oplossing verloten we vijf waardebonnen. Om mee te dingen naar een van deze prijzen dient u **de cijfers in de grijze hokjes** naar ons op te sturen.



Doe mee en win! Onder de internationale inzenders met het juiste antwoord verloten we **vijf Elektor-waardebonnen**, elk ter waarde van **50 Euro**.

Het is dus zeker de moeite waard om mee te doen!

Stuur uw antwoord (de getallen in de grijze hokjes) **vóór 15 juni 2019** naar: hexadoku@elektor.nl

De prijswinnaars

De juiste oplossing van de Hexadoku uit het maart/april-nummer is: **3BEFO**.

De Elektor-waardebonnen van 50 Euro zijn gewonnen door Tobias Rauf (Duitsland), David Creusot (Australië), Gilbert Luyckx (België), Reuel Victa (USA) en Lisa de Blok (Nederland).

Allemaal van harte gefeliciteerd!

	A		5			F	7	D	9	2	6			
D	1	6	9		E	5	3				C			
2	7	D	C					E			A			
	8	E		4	D			3	5		7			
A	7	4	B		D		2				5	1		
1				3	E	7								
	8	7		1		D	C	4		6	E			
	F	6	A								7			
B					0	9	F							
3	D	E	A	B		1		6		7				
			E	1	3						9			
8	9			4		C		1	D	E	3			
F	2	D		3	8		0	6						
6		9				3	A		1	4				
5			2	6	7		E	B	F	0				
7	0	3	A	4	5			2		D				

6	A	0	1	5	E	7	9	3	F	D	B	2	4	8	C
F	C	3	2	8	A	D	6	9	E	4	1	B	7	0	5
D	4	7	9	B	1	C	3	0	5	2	8	F	6	A	E
5	8	B	E	F	0	2	4	6	A	C	7	1	D	9	3
0	E	6	3	4	5	F	A	C	2	1	D	7	9	B	8
1	D	F	8	3	2	E	B	4	6	7	9	A	C	5	0
C	2	4	B	6	7	9	0	5	8	A	E	3	1	D	F
7	9	5	A	1	C	8	D	B	3	F	0	E	2	4	6
9	6	D	7	A	3	B	E	F	0	8	2	4	5	C	1
E	B	2	C	7	8	6	5	1	4	9	A	0	F	3	D
3	F	A	4	0	9	1	C	7	D	B	5	6	8	E	2
8	0	1	5	D	F	4	2	E	C	3	6	9	A	7	B
A	1	8	D	9	4	5	F	2	B	0	3	C	E	6	7
4	7	9	0	C	6	3	8	D	1	E	F	5	B	2	A
2	3	C	6	E	B	A	1	8	7	5	4	D	0	F	9
B	5	E	F	2	D	0	7	A	9	6	C	8	3	1	4

Medewerkers van Elektor International Media en hun familieleden zijn van deelname uitgesloten.

ELECTRONICS & APPLICATIONS

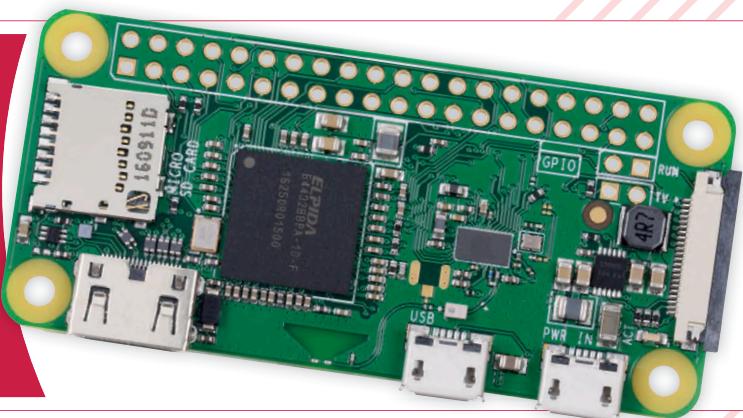
14 T/M 16 MEI 2019 JAARBEURS UTRECHT



REGISTREER
VIA EABEURS.NL
VOOR EEN GRATIS
BEURSBEZOEK

WORD ABONNEE EN ONTVANG EEN

GRATIS PI ZERO W



SLECHTS
€ 54,95
PER JAAR
(6 NUMMERS)

IEDERE 2 MAANDEN HET LAATSTE
RASPBERRY PI NIEWS EN DE
ALLERLEUKSTE PROJECTEN!



**Neem nu een jaarabonnement
op MagPi en ontvang:**

- Zes edities van MagPi Magazine
- Gratis Raspberry Pi Zero W
- Gratis Pi Zero W case met 3 covers
- Gratis camera module connector
- Gratis converterkabels voor USB en HDMI

Uw voordelen:

- Goedkoper dan zes losse nummers
- Iedere editie in de brievenbus; u hoeft de deur niet uit
- Elk nummer ook digitaal beschikbaar (PDF)
- Exclusief welkomstcadeau t.w.v. € 22,95
- U leest MagPi al voordat het blad in de winkel ligt

ABONNEER NU OP WWW.MAGPI.NL