

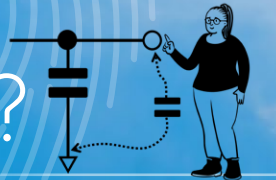
# SLIMME ROLLUIKBEDIENING

alles onder de knop

FOCUS ON

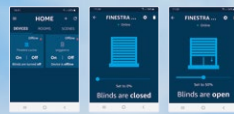
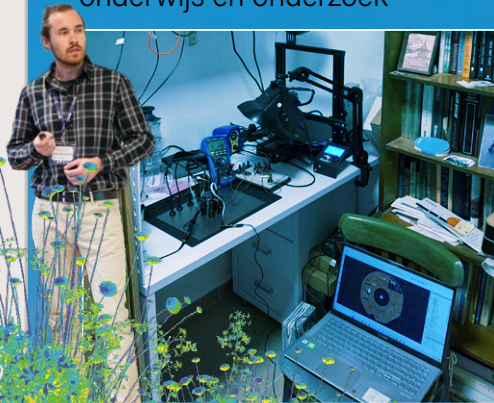
IoT & Sensors

Hoe werken  
 capacitieve  
 aanraak-  
 sensoren?



Een ELEKTRONICA-  
 WERKPLEK

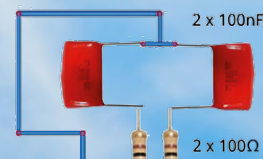
voor sensorgebaseerde oplossingen,  
 onderwijs en onderzoek



230V 50Hz

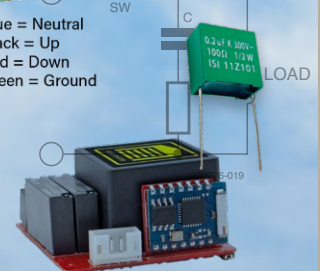
Ground  
 Neutral  
 Live

Interlocked Switch  
 or Pushbutton



Blue = Neutral  
 Black = Up  
 Red = Down  
 Green = Ground

Shutter Motor



HT-03  
 warmte-  
 beeld-  
 camera



Sensor+Test 2024  
 en PCIM 2024



# Word lid van de Elektor Community



Neem **nu** een  
lidmaatschap!



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



Ook verkrijgbaar

Het digitale  
lidmaatschap!



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

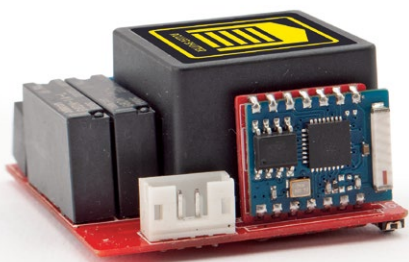


[www.elektormagazine.nl/Abonnement](http://www.elektormagazine.nl/Abonnement)



# IN DIT NUMMER

- 3 Voorwoord
- 4 Sensor+Test 2024 en PCIM 2024
- 6 Slimme rolluikbediening  
alles onder de knop



- 18 HT-03 warmtebeeldcamera
- 20 Hoe werken capacitieve aanraaksensoren?
- 26 Een elektronica-werkplek voor sensorgebaseerde oplossingen, onderwijs en onderzoek



C. J. Abate  
Content Director, Elektor

## Bonus: IoT- en sensor-content speciaal voor u!

Elk jaar maakt, beoordeelt en publiceert Elektor meer IoT- en sensorgerelateerde content dan in één enkele editie past. Dit jaar is het niet anders. In deze bonuseditie bieden we extra content die u zeker interessant zult vinden. Zorg ervoor dat u na het lezen van deze editie uw eigen projecten deelt op het Elektor Labs-platform ([www.elektormagazine.com/labs](http://www.elektormagazine.com/labs)).

Jens Nickel, hoofdredacteur van Elektor, begint met enkele hoogtepunten van zijn recente bezoek aan Sensor+Test 2024 en PCIM 2024, die plaatsvonden van 11...13 juni 2024 in Neurenberg, Duitsland. In het artikel beschrijft hij enkele technologieën en demo's van bedrijven die zijn aandacht trokken, zoals S4sensors, MindCet en CAE Software und Systems. De rest van deze bonuseditie bevat een interessant project, een verhelderend achtergrondartikel, een nuttige recensie en een inspirerende elektronica-werkplek!

Bezoek de IoT & Sensors-pagina van Elektor ([www.elektormagazine.com/iot-sensors](http://www.elektormagazine.com/iot-sensors)) voor nog meer projecten, reviews en achtergrondartikelen. We hebben momenteel Engelstalige hub-pagina's op [www.elektormagazine.com](http://www.elektormagazine.com) over de volgende onderwerpen: Arduino, Raspberry Pi, Espressif, Power & Energy, Embedded & AI, Test & Measurement, Circuits & Circuit Design, Wireless & Communication en Prototyping & Production. In de komende weken zullen we over deze onderwerpen ook hub-pagina's beschikbaar stellen op onze Duitse, Nederlandse en Franse tijdschriftsites. Veel plezier!

### Ons team

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

### COLOFON

64<sup>e</sup> jaargang nr. 688B  
juli/augustus 2024 bonus editie

Elektor verschijnt acht keer per jaar  
en is een uitgave van

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

[www.elektor.nl](http://www.elektor.nl) | [www.elektormagazine.nl](http://www.elektormagazine.nl)

**Voor al uw vragen:** [service@elektor.nl](mailto:service@elektor.nl)

**Lid worden:** [www.elektormagazine.nl/abo](http://www.elektormagazine.nl/abo)

#### Advertenties

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

#### Auteursrecht

© Elektor International Media B.V. - 2024

Niets uit deze uitgave mag vervoelvoudigd 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 gebruikelijke vergoeding.

# Sensor+Test 2024 en PCIM 2024

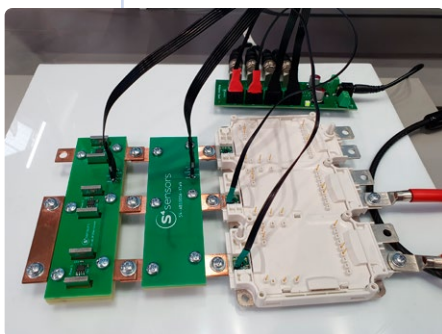
Jens Nickel (Elektor)

Van 11 tot 13 juni 2024 vonden er drie beurzen plaats in Neurenberg, Duitsland: Sensor+Test [1], PCIM Europe [2], dat zich bezighoudt met vermogenselektronica, en SMTconnect (Surface Mount Technology). Elektor-hoofdredacteur Jens Nickel was aanwezig om naar interessante nieuwe producten te zoeken. Zoals altijd is zijn persoonlijke selectie slechts een kleine greep uit alle innovaties die op deze beurzen te zien waren.

## S4sensors

Op de Sensor+Test ontdekte ik deze demo van S4sensors, een halfgeleiderbedrijf dat gespecialiseerd is in 3D positie- en stroommeters. Links zijn drie Hall-sensor IC's te zien. De truc is hun hoge laterale gevoeligheid, die wordt bereikt door de speciale fabricagetechniek van het Hall-sensorgebied in het IC. In feite zijn er zelfs twee Hall-sensorgebieden in elke chip, waardoor differentiële metingen mogelijk zijn voor een hogere immuniteit tegen strooivelden.

<https://s4sensors.com>



## InfraTec

De openbare sessies waren ook een bezoek waard. De Duitse IR-sensing specialist InfraTec liet een interessante tutorial zien over wat warmtebeeldvorming allemaal kan. Een van de voorbeelden was een inkijkje in de iPhone 6, waarbij de cover van de Touch ID-sensor transparant is voor infrarood licht (links). Warmtebeeldvorming kan microscopische details onthullen (rechts).

[www.infratec.de/thermografie/waermebildkamas](http://www.infratec.de/thermografie/waermebildkamas)



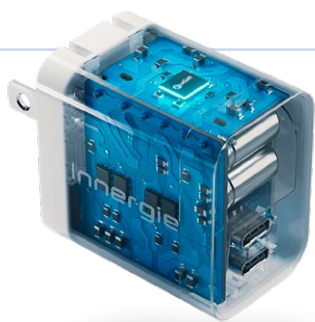
## CAE Software und Systems

Een van mijn favorieten: de akoestische camera's van het Duitse bedrijf CAE Software und Systems, die een beeld genereren van geluidsbronnen, met kleuren die het geluidsniveau symboliseren (grote foto). Ik kan daar enkele toepassingen op het gebied van audio voor bedenken. Maar het belangrijkste doel van deze visualisatietechnologie is het onderhoud van machines en faciliteiten, om

bijvoorbeeld lekken in gasleidingen op te sporen. In de zwarte 'camera' aan de linkerkant is een reeks (standaard) microfoons ingebouwd; een FPGA neemt de magie van de visualisatie van het geluids-'beeld' voor zijn rekening, dat hier over een videobeeld wordt gelegd. De gloednieuwe SoundCam Ultra 3 van dat bedrijf (kleine foto) is een handheld apparaat en integreert zelfs een thermografisch beeld als derde laag.

[www.cae-systems.de](http://www.cae-systems.de)





### ROHM Semiconductor

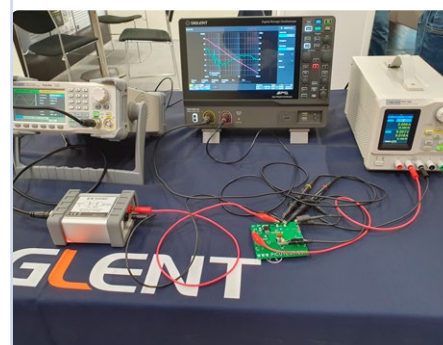
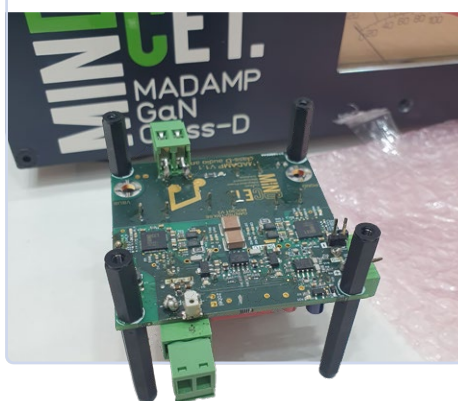
Op de PCIM was GaN natuurlijk een belangrijk onderwerp. ROHM toonde zijn EcoGaN-familie van 150V- en 650V-klasse GaN high-electron-mobility transistoren (HEMT's), met verschillende evaluatiekits. Deze FET's zijn speciaal bedoeld als vermogensschakelaars en voor hoogfrequente toepassingen. De EcoGaN-halfgeleiders vinden ook hun weg naar consumentenproducten, zoals deze 45-W USB-C-lader van Innogy, een merk van Delta Electronics.

[www.rohm.com/pcim](http://www.rohm.com/pcim)

### MindCet

Natuurlijk bezocht ik ook de mensen van MindCet, die momenteel een audioversterker ontwikkelen in samenwerking met Elektor. Het Madamp mono-versterkerboard demonstreert de voordelen van GaN-eindtransistoren, aangestuurd door de MDC901 gatedriver-IC's van het Belgische bedrijf. Met een betere efficiëntie is een compacter ontwerp mogelijk. Binnenkort meer over de Madamp in Elektor!

[www.mindcet.com/asic-products](http://www.mindcet.com/asic-products)



### Siglent

Fabrikant van meetapparatuur Siglent demonstreerde de hoge-resolutie tweekanaals oscilloscoop SDS1202X HD die een Bode-diagram opneemt. Het hart van de nieuwe SDS1000X HD-oscilloscoopserie zijn de 12bit-ADC's met 2 GSamples/s. De apparaten zijn beschikbaar in bandbreedtes van 100 MHz en 200 MHz en met 2 en 4 analoge kanalen.

<https://tinyurl.com/siglent-oscilloscopes>

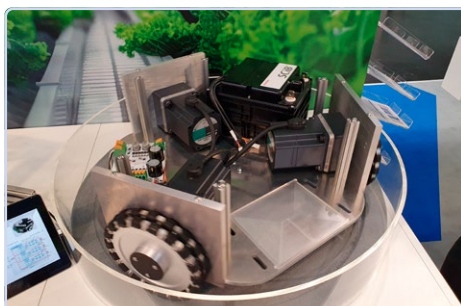
### Qorvo



De trend in zekeringenkasten gaat in de richting van solid-state componenten. Halfgeleiderfabrikant Qorvo presenteerde een SiC-JFET met een minimale weerstand van slechts 4 mΩ die conventionele zekeringen kan vervangen. De Amerikanen wijdden een deel van hun stand aan hun simulatieprogramma QSPICE. Maker Mike Engelhardt zelf toonde deze gratis te gebruiken en krachtige SPICE-gebaseerde simulator in de praktijk.

[www.qorvo.com/newsroom/trade-shows/pcim](http://www.qorvo.com/newsroom/trade-shows/pcim)

<https://p.qorvo.com/qspice-simulator.html>



### Toshiba

Een ruimtebesparende en aantrekkelijke demo: het roterende 'Omniwheeler Automated Guided Vehicle' heeft een eigen 24V-SCiB-accu met een capaciteit van 556 Wh, die snel (in 20 minuten) kan worden opgeladen (3 C). Een Cortex-M4F

CPU met 160 MHz, B6-bridge gatedrivers met automatische dodetijd-optimalisatie en UMOS-X power-MOSFET's (allemaal van Toshiba) sturen de drie motoren aan.

<https://tinyurl.com/toshiba-pcim>

[www.global.toshiba.com/products-solutions/battery/scib.html](http://www.global.toshiba.com/products-solutions/battery/scib.html)

### WEBLINKS

[1] Sensor+Test – The Measurement Fair: <http://www.sensor-test.de>

[2] PCIM Europe Expo: <https://pcim.mesago.com/nuernberg/en.html>

240333-03



# rolluikbediening

alles onder de knop

Maurizio Škerlić (Italië)

**Electronica In**  
WWW.ELETRONICA.IN.IT

Domoticoepassingen worden tegenwoordig steeds vaker bestuurd via krachtige webplatforms met spraakherkenning, zoals Google en Alexa. Met dit project kunt u de gemotoriseerde rolluiken in uw woning ook aansturen met een voice assistant of met een app. Het apparaat heeft een WiFi-verbinding en is geprogrammeerd met firmware die werkt met de Sinric Pro-server [1].

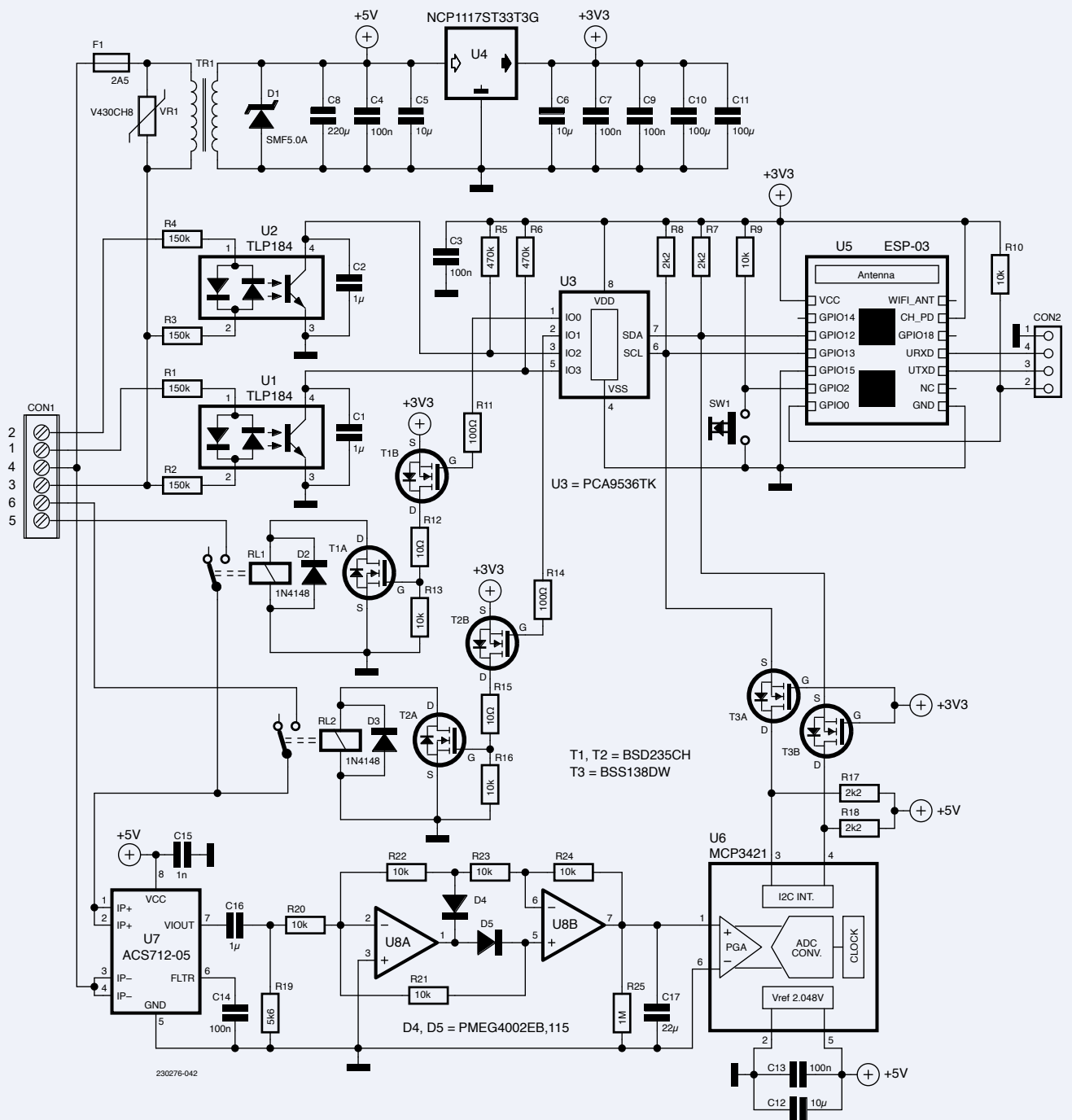
In dit domoticaproject presenteren we een slim apparaat voor het bedienen van gemotoriseerde rolluiken via Amazone Alexa, Google Assistant of een smartphone-app. Voor de installatie zijn geen veranderingen aan de elektrische installatie, geen vervanging van de motor en geen veranderingen aan de bestaande knoppen en schakelaars nodig. Bouw dit apparaat gewoon op de juiste manier op, en binnen enkele minuten is uw rolluik veranderd in een slim apparaat. Het is zo klein dat het in een installatiedoos kan worden ingebouwd of kan worden gemonteerd op een montageplaat in een rechthoekig 503-kastje. 3D-printbare adapters daarvoor kunnen worden gedownload van de Elektor Labs-pagina bij dit project [2].

## Het schema

We bespreken het ontwerp aan de hand van het schema in **figuur 1**. We beginnen met de ESP03-module (U5), die is gebaseerd op de Espressif ESP8266-microprocessor met een 32bits-RISC-architec-

tuur. Deze draait op een klokfrequentie van 80 MHz en is uitgerust met 1 MB flashgeheugen. De schakeling wordt gevoed door een geïntegreerde schakelende voeding (TR1), die 5 V bij 1 A levert. U4, een NPC1117-spanningsregelaar verlaagt de uitgangsspanning naar 3,3 V. De 5 V wordt gefilterd door de meerlaagse keramische condensatoren C4, C5 en C8, en de 3,3V-lijn wordt gefilterd door de condensatoren C6, C7, C9, C11 en C12, die essentieel zijn om sporadische resets of crashes te vermijden. Let erop dat de Espressif-processor zeer gevoelig is voor spanningsdips, elektromagnetische storing (EMI) en de extreme rimpel die kenmerkend zijn voor schakelende voedingen, vooral de goedkope exemplaren. Dit zijn de belangrijkste oorzaken van storingen in projecten van beginners die voor het eerst proberen om met ESP-processoren aan de slag te gaan, zeker wanneer ze zijn opgebouwd op breadboard en de verbindingen chaotisch en slordig zijn uitgevoerd, of als voedingslijnen niet zijn ontkoppeld of gefilterd met condensatoren.

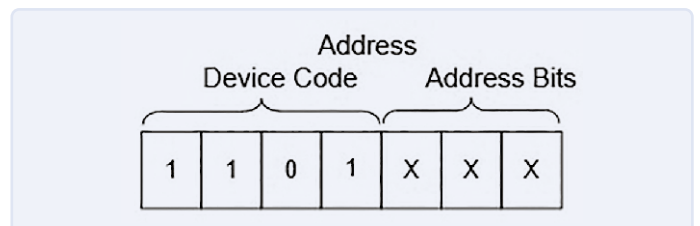
De pinnen 10 (GPIO 12) en 11 (GPIO 13) van de ESP03 (respectievelijk SDA en SCL) worden gebruikt voor I<sup>2</sup>C-communicatie met de PCA9536 (U3) van Texas Instruments, een 4-bit IO-expander, en met de 18-bit Microchip MCP3421 A/D-converter (ADC) (U6). Er zijn zeven versies van deze chip op de markt gebracht, die alleen verschillen in hun I<sup>2</sup>C-adres. De chip in ons project reageert op het I<sup>2</sup>C-adres 0x69 en is van het type MCP3421A1. Als u die niet kunt vinden, kunt u veilig gebruik maken van een type met een ander I<sup>2</sup>C-adres, maar dan moet u wel de sketch daarop aanpassen. Hebt u bijvoorbeeld de MCP3421A2, verander dan de xxx in het binaire getal 1101xxx in de juiste adresbits van de chip, die overeenkomen met de laatste twee



Figuur 1. Schema van het project.

waarden in het typenummer. In dit geval is dat A2, wat overeenkomt met adres 2, binair 010. Na de vervanging wordt het I<sup>2</sup>C-adres dus 1101010, hexadecimaal is dat 0x6A (figuur 2).

We komen nu toe aan het belangrijkste deel van ons apparaat: het gedeelte waarmee we de positie van het rolluik kunnen instellen, zonder gebruik te maken van een positie sensor. Dat gaat met een Hall-effect stroomsensor ACS712 (U7) die detecteert dat de motor wordt uitgeschakeld door de eindsensor. Dat is essentieel, vooral tijdens de kalibratie, om te bepalen hoe lang het duurt om het luik te openen en te sluiten. Deze chip wordt verkocht in drie versies, afhankelijk van de maximaal detecteerbare stroom: 30 A met een gevoeligheid van 66 mV/A, 20 A met een gevoeligheid van 100 mV/A en 5 A met een gevoeligheid van 185 mV/A.



Figuur 2. Procedure voor het bepalen van het I<sup>2</sup>C-adres van de MCP3421 A/D-converter.

## Het ACS712-IC

Bron: Allegro Microsystem ACS712-datasheet

De Allegro™ ACS712 biedt economische en nauwkeurige oplossingen voor AC- of DC-stroommeting in industriële, commerciële en communicatiesystemen. De behuizing maakt gemakkelijke implementatie door de klant mogelijk. Typische toepassingen zijn onder meer motorbesturing, belastingsdetectie en -beheer, schakelende voedingen en overstroom-beveiliging. Niet bedoeld voor automotive toepassingen.

Het IC bestaat uit een nauwkeurige, lineaire Hall-sensor en een koperspoor nabij het oppervlak van de die. Als er stroom loopt door dit koperspoor, genereert die een magnetisch veld dat door het Hall-IC in een evenredige spanning wordt omgezet. De nauwkeurigheid is geoptimaliseerd door de korte afstand tussen het koperspoor en de Hall-sensor. De nauwkeurige, proportionele spanning wordt opgewekt door het chopper-gestabiliseerd BiCMOS Hall-IC, dat na assemblage is geprogrammeerd voor optimale nauwkeurigheid.

De output heeft een positieve helling ( $>V_{IOUT}(Q)$ ) bij toenemende stroom door het primaire koperspoor (van pinnen 1 en 2 naar pinnen 3 en 4), dat wordt gebruikt als stroomsensor. De inwendige weerstand van dit koperspoor is typisch  $1,2\text{ m}\Omega$ , zodat weinig vermogen verloren gaat. De dikte van het koperspoor is afgestemd op een overstroom van  $5\times$  de nominale stroom. De aansluitingen van het spoor zijn elektrisch geïsoleerd van de signaallijnen (pinnen 5...8). Zodoende kan de ACS712 worden gebruikt in toepassingen waar elektrische isolatie nodig is, zonder gebruik van optocouplers of andere kostbare isolatietechnieken. De ACS712 wordt geleverd in een kleine SOIC8-behuizing voor oppervlaktemontage. De volgend tabel geeft de functie van de acht aansluitpinnen.

Pinnummer	Naam	Beschrijving
1 en 2	IP+	Stroomsensor-ingang (+)
3 en 4	IP-	Stroomsensor-ingang (-)
5	GND	Massa
6	Filter	Externe condensator voor instelling van de bandbreedte
7	Vout	Analoge uitgang
8	Vcc	Voedingsaansluiting

### Eigenschappen en voordelen

- › Storingvrije analoge signaalweg
- › Bandbreedte instelbaar met de nieuwe FILTER-pin
- › Stijgtijd aan de uitgang  $5\text{ }\mu\text{s}$  bij een stapvormige verandering van de ingangsstroom
- › Bandbreedte  $80\text{ kHz}$
- › Totale uitgangsfout  $1,5\%$  bij  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$
- › Kleine afmetingen, SOIC-8 behuizing
- › Weerstand koperspoor  $1,2\text{ m}\Omega$
- › Minimale isolatiespanning van pennen 1-4 naar pennen 5-8:  $2,1\text{ kV}_{\text{RMS}}$
- › Enkelzijdige voedingsspanning  $5,0\text{ V}$
- › Gevoeligheid  $66...185\text{ mV/A}$

Voor ons prototype hebben we gekozen voor de 5A-versie van de ACS712 vanwege zijn grote gevoeligheid van  $185\text{ mV/A}$ , die een nauwkeurige detectie van de stroom mogelijk maakt. Er zijn veel sensoren verkrijgbaar met verschillende gevoeligheid en eigenschappen, maar de ACS712 is gemakkelijk in het gebruik. Deze sensor meet de wisselstroom door zijn pinnen 1, 2, 3 en 4, en converteert die naar een evenredige spanning van  $185\text{ mV/A}$ , die beschikbaar is op pin 7. De output van de sensor wordt dan verwerkt door de opamp MCP6402 (U8), die is geconfigureerd als een dubbele halvegolf-gelijkrichter om de RMS-waarde van de wisselstroom te bepalen.

Het gelijkgerichte signaal van pin 7 van de MCP6402 (U8) gaat naar de A/D-converter (U6). Omdat de ACS712-sensor op  $5\text{ V}$  werkt, moet het gelijkgerichte signaal op pin 7 ook worden verwerkt door componenten die deze spanning verdragen. In onze schakeling werken zowel de opamp U8 en A/D-converter U6 op een voedingsspanning van  $5\text{ V}$ . Maar de ESP03-module, die via de I<sup>2</sup>C-bus communiceert met de A/D-converter, werkt met logische niveaus van  $3,3\text{ V}$  in plaats van  $5\text{ V}$ . Om dat spanningsverschil op te lossen, gebruiken we een level-shifter. Deze bestaat uit een dubbele N-kanaal MOSFET (T3) en vier weerstanden (R7, R8, R17 en R18), die ook dienen als pull-up weerstanden voor de I<sup>2</sup>C-bus om een stabiele communicatie te garanderen.

Pinnen 1 (IO0) en 2 (IO1) van de port-expander (U3) zijn geconfigureerd als uitgangen om de motor aan te sturen. De pinnen 3 (IO3) en 5 (IO4) werken als ingangen voor het detecteren van het indrukken van de knoppen voor het rolluik. Weerstanden R5 en R6 dienen daarbij als pull-ups. De signalen van de drukknoppen komen via de transistoren bij de optocouplers (U1 en U2) en worden gefilterd door de condensatoren C1 en C2.

De  $230\text{ VAC}$  van de knoppen van het rolluik is verbonden met pinnen 1 en 2 van connector CON1 (respectievelijk voor "Up" en "Down"), en wordt veilig geïsoleerd met behulp van de optocouplers (U1 en U2). Stroombegrenzingsweerstand (R1, R2 voor U1 en R3, R4 voor U2) beschermen deze componenten tegen te grote stromen. Weerstanden R5 en R6 dienen ook als offsetweerstand voor de optocouplers: ze zorgen ervoor dat de juiste spanningsniveaus over de aansluitingen staan.

Drukknop SW1 is verbonden met pin 9 (GPIO2) van de ESP03-module met R9 als pull-up weerstand. Deze knop heeft een belangrijke functie: als u het wachtwoord van het systeem vergeten bent, zet SW1 het wachtwoord terug naar de defaultwaarde '123456789'.

Pinnen 1 en 2 van de PCA9536-port-expander (U3) besturen via twee dual N-kanaal- en P-kanaal-MOSFET's die in één behuizing zijn ondergebracht (T1 en T2) twee elektromechanische relais. Deze schakelen de motor van het rolluik. Om deze MOSFET's te beschermen tegen de spanningspieken die worden opgewekt door de relaisspoelen wanneer ze worden uitgeschakeld, zijn de vrijloopdiodes D2 en D3 parallel aan de relaisspoelen gemonteerd. Deze diodes absorberen en dissiperen de potentieel schadelijke overspanningen die bij het uitschakelen van de spoelstroom ontstaan en beschermen zo de MOSFET's tegen deze hoogspanningspieken.

In onze schakeling is de motor van het rolluik, die de belasting vormt, als volgt aangesloten: de "Up"-lijn is verbonden met pin 3 (OUT1), de "Down"-lijn met pin 4 (OUT2), en de gemeenschappelijke retourlijn met pin 5 van de relais-uitgangen. De inkomende netspanning is verbonden met de pinnen 5 en 6 van connector CON1.



Om de schakeling te beschermen zijn verschillende componenten gebruikt: een varistor (VR1) en een zekering (F1) beschermen tegen overspanning en te grote stroom. Verder is er een unidirectionele transil-diode (D1) aangebracht om de schakeling te beschermen tegen extreme voedingsspanningen bij een fout in de voeding. Deze combinatie van beschermende elementen garandeert dat de schakeling robuust en betrouwbaar blijft, zelfs bij ongunstige elektrische situaties.

## De praktische opbouw

Voordat we in de opbouw duiken, moeten we nog vermelden dat de kleine afmetingen van onze print nodig waren om compatibiliteit met veelgebruikte modules te garanderen. Daarom moesten we enkele SMD-componenten in de minuscule 0201-behuizing gebruiken. Desondanks zijn voor het opbouwen van de schakeling geen uitzonderlijke vaardigheden of extreme precisie noodzakelijk.

Dit zijn onze aanbevelingen voor het assembleren:

- **Soldeergereedschap:** gebruik een soldeerbout met een fijne punt en een vermogen van 20 tot 25 watt en dun soldeerdraad, bij voorkeur niet dikker dan 0,7 mm.
- **Vloeimiddel:** kies een vloeimiddel van hoge kwaliteit, dat weinig residu achterlaat. Een lage tot gemiddelde dichtheid is ideaal voor dit project.
- **Pincet:** gebruik een pincet met fijne punten, bij voorkeur gemaakt van niet-magnetisch roestvrijstaal, plastic of keramiek voor het hanteren van de kleine componenten. Magnetische pincetten kunnen componenten aantrekken, wat het plaatsen bemoeilijkt.

Als u de print zelf wilt maken, bezoek dan de Elektor Labs-pagina voor dit project [1], daar vindt u de Gerberbestanden voor de dubbelzijdige print (geschikt voor lasergraveren) alsmede de firmware.

Bij het bestukken:

- Begin met de halfgeleiders en let daarbij goed op de oriëntatie.
- Ga daarna verder met de kleinste componenten; werk van klein naar groot.
- Vertin de ESP03-module (U5) op zijn adapterprint en monteer hem verticaal, zoals te zien in **figuur 3**.
- Als laatste komen de through-hole onderdelen aan de beurt, zoals de printkroonsteen, de relais en de schakelende voeding.

Als u deze aanbevelingen volgt zal de opbouw van uw slimme rolluikbediening zeker lukken.

Mocht u problemen hebben met de verkrijgbaarheid van de Schottky-diodes PMEG4002EB,115 (D4 en D5), dan is er op de print ruimte voor een alternatief: de dubbele Schottky-diode BAT54 in SOT-323-behuizing. Als u voor dit alternatief gaat, is het wel belangrijk de juiste versie te kiezen. Let op het achtervoegsel in het typenummer, dat geeft de interne configuratie van de diodes aan. Voor ons project is de BAT54SW het meest geschikt. Zie het kader over de BAT54 voor meer informatie over de verschillende versies van de BAT54-diode.

Na het plaatsen van alle componenten is het belangrijk alle harsresten van de print te verwijderen met behulp van isopropylalcohol. Dit helpt kortsluitingen te voorkomen en garandeert een schoon en betrouwbaar resultaat. Gebruik een vergrootglas om de print grondig te inspecteren op soldeerbruggen tussen de pinnen van de componenten, vooral tussen de pinnen van U1 en andere componenten met een kleine pinafstand, zoals die in een 0201-behuizing.

Zorgvuldig reinigen en nauwkeurige inspectie zal de prestaties en levensduur van uw slimme rolluikbediening ten goede komen.

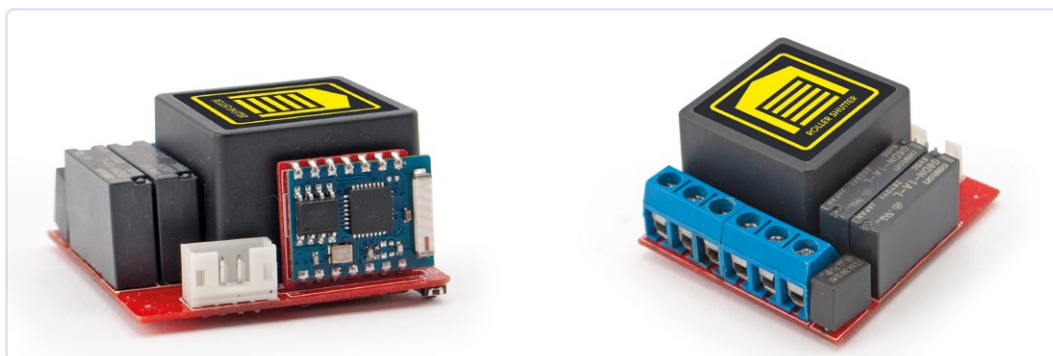
Nu is het tijd om het prototype aan te sluiten volgens het bedradings-schema. Vergeet niet dat deze schakeling is verbonden met het lichtnet! Raak niets met blote handen aan, anders riskeert u een elektrische schok of zelfs elektrocutie.

Veel mensen denken dat een aardlekschakelaar altijd bescherming biedt tegen elektrocutie. Maar zo is het niet: de aardlekschakelaar spreekt alleen aan als er stroom weglekt naar de aarde. Dat betekent dat als u toevallig zowel de fase draad als de nulleiding aanraakt, de aardlekschakelaar niets zal doen: zo kunt u nog steeds een potentieel fatale schokkende ervaring beleven.

Wees daarom extreem voorzichtig bij het werken aan of bij de schakeling wanneer die is verbonden met de netspanning. Gebruik isolerend gereedschap en zorgt dat de spanning is afgeschakeld voordat u instellingen aanpast of componenten aanraakt. Veiligheid is ontzettend belangrijk bij dit soort werk.

## Programmeren en testen

Om de ESP03-module te programmeren, gebruiken we een USB-adapter compatibel met de ESP8266 of een USB/TTL-converter die 3,3V-logica ondersteunt, zoals die gebruikt worden voor het programmeren van Arduino-minimodules. Zie **figuur 4** voor het aansluiten: verbind de TX-uitgang van de converter met RX (pin 4) van connector



*Figuur 3. De ESP03-module wordt staand op de print gemonteerd. Aan de andere kant zitten de printkroonstenen voor de aansluiting op de buitenwereld.*

## De dubbele Schottky-diode BAT54

De dubbele Schottky-diode BAT54, die D5 en D6 kan vervangen, bestaat in verschillende versies, allemaal ondergebracht in een SOT-323 behuizing; wat ze onderscheidt is de pinning, die verschilt om de ontwerper verschillende mogelijkheden te bieden. Het achtervoegsel (de twee laatste letters van het typenummer) geeft aan om welke uitvoering het gaat. Wij hebben gekozen voor SW en daarom is de print ontworpen voor dat type en niet voor de andere. De verkrijgbare versies zijn te zien in onderstaande figuur.

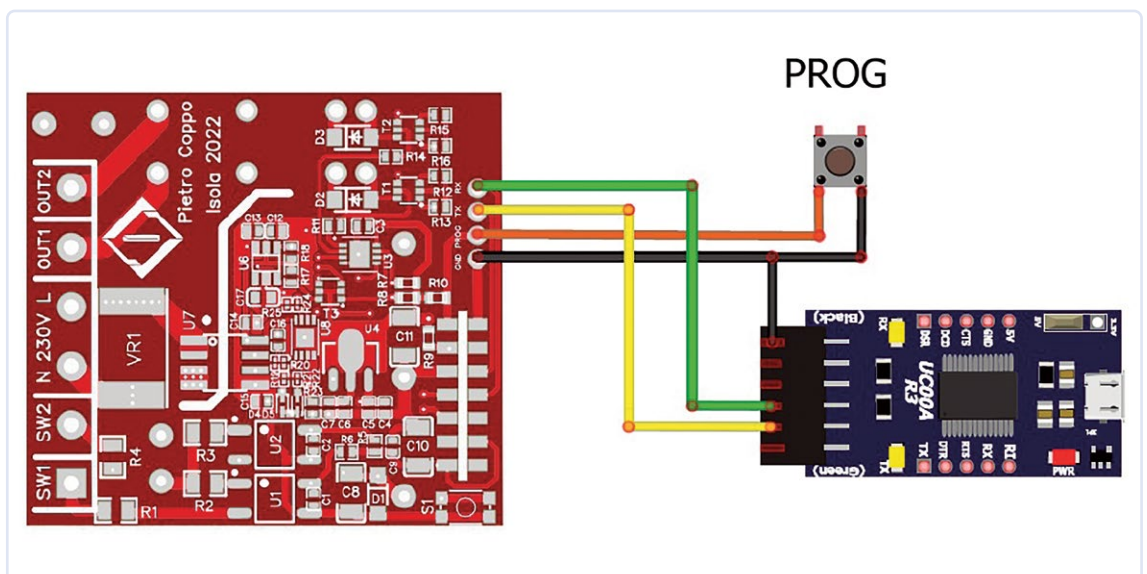
Pin	Description	Simplified outline	Graphic symbol
<b>BAT54AW</b>			
1	cathode (diode 1)		
2	cathode (diode 2)		
3	common anode		
<b>BAT54CW</b>			
1	anode (diode 1)		
2	anode (diode 2)		
3	common cathode		
<b>BAT54SW</b>			
1	anode (diode 1)		
2	cathode (diode 2)		
3	cathode (diode 1), anode (diode 2)		
<b>BAT54W</b>			
1	anode		
2	not connected		
3	cathode		

CON2 en de RX-ingang van de converter met TX (pin 3) van CON2. Om naar programmeermodus te gaan druk u op de knop 'Prog' en houdt u die minstens 1 seconde ingedrukt tijdens het inschakelen van het apparaat. Laat dan de knop los. De slimme rolluikbediening staat nu in programmeermodus, klaar om de firmware te ontvangen. In figuur 4 ziet u hoe de 'Prog'-knop moet worden aangesloten.

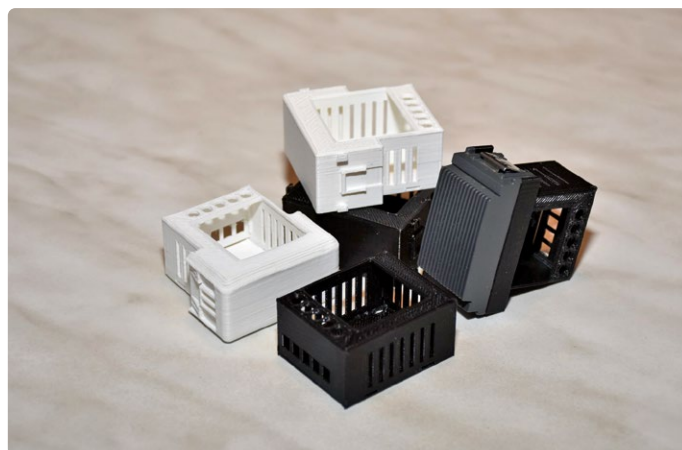
Ter info: de sketch is gecompileerd met versie 2.7.4 van het ESP8266-package met de volgende bibliotheken: *lotwebconf* versie 3.2.1, *SinricPro* versie 2.10.0, *SparkFun\_PCA9536\_Arduino\_Library* versie 1.2.2 en *ArduinoJson* versie 6.19.4. Zorg dat uw ESP8266-package in de Arduino IDE ten minste versie 2.7.4 is om problemen met de *lotwebconf*-bibliotheek te voorkomen. Op het moment van schrijven is het ESP8266-package beschikbaar in versies tot en met 3.0.2; maar bij die versie kregen we problemen met het WiFi-netwerk. Mogelijk is dat in toekomstige versies weer opgelost.

Aan het begin van de sketch staan uitcommentarierende regels voor de besturing van de compiler. Bijvoorbeeld: als op het flashgeheugen van de ESP03-module Puya staat en u wilt ondersteuning voor dat type geheugen inschakelen, dan moet u de // voor de regel `#define PUYA_SUPPORT 1` weghalen, en als u debugging wilt inschakelen, verwijdert u de // voor `#define ENABLE_DEBUG`. De *lotwebconf*-bibliotheek laat standaard de login-gegevens van uw IoT-account zien op de seriële poort. Het is veiliger om dat te blokkeren door een regel `#define IOTWEBCONF_DEBUG_DISABLED` toe te voegen aan het begin van het bestand *lotWebConfSettings.h* in de map *src*.

Tussen de bestanden in de download van de Elektor-website vindt u in de map *stl* bestanden voor het 3D-printen van de adapters en inserts voor de Vimar Plana, Gewiss System, Gewiss Playbus en BTicino living-serie (zie **figuur 5**) die de installatie in uw elektrische systeem vergemakkelijken. Let op de juiste oriëntatie van de afdekplaat, zodat het gat aan de zijkant boven de knop SW1 zit, dan kunt u die indrukken om het apparaat te resetten als u het wachtwoord vergeten bent.



Figuur 4. Aansluiten van de seriële programmer op de slimme rolluikbediening.



Figuur 5. 3D-geprinte behuizingen, adapters en inserts voor Vimar Plana, Vimar Idea, Gewiss Basic en Gewiss Playbus.

Als u het kastje zelf wilt maken met een 3D-printer, kunt u de dikte van de lagen het beste niet groter dan 0,2 mm maken en, afhankelijk van de versie van uw slicer, de invulling op een hoog percentage instellen om te voorkomen dat de wand, die slechts 1,5 mm dik is, niet goed wordt opgevuld en dus hol blijft. Hoewel met PLA-filament heel goede resultaten mogelijk zijn, bevelen we toch ABS aan, dat hogere temperaturen kan weerstaan, of zelf-blussend ABS V0-filament dat is gecertificeerd volgens de UL94 V0-standaard.

## Gebruik

Als de rolluikbediening wordt ingeschakeld, hebt u toegang tot de startpagina van de web-interface (zie **figuur 6**). Daar vindt u het IP-adres van het apparaat, het MAC-adres (Media Access Control), het stroomverbruik in A, het vermogensverbruik in W en de positie van het rolluik in %. Als u naar de configuratiepagina gaat, wordt gevraagd om een gebruikersnaam en een wachtwoord. Voer als gebruikersnaam *admin* in en als wachtwoord *123456789*. Als u bij *Settings* komt, kunt u de parameters instellen zoals in **figuur 7**.

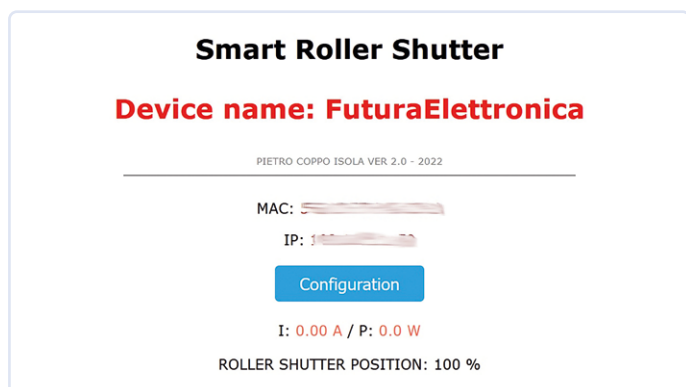
Bij *Shutter calibration* vindt u de kalibratieknop. Die functie moet u gebruiken als u het systeem voor het eerst opstart. Daarmee bepaalt het apparaat hoe lang het duurt om het luik volledig te openen of te sluiten. Het moet leren hoe lang het duurt om van de ene naar de

andere eindschakelaar te komen. Ons apparaat gaat uit van de tijd voor het positioneren van het luik en niet van positie sensoren die op de as van de motor zouden zitten en de installatie nodeloos zouden compliceren. Natuurlijk is dit niet de meest nauwkeurige manier om het luik te positioneren, maar het werkt heel goed. Het gaat ten slotte slechts om een rolluik, niet om een CNC-machine.

Zelfs met een sensor op de motoras zouden we nog rekening moeten houden met de dikte van de rol, die toeneemt naarmate het luik opgewikkeld wordt. De fout neemt natuurlijk toe evenredig met de lengte van het rolluik en de dikte van de lamellen. Als de lamellen op de rol worden gewikkeld, neemt de diameter van de rol toe, waardoor het luik sneller gaat bewegen; natuurlijk niet lineair maar logaritmisch. Het zal dan ook blijken dat het luik niet voor helft gesloten is bij de instelling op 50%. Dat valt bij een deur veel meer op dan bij een raam, omdat deuren meestal hoger zijn. Om dat op te lossen, zou u de sketch moeten veranderen met een algoritme dat met al die parameters rekening houdt.

Bij *Roller shutter start position* kunt u een vinkje zetten bij *Start at last position* om de functie voor het herstellen van de laatst opgeslagen positie te activeren. Na een herstart, bijvoorbeeld na een spanningsuitval, gaat het apparaat eerst hersynchroniseren met de eindstop. Daarom sluit hij het luik eerst en brengt het dan naar de laatst ingestelde positie. Met een vinkje bij *Start at custom position* kunt u het luik laten positioneren op een percentage dat ingesteld kan worden in het dropdown-menu *Set custom position*. Ook bij deze instelling zal het apparaat na het starten hersynchroniseren door het luik te sluiten en dan naar de ingestelde positie te bewegen. Als u geen van deze functies kiest voor het opstarten, blijft het luik staan zoals het stond. In dat geval moet de synchronisatie plaatsvinden door het luik, met een spraakcommando of met een drukknop, naar één van de twee uiterste standen te bewegen.

Het apparaat hersynchroniseert elke keer dat het één van de uiterste standen bereikt. Met een vinkje bij *Enable external pushbutton* kunt u de positionering met behulp van externe drukknoppen of schakelaars inschakelen. Met *Enable assistant control* schakelt u bediening met Amazon Alexa of Google Assistant in. Met het vinkje *Reboot device on save* laat u het apparaat opnieuw opstarten na het opslaan van de instellingen door op *Apply* te drukken.



Figuur 6. Startpagina van de slimme rolluikbediening (Smart Roller Shutter).

Shutter calibration  
CALIBRATION

System configuration
 

Thing name

AP password

WiFi SSID

WiFi password

Startup delay (seconds)

Device IP
 

Enable Static IP:

IP address

Subnet mask

Gateway

DNS

Iot Credentials
 

App Key

App Secret

Device ID

Roller shutter start position
 

Start at last position:

Start at custom position:

Set custom position (0-100%)

Settings
 

Enable external switch:

Enable assistant control:

Reboot device on save:

Apply

Firmware config version '2.0 PIETRO COPPO ISOLA 2022'

Als u het apparaat hebt geconfigureerd, kunt u het beste de *Startup delay bij System configuration* op 1 s zetten. Als het systeem dan opnieuw opstart, bijvoorbeeld na een korte stroomuitval, wacht het niet de gebruikelijke 30 s, maar gaat het meteen verbinden met het WiFi-netwerk en komt zo sneller online. De 30 s vertraging is alleen voor het eerste opstarten tijdens de configuratie. Het apparaat wordt dan een access point, zodat u ermee kunt verbinden om de WiFi-parameters in te stellen. In **figuur 8** ziet u het bedradingsschema van de rolluikbediening.

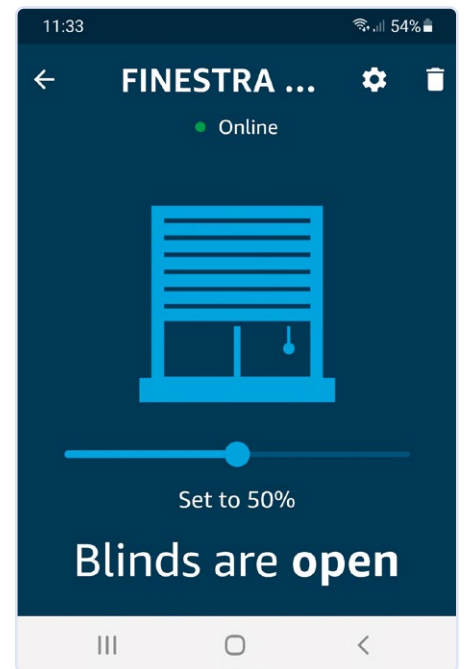
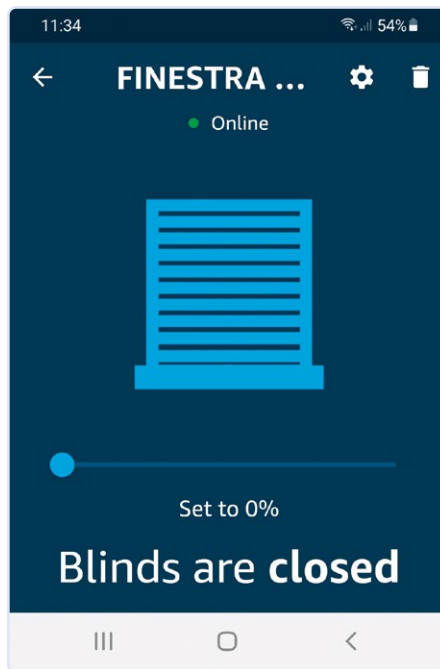
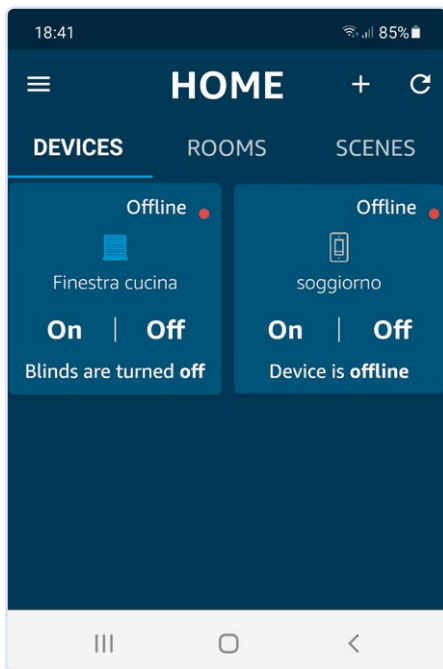
Als u de Google Home-app installeert op uw smartphone, kan het rolluik ook worden bediend met Google Assistant. Hieronder staan enkele commando's die Amazon Alexa herkent. Stel dat u in <https://sinric.pro> uw apparaat *Kitchen Window* hebt genoemd. Om het luik volledig te openen kunt u dan zeggen "Alexa, open kitchen window" of "Hey Google, open kitchen window". Om het luik volledig te laten sluiten zegt u "Alexa, close kitchen window" of "Hey Google, close kitchen window". Om het luik half te openen: "Alexa, set kitchen window to 50%" of "Hey Google, set kitchen window to 50%". Om het 10% verder te openen: "Alexa, increase kitchen window by 10%" of "Hey Google, increase kitchen window by 10%". Om het 10% verder te sluiten: "Alexa, decrease by 10% kitchen window" of "Hey Google, decrease by 10% kitchen window". In **figuur 9** ziet u de interface van de Sinric Pro-app, en in **figuur 10** screenshots van de Google Home-app.

Vanwege de beperkte ruimte hadden we geen plaats voor ontstoor-snobbers op de print. Als de motor van het luik andere apparaten stoort, of als u de relaiscontacten wilt beschermen, dan kunt u parallel aan de motorwikkelingen een snubber bestaande uit een condensator en een weerstand van 1 à 2 W aansluiten, zoals in **figuur 11**. De condensator moet een klasse X2-type zijn, bijvoorbeeld MKP, en de weerstand is bij voorkeur een metaalfilmweerstand, beslist geen draadgewonden type. U kunt ook kiezen voor een geïntegreerde snubber met componenten van verschillende waarden en specifieke eigenschappen (een voorbeeld is te zien in **figuur 12**), die aan de buitenkant lijkt op een gewone rechthoekige polypropyleen- of polyesterfilm-condensator. U kunt deze dichtbij de motor in het luik monteren of, als daar ruimte voor is, in de installatiedoos.

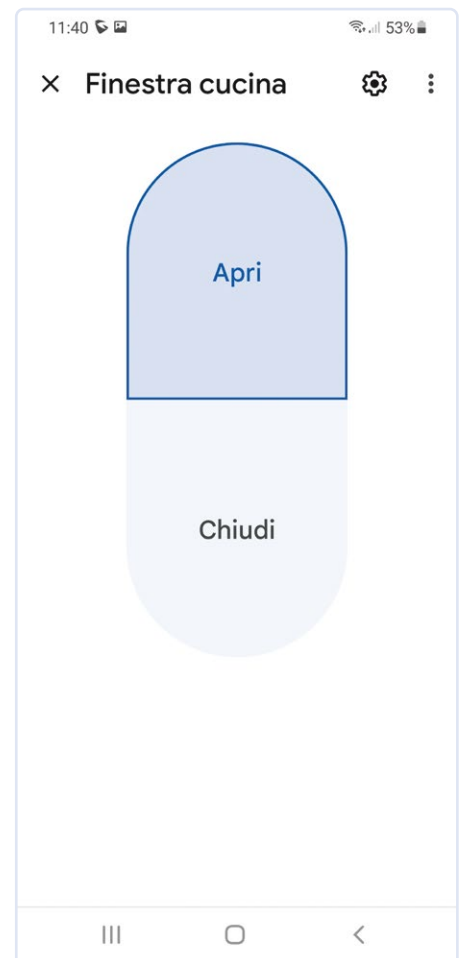
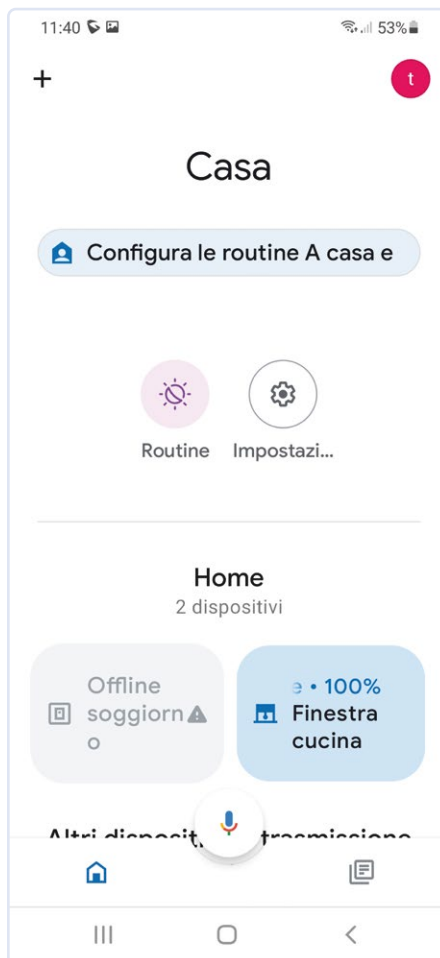
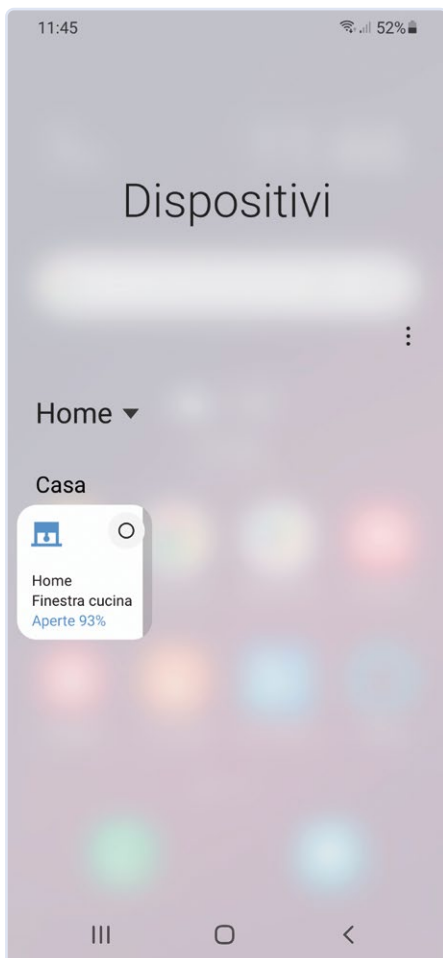
Figuur 8. Bedrading van de rolluikbediening met drukknop en motor.

Figuur 7. Screenshots van de configuratiepagina.

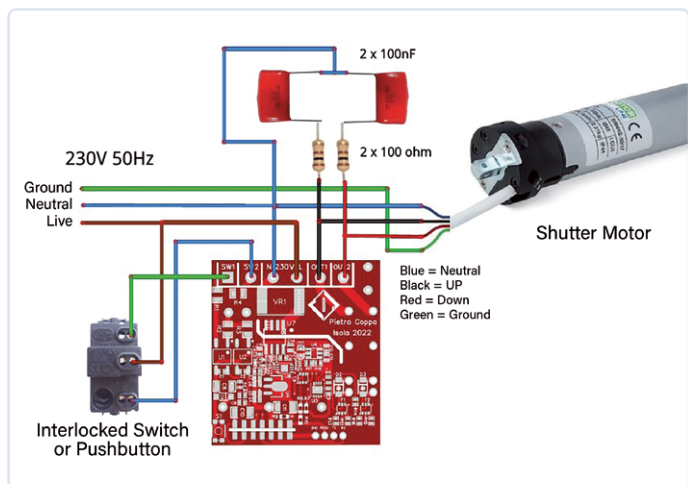
12 Bonus editie juli/augustus 2024 www.elektormagazine.nl



Figuur 9. Gebruikersinterface van de Sinric Pro-app.



Figuur 10. Interface van de Google Home-app.



Figuur 11. Aansluiten van een snubber om elektromagnetische storing tegen te gaan.

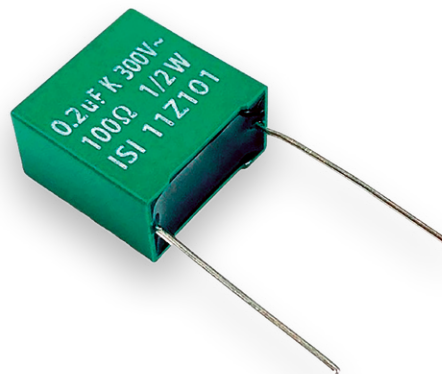
## Onderdrukken van stoorspanningen

Als de schakelaar wordt geopend, veroorzaakt de energie die is opgeslagen in de spoel van de belasting een overspanning, omdat de spoelen zich verzetten tegen een verandering van de stroom. De gegenereerde overspanning is te berekenen met de volgende formule:

$$V = \frac{L \times I}{t}$$

Hierin is  $V$  de spanning die we willen berekenen,  $L$  de zelfinductie van de spoel,  $I$  de nominale stroom van de spoel en  $t$  de uitschakeltijd van de voeding. Die spanning treedt op tussen de contacten van de schakelaar, die op het moment van openen een minimale afstand tussen de contacten heeft. Daardoor kan er bijna onmiddellijk een vlamboog tussen de contacten ontstaan, op het moment dat ze elkaar niet meer raken.

Dit verschijnsel kan ook optreden bij ohmse belastingen, maar het is veel sterker bij inductieve belastingen. Hierdoor ontstaan vonken die de levensduur van de schakelaar verkorten. Zelfs als de contacten zijn gecoat of gemaakt van wolfram, een metaal dat pas smelt bij zeer hoge temperaturen (3410 °C), leidt dat op den duur tot slijtage. In gelijkstroomschakelingen wordt dit effect bestreden met een zogenaamde vrijlooptiode. Helaas kunnen we in wisselstroomschakelingen geen diode gebruiken. Bij wisselstroom zijn er drie mogelijke oplossingen: gebruik van een metaaloxidevaristor (MOV), een onderdrukkingsdiode voor bidirectionele piekspanningen (transient voltage suppression – TVS) of een RC-netwerk, ook bekend als een 'snubber'. Naast deze oplossingen kunnen we er ook voor kiezen om helemaal niets te doen aan de overspanningen, maar dat gaat ten koste van de levensduur van de contacten. MOV- en TVS-diodes geleiden de stroom alleen als de drempelspanning wordt overschreden. Normaal gesproken worden deze diodes parallel aan de schakelaar aangesloten. Ze zijn geschikt voor zowel lage als hoge spanningen. De RC-snubber heeft het voordeel dat hij de spanning exact tijdens het openen van de schakelaar beperkt, dus wanneer de afstand tussen de contacten klein is. Hij bestaat uit een condensator en een weerstand in serie en



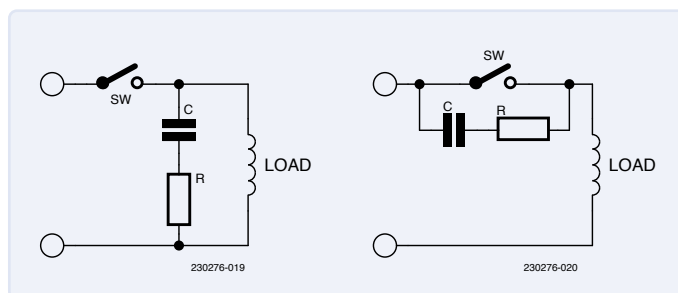
Figuur 12. Commercieel verkrijgbare geïntegreerde snubber (bron: Elettronica In).

kan parallel aan de schakelaar of parallel aan de belasting worden gemonteerd (zie **figuur 13**).

De snubber parallel aan het schakelcontact is de ideale configuratie, maar heeft wel het nadeel dat er ook een stroom loopt als de schakelaar geopend is. Als de snubber parallel aan de belasting wordt aangesloten, loopt er geen stroom bij geopende schakelaar, maar kan de impedantie van de belasting de effectiviteit van de RC-schakeling beïnvloeden. Dus als de snubber parallel staat aan de schakelaar, moet de weerstand groot genoeg zijn om de ontladstroom van de condensator te beperken op het moment dat de schakelcontacten sluiten. Maar hij moet wel klein genoeg zijn om de geïnduceerde spanning te beperken als de schakelcontacten open gaan.

Als we een condensator met een grote waarde kiezen, zal die de extra spanningen beter beperken, maar hij is dan wel duurder, groter, en kan meer schade aanrichten bij het ontladen via de contacten wanneer ze sluiten. Als de snubber parallel staat met de belasting, moeten we juist zorgen voor een zo klein mogelijke weerstandswaarde.

Maar tegelijk moet de weerstandswaarde groot zijn om vonkvorming bij het inschakelen te voorkomen. Er zijn, kortom, veel factoren die de keuze van de waarde van  $R$  en  $C$  bepalen. Omdat de snubber in ons geval de contacten van een schakelaar moet beschermen, en niet een MOSFET in een hoogfrequente schakelaar, is de keuze niet zo kritisch. In principe kunnen we weerstand  $R$  kiezen tussen 10  $\Omega$



Figuur 13. De snubber kan parallel aan de schakelaar of parallel aan de belasting worden aangesloten.

en 220 Ω en condensator C tussen 100 nF en 330 nF. Vanwege de verkrijgbaarheid kiezen we meestal voor R een waarde van 100 Ω en voor C een waarde van 100 nF. Laten we naast deze empirische en niet bepaald wetenschappelijke methode eens dieper ingaan op de keuze van deze componenten.

## Snubbers ontwerpen

Om de RC-waarden te vinden, sluiten we meestal een oscilloscoop parallel met de belasting aan en meten we de golfvorm van de geïnduceerde spanning bij het uitschakelen van de inductieve belasting. We noemen dat de resonantiefrequentie, die we aanduiden met  $F_{RING1}$ . We sluiten dan een condensator parallel aan de belasting aan, eerst met een kleine waarde en dan steeds groter totdat we de eerste resonantiefrequentie hebben gehalveerd. We noemen deze gehalveerde frequentie  $F_{RING2}$ . De condensator van onze snubber krijgt deze waarde  $C_s$ . We schatten de parasitaire inductantie  $L_p$  met behulp van de eerste resonantiefrequentie  $F_{RING1}$  zonder condensator, en  $F_{RING2}$  na toevoeging van de condensator met de formule:

$$L_p = \frac{1}{(2\pi(F_{RING1} - F_{RING2}))^2 \times C_s} = \frac{1}{4\pi^2(F_{RING1} - F_{RING2})^2 \times C_s}$$

We schatten de parasitaire capaciteit  $C_p$  met behulp van de vergelijking:

$$C_p = \frac{1}{(2\pi F_{RING1})^2 \times L_p} = \frac{1}{4\pi^2(F_{RING1})^2 \times L_p}$$

Nu we de parasitaire inductantie  $L_p$  en de parasitaire capaciteit  $C_p$  hebben berekend, vinden we de waarde van de snubberweerstand  $R_s$  als volgt:

$$R_s \geq Z = \sqrt{\frac{L_p}{C_p}}$$

Om de resonantiefrequentie te reduceren moeten we een weerstand  $R_s$  kiezen gelijk aan of groter dan de impedantie  $Z$ , en voor  $C_s$  kiezen we een waarde die 1 tot 4 keer zo groot is als de parasitaire capaciteit  $C_p$ . Voor het meten met een oscilloscoop aan schakelingen die met het lichtnet verbonden zijn, zijn speciale maatregelen nodig waarover geen discussie mogelijk is. We moeten een speciale oscilloscoop gebruiken met galvanisch geïsoleerde of batterijgevoede ingangen, speciale differentiële probes of galvanisch geïsoleerde probes gebruiken, of werken met een isolatietransformator met een transformatieverhouding 1:1 en voldoende vermogen om de schakeling waar we aan willen meten te voeden.

Er is nog een methode die we eigenlijk niet zouden moeten noemen, omdat die gevaarlijk is. Dat is de aardverbinding van de oscilloscoop los te nemen en de metingen uit te voeren door de krokodilklem van de probe op de nullijn van het lichtnet (niet op de fase, want dan komt de hele oscilloscoop onder spanning te staan en als u hem dan aanraakt...). Wij adviseren het gebruik van een transformator, dat is het veiligste en ook het goedkoopste. Een alternatieve methode is gebruik te maken van de vergelijking die is ontwikkeld door C.C. Bates en gepubliceerd

## Technische specificaties

- > Installatie in verzonken montagekaps of op Vimar, Gewiss of BTicino-montageplaten.
- > Maximale belasting 550 W.
- > Thermische overstrom- en overspanningsbeveiliging.
- > Compatibel met voice assistants zoals Amazon Alexa en Google Assistant.
- > Configuratie via web-interface.
- > Verbinding met het WiFi-thuisnetwerk.
- > Werkt in combinatie met in ingebouwde drukknoppen of schakelaars.
- > Wachtwoord-bescherming.
- > Wachtwoord-reset via drukknop.
- > Detectie van stroom- en vermogensverbruik.

is in het artikel "Contact protection of electromagnetic relays" in het vakblad *Electro-mechanical design* in augustus 1966 [2].

$$C = \frac{I^2}{10}$$

$$R_s = \frac{V_p}{10 \times I \times \left(1 + \left(\frac{50}{V_p}\right)\right)}$$

- >  $V_p$  = piekspanning
- >  $I$  = stroom door de belasting (voor het openen van het contact)
- >  $R_s$  = weerstand van de RC-snubber
- >  $C$  = RC-snubbercapaciteit
- >  $R_L$  = belastingweerstand

$$V_p = V_{rms} \times \sqrt{2}$$

$$V_p = 230 \text{ V} \times 1.414213562373 = \mathbf{325.27 \text{ V}}$$

Om het gebruik van de vergelijking toe te lichten, geven we een voorbeeld voor het ontwerp van een RC-snubber voor een elektrische motor met een vermogen van 300 W, gevoed met een wisselspanning van 230 V. De ontwerpparameters zijn  $P = 300 \text{ W}$ ,  $V_{RMS} = 230 \text{ V}$ ,  $V_p = 325,27 \text{ V}$ .

We berekenen eerst de piekspanning:

$$V_{pp} = V_{rms} \times 2 \times \sqrt{2}$$

We bepalen nu de top-top-spanning:

$$V_{pp} = 230 \text{ V} \times 1.414213562373 = \mathbf{650.54 \text{ V}}$$

Vervolgens berekenen we de RMS-spanning:

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{325.27 \text{ V}}{1.414213562373} = \mathbf{230 \text{ V}}$$

Nu gebruiken we de vergelijking om de stroom door de belasting te bepalen:

$$P = I \times V_p \Rightarrow I = \frac{P}{V_p}$$

$$I = \frac{300 \text{ W}}{325.27 \text{ V}} = \mathbf{0.922 \text{ A}}$$

En dan kijken we naar de vergelijking voor het berekenen van de waarde van de snubbercondensator:

$$C = \frac{I^2}{10} = \frac{(0.922 \text{ A})^2}{10}$$
$$C = \mathbf{85 \text{ nF}}$$

Voor het bepalen van de waarde van de snubberweerstand passen we de volgende vergelijking toe:

$$R_s = \frac{V_p}{10 \times I \times \left(1 + \left(\frac{50}{V_p}\right)\right)}$$
$$R_s = \frac{325.27}{10 \times 0.922 \times \left(1 + \left(\frac{50}{325.27}\right)\right)}$$
$$R_s = \frac{325.27}{10 \times 0.922 \times (1 + 0.1537)}$$
$$R_s = \frac{325.27}{9.22 \times 1.1537}$$
$$R_s = \frac{325.27}{10.637}$$
$$R_s = 30.579 \Omega \cong \mathbf{30.58 \Omega}$$

Nu kijken we hoe we de stroom door de RC-snubber kunnen berekenen: eerst moeten we de capacatieve reactantie ( $X_C$ ) van de condensator bepalen (de netspanningsfrequentie is 50 Hz en pi is ongeveer 3,1415926):

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times f \times C}$$
$$f = 50 \text{ Hz}$$
$$C = 0.085 \mu\text{F} = 0.000000085 \text{ F}$$
$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 50 \text{ Hz} \times 0.000000085 \text{ F}}$$
$$X_C = \frac{1}{2 \times 3.14159 \times 50 \text{ Hz} \times 0.000000085 \text{ F}}$$
$$X_C = \frac{1}{0.0000267 \text{ F}} = 37313.432 \Omega$$
$$X_C = \mathbf{37313.43 \Omega}$$

Nu schrijven we de vergelijking voor het berekenen van de stroom door het snubernetwerk:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V_p}{(X_C + R_s)}$$
$$I = \frac{325.27 \text{ V}}{(37313.43 \Omega + 30.58 \Omega)}$$
$$I = \frac{325.27 \text{ V}}{37344 \Omega}$$
$$I = 0.00871 \text{ A} = \mathbf{8.71 \text{ mA}}$$

Tenslotte gebruiken we de vergelijking voor het berekenen van het vermogen dat wordt gedissipeerd in de snubberweerstand. Die moet erop berekend zijn op dat vermogen, anders wordt hij te warm en verbrandt:

$$P = V \times I$$
$$V = R \times I$$
$$P = V \times I = (R \times I) \times I = R \times I^2$$
$$I = 0.00871 \text{ A}$$
$$P_R = I^2 \times R_s$$
$$P_R = (0.00871 \text{ A})^2 \times 30.58 \Omega$$
$$P_R = 0.002319 \text{ W} = \mathbf{2.319 \text{ mW}}$$

## Ontworpen door studenten

We hopen met dit apparaat onze lezers blij te maken die een slimme rolluikbediening willen bouwen met afstandsbediening en spraaksturing. Hij is compact uitgevoerd om gemakkelijk te installeren in huis. Deze slimme rolluikbediening is onderdeel van een serie modules en domotica-actuatoren die is ontworpen en geïmplementeerd door de studenten van het Technical Institute Pietro Coppo Island Slovenia. Deze vallen allemaal in de categorie van connected IoT, specifiek gericht op de automatisering van woningen via WiFi en de integratie met apps en spraakassistenten, die momenteel erg in de mode zijn. 

230276-03 (vertaling Evelien Snel)

## WEBLINKS

[1] Sinric Pro: <https://sinric.pro>

[2] Elektor Labs-pagina bij dit project: <https://elektormagazine.com/labs/smart-roller-shutter>

[3] Arc Suppression Technologies whitepaper: <https://tinyurl.com/arcsuppress>





### Over de auteur

Maurizio Škerlič studeerde af in Natural Science bij de University of Triëst, Italië. Daarna studeerde hij verder en behaalde een Master in Computer Science bij de University of Primorska, Slovenië. Tenslotte haalde hij een tweede Master-graad in Robotica aan de University of Triëst, Italië. In 2017 won hij de Blue Ribbon Award bij de Rome Maker Faire, European edition. Hij geeft tegenwoordig les in computerkunde bij de High school Pietro Coppo in Isola, Slovenië.

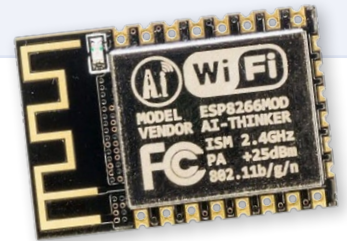
### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



### Gerelateerd product

- > **ESP-12F - ESP8266-Based Wi-Fi Module**  
[www.elektor.nl/17781](http://www.elektor.nl/17781)



Word lid  
van onze Community



[www.elektormagazine.nl/community](http://www.elektormagazine.nl/community)

**elektor**  
design > share > earn

# HT-03 warmte-beeldcamera

Clemens Valens (Elektor)

De HT-03 warmtebeeldcamera van HTi is een betaalbare en eenvoudig te gebruiken camera met veel nuttige functies waarmee zowel foto's als video's gemaakt kunnen worden. De camera heeft een ruim temperatuurbereik van  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-4\text{ }^{\circ}\text{F}$  tot  $1022\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) met een resolutie van  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  en een nauwkeurigheid van  $\pm 2\%$ . Via de emissiviteit kan de camera worden aangepast aan het onderwerp voor maximale nauwkeurigheid. We zullen deze HT-03 eens nader bekijken.

Zoals veel van zijn soortgenoten is de HT-03 warmtebeeldcamera [1] van HTi uitgevoerd als pistoolmodel dat makkelijk in de hand ligt. Om de een of andere reden lijkt dit soort camera's nooit op traditionele foto- of videocamera's. Ik vind dat eigenaardig: als dit namelijk zo handig is, waarom worden foto- en videocamera's dan niet op deze manier vormgegeven? Ze maken allemaal foto's en video's – point & shoot; alleen wordt het eindresultaat op een andere manier gebruikt. Sterker nog, de HT-03 heeft ook een ingebouwde camera voor normaal zichtbaar licht.

## HT-03 warmtebeeldcamera van HTi

De camera wordt geleverd in een nette kartonnen doos die ook gebruikt kan worden om het apparaat op te bergen als het niet gebruikt wordt. Er worden verder een Engelstalige handleiding (de camera zelf spreekt Engels, Chinees, Italiaans en Duits), een USB-kabel en een USB-netadapter meegeleverd. De netadapter die ik kreeg heeft een Amerikaanse netaansluiting; afhankelijk van waar de camera gebruikt wordt, is dus eventueel nog een verloopstekker noodzakelijk. Opvallend is dat de verpakking ook nog een kaart met instructies in het Chinees en het Engels bevat over hoe warmtelekken bij stralings- of vloerverwarmingssystemen op te sporen. Is dit een aanwijzing voor het type gebruikers dat de leverancier verwacht?

## Eerste keer inschakelen

Na het opladen van de (uitwisselbare) accu (2200 mAh, goed voor 2 tot 3 uur gebruik) van de HT-03, kan deze ingeschakeld worden. Dat duurt even omdat de aan/uit knop (**figuur 1**) tenminste vier seconden ingedrukt moet worden, waarna het nog bijna 15 seconden duurt voor de camera daadwerkelijk klaar is voor gebruik. (Het uitschakelen duurt ook lang.)

## Groot display

Het 2,1"-display ( $240 \times 320$  pixels;  $120 \times 90$  pixels infrarood resolutie,  $160 \times 120$  voor model HT-04D) toont een live warmtebeeld. Daarbij wordt de gemeten temperatuur in het midden van het beeld weergegeven, samen met de laagste en hoogste waarde in het beeld. De precieze posities van die laatste twee kunnen nogal variëren wat een tamelijk onrustig beeld geeft; de weergave van deze waarden kan dan ook uitgeschakeld worden. De gemeten waarden blijven wel zichtbaar onder in het beeld.

De HT-03 heeft twee temperatuurbereiken:  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$  en  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dit maakt de camera wat mij betreft extra interessant omdat een maximum van  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  nogal beperkt is (laat staan sommige camera's die maar tot  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  gaan). Uiteraard kunnen de temperaturen ook in fahrenheit weergegeven worden als dat gewenst is (het beeldbewerkingsprogramma geeft ook waarden in kelvin).



Figuur 1. Voor- en achterzijde van de HT-03 warmtebeeldcamera. Houd de trekker twee seconden vast om de LED in of uit te schakelen.

## Zichtbaar-licht camera

De geïntegreerde zichtbaar-licht camera (640 × 480 pixels) is praktisch omdat het beeld ervan gecombineerd kan worden met het warmtebeeld zodat u ziet waar u naar kijkt (**figuur 2**). Een thermisch beeld kan soms verwarrend zijn en deze optie verhelpt dat. Er zijn vijf standen van alleen zichtbaar-licht tot alleen warmtebeeld, in stapjes van 25%.

Naast het combineren van de twee camerabeelden kunt u de helderheid van het display in drie stappen aanpassen, en verschillende temperatuur-naar-kleur-schema's kiezen. Het navigeren door de menu's is eenvoudig en gaat intuïtief.

## Emissiviteit is belangrijk

Instelling van de juiste emissiegraad (menu-optie emissivity) is belangrijk. Zoals bij vrijwel elk meetapparaat geldt dat als je niet weet wat u doet, u geen optimale resultaten kunt verwachten. Bij een infrarood-camera zoals de HT-03 is de emissiviteit van het materiaal waarop de camera wordt gericht belangrijk om nauwkeurige temperatuurmetingen te kunnen doen. Niet elk oppervlak heeft dezelfde waarde en op de HT-03 kan deze waarde ingesteld worden tussen 0,01 en 1,00 (of u kunt een van de vier presets kiezen). De handleiding bevat een lijst met waarden voor veelgebruikte materialen.

## Foto's en video's opslaan

Foto's (stilstande beelden) worden vastgelegd door de 'trekker' over te halen. U moet daarna bevestigen of u het beeld wilt opslaan (als JPG). Om een video (MP4) te maken moet u de trekker enkele seconden vasthouden en dan de keuze ook weer bevestigen (of niet). Opgeslagen beelden kunnen teruggespeeld worden op het apparaat of worden overgezet naar een aangesloten computer. De camera heeft zo'n 3 GB eMMC-geheugen beschikbaar voor opslag van gemaakte beelden.

## De HT-03 heeft een ingebouwd PC-programma

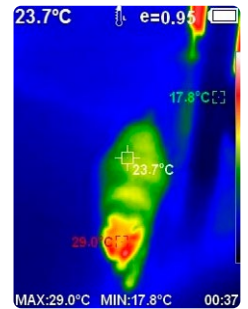
Na aansluiting op een computer wordt de HT-03 herkend als externe schijf met de foto's in de IMGS-map en video's in de VIDEOS-map. Op de externe schijf staat ook een programma voor de bewerking van IR-beelden: *IR ImageTools*. Als u dit programma installeert, kunt u de vastgelegde beelden (niet de video's) weergeven, kunt u metingen verrichten op specifieke punten of gebieden die u over de beelden heen kunt tekenen. Een leuke optie is de menginstelling (*blend*, **figuur 3**). Daarmee kunt u de mix

van warmtebeeld- en zichtbaar-licht foto achteraf nog aanpassen, iets dat niet kan met een gangbaar JPG-bewerkingsprogramma.

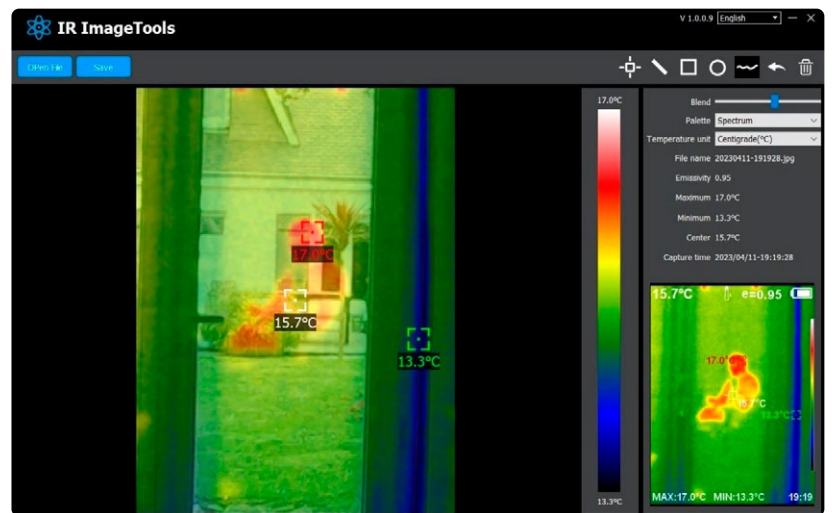
## Samenvattend

De HT-03 warmtebeeldcamera is een betaalbare en eenvoudig te gebruiken instrument met een paar handige foefjes waarmee foto's en video's vastgelegd kunnen worden. Hij heeft een ruim temperatuurbereik van -20 °C tot 550 °C (-4°F tot 1022°F) met een resolutie van 0,1 °C en biedt een nauwkeurigheid van ±2%. De emissiviteit kan ingesteld worden voor de grootst mogelijke nauwkeurigheid voor het gekozen onderwerp. Zoals bij elk precisie-instrument kost het wat tijd om de HT-03 optimaal te leren gebruiken. ◀

240312-03 (vertaling: Adrie Kooijman)



▲ *Figuur 2. Wat is eigenlijk de emissiviteit van een kat?*



▲ *Figuur 3. Heb ik hier een spook vastgelegd? Nee, het is gewoon mijn reflectie in het raam. De blend-functie werkt ook bij opgeslagen beelden.*

## Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



## Gerelateerd Product

> **HT-03 Thermal Imaging Camera (120×90)**  
[www.elektor.nl/20434](http://www.elektor.nl/20434)

## WEBLINK

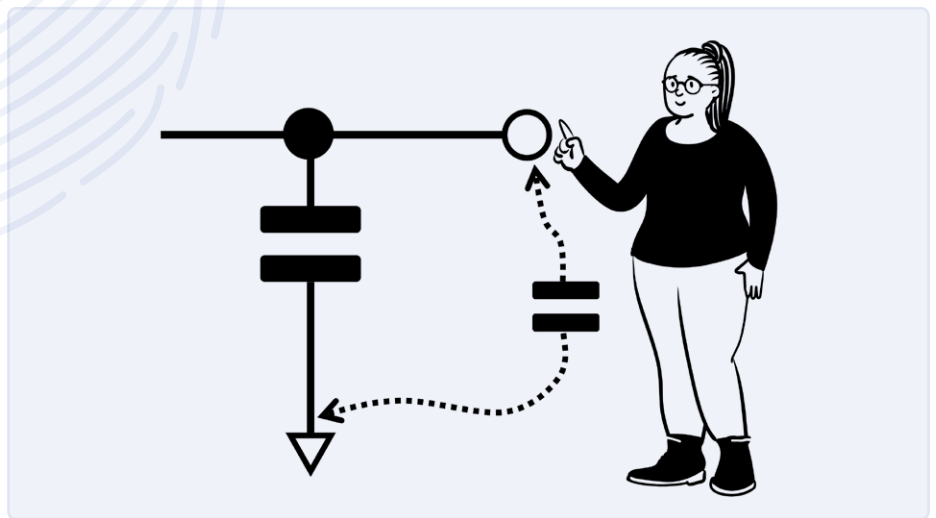
[1] T. Beckers, Review: Thermal Imaging Camera HT-02, oktober 2018: <https://www.elektormagazine.nl/review/review>

# Hoe werken capacitieve aanraaksensoren?

Stuart Cording (Duitsland)

Capacitieve aanraaksensoren zijn werkelijk populair geworden na het succes van de Apple iPod met zijn 'click wheel'. Sindsdien hebben aanraaktoetsen hun weg gevonden naar bijna elk huishoudelijk apparaat, industriële toepassing en zelfs naar onze auto's. In dit artikel verkennen we de principes van capacitieve aanraaktechnologie en de uitdagingen om deze robuust genoeg te maken voor gebruik in een echte toepassing.

In het verleden waren we allemaal tevreden met mechanische druktoetsen. Maar in 2003 verscheen de Apple iPod [1] met een volledige aanraakinterface. Ogenschijnlijk van de ene op de andere dag was de fantasie van productmarketeers wereldwijd op hol geslagen en moest alles, van wasmachines en koffiezetapparaten tot deurklinken van auto's, een aanraakinterface hebben. Veel van het succes van de iPod kan worden toegeschreven aan zijn aanraakgestuurde gebruikersinterface. Achter de glimmende ring en de verlichte knoppen zaten capacitieve sensoren [2]. Deze werden vele malen per seconde geanalyseerd en elke capaciteitsverandering gaf de aanwezigheid van een vinger aan en signaleerde een druk of draaibeweging. Natuurlijk was het gebruikte fenomeen niets nieuws. De invloed van de capaciteit van het mense-



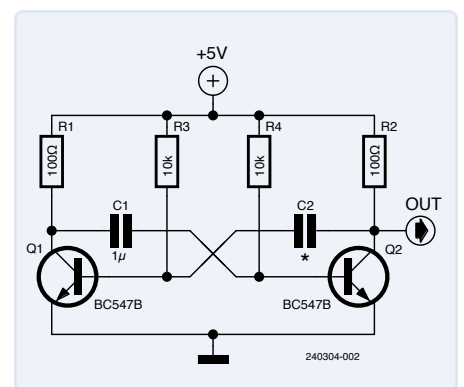
Figuur 1. Het menselijk lichaam vormt een kleine parallelcapaciteit wanneer een schakeling wordt aangeraakt. (Bron: Stuart Cording).

lijk lichaam op elektronische schakelingen werd al in 1919 ontdekt toen Leon Theremin [3] het gebruikte voor het aansturen van een heterodyne oscillator in zijn gelijknamige instrument [4].

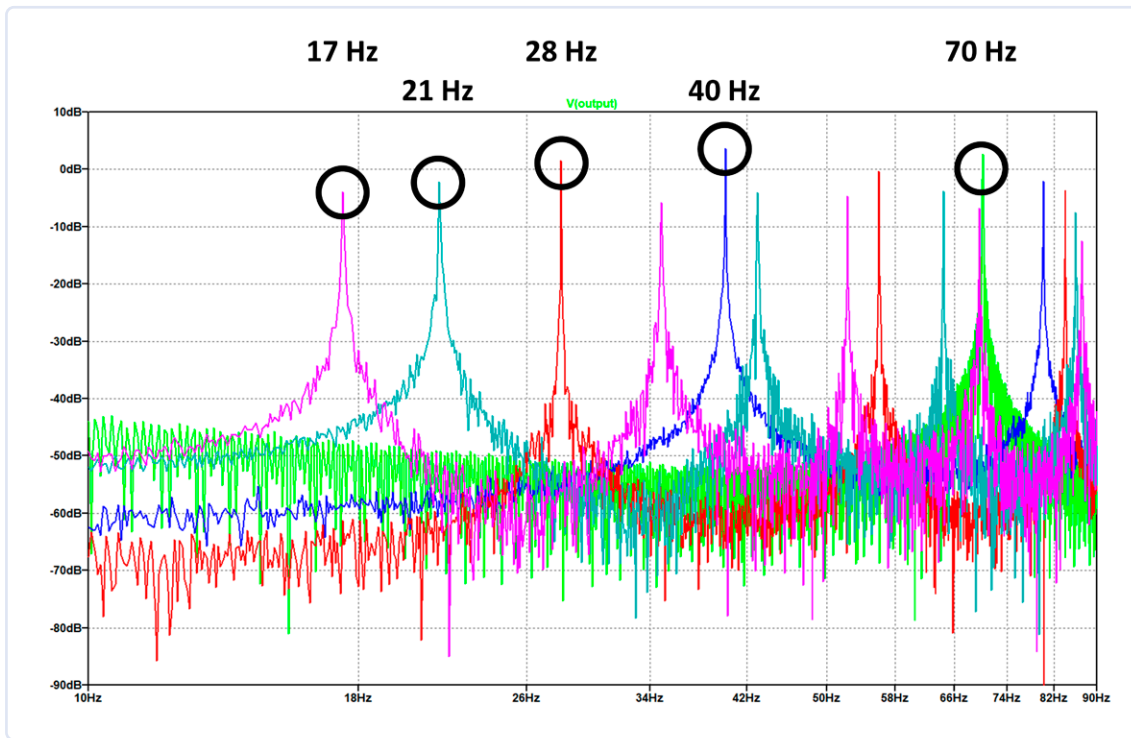
## Invloed van capaciteit op schakelingen

Mensen met ervaring in elektronica hebben waarschijnlijk wel eens gemerkt welke invloed een vinger op een schakeling kan hebben. Audio- en radiocircuits reageren vaak op 'handoplegging' door de toonhoogte van hun uitgang te veranderen of door af te stemmen op een andere radiozender. Ik heb ooit gehoord van iemand die merkte dat zijn radio-ontvanger plotseling werkte zoals hij wilde toen hij zijn vinger tegen een van de elektronenbuizen hield. Omdat hij niet van plan was om die buis te allen tijde te blijven aanraken, verving hij hem door een worstje dat enige tijd goede diensten bewees; voor de technicus die deze vlezig component uiteindelijk moest vervangen door een echte reparatie was dat een grote verrassing.

Capacitieve aanraakschakelingen reageren op de verandering in capaciteit die een vinger of lichaamsdeel heeft op de werking van een schakeling. De aanwezigheid van een vinger vormt een parallelcapaciteit naar aarde die de waarde van de condensator in het circuit verhoogt (figuur 1). Dat kan bijvoorbeeld de frequentiebepalende condensator in een oscillator zijn; in



Figuur 2. In een astabiele multivibrator kan een van de condensatoren als aanraaksensor dienen. In deze simulatie wordt C2 gevarieerd om het effect te demonstreren.



Figuur 3. Als de capaciteit toeneemt, daalt de frequentie. Dit kan worden gebruikt om te detecteren of de capacitieve sensor met een vinger wordt aangeraakt.

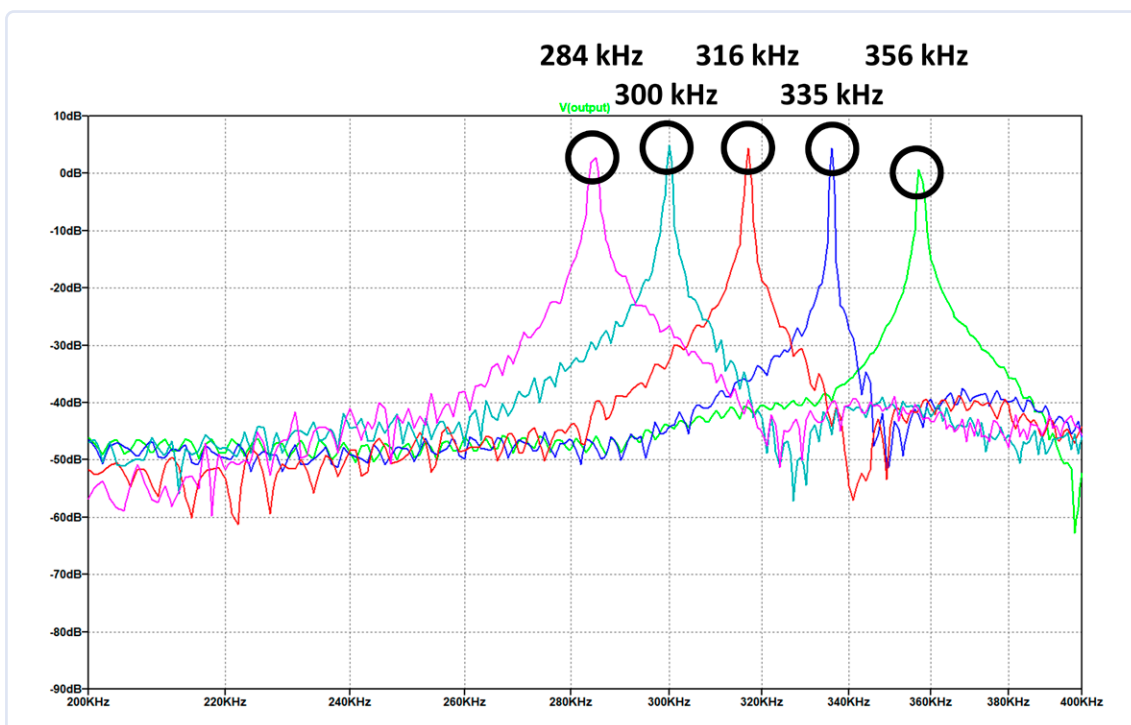
dit voorbeeld variëren we de waarde van C2 van 1  $\mu\text{F}$  tot 7  $\mu\text{F}$  in stapjes van 1,5  $\mu\text{F}$  om de introductie van een parallelcapaciteit te simuleren (figuur 2).

Als we kijken naar de Fast Fourier Transform (FFT) van de uitgang in figuur 3, zien we dat de frequentie begint bij 70 Hz en afneemt tot 40 Hz, 28 Hz, 21 Hz en ten slotte 17 Hz als reactie op deze veranderingen. Opgemerkt moet worden dat de uitgang een blokgolf is, dus het beeld wordt door een groot aantal harmonischen vertroebeld. Hier zien we het uitgangspunt van een

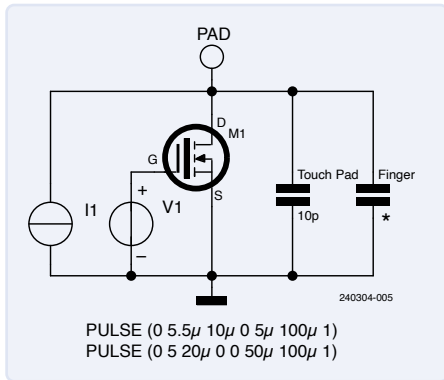
schakeling voor aanraakdetectie. De uitgang kan worden aangesloten op een teller. Het verschil tussen aanraken en niet aanraken kan worden bepaald door het aantal pulsen te tellen in een bepaalde tijdsperiode, bijvoorbeeld 100 ms, en een teldrempel in te stellen. Een andere benadering is het meten van de variatie in pulsbreedte.

Op dit punt komt de realiteit om de hoek kijken wanneer we dergelijke schakelingen proberen te implementeren. Het menselijk lichaam vormt een capaciteit met een waarde ergens tussen 100 pF en 200 pF.

Als we C1 in onze schakeling vervangen door een condensator van 300 pF en C2 tussen 100 pF en 200 pF laten veranderen, dan verandert de uitgangsfrequentie van 356 kHz zonder aanraking naar 284 kHz met maximale capaciteit van het menselijk lichaam, zoals getoond in figuur 4. Opgemerkt moet worden dat dit slechts een simulatie is en dat de in het schema genoemde transistoren in werkelijkheid mogelijk niet op deze frequentie werken. We hebben echter wel de basis voor een capacitieve aanraaksensor.



Figuur 4. De oscillator werkt op ongeveer 350 kHz voordat hij door de kleine capaciteit van ons lichaam wordt beïnvloed.



Figuur 5. De Microchip-CTMU bestaat uit een stroombron plus een schakelaar om de sensorcondensator te ontladen.

### Soorten capacitieve sensoren: eigencapaciteit

Er zijn twee soorten capacitieve detectie: eigencapaciteit en onderlinge capaciteit. Eigencapaciteit is de hierboven beschreven benadering, waarbij de aanraaksensor een condensator vormt naar aarde en de schakeling de verandering van de waarde meet wanneer er een vinger op wordt gelegd. In plaats van de condensator als onderdeel van een oscillator te gebruiken, wordt in aanraakschakelingen meestal een methode gebruikt die de aangelegde lading nauwkeuriger kan bepalen.

Een voorbeeld is de Charge Time Measurement Unit (CTMU) [5], een voorziening in sommige microcontrollers van Micro-

chip. Deze werkt door gedurende een vaste periode de sensor met een constante stroom ( $0,55 \mu\text{A}$ ,  $5,5 \mu\text{A}$  of  $55 \mu\text{A}$ ) te laden. Zodra deze periode voorbij is, wordt de spanning op de sensor gemeten met een analoog/digitaal-omzetter (ADC). Als deze meting is voltooid, wordt de sensor volledig ontladen, zodat het proces kan worden herhaald. In **figuur 5** is dit geschetst.

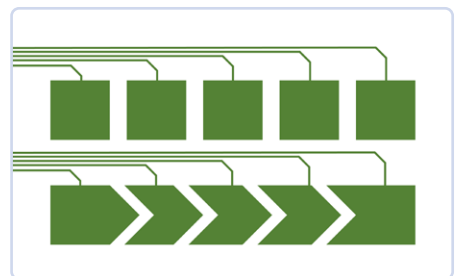
Zoals bij elke analoge sensortoepassing wordt het gemeten signaal beïnvloed door ruis en is er enige filtering nodig om een aanraking nauwkeurig te detecteren. In de metingen van **figuur 6** verlaagt een nabijkomende vinger de maximale spanning die op de sensor wordt bereikt.

Aanraaksensoren met eigencapaciteit worden meestal gebruikt als er maar een beperkt aantal knoppen nodig is, of voor nabijheidsdetectie. Door sensoren te groeperen kunnen ze draai-interfaces of schuifregelaars vormen. Door de koperen pads op de printplaat in elkaar te laten grijpen, kan de overgang tussen de individuele sensoren een vloeiender verloop krijgen (**figuur 7**).

Ruis kan worden aangepakt door aardringen rond de sensor aan te brengen of een 'gearceerd' massavlak achter de sensor aan te brengen. Er moet echter op worden gelet dat de gevoeligheid niet te veel wordt verlaagd. De grootte van de sensor is ook belangrijk. In het ideale geval komt

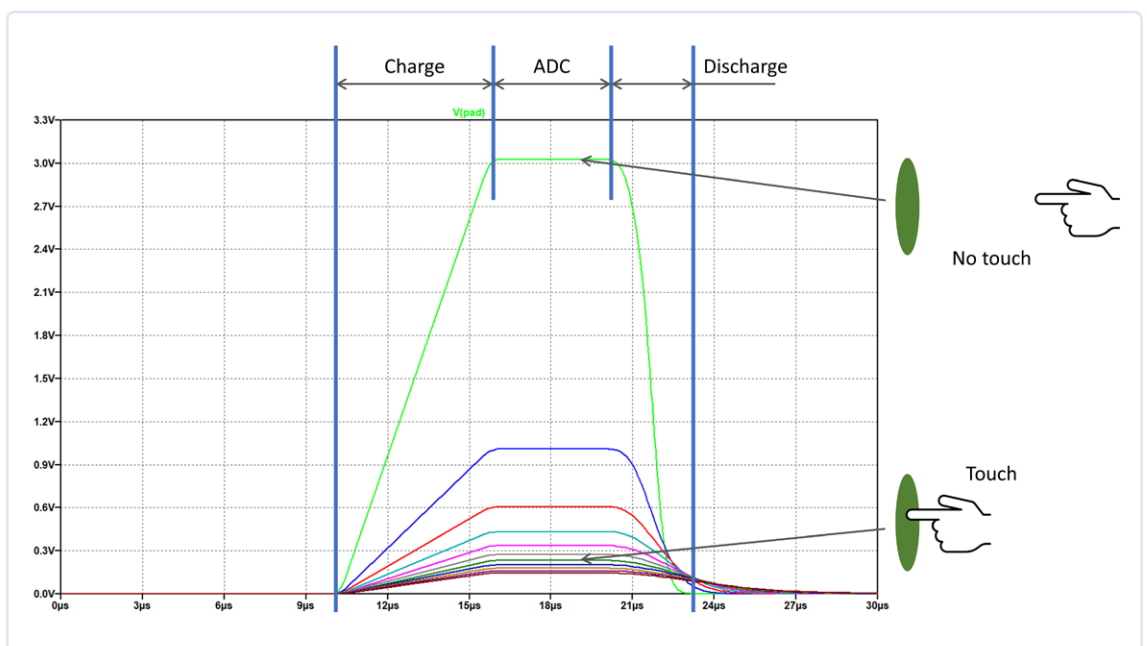
het sensorgebied overeen met dat van een menselijke vingertop, dus met een diameter ergens tussen 8 en 20 mm.

Capacitieve sensoren worden meestal achter een plastic afdekking geplaatst. Hoe dikker het materiaal, hoe geringer de gevoeligheid van de sensor. Ook zijn veel oppervlakken, zoals de gebogen gebruikersinterface van een wasmachine, gebogen terwijl een print meestal vlak is. Om dit op te lossen kunnen flexibele printen op polyimide worden gebruikt, maar deze oplossing is duur. Als alternatief kan de afstand tussen het aanraakoppervlak en de printplaat worden overbrugd met veren of geleidend schuim. Hoewel dit het probleem mechanisch oplost, zijn er extra tests en verdere afregeling van de schakeling en de software nodig om een betrouwbare werking te garanderen.



Figuur 7. Complexere sensoren zoals schuifregelaars (boven) kunnen 'schokkerige' resultaten opleveren. Door de sensoren in elkaar te laten grijpen (onder) kan de uitvoer vloeiender worden gemaakt.

Figuur 6. De CTMU levert een lagere spanning bij aanraking van de sensor.



## Soorten capacitieve sensoren: onderlinge capaciteit

Bij toepassingen op basis van onderlinge capaciteit wordt een capacitieve sensor gebruikt die tussen twee pinnen van de touch-chip of een microcontroller is aangesloten en die de lading meet met en zonder de aanwezigheid van een vinger. De vinger steelt in wezen lading van de condensator alsof deze zich tussen de twee platen bevindt. Bij een aanraking is er dus sprake van een afname van de capaciteit. Deze methode maakt het mogelijk om een raster van condensatoren op een vlak oppervlak te maken voor touchscreens, wat meestal projected capacitive touch of PCAP wordt genoemd. Deze methode laadt de X-kolommen van het sensorgebied achtereenvolgens op en de capaciteiten worden geanalyseerd in de richting van de Y-rijen, waarbij elke cyclus tientallen keren per seconde plaatsvindt (**figuur 8**). Deze methode wordt graag gebruikt voor smartphone-displays en touchpads op laptops.

Het ruitvormige raster is een prima uitgangspunt en werkt goed met koper. In het ideale geval zitten zowel de X- als de Y-rij aan dezelfde kant, waardoor veel via's nodig zijn voor zowel de X- als de Y-rij. Afhankelijk van de toepassing, zoals grootte en gevoeligheid, kunnen ook andere rasters/patronen worden gebruikt. Bij smartphones wordt het patroon op de glazen afdekking van het display aangebracht met behulp van indium/tinoxide (ITO) [6]. Dit materiaal heeft een relatief geringe weerstand en is transparant, waardoor de leesbaarheid en helderheid van het display slechts minimaal afnemen. Andere materialen, zoals uiterst dunne kopersporen op transparante folie, worden ook gebruikt. Om de beeldscherpte van het display niet te beïnvloeden, worden de kopersporen tussen de pixelrijen van het display aangebracht.

Deze toepassingen maken gebruik van speciale chipsets, zoals MaxTouch [7]. Ontwerpers waarderen zulke complete oplossingen, omdat ze honderden capaciteiten per seconde kunnen analyseren en de benodigde filtering kunnen toepassen. Aan hun uitgang vereenvoudigen ze de gebruikersinteractie tot X/Y-coördinaten voor elke vinger en kunnen ze zelfs de gebruikte gebaren weergeven (knijpen, vegen, draaien). In de toepassingssoftware

### Zelf doen: LTspice-code

#### Astabile multivibrator op 70 Hz:

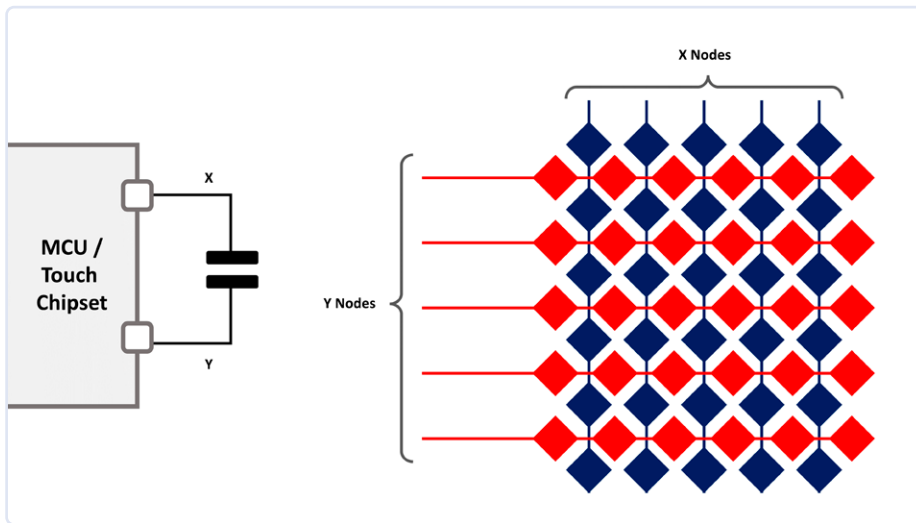
```
Q1 N002 N004 0 0 BC547B
Q2 N003 N005 0 0 BC547B
R1 N001 N002 100R
R2 N001 N003 100R
R3 N001 N004 10K
R4 N001 N005 10K
C1 N005 N002 1µ
C2 N003 N004
V1 N001 0 5V
.model NPN NPN
.model PNP PNP
.lib C:\Users\<USER>\Documents\LTspiceXVII\lib\cmp\standard.bjt
.tran 15s startup
.step param X 1u 2u 0.5u
.backanno
.end
```

#### Astabile multivibrator op 350 kHz:

```
Q1 N002 N003 0 0 BC547B
Q2 OUTPUT N004 0 0 BC547B
R1 N001 N002 100R
R2 N001 OUTPUT 100R
R3 N001 N003 10k
R4 N001 N004 10k
C1 N004 N002 300p
C2 OUTPUT N003
V1 N001 0 5V
.model NPN NPN
.model PNP PNP
.lib C:\Users\<USER>\Documents\LTspiceXVII\lib\cmp\standard.bjt
.tran 1ms startup
.step param X 100p 200p 25p
.backanno
.end
```

#### CTMU-model:

```
CTouch_Pad PAD 0 10pF
CFinger PAD 0
I1 0 PAD PULSE(0 5.5u 2u 0 0 5u 100u 1)
M1 PAD N001 0 0 NMOS
V1 N001 0 PULSE(0 5 12u 0 0 50u 100u 1)
.model NMOS NMOS
.model PMOS PMOS
.lib C:\Users\<USER>\Documents\LTspiceXVII\lib\cmp\standard.mos
.tran 30u
.step param X 0p 200p 20p
.backanno
.end
```



Figuur 8. Onderlinge capaciteit implementeert de capacitieve sensoren tussen twee pinnen van de microcontroller of het sensor-IC (links). Aanraakschermen en touchpads gebruiken een ruit- of vergelijkbaar patroon om een aanraakoppervlak te implementeren (rechts).

worden deze sensorgegevens op dezelfde manier behandeld als andere invoer, zoals van een muis, zonder dat u zich zorgen hoeft te maken over het decoderen van gebaren en het verwijderen van ruis uit de signalen.

### Capacitieve aanraakfunctie toevoegen aan Arduino en Raspberry Pi

Kant-en-klare capacitieve touch-IC's zijn verkrijgbaar bij Microchip [8], Azoteq [9] en Texas Instruments [10]. Deze vereenvoudigen het ontwerpen en bouwen van schakelingen aanzienlijk en bieden meestal een digitale uitgang of seriële interface die rechtstreeks op een Arduino of Raspberry Pi kan worden aangesloten. Er moet echter opgemerkt worden dat voor een succesvolle toepassing veel onderzoek nodig is met

verschillende sensorontwerpen en -configuraties om de robuustheid en betrouwbaarheid op de lange termijn te garanderen. Als alternatief zijn er bibliotheken beschikbaar voor Arduino [11] die het mogelijk maken om capacitieve sensoren te maken met slechts een weerstand. Dit is meer dan genoeg om studenten en makers in staat te stellen aanraakinterfaces te bouwen om interfaceconcepten te verkennen en ideeën snel uit te proberen. ◀

240304-03 (vertaling: Hans Adams)

### Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via [redactie@elektor.com](mailto:redactie@elektor.com).



### Over de auteur

Stuart Cording is een technicus en journalist met meer dan 25 jaar ervaring in de elektronica-industrie. Hij is gespecialiseerd in videocontent en richt zich op technische diepgang en kennis. Hierdoor is hij vooral geïnteresseerd in de technologie zelf, hoe deze in eindtoepassingen wordt gebruikt en voorspellingen over toekomstige ontwikkelingen. U kunt veel van zijn recente Elektor-artikelen vinden op [www.elektormagazine.com/cording](http://www.elektormagazine.com/cording).



### Gerelateerde producten

- > **Arduino Uno Experimenting Kit**  
[www.elektor.nl/20339](http://www.elektor.nl/20339)
- > **The Ultimate Compendium of Sensor Projects (E-book)**  
[www.elektor.nl/19105](http://www.elektor.nl/19105)



### WEBLINKS

- [1] Apple iPod: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_iPod\\_models](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_iPod_models)
- [2] Capacitieve sensoren: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ipod\\_backlight\\_transparent.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ipod_backlight_transparent.png)
- [3] Leon Theremin: [https://en.wikipedia.org/wiki/Leon\\_Theremin](https://en.wikipedia.org/wiki/Leon_Theremin)
- [4] Theremin-instrument: <https://en.wikipedia.org/wiki/Theremin>
- [5] Charge Time Measurement Unit : <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/61167B.pdf>
- [6] Indium/tin-oxide: <https://diamondcoatings.co.uk/ito-coated-glass>
- [7] MaxTouch: <https://tinyurl.com/maxtouch-touchscreen>
- [8] Capacitieve touch-IC's van Microchip: <https://tinyurl.com/microchip-capacitive-touch>
- [9] Capacitieve touch-IC's van Azoteq: <https://azoteq.com/products/proxsense>
- [10] Capacitieve touch-IC's van Texas Instruments: <https://tinyurl.com/ti-capacitive-touch>
- [11] Bibliotheken voor Arduino: <https://arduino.cc/reference/en/libraries/capacitivesensor>



# WORD LID VAN ONZE COMMUNITY



GRATIS  
DOWNLOAD

Abonneer je vandaag nog op [elektormagazine.nl/ezine-24](https://elektormagazine.nl/ezine-24)



# Een elektronica- werkplek

voor sensorgebaseerde oplossingen,  
onderwijs en onderzoek

Dima Shlenkevitch is een toegewijde maker en freelancer, gespecialiseerd in de ontwikkeling van sensorsystemen. Hij werkt vanuit zijn thuishkantoor in Israël dat hij al meer dan een jaar gebruikt. Dima's werkplek is een integraal onderdeel van zijn dagelijkse activiteiten en weerspiegelt zijn toewijding aan innovatie en levenslang leren.

## Wat is je huidige beroep?

**Dima Shlenkevitch:** Ik ben een maker. Ik werk als freelancer aan de ontwikkeling van sensorsystemen. Als onderdeel van mijn werk houd ik me bezig met het ontwerpen van elektronica, mechanica, software en soms andere disciplines die door het project worden

bepaald. Ik vind het fascinerend om aan een nieuw project te werken en nieuwe dingen te leren; dat is iets wat makers over de hele wereld verenigt. Tijdens mijn dagelijkse werk maak ik prototypes met breadboards en ontwerp dan de elektronica (schema en layout). Meestal is er een behuizing nodig. Dankzij mijn 3D-printer kan ik mijn mechanische ontwerpen testen. Na de productie van de print zet ik alles in elkaar, programmeer en test ik het.

## Hoe zou je je werkplek het beste omschrijven? En hoe gebruik je die?

**Dima:** Mijn werkplek is mijn thuislaboratorium. Ik besloot vorig jaar een thuislaboratorium te maken, omdat ik ook thuis dingen wilde creëren. Ik gebruik mijn lab bijna dagelijks voor elektronica en prototypes voor mijn werkprojecten. Daarnaast gebruik ik mijn laboratorium voor persoonlijke projecten en om mijn kinderen iets over elektronica bij te brengen, te studeren en voor onderzoek.

## Wat waren je eisen en doelen toen je de werkplek ontwierp en inrichtte?

**Dima:** Ik had zeer weinig ruimte voor mijn lab, dus de belangrijkste beperkingen waren de fysieke afmetingen. Het begon met het vinden van een werktafel met de juiste afmetingen. Ik moest een plek vinden voor mijn gereedschap. Veel daarvan bevindt zich aan de muren, op planken of verborgen in laden, zoals je op de foto kunt zien.



Dima's elektronica-werkplek.

**Vertel ons eens over je technische interesses. Aan wat voor soort projecten werk je hier? En waarom richt je je op dergelijke projecten?**

**Dima:** Ik hou van uitdagende projecten met een beperkt budget. Over het algemeen hebben mijn projecten te maken met elektronica, programmeren en mechanica. Ik ben erg geïnteresseerd in technologie, dus ik vind het leuk om nieuwe dingen te zien en nieuwe oplossingen te vinden. Ik hou van projecten met een beperkt budget omdat het me dwingt na te denken over unieke oplossingen die niet voor de hand liggen. Ik onderzoek verschillende technologieën uit andere gebieden om iets te vinden dat nuttig is voor mijn project om het doel te bereiken. Soms is er een eenvoudige oplossing onder handbereik, maar zijn we te gefixeerd op de manier waarop ons geleerd is dingen te doen.

**Wat voor soort apparatuur en gereedschap heb je in je lab? Kun je ons vertellen hoe en waar je de apparatuur en het gereedschap opslaat?**

**Dima:** Ik heb in mijn lab: een soldeerstation, voedingen, oscilloscoop, multimeters, 3D-printer, reflow-oven, microscoop, hotplate, schuifmaat, soldeerapparatuur, printhouders, pincetten, elektronica-componenten en modules. Ik bewaar mijn apparatuur op planken, aan de muur en sommige in laden.

**Wat beschouw je als je belangrijkste of meest gewaardeerde instrument of gereedschap? En waarom?**

**Dima:** Een goede labvoeding. Die heb je nodig voor elk project. Ik gebruik de Rigol DP832. Die heeft goede specificaties, goede gebruikersbeoordelingen en een goede prijs voor wat hij kan.

**Is er iets speciaals of unieks aan je werkplek? En wat maakt dat dan zo speciaal of belangrijk?**

**Dima:** Ik heb een kleine benchtop reflow-oven voor prototypes. Ik vind hem erg mooi omdat ik hem zelf heb gemaakt. Hij is gebaseerd op de Controleo3-kit die ik heb gekocht, maar er waren veel aanpassingen nodig om hem aan te passen aan mijn behoeften. Het kostte me enkele weken werk in de avonduren om hem in elkaar te zetten, maar uiteindelijk was hij klaar en ik ben blij met het resultaat. Dit apparaat heeft mijn leven veel gemakkelijker gemaakt bij het assembleren van printen. Vroeger assembleerde ik de printen met een hotplate, maar de resultaten waren niet bevredigend en elke keer was er veel nabewerking nodig. Nu zijn de reflows het gemakkelijkste deel van elke nieuwe prototype-assemblage. Naast het nut van de apparatuur was het ook een erg leuk project om te doen.

**Ben je iets nieuws van plan voor je lab?**

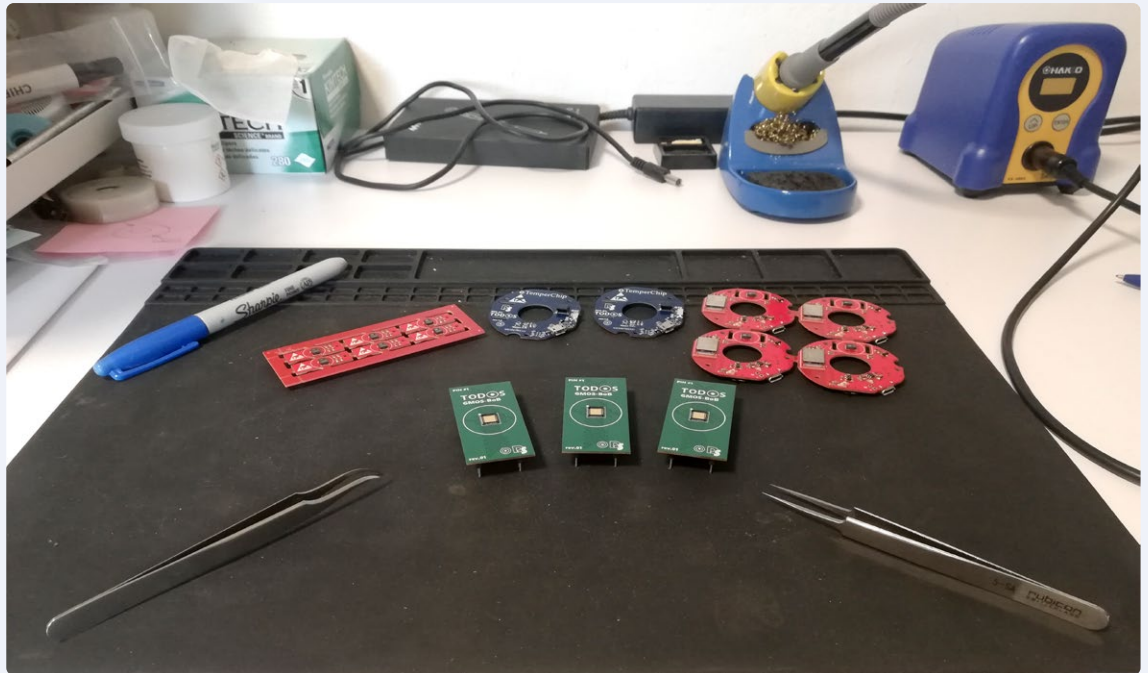
**Dima:** Ik denk over de aanschaf van een nieuwe 3D-printer na. Een warmtebeeldcamera zou ook een grote verbetering zijn om geassembleerde printen te controleren.

**Vertel ons eens iets over je favoriete elektronica-project. Heb je iets interessants geleerd?**

**Dima:** Ik werk al een tijdje aan een nieuwe gassensor. Dit werk is gerelateerd aan mijn academische werk tijdens mijn master in elektronica. Deze gassensor werkt volgens een iets ander fysisch principe dan gewone



◀ Dima Shlenkevitch geeft een presentatie.



► Een project in wording.

commerciële sensoren. Hij is gebaseerd op een miniatur thermische sensor en gebruikt een verbrandingsreactie om brandbare gassen in de omgeving te detecteren. Dit project omvat het printontwerp voor sensor-evaluatie, zowel voor analoge als digitale onderdelen. Ik heb veel geleerd over het ontwerpen en layouts van printen. Het andere deel van dit project is programmeren en zoeken naar algoritmen voor selectieve gasdetectie. Ik gebruik graag Arduino IDE om mijn projecten te programmeren en te evalueren. Het is gemakkelijk te leren en maakt prototyping toegankelijk. Ik gebruik graag de Artemis MCU-module van SparkFun in mijn projecten, omdat deze erg krachtig is en ondersteund wordt door Arduino IDE.

#### **Werk je momenteel aan een elektronica- of programmeerproject?**

**Dima:** In de afgelopen jaren heb ik gewerkt aan de ontwikkeling van sensorsystemen en ik kwam op het idee om een universeel modulair sensorsysteem te maken. Vandaag werk ik aan een prototype van zo'n detectiesysteem dat een soort Lego moet zijn met verschillende blokken om het hele systeem samen te stellen volgens mijn speciale behoeften, zoals: display-blok, connectiviteitsblok, verschillende sensoren enzovoort. De belangrijkste vereiste die ik heb gedefinieerd voor het systeem is de automatische detectie

van elk blok zonder tussenkomst van de gebruiker. Het is mijn hobbyproject, dus hopelijk kan ik het binnenkort delen.

#### **Heb je een droomproject of iets wat je heel graag zou willen aanpakken?**

**Dima:** Een project waar ik al een tijdje over nadenk, is een milieurobot. Ik woon vlak bij de zee en ik breng graag tijd door op het strand. Het vervelendste en meest frustrerende is de vervuiling van de stranden. Sommige gemeentelijke stranden worden van tijd tot tijd gereinigd, terwijl andere slechts een paar keer per jaar door vrijwilligers worden schoongemaakt. Er is dus veel verontreiniging. Het idee is om een autonome robot te maken die selectief de stranden in bepaalde gebieden kan schoonmaken zonder dat veel arbeidskrachten nodig zijn. De robot kan veel grotere strandoppervlakken schoonmaken en kan gebieden bereiken die normaliter slecht worden schoongemaakt.

#### **Heb je advies, tips of aanmoedigingen voor andere engineers of makers die overwegen om een werkplek in te richten?**

**Dima:** Als je denkt dat je een werkplek nodig hebt, moet je die plannen en maken. Plan niet te veel; begin met iets kleins en maak dat groter als het nodig is. ◀

240315-03 (vertaling: Willem den Hollander)

### **Laat ons uw werkplek zien!**

Wilt u details over uw werkplek delen met de wereldwijde Elektor-community van engineers, studenten en makers? Neem een paar minuten de tijd om ons online-formulier in te vullen ([www.elektormagazine.com/workspaces](http://www.elektormagazine.com/workspaces)), zodat onze redacteurs contact met u kunnen opnemen!

# Zij vertrouwen ons, u ook?

“Goed en snel – Snel, correct, goeie prijs”



by Rogier Vider

Rated 4.7 / 5 | 481 reviews



“jullie doen gewoon goed werk!, duidelijke en goede verzending”



by Benny

Rated 4.5 / 5 | 282 reviews



“Bouwpakketje besteld, volgende dag geleverd – Wo 20 juli een FG085 miniDDS Function Generator Kit besteld, Do 21 juli geleverd. Niet alleen vlot geleverd; ook de communicatie rondom het bestelproces is prima. Vanzelfsprekend vervult ...



by M. Horst

Rated 4.5 / 5 | 282 reviews



**NIEUWE SHOP**

Wij houden van elektronica en van projecten, en doen ons uiterste best om aan de behoeften van onze klanten te voldoen.

De Elektor Store: ‘Nooit duur, altijd verrassend’

“Zeer vlotte afhandeling van de bestelling en zeer concurrentiële prijs.”



by Walter Lippens

Rated 4.5 / 5 | 581 reviews



Bekijk meer beoordelingen op onze Trustpilot-pagina: [www.elektor.com/TP/nl](http://www.elektor.com/TP/nl)

of oordeel zelf door een bezoek te brengen aan onze Elektor Store, [www.elektor.nl](http://www.elektor.nl)

# Word lid van de Elektor Community



Neem nu een  
lidmaatschap!



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



Ook verkrijgbaar

Het digitale  
lidmaatschap!



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



[www.elektormagazine.nl/Abonnement](http://www.elektormagazine.nl/Abonnement)