

ESP32-C3 IoT-project WiFi-knop en -relais



#### <sup>54</sup> Uitdagingen bij het op de markt brengen van IoT-oplossingen zorgen over veiligheid, schaalbaarheid en de concurrentie

IoT Cloud à la Arduino

een handige oplossing voor app-ontwerpers P. 74 Dragino LPS8 Indoor-gateway LoRaWAN-gateway snel geïnstalleerd



CO<sub>2</sub>-wachter bewaakt luchtkwaliteit gemakkelijk te bouwen







Off-grid PV-systeem ontwerpoverwegingen voor DHZ'ers







## **ONZE PRIJZEN** DE BESTE BESCHERMING TEGEN HOGE KOSTEN

The best part of your project: www.reichelt.com

#### Met reichelt haalt u meer uit uw budget

Dankzij de efficiënte, zelf ontwikkelde logistiek en de bundeling van onze inkoopkracht voor geselecteerde kwaliteitsproducten, kunnen wij zeer kleine hoeveelheden voor superprijzen leveren.



#### Arduino UNO Mini

#### ATmega328P, USB-C

Arduino UNO mini is een 27 x 34 mm microcontroller board met een ATmega328P microcontroller.

Limited Edition – alles aan deze versie van de Arduino UNO is uniek: zwart en goud, elegant ontwerp, genummerd op het bord en met een handgeschreven ondertekende brief van de oprichters.

- 14 digitale I/O interfaces
   (6 ervan kunnen worden gebruikt als PWM-uitgang)
- 6 analoge ingangen
- 16 MHz kristal oscillator
- USB-C aansluiting



Bestelnr.: ARDUINO UNO MINI





Arduino — Krachtige microcontrollers voor schakel- en besturingstaken



Nu ontdekken ► https://rch.lt/ard22-nl

reiche

elektronik - The best part of your project



#### www.reichelt.com

#### Bestelservice: +31 85 208 62 94

De wettelijke herroepingsregelingen zijn van toepassing. Alle aangegeven prijzen in euro inclusief de wettelijke BTW, excl. verzendkosten voor de totale winkelwagen. Uitsluitend onze Algemene Voorwaarden (zie hiervoor https://rch.lt./AV-NL of op aanvraag) zijn van toepassing. Afbeeldingen kunnen afwijken. Drukfouten, vergissingen en prijswijzigingen voorbehouden. reichelt elektronik GmbH & Co. KG, Elektronikring 1, D-26452 Sande, Tel.: +31 85 208 62 94

#### COLOFON

62° jaargang nr. 671, mei/juni 2022 ISSN 2590-0765

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

#### Nieuwe abonnementen & bestellingen service@elektor.nl - Tel. 046-4389444

Elektor International Media B.V. legt gegevens vast voor de uitvoering van de (abonnements) 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 Misset, Doetinchem Distributie: Betapress, Gilze

#### **Advertenties Benelux**

Raoul Morreau Tel. +31 (0)6 4403 9907 E-mail: raoul.morreau@elektor.com

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

#### 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 gebruikelijke vergoeding.

#### VOORWOORD

#### Jens Nickel Hoofdredacteur Elektor Magazine



## Van je fouten leren

Bij het schrijven van een voorwoord lopen we altijd een paar weken voor op de publicatiedatum. Tegen de tijd dat u deze regels leest, hoop ik van harte dat de eerste tekenen van vrede in de Oekraïne zichtbaar worden. En misschien zijn de discussies over COVID-19-maatregelen en hoge incidentiewaarden eindelijk ook voorbij.

Wat heeft het (veelal slechte) nieuws uit de hele wereld met elektronica te maken? In de afgelopen maanden hebben we allemaal aan den lijve ondervonden dat onze wereld in hoge mate onderling verbonden en geglobaliseerd is. Vóór de recente geopolitieke problemen en de COVID-19 crisis leek alles een paar jaar achter elkaar goed te gaan! Zelfs grote bedrijven zoals de internationale autobouwers waren zo gewend geraakt aan die comfortabele situatie dat slechts weinigen een plan B hadden klaarliggen voor het geval zich een wereldwijde catastrofe zou voordoen.

Als de huidige crises eenmaal achter de rug zijn, zullen veel bedrijven zeker niet meer dezelfde fouten maken. Een grotere beschikbaarheid van producten en kortere transportroutes - die zullen een hogere prioriteit krijgen dan alleen maar het goedkoopste te zijn. Dit zal ook voor de elektronica-industrie geen kwaad kunnen.

In veel elektronicasectoren is de groei wat afgezwakt, maar gaat het nog wel gestaag vooruit - bijvoorbeeld bij het Internet of Things, dat het hoofdonderwerp van dit nummer is. Mijn collega Robert van der Zwan heeft hierover een aantal interessante infographics samengesteld op pagina 60. Maar natuurlijk hebben we daarnaast nog een keur aan achtergrondartikelen en interessante projecten voor u!

We houden u op de hoogte.



#### In memoriam

Het overlijden van onze jarenlange medewerker Ralf Schmiedel in maart 2022 was voor mij en mijn collega's een schok. Ralf had sinds 2014 de lezersservice van Elektor onder zijn hoede. Met veel geduld en veel eigen ideeën ontfermde de ingenieur zich over de meest uiteenlopende vragen en problemen van lezers en auteurs, stelde hij correcties van projecten samen en hielp hij de redactie bij andere taken, zoals de jaargang-DVD's. Uit de vele dankmails van lezers bleek hoe waardevol zijn steun was. Ralf, we zullen je nooit vergeten!

Ons team	
0	
Internationaal hoofdredacteur:	Jens Nickel (redactie@elektor.com)
Redactie:	Eric Bogers (redacteur NL-editie), Rolf Gerstendorf,
	Dr. Thomas Scherer, Clemens Valens
Technische redactie:	Mathias Claussen, Ton Giesberts, Luc Lemmens,
	Clemens Valens
Vormgeving & Layout:	Giel Dols, Harmen Heida
Directeur:	Erik Jansen



Elektor is lid van FIPP, een organisatie die "in bijna 100 jaar is uitgegroeid tot een wereldwijde vereniging voor media-professionals".

DEUTSCHE FACHPRESSE

Elektor is lid van de VDZ (Verband Deutscher Zeitschriftenverleger), die "de gemeenschappelijke belangen behartigt van 500 Duitse consumenten- en B2B-uitgevers".

## IN DIT NUMMER

## Eerste stappen met een ESP32-C3 en het loT

WiFi-knop en -relais

### Rubrieken

- 3 Van je fouten leren
- **36 Alle begin...** ...verwelkomt de diode
- 40 Developer's Zone Tips & trucs voor het testen van componenten
- 68 Vreemde onderdelen lopende-golfbuis
- 82 Project 2.0 correcties, updates en brieven van lezers
- 90 Uit het leven gegrepen lopendebandwerk
- **111 Elektor ethiek** de 10-jaar-smartphone
- 114 Hexadoku puzzelen voor elektronici

## Achtergrond & info

FOCUS

- 12 IoT Cloud à la Arduino een handige oplossing voor app-ontwerpers
- **32** MonkMakes Air Quality Kit voor de Raspberry Pi meet temperatuur en eCO<sub>2</sub>

#### FOCUS

69 Smalband-Internet of Things standaarden, dekking, overeenkomsten en modules

#### FOCUS

- 74 Dragino LPS8 indoor-gateway LoRaWAN-gateway snel geïnstalleerd
- 86 Schakelingen simuleren met TINA Design Suite & TINACloud voorbeeldhoofdstuk: sinusoscillatoren
- 92 Het WinUI grafische framework voor Windows-apps een kleine demo-applicatie
- **100 GUIs with's maken met Python** 's werelds slechtste GUI
- **104 Off-grid PV-systeem** elektrische energie onafhankelijk van het net

### Industry

#### FOCUS

- 54 Uitdagingen bij het op de markt brengen van IoT-oplossingen zorgen over veiligheid, schaalbaarheid en de concurrentie
  - FOCUS
- 60 Elektor infographics feiten en cijfers over het Internet of Things

#### Arduino-shield met dubbele Geiger-Müller-buis

uiterst gevoelige en zeer zuinige stralingssensor



Tips & Trucs

voor het testen van componentenzonder kostbare apparatuur



#### 62 Toch beter bedraad

tips voor het ontwikkelen van een 1 Gbit/s interface in de industriële omgeving

66 Edge Impulse FOMO real-time objectdetectie voor MCU's

### Projecten



- 6 Eerste stappen met een ESP32-C3 en het IoT WiFi-knop en -relais
- **18** Arduino-shield met dubbele Geiger-Müller buis uiterst gevoelige en zeer zuinige stralingssensor

#### FOCUS

24 CO<sub>2</sub>-wachter luchtkwaliteit bewaken – doe het zelf!

- **46 Reduceer het stroomverbruik van uw mollenverjager** ATtiny13 in plaats van 555
- 50 Lichtschakelaar DeLux uiterst nauwkeurig lichtgestuurd schakelen
- 77 Ontdek ATtiny microcontrollers met behulp van C en assembler voorbeeldhoofdstuk: ATtiny I/O-poorten

#### FOCUS

#### 83 LoRa GPS-tracker update

ontvang en toon de locatie met een Raspberry Pi

## Binnenkort

#### Elektor juli/augustus 2022

Zoals u van ons gewend bent, hebben we een opwindende mix van projecten, schakelingen, achtergrondinformatie en tips en trucs voor elektronici en makers voor u voorbereid. De focus ligt op testen en meten.

- > Autonome zelfinductiemeter
- > CO<sub>2</sub>-meter met Sigfox
- > Ontwerp-tools voor analoge filtersilters
- > Intelligente stopcontacten: wat zit er in?
- > Simpele analoge ESR-meter
- > Aan de slag met uw oscilloscoop
- > MSF-SDR met Paspberry Pi Pico
- > AC-netfrequentiemeter

#### ...en nog veel meer!

Aankondigingen onder voorbehoud. Elektor juli/augustus 2022 verschijnt omstreeks 7 juli 2022.



# Eerste stappen met een **ESP32-C3** en het **IoT**

WiFi-knop en -relais



#### Mathias Claußen (Elektor)

Het IoT is geen gesloten boek met geheime recepten. Krachtige controllers zoals de nieuwe ESP32-C3 en beginnersvriendelijke ontwikkelomgevingen zoals de Arduino IDE maken het ontwikkelen van kleine projecten een fluitje van een cent.

Als we het hebben over het Internet of Things (IoT), zien we dat steeds meer dingen in ons dagelijks leven met het internet zijn verbonden. Het begint met verlichting, verwarming en sensoren in en om huis en gaat verder met auto's, verkeerslichten, scheepscontainers en nog veel meer. In elk van de *connected* dingen worden kleine netwerkcompatibele componenten geïnstalleerd, die de uitwisseling van informatie mogelijk maken.

De beste manier om te leren hoe u uw eigen applicaties kunt verbinden met het IoT is door in de praktijk aan de slag te gaan. In dit artikel maken we een koppeling tussen een WiFi-drukknop en een WiFi-relais; het relais kan dan op afstand worden geactiveerd door de drukknop en meldt zijn status terug aan de drukknop.

#### Keuze van de onderdelen

Zoals bij elk project moeten eerst de juiste componenten worden gekozen. De ESP-C3-12F-kit (**figuur 1**), verkrijgbaar in de Elektor Store, is hiervoor de ideale oplossing. Deze print is voorzien van een WiFi-enabled ESP32-C3 microcontroller van Espressif. De ESP32-C3 is een vervanger van de vertrouwde ESP8266. Naast een moderne CPU-kern heeft de chip een uitgebalanceerde mix aan periferie die zowel beginnersvriendelijk als krachtig is (zie onze bespreking van de ESP32-C3 [1]). Een blokschema van de geïntegreerde hardware is te zien in **figuur 2**. Naast de ESP32-C3 zijn ook een RGB-LED en een USB/serieel-converter op het board geïntegreerd. Voor ons project hebben we twee ESP-C3-12F kits nodig.



Figuur 1. De ESP32-C3-12F kit.



Figuur 2. Functieblokken van de ESP32-C3 (bron: ESP32-C3 datasheet).

Naast de ESP-C3-12F kits hebben we ook een sensor en een actuator nodig. Dat is waar de Elektor 37-in-1 sensor kit van pas komt, deze kit bevat 35 sensoren (de oorspronkelijke versie had er 37, maar twee daarvan bevatten kwik en zijn sindsdien uit veiligheidsoverwegingen weggelaten). Een overzicht van de sensoren van de kit (figuur 3) is te zien in figuur 4 en het informatieblad [2]. Eerst nemen we de Joystickmodule en gebruiken de drukknopfunctie om het systeem een invoermogelijkheid te geven. De relaismodule kan nu worden aangesloten op het andere microcontrollerboard en fungeert als de actuator van het systeem. Voor het aansluiten van de modules zijn een paar (female/ female) jumperkabels nodig. Deze maken deel uit van de Pimoroni "Mini Breadboards & Jumpers" kit (zie het kader Gerelateerde producten). We hebben ook een computer nodig, zoals een Raspberry Pi, die als lokale server voor de IoT-apparaten dient zodat deze hun data kunnen uitwisselen. Een originele Raspberry Pi versie 1 zou al volstaan, maar we raden ten minste een Raspberry Pi 2 aan voor deze toepassing. On-board WiFi was niet inbegrepen tot Raspberry Pi model 3B, dus om eerdere versies te kunnen gebruiken hebben we nog een eenvoudige WiFi-dongle of Ethernetkabel nodig zijn. Als u een kleine maar krachtige Raspberry Pi wilt kopen, kijk dan eens naar de Raspberry Pi

Zero 2 W bundel. Het hoeft echter niet per se een Raspberry Pi te zijn. Elke PC met een Linux-distributie zoals Ubuntu [3] zal ook voldoen. Voordat we aan het project beginnen, zullen we eerst bekijken hoe de besturing en uitwisseling van gegevens in deze opzet plaatsvindt.

#### **MQTT**

Elk IoT-apparaat, of het nu een sensor of actuator is, moet gegevens overdragen. Hiervoor kunnen we het ons moeilijk maken door ons eigen communicatieprotocol te ontwikkelen of we kunnen gebruik maken van gevestigde standaardprotocollen. Een inmiddels wijdverbreid systeem is MQTT. Oorspronkelijk was dat een acroniem voor "Message Queuing Telemetry Transport", maar naarmate het systeem zich verder ontwikkelde beschreef de naam de functie steeds minder accuraat. In 2013 werd officieel besloten dat MQTT een label zou worden [4].

Het MQTT-protocol zorgt voor de uitwisseling van berichten met behulp van een broker (server) zonder te specificeren hoe de berichten eruit zien. Je kunt dit vergelijken met het versturen van een brief: de logistiek en het formaat van de envelop worden gespecificeerd door de posterijen, maar het bericht in de envelop en de taal waarin het wordt



Figuur 3. De Elektor 37-in-1 sensor-kit.

Figuur 4. De kit bevat een heleboel sensoren en actuatoren.

	Auto Format	Ctrl+T
	Archive Sketch	
ESP32-C3_Te	Fix Encoding & Reload	
<pre>void setup()</pre>	Manage Libraries	Ctrl+Shift+I
// put your	Serial Monitor	Ctrl+Shift+M
}	Serial Plotter	Ctrl+Shift+L
<pre>void loop() {</pre>	WiFi101 / WiFiNINA Firmware Updater	
// put your	ESP32 Sketch Data Upload	
}	Board: "ESP32C3 Dev Module"	
	Upload Speed: "921600"	
	CPU Frequency: "160MHz (WiFi)"	
	Flash Frequency: "80MHz"	
	Flash Mode: "QIO"	
	Flash Size: "4MB (32Mb)"	
	Partition Scheme: "Default 4MB with spiffs (1.2MB APP/1.5MB SPIFFS)"	
	Core Debug Level: "None"	
	Port	
	Get Board Info	
Done Saving.	Programmer	
	Burn Bootloader	

Figuur 5. Configuratie van de ESP32-C3 in de Arduino IDE.

geschreven, is een zaak van de gebruiker.

Welke 'taal' moeten we kiezen om onze boodschappen te versturen? Ook hier zijn er weer verschillende opties. Een populaire keuze (niet alleen voor MQTT) is Java Script Object Notation (JSON).

#### **JSON**

JSON is een lichtgewicht formaat voor de overdracht van berichten dat gemakkelijk kan worden gegenereerd en geïnterpreteerd, zelfs door kleine microcontrollers. Bovendien is JSON-tekst niet alleen gemakkelijk te begrijpen voor mensen, maar ook gemakkelijk te schrijven. Een overzicht van de JSON-specificatie is te vinden op de JSON standaard-website [5]. JSON wordt niet alleen gebruikt in combinatie met MQTT, maar ook op vele andere gebieden. JavaScript, de programmeertaal waarvan JSON is afgeleid, is een van de kerntechnologieën waarop het World Wide Web heden ten dage is gebaseerd. Een goede inleiding tot JSON met praktische voorbeelden staat op de site van Mozilla [6].

#### Het opzetten van de IoT-omgeving: de MQTT Broker

Zoals altijd helpt een goede voorbereiding onverwachte verrassingen achteraf te voorkomen. Om MQTT-berichten te verwerken, hebben we een broker nodig – ofwel eentje op het Internet ofwel een die we lokaal op ons netwerk kunnen installeren. Een lokale broker betekent dat we niet afhankelijk zijn van cloud-services voor IoT-functionaliteit die voor onze doeleinden alleen zal worden gebruikt om berichten over te dragen tussen lokaal aangesloten apparaten. De broker kan bijvoorbeeld worden gebouwd met behulp van een 'gepensioneerde' PC of Raspberry Pi. Node-RED biedt ons een complete gereedschapskist voor het ontwikkelen van netwerk-applicaties die zich niet beperken tot het verwerken van MQTT-berichten. Node-RED [7] is bij Elektor al vaak gebruikt voor het verwerken van MQTT-gegevens en kan dankzij de gedetailleerde instructies snel op een Raspberry Pi [8] of een PC [9] worden geïnstalleerd.

#### **De Arduino IDE**

De Arduino IDE wordt hier gebruikt als ontwikkelomgeving. De editor van de IDE is niet de beste in zijn klasse, maar biedt momenteel wel de meest stabiele ondersteuning voor de ESP32-C3. De Arduino IDE [10] kan gratis van de Arduino-homepage worden gedownload en geïnstalleerd. Dan moet de ondersteuning voor de Arduino ESP32 (zoals beschreven in de Espressif-documentatie [11]) geïnstalleerd worden. De instellingen voor het board zijn aangegeven in **figuur 5**. Naast de Arduino ESP32-ondersteuning hebben we ook een paar bibliotheken nodig voor onze eerste stappen. Om in ons voorbeeld de ESP32-C3 in staat te stellen data via MQTT/JSON te versturen, moeten we *PubSubClient* van Nick O'Leary en de *ArduinoJson*-bibliotheken van Benoit Blanchon installeren. Dat kunnen we doen met behulp van de Arduino IDE Library Manager (**figuren 6** en **7**).

#### Bouw van de hardware

De twee op de ESP32-C3 gebaseerde modules worden aangesloten conform de schema's in **figuur 8** en **figuur 9**. Voor de joystick- en relaismodules zijn slechts drie draden nodig die op de betreffende

#### PubSubClient

by Nick O'Leary Version 2.8.0 INSTALLED

A client library for MQTT messaging. MQTT is a lightweight messaging protocol ideal for small devices. This library allows you to send and receive MQTT messages. It supports the latest MQTT 3.1.1 protocol and can be configured to use the older MQTT 3.1 if needed. It supports all Arduino Ethernet Client compatible hardware, including the Intel Galileo/Edison, ESP8266 and TI CC3000.

#### ArduinoJson

by Benoit Blanchon Version 6.18.3 INSTALLED

A simple and efficient JSON library for embedded C++. ArduinoJson supports  $\checkmark$  serialization,  $\checkmark$  deserialization,  $\checkmark$  messagePack,  $\checkmark$  fixed allocation,  $\checkmark$  zero-copy,  $\checkmark$  streams,  $\checkmark$  filtering, and more. It is the most popular Arduino library on GitHub  $\checkmark \lor \lor \lor \lor$ . Check out arduinojson.org for a comprehensive documentation. More info

Figuur 6. PubSubClient in de Arduino-bibliotheekmanager.

Figuur 7. ArduinoJson in de Arduino bibliotheekmanager.



Figuur 8. Schema van de ESP32-C3 plus joystick.



Figuur 9. Schema van de ESP32-C3 plus relais.

ESP32-C3 print worden aangesloten. Merk op dat de relaisprint wordt gevoed via de 5V-voedingspen. In **figuur 10** zijn alle modules en controllers met elkaar verbonden.

#### Software-setup

De broncode voor dit project is beschikbaar op GitHub [12]. De sketches voor de beide ESP32-C3 controllers kunnen van daar gedownload worden. U moet nog enige informatie over uw lokale netwerk in deze bestanden invoeren voor u ze kunt uploaden naar de ESP32's. Alles moet juist ingesteld worden zodat de twee controllers gegevens kunnen uitwisselen via de lokale MQTT-broker. Daartoe staan aan het begin van de twee Arduino-sketches enkele #define-statements:

## #define WIFI\_SSID "changeme" #define WIFI\_PASS "changeme" #define MQTT\_SERVER "test.mosquitto.org"

Deze drie #defines aan het begin van de Arduino sketch moeten worden aangepast aan uw eigen netwerk. De SSID en PASSWORD van uw netwerk moeten tussen de aanhalingstekens worden ingevuld. Het IP-adres van de Node-RED computer in het eigen netwerk wordt opgegeven voor de MQTT-server. Nadat beide sketches (voor het relais en voor de knop) zijn bewerkt kunnen ze worden in de betreffende ESP32-C3 worden geladen. Beide ESP32's kunnen dan worden ingeschakeld; de grote LED op elk board moet wit gaan knipperen. Dit geeft aan dat de ESP32-C3 verbinding probeert te maken met het WiFi-netwerk. De LED moet continu oplichten wanneer een print verbinding heeft gemaakt. De kleur van de LED hangt af van de functie van het board: het board waarop het relais is aangesloten zal wit oplichten. De print waarop de drukknop is aangesloten, zal rood (relais uit) of groen (relais aan) oplichten - afhankelijk van de status van het relais. We weten nu dat beide ESP32-C3's correct werken. Door op de knop te drukken verandert de status van het relais en verandert de kleur



Figuur 10. Alle hardware is aangesloten.





Figuur 11. Gegevensoverdracht naar de broker en terug.



Figuur 12. Terugkoppeling van het relais.

van de LED van rood naar groen of omgekeerd. De knop van de ene ESP32-C3 kan dus met succes het relais van de andere ESP32-C3 aansturen, en hij krijgt ook feedback over de status van het relais. Tijd om te vieren. Uw eerste IoT-toepassing draait! Maar hoe werkt de gegevensuitwisseling precies?

#### Naar het relais en weer terug

Laten we eerst eens kijken naar de weg die een druk op een knop naar het relais aflegt. **Figuur 11** laat zien hoe het bericht laag voor laag wordt ingepakt en dan via WiFi naar de broker wordt gestuurd. In de broncode wordt dit gedaan met client.publish(MQTT\_TOPIC\_OUT, (const uint8\_t\*)buffer, n, true);.

Waarom wordt deze functie publish genoemd en niet gewoon send? Dit heeft te maken met de manier waarop de gegevens later in MQTT worden gedistribueerd. Op een MQTT-broker worden berichten gedistribueerd op basis van een onderwerp; in dit geval, het onderwerp (MQTT\_TOPIC\_OUT) *"BUTTON"*. Bij de verbinding met de MQTT-broker kan de client (dus de ESP32-C3 met het relais) aangeven welk onderwerp van belang is (om zich dus op dit nieuwskanaal te 'abonneren'). Elke deelnemer die aan de MQTT-broker heeft meegedeeld dat hij geïnteresseerd is in een bepaald onderwerp, ontvangt de berichten die onder dit onderwerp zijn verzonden. De afzender hoeft zich daarentegen geen zorgen te maken over de distributie. Hij verzendt ('publiceert') alleen zijn berichten naar de broker.

De ESP32-C3 met het relais abonneert zich op het BUTTON-onderwerp in zijn code met client.subscribe(MQTT\_TOPIC\_IN); , waarbij MQTT\_TOPIC\_IN hier "BUTTON" is. Telkens wanneer een bericht wordt getriggerd door de knop, gaat het naar de MQTT-broker. Het wordt dan afgeleverd bij de ESP32-C3 met het relais, waardoor het relais wordt omgeschakeld.

Wanneer het relais van toestand verandert, stuurt zijn controller een bericht naar de MQTT-broker onder het topic "RELAIS", waarin de huidige toestand (aan of uit) is opgenomen. De ESP32-C3 met knop heeft zich op zijn beurt geabonneerd op het "RELAIS"-topic bij de MQTT-broker en ontvangt daardoor het bericht met de nieuwe status, zoals te zien is in **figuur 12**. Hierdoor verandert de kleur van de LED in rood of groen.

Het mooie van deze structuur is dat ook een tweede knop en controller in het netwerk kunnen worden geïntegreerd om – net als de eerste knop – berichten onder het thema "BUTTON" te verzenden. De ESP32-C3 met het relais zal dan reageren op de stuurgegevens van een van beide knoppen en de juiste schakelhandeling uitvoeren. Als u geïnteresseerd bent in verdere experimenten met MQTT, kijk dan eens naar andere projecten van Elektor die MQTT gebruiken om gegevens te versturen. Voorbeelden zijn het weerstation [13] en de monster-LEDklok met een externe temperatuursensor [14]. Voor meer info over MQTT en hoe u het kunt gebruiken om gegevens naar bijvoorbeeld cloud-platforms te sturen, kunt u de artikelreeks "Mijn pad naar het IoT" [15] lezen.

#### Een ideaal platform voor het IoT

IoT hoeft niet ingewikkeld te zijn. Zoals we hier hebben laten zien, is de technologie behoorlijk volwassen, en kunt u IoT-apparaten snel ontwikkelen met eenvoudige tools en de juiste componenten. Toepassingen kunnen natuurlijk complexer zijn dan een simpele drukknop plus relais. Van het regelen van de verwarming in huis tot de voordeurbel – er zijn tal van praktische toepassingen die baat kunnen hebben bij IoT-connectiviteit. De ESP32-C3 is een krachtig en goedkoop board dat een ideaal platform is om uw eigen ideeën te ontwikkelen!

#### Een bijdrage van

Idee en tekst: Mathias Claußen Redactie: Jens Nickel Vertaling: Eric Bogers Layout: Giel Dols

#### Vragen of opmerkingen?

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

#### GERELATEERDE PRODUCTEN

- > ESP-C3-12F-Kit Development Board with 4 MB Flash (SKU 19855) www.elektor.nl/19855
- > Elektor 37-in-1 Sensor Kit (SKU 16843) www.elektor.nl/16843
- > Raspberry Pi Zero 2 W Bundle (SKU 19952) www.elektor.nl/19952
- > Pimoroni Maker Essentials Mini Breadboards & Jumper Jerky (SKU 18430) www.elektor.nl/18430



#### WEBLINKS

- [1] M. Claußen, "Aan de slag met de ESP32-C3 RISC-V MCU", Elektor januari/februari 2022: www.elektormagazine.nl/210466-03
- [2] Documentatie Elektor 37-in-1 Sensor Kit: www.elektor.com/amfile/file/download/file/1170/product/6171/
- [3] Ubuntu Linux-distributie: https://ubuntu.com/
- [4] OASIS MQTT TC Minutes van 25.04.2013:
- www.oasis-open.org/committees/download.php/49028/OASIS\_MQTT\_TC\_minutes\_25042013.pdf
- [5] JSON.org: www.json.org/json-de.html
- [6] Mozilla Web Docs: Working with JSON: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/Objects/JSON
- [7] Node-RED: https://nodered.org/
- [8] Node-RED installatie op de Raspberry Pi: https://nodered.org/docs/getting-started/raspberrypi
- [9] Node-RED installatie op een PC: https://nodered.org/docs/getting-started/local
- [10] Arduino IDE-download: www.arduino.cc/en/software
- [11] Espressif Arduino-ESP32 installatie-instructies: https://docs.espressif.com/projects/arduino-esp32/en/latest/installing.html
- [12] Elektor GitHub-repository: https://github.com/ElektorLabs/220017-ESP32-C3-and-IoT\_First-steps
- [13] R. Aarts, "ESP32-Weerstation", Elektor januari/februari 2019: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-72/42284
- [14] M. Claußen, "Gigantische LED-klok met WLAN en temperatuurweergave", Elektor mei/juni 2019: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-98/42624
- [15] J. Nickel, "Mijn pad naar het IoT", Elektormagazine.nl: www.elektormagazine.nl/news/mijn-pad-naar-het-iot-1-de-cloud

## loT Cloud à la Arduino



#### Tam Hanna (Slowakije)

De Arduino IoT Cloud biedt ontwikkelaars van IoT-toepassingen een eenvoudige oplossing voor het implementeren van een cloud back-end zonder met MQTT te hoeven stoeien. Nieuwsgierig? Lees dan verder!

Veel microcontrollertoepassingen hebben tegenwoordig Internet of Things-functionaliteit (IoT), waarmee informatie wordt gedeeld via IoT-cloudservices en een MQTT-broker. Het maken van zo'n toepassing met een lokale ontwikkelomgeving zoals de traditionele Arduino-IDE kan een lastige klus zijn. Bij de Arduino Cloud bevindt de IDE zich in de cloud, dus uw browser wordt een venster op de IDE. We hebben het uitgeprobeerd door de waarde van een variabele naar de cloud te sturen en daarmee een LED te doen oplichten. Daarna hebben we geprobeerd de werking te verstoren. De basis van alle IoT-apparaten is natuurlijk een Thing. In de Arduino IoT Cloud-ontwikkelomgeving is een Thing een virtueel object in de cloud. In de echte wereld is het een object zoals een server, een controllerkaart of een soortgelijk 'intelligent' apparaat [1]. Uw Thing wordt in de cloud opgebouwd door met een online-editor een sketch te schrijven die bepaalt hoe het zich moet gedragen aan de hand van een aantal Variables.

#### Voor wie is de Arduino IoT Cloud bedoeld?

Het is belangrijk om vooraf te vermelden dat de Arduino IoT Cloud geen alternatief is voor andere cloud computing-platforms, zoals Amazone AWS IoT Core, Microsoft IoT Hub of Yandex IoT Core. Als u veel apparaten en data wilt beheren, zijn die gevestigde services de beste oplossing.

Bij de introductie van de nieuwste versie van de Arduino IoT Cloud omschreef Massimo Banzi, CTO bij Arduino, zijn ambities voor het platform als volgt: "Arduino biedt nu een compleet platform met de MKR-familie; een gestroomlijnde manier om lokale IoT-knooppunten en -randapparaten te creëren. Deze gebruiken diverse verbindingsmogelijkheden en zijn compatibel met hardware, gateways en cloud-systemen van derden. Met de Arduino IoT Cloud kunnen gebruikers niet alleen Arduino-hardware maar ook de meeste Linux-apparaten beheren, configureren en verbinden; een echte democratisering van de IoT-ontwikkeling."

De ondersteuning van de Arduino MKR-boards voor het IoT en van enkele populaire boards van derden is een nuttige toevoeging en kan voor veel IoT-ontwikkelaars aanleiding zijn om dit toegankelijke ontwikkelplatform nog eens te bekijken.

#### Opzetten van de hardware

Alleen de meest basale van de vier beschikbare versies van het Arduino Cloud-platform kan gratis worden gebruikt. De verschillende abonnementen en hun mogelijkheden zijn weergegeven in **figuur 1**. De ondersteuning van de Arduino Cloud voor kaarten van derden, zoals de populaire ESP8266- en ESP32-familie, en de lijst van compatibele platforms [2] zijn interessant voor de hele maker-community (**tabel 1**). Met behulp van driver-bibliotheken kunnen ook verschillende Linux-systemen informatie wegschrijven naar en ophalen uit de Arduino-cloud.

We gebruiken hier een Arduino Nano RP2040 Connect-module als



Figuur 1. Welk plan past het best bij u? (Stand: 20 januari2022.)

doelsysteem om de Arduino Cloud uit te proberen. Deze kaart is opgebouwd rond de RP2040-microcontroller van de Raspberry Pi Foundation en bevat een u-blox WiFi-module. Voordat we de Arduino Cloud gaan configureren, sluiten we de kaart via een USB-kabel aan op een computer.

We moeten nu eerst naar de website [3] om een nieuw Arduino-account aan te maken. We beperken ons even tot het gratis basisplan, dat bedoeld is voor nieuwkomers. Dan klikken we op de knop Create Thing om een nieuw 'ding' aan te maken.

Het overzicht in **figuur 2** toont de configuratie van de drie basiscomponenten van de ontwikkelomgeving. Ik heb een eerder Arduino-account gewist, zodat ik met een schone lei kon beginnen. De volgende stappen zijn uitgevoerd op een computer met Windows 10, maar het proces is hetzelfde op een Ubuntu Linux-systeem. De hardwaredetectie werkt meestal beter onder Unix.

Nu kunnen we op de snelkoppeling onder Device klikken; dan kiezen we voor Set Up an Arduino Device. Een paar seconden later geeft het back-end aan dat een component met de naam Arduino Create Agent ontbreekt. Klik op de knop Download om de software te downloaden en installeer die op de normale manier.

Let op: Create Agent is browser-specifiek: als u installeert met Chrome, moet u opnieuw installeren. Als er firewall-waarschuwingen verschijnen, moet u die bevestigen. Sta zowel toegang voor privé- als openbare netwerken toe. Nu verschijnt de Arduino Create Agent in de taakbalk. Soms moet die eerst worden opgeroepen vanuit het startmenu, maar in elk geval is de driver-installatie nu afgerond.

We verversen nu de weergave in de browser tot de Arduino Cloud meldt dat onze Nano RP2040 Connect-kaart is herkend. Klik nu op

#### Tabel 1. De Arduino Cloud ondersteunt deze boards.

#### WLAN

- > MKR 1000 WiFi
- > MKR WiFi 1010
- > Nano RP2040 Connect
- > Nano 33 IoT
- > Portenta H7

#### LoRaWAN

- > MKR WAN 1300
- > MKR WAN 1310

#### **GSM/NB-IoT**

- > MKR GSM 1400
- > MKR NB 1500

#### ESP32/ESP8266

> een groot aantal boards van derden









de knop *Configure* om de configuratie-wizard te starten. Die vraagt u om een 'gebruikersvriendelijke' naam in te stellen en initialiseert dan het doelsysteem met de basis-communicatiesoftware.

Onder Windows kunnen er netwerkproblemen optreden. Onder Linux werkt alles een stuk betrouwbaarder. Soms wordt het *Network*-gedeelte niet automatisch ingeschakeld door de Arduino Cloud. Het is alleen beschikbaar als u één van de variabelen voor datacommunicatie aanmaakt.

Klik nu op Variables om het dialoogvenster voor het toevoegen van een variabele te openen. We geven hem de naam ledIntenBool en het datatype Boolean. U zult zien dat de Arduino Cloud niet alleen de bekende C-datatypen ondersteunt, maar ook 'wrappers' bevat voor allerlei grootheden uit de echte wereld.

Als u zich wilt beperken tot C-typen, kunt u het beste de optie Basic Types aanvinken. Het is in theorie mogelijk om dan instellingen onder Variable Permission en Variable Update Policy aan te passen, maar de standaardinstellingen zijn goed genoeg voor ons doel, daarom sluiten we het dialoogvenster. Vervolgens maken we een veld van het type Integer Number, dat we de naam ledIntenInt geven.

#### De code

Na het aanmaken van de variabelen zien we rode stippen in de tab Sketch, en dat wijst op een verandering in de programmastructuur. We kunnen nu het Network-gedeelte op de snelkoppeling voor de WiFi-instellingen klikken. Ik vind het het prettigste om een commandoregel-tool zoals *iwlist* te gebruiken op een Linux-machine en de gegevens naar het klembord te kopiëren.

Daarna gaan we naar de tab *Sketch* en klikken we op de knop *Verify* and *Upload*. De Arduino Cloud gaat de code dan compileren en stuurt die naar de aangesloten RP2040 met behulp van de Arduino *Cloud Agent*. Als de gecompileerde code successvol is afgeleverd, verschijnt de melding "Untitled\_dec25a uploaded successfully on board Arduino Nano RP2040 Connect (/dev/ttyACMo)".

Na de verplichte reset begint de RP2040 naar huis te bellen via de WiFi-interface. Na een poosje en nadat we diverse malen op F5 hebben gedrukt, zien we de melding *"Status: online"* zoals in **figuur 3**.

Als u hebt gekozen voor één van de uitgebreide Arduino Cloud-accounts, kunt u rechtstreeks software-updates ontvangen via WiFi; voor onze eenvoudige experimenten met een gratis account is een bedrade verbinding nodig.

#### In detail

De eenvoudige editor in de tab Sketch biedt weinig mogelijkheden, maar via de knop *Open full editor* krijgen we een complete cloud-gebaseerde IDE waarmee we gemakkelijk kleine projecten kunnen bewerken. Laten we eerst eens naar de inhoud van het bestand *thingProperties.h* kijken. Dit bevat de definities voor onze sketch. Om te beginnen zien we daar de volgende declaraties voor het WiFi-netwerk:

const char SSID[] = SECRET\_SSID; // Network SSID (name)
const char PASS[] = SECRET\_PASS; // Network password
// (use for WPA, or use as key for WEP)

De Arduino Cloud zorgt voor de invulling van de naam en het wachtwoord, die we eerder onder Network hebben ingevoerd. Dan worden twee variabelen gedeclareerd met de namen die we hebben opgegeven onder *Variables* 

int ledIntenInt; bool ledIntenBool;

De Arduino Cloud implementeert de variabelen 'in zijn "back-end' als standaard C-variabelen met wat extra eigenschappen. Deze eigenschappen zijn te vinden in de methode initProperties, die zorgt voor het opzetten van de primitieven en structuren die nodig zijn voor de communicatie met de cloud:

```
void initProperties() {
ArduinoCloud.setThingId(THING_ID);
ArduinoCloud.addProperty(ledIntenInt, READWRITE,
ON_CHANGE, onLedIntenIntChange);
ArduinoCloud.addProperty(ledIntenBool, READWRITE,
ON_CHANGE, onLedIntenBoolChange);
```

Hier valt op dat de methode addProperty het 'registeren' van de attributen voor zijn rekening neemt. Hier worden pointers naar de

functies onLedIntenIntChange en onLedIntenBoolChange doorgegeven, die straks een belangrijke rol zullen spelen.

De besturingsfunctie van de applicatie wordt beschreven in de sketch, die begint met het opnemen van de header (hier niet getoond). Dan volgt de initialisatie van de sketch, en dat ziet er als volgt uit:

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(1500);
```

```
initProperties();
```

```
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
setDebugMessageLevel(2);
ArduinoCloud.printDebugInfo();
}
```

Voor de Arduino-programmeeromgeving is de Arduino Cloud een gewone hardware-driver. Het globale object ArduinoCloud bevat een aantal functies die uw code gebruikt voor de communicatie met de driver in de cloud. Let op de aanroep van setDebugMessageLevel. Daarmee wordt de 'spraakzaamheid' van de driver ingesteld: hoe hoger de waarde, des te meer debuginformatie de clouddriver weergeeft via de seriële poort van het board.

Bij 'ingewikkelde' drivers is het altijd de vraag hoe het rekenvermogen verdeeld wordt. Het projectgeraamte dat de Arduino Cloud voor ons heeft gemaakt, regelt dat in de methode loop(), die het rekenvermogen als volgt toewijst:

```
void loop() {
  ArduinoCloud.update();
}
```

De Arduino Cloud geeft ons standaard de volgende drie listener-methodes:

```
void onTestScheduleChange() {
}
void onLedIntenBoolChange() {
}
void onLedIntenIntChange() {
}
```

onLedIntenBoolChange en onLedIntenIntChange zijn verantwoordelijk voor de variabelen in de cloud, terwijl onTestScheduleChange helpt bij het implementeren van 'interne' functies van de Arduino Cloud.

Bij de volgende stap regelen we dat door gebruik te maken van de ingebouwde 'intelligente' mogelijkheden van de Cloud. Het Arduino-board dat we hier gebruiken, is standaard voorzien van een (rode) LED aan pen 13 en een RGB-LED (kanalen LEDR, LEDG en LEDB), die via drie PWM-signalen in alle kleuren kan worden aangestuurd. We gaan nu terug naar de functie setup() en initialiseren de nodige pinnen:

```
void setup() {
...
ArduinoCloud.printDebugInfo();
pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
pinMode(LEDB, OUTPUT);
}
```

Veranderingen in de Cloud activeren de Listener, die de binnenkomende waarden naar de hardware schrijft:

```
void onLedIntenBoolChange() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, ledIntenBool);
}
void onLedIntenIntChange() {
  analogWrite(LEDB, ledIntenInt);
}
```

U kunt nu de sketch opnieuw naar de kaart sturen. De RGB-LED heeft een gemeenschappelijke anode, dus de individuele kleuren worden aangestuurd door een o naar de desbetreffende LED te schrijven. De variabelen worden geïnitialiseerd zoals weergegeven in **figuur 4**, zodat de blauwe diode van de RGB-LED oplicht na succesvolle initialisatie.

#### De inhoud van de variabelen veranderen

We gaan nu terug naar de Arduino Cloud en klikken op de tab Dashboards. Als u een nieuw account hebt, wordt u nu gevraagd om een eerste dashboard aan te maken. Klik op de knop Build Dashboard om de editor te starten. Dat kan even duren, zelfs als u een snelle Internetverbinding hebt.

Om elementen aan te passen en toe te voegen aan het dashboard klikt u op het edit-pictogram (potlood) links bovenaan het venster

Vari	ables		ADD
Name	¥	Last Value	Last Update
	<pre>ledIntenBool bool ledIntenBool;</pre>	false	26 Dec 2021 16:53:40
	<pre>ledIntenInt int ledIntenInt;</pre>	0	26 Dec 2021 16:53:40





Figuur 5. Schakel het dashboard naar edit-modus door linksboven op het potlood-pictogram te klikken.





Add variable	×
Name TamsSchedule	
Sync with other Things 🕕	
Schedule eg. Every MON at 8:00 AM	
Declaration CloudSchedule tamsSchedule;	
Variable Permission 👔	
Variable Update Policy	
On change     Periodically	
ADD VARIABLE CANCEL	
- Figuur 7. De Cloud Scheduler is gewoon een datatype a	als alle andere.

(**figuur 5**). Als u eenmaal in de edit-modus bent, verschijnt de blauwe *ADD*-knop. Klik erop om te zien welke widgets er beschikbaar zijn. We kiezen eerst een *Switch*-widget, dat verschijnt zoals in **figuur 6**.

Rechts op het scherm ziet u nu het veld Linked Variable met een link-knop. Klik die aan voor een lijst van alle Things en Variables in uw account. Hier kiezen we de variabele ledIntenBool en die linken met de knop Link Variable. De toestand van ledIntenBool wordt nu bestuurd door de toestand van de Switch. Klik op DONE om de edit-mode te sluiten. De switch is nu deel van het dashboard. We kunnen nu op het oog-pictogram klikken om de schakelaar te activeren. De schakelaar op het dashboard bestuurt nu de rode LED naast de microUSB-connector.

Nu willen we ook de helderheid van de blauwe LED regelen. Zet het dashboard weer in de edit-modus en voeg een nieuw besturingselement toe met *Add* -> *Widgets*. Dit keer gebruiken we een *Slider*. We stellen de *Value Range* in op 0 - 255. De link wordt gemaakt met de variabele **ledIntenInt**, die staat voor de helderheid van de RGB-LED. Tenslotte schakelen we naar de activeringsmodus en zien dat de stand van de schuifregelaar nu de helderheid van de blauwe LED bepaalt.

#### Gebruik van de Scheduler

Op het moment van schrijven is er een nieuwe functie voor het uitvoeren van ingeroosterde taken of web cron-jobs: deze maakt gebruik van een variabele met de naam *CloudSchedule*, die u kunt configureren om op bepaalde tijdstippen en gedurende een bepaalde periode true of false te zijn. U hoeft geen timer-functie te gebruiken want deze variabele wordt door de Arduino IoT Cloud automatisch geset of gereset, afhankelijk van uw instelling. Nu kunnen taken worden getriggerd door de waarde van deze variabele te controleren. Om dat te demonstreren, maken we een nieuwe variabele van het type *Schedule*. **Figuur 7** toont hoe dat er uitziet. We kunnen dit nieuwe type nu ook zien in de code:

#### CloudSchedule tamsSchedule;

De tijdparameters voor deze variabele worden geconfigureerd via het dashboard. In **figuur 8** ziet u de besturingselementen waarmee u dat kunt doen.

Nu kunnen we de 'lokale' verwerking van de waarden in tamsSchedule gaan programmeren:

```
void setup() {
```

. . .

}

```
pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
pinMode(LEDB, OUTPUT);
pinMode(LEDR, OUTPUT);
```

void loop() {
 ArduinoCloud.update();
 // Your code here

Slider	Scheduler	
	Job Scheduler	×
Set Job		
Starting on:	01 / 12 / 2021	≝
	00:00:00 America/New	N
Duration:	00  CO HOURS MINUTES SECO	▼ NDS
Repeat every:	Minute	•
End recurrence:	Never	
	On	
	hh : mm : ss America/New	V
	DON	IE

Figuur 8. De Scheduler wordt met het Dashboard geconfigureerd.

```
if(tamsSchedule.isActive()){
 digitalWrite(LEDR, HIGH);
}
else{
 digitalWrite(LEDR, LOW);
}
}
```

De ontwikkelaar moet dus helemaal zelf zorgen voor de verwerking van de informatie in tamsSchedule. De Cloud doet niets anders dan de waarde in tamsSchedule periodiek actualiseren. De continue polling-procedure die we hier in loop() toepassen, is vast niet de optimale manier maar het werkt prima. We kunnen het programma nu naar de Arduino sturen en dan kunt u het periodiek rood oplichten van de RGB-LED bekijken.

Toen ik zo ver gekomen was, kon ik het niet laten om uit te proberen wat er zou gebeuren als de internetverbinding wegvalt. Ik zette mijn WiFi uit en de Arduino begon ongecontroleerd het blauwe element van de RGB-LED en ook de LED op pen 13 aan te sturen. Na een paar seconden startte hij helemaal opnieuw op.

Op het moment dat dit artikel naar de drukker ging, was het me nog niet helemaal duidelijk hoe de Arduino Cloud zich herstelt na het wegvallen van de radioverbinding tussen het eindapparaat en de server.

#### Een handige mogelijkheid

Het is duidelijk dat er nog gewerkt wordt aan de Arduino IoT Cloud. Hij wordt constant verder ontwikkeld en verbeterd. Het platform biedt heel fraaie mogelijkheden en geeft de ontwikkelaar van IoT-toepassingen een laagdrempelige mogelijkheid voor het implementeren van een cloudserver zonder met MQTT en dergelijke te hoeven worstelen. Ondanks wat kleine probleempjes kan ik dit product van harte aanbevelen! 🖊

210550-03

#### Een bijdrage van

Idee, illustraties en tekst: Tam Hanna Redactie: Rolf Gerstendorf Vertaling: Evelien Snel Layout: Harmen Heida

#### Vragen of opmerkingen?

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

#### WEBLINKS

- [1] Digital twin: https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\_twin
- [2] De Arduino Cloud ondersteunt deze boards:
  - https://bit.ly/3t8VI3W
- [3] Arduino Things: https://create.arduino.cc/iot/things



- > Arduino MKR WiFi 1010 (SKU 19935) www.elektor.nl/19935
- > Arduino Nano RP2040 connect (SKU 19754) www.elektor.nl/19754
- > Arduino Nano 33 IoT (SKU 19937) www.elektor.nl/19937



## Arduino-shield **met** dubbele Geiger-Müller buis

uiterst gevoelige en zeer zuinige stralingssensor



#### Gabriele Gorla (Italië/USA)

Met twee buizen voor meer gevoeligheid kan dit Geiger-Müller shield uw Arduino Uno veranderen in een instrument voor het meten en registreren van radioactieve straling. Het kan zelfs gecombineerd worden met een Dragino-shield voor LoRa-connectiviteit. Verzamel stralingsgegevens "in het veld" – en heb die waar ook ter wereld onder handbereik!

Zoals veel andere hobbyisten ben ik gefascineerd door radioactiviteit en de sensoren om die te detecteren. Geiger-Müller buizen [1] vormen een bekende en relatief goedkope manier om straling te meten. Mijn "GRAD"-project is een complete oplossing voor het meten van straling – in de vormfactor van een een Arduino-shield. De belangrijkste kenmerken zijn de ondersteuning van twee buizen om de gevoeligheid te vergroten en een zeer gering stroomverbruik.

#### Wat zijn Geiger-Müller tellers?

Elke Geiger-Müller teller bestaat uit vier essentiële functiegroepen.

- > Geiger-Müller-buis. De buis heeft twee aansluitingen en is gevuld met een gasmengsel onder lage druk. Met de juiste voorspanning zal het gas ioniseren en kortstondig elektriciteit geleiden telkens wanneer het door straling wordt geraakt. Afhankelijk van het type buis is het mogelijk alfa-, bèta- en gammadeeltjes te detecteren. De SBM-20 die in de GRAD wordt gebruikt, is gevoelig voor gammastraling en hoogenergetische bètastraling.
- Hoogspanningsvoeding. De buis werkt in het zogenaamde Geiger-plateau. Dat is een gebied waar de pulstelling vrijwel

onafhankelijk is van de voorspanning. Voor gewone buizen ligt die voorspanning tussen 400 V en 500 V. Het optimum voor de SBM-20 ligt rond de 400 V.

- > Pulsdetector. De pulsen die de buis levert, zijn zeer kort en hebben een variabele spanning. De pulsdetector conditioneert deze pulsen, zodat ze gemakkelijk door de volgende trap kunnen worden geteld.
- > Pulsteller. De pulsen worden geteld gedurende een vast tijdsinterval om een CPS-waarde (counts per second) of CPM-waarde (counts per minute) te berekenen. Dit kan ruwweg worden omgezet in een stralingsdosis met behulp van de parameters op het gegevensblad van de buis. We gebruiken hier een Arduino-board voor het tellen van de pulsen en de visualisatie en/of het loggen daarvan.

#### Voeding

Het web telt veel schakelingen voor de voeding van Geiger-Müller buizen. Veel daarvan zijn boost-converters rond een 555-timer, sommige open-loop, sommige met feedback. De open loop-versies komen niet in aanmerking omdat elk exemplaar apart afgeregeld moet worden en ze geen stabiele spanning leveren wanneer veel pulsen worden gedetecteerd. Closed loop-ontwerpen zijn beter geschikt omdat zij de gewenste stabiliteit bieden. Om het totale stroomverbruik laag te houden, moet echter speciale



Figuur 1. Schema van het GRAD03-project [3].

aandacht worden besteed aan de terugkoppeling (12  $\mu A$  bij 400 V is ca. 5 mW).

Om het vermogensverlies van hoogspannings-terugkoppeling te vermijden, maken de elegantste oplossingen gebruik van een niet-geïsoleerde step-up transformator zoals de Analog Devices LT3420. Deze detecteert de spanning aan de primaire zijde.

We hebben een eenvoudige schakelende boost-converter geïmplementeerd met een zeer geringe stroomterugkoppeling. Ons ontwerp – te zien in **figuur 1** – leunt zwaar op de Theremino Geiger-adapters [2]. We hebben de SMD, DIY en "Flintstones"-versies gecombineerd tot een ontwerp met zenerdiode-terugkoppeling. De Schmitt-trigger inverter U1C vormt samen met R4 en C5 een oscillator die de pulsen genereert om schakeltransistor Q2 aan te sturen. U1A, U1B en U1D zijn parallel geschakeld om de basisstroom voor Q2 op te voeren.

De terugkoppeling is geïmplementeerd met een reeks zenerdiodes met zeer geringe lekstroom (D2...D5). Wanneer de uitgangsspanning hoger wordt dan de totale zenerspanning, schakelt Q1 door en stopt de oscillator. Als de uitgangsspanning weer daalt, schakelt Q1 uit en wordt de oscillator vrijgegeven. R1 en C3 reduceren de uitgangsrimpel verder. Extra serieweerstanden voeden elke buis afzonderlijk (R2 en R3 voor GM1, R13 en R14 voor GM2).



Figuur 2. De buis wordt door straling getroffen (boven); onder is daar een nette puls van gemaakt.

#### Tellen

De pulsen worden opgepikt aan de hoogspanningszijde van de buis via condensatoren (C6 en C7) die de gelijkspanning blokkeren. De puls wordt gevormd door de resterende Schmitt-trigger inverters (zie ook **figuur 2**).

J1...J4 zijn de standaard Arduino-connectoren, maar GRAD gebruikt slechts een paar pinnen. Er is gekozen voor digitale ingangen D2 en D3 omdat dit interruptpinnen op de Arduino Uno zijn. Hierdoor kan de Arduino op de achtergrond pulsen tellen terwijl hij zich met andere zaken bezighoudt.

De digitale uitgangen D8 en D9 van Arduino zijn verbonden met een paar LED's om zichtbaar te maken wanneer ioniserende straling de betreffende buis raakt. Pen D4 is verbonden met piëzo-luidspreker SPK1 om hoorbare terugkoppeling te geven.

Tenslotte is digitale uitgang D5 verbonden met een laagdoorlaatfilter (R20, R21 en C20) om een eenvoudige analoge paneelmeter van 10 mA aan te sluiten (J9).

#### Printontwerp

Het schema en de print (**figuur 3**) zijn ontworpen in KiCad. De ontwerpbestanden kunnen worden gedownload van de Elektor Labs-pagina [3] onder Project Elements. Daar zijn ook de Gerber- en boorbestanden van de print te vinden. Hiermee kunt u een print bestellen bij de leverancier van uw voorkeur. Tenslotte treft u daar ook een Excel-sheet aan met een zeer gedetailleerde onderdelenlijst, waarin met name de kritische componenten (hoogspanning!) zijn gedocumenteerd die u voor dit project nodig hebt, inclusief gegevens over de fabrikant, het typenummer en zelfs de bestelcode.

In **figuur 4** is de geassembleerde print te zien met geïnstalleerde SBM-20 buizen. Merk op dat de componentenpaartjes SPK1/SPK2, C3/C16 en C2/C15 slechts alternatieve montagemogelijkheden op de

#### 

#### **ONDERDELENLIJST**

#### Weerstanden:

R1,R2,R11,R14,R16 = 330 k R3,R9,R13,R15 = 5M6 R4,R8 = 2M2 R5 = 10 M R6 = 1 k R7,R12,R18,R20,R21 = 470  $\Omega$ 

#### Condensatoren:

C1,C20 = 220  $\mu/6,3$  V C2,C3 = 4700 p/1000 V C4 = 10 n/6,3 V C5 = 100 p/50 V C6,C7 = 100 p/1000 V C12 = 100 n/50 V C14 = 1  $\mu/6,3$  V C15,C16 = 4700 p/1000 V C18,C19 = 22 p/50 V

#### Spoelen:

L1 = 4mH7



Figuur 3. De print-layout.

#### Halfgeleiders:

D1 = diode 1 A/800 V D2,D3,D4,D5 = zenerdiode 100 V/1,5 W D6,D7 = LED rood, 3 mm (op de print aangegeven als T1 en T2) Q1 = 2N3904 Q2 = MJ13003

#### U1 = 74HC14

#### Diversen:

GM1,GM2 = Geiger-Müller-buis, bijv. SBM-20 J1,J2,J3,J4 = set shield-connectoren voor Arduino Uno SPK1 = AC-piëzozoemer, bijv. AC-1205G-N1LF print voorstellen; dus alleen SPK1 of SPK2 wordt geïnstalleerd. Hetzelfde geldt voor C3 of C16, en C2 of C15. J5 en J6 op de print zijn twee extra footprints voor de negatieve aansluitingen van kortere Geiger-buizen.

#### Verschillende buizen

De print is ontworpen voor de 105-mm Sovjet SBM-20, STS-5 en de Chinese J305 of de 90-mm J305 en M4011. Elke andere 400V-buis zal ook werken als de montage wordt aangepast. Daarbij is het van belang de positieve draad zo kort mogelijk te houden om parasitaire capaciteiten tot een minimum te beperken. Voor buizen die andere spanningen vereisen, moet(en) de zener-diode(s) worden vervangen om de juiste spanning te verkrijgen. Elke diode met een lekstroom van 0,5 µA of minder zou moeten werken.

#### **Prestaties**

De voeding trekt 325  $\mu$ W (65  $\mu$ A) bij 5 V. Bij batterijvoeding kan de print ook worden gevoed met 3,3 V. Bij deze lagere spanning daalt het stroomverbruik tot 150  $\mu$ W (45  $\mu$ A).

#### Arduino-voorbeeldcode

Een eenvoudige Arduino-sketch om de teller aan te sturen staat voor u klaar in de Project Elementssectie van de Elektor Labs-pagina. Elke 60 seconden zal de software via de seriële poort uitvoeren: een reeks door komma's gescheiden waarden (CSV) met een volgnummer, een ruwe telling voor elke buis, een voortschrijdend gemiddelde van cnt1 +

cnt2 en een stralingsdosis in µSv/h op basis van de gemiddelde telling. Het volgende datafragment toont het begin van een meting van achtergrondstraling in Santa Clara (Californië) met GRAD en twee SBM-20-buizen.

Seq	,	cnt1	,	cnt2	,	avg10	,	µSv/h
1	,	14	,	19	,	33.0	,	0.075
2	,	10	,	17	,	32.3	,	0.073
3	,	16	,	12	,	31.8	,	0.072
4	,	16	,	24	,	32.5	,	0.074
5	,	13	,	11	,	31.6	,	0.072

De grafiek in **figuur 5** toont de volledige meting over een langere periode. Aan het begin zijn er een paar *defines* die kunnen worden aangepast aan de configuratie van de kaart en/of de voorkeuren van de gebruiker. De eerste set configureert de Geiger-Müller buis-parameters en de grootte van het bewegende venster voor de rapportage. De CPM2USV-parameter is het aantal getelde pulsen per minuut voor 1 µSv/h voor uw specifieke buis. Helaas is er geen 'juiste' waarde voor



Figuur 5. Achtergrondstraling in Santa Clara (Californië).

deze parameter gepubliceerd. Voor de SBM-20 gebruiken liefhebbers op het web waarden die variëren van 130 tot 220 (omrekeningsfactor van 0,0075 tot 0,0045).

De parameter TUBES bepaalt, zoals de naam al zegt, het aantal geïnstalleerde buizen. Geldige waarden zijn 1 en 2. WSIZE tenslotte definieert de voortschrijdend-gemiddelde-venstergrootte voor de tellingen. De standaardwaarde van 10 definieert een venster van 10 minuten. De tweede reeks parameters bepaalt hoe de optionele hardwarefuncties worden aangesloten:

<pre>#define CPM2USV 220</pre>	// tube CPM to $\mu$ Sv/h conversion
	// factor
#define TUBES 2	<pre>// number of tubes installed</pre>
#define WSIZE 10	<pre>// moving average window (in</pre>
	// minutes)

De drie ... PIN defines selecteren de Arduino-pin waarop de LED of de luidspreker worden aangesloten. LED\_BLINK\_MS definieert de tijd dat de LED blijft branden voor elke puls die de buis detecteert.





Figuur 6. Het GRAD03-board, de Arduino Uno en het Dragino LoRa-shield zijn hier gecombineerd.

#### **Met LoRaWAN-netwerk**

De basis-sketch vereist dat het apparaat via USB aan een computer wordt gekoppeld. Vaak is het wenselijk de sensor ver van de computer op te stellen, waar een USB-aansluiting onmogelijk is.

Een Dragino LoRa-shield kan worden gebruikt om LoRa-connectiviteit mogelijk te maken. Helaas gebruikt het Dragino-shield ook Arduinopin D2, en dus zijn er twee opties – een met één buis en een met twee buizen.

Optie met één buis: in dit geval kan alleen buis GM2 worden gebruikt en moet pen 10 van Schmitt-trigger U1 worden losgekoppeld om interferentie met de LoRa-communicatie te voorkomen. De foto's van **figuur 6** tonen de volledige stack met een enkele Sovjet SBM-19.

Optie met twee buizen: nu moeten zowel het Dragino-shield als het

GRAD-board worden aangepast. Bij het Dragino-shield moeten R5 en J\_DIO0 worden verwijderd. Een draad moet worden gebruikt om de radio DIO0 met Arduino D7 te verbinden.

Op het GRAD-board moeten R7, R12, C20 en de twee LED's worden verwijderd. R21 moet worden vervangen door een draadbrug, en een enkele LED komt op de plaats van J9 (vervangt de uitgang voor de analoge meter).

Een sketch die communiceert met The Things Network (TTN) en elke 60 seconden het getelde aantal pulsen doorgeeft, kan worden gedownload. Het gebruikt de LMIC Arduino-bibliotheek om een Dragino LoRa-shield aan te sturen en het zal verbinding maken met The Things Network met behulp van Over The Air Activation (OTAA). Een eenvoudige Node-RED flow wordt gebruikt om de gegevens weer te geven (zie **figuur 7**).



#### Het meten van straling

Om de goede werking van de geigerteller te controleren is een stralingsbron nodig. Deze kunnen online worden gekocht bij gespecialiseerde leveranciers. Als alternatief kunnen bepaalde *vintage* voorwerpen die met kleine hoeveelheden radioactief materiaal zijn gemaakt, worden gekocht bij een kringloopwinkel of op Ebay. Veel voorkomende radioactieve voorwerpen zijn: voorwerpen van uraniumglas, thorium gasmantels voor lantaarns en bepaalde kleuren van vintage Fiestaware-items.

Als deze niet beschikbaar zijn, is een andere eenvoudige manier om het vervalproduct van radon te controleren dat door het luchtfilter van een airconditioner of luchtreiniger wordt opgevangen (**figuur 8**). Deze hebben een betrekkelijk korte halfwaardetijd (in de orde van grootte van tientallen minuten), dus zorg ervoor dat u de airconditioner een paar uur laat draaien en meet dan onmiddellijk het filter. Als het filter fijn genoeg is om zal het straling uitzenden in

een tempo dat vele malen hoger is dan de achtergrondstraling in uw omgeving. In de grafiek is te zien dat de hoeveelheid bijna tien keer zo hoog wordt als de achtergrondstraling en dan een exponentiële curve volgt die kenmerkend is voor radioactief verval.

Dit artikel is gebaseerd op het materiaal dat is gepresenteerd op de Elektor Labs-pagina van dit project [3]. Daar vindt u alle downloads voor GRAD03, plus discussies en opmerkingen over dit onderwerp.

210404-01

#### Een bijdrage van

Ontwerp: Gabriele Gorla Tekst: Gabriele Gorla, Luc Lemmens Illustraties: Gabriele Gorla, Patrick Wielders Redacteurie: Jens Nickel, C. J. Abate Vertaling: Eric Bogers Layout: Giel Dols

#### Vragen of opmerkingen?

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



Figuur 8. Straling van een airco-filter ten gevolge van radonverval.



#### **RELATED PRODUCTS**

- > Arduino Uno SMD Rev3 (SKU 19938) www.elektor.nl/19938
- MightyOhm Geigerteller Kit (incl. Case) (SKU 18509) www.elektor.nl/18509

#### WEBLINKS

- [1] Geiger-Müller buizen: https://nl.wikipedia.org/wiki/Geigerteller
- [2] Theremino Geiger-adapter (zie de drie laatste ontwerpen op deze pagina): www.theremino.com/en/technical/schematics
- [3] Projectpagine op Elektor Labs: https://bit.ly/3giMntz







Mathias Claußen, Ton Giesberts en Luc Lemmens (Elektor) ontwerp: Florian Schäffer (Duitsland)

Hoge CO<sub>2</sub>-concentraties kunnen problemen veroorzaken in slecht geventileerde ruimten. Deze CO<sub>2</sub>wachter biedt daarvoor een oplossing. Het ontwerp, gebouwd met throughhole componenten, waarschuwt de gebruiker met drie LED's en een akoestisch alarm wanneer het tijd is voor frisse lucht. Gerber-bestanden van de print en de ontwerpbestanden van het frontpaneel kunnen gratis worden gedownload.

Deze  $CO_2$ -wachter is een doe-het-zelf project voor de bewaking van de binnenlucht en de beoordeling van de luchtkwaliteit op basis van de kooldioxideconcentratie (*Indoor Air Quality*, IAQ). Het apparaat maakt gebruik van een niet-dispersieve infrarood-sensor (NDIR) en geeft de luchtkwaliteit in vijf bereiken weer met behulp van drie LED's. Bovendien klinkt een alarm als de  $CO_2$ -concentratie onaanvaardbaar hoog is. Het is mogelijk om de gemeten waarden via WiFi ( $CO_2$ -concentratie en temperatuur) naar het ThingSpeak IoT-analyseplatform te sturen en de gegevens grafisch te evalueren.

Er zijn veel factoren die de luchtkwaliteit beïnvloeden, maar de  $CO_2$ -concentratie in een ruimte wordt vrijwel onmiddellijk gevoeld. Een te hoge concentratie van dit gas veroorzaakt vermoeidheid, concentratieverlies of zelfs misselijkheid, om nog maar te zwijgen van de blijvende negatieve effecten als de  $CO_2$ -concentratie in uw omgeving veel te hoog is. Dit laatste is (hopelijk!) niet erg waarschijnlijk in een woning of kantoor, maar deze  $CO_2$ -wachter geeft in elk geval tijdig een indicatie om een ruimte te ventileren.



#### **De schakeling**

Het hart van het schema van figuur 1 is MOD2, een Wemos D1 Mini, een op de ESP8266EX gebaseerde WiFi-module met 4 MB flash-programmageheugen. Deze verzamelt gegevens van een MH-Z19C CO2-sensor (MOD1) via een software-UART, stuurt drie LED's aan om het CO2-niveau te tonen (LED1...3), en bedient tevens zoemer BZ1, die als akoestisch alarm dient wanneer het CO2-niveau onaanvaardbaar hoog is. De CO2-wachter wordt gevoed via de micro-USB connector van de Wemos-module, met behulp van een standaard 5V<sub>DC</sub>-netadapter. Deze voedingsspanning wordt via een interne diode en zekering naar pen 9 van MOD2 gevoerd en naar een ingebouwde 3,3V-spanningsregelaar. De uitgang van deze LDO wordt gebruikt voor de interne voeding van de Wemos-module zelf, en is ook verbonden met pen 8 van de module. Deze 3,3 V kan worden gebruikt voor het voeden van een miniatuur-ventilator aangesloten op K1, zoals we later zullen zien. De 5V-uitgang van MOD2 wordt gebruikt voor de voeding van de CO<sub>2</sub>-sensor en van een extra LED in schakelaar S1 om aan te geven dat de WiFi-verbinding actief is. Deze voeding kan ook worden aangesloten op K1 (via R6) als alternatieve voeding voor de ventilator. Met drukknop S1 kan de CO<sub>2</sub>-sensor worden geactiveerd om de automatische kalibratie te starten.

#### Aansturing van de ventilator

In dit project wordt de ventilator niet gebruikt voor koeling, maar voor de luchtstroom langs de sensor. Hoewel het voor de hand lijkt te liggen om een 5V-ventilator met zijn nominale spanning te voeden, kan het (als het niet om een maximale luchtstroom gaat, zoals in dit project het geval is) een goed idee zijn om het geluid van de schakeling te minimaliseren door de luchtstroom te reduceren via de voedingsspanning. Voor onze CO<sub>2</sub>-wachter hebben we in dit opzicht verschillende mogelijkheden. De 3,3V-voedingsspanning van de Wemos-module wordt geregeld door een LDO (low drop out-regelaar) in een SOT23-5 behuizing. De maximale uitgangsstroom van deze LDO is vanwege die behuizing beperkt tot 150 mA. Een significant deel van de uitgangsstroom wordt gebruikt voor de ESP8266 van de Wemos D1 Mini-module zelf. Overbelasting van de LDO kan resulteren in instabliliteit van de ESP8266 en daardoor onvoorspelbare crashes. Om overbelasting van de 3,3V-regelaar te voorkomen, is er op de print van de CO<sub>2</sub>-wachter voorzien in een mogelijkheid om de ventilator via een weerstand (R6, de print biedt ruimte aan een 1W-type) aan te sluiten op 5 V. Dit maakt het mogelijk de luchtstroom en, belangrijker, het geluid nog verder te reduceren. Bedenk wel dat ventilatoren die op een lagere spanning draaien dan waarvoor ze ontworpen zijn, vaak problemen hebben bij het opstarten (of helemaal niet opstarten). Als de ventilator rechtstreeks op 5 V moet worden aangesloten, kan in plaats R6 een draadbrug worden gebruikt.

#### **Andere hardware**

De zoemer wordt ook met 5 V gevoed. Het hoge uitgangsniveau van de I/O's van de D1 Mini is 3,3 V, zodat de spanningsdeler R4/ R7 is verbonden met de basis van PNP-transistor T1 om de zoemer te schakelen. Sommige zoemers zijn inductief en kunnen dan spikes veroorzaken (vooral bij het uitschakelen). Diode D1 voorkomt dat de transistor hierdoor wordt beschadigd. Op de print passen zoemers met 6,5mm- en met 7,62mm-pinafstand.

De schakelaar die we voor S1 hebben gebruikt, is er een met een optische indicatie in de vorm van een blauw oplichtende ring. Er is geen externe weerstand nodig voor de LED in de schakelaar. De pinnen die met A en K op de print zijn gemarkeerd (naast de twee pinnen voor de schakelaar) zijn de beide aansluitingen voor de LED. Voor de aansluiting worden vier draden op de vierpolige pinheader S1 aangesloten (of direct op de print gesoldeerd). U kunt natuurlijk ook een aparte schakelaar en LED gebruiken, R5 bepaalt dan de stroom voor de LED en het ontwerp van het frontpaneel moet worden aangepast om deze indicatie-LED te monteren. Bij de in de componentenlijst genoemde schakelaar is R5 niet nodig en moet deze worden vervangen door een draadbrug.

#### **De print**

Het ontwerp en de Gerber-bestanden voor de print die in figuur 2 wordt getoond, kunnen worden gedownload van de GitHub-repository [1] bij dit project. Met de Gerber-bestanden kun u de printplaat bestellen bij de printfabrikant van uw voorkeur. Alle componenten zijn through-hole en de printplaat mag ook enkelzijdig zijn; de componentenzijde van de print heeft slechts een kopervlak om de extra kosten te vermijden die enkellaags-printen tegenwoordig met zich meebrengen. Het solderen zal daarom ook voor onervaren soldeerartiesten niet al te moeilijk zijn als onze aanwijzingen worden gevolgd. En omdat alle printsporen



Figuur 1. Het schema van de CO<sub>2</sub>-wachter.



Figuur 2. De print van de CO<sub>2</sub>-wachter.





Figuur 3. De ventilator is geïnstalleerd.

zich aan de onderkant van de print bevinden, is het relatief eenvoudig om componenten te desolderen als een fout is gemaakt. Begin met het monteren van de laagste componenten (weerstanden en diode), gevolgd door de condensatoren, transistor, zoemer en headers (busstrips voor de CO<sub>2</sub>-sensor MOD1, optionele pinheaders voor de schakelaar en LED's). Om de D1 Mini-module (MOD2) te monteren, soldeert u eerst de twee achtpolige male headers aan die zijde van de module waar de USB-connector en de meeste andere componenten zich bevinden (zie **figuur 3**). Wij raden aan om voor MOD2 geen busstrips op de print te gebruiken, omdat er bij het insteken en uittrekken van de USB-connector en ige kracht op de module wordt uitgeoefend. Het beste is om de D1 Mini op de printplaat te solderen. Bovendien kan het gebruik van busstrips de luchtstroom door de ventilatieopeningen van de behuizing belemmeren.

Wanneer de print met vier schroeven in de onderste helft van de behuizing is gemonteerd en de ventilator is vastgelijmd (zie hieronder), kan de sensormodule in de bijbehorende bussen worden gestoken. **Raak nooit de bovenkant van de sensor aan**, zoals in de datasheet staat [2]: "Vermijd elke druk uit welke richting dan ook op de vergulde plastic kamer tijdens solderen, installeren en gebruik. Raak vooral nooit de luchtopening (wit stoffilter) aan".

De vier- en vijfpolige busstrips voor de sensor worden waarschijnlijk geleverd als één 10-pins SIL busstrip. Knip deze bij de vijfde pen door om afzonderlijke vier- en vijfpolige busstrips te krijgen.

#### Voorbereiden van de behuizing

Gebruik een kopie van het frontpaneel-ontwerp als sjabloon voor de juiste posities van de vier gaten (drie LED's en de schakelaar), en gebruik een centerponsje om de middelpunten aan te geven. Op de Elektor Labs-pagina van dit project [3] staan enkele tips en trucs om beschadiging van de behuizing te voorkomen bij het boren van de gaten. Let bij dit soort kastjes vooral op de lange pinnen waarmee de behuizing wordt gesloten; die kunnen breken als ze niet goed worden behandeld! Er moet een inkeping worden gemaakt in één kant van de onderste helft van de behuizing om toegang te krijgen tot de micro-USB connector van de D1 Mini-module, die dient als de voeding voor de CO<sub>2</sub>-wachter. Zorg ervoor dat de uitsparing groot genoeg is voor de

USB-plug van uw voeding. Plaats de D1 Mini-module op de print om de juiste plaats voor de inkeping aan te geven. U hoeft de module met de bijbehorende male headers nog niet op de print te solderen. Als de module op de print is geplaatst en de print met wellicht twee schroeven tijdelijk in de behuizing is vastgezet, kan de plaats van de inkeping worden afgetekend. Deze zit iets uit het midden.

Er hoeven geen gaten te worden gemaakt voor de luchtstroom van de ventilator; deze wordt met superlijm of epoxykit aan de onderzijde van de behuizing vastgelijmd (**figuur 3**). Om resonantie te voorkomen mag de ventilator het deksel van de behuizing niet raken. De ventilator moet lucht uit de behuizing blazen. Voordat u de ventilator monteert, controleert u de richting van de luchtstroom door hem aan te sluiten op een voeding van 3,3...5 V of controleert u of er een pijl op de zijkant van het frame van de ventilator staat die de richting van de luchtstroom aangeeft. Let goed op de polariteit van de aansluitingen. Een verkeerde polariteit kan de ventilator beschadigen. (In moderne exemplaren zit vaak wat elektronica).

#### Bedrading van de onderdelen op het frontpaneel

Voor het aansluiten van de LED's zijn slechts vier draden nodig. De massaverbinding van de print naar drie indicatie-LED's in het frontpaneel kan gemeenschappelijk worden uitgevoerd, soldeer gewoon de drie kathodes van de LED's aan één enkele draad.

Zorg ervoor dat er geen draden op de antenne van MOD2 liggen wanneer het deksel van de behuizing op het onderste gedeelte wordt geplaatst. Houd ze zo ver mogelijk van de Wemos-module vandaan, maar maak ze niet langer dan nodig. De draden naar de schakelaar kunnen 8,5 cm lang zijn en de draden naar de LED's ongeveer 12 cm. Dan kunt u de bovenkant van de behuizing verwijderen en deze op zijn kant naast de onderzijde leggen zonder de bedrading te hoeven verwijderen. Er zijn geen schroeven nodig om de behuizing te sluiten; vier lange plastic pennen van het deksel passen in de vier lange montagebussen.

Natuurlijk kunt u uw eigen frontpaneel ontwerpen. U kunt bijvoorbeeld een aparte blauwe LED en schakelaar gebruiken. Maar let op de plaatsing van de LED's en de schakelaar; ze mogen niet te dicht bij de modules komen.





Figuur 5. Knop voor het uploaden van de firmware.

Figuur 4. De code is in PlatformIO IDE geladen.

#### De firmware in de Wemos laden

De firmware voor de ESP8266 op de Wemos-module is geschreven met het Arduino Framework, dus u hebt de sketch en een set bibliotheken nodig. Voor de ontwikkeling van de code van deze CO2-wachter worden PlatformIO en Visual Studio Code gebruikt. De bibliotheken, het project en de upload-instellingen zijn gecombineerd, zodat het compileren van de code niet zo'n probleem zou mogen zijn.

Om Visual Studio Code en PlatformIO te installeren, kunt u de aanwijzingen [4] volgen die PlatformIO beschikbaar stelt. Na de installatie moet u de broncode uit de Elektor GitHub Repository halen. Als u niet zeker weet hoe u aan de code komt, kunt u de video bekijken die onze collega Clemens Valens [5] heeft gemaakt. En als u meer wilt weten over GitHub en het gebruik van Repositories, kijk dan eens naar het Elektor Webinar over GitHub [6]. Nadat u de code hebt en deze opent met de PlatformIO IDE, moet u iets zien zien als figuur 4. Sluit de Wemos aan op uw computer en druk op de knop voor het uploaden (figuur 5). PlatformIO zal alle benodigde bibliotheken, tools, board support packages downloaden en beginnen met compileren en aansluitend uploaden.

PlatformIO heeft nu de firmware gebouwd en geflashed. Zoals bij de meeste ESP8266-projecten zijn we er echter nog niet. Omdat de firmware via een webserver geconfigureerd kan worden, moeten we in een tweede stap ook de webpagina's naar de ESP8266 schrijven. Klik in Visual Studio Code op het kleine 'mierenkopje'; er moet dan een lijst met taken verschijnen (figuur 6). Klik eerst op Build Filesystem Image en daarna op Upload Filesystem Image. Dit zal de inhoud voor de webserver naar de ESP8266 schrijven. Als u foutmeldingen krijgt in de stijl van "can't access COM port", controleer dan of u niet ergens een seriële terminal hebt geopend die de poort blokkeert. Daarna is de firmware klaar om geconfigureerd en gebruikt te worden.

#### WiFi- en cloud-connectiviteit

Als de ESP8266 op uw Wemos-module geen verbinding kan maken met een WiFi-netwerk, zal hij een access point starten met de naam "CO2 Meter". Maak er verbinding mee en open een browser die naar http://192.168.4.1 wijst. U zou de WiFi Manager configuratie-interface moeten zien (figuur 7). Klik op Configure WiFi en selecteer uw netwerk;



Figuur 6. De kleine 'mierenkop' toont meer opties.



Figuur 7. WiFi-instellingen.



	New Chan	nel	Help
	Name	C02_Guard	Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for
$\mathbf{\nabla}$	Description	Monitor for CO2 levels with optical indication and acoustic alarm. Remote reading of CO2 level and	status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.
	640	temperature of sensor.	Channel Settings  • Percentare complete: Calculated based on data entered into the various fields of a
	Field 2	Temp	channel. Enter the name, description, location, URL, video, and tags to complete your channel.
	Field 3	0	Channel Name: Enter a unique name for the ThingSpeak channel.     Description: Enter a description of the ThingSpeak channel.
	Field 4	o	<ul> <li>Field#: Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.</li> </ul>
Menu	Field 5	0	Metadata: Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.     Tags: Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
Main page	Field 6	0	<ul> <li>Link to External Site: If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.</li> </ul>
Time settings CO2 ThingSpeak	Field 7	•	Show Channel Location:     Latitude: Specify the latitude position in decimal degrees. For example, the
MQTT settings 936 ppm	Field 8	0	Labtude of the city of London is 51.2072. Longitude: Specify the longitude position in decimal degrees. For example, the longitude of the city of London is .0.1275.
Restart Notes	Metadata		<ul> <li>Elevation: Specify the elevation position meters. For example, the elevation of the city of London is 33,052.</li> </ul>
Up to 500 characters for your notes	Tags	C02	<ul> <li>Video URL: If you have a YouTube<sup>®</sup> or Vimeo<sup>®</sup> video that displays your channel information, specify the full path of the video URL.</li> </ul>
		(Tags are comma separated)	<ul> <li>Link to GitHub: If you store your ThingSpeak code on GitHub<sup>®</sup>, specify the GitHub repository URL.</li> </ul>
	Link to External Site	http://	Using the Channel
	Link to GitHub	https://github.com/	You can get data into a channel from a device, website, or another ThingsSpeak channel. You can then visualize data and transform it using ThingSpeak Apps.
	Elevation		See Get Started with ThingSpeak" for an example of measuring dew point from a weather station that acquires data from an Arduino* device.
	Show Channel Location	0	Learn More
Figuur 8 Web-interface van de COwachter	Latitude	0.0	
	Longitude	0.0	
CO2-Guard	Show Video	□ * YouTube	
Channel ID: Monitor for CO2 levels with optical indication and		O Vimeo	
Author: acoustic alarm. Remote reading of CO2 level and Access: Private temperature of sensor.	Video URL	http://	
Proteite View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Evont	Show Status		
		Save Channel	
Add Visuezadors     BAdd Wolgers     Export recent case     MALLAS Adapte     MALLAS Adaptes     MALLAS	Figuur 9. Th	ningSpeak-instellingen.	
Created a minute ago	-		
coz-uaru coz-uaru	Menu		ThingSpeak Settings
8 <b>1</b>			Thingopeak Setungs
	Main page	Upload Enab	oled True ~
Date Date Thirgheat.com Thirgheat.com	Time settings		
	ThingSpeak	Upload inter	val 10 O Minutes
	MQTT setting	s	
	WiFi settings		
Add Visualizations	Restart		
		Write API Ke	www.elektor.com
	Liouwe 11 Th	ing Chook installing on	
Figuur 10. Nieuw aangemaakt ThingSpeak-kanaai.	Figuur II. III	iingspeak-insteningen.	
CO2-Guard_Elektor			
Channel ID: Monitor for CO2 levels with optical indication and			
Author: acoustic alarm. Remote reading of CO2 level and temperature of concor			
Notess Private Conjections of person.			
Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export			
Add Visualizations	MATLAB Analysis	MATLAB Visualization	
Channel Stats			
Last entry: less than a minute ago			
Entries: 25			
Field 1 Chart PL C. J. K. Field 2 Chart	0	0.4.8	
	3		
CO2-Guard_Elektor CO2	-Guard_Elektor		
450			
8 425 B 28			
10:10 10:15 10:20 10:25 10:30 10:10 10	15 10:20 10:25	10:30	
Date Third Speak con	Date	hing Space com	
		F	iguur 12. Binnenkomende data.

ThingSpeak

pas de gewenste instellingen toe voordat u op save klikt. De ESP8266 zal nu proberen verbinding te maken met uw netwerk. Als hij een verbinding tot stand kan brengen, kunt u binnen uw netwerk http:// co2guard.local gebruiken om toegang te krijgen tot de web-interface (figuur 8). Vanaf hier kunt u de CO<sub>2</sub>-wachter gaan configureren. U kunt de CO2-wachter desgewenst verbinden met een webgebaseerde oplossing voor gegevensopslag zoals ThingSpeak of een MQTT-broker zoals die wordt gebruikt in Node-RED. Met de laatste kunt u nog meer automatisering aan de sensor toevoegen - bijvoorbeeld een bericht naar uw mobiele telefoon sturen als het CO<sub>2</sub>-niveau een bepaalde waarde overschrijdt. Om met ThingSpeak aan de slag te gaan, beschrijvan we in het kort hoe een account kan worden ingericht.

#### ThingSpeak: maak een MathWorks-account aan

Als u alleen de actuele CO2-concentratie wilt monitoren in de ruimte waarin u zich bevindt, dan hebt u geen WiFi-verbinding nodig en al helemaal geen toegang tot een ThingSpeak-account - de LED's (en in extreme gevallen de zoemer) geven dan een duidelijke indicatie van de luchtkwaliteit, althans: wat de CO<sub>2</sub> betreft. Maar als u bijvoorbeeld het verloop van de gemeten waarden wilt loggen en als functie van de tijd wilt analyseren, of van een grotere afstand wilt kunnen zien hoe hoog de concentratie is, dan ligt een verbinding met ThingSpeak via WiFi voor de hand. U kunt dan ook de temperatuur volgen die ook door de sensormodule wordt gemeten, maar op geen enkele manier op de CO<sub>2</sub>-wachter zelf wordt getoond.

Om een online-kanaal aan te maken voor uw metingen, gaat u naar de ThingSpeak-website [7] en kiest u Get Started For Free. Op de volgende pagina kunt u een MathWorks-account aanmaken (als u dat nog niet hebt). Hierna maakt u een nieuw kanaal aan en voert u de benodigde gegevens in zoals in figuur 9. Klik op Save Channel. Er verschijnt een overzicht van het zojuist aangemaakte kanaal zoals in figuur 10.

Onder de tab API Keys moeten we de Write API Key kopiëren voor later gebruik. Houd deze voor uzelf en laat hem aan niemand anders zien. Ga naar de web-interface van de CO<sub>2</sub>-wachter en selecteer de ThingSpeak-optie in het zijmenu. Er zal een pagina met de instellingen voor ThingSpeak verschijnen. Voer de API Key in, selecteer een upload-interval en schakel ThingSpeak in (figuur 11). U gaat nu terug naar de MathWorks ThingSpeak-site. Onder het menu Channels kiest u My Channels en vervolgens de tab Private View. Na korte tijd zou u daar de eerste metingen moeten zien zoals in figuur 12.

Om uw gegevens met anderen te delen, kunt u afzonderlijke gebruikers met meekijkrechten toevoegen, of u kunt het kanaal publiek maken zodat iedereen uw gegevens kan bekijken. Afzonderlijke gebruikers krijgen een e-mail op het e-mailadres dat u kunt invoeren op het tabblad Sharing. Als u gebruik maakt van een gratis (niet betaald) ThingSpeak-plan, is het delen van data beperkt tot maximaal drie andere gebruikers. Voor meer details over het delen van data kunt u het MathWorks-helpcenter [8] raadplegen.

#### **MQTT-verbinding**

MQTT is een veelzijdige manier om gegevens te distribueren naar andere systemen voor opslag of verdere verwerking. U hebt geen

externe service nodig om gegevens te verzamelen of te verwerken, en u kunt de gegevens binnen uw eigen netwerk houden. Een van de tools die MQTT-connectiviteit bieden is Node-RED (bijvoorbeeld op een Raspberry Pi). We hebben in het verleden al veel over installaties voor Node-RED geschreven, en als u een snelle installatiegids voor de Raspberry Pi wilt, kijk dan eens op de Node-RED website [9]. Voor MQTT binnen de web-interface van de CO2-wachter kunt u een server en een topic opgeven waar data gepubliceerd moet worden (figuur 13). De gegevens zelf worden verzonden als JSON-string, met de objecten "CO2Value" en "Temp", die de CO2-concentratie in ppm en de temperatuur in °C weergeven. Als u meer wilt weten over Node-RED en de Raspberry Pi, werp dan eens een blik in het boek van Dogan Ibrahim, "Programmeren met Node-RED" (Elektor 2020) [10].

#### **KiCad PCB-ontwerpbestanden**

De print is oorspronkelijk ontworpen in Altium, en de bijbehorende Gerber-bestanden zijn gebaseerd op dit beproefde ontwerp. Dat is vrij eenvoudig, zoals u al aan het schema kunt zien. Aangezien dit niet zo complex is (zie figuur 1), is het gereconstrueerd in KiCad. Naast het schema moest ook het printontwerp worden overgezet, maar omdat we de laatste stabiele versie van KiCad 5 gebruikten, was er nog geen native (geïntegreerde) importmogelijkheid voor Altium-boards beschikbaar. Een truc is om de corresponderende Gerber-bestanden te gebruiken en deze in KiCad te importeren. De Gerber-viewer in KiCad kan printbestanden genereren die u kunt gebruiken in de PCB layout tool. Dit levert niet alleen de omtrek van de print maar ook de footprints en montagegaten aan de hand waarvan we de componenten kunnen plaatsen. Op deze manier kunnen PCB's in KiCad worden



Figuur 13. MQTT-instellingen.



geïmporteerd, maar het verdient de voorkeur om KiCad versie 6 en de native Altium board-importmogelijkheid te gebruiken als u met Altium-bestanden te maken hebt.

Maar waarom al deze moeite? Ten eerste kunnen anderen dan direct met de KiCad-bestanden werken en ze indien gewenst wijzigen. Ook is het bij sommige PCB-services mogelijk een KiCad-print te laten vervaardigen door het gewoon te slepen en neer te zetten (bijvoorbeeld Aisler) [11]. U hoeft niet naar Gerber te exporteren en boorbestanden te genereren en daar een ZIP-bestand van te maken. Als uw printleverancier echter Gerber- en boorbestanden nodig heeft, kunt u die nog altijd in KiCad genereren volgens de specificaties die uw leverancier vereist.

Als u uw eigen behuizing rondom de print wilt ontwerpen, heeft de combinatie van KiCad en FreeCad zich ruimschoots bewezen, zoals blijkt uit ons kerstproject [12]. En het printen van een behuizing kan voor sommigen handiger zijn dan het boren van gaten in een prefab-exemplaar. En als u thuis een 3D-printer hebt staan die stof staat te verzamelen, waarom zou u die dan niet gebruiken? Het betekent ook dat u één onderdeel minder hoeft te bestellen. De 3D-printbare behuizing is op het moment van schrijven van dit artikel nog niet af, maar er wordt wel aan gewerkt. En dat betekent dat u geduld moet hebben of toch wat gaten zult moeten boren...

#### Een eigen ontwerp

Het bouwen van een  $CO_2$ -sensor voor thuis of op het werk is niet extreem moeilijk, en zoals u weet zijn er al veel  $CO_2$ -meters ontwikkeld, commercieel maar ook voor zelfbouw. Met de MH-Z19 sensor die in dit project wordt gebruikt, krijgt u een heel behoorlijk en betaalbaar instrument. De ESP8266 is een beproefde WiFi-microcontroller die niet alleen kan worden geprogrammeerd met het Arduino Framework, maar in de huidige samenstelling ook ondersteuning biedt voor Home Assistant. Wilt u uw eigen sensor bouwen? Dan moet u ongeveer € 30 uitgeven voor de sensor zelf (in Europa). De schakelaar, Wemod D1 Mini, print, LED's, behuizing, ventilator komen daar nog bij (plus porto), dus u komt in totaal uit op ongeveer € 60 aan onderdelen. Aan de andere kant heeft het bewaken van de CO<sub>2</sub>-concentratie in uw omgeving veel voordelen. Als u de CO<sub>2</sub>-concentratie kent, kunt u ervoor zorgen dat er voldoende frisse lucht komt.

210043-03

#### 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.

#### Een bijdrage van

Oorspronkelijk hardware-ontwerp: Florian Schäffer Ontwerp en tekst: Mathias Claußen, Ton Giesberts, Luc Lemmens Redactie: Jens Nickel, C. J. Abate Vertaling: Eric Bogers Layout: Harmen Heida

## 90

#### Software

Bij de software die oorspronkelijk door de ontwerper op het Elektor Labs-platform werd gepost, was een aantal zaken voor verbetering vatbaar. Zo zijn hard-coded inloggegevens voor uw WiFi-netwerk alleen zinvol als u nooit de netwerknaam of het wachtwoord verandert waarmee het apparaat is verbonden. Ook is het niet erg veilig om uw inloggegevens ergens in een aantal codebestanden op te slaan. Hetzelfde geldt voor de ThingSpeak API Key. Als u deze sleutel moet veranderen, betekent dit dat u de hele code opnieuw moet compileren en uploaden naar het apparaat.

Wat het Elektor lab hard gecodeerd heeft gelaten (als #defines in / configure/configure.h) is de pin mapping, alsmede de CO<sub>2</sub>-drempelwaarden voor de drie LED's en de buzzer. In het bestand /configure/configure.h staan alle hard gecodeerde instellingen op één plaats en kunt u ze wijzigen indien nodig. Als u instellingen in dit bestand wijzigt, moet u de firmware uiteraard opnieuw compileren en uploaden naar de ESP8266. Binnen de software is de datastroom vrij eenvoudig. Om de twee seconden worden de sensorwaarden opgevraagd en geretourneerd naar verschillende code-modules. Voor de lokale bewaking van het  $CO_2$ -niveau hebben we de limits-klasse, die uiteindelijk de drie LED's zal aansturen, en we hebben de alarm-klasse, die de zoemer zal laten klinken als een bepaald  $CO_2$ -niveau wordt overschreden. Deze klassen zijn op een generieke manier opgebouwd, zodat het gemakkelijk is om de aansturing van de LED's te veranderen voor een andere weergave van de meetwaarden. Hetzelfde geldt voor de zoemer. Als u een actieve zoemer wilt gebruiken of een geluidsmodule, dan is deze klasse flexibel genoeg om dit te realiseren.

Voor de cloud-connectiviteit zijn waar mogelijk bestaande bibliotheken gebruikt, met name voor ThingSpeak. Dit maakt de gegevensuitwisseling met deze dienst een stuk eenvoudiger dan bij het ESP32-weerstation [13] dat we een paar jaar geleden publiceerden [14].

#### 

#### **ONDERDELENLIJST**

#### Weerstanden:

 $\begin{aligned} &\mathsf{R1,R2,R3} = 330 \ \Omega, \ 0,25 \ W, \ 5\% \\ &\mathsf{R4} = 4 \text{k7}, \ 0,25 \ W, \ 5\% \\ &\mathsf{R5} = 0 \ \Omega \ (\text{draadbrug, zie tekst}) \\ &\mathsf{R6} = 0 \ \Omega \ (\text{draadbrug voor 5 V, of laat weg, zie tekst}) \\ &\mathsf{R7} = 1 \text{k5}, \ 0,25 \ W, \ 5\% \end{aligned}$ 

#### Condensatoren:

C1,C2 = 100 n/50 V, 10%, X7R, steek 5 mm C3 = 100  $\mu$ /25 V, optioneel, niet gemonteerd, zie tekst

#### Halfgeleiders:

D1 = BAT85, DO-35 T1 = BC327, PNP, TO-92 LED1 = LED rood, 5 mm LED2 = LED geel, 5 mm LED3 = LED groen, 5 mm

#### Overig:

- MOD1 = 1x10 SIL-header, female,
- gedeeld in 1x4 en 1x5 (zie tekst) MOD1 = MH-Z19C, versie 400-5000 ppm,
- pinnen aan onderzijde
- MOD2 = Wemos D1 Mini met 2 stuks 1x8 SIL-header
- S1 = momentschakelaar met ingebouwde LED (blauwe ring)
- Behuizing PP73BL, Supertronic
- BZ1 = DC-buzzer, 5 V, steek 5 of 7,62 mm, Ø 14 mm max

krimpkous, binnendiameter 2,4 mm, 20 cm LED-houder voor 5mm-LED (LED1...3), zwart ventilator 5 VDC, 30x30x10,5 mm 12-polige male SIL-header print 210043-1 v2.0

#### Dun soepel montagedraad voor aansluiting LED's en schakelaar:

montagedraad, 0,25 mm<sup>2</sup>, zwart (2x8,5 + 12 cm) montagedraad, 0,25 mm<sup>2</sup>, rood (8,5 + 12 cm) montagedraad, 0,25 mm<sup>2</sup>, geel (12 cm) montagedraad, 0,25 mm<sup>2</sup>, groen (12 cm) montagedraad, 0,25 mm<sup>2</sup>, blauw (8,5 cm)



#### **GERELATEERDE PRODUCTEN**

- > WeMos D1 mini Pro ESP8266 based WiFi Module (SKU 19185) www.elektor.nl/19185
- PCB V2.1 with Components (excluding WeMos D1 and MH-Z19) www.elektormagazine.de/aisler/co2guard
- H. Henrik Skovgaard, IoT Home Hacks with ESP8266 (SKU 19158) www.elektor.nl/19158
- D. Ibrahim, Programming with Node-RED (E-book) (SKU 19225) www.elektor.nl/19225



#### WEBLINKS

- [1] Elektor GitHub-repository: https://github.com/ElektorLabs/210043-CO2-Guard
- [2] Winsen MHZ-19 datasheet: www.winsen-sensor.com/d/files/infrared-gas-sensor/mh-z19b-co2-ver1\_0.pdf
- [3] "CO2 Guard," op Elektor Labs: www.elektormagazine.nl/labs/co2-guard
- [4] PlatformIO installatie-handleiding: https://platformio.org/install/ide?install=vscode
- [5] "How to Code (Download) or Clone Something From GitHub," Elektor TV: www.youtube.com/watch?v=X5e3xQBeqf8
- [6] "GitHub Webinar: My Way Into GitHub," Elektor TV: www.youtube.com/watch?v=j\_LgvVhBdwQ
- [7] MathWorks ThingSpeak: http://thingspeak.com
- [8] MathWorks ThingSpeak Help: https://bit.ly/ChannelPropertiesMATLAB
- [9] Node-RED installatie-handleiding: https://nodered.org/docs/getting-started/raspberrypi
- [10] D. Ibrahim, Programming with Node-RED, Elektor 2020: www.elektor.com/programming-with-node-red-e-book
- [11] Aisler BV: http://aisler.net
- [12] M. Claußen, "DIY Christmas Fireplace: A 3D Puzzle with PCBs, LEDs, and Raspberry Pi Pico," ElektorMagazine.com: www.elektormagazine.com/articles/diy-christmas-fireplace-3d-puzzle-pcbs-leds-raspberry-pi-pico
- [13] "ESP32 Weatherstation" op Elektor Labs: www.elektormagazine.nl/labs/esp32-weather-station-180468
- [14] R. Aarts, "ESP32-Weerstation," Elektor Magazine januari/februari 2019: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-72/42284

## MonkMakes Air Quality Kit voor de Raspberry Pi

meet temperatuur en eCO<sub>2</sub>





#### Luc Lemmens (Elektor)

Noodgedwongen verblijven velen van ons momenteel in gesloten ruimtes (veelal thuis), dus modules om daar goedkoop de luchtkwaliteit in de gaten te houden winnen aan populariteit. De MonkMakes Air Quality Kit meet de in die ruimtes voorhanden CO<sub>2</sub>concentratie en de temperatuur. De kit is speciaal ontworpen voor gebruik met een Raspberry Pi 400, maar kan met behulp van jumperkabels en een meegeleverde GPIO-sjabloon ook worden aangesloten op andere Raspberry Pi-versies. Thermometers worden al lang gebruikt om de kamertemperatuur in de gaten te houden. Maar de laatste jaren zijn (e)CO<sub>2</sub>-meters steeds populairder geworden om ook de luchtkwaliteit te monitoren. Te veel koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) heeft namelijk een negatief effect op het concentratievermogen, en bij hogere niveaus is het bovendien slecht voor de gezondheid. De Air Quality Kit van Monkmakes meet daarom de temperatuur én de kwaliteit van de lucht in een ruimte (lees: hoe muf de lucht is). Hij is ontworpen als een add-on voor de Raspberry Pi, maar kan ook worden gebruikt als stand alone-meetapparaat. De module heeft een zoemer en een balkdisplay met zes LED's (twee groene, twee oranje en twee rode) die de luchtkwaliteit weergeven. Temperatuur- en luchtkwaliteitsmetingen kunnen worden verwerkt door een Raspberry Pi. Daarnaast kunnen de zoemer en het LED-display door de Pi worden aangestuurd.

De kit wordt geleverd zonder documentatie op papier, maar er is wel een link naar de MonkMakes-website, waar de datasheet en instructies kunnen worden gedownload [1]. Deze online-documentatie bevat alle relevante informatie die de gebruiker nodig heeft om de module aan te sluiten en te gebruiken. Verder kunnen voorbeeldtoepassingen voor de kit, geschreven in Python, worden gedownload van Github [2].

#### **De hardware**

Naast de zes indicatie-LED's en de zoemer (de grote vierkante component in het midden van de print in **figuur 1**) bevat de module ook een power-LED, een temperatuursensor, een eCO2-sensor, een microcontroller en natuurlijk een 40-pins connector die direct op de uitbreidingsconnector van een Raspberry Pi 400 past (figuur 2). Misschien onnodig om te zeggen: andere Raspberry Pi-boards kunnen niet direct worden aangesloten, daarvoor worden jumperkabels meegeleverd. De vier benodigde aansluitingen (twee voor de voeding, twee voor de seriële communicatie) staan op de opdruk op de MonkMakes-module en op de meegeleverde sjabloon, die bovendien de weg wijst naar de corresponderende pinnen van de GPIO-connector van de Raspberry Pi, zoals te zien in figuur 3. De power-LED licht op zodra de 3,3V-voedingsspanning wordt ingeschakeld, net als één van de eCO2-LED's.

De temperatuursensor is een Texas Instruments TMP235 [3]. De uitgangsspanning is bij deze sensor evenredig met de temperatuur. Voor de CO<sub>2</sub>-meting maakt de MonkMakes-kit gebruik van een CCS811 TVOC-sensor (Total Volatile Organic Compounds) [4]. Deze meet niet rechtstreeks het CO2-gehalte maar het niveau van een groep gassen die 'vluchtige organische stoffen' (VOC's) worden genoemd. Binnenshuis stijgt het niveau van deze gassen met een snelheid die vergelijkbaar is met die van CO<sub>2</sub> en kan daarom als maatstaf worden gehanteerd om het CO<sub>2</sub>-niveau (CO<sub>2</sub>-equivalent of eCO<sub>2</sub> genoemd) te schatten. De onboard ATtiny1614-microcontroller leest beide sensoren uit en stuurt het LED-display en de zoemer aan. Via een serieel protocol kan een host, zoals een Raspberry PI, een sensormeting aanvragen of de LED's en de zoemer in- en uitschakelen. De datasheet van de kit beschrijft dit eenvoudige protocol, dus het zal niet al te moeilijk zijn om de Air Quality Kit met eigen software te ondersteunen. Zoals de titel van dit artikel al suggereert, is de kit ontworpen voor Raspberry Pi, maar er is geen reden waarom u hem niet met andere boards of systemen met een 3,3V-UART zou kunnen gebruiken.

De firmware van de ATtiny biedt overigens ook een automatische modus (die is standaard ingeschakeld) die het eCO<sub>2</sub>-niveau zonder externe aansturing op het LED-display toont; u heeft dan slechts een 3,3V-voeding nodig. Dus ook zonder enige aanvullende host kan de Air Quality Kit als eCO<sub>2</sub>-monitor worden gebruikt.

#### De software van de MonkMakes Air Quality Kit

Zoals al opgemerkt biedt MonkMakes ook downloads aan met enkele Python-voorbeeldprogramma's om de Air Quality Kit aan te sturen en om al zijn functies te testen en te demonstreren. In het gedeelte Getting Started van de documentatie valt duidelijk te lezen hoe de software op een RaspberryPi kan worden gebruikt om een eCO2-meter (al dan niet met akoestisch alarm, zie figuur 4) en een datalogger te implementeren.

Wanneer u die voorbeelden bekijkt (zoals in figuur 5), merkt u dat de ATtiny en de API u bij het ophalen en evalueren van de sensorgegevens alle werk uit handen nemen. Met een eenvoudige instructie van de host (de Raspberry Pi) kan de Air Quality Kit worden opgedragen om de actuele omgevingstemperatuur (in °C) of het CO<sub>2</sub>-niveau (in ppm) naar de host te retourneren. Vergelijkbare commando's worden gebruikt om de zoemer in en uit te schakelen en om de LED's van het eCO<sub>2</sub>-bardisplay te bedienen.

#### Een fraai ontwerp

Er is slechts enige basiskennis van de Raspberry Pi nodig om deze Air Quality Kit aan de praat te krijgen. Wat voor sommigen juist een groot voordeel is, zullen anderen misschien minder aantrekkelijk vinden: kennis van de sensoren en aansturing van zoemer en LED's is niet vereist. De (broncode van de) firmware van de on-board ATtiny1614







Figuur 5. Dit Python-script bewijst dat eenvoudige, korte instructies volstaan om met de Air Quality Kit te communiceren.

is niet vrijgegeven (lees: we weten niet precies wat er in deze microcontroller gebeurt). Het protocol om met de kit te communiceren is echter eenvoudig en goed gedocumenteerd. En de ontwikkeling van eigen applicaties, zelfs voor andere hosts dan de Raspberry Pi, zal relatief eenvoudig zijn. De MonkMakes Air Quality Kit voor Raspberry Pi is een mooi vormgegeven, goed gedocumenteerde kit die, samen met de voorbeelden, dus ook geschikt is voor beginners die aan de slag willen met temperatuur- en eCO<sub>2</sub>-metingen.

210681-03

#### Vragen of opmerkingen?

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

#### Een bijdrage van

Tekst: Luc Lemmens Illustraties: MonkMakes, Luc Lemmens Redactie: Jens Nickel, C.J. Abate Vertaling: Marc Gauw Layout: Harmen Heida



#### **GERELATEERDE PRODUCTEN**

- MonkMakes Air Quality Kit for Raspberry Pi (SKU 19913) www.elektor.nl/19913
- > Raspberry Pi 400 Raspberry Pi 4-based PC (US) + GRATIS GPIO Header (SKU 19429) www.elektor.nl/19429
- Raspberry Pi 4 B (1 GB RAM) (SKU 18966) www.elektor.nl/18966

#### Tabel 1. Kenmerken van de sensoren.

eCO <sub>2</sub> minimum	400	ppm
eCO <sub>2</sub> maximum	4095	ppm
eCO <sub>2</sub> resolutie	1	ppm
eCO <sub>2</sub> nauwkeurigheid	niet gespecific	eerd
Temperatuur minimum	-10	°C
Temperatuur maximum	100	°C
Temperatuur nauwkeurigheid	± 2	°C

#### **Over CO2-concentraties gesproken**

Het gehalte aan  $CO_2$  in de lucht die we inademen heeft een directe invloed op ons welzijn.  $CO_2$ -niveaus zijn dan ook belangrijk voor de volksgezondheid. Simpel uitgedrukt: dit niveau geeft aan in hoeverre we lucht van andere mensen inademen. Mensen ademen  $CO_2$  uit, en als meerdere mensen zich in een slecht geventileerde ruimte bevinden zal het  $CO_2$ -niveau geleidelijk toenemen. En dat betekent ook een mogelijk verhoogde concentratie aan aerosolen die verkoudheid, griep of het coronavirus verspreiden. Daarnaast heeft het  $CO_2$ -niveau invloed op cognitieve vaardigheden – lees: hoe goed we ons kunnen concentreren en denken. De onderstaande tabel toont de niveaus waarbij  $CO_2$  ongezond kan worden. De niveaus zijn in ppm (parts per million) aangegeven.

CO <sub>2</sub> -niveau		
250400	Normale concentratie in de omgevingslucht.	
4001000	Typische oncentraties in goed geventileerde ruimtes.	
10002000	Klachten van sufheid en slechte lucht.	
20005000	Hoofdpijn, sufheid en stilstaande, muffe, benauwde lucht. Slechte concentratie, verlies van aandacht, verhoogde hartslag en lichte misselijkheid kunnen ook voorkomen.	
5000	Grenswaarde op de werkplek in de meeste landen.	
>40.000	Blootstelling kan leiden tot ernstig zuurstofgebrek, wat blijvende hersenschade, coma en zelfs de dood tot gevolg kan hebben.	

#### WEBLINKS

- [1] MonkMakes-webpagina met instructies: http://monkmakes.com/pi\_aq
- [2] Software op GitHub: https://github.com/monkmakes/pi\_aq
- [3] TMP235-datasheet: www.ti.com/product/TMP235
- [4] CCS811-datasheet: www.sciosense.com/products/environmental-sensors/ccs811-gas-sensor-solution/



## Een high-end UHF reader ontwikkelen

Toen Kiman (42) 6 jaar geleden met Nedap in aanraking kwam via een squashmaatje vond hij het maar bijzonder: onbeperkte vakantiedagen, geen vaste opleidingsbudgetten, veel vrijheid om je baan in te vullen zoals je wil en bovendien korte lijntjes met de in-house productieafdeling. Een verschil van dag en nacht met het ingenieursbureau waar hij voorheen werkte als Electrical Engineer. Daar ging alles uurtje factuurtje, werd de productie uitbesteed en voelde hij zich nooit de eigenaar van de producten waar hij aan werkte. Bij Nedap veranderde dat en zag 'zijn kindje' het licht: de uPASS Target. Als electrical engineer bij Nedap is Kiman dagelijks bezig met de ontwikkeling van UHF-technologie.

#### **Rolls Royce onder de UHF readers**

De uPASS Target is een high-end UHF RFID-lezer voor voertuigidentificatie op lange afstand. Op basis van passieve UHF-technologie (± 900 MHz) worden voertuigen geïdentificeerd op een afstand tot 10 meter. Naast voertuigidentificatie kan de uPASS Target ook worden gebruikt om personen of rollend materieel te identificeren. Typische toepassingen zijn onder meer toegangscontrole van beveiligde zones en monitoring van verkeersactiviteiten op industriële locaties en logistieke depots. "We noemen de uPASS Target ook wel de Rolls Royce van de UHF-readers," zegt Kiman lachend, "het antenneontwerp maakt het product uniek, de reader die we gebruikt hebben heeft een grote ontvangstgevoeligheid. Dat heeft te maken met de module die we gebruiken. Doordat we een high-end product ontwikkelden was prijs echter geen issue en konden we gaan voor maximale performance. Dit maakte het ontwikkelproces leuk, nog minder kaders!"

#### On the spot problemen oplossen

"Eén van de projecten waar ik trots op ben is de toepassing van de uPASS Target in de parkeergarage van een bekende Europese voetbalclub. In zo'n garage staan mooie auto's die ik niet elke dag zie, dus tijdens het werken op locatie keek ik mijn ogen uit!" Maar zoals bij elk project loop je soms tegen dingen aan. "In dit geval hadden we last van zogenaamde 'cross-reads', veroorzaakt door de nauwe ruimtes in de parkeergarage. Een cross-read krijg je als je twee readers hebt die elkaar storen. We hebben goed bestudeerd waarom het probleem zich voordeed en we hebben advies gegeven over hoe de readers het beste opgehangen konden worden. Probleem opgelost! Wat mooi is, is dat we deze ervaring later bij andere klanten weer hebben kunnen gebruiken om problemen sneller op te lossen."

Lees het volledige verhaal van Kiman op onze website: www.nedap.com/uhf



## Alle begin...

#### Eric Bogers (Elektor)

Het heeft een poosje geduurd, maar we hebben eindelijk onze bespreking van de 'passieve' onderdelen afgerond. In deze aflevering beginnen we onze bespreking van enkele 'actieve' componenten – de halfgeleiders, om precies te zijn. Nu wordt het pas echt interessant!



We beginnen onze bespreking van de actieve onderdelen met de diode en aanverwante componenten. Toegegeven, men kan eindeloos discussiëren over de vraag of een diode een actief of een passief onderdeel is – actieve onderdelen heten zo omdat ze een signaal kunnen versterken, en een diode versterkt niet. Maar omdat het halfgeleidercomponenten zijn (vroeger elektronenbuizen, maar die laten we in deze artikelreeks buiten beschouwing) gooien we



ze op één hoop met de transistor en andere actieve onderdelen. Wanneer we een 'echt' leerboek zouden schrijven, zouden we eerst vele bladzijden moeten vullen met informatie over halfgeleidermaterialen (silicium, germanium, seleen en andere), dotering, PN-overgangen en wat dies meer zij; maar deze artikelreeks is bestemd voor de beginnende elektronicus en niet voor fysici of halfgeleiderfabrikanten. En die beginnende elektronicus is vooral geïnteresseerd in de vraag welke functie een onderdeel vervult en hoe hij of zij dat in een ontwerp kan gebruiken – en veel minder in de vraag hoe en waarom de betreffende component doet wat hij doet.

In **figuur 1** ziet u enkele veelvoorkomende uitvoeringen van diodes. Linksboven twee 'gewone' diodes: een 1N4148 en een 1N4001. Linksonder drie LED's (*light emitting diodes* = lichtgevende diodes), en wel met diameters van 3 mm, 5 mm en 10 mm. Rechts ontwaart u een viertal bruggelijkrichters – dat zijn combinaties van vier diodes in één behuizing. Deze worden op grote schaal in (net-)voedingen toegepast. Het exemplaar helemaal rechtsonder heeft een metalen behuizing en is bedoeld voor montage op een koellichaam; deze gelijkrichter kan dan een stroom van maar liefst 25 A verwerken.

Figuur 1. Enkele diodes en bruggelijkrichters.


# **De diode**

Een diode kan als een soort ventiel voor de elektrische stroom worden beschouwd: de component geleidt in de ene richting maar niet in de andere richting. In **figuur 2** ziet u de schemasymbolen van enkele diodes; van boven naar beneden een gewone diode, een lichtgevende diode (LED) en daaronder twee versies van het symbool van een zenerdiode (in het onderste symbool valt de 'Z' van zener te herkennen). Het diodesymbool doet aan een pijl denken die in de richting wijst waarin de stroom wordt doorgelaten. De linker aansluiting in figuur 2 wordt de anode genoemd en de rechter aansluiting (het streepje) heet de kathode.

Een (silicium)diode komt in geleiding zodra de anode ongeveer o,6 V positiever is dan de kathode – dat is enigszins vergelijkbaar met een mechanisch ventiel waar ook een zeker drukverschil moet bestaan voordat het ventiel opent. En voordat u zich gaat afvragen waar die 0,6 V vandaan komt: die wordt bepaald door het materiaal, in dit geval silicium. Bij een germaniumdiode bedraagt die minimale spanning ongeveer 0,3 V. Een natuurkundige kan ongetwijfeld haarfijn uitleggen hoe dat precies zit, maar dat zal ons hier verder salami wezen. We onthouden alleen deze beide spanningen: 0,6 V voor silicium en 0,3 V voor germanium.

Het wordt interessant wanneer we een grafiek maken van de stroom door een diode als functie van de spanning over die diode. **Figuur 3** geeft een voorbeeld. In zo'n U/I-diagram is de spanning op de horizontale as uitgezet en de stroom op de verticale as. Ter vergelijking geeft **figuur 4** de U/I-karakteristiek van enkele gewone weerstanden – dat zijn rechte lijnen door de oorsprong van de grafiek. Bij een weerstand met kleine waarde loopt deze lijn steil, bij een grote waarde veel vlakker.

Wanneer we figuur 3 nader bekijken, zien we dat er tot een spanning van 0,5 V nauwelijks iets gebeurt – er loopt zo goed als geen stroom door de diode. Voorbij 0,5 V echter krijgt de curve snel een steeds steiler verloop; de helling wordt vanaf daar vooral bepaald door de inwendige weerstand van de diode.

Voor de goede orde: de curve van figuur 3 is gemeten bij een siliciumdiode van het type 1N4148, maar de U/I-curven van andere Si-diodes vertonen een vergelijkbaar verloop.

# De belastbaarheid van een diode

Voor een diode wordt door de fabrikant in elk geval de maximale stroom in doorlaatrichting opgegeven en de maximale spanning

over de diode in sperrichting (waarbij dus de kathode positiever is dan de anode). Vaak ook wordt het maximale verliesvermogen (de maximale dissipatie) in de diode vermeld.

De maximale stroom door de hier als voorbeeld gebruikte 1N4148 (een 'typische' kleinsignaaldiode) bedraagt 100 mA, terwijl de maximale dissipatie 500 mW is.

Omgekeerd is een diode ook niet in staat willekeurig hoge spanningen te sperren. Als de maximale sperspanning wordt overschreden, dan begint de diode ook in sperrichting te geleiden. Als in dat geval de stroom niet sterk wordt begrensd, zal de diode oververhit raken waardoor het silicium-halfgeleiderkristal smelt – en daarna zal de diode tot in alle eeuwigheid in beide richtingen geleiden... Die hoge spanning heeft ook een grote dissipatie tot gevolg, zodat een diode al door een betrekkelijk geringe stroom in sperrichting kan worden vernield.

# Stabilisatie van spanningen

Met behulp van gewone diodes kan op eenvoudige wijze een redelijk stabiele spanning worden verkregen – zie **figuur 5**. Eerst de linker schakeling van figuur 5: hier is een diode via een serieweerstand van 1 k $\Omega$  op een gelijkspanningsbron aangesloten. Bij een spanning van 7,5 V loopt er een stroom van iets minder dan 7 mA, en over de diode meten we een spanning van 0,715 V. Nu verdubbelen we de ingangsspanning (de voedingsspanning) tot 15 V. De stroom neemt dan uiteraard toe, en wel tot iets meer dan 14 mA, maar de spanning over de diode neemt slechts in geringe mate toe: we meten 0,761 V. Conclusie: bij verdubbeling van de voedingsspanning neemt de spanning over de diode met slechts ongeveer 6% toe.

Wanneer we een 'tweetraps-schakeling' (figuur 5 rechts) gebruiken, wordt de spanning nog beter gestabiliseerd. Met behulp van de drie in serie geschakelde diodes wordt een spanning van ongeveer 2 V opgewekt. Met deze al redelijk gestabiliseerde spanning wordt dan een tweede diode gevoed.

Hier meten we bij een ingangsspanning van 7,5 V een spanning van 0,617 V, en bij een ingangsspanning van 15 V meten we een spanning van 0,662 V. Een verdubbeling van de ingangsspanning (dus een toename met 100%) resulteert in deze schakeling in een verhoging van de spanning over de tweede diode met slechts 0,8%. Stabilisering van spanningen met behulp van gewone diodes gebeurt daar waar we slechts lage spanningen nodig hebben. Voor hogere gestabiliseerde spanningen gebruiken we zenerdiodes, die in een volgende aflevering aan de orde komen.



# Voedingsschakelingen

Een van de belangrijkste toepassingen van diodes is die van gelijkrichter in voedingsschakelingen. Elektronische schakelingen (apparaten) hebben voor hun voeding een gelijkspanning nodig die, afhankelijk van het apparaat, tussen 1,5 V en 150 V kan liggen. Het lichtnet levert echter een wisselspanning van 230 V. Deze spanning moet dus eerst tot een acceptabele waarde omlaag worden getransformeerd, vervolgens worden gelijkgericht en afgevlakt en in de meeste gevallen ook nog worden gestabiliseerd.

# **Enkelzijdige gelijkrichters**

De kreet 'enkelzijdig' (zie **figuur 6**) heeft niets met zijkanten of zo te maken, maar wil niets anders zeggen dat telkens slechts één van de beide halve perioden van de ingangswisselspanning wordt doorgelaten – en wel de positieve halve periode – en dan nog alleen gedurende de relatief korte tijd dat de trafospanning hoger is dan de spanning over de elco plus de doorlaatspanning van de diode (die ongeveer 0,7 V bedraagt).

We hebben dit geschetst in **figuur 7**. De bovenste grafiek toont de wisselspanning zoals die door de trafo wordt geleverd. Als we de buffer- of afvlakelco even wegdenken, dan staat er over de weerstand (de belasting) een pulserende gelijkspanning zoals getekend in de middelste grafiek.

De onderste grafiek van figuur 7 is eigenlijk het interessantst. Deze grafiek toont de spanning over de bufferelco. Tijdens de positieve halve perioden van de wisselspanning wordt deze elco steeds kortstondig op- of bijgeladen; gedurende de rest van de tijd wordt hij door de belasting ontladen. In de praktijk is die belasting meestal geen simpele weerstand maar een complete elektronische schakeling die met een gelijkstroom gevoed wenst te worden. In de volgende aflevering gaan we wat aan deze (en andere) gelijkrichters rekenen..

220003-03

De artikelreeks "Alle begin..." is gebaseerd op het boek "Basiscursus elektronica" van Michael Ebner, dat bij Elektor is verschenen.

# Een bijdrage van

Idee en illustraties: Michael Ebner Tekst en redactie: Eric Bogers Layout: Giel Dols

# 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.



# **GERELATEERDE PRODUCTEN**

 Boek: Basiscursus elektronica www.elektor.nl/13950

E-boek: Basiscursus elektronica www.elektor.nl/18232







Elke week dat u zich niet inschrijft voor ons Elektor E-zine mist u leuke elektronica-gerelateerde artikelen en projecten!

Dus, waarom nog langer wachten? Abonneer u vandaag nog op www.elektor.nl/ezine en ontvang bovendien een gratis Raspberry Pi projectboek!



# What can you expect?

# **Redactioneel**

Elke vrijdag ontvangt u de beste artikelen en projecten van de week. We behandelen MCU-gebaseerde projecten, IoT, programmeren, AI, en meer!

# Promotie

Loop onze winkelpromoties niet mis, elke dinsdag en donderdag staat er een speciale promotie voor u klaar.

# Partner mailing

Wil u op de hoogte blijven van de lopende activiteiten binnen de branche? Dan geeft deze e-mail u de beste inzichten. Niet regelmatig maar altijd op woensdag



**Developer's zone** tips & trucs, vakkunstigheden en andere nuttige informatie

# **Tips & trucs** voor het testen van componenten

# zonder kostbare apparatuur

# David Ashton (Australië)

In mijn artikel over het identificeren van componenten heb ik het belang van het testen van componenten aangestipt [1]. De doorsnee hobbyist wil meestal gewoon controleren of een onderdeel werkt voordat het in een schakeling wordt gesoldeerd. Er bestaat een aantal technieken om componenten te testen die van een print zijn gesloopt of waarvan de herkomst anderszins onzeker is (uit de rommeldoos) en waarvoor geen speciale of dure testapparatuur nodig is.



# Weerstanden

Digitale multimeters zijn nu zo goedkoop en alomtegenwoordig dat het weinig zin heeft om zelf een tester te bouwen. Er zijn uitzonderingen: weerstanden met een zeer kleine waarde (lees: minder dan 1  $\Omega$ of zo) die worden gebruikt voor stroommeting en andere toepassingen, kunnen niet betrouwbaar worden getest met goedkope digitale meters, omdat de weerstand van de meetsnoeren in dezelfde orde van grootte ligt als de te testen weerstand.

Een betrouwbaarder methode is om een bekende stroom door de weerstand te laten lopen en de spanning erover te meten. In het verleden heeft Elektor veel ontwerpen van milliohmmeters gepubliceerd. Ook het internet is een bron van informatie. Sommige ontwerpen zijn eenvoudig en leveren acceptabele resultaten voor een snelle test. Weerstanden die zo heet zijn geworden dat het lichaam of de opdruk verkleurd zijn, zijn meestal rijp om te worden weggeworpen, maar misschien wilt u ze toch testen en bewaren.



### **Condensatoren en spoelen**

Toen ik net geen tiener meer was (lang geleden), heb ik een capaciteitsmeter gebouwd. Een astabiele 555 triggerde een monostabiele 74121 met de te testen condensator, die een pulstrein leverde met een duty-cycle die evenredig was met de te testen condensator. Ik gebruikte een preset-potmeter voor elk bereik en gebruikte 1%-condensatoren om het instrument te kalibreren. Hij mat van ongeveer 1 pf tot 100  $\mu$ F en is een van de handigste apparaatjes die ik ooit heb gebouwd.

Veel digitale multimeters kunnen nu capaciteiten meten, en ik vond er een in een recent elektronicablad voor ongeveer € 40 die capaciteit en zelfinductie meet, zij het met een vrij beperkt bereik. Ik had een eenvoudige maar adequate LCR-meter in dezelfde prijsklasse, maar heb onlangs in een meer veelzijdig exemplaar geïnvesteerd. Bij dit soort instrumenten is alle waar naar zijn geld; wat u krijgt, hangt af van uw budget en wensen. Het is echt niet meer de moeite waard om uw eigen tester te bouwen. Maar in sommige omstandigheden moet u misschien 'esoterische' metingen uitvoeren, zoals de equivalente serieweerstand (ESR) van een condensator, of de Q van een spoel, en hiervoor hebt u mogelijk meer geavanceerde instrumenten nodig. Elektor heeft in de loop der jaren veel ontwerpen gepubliceerd van instrumenten om alle aspecten van condensatoren en spoelen te meten; een zoekopdracht op de website van Elektor leidt wellicht naar een ontwerp dat aan uw behoeften voldoet. In de Elektor-shop zijn ook enkele redelijk geprijsde testers verkrijgbaar (zie kader).

Supercondensatoren zijn slechts een speciaal geval van elektrolytische condensatoren, maar vallen buiten het bereik van de meeste testers. Ze hebben doorgaans een werkspanning van 5,5 V, dus pas op dat u die niet overschrijdt. Test ze met een weerstand van 100  $\Omega$ naar een voeding van 5 V en tel het aantal seconden tot u over de (aanvankelijk ontladen) cap een spanning van 3,5 V meet. Deel dat door 100 en u hebt een ruwe schatting van de capaciteit in F. Hier gebruiken we de RC-tijd – de tijd die de condensator nodig heeft om zeven-tiende van de volledige lading te bereiken (5 V x 0,7 = 3,5 V). Een condensator van 1 F heeft 100  $\Omega$  x 1 F = 100 s nodig om 3,5 V te bereiken. 100/100 = 1, dus 1 F.

# Transformatoren

Transformatoren zijn slechts een speciaal geval van spoelen. Identificeer de wikkelingen met een multimeter en meet vervolgens de zelfinductie.



Figuur 1. Een manier om snel zenerdiodes te testen.

Bij een kleine nettransformator kan elke wikkeling met een weerstand van meer dan ongeveer 50  $\Omega$  en een zelfinductie van meer dan ongeveer 10 H een primaire wikkeling zijn. En aangezien de zelfinductie evenredig is met het kwadraat van het aantal windingen, neemt u de wortel van de verhouding van de zelfinducties van de wikkelingen om de transformatorverhouding te krijgen.

Een transformator met zelfinducties van 10 H en 50 mH heeft bijvoorbeeld een windingsverhouding van ongeveer (10/0,05)<sup>0,5</sup> = 14, dus als het een 240V<sub>AC</sub>-nettrafo is, zou u verwachten dat de secundaire ongeveer 15 V levert. Maar veel primaire wikkelingen hebben een grotere zelfinductie dan uw LCR-meter aangeeft, dus dit gaat niet altijd op.



# **Diodes**

Diodes kunnen gemakkelijk worden getest met een multimeter – ze geleiden in de ene richting en niet in de andere. Digitale multimeters kunnen een diode-testfunctie hebben en die geeft een indicatie van de spanning over de diode als die geleidt – ongeveer 0,6...0,7 betekent dat het een standaard siliciumdiode is, 0,3...0,5 betekent dat het een Schottky-diode is en een waarde van 0,2 of zo betekent een germaniumdiode. De positie van de komma kan variëren; het gaat echter om het eerste cijfer.

Zenerdiodes zijn iets lastiger. Ze gedragen zich als normale diodes wanneer ze worden getest met een multimeter, omdat het onwaarschijnlijk is dat een multimeter voldoende spanning aanlegt om de diode in omgekeerde richting te doen geleiden (zener-modus). U kunt uw labvoeding op de maximale spanning gebruiken om zeners te testen, met een heel kleine stroombegrenzing (ongeveer 10 mA), of een serieweerstand die ongeveer 10 mA doorlaat bij de maximale spanning. Leg deze aan op de zener en meet de spanning erover met uw multimeter (**figuur 1**). Dit werkt alleen voor zeners met een spanning die lager is dan uw voeding levert, maar een voeding van 30 V zal de meeste zeners bestrijken.



# Developer's zone

tips & trucs, vakkunstigheden en andere nuttige informatie

LED's kunnen net als zeners worden getest, maar regel de voeding terug naar 5 V of zo – LED's hebben een vrij lage doorslagspanning. Test elke LED met een doorzichtige behuizing in beide richtingen – het kan een tweekleuren-type zijn. Beperk de stroom tot 10 mA; dat is genoeg om elke LED te laten oplichten en is ook voor kleine LED's nog veilig.

# Transistoren

Toen ik tegen de 13 was, zag ik ergens een artikel voor een eenvoudige transistortester die de goede werking controleerde en de H<sub>fe</sub>-waarde (versterking) leverde. Deze was redelijk nauwkeurig bij silicium-kleinsignaaltransistoren, maar was onnauwkeurig bij germaniumtransistoren – nu eigenlijk geen probleem! Ik heb hem veel gebruikt – en doe dat nog steeds. Maar de meeste multimeters hebben tegenwoordig een ingebouwde transistortester en over het algemeen doen die het goed. Houd er ook rekening mee dat een transistor zich als twee diodes gedraagt, dus het identificeren van de basis is vrij eenvoudig. Transistoren zoals Darlingtons en vermogensexemplaren zijn moeilijker te testen omdat ze hogere basis-emitterspanningen of grotere collectorstromen nodig hebben voor een goede test. Maar een hobbyist heeft alleen een functionele "go/no go"-test nodig.

# **MOSFET's**

MOSFET's zijn alomtegenwoordig; een eenvoudige transistortester kan ze niet testen. De meeste hebben een gate-sourcespanning van 5 V of hoger nodig om ze volledig door te schakelen. Gelukkig is er een gemakkelijke manier om een functionele test van een MOSFET uit te voeren met alleen een stroombegrensde voeding (of een voeding en een weerstand, of nog beter een gloeilamp) en uw vingers of een hoogohmige weerstand (1 M $\Omega$  of zo). Als u de weerstand van de gate naar de plus aansluit (of dat met uw vingers doet), zou de MOSFET moeten inschakelen; bij gate-naar-source moet deze uitschakelen. Omdat MOSFET's een aanzienlijke gate-capaciteit hebben, kan het een seconde of langer duren om ze in of uit te schakelen. Gebruik 12 V om voldoende gatespanning te hebben, en begrens de stroom op 100 mA of minder, anders kunt u uw vingers branden als de MOSFET niet op een koellichaam is gemonteerd!



# Thyristoren/SCR's/triacs

Hiervoor kunt u dezelfde opstelling gebruiken als voor MOSFET's hierboven, behalve dat u een kleinere gateweerstand nodig hebt – iets van 470  $\Omega$  tot 1 k $\Omega$  zou goed moeten zijn. Wanneer u de gate via de



Figuur 2. Een eenvoudige tester voor transistoren, MOSFET's, thyristoren en triacs.

weerstand aansluit op de anode of de plus van de voeding, moet de SCR doorschakelen (stroom trekken) en dit ook blijven doen nadat het stuursignaal voor de gate is uitgeschakeld. U moet de anodeverbinding onderbreken om de component uit te schakelen. Triacs doen hetzelfde, maar geleiden in beide richtingen.

De testvereisten voor MOSFET's, transistoren en SCR's zijn vergelijkbaar, en u kunt zelf een eenvoudige tester bouwen die ze allemaal kan testen. **Figuur 3** toont het exemplaar dat ik zelf heb ontworpen en gebouwd.

# VDR's

Spanningsafhankelijke weerstanden (VDR's), ook wel tranzorbs genoemd, en andere overspanningsbeveiligingen zoals gasgevulde typen en de P6KE-halfgeleiders behoren tot de moeilijker te testen componenten. Een VDR van 460 V begint pas te geleiden bij meer dan 500 V. Maar als u toegang hebt tot een megger of isolatietester van een elektricien, kunt u de componenten snel controleren.

De meeste isolatietesters hebben drie testspanningen: 250 V, 500 V en 1000 V. Een 460V-VDR zou geen uitslag of uitlezing moeten geven bij 250 V, een geringe uitslag bij 500 V en een lage weerstand bij 1000 V. De resultaten kunnen afhankelijk van de gebruikte tester variëren, maar zouden goed genoeg moeten zijn voor een go/no go-test. Defecte VDR's gedragen zich als een kortsluiting of een onderbreking, en deze test zal een van beide aantonen. En blijf met uw vingers uit de buurt van die hoge spanningen!

# **Polyfuses of PTC-weerstanden**

Dit zijn componenten die normaliter een lage weerstand hebben (een paar ohm), maar wanneer er meer dan de nominale stroom doorheen loopt, worden ze warm en krijgen ze een hoge weerstand, die ze plegen te behouden tot de oorzaak van die overstroom is verholpen. Test ze door ze op een stroombegrensde voeding aan te sluiten en de

stroom langzaam op te voeren. Aanvankelijk zal de spanning erover klein zijn, maar naarmate de stroom toeneemt wordt de weerstand hoger en zal de spanning erover vrij snel toenemen. Op deze manier krijgt u een idee van de nominale stroom (die kleiner is dan die welke ervoor zorgt dat ze een hoge weerstand krijgen). En brand uw vingers niet; ze verhogen hun weerstand door heet te worden!

# **DIP-schakelaars**

Bij gebruikte DIP-schakelaars kunnen een of meer schakelaars defect zijn, dus test ze voor gebruik. U kunt natuurlijk elke schakelaar testen met een multimeter, maar als u er veel moet testen, kunt u een DIP-schakelaartester maken met een IC-voet, weerstanden en LED's die signaleren welke schakelaar open of gesloten is.

Daarnaast kunt u die tester gebruiken om LED's te controleren. Plaats een LED waar een van de schakelaars zou zitten, en zowel deze LED als de LED van de tester lichten op als de onbekende LED in orde is. Figuur 3 toont een exemplaar dat ik heb gebouwd.

# Geïntegreerde schakelingen

Deze zijn moeilijker te testen, omdat er zoveel verschillende zijn. Maar er zijn eenvoudige tests die u kunt doen. Opamps hebben meestal dezelfde pinout, dus u kunt een eenvoudige opamp-tester maken die als een astabiele multivibrator werkt, met een paar LED's aan de uitgang. Dit zal ook voor veel comparatoren werken, maar houd er rekening mee dat sommige comparatoren een open collector-uitgang hebben en geen stroom kunnen leveren.

U zou ook testers kunnen bouwen voor dual en quad op-amps. Gebruik een voetje van behoorlijke kwaliteit - een ZIF-type (Zero Insertion Force) als uw budget dat toelaat. Voor de geliefde 555 kunt u iets vergelijkbaars doen - schakel hem als astabiele multivibrator met LED's aan de uitgang.

Digitale IC's zijn lastiger. Als u deze vaak moet testen, kunt u het beste een geschikte tester kopen. U zou de TL866 [2] kunnen overwegen (zie kader), die doorgaans voor minder dan \$ 50 verkrijgbaar is; het is een EPROM-programmer maar hij test ook logische IC's. Er bestaan verschillende modellen van, dus bestudeer de specificaties voordat u er een koopt. De TL866II is de actuele versie.



Figuur 3. Een DHZ-tester voor DIP-schakelaars en LED's, hier tijdens het testen van een viervoudige DIP-schakelaar en een paar LED's.

# TL866-programmer en digitale IC-tester



Bron: David Ashton

De TL866 is in de eerste plaats een programmer voor een groot aantal verschillende IC's. Hiervoor voldoet hij heel behoorlijk en er zijn veel recensies beschikbaar, waaronder een van Elektor [2]. Ik concentreer me hier echter op het testen van logische IC's.

De TL866-II – de actuele versie – wordt geleverd in een plastic behuizing met een 40-pins ZIF-voet van goede kwaliteit, een paar LED's en een USB-aansluiting. Ik moest de software downloaden van de site van de fabrikant - iets wat ik niet graag doe, maar het is de webstek van de fabrikant, dus het risico is niet groot. De pdf-handleiding van de TL866 kan prima geprint worden. De software is redelijk overzichtelijk en u kunt de meeste IC's en functies snel vinden. Op het tabblad Device in het hoofdmenu staat het item Logic Test. Dat levert een lange lijst op van IC's uit de CMOS 4000- en TTL 74-series waaruit u kunt kiezen, en zelfs enige Intel 8080-periferie. Ik amuseerde me een half uurtje met mijn voorraad CMOS- en TTL-IC's, de TL866 testte de meeste zonder problemen. Bij de 74LS21 ging het echter consequent fout – een beetje teleurstellend voor zo'n standaardchip.

Maar daarom niet getreurd! De TL866-software geeft de testreeks weer die wordt gebruikt, en u kunt deze kopiëren en bewerken (en onder een nieuwe naam opslaan). Toen ik de 7421-datasheet en de geprogrammeerde testreeks vergeleek, merkte ik dat voor de pinnen 3 en 11 een "H" (hoog niveau) was aangegeven. Die pinnen worden echter niet gebruikt, dus ze moeten bij het testen worden genegeerd. Toen ik die pinnen veranderde in "x" (negeren), werkte de test en heb ik met succes al mijn 74LS21's probleemloos getest. Ik ben er nu van overtuigd dat ik zo ongeveer elk digitale IC kan testen, zelfs als ik voor sommige een eigen testreeksen moet schrijven. Een paar andere IC's produceerden fouten, voornamelijk monostabiele multivibratoren die moeilijk zonder timingcomponenten getest kunnen worden.

Voor het testen van SMD-IC's zijn op eBay en elders setjes SMD-naar-DIL-adapters te koop; ook kunt u een TL866 inclusief verschillende adapters voor minder dan \$ 50 kopen - een handige tester voor een sympathieke prijs, en een goede aanvulling voor het testinstrumentarium van elke hobbyist.



# Developer's zone

tips & trucs, vakkunstigheden en andere nuttige informatie

Ze worden geleverd met een ZIF-socket voor de meeste formaten through-hole IC's, maar vaak zitten er handige adapters bij voor het testen van verschillende SMD-componenten. Sommige modellen programmeren *in-circuit* als u daar behoefte aan hebt, maar de nieuwere modellen kunnen geen erg oude EPROM's programmeren (voor een oldtimer als ik is dat belangrijk!). Voor het testen van digitale IC's is dit minder belangrijk. U kunt ook uw eigen testprogramma's schrijven voor IC's die niet in de database staan of voor IC's waarvoor de meegeleverde programma's niet werken (die zijn er een paar).

# **Kristallen**

Kwartskristallen en oscillatoren komt u zeer vaak tegen bij het strippen van professionele apparatuur. Meestal staat de frequentie er op gedrukt en is niet meer dan een eenvoudige go/no go-test vereist. Die kan vrij eenvoudig zijn. Om de frequentie te verifiëren of om kristallen zonder opdruk te testen, is een frequentieteller nodig. U hebt slechts twee inverterende poorten nodig om een kristal te laten oscilleren, en nog eentje om de opstelling te verifiëren. U kunt de vierde poort in een IC met vier inverterende poorten als buffer voor de frequentieteller gebruiken.

32.768Hz-kristallen worden vaak gebruikt in real-time clocks, maar microcontroller-kristallen oscilleren meestal in het MHz-gebied, dus u hebt eventueel twee oscillatoren nodig om alle kristallen te kunnen controleren. Voeg ook nog een DIP-voetje toe om oscillatoren te controleren; u hebt alleen voedingsspanning en een aansluiting naar de uitgang nodig. SMD-kristallen en oscillatoren zijn moeilijker. Misschien hebt u daarvoor een testadapter nodig.

# **Relais**

Relais worden nog steeds veel gebruikt. Voor isolatie en voor het schakelen van grote stromen zijn ze onverslaanbaar. Test de contacten met een multimeter met doorgangstester, en laat het relais schakelen via uw voeding die op de juiste spanning is ingesteld; controleer of de contacten openen en/of sluiten. Als u veel relais van hetzelfde type hebt, is het misschien de moeite waard om er een testadapter voor te bouwen, met een belasting van maximaal een paar ampère (bijvoorbeeld een autolamp) om alle relais uit te sorteren waarvan de contacten een (te) hoge overgangsweerstand vertonen.

# Andere hulpmiddelen

Als u zich maar één goed testinstrument kunt veroorloven, kies dan een deugdelijke multimeter met transistortester en capaciteits- en andere meetbereiken (frequentie, temperatuur...). Die zal zijn nut bewijzen totdat u betere testapparatuur kunt kopen of bouwen.

Een van de handigste dingen die u kunt kopen als u met SMD's werkt, is een pincet-probe (**figuur 4**). Deze wordt aangesloten op uw tester en maakt het mogelijk om snel en gemakkelijk SMD-weerstanden, -condensatoren, -spoeltjes en -diodes te testen. Ze worden gemaakt door Sparkfun en zijn overal verkrijgbaar. En als u echt veel SMD-componenten wilt meten, kunt u een meetpincet kopen. De DT71 is verkrijgbaar in de Elektor-shop (zie **kader**); u vindt op [3] een goede bespreking.

Peak levert onder de naam "Atlas" een reeks draagbare componententesters die goede recensies hebben en redelijk geprijsd zijn. Met name hun DCA75 Pro Advanced Semiconductor Analyzer (zie **kader**)



Figuur 4. Pincet-probe voor een multimeter (bron: Sparkfun).

identificeert vrijwel elke halfgeleider met 2 of 3 aansluitingen – van harte aanbevolen. Als u meer gedetailleerde tests moet doen dan de eenvoudige tests die hierboven zijn beschreven, loont het om in dergelijke instrumenten te investeren. Elektor heeft sinds enige tijd de Joy-IT LCR-T7 multifunctionele componententester [5] op voorraad die weliswaar niet de specificaties van de Peak-tester haalt, maar slechts ongeveer een kwart daarvan kost en veel waar voor zijn geld biedt. Een leesloep met LED-verlichting (handheld of op een voet) en/of een USB-microscoop is handig om kleine onderdelen te controleren op waarde, polariteit of oriëntatie.

Hierboven hebben we het vaak over voedingen gehad. Het minimum is een voeding voor 0...30 V met een stroombegrenzing die instelbaar is van 10 mA of minder tot 500 mA of meer.

Met deze eenvoudige technieken en wat DHZ-testinstrumenten kan uw leven een stuk aangenamer worden wanneer u componenten voor uw projecten wilt hergebruiken.

210279-01

# Een bijdrage van

Tekst en foto's: David Ashton Redactie: Clemens Valens Vertaling: Eric Bogers Layout: Harmen Heida

# 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.

# Peak DCA75 Advanced Semiconductor Analyzer mijn ervaringen



Enige tijd geleden gunde ik mezelf een Peak DCA75 Advanced Semiconductor Analyzer. Ik was eerlijk gezegd een beetje huiverig omdat ik me afvroeg of zo'n kleine tester met slechts twee knoppen wel zijn geld waard zou zijn.

Ik was echter bijzonder aangenaam verrast. Het apparaat doet alles wat het beweert en is in het gebruik de eenvoud zelve. De interface is ronduit geniaal; u hoeft nauwelijks iets te doen. U sluit uw component op een willekeurige manier aan; de DCA75 identificeert wat u hebt aangesloten, levert u enkele basiskenmerken en vertelt welke aansluiting wat is. Wat ik ook probeerde, ik kon de DCA75 niet foppen. Een van de eerste dingen die ik probeerde was die 0V8F-"transistor" uit mijn artikel over het identificeren van componenten [1]. Het was mij niet gelukt ze identificeren of te testen; ik dacht dat het FET's waren. De DCA75 identifi-

ceerde ze meteen als triacs. Dit alleen al

overtuigde mij ervan dat de DCA75 zijn gewicht in goud waard is!

De DCA75 heeft enkele kleine beperkingen - hij kan geen zeners en spanningsregelaars van meer dan 8 of 9 V testen, en ook enkele 'esoterische' halfgeleiders zoals unijunctie-transistoren worden niet geïdentificeerd, maar dat is voor de modale gebruiker net zo'n probleem.

Met behulp van een PC en de meegeleverde USB-kabel en software kan de DCA75 ook karakteristieken van veel componenten produceren. Al met al een heel veelzijdig instrumentje om aan uw arsenaal toe te voegen. Hij heeft een klein broertje, de DCA55, voor ongeveer de helft van de prijs, maar ik raad u aan voor de DCA75 te kiezen. Ik kan hem niet sterk genoeg aanbevelen.



# WEB LINKS

- [1] D. Ashton, "Onderdelen identificeren", Elektor maart/april 2022: www.elektormagazine.nl/210024-03
- [2] Review: MiniPRO TL866A programmer: www.elektormagazine.nl/news/review-minipro-tl866a-programmer
- [3] H. Baggen, "Miniware DT71 Digital Tweezers", Elektor juli/augustus 2021: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-181/59793 [4] PEAK DCA75: Geavanceerde draagbare halfgeleider-analyzer:
- www.elektormagazine.nl/news/peak-dca75-geavanceerde-draagbare-halfgeleider-analyzer
- [5] JOY-iT LCR-T7 Multifunctionele Tester: www.elektormagazine.nl/news/joy-it-lcr-t7-multifunctionele-tester





# Reduceer het stroomverbruik van uw mollenverjager

ATtiny13 in plaats van 555



### Gerhard Dürr (Duitsland) en Luc Lemmens (Elektor)

Molshopen kunnen uw zorgvuldig gemaaide gazon in een mum van tijd ruïneren. Als u uw kostbare tuin bewaakt met een elektronische mollenverjager, kan deze hardware-upgrade de levensduur van de batterijen met een factor 10 verlengen!

Als u een tuin met gazon hebt, en vooral als u in een landelijke omgeving woont, loopt u het risico onaangenaam verrast te worden door de aanwezigheid van mollen, of liever door de molshopen die ze maken. Het goede nieuws is dat u hoogstwaarschijnlijk schone, vruchtbare grond in uw tuin hebt. U zult de diertjes zelf nooit – of zelden – zien, omdat ze meestal ondergronds blijven in de gangen die ze graven, op zoek naar de wormen en insecten die op hun menu staan. De aarde die ze tijdens het graven verplaatsen, moet natuurlijk ergens heen; die duwen ze omhoog en vormen zo molshopen, het teken dat er een mol in (eigenlijk: onder) uw tuin zit. Niet veel mensen zijn hier blij mee en er zijn talloze methoden bedacht om te voorkomen dat mollen een tuin binnenkomen, of om ze te verjagen als ze zich er eenmaal hebben gevestigd. Een van de oplossingen is de zogenaamde mollenverjager: een apparaat dat door middel van (geluids)trillingen deze ondergrondse activiteiten voorkomt of beëindigt. Het is een buis met spijkers die in de grond wordt gestoken; in het uiteinde bevindt zich een geluidsbron (meestal in de vorm van een elektronische DC-buzzer) die mollen en ander (on)gedierte zoals woelmuizen en ratten moet verjagen.

Sommige fabrikanten beweren dat de ongediertebestrijders die zij maken *ultrasone* trillingen produceren. Misschien bestaan die wel, maar de meeste apparaten die we hebben gevonden, produceren – volgens de eigen specificaties – geluiden met frequenties in het lage kilohertz-gebied of zelfs lager, wat ver onder het ultrasone bereik ligt. In de meeste gevallen zal de term sonische verjager (zonder ultra-) een betere beschrijving zijn. Het geluid wordt gedurende ongeveer een

+6V O -0 Buzzer -0| IC /CC RESET PB2/SCK PB3/AD3 220Ω ISF PB1/MISO PB4/AD2 С GF230 0 B0/MOSI GND ATtiny13A 0 220k 100µ 10V 470n GND O 200653-00

+6V

Figuur 1. Het schema van de timer-upgrade.



Figuur 2. De print-layout.

drie standaard 1N4148-diodes in serie. Een lineaire spanningsregelaar kan hiervoor niet worden gebruikt, omdat deze het stroomverbruik van de mollenverjager zou verhogen. C1 en C2 ontkoppelen de voeding van de microcontroller.

De zoemer is uit de originele hardware gesloopt en aangesloten op K4/K5 (plus) en K6 (min). Sommige zoemers zijn inductief en kunnen spikes produceren, vooral bij het uitschakelen. Diode D2 is de vrijloopdiode die voorkomt dat transistor T1 hierdoor beschadigd kan worden. De keuze van deze schakeltransistor is helemaal niet kritisch. Met een stroom door de zoemer van minder dan 10 mA, kan zelfs een standaard BC547 worden gebruikt als basisweerstand R1 wordt gewijzigd in 4,7 kΩ en R2 in 10 kΩ. Elke 'logische' NMOS-FET is ook goed, als R1 wordt vervangen door een draadbrug en R2 wordt weggelaten.

# Er is zelfs een printontwerp

Het schema is ontworpen in een gratis versie van Target3001!, en de auteur heeft zelfs een kleine print gemaakt voor de microcontroller-upgrade (figuur 2). De ontwerpbestanden kunnen worden gedownload van de Elektor Labs-pagina van dit project [1]. Gezien het grote aantal merken en soorten mollenverjagers op de markt, zou het toeval zijn als de print even goed past in uw exemplaar als in dat van de auteur (figuur 3). Maar dat zal voor veel lezers een mooie gelegenheid zijn om Target3001! te testen met dit relatief eenvoudige project als u de print

halve seconde ingeschakeld, met tussenpozen van ongeveer 30 seconden. Deze pulsen zouden voor een mol zo onaangenaam moeten zijn dat hij verhuist en/of wegblijft. Er zijn mensen die absoluut overtuigd zijn van de effectiviteit van deze apparaten; anderen beweren dat het gewoon oplichterij is en dat alleen de fabrikanten en verkopers er baat bij hebben; daar zullen we ons niet over uitlaten.

In het kader hebben we het kort over het verjagen van mollen in het algemeen. In dit artikel bespreken we alleen een manier om het stroomverbruik van een batterijgevoede, geluid producerende variant te reduceren.

# Hoe het werkt

Dit type verjager bevat een timer en iets wat geluid maakt; dat laatste zal meestal een piëzo-zoemer zijn, maar we hebben ook apparaten gevonden met trilmotoren, zoals ook in mobiele telefoons worden gebruikt. Wie in de elektronica "timer-schakeling" zegt, zegt ook meteen "555", misschien wel de beroemdste geïntegreerde schakeling, die onlangs zijn vijftigste verjaardag vierde. Natuurlijk zijn er uitzonderingen zijn, maar de ontwerper van de hier besproken schakeling kwam ook een exemplaar tegen waarin de 555 werd gebruikt als bistabiele multivibrator. Het apparaat verbruikt de meeste stroom wanneer geluid wordt geproduceerd, maar er is natuurlijk ook wat stroom nodig om de 555 aan de praat te houden wanneer de zoemer is uitgeschakeld. Hoewel aanpassing van deze schakeling energie kan besparen en dus de levensduur van de batterij kan verlengen (bijvoorbeeld door een standaard 555 te vervangen door een CMOS-versie of door de waarden van de externe componenten te wijzigen), koos de ontwerper voor een andere aanpak. De complete timer-schakeling wordt hier vervangen door een kleine microcontroller die het grootste deel van de tijd in slaaptoestand verkeert; zijn watchdog-timer wekt hem ongeveer om de halve minuut en activeert de zoemer gedurende één seconde, waarna hij weer gaat slapen. Het stroomverbruik neemt zo met bijna een factor tien af: 4 mA met de originele 555-timer tegenover gemiddeld 430 µA met microcontroller; de batterijlevensduur van minder dan 200 dagen is verlengd tot ongeveer 1450 dagen! In de praktijk zal dit minder zijn, onder meer door de zelfontlading van de batterijen, maar toch is dit een grote verbetering ten opzichte van het oorspronkelijke stroomverbruik van de mollenverjager.

# De nieuwe hardware

Het schema van de microcontroller-schakeling is getekend in figuur 1. IC1, een ATtiny13 van Microchip (vroeger Atmel), vormt het hart van de schakeling. Het interne programmageheugen kan worden geflasht met een ISP-programmeerinterface die op K2 wordt aangesloten. Deze 6-polige connector kan ook worden weggelaten als de microcontroller wordt geprogrammeerd voordat hij in zijn voetje wordt gestoken. De schakeling wordt gevoed door batterijen, in dit geval vier D-cellen in serie – dus 6 V in totaal, aangesloten op K1 en K3 (resp. de plus- en minpool). Met vier verse 1,5V-batterijen en zonder (of met zeer geringe) belasting zal de totale spanning hoger zijn, ongeveer 6,5 V. De ATtiny13 heeft echter een absolute maximale voedingsspanning van 5,5 V. D1 is een standaard rode LED (bij voorkeur geen hoogrendement-type) met een doorlaatspanning van ongeveer 1,3 V, zelfs bij een doorlaatstroom van slechts 1 µA; dit reduceert effectief de voedingsspanning tot een veilige waarde, ruim onder het maximum van 5,5 V voor de microcontroller. Als alternatief kan D1 worden vervangen door twee of





Figuur 3a. Overzicht.



Figuur 3b. De nieuwe print in de originele mollenverjager.

wilt veranderen. Het zal ook niet al te moeilijk zijn om het schema en de print opnieuw te tekenen als u liever een ander CAD-programma gebruikt. Er zijn enkele SMD-componenten op de koperzijde (onderkant) van de print, maar die kunnen gemakkelijk worden vervangen door through-hole onderdelen, zelfs zonder de printplaat aan te passen.

# Mollen in uw tuin? Wat (niet) te doen?

Als u op internet zoekt wat u kunt doen tegen mollen in uw tuin, of hoe u kunt voorkomen dat ze überhaupt op uw terrein komen, zult u verbaasd zijn wat er in de loop der jaren allemaal is uitgevonden om deze beestjes het leven zuur te maken. Van veel van deze middeltjes wordt de effectiviteit door (ervarings)deskundigen betwijfeld. U weet pas zeker dat zo'n methode niet werkt als – ondanks alles – uw mooi gemaaide gazon plotseling ontsierd wordt door molshopen.

Wij zijn zeker geen mollendeskundigen, maar volgens de informatie die wij hebben gevonden, lijkt helemaal niets doen het beste advies. Als er molshopen zijn, heeft een mol zijn hol al gemaakt en zal dat zal meestal alleen uitbreiden als er niet genoeg voedsel is. Als u die minibergjes storend vindt, kunt u het beste de grond voorzichtig wegscheppen; als u er op klopt of stampt, zal de mollengang instorten en is de kans groot dat het dier de schade herstelt en daarbij een nieuwe molshoop maakt.

# Zonder firmware gaat het niet

De broncode (**listing 1**) voor de ATtiny13 is ontwikkeld in AVR Studio 4.19 met geïnstalleerde AVR-GCC compiler. Hoewel deze IDE verouderd is, kan hij nog steeds worden gedownload. Het zal echter niet moeilijk zijn om de broncode over te nemen in modernere ontwikkeltools. De broncode, het AVR Studio-project en het HEX-bestand kunnen worden gedownload van de Elektor Labs-pagina bij dit project [1]. Met dat HEX-bestand kunt u het programmageheugen van de ATtiny13 flashen zonder te compileren. De configuratie-fuses van deze microcontroller blijven op de fabrieksinstelling staan (ze hoeven dus niet geprogrammeerd te worden).

Hoewel het programma in C is geschreven, is de meeste code geschreven in assembler. Na het inschakelen worden de GPIO's geconfigureerd en worden de timers, de ADC, de pull-ups en de ADC uitgeschakeld. De slaap-modus wordt ingesteld op *Powerdown*. De code komt dan in een eindeloze lus (while(1)), die de volgende bewerkingen uitvoert:

- > de zoemer wordt ingeschakeld;
- > de watchdog wordt ingesteld om een interrupt te genereren na 128k cycli; met een 128kHz-klok levert dit een interrupt-interval van (ongeveer) één seconde;
- interrupts worden ingeschakeld en de ATtiny schakelt over naar Powerdown-modus met het assembler-commando sleep.
- na één seconde zal de watchdog-interrupt de microcontroller uit de *Powerdown*-modus halen;
- > de zoemer wordt uitgeschakeld en de watchdog-interrupt wordt ingesteld op zijn maximum interval van 1024k cycli (is 8 seconden). Omdat we willen dat de mollenverjager ongeveer een halve minuut stil is, moet de watchdog drie interrupts genereren voordat while(1) weer begint met het inschakelen van de zoemer.

# **Geen mollen meer?**

Met deze upgrade van de mollenverjager wordt de levensduur van de vier D-cellen verlengd. De effectiviteit van het apparaat zelf verandert er niet door. Zoals gezegd bestaat er veel onenigheid tussen mensen die deze mollenverjagers geweldig vinden en anderen die geloven of zelfs zeker menen te weten dat ze geen enkel effect hebben. Het grote aantal merken en verkopers suggereert dat veel mensen geloven dat ze echt werken. Het is in ieder geval een middel dat geen negatieve effecten heeft op het milieu – het enige dat we konden vinden waren berichten over buren die klagen over het zich herhalende zachte geluid van de apparaten.

# 

# **ONDERDELENLIJST**

Weerstanden: R1 = 220 O $R2 = 220 k\Omega$ B3 = 10 k

# Condensatoren:

 $C1 = 220 \ \mu/25 \ V$ C2 = 470 n

# Halfgeleiders:

D1 = LED roodD2 = LL4148T1 = GF2304 (zie tekst) IC1 = ATtiny13A (DIL-8 behuizing)

### Diversen:

K2 = 6-polige SIL-header

# Een bijdrage van

Ontwerp: Gerhard Dürr Tekst: Gerhard Dürr, Luc Lemmens Illustraties: Gerhard Dürr, Patrick Wielders, Luc Lemmens Redactie: Jens Nickel, C. J. Abate Vertaling: Eric Bogers Layout: Giel Dols

# 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.



> Diamex EXA-Prog Package (SKU 19912) www.elektor.nl/19912

# .....

# Listing 1. De volledige broncode.

```
// Controlling the molechaser-buzzer with the watchdog-timer
// * MC ATtiny13A, all fuse bytes default
// * PB3 and PB4 HIGH: buzzer ON
// * Configurable with watchdog-timer-prescaler
// * Selected: 128K-cycles(~1s) ON, 3*1024K-cycles(~24s) OFF
// \star Current consumption: powerdown ~6µA, buzzing ~7.2mA, average 0.43mA
#include <avr/io.h>
#ifndef F_CPU
#warning "Defining F_CPU 1.2MHz"
#define F_CPU 1200000UL
#endif
#include <avr/interrupt.h>
int main(void) {
  uint8_t i=0;
  DDRB = 1<<PB0|1<<PB1|1<<PB2|1<<PB3|1<<PB4;
  PRR = 1<<PRTIM0|1<<PRADC;</pre>
                                     // Power Reduction Timer0, ADC
  MCUCR = 1<<PUD|1<<SE|1<<SM1|0<<SM0; // Pullup Disable, Sleepmode: Powerdown
  ACSR = 1 < ACD;
                                      // Analog Comparator Disable
  while(1) {
   i = 0;
   PORTB |= 1<<PB3 |1<<PB4;
                                 // buzzer ON
 // change Watchdog-Interrupt to 1s (measured: 1.14s @ 4.5V, 22°C)
   MCUSR = 0;
                                 // clear Reset-Flags
    WDTCR = 1<<WDCE |0<<WDE;
                                 // Watchdog Change Enable
 // Watchdog Timer Prescaler: 128K-cycles(~1s), Watchdog Timer Interrupt Enable
    WDTCR = 1<<WDTIE|0<<WDE|1<<WDP2|1<<WDP1;</pre>
    sei();
   asm volatile("sleep"::);
   asm volatile("wdr"::);
                                 // Watchdog Reset, wait for WDT-ISR(~1s)
   PORTB &= ~(1<<PB3|1<<PB4); // buzzer OFF</pre>
// change Watchdog-Interrupt to 3*8s: (measured: 27.9s @ 4.5V, 22°C)
    asm volatile("wdr"::);
                                 // Watchdog Reset
    MCUSR = 0;
                                 // clear Reset-Flags
    WDTCR = 1<<WDCE | 0<<WDE;
                                 // Watchdog Change Enable
 // Watchdog Timer Prescaler: 1024K-cycles(~8s), Watchdog Timer Interrupt Enable
   WDTCR = 1<<WDTIE|0<<WDE|1<<WDP3|1<<WDP0;</pre>
   while(i < 3) {</pre>
                                 // wait 24s
      i++:
     asm volatile("sleep"::);
                                 // Watchdog Reset, wait for WDT-ISR(~8s)
      asm volatile("wdr"::);
  7
}
EMPTY_INTERRUPT(WDT_vect);
                                 // awaking from powerdown-mode
```

# **WEBLINK**

[1] Projectpagina op Elektor Labs: https://bit.ly/3JWCXBk

PROJECT

# Lichtschakelaar Delux

uiterst nauwkeurig lichtgestuurd schakelen

# Clemens Valens (Elektor)

Lichtgestuurde schakelaars zijn in overvloed te koop voor een tientje of zo, maar de meeste schakelen 'ergens in de schemering'. Soms vereisen toepassingen meer nauwkeurigheid en controle dan deze goedkope schakelaars mogelijk maken. Wilt u verlichting tot op de lux nauwkeurig regelen? Dan is dit project iets voor u.

Er bestaan veel ontwerpen voor lichtgestuurde schakelaars en de meeste voldoen uitstekend in de toepassing waarvoor ze zijn ontworpen. Daarbij gaat het dan meestal om het inschakelen van een lamp wanneer het gaat schemeren, en weer uitschakelen wanneer het lichter wordt. Soms wordt er ook nog een timer aan toegevoegd.

U zou kunnen denken dat dit voor alle mogelijke toepassingen volstaat; maar dat is niet waar. De reden is dat het al die ontwerpen ontbreekt aan nauwkeurigheid. Op basis van een LDR of fototransistor schakelen ze 'ergens' in de schemering. Lichtniveaus vertonen echter een veel sterkere variatie.

# Helderheid is subjectief

Voor mensen is de intensiteit van het daglicht (de helderheid) redelijk constant. Natuurlijk zien we variaties door bewolking en de zon, maar we zijn daar niet erg gevoelig voor. De reden voor is de logaritmische helderheidsgevoeligheid van het oog. Op een bewolkte dag kan de helderheid variëren tussen 5000 en 10000 lux, maar wij zien nauwelijks verschil. Zonlicht kan resulteren in een niveau van meer dan 25000 lux, wat we natuurlijk wel merken, maar we ervaren het niet als drie of meer keer zo helder.

Wettor lab · Electro

ORIGIN

to, ab . Elekto

Planten daarentegen zijn veel gevoeliger voor lichtintensiteit dan mensen. Boeren weten dit en ze laten zelfs overdag kunstlicht op een deel van hun gewas schijnen om de opbrengst te verbeteren. Op zonnige dagen is dit meestal niet nodig, maar op bewolkte dagen kan het helpen. Om dit op een economische manier te doen, hebben ze lichtgestuurde schakelaars nodig die helderheidsverschillen nauwkeuriger detecteren dan een LDR of fototransistor. Tegenwoordig bestaan er lichtsensoren die de helderheid direct omzetten in een luxwaarde, met een resolutie tot 16 bit. Sommige van deze sensoren meten niet alleen luxwaarden, maar ook de intensiteit van UV en wit licht. Met zo'n sensor is het vrij eenvoudig om een uiterst nauwkeurige lichtgestuurde schakelaar te bouwen.

# Nauwkeurige omgevingslichtsensor

Een populaire lichtsensor is de VEML7700 van Vishay. Dit is een uiterst nauwkeurige sensor voor omgevingslicht met I<sup>2</sup>C-interface; voor een paar euro is die op een kleine module verkrijgbaar. Uit dezelfde familie stamt ook de VEML6075, een UVAen UVB-lichtsensor met eveneens met I<sup>2</sup>C-interface.

Dankzij de digitale I<sup>2</sup>C-interface heeft de sensor geen separate A/D-omzetter nodig en kan hij rechtstreeks op de meeste microcontrollers worden aangesloten. De uitvoer is beschikbaar in twee 16-bits registers: een voor omgevingslicht (ook wel ALS genoemd) en een voor wit licht. Wit licht bestrijkt een breed spectrum van 250 nm tot 950 nm. Het ALS-spectrum is veel smaller, van ongeveer 450 nm tot 650 nm, omdat het correspondeert met de gevoeligheid van ons oog. Planten zijn geen mensen, dus de te gebruiken uitvoer hangt af van de toepassing.

De sensorgevoeligheid is ook belangrijk. De VEML7700 heeft een resolutie van 0,005 lx per LSB en een maximaal detectieniveau van 167.000 lx (minimaal 0,01 lx). Zo'n groot bereik zou 25-bit waarden vereisen, maar de sensor is slechts 16 bit breed; daarom kan een gevoeligheidswaarde worden gespecificeerd (soms 'gain' genoemd) om metingen binnen bereik te brengen. Door de grote gevoeligheid kan de sensor worden gebruikt achter oppervlakken die slechts weinig licht doorlaten en toch bruikbare resultaten opleveren. Wanneer er weinig licht is, kan de sensor gedurende maximaal 800 ms integreren. En ten slotte kunnen lage en hoge drempelwaarden worden ingesteld die interrupts kunnen triggeren, wat het makkelijk maakt om een alarm of een automatische schakelfunctie te creëren.

# Prik 'm op een ESP32

De VEML7700-module die ik voor mijn experimenten heb gebruikt, is gekocht bij Adafruit. Een goed platform om het mee te gebruiken is de ESP32-Connected Thermostat [1] (ook bekend als Automator, zie [2]). De module heeft vijf pinnen, maar omdat hij twee voedingsopties heeft, hebben we er maar vier nodig. Deze vier pinnen hebben dezelfde volgorde als de connector voor het OLED-display op de thermostaat, zodat we de module op K9 prikken. Zorg ervoor dat de VIN-pin niet is aangesloten en dat de module naar boven wijst (in tegenstelling de stand van het OLED-display, zie **figuur 1**).

# Software met ESPHome

Nadat de sensor op de ESP32 is aangesloten, moeten we wat software produceren om het allemaal te laten werken. Omdat het doel een soort lichtgestuurde schakelaar is, ligt het voor de hand om een domotica-platform te gebruiken; mijn favoriet is ESPHome. Elektor heeft verschillende projecten gepubliceerd die ESPHome [3][4] gebruikten, dus u weet misschien al hoe u het kunt gebruiken en configureren, maar dit project introduceert een concept dat ik nog niet eerder heb behandeld: een aangepaste sensor. Als ESPHome nieuw voor u is, raad ik u aan eerst [3] en [4] te lezen en te bekijken.

# We hebben een aangepaste sensor nodig

ESPHome ondersteunt veel sensoren, maar (op het moment van schrijven) niet de VEML7700. Het kent andere lux-sensoren, maar deze niet. Dat is echter geen probleem, aangezien ESPHome een methode biedt om uw eigen sensor toe te voegen. Om dit te doen, moet u wat C++ code schrijven, dus het maakt de zaken wel wat ingewikkelder.

Zoals eerder (zie [3] en [4]) moeten we een sensorsectie declareren in het ESPHome-configuratiebestand voor dit apparaat. Het *platform* van de sensor moet nu custom worden gemaakt. Dan weet ESPHome dat u voor alle details zorgt.

Dan volgt een lambda-sectie die bestaat uit een paar regels C++-code om ESPHome te vertellen een door ons ontworpen sensor te registreren (die we veml7700 hebben genoemd ). We moeten

ook de datastroom/stromen specificeren die onze sensor produceert. In dit geval heeft hij drie uitgangen: ALS, lux en wit licht. De volgorde is belangrijk en moet worden gerespecteerd wanneer er elders in het YAML-bestand naar wordt verwezen

We gaan verder met normale YAML-statements om de sensoruitgangen nader te specificeren. Dat doen we met een sectie sensors (meervoud!) waar we voor elke datastroom de naam, de eenheden en het aantal decimalen kunnen specificeren. De volgorde is hetzelfde als in de return statement in de lambda-sectie.

Alleen de lux-datastroom heeft eenheden ('lx'), en het heeft geen zin daarvoor decimalen te gebruiken, dus zetten we die op nul.

Als laatste moet u aangeven waar ESPHome de driver voor de aangepaste sensor kan vinden. We doen dit in de esphome-sectie aan het begin van het configuratiebestand waar we een bestand (veml7700.h) toevoegen aan de includes-subsectie. Op het systeem waar ESPHome op draait, moet dit bestand zich in dezelfde map bevinden als het YAML-bestand van het apparaat.

# Het moeilijke deel

Klaar? Niet helemaal. Nu komt het moeilijke deel, namelijk de driver voor de aangepaste sensor. Deze driver moet voldoen aan de ESPHome-normen voor componenten (een sensor is een component), wat betekent dat hij bepaalde functies moet bieden die ESPHome van zijn componenten verwacht, en moet communiceren met de sensor zelf.



Figuur 1. De 5-pins VEML7700-module wordt op de 4-polige connector K9 geprikt. De VIN-pin is niet aangesloten, ook al lijkt dat anders.



Voor het tweede deel kunnen we terugvallen op Adafruit, die niet alleen de VEML7700-module produceert maar er ook een Arduino-bibliotheek voor heeft gemaakt [5]. Onze driver moet zorgen voor de interface tussen ESPHome en die Arduino-bibliotheek.

# Een bibliotheek van derden installeren

ESPHome biedt een mechanisme voor het toevoegen van bibliotheken van de open-source community: voeg eenvoudig de exacte (!) naam van de bibliotheek toe aan de *libraries*-subsectie in de *esphome*-sectie. In ons geval is dit "Adafruit VEML7700 Library". Wanneer ESPHome dan het configuratiebestand verwerkt, zal het eerst de bibliotheek installeren (als dat nog niet is gebeurd, zie **figuur 2**) voordat het alles compileert. In uw aangepaste driver kunt u de bibliotheek gewoon opnemen zoals elke andere bibliotheek.

Ik ben hier niet al te diep op ingegaan, dus ik weet niet aan welke criteria een bibliotheek van derden moet voldoen om op deze manier te worden gebruikt. Wellicht moet u de platform.io-documentatie raadplegen voor meer details, aangezien dit de toolchain is die door ESPHome wordt gebruikt.

# Een ingekapselde Arduino-sketch

Ons stuurprogramma is een C++ klasse die ten minste een constructor en een functie met de naam *update* moet bieden. We hebben ook een setup-functie nodig om de Adafruit-driver te initialiseren. De functies setup en update van onze klasse doen wat normaal zou worden gedaan in de setupen loop-functies van een typische Arduino-sketch met behulp van de Adafruit-driver. Kortom, onze klas kapselt een Arduino-sketch in inclusief globale variabelen en voegt er enkele ESPHome-specifieke zaken aan toe. Voor ESPHome moeten we een aanroep van publish state voor elke datastroom (ALS, lux en wit licht) in de functie update invoegen. Hierdoor worden de gegevens beschikbaar voor de rest van de wereld. De aanroep-volgorde moet dezelfde zijn als in het return-statement in de lambda-subsectie van de sensor-sectie (zie hierboven).

Omdat onze klasse erft van de PollingComponent-klasse, die op zijn beurt erft van de Component-klasse, zijn er andere functies beschikbaar die u misschien wilt gebruiken. Een polling-component is een component die periodiek wordt aangeroepen, en hoe vaak dat gebeurt kan worden gespecificeerd (bijvoorbeeld in onze constructor). Raadpleeg [6] voor meer details.

# De l<sup>2</sup>C-bus toevoegen

Nu hoeven we alleen nog maar de sensor in de software aan te sluiten op de I<sup>2</sup>C-bus (dus een logische verbinding tussen beide maken, aangezien we al een fysieke verbinding hebben). De Adafruit-bibliotheek gebruikt hiervoor de Wire-bibliotheek van Arduino. In het ESPHome YAML-bestand voegen we daarom een *i2c*-sectie toe zodat ESPHome weet dat het nodig is.

De ESP32 heeft twee I<sup>2</sup>C-bussen met SDA- en SCL-signalen die op bijna elke pin van de chip kunnen worden aangesloten. ESPHome ondersteunt daarom meerdere I<sup>2</sup>C-bussen met vrij toewijsbare pinnen, zodat we slechts moeten specificeren wat waar naartoe gaat. Maar de Arduino Wire-bibliotheek ondersteunt slechts één I<sup>2</sup>C-bus, dus hoe vertel je hem om de gewenste bus te gebruiken? Welnu, dat kan niet, omdat hij altijd de standaardbus zal gebruiken. In ESPHome is de standaard I<sup>2</sup>C-bus de eerste bus die is gespecificeerd in de *i2c*-sectie. Het zou leuk zijn geweest om een I2C-bus met zijn ID te kunnen specificeren, en ESPHome zou dit waarschijnlijk graag ondersteunen, maar de onderliggende Arduino Wire-bibliotheek staat dit niet toe.

# Klaar

Hier eindigt dit artikel. Als de Automator is geprogrammeerd door ESPHome met de hierboven beschreven code, is het resultaat een apparaat dat kan worden bediend vanaf een domotica-controller zoals Home Assistant (of zichzelf). Er staan geen automatiseringsregels in het ESPHome YAML-bestand, dus zonder controller meet het alleen de intensiteit van het omgevingslicht. Automatiseringsregels kunnen worden toegevoegd aan het YAML-bestand zelf, of ze kunnen worden gemaakt in bijvoorbeeld Home Assistant. Raadpleeg [3] en [4] voor een beschrijving van de rest van de YAML-code – dat is niets bijzonders.

Het YAML-configuratiebestand en de C++ code kunnen worden gedownload van de projectpagina bij dit artikel [7].

210190-03

# Een bijdrage van

Ontwerp, tekst en foto's: Clemens Valens Redactie: Jens Nickel, C.J. Abate Vertaling: Eric Bogers Layout: Harmen Heida

# Vragen of opmerkingen?

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





# Een paar resultaten °



De lichtsensor in fel zomerzonlicht. 's Middags, met de gevoeligheid ingesteld op 0,125 en een integratietijd van 100 ms, meldde de sensor waarden van ongeveer 48.000 voor ALS en iets meer dan 30.000 voor wit licht. Deze waarden komen overeen met een lichtintensiteit van ongeveer 22.000 lx. Om 10:30 uur onder dezelfde omstandigheden heb ik 16.800 lx gemeten, een verschil van 5.200 lx. In mijn ogen was het in beide situaties echter vrijwel even helder.



Verloop van de helderheid op een zonnige dag in juli. Het 'stuiteren' aan de linkerkant komt door de schaduw van een boom. Van 12:00 tot 18:00 uur neemt de helderheid langzaam af, maar dat merken we niet echt. De dips worden veroorzaakt door bewolking. De schaduw van het huis valt vanaf 18:00 uur op de sensor, wat de steile afname verklaart. Daarna neemt de lichtintensiteit continu af tot het donker wordt. Voor mensen is 5.000 lx al helder.



Op een licht bewolkte dag in mei kan de helderheid ergens tussen de 4.000 en 27.000 lx liggen.

Alle grafieken zijn gemaakt met behulp van Home Assistant op een breedtegraad van 47° N.

# GERELATEERDE PRODUCTEN

- ESP32 DevKitC (SKU 18701) www.elektor.nl/18701
- > 0,96" 128×64 I<sup>2</sup>C OLED display (SKU 18747) www.elektor.nl/18747
- > Koen Vervloesem, Getting started with ESPHome (SKU 19738) www.elektor.nl/19738

### WEBLINKS

- Y. Bourdon, "Connected thermostaat met ESP32", Elektor Magazine september/oktober 2021: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-185/59914
- [2] Elektor Automator: www.elektormagazine.com/labs/automator
- [3] ESPHome begint hier: www.elektormagazine.com/labs/how-to-home-assistant-esphome
- [4] C. Valens, "Domotica helemaal niet moeilijk", Elektor Magazine september/oktober 2020: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-157/59027
- [5] Adafruit VEML7700-bibliotheek: https://github.com/adafruit/Adafruit\_VEML7700



# Uitdagingen bij het op de markt brengen van **IoT-oplossingen**

zorgen over veiligheid, schaalbaarheid en de concurrentie



# Stuart Cording (Elektor)

Het Internet of Things (IoT) bestaat al meer dan 20 jaar en er zijn tal van draadloze technologieën ontwikkeld om de toepassing ervan te ondersteunen. In huis zijn spraakassistenten inmiddels de primaire gebruikersinterface voor een reeks slimme apparaten. Ondanks deze vooruitgang komt meer dan een derde van de IoT-projecten nooit verder dan de proof-of-concept fase. Bovendien vreest de Europese Commissie dat een gebrek aan concurrentie in sommige toepassingsgebieden de markttoegang voor EU-bedrijven belemmert. Wat zijn dus de echte uitdagingen en hoe kunt u een IoT-oplossing in Europa uitrollen?

Als u de technologieën achter het Internet of Things (IoT) wilt leren kennen, is het niet moeilijk om een hele reeks geschikte projecten te vinden. Zoek gewoon op "IoT" en het prototype-platform van uw voorkeur, en u wordt bedolven door ontelbare pagina's met projecten, cloud-platforms, vergelijkingen van technologieën en talloze ideeën. Elektor is ook een geweldige bron van informatie. Sinds de term IoT meer dan 20 jaar geleden werd bedacht, hebben we op onze website meer dan 600 artikelen verzameld over of gerelateerd aan dit onderwerp [1].



Er gaapt echter een diepe kloof tussen een prototype-platform dat het kernconcept van een IoT-oplossing demonstreert, en de praktische verwerkelijking ervan. Het IoT Insights-rapport van Microsoft [2] ondervroeg meer dan 3.000 IoT-professionals in 2021. Het bleek dat 35% van de IoT-projecten mislukt tijdens de test- of de proof-of-concept fase, een toename van 5% ten opzichte van hun enquête van een jaar eerder. Als reden voor mislukking in deze fase worden vooral de hoge kosten van schaalvergroting genoemd. Andere redenen zijn dat er te veel platforms zijn om te testen, te veel use cases om te bewijzen, en een gebrek aan middelen. Een separate studie van Cisco [3] meldde dat slechts 26% van de ondervraagde bedrijven hun IoT-initiatieven succesvol vonden. Uit de reacties op het onderzoek bleek dat de meeste IoT-projecten er op papier goed uit zien, maar in de praktijk complexer blijken dan aanvankelijk gedacht.

Ondanks deze sombere feedback over het IoT in het algemeen,

zijn er sectoren waar het IoT aan een enorme opmars bezig is en voor toenemende inkomsten zorgt.

# EU-Commissie bekijkt IoT-consumentensector

EU-burgers hebben het aanbod van IoT-oplossingen voor consumenten de afgelopen jaren verwelkomd. Zozeer zelfs dat een rapport over *smart homes* van Statista [4] voorspelt dat de daarmee samenhangende inkomsten zullen verdubbelen van ongeveer 17 miljard euro in 2020 tot ongeveer 38,1 miljard euro in 2025. Bezorgd dat de concurrentie in deze sector wellicht wordt gesmoord, heeft de Europese Commissie een onderzoek ingesteld als onderdeel van haar digitale strategie [5]. In het verslag, dat in januari 2022 werd vrijgegeven, werden reacties

verzameld van fabrikanten van draagbare apparaten, connected consumentenapparaten die in het smart home worden gebruikt, en van degenen die diensten verlenen via zulke slimme apparaten. Bovendien heeft de Commissie de normalisatie-instellingen om hun mening gevraagd. Bij lezing blijkt echter dat veel paragrafen van de analyse de voice assistants (VA) betreffen die de gebruikersinterface vormen voor veel IoT-producten en -diensten (figuur 1). Na analyse van het smart home-landschap blijkt uit het rapport [6] dat in Europa Google Assistant van Google, Alexa van Amazon en Siri van Apple de belangrijkste VA's voor algemeen gebruik zijn. Er bestaan ook andere VA's, maar die hebben meestal een beperktere functionaliteit en zijn gericht op de ondersteuning van één enkel product of app van een dienstverlener. Volgens ZDNet biedt Amazon het hoogste niveau van compatibiliteit van de drie grote oplossingen, met ondersteuning voor ongeveer 7.400 merken [7]. Ter vergelijking, Google ondersteunt er ongeveer 1.000, terwijl

Apple zeer exclusief blijft, met ondersteuning voor niet meer dan ongeveer 50 merken.

# Weinig ruimte voor VA-nieuwkomers

Met zulke machtige en gevestigde spelers is er weinig ruimte voor nieuwkomers, en de technologiecurve om een concurrerende VA te ontwikkelen verloopt zeer steil. Als u dus gebruik wilt maken van spraaksturing voor uw IoT-oplossing, moet u zich conformeren aan de regels die door de grote drie zijn opgesteld. Een alternatieve aanpak zou zijn om een VA in licentie te nemen. Sommige van de ondervraagde fabrikanten meldden echter dat de licentievoorwaarden hun mogelijkheden beperkten. Deze varieerden van exclusiviteit of restricties om te voorkomen dat meer dan één VA tegelijkertijd wordt gebruikt, tot licenties die verplichten tot de opname van andere soorten software of toepassingen, waardoor de VA-technologie niet standalone kan worden gebruikt.

> Een ander groot punt van zorg is de toegang tot data. Als derde partij die op een VA-aanbieder vertrouwt, hebt u slechts beperkte toegang tot de verzamelde gegevens. De aanbieder heeft toegang tot de audio-opnames en weet ook hoeveel mislukte pogingen er zijn geweest om de voor uw apparaat geselecteerde opdrachten te geven. Uw eigen team krijgt echter geen toegang tot die opnames, dus u moet veeleer wachten op feedback van gebruikers om te ontdekken dat uw keuze van spraakopdrachten suboptimaal is in een groep die groter is dan die welke voor het testen is gebruikt. Omdat de VA-provider alle mondeling gegeven opdrachten kan analyseren, is het bovendien denkbaar dat hij deze gegevens gebruikt om een oplossing te ontwikkelen die met de uwe concurreert of om de gebruikerservaring van uw IoT-oplossing te gebruiken

om zijn eigen diensten te verbeteren.

Een ander probleem doet zich voor wanneer de VA-provider ook reclameservices aanbiedt. In theorie zou de spraak-invoer van uw gebruikers de leverancier kunnen helpen die reclame nauwkeuriger af te stemmen op de demografie van uw klantenbestand.

Tenslotte is er het verlies van merkherkenning en ervaring. Uw zorgvuldig vervaardigde oplossing is overgeleverd aan de grillen en barmhartigheid van de VA. Als zij een belangrijke wijziging doorvoeren, zoals de gebruikte stem, het wekwoord, of zelfs de uitrol van wijzigingen in de functionaliteit die leiden tot een afname van het aantal gebruikers, zult u onvermijdelijk ook de gevolgen ondervinden.

In het verslag worden ook vele andere relevante gebieden onderzocht, waaronder interfaces voor applicatieprogrammering (API's), normen, interoperabiliteit, het gebrek aan machtsevenwicht tussen veel externe ontwikkelaars van IoT-apparaten en de grote



is het duidelijk dat er

zakelijke kansen in

overvloed zijn, ongeacht of

u zich richt op oplossingen

voor de consument of voor

de industrie.





aanbieders van cloud-platform services, en clausules om contracten te beëindigen.

Het verslag bevat geen aanbevelingen. In de conclusies staat echter dat de inhoud van het verslag zal bijdragen aan de standaardiseringsstrategie van de Commissie en wordt meegenomen in het wetgevingsdebat over de Digital Markets Act (DMA).

# Beveiligingsproblemen baren zorgen bij IoT-implementaties

Als we kijken naar de gegevens die zijn verzameld in het IoT Insights-rapport van Microsoft, blijkt dat IoT-beveiliging hoog op de lijst van zorgen staat. Deze kwestie is met name van belang voor degenen die IoT-oplossingen plannen, waarbij 29% aangeeft dat de bijbehorende beveiligingsrisico's hen ervan weerhouden meer gebruik te maken van het IoT. Het rapport legt ook uit dat ongeveer een derde van de organisaties zich zorgen maakt over de veiligheidsrisico's van het IoT, met name datalekken. Om dit tegen te gaan, wordt *outsourcing* genoemd als de beste manier om de gemoedsrust te verbeteren.

Hoewel veel ingenieurs de uitdrukking "obscurity is not security" kennen, zijn slechts weinigen op dit gebied bekwaam genoeg om ervoor te zorgen dat een oplossing end-to-end beschermd is tegen aanvallers. En hoewel leveranciers van halfgeleiders een reeks enkelchip-beveiligingsoplossingen aanbieden, moeten ontwikkelaars nog steeds leren hoe ze die correct kunnen gebruiken om te voorkomen dat ze onbedoeld nieuwe zwakke punten in de beveiliging introduceren.

In de afgelopen decennia hebben *low-power wide-area network* (LPWAN) oplossingen zoals LoRa en Sigfox zich gevestigd als belangrijke draadloze IoT-technologieën die communicatie over lange afstand ondersteunen. Met een bereik van tientallen kilometers vormen ze een alternatief voor cellulaire draadloze netwerken

zoals LTE Cat-M1 en NB-IoT dankzij hun superieure prestaties bij een laag stroomverbruik voor geringe datavolumes [8]. Maar hoe veilig zijn ze?

# LoRaWAN onder de loep

LoRa en LoRaWAN zijn bijzonder kritisch bekeken door de beveiligings- en hackers-community. Sébastien Dudek van Trend Micro, een onderneming die zich richt op IT-beveiligingsoplossingen, is een van de onderzoekers die uitvoerig heeft geschreven over een aantal van de potentiële problemen. In een reeks van drie technische artikelen [9][10][11] schetst hij een reeks problemen bij de implementatie, en mogelijke aanvallen. Deze variëren van Denial of Service (DoS) (**figuur 2**) en afluisteren tot bit-flipping (**figuur 3**) en spoofing van ontvangstbevestigingen (**figuur 4**). De gevolgen van dergelijke aanvallen variëren van de onmogelijkheid om met nodes te communiceren en de reductie van de levensduur van de batterij tot het wijzigen van applicatiegegevens.

Veel van de gemelde problemen werden verholpen tussen versie 1.0.2 en 1.1 van de LoRaWAN-norm. Verdere uitdagingen doen zich echter voor wanneer LoRaWAN-knooppunten worden gebruikt met gateways die verschillende versies van de specificatie gebruiken. In dergelijke gevallen is het nodig om wijzigingen aan te brengen om beveiligde achterwaartse compatibiliteit tussen eindapparaten en het back-end te garanderen, zoals benadrukt in een paper uit 2018 van Tahsin C. M. Dönmez [12].

Naast het hacken van de draadloze verbinding is er ook het probleem van kwaadwillenden die de hardware stelen en die rechtstreeks onder handen nemen. Sébastien Dudek gaat ook in op dit beveiligingsaspect. In het geval van LoRaWAN maken veel oplossingen gebruik van een microcontroller (MCU) en een draadloze module van Semtech. Aangezien deze via SPI met elkaar zijn verbonden, kunnen gegevens die tussen de twee worden



onnectivity provided over public network with adversarial interference

Figuur 3. Door de bekende vaste structuur van LoRaWAN-datapakketten is het mogelijk bits om te draaien (bit-flipping attack) in de inhoud zonder dat het bericht hoeft te worden ontcijferd. Hiervoor is toegang nodig tot de netwerkserver die de gegevens ontvangt (bron: Trend Micro).



Figuur 4. Verstoring van de draadloze verbinding heeft tot gevolg dat het LoRaWAN-knooppunt de pakketoverdracht tot zeven keer herhaalt, waardoor de batterij minder lang meegaat. Als de aanvaller ook acknowledge-datapakketten (ACK) opvangt en herhaalt, denkt het knooppunt dat de verbinding nog functioneel is omdat ACK-pakketten niet aangeven welk bericht ze bevestigen (bron: Trend Micro).

uitgewisseld gemakkelijk worden afgevangen en geanalyseerd. Daarnaast is er ook nog de kwestie van de beveiliging van de MCU zelf. Eén aanvalsmethode haalt domweg de firmware uit het flashgeheugen, zodat de code kan worden geanalyseerd. Als de beveiligingssleutels zich ook in de firmware bevinden, kan een aanvaller deze gebruiken om nodes te ontwikkelen waarmee authentieke eindapparatuur kan worden nagebootst. De aanbeveling om dit tegen te gaan is het gebruik van Secure Elements (SE), single-chip authenticatie-voorzieningen die encryptiesleutels veilig opslaan. Een aanpak met de ATECC608A van Microchip [13] is een van de vele waarvoor voorbeeldcode beschikbaar is. Hoewel voorbeeldprojecten laten zien hoe de cryptografische sleutels kunnen worden beschermd, wordt de veilige opstartfunctie van dit authenticatiemiddel niet gebruikt. Als dezelfde aanpak voor een product zou worden gebruikt, zou het authenticatiemiddel dus kunnen worden verwijderd en gebruikt als SE met een andere MCU en nieuwe firmware.

# Veiligheidsproblemen over de hele linie

LoRaWAN-eindapparaten bieden slechts een beperkte gegevensbandbreedte en zijn niet adresseerbaar, omdat ze geen IP-adres hebben zoals een WiFi-module. Als zodanig vormen ze een minimaal risico voor bedrijfsnetwerken. Er zijn echter potentiele risico's verbonden aan toepassingen die op dergelijke draadloze technologieën zijn gebaseerd. Deze kunnen gevolgen hebben voor mensenlevens en het milieu als er iets misgaat. Als onderdeel van een smart city-netwerk kunnen op LoRa gebaseerde sensoren bijvoorbeeld verantwoordelijk zijn voor het bewaken van het waterpeil om overstromingen te voorkomen. Als de gegevens van de sensoren worden geblokkeerd, kunnen beveiligingssystemen tegen overstromingen eventueel uitvallen. Omgekeerd kunnen verkeerd geïnjecteerde gegevens ertoe leiden dat waterkeringen



Figuur 5. DEUS POLLUTRACK fijnstof-sensoren verzamelen gegevens van stationaire en mobiele IoT-eenheden. De gegevens worden aan het backend geleverd met behulp van 4G en 5G cellulaire netwerken (bron: DEUS POLLUTRACK).





Figuur 6. Een cloud-gebaseerd dashboard toont het niveau van verontreinigende stoffen in de lucht, in dit voorbeeld de stad Hamburg in Duitsland. Lokale overheden gebruiken dergelijke gegevens om beslissingen te nemen over vervoersoplossingen (bron: DEUS POLLUTRACK).

reageren op een gebeurtenis die niet plaatsvindt, met mogelijk even desastreuze gevolgen.

En hoewel we hier LoRa en LoRaWAN hebben belicht, worden ook andere LPWAN-technologieën onderzocht, waaronder Sigfox en NB-IoT. In een paper van Florian Laurentiu Coman et al. [14] worden verschillende proof-of-concept aanvallen op draadloze netwerken naast LoRaWAN beschreven. In een technisch artikel van Deutsche Telekom [15] wordt gesteld dat de implementatie van Sigfox en LoRaWAN "zonder [een SE] zelfs end-to-end encryptie nutteloos [kan] maken." Er wordt uitgelegd dat NB-IoT daarentegen profiteert van LTE-beveiligingsfuncties die zich bewezen hebben, zoals authenticatie en veilige sleutelgeneratie en -uitwisseling. Het maakt echter ook duidelijk dat end-to-end encryptie niet standaard is en, indien nodig geacht, moet worden besproken met de netwerkoperator.

# IoT-oplossingen voor de hele stad

Bezorgdheid over de veiligheid in LPWAN-netwerken beïnvloedde de technologiekeuzes van DEUS POLLUTRACK Smart City GmbH i.G. voor hun IoT-platform [16]. Hun team ontwikkelt al meer dan een decennium IoT-sensornetwerken om fijnstof in steden te monitoren. De technologie wordt ingezet in meer dan 15 Europese steden en stelt lokale bestuurders in staat om weloverwogen milieubeslissingen te nemen met betrekking tot luchtvervuiling. Hun gepatenteerde optische deeltjestellers (OPC) kunnen tot en met de ultrafijne deeltjesclassificatie (UFP) (minder dan 0,1  $\mu$ m) monitoren. Terwijl grotere deeltjes zoals PM10 als gevaarlijk voor de longen worden beschouwd, kunnen UFP's via ingeademde lucht in de bloedbaan terechtkomen en naar andere organen worden getransporteerd.

De sensortechnologie van DEUS (figuur 5) maakt gebruik van een

combinatie van stationaire en mobiele sensoren, in een netwerk gekoppeld aan back-end dashboards die de verzamelde gegevens visualiseren. Steden als Marseille en Parijs gebruiken 40 stationaire sensoren, aangevuld met 300 mobiele sensoren [17]. Mobiele sensoren worden gemonteerd op voertuigen van partners, zoals de bestelauto's van DPD, die toch al vaak onderweg zijn in de doelstad. Deze sensoren herkalibreren zichzelf aan de hand van gegevens die zijn verkregen van de stationaire sensoren die ze passeren, om de vereiste nauwkeurigheid te garanderen. Dit alles vereist een robuuste, betrouwbare en veilige LPWAN-keuze.

Mede-oprichter Marc Nodorft legt uit dat tijdens de vroege ontwikkelingsfasen zowel Sigfox als LoRaWAN werden overwogen. Sigfox bood een connectiviteits-infrastructuur die de implementatie van systemen vereenvoudigde, maar geen van beide bood de vereiste gegevensdoorvoer. LoRaWAN was op dat moment niet veilig genoeg en zonder infrastructuur-partners in de steden waar de technologie zou worden ingezet, zou het nodig zijn om gateways te gebruiken die via cellulaire netwerken met het back-end verbonden waren. Daarom werd gekozen voor een 4G en later 5G cellulaire aanpak, waarmee de problemen op het gebied van dekking, betrouwbaarheid en het vereiste beveiligingsniveau werden opgelost.

Nodorft vertelt ook dat er weliswaar veel goedkope elektronische oplossingen voor IoT beschikbaar zijn, maar dat die niet robuust genoeg zijn voor langdurige inzet in de omgevingen waarin hun producten worden geïnstalleerd. Vandaar de keuze om te ontwikkelen volgens industriële standaarden – nog een overweging voor wie zijn eigen IoT-producten plant.

Een ander aspect is het gebruik van het back-end, dat specifiek is ontwikkeld voor de behoeften van hun IoT-implementatie (**figuur 6**). In de toekomst moeten open-source rapportagedashboards worden ondersteund, zodat overheidsinstanties die het systeem gebruiken zowel als burgers toegang kunnen krijgen tot de gegevens; daarvoor is een cloud-serviceprovider nodig. En hoewel er keuze te over is, wordt de provider even belangrijk gevonden als de technische oplossing. Er wordt dus gezocht naar een provider die persoonlijke ondersteuning kan bieden en niet alleen een onpersoonlijke chatbot voor de klantenservice gebruikt.

Met zoveel ervaring in significante IoT-implementaties en met veel kennis over de technische uitdagingen, vroeg ik me af welk ander advies Nodorft zou kunnen geven aan degenen die IoT-oplossingen willen implementeren. "We zijn altijd trouw gebleven aan onze visie," antwoordt hij, "wat vaak heeft vereist dat we de aanpak moesten veranderen." Dat betekende het evalueren van verschillende technologieën, het werken met verschillende partners en het aanpassen van de verkoopstrategie op hun weg naar succes.

# Teams van deskundigen en partnerschappen vereist

Als we kijken naar het bestaande IoT-landschap, is het duidelijk dat er zakelijke kansen in overvloed zijn, ongeacht of u zich richt op oplossingen voor de consument of voor de industrie. De weg van concept naar implementatie is echter vol uitdagingen. Hoewel ontwikkelaars van embedded systemen goed thuis zijn in de ontwikkeling van hard- en firmware, en misschien zelfs ervaring hebben met draadloze technologieën, kunnen IoT en de bijbehorende beveiligings- en schaalbaarheidsuitdagingen te veel zijn voor een organisatie om alleen aan te pakken.

Volgens het verslag van de Europese Commissie hebben grote organisaties ook de overhand in zakelijke relaties als het gaat om diensten en platforms. Kleine spelers en start-ups zullen moeite

hebben om in eigenregie voldoende steun te krijgen die nodig is in deze asymmetrische relaties. Zonder twijfel is expertise, ingehuurd of geleend, essentieel om verder te komen dan voorbeeldtoepassingen, demonstratie-dashboards en het testen van IoT-diensten. Tot slot is het van vitaal belang om uw visie vast te leggen en tegelijkertijd wendbaar te blijven bij alle aspecten van de implementatie, van technologiekeuze tot doelmarkt, om deze te vervullen. 220053-03

# Een bijdrage van

Tekst: Stuart Cording Redactie: Jens Nickel, C. J. Abate Vertaling: Eric Bogers Layout: Harmen Heida



# Vragen of opmerkingen?

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

# WEBLINKS \_

- [1] Elektor IoT-artikelen: www.elektormagazine.com/select/internet-of-things-IoT
- [2] "IoT Insights, Edition 3," Microsoft/Hypothesis, October 2021: https://bit.ly/3rxMk3a
- [3] "The Journey to IoT Value," Cisco, May 2017: https://bit.ly/3GzdJWS
- [4] Dr. J. Lasquety-Reyes, "Smart Home revenue forecast in Europe from 2017 to 2025," Statista, June 2021: https://bit.ly/3LlGiuG
- [5] "Sector inquiry into the Consumer Internet of Things," European Commission, January 2022: https://bit.ly/3Lgw9iE
- [6] "Final report sector inquiry into consumer Internet of Things," European Commission, January 2022: https://bit.ly/3B2Htu9
- [7] "The best voice assistant," ZDNet, September 2021: https://zd.net/3rxf6Rt
- [8] L. Tan, "Comparison of LoRa and NBIoT in Terms of Power Consumption," KTH Royal Institute of Technology, January 2020: https://bit.ly/3JafsUb
- [9] S. Dudek, "Low Powered and High Risk: Possible Attacks on LoRaWAN Devices," Trend Micro, January 2021: https://bit.ly/3rA02Tg
- [10] S. Dudek, "Gauging LoRaWAN Communication Security with LoraPWN," Trend Micro, February 2021: https://bit.ly/3LhV0T5
- [11] S. Dudek, "Protecting LoRaWAN Hardware from Attacks in the Wild," Trend Micro, March 2021: https://bit.ly/3rxquge
- [12] T.C.M. Dönmez, "Security of LoRaWAN v1.1 in Backward Compatibility Scenarios," Elsevier, 2018: https://bit.ly/3GtzKq0
- [13] Microchip Product Page ATECC608A: https://bit.ly/3B7zlms
- [14] F.L. Coman et al., "Security issues in internet of things: Vulnerability analysis of LoRaWAN, sigfox and NB-IoT," IEEE, June 2019: https://bit.ly/3uwhUQX
- [15] "NB-IoT, LoRaWAN, Sigfox: An up-to-date comparison," Deutsche Telekom AG, April 2021: https://bit.ly/3uyUydj
- [16] DEUS Pollutrack-website: https://bit.ly/3sHL9O5
- [17] DEUS Sensor Measurement Network: https://bit.ly/3Gzjbcc

# Elektor Infographics

Robert van der Zwan



Wat is IoT? We weten allemaal waar loT voor staat. We moeten eigenlijk vragen: wat hoort allemaal tot het Internet of Things? Omvat de IoTmarkt ook Data Warehouse as a Service (DWaaS)? Omvat IoT ook cyberbeveiliging? Of staan deze sectoren op zichzelf? Afgezien van het debat of het erbij hoort of niet, is het verrassend hoe sterk de vooruitzichten over de omvang van de globale IoTmarkt kunnen verschillen. De vooruitzichten (ja, meervoud) van marktonderzoeksbureaus zijn zo verschillend dat het glas niet alleen half vol of half leeg is, maar ook tot overlopens toe vol. Dat doet toch sterk aan een heilige graal denken...

(Bronnen: BCC Research, Fortune Business Insights, MarketsandMarkets, Mordor Intelligence)



# Drie ingrediënten? Nee, 🖐 vier.



Wie aan het IoT denkt, denkt aan apparaten en hun verbinding met een centrale computer. Maar zo'n eenvoudige voorstelling van zaken strookt niet meer met de werkelijkheid. Naast een apparaat, een verbinding en een computer is er nog een ingrediënt: een cloud-platform, mogelijk gemaakt door datacentra. Apparaten sturen hun informatie naar de cloud, waar ze wordt opgeslagen en geanalyseerd. Een computer van de klant meldt zich bij de cloud om de uiteindelijke resultaten te krijgen. Data Warehouse as a Service (DWaaS) en Platform as a Service (PaaS) vertegenwoordigen ongeveer 20% van de wereldwijde IoT-inkomsten. Verwacht wordt dat cloud-platform services tussen 2021 en 2026 met ongeveer 22% zullen groeien.

(Bron: BCC Publishing, Fortune Business Insights)

# Negatief effect Covid-19 nog jaren voelbaar

Vodafone wil geen spelbederver zijn voor IoT-bedrijven die een rooskleurig beeld schetsen van hun marktverwachtingen. Het telecombedrijf heeft echter onderzoek gedaan naar het effect van Covid-19 op de globale IoT-markt. De multinational concludeerde dat de effecten van Covid-19 nog geruime tijd voelbaar zullen zijn. Waar vorig jaar de omzet van de globale IoT-markt met 9% inzakte door de pandemie, zal dit percentage verdubbelen tot 18% in 2025. Hoewel Vodafone zich bewust is van de schaduw die Covid-19 de komende jaren werpt, maakt het rapport over IoT van het bedrijf even duidelijk dat in diezelfde periode de zon de boventoon voert.

### (Bronnen: Saft Batteries, Vodafone)





# Waar gaan al die IoT-verbindingen heen?



Welke sectoren in de samenleving zullen het meest van IoT profiteren? Als men die vraag een paar jaar geleden zou hebben gesteld, zou het antwoord zijn geweest: de consumenten. Slimme huishoudelijke apparaten zijn nog steeds erg belangrijk als we bedenken dat anno 2022 het gemiddelde huishouden in Noord-Amerika niet minder dan negen IoT-apparaten bezit, variërend van voordeurcamera tot temperatuurregeling. Industriële toepassingen (waaronder retail en landbouw) zullen in 2024 echter goed zijn voor 70% van alle IoT-aansluitingen. De overige 30% moet worden verdeeld tussen consumentenelektronica en openbare diensten zoals slim parkeren, slim afval, slimme straatverlichting en slim verkeersmanagement.

(Bronnen: Saft Batteries, Global Information, Inc.)

# Waarom doet IoT ieders hart sneller kloppen?



Eén ding is heel duidelijk: het IoT zal meer en meer deel gaan uitmaken van ons dagelijks leven. Maar waarom? Is het omdat IoT-apparaten met de dag goedkoper worden? Misschien, maar dan rijst natuurlijk wel de vraag waarom verkopers kunnen rekenen op een massamarkt en hun prijzen zo sterk kunnen verlagen. Het antwoord is eigenlijk tweeledig: (1) het IoT levert de gebruikers aanzienlijke besparingen op en (2) het zal nieuwe (en eveneens aanzienlijke) inkomstenstromen creëren. Als het om besparingen gaat, kan men denken aan een toename van de productiviteit van werknemers en de uptime van activa. Het creëren van nieuwe inkomstenstromen (of het vergroten van bestaande) is een andere manier om geld te verdienen. Wat dacht u van het controleren of uw woonboot in orde is terwijl u op vakantie bent?

# (Bronnen: Saft Batteries, Vodafone)

# Belangrijkste voordelen van lot-implementaties

# 50%

Werknemersproductiviteit

# 42%

Uptime van activa (consistentie en betrouwbaarheid)

# 34%

Gezien dat lot direct een nieuwe inkomstenstroom genereert

# 34%

Gezien dat bestaande inkomstenstromen met gemiddeld 24% toenemen

# Toch beter **bedraad**

Tips voor het ontwikkelen van een 1 Gbit/s interface in de industriële omgeving

# Dr. Heinz Zenkner (freelancer bij Würth Elektronik)

Draadloze netwerken zijn vooral populair in industriële toepassingen. Maar in veel gevallen blijft robuuste bekabeling via Ethernet het betrouwbaardere en veiligere alternatief. Dit artikel laat zien hoe een 1 Gbit/s interface eenvoudig kan worden geïmplementeerd. Slimme sensoren en meters die gebruik maken van efficiënte modulatie- en coderingstechnieken met goede propagatiekenmerken en lage bandbreedten maken het mogelijk industriële draadloze sensornetwerken op te zetten. De meeste van de in aanmerking genomen gebruikssituaties zijn echter beperkt tot toepassingen met een lage gegevensdoorvoer. De werkelijke doorvoer is in deze gevallen vaak niet meer dan 1 Mbit/s.

Een draadloos netwerk heeft geen vaste grenzen. Zo kunnen zelfs kleine aanpassingen aan de antennepositie van het toegangspunt de signaalsterkte bij de andere stations aanzienlijk beïnvloeden. Muren, plafonds en vloeren dempen het signaal en metalen voorwerpen veroorzaken reflecties. Het kan gebeuren dat een station het signaal van een toegangspunt kan ontvangen, maar dat het toegangspunt het signaal van het station niet kan ontvangen. Bovendien zou het netwerk van buitenaf kunnen worden betreden of zou de radiosignaaloverdracht kunnen worden verstoord.

Daarom is draadloze gegevensoverdracht inherent minder betrouwbaar dan via een bekabeld netwerk. Vooral in een industriele omgeving kunnen zich dus situaties voordoen waarin een bedraad Ethernet-netwerk onmisbaar is.

# **Bekabeld Ethernet-netwerk**

Bekabelde netwerken zijn vergelijkbaar met draadloze netwerken in die zin dat zij werken door de uitwisseling van Ethernet-frames tussen eindpunten. Om problemen bij het opzetten van een netwerk te voorkomen, moet een groot aantal regels in acht worden genomen. De meest voorkomende oorzaak van netwerkproblemen zijn overtredingen van de regels. Kabels van willekeurige lengte mogen bijvoorbeeld

niet in het Ethernet worden gebruikt. Bij cascadering, d.w.z. het in serie schakelen van hubs, is het niet mogelijk een willekeurig aantal hubs te gebruiken en een ongunstig gekozen netwerkstructuur kan ook leiden tot fouten in het netwerk of een onnodige belasting van het netwerk veroorzaken. Maar mede afhankelijk van de kwaliteit van de kabels en de prestaties van de hardware, kunnen de gewenste datasnelheden vaak niet worden gehaald.

Momenteel zijn 100Base-TX (Fast Ethernet, 100 Mbit/s), Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), 10 Gigabit Ethernet (10 Gbit/s) en 100 Gigabit Ethernet (100 Gbit/s) beschikbaar gekomen. Voor de meeste doeleinden werkt Gigabit Ethernet goed met gewone Ethernet-kabel, met name CAT5e- en CAT6-bekabelingsnormen. Deze kabeltypes volgen de 1000BASE-T bekabelingsnorm, ook IEEE 802.3ab genoemd.

De 1 GB Ethernet-interface werkt volgens de norm 802.3ab-1999 (CL40) en vereist vier draadparen/kanalen voor signaaloverdracht. Dit resulteert in een symbolensnelheid van 125 megabaud (MBd) met een bandbreedte van 62,5 MHz per kanaal (2 bits per symbool). De signaalspanning bij 1000BASE-T (GB-Ethernet) is gemiddeld 750 mV differentieel, voor de grenzen 820 mV >  $U_{-signaal}$  > 670 mV bij een belasting van 100  $\tilde{\Omega}$ .

# 1 Gbit/s Ethernet front end

Een typisch front-end voor Ethernet is uitgerust met een RJ45 interface. Deze zijn ontworpen voor full-duplex transmissies, d.w.z. voor gelijktijdige transmissie van zend- en ontvangstgegevens. Dit is mogelijk omdat de connector bestaat uit twee paar draden, waarbij in elke richting altijd één paar nodig is (differentieel-spanningsprincipe). Voor elke RJ45-aansluiting vereist de IEEE-norm galvanische scheiding via een transformator. Deze transformator beschermt de eenheden tegen schade door hoge spanning op de lijn en voorkomt spanningsafwijkingen die kunnen ontstaan door potentiaalverschillen tussen de eenheden. Afbeelding 1 toont het principecircuit van een Gigabit Ethernet-interface.

# Discrete bedrading van de **Gigabit Ethernet-interface**

De Ethernet-transformator (LAN-transformator) is de interface tussen de eenheid en de Ethernet-kabel. De transformator zorgt voor de galvanische scheiding tussen de

eenheid en de kabel en tegelijkertijd voor de impedantieaanpassing, enerzijds aan de interne logica en anderzijds aan de gebalanceerde aderparen. Bovendien beschermt de transformator het toestel tegen storingen van voorbijgaande aard en onderdrukt hij de common mode-signalen tussen het zendontvang-IC en de kabel, zowel van het toestel naar buiten als van de buitenkabel naar de elektronica in het toestel. De component moet echter ook de gegevens tot 1 Gbit/s breedbandig overdragen zonder de zend- en ontvangstsignalen noemenswaardig te verzwakken. Om aan de aanpassings- en EMC-vereisten te voldoen, zijn extra componenten vereist.

Een schakeling van de Gigabit Ethernet-interface met discrete componenten is afgebeeld in afbeelding 2. De LAN-transformator zorgt voor DC isolatie tussen de elektronica en de netwerkkabel. Op de middelste aftakking van de primaire wikkeling bevindt zich de zogenaamde "Bob Smith"-afsluiting. Voor elk dradenpaar wordt een 75- $\Omega$ -weerstand met elkaar verbonden om een "sterpunt" te vormen; het geheel wordt vervolgens galvanisch geïsoleerd en met de massa van de behuizing verbonden door middel van twee



### \*Impedance: $100\Omega$ differential, $50\Omega$ to GND

Afbeelding 1. Schematische schakeling van een Gigabit Ethernet interface. Weergave van een transmissiekanaal van in totaal vier kanalen.





Afbeelding 2. Discreet geconstrueerde schakeling van een Gigabit Ethernet interface. Module X3 bevat de LAN-transformatoren en common mode smoorspoelen tegen ongewenste interferentie.

parallel geschakelde condensatoren van 100 pF/2kV. De in de X3-module geïntegreerde extra common-mode smoorspoelen verminderen de interferentie die zowel capacitief als inductief via de lange Ethernet-kabels wordt ingekoppeld en zo de Ethernet-datacommunicatie als common-mode-interferentie zou kunnen belemmeren.

R9, R10 en C52 in Fig. 2 worden gebruikt voor de stroomvoorziening van de LED's die gewoonlijk in de aansluitbus zijn ingebouwd. De afscherming van de Ethernet-aansluiting kan via de condensatoren C36 tot C38 en C41 tot C43 met de massa van de printplaat (GND) worden verbonden. Bij plaatstalen behuizingen is het zinvol deze condensatoren niet uit te rusten en de massa (GND) van de elektronica rechtstreeks op de behuizing aan te sluiten via schroefverbindingen. In het geval van kunststof behuizingen moeten de condensatoren worden geplaatst om de afscherming van de Ethernet-kabel met de referentie-aarde te verbinden. De 0- $\Omega$  weerstanden R19 en R20 hebben hetzelfde doel. Hier is er echter geen galvanische scheiding zoals bij de condensatoren. De alternatieve configuraties zijn hier gegeven voor "experimentele" doeleinden om de afschermingskwaliteit van verschillende Ethernet-kabels te vergelijken. De condensatoren C32 tot C35 aan de secundaire zijde van de transformatoren verbinden de middelste tappen hiervan met aarde (GND) in termen van HF. Om gelijkstroom van de PHY te voorkomen, is galvanische scheiding via condensatoren vereist. De weerstanden R27 tot R30 worden geleverd vanwege de eisen van sommige PHY-fabrikanten (Current Mode Line Driver - Optie), maar zijn gewoonlijk niet nodig als de PHY werkt in "Standard Voltage Mode". Onmisbaar zijn daarentegen de TVS-diode-arrays D6 en D7, die de transiënte storing van de PHY tegen de circuitaarde (GND) beperken die aan de interfacezijde optreedt. Aan de secundaire zijde, d.w.z. na de transformatoren van de X3-module, treden de transiente storingen op in de gemeenschappelijke modus; daarom moet een TVS-diode worden aangesloten op elke aansluiting van de transformatoren tegen de referentiegrond. De storingsniveaus zijn echter lager aan de secundaire zijde van de

transformator dan aan de primaire zijde. Belangrijk voor de werking van de TVS-diodes is een aansluiting van de diodes met lage impedantie, enerzijds doorgelust in de signaallijnen en anderzijds aan massa. De layout van alle vier de lagen van de printplaat vanaf het Ethernet interface gebied is weergegeven in **Afbeelding 3**. De massa van de behuizing/contactdoos naar de elektronica GND is in alle vier de lagen gescheiden. De oppervlakken van de behuizingsmassa overlappen dus niet met andere lagen, om de capacitieve koppeling zo laag mogelijk te houden. De grondvlakken werden doorverbonden in een raster van ongeveer elke 4 mm. De signaallijnen die uit de Ethernet-aansluiting komen, zijn gebalanceerd, met een differentiële impedantie van 100  $\Omega$  tegen de referentiegrond. De geleiderparen hebben een spoorbreedte van 0,154 mm en liggen 0,125 mm uit elkaar. De Ethernet-aansluiting bevindt zich aan de rand van de printplaat om, indien nodig, een laagohmige verbinding met een metalen behuizing te waarborgen. De transformatormodule (X3) wordt in de onmiddellijke nabijheid geplaatst om de elektrische koppelingsinvloeden of de door lange geleiderpaden veroorzaakte storingen tot een minimum te beperken. Evenals aan primaire zijde moet ook aan secundaire zijde van de transformatormodule voor de geleiderbanen een differentiele impedantie van 100  $\Omega$  ten opzichte van de referentie-aarde worden aangehouden. De TVS-arrays moeten rechtstreeks op de signaalweg en op GND worden aangesloten om spanningsval ten gevolge van parasitaire inducties te voorkomen.

# **EMC**-conformiteit

Wat EMC betreft, voldoet de printplaat aan de storingsimmuniteit volgens de industrienorm (EN61000-6-2) en de radiostoringsemissiewaarden volgens EN55032 Klasse B voor multimedia-apparaten. Voor een succesvol ontwerp van een 1 Gbit/s Ethernet-interface moet rekening worden gehouden met een groot aantal punten,

# Layout Top



# Layout GND

Afbeelding 3. Layout van alle vier de lagen van de printplaat vanaf het Ethernet interface gebied.

Layout V<sub>cc</sub>

Layout Bottom

te weten een RF-compatibel circuit- en layoutontwerp, een systeemafhankelijk aardingsconcept en de juiste keuze van componenten. Alleen als al deze punten samen in overweging worden genomen, kan een betrouwbaar werkend product worden ontwikkeld dat aan de hoge eisen voldoet. Meer informatie over deze aspecten en ook over andere interfacenormen is te vinden in diverse app-notes van Würth Elektronik op [1].

220182-03

# Over de auteur



Dr.-Ing. Heinz Zenkner is freelancer bij Würth Elektronik op het gebied van Technische Marketing en Applicatie-engineering en doceert op het gebied van EMC aan de Technische Academie. Tegelijkertijd is Dr. Zenkner een publiekelijk benoemde en beëdigde deskundige voor EMC. Mr. Zenkner is reeds lange tijd auteur van verschillende vakbladen en boeken. Daarnaast heeft hij gewerkt als docent aan verschillende universiteiten, aan het IHK en op talrijke seminars.

### **WEBLINK**

[1] Würth Elektronik Application Guide: www.we-online.com/applicationguide/en



# Edge Impulse FOMO

# real-time objectdetectie voor MCU's

# Jan Jongboom, Edge Impulse

Wij mensen zijn sterk afhankelijk van ons gezichtsvermogen bij de uitvoering van onze dagelijkse taken – van de simpelste tot de meest ingewikkelde. Met één blik weten we of er mensen bij ons in de kamer zijn, of er een olifant in de buurt is, of hoeveel vrije parkeerplaatsen er zijn. Ondanks het belang van het gezichtsvermogen kunnen veel embedded apparaten visueel niets waarnemen. Zou het niet geweldig zijn als we al onze apparaten konden leren de wereld te zien zoals wij dat doen?

De afgelopen jaren zijn er verbazingwekkende ontwikkelingen geweest op het gebied van computer vision, die hebben bijgedragen aan de vooruitgang in bijvoorbeeld zelfrijdende auto's en biometrische immigratiepoorten (erg handig als u, zoals ik, veel reist!). Maar deze toepassingen zijn ongelooflijk rekenintensief en vereisen dure GPU's of speciale versnellers om ze uit te voeren.

Het mooie is dat niet alle computer vision-taken zoveel rekenkracht vereisen. Elke ja/nee-vraag ("Is dat een olifant?", "Zit het etiket goed op deze fles?") kan een enorme waarde toevoegen aan relatief eenvoudige embedded apparaten. Bovendien kunnen deze beeldclassificatie-problemen zelfs worden opgelost door huidige microcontrollers. Stelt u zich voor dat we nog meer geavanceerde vision-mogelijkheden konden toevoegen aan embedded apparaten!

# **Zeg hallo tegen FOMO**

Wij maken dat werkelijkheid. We hebben een nieuwe neurale netwerkarchitectuur ontwikkeld voor objectdetectie: *Faster Objects, More Objects* – kortweg FOMO (**figuur 1**). Het is van meet af aan ontworpen om in werkelijke tijd op microcontrollers te draaien, zodat embedded engineers niet meer bang hoeven zijn (ahem) om op het gebied van computer vision de boot te missen.

# Snel, slank en flexibel

FOMO draait op een 32-bit MCU, zoals een Arm Cortex-M7, met een frame rate van 30 beelden per seconde. En wanneer u voor een Raspberry Pi 4 of vergelijkbaar kiest, is objectdetectie met een snelheid van tegen de 60 frames per seconde mogelijk. Dat is ruwweg 30 maal sneller dan MobileNet SSD of YOLOv5.

Summary			1
Name		Parking_data_244.png.2tgq40ai	
CATEGORY	COUNT		
F1 score	91.43%		
car	16		

Figuur 1. FOMO-classificatie binnen Edge Impulse Studio.





Figuur 2. Objectdetectie is mogelijk met een grote verscheidenheid van ontwikkelboards, waaronder de Arduino Portenta.



Figuur 3. Hier is een eerdere iteratie van de FOMO-benadering gebruikt om afzonderlijke bijen te tellen.

FOMO kan worden geminimaliseerd tot ongeveer 100 kilobyte in RAM, waardoor het mogelijk wordt objectdetectie in real-time uit te voeren op zo ongeveer alles, van zeer beperkte Arm Cortex-M4 cores tot krachtiger exemplaren zoals de Cortex-M7 cores op de Arduino Portenta H7 (**figuur 2**), de nieuwe Arduino Nicla Vision (ook een dubbele Arm Cortex-M7/ M4 CPU), of zelfs gespecialiseerde DSP's zoals de Himax WE-I.

FOMO kan worden opgeschaald van de kleinste microcontrollers tot complete gateways of GPU's. Deze hoge mate van flexibiliteit maakt FOMO ook nuttig wanneer voor foutopsporing binnen een beeld uiterst minimale variaties moeten worden geïdentificeerd.

In een MCU met weinig reken- en geheugencapaciteit, verdient het aanbeveling een beeldformaat van ongeveer 96x96 pixels te gebruiken. Maar bij een grotere microcontroller is 160x160 pixels waarschijnlijk goed te doen. Het belangrijkste is dat FOMO volledig convolutioneel is, dus het werkt op elk willekeurig invoergrootte. Als u meer granulariteit, meer detail, of meer objecten nodig hebt, kunt u gewoon de invoerresolutie vergroten.

# Het ziet de kleine dingen

Zolang de objecten in het frame van vergelijkbare grootte zijn en elkaar niet overlappen, kan deze nieuwe architectuur zelfs heel veel kleine objecten zeer effectief opsporen en tellen (**figuur 3**). Dat is iets wat MobileNet SSD en YOLOv5 niet al te goed kunnen, hoewel die groter en krachtiger zijn.

# **Niets meer missen**

FOMO is nu beschikbaar, draait op een groot aantal computerplatforms en is compatibel met Linux-systemen, Cortex-M microcontrollers, en gespecialiseerde DSP's. Voeg een camera en Edge Impulse toe, en u kunt aan de slag.

Met FOMO kunt u snel objectdetectie toevoegen aan zo ongeveer elk apparaat dat op een camera is gebaseerd, en de angst vermijden waarmee embedded engineers nu vaak te kampen hadden: de angst om met computer vision de boot te missen (**figuur 4**).





Om meer over FOMO te weten te komen en met uw eigen algoritme te experimenteren, kunt u **edgeimpulse.com/fomo** bezoeken. 220207-03

# Over de auteur

Jan Jongboom is een embedded engineer en voorvechter van machine learning, altijd op zoek naar manieren om meer informatie uit de echte wereld te halen. Hij heeft apparaten verscheept, aan de nieuw-



ste netwerktechnologie gewerkt, microcontrollers gesimuleerd en er staat zelfs een monument in San Francisco met zijn naam erop. Momenteel

is hij medeoprichter en CTO van Edge Impulse, het toonaangevende ontwikkelplatform voor embedded machine learning met meer dan 80.000 projecten.





# Lopendegolfbuis

# vreemde onderdelen



M

Neil Gruending (Canada)

De wereld van HF versterkers is fascinerend omdat er zoveel verschillende technieken worden gebruikt. Tegenwoordig worden ze vaak gemaakt met halfgeleiders, maar er zijn nog steeds situaties waar vacuümbuizen de enige juiste keuze zijn. We hebben in het verleden al eens gekeken naar klystrons, dus laten we nu eens kijken naar de lopende-golfbuis, nog zo'n onvolprezen elektronica-held.

Een van de interessantste dingen van versterkers met lopende-golfbuizen is de werking. Ze hebben een elektronenkanon, dat bestaat uit een gloeidraad, een kathode en versnellingselektroden, net als een beeldbuis. Zo wordt een elektronenstraal gevormd die naar de collector gaat (**figuur 1**). De straal wordt gefocusseerd door een extern magnetisch veld, meestal met permanente magneten. Met behulp van snelheidsmodulatie wordt de elektronenstraal beïnvloed door het binnenkomende HF-signaal.

Omdat de elektronen in de straal veel langzamer bewegen dan de HF-elektronen,

wordt het HF-signaal door een spiraalvormige draad geleid, die we de helix noemen. Hij vertraagt het HF-signaal, zodat het gelijkloopt met de elektronenstraal.

De HF-elektronen volgen de helix en moduleren de snelheid van de elektronen in de straal, doordat elektronen die in fase zijn versnellen en elektronen die uit fase zijn vertragen. De gemoduleerde elektronen komen zo in groepjes bij elkaar en induceren een versterkt signaal terug in de helix. Aan het einde van de helix wordt dat signaal opgepikt met behulp van een eenrichtingskoppeling.

Lopende-golfbuizen hebben een grotere bandbreedte dan klystrons [1]. Bovendien hebben ze geen resonerende componenten nodig, wat ze ideaal maakt voor microgolftoepassingen met een niet te groot vermogen, zoals radar of zelfs ruimtecapsules en satellieten. Een mooi voorbeeld is de Collins Radio S-Band-versterker (figuur 2 en figuur 3) die is gebruikt bij het Apolloruimtevaartprogramma [2]. Het was een compacte 20W-versterker van nog geen 15 kilo, die al het beeld en geluid en alle data naar NASA's netwerk van schotelantennes van 26 meter doorsnede op aarde stuurde. Het grondstation gebruikte een gefocusseerd 10.000W-signaal voor de communicatie in omgekeerde richting. Lopende-golfbuizen worden vooral commercieel toegepast, maar er is een kleine groep van hobbyisten die nog steeds graag experimenteren met deze fascinerende kleine versterkers in amateur-microgolfzenders [3]. Hun grootste uitdaging is om zulke buizen te vinden!

210418-03

# 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.



Figuur 2. Collins Radio S-Band-versterker met lopende-golfbuis gebruikt voor de communicatie met de aarde tijdens de Apollo-missie. (Bron: Ken Shirriff)



Figuur 3. De Collins Radio-versterker werkte met spanningen van duizenden volts en zag er uit als een wirwar van coaxkabels. (Bron: Ken Shirriff)

**WEBLINKS** 

- [1] N. Gruending, "Klystrons", vreemde onderdelen #13, Elektor maart 2015: https://bit.ly/3v8ZKoO
- [2] K. Shirriff, "Inside a 20-Watt Traveling-Wave Tube Amplifier from Apollo," Ken Shirriff's Blog, July 2021: https://bit.ly/3ea8lOn
   [3] H. Griffiths, "Travelling Wave Tube Amplifiers," The National Valve Museum, September 1980: https://bit.ly/3wA8aCn

# Smalband-Internet of Things



standaarden, dekking, overeenkomsten en modules



# Tam Hanna (Slowakije)

Benieuwd naar het smalband-Internet of Things (narrowband IoT, NB-IoT)? Is het iets voor u? Laten we eens kijken.

Naast LoRa en Sigfox zijn ook mobiele communicatienetwerken een goede optie voor de overdracht van IoT-sensordata. De upgrade van EDGE naar UMTS maakte deze optie nog aantrekkelijker, omdat het gebruik van een sneller transmissiesysteem uiteindelijk beter kan zijn dan het gebruik van een zuiniger maar trager systeem. De enorme bandbreedte en energiehonger van 4G/LTE maken deze vuistregel echter wat minder relevant. Het stroomverbruik van de zenders is beduidend hoger en bovendien zijn de modules duurder. Toch kan het de moeite waard zijn.

In het kader van de specificatie 3GPP Release 13, door LTE aangeduid als 'informatief', definieert de GSM Association twee systemen voor het Internet of Things. De eerste is Narrowband Internet of Things (NB-IoT), en de tweede is LTE-M, ook wel bekend als LTE Cat-M1 of eMTC.

LTE-M is in feite een 'light' versie van LTE (4G) met een bandbreedte

van 1,4 MHz, terwijl NB-IoT een speciale draadloze communicatiestandaard is voor het Internet of Things. Het belangrijkste verschil is dat LTE-M bovendien spraakoverdracht met VoLTE ondersteunt, terwijl een NB-IoT-systeem uitsluitend databerichten verzendt. De NB-IoT-kanalen, elk met een breedte van slechts 180 kHz, gebruiken een subset van de methoden die zijn geïmplementeerd in de volledige versie van LTE. Uplink gebruikt een eenvoudige versie van de frequency division multiple access (FDMA)-methode, terwijl downlink orthogonale FDMA (OFDMA) gebruikt. De quadrature phase shift keying (QPSK)-modulatiemethode vereist geen bijzonder complexe hardware in termen van verwerkingskracht.

Wel moet worden opgemerkt dat het invoeren van NB-IoT voor de carrier doorgaans extra kosten voor de nieuwe hardware met zich meebrengt. Vanwege de extreem geringe bandbreedte past NB-IoT gemakkelijk in de guard band aan weerszijden van de



### **Tabel 1. Frequentiebanden**

Regio	Banden
Europa	3, 8, 20
(voormalige) GOS-landen	3, 8, 20
Noord-Amerika	2, 4, 5, 12, 66, 71, 26
Azië/Stille Oceaan (APAC)	1, 3, 5, 8, 18, 20, 26, 28
Afrika (ten zuiden van de Sahara)	3, 8
Midden-Ooosten en delen van Noord-Amerika	8,20
Zuid-Amerika	2, 3, 5, 29

LTE-frequentiepakketten. Anderzijds is het natuurlijk ook mogelijk om NB-IoT in stand alone-modus te gebruiken.

# **De prestaties**

Zelfs de technisch meest aantrekkelijke draadloze communicatiestandaard is zinloos als de transmissiecapaciteit onvoldoende is voor de beoogde taak. In het geval van NB-IoT is de versie een belangrijke overweging, omdat er verschillen zijn tussen LTE Cat NB1 (Release 13) en LTE Cat NB2 (Release 14). De oudere versie haalt slechts 26 kbit/s upstream, maar Cat NB2 is aanzienlijk sneller met 127 kbit/s upstream en 159 kbit/s downstream. Ter vergelijking: conventionele (niet-HSDPA) 3G haalde aanvankelijk 380 kbit/s. LTE Cat M1 draait momenteel met ongeveer 1 Mbit/s upstream en downstream, en release 14 verhoogt dit naar 4 Mbit/s upstream en 7 Mbit/s downstream.

De verschillen in latentietijd zijn enorm. LTE-M haalt doorgaans 15 ms, terwijl bij NB-IoT het aanbevolen 'werkbereik' van 1,6 s tot maar liefst 10 s loopt. De modulefabrikant Sierra Wireless, vooral populair in de VS, beschrijft de situatie als volgt:

"Een ander belangrijk feit om te overwegen is dat er geen NB-IoTgebruiksscenario's zijn die LTE-M ook niet kan ondersteunen. Met andere woorden, LTE-M ondersteunt elke LPWA-toepassing, terwijl NB-IoT is ontworpen voor eenvoudigere toepassingen met statische sensoren." [1]

Bovendien ondersteunt alleen versie 2 van de NB-IoT-standaard de verstrekking van positiegegevens door de netbeheerder. Als de module geen GPS-mogelijkheid heeft of als u het zonder een externe antenne wilt stellen, kunt u deze methode gebruiken om basis-positiegegevens te verkrijgen. Release 14 versnelt ook het zoeken naar nieuwe cellen, wat vooral gunstig is voor bewegende apparaten. Ondanks deze nieuwe voordelen van Cat NB2 is LTE-M nog steeds de beste keuze voor auto's en andere mobiele toepassingen, omdat het een slimmere cel-overgave biedt. De laatste verbetering betreft het zendvermogen: super low power-zenders [2], die met slechts 14 dBm kunnen werken, zijn alleen toegestaan in release 14.

Mocht u ooit een 4G-module voor Verizon in handen krijgen, dan is natuurlijk de vraag welke banden worden gebruikt. Band 13, die alleen van belang is voor Noord-Amerika, was voor veel Aziatische en Europese module-aanbieders problematisch. **Tabel 1** is afkomstig uit de *Deployment Guide* [3] van de GSM Association. U moet ervoor zorgen dat de module die u kiest alle banden ondersteunt die door de aanbieder van uw keuze worden gebruikt.

# Beschikbaarheid en overeenkomsten

Het spreekt voor zich dat standaarden voor draadloze communicatie alleen de moeite waard zijn als ze ook in de praktijk beschikbaar zijn. In het geval van de twee IoT-standaarden voor draadloze communicatie moet u eens een blik werpen op de interactieve wereldkaart van de GSM Association in **figuur 1** [3] (stand september 2021). Zoals u kunt zien, is Mexico het enige land waar alleen CAT-M beschikbaar is (waarschijnlijk vanwege het grotere bereik), terwijl "NB-IoT only" op grotere schaal beschikbaar is in de landelijke gebieden van Aziatische landen en, opmerkelijk genoeg, in Oost-Europa. In de sterk geïndustrialiseerde regio's van Europa, Noord-Amerika, Azië, Australië en Oceanië zijn beide versies beschikbaar.

CAT-M-overeenkomsten zijn over het algemeen gewone overeenkomsten waarbij het totale gebruiksvolume en het aantal simkaarten de totale kosten bepalen. Voor de volledigheid moet worden opgemerkt dat qua kosten een IoT-aanbieder als PodGroup vaak een betere keuze is dan een op de vrije markt gekochte prepaid-simkaart.

De bewering dat NB-IoT niet onderworpen is aan duty cycle-beperkingen wordt niet gestaafd door de praktische ervaring van de auteur in zijn rol van adviseur. Met uw mobiele provider zult u moeten onderhandelen over IoT-connectiviteit; al te vaak wordt een bovengrens opgelegd aan het aantal pakketten in een bepaald tijdsinterval. Operators publiceren hun exacte desbetreffende clausules zelden, wat de volgende uitspraak van T-Mobile USA des te opmerkelijker maakt:

"Neem deel aan het eerste landelijke NB-IoT-netwerk voor asset tracking, connected cities en meer. Tijdelijke aanbieding; aan verandering onderhevig. Exclusief eventuele belastingen en kosten. Het abonnement omvat 10 één-pakket-transacties per uur bij maximaal 64 kbps, tot 12 MB. Full service-betaling verschuldigd bij activering." [4]

Interessant is dat dit slechts een individuele mening is; Hutchison Holding Ltd heeft bevestigd dat het totale datavolume (binnen de grenzen van de afgesproken hoeveelheid) in één dag kan worden verbruikt. Tom Tesch, woordvoerder van Hutchinson in Oostenerijk, zegt hierover:

"De datasnelheid van NB-IoT is – conform de norm – erg laag en vooral geschikt voor het doorsturen van individuele metingen of statuswaarden. Om deze reden is voor NB-IoT-apparaten zelden meer dan 5 tot 10 MB per maand nodig. Voor meer bandbreedte-intensieve toepassingen, zoals het verzenden van foto's of video's, zijn 3G/4G en natuurlijk 5G geschiktere technologieën. Er zijn momenteel geen limieten aan wanneer het volume kan of mag worden gebruikt, waardoor het volledige volume ook in één dag kan worden opgebruikt."



# Hoe te beginnen?

Na deze inleidende overwegingen is het tijd om na te denken over hoe u NB-IoT kunt integreren in praktische systemen. Natuurlijk is het voor de meeste bedrijven niet haalbaar om klantspecifieke modems te ontwikkelen, maar in het verleden hebben we het 'design in'-proces voor draadloze modules uitgebreid beschreven, onder andere in Elektor mei/juni 2021 [5].

Als u niet meteen uw eigen board wilt gaan ontwikkelen, kunt u uw toevlucht nemen tot een gebruiksklaar evaluatieboard, hoewel de beschikbaarheid van Qualcomm-IC's in dit opzicht een probleem blijkt te zijn.

Twee mogelijkheden zijn het NBIOT-BG96-shield van Avnet, waarop een Quectel BG96-module zit, en het 5G NB IoT-clickboard van MikroElektronika, dat een Cinterion-module heeft. Arduino biedt ook een klein ontwikkelbord aan in de vorm van de MKR NB 1500. Beide boards kosten echter meer dan 50 dollar.

Vaak is het niet meer toegestaan om evaluatieboards compleet met sim-kaart te leveren, waardoor een massale uitrol van applicaties op basis van NB-IoT verre van eenvoudig is. De reden hiervoor is dat netbeheerders de technologie nog niet hebben samengepakt voor eindgebruikers. Dit wordt ook openlijk toegegeven door die operators, zoals blijkt uit de volgende verklaring van Hutchison:

"NB-IoT is een heel jong en innovatief netwerk. Omdat er nauwelijks apparatuur voor op de markt is, bestaat de doelgroep voornamelijk uit zakelijke klanten die hard- en software) ontwikkelen. Dit betekent dat ons aanbod momenteel uitsluitend gericht is op zakelijke klanten, voor wie we in overleg een offerte op maat maken." Als u met 'gewone' 2G/3G/4G-systemen werkt, kunt u dit omzeilen door gebruik te maken van een 'virtuele' mobiele communicatieprovider zoals PodGroup. Desgevraagd antwoordden ze dat NB-IoT momenteel niet echt geschikt is, zeker niet voor 'globale' oplossingen die met één sim-kaart moeten werken.

Hiervoor bestaan twee redenen. De eerste is dat de uitrol van NB-IoT nog relatief beperkt is. En de tweede dat roamingovereenkomsten tussen de verschillende netwerkoperators over het algemeen nog niet zijn aangepast aan de nieuwe draadloze NB-IoT communicatiestandaard. Net als bij belastingverdragen tussen landen, duurt het lang om zulke aanpassingen te realiseren. Kortom: internationale NB-IoT roaming staat nog in de kinderschoenen.

# Is het de moeite waard?

De zoektocht naar een bruikbare module die alleen NB-IoT ondersteunt, is zeker een zeer lastige onderneming. Zo biedt Quectel zelfs met de kleinste serie (BC660) twee versies aan: één met alleen NB-IoT, en de andere met zowel eMTC als NB-IoT. Beide draadloze standaarden zijn ook aanwezig in grotere series zoals de populaire BG95 en BG96. Prijzen voor deze modules zijn alleen te vinden bij SOS Electronic: de BC660K-GL kost  $\in$  7,63 in kleine aantallen, terwijl de versie met LTE-M en NB-IoT niet wordt vermeld. De prijs daar voor de BG96 is  $\in$  19.

Een zoektocht naar u-blox [6] levert meer resultaten op. De SARA-N3-familie bevat een module die exclusief bedoeld is voor de NB-IoT-protocollen, maar het Zwitserse bedrijf biedt geen puur CAT-M-apparaat (zie **figuur 2**).





Figuur 3. Een traditionele Steirmark-windmolen die dienst doet als vogelverschrikker (bron: Martin Geisler, CC BY-SA 4.0 [7]).

Bij Gemalto, waarvan de overname door Thales de website nog verwarrender heeft gemaakt dan die al was, vindt u een zuivere CAT-M-module in de vorm van de EMS31, samen met een zuivere NB-IoT-module (ENS22) met dezelfde vormfactor. Bij de Tsjechische distributeur Sectron kunt u prijzen vergelijken: de EMS31 kost  $\in$  14, de ENS22 slechts  $\in$  8.

Informatie over het stroomverbruik (ruwweg tenminste) vindt u in de datasheets onder het kopje 'Hardware Interface Description'. Het hoogste stroomverbruik van de EMS31 treedt op bij gebruik in band 4 en bedraagt 239 mA bij een voedingsspanning van 3,8 V. Voor de ENS22 wordt een hoogste stroom van 404 mA in band 28 genoemd, maar er moet ook worden opgemerkt dat draadloze modules dit soort piekstromen slechts gedurende een zeer korte tijd nodig hebben.

# Wat hebt u er aan?

Technisch gezien werkt NB-IoT perfect, en als u eenmaal een overeenkomst hebt met een provider, hoeft u een en ander nog

# WEBLINKS \_

- [1] LTE-M versus NB-IoT: wat zijn de verschillen?: www.sierrawireless.com/iot-blog/lte-m-vs-nb-iot/
- [2] Wikipedia-artikel over smalband-IoT: https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband\_IoT
- [3] GSMA: wereldkaart van IoT draadloze communicatiestandaarden: www.gsma.com/iot/deployment-map/
- [4] T-Mobile smalband-IoT webpagina: https://t-mo.co/3EC5Jo4
- [5] Tam Hanna, "Geen angst voor de cellulaire module!," Elektor mei/juni 2021: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-177/59613
- [6] u-blox mobiele communicatiemodules: www.u-blox.com/en/cellular-modules
- [7] Klapotetz: https://bit.ly/3nOr0Fb
slechts door uw advocaat te laten bezegelen – dit in tegenstelling tot de situatie met een LoRaWAN thuis. Het relatief lage piek- en ruststroomverbruik van de modules helpt ook om uw elektriciteitsrekening binnen de perken te houden.

Of het uiteindelijk de moeite waard is, is vooral een kwestie van schaal - net als belastingparadijzen als Dubai of Monaco. Als u vijf modems in een jaar koopt, werkt met een 'complete' 4G-module of, nog beter, een module met een dikkere voedingsadapter die een paar euro meer kost, dan is het de trieste ervaring van de auteur dat u in de praktijk de 'andere' draadloze standaard nodig hebt, al was het maar omdat sommige basisstations niet alle draadloze communicatiestandaarden ondersteunen.

Uiteraard ziet de situatie er anders uit als u 50.000 modems aanschaft die allemaal naar dezelfde klant gaan. Als het stadhuis van Großdorf am Klapotetz (figuur 3) NB-IoT nodig heeft, zal de lokale provider waarschijnlijk het netwerk upgraden, en de kostenbesparingen door het grote aantal apparaten zullen ook helpen. ∎

180021-03

### Vragen of opmerkingen?

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

### Een bijdrage van

Tekst: Tam Hanna Redactie: Rolf Gerstendorf Vertaling: Eric Bogers Layout: Giel Dols

## **GERELATEERDE PRODUCTEN**

> H. Henrik Skovgaard, IoT Home Hacks with ESP8266 (Elektor, 2020, SKU 19159) www.elektor.nl/19159

### Zorg ervoor dat uw producten 100% authentiek zijn

Mouser was de eerste SAE AS6496-geaccrediteerde distributeur





# Dragino LPS8 indoor-gateway

LoRaWAN-gateway snel geïnstalleerd



Figuur 1. De Dragino LPS8 indoorgateway (bron: Dragino [5]).

### Mathias Claußen (Elektor)

We hebben al vaak beschreven hoe je je eigen elektronische apparaten met elkaar kunt verbinden via LoRaWAN. Als je niet binnen het bereik van een bestaande LoRaWANgateway bent, of als je je gewoon wat verder in het onderwerp wilt verdiepen, kun je je eigen gateway opzetten en gebruiken. We hebben dit geprobeerd met de goedkope Dragino LPS8 indoor-gateway.

Het thema LoRaWAN is in Elektor al vele malen aan de orde gekomen. Het is niet zo moeilijk om een simpele LoRaWAN-node te bouwen met een bijbehorende sensor- of actuator-module. In zo'n opstelling wordt een LoRaWAN-module (die de communicatie met het netwerk verzorgt) aangesloten op een microcontrollerboard zoals een STMicroelectronics STM32 of Raspberry Pi Pico [1][2], en deze zorgt voor een interface met de sensor. Om de gegevens die via LoRa van en naar de node worden gezonden verder te transporteren, is een extern station nodig. Hier ontvangt een LoRaWAN-gateway de gegevens draadloos via LoRa en stuurt die door naar een internetplatform zoals The Things Network (TTN). Je kunt een bestaande gateway gebruiken die zich al in je omgeving bevindt (veel gateways worden door vrijwilligers beheerd), of je kunt je eigen gateway opzetten. Ik gebruik nu al meer dan een jaar een Dragino LPS8 als indoor-gateway.

### **De Dragino LPS8**

De Dragino LPS8 indoor-gateway (figuur 1) is ondergebracht in een plastic behuizing en kan gemakkelijk verward worden met een WiFi-router. De elektronica binnenin wordt aangstuurd door een kleine Atheros (tegenwoordig Qualcomm) AR9331 WiFi-SoC geklokt op 400 MHz; deze is speciaal ontworpen voor gebruik in router-platforms en access points. Met 64 MB RAM en 16 MB Flash is de rekenkracht niet spectaculair in vergelijking met bijvoorbeeld een Raspberry Pi Zero 2 W, maar het is meer dan genoeg voor de functies die de gateway moet uitvoeren. De SoC ondersteunt ook WiFi 802.11 b/g/n en bezit een 10/100 Mbit LAN-poort. De beschikbare communicatiesnelheden zijn meer dan voldoende voor de relatief lage datasnelheid van LoRaWAN. De gateway zelf hoeft ook niet veel rekenkracht te bieden, omdat hij alleen voor de geïntegreerde LoRa-transceivermodule zorgt en de



gegevens doorstuurt naar het internet. Een blokschema is te zien in **figuur 2**.

De LoRa-transceiver is een combinatie van een Semtech SX1308 LoRa-basisbandchip (**figuur 3**) en twee SX1257 front-end modules (**figuur 4**). Deze combinatie zorgt voor de conversie van de radio-interface naar Ethernet. De gateway wordt gevoed via de USB type C-poort en heeft een netadapter van 5 V/2 A (10 W) nodig.

Zoals de naam van de gateway al suggereert, is het toestel niet weerbestendig en is het bedoeld voor gebruik binnenshuis, dus de omgeving moet droog en relatief stofvrij zijn. De structuur van het gebouw en de binnenmuren zullen de radio-reikwijdte reduceren in vergelijking met een gelijkwaardig toestel dat buitenshuis vrij is gemonteerd met een antenne op een mast.

## Handleiding, firmware en installatie van de LPS8

De meest recente versie van de Draginohandleiding (online beschikbaar [3]) beschrijft hoe de gateway geconfigureerd moet worden. De handleiding wordt sinds de lancering van het product voortdurend bijgehouden en toont de mogelijkheden en updates van de huidige firmware. Dit is zonder meer prijzenswaardig; ik zou graag willen dat fabrikanten van andere producten dezelfde aandacht aan de details besteden waar het de documentatie betreft. De firmware zelf wordt ook goed onderhouden. De huidige release is van 4 november



Figuur 3. Blokschema van de SX1308-basisbandchip (bron: Semtech [7]).



Figuur 4. Blokschema van de frontend-module SX1257 (bron: Semtech [8]).

<complex-block><complex-block>

2021 (stand 15 december 2021) [4]. Het is raadzaam om te updaten naar de laatste versie voordat de gateway in gebruik wordt genomen. Dat zorgt ervoor dat eventuele bekende bugs of zwakke plekken in de beveiliging zo veel mogelijk worden gecorrigeerd. De handleiding voert je door de installatie. Het enige wat je hoeft te doen is het netwerk op de juiste manier configureren en de instellingen voor de LoRaWAN-koppeling (bijvoorbeeld The Things Network) te maken. Daarna is de LoRaWAN-gateway klaar voor gebruik (**figuur 5**).

### Een OpenWRT-substructuur

Ook al doet de eerste pagina van de webinterface anders vermoeden, wordt als basis voor de Dragino LPS8 indoor-gateway de Linuxgebaseerde Open Wireless Router-firmware (OpenWRT) gebruikt. Deze zorgt niet alleen voor de LoRaWAN-gatewayfunctionaliteit, maar verzorgt ook een aantal andere instellingen voor de router (IP-adressen, forwarding, WiFi). Dankzij de OpenWRT-substructuur kan ook een LTE- of 5G-modem op de USB-poort van de gateway worden aangesloten als er geen andere verbinding met het internet mogelijk is op de locatie van het apparaat. Eventueel kun je ook toegang krijgen tot de Linux-opdrachtregel via SSH. (Doe dit op eigen risico!) Via de webinterface of de

opdrachtregel kunnen extra packages worden geïnstalleerd om de functionaliteit van het apparaat uit te breiden.

### Een betrouwbare oplossing

Ik heb zelf nu ruim een jaar een Dragino LPS8 in gebruik. In die tijd heeft hij bewezen een onderhoudsarme en betrouwbare LoRaWANgateway te zijn, wat eigenlijk alles is wat je van zo'n apparaat kunt verlangen. Hij voldoet prima voor mijn verschillende LoRaWAN-nodes en geeft een uitstekende dekking in het hele gebouw (en omgeving). Wie overweegt om een goedkope LoRaWAN-gateway in een woonomgeving te installeren, moet de Dragino LPS8 indoor-gateway, momenteel verkrijgbaar is in de Elektor Store [5], beslist overwegen.

### Vragen of opmerkingen?

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

### Een bijdrage van

Tekst: Mathias Claußen Redactie: Jens Nickel, C.J. Abate Vertaling: Eric Bogers Layout: Harmen Heida



### **GERELATEERDE PRODUCTEN**

- Dragino LPS8 Indoor LoRaWAN Gateway (868 MHz) (SKU 19094) www.elektor.nl/19094
- Seeed Studio LoRa-E5 STM32WLE5JC Development Kit (SKU 19956) www.elektor.nl/19956



#### WEBLINKS

- [1] M. Claußen, "Beginnen met LoRaWAN", Elektor maart/april 2020: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-143/57224
- [2] M. Claußen, "LoRa met de Raspberry Pi Pico", Elektor juli/augustus 2021: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-181/59810
- [3] Dragino LPS8 Indoor Gateway Handbook: www.dragino.com/downloads/index.php?dir=LoRa\_Gateway/LPS8/
- [4] Firmware-download voor de Dragino LPS8 indoor-gateway: https://bit.ly/LPS8-firmware-release
- [5] Gateway picture resource: www.dragino.com/media/k2/galleries/148/LPS8-10.jpg
- [6] Dragino LPS8 Indoor Gateway Manual: https://bit.ly/LPS8-user-manual
- [7] Semtech SX1257 Front-End datasheet: https://sforce.co/3fZmy1f
- [8] Semtech SX1308 Transceiver datasheet: https://sforce.co/32zxAqV

## **Ontdek ATtiny-microcontrollers** met behulp van C en assembler

voorbeeldhoofdstuk: ATtiny I/O-poorten

### Warwick A. Smith (Zuid-Afrika)

De I/O-poorten van een microcontroller besturen de aansluitingen ervan en bieden de mogelijkheid om ze individueel te configureren als in- of uitgang. Dit geeft zoveel mogelijkheden dat hier in elke beginnerscursus of inleiding tot het programmeren aandacht aan hoort te worden besteed. Je moet echter werkelijk diep in de materie duiken om de

I/O-mogelijkheden van een microcontroller écht te begrijpen en te gebruiken. Hier doet Elektor-auteur Warwick Smith dat aan de hand van een klein assembler-programma op de populaire ATtiny-microcontroller. Nieuwsgierig? Laten we aan de slag gaan!

Opmerking van de redactie: dit artikel is een deel uit het 376 pagina's tellende boek Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language (W. Smith, Elektor 2021) dat we enigszins hebben bewerkt om te voldoen aan de redactionele standaarden en paginaopmaak van Elektor Magazine. Omdat het een gedeelte is van een grotere publicatie, verwijzen sommige aanduidingen in dit artikel naar passages elders in het origineel. Auteur en uitgever hebben hun best gedaan om dat te voorkomen, en zijn graag bereid om eventuele vragen te beantwoorden. Contactgegevens staan in het kader Vragen of opmerkingen?.

In de ATtiny13(A) en ATtiny25/45/85 worden de I/O-poorten geconfigureerd en aangestuurd met behulp van een set van vier registers. Indien een pin wordt geconfigureerd als ingang, dan kan een programma dat op de AVR wordt uitgevoerd, het logische niveau op die pin lezen. Wanneer er een schakelaar op die pin is aangesloten, dan kan het logische niveau worden gelezen om te zien of die schakelaar open of gesloten is. Wanneer een pin is geconfigureerd als een uitgang, dan kan deze worden gebruikt om het logische niveau ervan 'hoog' (logisch niveau 1) of 'laag' (logisch niveau 0) te maken. Een uitgangspin kan bijvoorbeeld worden gebruikt om een LED aan te sturen, zoals in het knipper-LED-project dat elders in het boek is beschreven.

### I/O-pinnen als uitgang configureren in assembler

In dit gedeelte bekijken we hoe we bij een 8-pins ATtiny meer dan één pin als uitgang kunnen configureren; we sluiten vijf LED's met serieweerstanden op deze pinnen aan. De code configureert de LED's als een 5-bit binaire teller die vanaf nul telt.

Figuur 1 toont het schema van een ATtiny13(A) of ATtiny25/45/85 AVR met vijf LED's die zijn aangesloten op I/O-pinnen PBO...PB4. Ten behoeve van het programmeren en debuggen van de microcontroller wordt pin PB5 van de ATtiny microcontroller in dit ontwerp

gebruikt als debugWIRE-pin. Om deze configuratie te kunnen gebruiken, is een programmer/debugger zoals een Atmel-ICE of AVR Dragon vereist.

Een program-only USB-programmer werkt overigens niet in



Figuur 1. Schema van de 5-LED-teller.





Figuur 2. Breadboard-layout van de 5-LED-teller.

de debugWIRE-modus en kan niet debuggen. **Let op: activeer de DWEN-fuse niet met een program-only USB-programmer want deze kan de AVR niet terug uit de debugWIRE-modus halen.** De reden van het gebruik van de debugWIRE-modus bij deze voorbeeldconfiguratie is om eventueel andere pinnen van de AVR vrij te maken die normaal worden gebruikt in de ISP/ SPI-programmeermodus.

### **Program-only programmers**

Voor de configuratie van figuur 1 kunnen program-only USB-programmers worden gebruikt om het voorbeeldprogramma (zie verderop) te laden en de tellerstand op de LED's te bewonderen. Sluit de LED's aan zoals getekend in figuur 1 en **figuur 2**. In het originele USBasp-ontwerp en de originele USBtinyISP-configuratie waren begrenzingsweerstanden in de aansluitingen opgenomen om de programmer en de target-AVR-chip te beschermen. De Arduino Uno, geprogrammeerd als ArduinoISP, heeft geen begrenzingsweerstanden maar de ze kunnen worden toegevoegd aan de Arduino Uno MOSI- en SCK-pinnen die naar de target-AVR gaan. In het originele USBasp-ontwerp worden begrenzingsweerstanden van 270  $\Omega$  gebruikt die op MOSI, SCK en RESET zijn aangesloten. Bij het originele USBtinyISP-ontwerp worden 1k5-weerstanden gebruikt aan MOSI en RESET.

Begrenzingsweerstanden voorkomen kortsluiting indien een van de AVR-uitgangen een bepaalde uitgangsspanning heeft terwijl op hetzelfde moment de programmer een uitgangsspanning van tegengestelde polariteit voert.

### Aangesloten hardware kan het programmeren mogelijk storen

Hoewel de configuratie van figuur 1 kan worden geprogrammeerd met behulp van de ISP/SPI-interface terwijl de LED's plus serieweerstanden zijn aangesloten, kunnen andere ontwerpen wellicht hardware hebben die het programmeren hinderen. Indien periferie die op een te programmeren AVR is aangesloten het programmeren van de AVR inderdaad bemoeilijkt, dan zijn daar wel enkele oplossingen voor. Lezers die een debugWIRE-compatibele USB-programmer/debugger hebben (zoals de Atmel-ICE) kunnen dan natuurlijk de target-AVR eenvoudig in de debugWI-RE-modus zetten; dan is slechts één pin voor het programmeren nodig. Een andere oplossing is om de AVR eerst op een ander breadboard te programmeren met behulp van ISP/SPI en pas daarna in de doelschakeling te prikken.

Als alternatief kan ook een AVR met meer pinnen worden gebruikt. Maar de beschikbare poortpinnen zijn niet altijd dezelfde als van een 8-pins PDIP-ATtiny. Als u bijvoorbeeld pinnen PBO...PB4 gebruikt (zoals in het schema van figuur 1), dan zijn er geen vijf opeenvolgende vrije pinnen beschikbaar bij de 14-pins ATtiny24/44/84-serie AVR's, omdat voor ISP/SPI zowel pinnen van poort A als van poort B worden gebruikt. Bij de 20-pins ATtiny26/261/461/861-controllers is poort A compleet beschikbaar voor een ISP/SPI-programmer, maar dat betekent dan dat de software moet worden aangepast om poort A te gebruiken in plaats van poort B. Gelukkig zijn bij deze 20-pins ATtiny2313/4313-serie de pinnen PB0...PB4 wel vrij als een ISP/SPI-programmer is aangesloten.

### De AVR in de debugWIRE-modus zetten

Om de microcontroller te kunnen programmeren met behulp van een enkele debugWIRE-lijn, zoals geschetst in figuur 1, moeten eerst alle verbindingen van de ISP-header vanaf de USB-programmer/ debugger naar de microcontroller worden gemaakt. Zet vervolgens de DWEN-fuse van de AVR. De AVR is dan in de debugWIRE-modus gezet. Zo niet, sluit dan uw programmer/debugger aan, bijvoorbeeld een Atmel-ICE of een AVR Dragon, en overtuig u ervan dat u de DWEN-fuse kunt zetten. Zodra de DWEN-fuse is geprogrammeerd, kunnen alle aansluitingen van de ISP-header weer worden weer verwijderd, behalve RESET, +5 V (Vcc) en GND, zoals in figuur 1 getekend.

### Bouw van de schakeling op breadboard

Nadat u de hardware hebt verzameld, bouwt u de schakeling van figuur 1 op een breadboard op. Zorg ervoor dat de vijf LED's op één rij én in de juiste volgorde op het breadboard verbonden zijn met de pinnen PB0...PB4. LED D1 komt dan aan de rechterkant van de rij en D5 aan de linkerkant. Anders gezegd: de LED's komen naast elkaar, waarbij PB0 naar de meest rechtse LED gaat, PB1 naar de LED links daarnaast, PB2 naar de derde LED van rechts – en zo vervolgens, zoals de breadboard-layout van figuur 2 toont. We zien daar alleen de omtrek van de LED's, zodat de draadverbindingen en weerstanden zichtbaar blijven. Als u het zonder de hardware moet stellen, controleer dan de werking van de programma's met een simulator.

### De assembler-code voor de teller met 5 LED's

Start een nieuw Microchip Studio AVR Assembler Project met de naam *led\_count\_asm*. Neem de code van **listing 1** over in *main.asm* van het project (komt in plaats van het codeskelet dat daar stond). Indien u de hardware van figuur 1 gebruikt, neem dan uw hardware-tool (de debugger) zoals de Atmel-ICE in Microchip Studio, met debugWIRE als interface. Hiertoe klikt u op het hamer-pictogram op de tweede menubalk van boven. Wanneer u de simulator gebruikt, kies dan *Simulator* als tool. Bij gebruik van een 'hobby'-programmer kunt u verder lezen tot gevraagd wordt het programma in de target-ATtiny te laden.

Het *led\_count\_asm* programma configureert PBO...PB4 als uitgangen zodat de LED's die hierop zijn aangesloten, door het programma kunnen worden in- en uitgeschakeld. Het programma toont een

oplopende binaire waarde (tellerstand) op de LED's, beginnend bij o (alle LED's uit). Wanneer de teller zijn hoogste waarde heeft bereikt (alle LED's aan) springt de teller naar nul en begint de telling opnieuw. Elke uitgeschakelde LED staat voor een binaire (logische) O, en elke ingeschakelde LED is een binaire (logische) 1. Het is belangrijk de LED's op te stellen zoals in figuur 2: alleen dan wordt de tellerstand correct weergegeven (PBo/D1 als LSB en PB4/D5 als MSB).

Maak het programma en laad het in de AVR wanneer u de fysieke hardware van figuur 1 en figuur 2 gebruikt. Indien u voor een Atmel-ICE of AVR Dragon hebt gekozen, gebruikt u het pictogram Start Without Debugging op de bovenste toolbar van Microchip Studio (sneltoets Ctrl+Alt+F5) om zo het programma in de AVR te laden. Als de debugger-interface correct is ingesteld en de chip zich in de debugWIRE-modus bevindt dan wordt het programma geladen en kan het worden gestart. De oplopende binaire tellerstand is nu te zien op de LED's. Als u een program-only programmer ('hobby'-programmer) gebruikt, laad dan het programma naar de target-AVR met de juiste functie. Als het programma correct is ingetypt, de schakeling juist is bedraad en het programma is opgeslagen en opgestart na het invoeren, ziet u ook de binaire weergave op de LED's oplopen. Desgewenst kunt u voor de rest van de tekst nu de simulator gebruiken.

Als u niet over de fysieke hardware beschikt, dan kunt u het telproces bekijken in de Simulator in Microchip Studio. Het programma kan dan worden doorlopen met behulp van de pictogrammen Start Debugging en Break. Nadat de simulator is opgestart, opent u het I/O-venster door op Debug Windows I/O te klikken (bovenste menu) gevolgd door een klik op I/O Port (PORTB). Speel het programma af via het Step Over-pictogram (toets F10). Op het PORTB-item onderin het I/O-venster ziet u de telwaarde die op de LED's zou worden weergegeven indien die waren aangesloten. De telling wordt telkens in PORTB bijgewerkt wanneer in de main-loop de out-instructie wordt aangeroepen.

### De werking van het tellerprogramma

De helft van de led\_count\_asm programmacode bestaat uit een delay-subroutine, die ook werd gebruikt in het knipper-LEDprogramma dat elders in het boek wordt besproken. Deze subroutine wordt eenmalig in de main-programmalus aangeroepen om ervoor te zorgen dat de tellerstand op de LED's duidelijk zichtbaar is en niet te snel voorbijflitst. Open het led count asm project in Microchip Studio, met de main.asm-code ook geopend, zodat u de nuvolgende bespreking goed kunt volgen.

De eerste twee instructies van het programma worden gebruikt om de pinnen PBO...PB4 in te stellen als uitgang, om er dan de LED's mee aan te sturen; hiertoe moeten de juiste bits in het DDRB-register worden gezet. Figuur 3 toont bovenin het DDRB-register. Elk bit in dit register komt overeen met een pin van de microcontroller. Bit DDBo correspondeert bijvoorbeeld met pin PBo, DDB1 met pin PB1 enzovoort.

Wanneer een bit in DDRB logisch 1 wordt gemaakt, wordt de corresponderende pin een uitgang. Indien een bit in DDRB logisch 0 wordt gemaakt, verandert de corresponderende pin in een ingang; dat is overigens de standaard toestand van alle pinnen bij het opstarten of na een reset. Aan het begin van het programma wordt eerst obooo1\_1111 naar register R16 geschreven, en vervolgens van R16

### .....

### Listing. led\_count\_asm : main.asm

; Set up	pins PB0 to PB4 as	output pins
ldi	r16, 0b0001_1111	
out	DDRB, r16	
clr	r18	; Clear count register
loop:		
out	PORTB, r18	; Display count on LEDs
rcall	delay	
inc	r18	; Increment count
andi	r18, 0b0001_1111	; Clear unused bits
rjmp	loop	
; Delay subro	utine	
delay:		
ldi	r16, 0xff	
delloop1:		
ldi	r17, 0xff	
delloop2:		
dec	r17	
brb	<pre>SREG_Z, delloop2</pre>	
dec	r16	
brbc	<pre>SREG_Z, delloop1</pre>	
ret		

DDRB : Po Address: (	ort B Data D Dx17 Initia	Pirection Re Al Value: Ob	gister. Coni 0000_0000	figures pin ( ) Bits 5 to	direction: 0 0: Read/W	= Input, 1 = /rite (R/W)	= Output.
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0
PORTB : P Address: (	ort B Data 0x18 Initia	Register. D I Value: 0b	rives output 0000_0000	t pins. Enat Bits 5 to	oles input p <b>0:</b> Read/W	n pull-ups rite (R/W)	with logic 1.
7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0
PINB : Port B Input Pins Register. Read input pin state. Write logic 1 to toggle output pin. Address: 0x16 Initial Value: Depends on level on pin. Bits 5 to 0: Read/Write (R/W)							
7	6	5	4	3	2	1	0
_	_	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0

Figuur 3. I/O-poortregisters van de ATtiny13(A) en de ATtiny25/45/85.

naar het DDRB-register met behulp van de out-instructie. Het is noodzakelijk om eerst deze constante waarde in R16 te laden, want er is geen instructie beschikbaar om direct een constante waarde naar een I/O-register zoals DDRB te schrijven. Door 0b0001\_1111 naar DDRB te schrijven worden de bits DDB0..DDB4 gezet en worden pinnen PBO...PB4 uitgangen.

Hoewel er vier registers beschikbaar zijn voor het besturen van I/O-poort B, zijn er slechts drie getekend in figuur 3. Het vierde register, MCUCR, heeft slechts één bit dat van toepassing is op poort B. Dit bit is een globaal pull-up disable bit dat we in dit hoofdstuk





Figuur 4. Een breakpoint invoegen in Microchip Studio Debugger.

niet gebruiken. Raadpleeg het Register Description gedeelte van de datasheet in het deel over de I/O-poorten om over dit register te lezen (ofwel de datasheet van de ATtiny13/ATtiny13A ofwel die van de ATtiny25/45/85).

R18 wordt in het programma gebruikt om de oplopende tellerstand vast te houden die via de LED's wordt weergegeven. R18 wordt met CLR gewist (O gemaakt) vóór de hoofd-programmalus zodat de telling begint vanaf O.

In de main-programmalus wordt de inhoud van R18 naar het PORTB-register gestuurd met behulp van de **out**-instructie. Het PORTB-register is te zien in het midden van figuur 3. Nogmaals, elk bit in dit register komt overeen met een pin van de microcontroller. Voor pinnen die met DDRB zijn ingesteld als uitgang ziet u de logische niveaus op deze pinnen zoals deze naar het PORTBregister zijn geschreven. Bij pinnen die zijn ingesteld als ingang activeert een logische 1 in PORTB een interne pull-up weerstand op de betreffende pin. Een logische 0 schakelt de pull-up weerstand van de corresponderende pen uit.

Omdat pinnen PB0...PB4 zijn ingesteld als uitgang verschijnt de tellerstand die naar PORTB is geschreven hier als logische niveaus die de LED's in- en uitschakelen. Een logische 1 schakelt de corresponderende LED in en een logische 0 schakelt de LED uit.

Nadat de tellerstand naar PORTB is geschreven met behulp van de out-instructie, wordt de delay-subroutine aangeroepen om die telwaarde nog een tijdje zichtbaar te houden. Register R18 wordt vervolgens verhoogd met 1 met behulp van de inc-instructie zodat de teller één verder telt. and i wordt gebruikt om de hoogste drie bits van de waarde in R18 te wissen met behulp van de waarde obooo1\_1111 als masker. Dit zorgt ervoor dat deze hoogste bits altijd nul zijn. Terug aan het begin van de lus, wanneer R18 weer naar PORTB wordt geschreven, wordt altijd een o naar de bovenste drie bits geschreven omdat ze immers zijn gewist met andi. Zodra aan het einde van de lus de rjmp-instructie is bereikt gaat het programma weer naar het begin van de programmalus, waarbij de nieuwe tellerstand naar PORTB wordt geschreven en wordt weergegeven via de LED's.

Een paar opmerkingen over dit programma: de I/O-registers DDRB en PORTB worden beide gebruikt om poort B van de microcontroller in beide programma's in te stellen en aan te sturen. Het eerdergenoemde knipper-LED-programma hoefde slechts één enkele pin aan te sturen; daarvoor werden de sbi- en cbi-instructies gebruikt om één enkel bit in de I/O-registers direct te zetten en te resetten. Daarvoor was geen van de werkregisters RO...R31 nodig. Ons tellerprogramma moet echter gelijktijdig toegang hebben tot vijf LED's (pinnen); daarom wordt hier de out-instructie gebruikt om tegelijkertijd naar meerdere bits in een register te schrijven. Het is zaak om het registergebruik in een assembler-programma goed bij te houden. Aan het begin van het programma wordt bijvoorbeeld een immediate waarde geladen in R16. R16 wordt in dit geval echter slechts tijdelijk gebruikt, dus kan later in het programma opnieuw worden gebruikt zonder dat eerst de waarde ervan moet worden opgeslagen. Het wordt dan ook opnieuw gebruikt in de delay-subroutine. En omdat R16 en R17 worden gebruikt in de delay-subroutine is R18 gekozen om de tellerstand vast te houden en wordt het verder voor niets anders gebruikt. Dit zorgt ervoor dat de telwaarde nooit wordt overschreven. Mocht een programma erg groot worden en er geen registers over zijn voor speciale doeleinden, dan kunnen push- en pop-instructies aan het begin en einde van een subroutine worden gebruikt om de waarden in de gebruikte registers te onthouden.

### Het gebruik van breakpoints in de debugger

Met de simulator, of met de hardware en een dito debugger zoals de Atmel-ICE, kunt stap voor stap door het programma lopen door op *Start Debugging* en *Break* te klikken, zoals we al eerder hebben gedaan. Bekijk de I/O-poortregisters door het I/O-venster in Microchip Studio te openen. Terwijl de debugger loopt selecteert u daartoe *Debug Window I/O* en vervolgens op *I/O Port (PORTB)* in het I/O-venster, zoals getoond in **figuur 4**.

Het is handig om op het moment dat de uitvoering van het programma de hoofd-programmalus bereikt een breakpoint op de rjmp-instructie te zetten, en dan de hele lus uit te voeren door steeds op de knop Continue (of F5) te klikken. Zo'n breakpoint kan aan de rjmp-instructie worden gekoppeld door te klikken op het grijze vlak helemaal links van de instructie en van het Microchip Studio-venster. Er verschijnt dan een rode stip als indicatie dat er een breakpoint op de instructie is ingesteld, zoals te zien in figuur 4. U kunt ook op de instructie klikken waaraan u een breakpoint wilt koppelen zodat de cursor erop wordt geplaatst, en dan Debug Toggle Breakpoint selecteren in het bovenste menu (of druk op F9). Zodra het breakpoint is ingesteld kunt u met de knop Continue (of F5) door de hele lus stappen en aan het eind Break gebruiken. Zo ziet u de tellerstand steeds met 1 toenemen in PORTB in het I/O-venster, alsmede in register R18 in het Processor Status-venster, zonder dat elke instructie in de lus afzonderlijk moet worden doorlopen.

Verwijder het breakpoint weer van de rjmp-instructie door op de rode stip links van deze instructie te klikken, of gebruik het menu of F9 om het breakpoint om te schakelen, ervan uitgaande dat de cursor zich op de rjmp-instructie bevindt. Zet nu een breakpoint op de inc r18-instructie. Gebruik opnieuw F5 om de lus te doorlopen. Het nieuwe breakpoint zorgt ervoor dat het PORTB-register en R18 dezelfde waarde behouden wanneer de uitvoering van het programma stopt. Als de uitvoering van het programma stopt op rjmp dan wordt R18 verhoogd voordat de nieuwe waarde ervan naar PORTB wordt geschreven, zodat deze waarden niet gesynchroniseerd zijn in de debugger-vensters in Microchip Studio. De software van de auteur kan als ondersteuning van het boek gratis worden gedownload. Ga naar [1], scroll omlaag naar Downloads en klik op de bestandsnaam Software Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language. Sla het zip-bestand lokaal op (ca. 29 kB) en pak het vervolgens uit. 

220045-03

### Een bijdrage van

Tekst en afbeeldingen: Warwick Smith Redactie: Jan Buiting Vertaling: Marc Gauw Layout: Giel Dols

### Vragen of opmerkingen?

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

### **WEBLINK**

[1] Book resources/info page: https://www.elektor.com/20007



### **GERELATEERDE PRODUCTEN**

- > Boek: W. Smith: Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language (SKU 20007) www.elektor.nl/20007
- > E-Boek: W. Smith, Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language (SKU 20008) www.elektor.nl/20008





ektor mei/juni 2022 81



### correcties, updates en brieven van lezers

Samengesteld door Ralf Schmiedel en Jens Nickel (Elektor)

### Motoren aansturen met H-bruggen

Elektor januari/februari 2022, p. 6 (210491) Helaas is in het schema van de H-brug met relais in dit artikel (figuur 4) een verbinding tussen de min van de motor M en de gemeenschappelijke contacten van de relais K3 en K4 weggevallen. Hiernaast hebben we een gecorrigeerde versie van het schema afgedrukt. Hartelijk dank aan de scherpziende lezers die deze blunder hebben opgemerkt.

Een andere fout is geslopen in de bijschriften van figuren 14 en 20. De getekende chip is een L298N en geen L294N zoals in de bijschriften wordt gesuggereerd.

De laatste twee diagrammen in figuur 23 tonen niet de juiste volgorde van veldbekrachtiging en rotororororiëntatie. Hier is de juiste firguur afgedrukt:



### Eenvoudige aardlektester

Elektor januari/februari 2022, p. 106 (200576) Het is van essentieel belang dat de in dit artikel beschreven aardlektester alleen wordt gebruikt om apparatuur te testen die volledig van het elektriciteitsnet is geïsoleerd. Het kan dodelijk zijn als het wordt gebruikt op een apparaat dat op het lichtnet is aangesloten! De aardlektester werkt goed voor het opsporen van problemen met draagbare apparaten, maar alleen als deze spanningsloos en geïsoleerd zijn. Jörg Stäudle

Bedankt voor het benadrukken van dit punt, Jörg. Je hebt helemaal gelijk. *De redactie* 

### Een kompasroos met de GY-271

### Elektor september/oktober 2021, p. 78 (200597)

Ik vond uw artikel over de GY-271 kompasmodule zeer interessant, maar ik begrijp niet waarom het nodig is om de sensor in een achtvorm te bewegen? Jac Hettema

Ik heb wat onderzoek gedaan om te zien of er een manier is om de nauwkeurigheid van het kompas van een smartphone te verbeteren; ik vond verschillende websites waaronder deze: https://bit.ly/3rQfdYJ. Sommige deskundigen op het gebied van mobiele telefoons zeggen dat de beweging van de sensor in een achtvorm ervoor zorgt dat deze twee keer 360° wordt gedraaid en dient om de kalibratie uit te voeren. Rolf Hase (auteur van het artikel)

## Elektronische belasting voor DC en AC

Elektor september/pktober 2021, p. 20 (191206) Het schema (figuur 2) suggereert dat zenerdiode D3 op pagina 23 een zenerspanning van 3,3 V heeft, maar deze moet eigenlijk een zenerspanning van 10,0 V hebben. 220052-03

### Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen of opmerkingen? Laat het ons weten. U kunt ons per e-mail bereiken via redactie@elektor.com.





## LoRa GPStracker update

ontvang en toon de locatie met een Raspberry Pi

### Hans Schneider (Duitsland)

In het artikel "LoRa GPS-tracker" in Elektor van november/december 2020 wordt beschreven hoe u met Node-RED de trackinggegevens van een TTN-server kunt verzamelen en vervolgens op een kaart kunt visualiseren. In principe zou dit niet alleen op een PC, maar ook met een Raspberry Pi moeten werken. Dit is inderdaad mogelijk, maar er moeten een paar hindernissen worden overwonnen. Een van onze lezers heeft een goede oplossing gevonden, en beschrijft hoe hij de Node-RED datastroom heeft geport naar de single-board computer.

In het artikel "LoRa GPS-tracker" (Elektor november/december 2020) beschrijft Mathias Claussen de hard- en software waarmee bewegende objecten kunnen worden gevolgd. Een compacte trackermodule stuurt de gegevens van een GPS-sensor via LoRa naar een gateway, die ze doorstuurt naar een The Things Network-server, waar de ruwe gegevens handmatig kunnen worden opgevraagd via internet, mits de nodige autorisatie is verleend. Hett is natuurlijk handiger als die gegevens automatisch wordt opgevraagd via een framework als Node-RED, dat ook de weergave op een (wereld)kaart kan aansturen. De in het artikel beschreven Node-RED-Flow werkt heel goed op een PC, maar dit heeft één groot nadeel: een energieslurpende PC moet voor dit doel ingeschakeld zijn en we moeten de Node-RED server draaien, anders krijgen we geen gegevens.

Waarschijnlijk hebben veel huishoudens met gevoel voor techniek al minstens één Raspberry Pi waarop software zoals Pi-Hole [2], Homebridge [3] of Flightradar24 [4] draait en die continu wacht om gegevens te ontvangen en te verzenden. Waarom zouden we geen andere taak aan deze Raspberry Pi toevertrouwen? Een waarschuwing: de door Node-RED gebruikte resources kunnen soms botsen met een Homebridge-installatie. Met dat in het achterhoofd is de installatieprocedure ook niet geheel probleemloos.

### Node-RED installeren op de Raspberry Pi

Eerst moeten we Node-RED installeren op de Raspberry Pi. We nemen aan dat de lezer bekend is met het invoeren van commando's via de Raspberry Pi Terminal-app. Vervolgens moeten we inloggen op de terminal via SSH, met behulp van de volgende opdrachtregel: bash <(curl -sL https://raw.githubusercontent.com/node-red/ linux-installers/master/deb/update-nodejs-and-nodered). Misschien moet u ook sudo apt install build-essential git invoeren, zodat npm de binaire modules kan construeren die geïnstal leerd moeten worden. Het duurt een tijdje om het script uit te voeren; het zal ongeveer een half uur duren voordat het voltooid is. Wanneer het script klaar is, kan het commando sudo systemctl

enable nodered.service ingevoerd worden via de Terminal zodat Node-RED automatisch start wanneer de Raspberry Pi (al dan niet opnieuw) wordt opgestart. Dit commando kan uitgeschakeld worden door sudo systemctl disable nodered.service in te voeren.

De Node-RED server kan gestart worden met node-red-start en gestopt met node-red-stop. Om de server te stoppen en te herstarten gebruikt u node-red-restart. De terminal kan worden afgesloten na het starten van Node-RED; de server zal blijven draaien. Wanneer de terminal opnieuw wordt gestart, kunt u de output-service van de server starten met node-red-log en de uitvoer in de terminal bekijken. Dat is handig als u wilt controleren of alles nog werkt zonder een nieuwe instantie van de server te hoeven starten.

### Installatie van de vereiste modules in Node-RED

De modules kunnen worden geïnstalleerd in Node-RED door ofwel de Palette Manager in het browservenster te gebruiken of door de npm package manager te gebruiken vanuit de terminal. Mijn aanbeveling is om npm te gebruiken, omdat dit in mijn ervaring betrouwbaarder is. In dat geval moet Node-RED echter van tevoren worden afgesloten. Als de Node-RED service daarentegen op de Raspberry Pi draait, kunt u zich met een browser op de PC aanmelden bij de gebruikersinterface. Hiervoor moet u de adresregel invoeren: http://<IP-adres van Raspberry Pi>:1880, waarmee u in de Flow-Editor komt. Hier worden eerst de benodigde modules geïnstalleerd; in de Flow-Editor gebeurt dit via de Palette Manager. Dit zijn de modules die u nodig





Figuur 1. MQTT-node in Node-RED.

Properties	
Server 🔇	eu1.cloud.thethings.network:8883
Topic	v3/+/devices/+/up/
🛞 QoS	2 ~
🕒 Output	a parsed JSON object v
Name	Name

Figuur 2. MQTT-node: instelling server-eigenschappen.

						Cancel	Add
Properties							٥
Name	Name	9					
Connection		Security Messages		es			
Server	eu.thethings.network			Port	8883		
Enable secur	e (SSL/	TLS) co	onnection				
TLS Configu	ration	Add r	new tls-config	~	di		
Client ID	Leave	e blank	for auto generated				
O Keep alive tir	ne (s)	60	Use clean ses	ssion			

Figuur 3. Een nieuwe server toevoegen.



hebt (sommige zijn al geïnstalleerd bij de installatie van Node-RED):

- > node-red
- > node-red-contrib-worldmap
- > node-red-node-rbe
- > node-red-node-sqlite
- > node-red-node-base64
- > node-red-tail

Hier is enig geduld vereist bij installatie via de Palette Manager; als de activity monitor onzichtbaar is, duurt het even voordat de succesmelding bovenin het venster verschijnt.

Als de installatie via de Palette Manager niet lukt, sluit de Editor dan opnieuw af, en stop in de terminal de Node-RED service op de Raspberry Pi en doe het handmatig. Bijvoorbeeld, het statement npm i --unsafeperm node-red-node-sqlite installeert de *node-red-node-sqlite* module; voor de andere modules gaat u op dezelfde manier te werk. Als node-red-node-sqlite de *node-red-sqlitedb* niet installeert, zal deze achteraf geïnstalleerd moeten worden. Dit is alleen mogelijk via npm, omdat de Palette Manager in dit geval een conflict detecteert met de *node-red-node-sqlite* module.

### De ontbrekende TTN-module

Tot zover alles goed. Op dit punt is het u misschien opgevallen dat de TTN-module (The Things Network) die in het oorspronkelijke artikel werd besproken, ontbreekt. De reden hiervoor is dat deze niet wordt ondersteund door de Raspberry Pi-omgeving. Als node-red-contribttn eenmaal is geladen, is het bijvoorbeeld niet meer mogelijk om Node-RED-Service op de Raspberry Pi te starten. Het kostte me een tijdje om dit uit te zoeken, maar ik ben blij dat ik dit nu kan doorgeven om u de stress van het oplossen van dat specifieke probleem te besparen. De oplossing ligt in de *mqtt*-module die in Node-RED is ingebouwd. Deze is opgenomen in de origin flow in plaats van de TTN uplink-module. U kunt mijn flow, die speciaal is aangepast voor de Raspberry Pi, downloaden van de LoRa GPS Tracker pagina [5] bij Elektor Labs. De flow wordt geïmporteerd door simpelweg het gedownloade JSON-bestand naar het Flow Editor-venster te slepen. Deze voor de Raspberry Pi aangepaste flow draait overigens ook op de PC in plaats van de flows met de speciale TTN-nodes.

In de *Flow Editor* kunt u nu dubbelklikken op het *mqtt*-symbool (**figuur 1**) en de instellingen bewerken in het venster dat wordt geopend (**figuur 2**). Nu wordt "v3/+/devices/+/up" ingevuld onder *Topic* zoals in de figuur is aangegeven, om de gegevens van alle apparaten in de TTN-applicatie te ontvangen. Als *Output* kan de standaardconfiguratie "*a parsed JSON object*" blijven staan. Een nieuwe server kan worden ingevoerd in het *Server*-veld door op het potlood-symbool te klikken, waarna het venster van **figuur 3** wordt geopend.

De Application ID uit de TTN Console wordt gebruikt als *Name*, en *eu1.cloud.thethings.network* is de *Server*. De standaardpoort is *1833* (MQTT zonder TLS) die moet worden gewijzigd in *8883*. Wat ten slotte ontbreekt is het vinkje naast *Enable secure (SSL/TLS) connection*. Een klik op het potloodsymbool van het *TLS Configuration*-veld opent het volgende venster (**figuur 4**).

Hier worden de instellingen geaccepteerd met een klik op Add. Terug in het mqtt-broker config node-venster selecteert u het Security-tabblad

ACCESS KE	YS			O mana	ig <u>e keys</u>
default key	devices messages	ø	 	base64	(Å)
node red meth			 	harred	(#1

Figuur 5. Beheer van de Access Key van de MQTT-nodes.



(**figuur 5**). De *Username* is de Application ID uit de TTN-console waar @ttn aan is toegevoegd. Een Access Key met ten minste "Messages Right" moet worden gegenereerd als wachtwoord in de TTN-console. De uit de TTN-console gekopieerde Access Key wordt vervolgens bij *Password* geplakt en bevestigd door op *Add* te klikken. Terug in het *mqtt in* element kunt u het element een naam geven (bijvoorbeeld *TTN uplink*); met een klik op *Done* is de taak voltooid.

**Figuur 6** toont het bijgewerkte Node-RED flowdiagram. De CayenneLPP-decoder die in de flow te zien is, is daar opgenomen voor toekomstige systeemuitbreiding

210120-03

### Een bijdrage van

Idee en tekst: Hans Schneider Redactie: Mathias Claußen, Jens Nickel, C.J. Abate Vertaling: Eric Bogers Layout: Harmen Heida

### Vragen of opmerkingen?

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

### GERELATEERDE PRODUCTEN

- Elektor LoRa Node Partly Assembled Module (SKU 19175) www.elektor.nl/19175
- SeeedStudio RFM95 Ultra-long range LoRa Transceiver Module (868 MHz) (SKU 18715) www.elektor.nl/18715
- Dragino PG1301 LoRaWAN GPS Concentrator for Raspberry Pi (868 MHz) (SKU 19367) www.elektor.nl/19367

### WEBLINKS

- M. Claußen, "LoRa GPS-tracker", Elektor Magazine november/december 2020: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-161/59164
- [2] Pi-hole: https://pi-hole.net
- [3] Homebridge: https://homebridge.io
- [4] Flightradar24: www.flightradar24.com/
- [5] "LoRa GPS Tracker" op Elektor Labs:
- www.elektormagazine.com/labs/lora-gps-tracker



### ELEKTOR BOEKEN



# Schakelingen simuleren met **TINA Design Suite & TINACloud**

voorbeeldhoofdstuk: sinusoscillatoren

### Dogan Ibrahim (Verenigd Koninkrijk)

Naar verluidt is een van de beste eigenschappen van TINA dat een gesimuleerde schakeling eenvoudig op een print kan worden geïmplementeerd via autoplacement en autorouting. Gebruikers kunnen ook de Gerber-plot- en CNC-booropties van TINA gebruiken om een prototype van hun projecten te ontwerpen en te implementeren (en daarvan te leren). Dat is zeker "geweldig", maar voordat er een print kan komen, moet je eerst de elementaire simulatietechnieken onder de knie hebben. Hier is een up-tempo inleiding tot TINA die je niet mag missen en die je op je PC kunt doen.

Een sinusoscillator bestaat uit een versterker en een terugkoppelnetwerk (**figuur 1**). Voor een werkende oscillator moet aan de volgende twee voorwaarden voldaan zijn:

- de lusversterking (A × B) in figuur 1 moet groter zijn dan of gelijk zijn aan één;
- > de totale rondgaande faseverschuiving moet 0° of 360° bedragen.

In dit hoofdstuk simuleren we enkele oscillatorschakelingen op basis van opamps.

### Simulatie 1: faseverschuivingsoscillator

Deze wordt ook wel de RC-oscillator genoemd. Elk RC-paar introduceert een faseverschuiving van 60°. We gebruiken hier drie weerstanden en condensatoren om een faseverschuiving van 180° in de terugkoppellus te introduceren. De totale faseverschuiving van de lus is zodoende 0° – een vereiste voor oscillatie.

### TINA-schema

**Figuur 2** toont het schema. Het RC-netwerk is aangesloten op de inverterende ingang van de opamp. Ervan uitgaande dat de weerstanden en condensatoren gelijk zijn, is de eis dat de spanningsversterking (*gain*) van de versterker groter dan of gelijk aan 29 moet zijn, dus:

$$Gain = \frac{R_f}{R} \ge 29$$

De oscillatiefrequentie wordt gegeven door:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

Opmerking van de redactie: dit artikel is een deel uit het 440 pagina's tellende boek Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud (Elektor 2022) dat we enigszins hebben bewerkt om te voldoen aan de redactionele standaarden en paginaopmaak van Elektor Magazine. Omdat het een gedeelte is van een grotere publicatie, verwijzen sommige aanduidingen in dit artikel naar passages elders in het origineel. Auteur en uitgever hebben hun best gedaan om dat te voorkomen, en zijn graag bereid om eventuele vragen te beantwoorden. Contactgegevens staan in het kader Vragen of opmerkingen?.



In dit voorbeeld willen we een frequentie van 4 kHz. Als we C = 2 nFkiezen, kunnen we de bijbehorende waarde van R afleiden uit:

$$R = \frac{1}{2\pi f C \sqrt{6}} = \frac{1}{2\pi \times 4 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-9} \times \sqrt{6}}$$

wat  $R = 8,12 \text{ k}\Omega$  oplevert. Vervolgens schrijven we

$$\frac{Rf}{R} \ge 29$$

en kiezen we  $R_f = 237 \text{ k}\Omega$ . In dit project wordt een opamp van het type UA741 gebruikt. De TINA-schakeling is beschikbaar als bestand sim9 (zie aan het einde van dit artikel).

### **TINA-simulatie**

De stappen om de simulatie uit te voeren, zijn:

- > klik op T&M -> Oscilloscope en Run. Stel de tijdbasis (Time/div) in op 100u;
- > controleer de uitgangsgolfvorm (figuur 3). De periodeduur bedraagt 250 µs, corresponderend met 4 kHz. Let op de onregelmatigheid in de uitgangsgolfvorm op de oscilloscoop. Deze kan worden gesynchroniseerd om een stabiel beeld te krijgen. Selecteer hiervoor Normal onder Mode en synchronising signal onder Source. Het kan ook nodig zijn om het (trigger-)niveau in te stellen.

### Simulatie 2: Wienbrug-oscillator

Dit is een van de eenvoudigste sinusoscillatoren. De Wienbrugoscillator is een tweetraps RC-gekoppelde schakeling die goed stabiel is bij zijn resonantiefrequentie, een lage vervorming heeft en zeer gemakkelijk afgestemd kan worden. Het is daarom een populaire schakeling voor audiofrequenties.

De schakeling maakt gebruik van een RC-seriekring plus een RC-parallelkring. De faseverschuiving van de schakeling is 0° bij de resonantiefrequentie, en de schakeling is aangesloten op de positieve ingang van de opamp zodat de totale faseverschuiving

o° bedraagt. Doorgaans wordt een niet-inverterende versterkerconfiguratie gebruikt.

De oscillatievoorwaarde is dat de spanningsversterking groter dan of gelijk aan 3 moet zijn.

Aannemend dat gelijke weerstanden en condensatoren worden gebruikt, wordt de oscillatiefrequentie gegeven door:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

In dit voorbeeld willen we een frequentie van 5 kHz. Als we C = 3 nFkiezen, kunnen we de corresponderende waarde van R vinden met:

$$R = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-9}}$$

Dit levert  $R = 10,6 \text{ k}\Omega$ .



Figuur 3. Uitgangsgolfvorm.





Figuur 4. Schema.

Om aan de oscillatievoorwaarde te voldoen, moet in dit geval (niet-inverterende versterker, zie **figuur 4**):

$$Gain = 1 + \frac{R_f}{R_2}$$

Als we  $R_f = 100 \text{ k}\Omega$  kiezen:

$$1 + \frac{R_f}{R_2} \ge 3$$

Dat resulteert in:

$$R_2 = \frac{R_f}{3-1} \le 50K$$

Voor R2 kiezen we 47 k $\Omega$ .

### TINA-schema

In figuur 4 is het schema weergegeven. De terugkoppeling gaat naar de niet-inverterende ingang van de opamp; de versterking wordt ingesteld met  $R_f$  en R2. Hier gebruiken we weer een opamp van het type UA741. De schakeling is beschikbaar als bestand *sim10*.

### **TINA-simulatie**

De stappen om de simulatie uit te voeren, zijn:

- klik op T&M -> Oscilloscope en Run. Stel Time/div in op 100u;
- controleer de uitgangsgolfvorm (figuur 5). De periodeduur is 200 μs, corresponderend met 5 kHz.

### Simulatie 3: Colpitts-oscillator

De Colpitts-oscillator gebruikt een capacitief spanningsdeler-netwerk voor de terugkoppeling. Twee condensatoren (C1 en C2) worden aan weerszijden van een gemeenschappelijke spoel L geplaatst, zodat C1, C2 en L een afgestemde kring vormen. De terugkoppeling voert normaliter naar de min-ingang. C1, C2 en L zorgen voor de extra 180° faseverschuiving die nodig is om de totale faseverschuiving 0° te maken.

De oscillatiefrequentie wordt gegeven door:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$



Figuur 5. Uitgangsgolfvorm.

Hierin is  $C_{T}$  de serieschakeling van  $C_{1}$  en  $C_{2}$  is, dus:

$$C_{T} = \frac{C_{1}C_{2}}{C_{1} + C_{2}}$$

De mate van terugkoppeling hangt af van de waarden van C1 en C2. Door deze condensatoren te wijzigen, kunnen we dus de naar de resonantiekring teruggekoppelde spanning aanpassen. De verhouding van C1 en C2 is de terugkoppelverhouding B:

Voor oscillatie geldt AB  $\geq$  1, waarbij A de versterking van de opamp is. Anders uitgedrukt: A  $\geq$  C2/C1.

In dit voorbeeld wensen we een frequentie van 10 kHz. Als we L = 10 mH kiezen, kunnen we de terugkoppelverhouding vinden uit:

$$C_T = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 \times 10^8 \times 10 \times 10^{-3}}$$

wat 25,3 nF oplevert.

De keuze van C2 = 250 nF geeft C1 = 28,15 nF, wat overeenkomt met een terugkoppelverhouding van B = C2/C1 = 250/28,15 = 8,88. We kunnen voor de versterkingsfactor dus ongeveer 10 nemen (zie **figuur 6**), wat resulteert in:

$$Gain = \frac{R_f}{R_1} = 10$$

Als we  $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$  kiezen, is  $R_f = 50 \text{ k}\Omega$ .

### **TINA-schema**

Figuur 6 toont het schema. Het terugkoppelnetwerk is verbonden met de inverterende ingang van de opamp; de versterking wordt ingesteld met R<sub>f</sub> en R1. Weer gebruiken we een opamp van het type UA741. De schakeling is beschikbaar als bestand *sim11*.

### **TINA-simulatie**

De stappen om de simulatie uit te voeren, zijn:

- > klik op T&M -> Oscilloscope en Run. Stel Time/div in op 50u;
- > controleer de uitgangsgolfvorm (figuur 7). De periode bedraagt 100 μs (100u), corresponderend met 10 kHz.



Figuur 6. Schema.



### Waar verkrijgbaar?

De TINA-simulatiebestanden die in dit artikel worden genoemd zijn opgenomen in de softwarebundel die door de auteur en DesignSoft is uitgebracht ter ondersteuning van het boek. De software kan gratis worden gedownload. Ga naar [1], scroll omlaag naar Downloads en klik op deze bestandsnaam:

Contents\_Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud

Sla het ZIP-archief bestand lokaal op (2,45 MB) en pak het dan uit. Open jouw versie van TINA en laad de bestanden *sim*9, *sim*10, *sim*11 die in dit artikel zijn genoemd. Voel je vrij om ze aan te passen voor eigen doeleinden.

Aanbieding (geldt beperkte tijd): Het TINA-boek wordt geleverd met een gratis eenjarige licentie van TINA Cloud Basic Edition 220025-03

### Een bijdrage van

Tekst en illustraties: Dogan Ibrahim Redactie: Jan Buiting Vertaling: Eric Bogers Layout: Giel Dols

### Vragen of opmerkingen?

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



- Boek: D. Ibrahim, Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud (SKU 19977) www.elektor.nl/19977
- E-boek: D. Ibrahim, Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud (SKU 19978) www.elektor.nl/19978







GRATIS! Beide publicaties worden geleverd met een eenjarige licentie van TINACloud Basic Edition. (Aanbieding geldt beperkte tijd)

### **WEBLINK**

[1] Downloads en informatie bij het boek: www.elektor.com/circuit-simulation-with-tina-design-suite-tinacloud



## Developer's zone

tips & trucs, vakkunstigheden en andere nuttige informatie

## Uit het leven gegrepen

lopendebandwerk

### Ilse Joostens (België)

Geruime tijd geleden heb ik de overstap gemaakt van de 'goede oude' through hole-techniek naar SMT-componenten. Ondanks enige aanvankelijke koudwatervrees viel het werken met deze gruwelijk kleine krengetjes best mee en al snel droomde ik ervan om mijn ontwerpen te laten produceren. Dat laatste viel in de praktijk echter behoorlijk tegen en voor ik er erg in had zat ik met een pincet hele dagen printen met de hand te bestukken, het betere sleurwerk dus. Het werd zo erg dat als ik mijn ogen sloot, ik zelfs in mijn verbeelding aan de lopende band SMT-componenties zag voorbijkomen en het zal u dan ook niet verbazen dat ik lichtelijk geërgerd reageerde toen ik voor mijn verjaardag ter ontspanning een diamond painting cadeau kreeg. Volgens de website van de verkoper kom je met diamond painting volledig tot rust en kun je aan je eigen tafel adembenemende meesterwerken maken. Ja dat zal wel, maar het lijkt mij qua handwerk verdacht veel op SMT-bestukken...

### Strooigoed

Een dikke tien jaar geleden werkte ik samen met een Duits bedrijfje en zij lieten toen al hun printen in China bestukken. Als u actief bent in de elektronicasector bent u vast wel bekend met de begrippen "strooigoed" of "kippenvoer". Het is een eufemisme voor die goedkope passieve componentjes die gewoonlijk in grote aantallen op een print gemonteerd worden, zoals keramische condensatortjes voor de ontkoppeling van voedingslijnen. Helaas nam de Chinese bestukkingsfirma het begrip "strooigoed" nogal letterlijk. De onderdelen leken van ver op de print gekwakt en vele ervan stonden schuin of waren verkeerd om gemonteerd, om nog maar te zwijgen van de soldeerverbindingen. Sommige onderdelen waren zelfs gebarsten en het leek wel alsof ze Foto: Yekatserina Netuk / Shutterstock.

met grof geweld op de print waren geperst. Nu is het urenlang herwerken van dergelijke printen en foutzoeken niet meteen de meest productieve bezigheid en al helemaal niet als een beetje tempo gewenst is omdat de klanten erop zitten te wachten.

Ook de printplaten zelf waren van een eerder bedenkelijke kwaliteit. Het was bijna onmogelijk om onderdelen te desolderen zonder de printspoortjes los te trekken. Ook onderbroken spoortjes en onbedoelde kortsluitingen tussen printsporen passeerden zo nu en dan de revue. Toen ik dat alles meer dan grondig beu was en aan mijn Duitse leverancier meldde, haalde hij zijn schouders op en zei op een nonchalante toon: "Chinese kwaliteit!" Voor mijn eigen producten wilde ik niet in die val trappen en ik besloot om met Europese leveranciers in zee te gaan. De kwaliteit was dik in orde maar nu doemden er in de plaats van de vertrouwde rooksignalen andere donkere wolken aan de horizon op.

### Chocoladetaart

Ik bestelde mijn printen voor prototypes doorgaans bij een Europese printboer omdat de wachttijden anders te hoog opliepen. Ook in grotere productie-aantallen was de hogere prijs nog te doen omdat de kosten van de print nu eenmaal een beperkt aandeel in de totale kosten van een product hebben. Het was natuurlijk zaak om multilayer-printplaten en soldeermaskers in fancy kleurtjes zoveel mogelijk te vermijden. Maar op den duur wordt dat groene soldeermasker toch wel wat saai en stiekem was ik best wel jaloers op de printplaten in mooie kleurtjes van de concurrentie.

SMT-bestukking daarentegen viel behoorlijk tegen, met de hoge opstartkosten als absolute dooddoener. Alleen al de productie van stencils voor de soldeerpastaprinter liep in de honderden euro's en dan waren dossierkosten en kosten voor het instellen van de bestukkingsmachines en de AOI (Automated Optical Inspection) nog niet meegerekend. Helaas waren mijn volumes van dien aard dat het te veel was om zelf met de hand te bestukken en te weinig om uit de kosten te komen en zodoende waren eenzame avonden op een zolderkamertje met een pincet in de hand mijn deel. Afgezien van het telkens weer bij elkaar zoeken van de nodige onderdelen was eigenlijk de printen voorzien van soldeerpasta nog wel het lastigste klusje. Om het me makkelijk te maken lasersnijd ik daarvoor gewoonlijk een raampje uit in 3 mm perspex waar de print precies in past. Met twee printen op elkaar gelegd komt de bovenste print redelijk gelijk met het perspex en kan het stencil in de juiste positie worden gelegd en met wat tape vastgezet. Alleen die soldeerpasta is toch iedere keer weer een geklieder. Ook al gaan we nog zo secuur te werk, uiteindelijk zitten na -tig printplaten de tafel en uw handen toch vol met soldeerpasta en met wat pech ook nog uw kleren. U kent het klassieke beeld van een baby'tje dat net een stuk chocoladetaart heeft verorberd waarna zowel de baby in kwestie als de kinderstoel onder de chocolade zitten [1]. Na het aanbrengen van de soldeerpasta bekruipt me steeds weer een vergelijkbaar gevoel waarna ik met een diepe zucht de boel maar weer ga schoonmaken.

### Geopolitiek

Intussen bestellen we onze printplaten voornamelijk in het Verre Oosten, vooral vanwege enige druk van onze klanten om de prijzen te drukken. En ja, dat gaat goed, de kwaliteit is misschien ietsje minder maar in elk geval acceptabel, en we kunnen eindelijk kiezen uit een reeks fancy kleurtjes zonder daarvoor meteen financieel afgestraft te worden.

In de voorbije jaren hebben we ondanks alles toch een aantal producten kunnen laten bestukken, waaronder een print voor de zandklok en het Swiss Pi [2] uitbreidingsboard voor de Raspberry Pi. Sinds enige tijd is het bestukken in China kwalitatief een stuk beter geworden, ondanks de nog steeds democratisch lage prijzen en dito opstartkosten. Ook andere diensten zoals 3D-printing en CNC-bewerking van diverse materialen worden aangeboden zodat het toch wel héél verleidelijk wordt om daar bestellingen te plaatsen.

En toch - het voelt niet goed, want afgezien van de prijzen is er weinig democratisch aan China. Hun wereldwijde expansiedrift en de geopolitieke ontwikkelingen van de laatste jaren maken hen toch nét dat tikje minder sympathiek. Ik zal mijn setje pincetten dus maar niet al te goed opbergen...

220031-03

### 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.

### Een bijdrage van Tekst: Ilse Joostens

Redactie: Eric Bogers Layout: Harmen Heida



Foto: Oleg Shvydiuk / Shutterstock.

#### WEBLINKS

- [1] "Is cake smashing the dumbest cake trend ever?", Anges de Sucre/Anges Bakery: https://bit.ly/3nyQeGD
- [2] Peter S'heeren, "Swiss Pi Zwitsers zakmes voor de Raspberry Pi", Elektor september/oktober 2016:
  - www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-201609/39830

## Het WinUI grafische framework voor Windows-apps

## een kleine demo-applicatie

### Dr. Veikko Krypczyk (Duitsland)

Software voor de besturing van verschillende elektronische applicaties draait vaak in een Windows-omgeving. Via een lokaal geïnstalleerde desktop-toepassing hebt u rechtstreeks toegang tot alle systeeminterfaces van de PC. Microsoft rationaliseert momenteel zijn ondersteuning voor ontwikkelaars die met Windows interface-frameworks werken. De nieuwe grafische interface WinUI 3 geeft de richting aan. Hier bekijken we de technische achtergrond en laten zien hoe u het kunt gebruiken door een kleine demo-app voor elektronici te bouwen.

Voor veel elektronicaprojecten wordt een Windows PC gebruikt voor de regeling, het loggen van data en andere taken; meestal is het dan nodig een grafische gebruikersinterface te ontwikkelen die onder Windows draait en die dit voor zijn rekening neemt. Lokaal uitgevoerde desktop-applicaties zijn hier vaak de aangewezen methode; zij geven u volledige toegang tot de systeemomgeving en zorgen, via de juiste drivers, ook voor koppelingen met aangesloten periferie.

Microsoft ondergaat als maker van het Windows-besturingssysteem momenteel een grote technologische omwenteling. Het zwaartepunt hierbij betreft de connectiviteit en het ontwerp van gebruikersinterfaces. De ontwikkelingen worden gecoördineerd onder de projectnamen WinUI 3 en Windows App SDK. In dit artikel laten we zien wat deze nieuwe grafische interface inhoudt en waar we hem kunnen gebruiken. Eerst geven we een overzicht van de mogelijkheden om Windowsapplicaties met een grafische gebruikersinterface te programmeren. Het doel van WinUI 3 wordt duidelijk aan de hand van verschillende technologieën en soorten applicaties. En omdat we het niet bij een puur theoretisch overzicht van dit relatief nieuwe type Windows-toepassing willen laten, bouwen we ook een eerste praktische toepassing.

### De achterliggende technologie

In principe kunnen de huidige toepassingen met een grafische gebruikersinterface voor het Windows-besturingssysteem ruwweg in twee soorten worden verdeeld. Aan de ene kant hebben we de *desktop-applicaties*. Deze zijn in wezen gebaseerd op de *Win32 API*. Er zijn verschillende benaderingen, frameworks en programmeertalen voor de ontwikkeling ervan. De technologieën Windows Forms (WinForms) en Windows Presentation Foundation (WPF) zijn afkomstig van Microsoft. WinForms is gebaseerd op de Windows GDI-interface. WPF is intern gebaseerd op DirectX en was oorspronkelijk bedoeld als vervanging voor WinForms. Beide grafische frameworks waren gebaseerd op het .NET framework, dat bedoeld was voor Windows-programma's en waarvan de verdere ontwikkeling eindigde bij versie 4.8.

Versie .NET 5, daarentegen, is de technologische opvolger van .NET Core. Dit framework is niet beperkt tot Windows, maar kan ook gebruikt worden met andere besturingssystemen. Microsoft heeft zowel WinForms als WPF verrassend genoeg getransformeerd naar .NET Core. Als u nu een app maakt voor Windows en voor WinForms of WPF kiest, dan kunt u kiezen tussen het vorige .NET framework en .NET Core. Het is ook mogelijk om bestaande applicaties te migreren, maar als dan zo vaak het geval is, gaat dit vaak gepaard met een aantal problemen. Andere leveranciers van ontwikkeltools voor Windows-applicaties hebben deze meestal gebaseerd op de grafische interface van het besturingssysteem (GDI) en dit ingekapseld in hun eigen framework.

De tweede categorie Windows-toepassingen zijn toepassingen voor het Universal Windows Platform (UWP). Deze draaien in een apart, geïsoleerd deel van het besturingssysteem en hebben slechts beperkte systeemtoegang. Gebruikers installeren deze apps via de store. In de praktijk blijkt dit type app echter niet populair te zijn en is de acceptatie ervan vrij laag. Een van de redenen hiervoor is dat de systeemtoegang van deze apps zeer beperkt is. UWP heeft echter het voordeel dat het grafische framework WinUI 2 dat hier wordt gebruikt aanzienlijk moderner is dan de technologieën van WinForms en WPF. Een aansprekend design, nieuwe visuele componenten, het gebruik van materialen en de oriëntatie op de designtaal Fluent Design System zijn de opvallendste kenmerken. Met andere woorden, apps voor de UWP zien er modern, eigentijds en fris uit, maar hun bruikbaarheid is enigszins beperkt. Om vergelijkbare effecten te bereiken met de WinForms- of WPF-technologie moeten we de nodige moeite doen, omvangrijke componenten van derden gebruiken of de WinForms-/



WPF-technologieën 'mengen' met de UWP. Deze aanpak leidt echter al snel tot een complexere app-structuur en brengt typische nadelen met zich mee, zoals een grotere foutgevoeligheid en een lastiger onderhoud. Software voor de besturing en ontwikkeling van elektronica zijn bijna zonder uitzondering klassieke desktop-applicaties. Deze kunnen ook met andere tools en frameworks worden gebouwd. Voor de programmeertaal Java is er bijvoorbeeld het grafische framework Swing, dat voor Windows intern is gebaseerd op de interface van het GDI-besturingssysteem.

### Het grafische framework van WinUI 3

Met de invoering van de grafische interface WinUI 3 wil Microsoft dat alle applicaties onder Windows een moderne grafische interface kunnen gebruiken. WinUI 3 is de technologische opvolger van WinUI 2 [1]. Het is echter beschikbaar voor alle soorten Windows-toepassingen en is dus niet beperkt tot gebruik in apps voor de UWP. WinUI 3 maakt deel uit van de nieuwe Windows App SDK, die ook parallel met de introductie van Windows 11 wordt geleverd. De Windows APP SDK bundelt nieuwe functies voor de ontwikkeling van Windows-toepassingen. Het is niet alleen gericht op Windows 11, maar kan ook worden gebruikt onder de huidige versies van Windows 10. De ontwikkeling van de Windows App SDK is nog gaande, maar er is al een eerste versie beschikbaar die kan worden gebruikt in nieuwe toepassingen.

WinUI 3 is technisch en conceptueel gebaseerd op WinUI 2. Als u ooit een app voor de UWP hebt ontwikkeld, zult u er snel vertrouwd mee raken. Het is gebaseerd op de volgende principes:

> Scheiding van code en ontwerp: de gebruikersinterface wordt gedeclareerd in afzonderlijke bestanden met behulp van de XML-gebaseerde XAML-taal.

- > UI-besturingselementen: er is een reeks besturingselementen beschikbaar voor het ontwerpen van de gebruikersinterface. Deze omvatten basiselementen zoals knoppen en tekstinvoervelden, plus meer complexe en geavanceerde elementen zoals een kalenderbesturingselement, een WebView of een element voor het weergeven van persoonlijke gegevens, die we bijvoorbeeld kunnen gebruiken voor gebruikersadministratie. Als u de reeks besturingselementen verder wilt verkennen, kunt u in de Microsoft Store de WinUI 3 Controls Gallery-app downloaden. Deze geeft een voorproefje van de beschikbare besturingselementen voor WinUI 3. Het gebruik ervan (Use Case) en de integratie in de broncode (XAML) worden gedemonstreerd. Links naar de documentatie worden ook gegeven (figuur 1).
- > Losse koppeling door middel van DataBinding: de eigenschappen en gebeurtenissen van de besturingselementen worden aan de broncode gekoppeld door middel van data binding. Op deze manier worden gegevens in beide richtingen uitgewisseld tussen de programmacode en de besturing van de gebruikersinterface. Gebeurtenissen van de besturingselementen, zoals het aanklikken van een knop, worden op dezelfde manier ook doorgestuurd naar het betreffende algoritme.
- Modern ontwerp: WinUI 3 biedt een eigentijds gevoel. Dit omvat het gebruik van Microsofts ontwerptaal Fluent Design System met het Mica-materiaal dat in Windows 11 werd geïntroduceerd. Het Fluent Design System biedt de volgende UI-elementen: bewust gebruik van geometrie en kleur, overlappende oppervlakken, gebruik van geselecteerde materialen en het gebruik van specifieke iconografie en typografie voor visuele vormgeving met behulp van afbeeldingen, symbolen en lettertypen. Ook bewegingen tussen UI-elementen worden ondersteund.





Figuur 2. Selecteer de vereiste Workloads voor Visual Studio.



Figuur 3. Eerste start van Visual Studio.



Figuur 4. Windows SDK App (project "Reunion") installatie.

Laten we de procedure voor het ontwikkelen van toepassingen met de WinUI 3 eens bekijken. Eerst moeten we de ontwikkelomgeving inrichten.

### De inrichting van de ontwikkelomgeving

We gebruiken de huidige versie van Visual Studio 2019 [2] als de ontwikkelomgeving. De Community Edition volstaat voor onze behoeften. Tegen de tijd dat u dit artikel leest, kan er al een stabiele versie van Visual Studio 2022 beschikbaar zijn; gebruik in dat geval die versie. Het is raadzaam om van tevoren de laatste updates voor het besturingssysteem te installeren. Tijdens de installatie van Visual Studio wordt u gevraagd om de installatiepakketten te selecteren. U kunt de *Visual Studio Installer* ook later op elk moment via het startmenu oproepen. Selecteer nu de volgende installatiepakketten (Workloads): *.NET desktop development, Desktop development with C++* en *Universal Windows Platform development* (**figuur 2**). Na de installatie start u Visual Studio en kiest u in het startscherm de optie *Continue without code ->* (**figuur 3**).

We moeten nu ook het sjabloon installeren voor ontwikkeling met WinUI 3. Kies hiervoor in Visual Studio de menu-optie *Extensions* | *Manage Extensions*. Zoek hier naar *Project Reunion* (de ontwikkelnaam van de nieuwe Windows App SDK) en installeer de actuele versie (**figuur 4**). Installeer op dezelfde manier de extensie *Windows Template Studio*. Deze biedt geavanceerde sjablonen voor het maken van een nieuwe toepassing. Visual Studio moet na het downloaden van de extensies opnieuw worden gestart; de installatie vindt dan automatisch plaats.

### Een app voor WinUI 3

Laten we beginnen met het aanmaken van een nieuw project. Hiertoe selecteren we de App (WinUI 3 in Desktop) sjabloon (Windows

Template Studio). In de Windows Template Studio (figuur 6) kunnen we het project configureren:

- > Project type: hier geven we het type navigatie aan, bijvoorbeeld met een menubalk of een sidebar (Hamburger-menu).
- > Design pattern: directe installatie en configuratie van de MVVM-toolkit. Deze koppelt de elementen van de gebruikersinterface (gedefinieerd in XAML) aan de programmalogica (programmeertaal C#).
- > Pages: we kunnen een aantal pagina's aan het project toevoegen. We kunnen kiezen uit verschillende sjablonen, bijvoorbeeld een pagina voor het invoeren van programma-instellingen.
- > Features: hier kunnen we enkele voorbeeldthema's selecteren of programma-instellingen opslaan.

Door op de knop Create te klikken, genereren we de desktop-applicatie die WinUI 3 gebruikt. Windows Template Studio genereert een projectmap met drie projecten:

- > App: dit bevat de broncode voor de desktop-applicatie. In de submap View vindt u bijvoorbeeld de XAML-bestanden voor de pagina's die zijn aangemaakt door Windows Template Studio. De programmalogica wordt opgeslagen in bestanden in de programmamap ViewModel.
- > Package: het project moet voorzien in de desktop-applicatie. Op dit moment worden WinUI 3-applicaties op de doelcomputer geïnstalleerd als een app-package. Dit formaat is tot nu toe gebruikt voor UWP-apps. De gegenereerde packages kunnen ook worden gedistribueerd door gebruik te maken van Store. Toekomstige versies van de Windows App SDK moeten ook installatie zonder een app-package mogelijk maken.
- > Core: dit project bevat de verzameling van services en klassen die service verlenen aan de app. Dit project is niet verplicht en kan weggelaten worden.

Start de applicatie rechtstreeks vanuit Visual Studio met de groene pijl op de werkbalk. Gefeliciteerd - u hebt uw eerste toepassing met WinUI 3 gemaakt (figuur 7). Ik wil nogmaals benadrukken; dit is een desktop-applicatie met volledige systeemtoegang. En zoals we al opmerkten is dit belangrijk voor software die bijvoorbeeld externe elektronica moet aansturen. Een sidebar, eerste pagina's en de mogelijkheid om het applicatie-ontwerp aan te passen behoort allemaal tot de mogelijkheden. U hebt alle mogelijkheden om toegang te krijgen tot het systeem, inclusief communicatie met de systeembibliotheken en drivers. Nu kunnen we gaan experimenteren met het ontwerp van de gebruikersinterface.

### **Een demo-applicatie**

De beste manier om vertrouwd te raken met een nieuw systeem is om het uit te proberen. Hier zullen we een eenvoudige gebruikersinterface ontwerpen voor onze eerste applicatie (de broncode voor dit voorbeeld is te vinden op de projectpagina van het artikel [3]). Het startpunt is het XAML-bestand voor de betreffende pagina. Bij wijze van experiment kunnen we een handig rekenprogramma maken voor gebruik met de regelbare lineaire spanningsregelaar LM317 (figuur 8). De uitgangsspanning van dit IC wordt gegeven door de formule



Figuur 5. Projectsjabloon WinUI 3 Desktop.

lew WinUI	3 Desk	(top app (App1)			
1 Depied house		Add pages			Project type
i. Project type					Navigation Pane *
2. Design pattern	~		*	•	
3. Pages	~	Blank	Settings	WebView	Design pattern
		This is the most basic page. A blank canvas to	The settings page is the page where we	The web view page renders web content	Kini MVVM Toolkit *
4. Peatures	*	mold into whatever you wish	recommend putting the configuration settings for	using WebView2 (Microsoft Edge with	Pages (3)
			your app.	Chromium).	Main Main
		Crécais 🕑	Lietais indoed	Letais	I D Paged
			88		© Settings
		ListDetails	Content Grid	DataGrid	Features (3)
		The list/details pattern bas a list name and a	This page allows you to add custom items in the	A page displaying a simple data orid.	MSIX Packaging
		details pane for content.	form of an Adaptive Grid.	and a company of the	SettinosStorage
					D. Development
		Details	Details	Details	memeselection
					Licenses
					Microsoft.ProjectReunion
					Microsoft.Extensions.Dependencyle tion
					Windows Community Toolkit
					Newtonsoft.lson
					About
					Windows Template Studio
					Report issue
					Templates version: 4.1.21179.1 Wirard version: 4.1.21179.1

Figuur 6. Windows Template Studio.



Figuur 7. Een eerste desktop-applicatie met WinUI 3.





Figuur 8. Schema van een spanningsregelaar met de LM317.

 $V_{out} = 1,25 (1 + R2/R1)$ . We kunnen R2 uit deze vergelijking oplossen en zo de waarde berekenen die de gewenste uitgangsspanning geeft. Met behulp van dit voorbeeld kunnen we de procedure demonstreren voor het programmeren van toepassingen met WinUI 3. Het proces omvat de volgende stappen:

- > Definitie van de gebruikersinterface in XAML.
- > Schrijven van de programmalogica in C#.
- > Koppeling van de gebruikersinterface aan de programmalogica.
- > Doorsturen van de gebruikersinteractie van de gebruikersinterface naar de programmalogica.
- > Uitvoer van de gegevens naar het formulier.

Laten we beginnen met het definiëren van de layout. We hebben twee tekstvelden nodig om de waarden van R1 en V<sub>out</sub> op te nemen. We hebben ook een tekstveld nodig voor de waarde van R2. Een *Button* is nodig om de berekening te starten. We gebruiken *TextBox*elementen voor in- en uitvoer. Alle elementen moeten verticaal boven

Tabel 1. Besturingselementen					
Besturings- element	Eigenschap	Waarde	Beschrijving		
	Width	200	Breedte tekstvak		
TextBoxR1	Margin	20, 20, 0, 0	Marge: links, boven, rechts, onder		
	HorizontalAlignment	Left	Links uitgelijnd		
	Header	R1:	Bijschrift		
	Text	x:Bind ViewModel.R1	Koppeling van de eigenschap aan de variabele R1 in C#.		
	Width	200	Breedte tekstvak		
	Margin	20, 10	Marge: links, boven, rechts, onder		
TextBoxU	HorizontalAlignment	Left	Links uitgelijnd		
(out)	Header	U (out):	Bijschrift		
	Text	x:Bind ViewModel. UOut	Koppeling van de eigenschap aan de variabele UOut in C#.		
TextBoxR2	Width	200	Breedte tekstvak		
	Background	LightGray	Achtergrondkleur		
	Margin	20, 10	Marge: links, boven, rechts, onder		
	HorizontalAlignment	Left	Links uitgelijnd		
	Header	R2:	Bijschrift		
	IsReadOnly	True	Alleen-lezen bescherming		
	Text	x:Bind ViewModel.R2	Koppeling van de eigenschap aan de variabele R2 in C#.		
	Width	200	Knopbreedte		
	Margin	20, 10	Marge: links, boven, rechts, onder		
	Background	LightGreen	Achtergrondkleur		
Button	Command	x:Bind ViewModel. CalcCommand	Koppeling aan de methode CalcCommand in C#.		
	Content	Calc	Opschrift		
	FontWeight	Bold	Lettertype-eigenschappen		



elkaar worden gerangschikt; daarom worden ze opgenomen in een layout-container van het type <StackPanel />. Zonder verdere configuratie worden alle elementen met StackPanel boven elkaar gerangschikt. De elementen worden geconfigureerd via de XAML-code, met de eigenschappen volgens tabel 1.

De corresponderende broncode is te zien in listing 1. U kunt de layout interactief coderen. Start de toepassing en zet het betreffende XAML-bestand in Visual Studio en de applicatie naast elkaar op het scherm (figuur 9). Wijzigingen in de XAML-code worden onmiddellijk overgenomen wanneer de toepassing wordt gestart - zonder op te slaan - en produceren een bijgewerkte layout. Deze functie wordt Hot Reload genoemd en is standaard bij het maken van grafische gebruikersinterfaces.

Wat hier interessant is, is de koppeling (control binding) van de besturingselementen van het type TextBox met de eigenschappen van Text. Dit is een uitdrukking volgens het patroon in de XAML code:

Licting 1 Definitio van gebruikersinterfasse	
Listing I. Deminie van gebruikersmierraces.	
<page< td=""><td><button< td=""></button<></td></page<>	<button< td=""></button<>
x:Class="App1.Views.MainPage"	Width="200"
>	Margin="20,10"
	Background="LightGreen"
<grid margin="" x:name="ContentArea"></grid>	Command=""
<stackpanel background=""></stackpanel>	Content="Calc"
<textbox< td=""><td>FontWeight="Bold" /&gt;</td></textbox<>	FontWeight="Bold" />
Width="200"	<textbox< td=""></textbox<>
Margin="20,20,0,0"	Width="200"
HorizontalAlignment="Left"	Margin="20,10"
Header="R1:"	HorizontalAlignment="Left"
Text="" />	Background="LightGray"
<textbox< td=""><td>Header="R2:"</td></textbox<>	Header="R2:"
Width="200"	IsReadOnly="True"
Margin="20,10"	Text="" />
HorizontalAlignment="Left"	
Header="U (out):"	
Text="" />	





Figuur 10. Voorbeeld van een relatie tussen View en ViewModel.

## Text="{x:Bind ViewModel.R1, Mode=TwoWay, UpdateSource Trigger=PropertyChanged}"

Dit betekent dat de eigenschap van *Text* gebonden is aan de variabele *R1*. Dit is gedefinieerd in de *ViewModel*-pagina en is gebaseerd op het MVVM-concept. UI-events worden afgehandeld in de *View*-laag en gegevens worden beheerd in de *Model*-laag. Het ViewModel vertegenwoordigt de verbinding tussen de twee lagen. Dankzij het MVVM-concept zijn alle lagen ontkoppeld en kunnen ze onafhankelijk

van elkaar worden ontwikkeld en onderhouden. Informatie over het MVVM-patroon is te vinden onder [4].

### Programmalogica

}

3

De programmalogica is geïmplementeerd met behulp van C# (**listing 2**). Daartoe wordt een programmabestand (*ViewModel*) toegewezen aan elk venster van de gebruikersinterface (*View*). In ons voorbeeld is dat het *MainViewModel*-bestand dat is toegewezen aan de view *MainPage*. Enkele opmerkingen over de programmacode:

### ......

```
Listing 2. Programmalogica voor de berekening in C#.
using CommunityToolkit.Mvvm.ComponentModel;
using CommunityToolkit.Mvvm.Input;
namespace App1.ViewModels
{
    public class MainViewModel : ObservableRecipient
    {
        public double R1 { get; set; } = 240;
        public double UOut { get; set; }
        private double r2;
        public double R2
        ł
            get
            {
                return r2;
            }
            set
```

- Importeren van bibliotheken: dit wordt gedaan via het uses-statement. In ons geval hebben we twee bibliotheken nodig voor het MVVM-patroon.
- Definitie van eigenschappen: deze moeten *public* zijn omdat we de eigenschappen van buitenaf benaderen, in dit geval vanuit de view.
- > Automatisch bijwerken van de gebruikersinterface: de klasse MainViewModel is afgeleid van de basisklasse ObservableRecipient, die door de projectwizard werd gegenereerd toen het project werd aangemaakt. Deze klasse implementeert op zijn beurt het zogenaamde OnPropertyChanged-event. Dit zorgt ervoor dat wanneer een waarde van een eigenschap verandert, alle gebonden elementen op de hoogte worden gebracht van de verandering. In ons geval is de eigenschap R2 van belang. De waarde van R2 wordt in de programmacode berekend. De zogenaamde Setter van de eigenschap wordt aangeroepen en het zojuist beschreven OnPropertyChangedevent wordt getriggerd via de SetProperty (...) methode. De Text-eigenschap van de TextBox R2 is gebonden aan de eigenschap R2 (in het ViewModel). Als R2 wordt gewijzigd, wordt de weergegeven waarde automatisch bijgewerkt in de bijbehorende TextBox. Dit werkt dankzij data binding.
- > Gebruikers-acties doorgeven via commando's: als de gebruiker op de knop drukt, wordt een commando getriggerd. De berekeningsmethode is gekoppeld aan dit commando. Ook hier zijn de gebruikersinterface en de programmacode alleen via de datalink met elkaar verbonden.
- > Toewijzing van View en ViewModel: de programmacode (bestand: MainViewModel.cs) wordt toegewezen aan de UI (bestand: MainPage.xaml). Dit wordt gedaan in het code-behind bestand van de pagina (bestand: MainPage.xaml.cs). U kunt dit zien als u de broncode bekijkt.
- > Berekening: de berekening van de waarde van R2 vindt plaats in de methode calcCommandExecute (...) volgens de bovenstaande formule; de uitkomst wordt vervolgens toegewezen aan R2.

De gebruikersinterface is dus 'losjes' gekoppeld aan de programmacode door middel van data binding. De zojuist beschreven koppelingen met data binding worden gevisualiseerd aan de hand van het voorbeeld in **figuur 10**. Start de applicatie en probeer dit uit. De waarde van de tweede weerstand *R2* wordt berekend na het invoeren van de waarden van *R1* en *Vout* (**figuur 11**).

Hiermee hebben we het basis-ontwikkelingsmodel voor desktop-applicaties met het grafische framework WinUI 3 beschreven. Het laat zich

D1.			
240			
U (out):			
5			
	Calc		
R2:			
720			

Figuur 11. Het uiteindelijke app-voorbeeld.

aanzien dat het een nieuwe standaard onder Windows zal worden; het kan ook door andere ontwikkelomgevingen en talen worden gebruikt. De verscheidenheid aan grafische mogelijkheden voor het maken van moderne toepassingen is indrukwekkend.

### **Conclusies en vooruitzichten**

U kunt kiezen uit verschillende technologieën om een toepassing voor het Windows-besturingssysteem te maken. De trend – ook met het oog op Windows 11 – gaat in de richting van het gebruik van WinUI 3. Hiermee kunt u een aantrekkelijke en moderne gebruikersinterface creëren. Vanuit dit oogpunt is het de moeite waard om WinUI 3 in overweging te nemen bij de ontwikkeling van een nieuwe Windowsapplicatie en om de migratiemogelijkheden voor eventuele bestaande applicaties te onderzoeken. De resulterende toepassingen hebben een eigentijdse interface en leveren een goede gebruikerservaring op. Er zijn ook geen beperkingen bij de toegang tot het systeem zoals bij het UWP-applicatiemodel.

210407-03

### Een bijdrage van

Tekst en illustraties: **dr. Veikko Krypczyk** Redactie: **Jens Nickel** Vertaling: **Eric Bogers** Layout: **Giel Dols** 

### 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.

### WEBLINKS

- [1] Informatie over WinUI 3: https://docs.microsoft.com/en-us/windows/apps/winui/
- [2] Visual Studio 2019: https://visualstudio.microsoft.com/
- [3] Projectpagina bij dit artikel: http://www.elektormagazine.nl/210407-03
- [4] Informatie over MVVM-patroon: https://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93viewmodel



# Deel 04

## **GUI's maken met Python:** 's Werelds slechtste GUI



### Laura Sach

Laura leidt het A Level-team bij de Raspberry Pi Foundation, waar ze middelen maakt voor leerlingen om te leren over computerwetenschappen.

@CodeBoom



### Martin O'Hanlon

Martin werkt in het leerteam van de Raspberry Pi Foundation, waar hij online cursussen, projecten en leermiddelen creëert.

@martinohanlon

Figuur 1 Combo's om

letters te kiezen.

Leer een goede GUI ontwerpen door het eerst helemaal fout te doen!

et is tijd om echt aan de slag te gaan met je GUI's en te experimenteren met verschillende widgets, kleuren, lettertypes, en features. Zoals bij de meeste experimenten, zul je het waarschijnlijk niet meteen de eerste keer goed doen! In feite, ga je de verkeerde manier ontdekken om je GUI te maken.

### Moeilijk te lezen

De juiste keuze van GUI-kleur en -lettertype zijn belangrijk. Het is belangrijk dat het contrast tussen achtergrond en tekstkleur er voor zorgt dat je GUI makkelijk leesbaar is. Wat je niet moet doen is twee kleuren gebruiken die erg op elkaar lijken. Importeer de widgets bovenaan in de code:

#### from guizero import App, Text

Maak een app met een titel:

app = App("it's all gone wrong")
title = Text(app, text="Some hard to read
text")

#### app.display()

Experimenteer door de kleuren, het lettertype en de tekstgrootte te veranderen (zie listing **worst1.py**). Onze keuzes zijn niet de beste!

app = App("it's all gone wrong", bg="dark
green")

title = Text(app, text="Some hard-toread text", size="14", font="Comic Sans", color="green")

Het is belangrijk dat tekst op een GUI ook lang genoeg blijft staan om gelezen te worden. Hij moet zeker niet verdwijnen of gaan knipperen. Alle widgets in guizero kunnen onzichtbaar (of weer zichtbaar) gemaakt worden met de functies hide() en show(). Door de functie repeat in guizero te gebruiken om elke seconde een functie uit te voeren, kun je je tekst laten verdwijnen en verschijnen, zodat hij lijkt te knipperen.

Maak een functie die de tekst verbergt als hij zichtbaar is en toont als hij dat niet is:

def flash\_text():
 if title.visible:
 title.hide()
 else:
 title.show()

Voordat de app wordt weergegeven, gebruik je repeat om de functie flash\_text elke 1000 milliseconden (1 seconde) te laten lopen.

app.repeat(1000, flash\_text)

app.display()

Je code zou er nu uit moeten zien als **worst2.py**. Test je app: de titeltekst moet knipperen, en elke seconde verschijnen en verdwijnen.

### De verkeerde widget

Het gebruik van een geschikte widget kan het verschil betekenen tussen een geweldige GUI en een die compleet onbruikbaar is.

Welke widget zou je gebruiken om een datum in te voeren? Een TekstBox? Meerdere Combo's? Een TextBox zou flexibeler zijn maar zou toetsing en formattering vereisen. Meervoudige Combo's voor



jaar, maand en dag hoeven niet getoetst te worden, maar zijn langzamer in gebruik.

Het gebruik van een Slider om een datum en tijd in te stellen (**Figuur 2**), zoals in het codevoorbeeld **worst3.py**, is echter niet zo'n goed idee.

De Slider widget geeft een getal tussen 0 en 999.999.999 terug. Dit is het aantal seconden sinds 1 januari 1970. De functie ctime() wordt gebruikt om dit getal om te zetten in een datum en tijd.

Tekst-input krijgen van je gebruiker is eenvoudig: een TextBox of een multi-line TextBox zou aan al je behoeften moeten voldoen. Maar is dit te simpel? Vergt het te veel typwerk?

Hoe zit het met de gebruiker die alleen de muis wil gebruiken? Misschien is een reeks Combo's met in elk alle letters van het alfabet beter (**Figuur 1**)? Begin met het importeren van de guizero widgets en ascii\_letters.

```
from guizero import App, Combo
from string import ascii_letters
```

ascii\_letters is een lijst met alle 'afdrukbare' ASCII-tekens die je kunt gebruiken als de opties voor de Combo.

Maak een enkele Combo die alle letters bevat en laat de app weergeven.

```
a_letter = Combo(app, options=" " + ascii_
letters, align="left")
```

```
app.display()
```

Je programma zou nu moeten lijken op **worst4.py**. Als je het uitvoert, zie je een enkele Combo die alle letters bevat plus een spatie en is uitgelijnd aan de linkerkant van het venster.

Om een regel letters bij elkaar te krijgen, zou je een heleboel Combo widgets aan je app kunnen toevoegen, bijv:

```
a_letter = Combo(app, options=" " + ascii_
letters, align="left")
b_letter = Combo(app, options=" " + ascii_
letters, align="left")
c_letter = Combo(app, options=" " + ascii_
letters, align="left")
```

Door elk Combo widget links uit te lijnen, worden de widgets naast elkaar tegen de linkerrand weergegeven.

Als alternatief zou je een for-lus kunnen gebruiken, een lijst van letters maken, en elke letter





## worst2.py

```
> Taal: Python 3
```



### worst3.py

### > Taal: Python 3

```
001.
      # Imports -----
002.
      from guizero import App, Slider, Text
003.
004.
      from time import ctime
005.
006.
      # Functions -----
007.
008.
009.
      def update date():
010.
          the_date.value = ctime(date_slider.value)
011.
012.
013.
      # App -----
014.
      app = App("Set the date with the slider")
the_date = Text(app)
015.
016.
017.
      date_slider = Slider(app, start=0, end=999999999,
018.
      command=update_date)
019.
020.
      app.display()
```

### worst4.py

### > Taal: Python 3





## Window widget

Pop-up boxes kunnen worden gebruikt om gebruikers vragen te stellen, maar ze zijn erg eenvoudig. Als je extra informatie wilt tonen of aanvullende gegevens wilt vragen, zou je de widget Window kunnen gebruiken om meerdere vensters te maken. Window wordt op een vergelijkbare manier gebruikt als App en heeft veel van dezelfde functies.

from guizero import App, Window

app = App("Main window")
window = Window(app, "2nd Window")

app.display()

Je kunt bepalen of een Window op het scherm te zien is met de methodes **show()** en **hide()**.

window.show()
window.hide()

Je kunt een app maken om te wachten tot een venster is gesloten nadat het is getoond, door True door te geven aan de wait parameter van show. Bijvoorbeeld

window.show(wait=True)

Je kunt meer te weten komen over het gebruik van meerdere vensters in de documentatie van guizero: lawsie.github.io/guizero/multiple\_windows.

aan de lijst toevoegen, zoals getoond in worst5.py.

Probeer beide concepten en kijk welke je voorkeur heeft. De for-lus is flexibeler omdat je daarmee zoveel letters kunt maken als je wilt.

### Pop-ups

Geen verschrikkelijke GUI zou compleet zijn zonder een pop-up box. guizero bevat een aantal pop-up boxen, die je kunt gebruiken om gebruikers iets belangrijks te laten weten of om nuttige informatie te verzamelen. Maar je kunt ze ook gebruiken om gebruikers te ergeren en te irriteren!

Maak eerst een applicatie die aan het begin een zinloze box laat verschijnen om te laten weten dat de applicatie gestart is.

from guizero import App

app = App(title="pointless pop-ups")

app.info("Application started", "Well done
you started the application")

Noot van de redactie: dit artikel verscheen oorspronkelijk in MagPi tijdschrift. Elektor publiceert de Nederlandse, Franse en Duitse edities van MagPi.



Als je de applicatie uitvoert, zul je zien dat er een 'info'-box verschijnt (**Figuur 3**). De eerste parameter die aan **info** wordt doorgegeven is de titel van het venster; de tweede parameter is de boodschap.

Je kunt de stijl van deze eenvoudige pop-up veranderen door warn of error te gebruiken in plaats van info.

Pop-up boxes kunnen ook worden gebruikt om informatie van de gebruiker te krijgen. De eenvoudigste is een **yesno** die de gebruiker een vraag stelt en een True of False antwoord krijgt. Dit is handig als je een gebruiker wilt laten bevestigen voordat hij iets doet, zoals het verwijderen van een bestand. Maar misschien niet elke keer als ze op een knop drukken! Importeer de PushButton widget in je applicatie:

```
from guizero import App, PushButton
```

Maak een functie die de <mark>yesno</mark> pop-up gebruikt om een bevestiging te vragen.

```
def are_you_sure():
    if app.yesno("Confirmation", "Are you
sure?"):
        app.info("Thanks", "Button
pressed")
        else:
            app.error("Ok", "Cancelling")
```

Voeg de knop toe aan je GUI die de functie aanroept als hij wordt ingedrukt.

button = PushButton(app, command=are\_you\_ sure)

Je code zou nu moeten lijken op **05-worlds-worstgui.py**. Wanneer je het programma uitvoert en op de knop klikt, zul je een pop-up zien die je vraagt om te bevestigen met Yes of No (**Figuur 4**). Je kunt meer te weten komen over de pop-up boxen in guizero op lawsie.github.io/guizero/alerts. Misschien kun je al deze 'features' kunnen

combineren tot één geweldige GUI? 📶

## worst5.py

### > Taal: Python 3

001.	# Imports
002.	
003.	from guizero import App, Combo
004.	<pre>from string import ascii_letters</pre>
005.	
006.	
007.	# App
008.	
009.	<pre>app = App("Enter your name")</pre>
010.	
011.	<pre>name_letters = []</pre>
012.	for count in range(10):
013.	<pre>a_letter = Combo(app, options=" " + ascii_letters,</pre>
014.	align="left")
015.	name_letters.append(a_letter)
016.	
017.	app.display()

## 05-worlds-worst-gui.py

### > Taal: Python 3

```
001.
       from guizero import App, PushButton
002.
003.
       def are_you_sure():
            if app.yesno("Confirmation", "Are you sure?"):
    app.info("Thanks", "Button pressed")
004.
005.
006.
            else:
                app.error("Ok", "Cancelling")
007.
008.
009.
       app = App(title="pointless pop-ups")
010.
011.
       button = PushButton(app, command=are_you_sure)
012.
       app.info("Application started", "Well done you started the
013.
014.
       application")
015.
       app.display()
016.
```

### Python 3 Programmeren en GUI's

Dit is de tweede editie van een boek gericht op ingenieurs, wetenschappers en hobbyisten die PC's willen interfacen met hardware projecten door gebruik te maken van grafische user interfaces. Desktop en web gebaseerde toepassingen worden behandeld. De gebruikte programmeertaal is Python 3, een van de populairste talen op de markt: snelheid van programmeren is een belangrijk kenmerk.

Het boek is herzien en bijgewerkt met de nadruk op de gebruiker om praktische ontwerpen met gemak te

produceren - een teksteditor is alles wat nodig is om Python-programma's te produceren. www.elektor.nl/python-3-programming-and-guis





# **Off-grid** PV-systeem

elektrische energie onafhankelijk van het net

### Dr. Thomas Scherer (Duitsland)

Wat is een off-grid PVsysteem? Waar zijn zulke installaties nodig of praktisch? Wat zijn de belangrijkste ontwerpoverwegingen? Deze vragen en meer worden in dit artikel beantwoord.

In Elektor september/oktober 2021 hebben we een fotovoltaïsch systeem bekeken dat is aangesloten op het elektriciteitsnet [1]. Hier zullen we in wezen autonome zonne-installaties bekijken die los staan van het openbare net. Deze kunnen worden gebruikt om elektrische energie op te wekken waar een netaansluiting te kostbaar zou zijn (denk aan een schuur op een volkstuincomplex) of onmogelijk (zoals op een motor- of zeilboot). Doorgaans zijn dit systemen met een laag vermogen die een piekbelasting van enkele watt tot een paar kilowatt aankunnen. Aangezien de teruglevertarieven blijven dalen, worden nieuwe, eenvoudige ontwerpen voor vaste PV-installaties die de opgewekte energie voor huiselijk gebruik lokaal opslaan in accu's (in plaats van terug te leveren aan het openbare elektriciteitsnet) steeds zinvoller. Deze installaties hebben doorgaans een maximaal nominaal vermogen van enkele kWp ('kilowatt-piek'). Laten we deze kleinschalige systemen eens nauwkeuriger bekijken.

### Werkingsprincipe

Een off-grid PV-installatie bestaat uit minimaal drie componenten: het zonnepaneel zelf, een vorm van energie-opslag zoals een accu, en tot slot een laadregelaar die ervoor zorgt dat de accu niet overladen wordt. Voor kleinere systemen, die doorgaans op 12 V werken, is dat (in theorie) alles wat nodig is. Als er echter een  $230V_{AC}$ -uitgang nodig is bij 50 of 60 Hz, komt een vierde component in het spel: een omvormer. **Figuur 1** toont een typische viercomponenten-oplossing: oppervlakkig ziet het er heel eenvoudig uit, maar zoals altijd zit het venijn in de details. Hieronder zullen we daarom de afzonderlijke componenten bekijken.

We gaan uit van een praktijkvoorbeeld: Klaus, een goede vriend van mij, besloot een 12V-systeem in zijn schuur te installeren vanwege de lage prijs en de acceptabele afmetingen van de betrokken componenten. Om het systeem te ontwerpen en de componenten te specificeren, moeten eerst twee vragen worden beantwoord.

### Energie en vermogen

De eerste vraag die moet worden beantwoord, is hoeveel energie het systeem in totaal moet opslaan. Dit heeft rechtstreeks invloed op de capaciteit die de accu moet hebben; daarom is het noodzakelijk om de gemiddelde belasting van de installatie in te schatten. Een belangrijke factor is het aantal bewolkte dagen dat het systeem moet kunnen 'overleven'. Klaus wil een boormachine in zijn schuur kunnen gebruiken en af en toe een kop thee zetten; deze niet vaak voorkomende belastingen hebben echter geen significante invloed op de berekening van de gemiddelde belasting. Belangrijker is de wens om altijd koel bier onder handbereik te hebben: dit vereist een 12V-koelkast die continu in bedrijf is, met een gemiddeld opgenomen vermogen van 20 W. Het systeem moet minimaal één dag zonder zon kunnen werken.

De tweede vraag is het vereiste piekvermogen.



Hieruit kunnen we de maximale stroom berekenen die aan de accu zal worden onttrokken, en dus ook de parameters van de laadregelaar (en omvormer, indien gebruikt) specificeren. Meestal is deze vraag heel eenvoudig te beantwoorden: in het geval van de volkstuin van mijn vriend was het antwoord 1 kW, het stroomverbruik van de boiler, een standaard boormachine en eventueel een waterpomp, die allemaal werken op 230 V.

### Het zonnepaneel

Over een periode van 24 uur verbruikt de koelkast in de schuur van Klaus maximaal 500 Wh. Hoewel hij in een zonnig deel van Zuidwest-Duitsland woont, wordt het dak van zijn schuur helaas door een boom overschaduwd en kan het paneel daar dus niet gemonteerd worden. In plaats daarvan moet het verticaal op zuidwand van de schuur worden bevestigd, waardoor het vermogen met ongeveer 30% afneemt in vergelijking met de optimale hoek ten opzichte van de zon. Het paneel zal dus ongeveer 40% overgespecificeerd moeten worden om dit verlies te compenseren. Gelukkig is er voldoende ruimte beschikbaar en is de prijs van panelen de laatste jaren flink gedaald. Een voordeel van verticale montage is dat er in de 's winters geen sneeuw op het paneel blijft liggen en dat bovendien de opbrengst bij laagstaande zon zal toenemen: in het gunstigste geval blijft het bier ook op zonnige winterdagen koel.

Nu kunnen we het vereiste uitgangsvermogen van het paneel berekenen. In dit deel van Duitsland kunnen we rekenen op een totale invallende energie van meer dan 1200 kWh/m<sup>2</sup> gedurende een jaar. Bovenop het verwachte dagelijkse energieverbruik moeten we een veiligheidsmarge van 100% aanhouden, en dus moeten we voor 500 Wh/dag (van lente tot herfst) streven naar een opbrengst van 1 kWh/dag. Op basis van 8 uur zonneschijn per dag komen we voor ons paneel uit op een benodigd vermogen van ongeveer 125 Wp. Daar komt de compensatie voor verticale montage bij, zodat we uitkomen we op 175 Wp. Dat betekent dat we een 180W-paneel nodig hebben, dat prima op de wand van de schuur past (figuur 2).

### De accu (of accu's)

De energie die nodig is om één dag reservevermogen te leveren, is minimaal 500 Wh. Bij een nominale spanning van 12 V hebben

we een accu nodig met een capaciteit van minimaal 40 Ah. Aangezien onze omvormer is gespecificeerd voor een uitgangsvermogen van 1 kW, moeten we er ook rekening mee houden dat deze bij maximale belasting een stroom van ten minste 85 A op zijn ingang zal trekken. Dat is een belangrijke overweging bij het kiezen van de accu. Maar eerst moeten we beslissen welk type accu we gebruiken. Een lithium-accupakket van 40 Ah kan deze stroom (ongeveer 2 'C', of twee keer de stroom die de batterij gedurende een uur kan leveren) comfortabel aan vanwege de geringe inwendige weerstand. Zo'n accupakket kost echter



Figuur 1. De standaardaansluiting van de vier componenten die normaal gesproken worden aangetroffen in een off-grid zonne-installatie. De omvormer aan de rechterkant is alleen nodig als ook 230V-apparatuur moet worden gevoed.



Figuur 2. Het 12V-zonnepaneel is verticaal tegen de wand gemonteerd. Het heeft een vermogen van 180 Wp.





Figuur 3. Drie 12 V-lood/gelaccu's van elk 36 Ah zijn parallel geschakeld om als energieopslag in de schuur van Klaus te fungeren.



Figuur 4. Van links naar rechts: lichtschakelaar, 30 A elektromagnetische onderbreker en MPPT-laadregelaar.



Figuur 5. Dit soort laadregelaars heeft zeker geen MPPT-functionaliteit (zelfs als er een sticker met die letters op zit!) (bron: Department of Energy van de Verenigde Staten).

gemakkelijk meer dan € 250 en moet zorgvuldig onderhouden worden. In plaats daarvan koos Klaus voor een eenvoudige loodaccu die een fractie van die prijs kostte. Een auto-accu zou een voor de hand liggende keuze zijn, aangezien deze ontworpen zijn voor hoge piekstromen. Ze hebben echter nadelen: gering rendement, korte levensduur en hoge zelfontlading. Daarom koos hij als compromis voor een gelaccu: dit type houdt echter niet van grote ontlaadstromen en daarom werden twee accu's van elk 36 Ah parallel geschakeld. Deze combinatie biedt nominaal 864 Wh aan opgeslagen energie en kost iets minder dan € 150.

In direct zonlicht levert het geselecteerde zonnepaneel zoveel stroom dat het de batterijen gemakkelijk in één dag volledig kan opladen, en hun capaciteit is voldoende om 1,5 dag zonder zonneschijn te dekken. Ik had mijn twijfels over het hoge stroomverbruik aan de ingang van de omvormer, maar Klaus besloot het te proberen en als twee batterijen onvoldoende zouden blijken, nog een andere te kopen en deze parallel aan te sluiten. Met het systeem geïnstalleerd en de accu's volledig opgeladen, hebben we een eerste test uitgevoerd met een 1kW-boiler. Tijdens bedrijf daalde de spanning op de accuklemmen naar 11,7 V, maar desondanks was het geen probleem om een halve liter water aan de kook te brengen. Ruw geschat is het rendement van de accu (uitgangsenergie gedeeld door ingangsenergie) bij deze forse stromen maximaal 50% en is de stroom niet bevorderlijk voor de gezondheid van de accu. Daarom is er nog een 36Ah-accu besteld en aangesloten (figuur 3). Daarmee is de initiële klemspanning bij ontlading met 85 A een acceptabele 12,6 V; de totale capaciteit is toegenomen tot bijna 1,3 kWh, goed voor meer dan twee dagen reserve.

### De laadregelaar

Een zoektocht bij eBay of gespecialiseerde postorderaars levert een breed scala aan laadcontrollers op. Controllers voor stromen van 10 A gaan voor niet meer dan  $\in$  15 over de toonbank. Een 180Wp-paneel levert echter maximaal 15 A bij 12 V, dus we hebben een controller nodig die geschikt is voor minimaal 20 A: deze kosten ongeveer  $\in$  20. Als de laadregelaar moet worden aangesloten zoals in figuur 1, is het verstandiger om

een 100A-versie te kiezen, die waarschijnlijk net geen € 50 kost. Laten we nu ingaan op de details.

De laadcontroller heeft de taak om de accu op te laden met behulp van het vermogen dat door het paneel wordt geleverd, en het laadproces te beëindigen wanneer een drempelspanning wordt bereikt. Dit zorgt ervoor dat de aangesloten accu niet wordt overladen en beschadigd raakt. Bijna alle laadregelaars controleren ook de aangesloten belasting en zorgen ervoor dat die wordt afgekoppeld zodra een andere (lagere) spanningsdrempel wordt bereikt, nu om de accu te beschermen tegen diepe ontlading. Ze gebruiken steevast een microcontroller en daarom kunnen de meeste worden geconfigureerd voor verschillende soorten accu's, waaronder lood/zuur-, lood/gel- en lithium. Ze passen zich ook automatisch aan een nominale klemspanning van 12 V of 24 V aan. Vaak is het ook mogelijk om de onderen overspanningsdrempels handmatig in te stellen.

De volgende overweging is de topologie van de lader. Alle goedkope exemplaren werken op basis van PWM, zelfs als er 'MPPT' op het apparaat staat: labels zijn goedkoop, maar een 'echte' MPPT-lader is beter, ingewikkelder en daarom ook duurder.

Bij een PWM-controller wordt de laadstroom zo geregeld dat de uitgangsspanning van het

paneel net boven de actuele klemspanning van de accu ligt. De accu wordt dan geladen met de maximaal haalbare stroomsterkte, afhankelijk van de hoeveelheid invallend licht op het paneel en de grootte ervan, en van de laadtoestand van de accu onder een breed scala van omstandigheden. De schakeling hiervoor heeft slechts een simpele microcontroller en een power-MOSFET nodig: een goedkope oplossing, maar niet optimaal. Het uitgangsvermogen van een paneel wordt gegeven door het product van de uitgangsspanning en de uitgangsstroom. Voor elk paneel en verlichtingsniveau is er een punt waarop dit product maximaal is; bijna altijd ligt bij dit maximale vermogenspunt de uitgangsspanning van het paneel boven de accuspanning. Een MPPT-controller (maximum power point tracking) bepaalt continu waar dit optimale punt zich bevindt en stuurt een step-down spanningsregelaaraan zodat deze de optimale stroom trekt en het maximaal haalbare uitgangsvermogen levert. In het beste geval kan het uitgangsvermogen van een MPPT-controller 30% hoger zijn dan dat van een PWM-controller. Daar hangt echter een prijskaartje aan: zelfs een goedkope MPPT-controller kost meer dan € 50, en een exemplaar van een bekend merk kost minstens € 100. De 30A-laadregelaar in figuur 4 is een goedkoop MPPT-type



Figuur 6. Deze 1kW-omvormer van Ective is in de loop van de tijd zeer stabiel en betrouwbaar gebleken.

dat ongeveer € 60 kost, maar Klaus vond dat het extra uitgangsvermogen het geld waard was. Als u op zoek bent naar een MPPT-controller, vermijd dan types zoals in **figuur 5**: die worden in verschillende kleurtjes en met verschillende etiketten aangeboden.







Figuur 7. In de installatie van Klaus wordt de omvormer direct aangesloten op de accu en is de 12V-uitgang van de laadregelaar voorzien van extra beveiliging.



Figuur 8. De LiFePO4-accu's worden getest voordat ze in de boot van Martin worden geïnstalleerd (bron: Martin Jepkens).



Figuur 9. Het door Martin en Detlev gekozen opvouwbare zonnepaneel kan onderweg benedendeks worden opgeborgen. Het heeft een vermogen van 120 Wp (bron: Martin Jepkens).



Figuur 10. Handleiding voor het installeren van de laadregelaar in de boot van Detlev.

### **De omvormer**

Als u een 230V<sub>AC</sub>-uitgang nodig hebt, dan is een omvormer essentieel. Aan goedkope exemplaren met onwaarschijnlijke vermogensspecificaties en uitgangs-golfvormen die op zijn best in de verte verwant zijn aan een sinus, kunnen we het beste met een grote bocht voorbij gaan. Wat we niet mogen vergeten is dat de specificatie voor het maximaal continu vermogen is gegeven voor een ohmse belasting. De 1kW-omvormer van Klaus is uitstekend geschikt voor een 1-kW 500-ml-boiler; maar de situatie met een inductieve of, minder vaak, capacitieve belasting is compleet anders. In dat geval moeten we ook het blindvermogen controleren: merk op dat het schijnbare vermogen altijd minstens even groot is als het werkelijke vermogen. Elektromotoren zijn bijzonder problematisch: deze trekken grote inschakelstromen die de ingebouwde overbelastingsbeveiliging van een omvormer met onvoldoende vermogen zullen doen aanspreken. Een marge van 100% bij draaiende motoren is zelfs voor een hoogwaardige omvormer niet overdreven. De 1kW-omvormer van Klaus (fiquur 6) kan comfortabel een elektrische boormachine en een waterpomp van 450 W aan. Hij kostte meer dan € 200.

### Bedrading

Zoals u waarschijnlijk op basis van de afbeeldingen tot nu vermoedde, wordt de bedrading tussen het zonnepaneel, de laadregelaar en de batterij uitgevoerd met behulp van soepel draad met een doorsnede van 6 mm<sup>2</sup>; de aansluitingen naar de 12V-sigarettenaansteker-connectoren zijn niet getekend. De verbindingen voor de parallelschakeling van de accu's zelf zijn gemaakt met draad van 16 mm<sup>2</sup>. De gebruikte draad moet dik genoeg zijn voor de te verwachten stromen: dit is geen goede plek om geld te besparen.

De omvormer wordt rechtstreeks op de accu aangesloten met 16mm<sup>2</sup>-draad om de verliezen te minimaliseren. Een directe aansluiting is alleen mogelijk als de omvormer (zoals hier) een onderspanningsbeveiliging heeft en uitschakelt om de accu te beschermen tegen diepe ontlading. De omvormer wordt alleen ingeschakeld wanneer de 230V-uitgang daadwerkelijk wordt gebruikt: het ruststroomverbruik van enkele tientallen mA zou anders
een onnodige energieverspilling betekenen. De uiteindelijke opstelling is dan zoals getekend in figuur 7.

### Andere off-grid systemen

De elektriciteitsvoorziening in de schuur van Klaus is een typisch voorbeeld van een off-grid PV-installatie. Diverse leveranciers bieden kant-en-klare pakketten aan bestaande uit een zonnepaneel, laadregelaar en omvormer, met verschillende nominale vermogensniveaus. Als u voor windenergie kiest, in plaats van zonne-energie, dan zijn er eveneens geschikte generatoren en laadregelaars verkrijgbaar op basis van (in grote lijnen) dezelfde principes. Zelf heb ik vorig jaar mijn robotmaaier aangepast voor autonome stroomvoorziening [2]. Hiervoor waren slechts een 50 W-paneel en een eenvoudige PWM-laadcontroller nodig, en geen omvormer. Sindsdien heb ik de accucapaciteit vergroot van 12 Ah naar 30 Ah om regenachtige perioden beter te kunnen opvangen. Ook heb ik onlangs de PWM-laadcontroller vervangen door een betere (en duurdere) MPPT-controller; het systeem wekt nu voldoende elektriciteit op om het gazon zelfs tot ver in de herfst te maaien. Er zijn natuurlijk nog veel meer toepassingen voor off-grid elektriciteitsvoorziening. Twee andere vrienden hebben een boot: Martin schippert met zijn boot met stalen romp door het Nederlandse rivierenlandschap, terwijl Detlev de Middellandse Zee onveilig maakt met een speedboat met planerende romp. Beiden zijn vaak dagenlang weg van een ligplaats waar elektriciteit beschikbaar is en zouden daarom graag meer onafhankelijkheid willen hebben, vooral wat betreft koeling: in dit geval niet alleen voor bier, maar ook voor andere levensmiddelen. Het zou ecologisch onacceptabel en ook uitgesproken inefficiënt zijn om de motor regelmatig te laten draaien om de boordaccu op te laden; daarom hebben ze zonnepanelen geïnstalleerd.

Nu is Martin een slimme ingenieur en heeft hij mijn advies niet nodig. Toch bespreekt hij af en toe zijn ideeën met mij. Hij vroeg zich af of de generator op zijn boot niet overbelast zou kunnen raken als hij er per ongeluk een enorme 200-Ah LiFePO₄-accu op zou aansluiten. Waarom dat gevaarlijk is ziet u in een YouTube-video [3]. Figuur 8 toont zijn opstelling voor het testen van de capaciteit: hij koos voor een LiFePO4-accu, voornamelijk vanwege de lange levensduur, maar ook vanwege de compacte afmetingen vergeleken met accu's op loodbasis. In de boot van Martin is de boordaccu gescheiden van de startaccu. Om de dynamo te ontlasten, worden de accu's bij draaiende motor elk via een eigen laadregelaar geladen. Met een opvouwbaar zonnepaneel van 120 Wp plus laadregelaar kan ook onderweg worden geladen (figuur 9). Door ruimtegebrek zijn vast geïnstalleerde van zonnepanelen op de speedboat van Detlev niet mogelijk. Hij besloot daarom hetzelfde type zonnepaneel te gebruiken als Martin, al wist geen van beiden waarvoor de ander had gekozen! Detlev weet weinig van elektronica en wilde in eerste instantie zijn extra 120A-boordaccu gebruiken omdat die nog vrij nieuw was. Ik deed wat berekeningen voor hem en adviseerde hem dat het gebruik van de sigarettenaansteker-aansluiting op de 'brug' van zijn boot voor het zonnepaneel vanuit het oogpunt van betrouwbaarheid geen goed idee was: ik stelde voor om

in plaats daarvan een waterdichte Neutrikconnector te gebruiken. Ik heb die connector voorbedraad en een installatiehandleiding opgesteld (figuur 10) voor de bouwer van zijn boot, zodat het hele systeem in de haven van Istrië kon worden geïnstalleerd. De combinatie van een opvouwbaar 120Wp-paneel plus een Victron Energy MPPT-laadcontroller kwam op een totaal van net geen € 500. De laadregelaar heeft een Bluetooth-verbinding en alle parameters en grafieken via een smartphone-app worden bekeken.

#### Het semi-off-grid huis

Nu de teruglevertarieven blijven dalen, groeit de belangstelling voor een vaste PV-installatie die zo goed mogelijk alle opgewekte energie voor huiselijk gebruik beschikbaar stelt. Een array van bijvoorbeeld 10 moderne zonnepanelen kan zo'n 3,75 kWp leveren; een geschikte MPPT-PV-controller zou dan een LiFePO<sub>4</sub>accu kunnen opladen met een capaciteit van







Figuur 11: Semi-off-grid PV-installatie voor een huis. De driefasige stroommeting stuurt de omvormer zo aan dat er geen elektrische energie in het net wordt geleverd.

bijvoorbeeld 6,5 kWh; en dan zou een driefase-omvormer kunnen worden bestuurd met behulp van een inrichting om de stroom te monitoren (de drie ampèremeters rechtsonder in **figuur 11**) om ervoor te zorgen dat er in geen geval elektrische energie in het net wordt gestuurd. Alle 'stroom' wordt dus lokaal gebruikt. Aangezien elektriciteit in Europa in 2022 ongeveer € 0,35 per kWh kost, is dit een bijzonder aantrekkelijke optie: niet alleen is geen complexe en ook dure netgekoppelde omvormer met geïntegreerde laadelektronica voor de accu nodig, ook wordt veel bureaucratie voorkomen: altijd de moeite waard! (Houd er rekening mee dat zo'n installatie wellicht niet in alle landen legaal is.)



### GERELATEERDE PRODUKTEN

- PeakTech 4350 Clamp Meter (SKU 18161) www.elektor.nl/18161
- Pokit-meter: Portable Multimeter, Oscilloscope and Logger (SKU 19854) www.elektor.nl/19854
- PeakTech 3445 True RMS Digital Multimeter with Bluetooth (SKU 18774) www.elektor.nl/18774

In de opstelling in figuur 11 lopen de besparingen door het gebruik van het simpele ontwerp op tot € 1000 tot € 2000. Het zou een paar jaar duren om eenzelfde bedrag via teruglevering te verdienen. Het duurste onderdeel van het systeem is de accu: een LiFePO₄-accu van 6,5 kWh kost meer dan € 3000. Met gegarandeerd 6000 laadcycli bij een ontlaaddiepte van 90% betekent dit dat er ongeveer 36 MWh aan energie via de accu is gelopen, zodat die ongeveer € 0,09 per kWh kost. Bovendien is de accu dan nog niet helemaal 'op' en zal de effectieve kostprijs per kWh dus nog lager zijn. Gedurende de levensduur van de accu kan een oplossing als deze een besparing van ongeveer € 13.000 opleveren, alleen door gebruik te maken van lokaal opgewekte energie. Als ook een elektrisch voertuig wordt opgeladen (in een bescheiden tempo), kan zo'n installatie zich binnen enkele jaren terugverdienen. 🖊

210644-03

#### Een bijdrage van

Tekst en illustraties (tenzij anders vermeld): **dr. Thomas Scherer** Redactie: **Jens Nickel** Vertaling: **Eric Bogers** Layout: **Harmen Heida** 

#### 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.

#### WEBLINKS

Dr. T. Scherer, "Zonnepanelen op je balkon", Elektor Magazine september/oktober 2021: www.elektormagazine.com/210326-03
Dr. T. Scherer, "Zonne-energie voor maairobots", Elektor Magazine juli/augustus 2021: www.elektormagazine.com/200553-03
Victron Energy, "How to not blow up your alternator when charging lithium", YouTube: www.youtube.com/watch?v=jgolocPgOug



# De 10-jaarsmartphone

stel uw verwachtingen bij

Priscilla Haring-Kuipers (Nederland)

Wat we van onze apparaten verwachten, is bepalend voor wat we van ze accepteren. Van onze smartphone verwachten we niet veel tijd.

Misschien heb u online die advertenties gezien voor een nieuwe smartphone die 10 jaar meegaat. Misschien hebt u die zelfs aangeklikt, maar was u teleurgesteld dat deze telefoon niet bestaat... nog niet. De "10-jaar telefoon" is een initiatief dat probeert uw aandacht, en die van de wetgevers van de EU, te trekken met een verleidelijke toekomst waarin het normaal is dat een smartphone een decennium meegaat. Om dit werkelijkheid te laten worden, zou er wetgeving moeten komen inzake repareerbaarheid, voortdurende software-ondersteuning en beschikbaarheid van onderdelen - en dan vooral de accu. Er zou informatie beschikbaar moeten zijn over hoe u uw telefoon zelf kunt repareren, samen met een officiële score voor de repareerbaarheid [1].

### Timing

Naarmate onze mobiele telefoon steeds fantastischer werd, lijken we ergens onderweg te hebben geaccepteerd dat deze kostbare steun en toeverlaat slechts twee tot vier jaar meegaat (in volledig werkende toestand). Ik denk dat we niet vaak stilstaan bij de vraag hoeveel tijd we eigenlijk van onze apparaten verwachten. Hoe lang moet

uw 4K-flatscreen meegaan? Hoe zit het met uw wasmachine, uw ontwaaklamp of uw reflow-oven?

Twee tot vier jaar lijkt niet zo slecht voor de meeste toestellen, aangezien u in die periode waarschijnlijk toch iets nieuws wilt. Wat een vreemde gedachte is. Waar komt die drang om voortdurend te upgraden vandaan en wordt het niet eens tijd dat we ons daarvan ontdoen - in het licht van onze planeet die verdrinkt in onze spullen, de hulpbronnen en het lijden dat gepaard gaat met het maken van veel van onze apparaten en onze eigen waardering voor wat we hebben? Waarom passen we onze apparaten en onze mentale modellen niet aan zodat ze langer meegaan?

### **Nieuwe reflex**

Mijn smartphone is nu ongeveer vijf jaar oud, en ik moet dringend de batterij laten vervangen. Hij zakt in een oogwenk van 42% naar leeg. Ik ben op zoek gegaan naar een nieuwe telefoon, totdat ik besefte dat ik, afgezien van de suïcidale batterij, er nog steeds heel blij mee ben. Ik ben niet de enige met deze nieuwe reflex; slechts 11% van de mensen in de EU repareert zijn telefoon als hij het begeeft. Zou ik ook onmiddellijk op zoek gaan naar een nieuwe wasmachine als die opeens weigert te centrifugeren? Ik denk het niet. Ik denk dat mijn reflex zou zijn om het probleem te googelen om te zien of het internet misschien weet dat dit heel vaak gebeurt en dat ik gewoon het dinges-ventiel moet schoonmaken. Zelf onderhouden en repareren dus. Mocht dat niet lukken, dan zou ik waarschijnlijk een professional inschakelen ALS de wasmachine niet ouder is dan 10 jaar.

Wasmachines en smartphones zitten in dezelfde prijsklasse. Maar we verwachten niet dat onze telefoons tien jaar meegaan. Hoogste tijd dat we slimmer worden.

De 10-jaar-smartphone is een initiatief van de Europese Right to Repair-campagne, een coalitie van meer dan 80 organisaties uit heel Europa die aandringen op producten die langer meegaan en beter kunnen worden gerepareerd. 🛛 🖊

210714-03

#### **WEBLINK**

[1] "10 Year Smartphone": https://10yearphone.com/





### $\leftarrow \rightarrow G$

# **De Elektor Store** Nooit duur, altijd verrassend!

De Elektor-store heeft zich ontwikkeld van de community-shop voor de eigen producten van Elektor (boeken, tijdschriften, kits en modules) tot een volwassen webshop die veel waardevolle elektronica-aanbiedingen heeft. We bieden hier producten aan waar we zelf enthousiast over zijn of die we gewoon willen uitproberen. Suggesties zijn altijd welkom (sale@elektor.nl).

Ons motto: nooit duur, altijd verrassend!

# puhui T-962 Infrarood Reflow Oven Prijs: € 229,00 Iedenprijs: € 206,10

# Raspberry Pi Zero 2 WH (met gemonteerde GPIO-header)



₩www.elektor.nl/20157

# MakePython ESP32 Development Kit

 $\bigcirc$ 

٢ / ٢

 $\bigcirc$ 

## Prijs: € 74,95 **Actieprijs: € 64,95**

ੇਂਟ੍ਰ www.elektor.nl/20137

## Arduino Uno Mini (Limited Edition)

☆



## Prijs: € 54,95 **Ledenprijs: € 49,46**

े॑ www.elektor.nl/20098

## Makerfabs 6 DOF Robotarm met Raspberry Pi Pico



Prijs: € 139,95 **Ledenprijs: € 125,96** 

ੇ www.elektor.nl/20130

Raspberry Pi Pico LoRa Expansion + GRATIS Raspberry Pi Pico





# 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 o 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 (gemarkeerd door de dikkere 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 2022** naar:

hexadoku@elektor.nl

## **DE PRIJSWINNAARS**

De juiste oplossing van de Hexadoku uit het maart/april-nummer 2022 is: **C73B8**. Oplossingen die ons vóór 15 april 2022 hebben bereikt, deden mee aan de trekking van vijf Elektor-waardebonnen. De winnaars zijn bekendgemaakt op www.elektormagazine.com/hexadoku. Allemaal van harte gefeliciteerd!

							_								
	D	7		1	6							В		8	0
4	6			D	5			0					С	F	
2				F	4					В				Е	3
			3	8		2		А	9		D			5	
D	Е	В	5	2			6				8			3	С
8	0	3				1			2	F	С	D			
			4		8		0			7		F			
				3		4			А		5				
	1		Е								В		6		F
			С		D		8		7			Е		9	В
		2			Е	0					F	5	3	7	
			7	В	F		3	Е		1	4				
6					1	А			С	D		3	9		5
	Α							1		5		4			8
9	С	5	D	7					4	2					1
В		4		6				9	Е			С	7	А	

	2.16											1.2			
E	2	6	9	0	3	С	Α	F	5	7	В	1	4	8	D
4	С	7	3	В	8	5	D	Е	1	9	6	Α	F	2	0
5	В	0	D	Е	F	4	1	С	2	8	А	3	6	7	9
8	F	1	Α	2	6	7	9	3	D	0	4	5	С	В	Е
A	3	2	0	5	С	F	8	4	6	D	9	В	7	Е	1
1	D	В	8	4	2	Е	6	0	7	Α	5	С	3	9	F
7	5	С	6	1	9	Α	В	2	3	Е	F	4	0	D	8
F	Е	9	4	3	7	D	0	1	8	В	С	2	А	5	6
3	0	D	Е	6	Α	9	F	В	С	1	2	7	8	4	5
2	6	F	1	С	В	8	Е	5	4	3	7	9	D	0	Α
9	4	5	7	D	0	1	2	8	Α	F	Е	6	В	3	С
В	8	Α	С	7	5	3	4	9	0	6	D	Е	1	F	2
0	7	3	2	8	4	6	5	D	Е	С	1	F	9	Α	В
6	Α	4	В	F	Е	0	С	7	9	5	8	D	2	1	3
С	1	Е	F	9	D	2	3	А	В	4	0	8	5	6	7
D	9	8	5	A	1	В	7	6	F	2	3	0	Е	С	4

Medewerkers van Elektor International Media en hun familieleden zijn van deelname uitgesloten.





# Jouw ontwerp als een **krachtig prototype**

Bestel een eerste PCB bij AISLER: gratis tot € 30

Beautiful Boards Stellar Stencil Amazing Assembly

Bestel nu je PCB

een Voltera V-One Desktop PCB Printer (t.w.v. € 4.150)

GEBRUIK CODE ELCCBBL Geldig t/m 30 juni 2022



**BESTEL NU!** 

www.elektormagazine.nl/win-een-voltera-v-one

# Word lid van de Elektor ( mmunity

# Neem nu een



# lidmaatschap!







- Een compleet web-archief t/m 1980!
- Sx Elektor Magazine (Print)
- ✓ 9x digitaal (PDF) inclusief Elektor Industry (EN)
- 🗹 10% korting in onze webshop,en exclusieve aanbiedingen
- 🗹 Elektor's jaarlijkse DVD-ROM

- 🌱 Samen ontwikkelen met duizenden leden van het online LAB, met toegang tot meer dan 1000 Gerberfiles, en een directe lijn naar onze experts!
- Sreng je eigen project tot publicatie of zelfs verkoop in onze shop

# Ook verkrijgbaar





lidmaatschap!

- Y Toegang tot ons web-archief
- 🗹 10% korting in onze webshop
- 🗹 6x Elektor Magazine (PDF)
- **Sector** Exclusieve aanbiedingen
- Toegang tot meer dan 1000 Gerberfiles



# www.elektor.nl/member

