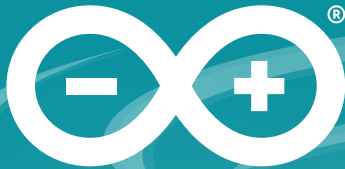
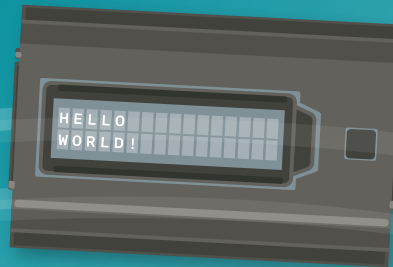


Speciale editie
gastredactie door



ARDUINO



Arduino-projecten

140
pagina's

Home Automation

Eenvoudige connectiviteit

Arduino Pro
voor professionals

Arduino Portenta
Machine Control en
Arduino Portenta H7

Kunst
met Arduino

Van prototype tot productie

In dit
nummer

- Arduino-sketches schrijven is nog beter geworden
- De Mozzi Arduino-library voor geluidssynthese
- Kennismaking met TinyML
- Connected, maar niet complex
- MicroPython betreedt de wereld van Arduino

Eventjes
de baas bij
Elektor!

en nog veel
meer...



Hoe Arduino studenten
aan vaardigheden voor
de toekomst helpt

p. 90



Met Home Automation
de wereld redden?

p. 62



Maak kennis met Arduino
met Fabio, Massimo en David

p. 32



Nieuw Arduino- of elektronica project?

Deel het met onze community

volg ons op:



www.twitter.com/ElektorNL



www.facebook.com/ElektorNL



www.instagram.com/elektorlabs



62^e jaargang nr. 676, december 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 gedeponerd bij de rechtbanken in Nederland. Een exemplaar van de Regelen voor het Advertentiewezen is op aanvraag kosteloos verkrijgbaar.

Elektor gebruikt in haar publicaties uitsluitend eigen content (tekst en beeld) of met toestemming van de maker. Door derden aangeleverde content wordt voor publicatie altijd gecontroleerd op copyright. In geval de auteursrechtelijke onbekend is, doen wij ons uiterste best deze te traceren en marktconform te vergoeden. Helaas is het niet altijd mogelijk de uiteindelijke auteursrechtelijke te traceren. Stuit u hierop en bent of kent u de 'onbekende auteursrechtelijke', neem dan contact op met redactie@elektor.nl (de/fr/com).

Auteursrecht

Niets uit deze uitgave mag vervaelvoudigd 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.

© Elektor International Media B.V. - 2022

Innovatie met Arduino



Zoals de meesten van u zich zullen herinneren, stond er in het nummer van Elektor vorig jaar ter gelegenheid van onze 60e verjaardag een interessant interview met David Cuartielles, medeoprichter van Arduino. De onmiskenbare impact die Arduino heeft gehad op ons vakgebied, en dus op Elektor, maakte een diepgaand gesprek onvermijdelijk. Het vraaggesprek met David leidde tot het idee om Arduino uit te nodigen om in 2022 gastredacteur van Elektor te worden – een hele uitdaging. En nu presenteren we u met trots de vrucht van het harde werk van zowel het Arduino- als het Elektor-team. Wat kunt u verwachten van deze superdikke, speciale Elektor-editie? De afgelopen maanden hebben onze engineers en redacteurs nauw samengewerkt met David en zijn collega's bij Arduino om projecten, interviews en tutorials voor te bereiden over de vele Arduino-oplossingen waarover u momenteel kunt beschikken, van de Arduino Uno tot de Arduino Cloud en Arduino's nieuwste professionele producten, waaronder de Portenta-familie. Op onze typische Elektor-maniër hebben we samen met onze vrienden bij Arduino hard gewerkt om u een magazine te brengen dat niet alleen vol staat met innovatieve projecten zoals Davids bodemonitoringsysteem, maar ook met inzichten van creatieve kunstenaars zoals Jacob Remin die Arduino op innovatieve manieren gebruiken. Of u nu een maker bent die een nieuw doe-het-zelf-project wilt starten of een professionele engineer die een nieuw product ontwerpt, u zult de projectartikelen, tips en tutorials in dit nummer zeker nuttig en inspirerend vinden. Veel plezier!

C.J. Abate (directeur inhoud, Elektor) &
Jens Nickel (hoofdredacteur, Elektor)



Ons team

Internationaal hoofdredacteur:
Redactie:

Technische redactie:

Vormgeving & Layout:
Directeur:

Jens Nickel (redactie@elektor.com)
Eric Bogers (redacteur NL-editie), Rolf Gerstendorf,
Dr. Thomas Scherer, Clemens Valens, Brian Tristam Williams
Mathias Claussen, Ton Giesberts, Luc Lemmens,
Clemens Valens
Giel Dols, Harmen Heida, Sylvia Sopamena, Patrick Wielders
Erik Jansen



Mijn passie voor elektronica gaat terug tot het moment dat ik – op de harde manier – ontdekte dat het lampje in mijn flitser niet lang op het lichtnet kon worden aangesloten zonder dat de zekeringen in het hele appartement doorsloegen. Ik was vijf en zag elektronica als een mysterie om op te lossen. Ik kon me niet voorstellen hoe relevant dat moment zou worden voor mijn toekomst. Naarmate ik ouder werd, kwam ik erachter dat elektronica niet – altijd – in de eenzaamheid van een nerdy tienerkamer ontstond. Via Elektor ontdekte ik een hele gemeenschap van gelijkgestemden. Uitvinders die bereid waren hun kennis en projecten te delen op de pagina's van Elektor. Dit community-concept werd de andere fundamentele pijler van mijn professionele carrière.

Jaren gingen voorbij en wij – als in 'ik en mijn partners Massimo, Dave en Tom' – bouwden Arduino op, samen met een grote gemeenschap van medewerkers. Dit speciale nummer van Elektor is een hommage aan deze gemeenschap, aan iedereen die ooit een Arduino in de hand nam om een project te maken, aan degenen die hun tijd besteedden aan het onderwijzen van anderen over het belang van digitale technologie, aan de kunstenaars, ontwerpers, engineers en wetenschappers die met behulp van een Arduino-board iets geweldigs willen doen, en – waarom niet – aan de Elektor-gemeenschap die ons omarmde en onze boodschap door de jaren heen hielp versterken.

In dit nummer treft u vraaggesprekken aan met leden van de Arduino-gemeenschap, speciale projecten die wij – bij Arduino – in onze vrije tijd doen, en voorbeelden uit de praktijk van hoe de Arduino-gemeenschap helpt de verbonden wereld een betere plek te maken. Dat is slechts een klein deel van alles wat er gebeurd is sinds Arduino in 2005 in Ivrea begon. We hopen dat u de verhalen en projecten die we voor u hebben uitgekozen leuk vindt. En onthoud: delen is geven!

David Cuartielles (mede-oprichter, Arduino)



Connected, maar niet complex
duik in de Arduino Cloud

18

ALTAIR 8800 SIMULATOR

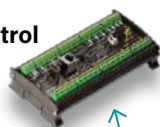
46

hardwaresimulatie van een vintage computer



Rubrieken

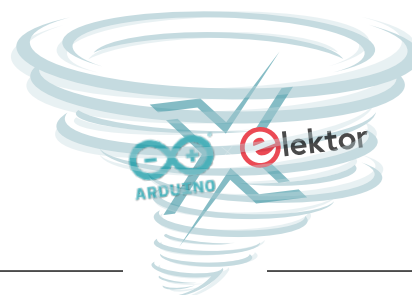
- 3 Innovatie met Arduino
- 13 Elektor's 2 MHz LCR Meter Kit met David Cuartielles
- 32 Maak kennis met Arduino
- 102 Aan de slag met de Portenta Machine Control
- 138 De toekomst van Arduino



Achtergrond en info

- 14 MicroPython betreedt de wereld van Arduino
- 18 Connected, maar niet complex
duik in de Arduino Cloud
- 23 Kennismaking met TinyML
groot is niet altijd beter
- 28 Arduino-sketches schrijven is nog beter geworden
de Arduino IDE 2.0
- 36 Aan de slag met de Portenta X8
software veilig beheren met containers
- 40 Bouw, uitrol en onderhoud van schaalbare, veilige applicaties
op basis van Arduino Portenta X8 – met de i.MX 8M Mini Applications Processor en EdgeLock SE050 Secure Element van NXP

- 66 Arduino Pro voor professionals
- 71 Slimme ovens – de ovens van de toekomst
- 72 Tagvance maakt bouwlocaties veiliger met Arduino
- 73 Santagostino krijgt genoeg lucht
met bewaking op afstand en gebruik van AI bij voorspellend onderhoud
- 74 Beveiliging neemt een hoge vlucht met RIoT Secure's MKR-gebaseerde oplossing
- 75 Open-Source brengt de wereld een nieuwe generatie watermanagement
- 82 De Mozzi Arduino-library voor geluidssynthese
gedachten van Tim Barrass
- 88 De nieuwe Portenta X8 (met Linux!) en Max Carrier herdefiniëren het haalbare
- 90 Hoe Arduino studenten aan vaardigheden voor de toekomst helpt
- 93 Must-Haves voor je elektronica-werkplek
- 96 Het belang van robotica in het onderwijs
- 98 Betrouwbaar IoT op basis van LoRa
- 126 Kunst met Arduino
inspirerende inzichten van kunstenaars en ontwerpers





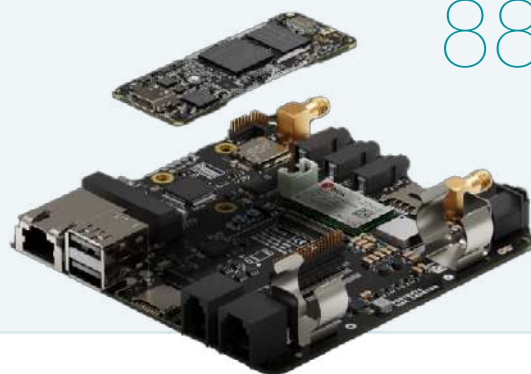
Landbouw in zakformaat

digitaal gestuurde kweekbox
voor binnenshuis



54

De nieuwe Portenta X8 (met Linux!) en Max Carrier herdefiniëren het haalbare



88

Projecten

6 Arduino Portenta Machine Control en Arduino Portenta H7

CAN/MQTT-gateway: een demoproject

43 Hoe ik mijn huis automatiseerde

Fabio Violante (CEO Arduino) over zijn oplossingen

46 Altair 8800-simulator

hardwaresimulatie van een vintage computer

50 MS-DOS op de Portenta H7

antieke software op moderne hardware

54 Landbouw in zakformaat

digitaal gestuurde kweekbox voor binnenshuis

62 Met Home Automation de wereld redden?

MQTT op de Arduino Nano RP2040 Connect

76 Senso

ontbossing detecteren met geluidsanalyse

104 8bit-gaming met Arduboy



110 Spaar water op de paardenrenbaan

meet continu de bodemvochtigheid
en temperatuurniveau via IoT

116 Het panettone-project

zuurdesemstarter onder controle

124 Space Invaders met Arduino



Elektor januari/februari 2023

Zoals u van ons gewend bent, hebben we een opwindende mix van projecten, schakelingen, achtergrondinformatie en tips en trucs van en voor elektronici en makers. De focus ligt op audio- en video-elektronica.

Een greep uit de inhoud:

- > video-uitgang met microcontrollers
- > ESP32-camera
- > 32Ω-hoofdtelefoonversterker
- > Workshop: ESP32 framework voor audio-ontwikkeling
- > Buizenversterker
- > Armeluis-chiptuning
- > Echte USB-toevalsgenerator
- > ATX-voeding voor Raspberry Pi

...en nog veel meer!

Aankondigingen onder voorbehoud

Elektor januari/februari 2023 verschijnt omstreeks 5 januari 2023.

Wil je meer content van Elektor en Arduino? In de komende weken publiceren we een bonuseditie van Elektor – ook onder gastredactie van Arduino – die nog veel meer Arduino-gerelateerde projecten en artikelen biedt: een controller voor Spotify, retrogaming met Arduino en meer! Neem een abonnement op het Elektor E-Zine (www.elektormagazine.nl/newsletter) en wij bezorgen de bonuseditie rechtstreeks in je inbox!



Arduino Portenta Machine Control en Arduino Portenta H7

CAN/MQTT-gateway: een demoproject

Figuur 1. De Arduino Portenta Machine Control.



Mathias Claussen (Elektor)

Is de Arduino Portenta Machine Control een alternatief voor een programmeerbare logische controller (PLC)? Het is Arduino's voet tussen de deur van de industrie. Hier is een kort overzicht van de Arduino Portenta Machine Control en de Arduino Portenta H7.

Arduino in industriële omgevingen: dat is waar de Arduino Pro-serie heen wil. Met de Arduino Portenta Machine Control (figuur 1) is nu een platform beschikbaar dat I/O's met de typische 24V- of 4-20mA-compatibiliteit aan boord heeft. Daarnaast worden Ethernet, CAN-FD, RS-232, RS-485 en RS-422 als bussystemen aangeboden. Voor verdere connectiviteit zijn WiFi, Bluetooth en USB beschikbaar. Uiteraard zijn ook I²C en aansluitingen voor thermokoppels niet vergeten. Aansluitingen op de Arduino Portenta Machine Control kunnen heel eenvoudig met push-in connectoren worden gemaakt, zoals je in figuur 2 kunt zien. Wie nu aan de Siemens S7-aansluitingen moet denken, heeft geen ongelijk. De Arduino Portenta Machine Control is bedoeld om mogelijkheden te scheppen voor ontwikkelaars in bestaande installaties – mogelijkheden die met klassieke PLC's niet haalbaar zouden

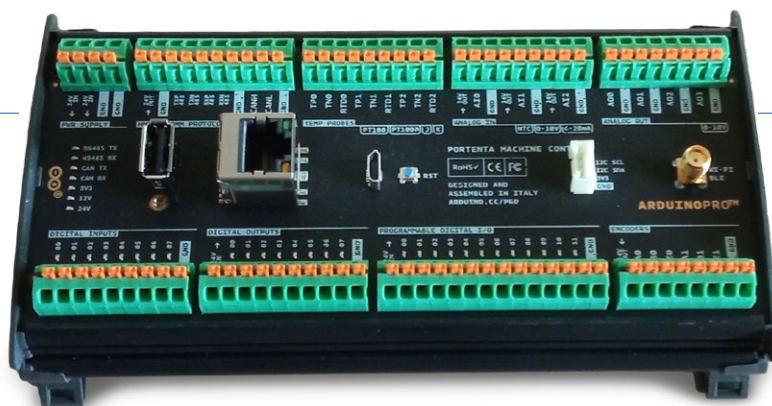
zijn. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de Arduino Portenta Machine Control is uitgerust met een functionele DIN-rail behuizing.

Arduino Portenta Machine Control

Wat maakt Arduino Portenta Machine Control anders dan een klassieke PLC? Als je een beetje zoekt, vind je informatie over de interne werking van een Siemens S7-1200 [1]. Maar wat maakt de Arduino Portenta Machine Control beter? Er is geen Raspberry Pi of Beagle Bone Black ingebouwd. Het hart van de machine is de Arduino Portenta H7 en zijn STM32H747XI-microcontroller (MCU). De MCU is een asymmetrisch dual-core type met een ARM Cortex-M7, die geklokt kan worden tot 480 MHz, en een Arm Cortex-M4, die geklokt kan worden tot 240 MHz. Naast de interne 2 MB flash en 1 MB SRAM van de

STM32 zijn er nog 8 MB SD-RAM en 16 MB QSPI-Flash (Quad Serial Peripheral Interface Flash [2]).

De STM32 Dual-core MCU op de Arduino Portenta H7 biedt dus voldoende resources om meer dan alleen eenvoudige PLC-toepassingen te draaien. In deze constellatie is het systeem het best uitgerust om neurale netwerken te verwezenlijken en nieuwe toepassingen mogelijk te maken dankzij machine learning. De Arduino Portenta H7 wordt rechtstreeks ondersteund door Edge Impulse voor een gemakkelijke instap in machine learning. Het beste van alles is dat de Arduino Portenta H7 een USB-C poort heeft die niet alleen als een USB-host of -slave kan werken, maar dankzij een slim ontwerp in staat is om tot 720p (1280×720 pixels) video-output te leveren. Een monitor kan dus direct met de Arduino Portenta H7 als human-machine



Figuur 2. De push-in connectoren van de Arduino Portenta Machine Control.

drivers wordt de STM32Cube van STMicroelectronics gebruikt, met beproefde code rechtstreeks van de fabrikant. De softwarelagen zijn te zien in **figuur 5**.

Nuttige Arduino-bibliotheken voor Arduino Portenta Machine Control en Arduino Portenta H7

Naast de kern voor de Arduino IDE, het board package, zijn er enkele bibliotheken die een snelle ontwikkeling mogelijk maken. Voor de Arduino Portenta Machine Control is de bibliotheek met de naam Arduino Portenta Machine Control beschikbaar. Deze bibliotheek biedt passende functies voor de temperatuursensor-interface van de Arduino Portenta Machine Control en passende aansturing van de RS-485 drivermodules en de 24V-GPIO's. Ook de aansturing van de CAN-interface wordt hier geregeld.

Als je de ingebouwde WiFi wilt gebruiken om op afstand nieuwe firmware te installeren, kun je de Arduino_Portenta_OTA-bibliotheek gebruiken. Deze kan worden gebruikt om firmware-updates naar de externe flash of een SD-kaart te schrijven. De eerstvolgende keer dat de bootloader dan wordt gestart, zal deze de firmware bijwerken.

Omdat Bluetooth Low Energy (BLE) ook wordt ondersteund, is nog wel een BLE-stack

interface (HMI) worden verbonden. Helaas is de USB-C poort die het videosignaal levert niet direct toegankelijk op de Arduino Portenta Machine Control.

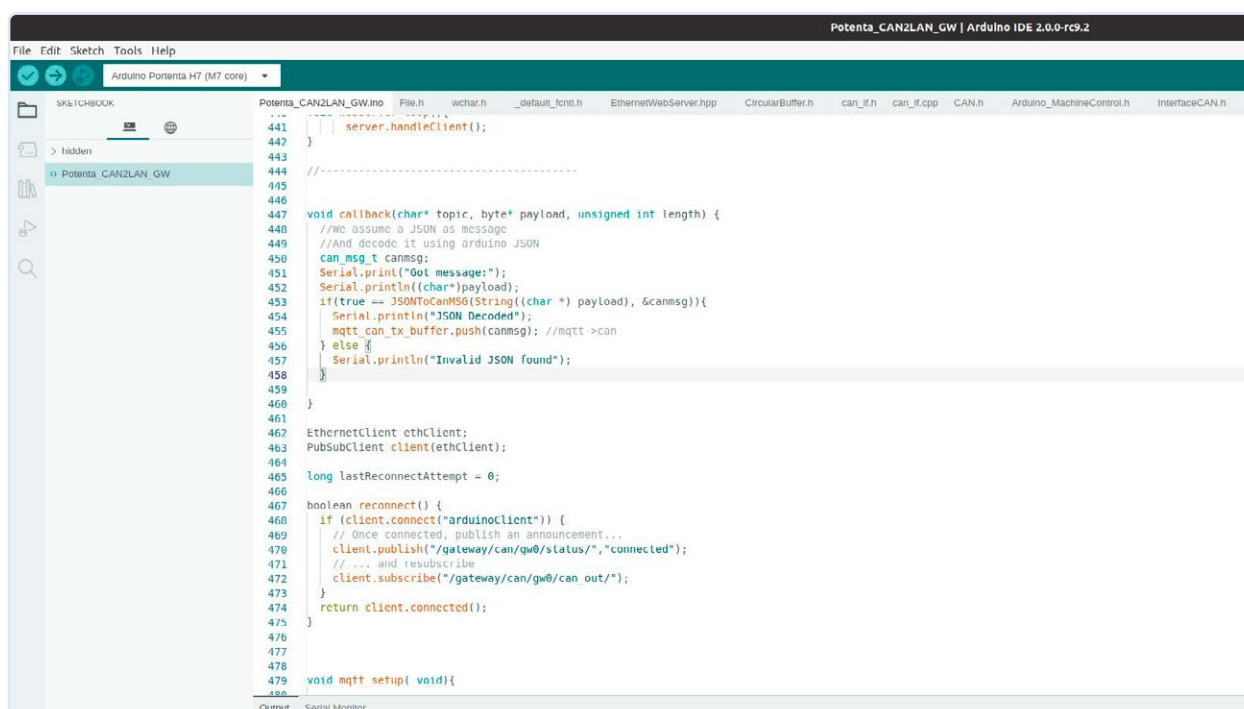
Met al deze nieuwe mogelijkheden heb je waarschijnlijk al ideeën voor je eigen toepassingen gekregen. In dit artikel laat ik je zien hoe je een klein project kunt aanpakken met de Arduino Portenta H7 en de Arduino Portenta Machine Control.

Software-framework en IDE

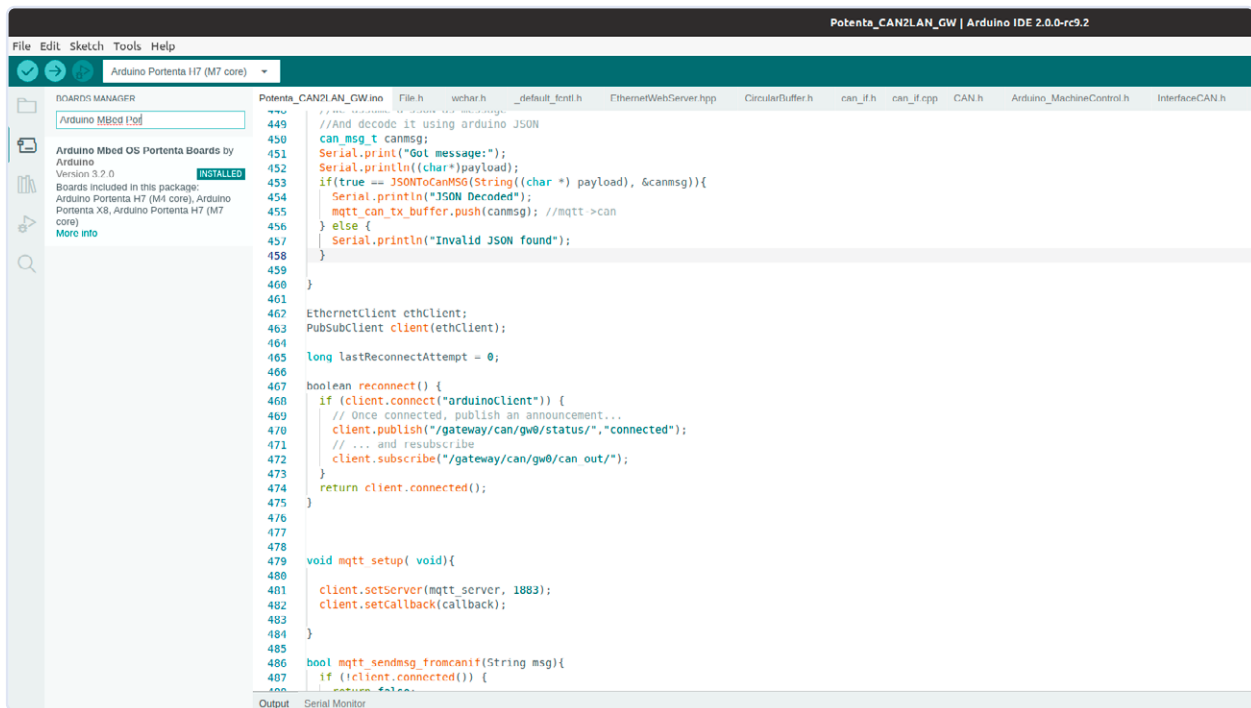
Voor de Arduino Portenta H7 is het Arduino-framework beschikbaar dat kan worden gebruikt met de Arduino IDE versie 1.x of de nieuwe IDE (versie 2.x). Versie 1.x van de editor is niet de beste in zijn soort; versie 2.x biedt aanzienlijke verbeteringen. De gebruikersin-

terface van versie 2.x is te zien in **figuur 3**.

Om de Arduino IDE te gebruiken voor de aansturing van Arduino Portenta H7 of Arduino Portenta Machine Control, moet alleen het juiste board package (**figuur 4**) geïnstalleerd zijn om te kunnen beginnen met ontwikkelen. Je kunt ook eens kijken naar PlatformIO [3]. Daar wordt ook de Arduino Portenta H7 direct ondersteund en wordt Visual Studio Code gebruikt als editor. De Arduino IDE en application programming interface (API) verbergen andere software-machinatie op de achtergrond. Dat is het Mbed OS [4] als besturings-systeem en zijn hardware-abstractiebibliotheek (HAL) voor de hardware. Daarnaast is er de openAMP bibliotheek [5], die gebruikt kan worden voor de communicatie tussen de processoren. Voor de hardware-specifieke



Figuur 3. Arduino IDE versie 2.



Figuur 4. Board in de Board Manager.

nodig. Deze heet ArduinoBLE en kan worden gedownload via de librarymanager. Wat de grafische uitvoer betreft, vertrouwt de Arduino Portenta H7 op een bibliotheek die de pixels op de juiste manier rangschikt. De Little Versatile Graphics Library (LVGL) is zo'n bibliotheek en in zijn huidige versie een goede basis voor je eigen HMI-ontwikkeling.

Bijna een klassieke PLC: Arduino Portenta Machine Control en IEC 61131-3

Op het moment van schrijven was de ondersteuning voor IEC 61131-3 [6] nog proviso-

risch en de screenshots zijn van een bèta-versie (figuur 6 en figuur 7). Maar, wat is IEC 61131-3, en waarom moet de Arduino Portenta Machine Control deze ondersteunen?

Iedereen die met klassieke PLC's zoals een S7-1200 van Siemens werkt, zal al in aanraking zijn gekomen met IL (instruction list), LD (ladder diagram) of ST (structured text). Het maken van besturingen met deze programmeertalen is een standaard geworden in de industrie. Deze talen en procedures zijn beschreven in IEC 61131-3. Met de ondersteuning van de Arduino Portenta Machine Control kunnen gebruikers dus terugvallen op bestaande kennis en zonder veel moeite beproefde ontwerpen verwezenlijken.

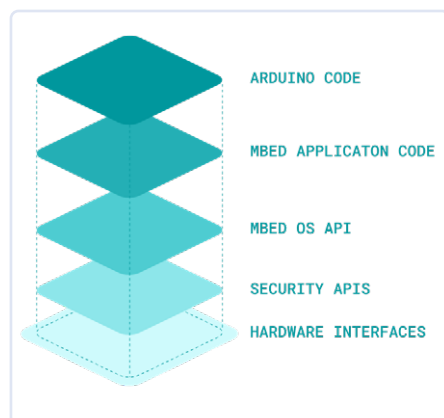
Eén MCU, twee processorkernen

De programmering van de STM32 MCU verschilt van die van de andere Arduino's. Hier hebben we twee processoren die onafhankelijk van elkaar werken, maar wel toegang hebben tot dezelfde periferie. In de Arduino IDE kun je nu kiezen of het project op de Arm Cortex-M4 of op de -M7 moet draaien en hoe de beschikbare flash over de processoren wordt verdeeld. Zo kan bijvoorbeeld de realtime-besturing van de machine op de ene kern draaien, terwijl een MicroPython-instantie zijn werk doet op de andere kern. Ook kun je je AI-toepassing laten rekenen op de

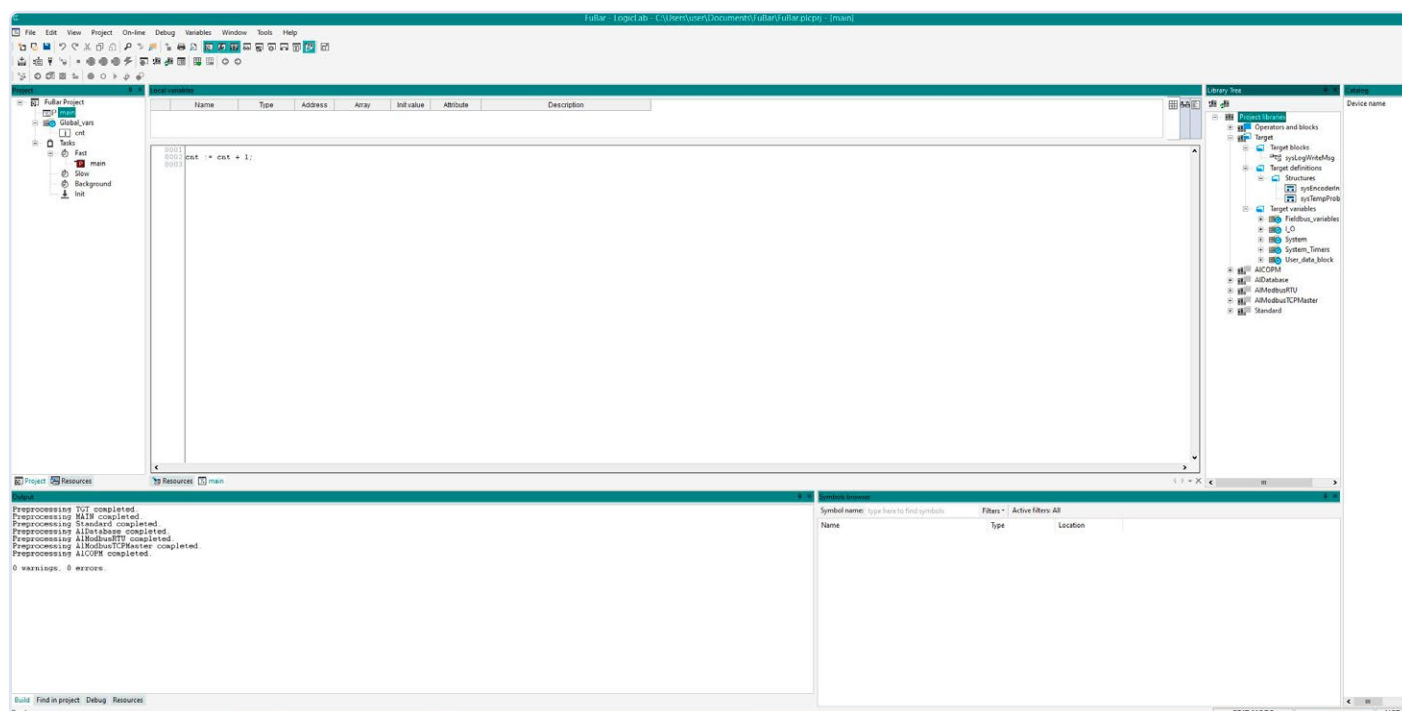
Arm Cortex-M7-kern en de M4-kern gebruiken voor andere communicatie, zoals TCP/IP, CAN of Modbus. Een blokschema van de STM32-MCU is te zien in figuur 8.

Externe RAM, flash en Secure Element

Zoals ik eerder al opmerkte, is er 8 MB SD-RAM aangesloten, waartoe beide CPU's toegang hebben. Niet alleen is toegang tot data mogelijk, maar ook het uitvoeren van programmacode vanuit het externe RAM. Daarnaast is er de 16 MB QSPI-flash, die de STM32 ook rechtstreeks in zijn geheugengebied zou kunnen plaatsen. Dit staat de MCU toe de 16 MB flash als intern geheugen te gebruiken en ook code direct van daaruit (XiP – Execution in Place) uit te voeren. Helaas staat deze optie niet ter beschikking in de Arduino-softwarestack. De 16 MB flash wordt behandeld als externe QSPI-flash en als massaopslag met een passend flash-bestandssysteem gebruikt. Tot 16 MB data kunnen worden opgeslagen in het geheugen, wat heel handig kan zijn voor over-the-air (OTA) updates of andere data. Iets om rekening mee te houden bij het ontwikkelen van code is waar die wordt weggeschreven. Uitvoering vanaf intern flashgeheugen of SD-RAM zorgt ervoor dat de MCU gedurende verschillende perioden moet wachten op code en data. Onhandige



Figuur 5. Softwarelagen voor de Arduino Portenta H7 (bron: Arduino, <https://bit.ly/arduino-mbed-stack>).



Figuur 6. Eenvoudige teller in de Arduino PLC-editor.

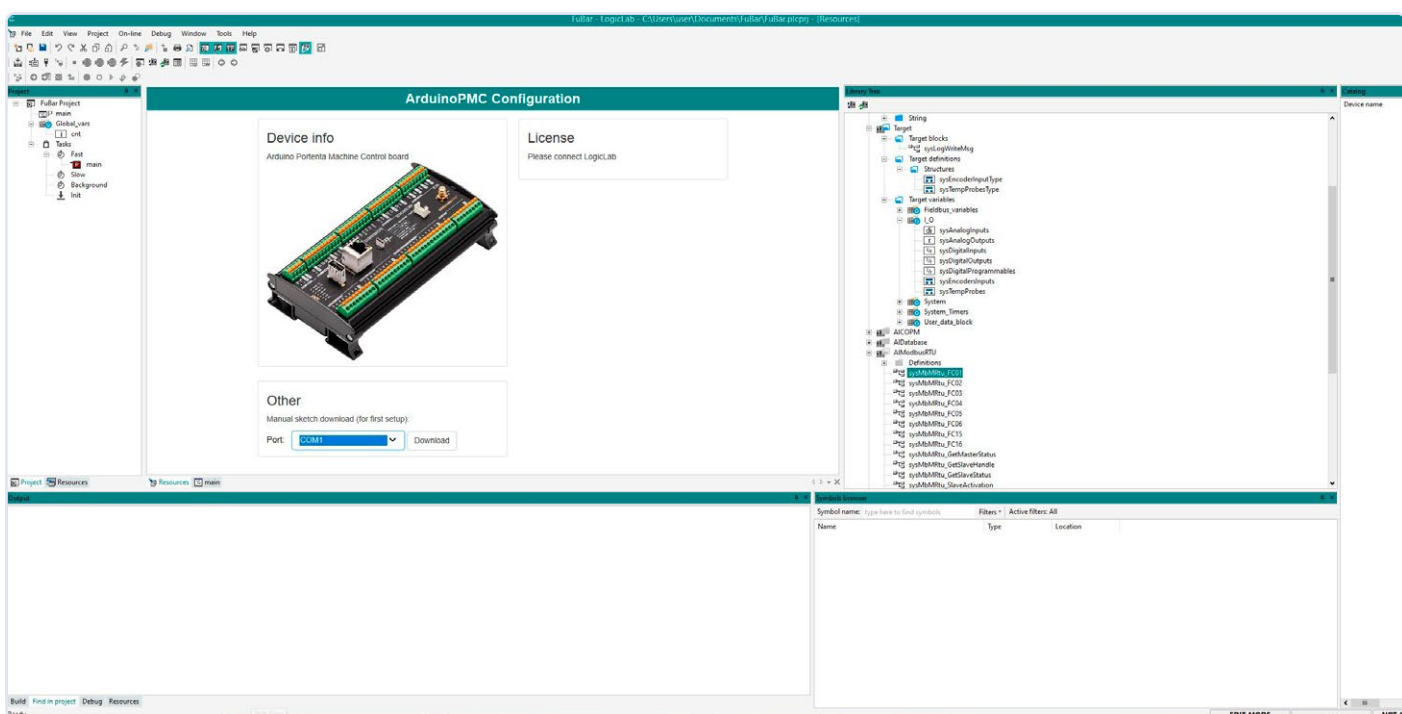
plaatsing kan leiden tot aanzienlijk verlies van verwerkingskracht.

De Arduino Portenta H7 heeft een Secure Element. Dit is een NXP SE050 Secure Element, waarvan de kleinere broertje, de SE050E, al een keer door ons besproken is [7].

Voorbeeldproject met van de Arduino Portenta Machine Control

Nu de hardware is geïntroduceerd, zal een klein voorbeeldproject demonstreren hoe je software schrijft voor de Arduino Portenta

Machine Control. Hier wordt een CAN/ MQTT-gateway gemaakt. Deze gateway zal CAN-berichten verwerken volgens CAN 2.0B en deze als MQTT-berichten doorsturen naar een via LAN aangesloten server. Deze software is slechts een kleine demonstratie



Figuur 7. Projectoverzicht in de Arduino PLC-editor.

en de broncode is bij lange na niet geschikt voor productie.

Waarvoor is een CAN/MQTT-gateway nodig?

Als je data op een CAN-bus wilt registreren en evalueren, kunt je dit gemakkelijk op afstand doen. De data kunnen vervolgens naar een database worden geschreven of met andere methoden (bijvoorbeeld met AI) op afwijkingen worden onderzocht. Dankzij het transport via MQTT kunnen meerdere deelnemers de CAN-data evalueren of berichten naar de CAN-bus sturen. En CAN wordt niet alleen gebruikt in de industrie of in auto's; een CAN-bus kan ook thuis in de modelbaan verwerkt zijn [8].

CAN, MQTT en WebSocket-bibliotheken

Voor het verzenden of ontvangen van CAN-berichten wordt de ingebouwde CAN-controller gebruikt, die hardwarematig ook Controller Area Network Flexible Data-Rate (CAN-FD) afhandelt. Helaas wordt de CAN-controller hier enigszins vertraagd door het Mbed OS dat als tussenlaag dienstdoet, en momenteel beperkt is tot CAN 2.0B.

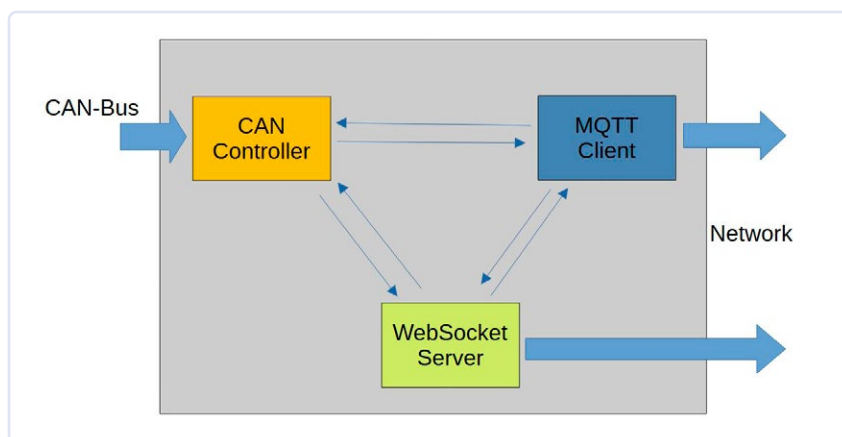
De PubSubClient [9] versie 2.8 wordt gebruikt voor de MQTT-verbinding. Voor de WebSocket-verbinding wordt de Ethernet Webserver van Khoi Hoang [10] gebruikt. Deze biedt ook een webserver waarmee webpagina's kunnen worden afgeleverd. Qua functionaliteit lijkt deze sterk op die van de ESP32, zodat toepassingen gemakkelijk kunnen worden gemigreerd vanuit een ESP32 of ESP8266, althans in theorie.

De webserver zelf is opgenomen in het project en retourneert ook een statische pagina met de fout 404 (pagina niet gevonden). Wat betreft het lezen uit het flash-bestandssysteem van de Arduino Portenta, zijn er een paar kleine onverenigbaarheden tussen de API van de Ethernet Webserver-bibliotheek en de API voor toegang tot het bestandssysteem van de Arduino Portenta. Met een beetje tijd en moeite kan dit echter opgelost worden door een kleine klasse toe te voegen die dan bestandstoegang biedt die geschikt is voor de webserver. De opzet van de software is te zien in **figuur 9**.

De software was al geschreven met het idee van een functionele webserver en levert de CAN-berichten niet alleen via MQTT, maar ook via WebSocket. Dit zou dan ook visua-



Figuur 8. Overzicht STM32H747XI (bron: STMicro, <https://bit.ly/3xoRTDF>).



Figuur 9. Ruwe opzet van de software.


```

7 core)
Potenta_CAN2LAN_GW.ino File.h wchar.h _default_fcntl.h EthernetWebServer.hpp CircularBuffer.h can_if.h can_if.cpp CAN.h
1 // Project configuration
2 //-----
3
4 #define CAN_BIT_RATE CAN_SPEED_500KBPS
5 IPAddress mqtt_server(10, 10, 10, 10);
6
7 //-----
8
9 #if ( ( defined(ARDUINO_PORTENTA_H7_M7) || defined(ARDUINO_PORTENTA_H7_M4) ) && defined(ARDUINO_ARCH_MBED)
10
11     #if defined(BOARD_NAME)
12         #undef BOARD_NAME
13     #endif
14
15     #if defined(CORE_CM7)

```

Figuur 10. Configuratie van de CAN- en MQTT-server.

lisatie en interactie van de CAN-bus via een webbrowser mogelijk maken.

Softwarestructuur

Voor de gateway zijn de drie componenten een MQTT-client, een WebSocket-server en de afhandeling van de CAN-data. Omdat noch WebSocket noch MQTT voorschrijven hoe de data worden uitgewisseld, wordt hier JSON gebruikt.

De configuratie van de software gebeurt hier volledig in de broncode, vanwege de korte ontwikkelingstijd van het project, en vanwege kleine complicaties met de webserver. De juiste bitrate moet worden ingesteld voor CAN en het IPv4-adres in het netwerk moet worden ingevoerd voor de MQTT-server. Dat deel van de software voor de configuratie is te zien in **figuur 10**.

CAN-berichten die door de CAN-controller worden ontvangen, worden door de software doorgestuurd via MQTT en WebSocket. Als JSON-data met CAN-berichten met succes via MQTT worden gedecodeerd, worden deze doorgestuurd naar de CAN-controller en naar de WebSocket-server. WebSocket-data met CAN-berichten worden doorgestuurd naar de MQTT-server en de CAN-controller.

De WebSocket-server was bedoeld om de CAN-data via een webinterface weer te geven of data te versturen. Hiervoor zou alleen een terminal met een browser nodig zijn. De server werd echter in de software gelaten omdat andere systemen rechtstreeks verbinding kunnen maken met de Arduino Portenta Machine Control om data uit te wisselen via WebSocket. Hier zou dan geen MQTT-server nodig zijn.

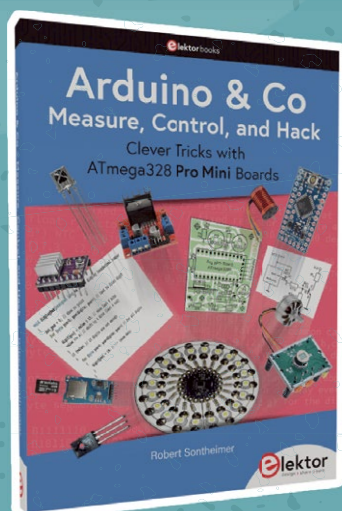
JSON in MQTT-berichten en WebSocket-verbindingen

JavaScript Object Notation (JSON) [11] wordt gebruikt voor uitwisseling van data. De structuur van de JSON is vrij eenvoudig en bevat de data van het CAN-bericht evenals de interface (CAN, MQTT of WebSocket) via welke het bericht is ontvangen. Een voorbeeld van zo'n JSON-string ziet er als volgt uit:

```

{
  "src": "can_if0",
  "type": "can",
  "extid": false,
  "canid": 2047,
  "length": 8,
  "data": [
    0,

```



Arduino & Co – Measure, Control, and Hack

Met een eenvoudig Pro Mini board en een paar andere componenten worden projecten die 20 of 30 jaar geleden ondenkbaar waren (of een klein fortuin zouden hebben gekost) in dit boek eenvoudig en betaalbaar gerealiseerd: Van eenvoudige LED-effecten tot een volledig oplaad- en teststation dat een oplaadbare batterij op de proef stelt, er is voor elk wat wils.

www.elektor.nl/20243



```
0,
255,
255,
0,
0,
0,
128
]
}
```

Voor de MQTT-verbinding wordt het onderwerp “/gateway/can/gw0/can_in/” gebruikt voor CAN-berichten die door de CAN-controller worden ontvangen. Het CAN-bericht wordt hier gepubliceerd als een JSON-bericht, zodat allen die op dit MQTT-onderwerp zijn aangemeld een kopie van het bericht ontvangen.

Berichten ontvangen via WebSocket worden gepubliceerd in het “/gateway/can/gw0/ws_in/” subject van de MQTT-server. Dit maakt het mogelijk te onderscheiden welke berichten via MQTT en welke via WebSocket naar de CAN-interface zijn gestuurd.

Het subject “/gateway/can/gw0/can_out/” is aangemeld op de MQTT-server. Als daar nu een bericht wordt gepubliceerd, probeert de software dit te decoderen als een JSON-bericht en er een geschikt CAN-bericht van te maken. Als dit lukt, wordt het bericht doorgegeven aan de CAN-interface en de WebSocket-server.

Hoe verder?

De software hier is slechts bedoeld als idee en is verre van compleet. Het is bedoeld om tips te geven over hoe je eigen projecten zouden kunnen worden ontworpen en te laten zien hoe

je snel je eigen toepassingen kunt schrijven met bestaande bibliotheken en enige kennis van het Arduino-framework. De software kan worden gedownload van de Elektor Labs site [12].

De Arduino Portenta Machine Control kost € 300. Houd er bij het opstellen van je project-begroting rekening mee dat de behuizing natuurlijk functioneel is ontworpen, maar dat een WiFi-antenne ontbreekt, dus plan dienovereenkomstig. Let er ook op dat je een antenne gebruikt met 3 dB of minder versterking om binnen de voorschriften te blijven. Zoals in de meeste gevallen kan software een uitdaging vormen. Maar aan de slag gaan met het Arduino-framework is heel eenvoudig en je kunt veel van je kennis hergebruiken. Met de Arduino IDE 2.x is de editor sterk verbeterd en is het verzamelen van alle softwarepakketten voor de Arduino Portenta Machine Control een kwestie van minuten. Op een gegeven moment hebben bibliotheken wat gebruikersinput nodig, dus als je bugs vindt, meld ze dan alsjeblieft. Dit zal ervoor zorgen dat iedereen uiteindelijk een betere ervaring heeft. Wat de Arduino Portenta Machine Control betreft, is de indruk: veel potentieel. De Arduino Portenta H7 is een zeer solide basis qua hardware, en de prijs van ongeveer € 120 maakt hem interessant voor veel projecten. De optie om een HMI te realiseren is zeer uitnodigend. Ook het hebben van RAM en flash verbonden met de STM32H7 op de Arduino Portenta H7 maakt het mogelijk om meer complexe data op te slaan en zelfs grotere AI-modellen op de MCU te draaien. Met WiFi, Bluetooth en Ethernet, plus hardware voor de gangbare bussystemen, blijven nauwelijks nog wensen over. De Arduino Portenta H7

kan niet alleen dienen als basis voor industriële besturingstoepassingen, maar zou qua hardware zeker ook zeer geschikt zijn als hart van andere toepassingen. 

220448-04 (vertaling: Willem den Hollander)

Over de auteur

Mathias Claussen is senior engineer en technisch redacteur bij Elektor. Je kunt contact met hem opnemen via mathias.claussen@elektor.com. Je kunt veel van zijn artikelen lezen op www.elektormagazine.com/claussen. Je kunt Mathias ook volgen tijdens de maandelijkse Elektor Lab Talk-livestream op YouTube (www.elektormagazine.com/elt), waar je hem live je vragen kunt stellen!



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel zijn genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-h7
- > **Arduino Portenta Machine Control**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-machine-control
- > **Arduino Portenta Vision Shield**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-vision-shield

WEB LINKS

- [1] Een Siemens S7-1200 van binnen: <https://sec-consult.com/blog/detail/reverse-engineering-architecture-pinout-plc/>
- [2] Wikipedia: QSPI: https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface#Quad_SPI
- [3] PlatformIO: <https://platformio.org/>
- [4] ARM Mbed OS: <https://os.mbed.com/mbed-os/>
- [5] OpenAMP GitHub-repository: <https://github.com/OpenAMP/open-amp>
- [6] Wikipedia: IEC 61131-3: https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3
- [7] M. Claussen, “NXP EdgeLock SE050E Secure Element”, Elektor juni 2022: www.elektormagazine.nl/news/review-nxp-edgelock-se050e-secure-element-nl
- [8] Märklin CS2 CAN-protocol: www.maerklin.de/fileadmin/media/produkte/CS2_can-protokoll_1-0.pdf
- [9] pubsubclient GitHub-repository: <https://github.com/knolleary/pubsubclient>
- [10] EthernetWebServer GitHub-repository: <https://github.com/khoih-prog/EthernetWebServer>
- [11] JSON: www.json.org/json-en.html
- [12] Projectpagina op Elektor Labs: www.elektormagazine.com/labs/can-to-mqtt-gateway-with-arduino

2 MHz LCR Meter Kit

Measuring instrument - kit

- 2 precision PCBs (laser finished), silver finish, and SMD components (single sided)
- 4 BNC sockets (one screened off, 2 as inputs)
- integrated case drilled, sandblasted and silk screened
- Test clip with one bipolar clip and a gold plug
- 100 nV/div (100 µA range)
- Accuracy: frequency 1% per decade
- Measurement functions for voltage divider
- Multimeter pinhead assembly holder (100 pieces)

Extensive functionality:

1. Low impedance mode (down to 1 mΩ)
2. Auto shutdown (wait) standby (100 ms) 200 Hz, 500 Vrms and 10 A rms
3. Multifunction measurement using 8 V and 100 mA ranges and low impedance and full test for impedance

Required tools:

- included adjustment tool for a potentiometer
- standard electronic tools (soldering iron, desoldering pump, solder, flux) - (not provided)

e-lektor
electronics kits

220555-03 (vertaling: Evelien Snel)



Elektor LabTalk

Elektor LabTalk,
26 januari 2023 -
livestream met David!



[www.electromagazine.com/
labtalk-david](http://www.electromagazine.com/labtalk-david)

MicroPython betreedt de wereld van Arduino

Stuart Cording (Elektor)

MicroPython is doorgedrongen tot de wereld van Arduino en biedt het eerste belangrijke alternatief voor programmeren in C en C++. Dus, wat is al die ophef, hoe gemakkelijk is het te gebruiken, en wie kan profiteren van programmeren in deze, voor microcontrollers, relatief nieuwe taal? Elektor sprak met Sebastian Romero (Head of Content, Arduino) om meer te weten te komen.



Sebastian Romero (Head of Content @Arduino)

Sebastian Romero, Head of Content bij Arduino, is een interactie-designer, pedagoog en creatief technoloog met een zwak voor mensen. Met zijn team is hij verantwoordelijk voor het creëren van boeiende leerervaringen om talloze technici, ontwerpers, kunstenaars, hobbyisten en studenten te helpen innoveren.

C en C++ zijn sinds de geboorte van Arduino in het begin van de jaren 2000 de basis geweest voor de ontwikkeling van Arduino-software. Dankzij een voorgedefinieerde programmastructuur met een `setup()`- en een `loop()`-functie, werden beginners in de wereld van embedded software-ontwikkeling begeleid bij het opzetten van hun board en het uitvoeren van hun toepassing in een loop. Nu is er een nieuwe taal beschikbaar. MicroPython is een ietwat uitgekleepte versie van Python, een geïnterpreteerde programmeertaal voor algemeen gebruik, gericht op microcontrollers. De vraag is waarom we een geïnterpreteerde taal zouden gebruiken op hardware die gebruikt wordt

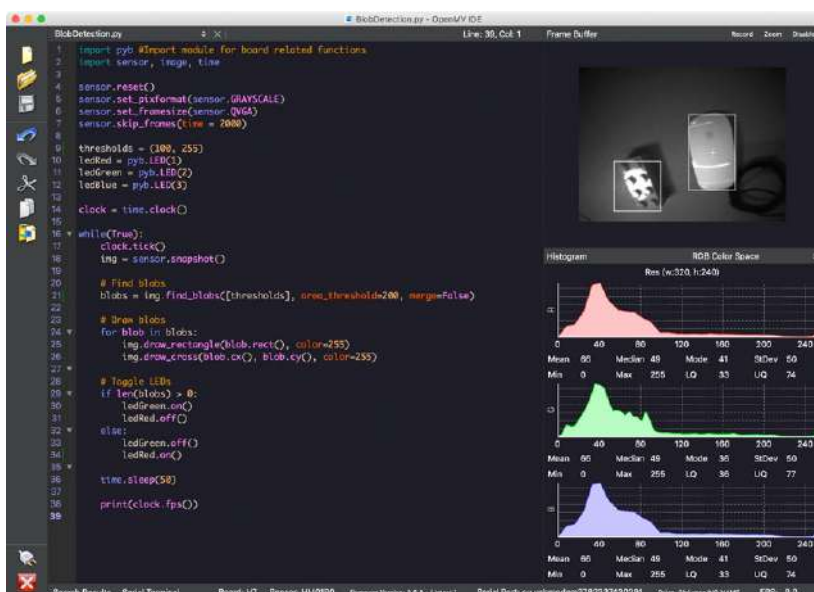
voor real-time toepassingen?

“Omdat MicroPython door zijn eenvoud zeer geschikt is voor beginners, behoorden docenten tot de eersten die ons ernaar vroegen,” legt Sebastian Romero, Hoofd Content bij Arduino, uit.

In C is de omgang met microcontroller-registers gemakkelijker dan in assembler, en object-georiënteerd programmeren (OOP) in C++ zorgt voor een meer beknopte code met minder fouten. Het ontleden van strings is echter een uitdaging, en er is geen native ondersteuning in de taal voor het verwerken van de hedendaagse web-dataformaten zoals HTTP, JSON [1] of RegEx [2] (reguliere expressie). Omdat het hedendaagse onderwijs draait om interactie met het internet en webdiensten, is C/C++ op een zijspoor gezet ten gunste van talen als Python, die het coderen van zulke toepassingen eenvoudiger maken.

“Als gevolg daarvan blijf je als docent liever bij Python als het onderwerp microcontrollers ter sprake komt,” zegt Sebastian.

Natuurlijk zijn het niet alleen docenten. Makers hebben een reeks boards van andere leveranciers die MicroPython ondersteunen, zoals de ESP32, Raspberry



Blobdetectie op Arduino Portenta H7 in OpenMV.



In tegenstelling tot C/C++ sketches die moeten worden gecompileerd en geladen, kan MicroPython direct na elke wijziging worden uitgevoerd.

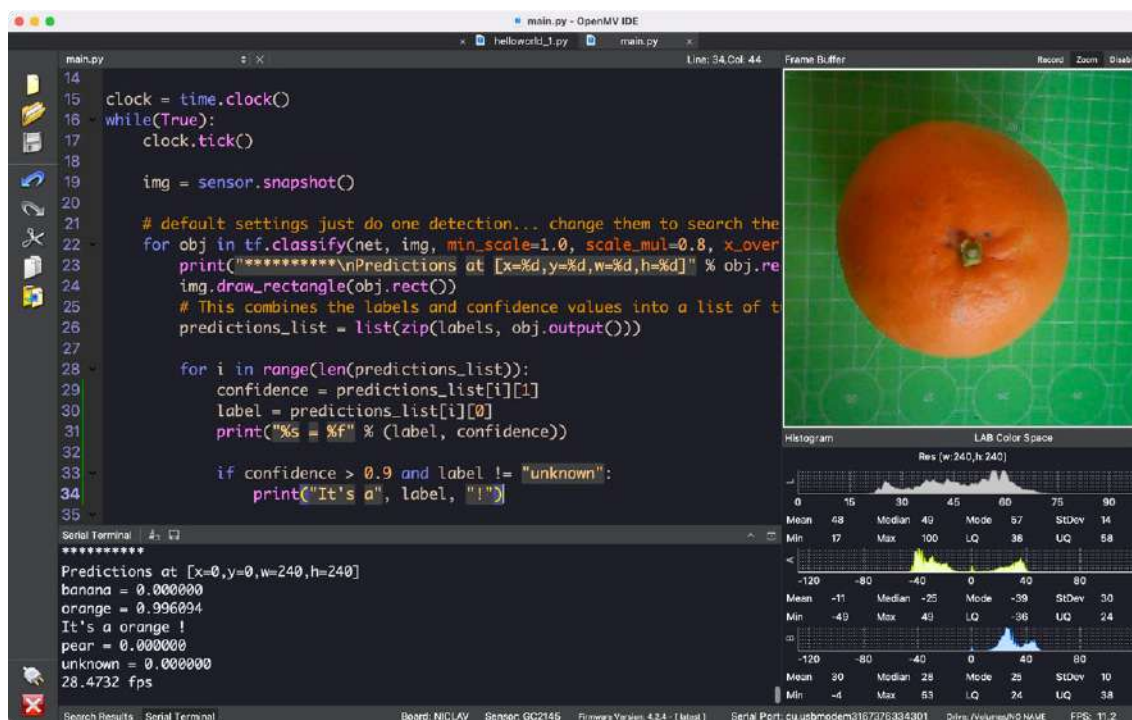
Pi Pico en pyboard. En ook de industrie kijkt steeds meer naar MicroPython. De snelle groei van machine learning (ML) is deels te danken aan het feit dat er bibliotheken voor Python bestaan. Met teams van technici die vertrouwd zijn met Python, willen weinigen overstappen naar C/C++ wanneer ze hun ML-model en -toepassing overbrengen naar een microcontroller, en blijven ze liever bij één ontwikkelstack. Het andere probleem is het personeelsbestand – het wordt steeds moeilijker om C/C++ programmeurs te vinden, terwijl de academische wereld volop Python-competente technici voortbrengt.

MicroPython versus Python: wat is het verschil?

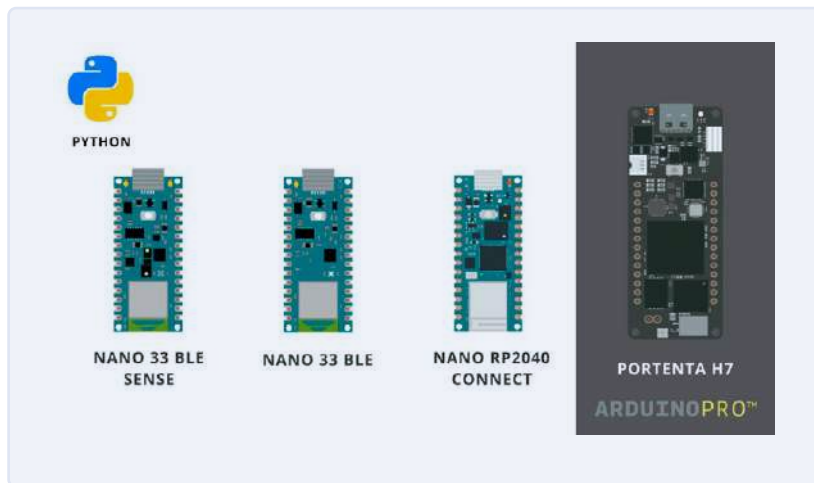
Python zag het licht tegen het eind van de jaren tachtig, ontworpen door Guido van Rossum [3]. Het is ontworpen voor een prettig gebruik, en wil ook expliciet zijn in plaats van impliciet, eenvoudig, en leesbare code opleveren. In 2013 lanceerde Damien George met succes een Kickstarter-campagne [4] voor een vanaf de grond af ontworpen versie voor microcontrollers, samen met de pyboard-hardware om het programma te draaien. Micro Python, zoals het toen heette, beloofde een scripttaal waarmee je 'moeiteloos LED's kunt laten knipperen, spanningen kunt aflezen' en meer. Microcontrollers met een USB-aansluiting zouden als een USB-stick verschijnen waar code naar toe kon worden geschreven. Het systeem kon ook dienst doen als een serieel apparaat, met

een commandoregel die bekend staat als REPL (read, evaluate, print, loop).

Zoals te verwachten, heeft MicroPython een redelijke hoeveelheid geheugen nodig om de geladen code en de interpretatie daarvan tijdens de uitvoering te ondersteunen. Hoewel 128 kB flash en 8 kB SRAM in theorie volstaan, zijn de mogelijkheden dan zo beperkt dat het niet prettig werkt. Daarom gebruiken de meeste MicroPython-boards een microcontroller met tenminste 256 kB flash en 16 kB SRAM. Dat heeft als neveneffect dat een systeem is gekozen met een relatief krachtige processor die op ongeveer 50 MHz of meer draait en een respectabele hoeveelheid mogelijkheden biedt. "Het verbaast me nog altijd wat er met niet meer dan 16 kB SRAM mogelijk is," citeert Sebastian – het citaat is van Jim Mussared, een embedded engineer bij micropython.org. "De meeste studenten hebben, tenminste bij beginnersprojecten, geen grote heap nodig. De complexiteit van hun projecten neemt meestal toe door meer code."



Beeldclassificatie op Arduino Nicla Vision in OpenMV.



Zulke MicroPython-projecten implementeren voornamelijk toestandsmachines en evalueren sensorgegevens.

Maar het SRAM wordt niet alleen gebruikt om variabelen in op te slaan. Het slaat ook de gecompileerde bytecode op, zoals geïmporteerde modules, voor uitvoering door de MicroPython virtuele machine (VM). Dat kan problemen opleveren bij het verwerken van grote hoeveelheden data, zoals strings, of het maken en verwijderen van veel objecten waardoor er onvoldoende SRAM overblijft om de compiler uit te voeren. Zodra de code echter volwassen is geworden, kan de bytecode worden voorgecompileerd en opgeslagen in flash (in het bestandssysteem) of worden geïmplementeerd als frozen bytecode om nog meer SRAM te besparen [5].

MicroPython is ook kieskeuriger dan Python bij het invoeren van code, en eist correct gebruik van spaties. Gebruikers leren ook snel dat sommige standaardfuncties, zoals een volledige implementatie van de standaardbibliotheek, niet beschikbaar zijn vanwege de beperkte hardwaremogelijkheden.

Ontwikkelomgeving voor Arduino MicroPython

Het Arduino-team selecteerde de versie van MicroPython die door OpenMV wordt onderhouden, omdat de nieuwe met camera's uitgeruste boards van Arduino profiteren van de machine vision-functies en de ingebouwde ondersteuning voor Tensor Flow Lite die OpenMV biedt. [6] Het resultaat is dat gebruikers een goed ondersteund, volwassen platform en ontwikkelomgeving hebben. OpenMV is gemaakt om machine vision-toepassingen op microcontrollers te ondersteunen, wat goed aansluit bij de wens van veel gebruikers om afbeeldinggebaseerde ML-toepassingen te bouwen.

OpenMV IDE (Integrated Development Environment) biedt het werkterrein voor MicroPython-coders in plaats van de traditionele Arduino IDE. Het biedt de basisfuncties die ontwikkelaars verwachten, zoals een venster voor het ontwikkelen van de code en een seriële terminal. Bovendien is er ondersteuning voor machine vision toepassingen, zoals visualisatie van een framebuffer en een histogramtool om kleur- en helderheidsbereiken visueel te analyseren. Verder heeft het een ingebouwde tool om camerabeelden direct te uploaden naar Edge Impulse Studio om eenvoudig een machine learning-model te trainen. Maar misschien ligt de grootste verandering in de manier waarop code wordt ontwikkeld en toegepast. "In tegenstelling tot C/C++ sketches die moeten worden gecompileerd en geladen, kan MicroPython direct na elke wijziging worden uitgevoerd. Dat versnelt de ontwikkeling aanzienlijk en brengt de codeerervaring dichterbij die van Python," aldus Sebastian.

Een andere geweldige functie is REPL, waarmee korte scripts kunnen worden uitgevoerd of afzonderlijke functies direct op de controller kunnen worden getest.

Arduino hardware-ondersteuning voor MicroPython

In totaal ondersteunen momenteel vijf Arduino-boards MicroPython: de Nano 33 BLE en Nano 33 BLE Sense; de Nano RP2040 Connect; de Portenta H7 en de Nicla Vision. De meeste boards vereisen een firmware-update om de MicroPython-runtime in flash te laden voordat ze aan de slag gaan. Zoals we gewend zijn, is dit proces niet alleen eenvoudig, maar ook goed gedocumenteerd [7]. Boards als de Nano 33 hebben een voorbereidingsstap die de Arduino IDE gebruikt, terwijl de andere direct door OpenMV worden herkend en geprogrammeerd met de benodigde firmware.

De toepassing wordt geschreven als een Python-script in OpenMV dat wordt overgebracht naar het board. Een enkele klik op de Play-knop is alles wat tussen de programmeur en de uitvoering van de code staat.

Wat kunnen we verwachten?

Wat is de toekomst voor Arduino nu MicroPython er is? Natuurlijk ben je bezorgd dat met de introductie van MicroPython de traditionele C/C++ sketch een antiquiteit wordt. Maar dat is niet gewenst en ook niet de bedoeling. In scenario's waar real time-uitvoering een vereiste is, zal C/C++ het aangewezen middel blijven.

"We zien een groei in de vraag naar Python-ondersteuning op microcontrollers, vooral bij pioniers in de industrie die werken aan de ontwikkeling van ML-toepassingen, die al een Python-stack gebruiken," zegt Sebastian.

In feite breidt de ondersteuning van MicroPython de beschikbare opties voor Arduino-gebruikers eerder uit dan dat het ze vervangt. Op lange termijn zouden ontwikkelaars van C/C++ sketches geschikte boards in dezelfde vormfactor moeten vinden die ook MicroPython ondersteunen.

“Voor veel van de klassieke Arduino-boards zou een MicroPython-implementatie zeer beperkte voordelen bieden en dus geen redelijke optie zijn,” voegt Sebastian eraan toe.

Gebruikers kunnen ook blijven bijdragen aan het succes van Arduino [8] met MicroPython zoals ze in het verleden hebben gedaan. Er is 15 jaar aan C/C++ code die nog steeds wordt onderhouden en gebruikt als driver in combinatie met MicroPython. Dan worden bindings gebruikt om MicroPython aan deze basiscode te koppelen. Voor degenen die betrokken willen raken bij de ontwikkeling van MicroPython [10] wordt OpenMV ook gehost op GitHub [9], een project waaraan het Arduino team bijdraagt.

MicroPython kan worden gezien als een aanvulling op het huidige Arduino-ecosysteem, waarvan de toepassing wordt gedreven door het succes van Python als voorkeurs taal voor ML-toepassingen en interactie met cloud-services. Nu microcontrollers steeds vaker honderden MHz halen en bergen geheugen hebben, zal de overstap naar een geïnterpreteerde taal in veel gevallen als irrelevant worden gezien. Natuurlijk zijn er uitzonderingen waar real-time nauwkeurigheid en precisie een must zijn, en C/C++ zal er altijd zijn voor wie dat nodig heeft. Maar vooralsnog profiteren docenten en studenten in sterke mate, omdat kennis van Python kan worden overgedragen op microcontrollers (bovendien profiteren ze van de vereenvoudigde syntaxis en de leesbaarheid van de code). Tegelijkertijd kunnen industriële ontwikkelaars zich houden aan één enkele taal voor de ontwikkeling van toepassingen. 

220415-03 (vertaling: Hans Adams)

Over de auteur

Stuart Cording is technicus en journalist met meer dan 25 jaar ervaring in de elektronica-industrie. Je kunt veel van zijn recente Elektor-artikelen vinden op www.elektormagazine.com/cording. Naast het schrijven voor Elektor presenteert de maandelijkse livestream Elektor Engineering Insights (www.elektormagazine.com/eei), en geeft hij Elektor Academy-cursussen (www.elektormagazine.com/elektor-academy).

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.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduino Nano 33 BLE Sense**
elektormagazine.nl/arduino-nano33sense
- > **Arduino Nano RP2040 Connect**
elektormagazine.nl/arduino-nano-rp2040-connect
- > **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-h7
- > **Arduino Nicla Vision**
www.elektormagazine.nl/arduino-nicla-vision

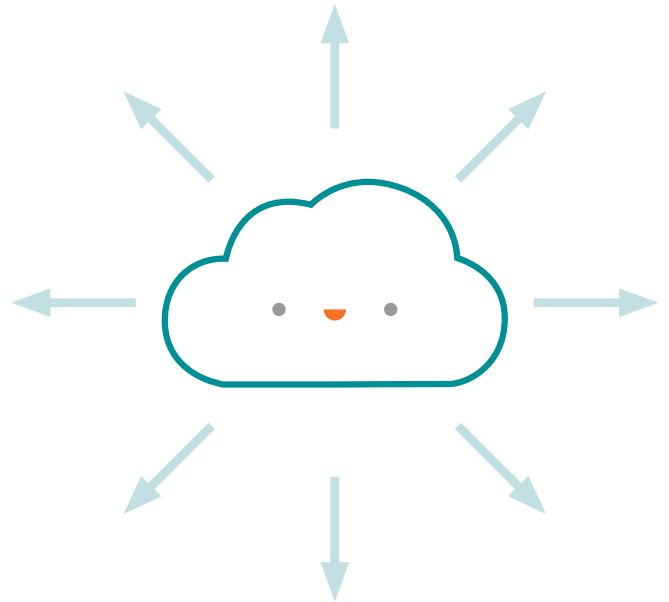
WEBLINKS

- [1] JSON (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/JSON>
- [2] Regular Expression (Wikipedia): https://en.wikipedia.org/wiki/Regular_expression
- [3] Python (Wikipedia): [https://en.wikipedia.org/wiki/Python_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Python_(programming_language))
- [4] D. George, “Micro Python: Python for microcontrollers,” Kickstarter, 2016:
www.kickstarter.com/projects/214379695/micro-python-python-for-microcontrollers
- [5] “MicroPython on Microcontrollers”: <https://docs.micropython.org/en/latest/reference/constrained.html>
- [6] OpenMV: <https://openmv.io/>
- [7] K. Soderby, “Python with Arduino Boards,” Arduino, 2022: <https://docs.arduino.cc/learn/programming/arduino-and-python>
- [8] Arduino (GitHub): <https://github.com/arduino>
- [9] OpenMV (GitHub): <https://github.com/openmv>
- [10] Official uPython Repo: <https://github.com/micropython/micropython>

Connected, maar niet complex

Sebastian Romero (Arduino)

Sinds het ontstaan van het Internet of Things (IoT) zijn makers op zoek naar een gemakkelijke oprit naar de connected snelweg van apparaten. Arduino Cloud biedt deze oprit.



De snelle groei van het Internet of Things manifesteert zich in miljarden IoT-apparaten die continu, wereldwijd, data uitwisselen met sensoren. De lijst van producten die hun data naar het internet sturen of op afstand kunnen worden bestuurd via het Internet of Things is eindeloos. Enkele voorbeelden zijn slimme lampen, afstandsbestuurde huisdiervoeding, connected tandenborstels, thermostaten, koelkasten, ventilatiesystemen, slimme camera's en nog veel meer. Sommige

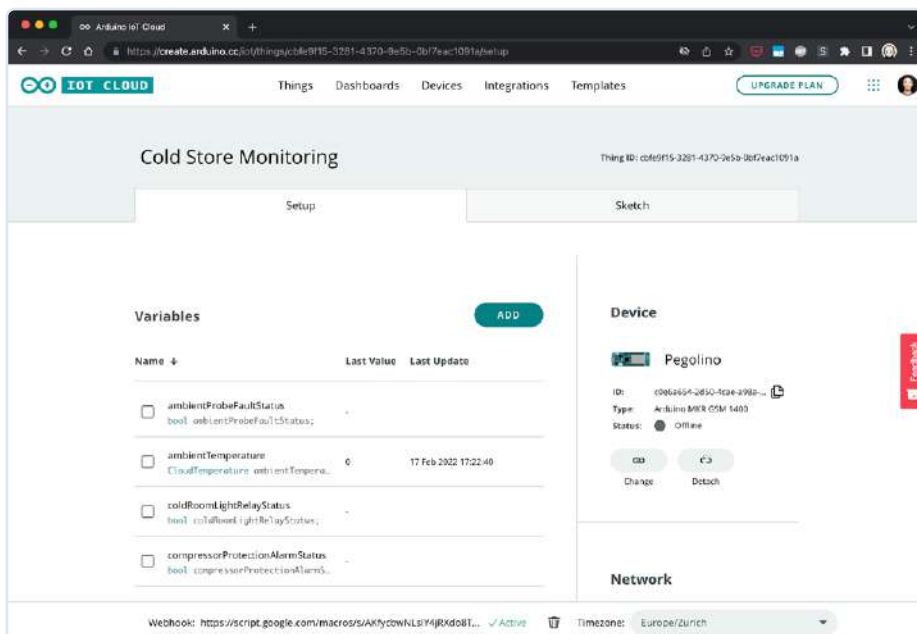
apparaten worden zelfs in de wildernis ingezet, verbonden met het internet via draadloze low power-technologieën zoals LoRaWAN. Wat als je zelf zo'n product wilt ontwikkelen? Of als je een oplossing zoekt waarvoor geen kant-en-klaar product bestaat? Arduino heeft een oplossing voor je, en die heet Arduino Cloud.

Belangrijkste kenmerken

Arduino Cloud bestaat uit verschillende webdiensten voor connected projecten. In

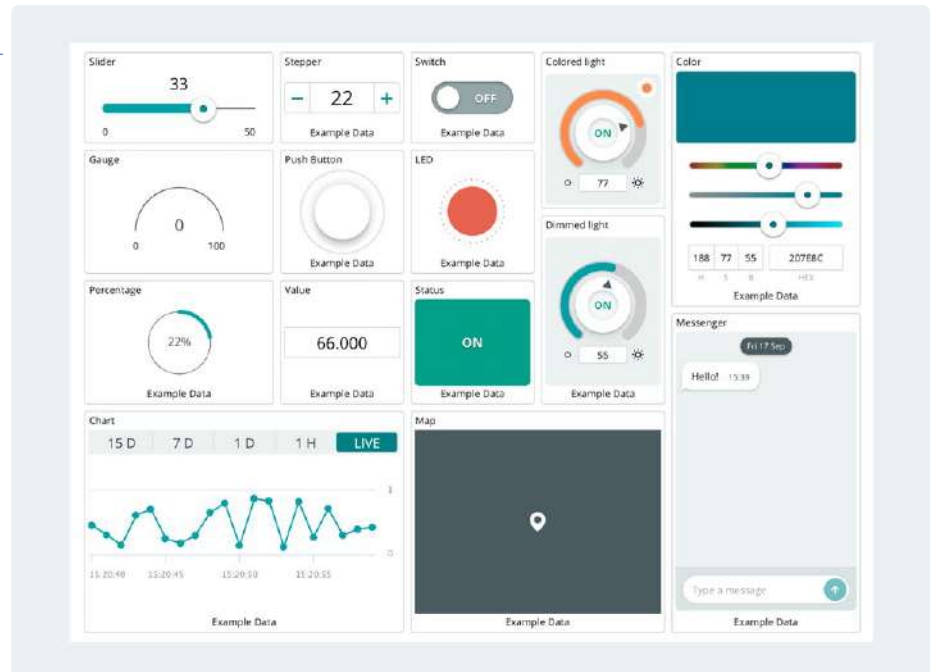
slechts een paar minuten heb je je IoT-Arduino apparaat aan de praat. Hiervoor kun je een datacontainer voor je project opzetten die een 'thing' wordt genoemd. Die zal alle data bevatten die worden uitgewisseld tussen het eindapparaat en de cloud. Elk apparaat moet worden geassocieerd met het bijbehorende thing. Om de eigenschappen van je thing op te slaan, kun je variabelen definiëren (zie **figuur 1**). Variabelen kunnen basistypen zijn, zoals een integer, of meer geavanceerde, zoals 'gekleurd licht'. Wanneer er nieuwe data beschikbaar zijn, worden deze automatisch gesynchroniseerd tussen de apparaten en de cloud. Je kunt er ook voor kiezen om de variabelen die de data bevatten met regelmatige tussenpozen te synchroniseren.

Om de van de eindapparaten ontvangen data te visualiseren, en ook om de waarden van de cloudvariabelen aan te passen, kun je dashboards instellen. De bouwstenen van deze dashboards zijn widgets. Elk van deze widgets kan worden gekoppeld aan een variabele uit je things. Dit kan in de vorm van alleen-lezen en data weergeven, of het kan een besturingselement zijn waarmee de gebruiker kan interageren om de onderliggende variabele te veranderen. Zo kun je bijvoorbeeld op afstand een ventilator aanzetten of een vergrendelde deur openen. Hier is een lijst van de dashboard-widgets (zie **figuur 2**) die momenteel beschikbaar zijn in Arduino IoT Cloud:



Figuur 1. Een voorbeeld van een 'thing'-setup voor het monitoren van een koelcel.

- > switch
- > push-button
- > slider
- > stepper
- > messenger
- > color
- > dimmed light
- > colored light
- > time picker
- > scheduler
- > value
- > status
- > gauge
- > percentage
- > LED
- > map
- > chart
- > sticky note



Figuur 2. Een overzicht van enkele dashboard-widgets.

In Arduino IoT Cloud gemaakte dashboards kunnen gemakkelijk worden gedeeld met anderen, zodat die op dezelfde prettige visuele manier toegang hebben tot de eigenschappen van de things (zie **figuur 3**). Arduino Cloud biedt ook een cloud-gebaseerde editor voor je sketches (Arduino-programma dat wordt gecompileerd tot firmware). Je hoeft nooit meer bang te zijn dat je ze kwijtraakt of niet terugvindt in de krochten van je harde schijf. Bovendien zijn alle beschikbare bibliotheken die gekoppeld zijn in de officiële Arduino-repository beschikbaar zonder dat je ze hoeft te installeren. Je kunt aan je sketches werken vanaf elke computer met een webbrowser en ze uploaden naar je Arduino-boards met behulp van een klein hulpmiddel met de naam Arduino Create Agent. Dit tool vergemakkelijkt de communicatie tussen de seriële poort van je Arduino-board en je browser. Sketches gemaakt met de Arduino Cloud Editor kunnen gemakkelijk worden gedeeld met anderen – en zelfs worden opgenomen in je website.

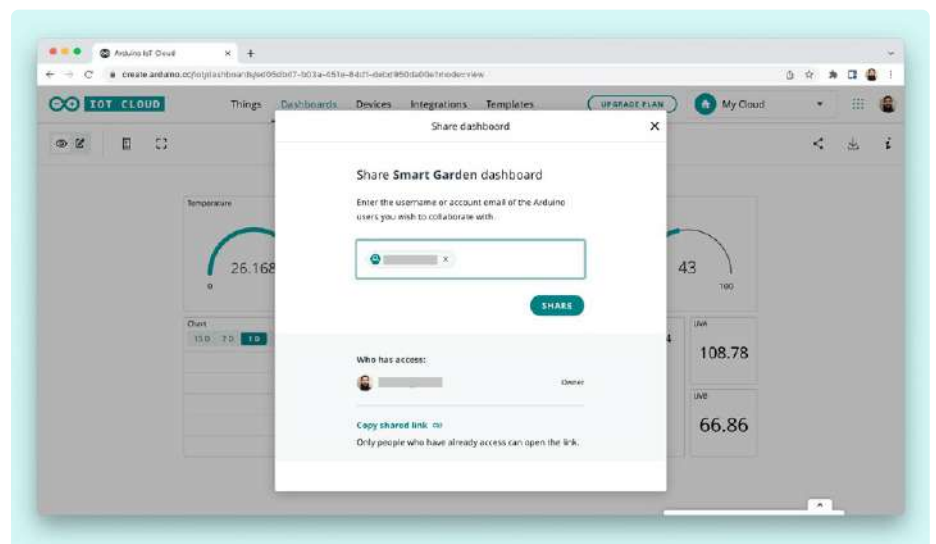
Domotica

Arduino Cloud beschikt ook over Alexa-integratie. Dat maakt het gemakkelijker dan ooit om je eigen domotica-installatie te implementeren. Je kunt bijvoorbeeld zeggen “Alexa, lichten aan” om je Arduino-geconfigureerde lichtinstallatie aan te zetten. Of je kunt Alexa gebruiken om je koffiezetapparaat in te schakelen, de temperatuur in de woonkamer te veranderen of het kanaal op je TV te wijzigen, om maar een paar voorbeelden

te noemen. Het enige wat je hiervoor moet doen is de Alexa Arduino-skill installeren [1]. Zodra die is geïnstalleerd, leert Alexa over de dingen die je hebt geconfigureerd in je Arduino IoT Cloud-account en zal verzoeken hiernaar doorsturen. Je kunt je richten op specifieke eigenschappen van je things door in je gesproken commando's dezelfde variabelenamen te gebruiken die je hebt gedefinieerd in de setup van je things. Met de cloud-infrastructuur van Arduino kun je in een paar minuten je eigen Alexa-bestuurde IoT-apparaat maken. Als je hier meer over wilt weten, bekijk dan de tutorial *Arduino IoT Cloud, MKR RGB Shield and Alexa integration* [2] op de Arduino Docs-website.

Synchroniseren van variabelen

Zoals eerder vermeld, kan slechts één apparaat tegelijk aan een thing worden toegewezen. Het kan echter zijn dat je je IoT-apparaten met elkaar wil laten communiceren. De manier om dit in Arduino Cloud te doen is om gesynchroniseerde variabelen te gebruiken. In de variabele-instellingen kunt je opdracht geven om de waarde van een andere variabele te spiegelen (zie **figuur 4**). Hierdoor kun je een gemeenschappelijke toestand tussen meerdere apparaten creëren. Je kunt bijvoorbeeld een boolean-variabele met de naam `enabled` toevoegen aan meerdere dingen. Dit maakt het mogelijk een bepaalde functie in of uit te schakelen op de betrokken apparaten,



Figuur 3. Dashboards kunnen worden gedeeld met anderen die een Arduino-account hebben.

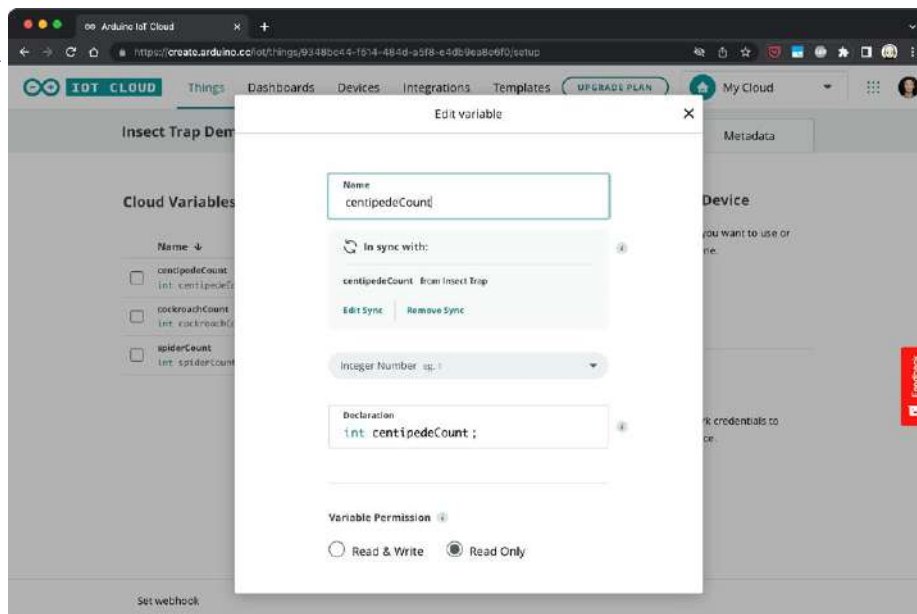
gebaseerd op de waarde van die variabele. Je kunt ook gedeelde configuratieparameters voor je IoT-apparaten instellen via variabelen, zodat je de instellingen van al deze apparaten kunt wijzigen zonder nieuwe firmware te hoeven uploaden.

Webhooks

Arduino IoT Cloud biedt de mogelijkheid om te communiceren met diensten van derden zoals Google Apps Script [3], Zapier [4], IFTTT [5] of Google's Cloud Functions [6]. Dit wordt bereikt via webhooks. Wanneer er nieuwe data beschikbaar zijn in Arduino IoT Cloud, wordt de webhook geactiveerd, zodat de dienst van die derde partij een melding krijgt. Dit maakt het bijvoorbeeld mogelijk een notificatie-mail naar een klant te sturen als de waarde van een variabele een bepaalde drempel overschrijdt. In een reëel scenario kun je zo actie ondernemen als je IoT-apparaat merkt dat de temperatuur in een vriescel stijgt, wat erop zou wijzen dat de koelinstallatie slecht functioneert (zie **figuur 5**).

Templates

Een nieuwe functie die het opzetten van je cloudprojecten met Arduino Cloud veel efficiënter maakt, zijn templates (sjablonen). Er zijn sjablonen voor things en ook



Figuur 4. Variabelen kunnen worden gesynchroniseerd met één of meer andere variabelen.

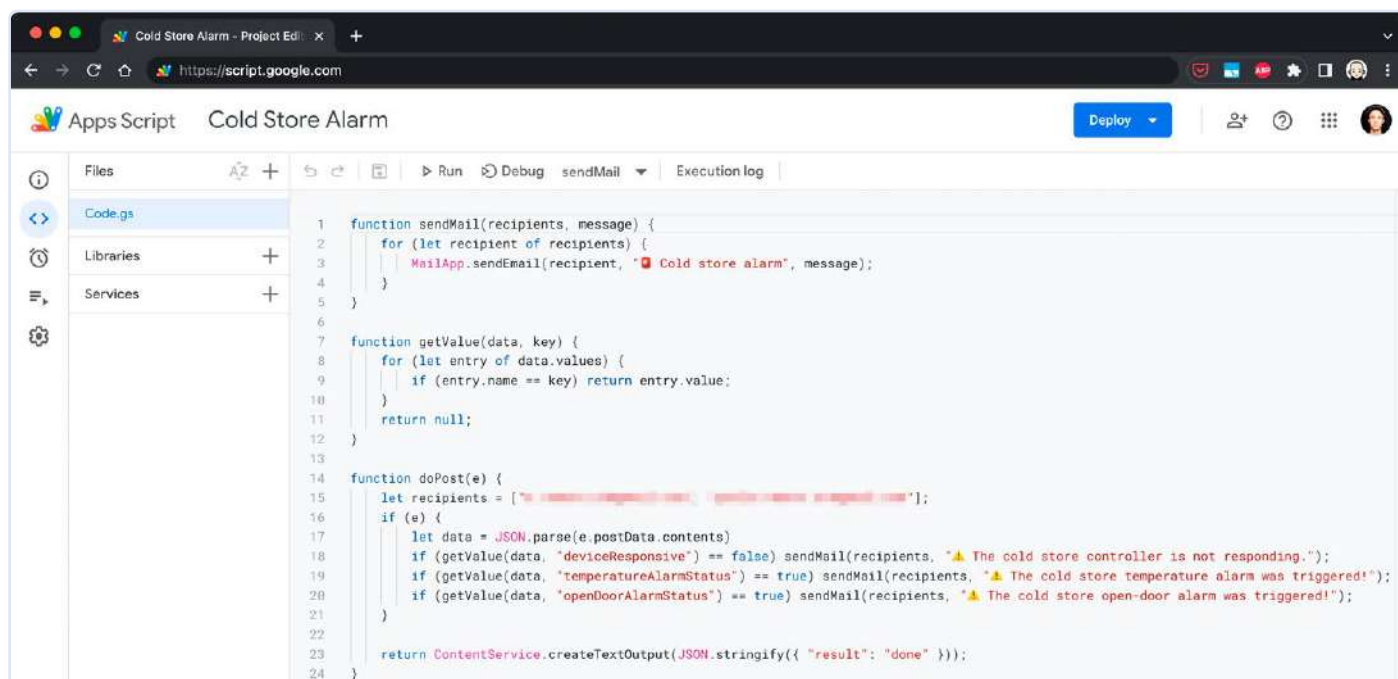
voor dashboards. Ze maken het mogelijk om een thing te dupliceren, inclusief zijn eigenschappen en eventueel bijbehorend dashboard. Als je bijvoorbeeld een groot aantal sensor-knooppunten hebt die hetzelfde type gegevens moeten verzamelen, hoef je niet langer elk van die things handmatig in te stellen. In plaats daarvan kun je voor allemaal hetzelfde sjabloon gebruiken. En omdat Arduino draait om het delen van kennis, kun je nu het sjabloon van je IoT-project delen met de wereld. Zij kunnen je opstelling met slechts één klik repliceren en binnen enkele minuten aan de slag gaan.

Als je dit wil uitproberen, is er een verza-

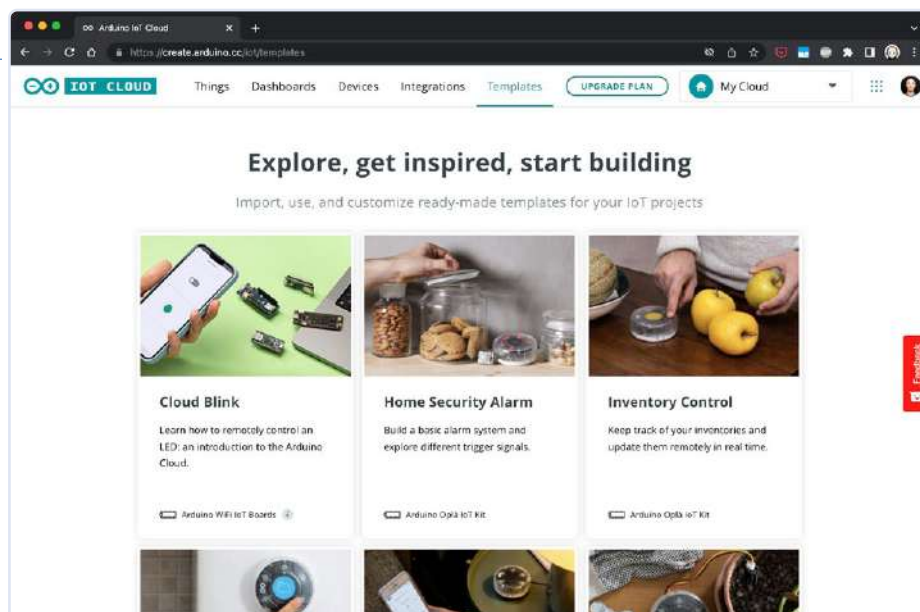
meling inspirerende voorbeeldprojecten, met bijbehorend sjabloon, beschikbaar in Arduino Cloud (zie **figuur 6**).

Arduino Cloud CLI

Als je slechts een paar dingen voor je eigen projecten hoeft in te stellen, kun je dat gemakkelijk doen met behulp van de Arduino IoT Cloud web-interface. Als je echter een groot aantal IoT-apparaten hebt is deze optie een beetje beperkend. Om die reden heeft Arduino een command-line-tool gemaakt [7] die het heel eenvoudig maakt om deze taak te automatiseren. Je kunt het ook gebruiken om bestaande



Figuur 5. Google App Script-voorbeeld dat een notificatie verstuurt als er een probleem in de koelcel optreedt.



Figuur 6. Enkele voorbeelden van in de Arduino IoT Cloud beschikbare demo-projecten.

things, dashboards en apparaten op te sommen en te wijzigen. Je kunt tags toevoegen, waarmee je groepen apparaten kunt maken die op een uniforme manier kunnen worden beheerd. Je kunt het gebruiken om apparaten te koppelen met Arduino Cloud, om een apparaat (opnieuw) toe te wijzen aan een thing, om eigenschappen van een thing in een sjabloon te extraheren, om over-the-air updates van je apparaten uit te voeren (zie **figuur 7**), en nog veel meer. In

combinatie met templates kun je met deze tool je IoT-projecten met weinig moeite opschalen. Als je toegang nodig hebt tot deze functies in je aangepaste tool-setup, is er ook de optie om de REST API [8] te gebruiken die wordt geleverd met een client voor JavaScript, Python en Golang.

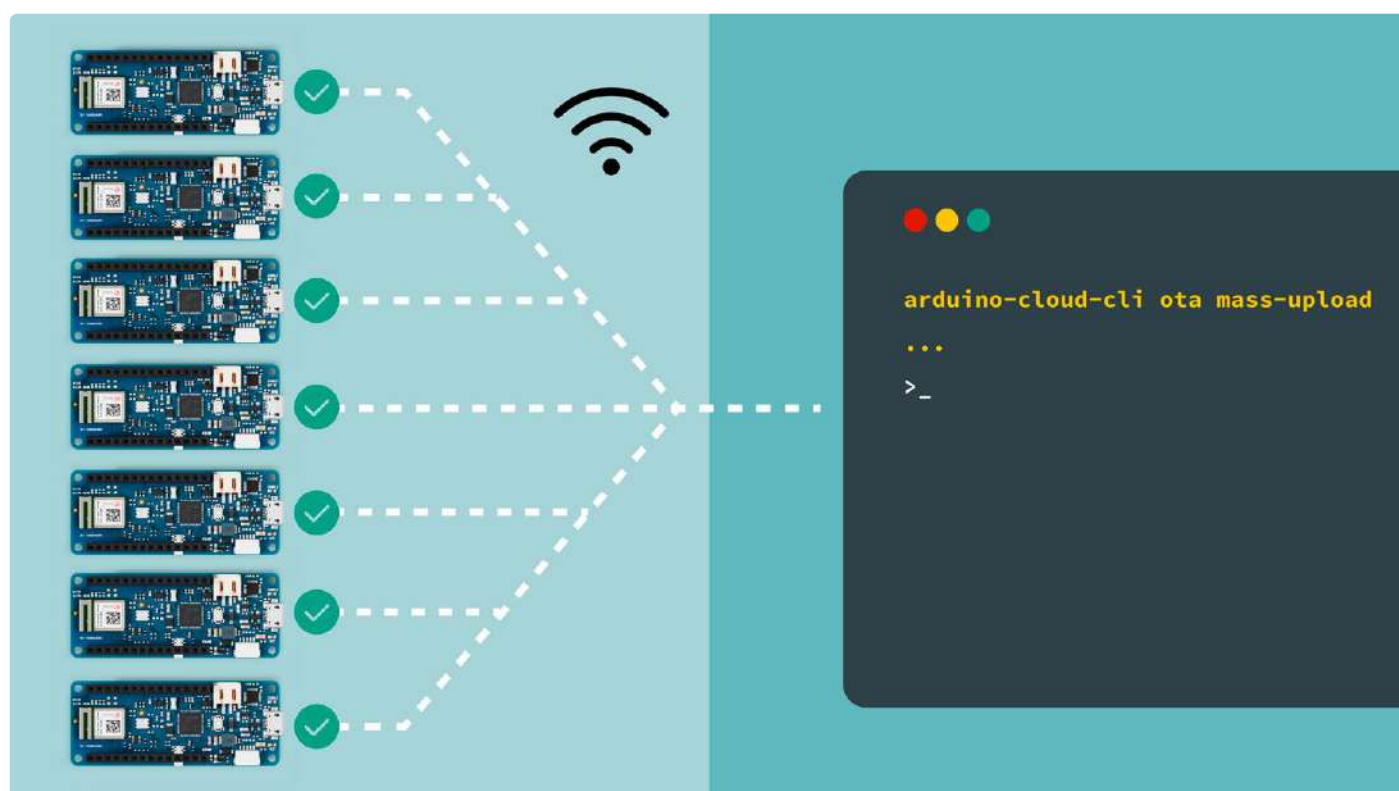
Arduino IoT Remote

Als je onderweg bent heb je niet altijd toegang tot een volwaardige computer,

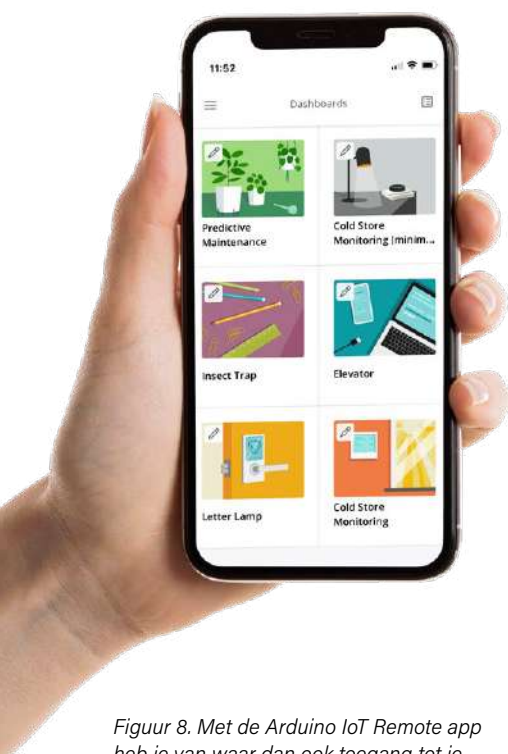
maar misschien wil je toch inspecteren wat er met je IoT-apparaten gebeurt. Misschien wil je de status van het koelsysteem in je bedrijf controleren, of wil je je irrigatiesysteem op afstand aanzetten, of misschien gewoon de hond wat voer geven, met behulp van je IoT-diervoedingautomaat. Voor al deze toepassingen en meer is er de Arduino IoT Remote mobiele app, die al je Arduino IoT Cloud-dashboards onder handbereik brengt (**figuur 8**). Met deze app kun je toegang krijgen tot, toezicht houden op, of controle uitoefenen over je IoT-projecten van waar dan ook ter wereld, met alleen je mobiel. De app is beschikbaar voor zowel iOS [9] als Android[10].

Things Stack Integration

Afhankelijk van waar je je IoT-apparaten inzet, moet je een ander type connectiviteit kiezen om je apparaten met Arduino Cloud te verbinden. Als het een stationaire opstelling betreft en WiFi beschikbaar is, is dat een handige optie. Soms is dat niet mogelijk, dus kun je kiezen voor een cellulaire netwerkverbinding. Probleem is echter dat die nogal veel energie vreten. Als je je



Figuur 7. Met de Arduino Cloud CLI kun je je apparaten gelijktijdig over-the-air updaten.



Figuur 8. Met de Arduino IoT Remote app heb je van waar dan ook toegang tot je dashboards.

apparaat wil voeden met een batterij, zal die het niet lang uithouden bij gebruik van een cellulair netwerk. Voor deze toepassingen, en ook als er geen cellulair netwerk beschikbaar is, zijn er Low Power Wide Area Networks (LPWAN's), zoals LoRaWAN. Het Things Network [11] is een van de populairste backends om de gegevens van IoT-apparaten met LoRa te beheren. Er is een enorme gemeenschap van mensen die hun LoRaWAN-gateways met anderen delen. Daardoor is er op veel locaties een goede dekking. Je kunt ook je eigen gateway opzetten of het netwerk van een officiële provider gebruiken.

Data van je LoRaWAN-apparaten naar Arduino Cloud krijgen vereiste tot voor kort een aanzienlijke configuratie-inspanning. Nu is er een officiële integratie tussen The Things Stack [12] en Arduino Cloud, die dit een fluitje van een cent maakt. Wanneer je je LoRaWAN-geschiedte Arduino-board in Arduino IoT Cloud configureert, wordt automatisch een nieuwe toepassing op een speciale Things Stack-instantie aangemaakt en wordt je apparaat eraan toegevoegd. Handmatige configuratie is niet nodig. Voorheen moest je nadenken over hoe je je data moest versleutelen en decoderen wanneer je ze van een apparaat over de LoRaWAN-backend naar een ander

platform stuurde. Als je Arduino Cloud en de bijbehorende bibliotheek gebruikt, gebeurt dat allemaal automatisch. Omdat Arduino's Things Stack-instantie een SLA van 99,9% heeft, hoef je je nooit meer zorgen te maken over de uptime van je LoRaWAN-oplossing. Uiteindelijk zie je de data van je IoT-apparaten netjes weergegeven op je dashboards, ongeacht of deze afkomstig zijn van een LoRa-apparaat, een WiFi-apparaat of een apparaat dat is aangesloten op een mobiel netwerk.

Beveiliging

Beveiliging is een zeer belangrijk onderwerp voor het IoT. IoT-apparaten hebben immers te maken met persoonlijke en gevoelige data, dus Arduino heeft op verschillende niveaus aandacht besteed aan beveiliging. De connected boards van Arduino zijn uitgerust met een cryptochip. Dit zogenaamde secure element zorgt voor een vertrouwensbasis op IC-niveau die niet kan worden gecompromitteerd. De geheimen die worden gebruikt om een versleutelde verbinding op te zetten, worden veilig opgeslagen op een speciale chip en kunnen niet worden geëxtraheerd. Je Arduino IoT Cloud-sketches en projectgegevens worden opgeslagen in AES 256-bits versleutelde data-stores.

Voor beveiliging op applicatieniveau heeft Arduino onlangs rolgebaseerde toegang tot zijn cloud-platform geïntroduceerd.

Dit biedt je fijnmazige controle over wie toegang heeft tot wat. Dit is vooral handig in een zakelijke omgeving waar mensen met verschillende functies op verschillende manieren toegang moeten hebben tot dezelfde gegevens. ◀

220569-03 (vertaling: Jelle Aarnoudse)

Vragen of opmerkingen?

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

Over de auteur

Sebastian Romero, hoofd content bij Arduino, is een interaction designer, pedagoog en creatief technoloog met een zwak voor mensen. Met zijn team is hij verantwoordelijk voor het creëren van boeiende leerervaringen om miljoenen ingenieurs, ontwerpers, kunstenaars, hobbyisten en studenten te helpen innoveren.



WEBLINKS

- [1] Arduino Alexa Skill: <https://amazon.com/Arduino-LLC/dp/B07ZT2PK2H>
- [2] Arduino IoT Cloud, MKR RGB Shield and Alexa integration: <https://elektor.link/ArduinolotRGBAlexa>
- [3] Google Apps Script: <https://google.com/script/start/>
- [4] Zapier: <https://zapier.com/>
- [5] IFTTT Maker Webhooks: https://ifttt.com/maker_webhooks
- [6] Google Cloud Functions: <https://cloud.google.com/functions>
- [7] GitHub - Arduino Cloud CLI: <https://github.com/arduino/arduino-cloud-cli>
- [8] Arduino IoT Cloud API: <https://arduino.cc/reference/en/iot/api/>
- [9] Arduino IoT Cloud Remote for iOS: <https://elektor.link/arduinoiot4ios>
- [10] Arduino IoT Cloud Remote for Android: <https://elektor.link/arduinoiot4android>
- [11] The Things Network: <https://thethingsnetwork.org/>
- [12] The Things Stack: <https://thethingsindustries.com/stack/>

Kennismaking met TinyML

groot is niet altijd beter

José Bagur (Guatemala)

Een van de snelst groeiende gebieden van deep learning is tiny machine learning (TinyML). TinyML is een geavanceerd gebied dat modellen voor machinaal leren onderbrengt in zuinige en goedkope computerapparatuur, zoals microcontrollers. In dit artikel wordt beschreven waarom TinyML bewijst dat groot niet altijd beter is.

Wat is TinyML?

TinyML is een deelgebied van machine learning (ML) dat zich richt op de ontwikkeling van modellen die in realtime kunnen worden uitgevoerd op low-power, goedkope embedded apparaten [1]. De ontwikkeling van TinyML-modellen volgt het typische ML-proces zoals weergegeven in **figuur 1**, met dit verschil dat de inferentie plaatsvindt op embedded apparaten in plaats van op traditionele computers of in cloud-gebaseerde diensten.

Gewoonlijk gebruiken TinyML-modellen gegevens die zijn verzameld van IoT-apparaten; deze gegevens worden gebruikt om een model te trainen in een service (meestal in de cloud) om kennispatronen uit de dataset halen. Deze patronen worden vervolgens

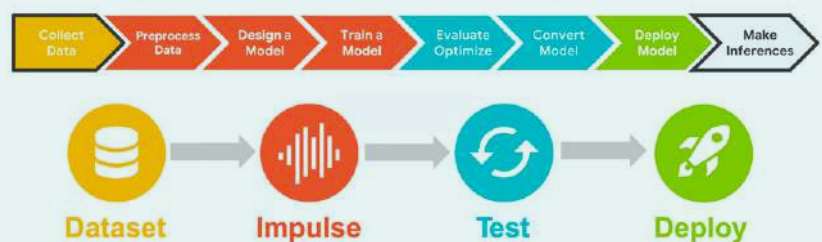
verpakt in een model dat rekening houdt met de capaciteiten van het embedded apparaat, zoals geheugen en rekenkracht [1]. Het resulterende model kan vervolgens worden ingezet in embedded apparaten die nieuwe sensorgegevens in realtime en ter plaatse evalueren, zonder gebruik te maken van externe bronnen zoals cloud-gebaseerde services. TinyML-toepassingen verbruiken

doorgaans weinig energie (meestal enkele mW); dit maakt het mogelijk dat batterijgevoede apparaten deel gaan uitmaken van het ML-universum (**figuur 2**).

Belangrijkste kenmerken van TinyML

Nu we weten wat TinyML is, zetten we de belangrijkste kenmerken ervan op een rijtje:

The TinyML Workflow using Edge Impulse



Figuur 1. Typische TinyML-workflow (bron: TinyMLedu).



Figuur 2. Inferentieproces in een embedded systeem (bron: TinyMLedu).

- **Latentie:** aangezien de inferentie direct op het embedded apparaat plaatsvindt, is de latentie in TinyML-toepassingen gering.
- **Energieverbruik:** TinyML-modellen houden rekening met de beperkingen van embedded apparaten; ze draaien ook op apparaten met een laag stroomverbruik, zoals microcontrollers, waarvan het stroomverbruik meestal enkele mW bedraagt. Dit betekent dat batterijgevoede apparaten kunnen worden gebruikt voor TinyML-toepassingen.
- **Bandbreedte:** aangezien het model rechtstreeks in het embedded apparaat draait, hoeven de verzamelde gegevens niet naar een externe service te worden gestuurd; dit betekent dat er minder internetbandbreedte wordt gebruikt.
- **Privacy:** gegevens die in TinyML-modellen worden gebruikt, worden realtime en ter plaatse verzameld en geanalyseerd; gegevens worden op geen enkel moment verzonden of gedeeld met externe services.

TinyML-toepassingen en gebruiksvoorbeelden

TinyML heeft het enorme potentieel om de bottleneck van IoT-toepassingen weg te nemen: gegevens. Aangezien inferentie lokaal plaatsvindt, maakt TinyML het tijdperk van het *Internet of Thinking Things* (IoT2) mogelijk, wat een eindeloze reeks van verbeterde en nieuwe toepassingen betekent.

Enkele voorbeelden van werkelijke toepassingen en gebruikssituaties van TinyML zijn:

- **Energiebesparing/optimalisatie:** het stroomverbruik kan binnen een TinyML-model drastisch worden verbeterd door piekvermogen te leveren bij een zo laag mogelijk verbruik. Dit kan met behulp van TinyML worden vertaald naar de elektrische of zelfs mechanische wereld.
- **Voorspelling van natuurrampen (in een vroeg stadium):** vroege stadia van natuurrampen zouden kunnen worden herkend om grote schade aan de bestaande infrastructuur te voorkomen met behulp van verschillende apparaten met een TinyML-model erin geïnjecteerd in een mesh-netwerk. Dit kan worden bereikt door het leren van een breed



Figuur 3. De Arduino Tiny Machine Learning Kit bevat een Nano 33 BLE Sense board.



Figuur 4. Arduino Portenta H7.

spectrum van signalen en patronen die kunnen optreden in gebieden met een verhoogd risico.

- **Herkennen van gezondheidsproblemen:** abnormale gezondheidsproblemen zouden eerder kunnen worden opgespoord om plotseling letsel of overlijden te voorkomen. Hartaandoeningen zouden bijvoorbeeld tijdig kunnen worden herkend zodat de betroffene een arts kan opzoeken. Het TinyML-model kan worden gerealiseerd in een draagbaar apparaat dat in noodgevallen verbinding kan maken met externe services.

Arduino en TinyML

Arduino biedt verschillende hardware-opties en softwarebibliotheken die gebruikt kunnen worden voor TinyML-toepassingen. Laten we twee prima boards bekijken die een goed uitgangspunt vormen voor het ontwikkelen van TinyML-toepassingen: de Arduino Nano 33 BLE Sense en de Arduino Portenta H7.

De Arduino Nano 33 BLE Sense (**figuur 3**) gebruikt de nRF52840 van Nordic Semiconductor; dit is een 32-bit ARM Cortex-M4F microcontroller die op 64 MHz draait, met 1 MB flash en 256 KB RAM [2]. De Nano 33 BLE Sense heeft verschillende sensoren aan boord die in veel TinyML-toepassingen van pas kunnen komen:

- versnellingsmeter, gyroscoop en magnetometer (LSM9DS1)
- microfoon (MP34DT05)
- gebaar, licht en nabijheid (APDS9960)
- barometrische druk (LPS22HB)
- temperatuur en luchtvochtigheid (HTS221)

De Arduino Portenta H7 (**figuur 4**) is een krachtig board voor industrieel gebruik, ontworpen voor veeleisende toepassingen. De Portenta H7 gebruikt de STM32H747-microcontroller van STMicroelectronics; deze microcontroller combineert een Cortex M7-kern op 480 MHz en een Cortex M4-kern op 240 MHz.

De Portenta H7 kan gelijktijdig high-level code en realtime-taken uitvoeren. Met de Portenta H7 kunnen we bijvoorbeeld gecompileerde Arduino-code draaien samen met gecompileerde MicroPython-code en beide kernen laten communiceren via het Remote Procedure Call-mechanisme (RPC) [3].

Qua software kunnen de Nano 33 BLE Sense en de Portenta H7 gebruik maken van het TensorFlow Lite software-framework voor het ontwikkelen van TinyML-modellen; de *Artificial Intelligence for Embedded Systems* (AlfES), ontwikkeld door het Fraunhofer Institute for Microelectronic Circuits and Systems, is ook een geweldig software-framework dat is geoptimaliseerd voor embedded systemen. Edge Impulse, een cloud-gebaseerde ML-service, wint ook aan populariteit in de community – het ondersteunt Arduino-boards zoals de Nano 33 BLE Sense en de Portenta H7.

Verdere resources

Het leren kennen van een techniek die nog in ontwikkeling is kan moeilijk zijn, maar voor TinyML zijn er uitstekende online-resources:

- Het boek "TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power" van Pete Warden en Daniel Situnayake [4] moet je gelezen hebben; het is een goed uitgangspunt voor het verkennen van het TinyML-universum.
- *The Professional Certificate in TinyML* [5] van Harvard University is beschikbaar op edX. Deze gratis online-specialisatie (vier cursussen) duikt dieper in het TinyML-universum.
- De cursus *Introduction to Embedded Machine* [6] van Edge Impulse is beschikbaar op Coursera. Deze gratis online-cursus geeft ook een breed overzicht van hoe ML werkt, hoe je TinyML-modellen kunt trainen met Edge

Impulse, en hoe je die modellen kunt inzetten op microcontrollers.

- Het *TinyML Open Education Initiative* (TinyMLedu) [7]. Dit initiatief is een internationale groep van academici en professionals uit de industrie die werken aan een betere wereldwijde toegang tot onderwijsmateriaal voor het geavanceerde gebied van TinyML.
- *TinyML for Developing Countries* (TinyML4D) [8]. Dit initiatief werkt aan de ontwikkeling van content voor een netwerk van onderzoekers en praktijkmensen dat zich richt op het verwerken van innovatieve oplossingen voor de unieke uitdagingen waarmee ontwikkelingslanden zich geconfronteerd zien.

Het IoT2-tijdperk

TinyML is een opkomende techniek rond ML-modellen die kunnen worden ingezet in kleine, goedkope en energiezuinige apparaten zoals microcontrollers. Met de veelzijdigheid van hardware- en software-tools zoals het Arduino-ecosysteem en software-frameworks zoals TensorFlow Lite en Edge Impulse komt het IoT2-tijdperk onder handbereik. ◀

220573-03

Over de auteur



José Bagur is docent en onderzoeker aan de Universidad del Valle de Guatemala (UVG). Hij studeerde Mechatronics Engineering aan de UVG voordat hij een master in IoT behaalde aan de Universiteit van Salamanca. Met een bijzondere interesse in ruimtevaart-gerelateerde projecten is José's onderzoek gericht op de ontwikkeling van open-source low-cost nanosatelliet-hardware. José werkt ook voor Arduino als content creator.

Vragen of opmerkingen?

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



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel zijn genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- **Arduino Tiny Machine Learning Kit (SKU 19943)**
www.elektor.nl/arduino-tiny-machine-learning-kit
- **Arduino Pro Nicla Vision (SKU 20152)**
www.elektor.nl/20152
- **Arduino Portenta H7 Development Board (SKU 19351)**
www.elektor.nl/19351

WEBLINKS

- [1] M. Zennaro, "TinyML: Applied AI for Development Challenges with Machine Learning in Developing Countries": <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-05/2.1.3-9-Zennaro-TinyML.pdf>
- [2] Nano 33 BLE Sense: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-ble-sense>
- [3] Portenta H7: <https://docs.arduino.cc/hardware/portenta-h7>
- [4] P. Warden & D. Situnayake, TinyML (O'Reilly Media, 2019): www.oreilly.com/library/view/tinymml/9781492052036/
- [5] Tiny Machine Learning Open Education Initiative (TinyMLedu): <https://tinymml.seas.harvard.edu/>
- [6] TinyML4D: TinyML for Developing Countries: <http://tinymledu.org/4D>
- [7] Tiny Machine Learning (TinyML) Professional Certificate: www.edx.org/professional-certificate/harvardx-tiny-machine-learning
- [8] Inleiding tot Embedded Machine Learning: www.coursera.org/learn/introduction-toembedded-machine-learning

Arduino K-Way: bewust luchtig

Stel je de mogelijkheden voor: welke nieuwe ervaringen kun je creëren door geavanceerde AI en krachtige sensoren te integreren in een van de bekendste outdoorjacks? Ervaar interactief met sensoren de wereld om je heen als nooit tevoren.

We stopten een Nicla Sense ME, het nieuwe sensorbrein van Arduino, in een K-Way jack, aangestuurd door Edge Impulse AI, om een nieuwe generatie slimme kleding te op de wereld te zetten.

De Nicla Sense ME is een klein en energiezuinig tool dat een nieuwe standaard zet voor intelligente sensing-oplossingen. Met de eenvoud van integratie en schaalbaarheid van het Arduino-ecosysteem, combineert het board vier state-of-the-art bewegings- en omgevingsensoren van Bosch Sensortec.

EEN KANS OM EEN ARDUINO X K-WAY JACK TE WINNEN

Stel je een board voor vol met sensoren, gecombineerd met een beroemd casual outdoorjack – wat zou jij ermee doen?

De kleur signaleert de kwaliteit van de omgevingslucht

De perfecte aanraak-behuizing beschermt de kleine Nicla Sense ME



Edge-AI, waar het allemaal gebeurt

Magnetische USB-poort voor gemakkelijk opladen

specs

Microcontroller: 64 MHz Arm® Cortex M4 (nRF52832)

Sensoren: BHI260AP - zelflerende AI intelligente sensor met geïntegreerde versnellingsmeter en gyroscoop

BMP390 - digitale druksensor

BMM150 - geomagnetische sensor

BME688 - digitale low-power gas-, druk-, temperatuur- en vochtigheidssensor met AI

Connectiviteit: Bluetooth® 4.2

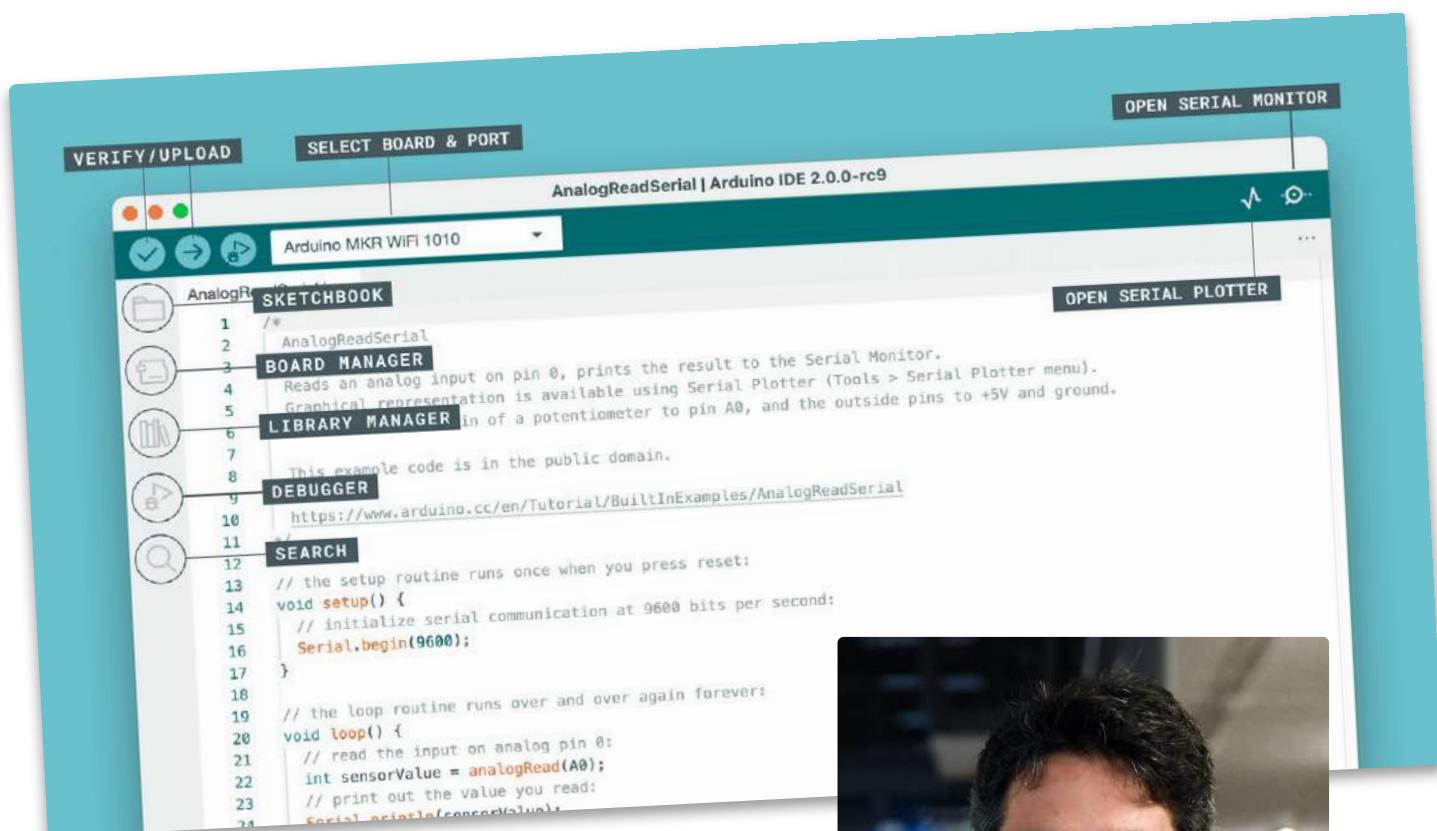
K-WAYARDUINO

WIN 1

Je hebt nu de kans om dit unieke jack te bemachtigen, want Arduino en K-Way hebben één van de slechts 100 geproduceerde exemplaren (niet bestemd voor de verkoop) gereserveerd voor lezers van de Elektor Arduino Edition. Deze jacks zijn ontworpen om ingenieuze toepassingen te verkennen voor het monitoren van de persoonlijke omgeving van mensen – met wearables on the edge! Om deel te nemen hoeë je slechts je idee* hier te posten: elektormagazine.com/k-way-arduino

(* actie eindigt op 31 januari 2023.)





Arduino-sketches schrijven is nog beter geworden



Alessandro Ranellucci

Stuart Cording (Elektor)

Arduino IDE 2.0 breekt met het oude zonder met de Arduino-ervaring te breken. Benieuwd naar de details? Arduino's Alessandro Ranellucci biedt wat inzichten.

Voor de meeste Arduino-gebruikers was hun eerste interactie met een programmeertaal de geïntegreerde Arduino-ontwikkelomgeving (IDE). Met zijn groene randen en codebewerkingsvenster hebben nieuwelingen uren besteed aan het ontcijferen van de uitvoer terwijl ze hun sketches maakten en laadden. Sinds de lancering in 2005 is de IDE gegroeid in mogelijkheden, ondersteunt hij meer boards, biedt een betere toegang tot gedeelde bibliotheken en voegt een plotter toe om het maken van grafieken van gegevens te ondersteunen. Echter, naarmate het aantal professionele ontwikkelaars is gegroeid en de makers hun vaardigheden hebben verbeterd, is een opvallend gebrek de debug-ondersteuning. Om meer te weten te komen, sprak ik kortgeleden met Alessandro Ranellucci, hoofd Maker Business, Open Source & Community bij Arduino.

Compleet herschreven

In 2018 zette het Arduino-team een belangrijke stap die niet alleen de mogelijkheden van de IDE zou veranderen, maar de hele codebase zou vernieuwen. IDE 1 was geschreven in Java als een monolithisch blok code (figuur 1). Dit maakte het een uitdaging om steun te krijgen van enthousiaste aanhangers uit de community. Bovendien werd het steeds moeilijker om Java als desktopapplicatie op besturingssystemen en appstores te ondersteunen, waardoor veel tijd werd besteed aan het oplossen van compatibiliteitsproblemen. “We zijn begonnen met het herstructureren van de hele toolchain, waarbij we een command-line interface (CLI) met de naam Arduino CLI hebben gemaakt,” legt Alessandro uit. “Geschreven in Golang en TypeScript, bezit het alle functionaliteit van de oude IDE, evenals alle nieuwe functies.” [1]

Dankzij de modulaire aanpak is het gemakkelijker te koppelen aan de voorkeurs-IDE van de ontwikkelaar, wat ook de nieuwe IDE van Arduino mogelijk maakte. Bovendien is de CLI iets wat professionele ontwikkelaars sterk toejuichen, omdat het hen in staat stelt de Arduino-omgeving gemakkelijk samen te voegen met andere populaire componenten die bij softwareontwikkeling worden gebruikt, zoals tools voor continue integratie/continue implementatie (CI/CD).

De IDE vernieuwen

Nu er vooruitgang was geboekt met Arduino CLI, was het tijd om te onderzoeken hoe de visuele interface het best kon worden geïmplementeerd. Terwijl beginners tevreden waren met de oorspronkelijke editor, misten degenen met meer ervaring enkele van de kleine extra's die standaard in de IDE's van de grote leveranciers van halfgeleiders en ontwikkelingstools zitten. Naarmate de code groeit, kan de navigatie moeilijk worden, dus de mogelijkheid om commentaar om te schakelen stond hoog op het verlanglijstje. De meeste IDE's implementeerden ook auto-inspringen, waardoor code leesbaar blijft, en auto-haakje-sluiten, waardoor veelgemaakte fouten bij het invoeren van code worden vermeden. Maar bovenal was ondersteuning voor debuggen een duidelijke wens van de community. Voor ervaren embedded software-ontwikkelaars wordt de mogelijkheid om de inhoud van variabelen te bekijken en de uitvoering van code te volgen beschouwd als een standaard IDE-mogelijkheid. Ter vergelijking: het trage edit/build/download-proces van IDE 1 om een enkele bewerking te debuggen was voor velen frustrerend.

“We kozen Theia met Electron als softwarestack voor de IDE,” zegt Alessandro, “omdat het open-source projecten zijn die ons in staat stellen flexibele, meertalige cloud en desktop IDE-ondersteuning te bieden.” Dit zou ervoor zorgen dat de meer dan zestig talen worden ondersteund. In 2021 werd de eerste bèta van IDE 2.0 gedeeld met de community. [2]

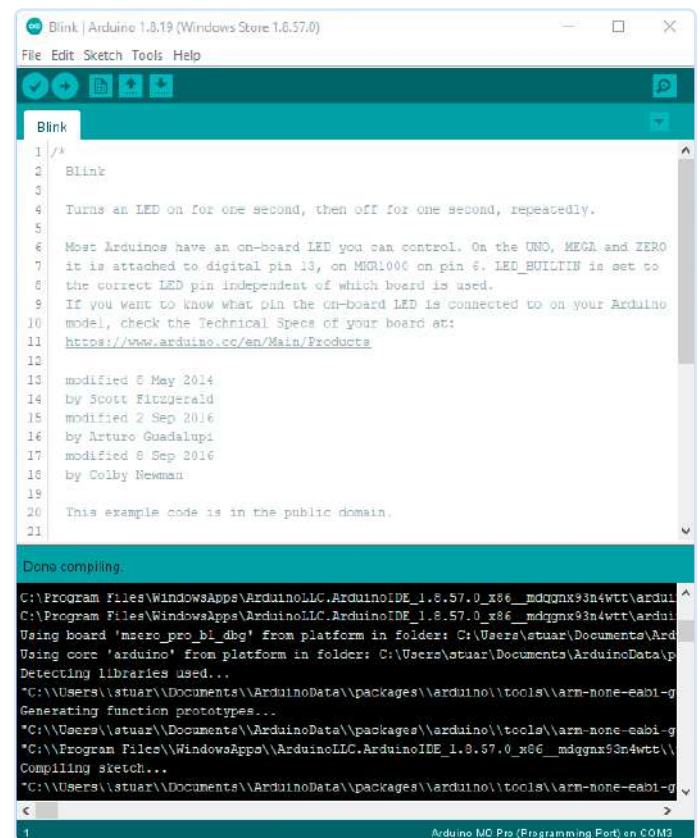
De mogelijkheid om te debuggen

Sommige Arduino-boards, zoals die met Arm Cortex-M-gebaseerde microcontrollers (MCU), hebben al de hardware die nodig is om het debuggen te ondersteunen. Vaak aangeduid als een Embedded Debug-chip (EDBG) communiceert deze met de debug-interface

Arduino IDE 2.0 behoudt de duidelijkheid van zijn voorganger, maar biedt een groot aantal nieuwe functies die geschikt zijn voor professionele ontwikkelaars en ervaren makers.

van de target-MCU, maar levert ook de virtuele seriële COM-interface via USB. Andere hebben een header voor debuggers van derden, zoals J-Link [3]. Beide worden doorgaans ondersteund door een ander open-source softwareproject, GDB (GNU Project Debugger) [4].

“Debuggen was een duidelijke vereiste, vooral voor de professionele ontwikkelaarsgemeenschap,” herinnert Alessandro zich. Dit sluit ook aan bij de lancering van de Arduino Pro [5], een nieuwe reeks hardware die wordt ondersteund door beveiligde connectiviteit om een alles-in-één IoT-platform te bieden. Veel blijft echter onveranderd. Ontwikkelaars beginnen nog steeds met de traditionele ino-sketch, hoewel dergelijke bestanden, in tegenstelling tot andere IDE's, worden herkend als uitvoerbare code.



Figuur 1. De bekende Arduino IDE 1.0, gebaseerd op Java.

rijke verbeteringen zijn code-aanvulling, waarbij de omgeving tijdens het typen mogelijke namen van variabelen aanbiedt”, legt Alessandro uit. “We hebben ook codenavigatie toegevoegd, waardoor ontwikkelaars snel naar de coderegel kunnen springen waar een functie is gedefinieerd.” Om degenen te helpen die IoT-toepassingen ontwikkelen, is er ook een firmware-updater voor WiFi-boards en SSL root-certificaten.

Een van de grootste uitdagingen van de hedendaagse embedded software-ontwikkeltools is het op de hoogte blijven van de gebruikte bibliotheekversies. De andere is het kunnen bouwen van hetzelfde project op een andere computer, iets wat typisch mislukt omdat bestandspaden ofwel niet bestaan of worden verminkt bij het omschakelen tussen besturingssystemen. Arduino heeft dit opgelost door een metafile toe te voegen die de versie van alle gebruikte bibliotheken en board packages opslaat. Ontwikkelaars kunnen hun werkstation verplaatsen, hun project delen en zelfs projecten beschikbaar stellen op GitHub en het nog steeds compileren. Wat nog niet verbeterd is, is de bouwtijd. Alle broncode wordt nog steeds gecompileerd, ook al is er misschien maar één regel code veranderd. Alessandro vertelt me dat “de Arduino CLI het hercompileren van alleen de gewijzigde bestanden kan ondersteunen,” dus hopelijk zal de IDE daar op een gegeven moment ook van profiteren.

Hoe verder met de Arduino IDE?

De eerste officiële release van Arduino IDE 2.0 werd aangekondigd in september 2022 na verschillende release-kandidaten waarmee de community de functies kon testen. Echter, net als IDE 1.0 zal het project nooit eindigen – het blijft gewoon veranderen en verder evolueren door feedback van gebruikers.

“Dankzij de modulaire aanpak wordt het nu gemakkelijker voor de community om bij te dragen aan de ontwikkeling van de IDE,” laat Alessandro weten.

In feite is dit hoe de ontwikkeling vandaag in zijn werk gaat. Arduino heeft maar zes fulltime interne ontwikkelaars die aan het project werken. Honderden medewerkers hebben hen vakkundig ondersteund, waarvan tientallen actief zijn geweest bij het vormgeven van nieuwe functies en testen. Omdat het project wordt gehost op GitHub, kan iedereen bijdragen aan de codeontwikkeling, het melden van problemen of het voorstellen van verbeteringen.

Als open-source veteraan vroeg ik Alessandro wat de grootste uitdaging is bij het runnen van een project waar iedereen aan kan bijdragen. “Iedereen gefocust houden op de missie van Arduino,” antwoordt hij. “Als technologie-enabler moeten we onthouden dat Arduino IDE verder gaat dan de Arduino-boards – we maken een hele industrie mogelijk.” ◀

220520 (vertaling: Willem den Hollander)

Over de auteur

Stuart Cording is ingenieur en journalist met meer dan 25 jaar ervaring in de elektronica-industrie. Je kunt veel van zijn recente Elektor-artikelen vinden op www.elektormagazine.com/cording. Naast het schrijven voor Elektor verzorgt hij de maandelijkse livestream Elektor Engineering Insights (www.elektormagazine.com/eei) en geeft hij Elektor Academy-cursussen (www.elektor-magazine.com/elektor-academy).

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.

Alessandro Ranellucci

(hoofd Maker Business, Open Source & Community)

Alessandro Ranellucci, hoofd van de afdeling Maker Business, Open Source & Community, kwam in 2020 bij Arduino om de producten en strategie voor makers en het open source ecosysteem te leiden. Hij werkte eerder als hoofd open source en was lid van de taskforce digitale transformatie voor de Italiaanse overheid. Hij is de curator van Maker Faire Rome en hoofdauteur van Slic3r, een populaire open-source tool voor 3D-printers.

WEBLINKS

- [1] The Go Project: <https://go.dev/>
- [2] Arduino, “Announcing the Arduino IDE 2.0 (beta),” 1 maart 2021: <https://blog.arduino.cc/2021/03/01/announcing-the-arduino-ide-2-0-beta/>
- [3] Segger, J-Link Debug Probes: www.segger.com/products/debug-probes/j-link/
- [4] Free Software Foundation, “GDB: The GNU Project Debugger”: www.sourceware.org/gdb/
- [5] Arduino Pro: www.arduino.cc/pro/
- [6] Arduino-downloads: www.arduino.cc/en/software

Maak kennis met



Waarom is Arduino zo succesvol?
Wat ligt er op Massimo Banzi's werkbank?
Wat haalt David Cuartielles zijn inspiratie vandaan? Waarom de naam Arduino?
Onze vrienden van Arduino beantwoorden deze vragen – en nog veel meer.

In juni 2022 meldde Arduino de voltooiing van een serie B-financieringsronde van 32 miljoen dollar. Fabio, kun je uitleggen hoe die financiering Arduino tot nu toe heeft geholpen? Wat zijn je plannen voor 2023? – C.J. Abate (Verenigde Staten)



Fabio Violante

Dank je wel. Het was een zeer succesvolle financiering, en we zitten op één lijn met onze investeerders wat betreft onze richting en wat nodig is om daar te komen. De hoogte van de financiering die we van de investeerders ontvingen, weerspiegelt wat we wilden ophalen om ons in staat te stellen onze strategische doelen te verwezenlijken en in te spelen op de nieuwe zakelijke mogelijkheden die zich voordoen nu er een nieuwe generatie technici aan het werk gaat. De financiering had twee hoofddoelen:

Ten eerste technologie – het uitbreiden en verfijnen van het Arduino-platform door investeringen in R&D. Dit betekent niet alleen hardware en IDE, maar ook firmware en clouddiensten voor onze gebruikers en de community. Deze worden ontwikkeld om IoT- en AI-toepassingen te ondersteunen, vooral voor zakelijke gebruikers. We leveren krachtiger hardware en verschillende cloud-functies om reeksen apparaten veilig te beheren met nieuwe interactiemodellen. We zullen ook investeren in professionele open-source content en bibliotheken die de basis vormen voor het verlagen van de toegangsbarrière voor veel gebruikers. Makers en docenten profiteren al van deze investeringen. Veel meer is in de maak en zal in de nabije toekomst worden uitgebracht. En ten tweede, markttuitbreiding – een solide reputatie opbouwen in het bedrijfsleven door gebruik te maken van de duizenden bedrijven die Arduino al hebben omarmd, niet alleen voor prototypes, maar ook om de kracht van het platform uit te leggen en feedback te verzamelen voor verdere ontwikkelingen. – **Fabio Violante**

Wat was de grootste uitdaging bij het leiden van Arduino tijdens de COVID-19 pandemie? – Raoul Morveau (Nederland)

Het aanwijzen van de grootste uitdaging voor Arduino tijdens de COVID-19 pandemie is een uitdaging op zich, omdat de omstandigheden zo snel veranderden, vooral in Italië, waar ons R&D-team is gevestigd, en dat bijzonder hard werd getroffen aan het begin van de pandemie. Omdat Arduino-boards in meerdere medische en sanitaire toepassingen werden gebruikt, waaronder het ontwerp en de productie van open-source ventilatoren en slimme hand-ontsmettingsapparaten, voldeden we aan de noodzakelijke criteria om onze activiteiten in Italië voort te zetten ondanks de lockdown. Terwijl de pandemie voortduurde, was onze grootste uitdaging waarschijnlijk dezelfde als die van veel bedrijven – het gemotiveerd en betrokken houden van medewerkers die over de hele wereld waren gestationeerd in een tijd waarin ze met persoonlijke uitdagingen werden geconfronteerd, van de gezondheid van henzelf en hun gezinnen tot het de moed erin houden tijdens uiterst restrictieve lockdown-regels, afhankelijk van het land waar ze woonden. De lockdown maakte het moeilijker om prototypes van nieuwe producten te maken, wat weer leidde tot verschillende vertragingen. Latere stijgingen van de verzendkosten en tekorten aan onderdelen met de bijbehorende verstoringen van de toeleveringsketen hebben de R&D-pijplijn verder op de proef gesteld. Over het geheel genomen was ik echter erg trots op de manier waarop het Arduino-team op de uitdagingen van de afgelopen twee jaar heeft gereageerd, en vele manieren heeft bedacht om positief te blijven en zich in te zetten voor de wereldwijde Arduino-gemeenschap. Massimo organiseerde de live Bar Arduino-show om de geweldige dingen te delen die mensen thuis met Arduino konden doen terwijl ze opgesloten waren, en ons Arduino Education-team ontwierp binnen twee maanden een compleet nieuw product – The Student Kit – om studenten in staat te stellen Arduino te bestuderen in een leeromgeving op afstand. Dit was geen gemakkelijke uitdaging, omdat de Arduino Education-programma's oorspronkelijk gericht waren op gezamenlijk leren in een klaslokaal. Het bleek echter een groot succes en werd door scholen en ouders over de hele wereld overgenomen. – **Fabio Violante**



Waarom heb je het bedrijf Arduino genoemd? – Udo Bormann (Duitsland)

We stonden op het punt ons project te registreren bij een oude open-source repository met de naam BerliOS, in Duitsland. In die tijd was Java de meest gebruikte programmeertaal in de academische wereld. We hadden vele dagen gewerkt om onze studenten te helpen met hun interactieve ontwerpprojecten en hadden veel koffie gedronken. Omdat we in Italië waren, wilden we ons eigen project een koffie-gerelateerde naam geven, zoals mocaccino, marroccchino, of iets in die geest. Maar alles was al bezet, omdat het op de een of andere manier met Java te maken had. Voor een computer met een open venster op BerliOS gezeten kwam het gewoon in ons op: waarom zouden we het project niet naar de koffiebar op het dorpsplein – Arduino? Het was ook de naam van de eerste Italiaanse koning, en die was niet gereserveerd. De rest is geschiedenis. – Massimo Banzi

Waar zoekt Arduino naar bij nieuwe zakenpartners? – Margriet Debeij (Nederland)

Wat betreft de toeleveranciers is de uiteindelijke gebruikerservaring de drijvende kracht achter de ontwikkeling en dus ook de keuze van de componenten die op de boards worden gebruikt. Dat wil zeggen, we selecteren de leveranciers/partners op basis van wat het meest geschikt is om de innovatieve hulpmiddelen te creëren die we de klant willen bieden. Om onze service aan professionele klanten te verbeteren, hebben we onlangs een programma voor systeemintegratoren gelanceerd, waarbij we zorgvuldig selecteren met wie we samenwerken, en een sterke betrokkenheid bij de klantenservice gedurende de hele samenwerking eisen. We zoeken naar partners die extra expertise, oplossingen en strategieën inbrengen die in synergie met de onze kunnen werken en bijdragen aan IoT-innovatie en groei voor alle betrokken partijen. – David Cuartielles

Massimo Banzi



Wat ligt er op Massimo's elektronica-werkbank? Werkt hij aan speciale projecten? – C.J. Abate (Verenigde Staten)

Op mijn werkbank is het altijd een rommeltje. Ik ben op dit moment bezig met een paar projecten: het bouwen van lineaire actuatoren met stappenmotoren om verschillende soorten 'machines' in elkaar te zetten. Ik heb er afgelopen juli een cursus over gegeven, en ik ben aan het uitzoeken wat de volgende stap moet worden. Het andere grote lopende project is het restaureren van oude computers. Ik ben bezig met een paar Apple II-computers en andere apparaten, zoals Franse Minitel-terminals. Op mijn werkbank ligt dus een mix van stappenmotoren en oude computeronderdelen. – Massimo Banzi

Naast zijn werk bij Arduino geeft David Cuartielles les aan de Universiteit van Malmö in Zweden. Hoe brengt hij dat in evenwicht? Is er een synergie tussen de twee? – Beatriz Sousa (Nederland)

In feite heeft mijn werk aan de Universiteit van Malmö me geïnspireerd tot het werken met zoiets als Arduino. Het is geen kwestie van balanceren, maar meer de ene activiteit die de andere inspireert. Onderwijs inspireert het ontwerpen van boards en content, en omgekeerd. Op praktisch niveau zijn Arduino en de Universiteit van Malmö heel dichtbij, slechts 10 minuten op de fiets. Ik gebruik Arduino als mijn persoonlijke kantoor en ren naar de School of Arts als ik een les of vergadering heb. Tegelijkertijd houd ik erg van lesgeven, en ik leer veel van de studenten en de oud-studenten. Deze kennis pas ik toe in mijn werk bij Arduino. – David Cuartielles



David Cuartielles

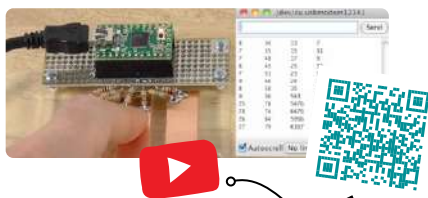
De Arduino UNO en IDE vulden een gat door een eenvoudig en betaalbaar microcontroller-ontwikkelplatform te bieden voor hobbyisten en makers, en slaagden erin marktleider te worden op dit gebied. De "Arduino Pro" productlijn probeert door te dringen in een bestaande industriële markt die bezet wordt door vele gevestigde concurrenten, producten en tools. Hoe ben je van plan daar een verschil te maken? – Clemens Valens (Frankrijk)

Een fundamenteel doel van de Arduino Pro-propositie is om de productiviteit en creativiteit die makers en studenten hebben opgedaan met Arduino, over te dragen op het bedrijfsleven. We helpen bedrijven actief hun bedrijfsmodellen te transformeren met IoT, door robuuste en begrijpelijke hardware en SaaS-platforms te leveren. Het verschil is dat we de volledige projectontwikkeling (hardware, software en cloud) en de probleemloze overgang van prototyping naar productie ondersteunen. – Keith Jackson

Duizenden op Arduino gebaseerde projecten staan online. Hebben David en Massimo favorieten? Kunnen ze een paar projecten aanwijzen die er echt uitspringen? – Jens Nickel (Duitsland)

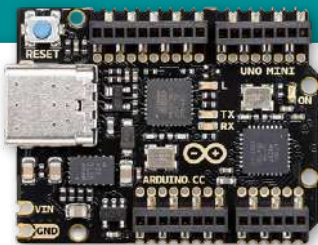
Er zijn genoeg uiterst complexe projecten die ik zou kunnen noemen; ik heb echter een voorliefde voor projecten die anderen helpen hun eigen ideeën te ontwikkelen. Er zijn een paar bibliotheken die al heel lang binnen Arduino circuleren en die anderen blijven helpen om geweldige dingen te maken. Een voorbeeld is de CapacitiveSensor-bibliotheek van Paul Bagder en Paul Stoffregen. Met dit stukje code kun je aanraak-schakelaars maken, zodat je geen knoppen hoeft te gebruiken. Er zijn heel veel leuke projecten op gebaseerd. Als ik aan de andere kant een board-gebaseerd project zou moeten kiezen, dan is dat een bellenblaasmachine gemaakt door middelbare scholieren in Catalonië. Ze gebruikten een servomotor om de voeding voor de bellenblazende ventilator te schakelen – door twee draden mechanisch kort te sluiten, omdat ze geen relais hadden. – **David Cuartielles**

Bekijk de video
"CapacitiveSensor Arduino Library"!



Het succes van Arduino is voor een groot deel te danken aan zijn gebruikers, die heel veel open-source bibliotheken en toepassingen voor de UNO en soortgelijke boards hebben uitgewisseld. De "Arduino Pro" productlijn is gericht op industriële gebruikers die waarschijnlijk veel terughoudender zullen zijn om hun code te delen. Ben je niet bang dat dit je kansen op succes ernstig beperkt? – Clemens Valens (Frankrijk)

Arduino is altijd open-source geweest en zal dat altijd blijven, want dat is de kern van Arduino. Open-source is niet alleen fundamenteel voor innovatie en creativiteit die ontstaat binnen de Arduino-gemeenschap, maar het biedt ook een belangrijk voordeel voor professionele ontwikkelaars doordat de technologie sneller kan worden overgenomen en de lock-in risico's worden beperkt. Het is alleen een beperking als je het bekijkt door de ogen van traditionele bedrijven. Er zijn duizenden – zo niet miljoenen – bedrijven die willen transformeren. Veel ondernemingen gebruiken tegenwoordig open-source software in kritische toepassingen, van Linux OS tot toepassingssoftware zoals databases, message brokers enzovoort. Op vergelijkbare manier kunnen we onderscheiden tussen Arduino-cores en enabling technologies versus de zelfontwikkelde applicatiecode van onze klanten. We bieden al hulpmiddelen om hybride scenario's te beheren, waarbij open- en closed-source software betrouwbaar worden gecombineerd. – **Keith Jackson**



Arduino dankt een groot deel van zijn populariteit aan het Arduino UNO-board. Wordt er nagedacht over een Rev. 4, misschien met een snellere processor en WiFi!? – Muhammed Söküt (Elektor, Duitsland)

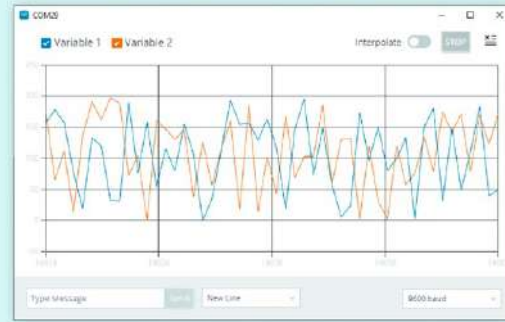
Vorig jaar rond deze tijd lanceerden we een speciale miniaturversie van het UNO-board, de UNO Mini LE, die ongelooflijk populair was en die snel was uitverkocht, wat de aanhoudende populariteit van het UNO-concept bewijst. Een paar maanden geleden volgden we dit op met de Make Your UNO Kit (of kortweg MY UNO), in feite drie producten in één, waarmee beginners kunnen leren solderen, hun eigen UNO helemaal zelf kunnen opbouwen en een audio-synthesizer kunnen bouwen. We willen altijd voortbouwen op het succes van onze meest geliefde producten, dus we onderzoeken voortdurend hoe we ze kunnen verbeteren met snellere processoren en belangrijke functies waar onze klanten om vragen. Daarom hebben we een toegewijd team dat aan dit product werkt. – **David Cuartielles**

Duizenden bedrijven over de hele wereld gebruiken Arduino als innovatieplatform. Vertel ons over een of twee uitzonderlijke "pro"-toepassingen. – C. J. Abate (Verenigde Staten)

Zoals je terecht opmerkt, gebruiken duizenden bedrijven over de hele wereld Arduino, dus er slechts twee uitkiezen is een hele uitdaging.

Allereerst moet ik de Fluid Eye oliemonitoring-toepassing van Fluid Intelligence noemen, omdat dit een van de toepassingen was die ons voor het eerst het potentieel van de professionele markt duidelijk maakte. Fluid Eye is een intelligente oplossing voor onderhoud. Het voorziet vloeistofveranderingen bij zware industriële machines zo vroeg dat de eindgebruikers tijd hebben om kosteneffectieve onderhoudsbeslissingen te nemen en stilstand te voorkomen. De IoT-oplossing heeft een front-end analyse- en datatransmissie-eenheid die verbonden is met de Fluid Cloud – met behulp van machine vision- en machine learning-algoritmen om de benodigde analyse uit te voeren en maandelijkse en jaarlijkse rapportage te produceren. Verschillende versies van Arduino MKR-boards worden gebruikt om de gegevens te lezen, te verwerken en van de edge naar de cloud te sturen, waarbij Arduino zowel gebruiksvriendelijk blijkt te zijn als goed presterend in deze veeleisende omgevingen. Ten tweede wil ik beslist het systeem noemen dat Arol ontwikkelde met Arduino Pro. Arol wilde slimme mogelijkheden en data-acquisitie toevoegen aan hun bestaande industriële apparatuur die wordt gebruikt in hogesnelheids-kroonkurkmachines en verpakkingssystemen tijdens het afvullen van flessen, die 50.000 flessen en 150+ europallets per uur verwerken. Het voorspellende onderhoudssysteem met de Nicla Sense ME bewaakt de temperatuur en trillingen in specifieke kritieke delen van de machines, en levert zowel diagnostische als voorspellende gegevens om fouten of afwijkingen te registreren voordat ze defecten veroorzaken, en ontwikkelt inzicht in wanneer de machines onderhoud nodig hebben. – **Keith Jackson**

Arduino IDE Serial Plotter is een erg nuttig tool, vooral in realtime-toepassingen voor het plotten van gegevens. Het nadeel van dit tool is dat het niet geconfigureerd kan worden (de X-as telt bijvoorbeeld een vast aantal van 500 punten). Zijn er plannen om dit tool configureerbaar te maken? – Professor Dogan Ibrahim (Verenigd Koninkrijk)



Bedankt voor de feedback. Deze meningen van onze gebruikers wordt altijd gewaardeerd, omdat het ons helpt de ontwikkelingen te richten op wat zinvol is voor de grootste gebruikersgroep. Momenteel is de seriële plotter ontworpen met een vast frame, maar dat is niet 500 punten; het is 5000 milliseconden (5 seconden) en alles wat je in dat venster kunt plotten, wordt ook geplot. We onderzoeken de mogelijkheid om in de toekomst een zoomfunctie en een bereikselectie toe te voegen. – David Cuatrecasas

Ik gebruik Arduino Cloud nu meer dan zes maanden, en als maker geniet ik van het eenvoudige gebruik, ondanks de geavanceerde mogelijkheden. Als docent waardeer ik ook het potentieel ervan als hulpmiddel bij het leren en onderwijzen. Wat is je visie voor Arduino Cloud? Wat kunnen we in de komende jaren verwachten in de Arduino Cloud wat betreft nieuwe mogelijkheden, functies, ondersteuning voor niet-Arduino hardware, en beveiliging? – Peter Dalmaris (Australië)

De Arduino Cloud is ontworpen met het makers-publiek in het achterhoofd, maar heeft in de loop van de tijd vele mogelijkheden toegevoegd, zoals RBAC of programmeren en inzetten op grote schaal, die het geschikt maken voor industriële en professionele omgevingen, maar ook thuis en in de klas. In de komende jaren zullen nieuwe mogelijkheden, zoals event processing en meldingen, integratie met platforms van derden en ondersteuning van extra hardwareplatforms, het gezicht van Arduino Cloud veranderen, terwijl de essentie van het gebruiksgemak van elk Arduino-product behouden blijft. — Keith Jackson

Ik ben geïnteresseerd in wat Arduino doet voor de jongere generatie. Vertel eens wat over het Arduino Education-programma. Wat staat er nu op de agenda voor Arduino Education? – Alina Neacsu (Germany)



Arduino Education betreft het voorbereiden van leerlingen op hun toekomst. Arduino is een facilitator in het onderwijs, maar de kernboodschap is het aanbieden van toekomstige carrièrevaardigheden, toekomstige technologieën en het oplossen van toekomstige problemen. We werken actief aan het definiëren van industriële vaardigheden en brengen die in het leerproces in, om leerlingen te helpen hun competenties stap voor stap op te bouwen met een duidelijk doel.

Intussen gaat Arduino Education door met het aanbieden van geavanceerde technologieën: de Explore IoT-kit is een voorbeeld van hoe we voor verschillende leeftijdsgroepen een unieke leermogelijkheid voor IoT kunnen bieden, door IoT-projecten te bouwen en te ervaren. Al het leerwerk is geïntegreerd met sterke, duurzame ontwikkelingsdoelen in het achterhoofd, omdat we de leerlingen via onze tools willen laten zien dat ze de toekomstige uitdagingen waar we voor staan begrijpen en hoe ze een betere wereld kunnen maken door middel van technologie.

Om onze inzet mogelijk te maken, breiden we ook uit van hardware naar digitale diensten. Anders dan flexibele, gemakkelijk te gebruiken en betaalbare boards, carriers en componenten, werken we er hard aan om onze IoT-cloud ervaring naar het volgende niveau te tillen voor het onderwijs. Met functies als klassikaal management en resources, samen met geavanceerde IoT- en dashboardfuncties, is Arduino cloud een onderwijsmiddel voor scholen geworden. Verder verbeteren we de Science Journal-app om de ervaring van experimenten en wetenschappelijk notuleren te verbeteren, wat miljoenen leerlingen in het wetenschapsonderwijs heeft geholpen. Alle digitale diensten vormen een sterke basis voor onze hardwareontwikkeling, en zorgen voor een unieke en geavanceerde ervaring tussen fysiek en digitaal leren.

Om scholen te helpen bij hun transformatie naar een innovatieve leeromgeving, is Arduino Education begonnen met het inspiratieprogramma. Een Arduino Education Inspiration Lab is een speciale ruimte, of dat nu in een school, universiteit, bedrijf of andere instelling is, die innovatieve, spannende STEAM-leermogelijkheden en certificeringen biedt. In een Inspiratielab kun je gespecialiseerde STEAM-cursussen voor leerlingen houden, docententraining en professionele ontwikkeling, en eenmalige workshops of projecten. Je kunt het lab zelfs openstellen voor het publiek, zodat ook zij kennis kunnen maken met Arduino Education-oplossingen, hun STEAM-kennis kunnen uitbreiden – en plezier hebben! Sterker nog, een inspiratielab bevordert het vierde duurzame ontwikkelingsdoel van de VN, namelijk inclusief en rechtvaardig onderwijs en mogelijkheden voor een leven lang leren voor iedereen, en ondersteunt de ontwikkeling van carrièregerichte en professionele vaardigheden. We zijn vastbesloten om Arduino Education Inspiration Labs over de hele wereld te verspreiden en onze missie om vandaag te onderwijzen voor morgen verder uit te dragen. – Yu Hu

Aan de slag met de Portenta X8

software veilig beheren
met containers



Figuur 1. De Arduino Portenta X8.

Benjamin Dannegård (Arduino)

De Arduino Portenta X8 is een krachtig, industrieel systeem-op-module (SoM) waarop een Yocto Linux-distributie van Foundries.io draait. Dankzij de integratie in de Arduino Cloud is het eenvoudig om een FoundriesFactory te maken, Docker-containers samen te stellen en deze veilig naar je board(s) te laden.

De baanbrekende Arduino Portenta X8 (figuur 1) is een krachtig, industrieel systeem-op-module (SoM) met Linux OS voorgeïnstalleerd, waardoor het een plug&play-oplossing is die device-onafhankelijke software kan draaien dankzij de modulaire container-architectuur. Vanwege de ingebouwde WiFi en Bluetooth Low Energy- (BLE) connectiviteit kunnen OS- en app-updates op afstand worden uitgevoerd, waarbij de Linux-kernel omgeving altijd op het hoogste prestatieniveau blijft. De combinatie van microprocessor en microcontroller van de X8 biedt ongekende flexibiliteit om Linux-apps te draaien en realtime-taken tegelijk en veilig uit te voeren. Dankzij de uitgebreide beschikbare bibliotheken van Arduino, samen met een op containers gebaseerde Linux-distributie, kunnen IT-professionals, systeemintegratoren en adviesbureaus een grote verscheidenheid aan oplossingen voor industriële

context bouwen en stimuleren. Het leent zich ook voor gebouwautomatisering en slimme landbouwtoepassingen. Enkele toepassingen zouden kunnen zijn:

- edge computing voor productie;
- autonoom geleide voertuigen (AGV);
- interactieve full-HD beveiligde kiosken en digital signage;
- kantoor- en huisbesturingssystemen;
- navigatie en besturing voor slimme landbouw;
- gedragsanalyse voor kantoren en fabrieken.

Kernbegrippen

De Arduino Portenta X8 gebruikt een embedded Linux-omgeving, wat betekent dat het een basisdistributie moet hebben – een mechanisme om het te actualiseren

en enkele toepassingen die op het board kunnen draaien. Als basis gebruikt de X8 een Linux-distributie gebouwd met het Yocto Project met apps die zijn geïnstalleerd en verpakt als afgesloten containers (figuur 2). Het Yocto Project is speciaal gemaakt voor embedded systemen om ervoor te zorgen dat het nooit ontbreekt aan de flexibiliteit die nodig is om de gewenste footprint en functionaliteit te realiseren.

Samen met Foundries.io [1] hebben we een eenvoudige oplossing ontwikkeld om de Arduino Portenta X8 aan te sluiten op hun FoundriesFactory-distributie. Door de Portenta X8 aan te sluiten op een computer, krijgen we direct toegang tot de setup-webpagina (figuur 3). Dit zorgt voor een soepel en snel installatieproces. Hier kan de WiFi van het board worden ingesteld, en vervolgens eenvoudig worden gekoppeld aan een FoundriesFactory naar keuze (zie figuur 4). Door Foundries.io's integratie met Arduino Cloud kun je gemakkelijk je FoundriesFactory opzetten direct vanaf de Arduino Cloud-pagina.

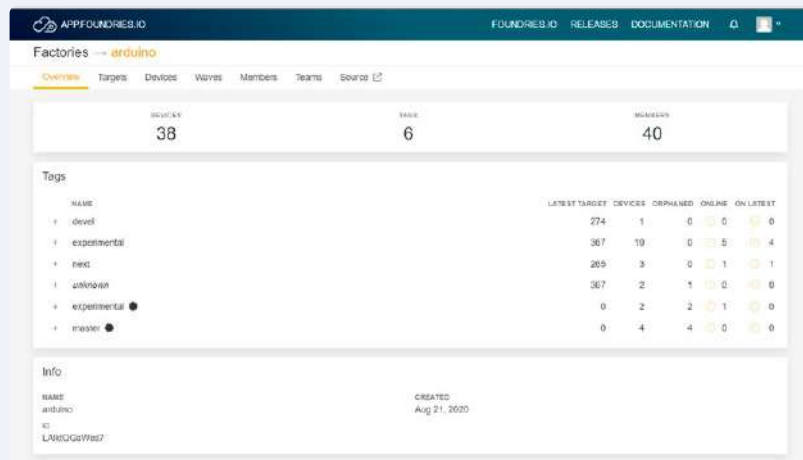
Op de FoundriesFactory-pagina kun je leden toevoegen, zodat je eenvoudig kunt bijhouden welke leden van een team toegang moeten hebben tot de Portenta X8's die aan de Factory zijn gekoppeld. Ook is het mogelijk om teams op te zetten voor een beter beheer. Op de pagina vind je ook een lijst van alle devices die aan de Factory zijn gekoppeld, samen met hun namen en de versies van de containers die momenteel op de computer zijn geladen. Er is ook een pagina met een overzicht van

alle verschillende containerversies die naar de Factory zijn overgedragen. Dit alles zorgt voor een eenvoudig overzicht en beheer van de leden in het team, evenals de devices en de goals. Dit maakt gemakkelijk vlootbeheer mogelijk voor iemands devices, maar de tool voor vlootbeheer van Foundries.io, Waves, zorgt voor nog meer controle. Voor een beter begrip van hoe deze tool werkt met de Portenta X8, bekijk de FoundriesFactory Waves Fleet Management tutorial voor de X8 [2].

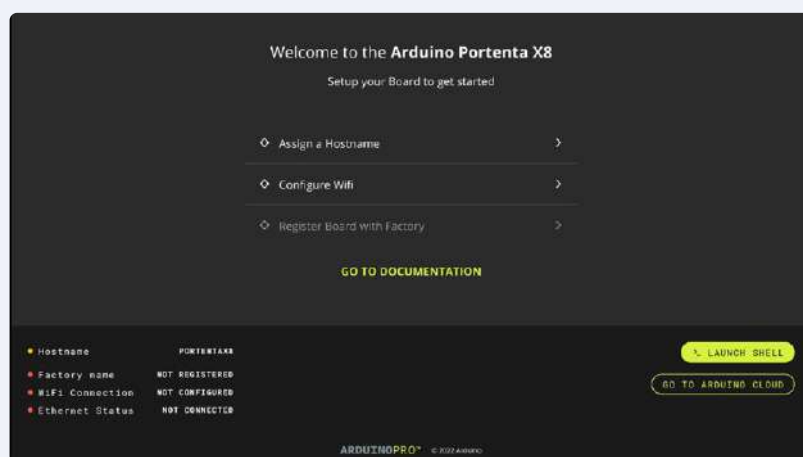
Foundries.io heeft zijn basisdistributie gebaseerd op Yocto met een minimum aan geïnstalleerde software. Het implementeert standaard cyberbeveiligingsfuncties van het hoogste niveau, zoals OP-TEE, een systeem waarmee het besturingssysteem kan worden beveiligd, eventueel met ondersteuning van een beveiligd element, en OSTREE, een systeem om elk bestand en elke map in het systeem te controleren. Dit maakt hun oplossing ideaal voor professionele toepassingen. Een aangepast OTA-mechanisme voor systeemupdates is gebaseerd op een client die draait op een target en een robuuste cloud-server. Foundries.io koppelde docker-compose als een manier om een softwareoplossing te implementeren op een target. Dit is alsof we een app-store hebben voor een bepaald device – met het verschil dat we geen app installeren maar een container die een hele distributie kan bevatten of een minimale distributie waarop alleen onze app of onze set apps draait. Daarnaast hebben ze ook de cloud side ontwikkeld. Dit betekent dat je FoundriesFactory, een cloud DevSecOps abonnementsdienst, kunt gebruiken om veilige, actualiseerbare IoT-en Edge-producten te bouwen, te testen, te implementeren en te onderhouden. Dit biedt een unieke ID en automatische builds van het basissysteem en containers voor dit systeem op één plek.

Containers

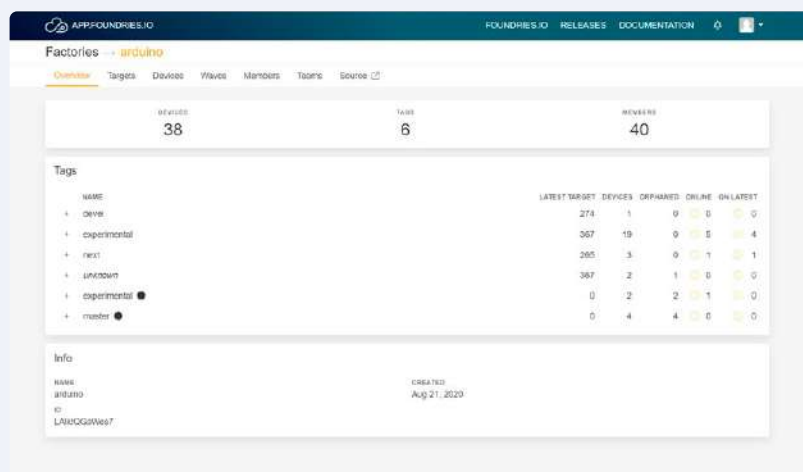
Zoals eerder vermeld, vormen containers een belangrijk onderdeel van de functionaliteit van de X8. Een container is een standaard software-eenheid die code en al zijn afhankelijkheden verpakt, zodat de app snel en betrouwbaar van het ene device naar het andere kan worden uitgevoerd. Een Docker container-image is een lichtgewicht, op zichzelf staand, uitvoerbaar softwarepakket dat alles bevat wat nodig is om een app uit te voeren. Met het geïntegreerde gebruik van Docker op de Portenta X8, is het eenvoudig



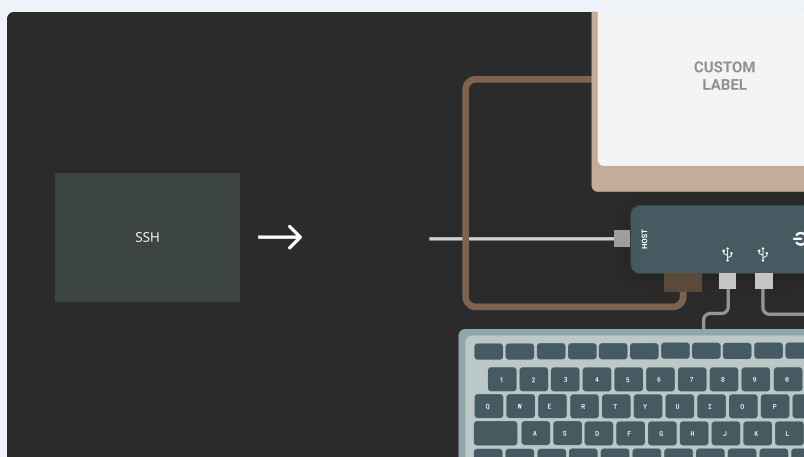
Figuur 2. De opbouw van het systeem.



Figuur 3. Portenta X8 configuratie-webpagina.



Figuur 4. Overzichtspagina van FoundriesFactory (bron: Foundries.io).



Figuur 5. Voorbeeld van de aansluiting van de Portenta X8.



Figuur 6. Demo op Portenta X8.

om al bestaande containers te downloaden of om je eigen, zeer aanpasbare container te maken. Door een site zoals Docker Hub [3] te gebruiken, die een overvloed aan kant-en-klare containers bevat, kunnen we de Portenta X8 op veel verschillende gebieden inzetten. Wanneer een container uit een image wordt gecreëerd, moet dat image het volledige bestandssysteem van de container bevatten. Dit betekent dat het alles moet bevatten wat nodig is om een applicatie uit te voeren, alle afhankelijkheden, configuraties, scripts, binaire bestanden, enzovoort. Het image bevat ook andere configuraties voor de container, zoals omgevingsvariabelen, een standaardopdracht om uit te voeren en andere metadata. Een container is echter een enkele app, terwijl je als je meerdere containerapplicaties wilt gebruiken, zoals bij de X8, docker-compose

gebruikt dat ons helpt deze te beheren. De bestandsstructuur van een docker-compose-app kan er ongeveer zo uitzien:

- > **docker-build.conf** bevat de minimale 'unit test'-opdracht die op de container moet worden uitgevoerd om te bewijzen dat deze werkt.
- > **docker-compose.yml** definieert de naam van de app via de Factory, zijn machtigingen en instellingen voor de betrokken containers.
- > **Dockerfile** is een bestand dat een Docker image bouwt. Het image bevat alle afhankelijkheden die de Python-app nodig heeft.
- > **requirements.txt** bevat de Python-afhankelijkheden die je app zal kopiëren en downloaden.

- > de **src**-directory bevat de broncode van de app die je in de container wilt uitvoeren, of een opstartscript.

Dankzij Foundries.io wordt deze werkwijze eenvoudiger, omdat er een container build-script draait op de CI build-server die gekoppeld is aan de FoundriesFactory, die geactiveerd wordt door een push naar de Factory-repository. Hiermee kunnen we een nieuwe docker-compose app maken, deze toevoegen aan de repository en vastleggen of pushen. Na een moment zal de pagina van de Factory laten zien dat het container build-script is geactiveerd en het nu de nieuwe docker-compose app bouwt. Dit alles helpt ons een embedded Linux-platform te verkrijgen waarop een aangepaste Yocto-distributie draait die veilig is en bestand is tegen strenge cyberbeveiligings-checks, en waar de gebruiker kan doen wat hij in gedachten heeft door apps en aangepaste code te implementeren met behulp van containers.

RPC-functie

De container-infrastructuur van Arduino stelt ons in staat om realtime-verwerking uit te voeren aan de Arduino-kant terwijl we aan de Linux-kant een volwaardig besturingssysteem draaien. Dankzij de architectuur van de X8 kan de microcontroller bepaalde periferie afhandelen en de vereiste gegevens uitwisselen tussen de microcontroller en een Python-applicatie (het is ook mogelijk om elke programmeer- of scripttaal voor de applicatie te gebruiken) die aan de Linux-kant draait. Het communicatiemechanisme dat hiervoor wordt gebruikt, wordt RPC (Remote Procedure Call) genoemd. Met behulp van de docker-infrastructuur is het mogelijk een python-applicatie te maken die het RPC-mechanisme gebruikt om data uit te wisselen tussen de microcontroller en de iMX8, waarop het Linux-besturingssysteem draait. Als je geïnteresseerd bent om dieper op deze functie in te gaan, bekijk dan de tutorial *Data Exchange Between Python on Linux and an Arduino Sketch* [4].

Portenta X8 in actie

Laten we eens kijken hoe het proces van het gebruik van de Portenta X8 met FoundriesFactory en containers eruitziet met een korte demo. De NXP i.MX 8M Miniprocessor van de Arduino Portenta X8 kan worden gebruikt voor 3D rendering. Hiermee kunnen we 3D-content weergeven op een scherm of een video-uitgang. Het device gebruikt OpenGL om de 3D-gerelateerde berekeningen te verwerken. In deze demo zullen we webinhoud van het

internet renderen met WebGL en weergeven op een scherm via een USB-hub met een HDMI-uitgang. Er zijn veel manieren om met het board te communiceren, draadloos of bekabeld, en vervolgens ADB of SSH te gebruiken om met de X8 te communiceren via een commandoregel-interface. Omdat de Portenta X8 een Linux-device is, kun je normale Linux-commando's gebruiken om bestanden aan te maken, mappen te wijzigen, enzovoort.

Na het doorlopen van het installatieproces wordt de nieuwste firmware voor de X8 geïnstalleerd. Dit zal ook de rest van het proces veel gemakkelijker maken. Nu het board gekoppeld is aan een FoundriesFactory, kunnen we eenvoudig de nodige containers downloaden naar de Portenta X8 en deze met slechts enkele regels uitvoeren via SSH of ADB. Met FoundriesFactory kunnen we eenvoudig een target met dit voorbeeld uploaden naar een gekoppeld device. Als een lokale methode de voorkeur heeft, dan is het net zo eenvoudig om de repository te downloaden, naar het device te pushen met de ssh-of adb-shell, en het met een paar commando's te installeren en uit te voeren. Als alles is gedownload en draait, kan de Portenta X8 via een USB-hub op een scherm worden aangesloten (**figuur 5**). Het Aquarium 3D-voorbeeld van WebGL zal nu afgespeeld worden (**figuur 6**). Een muis kan ook worden aangesloten op de USB-hub om te interageren met de demo op het scherm. Op deze manier kunnen de 3D renderingmogelijkheden van de X8 met WebGL worden getest, waardoor het mogelijk wordt om verschillende parameters te testen of andere relevante informatie op te vragen. Een andere optie is om de container aan te passen met een Linux-tekst-editor om de URL te veranderen om iets anders op het scherm te laten zien.

Als je dit proces wilt herhalen of in meer detail wilt onderzoeken, bekijk dan onze tutorial *Output WebGL Content on a Screen* [5]. Op de Arduino docs-site kunt je ook meer tutorials vinden die de mogelijkheden van de X8 en het gebruik van docker containers laten zien. Als je wilt zien hoe je een database-container op de Portenta X8 kunt draaien die een WordPress-site host, ga dan naar onze *Running Wordpress and Database Containers on the Portenta X8* tutorial [6]. Misschien ben je meer geïnteresseerd in hoe de Portenta X8 een oplossing kan bieden voor MQTT-data-logging? Kijk dan eens naar de *Data logging met MQTT, Node-RED, InfluxDB en Grafana* tutorial [7]. Als je de mogelijkheden van de X8 nog meer wilt uitbreiden, plug hem dan in een Arduino Portenta Max Carrierboard. Dan kun je bijvoorbeeld een multi-protocol gateway bouwen. Bekijk daarvoor onze *Build a Multi-Protocol Gateway with Portenta X8 & Max Carrier* tutorial [8].

Nu je een idee hebt gekregen van wat de Arduino Portenta X8 kan, wat zijn kernbegrippen zijn en voor welke toepassingen hij kan worden gebruikt, is het aan jou om hem in actie te zetten en er het maximale uit te halen. 

220546-03 (vertaling: Willem den Hollander)

Over de auteur



Benjamin Dannegård is een Interaction Designer uit Malmö (Zweden) die geïnteresseerd is in alles wat met techniek te maken heeft en nerdy is.

Hij werkt al twee jaar bij Arduino als maker en Pro content creator.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduino Portenta X8**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-x8
- > **Arduino Portenta Max Carrier**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-max-carrier
- > **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-h7
- > **Arduino Portenta Max Carrier**
<https://elektor.nl/arduino-portenta-max-carrier>

WEBLINKS

- [1] Foundries.io: <https://foundries.io>
- [2] Tutorial: 'Using FoundriesFactory Waves Fleet Management' for the X8: <https://docs.arduino.cc/tutorials/portenta-x8/waves-fleet-managment>
- [3] Docker Hub Container Image Library: <https://hub.docker.com>
- [4] Tutorial: 'Data Exchange Between Python on Linux and an Arduino Sketch': <https://docs.arduino.cc/tutorials/portenta-x8/python-arduino-data-exchange>
- [5] Tutorial: 'Output WebGL Content on a Screen': <https://docs.arduino.cc/tutorials/portenta-x8/display-output-webgl>
- [6] Tutorial: 'Running Wordpress and Database Containers on the Portenta X8': <https://docs.arduino.cc/tutorials/portenta-x8/wordpress-webserver>
- [7] Tutorial: 'Data Logging with MQTT, Node-RED, InfluxDB and Grafana': <https://docs.arduino.cc/tutorials/portenta-x8/datalogging-iot>
- [8] Tutorial: 'Build Multi-Protocol Gateway with Portenta X8 and Max Carrier': <https://docs.arduino.cc/tutorials/portenta-x8/multi-protocol-gateway>

Bouw, uitrol en onderhoud van schaalbare, veilige applicaties

op basis van Arduino Portenta X8 – met de i.MX 8M Mini Applications Processor en EdgeLock® SE050 Secure Element van NXP

Een bijdrage van NXP Semiconductors

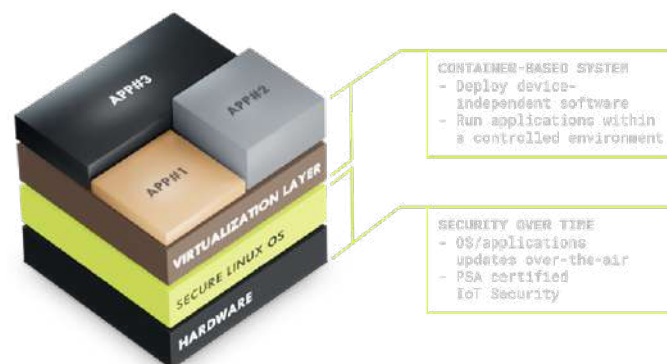
Een IoT-apparaat op de markt brengen vergt aanzienlijke ontwerp- en ontwikkelingsinspanningen – met in elk stadium schaalbaarheids- en beveiligingsproblemen en apparaatbeperkingen. Met de toevoeging van intelligentie wordt het nog ingewikkelder. Dat maakt de selectie van de juiste ontwikkelhardware en -software van cruciaal belang om veilige edge-producten sneller op de markt te brengen. Dit artikel introduceert het Arduino Portenta X8-platform, een industrieel en veilig SOM gebaseerd op de i.MX 8M Mini-applicatieprocessor en een EdgeLock® SE050 hardware secure element van NXP. Dit PSA-gecertificeerde platform is ook Arm® SystemReady IR voor gegarandeerde veiligheid.

Arduino Portenta X8 is een krachtig, industrieel system-on-module met voorgeïnstalleerd Linux OS aan boord en is geschikt om apparaat-onafhankelijke software te draaien dankzij de modulaire containerarchitectuur. Het biedt twee benaderingen: flexibel gebruik van Linux gecombineerd met realtime-toepassingen via de Arduino-omgeving. De ingebouwde WiFi/Bluetooth Low Energy-connectiviteit maakt updates van besturingssystemen/applicaties op afstand mogelijk, waarbij de Linux-kernelomgeving altijd op het hoogste prestatieniveau blijft.

State-of-the-art beveiliging

Het op containers gebaseerde systeem integreert verschillende beveiligingslagen, te beginnen met de hardwarelaag die het Secure Element van NXP huisvest. Het maakt gebruik van het cloudgebaseerde DevOps-platform van Foundries.io [1] waarmee de bouw, test, uitrol en het onderhoud van embedded Linux-oplossingen haast opnieuw is

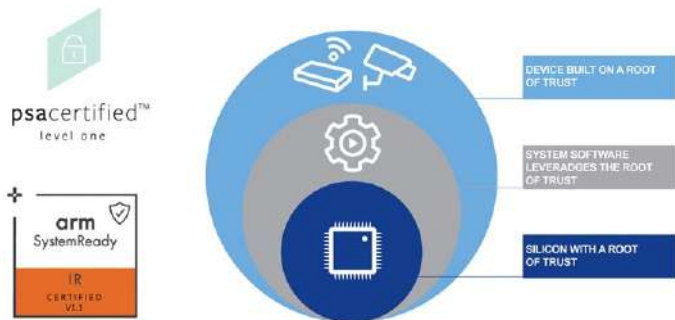
uitgevonden. De Portenta X8 bevat het aanpasbare open-source Linux microPlatform-OS, gebouwd volgens de beste industriële praktijken voor end-to-end beveiliging, incrementele OTA-updates en vlootbeheer.



Portenta X8-container en beveiliging.

Met de virtualisatielaag kunnen gebruikers apparaatonaafhankelijke software implementeren die binnen een gecontroleerde omgeving draait. Ze kunnen hun eigen containers maken met behulp van Docker en vooraf gemaakte images downloaden van Docker Hub of andere beschikbare openbare locaties om een op maat gemaakte toepassing te bouwen. Als de ontwikkelaar de embedded wereld wil betreden, kan hij dat gemakkelijk doen door zijn toepassing te bouwen, binnen een container te draaien, naar het board te laden en uit te proberen. Dit biedt een breed scala aan mogelijkheden door de capaciteiten van Linux te mixen met de Arduino-standaardervaring. Portenta X8 behaalde PSA-certificering; het NXP EdgeLock SE050 hardware secure element zorgt voor het genereren van sleutels, versnelde cryptobewerkingen en veilige opslag. X8 behaalde ook Arm SystemReady [2] certificering en geïntegreerde Parsec-services, waardoor het een van de eerste Cassini-producten of Cloud Native Edge-apparaten is die voor ontwikkelaars op de markt zijn. Het draait naadloos Fedora IoT, Fedora Server, Debian en Linux microPlatform. De Portenta X8, die de migratie van cloud-native workloads van de

cloud naar de edge mogelijk maakt, draagt bij aan een cloud-native ontwikkelervaring in het diverse en veilige IoT-ecosysteem van Arm.



Platform-beveiligingsarchitectuur.

EdgeLock SE050 – een veilig anker voor IoT

De EdgeLock SE050 [3] van NXP is discrete en manipulatiebestendige beveiligingshardware voor de bescherming van de identiteit van een apparaat, inclusief cryptografische sleutels en certificaten. Het is een standalone embedded secure element dat via de I²C-interface aan de hoofdp processor wordt gekoppeld. De EdgeLock SE050 is Common Criteria EAL 6+ gecertificeerd voor de hardware en het besturings-systeem. Dit kant-en-klare beveiligde element voor IoT-apparaten biedt een vertrouwensbasis op IC-niveau en levert echte end-to-end beveiliging – van edge tot cloud – zonder de noodzaak om beveiligings-code te implementeren of kritieke sleutels en referenties te verwerken.



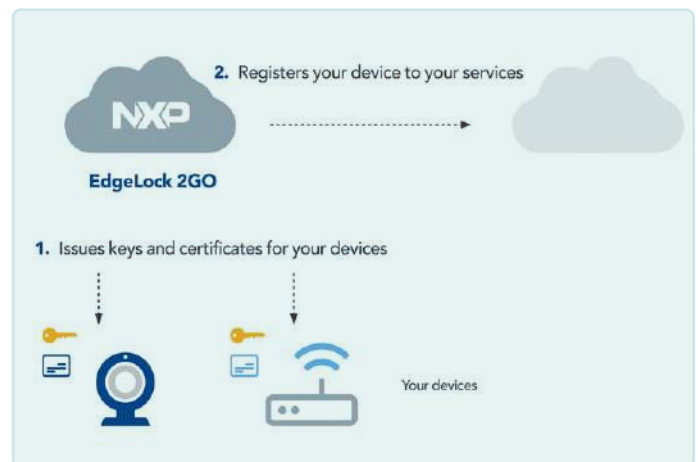
Root of Trust op silicium: het EdgeLock SE050 Secure Element.

EdgeLock SE050 wordt geleverd als een kant-en-klare oplossing met meerdere vooraf geïmplementeerde cryptografische algoritmen en protocollen en een compleet product-ondersteuningspakket dat het ontwerp vereenvoudigt en de time-to-market verkort. Naast bibliotheken voor verschillende MCU's en MPU's biedt het ondersteuningspakket ook integratie met de vele gangbare besturingssystemen, waaronder Linux, RTOS en Android.

Ontwerpers van IoT-apparaten worden geconfronteerd met twee grote uitdagingen bij de implementatie van onboarding naar de cloud: de

provisionering van de apparaatidentiteit en het beheer daarvan zodra deze is vrijgegeven voor het veld. De provisionering van het apparaat verwijst naar de installatie van sleutels en certificaten. Het beheren van apparaatidentiteiten heeft betrekking op het bijwerken, toevoegen of intrekken van sleutels en certificaten gedurende de gehele levens-cyclus van het apparaat.

Om ontwerpers te helpen deze uitdagingen op te lossen, biedt NXP de EdgeLock 2GO [4] managed service. Het platform is een speciaal gebouwde hardware- en servicecombinatie die een op silicium gebaseerde vertrouwensbasis creëert. EdgeLock 2GO verstrekt de voor IoT-apparaten de vereiste identiteiten en installeert de 'credentials' veilig in de EdgeLock SE050-hardware. Ook wordt het IoT-apparaat automatisch rechtstreeks bij de cloudservice geregistreerd.



NXP beheert de device credentials.

Deze flexibele service ondersteunt meerdere soorten referenties en past verschillende configuraties toe, afhankelijk van het project. Credentials kunnen worden vernieuwd of toegevoegd aan apparaten die in het veld worden vrijgegeven. Met de ingebruikname van EdgeLock SE050 en EdgeLock 2GO krijgen gebruikers een end-to-end oplossing die eenvoudig, veilig en flexibel is.

Naarmate IoT blijft groeien, nemen ook de risico's toe. De EdgeLock-combinatie van NXP, met zijn op hardware gebaseerde beveiliging en service voor credential management, geeft fabrikanten van apparaten een veiligere manier om zaken te doen. Als NXP EdgeLock de implementatie van een apparaat ondersteunt, verkort het de time-to-market en verlaagt het de dagelijkse kosten van een IoT-implementatie, terwijl men erop kan vertrouwen dat apparaten worden beschermd door high-level beveiliging.

Ontketend: meer snelheid en efficiëntie

De i.MX 8M Mini [5] SoC is NXP's eerste embedded multicore applicatieprocessor, gebouwd met behulp van geavanceerde 14LPC FinFET-procestechnologie, die meer snelheid en een verbeterde energie-efficiëntie biedt. De i.MX 8M Mini-familie van applicatieprocessors combineert high-performance computing, efficiëntie en embedded beveiliging – nodig voor snelgroeiende edge node computing-applicaties, streaming multimedia en machine learning-toepassingen.



De i.MX 8M Mini SoC wordt aangeboden in varianten met één, twee en vier kernen met Arm Cortex-A53 op maximaal 1,8 GHz per kern. Dankzij een geavanceerd low-power proces is het core complex geoptimaliseerd voor gebruik zonder ventilator, geringe thermische systeemkosten en een lange batterij-levensduur. De Cortex-A kernen kunnen worden uitgeschakeld terwijl het Cortex-M4 subsysteem energiezuinig, realtime systeembewaking uitvoert. De DRAM-controller ondersteunt 32-bit/16-bit LPDDR4-, DDR4- en DDR3L-geheugen, wat een grote flexibiliteit in het systeemontwerp garandeert.

De i.MX 8M Mini core-opties zijn geoptimaliseerd voor ultra-low-power, zelfs sub-watt in specifieke toepassingen, maar bieden de ruime verwerkingskracht die nodig is voor consumenten-, audio-, industriële, machine learning training- en inferencing-toepassingen in een reeks van cloud providers. De i.MX 8M Mini SoC bevat ook hardwarematige 1080p video-versnelling om tweeweg videotoeepassingen mogelijk te maken, 2D en 3D graphics om een rijke visuele HMI-ervaring te bieden, en geavanceerde audiomogelijkheden. Een uitgebreide selectie van high-speed interfaces maakt brede systeemconnectiviteit mogelijk en is gericht op kwalificatie op industrieel niveau.

Toepassingsvoorbeelden omvatten:

Industriële automatisering

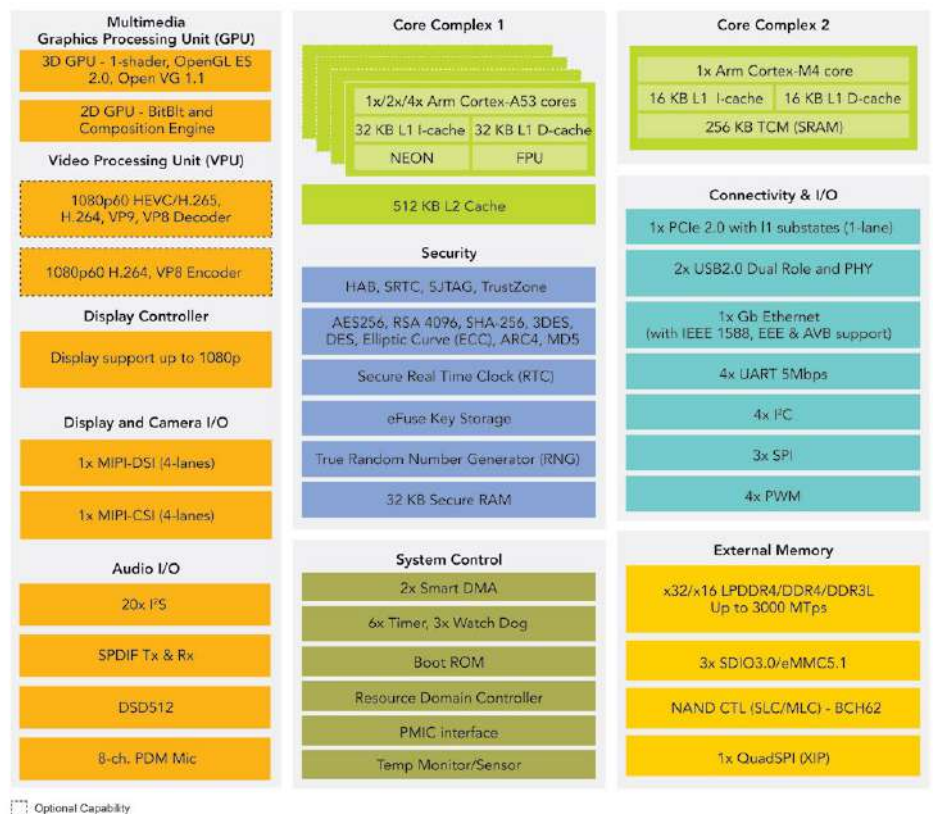
- De Portenta X8 kan hier fungeren als een multi-protocol gateway, waarbij gegevens via WiFi, LoRa, NB/IoT, LTE Cat.M1 naar de Cloud of het ERP-systeem worden gestuurd.
- De beschikbaarheid van Linux-containers zoals ROS binnen de Arduino-omgeving maakt de Portenta X8 zeer geschikt voor autonoom geleide voertuigen.

Gebouwaautomatisering

- De Portenta X8 werkt samen met slimme omgevingssensoren en maakt de implementatie van real-time ML en edge-beeldverwerking mogelijk.
- Slimme kiosken maken meestal gebruik van verschillende componenten (zoals kaartlezers, camera's, microfoons), wat diverse soorten I/O's vereist. In combinatie met een Max Carrier zorgt de Portenta X8 voor WiFi-connectiviteit en kunnen beheerders het machinegebruik op afstand controleren.
- De Portenta X8 kan tegelijkertijd HVAC-systemen bedienen, slimme apparaten in- en uitschakelen, verlichting autonoom aanpassen en edge-toegang regelen.

Ga vandaag nog aan de slag met de industriële, veilige Portenta X8 SOM [6] voor uitgelezen rekenkracht op een klein oppervlak. [▶](#)

220576-03



i.MX 8M Mini Applications Processor: blokschema

WEBLINKS

- [1] Foundries.io: <https://foundries.io/>
- [2] Arm SystemReady: www.arm.com/architecture/system-architectures/systemready-certification-program
- [3] EdgeLock SE050: <https://bit.ly/EdgeLockSE050>
- [4] EdgeLock 2GO: <https://bit.ly/EdgeLock2GO>
- [5] i.MX 8M Mini: <https://bit.ly/iMX8MMini>
- [6] Portenta X8 SOM: www.arduino.cc/pro/hardware/product/portenta

Hoe ik mijn huis automatiseerde

Fabio Violante (CEO Arduino) over zijn oplossingen



Fabio Violante

Keith Jackson (Arduino)

Veel bedrijfsleiders doen hun werk op werkdagen en gaan dan naar huis, waar ze geen enkel product van hun bedrijf zien tot ze weer op kantoor zijn. Bij de CEO van Arduino is dat echter niet het geval: thuis 'speelt' hij met zijn eigen producten – vooral na alle pandemie-ellende.



Bron van ideeën voor Arduino Home Automation

Het kan onbegonnen werk lijken om een domoticasysteem van de grond af op te bouwen. Maar dat hoeft echt niet zo te zijn. Het zal veel leuker zijn dan je verwacht, en domotica kan ongelooflijk verslavend worden – vraag maar aan Fabio! Hier vind je een aantal ideeën die gemakkelijk en effectief een verschil kunnen maken voor je huis en levensstijl, inclusief meer informatie over de hierboven beschreven projecten. Veel plezier! <https://arduino.to/hub>

Veel CEO's kunnen bloemrijk spreken, maar hoeveel kunnen de daad bij het woord voegen als het erom gaat de producten en diensten van hun bedrijf daadwerkelijk te gebruiken? In het geval van Fabio Violante, CEO van Arduino, is dat precies wat hij doet – hij neemt zijn werk mee naar huis, omdat hij meerdere op Arduino gebaseerde oplossingen heeft ontwikkeld om zijn woning te automatiseren.

Zoals veel mensen tijdens door de staat voorgeschreven pandemie-lockdowns, begon Fabio aan een hele reeks doe-het-zelfprojecten om dingen rondom zijn huis te verbeteren. Met al die tijd ter beschikking kon hij eindelijk zijn handen en gedachten richten op het creëren van de ideale Arduino Cloud-gebaseerde oplossing voor het automatiseren van zijn huis.

Op Fabio's smartphone kun je snel zien welke apparaten in zijn huis zijn aangesloten, want met de Arduino IoT Remote App kan Fabio deze apparaten overal ter wereld regelen, besturen en automatiseren – of in ieder geval van Milaan tot Rapallo, waar Fabio woont.

Wat dreef Fabio ertoe deze oplossingen te creëren en hoe deed hij dat? Zoals zoveel dingen in het leven waren het die frustrerende kleine ergernissen die inherent zijn aan de manier waarop apparaten werken die hem inspireerden om het te proberen.

Intelligente ventilatorconvector (HVAC)

Probleem:

De ingebouwde ventilatorconvector kon (warme/koude) lucht niet ver genoeg verplaatsen.

Oplossing:

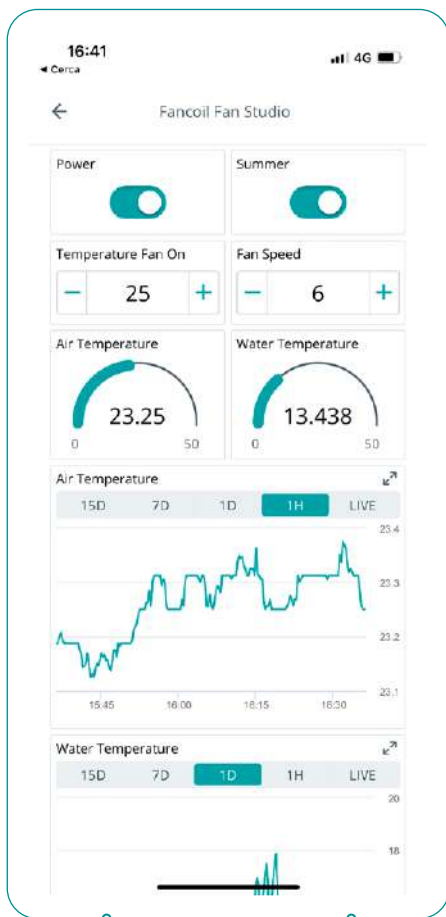
Voeg twee extra stille, borstelloze ventilatoren toe voor de ventilatie, maar activeer ze alleen wanneer de koelvloeistof op de juiste temperatuur is (verschillend voor zomer en winter) en alleen wanneer het nodig is, op basis van het verschil in luchttemperatuur.

Hardware:

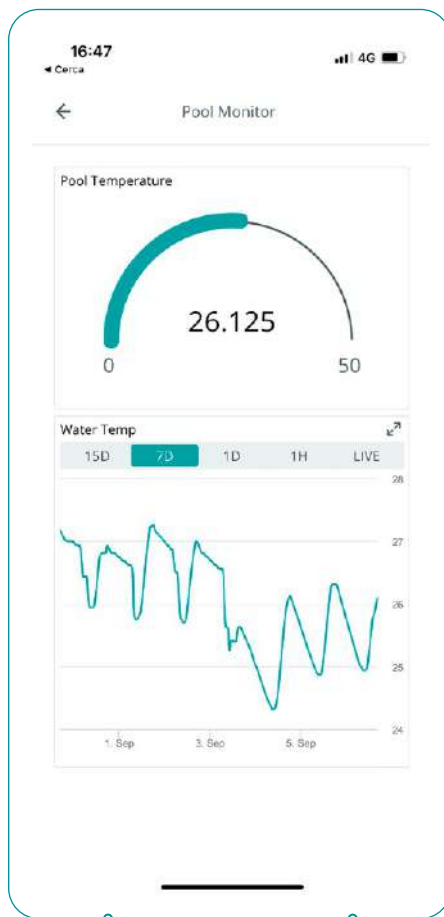
- > 2 stuks ventilator
- > Arduino Nano 33 IoT
- > kroonstenen
- > 12V-voeding
- > 2 stuks 1-draads temperatuursensoren

Software:

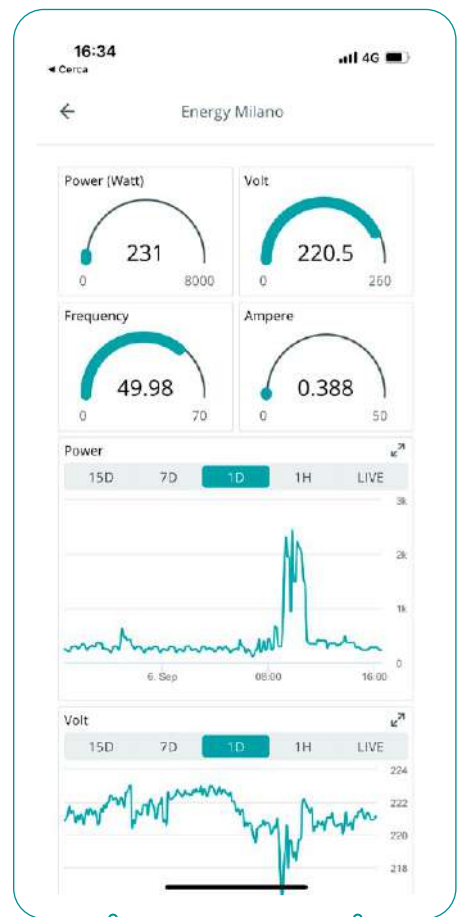
- > Arduino Cloud met mobiel dashboard, Alexa-integratie voor handmatige bediening of instellingen



Ventilatorconvector-automatisering.



Zwembadmonitor.



Monitoring van het energieverbruik.

Zwembad-temperatuurmonitor

Probleem:

Het gezin (vooral de kinderen) moet weten of het buitenzwembad warm genoeg is om in te zwemmen.

Oplossing:

Meet de zwembadtemperatuur digitaal met een temperatuursensor aangesloten op Arduino Cloud en stuur de informatie naar het dashboard, naar Alexa en naar de app op de telefoons van het gezin.

Hardware:

- Arduino Nano 33 IoT
- kroonsteen
- 1-wire temperatuursensor
- 220 VAC/12 VAC-transformator (geïsoleerd)
- 12-V AC/DC-gelijkrichter (wettelijk voorgeschreven)

Software:

- Arduino Cloud met mobiel dashboard, Alexa-integratie

Woonkamer-milieumonitor

Probleem:

Meet de milieuparameters van de woonkamer. We moeten de luchtvochtigheid in de woonkamer op het juiste niveau houden voor onze geliefde piano.

Oplossing:

Op Arduino gebaseerd alles-in-één-apparaat dat voldoet aan de regel

van mijn vrouw voor alles wat in de huiskamer staat: het mag er niet uitzien alsof het elk ogenblik kan exploderen.

Hardware:

- Arduino Oplà IoT Kit

Software:

- Arduino Cloud met mobiel dashboard, Alexa-integratie

Tuinplanten-irrigatie

Probleem:

Meet de bodemvochtigheid bij meerdere planten in de tuin en pas de geplande irrigatie aan op basis van de behoefte. Maak een enkel controlepunt om de tuinplanten gezond en goed geïrrigeerd te houden als wij niet thuis zijn.

Oplossing:

Gedistribueerde Arduino-oplossing voor detectie en gecentraliseerde bediening van het magnetische waterventiel, naast het bestaande domoticasysteem.

Hardware:

- Arduino MKR WiFi 1010
- 1-wire temperatuursensor
- 2 stuks generieke bodemvochtsensoren
- Arduino Nano 33 IoT
- kroonsteen-adapter
- generieke relaisprint (met 8 relais)

Software:

- Arduino Cloud met mobiel dashboard, Alexa-integratie, gedeelde variabelen

Energijmeter

Probleem:

Controleer en registreer het energieverbruik in huis.

Oplossing:

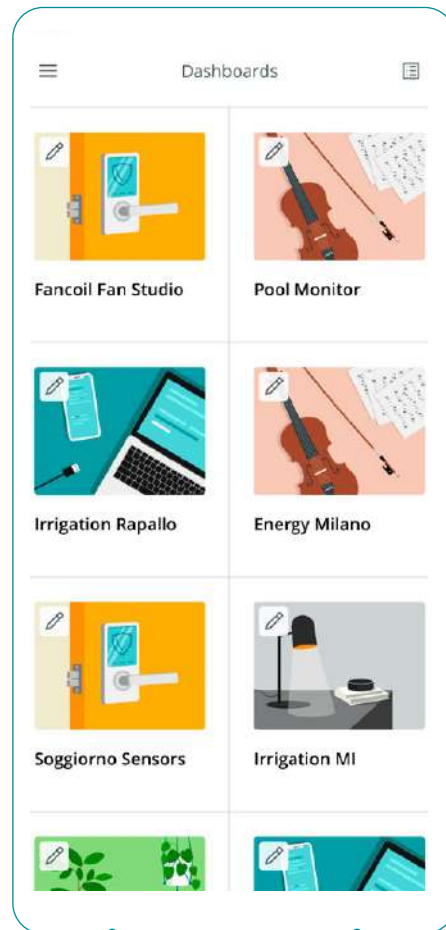
Gebruik twee energijmeters (een voor het woongedeelte overdag, een voor 's nachts) om een beter inzicht te krijgen in het energieverbruik in huis, om uit te zoeken hoe dit te optimaliseren en in de toekomst geld te besparen. Gebruik Arduino en een professionele meetoplossing.

Hardware:

- Arduino MKR WiFi 1010
- Arduino MKR RS-485 shield
- tweevoudige DIN-rail behuizing
- 5 V DIN-rail voeding
- Finder Energy Meter (eenfase 230 V/40 A, W17, 5 mm, DIN-rail, RS-485 Modbus, NFC, IR, MID-certificaat) [model 7M.24.8.230.0210]

Software:

- Arduino Cloud met mobiel dashboard, Alexa-integratie



Dit staat er allemaal op Fabio's smartphone.

Uitgebreide irrigatieoplossing

Na zijn huis met succes te hebben geautomatiseerd, is Fabio nu begonnen aan een megaproject (niet te verwarren met de Arduino Mega!) om de irrigatie op de sinaasappelboomgaard van zijn vader te besturen.

Probleem:

Controleer de vochtigheid en regel de irrigatie van enkele hectaren sinaasappelbomen, met behulp van professionele 380V-bronpompen, sproeiers, verdeeld opgestelde ventielen en meerdere bodemsoorten. Overweeg connectiviteitsopties, gezien de afgelegen locatie.

Oplossing:

Arduino Pro geïntegreerd met het bestaande motorbesturingssysteem en handmatige reserve. Inclusief connectiviteit op afstand via LoRa met cellulair als reserve-verbinding, Wifi-energiemeting.

Voorlopige hardware:

- Portenta Machine Control
- Portenta Max carrier en Portenta H7
- 6 stuks Arduino Edge Control
- 5 stuks 5W-zonnepanelen en 10Ah-loodaccu's
- 15 stuks Watermark-bodemvochtsensoren
- meerdere 1" vergrendelende kleppen

Software:

- Arduino Cloud met mobiel dashboard, Alexa-integratie

220548-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen over deze oplossingen of hebt u zelf ideeën? Neem dan contact op met Elektor via redactie@elektor.com.

Fabio Violante, CEO Arduino

Vóór Arduino was Fabio CTO van BMC Software, na de overname van BMC door Neptun, een startup die hij mede had opgericht. Fabio is ook medeoprichter en bestuurslid van de Moviri-groep. Hij heeft een MSc en een PhD in Computer Engineering van Politecnico di Milano (Italië), en hij was adjunct-professor aan dezelfde universiteit. Buiten de elektronica heeft hij een passie voor muziek (vooral piano) en goede wijn.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel zijn genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- **Arduino Nano 33 IoT with Headers (19937)**
www.elektor.nl/arduino-nano-33-iot-with-headers
- **Arduino Oplà IoT Starter Kit (19942)**
www.elektor.nl/arduino-opla-iot-starter-kit
- **Arduino MKR WiFi 1010 (19935)**
www.elektor.nl/arduino-mkr-wifi-1010

ALTAIR 8800-SIMULATOR

hardwaresimulatie van een vintage computer



Figuur 1. Mijn Altair 8800-simulator.

David Hansel (Verenigde Staten)

Wildeste je altijd al aan de slag met de computer die het PC-tijdperk inluidde, maar had je het geld niet om een originele vintage machine te kopen? Bouw je eigen Altair 8800!

Wat is die Altair 8800? Als je het niet meteen weet (omdat je nog niet zo oud bent), kijk dan eens wat Wikipedia ons vertelt: "De Altair 8800 is een microcomputer die in 1974 door MITS is ontworpen en is gebaseerd op de Intel 8080 CPU... De Altair wordt algemeen erkend als de vonk die de microcomputerrevolutie deed ontbranden, als de eerste commercieel succesvolle personal computer" [1]. In historisch opzicht is het dus werkelijk een belangrijk computersysteem.

Als je een systeem wilt bouwen dat eruit ziet en zich gedraagt als de inmiddels 48 jaar oude Altair 8800 maar wordt afgeschrokken door de gedachte al die onderdelen bij elkaar te moeten zoeken, kun je je toevlucht nemen tot een Altair-Duino kit [2], die wordt geleverd met alle onderdelen, print, behuizing en een voorgeprogrammeerde Arduino Due. In het Arduino Project Hub-artikel [3] kun je links vinden naar fraaie exemplaren van andere fans.

De achtergrond

Ik heb lang gedacht dat het *cool* zou zijn om met een Altair 8800-computer te kunnen spelen. Maar oude Altair-systemen in werkende toestand zijn zeldzaam en daarom duur – ze kosten gemakkelijk \$ 2000 tot \$ 3000 als je ze al kunt vinden. Er zijn andere mogelijkheden, zoals altairclone.com, maar zelfs die kost nog altijd \$ 600, wat voor mij te veel geld is voor een computer die – hoewel cool – van beperkt praktisch nut is. Gelukkig heeft Mike Douglas, de maker van deze Altair 8800-kloon, alle originele documenten en software die hij heeft opgespoord en gebruikt bij het bouwen van de kloon beschikbaar gesteld aan de gemeenschap. Dankzij Mike's werk is er een schat aan informatie beschikbaar over de werking van de Altair en de populairste periferie.

Op een gegeven moment bestudeerde ik de specificaties van de Arduino Mega 2560 en vroeg me af of deze genoeg I/O-pinnen had om de LED's en schakelaars van het front van de Altair aan te sturen, en mijn eigen emulatorsoftware te schrijven. Het bleek dat de Arduino Mega precies genoeg I/O-pinnen heeft. Dus hoefde ik alleen maar mijn eigen Altair-simulator te bouwen.

Het gebruik van de Arduino Mega als basis voor de simulator werkte goed en de opzet was eenvoudig, maar de emulatie draait slechts op ongeveer 25% van de snelheid van de Altair en kan slechts 6 KB geëmuleerd geheugen bieden (hoewel dat in de jaren zeventig veel zou zijn geweest). De hoeveelheid permanent geheugen (voor het opslaan van in de simulator gemaakte programma's/gegevens) is ook beperkt, aangezien de EEPROM van de Mega slechts 4 KB bevat. De Arduino Due heeft genoeg geheugen om een volledige 64 KB geëmuleerd RAM te ondersteunen en is veel sneller dan de Mega. Bovendien kan de Due in runtime data opslaan in het flash-geheugen. Dit maakt het mogelijk om elk deel van het 512 KB flash-geheugen dat niet door de simulator zelf wordt gebruikt, te gebruiken als permanent geheugen. Met de Due was ik in staat om een Altair 8800-simulator te bouwen die ongeveer even snel was, 64 KB aan geëmuleerd RAM-geheugen biedt, veel Altair-software bevat, en nog steeds 32 KB semi-permanent geheugen in de aanbieding heeft voor het laden en opslaan van programma's en gegevens in de emulator.

Doelstellingen, voorbeelden en nog zo het een en ander

Het was voor mij belangrijk om zo dicht mogelijk bij het 'echte' Altair 8800-gevoel te komen bij het werken met de simulator. Dit houdt ook in dat de lampjes op het frontpaneel zoveel mogelijk het originele gedrag weerspiegelen. Een criterium hiervoor was dat het mogelijk moest zijn om het 'kill-the-bit' spel op het frontpaneel te spelen. **Figuur 1** en de YouTube-video 'Arduino Altair 8800 Simulator – Entering and Playing Kill-the-Bit' [4] laten zien dat ik daarin geslaagd ben.

De simulatie bleek zo trouw aan het origineel dat zelfs de originele Altair 8800-muziekdemo [5] werkt – dit is ter vergelijking mijn versie [6]. Om op deze manier muziek te maken is een AM-radio nodig die de elektromagnetische interferentie opvangt die door de schakelingen van de Altair werd veroorzaakt.

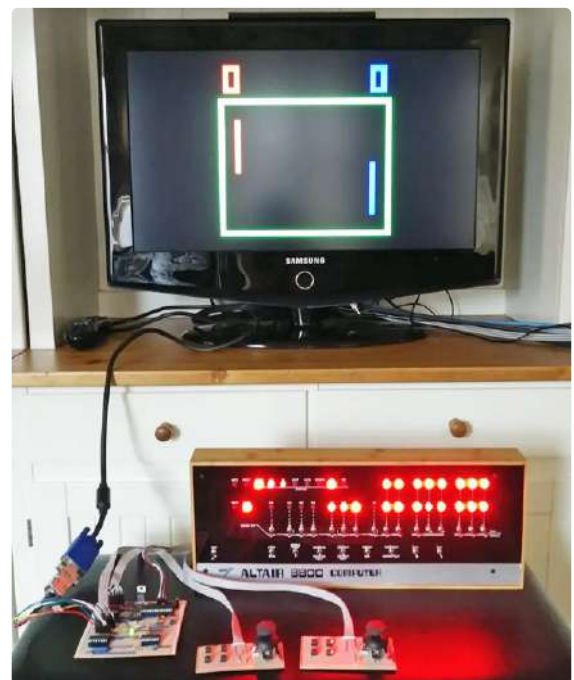
In 1977 bracht Processor Technology een kleine uitbreidingskaart uit (slechts een paar condensatoren en weerstanden) met bijbehorende software die de Altair in een (voor die tijd) respectabel muzieksysteem veranderde. De simulator kan op dezelfde manier worden uitgebreid (zie documentatie) zodat deze de deuntjes kan afspelen die destijds voor het muzieksysteem werden gemaakt. Deze YouTube video [7] toont mijn kloon die de Wilhelm Tell-ouverture speelt.

Een andere historisch belangrijke uitbreiding voor de Altair was de Cromemco Dazzler grafische kaart. Met behulp van een software- of hardware-uitbreiding kan de simulator ook deze kaart emuleren [8], zoals getoond in **figuur 2**. Een andere software/hardware-uitbreiding [9] maakt emulatie van de VDM-1 grafische kaart (**figuur 3**) van Processor Technology mogelijk.

Omdat ik geen originele Altair bezit, moest ik alle benodigde informatie uit documenten en video's halen (zie dankbetuigingen in [3]). Er kunnen een paar kleine verschillen zijn, maar al met al denk ik dat het originele gedrag vrij goed wordt gereproduceerd (zie het kader **Highlights**). Een bekend (en opzettelijk) verschil is het HLDA-status-lampje: in het origineel geeft het aan dat de CPU bevestigd heeft dat hij is gestopt door een extern apparaat. Deze functie wordt nooit gebruikt in de simulator, dus daar signaleert het dat een bestand (serieel/tape opname/weergave) momenteel geopend is.

Als je de Arduino Due gebruikt, mag je niet vergeten dat alle gegevens die in de simulator zijn vastgelegd of opgeslagen, gewist worden als je een nieuwe versie van de sketch in de Due laadt. Dit komt omdat de gegevens zijn opgeslagen in het flash-geheugen, dat wordt gewist wanneer een nieuwe sketch wordt geladen (de Due heeft geen EEPROM voor permanente opslag). Wanneer een SD-kaart op de Due wordt aangesloten, worden de gegevens op de SD-kaart opgeslagen. In dat geval blijven de gegevens bewaard als er een nieuwe sketch wordt geladen.

De originele Altair-documentatie (gemakkelijk te vinden via Google) bevat alle informatie die nodig is om de schakelaars op het frontpaneel te bedienen. De simulator bevat echter extra functies en geïntegreerde software. Dit wordt uitgelegd in het bestand Documentation.pdf [10] uit de repository van de broncode.



Figuur 2. De emulatie van de Cromemco Dazzler grafische kaart in actie.



Figuur 3. Scherm van de VDM-1 grafische kaart.

De bouw

Ik wilde bij dit project zo weinig mogelijk extra componenten gebruiken. Zowel de Arduino Mega als de Due hebben genoeg I/O-pinnen om alle elementen van het frontpaneel rechtstreeks aan te sluiten. Er zijn alleen extra transistoren en weerstanden nodig om de 36 LED's aan te sturen (als ze rechtstreeks op de uitgangen van de Arduino worden aangesloten en er te veel tegelijk worden ingeschakeld, zou de totale stroom de grenswaarden van de Arduino overschrijden). Een volledig schema is overbodig (36 identieke LED-drivers, bedrading voor 32 schakelaars) en dus niet erg nuttig. Daarom is het geheel opgebouwd uit uit subschakelingen (zoals de LED-drivers, **figuur 4**), en geven tabellen (zie [3]) aan welke elementen op welke Arduino-pinnen zijn aangesloten. Een Fritzing-bestand [3] toont de layout van de onderdelen van de LED-drivers op gaatjesprint (**figuur 5**).

Voor het frontpaneel begon ik met een hoogwaardige scan van het frontpaneel van de Altair [11], die ik bij een copyshop op karton liet afdrukken. Aan de achterzijde daarvan (om de schakelaars en LED's op hun plaats te houden) heb ik een plaat metaal van 0,75 mm dik gebruikt en daar de gaten voor de LED's in geboord. De LED-drivers zijn op gaatjesprint gesoldeerd die op de LED's passen die op hun beurt op hun plaats worden gehouden door de metalen plaat. Het frontpaneel wordt rechtop gehouden door een eenvoudige houten kast. Die is niet zo diep als de originele Altair (omdat alleen het frontpaneel en de Arduino erin zijn ondergebracht). **Figuur 6** laat zien hoe het er van binnen uitziet.

Voor de aan/uit-schakelaar op het voorpaneel heb ik gewoon een voedingsconnector genomen (hetzelfde model als op de Arduino zelf), die verbonden is met de schakelaar op het voorpaneel, en vandaar met een connector naar de Arduino.

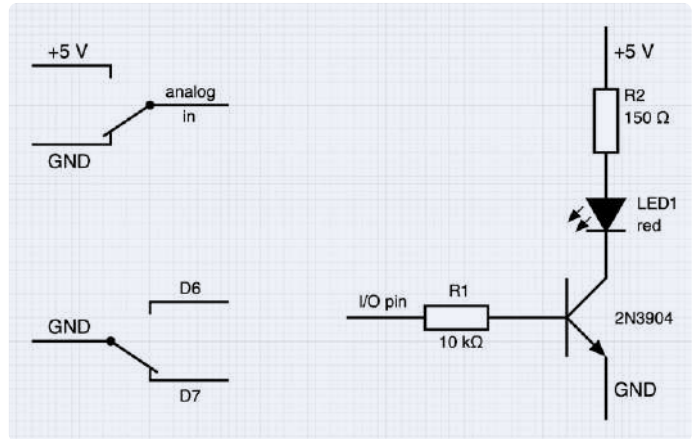
Bij gebruik van de Arduino Due is emulatie van maximaal 16 van de 88-DCDD diskdrives mogelijk door een SD-kaart aan te sluiten op de SPI-poort van de Due. Op de laatste bladzijde van het schemadocument [3] is de benodigde bedrading in detail getoond.

Voordat je de sketch in de Arduino Due laadt, moet je eerst de optimalisatie-instelling van de Arduino-compiler op 'Performance' zetten. Standaard staat deze op 'size' (geen idee waarom, aangezien de Due 512 KB flash-geheugen heeft). Open hiertoe het bestand in een tekstverwerker en verander elke instantie van -Os in -O3.

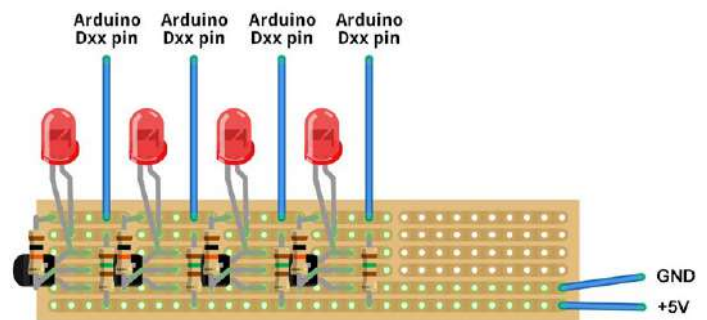
```
c:\Users\,AppData\lokaal\Arduino15\packages\arduinohardware\1.6.9\platform.txt
```

Je kunt deze stap overslaan, maar dan zal de simulator veel langzamer draaien.

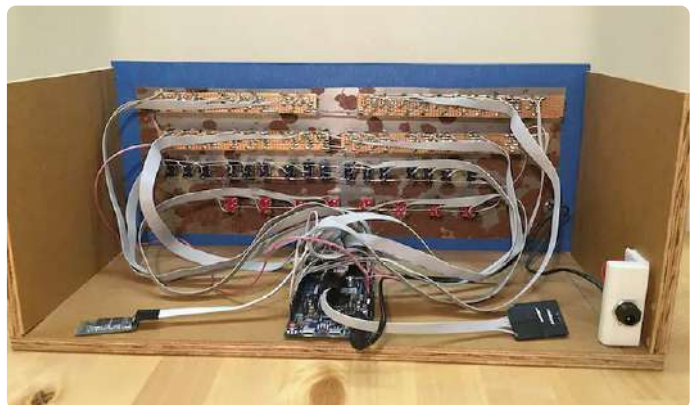
De simulatorsoftware kan ook op uitsluitend een Arduino (Mega of Due) zonder aangesloten frontpaneel draaien. Dan kunnen sommige van de meegeleverde programma's worden uitgevoerd (de programma's die voornamelijk de seriële terminal gebruiken en niet de elementen op het frontpaneel). Bewerk hiervoor het bronbestand config.h en stel `#define STANDALONE` op 1 in (in plaats van op 0). Zie de sectie 'Debugging Capabilities' van de documentatie [3] om te zien hoe je de virtuele frontpaneel-elementen in deze configuratie kunt bedienen. Merk op dat dit niet het bedoelde gebruik van de simulator is. PC-ge-



Figuur 4. Deelschakelingen voor de schakelaars en LED's.



Figuur 5. Montage op gaatjesprint (Fritzing).



Figuur 6. De Arduino Altair-kloon van binnen.

baseerde software-emulators zijn intuïtiever als je de frontpaneelhardware niet zelf wilt bouwen. Het config.h-bronbestand bevat verschillende schakelaars die simulator-functionaliteiten in- of uitschakelen. De standaardinstellingen werken prima, maar hier kunt je je simulator optimaliseren.

Highlights

- Bootst exact het gedrag van de elementen op het frontpaneel van de Altair na.
- Ongeveer even snel als de originele Altair 8800 met een Arduino Due (25 % met een Arduino Mega).
- Grootte van het geëmuleerde RAM: 64 KB (Due) of 6 KB (Mega).
- Enkele Altair-programma's zijn inbegrepen en kunnen gemakkelijk in de emulator worden geladen: Pong, Altair 4K BASIC (het eerste Microsoft-product), Altair Extended BASIC, MITS Programming System II (alleen Due), Altair Timesharing BASIC (hiermee kunnen meerdere gebruikers tegelijk BASIC gebruiken).
- BASIC- en assembler-voorbeeldprogramma's zijn inbegrepen en kunnen gemakkelijk worden geladen in BASIC/Assembler.
- Emuleert een 88-SIO, 88-2SIO en 88-ACR (audiocassetterecorder-interface) board. Elk gesimuleerd serieel apparaat kan op Arduino seriële poorten worden afgebeeld. Standaard zijn de twee meestgebruikte (88-SIO en 88-2SIO poort 1) afgebeeld op de belangrijkste 115.200 baud seriële poort van Arduino (8N1), die via de USB-kabel toegankelijk is. Een serieel/Bluetooth-dongle verbonden met de seriële RX/TX-pinnen wordt aanbevolen voor andere apparaten om via Bluetooth als terminal te dienen.
- Op de Arduino Due kunnen zowel de belangrijkste seriële poort (USB) als de Serial1-poort (pinnen 18/19) tegelijkertijd worden gebruikt.
- Gegevens die naar elk serieel apparaat (inclusief de ACR-tape) worden verzonden, kunnen worden opgenomen in en afgespeeld uit maximaal 256 bestanden, die worden opgeslagen in het lokale geheugen van de Arduino (EEPROM of FLASH).
- De cassette-interface ondersteunt het gebruik van de CSAVE/CLOAD-opdrachten in Extended BASIC (automatisch zonder dat de gebruiker actie hoeft te ondernemen). Ideaal voor het ontwikkelen van je eigen BASIC-programma's!
- Emuleert een Cromemco Dazzler grafische kaart (vereist extra hardware/software [9]).
- Emuleert een Processor Technology VDM1 video terminal kaart (vereist extra hardware/software [10]).
- Emuleert tot 16 88-DCDD diskdrives (4 in standaardconfiguratie). De drive-emulatie is optioneel, maar vereist de aansluiting van een SD-kaart op de Arduino SPI-header. (Alleen Due).
- Emuleert een 88-HDSK harddisk-controller met maximaal 4 harddisks (1 in de standaardconfiguratie) en 4 schijven per eenheid.
- Emuleert een 88-RTC VI-board met real-time klok en vector-interrupt verwerking. Maakt het gebruik van Altair Timesharing BASIC mogelijk.
- Geheugenpagina's van 256 bytes kunnen worden opgeslagen in permanent geheugen en opnieuw worden geladen in RAM. Dit is een gemakkelijke manier om programma's op te slaan die met de schakelaars op het frontpaneel zijn ingevoerd.
- Veel instellingen kunnen eenvoudig worden gewijzigd via de geïntegreerde configuratie-editor.

Delen we!

Als je dit project interessant vindt en meer informatie op prijs stelt, bezoek dan de Google Group, aangemaakt door Chris Davis, voor discussies over Altair-Duino-gerelateerde kwesties [12]. Voel je vrij om bij te dragen aan de discussies!

Als je je creatie wil delen, laat het me dan weten – dan zet ik die op de Simulator-website. Ik ben benieuwd naar al die verschillende versies! ◀

220406-03

Over de auteur

David Hansel is maker en ontwikkelaar. Hij ontdekte Arduino in 2012 en maakt er sindsdien projecten mee (en met andere microcontrollers). Hij verzamelt projecten waarvan hij denkt dat ze nuttig kunnen zijn voor anderen op zijn GitHub-profiel: <https://github.com/dhansel>

Vragen of opmerkingen?

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



Gerelateerde producten

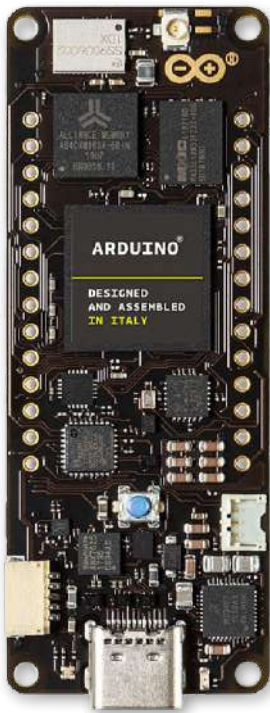
Op zoek naar de belangrijkste items die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor leveren wat je nodig hebt!

- **Arduino Due with Headers**
www.elektormagazine.nl/arduino-due

WEBLINKS

- [1] Wikipedia over de Altair 8800: https://en.wikipedia.org/wiki/Altair_8800
- [2] Altair-Duino kit: <https://altairduino.com/>
- [3] Arduino Altair 8800 Simulator op Arduino project hub website: <https://tinyurl.com/yxkta8nz>
- [4] Arduino Altair 8800 Simulator: kill-the-bit invoeren en spelen: <https://youtu.be/prdvkMP3FAA>
- [5] Altair 8800 muziekdemo: <https://youtu.be/1FDigtF0dRQ>
- [6] Muziekdemo met mijn simulator: <https://youtu.be/q45ENdbz8EU>
- [7] Altair Simulator speelt de Wilhelm Tell-ouverture: <https://youtu.be/nqy8v41q5as>
- [8] Dazzler Display voor Altair-simulator: <https://tinyurl.com/y8f2wzsr>
- [9] VDM-1 simulator: <https://github.com/dhansel/VDM1>
- [10] Documentatie, PDF: <https://tinyurl.com/yvxtxhbn>
- [11] Altair-frontpaneel: <https://vintage-computer.com/images/altairfrontpanelscan.jpg>
- [12] Google Group over Altairduino.com: <https://groups.google.com/g/altair-duino>





MS-DOS op de Portenta H7

antieke software
op moderne hardware

Clemens Valens (Elektor)

De Arduino Portenta-boards leveren de rekenkracht die nodig is om andere computerplatforms te emuleren en hardware te virtualiseren. Dit artikel legt uit hoe je MS-DOS op de Portenta H7 installeert en draait.

Veel machines en productielijnen in fabrieken over de hele wereld die de onderdelen maken voor de producten die wij vandaag gebruiken, werden tientallen jaren geleden gebouwd en geïnstalleerd. Ze draaiden destijds moderne software op geavanceerde computerplatforms. Vandaag de dag zijn veel daarvan echter verouderd. Zolang een machine blijft werken, kan het moderniseren ervan wachten tot morgen, maar wat te doen wanneer een print het begeeft en reserveonderdelen moeilijk of, erger nog, niet meer verkrijgbaar zijn?

Doe het virtueel!

Dit is waar de Arduino Portenta-boards om de hoek komen kijken. Omdat daar veel rekenkracht in een kleine module zit, kunnen ze worden gebruikt om een ander

computersysteem te virtualiseren. Virtualiseren betekent een programma draaien dat een ander computerplatform zo emuleert dat het geëmuleerde platform zijn software kan draaien alsof het echt is. Van buitenaf zie je geen verschil.

Een virtuele machine kan op elke computer draaien, waardoor het probleem van reserveonderdelen wordt opgelost, en voert bestaande programma's uit, waardoor de kosten voor de ontwikkeling van aangepaste software beperkt blijven. Een ander voordeel is de mogelijkheid om moderne voorzieningen als USB en HDMI toe te voegen. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld onhandige en energievretende CRT-monitoren worden vervangen door moderne platte beeldschermen en moeilijk verkrijgbare seriële toetsenborden door goedkope USB-modellen.

MS-DOS

Een populair besturingssysteem uit het verleden is MS-DOS van Microsoft, bedoeld voor x86-compatibele computers. Hoewel de ontwikkeling ervan ergens in 2000 ophield, wordt het nog altijd veel gebruikt. Daarom heeft het Arduino-team besloten om een virtuele x86-machine voor de Portenta H7 te implementeren die MS-DOS kan uitvoeren. Hiermee kan de Portenta H7 een oude computer op een machine vervangen zodat deze nog 40 jaar lang spullen kan blijven produceren.

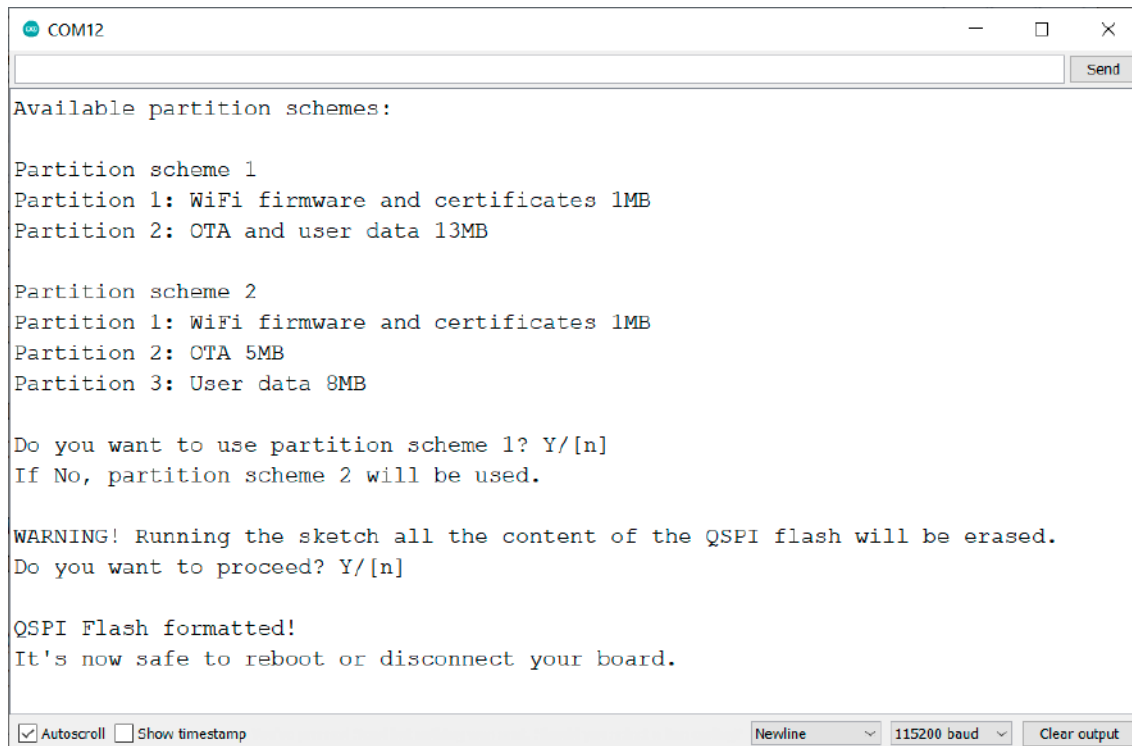
De x86-emulator voor de Portenta H7 is nog een 'werk in uitvoering', maar je kunt het nu al proberen. Dat gaat zo.

Vereisten

Merk op dat om de MS-DOS emulator te laten werken een USB-C hub met HDMI-poort en (laptop-) laadmogelijkheid nodig is (hij moet dus een voedingsaansluiting hebben). De Portenta voert het videosignaal uit via zijn USB-C poort, en wordt gevoed via diezelfde poort. Daarom is een hub die de Portenta kan voeden een

Figuur 1. Gebruik een USB-C hub met laadmogelijkheid voor laptops.





Figuur 2. Formateer het QSPI flash-geheugen met partitieschema 1.

praktische oplossing. Deze mogelijkheid wordt vaak aangeprezen als 'laadmogelijkheid'. Niet alle USB-C hubs hebben dit, dus kies de juiste (figuur 1). Het is natuurlijk ook mogelijk om de Portenta H7 via een aparte voeding te voeden, maar dan moet deze ook de hub en alles wat erop is aangesloten van stroom voorzien.

Om met MS-DOS op de Portenta te kunnen spelen, heb je ook een USB-toetsenbord nodig. Dit moet een standaard low speed-type zijn (USB 1.0), geen full speed of nog sneller. Aan deze eis wordt waarschijnlijk het gemakkelijkst voldaan door het oudste en goedkoopste USB-toetsenbord dat je kunt vinden. Ik probeerde slim te zijn door een oud PS/2-toetsenbord om te zetten in een USB-toetsenbord met een Arduino Leonardo, maar dat werkt niet omdat de Leonardo er een full speed USB-toetsenbord van maakt.

Stap voor stap

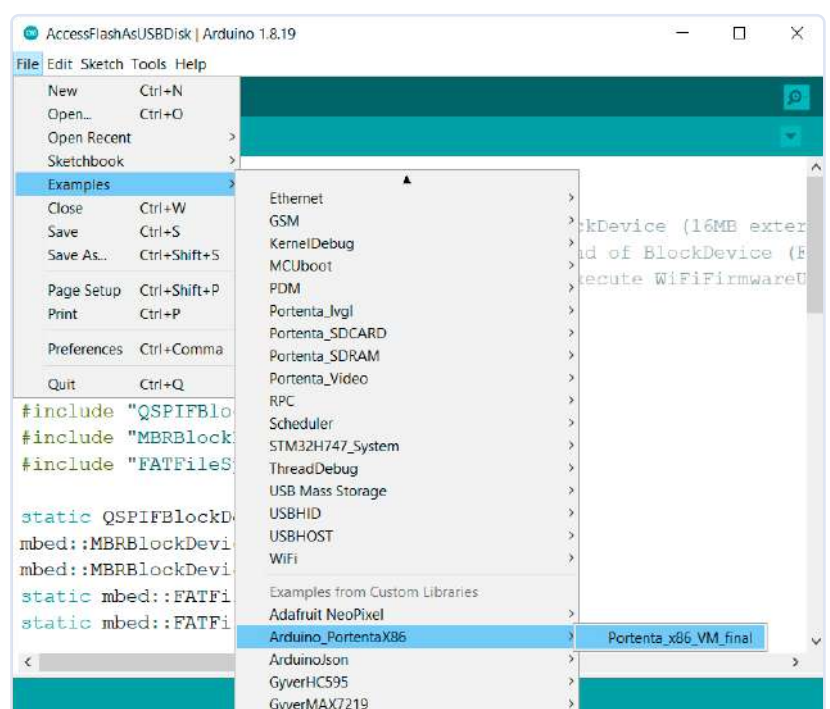
1. Open de Arduino IDE versie 2.x of 1.8.x. Ik heb 1.8.19 gebruikt.
2. Installeer met behulp van de Boards Manager het Portenta Boards Package *Arduino Mbed OS Portenta Board* (v 3.3.0 op het moment van schrijven).
3. Selecteer als board de *Arduino Portenta H7 (M7 core)*.
4. Kies de juiste poort.
5. Installeer met de Library Manager de bibliotheek *Arduino_PortentaX86*. Als je hem daar niet kunt vinden, download hem dan van [1] en installeer hem als bibliotheek in de map *libraries* van de map *sketchbook*.

Nu moet je enkele sketches uitvoeren om het flash-geheugen van de Portenta voor te bereiden:

6. Voer *Examples → STM32H747_System → QSPIFormat* uit en let op dat je *Partition scheme 1* gebruikt (figuur 2).
7. Voer *Examples → USB Mass Storage → AccessFlashAsUSBDisk* uit.

Stap 7 verandert de Portenta in een USB-stick waarop je het MS-DOS disk-image moet kopiëren dat in de

Figuur 3. Laad de virtuele machine-sketch (VM) *Portenta_x86_VM_final*.





```
A:\>dir

Volume in drive A is BOOT
Volume Serial Number is 1641-07BC
Directory of A:\

COMMAND  COM           54,645  12-19-96   5:09a
MOUSE    COM           13,950  07-25-12   2:22a
ATTRIB   EXE           11,208  05-31-94   6:22a
CHKDSK   EXE           12,241  05-31-94   6:22a
DEBUG    EXE           15,718  05-31-94   6:22a
EXPAND   EXE           16,129  05-31-94   6:22a
FDISK    EXE           29,336  05-31-94   6:22a
QBASIC   EXE          194,309  05-31-94   6:22a
EDIT     COM              413  05-31-94   6:22a
FORMAT   COM          22,974  05-31-94   6:22a
KEYB     COM          15,750  05-31-94   6:22a
SYS      COM           9,432  05-31-94   6:22a
AUTOEXEC BAT           145  10-06-22  12:45p
MARIO    EXE          57,397  10-06-22  12:45p
POP1DEMO <DIR>           10-06-22  12:52p
          15 file(s)
          453,647 bytes
          570,800 bytes free
```

Figuur 4. De inhoud van de A-drive bij de MS-DOS prompt.

Arduino_PortentaX86 bibliotheek is opgenomen. Deze bibliotheek, gebaseerd op de Faux86 MS-DOS-emulator, bevindt zich in de *libraries*-map van je *sketchbook*-map. Je kunt de locatie daarvan vinden in de voorkeursinstellingen van de IDE (ja, het is een beetje ingewikkeld).

Kopieer de DOS-image naar de grootste partitie. Controleer de schijfeigenschappen voor de grootte van de partitie als je niet zeker bent.

8. Start *Examples* → *Arduino_PortentaX86* → *Portenta_x86_VM_final* (figuur 3).

De virtuele x86-machine is nu klaar en geladen met MS-DOS. Zorg ervoor dat je het USB-toetsenbord en de monitor op de USB-C-hub aansluit voordat je de Portenta erop aansluit, omdat hot-plugging niet wordt ondersteund (hoewel ik merkte dat het meestal werkte).

9. Schakel de USB-C hub in.

Als alles goed is, zou je nu moeten zien dat het geëmulleerde BIOS de geheugentest uitvoert en als dat gebeurd is, zou de MS-DOS prompt moeten verschijnen (figuur 4):

A:\>

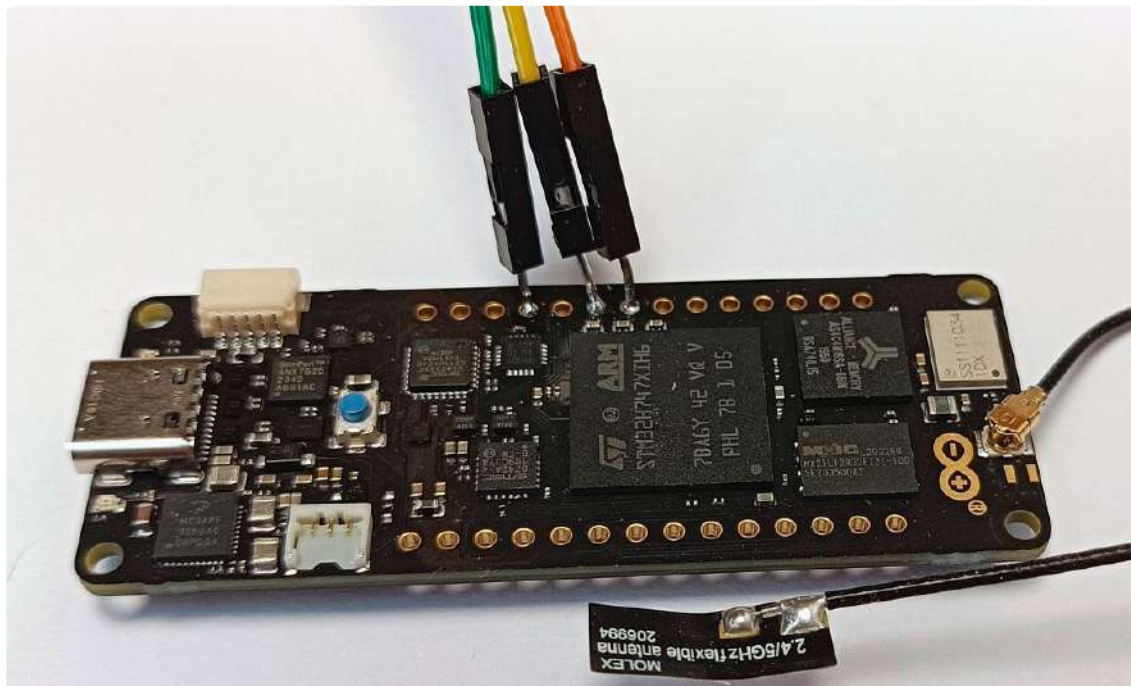
Op het moment van schrijven van dit artikel was er niet veel mogelijk met de emulator, maar Edit van MS-DOS werkte (met muisondersteuning), en ik kon ook een eenvoudig programma in QBasic schrijven en uitvoeren. Een speelbare demoversie van het spel Prince of Persia uit 1990 is opgenomen in het disk image (in de map POP1DEMO), met kleurrijke VGA-graphics (figuur 5).

Opmerkingen

De Portenta H7 heeft twee kernen, een ARM Cortex-M4 en een ARM Cortex-M7. Het is de M7 die de x86-proces-



Figuur 5. Het MS-DOS disk image bevat een speelbare versie van het klassieke jaren-negentig spel Prince of Persia (kan beperkte tijd gebruikt worden).

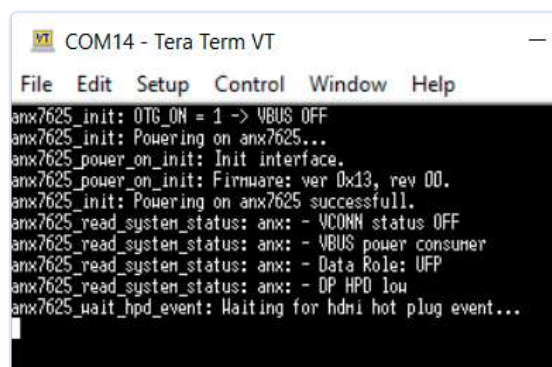


Figuur 6. Debug-informatie omleiden naar de seriële poort op de MKR extension header.

sor emuleert, terwijl de M4-kern alle USB-zaken voor zijn rekening neemt. Als de monitor een geel vierkant toont in plaats van een MS-DOS prompt, dan is de M4-kern op een Mbed OS-fout gestuit. Uitschakelen van de Portenta lost dit meestal op.

De virtuele machine-sketch die in stap 8 is geladen, voert status- en debug-informatie uit op seriële poort 'Serial3', die beschikbaar is op high-density connector J2. Deze poort is toegankelijk als je een Portenta break-out board hebt, maar als je dat niet hebt (zoals ik) is het mogelijk om de seriële data om te leiden naar een andere poort. Er is er één beschikbaar op de MKR extension-headers, op de pinnen D13 (RXD) en D14 (TXD), zie **figuur 6**. Wijzig regel 3 van de sketch `Portenta_x86_VM_final` om dit te bereiken:

```
// UART mySerial(PG_14, PG_9);
UART mySerial(PA_9, PA_10);
```



Figuur 7. De virtuele machine stuurt opstart-, debug- en statusinformatie via een seriële poort.

Met een serieel/USB-converter kunt je nu gemakkelijk de gegevens vastleggen met een programma als Tera Term of RealTerm (**figuur 7**).

Afhankelijk van je USB-toetsenbord kan (zal?) de toewijzing van de toetsen verkeerd zijn. Er wordt een QWERTY-toetsenbord verwacht, maar andere typen werken ook. Als je eenmaal weet waar de toetsen op je toetsenbord zitten, wordt het typen wat gemakkelijker. **◀**

220453-03

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.



Gerelateerde producten

- > **Arduino Portenta H7 Development Board (SKU 19351)**
www.elektor.nl/19351
- > **FTDI Serial TTL RS232 USB Cable (SKU 20173)**
www.elektor.nl/20173

WEBLINK

[1] Arduino_PortentaX86-bibliotheek: http://github.com/arduino-libraries/Arduino_PortentaX86



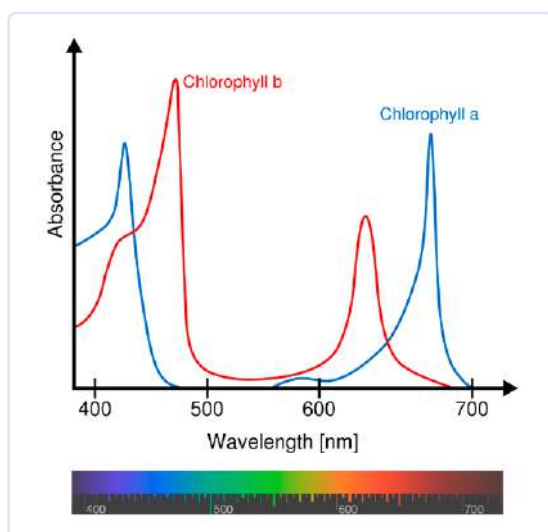
Landbouw in zakformaat

digitaal gestuurde kweekbox voor binnenshuis



Dmitrii Albot (Moldavië)

Wat dacht je van een doosje met een 'digitale boerderij'?
Lees hier hoe je een kleine box met sensoren en een microcontroller kunt bouwen om planten digitaal gecontroleerd te laten groeien.



Figuur 1. Chlorofyl a- en b-absorptiespectra
(bron: Daniele Pugliesi, CC BY-SA 3.0 [9]).

Ik ben bijzonder geïnspireerd door de TED-voordracht over digitale landbouw van Caleb Harper, *Open Agriculture Initiative Director* van MIT: "This computer will grow your food in the future [1]". De belangrijkste vraag die hij in zijn toespraak stelde was: "Zou het niet mooi zijn als we lekker en voedzaam voedsel overal ter wereld binnenshuis konden verbouwen?" En zo werd mijn idee geboren!

Doelstellingen en overwegingen

Wat ik wilde bouwen was zoiets als een box of incubator die het ideale klimaat zou creëren voor het kweken van planten en precies de hoeveelheid licht en voedingsstoffen zou leveren die nodig is. Het zou een zonlichtsimulator, een irrigatiesysteem en een klimaatbeheersingssysteem moeten omvatten in een strakke, moderne behuizing. Aangezien het chlorofyl in planten voornamelijk reageert op slechts twee golflengtes rond 450 nm en 650 nm (figuur 1), moet het verlichtingssysteem een combina-

tie van rode en blauwe LED's zijn om de perfecte mix te bieden ter ondersteuning van zowel de vegetatieve groei als van de bloeifase.

Ik wilde een nieuwe bewateringmethode gebruiken, Aeroponics of Fogponics [2], met een ultrasone verstui-ver als nevelmachine om de planten water te geven door middel van met meststoffen verzadigde nevel. Het systeem moet automatisch de juiste hoeveelheid voedingsstoffen voor de planten doseren, precies op het moment dat ze nodig zijn.

Natuurlijk heeft mijn systeem ook pH- en TDS-sensoren (Total Dissolved Solids) nodig. Deze helpen respectievelijk bij het bereiken van een evenwichtige pH in het waterreservoir, wat het beste is voor de planten, en bij de dosering van voedingsstoffen. Verder moet het systeem worden uitgerust met een aansluiting voor automatische waterverversing, die dan gemakkelijk met een druk op de knop kan worden geregeld.

Het systeem moet een klimaatregeling hebben waarmee de temperatuur en de vochtigheid in het systeem tot op 1 °C respectievelijk 1% nauwkeurig kunnen worden geregeld. Daarom zijn een temperatuur- en vochtigheidssensor zoals DHT22 of DHT11 en een ventilator met passende aansturing vereist.

En ten slotte moet het systeem via een mobiele app bestuurd en gecontroleerd kunnen worden. Voor mij een absolute primeur om te trachten zo'n app te ontwikkelen! De app zou real-time informatie moeten leveren over pH, temperatuur, vochtigheid, voedingsstoffen enzovoort en die grafisch als functie van de tijd weergeven om statistieken te genereren en het groeiproces te delen via de sociale media. Ik zou ook slimme waarschuwingen willen implementeren die me laten weten wanneer ik in het systeem moet ingrijpen. Naast het weergeven van meetwaarden moet het systeem ook de mogelijkheid bieden om de parameters aan te passen.

Je kunt je voorstellen dat ik niet de eerste ben met dit idee, maar goede resultaten worden vaak bereikt door

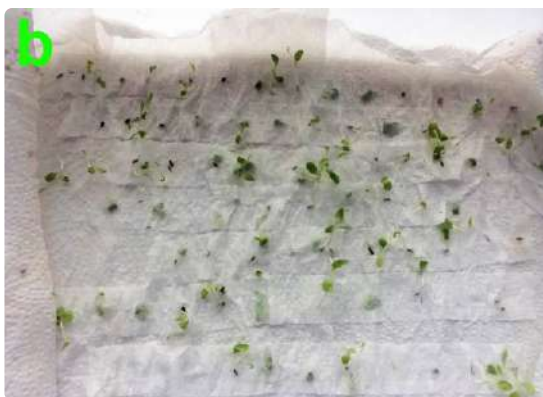
het verbeteren van wat al bestaat. Er zijn verschillende vergelijkbare projecten op de markt, maar ondanks al hun voordelen hebben ze een aantal nadelen: ze hebben bijvoorbeeld te veel ruimte nodig, of ze zijn te klein, te duur, of zijn ontworpen voor slechts één plantensoort, enzovoort. Ik wilde in elk geval een nieuw, geavanceerd open-source systeem ontwikkelen dat weinig nadelen heeft en alleen geoptimaliseerde functies implementeert. Dit klinkt erg ambitieus – en dat is het ook. En daarom: dit project is zeer uitgebreid en kan onmogelijk in één Elektor-artikel worden behandeld. Zie daarom de project-pagina [3] bij dit artikel, waar je veel details en achtergrondinformatie kunt vinden, alsmede gedetailleerde instructies voor de bouw.

Experimenten

Experimenteren met planten is erg tijdrovend! Ze hebben meestal weken tot maanden nodig om te groeien – daar moet je rekening mee houden! Zelfs als het basisconcept duidelijk is, moeten er vooraf nog een paar experimenten worden gedaan om te zien of de geplande opzet levensvatbaar is en welke aanpassingen er in de praktijk nodig blijken. Eerst wilde ik uitzoeken of het kweken van planten in een met voedingsstoffen verrijkte nevel en bij LED-verlichting beter verloopt dan in een conventioneel systeem met bevoeiing en 'echt' zonlicht. In theorie zou dit het geval moeten zijn, maar je mag niets zomaar aannemen voordat je het uitgeprobeerd hebt!

Voor mijn experimenten heb ik de planten daarom in groepen verdeeld:

- aarde + zonlicht: deze groep wordt gekweekt in natuurlijke omstandigheden, in aarde geplant en op de vensterbank geplaatst;
- nevel + zonlicht: deze groep is geplant in een container met voedingsrijke mist en op dezelfde vensterbank geplaatst;
- aarde + LED-licht: deze groep is in normale aarde



Figuur 2. De eerste zaadjes ontkiemen.

Figuur 3. Zaailingen in een ander substraat: vóór (a) en na een week (b).



geplant, maar krijgt kunstmatig LED-licht in plaats van zonlicht;

- nevel + LED-licht: dit systeem wordt geacht het beste te zijn omdat het de twee belangrijkste kenmerken van het beoogde systeem combineert.

Op de plantenafdeling van het plaatselijke filiaal van de Duitse supermarktketen Kaufland kocht ik een pakje zaadjes van gemengde sla als mijn 'proefkonijntjes'. Heb op dit punt wat geduld met me, want dit was de eerste keer in mijn leven dat ik iets plantte. Daarvoor heb ik wat onderzoek gedaan en geleerd dat je de zaden eerst moet laten ontkiemen. Dus heb ik de zaadjes in een plastic bakje gedaan en dat afgedekt met een papieren doekje. In dit stadium hebben de zaden bijna 100% vochtigheid nodig, dus besproeiده ik de het papier met water en pakte het geheel met een plastic zak om te voorkomen dat het water verdampte (**figuur 2a**). Ik liet de zaden 10 dagen zo liggen, en toen ik het bakje opende, was ik echt verbaasd: bijna alle zaden waren ontkiemd (**figuur 2b**)! Ik was bijna kinderlijk blij.

Vervolgens moest ik de beste plantjes kiezen, die met de

dikste stengel en die er gewoon groter en beter uitzagen. Een YouTube-instructie adviseerde om de kleine zaailingen in een ander substraat over te planten tot zich zogenaamde 'tweede bladeren' vormen. Op Amazon bestelde ik kokoskorrels. Ze hebben vergelijkbare eigenschappen als aarde maar hebben de aardige eigenschap dat ze een zesvoudig volume krijgen als je ze water geeft. Ik bestelde ook een paar kweekbakjes voor de zaailingen. Die kostten slechts twee euro, maar maakten alles veel overzichtelijker. Ik deed de kokoskorrels in de compartimentjes, gaf ze water tot ze volgezogen waren, zette de plantjes in het midden en bedekte het geheel met een doorzichtig plastic deksel (meegeleverd). Mijn experimentele kas zag eruit als **figuur 3a**. Afgedekt liek ik de bak een week staan. Toen ik hem weer opende, was ik verbaasd: de plantjes waren daadwerkelijk gegroeid. **Figuur 3b** bewijst dat na één week het verschil merkbaar is! Nu kon ik ze in aarde en kleibolletjes zetten en gaan experimenteren met verneveling!

Tijdens een cursus computersondersteund ontwerpen ontwierp ik doorlatende bakjes voor de plantjes (**figuur 4a**). Ik kocht ook een plastic bak van de juiste

Figuur 4. 3D-geprinte plantenbakjes (a) en kant-en-klaar testsysteem (b).





Figuur 5. Volgende proef met een nieuw substraat (a). Slechts één zaadsoort ontkiemde (b).

afmetingen en tekende de te boren gaten af. In **figuur 4b** en in mijn YouTube-video [4] zie je mijn complete testsysteem, met de planten in kokoskorrels, kleibolletjes en aarde.

Om eerlijk te zijn: de resultaten vielen tegen. Slechts paar plantjes overleefden mijn vernevelingssysteem. Ik vermoed dat dit kwam door het groeimedium of de nevel, die niet intensief was om de kleibolletjes en de aarde vochtig te houden. Erger nog, ik was tijdens de paasvakantie tot inactiviteit gedwongen omdat het lab gesloten was. Als gevolg daarvan gingen al mijn plantjes dood! Na deze tegenslag besloot ik een ander systeem te testen met steenwol als alternatief groeimedium (**figuur 5a**). Na een week controleerde ik de kweekbak (**figuur 5b**) en zag dat één soort zaad succesvol was, maar een andere niet! Om het proces te versnellen, ging ik verder met de zaden die wel waren ontkiemd. Intussen zette ik een ander nevelsysteem op en probeerde de werkingstijd te optimaliseren om te zien of ik zaden kon laten ontkiemen met *alleen* nevel! Ik blijf experimenteren met verschillende parameters en omstandigheden om te zien hoe ver ik kan komen.

De elektronica

Om een lang verhaal kort te maken: bij het board had ik de keuze tussen *satshakit* [5] van Daniele Ingrassia en *FabLeo* [6] van Jonathan Grinham. De eerste is 100% compatibel met de Arduino IDE en zijn bibliotheken, 'fable' en een verbeterde, open-source versie van Fabkit. Hij is niet alleen goedkoper, maar ook sneller (16 MHz) en gemakkelijker te solderen. De Arduino IDE herkent dit board als een Arduino Uno.

Aan de andere kant heeft de *FabLeo* vrijwel dezelfde functionaliteit, plus hardware-USB. Aangezien ik al ervaring had met de ATmega328P, wilde ik iets nieuws proberen en besloot ik de *FabLeo* te gebruiken.

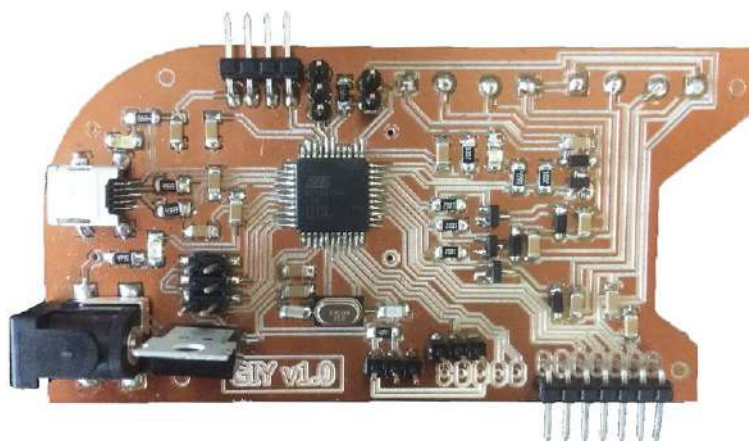
Voor de printlayout heb ik EAGLE gebruikt. De gratis versie volstaat voor dit project; de ontwerpbestanden kunnen worden gedownload van [3]. Het fab-netwerk

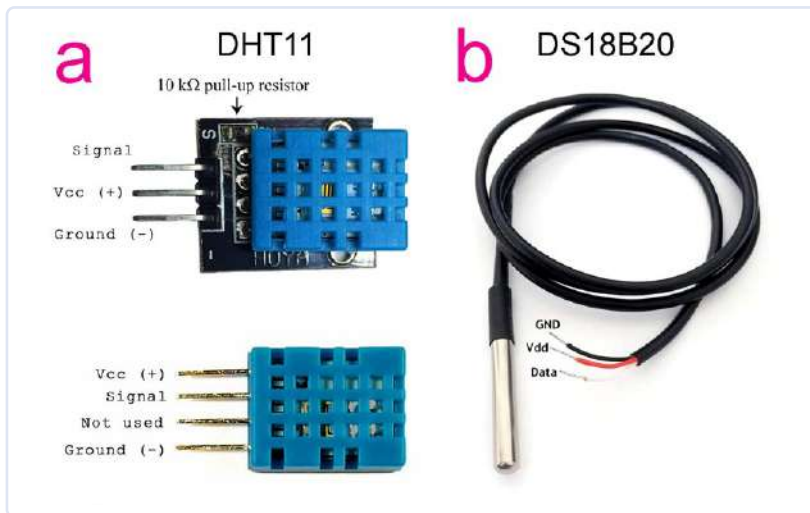
onderhoudt ook de voortdurend bijgewerkte fab.lbr-bibliotheek [7], die ik heb gebruikt. De details van de schakeling en het maken en solderen van de print zijn ook te vinden op [3]. Bijzonder is dat ik een (schakelbare) step-up converter van 12 V naar 24 V nodig had om de ultrasonische nevelmachine te voeden. Aan de onderkant van de print heb ik een WiFi-board gemonteerd dat ik heb gebouwd tijdens de netwerk- en communicatieweek van de cursus die ik volgde. Het resulterende en compleet gemonteerde board is te zien in **figuur 6**.

Sensoren

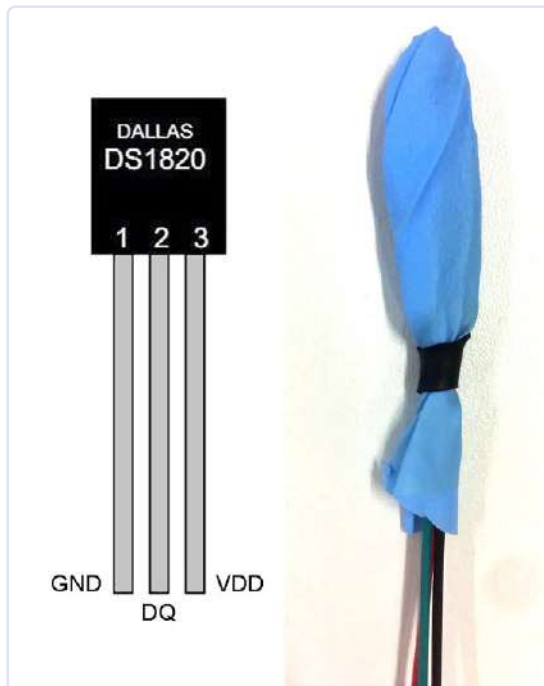
Om mijn board te programmeren gebruikte ik de Arduino IDE. Ik sloot het Arduino-board aan op de USB-hub en laadde de code [3]. De eerste sensor die ik aansloot was de DHT11 (**figuur 7a**) om temperatuur en vochtigheid te meten. Deze sensoren zijn erg eenvoudig en langzaam, maar een prima keuze voor beginners die wat simpele datalogging willen doen. De DHT11 combineert een capacitieve vochtigheidssensor en een thermistor. Binnenin zit ook een zeer eenvoudige chip

Figuur 6. De print van mijn prototype, met alle onderdelen gemonteerd.





Figuur 7. De sensoren:
DHT11 (a) en
DS18B20 (b).



Figuur 8. DHZ-isolatie
van een DS18B20-
sensor met een vinger
van een rubberen
handschoen.



Figuur 9. Het gebruikte
LC-display heeft een
resolutie van 128x64
pixels en is met slechts
3 aansluitingen op het
board aangesloten.

die de analoge/digitaal-omzetting uitvoert en de temperatuur- en vochtigheidsgegevens digitaal uitvoert – elke microcontroller kan die gemakkelijk uitlezen. De DS18B20 (figuur 7b) is een digitale 1-draads temperatuursensor van Maxim IC met een nauwkeurigheid van 9 tot 12 bit (bereik: -55°C tot $125^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}$). Voor het gebruik van deze sensor zijn de juiste functies beschikbaar in de Arduino-wereld.

Het vreemde is dat nadat ik de sensoren met succes had geprogrammeerd, het board niet meer werkte toen ik alle sensoren met elkaar verbond. Het kostte me nogal wat tijd om uit te vinden waarom dit gebeurde. Als snelle oplossing besloot ik een 'naakte' DS18B20-sensor te gebruiken, die ik op ware DHZ-manier heb geïsoleerd met één vinger van een rubberen handschoen (figuur 8).

De volgende sensor is een ouderwetse LDR – een tamelijk passieve elektronische component. Zijn weerstand bereikt een waarde van ongeveer $1\text{ M}\Omega$ in het donker ($\approx 0,1\text{ lx}$) maar neemt in licht af tot ongeveer $1\text{ k}\Omega$ ($\approx 100\text{ lx}$, afhankelijk van het type). De LDR werd aangesloten als spanningsdeler in combinatie met een vaste weerstand en uitgelezen via een ADC-ingang van de microcontroller. De volgende taak was het meten van het waterniveau. Ik wil een sensor hebben die alarm slaat als de watertank leeg is en het tijd is om het water bij te vullen. Ik heb gewoon mijn eigen watersensor gebouwd. Het basisprincipe van de watersensor is het meten van de elektrische geleiding tussen twee elektroden. Ik bedacht hoe ik de sensor kon kalibreren om aan mijn eisen te voldoen. Na wat experimenteren kreeg ik dat voor elkaar.

LCD-aansluiting

Het systeem heeft een display nodig. Mijn LC-display had veel aansluitingen nodig – te veel voor mijn board.

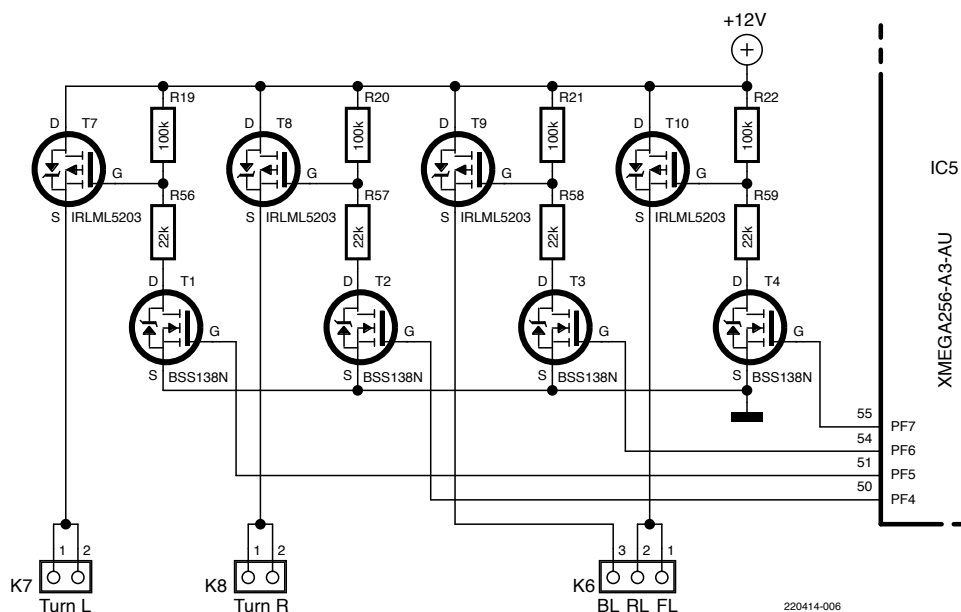


pH-sensor

MOSFET's

Uitvoering

Figuur 10. De 'pH-sensor v1.1' is moeilijk te ijken (bron: [10]).



Figuur 11. Dit deel van de schakeling (gemaakt met EAGLE) toont de MOSFET-uitgangstrappen.



Figuur 12. De constructie van de behuizing en de watercontainer.

tiek was een zeer belangrijk criterium, evenals functionaliteit! Ik wilde ook dat het systeem daadwerkelijk in elkaar gezet kon worden, wat het tot een nog grotere uitdaging maakte. Ook wilde ik gebruik maken van de vaardigheden die ik had geleerd, zoals 3D-printen, CNC-frezen, lasersnijden enzovoort.

Eerst maakte ik een eenvoudige schets op papier en daarna dook ik in Autodesk Fusion 360. **Figuur 12** toont de complete behuizing die het resultaat van al mijn inspanningen was. Mijn YouTube video [8] laat zien hoe deze 3D-geprint is. Hij heeft verschillende functies! Ten eerste is er genoeg ruimte voor planten, en ik heb in het midden een gat geboord voor de ultrasone vernevelaar, omdat die in balans met de tank moest zijn. Het probleem is dat het waterniveau minstens 2 cm boven de vernevelaar moet blijven, dus we nivelleren niet al het water op de hoogte van de vernevelaar! Als ik daarentegen de vernevelaar onder het niveau van de tank monteert, komt het water-nulniveau precies daar waar het moet zijn: nul voor de tank is 2 cm boven de vernevelaar. Zo wordt al het water verbruikt!

Er was nog veel meer te doen. Ik moest de waterdoor-

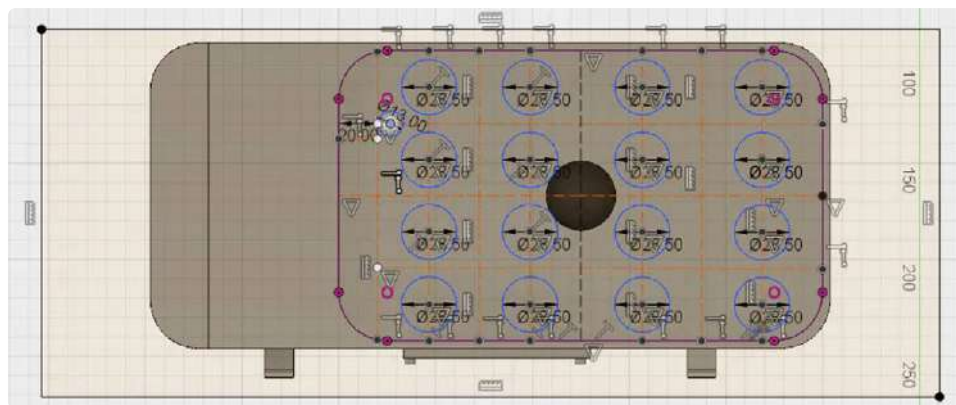
latende bakjes voor de planten 3D-printen en er een houder voor lasersnijden (**figuur 13**). Al met al moeten er veel acrylplaten worden gesneden en geboord. Meer details, met name hoe ik de bak waterdicht heb gemaakt met een stuk plastic, zijn te vinden op [3]. Op die pagina staan meer links naar YouTube video's.

Laat er geen gras over groeien!

Figuur 14 toont de LED-strips die ik heb gebruikt. De print is in het elektronica-deel ondergebracht (**figuur 15**). Voor alle duidelijkheid: figuur 16 geeft een indruk van hoe de plantjes zijn ondergebracht in hun houders, die in een passende afdekplaat hangen. Nu mag je applaudiseren: in **figuur 17** zie je het complete systeem in actie. Is het niet mooi geworden?

Als je geïnspireerd bent door dit project en je eigen systeem of een geoptimaliseerde versie ervan wilt bouwen, vind je een schat aan informatie op de webpagina van het project [3] die al vaker is genoemd. Maar voordat je begint, moet je bedenken dat dit geen project is dat in één weekend klaar is! 

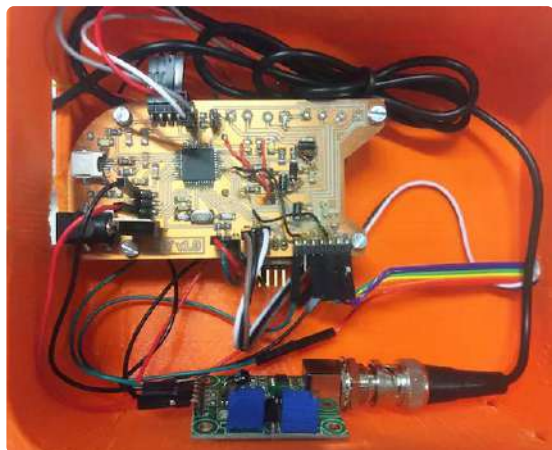
220414-03



Figuur 13. De gaten voor de planthouders.



Figuur 14. De gebruikte RGB LED-strips.



Figuur 15. De print en een sensor in het 'elektronica-compartment'.

Over de auteur

Dmitrii Albot is afgestudeerd aan de Fab Academy en voormalig FabLab-coördinator in Jordanië. Momenteel is hij de oprichter van cityfarm (www.cityfarm.md) en is het zijn missie om de kunst, wetenschap en business van AgriTech naar de steden te brengen.

Vragen of opmerkingen?

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



Figuur 16. De plantjes in hun houders, gezien vanaf de zijkant.



Figuur 17. Het complete systeem in volle glorie.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **ESP-12F - ESP8266-based Wi-Fi Module (SKU 17781)**
www.elektor.nl/17781
- > **Elektor 37-in-1 Sensor Kit (SKU 16843)**
www.elektor.nl/16843

WEBLINKS

- [1] TED Talk: "This computer will grow your food in the future": <http://youtu.be/KJlrd3U1Kxk>
- [2] Fogponics: <https://en.wikipedia.org/wiki/Fogponics>
- [3] Project-website op create.arduino.cc: <https://elektor.link/arduinoigi>
- [4] YouTube-video van mijn testsysteem: <https://youtu.be/LF93Xjd8avk>
- [5] satshakit@GitHub: <https://github.com/satshas/satshakit>
- [6] FabLeo board-gegevens: <https://elektor.link/fableoboard>
- [7] Download fab.lbr-bibliotheek: <https://elektor.link/fablbr>
- [8] 3D-printen van de bakjes (YouTube): https://youtu.be/938Yz_WegH8
- [9] Attribution-ShareAlike 3.0 licentie: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en>
- [10] Foto van pH-sensor v1.1: <https://elektor.link/phsensor11pic>

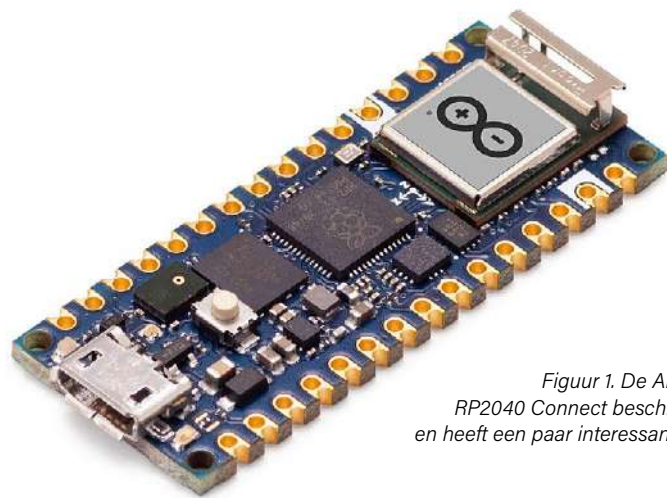


Met Home Automation de wereld redden?

MQTT op de Arduino Nano RP2040 Connect

Clemens Valens (Elektor Lab)

Met de juiste componenten en een beetje vindingrijkheid kun je je huis automatiseren, en dit op de Arduino Nano RP2040 Connect-gebaseerde project is daarvoor een uitstekend begin. Een extra bonus is dat je misschien helpt bij het redden van onze planeet.



Figuur 1. De Arduino Nano RP2040 Connect beschikt over WiFi en heeft een paar interessante sensoren.

Tegenwoordig lijkt voor veel mensen het milieu de grootste zorg te zijn. Onze planeet is groot, en er zijn veel vervuilers waar je geen controle over hebt. Maar er is één plek waar je een verschil kunt maken, en dat is thuis. Je huis automatiseren kan het energiezuiniger maken en zo een beetje helpen om de planeet te redden. Hier is een manier om daarmee te beginnen.

Home Automation (ook wel domotica) wordt over het algemeen toegepast op de volgende gebieden:

- › klimaatregeling
- › verlichting
- › energiebeheer
- › toegangscontrole
- › watermanagement

De eerste drie hebben betrekking op energiebesparing, door de temperatuur en vochtigheid in het gebouw te regelen met kachels, koelers, ventilatoren en zonwering, en door verlichting, apparaten en machines uit te schakelen wanneer deze niet nodig zijn. Watermanagement is ook nuttig, tenzij het gaat om het besproeien van het gazon, wat altijd verspilling is.

We hebben sensoren nodig

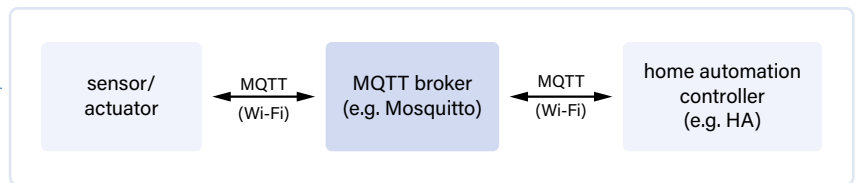
Het regelen van zaken zoals de temperatuur in een kamer of het stroomverbruik van een machine, vereist sensoren en actuatoren. In dit artikel presenteer ik een soort universeel apparaat dat sensoren uitleest en de meetgegevens via MQTT doorstuurt naar een domotica-controller. De actuatoren die dingen als motoren, pompen, relais en lampen aan en uit kunnen zetten worden hier niet besproken. Voor wie niet vertrouwd is met domotica: een controller is het hart van een domoticasysteem, de spin in het web tussen alle apparaten in het systeem, inclusief jezelf en andere gebruikers (als je aanvaardt dat we je hier als een levend apparaat beschouwen). MQTT is een protocol voor gegevensuitwisseling dat tamelijk populair is voor IoT en automatisering.

De Arduino Nano RP2040 Connect

Het hier beschreven sensorapparaat is gebaseerd op een Arduino Nano RP2040 Connect-module (**figuur 1**) met een 3-assige gyroscoop, een 3-assige versnellingsmeter en een microfoon. Dat lijken misschien vreemde sensoren om te gebruiken in een domoticasysteem, maar ze kunnen erg nuttig

zijn. (En het is weer eens wat anders dan de gebruikelijke temperatuur-vochtigheidsbepaling van een typisch IoT-sensorproject). Wanneer de gyro bijvoorbeeld op een deur of raam is gemonteerd, kan die zowel verwachte als onverwachte in- en uitgaande bewegingen detecteren, of een alarm geven bij een openstaand raam. Accelerometers hebben vele toepassingen in trillingsdetectie (draait de motor van de vriezer wel continu?) en een microfoon kan geluiden detecteren die er niet horen te zijn (lopende kraan) of een verandering in achtergrondgeluid of frequentie opmerken (draait de motor wel goed?). Maar het maakt niet uit of je dergelijke sensoren nodig hebt, het software-framework is gemakkelijk aan te passen aan andere sensoren.

De Arduino Nano RP2040 Connect heeft WiFi-connectiviteit dankzij de draadloze NINA-module (een vermomde ESP32) en die gaan we gebruiken om verbinding te maken met het WiFi-netwerk van het huis. De huisautomatiseringscontroller is Home Assistant (HA), die – in mijn geval – draait op een Raspberry Pi 3B+ board [1], maar elke andere controller die met het MQTT-protocol overweg kan (ongeveer 99%), is ook bruikbaar. De controller maakt ook verbinding



Figuur 2. Een blokschema van het op MQTT gebaseerde domoticasysteem dat in dit artikel wordt gepresenteerd.

met het WiFi-netwerk. **Figuur 2** geeft een blokschema van het systeem.

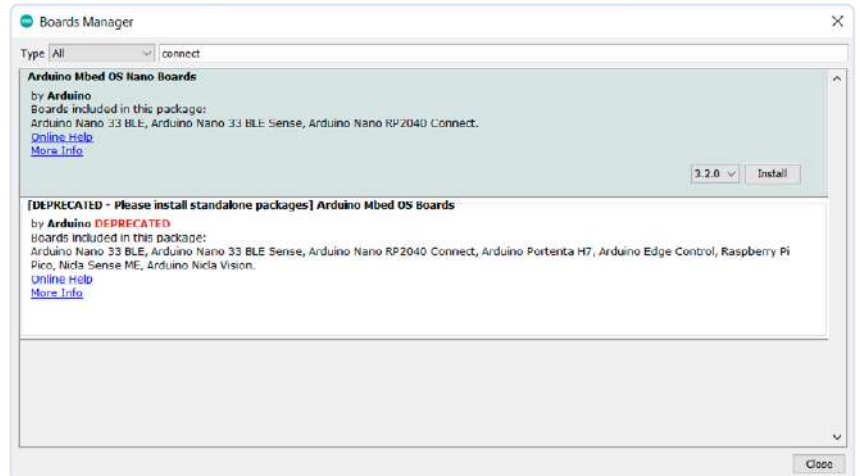
Voorbereidingen & vereisten

Het redden van de planeet is een dringende zaak, daarom zullen we ons hier niet verliezen in allerlei technische details over het Arduino-board, maar komen we meteen ter zake. Als je nog geen domoticacontroller hebt, begin dan met de installatie en configuratie daarvan. Dat is gemakkelijker gezegd dan gedaan, zie voor meer details bijvoorbeeld [1]. Vergeet niet dat de controller MQTT-compatibel moet zijn, waarvoor wellicht een add-on nodig is. Als je, zoals ik, HA als controller gebruikt, kun je de veelgebruikte Mosquitto (met twee 't's) 'integratie' installeren [2]. Dit is een zogenaamde MQTT-broker, een apparaat dat MQTT-berichten ontvangt en verzendt, bijvoorbeeld tussen ons Arduino-board en HA.

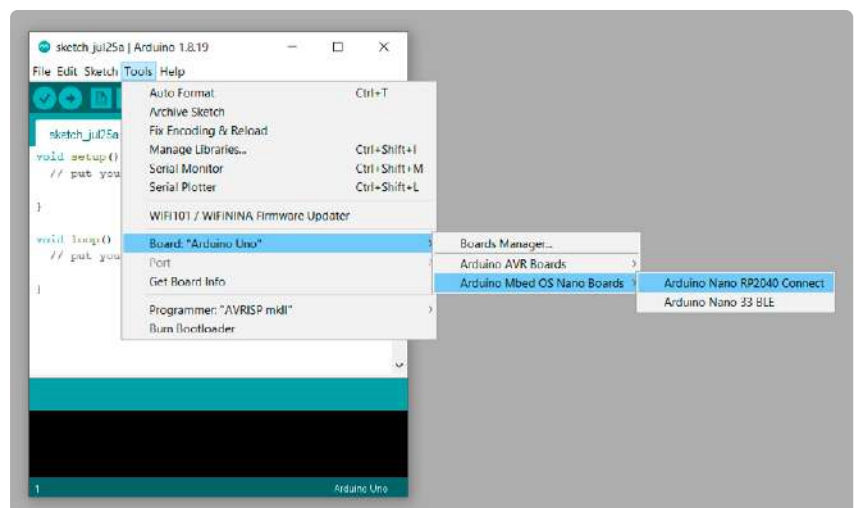
De Arduino IDE voorbereiden

Als je al een werkende MQTT-compatibele domoticacontroller hebt, kun je overgaan tot het opzetten van de Arduino-ontwikkelomgeving:

1. Installeer de Arduino IDE. Er zijn veel versies; ik heb 1.8.19 gebruikt.
2. Met behulp van de Boards Manager van de Arduino IDE (*Tools → Board → Boards Manager...*) installeer je het 'Arduino Mbed OS Nano Boards' board package (ik heb v3.2 gebruikt; zie **figuur 3**).
3. Selecteer in de IDE het Arduino Nano RP2040 Connect board – zie **figuur 4** (*Tools → Board → Arduino Mbed OS Nano Boards → Arduino Nano RP2040 Connect*).
4. Gebruik de bibliotheekmanager van de IDE (*Tools → Manage Libraries...*) om de volgende bibliotheken te installeren (de versies die ik heb gebruikt staan tussen haakjes):
 - > *WiFiNINA* (v1.8.13)
 - > *ArduinoMqttClient* (v0.1.6)
 - > *Arduino_LSM6DSOX* (v1.1.0)
5. Download mijn sketch van [3] en pak hem uit in de map sketchbook van de IDE. Merk op dat de sketch bestaat uit twee bestanden, waarvan er één *arduino_secrets.h* heet. Voer in dit bestand je netwerkgegevens in.



Figuur 3. Gebruik de Boards Manager van de IDE om ondersteuning voor de Arduino Nano RP2040 Connect te installeren.



Figuur 4. Voordat je iets probeert te uploaden naar het board, moet je het juiste board (en de bijbehorende seriële poort!) selecteren.

Programmaconfiguratie

Voordat je mijn sketch kunt compileren, moet je wat informatie verzamelen van je MQTT-broker. In HA vereist de Mosquitto-broker dat je een gebruiker en een wachtwoord definieert; zonder dat komt er geen MQTT-verkeer door. Voer de MQTT-gegevens in het bestand *arduino_secrets.h* in als *SECRET_MQTT_USER* en *SECRET_MQTT_PASSWORD*. Voer in dit bestand ook het SSID en wachtwoord van je WiFi-netwerk in.

Voer in het hoofdbestand van de sketch, op regel 37 op het moment van schrijven, het IP-adres van de MQTT-broker in. In HA is dit

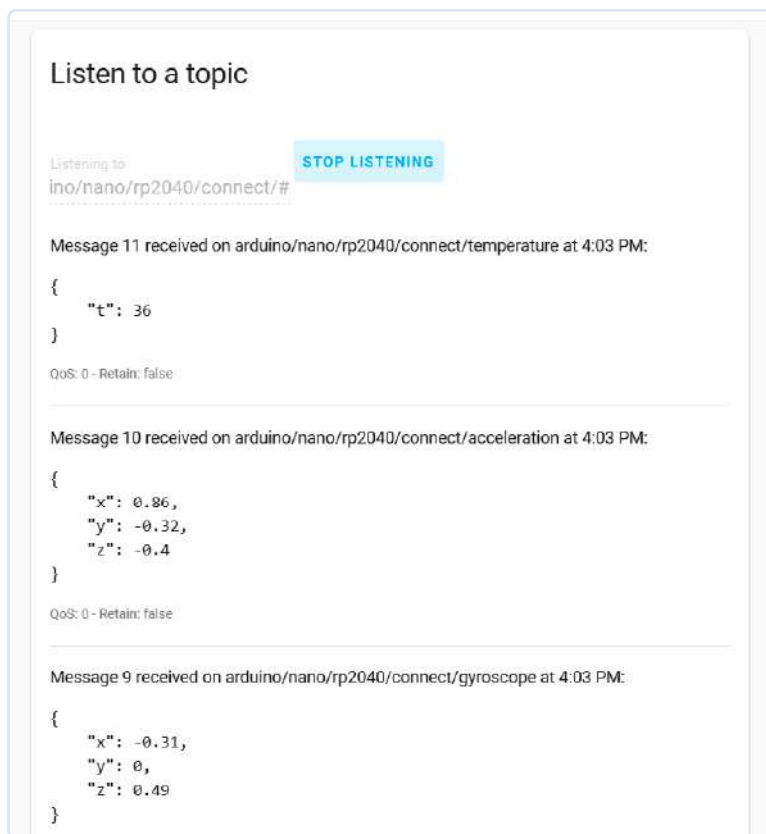
gewoon het IP-adres van HA, te vinden bij Settings → System → Network (daar stond het in HA Core v2022.8.6 met HA OS v8.4):

```
const char broker[] = 'xxx.xxx.xxx.xxx';
```

Als je om een of andere reden de standaard MQTT-poort hebt gewijzigd, moet je de volgende regel ook wijzigen:

```
int port = 1883;
```

Als de sketch correct is geconfigureerd, kun



Figuur 5. MQTT-berichten ontvangen met Mosquitto in Home Assistant.

je hem compileren en de executable uploaden naar het Arduino Nano RP2040 Connect-board. Er zouden geen waarschuwingen of fouten mogen verschijnen, zelfs niet met de compiler ingesteld op 'verbose output' en alle waarschuwingen geactiveerd (Arduino IDE *File* → *Preferences*).

De proef op de som

Ervan uitgaande dat alles is goed gegaan, en je geen fouten hebt gemaakt bij het invoeren van de wachtwoorden enzovoort, zou het board nu verbinding moeten maken met het WiFi-netwerk en MQTT-berichten gaan versturen met een snelheid van 0,1 Hz (dus elke 10 seconden). De RGB-LED van het board knippert telkens wanneer een bericht wordt verzonden. Als de LED niet knippert of blijft branden, is er iets mis. Rood betekent geen netwerkverbinding en blauw een probleem met de sensor. De domotica-controller zou de MQTT-berichten moeten ontvangen. Klik in HA met de Mosquitto add-on op 'Configure' op de Mosquitto broker-integratiekaart, en scroll naar beneden naar 'Listen to a topic.' Voer `arduino/nano/rp2040/connect/#` in en klik op 'Start listening.' Nu moeten berichten verschijnen met een snelheid van één per tien seconden (figuur 5).

Mijn voorbeeldsketch stuurt elke tien seconden gyro- en acceleratiegegevens, en ook een temperatuurwaarde (Ha! Dat had je niet

verwacht, hè? De LSM6DSOX IMU-chip heeft een ingebouwde temperatuursensor, vandaar). De temperatuurwaarde zal meestal hoger zijn dan de omgevingstemperatuur, omdat de sensor wordt verwarmd door de draadloze module van het board. Als de microfoon een hard geluid hoort, stuurt hij een bericht. Klap in je handen om het uit te proberen. (Vergeet niet dat er tot tien seconden vertraging kan optreden).

Als je in 'Publish a packet' `arduino/nano/rp2040/connect/incoming/xxx` met in plaats van `xxx` (het 'topic') een woord of getal, en dan op Publish klikt, zou je het moeten zien verschijnen in de Serial Monitor van de Arduino IDE. Je kunt optioneel een payload toevoegen (kan van alles zijn).

Hoe nu verder?

We hebben nu het punt bereikt vanwaar je alleen verder moet. Er zijn verschillende opties:

- Gegevens- en signaalverwerkingsroutines toevoegen aan de sensorsoftware zodat deze alleen berichten verstuurt als bepaalde gebeurtenissen worden gedetecteerd.
- Voeg meer of andere sensoren toe.
- Voeg automatiseringsregels toe aan de home automation controller om deze op een nuttige manier te laten reageren op ontvangen berichten.

- Al het bovenstaande.
- Doe niet aan domotica (zie **kader**).

Om je op weg te helpen met de opties 'a' en 'b' zal ik nu kort de werking van de sketch uitleggen. Voor optie 'c' verwijs ik naar de documentatie van de domotica-controller.

Het programma

Het programma begint met het definiëren van een aantal zaken zoals netwerkdetails, maar ook de MQTT-topics die zullen worden gebruikt. Alle berichten die worden verzonden door ons apparaat, beginnen met

`arduino/nano/rp2040/connect/`

Het apparaat luistert dus alleen naar berichten die beginnen met deze prefix. Het is een lange prefix, maar zeer geschikt voor debugging. De prefix wordt gevolgd door een zogenaamd topic dat van alles kan zijn. Het enige wat hier belangrijk is, is dat de MQTT-broker of bestemming naar hetzelfde topic moet luisteren, anders worden de berichten gewoon genegeerd. Het is een goede praktijk om zinvolle topics te gebruiken. Er kunnen zoveel onderwerpen zijn als je wilt, en ze kunnen een (bijna) onbeperkte lengte hebben.

Geluidsverwerking

De sensoren worden gelezen met helperfuncties die betekenisvolle namen hebben, behalve de microfoon, die PDM heet (het is een digitale microfoon). Ook anders dan de andere sensoren is dat de microfoon in een soort thread op de achtergrond draait die continu audiosamples in een buffer pompt. De andere sensoren worden om de tien seconden door de hoofdlus afgevraagd. Een laatste verschil tussen audiogegevens en de rest is dat de audiomonsters worden gefilterd door een laagdoorlaatfilter met een kantelfrequentie van 10 Hz, om alleen te reageren op signalen met een lage frequentie (dus geluiden van dingen die kapot gaan). Na detectie van een geschikt geluid wordt een bericht verzonden met het topic `microphone/alarm` (plus prefix natuurlijk). De gegevens van de andere sensoren worden zonder filtering doorgestuurd.

MQTT-topics

De paar helperfuncties om uitgaande MQTT-berichten samen te stellen spreken voor zich. Goed om te weten is dat de

Tel uit je winst

Natuurlijk kan technologie je helpen huis en op kantoor energie te besparen, maar er hangt een prijskaartje aan dat zwaarder kan wegen dan de potentiële winst. Het in dit artikel beschreven project gebruikt een klein Arduino RP2040 Nano Connect-board dat via WiFi communiceert met een Raspberry Pi met Home Assistant. Al deze apparaten, inclusief de WiFi-router, verbruiken voortdurend energie omdat ze altijd aan staan. Je kunt de kosten schatten door naar je energierekening te kijken. Deze kosten zijn zichtbaar, en je betaalt ze zelf. Maar er zijn ook verborgen kosten die mensen graag vergeten: de grondstoffen die verbruikt worden om alles wat je gebruikt te produceren.

Ik heb geen idee wat de ecologische footprint is van de productie van een Arduino of Raspberry Pi board, maar die is duidelijk niet nul (vergeet niet de koolstof-footprint van de onderdelen mee te rekenen). Ook de software die door ons systeem wordt gebruikt, inclusief onze eigen kleine sketch, is ontwikkeld op vele computers wereldwijd en opgeslagen op servers in de cloud. Net als ons eigen kleine systeem, verbruikt dit enorme ecosysteem (veel) energie om online te blijven. En vergeet de middelen niet die werden gebruikt

om het allemaal in elkaar te zetten en te fabriceren. Zeker, deze kosten worden gedeeld door vele gebruikers, maar er moet rekening mee worden gehouden.

Waar heb je de hardware voor je systeem gekocht? Grote kans dat tenminste een deel ervan online is besteld. Het maakt niet uit waar je je spullen kocht, het werd vervoerd van ergens op de planeet naar jou – opnieuw kostbare hulpbronnen.

Tenslotte blijft de technologie vooruitgaan, en dus zal ons domotica-automatiseringssysteem binnenkort verouderd zijn en moeten worden geactualiseerd of weggegooid, wat weer veel verborgen kosten met zich meebrengt. Misschien bespaar je dus een beetje energie in uw huis, maar heb je waarschijnlijk veel meer uitgegeven dan je ooit terug zult verdienen. Daarom is het veel beter voor de planeet om niet te proberen energie te besparen met slimme domotica. Wanneer aan het aan- en uitdoen van de lichten is goedkoper en laat je een beetje rondlopen, waardoor je in conditie blijft. Ook gezond verstand is een krachtige planeetspaarder.

`MqttClient` `print`-interface alleen van toepassing is op het payload-gedeelte van een bericht – het topic moet op een andere manier worden samengesteld. Alle inkomende MQTT-berichten die beginnen met de prefix

`arduino/nano/rp2040/connect/incoming/`

worden geaccepteerd. Dit wordt afgehandeld door de `MqttClient`-library die de functie `mqtt_message_receive` aanroept wanneer aan alle ontvangstvoorwaarden is voldaan. Standaard abonneert de sketch zich op het 'joker'-topic, '#', wat betekent dat elk topic geldig is. Je kunt dit veranderen door het te vervangen door meer specifieke topics. Je kunt je natuurlijk op meer dan één topic tegelijk abonneren. Abonnementen worden beheerd door de MQTT-broker, niet door de sketch, dus het is de broker die beperkingen kan opleggen. De hoeveelheid beschikbaar geheugen voor de sketch heeft geen echte invloed.

De sensorgegevens worden als payload toegevoegd aan de topics. Ik heb hiervoor JSON-achtige opmaak gebruikt, maar handmatig, zonder hulp van een speciale JSON-bibliotheek. Het voordeel van JSON is dat het door veel andere programma's wordt begrepen, wat het parsen ervan veel gemakkelijker maakt.

Conclusie

Goed, dat is het voor nu. Ook al heb ik mijn best gedaan om het simpel en duidelijk te houden, de kans is groot dat je op een gegeven moment tegen problemen aanloopt. Het onderwerp is ingewikkelder dan uit dit artikel blijkt. Aarzel niet om het internet te raadplegen voor meer informatie – er zijn talloze sites over MQTT en Home Assistant (en zelfs over beide), die vol staan met mensen die je om raad kunt vragen, hints, trucs en tips. En als je problemen krijgt en dingen niet meer werken, keer dan terug naar de laatst bekende werkende configuratie. ◀

220420-03 (vertaling: Jelle Aarnoudse)

Een beetje JSON

Over de auteur

Clemens Valens is de creatieve technoloog van Elektor. Hij heeft een BSc in elektronica en een MSc in elektronica en informatietechnologie. Clemens begon in 2008 bij Elektor als hoofdredacteur van Elektor Frankrijk. Momenteel produceert hij technische tutorials en productrecensies bij Elektor TV. Clemens is ook verantwoordelijk voor de community-website van Elektor Labs, waar elektronica-enthousiastelingen hun werk kunnen publiceren en kunnen communiceren met gelijkgezinden van over de hele wereld.



Gerelateerde Producten

- **Arduino Nano RP2040 Connect with Headers**
www.elektormagazine.nl/arduino-nano-rp2040-connect
- **Clemens Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino (SKU 17967)**
www.elektor.nl/17967
- **Elektor Ultimate Sensor Kit (SKU 19104)**
www.elektor.nl/19104

WEBLINKS

- [1] C. Valens, "Domotica helemaal niet moeilijk", Elektor september/oktober 2020: <https://www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-157/59027>
- [2] MQTT in Home Assistant: <https://www.home-assistant.io/docs/mqtt/broker/>
- [3] Downloads bij dit artikel: <https://www.elektormagazine.nl/220420-03>

∞+[®] PRO[™] voor professionals

Sebastian Romero (Arduino Pro Team)

Arduino zag in 2005 het leven als een goedkope oplossing voor het maken van prototypes. Hiermee konden creatievelingen interactieve objecten bouwen zonder veel van elektronica te weten. Al snel raakten ook elektronici geïnteresseerd in Arduino, omdat het hun werk gemakkelijk maakte. Maar het ging niet alleen om het gebruiksgemak: de hardware-abstractielaag van Arduino maakt het mogelijk om firmware te maken die op verschillende platforms draaide. Bovendien zijn zowel de hardware als de software open source, zodat je niet afhankelijk bent van een leverancier. Dat is een voordeel dat veel mensen konden waarderen.

Inmiddels, bijna twee decennia later, is Arduino uitgegroeid tot een volwassen, professioneel platform met een groot bereik aan hardware- en softwareproducten voor het maken van slimme en connected oplossingen voor elke denkbare toepassing. Nu brengt Arduino Pro de kennis en ervaring die in de loop der jaren intern en door de miljoenen communityleden is verzameld naar de professionals.

Het was altijd zo dat mensen die Arduino gebruikten voor het bouwen van een prototype, uiteindelijk toch een equivalente schakeling op een zelfstandige print moesten ontwerpen en de firmware aanpassen voor fabricage en uitrol. Het is wel mogelijk om stukjes van het prototype mee te nemen, maar een groot deel moet toch worden herontworpen. Arduino Pro moet daar verandering in brengen: hardware van industriële kwaliteit die eerst kan worden gebruikt voor het bouwen van een prototype en later kan worden geïntegreerd als een modulair onderdeel van de uiteindelijke oplossing.

Als de firmware voor zowel het prototype als voor de uiteindelijke oplossing hetzelfde is, bespaart dat ontwikkelkosten en minimaliseert het de time-to-market.

Benutten van kennis

Arduino's missie is altijd geweest om ingewikkelde technologieën open en eenvoudig bruikbaar te maken voor iedereen. Zo is het ook met Arduino Pro. Het doel is professionals op dezelfde manier te helpen als Arduino heeft gedaan voor makers, opleiders, kunstenaars en knutselaars.

We kunnen Arduino Pro zien als een voortzetting van de leerervaringen die veel mensen in hun opleiding hebben doorgemaakt. Alle kennis voor het implementeren van projecten met Arduino die eerder is aangeleerd, kan worden benut en vergroot met kennis van de Arduino Pro-producten. Veel mensen die nu de Arduino Pro-infrastructuur gebruiken waren ooit makers die hun eigen zelfbouwprojecten creëerden. Nu kunnen ze die kennis opnieuw gebruiken en die in een professionele omgeving in de industrie inbrengen. Dat verkort niet alleen de time-to-market voor het ontwikkelen van nieuwe producten maar maakt ook dat mensen zonder veel extra opleiding kunnen overgaan van Arduino naar de Pro-producten. Het maakt het ook gemakkelijker om mensen in dienst te nemen, die immers vaak al eerder hebben geëxperimenteerd met de Arduino-infrastructuur. De abstractielaag van de Arduino-API [1] voorkomt *vendor lock-in*, doordat je software gemakkelijk op verschillende processoren kan werken, ook op die van andere leveranciers. Alle aangeleerde kennis kan bij die systemen en toepassingen opnieuw worden gebruikt. En als je geen oplossing vindt voor je specifieke toepassing, dan zijn er meer dan 30 miljoen mensen in de Arduino-community die je met hun collectieve kennis kunnen helpen. Als dat nog niet genoeg is, is er ook nog Arduino's eigen ondersteunings- en klantsuccessteam dat je kan helpen om je project van de grond te krijgen en je problemen op te lossen.

Hardware van industriële klasse

Arduino Pro biedt een assortiment van hardwareoplossingen voor allerlei toepassingen. Enkele toepassingsgebieden zijn:

- fabricagetechnologie en -processen
- landbouw, bouw, civiele techniek
- IoT-gebouwautomatisering / veiligheidssystemen
- trackingsystemen
- wearables en mobiele apparatuur
- prototyping

Arduino Pro levert hardware voor professionals om dat soort oplossingen te implementeren, maar wat betekent dat? Arduino Pro-producten zijn niet alleen onder verschillende labels gecertificeerd, maar voldoen ook aan industriële standaarden voor temperatuur- en trillingsbestendigheid. Daardoor kunnen deze producten worden gebruikt in complexe toepassing met zware technische eisen, zoals applicaties *at the edge*. Dankzij deze kwaliteiten is Arduino Pro inzetbaar in commerciële oplossingen. **Figuren 1 en 2** tonen enkele voorbeelden van zulke producten.

Arduino biedt toegang tot professionele ontwikkelomgevingen, en niet alleen voor het ontwikkelen van je eigen software: met professionele debugtools zoals Lauterbach TRACE32 GDB kun je foutzoeken in ingewikkelde toepassingsscenario's. Zo bouw je robuuste software die stabiel draait op je hardware als hij wordt ingezet in het veld. Arduino Pro-hardware is uitbreidbaar, dat wil zeggen dat je verschillende producten kunt combineren voor nog meer functionaliteit. En als dat niet volstaat, zijn

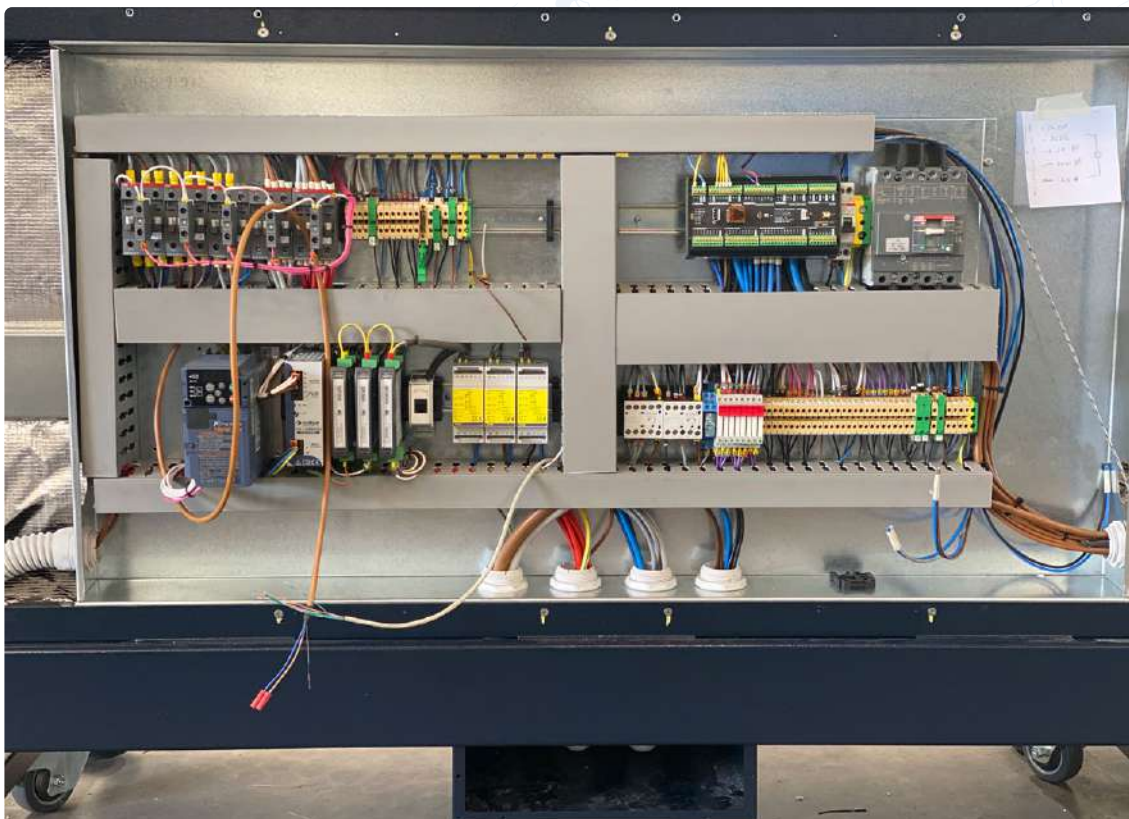
ze ook nog compatibel met hardware uit de Arduino's maker-productlijn.

Arduino heeft samengewerkt met partners zoals Edge Impulse [2], OpenMV [3] en The Things Industries [4] om hun gebruikers toegang te geven tot de nieuwste technologie voor het draaien van AI-modellen, beeldherkenningssoftware of voor verbindingen met de cloud via LoRaWAN.

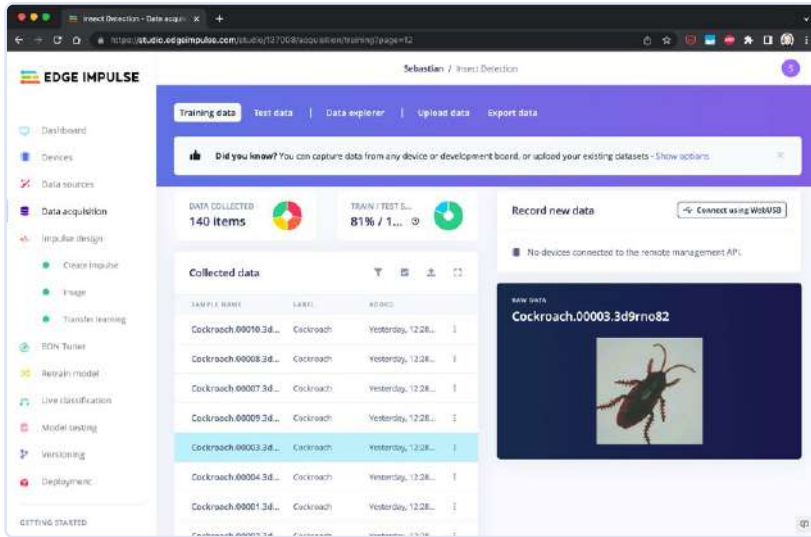
De integratie met Edge Impulse Studio maakt het heel gemakkelijk om machine learning-modellen te trainen (**figuren 3 en 4**). Daarmee kun je eenvoudige afbeeldingen classificeren, objecten vinden en tellen in afbeeldingen (**figuur 5**), sensordata analyseren (bijvoorbeeld trillingsdata voor voorspellend onderhoud), IMU-data



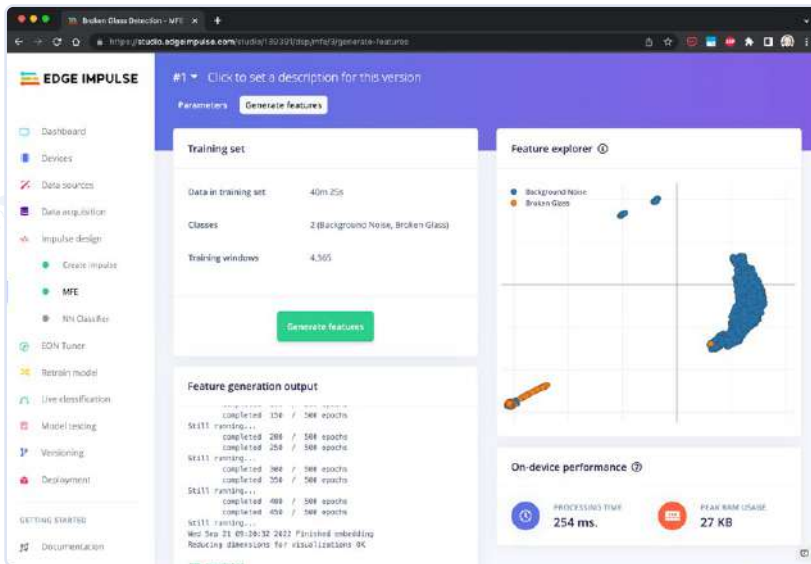
▲
Figuur 1. Een betrouwbare Arduino-oplossing met LoRaWAN voor het detecteren van geparkeerde auto's, ontwikkeld door Bosch (bron: Bosch).



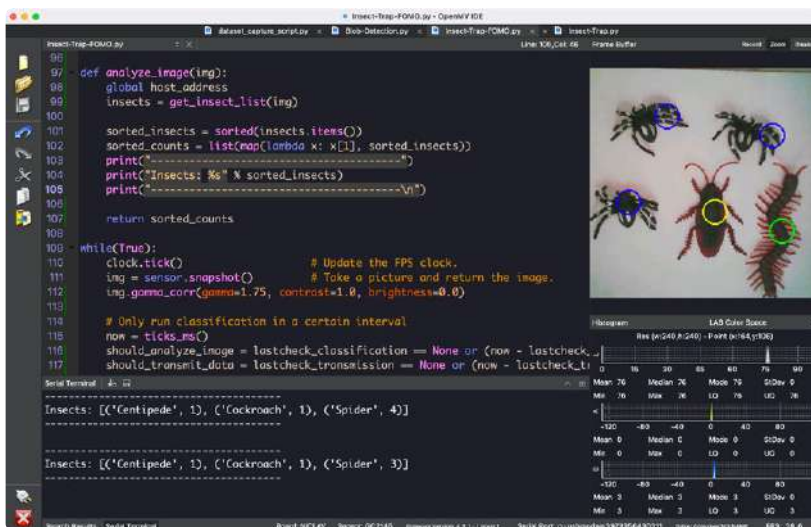
◀
Figuur 2. Slimme oven, gebouwd door Rinaldi Superforni, met Arduino Portenta Machine Control (bron: Rinaldi Superforni).



Figuur 3. Data-acquisitie in Edge Impulse Studio voor het detecteren van insecten.



Figuur 4. Feature-generatie in Edge Impulse Studio om het geluid van brekend glas te detecteren.

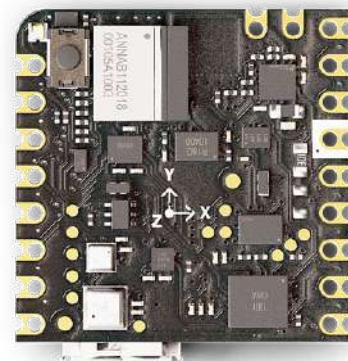


Figuur 5. Detectie van insecten met een Arduino Nicla Vision-board in OpenMV met behulp van TensorFlow Lite.

gebruiken om bewegingen en gebaren te onderzoeken – enzovoort.

Omdat veel Arduino-boards meerdere geïntegreerde sensoren hebben (**figuren 6 en 7**), kun je sensorgegevens samenvoegen om je machine learning-modellen nog geavanceerder te maken. Door data van meerdere sensoren te combineren, kun je nauwkeuriger classificeren en de omgeving beter analyseren om te bepalen wat er gebeurt rondom de sensoren. Met Arduino Pro-hardware kun je deze modellen zeer efficiënt draaien op een hoge frequentie.

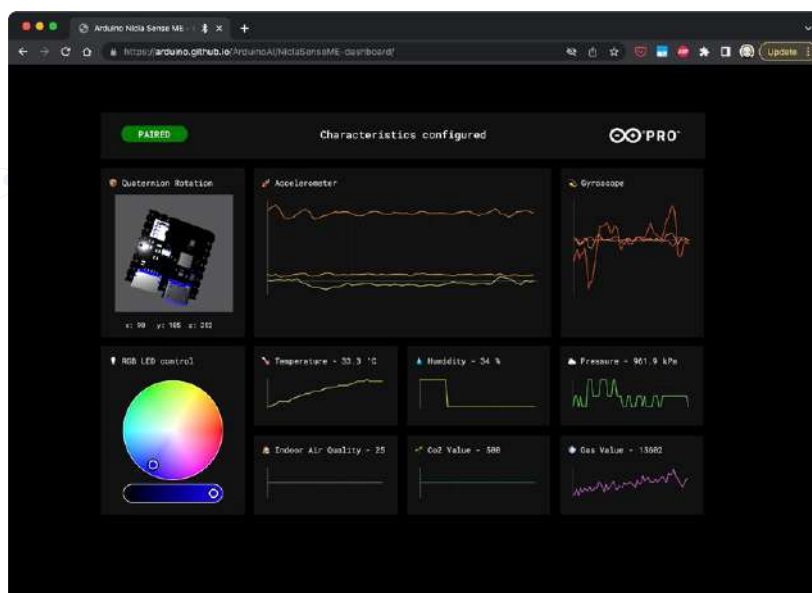
De integratie van Arduino-producten in het OpenMV-platform maakt het mogelijk om efficiënt machine vision-algoritmen te draaien op Arduino-hardware. Je kunt objecten detecteren in afbeeldingen en hun eigenschappen zoals vorm, kleur, oriëntatie, afstand en nog veel meer bepalen. In combinatie met machine learning maakt dit mogelijk om nog beter te bepalen wat voor objecten er in beeld zijn en wat hun onderlinge relatie is. Het is zelfs mogelijk de beweging van objecten te analyseren en hun koers te bepalen.



Figuur 6. Arduino Nicla Sense ME met on board-sensoren voor het meten van rotatie, versnelling, druk, vochtigheid, temperatuur, luchtkwaliteit en CO₂-niveaus.

De samenwerking met The Things Industries heeft het gemakkelijker dan ooit gemaakt om Arduino-oplossingen te verbinden met de cloud, zelfs als ze *at the edge* worden ingezet. Dat is vooral nuttig in gebieden waar geen mobiel datanetwerk beschikbaar is. Met LoRa-technologie kan met een zeer klein vermogen data worden verzonden, telkens als die beschikbaar is. Dat betekent dat de apparaten uit een batterij of zelfs direct uit een klein zonnepaneel kunnen worden gevoed.

Al die mogelijkheden samen openen een hele wereld van intelligente toepassingen om de juiste opbouw van producten op een assemblagelijntje te volgen, bosbranden te detecteren, dieren in het wild te observeren, preven-



Figuur 7. WebBLE-dashboards met weergave van sensorwaarden die afkomstig zijn van Arduino Nicla Sense ME.

tief onderhoud te doen aan machines voordat ze kapot gaan, slimme irrigatie mogelijk te maken, de circulatie van stadsverkeer te optimaliseren enzovoort.

Complexe technologie toegankelijk gemaakt

Geavanceerde technologieën brengen vaak ingewikkelde documentatie zoals datasheets met zich mee, die we eerst moeten doorspitten voordat we zelfs maar kunnen beginnen. Bij Arduino vinden we dat ook de professionals betere gebruikerservaring verdienen. Daarom levert Arduino handige default-configuraties voor alle producten.

Er zijn bijvoorbeeld standaardconfiguraties voor sensoren en vermogensregelaars die gebruiksklaar geleverd worden, zonder dat iets ingesteld moet worden. Maar als je meer controle over de instellingen nodig hebt, kun je daar een configuratie-API voor gebruiken. Dat is vooral nuttig in de vroege fases van een project wanneer je de haalbaarheid wilt beoordelen of de integratie tussen verschillende componenten of apparaten wilt testen om ze snel aan de praat te krijgen. Later, als je een werkende oplossing hebt, kun je dieper in de configuratie van de componenten duiken en ze exact instellen zoals je wilt. En omdat Arduino meestal de broncode van de bibliotheken en hardwarekernen publiceert, kun je zelfs aanpassingen op machinetaalniveau doen, mocht dat nodig zijn.

Als je andere sensoren of actuatoren van derden moet integreren, is dat ook zeer gemakkelijk te doen. Dankzij de enorme Arduino-community zijn er drivers voor allerlei standaard en zelfs exotische componenten beschikbaar als Arduino-bibliotheken die zonder aanpassing kunnen worden gebruikt. Je hoeft de bibliotheken alleen maar te installeren met de Arduino IDE of de commandoregel-interface en je kunt aan de slag.

Professionele IoT-oplossingen

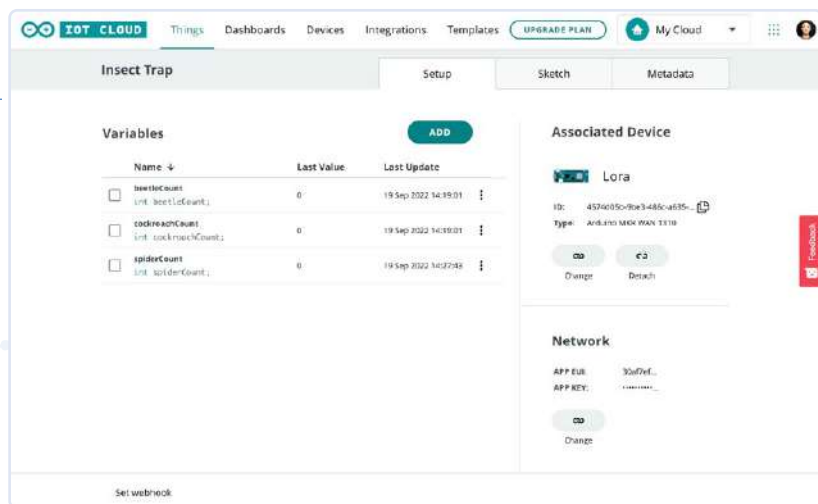
Het schalen van oplossingen naar de wereld van IoT is een enorme uitdaging, omdat ofwel de setup heel

ingewikkeld is, of de stabiliteit te wensen overlaat of het onderhoud moeilijk is. Arduino heeft daar een oplossing voor. Die heet de Arduino Cloud en biedt een professioneel account voor je bedrijfstoeepassingen. Daarmee heb je toegang tot sensordata, waar die ook is verzameld, en kun je elk denkbaar apparaat op afstand besturen, als het maar met Arduino-hardware te verbinden is.

Voor geavanceerde veiligheidseisen heeft Arduino een specifieke oplossing uitgewerkt die een veilige vertrouwensbasis op IC-niveau biedt. Je verbinding is veilig en kan niet worden gekraakt, omdat de geheimen zijn opgeslagen in een separate chip. Om veiligheid op toepassingsniveau te garanderen, heeft Arduino onlangs rol-gebaseerde toegang tot de cloud-projecten geïntroduceerd. Je kunt dus exact vastleggen wie toegang mag hebben tot wat.

Als je IoT-oplossingen uitrolt op een groot aantal apparaten, wil je zeer waarschijnlijk ook regelmatig de toepassing en/of het besturingssysteem actualiseren. Voor de meest geavanceerde toepassingen heeft Arduino onlangs het Portenta X8-board geïntroduceerd waarop een Yocto-laag draait voor een Linux-kern als besturingssysteem. De applicatielaag bestaat uit docker-containers, die individueel en veilig geactualiseerd kunnen worden. Om dit proces te vereenvoudigen en automatiseren, heeft Arduino samengewerkt met Foundries.io [5] om een vlootmanagementsysteem te ontwikkelen. Alternatieve oplossingen die het besturingssysteem samenvoegen met de toepassing hebben vaak geleid tot problemen met mislukte updates die het hele systeem instabiel maakten. Het scheiden van het besturingssysteem en de toepassing voorkomt dit probleem.

Om de configuratie van de apparaten voor gebruik met Arduino Cloud verder te vereenvoudigen, heeft Arduino onlangs de Arduino Cloud CLI geïntroduceerd. Dit is een tool dat gestart wordt vanaf de commandoregel voor het gebruik van templates om zeer efficiënt 'things' (IoT-datacontainers) en dashboards op te zetten. Als je bijvoorbeeld een groot aantal sensorknooppunten hebt die hetzelfde type data moeten verzamelen, dan moet



Figuur 8. Voorbeeld van het opzetten van 'things' in Arduino IoT Cloud.

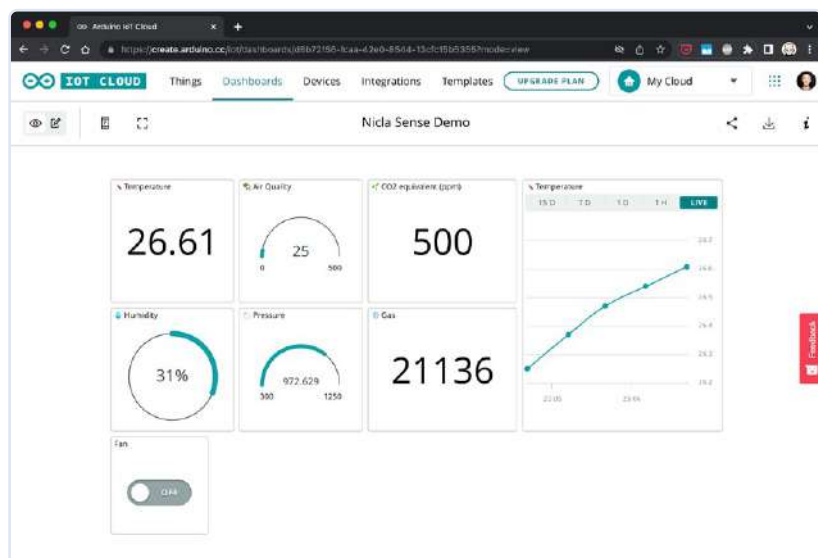
je die allemaal op dezelfde manier configureren. In zo'n geval kun je één template definiëren met alle variabelen die je wilt gebruiken (figuur 8) en dat kun je dan gebruiken om elk van die apparaten toe te wijzen aan het bijbehorende 'thing'. Om alle data van die sensoren te visualiseren, kun je dan vanuit een template een dashboard opzetten en dat gewoon verbinden met de 'things' die je eerder gemaakt hebt (figuur 9). Deze aanpak maakt het heel gemakkelijk om je IoT-project op te schalen als je van prototype naar uitrol gaat.

Low power

Vooral voor oplossingen die worden ingezet op plaatsen waar geen elektriciteitsnet is, is een gering stroomverbruik erg belangrijk. Een sensorknooppunt op een moeilijk toegankelijke plaats, zoals in een boom of begraven in de grond, moet liefst maanden of zelfs jaren werken op één batterij. Het is dus belangrijk zo weinig mogelijk stroom te verbruiken.

Arduino Pro besteedt veel aandacht aan zuinige componenten en aan software voor low power-toepassingen. Een board kan in slaaptoestand worden gezet totdat er een voor de toepassing relevante gebeurtenis plaatsvindt. In de slaaptoestand houden alle componenten op met hun activiteiten om energie te sparen. Het Portenta Vision Shield bijvoorbeeld heeft een low power-camera met

Figuur 9. Arduino IoT Cloud-dashboard met weergave van sensorwaarden uit Nicla Sense ME.



bewegingsdetectie. Als er activiteit is in het blikveld van de camera, kan die de andere componenten wekken om de beelddata te verwerken. Dat kan bijvoorbeeld inhouden dat de MCU wordt gewekt om beeldherkenning toe te passen voor het classificeren van de objecten in het camerabeeld en de LoRa-module wordt gewekt om de data efficiënt naar de cloud te sturen. In dit voorbeeld wordt de ML-inferentie gedaan op het apparaat zelf. Er hoeft dus maar weinig data (alleen het resultaat van die inferentie) te worden verzonden. En dat spaart natuurlijk energie. Zulke zuinige oplossingen kunnen lang op een enkele batterij draaien. Indien nodig kan de batterij worden geladen met behulp van op het board aanwezige elektronica, bijvoorbeeld uit een zonnepaneel. [↩](#)

220552-03 (vertaling: Evelien Snel)

Over de auteur

Sebastian Romero, Head of Content bij Arduino, is een interactie-ontwerper, opleider en creatief technoloog met een zwak voor mensen. Met zijn team is hij verantwoordelijk voor het bouwen van boeiende leerervaringen om miljoenen engineers, ontwerpers, artiesten, hobbyisten en studenten te helpen met innoveren.



Gerelateerde producten

- > **Arduino Nicla Sense ME**
www.elektormagazine.nl/arduino-nicla-sense-me
- > **Arduino Nicla Vision**
www.elektormagazine.nl/arduino-nicla-vision
- > **Arduino Portenta Vision Shield**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-vision-shield
- > **Arduino Portenta Machine Control**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-machine-control

WEBLINKS

- [1] Arduino-API: <https://github.com/arduino/ArduinoCore-API>
- [2] Edge Impulse: www.edgeimpulse.com
- [3] OpenMV: <https://openmv.io>
- [4] The Things Industries: www.thethingsindustries.com
- [5] Foundries.io: <https://foundries.io>

Slimme ovens – de ovens van de toekomst

Arduino Pro Team

Hoe een sterk partnerschap en de Arduino Portenta Machine Control bij Rinaldi Superforni een revolutie veroorzaakte.

De uitdaging

Rinaldi Superforni, opgericht in 1946, is tegenwoordig een van de belangrijkste Italiaanse fabrikanten van professionele ovens voor pizzeria's en (banket)bakkerijen. Onder leiding van de drie kleinzonen van de oprichter is het bedrijf voortdurend op zoek naar nieuwe manieren om de positionering van zijn producten te versterken als technologisch geavanceerde en hoogwaardige oplossingen voor de steeds veeleisender wordende gebruiker.

Ze besloten in samenwerking met Arduino een oplossing te ontwikkelen die ze in hun ovens konden integreren om die echt 'intelligent' te maken en de klanten een nog betere gebruikerservaring te bieden. Na enkele maanden van intensieve arbeid hadden we de Portenta Machine Control geperfectioneerd en konden ze verder met een nieuw en opwindend businessmodel.



Bekijk het Rinaldi Superforni-interview op:
<https://youtu.be/u5LHZVKXITY>

Onze oplossing

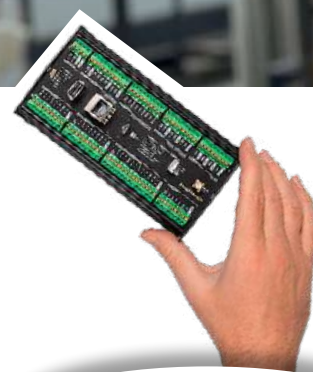
Rinaldi Superforni integreerde de Arduino Portenta Machine Control (PMC) in zijn ovens om een betere gebruikerservaring

en een betere klantenservice te bieden, met maximale veelzijdigheid en onafhankelijkheid. Door de PMC te integreren in professionele apparatuur kan Rinaldi Superforni nu:

- > klanten op afstand verbinding laten maken met producten: bakkers kunnen op weg naar hun werk de oven voorverwarmen of gewaarschuwd worden als de zuurdesemmachine in het weekend door een stroomstoring niet meer werkt;
- > een uitstekende onderhoudsservice bieden: slijtage van een onderdeel wordt automatisch gedetecteerd, waarna een voorstel voor preventief onderhoud wordt gedaan; de technische dienst kan het product op afstand controleren en feedback geven of zelfs op afstand de software onderhouden;



- > gegevens verzamelen om voortdurend te verbeteren: een connected apparaat biedt oneindig veel mogelijkheden om meer te weten te komen over gewoonten, gebruik, voorkeuren en meer – waardevolle informatie voor de ontwikkeling van nieuwe modellen en innovaties die het leven van klanten aangenamer maken;
- > een bedrijfsmodel volledig veranderen: dankzij de mogelijkheid van producten om gegevens op te slaan en door te geven, kunnen gebruiksgebaseerde huurcontracten worden afgesloten.



Het Arduino Pro Portenta-board.

Zoals de meeste fabrikanten maakt het bedrijf een groot aantal verschillende ovenmodellen – van industriële tunnelovens tot kleinere professionele exemplaren voor restaurants. De PMC kan binnen het hele gamma gebruikt worden, gewoon door hem op verschillende manieren te programmeren. Veelzijdigheid betekent één hardware en één leverancier voor alle producten in je catalogus. Bovendien kreeg Rinaldi Superforni door het testen en ontwikkelen van hun oplossing met Arduino de knowhow – en de vrijheid – om hun producten te programmeren en te beheren. Bij wijzigingen ontstaan geen overstapkosten: de PMC geeft hen de vrijheid en onafhankelijkheid die ze nodig hebben. ◀

220404-03 (vertaling: Jelle Aarnoudse)

“De introductie van de Portenta Machine Control brengt een revolutie teweeg in de manier waarop wij onze producten verkopen. Sommige van onze nieuwe modellen worden niet meer als eenvoudige en statische machines verkocht, maar als een dynamische service.”

Matteo Niscosi,
hoofd R&D bij Rinaldi Superforni



Gerelateerde Producten

- > **Arduino Portenta Machine Control**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-machine-control

Tagvance maakt bouwlocaties veiliger met Arduino

Arduino Pro Team

Verbeter de efficiency, de bezettingsgraad en de veiligheid in de zware industrie met een altijd actueel digitaal dashboard.

De uitdaging

Een bouwlocatie kan een gevaarlijke plek zijn. De steeds strengere voorschriften inzake arbeidsveiligheid weerspiegelen de noodzaak om de risico's te beperken, maar maken de taak van HSE-managers complexer dan ooit.

Vertrouwen op handmatig tellen van medewerkers, voortdurend bijwerken van asset-logs en domweg controleren of iedereen de juiste beschermende kleding draagt bij werkbegin is tijdrovend en, het ergste van alles, biedt geen garantie dat iedereen veilig kan werken.

Wat als je tegelijkertijd zou kunnen zorgen voor minder ongevallen, lagere operationele kosten en een optimale bezettingsgraad? Dat is precies wat Tagvance doet. De in Singapore gevestigde innovatie-startup maakt handig gebruik van geavanceerde technologie om real-time gegevens en geautomatiseerde rapportage-oplossingen te bieden aan klanten uit de zware industrie die de status en locatie van werknemers en bedrijfsmiddelen willen bewaken, in complexe omgevingen zoals logistieke hubs, scheepswerven en bouwlocaties.



Bekijk het Tagvance interview op:
<https://youtu.be/SnsL6budrUw>

Onze oplossing

Het systeem van Tagvance verzamelt een breed scala aan omgevingsdata door de kleine Nicla Sense ME direct in de helmen van de werknemers te integreren. Het biedt ook real-time plaatsbepaling via wearable tags.

Bewegingssensoren zoals versnellingsmeters, gyroscopen en magnetometers worden gebruikt in combinatie met de relatieve hoogte die de barometer levert, om activiteiten te classificeren en – bijvoorbeeld – te beoordelen of een werknemer gevaar loopt om naar beneden te vallen. Slimme camera's worden ingezet om de naleving van de veiligheidsvoorschriften te controleren, en zelfs audio-sensoren worden gebruikt om geluiden van apparatuur te detecteren.

IoT-nodes en microcontroller-gebaseerde wearable tags gebruiken sensorfusie met TinyML om te analyseren wat er aan de hand is, op basis van de verzamelde gegevens gekoppeld aan de locatie met behulp van Bluetooth Low Energy-plaatsbepaling. De daaruit afgeleide gegevens worden vervolgens kilometers verderop opgeslagen met LoRa-radio's, zodat de logboeken in de cloud kunnen worden vergeleken met werkvergunningen, uitsluitingszones en urenstaten uit de ERP-pijplijn. In enkele seconden wordt een visueel dashboard gegenereerd om een volledige digitale kaart van locaties, bijna-ongevallen, incidenten en statistische data te leveren voor een nauwkeurige weergave van de situatie. Tagvance heeft ervoor gezorgd dat het systeem ook binnenshuis betrouwbaar werkt, waar interferenties en fysieke obstakels een direct zicht op mensen en bedrijfsmiddelen kunnen verhinderen: IoT-nodes zijn verspreid over het trackinggebied en profiteren van het grote bereik, de diepe penetratie en de robuustheid van LoRa, terwijl TinyML het mogelijk maakt om resultaten naar het backoffice te sturen in kleine pakketjes die geen continue transmissiebandbreedte vereisen.

En last but not least: dankzij de energiezuinige componenten kunnen de tags meerdere jaren mee.

De open benadering van Arduino en het groeiende ecosysteem van producten stellen bedrijven als Tagvance in staat om een verscheidenheid aan tools te combineren om een optimale oplossing te bouwen. In dit geval draait de oplossing om een hardwarestelsel gebaseerd op de volgende Arduino Pro-componenten:

- > Op Portenta H7 gebaseerde IoT-nodes verzamelen informatie via Bluetooth Low Energy; vervolgens wordt de informatie met behulp van het Portenta Vision Shield via LoRa naar AWS- en SAP-cloud services gestuurd.
- > De onboard camera's van het Portenta Vision Shield voeden gegevens aan computer vision-modellen – bijvoorbeeld getraind om ontbrekende vangnetten en onjuiste borstweringen te detecteren.
- > De kleine maar krachtige en veelzijdige Nicla Sense ME is ingebouwd in de helmen van werknemers om de sterkte van het Bluetooth-sigitaal voor lokalisatie aan te geven.

Qua software bevat de programmeerstack ook een interessante technologische mix, met de OpenMV IDE om MicroPython te draaien met behulp van Portenta Vision Shield, de Arduino IDE om sketches te naar de Nicla Sense ME te laden en Edge Impulse om alle gegevens van de verschillende sensoren samen te brengen in TinyML. ◀

220403-03 (vertaling: Jelle Aarnoudse)



Gerelateerde producten

- > **Arduino Nicla Sense ME**
www.elektormagazine.nl/arduino-nicla-sense-me

Santagostino krijgt genoeg lucht

met bewaking op afstand en gebruik van AI bij voorspellend onderhoud

Arduino Pro Team

Hier ontdekken we de Arduino Nano RP2040 Connect als de ruggengraat van een betrouwbare, kosteneffectieve en flexibele oplossing om optimale HVAC-prestaties te garanderen in een keten van medische centra.

De uitdaging

Een modulaire, schaalbare monitoring-oplossing om constant en automatisch te controleren dat de ventilatie goed functioneert: dat is de sleutel tot het waarborgen van de luchtkwaliteit in medische centra.

Santagostino heeft een team van 200 medewerkers en 1200 artsen in een keten van 35 medische centra in Italië, voornamelijk in de omgeving van Milaan, Rome en Bologna. Iets meer dan een decennium na hun start kunnen ze een breed scala aan diagnostische tests en behandelingen aanbieden. Maar misschien is een comfortabele en veilige omgeving wel de meest elementaire service die ze moeten garanderen voor de duizenden patiënten die naar hun vestigingen komen. Airconditioning en ventilatie waren daarbij steeds belangrijk: terwijl de meesten van ons zich pas na de pandemie hyperbewust zijn geworden van het belang van luchtkwaliteit heeft de Engineering & Technical-afdeling van Santagostino altijd al hard gewerkt aan een goede werking van deze systemen. Hun uitdaging? Personeel en klanten merken het maar al te snel als de verwarming of airconditioning de temperatuur niet goed regelt, maar het zou dagen of zelfs weken kunnen duren voordat een technicus een storing in de mechanische ventilatie ontdekt, tijdens een routinecontrole ter plaatse.

Het bedrijf ging daarom op zoek naar een 24/7 monitoringoplossing op afstand, die ook modulaire en schaalbaar moest zijn om die te kunnen inpassen in de verscheidenheid aan HVAC-systemen die in hun vestigingen waren geïnstalleerd.

Onze oplossing

Santagostino ontwikkelde zelf een Arduino-gebaseerde oplossing om HVAC-systemen op 35 locaties in Italië te bewaken, waarbij AI de data ontvangt om niet alleen storingen te detecteren, maar deze ook te voorspellen en te voorkomen.



Bekijk het interview met Santagostino op: <https://youtu.be/S6bcF-9wTxs>

De Arduino Nano RP2040 Connect, beschermd door een 3D-geprinte behuizing, werd aangebracht in warmtepompen, airco's en mechanische ventilatiesystemen in de vestigingen van de keten. Ongeacht het type, het merk en het model dat op elke locatie in gebruik was kon de installatie eenvoudig worden uitgevoerd zonder dat externe specialisten nodig waren. Of zonder dat de apparaten zodanig moesten worden gewijzigd dat de garantie zou kunnen vervallen.

Klein, krachtig en betrouwbaar, is de Arduino Nano-familie perfect voor wearables, drones, wetenschappelijke experimenten en elke andere IoT/AI-oplossing die weliswaar klein moet zijn maar groots moet presteren.



De Arduino Nano-familie van boards en het bijbehorende carrierboard.

Santagostino koos voor de Arduino Nano RP2040 Connect omdat die zowel een WiFi-module als een hoogwaardige accelerometer aan boord heeft, maar nog steeds extreem compact en concurrerend geprijsd is. Daarnaast kan de ARM-processor gegevens verzamelen uit de diverse vestigingen van Santagostino, deze naar het Edge Impulse platform sturen en het ML-algoritme uitvoeren dat autonoom de operationele status van de systemen leest en interpreteert. ▶

220402-03 (vertaling: Marc Gauw)

“Onze oplossing is heel eenvoudig, maar niet voor de hand liggend. Door Arduino te gebruiken, konden we het toepassen op elk type systeem, analoog of digitaal, en van welk merk ook.”

Andrea Codini, hoofd technische dienst bij Santagostino



Gerelateerde producten

➤ **Arduino Nano RP2040 Connect**
www.elektormagazine.nl/arduino-nano-rp2040-connect

Beveiliging neemt een hoge vlucht met RIoT Secure's MKR-gebaseerde oplossing

Arduino Pro Team

Arduino's open-source producten vormen het hart van een solide antwoord op hacking- en cyberrisico's op luchthavens.

De uitdaging

Luchthavens hechten uiteraard veel belang aan veiligheid: strenge regels moeten strikt worden gevolgd, en zo nodig ook snel worden aangepast, zonder daarbij fouten te maken.

RIoT Secure (<http://riotsecure.se>) in Stockholm is opgericht om bestaande en potentiële beveiligingsproblemen in de wereld aan te pakken, nu miljarden apparaten met het Internet zijn verbonden en IoT zich ontpopt als een van de sterkst groeiende ontwikkelingen van onze tijd. Voor hen bood de samenwerking met SAS (Scandinavian Airlines) Ground Handling het ideale high-constraint project om te bewijzen dat beveiliging kan worden ingebed in het hart van elke IoT-oplossing.

Op luchthavens worden servicevoertuigen gevolgd, zowel voor factureringsdoeleinden als om naleving van safety- en beveiligingsprotocollen te controleren, die bovendien voortdurend veranderen. Geofencing-grenzen bijvoorbeeld moeten in realtime worden gecontroleerd om te voorkomen dat iemand verboden zones betreedt, en het personeel moet RFID-gebaseerde beveiligingsbadges gebruiken om toegang te krijgen tot de apparatuur en om deze te mogen bedienen. Daarom werd bij het ontwerpen van een nieuwe oplossing als kritieke eis aan RIoT Secure gesteld ervoor te zorgen dat alle netwerkcommunicatie veilig was, en dat firmware-updates over-the-air onmiddellijk en over het hele wagenpark konden worden uitgerold.

Onze oplossing

RIoT Secure ontwikkelde een secure device lifecycle management-platform op basis van Arduino MKR-boards, om communicatie en draadloze updates specifiek voor microcontrollers met beperkte resources mogelijk te maken.



RIoT Secure: Secure Device Lifecycle Management met Arduino. Bekijk de video op: <https://youtu.be/RPUgTsawp5E>

De Arduino MKR-familie werd gekozen vanwege de modulaire opzet en de mogelijkheid van zowel WiFi-, 3G- als NB-IoT-connectiviteit. Maar ook om een veilige module te bieden en daarmee vertrouwen, een uitstekende basis bij de netwerk-onafhankelijkheid van het platform.

RIoT Secure herschreef de onderliggende networking-bibliotheken van de firmware, die FreeRTOS gebruikt voor multi-threading ondersteuning, met security-by-design in gedachten. Dit stelde hen in staat om een oplossing te creëren die zorgt voor:

- robuuste en foutloze communicatie;
- lange termijn-betrouwbaarheid van de hardware;
- vrijheid om de beste netwerktopologie te kiezen;
- vrijheid om de meest geschikte microcontroller voor elke taak te gebruiken;
- volledige bescherming tegen aanvallen van hackers, waardoor de kwetsbaarheid van de beveiliging wordt geminimaliseerd.



Arduino MKR boards.

Ten slotte, behalve dat updates ongelooflijk eenvoudig worden gemaakt met het lifecycle-management platform van de Arduino IDE en RIoT Secure, is ook de flexibiliteit van de oplossing erg toekomstbestendig door de vrijheid om de Arduino MKR te kunnen upgraden of te vervangen naarmate de technologie evolueert, onafhankelijk van de ontwikkeling van de firmware.

Het lifecycle-management platform van RIoT Secure is in licentie gegeven aan Ingwaz, die de zakelijke relatie met SAS Ground Handling onderhoudt. Ingwaz is een bedrijf dat mede is opgericht door EIT Digital, dat leidende en baanbrekende technologie ondersteunt bij digitalisering in Europa. 

220401-03 (vertaling: Marc Gauw)

"SAS Ground Handling kan er nu zeker van zijn dat hun apparatuur veilig is verbonden met de cloud, en dat ze de veiligheids- en beveiligingsprotocollen, geïmplementeerd aan de edge, binnen enkele seconden kunnen verbeteren."

Aaron Arditi, CEO van RIoT Secure



Gerelateerde producten

- **Arduino MKR Family**
www.elektormagazine.nl/arduino-mkr-family

Open-Source brengt de wereld een nieuwe generatie watermanagement

Arduino Pro Team

Hoe slimme irrigatie een stap voorwaarts maakte dankzij de samenwerking tussen Challenge Agriculture en Arduino.

De uitdaging

De agrarische wereld verandert in een steeds sneller tempo. Om het irrigatie-beheer hierbij naar een hoger niveau te tillen, heeft Challenge Agriculture innovatie hoog in het vaandel.

Het bedrijf heeft de afgelopen 35 jaar zijn agronomische, ecologische en economische kennis gebruikt om bij te dragen aan de evolutie van tensiometrisch irrigatiebeheer. Ongeveer 10 jaar geleden realiseerde de CEO van het bedrijf, Xavier Eftimakis, zich dat er een krachtiger hulpmiddel nodig was om de bodem te observeren en irrigatie te monitoren om optimale opbrengsten te krijgen, water te besparen en de kwaliteit van de akkers te behouden. Hij besloot te investeren in de ontwikkeling van een eigen board van Challenge Agriculture: de **R2-DX**, geïnspireerd door praktische ervaring en open-source elektronica. Maar gezien de vele ontwikkelingen in de agronomische industrie, en milieukwesties die urgenter zijn dan ooit, vond Eftimakis dat het tijd werd om nog een extra stap te doen.



"Mijn slimme neef Mike Eftimakis gebruikte Arduino al, en ik hield altijd al van het open-source concept: het is de filosofie die ik zelf ook volg bij het delen van mijn agronomische ervaringen. Mijn zoon Marc deed als developer ook mee aan het project. Met de hulp van Arduino werkten we efficiënt samen om ons ontwerp te maken." – Xavier Eftimakis, oprichter en CEO van Challenge Agriculture.

Onze oplossing

Challenge Agriculture en Arduino werkten samen om Irriduo te ontwikkelen, een slimme oplossing voor irrigatie en vele andere watermanagement-applicaties.



Meer informatie over Irriduo op www.challenge-agriculture.fr/en/irriduo/

Irriduo is een tool voor professionele observatie van de bodem met behulp van tensiometrie, een techniek die universeel wordt gebruikt om de natuurlijke zuigspanning van water in de bodem te meten. Het ontwerp biedt voldoende ingangen om eenvoudig sensoren op verschillende diepte onder de grond te installeren, vochtigheid te meten en een duidelijk, real-time beeld van de voortdurend veranderende waarden te verkrijgen. Meerdere sensoren per veld garanderen nauwkeurige metingen voor 6 oogstcycli van elk 3...4 maanden – we praten dan over 4.000 metingen – of 4 jaar in het geval van meerjarige gewassen. De mogelijkheden van Irriduo voor het verzamelen en verwerken van gegevens maken weloverwogen beslissingen over te nemen acties mogelijk.

De **Arduino Edge Control** kan worden gebruikt om ook aan de edge AI in te zetten. Hij kan worden uitgebreid met 2G/3G/CatM1/NB-IoT modems, Lora, Sigfox en WiFi/Bluetooth-connectiviteit, en op afstand worden

beheerd via de Arduino-cloud of een cloud-service van derden. De Arduino Edge Control biedt een eindeloze reeks aan toepassingen buiten de landbouw: energiecentrales, bouwplaatsen, parkeerplaatsen en zwembaden zijn slechts enkele van de mogelijke omgevingen waar hij een verschil kan maken. Specifiek bij smart farming kan de Arduino Edge Control:

- het gebruik van water, meststoffen en pesticiden optimaliseren;
- de gezondheid van planten verbeteren;
- menselijke fouten terugdringen;
- taken automatiseren;
- aanpassen aan weersomstandigheden;
- real-time inzichten over de toestand van het gewas delen.

220397-03 (vertaling: Marc Gauw)



De Arduino Edge Control is een oplossing voor bewaking en besturing op afstand, geoptimaliseerd voor gebruik buitenshuis. Hij kan overal worden geplaatst en is geschikt voor precision farming, smart agriculture en andere toepassingen die intelligente besturing op verwijderde locaties vereisen. Stroom kan worden geleverd via een zonnepaneel of een DC-voeding.



Op zoek naar iets vergelijkbaars?

Geïnteresseerd in wat we doen? Neem contact op met het Arduino Pro Team op www.arduino.cc/pro/contact-us

Senso

ontbossing detecteren met geluidsanalyse

Andrei Florian (Ierland)

Illegale houtkap is in veel landen een probleem. Het Senso-project biedt een mogelijke oplossing. Dit apparaat, gebaseerd op de Arduino MKR Fox, waarschuwt de autoriteiten wanneer het geluid van houtkap wordt gedetecteerd.

Toen ik in Roemenië in de bergen wilde gaan wandelen, viel het me op dat veel mensen zich zorgen maken over de illegale houtkap, en wilde ik meehelpen daar iets aan te doen. Ik heb het probleem bestudeerd en kwam tot de conclusie dat het mogelijk moest zijn om het geluid van houthakkersgereedschap te detecteren. Mijn oplossing wordt in dit artikel beschreven.

Het geluid van ontbossing

Ontbossing is één van de ernstigste problemen voor onze generatie. Overall in de wereld worden bossen gekapt om ruimte te maken voor landbouw en huizen. Soms worden daarvoor stukken bos afgebrand; en illegale houtkap is een internationaal verschijnsel. Ontbossing hangt rechtstreeks samen met klimaatverandering, want bij het verbranden van organisch materiaal komt veel kooldioxide vrij.

Houtkap is een groot probleem, zowel in ontwikkelde landen als in ontwikkelingslanden. Roemenië is een goed voorbeeld. Hoewel er regels zijn voor de houtkap in Roemenië, wordt er veel illegaal gekapt. Roemenië bezit 65% van het Europese oerbos, maar dat verdwijnt snel omdat het gekapt wordt.

Meestal worden daar kettingzagen voor gebruikt, wat een hoop lawaai produceert. En dat is waar Senso kan helpen: een energiezuinig apparaat met een module die verschillende frequentiebanden kan onderscheiden. Het apparaat is geprogrammeerd om het geluid van houtkapmachines en -gereedschappen, zoals kettingzagen, te detecteren en de autoriteiten te waarschuwen. Elke vijftien minuten wordt een meting gedaan. Als een verdacht geluid wordt gedetecteerd,



stuurt het apparaat een event naar het backend, waar de bosgebieden worden weergegeven op een landkaart.

Senso bestrijdt de illegale houtkap door meteen de autoriteiten te alarmeren als er houtkap wordt gedetecteerd, zodat die sneller in actie kunnen komen dan ooit en zich kunnen concentreren op de gebieden met de meeste houtkap.

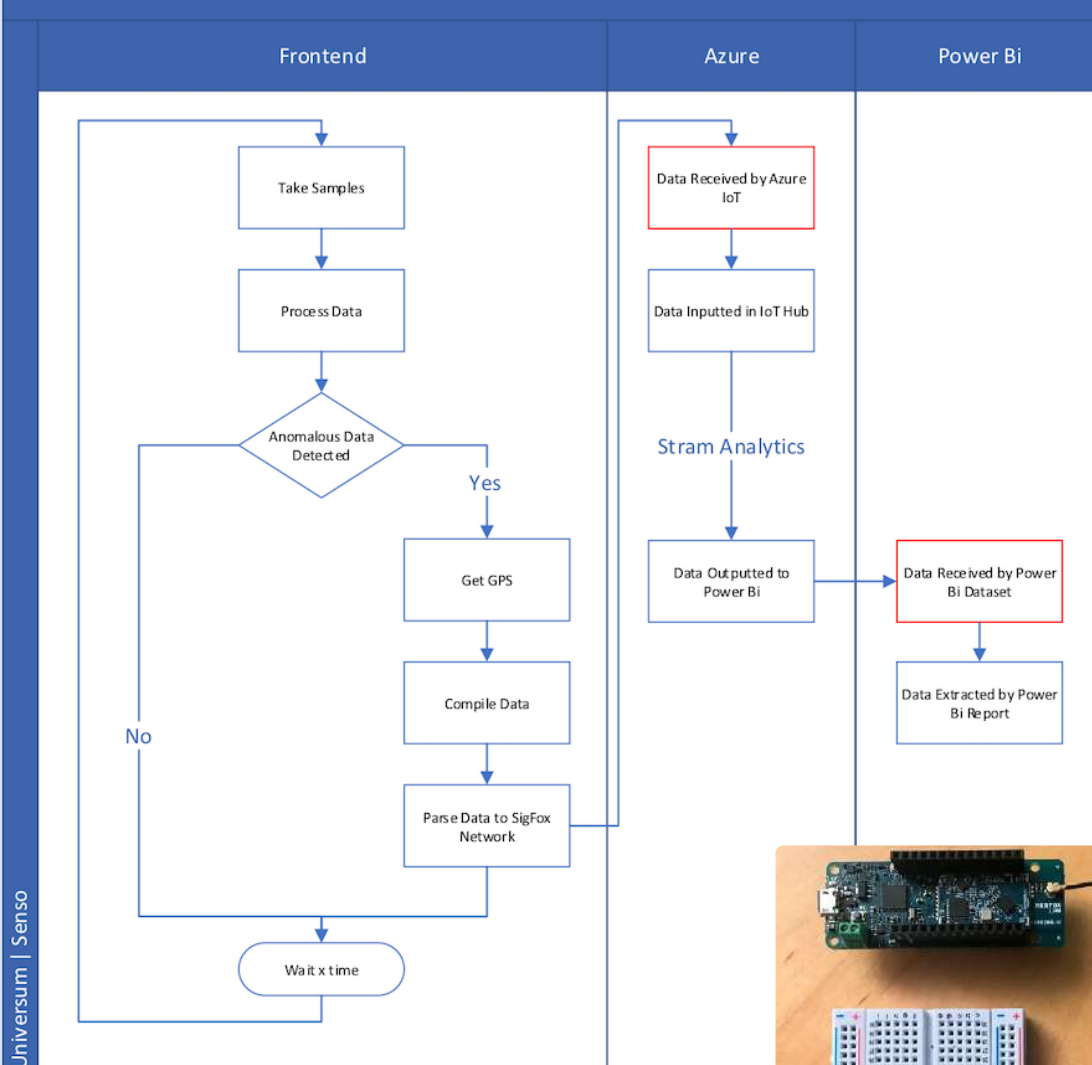
Overzicht

Ik heb voor dit project gekozen voor de Arduino MKR Fox (**figuur 1**) vanwege zijn energiezuinigheid. Ik heb hem al eerder toegepast in verschillende low-power communicatieprojecten. Het is op de MKR Fox heel gemakkelijk om Sigfox te gebruiken, want dat is ingebouwd. En dankzij Arduino-bibliotheken kunnen we er snel mee aan de slag. Ik heb besloten het apparaat met 5 V te voeden via een breadboard-voeding, omdat de modules te veel vermogen gebruiken om ze te voeden vanuit de processorkaart. Het gaat hier om een prototype; de capaciteit van de batterij is te klein om het geheel in het veld te gebruiken. Ik ben nog bezig met het uitschakelen van de sensoren als het apparaat in slaapstand staat om energie te sparen.



Figuur 1. De Arduino MKR Fox is het hart van dit project (bron: Arduino).

Architecture



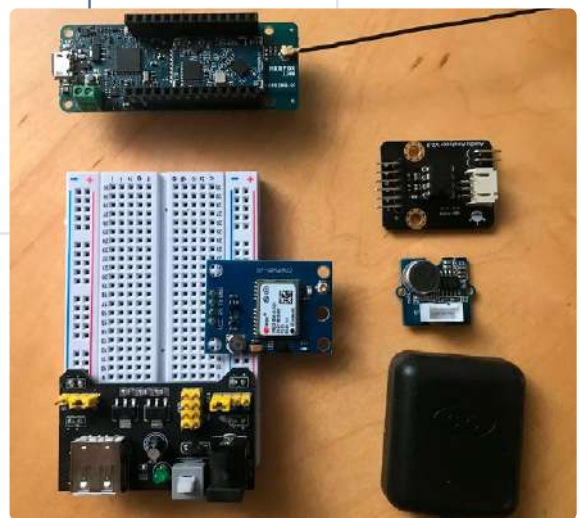
Figuur 2. De systeemarchitectuur als stroomdiagram.

Architectuur

Het project bestaat uit een frontend en een backend. Het frontend is het apparaat in het bos, dat geluidssamples neemt en het backend, dat de data verwerkt en weergeeft, bestaat uit Sigfox, Microsoft Azure en Microsoft Power BI, zie **figuur 2**.

Frontend: het apparaat ontwaakt met regelmatige tussenpozen om te luisteren naar geluid. Het zoekt naar activiteit in specifieke frequentiebanden die kenmerkend zijn voor kettingzagen en soortgelijke gereedschappen. Als zo'n geluid wordt gevonden, stuurt het apparaat zijn locatie en batterijniveau naar de cloud. Daarna gaat het weer slapen, totdat het tijd is om weer wakker te worden.

Een interessante uitbreiding zou een positie-tracker kunnen zijn. Met accelerometers zou het apparaat kunnen detecteren wanneer de boom waar het op is gemonteerd wordt neergehaald. Als dat gebeurt, zou het zijn locatie elke 10 minuten naar het backend kunnen sturen, zodat de autoriteiten de omgehakte boom tijdens het transport kunnen volgen. Backend: het door de sensor gedetecteerde event wordt ontvangen door het Sigfox-backend, dat het doorstuurt naar Azure IoT met behulp van een callback-functie. Azure IoT wijst de data dan toe aan een hub. Een data-streamingdienst haalt de data op en zet die in een Power BI-dataset. Power BI haalt dan de gegevens uit de dataset om ze weer te geven in een rapport.



Figuur 3. Deze componenten worden gebruikt in dit project.

Daarna zou een berichttoepassing kunnen worden aangeroepen om de autoriteiten te alarmeren als er een event is geregistreerd. Dan zouden boswachters precies weten waar ze naartoe moeten gaan als er een boom wordt gekapt.

De opbouw

Genoeg woorden – nu gaan we bouwen. Het project bestaat uit heel wat onderdelen (**figuur 3**): een Arduino MKR Fox-board, een GPS-module plus antenne, een GSM-antenne, een Audio Analyzer Module van DFRobot (zie **figuur 3**) en een microfoon. De onderdelen zijn op een breadboard aangesloten (**figuur 4**). De schakeling wordt via een 5V/3,3V-breadboard-voedingsmodule gevoed uit een 9V-batterij. De microcontroller wordt gevoed door de breadboard-voeding.

Ik heb een goedkope GPS-module gebruikt die voor € 10 online te koop is. Hij is gemakkelijk te gebruiken, maar nogal traag met het vinden van de satellieten. Een goede antenne is wel noodzakelijk.

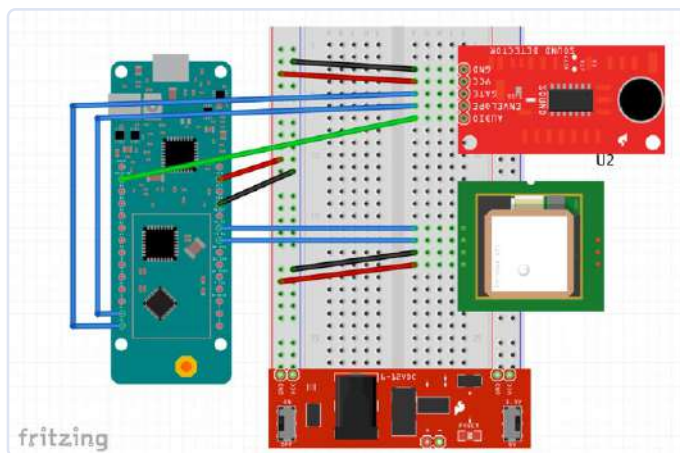
De Audio Analyser Module meet het geluidsniveau in zeven frequentiebanden: 63 Hz, 160 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 2,5 kHz, 6,25 kHz en 16 kHz. Uitgebreid testen heeft me geleerd dat kettingzaaggeluiden in het bereik van 2,5 kHz tot 6,25 kHz vallen. Bij het afspelen van opgenomen kettingzaaggeluiden vertoonde de 6,25kHz-band pieken. Ik heb een rekenmethode ontwikkeld die voorkomt dat andere geluiden, zoals auto's en natuurgeluiden, herkend worden als een kettingzaag. Die methode is niet perfect, maar werkt toch redelijk betrouwbaar. De code bestaat uit drie delen, die we nu zullen bespreken.

Geluid bemonsteren en verwerken

Dit deel van het programma wordt elke keer dat het apparaat ontwaakt uitgevoerd. Eerst worden samples van de geluidssensor genomen en dan wordt de ontvangen data verwerkt door de gezochte frequentieband te vergelijken met de andere banden. Dat gaat met de volgende regels code:

```
long comparison = ((valueMean[0] + valueMean[1] + valueMean[2] + valueMean[3]) / 1.9);
if (valueMean[5] > comparison) ...
```

De gemiddelde waarden van alle frequentiebanden (behalve de doelband) worden opgeteld en gedeeld door 1,9. Als de waarde van de doelband groter is dan `comparison`, wordt een positieve detectie verondersteld (**figuur 5**).



Figuur 4. Bedrading van het Senso-prototype.

GPS-positie en batterijniveau verkrijgen

De functie `getGPS` haalt de GPS-coördinaten op en controleert deze op juistheid. Daarna wordt de batterijspanning gemeten door de functie `getBatteryVoltage` en toegevoegd aan de datastructuur die naar de cloud gaat.

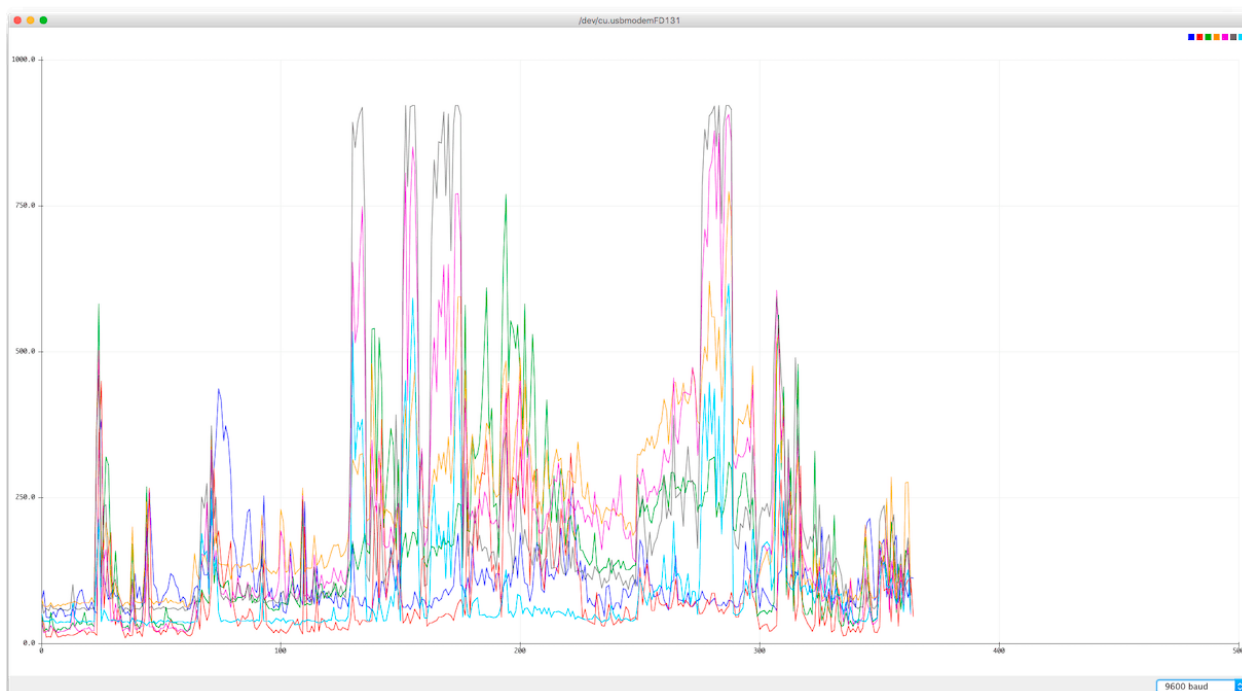
Let op: als het Arduino-board wordt gevoed via VIN, is de batterijspanning nul. Alleen als hij wordt gevoed via de voedingspennen op het breadboard geeft hij de spanning weer.

Data naar Sigfox sturen

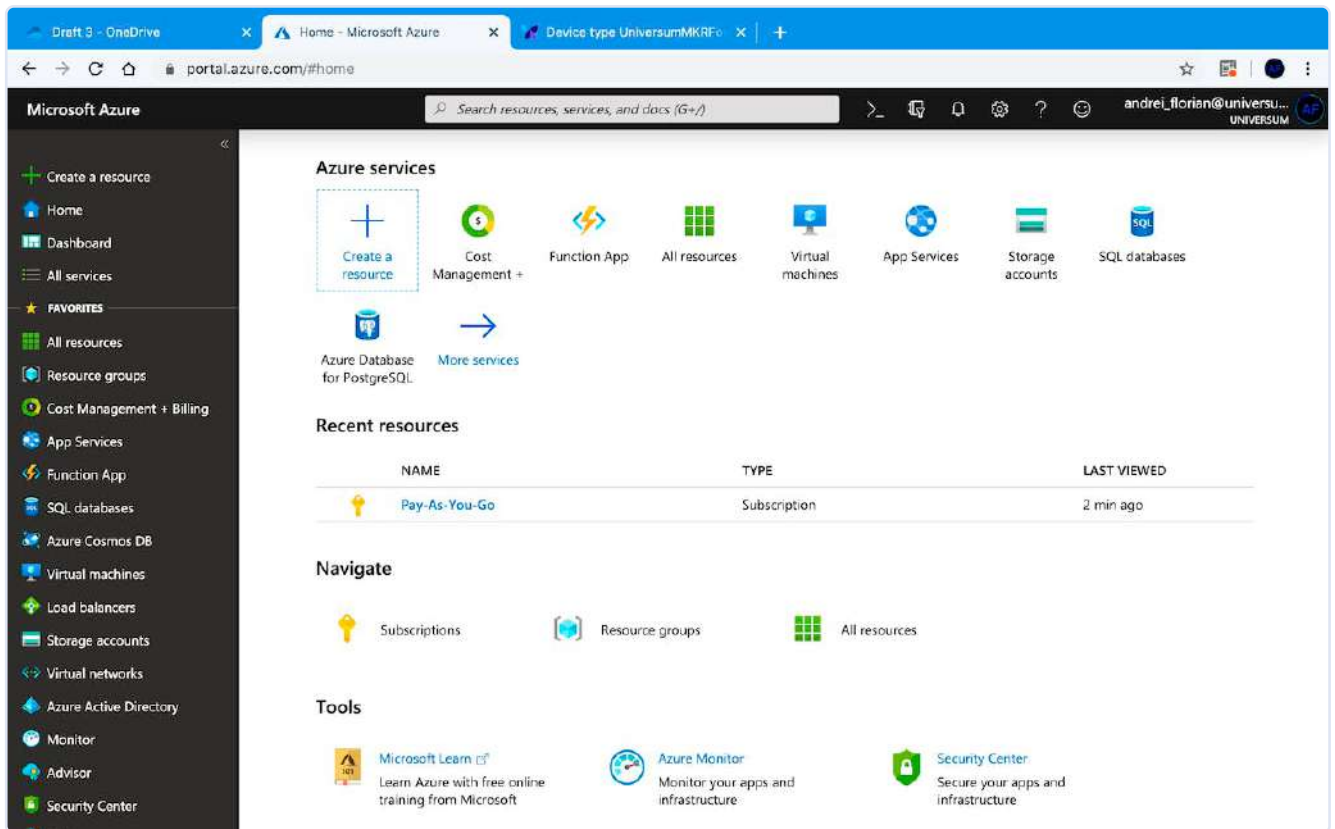
De functies `encodeData` en `sendToSigfox` coderen de positiedata en batterijspanning in byteformaat en sturen die naar het Sigfox-backend.

Configureren van het programma

Er moeten twee configuratievariabelen worden gespecificeerd: `proDebug`: maak deze true bij het debuggen. Als deze variabele true is, moet het apparaat via een seriële verbinding worden verbonden



Figuur 5. Geluidstest: de pieken wijzen op kettingzaagactiviteit.



Figuur 6. De eerste stap van het opzetten van een Microsoft Azure-account. De negentien volgende stappen vind je bij [1].

met een computer en de seriële monitor van de Arduino-IDE moet open staan. Zet hem anders op false.

nrSamples: bepaalt hoeveel samples er genomen moeten worden. Elk sample bestaat uit 100 metingen.

Microsoft Azure voorbereiden

Dit project gebruikt Microsoft Azure als backend. Er zijn wel een paar dingen nodig:

- > Azure-account
- > Azure-abonnement
- > enige kennis van de toepassing

Een plaatje zegt meer dan duizend woorden (**figuur 6**). Maar twintig screenshots zouden veel te veel ruimte innemen. Ga daarom naar [1] voor details over het opzetten van een Azure-account en de IoT-hub die de data van ons apparaat moet opslaan.

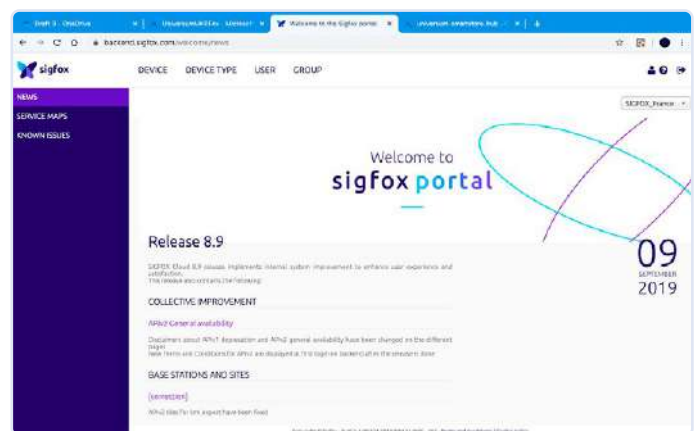
Sigfox voorbereiden

We moeten ook de Sigfox-callback maken. En daar is ook weer een aantal benodigheden:

- > een Sigfox-backend-account
- > registratie van het apparaat in het backend

Ook dit zou te veel plaats innemen, dus kijk naar [1] voor details over het opzetten van een Sigfox-account (**figuur 7**).

Om het Sigfox-backend te informeren over het formaat van de data die we sturen: drie floating point-getallen (breedtegraad, lengtegraad en batterijniveau) voeren we de volgende regel in in het veld



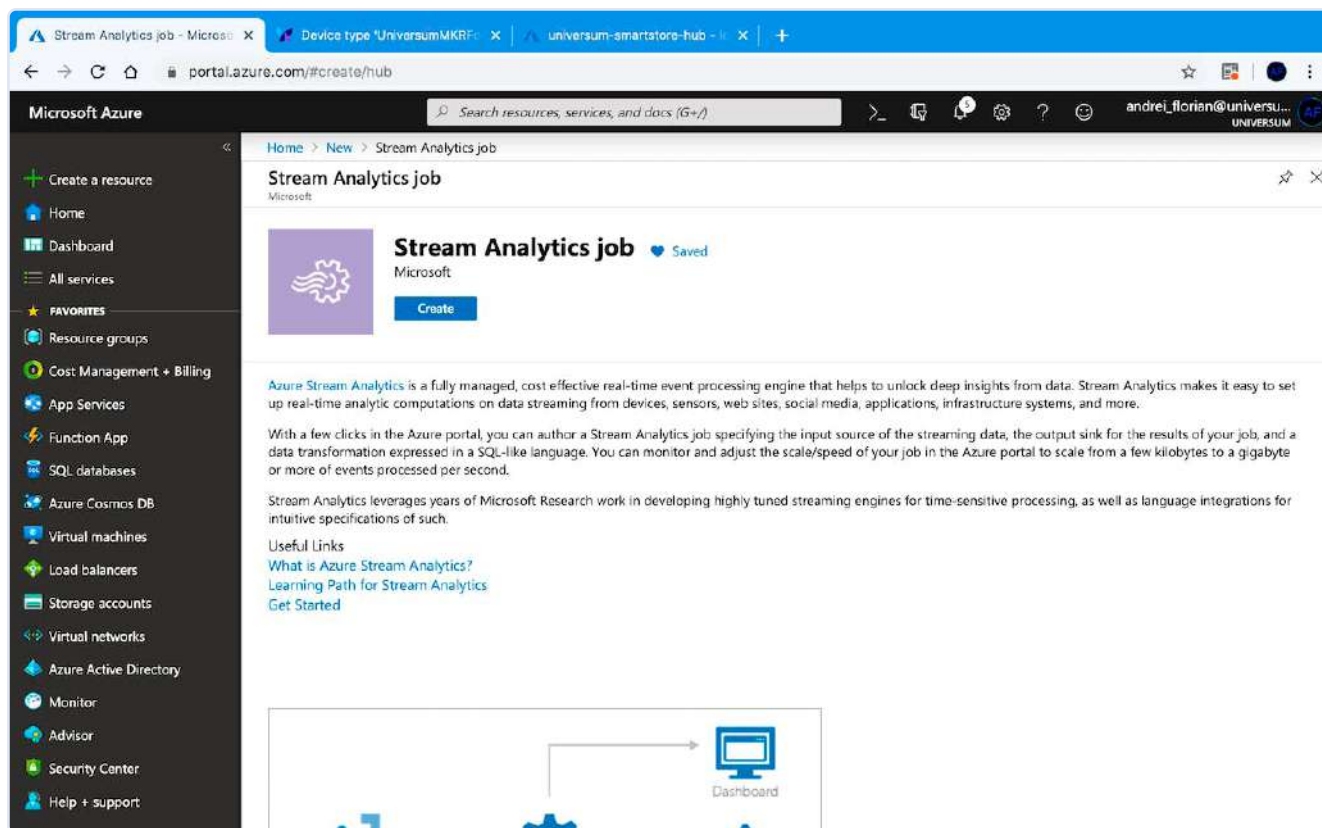
Figuur 7. Openen van het Sigfox-portaal is stap 1. De volgende negen stappen vind je bij [1].

custom-data-config:

`geoLat::float:32:little-endian geoLng::float:32:little-endian battery::float:32:little-endian`

Vul dan de JSON-body van het bericht met de volgende data:

```
{
  "device" : "",
  "data" : "",
  "latitude" : ,
```

Figuur 8. Configureer de Stream Analytics-job in Microsoft Azure.

```

"longitude" : ,
"battery" : ,
"time" : ,
"duplicate" : ,
"snr" : ,
"station" : "",
"avgSignal" : ,
"lat" : ,
"lng" : ,
"rssi" : ,
"seqNumber" :
}

```

Dit definieert de waarden die we naar Azure willen sturen.

Setup van Stream Analytics

Bij de volgende stap stellen we de Stream Analytics-job in (figuur 8). Deze vraagt de gegevens van de Azure IoT-hub op en stuurt die naar een Power BI-dataset. Dat lukt alleen als je eerst alle voorgaande stappen hebt doorlopen, dus zie [1] voor de details.

Bij stap 15 moet je de volgende query invullen:

```

SELECT
latitude as latitude,
longitude as longitude,
battery as battery,
System.Timestamp AS Timestamp
INTO
[OutputToPowerBI]

```

FROM

[InputFromIOTHub]

De code uploaden

Nu moeten we de code uploaden om de verbinding te testen. Zorg dat de Stream Analytics-job draait en upload de code naar het apparaat. Simuleer een kettlingaaggeluid met je telefoon en zorg dat het apparaat een event naar de cloud stuurt. De grafieken op je dashboard moeten verschuiven nadat je de data hebt verstuurd. Dat betekent dat de data is ontvangen, en dat je verder kunt gaan.

Als het event niet wordt weergegeven in de grafieken, moet je beginnen met debuggen bij het Sigfox-backend en van daar uit naar Azure toewerken.

Inrichten van Microsoft Power BI

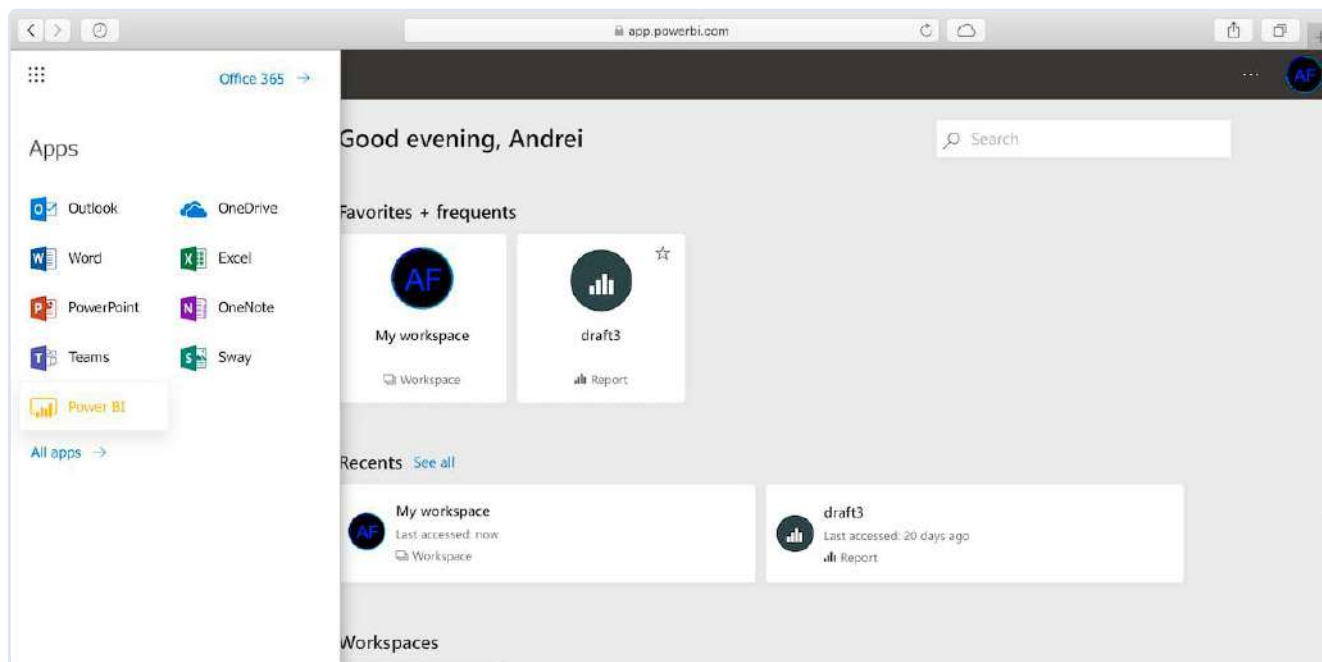
We gaan nu Microsoft Power BI (figuur 9) opzetten voor het visualiseren van onze data. Je hebt een zakelijk account nodig om een Power BI-abonnement toe te wijzen bij Microsoft. Hopelijk heb je dat. Anders zijn er vele alternatieven. De vereisten zijn:

- > Power BI-account
- > alle voorgaande stappen zijn doorlopen

Ook dit zou weer te veel plaats innemen, dus werp een blik op [1] voor details over het opzetten van een Power BI-account in vijftien stappen.

Behuizing

Als laatste stap moeten we een behuizing voor het project maken (figuur 10). Ik heb het apparaat aan een boom gebonden en



Figuur 9. Navigeer naar Microsoft's Power BI in de Office Online-app.

gecamoufleerd om de houthakkers te verrassen. Zorg dat de microfoon op de buitenkant zit, zodat hij het geluid kan registreren.

Een IoT-oplossing

Een array van de hier beschreven Senso-apparaten, verborgen in het bos, kan kettingzagen detecteren en de autoriteiten alarmeren als er gekapt wordt. Ik hoop dat landen met behulp van IoT-oplossingen de ontbossing een halt kunnen toeroepen. Senso is een eerste stap in het vinden van goedkope oplossingen om de klimaatverandering stap voor stap te bestrijden. ◀

220423-03 (vertaling: Evelien Snel)



Figuur 10. De behuizing van mijn prototype.

Over de auteur



Andrei Florian is een student uit Ierland die hartstochtelijk streeft naar constructieve veranderingen en globale ontwikkeling door middel van technologie. Hij heeft aan meerdere projecten gewerkt die verband houden met de Sustainable Development Goals en is gespecialiseerd in Internet of Things en cryptografie.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een email naar de auteur via andrei@andreiflorian.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel zijn genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduino MKR FOX 1200 (SKU 19096)**
www.elektor.nl/19096
- > **OPEN-SMART GPS - Serial GPS Module for Arduino (SKU 18733)**
www.elektor.nl/18733

WEBLINK

[1] Senso op de Arduino Project Hub: <https://create.arduino.cc/projecthub/andreiflorian/senso-c00153>

De Mozzi Arduino-library voor geluidssynthese

gedachten van Tim Barrass



David Cuartielles (Arduino)

Met de Mozzi-geluidsbibliotheek kun je algoritmisch muziek genereren op een Arduino zonder extra shields of externe synthesizer. Benieuwd hoe dat allemaal zo is gekomen? De ontwikkelaar, Tim Barrass, vertelt hier over het project, de Mozzi-community en zijn werk als artiest.

▲
Tim Barrass heeft de Mozzi-geluidsbibliotheek voor 8-bit Arduino-boards ontwikkeld.

Tim Barrass is een onafhankelijke artiest die op het platteland in Australië woont. Hij heeft de Mozzi geluidsbibliotheek voor 8-bit Arduino-boards ontwikkeld (sensorium.github.io/Mozzi). In 2012 ontwikkelde Tim, samen met zijn broer Stephen, het SweatSonics-project. De problemen die hij vond in de bestaande bibliotheken voor geluidssynthese zetten hem aan het denken over een betere manier om geluid te genereren met de vroege 8bits-processorarchitecturen zoals de originele Arduino Uno, Nano, of Mega. De werking van de library is een jaar later gepubliceerd in een paper in het ICMC idea journal. Hij werkt met een tamelijk kleine geluidsbuffer die met software-interrupts wordt aangestuurd, en die een mono PCM-geluid produceert op één van de pennen van de kaart. Hij stelt een aantal methods beschikbaar, die je moet vervangen als je een eigen muziekinstrument of geluidsinstallatie wilt maken. Eén van de methods dient voor het inlezen van besturingselementen, de input van het systeem, en de andere is bedoeld om te bepalen hoe die inputs het genereren van de audio-output beïnvloeden.

Ik heb de ontwikkeling van de Mozzi-library jarenlang gevolgd, want ik ben altijd heel geïnteresseerd geweest in de mogelijkheden van geluidsproductie met microcontrollers. Tim heeft meer dan 30 jaar lang als muzikant en met geluidsinstallaties opgetreden. Hij heeft Mozzi gemaakt ter ondersteuning van zijn werk in de geluidskunst. Mozzi is waarschijnlijk het oudste gereedschap voor het maken van oscillatoren, drummachines, interactieve geluidskunstwerken en innovatieve muziekinstrumenten. In het begin draaide het op 8-bit Arduino-boards, maar het is nu ook geport naar andere architecturen. Het is altijd mooi om te zien hoe code een eigen leven kan hebben en tussen verschillende machines kan worden geport. In dit interview maken we kennis met Tim, zijn werk, het Mozzi-project en de community eromheen.

David Cuartielles: Bij het lezen over de oorsprong van de Mozzi-library kreeg ik de indruk dat je een achtergrond in muziek en technologie moet hebben. Klopt dat? Kun je jezelf kort voorstellen?

Tim Barrass: Ja, ik ben een artiest met een achter-

grond in technologie. Ik woon nu al enkele jaren op het platteland en ik ben vaak hekken aan het repareren en planten in de grond aan het zetten. Ik doe niet meer zoveel elektronica, hoewel ik af en toe kunsttentoonstellingen heb. Ik speel in een band, maar we treden niet zo vaak op. De afgelopen 30 jaar heb ik met een circus gewerkt, een fysiek theater. Ik verzorgde daar de muziek. En dat leidde tot Mozzi, want de geluidsmogelijkheden van AVR's komen goed overeen met de geluiden die ik maakte in het circus.

Cuartielles: Heb je ook een opleiding op dat gebied?

Barrass: Toen ik jong was heb ik industrieel ontwerpen gestudeerd en een jaar computeranimatie en muziektechnologie. Ik heb wat onderzoek gedaan naar grote parallelle processen, zoals het programmeren van mierenkolonies, dat was mijn afstudeerwerk.

Cuartielles: Ik heb het stuk gelezen dat je, ik denk met je broer, hebt geschreven bij de eerste presentatie van Mozzi. Je schrijft daar dat het begon bij het project SweatSonics. Wat was dat voor een project?

Barrass: Dat is iets waar mijn broer aan werkte. Hij wilde weten hoe mensen geluid gebruiken tijdens fysieke activiteiten. Hij deed dat in 2009 met iPod's en accelerometers. Het was voor Steve een manier om zijn werk vorm te geven. Daar is nooit iets serieus uit voortgekomen, geen bedrijf of iets dergelijks.

Cuartielles: Waarom Mozzi? Had je een library nodig voor je eigen werk, of wilde je iets maken dat het voor anderen gemakkelijker zou maken om geluid te genereren met een microcontroller?

Barrass: Bij de NIME-conferentie in 2010 deden we wat kleine objecten met Arduino's. We experimenteerden met oriëntatie en geluid. We hadden wat kleine objecten gemaakt, en werkten tot diep in de nacht aan de software. Om 5 uur 's nachts waren we nog aan het programmeren. We probeerden een stuk code van Adrian Freed die een van de eerste geluidsgeneratoren met Arduino had gemaakt. Het was een heel teleurstellende ervaring en ik vond dat ik daar iets aan moest doen. Mijn broer had een poging gedaan om een eigen library te maken, maar hij was de code kwijtgeraakt. Ik begon met niets, het was het eerste dat ik met Arduino ging doen, en ik vond het geweldig. Ik heb er een paar jaar mee gespeeld en de library onderhouden, in de hoop iets heel moois te maken. Dat 'moois' is er nooit gekomen, maar wel de library.

Cuartielles: Dat geeft een beter perspectief op het verhaal. Toen ik het las, had ik een ander idee van

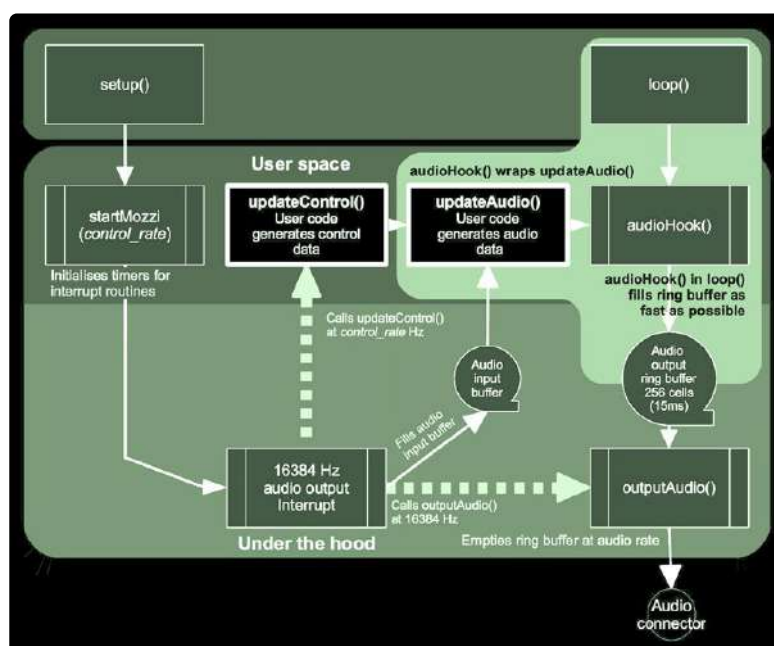
waarom je Mozzi had gemaakt. Mooi om de kans te hebben om met mensen te praten en te begrijpen hoe en waarom dingen tot stand zijn gekomen. Dus je had het voor jezelf gemaakt, maar veel andere mensen hebben het gebruikt...

Barrass: Ik heb het van het begin af aan willen delen. Waarom zou je al die code alleen maar voor jezelf schrijven? Maar het is best een gedoe om een library te publiceren. Men zei dat ik hem dan voor altijd zou moeten onderhouden en dat ik beter mijn eigen ding kon doen en er dan mee ophouden. Dat hield ik in mijn achterhoofd en het bleek uiteindelijk ook zo te gaan. Het was een hoop werk, en na een paar jaar was ik het zat. Ik heb C en C++ geleerd bij het maken van Mozzi. Toen ik het publiceerde, was ik heel bang dat het niet goed genoeg zou zijn. Na een paar jaar kon ik het niet meer aan.

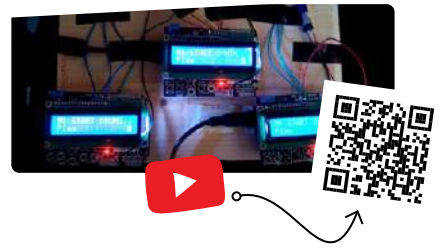
Cuartielles: Ik zie Mozzi overal opduiken. Bij universiteiten en beurzen. Telkens weer. Iedereen die een geluidsproject wil maken, gaat op een zeker moment Mozzi downloaden en uitproberen.

Barrass: Ik ben er zelf verbaasd over, want het is eigenlijk een heel eenvoudig raamwerk. De laatste tijd, de afgelopen jaren, hebben echt goede programmeurs het geport naar andere platforms. Ze hebben vast veel meer ervaring dan ik; het is behoorlijk intimiderend. Het verrast me dat ze niet zelf iets veel beters hebben geschreven, zonder mijn code te gebruiken.

De interface tussen Mozzi en de Arduino-omgeving bestaat uit vier hoofdfuncties (bron: <https://sensorium.github.io/Mozzi>).



Bekijk deze video over oscPocketo, een Arduino pocket synth- en drummachine.



```
#include <MozziGuts.h>
#include <Oscil.h>
#include <tables/sin2048_int8.h>

#define CONTROL_RATE 128
Oscil <2048, AUDIO_RATE> aSin(SIN2048_DATA);

void setup(){
  aSin.setFreq(440);
  startMozzi(CONTROL_RATE);
}

void updateControl(){
}

int updateAudio(){
  return aSin.next();
}

void loop(){
  audioHook();
}
```

Een minimale Mozzi-sketch (bron: <https://sensorium.github.io/Mozzi/>).

Cuartielles: Ik denk dat de kracht van Mozzi zit in het paradigma dat je aandraagt. Ter verduidelijking voor onze lezers: je stelt twee methods ter beschikking: 'updateControl' en 'updateAudio'. De ene zorgt voor de fysieke interfaces en de andere voor de weergave van het geluid. Daar zit min of meer de kneep. De software produceert mono-geluidssignalen. Veel mensen, programmeurs of gebruikers van muziekinstrumenten, weten niet precies hoe je geluid moet genereren, maar jij stelt ze in staat om dingen te maken. Ik zie de schoonheid in de eenvoud van deze architectuur. Ik heb er nog wel wat vragen over.

Barrass: Er is een langzame interruptroutine die 64 keer per seconde wordt aangeroepen voor de interface met sensoren of MIDI-signalen, voor het instellen van variabelen. Er is ook een snelle interruptroutine, die die variabelen gebruikt voor het beïnvloeden van de klank bij de synthese. Het is een raamwerk, ik had verwacht dat mensen dat zouden uitbreiden met classes. Er zijn verschillende synthese-classes, maar geen besturingsclasses. Ik heb het zo gemaakt dat anderen het kunnen uitbreiden met eigen code. In zekere zin lijkt het wat op Forth, de eerste programmeertaal die ik heb geleerd; het heeft een input en een output, meer niet.

De synthesesmodules zijn zó gemaakt dat anderen

hun eigen versies kunnen maken. Ik heb alleen wat voorbeelden gemaakt van manieren om de synthese uit te voeren. Ik hoopte dat het zou groeien, maar dat is niet echt zo gelopen. Er is ruimte voor groei en voor het maken van nieuwe klanken. Eén van eersten die het gebruikten, Stenduino in Polen, maakte al snel muziekinstrumenten, in 2013 of 2014. Zij wilden eigen klanken maken, niet alleen maar de parameters veranderen van klanken die er al waren. Ik vond het mooi wat ze deden met het ontwerp van printen en dat soort dingen. Dat zijn nu collectors items en ze zijn behoorlijk kostbaar.

Cuartielles: Als ik het goed begrijp was het originele ontwerp heel beperkt vanwege opzet van de boards. Je genereerde geluid bij 16 kHz met boards die op 16 MHz draaien. Maar weet je hoe ver mensen daarmee gegaan zijn?

Barrass: Er zijn mensen die boards hebben gemaakt die op een hogere frequentie werken. Ik heb die niet kunnen uitproberen, omdat ik de hardware niet heb. Wat mij verbaast, is dat ze mijn code, die was geoptimaliseerd voor die beperkte hardware, blijven gebruiken. En dat terwijl hij nog werkt met vaste komma-getallen, moderne processoren kunnen dat toch veel beter! En iemand vertelde me dat hij het fijn vond dat hij de code voor het ene platform nog steeds kon laten werken op een ander. Het is nogal wat om te verwachten dat die kleine boards dingen kunnen doen die zijn ontworpen voor grotere processoren.

Cuartielles: Op een keer deed ik een workshop waar ik een beatbox maakte die 1 seconde stemgeluid in het geheugen van de ATmega328-microprocessor (zoals op de originele Arduino Uno) kon opslaan en die kon gebruiken als basisklank voor het maken van loops of drumkits. Onder de deelnemers was een groep artiesten uit Frankrijk die libpd (de geluidengine van de PureData-software) hadden geport naar de Arduino Uno, dat vond ik verbluffend! Ik wist wel dat mensen bij de MTG in Barcelona (de meesters in digitale productie van Pompeu Fabra University) PureData hadden geport naar 8bit-machines, maar ik had dat nog nooit zien draaien op het zeer beperkte Arduino-board. We

hebben het er al over gehad wat jou motiveerde voor Mozzi, maar was je je bewust van de bestaande alternatieven en hebben die jouw keuzes bij het maken van Mozzi beïnvloed?

Barrass: Ik was niet op de hoogte van de libpd-port. We wisten wel dat er al dingen waren die werkten met de interrupttimer en wavetabellen. Ik heb niet erg hard gezocht, maar ik kon niks vinden met een besturingsinterrupt waarmee je interessante dingen met het geluid kon doen. Er waren wel wat leuke pogingen, maar die waren niet afgerond en de prestaties vielen tegen. Geen van de voorbeelden die ik vond had een audiobuffer, en die maakte Mozzi juist veel flexibeler, een klein stukje gebufferde audio zodat je intussen andere dingen kunt doen. Dat herinnert me aan een probleem met Mozzi: sommige sensors blokkeerden de processor. Er was iemand die wat niet-blokkerende code schreef om te werken met sensoren, en die zit nu in Mozzi. Ik heb dat geprobeerd met vijf verschillende sensoren. Sommige zijn lastig te gebruiken vanwege de kleine geluidsbuffer.

Cuartielles: Voor de minder deskundige lezer: een geluidsbuffer is een techniek waarmee je een bepaald aantal milliseconden data kunt voorbereiden die je later kunt weergeven met een timer-interrupt. Dat veroorzaakt wel wat latency, dat is een tijdsverschil tussen het moment dat je een commando stuurt en het effect op het geluid. Bij Mozzi is dat 15 milliseconden. Hoe ervaar je dat bij het spelen?

Barrass: Het is net de vertraging van een chorus of een flanger. Je merkt het nauwelijks, hooguit in de percussie. Maar Mozzi is nooit echt bedoeld geweest om muziekinstrumenten te maken; het is meer bedoeld voor muziekinstallaties. Het verbaast me hoeveel mensen synthesizers met knoppen en kabels en MIDI hebben gemaakt, zonder excentrieke sensoren. Mijn broer en ik hebben een sonificatie-achtergrond; wij dachten aan dingen zoals een windtunnel met een stel Arduino's om de geluidservaring te veranderen. Wij waren helemaal niet geïnteresseerd in muziekinstrumenten.

Cuartielles: Heb je voorbeelden van die installaties en geluidsproductie?

Barrass: Er staan er wel een paar op de gallery-pagina van de Mozzi-library: <https://sensorium.github.io/Mozzi/gallery/>.

Cuartielles: Ik wil heel graag weten waar je aan denkt. Dit interview gaat over wat mensen inspi-

reert om dingen te maken die anderen helpen in de geest van open source. Maar ik heb nog wat leuke vragen. Laten we daar eens mee beginnen. Waar komt de naam Mozzi vandaan? Ik heb gelezen dat *mozzie plat is voor muskiet in Australië en Nieuw Zeeland*. Klopt dat?

Barrass: We wilden het eerst Project Cuttlefish noemen, omdat één van de objecten uit een inktvisbot gesneden was. Maar op het laatste moment kozen we voor Mozzi, omdat de muskiet kleine geluidjes maakt en de library was bedoeld voor gebruik met kleine luidsprekers, zonder versterking of opname. Dat was echt passend: een klein geluid. Ik ben heel verrast over waar het toe heeft geleid. Als je ruimte heb (in je muziekinstrument), waarom kies je dan niet iets dat veel gemakkelijker te gebruiken is?

Cuartielles: Er zijn nieuwere platforms dan Mozzi, die inmiddels al verdwenen zijn, zoals Axolotl. Dat is (was) een heel leuk board met een stukje software, waarmee je blokken kon inzetten om het geluid te beïnvloeden. Het bleek helaas heel duur om te produceren en het project lijkt gestopt te zijn. En er is iets nieuws, dat Bale heet, met een USB-hub en sensor-inputs...

Barrass: Een paar weken geleden zag ik nog iets dat Daisy Seed heet.

Cuartielles: Ja, precies. Sinds de komst van Cube-X (een antiek sensorplatform dat met Max/MSP kon worden geprogrammeerd), zijn er telkens nieuwe platforms gekomen. Maar soms wil je alleen een stukje code toevoegen aan je bestaande ontwerp, en daar kan Mozzi een enorme rol spelen. Als de interrupts niet botsen met de rest van de code, kun je het aan de praat krijgen. Dat is een verschil met die gespecialiseerde, autonome systemen.

Barrass: Ik heb nooit gedacht dat Mozzi gemakkelijk te begrijpen was, en ik twijfel nog steeds. Ik had lange tijd het gevoel dat ik veel moest uitleggen. Ik ben heel blij dat het voor sommige mensen gemakkelijk is.

Bekijk deze video van de
Turbulence Wind Sound Installation.



Cuartielles: Nu we het toch over uitleggen hebben, ik wilde ook iets vragen over de verspreiding. Je documentatiepagina heeft 12 categorieën van voorbeelden. Ik heb ze in de gegeven volgorde gelezen, ze worden steeds complexer. Had je een pedagogisch doel voor ogen toen je ze maakte, of wilde je alleen de mogelijkheden van het systeem laten zien?

Barrass: Allebei, ik denk dat ik de voorbeelden heb gemaakt in de volgorde waarin ik de library schreef. Zo kwam ik stap voor stap tot steeds interessantere voorbeelden.

Cuartielles: In deze wereld van technologie en kunst, die ook gekoppeld is aan universiteiten, is het heel gebruikelijk om uiteindelijk workshops over de technologie te gaan doen. Heb je ooit Mozzi-workshops voor musici en installatie-artiesten gedaan over de mogelijkheden van de library?

Barrass: [lacht] Mijn broer werkte bij een universiteit. Het hielp hem bij zijn reizen over de wereld om af en toe workshops te doen. Maar ik heb dat niet gedaan. Ik had het wel leuk gevonden.

Cuartielles: En hoe denk je over samenwerkingen en bijdragen? Ik zie in de Github-repository dat er pieken zijn in de productie van de code, maar hoe zit het met samenwerking, toevoegen van andere processorkernen, PR's, bug reports enzovoort?

Barrass: Een jaar of drie geleden nam Thomas Fried-

richsmeier contact met me op, toen hij de software naar zijn platform wilde porten. Tot die tijd hadden we af en toe een bug report en probeerde ik die zelf op te lossen. Maar na een paar maanden heb ik Thomas gevraagd of hij bijdrager wilde worden, want ik had zijn hardware niet en ook geen tijd om erin te duiken. Ik had geen zin om zijn codebase te gaan beheren, en hij begon het grootste deel van de ontwikkeling te doen, wat vooral porten betekende, niet het uitbreiden van de creatieve kant. Hij is geweldig.

Nog iemand anders, Thomas Combriat, heeft zich later aangesloten. Hij heeft een groot aantal bijdragen gemaakt. De andere Thomas lijkt het fijn te vinden om het zware werk te doen. De zaak zit in een stroomversnelling. Ik vind het mooi dat het project onafhankelijk van mij is geworden. Dat geldt ook voor het forum waar mensen elkaar helpen. (Thomas Friedrichsmeier heeft de port van Mozzi naar STM32, ESP-processors en de RP2040 gedaan. Thomas Combriat, nam de Teensy 4 voor zijn rekening.)

Cuartielles: Dan komen we bij de nog onbeantwoorde vraag: waar gaat op dit moment je belangstelling naar uit?

Barrass: Ik ben hierheen (het Australische platteland) verhuisd met het idee om groenten te gaan verbouwen, maar de kangoeroes en de wallaby's vreten die telkens op. En toen kregen we bosbranden, en werden onze plannen helemaal verpest. We zijn nog aan het herstellen. Sindsdien concentreert mijn creativiteit

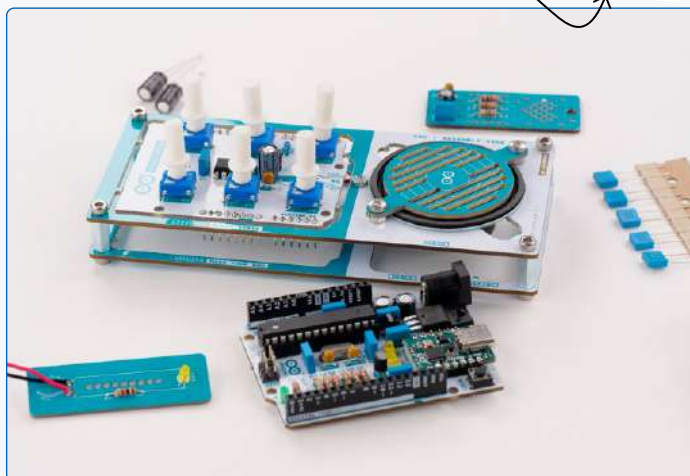
De Arduino Uno DIY kit

Als je de Mozzi-library wilt uitproberen, hebt je al genoeg aan een Arduino Uno en een eenvoudige piëzo-buzzer, aangesloten op pin negen van je board. Je zou ook een echte geluidsmachine kunnen bouwen met de Arduino Uno DIY-kit. Je bouwt dan je eigen Arduino Uno samen met het synthesizer-shield met zes potentiometers (vijf verbonden met analoge inputs en één voor het volume), een audioversterker en een kleine, maar luide, speaker. Afhankelijk van je soldeervaardigheid duurt het tussen 60 en 90 minuten om alles samen te bouwen en te beginnen met muziek maken. De kit bevat uitsluitend through-hole componenten. We hebben een USB-C-module toegevoegd voor uploads naar de processor, voeding van het board en de seriële communicatie met je computer.

Met de Arduino Uno DIY-kit kun je eenvoudige liedjes spelen met behulp van de default tone-library in de IDE, of je kunt ingewikkelde synthesizer-geluiden produceren door de Mozzi-library te uploaden naar je board. In drie stappen aan de slag met de DIY Uno-kit en Mozzi:

1. Bouw de Arduino Uno DIY + synthesizer-board kit op (~60 m).
2. Installeer de Mozzi-library voor Arduino in je IDE (~5 m).
3. Probeer verschillende voorbeelden.

Video: Voorbeeld van de Mozzi-library met dit shield.



zich vooral op mijn politieke punk protest band. We spelen op een aanhangwagen, en de band speelt, terwijl de aanhangwagen rijdt. De band wordt geïnspireerd door de acrobaten van het circus waar ik drie decennia heb gespeeld. Ik ondersteun ze alleen door gitaar te spelen voor de liedjes die zij schrijven. We hebben nog geen echte optredens gehad. Ik denk niet dat we heel ver gaan komen. De liedjes zijn lang en als je de vreselijke politici waar ze over gaan niet kent, zijn ze nog saai ook.

De wombats halverwege deze video (<https://youtu.be/E4qUPzUWxxA>) heb ik verzorgd als natuurbeheerder. Eén van mijn belangrijkste activiteiten is nu het helpen van een wilddeschermingsorganisatie. Ze brengen dieren groot en zetten ze uit in de natuur na de verwoestende bosbranden hier in 2019/2020. ◀

220438-03 (vertaling: Evelien Snel)

Over de auteur

David Cuartielles is medeoprichter van Arduino. Hij heeft een PhD in Interaction Design en een MSc in Telecommunications Engineering, en geeft les op Malmö University.

Vragen of opmerkingen?

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

WEBLINKS

- [1] T. Barrass, "Greenwash," 2013 : <https://vimeo.com/69398645>
- [2] J. Deladrière, MozMo: Arduino Mozzi Synth in Eurorack Hardware, 2021: <https://bit.ly/github-Mozmo>
- [3] A. Freed, "Arduino Sketch for High Frequency Precision Sine Wave Tone Sound Synthesis," 2009: <https://bit.ly/freed-sketch>
- [4] Y. Nakanishi, Powderbox, The University of Tokyo: <https://yoshihito-nakanishi.com/projects/powderbox/>



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduino Uno Rev3**
www.elektormagazine.nl/arduino-uno
- > **Arduino Uno DIY + Synth Shield Kit**
www.elektormagazine.nl/arduino-synth-shield-kit



De Arduino Special Bonus Editie

Elke week nieuwe artikelen!

Hier GRATIS downloaden!

www.elektormagazine.nl/arduino-bonus

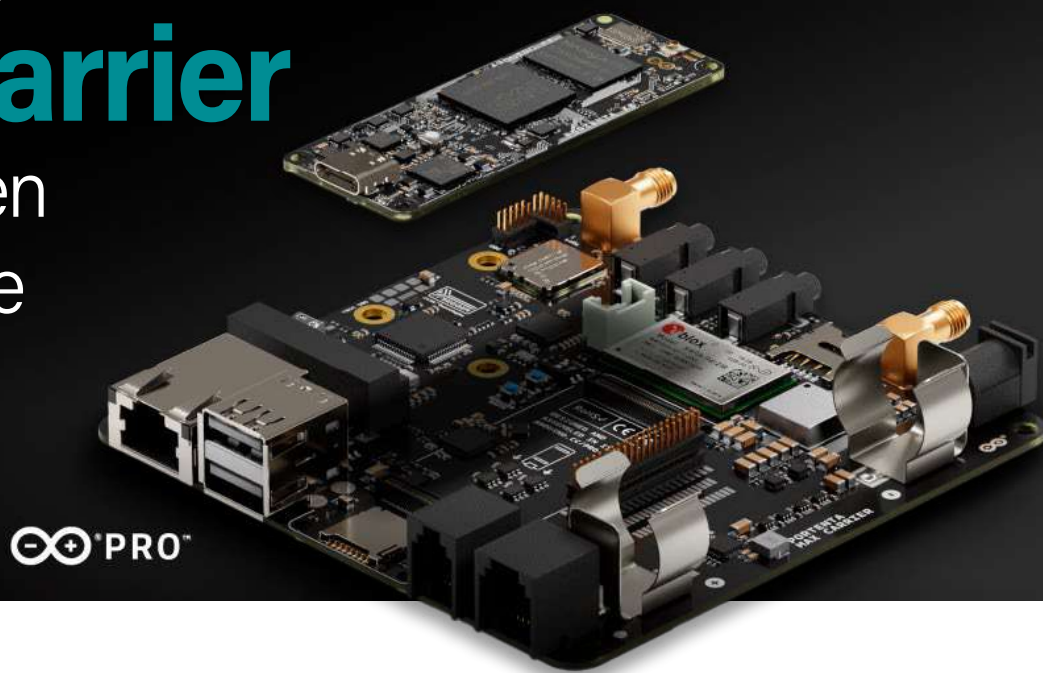


De nieuwe Portenta X8

(met Linux!) en

Max Carrier

herdefiniëren
het haalbare



Stefano Implicito (Arduino)

Het is altijd de missie van Arduino geweest om creatievelingen, makers en vernieuwers het gereedschap te geven dat ze nodig hebben om hun ideeën om te zetten in echte projecten. Dat zal nooit veranderen. Wat wel verandert, in sneltreinvaart, is onze definitie van 'haalbaar'.

Elke dag wordt de toegankelijke, flexibele en betrouwbare open-source hardware van Arduino krachtiger en wordt ons ecosysteem completer. Zoals je misschien onlangs hebt gehoord, heeft Arduino Pro twee nieuwe producten in de Portenta-reeks gelanceerd: het revolutionaire X8-board, dat Arduino en Linux voor het eerst combineert, en Max Carrier, waarmee je met superkracht kunt prototypen om je ideeën makkelijker en sneller dan ooit tot leven te wekken.

Portenta X8

Portenta X8 is een industriële plug&play SOM met Linux OS aan boord, een hybride combinatie van microprocessor en micro-

controller met mogelijkheden voor AI en ML on-the-edge (**figuur 1**). Het zijn eigenlijk twee producten in één, met maar liefst negen kernen. Hij beschikt over een NXP i.MX 8M Mini Cortex-A53 quad-core, tot 1,8 GHz per core + 1x Cortex-M4 tot 400 MHz, plus de STM32H747XI dual-core Cortex-M7 tot 480 MHz + M4 32-bit Arm MCU tot 240 MHz, en kan apparaatonafhankelijke software draaien dankzij de modulaire container-architectuur.

Met on-board WiFi/Bluetooth-connectiviteit kun je op afstand OS/applicatie-updates uitvoeren, zodat de Linux-kernel omgeving altijd op topniveau is. Het NXP SE050C2 Crypto-element van de X8 zorgt

voor een verbeterde veiligheid en houdt de verbindingen op hardwareniveau veilig met PSA-certificering. De module heeft ook Arm SystemReady-certificering en geïntegreerde Parsec-diensten, waardoor het een van de eerste Cassini-producten is die voor je beschikbaar zijn op de markt.

Meer heb je niet nodig om je meest ambitieuze projecten voor Industry 4.0, slimme landbouw, connected buildings en smart cities te ontwikkelen: bekijk de volledige technische specificaties op de betreffende pagina [1] en geef je Linux-toepassingen real-time kracht.

Max Carrier

Alsof dat nog niet genoeg was, introduceerde Arduino Pro ook Portenta Max



Bekijk "Introducing the Portenta X8 by Arduino Pro"





Portenta X8 is een industriële plug&play SOM met Linux OS aan boord.

Carrier (figuur 2) – die de X8 of H7 verder opvoert door de toevoeging van connectiviteitsopties (veldbus, LoRa, Cat-M1 en NB-IoT), industriële connectoren zoals RS232/422/485, USB, mPCIe – plus drie geïntegreerde audio-aansluitingen, een microSD-kaart en meer [2].

Je kunt deze Arduino Pro-carrier combineren met bestaande Portenta-modules om er single-board computers of referentieontwerpen voor Industry 4.0 van te maken – waardoor je implementatietijd vrijwel tot nul wordt gereduceerd. Hierdoor kun je snel prototypes bouwen en krachtige projecten ontwikkelen, zoals het op afstand bedienen van industriële machines en apparatuur, slimme digitale kiosken die de gebruikerservaring verbeteren, en aangepaste HMI-dashboards om slimme apparaten, lampen en systemen thuis of op kantoor op afstand te bedienen.

Hoe enthousiast we ook zijn over deze lanceringen, het gaat nooit om een nieuw product (of twee!) alleen. Het gaat erom hoeveel nieuwe ideeën we kunnen verwerkelijken, de innovatie die we kunnen aanwakkeren en de nieuwe mogelijkheden die je kunt creëren als je over de juiste hulpmiddelen beschikt. ◀

220377-03 (vertaling: Evelien Snel)



Bekijk "Portenta Max Carrier van Arduino Pro"

<https://youtu.be/GxN2-hs9288>



Gerelateerde Producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- **Arduino Portenta Max Carrier**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-max-carrier
- **Arduino Portenta X8**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-x8

Over de auteur

Stefano Implicito combineert een diepe passie voor technologie met een natuurlijk vermogen om contact te maken met mensen, dat communicatiekanalen, landen en culturen overstijgt. Na meer dan tien jaar ervaring in customer relation management in de hightech B2B-industrie, lanceerde hij als Product Marketing Manager bij Arduino met succes meer dan een dozijn nieuwe producten voor de snelgroeende Arduino Pro business unit. Hij ziet het uitbreiden van het succesvolle open-source model van het bedrijf – van de makerbeweging en educatieve instellingen tot volwaardige industriële toepassingen – als een manier om innovatie en kansen voor de hele gemeenschap te genereren, een verschuiving naar een wereld waarin technologie echt voor iedereen toegankelijk is.

Vragen of opmerkingen?

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



Figuur 1. Portenta X8 is een krachtige, industriële SOM met Linux OS voorgeïnstalleerd aan boord, die apparaatafhankelijke software kan draaien dankzij de modulaire container-architectuur.



Figuur 2. Max Carrier transformeert Portenta-modules in single-board computers of referentieontwerpen die edge AI mogelijk maken voor krachtige industriële of gebouwautomatisering en robottoepassingen.

WEBLINKS

- [1] Arduino Portenta X8: www.arduino.cc/pro/hardware/product/portenta-x8
- [2] Arduino Portenta Max Carrier: www.arduino.cc/pro/hardware/product/portenta-max-carrier

Hoe Arduino studenten aan vaardigheden voor de toekomst helpt

CTC GO! is een uitgebreid praktisch leerprogramma dat studenten de fundamentele concepten van elektronica en codering bijbrengt en hen uitdaagt om tafelspelletjes te assembleren, te bedraden en te programmeren.

Keith Jackson (Arduino)

Arduino Education ontwikkelt innovatieve STEAM-programma's (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) die studenten ondersteunen tijdens hun opleiding op de middelbare school en de universiteit. De programma's betreffen elektronica, open-source software, online-content en studiebegeleiding en ondersteuning voor docenten.

Deze vaardigheden staan hoog op het verlanglijstje van werkgevers

- › Kritisch denken en problemen oplossen
- › Creativiteit
- › Teamwork
- › Communicatie
- › Digitale vaardigheden
- › Aanpassingsvermogen

Toekomstige vaardigheden? Wat zijn die? Welnu, ze betreffen elke 'menselijke' vaardigheid die van nut kan zijn voor studenten bij hun toekomstige carrière. Denk aan zaken als probleemoplossing, kritisch denken, creativiteit en teamwork, vaardigheden die je zelf waarschijnlijk al bezit gezien je passie voor het knutselen met elektronica, programmeren of coderen.

Voor in het huidige digitale tijdperk moeten juist dit soort vaardigheden op scholen (en thuis) worden ontwikkeld, om de competentie van studenten uit te breiden tot buiten het standaardcurriculum, en hun waarde voor aanstaande werkgevers te vergroten. En het gebruik van Arduino-producten helpt docenten om precies dat te bereiken. Maar hoe?

Arduino is meer dan elektronica en coderen

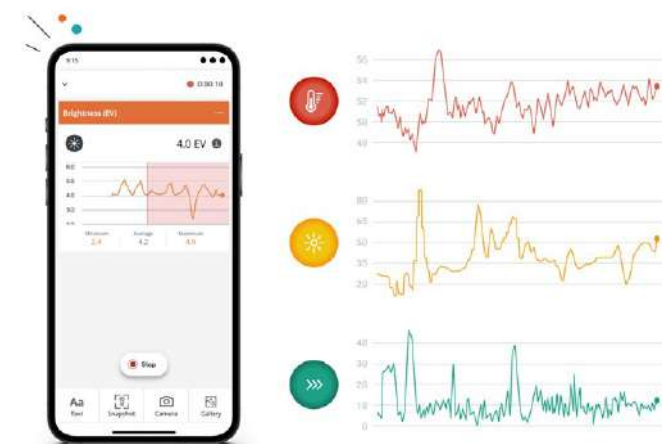
Wanneer je Arduino-producten of -kits gebruikt, creëer je in wezen iets volkomen nieuws. Je moet creatief omgaan met het ontwerp en met de code, dingen uitvogelen als het niet lukt, verschillende manieren onderzoeken om iets te doen, iets nieuws proberen of een vriend raadplegen. Dat lijkt misschien vanzelfsprekend, maar bij elk van deze stappen gebruik je een menselijke vaardigheid, en dit soort vaardigheden (soft skills in het jargon) komt op jonge leeftijd niet vanzelf.

Hetzelfde geldt voor klassikaal onderwijs, of thuis als je de Arduino met je kinderen gebruikt. Maar in een klas- of practikumlokaal kun je speciaal ontworpen educatieve Arduino-kits gebruiken, die je niet alleen elektronica, programmeren, coderen of engineering leren, maar er ook voor zorgen dat studenten die soft skills aanleren.

Het Arduino-effect op de Penn State University

Pennsylvania State University geldt als een van de beste onderzoeksuniversiteiten ter

wereld. Het is een van de duizenden instellingen die wereldwijd werden getroffen door de corona-pandemie. Hier bedachten dr. Herschel Pangborn en dr. Pansy Leung van de vakgroep Mechanical Engineering nieuwe en innovatieve methodes om op afstand te onderwijzen met behulp van de Arduino Student Kit. Herschel geeft toe dat zijn eerstejaars-studenten moesten lachen toen hij een kit voorstelde die was gericht op 11- tot 13-jarigen, maar toen ze eenmaal de eindeloze mogelijkheden ontdekten gebruikten ze de kit in tal van hun studieprojecten terwijl ze thuis studeerden. En niet alleen hielp het bij het 'daadwerkelijk begrijpen hoe schakelingen in het dagelijks leven werken' zoals een student zei, het gaf de vakgroep ook een mogelijkheid om studenten te leren zelf problemen op te lossen. Pansy, die haar lab wil transformeren in een 'probleemoplossend proces', zegt "studenten zullen toepassen wat ze met de Arduino op junior-niveau hebben geleerd om ook echte



Met behulp van ingebouwde sensoren kunnen studenten op een eenvoudige en praktische manier metingen in hun omgeving doen en die verwerken.

problemen op te lossen, in plaats van alleen maar inzicht te krijgen in de theorie achter het oplossen van problemen." Zelf de handen uit de mouwen steken is hierbij cruciaal om te leren hoe je problemen oplost. Het zorgt ervoor dat je betrokken en verant-

woordelijk bent voor het oplossen van het probleem, het stimuleert creativiteit bij het vinden van oplossingen, en het stimuleert je om innovatieve oplossingen te vinden.

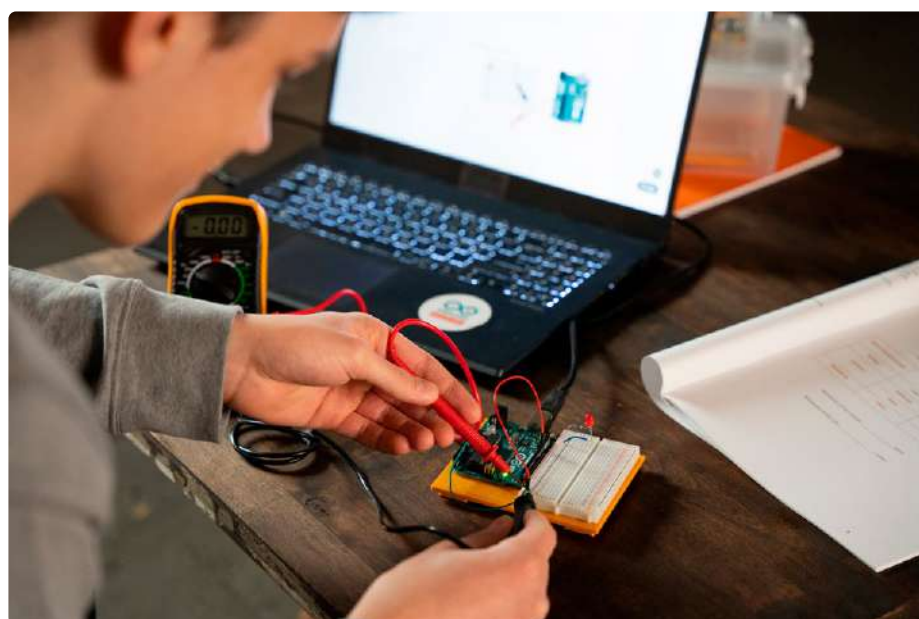
De Arduino Student Kit

Kinderen kunnen kennis maken met de basisprincipes van elektronica, programmeren en coderen met behulp van de Arduino Student Kit. Er is geen voorkennis nodig. De kit leidt je door 11 projecten en introduceert zaken als stroom, spanning en weerstand. Elke kit bevat de hardware, toegang tot online lesmateriaal en op maat gesneden ondersteuning, waardoor hij ideaal is voor lesgeven op afstand, thuisonderwijs en zelfstudie. Meer info: arduino.cc/education/student-kit

Het belang van experimenteren en praktijkonderwijs

Zoals de studenten aan de Penn State University hebben gemerkt, is praktijkonderwijs belangrijk om een concept te begrijpen en in 'hapklare brokken' op te splitsen. Dit is eigenlijk altijd al zo geweest (denk aan de uitspraak van Confucius: "Ik hoor en ik vergeet, ik zie en ik herinner me, ik doe en ik begrijp"), wat de vraag oproept waarom het dan een goed idee was om kinderen in schoolbanken te zetten en uit boeken te laten leren.

En zelf doen helpt je niet alleen om een concept te begrijpen. Als student heb je 1,5 keer meer kans om te zakken voor een



De Arduino Student Kit.

Science Journal App

Dr. Bates maakt gebruik van de Science Journal App, die de mogelijkheid biedt om metingen in je omgeving te verzamelen door gebruik te maken van de sensoren in je smartphone en van sensoren die zijn aangesloten op de Arduino. Meer info: arduino.cc/education/science-journal





opleiding als je niet bezig bent met leren in de praktijk [1]. Zo leren activeert beide hersenhelften, en scans tonen dan ook een verhoogde activiteit in sensorische en motorische hersendelen bij het nadenken over concepten waarmee je ook praktijkervaring had.

Dr. Alan Bates, natuurkundeleraar aan het Haileybury College in het VK, zegt "Wat ik leuk vind aan de Arduino is dat je hem kunt gebruiken voor traditionele experimenten, maar ook om die experimenten te herinterpreteren. Je kunt studenten zelfs hun eigen instrumenten laten ontwerpen voor experimenten, wat een nog beter inzicht oplevert. En door dat te doen krijgen studenten erg veel vaardigheden, die ik zelf 'real-life skills' noem. Je kunt studenten leren vasthoudender te zijn, omdat er geen voorgebakken antwoord is – ik weet zelf het antwoord niet eens – ze moeten ploeteren, vallen en opstaan en nieuwe mogelijkheden uitproberen, net zoals in de echte wereld."

Gecertificeerde vaardigheden

Veel scholen erkennen het belang van het voorbereiden van studenten op de echte wereld en een succesvolle toekomst door zich te concentreren op het ontwikkelen van soft skills. Dat is het geval aan het Parklands College in Kaapstad, Zuid-Afrika, onder het motto "Reaching Outwards, Growing Minds, Building Futures".

Aangezien ze daar Arduino-producten gebruikten bij de STEM-lessen en in verschillende projecten, ontdekten ze de Arduino Certification, waarbij je Arduino-kennis op het gebied van programmeren en elektronica wordt gecertificeerd.

Richard Knaggs, Director of Technology



Noah Kemp was de eerste student aan het Parklands College in Zuid-Afrika die een certificaat voor zijn Arduino-vaardigheden kreeg!

Innovation, zei "We zijn erg enthousiast omdat dit echt aansluit bij onze visie. En die visie is dat we onze leerlingen echte kansen geven om hun eigen doelen te bepalen, zodat ze op school al kunnen beginnen met het bouwen aan hun toekomst."

Certificering is bijzonder waardevol voor de studenten, omdat het toekomstige werkgevers laat zien dat je niet alleen de technische theorie beheerst, maar ook de juiste bekwaamheden hebt die de werknemers nodig hebben om het bedrijf te doen slagen, zoals probleemoplossing en kritisch denken. (Arduino Certification staat open voor iedereen!)

We weten dat het gebruik van Arduino helpt bij het verkrijgen van toekomstige vaardigheden, en dat is iets waar we echt trots op zijn. De volgende generatie zal immers probleemoplossing, kritisch denken en creatieve vaardigheden nodig hebben om oplossingen te bedenken voor veel van de uitdagingen in onze wereld. ◀

220452-03 (vertaling: Marc Gauw)

Over de auteur

Keith Jackson is marketingconsultant bij Arduino en heeft meer dan 25 jaar ervaring met het werken voor een globale technologie- en elektronica-onderneming.



Gerelateerde Producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

> **Arduino Student Kit**
www.elektormagazine.nl/arduino-student-kit

WEBLINK

[1] J. Arnholz, "Is Hands-On Learning Better?" BYF.org, 12 februari 2019: <https://byf.org/is-hands-on-learning-better/>

MUST-HAVES

voor je elektronica-werkplek

Wat is een goede elektronica-werkplek? Welke gereedschappen gebruiken professionele technici op hun werktafel? Onze vrienden van Arduino delen details over hun werkplek, en ze geven enkele nuttige tips voor iedereen die zijn eigen werkplek wil inrichten.



Arturo Guadalupi
(Manufacturing Test)

Optimaliseer je werkomgeving

Ik gebruik mijn werkplek voor het bouwen van audioapparatuur 'op maat' en als thuiskantoor. Ik heb vier aparte zones voor: werken aan de PC, opslag van componenten, rework en metingen doen of iets in 3D printen. Een van de muren van de kamer wordt gebruikt om mijn collectie muziekinstrumenten te showen, terwijl een andere gebruikt wordt om componenten op te slaan.

Advies: koop stap voor stap gereedschap van goede kwaliteit! Probeer niet alles tegelijk te

hebben. Begin met het essentiële en breid dan je lab uit of verbeter het met wat noodzakelijk blijkt. Probeer de ruimte te optimaliseren met goede organizers en berg de dingen zo op dat ze gemakkelijk te vinden zijn als je ze nodig hebt, in plaats van steeds weer te moeten zoeken in rommelige dozen.

Actueel project: 50/30W-buizenversterker met vier kanalen en MIDI/BLE-regeling.

Essentiële tools

- > tafelmodel oscilloscoop
- > tafelmodel voeding
- > zeer goede soldeerbout
- > tafelmodel multimeter
- > tafelmodel signaalgenerator
- > hetelucht-desoldeerstation



Verlanglijstje

- > THD-meter
- > spectrumanalyzer
- > elektronische belasting



Andrea Masi
(DevOps/SRE)

Elk gereedschap heeft zijn plaats

Mijn lab van 200 m² is een open ruimte die voor meerdere activiteiten wordt gebruikt: houtbewerking, metaalbewerking, knutselen aan elektronica, tuinieren en (binnenkort) brouwen.

Advies: ik probeer deze regels te volgen: elk gereedschap moet zijn eigen plek hebben; geen gereedschap op werktafels (alleen onderdelen om te repareren of te monteren); en de 'regel van 3' voordat je een gereedschap koopt/zoekt (denk minstens drie keer na of je dat gereedschap echt nodig hebt). Veiligheid en comfort: goede verlichting en ventilatiesystemen zijn van het grootste belang en maken zelfs zware werkzaamheden als slijpen en lassen aangenamer, veiliger en kwalitatief beter.

Actueel project: een prototype maken van een verdampingskoeler zonder akelige chemicaliën (bijvoorbeeld geen ammoniak). Het gaat om metaalbewer-

king, een beetje scheikunde en elektronica (stuurprint voor circulatiepompen, vochtigheid/temperatuursensoren uitlezen en uitvoering van het regelalgoritme). Met Arduino – welbekend toch?

Essentiële tools:

- > goede multimeter
- > oscilloscoop (minstens 100 MHz)
- > goede schuifmaat en micrometer
- > soldeerbout met heteluchtpistool voor rework
- > transistortester (Atlas DCA)
- > loep/bril headset
- > klemmen en bankschroeven
- > rond- en verstekzagen
- > lasersnijder/-graveerder
- > industriële stofzuiger

Verlanglijstje:

- > simul-focale stereomicroscop
- > een beter lasapparaat
- > 700mm-draaibank
- > freesmachine



Martino Facchin
(Senior Firmware Engineer)

Bezuinig niet op een soldeerstation

Mijn werkruimte is voornamelijk op kantoor, vanwege de enorme hoeveelheid hardware waar ik meestal mee te maken heb. Het ziet er misschien rommelig uit, maar alles staat op zijn plaats. Ik heb altijd een robuuste oscilloscoop (met protocoldecoder, heel belangrijk) rechts van me bij de hand, en een enkele 24"-monitor om te voorkomen dat ik mijn hoofd moet draaien om iets te zien. Omdat ik alles via USB moet aansluiten, is mijn opstelling letterlijk ruim voorzien van poorten (minimaal 12).

Advies: als firmware engineer is het erg belangrijk om een prototype zo snel en schoon

mogelijk te kunnen patchen, dus mijn advies is om niet te bezuigen op het soldeer (rework) station. Een oscilloscoop is een must, maar als je een klein budget hebt, is een PicoScope of een signaalanalyser (Saleae of vergelijkbaar) prima bruikbaar. Een krachtige werkcomputer is ook belangrijk, vooral als je veel performance nodig hebt (Linux-ontwikkeling/FPGA's) of als het gereedschap dat je moet gebruiken alleen een Windows-versie heeft en je een VM moet draaien.

Actueel project: iets topgeheims waar ik niet echt over kan praten.

Essentiële tools

- topklasse soldeerstation met (de)soldeer-tweezer (JBC, dat spul is geweldig)
- oscilloscoop
- hetelucht-reworkstation
- krachtige desktop-PC (min. acht cores/32-GB RAM/goede SSD/Linux). Zelfbouw met Ryzen CPU's is erg goedkoop
- FTDI-kabel voor betrouwbare serieel/-USB-conversie
- JLink debugger (lekker stabiel)
- USB Protocol analyzer (Beagle 480). Helemaal niet essentieel, maar wel een van mijn favoriete speeltjes. Koop hem alleen als je vaker



dan één keer per jaar een ingewikkelde USB-bug moet verhelpen.

- HDMI/USB converter (als je met videosignalen werkt, hoef je geen aparte monitor aan te schaffen.)

Verlanglijstje

- Hall-effect stroomprobe voor de oscilloscoop
- een nog grotere en krachtigere PC (Yocto-builds mogen geen uren duren)
- een einde aan het chiptekort



Ubi de Feo
(Creative Tech Lead)

Kwaliteitsgereedschap maakt het verschil

Hoe vreemd het ook klinkt, tegenwoordig gebruik ik mijn elektronica-werkbank niet veel meer. Omdat ik vooral bezig ben met software (al gehoord van de Arduino IDE en CLI?), moest ik een andere fysieke uitlaatklep vinden. Mijn werkbank staat al een paar jaar in een houtbewerkingsruimte, en mijn gereedschap bestaat uit zagen, boren en klemmen, maar dat zal wel niet zo interessant zijn, dus hier is mijn digitale elektronica-werkbank waar je je aan kunt vergapen. Opmerking: ik heb hem zelf ontworpen en gebouwd als een van mijn eerste timmermansprojecten.

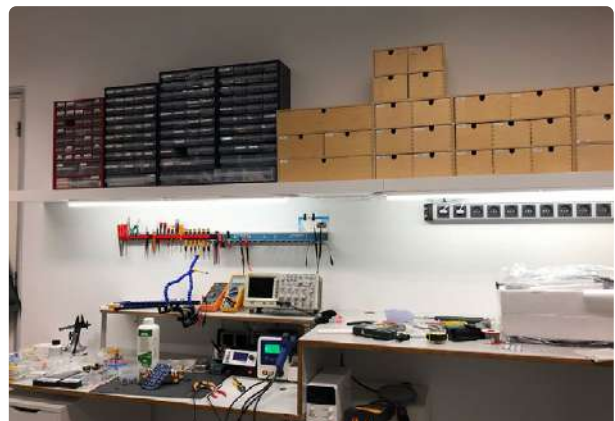
Advies: ik heb last van een dwangneurose, en plan iets maandenlang voordat ik ergens aan begin. In het begin kwam ik weg met goedkoop gereedschap, maar vrij snel realiseerde ik me dat als je efficiënt en precies wilt werken, je beter gereedschap nodig hebt. Leer hoe je een 'scoop en een logic analyzer gebruikt; je zult er op termijn blij mee zijn. Ruim altijd op aan het eind van de dag; de volgende ochtend ben je jezelf dankbaar. Je hebt een zo leeg mogelijk werkblad nodig, want het wordt snel een rommeltje.

Essentiële tools:

- Rigol DS1204
- Fluke 175
- Omnifixo
- Ersas i-con 2
- Saleae Logic Analyzer
- Segger J-Link
- Ultimaker 2
- Shapeoko 3 XL

Verlanglijstje:

- Ik zweer dat ik niet weet wat ik nog meer nodig heb voor mijn elektronica-werkplek. Ik heb alles al gekocht. Voor houtbewerking zal ik nog wel een heleboel geld uitgeven – vast en zeker!





David Cuartielles
(mede-oprichter)

Kijk eerst wat je nodig hebt

Mijn werkplek is een container die in mijn tuin staat, inclusief een kleinschalig maar compleet elektronica-ontwerplab, een streaming-systeem met front- en top-view camera's, een archief van Arduino-boards en varianten (ik heb meer dan 200 verschillende modellen van over de hele wereld), en een fiets-reparatiewerkplaats. Ik heb een 4 meter lange plank met componenten, een microscoop, oscilloscoop, oven, soldeerstation, en een heleboel kleine onderdelen die ik tijdens mijn reizen naar elektronica-straatmarkten in Seoul en Mexico heb verzameld. Bovendien heb ik een NAS waar ik bestanden bewaar van opnames, handleidingen voor onderdelen enzovoort.

Advies: kijk eerst wat je echt nodig hebt; ik kocht bijvoorbeeld mijn microscoop pas toen ik me realiseerde dat bij steeds meer projecten formaat-0402 onderdelen worden gebruikt. Houd een (digitale) lijst bij van de dingen die je koopt en noteer wat je leent. Houd het relevante gereedschap bij de hand en zorg voor een lijstje

van wat je graag wil hebben. Bezoek regelmatig tweedehands markten – zelf volg ik verschillende veilinghuizen waar je allerhande tools kunt vinden. Zo kwam ik onlangs aan een 26,5GHz-spectrumanalyzer – bijna gratis.

Actueel project: materiaal voor mijn komende cursus "introduction to embodied interaction" met behulp van de Nano 33 BLE Sense: breadboards, jumperdraden en enkele eenvoudige sensoren.

Essentiële tools

- > spelcomputer met grafische kaart voor videobewerking en twee 27"-schermen
- > oscilloscoop
- > Weller-soldeerstation (ik ben een groot liefhebber)
- > 60x microscoop
- > 26,5GHz-spectrum-analyzer

Verlanglijstje

- > automatische licht- en verwarmingsregeling
- > zonnepaneel en UPS
- > LoRa-gateway
- > comfortabele stoel



Giulio Pilotto
(Software Engineer)

Veelzijdigheid is belangrijk

Mijn werkplek is in wezen een bureau in mijn appartement, maar het is heel veelzijdig. Omdat ik met andere mensen in het dichtstbijzijnde FabLab placht te werken, moest mijn werkplek draagbaar zijn, dus zijn alle instrumenten opgeborgen in verschillende goed georganiseerde gereedschapskisten. Ik heb ze ingedeeld op basis van het gebruik: zwaar, middelzwaar en licht. In de zware heb ik al het gereedschap dat te maken heeft met mechanisch werk, zoals een boormachine, olie om oude schroeven los te krijgen, schroevendraaiers en ander gereedschap. In de middelzware kist heb ik alles wat te maken heeft met mechanisch werk voor een kleinschalige toepassing, van een kleine elektrische schroevendraaier tot al het kleine gereedschap om een smartphone uit elkaar te halen. Dan heb ik nog de lichte kist, waarin eigenlijk alles zit over elektronica, ontwerpen en maken: Arduino-boards, elektronica-componenten, sensoren en actuatoren, diverse soorten lijm. Dit is een voorbeeld van hoe ik

alle kisten gebruik voor één project: www.instructables.com/Jungle-Reef-Bluetooth/.

Advies: kies eerst minstens 10 projecten waaraan je wilt werken, en maak op basis van elk daarvan lijsten met het vereiste gereedschap. Koop dan eerst het gereedschap dat het meeste voorkomt. Kijk op het web voor gereedschap met een goede prijs/prestatie-verhouding. YouTube staat vol met recensies (bijvoorbeeld 'Top 10 PARKSIDE Tools'). Ook een goedkoop merk is goed om mee te beginnen. Maak een duidelijke foto van je lege werkruimte, print er veel kopieën van op wit papier, en begin te schetsen waar je je gereedschap zneerzetten! Vergeet niet dat de inrichting 'werkbaar' moet zijn. Enkele goede voorbeelden: <https://www.instructables.com/howto/workspace/>.

Actueel project: een Arduino met een 433Mhz-module om een PIR-sensor te decoderen (https://github.com/giulio93/RevEng_433Mhz).

Essentiële tools

- > multimeter
- > microscoop
- > simpel soldeerstation
- > Dremel

Verlanglijstje:

- > oscilloscoop
- > Weller soldeerstation
- > een goede LED-lamp met lens





Nerea Iriepa

◀ Robotica in het onderwijs (bron: Nerea Iriepa).

Het belang van robotica in het onderwijs

Keith Jackson (Arduino)

Het gebruik van robotica in het onderwijs, hoewel (nog) nauwelijks toegepast, kan een omwenteling veroorzaken. Robotica kan een cruciale rol spelen in de STEM-vakken (science, technology, engineering mathematics), is boeiend en bereidt studenten voor op de toekomst.

Zet eens op een rijtje waar robots in het dagelijks leven worden gebruikt: ziekenhuizen, ouderenzorg, huishoudelijke apparaten, auto's... En de lijst is nog veel langer. Hoe kan iemand beweren dat robotica-onderwijs op scholen niet belangrijk is?

Maar het besef groeit, niet in het minst vanwege de vele voorbeelden van mensen die konden innoveren, creëren of problemen oplossen omdat robotica onderdeel was van hun opleiding. Hier geven we drie voorbeelden.

Wereldkampioen Robotica

Nerea Iriepa is wereldkampioen robotica en verkoopleidster bij Arduino Education. Nerea's leraar nam in 2003 LEGO Mindstorms-robots naar hun after-school club mee, en haar nieuwe passie was geboren. De club hield een klein robotictaarnooi op school en legde daarna de lat hoger: RoboCupJunior, een internationaal voetbal-georiënteerd toernooi. Hoewel het team slechts 26e werd van de 27, was Nerea verslaafd.

In 2008 ontdekte Nerea de Arduino, en na jaren van uitdagingen met het bouwen van een robot die geschikt was voor een RoboCupJunior-toernooi, vond ze zowel een community die ze om advies kon vragen als veel eenvoudigere componenten. En dat was het jaar dat Nerea's team won, of eigenlijk voor het eerst won – omdat ze hun titel drie jaar lang wisten te behouden, inclusief een recordzege van 52-0 op Mexico.

En het mooie was dat ze op hun beurt andere teams konden adviseren. Geholpen door Arduino's open-source aanpak was niets geheim, en kon iedereen van elkaar leren.

Omdat RoboCupJunior een toernooi is voor scholieren, leek haar 'pensioen' al vroeg te komen. Maar daarna gebeurde er iets opmerkelijks: Nerea ontmoette twee oprichters van Arduino en demon-



Nerea ontmoette twee oprichters van Arduino en demonstreerde de winnende robot van haar team. Opeens bleken mensen hem te willen kopen voor in de klas om robotica aan de eigen studenten te doceren.

streerde de winnende robot van haar team. Opeens bleken mensen hem te willen kopen voor in de klas om robotica aan de eigen studenten te doceren.

Na twee jaar ontwikkeling was de Arduino-robot klaar, en nadat Nerea haar universitaire studie had afgerond, ging ze bij Arduino Education aan de slag.

Doe meer met robots

De World Robot Olympiad (WRO) is opgericht in 2004 en is nu actief in meer dan 85 landen over de hele wereld. Het is een wereldwijde robotica wedstrijd voor jongeren van 8 tot 19 jaar, en in het laatste normale jaar (2019) namen 29.000 teams deel.

Claus D. Christensen, secretaris-generaal bij WRO Association Ltd., merkte op: "Wij geloven dat je van praktijkervaring, zelf uitzoeken en spelen het meeste kunt leren, en onze visie is een toekomst waarin elke nieuwsgierige jongere, ongeacht diens achtergrond, wordt geïnspireerd en van de middelen voorzien om zijn of haar volledige talent te ontplooien door middel van wetenschap, engineering en technologie."

Dit zijn ook de grondbeginselen van Arduino Education, en daarom zijn we er trots op een WRO-sponsor te zijn en het geweldige werk van WRO te ondersteunen bij het creëren van kansen voor jongeren om betrokken te raken bij robotica en STEM.



World Robot Olympiad (WRO)

Robotica voor kleuters

In Kopenhagen heeft een kleine Deens/Franse school een grote ambitie: ervoor zorgen dat elke leerling vanaf drie jaar, robotica-ervaring krijgt (met Arduino natuurlijk!). Nicolas Guilbert, oprichter en STEM-leraar van de school, zegt: "We hebben voor robotica gekozen omdat dat werkt. We passen het eigenlijk al toe

op de kleuterschool met nog heel kleine kinderen. We gebruiken een robot en laten ze simpele commando's typen. Het is een heel eenvoudige opzet, maar ze kunnen robots al diverse dingen laten doen, zoals drie stappen vooruit en dan naar links. En ze vinden het superleuk om de robot te besturen en te laten rondrijden."

Hij vervolgt: "Het is heel makkelijk om kinderen te betrekken bij robotica. En robots zijn ook erg handig. Ik bedoel, een

vaatwasser is ook een robot, en de kinderen krijgen daar dan meteen praktijkervaring mee. Robotica leidt ook naar een wereld die vraagt om technici en wetenschappers, dus je krijgt vast en zeker een baan als je die vaardigheden hebt."

En waarom gebruikt hij Arduino op zijn school? "Het werkt gewoon. Je downloadt de IDE (de ontwikkelomgeving), je sluit de UNO aan op je computer, laad je sketch en het werkt gewoon. En het werkt ook snel. Je krijgt meteen resultaat en dat is echt heel belangrijk bij kinderen. Het heeft een lage drempel, en met een snel succes krijgt hun betrokkenheid een vliegende start."

Lees meer over Arduino Education op arduino.cc/education.

220455-03 (vertaling: Marc Gauw)

Over de auteur

Keith Jackson doet marketing voor Arduino en heeft een passie voor alles wat Arduino betreft, omdat het meer is dan een bedrijf of een merk: het is een echte, gevarieerde community.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduino Braccio ++ RP2040 powered Robot Arm**
www.elektormagazine.nl/arduino-braccio
- > **Arduino UNO Rev3**
www.elektormagazine.nl/arduino-uno

Betrouwbaar IoT op basis van LoRa

Stuart Cording (Elektor)

Voor zijn Pro-productreeks heeft Arduino LoRa en LoRaWAN gekozen als zwaartepunt bij de ondersteuning van LPWAN-ontwikkelaars. Massimo Sacchi, Corporate Partnerships Manager en Business Developer bij Arduino, vertelt over LoRa en de gerelateerde hard- en softwareoplossingen van Arduino.

Draadloos is altijd een tweesnijdend zwaard geweest voor elektronici. Aan de ene kant doorbreekt het banden en maakt mobiliteit mogelijk, en ondersteunt het innovatieve toepassingen in alle sectoren. Aan de andere kant is ervaring met RF vereist, zijn er meer voorschriften waaraan moet worden voldaan en vreet het energie. Dus voor degenen die in hun toepassing afhankelijk zijn van batterijvoeding, was

het soms een uitdaging om innovaties te leveren conform de wensen van specifieke markten. Door de voortdurende ontwikkeling van halfgeleiders, vooral in RF CMOS-technologie, zijn radio-zendontvangers echter kleiner en gemakkelijker integreerbaar geworden. In de loop der jaren is een groot aantal modules en SoC-oplossingen met geïntegreerde microcontrollers op de markt gekomen.

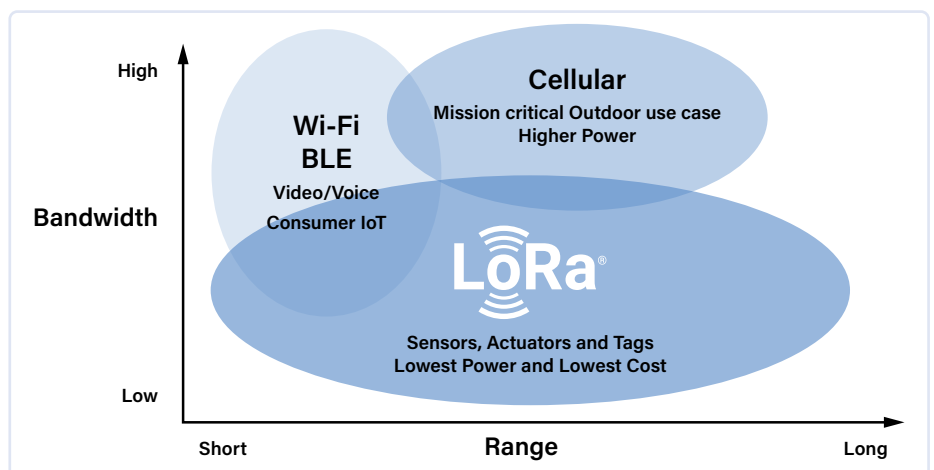
Dankzij inspanningen om beter gebruik te maken van vergunningsvrij spectrum in de ISM-banden (industriële, wetenschappelijk en medisch), gekoppeld aan clouddiensten, zijn low-power wide-area netwerken (LPWAN) gestaag gegroeid.

Dit is niet onopgemerkt gebleven bij Arduino, die via hun portfolio van uitbreidbare boards en eenvoudige programmeeraanpak ondersteuning hebben geleverd voor bijna alle draadloze technologieën. Met het uitbrengen van hun Arduino Pro-reeks voor industriële gebruikers, gelanceerd op CES in 2020, zijn LoRa en LoRaWAN geselecteerd als zwaartepunt om LPWAN-ontwikkelaars te ondersteunen. Massimo Sacchi, Corporate Partnerships Manager en Business Developer bij Arduino, is in de juiste positie om deze inspanning te ondersteunen omdat hij ook vicevoorzitter is van de LoRa Alliance Task Force in Australië en Nieuw-Zeeland.

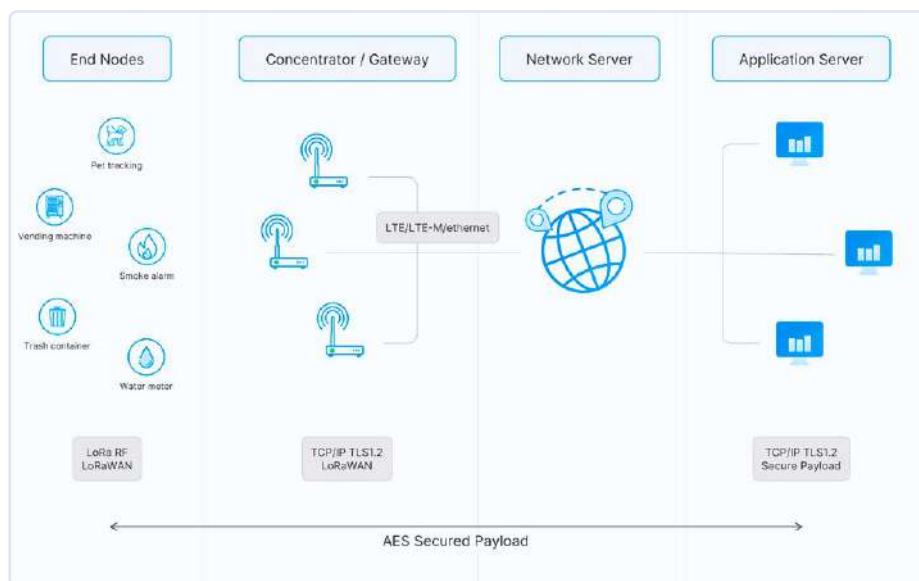


Massimo Sacchi

Massimo Sacchi is de Corporate Partnerships Manager en Business Developer bij Arduino. Hij kwam in 2019 bij het team, vier jaar na zijn verhuizing naar Australië. Hij groeide op en studeerde in Italië, waar hij een diploma in Electrical Engineering behaalde, waarna hij 20 jaar werkte op het gebied van industriële automatisering. Massimo heeft een passie voor het IIoT en cloud-toepassingen en ondersteunt de groei van low-power wide-area networks als vicevoorzitter van de Australian and New Zealand LoRa Alliance Task Force.



Figuur 1. LoRa biedt zowel korte- als langeafstandsconnectiviteit voor toepassingen die slechts kleine hoeveelheden data verwerken (bron: Arduino).



Figuur 2. Met LoRaWAN kan LoRa een netwerk vormen, verbinding maken met clouddiensten en veilig werken (bron: Arduino).

deze technologieën (**figuur 1**), een radio-technologie die gebruik maakt van een draadloze modulatietechniek die bekend staat als Chirp Spread Spectrum (CSS) en die zorgt voor zijn robuustheid in de praktijk. Werkend in de sub-gigahertzbanden van 433 MHz, 868 MHz en 915 MHz in het voor ISM-gebruik gereserveerde spectrum, zijn één of meer van deze frequenties bijna overal ter wereld beschikbaar.

Om van LoRa-knooppunten een netwerk te maken, wordt de LoRaWAN-softwarelaag toegevoegd (**figuur 2**), een open source-specificatie die wordt ondersteund en onderhouden door de LoRa Alliance. Zo kunnen LoRaWAN-eindknooppunten waar toepassingen worden geïmplementeerd, communiceren met gateways die op het internet zijn aangesloten. Van hieruit wordt bidirectionele communicatie tot stand gebracht met cloudgebaseerde applicatieservers die de gegevens kunnen verwerken of aanvragen aan de knooppunten kunnen richten.

Eenvoudig maar veilig

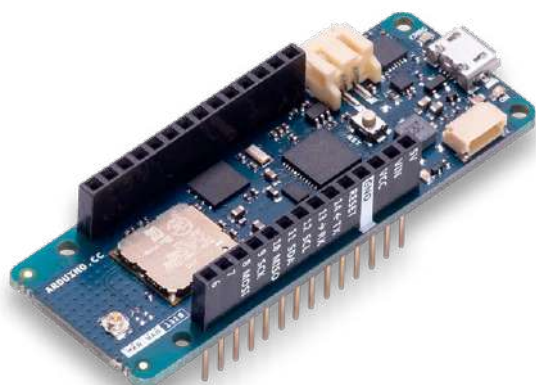
“Het mooie van Arduino is dat het maken van een LoRa-knooppunt en het verbinden met een netwerk zo eenvoudig is,” legt Massimo uit. “Je hebt alleen een geschikte beveiliging en een softwarebibliotheek nodig.” Voor makers zijn de MKR1300 en MKR1310 (**figuur 3**) het meest geschikt. Met de energiezuinige SAMD21-microcontroller van Microchip, gekoppeld aan een Murata CMWX1ZZABZ LoRa-module en een accu-laadschakeling. Bij de juiste confi-

“Ik ben dol op het verkennen van nieuwe technologieën, vooral die in het IIoT,” zegt Massimo. “Het is dan ook niet meer dan logisch dat we bij Arduino onze mogelijkheden gebruiken om te innoveren op het gebied van LoRaWAN.”

Wat is LoRaWAN?

Er is volop keuze voor wie draadloze netwerken wil implementeren voor Internet of Things-toepassingen (IoT) of industrieel IoT (IIoT). Cellulair, zoals 4G/5G, biedt een functionele infrastructuur, waardoor ontwikkelaars zich kunnen concentreren op hun toepassingen. Maar ondanks de opkomst van energiezuinige oplossingen,

zoals NB-IoT [1], is de beloofde batterijlevensduur van 10 jaar niet gegarandeerd [2]. WiFi kan ook als alomtegenwoordig worden beschouwd, maar het bereik is beperkt en vóór WiFi 6 waren de voedingsoptimalisaties die nodig zijn voor het stroomverbruik van IoT-knooppunten niet beschikbaar. Bovendien zijn nodes beperkt tot werking binnen het bereik van de router en eventuele repeaters door het ontbreken van handover-ondersteuning. LPWAN-netwerken richten zich op de behoeften van de meeste IoT-toepassingen: kleine pakketten met incidentele data, een groot bereik en een zeer laag stroomverbruik. LoRa is een van de succesvolste van



Figuur 3. De MKR1310 is een prima uitgangspunt voor IoT met LoRa, met een SAMD21 low-power microcontroller en Murata CMWX1ZZABZ radiomodule (bron: Arduino).



Figuur 4. Het Portenta Vision Shield – LoRa voegt professionele LoRaWAN-ondersteuning toe aan Arduino Pro-hardware, zoals de Portenta H7 (bron: Arduino).



Het mooie van Arduino is dat het maken van een LoRa-knooppunt en het verbinden met een netwerk zo eenvoudig is.

guratie verbruikt de kaart slechts 104 μ A. Maar omdat cyberaanvallen op industriële systemen toenemen, moeten deze technologieën ook veilig zijn. Dit wordt verzekerd door een ECC508 cryptografische chip die encryptie en decryptie in hardware bevat die voldoet aan industriestandaard voor beveiligingsconventies. “Dit maakt dergelijke hardware veilig vanaf de eerste klokcyclus,” voegde Massimo eraan toe.

Voor professionals is er de Portenta H7 die, gekoppeld aan het Vision Shield (figuur 4), zijn LoRa-mogelijkheden verkrijgt met dezelfde RF-module en de krachtigere ECC608 cryptografische coprocessor. De volgende uitdaging is natuurlijk de voorbereiding van een robuuste gateway om de knooppunten aan te koppelen. Dankzij een nieuwe samenwerking met RAKwireless biedt Arduino nu twee industriële gateways (figuur 5) met hun WisGate Edge Lite 2 voor binnenshuis en WisGate Edge Pro voor buitenshuis [3]. De gateways ondersteunen Power over Ethernet (PoE) voor eenvoudige installatie en bieden een veilige oplossing met verreichende dekking binnen gebouwen met ondersteuning voor 16 kanalen in plaats van de meer algemeen ondersteuning voor 8 kanalen. De gateway kan toegang bieden tot platforms zoals The Things Network. Wanneer gewenst kunnen teams echter ook hun eigen privé-netwerk configureren met een MQTT-client en netwerkserver.

Eenvoudige hardware vereist eenvoudige software

De hardware mag dan klaar zijn om verbinding te maken, zonder software kan er geen vooruitgang worden geboekt. Zoals te verwachten maakt Arduino dit eenvoudig, zowel voor het board als voor de connectiviteit met de cloud. Het team lanceerde onlangs versie 2.0 van hun IDE, waarmee debugging met zowel on-board als third-party debuggers mogelijk is. Het biedt de mogelijkheid om de inhoud van variabelen en de uitvoering van code te onderzoeken, zoals bij IDE's van microcontroller-leveranciers. Een belangrijke nieuwe functie is de command-line-interface (CLI), waarmee professionele ontwikkelaars taken kunnen automatiseren en de Arduino-omgeving kunnen integreren met andere tools, zoals continue integratie (CI) voor het testen. IoT-toepassingen hebben dan de connectiviteits-dimensie om het verbinden met clouddiensten te regelen. De Arduino Cloud [4] is gekoppeld aan The Things Network

(TTN), een bekend wereldwijd platform dat LoRaWAN ondersteunt. Dankzij het gebruik van standaard cryptografie-hardware is de beschikbaarstelling eenvoudig en veilig.

“Het is belangrijk op te merken dat we gebruikers niet willen opsluiten in de Arduino-omgeving,” legt Massimo uit. “Daarom zorgen we ervoor dat we compatibel blijven met andere LoRa-standaardsystemen en -platforms, zodat ontwikkelaars kunnen kiezen als ze van prototype naar toepassing gaan. Maar bovenal is ons kerndoel LoRa gebruiksvriendelijk te maken.”

Een van de beperkingen van LPWAN-technologieën is de beschikbare bandbreedte. LoRaWAN heeft een bereik van ongeveer 5470 bps over een afstand van 2 km tot 290 bps over 14 km (tabel 1). Dit is de prijs die moet worden betaald voor een lange levensduur van de batterij en een groot bereik. Ontwikkelaars moeten dan innoveren door meer beslissingen binnen hun IoT-nodes te nemen en de communicatie terug te brengen tot resultaten in plaats van gegevens naar de cloud door te sturen voor verwerking. Machine learning (ML) is uiteraard een populaire oplossing, waardoor de microcontroller een reeks complexe invoergegevens efficiënt kan verwerken. Hier kunnen ingenieurs zich wenden tot Edge Impulse, een volwassen ML-oplossing die geoptimaliseerd is voor low-power microcontrollers [5].



Figuur 5. De WisGate-gateways bieden robuuste en veilige LoRaWAN-connectiviteit voor professionele toepassingen, zowel binnen als buiten (bron: Arduino).

Spreadfactor	Datarate	Bereik	Zendduur
SF7	5470 bps	2 km	56 ms
SF8	3125 bps	4 km	100 ms
SF9	1760 bps	6 km	200 ms
SF10	980 bps	8 km	370 ms
SF11	440 bps	11 km	40 ms
SF12	290 bps	14 km	1400 ms

Tabel 1. Vergelijking van de datarate en het bereik voor LoRa afhankelijk van de gebruikte spreadfactor.

Kan ik met een gerust hart voor LoRa gaan?

Nieuwe LPWAN- en IoT-oplossingen lijken regelmatig op te duiken, dus het kan een uitdaging zijn om te weten wat te selecteren wanneer je applicatie ondersteuning vereist voor de komende twee of drie decennia. De recente aankondiging van Google om zijn IoT Core-dienst [6] met pensioen te sturen en de problemen bij Sigfox [7] wekken natuurlijk bezorgdheid bij ingenieurs die op zoek zijn naar een betrouwbaar IoT-platform voor de lange termijn.

“Ongeveer 90% van de toepassingen die geen cellulaire mogelijkheden nodig hebben, worden uitgerold met behulp van LoRa,” zegt Massimo. “En we zien nog meer groei, vooral op het gebied van slimme steden, zoals het verbeteren van het onderhoud van straatverlichting, en in de landbouw.”

In combinatie met ML stelt het grote bereik van LoRa veeteelers in staat vee binnen een geofence te houden en meer inzicht te krijgen in de gezondheid van hun dieren. LoRa is, dankzij de leden van zijn globale alliantie, ook actief bezig met het onderhouden en ontwikkelen van de technologie. “Wat de fysieke laag betreft, valt te betwijfelen of er wijzigingen zullen worden aangebracht,” legt Massimo uit. “LoRaWAN kan echter wel verdere verbeteringen in de software bieden, waardoor het zich kan aanpassen aan nieuwe markteisen.”

Voor sommige van deze veranderingen zijn software-updates nodig, maar deze zullen vooral gevolgen hebben voor gateways, zodat deze de nieuwe functies in pas ontwikkelde LoRa IoT-hardware kunnen ondersteunen. Andere werkzaamheden zijn gericht op het uitbreiden van wereldwijde ondersteuning zodat bandbreedte wettelijk beschikbaar is voor LoRa-netwerken

in meer landen.

“We onderzoeken ook manieren om samen te werken met andere radionormen, maar ook dit zal leiden tot veranderingen in de software en niet in de hardware,” voegt Massimo eraan toe.

Naadloze overgang van maker naar professional

Kijkend naar de markt lijkt LoRa absoluut de overhand te hebben wanneer het aansluit bij de eisen van de IoT-toepassing. Arduino erkent dat veel toepassingen beginnen met maker-hardware en biedt een competente combinatie van hardware en software voor skunkworks-projecten die de grenzen van de beschikbare technologie onderzoeken. Naarmate de oplossing zich verder ontwikkelt, bieden de Arduino Pro-hardware, WisGate-gateways en een overvloed aan software een pad naar een professionele LoRa-implementatie. Boven-

dien biedt Arduino een groeiende reeks aanvullende diensten via hun wereldwijde netwerk van partners die helpen met systeemintegratie en productie. En voor wie nog twijfelt aan de LPWAN-technologie, biedt LoRa stabiliteit dankzij de actieve alliantie van leden en de voortdurende ontwikkeling. 

220513-03 (vertaling: Willem den Hollander)

Over de auteur

Stuart Cording is ingenieur en journalist met meer dan 25 jaar ervaring in de elektronica-industrie. Je kunt veel van zijn Elektor-artikelen lezen op www.elektormagazine.com/cording.



Gerelateerde producten

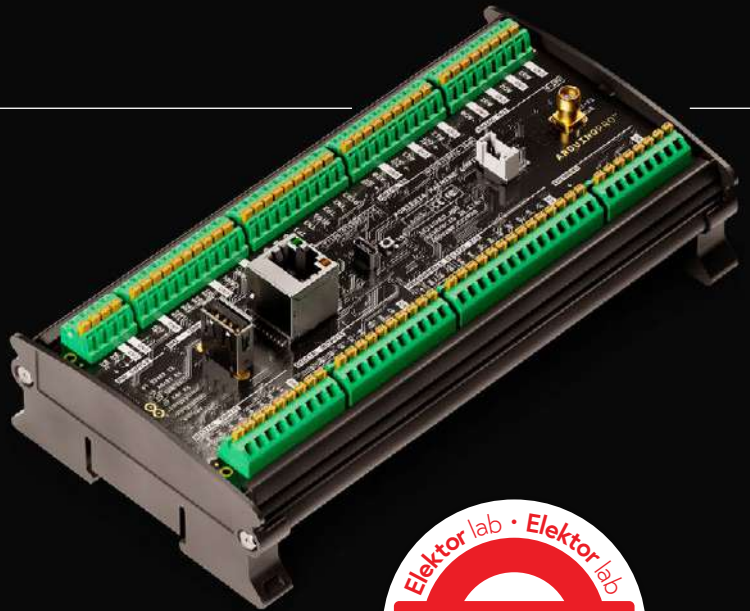
Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- **Arduino MKR WAN 1310**
www.elektormagazine.nl/arduino-mkrwan1310
- **Arduino Portenta Vision Shield LoRa**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-vision-shield-lora
- **Arduino WisGate Edge Lite 2**
www.elektormagazine.nl/arduino-wisgate-edge-lite
- **Arduino WisGate Edge Pro**
www.elektormagazine.nl/arduino-wisgate-edge-pro
- **C. Kühnel, Develop and Operate Your LoRaWAN IoT Nodes (Elektor 2022)**
www.elektor.nl/20147

WEBLINKS

- [1] GSMA, “Narrowband – Internet of Things (NB-IoT)”: <https://bit.ly/gsma-nb-iot>
- [2] u-blox, “Powering ten years of NB-IoT connectivity with a single battery,” 22 januari 2019: <https://bit.ly/ublox-nbiot>
- [3] Arduino, “WisGate Edge Gateways for LoRaWAN Connectivity”: <https://store.arduino.cc/pages/wisgate-lora-gateways>
- [4] Arduino Cloud: <https://docs.arduino.cc/arduino-cloud/>
- [5] S. Romero, “Image Classification with Edge Impulse,” Arduino, 21 september 2022: <https://bit.ly/arduino-nicla-vision>
- [6] S. Evans, “Google Cloud to Shut Down IoT Core Service,” IoT World Today, 23 augustus 2022: <https://bit.ly/google-cloud-iwt>
- [7] R. Daws, “Sigfox Enters Insolvency Proceedings Following Difficulties,” IoTnews, 27 januari 2022: <https://bit.ly/sigfox-iotnews>

Aan de slag met de Portenta Machine Control



Brian Tristram Williams (Elektor)

Arduino's hebben zich de afgelopen 15 jaar gevestigd als de boards bij uitstek voor het onderwijs en makers, met miljoenen verkochte exemplaren – en dat zonder de compatibele boards mee te tellen, dankzij de open-source filosofie van het ecosysteem. In 2020 werd het Arduino Pro-ecosysteem gelanceerd, gericht op de industriële/PLC-markt.

De Arduino Portenta H7

Omdat deze het hart vormt van de Arduino Portenta Machine Control, werpen we eerst een snelle blik werpen op dit eerste van de Arduino Pro-boards. De Portenta H7 dankt zijn suffix aan de ingebouwde STM32H747XI-microcontroller. Als Arduino-product onderscheidt het zich onmiddellijk als onderdeel van de Pro-lijn door de zwarte print. Met de Portenta H7 heeft Arduino een lange weg afgelegd sinds de Arduino Uno die in 2010 een groot succes was en die een 8bit-MCU op 16 MHz gebruikte. De Portenta H7 heeft twee kernen: een Arm Cortex-M7 op 480 MHz en een Arm Cortex-M4 op 240 MHz. Behalve de processor heeft het board nog enkele andere opvallende kenmerken:

- 16 MB flash-geheugen, 8 MB SDRAM
- WiFi en Bluetooth 4.1
- de STM32H7-MCU heeft een ingebouwde grafische engine
- de on-board USB-C connector ondersteunt DisplayPort video-uitvoer (met een resolutie tot 1280x720), waardoor een

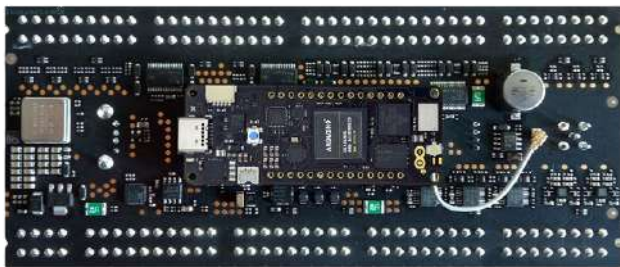
HMI (human-machine interface) voor je project onder handbereik komt zonder extra driver-hardware

Je kunt het bord nog steeds programmeren met de Arduino IDE, maar het platform biedt MicroPython en JavaScript *out of the box*. Met de twee kernen kun je dingen doen zoals de TensorFlow Lite-bibliotheek gebruiken voor machine vision, waarbij je objecten identificeert met de ene kern terwijl de MicroPython of JavaScript-interpretator je code verwerkt op de andere.

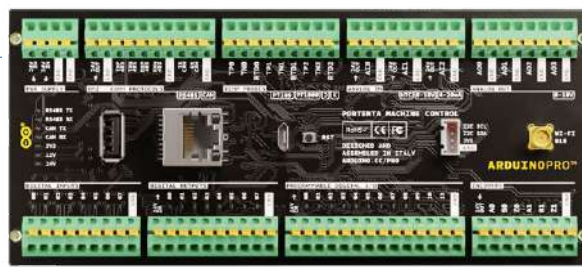
Het bord heeft twee 80-pins high-density connectoren aan de onderkant – niet zo hobbyist-vriendelijk als de female SIL-busstrips van de Uno, maar deze maken eveneens uitbreiding mogelijk via een Arduino Pro-selectie van 'shields' of, in het geval van de Portenta-familie, complete carrier boards zoals de Portenta Machine Control. Dat betekent niet dat standaard-headers met een steek van 2,54 mm onbruikbaar zijn – het board heeft nog steeds een MKR-compatibele pinout langs de randen, waar headers kunnen worden gesoldeerd om basisperiferie zoals analoge I/O en seriële bussen aan te sluiten. Voor wat hij kost, wil je met de H7 ongetwijfeld meer doen dan alleen de Blink-sketch draaien.

Portenta Machine Control

De Portenta Machine Control [1] is een op een DIN-rail monteerbaar carrier- en veelzijdig interfaceboard voor de Portenta H7; in feite wordt hij geleverd met een Portenta H7 aangesloten aan de onderkant van het board – en dat alles voor een prijs van 299 euro. We moesten de behuizing demonteren om de H7 te vinden, maar hij is er, aangesloten via de eerder genoemde high-density connectoren van de H7 (**figuur 1**). Helaas betekent het feit dat de H7 is ingebed in de ingewanden van de Machine Control dat zijn USB-C connector niet gemakkelijk toegankelijk is, dus die handige DisplayPort-toepassingen zullen niet zo eenvoudig realiseerbaar zijn. Bovendien is de H7 die wordt geleverd in de Machine Control nauw gekoppeld aan het carrier-board, dus Arduino raadt niet aan de twee te scheiden en te proberen de H7 stand-alone te gebruiken – in feite, zeggen ze, kan dan de garantie vervallen. Net als de H7 heeft de Portenta Machine Control het eigen kleur-



Figuur 1. De Arduino Portenta H7 aan de onderzijde van de Portenta Machine Control.



Figuur 2. Arduino Pro Portenta Machine Control.

schema van Arduino Pro (zwart en olijfgroen), net als de doos waarin hij wordt geleverd.

Met afmetingen van 50 × 90 mm biedt het Machine Control-board een indrukwekkende reeks I/O's via meer dan 80 groene push-in klemmen, onderverdeeld in 9 verschillende secties (**figuur 2**). Met de klok mee, linksboven beginnend, hebben we:

- voeding: 2 × 24 V-ingangen, met bijbehorende massa-aansluitingen
- communicatieprotocollen: gebalanceerd RS-485 (of -422 of -232) en CAN
- speciale ingangen voor temperatuursensoren, wat PT100/PT1000/I/K exemplaren kunnen zijn
- drie analoge ingangen, geschikt voor NTC's, 0-10 V, 4-20 mA, met voor elke ingang een bijbehorende 24V-uitgang en massa
- vier analoge 0-10V uitgangen
- encoders
- programmeerbare digitale I/O – net als bij de traditionele Arduino bepaal je in de software of dit in- dan wel uitgangen zijn
- digitale uitgangen
- digitale ingangen

Tussen de rijen push-in klemmen is in het midden van het board nog wat meer algemene I/O gepropt, waaronder:

- een nette rij LED's aan de linkerkant geeft direct aan of er activiteit is op de RS-485- en CAN-bussen, en of de voedingsspanningen van 3,3, 12 en 24 V aanliggen
- full-speed female USB-A connector, die kan worden gebruikt als host of device
- Ethernet-connector met ingebouwde transformator
- female micro-USB half-speed connector – de Portenta H7 kan via deze worden geprogrammeerd
- een reset-knop
- I²C op een Grove-connector
- SMA -connector voor WiFi en Bluetooth (naar buiten gevoerd vanaf de RF-connector van de H7)

Vreemd genoeg wordt het massageproduceerde werkpaard niet inclusief antenne geleverd, maar de SMA-connector biedt de flexibiliteit om een on-device antenne te gebruiken of er een op een beter geschikte plek in de buurt te monteren.

Met de beschikbare Ethernet-aansluiting kun je er natuurlijk ook voor kiezen de ether in je industriële omgeving vrij te houden door geen WiFi maar een bedrade netwerkverbinding te gebruiken.

De plastic DIN-rail bevestiging/behuizing voelt niet zo stevig aan als

je zou verwachten van een typische PLC, maar dit reduceert gewicht tot minder dan 200 gram.

De Portenta Machine Control slaagt erin twee werelden te combineren: hij brengt IoT-mogelijkheden naar stand-alone industriële machines, omzeilt het gebruik van traditionele PLC's, en biedt meerdere ontwikkelomgevingen die een lagere toegangdrempel bieden voor wie niet 8 uur per dag bezig is met het schrijven van industriële automatiseringssoftware.

De overvloed aan in- en uitgangen betekent dat de oplossing waarschijnlijk aangesloten kan worden op elke sensor of uitgang in een productieketen zonder extra elektronica. Voor de prijs krijg je dus een drop-in hardware-oplossing met flexibele programmeeropties in diverse talen en ontwikkelomgevingen, en de mogelijkheid om twee razendsnelle kernen onafhankelijk en gelijktijdig te laten werken, waarbij beide toegang hebben tot alle beschikbare bronnen. ◀

220532-03

Vragen of opmerkingen?

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



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel zijn genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-h7
- **Arduino Portenta Machine Control**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-machine-control

WEBLINK

- [1] Arduino Portenta Machine Control product-datasheet:
<https://content.arduino.cc/assets/AKX00032-datasheets.pdf>

8bit- gaming met Arduboy



Arduboy FX.

David Cuartielles (Arduino)

Begin 2014 bouwde Kevin Bates het prototype van het Arduboy-spelsysteem met Arduino. Een jaar later startte hij een Kickstarter-campagne, en de rest is geschiedenis.

David Cuartielles: Kun je eerst iets over jezelf en je interesses vertellen, voordat we het over de Arduboy en zijn geschiedenis gaan hebben? Wanneer ben je begonnen met elektronica? En sinds wanneer doe je dat met Arduino?

Kevin Bates: Ik heb het altijd leuk gevonden om dingen uit elkaar te halen en weer in elkaar te zetten. Mijn eigen PC bouwen als tiener was mijn eerste

praktische ervaring met elektronica, en daarbij experimenteerde ik met overklocken en case-modding.

Ik werkte als windturbinemonteur. Ik vloog naar verschillende windturbineparken in de Verenigde Staten en Canada als het team ter plaatse hulp nodig had. Dan spoorde ik problemen in de turbines op. Als kind had ik veel van die elektronica-experimentendozen met die kleine contactveertjes voor de componenten. Ik had al eerder FM-radio gemaakt, maar voor dit werk had ik een officiële opleiding in het lezen van schema's nodig en leerde ik de wet van Ohm te respecteren, want als je fouten maakt met zo'n turbine, dan komt er wel iets meer vrij dan een wolkje 'magische rook'. Tot mijn verbazing bleken die enorme, kostbare machines vaak met een 8bits-microcontroller te werken. In diezelfde tijd (2008...2009) begon Arduino populair te worden en ik dacht: "Wow, hoef je echt alleen maar een USB-kabel aan te sluiten om die te laten werken?" Ik kon echt niet geloven dat het zo gemakkelijk zou zijn. Na de kick van mijn eerste blink-sketch was ik compleet verslaafd.

Cuartielles: Vertel eens over het prototype van Arduboy, dat begin 2014 viraal ging. Wat waren de eigenschappen van de originele Arduboy? Hoe



Figuur 1. Kevin Bates.

heeft Arduino geholpen bij het maken van het eerste model?

Bates: Ik wilde eigenlijk een digitaal visitekaartje maken in de vorm van een klein printje. Dat was geen echt nieuw idee. Er was al zoiets met een USB-connector en een simpel script dat een CV afdrukte en een website opende. Mijn eerste plan was om een simpel Simon Says-spel te bouwen met vier LED's en aanraakvlakjes. Ik had nog een OLED-display van een ander project en dat bleek te werken op de lage spanning van een knoopcel. Dat leek me heel leuk, maar er waren wel besturingselementen nodig, dus ik voegde richtingstoetsen, een OK- en een Cancel-knop toe (**figuur 2**). Ik was nog bezig met het schema, en pas toen ik ging onderzoeken hoe ik de componenten zou moeten plaatsen, en kwam ik op het idee voor de vorm van het geheel.

De grote truc, dat wat maakte dat het viraal ging, was het feit dat ik uitsparingen in de print gebruikte om alle componenten in het vlak van de print te houden. De knoppen waren capacitief dus het hele apparaat was niet veel dikker dan de 1,6 mm van de print. Ik kwam op het idee om de componenten zo te monteren, toen een condensator in een gat van een print was verdwenen (**figuur 3**).

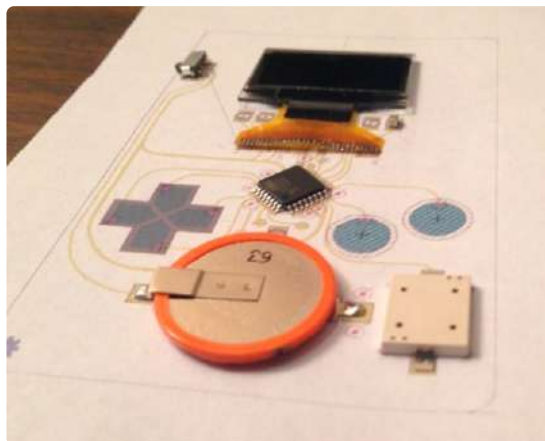
De open source-community rondom Arduino heeft dit echt ondersteund. Ik heb veel geleerd van de board-files, schema's en broncode die bij online-verkopers te vinden zijn. Arduino biedt software en een platform dat "gewoon werkt". Ik heb niet het geduld om traditioneel te bouwen. Als ik bij iemands code-repository lees dat je Make moet gebruiken en allerlei afhankelijkheden moet installeren, word ik al misselijk. Bij Arduino heb je dat niet. Als je foutmeldingen krijgt, ga je gewoon naar Google. Het werkt gewoon (**figuur 4**). Ik kreeg ook de kans om een paar van de oprichters te ontmoeten, en dat waren geweldig vriendelijke mensen!

Cuartielles: Je bent in mei 2015 een Kickstarter-campagne gestart. Hoe ging dat? Wat waren de resultaten? Wanneer begon je te leveren?

Bates: Wauw! Dat is lang geleden. Het ging geweldig, ik heb bijna een half miljoen dollar opgehaald. Ik werd overspoeld! De druk om te leveren aan bijna tienduizend mensen bracht me aan het twijfelen over het uiteindelijke ontwerp. Ik heb een half jaar lang gezocht naar een betere audioversterker, het hele ontwerp ging op de helling.

Maar de community heeft me de hele tijd geholpen. Het ontwikkelproces was voor iedereen te volgen en er zijn geweldige mensen op de Arduboy-forums die me hebben ondersteund. Ik ben ze veel dank verschuldigd, want zonder die ondersteuning zou Arduboy nooit geworden zijn wat het nu is.

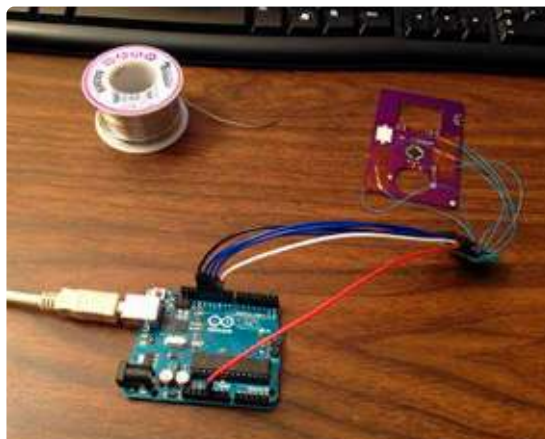
Uiteindelijk begon ik ongeveer een jaar na afloop van de Kickstarter-campagne te leveren, dat had tweemaal zo lang geduurd als verwacht. Maar het uiteindelijke product maakte het allemaal de moeite waard. Iedereen was blij met de resultaten. Het was een fijne en indrukwekkende ervaring voor me. Ik heb zelf in China de ontwikkeling gedaan. Dankzij alle ondersteuning was dat allemaal mogelijk.



Figuur 2. Prototype van de Arduboy.



Figuur 3. Print met uitsparingen.



Figuur 4. Aan het werk met Arduino.

Figure 5. De Arduboy Nano.



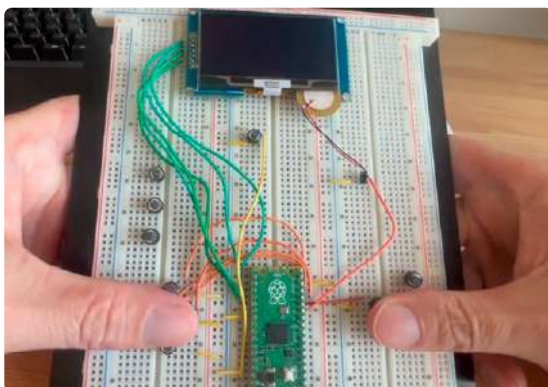
Cuartielles: Je hebt heel vaak veranderingen aangebracht in het console. Hoe veel verschillende versies heb je gemaakt?

Bates: Dat is een leuke vraag! Ik voel me vaak als een artiest die enorm succes heeft gehad met zijn debuutalbum en nu een tweede moet maken. Je zit te hopen dat er een wonder gebeurt. Ik zag de Arduboy nooit als een product, dus nu zit ik opeens in een heel andere situatie.

Figuur 6. Arduboy-hardware in een bril.



Figuur 7. Knutselen met de RP2040.



Het hele idee achter de Arduboy was om een minimaal maar werkend spelplatform te maken. Dat is volgens mij heel goed gelukt, maar wat is dan de volgende stap? Hoe kun je 'nog minimaler' worden?

Zodra ik nieuwe functies ga toevoegen, gaat het concurreren met andere platforms of het wordt te duur of onpraktisch om op kleine tot middelgrote schaal te fabriceren. Dit soort van beslissingen heeft me lange tijd verlamd bij het oplossen van problemen. Sinds een paar jaar heb ik me daaraan onttrokken. Ik ben weer gaan doen wat ik leuk vind: gewoon iets maken voor de lol, net als toen ik het eerste Arduboy-prototype bouwde. Je kunt het proces volgen via Twitter: <https://twitter.com/bateskecom>.

Dus zo ben ik aan de slag gegaan om iets zo klein mogelijk te maken. Ik heb ontwerptechnieken geleend van een vriend bij Tiny Circuits om de Arduboy Nano te maken, een 3D-geprint spelsysteem dat op een munt paste (figuur 5). Het gebruikt een kleiner display van maar 32×48 pixels, maar werkte met dezelfde display-controller, dus er waren maar kleine aanpassingen nodig aan de library. Ik had al een paar jaar gewerkt met een transparant OLED-scherm, en met wat hulp van mensen op Twitter lukte het me om die in een bril in te bouwen met een 3D-geprint montuur. Hij wordt aangestuurd met de Arduboy-hardware, die in één van de poten zit (figuur 6).

Daarna ben ik gaan knutselen met de RP2040 om te leren wat die kan en wat voor soort display daarbij zou passen (figuur 7). Er is een grotere 2,3"-versie van de OLED in de Arduboy, dus die heb ik geprobeerd en hij levert veel betere prestaties dan de 32U4.

Ik heb een account voor Fusion 360 gekocht en ben gaan spelen met ontwerpideeën voor een nieuwe behuizing voor de nieuwe hardware. In die tijd ontdekte ik ook een nieuwe displaymodule. De translatieve displays zijn nu gangbaarder geworden en het Playdate-console maakt 400×240 monochroom een 'formaat' voor spellen. Dat biedt veel mogelijkheden voor nieuwe ontwikkelingen.

Omdat minimum bestelhoeveelheden voor in spuitgiettechniek gemaakte onderdelen heel lastig zijn, ben ik op zoek gegaan naar een bestaand ontwerp dat betaalbaar is en overal verkrijgbaar. Dus ik probeer alles in een stuk plastic te proppen dat is ontworpen en geproduceerd door iemand anders.

Tenslotte ben ik ook helemaal opnieuw begonnen met een door Super Impulse gelicenseerd product om de Micro Arcade te maken en het inwendige te gebruiken voor een RP2040-console, met kleurenscherm en in het bekende creditcard-formaat (figuur 8). Er



Figuur 8. RP2040-console.

zijn al mensen die Doom draaien op deze chip, dus binnenkort kun je misschien wel Doom in je portemonnee hebben. Het is allemaal te volgen via mijn Patreon-pagina, waar ik al mijn prototypen deel en extra printen en onderdelen verstuur: patreon.com/bateskecom (figuur 9).

Cuartielles: Je hebt een hele community achter dat console. Wat zijn de belangrijkste bijdragen die ze hebben geleverd?

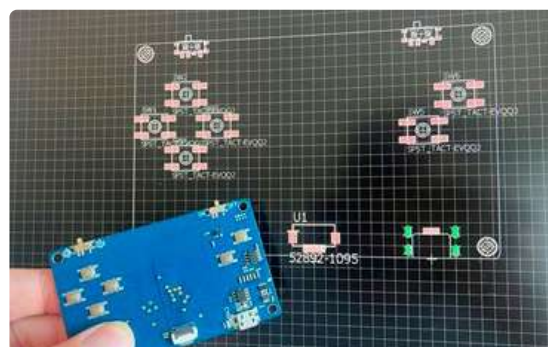
Bates: De Arduboy-community is alles. Alles behalve de eigenlijke layout van de print en de website is bijgedragen door iemand anders, zo ver gaat het. In het begin deelde ik de hardware-ontwikkelkits en kreeg ik feedback. De schema's werden aangepast aan de hand van suggesties van gebruikers. De library is helemaal herschreven, geoptimaliseerd en aangepast door de gebruikers. We halen nu 60 fps met meer dan honderd bitmaps op het scherm.

Alle games zijn gemaakt door leden van de community. Gebruikers hebben tutorials geschreven waarin beginners stap voor stap wordt uitgelegd hoe ze hun eigen spel kunnen coderen. Er is 24/7 ondersteuning voor techniek en codering, vaak in verschillende talen. Er is een emulator van de hardware gemaakt, die nu werkt als een manier om het Arduboy-platform te ervaren zonder de hardware. Gebruikers uit de community kunnen Arduboy-games spelen in de browser. De community kwam met de hardware-aanpassing voor het toevoegen van extern flashgeheugen, die is meegenomen in een mod-chip om alle Arduboy-games in te bouwen in de huidige Arduboy FX.

Arduboy heeft nog steeds het vermogen om het leven van mensen te veranderen met een open, creatieve ruimte om te leren videospelletjes te coderen en hardware te ontwikkelen, allemaal dankzij de ondersteuning van de mensen op het forum. Ik ben ze heel dankbaar en grijp elke kans aan om ze te bedanken. Ik heb hun namen op de achterkant van de Arduboy-print gezet, en onlangs heb ik hun graffiti-tags geplaatst op de achterkant van het nieuwste project: de Arduboy Mini (figuur 10). Meer informatie daarover is te vinden op: arduboy.com/mini.

Cuartielles: Heb je een favoriet Arduboy-game?

Bates: Mag ik mijn eigen spel kiezen: *New Blocks on the Kid*? Een rechtenvrij spel met vallende blokken? Eerlijk gezegd denk ik dat het beste spel voor de Arduboy Circuit Dude is, dat nu ook beschikbaar is op mobiel, PC



Figuur 9. Nog een prototype.



*Het hele idee achter de
Arduboy was om een
minimaal maar werkend
spelplatform te maken.*

en de Nintendo Switch. Het is interessant om te zien hoe succesvol het is. Eigenlijk is het niet zo ingewikkeld. En *Snelk* is een remake van *Snake*, een klassieker.

Cuartielles: Waar sta je nu? Hoeveel mensen zijn er betrokken bij het maken van de consoles?

Bates: Nou, ik ben er nog altijd. En Arduboy ook. Binnenkort is hij 9 jaar oud! Ik werk nu vanuit San Francisco, het is wel raar om niet meer op reis te zijn. Ik dacht eerst dat ik wel elk jaar een keer in China zou zijn. Veel is veranderd, maar er is ook veel hetzelfde gebleven. Ik run het bedrijf alleen. Ik heb wel ooit medewerkers en inhuurkrachten gehad, maar ik sta alleen aan het roer. Als ik per ongeluk 'wij' zeg, dan is dat de koninklijke meervoudsvorm en ik heb het over het werk uit de community. Seeed Studio produceert nog steeds de Arduboy FX. Ze hebben de assemblage uitbesteed aan een fabriek. Ik zou er graag weer eens naartoe willen, het is fijn om te kunnen lunchen met de mensen die het echte werk doen.

Cuartielles: Voor welke uitdagingen sta je op dit moment? De afgelopen drie jaar is de verkrijgbaarheid van componenten erg lastig geweest. Hoe wil je daar in de toekomst mee omgaan?

Bates: Naast alle pogingen om tot een nieuw product te komen, doe ik vooral de gewone bedrijfsdingen. Ik doe al het back office-werk, belasting, administratie, dat gaat allemaal ten koste van mijn tijd om leuke dingen te doen.

Gelukkig doet Seeed Studio het moeilijkste werk: de inkoop van componenten. Zij vertellen me gewoon hoe lang de productie zal kosten, vaak wel negen maanden tot een jaar. En dat is dan weer lastig om uit te leggen aan klanten. Deze laatste partij is gered

door de mensen bij Arduino die zo vriendelijk waren om we wat chips te leveren die ze in voorraad hadden. Voor hen was het klein bier, maar 1000 uitgeleverde Arduboy's maakt voor mij een groot verschil. Dus ook aan hen ben ik veel dank verschuldigd!

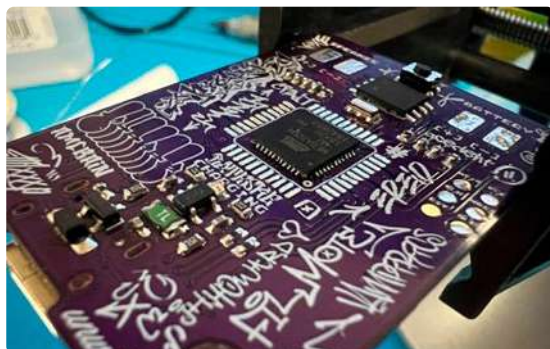
Arduboy heeft altijd last gehad van het probleem dat we niet voldoende materiaal hadden om aan de vraag te voldoen. Ik heb nog nooit een voorraad kunnen opbouwen, dus wat dat betreft is er niet veel veranderd. De politieke situatie is er niet op vooruit gegaan sinds ik ben begonnen, dus nu zit ik met 25% invoerbelasting. Dat komt allemaal uit mijn eigen zak. Gelukkig had mijn bedrijf een geweldige start en daardoor heb ik een gevestigde naam en aanwezigheid op de markt. Ik was op het juiste moment op de juiste plaats. Het zou onmogelijk zijn om Arduboy vandaag te starten. Zoals ik al zei: ik ben er nog steeds... en dus moet ik wel doorgaan!

Cuartielles: Wat staat er op dit moment op het programma?

Bates: Ik probeer een grotere vraag, een groter probleem, op te lossen. Arduboy heeft mijn stoutste dromen overtroffen, en er zijn tientallen voorbeelden van mensen voor wie Arduboy hun leven heeft veranderd. Ik heb mailtjes van mensen die me vertellen hoe ze hun droom hebben waargemaakt en professionele game-ontwikkelaars zijn geworden nadat ze waren gestart met het coderen van hun eerste spel met de Arduboy. En dat is vaker gebeurd: mensen hebben de console ontdekt, hebben er niet alleen plezier in maar hebben ook hun leven verbeterd.

Dat is wat ik probeer te begrijpen en vast te pakken... om het op te schalen. Hoe kan ik, in de wereld van vandaag met zo veel problemen, rechtvaardigen dat ik werk aan een klein videospelsysteem? Ik denk dat het leren coderen van spelletjes je vaardigheden bijbrengt als het oplossen van problemen, kritisch denken en communicatieve vaardigheden als je samenwerkt met andere mensen. Dat zijn de zogenaamde 'soft skills' die volgens mij het belangrijkste zijn om te leren, maar op school leer je die niet.

Dus, hoe kan ik dat wat ik heb gevonden en wat werkt, dit platform voor open source-ontwikkeling van games, meer toegankelijk maken? Op dit moment is het gemakkelijke antwoord om het goedkoper te maken, en de eerste stap daarin is de Arduboy Mini. Het is gemakkelijker om een klas daarmee uit te rusten



Figuur 10. Arduboy Mini.

dan met duurder spul.

Ik werk door aan de emulator die de community heeft gebouwd. Ik wil proberen een manier te vinden om het platform te promoten zonder de hardware. Als we van de emulator een app kunnen maken, die draait op mobiel en op Chrome-apparaten met een ingebouwd curriculum zou dat de ultieme evolutie zijn van wat ik ben begonnen.

Maar dat is wel een heel grote droom, dus ik denk dat ik op zoek moet naar partners om daar samen aan te werken, misschien mensen die al met dat soort dingen bezig zijn, waar ik bij zou kunnen aansluiten. Als je snel wilt gaan, moet je alleen gaan, als je ver wilt komen, moet je samen gaan. Ik ben ongeveer zo snel gegaan als maar mogelijk is, maar volgend jaar word ik 40, ik wil ook gaan nadenken over wat ik achterlaat. Ik probeer uit te vinden hoe ik van Arduboy iets kan maken dat ik kan achterlaten in de wetenschap dat ik er alles uitgehaald heb wat er in zat. Ik wil ook de markt voor grafische rekenmachines op zijn kop zetten, maar dat is weer een heel ander verhaal. ◀

220543-03 (vertaling: Evelien Snel)

Over de auteur

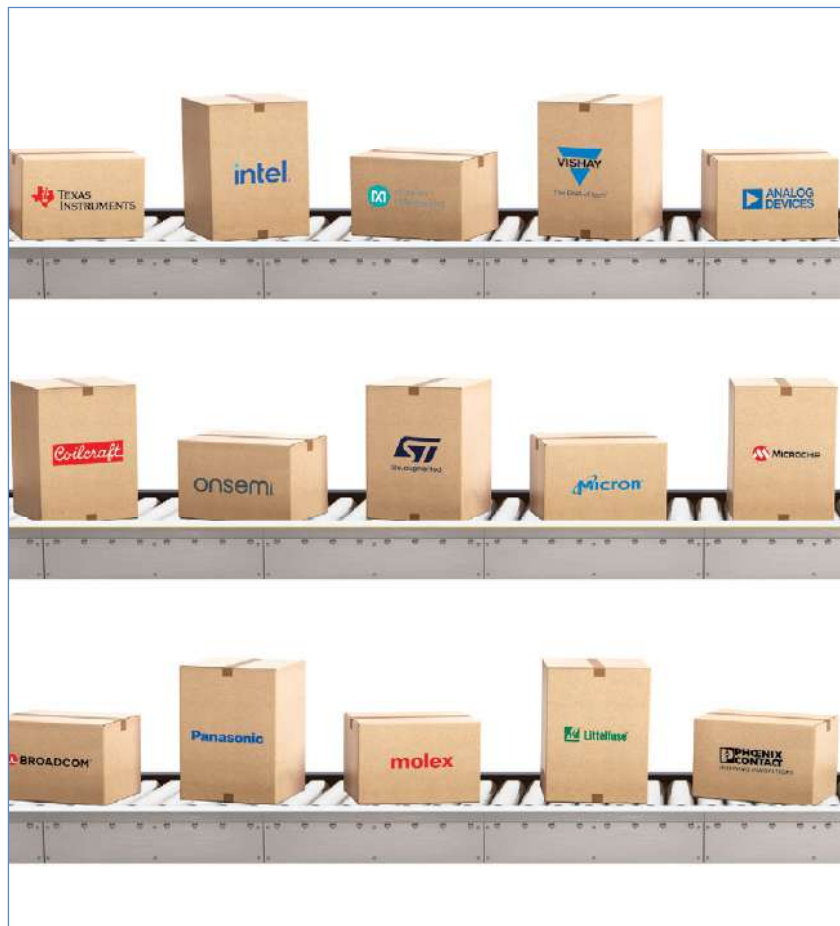
David Cuartielles is medeoprichter van Arduino. Hij heeft een PhD in Interaction Design en een MSc in Telecommunications Engineering, en geeft les aan de Malmö University.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de producten in dit artikel?
Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduboy FX - Open Source Card-Sized Gaming Board**
www.elektormagazine.nl/arduino-arduboy
- > **Arduino Nano 33**
www.elektormagazine.nl/arduino-nano33
- > **Nano RP2040 Connect**
www.elektormagazine.nl/arduino-nano-rp2040-connect



Levert meer

De breedste selectie
halfgeleiders en
elektronische componenten
op voorraad, klaar voor
verzending™

mouser.nl



**MOUSER
ELECTRONICS**

Spaar water op de paardenrenbaan

meet continu de bodemvochtigheid en temperatuurniveau via IoT

David Cuartielles (Arduino)

Voor paardenraces moest de renbaan altijd 'met de hand' in conditie worden gehouden, waarbij deskundige zorg van bekwaam onderhoudspersoneel nodig was. Maar het bleek onmogelijk om alles overal en gelijktijdig te controleren. Anders Åkerberg, Project Manager bij de Jägersro paardenrenbaan, nam contact op met Arduino om slimmere oplossingen te vinden.

De Jägersro paardenrenbaan, waarschijnlijk de belangrijkste in het zuiden van Scandinavië, diende te bezuinigen op het waterverbruik. Anders Åkerberg nam contact met ons op om te overleggen hoe dit op een slimme manier kon worden gedaan. "Uiteraard zijn we geïnteresseerd in het zo milieuvriendelijk mogelijk maken van onze renbaan. We hebben nu een expert die de arena controleert en beslist wanneer de sproeimachine van stal moet worden gehaald, om zo de bodemvochtigheid op peil te houden. Er komen veel variabelen om de hoek kijken bij zo'n beslissing, zoals de helling van de verschillende delen van de baan, de temperatuurverschillen als gevolg van de stand van de zon, en zelfs hoe de wind over de baan waait. Er zijn simpelweg te veel externe factoren om rekening mee te houden." Wat aanvankelijk een eenvoudig automatiseringsproces leek, liep daarom uit op een zeer interessant project, waarbij het gebruik van de Arduino Portenta H7 als een on-site datacollector-tool dat ook besluiten neemt, werd onderzocht. Dit artikel beschrijft de eerste stappen die we bij dit project hebben gezet, evenals de soorten sensoren die voor het project zijn gekozen, en waarom. Alle hier beschreven ervaringen kunnen worden toegepast op veel andere IoT-projecten, van renbanen met echt gras tot akkers die zorgvuldig moeten worden geïrrigeerd voor het telen van groenten.

Achtergrond

In 2017 werd besloten om een nieuwe drafportfaciliteit te bouwen in Malmö, Zweden (**figuur 1**), ter vervanging van de bestaande renbaan, die niet voldeed aan de verwachtingen van jockeys, paarden, toeschouwers en zelfs de omwonenden, van wat een moderne sportfaciliteit zou moeten zijn. Het plan omvat een herontwerp van het hele complex, dat in 2025 klaar moet zijn.

Draverij is een veel beoefende sport in Zweden en Ierland. Er zijn verschillende vormen; jockeys kunnen de paarden direct berijden, of ze kunnen in een 'sulky' zitten die door een paard wordt getrokken in wat bekend staat als *harness racing*. Ongeacht de sport, de arena is hetzelfde. Deze bestaat uit een 1000 meter lange renbaan van natuurlijke materialen zoals zand en gravel, en steentjes in verschillende maten. De kwaliteit van de baan wordt gecontroleerd door speciaal aangesteld personeel, dat de baanconditie voortdurend bewaakt en in stand houdt.

Een van de belangrijkste zaken daarbij is de vochtigheid van de drafbaan. Om de impact op de hoeven en benen van de paarden te minimaliseren mag deze niet te nat of te droog zijn. Het effect van goed bewaterd gravel wordt *damping* genoemd die, mede door het gewicht van de paarden, het vochtige gravel doet veranderen in een soort mengeling van veren en schokdempers. De kwaliteit van de drafbaan

is continu een bron van controverse tussen de gebruikers en het onderhoudspersoneel van de baan. Tot nu toe worden draagbare meetapparaten gebruikt die, samen met de observaties van de expert, het optimale vochtgehalte van de baan bepalen. Irrigatie gebeurt met behulp van een speciale tractor met watersproei-ers. Een dergelijke situatie biedt goede uitgangspunten voor mogelijke computerisering, om daarmee de baanexpert te helpen sneller en betere informatie te krijgen, en een uniforme en voorspelbare baankwaliteit te garanderen. Theoretisch moet dit ook leiden tot een vermindering van het waterverbruik van de drafbaan, door een nauwkeurigere bepaling van de sproeilocaties en de benodigde hoeveelheid water.

Het probleem

De echte uitdaging ligt in het nauwkeurig bepalen van de juiste hoeveelheid water die voor elk deel van de baan moet worden gebruikt. De aard van een drafbaan is hier debet aan, want:

- het binnenste spoor en de bochten hebben verschillende hellingen (2 graden versus 18);
- het is onmogelijk om de gravellagen op het oppervlak van de baan een exact identieke dikte en samenstelling te geven;
- en zelfs als dat zou kunnen, zouden de paarden de baan kapot maken zodra ze hun eerste race liepen;
- de oriëntatie van de baan zorgt voor niet-uniforme zoninval (met verschil in verdamping);
- de wind beïnvloedt de omstandigheden op onvoorspelbare wijze;
- periodiek, of in opdracht van de baanbeheerder, wordt het oppervlak 'geschaafd' en wordt een paar centimeter gravel verwijderd en vervangen.

De oplossing

Zoals je je kunt voorstellen zijn de variabelen, die van invloed zijn op de kwaliteit van de renbaan, veel te talrijk om de vraag te beantwoorden waar de baan moet worden bewaterd, en wanneer technieken zoals computer vision moeten worden gebruikt. De betrouwbaarste manier om erachter te komen waar de renbaan besproeid moet worden vereist de installatie van een permanent sensornetwerk onder de dunne gravel-toplaag van de baan. Na het ophalen van de data moet het mogelijk zijn om de drafbaan te modelleren en het vochtgehalte te bepalen. Dit project kijkt naar die eerste fase. Ons doel is om een 'connected' drafbaan te creëren waarbij in real time de vochtigheidsgraad op meerdere plekken tegelijk wordt bepaald.

Ons plan is het bouwen van een systeem dat zal worden gebruikt om de kwantitatieve gegevens van de renbaan (vochtigheid en temperatuur) te monitoren en te correleren met waarnemingen door de baanbe-



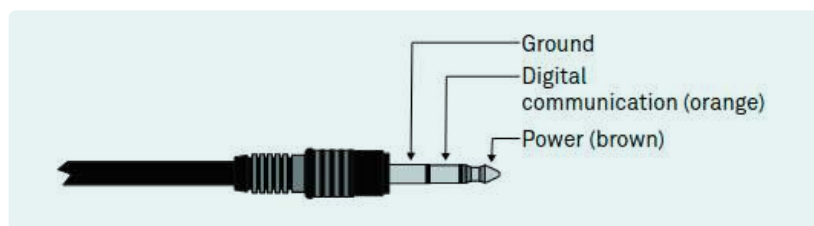
heerders. Zoals hierboven al aangegeven, kan worden verwacht dat vergelijkbare sensorinformatie, afkomstig van verschillende punten op de baan, zal resulteren in verschillende kwaliteitsindicaties. Het is dus belangrijk om erachter te komen hoe je een systeem kunt trainen dat in staat is om de baanbeheerder te voorzien van gegevens op een manier waar hij iets aan heeft, en niet domweg van de ruwe sensorwaarden. Idealiter zou het systeem in staat moeten zijn om de tijd te verkorten die voorheen nodig was om over de baan te lopen om gegevens te verzamelen. En dat beslissingen nu kunnen worden genomen door simpelweg naar een visuele weergave van de baan te kijken.

Voor Anders was dit de eerste stap naar de automatisering van het bewateringssysteem en de vermindering van het waterverbruik van de arena, terwijl de conditie van de drafbaan werd verbeterd door deze zo uniform mogelijk te houden. Voor mij is dit project de kans om een aantal complexe technologieën uit te proberen. En dan heb ik het over niet-triviale, dure sensoren (kosten tussen de € 150 en € 350 per stuk). Ten behoeve van dit artikel heb ik een sensorfamilie onderzocht die al een tijdje bestaat, maar die doorgaans voor de meesten van ons niet haalbaar is. Hieronder beschrijf ik de eerste stappen van dit project als voorbeeld hoe anderen een vergelijkbare aanpak zouden kunnen kiezen. Dezelfde technologie zou namelijk kunnen worden toegepast bij smart agriculture, het onderhoud van grasvelden voor sport, detectie van lekkages van vloeistoffen... in wezen bij elk soort project dat te maken heeft met water en bodem van welke aard dan ook.

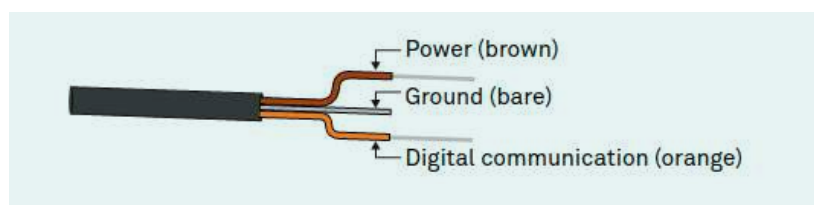
De ultieme oplossing, eentje die de hele baan bestrijkt, zal een nog nader te bepalen aantal sensoren en Arduino Portenta H7-boards bevatten. Een deel van het onderzoek dat wordt gedaan betreft inzicht in hoeveel meter afstand er moet zijn tussen de sensorpunten. Het is ook onduidelijk of we op verschillende punten op de baan moeten meten of, omdat deze naar de binnenzijde afloopt, het voldoende kan zijn om een enkel meetpunt te gebruiken. Aan de andere kant zou het kunnen dat er sensoren nodig zijn met tot 70 meter lange kabels, wat de sensoren nog duurder maakt.



Figuur 1. Het terrein voor de nieuwe Jägersrorenbaan (bron: Jägersro Hästcenter).



Figuur 2a. Jack-connector (bron: METER Group, TEROS 11 Integrator Guide).



Figuur 2b. Kale vertinde aansluitdraden (bron: METER Group, TEROS 11 Integrator Guide).

Tabel 1. Vergelijking van de belangrijkste sensor-eigenschappen.

Eigenschap	TEROS 10	TEROS 11	TEROS 21
Resolutie	0,001 m ³ /m ³	0,001 m ³ /m ³	
Temperatuur	-40 ... 60 °C	-40 ... 60 °C	-40 ... 60 °C
Type meting	vochtigheid	vochtigheid, temperatuur	waterpotentiaal, temperatuur
Analoge sensor	1 ... 2.5 V	1 ... 2.5 V	
Communicatie protocol	analoog uit	DDI of SDI-12 serieel	DDI of SDI-12 serieel
Volume influence	430 ml	1010 ml	
Frequentie	70 MHz	70 MHz	70 MHz
Voeding	3 ... 15 VDC	3 ... 15 VDC	3,6 ... 15 VDC

Want die moeten in de fabriek met de hand worden gekalibreerd, en ze zijn meestal niet ontworpen voor een dergelijke lange bekabeling.

Waterpotentiaal

Eén relevant concept dat ik leerde kennen tijdens het vooronderzoek voor dit project is de 'waterpotentiaal'. Om beter te begrijpen wat dit betekent moet je denken in termen van thermodynamica. Overtollige warmte stroomt altijd op zo'n manier dat twee rakende oppervlakken een gelijke temperatuur krijgen. Waterpotentiaal kan op dezelfde manier worden gezien: water zal van gebieden met een hogere waterpotentiaal naar gebieden met een lagere waterpotentiaal stromen. Vanuit dat perspectief kunnen we de waterpotentiaal niet als een absolute grootheid meten, het moet worden geïnterpreteerd als een relatieve grootheid. Zuiver water levert de referentiewaarde voor deze potentiaal. Het voorkomen van verschillende oplosmiddelen in het water, of wanneer het water door de hele bodem verdeeld is, leidt tot een verandering in de waterpotentiaal. Wanneer je dus op het punt staat om in de datasheets van een high-end bodemvoch-

tigheidssensor te duiken, is het belangrijk om dit in gedachten te houden.

De sensoren

Voor dit artikel heb ik enkele sensoren uit de TEROS-familie van de METER Group vergeleken. Deze sensoren bestaan al een tijdje (het bedrijf heette voorheen Decagon). Het zijn digitale sensoren: ze hebben een microcontroller op de sensor die metingen uitvoert en de informatie terugstuurt naar een ander apparaat, in analoge of digitale vorm. De meeste bedrijven die dergelijke sensoren verkopen, leveren ook handeld dataloggers voor gebruik in het veld. Daarom is het mogelijk om deze sensoren met een gebruiksvriendelijke jack-connector te krijgen, of met gestripte en netjes vertinde uiteinden, zoals te zien in **figuur 2a** en **2b**.

Ik denk dat de meeste lezers bekend zijn met goedkope bodemvochtigheidssensoren, die de bodemgeleiding of bodemcapaciteit meten. Ze zijn er in de vorm van een vork met één tot drie tanden, en leveren een signaal dat eenvoudig kan worden ingelezen via een analoge poort op een microcontroller-board. Deze goedkopere sensoren zijn geweldig voor gebruik binnenshuis, en voor projecten waar ze gemakkelijk kunnen worden vervangen indien ze niet werken. Maar ze ingraven en dan hopen dat ze winterse onder-nul-temperaturen overleven, of de niet aflatende mechanische belasting als gevolg van bewegend gravel, getuigt niet van veel realiteitszin. Aan de meer professionele kant van het spectrum vinden we de sensoren die ik voor evaluatiedoeleinden heb gekozen. Er zijn twee verschillende families van sensoren, namelijk die met metalen uiteinden en die welke piëzo-elektrische technologie gebruiken.

Tabel 1 toont enkele basisspecificaties van sensoren, gewoon om je een idee te geven wat ze kunnen. Als je meer informatie wilt, kun je de datasheets via de weblinks downloaden.

De sensoren TEROS 10 (**figuur 3**) en TEROS 11 (**figuur 4**) gebruiken dezelfde technologie voor de vochtigheidsberekening, en zijn dus identiek als het gaat om wat ze kunnen. Met uitzondering van het oppervlak dat ze bestrijken (bekend als *volume influence*), die meer dan het dubbele is voor de TEROS 11. Zoals je op de foto's van de sensoren kunt zien, lijken deze eerste twee apparaten identiek, behalve dat de ene twee pinnen heeft en de andere drie. De derde pin van de TEROS 11 is een thermokoppel voor het meten van de bodemtemperatuur. Dit is een groot verschil tussen de twee sensoren, en het heeft ook invloed op de manier waarop gegevens worden teruggestuurd naar de microcontroller. De TEROS 10 stuurt een ruw analoog signaal dat rechtstreeks door een Arduino-board kan worden gelezen



met behulp van de functie `analogRead()`. Ik heb dit getest door simpelweg voeding, massa en signaal van de sensor aan te sluiten op de pinnen van mijn Portenta breakoutboard. Voeding van de sensor met 3,3 V was genoeg om hem te laten werken, ondanks de 5 m lange kabel tussen de sensor en mijn Portenta. Aan de andere kant kunnen de TEROS 11 en TEROS 21 (**figuur 5**) meer dan één soort meetwaarde leveren (vochtigheid en temperatuur, om te beginnen), dus is het noodzakelijk om een digitaal protocol te implementeren voor communicatie met de sensoren. Dit is ook een voordeel want het is dan mogelijk is om de sensoren te configureren om te communiceren met behulp van SDI-12, een specifieke bustechnologie (hierover later meer). Dit is ook de reden waarom de TEROS 11 en TEROS 21 hogere spanningen nodig hebben. In mijn tests moest ik een externe 12 V voeding gebruiken om ervoor te zorgen dat de sensoren werkten zoals verwacht (**figuur 6**).

DDI versus SDI-12

Bij gebruik van SDI-12 (Serial Digital Interface bij 1200 Baud) is het mogelijk om meerdere sensoren met 1200 bps parallel aan te sluiten, en informatie daaruit terug te sturen met behulp van speciale, leesbare AT-commando's (zie de site van SDI-12 voor meer informatie [5]). Ook hebben deze sensoren een fallback-techniek geïmplementeerd, genaamd DDI-Serial, die de sensor dwingt om een tekstreeks naar de communicatiepoort te sturen bij het herstarten. **Figuur 7** toont een screenshot van de Serial Monitor-terminal van Arduino, die informatie ontvangt tijdens meerdere voedingscycli van de sensor. In dit geval had ik net wat ijsblokjes in een bak met water gedaan, en je kunt zien dat je dan kunt meten hoe de vochtigheidswaarde consistent blijft terwijl de temperatuur daalt. De laatste tekens aan het einde van elke regel zijn de sensorspecifieke identifier, checksum enzovoort. Daarmee is één mogelijke manier om dit project te realiseren met een TEROS 11 of TEROS 21 al opgelost door gebruik te maken van de DDI-gegevensstromen na elke sensor-voedingscyclus. Ik hoef alleen maar een board te configureren waar de verschillende ontvangende pinnen aan elkaar kunnen worden gekoppeld, en met verschillende MOSFET's de sensoren afzonderlijk van stroom worden voorzien. Ik zou ook de impedantie kunnen meten en berekenen hoeveel sensoren ik tegelijkertijd kan aansluiten, en of ik dan een soort driver nodig zou hebben. Zowel DDI als SDI-12 zijn ééndraads 7N1 seriële communicatieprotocollen. Er is een goed gedocumenteerde en onderhouden uitgebreide seriële bibliotheek te vinden voor AVR-gebaseerde Arduino-boards [6]. Maar deze maakt gebruik van Arduino's SoftwareSerial library plus hardware interrupts om signalen goed te ontvangen.



Figuur 3. METER TEROS 10 (bron: Kristoffer Engdahl / Arduino).



Figuur 4. METER TEROS 11 (bron: Kristoffer Engdahl / Arduino).



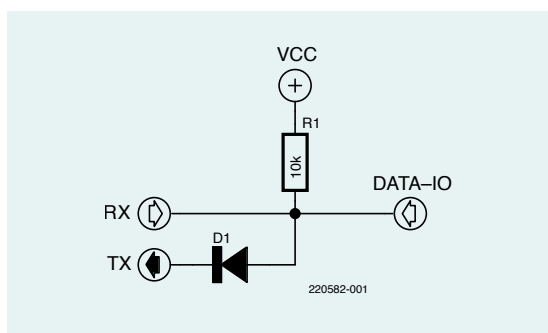
Figuur 5. METER TEROS 21 (bron: Kristoffer Engdahl / Arduino).



Figuur 6. Testopstelling (bron: Kristoffer Engdahl / Arduino).



Figuur 7. Arduino's Serial Monitor met DDI-berichten van de TEROS 11.



Figuur 8. Tweedraads-naar-eendraads seriële converter.

De library vereist wat minimale hardware om verbinding te maken met de sensor. En omdat SoftwareSerial half-duplex is, kun je de datakabel van de sensor rechtstreeks op een pin aansluiten en werkt deze (zolang je een 3V3-board hebt, anders heb je spanningsconversie nodig om de sensor te beschermen). Portenta heeft geen probleem met hardware seriële poorten, dus we zullen geen SoftwareSerial-implementatie gebruiken (en ook omdat we compileren met mbedOS, dat niet goed samenwerkt met interrupt-gestuurde firmware). In mijn geval koos ik voor de truc van het gebruiken van een hardware seriële poort (pinnen 13/14 op de Portenta H7), met TX aangesloten via een diode naar een omhooggetrokken RX-pin. Dit is een bekende truc die ook in dit geval zou moeten werken (waarschuwing: dat doet het inderdaad, maar alleen voor ontvangen, niet voor verzenden). **Figuur 8** toont het schema voor de tweedraads-naar-eendraads conversie.

Nu ik DDI-communicatie heb, is mijn volgende stap het implementeren van een hardware-driver om het verzenden van datarequests naar de sensoren mogelijk te maken, om zo de SDI-12 te ondersteunen. Dit geeft me een alternatieve manier om informatie binnen te halen.

Voedingscycli voor de sensoren

Iets wat in alle datasheets voor deze sensoren wordt uitgelegd is de vereiste om ze kort in te schakelen, om zo alleen de gegevens uit te lezen, en ze vervolgens weer uit te schakelen. De redenen hiervoor zijn zowel het verminderen van het stroomverbruik als het verlengen van de levensduur van de betreffende elektronica. De metingen kunnen zelfs in gevaar komen als de sensoren gedurende lange tijd 'heet' blijven. Dit geldt voor alle drie de geteste sensoren. Dit concept van voedingscycli ('power cycling') betekent dat ik MOSFET's zal moeten opnemen om elk van de sensoren te activeren en te deactiveren als een methode om informatie via DDI te binnen te halen, iets wat ik toch al van plan was. Omdat ik de sensoren voed met 12 V, heb ik relatief zware MOSFET's nodig (zoals de IRFZ-24, een van mijn favorieten), waarmee ik ook het board kan hergebruiken indien ik nog een ontwerp zou maken voor andere situaties.

De juiste sensor kiezen

Voor mij is het duidelijk dat ik niet alleen de bodemvochtigheid, maar ook temperatuurgegevens moet vastleggen, dus de TEROS 10 is geen optie. Na enkele eerste tests in het lab gaf de TEROS 11 me een betere indruk qua mechanische robuustheid en waterdichtheid. De sensoren worden begraven in gravel, en ik verwacht dat ze in direct contact staan met water, dus de TEROS 11 is in dat opzicht ook beter. Ik kan echter geen beslissing nemen zonder enige vorm van veldonderzoek te doen. Ik ben van plan om een paar stuks TEROS 11 en TEROS 21 een paar maanden in de renbaan te begraven om enig inzicht te krijgen in hun degelijkheid. Als de prijs een beperkende factor wordt (dat zou later in het proces kunnen zijn), moet je weten dat de TEROS 21 meer dan € 350 per stuk kost, meer dan genoeg reden om hem niet te kiezen. Je kunt de TEROS 11 al voor iets meer dan de helft van die prijs kopen. Indien ik elke 10 meter een groep van drie sensoren in de baan zou begraven, dan heb ik 300 sensoren nodig. Je mag zelf uitrekenen hoeveel alleen al de sensoren dan gaan kosten.



Volgende stappen

Dit project is nog lang niet voorbij. Ik werk momenteel aan een constructie voor het Portenta breakout-board dat de voedingsaansluitingen voor de sensoren, de power-cycling MOSFET's en de drivers voor de eendraads seriële communicatie zal herbergen. Zodra ik dat klaar heb, voeg ik een robuuste 12V-voeding en een standaard ABS-behuizing toe, installeer alles ter plaatse, en sla ik de gegevens op een SD-kaart op en stuur ik deze via WiFi naar de Arduino Cloud (er is een WiFi-verbinding op de baan). Over een paar maanden weet ik dan welke sensoren het beste zijn. Als je dat ook wilt weten, volg dan de voortgang op mijn Arduino-blog [7], waar ik de verschillende stappen zal beschrijven, inclusief wat ik zoal nog zal tegenkomen. ◀

220582-03 (vertaling: Marc Gauw)



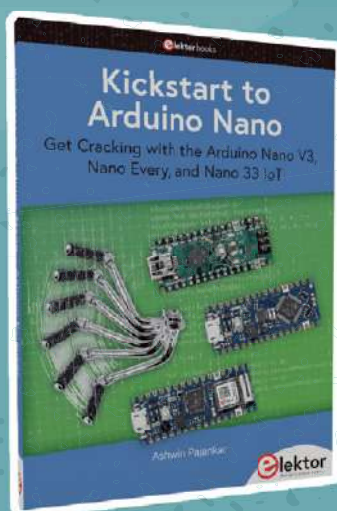
Gerelateerde producten

- **Arduino Portenta H7 Development Board (SKU 19351)**
www.elektor.nl/19351



WEBLINKS

- [1] Jägersro Hästcenter: <https://jagersrohaestcenter.se/>
- [2] METER TEROS 10 handleiding: http://publications.metergroup.com/Manuals/20788_TEROS10_Manual_Web.pdf
- [3] METER TEROS 11/12 handleiding: https://publications.metergroup.com/Manuals/20587_TEROS11-12_Manual_Web.pdf
- [4] METER TEROS 21 GEN 2 handleiding: https://publications.metergroup.com/Manuals/20854_TEROS21_Gen2_Manual_Web.pdf
- [5] SDI-12 Support Group: <https://sdi-12.org>
- [6] Arduino-SDI-12 library op GitHub: <https://github.com/EnviroDIY/Arduino-SDI-12>
- [7] Arduino Blog: <https://blog.arduino.cc/>



Kickstart to Arduino Nano

Dit boek dient als eerste stap voor beginners en liefhebbers van microcontrollers die een begin willen maken met het programmeren met Arduino. Het boek volgt een stap-voor-stap aanpak om concepten en de werking van dingen uit te leggen. Elk concept wordt stevast gevolgd door een to-the-point schema en codevoorbeelden. Daarna volgt gedetailleerde uitleg over de syntaxis en de gebruikte logica. Door de concepten nauwgezet te volgen, raakt u vertrouwd met het bouwen van schakelingen, het programmeren met Arduino, de werking van de codevoorbeelden en de gepresenteerde schakelschema's.

www.elektor.nl/20241



Het panettone-project

zuurdesemstarter onder controle

Daniel Fantin (Australië)

Dit Arduino-project is geboren uit de frustratie van vele, vele mislukte panettones. Voor wie het niet weet, panettone is een traditioneel Italiaans zoet brood dat met Pasen en Kerstmis wordt gebakken. Het heeft een 'onmogelijk' lichte en luchtige textuur, waarvoor een zeer actieve gist van een zuurdesemstarter nodig is...



Figuur 1. Een fraaie panettone, nietwaar?

Kijk eens naar **figuur 1**. Zo ziet een geslaagde panettone eruit – licht, luchtig, boordevol boter en fruit. Als het water je in de mond loopt, vind je in dit artikel alles (tenminste technisch) wat je nodig hebt om er zelf zo iets perfect te bakken. Buon appetito!

Wat is een zuurdesemstarter?

Eenvoudig gezegd is het een mengsel van bacteriën en gist die, gevoed met vers meel en water, gassen vrijmaakt die zorgen voor een licht, gerezen brood. De gist moet sterk genoeg zijn om het gewicht van het brood of het panettone-deeg tegen te werken. Voor brood is dat niet zo'n probleem, maar bij panettone moeten we het opnemen tegen enorme hoeveelheden boter, fruit en suiker – een zware opgave voor elke gist. Wanneer is een zuurdesemstarter sterk genoeg om te gebruiken in panettone? Simpel: wanneer het in vier uur driemaal zo hoog wordt bij een temperatuur van 27 °C. Dat klinkt eenvoudig, maar het blijkt in de praktijk tamelijk moeilijk. Niemand wil zijn huis verwarmen tot 27 °C alleen maar voor zijn starter, laat staan dat hij dat wekenlang

volhoudt terwijl de sterkte van de starter toeneemt. En hoe weet je of de starter in vier uur tijd verdrievoudigd is? Wil je dat voortdurend controleren? Wekkers zetten en een meetlint in de keuken bewaren? Te lastig, te moeilijk – gewoon te veel. Dat kun je beter aan een robot overlaten.

Wat gebeurt er als de starter niet sterk genoeg is? De resulterende panettone is niet luchtig, moeilijk te eten, en ziet er mislukt uit. En als het wel sterk genoeg is? Werp nogmaals een blik op figuur 1. Je weet gewoon dat het delicaat, luchtig, fluweelachtig, zoet, knapperig, boterig is... alles wat je wilt dat het is. Het is mei op het moment van schrijven, en ik heb nog even voordat mijn volgende portie panettone klaar moet zijn (december). Toen ons in de cursus aan de Deakin University werd gevraagd een probleem uit de 'echte wereld' op te lossen, was Pasen net voorbij, en was een portie panettone grandioos mislukt. Dus het leek me een echt probleem om op te lossen. Eerst had ik overwogen een gistingsmachine of iets dergelijks te kopen, maar dat zijn dure dingen, vooral als je bedenkt dat wat ik wilde bouwen veel meer mogelijkheden

moest hebben (en over het geheel genomen goedkoper moest zijn).

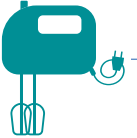
Project-criteria

Wat willen we met dit project bereiken?

- > De temperatuur van de zuurdesemstarter controleren.
- > Een melding zodra het sterk genoeg is voor panettone.

Daarvoor heb ik nodig:

- > iets om de hoogte van de starter in de pot te volgen (dit vertelt me of de starter in vier uur tijd in hoogte is verdrievoudigd);
- > iets om de temperatuur van de starter in de pot te controleren;
- > iets om de pot te verwarmen of te koelen zodat hij altijd rond de 27 °C blijft;
- > iets om me op de hoogte te brengen van belangrijke zaken (bijvoorbeeld die vier uur);
- > een GUI zodat ik de zuurdesemstarter kan resetten na een nieuwe vulling;



- een GUI om de belangrijkste variabelen (temperatuur, groei) op afstand te volgen.

Ik wilde gebruik maken van modulaire ontwerpprincipes, zodat ik problemen altijd tot één gebied kon beperken. Hoewel dit project gemakkelijk op één board kon worden gerealiseerd, wilde ik iets maken dat de interfacing tussen verschillende systemen testte, zodat ik de kennis had om in de toekomst ingewikkeldere projecten uit te voeren. Daarom koos ik voor:

- **sensoren:** een Raspberry Pi 3B+ om de DHT en (lasergebaseerde) afstands-sensoren aan te sturen en die gegevens draadloos (naar het Particle board, zie hieronder) en via USB serieel (naar de Arduino) te versturen;
- **verwarming/koeling:** een Arduino Uno om de verwarmingselementen en ventilator in te schakelen wanneer dat nodig is, om de starter op temperatuur te houden;

- **GUI/meldingen/rijzen:** een Particle Argon-board [1] om de gebruiker een externe GUI, een LCD-GUI te geven, en waarschuwingen te geven over belangrijke events.

Figuur 2 toont blokschematisch de systeemarchitectuur.

Webhooks/IFTTT

Alles moet met alles kunnen communiceren. Ik had geen noemenswaardige ervaring op dit gebied, en ik vond dat het IFTTT-platform [2] de eenvoudigste en gemakkelijkste manier was om deze communicatie tot stand te brengen. Dus zette ik een IFTTT-account op en maakte vervolgens een applet met een webhook als 'IF'. Het komt erop neer dat **IF** de webhook een webverzoek ontvangt met een JSON-payload (**J**ava**S**cript **O**bject **N**otation), dat wil zeggen een verzoek van de Raspberry Pi, **THEN** activeert het een Particle-functie. Het Particle-board kan dan de JSON-gege-

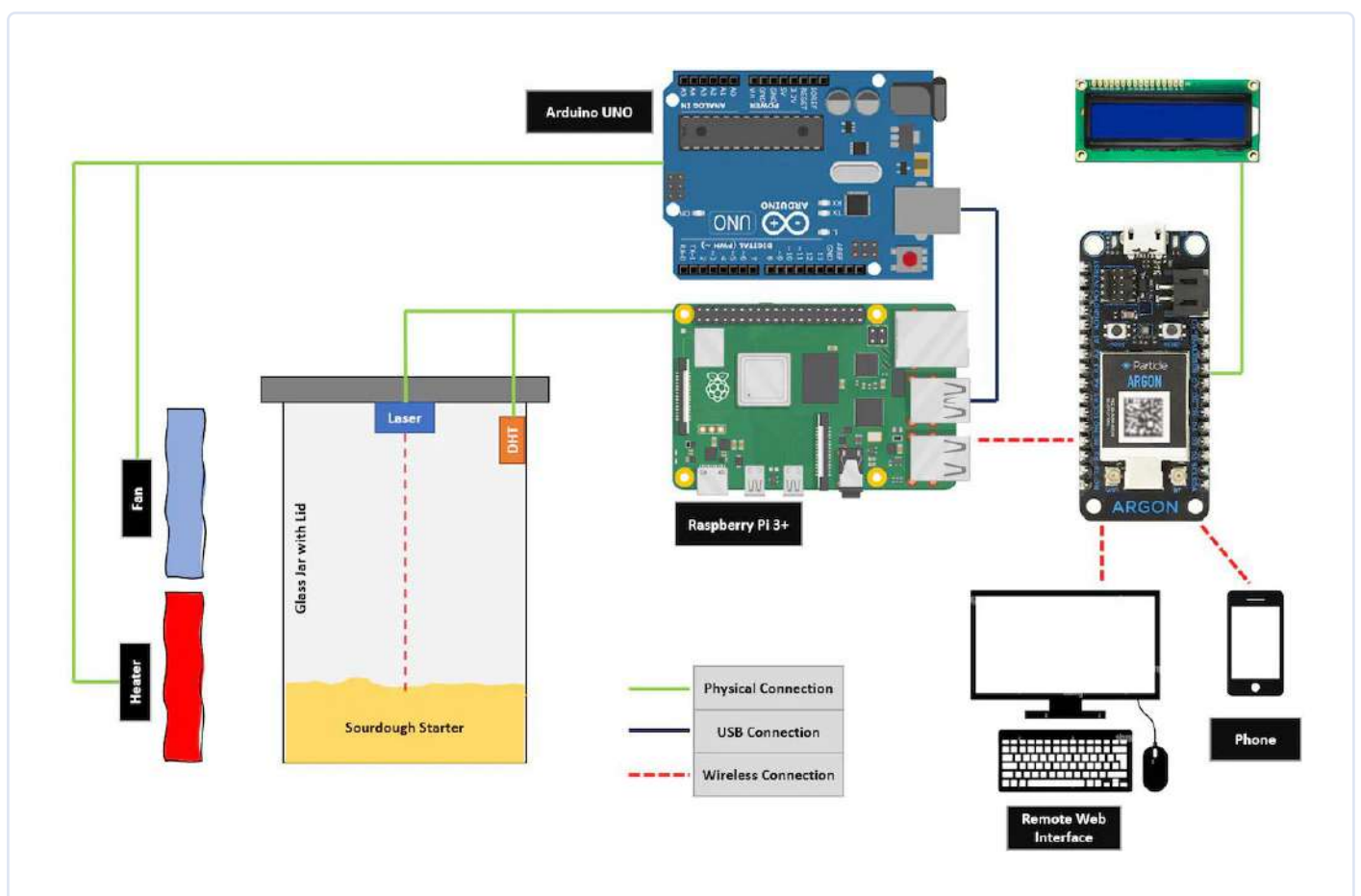
vens gebruiken op welke manier dan ook. De website PiMyLifeUp [3] heeft me enorm geholpen. Het belangrijkste is dat de webhook je een adres geeft in de vorm van:

<https://maker.ifttt.com/trigger/tempsent/json/with/key/XXXXXX>

waarin XXXXXX je persoonlijke sleutel is. Alles wat we dan moeten doen is die URL gebruiken in onze code om dit applet te activeren door op het juiste moment te posten. De tweede IFTTT is een verbinding tussen Particle en de telefoon – dit is vrij eenvoudig. De IF wacht tot Particle een gebeurtenis met een specifieke naam publiceert, en stuurt vervolgens een melding naar de IFTTT-app op de telefoon als en wanneer deze wordt ontvangen.

De Raspberry Pi

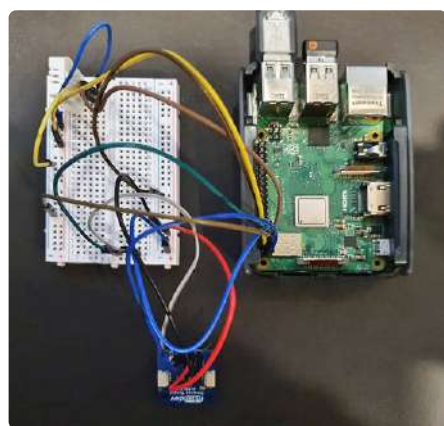
Laten we nu alle sensoren aan de praat krijgen en de RPi met alles communiceren.



Figuur 2. Blokschema van de systeemarchitectuur.

De aansluitingen:

- **DHT:** verbind de voedingspin van de DHT met de 5 V van de RPi, de tweede pin met RPi GPIO4, en de vierde pin met RPi GND. De derde pin van de DHT-sensor wordt niet gebruikt. Opmerking: het zou beter zijn geweest een DHT22 te gebruiken



Figuur 3. Testopstelling voor de laser- en temperatuurmodules.

(vanwege de nauwkeurigheid) maar de mijne was defect en ik heb hem vervangen door een DHT11 voor het eindproduct.

- **VL53L1XLaser:** sluit Vin aan op de 3,3 V van de RPi, GND op RPi GND, SDA op RPi GPIO2 en SCL op RPi GPIO3. Dit is voor de seriële communicatie tussen de Raspberry Pi en de laser.

Dit zijn de redenen om een laser in plaats van een ultrasone sensor te gebruiken om de afstand te meten:

- nauwkeurigheid – lasermetingen zijn veel nauwkeuriger;
- een laser is betrouwbaarder, vooral omdat het deegoppervlak zacht is;
- ik wil mijn katten niet de hele dag lastigvallen met constante ultrasone geluiden.

Figuur 3 toont mijn testopstelling voor de laser-afstandsmeter en de temperatuurmodules; de aansluitingen moeten worden gemaakt zoals in **figuur 4**. Netpoorten zijn in het schema weergegeven om de bedrading

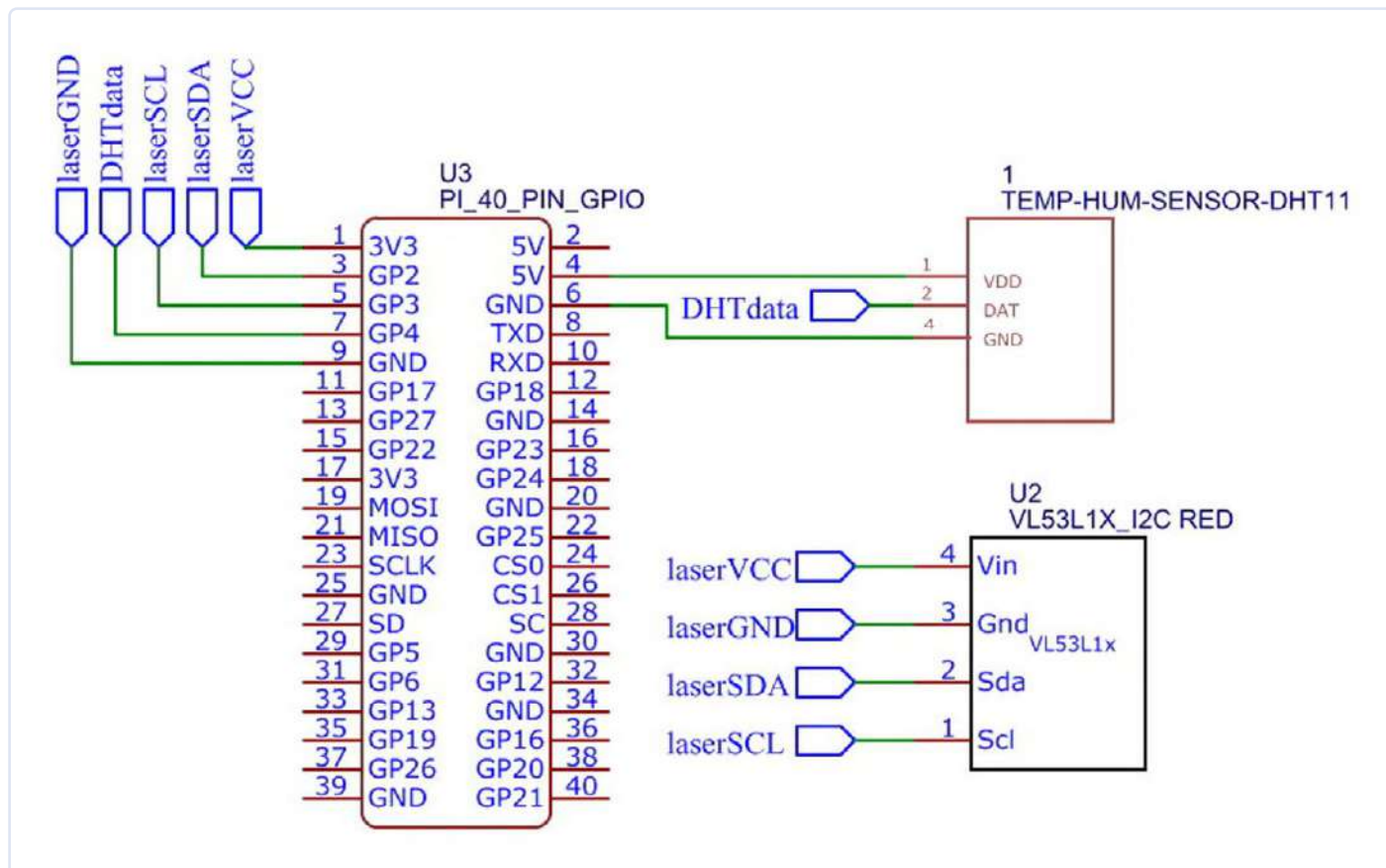
duidelijker te maken. Het schema toont niet de USB-verbinding tussen de Arduino en de Raspberry Pi, hoewel dat een noodzakelijk onderdeel voor de communicatie is.

Nu wordt het tijd om te programmeren. Ik maakte een nieuw Python-bestand aan op de Raspberry Pi en ging aan de slag. Ik gebruikte de Python IDE, Thonny [3], omdat ik die heel gemakkelijk in het gebruik vind. Laten we beginnen met het importeren:

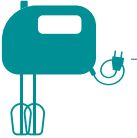
- Adafruit DHT [5] om de DHT-sensor te gebruiken.
- PiicoDev-VL53L1X van Core Electronics [6] voor de laser
- Time / Sleep
- Requests om de webhooks te gebruiken en draadloos te communiceren
- Serial voor communicatie via USB met de Arduino

Een paar setup-items

Ik gebruik vlaggen om Particle te signaleren dat de ventilator of de verwarming aan staan.



Figuur 4. De verbindingen van figuur 3.



De 'airmessage' wordt als integer serieel doorgegeven aan de Arduino om 'iets te doen'. De seriële poort werd ingesteld op het juiste adres door het te controleren in de terminal:

```
ls /dev/tty*
```

Voor de robuustheid heb ik een 'gemiddelde metingen'-methode gebruikt – deze neemt vijf opeenvolgende metingen en middelt ze voor ze worden geretourneerd naar webhooks/serieel enzovoort. Dit zorgde ervoor dat een enkele foutieve meting niet ten onrechte gebeurtenissen triggert. Het bevatte ook een controleroutine die de gebruiker een melding stuurt als er 100 foutieve metingen zijn opgetreden. Er staat veel commentaar in de hoofdlus, voornamelijk gebruikt voor het debuggen. Deze lus ontvangt het gemiddelde en beslist dan wat er moet gebeuren:

- schakel de verwarming in als de temperatuur lager is dan 24 °C;
- voer de temperatuur op tot 27 °C en zet dan de verwarming uit;
- als de temperatuur > 30 °C, zet dan de ventilator aan;
- laat de temperatuur dalen tot 27 °C en zet dan de ventilator uit;
- zolang de temperatuur in een bereik van 24...30 °C ligt (de optimale zone voor de starter), is geen device actief.

Dit leidt tot het Python-script *PiCodepy*, een onderdeel van de software dat gratis kan worden gedownload van de website bij dit artikel [7].

Arduino

De Arduino-opstelling is een grote uitdaging wat betreft de stroomvoorziening, maar gelukkig is mijn vader een elektronica-expert. De ventilator heeft 12 V nodig, wat veel meer is dan de Arduino kan leveren. Verder verlangen de verwarmingselementen 5 V bij een weerstand van 6 Ω. De benodigde stroom bedraagt dus bijna 1 A – veel meer dan wat een Arduino-pin kan leveren. Daarom levert een externe voedingsbron de benodigde stroom voor de ventilator/verwarming wanneer deze door de Arduino wordt geactiveerd.

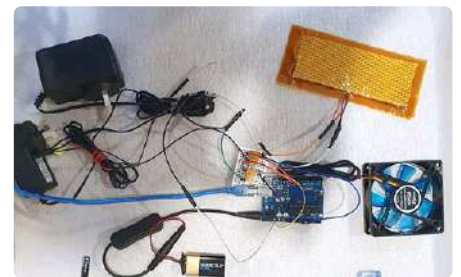
Setup

- **Verwarming:** sluit pin 12 van de Arduino aan op de ene kant van de relaispoel, en de andere kant op Arduino GND. Sluit +5 V van de voeding aan op de common rail van het relais. Verbind de positieve pool van de verwarmingselementen met de 'altijd uit'-kant van het relais.
- **Ventilator:** sluit pin 10 van de Arduino aan op de ene kant van de relaispoel, en de andere kant op Arduino GND.

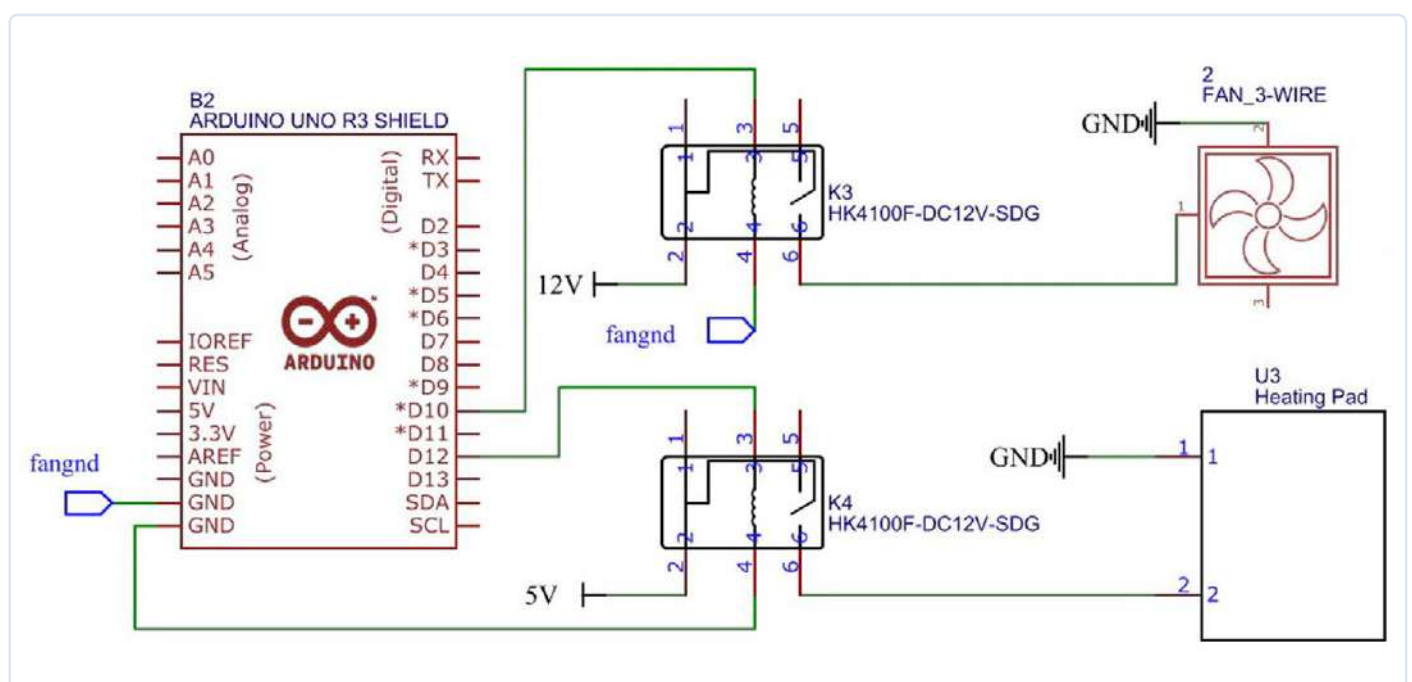
Sluit de +12 V van de voeding aan op de common-aansluiting van het relais. Sluit de positieve pool van de ventilator aan op de 'altijd uit'-kant van het relais.

- **GND:** sluit de GND van de verwarmingselementen en de ventilatoren aan op de GND van de voeding.
- **Arduino:** sluit een 9 V batterij (of voeding) aan op de Arduino. Alleen de Arduino wordt gevoed door de batterij, NIET de Raspberry Pi.

Figuur 5 toont de experimentele opstelling en **figuur 6** de schakeling van het systeem rond verwarming en ventilator. De Arduino krijgt gegevens van de RPI via USB (serieel). De berichten zijn gecodeerd in UTF-8. Het enige wat we moeten doen is de seriële code ophalen en afhankelijk van de inhoud de relevante actie uitvoeren. Dit gebeurt



Figuur 5. Provisorische opstelling van het systeem.



Figuur 6. Aansluitingen rond het Arduino-board.

via een `if`-statement in de hoofdloop van de code. De website Automatic Addison [8] was hierbij zeer behulpzaam. De Arduino-code is als bestand te vinden op [7].

Particle Argon

De Particle Argon speelt een centrale rol in de communicatie tussen de gebruiker en de code en devices. Het LCD, de potentiometer en de LED's moeten op het board worden aangesloten. Het LCD wordt via I²C aangestuurd. Toch moest ik nog enkele extra verbindingen maken (**figuur 7**). De Hackster website [9] hielp me om het goed te krijgen.

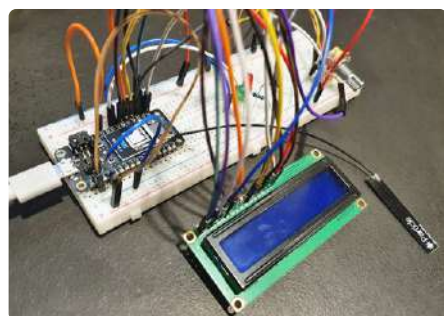
Vervolgens heb ik twee LED's aangesloten: een groene voor 'starter is goed' en een rode voor 'starter is niet goed'. Deze werden aangesloten op de Argon-pinnen D6 en D7, en vervolgens via een 220Ω-weerstand aan massa gelegd. Na het toevoegen van de potentiometer was het Particle-subsysteem klaar (**figuur 8**). Het volledige schema staat in **figuur 9**.

De Particle-code [7], gegenereerd binnen de Particle IDE, is de langste en ingewikkeldste code, omdat deze alles met elkaar verbindt. Een overzicht:

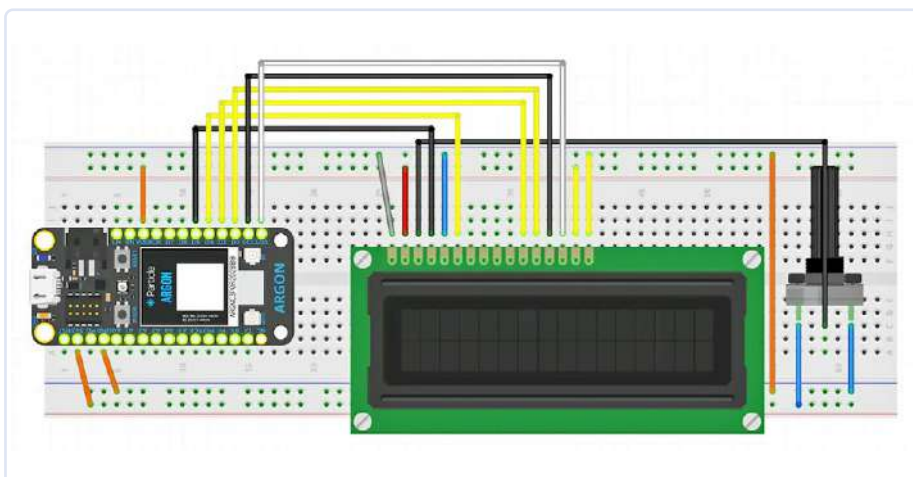
- Aanmaken van het `Lcd`-object, lege strings, initialisatie indien nodig.
- Hard-coderen van de starthoogtes van de pot en van het deeg, omdat dit bekende en vaste waarden zijn.
- Aanmaken van de functie `resetbutton()`. Deze wordt op afstand via HTML geactiveerd om de timer te resetten zodra de vier uur zijn verstreken (en de resultaten duidelijk zijn).

Setup

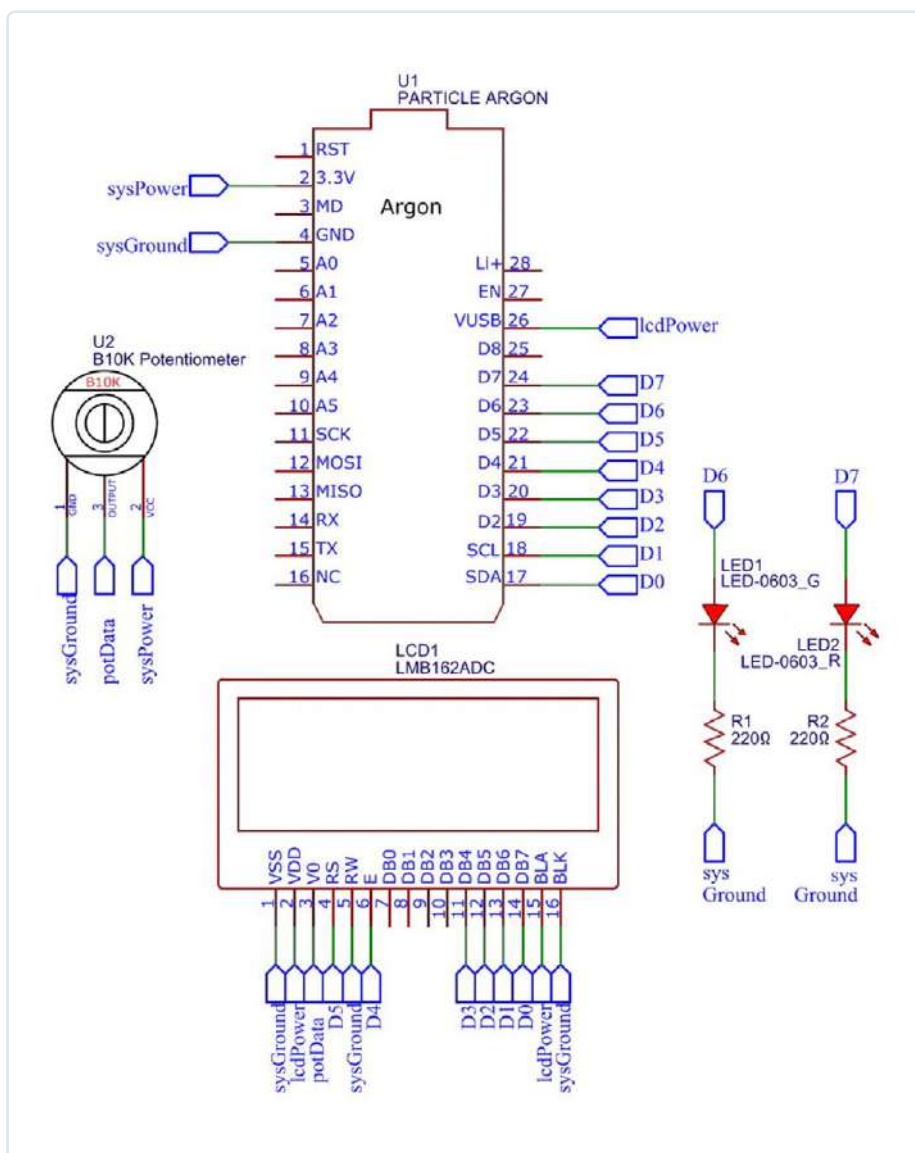
- Wis het LC-display en toon een introbericht.
- Initialisatie van de twee functies die samenwerken met IFTTT. `displayTemp` voert de



Figuur 8. Configuratie van het Particle-board.



Figuur 7. Display- en Particle-board



Figuur 9. Schema van Particle en componenten.

functie `tempDisplay()` uit en `reset` voert de functie uit die de knop `reset`.

- Vastleggen van de starttijd.
- Doof de LED's.

Loop

- Er is een vertraging van tien seconden, zodat het LC-display niet telkens opnieuw wordt hertekend.
- Toon de huidige commando's (`cmd1` en `cmd2`). Deze worden ingesteld in de functie `tempDisplay()`.
- Berekening van de groei van de starter.
- Als de timer vier uur bereikt, verschijnt een nieuw bericht met het eindresultaat op het display.

De functie `tempDisplay()`

Hier worden de JSON-gegevens ontvangen van de eerdergenoemde webhook. Dit zijn alle kritieke afstandsgegevens van de Raspberry Pi, die draadloos naar Particle worden verzonden. Helaas kon ik JSON niet parsen om het gemakkelijk toegankelijk te maken. In plaats daarvan nam ik het gewoon als een string en deelde het in substrings, wat heel eenvoudig was. Ik zorgde ervoor dat de RPi-formateerregels heel streng waren, zodat dit altijd correct zou werken. De JSON bevatte de volgende gegevens: afstand, temperatuur en of de ventilator of verwarming aan staat. Deze gegevens werden gebruikt om zowel de HTML als het LC-display aan te sturen. Deze code is ook te vinden op [7].

HTML

HTML werd gebruikt om op afstand toegang te krijgen tot het systeem. Hierdoor kan ik de timer resetten wanneer de vier uur zijn verstreken, en de temperatuur en groei controleren overall waar ik toegang heb tot het internet. De code is te lang om hier af te drukken, maar we kunnen wel een paar functies laten zien. De meeste code komt uit de Particle-tutorial [10]. De belangrijkste functies van de HTML zijn:

- Toon de actuele temperatuur (door subscribing op een event-stream).
- Toon actuele groeigegevens (door subscribing op een event-stream).
- Reset de timer (door een functie aan te roepen wanneer deze knop wordt gedrukt).

De `particle.getEventStream()`-calls (listing 1) laten zien hoe gegevens uit de

Listing 1. De `particle.getEventStream()` calls.

```
particle.getEventStream({ name: 'tempEvent', auth: sessionStorage.
  particleToken }).then(
  {
    function (stream) {
      console.log('starting event stream');
      stream.on('event', function (eventData)
        showTemp(eventData)
      });
    });

particle.getEventStream({ name: 'growEvent',auth: sessionStorage.
  particleToken }).then( function (stream)
  {
    {
      console.log('starting event stream');
      stream.on('event', function (eventData)
        showGrow(eventData)
      });
    });
  });

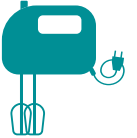
particle.getEventStream({ name: 'timeEvent', auth:sessionStorage.
  particleToken }).then(
  function (stream) {
    {
      console.log('starting event stream');
      stream.on('event', function (eventData)
        showTime(eventData)
      });
    });
  });
```

Listing `resetControl`

```
function resetControl(cmd) {
  //const deviceId = $('#deviceSelect').val();
  $('#statusSpan').text('');
  particle.callFunction({ deviceId: 'X', name: 'reset', argument:
    cmd,auth:sessionStorage.particleToken}).then(err);
  function (data) {
    $('#statusSpan').text('Reset completed'); },
  function (err) {
    $('#statusSpan').text('Error calling device: ' +
  ) );
}
```

Listing 2. `resetControl()` functie.

```
function resetControl(cmd) {
  //const deviceId = $('#deviceSelect').val();
  $('#statusSpan').text('');
  particle.callFunction({ deviceId: 'X', name: 'reset', argument:
    cmd, auth:sessionStorage.particleToken}).then(err);
  function (data) {
    $('#statusSpan').text('Reset completed'); },
  function (err) {
    $('#statusSpan').text('Error calling device: ' +
  ) );
}
```

event-stream worden gehaald. De `resetControl()`-functie (listing 2) wordt getriggert door het indrukken van een knop (Particle ID is verwijderd).

Actiefoto's

Figuur 10 toont enkele kiekjes van het LC-display op verschillende tijdstippen. De laatste, *d*, toont de melding van *c* op een smartphone.

Figuur 11 toont het complete robotsysteem (a), de doos met de elektronica erin (b) en de printen en draden bovenop de grote doos (c). En als je je afvraagt hoe de starter eruitziet, toont **figuur 12** de snelle groei van de starter tussen voor en na de vier uur durende sessie.

Conclusie

Dat is het. Alles werkt, en alles is gesynchroniseerd. Nu is het tijd om de eerste zuurdesemstarter automatisch te produceren met deze deegrobot. En, natuurlijk, wanneer de starter sterk genoeg is, te gaan bakken en genieten! ◀

220416-03 (vertaling: Willem den Hollander)

Over de auteur

Daniel Fantin is tweedejaarsstudent informatica aan de Deakin University. Hij heeft een passie voor voedsel en technologie, dus de combinatie van Italiaanse keuken en robotica is een natuurlijke ontwikkeling.

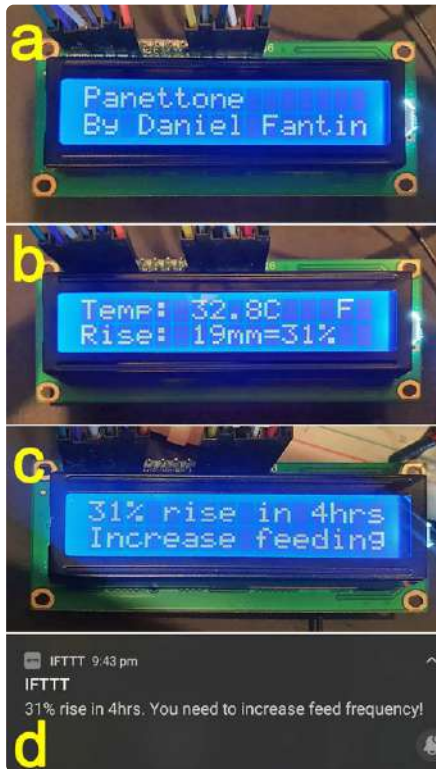
Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via Hackster [12] of naar de redactie van Elektor-redactie via redactie@elektor.com.

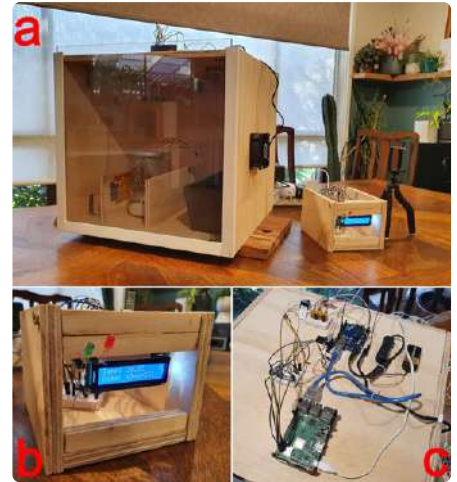


Gerelateerde producten

➤ **Arduino Uno**
www.elektormagazine.nl/arduino-uno



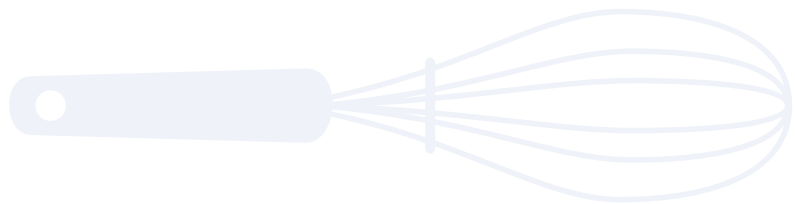
Figuur 10. Verschillende inhoud op het LC-display (a, b en c), plus het smartphone-bericht na vier uur.



Figuur 11. De complete robot (a) met stuu eenheid (b) en enkele boards en bedrading (c).



Figuur 12. Zuurdesemstarter: begintoestand (a) en na het bereiken van de juiste hoogte vier uur later (b).



WEBLINKS

- [1] Particle Argon: <https://docs.particle.io/argon/>
- [2] IFTTT: <https://ifttt.com>
- [3] PiMyLifeUp: <https://pimylifeup.com/using-ifttt-with-the-raspberry-pi/>
- [4] Thonny IDE: <https://thonny.org>
- [5] Adafruit DHT: https://github.com/adafruit/Adafruit_Python_DHT
- [6] PiicoDev_VL53L1X: <https://elektor.link/piicodevgithub>
- [7] Project-software: www.elektormagazine.com/220416-01
- [8] Automatic Addison: <https://elektor.link/rpiarduino2way>
- [9] Hackster-website: <https://elektor.link/particlehackster>
- [10] Particle-tutorial: <https://elektor.link/particleapitut>
- [11] Project op hackster.io: <https://elektor.link/hacksterpanettone>
- [12] Daniel Fantin op hackster.io: www.hackster.io/danielfantin

Met steun van deze Arduino-resellers

Dit nummer van Elektor, onder gastredactie van Arduino,
is mogelijk gemaakt door de ondersteuning door deze
leden van de Arduino reseller-community.

Hier vind je alles wat je van Arduino nodig hebt!

GOTRON
AALST GENT HASSELT



www.gotron.be

HELLAS
digital



www.hellasdigital.gr

TINYTRONICS



www.tinytronics.nl

 **Paradisetronic.com**



www.paradisetronic.com

 **Techni Science.**



www.techniscience.com

 **reichelt**
elektronik – The best part of your project



www.reichelt.com/arduino

 **WHADDA**
MADE BY VELLEMAN



www.whadda.com

 **KUBII**



www.kubii.fr

GO TRONIC
ROBOTIQUE ET COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES



www.gotronic.fr

Space Invaders met Arduino

Colin Dooley (Spanje)

Wilt je je liefde voor gaming combineren met je passie voor Arduino? Hier is een innovatief voorbeeld van hoe je een Arduino kunt gebruiken om een compacte Space Invaders-machine te bouwen.



Figuur 1. Het Space Invaders-project.

Toen ik opgroeide, in de jaren tachtig, programmeerde ik graag videospelletjes, dus toen ik mijn eerste Arduino kreeg, wilde ik daar natuurlijk ook videospelletjes op maken. Arduino's hadden dezelfde beperkingen in geheugen- en CPU-capaciteit als de eerste thuiscomputers, dus ik voelde me meteen thuis. Maar er is intussen wel vooruitgang geboekt. Ik heb nu een IDE en een hogere programmeertaal, maar de basisstappen en optimalisatietechnieken voor het programmeren van spelletjes op een Arduino zijn nog steeds dezelfde. Er zijn hexadecimale getallen, veel bitbewerkingen, het kost veel tijd om alles in het kleine RAM-geheugen te proppen enzovoort. Mijn oude ervaring met assembler komt nog steeds goed van pas. Ik heb een heleboel code gedissassembled om te zien wat de compiler fout deed (een heleboel!) en ik moest mijn code aanpassen voor het beste resultaat.

Ik heb gekozen voor Space Invaders (figuur 1). Dat is een klassiek spel, en niet zo heel ingewikkeld te programmeren. Ik wilde met een Arduino een heel kleine Space Invaders-machine maken die zoveel mogelijk leek op het origineel ('pixel perfect').

Ik vond een website met een complete disassembly van de Space Invaders-ROM en gebruikte die als referentie voor de logica van het spel. Het was een hele klus om alle details

goed te krijgen, en daarbij heb ik veel over het spel geleerd. (Er bleek ook oude, ongebruikte code in de ROM's te zitten die aanwijzingen bevatte over de ontwikkeling van het spel.) De website is www.computerarcheology.com/Arcade/SpaceInvaders/.

Ik kan gerust zeggen dat het resultaat zo dicht mogelijk bij het originele spel zit als maar kan, zonder de originele ROM's te draaien op een emulator, wat een 8-bit Arduino niet kan! Alle logica is aanwezig. Een ervaren speler kan zijn schoten tellen om het maximale aantal punten te scoren met de vliegende schotels enzovoort. De enige echte verandering is, dat ik de bommen van de invaders wat langzamer laat vallen, omdat het anders moeilijk was om het spel op zo'n klein scherm te spelen.

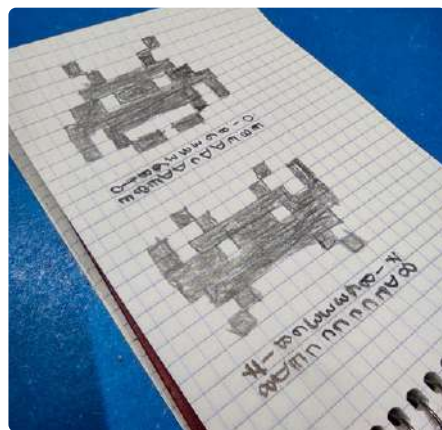
Beeld...

Het originele Space Invaders werkt op een display met 224 x 256 pixels. Dus om te beginnen moest ik het kleinste scherm vinden met dat aantal pixels. (Ik ging immers voor 'pixel perfect'!) Ik vond wat ik zocht op AliExpress, en ik ging aan de slag.

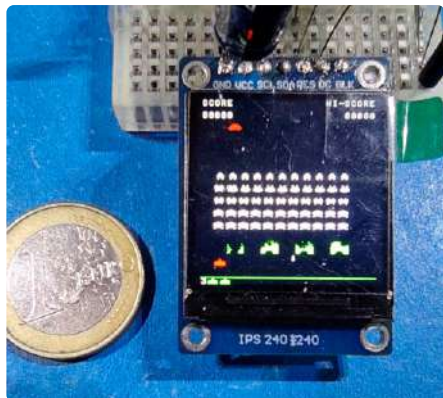
Alle graphics voor het spel zijn 'ouderwets' met potlood en ruitjespapier ontworpen (figuur 2). Ik heb de grafische elementen als pixels uitgetekend, omgezet in hexadecimale waarden (dat kan ik nog steeds zonder

potlood en papier) en dan in het programma ingetikt. Ze zijn te vinden in het bestand `graphics.h` in de broncode (www.thehighprotondiet.com).

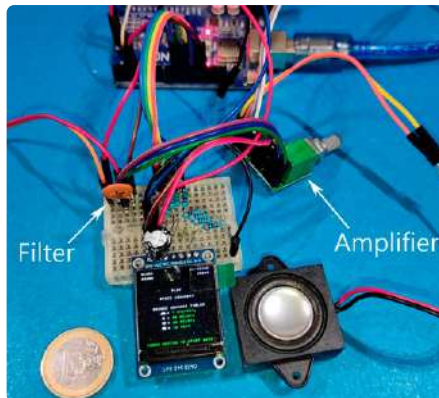
Het scherm heeft een SPI-interface en ik was bang dat dat een bottleneck zou zijn voor een videospel bij 60 fps (figuur 3). Gelukkig verandert Space Invaders nooit heel veel pixels per frame, dus het bleek geen probleem te zijn. Na een paar weekends had ik de graphics draaien. Daarbij werd maar 10% van de rekenkracht van de Arduino gebruikt. De CPU van de Arduino is veel krachtiger dan de CPU



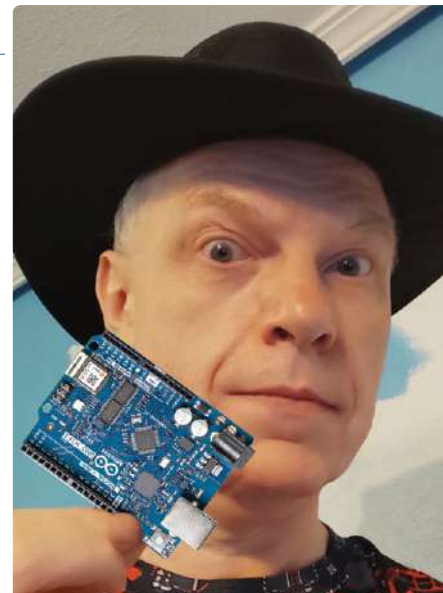
Figuur 2. De grafische elementen zijn met pen en papier ontworpen.



Figuur 3. Het scherm is compact.



Figuur 4. Het ontwerp bevat een eenvoudig laagdoorlaatfilter, een kleine audioversterker en een speaker.



van een thuiscomputer uit de jaren tachtig. Het bleek dat voor het geluid veel meer CPU-kracht nodig was dan voor het beeld.

...en geluid

De geluidssamples voor Space Invaders vond ik in de MAME-emulator. Alleen waren ze wel 49 kB groot, terwijl er in de Arduino nog maar 20 kB geheugen overbleef naast het programma en de graphics; het paste gewoon niet! Uiteindelijk heb ik het geluid geconverteerd van 8 bit naar 6 bit per sample om het in het geheugen te proppen. Eén geluid paste echt niet meer (de 'doodskreet' van de vliegende schotel), dus daarvoor gebruik ik hetzelfde geluid als voor het overlijden van de speler. Ik hoop dat niemand dat merkt. Het gebruik van 6bit-geluid bleek nog een onverwacht voordeel te hebben: Space Invaders heeft vier geluidskanalen, en als je vier 6bit-getallen optelt krijg je precies één 8bit-(geluids)getal. Zo past het mixen van het geluid optimaal op een 8bit-CPU, zoals de ATmega328 van de Arduino.

Het uiteindelijke 8bit-geluid wordt weergegeven met een PWM-sigitaal, gegenereerd door hardware-timer 2 van de ATmega328. Het signaal gaat door een simpel laagdoorlaatfilter, dat bestaat uit een weerstand en een condensator, en dan naar een kleine audioversterker en een speaker die ik heb gevonden op AliExpress (figuur 4). Het klinkt prima! Het geluid van deze machine zal vast en zeker herinneringen naar boven brengen bij mensen die het origineel nog kennen.

Bedieningselementen

Voor de besturing gebruik ik een heel kleine joystick van AliExpress (figuur 5). Hij was te klein en te zwaar om te kunnen bedienen, dus heb ik een verlengstukje gemaakt op de 3D-printer. Het eindresultaat ziet er goed uit en is veel gemakkelijker in het gebruik.

De behuizing

Ik heb onlangs ook een lasersnijder gekocht voor mijn thuiswerkplaats, dus de kast is daarmee gemaakt uit MDF met een ontwerp dat ik op Internet heb gevonden (figuur 1). Ik heb het een beetje aangepast om het te verfraaien en om gaten te maken voor het scherm en de joystick. Dit was een goede basis voor de joystick en de interne elektronica.

Toekomstplannen

Ik ben nog niet klaar met dit project. Deze behuizing is heel generiek, het is geen echte Space Invaders-machine. De originele machine werkte met interne spiegels om het beeld te projecteren op een gekleurde achtergrond. Door dat slim te gebruiken ontstaat een meerlaags 3D-effect.

Dat hoop ik binnenkort na te bouwen! Meer informatie en de broncode voor dit project zijn te vinden op mijn website: www.thehighprotondiet.com. ◀

220557-03 (vertaling: Evelien Snel)

Over de auteur

Colin Dooley is opgegroeid met het programmeren van 8bit-thuiscomputers in de jaren tachtig. Zijn eerste echte baan was bij een computerspelletjesbedrijf in Sheffield, in de tijd van de Sinclair Spectrums, Amstrads, en Commodore 64's die we nu 'retro' noemen. Colin zegt: "Het is een grote eer voor me om in deze speciale editie van Elektor magazine te staan. Bladen als Elektor waren één van de weinige mogelijkheden die wij hadden voor het leren over computers en programmeren toen er nog geen Internet was."

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 5. Het joystickje.

Kunst met Arduino

inspirerende inzichten van kunstenaars en ontwerpers

David Cuartielles (Arduino)

Er lijkt iets magisch te gebeuren wanneer kunstenaars Arduino's in hun werk verwerken. Arduino-medeo oprichter David Cuartielles interviewde onlangs drie vooruitstrevende kunstenaars over hun passie voor kunst en het gebruik van Arduino-oplossingen in verschillende projecten.

We hebben Arduino in eerste instantie gemaakt om onze kunst- en ontwerpstudenten te ondersteunen bij het maken van digitale apparaten en interactieve installaties. We geloofden (en geloven nog steeds) dat mensen in staat zouden moeten zijn om te programmeren en hun eigen slimme artefacten te bouwen door simpelweg onderdelen samen te voegen en eenvoudige programma's te schrijven. De kunst- en ontwerpgemeenschap had behoefte aan nieuwe eenvoudige hulpmiddelen die het ambacht van de elektronica konden vereenvoudigen, en Arduino werd een geweldig hulpmiddel dat de schepping van duizenden nieuwe kunstwerken en ervaringen ondersteunde. We hielden vele workshops voor kunstenaars in musea, culturele centra, galerijen en faculteiten voor de kunsten aan verschillende universiteiten. Na het uitbrengen van het eerste Arduino Serial-board in maart 2005 gaven we een workshop in het Centro Cultural Code Duque, in Medialab in Madrid, Spanje. Kort daarna, in 2006, nauwelijks een jaar na de geboorte van Arduino, werden we uitgenodigd om workshops te geven op Ars Electronica, het belangrijkste elektronische kunstfestival ter wereld. Het gebruik van Arduino in de kunst breidde zich snel uit. Als gevolg daarvan werd in 2014 de Arduino Diecimila toegevoegd aan de permanente collectie van het MoMA [1]. Er zijn veel verhalen van kunstenaars die Arduino in hun werk gebruiken, waardoor het echt moeilijk werd om te beslissen wie de op Arduino gebaseerde elektronica-scene in brede zin zou kunnen



José Salatino

vertegenwoordigen. Ik heb onlangs José Salatino, Kelly Heaton en Jacob Remin geïnterviewd en hun verhalen samengebracht op deze speciale pagina's, gewijd aan kunst en technologie. Hier ontdek je wat schilderende robots, touch-synths en Boeddha-ondersteunde besturingscircuits gemeen hebben.

Schilderen met Arduino: José Salatino

José Salatino is een in Spanje woonachtige maker en schilder die experimenteert met verschillende technologieën en technieken. We zochten hem op om te praten over zijn schilderrobot en om meer te weten te komen over de bijzonderheden achter deze technologie.

David Cuartielles: Hallo, José. Kun je ons iets over jezelf vertellen? Waar woon je, en wat zijn je interesses?

José Salatino: Hallo, David. Bedankt voor deze gelegenheid om mijn project te demonstreren en te vertellen wat mijn passies zijn. Ik woon sinds een jaar in Barcelona, heel dicht bij de Sagrada Familia, en ik ben blij hier te wonen. Het is een prachtige stad, waar je ook kijkt. De eerste keer dat ik mijn project liet zien was op de Barcelona Maker Faire in 2017. Een onvergetelijke ervaring. Een van mijn interesses, zoals je in de inleiding noemt, is schilderen (figuur 1). Ik doe het al heel lang als hobby, en de laatste tijd probeer ik het professioneler aan te pakken. De andere grote interesse zijn de

'uitvindingen' die ik heb kunnen verwerkelijken dankzij het verschijnen van Arduino en de maker-beweging.

Cuartielles: De combinatie schilder-maker is een interessante. Kun je ons wat meer vertellen over hoe je met schilderen in aanraking bent gekomen?

Salatino: Mijn begin met schilderen was intuïtief. Ik heb geen academische achtergrond op dit gebied. Op een dag begon ik het portret te schilderen van een Argentijnse zanger die ik erg goed vond, en het resultaat leek me aanvaardbaar, zo dat ik het heb ingelijst en persoonlijk aan hem heb overhandigd. Deze ervaring beviel me erg goed en heb ik herhaald met verschillende artiesten, waaronder Joan Manuel Serrat en de beroemde Argentijnse pianiste Martha Argerich. En sindsdien ben ik er niet meer mee opgehouden.

Met de komst van Arduino dat me de mogelijkheid gaf om zeer geavanceerde machines te ontwerpen en te bouwen tegen een betaalbare prijs, ontstond onvermijdelijk het idee om een schilderrobot te maken.

Cuartielles: Waarom Arduino? We hebben elkaar in het verleden ontmoet, en we hebben je robot in actie gezien. Kun je ons vertellen wat voor soort handelingen die uitvoert?

Salatino: Een andere passie van mij is altijd elektronica geweest. En van jongs af aan probeerde ik schakelingen te maken om dingen te automatiseren. Maar in die tijd waren de enige mogelijkheden microprocessoren, die heel duur waren, moeilijk te verkrijgen en zeer moeilijk te programmeren en te assembleren. Je moest diepgaande kennis hebben en een goed opgezet laboratorium om tot een aanvaardbaar resultaat te komen. Arduino loste al deze problemen op, en na vele jaren de pogingen om iets te automatiseren te hebben opgegeven, bracht Arduino deze droom binnen handbereik. Twee dagen nadat ik mijn eerste Arduino Uno had gekocht, was ik er al in geslaagd een differentiële robot te bouwen die reageerde op licht en nog wat andere dingen. Het was pure magie! Mijn schilderrobot schildert een portret met penselen en acrylverf. Op basis van een digitale afbeelding, en na een proces dat wordt uitgevoerd door verschillende algoritmen, heb ik de nodige informatie voor de robot zodat die zijn werk kan doen. Dat betekent: bepaal de te gebruiken kleur, maak het bijbehorende mengsel, bepaal de positie en de vorm van de penseelstreek, en breng die ten slotte aan. Daar komen nog andere dingen bij, zoals het verwisselen, schoonmaken en drogen van de penselen.

Cuartielles: Heeft je robot een naam? Je hebt hem gebruikt om portretten te schilderen. Is er een reden waarom je voor dit soort werk hebt gekozen en niet voor iets anders?

Salatino: Op de Maker Faire waaraan ik heb deelge-



▲

Figuur 1. Kunst gemaakt met Salatino's schilderrobot (bron: José Salatino).

nomen, was de officiële naam *Portrait Painter Robot Project* (figuur 2). Als schilder heb ik altijd de voorkeur gegeven aan het portret boven een ander thema, en ik denk dat dit heeft bepaald wat mijn robot leuk vindt, maar ik moet bekennen dat er ook een wetenschappelijke reden is. Het menselijk brein heeft een specifiek vermogen om menselijk gezichten te herkennen, dus, als er tekortkomingen zijn in de portretten die mijn robot schildert, zullen de hersenen van de toeschouwer de nodige correcties aanbrengen om waar te nemen dat wat hij ziet het gezicht van een persoon is.

Cuartielles: Er zijn nog andere schilderrobots. Als ik het goed begrijp, verschillen ze van elkaar in de soorten schilderstijlen die ze kunnen uitvoeren, de manier waarop ze kleuren mengen, enzovoort. Kun je ons wat zeggen over de belangrijkste kenmerken van je ontwerp?

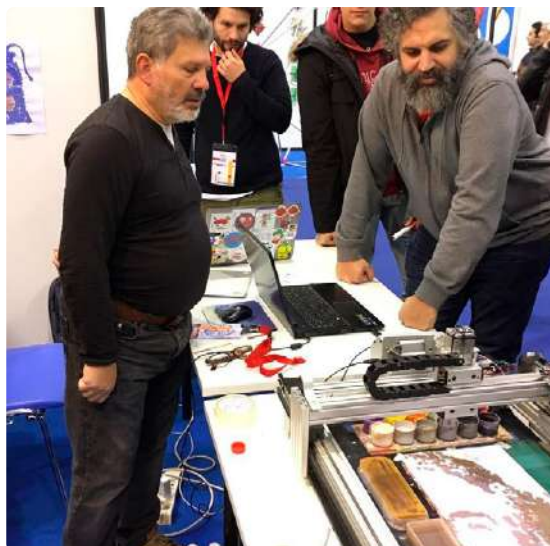
Salatino: Het is waar, er zijn veel schilderende robots. Ik heb een paar jaar geleden zelfs deelgenomen aan een wedstrijd voor schilderrobots (RobotArt 2018) en behaalde een eervolle tiende plaats, in competitie met groepen van beroemde universiteiten en wetenschappers met toegang tot grote technische en geldelijke middelen. Wat mijn robot zonder twijfel onderscheidt van anderen is de mogelijkheid om automatisch kleuren te mengen. In feite was het pas na het oplos-



Figuur 2. Portrait Painter Robot Project (bron: José Salatino).

◀

Figuur 3. Salatino en Cuartielles bespreken de robot en een schilderij (bron: José Salatino).



sen van dit probleem dat ik voldoende zelfvertrouwen had om mijn eerste schilderrobot te maken.

Met de drie primaire kleuren, de drie secundaire kleuren, zwart, wit en vier grijs tinten kan hij meer dan 150 verschillende tinten maken, waarmee elk kleurenbeeld zo kan worden gereproduceerd dat het goed op de oorspronkelijke afbeelding lijkt.

Cuartielles: Je raakte erg betrokken bij de maker gemeenschap en reisde naar verschillende Maker Faires. We hebben elkaar ontmoet op Maker Faire Rome (figuur 3). Hoe was die ervaring? Hoe ontvingen de mensen je robot?

Salatino: Ja, ik heb aan verschillende Maker Faires kunnen deelnemen, en de ervaring was altijd ongelooflijk. Ik heb verschillende blauwe lintjes gekregen van de organisatoren als blijk van waardering voor mijn projecten, en dat zijn mijn kostbaarste trofeeën. Ik heb ook de acceptatie gehad van het publiek dat me vanuit verschillende perspectieven zijn mening heeft gegeven.

Op een Maker Faire ontmoet je een zeer gevarieerd publiek. Er zijn veel makers die worden aangetrokken door het puur technische aspect of om te zien hoe je een bepaald probleem hebt opgelost. Er is ook veel publiek dat niet verbonden is met de maker-beweging en wil zien waar het over gaat, en je gewoon vertelt of ze het leuk vinden of niet, of dat ze getroffen zijn door iets in het bijzonder dat over het algemeen niets te maken heeft met het technische aspect. Maar er is ook een groep mensen die wil weten wat de beweegredenen zijn om een bepaald project te doen, en met die mensen praat ik graag. Ten slotte beweegt mijn project zich volledig op een zeer omstreken terrein, namelijk de relatie tussen kunst en technologie, en daarover heb ik zeer interessante gesprekken gevoerd.

Cuartielles: Laten we wat dieper op de technologie achter je robot ingaan. Hoe wordt hij aangestuurd? Welk board gebruik je? Welke andere onderdelen heb je gebruikt?

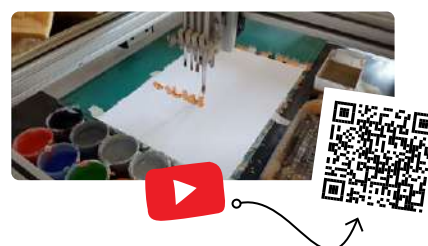
Salatino: Ik heb twee versies van de schilderrobot

gebouwd. De eerste, die je in Rome zag, was gebaseerd op de elektronica van een 3D-printer (Arduino Mega 2560 R3 + Ramps 1.4 en + 4 NEMA 17 stappenmotoren + Marlin-firmware). Daarna bouwde ik een tweede versie met dezelfde opzet, maar ik kreeg NEMA 23-motoren met ingebouwde drivers en moest wat veranderingen aanbrengen aan de elektronica door de Pololu drivers te vervangen door een printje waarmee ik de Ramps 1.4 kon aansluiten op de nieuwe drivers. De eerste versie is gebouwd met aluminium profielen, met veel moeite geassembleerd met het weinige gereedschap dat ik heb. De tweede versie is gebaseerd op industriële lineair bewegende delen, gemonteerd op een houten frame dat ik zo heb ontworpen dat het gedemonteerd kan worden om het te kunnen vervoeren.

Cuartielles: Kun je ons tot slot vertellen waar mensen je kunnen bereiken? Heb je een website of social media-accounts waar mensen meer over je projecten kunnen vinden?

Salatino: Ja, als je "Jose Salatino" googelt, vind je verschillende vermeldingen van mijn activiteiten als schilder en maker. Ik heb onlangs een website opgezet om mijn schilderijen op een meer professionele manier te tonen. Het adres is www.josesalatino.com. Mijn belangrijkste maker-projecten zijn hier te zien: www.hackaday.io/josesalatino. Ik woon nu in een appartement waar ik geen werkplaats kan inrichten, dus ik maak niet veel dingen, maar speel alleen met mijn machines. (Nou ja, ik werk ook acht uur per dag in een fabriek om mijn rekeningen te betalen). Ik wil deze gelegenheid aangrijpen om te zeggen dat ik graag zou deelnemen aan nieuwe projecten (hoe gekker, hoe beter) waarin kunst en technologie elkaar ontmoeten. Er is nog veel te doen, en ik wil daar graag deel van uitmaken. Je kunt contact met me opnemen via e-mail (jvsalatino@gmail.com), Instagram (@josevicentesalatino), Twitter (@jvsalatino) en YouTube (jvsalatino). ◀

Hier zie je de Portrait Painter Robot in actie!



Arduino en The Tree of Life: Kelly Heaton

Kelly Heaton is als kunstenares geen onbekende voor de lezers van Elektor. Ze haalde de cover van de Summer Circuits 2022-editie van Elektor, en we kregen de kans om uitgebreid kennis te maken met haar kennismaking met de elektronica en haar huidige kunstpraktijk. Er is één werk van haar waarin een Arduino-board is verwerkt. Op het eerste gezicht is *The Tree of Life* een centrale controller voor een grotere installatie met meerdere van Kelly's beroemde vogels. We wilden meer weten over dit werk en hoe het werkt.

David Cuartielles: Hallo, Kelly. Bedankt dat je de tijd hebt genomen voor dit vtaaggesprek. Kun je ons kort iets over jezelf vertellen, voor de lezers die het vorige interview met jou nog niet hebben gelezen? [2]

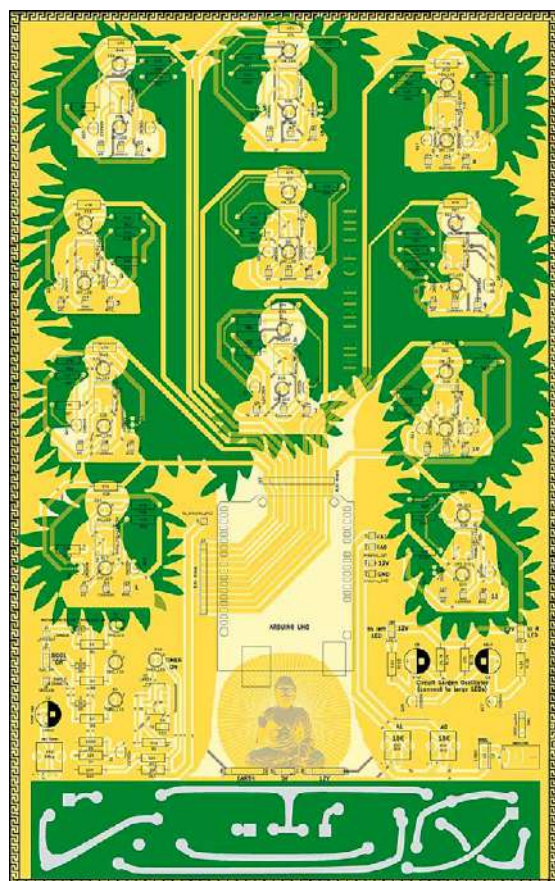
Kelly Heaton: Bedankt voor de uitnodiging! Ik bouw artistieke en filosofische schakelingen om de energiestroom in ons bewuste universum te visualiseren. Analoge elektrotechniek is de sleutel tot mijn praktijk omdat dat het dichtst bij het begrijpen en modelleren van elektriciteit als een ruw creatief medium komt. De meeste mensen zien elektrotechniek als logisch en pragmatisch, maar voor mij is het een manier om na te denken over de energetische aard van het bestaan.



Kelly Heaton

Cuartielles: Je werk omvat een heel ecosysteem van verschillende printen, modellen van onderdelen, kleding... Ik zou me echter willen concentreren op *The Tree of Life*, een spannende print met daarop een afbeelding van Boeddha, een reeks relais, een Arduino Uno R3 en connectoren voor sensoren (figuur 4). Kun je ons iets vertellen over het concept erachter? Hoe verhoudt het zich tot de rest van je werk?

Heaton: The Tree of Life is een oud archetype van onderlinge verbondenheid. Het is een van mijn favoriete symbolen en een terugkerend thema in mijn werk. In de westerse mythologie verbindt de heilige wereldboom de hele schepping in een krachtig symbool van ecologisch welzijn. In het Tibetaanse boeddhisme bereikte Gautama Boeddha verlichting onder de Bodhiboom, en de daarmee verbonden



Figuur 4. Links het ontwerpbestand voor de Tree of Life in de Circuit Garden, 2022. Rechts de print met een geïntegreerde Arduino Uno (bron: Kelly Heaton).

Figuur 5. De print van de Tree of Life in de Circuit Garden (bron: Kelly Heaton).



den Toevluchtsboom is een afstammingsdiagram van goddelijke leraren en spirituele aspiranten. Ik combineerde deze thema's in een esthetisch circuit met elektronische, natuurlijke en spirituele energieën. Als onderdeel van mijn Circuit Garden (2022) wordt The Tree of Life gepresenteerd in een sculpturaal geïntegreerde schakeling als de ziel van de alomtegenwoordige 'black box' microprocessor. In mijn ontwerp gebruikte ik een Arduino Uno om programmatisch een soundscape te orkestreren van mijn vogelzang- en krekelsegeneratoren. Ik ben geen ervaren Arduino-programmeur, dus plaatste ik een verzoek om hulp op jullie [Arduino] forum en lid John Wasser voorzag me vriendelijkerwijs van een pseudo-willekeurige sequencing-routine. De Arduino-gemeenschap is geweldig! Ik ben zo dankbaar als mensen hun kennis delen. Technische complexiteit kan een frustrerende barrière zijn voor artistieke expressie, omdat het moeilijk is om de intelligentie van de rechter- en linkerhersen helft tegelijkertijd te cultiveren. Het streven naar samenhang is de reden waarom *The Tree of Life* zo'n resonant symbool is voor mijn kunst.

Cuartielles: Er is de voor de hand liggende vraag die ik moet stellen. In je werk concentreer je je op analoge technologieën, maar Arduino is eigenlijk een digitale microcontroller die gebruikt wordt om taken in volgorde te plannen en uit te voeren. Hoe kwam je tot de Arduino en waarom besloot je een Arduino Uno te gebruiken in het hart van *The Tree of Life*?

Heaton: Ik richt me om drie redenen op analoge elektronica: (1) digitaal simuleert het leven, terwijl analoog levensecht is; (2) ik wil de fundamentele aard van elektriciteit als creatief medium begrijpen; en (3) analoge elektrotechniek heeft een enorm potentieel voor het bevorderen van de menselijke kennis. Toch zijn veel praktische taken gemakkelijker met een digitaal gereedschap zoals de Arduino. Ik had in 2018 al een pseudo-willekeurige analoge sequencer gebouwd als onderdeel van mijn project *Hacking Nature's Musicians*, dus ik kende de complicaties. Ik zat met een deadline voor mijn *Circuit Garden*-installatie en had een sequencer nodig die drie maanden

lang in een openbare ruimte zou functioneren. Bovendien hield het maken van elektronische zangvogels, krekels, vlinders en pluche circuitsculpturen me volop bezig en uitgedaagd. Experimentele analoge elektronica is prachtig, maar niet altijd praktisch, robuust, reproduceerbaar of snel te ontwikkelen. Ik besloot een Arduino te gebruiken voor de sequencer. Soms moet je gewoon een probleem oplossen. Ik koos mijn specifieke Arduino-board omdat de specificaties goed waren, en ik de naam 'Uno' erg leuk vind. We zijn allemaal verbonden in één (uno) kosmisch circuit.

Cuartielles: Bladerend door de online documentatie van dit stuk, zie ik dat er vier verschillende onderdelen op de print zitten. Eén daarvan is gewijd aan de besturing. Daar zit de Arduino in. Dan is er een kleiner IC, waarvan ik aanneem dat het een 555 is. Er zijn een paar potentiometers die gebruikt worden als analoge ingangen voor de Arduino. En tenslotte is er het onderste deel van de print dat we de wortels van de boom zouden kunnen noemen. Is dat een eerlijke weergave van de print? Hoe werken de verschillende onderdelen op elkaar in?

Heaton: Het begrijpen van de functie is gemakkelijker als je mijn 6 meter lange *Circuit Garden* (figuur 5) bekijkt, want dat is wat het bestuurt. In principe orkestreert *The Tree of Life* wanneer mijn PCB-vogels en krekels hoorbaar zijn, als een poppenspeler van Moeder Natuur voor een elektronisch tuinkoor. Twee op afstand geplaatste bewegingsdetectoren worden gebruikt om een monostabiele multivibrator met een 555, ook wel one-shot timer genoemd, te activeren met een vertraging die wordt ingesteld door een potentiometer. Wanneer beweging wordt gedetecteerd, genereert de 555 een actief signaal gedurende vijf tot dertig seconden. Dit signaal activeert de Arduino om een pseudo-willekeurige sequencing-routine uit te voeren zolang de one-shot geactiveerd blijft. De Arduino Uno schakelt zijn uitgangen in en uit voor verschillende periodes die met een andere potentiometer kunnen worden ingesteld. Omdat de Arduino maar weinig stroom kan schakelen, versterk ik de uitgangssignalen en gebruik die om relaischake-

laars te activeren die je ziet in de elf bodhisattva's van de boomkruinen. De relaisschakelaars regelen de hoorbaarheid van mijn dierenschakelingen op afstand wegens de lange draden die onder de installatie lopen. Als er geen beweging meer wordt waargenomen, schakelt de one-shot uiteindelijk uit, en wordt de Arduino stil. Onderaan het *Tree of Life*-board, wat je de wortels noemt, zit een astabiele multivibrator met dezelfde visuele samenstelling als mijn grote *Circuit Garden*-installatie. Deze oscillerende 'wortels' zijn een microkosmos van de tuin, een symbool voor de geheimen van het universum, en een herinnering dat alles uiteindelijk herleidbaar is tot vibrerende energie. Mijn *Tree of Life* belichaamt de hermetische principes 'zo boven, zo beneden' en 'zo binnen, zo buiten'.

Cuartielles: De bovenste koperlaag is een kunstwerk op zich. Het is een boom waar je het silhouet van elf bodhisattva's kunt zien op de bladeren van een boom. De Arduino is op het board bevestigd boven een mediterende Boeddha. Je speelde met koper-, substraat- en soldeermasker-lagen om drie kleuren te krijgen. Heb je alles getekend met PCB-layoutsoftware? En zo ja, welke heb je gebruikt?

Heaton: Helaas is er niet één software met de interdisciplinaire hulpmiddelen om dit soort kunst te maken. Het is een uitdaging met hersenkronkels en beperkingen, zowel bij het ontwerp als bij de fabricage (maar deze uitdagingen maken de kunst juist spannend omdat ze vernieuwend is). Dit is hoe ik het in het kort doe: ik leg verbindingen in KiCad met behulp van mijn schema en een vectordiagram van de samenstelling die ik ergens anders teken en importeer als referentielaag. Als de functionele schakeling klaar is, exporteer ik mijn productielagen voor bewerking in Adobe Illustrator en Photoshop. Hier wordt het mooi en beangstigend tegelijk. Het is niet gemakkelijk om het functionele circuit intact te houden met programma's die geen verstand hebben van elektrische verbindingen. Ik denk altijd dat het makkelijker zal zijn dan het is, maar mijn hersenen gaan in een andere modus als ik met beeldmateriaal werk, en ik heb de neiging om draden door te snijden die ik niet zou moeten doorsnijden. Hoe dan ook, met de vingers gekruist dat mijn schakeling nog steeds werkt (als die dat al deed, lol), exporteer ik mijn grafische lagen als bitmap-bestanden en converteer ze naar Gerber voor productie. Ik heb bijna altijd een tweede of derde run nodig om mijn printen goed te krijgen, omdat de fouten elektronisch, visueel of (vaak) beide kunnen zijn. Zo heb ik op mijn eerste *Tree of Life*-board ongewild het grootste deel van het massavlak verwijderd en moest ik het met de hand opnieuw opbouwen. Ik heb mijn soldeermasker-laag meer dan eens omgekeerd, en PCB-fabrikanten verwijderen meestal alle zeefdruk die op blank metaal is gedrukt, tenzij je ze expliciet

zecht dat niet te doen. Er zijn veel valkuilen waar we om heen moeten navigeren. Ik wilde dat er een geweldig PCB-gereedschap en een productie-pijplijn was voor kunstenaars, of tenminste een manier om mijn elektrische schema's te controleren nadat ik ze in een ander programma heb aangepast. Ik zou ook graag plug-ins hebben voor algoritmische wijziging van mijn netten, zoals ruimtevullende curven en andere topologische transformaties zoals koperoptimalisatie. Tot slot wil ik enkele van de fabriekstechnici ontmoeten die mijn printplaten maken, omdat ik, vooral als iemand die zelf aan zeefdrukken doet, versteld sta van hun niveau van vakmanschap. De meeste mensen vinden printen vanzelfsprekend, maar ik zie hooggekwaliificeerd vakmanschap met het potentieel voor veel meer expressie. Printen maken blijft een zeer experimentele kunstvorm, maar het is voorbestemd om algemeen bekend te worden. Voorlopig is het echt cool om mijn artistieke tableau te elektrificeren en betrokken te zijn bij de uitvinding van dit nieuwe genre.

Cuartielles: Een belangrijke vraag die ik graag stel wanneer ik praat met kunstenaars die werken met open-source technologieën, is de mogelijkheid om hun werk te reproduceren, omdat alle onderdelen beschikbaar zijn. Hoe denk je daarover? Heb je nagedacht over hoe je je kunstwerken in licentie kunt geven?

Heaton: Ik maak kunst uit nieuwsgierigheid, passie en een verlangen om het met anderen te delen. Ik publiceer veel van mijn schema's in het publieke domein omdat ik dank verschuldigd ben aan iedereen die zijn kennis vrij ter beschikking heeft gesteld, en mijn schema's onthullen de magie en het mysterie die ik wil bespreken. Ik ben vereerd als mensen mijn schakelingen bouwen en ze zich eigen maken. Ik wil niet dat geld of intellectueel eigendom een belemmering vormt voor iemands artistieke expressie. Dat gezegd hebbende, moeten we natuurlijk allemaal de kost verdienen. De kunstwerken die ik persoonlijk met de hand maak en signeer zijn unieke, zeldzame artefacten en worden net zo geprijsd. Ik ontwerp momenteel edities van mijn kunst die in grotere hoeveelheden (niet door mij) kunnen worden vervaardigd en verkocht tegen een meer toegankelijke prijs. Ik sta absoluut open voor partnerschappen en licentiemodellen, ervan uitgaande dat ze aansluiten bij mijn ethos en artistieke visie.

Cuartielles: Kunt je ons tot slot vertellen waar mensen je kunnen bereiken? Heb je een website of social media-accounts waar mensen meer over je projecten kunnen vinden?

Heaton: Volg me op Instagram of Twitter @kelly_heaton. Je kunt me een e-mail sturen via mijn website www.kellyheatonstudio.com/contact. ◀

Jacob Remin
(foto: Lotte Løvholm).



De kunstenaar-ingenieur: Jacob Remin

Technologie gaat niet alleen over bits en atomen. Hedendaagse technologische banen vereisen gemeenschapszin, bereidheid om met veel verschillende mensen samen te werken en openstaan voor gekke nieuwe ideeën. Geen twee loopbanen zijn hetzelfde, maar het lijkt geen twijfel dat sommige ingewikkelder zijn dan andere. Om een voorbeeld te geven van een consistente, maar opwindende carrière in de technologie, nam ik contact op met Jacob Remin, een Deens kunstenaar en ingenieur.

Ik ontmoette Jacob voor het eerst in Istanbul in 2002, toen een groep Scandinavische kunstenaars en ontwerpers waar ik deel van uitmaakte in de stad aankwam voor een reeks culturele uitwisselingen met kunstgalerieën en universiteiten. In die tijd was Jacob een vriend van een vriend die in de loop van de jaren zou uitgroeien tot student, galeriehouder, curator, maar bovenal een gerespecteerd kunstenaar en creatief technoloog. In dit vraaggesprek bespreken we projecten, digitale creativiteit en zelfs muziekvideo's... allemaal met een Arduino.

David Cuartielles: Toen je eind jaren 2000 voor het eerst naar de School voor Kunst en Communicatie van de Universiteit van Malmö kwam (waar ik lesgeef), maakte je een heel grappig project dat trachtte ons aan het denken te zetten over onze relatie met televisie. Kun je ons daar meer over vertellen?

Jacob Remin: Het heette *Workout TV*, een project dat ik samen met Martin Aggerbeck ontwikkelde. We waren studenten Design Engineering aan de Deense Technische Universiteit, maar besloten deze cursus aan de Universiteit van Malmö te volgen omdat onze school geen Arduino-cursussen bood. De cursus vereiste het maken van een kritisch ontwerpconcept, iets om je te laten nadenken over je eigen bestaan. We besloten een humoristische kijk te maken op het concept 'couch potato' en de TV-cultuur. Hiervoor hebben we een afstandsbediening van een TV gehackt, zodat deze automatisch van kanaal wisselt als hij merkt dat je een tijdje niet hebt bewogen. Er zat een Arduino en een bewegingssensor in, en als je niet bewoog terwijl je voor de TV zat, schakelde hij willekeurig over naar een ander kanaal. Om uit te leggen wat er aan de hand was, maakten we een satire van een reclame van een TV-winkel waarin het concept werd uitgelegd. Het project werd later tentoongesteld op het *Half Machine*-festival in Kopenhagen.

Cuartielles: De Deense Technische Universiteit was niet de laatste ontwerpschool die je bezocht?

Remin: Allereerst moet ik vermelden dat ik niet aan de DTU zat omdat ik wilde leren hoe ik ingenieur in de traditionele zin moest worden. Ik was geïnteresseerd in de mogelijkheden die technologie zou bieden voor kunstproductie. Ik had al eerder als kunstenaar gewerkt, met video-installaties, film, muziek, liveoptredens enzovoort. De docenten van DTU waren zo aardig om mijn interesses te ondersteunen en lieten me aan andere instellingen cursussen volgen die aansloten op mijn opleiding.

Cuartielles: En toen verhuisde je naar het Copenhagen Institute of Interaction Design om een eenjarige masteropleiding toegepaste technologie in de ontwerpwereld te volgen. Kun je ons vertellen hoe het daar was?

Remin: CIID is het tegenovergestelde van engineering: alles gaat snel, je moet wilde ideeën ontwikkelen en een proces van vallen en opstaan volgen. Je maakt dingen kapot en bouwt ze opnieuw op via snelle iteraties. Deze lessen gebruik ik vandaag veel in mijn eigen praktijk. Daar kreeg ik de kans om volledig in de elektronica te duiken, en begon ik mijn eigen schakelingen te maken. Je introduceerde me in Eagle (de printontwerp-software), en ik maakte mijn eerste printen. Ik was onder de indruk van hoe snel je tot 'echte producten' kon komen door aangepaste printontwerpen te combineren met lasergesneden behuizingen, en dus ging er hier een wereld voor me open bij het verkennen van deze media.

Cuartielles: Laten we het daar eens over hebben. Op CIID heb je voor je afstudeerproject een kleine synth ontworpen met behulp van de ATmega328. Wat bracht je ertoe om dat te doen?

Remin: Ik heb altijd aan muziek gedaan. Destijds werd ik sterk beïnvloed door 8-bit muziek en de bestaande draagbare muziekplatforms. Ik hield van de klankesthetiek, de draagbaarheid en de creatieve beperkingen van de technologie. Microcontrollers waren een perfecte match voor het maken van een chiptune-geluidsplatform. Ik wilde een muziekinstrument bouwen dat live bespeeld kon worden door muzikanten bij typische jamsessies. Ik noemde het CFO (Cheap, Fat, and Open), en het was een soort 8-bit groove-box. Ik was (en ben nog steeds!) geïnspireerd door het werk van Critter & Guitari, en ze waren zo lief om me de broncode van een van hun instrumenten te sturen zodat ik kon bestuderen hoe het was gemaakt en ik mijn eigen instrument kon bouwen.

Cuartielles: Had dit afstudeerproject een vervolg? Ben je in de business van het maken van kleine synths gesprongen? Er is een markt voor deze kleine, ultra-draagbare muziekinstrumenten met een eigen karakter.

Remin: Toen ik klaar was met mijn scriptie, was ik niet geïnteresseerd in het maken en verkopen van muziekinstrumenten. Ik was veel meer geïnteresseerd in het maken van kunst. Maar de CFO bleef bij me terugkomen. Op de een of andere manier weigerde het project te sterven. Toen ik tijdens mijn kunstcarrière werd uitgenodigd om op verschillende plaatsen te exposeren, placht ik ook workshops te geven waarbij de deelnemers hun eigen synthesizer in elkaar konden zetten. Op een gegeven moment nam mijn goede vriend Jacob Bak het project over en gaf het een tweede leven door de synth-engine te updaten zodat hij op Teensy kon draaien, later kwam David Gauthier er ook bij, en we bundelden onze krachten onder de naam Vsionhairies. Onlangs, en dankzij de medewerking van Dennis P. Paul, professor aan de Kunstacademie van Bremen, hebben we de synth geporteerd om op onze eigen ARM-gebaseerde architectuur te draaien. We geven cursussen over generatieve muziek met behulp van code, wat de belangstelling voor het maken van nieuwe hardware eromheen opnieuw aanwakkert.

Cuartielles: Als ik het goed heb, heb je ze alle drie ontmoet op het CIID, toch?

Remin: Dat geldt voor Dennis en David, maar Jacob had ik al eerder ontmoet tijdens mijn tijd aan de DTU. We studeerden jarenlang op dezelfde plek maar hebben elkaar nooit op de campus ontmoet; de eerste keer dat we elkaar spraken was in een bus naar een technofestival in Zweden. Jacob werd later stagiair in mijn bedrijf om meer te leren over geluidssynthese en printontwerp door de CFO van de grond af aan te herzien.

Cuartielles: Vertel ons daar meer over. Hoe werkt het voor een kunstenaar in jouw discipline? Hoe verdienen je je geld?

Remin: Ik leid een eenmansbedrijf; dat is heel gewoon hier in Denemarken. Ik ben al jaren CEO van mijn eigen bedrijf [lacht]. Zo kan ik freelancen en toch alles slank houden. Ik ben niet geïnteresseerd in groei als bedrijf. In de kunstwereld komt en gaat geld in onregelmatige stromen, dus van maand tot maand verantwoordelijk zijn voor de salarissen van anderen zou superstress voor me zijn.

Cuartielles: Dat betekent dat je een constante stroom van projecten moet hebben. Is alles wat je doet gerelateerd aan elektronica en muziek?

Remin: Ja en nee. Ik doe ook nogal wat aan social engineering. Ik kreeg bijvoorbeeld de mogelijkheid om een kunstruimte te openen onder mijn appartement in Nørrebro, Kopenhagen. We noemden het Mikrogalleriet, omdat het klein was. We gebruikten het onder andere om een gemeenschap van 8-bit muzikmakers op te bouwen: 8bit klubben. We hadden ook

enkele geweldige kunstshows. Tristan Perich produceerde er zijn eerste editie van 'Interval Studies'. Ik nam deel aan de oprichting van andere groepen zoals Science Friction, Click Festival, KKT en Centre for Cyber Wellness. Er zijn veel goede dingen gebeurd in deze ruimtes, maar werken in groepen betekent bijna altijd het verminderen van mijn persoonlijke productie. De laatste tijd heb ik mijn inspanningen weer gericht op de productie van kunstwerken.

Cuartielles: Ben je dan helemaal afgestapt van het curatorschap om je te richten op hands-on activiteiten?

Remin: Bijna. Maar in plaats van de twee te splitsen, probeer ik ze te integreren in mijn kunstpraktijk. Ik zie een waarde in het helpen van andere mensen en het doen van gemeenschapswerk, waarbij ik enkele privileges voor andere mensen kan benutten. Anderen in de scene te brengen, komt de wereld in bredere zintenen goede. Er zijn genoeg blanke mannen die synths en elektronische kunst maken; daarom probeer ik dit in evenwicht te brengen door samenwerkingen. Dit is erg aanwezig in mijn werk, en ik denk hier veel over na. De vraag hoe je een kunstenaar kunt zijn met een kunstcarrière en toch de gemeenschap kunt steunen.

Cuartielles: Dan denk ik dat een deel van je werk ook bestaat door deze ervaringen die je noemt waarbij je samenwerkt en dingen cocreëert. Je laatste grote installatie, Skyen genaamd, lijkt me het resultaat van een open dialoog met verschillende mensen (figuur 7). Het bestaat uit meer dan 300 Arduino-compatibele boards die aan het plafond hangen voor een fabriekslaboratorium in Denemarken. Hoe ben je tot de productie van dit werk gekomen?

Remin: Welzeker! Skyen is een permanente opdracht voor het cultuurcentrum Spinderihallerne in Vejle,

Figuur 6. Zoveel printen
(bron: J. Remin, foto:
Jonas Normann).





▲
 Figuur 7. De Skyen-installatie (bron: Jonas Norman).

Denemarken. En zo heeft het een lange ontwikkelings- en financieringsperiode doorlopen voor de realisatie in april 2022. Dit is geen gemakkelijk proces geweest, maar een van de redenen dat het succesvol was, is precies omdat ik een zeer goede relatie heb ontwikkeld met zowel het kernteam van het fab-lab als met Eva Sommer Hansen van Spinderihallerne.

Cuartielles: Kun je me meer vertellen over het werk?

Remin: De afgelopen jaren heb ik me verdiept in datacentra en wereldwijde computerinfrastructuren, wat we vaak 'de cloud' noemen. Mijn voorstel voor Spinderihallerne was om een abstract datacenter te bouwen, gemaakt van modulaire printen die met standaard netwerkkabels met elkaar verbonden zijn. Ik stelde me een enorme computer voor die in de lucht hing en gegevens verwerkte. Elk van de modules is in wezen een Arduino-compatibel board met 14 LED's en netwerkpoorten die zowel stroom als seriële data via een standaard ethernet-kabel leveren.

Sommige modules laten een ventilator draaien met een MOSFET. Bovendien is er een voedingsschakeling om alle 15 modules 12 V te leveren, zodat er niet te veel spanningsval over al die kabels optreedt.

Alle 300 modules draaien exact dezelfde code, het brein van de installatie is een Arduino Mega, die doet dienst als een soort dirigent die algemene programma's, intensiteiten en ritmes verandert. De Arduino Mega is verbonden met een Raspberry Pi, die fungeert als een WiFi-hotspot die toegang biedt tot een speciaal samengestelde selectie van tekst en media. De hotspot geeft ook toegang tot een terminal die volledige controle biedt over de installatie, maar alleen als je bereid bent om met een commandoregel-interface te werken. Ik drong aan op commandoregel-interactie omdat dit een belangrijk punt is dat aangeeft wie de werkelijke macht heeft over datacentra en wat het verschil is tussen beheerders en gewone gebruikers. Spinderihallerne is een groot cultuurhuis met een fablab, museum, kunstenaarsateliers, startup-zone en andere gemeenschapsdiensten. Ze wilden een kunstmanifestatie die duidelijk maakt wat ze daar doen, wat uiteindelijk meer gaat over het verbinden van de gemeenschap en het activeren van de burgers dan over de specifieke technologieën in kwestie. Als weloverwogen gebaar werden lokale gebruikers van het cultuurhuis uitgenodigd om te helpen bij de montage van het kunstwerk. En nu het klaar is, is het geen passieve sculptuur, maar een ruimte voor verkenning. Tot nu toe zijn er onder Skyen gesprekken, concerten, hackathons en zelfs ochtendyoga gehouden.

Cuartielles: Skyen is open-source, toch?

Remin: Mijn elektronica en code zijn dat altijd. Ik vind het geweldig dat mijn werk in veel verschillende vormen kan voortleven. Op een gegeven moment ontmoette ik een paar hackers in China die een versie van mijn synth hadden gemaakt. Ik was daar zo blij mee, het zag er geweldig uit! Voor de installatie heb ik alles geprogrammeerd, de boards ontworpen, de installatie gebouwd en open source gemaakt. Ik verwacht niet dat iemand die installatie opnieuw gaat bouwen, maar wel dat mensen er op gaan voortbouwen. Als je het werk deelt, overstijgt je ontwerpwereld het object. Veel kunstenaars en ambachtslieden werken samen en wisselen dingen uit met anderen. Al mijn werk steunt sterk op werk van anderen, het gereedschap, de bibliotheken, de materialen. Mijn code en schakelingen teruggeven is het minste wat ik kan doen.

Cuartielles: Maar hoe zit het met de identiteit? Denk je dat mensen jouw werk kunnen onderschei-

den van dat van anderen? Als je het deelt, zullen mensen zich dan uiteindelijk als jou voordoen? (Dit is een lastige vraag die ik altijd stel als ik met mensen uit de kunstwereld praat).

Remin: Ik ben niet zo bezorgd dat mensen mijn werk scheiden van het werk van anderen. Bij kunst gaat het om de context. Kunst kan bestaan uit gevonden voorwerpen en gesampelde media. Kunst kan heel persoonlijk zijn. Ik denk dat het beeld van de eenzame geniale kunstenaar een idee van gisteren is, ik ben veel liever genereus en betrokken bij de wereld.

Cuartielles: En waar ben je nu mee bezig? Waar gaat je nieuwste werk over? Ik hoorde dat je er ook een Arduino in gebruikt, al was het maar op productionniveau.

Remin: Ik werk aan een videoproject voor een tentoonstelling genaamd *Caring Futures*, die te zien zal zijn in Galleri Sølvsjageret in Stavanger, Noorwegen. Het hoofdthema is hoe de gezondheidszorg verbonden is met technologie en internet en hoe de kapitalistische agenda van deze technologieën de toekomst van de gezondheidszorg in gevaar brengt. Ik wilde echt een stuk maken met een positieve visie op de toekomst, maar ik vond dat erg moeilijk gezien de ontwikkeling van de dingen in de afgelopen 40 jaar. Ik besloot dat ik terug moest gaan naar de wortels van

cybernetica, terug naar die inherente positiviteit van de late jaren 60, en dus nam ik als uitgangspunt het gedicht *All watched over by Machines of Loving Grace* van Richard Brautigan uit 1967, wat ook de naam van het stuk is. In juni hielden we een workshop met 10 professionals uit de gezondheidszorg in Stavanger. Tijdens de workshop maakten we de eerste tekst voor een lied waarvoor ik vervolgens muziek schreef. Ik bracht het naar Simon Littauer, een muziekproducer hier in Denemarken, en we maakten er een geweldige popsong van. Ik besloot verder te gaan en een muziekvideo te produceren met een reusachtige siliconen kikker met een Arduino erin om zijn interne gloed en andere effecten te regelen. De technokikker zit in mijn hand terwijl ik door een bos loop en dit lied van cybernetische harmonie zing. Samen worden we deels mens, deels dier, deels netwerk. Met Arduino kon ik verschillende technologische rekwisieten voor de video bouwen: de kikker, mijn LED-bril. Deze rekwisieten zijn niet perfect of duurzaam, maar ze zijn volledig bepalend voor het project. Ik draag die bril namelijk gedurende de hele video. Anders had ik dit niet kunnen doen. 

220425-03 (vertaling: Willem den Hollander)

Vragen of opmerkingen?

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



Over de auteur

David Cuartielles was mede-oprichter van Arduino. Hij heeft een PhD in Interaction Design en een MSc in Telecommunications Engineering, en doceert aan de Universiteit van Malmö.



Gerelateerde producten

Op zoek naar de belangrijkste producten die in dit artikel worden genoemd? Arduino en Elektor hebben ze voor je klaargezet!

- > **Arduino Mega 2560 R3**
www.elektormagazine.nl/arduino-2560
- > **Arduino UNO**
www.elektormagazine.nl/arduino-uno

WEBLINKS

- [1] P. Antonelli, "Welcoming New Humble Masterpieces into MoMA's Collection", INSIDE/OUT, MoMA, 5 november 2014: <https://mo.ma/3SoiY2c>
- [2] C. Abate, "Kunst maken met elektriciteit, een vraaggesprek met Kelly Heaton", Elektor augustus 2022: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-263/60817

Aan de slag met nieuwe

Arduino Hardware!

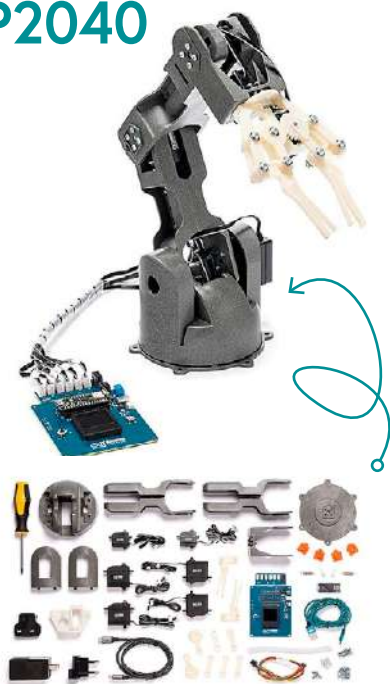
Niets is leuker dan nieuwe hardware uit te proberen, dus onze samenwerking met Arduino was echt een feest! Wil je er zelf mee aan de slag? Elektor heeft alle producten uit dit nummer op voorraad en kan die dus snel leveren!



Arduino Braccio++ robotarm met RP2040

De jongste ontwikkeling van de Tinkerkit Braccio-robot heet Arduino Braccio++, een compleet nieuwe robotarm voor geavanceerde gebruikers. De Arduino Braccio++ kan op verschillende manieren worden opgebouwd voor diverse taken, zoals het verplaatsen van objecten, het volgen van je bewegingen met een camera of het draaien van een zonnepaneel om de beweging van de zon te volgen. Er zijn voor de Arduino Braccio++ nu al uitbreidingsmogelijkheden verkrijgbaar, zoals een nieuwe Braccio Carrier met LC-display, nieuwe RS485-servomotoren en een compleet verbeterde gebruikerservaring.

www.elektor.nl/20174



Arduino Pro Portenta H7



Bouw je volgende slimme project met de Portenta H7. Heb je ooit gedroomd van domotica? Of van een slimme tuin? Dat is nu goed mogelijk met de Arduino IoT Cloud-compatibele boards. Dat betekent: apparaten verbinden, data visualiseren en je projecten regelen en delen van overal ter wereld.

www.elektor.nl/19351



"PID-based Practical Digital Control with Raspberry Pi and Arduino Uno"

www.elektor.nl/20274

Arduino Pro Nicla Vision

Nicla Vision combineert een krachtige STM32H747AI16 Dual ARM Cortex-M7/-M4 IC-processor met een 2MP-kleurencamera die TinyML ondersteunt, plus een slimme 6-assige bewegingssensor, geïntegreerde microfoon en afstandssensor.

www.elektor.nl/20152



Arduino Pro Portenta X8



Portenta X8 is een krachtig System-on-Module met Linux OS aan boord, dat apparaat-onafhankelijke software kan draaien dankzij de modulaire containerarchitectuur. In feite zijn het twee industriële producten in één die zowel profiteren van Arduino's bibliotheken en mogelijkheden als van een container-gebaseerde Linux-distributie.

www.elektor.nl/20270



Arduino Pro Nicla Sense ME

Een nieuwe standaard voor intelligente sensoroplossingen.

www.elektor.nl/20327

Portenta Vision Shield (Ethernet)

De Portenta Vision Shield brengt industriële functionaliteit naar je Arduino Portenta. Professionele vision-toepassingen, richtingsgevoelige audiodetectie, Ethernet en JTAG voor Arduino Portenta.

www.elektor.nl/19511

Portenta Vision Shield LoRa®

Met deze hardware-uitbreiding voor Portenta kun je embedded computervision-toepassingen draadloos via LoRa koppelen met de Arduino Cloud of je eigen infrastructuur.

www.elektor.nl/20332

Portenta Breakout

Het Portenta Breakout-board is bedoeld om hardware-ontwikkelaars en makers te helpen bij het maken van prototypes en het evalueren van boards uit de Portenta-familie.

www.elektor.nl/20341



Arduino Pro Portenta Max Carrier

Prototyping-board voor Portenta-toepassingen. Test je ideeën meteen met perifere. De Max Carrier verandert Portenta-modules in single board-computers of referentie-ontwerpen met AI on the edge voor krachtige industriële, domotica- en robotica-toepassingen.

www.elektor.nl/20271

Arduino Uno Rev3

De klassieke, krachtige low power-AVR-microcontroller. De Uno is het beste starter-board voor elektronica en coderen. De Uno is gewoon het meest robuuste board om aan de slag te gaan met het Arduino-platform.

www.elektor.nl/15877



Arduino Make-Your-Uno Kit

Een nieuwe kit die onder meer een zelf te bouwen UNO met uitsluitend through-hole componenten bevat, plus alle componenten om je eigen UNO-powered synthesizer te maken!

www.elektor.nl/20330



Arduino Ethernet Shield 2

www.elektor.nl/19941



Arduino Sensor Kit Base

www.elektor.nl/19944

Arduino Nano

De Arduino Nano is een klein, compleet en breadboard-vriendelijk board met een ATmega328 in de kleinste verkrijgbare vormfactor van 18 x 45 mm!

www.elektor.nl/17002

Arduino Nano RP2040 Connect

De Arduino Nano RP2040 Connect is een op de RP2040 gebaseerd Arduino-board, uitgerust met WiFi, Bluetooth, een microfoon en een 6-assige slimme bewegingssensor met AI-mogelijkheden.

www.elektor.nl/19754

Arduino Nano 33 BLE Sense

Steek de kracht van AI in je zak met de nog krachtiger nRF52840-processor en een aantal embedded sensoren en de mogelijkheid om (AI) Edge Computing-toepassingen te draaien.

www.elektor.nl/19936

De toekomst van

David Cuartielles (Co-founder, Arduino)
en Fabio Violante (CEO, Arduino)



Nu we het derde decennium van de 21^e eeuw ingaan, worden steeds meer van de oorspronkelijke paradigma's van alomtegenwoordige computersystemen werkelijkheid. IoT in al zijn vormen (thuis of op het werk) wordt realiteit dankzij de bijdragen van opkomende technologieën zoals tinyML, radio-systemen met laag vermogen over lange afstanden en microcontrollers met ultralaag verbruik. De vraag is niet langer of AI deel zal uitmaken van ons leven, maar in hoeverre we dit soort technologieën taken zullen laten overnemen die we momenteel op andere manieren uitvoeren. Machines die altijd aan staan en altijd verbonden zijn hebben duidelijk voordelen, maar de uitdaging is ze op een sociaal verantwoorde en ecologisch duurzame manier te doen.

Daarom blijven we zoeken naar transparante technologieën. Apparaten, softwarekaders en services moeten rekening houden met de behoeften van eindgebruikers, zoals connectivity of rekenkracht, en tegelijk duidelijke richtlijnen bieden hoe om te gaan met gevoelige aspecten als privacy, microtransacties of veilige over-the-air updates. In de afgelopen jaren hebben we de technische mogelijkheden van Arduino-boards uitgebreid en een hele nieuwe familie boards gecreëerd – ons professionele portfolio. Die tonen hoe wij de toekomst van microcontroller-boards zien, waar systemen complexer worden en van huis uit meer componenten integreren – zoals camera's, digitale microfoons of omgevings-sensoren. Wat de software betreft, kunnen de industriële Arduino-computers al over-the-air worden geactualiseerd met behulp van beveiligde bootloaders. Wat we in de toekomst kunnen verwachten is dat deze apparaten in je eigen privé-cloud draaien, je productiemachines bedienen in de vorm van volledig herprogrammeerbare PLC's, complexe ROS-bewerkingen

uitvoeren via de robots in uw fabriek, of een robuuste Linux-gebaseerde industriële computer die uw werkplaats bewaakt. In het onderwijs is grote vraag van gezinnen, overheden en schooldistricten naar krachtiger technologieën. Termen als Python en AI zijn een must geworden in de meeste onderwijsagenda's in de landen waar Arduino actief is. We verwachten dat processoren die tot voor kort werden gebruikt voor industriële toepassingen uiteindelijk deel zullen uitmaken van krachtiger, AI-verrijkte, educatieve hulpmiddelen. Edge-computing en on-device training zijn veilige manieren om de nieuwste technologieën in de klas te introduceren. Tegelijkertijd zullen we zien hoe nieuwe workflows een zero-coding benadering van AI mogelijk maken en digitale technologie in kneedbare bouwmaterialen voor nieuwe alledaagse producten transformeren. Leraren zullen zich meer en meer kunnen richten op toepassingen, aangezien nieuwe programmeeromgevingen de manier zullen vereenvoudigen waarop leerlingen over digitale technologie leren. Modulaire Arduino-instrumenten, verbonden met telefoons, PC's en laptops zullen het mobiele lab van de toekomst worden. Studenten zullen veldwerk doen met hun zelfgemaakte draagbare laboratoria en gegevens opslaan op hun mobiele apparaten voor latere analyse.

In het hoger onderwijs en bij academisch onderzoek zal Arduino een relevante rol blijven spelen door betrouwbare, goedkope boards met eenvoudige API's aan te bieden. Dit zal onderzoekers helpen hun eigen instrumenten en experimentele machines te bouwen voor een fractie van de prijs van een commercieel exemplaar.

Makers zullen de belangrijkste inspiratiebron van Arduino blijven. We zullen nieuwe boards zien met nieuwere processoren met industrie-achtige prestaties. De Arduino

IDE 2.0 zal eerst aanvullingen krijgen in de vorm van vertalingen, om langzaam over te gaan tot de productie van nieuwe plugins om de functionaliteit te verbeteren. Het is slechts een kwestie van tijd totdat mensen hun eigen dashboards gaan maken om informatie van de boards weer te geven en deze vanuit de IDE te lanceren, het programmeren van hele reeksen apparaten met een muisklik te automatiseren, of de bus van een complexe machine met tientallen sensoren en actuatoren te bewaken.

De verbindingen tussen Arduino-apparaten zullen worden afgehandeld door de Arduino Cloud. Operaties zoals over-the-air software updates, drag-and-drop dashboards om apparaten te besturen, of templates om off-the-shelf machines te draaien werken al vanaf de Arduino-servers. We kunnen ons voorstellen dat de toekomst manieren zal brengen om informatiestromen naar cloud-gebaseerde AI's te leiden om patronen te detecteren en werkwijzen vast te stellen. Het is slechts een kwestie van tijd tot de hele edge-intelligence van hun apparaten zal worden overgebracht naar het profiel van een gebruiker om later te worden gedownload naar een replica van de apparaten ergens anders. Dit zal hot-swapping van apparaten mogelijk maken zonder hun werking te onderbreken.

Arduino is ontworpen om een gemeenschap – die van kunstenaars en ontwerpers – te helpen toegang te verkrijgen tot embedded technologie. In de loop der tijd heeft het Arduino-platform andere gemeenschappen bereikt. Ingenieurs, onderzoekers, leraren en makers – allen onderdeel van de Arduino-familie – worden uitgedaagd om samen met ons de toekomst van het platform vorm te geven. Word lid van onze open repositories en bouw mee aan de toekomst! **►**

220541-03 (vertaling: Jelle Aarnoudse)

20% korting

op het eerste jaar van
uw lidmaatschap

Word lid van de Elektor Community

Neem **nu** een
lidmaatschap!



- ✓ Een compleet web-archief t/m 1980!
- ✓ 8x Elektor Magazine (Print)
- ✓ 8x digitaal (PDF)
- ✓ 10% korting in onze webshop, en exclusieve aanbiedingen
- ✓ Toegang tot meer dan 5000 Gerberfiles
- ✓ Gratis bezorging binnen Nederland en België



www.elektormagazine.nl/gold-member

Gebruik kortingscode

ARDUINO20

De Elektor Nieuwsbrief

Get your dose of electronics



Meld u vandaag nog aan
en ontvang de *Arduino*
Bonus Editie gratis.



Met iedere editie van de Elektor E-zine die u mist,
gaan ook de leukste elektronica-gerelateerde
artikelen en projecten aan uw neus voorbij.

www.elektormagazine.nl/elektor-newsletter-arduino