

Speciale editie
gastredactie door



ARDUINO

Declassified
Bonuseditie!

Home Automation

Eenvoudige connectiviteit

p. 4 **Retro-Gaming**
met Arduino

p. 14 **Een controller**
voor Spotify

Van prototype tot productie

Artikelen voor
Pros, Makers
en Studenten!



Elektor's Arduino-
trainingskaart

p. 10



De menselijke factor
bij productie

p. 24



Maak kinetische sculpturen

p. 32

Van **Arduino** en **Elektor** met **Engineering Love**

NU VERKRIJGBAAR

Een unieke editie van Elektor Magazine met gastredactie door Arduino!

DIY elektronica projecten, tutorials en meer van Arduino en Elektor engineers

Vol met projecten, tips en tutorials

Duik in populaire onderwerpen als **MicroPython**, **TinyML** en home automation met Arduino

Leer het Arduino team kennen: Inzichten van **Fabio**, **Massimo** en **David**



Aan de slag met de **Portenta X8**

Koop uw exemplaar in uw favoriete kiosk of bestel het online in de Elektor Store!

Directe links in artikelen geven u gemakkelijk toegang tot Arduino producten en oplossingen

Meer informatie!

www.elektor.nl/arduino-magazine



Bonusinhoud voor de Arduino-editie met gastredactie van Elektor Mag december 2022.

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 auteursrechthebbende onbekend is, doen wij ons uiterste best deze te traceren en marktconform te vergoeden. Helaas is het niet altijd mogelijk de uiteindelijke auteursrechthebbende te traceren. Stuit u hierop en bent of kent u de 'onbekende auteursrechthebbende', 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 Rijsoctrooiwet 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

Declassified Bonuseditie

De creatieve samenwerking tussen Elektor en Arduino hield niet op bij de editie van *Elektor Mag* met gastredactie die we begin december publiceerden, we hebben meer projecten, technische inzichten en informatieve artikelen om u de komende maanden te blijven inspireren. In de loop van vier weken geven we inhoud uit deze editie vrij, totdat u de complete bonuseditie begin januari in handen hebt. Wat een geweldige start voor het nieuwe jaar!

Of u nu als professional werkt aan een nieuw industrieel product of als hobbyist een leuk weekendproject met Arduino zoekt, u zult deze

extra editie van *Elektor Mag* informatief en inspirerend vinden. We bieden u artikelen over een breed scala aan Arduino-onderwerpen en -projecten, zoals retro-games met Arduino, een educatief Elektor Arduino-board, en een draagbare Arduino-controller voor Spotify.

Als u bij het lezen in dit tijdschrift behoefte voelt om te reageren, aarzel dan niet om uw gedachten met ons te delen via elektormagazine.com, arduino.cc of de sociale media. We verheugen ons op uw feedback. Veel plezier!

C. J. Abate (Content Director, Elektor)

IN DIT NUMMER



4 Doom spelen op een Portenta
Retro-Gaming met Arduino



10 Speedcursus in de wereld van Arduino
Uitbreidingskaart voor de Arduino Nano

14 Een Arduino Nano 33-IoT
De Open Source IoT Platforming hebt



20 Bouw een Arduino Uno van schakelingen
Met Arduino Uno en de Arduino Uno
Miraculous Arduino Uno
Security

24 De nieuwste Arduino Uno productie
Maak een Arduino Uno verantwoordelijk voor de Arduino

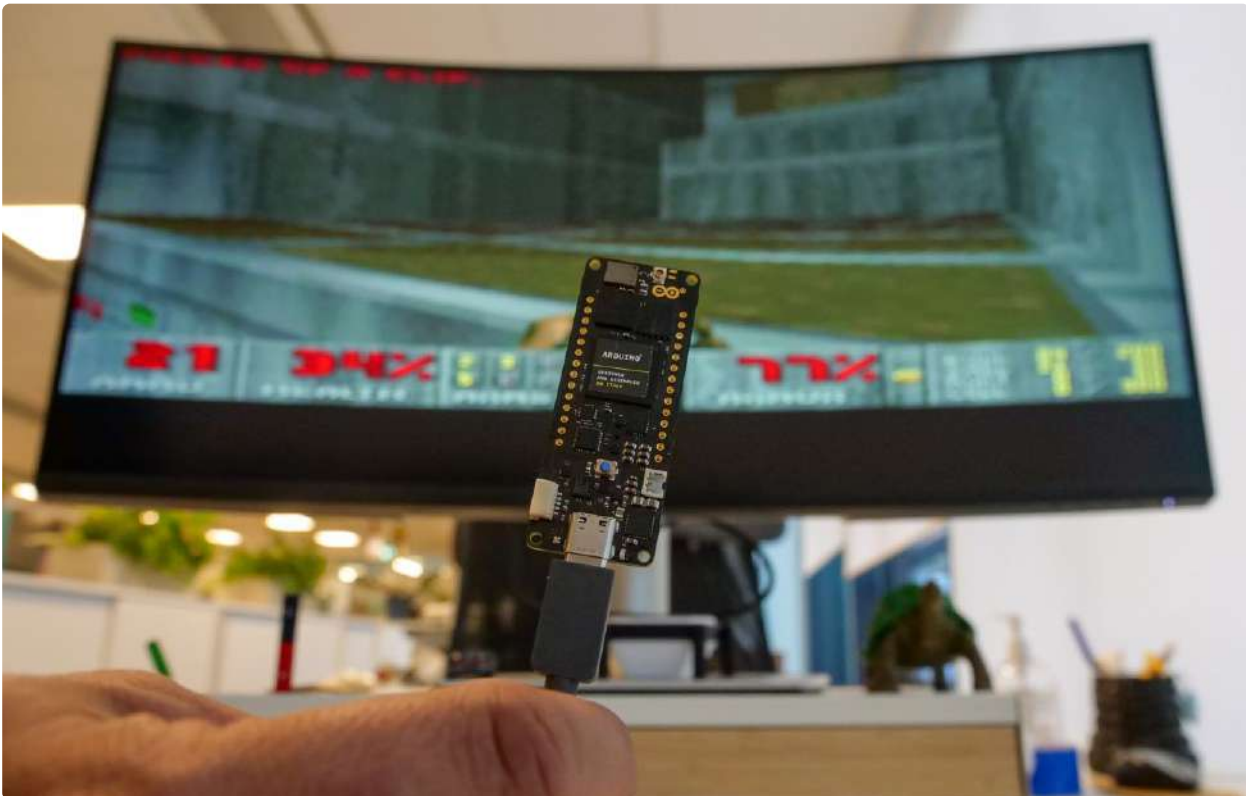


28 Ontwerp een Arduino Uno
Verloren

32 Bloed Arduino Uno's
kijken naar de Arduino Uno 2023



38 Project Arduino Uno's
Nieuw Arduino Uno 2023



Je kunt Doom draaien op een Portenta!

Doom spelen op een Portenta

retrogaming met Arduino

David Cuartielles (Arduino)

Je kunt Doom spelen op een Arduino Portenta H7. Benieuwd hoe dat gaat? Wil je weten waarom de Arduino-technici het spel er in eerste instantie op lieten draaien? Martino Facchin, hoofd van Arduino's firmware-team, heeft de antwoorden.

Doom is waarschijnlijk het meest verkochte spel in de geschiedenis, met een verkoop van meer dan 3,5 miljoen exemplaren. Met een verkoopprijs van \$ 50 werden de ontwikkelaars van Doom, die een klein bedrijfje hadden met de naam id Software, van de ene op de andere dag miljonair. Toen Doom in 1993 uitkwam, was id Software al ongeveer een jaar bezig met een ander bekend spel, Wolfenstein 3D. Doom is een 'first-person shooter' waarin de speler door een 3D-ruimte moet navigeren en het moet opnemen tegen verschil-

lende vijanden met verschillende wapens en munitie die ook overal op het slagveld van het spel te vinden zijn. Doom is geport naar alle besturingssystemen, maar draait ook 'bare metal' op meerdere systemen. De broncode is open, momenteel gelicenseerd onder GPL. Hoewel het niet triviaal is om het te compileren, hebben we versies van Doom zien draaien op zeer kleine computers en ook binnen andere programma's. Op een gegeven moment maakte Microsoft Office's Excel 95 een hommage aan Doom in de vorm van een speelbare paasei, te vinden op de credits-pagina van de software.

Het spel is een manier geworden om zowel de prestaties van kleine computers te testen als om met hackerskunsten te pronken. Een paar maanden geleden, tijdens DEF CON 22 in Las Vegas, demonstreerde de hacker die op Twitter en GitHub bekend staat als @sickcodes Doom op een John Deere-tractor die was aangepast om landbouwgerelateerde afbeeldingen weer te geven. Arduino is geen uitzondering. En toen het eerste prototype van de Portenta H7 – ons krachtigste board tot dan toe in 2018 – uitkwam, gebruikten we Doom om de technische mogelijkheden van het board te testen. Onlangs nodigde ik Martino Facchin, hoofd van Arduino's firmware-team, uit om ons hier meer te vertellen en hoe het in zijn werk ging.



David Cuartielles: Praten we over de Arduino Portenta H7 waarop Doom draait. Ik heb een kleine samenvatting gemaakt van de geschiedenis van Doom, hoe de jongens van id Software het spel maakten, hoe het als een gek verkocht werd, en hoe de makers miljonair werden.

Martino Facchin: En toen publiceerden ze de broncode - het belangrijkste.

Cuartielles: Precies! Ze hebben de broncode gepubliceerd, maar onder welke licentie hebben ze dat gedaan?

Facchin: Ik moet het controleren, maar ik denk dat het een licentie is die compatibel is met de GPL, de Doom Source Code Licence. Het belangrijkste is dat alleen de engine open source is. De assets zijn gesloten, en in feite kun je alleen de shareware versie van Doom spelen, dus je kunt niet echt het volledige spel spelen, tenzij je het gekocht hebt.

Een opmerking van David

Ik ben dit gaan uitzoeken omdat ik er zeker van wilde zijn. In 1997 publiceerde id Software Doom onder bovengenoemde licentie, die de bron openstelde voor educatieve doeleinden. Na een voorval met de beheerders van glDoom, waardoor de wereld zonder kopie van de OpenGL port Doom kwam te zitten vanwege de non-distributie clausule in de Doom-licentie, stemde id Software ermee in de licentie te wijzigen in GPL.

Cuartielles: Het leuke van dit spel is dat mensen hun eigen mods maakten. Ik herinner me een versie van Wolfenstein 3D met personages uit Star Wars.

Facchin: Dat kan ik me niet herinneren.

Cuartielles: Zo oud ben ik. Ik herinner me voor ons beiden.

Facchin: Ik herinner me dat ik als kind Wolfenstein 3D speelde. Maar we hadden geen internetverbinding, dus konden we niet al die goodies van de modders krijgen.

Cuartielles: Voordat we verder gaan, wil ik je eerst iets vragen. Zou je jezelf even willen voorstellen?

Facchin: [lacht] Martino Facchin, firmware engineer bij Arduino.

Cuartielles: Wat is jouw rol bij Arduino?

Facchin: Ik ben hoofd firmware - de belangrijkste man als je hulp nodig hebt bij firmware. Nu heb ik een team met geweldige collega's die me daarbij helpen; destijds ben ik dit team alleen begonnen. Het team blijft groeien. We proberen ook de gemeenschap mee te

laten groeien door iedereen bewuster te maken van wat we doen.

Cuartielles: Wat is - naast het draaien van Doom op een Portenta (iets waar we het later nog over zullen hebben) - waar je bij Arduino het meest trots op bent?

Facchin: Volgens mij is dat het het Pluggable USB-framework. Toen ik net een half jaar bij Arduino was, hadden we een groot probleem met mensen die meerdere functies wilden toevoegen aan de USB-poort van de Arduino Due en de - toen nog - aanstaande Arduino Zero. Telkens als mensen een Arduino Leonardo in een computer prikten, werden de stuurprogramma's voor het toetsenbord, de muis enzovoort opgeroepen, zelfs als je die niet gebruikte. We moesten dit on the fly bouwen, een USB-descriptor die de gebruikers zou helpen alleen die dingen te zien die ze op dat moment wilden gebruiken. Tegelijkertijd lieten we ook andere dingen toe, dingen die mensen wilden gebruiken zoals USB MIDI en dergelijke. Voor mij was dit een enorme ontwikkeling. Ik was vrij jong in die tijd en moest met de hulp van Matthijs Kooijman (lees meer over zijn werk op www.stder.nl) en Paul Stoffregen (de bedenker van Teensy) in contact komen met de gemeenschap om de best mogelijke strategie uit te zoeken. En het werkte. Zo nu en dan komen mensen zeggen: "Ik heb de MIDI-bibliotheek gebruikt voor dit of dat," of er is zelfs een ontwikkelaar die nu alle layouts voor alle internationale toetsenborden maakt, gebouwd bovenop de fundamenteën van die code. Ik ben daar erg trots op.

Cuartielles: Je zei dat je 'vrij jong was in die tijd'. Hoe lang werk je al bij Arduino?

Facchin: Zes en een half jaar, nu. Vanuit het kantoor in Turijn.

Cuartielles: Dat is best wel lang. En hoeveel mensen zijn betrokken bij het firmware-team?

Facchin: Zes mensen. Dat lijkt misschien veel, maar bij het firmware-team onderhouden we alle producten, terwijl we ook andere activiteiten zoals certificering uitvoeren. Aan de andere kant hebben we Firmware gescheiden van Tooling, wat een ander team is dat zich bezig houdt met de Arduino CLI en andere delen van de hogere software.



De voor de hand liggende keuze was om Doom te porten en te proberen alle functies te instrumenteren die nodig waren om het te laten werken.



Cuartielles: En alle ontwikkelaars werken tegen Github, klopt dat?

Facchin: Ja, aan het eind van het ontwikkelingsproces is alles open source.

Cuartielles: Geweldig. Laten we het nu weer over Doom hebben. We weten dat het een zeer succesvol spel was waarvan meer dan 3,5 miljoen exemplaren verkocht zijn en dat de ontwikkelaars ervan stinkend rijk maakte. Het was het eerste bestseller first-person shooter (FPS) spel. De code was open source en werd overgezet naar allerlei apparaten.

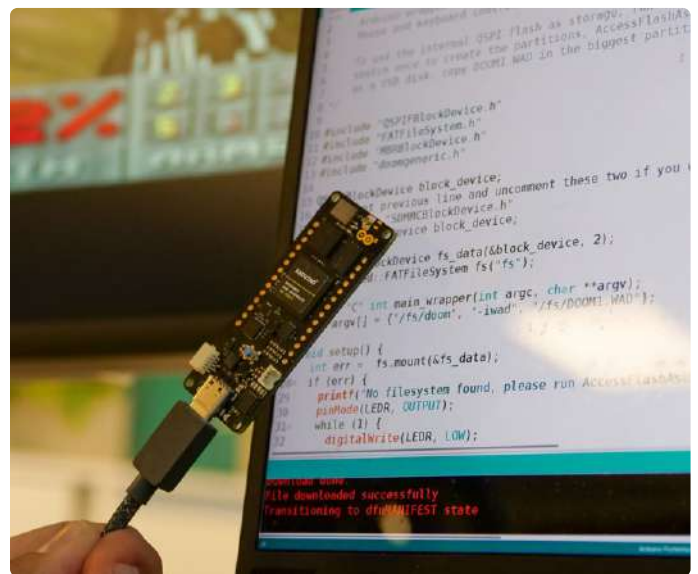
Facchin: Telefoons, rekenmachines, elk besturingssysteem.

Cuartielles: En Arduino's Portenta H7, een dual core processorboard gericht op industriële toepassingen. Wie kwam op het idee om Doom op de Portenta H7 te laten draaien?

Facchin: Het was meer dat we net het eerste prototype van de Portenta H7 hadden binnengekregen, een mooi board met veel chips, en alles moest nog worden gedaan. We hadden deze chip van Analogix die je gewoonlijk in andere apparaten aantreft en die MIPI-signalen omzet in DisplayPort, waardoor hij externe monitoren zou kunnen aansturen. We hadden geen ervaring met de subsystemen in de chip die dit zouden moeten afhandelen, en de bestaande voorbeelden hielpen ook niet. Eerst lukte het ons om wat gele vakjes op het scherm weer te geven, daarna het Arduino logo met een paar artefacten, maar het was verre van perfect. We begrepen niet echt waarom de dingen niet werkten zoals verwacht, dus ging ik voor iets met bewegende beelden die ik gemakkelijk kon herkennen.

De voor de hand liggende keuze was om Doom te porten en te

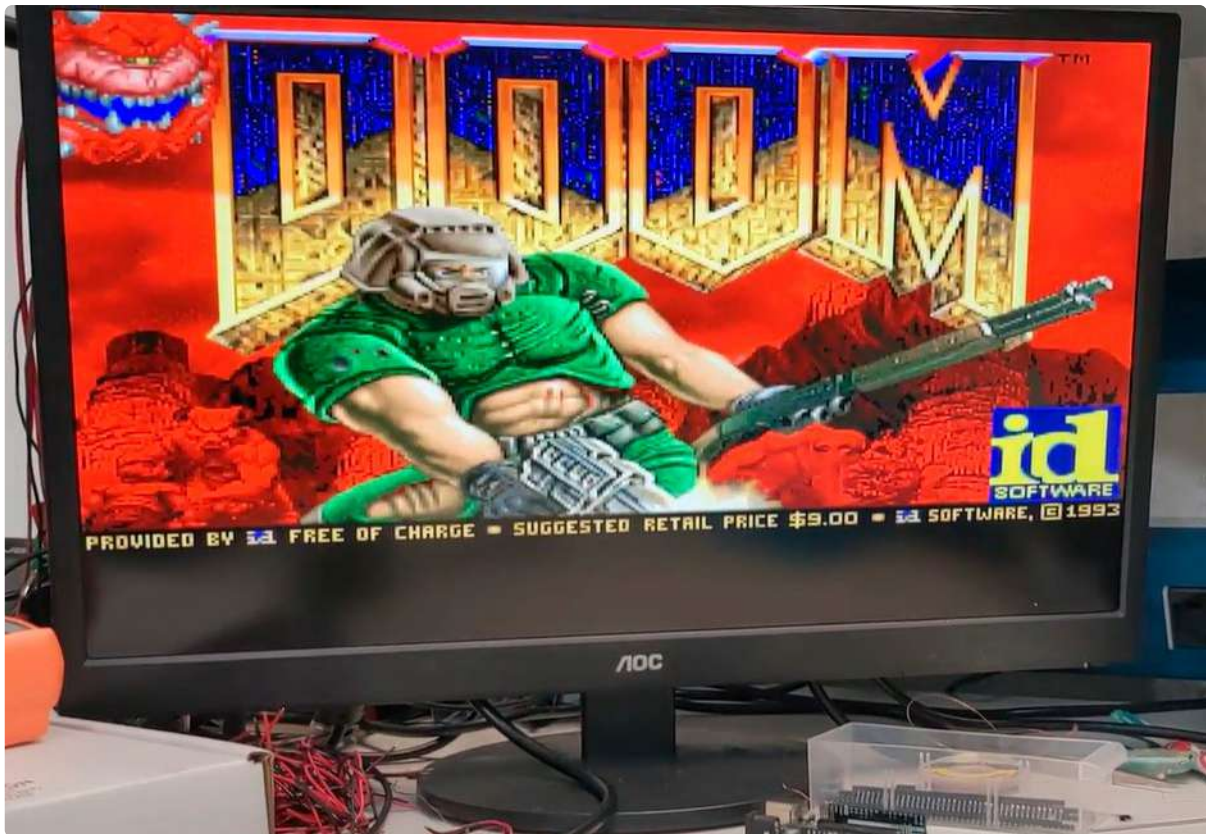
proberen alle functies te instrumenteren die nodig waren om het te laten werken. Het kostte weinig moeite om het te laten werken op iets zonder besturingssysteem. Het is niet echt de fork van Doom die je zou spelen, maar het is heel gemakkelijk te porten. Je hoeft maar zes of zeven functies te veranderen om het aan te passen aan je hardware en je bent klaar. Om te beginnen hadden we geen code om het interne RAM of het externe geheugen te laten werken. Die moest ik eerst aan de praat krijgen en daarna de simulator opstarten. Vanaf het begin kregen we video niet aan de praat, ik moest een framebuffer voorbereiden, wat toveren, en goede uitvoer over USB-C krijgen.



Het is aan de lezer om het project over te nemen en besturingselementen toe te voegen om het spel speelbaar te maken.

Hoe kun je Doom draaien op je Portenta H7?

1. Download de nieuwste versie van de Arduino IDE. Wij raden Arduino 2.0 of recenter aan.
2. Download de Portenta-core uit de board manager.
3. Selecteer de M7-core voor je Portenta H7-board. Alle volgende stappen moeten op die core worden uitgevoerd.
4. Zorg ervoor dat de IDE de poort heeft geïdentificeerd waarop het board is aangesloten.
5. Er is een voorbeeld bij "Examples/Doom" waar je de basisinstructies kunt zien. Voordat je dit installeert, moet je een paar voorbeelden op je board uitvoeren.
6. [Optioneel] Upgrade je Portenta H7 bootloader naar de laatste versie met met "Examples/STM32H747_System/STM32H747_manageBootloader".
7. Formateer de externe flash met het voorbeeld "Examples/STM32H747_System/QSPIFormat". Na de installatie moet je de seriële terminal openen en de daar gegeven instructies volgen.
8. Maak van je board een opslagmedium alsof het een USB-drive is met "Examples/USB As Mass Storage/AccessFlashAsUSBdisk".
9. Open de seriële monitor en kies hoe het formatteren van het board moet verlopen. Zodra dit is gebeurd, zou je computer twee nieuwe externe schijven moeten registreren die erop zijn aangesloten.
10. Download DOOM1.WAD van de DoomWiki site op: <https://doomwiki.org/wiki/DOOM1.WAD> en kopieer het in de grootste partitie van de virtuele Portenta-schijf.
11. Ga terug naar het Doom.ino voorbeeld dat we bij stap 5 zagen en flash het op je bord. Denk eraan: altijd op de M7-kern. Als je problemen had met het zien van de programmeerpoort, dubbelklik dan vóór het uploaden op de resetknop van je Portenta en controleer of de seriële poort goed wordt herkend.
12. Koppel de Portenta H7 los van je computer en sluit hem aan op een USB-C hub alsof het een laptop is. Op de hub zal de externe voeding aangesloten moeten zijn en een HDMI-kabel om het videosignaal naar een computermonitor te sturen.



Doom is een klassieker!

Cuartielles: De Portenta H7 is een dual-core processor. Hij heeft een Arm Cortex M4 en een M7 in de processor. Op welke draaide Doom?

Facchin: Tegenwoordig gebruiken we de M7, maar destijds draaiden we hem op de M4, omdat die veel eenvoudiger was vanuit het oogpunt van embedded programming. Het is meer een typische microcontroller, zonder bijzondere eigenschappen. Aan de andere kant heeft de M7 deze cache die je moet bekijken en op het juiste moment ongeldig moet maken bij het genereren van video. De eerste keer dat ik dingen probeerde te draaien op de M7 was hij echt te snel, en ik kon niets zien op het scherm. De M4 was snel genoeg (25 beelden per seconde) en pixelperfect.

Cuartielles: 25 fps is een stuk sneller dan mijn eerste computer. Maar laten we dit samenvatten voor de lezer: je had Doom draaien op de traagste van de twee processoren, op een board dat Bluetooth, WiFi als connectiviteit heeft. Video wordt verzonden via USB-C. Daar kun je een hub hebben, muis, toetsenbord, wat dan ook. Welke besturing had je daar geïmplementeerd?

Facchin: Helaas hield het project daar voor ons op, want toen we eenmaal zagen dat we video aan de praat konden krijgen, gingen we aan de slag met LVGL, wat een veel nuttigere bibliotheek is voor andere ontwikkelaars om toepassingen bovenop Portenta te bouwen. LVGL is volledig geïntegreerd met de USB-hub, toetsenbord en muis, zodat je alle benodigde interfaces kunt bouwen voor de professionele context die veel eindgebruikers van Arduino nodig hebben.

Cuartielles: Zou het niet cool zijn om een professionele PLC te hebben op basis van de Portenta H7 waarbij je Doom kunt spelen op de Cortex M4-core terwijl je het serieuze werk doet op de M7?

Facchin: Zeker weten!

Cuartielles: Bedankt, Martino. Het was geweldig om het verhaal van Doom op Arduino Portenta H7 te horen. We zullen met onze community de basisinstructies delen over hoe je het aan de praat krijgt. Het is aan de lezer om het project over te nemen en besturingselementen toe te voegen om het spel speelbaar te maken. ◀

220542-03 (vertaling: Hans Adams)

Over de auteur

David Cuartielles is mede-oprichter van Arduino. Hij heeft een PhD in Interaction Design en een MSc in Telecommunications Engineering, en hij doceert aan de Universiteit van Malmö.

Vragen of opmerkingen?

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



Gerelateerde producten

- > **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.nl/arduino-portenta-h7

20%

korting
op het eerste jaar van
uw lidmaatschap

Word lid van de Elektor Community

Neem een



of



lidmaatschap!



Gold Green

- ✓ ✓ Een compleet web-archief t/m 1980!
- ✓ 8x Elektor Magazine (Print)
- ✓ ✓ 8x Elektor 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/arduino-member

Gebruik kortingscode

ARDUINO22

Uitgepakt: Elektor's LCR METER met David Cuartielles

Noteer de datum: 26 januari 2023



Ben je geïnteresseerd in de Elektor LCR Meter Kit en wil je een blik onder de motorkap werpen? Kijk dan op 26 januari 2023 (18:00 CET) naar Elektor Lab Talk, waar ik samen met de Elektor-engineers Mathias Claussen en Jens Nickel de LCR Meter Kit zal bespreken, en je vragen over de Arduino-technologie en dit nummer van Elektor (waar wij als gastredactie aan meewerkten) beantwoord. Mis de livestream niet. En bedenk alvast je vragen. ◀

220555-03 (vertaling: Evelien Snel)

Elektor LabTalk

Elektor Lab Talk,
26 januari 2023 -
livestream met David!



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

Stap in de wereld van Arduino

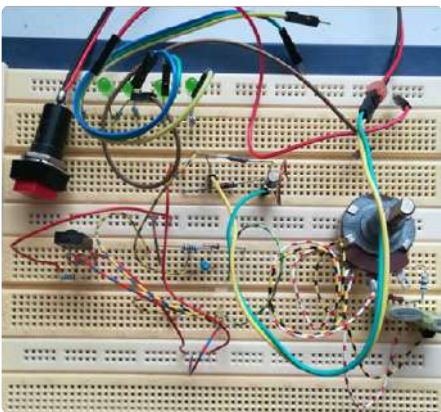
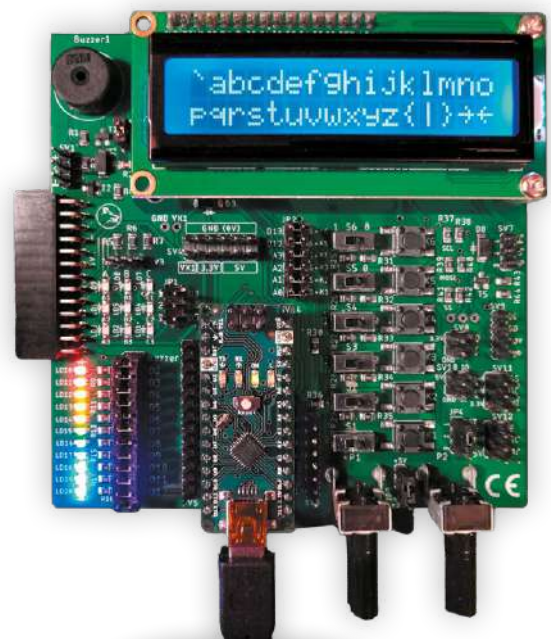
Uitbreidingsboard voor de Arduino Nano

Wolfgang Trampert (Duitsland)

Elektor blijft trouw aan zijn educatieve missie: hier presenteren we een gloednieuw trainingsboard met een Arduino Nano in het middelpunt. Samen met een goed opgebouwde, hands-on training biedt het een ideaal platform om je vaardigheden te verbeteren en de wereld van microcontrollers te verkennen.

Noot van de redactie

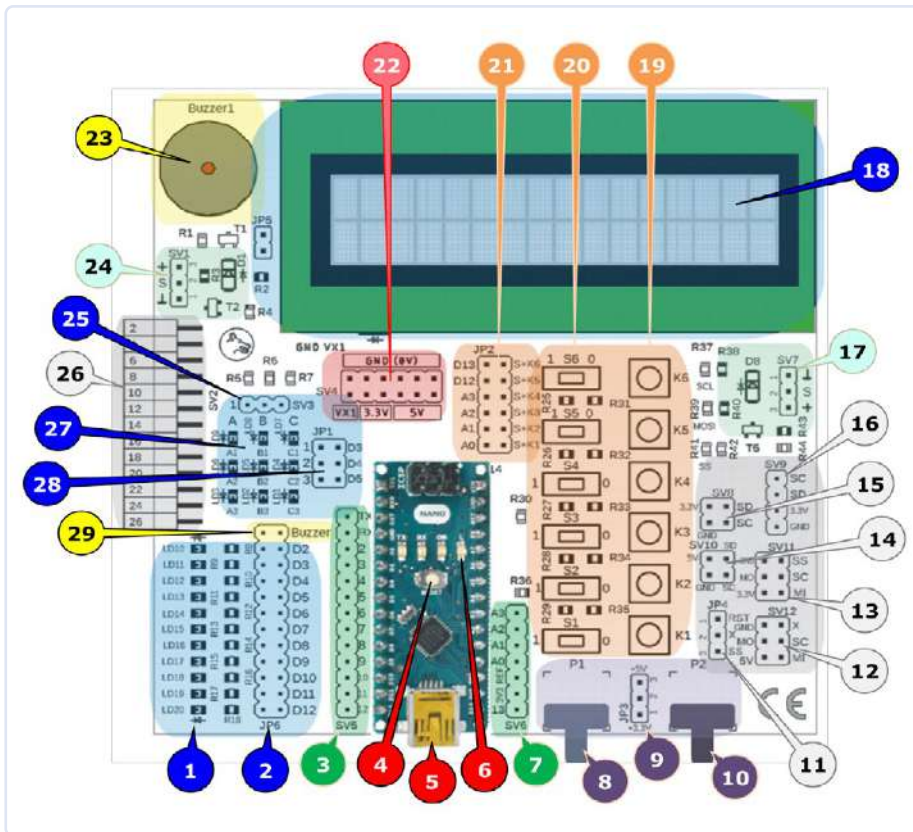
Op het moment van publicatie is het boek bij deze kit alleen in het Duits beschikbaar. Voor de nabije toekomst zijn vertalingen gepland. Zodra deze klaar zijn, zal de vertaalde versie beschikbaar zijn in de Elektor Store



Figuur 1: Typisch steekboard voor een Arduino sketch.

Je zou kunnen zeggen dat de "Arduino-filosofie" wordt geassocieerd met een dicht-op-de-hardware ontwerpbenadering: in de meeste gevallen heeft de Arduino-software of -sketch toegang tot componenten zoals schakelaars, drukknoppen, potentiometers, LED's, LCD-displays, piezozoemers, drivertransistors enz. via de GPIO's van de microcontroller. Andere soorten elektronische modules zoals sensoren, displays of driver boards gebruiken verschillende seriële interfaces zoals SPI, I²C of 1-draads bus om te communiceren met de controller. Om vertrouwd te raken met de wereld van microcontrollers en Arduino-boards, moet je oefenschakelingen bouwen en deze besturen met een Arduino-board.

De essentie van elk project met Arduino-hardware is echter de ontwikkeling van de software (sketch). De hardware is slechts een middel. Je kunt natuurlijk alle periferie die je voor een bepaald project nodig hebt aansluiten met behulp van een bread board (figuur 1). Deze aanpak geeft je maximale vrijheid om onderdelen te plaatsen en signalen aan te sluiten waar je maar wilt. Dat is niet altijd een goed idee, vooral niet als je net begint. De opbouw kan snel in omvang toenemen, zodat je eindigt met een spaghetti van draden. Vaak ben je meer tijd kwijt aan het debuggen van de hardware en het oplossen van bedradingsfouten dan aan het schrijven van code. Dit verhoogt alleen maar de frustratie, en van het corrigeren van domme fouten leer je niet altijd iets nuttigs.



Figuur 2: Het MCCAB-training board, Rev. 3.3.

Het MCCAB Training Board

Om deze hindernissen te omzeilen, hebben we het Elektor Arduino-trainingsboard ontwikkeld, ook bekend als het *MCCAB-training board* (figuur 2). De kern is een Arduino Nano-board dat op het MCCAB-training board wordt geprikt. Daarnaast zijn er de voornaamste zaken die je over het algemeen nodig hebt om een nieuw prototype te bouwen voor vele toepassingen zoals een lab set-up, test en experimentele schakelingen, projecten en oefeningen ter ondersteuning van je studie net als opleiding en ook hobby projecten. De microcontroller GPIO's zijn allemaal beschikbaar op twee pin header strips op het *MCCAB-training board* wat het board maximale mogelijkheden biedt. Extra onderdelen of externe signalen kunnen naar wens worden aangesloten met behulp van verbindingsdraden. Je hoeft je geen zorgen te maken over verkeerde bedrading van de aanwezige periferie en je hoeft minder tijd te besteden aan het doorzoeken van dozen met reserveonderdelen om dat ongrijpbare onderdeel te vinden dat je nodig hebt om een schakeling te completeren.

Extra schakelingen die op breadboards zijn gebouwd, kunnen ook gemakkelijk worden aangesloten met verbindingsdraden, omdat alle GPIO's van de microcontroller op de

Arduino Nano zijn verbonden met de twee headerstrips SV5 en SV6 op het MCCAB-training board (pijlen 3 en 7 in figuur 2). Langs de linkerrand van de print zie je ook de dubbele rij 26-pins rechthoekige header connector SV2 (pijl 26 in figuur 2) waarop een externe uitbreidingsprint kan worden aangesloten. Deze connector levert alle belangrijke GPIO-signalen van de microcontroller. Externe printen om functies te realiseren zoals een elektronische curve-tracer, een lab voeding of een verkeerslichtcontroller kunnen hier op het MCCAB-Trainingsboard worden aangesloten en door het board worden aangestuurd. Informatie en resultaten van een lopende sketch kunnen via de I²C bus naar de 2 x 16 karakters LCD (pijl 18) worden gestuurd. Er is ook een 3 x 3 LED-matrix aanwezig (pijl 27).

Het MCCAB-Training board wordt gevoed met een spanning van $V_{cc} = +5 V$. Deze wordt gewoonlijk geleverd door de USB-kabel die op je PC is aangesloten en die je nodig hebt voor het maken en uploaden van de sketch naar de MCCAB. De MCCAB kan ook gevoed worden door een externe voeding.

In figuur 2 worden alle onderdelen die verband houden met een specifieke functie op de print geïdentificeerd met een gemeenschappelijke achtergrondkleur.

De bedien- en display-elementen op het MCCAB-Training Board

- 1 11 x LED (statusindicatie van in-/uitgangen D2 tot D12)
- 2 Connector die LED's LD10 tot LD20 verbindt met GPIO's D2 tot D12
- 3 Microcontroller in- en uitgangen
- 4 Resetknop
- 5 Arduino NANO met mini-USB-aansluiting
- 6 LED L, verbonden met GPIO D13
- 7 Microcontroller GPIO's
- 8 Potentiometer P1
- 9 Voedingsspanning naar P1 en P2
- 10 Potentiometer P2
- 11 Signaal op pin X van SV12
- 12 SPI-Interface 5 V (Het signaal op pin X wordt geselecteerd door JP4)
- 13 SPI-Interface 3.3 V
- 14 I²C-Interface 5 V
- 15 I²C-Interface 3.3 V
- 16 I²C-Interface 3.3 V
- 17 Schakeluitgang voor externe devices
- 18 2 x 16 karakter LCD
- 19 6 x drukknoppen K1 tot K6
- 20 6 x schuifschakelaars S1 tot S6
- 21 Pin header om schakelaars te koppelen aan de microcontroller GPIO's
- 22 Voedingsspanningsverdeler
- 23 *Buzzer1*
- 24 Schakeluitgang voor externe devices
- 25 3 x 3 LED-matrixkolommen
- 26 2 x 13-pins headerstrip om een externe module aan te sluiten
- 27 3 x 3 LED matrix (rood)
- 28 Aansluitingen van 3 x 3 matrixrijen op D3, D4 en D5
- 29 Jumper koppelt Buzzer1 aan GPIO D9

Tabel 1: Beschikbare classes in de MCCAB_Lib-bibliotheek.

Class	Usage
KeySwitch	Debounced status van schakelaars S1 tot S6 en drukknoppen K1 tot K6
Matrix	Aansturing van de 3 x 3 LED-matrix.
LED	Aan/uit/knipperbesturing van de 12 LED's LD10 t/m LD20 en LED
LedBlock	Een bitpatroon naar alle 11 LED's (LD10 tot LD2) sturen
Sound	Controle van Buzzer1 en blokvolggenerator.

De MCCAB_Lib-bibliotheek voor gebruik met het trainingsboard

Bij de software-ontwikkeling wordt de Arduino IDE gebruikt om het programma (of 'Sketch' in Arduino-taal) te schrijven dat de microcontroller vertelt hoe hij zich moet gedragen. De sketch wordt vervolgens gecompileerd en via een mini-USB-kabel geüpload naar de microcontroller van de Arduino Nano op het trainingsboard.

De GPIO's van de microcontroller kunnen zoals gebruikelijk worden geconfigureerd met de Arduino-functie `pinMode()` en de waarde van signalen naar en van componenten op het oefenboard kan worden gelezen of gecontroleerd met `digitalRead()`, `digitalWrite()`,

`analogRead()` enz.

Er is echter een bibliotheek genaamd *MCCAB_Lib* [1] beschikbaar die de ontwikkelaar ondersteunt met extra commando's om de devices op het MCCAB-Training board aan te sturen. De bibliotheek kan gratis worden gedownload en geïntegreerd in je eigen sketch. Deze bibliotheek maakt de bediening van de aanwezige periferie veel gemakkelijker.

De bibliotheek *MCCAB_Lib* bevat vijf classes voor het aansturen van de schakelaars, de LED's en de zoemer op het trainingsboard en kan naar behoefte gemakkelijk in de sketch van de gebruiker worden opgenomen. Tabel 1 bevat een lijst van de beschikbare classes. Met deze bibliotheek hoeft de gebruiker zich

geen zorgen te maken over het definiëren van tijdsperioden voor het debouncen van schakelaars, het genereren van multiplexbesturingssignalen voor de 3 x 3 LED-matrix en het knippen van de LEDs *LD10* tot *LD20* of *L*, of zelfs het genereren van de zoemer frequenties. De bibliotheekfuncties doen dit automatisch op de achtergrond, zonder dat de gebruiker het merkt.

Listing 1 is een kleine voorbeeldsketch om het gebruik van de *MCCAB_Lib*-bibliotheek te demonstreren.

Op regel van de sketch wordt de objectvariabele `Led` gedeclareerd van de class `LED` uit de bibliotheek *MCCAB_Lib*. De parameter `LED_PIN` die in de declaratie van de objectvariabele `Led` wordt doorgegeven, wordt in regel 13 gedefinieerd als een constante die de pin aangeeft waarop de LED is aangesloten. Deze pin wordt automatisch geconfigureerd als een uitgang tijdens de instantiëring.

De objectvariabele `Key` van class `KeySwitch` uit de *MCCAB_Lib*-bibliotheek (gedecclareerd in regel 22) bewaakt tijdens de uitvoering (op de achtergrond) de toestand van de schakelin-



Listing 1.

```
/*
 * Sketch which uses pushbutton K4 to toggle LED LD10 on and off using object variables in the
 * "KeySwitch" und "LED" classes in the MCCAB_Lib library.
 * To read the status of pushbutton K4 its necessary to insert a jumper to link position S+K4 (the switch
 * connection) with A3 (GPIO A3 of the microcontroller)on double header strip JP2 of the MCCAB.
 * Insert another jumper (in position D2 of the double header strip J6) to link LED LD10 with the
 * microcontroller GPIO of the MCCAB.
 */

11 #include <MCCAB_Lib.h> // bind the MCCAB_Lib Library to the Sketch
12
13 #define LED_PIN 2 // the LED is connected to pin D2
14
15 LED Led(LED_PIN); // Object-Variable
16
17 //function called by the object-variable "Key" when the switch is closed.
18 void switchTurnedOn() {
19     Led.toggle(); // toggle or flip the state of the LED
20 }
21
22 KeySwitch Key(SK4, ACTIVE_HIGH, switchTurnedOn, nullptr); // Object-Variable
23
24 void setup() { } // nothing to do here...
25 void loop() { } // or here
```


gang op pin SK4, die hem volgens zijn declaratie als parameter wordt doorgegeven. Ze voert de debouncing van de schakelaar uit wanneer de drukknop K4 wordt ingedrukt of losgelaten en roept de functie `switchTurnedOn()` op wanneer de knop wordt ingedrukt. De `toggle()` methode van class `LED` uit de `MCCAB_Lib` bibliotheek wordt geactiveerd in de functie `switchTurnedOn()` in regel 19 om de huidige toestand van de LD10 LED om te keren.

Omdat de aansluitpinnen voor de schakelaar en de LED automatisch worden geconfigureerd als in- en uitgang wanneer de objecten worden gedeclareerd, hoeft verder niets te worden gedaan in de `setup()` functie op regel 24 in deze sketch.

De `loop()` functie op regel 26 bevat ook geen instructies omdat de enige actie die in deze sketch moet worden uitgevoerd het schakelen van de LED-status is wanneer de K4-toets wordt ingedrukt. Deze actie wordt gestuurd door de `KeySwitch` class door de call van de functie `switchTurnedOn()`.

Door deze classes in de bibliotheek `MCCAB_Lib` te gebruiken in uitgebreidere sketches zijn de twee functies `setup()` en `loop()` van het standaard Arduino-softwaremodel niet nodig om voortdurend de toestand van perifere componenten af te vragen, waardoor ze vrij komen voor belangrijkere taken.

12 Project-sketches en 46 oefeningen

Een gedetailleerde handleiding voor het MCCAB-training board is beschikbaar en kan worden gedownload van de website. [1] Het MCCAB-training board en de `MCCAB_Lib` bibliotheek zullen ook in detail beschreven worden in een boek dat binnenkort beschikbaar zal zijn (zie noot van de uitgever).

Het boek bespreekt in detail de hardware- en softwarebasisprincipes van een microcontrollersysteem en introduceert de programmeertaal C/C++, die wordt gebruikt om Arduino-sketches te schrijven.

Het boek is vooral gericht op praktische oefeningen, zodat "leren door doen" het sleutelbegrip is dat hier wordt gebruikt om de vaardigheden te krijgen die je nodig hebt wanneer je je eigen projecten gaat bouwen. In een uitgebreid praktisch gedeelte zijn er 12 project-sketches en 46 oefeningen, zodat je kennis toeneemt naarmate je de vele voorbeelden doorwerkt. De oefeningen zijn zo opgebouwd dat de lezer een taak krijgt die met het MCCAB-training board moet worden opgelost met behulp van de kennis die is opgedaan in het theoriegedeelte van het boek. Voor elke oefening is er dan een gedetailleerde uitleg en goed toegelichte voorbeeldoplossingen die helpen bij het oplossen van problemen. ◀

Vragen of opmerkingen?

Als je technische vragen hebt, kun je de Elektor-redactie mailen op editor@elektor.com.

Over de auteur

Wolfgang Trampert ontwikkelt en programmeert microcontrollersystemen sinds hij zijn studie elektronica heeft afgerond. Zijn ingenieursbureau ontwikkelt op microcontrollers gebaseerde oplossingen om aan de eisen van de klant te voldoen. Hij is auteur van enkele gespecialiseerde boeken en artikelen en geeft cursussen over microcontrollers.



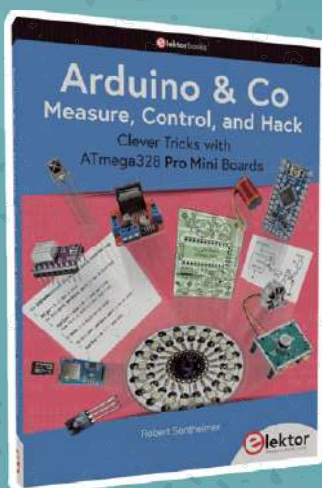
Verwante producten

- > **MCCAB Training Board (SKU 20295)**
www.elektor.nl/20295
- > **Mikrocontroller-Praxiskurs für Arduino-Einsteiger (boek in het Duits, SKU 20293)**
www.elektor.de/20293

WEBLINK

[1] The MCCAB_Lib Library:
<http://www.elektor.nl/20295>

220450-03



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



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51

Figuur 1.
1010 Mak
op het ca
relais en
pe

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51





Listin
(volg

```
// Sk  
void  
ap  
ap  
ap  
ap  
ap  
}
```

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51



B
V
a

op
Pro

Een t

Een
zier
gen
bev
gen
het
var
var
sne
tro
een
i.M
Lo
Di
Sy

Ar
voc
afh
chi
ge
ing
var
Lir

st

He
be
Ele

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51



DevOps-platform van Foundries.io [1] waarmee de bouw, test, uitrol en het onderhoud van embedded Linux-oplossingen haast opnieuw is

naadloos Fedora IoT, Fedora Server, Debian en Ubuntu. De Portenta X8, die de migratie van cloud-native workloads van de

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51



Ed
me
pro
ont
ker
ool
Lin
On
apparaten worden geconfronteerd met twee grote
uitdagingen bij de implementatie van onboarding naar de cloud: de

ded beveiliging – nodig voor snelgroeiende edge node computing-ap-
plicaties, streaming multimedia en machine learning-toepassingen.

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 51

De i.
vier k
een g
liseen
koste
word
realti
32-bi
flexib
De i.M
wer, z
maar
nodig
triële,
cing-t
provid
hardw
om tw
te mak
visuele
ceerde
selecti
brede s
gericht

Toepa omvat

Industr

- > De Po
een m
gege
Cat.M
teem v
- > De bes
tainers
no-om
zeer ge
voertui

WEE

- [1] Foun
- [2] Arm
- [3] Edge
- [4] Edge
- [5] i.MX
- [6] Porte

.../product/portenta



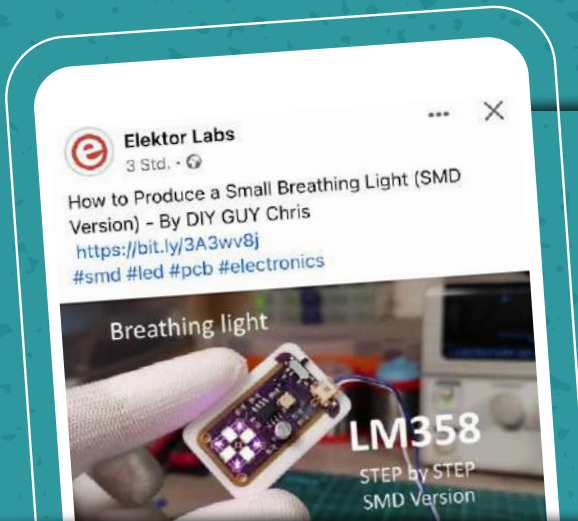
Nieuw Arduino- of elektronica project?

Deel het met onze community

Volg ons op:



www.twitter.com/ElektorNL



www.instagram.com/elektorlabs



www.facebook.com/ElektorNL



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 52

▲
Daria Baradel
en haar Arduino
collega's.

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 52



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 52

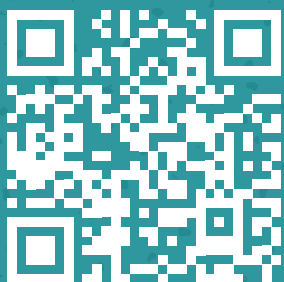
MicroPython Enters the World of Arduino

with Stuart Cording & Sebastian Romero

MicroPython has made it to the world of Arduino, providing the first significant alternative to programming in C and C++. So, what's all the fuss, how easy is it to use, and who can benefit from programming in this, for microcontrollers, relatively new language? Stuart Cording will speak with Sebastian Romero (Head of Content, Arduino) during our live webinar to find out more.

Join for free

www.elektor.com/webinar-MicroPython



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 52



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 52



waa
Ardu
van
plat
[2],
ond
201
sing
boe
bec
om
aar
pul
zov

H

Va
me
zij
ge
kw
ge
le
ke
al
st
e
D
g
s
t
v
a
V
c
l

en het onderzoek
igen, de kans groter zou zijn dat hij voor zijn product-

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 52



▲
Figuur
Maxim

Figuur
Prog
Logi
(Sou

▼

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 52



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 01

▲
Figuur 1
van een
"Creatin



...yseten van papier en andere dunne materia-
len ondersteunt. Onlangs heb ik geëxperimenteerd met

De deelnemers aan de workshop hadden zeer uiteen-
lopende achtergronden en kennis van elektronica.



Doo
vert
spe
slag
well
Enk
beh
Fou
frec
sele
Elk
wa
per
LEI
ma
de
Ee
vo
La
de
ga

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 01



an de

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 01



hieronder één voor één bespreken.

de microfoon in een array te zetten, om de

Figuur

Figuur



Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 01



net
vare
re
re
va
w
na
w
or
ee
El
is
du
bl
ma
als
On
mc
bl
na
12
mA
16,

1 2
100

AR

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 01

Figuur 9:
SWD-pe





Declassified Bonuseditie!

We
pers
sch
om
prin
Afh
waa
len
eer

C

We
de
is o
pri
op
we

Beschikbaar in week 01



Aan de slag met

n

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 01



ter wereld.

www.elektor.nl/19351

Declassified Bonuseditie!

Beschikbaar in week 01



...powered synthesizer te maken!

www.elektor.nl/20330

Arduino Sensor Kit Base

www.elektor.nl/19944

heid om (AI) Edge Computing-toepassingen te draaien.

www.elektor.nl/19936

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