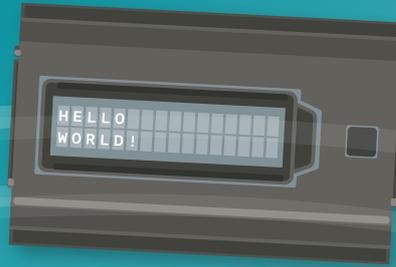


Sonderausgabe
Gastbeiträge von



Arduino-Projekte

140
Seiten

Hausautomatisierung

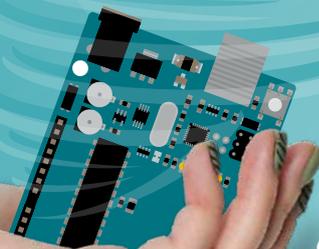
Vernetzung vereinfacht

Profi werden
mit **Arduino Pro**

Arduino Portenta
Maschinensteuerung
und Arduino Portenta H7

Prototyping für die Produktion

Kunst
mit **Arduino**



Freundliche
Elektor-
Übernahme!

In dieser
Ausgabe

- Arduino-IDE 2.0
- Die Arduino-Bibliothek Mozzi für Klangsynthese
- Einführung in TinyML
- Vernetzte Projekte, einfach eingerichtet
- MicroPython hält Einzug in die Arduino-Welt

und vieles
mehr ...



Zukünftige Fähigkeiten entwickeln
mit Arduino

S. 90



Rettet den Planeten
mit Hausautomatisierung?

S. 62



Lernen Sie Arduino kennen!
mit Fabio, Massimo und David

S. 32



Neues Arduino- oder Elektronikprojekt?

Teilen Sie es mit
unserer Community

Folgen Sie
uns auf:



www.twitter.com/ElektorDE



www.instagram.com/elektorlabs



www.facebook.com/ElektorDE



53. Jahrgang, Nr. 590
 Dezember 2022 / Januar 2023
 ISSN 0932-5468
 Erscheinungsweise: 8x jährlich

Verlag

Elektor Verlag GmbH
 Kackertstraße 10, 52072 Aachen
 Tel. 0241 95509190

Technische Fragen: redaktion@elektor.de

Hauptsitz des Verlags

Elektor International Media
 Postbus 11, 6114 ZG Susteren (NL)
 Niederlande

Anzeigen

Büsra Kas: Tel. 0241 95509178
 E-Mail: busra.kas@elektor.com

Distribution

IPS Pressevertrieb GmbH
 Postfach 12 11, 53334 Meckenheim

Druck

Senefelder Misset, Doetinchem (NL)

Elektor verwendet in seinen Publikationen nur eigene Inhalte (Texte und Bilder) oder mit Genehmigung des Urhebers. Von Dritten gelieferte Inhalte werden vor der Veröffentlichung stets auf ihr Urheberrecht geprüft. Ist der Inhaber des Urheberrechts nicht bekannt, bemühen wir uns, ihn ausfindig zu machen und ihn marktüblich zu entschädigen. Leider ist es nicht immer möglich, den endgültigen Urheberrechtsinhaber ausfindig zu machen. Wenn Sie hierauf stoßen und der „unbekannte Urheberrechtsinhaber“ sind oder ihn kennen, wenden Sie sich bitte an redaktion@elektor.de.

Der Herausgeber ist nicht verpflichtet, unverlangt eingesandte Manuskripte oder Geräte zurückzusenden. Auch wird für diese Gegenstände keine Haftung übernommen. Nimmt der Herausgeber einen Beitrag zur Veröffentlichung an, so erwirbt er gleichzeitig das Nachdruckrecht für alle ausländischen Ausgaben inklusive Lizenzen. Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent- oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sende- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.

Innovation mit Arduino



Wie sich die meisten von Ihnen erinnern, enthielt die letztjährige Elektor-Ausgabe zum 60-jährigen Jubiläum ein großartiges Interview mit David Cuatzielles, dem Mitbegründer von Arduino. Der große Einfluss, den Arduino auf die gesamte Branche und damit auf Elektor hatte, ist unbestritten, und so ist das Interview recht ausführlich ausgefallen. Der Beitrag führte zur Idee, dass Arduino im Jahr 2022 die Gastredaktion einer Elektor-Ausgabe übernehmen könnte. Wir freuen uns nun, Ihnen die Früchte der harten Arbeit des Arduino- und des Elektor-Teams präsentieren zu können.

Was können Sie von dieser superdicken Elektor-Sonderausgabe erwarten? In den vergangenen Monaten haben unsere Ingenieure und Redakteure eng mit David und seinen Kollegen bei Arduino zusammengearbeitet, um Projekte, Interviews und Tutorials über die vielen Arduino-Lösungen vorzubereiten, die Ihnen derzeit zur Verfügung stehen, vom Arduino Uno über Arduino Cloud bis hin zu den neuesten professionellen Produkten von Arduino, einschließlich der Portenta-Familie. Wir können Ihnen nun ein Magazin bieten, das nicht nur innovative Projekte wie Davids Bodenüberwachungssystem enthält, sondern auch Einblicke von kreativen Künstlern wie Jacob Remin, die Arduino auf innovative Weise einsetzen. Ganz gleich, ob Sie als Maker ein neues Heimprojekt starten wollen oder als professioneller Ingenieur ein neues Produkt entwerfen, Sie werden die Projektartikel, Tipps und Anleitungen in dieser Ausgabe sicher hilfreich und inspirierend finden. Viel Spaß!

*C.J. Abate (Content Director, Elektor) und
 Jens Nickel (Chefredakteur, Elektor)*



— Unser Team —

Chefredakteur: Jens Nickel (v.i.S.d.P.) (redaktion@elektor.de)
 Redaktion: Eric Bogers, Jan Buiting, Stuart Cording, Rolf Gerstendorf (RG, SG), Alina Neacsu, Dr. Thomas Scherer, Brian T. Williams
 Elektor-Labor: Mathias Claußen, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Clemens Valens
 Grafik & Layout: Harmen Heida, Giel Dols, Sylvia Sopamena, Patrick Wielders
 Herausgeber: Erik Jansen

Meine Leidenschaft für die Elektronik geht auf den Moment zurück, als ich – auf die harte Tour – entdeckte, dass die kleine Glühbirne in meiner Taschenlampe nicht lange an das Stromnetz angeschlossen werden konnte, ohne dass die Sicherungen in der ganzen Wohnung durchbrannten. Ich war 5 Jahre alt und betrachtete Elektronik als ein Mirakel, das es zu lösen galt. Ich konnte mir nicht vorstellen, wie wichtig dieser Moment für meine Zukunft werden würde. Als ich älter wurde, stellte ich fest, dass Elektronik nicht - immer - in der Einsamkeit eines nerdigen Jugendzimmers gebaut wurde. Durch Elektor entdeckte ich eine ganze Gemeinschaft von Gleichgesinnten. Erfinder, die bereit waren, ihr Wissen und ihre Projekte auf den Seiten der Zeitschrift Elektor zu teilen. Dieses Konzept einer Community wurde zum zweiten Grundpfeiler meiner beruflichen Laufbahn.

Die Jahre vergingen, und wir - das heißt, meine Partner Massimo, Dave, Tom und ich - bauten Arduino zusammen mit einer großen Gemeinschaft von Mitarbeitern auf. Diese Elektor-Sonderausgabe ist eine Hommage an unsere Community, an alle, die jemals einen Arduino in die Hand genommen haben, um ein Projekt zu verwirklichen, an diejenigen, die ihre Zeit damit verbracht haben, andere über die Bedeutung der Digitaltechnologie zu unterrichten, an die Künstler, Designer, Ingenieure und Wissenschaftler, die mit Hilfe eines Arduino-Boards eine großartige Arbeit leisten wollen, und - warum nicht - an die Elektor-Gemeinschaft, die uns im Laufe der Jahre unterstützt und geholfen hat, unsere Botschaft zu verbreiten.

In dieser Ausgabe finden Sie Interviews mit Mitgliedern der Arduino-Community, spezielle Projekte, die wir - bei Arduino - in unserer Freizeit durchführen, und Beispiele aus dem wirklichen Leben, wie die Arduino-Community dazu beiträgt, die vernetzte Welt zu verbessern. Dies ist nur ein winziger Teil von allem, was seit der Gründung von Arduino in Ivrea im Jahr 2005 passiert ist. Wir hoffen, dass Ihnen die Geschichten und Projekte gefallen werden, die wir für Sie ausgewählt haben. Und denken Sie daran: Sharing is caring!

David Cuatzielles (Arduino-Mitgründer)





**Vernetzte Projekte,
einfach eingerichtet**

Ihr Weg in die Arduino-Cloud

18

ALTAIR 8800 SIMULATOR

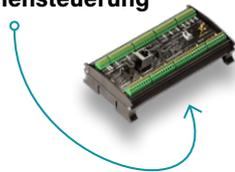
46

Hardware-Simulation eines alten Computers



Rubriken

- 3 **Impressum**
- 3 **Editorial: Innovation mit Arduino**
- 13 **2 MHz-LCR-Meter-Bausatz von Elektor mit David Cuartielles**
- 32 **Lernen Sie Arduino kennen!**
- 102 **Ausgepackt: die Portenta-Maschinensteuerung**
- 138 **Die Zukunft von Arduino**

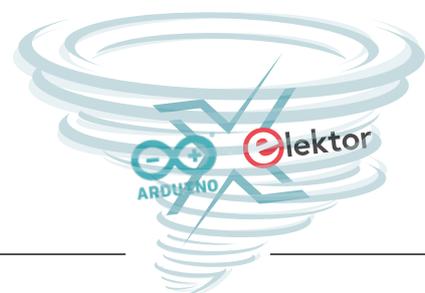


- 66 **Professionelle Anwendungen mit Arduino Pro**
- 71 **Intelligente Backöfen der nächsten Generation**
- 72 **Tagvance sorgt mit Arduino für sicherere Baustellen**
- 73 **Santagostino atmet auf!**
Mit einer Fernüberwachung, die KI für vorausschauende Wartung nutzt
- 74 **Höchste Sicherheit mit der MKR-basierten Lösung von RIoT Secure**
- 75 **Eine neue Generation des Wassermanagements mit Open Source**
- 82 **Die Arduino-Bibliothek Mozzi für Klangsynthese**
Einblicke von Tim Barrass
- 88 **Das neue Portenta-X8-Board (mit Linux!) und Max Carrier machen es möglich!**
- 90 **Wie Arduino Schülern hilft, zukünftige Fähigkeiten zu entwickeln**
- 93 **Must-haves für Ihren Elektronik-Arbeitsplatz**
- 96 **Die Bedeutung der Robotik in der Ausbildung**
- 98 **Ein zuverlässiges IoT auf Basis von LoRa**
- 126 **Kunst mit Arduino**
Inspirierende Einblicke von Künstlern und Designern



Hintergrund

- 14 **MicroPython hält Einzug in die Arduino-Welt**
- 18 **Vernetzte Projekte, einfach eingerichtet**
Ihr Weg in die Arduino-Cloud
- 23 **Einführung in TinyML**
Groß ist nicht immer besser
- 28 **Komfortableres Schreiben von Arduino-Sketches**
Die Arduino-IDE 2.0
- 36 **Erste Schritte mit Portenta X8**
Sichere Softwareverwaltung mit Containern
- 40 **Skalierbare, sichere Anwendungen erstellen, in Betrieb nehmen und pflegen**
Arduino Portenta X8 mit dem i.MX 8M Mini-Anwendungsprozessor von NXP und dem EdgeLock Secure Element SE050





Grow It Yourself

Eine digital gesteuerte Anzuchtbox für Indoor-Farming



Das neue Portenta-X8-Board (mit Linux!) und Max Carrier machen es möglich!



Projekte

- 6 Arduino Portenta Machine Control und Arduino Potenta H7**
Ein CAN-zu-MQTT Gateway Demo Projekt
- 43 Wie ich mein Haus automatisiert habe**
Arduino-CEO Fabio Violante entwickelt und teilt Lösungen
- 46 Altair-8800-Emulator**
Hardware-Simulation eines alten Computers
- 50 MS-DOS auf dem Portenta-H7-Board**
Alte Software auf moderner Hardware ausführen
- 54 Grow It Yourself**
Eine digital gesteuerte Anzuchtbox für Indoor-Farming
- 62 Kann Hausautomatisierung den Planeten retten?**
MQTT auf dem Arduino Nano RP2040 Connect
- 76 Senso**
Spürt Abholzung durch Soundanalyse auf
- 104 8-Bit Gaming mit Arduboy**
- 110 Reduzierung des Wasserverbrauchs auf der Pferderennbahn**
Ein IoT zur ständigen Überwachung von Bodenfeuchtigkeit und Temperaturen
- 116 Das Panettone-Projekt**
Ein Robotersystem zur Verwaltung von Sauerteigstartern
- 124 Space Invaders mit Arduino**



Vorschau

Elektor Januar/Februar 2023

Das nächste Heft ist wie immer randvoll gefüllt mit Schaltungsprojekten, Grundlagen sowie Tipps und Tricks für Elektroniker. Schwerpunkt der nächsten Ausgabe ist Audio- und Videoelektronik.

Aus dem Inhalt:

- > Videoausgabe mit Mikrocontrollern
- > ESP32-Kamera
- > 32-Ω-Kopfhörerverstärker
- > Workshop: Framework zur Audio-Entwicklung auf dem ESP32
- > Röhrenverstärker
- > ChipTweaker hackt Smart-Karten
- > USB-Generator für echte Zufallszahlen
- > ATX-Spannungsversorgung für Raspberry Pi

Und vieles mehr!

Elektor **Januar/Februar 2023** erscheint am 5. Januar 2023. Änderungen vorbehalten.

Möchten Sie mehr Inhalte von Elektor und Arduino? In den kommenden Wochen werden wir eine Bonus-Ausgabe von Elektor mit weiteren Gastbeiträgen von Arduino zusammenstellen, mit Arduino-bezogenen Projekten und Artikeln über einen Controller für Spotify, Retro-Gaming mit Arduino und vieles mehr! Abonnieren Sie das Elektor E-Zine (www.elektormagazine.de/newsletter), und wir liefern Ihnen die Bonusausgabe direkt in Ihren elektronischen Briefkasten!



Arduino Portenta Machine Control und Arduino Potenta H7

Ein CAN-zu-MQTT Gateway Demo Projekt



Bild 1. Arduino Portenta Machine Control.

Von Mathias Claussen (Elektor)

Ist das Board Arduino Portenta Machine Control eine Alternative zu einer Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS)? Es ist Arduinos Fuß in der Tür zur Industrie. Eine kleine Vorstellung der Arduino Portenta Machine Control und des Arduino Potenta H7.

Arduino in der Industrie, das ist der Weg, den die Pro-Serie von Arduino beschreiten soll. Mit dem Board *Arduino Portenta Machine Control* (Bild 1) ist nun eine Plattform verfügbar, die I/Os mit den typischen 24 Volt oder 4...20 mA an Bord hat. Daneben werden als Bussysteme Ethernet, CAN-FD, RS232, RS485 und RS422 zur Verfügung gestellt. Für weitere Konnektivität stehen WLAN, Bluetooth und USB zur Seite. Natürlich dürfen hier auch I²C und Anschlüsse für Thermoelemente nicht vergessen werden. Die Anschlüsse sind bei Arduino Portenta Machine Control durch Klemmleisten sehr einfach erreichbar, wie man in Bild 2 sehen kann.

Wer sich nun an die Anschlüsse einer Siemens S7 erinnert fühlt, hat nicht ganz unrecht. Das Board Arduino Portenta Machine Control soll in bestehenden Anlagen Optionen für Entwickler schaffen, die mit einer klassischen SPS oder Programmable Logic

Controller (PLC), wie die Anglikaner sagen, nicht erreichbar wären. Da verwundert es auch nicht, dass das Board Arduino Portenta Machine Control mit einem funktionalen DIN-Schienen Gehäuse ausgestattet ist.

Arduino Portenta Machine Control

Was ist bei Arduino Portenta Machine Control anderes als bei einer klassischen SPS? Wer etwas sucht, findet Informationen über das Innenleben einer S7-1200 von Siemens [1]. Doch was macht nun Arduino Portenta Machine Control besser? Es ist kein Raspberry Pi verbaut und kein Beagle Bone Black, das Herz der Steuerung ist der Arduino Portenta H7 und seine STM32H747XI-MCU. Die MCU ist ein asymmetrischer Dual-Core-Mikrocontroller mit einem Cortex-M7, der mit bis zu 480 MHz getaktet werden kann, und einem Cortex-M4 mit 240 MHz. Neben den internen

2 Mbyte Flash und 1 MByte SRAM des STM32 stehen hier noch weitere 8 MByte SD-RAM und 16 MByte QSPI-Flash (Quad Serial Peripheral Interface Flash [2]) zur Verfügung. Die Dual-Core-MCU auf dem Arduino Portenta H7 besitzt also genug Ressourcen, um nicht nur einfache SPS-Anwendungen laufen zu lassen. In dieser Konstellation ist das System bestens gerüstet, neuronale Netz anzuwenden und dank Maschinellem Lernen (ML) neue Anwendungen zu ermöglichen. Damit der Einstieg in ML leicht fällt, wird das Arduino-Board Portenta H7 direkt durch Edge Impulse unterstützt. Das Beste kommt zum Schluss: Der Arduino Portenta H7 besitzt einen USB-C-Port, der nicht nur als USB-Host oder USB-Slave betrieben werden kann, sondern dank geschicktem Design in der Lage ist, Video bis zu 720p (1280x720 Pixel) auszugeben. So kann ein Monitor als HMI direkt mit dem Arduino Portenta H7 realisiert werden.



Bild 2. Klemmleisten des Boards Arduino Portenta Machine Control.

kommt die openAMP-Bibliothek [5] die zur Kommunikation zwischen den Prozessoren genutzt werden kann. Für die hardware-spezifischen Treiber wird auf STM32Cube von STMicroelectronics gesetzt, so dass bewährter Code direkt vom Hersteller im Einsatz ist. Die Softwareschichten sind in **Bild 5** zu sehen.

Nützliche Arduino-Bibliotheken

Neben dem Kern für die Arduino-IDE, das Boards-Package, gibt es noch eine Reihe an Bibliotheken, die eine beschleunigte Entwicklung ermöglichen. Für Arduino Portenta Machine Control steht die gleichnamige Bibliothek *Arduino Portenta Machine* zur Verfügung. Diese bringt passende Funktionen für das Temperatursensor-Interface der Arduino Portenta Machine mit, passende Ansteuerung für die RS485-Treiberbausteine und die 24-Volt-GPIOs. Hinzu kommt hier die Ansteuerung des CAN-Interface.

Wer das integrierte WLAN nutzen möchte, um aus der Ferne neue Firmware zu installieren, kann dazu die *Arduino Portenta OTA*-Bibliothek nutzen. Damit können Firmwareupdates in den externen Flash oder auf eine SD-Karte geschrieben werden. Das nächste Mal, wenn der Bootloader gestartet wird, führt dieser dann ein Update der Firmware aus.

Leider ist der USB-C-Port, der das Videosignal bereitstellt, am Arduino Portenta Machine Control nicht direkt zugänglich.

Doch all diese neuen Optionen bieten auch viele Stolpersteine auf dem Weg zur eigenen Anwendung. Daher soll hier gezeigt werden, wie man mit dem Arduino Portenta H7 und Arduino Portenta Machine Control ein eigenes kleines Projekt realisieren kann.

Softwareframework und IDE

Für den Arduino Portenta H7 steht das Arduino-Framework bereit und kann mit der Arduino-IDE in Version 1.x oder der neuen IDE in Version 2.x genutzt werden. Was den Editor angeht, so ist die Version 1.x nicht der beste Editor seiner Klasse, die Version 2.x bringt hier deutliche Verbesserungen gegenüber der Version 1.x. Die Benutzeroberfläche der

Version 2.x ist in **Bild 3** zu sehen.

Um mit der Arduino-IDE Programme für den Arduino Portenta H7 oder Arduino Portenta Machine Control zu entwickeln, muss nur das passende Board-Package (**Bild 4**) installiert werden und schon kann es mit der Entwicklung losgehen.

Wer mit der Arduino-IDE nicht warm wird, kann auch einmal einen Blick auf PlatformIO [3] wagen. Dort wird das Arduino-Board Portenta H7 direkt unterstützt, und als Editor kommt Visual Studio Code zum Einsatz. Allerdings bieten die Arduino-IDE und die API (Application Programming Interface) noch etwas mehr Software, die im Hintergrund arbeitet, zum Beispiel das Mbed OS [4] als Betriebssystem und dessen HAL (Hardware abstraction library) für die Hardware. Hinzu

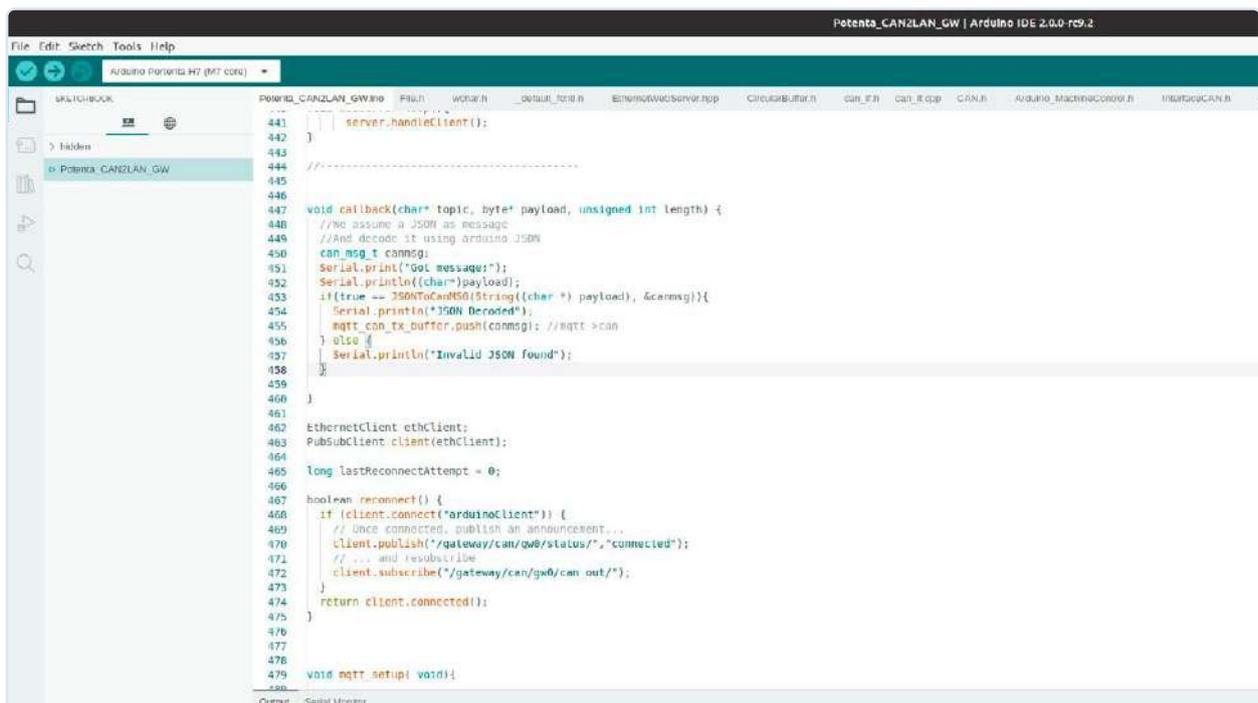


Bild 3. Arduino-IDE Version 2.

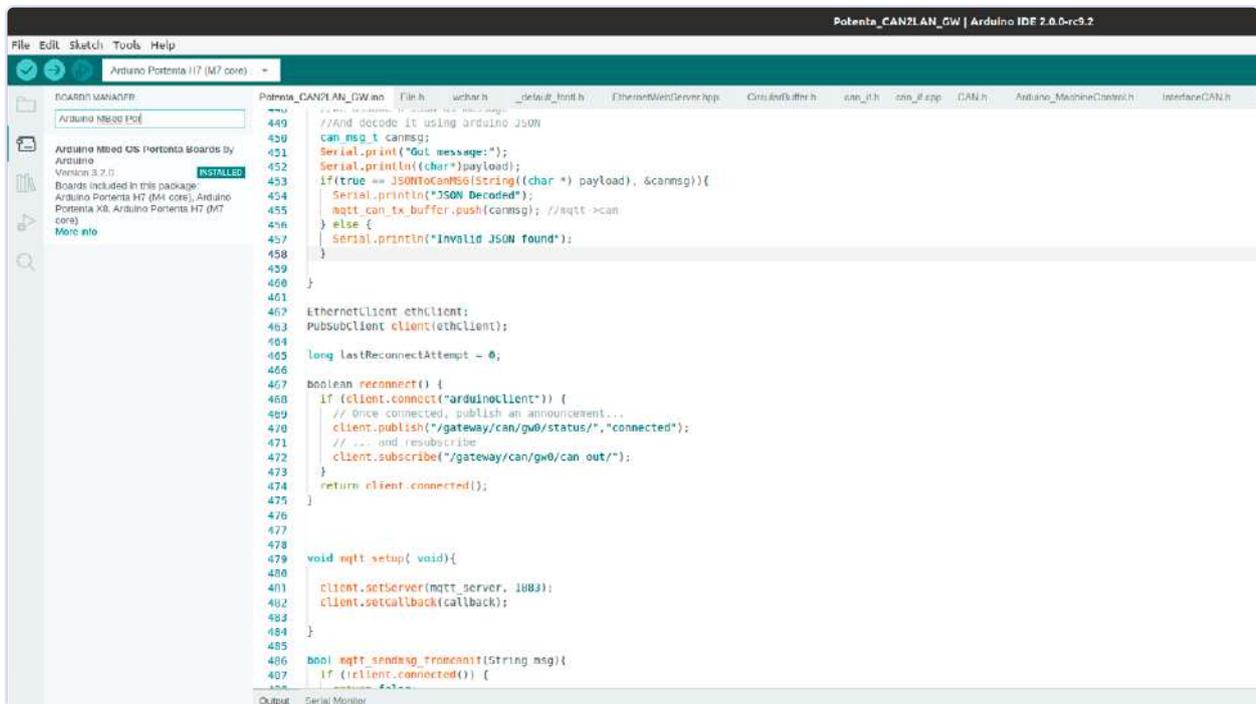


Bild 4. Das Board im Boards-Manager.

Da auch BLE (Bluetooth Low Energy) unterstützt wird, benötigt es noch den BLE-Stack namens *ArduinoBLE*, den man über den Bibliotheksverwalter herunterladen kann. Wenn es um die Ausgabe von Grafik geht, so ist der Arduino Portenta H7 auf eine Bibliothek angewiesen, die Pixel passend arrangiert. Die *Little versatile graphics library* (LVGL) ist eine solche Bibliothek und in ihrer aktuellen Version eine gute Basis für die eigene HMI-Entwicklung.

Beinahe eine klassische SPS

Zum Zeitpunkt, als dieser Artikel geschrieben wurde, war die Unterstützung für IEC 61131-3 [6] noch im Beta-Stadium und die Screenshots (Bild 6 und Bild 7) stammen aus einer Beta Version. Doch was ist IEC 61131-3 und warum ist es gut, dass Arduino

Portenta Machine Control dafür Unterstützung erhält?

Wer klassische SPS wie eine S7-1200 von Siemens projiziert, wird mit AWL (Anweisungsliste), KOP (Kontaktplan) oder ST (Strukturierter Text) schon einmal in Berührung gekommen sein. Steuerungen mit diesen Programmiersprachen zu erstellen hat sich in der Industrie als Standard durchgesetzt. Diese Sprachen und Verfahren werden in der IEC 61131-3 beschrieben. Mit der Unterstützung durch Arduino Portenta Machine Control können Anwender so auf bestehendes Wissen zurückgreifen und erprobte Konzepte ohne großen Aufwand umsetzen.

Eine MCU, zwei Prozessorkerne

Die Programmierung der STM32-MCU unterscheidet sich gegenüber den anderen Arduinos. Wir haben hier zwei Prozessoren, die unabhängig voneinander arbeiten, jedoch auf die gleichen Ressourcen zugreifen können. In der Arduino-IDE kann nun gewählt werden, ob das Projekt auf dem Cortex-M4 oder dem Cortex-M7 laufen soll und wie der verfügbare Flashspeicher unter den Prozessoren aufgeteilt wird. So kann zum Beispiel auf einem der Kerne die Echtzeitsteuerung der Maschine laufen, während auf dem anderen Kern MicroPython seinen Dienst verrichtet. Auch kann man so seine KI-Applikation auf dem Cortex-M7 Kern rechnen lassen und den Cortex-M4 Kern für andere Kommunikation wie TCP/IP, CAN oder Modbus nutzen. Ein Blockdiagramm der STM32-MCU ist in Bild 8 zu sehen.

Externes RAM, Flash und Secure Element

Wie schon eingangs erwähnt, sind 8 Mbyte SD-RAM angebunden, auf die beide CPUs zugreifen können. Nicht nur der Zugriff auf Daten ist so möglich, sondern auch das Ausführen von Programmcode aus dem externen RAM. Hinzu kommt noch der 16 MByte große QSPI-Flash, den der STM32 auch direkt in seinen Speicherbereich einblenden könnte. Damit wäre die MCU in der Lage, über die 16 MByte Flash als internen Speicher zu verfügen und auch direkt Code von dort auszuführen (XiP – Execution in Place), jedoch ist diese Option im Arduino-Softwarestack nicht vorgesehen. Die 16 MByte Flash werden als externer QSPI-Flash behandelt und als Massenspeicher mit passendem Flash-Dateisystem genutzt. So können bis zu 16 MByte an Daten in den Speicher abgelegt werden, was für OTA-Updates (Over the air) oder andere Daten sehr praktisch sein kann.

Etwas, das beim Entwickeln von Code zu beachten ist, ist dessen Platzierung. Die Ausführung vom internen Flash oder vom SD-RAM verursacht unterschiedlich lange Wartezeiten der MCU auf Code und Daten. Ungeschickte Platzierung kann deshalb zu erheblichem Verlust von Rechenleistung führen. Das Arduino-Board Portenta H7 verfügt über ein Secure-Element. Dabei handelt es sich um ein SE050 Secure-Element von NXP. Über dessen kleineren Ableger, den SE050E, gab es schon eine Review [7], die auf der Elektor Homepage zu finden ist.

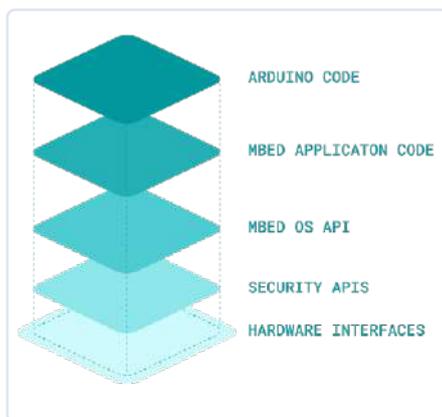


Bild 5. Softwareschichten für den Arduino Portenta H7. (Quelle: <https://bit.ly/3TSw5cm>)

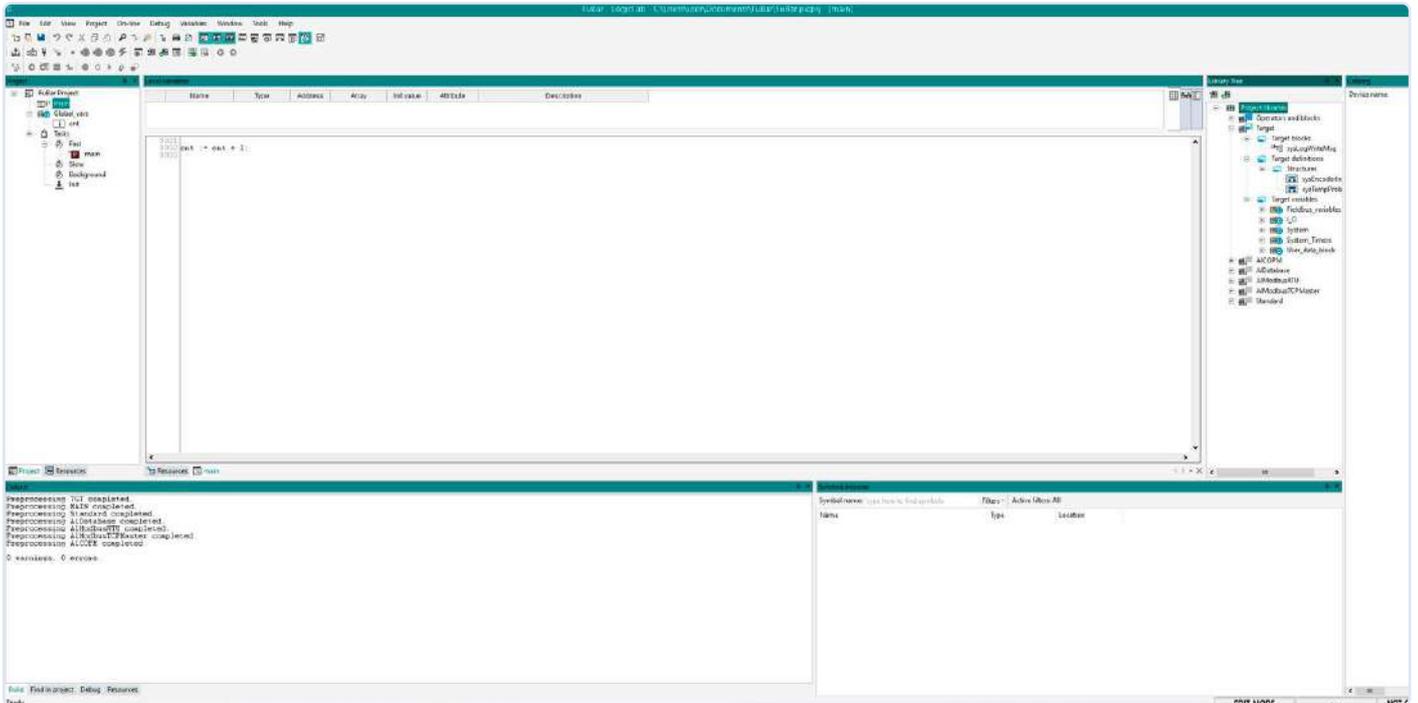


Bild 6. Einfacher Zähler im Arduino-PLC-Editor.

Beispielprojekt mit Arduino Portenta Machine Control

Nachdem die Hardware vorgestellt wurde, soll ein kleines Beispielprojekt zeigen, wie man Software für Arduino Portenta Machine Control schreiben kann. Es soll hier ein Gateway von CAN (Controller Area Network) zu MQTT realisiert werden. Dieses soll CAN-Nachrichten nach CAN 2.0B verarbeiten und als MQTT-Nachrichten an einen per LAN angebundenen Server weiterleiten.

Die Software ist nur eine kurze Demonstration und der Quelltext nicht im Ansatz das, was man als produktivtauglich einstufen würde.

Wozu ein CAN-zu-MQTT-Gateway?

Wer auf einem CAN-Bus Daten aufzeichnen und auswerten möchte, kann dieses komfortabel aus der Ferne machen. Die Daten können dann in eine Datenbank geschrieben oder mit anderen Methoden auf Anomalien untersucht

werden (zum Beispiel mit einer KI). Der Transport per MQTT macht es auch möglich, dass mehrere Teilnehmer die CAN-Daten auswerten oder Nachrichten an den CAN-Bus senden. Und nicht nur in der Industrie oder im Auto wird CAN verwendet, auch bei der heimischen Modelleisenbahn kann ein CAN-Bus vorhanden sein [8].

CAN, MQTT und WebSocket-Bibliotheken

Um CAN-Botschaften zu senden oder zu

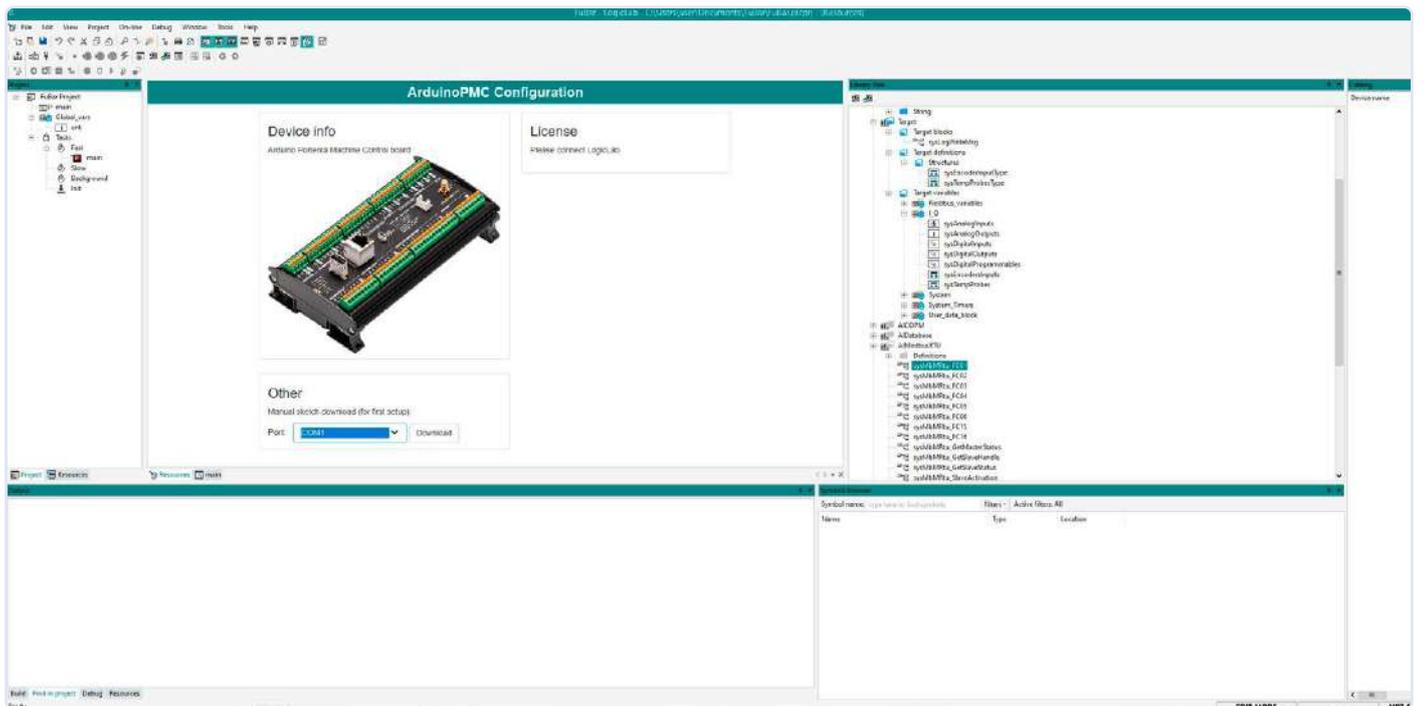


Bild 7. Projektübersicht im Arduino-PLC-Editor.

empfangen, wird der integrierte CAN-Controller verwendet, der hardwareseitig auch CAN-FD (Controller Area Network Flexible Data Rate) beherrscht. Der CAN-Controller ist hier leider durch das Mbed OS, das als Zwischenschicht fungiert, etwas ausgebremst und aktuell auf CAN 2.0B beschränkt.

Für die MQTT-Anbindung kommt der *PubSub-Client* [9] in Version 2.8 zum Einsatz. Für die WebSocket-Anbindung wird *EthernetWeb-Server* von Khoi Hoang [10] verwendet. Damit steht auch ein Webserver zur Verfügung, der Webseiten ausliefern kann. Von der Funktion her ist er dem des ESP32 sehr ähnlich, so dass Applikationen von einem ESP32 oder ESP8266 leicht migriert werden können (soweit die Theorie).

Der Webserver selbst ist in dem Projekt eingebunden und liefert auch eine statische Fehlerseite 404 (Page not found) aus. Was das Lesen vom Flash-Filesystem des Arduino Portenta angeht, gibt es leider ein paar kleine Inkompatibilitäten zwischen der API (Application Programming Interface) der EthernetWebServer-Bibliothek und der API für den Zugriff auf das Dateisystem des Arduino Portenta. Mit etwas mehr Zeit und Mühe lässt sich dieses aber durch eine kleine Klasse beheben, die dann den Dateizugriff passend für den Webserver bereitstellt. Das Konzept der Software ist in **Bild 9** zu sehen. Die Software wurde schon mit dem Hintergrundgedanken eines funktionsfähigen Webserver geschrieben und stellt die CAN-Botschaften nicht nur per MQTT bereit, sondern auch per WebSocket. Damit wären dann auch eine Visualisierung und Interaktion des CAN-Bus per Webbrowser möglich.

Aufbau der Software

Für das Gateway sind die drei Komponenten: ein MQTT-Client, ein WebSocket-Server und das Handling der CAN-Daten. Da weder WebSocket noch MQTT vorschreiben, wie die Daten ausgetauscht werden, habe ich mich für JSON entschieden.

Die Konfiguration der Software geschieht hier komplett im Quelltext und ist der Kürze der Projekt-Entwicklungszeit sowie kleinerer Komplikationen mit dem Webserver geschuldet. Für CAN muss die passende Bitrate eingestellt und für den MQTT-Server die IPv4-Adresse im Netzwerk eingetragen werden. Der Teil der Software für die Konfiguration ist in **Bild 10** zu sehen.

CAN-Botschaften, die durch den CAN-Cont-

System	Chrom-ART Accelerator™ JPEG Codec Acceleration	2-Mbyte dual-bank Flash memory RAM 1056KB incl. 64KB ITCM FMC/SRAM/NOR/NAND/ SDRAM Dual Quad-SPI 1024-byte + 4-Kbyte backup SRAM
SMPS, LDO, USB and backup regulators POR/PDR/PVD/BOR	Cache I/D 16+16 Kbytes Arm® Cortex®-M7 480 MHz + Arm® Cortex®-M4 240 MHz Floating point unit (DP-FPU) Nested vector interrupt controller (NVIC) JTAG/SW debug/ETM Memory Protection Unit (MPU) ROP, PC-ROP anti-tamper	
Multi-power domains		
Xtal oscillators 32 kHz + 4 ~48 MHz		
Internal RC oscillators 32 kHz + 4, 48 & 64 MHz		
3x PLL		
Clock control		
RTC/AWU		
1x SysTick timer		
2x watchdogs (independent and window)		
82/114/140/168 I/Os		
Cyclic redundancy check (CRC)		
Unique ID		
Control	AXI and Multi-AHB bus matrix	Analog
2x 16-bit motor control PWM synchronized AC timer	4x DMA	2x 12-bit, 2-channel DACs
10x 16-bit timers 2x 32-bit timers	True random number generator (RNG)	3 x 16-bit ADC (up to 3.6 MspS)
5x Low-power timer		20 channels/up to 2 MSPS
16-bit High res. timer		Temperature sensor
		2x COMP
		2x OpAmp
		Connectivity
		TFT LCD controller
		MPI-DSI
		HDMI-CEC
		6x SPI, 3x I²S, 4x I²C
		Camera interface
		Ethernet MAC 10/100 with IEEE 1588
		MDIO slave
		2x FDCAN (Flexible Data rate)
		1x USB 2.0 OTG FS/HS
		1x USB 2.0 OTG FS
		2x SDMMC
		4x USART + 4 UART LIN, smartcard, IrDA, modem control
		1x Low-power UART
		4x SAI (Serial audio interface)
		SPDIF input x4
		DFSDM (8 inputs/4 filters)
		SWP (Single Wire Protocol)

Bild 8. Übersicht STM32H747XI. (Quelle: <https://bit.ly/3SEfjwL>)

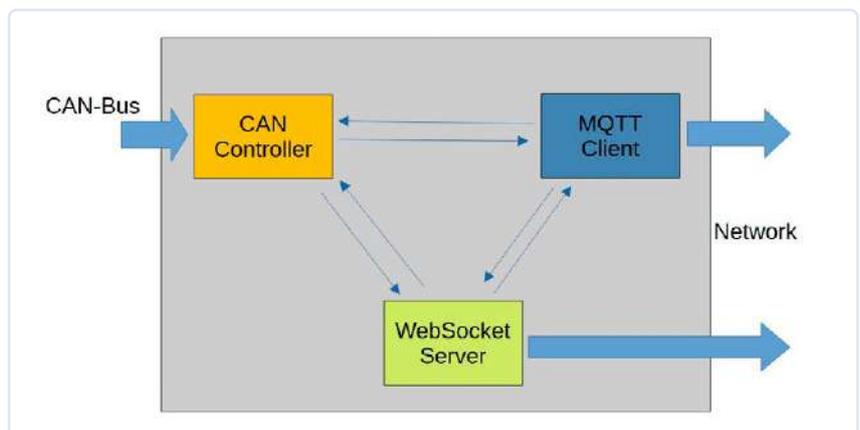


Bild 9. Konzept der Software, grob dargestellt.

```

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)

```

Bild 10. Konfiguration von CAN und MQTT-Server.

oller empfangen werden, leiten die Software per MQTT und WebSocket weiter. Werden per MQTT JSON-Daten mit CAN-Botschaften erfolgreich dekodiert, werden diese an den CAN-Controller und an den WebSocket-Server weitergeleitet. WebSocket-Daten, die CAN-Botschaften enthalten, werden an den MQTT-Server und den CAN-Controller weitergereicht. Der WebSocket-Server war vorgesehen, um die CAN-Daten per Weboberfläche anzuzeigen oder aber Daten zu senden. Dazu wäre nur ein Endgerät mit Browser nötig. Der Server wurde dennoch in der Software belassen, da so andere Systeme sich direkt mit dem Arduino Portenta Machine Control verbinden können, um per Websocket Daten auszutauschen. Hier wäre dann kein MQTT-Server nötig.

JSON in MQTT-Nachrichten und WebSocket-Verbindungen

Für den Datenaustausch wird JSON (JavaScript Object Notation) [11] verwendet. Der Aufbau von JSON ist recht einfach und enthält die Daten der CAN-Botschaft sowie das Interface (CAN, MQTT oder WebSocket), durch das die Botschaft empfangen wurde. Ein solcher JSON-String könnte folgendermaßen aussehen:

```

{
  "src": "can_if0",
  "type": "can",
  "extid": false,
  "canid": 2047,

```

```

"length": 8,
"data": [
  0,
  0,
  255,
  255,
  0,
  0,
  0,
  128
]
}

```

Für die MQTT-Anbindung wird das Topic `/gateway/can/gw0/can_in/` für CAN-Botschaften verwendet, die durch den CAN-Con-

Anzeige



Arduino & Co – Messen, Schalten, Tüfteln

Mit einem einfachen Arduino Pro Mini Board und ein paar weiteren Bauteilen lassen sich heute für wenig Geld Projekte realisieren, die vor 20 oder 30 Jahren noch undenkbar waren oder ein kleines Vermögen gekostet hätten. Von einfachen LED-Effekten bis zur Ladestation – die den Akku auf Herz und Nieren prüft – in diesem Buch ist vieles dabei.

www.elektor.de/19975





troller empfangen wurden. Die CAN-Botschaft wird hier als JSON-Nachricht veröffentlicht, so dass alle, die dieses MQTT-Topic abonniert haben, eine Kopie der Nachricht erhalten. Nachrichten, die per WebSocket empfangen wurde, werden an das Topic `/gateway/can/gw0/ws_in/` gebunden vom MQTT-Server veröffentlicht. Damit kann unterschieden werden, welche Nachrichten per MQTT und welche per WebSocket an das CAN-Interface gesendet worden sind.

Auf dem MQTT-Server wird das Topic `/gateway/can/gw0/can_out/` aboniert. Wenn dort eine Nachricht veröffentlicht wird, versucht die Software dieses als JSON-Nachricht zu dekodieren und daraus eine passende CAN-Botschaft zu generieren. Verläuft dies erfolgreich, wird die Nachricht an das CAN-Interface und den WebSocket-Server weitergereicht.

Wie geht es weiter?

Die hier vorgestellte Software ist nur als Entwicklungsidee gedacht und bei weitem nicht vollständig. Sie soll Hinweise geben, wie eigene Projekte gestaltet werden könnten und zeigen, wie man mit vorhandenen Bibliotheken und etwas Wissen über das Arduino-Framework schnell eigene Anwendungen schreiben kann. Die Software kann von der Elektor-Labs-Website [12] heruntergeladen werden. Die Arduino-Portenta-Maschinensteuerung kostet rund 300 €. Bei der Budgetierung sollten Sie bedenken, dass das Gehäuse zwar funktional gestaltet ist, aber keine WLAN-Antenne besitzt. Achten Sie auch darauf, eine Antenne mit 3 dB oder weniger Verstärkung zu wählen, um die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten. Wie in den vielen Fällen kann die Softwareent-

wicklung herausfordernd sein. Durch das Arduino-Framework ist dies hier sehr einfach und man kann viel von seinem schon erlernten Wissen wiederverwenden. In der Arduino-IDE 2.x wurde der Editor stark verbessert und das Installieren der nötigen Software und Bibliotheken für Arduino Portenta Machine Control ist nur noch eine Sache von Minuten. An manchen Stellen benötigen die Bibliotheken noch etwas Feedback der Nutzer: Wenn Sie also Fehler finden oder Ideen für Verbesserungen haben, teilen Sie diese bitte den Betreuern der Bibliotheken mit. So können alle von den Fehlerbeseitigungen und Verbesserungen profitieren.

Was Arduino Portenta Machine Control betrifft, so macht das Gerät einen sehr vielversprechenden Eindruck. Die Plattform Arduino Portenta H7 ist eine sehr solide Basis in Bezug auf die Hardware. Auch der Preis von circa 120 € macht sie für viele Projekte interessant, ebenso der Umstand, dass sie aktuell lieferbar ist. Besonders die Möglichkeit, ein HMI zu realisieren, ist sehr einladend und eröffnet neue Anwendungsbereiche. Durch die Anbindung von weiterem RAM und Flash an den STM32H7 auf dem Arduino Portenta H7 können auch komplexere Daten gespeichert und sogar größere KI-Modelle auf der MCU ausgeführt werden. Mit WLAN, Bluetooth und Ethernet sowie Hardware für die gängigen Bussysteme bleiben kaum Wünsche offen. Das Arduino-Board Portenta H7 kann nicht nur als Basis für industrielle Steuerungsanwendungen dienen, sondern würde sich sicherlich auch als Herzstück anderer Anwendungen hardware-technisch gut machen. ◀

(220448-03)

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter mathias.claussen@elektor.com oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- **Arduino Portenta H7 Development Board (SKU 19351)**
www.elektor.de/19351
- **Arduino Portenta Machine Control**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-machine-control
- **Arduino Portenta Vision Shield (SKU 19511)**
www.elektor.de/19511

WEBLINKS

- [1] S7-1200 Innenleben: <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] Elektor-Review: NXP SE50E: www.elektormagazine.de/news/review-nxp-edgelock-se050e-secure-element
- [8] Märklin CAN-CS2-Protokoll: 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-de.html
- [12] Projekt auf Elektor Labs: www.elektormagazine.de/labs/can-to-mqtt-gateway-with-arduino

Ausgepackt

Das Elektor-LCR-Meter mit David Cuartielles

Termin: 26. Januar 2023



Möchten Sie den LCR-Meter-Bausatz von Elektor mit mir zusammen auspacken? Dann schauen Sie sich den Elektor Lab Talk am 26. Januar 2023 (18:00 Uhr MEZ) an! In der Diskussion spreche ich zusammen mit den Elektor-Ingenieuren Mathias Claussen und Jens Nickel über das LCR-Meter-Kit und beantworte Ihre Fragen zur Arduino-Technologie und dieser Gastausgabe von Elektor. Verpassen Sie nicht den Livestream und stellen Sie ihre Fragen! ◀

(220555-02)RG

Elektor LabTalk

Sehen Sie David live beim Elektor Lab Talk am 26. Januar 2023!



www.elektormagazine.com/labtalk-david

MicroPython hält Einzug in die Arduino-Welt

Von **Stuart Cording (Elektor)**

MicroPython hat es in die Welt von Arduino geschafft und bietet die erste bedeutende Alternative zur Programmierung in C und C++. Was hat es damit auf sich, wie einfach ist es zu anzuwenden und wer profitiert von der Programmierung in dieser für Mikrocontroller relativ neuen Sprache? Elektor sprach mit Sebastian Romero (Content-Leiter bei Arduino), um mehr darüber zu erfahren.



Über Sebastian Romero (Content-Leiter bei Arduino)

Sebastian Romero, Head of Content bei Arduino, ist Interaktionsdesigner, Pädagoge und kreativer Technologe mit einer Schwäche für Menschen. Mit seinem Team ist er dafür verantwortlich, spannende Lernerfahrungen zu schaffen, die Millionen von Ingenieuren, Makern, Künstlern, Hobbyisten und Studenten helfen, innovativ zu sein.

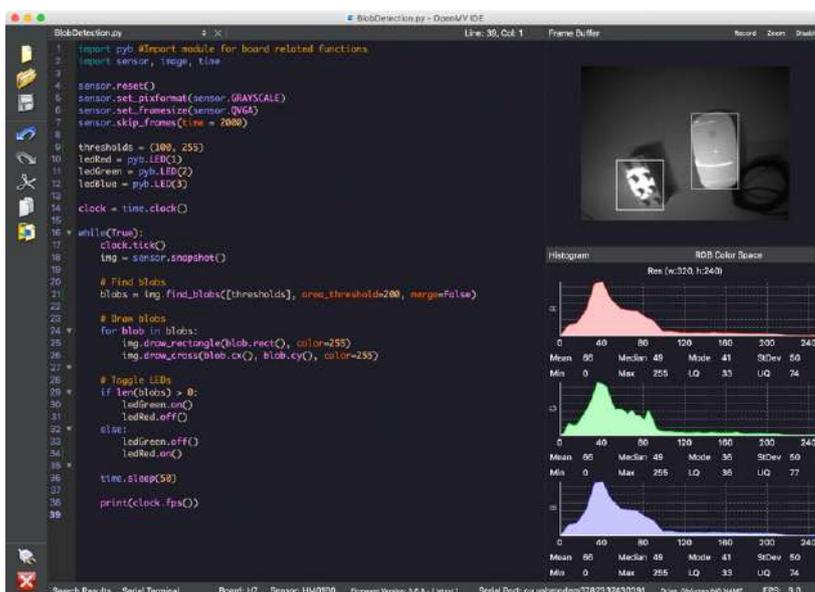
C und C++ sind seit den Anfängen von Arduino in den frühen 2000er Jahren die Basis der Arduino-Softwareentwicklung gewesen. Dank einer vordefinierten Programmstruktur mit einer `setup()`- und einer `loop()`-Funktion wurden Einsteiger in die Welt der Entwicklung von Embedded-Software geführt, indem sie ihre Anwendungen in Schleifen verpackten. Jetzt gibt es eine neue Sprache. MicroPython ist eine leicht abgespeckte Version von Python, einer interpretierenden Allzweck-Programmiersprache, die auf Mikrocontroller ausgerichtet ist. Die Frage ist, warum soll eine Interpreter-Sprache auf Hardware für Echtzeitanwendungen eingesetzt werden?

„Weil MicroPython aufgrund seiner Einfachheit gut für Anfänger geeignet ist, gehörten Pädagogen zu den ersten, die uns danach gefragt haben“, erklärt Sebastian Romero, Content-Leiter bei Arduino.

Mit C ist die Interaktion mit den Registern eines Mikrocontrollers einfacher als mit Assembler, und die objektorientierte Programmierung (OOP) in C++ sorgt für einen präzisen und bündigen Code mit weniger Fehlern. Das Parsen von Zeichenketten ist jedoch nicht so einfach, und es gibt in der Sprache keine native Unterstützung für den Umgang mit den heutigen Webdatenformaten wie HTTP, JSON [1] oder RegEx [2] (reguläre Ausdrücke). Da sich in der heutigen Ausbildung viel um die Interaktion mit dem Internet und Webdiensten dreht, wurde C/C++ von Sprachen wie Python ergänzt und manchmal sogar verdrängt, die das Programmieren solcher Anwendungen einfacher machen.

„Wenn ein Tutor Python unterrichtet, bleibt er lieber bei Python, wenn das Thema Mikrocontroller aufkommt“, sagt Sebastian.

Natürlich sind es nicht nur Pädagogen. Maker haben eine Reihe von MicroPython-fähigen Boards aus anderen Quellen im Angebot, wie ESP32, Raspberry



Blob-Erkennung auf einem Arduino Portenta H7 in OpenMV.



Pi Pico und das Pyboard. Und auch die Industrie setzt zunehmend auf MicroPython. Das rasante Wachstum im Bereich des Maschinellen Lernens (ML) ist zum Teil der Existenz von entsprechenden Bibliotheken für Python zu verdanken. Da es Teams von Ingenieuren gibt, die Python beherrschen, wollen nur wenige zu C/C++ wechseln, wenn sie ihr ML-Modell und ihre Anwendung auf einen Mikrocontroller übertragen, und ziehen es vor, bei nur einem Entwicklungsstack zu bleiben. Das andere Problem sind die Arbeitskräfte - es wird immer schwieriger, C/C++-Programmierer zu finden, während die Hochschulen viele Ingenieure mit Python-Kenntnissen hervorbringen.

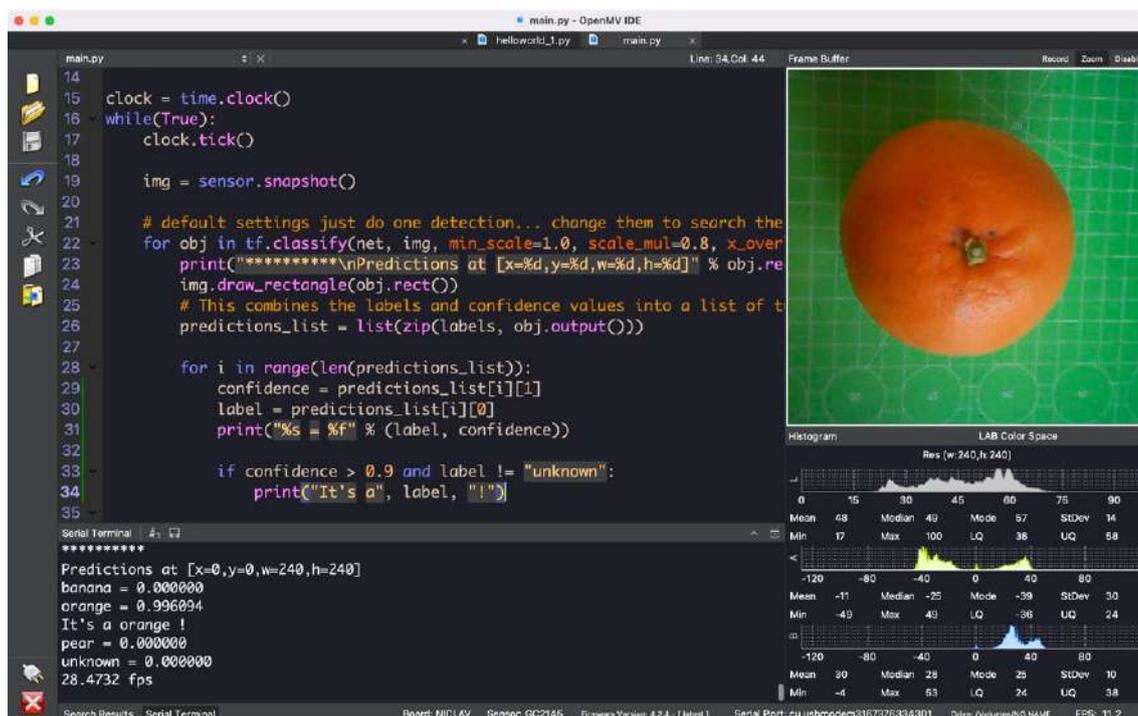
MicroPython vs. Python: Was ist der Unterschied?

Python wurde in den späten 1980er Jahren von Guido van Rossum [3] entwickelt. Es zielt darauf ab, explizit und nicht implizit zu sein, einfach zu sein und lesbaren Code zu erzeugen. Im Jahr 2013 startete Damien George erfolgreich eine Kickstarter-Kampagne [4], um eine von Grund auf für Mikrocontroller konzipierte Python-Version zusammen mit der Pyboard-Hardware zu liefern. *Micro Python*, wie es damals genannt wurde, versprach eine Skriptsprache, mit der man „müheles LEDs blinken lassen, Spannungen auslesen“ und vieles mehr konnte. Ein USB-fähiger Mikrocontroller würde am Computer als USB-Flash-Laufwerk erscheinen, auf das der Code hochgeladen werden könnte. Alternativ könnte der Controller als serielles Gerät erscheinen und eine als REPL (read, evaluate, print, loop) bekannte Befehlszeile anbieten.

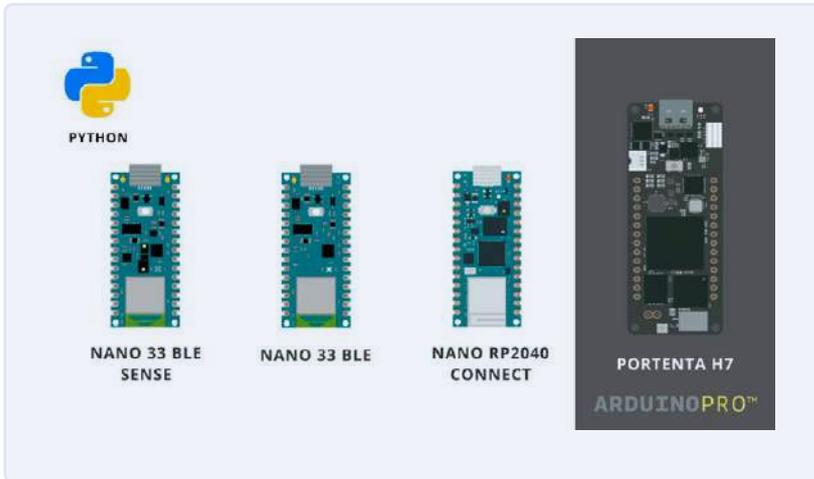
Im Gegensatz zu C/C++-Sketches, die kompiliert und heruntergeladen werden müssen, kann MicroPython sofort nach jeder Änderung ausgeführt werden.

Wie zu erwarten, benötigt MicroPython eine beträchtliche Menge an Arbeitsspeicher, um den hochgeladenen Code und seine Interpretation während der Ausführung zu unterstützen. Im Prinzip wären zwar schon 128 kB Flashspeicher und 8 kB SRAM ausreichend, aber dann wäre der Funktionsumfang stark eingeschränkt. Daher entscheiden sich die meisten MicroPython-Boards für einen Mikrocontroller mit mindestens 256 KB Flashspeicher und 16 KB SRAM. Dies hat auch den Nebeneffekt, dass man ein Board mit einem relativ leistungsstarken Prozessor erhält, der mit etwa 50 MHz oder mehr arbeitet und eine respektable Auswahl an Peripheriehardware bietet.

„Es überrascht mich immer wieder, wie viel man mit nur 16 kB SRAM erreichen kann“, erzählt Sebastian - das Zitat stammt von Jim Mussared, einem Embedded-Ingenieur bei micropython.org. „Die meisten Studenten brauchen zumindest bei Einführungsprojekten nicht viel Heap. Ihre Projekte werden typischerweise erst später durch mehr Code immer komplexer.“



Bildklassifizierung auf einem Arduino Nicla Vision in OpenMV.



Solche MicroPython-Projekte bestehen hauptsächlich aus Zustandsautomaten und werten Sensordaten aus. Der SRAM wird jedoch nicht nur zum Speichern von Variablen verwendet. Er speichert auch kompilierten Bytecode zum Beispiel importierter Module, der durch die virtuelle Maschine (VM) von MicroPython ausgeführt wird. Das kann zu Problemen führen, wenn große Daten wie Strings verarbeitet werden oder viele Objekte erstellt und aufgelöst werden, so dass nicht genügend SRAM für die Ausführung des Compilers zur Verfügung steht. Sobald der Code jedoch ausgeführt ist, kann Bytecode vorkompiliert und im Flash (im Dateisystem) gespeichert oder als „eingefrorener“ Bytecode implementiert werden, um noch mehr SRAM zu sparen [5].

MicroPython ist auch bei der Eingabe von Code aufwändiger als Python und verlangt die korrekte Verwendung von Abständen. Die Benutzer lernen auch schnell, dass einige Standardfunktionen, etwa eine vollständige Implementierung einer Standardbibliothek, aufgrund der begrenzten Hardwarefähigkeiten nicht möglich sind.

Entwicklungsumgebung für Arduino-MicroPython

Das Arduino-Team hat sich für die von OpenMV betreute Version von MicroPython entschieden, da die neuen mit Kameras ausgestatteten Arduino-Geräte von den Machine-Vision-Funktionen und der eingebauten Unterstützung für Tensor Flow Lite profitieren, die von OpenMV bereitgestellt werden [6]. Als Ergebnis verfügen die Benutzer über eine gut unterstützte, ausgereifte Plattform und Entwicklungsumgebung. OpenMV wurde entwickelt, um Bildverarbeitungsanwendungen auf Mikrocontrollern zu unterstützen, was viele Benutzer wollen, die bildbasierte ML-Anwendungen erstellen.

Die Arbeitsumgebung für MicroPython-Programmierer ist also nun die OpenMV-IDE (Integrated Development Environment) an Stelle der traditionel-

len Arduino-IDE. Sie bietet die gleichen Kernfunktionen, die Entwickler erwarten, zum Beispiel ein Code-Entwicklungsfenster und ein serielles Terminal. Darüber hinaus gibt es aber Unterstützung für Bildverarbeitungsanwendungen, etwa die Visualisierung eines Bildpuffers und ein Histogramm-Tool zur visuellen Analyse von Farb- und Helligkeitsverteilungen. Darüber hinaus verfügt die OpenMV-IDE über ein integriertes Tool, mit dem Kamerabilder direkt in *Edge Impulse Studio* hochgeladen werden können, um ein maschinelles Lernmodell zu trainieren. Aber die vielleicht größte Veränderung liegt in der Art und Weise, wie der Code entwickelt und eingesetzt wird.

„Im Gegensatz zu C/C++-Sketches, die kompiliert und heruntergeladen werden müssen, kann MicroPython sofort nach jeder Änderung ausgeführt werden. Das beschleunigt die Entwicklung erheblich und bringt die Codierungserfahrung näher an die von Python“, so Sebastian.

Ein weiteres großartiges Feature ist die REPL-Kommandozeile, mit der kurze Skripte ausgeführt oder einzelne Funktionen direkt auf dem Zielcontroller getestet werden können.

Arduino-Hardware-Unterstützung für MicroPython

Insgesamt unterstützen derzeit fünf Arduino-Boards MicroPython: das Nano 33 BLE und Nano 33 BLE Sense, das Nano RP2040 Connect, das Portenta H7 und Nicla Vision. Bei den meisten Boards ist ein Firmware-Update erforderlich, um die MicroPython-Laufzeit in den Flash-Speicher zu laden, bevor man loslegen kann. Wie zu erwarten ist dieser Prozess aber nicht nur einfach, sondern auch gut dokumentiert [7]. Boards wie das Nano 33 benötigen einen vorbereitenden Schritt in der Arduino-IDE, andere Boards erkennen OpenMV sofort und werden automatisch mit der notwendigen Firmware programmiert.

Die Anwendung wird als Python-Skript in OpenMV geschrieben und auf das Zielsystem hochgeladen. Ein einziger Klick auf den *Play-Button* ist alles, was zwischen dem Programmierer und der Ausführung des Codes steht.

Was kommt als Nächstes?

Wie sieht die Zukunft von Arduino aus, nachdem MicroPython nun da ist? Verständlicherweise kann man sich sorgen, dass mit der Einführung von MicroPython der traditionelle C/C++-Sketch zu einem historischen Artefakt werden könnte. Aber das ist weder erwünscht noch der Plan. Für Echtzeitanwendungen wird C/C++ immer noch das Mittel der Wahl sein.

„Wir beobachten eine steigende Nachfrage nach Python-Unterstützung auf Mikrocontrollern, insbesondere bei Brancheneinsteigern, die ML-Anwendun-

gen entwickeln und bereits einen Python-Stack nutzen“, sagt Sebastian.

Tatsächlich erweitert MicroPython die verfügbaren Optionen für Arduino-Benutzer, anstatt sie zu ersetzen. Langfristig sollten Entwickler von C/C++-Sketches geeignete Boards im gleichen Formfaktor finden wie die, die sie verwenden und die MicroPython unterstützen.

„Für viele der klassischen Arduino-Boards würde eine MicroPython-Implementierung nur einen sehr begrenzten Funktionsumfang bieten und ist daher keine sinnvolle Option“, fügt Sebastian hinzu.

Die Benutzer können auch weiterhin mit MicroPython zum Erfolg von Arduino [8] beitragen, wie sie es in der Vergangenheit getan haben. 15 Jahre lang wurde C/C++-Code geschrieben und geteilt, der immer noch gepflegt und als Treiber in Kombination mit MicroPython verwendet wird. Bindungen werden dann verwendet, um MicroPython mit diesem Basiscode zu verbinden. Für diejenigen, die sich an der Entwicklung von MicroPython [10] beteiligen möchten: OpenMV wird auf GitHub [9] gehostet, ein Projekt, zu dem auch das Arduino-Team beiträgt.

MicroPython kann als Ergänzung zum aktuellen Arduino-Ökosystem betrachtet werden, wobei seine Einführung durch den Erfolg von Python als bevorzugte Sprache für ML-Anwendungen und die Interaktion mit Cloud-Diensten vorangetrieben wird. Da Mikrocontroller zunehmend Hunderte von Megahertz erreichen und Unmengen an Speicher bieten, dürfte der Wechsel zu einer Interpreter-Sprache in den meisten Fällen unproblematisch sein. Natürlich gibt es Ausnahmen, in denen Echtzeitgenauigkeit und Präzision unabdingbar sind, und C/C++ wird immer für diejenigen da sein, die es benötigen. Aber im Moment profitieren Ausbilder und Studenten erheblich davon, dass Python-Kenntnisse auf Mikrocontroller übertragen werden können, abgesehen von der vereinfachten Syntax und Lesbarkeit des Codes. Gleichzeitig können

Industrieentwickler mit einer einzigen Sprache für die Anwendungsentwicklung arbeiten. ◀

(220415-02)RG

Über den Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist mit mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Elektronikbranche. Viele seiner aktuellen Elektor-Artikel finden Sie unter www.elektormagazine.com/cording. Er schreibt nicht nur für Elektor, sondern moderiert auch den monatlichen Livestream *Elektor Engineering Insights* (www.elektormagazine.com/eei) und ist für die Kurse der *Elektor Academy* zuständig (www.elektormagazine.com/elektor-academy).

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen zu diesem Artikel haben, wenden Sie sich bitte per E-Mail an den Autor unter stuart.cording@elektor.com oder an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

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

WEBLINKS

- [1] JSON, Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/JavaScript_Object_Notation
- [2] Regulärer Ausdruck, Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Regul%C3%A4rer_Ausdruck
- [3] Python, Wikipedia: [https://de.wikipedia.org/wiki/Python_\(Programmiersprache\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Python_(Programmiersprache))
- [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] Offizielles uPython-Repo: <https://github.com/micropython/micropython>

Vernetzte Projekte, einfach eingerichtet

Ihr Weg in die Arduino-Cloud

Von Sebastian Romero (Arduino)

Seitdem das Internet der Dinge (IoT) zum Schlagwort geworden ist, suchen Entwickler nach einfachen Möglichkeiten, sich auf diesen vernetzten Highway der Geräte zu begeben. Die Arduino-Cloud hat sie dabei unterstützt.

Das rasante Wachstum des Internets der Dinge hat sich in Milliarden von IoT-Geräten manifestiert, die weltweit kontinuierlich die Daten ihrer Sensoren austauschen. Die Liste der Geräte, die ihre Daten an das Internet senden oder über das Internet der Dinge ferngesteuert werden, ist schier endlos: intelligente Lampen, ferngesteuerte Futterautomaten für Haustiere, vernetzte Zahnbürsten, Thermostate, Kühlschränke, Lüftungsanlagen, intelligente Kameras und

vielen mehr. Einige dieser Geräte werden sogar in der Wildnis eingesetzt und sind über drahtlose Technologien mit geringem Strombedarf wie LoRaWAN mit dem Internet verbunden. Was müssen Sie tun, um selbst ein solches Produkt zu entwickeln? Oder was, wenn Sie eine Lösung benötigen, für die es kein Standardprodukt zu kaufen gibt? Arduino hat eine Lösung für Sie, und sie heißt: Arduino Cloud.

Kernfunktionen

Arduino Cloud besteht aus einer Vielzahl von Webdiensten für vernetzte Projekte. In nur wenigen Minuten können Sie Ihr IoT-fähiges Arduino-Gerät zum Laufen bringen. Dazu können Sie einen Datencontainer, ein so genanntes „Thing“ für Ihr Projekt einrichten. Darin werden alle Daten gespeichert, die zwischen dem Endgerät und der Cloud ausgetauscht werden. Jedes Gerät muss mit dem entsprechenden Thing verknüpft werden. Um die Eigenschaften Ihres Things zu speichern, können Sie Variablen definieren (siehe **Bild 1**); einfache Typen wie Integer-Zahlen oder fortgeschrittenere Typen wie „farbiges Licht“. Sobald neue Daten verfügbar sind, werden sie automatisch zwischen den Geräten und der Cloud synchronisiert. Sie können auch festlegen, dass die Variablen, die die Daten enthalten, in regelmäßigen Abständen synchronisiert werden.

Um die von den Endgeräten empfangenen Daten zu visualisieren und auch um die Werte der Cloud-Variablen zu ändern, die Geräte fernzusteuern, können Sie Dashboards einrichten. Die Bausteine dieser Dashboards heißen Widgets. Jedes dieser Widgets kann mit einer Variablen aus Ihren Things verknüpft werden. Widgets können read-only sein und nur die Daten anzeigen, oder sie können Steuerelemente sein, mit denen der Benutzer interagieren kann, um die zugrunde

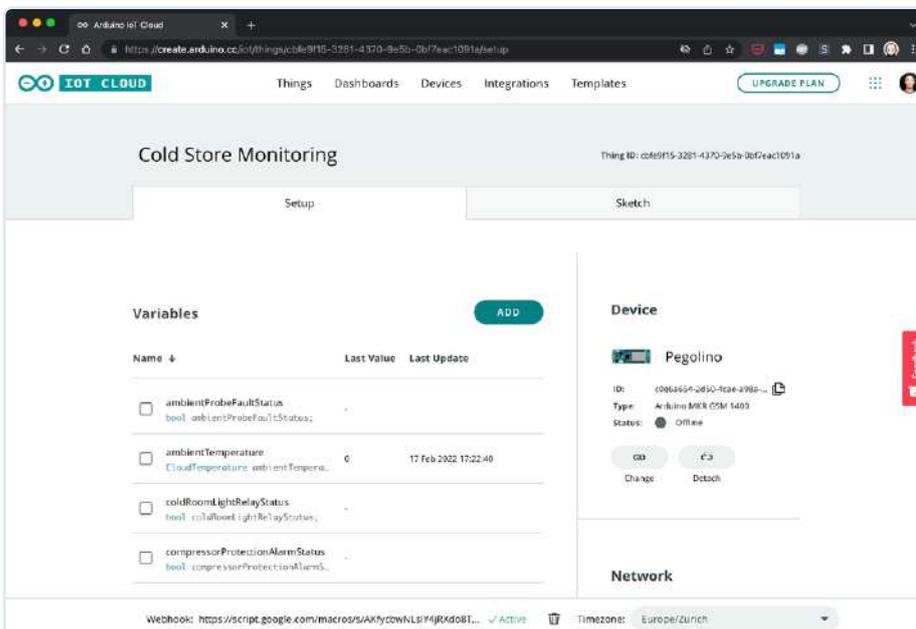
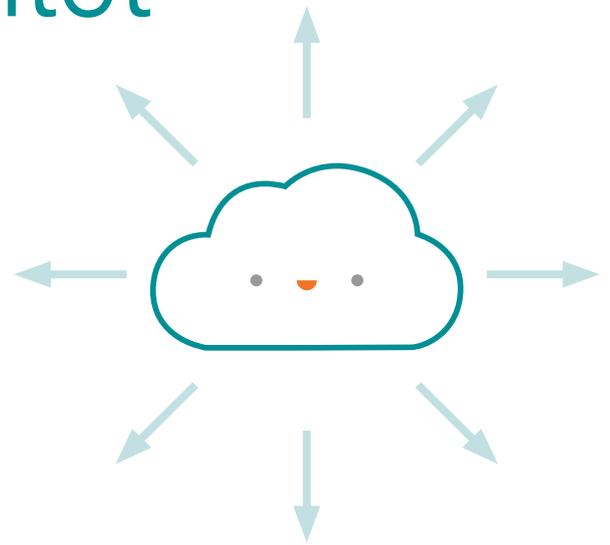


Bild 1. Ein Beispiel für ein „Thing“-Setup zur Überwachung von Kühllhäusern.

liegende Variable zu ändern. Auf diese Weise können Sie beispielsweise einen Ventilator aus der Ferne einschalten oder eine verschlossene Tür öffnen. Hier ist eine Liste der Dashboard-Widgets (siehe **Bild 2**), die derzeit in der IoT-Cloud von Arduino verfügbar sind:

- › Schalter (Switch)
- › Drucktaste (Push Button)
- › Schieberegler (Slider)
- › Schrittweise Wertvorwahl (Stepper)
- › Mitteilungen (Messenger)
- › Farbe (Color)
- › Gedimmtes Licht (Dimmed light)
- › Farbiges Licht (Colored light)
- › Zeitwähler (Time picker)
- › Planer (Scheduler)
- › Wert (Value)
- › Status (Status)
- › Messgerät (Gauge)
- › Prozentsatz (Percentage)
- › LED (LED)
- › Karte (Map)
- › Kurve (Chart)
- › Notizzettel (Sticky note)

In der Arduino IoT Cloud erstellte Dashboards können leicht mit anderen Menschen geteilt werden, so dass diese auf die Eigenschaften der Things auf die gleiche angenehme visuelle Weise zugreifen können (siehe **Bild 3**). Arduino Cloud bietet auch einen Cloud-basierten Editor für Ihre Sketches (Arduino-Programm, das in Firmware kompiliert wird). Sie müssen sich nie wieder Sorgen machen, irgendwelche Sketches in den (Un-) Tiefen Ihrer Festplatte zu verlieren. Außerdem sind alle verfügbaren Bibliotheken verfügbar, die im offiziellen Arduino-Repository verlinkt sind, ohne dass sie installiert werden müssten. Sie können Ihre Sketches von jedem Computer von wo aus auch immer mit einem Webbrowser bearbeiten und sie mit Hilfe eines kleinen Tools namens Arduino Create Agent auf Ihre Arduino-Boards hochladen. Dieses Tool erleichtert die Kommunikation zwischen der seriellen Schnittstelle Ihres Arduino-Boards und Ihrem Browser. Sketches, die mit dem Arduino-Cloud-Editor erstellt wurden, können leicht mit anderen geteilt werden - und sogar in Ihre Website eingebettet werden.

Hausautomatisierung

Arduino Cloud bietet auch eine Alexa-Integration. Das macht es einfacher als je zuvor, Ihre eigene Hausautomatisierung



Bild 2. Ein Überblick über einige der verfügbaren Dashboard-Widgets.

zu verwirklichen. Sie können zum Beispiel sagen: „Alexa, Licht an“, um Ihre Arduino-gesteuerte Lichtanlage einzuschalten. Oder Sie könnten Alexa verwenden, um Ihre Kaffeemaschine einzuschalten, die Temperatur im Wohnzimmer zu ändern oder den Kanal auf Ihrem Fernseher zu wechseln, um nur ein paar Beispiele zu nennen. Alles, was Sie dafür tun müssen, ist, den Alexa-Arduino-Skill [1] zu installieren. Nach der Installation lernt Alexa alles über die Things, die Sie in Ihrem Arduino-IoT-Cloud-Konto konfiguriert haben, und leitet Anfragen an sie weiter. Sie können spezifische Eigenschaften Ihrer Things ansprechen, indem Sie die gleichen Variablennamen in Ihren Sprachbefehlen verwenden, die Sie in der Einrichtung Ihrer

Things definiert haben. Mit der Cloud-Infrastruktur von Arduino können Sie Ihr eigenes Alexa-gesteuertes IoT-Gerät in nur wenigen Minuten erstellen. Wenn Sie mehr darüber erfahren möchten, sehen Sie sich das Tutorial *Arduino IoT Cloud, MKR RGB Shield and Alexa integration* [2] auf der Arduino-Docs-Website an.

Synchronisierte Variablen

Wie bereits erwähnt, kann jeweils nur ein Gerät einem Thing zugewiesen werden. Sie möchten aber vielleicht, dass Ihre IoT-Geräte miteinander kommunizieren können. Dies ist mit der Verwendung synchronisierter Variablen in der Arduino-Cloud möglich. In den Einstellungen der Variablen können Sie diese anweisen, den Wert einer anderen

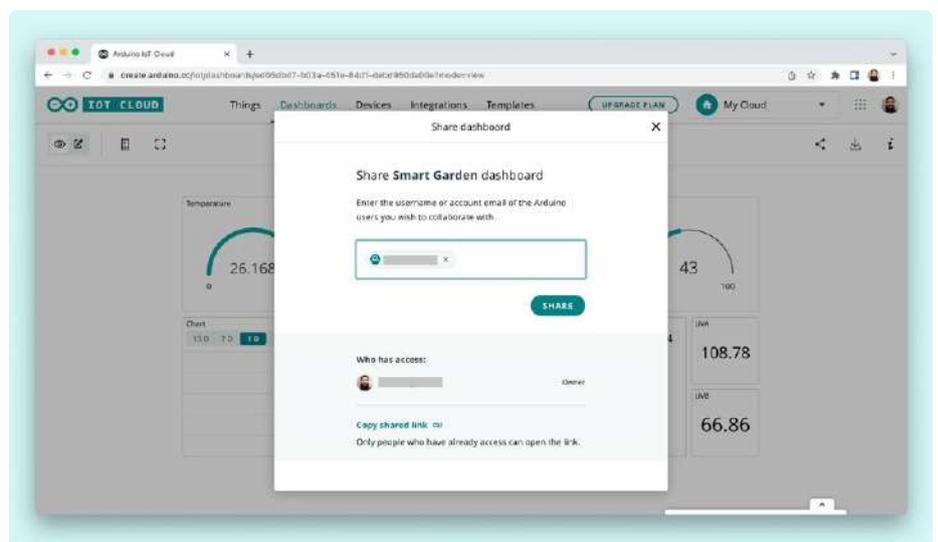


Bild 3. Dashboards können mit anderen Personen geteilt werden, die ein Arduino-Cloud-Konto haben.

Variablen zu spiegeln (siehe **Bild 4**). Dadurch wird ein gemeinsamer Status mehrerer verschiedener Geräte ermöglicht. Sie könnten zum Beispiel eine Flag, eine boolesche Variable mit dem Namen `enabled` zu mehreren Things hinzufügen. Dies würde das Aktivieren oder Deaktivieren einer Funktion der entsprechenden Geräte in Abhängigkeit von dem Wert dieser Variable ermöglichen. Es lassen sich auch gemeinsame Konfigurationsparameter für Ihre IoT-Geräte über Variablen einrichten, so dass Sie die Einstellungen all dieser Geräte auf einmal ändern können, ohne dazu eine neue Firmware hochladen zu müssen.

Webhooks

Die Arduino-IoT-Cloud bietet die Möglichkeit, mit Diensten von Drittanbietern wie Apps Script von Google [3], Zapier [4], IFTTT [5] oder Cloud Functions von Google [6] zu interagieren. Dies wird über die so genannten Webhooks erreicht. Wann immer neue Daten in der Arduino-IoT-Cloud verfügbar sind, wird der Webhook ausgelöst und der Dienst des Drittanbieters benachrichtigt. Dies ermöglicht zum Beispiel die Implementierung eines benutzerdefinierten Benachrichtigungsdienstes und das Versenden einer Warn-E-Mail, wenn der Wert einer Variablen einen bestimmten Schwellenwert überschreitet. In einem realen Szenario könnte Ihr IoT-Fernüberwachungsgerät feststellen, dass die Temperatur in Ihrer Gefriertruhe aufgrund einer Fehlfunktion

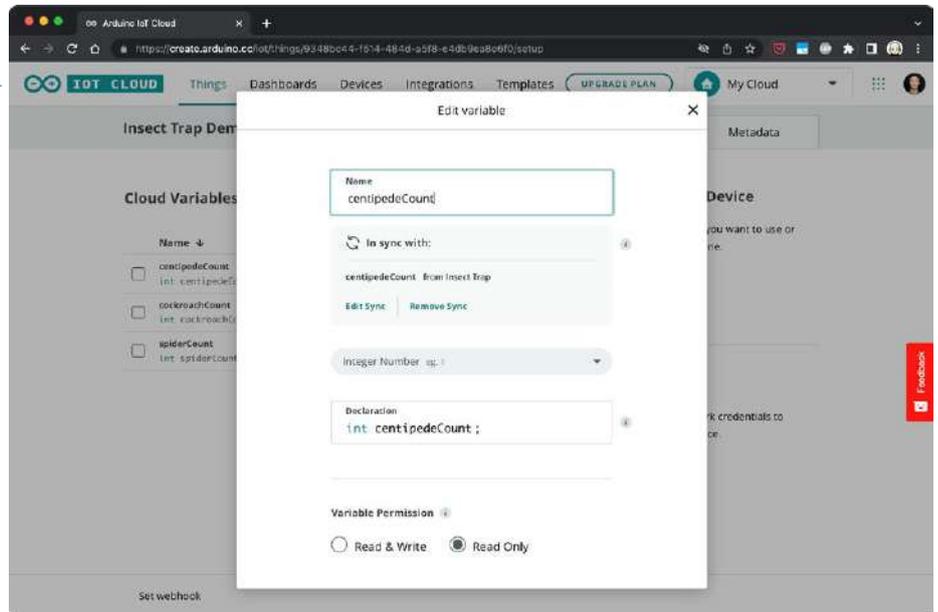


Bild 4. Variablen können mit einer oder mehreren anderen Variablen synchronisiert werden.

unzulässig ansteigt, und sie per Mail benachrichtigen, damit Sie Maßnahmen ergreifen können (siehe **Bild 5**).

Vorlagen

Eine neue Funktion, die die Einrichtung Ihrer Cloud-Projekte mit Arduino Cloud sehr viel effizienter macht, sind Vorlagen (Templates). Es gibt Vorlagen für Things und auch für Dashboards. Mit einer Vorlage können Sie leicht ein Thing einschließlich seiner Eigenschaften und aller zugehörigen Dashboards übernehmen. Wenn Sie zum Beispiel eine Vielzahl von Sensorknoten haben, die dieselbe Art von Daten sammeln, müssen Sie nicht mehr für jeden Knoten ein Thing manuell einrichten, sondern statt-

dessen die gleiche Vorlage für alle verwenden. Und da es bei Arduino auch um die Weitergabe von Wissen geht, können Sie die Vorlage Ihres erfolgreichen IoT-Projekts mit der ganzen Welt teilen. Jeder kann dann Ihr Setup mit nur einem Klick replizieren und in wenigen Minuten zum Laufen bringen. Wenn Sie dies nutzen möchten, finden Sie direkt in der Arduino-Cloud eine Sammlung von inspirierenden Beispielprojekten mit entsprechenden Vorlagen (siehe **Bild 6**).

Arduino Cloud CLI

Wenn Sie nur ein paar Dinge für Ihre eigenen Projekte einrichten müssen, können Sie das ganz einfach über das

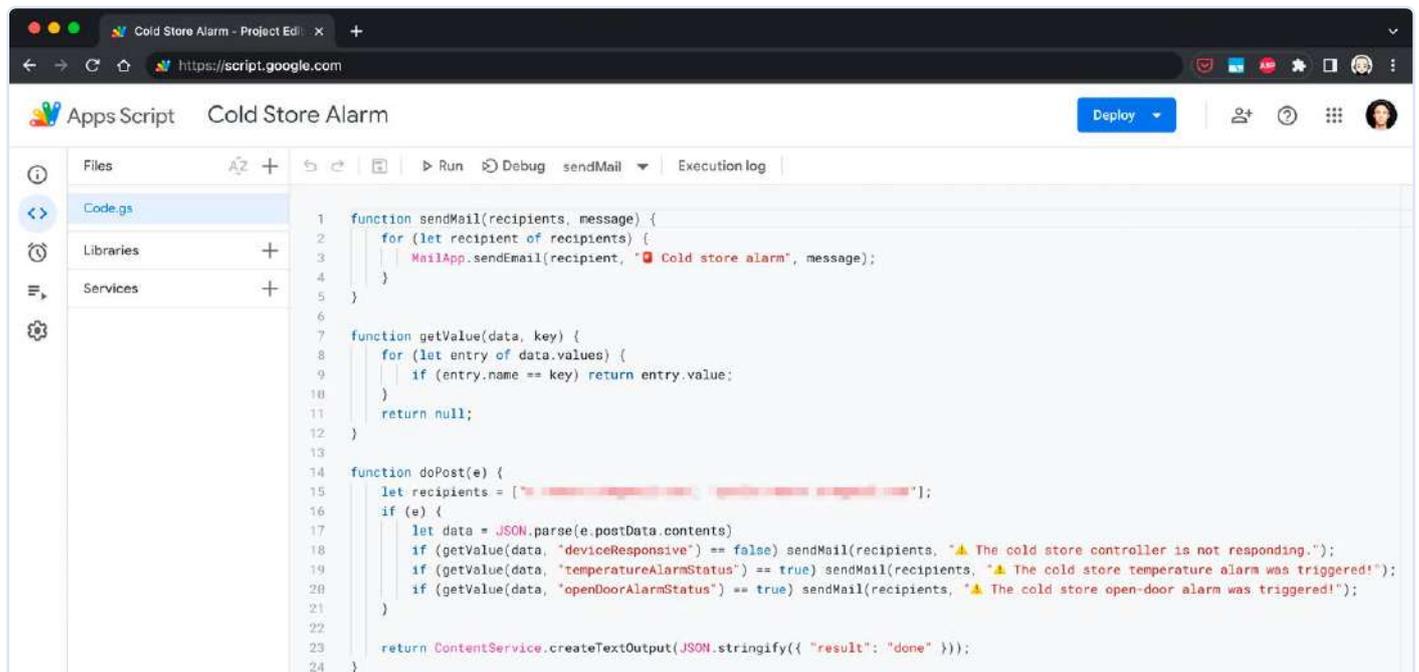


Bild 5. Beispiel für ein Google-App-Script, das eine Benachrichtigung sendet, wenn es ein Problem mit dem Kühlhaus gibt.

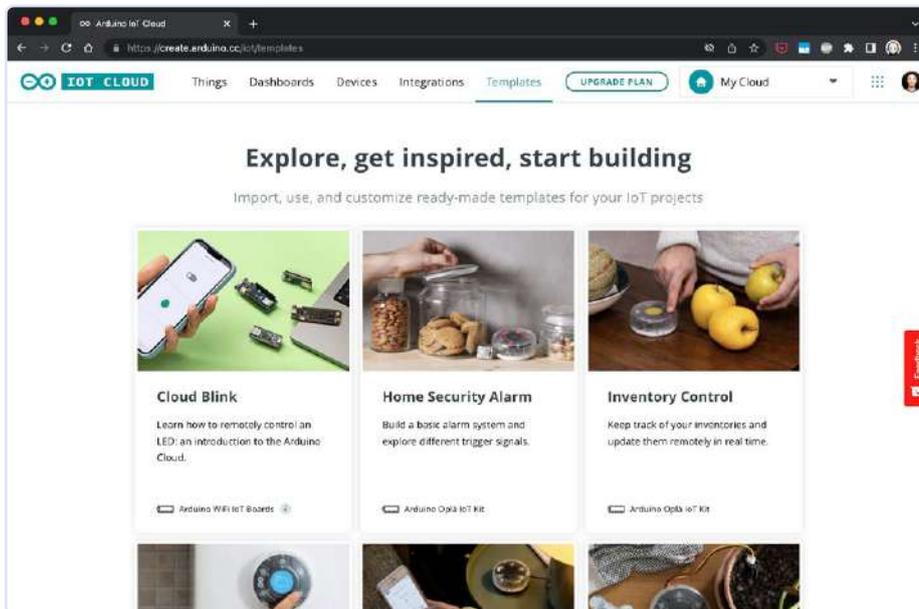


Bild 6. Einige Beispiele für verfügbare Demoprojekte in der Arduino-IoT-Cloud.

Webinterface der Arduino IoT Cloud tun. Wenn Sie jedoch eine Vielzahl von IoT-Geräten konfigurieren möchten, ist das Webinterface wenig effizient. Aus diesem Grund hat Arduino ein Kommandozeilen-Tool [7] entwickelt, mit dem sich solche Aufgaben sehr einfach automatisieren lassen. Sie können die Kommandozeile auch verwenden, um bestehende Things, Dashboards und Geräte aufzulisten und zu ändern. So können Sie beispielsweise Tags hinzufügen und damit Gruppen von Geräten erstellen, um sie auf einheitliche Weise zu verwalten. Sie können damit

Geräte für die Arduino-Cloud bereitstellen, ein Gerät einem Thing zuordnen oder neu zuordnen, Eigenschaften aus einem Thing in ein Template überführen, Over-the-Air-Updates Ihrer Geräte durchführen (siehe Bild 7) und vieles mehr. In Kombination mit Templates lassen sich mit diesem Tool Ihre IoT-Projekte mit sehr geringem Aufwand zu skalieren. Für den Fall, dass Sie auf diese Funktionen innerhalb Ihres benutzerdefinierten Tooling-Setups Zugriff benötigen, können Sie eine REST-API [8] mit einem Client für JavaScript, Python und Golang nutzen.

Arduino IoT Remote

Sie haben vielleicht nicht immer Zugang zu einem richtigen Computer, wenn Sie unterwegs sind, aber Sie möchten vielleicht trotzdem wissen, was mit Ihren IoT-Geräten passiert. Vielleicht möchten Sie den Status des Kühlsystems in Ihrer Fabrik überprüfen, Ihre Bewässerungsanlage aus der Ferne einschalten oder mit Ihrem IoT-Tierfutterautomaten Futter für Ihren Hund ausgeben. Für solche und viele andere Anwendungsfälle gibt es die Handy-App Arduino IoT Remote, mit der Sie all Ihre Arduino-IoT-Cloud-Dashboards direkt zur Hand haben (Bild 8). Mit dieser App können Sie von überall auf Ihre IoT-Projekte zugreifen, sie überwachen oder steuern. Die App ist sowohl für iOS [9] als auch für Android [10] verfügbar.

Things Stack Integration

Je nachdem, wo Sie Ihre IoT-Geräte einsetzen, müssen Sie eine andere Art der Konnektivität wählen, um Ihre Geräte mit der Arduino Cloud zu verbinden. Bei einer stationären Einrichtung mit der Verfügbarkeit von WLAN und 230-V-Netz ist man natürlich bestens bedient. Aber manchmal muss man sich für eine energiehungrige Mobilfunkverbindung entscheiden, und wenn Sie dann Ihr Gerät mit einer Batterie betreiben wollen oder müssen, wird

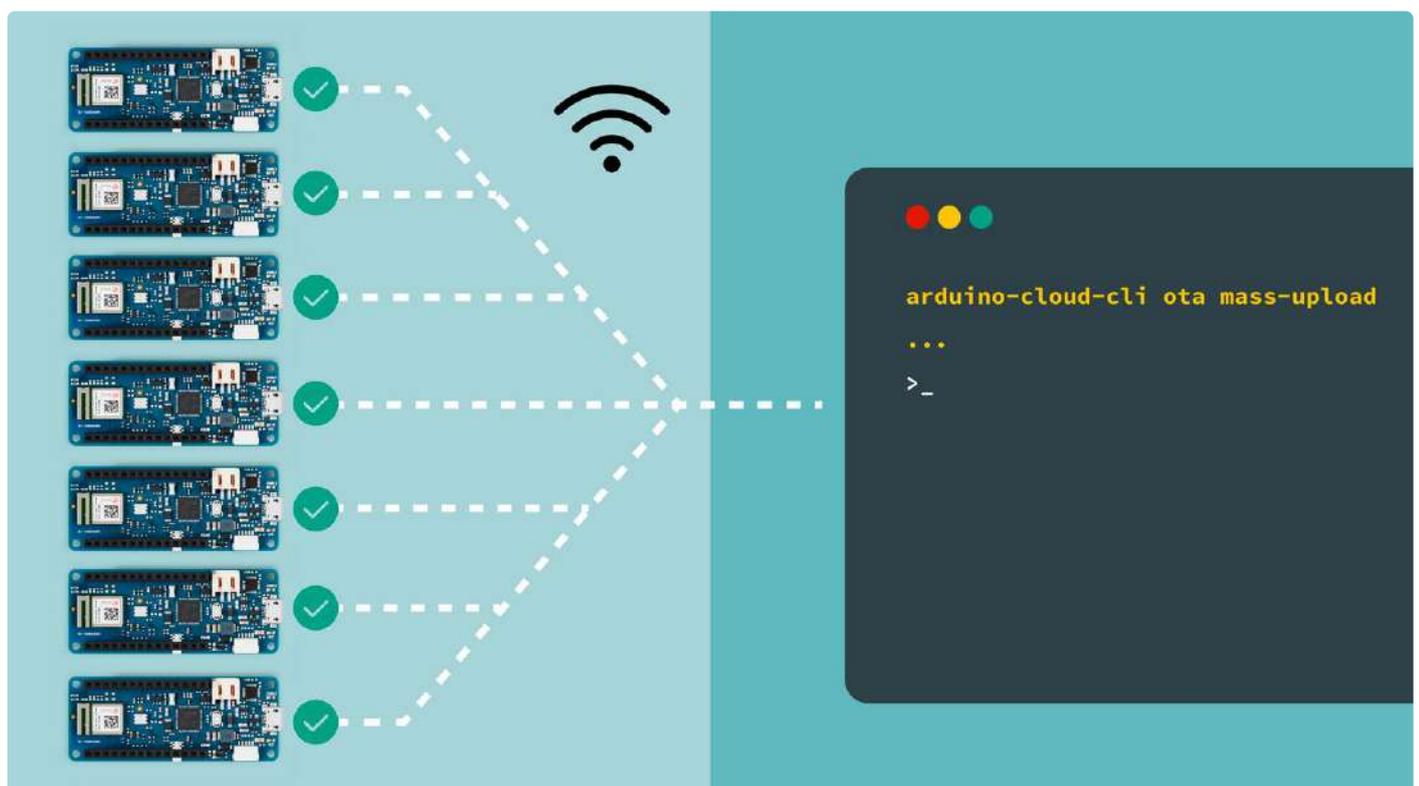


Bild 7. Mit der Arduino-Cloud-CLI können Sie Ihre Geräte gleichzeitig over the air aktualisieren.

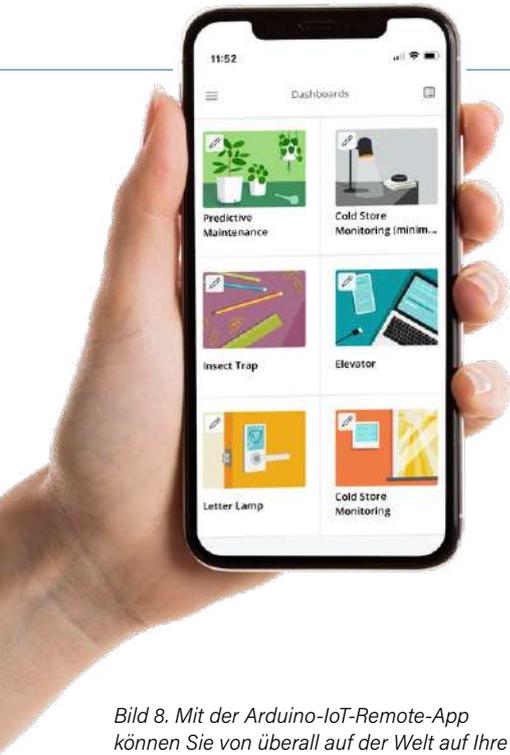


Bild 8. Mit der Arduino-IoT-Remote-App können Sie von überall auf der Welt auf Ihre Dashboards zugreifen.

diese bei Verwendung eines Mobilfunknetzes nicht sehr lange halten. Für diese Anwendungsfälle, aber auch für den Fall, dass weder WLAN noch Mobilfunknetz verfügbar ist, gibt es *Low Power Wide Area Networks* (LPWANs) wie LoRaWAN. Das *Things Network* [11] ist eines der beliebtesten Backends zur Verwaltung der Daten von LoRa-betriebenen IoT-Geräten. Es gibt eine weite Community von Menschen, die ihre LoRaWAN-Gateways mit anderen teilen. Daher gibt es an vielen Orten dieser Welt eine gute Abdeckung. Sie können auch einfach und kostengünstig Ihr eigenes Gateway einrichten oder das Netzwerk eines offiziellen Anbieters nutzen.

Um Daten von Ihren LoRaWAN-Geräten in die Arduino Cloud zu übertragen, war bisher ein erheblicher Konfigurationsaufwand erforderlich. Jetzt gibt es eine offizielle Zusammenarbeit von *The Things Stack* [12] und der Arduino Cloud, die dies zu einem Kinderspiel macht. Wenn Sie Ihr LoRaWAN-fähiges Arduino-Board in der Arduino-IoT-Cloud konfigurieren, wird automatisch eine neue Anwendung auf einer dedizierten Things-Stack-Instanz erstellt und Ihr Gerät hinzugefügt. Es ist dabei keinerlei manuelle Konfiguration erforderlich. Bisher mussten Sie sich immer Gedanken darüber machen, wie Sie Ihre Daten bei der Übertragung von einem Gerät über das LoRaWAN-

Backend zu einer anderen Plattform hin und her führen. Wenn Sie Arduino Cloud und die entsprechende Bibliothek verwenden, geschieht dies alles automatisch. Da die Things-Stack-Instanz von Arduino ein SLA von 99,9 % aufweist, müssen Sie sich auch nie mehr über die Betriebszeit Ihrer LoRaWAN-Lösung kümmern. Schließlich sehen Sie die Daten Ihrer IoT-Geräte übersichtlich auf Ihren Dashboards angezeigt, egal ob sie von einem mit LoRaWAN, über WLAN oder von einem über das Mobilfunknetz verbundenen Gerät stammen.

Sicherheit

Sicherheit ist ein sehr wichtiges Thema für das IoT, denn schließlich haben IoT-Geräte oft mit persönlichen und sensiblen Daten zu tun. Daher hat Arduino einen Schwerpunkt auf die Sicherheit auf verschiedenen Ebenen gelegt. Die vernetzten Boards von Arduino sind mit Krypto-Chips, sogenannten sicheren Elementen ausgestattet, die eine Vertrauensbasis auf IC-Ebene bieten, die nicht kompromittiert werden kann. Die „Geheimnisse“, die zum Aufbau einer verschlüsselten Verbindung verwendet werden, sind sicher auf einem speziellen Chip gespeichert und können nicht ausgelesen werden. Ihre Arduino-Sketches in der IoT Cloud und Ihre Projektdaten werden in AES-256-Bit-verschlüsselten Datenspeichern aufbewahrt.

Für die Sicherheit auf Anwendungsebene hat Arduino kürzlich einen rollenbasierten Zugang zu seiner Cloud-Plattform eingeführt. Damit können Sie genau steuern,

wer auf was zugreifen darf, was besonders nützlich in einer Business-Umgebung ist, in der Personen mit unterschiedlichen Rollen auf dieselben Daten auf unterschiedliche Weise zugreifen müssen. ◀

(220569-02)RG

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Sie können das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de kontaktieren.

Über den Autor

Sebastian Romero, Head of Content bei Arduino, ist ein Interaktionsdesigner, Pädagoge und kreativer Technologe mit einer Schwäche für Menschen. Mit seinem Team ist er dafür verantwortlich, spannende Lernerfahrungen zu schaffen, die Millionen von Ingenieuren, Designern, Künstlern, Makern und Studenten helfen, innovativ zu sein.



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/ArduinoloRGBALexa>
- [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/>

Einführung in TinyML

Groß ist nicht immer besser

Von José Bagur (Guatemala)

Einer der am schnellsten wachsenden Bereiche des Deep Learnings ist das Tiny Machine Learning (TinyML). TinyML ist ein innovativer Bereich, der Modelle für Maschinelles Lernen in stromsparende und kostengünstige Computing-Geräte wie Mikrocontroller integriert. Dieser Artikel beschreibt, warum TinyML uns zeigt, dass groß nicht immer besser ist.

Was ist TinyML?

TinyML ist ein Teilbereich des Maschinellen Lernens (ML), der sich auf die Entwicklung von Modellen konzentriert, die in Echtzeit auf stromsparenden und kostengünstigen Embedded-Devices ausgeführt werden können [1]. Die Entwicklung von TinyML-Modellen folgt dem typischen ML-Prozess, wie in **Bild 1** dargestellt, mit dem Unterschied, dass die Datenverarbeitung auf Embedded- und nicht auf herkömmlichen Computing-Devices oder Cloud-basierten Diensten stattfindet. In der Regel verwenden TinyML-Modelle Daten, die von Geräten im Internet of Things gesammelt wurden. Diese Daten werden zum Trainieren eines Modells in (meist cloudba-

sierten) Diensten verwendet, die Wissensmuster aus dem Datensatz extrahieren. Diese Wissensmuster werden dann in ein Modell verpackt, das die Rechenressourcen des Embedded-Devices wie Speicherkapazität und Verarbeitungsleistung berücksichtigt [1]. Das resultierende Modell kann dann in Embedded-Devices eingesetzt werden,

die neue Sensordaten in Echtzeit und vor Ort auswerten, ohne externe Ressourcen wie Cloud-basierte Dienste zu nutzen. Der Energiebedarf von TinyML-Anwendungen liegt in der Regel im Milliwatt-Bereich, was auch batteriebetriebenen Geräten ermöglicht, sich dem ML-Universum anzuschließen (**Bild 2**).

The TinyML Workflow using Edge Impulse

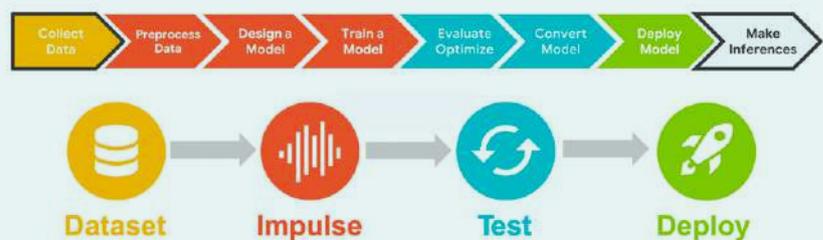


Bild 1. Typischer TinyML-Ablauf. (Quelle: TinyMLedu)



Bild 2. Inferenzprozess in einem Embedded-System. (Quelle: TinyMLedu)

Hauptmerkmale von TinyML

Nachdem wir nun wissen, was TinyML ist, wollen wir seine Hauptmerkmale auflisten:

- **Latenzzeit:** Da die Inferenz direkt auf dem Embedded-Device erfolgt, ist die Latenzzeit bei TinyML-Anwendungen gering.
- **Stromverbrauch:** TinyML-Modelle berücksichtigen die Beschränkungen von Embedded-Devices; sie können in Devices mit geringem Stromverbrauch wie Mikrocontrollern ausgeführt werden, deren Leistungsbedarf normalerweise im Milliwatt-Bereich liegt. Dies bedeutet, dass batteriebetriebene Geräte für TinyML-Anwendungen verwendet werden können.
- **Bandbreite:** Da das Modell direkt im Embedded-Device ausgeführt wird, müssen die gesammelten Daten nicht an einen externen Dienst gesendet werden. Dies bedeutet, dass weniger Internet-Bandbreite benötigt wird.
- **Datenschutz:** Die in TinyML-Modellen verwendeten Daten werden in Echtzeit und vor Ort erfasst und analysiert; die Daten werden zu keinem Zeitpunkt an externe Dienste gesendet oder weitergegeben.

TinyML-Anwendungen und Anwendungsfälle

TinyML hat das enorme Potenzial, den Engpass von IoT-Anwendungen zu beseitigen: Datentransfer. Da die Datenverarbeitung lokal erfolgt, ermöglicht TinyML eine Ära des Internets of Thinking Things (IoT2), also eine Vielzahl von verbesserten und neuen Anwendungen. Einige Beispiele für reale Anwendungen und Anwendungsmöglichkeiten von TinyML sind:

- **Stromersparnis/Optimierung:** Der Stromverbrauch kann innerhalb eines TinyML-Modells drastisch verbessert werden, indem eine Spitzenleistung bei möglichst geringem Verbrauch bereitgestellt wird. Dies kann mit TinyML auf die elektrische oder sogar mechanische Welt übertragen werden.
- **Vorhersage von Naturkatastrophen (frühe Stadien):** Frühstadien von Naturkatastrophen könnten vorhergesehen werden, um erhebliche Schäden an der bestehenden Infrastruktur zu verhindern, indem mehrere Geräte mit einem TinyML-Modell in ein Mesh-Netzwerk eingespeist werden. Dies kann durch das



Bild 3. Das Kit „Arduino Tiny Machine Learning“ enthält ein Nano 33 BLE Sense Board.

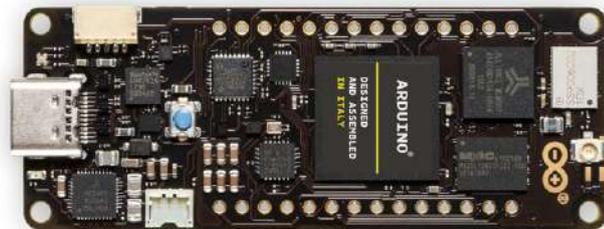


Bild 4. Arduino Portenta H7.

Erlernen eines breiten Spektrums von Signalen und Mustern erreicht werden, die in Umgebungen von Interesse ausgestrahlt werden.

- **Vorausschauende Reaktion auf Gesundheitsprobleme:** Pathologische Gesundheitsprobleme könnten früher erkannt werden, um spontane innere Verletzungen oder Todesfälle zu vermeiden. So könnten etwa Herzprobleme rechtzeitig vorhergesagt werden, um rechtzeitig eine medizinische Versorgung in Anspruch zu nehmen. Das TinyML-Modell würde in einem tragbaren Gerät realisiert werden, das in Notfällen mit externen Diensten verbunden werden kann.

Arduino und TinyML

Arduino bietet mehrere Hardware-Optionen und Software-Bibliotheken, die für TinyML-Anwendungen verwendet werden können. Lassen Sie uns über zwei großartige Boards sprechen, die als guter Ausgangspunkt für die Entwicklung von TinyML-Anwendungen

verwendet werden können, nämlich Arduino Nano 33 BLE Sense und Arduino Portenta H7. Arduino Nano 33 BLE Sense (**Bild 3**) verwendet den nRF52840 von Nordic Semiconductor, einen 32-Bit-ARM-Cortex-M4F-Mikrocontroller, der auf 64 MHz läuft und über 1 MB Flash und 256 KB RAM verfügt [2]. Der Nano 33 BLE Sense verfügt über mehrere eingebaute Sensoren, die in vielen TinyML-Anwendungen eingesetzt werden können:

- Beschleunigungsmesser, Gyroskop und Magnetometer (LSM9DS1)
- Mikrofon (MP34DT05)
- Gesten, Licht und Näherung (APDS9960)
- Barometrischer Druck (LPS22HB)
- Temperatur und Feuchtigkeit (HTS221)

Das leistungsstarke, industrietaugliche Board Arduino Portenta H7 (**Bild 4**) wurde für anspruchsvolle Anwendungen entwickelt. Der Portenta H7 verwendet den STM32H747-Mikrocontroller von STMicroelectronics, der einen Cortex-M7-Kern, der mit 480 MHz läuft,

und einen Cortex-M4-Kern, der mit 240 MHz läuft, verbindet. Dieser Prozessor kann sowohl High-Level-Code als auch Echtzeitaufgaben gleichzeitig ausführen. Mit dem Portenta H7 können wir zum Beispiel kompilierten Arduino-Code zusammen mit kompiliertem MicroPython-Code ausführen und beide Kerne über den Mechanismus Remote Procedure Call (RPC) [3] kommunizieren lassen.

Was die Software betrifft, so können der Nano 33 BLE Sense und der Portenta H7 das Software-Framework TensorFlow Lite für die Entwicklung von TinyML-Modellen nutzen. Die vom Duisburger Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme entwickelte *Künstliche Intelligenz für Embedded-Systeme* (AIFES) ist ebenfalls ein hervorragendes Software-Framework, das für Embedded-Systeme optimiert ist. Edge Impulse, ein Cloud-basierter ML-Dienst, erfreut sich ebenfalls zunehmender Beliebtheit in der Community - er unterstützt die Arduino-Boards Nano 33 BLE Sense und Portenta H7.

Weitere Ressourcen

Es kann manchmal schwierig sein, sich über ein neues Gebiet zu informieren, aber für TinyML gibt es großartige Online-Ressourcen:

- Das Buch von Pete Warden und Daniel Situnayake, *TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power* [4]. Das Werk ist eine Pflichtlektüre und ein guter Ausgangspunkt für das TinyML-Universum.
- Das *Professional Certificate in TinyML* [5] der Harvard University ist bei edX erhältlich. Diese kostenlose Online-Spezialisierung in vier Kursen taucht tiefer in das TinyML-Universum ein.
- Der Kurs *Introduction to Embedded Machine* [6] von Edge Impulse ist bei Coursera verfügbar. Dieser kostenlose Online-Kurs gibt auch einen umfassenden Überblick über die Funktionsweise

von ML, das Trainieren von TinyML-Modellen mit Edge Impulse und den Einsatz dieser Modelle in Mikrocontrollern.

- Die *TinyML Open Education Initiative* (TinyMLedu) [7]. Bei dieser Initiative handelt es sich um eine internationale Gruppe von Akademikern und Fachleuten aus der Industrie, die daran arbeiten, den weltweiten Zugang zu Bildungsmaterialien für das innovative Gebiet von TinyML zu verbessern.
- *TinyML for Developing Countries* (TinyML4D) [8]. Diese Initiative arbeitet an der Entwicklung von Inhalten für ein Netzwerk von Forschern und Praktikern, das innovative Lösungen für die besonderen Herausforderungen in Entwicklungsländern ermöglichen soll.

Das IoT2-Zeitalter

TinyML ist ein aufstrebender Bereich, der ML-Modelle untersucht, die in kleinen, kostengünstigen und stromsparenden Geräten wie Mikrocontrollern eingesetzt werden können. Mit der Vielseitigkeit von Hardware- und Software-Tools wie dem Arduino-Ökosystem und Software-Frameworks wie TensorFlow Lite und Edge Impulse ist das IoT2-Zeitalter nun möglich. ◀

(220573-02)WdH



Über den Autor

José Bagur ist Dozent und Forscher an der Universidad del Valle de Guatemala (UVG). Er studierte Mechatronik-Ingenieurwesen an der UVG,

bevor er an der Universität Salamanca einen Master-Abschluss in IoT erwarb. Mit einem besonderen Interesse für weltraumbezogene Projekte konzentriert sich Josés Forschung auf die Entwicklung kostengünstiger Open-Source-Hardware für Nanosatelliten. José arbeitet auch für Arduino als Content Creator.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Wenden Sie sich an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Prozessor-Boards? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- **Arduino Tiny Machine Learning Kit (SKU 19943)**
www.elektor.de/arduino-tiny-machine-learning-kit
- **Arduino Pro Nicla Vision (SKU 20152)**
www.elektor.de/20152
- **Arduino Portenta H7 Development Board (SKU 19351)**
www.elektor.de/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/tinyml/9781492052036/
- [5] *Tiny Machine Learning Open Education Initiative* (TinyMLedu): <https://tinyml.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] *Introduction to Embedded Machine Learning*: www.coursera.org/learn/introduction-toembedded-machine-learning

Arduino K-Way

Stellen Sie sich die Möglichkeiten vor: Welche neuen Erfahrungen können durch die Integration von fortschrittlicher KI und leistungsstarker Sensoren in eine der kultigsten Outdoor-Jacken gewonnen werden? Nehmen Sie die Welt um sich herum wahr und interagieren Sie mit ihr wie nie zuvor.

Wir haben Nicla Sense ME, das neue sensorische Gehirn von Arduino, in eine K-Way-Jacke eingebaut, „powered by“ Edge-Impulse-KI, um eine neue Generation intelligenter Kleidung zu schaffen. Nicla Sense ME ist ein winziges,

stromsparendes Board, das einen neuen Standard für intelligente Sensorlösungen setzt. Mit der Einfachheit der Integration und der Skalierbarkeit des Arduino-Ökosystems vereint das Board vier hochmoderne Bewegungs- und Umgebungssensoren von Bosch Sensortec.

DIE CHANCE, EINE ARDUINO-X-K-WAY JACKE ZU ERHALTEN

Stellen Sie sich eine mit Sensoren vollgepackte Platine vor, die an einer kultigen Outdoor-Jacke angebracht ist - was würden Sie damit tun?

Farbiges Licht zeigt die Qualität der Umgebungsluft an

Perfektes taktiles Gehäuse zum Schutz des winzigen Boards Nicla Sense ME



KI on the edge, genau dort, wo etwas passiert

Magnetischer USB-Adapter zum einfachen Aufladen

Eigenschaften

Mikrocontroller: 64 MHz Arm® Cortex M4 (nRF52832)

BHI260AP - Selbstlernender KI-Smart-Sensor mit integriertem Beschleunigungsmesser und Gyroskop

Sensoren:

BMP390 - Digitaler Drucksensor

BMM150 - Geomagnetischer Sensor

BME688 - Digitaler Gas-, Druck-, Temperatur- und Feuchtigkeitssensor mit geringem Stromverbrauch und KI

Konnektivität: Bluetooth® 4.2

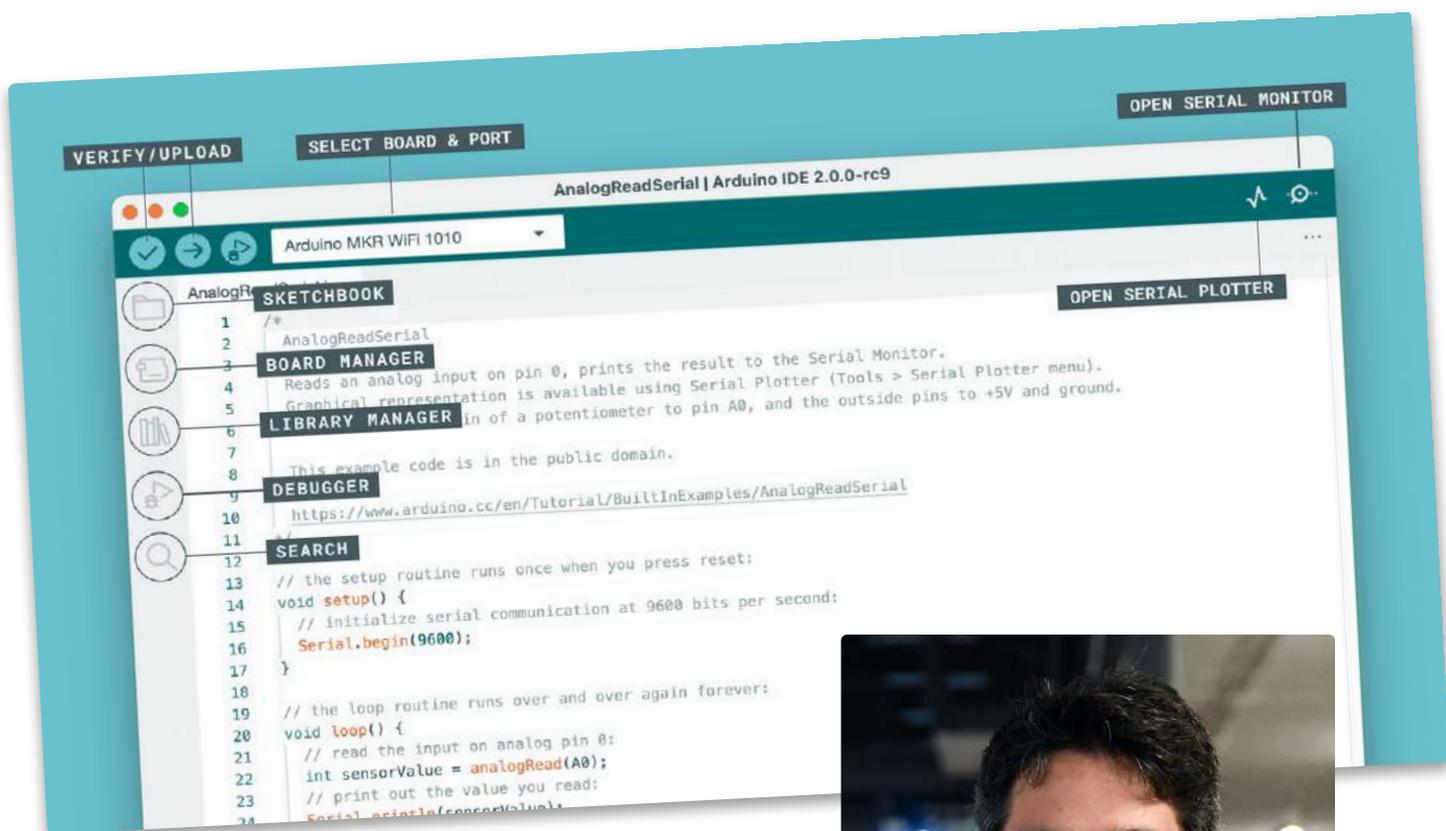


GEWINNEN

Arduino und K-Way haben für die Leser der Arduino-Ausgabe von Elektor eine einzigartige Edition von nur 100 produzierten Jacken reserviert, die nicht im Handel angeboten wird, um geniale Anwendungen für die Überwachung des persönlichen Umfelds zu erforschen und damit Wearables auf die Spitze zu treiben. Um teilzunehmen, reichen Sie einfach Ihre Idee hier ein: [elektormagazine.com/k-way-arduino](https://www.elektormagazine.com/k-way-arduino)



(*Die Aktion endet am 31. Januar 2023.)



Komfortableres Schreiben von Arduino-Sketches



Alessandro Ranellucci

Von Stuart Cording (Elektor)

Die Arduino-IDE 2.0 bricht mit Altbewährtem, ohne die Arduino-Erfahrung zu zerbrechen. Neugierig auf die Details? Alessandro Ranellucci von Arduino gewährt einige Einblicke.

Für die meisten Arduino-Benutzer war ihr erster Kontakt mit einer Programmiersprache die integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) von Arduino. Newbies haben Stunden und Tage damit verbracht, in der IDE mit ihren grünen Rändern und dem Code-Editorfenster die Ausgabemeldungen zu entschlüsseln, während sie ihre Sketches erstellt und hochgeladen haben. Seit ihrer Einführung im Jahr 2005 hat die IDE an Leistungsfähigkeit gewonnen, unterstützt mehr Boards, bietet besseren Zugang zu gemeinsam genutzten Bibliotheken und hat einen Plotter zur grafischen Darstellung von Daten hinzugefügt. Da jedoch die Zahl der professionellen Entwickler gestiegen ist und auch die einstmaligen Newbies ihre Fähigkeiten verbessert haben, wird ein eklatantes Manko offenbar: die fehlende Debugging-Unterstützung.

Um mehr darüber zu erfahren, habe ich mich kürzlich mit Alessandro Ranellucci unterhalten, Head of Maker Business, Open Source & Community bei Arduino.

Die Arduino-IDE 2.0 ist übersichtlich wie der Vorgänger, bietet aber eine Vielzahl neuer Funktionen für professionelle Entwickler und erfahrene Maker.

Eine komplette Neufassung

Im Jahr 2018 machte das Arduino-Team einen wichtigen Schritt, der nicht nur die Fähigkeiten der IDE verändern, sondern auch die gesamte Codebasis erneuern sollte. IDE 1 war in Java als monolithischer Codeblock geschrieben (**Bild 1**). Das machte es schwierig, die Unterstützung enthusiastischer Community-Mitglieder einzubinden. Außerdem wurde es immer schwieriger, Java als Desktop-Anwendung auf Betriebssystemen und in App Stores zu unterstützen, so dass viel Zeit auf die Lösung von Kompatibilitätsproblemen ver(sch)wendet wurde.

„Wir begannen damit, die gesamte Toolchain zu überarbeiten und schufen eine Befehlszeilenschnittstelle (CLI) namens *Arduino CLI*“, erklärt Alessandro. „Sie ist in Golang und TypeScript geschrieben und stellt alle Funktionen der alten IDE sowie alle neuen Features zur Verfügung.“ [1]

Dank ihres modularen Ansatzes ist es einfacher, sie mit der bevorzugten IDE des Entwicklers zu koppeln, was auch die neue IDE von Arduino ermöglichte. Darüber hinaus ist das CLI etwas, das professionelle Entwickler sehr begrüßen, da sie die Arduino-Umgebung leicht mit anderen beliebten Komponenten für die Softwareentwicklung integrieren können, beispielsweise Tools für die kontinuierliche Integration/kontinuierliche Bereitstellung (continuous integration/continuous deployment, CI/CD).

Auffrischung der IDE

Nach den Fortschritten beim Arduino-CLI war es an der Zeit zu untersuchen, wie das grafische Benutzerinterface am besten implementiert werden kann. Anfänger waren mit dem ursprünglichen Editor der IDE zunächst zufrieden, vermissten aber mit etwas mehr Erfahrung einige der kleinen netten Extras, die standardmäßig in den IDEs der großen Halbleiter- und Entwicklungstool-Anbieter enthalten sind. Wenn der Code wächst, kann es schwierig werden, sich darin zurechtzufinden, daher wurde die gewünschte Möglichkeit realisiert, Kommentare ein- und umzuschalten.

Die meisten IDEs verfügen auch über eine automatische Einrückung, um den Code lesbar zu halten, sowie ein automatisches Schließen von Klammern, wodurch häufige Fehler bei der Codeeingabe vermieden werden. Vor allem aber war die Unterstützung für das Debugging ein klarer Wunsch der Community. Für erfahrene Entwickler von eingebetteter Software gehört die Möglichkeit, den Inhalt von Variablen zu untersuchen und die Codeausführung zu verfolgen, zu den Standardfunktionen einer IDE. Im Vergleich dazu war der langsame Editier-, Build- und Download-Prozess der IDE 1 zum Debuggen einer einzelnen Änderung für viele frustrierend. „Wir haben uns für Theia mit Electron als Software-Stack für die IDE entschieden“, sagt Alessandro, „da es sich dabei um Open-Source-Projekte handelt, die uns eine flexible, mehrsprachige Cloud- und Desktop-IDE-Unterstützung bieten.“ Dadurch können mehr als 60 Sprachen unterstützt werden. Im Jahr 2021 wurde die erste Beta-Version der IDE 2.0 der Community zur Verfügung gestellt [2].

Debug-Fähigkeit

Einige Arduino-Boards, etwa solche mit Arm Cortex-M-basierten Mikrocontrollern, verfügen bereits über die erforderliche Hardware

zur Debugging-Unterstützung. Der oft als Embedded-Debug-Chip (EDBG) bezeichnete Chip kommuniziert mit der Debug-Schnittstelle des Ziel-Controllers, bietet aber auch die virtuelle serielle COM-Schnittstelle über USB. Andere haben einen Header für den Anschluss von Debuggern von Drittanbietern, beispielsweise J-Link [3]. Beide werden in der Regel von einem anderen Open-Source-Softwareprojekt namens GDB (GNU Project Debugger) unterstützt [4]. „Debugging war eine klare Anforderung, insbesondere von Seiten der professionellen Entwickler“, erinnert sich Alessandro. Dies steht auch im Einklang mit der Einführung des Arduino Pro [5], der neuen Hardware-Linie, die sichere Konnektivität und eine All-in-One-IoT-Plattform bietet. Einige Dinge bleiben jedoch unverändert. Entwickler beginnen immer noch mit dem traditionellen .ino-Sketch, obwohl solche Dateien im Gegensatz zu anderen IDEs als ausführbarer Code erkannt werden.

The screenshot shows the Arduino IDE 1.0 interface. The main window displays a sketch named 'Blink' with the following code:

```

1 // *
2 Blink
3
4 Turns an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
5
6 Most Arduinos have an on-board LED you can control. On the UNO, MEGA and ZERO
7 it is attached to digital pin 13, on M0 and M0 Pro it is on pin 5. LED_BUILTIN is set to
8 the correct LED pin independent of which board is used.
9 If you want to know what pin the on-board LED is connected to on your Arduino
10 model, check the Technical Specs of your board at:
11 https://www.arduino.cc/en/Main/Products
12
13 modified 6 May 2014
14 by Scott Fitzgerald
15 modified 2 Sep 2016
16 by Arturo Guadalupi
17 modified 8 Sep 2016
18 by Colby Newman
19
20 This example code is in the public domain.
21

```

The bottom window shows the compilation output:

```

Done compiling.
C:\Program Files\WindowsApps\ArduinoLLC.ArduinoIDE_1.0.57.0_x86_mdggmx93n4wt\ardui
C:\Program Files\WindowsApps\ArduinoLLC.ArduinoIDE_1.0.57.0_x86_mdggmx93n4wt\ardui
Using board 'mzero_pro_bl_dbg' from platform in folder: C:\Users\stuar\Documents\Ardu
Using core 'arduino' from platform in folder: C:\Users\stuar\Documents\ArduData\p
Detecting libraries used...
"C:\Users\stuar\Documents\ArduData\packages\arduino\tools\arm-none-eabi-g
Generating function prototypes...
"C:\Users\stuar\Documents\ArduData\packages\arduino\tools\arm-none-eabi-g
"C:\Program Files\WindowsApps\ArduinoLLC.ArduinoIDE_1.0.57.0_x86_mdggmx93n4wt\
Compiling sketch...
"C:\Users\stuar\Documents\ArduData\packages\arduino\tools\arm-none-eabi-g

```

Bild 1. Die bekannte Arduino-IDE 1.0 basiert auf Java.

Ein Rundgang durch die IDE 2.0

Die neue Arduino-IDE [6] behält das sofort erkennbare Farbschema und das vertraute Layout bei (**Bild 2**). Bei näherer Betrachtung fällt jedoch auf, dass die neue Schaltfläche *Debuggen* am oberen Rand und ein Panel auf der linken Seite hinzugekommen sind. Hier erhalten Entwickler schnellen Zugang zu den Interna der MCU und einen Überblick darüber, was in ihrem Code passiert. Ansonsten ist das Menü mehr oder weniger dasselbe, allerdings mit ein paar Extras in einigen Dropdown-Listen. Das schmale Panel ermöglicht den Zugriff auf einige IDE-Kompo-

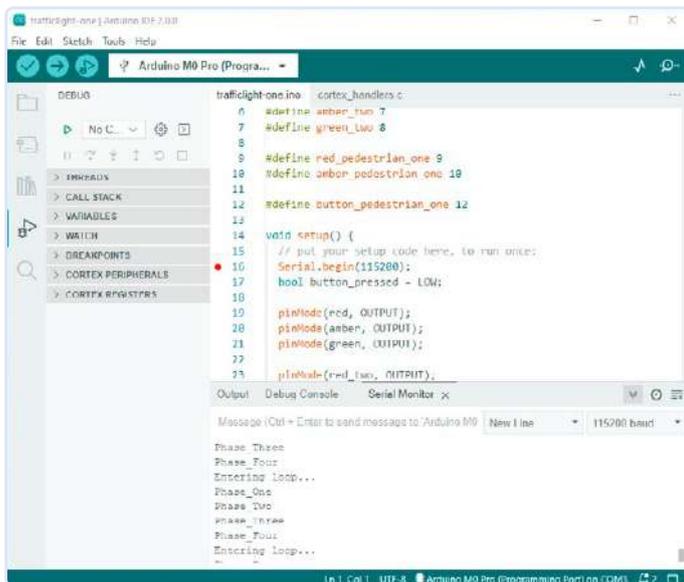


Bild 2. Vertraut, aber anders. Die Arduino-IDE 2.0 ist übersichtlich wie der Vorgänger, bietet aber eine Vielzahl neuer Funktionen für professionelle Entwickler und erfahrene Maker.

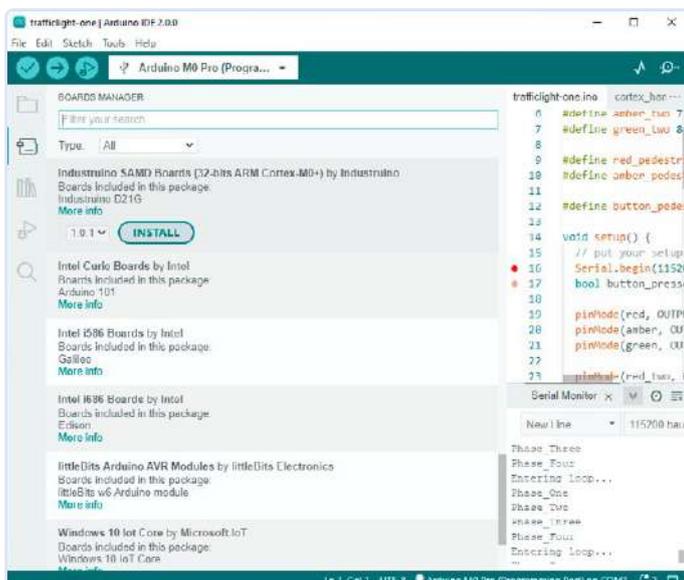


Bild 3. Die Board-Verwaltung ist vertraut, aber seine Position hat sich geändert.

nenten über Icons auf der linken Seite. Die Board-Verwaltung und der Bibliotheksverwalter sind zwei Beispiele dafür, wobei diese Dienstprogramme in ein Fenster links neben dem Texteditor eingebettet sind (**Bild 3** und **Bild 4**). Trotz der augenfälligen Änderungen wird es den Benutzer freuen zu hören, dass die Gesamtfunktionalität im Wesentlichen gleich geblieben ist. In diesem Fenster kann auch die Debug-Funktion ausgewählt und angezeigt werden. Der Serielle Monitor wird nun innerhalb des IDE-Hauptfensters als Tab neben den Kompilierungs- und Download-Meldungen geöffnet und nicht mehr in einem separaten Fenster. Für die Visualisierung der Daten steht der Serielle Plotter weiterhin zur Verfügung, der wie gewohnt in einem eigenen Fenster geöffnet wird (**Bild 5**). Auch der Editor hat einige Verbesserungen erfahren. „Zu den wichtigsten Verbesserungen gehört die Code-Vervollständigung, bei der die IDE während der Eingabe mögliche Variablenamen

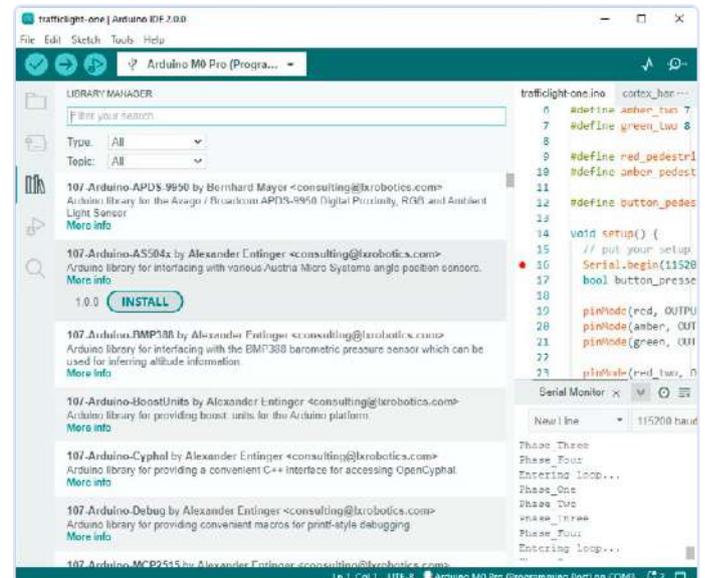


Bild 4. Der Bibliotheksverwalter behält die gleiche Funktionalität, ist aber neben dem Editor angedockt.



Bild 5. Die Datenvisualisierung wird vom aktualisierten Fenster des Seriellen Plotters unterstützt.

anzeigt“, erklärt Alessandro. „Wir haben auch eine Code-Navigation hinzugefügt, die es Entwicklern ermöglicht, schnell zu der Codezeile zu springen, in der eine Funktion definiert ist. Um die Entwicklung von IoT-Anwendungen zu unterstützen, gibt es auch einen Firmware-Updater für WLAN-Boards und SSL-Root-Zertifikate. Eine der größten Herausforderungen bei den heutigen Entwicklungswerkzeugen für eingebettete Software ist es, mit den verwendeten Bibliotheksversionen Schritt zu halten. Eine andere besteht darin, dasselbe Projekt auf einem anderen Computer zu erstellen, was in der Regel schief geht, da die Dateipfade entweder nicht existieren oder beim Wechsel zwischen Betriebssystemen durcheinander gebracht werden. Arduino hat dieses Problem durch Hinzufügen einer Metadatei gelöst, die die Version aller verwendeten Bibliotheken und Board-Pakete speichert. Entwickler können ihren Arbeitsplatz wechseln, ihr Projekt freigeben und sogar Projekte auf GitHub zur Verfügung stellen und sind trotzdem in der Lage, es zu kompilieren. Was noch nicht optimiert wurde, ist die Kompilierzeit, was bedeutet, dass der Quellcode weiterhin vollständig kompiliert wird, auch wenn sich nur eine Zeile des Codes geändert haben mag. Alessandro sagt mir, dass bisher „nur die Arduino-CLI geänderte Daten neu kompilieren kann“, es bleibt also zu hoffen, dass auch die IDE irgendwann davon profitieren wird.

Wie geht es mit der Arduino-IDE weiter?

Die erste offizielle Version der Arduino-IDE 2.0 wurde für September 2022 angekündigt, nachdem mehrere Release Candidates der Community übergeben wurden, um die IDE-Funktionen zu testen. Wie bei der IDE 1.0 wird das Projekt jedoch nie abgeschlossen sein, sondern durch das Feedback der Benutzer stets weiterentwickelt.

„Dank des modularen Ansatzes kann die Community nun einfacher zur Entwicklung der IDE beitragen“, erklärt Alessandro.

Und tatsächlich, so funktioniert eine Entwicklung heutzutage: Arduino hat nur sechs interne Vollzeitentwickler, die an dem Projekt arbeiten, aber hunderte von Mitwirkenden unterstützen sie dabei tatkräftig, und dutzende Community-Mitglieder waren aktiv an der Gestaltung neuer Funktionen und Tests beteiligt. Da das Projekt auf GitHub gehostet wird, kann sich jeder an der Codeentwicklung beteiligen, Probleme melden oder Verbesserungen vorschlagen.

Als Open-Source-Veteran frage ich Alessandro nach der größten Herausforderung bei der Leitung eines Projekts, zu dem jeder beitragen kann. „Alle müssen sich auf die Aufgabe von Arduino konzentrieren“, antwortet er. „Als technologischer Wegbereiter müssen wir daran denken, dass die Arduino-IDE über die Arduino-Boards hinausgeht - wir schaffen eine ganze Industrie.“ ◀

(220520-02)RG

Über den Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist mit mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Elektronikbranche. Viele seiner aktuellen Elektor-Artikel finden Sie unter www.elektormagazine.com/cording. Er schreibt nicht nur für Elektor, sondern moderiert auch den monatlichen Livestream Elektor Engineering Insights (www.elektormagazine.com/eei) und unterrichtet in der Elektor Academy ([www.elektor magazine.com/elektor-academy](http://www.elektormagazine.com/elektor-academy)).

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen oder Kommentare haben, schreiben Sie bitte eine E-Mail an den Autor unter stuart.cording@elektor.com oder an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.

Über Alessandro Ranellucci

(Leiter der Abteilung Maker Business, Open Source & Community)

Alessandro Ranellucci, Head of Maker Business, Open Source & Community, kam im Jahr 2020 zu Arduino, um die Produktentwicklung und die Strategie für Maker sowie das Open-Source-Ökosystem zu leiten. Zuvor arbeitete er als Leiter für Open Source und war Mitglied der Task Force für die digitale Transformation der italienischen Regierung. Er ist der Kurator der Maker Faire Rome und Hauptautor von Slic3r, einem beliebten Open-Source-Tool für 3D-Drucker.

WEBLINKS

- [1] Das Go-Projekt: <https://go.dev/>
- [2] Arduino, „Announcing the Arduino IDE 2.0 (beta)“, 1. März 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

Lernen Sie ARDUINO kennen!

Warum ist Arduino so erfolgreich? Was liegt gerade auf Massimo Banzis Labortisch? Was inspiriert David Cuartielles? Woher stammt der Name Arduino? Unsere Freunde bei Arduino beantworten all diese Fragen und noch mehr.

Im Juni 2022 gab Arduino den Abschluss einer 32 Millionen Dollar schweren zweiten Finanzierungsrunde bekannt. Fabio, können Sie erklären, wie die Finanzierung Arduino bis heute geholfen hat? Was sind eure Pläne für das Jahr 2023? - C. J. Abate (USA)



Fabio Violante

Danke, es war eine sehr erfolgreiche Kapitalbeschaffung, und wir sind mit unseren Investoren in Bezug auf die Richtung von Arduino und den Weg dorthin einer Meinung. Die Höhe der von den Investoren erhaltenen Mittel entspricht dem, was wir erreichen wollten, um unsere strategischen Ziele zu erreichen und die neuen Geschäftsmöglichkeiten zu nutzen, die sich mit dem Eintritt einer neuen Generation von Ingenieuren in unsere Belegschaft ergeben. Mit der Finanzierung wurden zwei Hauptziele verfolgt: Erstens: die Technologie - die Erweiterung und Verfeinerung der Arduino-Plattform durch Investitionen in Forschung und Entwicklung. Das bedeutet nicht nur Hardware und die IDE, sondern auch Firmware und Cloud-Dienste für unsere Klientel und unsere Community. Dies werde entwickelt, um IoT- und KI-Anwendungen zu unterstützen, insbesondere für Anwender in Unternehmen. Wir stellen leistungsfähigere Hardware und verschiedene Cloud-Funktionen bereit, um Geräteflotten mit neuen Interaktionsparadigmen sicher zu verwalten. Wir werden auch in professionelle Open-Source-Inhalte und -Bibliotheken investieren, was die Einstiegshürde für viele Nutzer senkt. Maker und Pädagogen profitieren bereits jetzt von diesen Investitionen. Viel mehr ist in Arbeit und wird in naher Zukunft vorgestellt werden. Zweitens: Markterweiterung - Aufbau einer soliden Reputation in der Unternehmenswelt durch den erfolgreichen Einsatz von Arduino in Tausenden von Betrieben, nicht nur für das Prototyping, sondern auch, um die Stärken der Plattform zu darzustellen und Feedback für weitere Entwicklungen zu sammeln. - **Fabio Violante**

Was war die schwierigste Herausforderung im Zusammenhang mit dem Betrieb von Arduino während der COVID-19-Pandemie? - Raoul Morveau (Niederlande)

Es ist schon eine Herausforderung, die schwierigste Herausforderung für Arduino während der COVID-19-Pandemie zu benennen. Die Bedingungen haben sich so schnell geändert, vor allem in Italien, wo unsere Abteilung für Forschung und Entwicklung ansässig ist und das zu Beginn der Pandemie besonders stark betroffen war. Da Arduino-Boards in zahlreichen medizinischen und sanitären Anwendungen eingesetzt wurden, einschließlich in der Entwicklung und Produktion von Open-Source-Beatmungsgeräten und intelligenten Handdesinfektionsmittel-Spendern, erfüllten wir die notwendigen Kriterien, um unseren Betrieb in Italien trotz des Lock-downs weiterzuführen. Als die Pandemie weiter anhielt, war unsere größte Herausforderung wahrscheinlich die gleiche wie die vieler anderer Unternehmen: die Motivation und das Engagement der Mitarbeiter auf der ganzen Welt in einer Zeit aufrechtzuerhalten, in der sie mit ihren eigenen persönlichen Herausforderungen beschäftigt waren, angefangen bei ihrer eigenen Gesundheit und der ihrer Familien bis hin zur Aufrechterhaltung der Stimmung während einiger sehr restriktiver Lock-down-Regeln, je nachdem, in welchem Land sie lebten. Der Lock-down erschwerte die Entwicklung von Prototypen neuer Produkte, was zu mehreren Verzögerungen führte. Die daraufhin gestiegenen Transportkosten und die Verknappung von Bauteilen mit den damit verbundenen Unterbrechungen der Lieferkette haben die Forschung und Entwicklung weiter belastet. Insgesamt war ich jedoch sehr stolz auf die Art und Weise, wie das Arduino-Team in diesen zwei Jahren auf die Herausforderungen reagierte und viele Möglichkeiten fand, positiv zu bleiben und sich zusammen mit der weltweiten Arduino-Community zu engagieren. Massimo moderierte die Bar-Arduino-Live-Show, um tolle Dinge zu zeigen, die man mit Arduino zu Hause machen kann, während man selbst eingeschlossen ist, und unser Arduino-Education-Team entwickelte innerhalb von zwei Monaten ein völlig neues Student-Kit, mit dem Schüler mit Hilfe von Arduino individuell „tele-lernen“ konnten. Dies war keine leichte Herausforderung, da die Arduino-Education-Programme ursprünglich auf gemeinsames Lernen in einem Klassenzimmer ausgerichtet waren. Das Student-Kit erwies sich jedoch als großer Erfolg und wurde von Schulen und Eltern auf der ganzen Welt angenommen. - **Fabio Violante**



Warum haben Sie das Unternehmen Arduino genannt? -

Udo Bormann (Deutschland)

Wir waren dabei, unser Projekt in einem alten Open-Source-Repository namens BerliOS in Deutschland zu registrieren. Damals war die am häufigsten verwendete Programmiersprache in der akademischen Welt Java. Wir hatten lange Zeit daran gearbeitet, Studenten bei ihren Interaktionsdesign-Projekten zu helfen, und dabei viel Kaffee getrunken. Da wir in Italien sind, wollten wir unserem eigenen Projekt einen Namen geben, der mit Kaffee zu tun hat, wie Mocaccino, Marroccino oder so ähnlich. Aber alles war schon vergeben, weil es irgendwie mit Java zu tun hatte. Als wir vor dem Computer saßen und das Computerfenster zu BerliOS geöffnet hatten, kam uns die Idee: Warum nicht das Projekt nach der Caffetteria am Hauptplatz unseres Dorfes Ivrea benennen, Arduino? Es war auch der Name des ersten italienischen Königs, und er war nicht vergeben. Der Rest ist Geschichte. - **Massimo Banzi**

Worauf achtet Arduino bei neuen Geschäftspartnern? -

Margriet Debeij (Niederlande)

Was die Zulieferer angeht, so ist die Erfahrung des Endnutzers die treibende Kraft bei der Entwicklung und daher auch bei der Auswahl der Zulieferer der Bauteile, aus denen die Boards bestehen. Das heißt, wir wählen die Lieferanten/Partnerschaften auf der Grundlage dessen aus, was für die Entwicklung innovativer Tools für die Kunden am besten geeignet ist. Um unseren Service für professionelle Kunden zu verbessern, haben wir vor kurzem ein Programm für Systemintegratoren ins Leben gerufen, bei dem wir sorgfältig auswählen, mit wem wir zusammenarbeiten. Dabei ist ein starkes Engagement für den Kundenservice während der gesamten Partnerschaft Voraussetzung. Wir suchen nach Partnern, die zusätzliches Fachwissen, Lösungen und Strategien einbringen können, die mit unseren Vorstellungen übereinstimmen und so zu IoT-Innovationen und Wachstum für alle Beteiligten beitragen. - **David Cuartielles**

Massimo Banzi



Was befindet sich auf Massimos persönlichem Elektronik-Labortisch? Arbeitet er an irgendwelchen speziellen Projekten? -

C. J. Abate (USA)

Auf meinem Labortisch herrscht ständig ein großes Durcheinander. Ich arbeite hauptsächlich an ein paar Projekten: Ich baue lineare Aktuatoren mit Schrittmotoren, um verschiedene Arten von „Maschinen“ zusammenzubauen. Ich habe letzten Juli einen Kurs darüber erteilt und überlege gerade, was der nächste Schritt sein könnte. Das andere große aktuelle Projekt ist die Restaurierung alter Computer. Ich habe einige Apple-II-Computer und andere Geräte restauriert, zum Beispiel französische Minitel-Terminals. Mein Labortisch ist also mit einer Mischung aus Schrittmotoren und alten Computerteilen bedeckt. - **Massimo Banzi**

Zusätzlich zu seiner Arbeit bei Arduino lehrt David Cuartielles an der Universität Malmö in Schweden. Wie schafft er es, beide Aufgaben unter einen Hut zu bringen? Gibt es eine Synergie zwischen den beiden? -

Beatriz Sousa (Niederlande)

In der Tat hat mich meine Arbeit an der Universität Malmö dazu angeregt, mit so etwas wie Arduino zu arbeiten. Es geht nicht darum, zwischen zwei Aufgaben zu jonglieren, sondern eher darum, dass eine Tätigkeit die andere inspiriert. Die Bildung inspiriert das Design von Boards und Inhalten und umgekehrt. Auf praktischer Ebene liegen Arduino und die Universität Malmö sehr nahe beieinander, nur zehn Minuten mit dem Fahrrad entfernt. Ich nutze Arduino als mein persönliches Büro und fahre zur Hochschule, wenn ich einen Kurs oder ein Meeting habe. Ich unterrichte sehr gerne und lerne viel von Studenten und Absolventen, und dieses Wissen wende ich auf meine Arbeit bei Arduino an. - **David Cuartielles**



David Cuartielles

Der Arduino UNO und die IDE füllten eine Lücke, indem sie eine einfache und erschwingliche Mikrocontroller-Entwicklungsplattform für Bastler und Maker bereitstellten, und schafften es, in diesem Bereich zum Marktführer zu werden. Die Produktlinie „Arduino Pro“ versucht dagegen, in einen bestehenden Industriemarkt einzudringen, der von vielen gut etablierten Wettbewerbern, Produkten und Tools besetzt ist. Wie wollen Sie in diesem Bereich etwas bewirken? -

Clemens Valens (Frankreich)

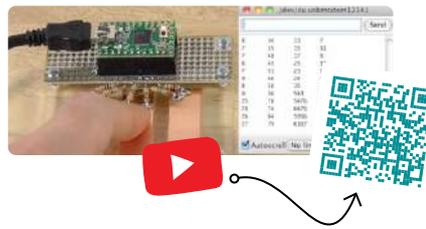
Ein grundlegendes Ziel der Arduino-Pro-Linie ist es, die Produktivität und Kreativität, die Maker und Studenten mit Arduino genossen haben, auf die Geschäftswelt zu übertragen. Wir helfen Unternehmen aktiv dabei, ihre Geschäftsmodelle mit IoT zu transformieren, indem wir robuste und verständliche Hardware und Software-as-a-Service-Plattformen anbieten. Der alleinstellende Unterschied ist, dass wir die gesamte Projektentwicklung (Hardware, Software und Cloud) und den reibungslosen Übergang vom Prototyping zur Produktion unterstützen. - **Keith Jackson**

Tausende von Arduino-basierten Projekten sind online verfügbar. Haben David und Massimo irgendwelche Favoriten? Können sie auf ein paar Projekte verweisen, die wirklich herausragen? - **Jens Nickel (Deutschland)**

Es gibt viele sehr komplexe Projekte, die ich erwähnen könnte, aber ich habe eine Vorliebe für Projekte,

die anderen helfen, eigene Ideen zu entwickeln. Es gibt einige Bibliotheken, die sich in Arduino sehr lange gehalten haben und die anderen immer wieder helfen, großartige Dinge zu entwickeln. Ein Beispiel dafür ist die CapacitiveSensor-Bibliothek von Paul Bagder und Paul Stoffregen. Dieses Stück Code ermöglicht die Erstellung von Berührungssteuerungen für Projekte und erspart Ihnen die Verwendung von mechanischen Tasten. Es gibt so viele tolle Projekte, die darauf basieren. Andererseits, wenn ich mich für ein Board-basiertes Projekt entscheiden müsste, würde ich gerne eine Seifenblase-Maschine nennen, die von Sekundarschülern in Katalonien gebaut wurde. Sie benutzen einen Servomotor, um den Strom für einen Lüfter anzusteuern, der die Seifenblasen durch mechanisches Kurzschließen von zwei Kabeln in die Luft „blies“. Der einzige Grund für diese Konstruktion: es fehlte ihnen ein Relais! - **David Cuartielles**

Sehen Sie sich das Video „Capacitive Sensor Arduino Library“ an!



Tausende von Unternehmen auf der ganzen Welt nutzen Arduino als Innovationsplattform. Erzählen Sie uns von ein oder zwei außergewöhnlichen „Profi“-Anwendungen. - **C. J. Abate (USA)**

Wie Sie richtig sagen, verwenden Tausende von Unternehmen auf der ganzen Welt Arduino, so dass es eine interessante Herausforderung ist, nur zwei davon herauszupicken.

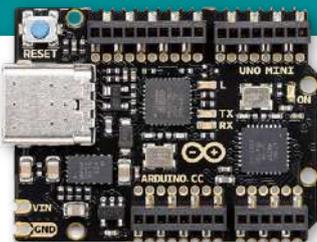
Erstens würde ich sagen, die Ölüberwachungslösung Fluid Eye von Fluid Intelligence, da dies einer der Anwendungsfälle war, der uns das Potenzial des professionellen Marktes zum ersten Mal vor Augen geführt hat. Fluid Eye ist eine intelligente Wartungslösung. Sie sieht Veränderungen in der Förderleistung von schweren Industriemaschinen so früh voraus, dass die Endkunden Zeit haben, kosteneffiziente Wartungsentscheidungen zu treffen und Ausfallzeiten zu vermeiden. Die IoT-Lösung verfügt über eine Front-End-Analyse- und Datenübertragungseinheit, die mit der Fluid Cloud verbunden ist, auf der Algorithmen für maschinelles Sehen und maschinelles Lernen die erforderlichen Analysen durchführen und monatliche wie jährliche Berichte erstellen. Verschiedene Versionen des Arduino MKR-Boards werden verwendet, um die Daten zu lesen, zu verarbeiten und von der Edge zur Cloud zu senden. Dabei hat sich Arduino sowohl als einfach zu bedienen als auch als leistungsstark in diesen rauen Umgebungen erwiesen.

Zweitens würde ich mich für das von Arol entwickelte System mit Arduino Pro entscheiden. Arol wollte seine derzeitige Industrierausrüstung, die in Hochgeschwindigkeits-Flaschenverschlussanlagen und Verpackungssystemen während des Abfüllprozesses eingesetzt wird und 50.000 Flaschen und mehr als 150 Europaletten pro Stunde verarbeitet, um intelligente Funktionen und Datenerfassung erweitern. Das System für die vorausschauende Wartung mit Nicla Sense ME überwacht Temperatur und Vibrationen in bestimmten kritischen Bereichen der Maschinen und liefert sowohl Diagnose- als auch Prognosedaten, um Fehler oder Anomalien zu erkennen, bevor diese Fehler hervorrufen, und um zu erkennen, wann die Maschinen gewartet werden müssen. -

Keith Jackson

Der Erfolg von Arduino ist zu einem großen Teil seinen Benutzern zu verdanken, die tonnenweise Open-Source-Bibliotheken und -Anwendungen für das UNO- und ähnliche Boards zur Verfügung gestellt haben. Die Arduino-Pro-Produktlinie richtet sich an industrielle Anwender, die wahrscheinlich viel weniger bereit sind, ihren Code zu teilen. Befürchten Sie nicht, dass dies Ihre Erfolgchancen stark einschränken wird? - **Clemens Valens (Frankreich)**

Arduino war schon immer quelloffen und wird es auch immer sein, denn das ist das Herzstück von Arduino. Open-Source ist nicht nur grundlegend für Innovation und Kreativität, die in der Arduino-Community entstehen, sondern es bietet auch einen entscheidenden Vorteil für professionelle Entwickler, da es eine schnellere Einführung einer neuen Anwendung ermöglicht und die Risiken von Kostenfallen reduziert. Es ist nur eine Einschränkung, wenn man es mit den Augen der traditionellen Unternehmen betrachtet. Es gibt Tausende - wenn nicht Millionen - von Unternehmen, die ihr Geschäft umgestalten wollen. Viele Unternehmen setzen heute Open-Source-Software in ihren kritischen Anwendungen ein, angefangen beim Linux-Betriebssystem bis hin zu weiterer Anwendungssoftware wie Datenbanken, Message Brokern und so weiter. In diesem Zusammenhang muss auch zwischen Arduino-Cores und Basistechnologien und dem von unseren Kunden entwickelten proprietären Anwendungscode unterschieden werden. Wir bieten bereits Tools zur Verwaltung hybrider Szenarien an, die Open- und Closed-Source-Software zuverlässig kombinieren. - **Keith Jackson**



Arduino verdankt einen großen Teil seiner Popularität dem Arduino-UNO-Board. Gibt es Überlegungen für eine vierte Version, vielleicht mit einem schnelleren Prozessor und WLAN? - **Muhammed Söküt (Elektor, Deutschland)**

Letztes Jahr um diese Zeit brachten wir eine spezielle Miniaturversion des UNO-Boards auf den Markt,

das UNO Mini LE, das unglaublich beliebt wurde. Die kleine Produktionsserie war schnell ausverkauft, was die ungebrochene Popularität des UNO-Konzepts beweist. Vor ein paar Monaten haben wir mit dem *Make Your UNO Kit* (oder kurz MY UNO) nachgelegt, das praktisch aus drei Produkten in einem besteht und es Anfängern ermöglicht, Löten zu lernen, ihren eigenen UNO von Grund auf zu löten und einen Audio-Synthesizer zu bauen. Wir sind immer bestrebt, den Erfolg unser beliebtesten Produkte weiter auszubauen. Deshalb prüfen wir ständig, wie wir sie mit schnelleren Prozessoren und wichtiger, von unseren Kundschaft gewünschter Funktionalität aktualisieren können. Aus diesem Grund arbeiten wir mit einem engagierten Team an diesem Produkt. - **David Cuartielles**

Der serielle Plotter der Arduino-IDE ist ein sehr nützliches Werkzeug vor allem für Echtzeit-Datenplotting-Anwendungen. Das Problem mit diesem Tool ist, dass es nicht konfigurierbar ist (die X-Achse ist beispielweise auf 500 Punkte festgelegt). Haben Sie Pläne, dieses Tool konfigurierbar zu machen? - Professor Dogan Ibrahim (Großbritannien)

Vielen Dank für das Feedback. Diese Art von Einblicken unserer Benutzer ist immer willkommen, da sie uns helfen, die Entwicklungen auf das zu konzentrieren, was für eine breite Benutzerbasis von Bedeutung ist. Derzeit ist der Serielle Plotter für einen festen Rahmen ausgelegt, aber es sind nicht 500 Punkte, sondern 5000 Millisekunden (5 Sekunden), und alles, was in diesem Fenster geplottet werden kann, wird auch geplottet. Für die Zukunft prüfen wir die Möglichkeit, eine ZoomIn/ZoomOut-Funktion und eine Bereichsauswahl zum Zoomen hinzuzufügen. - David Cuartielles

Ich verwende die Arduino Cloud seit mehr als sechs Monaten und als Maker genieße ich die einfache Benutzung trotz all der fortgeschrittenen Funktionen. Als Pädagoge schätze ich auch ihr Potenzial als Werkzeug zum Lernen und Lehren. Was ist Ihre Vision für die Arduino Cloud? Was können wir in den nächsten Jahren in Bezug auf neue Fähigkeiten, Funktionen, Unterstützung für Nicht-Arduino-Hardware und Sicherheit erwarten? - Peter Dalmaris (Australien)

Die Arduino Cloud wurde zunächst für das Maker-Publikum entwickelt, aber da sie im Laufe der Zeit gewachsen ist und sich weiterentwickelt hat, hat sie viele Funktionen wie RBAC oder die Möglichkeit, eine große Zahl von Boards zu programmieren und bereitzustellen hinzugewonnen, die sie für industrielle und professionelle Umgebungen, aber auch für zu Hause und im Klassenzimmer geeignet machen. In den nächsten Jahren werden neue Funktionen wie Ereignisverarbeitung und Benachrichtigungen, Integration in Plattformen von Drittanbietern und Unterstützung zusätzlicher Hardwareplattformen das Gesicht von Arduino Cloud verändern, während die Benutzerfreundlichkeit eines jeden Arduino-Produkts erhalten bleibt. - Keith Jackson

Ich bin an dem interessiert, was Arduino für die jüngere Generation tut. Erzählen Sie uns etwas über das Arduino-Bildungsprogramm. Was steht als nächstes auf der Agenda von Arduino Education? - Alina Neacsu (Deutschland)

Bei der Ausbildung mit Arduino geht es um die Vorbereitung der Schüler auf ihre Zukunft. Arduino ist ein Hilfsmittel in der Ausbildung, aber die Kernaussage ist, zukünftige berufliche Fähigkeiten, zukünftige Technologien und das Lösen zukünftiger Probleme zu vermitteln. Wir arbeiten aktiv an der Definition von für die Industrie wichtigen Fähigkeiten und bringen dies in den Lernprozess ein, um den Schülern zu helfen, ihre Kompetenzen Schritt für Schritt mit einem klaren Ziel aufzubauen.

Arduino Education stellt dabei Spitzentechnologien zur Verfügung: Das Explore IoT Kit ist ein Beispiel dafür, wie wir eine einzigartige IoT-Lernlösung für verschiedene Altersgruppen anbieten können, indem wir IoT-Projekte bauen und erleben. Das gesamte Lernen ist eingebettet in starke, nachhaltige Entwicklungsziele, denn wir möchten den Schülern mit Hilfe unserer Werkzeuge zeigen, welche zukünftigen Herausforderungen auf sie zukommen und wie wir die Welt durch Technologie verbessern können.

Um unser Engagement zu unterstützen, erweitern wir unser Hardware-Angebot um digitale Dienstleistungen. Neben flexiblen, einfach verwendbaren und erschwinglichen Controller- und Carrier-Boards und Komponenten arbeiten wir hart daran, unsere Erfahrung mit der IoT-Cloud für den Bildungsbereich zu erweitern. Mit Funktionen wie Klassenraummanagement und -Ressourcen, zusammen mit fortschrittlichen IoT- und Daten-Dashboard-Funktionen, ist die Arduino-Cloud zu einem aufbauenden Werkzeug für Schulen geworden. Darüber hinaus verbessern wir die Science Journal App, um die Erfahrung von Experimenten und wissenschaftlichen Aufzeichnungen zu verbessern, die Millionen von Schülern und Studenten in der wissenschaftlichen Ausbildung geholfen hat. All diese digitalen Dienste bilden eine starke Grundlage für unsere Hardware-Entwicklung und bieten eine einzigartige und fortschrittliche Erfahrung zwischen physischem und digitalem Lernen.

Um Schulen bei der Umwandlung in eine innovative Lernumgebung zu unterstützen, hat Arduino Education das Inspiration-Programm eingeführt. Ein Arduino Education Inspiration Lab ist ein spezieller Raum, sei es in einer Schule, Universität, einem Unternehmen oder einer anderen Institution, der innovative und spannende STEAM-Lernmöglichkeiten und -Zertifizierungen bietet. In einem Inspiration Lab können Sie spezielle STEAM-Kurse für Schüler, Lehrerschulungen und berufliche Weiterbildung sowie einmalige Workshops oder Projekte durchführen. Sie könnten das Labor sogar für die Öffentlichkeit öffnen, damit auch diese etwas über Arduino-Education-Lösungen lernen und ihr STEAM-Wissen erweitern kann - und dabei Spaß hat!

Darüber hinaus fördert ein Inspiration Lab das vierte nachhaltige Entwicklungsziel der Vereinten Nationen, nämlich inklusive und gerechte Bildung und lebenslanges Lernen für alle, und unterstützt die Entwicklung beruflicher Fähigkeiten. Wir sind bestrebt, Arduino Education Inspiration Labs auf der ganzen Welt einzuführen und unsere Mission, heute für morgen zu unterrichten, weiterzuführen. - Yu Hu

Der serielle Plotter der Arduino-IDE ist ein sehr nützliches Werkzeug vor allem für Echtzeit-Datenplotting-Anwendungen. Das Problem mit diesem Tool ist, dass es nicht konfigurierbar ist (die X-Achse ist beispielweise auf 500 Punkte festgelegt). Haben Sie Pläne, dieses Tool konfigurierbar zu machen? - Professor Dogan Ibrahim (Großbritannien)



Erste Schritte mit Portenta X8

Sichere Softwareverwaltung mit Containern



Bild 1. Das Arduino-Board Portenta X8.

Von Benjamin Dannegård (Arduino)

Der Arduino-Board Portenta X8 ist ein leistungsstarkes, industrietaugliches System-on-Module (SoM), auf dem eine Yocto-Linux-Distribution von Foundries.io läuft. Dank der Arduino-Cloud-Integration ist es einfach, eine FoundriesFactory zu erstellen, Docker-Container zu entwerfen und sie sicher auf Ihr(e) Board(s) hochzuladen.

Das bahnbrechende Arduino-Board Portenta X8 (**Bild 1**) ist ein leistungsstarkes, industrietaugliches System-on-Module (SoM), auf dem ein Linux-Betriebssystem vorinstalliert ist und das dank seiner modularen Container-Architektur eine Plug-and-Play-Lösung für geräteunabhängige Software darstellt. Dank der integrierten WLAN- und Bluetooth-Low-Energy-Konnektivität (BLE) können Updates des Betriebssystems und der Anwendungen aus der Ferne durchgeführt werden, so dass das Linux-Kernel-Environment immer auf dem höchsten Leistungsniveau bleibt. Die Kombination aus Mikroprozessor und Mikrocontroller auf dem X8-Board bietet eine noch nie dagewesene Flexibilität, um Linux-Anwendungen aus- und gleichzeitig Echtzeitaufgaben sicher durchzuführen. Die zahlreich verfügbaren Arduino-Bibliotheken in Verbindung mit einer Container-basierten Linux-Distribution ermöglichen es IT-Fachleuten, Systemintegratoren und Consultingfirmen, eine Vielzahl von Lösungen für indus-

trielle Kontexte zu entwickeln und stets weiter zu verbessern. Das Portenta-Board eignet sich auch für Anwendungen in der Gebäudeautomatisierung und der intelligenten Landwirtschaft. Einige Anwendungen könnten sein:

- Vernetzte Edge-Computer in der Fertigung
- Autonome fahrerlose Transportsysteme (AGV)
- Interaktive sichere Full-HD-Kioske und digitale Beschilderung
- Büro- und Haussteuerungssysteme
- Navigation und Steuerung in der intelligenten Landwirtschaft
- Verhaltensanalytik in Büros und Fabriken

Kernkonzepte

Der Arduino Portenta X8 verwendet eine Embedded-Linux-Umgebung, was bedeutet, dass er eine Basisdistribution benötigt - einen Mechanismus, um sie zu aktualisieren und einige Anwendungen, die auf dem

Board laufen können. Als Basis verwendet das X8 eine Linux-Distribution, die mit dem Yocto-Projekt erstellt wurde, mit Anwendungen, die als begrenzte Container installiert und gepackt sind (**Bild 2**). Das Yocto-Projekt wurde speziell für die Schaffung individueller eingebetteter Systeme entwickelt und sorgt dafür, dass es nie an der nötigen Flexibilität mangelt, um Zielgrößen und Funktionsoptimierungen zu erreichen.

In Zusammenarbeit mit Foundries.io [1] haben wir eine einfache Lösung für den Anschluss des Arduino-Boards Portenta X8 an die FoundriesFactory-Distribution entwickelt. Wenn wir den Portenta X8 an einen Computer anschließen, können wir sofort auf die Setup-Webseite zugreifen (**Bild 3**), so dass die Installation schnell und reibungslos verläuft. Hier kann das WLAN des Boards eingerichtet und einfach mit einer FoundriesFactory Ihrer Wahl verbunden werden (siehe **Bild 4**). Und mit Hilfe der Foundries.io-Integration in die Arduino Cloud können Sie Ihre FoundriesFactory direkt von der Arduino-Cloud-Seite aus erstellen.

Auf der FoundriesFactory-Seite können Sie Mitglieder hinzufügen und abmelden, so dass Sie leicht den Überblick über die Mitglieder eines Teams behalten, die Zugriff auf die mit der Factory verbundenen Portenta X8 haben müssen. Es ist auch möglich, Teams für eine bessere Verwaltung einzurichten. Auf der Seite finden Sie auch eine Liste aller mit der Factory verbundenen Geräte, zusammen mit ihren Namen und den Versionen der Container, die aktuell auf die Boards hochge-

laden sind. Außerdem gibt es eine Seite, auf der alle verschiedenen Containerversionen gelistet sind, die in die Factory hochgeladen wurden. All dies ermöglicht eine einfache und übersichtliche Verwaltung der Personen im Team sowie der Geräte und Targets. Dies bereits steht für ein einfaches Flottenmanagement für die eigenen Geräte, besser beraten sind Sie aber mit dem Flottenmanagement-Tool Waves von Foundries.io, das eine noch bessere Kontrolle ermöglicht. Werfen Sie einen Blick auf das Tutorial *Foundries-Factory Waves Fleet Management*, damit Sie besser verstehen, wie dieses Tool mit dem Portenta X8 zusammenarbeitet [2].

Foundries.io hat seine generische Distribution auf Basis von Yocto mit einem Minimum an installierter Software erstellt. Standardmäßig implementiert sie beste Cybersicherheitsfunktionen wie OP-TEE, ein System, das das Betriebssystem absichert und auf Wunsch ein Secure-Element unterstützt, oder OSTREE, ein System zur Prüfsummenbildung für jede einzelne Datei und jedes Verzeichnis im System. Dadurch ist diese Lösung optimal für den Einsatz in professionellen Anwendungen geeignet. Ein benutzerdefinierter OTA-System-Update-Mechanismus basiert auf einem Client auf einem Zielgerät und einem robusten Cloud-Server. Foundries.io stellt mit *Docker Compose* eine Möglichkeit bereit, um eine Softwarelösung auf einem Target zu realisieren. Das ist wie ein App-Store für ein bestimmtes Gerät - mit dem Unterschied, dass wir keine App installieren, sondern einen Container, der eine vollständige oder eine minimale Distribution enthalten kann, auf der nur unsere App oder eine Reihe von Apps läuft. Darüber hinaus hat Foundries.io auch die Cloud-Seite entwickelt. Das bedeutet, dass Sie den Cloud-Dev-SecOps-Abonnementdienst FoundriesFactory nutzen können, um sichere, aktualisierbare IoT- und Edge-Produkte zu erstellen, zu testen, bereitzustellen und zu unterhalten. Dies bietet eine eindeutige ID und automatische Builds des Basissystems und den Container für dieses System an einem Ort.

Container

Wie bereits kurz erwähnt, sind Container ein wichtiger Bestandteil der Funktionalität des X8. Ein Container ist eine Standard-Softwareeinheit, die den Code und alle seine Abhängigkeiten zusammenfasst, sodass die Anwendung schnell und zuverlässig von einem Gerät zum anderen übertragen werden kann. Ein Docker-Container-Image ist ein leichtgewichtiges, eigenständiges, ausführbares Software-

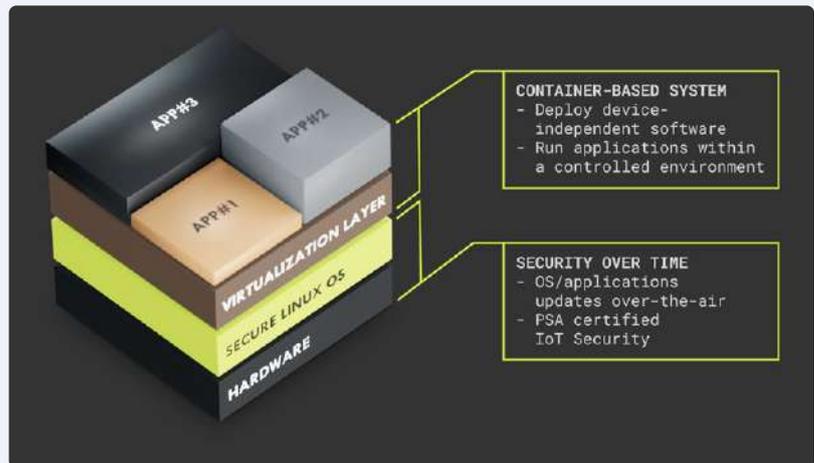


Bild 2. Schematische Systemdarstellung.

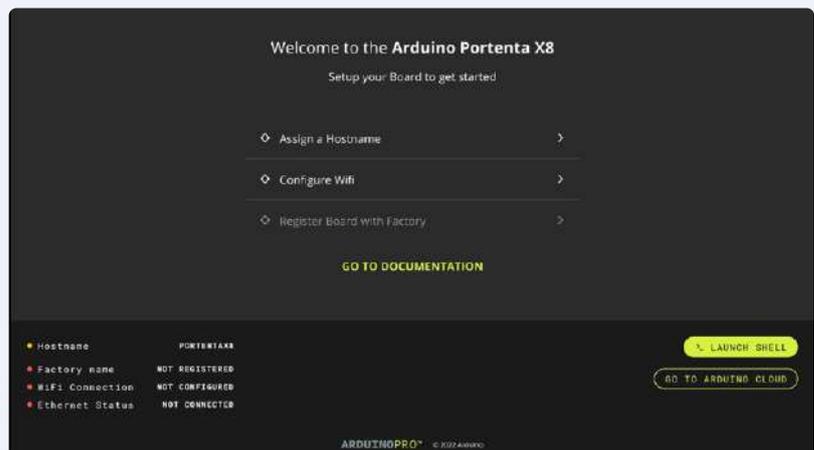


Bild 3. Einrichtungsweltseite für Portenta X8.

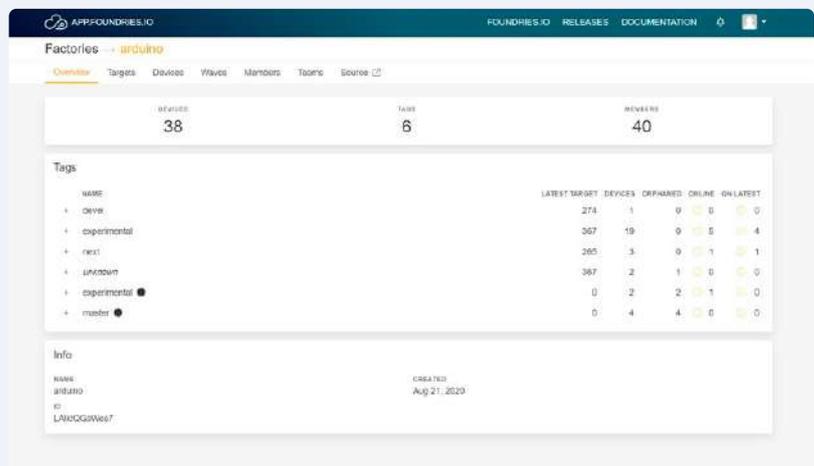


Bild 4. Übersichtsseite der FoundriesFactory. (Quelle: Foundries.io)

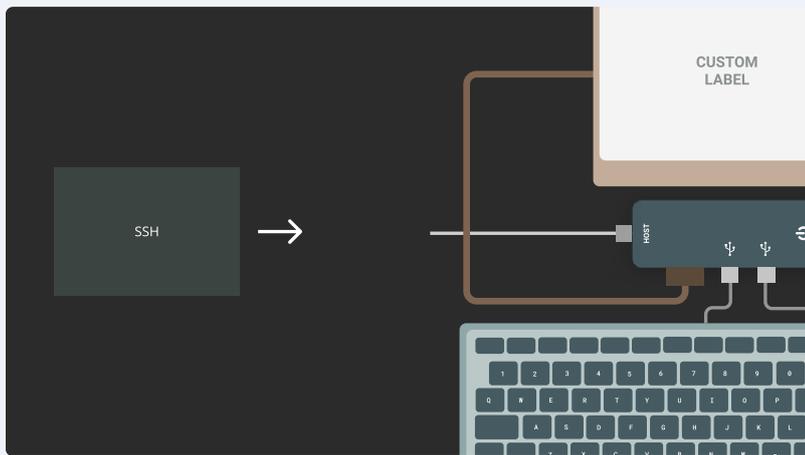


Bild 5. So wird das Portenta-X8-Board angeschlossen.



Bild 6. Die Demo läuft auf Portenta X8.

paket, das alles enthält, was zum Ausführen einer Anwendung erforderlich ist.

Mit der integrierten Verwendung von Docker auf dem Portenta X8 ist es einfach, bereits vorhandene Container herunterzuladen oder einen eigenen, hochgradig anpassbaren Container zu erstellen. Eine Website wie Docker Hub [3] enthält eine Fülle von fertigen Containern, die es uns ermöglichen, Portenta X8 in vielen verschiedenen Bereichen einzusetzen. Wenn ein Container aus einem Image erstellt wird, muss dieses Image das gesamte Dateisystem des Containers enthalten. Das bedeutet, dass es alles enthalten muss, was zum Ausführen einer Anwendung benötigt wird, alle Abhängigkeiten, Konfigurationen, Skripte, Binärdateien und so weiter. Das Image enthält auch andere Konfigurationen für den Container, zum Beispiel Umgebungsvariablen, einen Standardbefehl zur Ausführung und andere Metadaten. Da es sich bei einem Container jedoch um eine einzelne App handelt, Sie aber mehrere Container-Anwendungen verwenden möchten, setzen wir beim X8 Docker

Compose ein, das uns bei der Verwaltung dieser Anwendungen hilft. Die Dateistruktur einer Docker-Compose-Anwendung könnte etwa so aussehen:

- *docker-build.conf* enthält den minimalen „Unit-Test“-Befehl, der auf dem Container ausgeführt wird, um zu zeigen, dass er funktioniert
- *docker-compose.yml* definiert den Namen der App durch die Factory, ihre Berechtigungen und Einstellungen für die beteiligten Container
- *Dockerfile* ist eine Datei, mit der ein Docker-Image erstellt wird. Das Image enthält alle Abhängigkeiten für die Python-Anwendung.
- *requirements.txt* enthält die Python-Abhängigkeiten, die Ihre Anwendung kopiert und herunterlädt
- Das Verzeichnis *src* enthält den Quellcode der Anwendung, die Sie im Container ausführen möchten, oder ein Start-Skript

Dank Foundries.is wird diese Prozedur vereinfacht. Es gibt ein Build-Skript für Container, das auf dem CI-Build-Server läuft. Dieses ist mit FoundriesFactory verbunden und wird bei einem Push in das Factory-Repository ausgelöst. Dies erlaubt uns, eine neue Docker-Composer Anwendung zu erstellen, es zu dem Repository hinzuzufügen und anschließend ein Commit oder Push anzufügen.

Nach einem Moment zeigt die Seite der Factory an, dass das Container-Build-Skript gestartet und die neue Docker-Composer-Anwendung erstellt wurde. All dies hilft uns dabei, eine eingebettete Linux-Plattform zu schaffen, auf der eine benutzerdefinierte Yocto-Distribution läuft, die so sicher ist, dass sie auch einer strengen Prüfung der Cybersicherheit standhält, und auf der der Benutzer alles Mögliche tun kann, indem er Anwendungen und benutzerdefinierten Code mit Hilfe von Containern einsetzt.

RPC-Funktion

Die von Arduino bereitgestellte Container-Infrastruktur ermöglicht die Echtzeitverarbeitung auf der Arduino-Seite, während auf der Linux-Seite ein vollwertiges Betriebssystem ausgeführt wird. Dank der Architektur des X8 kann der Mikrocontroller bestimmte Peripheriehardware verwalten und die erforderlichen Daten zwischen dem Mikrocontroller und einer Python-Anwendung auf der Linux-Seite austauschen. Es ist auch möglich, eine beliebige andere Programmier- oder Skriptsprache für die Anwendung zu verwenden. Der Kommunikationsmechanismus dafür wird als RPC (Remote Procedure Call) bezeichnet. Mit der Docker-Infrastruktur kann eine Python-Anwendung auch den RPC-Mechanismus nutzen, um Daten zwischen dem Mikrocontroller und dem Linux-Betriebssystem auf dem iMX8 austauschen. Wenn Sie daran interessiert sind, sich in diese Funktion zu vertiefen, sehen Sie sich das Tutorial *Data Exchange Between Python on Linux and an Arduino Sketch* [4] an.

Portenta X8 in Aktion

Lassen Sie uns anhand eines Beispiels einen Blick darauf werfen, wie die Verwendung des Portenta X8 mit FoundriesFactory und Containern aussehen kann. Der NXP-Prozessor i.MX 8M Mini des Arduino Portenta X8 kann für 3D-Rendering verwendet und damit 3D-Inhalte auf einem Bildschirm oder einem anderen Video-Endgerät dargestellt werden. Das Gerät verarbeitet die 3D-bezogenen Berechnungen mit OpenGL. In dieser Demo werden wir Web-Inhalte mit WebGL rendern

und sie über USB-Hubs mit HDMI-Ausgang auf einem Bildschirm darstellen. Es gibt viele Möglichkeiten, mit dem Board zu kommunizieren, sei es drahtlos oder per Netzwerkfreigabe, um dann mit ADB oder SSH über die Kommandozeile mit dem X8 zu kommunizieren. Da der Portenta X8 ein Linux-Gerät ist, können Sie normale Linux-Befehle verwenden, um Dateien zu erstellen, Verzeichnisse zu ändern, und so weiter.

Nach dem Setup-Prozess wird die aktuelle Firmware für den X8 installiert. Das macht auch den Rest des Prozesses viel einfacher. Da das Board mit einer FoundriesFactory verknüpft ist, können wir den erforderlichen Container einfach auf das Portenta X8 herunterladen und ihn mit nur wenigen Zeilen über SSH oder ADB ausführen. Mit FoundriesFactory können wir ein Target, das dieses Beispiel enthält, einfach auf ein verbundenes Gerät hochladen. Wenn Sie eine lokale Methode bevorzugen, können Sie genauso einfach das Repository herunterladen, mit der SSH- oder ADB-Shell auf das Gerät übertragen und es mit ein paar Befehlen installieren und ausführen. Sobald alles heruntergeladen ist und läuft, kann der Portenta X8 über einen USB-Hub an einen Bildschirm angeschlossen werden (**Bild 5**). Das 3D-Aquarium von WebGL wird nun abgespielt (**Bild 6**). An den USB-Hub kann auch eine Maus angeschlossen werden, um die Demo auf dem Bildschirm zu steuern. Auf diese Weise können die 3D-Rendering-Fähigkeiten des X8 mit WebGL getestet werden, was es ermöglicht, verschiedene Parameter auszuprobieren oder auf andere relevante Informationen zuzugreifen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Container mit einem Linux-Texteditor zu modifizieren, um die URL so zu ändern, dass etwas anderes auf dem Bildschirm angezeigt wird.

Wenn Sie diesen Prozess nachvollziehen

oder genauer untersuchen möchten, lesen Sie unser Tutorial *Output WebGL Content on a Screen* [5]. Auf der Arduino-Dokumentationsseite finden Sie außerdem weitere Tutorials, die die Möglichkeiten des X8 und seine Verwendung von Docker-Containern zeigen. Wenn Sie einen Datenbank-Container auf dem Portenta X8 betreiben möchten, der eine WordPress-Website hostet, dann schauen Sie sich unser Tutorial *Running Wordpress and Database Containers on the Portenta X8* an [6]. Vielleicht sind Sie eher daran interessiert zu sehen, wie Portenta X8 eine Lösung für MQTT-Datenprotokollierung bieten kann? Dann sollten Sie sich das Tutorial *Data logging with MQTT, Node-RED, InfluxDB and Grafana* anschauen [7]. Und wenn Sie die Fähigkeiten des X8 noch weiter austesten wollen, schließen Sie ihn an ein *Arduino Portenta Max Carrier Board* an. Damit können Sie zum Beispiel ein Multiprotokoll-Gateway aufbauen. Werfen Sie dazu einen Blick auf

unser Tutorial *Build a Multi-Protocol Gateway with Portenta X8 and Max Carrier* [8].

Nachdem Sie nun hoffentlich eine Vorstellung davon bekommen haben, wozu der Arduino Portenta X8 fähig ist, was seine Kernkonzepte sind und für welche Arten von Anwendungen er eingesetzt werden kann, liegt es nun an Ihnen, das Beste aus dem Board herauszuholen. ◀

(220546-02)RG



Über den Autor

Benjamin Dannegård ist ein Interaction Designer aus dem schwedischen Malmö, der sich für alles Technische und Nerdige interessiert. Er arbeitet seit zwei Jahren mit Arduino als Maker und Pro Content Creator.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- **Arduino Portenta X8**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-x8
- **Arduino Portenta Max Carrier**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-max-carrier
- **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-h7

WEBLINKS

- [1] Foundries.io: <https://foundries.io>
- [2] Tutorial: „Using FoundriesFactory Waves Fleet Management“ für den X8: <https://docs.arduino.cc/tutorials/portenta-x8/waves-fleet-managment>
- [3] Docker Hub: Container Image Bibliothek: <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>

Skalierbare, sichere Anwendungen erstellen, in Betrieb nehmen und pflegen

Arduino Portenta X8 mit dem i.MX 8M Mini-Anwendungsprozessor von NXP und dem EdgeLock® Secure Element SE050

Ein Beitrag von NXP Semiconductors

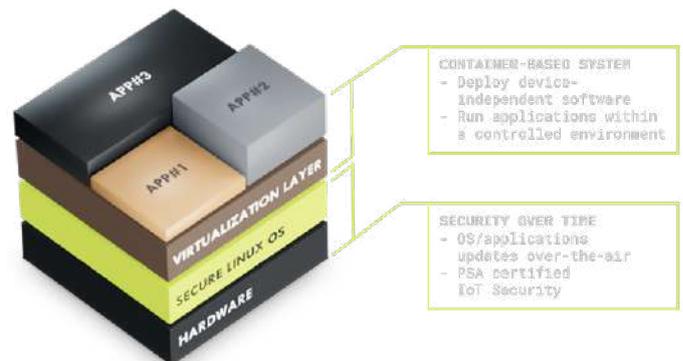
Ein IoT-Gerät auf den Markt zu bringen ist mit erheblichem Design- und Entwicklungsaufwand verbunden - mit Skalierbarkeitsproblemen, Sicherheitsanforderungen und Gerätebeschränkungen an allen Ecken und Enden. Das Hinzufügen von Intelligenz macht es noch komplizierter. Daher ist die Auswahl der richtigen Entwicklungshard- und -software entscheidend, um sichere Edge-Produkte schneller auf den Markt zu bringen. In diesem Artikel wird die Arduino-Plattform Portenta X8 vorgestellt, ein industrietaugliches, sicheres System on Module (SoM), das auf dem Applikationsprozessor i.MX 8M Mini von NXP und einem integrierten Hardware-Sicherheitselement EdgeLock®-SE050 basiert. Diese PSA-zertifizierte Plattform ist auch *Arm® SystemReady IR für Linux für garantierte Sicherheit auf Embedded-Arm-SoCs* zertifiziert.

Arduino Portenta X8 ist ein leistungsfähiges, industrietaugliches System auf einem Modul mit vorinstalliertem Linux®-Betriebssystem, das dank seiner modularen Container-Architektur in der Lage ist, geräteunabhängige Software auszuführen. Es bietet zwei Ansätze: Flexibilität bei der Nutzung von Linux kombiniert mit Echtzeitanwendungen durch die Arduino-Umgebung. Die integrierte WLAN/Bluetooth®-Low-Energy-Konnektivität ermöglicht die Fernaktualisierung von Betriebssystemen und Anwendungen, wobei die Linux-Kernel-Umgebung stets auf dem höchsten Leistungsniveau gehalten wird.

Sicherheit auf dem neuesten Stand der Technik

Das containerbasierte System vereint verschiedene Sicherheitsebenen, angefangen bei der Hardware-Ebene, die das Secure Element von NXP enthält. Es nutzt die Cloud-basierte DevOps-Plattform von

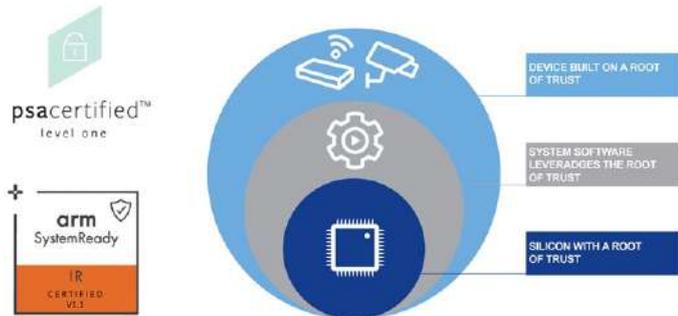
Foundries.io [1], um die Art und Weise, wie Embedded-Linux-Lösungen entwickelt, getestet, bereitgestellt und gewartet werden, neu zu definieren. Der Portenta X8 enthält das anpassbare Open-Source-Betriebssystem Linux-MicroPlatform, das mit den besten Industriepraktiken für End-to-End-Sicherheit, inkrementellen OTA-Updates und Flottenmanagement entwickelt wurde.



Portenta X8 Container und Sicherheit.

Die Virtualisierungsschicht ermöglicht es Anwendern, geräteunabhängige Software in einer kontrollierten Umgebung auszuführen. Sie können ihre eigenen Container mit Docker erstellen und vorgefertigte Images vom Docker Hub oder anderen öffentlichen Registries herunterladen, um eine maßgeschneiderte Anwendung zu erstellen. Wenn ein Entwickler in die Welt der eingebetteten Systeme einsteigen möchte, kann er dies ganz einfach tun, indem er seine Anwendung erstellt, sie in einem Container überführt, sie auf dem Board installiert und sie sofort testet. Durch die Kombination von Linux-Fähigkeiten und Arduino-Erfahrung ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten. Portenta X8 hat die PSA-Zertifizierung erhalten. Das NXP EdgeLock SE050 Hardware-Sicherheitselement bietet Schlüsselgenerierung, beschleunigte Kryptooperationen und sichere Speicherung. X8 erhielt außerdem die *Arm® SystemReady*-Zertifizierung [2] und integrierte Parsec-Services, was es zu einem der ersten Cassini-Produkte oder Cloud-Native-Edge-Geräte macht, die für Entwickler auf dem Markt verfügbar sind. Es läuft nahtlos auf Fedora IoT, Fedora Server, Debian und Linux-microPlatform. Der Portenta X8 ermöglicht die Migration von Cloud-nativen Workloads von der Cloud zur Edge und trägt zu

einer Cloud-nativen Entwicklererfahrung im vielfältigen und sicheren IoT-Ökosystem von Arm bei.



Architektur der Plattform-Sicherheit.

EdgeLock SE050 - Ein Anker des Vertrauens für das IoT

Der EdgeLock SE050 [3] von NXP ist eine diskrete und fälschungssichere Sicherheitshardware zum Schutz der Identität eines Geräts, einschließlich kryptografischer Schlüssel und Zertifikate. Es handelt sich um ein eigenständiges, eingebettetes Sicherheitselement, das über die I²C-Schnittstelle mit dem Hauptprozessor verbunden ist. Der EdgeLock SE050 ist nach *Common Criteria EAL 6+* für die Hardware und das Betriebssystem zertifiziert. Dieses sofort gebrauchsfertige Sicherheitselement für IoT-Geräte bietet eine Vertrauensbasis auf IC-Ebene und liefert echte End-to-End-Sicherheit – von der Edge bis zur Cloud - ohne die Notwendigkeit, Sicherheitscode zu implementieren oder kritische Schlüssel und Berechtigungsnachweise zu verwalten.

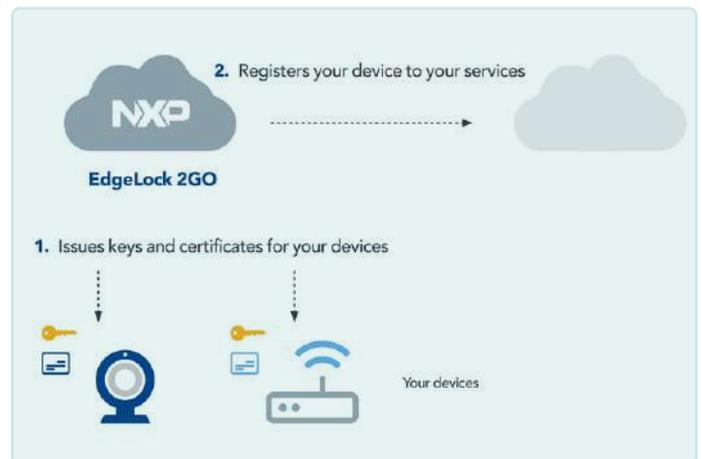


Quelle des Vertrauens auf Silizium:
Das EdgeLock® SE050 Secure Element.

EdgeLock SE050 als gebrauchsfertige Lösung mit mehreren vorimplementierten kryptografischen Algorithmen und Protokollen sowie einem kompletten Produktunterstützungspaket vereinfacht die Entwicklung und die Markteinführungszeit. Zusätzlich zu den Bibliotheken für verschiedene MCUs und MPUs bietet das Support-Paket auch die Integration mit vielen gängigen Betriebssystemen wie Linux, RTOS und Android.

Entwickler von IoT-Geräten stehen vor zwei großen Herausforderungen, wenn sie Geräte mit der Cloud verbinden wollen: die Bereitstellung der Geräteidentität und die Verwaltung der Geräteidentitäten nach der Freigabe für das Feld. Ersteres bezieht sich auf die Installation von Schlüsseln und Zertifikaten, der zweite Punkt auf die Aktualisierung, das Hinzufügen oder den Entzug von Schlüsseln und Zertifikaten während des gesamten Lebenszyklus des Geräts.

Um Entwickler bei der Bewältigung dieser Herausforderungen zu unterstützen, bietet NXP den *EdgeLock 2GO Managed Service* [4] an. Bei der Plattform handelt es sich um eine speziell entwickelte Hardware- und Servicekombination, die eine siliziumbasierte Vertrauenswürdigkeit (Root of Trust) einrichtet. EdgeLock 2GO stellt die für IoT-Geräte erforderlichen Identitäten aus und installiert die Anmeldedaten sicher in der EdgeLock-SE050-Hardware. Außerdem registriert der Service das IoT-Gerät direkt automatisch beim Cloud-Dienst.



NXP regelt die Geräteberechtigungen.

Dieser flexible Dienst unterstützt mehrere Arten von Berechtigungsnachweisen und wendet je nach Projekt unterschiedliche Konfigurationen an. Berechtigungsnachweise (Device Credentials) können erneuert oder zu im Feld freigegebenen Geräten hinzugefügt werden. Mit der Inbetriebnahme von EdgeLock SE050 und EdgeLock 2GO erhalten Anwender eine End-to-End-Lösung, die einfach, sicher und flexibel ist. Mit der zunehmenden Verbreitung des IoT steigen auch die Risiken. Die EdgeLock-Kombination von NXP mit ihrer hardwarebasierten Sicherheit und dem Service für die Verwaltung von Berechtigungsnachweisen bietet Geräteherstellern Sicherheit in ihrem Geschäft. Wenn NXP EdgeLock die Bereitstellung eines Geräts unterstützt, verkürzt sich nicht nur die Zeit bis zur Markteinführung, es werden auch die täglichen Kosten für den Betrieb einer IoT-Bereitstellung gesenkt, während gleichzeitig die Gewissheit besteht, dass die Geräte durch ein hohes Maß an Sicherheit geschützt sind.

Entfesseln Sie die Kraft: Mehr Geschwindigkeit und verbesserte Effizienz

Das System-on-Chip i.MX 8M Mini [5] ist der erste eingebettete Multicore-Anwendungsprozessor von NXP, der in der fortschrittli-

chen 14LPC FinFET-Prozesstechnologie gefertigt wird und höhere Geschwindigkeit und eine verbesserte Energieeffizienz bietet. Die i.MX 8M Mini-Familie von Anwendungsprozessoren vereint High-Performance-Computing, Energieeffizienz und eingebettete Sicherheit für die schnell wachsende Zahl an Edge-Node-Computing-, Streaming-Multimedia- und Machine-Learning-Anwendungen.

Das System-on-Chip i.MX 8M Mini wird in Single-, Dual- und Quadcore-Varianten mit Arm® Cortex®-A53 angeboten, die mit bis zu 1,8 GHz pro Kern arbeiten. Der in einem fortschrittlichen Low-Power-Prozess gefertigte Kernkomplex ist für lüfterlosen Betrieb, niedrige thermische Systemkosten und lange Batterielebensdauer optimiert. Die Cortex-A-Kerne können abgeschaltet werden, während das Cortex-M4-Subsystem eine stromsparende Systemüberwachung in Echtzeit durchführt. Der DRAM-Controller unterstützt 32-Bit/16-Bit-LPDDR4-, DDR4- und DDR3L-Speicher und bietet damit eine große Flexibilität beim Systemdesign.

Die Kern-Optionen sind beim i.MX 8M Mini für einen extrem niedrigen Stromverbrauch optimiert, der in bestimmten Anwendungen sogar unter einem Watt liegt, und bieten dennoch die nötige Rechenleistung für Consumer-, Audio- und Industrie-Anwendungen sowie beim Machine-Learning-Training und Inferencing bei einer Reihe von Cloud-Anbietern. Das SoC i.MX 8M Mini bietet außerdem Hardware-Beschleunigung für 1080p-Videos, um Zwei-Wege-Videoanwendungen zu ermöglichen, 2D- und 3D-Grafiken für ein reichhaltiges visuelles HMI-Erlebnis sowie fortschrittliche Audio-Funktionen. Eine umfangreiche Auswahl an Hochgeschwindigkeitsschnittstellen ermöglicht eine breitere Systemkonnektivität und zielt auf eine Qualifizierung auf industrieller Ebene ab.

Die Anwendungsbeispiele umfassen:

Industrielle Automatisierung

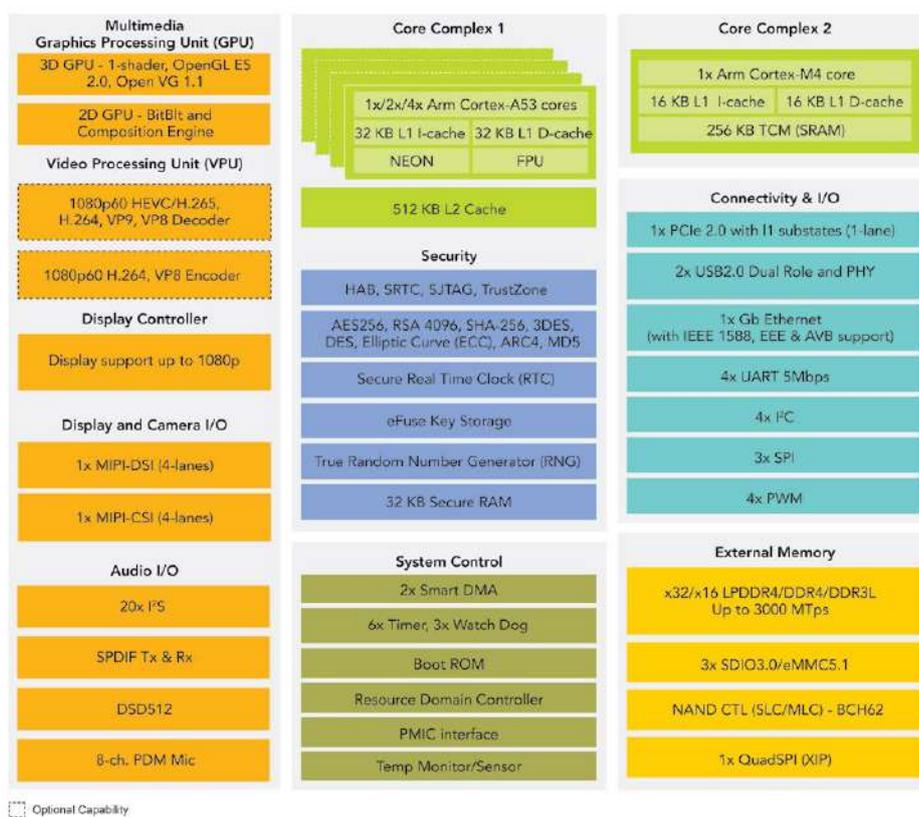
Der Portenta X8 kann dann als Multiprotokoll-Gateway fungieren und Daten über WLAN, LoRa, NB/IoT, LTE Cat.M1 an die Cloud oder das Enterprise-Resource-Planning-System senden. Durch die Verfügbarkeit von Linux-Containern wie ROS innerhalb der Arduino-Umgebung eignet sich der Portenta X8 hervorragend für autonome, fahrerlose Fahrzeuge.

Gebäude-Automatisierung

Im Zusammenspiel mit intelligenten Umgebungssensoren ermöglicht Portenta X8 die Implementierung von Echtzeit-ML und Bildverarbeitung „on the edge“. Intelligente Kioske nutzen in der Regel mehrere Komponenten wie Kartenleser, Kameras oder Mikrofone, was eine vielfältige Auswahl an I/Os erfordert. In Kombination mit einem Max-Carrier gewährleistet der Portenta X8 WLAN-Konnektivität und ermöglicht es Administratoren, die Nutzung der Geräte aus der Ferne zu überwachen. Der Portenta X8 kann gleichzeitig Klimasysteme steuern, intelligente Geräte ein- und ausschalten, die Beleuchtung autonom regeln und die Zugänge kontrollieren.

Beginnen Sie noch heute Ihre Entwicklung mit dem industrietauglichen, sicheren Portenta-X8-SoM [6] mit herausragender Rechenleistung. ◀

(20576-02)RG



Blockschaltung des Anwendungsprozessors i.MX 8M Mini.

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] SoM Portenta X8: www.arduino.cc/pro/hardware/product/portenta

Wie ich mein **Haus** automatisiert habe

Arduino-CEO Fabio Violante entwickelt und teilt Lösungen



Fabio Violante

Von Keith Jackson (Arduino)

Viele CEOs können viel reden, wenn sie reden, aber wie viele können auch wirklich das tun, worüber sie reden, nämlich die Produkte und Dienstleistungen der von ihnen geführten Unternehmen nutzen? Arduino-CEO Fabio Violante jedenfalls redet nicht nur viel, sondern nimmt auch seine Arbeit heim und entwickelt Arduino-basierte Lösungen für die Automatisierung seines Hauses.



Ressource: Arduino-Ideen zur Hausautomatisierung

Es kann entmutigend sein, ein Hausautomatisierungssystem von Grund neu auf aufzubauen. Aber das ist auch nicht nötig! Es wird Ihnen viel mehr Spaß machen, als Sie erwarten, und Hausautomatisierung kann unglaublich süchtig machen - fragen Sie einfach Fabio! Hier finden Sie eine Reihe von Ideen, die Ihr Zuhause und Ihren Lebensstil auf einfache und effektive Weise verändern können, einschließlich weiterer Informationen zu den oben beschriebenen Projekten. Viel Spaß!

Viele Firmenchefs erledigen unter der Woche ihre Arbeit und gehen dann nach Hause, wo sie keines ihrer Produkte zu Gesicht bekommen, bis sie am Montag wieder im Büro erscheinen. Nicht so im Fall des CEO von Arduino, der auslöffelt, was er sich eingebrockt hat, und seine eigenen Produkte zu Hause nutzt.

Wie viele Menschen während des staatlich verordneten Pandemie-Lockdowns begann Fabio mit einer ganzen Reihe von Heimwerkerprojekten, um die Dinge im Haus zu verbessern. In dieser langen Zeit konnte er endlich eine ideale Arduino-Cloud-basierte Lösung für die Haussteuerung entwickeln.

Mit der *Arduino IoT Remote App* kann Fabio alle Geräte von jedem Ort der Welt – oder zumindest von Mailand bis Rapallo, wo Fabio zu Hause ist - aus überwachen, steuern und automatisieren.

Was hat Fabio dazu bewogen, diese Lösungen zu entwickeln, und wie ist er dabei vorgegangen? Wie bei vielen Dingen im Leben waren es die frustrierenden kleinen Ärgernisse im Umgang mit seinen Geräten, die ihn dazu inspirierten, es zu versuchen.

Intelligenter Gebläsekonvektor (Klimaanlage)

Problem

Der Einbau-Gebläsekonvektor (Fan Coil Unit, FCU) konnte die (heiße/ kalte) Luft nicht weit genug fördern.

Lösung

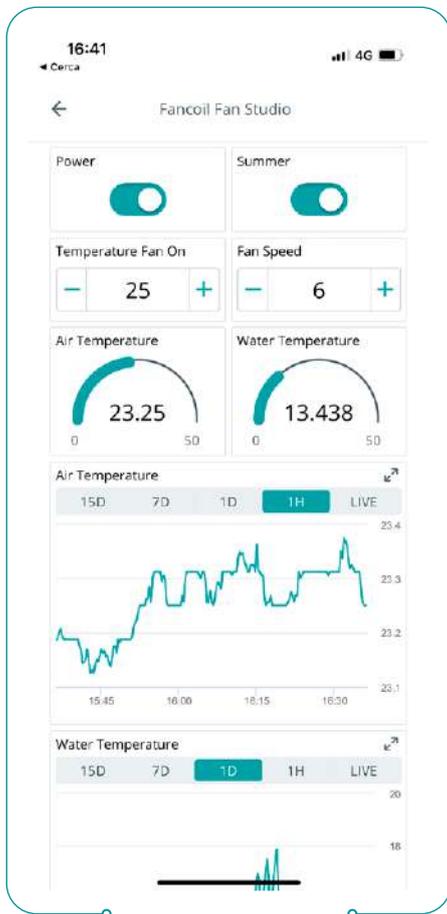
Hinzufügen von zwei zusätzlichen geräuschlosen, bürstenlosen Lüftern zur Belüftung, die jedoch nur aktiviert werden, wenn die Kühlflüssigkeit die richtige Temperatur hat (unterschiedlich für Sommer und Winter) und nur bei Bedarf, basierend auf der Differenzlufttemperatur.

Hardware

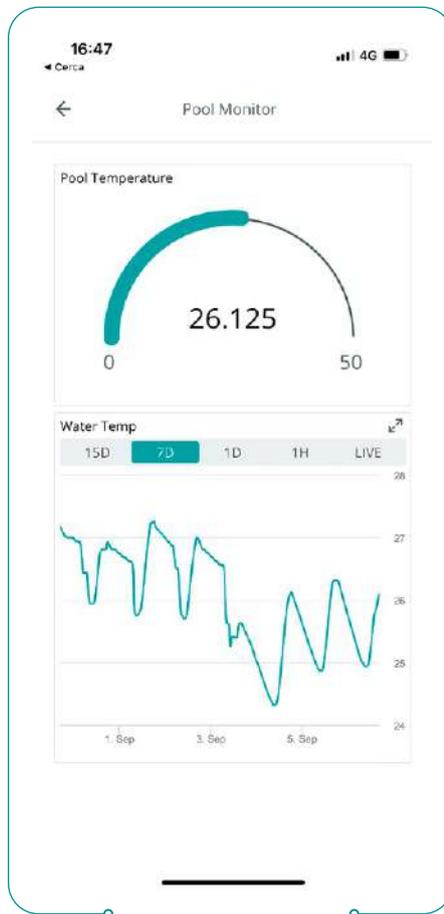
- › 2x Lüfter
- › Arduino Nano 33 IoT
- › Schraubterminal
- › 12-V-Stromversorgung
- › 2x 1-Draht-Temperatursensoren

Software

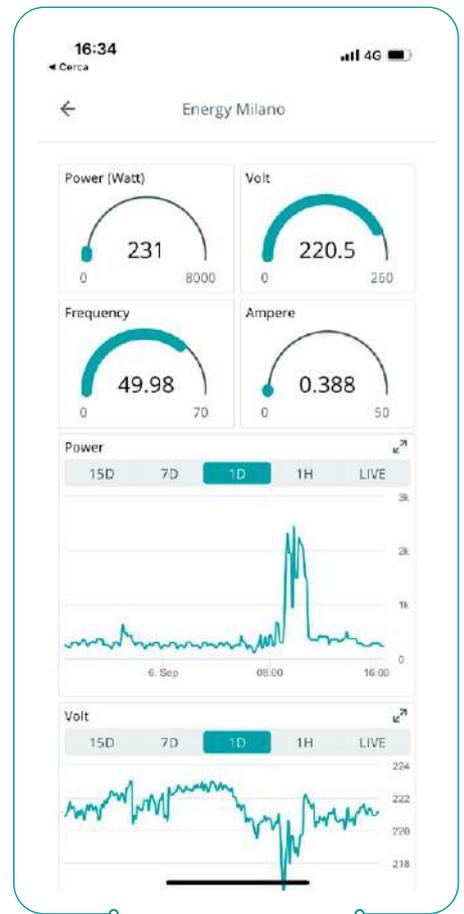
- › Arduino Cloud mit mobilem Dashboard, Alexa-Integration für manuelle Bedienung oder Einstellung



Gebälsekonvektor-Automatisierung.



Pool-Überwachung.



Energie-Überwachung.

Swimmingpool-Temperatur-Monitor

Problem

Die Familie (insbesondere der Nachwuchs) muss wissen, ob der Außenpool warm genug ist, um darin zu baden.

Lösung

Messen der Pooltemperatur mit einem digitalen Temperatursensor, der mit der Arduino-Cloud vernetzt ist, und Weitergabe der Messwerte an das Dashboard, an Alexa und an die App auf den Smartphones der Familie.

Hardware

- Arduino Nano 33 IoT
- Schraubterminal
- 1-Draht-Temperatursensor
- Isolierter Transformator 220 V nach 12 V
- Gleichrichter für 12 V Wechselspannung (erforderlich durch Vorschriften)

Software

- Arduino-Cloud mit mobilem Dashboard, Alexa-Integration

Umweltmonitor für das Wohnzimmer

Problem

Messung der Umgebungsparameter des Wohnzimmers. Für unser geliebtes Klavier müssen wir die Luftfeuchtigkeit im Wohnzimmer auf dem richtigen Niveau halten.

Lösung

Arduino-basiertes All-in-One-Gerät, das sich an das Gesetz meiner

Frau hält: \$1 Alles, was im Wohnzimmer steht, darf nicht wie eine Bombe aussehen.

Hardware

- Arduino Oplà IoT-Kit

Software

- Arduino-Cloud mit mobilem Dashboard, Alexa-Integration

Pflanzenbewässerung im Freien

Problem

Messung der Bodenfeuchtigkeit im Außenbereich einiger Pflanzen. Die geplante Wasserzugabe muss je nach Bedarf erhöht oder verringert werden. Schaffung eines Steuerpunkts, um die Gartenpflanzen gesund und bewässert zu halten, wenn wir nicht zu Hause sind.

Lösung

Verteilte Arduino-Lösung für die Messung und zentrale Steuerung eines Wasser-Magnetventils, die mit dem bestehenden Hausautomatisierungssystem zusammenarbeitet.

Hardware

- Arduino MKR WiFi 1010
- 1-Draht-Temperatursensor
- 2x generische Bodenfeuchtesensoren
- Arduino Nano 33 IoT
- Schraubklemmen-Adapter
- generisches 8-Relais-Board

Software

- › Arduino-Cloud mit mobilem Dashboard, Alexa-Integration, gemeinsame Variablen

Energiemessgerät

Problem

Überwachung und Protokollierung des (elektrischen) Energiebedarfs im Haus.

Lösung

Dazu sind zwei Energiemessgeräte, eines für den Bereich, in dem wir uns tagsüber aufhalten, und eines für den Nachtbereich, um den Energiebedarf im Haus besser zu verstehen und herauszufinden, wie man ihn optimieren und in Zukunft Geld sparen kann. Dabei kommt Arduino und ein professionelles Messgerät zum Einsatz.

Hardware

- › Arduino MKR WiFi 1010
- › Arduino MKR RS485-Schild
- › 2-teiliges Hutschienengehäuse
- › 5-V-Hutschienen-Netzteil
- › Finder Elektronischer Energiezähler (1-phasig 230 V, 40 A, bidirektional, W17, 5 mm, Hutschiene, Modbus-RS485-, NFC-, IR-Schnittstelle, MID-zertifiziert) (Modell 7M.24.8.230.0210)

Software

- › Arduino Cloud mit mobilem Dashboard, Alexa-Integration

Flächendeckende landwirtschaftliche Bewässerung

Nach der erfolgreichen Automatisierung seines Hauses hat Fabio ein Megaprojekt gestartet (nicht zu verwechseln mit dem Arduino Mega!), um die Bewässerung auf der Orangenfarm seines Vaters zu steuern.

Problem

Überwachung der Bodenfeuchte und Steuerung der Bewässerung von mehreren Hektar Orangenbäumen mit professionellen 380-V-Brunnenpumpen, Sprinklern, verteilten Ventilen und verschiedenen Bodentypen. Angesichts des abgelegenen Standorts spielt die Frage der Konnektivität eine wichtige Rolle.

Lösung

Arduino Pro integriert mit dem bestehenden Motorsteuerungssystem und manuellem Fallback. Fernkonnektivität über LoRa mit Mobilfunk als Ausweichlösung, WLAN-Energiemessung.

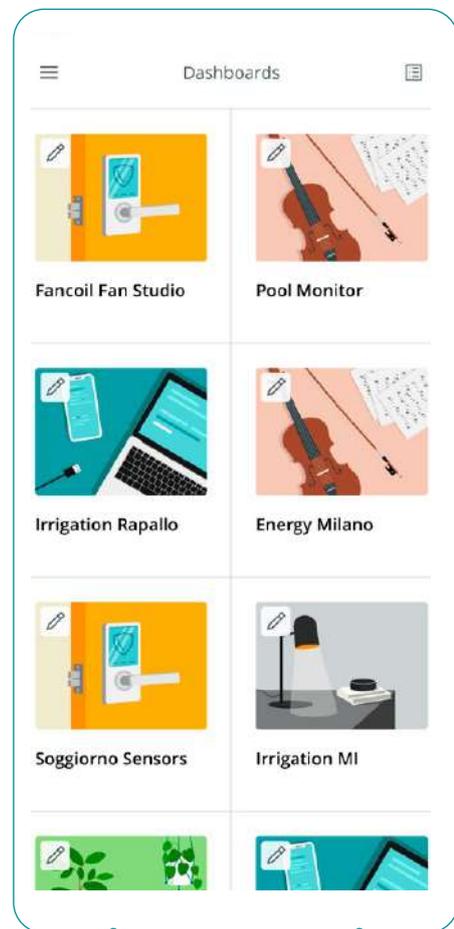
Hardware (vorläufig)

- › Portenta Maschinensteuerung
- › Portenta Max Carrier und Portenta H7
- › 6 × Arduino Edge-Steuerung
- › 5 × 5-W-Solarpaneele und 10-Ah-Blei-Säure-Batterien
- › 15 Bodenfeuchtesensoren von Watermark
- › n × 1"-Verriegelungsventile

Software

- › Arduino-Cloud mit mobilem Dashboard, Alexa-Integration

(220548-02)RG



Sehen Sie sich an, was auf Fabios Smartphone zu sehen ist.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen zu diesen Lösungen oder haben Sie eigene Ideen? Bitte wenden Sie sich an Elektor unter redaktion@elektor.de.

Arduino-CEO Fabio Violante

Vor seiner Tätigkeit bei Arduino war Fabio Technischer Direktor von BMC Software, nachdem BMC von Neptun, einem von ihm mitgegründeten Startup übernommen wurde. Fabio ist außerdem Mitbegründer und Vorstandsmitglied der Moviri-Gruppe. Er hat einen MSc und einen Dokortitel in Computertechnik vom Politecnico di Milano (Italien) und war Lehrbeauftragter an derselben Universität. Neben der Elektronik gilt seine Leidenschaft der Musik (insbesondere dem Klavier) und dem guten Wein.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

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

ALTAIR-8800-EMULATOR

Hardware-Simulation eines alten Computers



Bild 1. Mein Altair-8800-Simulator.

Von David Hansel (USA)

Wollten Sie schon immer mal mit dem Computer spielen, der das PC-Zeitalter eingeläutet hat, aber Sie haben nicht das Geld, um einen echten dieser Vintage-Computer zu kaufen? Dann bauen Sie doch Ihren eigenen!

Was zum Teufel ist ein Altair 8800? Wenn Sie es nicht wissen (weil Sie noch nicht so oder schon zu alt sind), schauen Sie doch mal, was Wikipedia zusammengefasst dazu sagt: „Der Altair 8800 ist ein Mikrocomputer, der 1974 von MITS entwickelt wurde und auf der Intel 8080-CPU basiert. Der Altair ist weithin als der Funke anerkannt, der als erster kommerziell erfolgreicher Personal-Computer die Mikrocomputerrevolution entfachte.“ [1] Historisch gesehen handelt es sich also um ein wirklich wichtiges Computersystem.

Wenn Sie ein System bauen möchten, das wie der jetzt 48 Jahre alte Altair 8800 aussieht und sich auch so verhält, aber keine Lust haben, nach all den verschiedenen Uralt-Bauteilen zu suchen, können Sie sogar einen Altair-Duino-Bausatz [2] kaufen, der alle Komponenten, eine Platine, ein Gehäuse und einen vorprogrammierten Arduino Due enthält. Im Artikel auf dem Arduino-Project-Hub [3] finden Sie Links zu schönen Nachbauten von anderen Fans.

Die Hintergrundgeschichte

Lange Zeit dachte ich, es wäre cool, einen echten Altair-8800-Computer zu besitzen, mit dem ich herumspielen könnte. Aber funktionierende originale Altair-Systeme sind selten und daher teuer, sie kosten leicht vierstellige Beträge, wenn sie überhaupt erhältlich sind. Es gibt noch andere Möglichkeiten, zum Beispiel altairclone.com, aber selbst diese kostet immer noch >600 \$ (von den Versandkosten ganz zu schweigen), was mir zu viel ist, um es für einen Computer auszugeben, der zwar sehr cool, aber nur von begrenztem Nutzen ist. Glücklicherweise hat Mike Douglas, der Schöpfer dieses Altair-8800-Klons, alle alten Dokumente und Software, die er bei der Erstellung des Klons verwendet hat, der Community zur Verfügung gestellt. Dank Mikes Arbeit gibt es deshalb eine Fülle von leicht zugänglichen Informationen über das Innenleben des Altair und seiner beliebtesten Peripheriegeräte. Irgendwann habe ich mir die Spezifikationen des Arduino Mega 2560 angesehen und mich gefragt, ob er genug I/O-Pins hat, um die LEDs und Schalter an der Vorderseite des Altair anzuschließen. Und es stellte sich heraus: Er hat! Also musste ich „einfach“ einen eigenen Altair-Simulator entwickeln und meine eigene Emulator-Software schreiben.

Der Arduino Mega als Basis des Simulators funktionierte zwar gut und war einfach einzurichten, aber die Emulation läuft nur mit etwa 25 % der Geschwindigkeit des Altair und bietet nur 6 KB emulierten Speicher (obwohl das in den 1970er Jahren viel gewesen wäre). Die Kapazität des Permanentenspeichers (zum Speichern von im Simulator erstellten Programmen/Daten) ist ebenfalls begrenzt, da das EEPROM des Mega nur 4 KB umfasst.

Der Arduino Due dagegen hat genug Speicher, um volle 64 KB emuliertes RAM zu unterstützen und ist auch viel schneller als der Mega. Darüber hinaus kann der Due zur Laufzeit Daten in den Flash-Speicher schreiben. Dadurch ist es möglich, jeden Teil des 512 KB großen Flash-Speichers, der nicht vom Simulator selbst genutzt wird, als permanenten Speicher zu verwenden. Mit dem Due war ich also in der Lage, einen Altair-8800-Simulator zu erstellen, der in etwa mit der ursprünglichen Geschwindigkeit läuft, 64 KB emulierten Arbeitsspeicher für eine Menge Altair-Software bietet und dann immer noch 32 KB semi-permanenten Speicher zum Laden und Speichern von Programmen und Daten im Emulator bereitstellen kann.

Ziele, Beispiele und mehr

Es war mir wichtig, bei der Arbeit mit dem Simulator so nah wie möglich an das „echte“ Altair-8800-Feeling heranzukommen. Dazu gehört auch, dass die Lichter auf der Frontplatte das ursprüngliche Verhalten so gut wie möglich wiedergeben. Ein Kriterium dafür war, dass ich das Kill-the-bit-Spiel auf dem Frontpanel spielen können musste. **Bild 1** und das YouTube-Video *Arduino Altair 8800 Simulator - Entering and Playing Kill-the-Bit* [4] zeigen, dass mir das gelungen ist.

Es stellte sich heraus, dass die Simulation so originalgetreu ist, dass sogar die originale Altair-8800 Musikdemo [5] funktioniert - zum Vergleich hier meine Version [6]. Für diese Art der Musikproduktion war ein AM-Radio erforderlich, um die von der Schaltung des Altair erzeugten elektromagnetischen „Störungen“ aufzufangen.

Im Jahr 1977 brachte Processor Technology eine kleine Erweiterungsplatine (nur ein paar Kondensatoren und Widerstände) mit der dazugehörigen Software heraus, die den Altair in ein (für die damalige Zeit) respektables Musiksysteem verwandelte. Der Simulator kann erweitert werden (siehe Dokumentation), so dass er die Melodien abspielt, die seinerzeit für das Musiksysteem entwickelt wurden. Dieses YouTube-Video [7] zeigt, wie mein Klon die Wilhelm-Tell-Ouvertüre spielt.

Eine weitere historisch wichtige Erweiterung für den Altair war die Cromemco-Dazzler-Grafikkarte. Mit einer Software- oder Hardware-Erweiterung kann der Simulator auch diese Karte emulieren [8], wie in **Bild 2** gezeigt. Eine andere Software-/Hardware-Erweiterung [9] ermöglicht die Emulation der VDM-1-Grafikkarte (**Bild 3**) von Processor Technology.

Da ich keinen Original-Altair besitze, musste ich mir alle notwendigen Informationen aus Dokumenten und Videos besorgen (Danksagungen siehe [3]). Es mag ein paar kleinere Unterschiede geben, aber alles in allem denke ich, dass mein Gerät das ursprüngliche Verhalten recht gut wiedergibt (siehe Bild im Kasten **Highlights**). Ein bekannter (und gewollter) Unterschied ist die HLDA-Statusleuchte: Im Original signalisiert sie, dass die CPU bestätigt hat, dass sie von einem externen Gerät angehalten wurde. Diese Funktion wird im Simulator aber nie verwendet, so dass ich sie dafür nutze, anzuzeigen, dass gerade eine Datei (seriell/Bandaufnahme/Wiedergabe) geöffnet ist.

Wenn Sie den Arduino Due verwenden, beachten Sie bitte, dass alle

im Simulator erfassten oder gespeicherten Daten gelöscht werden, wenn Sie eine neue Version des Sketches in den Due laden. Dies liegt daran, dass die gespeicherten Daten im Flash-Speicher abgelegt sind, der gelöscht wird, wenn ein neuer Sketch hochgeladen wird (der Due verfügt über kein EEPROM zur permanenten Speicherung). Wenn eine SD-Karte an den Due angeschlossen ist, werden aber die gesicherten Daten dort gespeichert. In diesem Fall bleiben die Daten erhalten, wenn ein neuer Sketch hochgeladen wird.

Die Originaldokumentation von Altair ist leicht über die Suchmaschine Ihrer Wahl im Netz zu finden. Sie enthält alle Informationen, die für die Bedienung der Schalter an der Frontplatte erforderlich sind. Der Simulator bietet jedoch zusätzliche Funktionen und Software, die in der Datei *Documentation.pdf* [10] aus dem Quellcode-Repository erläutert werden.

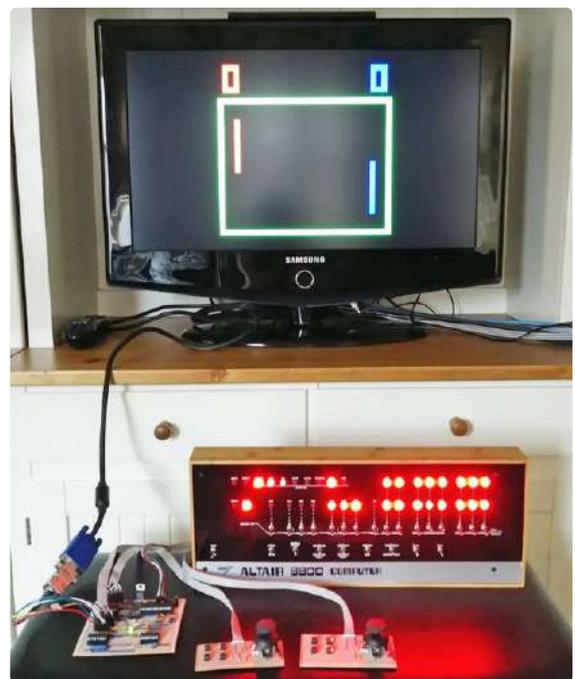


Bild 2. Emulation der Cromemco-Dazzler-Grafikkarte in Aktion.

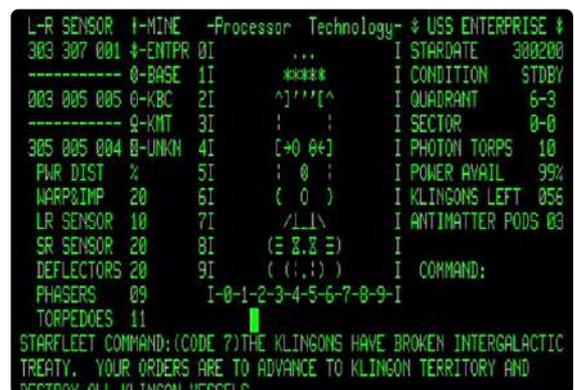


Bild 3. Bildschirm der VDM-1-Grafikkarte.

Bauanleitung

Mein Ziel für dieses Projekt war es, so wenig zusätzliche Komponenten wie möglich zu verwenden. Sowohl der Arduino Mega als auch der Due haben genügend I/O-Pins, um alle Elemente der Frontplatte direkt anzuschließen. Es waren nur einige zusätzliche Transistoren und Widerstände nötig, um die 36 LEDs anzusteuern (wenn sie direkt an die Ausgangspins angeschlossen wären und man zu viele gleichzeitig einschaltete, würde der Gesamtstrom die Grenzen des Arduino überschreiten).

Ein vollständiger Schaltplan wäre redundant (36 identische LED-Treiberschaltungen, Verdrahtung für 32 Schalter) und daher nicht sehr hilfreich. Daher besteht der Schaltplan nur aus den Teilschaltungen (**Bild 4**), während Tabellen (siehe [3]) angeben, welche Elemente mit welchen Arduino-Pins verbunden sind. Eine Fritzing-Datei [3] zeigt das Layout einiger LED-Treiber auf der Lochstreifenplatine (**Bild 5**).

Um die Frontplatte zu erstellen, habe ich einen hochwertigen Scan der Altair-Frontplatte [11] in einem Kopierladen auf festem Karton drucken lassen. Die Löcher für die LEDs und die Schalter habe ich in ein dünnes Weißblech gebohrt, wobei der Frontkarton als Schablone diente. Die vier Platinenstreifen mit ihren LEDs werden von dieser Metallplatte gehalten. Die Frontplatte oder eher Frontpappe wird von einem einfachen Holzkasten fixiert. Der Kasten ist nicht so tief wie der ursprüngliche Altair, weil er ja nur die Frontplatte und den Arduino aufnehmen muss. **Bild 6** zeigt, wie es im Inneren aussieht.

Um den Ein/Aus-Schalter an der Frontplatte zu verdrahten, habe ich einfach eine Buchse (die gleiche wie am Arduino selbst) an der Rückwand der Box angebracht, sie mit dem Schalter an der Frontplatte verbunden und von dort aus mit einem passenden Klinkenstecker, der in die Arduino-Buchse gesteckt wird.

Mit dem Arduino Due kann die Emulation von bis zu 16 der 88-DCDD-Laufwerke durch Anschluss einer SD-Karte an den SPI-Port des Due aktiviert werden. Die letzte Seite des Schaltplan-Dokuments [3] zeigt die erforderliche Verdrahtung im Detail.

Bevor Sie den Sketch auf den Arduino Due hochladen, sorgen Sie dafür, dass die Optimierungseinstellung des Arduino-Compilers auf „Performance“ eingestellt ist. Standardmäßig ist sie auf „size“ eingestellt (keine Ahnung warum, da der Due 512 KB Flash-Speicher hat). Laden Sie dazu die Datei in einen Texteditor und ändern Sie jedes Vorkommen von `-O` in `-O3`.

```
c:\Users\[user]\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\hardware\sam\1.6.9\platform.txt
```

Sie können diesen Schritt auch auslassen, aber dann läuft der Simulator deutlich langsamer.

Die Simulatorsoftware kann auch auf einem reinen Arduino (Mega oder Due) ohne angeschlossene Bedienelemente auf der Vorderseite laufen, obwohl dies nicht die beabsichtigte Verwendung des Simulators ist. Dies ermöglicht es aber, einige der mitgelieferten Programme auszuführen (diejenigen, die hauptsächlich das serielle Terminal und nicht die Frontplattelemente verwenden). Ändern Sie dazu die Quelldatei `config.h` und setzen Sie dort `#define STANDALONE 1` (statt `0`). Lesen Sie den Abschnitt „Debugging Capabilities“ der Dokumentation [3], um zu erfahren, wie Sie die virtuellen Frontplattelemente in dieser Konfiguration bedienen können. PC-basierte Software-Emulatoren sind intuitiver, wenn Sie die Frontplatten-Hardware nicht selbst bauen wollen. Die `config.h`-Sourcdatei enthält mehrere Schalter, die

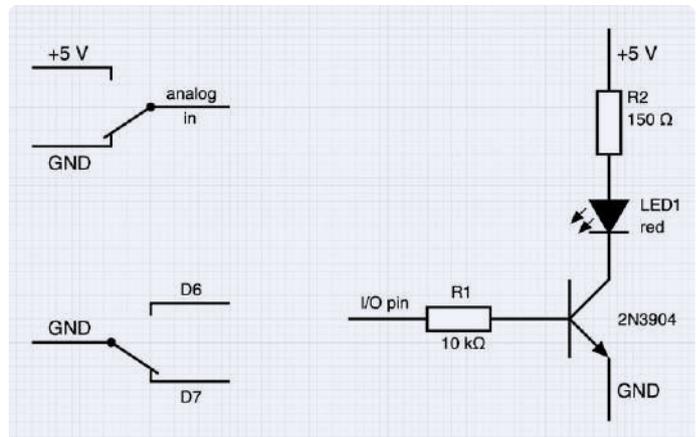


Bild 4. Teilschaltkreise für Schalter und LEDs.

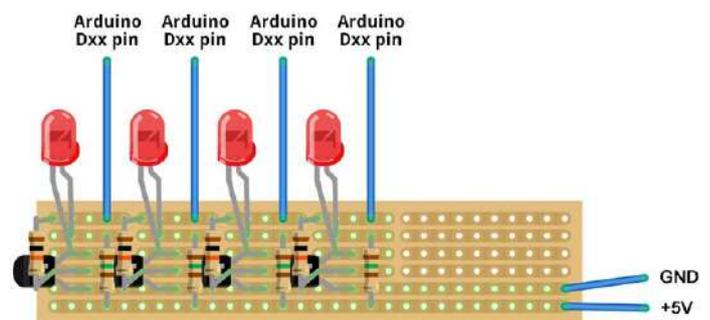


Bild 5. Bauteile auf der Lochstreifenplatine (Fritzing).



Bild 6. Innenansicht des Arduino-Altair Klons.

Simulatorfunktionen aktivieren oder deaktivieren. Die Standardeinstellungen funktionieren ganz gut, aber an dieser Stelle können Sie Ihren Simulator weiter optimieren.

Weitergeben!

Wenn Sie dieses Projekt interessant finden und weitere Informationen wünschen, dann besuchen Sie die von Chris Davis eingerichtete

Highlights

- Reproduziert exakt das Verhalten der Altair-Frontplattenelemente
- Etwa so schnell wie der originale Altair 8800 mit einem Arduino Due (25 % mit einem Arduino Mega)
- Größe des emulierten RAM = 64 KB (Due) oder 6 KB (Mega)
- Einige Altair-Programme sind enthalten und können leicht auf den Emulator geladen werden: Pong, Altair 4K BASIC (das erste Microsoft-Produkt), Altair Extended BASIC, MITS Programming System II (nur Due), Altair Timesharing BASIC (ermöglicht mehrere BASIC-Nutzer gleichzeitig)
- Beispielprogramme in BASIC und Assembler sind enthalten und können leicht in BASIC/Assembler geladen werden
- Emuliert eine 88-SIO-, 88-2SIO- und 88-ACR-Board (Audiokassettenrekorder-Schnittstelle). Jedes simulierte serielle Gerät kann auf serielle Arduino-Ports abgebildet werden. Standardmäßig werden die beiden gebräuchlichsten (88-SIO und 88-2SIO Port 1) dem seriellen Hauptport des Arduino (8N1, 115.200 Baud) zugeordnet, auf den über das USB-Kabel zugegriffen werden kann. Für andere Geräte, die über Bluetooth als Terminal dienen, ist ein Seriell-zu-Bluetooth-Dongle an den seriellen RX/TX-Leitungen empfehlenswert.
- Beim Arduino Due können sowohl der serielle Hauptport (USB) als auch der Port Serial1 (Pins 18/19) gleichzeitig verwendet werden
- Die an ein beliebiges serielle Gerät (einschließlich des ACR-Bandes) gesendeten Daten können in bis zu 256 Dateien aufgezeichnet und wiedergegeben werden, die im lokalen Speicher des Arduino (EEPROM oder FLASH) gespeichert werden.
- Die Kassettenschnittstelle unterstützt CSAVE/CLOAD-Befehle in Extended BASIC (die Unterstützung erfolgt automatisch und erfordert keinen Benutzereingriff). Ideal für die Entwicklung Ihrer eigenen BASIC-Programme!
- Emuliert eine Cromemco-Dazzler-Grafikkarte (erfordert zusätzliche Hardware/Software [9]).
- Emuliert eine Video-Terminal-Karte Processor Technology VDM1 (erfordert zusätzliche Hardware/Software [10]).
- Emuliert bis zu 16 88-DCDD-Laufwerke (vier in der Standardkonfiguration). Die Laufwerks-emulation ist optional, erfordert aber den Anschluss einer SD-Karte an den SPI-Header des Arduino (nur Due).
- Emuliert einen 88-HDSK Festplattencontroller mit bis zu vier angeschlossenen Festplatten (einen in der Standardkonfiguration) und vier Platten pro Gerät
- Emuliert eine 88-RTC-VI-Karte mit Echtzeituhr und Vektor-Interrupt-Verarbeitung. Ermöglicht die Verwendung von Altair Timesharing BASIC.
- 256-Byte-Speicherseiten können im permanenten Speicher gesichert und wieder in das RAM geladen werden. Dies ist ein einfacher Weg, um Programme zu speichern, die mit den Schaltern auf der Frontplatte eingegeben wurden.
- Viele Einstellungen können über den integrierten Konfigurationseditor leicht geändert werden

Google-Gruppe, in der Fragen zum Altair-Duino diskutiert werden [12]. Sie können sich gerne an der Diskussion beteiligen!

Wenn Sie ihre Kreation mit anderen teilen möchten, lassen Sie es mich wissen, und ich werde sie auf der Simulator-Website veröffentlichen. Ich würde mich freuen, die Vielfalt der Versionen zu sehen, die die Leute sich ausgedacht haben! ◀

(220406-02)RG

Über den Autor

David Hansel ist ein Maker und Entwickler. Er entdeckte den Arduino im Jahr 2012 und hat seitdem Projekte mit diesem (und anderen Mikrocontrollern) entwickelt. Auf seiner GitHub-Seite sammelt er Projekte, von denen er glaubt, dass sie für andere nützlich sein könnten: <https://github.com/dhansel>.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Bei technischen Fragen können Sie sich gerne per E-Mail an den Autor unter david@hansels.net oder an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de wenden.

WEBLINKS

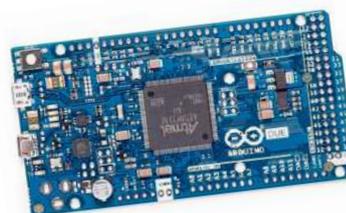
- [1] Wikipedia über den Altair 8800: https://en.wikipedia.org/wiki/Altair_8800
- [2] Altair-Duino-Bausatz: <https://altairduino.com/>
- [3] Arduino Altair 8800 Simulator auf dem Arduino-Project-Hub: <https://tinyurl.com/yxkta8nz>
- [4] Arduino Altair 8800 Simulator, der Kill-the-Bit eingibt und spielt: <https://youtu.be/prdvpkMP3FAA>
- [5] Altair 8800 Musik-Demo: <https://youtu.be/1FDigtF0dRQ>
- [6] Musik-Demo mit meinem Simulator: <https://youtu.be/q45ENdbz8EU>
- [7] Altair-Simulator spielt die Wilhelm Tell Ouvertüre: <https://youtu.be/nqy8v41q5as>
- [8] Dazzler-Display für den Altair-Simulator: <https://tinyurl.com/y8f2wzsr>
- [9] VDM-1-Simulator: <https://github.com/dhansel/VDM1>
- [10] Dokumentation (PDF): <https://tinyurl.com/yvxtxhbn>
- [11] Altair Frontplatte: <https://vintage-computer.com/images/altairfrontpanelscan.jpg>
- [12] Google-Gruppe zum Altairduino.com: <https://groups.google.com/g/altair-duino>

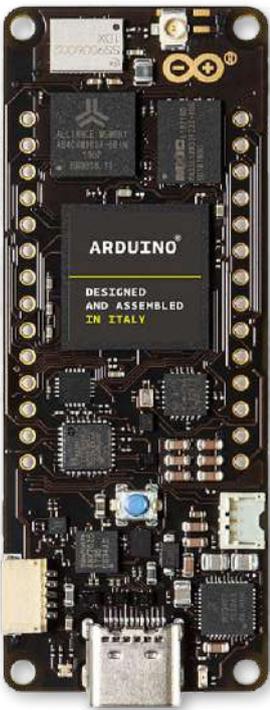


Passendes Produkt

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- **Arduino Due mit Header**
www.elektormagazine.de/arduino-due





MS-DOS auf dem Portenta-H7-Board



Alte Software auf
moderner Hardware ausführen

Von Clemens Valens (Elektor)

Die Arduino-Portenta-Boards bieten die nötige Rechenleistung, um andere Computerplattformen zu emulieren und Hardware zu virtualisieren. Dieser Artikel erklärt, wie man das gute alte MS-DOS auf dem Portenta-H7-Board installiert und ausführt.

Viele Maschinen und Fertigungsstraßen in Fabriken auf der ganzen Welt, die die Teile für die Produkte ausspucken, die wir heute benutzen, wurden vor mehreren Jahrzehnten gebaut und installiert. Damals liefen sie mit modernster Software auf modernsten Computerplattformen. Heute jedoch sind viele dieser Plattformen veraltet. Solange eine Maschine noch funktioniert, kann die Modernisierung bis morgen warten, aber was tun, wenn eine Platine ausfällt und Ersatzteile schwer zu finden oder, schlimmer noch, nicht mehr erhältlich sind?

Virtualisieren Sie es!

Hier kommen das Arduino-Portenta-Board ins Spiel. Da das winzige Modul über ein gerüttelt Maß an Rechenleistung verfügt, kann es ein anderes Computersystem virtualisieren. Virtualisieren bedeutet, ein Programm laufen zu lassen, das eine andere Computerplattform so emuliert,

dass die emulierte Plattform ihre Software so ausführen kann, als wäre sie die echte. Von außen betrachtet gibt es dann keinen Unterschied.

Eine virtuelle Maschine kann auf jeder Computerhardware laufen, wodurch das Ersatzteilproblem gelöst wird, und sie führt vorhandene Programme aus, wodurch die Kosten für die Entwicklung einer individuellen Software begrenzt werden. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, moderne Funktionen wie USB und HDMI hinzuzufügen. So können beispielsweise klobige und stromfressende Röhrenmonitore durch moderne Flachbildschirme und schwer erhältliche serielle Tastaturen durch günstige USB-Modelle ersetzt werden.

MS-DOS

Ein beliebtes Betriebssystem aus der Vergangenheit ist Microsofts MS-DOS, das für x86-kompatible Computer gedacht war. Auch wenn die Entwicklung irgendwann in den 2000er Jahren eingestellt wurde, ist es heute noch weit verbreitet. Aus diesem Grund hat das Arduino-Team beschlossen, eine virtuelle x86-Maschine für Portenta H7 zu implementieren, die MS-DOS ausführen kann. Damit kann das Portenta-H7-Board einen alten Computer einer alten Maschine ersetzen, so dass diese noch weitere 40 Jahre lang nützliche Dinge produzieren kann. Der x86-Emulator für Portenta H7 ist noch in Arbeit, aber Sie können ihn bereits ausprobieren. Hier erfahren Sie wie.

Voraussetzungen

Damit der MS-DOS-Emulator funktioniert, ist ein aktiver USB-C-Hub mit HDMI-Anschluss und (Laptop-) Lademöglichkeit erforderlich. Das Portenta-Board gibt das Video über seinen USB-C-Anschluss aus und wird über denselben Anschluss mit Energie versorgt. Daher ist ein Hub, der das Portenta-Board gleichzeitig mit Strom versorgen kann, so praktisch. Diese Option wird oft als



Bild 1. Verwenden Sie einen USB-C-Hub mit Laptop-Ladefunktion.

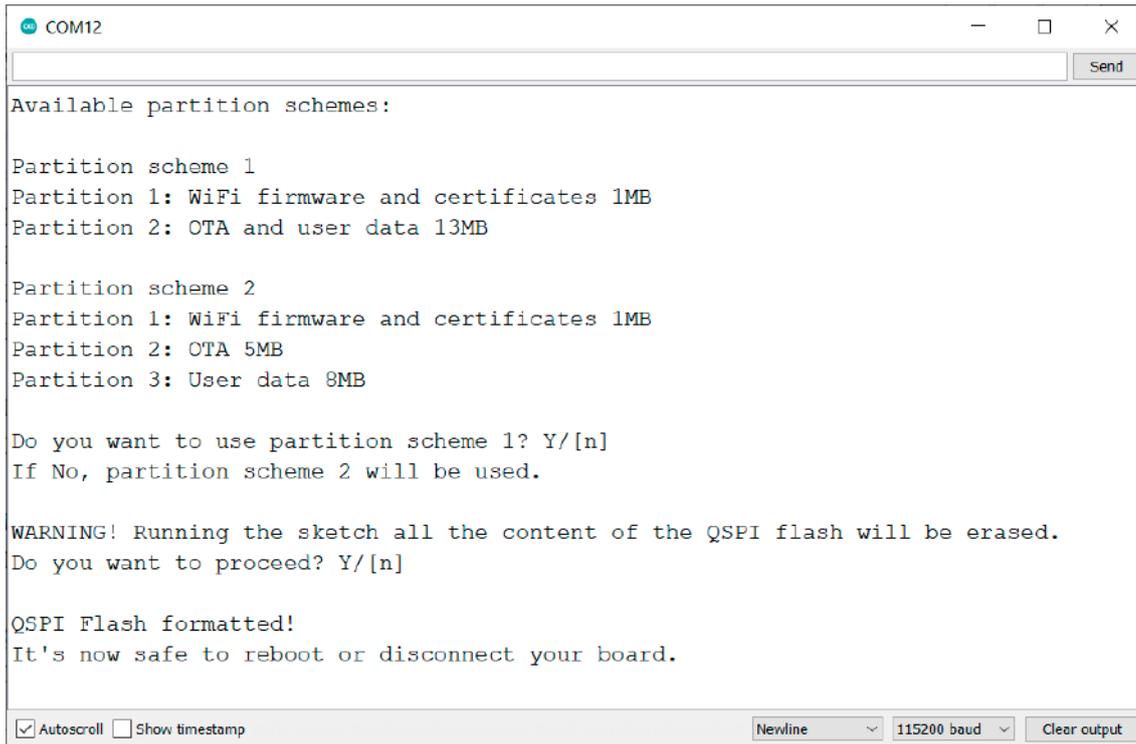


Bild 2. Formatieren Sie den QSPI-Flash-Speicher mit Partitionsschema 1.

„Ladefunktion“ beworben. Nicht alle USB-C-Hubs verfügen über diese Funktion, wählen Sie also sorgfältig aus (Bild 1). Natürlich ist es auch möglich, das Portenta-H7-Board über ein separates Netzteil zu betreiben, aber dann muss dieses auch den Hub und alles, was daran angeschlossen ist, mit Strom versorgen.

Um mit MS-DOS auf dem Portenta zu spielen, benötigen Sie außerdem eine USB-Tastatur. Diese muss ein Standard-Low-Speed-Typ sein (USB 1.0), nicht Full Speed oder schneller. Diese Anforderung wird wahrscheinlich am einfachsten durch die älteste und billigste USB-Tastatur erfüllt, die Sie finden können. Ich habe versucht, eine alte PS/2-Tastatur mit einem Arduino Leonardo in eine USB-Tastatur umzuwandeln, aber das funktioniert nicht, da der Leonardo sie in eine Full-Speed-USB-Tastatur verwandelt.

Schritt für Schritt

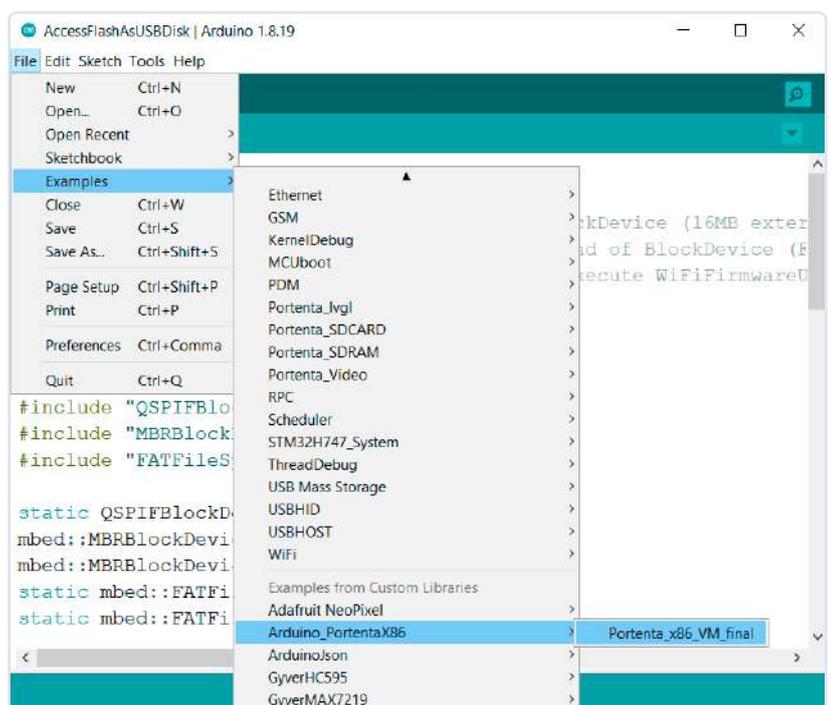
1. Öffnen Sie die Arduino-IDE Version 1.8.x oder 2.x. Ich habe 1.8.19 verwendet.
2. Installieren Sie mit dem *Werkzeuge* → *Board* → *Board-verwalter* das Portenta-Boards-Paket *Arduino Mbed OS Portenta Board* (v3.3.0 zum Zeitpunkt des Schreibens).
3. Als Board wählen Sie *Arduino Portenta H7 (M7 core)*.
4. Wählen Sie den richtigen seriellen Port.
5. Installieren Sie mit Hilfe des *Werkzeuge* → *Bibliotheken verwalten* → *Bibliothekverwalters* die Bibliothek *Arduino_PortentaX86*. Wenn Sie sie dort nicht finden können, laden Sie sie von [1] herunter und installieren Sie sie als Bibliothek in den Ordner *libraries* Ihres Sketchbook-Ordners.

Nun müssen Sie ein paar Sketche ausführen, um den Flash-Speicher des Portenta vorzubereiten:

6. Führen Sie *Datei* → *Beispiele* → *STM32H747_System* → *QSPIFormat* aus und stellen Sie sicher, dass Sie *Partition scheme 1* verwenden (Bild 2).
7. Führen Sie *Datei* → *Beispiele* → *USB Mass Storage* → *AccessFlashAsUSBDisk* aus.

Schritt 7 verwandelt das Portenta-Board in ein USB-Flash-Laufwerk, auf das Sie das MS-DOS-Disk-Image kopieren müssen, das in der Bibliothek *Arduino_PortentaX86* enthalten ist. Diese Bibliothek, die auf dem

Bild 3. Hochladen des Sketches der virtuellen Maschine (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
```

Bild 4. Der Inhalt des Laufwerks A an der MS-DOS-Eingabeaufforderung.

MS-DOS-Emulator Faux86 basiert, befindet sich im Ordner *libraries* Ihres *Sketchbook*-Ordners. Sie können den Speicherort der Bibliotheken in den IDE-Einstellungen finden (ja, das ist ein bisschen kompliziert). Kopieren Sie das DOS-Image in die größte Partition. Prüfen Sie die Größe der Partition in den Festplatteeigenschaften, falls Sie sich nicht sicher sind.

8. Starten Sie *Datei* → *Beispiele* → *Arduino_PortentaX86* → *Portenta_x86_VM_final* (Bild 3).

Die virtuelle x86-Maschine ist nun fertig und mit MS-DOS

geladen. Schließen Sie die USB-Tastatur und den Monitor an den USB-C-Hub an, bevor Sie auch das Portenta-Board anschließen, da Hot-Plugging nicht unterstützt wird (auch wenn es bei mir die meiste Zeit funktioniert hat).

9. Schalten Sie den USB-C-Hub ein.

Wenn alles in Ordnung ist, sollten Sie nun sehen, wie das emulierte BIOS den Speichertest durchführt und danach die MS-DOS-Eingabeaufforderung

A:\>

erscheint (Bild 4). Als ich diesen Artikel schrieb, konnte man mit dem Emulator noch nicht viel machen, aber der MS-DOS-Befehl *Edit* funktionierte (mit Mausunterstützung), und ich konnte auch ein einfaches Programm in QBasic schreiben und ausführen. Eine spielbare, aber zeitlich begrenzte Demoversion des Spiels Prince of Persia aus dem Jahr 1990 ist im Disketten-Image enthalten (im Ordner *POP1DEMO*), die uns eine farbenfrohe VGA-Grafik zeigt (Bild 5).

Hinweise

Portenta H7 hat zwei Kerne, einen ARM Cortex-M4 und einen ARM Cortex-M7. Der M7 emuliert den x86-Pro-



Bild 5. Das MS-DOS-Diskettenimage enthält eine spielbare, zeitlich begrenzte Version des Neunzigerjahre-Klassikers Prince of Persia.

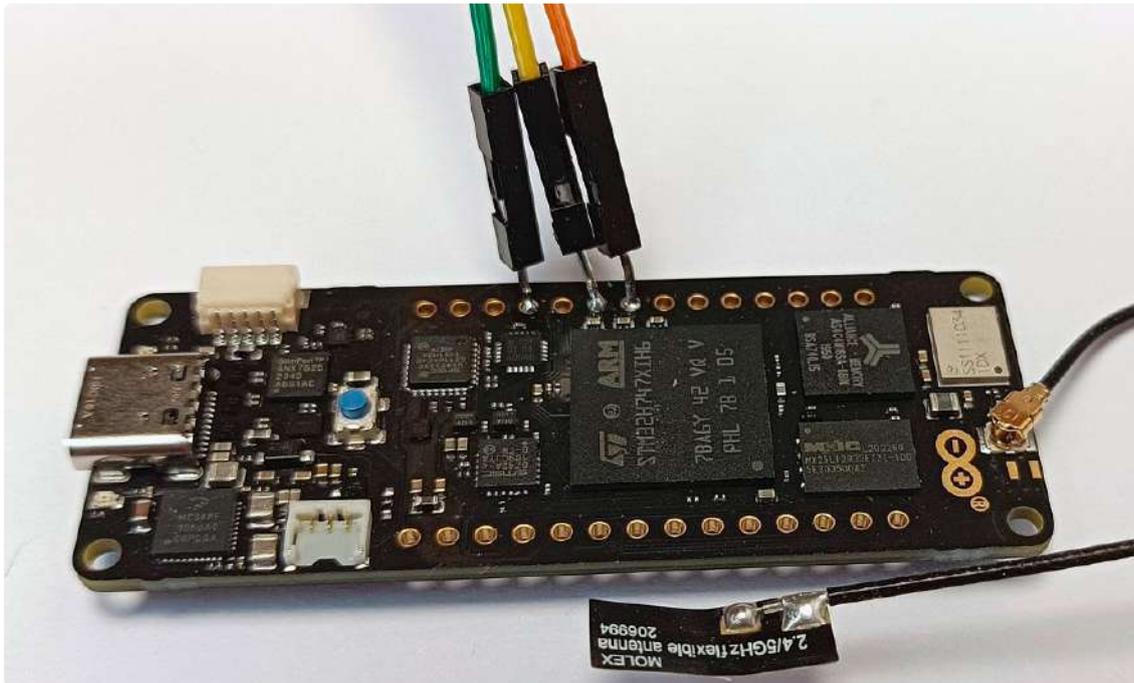


Bild 6. Umleitung von Debug-Informationen an die serielle Schnittstelle auf den MKR-Erweiterungsleisten.

zessor, während sich der M4-Kern um den USB-Kram kümmert. Wenn der Monitor ein gelbes Quadrat anstelle einer MS-DOS-Eingabeaufforderung anzeigt, dann ist der M4-Kern auf einen Mbed-OS-Fehler gestoßen. Ein Aus/Einschalten des Portenta-Boards behebt normalerweise dieses Problem.

Der in Schritt 8 geladene Sketch der virtuellen Maschine gibt Status- und Debug-Informationen über den seriellen Port *Serial3* aus, der am High-Density-Verbinder J2 verfügbar ist. Diese Schnittstelle ist nur verfügbar, wenn Sie eine Portenta-Breakout-Platine haben, aber wenn Sie, wie ich, keine haben, ist es möglich, die seriellen Daten auf eine andere Schnittstelle umzuleiten. Auf den MKR-Erweiterungsverbindern, an den Pins D13 (RXD) und D14 (TXD), ist einer verfügbar, siehe **Bild 6**. Ändern Sie dazu Zeile 3 des Sketches *Portenta_x86_VM_final*:

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

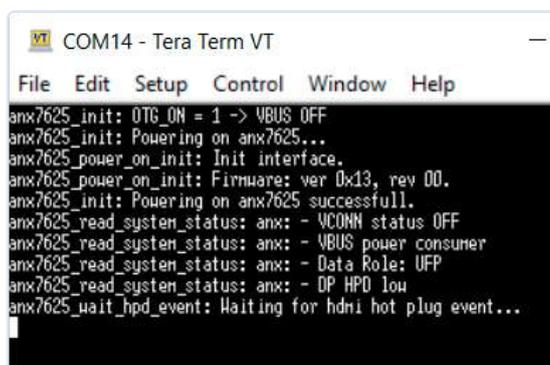


Bild 7. Die virtuelle Maschine sendet Boot-, Debug- und Statusinformationen über eine serielle Schnittstelle.

Mit einem Seriell-zu-USB-Konverter können Sie nun die Daten mit einem Terminalprogramm wie Tera Term oder RealTerm auf einfache Weise erfassen (**Bild 7**).

Abhängig von Ihrer USB-Tastatur kann (dürfte, wird?) die Tastenbelegung falsch sein. Es wird eine QWERTY-Tastatur erwartet, aber auch andere Typen funktionieren. Sobald Sie herausgefunden haben, wo die Tasten auf Ihrer Tastatur liegen, fällt das Tippen etwas leichter. ◀

(220453-02)RG

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter clemens.valens@elektor.com oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

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

WEBLINK

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



Grow It Yourself

Eine digital gesteuerte Anzuchtbox für Indoor-Farming

Von Dmitrii Albot (Moldawien)



Wie wäre es mit einer kleinen „digitalen Farm“? In diesem Artikel erfahren Sie, was Sie wissen müssen, um Pflanzen in einem kleinen Behälter mit Sensoren und einem Mikrocontroller unter vollständiger digitaler Kontrolle anzubauen.

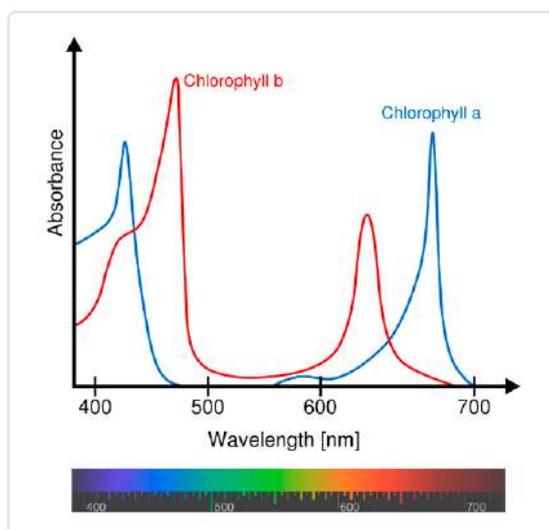


Bild 1.
Absorptionsspektren
von Chlorophyll a und
Chlorophyll b. (Quelle:
Daniele Pugliesi, CC BY-
SA 3.0 [9])



Der TED-Vortrag von Caleb Harper, Direktor der *Open Agriculture Initiative* des MIT, über digitale Landwirtschaft mit dem Titel „This computer will grow your food in the future“ [1] hat mich sehr inspiriert. Die wichtigste Frage, die er in seinem Vortrag ansprach, war: „Was wäre, wenn wir überall auf der Welt köstliche, nährstoffreiche Lebensmittel zu Hause anbauen könnten?“ Und so wurde meine Idee geboren!

Überlegungen und Ziele

Ich wollte so etwas wie eine Anzuchtschale oder einen Inkubator konstruieren, der ideale klimatische Bedingungen für die Pflanzenanzucht schafft und genau die benötigte Menge an Licht und Nährstoffen bereitstellt. Die Box sollte einen Sonnenlichtsimulator, ein Bewässerungssystem und ein System zur Klimakontrolle in einem eleganten und modernen Gehäuse enthalten.

Da das Chlorophyll in Pflanzen hauptsächlich auf nur zwei Lichtbänder um 450 nm und 650 nm reagiert (**Bild 1**),

sollte das Beleuchtungssystem eine Kombination aus roten und blauen LEDs sein, um die perfekte Mischung für das vegetative und blühende Wachstum zu bieten. Ich wollte eine neue Bewässerungsmethode namens Aeroponics oder Fogponics [2] verwenden, bei der ein Ultraschallzerstäuber als Nebelmaschine eingesetzt wird, um die Pflanzen durch mit Dünger versetzten Nebel zu bewässern. Das System sollte den Pflanzen automatisch die richtige Menge an Nährstoffen genau dann zuführen, wenn sie sie benötigen.

Natürlich benötigt mein System auch pH- und TDS-Sensoren (Total Dissolved Solids), die helfen, einen ausgewogenen, für die Pflanzen optimalen pH-Wert und eine angemessene Nährstoffdosierung im Wasserreservoir zu erreichen. Außerdem sollte die Anlage mit einem Anschluss für einen automatischen Wasserwechsel ausgestattet sein, der dann einfach per Knopfdruck gesteuert werden kann.

Das System sollte weiterhin über eine Klimaregelung verfügen, die eine präzise Steuerung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Inneren des Systems mit einer Genauigkeit von 1 °C beziehungsweise 1 % ermöglicht. Daher sind ein Temperatur/Luftfeuchtigkeitssensor wie der DHT22 oder der DHT11 und ein Lüfter mit entsprechender Ansteuerung erforderlich.

Nicht zuletzt sollte das System über eine mobile App gesteuert und überwacht werden können. Dies wäre das erste Mal in meinem Leben, dass ich versuche, eine solche App zu entwickeln! Die App sollte Echtzeitinformationen über pH-Wert, Temperatur, Feuchtigkeit, Nährstoffe und andere Parameter in einer grafischen Darstellung über der Zeitachse liefern, um Statistiken zu erstellen und Wachstumsfortschritte über soziale Medien zu teilen. Außerdem würde ich gerne intelligente Warnmeldungen einführen, die mich darauf hinweisen, dass das System mein Eingreifen erfordert. Neben der Anzeige von Messwerten sollte das System auch die Möglichkeit bieten, die Parameter anzupassen.

Wie Sie sich vorstellen können, war ich nicht der Erste,

der eine solche Idee hatte, aber gute Ergebnisse werden oft dadurch erzielt, dass man etwas Bestehendes verbessert. Es gibt mehrere ähnliche Projekte, die aber trotz aller Vorteile meiner Meinung nach auch einige Nachteile haben: Sie brauchen zum Beispiel zu viel Platz, sind zu klein, zu teuer oder nur für eine Pflanzenart konzipiert und so weiter und so fort. Ich wollte auf jeden Fall ein neues, fortschrittliches Open-Source-System entwickeln, mit möglichst wenigen Nachteilen und optimalen Funktionen. Das klingt sehr ambitioniert, man kann auch sagen, ehrgeizig, und das ist es auch. Heraus kam ein sehr umfangreiches Projekt, das den Rahmen eines Elektor-Artikels bei weitem sprengen würde. Daher sei auf die Projekt-Webseite [3] verwiesen, auf der Sie viele Details und Hintergrundinformationen sowie eine ausführliche Bauanleitung finden.

Experimente

Der Umgang mit Pflanzen ist sehr zeitintensiv. Sie brauchen in der Regel Wochen bis Monate, um zu wachsen - darauf müssen Sie vorbereitet sein! Auch wenn das Grundkonzept klar ist, braucht es im Vorfeld ein paar Experimente, um zu sehen, ob das Ganze wie geplant gelingen kann und welche Zugeständnisse an die Realität nötig sind. Zunächst wollte ich herausfinden, ob der Anbau von Pflanzen mit nährstoffangereicherter Nebel und LED-Beleuchtung besser ist als ein herkömmliches System mit bewässerter Erde und natürlichem Sonnenlicht. Theoretisch sollte dies der Fall sein, aber man sollte nicht einfach etwas annehmen, bevor man es nicht ausprobiert hat!

In meinen Experimenten habe ich die Pflanzen daher in mehrere Gruppen eingeteilt:

- Boden + Sonnenlicht: Diese Gruppe wird unter natürlichen Bedingungen gezogen, in Erde gepflanzt und auf die Fensterbank gestellt.
- Nebel + Sonnenlicht: Diese Gruppe wird in einen Behälter mit nährstoffreichem Nebel gepflanzt und

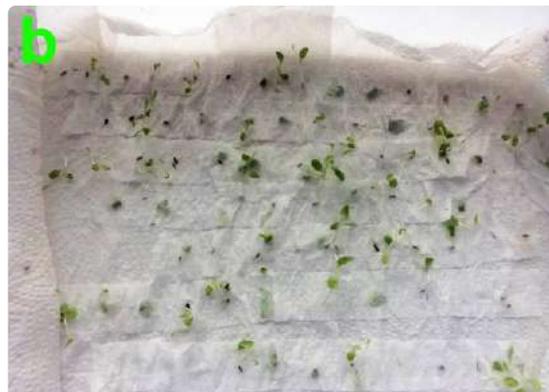
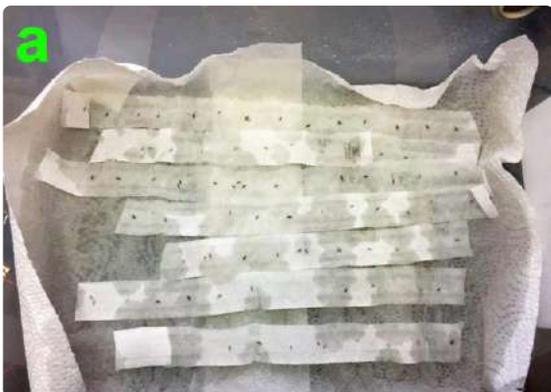


Bild 2. Die ersten Samen keimen.

Bild 3. Sämlinge, die in ein anderes Substrat verpflanzt wurden, zu Beginn (a) und nach (b) einer Woche.



- auf dieselbe Fensterbank gestellt.
- > Erde + LED-Licht: Diese Gruppe befindet sich in Erde, aber mit künstlichem LED-Licht anstelle von Sonnenlicht.
- > Nebel + LED-Licht: Dieses System sollte das beste sein, weil es die beiden Hauptmerkmale des vorgeschlagenen Systems kombiniert.

In der Pflanzenabteilung des örtlichen Supermarktes kaufte ich als meine „Versuchskaninchen“, Samen von gemischtem Salat. An dieser Stelle bitte ich um etwas Geduld mit mir, denn es war das erste Mal in meinem Leben, dass ich etwas angepflanzt habe. Zuvor hatte ich recherchiert und gelernt, dass man die Samen erst keimen lassen muss. Ich habe also einen Plastikbehälter für die Samen besorgt und ihn mit einem Papiertuch abgedeckt. In diesem Stadium brauchen die Samen fast 100 % Luftfeuchtigkeit, also habe ich die Papiertücher mit Wasser besprüht und das Ganze mit einer Plastiktüte abgedeckt, damit das Wasser nicht verdunstet (**Bild 2a**). Ich ließ die Samen zehn Tage lang stehen, und als ich den Behälter öffnete, war ich wirklich überrascht: Fast alle Samen waren gekeimt (**Bild 2b**)! Ich war glücklich wie ein Kind :-).

Als Nächstes musste ich die besten Pflänzchen auswählen, diejenigen, die den dicksten Stiel hatten und einfach größer und kräftiger aussahen. In einer YouTube-Anleitung wurde empfohlen, die kleinen Setzlinge in ein anderes Substrat zu pflanzen, bis sich so genannte „zweite Blätter“ bilden. Also bestellte ich Kokosnussskohl-Pellets, die ähnliche Eigenschaften wie Erde haben. Besonders cool ist, dass sie sich um den Faktor 6 vergrößern, wenn man sie gießt. Außerdem habe ich eine Kiste mit Trennwänden speziell für die Pflanzzwecke bestellt, die nur 2 € gekostet und alles viel übersichtlicher organisiert hat. Ich legte die Kokosnussspellets in die Trennwände des Kastens, wässerte sie, bis sie vollständig durchfeuchtet waren, setzte die kleinen Pflanzen in die Mitte ein und deckte den Kasten mit einem durchsichtigen Stück Plastik ab, das dem Kastenbausatz beilag. Mein Versuchsgewächshaus sah wie in **Bild 3a** aus. Ich schloss den Kasten und ließ ihn eine Woche lang stehen. Als ich ihn wieder öffnete, war ich überrascht: Die Pflänzchen waren tatsächlich gewachsen. **Bild 3b** beweist, dass der Unterschied nach einer Woche deutlich zu sehen ist! Jetzt konnte ich sie in Erde und Tonkugeln setzen und mit Nebel experimentieren!

Im Rahmen eines Kurses für computergestütztes Design



Bild 4. 3D-gedruckte Netzschalen (a) und fertig montiertes Testsystem (b).



Bild 5. Nächster Versuch mit neuem Substrat (a), doch nur eine Art von Samen wollte keimen (b).

entwarf ich Gitterschalen, in die ich die Pflanzen einsetzen konnte (**Bild 4a**). Außerdem kaufte ich einen Plastikbehälter in der entsprechenden Größe und skizzierte die zu bohrenden Löcher. In **Bild 4b** und in meinem YouTube-Video [4] sieht man mein zusammengebautes Testsystem, mit den Pflanzen in den Kokosnussspellets und den Tonkugeln und der Erde.

Um ehrlich zu sein, könnten die Ergebnisse besser sein. Nur wenige Pflanzen überlebten mein Bewässerungssystem. Ich vermute, das lag am Nährboden oder am Nebel, der nicht ausreichte, um die Tonkugeln und die Erde feucht zu halten. Noch schlimmer war, dass ich in den Osterferien nichts tun konnte, weil das Labor geschlossen war. Das Ergebnis war, dass alle meine Pflänzchen starben! :(

Nach diesem Rückschlag beschloss ich, ein anderes System mit Steinwolle als alternativem Nährboden zu testen (**Bild 5a**). Nach einer Woche überprüfte ich meine Kiste (**Bild 5b**) und stellte fest, dass eine Art von Samen erfolgreich keimte, eine andere jedoch gar nicht! Um den Prozess zu beschleunigen, fuhr ich mit den Samen fort, die gekeimt hatten. In der Zwischenzeit habe ich ein weiteres Vernebelungssystem eingerichtet und dabei versucht, die Betriebszeit zu optimieren, um zu sehen, ob ich die Samen vielleicht ausschließlich durch Vernebelung zum Keimen bringen könnte! Ich experimentierte weiter mit verschiedenen Parametern und Bedingungen, um zu sehen, wie weit ich mit meinen Ideen kommen kann.

Elektronisches Design

Um es kurz zu halten: Bei der Wahl der Steuerplatine wollte ich etwas zwischen satshakit [5] von Daniele Ingrassia und FabLeo [6] von Jonathan Grinham. Erstes ist zu 100 % kompatibel mit der Arduino-IDE und ihren Bibliotheken, fabable und einer verbesserten, quelloffenen Version von Fabkit. Das ist nicht nur billiger, sondern auch schneller (16 MHz) und einfacher zu löten. Die Arduino-IDE erkennt dieses Board als Arduino Uno.

Auf der anderen Seite hat FabLeo sehr ähnliche Eigenschaften plus ein Hardware-USB. Da ich bereits Erfah-

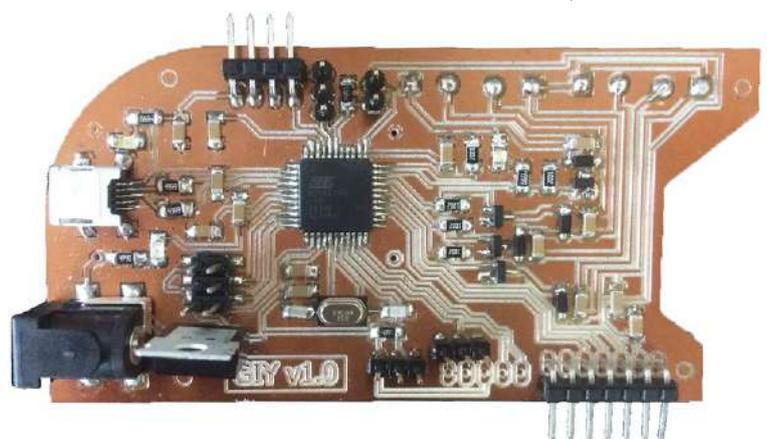
rung mit dem ATmega328P hatte, wollte ich etwas Neues ausprobieren und entschied mich für den FabLeo.

Für das Platinenlayout habe ich EAGLE verwendet. Die kostenlose Version ist für dieses Projekt ausreichend und die Designdateien können unter [3] heruntergeladen werden. Das Fab-Netzwerk unterhält auch die ständig aktualisierte fab.lbr-Bibliothek [7], die ich verwendet habe. Die Details der Schaltung sowie die Herstellung und das Löten der Platine sind ebenfalls unter [3] zu finden. Eine Besonderheit ist, dass ich für die Stromversorgung der Ultraschallnebelmaschine einen (schaltbaren) Aufwärtswandler von 12 V auf 24 V benötigte. Auf der Unterseite der Platine habe ich ein WLAN-Modul angebracht, das ich während einer Netzwerk- und Kommunikationswoche eines von mir besuchten Kurses hergestellt habe. Die daraus resultierende und bereits bestückte Platine ist in **Bild 6** zu sehen.

Sensoren

Zum Programmieren meiner Platine habe ich die Arduino-IDE verwendet. Ich schloss das Arduino-Board an den USB-Hub an und lud den Code hoch [3]. Der erste Sensor,

Bild 6. Die Platine meines Prototyps, bereits verlötet



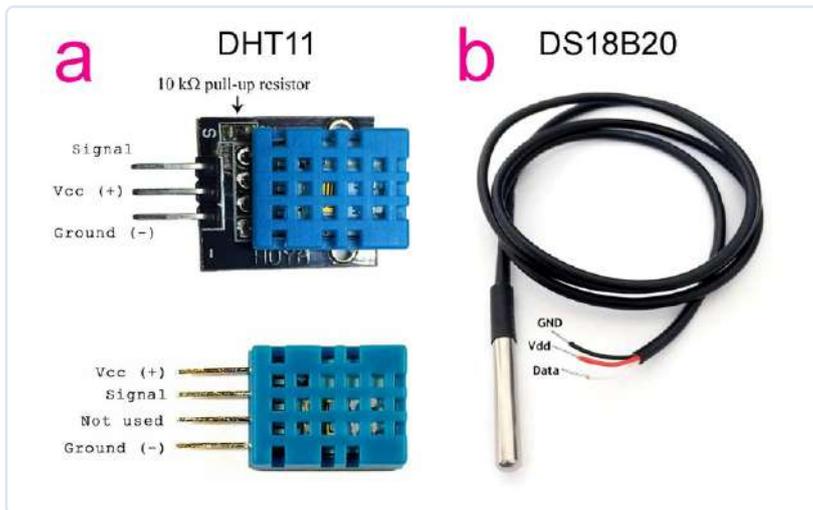


Bild 7. Die Sensoren DHT11 (a) und DS18B20 (b)

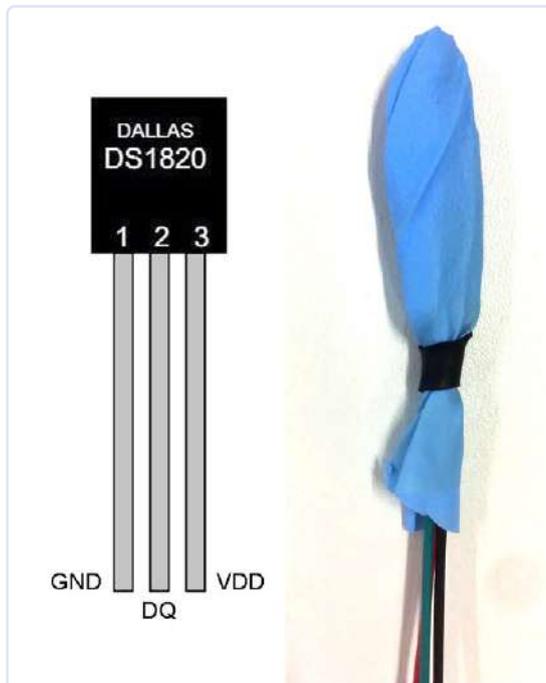


Bild 8. DIY-Isolierung eines DS18B20-Sensors mit dem Finger eines Gummihandschuhs.



Bild 9. Das verwendete LCD hat eine Auflösung von 128x64 Pixeln und ist über nur drei Pins mit der Platine verbunden.

den ich mit dem Board koppelte, war der DHT11 (**Bild 7a**) zur Messung von Temperatur und Feuchtigkeit. Diese Sensoren sind sehr einfach und langsam, eignen sich aber hervorragend für Anfänger, die eine einfache Datenerfassung durchführen möchten. Der DHT11 vereint einen kapazitiven Feuchtigkeitssensor und einen temperaturabhängigen Widerstand, einen Thermistor. Im Sensorgehäuse steckt auch ein sehr einfacher Chip, der eine Analog-Digital-Wandlung durchführt und die Temperatur- und Feuchtigkeitsdaten digital ausgibt. Das ist für jeden Mikrocontroller einfach zu lesen. Der DS18B20 (**Bild 7b**) ist ein digitaler 1-Draht-Tempersensor von Maxim mit 9- bis 12-Bit Genauigkeit (Bereich: $-55...125\text{ °C} \pm 0,5^\circ$). Für diesen Sensor stehen in der Arduino-Welt entsprechende Funktionen zur Verfügung.

Seltsamerweise funktionierte das Board nach der erfolgreichen Programmierung der Sensoren nicht mehr, als ich alle Sensoren gemeinsam anschloss. Ich habe eine ganze Weile gebraucht, um herauszufinden, warum das passiert ist. Als schnelle Lösung beschloss ich, einen „nackten“ DS18B20-Sensor zu verwenden, den ich in echter DIY-Manier mit einem Finger eines Gummihandschuhs isolierte (**Bild 8**).

Der nächste Sensor ist ein altmodischer LDR - ein sehr passives elektronisches Bauteil. Sein Widerstand erreicht bei Dunkelheit etwa 1 MΩ (bei etwa 0,1 lx), fällt aber auf etwa 1 kΩ bei 100 lx ab (je nach Modell). Der LDR wurde mit einem Widerstand als Spannungsteiler geschaltet und die Teilerspannung über einen ADC-Eingang des Mikrocontrollers gelesen.

Die nächste Aufgabe bestand darin, den Wasserstand zu messen. Ich möchte einen Sensor haben, der einen Alarm auslöst, wenn der Wassertank leer ist und es Zeit ist, Wasser nachzufüllen. Ich habe einfach meinen eigenen Wassersensor gebaut. Das Grundprinzip des Wassersensors besteht darin, die elektrische Leitfähigkeit zwischen



zwei Elektroden zu messen, was auch bei einem Bodenfeuchtesensor der Fall ist. Ich habe herausgefunden, wie ich den Sensor so kalibrieren kann, dass er meinen Anforderungen entspricht. Nach einigen Experimenten habe ich es dann richtig gemacht.

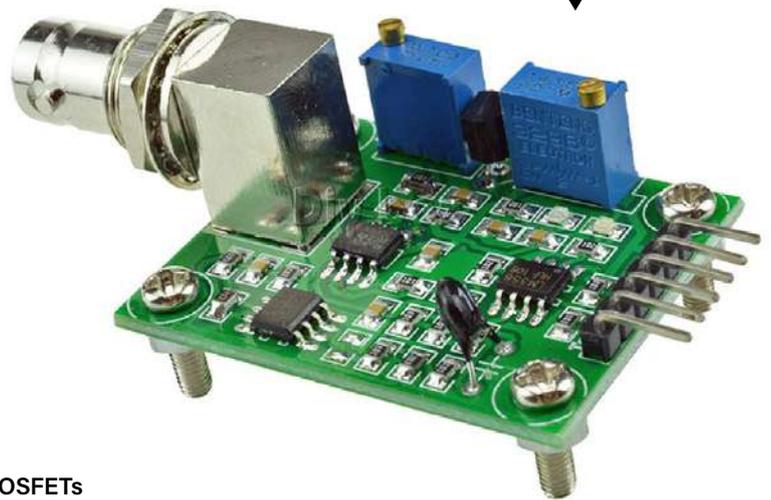
LCD-Anschluss

Das System braucht auch eine Anzeige. Ein LCD benötigt normalerweise viele Pins - zu viele für mein Board. Also musste ich einen Weg finden, mein 128x64-Display auf andere Weise anzuschließen, nämlich an nur drei freie I/O-Pins, so dass die restlichen I/Os für andere Zwecke zur Verfügung stehen. Ein zweiter Vorteil ist, dass ich weniger Adern benötige, um alle Teile zu verbinden, wodurch ein Drahtverhau vermieden wird. **Bild 9** zeigt die von mir verwendete Anzeige.

pH-Sensor

Dies ist der komplizierteste Sensor, mit dem ich zu tun hatte. Es war schwierig, Informationen über den „pH Sensor v1.1“ zu finden (**Bild 10**), also beschloss ich, ihn selbst zu erforschen. Die Sonde funktioniert wie eine kleine Batterie, die man in eine wässrige Flüssigkeit legt. Je nach pH-Wert gibt sie eine positive oder negative Spannung von ein paar Millivolt ab. Daher musste ich mit einem Operationsverstärker dieses schwache Signal auf einen handhabbaren Bereich von 0...5 V, wie ihn ein Arduino-Board liebt, verstärken. Der Kalibrierungsprozess dieses Sensors ist in [3] ausführlich beschrieben.

Bild 10. Der „pH Sensor v1.1“ ist nur schwer zu kalibrieren. (Quelle: [10])



MOSFETs

Alles, was in meinem System so richtig Strom benötigt, sind ein RGB-LED-Streifen und der Ultraschallzerstäuber. Um sie über digitale Pins anzusteuern, sind MOSFETs erforderlich, wie sie das Schaltungsdetail in **Bild 11** zeigt.

Das Äußere

Für mein System habe ich schließlich eine Menge 3D-Design- und 3D-Drucktechniken benötigt. Ich musste zwei verschiedene Drucker verwenden und viel mit den

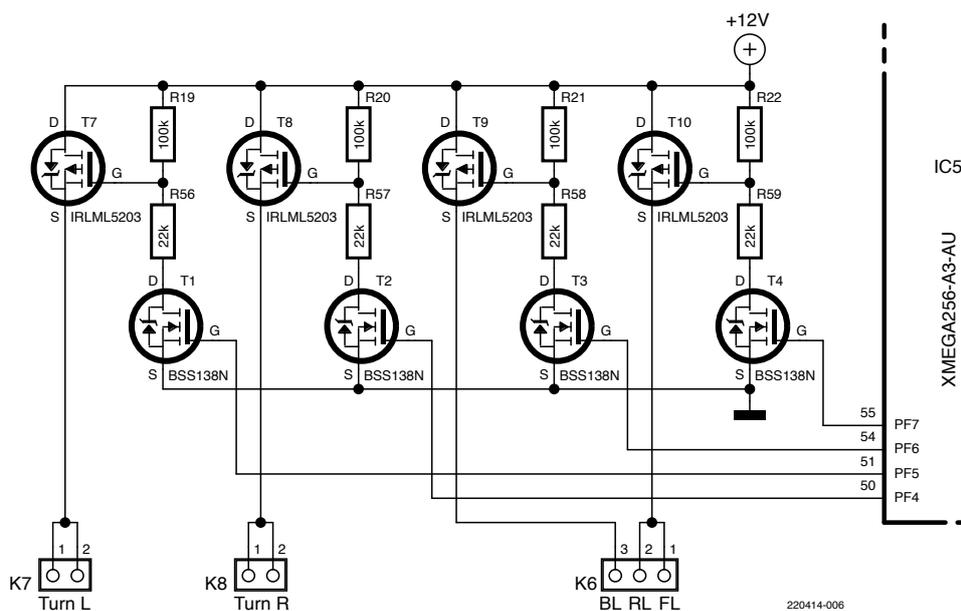


Bild 11. Dieser Teil der Schaltung (mit EAGLE erstellt) zeigt die MOSFET-Ausgangsstufen.



Bild 12. Kompletter Aufbau von Gehäuse und Wasserbehälter.

Einstellungen spielen, bis ich die gewünschten Ergebnisse erzielte. Die Herausforderung neben der Funktionalität bestand darin, dass es auch so richtig schick aussehen sollte! Ich wollte auch, dass das System zusammengesetzt werden kann, was die Sache noch schwieriger machte. Aber alles in allem war es eine prima Gelegenheit, die von mir erlernten Fertigkeiten wie 3D-Druck, CNC-Fräsen und Laserschneiden einzubeziehen. Zunächst fertigte ich eine einfache Skizze auf Papier an und wagte mich dann an *Autodesk Fusion 360* heran. Mein YouTube-Video [8] zeigt, wie dieser Behälter in 3D gedruckt wurde, und **Bild 12** das Ergebnis all dieser Bemühungen. Der Behälter bietet genug Platz für die Pflanzen, und ich habe in der Mitte ein Loch für den Ultraschallvernebler vorgesehen, damit dieser passend tief in den Tank tauchen kann. Die Sache ist die, dass der Wasserstand 2 cm über dem Zerstäuber liegen sollte. Auf diese Weise wird nichts verschwendet und das gesamte Wasser verbraucht!

Es gab noch viel mehr zu tun. Ich musste die Netzschalen für die Pflanzen in 3D drucken und eine Halterung für sie lasern (**Bild 13**). Alles in allem mussten eine Menge Acrylplatten geschnitten und gebohrt werden. Weitere



Bild 13. Bohrschablone für die Pflanzen-Halterung.

Details, insbesondere wie ich es geschafft habe, den Wasserbehälter mit einer Plastikplatte vakuumdicht zu verschließen, finden Sie unter [3]. Auf dieser Seite gibt es weitere Links zu YouTube-Videos.

Lass es wachsen!

Bild 14 zeigt die von mir verwendeten LED-Streifen. Das Platinenlayout dazu befindet sich im Abschnitt „Elektronik“ (**Bild 15**). Um es so deutlich wie möglich zu machen: **Bild 16** vermittelt einen Eindruck davon, wie die kleinen Pflanzen in ihren Netzschalen untergebracht sind, die in einer passenden Abdeckplatte stecken. Und jetzt bitte applaudieren: **Bild 17** zeigt das komplette System in Aktion. Ist es nicht wunderschön?

Wenn Sie sich von diesem Projekt inspirieren lassen und Ihr eigenes System oder eine optimierte Version davon bauen wollen, finden Sie eine Fülle von nützlichen Informationen auf der bereits mehrfach erwähnten Projekt-Webseite [3]. Bevor Sie beginnen, sollten Sie aber bedenken, dass dieses Projekt nicht an einem Wochenende abgeschlossen werden kann! ▶

(220414-02)RG



Bild 14. Die verwendeten RGB-LED-Streifen.

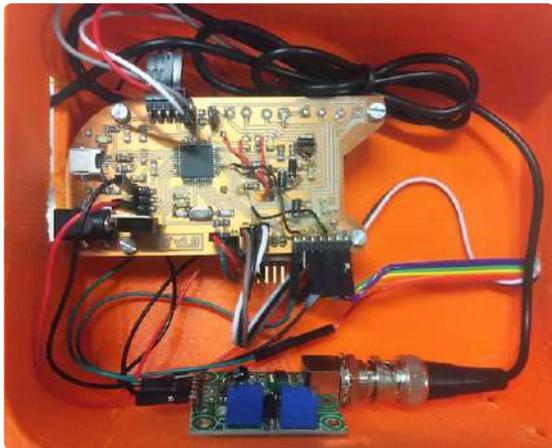


Bild 15. Die Platine und ein Sensor befinden sich im Elektronik-Containment des Gehäuses.



Bild 16. Die kleinen Pflanzen in ihren Netzschalen, von der Seite gesehen.



Bild 17. Das komplette System in seiner vollen Pracht.

Über den Autor

Dmitrii Albot ist ein Absolvent der Fab Academy und ehemaliger FabLab-Koordinator in Jordanien. Derzeit hat er sich als Gründer von cityfarm (www.cityfarm.md) zur Aufgabe gemacht, Wissenschaft und Wirtschaft der Agrartechnologie in die Städte zu bringen.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen haben, senden Sie bitte eine E-Mail an den Autor unter albot.dumitru@hsrw.org oder an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.



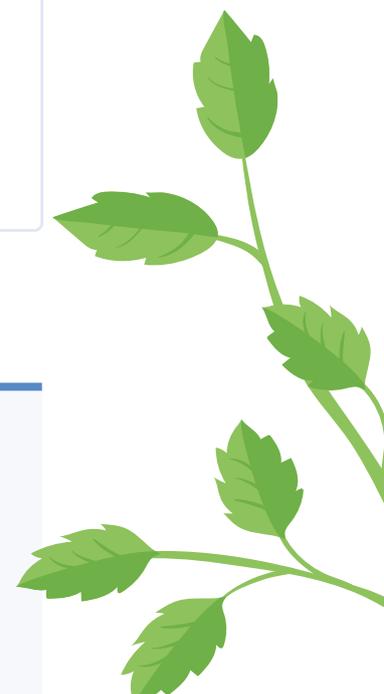
Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- > **ESP-12F - ESP8266-basiertes Wi-Fi-Modul (SKU 17781)**
www.elektor.de/17781
- > **Elektor 37-in-1 Sensorkit (SKU 16843)**
www.elektor.de/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] Projekt-Website bei create.arduino.cc: <https://elektor.link/arduinojiy>
- [4] YouTube-Video meines Testsystems: <https://youtu.be/LF93Xjd8avk>
- [5] satshakit auf GitHub: <https://github.com/satshas/satshakit>
- [6] Daten zur FabLeo-Platine: <https://elektor.link/fableoboard>
- [7] Download der Bibliothek fab.lbr: <https://elektor.link/fablbr>
- [8] 3D-Druck der Box (YouTube): https://youtu.be/938Yz_WegH8
- [9] Lizenz CC BY-SA 3.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>
- [10] Foto des pH-Sensors v1.1: <https://elektor.link/phsensor11pic>





Kann Hausautomatisierung den Planeten retten?

MQTT auf dem Arduino Nano RP2040 Connect

Von Clemens Valens (Elektor-Labor)

Mit den richtigen Komponenten und ein wenig Einfallsreichtum können Sie Ihr Zuhause automatisieren. Dieses auf dem Arduino Nano RP2040 Connect basierende Projekt ist ein hervorragender Ausgangspunkt dafür. Als zusätzlichen Bonus können Sie damit vielleicht sogar beitragen, unseren Planeten zu retten.

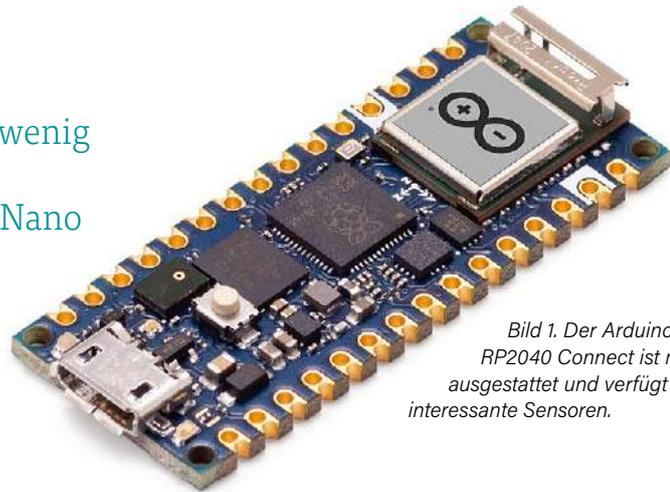


Bild 1. Der Arduino Nano RP2040 Connect ist mit WLAN ausgestattet und verfügt über einige interessante Sensoren.

Heutzutage scheint die Umwelt für viele Menschen die größte Sorge zu sein. Unser Planet ist groß, und es gibt viele Verschmutzer, auf die man keinen Einfluss hat. Aber es gibt einen Ort, an dem Sie etwas bewirken können: Wenn Sie Ihr Haus automatisieren, können Sie es energieeffizienter machen und so einen Beitrag zur Erhaltung unseres Planeten leisten. Klimaschutz beginnt (auch) im Kleinen bei Ihnen zu Hause!

Eine Hausautomatisierung wird im Allgemeinen in den folgenden Bereichen eingesetzt:

- › Klimasteuerung
- › Beleuchtung
- › Energiemanagement
- › Zugangskontrolle
- › Wassermanagement

Bei den ersten drei Punkten geht es darum, Energie zu sparen, indem Sie die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit im Gebäude durch Heizungen, Kühler, Lüfter und Jalousien regeln und die Stromzufuhr zu Lampen, Geräten und Maschinen unterbrechen, wenn diese Geräte nicht benötigt werden. Auch die Kontrolle des Wasserverbrauchs ist sinnvoll, es sei denn, es geht um die Bewässerung des Rasens, was immer eine Verschwendung ist.

Wir brauchen Sensoren

Um Parameter wie die Temperatur in einem Raum oder den Stromverbrauch einer Maschine zu beeinflussen, sind Sensoren und Aktoren erforderlich. In diesem Artikel stelle ich eine Art Universalgerät vor, das Sensoren ausliest und die erfassten Daten über MQTT an eine Hausautomatisierungssteuerung weiterleitet. Die Aktoren, die Dinge wie Motoren, Pumpen, Relais und Lampen ein- und ausschalten können, werden hier nicht behandelt.

Wenn Sie mit dem Thema Hausautomatisierung nicht vertraut sind: Der Controller ist das Herzstück eines Hausautomatisierungssystems, das die Verbindung zwischen allen Geräten im System herstellt, einschließlich Ihnen und anderen Benutzern (wenn Sie akzeptieren, dass Sie als lebendes Gerät betrachtet werden). MQTT ist ein Datenaustauschprotokoll, das im Internet der Dinge und in der Automatisierungstechnik sehr populär geworden ist.

Der Arduino Nano RP2040 Connect

Das hier beschriebene Sensor-Board basiert auf einem Arduino Nano RP2040 Connect (**Bild 1**). Das Board ist mit einem

3-Achsen-Gyroskop, einem 3-Achsen-Beschleunigungsmesser und einem Mikrofon ausgestattet. Diese Sensoren mögen in einem Hausautomatisierungssystem seltsam erscheinen, können aber durchaus nützlich sein. Außerdem unterscheiden sie sich vom üblichen Temperatur-Feuchte-Ansatz eines typischen IoT-Sensor-Projekts.

Wenn das Gyroskop beispielsweise an einer Tür oder einem Fenster angebracht ist, kann es deren Bewegungen, erwartetes und unerwartetes Betreten oder Verlassen erkennen oder einen Alarm auslösen, wenn das Fenster offen ist. Beschleunigungsmesser erlauben viele Anwendungen in der Vibrationserkennung (läuft der Motor des Gefrierschranks ununterbrochen?), und ein Mikrofon kann Geräusche erkennen, wo keine sein sollten (laufender Wasserhahn) oder eine Veränderung der Hintergrundgeräusche oder der Frequenz feststellen (Motor außer Kontrolle?). Aber es macht nichts, wenn Sie nun gar keine Verwendung für solche Sensoren haben, das Software-Framework lässt sich leicht an andere Sensoren anpassen.

Der Arduino Nano RP2040 Connect verfügt dank seines NINA-Funkmoduls (ein getarnter ESP32) über WLAN-Konnektivität, sodass wir leicht eine Verbindung mit dem heimi-

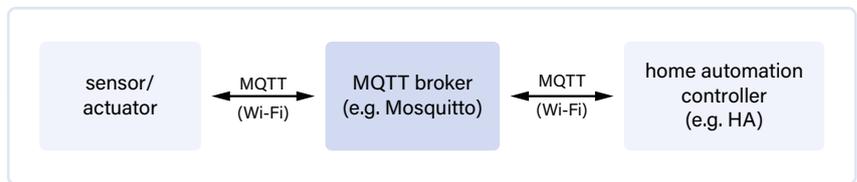


Bild 2. Eine Übersicht über das in diesem Artikel vorgestellte MQTT-basierte Hausautomatisierungssystem.

schen WLAN herstellen können. Der Controller für die Hausautomatisierung ist in meinem Fall Home Assistant (HA), der auf einem Raspberry Pi 3B+ Board läuft [1], aber jeder andere Controller, der das MQTT-Protokoll beherrscht, kann ebenfalls verwendet werden (was bei etwa 99 % aller Controller der Fall ist). Der Controller stellt auch die Verbindung zum WLAN her. **Bild 2** zeigt, wie das gesamte Hausautomatisierungssystem aufgebaut ist.

Vorbemerkungen und Anforderungen

Da die Rettung des Planeten eine dringende Angelegenheit ist, wollen wir uns hier nicht in allerlei technischen Details des Arduino-Boards verlieren und kommen gleich zur Sache.

Wenn Sie noch keine Hausautomatisierungssteuerung haben, sollten Sie zunächst eine installieren und konfigurieren. Das ist zwar leichter gesagt als getan, aber mit den kennenswerten Einzelheiten in [1] sollte es Ihnen gelingen. Denken Sie daran, dass der Controller MQTT-Fähigkeiten benötigt, wofür er möglicherweise ein Add-on braucht. Wenn Sie, wie ich, den Home Assistant als Controller verwenden, können Sie die weit verbreitete Mosquitto-Integration (mit zwei „t“) [2] installieren. Dies ist ein so genannter MQTT-Broker, der MQTT-Nachrichten empfängt und versendet, zum Beispiel zwischen unserem Arduino-Board und dem Home Assistant.

Vorbereiten der Arduino-IDE

Wenn Sie also jetzt eine funktionierende Hausautomatisierungssteuerung mit MQTT-Fähigkeiten haben, können Sie mit dem Einrichten der Arduino-Entwicklungsumgebung fortfahren:

1. Installieren Sie die Arduino-IDE. Es gibt viele Versionen; ich habe 1.8.19 verwendet.
2. Installieren Sie mit Hilfe des Boardverwalters der Arduino-IDE (*Werkzeuge* → *Board* → *Boardverwalter...*) das Board-Paket *Arduino Mbed OS Nano Boards* (ich habe Version 3.2 verwendet; siehe **Bild 3**).
3. In der IDE wählen Sie jetzt das Arduino Nano RP2040 Connect Board aus - siehe **Bild 4** (*Werkzeuge* → *Board* → *Arduino Mbed OS Nano Boards* → *Arduino Nano RP2040 Connect*).
4. Installieren Sie mit dem Bibliotheksmanager der IDE (*Werkzeuge* → *Bibliotheken verwalten...*) die folgenden Bibliotheken (in Klammern die von mir verwendeten Versionen):

- > *WiFiNINA* (v1.8.13)
- > *ArduinoMqttClient* (v0.1.6)
- > *Arduino_LSM6DSOX* (v1.1.0)

5. Laden Sie meinen Sketch von [3] herunter und entpacken Sie ihn in den Sketchbook-Ordner der IDE. Beachten Sie, dass der Sketch aus zwei Dateien besteht, von denen eine *arduino_secrets.h* heißt. Geben Sie in dieser Datei die Zugangsdaten Ihres Netzwerks ein.

Programm-Konfiguration

Bevor Sie meinen Sketch kompilieren können, müssen Sie einige Informationen von Ihrem MQTT-Broker sammeln. In HA verlangt der

Mosquitto-Broker, dass Sie einen Benutzernamen und ein Passwort definieren; ohne diese Angaben kein MQTT-Verkehr. Geben Sie die MQTT-Anmeldedaten in der Datei *arduino_secrets.h* als *SECRET_MQTT_USER* und *SECRET_MQTT_PASSWORD* ein. Geben Sie auch die SSID und das Passwort Ihres WLANs in diese Datei ein. Tragen Sie in der Hauptdatei des Sketches in Zeile 37 die IP-Adresse des MQTT-Brokers ein. In HA ist dies einfach die IP-Adresse von HA, die Sie unter *Settings* → *System* → *Network* finden können (dort stand sie jedenfalls in HA Core v2022.8.6 mit HA OS v8.4):

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



Bild 3. Verwenden Sie den Boardverwalter der IDE, um die Unterstützung für den Arduino Nano RP2040 Connect zu installieren.

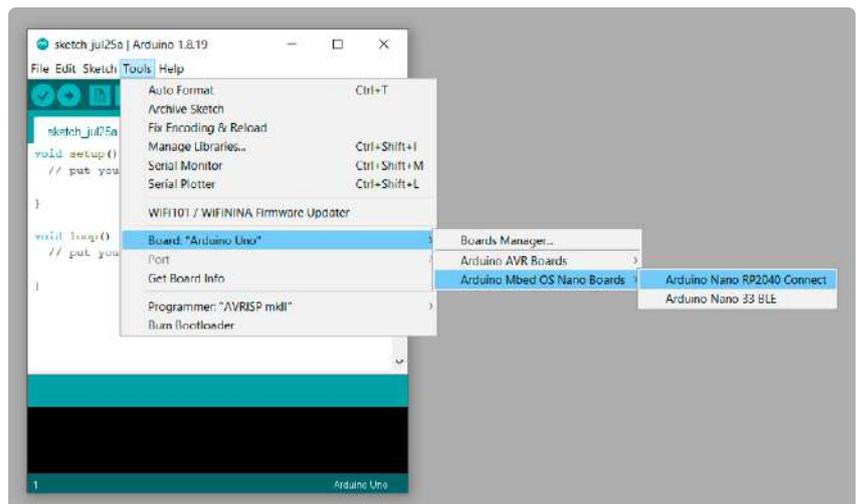


Bild 4. Bevor Sie versuchen, etwas auf das Board hochzuladen, vergewissern Sie sich, dass Sie das richtige Board (und die richtige serielle Schnittstelle) ausgewählt haben.

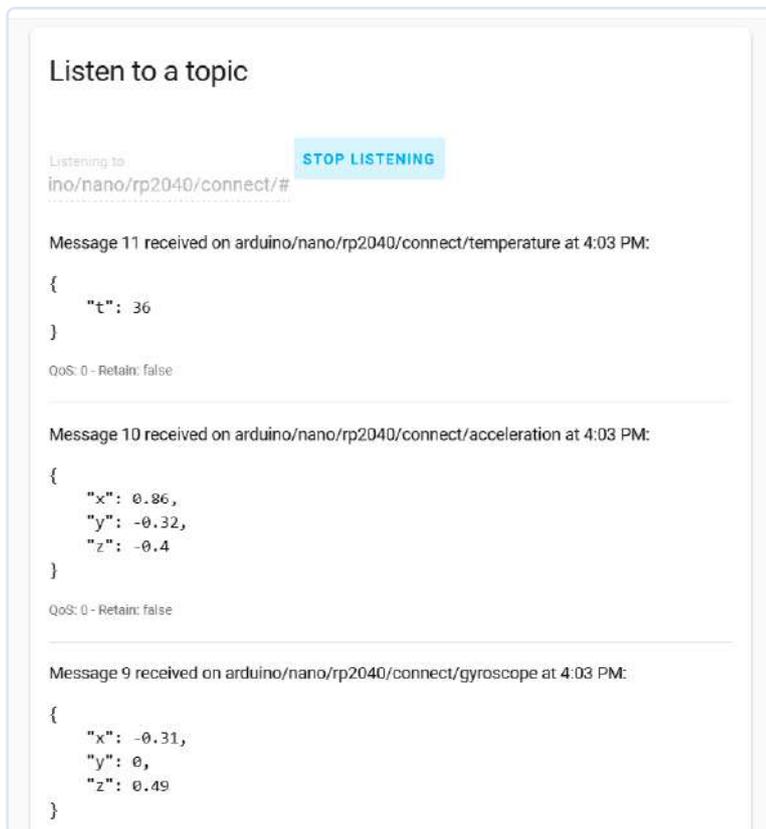


Bild 5. Empfang von MQTT-Nachrichten mit Mosquitto im Home Assistant.

Wenn Sie aus irgendeinem Grund den Standard-MQTT-Port geändert haben, müssen Sie auch die nächste Zeile ändern:

```
int port = 1883;
```

Wenn Sie den Sketch nun richtig konfiguriert haben, können Sie ihn kompilieren und die ausführbare Datei auf das Arduino Nano RP2040 Connect Board hochladen. Es sollte keine Warnungen oder Fehler geben, selbst wenn der Compiler auf „verbose output“ eingestellt ist und alle Warnungen aktiviert sind (Arduino-IDE Datei → Voreinstellungen).

Probieren Sie es aus

Wenn alles gut gegangen ist und Sie keine Fehler bei der Eingabe der Passwörter und anderen Zugangsdaten gemacht haben, sollte sich das Board nun mit dem WLAN verbinden und beginnen, MQTT-Nachrichten mit einer Rate von 0,1 Hz (das heißt, alle zehn Sekunden) zu senden. Die RGB-LED des Boards blinkt jedes Mal, wenn eine Nachricht gesendet wird. Wenn die LED nicht blinkt oder an bleibt, ist etwas faul. Rot bedeutet, dass keine Netzwerkverbindung besteht und blau, dass ein Sensorproblem vorliegt.

Die Hausautomatisierungssteuerung sollte die MQTT-Nachrichten empfangen. Klicken Sie in HA mit dem Mosquitto-Add-on auf dem Mosquitto-Broker-Integrations-Tab auf *Configure* und scrollen Sie nach unten zu *Listen to a topic*. Geben Sie `arduino/nano/`

`rp2040/connect/#` ein und klicken Sie auf *Start listening*. Jetzt sollte darunter alle zehn Sekunden eine Meldung erscheinen (Bild 5). Mein Beispielsketch sendet alle zehn Sekunden die Gyro- und Beschleunigungsdaten sowie die Temperatur (Ha! Das haben Sie nicht erwartet, oder? Der IMU-Chip LSM6DSOX verfügt nämlich über einen eingebauten Temperatursensor). Der Temperaturwert dürfte die meiste Zeit über der tatsächlichen Umgebungstemperatur liegen, da der Sensor durch das Funkmodul des Boards erwärmt wird.

Wenn das Mikrofon ein lautes Geräusch hört, sendet es eine Nachricht. Klatschen Sie in die Hände, um es auszuprobieren. Seien Sie nicht ungeduldig, die Latenzzeit kann bis zu zehn Sekunden betragen.

Wenn Sie in *Publish a packet* `arduino/nano/rp2040/connect/incoming/xxx`

eingeben, wobei `xxx` (das Topic) durch ein Wort oder eine Zahl ersetzt wird, und dann auf *Publish* klicken, sollte das Paket im seriellen Monitor der Arduino-IDE erscheinen. Sie können optional eine Nutzlast hinzufügen (alles ist möglich).

Wie geht es jetzt weiter?

Wir sind jetzt an einem Punkt angelangt, an dem Sie selbst weitermachen können und müssen. Es gibt mehrere Möglichkeiten:

- Fügen Sie der Sensorsoftware Daten- und Signalverarbeitungsroutinen hinzu, damit

sie nur dann Meldungen sendet, wenn bestimmte Ereignisse erkannt werden.

- Fügen Sie weitere oder andere Sensoren hinzu.
- Fügen Sie Automatisierungsregeln zur Hausautomatisierungssteuerung hinzu, damit diese auf empfangene Meldungen sinnvoll reagiert.
- Alle der oben genannten Möglichkeiten.
- Verzichten Sie auf die Heimautomatisierung.

Um Ihnen den Einstieg in die Optionen „a“ und „b“ zu erleichtern, erkläre ich nun kurz die Arbeitsweise des Sketches. Für die Option „c“ sehen Sie bitte in der Dokumentation der Hausautomatisierungssteuerung nach, für die Option „e“ den Textkasten.

Programm-Internia

Das Programm beginnt mit der Definition einiger Dinge wie Netzwerkdetails, aber auch der verwendeten MQTT-Topics. Alle Nachrichten, die von unserem Gerät gesendet werden, beginnen mit

`arduino/nano/rp2040/connect/`

Das Gerät hört nur auf Nachrichten, die mit diesem Präfix beginnen. Ja, es ist ein langes Präfix, aber bei der Fehlersuche sehr nützlich. Auf das Präfix folgt ein sogenanntes Topic, das alles Mögliche sein kann. Wichtig ist hier nur, dass der MQTT-Broker oder das Ziel auf das gleiche Topic hören, sonst werden die Nachrichten einfach ignoriert. Dabei ist es sinnvoll, den Topics aussagekräftige Namen zu geben. Es können beliebig viele Topics verwendet werden, und sie können eine (fast) unbegrenzte Länge haben.

Sound-Verarbeitung

Die Sensoren werden mit Hilfsfunktionen eingelesen, die aussagekräftige Namen haben, mit Ausnahme des Mikrofons, das PDM genannt wird (es ist ein digitales Mikrofon). Ein weiterer Unterschied zu den anderen Sensoren ist, dass das Mikrofon in einer Art Thread im Hintergrund läuft, der kontinuierlich Audio-Samples in einen Puffer pumpt. Die anderen Sensoren werden dagegen alle zehn Sekunden aktiv von der Hauptschleife abgefragt. Ein letzter Unterschied zwischen den Audiodaten und dem Rest besteht darin, dass die Audiosamples durch ein Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 10 Hz gefiltert werden, damit das System nur auf Signale mit niedrigem Frequenzgehalt (Dröhnen, Krachen) reagiert. Erkennt es ein entsprechendes Geräusch, wird eine Nachricht mit

Soll ich's wirklich machen oder lass ich's lieber sein?

Natürlich kann Technik Ihnen helfen, zu Hause und im Büro Energie zu sparen, aber sie hat einen Preis, der den potenziellen Nutzen überwiegen kann. Das in diesem Artikel beschriebene Projekt verwendet ein kleines Board Arduino RP2040 Nano Connect, das über WLAN mit einem Raspberry Pi kommuniziert, auf dem Home Assistant läuft. Alle diese Geräte, einschließlich des WLAN-Routers, verbrauchen ständig Energie, da sie immer eingeschaltet sein müssen. Sie können die Kosten abschätzen, indem Sie sich Ihre Stromrechnung ansehen. Diese Kosten sind sichtbar, und Sie zahlen sie selbst. Aber es gibt auch versteckte Kosten, die gerne vergessen werden: die Ressourcen, die für die Herstellung der von Ihnen genutzten Geräte verbraucht werden.

Ich habe keine Ahnung, wie groß der Kohlenstoff-Fußabdruck bei der Herstellung eines Arduino- oder Raspberry-Pi-Boards ist, aber er ist eindeutig nicht null (vergessen Sie nicht, den Kohlenstoff-Fußabdruck der Bauteile einzubeziehen). Auch die von unserem System verwendete Software, einschließlich unseres eigenen kleinen Sketches, wurde auf vielen Computern weltweit entwickelt und wird auf Servern in der Cloud gespeichert. Wie unser eigenes kleines System benötigt auch dieses riesige Ökosystem Energie, um online zu sein, und dies nicht zu knapp. Und vergessen Sie nicht die Ressourcen, die für den Zusammenbau und die Herstellung des Ganzen verwendet wurden. Sicher, diese

Kosten werden zwar von vielen Nutzern geteilt, aber sie sollten berücksichtigt werden.

Wo haben Sie die Hardware für Ihr System gekauft? Die Wahrscheinlichkeit ist groß, dass Sie zumindest einen Teil davon online bestellt haben. Unabhängig davon, wo Sie Ihr Material letztlich gekauft haben, es wurde von irgendwo auf der Welt zu Ihnen transportiert, was wiederum wertvolle Ressourcen verbraucht. Und schließlich schreitet die Technik immer weiter voran, so dass unser Hausautomatisierungssystem bald veraltet sein wird und aufgerüstet oder entsorgt werden muss, was wiederum eine Menge versteckter Kosten verursacht.

So sparen Sie vielleicht ein wenig Energie in Ihrem Haus, haben dafür aber wahrscheinlich viel mehr ausgegeben, als Sie jemals wieder einnehmen werden. Deshalb ist es für den Planeten viel besser, wenn Sie nicht versuchen, durch clevere Hausautomatisierung Energie zu sparen. Vielleicht sagen Sie doch lieber Jein. Wenn Sie sich angewöhnen, das Licht selbst ein- und auszuschalten, ist das billiger und hält Sie fit, weil Sie ein paar Schritte mehr gehen müssen. Außerdem ist der gute alte gesunde Menschenverstand, auch wenn er laut Albert Einstein „nur eine Anhäufung von Vorurteilen ist, die man bis zum 18. Lebensjahr erworben hat“ ist, ein mächtiger Planetenretter.

dem Topic `microphone/alarm` (natürlich mit Präfix) gesendet. Die Daten der anderen Sensoren werden ungefiltert weitergeleitet.

MQTT-Topics

Die wenigen Hilfsfunktionen zum Verfassen ausgehender MQTT-Nachrichten sind ziemlich selbsterklärend. Zu beachten ist, dass das Interface `MqttClient print` nur für den Payload-Teil einer Nachricht gilt - das Topic muss auf andere Weise zusammengestellt werden.

Alle eintreffenden MQTT-Nachrichten, die mit dem Präfix

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

beginnen, werden akzeptiert. Dies wird von der `MqttClient`-Bibliothek gehandhabt, die die Funktion `mqtt_message_receive` aufruft, wenn alle Empfangsbedingungen erfüllt sind. Standardmäßig abonniert der Sketch das Wildcard-Topic „#“, was bedeutet, dass jedes Topic gültig ist. Sie können dies ändern, indem Sie es durch spezifischere Topics ersetzen. Natürlich können Sie auch mehrere Topics gleichzeitig abonnieren. Die Abonnements werden vom MQTT-Broker verwaltet, nicht

vom Sketch, daher kann der Broker Grenzen setzen. Der verfügbare Speicherplatz für den Sketch ist nicht von Bedeutung.

Ein bisschen JSON

Die Sensordaten werden als Payload zu den Topics hinzugefügt. Ich habe dafür eine Formatierung im JSON-Stil verwendet, die allerdings „zu Fuß“ erstellt wird, ohne die Hilfe einer speziellen JSON-Bibliothek. Der Vorteil von JSON ist, dass es von vielen anderen Programmen verstanden wird, was das Parsen wesentlich erleichtert.

Fazit

Gut, das war's für den Moment. Obwohl ich mein Bestes getan habe, um die Dinge einfach und klar zu halten, werden Sie wahrscheinlich irgendwann auf Probleme stoßen. Das Thema ist viel komplexer, als es dieser Artikel vermuten lässt. Zögern Sie nicht, im Internet nach weiteren Informationen zu suchen - es gibt tonnenweise Websites zu MQTT und Home Assistant (und sogar zu beiden zusammen), die voll von nützlichen Leuten, Ideen, Hinweisen, Tricks und Tipps sind. Wenn Sie auf Probleme stoßen und die Dinge gar nicht mehr funktionieren wollen, stellen Sie

einfach die letzte funktionierende Konfiguration wieder her. Trial and Error! ◀

(220420-02)RG

Über den Autor

Clemens Valens ist der kreative Technologie von Elektor. Er hat einen BSc in Elektronik und einen MSc in Elektronik und Informationstechnologie. Clemens Valens arbeitet seit 2008 für Elektor, zunächst als Chefredakteur von Elektor Frankreich. Derzeit produziert er bei Elektor TV Technik-Tutorials und Produktberichte. Clemens ist außerdem für die Website der Elektor Labs Community verantwortlich, auf der Elektronikbegeisterte ihre Arbeiten veröffentlichen und sich mit Gleichgesinnten aus aller Welt austauschen können



Passende Produkte

Arduino Nano RP2040 Connect mit Header

www.elektormagazine.de/arduino-nano-rp2040-connect

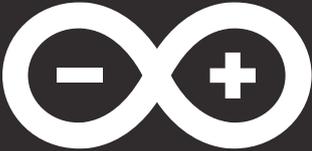
Clemens Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino
Paperback SKU 17967: www.elektor.de/17967
E-Buch SKU 18217: www.elektor.de/17967

Elektor Ultimate Sensor Kit (SKU 19104)
www.elektor.de/19104

WEBLINKS

- [1] C. Valens, „Hausautomation leicht gemacht“, Elektor Magazin 9-10/2020: www.elektormagazine.de/magazine/elektor-154/58936
- [2] MQTT im Home Assistant: www.home-assistant.io/docs/mqtt/broker/
- [3] Downloads zu diesem Artikel: www.elektormagazine.de/220420-02

Professionelle Anwendungen

mit  [®] PRO [™]

Von Sebastian Romero (Arduino Pro Team)

Im Jahr 2005 begann Arduino als kostengünstige Lösung für Prototyping. Es ermöglichte Kreativen die Erstellung von Prototypen interaktiver Objekte, ohne dass sie einen formalen Hintergrund in Elektronik hatten. Schon bald interessierten sich auch die Elektronikfachleute für Arduino, weil es das Prototyping erheblich vereinfachte. Aber es ging nicht nur um Vereinfachung und Benutzerfreundlichkeit – die von Arduino eingeführte Hardware-Abstraktionsschicht ermöglicht die Erstellung von Firmware, die auf verschiedene Plattformen übertragbar ist. Da sowohl die Hardware als auch die Software Open Source sind, bedeutet dies außerdem, dass man nicht an einen bestimmten Hersteller gebunden ist. Das war etwas, vor dem viele Leute die Augen nicht verschließen konnten.

Fast zwei Jahrzehnte später hat sich Arduino zu einer ausgereiften, professionellen Plattform mit einer breiten Palette von Hardware- und Softwareangeboten entwickelt, um intelligente und vernetzte Lösungen für jeden erdenklichen Anwendungsfall zu erstellen. Jetzt bringt Arduino Pro das Wissen und die Erfahrung, die intern und von den Millionen von Community-Mitgliedern im Laufe der Jahre gesammelt wurden, zu den Profis. Traditionell müssen diejenigen, die Arduino für Prototypen verwenden, eine entsprechende Schaltung auf einer eigenständigen Platine nachbilden und die Firmware für eine endgültige Lösung anpassen, die hergestellt und eingesetzt werden kann. Es ist zwar möglich, einige Teile zu übernehmen, aber ein großer Teil davon muss möglicherweise aufgegeben werden. Arduino Pro ist dazu da, dies zu ändern, indem es industrietaugliche Hardware bereitstellt, die zunächst für Prototypen verwendet wird,

dann aber als modularer Teil in die endgültige Lösung integriert und so auf dem Markt verkauft werden kann. Die Erstellung einer einzigen Firmware sowohl für den Prototyp als auch für die endgültige Lösung senkt nicht nur die Entwicklungskosten, sondern verkürzt auch die Zeit bis zur Markteinführung.

Wissen nutzbar machen

Die Mission von Arduino war es schon immer, jedem die Möglichkeit zu geben, innovativ zu sein, indem komplexe Technologien offen und einfach zu benutzen sind. Das ist mit Arduino Pro nicht anders. Das Ziel ist es, die Profis in der gleichen Weise zu befähigen, wie Arduino es für Macher, Pädagogen, Kreative und Bastler getan hat. Arduino Pro kann als eine Fortsetzung der Lernerfahrungen gesehen werden, die viele während ihrer Ausbildung gemacht haben. Alle zuvor erworbenen Kenntnisse zur Umsetzung von Projekten mit Arduino können genutzt und mit dem Wissen über die Arduino-Pro-Produkte ergänzt werden. Viele der Benutzer, die jetzt die Arduino-Pro-Infrastruktur nutzen, waren früher Maker, die ihre eigenen DIY-Lösungen entwickelt haben. Jetzt können sie dieses Wissen wiederverwenden und es in ein professionelles Umfeld in der Industrie einbringen. Das verkürzt nicht nur die Markteinführungszeit für die Entwicklung neuer Produkte, sondern führt auch zu einem minimalen Schulungsaufwand für Personen, die von der Maker- zur Pro-Produktreihe wechseln. Es bedeutet auch, dass es einfacher ist, Mitarbeiter in der Embedded-Welt einzustellen, da viele von ihnen zumindest schon mit der Arduino-Infrastruktur experimentiert haben. Durch die von der Arduino-API [1] bereitgestellte Abstraktionsebene können Sie die Bindung an einen bestimmten Hersteller vermeiden, da Ihre Software problemlos auf mehreren Zielsystemen, sogar auf Plattformen von Drittanbietern, eingesetzt werden kann. Jedes erworbene Wissen kann für diese Ziele und Anwendungen wiederverwendet werden. Und für den Fall, dass Sie keine Lösung für Ihren speziellen Anwendungsfall finden, gibt es mehr als 30 Millionen Menschen in der Arduino-Community, die Ihnen mit

ihrem gesammelten Wissen weiterhelfen können. Wenn das nicht ausreicht, hat Arduino sein eigenes Support- und Kundenerfolgsteam, das Ihnen hilft, Ihr Projekt auf den Weg zu bringen und Ihre Probleme zu lösen.

Industrietaugliche Hardware

Arduino Pro bietet eine Vielzahl von Hardware-Lösungen für alle möglichen Anwendungsfälle. Einige der Zielmärkte sind die folgenden:

- › Fertigungsmaschinen und -verfahren
- › Landwirtschaft, Bauwesen, Outdoor
- › IoT-Gebäudeautomation / Physikalische Sicherheit
- › Überwachungssysteme
- › Wearables und Light Mobile
- › Prototyping

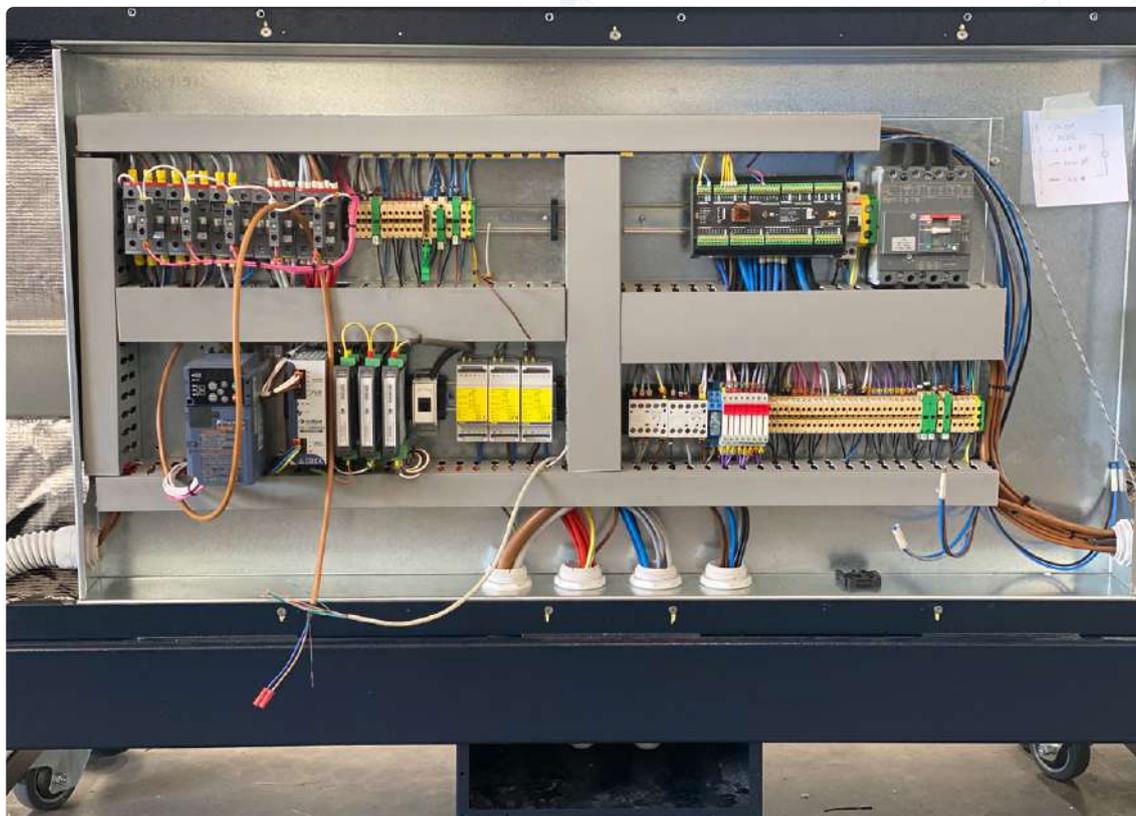
Um solche Lösungen zu realisieren, bietet Arduino Pro Hardware für Profis, aber was bedeutet das? Die Produkte von Arduino Pro sind nicht nur unter verschiedenen Labels zertifiziert, sondern entsprechen auch den Industriestandards für Temperatur- und Vibrationsbeständigkeit. Das ermöglicht den Einsatz dieser Produkte für komplexe Anwendungsfälle mit anspruchsvollen technischen Anforderungen, auch Extremsätze. Dank dieser Eigenschaften können sie in Endlösungen verwendet werden, die auf dem Markt verkauft werden sollen. Beispiele für Produkte aus der Praxis sind in **Bild 1** und **Bild 2** dargestellt.



Arduino bietet Zugang zu professionellen Entwicklungsumgebungen nicht nur für die Entwicklung Ihrer eigenen Software – mit professionellen Debugging-Tools wie Lauterbach TRACE32 GDB können Sie Fehler in komplexen Anwendungsszenarien finden. Dies ermöglicht die Entwicklung von zuverlässiger Software, die auf Ihrer Hardware stabil läuft, wenn sie auswärts eingesetzt wird. Die Arduino-Pro-Hardware ist erweiterbar, was bedeutet, dass Sie verschiedene Produkte kombinieren können, um Zugang zu noch mehr Funktionen zu erhalten. Und wenn das noch nicht genug ist, sind sie mit Hardware aus der Arduino-Maker-Produktlinie kompatibel, um die Fähigkeiten noch mehr zu erweitern.

Arduino hat sich mit Partnern wie Edge Impulse [2], OpenMV [3] und The Things Industries [4] zusammen-

▲
Bild 1. Eine von Bosch entwickelte zuverlässige, Arduino-betriebene, LoRaWAN-basierte Lösung zur Erkennung der Belegung von Parkplätzen. (Quelle: Bosch)



◀
Bild 2. Von Rinaldi Superforni gebauter intelligenter Backofen mit der Arduino-Portenta-Maschinensteuerung. (Quelle: Rinaldi Superforni)

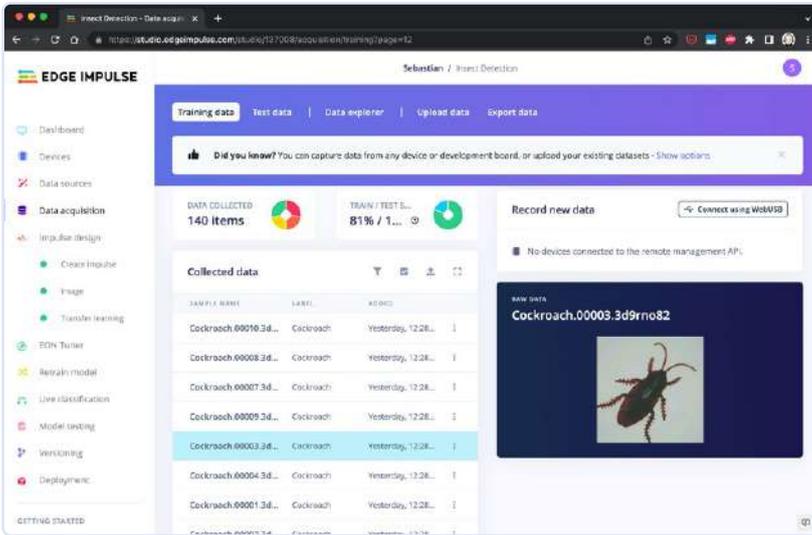


Bild 3. Datenerfassung in Edge Impulse Studio zur Erkennung von Insekten.

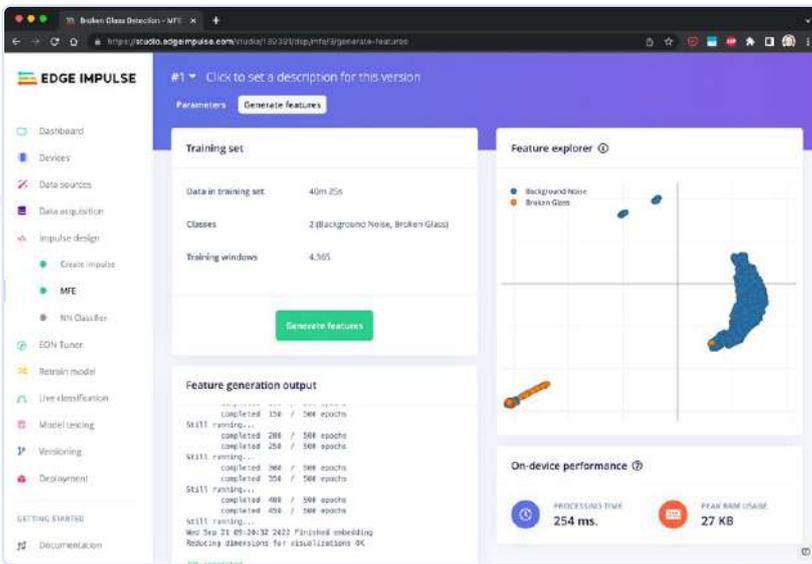


Bild 4. Feature-Generierung in Edge Impulse Studio zur Erkennung des Geräusches von zerbrochenem Glas.

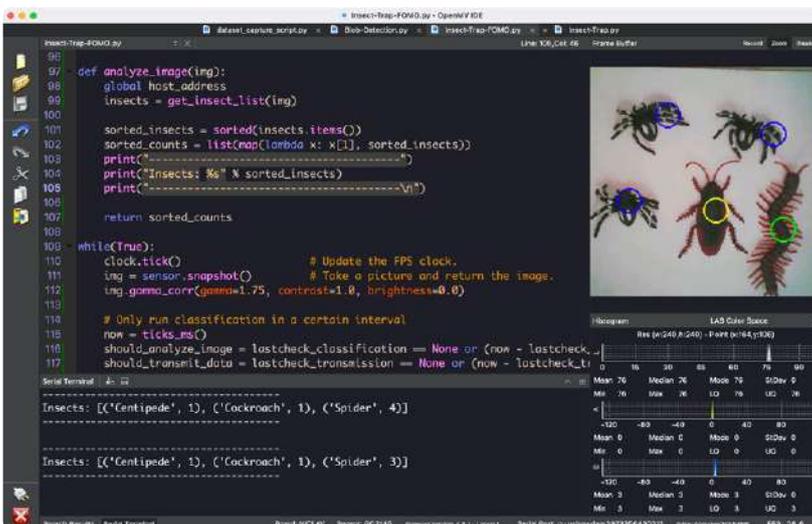


Bild 5. Erkennung von Insekten mit einem Arduino Nicla Vision Board in OpenMV mithilfe von TensorFlow Lite.

getan, um seinen Nutzern Zugang zu modernster Technologie für die Ausführung von Machine-Learning-Modellen, Machine Vision oder die Verbindung der Produkte mit der Cloud über LoRaWAN zu ermöglichen.

Die Integration mit Edge Impulse Studio macht es sehr einfach, Modelle für maschinelles Lernen zu trainieren (Bild 3 und Bild 4). So können Sie ganz einfach Bilder klassifizieren, Objekte in Bildern finden und zählen (Bild 5), Sensordaten wie von Vibrationen für die vorausschauende Wartung analysieren, IMU-Daten zum Verständnis von Bewegungen und Gesten nutzen und viele weitere Anwendungsfälle.

Da viele Arduino-Boards mehrere Sensoren integrieren (Bild 6 und Bild 7), können Sie Sensor fusion nutzen, um Ihre Machine-Learning-Modelle noch weiter zu verbessern. Durch die Kombination von Daten aus mehreren Sensoren können Sie genauere Klassifizierungen erhalten, die Umgebung besser verstehen und daraus schließen, was um die Sensoren herum geschieht. Mit der Arduino-Pro-Hardware können Sie diese Machine-Learning-Modelle sehr effizient und mit hoher Frequenz ausführen.

Die Integration von Arduino-Produkten in die OpenMV-Plattform ermöglicht es Ihnen, Machine-Vision-Algorithmen effizient auf Arduino-Hardware auszuführen. Sie können Objekte in Bildern erkennen und ihre Eigenschaften wie Form, Farbe, Ausrichtung, Entfernung und vieles mehr herausfinden. In Kombination mit maschinellem Lernen ist es so möglich, ein noch tieferes Verständnis dafür zu erlangen, welche Art von Objekten in einem Bild vorhanden sind und wie sie sich zueinander verhalten. Es ist sogar möglich, die Bewegung von Objekten zu analysieren und ihre Richtung zu bestimmen.

Die Zusammenarbeit mit The Things Industries macht es einfacher als je zuvor, Arduino-basierte Lösungen mit der Cloud zu verbinden, selbst wenn unter Edge-Bedingungen eingesetzt werden. Dies ist besonders nützlich in Gebieten ohne Mobilfunkabdeckung. Mit der LoRa-Technologie können Daten mit sehr wenig Strom übertragen werden, was bedeutet, dass die Geräte mit einer Batterie oder sogar direkt mit einem kleinen Solarpanel betrieben werden können.

All dies zusammen eröffnet eine ganze Welt intelligenter Anwendungen, um die korrekte Montage von Gegenständen auf einem Fließband zu verfolgen, Waldbrände zu erkennen, Tiere in der Wildnis zu beobachten, Maschinen intelligent zu warten, bevor sie tatsächlich ausfallen, Landwirten eine intelligente Bewässerung zu ermöglichen oder den Verkehr in einer städtischen Umgebung zu optimieren, um nur einige Beispiele zu nennen.

Komplexe Technologie leicht zugänglich

Bei fortschrittlichen Technologien muss man sich oft durch komplexe Dokumentationen und Datenblätter wühlen, um zu verstehen, wie man überhaupt anfangen kann. Wir bei Arduino sind der Meinung, dass auch die Profis eine bessere Benutzererfahrung verdienen.

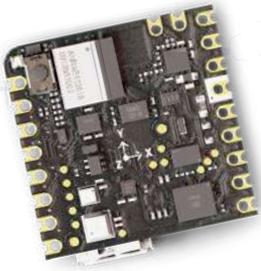


Bild 6. Arduino Nicla Sense ME mit eingebauten Sensoren zur Messung von Rotation, Beschleunigung, Druck, Feuchtigkeit, Temperatur, Luftqualität und CO₂.

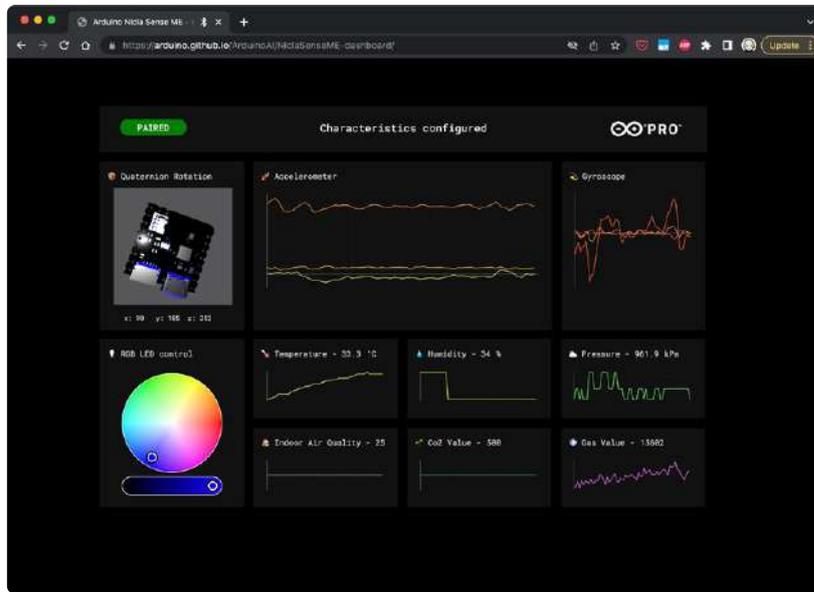


Bild 7. WebBLE-powered Dashboard mit Anzeige der Sensorwerte von Arduino Nicla Sense ME.

Aus diesem Grund bietet Arduino sinnvolle Standardkonfigurationen für alle Produkte.

So gibt es beispielsweise Standardkonfigurationen für Sensoren und Stromversorgungssteuerungen, die ohne zusätzliche Anpassungen funktionieren. Wenn Sie jedoch eine feinere Kontrolle über die Einstellungen benötigen, können Sie dazu eine Konfigurations-API verwenden. Dies ist vor allem in frühen Phasen eines Projekts nützlich, wenn Sie die Machbarkeit bewerten oder die Integration verschiedener Komponenten oder Geräte testen möchten, damit Sie sie schnell in Betrieb nehmen können. Später, wenn Sie eine funktionierende Lösung haben, können Sie tiefer in die Konfiguration der Komponenten eindringen, um sie genau so abzustimmen, wie Sie es wollen. Und da Arduino in der Regel den Quellcode der Bibliotheken und Hardware-Kerne veröffentlicht, können Sie bei Bedarf sogar auf Prozessor-Ebene Änderungen vornehmen. Falls Sie verschiedene Sensoren oder Aktoren von Drittanbietern einbinden müssen, können Sie auch das sehr einfach tun. Dank der großen Arduino-Community gibt es Treiber für alle möglichen Standard- und sogar exotischen Komponenten, die als Arduino-Bibliotheken verfügbar sind und ohne jegliche Modifikation verwendet werden können. Alles, was Sie tun müssen, ist es, die Bibliotheken über die Arduino-IDE oder die Befehlszeile zu installieren, und schon können Sie loslegen.

Professionelle IoT-Lösungen

Die Skalierung von Lösungen in der Welt des IoT ist eine große Herausforderung, denn entweder ist die Einrichtung sehr komplex, die Stabilität nicht ideal oder die Wartung schwer durchzuführen. Arduino hat eine Lösung für dieses Problem. Sie heißt Arduino Cloud und wird mit einer professionellen Stufe für alle Ihre Geschäftsanforderungen angeboten. Sie ermöglicht Ihnen den Zugriff auf Sensordaten, wo auch immer sie gesammelt werden, und erlaubt Ihnen die Fernsteuerung jedes erdenklichen Geräts, solange es mit Arduino-Hardware verbunden werden kann.

Für hohe Sicherheitsanforderungen hat Arduino speziell eine Hardware-Lösung entwickelt. Ihre Verbindung

ist sicher und kann nicht kompromittiert werden, da die geheimen Daten in einem speziellen Chip gespeichert sind. Um die Sicherheit auf Anwendungsebene zu gewährleisten, hat Arduino vor kurzem eine rollenbasierte Zugriffskontrolle auf die Cloud-Projekte eingeführt, sodass Sie genau festlegen können, wer Zugriff auf was haben soll.

Wenn Sie IoT-Lösungen auf einer Vielzahl von Geräten einsetzen, ist es sehr wahrscheinlich, dass Sie entweder die Anwendungslogik, das Betriebssystem (falls zutreffend) oder beides regelmäßig aktualisieren möchten. Für die fortschrittlichsten Anwendungsfälle hat Arduino kürzlich das Portenta-X8-Board auf den Markt gebracht, das eine Yocto-Schicht als Linux-Basis für das Betriebssystem verwendet. Die Anwendungsschicht besteht aus Docker-Containern, die einzeln auf einfache und sichere Weise aktualisiert werden können. Um diesen Prozess zu vereinfachen und zu automatisieren, hat sich Arduino mit Foundries.io [5] zusammengetan, um ein Flottenmanagementsystem bereitzustellen, mit dem dies ein Kinderspiel ist. Bei alternativen Lösungen, die das Betriebssystem mit der Anwendungslogik verschmelzen, gab es in der Vergangenheit Probleme mit fehlgeschlagenen Updates, die das gesamte System instabil machten. Die Aufteilung von Betriebssystem und Anwendungslogik vermeidet dieses Problem von vornherein.

Um die Konfiguration und Einrichtung der Geräte, die mit der Arduino-Cloud verwendet werden sollen, weiter zu vereinfachen, hat Arduino kürzlich die Arduino Cloud CLI eingeführt. Dabei handelt es sich um ein Befehlszeilen-Tool, mit dem Sie Vorlagen verwenden können, um „Things“ (IoT-Datencontainer) und Dashboards sehr effizient einzurichten. Wenn Sie zum Beispiel eine Vielzahl von Sensorknoten haben, die die gleiche Art von Daten sammeln sollen, müssen Sie sie auf die gleiche Weise konfigurieren. In diesem Fall genügt es, eine Vorlage mit allen Variablen zu definieren, die ausgefüllt werden sollen (**Bild 8**), und sie so oft wie nötig einzusetzen, wobei jedes der Geräte dem entsprechenden Thing zugewiesen wird. Um alle von den Sensorgeräten empfangenen Daten zu visualisieren, können Sie ein Dashboard aus einer Vorlage

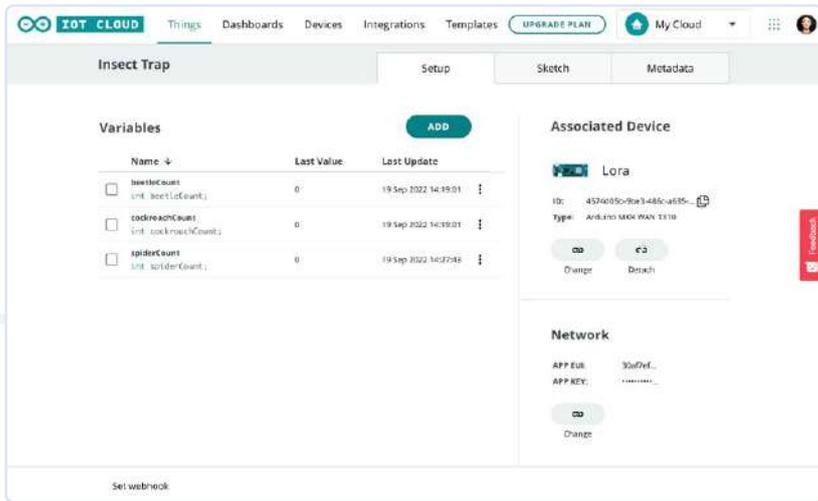


Bild 8. Beispiel für die Einrichtung der Arduino IoT-Cloud „Things“.

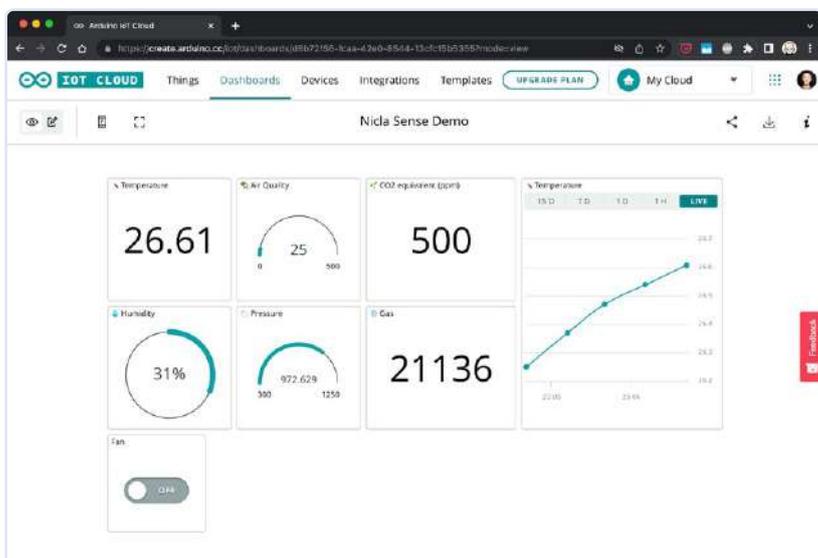
erstellen und es einfach mit den zuvor erstellten Things verbinden (Bild 9). Dieser Ansatz macht es sehr einfach, Ihr IoT-Projekt zu skalieren, sobald Sie vom Prototyping zur Bereitstellung in der Produktion übergehen.

Geringe Leistung

Vor allem für Lösungen, die an Orten ohne direkten Zugang zu Elektrizität eingesetzt werden, ist ein niedriger Stromverbrauch ein wichtiges Thema. Ein Sensor-knoten, der an einem schwer zugänglichen Ort installiert ist, zum Beispiel auf einem Baum oder in der Erde vergraben, muss monatelang oder sogar jahrelang mit einer Batterie betrieben werden. Daher ist es wichtig, so wenig Strom wie möglich zu verbrauchen.

Arduino Pro legt den Schwerpunkt auf stromsparende Komponenten sowie auf Software, die stromsparende Anwendungen zu ermöglicht. Ein Board kann in den Ruhezustand versetzt werden, bis ein Ereignis eintritt, das für die Anwendung relevant ist. Während dieser Zeit stellen alle Komponenten ihre Arbeit ein, um Energie zu sparen. Das Portenta Vision Shield verfügt zum Beispiel über eine stromsparende Kamera mit Bewegungserkennung. Wenn im Sichtfeld der Kamera eine Aktivität statt-

Bild 9. Dashboard der Arduino IoT-Cloud mit Anzeige der Sensorwerte von Nicla Sense ME.



findet, kann sie die anderen Komponenten aufwecken, um die Bilddaten zu verarbeiten. Dies kann bedeuten, dass die MCU aufgeweckt wird, um ein maschinelles Lernmodell auf der Grundlage eines von der Kamera aufgenommenen Bildes auszuführen, um das Objekt im Kamerabild zu klassifizieren, und dass das LoRa-Modul aufgeweckt wird, das diese Daten dann energieeffizient an die Cloud sendet. In diesem Beispiel wird die Machine-Learning-Inferenz auf dem Gerät ausgeführt. Daher müssen nur wenige Daten (also das Ergebnis der Inferenz) übertragen werden. Und dies wiederum spart Energie. Solche stromsparenden Lösungen können lange Zeit mit einer Batterie betrieben werden. Bei Bedarf kann die Batterie mithilfe der eingebauten Ladeschaltung aufgeladen werden, zum Beispiel über ein Solarpanel. ◀

(220552)WdH

Über den Autor

Sebastian Romero, Head of Content bei Arduino, ist ein Interaktionsdesigner, Pädagoge und kreativer Technologie mit einer Schwäche für Menschen. Mit seinem Team ist er dafür verantwortlich, spannende Lernerfahrungen zu schaffen, die Millionen von Ingenieuren, Entwicklern, Künstlern, Hobby-Makern und Studenten helfen, innovativ zu sein.



Passende Produkte

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

WEBLINKS

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



Intelligente Backöfen der nächsten Generation

Vom Arduino Pro Team

Wie eine starke Partnerschaft und die Arduino-Portenta-Maschinensteuerung Rinaldi Superforni dazu brachte, das Geschäft zu revolutionieren.

Die Aufgabe

Rinaldi Superforni wurde 1946 gegründet und ist heute einer der größten italienischen Hersteller professioneller Öfen für Pizzerien, Konditoreien und Bäckereien. Das von den drei Enkeln des Gründers geleitete Unternehmen sucht ständig nach neuen Wegen, um die Marktpositionierung seiner Produkte als technologisch fortschrittlichste und leistungsfähigste Lösungen für immer anspruchsvollere Benutzer zu stärken.

Produktionsorientiert und wagemutig beschlossen sie, eine Partnerschaft mit Arduino einzugehen, um eine Lösung für ihre Öfen zu entwickeln, um diese wirklich „intelligent“ zu machen. Nach einigen Monaten gemeinsamer Arbeit hatten wir die Portenta-Maschinensteuerung perfektioniert und es der Firma ermöglicht, ein neues und aufregendes Geschäftsmodell zu entwickeln.



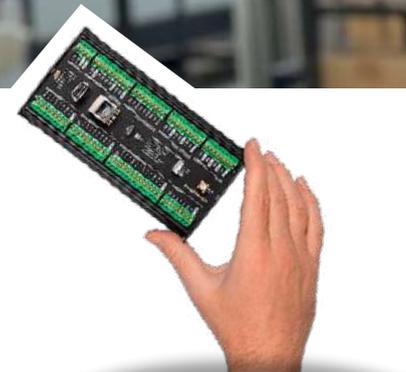
Sehen Sie sich das Interview mit Rinaldi Superforni an: <https://youtu.be/u5LHZVKXITY>

Unsere Lösung

Die Firma Rinaldi Superforni hat **Portenta Machine Control (PMC)** von Arduino in seine Backöfen integriert, um eine bessere Benutzererfahrung und einen besseren Kundenservice zu bieten und gleichzeitig Vielseitigkeit und Unabhängigkeit zu steigern.

Die Integration der PMC in professionelle Geräte bedeutet, dass Rinaldi Superforni nun den Kunden:

- > die Möglichkeit gibt, sich „aus der Ferne“ mit den Backöfen zu verbinden: Bäcker können schon auf dem Weg zur Arbeit den Ofen vorheizen oder sich benachrichtigen lassen, wenn die Sauerteigmaschine am Wochenende wegen eines Stromausfalls nicht funktionierte.
- > einen hervorragenden Wartungsservice bietet: Ein verschlissenes Bauteil kann automatisch erkannt werden, so dass ein Vorschlag für eine vorbeugende Wartung ausgelöst wird. Der technische Kundendienst kann das Produkt aus der Ferne überprüfen und eine Rückmeldung geben oder sogar eine Fernwartung der Software aus der Ferne durchführen.
- > durch das Sammeln von Daten des Benutzerverhaltens ständig verbesserte Geräte anzubieten. Ein vernetztes Gerät bietet unendlich viele Möglichkeiten, mehr über Gewohnheiten, Nutzung, Vorlieben und andere Sachen herauszufinden - alles wertvolle Informationen für die Entwicklung neuer Modelle und Innovationen, die das Leben der Kunden verbessern.
- > ein völlig geändertes Geschäftsmodell zu ermöglichen: Nutzungsbasierte Mietverträge sind dank der Fähigkeit der Produkte, Daten zu speichern und zu übermitteln, möglich und einfach zu handhaben.



Arduino PRO Portenta Board.

Wie die meisten Hersteller produziert das Unternehmen eine Vielzahl verschiedener Backofenmodelle - vom industriellen Tunnelofen bis hin zu kleineren professionellen Geräten für die Gastronomie. Die PMC kann in allen Bereichen eingesetzt werden, indem man sie einfach auf unterschiedliche Weise programmiert. Vielseitigkeit bedeutet, dass der Kunde für alle Produkte nur eine Hardware und nur einen Ausrüster benötigt. Außerdem hat Rinaldi Superforni durch das Testen und Entwickeln seiner Lösung mit Arduino das Know-how und die Möglichkeit erworben, seine Produkte selbstständig zu programmieren und zu verwalten. Wenn die Firma sich für einen Wechsel entscheidet, fallen keine Umstellungskosten an: Die PMC gibt ihr die Freiheit und Unabhängigkeit, die sie braucht. ◀

„Die Einführung der Portenta-Maschinensteuerung revolutioniert die Art und Weise, wie wir unsere Produkte verkaufen. Einige unserer neuen Modelle werden nicht mehr als einfache und statische Maschinen, sondern als dynamischer Service verkauft.“

Matteo Nicosi,
Leiter der Abteilung Forschung und Entwicklung bei Rinaldi Superforni

(220404-02)RG



Passendes Produkt

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

Tagvance sorgt mit Arduino für sicherere Baustellen

Vom Arduino Pro Team

Verbessern Sie Betriebseffizienz, Kapazitätsauslastung und Arbeitssicherheit in der Schwerindustrie mit einem stets aktuellen digitalen Dashboard.

Die Aufgabe

Eine Baustelle ist ein gefährlicher Ort, und die immer strengeren Arbeitssicherheitsvorschriften spiegeln die Notwendigkeit wider, Risiken zu minimieren, machen aber auch die Arbeit der für Umwelt, Gesundheit und Sicherheit zuständigen HSE-Manager immer schwieriger.

Sich auf manuelle Personenzählungen, die ständige Aktualisierung von Anlagenprotokollen und selbst die einfache Überprüfung, ob alle Mitarbeiter bei Schichtbeginn die richtige Schutzausrüstung tragen, zu verlassen, ist zeitaufwändig und, was schlimmster ist, nicht unbedingt ausreichend, um die Sicherheit von Mensch und Gut zu gewährleisten.

Wie wäre es, wenn Sie für weniger Unfälle sorgen, die Betriebskosten senken und gleichzeitig die Kapazitätsauslastung optimieren könnten? Tagvance macht genau das. Das in Singapur ansässige Innovations-Startup nutzt modernste Technik, um Kunden aus der Schwerindustrie, die den Status und den Standort von Arbeitern und Anlagen in komplexen Umgebungen wie Logistikzentren, Werften und Baustellen überwachen wollen, Echtzeitdaten und automatisierte Berichtslösungen anzubieten.



Sehen Sie sich das Tagvance-Interview an:
<https://youtu.be/SnsL6budrUw>

Unsere Lösung

Das System von Tagvance sammelt mit den winzigen **Nicla Sense ME** in den Helmen der Arbeiter eine Vielzahl von Umweltdaten und bietet auch Echtzeit-Lokalisierung über tragbare Tags.

Bewegungssensoren wie Beschleunigungsmesser, Gyroskope und Magnetometer werden in Verbindung mit der Höhenmessung durch ein Barometer verwendet, um die Aktivität des Arbeiters einzuschätzen und zu erkennen, ob er beispielsweise Gefahr läuft, aus der Höhe zu fallen. Intelligente Kameras werden eingesetzt, um die Einhaltung von Sicherheitsvorschriften zu überprüfen. Sogar Audiosensoren werden eingesetzt, um Geräusche von Geräten und Anlagen zu detektieren. IoT-Knoten und tragbare Tags, die auf Mikrocontrollern laufen, nutzen Sensorfusion mit TinyML, um aus den gesammelten Daten, die mit der Positionsortung über Bluetooth-Low-Energy abgeglichen werden, zu schlussfolgern, was im Werk oder auf der Baustelle vor sich geht. Diese schlussgefolgerten Daten können dann über LoRa-Funk kilometerweit zurückgesendet werden, so dass die Protokolle in der Cloud mit Arbeitsgenehmigungen, Sperrzonen und Stundenzetteln aus ERP-Pipelines (Enterprise Resource Planning) abgeglichen werden können. In Sekundenschnelle wird ein visuelles Dashboard erstellt, das in einer vollständig digitalen Karte Standorte, „Beinaheunfälle“, ungewöhnliche Vorfälle und Metriken die Situation genau darstellt. Tagvance hat dafür gesorgt, dass das System auch in Innenräumen zuverlässig funktioniert, wo Interferenzen und physische Hindernisse eine direkte Sichtverbindung zu Personen und Anlagen be- oder verhindern können: Die IoT-Knoten sind über den Überwachungsbereich verteilt und profitieren von der großen Reichweite, der tiefen Durchdringung und der hohen Robustheit von LoRa, während TinyML es ermöglicht, die Ergebnisse in kleinen Paketen, die keine kontinuierliche Übertragungsband-

breite benötigen, an das Backoffice zu senden. Nicht zuletzt ermöglichen die stromsparenden Komponenten eine Betriebsdauer der Tags von mehreren Jahren.

Der offene Ansatz von Arduino und das wachsende Ökosystem solcher Produkte ermöglichen es Unternehmen wie Tagvance, eine Vielzahl von verschiedenen Tools zu kombinieren, um eine Lösung zu optimieren, in diesem Fall ein Hardwaresystem, das auf den folgenden Arduino-Pro-Komponenten basiert:

- Portenta-H7-basierte IoT-Knoten sammeln Informationen über Bluetooth-Low-Energy. Die Informationen werden mit Hilfe des Portenta Vision Shields über LoRa an AWS- und SAP-Cloud-Dienste gesendet.
- Die integrierten Kameras des Portenta Vision Shield speisen Daten in Computer-Vision-Modelle ein, die darauf trainiert sind, zum Beispiel fehlende Sicherheitsnetze und falsche Schutzplanken zu erkennen.
- Winzige, aber leistungsstarke und vielseitige Nicla Sense ME werden in die Helme der Arbeiter eingebaut, um über die Bluetooth-Signalstärke den Standort zu ermitteln.

Die Software bietet einen Programmier-Stack mit einer interessanten technologischen Mischung mit der OpenMV-IDE, um MicroPython unter Verwendung von Portenta Vision Shield auszuführen, der Arduino-IDE, um Sketches auf die Nicla Sense ME hochzuladen und Edge Impulse, um alle Daten der verschiedenen Sensoren in TinyML zusammenzuführen. ◀

(220403-02)RG



Passendes Produkt

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

Santagostino atmet auf!

mit einer Fernüberwachung,
die KI für vorausschauende Wartung nutzt

Vom Arduino Pro Team

Hier sehen wir den **Arduino Nano RP2040 Connect** als Herzstück einer zuverlässigen, kosteneffektiven und flexiblen Lösung, die eine optimale HLK-Leistung (Heizung, Lüftung, Klimatechnik) in einem Netzwerk medizinischer Einrichtungen garantiert.

Die Aufgabe

Eine modulare, skalierbare Überwachungslösung zur ständigen und automatischen Überprüfung des ordnungsgemäßen Betriebs der Belüftung: der Schlüssel zur optimalen Luftqualität in medizinischen Einrichtungen.

Mit einem Team von 200 Mitarbeitern und 1.200 Ärzten betreibt Santagostino ein Netzwerk von 35 medizinischen Zentren in Italien, hauptsächlich in Mailand, Rom und Bologna. Etwas mehr als ein Jahrzehnt nach der Gründung ist Santagostino in der Lage, eine breite Palette von diagnostischen Tests und Verfahren anzubieten. Aber die vielleicht grundlegende Dienstleistung, die Santagostino erbringen muss, ist es, eine komfortable und sichere Umgebung für die Tausenden von Patienten zu schaffen, die in die Einrichtungen kommen.

Klimatisierung und Belüftung spielen dabei seit jeher eine wichtige Rolle: Während den meisten von uns erst in der Pandemie der Bedeutung einer guten Luftqualität bewusst geworden ist, hat die Abteilung Engineering & Technical bei Santagostino schon immer hart daran gearbeitet, den ordnungsgemäßen Betrieb der HLK-Systeme sicherzustellen.

Die Herausforderung? Mitarbeiter und Kunden bemerkten zwar schnell, wenn die Heizung oder die Klimaanlage die Temperatur nicht richtig regulierte, aber es konnte Tage oder sogar Wochen dauern, bis ein Techniker bei einer Routinekontrolle vor Ort eine Störung der mechanischen Belüftung feststellte und behob.

Das Unternehmen suchte daher nach einer 24/7-Fernüberwachungslösung, die zudem modular und skalierbar sein musste, um der Vielzahl der in den Zentren installierten HLK-Systeme zu genügen.

Unsere Lösung

Santagostino entwickelte intern eine **Arduino-basierte Lösung zur Überwachung von HLK-Systemen an den 35 Standorten in Italien, die KI-Daten zur Erkennung, ja, sogar zur Vorhersage und Vorbeugung von Fehlfunktionen liefert.**



Sehen Sie sich das Santagostino-Interview an:
<https://youtu.be/S6bcF-9wTxS>.



Der **Arduino Nano RP2040 Connect**, sicher verpackt in einem 3D-gedruckten Gehäuse, wurde in Wärmepumpen, Klimaanlage und mechanischen Lüftungssystemen installiert. Unabhängig vom Typ, der Marke und dem Modell an der jeweiligen medizinischen Einrichtung konnte die Installation problemlos durchgeführt werden, ohne dass externe Spezialisten hinzugezogen oder die Geräte so verändert werden mussten, dass ihre Garantie erloschen wäre.

Die winzige, leistungsstarke und zuverlässige Arduino-Nano-Familie eignet sich perfekt für Wearables, Drohnen, wissenschaftliche Experimente und jede andere IoT/KI-Lösung,

bei der die Größe, aber nicht die Leistung reduziert werden muss.



Die Boards der Arduino-Nano-Familie und die dazugehörige Carrier-Platine.

Santagostino hat sich für den **Arduino Nano RP2040 Connect** entschieden, weil dieser sowohl ein WLAN-Modul als auch einen hochwertigen Beschleunigungsmesser enthält und sich gleichzeitig durch einen extrem kompakten Formfaktor und einen wettbewerbsfähigen Preis auszeichnet.

Darüber hinaus ist sein ARM-Prozessor in der Lage, Daten in einer Santagostino-Einrichtung zu sammeln, sie an die Edge-Impulse-Plattform zu senden und den ML-Algorithmus auszuführen, der den Betriebsstatus der Systeme autonom liest und interpretiert. ◀

(220402-02)RG

„Unsere Lösung ist sehr einfach, aber nicht naheliegend. Mit dem Arduino konnten wir sie auf jede Art von HLK-System anwenden - ob analog oder digital, von jeder Marke.“

Andrea Codini, Technischer Direktor bei Santagostino



Passendes Produkt

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

Höchste Sicherheit mit der MKR-basierten Lösung von RIoT Secure

Vom Arduino Pro Team

Die Open-Source-Produkte von Arduino bilden den Kern eines soliden Schutzes vor Hackerangriffen und Cyber-Risiken auf Flughäfen.

Die Herausforderung

Auf Flughäfen wird Sicherheit ganz groß geschrieben: Strenge Regeln müssen strikt befolgt werden - aber auch bei Bedarf schnell aktualisiert werden, ohne dabei neue Schwachstellen zu schaffen.

Das in Stockholm ansässige Unternehmen RIoT Secure (<http://riotsecure.se>) wurde gegründet, um die aktuellen und potenziellen Sicherheitsrisiken anzugehen, die Milliarden von mit dem Internet verbundenen Objekten im sich in einem der am stärksten wachsenden Trends unserer Zeit, dem Internet of Things verursachen. Die Zusammenarbeit mit der Bodenabfertigung von SAS (Scandinavian Airlines) war ein ideales Projekt mit hohen Anforderungen, um zu beweisen, dass Sicherheit in den Kern jeglicher IoT-Lösung integriert werden kann.

Auf Flughäfen werden Servicefahrzeuge nachverfolgt, sowohl zu Abrechnungszwecken als auch um die Einhaltung von sich ständig weiterentwickelnden Sicherheitsprotokollen zu überprüfen. So müssen beispielsweise die Grenzen des Geo-Fencing in Echtzeit überprüft werden, um zu verhindern, dass jemand eine verbotene Zonen betritt, und das Personal muss RFID-basierte Sicherheitsausweise tragen, um Zugang zu den Geräten zu erhalten und diese zu bedienen.

Bei der Entwicklung einer neuen Lösung musste RIoT Secure daher sicherstellen, dass die gesamte Netzwerkkommunikation sicher ist und Firmware-Updates sofort und über die Fahrzeugflotte hinweg over-the-air durchgeführt werden können.

Unsere Lösung

RIoT Secure entwickelte eine sichere Plattform zur Verwaltung der Geräte-Nutzungsdauer auf der Grundlage von Arduino-MKR-Boards für die Kommunikation und Over-the-Air-Updates, die speziell auf ressourcenbeschränkte Mikrocontroller ausgerichtet sind.



RIoT Secure: Secure Device Lifecycle Management mit Arduino. Sehen Sie ein Gespräch mit Aaron Ardiri von RIoT Secure: <https://youtu.be/RPUgTsawp5E>

Die MKR-Familie von Arduino wurde aufgrund ihres modularen Ansatzes ausgewählt und weil sie sowohl WLAN-, 3G- und NB-IoT-Konnektivität als auch ein Secure-Element bietet; eine hervorragende Grundlage für die Netzwerkfreiheit der Plattform.

RIoT Secure hat die Netzwerkbibliotheken, die der FreeRTOS-Firmware (zur Unterstützung von Multithreading) zugrunde liegen, hinsichtlich der Sicherheitsanforderungen neu geschrieben. Dadurch konnte eine Lösung entwickelt werden, die Folgendes gewährleistet:

- eine robuste und ausfallsichere Kommunikation
- langfristige Zuverlässigkeit der Geräte
- die Freiheit, die beste Netzwerktopologie zu wählen
- die Freiheit, den für die jeweilige Aufgabe am besten geeigneten Mikrocontroller zu verwenden
- vollständige Isolierung von Hackerangriffen, Minimierung von Sicherheitslücken



MKR-Boards von Arduino.

Während Updates durch die Verwendung der Arduino-IDE und der Lifecycle-Management-Plattform von RIoT Secure unglaublich einfach sind, ist die Lösung dank ihrer Flexibilität zukunftssicher und bietet die Freiheit, das Arduino-MKR-Board zu aktualisieren oder zu ersetzen, wenn sich die Technik weiterentwickelt, unabhängig von der Firmware-Entwicklung.

Die Lifecycle-Management-Plattform von RIoT Secure ist von der Firma Ingwaz lizenziert, die die Geschäftsbeziehung zu SAS Ground Handling unterhält. Ingwaz ist ein von EIT Digital mitbegründetes Unternehmen, das bahnbrechende Technologien für die Digitalisierung in Europa unterstützt und vorantreibt. ◀

(220401-02)RG

„SAS Ground Handling hat nun erreicht, dass ihre Geräte sicher mit der Cloud verbunden sind und dass die „at the edge“ implementierten Sicherheits- und Schutzprotokolle in Sekundenschnelle verbessert werden können.“ - Aaron Ardiri, Geschäftsführer von RIoT Secure



Passende Produkte

- **Arduino-MKR-Familie**
www.elektormagazine.de/arduino-mkr-family www.arduino.cc/en/hardware#mkr-family

Eine neue Generation des Wassermanagements mit Open-Source

Vom Arduino Pro Team

Wie die intelligente Bewässerung dank der Zusammenarbeit von Challenge Agriculture und Arduino einen Sprung nach vorne gemacht hat.

Die Herausforderung

Die Welt der Landwirtschaft verändert sich in immer schnellerem Tempo. Um das Bewässerungsmanagement zu optimieren, hat sich die Firma Challenge Agriculture der Innovation verschrieben.

Das Unternehmen hat in den letzten 35 Jahren seine agronomischen, ökologischen und ökonomischen Fähigkeiten genutzt, um das tensiometrische Bewässerungsmanagement weiter zu entwickeln. Vor etwa zehn Jahren erkannte Xavier Eftimakis, Geschäftsführer des Unternehmens, dass ein leistungsfähigeres Instrument zur Beobachtung des Bodens und zur Überwachung der Bewässerung benötigt würde, um optimale Erträge zu erzielen, Wasser zu sparen und die Qualität der Felder zu erhalten. Er beschloss, in die Entwicklung eines eigenen Geräts für Challenge Agriculture zu investieren: das **R2-DX**, inspiriert durch Praxiserfahrungen und Open-Source-Elektronik. Doch angesichts der zahlreichen Entwicklungen in der Agrarindustrie und der immer drängenderen Umweltprobleme war es für Eftimakis an der Zeit, einen weiteren Schritt nach vorn zu machen.



„Mein schlauer Cousin Mike Eftimakis nutzte bereits den Arduino, und ich habe das Open-Source-Konzept immer geliebt: Es ist die Philosophie, der ich folge, wenn ich meine Erfahrungen in der Agronomie teile. Mein Sohn Marc ist Entwickler und hat sich dem Projekt ebenfalls angeschlossen. Mit der Hilfe von Arduino haben wir effizient zusammengearbeitet, um unser Board zu bauen.“ - Xavier Eftimakis, Gründer und CEO von Challenge Agriculture

Unsere Lösung

Challenge Agriculture und Arduino haben sich zusammengetan, um Irriduo zu entwickeln, eine intelligente Lösung für die Bewässerung und viele andere Wassermanagement-Anwendungen.



Erfahren Sie mehr über Irriduo unter www.challenge-agriculture.fr/en/irriduo/

Irriduo ist ein Werkzeug für die professionelle Beobachtung des Bodens mit Hilfe der Tensiometrie, einer Technik, die allgemein zur Messung der natürlichen Spannung des Wassers im Boden verwendet wird. Seine Platine bietet genügend Eingänge, um etliche Sensoren in verschiedenen Tiefen des Bodens zu installieren, die Feuchtigkeit zu messen und eine eindeutige Echtzeit-Bilddarstellung der sich ständig ändernden Werte zu liefern. Mehrere Sensoren pro Feld liefern genaue Messwerte für sechs Erntezyklen von jeweils drei bis vier Monaten – das heißt 4.000 Messungen - oder für bis zu vier Jahren im Falle von Dauerkulturen. Die Datenerfassungs- und -verarbeitungsfunktionen von Irriduo unterstützen fundierte Entscheidungen über zu treffende Maßnahmen.

Arduino Edge Control kann für den Einsatz von KI „on the edge“ verwendet werden. Das Board kann auch mit 2G/3G/CatM1/NB-IoT-Modems, Lora-, Sigfox- und WLAN/Bluetooth-Konnektivität erweitert und über

die Arduino-Cloud oder Clouds von Drittanbietern ferngesteuert werden. Arduino Edge Control eröffnet eine unendliche Vielfalt von Anwendungen über die Landwirtschaft hinaus: Kraftwerke, Baustellen, Parkplätze und Schwimmbäder sind nur einige der möglichen Kontexte, in denen es eingesetzt werden kann. Speziell für die Präzisionslandwirtschaft kann die Arduino Edge Control:

- den Einsatz von Wasser, Dünger und Pestiziden optimieren
- die Pflanzengesundheit verbessern
- menschliche Fehler reduzieren
- Aufgaben automatisieren
- sich an die Wetterbedingungen anpassen
- Einblicke in den Zustand der Pflanzen in Echtzeit weitergeben

(220397-02)SG



Arduino Edge Control ist eine Fernüberwachungs- und -steuerungslösung, die für den Außenbereich optimiert ist. Sie kann überall platziert werden und eignet sich für Präzisionslandwirtschaft, intelligente Landwirtschaft und andere Anwendungen, die eine intelligente Steuerung an entfernten Standorten erfordern. Die Stromversorgung kann entweder über ein Solarpanel oder eine Gleichstrombuchse erfolgen.



Benötigen Sie eine ähnliche Lösung?
Interessieren Sie sich für unsere Arbeit? Kontaktieren Sie das Arduino Pro Team unter www.arduino.cc/pro/contact-us

Senso

Abholzung mit Schallanalyse aufspüren



Von Andrei Florian (Irland)

Illegaler Holzeinschlag ist in vielen Ländern ein Problem. Das Senso-Projekt ist eine mögliche Lösung. Das auf dem Arduino MKR Fox basierende Gerät alarmiert die Behörden, wenn es Geräusche einer illegalen Abholzung wahrnimmt.

Als ich nach Rumänien fuhr, um ein paar Berge zu besteigen, bemerkte ich, dass sich viele Leute über illegale Abholzung aufzuregen schienen, und ich dachte, dass ich vielleicht etwas dagegen tun könnte. Nachdem ich mich mit dem Problem befasst hatte, beschloss ich, eine Abholzung anhand der Geräusche zu erkennen, die von den Motorsägen und anderen Werkzeugen beim Fällen der Bäume erzeugt werden. Die Lösung, die ich mir ausgedacht habe, wird im Folgenden beschrieben.

Das Geräusch der Abholzung

Die Abholzung der Wälder ist eines der größten Probleme unserer Generation. Überall auf der Welt werden Wälder abgeholzt, um Platz für landwirtschaftliche Flächen und Wohnungen zu schaffen. Teile der Wälder werden in Brand gesteckt, um Platz zu schaffen, und illegaler Holzeinschlag findet auf internationaler Ebene statt. Die Abholzung steht in direktem Zusammenhang mit dem Klimawandel, da bei der Verbrennung von organischem Material große Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid freigesetzt wird.

Die Abholzung ist sowohl in Entwicklungsländern als auch in Industrieländern ein großes Problem. Rumänien ist ein gutes Beispiel dafür. Obwohl der Holzeinschlag in Rumänien geregelt ist, wird er zum Teil illegal durchgeführt. Auf Rumänien entfallen 65 % der europäischen Urwälder, die jedoch rasch verschwinden, weil sie abgeholzt werden. Der größte Teil des Holzeinschlags wird mit Kettensägen durchgeführt, die viel Lärm verursachen. Hier kommt Senso ins Spiel, ein Gerät mit geringer Stromaufnahme, dessen Schallanalysemodul verschiedene Frequenzbänder isolieren kann. Das Gerät ist so programmiert, dass es die Geräusche von Holzernemaschinen und Werkzeugen wie Kettensägen erkennt und die zuständigen Behörden alarmiert,

wenn ein solches Geräusch festgestellt wird. Alle fünfzehn Minuten werden Stichproben genommen, und wenn ein verdächtiges Geräusch erkannt wird, sendet das Gerät ein Signal an das Back-End, wo das entsprechende Gebiet auf einer Karte markiert wird.

Senso hilft also, den illegalen Holzeinschlag zu bekämpfen, da die Behörden sofort gewarnt werden, so dass sie schneller als je zuvor Maßnahmen ergreifen und sich auf die Gebiete konzentrieren können, in denen der illegale Holzeinschlag besonders auffällig ist.

Überblick über das Gerät

Ich habe den Arduino MKR Fox (**Bild 1**) für dieses Projekt (und für schon einige andere zuvor) verwendet, weil das Board sehr stromsparend ist. Es ist sehr einfach, Sigfox auf diesem Gerät einzusetzen, da es schon eingebaut ist. Die Arduino-Bibliotheken ermöglichen es dann, im Handumdrehen loszulegen.

In diesem Fall entschied ich mich allerdings, das Gerät über ein Breadboard mit Energie zu versorgen (5 V), da die angeschlossenen Module zu viel Strom verbrauchen, um sie über den MKR Fox selbst zu versorgen. Da es sich um einen Prototyp handelt, ist die Batterielebensdauer des Geräts für den praktischen Einsatz im Feld



Bild 1. Der Arduino MKR Fox ist das Herzstück dieses Projekts. (Quelle: Arduino)

Architecture

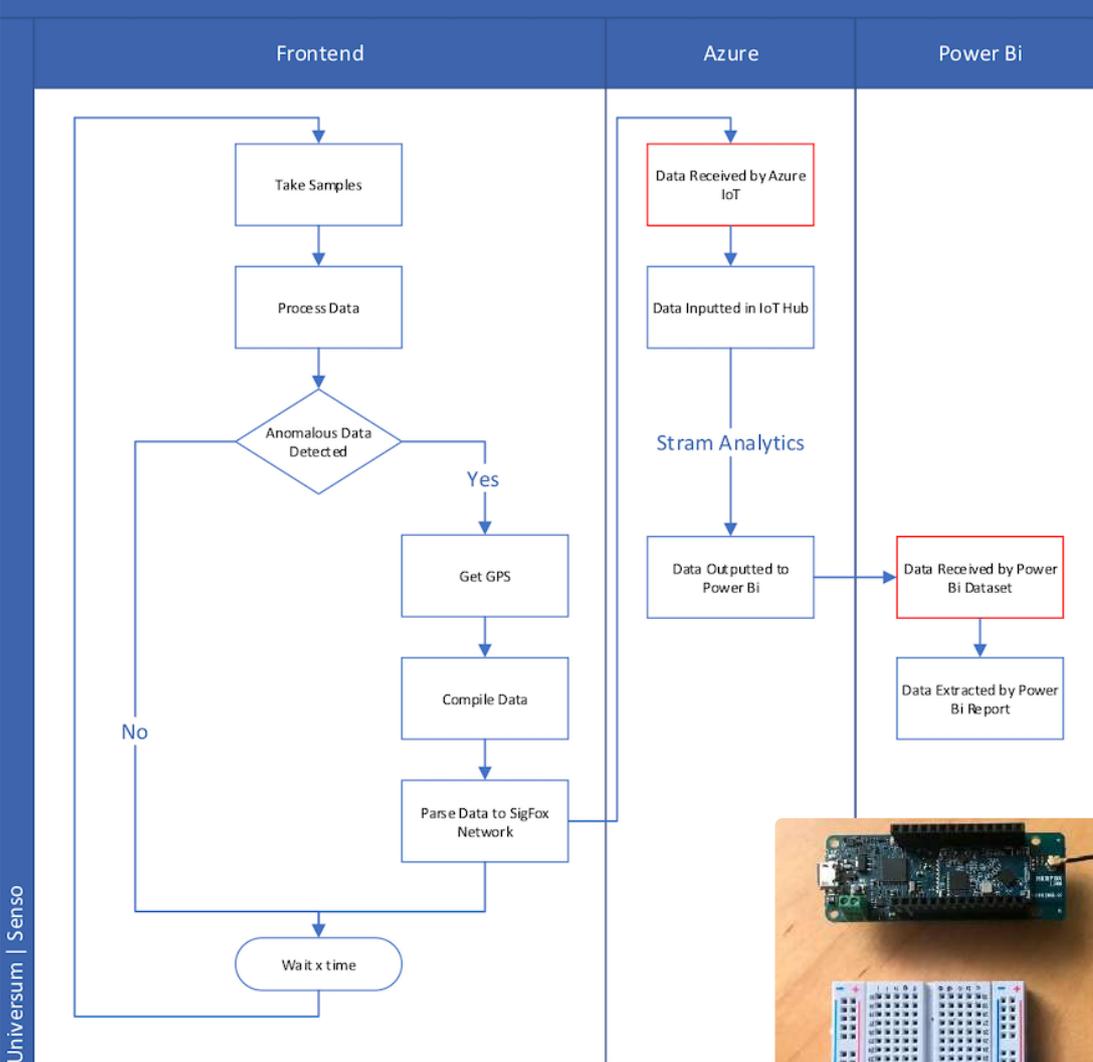


Bild 2. Die Systemarchitektur als Flussdiagramm.

(beziehungsweise im Wald) noch zu kurz. Ich arbeite zurzeit daran, die Sensoren abzuschalten, wenn sich das Gerät im Ruhezustand befindet, um Energie zu sparen.

Projektarchitektur

Das Projekt ist in ein Front-End und ein Back-End unterteilt. Das Front-End besteht aus dem Gerät im Wald, das die Geräusche aufnimmt, und das Back-End besteht aus Sigfox, Microsoft Azure und Microsoft Power BI zur Verarbeitung und Anzeige der Daten (Bild 2).

Front-End: Das Gerät wacht in regelmäßigen Abständen auf, um nach verdächtigen Geräuschen zu lauschen. Es sucht nach Aktivitäten in bestimmten Frequenzbändern, die Kettensägen und ähnlichen Werkzeugen entsprechen. Bei einer Übereinstimmung sendet das Gerät seinen Standort und den Batteriestand an die Cloud. Dann schläft es wieder ein, bis es an der Zeit ist, eine neue Sound-Stichprobe zu nehmen.

Eine interessante Funktion, die hinzugefügt werden könnte, wäre die Lagebestimmung. Mit Beschleunigungssensoren könnte das Gerät erkennen, wenn der Baum, auf dem es montiert ist, gerade gefällt wird. In diesem Fall könnte es seinen Standort etwa alle zehn Minuten an das Back-End senden, so dass die Behörden den gefällten Baum verfolgen können, während er abtransportiert wird.

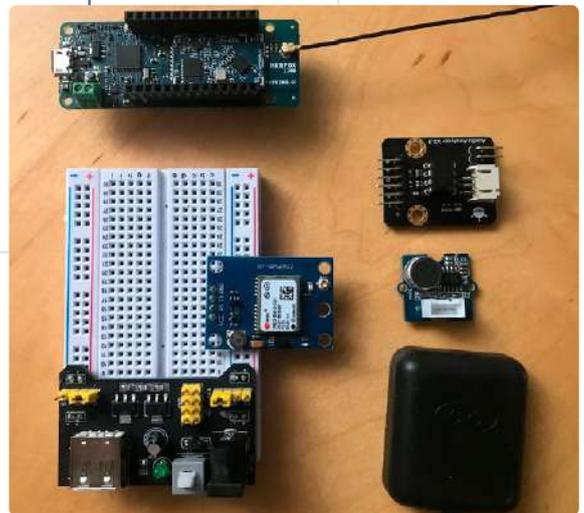


Bild 3. Die in diesem Projekt verwendeten Komponenten.

Back-End: Das vom Sensor erfasste Ereignis wird vom Sigfox-Backend empfangen, das es über eine Callback-Funktion an Azure IoT weiterleitet. Azure IoT ordnet die Daten dann einem Hub zu. Ein Daten-Streaming-Dienst fragt die Daten ab und fügt sie in ein Power-BI-Dataset ein. Schließlich extrahiert Power BI die Werte aus dem Datensatz, erstellt einen Bericht und zeigt ihn an.

Darüber hinaus könnte eine Nachrichtenapplication aufgerufen werden, um die Behörden per SMS zu benachrichtigen, sobald ein Ereignis im Back-End eingeht. So wüssten die Forstarbeiter genau, wohin sie gehen müssen, wenn ein Baum gefällt wird.

Aufbau des Projekts

Genug geredet, jetzt wollen wir das Projekt bauen. Dazu sind einige Komponenten nötig (Bild 3): ein Arduino MKR Fox-Board, ein GPS-Mo-

dul mit Antenne, eine GSM-Antenne, ein Audio-Analyzer-Modul von DFRobot und ein Mikrofon. Alle Bestandteile werden über ein Breadboard miteinander verbunden (**Bild 4**). Die Stromversorgung erfolgt über eine 9-V-Batterie und ein Netzteilmodul auf dem Breadboard, das 5 V und 3,3 V erzeugt. Achten Sie darauf, dass der Mikrocontroller über das Breadboard-Netzteil mit Strom versorgt wird.

Ich verwende ein preiswertes GPS-Modul, das ich online für 10 € gefunden habe. Es ist einfach zu bedienen, aber es dauert eine Weile, bis es sich auf Satelliten einstellt. Dabei ist eine gute Antenne hilfreich. Das Audioanalysator-Modul liefert den Schallpegel in sieben Frequenzbändern: 63 Hz, 160 Hz, 400 Hz, 1 kHz, 2,5 kHz, 6,25 kHz und 16 kHz. In ausführlichen Tests habe ich festgestellt, dass die Geräusche einer Kettensäge typischerweise in den Bereich von 2,5 kHz bis 6,25 kHz fallen. Während der Tests, bei denen aufgezeichnete Kettensägen-Geräusche abgespielt wurden, traten im 6,25-kHz-Band Spitzen auf. Ich konnte dann eine Berechnung anstellen, die verhindert, dass andere Maschinen wie Autos und natürliche Geräusche als Kettensäge interpretiert werden. Obwohl das nicht perfekt ist, leistet der Algorithmus gute Arbeit bei der Unterdrückung ähnlicher Geräusche. Der Code ist in drei Hauptabschnitte unterteilt, die im Folgenden beschrieben werden.

Geräusche abtasten und verarbeiten

Dieser Teil des Programms wird bei jedem Aufwachen des Geräts ausgeführt. Das Gerät nimmt zunächst Proben vom Schallsensor und verarbeitet dann die erfassten Daten, indem es den Wert des Zielfrequenzbandes mit den anderen Bändern vergleicht. Dies geschieht in den Codezeilen:

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

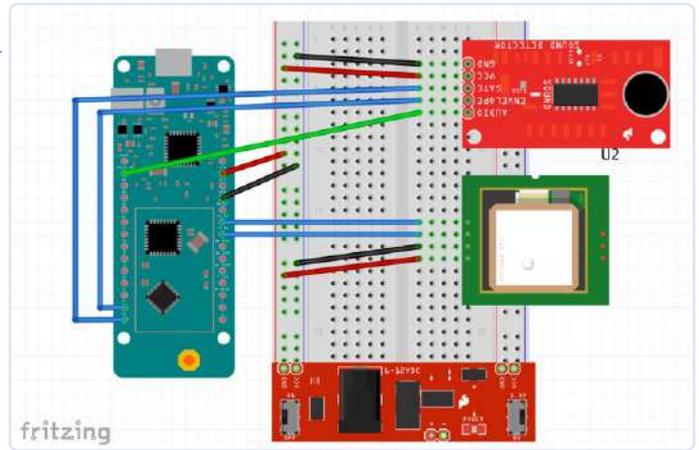


Bild 4. Verdrahtungsplan des Senso-Prototyps.

```
if (valueMean[5] > comparison) ...
```

Die Mittelwerte aller Frequenzbänder (außer dem Zielband) werden addiert und durch 1,9 geteilt. Wenn der Wert des Zielbandes größer ist als `comparison`, wird die Erkennung als positiv gewertet (**Bild 5**).

GPS-Position und Batteriestand an Sigfox senden

Die Funktion `getGPS` extrahiert die GPS-Koordinaten des Geräts und überprüft sie auf ihre Richtigkeit. Dann wird die Batteriespannung der angeschlossenen Batterie (falls vorhanden) mit der Funktion `getBatteryVoltage` gemessen und zur Datenstruktur hinzugefügt, die an die Cloud gesendet wird.

Beachten Sie, dass die Batteriespannung gleich Null ist, wenn das Arduino-Board über VIN mit Strom versorgt wird. Es muss daher über die Stromversorgungspins auf dem Breadboard mit Strom versorgt werden!

Die Funktionen `encodeData` und `sendToSigfox` kodieren die Positionsdaten und den Batteriespannungslevel im Byte-Format und senden sie an das Sigfox-Backend.

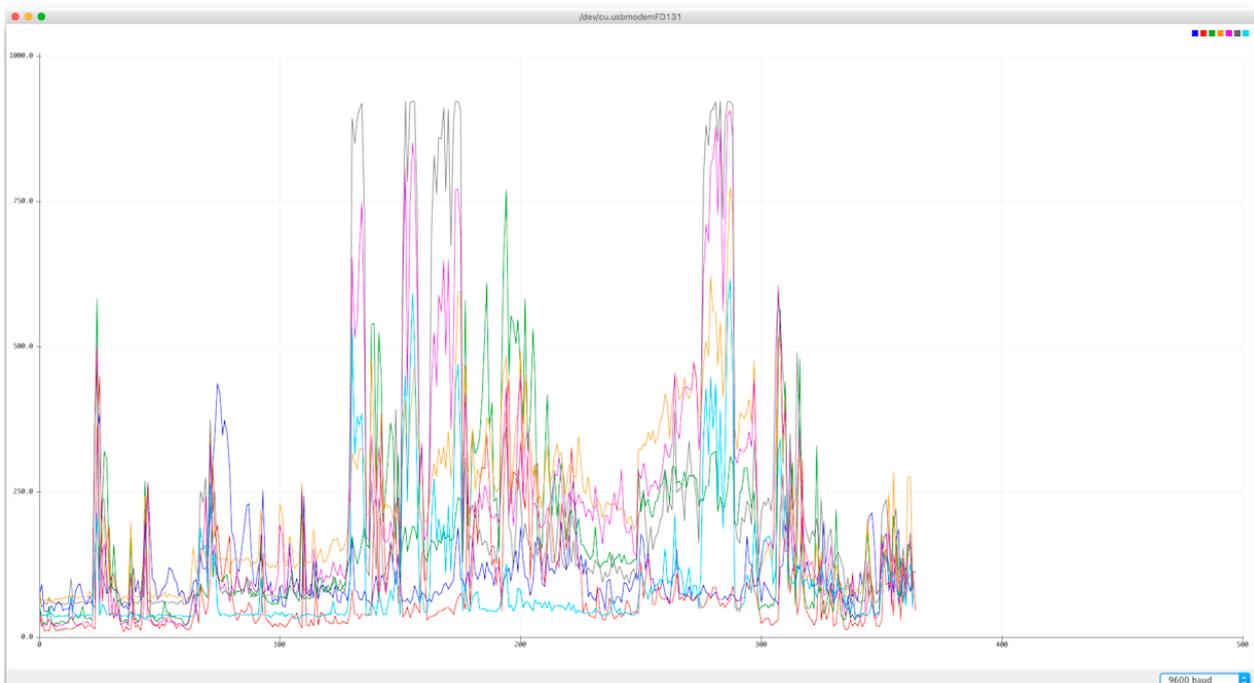


Bild 5. Schalltest. Die Spikes zeigen die Aktivität der Kettensäge an.

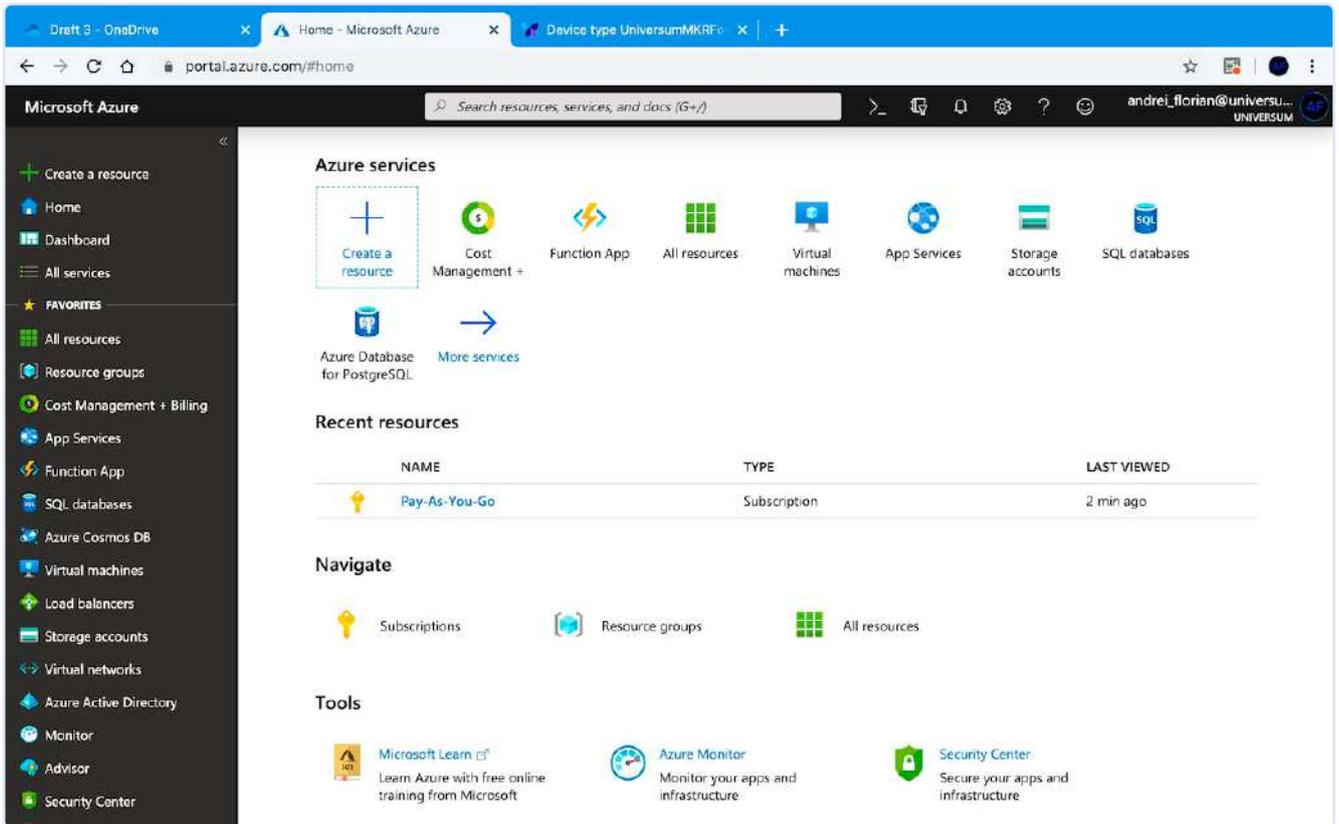


Bild 6. Der erste Schritt beim Einrichten eines Microsoft-Azure-Kontos. Neunzehn weitere Bildschirmfotos sind unter [1] verfügbar.

Konfigurieren des Programms

Es gibt zwei Konfigurationsvariablen, die angegeben werden müssen: `proDebug` - wird auf `true` gesetzt, wenn Debugging gewünscht ist. Wenn sie auf `true` gesetzt ist, muss das Gerät über eine serielle Verbindung mit einem Computer verbunden sein und der serielle Monitor der Arduino-IDE geöffnet sein, damit der Code ausgeführt werden kann. Ansonsten auf `false` setzen. `nrSamples` - definiert die Anzahl der vorzunehmenden Messungen. Jede Probe besteht aus 100 Messwerten.

Vorbereiten von Microsoft Azure

Dieses Projekt verwendet Microsoft Azure als Back-End. Es gibt jedoch ein paar Voraussetzungen:

- > Azure-Konto
- > Azure-Abonnement
- > Grundlegende Kenntnisse über die Anwendung

Zwar sagt ein Bild mehr als tausend Worte (**Bild 6**), aber wenn es sich um 20 Screenshots handelt, würde es den Rahmen sprengen. Schauen Sie deshalb auf [1], um mehr Details zu erfahren über die Einrichtung eines Azure-Kontos und des IoT-Hubs, der die vom Gerät empfangenen Daten speichert.

Vorbereiten von Sigfox

Wir müssen auch den Sigfox-Callback vorbereiten. Auch hier gibt es eine Reihe von Voraussetzungen:

- > Ein Sigfox-Backend-Konto
- > Registrierung des Geräts im Back-End

Aus den gleichen Gründen wie beim Azure-Konto finden Sie unter [1] Details zur Einrichtung eines Sigfox-Kontos (**Bild 7**). Um das Sigfox-Backend über das Format der zu sendenden Daten, drei Fließkommawerte (Breitengrad, Längengrad und Batteriestand), zu informieren, geben Sie die folgende Zeile in das Feld `custom-data-config` ein:

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

Füllen Sie dann den JSON-Body der Nachricht mit den folgenden Daten:

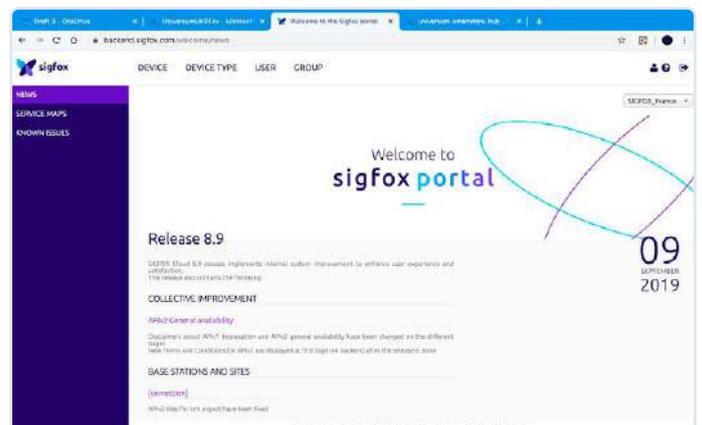


Bild 7. Das Öffnen des Sigfox-Portals ist der erste Schritt. Neun weitere Schritte finden Sie unter [1].

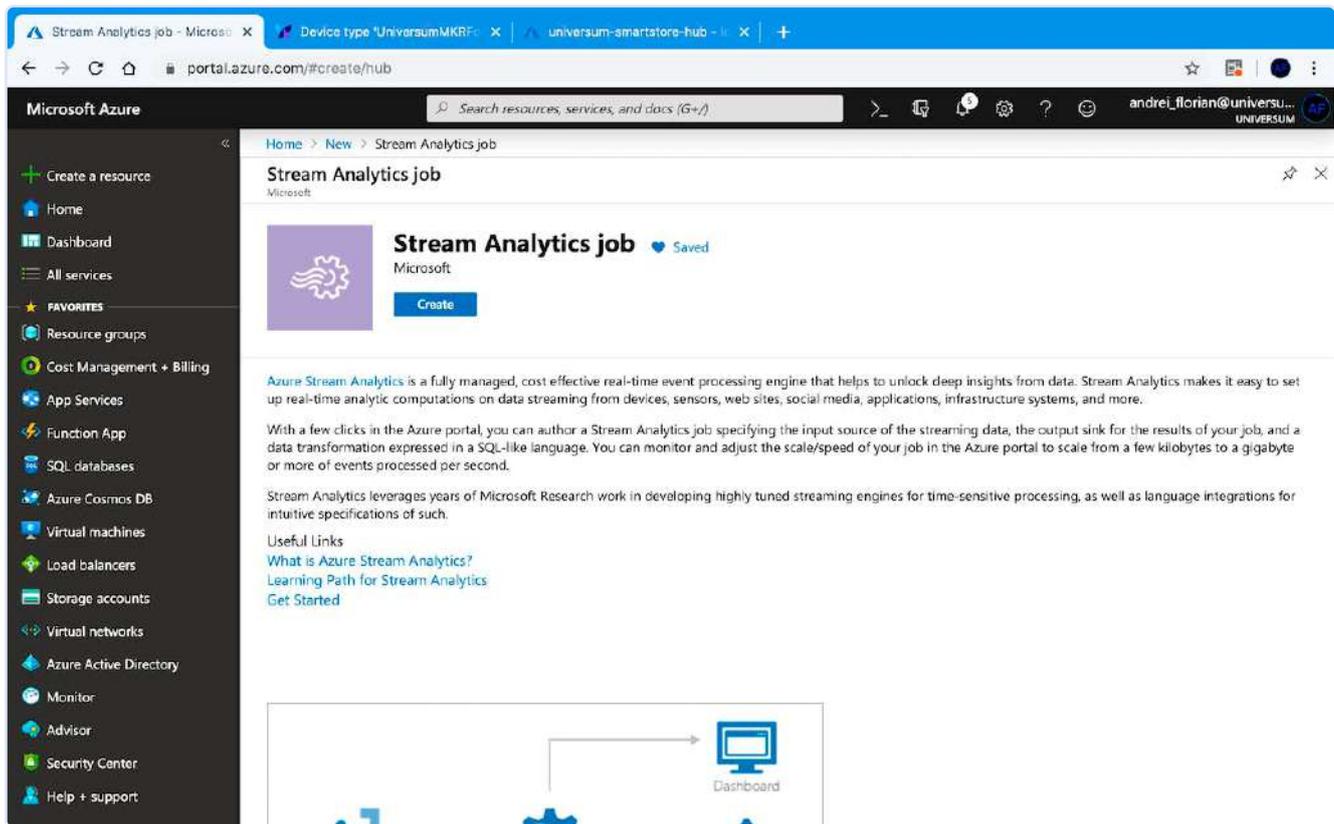


Bild 8. Konfigurieren des Stream Analytics Jobs in Microsoft Azure.

```
{
  "device" : "{device}",
  "data" : "{data}",
  "latitude" : {customData#geoLat},
  "longitude" : {customData#geoLng},
  "battery" : {customData#battery},
  "time" : {time},
  "duplicate" : {duplicate},
  "snr" : {snr},
  "station" : "{station}",
  "avgSignal" : {avgSnr},
  "lat" : {lat},
  "lng" : {lng},
  "rssi" : {rssi},
  "seqNumber" : {seqNumber}
}
```

Dies definiert die Werte, die wir an Azure weiterleiten wollen.

Einrichtung von Stream Analytics

Der nächste Schritt ist die Einrichtung des Stream-Analytics-Jobs (**Bild 8**), der Daten vom Azure-IoT-Hub abfragt und in einen Power-Bi-Datensatz überträgt. Damit dies funktioniert, müssen Sie zunächst alle oben genannten Schritte ausführen und dann unter [1] nachlesen, wie es weitergeht. In Schritt 15 müssen Sie die folgende Abfrage eingeben:

```
SELECT
latitude as latitude,
longitude as longitude,
battery as battery,
```

```
System.Timestamp AS Timestamp
INTO
[OutputToPowerBI]
FROM
[InputFromIOTHub]
```

Hochladen des Codes

Jetzt müssen wir den Code hochladen, um die Verbindung zu testen. Vergewissern Sie sich, dass der Stream-Analytics-Job läuft, und laden Sie dann den Code auf den Arduino hoch. Simulieren Sie ein Ketten-sägergeräusch auf Ihrem Handy und veranlassen Sie so den Arduino, ein Ereignis an die Cloud zu senden. Sie sollten sehen, dass sich die Graphen auf Ihrem Dashboard verschieben, nachdem Sie die Daten gesendet haben, der Beweis, dass die Daten empfangen wurden. Dann können Sie fortfahren. Wenn das Ereignis in keinem der Diagramme angezeigt wird, sollten Sie mit der Fehlersuche beim Sigfox-Backend beginnen und sich dann zu Azure vorarbeiten.

Einrichten von Microsoft Power BI

Wir werden nun Microsoft Power BI einrichten (**Bild 9**), um unsere Daten zu visualisieren. Beachten Sie, dass für die Zuweisung eines Power BI-Abonnements bei Microsoft ein Geschäftskonto erforderlich ist. Hoffentlich haben Sie Zugang zu einem solchen, andernfalls gibt es zahlreiche Alternativen, die Sie verwenden können. Die Voraussetzungen sind:

- Power BI-Konto
- Alle vorherigen Schritte abgeschlossen

Aus den gleichen Gründen wie bei der Einrichtung des Azure-Kontos finden Sie unter [1] eine ausführliche Anleitung zur Einrichtung eines Power-BI-Kontos in fünfzehn Schritten.

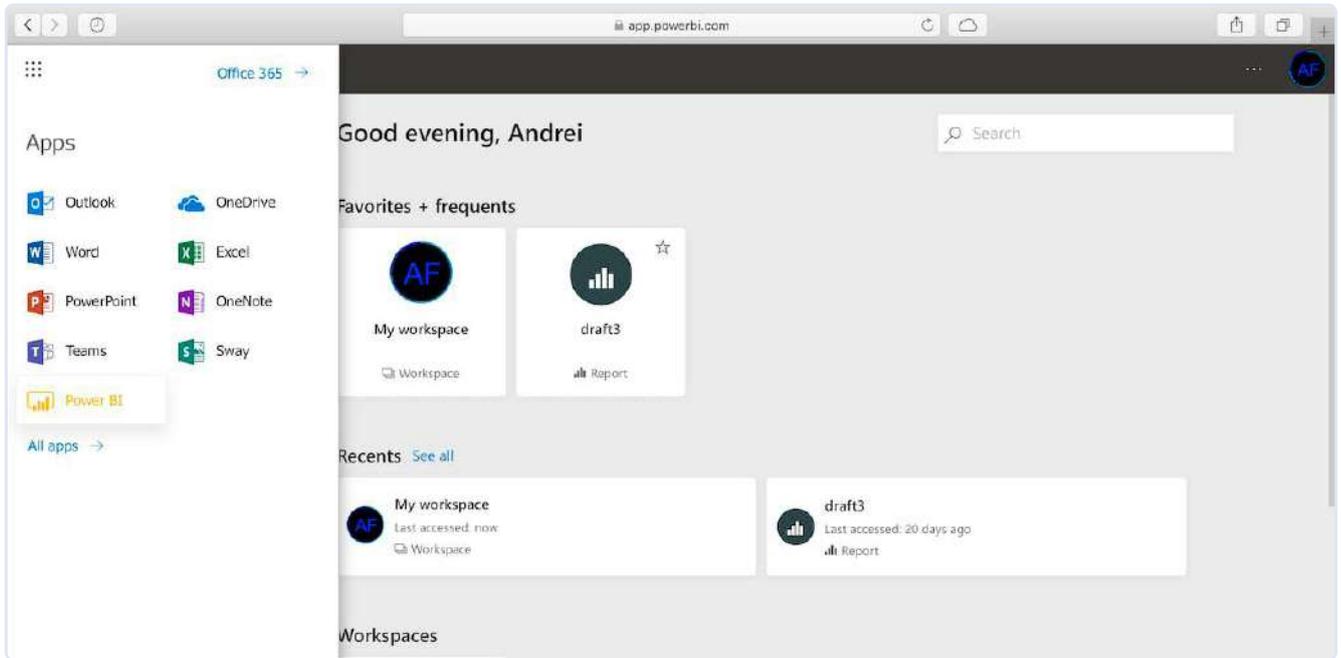


Bild 9. Navigieren Sie zum Visualisierungstool Microsoft Power BI in der Office-Online-App.

Gehäuse für eine IoT-Lösung

Als letzten Schritt nach der Einrichtung der Anwendung müssen wir ein Gehäuse für das Projekt konstruieren (**Bild 10**). Ich habe mich dafür entschieden, das Gerät an einen Baum zu binden und es zu tarnen, um die Holzfallerganoven zu überraschen. Achten Sie darauf, das Mikrofon an der Außenseite des Gehäuses anzubringen, damit es die Geräusche unbehindert aufnehmen kann.

Eine Reihe von Senso-Geräten, gut im Wald versteckt, können nach Kettensägen lauschen und die Behörden alarmieren, wenn Bäume gefällt werden. Ich hoffe, dass die betroffenen Länder in der Lage sein werden, die illegale Abholzung mithilfe von IoT-Lösungen zu stoppen. Senso ist ein erster Ansatz, um kostengünstige Lösungen zur Bekämpfung des Klimawandels zu finden, und zwar Schritt für Schritt. ◀

(220423-02)RG



Bild 10. Das Gehäuse, das ich mir für meinen Prototyp ausgedacht habe.

Über den Autor



Andrei Florian wohnt in Irland und ist Student im zweiten Bildungsweg, der sich leidenschaftlich für positiven Wandel und globale Entwicklung durch Technologie einsetzt. Er hat an mehreren Projekten gearbeitet, die sich mit verschiedenen nachhaltigen Entwicklungszielen befassen und sich auf das Internet der Dinge und Kryptographie spezialisiert haben.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an den Autor unter andrei@andreiflorian.com oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

Arduino MKR FOX 1200 (SKU 19096)
www.elektor.de/19096

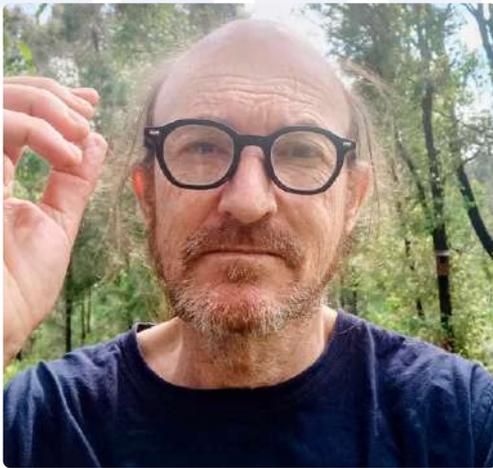
OPEN-SMART GPS – Serielles GPS-Modul für Arduino (SKU 18733)
www.elektor.de/18733

WEBLINK

[1] Senso auf dem Arduino-Projekt Hub: <https://create.arduino.cc/projecthub/andreiflorian/senso-c00153>

Die Arduino-Bibliothek Mozzi für Klangsynthese

Einblicke von Tim Barrass



Von David Cuartielles (Arduino)

Die *Mozzi Sound Library* ermöglicht es, algorithmische Musik auf einem Arduino zu erzeugen, ganz ohne zusätzliche Shields oder externe Synthesizer. Neugierig, wie alles begann? Der Entwickler, Tim Barrass, erzählt uns von dem Projekt, der Mozzi-Community und seiner Arbeit als Künstler.

▲
Tim Barrass entwickelte die Mozzi-Soundbibliothek für 8-Bit-Arduino-Boards.

Tim Barrass ist ein unabhängiger Künstler, der in Australien auf dem Lande lebt und die Mozzi-Soundbibliothek für 8-Bit-Arduino-Boards entwickelt hat (sensorium.github.io/Mozzi). Im Jahr 2012 entwickelte Tim zusammen mit seinem Bruder Stephen ein Projekt namens SweatSonics. Die Probleme der bestehenden Klangsynthese-Bibliotheken brachten ihn dazu, über einen besseren Weg nachzudenken, um Sound aus den 8-Bit-Prozessorarchitekturen der frühen Boards wie Arduino Uno, Nano oder Mega zu erzeugen. Die Funktionsweise der Bibliothek wurde ein Jahr später in einem Artikel im ICMC-Ideejournal veröffentlicht. Sie besteht aus einem relativ kleinen Soundbuffer, der über Software-Interrupts aufgerufen wird, um einen Mono-PWM-Signal an einem der Board-Pins auszugeben. Die Bibliothek stellt eine Reihe von Methoden zur Verfügung, die Sie überschreiben müssen, wenn Sie Ihr eigenes Musikinstrument oder eine Klanginstallation bauen wollen. Eine der Methoden ist dem Auslesen der Steuerelemente gewidmet, dem Eingang zum System, andere bestimmen, wie diese Eingänge das Rendern des Audioausgangs beeinflussen.

Ich habe die Entwicklung der Mozzi-Bibliothek im Laufe der Jahre verfolgt, da ich mich schon immer sehr

für den Einsatz von Mikrocontrollern für die Klangerzeugung interessiert habe. Tim hat über 30 Jahre lang als Musiker gearbeitet und Klanginstallationen geschaffen. Um seine Arbeit im Bereich der Klangkunst zu unterstützen, hat er Mozzi entwickelt. Mozzi ist wahrscheinlich das am längsten existierende Werkzeug zur einfachen Erstellung von Oszillatoren, Drum Machines, interaktiven Klangkunstwerken und innovativen Musikinstrumenten. Mozzi lief zunächst auf 8-Bit-Arduino-Boards, wurde aber in letzter Zeit auch auf andere Architekturen portiert. Es ist immer wieder schön zu sehen, wie Code ein Eigenleben führen und auf verschiedene Maschinen portiert werden kann. In diesem Interview lernen Sie Tim kennen, seine Arbeit, das Mozzi-Projekt und die Community, die sich um das Projekt gebildet hat.

David Cuartielles: Nachdem ich über die Entstehung der Mozzi-Bibliothek gelesen habe, kam mir der Verdacht, dass Sie einen Hintergrund in Musik und Technik haben müssten. In wieweit liege ich da richtig? Können Sie sich kurz vorstellen?

Tim Barrass: Ja, ich bin ein Künstler mit einem technischen Hintergrund. Ich lebe seit ein paar Jahren auf dem Land, repariere hauptsächlich Zäune und setze

Pflanzen in die Erde. Ich mache nicht mehr so viel Elektronik, stelle aber ab und zu Kunstwerke aus. Ich spiele in einer Band, obwohl wir nicht sehr oft spielen. In den letzten 30 Jahren habe ich in einem Zirkus gearbeitet, einem physischen Theater. Ich habe für den Zirkus Musik gemacht. Diese Erfahrung ist in Mozzi eingeflossen, weil die Klangmöglichkeiten in den AVRs vergleichbar sind mit der Art von Klang, den ich für den Zirkus gemacht habe.

Cuartielles: Haben Sie eine formale Ausbildung auf diesem Gebiet?

Barrass: Ich habe in jungen Jahren Industriedesign studiert, ein Jahr lang Computeranimation und Musiktechnologie. Ich habe mich mit massiven parallelen Prozessen befasst, zum Beispiel mit der Programmierung von Ameisenpopulationen, was meine Masterarbeit war.

Cuartielles: Ich habe die Arbeit gelesen, die Sie zusammen mit Ihrem Bruder veröffentlicht haben und in der Sie Mozzi zum ersten Mal vorstellten. Sie erwähnen darin, dass diese Arbeit aus einem Projekt namens Sweatsonics hervorgegangen ist. Können Sie erklären, worum es sich bei diesem Projekt dreht?

Barrass: Das ist ein Projekt, das mein Bruder verfolgt hat. Er interessierte sich dafür, wie Menschen Klang bei körperlichen Aktivitäten nutzen. Diese Arbeit wurde im Jahr 2009 mit iPods und Beschleunigungsmessern durchgeführt. Das war eine Möglichkeit für Steve, seine Arbeit in einen Kontext zu bringen. Daraus ist aber nichts Ernsthaftes entstanden, weder ein Unternehmen noch irgendetwas Ähnliches.

Cuartielles: Warum Mozzi? Brauchten Sie eine Bibliothek, um Ihre eigene Entwicklung zu unterstützen, oder wollten Sie es anderen leichter machen, mit Mikrocontrollern Sound zu erzeugen?

Barrass: Auf der NIME-Konferenz im Jahr 2010 haben wir ein paar kleine Objekte mit Arduino entwickelt. Wir haben mit Soundorientierung und Klang experimentiert. Wir haben ein paar kleine Objekte vorbereitet, an denen wir bis spät in die Nacht herumgebastelt haben. Es war etwa 5 Uhr morgens und wir waren noch am Programmieren. Wir haben mit einem Code von Adrian Freed experimentiert, der eine der früheren Soundwave-Generationen mit einem Arduino entwickelt hat, aber das Ergebnis war ziemlich frustrierend und ich hatte das Gefühl, etwas dagegen tun zu müssen. Mein Bruder hatte schon den Versuch unternommen, eine eigene Bibliothek zu erstellen, aber er hatte den Code verloren. So musste ich ganz von vorne anfangen, und das war das erste, was ich mit Arduino gemacht habe. Es hat großen Spaß gemacht und ich habe ein paar Jahre lang damit gespielt und diese Bibliothek gepflegt, in der Hoffnung, etwas Großar-

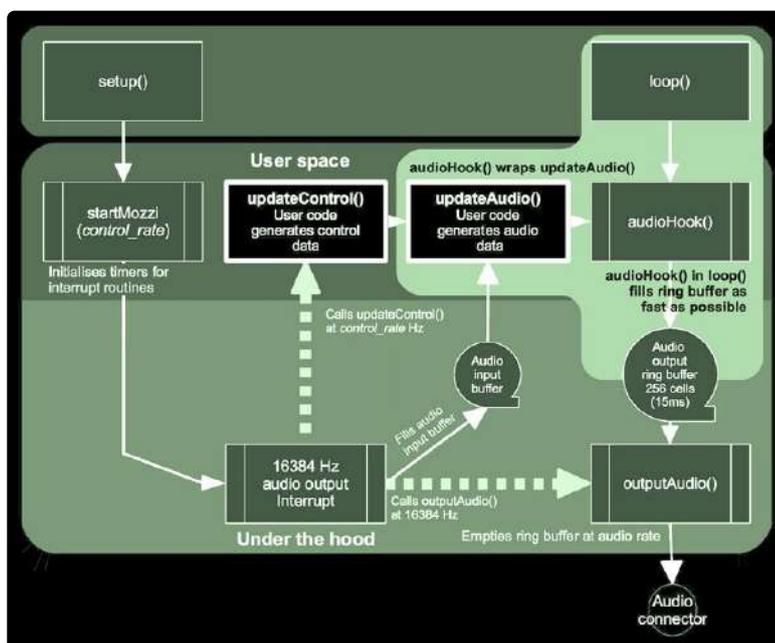
tiges herstellen zu können. Ich habe es nie geschafft, irgendwelche Dinge zu schaffen, aber diese Bibliothek habe ich gemacht.

Cuartielles: Das gibt der Geschichte eine bessere Perspektive. Als ich das Papier gelesen habe, hatte ich eine andere Vorstellung davon, wie du dazu gekommen bist, Mozzi zu machen. Es ist toll, wenn man die Möglichkeit hat, mit den Leuten zu sprechen, um zu verstehen, warum und wie die Dinge wirklich gemacht wurden. Es klingt so, als hätten Sie Mozzi für sich selbst gemacht, aber es hat sich herausgestellt, dass auch viele andere Leute Mozzi benutzt haben, richtig?

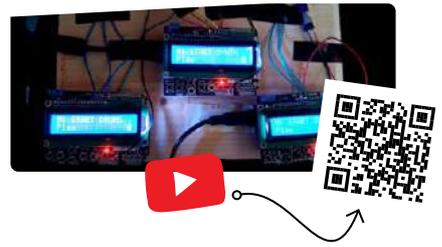
Barrass: Ich wollte von Anfang an Mozzi mit anderen teilen. Was bringt es, den ganzen Code zu schreiben, wenn man ihn nur für sich behält? Aber es ist eine ziemliche Belastung, eine Bibliothek zu veröffentlichen. Die Leute sagten mir, dass ich sie für immer pflegen und dass ich einfach mein Ding machen und weitermachen sollte. Das hatte ich auch vor, und nach einer Weile war es dann tatsächlich auch so. Es war eine Menge Arbeit, und nach ein paar Jahren war ich es leid. Ich lernte C und C++, während ich Mozzi entwickelte. Als ich das Projekt der Öffentlichkeit vorstellte, hatte ich Sorge, dass es nicht gut genug sei. Und nach einer Weile hatte ich das Gefühl, dass ich es nicht mehr schaffen könnte.

Cuartielles: Ich habe Mozzi überall gesehen, an Universitäten und auf Messen. Man stößt immer wieder darauf. Wenn jemand ein klangbezogenes Projekt machen will, lädt er irgendwann Mozzi herunter und probiert es aus.

Die Schnittstelle zwischen Mozzi und der Arduino-Umgebung besteht aus vier Hauptfunktionen. (Quelle: <https://sensorium.github.io/Mozzi>)



Sehen Sie das Video über den oscPocket0 an, einen Arduino-Taschen-synthesizer und Drumcomputer.



```
#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();
}
```

Ein minimaler Mozzi-Sketch. (Quelle: <https://sensorium.github.io/Mozzi>)

Barras: Ich bin selbst überrascht, denn das Framework ist eine sehr einfache Sache. In den letzten paar Jahren haben es wirklich gute Programmierer auf andere Plattformen portiert. Sie haben wahrscheinlich viel mehr Erfahrung als ich; es ist ziemlich einschüchternd. Ich bin überrascht, dass sie ein solches Framework nicht von Anfang an auf eine viel klarere Art und Weise geschrieben haben.

Cuartielles: Um unseren Lesern das Verständnis zu erleichtern, stellen Sie zwei zu überschreibende Methoden mit den Namen `updateControl` und `updateAudio` vor. Die eine befasst sich mit den physischen Schnittstellen, die andere mit dem Sound-Rendern. So werden Mono-Klangsignale erzeugt, und das ist für viele Leute - Programmierer oder Musiker - die nicht unbedingt Geigenbauer sind und nicht verstehen, wie man eine Klanguausgabe erzeugt, mehr oder weniger die Magie. Das gibt ihnen großartige Möglichkeiten, etwas zu schaffen. Ich kann die Schönheit in der Einfachheit dieser Architektur erkennen. Es gibt einige Highlights, nach denen ich gerne fragen würde.

Barras: Es gibt eine langsame Interrupt-Routine, die 64 Mal pro Sekunde mit den Sensoren oder MIDI-Signalen interagiert, und in der Sie Variablen setzen können. Es gibt auch einen Audio-Rate-Interrupt, in dem man diese Variablen verwenden kann, um die Klänge in der Synthesephase zu beeinflussen. Ich habe erwartet, dass die Leute das Framework durch Klassen erweitern würden. Es gibt eine Reihe von Synthese-

klassen, aber keine Control-Klassen. Ich habe es so gemacht, dass andere die Dinge mit ihrem eigenen Code erweitern können. In gewissem Sinne ist es ein bisschen wie Forth, die erste Programmiersprache, die ich gelernt habe: Es gibt eine Eingabe und eine Ausgabe und das war's.

Die Synthesemodule sind so konzipiert, dass die Leute ihre eigenen Module erstellen können. Ich habe nur einige Beispiele für die Synthese erstellt und hatte dabei gehofft, dass Mozzi wachsen würde, aber das hat es nicht wirklich getan. Es gibt noch viel Raum für Erweiterungen und um neue Klänge zu erzeugen. Eine der ersten Firmen, die damit gearbeitet haben, Stendduino in Polen, hat schon sehr früh in den Jahren 2013/2014 Musikinstrumente hergestellt. Sie waren daran interessiert, ihre eigenen Klänge zu entwickeln und nicht nur die Parameter der bereits vorhandenen Klänge zu verändern. Mir gefiel, was sie mit dem Platinendesign und so weiter machten. Ihre Arbeiten sind inzwischen Sammlerstücke und ziemlich teuer geworden.

Cuartielles: Soweit ich weiß, war der ursprüngliche Entwurf aufgrund des Board-Designs sehr eingeschränkt. Sie haben einen Ton mit 16 kHz ausgegeben, auf Platinen, die mit 16 MHz laufen. Aber wissen Sie, wie weit die Leute das getrieben haben?

Barras: Es gibt Leute, die Boards herstellen, die mit höheren Geschwindigkeiten arbeiten können. Ich konnte sie bisher nicht ausprobieren, da ich nicht über die entsprechende Hardware verfüge. Was mich wiederum überrascht, ist, dass sie weiterhin meinen Code verwenden, der für die ursprünglichen Beschränkungen optimiert war und auf nicht-intuitive Weise mit Festkomma-Arithmetik erstellt wurde ... diese neuen Prozessoren können das viel besser. Und einer der Jungs sagte mir, dass ihm die Tatsache gefiel, dass er den Code für eine Plattform schreiben und trotzdem auf einer anderen arbeiten konnte. Für mich besteht die Herausforderung in diesem Fall darin, dass ich von diesen kleinen Boards Dinge erwarte, die für größere Prozessoren entwickelt wurden.

Cuartielles: Irgendwann habe ich einen Workshop veranstaltet, in dem ich eine Beatbox entwickelt habe, bei der man eine Sekunde seiner Stimme im Speicher des ATmega328-Mikroprozessors (dem des ursprünglichen Arduino Uno) aufnehmen und als Basis für einen Looper oder ein elektronisches Schlagzeug verwenden konnte. Unter den Workshop-Teilneh-

mern waren ein paar Künstler aus Frankreich, die libpd (die Sound-Engine der PureData-Software) auf den Arduino Uno portiert hatten, was mich umgehauen hat. Ich wusste, dass die Leute am MTG in Barcelona (dem Masterstudiengang für digitale Produktion an der Universität Pompeu Fabra) PureData portiert hatten, damit es auf 8-Bit-Maschinen läuft, aber ich hatte noch nie gesehen, dass es auch auf einem doch sehr ressourcenbeschränkten Arduino-Board läuft. Wir haben bereits darüber gesprochen, was Sie dazu bewogen hat, Mozzi zu entwickeln, aber waren Sie sich der bestehenden Alternativen bewusst und hat Sie dies bei der Entwicklung von Mozzi in irgendeiner Weise beeinflusst?

Barrass: Ich war mir der libpd-Portierung nicht bewusst. Es gab nur wenige Dinge mit dem Konzept des Interrupt-Timers und der Wavetables, die wir kannten. Ich habe nicht wirklich recherchiert, aber ich habe nichts gefunden, einschließlich des Control-Interrupts, mit dem man irgendetwas Interessantes mit dem Sound machen könnte. Es gab zwar ein paar gute Versuche, aber diese waren weder fertig noch funktionierten sie gut. Ich glaube nicht, dass irgendeines der Beispiele, die ich gefunden habe, einen Audio-puffer hatte, und das ist es, was Mozzi am Ende flexibler gemacht hat: eine kleine Menge an gepuffertem Audio, mit dem man andere Sachen machen kann. Das erinnert mich an ein Problem mit Mozzi: Einige Sensoren blockierten den Prozessor. Es gab jemanden, der einen nicht-blockierenden Code für die Arbeit mit Sensoren geschrieben hat, und dieser ist jetzt in Mozzi enthalten. Ich habe das mit bis zu fünf verschiedenen Sensoren ausprobiert. Einige von ihnen sind wegen des kleinen Sound-Puffers echt schwer zu handhaben.

Cuartielles: Für die Leser, die keine Sound-Experten sind, muss ich erklären, dass ein Sound-Buffer eine Technik ist, mit der man eine bestimmte Anzahl von Millisekunden an Daten vorbereitet, die man dann mit Hilfe eines zeitgesteuerten Interrupts ausgibt. Dies bringt eine gewisse Latenz mit sich, also eine Zeitdifferenz zwischen dem Moment, in dem Sie einen Befehl senden, und dem Moment, in dem er sich auf den Klang auswirkt. Im Fall von Mozzi beträgt sie 15 ms. Wie wirkt sich das auf die Wahrnehmung aus?

Barrass: Es ist wie ein Chorus oder ein Flanger-Effekt, sehr unauffällig und vor allem bei Percussion zu hören. Aber Mozzi war nie wirklich dafür gedacht, Musikinstrumente zu schaffen, sondern eher Klanginstallationen. Ich bin überrascht, wie viele Leute Synthesizer mit Knöpfen und Kabeln und MIDI und was weiß ich für verrückten Sensoren entwickelt haben. Mein Bruder und ich kommen aber eher aus dem Bereich der Klangerzeugung und wir dachten an Dinge wie einen Windkanal mit einer Reihe von Arduinos, die die Wahrnehmung von Klängen verändern könnten. Der Bau von Instrumenten war für mich nie so interessant.

Sehen Sie das Video der Turbulence Wind Sound

Installation an.

Cuartielles: Haben Sie Beispiele für diese Installationen und Klangproduktionen parat?

Barrass: Ja, es gibt einige Beispiele auf der Galerie-Seite der Mozzi-Bibliothek: <https://sensorium.github.io/Mozzi/gallery/>.

Cuartielles: Ich möchte vor allem wissen, was Sie noch im Sinn haben. In diesem Interview geht es darum, was Menschen dazu inspiriert, Dinge zu schaffen, um anderen zu helfen, ganz im Sinne von Open Source. Aber ich habe auch ein paar lustige Fragen. Fangen wir mit letzteren an. Woher kommt der Begriff Mozzi? Ich habe gelesen, dass *Mozzie* in Australien und Neuseeland das Slangwort für Mosquito ist. Liege ich da richtig?

Barrass: Zuerst wollten wir es Projekt Cuttlefish (Tintenfisch) nennen, weil eines der Objekte, die wir gemacht haben, aus einem Schulp geschnitzt war. In letzter Minute haben wir uns dann für Mozzi entschieden, weil ein Mozzie kleine Geräusche macht und die Bibliothek wirklich mit kleinen Lautsprechern verwendet werden sollte. Es ist nichts, was verstärkt oder aufgenommen werden sollte. Das war dann wirklich passend - ein kleiner Klang. Ich bin ziemlich überrascht, wie erfolgreich es gelaufen ist. Denn wenn man Platz hat (in seinem Musikinstrument), warum benutzt man dann nicht etwas, das viel einfacher zu bedienen ist?

Cuartielles: Es gibt einige andere Plattformen, die neuer sind als Mozzi und die vielleicht doch schon gestorben sind, wie Axolotl. Es ist (war) ein sehr schönes Board mit einer Software, mit der man Blöcke patchen konnte, um den Sound zu beeinflussen. Leider war es sehr teuer in der Herstellung und es scheint keine Kontinuität in dem Projekt zu geben. Es gibt etwas Neues namens Bale, das einen USB-Hub und Sensoreingänge hat...

Barrass: Erst vor ein paar Wochen habe ich ein Gerät namens Daisy Seed gesehen.

Sehen Sie das Video der Turbulence
Wind Sound Installation an.



Cuartielles: Ja, genau. Seit dem Erscheinen von Cube-X (einer alten Sensorplattform, die mit Max/MSP programmiert werden konnte) gibt es ständig neue Plattformen. Aber es gibt Situationen, in denen man einfach nur ein Stück Code braucht, das man zu seinem bestehenden Design hinzufügen kann, und da kann so etwas wie Mozzi eine gute Rolle spielen. Wenn die Interrupts nicht mit dem Rest des Codes kollidieren, kann man es zum Laufen bringen. Es gibt also einen Unterschied zu diesen dedizierten, in sich geschlossenen Systemen.

Barrass: Ich war nie der Meinung, dass Mozzi leicht zu verstehen ist, und ich bin mir immer noch nicht sicher, ob sich das geändert hat. Ich hatte das Gefühl, dass ich es den Leuten lange Zeit und sehr oft erklären musste. Ich bin sehr froh, wenn es zumindest für einige Leute einfach ist.

Cuartielles: Im Zusammenhang mit dieser Idee, die Bibliothek anderen zu erklären, wollte ich auch nach dem Konzept fragen. Ihre Dokumentation hat zwölf Kategorien von Beispielen. Ich habe sie der Reihe nach gelesen und dabei festgestellt, dass sich die Komplexität dabei erhöht. Hatten Sie bei der Erstellung der Beispiele eine pädagogische Absicht, oder wollten Sie nur die Fähigkeiten des Systems darstellen?

Barrass: Beides. Ich habe die Beispiele wahrscheinlich in der Folge gemacht, in der ich die Bibliothek geschrieben habe. Zuerst einfach, und dann bin ich nach und nach zu interessanteren Beispielen übergegangen.

Cuartielles: Es ist sehr typisch für diese Welt der Technologie und der Kunst, die auch mit der akademischen Welt verbunden ist, dass man schließ-

lich Workshops über die Technologie veranstaltet. Haben Sie irgendwann mit Musikern und Installationskünstlern Workshops zu Mozzi durchgeführt, um die Möglichkeiten der Bibliothek zu erläutern?

Barrass: (lacht) Mein Bruder war als Akademiker tätig. Das war sehr gut für ihn, um seine Reisen um die Welt fortzusetzen und ein paar Workshops zu geben. Aber ich habe das nicht aufgegriffen. Obwohl, ich hätte es gerne getan.

Cuartielles: Wie sieht es mit Kollaborationen und Beiträgen aus? Wenn ich mir das Github-Repository anschau, sehe ich, dass es einige Peaks bei der Produktion des Codes gibt, aber wie sieht es mit der Zusammenarbeit, dem Hinzufügen anderer Kerne, PR, Fehlerverwaltung und so weiter aus?

Barrass: Vor ungefähr drei Jahren kam Thomas Friedrichsmeier auf mich zu, als er Dinge auf seine Plattform portierte. Bis dahin kamen gelegentlich Fehlerberichte rein, mit denen ich versuchte, Schritt zu halten. Nach ein paar Monaten fragte ich Thomas, ob er mit mir zusammenarbeiten wolle, da ich weder seine Hardware besaß noch die Zeit hatte, mich damit zu beschäftigen. Ich hatte keine Lust, seine Codebasis zu verwalten, und er begann, sich um den größten Teil der Entwicklung zu kümmern, die hauptsächlich in der Portierung besteht, und weniger in der kreativen Seite des Projekts. Er ist großartig.

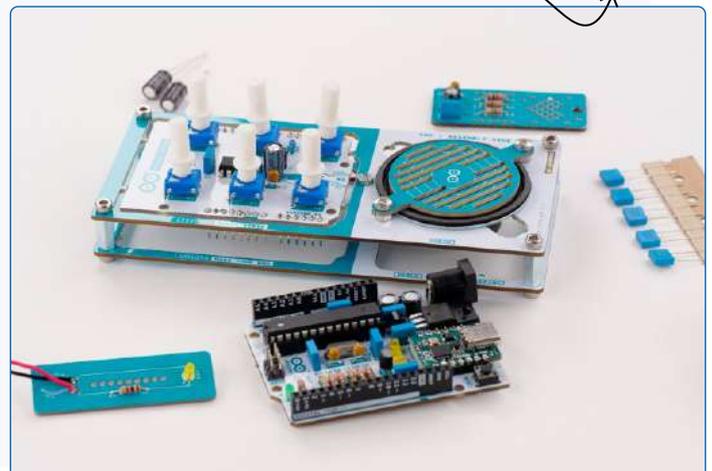
Ein anderer, Thomas Combriat, der erst seit kurzem dabei ist, hat eine Menge Beiträge geleistet. Der andere Thomas scheint froh zu sein, dass er die schwere Arbeit übernehmen kann. Die Dinge nehmen Fahrt auf. Mir gefällt, dass das Projekt unabhängiger von mir geworden ist. Genauso wie im Forum, wo sich die Leute gegenseitig helfen. Thomas Friedrichsmeier hat

Das Arduino-Uno-DIY-Kit

Wenn Sie die Mozzi-Bibliothek ausprobieren möchten, können Sie etwas so Kleines wie einen Arduino Uno und ein einfaches Piezoelement verwenden, das Sie an Pin 9 Ihrer Platine anschließen. Sie könnten auch eine eigene Klangmaschine mit dem Arduino-Uno-DIY-Kit bauen. Sie müssen Ihren eigenen Arduino Uno und das dazugehörige Synthesizer-Shield mit sechs Potentiometern (fünf analoge Eingänge und eines zur Lautstärkeeinstellung), einem Audioverstärker und einem kleinen, aber lauten Lautsprecher zusammenbauen. Je nach Lötkenntnissen werden Sie dafür zwischen 60 min und 90 min brauchen. Alle Bauteile im Kit sind Durchsteckbauteile. Wir haben ein USB-C-Modul beigefügt, damit Sie Uploads auf den Hauptprozessor durchführen, das Board mit Strom versorgen und eine serielle Kommunikation zurück zu Ihrem Computer ermöglichen können. Mit dem Arduino-Uno-DIY-Kit können Sie einfache Melodien mit der Standard-Tonbibliothek in der IDE abspielen, oder Sie können komplexe Synth-Sounds erzeugen, indem Sie die Mozzi-Bibliothek auf Ihr Board hochladen. Schritt-für-Schritt-Anleitung für die Verwendung der Bibliothek:

1. Setzen Sie den Arduino Uno und das DIY-Synth-Shield-Kit zusammen (etwa 60 min)
2. Installieren Sie in der Arduino-IDE die Mozzi-Bibliothek (etwa 5 min).
3. Probieren Sie verschiedene Beispiele aus.

Video: Beispiel der Mozzi-Bibliothek mit diesem Shield



Mozzi auf STM32, ESP-Prozessoren und den RP2040 portiert, Thomas Combriat hingegen hat sich um den Teensy 4 gekümmert.

Cuartielles: Das führt zu der noch unbeantworteten Frage: Womit beschäftigen Sie sich heutzutage hauptsächlich?

Barrass: Ich bin hierher auf das australische Land gezogen und dachte, ich würde Gemüse anbauen, aber die Kängurus und die Wallabys fressen es immer wieder auf. Und dann hatten wir diese Buschbrände, die unsere Pläne komplett über den Haufen geworfen haben. Wir sind immer noch in der Erholungsphase. Seitdem widme ich meine kreative Arbeit hauptsächlich meiner politischen Punk-Protestband. Die Band besteht wirklich aus den Akrobaten des Zirkus, mit denen ich seit fast drei Jahrzehnten zusammen musiziere - ich unterstütze sie nur und spiele Gitarre bei den Songs, die sie schreiben. Wir haben noch überhaupt keine richtigen Gigs gespielt, und ich glaube nicht, dass wir jemals so weit kommen werden! Die Songs sind lang und langweilig, wenn man die schrecklichen Politiker nicht kennt, von denen sie handeln.

Die Wombats in der Mitte des Videos - <https://youtu.be/E4qUPzUWxxA> - sind welche, um die ich mich als Wildtierpfleger gekümmert habe. Eine meiner Haupttätigkeiten ist jetzt die Unterstützung einer Tierrettungsorganisation bei der Aufzucht und Freilassung von Tieren nach den verheerenden Bränden hier im Jahr 2019/20. ◀

(220438-02)RG

Über den Autor

David Cuartielles ist Mitbegründer von Arduino. Er hat einen Dokortitel in Interaktionsdesign, einen MSc in Telekommunikationstechnik und lehrt an der Universität Malmö.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Wenden Sie sich bitte an Elektor unter redaktion@elektor.de.

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, Universität Tokio: <https://yoshihito-nakanishi.com/projects/powderbox/>



Passende Produkte

Suchen Sie die in diesem Artikel erwähnten Produkte? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

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



Die Arduino Special Bonus Edition

Jede Woche neue deklassifizierte Artikel!

Hier GRATIS herunterladen!

www.elektormagazine.de/arduino-bonus



Das neue Portenta-X8-Board (mit Linux!) und Max Carrier machen es möglich!



Von Stefano Implicito (Arduino)

Arduino hatte schon immer die Intention, Kreativen, Makern und Innovatoren die passenden Werkzeuge an die Hand zu geben, damit sie ihre Ideen in reale Projekte umzusetzen können. Das wird sich nie ändern, aber was sich ändert, und zwar mit rasender Geschwindigkeit, ist unsere Definition von „möglich“.

Jeden Tag wird die zugängliche, flexible und zuverlässige Open-Source-Hardware von Arduino leistungsfähiger und unser Ökosystem vollständiger. Wie Sie vielleicht schon gehört haben, hat Arduino Pro zwei neue Produkte in der Portenta-Reihe auf den Markt gebracht: das revolutionäre X8-Board, das zum ersten Mal Arduino und Linux vereint, und Max Carrier, das Ihnen Superkräfte für das Prototyping bietet, um Ihre Ideen einfacher und schneller als je zuvor zu verwirklichen.

Portenta X8

Portenta X8 ist ein industrietaugliches Plug-and-Play-SOM (System on Module) mit vorinstalliertem Linux-Betriebssystem, das eine hybride Kombination aus Mikro-

prozessor und Mikrocontroller mit KI- und ML-Fähigkeiten darstellt (**Bild 1**). Im Grunde handelt es sich um zwei Produkte in einem, mit der Leistung von nicht weniger als neun Kernen. Portenta X8 verfügt über einen aus der i.MX 8M-Mini-Reihe von NXP stammenden Cortex-A53-Quad-Core mit bis zu 1,8 GHz pro Kern plus einen Cortex-M4 mit bis zu 400 MHz sowie den Dual-Core Cortex-M7 STM32H747XI mit bis zu 480 MHz plus M4-32-Bit-Arm-MCU mit bis zu 240 MHz. Dank seiner modularen Container-Architektur ist Portenta X8 in der Lage, geräteunabhängige Software auszuführen. Mit der integrierten WLAN/Bluetooth-Konnektivität können Sie Updates für Betriebssystem und Anwendungen aus der Ferne durchführen, so dass das Linux-Kernel-En-

vironment immer auf höchstem Leistungsniveau ist. Durch das Krypto-Element SE050C2 von NXP in der X8-Familie, das für sichere Verbindungen auf Hardware-Ebene mit PSA-Zertifizierung sorgt, wird die Sicherheit weiter verbessert. Das Modul ist außerdem nach Arm-SystemReady zertifiziert, verfügt über integrierte Parsec-Dienste und ist damit eines der ersten Cassini-Produkte, die auf dem Markt zur Verfügung stehen.

Das ist alles, was man benötigt, um auch die ehrgeizigsten Projekte für Industrie 4.0, intelligente Landwirtschaft, vernetzte Gebäude und intelligente Städte zu entwickeln. Sehen Sie sich die vollständigen technischen Daten auf der entsprechenden Webseite [1] an und führen Sie Ihre Linux-Anwendungen in Echtzeit aus.



Portenta Max Carrier
von Arduino Pro
ansetzen:



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



Max Carrier

Darüber hinaus hat Arduino Pro auch den *Portenta Max Carrier* (**Bild 2**) vorgestellt, der einen X8 oder H7 um Konnektivität für Fieldbus, LoRa, Cat-M1 und NB-IoT erweitert und industrielle Anschlüsse wie RS232/422/485, USB, mPCIe, drei integrierte Audiobuchsen, eine MicroSD-Karte und mehr bietet [2].

Sie können diesen Arduino-Pro-Carrier mit bestehenden Portenta-Modulen kombinieren, um sie in Einplatinencomputer oder Referenzdesigns für Industrie 4.0 umzuwandeln. Da die Bereitstellungszeit praktisch nahe Null liegt, können Sie schnell Prototypen erstellen und leistungsstarke Projekte entwickeln, zum Beispiel eine Fernsteuerung von Industriemaschinen und -anlagen, intelligente digitale Kioske mit verbessertem Benutzererlebnis, benutzerdefinierte HMI-Dashboards zur Fernsteuerung von intelligenten Geräten, Lampen und Systemen in Ihrem Haus oder Büro und vieles mehr.

So sehr wir uns auch über diese Produkteinführungen freuen, es geht nie nur um ein neues Produkt (oder hier sogar zwei), sondern darum, wie viele neue Ideen wir anstoßen können, um die Innovation, die wir vorantreiben möchten, und um die neuen Möglichkeiten, die Ihnen solche neuen Werkzeuge eröffnen. ◀

(220377)RG

Portenta X8 ist ein industrietaugliches Plug-and-Play-SOM, auf dem das Betriebssystem Linux vorinstalliert ist.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

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

Über den Autor

Stefano Implicito verbindet eine tiefe Leidenschaft für Technik mit einer natürlichen Fähigkeit, über Kommunikationskanäle, Länder und Kulturen hinausgehend mit Menschen in Kontakt zu treten. Nach über einem Jahrzehnt Erfahrung im Kundendienst-Management in der Hightech-B2B-Branche hat er als Produktmarketing-Manager bei Arduino erfolgreich mehr als ein Dutzend neuer Produkte für den schnell wachsenden Geschäftsbereich Arduino Pro eingeführt. Er sieht in der Ausweitung des erfolgreichen Open-Source-Modells des Unternehmens von der Maker-Bewegung und dem Bildungsbereich bis hin zu vollwertigen industriellen Anwendungen einen Weg, um Innovationen und Möglichkeiten für die gesamte Community und damit eine Welt zu schaffen, in der Technologie wirklich für jeden zugänglich ist.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Bei technischen Fragen wenden Sie sich bitte per E-Mail an den Autor unter pro@arduino.cc oder an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.



Bild 1. Portenta X8 ist ein leistungsfähiges, industrietaugliches SOM mit vorinstalliertem Linux-Betriebssystem, das dank seiner modularen Container-Architektur geräteunabhängige Software ausführen kann.



Bild 2. Max Carrier verwandelt Portenta-Module in Einplatinencomputer oder Referenzdesigns, die Edge AI für Hochleistungsanwendungen in der Industrie, Gebäudeautomatisierung und Robotik ermöglichen.

WEBLINKS

[1] Arduino Portenta X8: <https://www.arduino.cc/pro/hardware/product/portenta-x8>

[2] Arduino Portenta Max Carrier: <https://www.arduino.cc/pro/hardware/product/portenta-max-carrier>

Wie Arduino Schülern hilft, zukünftige Fähigkeiten zu entwickeln

CTC GO! ist ein umfassendes, praxisorientiertes Lernprogramm, das die Schüler durch die grundlegenden Konzepte der Elektronik und des Programmierens führt, um Brettspiele zu entwerfen, zu verdrahten und zu programmieren.

Von Keith Jackson (Arduino)

Arduino Education entwickelt innovative STEAM-Programme, die Schüler auf ihrem Lernweg von der ersten Sekundarstufe bis zur Universität unterstützen. Die Programme umfassen die Bereiche Elektronik, Open-Source-Software, Online-Inhalte und bieten geführte Schulungen sowie eine Unterstützung der Lehrkräfte.

Darauf legen Arbeitgeber Wert

- › Kritisches Denken und Problemlösung
- › Kreativität
- › Teamarbeit
- › Kommunikation
- › Digitale Kompetenz
- › Anpassungsfähigkeit

Was sind zukünftige Fähigkeiten? Nun, es sind alle „weichen“ Fähigkeiten (auf gut Englisch: soft skills), die den heutigen Schülern in ihrer zukünftigen Karriere von Nutzen sein können. Denken Sie an Dinge wie Problemlösung, kritisches Denken, Kreativität und Zusammenarbeit - Fähigkeiten, die Sie selbst wahrscheinlich „wie von selbst“ durch Ihre Leidenschaft für das Basteln mit Elektronik oder das Programmieren verfeinert haben. Diese Arten von Fähigkeiten müssen in den Schulen (und auch zu Hause) bewusst entwickelt werden, insbesondere in unserem digitalen Zeitalter, um die Fähigkeiten der Schüler über den normalen Lehrplan hinaus zu erweitern und damit deren Attraktivität für zukünftige Arbeitgeber zu erhöhen. Die Verwendung von Arduino-Produkten unterstützt die Lehrkräfte dabei, genau dies zu tun. Aber wie?

Arduino ist mehr als Elektronik und Programmieren

Wenn Sie Arduino-Produkte oder -Bausätze verwenden, bauen Sie etwas von Grund auf. Man muss kreativ mit dem Projekt und kreativ mit dem Code umgehen, Dinge herausfinden, wenn etwas schief geht, verschiedene Möglichkeiten erforschen, etwas Neues ausprobieren, einen Freund fragen. Das mag Ihnen wie ein natürlicher Prozess vorkommen, aber bei jedem dieser Schritte setzen Sie eine „Soft Skill“ ein - und diese Fähigkeiten sind in jungen Jahren noch nicht so selbstverständlich.

Derselbe Prozess gilt für den Unterricht im Klassenzimmer oder zu Hause, wenn Sie einen Arduino mit Ihren Kindern ausprobieren. Im Klassenzimmer oder im naturwissenschaftlichen Labor können Sie speziell entwickelte Arduino-Bausätze verwenden, die nicht nur Elektronik, Programmieren, Codieren oder Ingenieurwesen lehren, sondern auch dafür sorgen, dass sich die Schülerinnen und Schüler diese Soft Skills aneignen.

Der Arduino-Effekt an der Penn State University

Die Pennsylvania State University gilt als eine der besten Forschungsuniversitäten der Welt. Sie gehört zu den Tausenden von Einrichtungen weltweit, die von der Coronavirus-Pandemie betroffen waren, und Dr. Herschel

Pangborn und Dr. Pansy Leung vom Fachbereich Maschinenbau haben mit dem *Arduino Student Kit* neue und innovative Wege gefunden, um angehende Studenten aus der Ferne zu unterrichten.

Nun ist das „Student Kit“ nicht für Hochscholstudenten vorgesehen, sondern für Schüler im Alter von elf bis 13 Jahren. Herschel räumt ein, dass seine jungen Ingenieurstudenten zunächst amüsiert darüber waren, dass er ihnen ein solches Kit für Kinder empfahl, doch sobald sie dessen offenliegendes Potenzial entdeckten, setzten sie es für Projekte in ihren Kursen ein und lernten damit zu Hause. Und es half nicht nur dabei, „wirklich zu verstehen, wie Schaltungen im wirklichen Leben funktionieren“, so ein Student, sondern bot dem Fachbereich auch die Möglichkeit, den Schülern das Entwickeln von Problemlösungsstrategien beizubringen.

Pansy, die ihr Labor in einen „Problemlösungsprozess“ umwandeln möchte, sagt: „Studenten werden das, was sie im Grundstudium mit Arduino gelernt haben, anwenden, um echte Probleme zu lösen, anstatt nur die Theorie



Mit den eingebauten Sensoren können Schüler ihre Umgebung auf einfache und praktische Weise erleben und mit ihr spielen.

hinter der Problemlösung zu verstehen.“

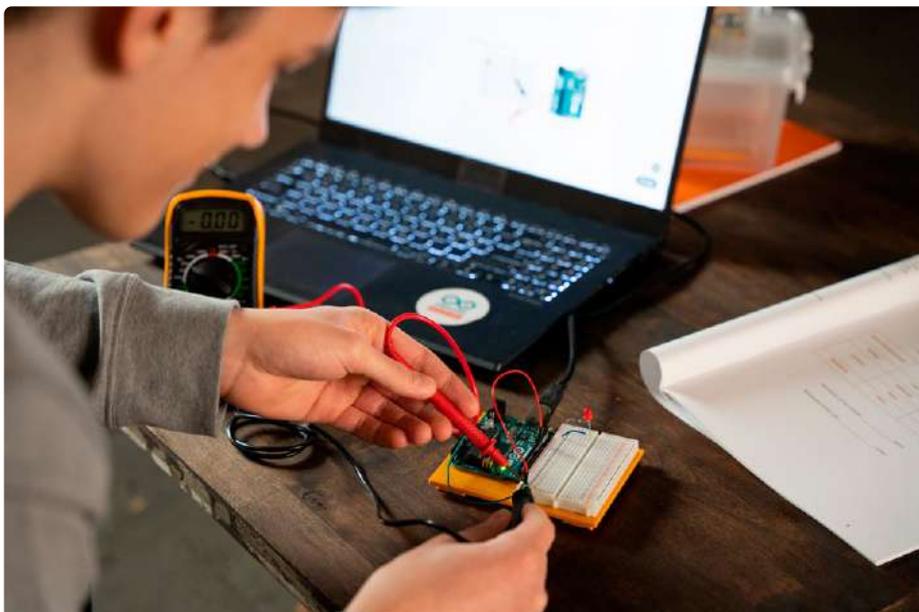
Um zu lernen, wie man Probleme löst, ist die Praxisorientierung wichtig. Dadurch wird man in die Lösung des Problems einbezogen und dafür verantwortlich gemacht, die Kreativität bei der Suche nach Lösungen wird angeregt und man wird dazu genötigt, selbst innovative Lösungen zu finden.

Die Bedeutung von Experimenten und praktischem Lernen

Wie die Studenten der Penn State University erkannt haben, ist praktisches Lernen entscheidend für das Verständnis eines Konzepts und die Fähigkeit, es in kleinere Teile zu zerlegen. Das war schon immer so (erinnern Sie sich an das Zitat von Konfuzius: „Ich höre und vergesse, ich sehe und erinnere mich, ich tue und verstehe“), was die Frage aufwirft, warum man es überhaupt jemals für eine gute Idee hielt, Kinder in Bankreihen zu setzen und aus Lehrbüchern lernen zu lassen. Bei einer praxisnahen Annäherung an ein Projekt kann man nicht nur ein Konzept besser verstehen. Bei Studenten ist die Wahrscheinlichkeit, einen Kurs nicht zu bestehen, 1,5-mal höher, wenn sie nicht praktisch lernen [1]. Diese Art des Lernens beansprucht auch beide Gehirnhälften, und Scans zeigen eine erhöhte Aktivität in den sensorischen und motorischen Bereichen des Gehirns, wenn

Das Arduino Student Kit

Mit dem *Arduino Student Kit* können Kinder im Alter von elf bis 13 Jahren die Grundlagen der Elektronik, der Programmentwicklung und des Programmierens erlernen. Dazu sind keine Vorkenntnisse erforderlich. Das Kit führt durch elf Aktivitäten, bei denen Konzepte wie Strom, Spannung und Widerstand vorgestellt werden. Jedes Kit enthält Hardware, Zugang zu Online-Lerninhalten und speziellen Support und ist somit ideal für Fernunterricht, Heimunterricht und Selbststudium. Weitere Informationen: arduino.cc/education/student-kit



Das Arduino Student Kit.

Science Journal App

Dr. Bates verwendet die *Science Journal App*, mit der man Informationen über die umgebende Welt sammeln kann. Dazu werden mit dem Smartphone und dem Arduino verbundene Sensoren genutzt. Mehr Informationen: www.arduino.cc/education/science-journal





man über Konzepte nachdenkt, mit denen man praktische Erfahrungen gesammelt hat. Dr. Alan Bates, Physiklehrer am Haileybury College in Großbritannien, sagt: „Was mir an Arduino gefällt, ist, dass man es für traditionelle Experimente verwenden kann, aber auch, um diese Experimente neu zu interpretieren. Man kann die Schülerinnen und Schülern sogar dazu bringen, ihre eigenen Instrumente für Experimente zu entwerfen, und das gibt ihnen einen tieferen Einblick. Dabei erwerben die Schülerinnen und Schüler viele Fähigkeiten, die ich *Real-Life-Skills* nennen möchte. Man kann den Schülerinnen und Schülern beibringen, selbstbestimmter zu sein, da es keine vorgegebene Antwort gibt - nicht einmal ich weiß die Antwort - sie müssen erforschen, scheitern und neue Möglichkeiten ausprobieren, genau wie es in der realen Welt ist.“

Zertifizierung der Fähigkeiten

Viele Schulen haben erkannt, wie wichtig es ist, Schüler auf die reale Welt und eine erfolgreiche Zukunft vorzubereiten, indem sie sich auf die Entwicklung von Soft Skills konzentrieren. Dies ist auch am Parklands College in Kapstadt mit dem Motto „Reaching Outwards, Growing Minds, Building Futures“ der Fall: Bei der Verwendung von Arduino-Produkten in ihrem MINT-Unterricht und in klassenübergreifenden Projekten entdeckten sie die Arduino-Zertifizierung, die ihre Arduino-Kenntnisse im Bereich der Programmierung und Elektronik dokumentiert.

Der Direktor für technologische Innovation, Richard Knaggs, meint: „Wir sind sehr begeistert, weil es wirklich mit unserer Vision übereinstimmt. Und unsere Vision ist es,



Noah Kemp war der erste Schüler am Parklands College in Südafrika, dessen Arduino-Fähigkeiten zertifiziert wurden!

sicherzustellen, dass wir unseren Schülern authentische Möglichkeiten bieten, ihre Bestimmung zu finden, damit sie schon während ihrer Schulzeit mit der Gestaltung ihrer Zukunft beginnen können.“

Die Zertifizierung ist ein nützliches Instrument für die Schüler, denn sie zeigt künftigen Arbeitgebern, dass man nicht nur über technische Fähigkeiten verfügt, sondern auch über die zukünftigen Fähigkeiten, die von den Mitarbeitern erwartet werden, damit das Unternehmen erfolgreich ist, zum Beispiel Problemlösungsfähigkeit und kritisches Denken. Die Arduino-Zertifizierung ist möglich für alle!

Wir wissen, dass die Verwendung des Arduino dazu beiträgt, zukünftige Fähigkeiten zu entwickeln - und darauf sind wir wirklich stolz. Schließlich wird die nächste Generation Problemlösungskompetenz, kritisches Denken und kreative Fähigkeiten benötigen, um Lösungen für die vielen Herausforderungen der Welt zu finden. ◀

(220452-02)RG

Über den Autor

Keith Jackson ist Marketingberater bei Arduino und verfügt über mehr als 25 Jahre Erfahrung in einem globalen Unternehmen der Technologie- und Elektronikbranche.



Passende Produkte

Suchen Sie die in diesem Artikel erwähnten Produkte? Arduino und Elektor haben sie!

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

WEBLINK

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

MUST-HAVES

für Ihren Elektronik-Arbeitsplatz

Was macht einen guten Elektronik-Arbeitsplatz aus? Welche Werkzeuge verwenden Top-Ingenieure an ihren Labortischen? Unsere Freunde von Arduino verraten Details über ihre Arbeitsplätze und geben hilfreiche Tipps für alle, die ihren eigenen optimal einrichten möchten.



Arturo Guadalupi
(Fertigungstester)

Optimieren Sie Ihren Arbeitsplatz!

Ich nutze meinen Arbeitsplatz zur Herstellung von selbstentwickelten Audiogeräten und als Heimbüro. Ich habe vier getrennte Bereiche für die Arbeit am PC, die Lagerung von Komponenten, Nacharbeiten, Messungen und 3D-Druck. Eine Wand des Raums dient zur Präsentation meiner Musikinstrumentensammlung, eine andere zur Lagerung von Bauteilen.

Ratschläge: Kaufen Sie Qualitätswerkzeuge, Schritt für Schritt! Versuchen Sie nicht, alles auf einmal zu erwerben.

Beginnen Sie mit dem Nötigsten und erweitern Sie Ihr Labor, wenn es notwendig wird. Versuchen Sie, den Arbeitsplatz mit gut durchdachten Ordnungssystemen zu optimieren und bewahren Sie die Dinge so auf, dass sie bei Bedarf leicht erreichbar sind, anstatt immer wieder in unordentlich gefüllten Kisten zu graben.

Aktuelles Projekt: 50/30-W-Röhrenverstärker mit vier Kanälen und MIDI/ BLE-Steuerung.

Unverzichtbar:

- › Tisch-Oszilloskop
- › Tisch-Netzteil
- › Ein sehr guter LötKolben
- › Tisch-Multimeter
- › Tisch-Signalgenerator
- › Heißluft-Entlötstation



Wunschzettel:

- › THD-Messgerät
- › Spektrumanalysator
- › Elektronische Last



Andrea Masi
(DevOps/SRE)

Jedes Werkzeug hat seinen Platz

Mein 200 m² großes Labor ist ein offener Raum, in dem ich verschiedene Tätigkeiten ausübe: Holzbearbeitung, Metallverarbeitung, elektronische Basteleien, Gartenarbeit und (bald) Bierbrauen.

Ratschläge: Ich versuche, folgende Regeln zu befolgen: Jedes Werkzeug muss seinen eigenen Platz haben, keine Werkzeuge auf den Tischen (nur Komponenten zum Reparieren oder Zusammenbauen). Befolgen der „3er-Regel“: Bevor man ein Werkzeug sucht oder kauft, muss man mindestens dreimal feststellen, dass man das Werkzeug für echte Aufgaben braucht. Sicherheit und Komfort: Eine gute Beleuchtung und Luftzirkulation sind von entscheidender Bedeutung und machen selbst schwere Tätigkeiten wie Schleifen und Schweißen angenehmer, sicherer und besser ausführbar.

Aktuelles Projekt: Entwicklung eines Prototyps eines Verdampfungskühlers ohne schädliche Chemikalien (wie Ammoniak). Dazu gehören Metallbearbeitung,

etwas Chemie und Elektronik (Steuerplatine für Umwälzpumpen, Ablesen von Feuchtigkeits-/Temperatursensoren und Ausführung von Steueralgorithmen). Du kennst doch Arduino, oder?

Unverzichtbar:

- › Ein gutes Multimeter
- › Ein Oszilloskop mit mindestens 100 MHz
- › Guter Messschieber (aka Schiebellehre) und Mikrometer
- › LötKolben mit Heißluftpistole zum Arbeiten
- › Transistorprüfgerät (Atlas DCA)
- › Binokulares Lupen-Headset
- › Schraubzwingen und Schraubstöcke
- › Kreissäge und Gehrungssäge
- › Laserschneider/Gravierer
- › Industrie-Staubsauger

Wunschzettel:

- › Simul-Fokal-Stereomikroskop
- › Ein besseres Schweißgerät
- › 700-mm-Drehbank
- › Fräsmaschine



Martino Facchin
(leitender Firmware-Ingenieur)

Investieren Sie in Ihre Lötstation!

Mein Arbeitsbereich befindet sich hauptsächlich im Büro, da ich normalerweise mit einer großen Menge an Hardware zu tun habe. Es sieht vielleicht unordentlich aus, aber alles ist an seinem Platz. Zu meiner Rechten habe ich immer ein kräftiges Oszilloskop (mit Protokolldecoder, sehr wichtig) und einen einzelnen 24"-Monitor, damit ich meinen Kopf nicht ständig drehen muss, um etwas zu sehen. Da ich alles Mögliche über USB anschließe, habe ich auch viele USB-Anschlüsse (nicht weniger als zwölf).

Ratschläge: Für einen Firmware-Ingenieur ist es sehr wichtig, einen Prototyp so schnell und so sauber wie möglich modifizieren zu können, daher rate ich,

bei der Lötstation (Rework) nicht zu sparen. Ein Oszilloskop ist ein Muss, aber wenn Sie ein kleines Budget haben, können Sie auch mit einem PicoScope oder einem Signalanalysator (Saleae oder ähnlich) gute Ergebnisse erzielen. Ein leistungsfähiger Haupt-PC ist ebenfalls wichtig, vor allem, wenn Sie mit „schweren“ Sachen zu tun haben wie Linux-Entwicklung oder FPGAs oder wenn es das Tool, das Sie ausführen müssen, nur in einer Windows-Version gibt und Sie es in einer VM betreiben müssen.

Aktuelles Projekt: Supergeheimes Zeug, über das ich nicht wirklich sprechen kann.



Unverzichtbar:

- > Sehr gute Lötstation mit (Ent-) Lötspitze. (JBC, das Zeug ist phantastisch.)
- > Oszilloskop
- > Heißluft-Rework-Station
- > Leistungsstarker Desktop-PC (mindestens acht Cores/32-GB RAM/ gute SSD/Linux). Selbst zusammengebaute Towers mit Ryzen-CPU sind sehr günstig.
- > FTDI-Kabel für eine zuverlässige Seriell-zu-USB-Konvertierung
- > JLink-Debugger (so stabil)
- > USB-Protokoll-Analysator (Beagle 480). Nicht unbedingt notwendig, aber eines meiner Lieblingswerkzeuge. Kaufen Sie so etwas

nur, wenn Sie öfter als einmal im Jahr obscure USB-Bugs beheben müssen.

- > HDMI-zu-USB-Konverter (Wenn Sie mit Videosignalen arbeiten, erspart er Ihnen die Anschaffung eines separaten Monitors).

Wunschzettel:

- > Hall-Effekt-Stromtastkopf für das Oszilloskop
- > Ein noch größerer und leistungsfähiger PC. (Yocto-Builds sollten nicht Stunden dauern.)
- > Das Ende des Chip-Mangels



Ubi de Feo
(Kreativer technischer Leiter)

Qualitätswerkzeuge machen einen Unterschied

So seltsam es auch klingen mag, aber heutzutage benutze ich meinen Elektronik-Arbeitsplatz nicht mehr so oft. Da ich hauptsächlich mit Software beschäftigt bin (schon mal was von Arduino-IDE und -CLI gehört?), habe ich vor einigen Jahren einen ungewöhnlichen Platz für Elektronikarbeiten gefunden, nämlich in meinem Holzbearbeitungsraum, und meine Werkzeuge sind Zugsägen, Bohrer und Zwingen, aber das ist wohl nicht von großem Interesse. Also dort befindet sich auch meine digitale Elektronik-Werkbank zum Ausprobieren. Hinweis: Die Werkbank wurde von mir selbst entworfen und gebaut, als eines meiner ersten Projekte im Möbelbau.

Ratschläge: Ich bin ziemlich zwanghaft, und ich plane monatelang, bevor ich überhaupt mit etwas anfangen. Am Anfang kam ich mit billigen Werkzeugen aus, aber schon bald wurde mir klar, dass man bessere Werkzeuge braucht, wenn man effizient und präzise arbeiten will. Lernen Sie, wie man ein Oszilloskop und einen Logikanalysator benutzt, das wird Ihnen letztendlich den Tag retten. Räumen Sie immer auf, bevor Sie den Arbeitsplatz verlassen, Sie werden sich am nächsten Morgen bei Ihrem früheren Ich bedanken. Sie brauchen so viel leere Fläche wie möglich, denn es wird ziemlich schnell unordentlich werden.

Unverzichtbar:

- > Rigol DS1204
- > Fluke 175
- > Omnifixo
- > Ersa i-con 2
- > Saleae Logik-Analysator
- > Segger J-Link
- > Ultimaker 2
- > Shapeoko 3 XL

Wunschzettel:

- > Ich schwöre: Ich weiß nicht, was ich noch für meine Elektronikwerkbank brauche. Ich habe alles gekauft. Für die Holzwerkstatt, glauben Sie mir, muss man sehr viel mehr Geld ausgeben.





David Cuartielles
(Arduino-Gründer)

Identifizieren Sie Ihre wahren Bedürfnisse!

Mein Arbeitsplatz ist ein Container in meinem Garten, der ein komplettes kleines Elektronik-Entwicklungslabor, ein Streaming-System mit Front- und Top-View-Kameras, ein Archiv von Arduino-Boards und Derivaten (ich habe über 200 verschiedene Modelle aus der ganzen Welt) und eine Fahrradwerkstatt enthält. Ich habe ein 4 m langes Regal mit Bauteilen, ein Mikroskop, ein Oszilloskop, einen Ofen, eine Lötstation und jede Menge Kleinteile, die ich auf meinen Reisen auf Elektronik-Straßenmärkten in Seoul und Mexiko gesammelt habe. Außerdem habe ich ein NAS, auf dem ich Dateien von Aufnahmen, Handbüchern und ähnliche Dinge speichere.

Ratschläge: Ermitteln Sie Ihren tatsächlichen Bedarf. Ich habe zum Beispiel mein Mikroskop erst gekauft, als ich merkte, dass immer mehr Projekte Bauteile im 0402-Format enthielten. Führen Sie eine digitale Liste der Dinge, die Sie kaufen, und behalten Sie den Überblick über die Dinge, die Sie leihen und verleihen. Halten Sie die relevanten Werkzeuge griffbereit und stellen Sie sicher, dass Sie auch eine Reihe „Good-to-have“-Werkzeuge haben. Stöbern Sie regelmäßig auf realen wie

digitalen Secondhand-Märkten. Ich verfolge beispielsweise das Angebot verschiedener Auktionshäuser, bei denen ich Teile für verschiedene Tools finde. Auf diese Weise habe ich kürzlich einen 26,5-GHz-Spektrumanalysator fast umsonst bekommen.

Aktuelles Projekt: Material für meinen bevorstehenden Kurs „Einführung in die verkörperte Interaktion“ (introduction to embodied interaction) mit dem Nano 33 BLE Sense: Steckboards, Jumperdrähte und einige einfache Sensoren.

Unverzichtbar:

- > Gaming-Computer mit Grafikkarte für die Videobearbeitung und zwei 27-Zoll-Bildschirme
- > Oszilloskop
- > Weller-Lötstation (ich bin ein großer Fan)
- > Mikroskop mit 60-facher Vergrößerung
- > 26,5-GHz-Spektrumanalysator



Wunschzettel:

- > Automatisierte Licht- und Heizungssteuerung
- > Solarpanel und USV
- > LoRa-Gateway
- > Schöner Stuhl



Giulio Pilotto
(Software-Entwickler)

Vielseitigkeit ist wichtig

Mein Arbeitsplatz ist im Wesentlichen ein Schreibtisch in meiner Wohnung, aber er ist sehr vielseitig. Da ich früher mit anderen Leuten im nächstgelegenen FabLab gearbeitet habe, muss mein Schreibtisch tragbar sein. Daher sind alle Instrumente in verschiedenen gut organisierten Werkzeugkästen untergebracht. Ich habe sie je nach Verwendungszweck in Kategorien eingeteilt: schwer, mittel und leicht. In der schweren Kiste habe ich alle Werkzeuge für mechanische Arbeiten, zum Beispiel eine Bohrmaschine, Öl zum Lösen alter Schrauben, Schraubendreher und andere Werkzeuge. In der mittleren habe ich alles, was mit mechanischen Arbeiten im kleinem Rahmen zu tun hat, von einem kleinen elektrischen Schraubendreher bis hin zu all den winzigen Werkzeugen, die man braucht, um ein Smartphone zu zerlegen. Dann habe ich die Soft-Werkzeugkiste, die im Grunde alles über Elektronik, Design und Herstellung enthält. Dort findet man Arduino-Platinen, elektronische Bauteile, Sensoren und Aktoren, verschiedene Kleber. Hier ein Beispiel, wie ich alle meine drei Boxen für ein einziges Projekt

verwende: www.instructables.com/Jungle-Reef-Bluetooth/.

Ratschläge: Wählen Sie zunächst mindestens zehn Projekte aus, an denen Sie arbeiten möchten, und erstellen Sie eine Liste mit den dafür notwendigen Werkzeugen. Beginnen Sie mit dem Kauf der am häufigsten verwendeten Werkzeuge auf dieser Liste. Suchen Sie im Internet nach einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis. YouTube ist voll von Werkzeugrezensionen (zum Beispiel „Top 10 PARKSIDE Tools“). Selbst eine billige Marke ist für den Anfang gut. Machen Sie eine Zeichnung von Ihrem leeren Arbeitsplatz, drucken Sie sie in mehreren Exemplaren auf weißem Papier aus und beginnen Sie zu zeichnen, wie Sie Ihre Werkzeuge platzieren möchten! Denken Sie vor allem an die Benutzerfreundlichkeit. Einige gute Beispiele: <https://www.instructables.com/howto/workspace/>.

Aktuelles Projekt: Ein Arduino mit einem 433-MHz-Modul zur Dekodierung eines PIR-Sensors (https://github.com/giulio93/RevEng_433MHz).

Unverzichtbar:

- > Multimeter
- > Mikroskop
- > Einfache Lötstation
- > Dremel

Wunschzettel:

- > Oszilloskop
- > Eine Weller-Lötstation
- > Eine gute LED-Lampe mit Linse



(220521-02)RG



Nerea Iriepa

◀ Robotik in der Ausbildung. (Quelle: Nerea Iriepa)

Die Bedeutung der Robotik in der Ausbildung

Von Keith Jackson (Arduino)

Der Einsatz von Robotik im Bildungswesen kann, auch wenn sie (noch) nicht gut integriert ist, einen Wandel bewirken. Sie ist entscheidend für das Erlernen von MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik), sie ist „hip“ und ansprechend und bereitet die Schüler auf die Zukunft vor.

Denken Sie nur daran, wo Roboter in der realen Welt eingesetzt werden: in der Medizin, in der Altenpflege, in Haushaltsgeräten und in Autos. Die Liste lässt sich beliebig fortsetzen. Wie kann man nur glauben, dass das Unterrichten von Robotik in Schulen nicht wichtig ist?

Das Thema gewinnt immer mehr an Bedeutung, nicht zuletzt aufgrund der vielen Beispiele von innovativen Menschen, die etwas geschaffen und reale Probleme gelöst haben, weil die Robotik Teil ihrer Ausbildung war. Wir haben drei Beispiele, die für sich sprechen.

Robotik-Weltmeisterin

Darf ich vorstellen: Nerea Iriepa, Robotik-Weltmeisterin und Sales Lead von Arduino Education. Im Jahr 2003 brachte Nereas Lehrerin LEGO-Mindstorms-Roboter in ihren außerschulischen Nachmittagskurs und ihre Leidenschaft war entfacht. Der Club veranstaltete ein kleines Robotik-Turnier in der Schule, bevor er ein höheres Ziel anstrebte - den RoboCupJunior, ein internationales Roboter-Fußballturnier. Obwohl Nereas Team nur den 26. von 27 Plätzen belegte, war Nerea begeistert.

Im Jahr 2008 entdeckte Nerea den Arduino. Nach jahrelangen Herausforderungen beim Bau eines Roboters für ein solches RoboCupJunior-Turnier fand sie endlich eine Gemeinschaft, die sie um Rat fragen konnte. Und es war das Jahr, in dem Nereas Team gewann – zum ersten Mal gewann, um genauer zu sein, denn sie behielten ihren Titel drei Jahre lang, einschließlich eines Rekordsieges von 52:0 gegen Mexiko.

Und was war das Beste an der Sache? Die Möglichkeit, anderen Teams Ratschläge zu geben. Dank des Open-Source-Ansatzes von Arduino blieb nichts geheim und jeder konnte vom Anderen lernen. Da der RoboCupJunior ein Turnier für Schülerinnen und Schüler ist, kam der Abschied für Nerea (viel zu) schnell. Aber was dann geschah, war erstaunlich: Nerea traf zwei Gründer von Arduino und zeigte ihnen den Siegesroboter ihres Teams. Und plötzlich



Nerea traf sich mit zwei Gründern von Arduino und zeigte ihnen den Siegerroboter ihres Teams. Plötzlich wollten die Leute ihn für ihre Klassenzimmer kaufen, um ihre eigenen SchülerInnen in Robotik zu unterrichten.

wollten die Leute ihn für ihre Klassenzimmer kaufen, um ihren eigenen Schülern Robotik beizubringen.

Nach zwei Jahren Entwicklungszeit war der Arduino-Roboter fertig, und nachdem Nerea ihr Studium abgeschlossen hatte, bekam sie einen Job bei Arduino Education.

Mach mir den Roboter!

Die Weltroboterolympiade (WRO) wurde im Jahr 2004 ins Leben gerufen und findet mittlerweile in über 85 Ländern auf der ganzen Welt statt. Es handelt sich um einen globalen Robotik-Wettbewerb für junge Menschen im Alter von acht bis 19 Jahren, an dem im letzten Vor-Corona-Jahr 2019 immerhin 29.000 Teams teilnahmen.

Claus D. Christensen, Generalsekretär der WRO Association Ltd. sagte dazu: „Wir glauben, dass praktische Erfahrung, Erkundung und Spiel die besten Lehrmeister sind, und unsere Vision ist eine Zukunft, in der jeder neugierige junge Mensch, unabhängig von seinem Hintergrund, inspiriert und ausgestattet wird, um sein volles Potenzial in Wissenschaft, Technik und Technologie zu auszuschöpfen.“

Dies ist auch das Hauptanliegen von Arduino Education, weshalb wir stolz darauf sind, ein WRO-Sponsor zu sein und diese großartige Arbeit der WRO zu unterstützen, damit es jungen Menschen möglich ist, sich in Robotik und MINT zu engagieren.

„Wir haben uns für die Robotik entschieden, weil es funktioniert. Wir machen das schon im Kindergarten mit sehr kleinen Kindern. Wir verwenden einen Roboter und lassen die Kinder einfache Befehle eingeben - es ist ein sehr einfaches System, aber sie können den Roboter dazu bringen, Dinge zu tun wie etwa drei Schritte vorwärts zu gehen und dann nach links abzubiegen. Und sie finden es super lustig, den Roboter zu steuern und ihn herumfahren zu lassen.“

Er fährt fort: „Es ist sehr einfach, Kinder für die Robotik zu begeistern. Und, Roboter sind

sehr nützlich. Ich meine, ein Geschirrspüler ist ein Roboter, und die Kinder machen praktische Erfahrungen damit. Die Robotik führt auch in eine Welt, in der Ingenieure und Wissenschaftler gefragt sind, so dass man sicher einen Job findet, wenn man entsprechende Fähigkeiten besitzt.

Und warum setzt er den Arduino in seiner Schule ein? „Er funktioniert einfach. Man lädt die IDE (die Entwicklungsumgebung) herunter, schließt den UNO an den Computer an, lädt einen Sketch hoch und es funktioniert wie selbstverständlich. Und man erhält sofort Ergebnisse, und das ist Kindern wirklich wichtig. Es gibt eine niedrige Einstiegshürde, und ein schneller Erfolg ist ein echter Anstoß für ihr weiteres Interesse.

Erfahren Sie mehr über Arduino Education unter arduino.cc/education. ◀

(220455-02)RG



Welt-Roboter-Olympiade (WRO)

Eine Schule führt Robotik in die frühe Kindheit ein

In Kopenhagen hat eine kleine dänisch-französische Schule ein großes Ziel: Sie möchte, dass jeder Schüler ab dem dritten (!) Lebensjahr Erfahrungen mit Robotik macht, natürlich mit Arduino! Nicolas Guilbert, der Gründer der Schule und MINT-Lehrer, sagt:

Über den Autor

Keith Jackson arbeitet im Marketingbereich von Arduino und interessiert sich leidenschaftlich für alles, was mit Arduino zu tun hat, denn Arduino ist mehr als ein Unternehmen oder eine Marke, es ist eine ganze, vielfältige Gemeinschaft.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- **Arduino Braccio ++ RP2040 angetriebener Roboterarm (SKU 20174)**
www.elektormagazine.de/arduino-braccio
- **Arduino UNO Rev3 (15877)**
www.elektormagazine.de/arduino-uno

Ein zuverlässiges IoT auf Basis von LoRa

Von Stuart Cording (Elektor)

Für seine Pro-Produktpalette hat Arduino LoRa und LoRaWAN als einen Schwerpunkt zur Unterstützung von LPWAN-Entwicklern ausgewählt. Massimo Sacchi, Corporate Partnerships Manager und Business Developer bei Arduino, spricht über LoRa und die entsprechenden Hardware- und Softwarelösungen von Arduino.

Drahtlose Kommunikation ist für Elektronikingenieure in der Regel ein zweischneidiges Schwert. Einerseits durchbricht sie die Fesseln der Verdrahtung und ermöglicht Mobilität, wodurch innovative Anwendungen in allen Branchen ermöglicht werden. Andererseits erforderte sie Erfahrung in der Hochfrequenztechnik, hatte mehr Vorschriften zu erfüllen und war bisher sehr stromhungrig. Bei Anwendungen mit Batterieversorgung war es daher manchmal herausfordernd, für bestimmte Märkte Innovationen zu

realisieren. Früher, denn die fortlaufende Entwicklung bei Halbleitern, insbesondere bei der HF-auf-CMOS-Technologie, bedeutet jedoch, dass die Funk-Transceiver immer kleiner werden und einfacher zu integrieren sind. Im Laufe der Jahre ist eine Vielzahl von entsprechenden Modulen und System-on-Chip-Lösungen mit integrierten Mikrocontrollern auf den Markt gekommen. Dank der Bemühungen um eine bessere Nutzung der unlicenzierten ISM-Bänder (Industrie, Wissenschaft und Medizin) in Verbindung mit Cloud-Diensten haben die

Anwendungen der *Low Power Wide Area Networks* (LPWAN) stetig zugenommen. Dies ist auch an Arduino nicht unbemerkt vorbei gegangen. Durch das Portfolio an erweiterbaren Boards mit einfachem Programmieransatz bietet Arduino Unterstützung für fast alle drahtlosen Technologien. Mit der Vorstellung der Arduino-Pro-Reihe für Industrieanwender auf der CES 2020 wurden LoRa und LoRaWAN als ein Schwerpunktbereich zur Unterstützung von LPWAN-Entwicklern ausgewählt. Massimo Sacchi, Corporate Partnerships Manager und Business Developer bei Arduino, unterstützt diese Bemühungen, kein Wunder, ist er auch stellvertretender Vorsitzender der *LoRa Alliance Task Force* in Australien und Neuseeland.

„Ich liebe es, neue Technologien zu erforschen, insbesondere im Bereich des IIoT“, sagt Massimo. „Es ist daher nur natürlich, dass wir bei Arduino unsere Fähigkeiten nutzen, um im Bereich LoRaWAN innovativ zu sein.“



Massimo Sacchi

Massimo Sacchi ist der Corporate Partnerships Manager und Business Developer bei Arduino. Er trat dem Team 2019

bei, vier Jahre nach seinem Umzug nach Australien. Er ist in Italien aufgewachsen und hat nach seinem Abschluss in Elektrotechnik 20 Jahre lang im Bereich der industriellen Automatisierung gearbeitet. Massimo engagiert sich leidenschaftlich für das IIoT und Cloud-Anwendungen und unterstützt das Wachstum von Low-Power-Wide-Area-Netzwerken als stellvertretender Vorsitzender der Australian and New Zealand LoRa Alliance Task Force.

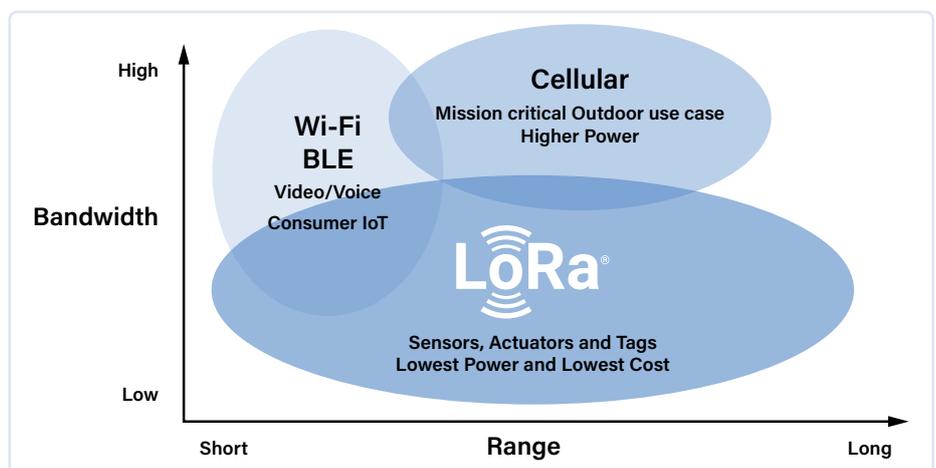


Bild 1. LoRa bietet sowohl Konnektivität über kurze als auch über lange Strecken für Anwendungen, die nur kleine Datenmengen verarbeiten müssen. (Quelle: Arduino)

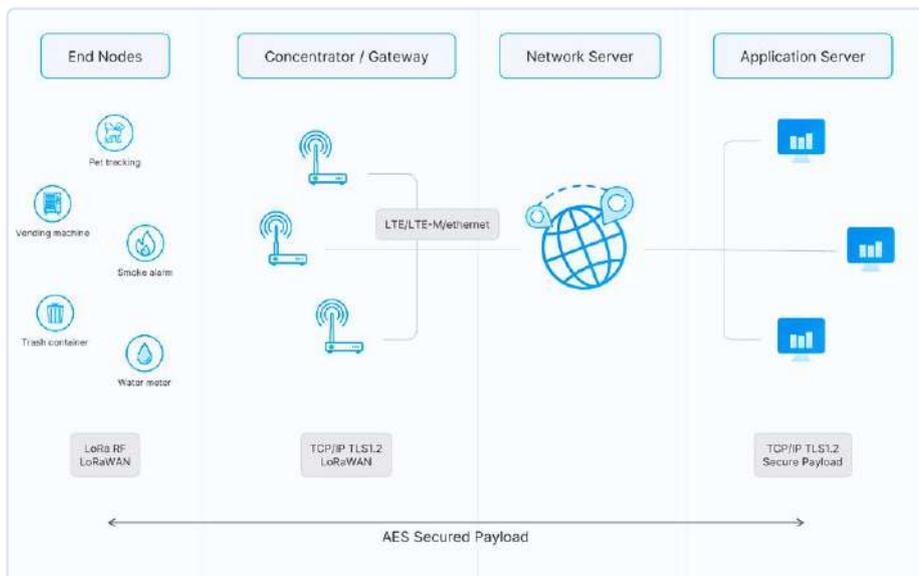


Bild 2. LoRaWAN ermöglicht es LoRa, ein Netzwerk zu bilden, sich mit Cloud-Diensten zu verbinden und eine Payload sicher zu übermitteln. (Quelle: Arduino)

Was ist LoRaWAN?

Wer drahtlose Netzwerke für Internet-of-Things-Anwendungen (IoT) oder industrielles IoT (IIoT) implementieren möchte, hat die Qual der Wahl. Mobilfunknetze wie 4G/5G bieten eine vorhandene funktionale Infrastruktur, die es Entwicklern ermöglicht, sich auf ihre eigentlichen Anwendungen zu konzentrieren. Trotz der zunehmenden Verbreitung von Lösungen mit geringerer Stromaufnahme wie NB-IoT [1] ist dabei die versprochene 10-jährige Batterielebensdauer aber keine Selbstverständlichkeit. [2] WLAN ist ebenfalls (fast) überall vorhanden, doch die Reichweite ist begrenzt und vor Wi-Fi 6 gab es keine

Leistungsoptimierungen für eine niedrige Stromaufnahme von IoT-Knoten. Zudem sind die Knoten aufgrund der fehlenden Handover-Unterstützung auf den Betrieb in Reichweite des Routers und etwaiger Repeater beschränkt.

LPWAN-Netzwerke dagegen konzentrieren sich auf die Anforderungen der meisten IoT-Anwendungen: kleine Pakete mit geringem Datenvolumen, große Reichweite und sehr geringe Stromaufnahme. LoRa ist eine der erfolgreichsten dieser LPWAN-Funktechnologien (Bild 1), die mit einer drahtlosen Modulationstechnik namens *Chirp Spread Spectrum* (CSS) eine gute Robustheit im Feld gewährleistet. LoRa arbeitet in

den fast überall auf der Welt verfügbaren Sub-Gigahertz-Bändern 433 MHz, 868 MHz und 915 MHz des für die ISM-Nutzung reservierten Frequenzspektrums.

Um LoRa-fähige Knoten in ein Netzwerk zu verwandeln, wird der LoRaWAN-Softwarelayer hinzugefügt (Bild 2), eine Open-Source-Spezifikation, die von der LoRa Alliance unterstützt und gepflegt wird. So können LoRaWAN-Endknoten, in denen Anwendungen implementiert sind, mit Gateways kommunizieren, die mit dem Internet verbunden sind. Von hier aus wird eine bidirektionale Kommunikation mit Cloud-basierten Anwendungsservern hergestellt, auf denen die Daten dann verarbeitet oder Requests an die Knoten ausgegeben werden können.

Einfach, aber sicher

„Das Tolle an Arduino ist, dass man so einfach einen LoRa-Knoten erstellen und ihn mit einem Netzwerk verbinden kann“, erklärt Massimo, „man braucht nur ein entsprechendes Shield und eine Softwarebibliothek.“ Für die Hersteller sind MKR1300 und MKR1310 (Bild 3) die beliebtesten Boards, die mit stromsparenden SAMD21-Mikrocontrollern von Microchip ausgestattet sind und für den Funkverkehr LoRa-Module CMWX1ZZABZ von Murata nutzen. Zusätzlich befinden sich Batterieladeschaltungen auf den Boards. Bei korrekter Konfiguration nimmt ein Board nur 104 μ A auf.

Da Cyberangriffe auf industrielle Systeme zunehmen, müssen diese Technologien auch sicher sein. Dies wird durch einen

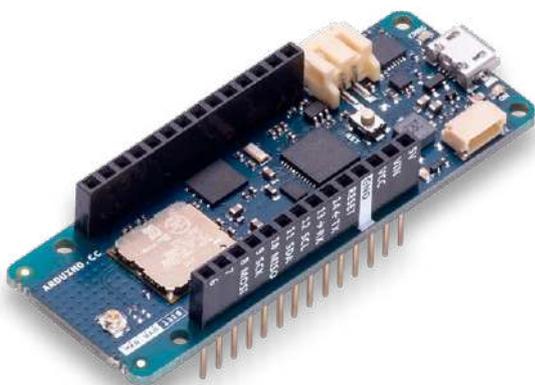


Bild 3. Das MKR1310 ist ein hervorragender Ausgangspunkt für IoT mit LoRa. Es besteht aus einem SAMD21-Mikrocontroller mit geringer Stromaufnahme und dem Murata-Funkmodul CMWX1ZZABZ. (Quelle: Arduino)

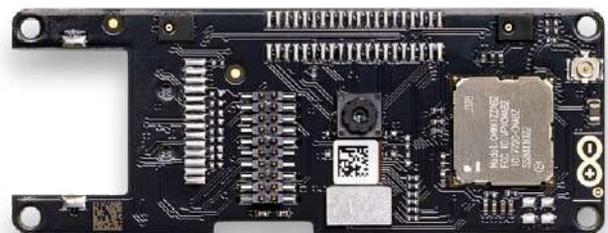


Bild 4. Mit dem Portenta Vision Shield - LoRa bietet Arduino Pro Hardware wie Portenta H7 industrietaugliche LoRaWAN-Unterstützung. (Quelle: Arduino)



Das Tolle an Arduino ist, dass es so einfach ist, einen LoRa-Knoten zu erstellen und ihn in ein Netzwerk einzubinden

Kryptografie-Chip ECC508 gewährleistet, der die Ver- und Entschlüsselung in eine Hardware verlagert, die den branchenüblichen Sicherheitskonventionen entspricht. „Das macht solche Hardware vom ersten Taktzyklus an sicher“, fügt Massimo hinzu. Für Profis gibt es das Board Portenta H7, das mit dem Vision-Shield (**Bild 4**) LoRa-fähig wird und dasselbe Funkmodul sowie den kryptografischen Coprozessor ECC608 nutzt. Die nächste Herausforderung ist natürlich die Entwicklung eines robusten Gateways, an das die Knoten gekoppelt werden sollen. Dank einer neuen Zusammenarbeit mit RAKwireless kann Arduino zwei industrietaugliche Gateways (**Bild 5**) anbieten: das *WisGate Edge Lite 2* für den Innenbereich und das *WisGate Edge Pro* für die freie Natur [3]. Die Gateways unterstützen Power-over-Ethernet (PoE), so dass die Installation problemlos möglich ist, und bieten eine sichere Lösung mit guter Abdeckung innerhalb von Gebäuden mit Unterstützung für 16 Kanäle anstelle der acht üblichen Kanäle. Das Gateway ermöglicht den Zugang zu Plattformen wie *The Things Network*; man kann aber, wenn man es wünscht, auch eigene private Netzwerke mit MQTT-Client und einem Netzwerkserver konfigurieren.

Eine einfache Hardware braucht einfache Software

Doch auch wenn die Hardware anschlussbereit ist, bleibt sie ohne Software stumm.

Wie nicht anders zu erwarten, macht Arduino dies sowohl für das Board als auch für die Verbindung mit der Cloud einfach. Das Arduino-Team hat nämlich vor kurzer Zeit die Version 2.0 der Arduino-IDE vorgestellt, die Debugging sowohl für On-Board als auch für Drittanbieter-Debugger ermöglicht. Damit lassen sich Variableninhalte und die Codeausführung wie bei IDEs von Mikrocontroller-Anbietern untersuchen. Eine zentrale neue Funktion ist das Befehlszeilen-Interface (CLI), über das professionelle Entwickler Aufgaben automatisieren und die Arduino-Umgebung mit anderen Tools wie Continuous Integration (CI) integrieren können.

IoT-Anwendungen müssen sich weiterhin mit der Konnektivität auseinandersetzen, sich mit Cloud-Diensten verbinden zu können. Die Arduino-Cloud [4] ist mit *The Things Network* (TTN) verbunden, einer bekannten globalen Plattform, die LoRaWAN unterstützt. Dank der Standard-Kryptographie-Hardware werden die Daten einfach und sicher übertragen. „Es ist wichtig zu wissen, dass wir die

Benutzer nicht an die Arduino-Umgebung fesseln wollen“, erklärt Massimo. „Deshalb bleiben wir mit anderen LoRa-Standard-systemen und -Plattformen kompatibel, um Entwicklern die Wahl zu lassen, wenn sie von der Prototyping- in die Einrichtungsphase kommen. Unser Hauptziel ist es, die einfache Nutzung von LoRa zu ermöglichen.“

Eine der Grenzen der LPWAN-Technologie ist die verfügbare Bandbreite in Verbindung mit der Reichweite. LoRaWAN kann alles von 5470 bps über 2 km bis 290 bps über 14 km erreichen (**Tabelle 1**). Dies ist halt der Preis, der für eine lange Batterielebensdauer und eine große Reichweite gezahlt werden muss. Die Entwickler müssen innovativ sein, um mehr Datenverarbeitung innerhalb der IoT-Knoten vorzunehmen und die Kommunikation auf die Ergebnisse zu reduzieren, anstatt alle Rohdaten zur Verarbeitung an die Cloud weiterzuleiten. Zwangsläufig ist maschinelles Lernen (ML) eine beliebte Lösung, die es dem Mikrocontroller ermöglicht, eine Reihe komplexer Eingabedaten effizient zu verarbeiten. Hier können Ingenieure auf Edge Impulse zurückgreifen, eine ausge-reifte ML-Lösung, die für stromsparende Mikrocontroller optimiert ist [5].

Kann ich mich voll und ganz auf LoRa einlassen?

Auf dem Markt tauchen fortwährend neue LPWAN- und IoT-Lösungen auf, so



Bild 5. Die WisGate-Gateways bieten robuste und sichere LoRaWAN-Konnektivität für professionelle Anwendungen im Innen- und Außenbereich (Quelle: Arduino).

Spreizfaktor	Datenrate	Reichweite	Sendezeit
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

Tabelle 1: Vergleich der Datenrate und der Reichweite von LoRa in Abhängigkeit vom verwendeten Spreizfaktor.

dass es schwierig auszuwählen ist, welche Anwendung für die nächsten zwei oder drei Jahrzehnte Unterstützung findet. Die jüngste Ankündigung von Google, seinen IoT-Core-Dienst [6] einzustellen, und die Probleme bei Sigfox [7] geben natürlich Anlass zur Sorge, wenn Ingenieure nach einer zuverlässigen, langfristigen IoT-Plattform suchen.

„Etwa 90 % der Anwendungen, die keine Mobilfunkfunktionen benötigen, werden mit LoRa realisiert“, erklärt Massimo. „Und wir sehen ein weiteres Wachstum, vor allem im Bereich der Smart Cities, etwa bei der Verbesserung der Wartung der Straßenbeleuchtung, und in der Landwirtschaft.“ In Kombination mit ML ermöglicht die große Reichweite von LoRa den Landwirten, ihr Vieh mit einem Geofence zu versehen und mehr Einblicke in den Gesundheitszustand ihrer Tiere zu erhalten.

Dank der Mitglieder der globalen Allianz wird die LoRa-Technologie auch weiterhin aktiv gepflegt und entwickelt.

„Auf der physikalischen Ebene ist es zweifelhaft, dass irgendwelche Änderungen vorgenommen werden“, erklärt Massimo.

„LoRaWAN kann jedoch weitere Verbesserungen in der Software bieten und sich so an neue Marktanforderungen anpassen.“ Einige dieser Änderungen werden Software-Updates erfordern, die sich jedoch in erster Linie auf die Gateways auswirken werden, damit diese die neuen Funktionen unterstützen können, die in neu entwickelter LoRa-IoT-Hardware eingesetzt werden. Weiterhin geht es darum, die globale Unterstützung auszuweiten, damit die Bandbreite für LoRa-Netzwerke in noch mehr Ländern legal verfügbar ist.

„Wir untersuchen auch Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit anderen Funkstandards, aber auch hier wird es eher zu

Software- als zu Hardware-Änderungen kommen“, fügt Massimo hinzu.

Nahtloser Übergang vom Maker zum Profi

Betrachtet man den Markt, so scheint LoRa definitiv die Oberhand zu gewinnen, was die Anforderungen der IoT-Anwendung anbelangt. Da die Entwicklung viele Anwendungen mit einer Maker-Hardware beginnen, bietet Arduino eine kompetente Kombination aus Hardware und Software für „Skunkworks-Projekte“ [8] zur Erforschung der verfügbaren Technik. Wenn sich die Projekte zu realen Anwendungen weiterentwickeln, bieten die Arduino-Pro-Hardware, die WisGate-Gateways und eine Fülle von Software einen Weg zum professionellen LoRa-Einsatz.

Darüber hinaus bietet Arduino über sein globales Netzwerk von Partnern, die bei der Systemintegration und -herstellung helfen, eine wachsende Palette zusätzlicher Dienstleistungen. Und für diejenigen, die jetzt noch unentschlossen sind, was die LPWAN-Technologie angeht, bietet LoRa dank seiner aktiven Allianz von Mitgliedern und einer kontinuierlichen Entwicklung stabile Zukunftsaussichten. ◀

(220513-02)RG

Über den Autor

Stuart Cording ist Ingenieur und Journalist mit mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Elektronikbranche. Sie können viele seiner Elektor-Artikel unter www.elektormagazine.com/cording lesen.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- **Arduino MKR WAN 1310**
www.elektormagazine.de/arduino-mkrwan1310
- **Arduino Portenta Vision Shield LoRa**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-vision-shield-lora
- **Arduino WisGate Edge Lite 2**
www.elektormagazine.de/arduino-wisgate-edge-lite
- **Arduino WisGate Edge Pro**
www.elektormagazine.de/arduino-wisgate-edge-pro
- **C. Kühnel, LoRaWAN-Knoten im IoT (Elektor 2021)**
Buchausgabe: www.elektor.de/lorawan-knoten-im-iot
E-Buch (PDF): www.elektor.de/lorawan-knoten-im-iot-pdf

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“, January 22, 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, September 21, 2022: <https://bit.ly/arduino-nicla-vision>
- [6] S. Evans, „Google Cloud to Shut Down IoT Core Service“, IoT World Today, August 23, 2022: <https://bit.ly/google-cloud-iiwt>
- [7] R. Daws, „Sigfox Enters Insolvency Proceedings Following Difficulties“, IoTnews, January 27, 2022: <https://bit.ly/sigfox-iotnews>
- [8] Skunkwork-Projekte: https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Advanced_Development_Programs

Ausgepackt: die Portenta- Maschinensteuerung



Von Brian Tristam Williams (Elektor)

Arduinos haben sich in den letzten mehr als 15 Jahren als die beliebtesten Boards für Pädagogen und Maker etabliert, mit Millionen von ausgelieferten Exemplaren, und das ohne die kompatiblen Boards mitzuzählen, die dank des Open-Source-Ethos des Ökosystems entstanden sind. Im Jahr 2020 wurde das Arduino-Pro-Ökosystem eingeführt, das auf den Industrie- und SPS-Markt abzielt.

Arduino Portenta H7

Da es das Herzstück der Arduino-Portenta-Maschinensteuerung ist, werfen wir zunächst einen kurzen Blick auf das erste Controllerboard der Arduino-Pro-Reihe. Das Board Portenta H7 wurde nach seiner CPU, dem Mikrocontroller STM32H747XI benannt. Als Arduino-Pro-Produkt hebt es sich mit seiner schwarzen Platine sofort als Teil der Pro-Reihe ab. Seit der erfolgreichen Einführung des Arduino UNO im Jahr 2010 mit einer mit 16 MHz getakteten 8-Bit-MCU hat Arduino einen weiten Weg zu Portenta H7 zurückgelegt.

Das Board Portenta H7 verfügt über zwei Kerne: einen Arm Cortex-M7 mit 480 MHz und einen Arm Cortex-M4 mit 240 MHz. Neben dem Prozessor gibt es noch einige andere bemerkenswerte Merkmale:

- > 16 MB Flash-Speicher, 8 MB SDRAM
- > WLAN und Bluetooth 4.1
- > Die STM32H7-MCU verfügt über eine integrierte Grafik-Engine.
- > Der USB-C-Anschluss auf der Platine unterstützt den DisplayPort-Videoausgang (mit einer Auflösung von bis zu 1280x720) und sorgt in Ihrem Projekt für eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) ohne zusätzliche Treiberhardware.

Sie können das Board zwar immer noch mit der Arduino-IDE programmieren, aber die Plattform bietet MicroPython und JavaScript von Haus aus. Mit den zwei Kernen können Sie zum Beispiel die TensorFlow-Lite-Bibliothek für die maschinelle Bildverarbeitung verwenden und Objekte erkennen mit dem einen Prozessorkern und Ihr MicroPython- oder JavaScript-Interpreter Ihren Code auf dem anderen Kern ausführen.

Das Controllerboard besitzt zwei (im Foto nicht sichtbare) 80-polige High-Density-Verbinder auf der Unterseite, die zwar nicht so makerfreundlich sind wie die SIL-Buchsenleisten des UNO, aber in ähnlicher Weise die Erweiterung des Boards durch eine Reihe von Arduino-Pro-Shields oder, im Fall der Portenta-Familie, komplette Trägerplatinen wie die Portenta Machine Control ermöglichen. Das bedeutet nicht, dass Standard-Header mit einem Raster von 2,54 mm nicht möglich sind, denn das Board hat immer noch ein MKR-kompatibles Pinout an seinen Rändern, wo die Header eingelötet werden, um grundlegende Peripherie wie analoge und digitale I/O und serielle Busse anzuschließen. Bei dem Preis des Boards werden Sie zweifellos mehr tun, als nur den Blink-Sketch auf dem H7 auszuführen!

Die Portenta-Maschinensteuerung

Die Portenta Machine Control [1] ist ein auf einer Hutschiene montierbarer Träger für das Board Portenta H7 und gleichzeitig eine vielseitige Schnittstellenkarte. Die Maschinensteuerung wird sogar mit einem Portenta-H7-Board an der Unterseite der Maschinensteuerung ausgeliefert, und das alles zum Preis von 299 €. Wir mussten das Gehäuse zerlegen, um den H7 zu finden, aber er ist da und über die bereits erwähnten High-Density-Verbinder angeschlossen (**Bild 1**).

Leider bedeutet die versteckte Lage des H7 im Inneren der Maschinensteuerung, dass sein USB-C-Anschluss nicht leicht zugänglich ist, sodass diese praktischen DisplayPort-Anwendungen nicht so einfach zu realisieren sind. Außerdem ist der H7 in der Maschinensteuerung eng mit der Trägerplatine verpaart, so dass Arduino empfiehlt, die beiden Platinen nicht zu trennen und zu versuchen, den H7 in einer Standalone-Anwendung einzusetzen, zumal nach solchen Basteleien die Garantie erlischt.

Wie der H7 ist auch die Platine und das Gehäuse beziehungsweise die Hutschienenhalterung der Portenta-Maschinensteuerung in dem

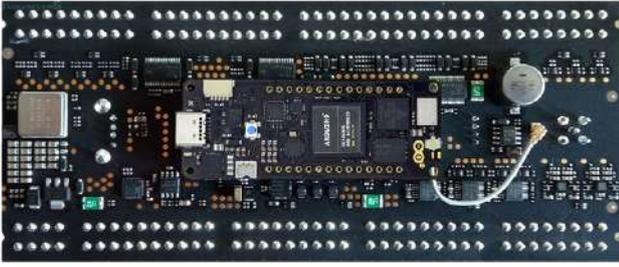


Bild 1. Arduino Portenta H7 auf der Unterseite der Portenta-Maschinensteuerung.

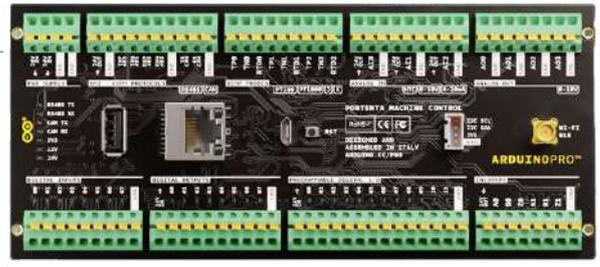


Bild 2. Die Maschinensteuerung Arduino Pro Portenta.

schicken Schwarz der Arduino-Pro-Linie gehalten.

Bei einer Größe von nur 50 mm × 90 mm bietet die Maschinensteuerungsplatine eine beeindruckende Anzahl von Ein- und Ausgängen an mehr als 80 grünen Push-In-Anschlüssen, die in neun verschiedene Abschnitte unterteilt sind (**Bild 2**). Im Uhrzeigersinn, von oben links, haben wir:

- > Spannungsversorgung: 2 × 24-V-Eingänge, mit den dazugehörigen Masseanschlüssen
- > Kommunikationsprotokolle: Symmetrische RS-485 (oder -422 oder -232) und CAN
- > Spezielle Eingänge nur für Temperaturfühler PT100/PT1000/J/K
- > Drei Analogeingänge, geeignet für NTCs, 0...10 V, 4...20 mA, wobei jeder Eingang über einen zugehörigen 24-V-Ausgang und Masse verfügt
- > Vier analoge Ausgänge mit 0...10 V
- > Drehgeber
- > Programmierbare digitale I/O - genau wie beim herkömmlichen Arduino entscheiden Sie in der Software, ob es sich um Ein- oder Ausgänge handelt
- > Digitale Ausgänge
- > Digitale Eingänge

Zwischen den Reihen von Push-in-Klemmen befinden sich in der Mitte der Platine einige allgemeinere I/O-Anschlüsse und Funktionen:

- > Eine übersichtliche LED-Spalte auf der linken Seite zeigt deutlich an, ob auf den RS-485- und CAN-Bussen Aktivität herrscht und ob die Versorgungsspannungen 3,3 V, 12 V und 24 V vorhanden sind
- > USB-A-Buchse mit voller Geschwindigkeit, die als Host oder Device verwendet werden kann
- > Integrierter Ethernet-Anschluss mit eingebautem Transformator
- > Micro-USB-Buchse mit halber Geschwindigkeit - über diese Buchse kann der Portenta H7 programmiert werden
- > Eine Reset-Taste
- > I²C auf einem Grove-Anschluss
- > SMA-Antennenanschluss für WLAN und Bluetooth (vom HF-Anschluss des H7 getrennt)

Seltsamerweise wird dieses Maschinensteuerungs-Arbeitstier nicht mit einer Antenne geliefert, aber der SMA-Anschluss gibt die Flexibilität, entweder eine Antenne am Gerät selbst zu verwenden oder eine an einem geeigneteren Ort in der Umgebung zu platzieren.

Mit der integrierten Ethernet-Buchse können Sie sich natürlich dafür entscheiden, den Äther in Ihrer industriellen Umgebung sauber zu halten, indem Sie das WLAN ungenutzt lassen und das Netzwerk fest verdrahten.

Das Hutschienen-Gehäuse aus Kunststoff fühlt sich nicht so massiv an, wie man es von einer typischen SPS erwarten würde, aber dafür liegt das Gewicht des Geräts unter 200 g.

Insgesamt schafft es die Portenta-Maschinensteuerung, zwei Welten zu verbinden, indem sie IoT-Fähigkeiten in eigenständige Industriemaschinen bringt, die Verwendung traditioneller Speicherprogrammierbarer Steuerungen umgeht und mehrere Entwicklungsumgebungen anbietet, die die Einstiegshürde niedrig hält, auch für alle, die nicht acht Stunden am Tag (und länger) mit dem Schreiben von industrieller Automatisierungssoftware verbringen.

Die Vielzahl von Ein- und Ausgängen bedeutet, dass an die Lösung wahrscheinlich jeder Sensor oder Aktuator in einer Fertigungskette angeschlossen werden kann, ohne dass zusätzliche komplexe Schaltungen erforderlich sind. Zum Preis von 299 € erhalten Sie also eine Drop-in-Hardwarelösung mit flexiblen Optionen aus einer Reihe von Programmiersprachen und Entwicklungsumgebungen und der Möglichkeit, zwei rasend schnelle Kerne unabhängig und gleichzeitig zu betreiben, wobei beide auf alle verfügbaren Ressourcen zugreifen können. ◀

(220532-02)RG

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Dann wenden Sie sich bitte an den Autor unter brian.williams@elektor.com oder an das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- > **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-h7
- > **Arduino Portenta Machine Control**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-machine-control

WEBLINK

[1] Produktdatenblatt der Maschinensteuerung Arduino Portenta:
<https://content.arduino.cc/assets/AKX00032-datasheets.pdf>

8-Bit- Gaming mit Arduboy



Arduboy FX.

Von David Cuartielles (Arduino)

Anfang 2014 baute Kevin Bates den Prototyp des Arduboy-Spielsystems mit Arduino. Etwa ein Jahr später startete er eine Kickstarter-Kampagne.

David Cuartielles: Bevor wir uns mit dem Arduboy und seiner Geschichte beschäftigen, erzählen Sie uns etwas über sich selbst und Ihre Interessen. Wann haben Sie angefangen, sich mit Elektronik zu beschäftigen? Wann haben Sie angefangen, Arduino zu benutzen?

Kevin Bates: Solange ich mich erinnern kann, habe ich mich schon immer dafür interessiert, Dinge auseinanderzunehmen und wieder zusammenzusetzen. Der Bau meines eigenen PCs als Teenager war meine erste praktische Erfahrung mit Elektronik, wobei ich mich mit Dingen wie Übertaktung und dem Anbrin-



Bild 1. Kevin Bates.

gen von LEDs an meinem Gehäuse beschäftigte.

Ich arbeitete als Windturbinentechniker. Ich flog zu verschiedenen Windparks in den USA und Kanada, wenn das Team vor Ort Hilfe bei einer Turbine brauchte, die sich nicht korrekt verhielt, und half bei der Fehlersuche. Als ich aufwuchs, hatte ich verschiedene 100-in-1-Elektronik-Bausätze, die mit den kleinen Federn. Ich hatte schon vorher UKW-Radios gebaut, aber durch diese Beschäftigung habe ich gelernt, Schaltpläne zu lesen und das Ohmsche Gesetz zu beachten, denn wenn man diese Dinge falsch anschließt, bekommt man viel mehr als nur magischen blauen Rauch.

Ich war überrascht zu erfahren, dass diese riesigen, mehrere Millionen Dollar teuren Maschinen oft mit 8-Bit-Mikrocontrollern laufen. Etwa zur gleichen Zeit (2008/2009) wurde Arduino populär und ich dachte: „Wow, man kann wirklich einfach ein USB-Kabel einstecken und es funktioniert?“ Ich hatte ehrlich gesagt nicht geglaubt, dass es so einfach sein würde. Als ich das erste Mal LEDs blinken lassen konnte, war ich sofort Feuer und Flamme.

Cuartielles: Erzählen Sie uns vom Arduboy-Prototyp, der Anfang 2014 viral ging. Können Sie die Merkmale des ursprünglichen Arduboy beschreiben? Wie hat Ihnen Arduino bei der Herstellung des ersten Modells geholfen?

Bates: Nun, ich begann mit der Idee, eine Platine als digitale Visitenkarte zu entwerfen. Diese Art von funktionalen Entwürfen gab es schon vorher. Es gab eine, mit einem USB-Anschluss und einer Art Rubber-Ducky-Skript, das einen Lebenslauf ausgeben und eine Website öffnen konnte. Ursprünglich wollte ich ein einfaches Simon-says-Spiel (Alle Vögel fliegen

hoch ...) mit vier LEDs und Touchpads spielen. Ich hatte noch eine OLED-Anzeige aus einem anderen Projekt und stellte fest, dass es bei dem sehr geringen Stromverbrauch mit einer Knopfzelle funktioniert. Also dachte ich mir, dass dies eine großartige Gelegenheit war. Es brauchte Steuerungen, also fügte ich ein Joystick und dann eine OK- und Abbrechen-Option hinzu (**Bild 2**). Das war in der Schaltplanphase, und erst als ich versuchte, herauszufinden, wie ich die Bauteile anordnen sollte, wurde mir klar, was für eine Form das Gerät haben sollte.

Der eigentliche Trick, der das Gerät in gewisser Weise zum Selbstläufer machte, war die Tatsache, dass ich Ausschnitte in der Leiterplatte verwendete, um alle Komponenten darin zu platzieren. Die Tasten waren kapazitiv, sodass das gesamte Gerät nicht wirklich dicker als die 1,6 mm dünne Platine war. Die Idee dazu kam mir, als ich eines Tages einen Kondensator in ein durchgehendes Loch fallen ließ und mich fragte, ob es möglich wäre, Bauteile auf diese Weise zu montieren (**Bild 3**).

Die Open-Source-Community von Arduino hat dies wirklich erleichtert. Online-Händler, die ihre Board-Dateien, Schaltpläne und Quellcodes zur Verfügung stellten, ermöglichten es mir, von ihren Beispielen zu lernen. Arduino war eine Software und Plattform, die „einfach funktionierte“. Ich habe nicht viel Geduld, um eine traditionelle Entwicklungsumgebung einzurichten. Wenn ich sehe, dass jemand in seinem Online-Code-Repository die Verwendung von Make fordert und dann auf mehreren Seiten erklärt, wie man die davon abhängigen Module installiert, könnte ich kotzen. Arduino umgeht all das. Wenn Sie Fehlermeldungen erhalten, können Sie sie den Grund leicht ergoogeln. Es funktioniert einfach (**Bild 4**). Ich hatte auch die Gelegenheit, einige der Gründer kennenzulernen, nachdem das Projekt bekannt wurde, und auch sie waren alle sehr nette und freundliche Menschen!

Cuartielles: Sie haben im Mai 2015 eine Crowdfunding-Kampagne auf Kickstarter gestartet. Wie ist sie gelaufen? Was waren die Ergebnisse? Wann haben Sie mit der Auslieferung begonnen?

Bates: Wow! Das ist schon lange her. Es war unglaublich, fast eine halbe Million Dollar. Ich war überwältigt! Der Druck, fast zehntausend Menschen zu beliefern, ließ mich den endgültigen Entwurf oft infrage stellen. Ich habe ein halbes Jahr lang versucht, einen besseren Audioverstärker zu entwickeln, um das Konzept dann ganz zu verwerfen.

Die Community hat mich jedoch die ganze Zeit unterstützt. Die Entwicklung fand in aller Öffentlichkeit statt, und es gibt eine großartige Gruppe von Leuten in den Arduboy-Foren, die den Prozess begleitet haben. Ein großer Teil der Anerkennung geht an die Leute, die dort Beiträge leisten, denn ohne sie wäre der Arduboy

nicht das, was er heute ist.

Schließlich habe ich etwa ein Jahr nach dem Ende der Kickstarter-Kampagne ausgeliefert, was etwa doppelt so lang war wie erwartet. In Anbetracht des Endprodukts war es das aber wert. Alle schienen mit dem Ergebnis sehr zufrieden zu sein. Für mich war es eine lustige und erstaunliche Erfahrung, da ich im Ausland in China war und die Entwicklung aus erster Hand miterlebt habe, also schulde ich auch all meinen Unterstützern großen Dank dafür, dass sie es möglich gemacht haben.

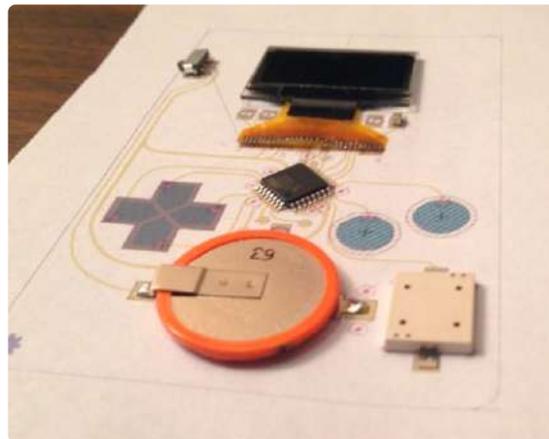


Bild 2. Arduboy-Prototyp.



Bild 3. Platine mit Aussparungen.



Bild 4. Arbeiten mit Arduino.

Bild 5. Der Arduboy Nano.



Cuartielles: Sie scheinen bei der Neugestaltung der Konsole sehr aktiv zu sein. Wie viele verschiedene Versionen haben Sie gemacht?

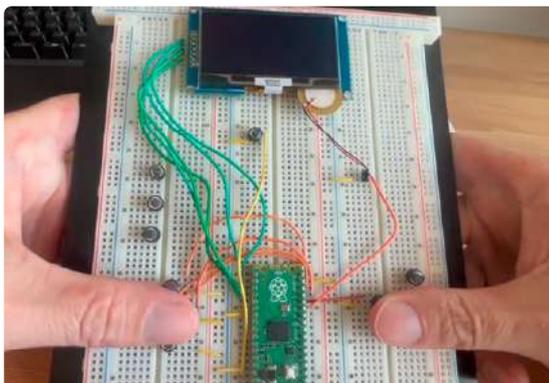
Bates: Diese Frage bringt mich zum Lachen! Ich fühle mich oft wie eine One-Hit-Wonder-Band, die versucht, ein zweites Album herauszubringen. Ich hatte nie die Absicht, dass der Arduboy zu einem Produkt wird, und wenn ich jetzt weiter entwickeln möchte, bin ich in einer schwierigen Situation.

Die ganze Philosophie des Arduboy war es, eine minimal lebensfähige Spielplattform zu sein. Ich finde, das ist unglaublich gut gelungen, aber wie kann man solch ein Motto fortsetzen? Wie kann man „minimalistischer“ werden?

Bild 6. Die Arduboy-Hardware mit Brille.



Bild 7. Herumspielen mit dem RP2040.



Sobald ich anfange, neue Funktionen hinzuzufügen, beginne ich, mit anderen Plattformen zu konkurrieren, oder es wird zu teuer oder zu unpraktisch, um es in kleinem oder mittlerem Maßstab zu entwickeln. Lange Zeit zwang mich diese Art von Entscheidungsfindung in einen Zustand der Lähmung, weil ich versuchte, ein beliebiges Problem zu lösen. In den letzten Jahren habe ich mich davon befreit und tue jetzt das, was ich tat, als ich den ersten Arduboy-Prototypen baute - ich habe Spaß und mache etwas, das mich zum Lachen bringt. Sie können mir immer auf meinem Twitter folgen: <https://twitter.com/bateskecom>.

In diesem Sinne ging ich so klein wie möglich vor, indem ich mir Entwurfstechniken von einem Freund bei Tiny Circuits aneignete, um den Arduboy Nano zu bauen, ein 3D-gedrucktes Spielsystem, das kleiner als ein Vierteldollar (etwa ein Zoll) ist (**Bild 5**). Dieses System hatte eine kleinere Anzeige mit nur 32 × 48 Pixeln, verwendete aber denselben Controller, sodass nur geringe Änderungen an der Bibliothek erforderlich waren. Ich hatte schon seit einigen Jahren mit transparenten OLEDs experimentiert, und mit der Hilfe von Twitter-Nutzern konnte ich sie in eine Brille einbauen, indem ich eine Platine als Gestell verwendete. Die Arduboy-Hardware ist in einen der Bügel eingebaut (**Bild 6**) und steuert das Ganze.

Seitdem habe ich mit dem RP2040 herumgespielt und gelernt, was er kann und welche Art von Anzeigen gut zu seiner Leistung passt (**Bild 7**). Es gibt eine größere 2,3-Zoll-Version der OLED-Anzeige, die im Arduboy verwendet wird, also habe ich das ausprobiert, und es ist eine ziemliche Leistungssteigerung gegenüber dem ATmega32U4.

Ich hatte mir ein Abonnement von Fusion 360 zugelegt und hatte Spaß bei der Vorstellung, wie denn ein neues Gehäuse für die neue Hardware aussehen könnte. In dieser Zeit wurde ich auch auf ein neues Displaymodul aufmerksam. Lichtdurchlässige transmissive Displays sind inzwischen weit verbreitet, und für die Playdate-Spielkonsole, die 400 × 240 monochrome Pixel als „Format“ für Spiele nutzt, eröffnet sich ein großes Potenzial für die Verwendung und Weiterentwicklung solcher Displays.

Da Mindestbestellmengen von speziellen Spritzgussteilen oft eine große Herausforderung darstellen, möchte ich handelsübliche Schalengehäuse verwenden, die erschwinglich und überall auf der Welt erhältlich sind. Ich versuche also, all das in ein Stück Kunststoff zu packen, das von jemand anderem entworfen und hergestellt wurde.

Schließlich versuchte ich, den Kreis mit einem Produkt zu schließen, das Super Impulse, ein Hersteller von winzigen Spielzeugen, für die Produktion der Micro-Arcade lizenziert hat. Ich wollte die Platine im Inneren zu ersetzen, um eine RP2040-betriebene Konsole mit Farbanzeige im Kreditkartenformat herzustellen, mit der die Leute vertraut sind (**Bild 8**).



Bild 8. RP2040-betriebene Konsole.

Doom läuft bereits auf diesem Chip, es ist also nur eine Frage der Zeit, bis auch Sie Doom in Ihre Geldbörse stecken können. Sie können die Entwicklung auf meiner Patreon-Seite (US-Crowdfunding-Webseite) verfolgen, wo ich alle meine Prototypen mit Ihnen teile und zusätzliche Platinen und Teile versende, die ich während des Prozesses herstelle: patreon.com/bateskecom (Bild 9).

Cuartielles: Es hat sich eine großartige Community hinter der Konsole entwickelt. Können Sie die wichtigsten Beiträge nennen, die die Community bisher geleistet hat?

Bates: Die Arduboy-Community ist alles. Alles außer dem eigentlichen Layout der Platine und der Website wurde von anderen beigesteuert – um die Sache ins rechte Licht zu rücken. Am Anfang habe ich die Hardware-Entwicklungskits zur Verfügung gestellt und Feedback erhalten. Auf der Grundlage von Vorschlägen der Benutzer wurden Änderungen an den Schaltplänen vorgenommen. Die Bibliothek wurde komplett umgeschrieben und optimiert, wobei die Benutzer bei der Montage in der Fertigungslinie mitgewirkt haben, und sie wird vollständig von ihnen organisiert. Sie können jetzt Bewegtbilder bekommen, mit über 60 fps und mehr als hundert Bitmaps. Alle Spiele werden von Mitgliedern der Community erstellt, Tutorials, die Anfängern Schritt für Schritt zeigen, wie sie ihr eigenes Spiel programmieren können. Der technische und programmiertechnische Support ist 24 Stunden pro Tag erreichbar und wird oft in mehreren Sprachen angeboten.

Es wurde ein Emulator entwickelt, mit dem man die Arduboy-Plattform auch ohne Hardware erleben und Arduboy-Spiele direkt im Browser spielen kann. Die

Hardware-Modifikation, die in der Community entwickelt wurde, um externen Flash-Speicher hinzuzufügen, wurde in einen Mod-Chip integriert, um stets alle Arduboy-Spiele an Bord zu haben, und ist nun in den aktuellen Arduboy FX eingebaut.

Arduboy hat weiterhin die Macht, das Leben der Menschen zu verändern, indem es einen offenen und kreativen Raum bietet, um etwas über die Programmierung von Videospielen und die Entwicklung von Spiele-Hardware zu lernen, und das ist ausschließlich der kontinuierlichen Unterstützung der Leute zu verdanken, die sich im Forum austauschen. Ich bin ihnen sehr dankbar! Ich habe ihre Namen auf die Rückseite der Arduboy-Platine geschrieben, und kürzlich habe ich ihre Graffiti-Tag-Namen auf der Rückseite des neuesten Projekts veröffentlicht, dem Arduboy Mini (Bild 10). Weitere Informationen dazu finden Sie unter arduboy.com/mini.

Cuartielles: Haben Sie ein Arduboy-Lieblingsspiel?

Bates: Kann ich mein eigenes Spiel wählen, New Blocks on the Kid? Ein nicht rechtlich geschütztes

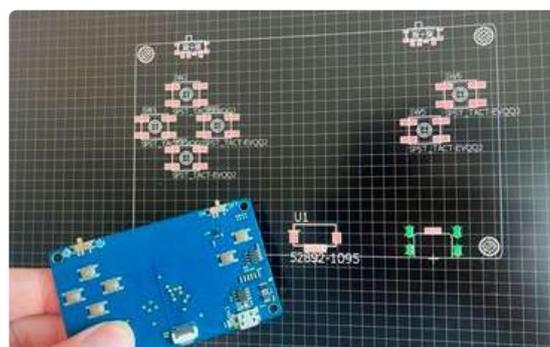


Bild 9. Ein weiterer Prototyp.



Die ganze Philosophie des Arduboy war es, eine minimale lebensfähige Spieleplattform zu sein.

Spiel mit fallenden Blöcken? Um ehrlich zu sein, ich denke, dass Circuit Dude das beste Spiel für den Arduboy ist. Es ist inzwischen für Handy, PC und dem Nintendo Switch erhältlich. Es war aufregend, den Erfolg von Circuit Dude zu sehen, aber es ist ein ziemlich einfaches Spiel. Auch Snelk, ein Snake-Remake, ist ein Klassiker.

Cuartielles: Wo stehen Sie heute? Wie viele Personen sind an der Herstellung der Konsolen beteiligt?

Bates: Nun, ich bin immer noch hier. Und Arduboy ist es auch und wird bald 9 Jahre alt! Ich lebe derzeit in San Francisco und es ist seltsam, nicht zu reisen. Früher dachte ich, ich würde mindestens einmal im Jahr in China sein. Vieles hat sich geändert, aber vieles ist auch gleichgeblieben. Es gibt nur mich in der Firma. Im Laufe der Jahre hatte ich einige Angestellte und Auftragnehmer, aber das Unternehmen leite nur ich. Wenn ich von „wir“ spreche, dann ist das wie das königliche „wir“, und ich beziehe mich auf die Arbeit der Community. Seeed Studio produziert immer noch den Arduboy FX. Sie vergeben Unteraufträge an eine Fabrik, die die Montage übernimmt. Ich würde gerne bald mal wieder dorthin gehen; es wäre cool, mit den Leuten zu Mittag zu essen, die die Arbeit machen.

Cuartielles: Welchen Herausforderungen stehen Sie heute gegenüber? Die Beschaffung von Teilen war für viele Elektronikunternehmen in den letzten 36 Monaten schwierig. Wie werden Sie dieses Problem in Zukunft angehen?

Bates: Neben der Herausforderung, ein neues Produkt zu entwickeln, sind es vor allem die normalen geschäftlichen Dinge. Ich kümmere mich um den ganzen Bürokratismus, zum Beispiel die Steuererklärung, und das alles kostet Zeit zuungunsten der

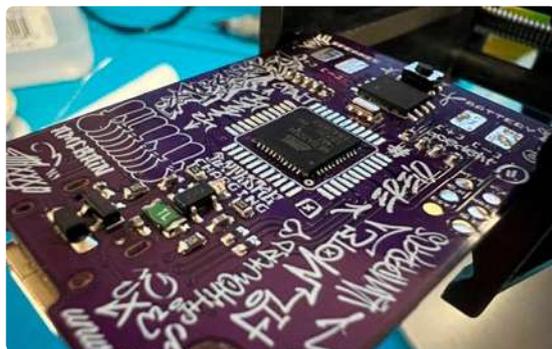


Bild 10. Arduboy Mini.

Dinge, die Spaß machen.

Glücklicherweise wird die schwierigste Arbeit, die Beschaffung der Bauteile, von Seeed Studio erledigt. Sie sagen mir nur, wie lange die Produktion dauern wird, und wenn die Lieferzeiten über 9 Monate oder mehr als ein Jahr betragen, dann wird es schwierig, dem Kunden zu erklären, dass er so lange warten soll. Diese letzte Charge wurde von den Leuten bei Arduino gerettet, die so freundlich waren, mir einige Chips zu überlassen, die sie auf Lager hatten. Für sie war es eine kleine Menge, aber 1.000 ausgelieferte Arduboy machen einen großen Unterschied. Ein großes Dankeschön geht also an euch!

Arduboy hat immer wieder mit dem Problem zu kämpfen, dass das Angebot nicht ausreicht, um die Nachfrage zu decken. Ich war nie zu einer Lagerhaltung in der Lage, also ist es aus dieser Perspektive nicht viel anders.

Auch die politische Situation ist schlechter als bei der Gründung meines Unternehmens, da jetzt 25 % Steuern auf die Einfuhr meiner Produkte erhoben werden. Im Grunde genommen wurde das alles von dem abgezogen, was ich selbst bezahle. Zum Glück hatte ich einen raketenhaften Start, der es mir ermöglichte, mir einen bekannten Namen und eine große Präsenz zu verschaffen. Ich war zur richtigen Zeit am richtigen Ort, aber heute wäre es unmöglich, Arduboy zu gründen. Wie ich schon sagte, bin ich immer noch hier, also ... muss ich weitermachen!

Cuartielles: Wie geht es mit Arduboy weiter?

Bates: Ich versuche, eine größere Frage, ein größeres Problem anzusprechen. Der Arduboy war erfolgreicher, als ich es mir je erträumt hatte, und es gibt Dutzende von Beispielen von Menschen, deren Leben vom Arduboy verändert wurde. Ich bekomme E-Mails von Leuten, die mir erzählen, wie sie ihren Traum, ein professioneller Spieleentwickler zu werden, verwirklicht haben, nachdem sie angefangen hatten, mit dem Arduboy zu programmieren und ihr erstes Spiel zu entwickeln. Und das ist kein Einzelfall; das ist ein Muster von Leuten, die die Konsole gefunden und die von der Konsole gefunden wurden. Sie genießen den Arduboy nicht nur, sondern er verbessert ihr Leben. Das ist es, was ich versuche zu verstehen und zu erfassen - und zu skalieren. Wie kann ich in der heutigen Welt mit so vielen großen Problemen die Arbeit an einem kleinen Videospielsystem rechtfertigen? Nun, ich denke, wenn man lernt, Spiele zu programmieren, lernt man Fähigkeiten wie Problemlösung, Zielsetzung, kritisches Denken und Kommunikationsfähigkeiten, wenn man mit anderen Menschen zusammenarbeitet. Das sind die sogenannten „Soft Skills“, die man meiner Meinung nach unbedingt erlernen sollte und die in den Schulen in der Regel nicht gelehrt werden.

Wie kann ich also das, was ich gefunden habe und was



funktioniert, diese Plattform der Open-Source-Spieleentwicklung, nutzen und sie zugänglicher machen? Im Moment ist die einfache Antwort, es billiger zu machen, und der erste Schritt ist der Arduboy Mini. Ich arbeite auch daran, die Arbeit des von der Community entworfenen Emulators fortzusetzen und versuche, einen Weg zu finden, die Plattform ohne Hardware zu fördern. Den Emulator in eine App zu verwandeln, die auf mobilen Geräten mit einem eingebauten Lehrplan läuft, wäre die ultimative Weiterentwicklung dessen, was ich angefangen habe zu bauen. Aber dieser Traum ist groß, und so könnte man sagen, dass ich nach Partnern suche, mit denen ich zusammenarbeiten kann, oder möglicherweise nach Leuten, die bereits in diesem Bereich tätig sind und denen ich mich anschließen könnte. Wenn du schnell vorankommen willst, geh allein; wenn du weit kommen willst, dann geh gemeinsam. Ich bin so schnell wie möglich vorangekommen und werde im nächsten Jahr 40 Jahre alt, sodass ich anfangs über „das Erbe“ nachzudenken. Ich versuche herauszufinden, wie ich Arduboy in etwas verwandeln kann, das ich mit dem Wissen verlassen kann, etwas bis zum absoluten Maximum ausgereizt zu haben. Ich würde auch gerne den Markt für grafische Taschenrechner aufmischen, aber das ist eine ganz andere Geschichte. ◀

(220543-02)WdH

Über den Autor

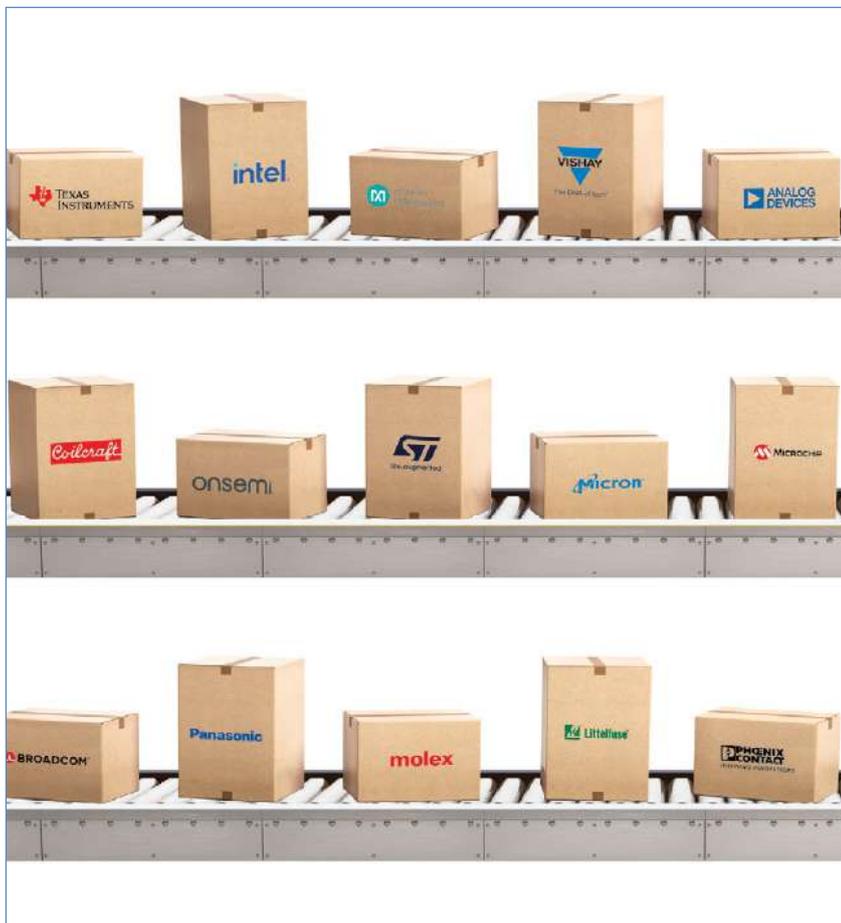
David Cuartielles ist Mitbegründer von Arduino. Er hat einen Dokortitel in Interaktionsdesign und einen MSc in Telekommunikationstechnik und lehrt an der Universität Malmö.



Passende Produkte

Suchen Sie die in diesem Artikel erwähnten Produkte? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- ▶ **Arduboy FX - Open Source Card-Sized Gaming Board**
www.elektormagazine.de/arduino-arduboy
- ▶ **Arduino Nano 33**
www.elektormagazine.de/arduino-nano33
- ▶ **Nano RP2040 Connect**
www.elektormagazine.de/arduino-nano-rp2040-connect



Mehr lieferbar

Die größte Auswahl
an Halbleitern und
elektronischen
Bauelementen auf Lager
und versandfertig™

mouser.de



**MOUSER
ELECTRONICS**

Reduzierung des Wasserverbrauchs auf der Pferderennbahn

Ein IoT zur ständigen Überwachung von Bodenfeuchtigkeit und Temperaturen

Von David Cuartielles (Arduino)

Bei Pferderennbahnen ist die Bodenpflege seit langem die manuelle Aufgabe erfahrener Platzwarte, aber auch für den erfahrensten ist es unmöglich, überall alles ständig auf einmal zu überwachen. Anders Åkerberg, Projektleiter der Reitanlage Jägersro, klopfte an die Tür von Arduino, um eine intelligente Lösung des Problems zu finden.

Der Reitanlage von Jägersro, wahrscheinlich die wichtigste in Südkandinavien, musste ihren Wasserverbrauch senken. Anders Åkerberg setzte sich mit uns in Verbindung, um einen intelligenten Weg zu diesem Ziel zu finden. „Wir sind natürlich daran interessiert, unsere Rennbahn so umweltfreundlich wie möglich zu gestalten. Zurzeit haben wir einen Experten, der den Platz kontrolliert und entscheidet, wann der Bewässerungstraktor eingesetzt wird, um die richtige Bodenfeuchtigkeit zu erzielen. Bei dieser Entscheidung spielen viele Variablen eine Rolle, von der Lage der verschiedenen Teile der Bahn bis hin zu den Temperaturunterschieden aufgrund der Sonneneinstrahlung oder sogar der Art, wie der Wind über die Bahn weht. Es gibt einfach sehr viele externe Faktoren, die berücksichtigt werden müssen.“ So wurde das, was zunächst wie ein einfacher Automatisierungsprozess aussah, ein sehr interessantes Projekt zur Erforschung der Möglichkeiten des Arduino Portenta H7 als ein Datenerfassungs- und Entscheidungsfindungswerkzeug im Feldeinsatz. Dieser Artikel beschreibt die ersten Schritte, die wir in diesem Projekt unternommen haben, sowie die Art der Sensoren, die wir für das Projekt ausgewählt haben und warum wir dies taten. Alle hier vorgestellten Erkenntnisse können auf viele andere IoT-Projekte angewandt werden, in Stadien mit echten Grasplätzen bis hin zu Gemüsefeldern, die sorgfältig bewässert werden müssen.

Hintergrund

Im Jahr 2017 wurde die Entscheidung getroffen, eine neue Trabrenn-Sportanlage im schwedischen Malmö zu bauen (**Bild 1**), als Ersatz für die bestehende Anlage, die die Erwartungen der Reiter, der Pferde, der Zuschauer und sogar der Gesellschaft an eine moderne Sportanlage nicht erfüllen konnte. Der Plan umfasst eine völlige Neugestaltung der gesamten Anlage, die im Jahr 2025 fertiggestellt sein soll.

Reiten ist in Schweden und ganz Skandinavien ein weit verbreiteter Sport. Es gibt verschiedene Arten von Pferderennsportarten: Jockeys können direkt auf den Pferden reiten, oder sie können in einem Wettkampfwagen (Sulky genannt) sitzen, der von einem Pferd gezogen wird, was als Trabrennen bezeichnet wird. Unabhängig von der Sportart ist die Arena immer die gleiche. Sie besteht aus einer 1000 Meter langen Bahn aus mineralischen Materialien wie Sand, Kies und Steinen in verschiedenen Stärken und Korngrößen. Die Qualität der Rennbahn wird von eigens dafür abgestellten Mitarbeitern überwacht, die den Zustand der Bahn ständig kontrollieren und korrigieren. Einer der wichtigsten Aspekte, auf den man achten muss, ist die Feuchtigkeit der Strecke. Um negative Auswirkungen auf die Hufe und Beine der Pferde zu minimieren, darf sie weder zu nass noch zu trocken sein. Der Effekt des richtig gewässerten Schotters wird als Dämpfung

bezeichnet, die den feuchten Schotter und das Gewicht der Pferde in ein Masse-Feder-System verwandelt. Die Qualität des Bodens ist Gegenstand ständiger Kontroversen zwischen Reitern und dem Personal der Rennbahn. Gegenwärtig werden manuelle Geräte parallel zu den visuellen Beobachtungen der Experten eingesetzt, um die optimale Feuchtigkeit der Bahn zu bestimmen. Für die Bewässerung wird ein spezieller Traktor mit Wassersprengern eingesetzt. Eine solche Situation bietet große Möglichkeiten für eine mögliche Automatisierung, um den Greenkeepern zu helfen, schneller bessere Informationen zu erhalten und eine einheitliche und vorhersehbare Bahnqualität zu gewährleisten. Theoretisch sollte dies auch zu einer Verringerung des Wasserverbrauchs auf der Bahn führen, da die zu bewässernden Orte und die Menge des benötigten Wassers genauer bestimmt werden können.

Das Problem

Die eigentliche Herausforderung besteht darin, die richtige Wassermenge für jeden Abschnitt der Strecke genau zu bestimmen. Dies liegt in der Natur der Strecke begründet, denn:

- › die innere Bahn und die Kurven haben unterschiedliche Neigungen (2 Grad gegenüber 18 Grad)
- › Es ist unmöglich, die Schotterlagen auf der Bahnoberfläche exakt gleich dick mit gleicher Zusammensetzung anzulegen
- › selbst wenn das gelänge, würden die Pferde die Bahn gleich beim ersten Rennen zerstören
- › Die Ausrichtung der Rennbahn führt zu einer ungleichmäßigen Sonneneinstrahlung (denken Sie auch an die Verdunstung)
- › der Wind beeinflusst gelegentlich die Bedingungen
- › In regelmäßigen Abständen oder auf Beschluss des Rennbahnbetreibers wird die Oberfläche „rasiert“, das heißt, es werden einige Zentimeter Schotter entfernt und ersetzt.

Die Lösung

Wie Sie sich vorstellen können, sind die Variablen, die sich auf die Qualität der Rennbahn auswirken, viel zu zahlreich, als dass man das Problem, wo und wann die Rennbahn bewässert werden muss, mit Techniken wie Computer Vision lösen könnte. Um herauszufinden, wo die Rennbahn bewässert werden muss, ist die Installation eines permanenten Sensornetzes unter der dünneren oberen Schotterschicht der Bahn die zuverlässigste Methode. Nach der Datenerfassung sollte es möglich sein, ein Modell der Strecke zu erstellen und dann andere Mechanismen zur Bestimmung der Feuchte einzusetzen. Dieses Projekt befasst sich mit dieser ersten Phase. Unser Ziel ist es, eine vernetzte Strecke zu schaffen, auf der die Feuchtigkeit in Echtzeit an mehreren Stellen gleichzeitig berechnet wird.



Unsere Idee besteht darin, ein System zur Überwachung der quantitativen Parameter Feuchtigkeit und Temperatur der Strecke zu entwickeln und mit den Beobachtungen der Streckenbetreiber zu korrelieren. Wie bereits erwähnt, ist davon auszugehen, dass ähnliche Sensorinformationen von verschiedenen Punkten der Strecke zu unterschiedlichen Qualitätsbestimmungen führen. Daher ist es wichtig herauszufinden, wie man ein System trainieren kann, das dem Streckenbetreiber Daten in einer Weise liefert, mit der er etwas anfangen kann, und nicht nur einfache Sensor-Rohwerte. Im Idealfall sollte dieses System die Zeit verkürzen, die ansonsten für das Sammeln von Daten entlang der Strecke benötigt wird. Entscheidungen könnten dann einfach anhand einer visuellen Darstellung der Daten getroffen werden.

Für Anders Åkerberg war dies der erste Schritt zur Automatisierung des Bewässerungssystems der Rennbahn und zur Senkung des Wasserverbrauchs bei gleichzeitiger Verbesserung des Rennbahnzustandes. Für mich ist dieses Projekt die Gelegenheit, einige komplexe Technologien auszuprobieren. Und ich spreche dabei von nicht-trivialen, teuren Sensoren mit Preisen von 150...350 € pro Stück. Für diesen Artikel habe ich eine Familie von Sensoren untersucht, die es schon seit einiger Zeit gibt, die aber für die meisten von uns finanziell unerreichbar sind. Ich stelle dennoch hier die ersten Schritte dieses Projekts vor, um zu zeigen, wie Andere einen ähnlichen Ansatz verfolgen könnten. Die gleiche Technologie könnte im Bereich der intelligenten Landwirtschaft, der Pflege von Sportplätzen, der Erkennung von Flüssigkeitslecks und im Grunde genommen bei jeder Art von Projekt eingesetzt werden, das mit Wasser und Boden zu tun hat.

Die endgültige Lösung für die gesamte Rennstrecke wird über eine noch zu bestimmende Anzahl von Sensoren und Portenta-H7-Boards verfügen. Die Forschungsarbeiten sollen auch eine Aussage über den erforderlichen Abstand der Sensorpunkte treffen können. Es ist auch unklar, ob wir an verschiedenen Punkten quer zur nach innen geneigten Strecke messen sollten oder ob es ausreicht, dort einen einzigen Messpunkt zu verwenden. Ist es nötig, Sensoren mit bis zu 70 m langen Kabeln zu verwenden? Das macht die Sensoren noch teurer, da sie normalerweise

▲ Bild 1. Gebiet für die neue Jägersro-Pferderennbahn. (Quelle: Jägersro Hästcenter)

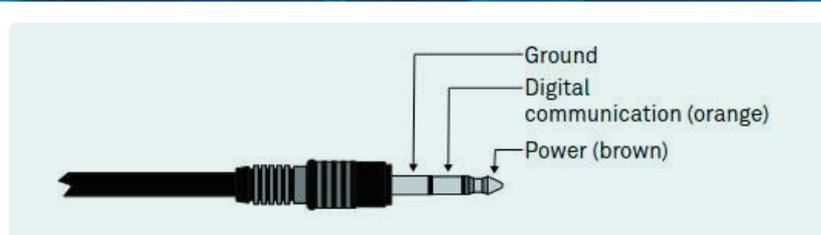


Bild 2a. Klinkenstecker des Sensors. (Quelle: METER Group, TEROS 11 Integrator Guide)

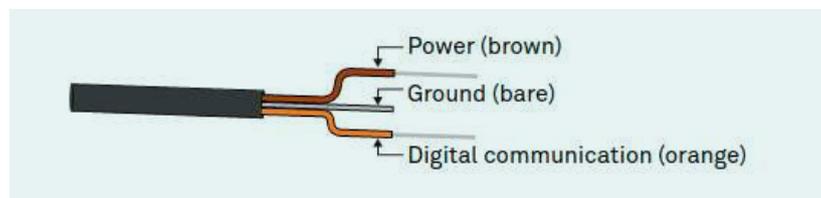


Bild 2b. Blanke, verzinnte Adern. (Quelle: METER Group, TEROS 11 Integrator Guide)

Tabelle 1: Grundlegender Vergleich der verschiedenen Sensoren.

Merkmal	TEROS 10	TEROS 11	TEROS 21
Auflösung	0.001 m ³ /m ³	0.001 m ³ /m ³	
Temperatur	-40 ... 60 °C	-40 ... 60 °C	-40 ... 60 °C
Messgröße	Feuchtigkeit	Feuchtigkeit, Temperatur	Wasserpotential, Temperatur
Analogsensor	1 ... 2.5 V	1 ... 2.5 V	
Kommunikationsprotokoll	Analogausgang	DDI oder SDI-12 seriell	DDI oder SDI-12 seriell
Volumeneinfluss	430 ml	1010 ml	
Frequenz	70 MHz	70 MHz	70 MHz
Spannung	3 ... 15 VDC	3 ... 15 VDC	3.6 ... 15 VDC

nicht für so lange Kabel ausgelegt sind und deshalb im Werk manuell kalibriert werden müssten.

Wasserpotential

Ein wichtiges Konzept, das ich bei den Voruntersuchungen zu diesem Projekt kennen gelernt habe, ist das „Wasserpotential“, ein Begriff aus der Pflanzenphysiologie. Um besser zu verstehen, was damit gemeint ist, sollten Sie an die Thermodynamik denken. Überschüssige Wärme fließt immer so, dass zwei sich berührende Oberflächen die gleiche Temperatur haben. Das Wasserpotential lässt sich in ähnlicher Weise betrachten: Wasser fließt von Bereichen mit höherem Wasserpotential zu solchen mit niedrigerem. So gesehen können wir das Wasserpotential nicht als absoluten Wert messen, sondern müssen es als relativen Wert interpretieren. Reines Wasser liefert den Referenzwert für dieses Potential. Sind im Wasser verschiedene Mittel gelöst oder ist das Wasser im Boden verteilt, ändert sich das Wasserpotential. Wenn Sie sich also mit den Datenblättern hochwertiger Bodenfeuchtesensoren befassen, sollten Sie das Wasserpotential unbedingt berücksichtigen.

Die Sensoren

Für diesen Artikel habe ich einige Sensoren aus der TEROS-Familie der Firma METER Environment

verglichen. Dieses Unternehmen, das früher Decagon hieß, gibt es schon seit einiger Zeit, und die Sensoren ebenfalls. Es handelt sich um digitale Sensoren, das heißt, in ihrem Inneren steckt ein Mikrocontroller, der die Messungen vornimmt und die Informationen in analoger oder digitaler Form an ein anderes Gerät weiterleitet. Die meisten Unternehmen, die solche Sensoren verkaufen, bieten dafür auch tragbare Datenlogger für den Einsatz im Feld an. Die Sensoren sind entweder mit einem anwenderfreundlichen Klinkenstecker oder mit abisolierten und sauber verzinnten Kabelenden ausgestattet, wie in **Bild 2** dargestellt.

Ich vermute, die meisten Leser sind mit einfachen und preiswerten Bodenfeuchtesensoren vertraut, die entweder die Leitfähigkeit oder die Kapazität des Bodens messen. Sie haben die Form von Klingen mit einer bis drei Spitzen und senden ein Signal, das einfach über einen analogen Pin der Mikrocontrollerplatine ausgelesen werden kann. Diese billigeren Sensoren eignen sich gut für den Einsatz in Innenräumen und für Projekte, bei denen sie im Falle eines Ausfalls leicht ausgetauscht werden können, aber sie zu vergraben und zu erwarten, dass sie im Winter Minusgrade und permanente mechanische Beanspruchung durch sich bewegenden Kies überstehen, wäre verwegen optimistisch.

Die Sensoren, die ich für die Bewertung ausgewählt habe, befinden sich dagegen am professionellen Ende des Spektrums. Es gibt zwei verschiedene Sensorfamilien, von denen eine metallische Spitzen besitzt und die andere eine piezoelektrische Technologie aufweist. **Tabelle 1** zeigt einige grundlegende Sensoreigenschaften, um Ihnen eine Vorstellung von ihrer Funktionsweise zu vermitteln. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, verweise ich Sie auf die entsprechenden Datenblätter.

Die Sensoren TEROS 10 (**Bild 3**) und TEROS 11 (**Bild 4**) verwenden dieselbe Technologie zur Ermittlung der Bodenfeuchtigkeit und sind in ihrer Funktion identisch, abgesehen von der Fläche, die sie abdecken können. Dieser so genannte Volumeneinfluss (*volume influence*) ist beim TEROS 11 mehr als doppelt so groß wie bei seinem kleinen Bruder TEROS 10. Wie Sie in den Abbildungen sehen können, scheinen diese beiden Sensoren identisch zu sein, abgesehen davon, dass der eine zwei und der andere drei Stifte hat. Der dritte Anschluss des TEROS 11 ist ein Thermoelement zur Messung der Bodentemperatur. Dies ist ein großer Unterschied zwischen den beiden Sensoren, der sich sogar auf die Art und Weise auswirkt, wie die Daten an den Mikrocontroller gesendet werden. Der TEROS 10 gibt ein analoges Rohsignal aus, das direkt von einem Arduino-Board mit der Funktion `analogRead()` gelesen werden kann. Ich habe dies getestet, indem ich einfach die Sensoradern



Spannungsversorgung, Masse und Signal mit den Pins auf meinem Portenta-Breakoutboard verbunden habe. 3,3 V reichten aus, um den Sensor zu betreiben, trotz des 5 m langen Kabels zwischen Sensor und Portenta. Da im Gegensatz dazu der TEROS 11 und der TEROS 21 (**Bild 5**) mehr als einen Parameter liefern (zum Beispiel Bodenfeuchtigkeit und Temperatur), ist ein digitales Protokoll für die Kommunikation mit den Sensoren notwendig. Dies ist ein Vorteil, da es jetzt möglich ist, die Sensoren so zu konfigurieren, dass sie über eine spezielle Bustechnologie namens SDI-12 kommunizieren (mehr dazu später). Das ist auch der Grund, warum TEROS 11 und TEROS 21 höhere Betriebsspannungen benötigen. Bei meinen Tests musste ich deshalb eine externe 12-V-Stromversorgung verwenden, damit die Sensoren ordnungsgemäß funktionierten (**Bild 6**).

DDI oder SDI-12?

Beim SDI-12 (Serial Digital Interface bei 1200 Baud) kann man mehrere Sensoren mit 1200 bps parallel anzuschließen und mit speziellen, für Menschen lesbaren AT-Befehlen Informationen von ihnen zu erhalten. Weitere Informationen dazu finden Sie auf der Website von SDI-12 [5]. Außerdem besitzen diese Sensoren eine Fallback-Technik namens DDI-Serial, die den Sensor zwingt, beim Neustart einen Textstring an den Kommunikationsport zu senden. **Bild 7** zeigt einen Ausschnitt des Serial Monitor der Arduino-IDE, der während mehrerer Ein/Ausschaltzyklen des Sensors Informationen empfängt. In diesem Fall hatte ich gerade einige Eiswürfel in einen Behälter mit Wasser geworfen, und man kann sehen, wie (ab Zeile 9) der Feuchtigkeitswert konstant bleibt, während die Temperatur sinkt. Die letzten Zeichen am Ende jeder Zeile sind die sensorspezifische Kennung, das Prüfsummenbyte und so weiter.

Daher ist eine Möglichkeit, dieses Projekt mit einem TEROS 11 oder TEROS 21 zu realisieren, bereits mit den DDI-Datenbursts nach jedem Sensor-Power-Zyklus gelöst. Ich musste nur eine Platine verwenden, bei der die verschiedenen Empfangspins miteinander verbunden werden können und über verschiedene MOSFETs die Sensoren separat mit Strom versorgen. Ich müsste auch die Impedanz überprüfen und abschätzen, wie viele Sensoren ich gleichzeitig betreiben kann und ob ich eine Art Treiber benötige.

Sowohl DDI als auch SDI-12 sind serielle 1-Draht-Kommunikationsprotokolle (7N1). Es gibt eine umfassende, gut dokumentierte und gepflegte serielle Bibliothek für AVR-basierte Arduino-Boards [6], die aber die *SoftwareSerial*-Bibliothek von Arduino nutzt und Hardware-Interrupts verwendet, um sicherzustellen, dass sie Signale richtig empfängt. Die Bibliothek erfordert nur minimale Hardware für den Anschluss des Sensors. Und da *SoftwareSerial* halb-duplex ist, können



Bild 3. Messgerät TEROS 10. (Quelle: Kristoffer Engdahl / Arduino)



Bild 4. Messgerät TEROS 11. (Quelle: Kristoffer Engdahl / Arduino)



Bild 5. Messgerät TEROS 21. (Quelle: Kristoffer Engdahl / Arduino)



Bild 6. Versuchsaufbau. (Quelle: Kristoffer Engdahl / Arduino)

```

1825.8 23.1h8d
1821.1 23.1h-<
1823.7 23.1h5A
1821.6 23.1h2a
3243.8 23.2h5@
3253.6 23.2h4K
3257.8 23.2h: [
3256.8 23.1h8B
2862.0 22.1h1:
2849.8 22.0h=N
2840.5 21.8h@:
2846.8 21.5h>@
2850.0 21.3h/J
2845.3 21.1h45
2849.6 20.8hAk
2860.4 19.8h@f
2856.7 19.5hEh
2854.9 19.2hB6
2857.2 18.9hDE
2852.4 18.6h>0
2857.2 18.3h>V
2855.7 18.1h?I
2850.8 17.9hBQ
2853.8 17.6hBW
2847.4 17.2h=f
2843.9 16.8hCN
2847.0 16.6h<C
2845.9 16.4hAR
2843.8 15.3h<T
2839.8 14.2h?P
2841.4 13.9h:V
2841.7 13.4h8
2847.0 13.2h5M
2842.8 13.1h7m
2839.4 12.6h=?

```

Bild 7. Der serielle Monitor der Arduino-IDE zeigt DDI-Meldungen von TEROS 11 an.

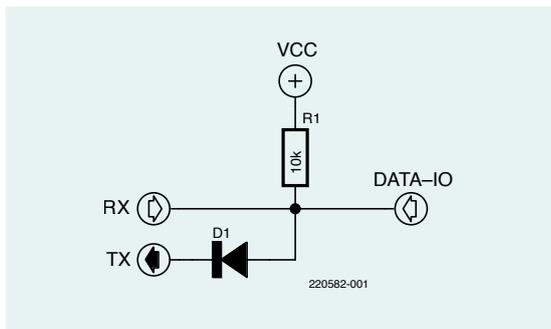


Bild 8. Serieller Zweidraht-zu-Eindraht-Konverter.

Sie das Datenkabel vom Sensor direkt an einen Pin anschließen, und es wird funktionieren (solange Sie ein 3V3-Board haben, sonst müssen Sie die Spannung umwandeln, um den Sensor zu schützen). Portenta hat ausreichend serielle Hardware-Ports, so dass wir keine serielle Schnittstelle in der Software implementieren müssen, was auch deswegen von Vorteil ist, weil wir auf mbedOS aufsetzen, das ab und an kleine Probleme mit Interrupt-gesteuerter Firmware hat. In meinem Fall habe ich den Schaltungstrick angewandt: Beim seriellen Hardware-Port (Pins 13/14 auf dem Portenta H7) wird TX über eine Diode mit einem hochgezogenen RX-Pin verbunden. Der Trick ist nicht neu und nicht von mir, so dass er in diesem Fall funktionieren sollte (Spoiler-Alarm: Tut er auch, aber nur zum Empfangen, nicht zum Senden). **Bild 8** zeigt die wenigen Bauteile, die einen 2-Draht-Bus in einen 1-Draht-Bus verwandeln. Der nächste Schritt für mich ist jetzt, da ich DDI-Kommunikation habe, einen Hardwaretreiber zu implementieren, der das Senden von Daten-Requests an die

Sensoren ermöglicht und somit SDI-12 unterstützt. Dies gibt mir eine zweite Möglichkeit, Informationen zu erhalten.

Power-cycling der Sensoren

In allen Datenblättern für diese Sensoren wird erklärt, dass man sie einschaltet, um die Daten zu lesen, und sie dann bis zum nächsten Gebrauch wieder ausschaltet. Die Gründe dafür sind sowohl die Senkung der Stromaufnahme als auch die Verlängerung der Lebensdauer der Sensoren-Elektronik. Die Messwerte aller drei getesteten Sensoren könnten nämlich beeinträchtigt werden, wenn sie über einen längeren Zeitraum „heiß“ bleiben. Dieses Konzept des Power-Cyclings bedeutet für mich, dass ich MOSFETs zum Aktivieren und Deaktivieren jedes einzelnen Sensors einbauen muss - etwas, das ich bereits als Möglichkeit geplant hatte, um Informationen über DDI wieder herzustellen. Da ich die Sensoren mit 12 V versorge, kann ich relativ kräftige MOSFETs (wie IRFZ-24, mein Favorit) verwenden.

Die Wahl des richtigen Sensors

Mir ist klar, dass ich nicht nur die Bodenfeuchte, sondern auch die Temperatur erfassen muss, daher kommt der TEROS 10 nicht in Frage. Nach einigen ersten Tests im Labor machte der TEROS 11 einen besseren Eindruck in Bezug auf mechanische Robustheit und Wasserdichtigkeit. Die Sensoren müssen im Kies eingegraben werden, und ich rechne damit, dass sie direkt mit Wasser in Berührung kommen, so dass TEROS 11 auch in dieser Hinsicht besser zu sein scheint. Ich kann mir jedoch keine Meinung bilden, ohne irgendwelche Feldversuche gemacht zu haben. Ich habe vor, ein paar TEROS 11 und TEROS 21 einige Monate lang in der Rennbahn zu vergraben, um mich von ihrer Widerstandsfähigkeit zu überzeugen. Wenn der Preis ein einschränkender Faktor wäre (was später der Fall sein dürfte): Der TEROS 21 kostet mehr als 350 € pro Stück - mehr als genug Grund, ihn nicht zu wählen, denn der TEROS 11 kostet nur etwas mehr als die Hälfte. Wenn ich nur alle 10 m eine Gruppe von drei Sensoren auf der Rennbahn vergraben würde, bräuchte ich 300 Sensoren! Ich überlasse es dem Leser, auszurechnen, wie viel Geld das allein für die Sensoren sein würde.

Nächste Schritte

Dieses Projekt ist noch lange nicht abgeschlossen. Zurzeit arbeite ich an der Entwicklung eines Carrier-



boards für das Breakout-Board von Portenta, das den Stromanschluss für die Sensoren, die MOSFETs und die Treiber für die serielle 1-Draht-Kommunikation aufnehmen wird. Sobald ich das installiert habe, werde ich eine robuste 12-V-Stromversorgung und ein Standard-ABS-Gehäuse auswählen und es vor Ort installieren, die Daten auf einer SD-Karte speichern und sie über WLAN an die Arduino-Cloud übermitteln (es gibt eine WLAN-Verbindung an der Strecke). In ein paar Monaten werde ich dann endlich wissen, welche Sensoren die besten sind. Wenn Sie es auch wissen wollen, können Sie meine Fortschritte auf dem Arduino-Blog [7] verfolgen, wo ich die verschiedenen Schritte des Prozesses veröffentlichen werde, sobald ich neue Dinge entdecke. ◀

(220582-02)RG



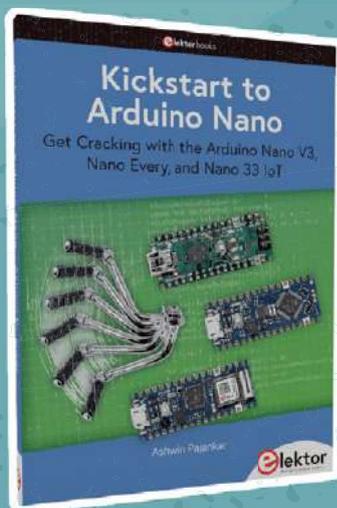
Passendes Produkt

- **Arduino Portenta H7 Development Board (SKU 19351)**
www.elektor.de/19351



WEBLINKS

- [1] Jägersro Hästcenter: <https://jagersrohaestcenter.se/>
- [2] Handbuch des Sensors TEROS 10 : https://publications.metergroup.com/Manuals/20788_TEROS10_Manual_Web.pdf
- [3] Handbuch des Sensors TEROS 11/12 : https://publications.metergroup.com/Manuals/20587_TEROS11-12_Manual_Web.pdf
- [4] Handbuch des Sensors TEROS 21 GEN 2 :
https://publications.metergroup.com/Manuals/20854_TEROS21_Gen2_Manual_Web.pdf
- [5] SDI-12 Support Group: <https://sdi-12.org>
- [6] Arduino-SDI-12-Bibliothek auf GitHub: <https://github.com/EnviroDIY/Arduino-SDI-12>
- [7] Arduino-Blog: <https://blog.arduino.cc/>



Start to Arduino Nano

Das Buch dient als erster Schritt für Einsteiger und Mikrocontroller-Enthusiasten, die einen Einstieg in die Arduino-Programmierung suchen. Das Buch folgt einem schrittweisen Ansatz, um Konzepte und die Funktionsweise von Dingen zu vermitteln. Jedem Konzept folgen ein Schaltplan und Code-Beispiele, die auf den Leser gebracht werden. Danach folgen detaillierte Erklärungen der Syntax und der verwendeten Logik. Wenn Sie die Konzepte genau verfolgen, werden Sie sich mit dem Aufbau von Schaltungen, der Arduino-Programmierung, der Funktionsweise von Code-Beispielen und den dargestellten Schaltplänen vertraut machen.

www.elektor.de/20241



Das Panettone-Projekt

Ein Robotersystem zur Verwaltung von Sauerteigstartern

Von Daniel Fantin (Australien)

Dieses Arduino-Projekt ist aus der Frustration über viele, viele misslungene Panettoni entstanden. Für diejenigen, die es nicht wissen: Panettone ist ein traditionelles italienisches Süßgebäck, das zu Ostern und Weihnachten gebacken und gegessen wird. Es hat eine tolle leichte und luftige Konsistenz, die eine hochaktive Hefe aus einem Sauerteigstarter erfordert...

Schauen Sie sich **Bild 1** an! So sieht ein gelungener Panettone aus - leicht, luftig, vollgepackt mit Butter und Früchten. Wenn Ihnen das Wasser im Munde zusammenläuft, finden Sie in diesem Artikel alles Technische, was Sie brauchen, um so einen tollen Kuchen perfekt selbst zu backen. Buon appetito!

Was ist ein Sauerteigstarter?

Einfach ausgedrückt, handelt es sich (wie bei Arduino) um eine Community, und zwar aus Milchsäurebakterien und natürlicher Hefe, die Gase freisetzt, wenn sie zur rechten Zeit mit frischem Mehl und Wasser gefüttert wird. Dies ist notwendig für ein luftig aufgegangenes Brot. Die Hefe muss stark genug sein, um gegen die Schwerkraft des Panettone-Teiges beziehungsweise des Brotes anzukämpfen. Bei „normalem“ Brot ist das nicht so problematisch, aber bei Panettone haben wir es mit großen, schweren Mengen an Butter, Früchten und Zucker zu tun - eine harte Aufgabe für jede Hefe.

Wann ist ein Sauerteigstarter stark genug, um für Panettoni verwendet zu werden? Ganz einfach: Wenn er sich bei 27 °C innerhalb von vier Stunden verdreifacht. Das hört sich zumindest einfach an, aber die Aufrechterhaltung dieser Temperatur ist schwierig. Niemand

möchte wirklich sein Haus auf 27 °C aufheizen, nur um seinen Starterteig anzusetzen, geschweige denn, dies beibehalten, während die Stärke des Starters zunimmt. Und woher wissen Sie, ob sich die Größe des Starters in vier Stunden verdreifacht hat? Würden Sie das ständig überprüfen? Alarmer einstellen und ein Maßband in der Küche aufbewahren? Zu viel, zu schwierig, zu aufwändig. Das überlässt man am besten einem Roboter!

Was passiert, wenn der Starter nicht stark genug ist? Der entstandene Panettone ist dicht, fladenartig, schwer zu essen und sieht halt aus wie ein Misserfolg (kein **Bild**). Was ist, wenn er stark genug ist? Siehe wieder Bild 1! Sie wissen einfach, dass er zart, flauschig, luftig, samtig, süß, knusprig, buttrig ist ... alles, was Sie sich wünschen.

Jetzt, wenn ich diese Zeilen schreibe, ist es Mai, und ich habe noch eine Weile Zeit, bis meine nächste Ladung Panettoni fällig ist (Dezember). Als wir in meinem Seminar an der Deakin University aufgefordert wurden, ein „reales“ Problem zu lösen, war gerade Ostern vorbei, und ich war gerade mit einem Haufen weiterer Panettoni gescheitert. Es schien also ein Problem aus der realen Welt zu sein, das es wert war, gelöst zu werden.



Bild 1. Ein wunderbarer Panettone, nicht wahr?

Zuerst dachte ich daran, ein Fermentationsgerät oder etwas Ähnliches zu kaufen, aber das sind TEURE Geräte, vor allem, wenn man bedenkt, dass das, was ich bauen wollte, noch mehr Funktionen haben sollte (und im Großen und Ganzen billiger war).

Kriterien des Projekts

Was soll das Projekt also leisten?

- > Die Temperatur des Sauerteigstarters verwalten
- > Uns sagen, ob er stark genug für Panettoni ist

Man nehme:

- > etwas, um die Höhe des Starters im Glas zu verfolgen (damit ich weiß, ob sich das Volumen des Starters in vier Stunden verdreifacht hat)
- > etwas, um die Temperatur des Starters im Glas zu messen
- > etwas zum Erhitzen oder Kühlen des Gefäßes, um sicherzustellen, dass es immer bei etwa 27 °C bleibt,
- > etwas, das mich über wichtige Ereignisse informiert (zum Beispiel die



Vier-Stunden-Marke)

- › eine grafische Benutzeroberfläche (GUI), mit der ich den Sauerteigstarter nach seiner Fütterung zurücksetzen kann
- › eine GUI, mit der ich wichtige Variablen (Temperatur, Wachstum) aus der Ferne verfolgen kann

Ich wollte einen modularen Entwurf verwenden, um Probleme immer auf einen Bereich eingrenzen zu können. Dieses Projekt ließe sich zwar leicht auf einer einzigen Platine zusammenfassen, aber ich wollte etwas schaffen, das die Schnittstellen zwischen verschiedenen Baugruppen „offen“ lässt und mir das Wissen vermittelt, um in Zukunft kompliziertere Projekte in Angriff zu nehmen. Daher entschied ich mich für:

- › **Sensoren:** Ein Raspberry Pi 3B+, um den DHT-Feuchte/Temperatursensor und die Laser-Abstandssensoren zu verwalten und die Messdaten drahtlos an das Particle-Board (siehe unten) und über USB seriell an den Arduino zu übertragen.

- › **Heizung/Kühlung:** Ein Arduino UNO zum Einschalten einer Heizplatte und bei Bedarf eines Lüfters, um die Temperatur des Starters aufrechtzuerhalten.
- › **GUI / Benachrichtigungen / Wachstum:** Ein Particle-Argon-Board [1], das dem Benutzer eine Remote-GUI und eine LCD-GUI zur Verfügung stellt und Benachrichtigungen über wichtige Ereignisse liefert.

Bild 2 zeigt eine kleine Übersicht der Systemarchitektur.

Webhooks / IFTTT

Alles sollte mit allem anderen kommunizieren können. Ich hatte keine große Erfahrung auf diesem Gebiet und war der Meinung, dass die IFTTT-Plattform [2] die einfachste und leichteste Möglichkeit für diese Kommunikation bot. Ich erstellte also ein IFTTT-Konto und generierte dann ein Applet mit einem IF-Webhook: Wenn (IF) der Webhook ein Web-Request mit einer JSON-Nutzlast (JavaScript Object Notation) erhält (das heißt, eine Anforderung vom Raspberry Pi), löst er eine Partic-

le-Funktion aus. Die Particle-Funktion kann dann die JSON-Daten auf beliebige Weise verwenden.

Die Website *PiMyLifeUp* [3] hat mir dabei sehr geholfen. Am wichtigsten ist, dass der Webhook eine Adresse liefert in der Form

<https://maker.ifttt.com/trigger/tempment/json/with/key/XXXXXX>

wobei XXXXXX der persönliche Schlüssel ist. Wir müssen dann nur diese URL in unserem Code verwenden, um das Applet auszulösen, indem wir es zum entsprechenden Zeitpunkt posten.

Das zweite IFTTT ist eine Verbindung zwischen dem Particle und dem Telefon - das ist ganz einfach. Das **IF** wartet darauf, dass der Particle ein Ereignis mit einem bestimmten Namen veröffentlicht, und sendet dann eine Benachrichtigung an die IFTTT-App auf dem Handy.

Der Raspberry Pi

Zunächst wollen wir alle Sensoren zum Laufen und den RPi mit allem in Verbindung bringen.

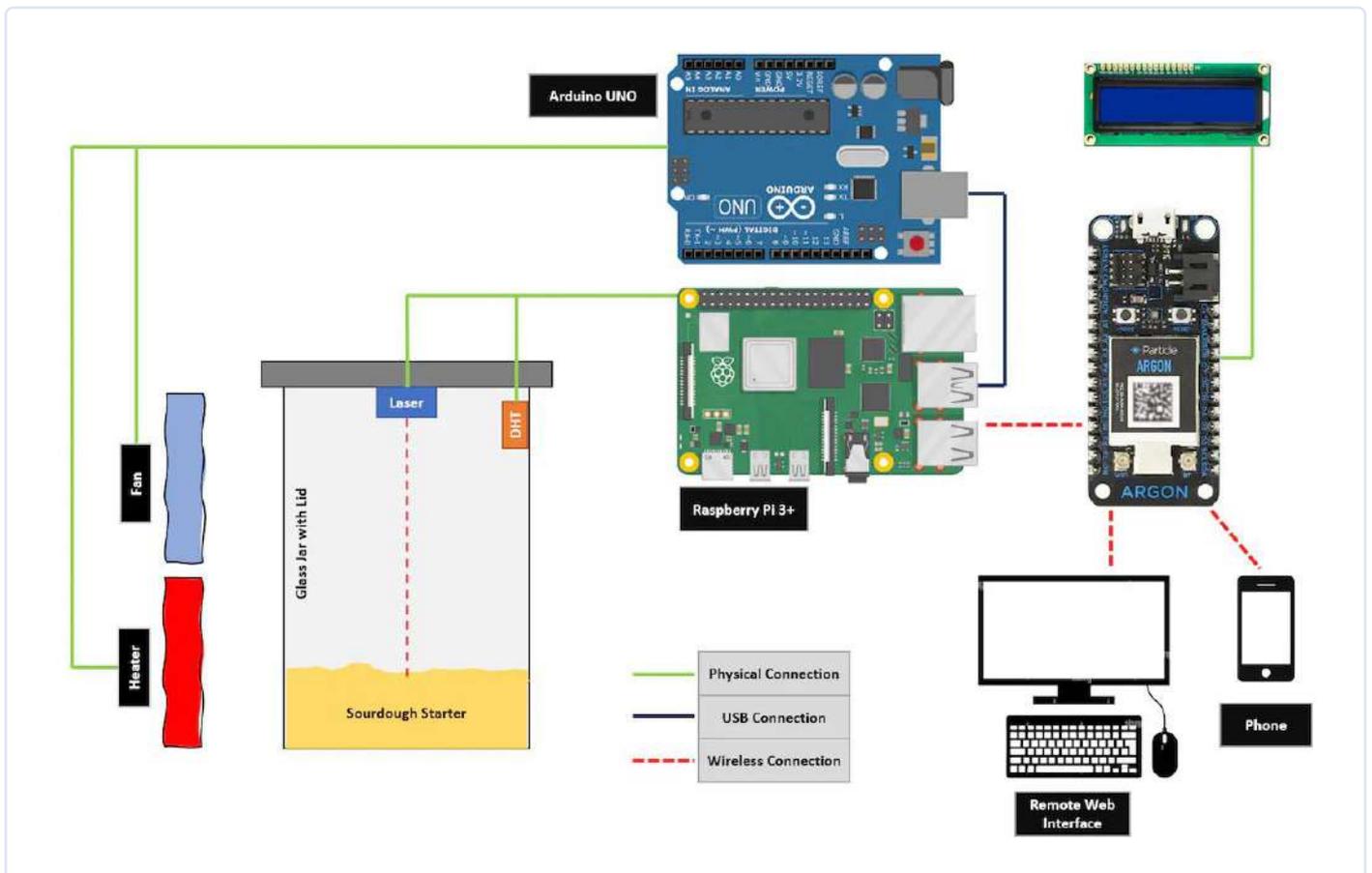


Bild 2. Diagramm der Systemarchitektur.

So schließen Sie die Schaltung an:

- **DHT:** Verbinden Sie den Power-Pin des DHT mit RPi 5V, den zweiten Pin mit RPi GPIO4 und den vierten Pin mit RPi GND. Der dritte Pin des DHT-Sensors bleibt unbenutzt. Hinweis: Für einen gering(er)en Fehler wäre zwar ein

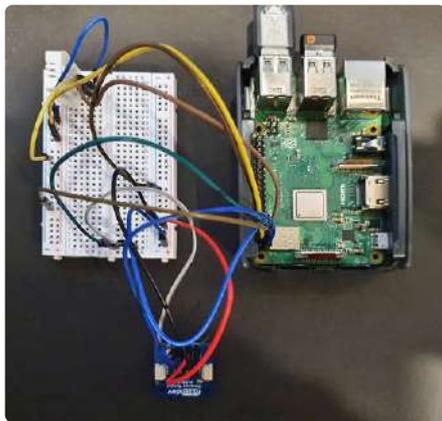


Bild 3. Testaufbau für Laser- und Temperaturmodul.

DHT22 besser gewesen, aber meiner war defekt und ich habe ihn letztendlich durch einen DHT11 ersetzt.

- **VL53L1XLaser:** Verbinden Sie V_{in} mit RPi 3.3V, GND mit RPi GND, SDA mit RPi GPIO2, und SCL mit RPi GPIO3. Damit ist eine serielle Kommunikation zwischen dem Raspberry Pi und dem Laser möglich.

Ich habe mich aus mehreren Gründen für einen Laser zur Entfernungsmessung entschieden und nicht für einen Ultraschallsensor, weil:

- Genauigkeit - laserbasierte Messungen sind viel präziser
- Ein Laser ist zuverlässiger, vor allem bei einer weichen Oberfläche des Teiges
- Ich möchte meine Katzen nicht den ganzen Tag mit Ultraschallgeräuschen belästigen

Bild 3 zeigt meinen Versuchsaufbau für die Laser-Entfernungsmessung und das Temperaturmodul; die Anschlüsse sollten wie in **Bild 4**

vorgenommen werden. Was im Schaltplan fehlt, ist die für die Kommunikation wichtige USB-Verbindung zwischen dem Arduino und dem Raspberry Pi.

Jetzt ist es Zeit für den Code. Ich habe eine neue Python-Datei auf dem Raspberry Pi erstellt und mit der Bearbeitung begonnen. Dazu habe ich die Python-IDE Thonny [3] verwendet, da ich finde, dass sie sehr einfach zu bedienen ist. Beginnen wir mit den Import der Bibliotheken:

- **Adafruit DHT** [5] für den DHT-Sensor
- **PiicoDev-VL53L1X** von Core Electronics [6] für den Laser
- **Time / Sleep**
- **Requests**, um die Webhooks zu nutzen und drahtlos zu kommunizieren
- **Serial** für die Kommunikation über USB mit dem Arduino

Ein paar Einstellungen

Mit Flags wird dem Particle signalisiert, dass der Lüfter oder die Heizung eingeschaltet sind.

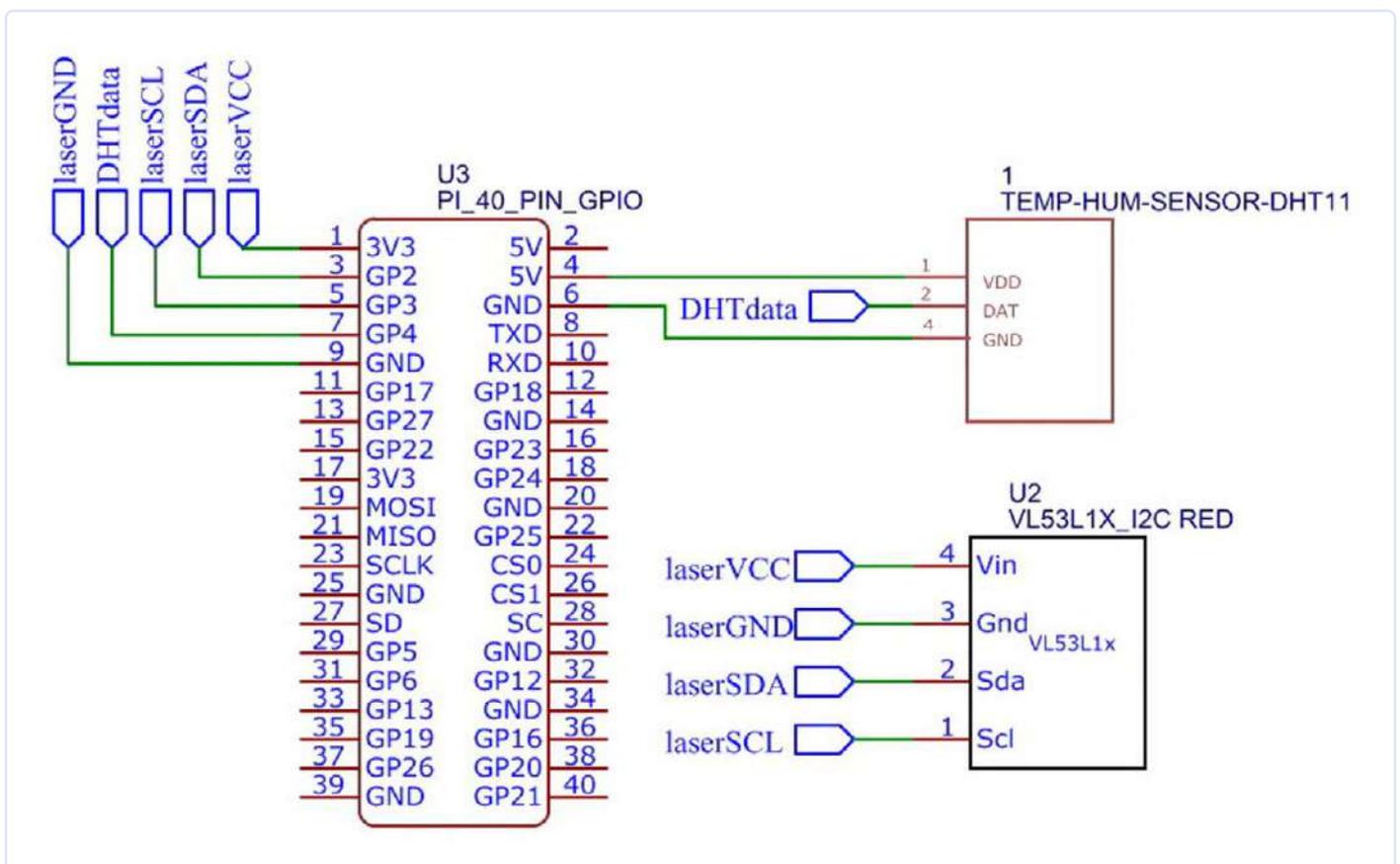


Bild 4. Die in Bild 3 dargestellten Verbindungen.

sind in UTF-8 kodiert. Alles, was wir tun müssen, ist, den seriellen Code zu empfangen und die entsprechend notwendige Aktion durchzuführen. Dies wird über eine `if`-Anweisung in der Hauptschleife des Codes gesteuert. Die Website *Automatic Addison* [8] hat mir beim Codieren sehr geholfen. Der Arduino-Code kann als Datei ebenfalls von [7] heruntergeladen werden.

Particle Argon

Das Particle-Argon-Board spielt eine zentrale Rolle bei der Kommunikation zwischen dem Benutzer und dem Code sowie den Geräten. Das LCD, das Potentiometer und die LEDs müssen mit dem Board verbunden werden. Das LCD kann I²C verwenden, aber ich musste einige weitere Leitungen legen (**Bild 7**). Die Hackster-Website [9] half mir dabei, es richtig zu machen.

Dann habe ich zwei LEDs angeschlossen: Eine grüne für „Starter ist gut!“ und eine rote für „Starter ist nicht gut“. Die LEDs sind an den Argon-Pins D6 und D7 angeschlossen und dann über einen 220-Ω-Widerstand mit Masse verbunden. Nach dem Hinzufügen des Potis war das Teilsystem Particle fertig (**Bild 8**). Der vollständige Schaltplan ist in **Bild 9** zu sehen.

Der Particle-Code [7], der in der Particle-IDE erstellt wurde, ist der längste und komplizierteste Code, da er alles miteinander verbindet. Gehen wir ihn durch:

- Erstellung des `Lcd`-Objekts, leere Zeichenketten, Initialisierung nach Bedarf
- Feste Kodierung der Konstanten für die anfängliche Höhe des Gefäßes und die Anfangshöhe des Teiges, da dies bekannte und feste Werte sind.
- Erstellung der Funktion `resetbutton()`. Diese wird aus der Ferne über HTML aktiviert, um den Timer zurückzusetzen, sobald die vier Stunden abgelaufen sind (und das Ergebnis korrekt ist).

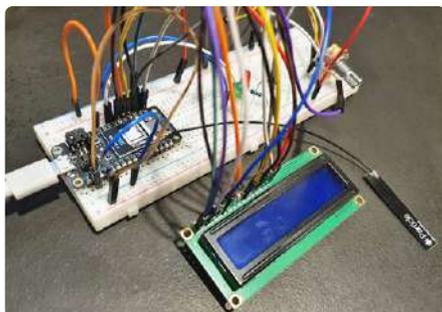


Bild 8. Aufbau der Particleplatine.

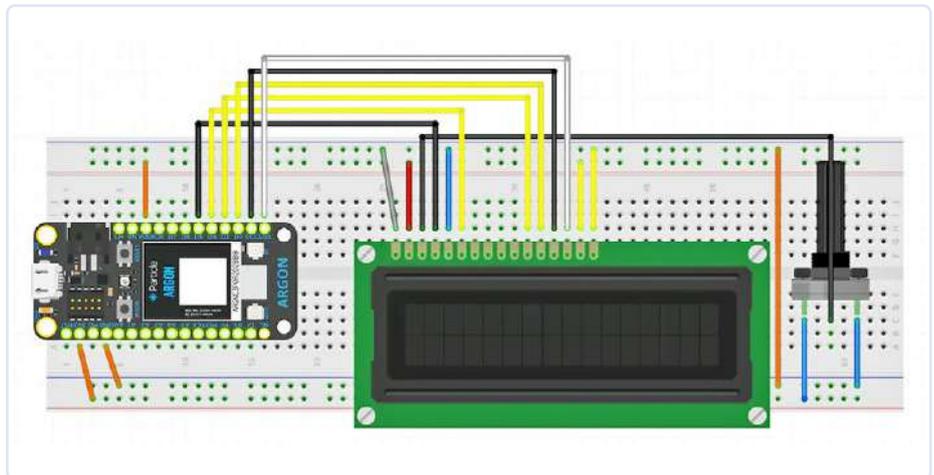


Bild 7. Displayplatine und Particleplatine.

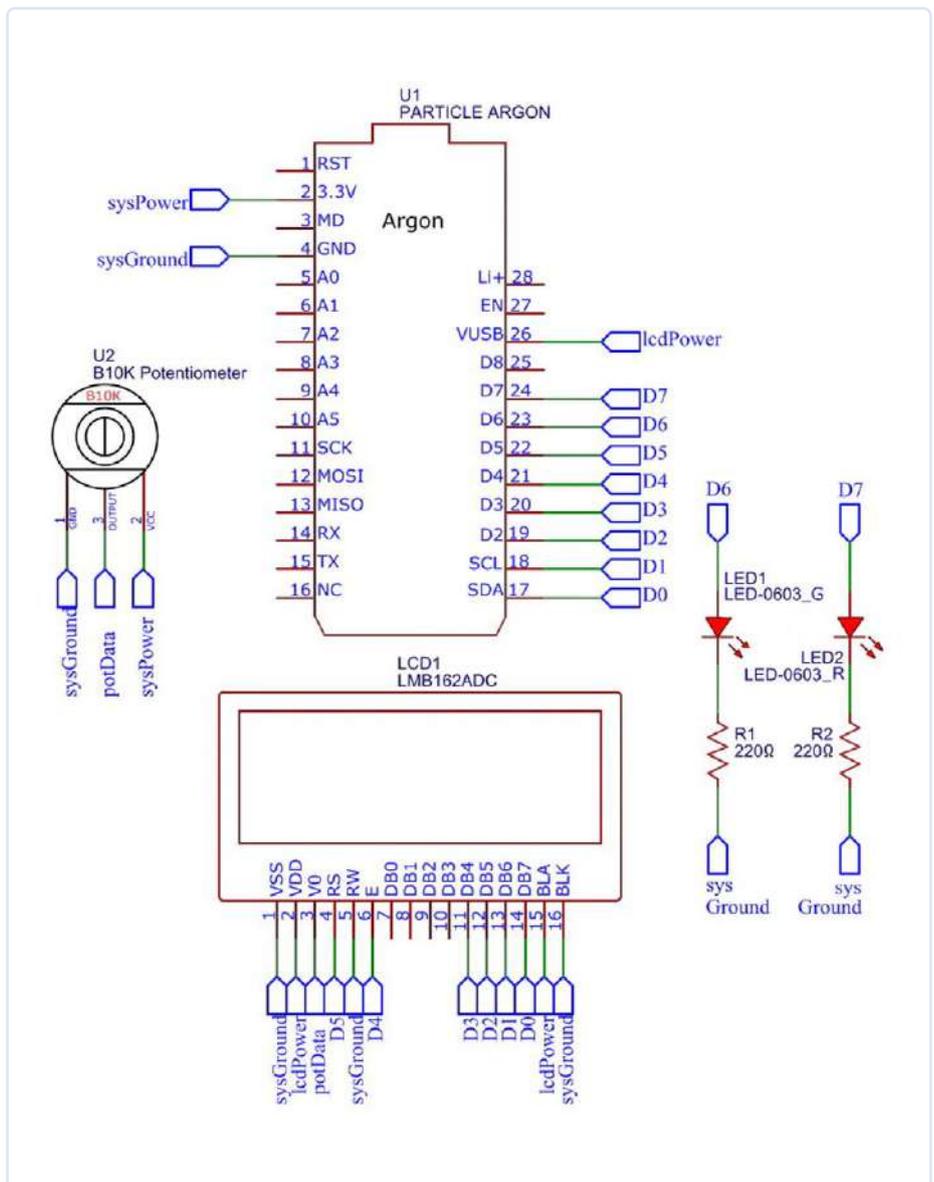


Bild 9. Schematische Darstellung von Particle und Komponenten.

Der Setup

- › Löschen des LCD-Displays und Anzeigen einer Begrüßungsmeldung
- › Initialisierung der beiden Funktionen, die mit IFTTT interagieren. `displayTemp` führt die Funktion `tempDisplay()` und `reset` die Funktion aus, die die Taste zurücksetzt.
- › Aufzeichnung der Uhrzeit beim Start
- › Ausschalten der LEDs

Die Schleife Loop

- › Es gibt eine Verzögerung von 10 s, damit das LCD nicht mit ständigen Neuaufrufen bombardiert wird
- › Drücken der aktuellen Befehle (cmd1 und cmd2). Diese werden in der Funktion `tempDisplay()` gesetzt.
- › Berechnung des Wachstums des Starters
- › Wenn der Timer vier Stunden überschreitet, erscheint eine neue Meldung mit dem Endergebnis auf dem Display

Die Funktion tempDisplay()

Hier werden die JSON-Daten vom bereits erwähnten Webhook empfangen. Diese umfassen alle wichtigen Parameter vom Raspberry Pi, die drahtlos an Particle übertragen werden. Leider konnte ich JSON nicht so parsen, dass es leicht zugänglich ist, und habe es stattdessen einfach als String genommen und in Teilstrings zerlegt, was sehr viel einfacher war. Ich habe aber für strikte RPi-Formatierungsregeln gesorgt, damit dies immer korrekt abläuft. Das JSON-Paket enthält die Daten über Entfernung, Temperatur und ob der Ventilator oder die Heizung eingeschaltet ist. Diese Daten werden für das HTML und für das LCD verwendet. Auch dieser Code ist unter [7] erhältlich.

HTML

HTML wurde verwendet, um den Fernzugriff auf das System zu ermöglichen. So konnte ich den Timer nach Ablauf der vier Stunden zurücksetzen und die Temperatur und das Wachstum von jedem Ort aus überwachen, an dem ich einen Internetzugang hatte. Der Code ist zu lang, um ihn hier abzdrukken, aber wir können ein paar Funktionen zeigen. Der größte Teil des Codes stammt aus dem Particle-Tutorial [10]. Die wichtigsten Funktionen des HTML-Codes sind:

- › Anzeige von Live-Temperaturdaten (durch Abonnieren eines Ereignisstroms)



Listing 1: Die Aufrufe von particle.getEventStream()

```
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: Die Funktion 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: ' +
  } );
}
```



- Anzeige von Live-Wachstumsdaten (durch Abonnieren eines Ereignisstroms)
- Zurücksetzen des Timers (durch Aufruf einer Funktion beim Drücken)

Die Aufrufe von `particle.getEventStream()` (Listing 1) zeigen, wie die Daten aus dem Ereignisstrom extrahiert werden. Die Funktion `resetControl()` (Listing 2) wird durch das Drücken eines Buttons ausgelöst (Particle-ID entfernt).

Wachstum im Bild

Bild 10 zeigt einige Fotos des LC-Displays zu verschiedenen Zeitpunkten. Ganz unten ist die Benachrichtigung (von c) auf einem Smartphone zu sehen. In Bild 11 ist das komplette Panettone-Robotersystem (a), die noch unschöne Box mit der Elektronik im Inneren (b) und die Platinen und Drähte oben auf der großen Box (c) abgebildet. Und wenn Sie sich fragen, wie dieser Sauerteig-Starter aussieht, schauen Sie auf Bild 12.

Das war es. Alles funktioniert, und alles ist synchronisiert. Jetzt ist es an der Zeit, den ersten Sauerteigstarter mit diesem Teigroboter automatisch herzustellen. Und wenn der Starter stark genug ist, können Sie den Panettone-Teig anmischen und ihn backen und essen! ◀

(220416-02)RG

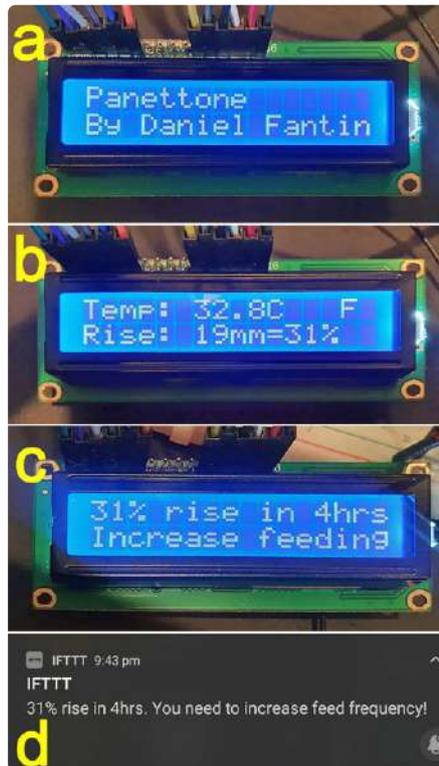


Bild 10. Unterschiedliche Inhalte auf dem LC-Display (a, b und c) sowie die Smartphone-Nachricht nach vier Stunden Gärzeit.

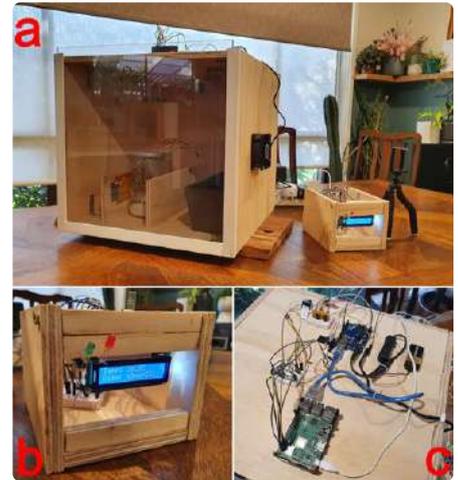


Bild 11. Der komplette Panettone-Roboter (a) mit Steuerbox (b) und einigen Platinen und Kabeln (c) auf der Oberseite.



Bild 12. Sauerteigstarter vor (a) und vier Stunden später nach Erreichen der richtigen Höhe (b).

Über den Autor

Daniel Fantin ist Informatikstudent im zweiten Jahr an der Deakin University in Melbourne, Australien. Er hat eine Leidenschaft für gutes Essen und für Technik, so dass die Kombination von italienischer Küche und Robotik für ihn eine natürliche Entwicklung darstellt.

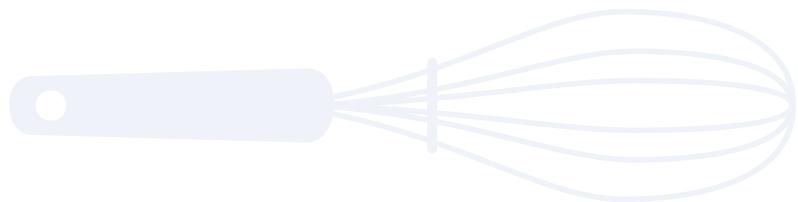
Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel haben, können Sie den Autor über Hackster [12] oder die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de kontaktieren.



Passendes Produkt

- **Arduino Uno**
www.elektormagazine.de/arduino-uno



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] Projektseite: www.elektormagazine.de/220416-02
- [8] Automatic Addison: <https://elektor.link/rpiarduino2way>
- [9] Hackster-Website: <https://elektor.link/particlehackster>
- [10] Particle-Tutorial: <https://elektor.link/particleapitut>
- [11] Projekt bei hackster.io: <https://elektor.link/hacksterpanettone>
- [12] Daniel Fantin bei hackster.io: www.hackster.io/danielfantin

Unterstützung durch Arduino Reseller

Diese Arduino-Gastausgabe von Elektor wurde durch die Unterstützung folgender Mitglieder der Arduino-Reseller-Community ermöglicht.

Besuchen Sie sie, wenn Sie Arduino-Produkte benötigen!



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 mit Arduino

Von Colin Dooley (Spanien)

Möchten Sie Ihre Spielleidenschaft mit der für Arduino verbinden? Hier ist ein innovatives Beispiel dafür, wie man mit einem Arduino eine kompakte Space-Invaders-Maschine bauen kann.

Ich bin in den 1980er Jahren mit der Programmierung von Videospiele aufgewachsen. Als ich dann meinen ersten Arduino bekam, wollte ich natürlich auch darauf Videospiele programmieren. Arduinos haben dieselbe Art von Speicher- und CPU-Einschränkungen wie die frühen Heimcomputer, also fühlte ich mich damit sofort zu Hause. Seitdem haben sich die Dinge weiterentwickelt. Ich habe jetzt eine IDE und eine Hochsprache, aber die grundlegenden Schritte und Optimierungstechniken für die Programmierung von Spielen auf einem Arduino sind die gleichen. Es gibt hexadezimale Zahlen, viel Bit-Verschieben, zeitaufwändige Versuche, alles in ein winziges RAM zu packen, und so weiter. Meine alten Assembler-Kenntnisse waren immer noch sehr nützlich; am Ende habe ich viel Code zerlegt, um herauszufinden, was der Compiler falsch gemacht hat (ziemlich viel!), und meinen Code optimiert, um die besten Ergebnisse zu erzielen.

Das Spiel, das ich programmieren wollte, war Space Invaders (**Bild 1**). Es ist ein bekanntes Spiel und nicht allzu schwierig zu programmieren. Meine Idee war es, mit einem Arduino ein winziges Space-Invaders-Spiel zu bauen, der dem Original so nahe wie möglich kommt („pixelgenau“).

Ich fand eine Webseite im Internet mit einer vollständigen Disassemblierung des Space-Invaders-ROMs und verwendete diese als Referenz für die Spiellogik. Es war eine Menge Arbeit, alle Details richtig hinzubekommen, und ich habe dabei eine Menge über das Spiel gelernt. Es hat sich herausgestellt, dass

sich in den ROMs einige alte/tote Codestücke befinden, die Aufschluss über die Entwicklung geben. Die Website dafür ist www.computerarcheology.com/Arcade/SpaceInvaders/.

Ich kann mit Sicherheit sagen, dass das Ergebnis dem Originalspiel so nahekommt wie nur möglich, ohne die Original-ROMs auf einem Emulator laufen zu lassen, was auf einem 8-Bit-Arduino nicht möglich ist! Die gesamte Logik ist vorhanden. Wenn Sie ein erfahrener Spieler sind, können Sie ihre Schüsse zählen, um die maximale Punktzahl für die fliegenden Untertassen zu erhalten. Die einzige wirkliche Änderung gegenüber dem Original ist, dass ich die Bomben der Invasoren etwas langsamer fallen lasse, weil es schwierig ist, das Spiel auf einem sehr kleinen Bildschirm zu spielen.

Grafiken

Das Originalspiel Space Invaders hat eine Anzeige mit 224×256 Pixeln. Meine erste Aufgabe war es, die kleinstmögliche Anzeige mit so vielen Pixeln zu finden. Es muss „pixelperfekt“ sein - nicht vergessen! Nach einigem Suchen auf AliExpress fand ich ein geeignetes Display und machte mich an die Arbeit. Alle Grafiken für das Spiel wurden auf „altmodische“ Weise mit Bleistift auf Kästchenpapier erstellt (**Bild 2**). Sie werden als Pixel gezeichnet, in hexadezimale Zahlen umgewandelt (das kann ich immer noch im Kopf!) und dann in das Programm eingegeben. Sie finden sie in der Datei `graphics.h` im Quellcode (www.thehighprotondiet.com).



Bild 1. Das Space-Invaders-Projekt.

Die Anzeige verwendet ein SPI, und ich war zunächst besorgt, dass dies ein Bottleneck für ein Videospiele sein könnte, das mit 60 Bildern pro Sekunde läuft (**Bild 3**). Bei Space Invaders werden jedoch nicht viele Pixel pro Bild aktualisiert, sodass dies kein Problem darstellte. Nach ein paar Wochenenden hatte ich die Grafik zum Laufen gebracht. Der grafische Teil des Spiels beanspruchte nur etwa 10 % der CPU-Leistung des Arduinos. Die CPU des Arduino ist viel leistungsfähiger als die CPUs in den Heimcomputern der 1980er Jahre. Wie sich herausstellte, benötigte der Sound viel mehr CPU-Leistung als die Grafik.

Sound

Ich fand die Soundbeispiele für Space Invaders als Teil des MAME-Emulators. Das einzige Problem war, dass sie 49 KB groß

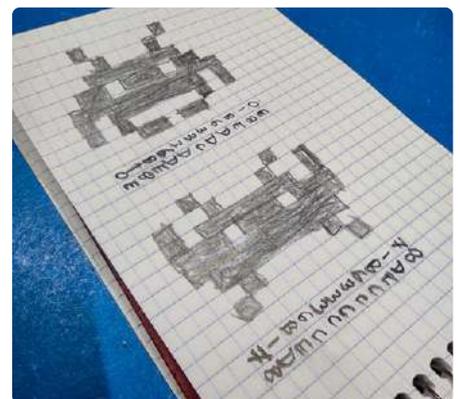


Bild 2. Ich habe die Bilder mit einem Bleistift auf Rechenpapier erstellt.

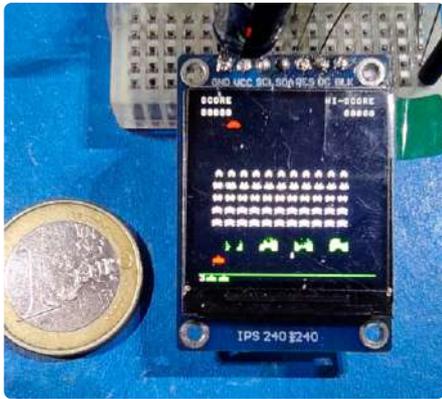


Bild 3. Die Anzeige ist kompakt.

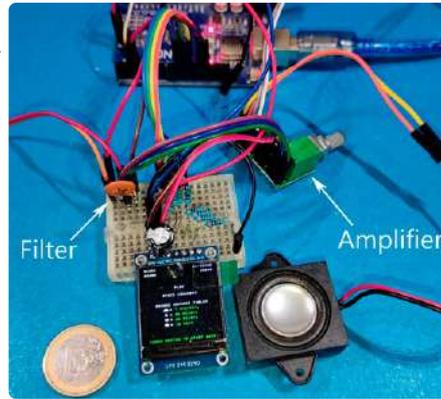
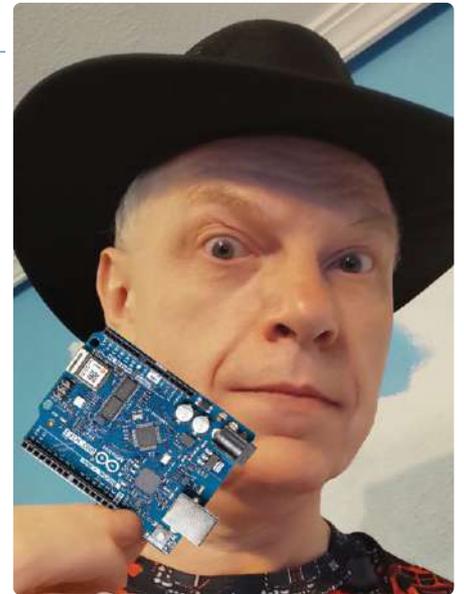


Bild 4. Der Entwurf umfasst ein einfaches Tiefpassfilter, einen kleinen Audioverstärker und einen Lautsprecher.



Über den Autor

Colin Dooley wuchs mit der Programmierung von 8-Bit-Heimcomputern in den 1980er Jahren auf. Seinen ersten richtigen Job hatte er Mitte der 1980er Jahre bei einer Computerspielefirma in Sheffield, England, zur Zeit der Sinclair Spectrums, Amstrads und Commodore 64s, die heute einen Großteil der Retro-Szene ausmachen. Colin: „Es ist eine Ehre für mich, in einer Sonderausgabe des Elektor-Magazins vorgestellt zu werden. Zeitschriften wie Elektor waren eine der wenigen Quellen, die wir hatten, um im Vor-Internet-Zeitalter etwas über Computer und Computerprogrammierung zu lernen.“

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Dann wenden Sie sich bitte an das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.

waren und der Arduino nach dem Hochladen des Programms und der Grafiken nur noch etwa 20 KB Speicherplatz hatte - sie passten nicht! Schließlich konvertierte ich die Sounds in 6-Bit-Samples statt in 8-Bit-Samples und packte sie dicht zusammen in den Speicher. Es gab einen bestimmten Sound, der einfach nicht in den Speicher passen wollte, der Todesschrei der fliegenden Untertasse), also habe ich ihn durch den Tod des Spielers ersetzt (und hoffe, dass das niemanden stört). Ich hatte es nicht so geplant, aber die Verwendung von 6-Bit-Sounds hat einen weiteren großen Vorteil: Space Invaders hat vier Soundkanäle, und man kann vier 6-Bit-Werte addieren, um einen 8-Bit-Sound zu erhalten. Das bedeutet, dass die Tonmischung optimal auf einer 8-Bit-CPU wie dem ATmega328 des Arduino durchgeführt werden kann.

Der endgültige 8-Bit-Sound wird über ein PWM-Signal ausgegeben, das vom Hardware-Timer 2 des ATmega328 erzeugt wird. Das Signal durchläuft ein einfaches Tiefpassfilter, das aus einem Widerstand und einem Kondensator besteht, und gelangt dann über einen kleinen Audioverstärker zu einem Lautsprecher, den ich ebenfalls bei Aliexpress gefunden habe (Bild 4). Das Ergebnis klingt großartig! Der Klang der Maschine wird bei jedem, der diese Zeit miterlebt hat, viele Erinnerungen wecken.

Bedienung

Für die Steuerung habe ich bei AliExpress einen wirklich winzigen Joystick gefunden (Bild 5). Der Joystick war jedoch zu klein und die Bewegung sehr schwergängig, also habe ich eine kleine Erweiterung für ihn in 3D gedruckt. Das Endergebnis sieht wirklich gut aus und ist jetzt viel einfacher zu bedienen.

Gehäuse

Ich habe kürzlich einen Laserschneider für meine Heimwerkstatt gekauft, und das Gehäuse ist aus lasergeschnittenem MDF

nach einem Plan, den ich im Internet gefunden habe (Bild 1). Ich habe ihn leicht verändert, um Grafiken und Ausschnitte für den Bildschirm und den Joystick hinzuzufügen. Es ist eine gute Basis, um herauszufinden, wie ich die Joysticks und die interne Elektronik anbringen kann.

In der Zukunft

Ich bin mit diesem Projekt noch nicht fertig. Das hier gezeigte Gehäuse ist sehr allgemein, keine echte Space-Invaders-Konsole. Die Originalmaschine verwendete ein internes Spiegelsystem, um die Invaders-Grafiken auf einem farbigen Hintergrund zu überlagern. Kombiniert mit einem ausgeklügelten Innenleben ergab das einen mehrschichtigen 3D-Effekt.

Ich plane, dieses System bald zu nachzubauen! Weitere aktuelle Informationen und den Quellcode zu diesem Projekt finden Sie auf meiner Website: www.thehighprotondiet.com. ◀

(220557-02)WdH



Bild 5. Der (zu) kleine Joystick.

Kunst mit Arduino

Inspirierende Einblicke von Künstlern und Designern

Von David Cuartielles (Arduino)

Wenn Künstler Arduinos in ihre Arbeit einbeziehen, schwebt Magie in der Luft. Arduino-Mitbegründer David Cuartielles hat kürzlich drei zukunftsweisende Künstler über ihre Leidenschaft für Kunst und die Verwendung von Arduino-Lösungen in verschiedenen Projekten interviewt.

Wir haben Arduino ursprünglich entwickelt, um unsere Kunst- und Designstudenten bei der Entwicklung von digitalen Geräten und interaktiven Installationen zu unterstützen. Wir glaubten (und glauben noch heute), dass Menschen in der Lage sein sollten, zu programmieren und ihre eigenen intelligenten Objekte zu bauen, indem sie einfach einige Komponenten zum Arduino hinzufügen und einfache Programme schreiben. Die Kunst- und Design-Community benötigte neue, einfache Werkzeuge, die für das Handwerk der Elektronik geeignet waren. So wurde Arduino zu einem großartigen Werkzeug, das die Entstehung tausender neuer Kunstwerke und Erfahrungen unterstützte. Wir haben viele Workshops für Künstler in Museen, Kulturzentren, Galerien und an Kunstfakultäten verschiedener Universitäten angeboten. Nach der Entwicklung des ersten Arduino Serial Boards im März 2005 veranstalteten wir einen Workshop im Centro Cultural Code Duque im Medialab in Madrid. Bald darauf, im Jahr 2006, kaum ein Jahr nach der Entwicklung des ersten Arduinos, wurden wir eingeladen, Workshops bei Ars Electronica, dem weltweit wichtigsten Festival für elektronische Kunst abzuhalten. Die Verwendung von Arduino in der Kunst breitete sich rasch aus. Infolgedessen wurde 2014 der Arduino Diecimila in die ständige Sammlung des MoMA aufgenommen [1]. Es gibt viele Berichte von Künstlern, die Arduino in ihrer Arbeit verwenden, was es wirklich schwierig machte, zu entscheiden, wer die Arduino-basierte Elektronikszene im weitesten und besten Sinne repräsentieren könnte. Ich habe kürzlich José Salatino, Kelly



José Salatino

Heaton und Jacob Remin interviewt und ihre Geschichten in diesem speziellen Artikel über Kunst und Technologie zusammengestellt. Hier erfahren Sie, was Malroboter, Touch-Synthesizer und Buddha-verstärkte Steuerschaltungen gemeinsam haben.

Malen mit Arduino: José Salatino

José Salatino ist ein Maker und Maler, der in Spanien lebt und mit verschiedenen Technologien und Techniken experimentiert. Wir haben uns mit ihm getroffen, um über seinen Malroboter zu sprechen und mehr über die Besonderheiten dieser Technologie zu erfahren.

David Cuartielles: Hallo, José. Können Sie uns etwas über sich erzählen? Wo leben Sie, und was sind Ihre Interessen?

José Salatino: Hallo, David. Vielen Dank für die Gelegenheit, mein Projekt vorzustellen und zu erzählen, was meine Leidenschaften sind. Ich lebe seit einem Jahr in Barcelona, ganz in der Nähe der Sagrada Familia, und ich bin entzückt, hier zu leben. Es ist eine wunderbare Stadt, wohin man auch schaut. Tatsächlich habe ich mein Projekt das erste Mal auf der Barcelona Maker Faire 2017 gezeigt. Eine unvergessliche Erfahrung. Eine meiner Interessen ist, wie Sie in der Einleitung erwähnen, die Malerei (**Bild 1**). Ich mache das schon lange als Hobby, und in letzter Zeit versuche ich, es auf professionellere Weise zu tun. Das andere große Interesse gilt den „Erfindungen“, die ich dank des Aufkommens von Arduino und der Maker-Bewegung verwirklichen konnte.

Cuartielles: Die Kombination Maler/Maker ist interessant. Können Sie uns etwas mehr darüber erzählen, wie Sie zur Malerei gekommen sind?

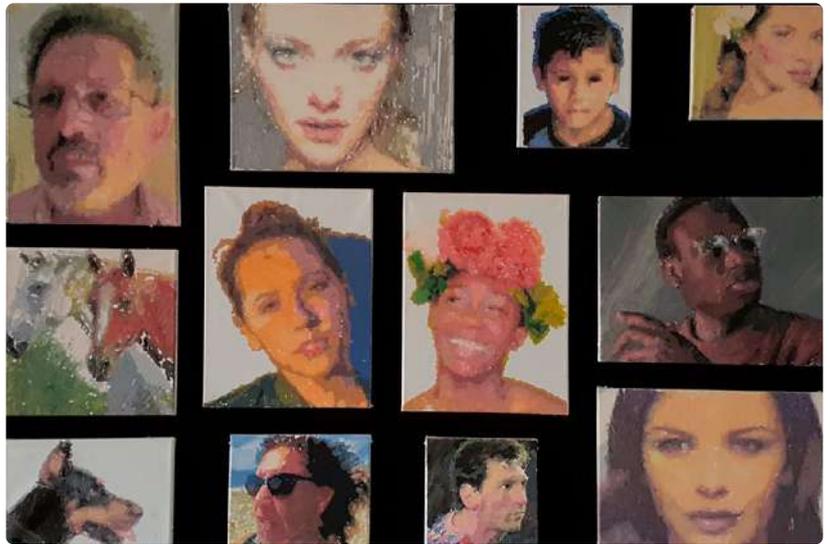
Salatino: Meine Anfänge in der Malerei waren intuitiv. Ich habe keinen akademischen Hintergrund in diesem Bereich. Eines Tages begann ich, das Porträt eines argentinischen Sängers zu malen, den ich sehr mag, und das Ergebnis schien mir so akzeptabel, dass ich es rahmte und ihm persönlich übergab. Diese Erfahrung gefiel mir sehr und ich wiederholte sie mit mehreren Künstlern, darunter Joan Manuel Serrat und die berühmte argentinische Pianistin Martha Argerich. Und seither habe ich nicht mehr damit aufgehört. Mit dem Aufkommen von Arduino hatte ich dann die Möglichkeit, sehr ausgeklügelte Maschinen zu erschwinglichen Kosten zu entwerfen und zu bauen. Mir kam dann unweigerlich die Idee, einen Malroboter zu bauen.

Cuartielles: Wie sind Sie zu Arduino gekommen? Wir haben Sie in der Vergangenheit getroffen und Ihren Roboter in Aktion gesehen. Können Sie uns sagen, welche Art von Operationen er ausführt?

Salatino: Eine meiner anderen Leidenschaften war schon immer die Elektronik. Schon in jungen Jahren habe ich versucht, Schaltungen zu bauen, um Dinge zu automatisieren. Die einzige Möglichkeit waren damals Mikroprozessoren, die sehr teuer, schwer zu beschaffen und sehr schwierig zu programmieren waren. Man brauchte tiefgreifende Kenntnisse aus schwer erhältlicher Literatur und ein gut eingerichtetes Labor, um ein vernünftiges Ergebnis zu erzielen. Arduino löste all diese Probleme, und nach vielen Jahren, in denen ich es aufgegeben hatte, irgendetwas zu automatisieren, lieferte Arduino mir was ich brauchte. Zwei Tage nach dem Kauf meines ersten Arduino UNO hatte ich es bereits geschafft, einen Differentialroboter zu bauen, der auf Licht und einige andere Dinge reagierte. Es war magisch!

Was meinen Malroboter betrifft, so malt er Porträts mit Pinseln und Acrylfarben. Ausgehend von einem digitalen Bild und nach einem Prozess, der von mehreren Algorithmen ausgeführt wird, erhalte ich die notwendigen Informationen, damit der Roboter seine Arbeit verrichten kann. Das heißt: die zu verwendende Farbe bestimmen, die entsprechende Mischung herstellen, die Position und Form des Pinselstrichs festlegen und sie schließlich auftragen. Und es gibt weitere Zusatzaufgaben wie das Wechseln, Reinigen und Trocknen der Pinsel.

Cuartielles: Hat Ihr Roboter einen Namen? Sie haben ihn zum Malen von Porträts eingesetzt. Gibt es einen Grund, warum Sie sich für diese Art von Arbeiten entschieden haben und nicht für eine andere?



▲
Bild 1. Mit Salatinos Malroboter geschaffene Kunst. (Quelle: José Salatino)

Salatino: Auf der Maker-Messe, an der ich teilgenommen habe, lautete der offizielle Name: *Portrait Painter Robot Project (Bild 2)*. Als Maler habe ich das Porträt immer anderen Themen vorgezogen, und ich denke, dass dies den Stils meines Roboters bestimmt hat, aber ich muss auch zugeben, dass es auch einen wissenschaftlichen Grund gibt. Das menschliche Gehirn hat eine besondere Fähigkeit, das menschliche Gesicht zu erkennen, das heißt, wenn die Porträts, die mein Roboter malt, Mängel aufweisen, wird das Gehirn des Betrachters die notwendigen Korrekturen vornehmen, um das, was er sieht, als das Gesicht einer Person wahrzunehmen.

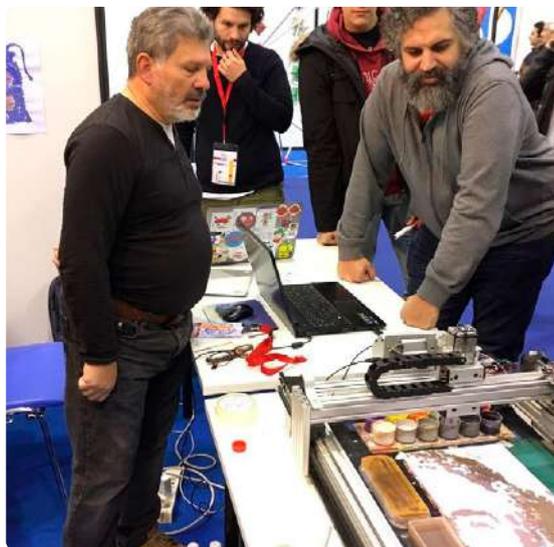
Cuartielles: Es existieren noch andere Malroboter. Soweit ich weiß, unterscheiden sie sich in den verschiedenen Malstilen, die sie ausführen können, in der Art, wie sie Farben mischen, und so weiter. Können Sie uns die wichtigsten Merkmale Ihres Entwurfs nennen?

Salatino: Es ist wahr, es gibt viele Malroboter. Tatsächlich habe ich vor einigen Jahren an einem Wettbewerb für Malroboter teilgenommen (RobotArt 2018) und einen ehrenvollen zehnten Platz belegt, wobei ich mit Gruppen von berühmten Universitäten und Wissenschaftlern konkurrierte, die Zugang zu großen technischen und wirtschaftlichen Ressourcen haben. Was meinen Roboter von anderen unterscheidet, ist zweifelsohne die Fähigkeit, Farben automatisch zu



◀
Bild 2. Porträt-malender Roboter. (Quelle: José Salatino).

Bild 3. Salatino und Cuartielles sprechen über den Roboter und ein Gemälde. (Quelle: José Salatino)



mischen. Tatsächlich wurde ich erst durch die Lösung dieses Problems dazu ermutigt, meinen ersten Malroboter zu bauen.

Mit den drei Primärfarben, den drei Sekundärfarben, Schwarz, Weiß und vier Grautönen ist er in der Lage, mehr als 150 verschiedene Farbtöne zu erzeugen, mit denen jedes beliebige Farbbild ziemlich genau reproduziert werden kann.

Cuartielles: Sie engagieren sich sehr in der Maker-Community und sind zu verschiedenen Maker-Messen gereist. Tatsächlich haben wir uns auf der Maker Faire Rome getroffen (Bild 3). Wie war diese Erfahrung? Wie haben die Leute Ihren Roboter aufgenommen?

Salatino: Ja, ich konnte an mehreren Maker-Messen teilnehmen, und die Erfahrung war immer unglaublich. Ich habe mehrere blaue Bänder, die von den Veranstaltern als Anerkennung für meine Projekte verliehen wurden, und das sind meine wertvollsten Trophäen. Ich habe auch die Akzeptanz des Publikums erfahren, das seine Meinung aus verschiedenen Blickwinkeln zum Ausdruck gebracht hat.

Auf einer Maker-Messe trifft man auf ein sehr breites Publikum. Es gibt viele Maker, die sich von dem rein technischen Aspekt angezogen fühlen oder sehen wollen, wie man ein bestimmtes Problem gelöst hat. Es gibt auch viele Besucher, die nichts mit der Maker-Bewegung zu tun haben und einfach nur sehen wollen, worum es geht. Sie sagen einem, ob es ihnen gefällt oder nicht, oder ob ihnen etwas Bestimmtes auffällt, das im Allgemeinen nichts mit dem technischen Aspekt zu tun hat. Es gibt aber auch eine Gruppe von Leuten, die wissen wollen, was jemanden dazu bewegt, so etwas zu tun, und mit diesen Leuten rede ich gerne. Schließlich ist mein Projekt in ein sehr konfliktreiches Feld eingetaucht, nämlich das Verhältnis zwischen Kunst und Technologie, und auch darüber habe ich sehr interessante Gespräche geführt.

Cuartielles: Welches Board verwenden Sie? Welche anderen Teile verwenden Sie?

Salatino: Ich habe zwei Versionen des Malroboters gebaut. Die erste, die Sie in Rom gesehen haben,

basiert auf der Elektronik eines 3D-Druckers (Arduino Mega 2560 R3 + Ramps 1.4 und + vier NEMA-17-Schrittmotoren + Marlin-Firmware). Dann baute ich eine zweite Version mit dem gleichen Konzept, aber ich nutzte NEMA-23-Schrittmotoren mit eingebauten Treibern. Ich musste einige Änderungen an der Elektronik vornehmen, indem ich die Pololu-Treiber durch eine Platine ersetzte, um die Ramps 1.4 mit den neuen Treibern zu verbinden.

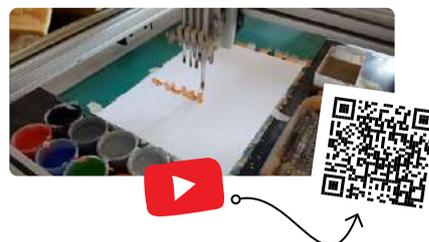
Was die Mechanik betrifft, so wurde die erste Version aus Aluminiumprofilen gebaut, die ich mit den wenigen Werkzeugen, die mir zur Verfügung stehen, mühevoll mechanisiert habe. Die zweite Version basiert auf industriellen Linearführungen, die auf einem Holzrahmen montiert sind, den ich so konstruiert habe, dass er für den Transport zerlegt werden kann.

Cuartielles: Können Sie uns abschließend sagen, wo man Sie erreichen kann? Haben Sie eine Website oder Accounts in den sozialen Medien, wo man mehr über Ihre Projekte erfahren kann?

Salatino: Ja, wenn Sie „Jose Salatino“ googeln, werden Sie mehrere Einträge über meine Tätigkeit als Maler und Maker finden. Vor kurzem habe ich eine Website eingerichtet, um meine Bilder auf professionellere Weise zu präsentieren. Die Adresse lautet: www.jose-salatino.com. Meine wichtigsten Maker-Projekte können Sie unter dieser Adresse sehen: www.hackaday.io/josesalatino. Zurzeit lebe ich in einer Wohnung, in der ich kein Labor einrichten kann, um zu arbeiten, also mache ich nicht viel, sondern spiele nur mit meinen Maschinen. Nun, ich arbeite auch acht Stunden am Tag in einer Fabrik, um meine Rechnungen zahlen zu können.

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um zu sagen, dass ich gerne an neuen Projekten teilnehmen möchte (je verrückter, desto besser), bei denen Kunst und Technologie zusammenspielen. Es gibt noch so viel zu tun, und ich wäre gerne ein Teil davon. Sie können mich über E-Mail (jvsalatino@gmail.com), Instagram ([@josevicentesalatino](https://www.instagram.com/josevicentesalatino)), Twitter ([@jvsalatino](https://twitter.com/jvsalatino)) und YouTube ([jvsalatino](https://www.youtube.com/jvsalatino)) erreichen. ◀

Sehen Sie den
Portrait Painter Robot in Aktion!



Arduino und Der Baum des Lebens: Kelly Heaton

Kelly Heaton ist den *Elektor*-Lesern eine bekannte Künstlerin. Sie schaffte es auf das Titelbild der *Elektor*-Ausgabe der *Summer Circuits 2022*, und wir hatten die Gelegenheit, ausführlich über ihren Einstieg in die Elektronik und ihre derzeitige Kunstpraxis zu sprechen. Ein Werk von ihr ist mit einem Arduino-Board ausgestattet. Auf den ersten Blick ist *The Tree of Life* ein zentrales Steuergerät für eine größere Installation mit mehreren von Kellys berühmten Vögeln. Wir haben uns an sie gewandt, um mehr über dieses Werk und seine Funktionsweise zu erfahren.

David Cuartielles: Hallo, Kelly. Vielen Dank, dass Sie sich für dieses Interview Zeit genommen haben. Können Sie uns kurz etwas über Sie erzählen, für die Leser, die unser vorheriges Interview mit Ihnen noch nicht gelesen haben? [2]

Kelly Heaton: Vielen Dank für die Einladung! Ich baue künstlerische und philosophische Schaltkreise, um den Energiefluss in unserem bewussten Universum zu visualisieren. Analoge Elektrotechnik ist der Schlüssel zu meiner Tätigkeit, weil sie meinem Verständnis und der Gestaltung von Elektrizität als rohes kreatives Medium am nächsten kommt. Die meisten Menschen halten Elektrotechnik für logisch und pragmatisch, aber für mich ist sie eine Möglichkeit, mich mit der energetischen Natur der Existenz auseinanderzusetzen.



Kelly Heaton

Cuartielles: Ihre Arbeit umfasst ein ganzes Ökosystem verschiedener Platinen, Modelle von Bauteilen, Kleidung... Ich möchte mich jedoch auf *The Tree of Life* konzentrieren, eine spannende Platine mit einem Bild von Buddha darauf, einer Reihe von Relais, einem Arduino UNO R3 und Anschlüssen für Sensoren (Bild 4). Können Sie uns etwas über das Konzept dahinter erzählen? Welches Zusammenspiel besteht mit dem Rest Ihrer Arbeit?

Heaton: Der Baum des Lebens ist ein uralter Archetyp der gegenseitigen Verbindungen. Er ist eines meiner Lieblingssymbole und ein wiederkehrendes Thema in meiner Arbeit. In der westlichen Mythologie verbindet der heilige Weltenbaum die gesamte Schöpfung als kraftvolles Symbol für ökologisches Wohlergehen. Im tibetischen Buddhismus erlangte Gautama Buddha unter dem Bodhi-Baum Erleuchtung, und der damit verbundene Zufluchtsbaum ist ein Stammbaumdiagramm religiöser Lehrer und spiritueller Aspiranten. Ich habe diese Themen in

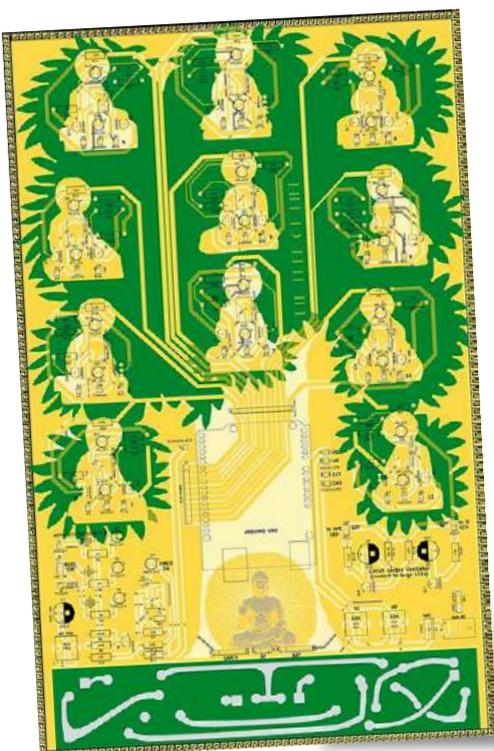


Bild 4. Links der Entwurf für *The Tree of Life* in *The Circuit Garden* (2022), rechts die Platine mit einem integrierten Arduino UNO. (Quelle: Kelly Heaton)

Bild 5. Die Platine von *The Tree of Life*, die im *Circuit Garden* ausgestellt ist. (Quelle: Kelly Heaton)



einem ästhetischen Kreislauf mit elektronischen, natürlichen und spirituellen Energien kombiniert. Als Teil meines *Circuit Garden* (2022) wird *The Tree of Life* in einem skulpturalen integrierten Schaltkreis als Seele der allgegenwärtigen „Black Box“ namens Mikroprozessor präsentiert. In meinem Entwurf habe ich einen Arduino UNO verwendet, um eine Klanglandschaft aus meinen Vogelgezwitscher- und Grillengeneratoren programmatisch zu orchestrieren. Da ich keine erfahrene Arduino-Programmiererin bin, habe ich in Ihrem Forum [dem Arduino-Forum] um Hilfe gebeten, und John Wasser hat mir großzügigerweise eine pseudozufällige Sequenzierungsroutine zur Verfügung gestellt. Die Arduino-Community ist fantastisch! Ich bin so dankbar, wenn Menschen ihr Wissen teilen. Technische Komplexität kann ein frustrierendes Hindernis für den künstlerischen Ausdruck sein, weil es schwierig ist, die Intelligenz der beiden Gehirnhälften gleichzeitig zu kultivieren. Das Streben nach Kongruenz ist der Grund, warum der Baum des Lebens ein so bedeutendes Symbol für meine Kunst ist.

Cuartielles: Es gibt eine offensichtliche Frage, die ich stellen muss. In Ihrer Arbeit konzentrieren Sie sich auf analoge Technologien, aber Arduino ist im Grunde ein digitaler Mikrocontroller, der zum Determinieren und Ausführen sequenzieller Aufgaben verwendet wird. Was hat Sie zu Arduino gebracht und warum haben Sie sich entschieden, einen Arduino UNO als Kernstück von *The Tree of Life* zu verwenden?

Heaton: Ich konzentriere mich aus drei Gründen auf analoge Elektronik: (1) digital simuliert das Leben, während analog lebensnah ist; (2) ich möchte die grundlegende Natur der Elektrizität als kreatives Medium verstehen; und (3) analoge Elektrotechnik birgt ein enormes Potenzial, das menschliche Wissen voranzubringen. Dennoch sind viele praktische Aufgaben mit einem handelsüblichen digitalen Werkzeug wie dem Arduino einfacher zu lösen. Ich hatte bereits im Jahr 2018 einen pseudozufälligen analogen Sequenzer als Teil meines Projekts *Hacking Nature's Musicians* gebaut, also kannte ich die Komplikationen. Ich hatte eine Deadline für meine *Circuit Garden*-Installation und brauchte einen Sequenzer, der drei Monate lang in einem öffentlichen Raum funktionieren sollte. Außerdem war ich mit der Herstellung von elektronischen Singvögeln, Grillen, Schmetterlingen und Plüschschal-

tungsskulpturen sehr beschäftigt und eingespannt. Aus experimenteller analoger Elektronik kann großartige Kunst entstehen, aber sie ist nicht immer praktisch, robust, reproduzierbar oder schnell zu entwickeln. Ich beschloss, einen Arduino für den Sequenzer zu verwenden, denn manchmal muss man einfach das Problem lösen. Ich habe mich für ein Arduino-Board entschieden, weil die Spezifikationen stimmten und ich den Namen „UNO“ wirklich mag. Wir sind alle in einem (uno) kosmischen Kreislauf verbunden.

Cuartielles: Beim Durchstöbern der Online-Dokumentation zu diesem Werk sehe ich, dass die Platine aus vier verschiedenen Teilen besteht. Eines davon ist der für die Steuerung mit dem Arduino. Dann gibt es ein kleineres IC, von dem ich annehme, dass es ein 555 ist. Es gibt ein paar Potentiometer, die als Analogeingänge für den Arduino dienen. Und schließlich ist da noch der untere Teil der Platine, den wir als die Wurzeln des Baumes bezeichnen könnten. Ist das eine angemessene Darstellung der Platine? Wie interagieren die verschiedenen Teile miteinander?

Heaton: Es ist einfacher, die Funktion zu verstehen, wenn man meinen sechseinhalb Meter langen *Circuit Garden* (Bild 5) sieht, denn das ist es, was gesteuert wird. Im Grunde genommen steuert *The Tree of Life*, wann meine gedruckten Schaltkreisvögel und Grillen zu hören sind, wie ein Marionettenspieler von Mutter Natur für einen elektronischen Gartenchor. Zwei entfernt positionierte Bewegungsmelder werden verwendet, um einen NE555, auch bekannt als One-Shot-Timer, mit einer Verzögerung auszulösen, die über ein Potentiometer eingestellt wird. Wenn eine Bewegung erkannt wird, erzeugt der NE555 ein aktives Signal, das zwischen fünf und dreißig Sekunden anhält. Dieses Signal veranlasst den Arduino, eine pseudozufällige Sequenzierungsroutine ablaufen zu lassen, solange der 555 als Monostable aktiv ist. Der Arduino UNO schaltet seine Ausgangspins für unterschiedliche Zeitspannen ein und aus, die durch ein weiteres Potentiometer eingestellt werden können. Da der Arduino nur einen geringen Strom liefern kann, verstärke ich die Ausgangssignale und verwende sie, um Relaischalter auszulösen, die Sie in den elf Bodhisattvas der Baumkrone sehen. Die Relaischalter steuern die Hörbarkeit meiner über lange, unter der Installation verlegten Kabeln ferngesteuerten Tierschaltungen.

Wenn keine Bewegung mehr erkannt wird, schaltet sich der monostabile Multivibrator ab und der Arduino geht aus. Am unteren Ende der *Tree-of-Life*-Platine, die Sie als Wurzeln bezeichnen können, befindet sich ein astabiler Multivibrator mit der gleichen visuellen Komposition wie in meiner großen *Circuit Garden*-Installation. Diese oszillierenden „Wurzeln“ sind ein Mikrokosmos des Gartens, ein Symbol für die Geheimnisse des Universums und eine Erinnerung daran, dass sich letztlich alles auf schwingende Energie reduzieren lässt. Mein *Tree of Life* verkörpert die hermetischen Prinzipien „wie oben, so unten“ und „wie innen, so außen“.

Cuartielles: Die oberste Kupferschicht ist ein Kunstwerk für sich. Es handelt sich um einen Baum, auf dessen Blättern man die Silhouette von elf Bodhisattvas sehen kann. Der Arduino ist auf dem Board über einem meditierenden Buddha befestigt. Sie haben mit Schichten von Kupfer, Substrat und Lötstopmmaske gespielt, um drei Farben zu erzeugen. Haben Sie alles mit einer Platinenentwurfs-Software gezeichnet? Wenn ja, welche haben Sie benutzt?

Heaton: Leider gibt es nicht eine Software mit den disziplinübergreifenden Werkzeugen, um Kunst wie diese zu machen. Es ist eine Herausforderung, bei der es sowohl beim Design als auch bei der Herstellung Knobelaufgaben zu lösen gilt (aber diese Herausforderungen machen die Kunst auch so spannend, weil sie innovativ ist). Kurz gesagt mache ich es so: Ich lege in KiCad Leiterbahnen an, wobei ich meinen Schaltplan und ein Vektordiagramm der Komposition verwende, die ich mit einem anderen Programm zeichne und als Referenzebene importiere. Wenn die Funktionsschaltung fertig ist, exportiere ich meine Produktionsebenen zur Bearbeitung in Adobe Illustrator und Photoshop. Das ist der Punkt, an dem es schön und beängstigend zugleich wird. Es ist nicht einfach, die Funktionsschaltung mit Programmen, die sich nicht mit Elektrik auskennen, intakt zu halten. Ich denke immer, dass es einfacher wird, als es dann wirklich ist, aber mein Gehirn schaltet auf einen anderen Modus um, wenn ich mit Bildern arbeite, und ich neige dazu, Leiterbahnen zu kappen, die ich nicht kappen sollte. Jedenfalls drücke ich die Daumen, dass meine Schaltung dann noch funktioniert (wenn sie überhaupt jemals funktioniert hat, lol), exportiere meine grafischen Ebenen als Bitmaps und konvertiere sie für die Produktion in Gerber. Ich brauche fast immer einen zweiten oder dritten Durchlauf, um meine Platinen richtig hinzubekommen, weil die Fehler elektronischer oder visueller oder (oft) beider Natur sein können. So habe ich zum Beispiel unwissentlich den größten Teil der Grundfläche auf meiner ersten *Tree-of-Life*-Platine gelöscht und musste sie in mühsamer Handarbeit neu aufbauen. Ich habe meinen Lötstoppschicht mehr als einmal umgedreht, und die Platinenhersteller entfernen in der Regel alle auf blankes Metall gedruckten Siebdrucke, es sei denn, sie bekommen eindeutige Anweisun-

gen, dies nicht zu tun. Es gibt viele Fallstricke, die man überspringen muss. Ich wünschte, es gäbe ein großartiges Platinen-Programm und eine Fertigungspipeline für Künstler, oder zumindest eine Möglichkeit, meine elektrischen Netze zu überprüfen, nachdem ich sie in einem anderen Programm geändert habe. Ich hätte auch gerne Plug-ins für die algorithmische Modifikation meiner Netze, zum Beispiel raumfüllende Kurven und andere topologische Transformationen wie Kupferoptimierung. Zu guter Letzt möchte ich einige der Techniker treffen, die meine Platinen herstellen, denn vor allem als jemand, der selbst Siebdrucke herstellt, bin ich von ihrem handwerklichen Können überrascht. Für die meisten Menschen sind Platinen eine Selbstverständlichkeit, aber ich sehe hoch qualifizierte Kunstfertigkeit mit dem Potenzial für einen viel größeren Ausdruck. Der Platinendruck ist als Kunstform noch sehr experimentell, aber er wird bald weithin bekannt werden. Im Moment ist es wirklich cool, mein künstlerisches Tableau zu elektrisieren und an der Erfindung dieses neuen Genres beteiligt zu sein.

Cuartielles: Eine wichtige Frage, die ich gerne stelle, wenn ich mit Künstlern spreche, die mit Open-Source-Technologien arbeiten: Lässt sich Ihre Arbeit zu reproduzieren, da ja alle Teile verfügbar sind? Wie denken Sie darüber? Und haben Sie darüber nachgedacht, wie Sie Ihre Kunstwerke lizenzieren können?

Heaton: Ich mache Kunst aus Neugierde, Leidenschaft und dem Wunsch, sie mit anderen zu teilen. Viele meiner Schaltpläne veröffentliche ich gemeinfrei, weil ich jedem zu Dank verpflichtet bin, der mir sein Wissen frei zur Verfügung gestellt hat, und weil meine Schaltpläne die Magie und das Geheimnis offenbaren, über die ich sprechen möchte. Es ehrt mich, wenn Menschen meine Schaltungen nachbauen und sie sich zu eigen machen. Ich möchte nicht, dass Geld oder geistiges Eigentum ein Hindernis für irgendjemandes künstlerischen Ausdruck ist. Dennoch müssen wir alle unseren Lebensunterhalt verdienen. Die Kunstwerke, die ich persönlich in Handarbeit herstelle und signiere, sind einzigartige, seltene Artefakte und haben einen entsprechenden Preis. Derzeit entwerfe ich Editionen meiner Kunstwerke, die in größeren Mengen (nicht von mir) hergestellt und zu einem günstigeren Preis verkauft werden können. Ich bin absolut offen für Partnerschaften und Lizenzmodelle, vorausgesetzt, sie passen zu meinem Ethos und meiner künstlerischen Vision.

Cuartielles: Können Sie uns abschließend sagen, wie man Sie erreichen kann? Haben Sie eine Website oder Accounts in den sozialen Medien, wo man mehr über Ihre Projekte erfahren kann?

Heaton: Folgen Sie mir auf Instagram oder Twitter @kelly_heaton. Sie können mir auch eine E-Mail über meine Website www.kellyheatonstudio.com/contact schicken. ◀

Jacob Remin.
(Foto von
Lotte Løvholm)



Der Künstler-Ingenieur: Jacob Remin

Bei Technologie geht es nicht nur um Bits und Atome. Moderne technische Berufe erfordern einen Sinn für die Gemeinschaft, die Bereitschaft, mit vielen verschiedenen Menschen zusammenzuarbeiten, und Offenheit für verrückte neue Ideen. Kein Beruf ist wie der andere, aber es besteht kein Zweifel, dass einige verschlungener sind als andere. Um ein Beispiel für eine beständige und doch aufregende Karriere im Technologiebereich zu geben, habe ich den dänischen Künstler und Ingenieur Jacob Remin angesprochen. Ich lernte Jacob Remin 2002 in Istanbul kennen, als eine Gruppe skandinavischer Künstler und Designer, der ich angehörte, im Rahmen eines kulturellen Austauschs mit Kunstgalerien und Universitäten in der Stadt landete. Damals war Jacob ein Freund eines Freundes, der sich im Laufe der Jahre zu einem Studenten, einem Galeristen, einem Kurator, aber vor allem zu einem angesehenen Künstler und kreativen Technologen entwickelte. In diesem Interview sprechen wir über Projekte, digitale Kreativität und sogar Musikvideos ... alles basierend auf Arduino.

David Cuartielles: Als Sie in den späten 2000er Jahren zum ersten Mal an die Fakultät für Kunst und Kommunikation der Universität Malmö kamen (wo ich unterrichtete), haben Sie ein sehr lustiges Projekt durchgeführt, das uns dazu bringen sollte, über unsere Beziehung zum Fernsehen nachzudenken. Können Sie uns mehr darüber erzählen?

Jacob Remin: Es hieß *Workout TV*, ein Projekt, das ich zusammen mit Martin Aggerbeck entwickelt habe. Wir studierten Design-Engineering an der Dänischen Technischen Universität, entschieden uns aber, diesen Kurs an der Universität Malmö zu belegen, da unsere Uni keine Arduino-Kurse anbot. Der Kurs verlangte die Erstellung eines kritischen Designkonzepts, etwas, das einen zum Nachdenken über die eigene Existenz anregt. Wir beschlossen, das Konzept „Couch-Potato“ und die Fernsehkultur humoristisch aufzugreifen. Dazu hackten wir eine Fernbedienung für einen Fernseher so, dass sie automatisch den Kanal wechselt, wenn sie feststellt, dass man sich eine Zeit lang nicht bewegt hat. Die Fernbedienung war mit einem Arduino und einem Bewegungssensor ausgestattet, und wenn man sich nicht bewegte, während man vor dem Fernseher saß, schaltete sie zufällig auf einen anderen Kanal um. Um zu erklären, was da vor sich ging, haben wir eine Satire auf eine Fernsehwerbung gedreht, in der das Konzept erklärt wird. Das Projekt wurde später auf dem *Half Machine Festival* in Kopenhagen ausgestellt.

Cuartielles: Die Dänische Technische Universität war nicht die letzte Designhochschule, die Sie besucht haben?

Remin: Zunächst sollte ich erwähnen, dass ich nicht an der DTU war, weil ich lernen wollte, wie man ein Ingenieur im klassischen Sinne wird. Ich interessierte mich für die Möglichkeiten, die die Technik für die Herstellung von Kunst bieten würde. Ich hatte schon vorher als Künstler gearbeitet, mit Videoinstallationen, Film, Musik, Live-Performances und so weiter. Es war sehr freundlich von den Dozenten der DTU, meine Interessen zu unterstützen und mich Kurse an anderen Einrichtungen belegen zu lassen, um unsere Ausbildung zu fördern.

Cuartielles: Und dann sind Sie an das Copenhagen Institute of Interaction Design gewechselt, um ein einjähriges Masterstudium in angewandter Technologie für die Designwelt zu absolvieren. Können Sie uns sagen, wie es dort war?

Remin: Das CIID ist das Gegenteil vom Ingenieurwesen: Alles geht schnell, man muss sich mit seinen Ideen austoben und einem Trial-and-Error-Prozess folgen. Man macht Dinge kaputt und baut sie in schnellen Wiederholungszyklen neu auf. Diese Erkenntnisse kommen mir heute in meiner eigenen Praxis sehr zugute. Dort hatte ich die Möglichkeit, ganz in die Elektronik einzutauchen und begann, meine eigenen Schaltungen zu bauen. Sie haben mich in Eagle (die PCB-CAD-Software) eingeführt, und ich habe meine ersten Platinen hergestellt. Ich war beeindruckt, wie schnell man durch die Kombination von maßgeschneiderten Leiterplattenentwürfen mit lasergeschnittenen Gehäusen an „echte Produkte“ kommt. So bin ich richtig in die Materie eingetaucht und habe diese Medien erforscht.

Cuartielles: Lassen Sie uns ein wenig darüber sprechen. Für Ihre Abschlussarbeit am CIID haben Sie einen kleinen Synthesizer mit einem ATmega328 entwickelt. Was hat Sie dazu gebracht, das zu tun?

Remin: Ich habe schon immer Musik gemacht. Damals war ich stark von der 8-Bit-Musik und den bestehenden mobilen Musikplattformen beeinflusst. Die Klangästhetik der Szene, die Übertragbarkeit und die kreativen Bedingungen der Technologie gefielen mir. Mikrocontroller eigneten sich perfekt für die Entwicklung einer Chip-Tune-Soundplattform. Ich wollte ein Musikinstrument bauen, das von Musikern in einer typischen Jamsituation live gespielt werden kann. Es bekam von mir den Namen CFO (Cheap, Fat, and Open), und es war eine Art 8-Bit-Groove-Box. Ich war (und bin es immer noch!) von der Arbeit von Critter & Guitari inspiriert, und sie waren so nett, mir den Quellcode eines ihrer Instrumente zu schicken, damit ich mir ansehen konnte, wie man so etwas macht, und mein eigenes bauen konnte.

Cuartielles: Gab es eine Fortsetzung dieses Disser-tationsprojekts? Sind Sie in das Geschäft der Herstellung kleiner Synthesizer eingestiegen? Es gibt ja einen Markt für diese kleinen, ultraportablen Musikinstrumente mit Charakter.

Remin: Als ich mit meiner Diplomarbeit fertig war, hatte ich kein Interesse daran, Musikinstrumente herzustellen und zu verkaufen. Ich war viel mehr daran interessiert, Kunst zu machen. Aber der CFO kam immer wieder zu mir zurück. Irgendwie wollte das Projekt nicht sterben. Als ich im Laufe meiner Kunstkarriere zu Ausstellungen eingeladen wurde, kam es häufig vor, dass ich auch Workshops veranstaltete, in denen die Teilnehmer ihren eigenen Synthesizer zusammenbauten. Irgendwann übernahm mein guter Freund Jacob Bak das Projekt und gab ihm ein zweites Leben, indem er den Synthesizer so aktualisierte, dass er auf deinem Teensy lief. Später kam auch David Gauthier dazu, und wir alle taten uns unter dem Namen Vsionhairies zusammen. In jüngerer Zeit und dank der Zusammenarbeit mit Dennis P. Paul, Professor an der Kunsthochschule Bremen, haben wir den Synthesizer auf unsere eigene ARM-basierte Architektur portiert. Wir führen Kurse über generative Musik mit Hilfe von Programmcode durch, was wiederum das Interesse an der Entwicklung neuer Hardware anregt.

Cuartielles: Wenn ich es richtig verstanden habe, haben Sie alle drei im CIID kennengelernt, richtig?

Remin: Das trifft auf Dennis und David zu, aber Jacob hatte ich schon während meiner Zeit an der DTU kennengelernt. Wir haben jahrelang am selben Ort studiert, uns aber nie auf dem Campus getroffen. Das erste Mal unterhielten wir uns in einem Bus auf der Fahrt zu einem Techno-Festival in Schweden. Jacob wurde später Praktikant in meiner Firma, um mehr über Klangsynthese und Platinendesign zu lernen, indem er das CFO von Grund auf überarbeitete.

Cuartielles: Erzählen Sie uns mehr darüber. Wie funktioniert das für einen Künstler in Ihrer Disziplin? Wie verdienen Sie Ihr Geld?

Remin: Ich leite ein Ein-Personen-Unternehmen, was hier in Dänemark sehr üblich ist. Ich bin schon seit Jahren der Geschäftsführer meiner eigenen Firma [lacht]. So kann ich freiberuflich arbeiten und gleichzeitig alles schlank halten. Ich bin nicht daran interessiert, als Unternehmen zu wachsen. In der Kunstwelt kommt und geht das Geld in unregelmäßigen Strömen, so dass es für mich sehr stressig wäre, von Monat zu Monat für die Gehälter vieler anderer Leute verantwortlich zu sein.

Cuartielles: Das bedeutet, dass Sie einen ständigen Zustrom von Projekten haben müssen. Hat alles, was Sie tun, mit Elektronik und Musik zu tun?

Remin: Ja und nein. Ich mache auch ziemlich viel

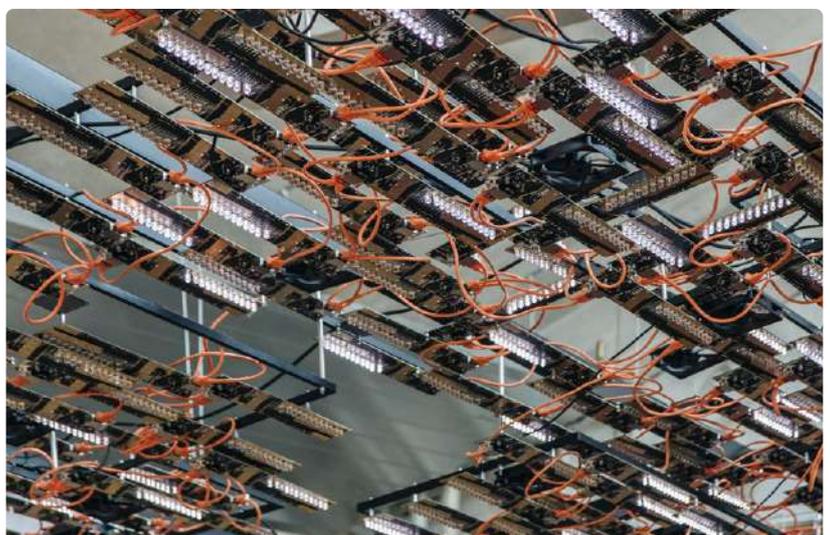
angewandte Sozialwissenschaft. Ich hatte zum Beispiel die Möglichkeit, unter meiner Wohnung in Nørrebro (Stadtteil von Kopenhagen) einen Kunstraum zu eröffnen. Wir nannten ihn Mikrogalleriet, weil er winzig war. Wir nutzten ihn unter anderem, um eine Gemeinschaft von 8-Bit-Musikern aufzubauen: der 8bit klubben. Auch hatten wir einige großartige Kunstausstellungen. Tristan Perich produzierte dort seine erste Ausgabe von „Interval Studies“. Ich war an der Gründung anderer Gruppen wie Science Friction, Click Festival, KKT und Centre for Cyber Wellness beteiligt. Aus der Mitarbeit in diesen Räumen sind viele gute Dinge entstanden, aber die Arbeit in Gruppen bedeutet fast immer, dass ich meine eigene Produktion einschränken muss. In letzter Zeit habe ich meine Bemühungen wieder auf die Produktion von Kunstwerken gelenkt.

Cuartielles: Haben Sie das Kuratieren komplett aufgegeben, um sich auf praktische Aktivitäten zu konzentrieren?

Remin: Fast. Aber anstatt beides zu trennen, versuche ich, sie in meine künstlerische Praxis zu integrieren. Ich sehe einen Wert darin, anderen Menschen zu helfen und Gemeinschaftsarbeit zu leisten, wobei ich einige Privilegien für andere Menschen nutzen kann. Wenn ich andere in den Vorgang einbeziehe, kommt das der Welt im weiteren Sinne zugute. Es gibt schon genug weiße Männer, die Synthesizer und elektronische Kunst machen; deshalb versuche ich, dies durch Kollaborationen auszugleichen. Das ist in meiner Arbeit sehr präsent, und ich denke viel darüber nach. Die Frage, wie man als Künstler von einer Kunstkarriere leben und gleichzeitig die Gemeinschaft unterstützen kann.

Cuartielles: Ich vermute, dass einige Ihrer Arbeiten auch aufgrund der von Ihnen erwähnten

Bild 6. So viele Platinen!
(Quelle: J. Remin, Foto: Jonas Normann)





▲
Bild 7. Die Skyen-Installation. (Quelle: Jonas Normann)

Erfahrungen entstanden sind, bei denen Sie mit Anderen zusammenarbeiten und Dinge mitgestalten konnten. Ihre neueste großformatige Installation namens Skyen scheint mir das Ergebnis eines offenen Dialogs mit verschiedenen Menschen zu sein (Bild 7). Sie besteht aus über 300 Arduino-kompatiblen Platinen, die vor einem FabLab in Dänemark von der Decke hängen. Wie sind Sie dazu gekommen, dieses Stück zu produzieren?

Remin: Ganz genau! Skyen ist eine permanente Auftragsarbeit für das Kulturzentrum Spinderihallerne im dänischen Vejle. Und als solches hat es eine lange Entwicklungs- und Finanzierungsphase durchlaufen, bevor es im April 2022 realisiert wurde. Das war kein einfacher Prozess, aber einer der Gründe für den Erfolg ist eben, dass ich eine sehr gute Beziehung sowohl zum Kernteam des FabLabs als auch zu Eva Sommer Hansen von Spinderihallerne aufgebaut habe.

Cuartielles: Können Sie mir mehr über das Werk erzählen?

Remin: In den letzten Jahren habe ich mich mit Rechenzentren und globalen Berechnungsinfrastrukturen beschäftigt, die wir oft als „die Cloud“ bezeich-

nen. Mein Vorschlag für die Spinderihallerne war, ein abstraktes Datenzentrum zu bauen, das aus modularen Platinen besteht, die durch Netzkabel verbunden sind. Ich stellte mir einen riesigen, in der Luft hängenden Computer vor, der Daten verarbeitet. Jedes der Module ist im Wesentlichen ein Arduino-kompatibles Board mit 14 LEDs und Netzwerkanschlüssen, die sowohl Strom als auch serielle Daten über ein Standard-Ethernetkabel übertragen. Einige der Module betreiben einen Lüfter mit Hilfe eines MOSFET. Darüber hinaus gibt es einige Stromkreise, die alle 15 Module mit 12 V versorgen, damit der Spannungsabfall durch die vielen Kabel nicht zu groß ist.

Alle 300 Module laufen mit demselben Code, das Gehirn der Anlage ist ein Arduino Mega, der als eine Art Dirigent fungiert und die Programmparameter, Intensitäten und Rhythmen ändert. Der Arduino Mega ist mit einem Raspberry Pi verbunden, der als WLAN-Hotspot fungiert und Zugang zu einer organisierten Auswahl von Texten und Medien bietet. Über den Hotspot können die Leute auch auf ein Terminal zugreifen, das die volle Kontrolle über die Installation bietet, allerdings nur, wenn sie bereit sind, sich mit einer Befehlszeilenschnittstelle zu beschäftigen. Ich habe auf die Kommandozeilen-Interaktion bestanden, da dies ein wichtiger Punkt ist, wenn es um die Frage geht, wer die wirkliche Macht über die Rechenzentren hat, und um den Unterschied zwischen Administratoren und normalen Benutzern.

Spinderihallerne ist ein großes Kulturhaus mit einem FabLab, einem Museum, Künstlerateliers, einer Startup-Zone und anderen gemeinnützigen Diensten. Sie wollten eine künstlerische Manifestation, die ihre Arbeit in diesem Haus hervorhebt, bei der es letztlich mehr um die Vernetzung der Gemeinschaft und die Aktivierung der Bürger geht als um die spezifischen Technologien. Als bewusste Geste wurden die lokalen Besucher des Kulturhauses eingeladen, bei der Montage des Werkes mitzuhelfen. Und jetzt, da es fertig ist, ist es keine passive Skulptur, sondern ein Raum zum Erforschen. Bisher haben wir unter Skyen Vorträge, Konzerte, Hackathons und sogar Morgen-Yoga veranstaltet.

Cuartielles: Skyen ist Open-Source, richtig?

Remin: Meine Elektronik und mein Code sind das immer. Ich finde es toll, dass meine Arbeit in vielen verschiedenen Formen weiterleben kann. Irgendwann habe ich in China ein paar Hacker getroffen, die eine Version meines Synthesizers gebaut haben. Ich war so glücklich, das zu sehen, es sah unglaublich aus! Für die Installation habe ich alles kodiert, die Platinen entworfen, die Installation gebaut und sie Open Source zur Verfügung gestellt. Ich erwarte nicht, dass irgendjemand diese Installation nachbaut, aber ich könnte mir vorstellen, dass Leute darauf aufbauen. Wenn Sie Ihre Arbeit teilen,

geht Ihre Designwelt über das Objekt hinaus. Viele Künstler und Handwerker arbeiten zusammen und tauschen Dinge mit anderen aus. Alle meine Arbeiten beruhen in hohem Maße auf den Werken anderer, den Werkzeugen, den Bibliotheken, den Materialien. Es ist das Mindeste, was ich tun kann, wenn ich meinen Code und meine Schaltungen zurückgeben kann.

Cuartielles: Aber was ist mit der Identität? Glauben Sie, dass die Menschen in der Lage wären, Ihre Arbeit von der anderer zu unterscheiden? Wenn Sie sie weitergeben, werden sich die Leute dann für Sie ausgeben? (Das ist eine heikle Frage, die ich immer stelle, wenn ich mit Leuten aus der Kunstwelt diskutiere).

Remin: Ich mache mir keine Sorgen darüber, ob die Leute meine Arbeit von der Arbeit anderer unterscheiden könnten. In der Kunst geht es immer um den Kontext. Kunst kann aus gefundenen Objekten und gesammelten Medien bestehen. Kunst kann sehr persönlich sein. Ich denke, das Bild des einsamen Künstlergenies ist eine Vorstellung von gestern. Ich ziehe es vor, großzügig zu sein und mit der Welt zu interagieren.

Cuartielles: Und womit sind Sie jetzt beschäftigt? Worum geht es bei Ihrer neuesten Arbeit? Ich habe gehört, dass Sie dabei auch einen Arduino verwenden, wenn auch nur auf der Produktionsebene.

Remin: Ich arbeite an einer Videoarbeit für eine Ausstellung mit dem Titel *Caring Futures*, die in der Galleri Sølvsjæret im norwegischen Stavanger zu sehen sein wird. Das Hauptthema ist, wie das Gesundheitswesens an die Technologie und das Internet

gebunden ist und wie die kapitalistische Agenda dieser Technologien die Zukunft des Gesundheitswesens in Gefahr bringt. Ich wollte wirklich ein Stück produzieren, das eine positive Zukunftsvision vermittelt, aber angesichts der Entwicklung der letzten 40 Jahre fiel mir das sehr schwer. Ich beschloss, zu den Wurzeln der Kybernetik zurückzukehren, zum inhärenten Optimismus der späten 60er Jahre, und so nahm ich als Ausgangspunkt Richard Brautigans Gedicht von 1967, *All Watched over by Machines of Loving Grace*, das dem Stück auch seinen Namen gibt. Im Juni veranstalteten wir in Stavanger einen Workshop mit zehn Fachleuten aus dem Gesundheitswesen, bei dem wir den Text für ein Lied erarbeiteten, zu dem ich dann die Musik schrieb. Ich brachte ihn zu Simon Littauer, einem Musikproduzenten hier in Dänemark, und wir machten daraus einen tollen Popsong. Ich beschloss, das Ganze weiterzuentwickeln und ein Musikvideo mit einer riesigen Kröte aus Silikon zu produzieren, die mit einem Arduino ausgestattet ist, um ihr inneres Leuchten und andere Effekte zu steuern. Die Techno-Kröte sitzt in meiner Hand, während ich in einem Wald spazieren gehe und dieses Lied der kybernetischen Harmonie singe. Gemeinsam werden wir teils Mensch, teils Tier, teils Netzwerk. Mit Arduino konnte ich mehrere technische Requisiten für das Video bauen: die Kröte, meine LED-Brille. Diese Requisiten sind weder perfekt noch langlebig, aber sie bestimmen das Projekt vollständig. Das heißt, ich trage diese Brille während des gesamten Videos. Anders wäre ich nicht in der Lage gewesen, dies zu tun. ◀

(220425-02)SG

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Wenden Sie sich bitte an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Über den Autor

David Cuartielles ist Mitgründer von Arduino. Er hat einen Dokortitel in Interaction Design, einen MSc in Telekommunikationstechnik und lehrt an der Universität Malmö.



Passende Produkte

Suchen Sie nach den in diesem Artikel erwähnten Produkten? Arduino und Elektor haben alles für Sie!

- > **Arduino Mega 2560 R3**
www.elektormagazine.de/arduino-2560
- > **Arduino UNO**
www.elektormagazine.de/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, „Making Art with Electricity: A Q&A With Kelly Heaton“, ElektorMagazine.com, August 2022: www.elektormagazine.com/q&a-heaton

Holen Sie sich die neue

Arduino Hardware!



Es gibt nichts, was uns mehr begeistert, als neue Hardware in die Hände zu bekommen, und so war diese Zusammenarbeit mit Arduino ein wahrer Genuss! Möchten Sie sich davon überzeugen? Elektor hat das Lager erweitert, um alle Produkte, die in dieser Ausgabe vorgestellt werden, unterbringen zu können!



RP2040-gesteuerter Roboterarm Arduino Braccio++

Die nächste Evolution des Tinker-kit-Braccio-Roboters heißt Arduino Braccio ++, ein brandneuer Roboterarm, der für fortgeschrittene User entwickelt wurde. Arduino Braccio ++ kann auf verschiedene Arten zusammengebaut werden, um verschiedene Aufgaben zu erfüllen, beispielsweise das Bewegen von Objekten, das Verfolgen der eigenen Bewegungen mit einer angebrachten Kamera oder das Verfolgen der Bewegung der Sonne mit einem angebrachten Solarpanel. Arduino Braccio ++ bietet von Anfang an eine Vielzahl erweiterter Möglichkeiten, einschließlich eines neuen Braccio-Carriers mit LCD-Bildschirm, neuer RS-485-Servomotoren und einer völlig neuen Erfahrung.

www.elektor.de/20174

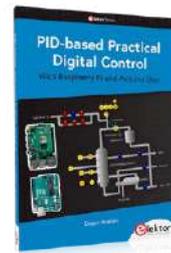


Arduino Pro Portenta H7



Mit Portenta H7 können Sie Ihr nächstes intelligentes Projekt bauen. Wollten Sie schon immer ein automatisiertes Haus? Oder einen intelligenten Garten? Nun, mit den IoT-Cloud-kompatiblen Boards von Arduino ist das jetzt ganz einfach. Das bedeutet: Sie können Geräte verbinden, Daten visualisieren, Ihre Projekte von überall auf der Welt steuern und teilen.

www.elektor.de/19351



Praktische digitale PID-Steuerung mit Raspberry Pi und Arduino Uno

www.elektor.de/20274

Arduino Pro Nicla Vision

Nicla Vision vereint einen leistungsstarken STM32H747AI16 Dual ARM Cortex-M7/-M4 IC-Prozessor mit einer 2-MP-Farbkamera, die TinyML unterstützt, einem intelligenten 6-Achsen-Bewegungssensor, integriertem Mikrofon und einem Abstandssensor.

www.elektor.de/20152

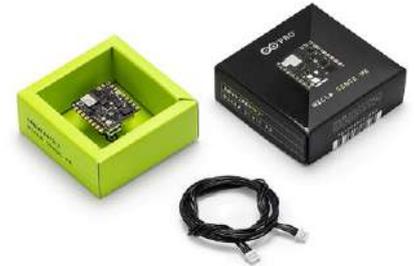


Arduino Pro Portenta X8



Portenta X8 ist ein leistungsstarkes, industrietaugliches SOM mit vorinstalliertem Linux-Betriebssystem, das dank seiner modularen Container-Architektur geräteunabhängige Software ausführen kann. Es handelt sich im Grunde um zwei Industrieprodukte in einem, die die Verfügbarkeit von Arduino-Bibliotheken und -Fähigkeiten mit einer Container-basierten Linux-Distribution kombinieren.

www.elektor.de/20270



Arduino Pro Nicla Sense ME

Ein neuer Standard für intelligente Sensoriklösungen.

www.elektor.de/20327

Portenta Vision Shield (Ethernet)

Das Portenta Vision-Shield bringt industrietaugliche Funktionen zu Ihrem Arduino-Portenta: professionelle Computer Vision, direktionale Audioerkennung, Ethernet und JTAG. www.elektor.de/19511

Portenta Vision Shield LoRa®

Mit diesem Portenta-Hardware-Add-on können Sie eingebettete Computer-Vision-Anwendungen ausführen und sich drahtlos über LoRa® mit der Arduino-Cloud oder Ihrer eigenen Infrastruktur verbinden. www.elektor.de/20332

Breakout Arduino Pro Portenta

Das Portenta Breakout-Board wurde entwickelt, um Hardware-Ingenieuren und -Herstellern bei der Entwicklung von Prototypen zu helfen und die Verbindungen und die Möglichkeiten der Geräte innerhalb der Portenta-Familie zu testen. www.elektor.de/20341



Max-Carrier für Arduino Pro Portenta

Einfaches Prototyping Ihrer Portenta-Anwendungen, Einsatz in Nullzeit. Max Carrier verwandelt Portenta-Module in Einplatinencomputer oder Referenzdesigns, die KI für Hochleistungsanwendungen in der Industrie, Gebäudeautomatisierung und Robotik ermöglichen. www.elektor.de/20271

Arduino Uno Rev3

Der klassische AVR-Mikrocontroller mit hoher Leistung und geringem Stromverbrauch. Der Uno ist das beste Board für den Einstieg in die Elektronik und das Programmieren. Der Uno ist einfach das robusteste Board, um mit der Arduino-Plattform zu basteln.

www.elektor.de/15877



Arduino Make-Your-Uno Kit

Ein neuer Bausatz mit einem DIY-though-Hole-UNO und allen Bauteilen, um deinen UNO aufzubauen und einen eigenen UNO-gesteuerten Synthesizer zu bauen!

www.elektor.de/20330



Arduino Ethernet-Shield 2

www.elektor.de/19941



Arduino Sensor-Kit Basis

www.elektor.de/19944

Arduino Nano

Der Arduino Nano ist ein kleines, komplettes und Breadboard-steckbares Board, das auf dem ATmega328 basiert und im kleinsten verfügbaren Formfaktor von 18x45 mm verpackt ist!

www.elektor.de/17002

Arduino Nano RP2040 Connect

Das Arduino Nano RP2040 Connect ist ein RP2040-basiertes Arduino-Board mit WLAN, Bluetooth, einem Mikrofon und einem sechssachsigen intelligenten Bewegungssensor mit KI-Funktionen.

www.elektor.de/19754

Arduino Nano 33 BLE Sense

Nutzen Sie die Macht der KI mit dem leistungsstärkeren nRF52840-Prozessor und einer Reihe von eingebetteten Sensoren und der Möglichkeit, Edge-Computing-Anwendungen (KI) auszuführen.

www.elektor.de/19936

Die

Von David Cuartielles (Mitbegründer Arduino)
und Fabio Violante (CEO, Arduino)

ZUKUNFT

von



Im dritten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts werden mehr und mehr der ursprünglichen Paradigmen des universellen und allgegenwärtigen Computings Wirklichkeit. Das Internet der Dinge (IoT) in all seinen Formen (zu Hause oder am Arbeitsplatz) wird dank der neuen Technologien wie tinyML, Funksystemen mit geringer Reichweite und Mikrocontrollern mit extrem niedrigem Strombedarf zur Realität. Die Frage ist nicht mehr, ob KI Teil unseres Lebens sein wird, sondern inwieweit wir diese Art von Technologien Aufgaben übernehmen lassen, die wir derzeit auf andere Weise erledigen. Es liegt auf der Hand, dass es von Vorteil ist, Maschinen zu haben, die immer eingeschaltet und immer verbunden sind, aber wir müssen darauf achten, dass wir solche Dinge auf sozial verantwortliche und ökologisch nachhaltige Weise herstellen.

Deshalb bemühen wir uns weiterhin um die Entwicklung transparenter Technologien. Hardware, Software-Frameworks und Dienste sollten den Bedürfnissen der Endnutzer nach Konnektivität oder Rechenleistung Rechnung tragen und gleichzeitig klare Richtlinien für den Umgang mit sensiblen Aspekten wie Datenschutz, Mikrotransaktionen oder sicheren Over-the-Air-Updates bieten. In den letzten Jahren haben wir die technischen Möglichkeiten von Arduino-Boards erweitert und eine ganz neue Familie von Boards entwickelt, unsere Arduino-Pro-Line. Sie zeigt, wie wir die Zukunft von Mikrocontroller-Boards verstehen, in denen Systeme komplexer werden und standardmäßig mehr Komponenten einbinden - wie Kameras, digitale Mikrofone oder Umgebungssensoren. Was die Software anbelangt, so können die industriellen Arduino-Computer bereits heute über sichere Bootloader over-the-air aktualisiert werden. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass diese Geräte in Ihren eigenen privaten Clouds laufen, Ihre additiven Fertigungsmaschinen (aka 3D-Drucker) in Form von

vollständig reprogrammierbaren SPS betreiben, Robotern in Ihrer Fabrik komplexe ROS-Befehle ausführen oder einen robusten Linux-basierten Industriecomputer zur Überwachung Ihrer Werkstatt betreiben. Im Bildungsbereich fragen Familien, Regierungen und Schulen nach leistungsfähigeren Technologien. Begriffe wie Python und künstliche Intelligenz sind in den meisten Ländern, in denen der Arduino eingesetzt wird, zu einem Muss auf der Bildungsagenda geworden. Es ist zu erwarten, dass Prozessoren, die bis vor kurzem nur für industrielle Anwendungen genutzt wurden, in leistungsstärkeren, KI-gestützten Bildungswerkzeugen zum Einsatz kommen werden. Edge-Computing und On-Device-Training sind sichere Wege, um die neuesten Technologien im Klassenzimmer einzuführen. Gleichzeitig werden wir sehen, wie neue Arbeitsabläufe die Entwicklung eines codefreien Ansatzes für KI ermöglichen und die digitale Technologie zu einem formbaren Baumaterial für neue Alltagsgegenstände machen werden. Lehrkräfte werden sich mehr und mehr auf den Inhalt der Anwendungen konzentrieren können, da neue Programmierumgebungen den Umgang mit digitaler Technologie vereinfachen werden. Modulare Arduino-Werkzeuge an Telefonen, Tischen und Laptops werden das mobile Labor der Zukunft sein. Studierende werden mit ihren selbstgebauten mobilen Labors Feldforschung betreiben und Daten zur späteren Analyse auf ihren mobilen Geräten speichern.

In der Hochschulbildung und akademischen Forschung wird Arduino weiterhin eine wichtige Rolle spielen, da es zuverlässige, kostengünstige Boards mit einfachen APIs anbietet. Dies wird Forschenden helfen, ihre eigenen Werkzeuge und experimentelle Geräte zu einem Bruchteil der Kosten kommerzieller Produkte zu bauen. Maker werden weiterhin die wichtigste Quelle der Inspiration für Arduino sein. Wir

werden neue Boards mit neueren Prozessoren und industrieähnlicher Leistung sehen. Die Arduino-IDE 2.0 wird zunächst Beiträge in Form von Übersetzungen erhalten, um dann langsam in die Produktion neuer Plugins überzugehen, die ihre Funktionalität erweitern. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die Leute anfangen, ihre eigenen Dashboards zu erstellen, die Informationen von den Boards darstellen, und sie von der IDE aus die Programmierung ganzer Flotten von Geräten per Mausklick zu automatisieren oder einen Bus einer komplexen Maschine zu überwachen, an dem Dutzende von Sensoren und Aktuatoren hängen.

Der verbundene Betrieb von Arduinos wird über die Arduino-Cloud abgewickelt. Vorgänge wie Over-the-Air-Software-Updates, Drag-and-Drop-Dashboards zur Steuerung von Geräten oder Templates für den Betrieb von Standardmaschinen werden bereits von den Arduino-Servern aus durchgeführt. Wir können uns vorstellen, dass es in Zukunft Möglichkeiten geben wird, Informationsflüsse an Cloud-basierte KI weiterzuleiten, um Muster zu erkennen und Betriebsmodi festzulegen. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die gesamte Edge-Intelligenz eines Geräts in das Profil eines Nutzers hochgeladen wird, um später auf Replika anderer Betreiber transformiert zu werden. Auf diese Weise können Geräte einer Flotte im laufenden Betrieb ausgetauscht werden, ohne ihren Betrieb zu unterbrechen.

Arduino wurde geschaffen, um einer Gemeinschaft von Künstlern und Designern Zugang zu eingebetteter Technologie zu ermöglichen. Im Laufe der Zeit hat die Arduino-Plattform auch andere Berufsgruppen erreicht. Ingenieure, Forscher, Lehrer und Maker sind als Teil der Arduino-Familie aufgerufen, die Zukunft der Plattform mit uns zu gestalten. Treten Sie unseren offenen Repositories bei und lassen Sie uns gemeinsam etwas bewegen! ◀

(220541-02)RG

20%
discount
auf das erste Jahr Ihrer
Mitgliedschaft

Treten Sie jetzt der Elektor Community bei!

Jetzt



Mitglied werden!



- ✓ Komplettes Webarchiv ab 1970
- ✓ 8x Elektor Doppelheft (Print)
- ✓ 8x Digital (PDF)
- ✓ 10% Rabatt im Online-Shop und exklusive Angebote
- ✓ Zugriff auf über 5.000 Gerber Dateien aus Elektor Labs
- ✓ Kostenlose Lieferung innerhalb Deutschlands



www.elektormagazine.de/gold-member

Nutzen Sie den Gutscheincode:

ARDUINO20

Der Elektor Newsletter Ihre wöchentliche Dosis Elektronik



Melden Sie sich noch heute an
und holen Sie sich die *Arduino
Bonus Edition* **kostenlos.**

Jede Woche, in der Sie Elektors E-Zine nicht erhalten, ist eine Woche voller großartiger Elektronikprojekte und Artikel, die Sie verpassen!

www.elektormagazine.de/elektor-newsletter-arduino

