

Sonderausgabe
Gastbeiträge von



ARDUINO

Freigeschaltet:
die Bonus-Ausgabe!

Hausautomatisierung

Vernetzung vereinfacht

S. 4 Retro Gaming
mit Arduino
Portenta

S. 14 Ein [redacted]
für Spotify

Verfügbar in Woche 51

Prototyping für die Produktion

Jede Woche
frische,
kostenlose
Bonus-Artikel!



Crashkurs für
Arduino-Einsteiger

S. 10



Verfügbar
in Woche 52

Das menschliche Element

S. 24



Verfügbar
in Woche 01
2023

Blum [redacted]

S. 32

Von Arduino und Elektor für Elektronik-Fans erstellt

Jetzt Erhältlich

Ein großartiges Elektor Magazine erstellt zusammen mit Arduino!

DIY-Elektronikprojekte, technische Inhalte und vieles mehr von Arduino und Elektor

Viele tolle Projekte und Tutorials

Steigt ein in Inhalte wie MicroPython, TinyML und Heimautomatisierung mit Arduino

Lernt die Arduino Macher kennen: Fabio, Massimo und David

Lernt Alles über das Portenta X8

Ab jetzt in Kiosken, Onlineshops und natürlich beim Elektor Store erhältlich!

In allen Artikeln sind Links zu passenden Lösungen von Arduino gegeben. Somit wird es noch leichter an weitere Infos zu kommen.



Jetzt Kaufen!

www.elektor.de/arduino-magazine



53. Jahrgang,
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

Büra 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 warenzeichen-gemäß 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.

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe

Die kreative Zusammenarbeit zwischen Elektor und Arduino endete nicht mit der Gastausgabe von Elektor, die wir Anfang Dezember 2022 veröffentlichten. Wir haben weitere Projekte, technische Einblicke und informative Artikel für Sie, die Sie in den kommenden Monaten anregen sollen. In den nächsten vier Wochen werden wir die Inhalte dieser Ausgabe für Sie freischalten, bis Sie Anfang Januar 2023 das komplette Bonusheft in Ihren Händen halten. Ist das eine tolle Art, das neue Jahr zu begrüßen?

Ob Sie ein professioneller Ingenieur sind, der an einem neuen Industrieprodukt arbeitet, oder ein Heimwerker auf der Suche nach einem lustigen Wochenendprojekt auf Ardui-

no-Basis, Sie werden diese Extra-Ausgabe von Elektor sicher informativ und inspirierend finden. Wir stellen Ihnen Artikel zu einer Vielzahl von Arduino-bezogenen Themen und Projekten zur Verfügung, darunter Retro-Gaming mit Arduino, ein Arduino-Trainingsboard aus dem Hause Elektor und einen portablen Arduino-basierten Controller für Spotify. Wenn Sie die Projekte und Artikel in dieser Bonusausgabe lesen, können Sie uns gerne Ihre Gedanken auf elektormagazine.de, arduino.cc und in den sozialen Medien mitteilen. Wir freuen uns auf Ihr Feedback. Viel Spaß!

C. J. Abate (Content Director, Elektor)

INHALT

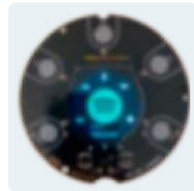


4 Doom auf dem Portenta

Retro-Gaming mit Arduino

10 Crashkurs für Arduino-Einsteiger

Erweiterungsboard mit einem Arduino Nano

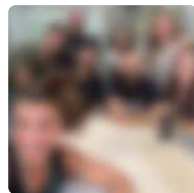


14 Ein Verfügbar in Woche 51

Das C [redacted] was Sie brauchen

20 Sk [redacted], sichere [redacted] en erstellen [redacted] d pflegen

Ardu [redacted] Verfügbar in Woche 51 [redacted]
A [redacted] lock
Sec [redacted] 050



24 Das Verfügbar in Woche 52 r Produktion

Ein Gespräch m [redacted] erin bei [redacted]



28 Del Verfügbar in Woche 52

Verg [redacted] kumt

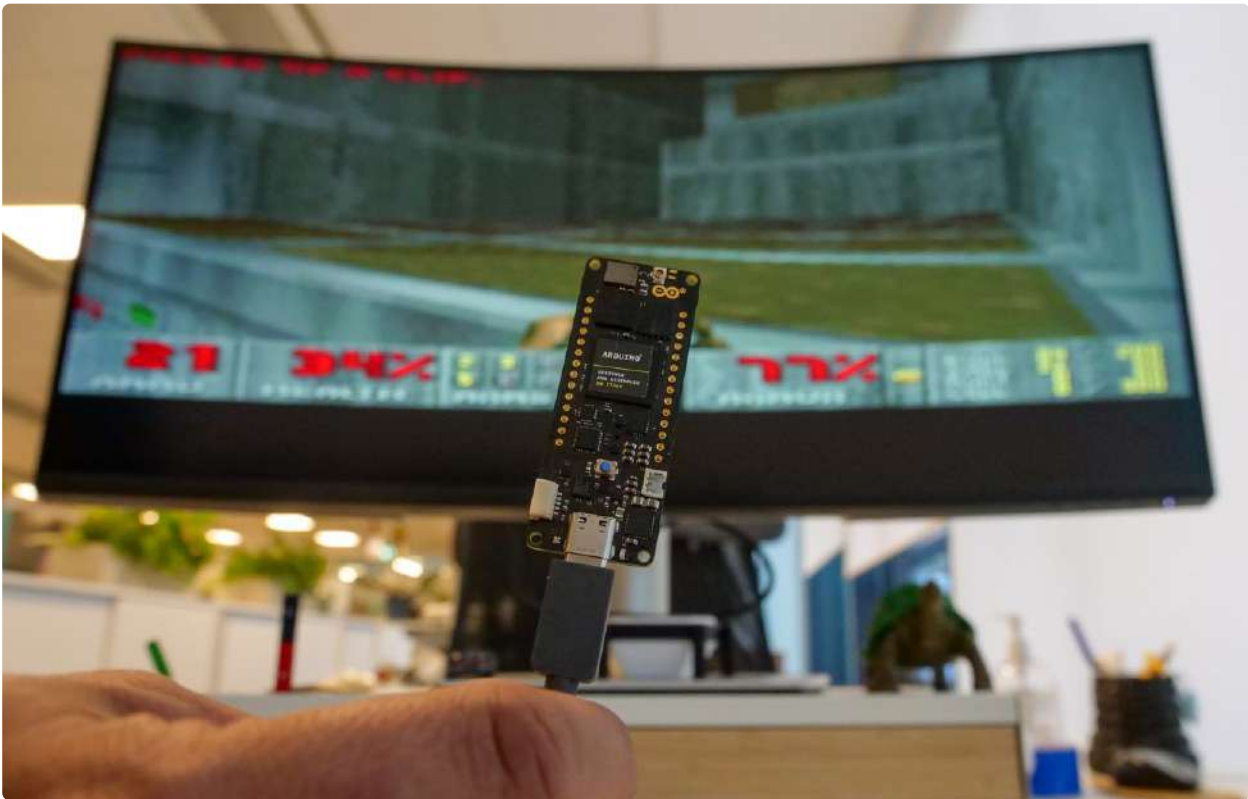
32 Blum Verfügbar in Woche 01

Kin [redacted] 2023 [redacted] nizieren



38 Pr Verfügbar in Woche 01

Lerne [redacted] 2023 [redacted] kennen!



Sie können Doom auf einem Portenta-Board laufen lassen!

Doom spielen auf einer Portenta

Retro-Spiele mit einem Arduino

Von David Cuartielles (Arduino)

Du kannst Doom auf einem Arduino Portenta H7 spielen. Neugierig, wie das geht? Willst du wissen, warum die Arduino-Ingenieure das Spiel überhaupt auf dem Gerät haben laufen lassen? Martino Facchin, Leiter des Firmware-Teams von Arduino, hat die Antworten.

Doom ist mit über 3,5 Millionen verkauften Exemplaren wahrscheinlich das meistverkaufte Spiel der Geschichte. Mit einem Verkaufspreis von 50 US-Dollar wurden die Doom-Entwickler, Gründer eines kleinen Unternehmens namens id Software, über Nacht zu Millionären. Als Doom 1993 veröffentlicht wurde, hatte id Software bereits ein Jahr zuvor ein anderes bekanntes Spiel auf den Markt gebracht, Wolfenstein 3D. Doom ist ein Ego-Shooter-Spiel, bei dem der Spieler in einem 3D-Raum navigieren und

verschiedene Feinde mit unterschiedlichen Waffen und Munition bekämpfen muss, die auch auf dem gesamten Schlachtfeld des Spiels zu finden sind. Doom wurde auf alle Betriebssysteme portiert, läuft aber auch auf mehreren Systemen in Maschinencode. Der Quellcode ist offen, unter GPL-Lizenz. Obwohl es nicht trivial ist, es zu kompilieren, haben wir gesehen, dass Versionen von Doom auf sehr kleinen Computern und auch innerhalb anderer Programme laufen. Irgendwann hat Microsoft Office Excel 95 eine Hommage an Doom in Form eines spielbaren Osteris gemacht, das auf der Credits-Seite der Software zu finden ist.

Das Spiel ist zu einem Mittel geworden, um die Leistung kleiner Computer zu testen und Hackerfähigkeiten zu demonstrieren. Vor ein paar Monaten, auf der DEF CON 22 in Las Vegas, führte der Hacker, der auf Twitter und GitHub als @sickcodes bekannt ist, Doom auf einem John Deere-Traktor vor, der so modifiziert war, dass er landwirtschaftliche Grafiken enthielt. Arduino ist da keine Ausnahme. Und als der erste Prototyp des Portenta H7 - unser im Jahr 2018 leistungsstärkstes Board - herauskam, haben wir Doom verwendet, um die technischen Möglichkeiten des Boards zu testen. Vor kurzem habe ich Martino Facchin, den Leiter des



Arduino-Firmware-Teams, eingeladen, um uns mehr über diese Geschichte und die Vorgehensweise zu erzählen.

David Cuartielles: Lass uns über den Arduino Portenta H7 sprechen, auf dem Doom läuft. Ich habe eine kleine Zusammenfassung der Geschichte von Doom vorbereitet, wie die Jungs von id Software das Spiel entwickelten, wie es sich wie verrückt verkaufte und wie die Entwickler zu Millionären wurden.

Martino Facchin: Und dann haben sie den Quellcode veröffentlicht – das ist das Wichtigste.

Cuartielles: Ganz genau! Sie haben den Quellcode veröffentlicht, aber unter welcher Lizenz haben sie ihn veröffentlicht?

Facchin: Ich muss nachsehen, aber ich glaube, die Doom Source Code Licence ist mit der GPL kompatibel. Das Wichtigste ist, dass nur die Engine Open Source ist. Die Assets sind geschützt, und tatsächlich kann man nur die Shareware-Version von Doom spielen, also nicht wirklich das volle Spiel, es sei denn, man hat es gekauft.

Eine Anmerkung von David

Ich habe das überprüft, weil ich mir sicher sein wollte. 1997 veröffentlichte id Software Doom unter der oben genannten Lizenz, die den Quellcode für Bildungszwecke freigab. Nach einem Unfall, der den Entwicklern von glDoom passierte und der dazu führte, dass die Welt keine Kopie der OpenGL-Portierung von Doom hatte, weil die Doom-Lizenz eine Nichtweitergabeklausel enthielt, stimmte id Software zu, die Lizenz in GPL zu ändern.

Cuartielles: Das Tolle an diesem Spiel ist, dass die Leute ihre eigenen Mods gemacht haben. Ich erinnere mich an eine Version von Wolfenstein 3D mit Star Wars-Charakteren.

Facchin: Daran kann ich mich nicht erinnern.

Cuartielles: Ich bin älter. Ich erinnere mich für uns beide.

Facchin: Nun, ich erinnere mich, dass ich als Kind Wolfenstein 3D gespielt habe. Aber wir hatten keine Internetverbindung, also konnten wir nicht all diese Goodies von der Modder-Community bekommen.

Cuartielles: Bevor wir fortfahren, möchte ich Sie bitten, sich zuerst vorzustellen.

Facchin: [lacht] Martino Facchin, Firmware-Ingenieur bei Arduino.

Cuartielles: Was ist Ihre Rolle bei Arduino?

Facchin: Ich bin der Leiter der Firmware-Abteilung – der wichtigste Ansprechpartner, wenn Sie Hilfe bei der Firmware benötigen. Jetzt habe ich ein wunderbares Team von Kollegen, die mir dabei helfen, denn ich habe dieses Team ganz allein gegründet. Das Team wächst ständig weiter. Wir versuchen auch, die Community mit uns wachsen zu lassen, indem wir alle auf unsere Arbeit aufmerksam machen.

Cuartielles: Abgesehen davon, dass Sie Doom auf einem Portenta zum Laufen gebracht haben (worüber wir später noch sprechen werden), was ist es, was Sie bei Arduino gemacht haben, worauf Sie am meisten stolz sind?

Facchin: Ich würde sagen, dass es das Pluggable-USB-Framework ist. Als ich gerade zu Arduino kam und sechs Monate dort war, hatten wir ein großes Problem mit Leuten, die dem USB-Anschluss des Arduino Due und des – damals noch kommenden – Arduino Zero mehrere Funktionen hinzufügen wollten. Jedesmal, wenn man einen Arduino Leonardo an einen Computer anschloss, wurden die Tastaturtreiber, die Maustreiber und so weiter aufgerufen, auch wenn man sie nicht benutzte. Wir mussten also spontan einen USB-Descriptor entwickeln, der den Benutzern nur die Dinge anzeigt, die sie gerade benutzen wollen. Gleichzeitig ließen wir auch andere Dinge zu, die die Leute nutzen wollten, wie USB-MIDI und dergleichen. Für mich war das eine große Entwicklung. Ich war damals noch ziemlich jung und musste mithilfe von Matthijs Kooijman (lesen Sie mehr über seine Arbeit unter www.stder.nl) und Paul Stoffregen (Erfinder von Teensy) mit der Community interagieren, um die bestmögliche Strategie zu finden. Und es hat funktioniert. Ab und zu kommen Leute und sagen: „Ich habe die MIDI-Bibliothek für dieses oder jenes verwendet“, oder es gibt sogar einen Entwickler, der jetzt alle Layouts für alle internationalen Tastaturen auf der Grundlage dieses Codes erstellt. Darauf bin ich sehr stolz.

Cuartielles: Sie sagten, dass Sie „damals noch ziemlich jung“ waren. Wie lange arbeiten Sie schon für Arduino?

Facchin: Seit sechseinhalb Jahren. Ich arbeite im Büro in Turin.

Cuartielles: Das ist eine lange Zeit. Und wie viele Personen sind am Firmware-Team beteiligt?

Facchin: Sechs Personen. Das mag viel erscheinen, aber im Firmware-Team warten wir alle Produkte, während wir auch andere Aktivitäten wie die Zertifizierung durchführen. Andererseits haben wir die Firmware von der Tooling-Abteilung getrennt. Das ist ein anderes Team, das sich mit der Arduino-CLI und anderen Teilen der High-End-Software beschäftigt.



Die offensichtliche Wahl war, Doom zu portieren und zu versuchen, alle Funktionen zu instrumentieren, die für den Betrieb erforderlich waren.



Cuartielles: Und alle Entwickler arbeiten mit Github, richtig?
Facchin: Ja, am Ende des Entwicklungsprozesses ist alles als Open Source verfügbar.

Cuartielles: Großartig. Lassen Sie uns noch einmal über Doom sprechen. Wir wissen, dass es ein sehr erfolgreiches Spiel war, das über 3,5 Millionen Mal verkauft wurde und seine Entwickler stinkreich machte. Es war der erste Bestseller unter den Ego-Shootern (FPS). Der Code wurde als Open Source veröffentlicht und auf alle möglichen Geräte portiert.

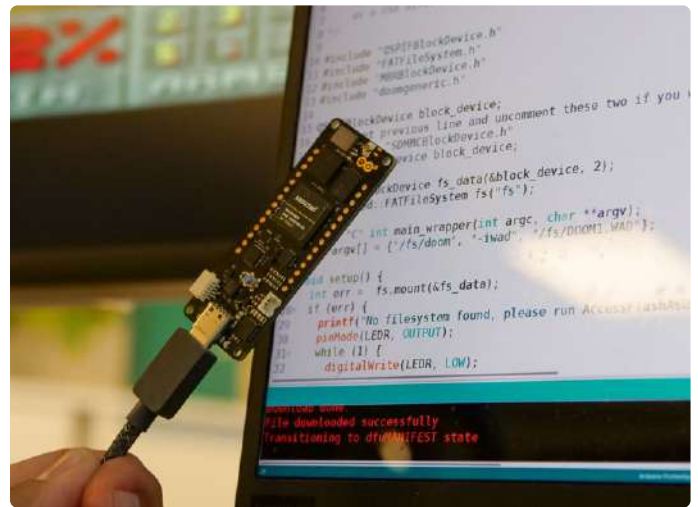
Facchin: Telefone, Taschenrechner, alle Betriebssysteme.

Cuartielles: Und der Portenta H7 von Arduino, ein Dual-Core-Processor-Board, das für industrielle Umgebungen gedacht ist. Wer hatte die Idee, Doom auf dem Portenta H7 laufen zu lassen?

Facchin: Es war eher so, dass wir gerade den ersten Prototyp des Portenta H7 bekommen hatten, ein schönes Board mit vielen Chips, und noch nicht ganz fertig. Wir hatten diesen Chip von Analogix, der typischerweise in anderen Geräten zu finden ist und der MIPI-Signale in DisplayPort-Signale umwandelt, was die Ansteuerung externer Monitore ermöglicht. Wir hatten keine Erfahrung mit den Subsystemen des Chips, die dies machen sollten, und die vorhandenen Beispiele waren auch nicht hilfreich. Zunächst gelang es uns, einige gelbe Kästchen auf dem Bildschirm darzustellen, dann das Arduino-Logo mit ein paar Artefakten, aber es war alles andere als perfekt. Wir verstanden nicht wirklich, warum die Dinge nicht wie erwartet funktionierten, also entschied ich mich für etwas mit bewegten Bildern, die ich leicht erkennen konnte.

Die naheliegende Wahl war, Doom zu portieren und zu versuchen, alle Funktionen zu instrumentieren, die nötig waren, um es zum

Laufen zu bringen. Es war ein sehr geringer Aufwand, um es auf einem Gerät ohne Betriebssystem zum Laufen zu bringen. Es ist nicht wirklich der Fork von Doom, den man spielen würde, aber es ist sehr einfach zu portieren. Man muss nur sechs oder sieben Funktionen ändern, um es an die eigene Hardware anzupassen, und schon kann es losgehen. Zu Beginn hatten wir keinen Code, um das interne RAM oder den externen Speicher zu betreiben. Ich musste dies erst zum Laufen bringen und dann den Simulator starten. Am Anfang haben wir gar kein Video zum Laufen gebracht. Ich musste einen Bildspeicher vorbereiten, etwas zaubern und eine ordentliche Ausgabe über USB-C hinbekommen.

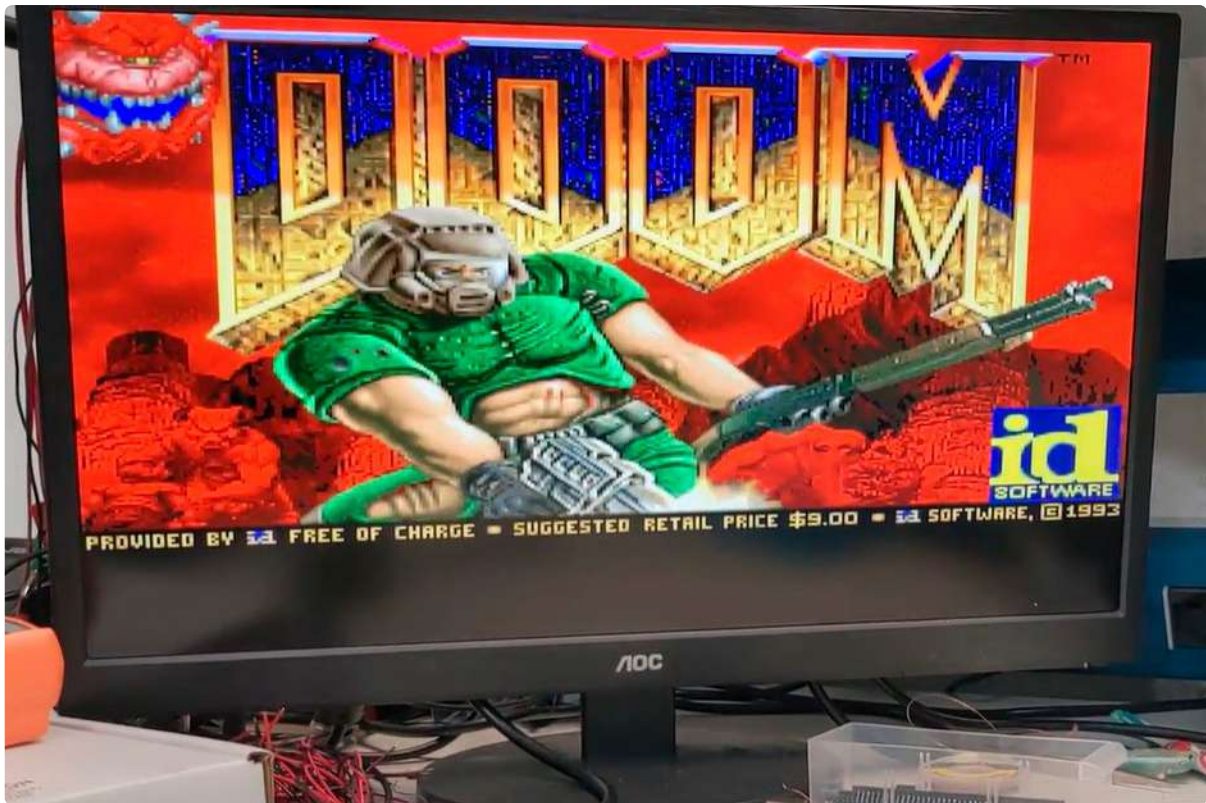


Es ist Aufgabe des Lesers, das Projekt zu übernehmen und Steuerungen hinzuzufügen, um das Spiel spielbar zu machen.

Wie Sie Doom auf Ihrem Portenta H7 ausführen

1. Laden Sie die neueste Version der Arduino-IDE herunter. Wir empfehlen Arduino 2.0 oder eine neuere Version.
2. Laden Sie den Portenta-Core über den Boardmanager herunter.
3. Wählen Sie den M7-Kern für Ihr Portenta H7-Board. Alle folgenden Schritte müssen auf diesem Kern ausgeführt werden.
4. Vergewissern Sie sich, dass das IDE den Anschluss identifiziert hat, an dem die Karte angeschlossen ist.
5. Es gibt ein Beispiel unter *Datei* → *Beispiele* → *Doom*, wo Sie die grundlegenden Anweisungen sehen können. Bevor Sie es installieren, müssen Sie einige Beispiele auf Ihrem Board ausführen.
6. [Optional] Aktualisieren Sie Ihren Portenta-H7-Bootloader auf die neueste Version mit *Datei* → *Beispiele* → *STM32H747_System / STM32H747_manageBootloader*.
7. Formatieren Sie den externen Flash *Datei* → *Beispiele* → *STM32H747_System / QSPIFormat*. Nach der Installation müssen Sie das serielle Terminal öffnen und den darin enthaltenen Anweisungen folgen.
8. Verwandeln Sie Ihr Board mit *Datei* → *Beispiele* → *USB*

9. Öffnen Sie den seriellen Monitor und wählen Sie, wie die Formatierung der Karte ablaufen soll. Sobald dies geschehen ist, sollte Ihr Computer zwei neue externe Laufwerke registrieren, die an ihn angeschlossen sind.
10. Laden Sie *DOOM1.WAD* von der DoomWiki-Seite herunter: <https://doomwiki.org/wiki/DOOM1.WAD> und kopieren Sie es in die größte Partition des virtuellen Portenta-Laufwerks.
11. Gehen Sie zurück zu dem *Doom.ino*-Beispiel, das wir in Schritt 5 gesehen haben, und flashen Sie es auf Ihr Board. Denken Sie daran: immer auf dem M7-Kern. Wenn Sie Probleme hatten, den Programmierport zu sehen, doppelklicken Sie einfach den Reset-Knopf auf Ihrem Portenta vor dem Hochladen, so dass der serielle Port richtig erkannt wird.
12. Trennen Sie die Portenta H7 von Ihrem Computer und schließen Sie sie an einen USB-C-Hub an, als wäre das Board ein Laptop. Der Hub muss mit der externen Stromversorgung und einem HDMI-Kabel verbunden sein, um das Videosignal an einen Computermonitor zu senden.



Doom ist ein Klassiker!

Cuartielles: Der Portenta H7 ist ein Dual-Core-Prozessor. Er verfügt über einen Arm Cortex M4 und einen M7. Auf welchem von beiden läuft Doom?

Facchin: Heute verwenden wir den M7, aber damals haben wir ihn auf dem M4 laufen lassen, weil er vom Standpunkt eines Embedded-Programmierers aus viel einfacher war. Er ist mehr wie ein typischer Mikrocontroller, ohne irgendwelche besonderen Eigenschaften. Andererseits hat der M7 diesen Cache, in den man hineinschauen und ihn zum richtigen Zeitpunkt ungültig machen muss, wenn man ein Video erzeugt. Als ich das erste Mal versuchte, Video auf dem M7 laufen zu lassen, war es zwar sehr schnell, aber auch völlig zerstört, und ich konnte nichts auf dem Bildschirm erkennen. Der M4-Kern war dagegen schnell genug (25 Bilder pro Sekunde) und pixelgenau.

Cuartielles: 25 fps ist viel schneller als bei meinem ersten Computer. Aber lassen Sie uns das für den Leser zusammenfassen: Sie hatten Doom auf dem langsameren der beiden Prozessoren laufen, auf einem Board, das Bluetooth- und WLAN-Konnektivität hat. Video wird über USB-C gesendet. Dort kann man einen Hub, eine Maus, eine Tastatur, was auch immer anschließen. Welche Bedienelemente haben Sie dort implementiert?

Facchin: Als wir sahen, dass wir das Video zum Laufen bringen konnten, begannen wir mit LVGL zu arbeiten, einer viel nützlicheren Bibliothek für andere Entwickler, um Anwendungen auf Portenta aufzubauen. LVGL ist vollständig in dem USB-Hub, der Tastatur und der Maus integriert, sodass man alle benötigten Schnittstellen für den professionellen Kontext bauen kann, den viele Arduino-Endbenutzer benötigen.

Cuartielles: Wäre es nicht cool, eine professionelle SPS auf der Basis des Portenta H7 zu haben, bei der man auf dem Cortex

M4-Kern Doom spielen könnte, während der M7 die ernsthafte Arbeit erledigt?

Facchin: Auf jeden Fall!

Cuartielles: Danke, Martino. Es war toll, die Geschichte von Doom auf dem Arduino Portenta H7 zu hören. Wir werden die grundlegenden Anweisungen, wie man es zum Laufen bringt, mit unserer Community teilen. Es liegt an den Lesern, das Projekt zu übernehmen und Steuerungen hinzuzufügen, um das Spiel spielbar zu machen. ◀

(220542-02)WdH

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 Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie das Team von Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passendes Produkt

➤ **Arduino Portenta H7**
www.elektormagazine.de/arduino-portenta-h7

20%

Rabatt

auf das erste Jahr Ihrer
Mitgliedschaft

Treten Sie jetzt der Elektor Community bei!

Werden Sie

oder

Mitglied!



Gold Green

- ✓ ✓ Komplettes Webarchiv ab 1970
- ✓ 8x Elektor Doppelheft (Print)
- ✓ ✓ 8x Elektor 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/arduino-member

Nutzen Sie den Gutscheincode:

ARDUINO22



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

Crashkurs für Arduino-Einsteiger

Erweiterungsboard für den Arduino Nano

Von Wolfgang Trampert (Deutschland)

Elektor bleibt seinem Bildungsauftrag treu: Ein neues Trainingsboard auf Basis eines Arduino Nano eignet sich ideal für einen Einstieg in die Welt der Mikrocontroller. Zusammen mit einem ausgereiften Schnellkurs bietet es Interessierten eine solide Grundlage, um die praktischen Kenntnisse immer weiter wachsen zu lassen.

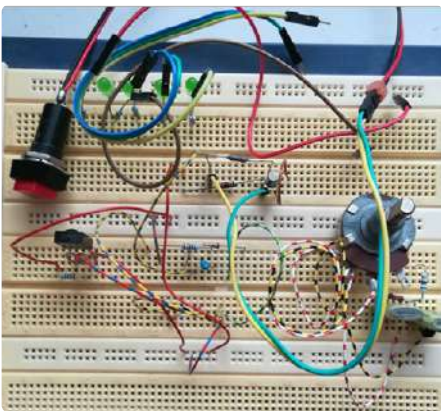
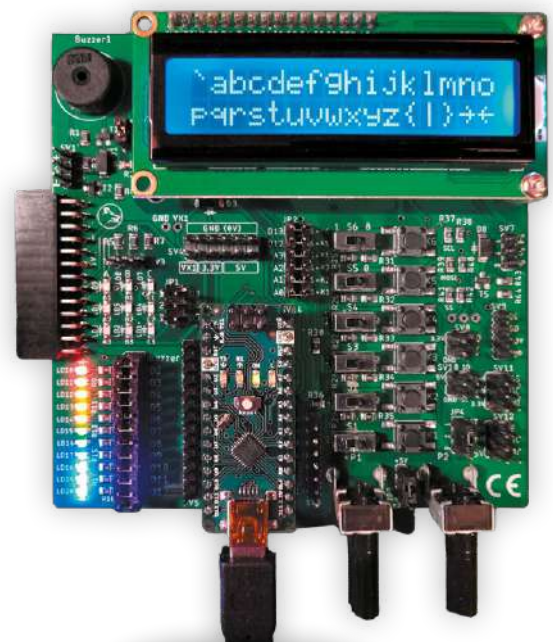


Bild 1: Breadboard-Schaltung für einen Arduino Sketch.

Die Arduino-Philosophie basiert auf einem hardware-nahen Konzept: In den meisten Fällen greift der Arduino-Sketch über die GPIOs des Mikrocontrollers direkt auf Bauelemente wie Schalter, Taster, Potentiometer, Leuchtdioden, LC-Displays, Piezo-Sumner, Treibertransistoren oder über die diversen seriellen Schnittstellen wie SPI, I²C oder 1-Draht-Bus auf elektronische Module wie Sensor-, Display- oder Treiber-Boards zu. Wer sich in die Welt der Mikrocontroller- und Arduino-Boards einarbeiten möchte, muss immer wieder neue Übungsschaltungen aufbauen und mit seinem Arduino-Board steuern.

Das Wesentliche bei einem Arduino-Projekt ist jedoch die Entwicklung der Software (Sketch), die Hardware ist nur das Mittel zum Zweck. Man kann diese auf einem Breadboard (Steckbrett) aufbauen (Bild 1), allerdings ist

das Resultat unübersichtlich und der durch den Aufbau der Schaltung gewonnene Lerneffekt dann nicht besonders groß. Die Zeit, die man für die „Steckerei“ aufwenden muss, ist oft bedeutend länger als die Zeit für die Entwicklung des Sketches selbst. Zusätzlich birgt eine solche Schaltungsanordnung eine nicht zu unterschätzende Fehlerquelle. Wie leicht ist ein Bauteil, eine Drahtbrücke oder ein Dupont-Kabel in ein falsches Kontaktloch auf dem Breadboard gesteckt! Die Konsequenz ist eine langwierige Suche nach dem Fehler. Und in dem „Drahtverhau“ ist ein Fehler nicht gerade schnell zu entdecken.

Trainingsboard

Aus diesem Grund wurde das Elektor-Arduino-Trainingsboard, auch *MCCAB-Trainingsboard* genannt, entwickelt (Bild 2). Es wird von

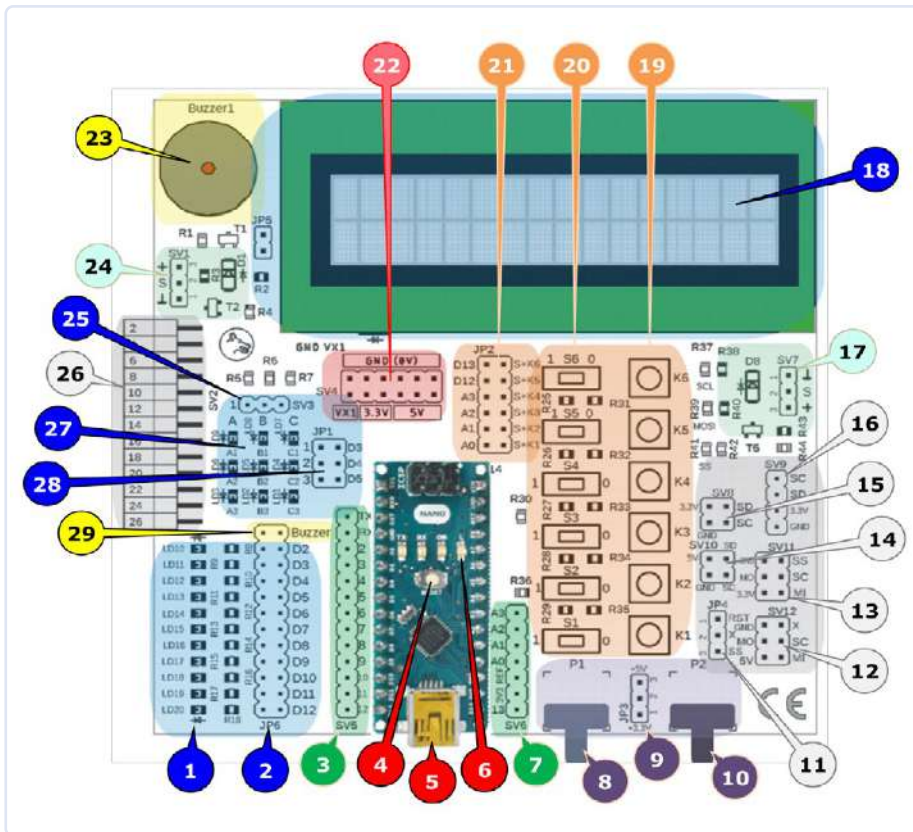


Bild 2: Das MCCAB-Trainingsboard, Rev. 3.3.

Die Bedien- und Anzeigeelemente auf dem MCCAB-Trainingsboard

- 1 11 x LED (Zustandsanzeige für die Ein- /Ausgänge D2 ... D12)
- 2 Verbindung der LEDs LD10 ... LD20 mit GPIOs D2 ... D12
- 3 Mikrocontroller-Ein-/Ausgänge
- 4 *RESET*-Taster
- 5 Arduino NANO mit Mini USB-Buchse
- 6 LED L, verbunden mit GPIO D13
- 7 Mikrocontroller-Ein-/Ausgänge
- 8 Potentiometer P1
- 9 Betriebsspannung P1 und P2
- 10 Potentiometer P2
- 11 Signal an Pin X von SV12
- 12 SPI-Interface 5 V (das Signal an Pin X wird über JP4 ausgewählt)
- 13 SPI-Interface 3.3 V
- 14 I²C-Interface 5 V
- 15 I²C-Interface 3.3 V
- 16 I²C-Interface 3.3 V
- 17 Schaltausgang für externe Geräte
- 18 LC-Display mit 2 x 16 Zeichen
- 19 6 x Tastschalter K1 ... K6
- 20 6 x Schiebeschalter S1 ... S6
- 21 Verbindung der Schalter mit den Eingängen des Mikrocontrollers
- 22 Verteiler für die Betriebsspannungen
- 23 Piezo-Summer *Buzzer1*
- 24 Schaltausgang für Geräte
- 25 Spalten der 3 x 3 LED-Matrix
- 26 2 x 13 Pins für externe Module
- 27 3 x 3 LED-Matrix (rot)
- 28 Verbindung der Reihen der LED-Matrix mit GPIOs D3 ... D5
- 29 Steckbrücke verbindet *Buzzer1* mit GPIO D9

einem auf das MCCAB-Trainingsboard aufgesteckten Arduino Nano gesteuert und enthält die grundlegenden Bauteile, die im Allgemeinen für die Prototypen neuer Entwicklungen, Laboraufbauten, Test- und Versuchsschaltungen, Projekte und Übungen in Studium und Ausbildung und last but not least im Hobbybereich benötigt werden. Durch Steckbrücken (Jumper) auf den Pfostenleisten des MCCAB Trainingsboards kann der Anwender die für sein jeweiliges Projekt benötigten Bauteile einfach mit den GPIOs des Mikrocontrollers auf dem MCCAB-Trainingsboard verbinden. Fehlerquellen durch falsch gesteckte Verbindungskabel sind dadurch von vornherein eliminiert, ebenso wie die lästige Suche nach den gerade benötigten Bauteilen in der Bastelkiste, denn alle Bauteile befinden sich bereits „on Board“.

Auch der Anschluss von auf Breadboards aufgebauten Zusatzschaltungen ist auf einfache Weise über Dupont-Kabel möglich, denn alle GPIOs des Mikrocontrollers auf dem Arduino Nano sind auf dem MCCAB-Trainingsboard an die beiden Pfostenleisten SV5 und SV6 (Pfeil 3 und Pfeil 7 in Bild 2) gelegt. Links in Bild 2 sieht man darüber hinaus die 26-polige Buchsenleiste SV2 (Pfeil 26) zum Anschluss externer Platinen, an die ebenfalls alle wichtigen GPIOs des Mikrocontrollers geführt sind. So können externe Platinen wie zum Beispiel eine Schaltung zur Aufnahme der

Kennlinien elektronischer Bauelemente, das Abbild eines Straßenzugs mit Ampelschaltungen oder ein elektronisches Labornetzteil einfach an das MCCAB-Trainingsboard angedockt und von ihm gesteuert werden. Auf dem LC-Display mit 2 x 16 Zeichen (Pfeil 18), das über den I²C-Bus gesteuert wird, lassen sich aus dem laufenden Sketch heraus Ergebnisse und Hinweise anzeigen. Auch eine aus drei Spalten und drei Zeilen bestehende LED-Matrix (Pfeil 27) ist auf dem Board vorhanden.

Das MCCAB-Trainingsboard arbeitet mit einer Betriebsspannung von $V_{cc} = +5\text{ V}$. Die Stromversorgung erfolgt in der Regel über die USB-Schnittstelle des angeschlossenen PCs, der für die Erstellung der Übungssketches sowieso benötigt wird. Alternativ ist auch eine Stromversorgung durch ein externes Netzteil möglich.

In der schematischen Ansicht des Trainingsboards (Bild 2) sind die Bauteile zusammengehöriger Gruppen in der gleichen Farbe schattiert.

Die Bibliothek *MCCAB_Lib* für das Trainingsboards

Seinen Sketch entwickelt der Anwender wie gewohnt in der Arduino-IDE auf seinem PC und lädt ihn über ein Mini-USB-Kabel in den Mikrocontroller des Arduino Nano auf dem Trainingsboard.

Tabelle 1: Die in der Library MCCAB_Lib enthaltenen Klassen.

Klasse	Verwendungszweck
KeySwitch	Prellfreie Abfrage der Schalter S1 ... S6 bzw. der Taster K1 ... K6
Matrix	Steuerung der Anzeige der 3 × 3 LED-Matrix
LED	Ein / Aus / Blinken der 12 Leuchtdioden LD10 ... LD20 sowie LED
LedBlock	Gleichzeitige Ausgabe eines Bitmusters an alle 11 Leuchtdioden LD10 ... LD20
Sound	Steuerung des Summers Buzzer1 und Erzeugung von Rechtecksignalen

Die GPIOs des Mikrocontrollers lassen sich wie gewohnt mit der Arduino-Funktion `pinMode()` konfigurieren und die Bauteile auf dem Trainingsboard mit `digitalRead()`, `digitalWrite()`, `analogRead()` ... abfragen beziehungsweise steuern. Zur Unterstützung des Anwenders bei der Steuerung der umfangreichen Hardware-Peripherie auf dem MCCAB-Trainingsboard ist aber auch die Library *MCCAB_Lib* [1] verfügbar, die kostenlos heruntergeladen und in den eigenen Sketch eingebunden werden kann. Diese Library erleichtert das Handling der Komponenten auf dem Board deutlich.

Die Bibliothek *MCCAB_Lib* enthält fünf

Klassen zur Steuerung der auf dem Trainingsboard befindlichen Schalter, der Leuchtdioden und des Summers, die vom Anwender in seinem Sketch beliebig verwendet werden können. **Tabelle 1** zeigt eine Auflistung der verfügbaren Klassen.

Um das Timing zum Entprellen der Schalter, zur Steuerung des Multiplex-Betriebs der 3x3-LED-Matrix und des Blinkens der LEDs (*LD10 ... LD20* beziehungsweise *L*) sowie zur Erzeugung der Tonfrequenzen für den Summer braucht sich der Anwender nicht zu kümmern. Dies erledigt die Bibliothek automatisch und vom Anwender unbemerkt im Hintergrund des Programmablaufs.

Der kleine Beispiel-Sketch in **Listing 1** zeigt die Verwendung der Bibliothek *MCCAB_Lib*. In Zeile 15 des Sketches wird die Objektvariable `Led` der Klasse `LED` aus der Bibliothek *MCCAB_Lib* deklariert. Der bei der Deklaration der Objekt-Variablen `Led` übergebene Parameter `LED_PIN` ist die in Zeile 13 definierte Konstante für den Pin, an den die LED angeschlossen ist. Der Pin wird bei der Instanziierung automatisch als Ausgang konfiguriert.

Die in Zeile 22 deklarierte Objektvariable `Key` der Klasse `KeySwitch` aus der Library *MCCAB_Lib* überwacht im Hintergrund des Sketches den Zustand des Schalters am Pin `SK4`, der bei der Deklaration als Parameter übergebenen wurde, unterdrückt die Prellimpulse des Tasters K4 beim Öffnen oder Schließen und ruft immer dann die Funktion `switchTurnedOn()` auf, wenn der Taster gedrückt wird. Die in der Funktion `switchTurnedOn()` in Zeile 19 aktivierte Methode `toggle()` der Klasse `LED` aus der Bibliothek *MCCAB_Lib* invertiert den aktuellen Zustand der Leuchtdiode LD10.



Listing 1. Sketch zum rastenden Ein/Ausschalten der LED mit Taster K4

```
/*
 * Sketch zum rastenden Ein- / Ausschalten der LED LD10 mit dem Taster K4 unter Verwendung
 * von Objektvariablen der Klassen "KeySwitch" und „LED“ der Bibliothek MCCAB_Lib.
 * Um den Zustand des Tasters K4 über den GPIO A3 des Mikrocontrollers einlesen zu können,
 * muss eine Brücke (Jumper) auf Position S+K4 der Pfostenleiste JP2 auf dem MCCAB
 * Trainingsboard gesteckt sein.
 * Um die LED LD10 mit dem GPIO des Mikrocontrollers steuern zu können, muss eine Brücke auf
 * Position D2 der Pfostenleiste JP6 auf dem MCCAB Trainingsboard gesteckt sein.
 */

11 #include <MCCAB_Lib.h> // Einbinden der Library MCCAB_Lib in den Sketch
12
13 #define LED_PIN 2 // die LED ist an Pin D2 angeschlossen
14
15 LED Led(LED_PIN); // Objekt-Variablen
16
17 //Funktion, die von der Objekt-Variablen "Key" beim Schließen des Schalters aufgerufen wird
18 void switchTurnedOn() {
19     Led.toggle(); // der Zustand der LED wird umgeschaltet (invertiert)
20 }
21
22 KeySwitch Key(SK4, ACTIVE_HIGH, switchTurnedOn, nullptr); // Objekt-Variablen
23
24 void setup() { } // nichts zu tun
25 void loop() { } // nichts zu tun
```


Da die Anschlusspins des Schalters und der LED bei der Deklaration der Objekte automatisch als Eingang oder Ausgang konfiguriert werden, ist in der Funktion `setup()` in Zeile 24 in diesem Sketch nichts weiter zu tun.

Auch die Funktion `loop()` in Zeile 26 enthält keine Anweisungen, denn die einzige Aktion, die in diesem Sketch auszuführen ist, ist das Umschalten des LED-Zustandes beim Drücken des Tasters K4. Diese Aktion wird ereignisgesteuert von der Klasse `KeySwitch` durch den Aufruf der Funktion `switchTurnedOn()` ausgeführt.

In einem umfangreicheren Sketch als diesem wären somit die beiden Funktionen `setup()` und `loop()` durch den Einsatz der Bibliothek `MCCAB_Lib` von der leidigen Überwachung der Peripheriekomponenten entlastet; sie könnten sich den „wirklich wichtigen“ Dingen widmen.

Zwölf Projekt-Sketches und 46 Übungen

Für das MCCAB-Trainingsboard gibt es eine ausführliche Bedienungsanleitung, die von der Webseite [1] heruntergeladen werden kann. Außerdem sind das MCCAB-Trainingsboard und die Bibliothek `MCCAB_Lib` in dem im Elektor-Verlag erschienenen Lehrbuch *Mikrocontroller-Praxiskurs für Arduino-Einsteiger* (ISBN 978-3-89576-523-0) detailliert beschrieben.

Das Buch erklärt ausführlich die Grundlagen der Hard- und Software eines Mikrocontrollersystems und führt ein in die Programmiersprache C, in der die Arduino-Sketches geschrieben werden.

Der Schwerpunkt des Buches liegt aber auf den praktischen Übungen, denn der Leser eignet sich die erforderlichen Kenntnisse durch „Learning by Doing“ an: In einem umfangreichen Praxisteil mit zwölf Projekt-Sketches und 46 Übungen wird das Gelernte mit vielen Beispielen unterlegt. Die Übungen sind dabei so aufgebaut, dass der Nutzer eine Aufgabenstellung erhält, die er zuerst mit dem MCCAB-Trainingsboard und seinem im Theorieteil des Buches aufgebauten Wissen lösen sollte. Für jede Übung gibt es anschließend eine ausführlich erklärte und kommentierte Musterlösung, die bei Problemen weiterhilft. ◀

(220450-02)RG

Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Dann schreiben Sie an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.

Über den Autor

Wolfgang Trampert beschäftigt sich seit seinem Elektronik-Studium mit dem Bau und der Programmierung von Mikrocontrollern und ihrer Peripherie. Als Inhaber eines Ingenieurbüros hat er im Kundenauftrag von Mikrocontrollern gesteuerte Produkte entwickelt. Er ist als Autor von Fachbüchern und -artikeln tätig und leitet Schulungen zum Thema Mikrocontroller.



Passende Produkte

> **MCCAB-Trainingboard (SKU 20295)**
www.elektor.de/20295

> **Mikrocontroller-Praxiskurs für Arduino-Einsteiger (Buch, SKU 20293)**
www.elektor.de/20293

WEBLINK

[1] Bibliothek `MCCAB_Lib`:
<http://www.elektor.de/20295>



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



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 51

Bild 1:
1010 Ma
auf di
gesteckt
und an
Pe



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 51

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 51



ersetzen - also zum Beispiel: `SECRET_SPOTIFY_CLIENT_ID`

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 51

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 51



Listin
(näcl

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

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 51

Be
De
da
OL
Ta
Li
Li
Es
Pl
JS
ur
ei
U
u
d
S
O
h

SI
A
B

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Ar
NX

Ein B

Ein
erh
verh
heil
an
Inte
die
-so
te s
Art
vor
on
son
Ha
ba
Ar
Sie

Ar
auf
sei
här
de
die
gy
ter
au

Si
Da

nen, angefangen bei der Hardware-Ebene, die das Secure Element von NXP enthält. Es nutzt die Cloud-basierte DevOps-Plattform von

und Linux-microPlattform. Der Fortena XS ermöglicht die Migration von Cloud-nativen Workloads von der Cloud zur Edge und trägt zu

Verfügbar in Woche 51



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 51



Ed
me
kor
die
der
Es bietet das Support-Paket auch die Integration
mit vielen gängigen Betriebssystemen wie Linux, RTOS und Android.

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

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

che
Ges
i.MX
form
für c
min

Das
Varia
pro K
gefe
Syste
A-Ke
syste
führt.
und I
Syste
Die K
Strom
Anwe
und b
tung f
Anwe
ning-T
Reihe
8M Mi
schle
Zwei-W
chen, 2
ges vis
liche Au
Auswah
stellen e
nektiv
auf indu
Die Anv

Industri

Der Por
tokoll-G
WLAN,
Cloud oc
ning-Sys
keit von
halb der
Portenta
fahrerlose

WEB

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

.../arduino/pro/hardware/product/portenta



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



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 52

▲
Daria Baradel
und ihre
Kollegen.



menschlichen Note!

ständig steigenden Kosten, die es praktisch unmöglich machen, die Kontrolle zu behalten.

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 52



Das
sen
ten,
erfo
me
Pro
jed
sto
Fab
die
pla
we
ein
de
Stü
ke
pa
ist
all
in
in
ge
er

K
S
d
D
v
l
ä
s
c
Y
p

nen und die Bauelemente in den Entwicklungsprozess einbezogen wird. Wir alle erleben also jedes neue Produkt vom ersten Konzept an.

Jahr einführen mussten, werden uns in Zukunft noch stärker und effektiver machen.



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 52

von lokalen Herstellern fertigen lässt.

Daria: Ja. Die Herstellung vor Ort war eine bewusste

unter k.jackson@arduinomagazine.de und
Redaktion unter redaktion@elektor.de.



MicroPython Enters the World of Arduino

with Stuart Cording & Sebastian Romero

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

Join for free

www.elektor.com/webinar-MicroPython



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 52



er mit der realen Welt interagieren kann. Er arbeitet im Grunde wie ein Mini-Computer in einem einzigen

und Softwareentwicklung neuer Systeme verwendet werden kann.

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 52



Zu
zu

In c
lun
ting
ihre Mikrocontroller an potenzielle Kunden zu verkaufen.

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 52



Demgegenüber werden die von Herstellern oder
Drittanbietern gelieferten Development Boards für

▲
Bild 2.
Maxim

Bild 3. Sp
mierbare
(Source:

▼



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 52

[6] MAX-ESD-MODUL : <https://www.elektor.de/arduino/arduino-max-esd-modul>

[7] Nordic Semiconductor Thingy:91™ Multisensor Prototyping Kit : <https://elektor.innk/mouser/thingy91/>

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01

▲
Bild 1. D
eines W
Thema „



...gen, die Software geschrieben, die die Herstel-
lung von 3D-Objekten aus Papier und anderen dünnen

men spielen hören. Der Workshop sollte eine generative
Sinfonie hervorbringen!



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01

Die
brei
nikk
wir
vert
Sch
Spa
erfc
abc
die
zier
Gr
Jec
tet
de
die
St
en
sh
Im
H

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01



und Lichtsignalen von den LEDs. Ich werde ein wenig
aufschlüsseln, wie das alles funktioniert.

centintensiv sein und geht zu Lasten der Regula-
nularität und der Geschwindigkeit/Speicherkapazität.



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01

otyp
nur
ware



martensite

Formgedächtnis.

Um... Widerstände zu ermitteln, müssen
wir ein wenig rechnen. Bei unserer Blütenblattform haben

1 2

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01



Bild 9. L
Pins a



Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01



+3V
prog
mit s
leich
Wir
Plat
fest
Cut
Ein
Ihn
wal
vor
Mu
ren

Zu
Es
zu
de
ve
da
las

androgen...
mat. Sie können ihn auf Instagram unter @ideo und
@vondle_synths finden.

<https://elektor.link/AtmenLoeserGuide>

Holen Sie sich

C

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01



Daten visualisieren, Ihre Projekte von überall
auf der Welt steuern und teilen.

www.elektor.de/19351

Freigeschaltet: die Bonus-Ausgabe!

Verfügbar in Woche 01



Synthesizer zu bauen:

www.elektor.de/20330

Arduino Sensor-Kit Basis

www.elektor.de/19944

Möglichkeit, Edge-Computing-Anwendungen (KI) auszuführen.

www.elektor.de/19936

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