DEUTSCHLANDS GEFÄHRLICHSTES DIY-MAGAZIN

Nake:



Erster Test: Arduino UNO R4 mit WLAN

Die besten Boards fürs Smarthome

- Übersicht: 15 Controller für jeden Zweck
- Mit ESP8266, ESP32 und RP2040

ćŁ

lake:

 Mit integrierten Sensoren, Relais und mehr

Projekte

IR-Lightgun für den PC
 HiFi-Streamer mit Pi
 LED-Rave-Totem für Festivals

Mini-Retro-Arcade

- Donkey Kong, Galaga & Pac-Man
- Mit ESP32 & 2,8"-Display
- Selbstgebauter Mini-Joystick



Profiwissen

Eigene Platinen bestücken lassen
Know-how: RISC-V für Maker
Umflashen von Fernsteuerungen

Datensicherung für NAS

- Backup auf Knopfdruck
- ePaper-Statusanzeige
- Mit Raspberry Pi und rdiff

4/23 27.7.2023 CH CHF 26.50 AT 14,90 Benelux 15,90



www.make-magazin.de



We effect change

Teile deine Ideen, und wir hören dir zu. Wir haben ein offenes Ohr für alle Ideen und möchten dich ermutigen, diese mit uns zu teilen. **Weltweit etwas bewegen?** Dann bist du hier genau richtig.

Wir möchten mit dir Grenzen überwinden! careers.baywa-re.com

> Effect Change in Digitalen Berufen

Nachfrage erhöhen

Nachhaltigkeit geht in Deutschland so: Umweltverbände raten vom Kauf chinesischer Produkte ab, weil sie unter schlechten Bedingungen produziert seien und der Transport nicht klimaneutral ist. Wirtschaftsverbände warnen vor allzu großer Abhängigkeit von chinesischen Fertigern, man solle doch lieber wieder regional produzieren und kaufen. Kurze Zeit darauf: Die App des neuen chinesischen Onlinemarktplatz Temu erscheint und schießt auf Platz eins im Google Play Store. Die Leute bestellen wie blöde, ich leider auch, ein paar Maker-Boards.

Mein schlechtes Gewissen plagt mich und so suche ich ernsthaft nach alternativen Quellen. Versuch 1: Keine Boards mehr aus chinesischer Produktion. Schwierig! Deutsche Versender bieten immerhin neben umgelabelten China-Krams auch Produkte von den US-Herstellern Adafruit und Sparkfun. Adafruit fertigt und bestückt nach eigenen Angaben in den USA und verkauft zu akzeptablen Preisen. Ok, klingt erstmal gut. Aber war jetzt die Produktion besonders klimaschädlich oder war es der Transport? Falls letzteres: Gibt es dann einen Unterschied, ob ich ein Sensor-Board von Adafruit aus New York kaufe, statt eines von Hop Sing aus Shenzen?

Versuch 2: Produkte aus Europa. Arduino druckt auf seine Boards "Assembled in Italy" und die Raspberry Pi Foundation fertig ihre Pis unter anderem bei Sony in UK. Bei den Anbietern in Deutschland fiel mir Watterott auf, der seit Jahren eigene Boards mit ATmegas, ESPs und Sensoren in größerem Stil hierzulande fertigt – inklusive Entwicklung und Bestückung. Natürlich sind auch da Komponenten aus China drauf.

Ich komme zwar der Sache näher, aber so richtig Maker-Vielfalt Made in Germany gibt es aktuell nicht. Wenn man etwa einen DC-DC-Step-Up-Wandler mit 3A sucht, ist die Auswahl ohne Fernost sehr gering. Während im Supermarkt das Angebot an Bio, fair, vegan und regional wegen der steigenden Nachfrage vergleichsweise groß ist, fehlt dies bei Technik offenbar.

Bevor man jetzt auf das Basteln mit China-Krachern aus den bekannten Gründen verzichtet, gäbe es einen Kompromiss: Statt Produkte in China zu kaufen, entscheidet man sich für den Kauf der gleichen Ware beim deutschen Händler und lässt so die heimische Wirtschaft mitverdienen. Das ist der erste Schritt zu signalisieren, dass man etwas ändern möchte. Im zweiten Schritt müssen wir als Maker-Community die Nachfrage nach regional produzierten Komponenten erhöhen. Fertigungslinien gibt es und dass die Preise trotzdem konkurrenzfähig bleiben, beweisen Watterott und Adafruit.

Happy Hacking!

Daniel Bachfeld

make-magazin.de/xk1r





Die besten Boards fürs Smarthome

Die vielen dienstbaren Elektronik-Geister im Smarthome kann man kaufen oder deutlich preiswerter selbst bauen. Das Angebot an dafür erforderlichen Controllerboards ist aber riesig. Damit Sie sich das teure Verfahren von Versuch und Irrtum ersparen, zeigen wir Ihnen die 15 besten Boards mit ESP8266-, ESP32- und RP2040-Prozessoren. Einige davon haben bereits Sensoren, eine Kamera oder Mikrofon an Bord oder lassen sich mit einfachen Steckplatinen ohne Lötarbeiten erweitern.

12 Controllerboards fürs Smarthome

Inhalt

HiFi-Streamer mit Pi

HiFi-Enthusiasten sind Ästheten: Ihre Anlage muss nicht nur perfekt klingen, sondern auch optisch ein Leckerbissen sein. Ein Selbstbau-Streamer mit Raspberry-Platinen-Kabel-Gedöns passt da nicht rein. Von wegen: Dieses Projekt setzt edle Elektronik in ein Anlagen-kompatibles Gehäuse, dessen Front ein Breitwand-Display als Informationszentrum bildet. Da werden Ihre Freunde große Augen und Ohren machen.

48 Schicker Streamer



- 3 Editorial
- 6 Leserforum, Comic
- 8 Test: Arduino UNO R4 gibt Gas
- 12 Report: Controllerboards fürs Smarthome
- 22 Projekt: Die Backup-Station
- 30 Workshop: OpenTX Funkfernsteuer-Firmware
- 38 Projekt: Galagino
- 44 Maker Faire: Hannover 2023
- 48 Projekt: Schicker Streamer
- 58 Projekt: Festivaltotem mit RGB-LEDs
- 66 Projekt: IR-Lightgun für den PC
- 72 Community-Projekt: Alles-Anzeige mit VFD-Retro-Röhren
- 74 Community-Projekt: Arduino-Glockenspiel
- 76 Projekt: Staumeldung durch KI-Bilder
- 82 Projekt: KI für die Modelleisenbahn, Teil 2

Profiwissen

Platinen der eigenen Projekte professionell herstellen und bestücken zu lassen, ist gar nicht so schwierig und teuer. Am Beispiel eines kleinen Computerboards erfahren Sie hier, wie es geht. Außerdem gibt es Wissenswertes über RISC-V, der erweiterbaren und freien Befehlssatzarchitektur. Schließlich gibt die Firmware OpenTX einer Modellbau-Funkfernsteuerung viele neue Anwendungsmöglichkeiten.

30 OpenTX Funkfernsteuer-Firmware

- 94 RISC-V für Maker
- 108 Platinen aus China bestückt bestellen



Mini-Arcade Galagino

Spielautomaten aus den 80er Jahren haben noch nichts von ihrem Charme verloren. Allerdings waren die Geräte, auf denen Galaga, Pac-Man, Donkey Kong und ähnliche Spiele liefen, gewichtsund größenmäßig eher Immobilien. Dieses Projekt emuliert die damaligen Arcade-Automaten perfekt auf einem ESP32, wiegt kaum 200g und kann praktisch überallhin mitgenommen und gespielt werden.





- 88 Projekt: Stromgesteuerter Audio-Verstärker
- **94** Know-how: RISC-V für Maker
- **102** Test: Raspi-CM-Alternative CB1
- 106 Reingeschaut: Tischflipper mechanisch raffiniert
- 108 Workshop: Platinen aus China bestückt bestellen
- 118 Kurzvorstellungen: Kosmos-Kästen, IoT-Starterkit, Schaltplan-Software, Akkuschrauber-Blechschere, Boards, 3D-Drucker, Bücher
- 122 Impressum/Nachgefragt

Datensicherung für NAS

Daten auf einer Netzwerk-Festplatte (NAS) sollte man regelmäßig sichern! Doch wer macht das schon? Ist ja auch so furchtbar kompliziert. Jetzt gilt diese Ausrede nicht mehr, denn diese Backup-Station müssen Sie nur an den Router kabeln, der Rest

geschieht automatisch. Immer auf dem Laufenden über den Stand der Dinge bleiben Sie durch das ePaper-Display.

22 Die Backup-Station

Leserforum

Unglücklich

Editorial: Keep it simple and stupid, Make 3/23, S. 3

Ach ja, das leidige Thema. Lieblingssprache: Auch eigentlich BASIC, hab mal so lala Pascal in der Schule gelernt, danach mit Web kam HTML mit Perl, wurschtel mich mit C# herum (Visual Studio), da man ja gleich fertige Programme damit machen kann (.exe). Aber glücklich bin ich damit noch gar nicht.

Dominik

Python ist das neue Basic

Auch ich bekenne, ich habe in meinem langen Berufsleben vieles mit BASIC erreicht. Erst IBM BASIC A, dann QuickBASIC für DOS und am Ende QuickBASIC 6, das ich manchmal noch ausgrabe. Bis in die 90er gab es nichts anderes, was auch nur annähernd so schnell zu handhaben war. Während Kollegen ganze Zigarettenlängen auf den Compiler warteten, um dann über Fehlermeldungen zu fluchen, konnte QuickBASIC schon im Hintergrund kompilieren und mit F5 lief das Programm, bereits von Syntaxfehlern befreit.

Eigentlich hätte ich irgendwann auf C umsteigen sollen. Warum ich das erst spät tat, lag vor allem an Bequemlichkeit. Python scheint mir das neue BASIC zu sein und alle, die damit glücklich sind, sollen dabei bleiben. Ich bin jetzt glücklich mit C und benutze das, was ich davon verstanden habe. Wichtig ist nur, dass die Sprache lebt und aktuelle Hardware und Bibliotheken kann.

Aloyse Ney

Python ist Genuss

Ihr Leitartikel hat mir gefallen, denn ich bin auch ein (Ex-)BASIC-Fan. Ich habe mit Quick-BASIC angefangen. Dann kam Visual Basic unter Windows, damals eine phantastische Sache bis etwa VB4. Damit haben wir das Zeichenprogramm MTDRAW gemacht. Mit diesem habe ich meine Schaltpläne gezeichnet. Als ich dann auf Linux umgestiegen bin, ergab sich das Problem, dass es nichts mit VB vergleichbares gab. Ein Kollege sagte: "Probier doch mal Python!" Gesagt, getan. Die klare und übersichtliche Syntax hat mir sofort gefallen. Nun bin ich wider Erwarten ein Pythonista geworden. Und auf dem Raspi Pico mit Micro-Python zu programmieren ist ein Genuss …

Jean-Claude Feltes

Basic ist gefährlich

Meine allererste Programmiersprache war Fortran, gefolgt von einer verallgemeinerten Assembler-Sprache, dann erst kam BASIC (im

instagram.com/

MakeMagazinDE

pinterest.com/

youtube.com/

MakeMagazinDE

MakeMagazinDE

Kontakt zur Redaktion

Leserbriefe bitte an:

heise.de/make/kontakt/

Wir behalten uns vor, Zuschriften unter Umständen ohne weitere Nachfrage zu veröffentlichen; wenn Sie das nicht möchten, weisen Sie uns bitte in Ihrer Mail darauf hin. Sie haben auch die Möglichkeit, in unseren Foren online über Themen und Artikel zu diskutieren:

O

- www.make-magazin/forum
 - www.facebook.com/ MakeMagazinDE
 - Www.twitter.com/ MakeMagazinDE

Korrekturen

Manchmal unterläuft uns ein Fehler, der dringend korrigiert gehört. Solche Informationen drucken wir weiterhin auf den Leserbriefseiten im Heft, aber seit Ausgabe 1/17 finden Sie alle Ergänzungen und Berichtigungen zu einzelnen Heft-Artikeln auch zusätzlich über den Link in der Kurzinfo am Anfang des jeweiligen Artikels.

Heft-Verweis gewünscht

Vorabveröffentlichung online finde ich gut, je aktueller, desto besser. Gut fände ich einen Verweis, dass ein Artikel im Heft erscheinen

Beruf), dann Delphi und parallel Assembler für die 8048/6051-Familie. BASIC ist einfach gefährlich, ist nachlässig in der Typ-Deklaration, in der Isolierung der Variablen in Subroutinen und Sprungbefehlen. Das ist, gerade wenn man sich auf das Ergebnis verlassen können muss, richtig gefährlich. Daher habe ich BASIC auf der beruflichen Ebene schnell verlassen und mit Pascal bzw. Delphi weiter gearbeitet. Aktuell programmiere ich wieder mit Matlab bzw. der freien Alternative Octave. Dem BASIC trauere ich keine Träne nach. Was ich früher in ganzen Subroutinen codieren musste, ist heute ein einziger Befehl in Matlab.

Jürgen Heidbreder

Service ist super

Wirklich neu? Mit dem Make-Abo Artikel hinter der Paywall bei heise online lesen, Leserforum Make 3/23, S. 6

Ich lese sehr gerne vorab Artikel auf heise online und finde den Service für Abonnenten super. Die Vorabartikel erhöhen in meinem Fall sogar die Vorfreude auf das fertige Heft und sind für mich daher eine schöne Ergänzung.

Deshalb auch insgesamt ein dickes Kompliment an eure gelungene Digitalstrategie. Ihr habt früher als die meisten Verlage damit angefangen und m.E. gehören eure Lese-Apps zu den besten, die ich kenne. Es macht einfach Spaß, die Zeitschriften damit zu lesen (könnt ihr die nicht auch an andere Verlage lizenzieren?).

Die Printausgaben dienen bei mir nur noch einem Zweck: als Erinnerung, wenn ich sie beim Einkaufen im Regal stehen sehe, sollte ich mal einen Erscheinungstermin verpasst haben...;-)

Also bitte macht weiter so und behaltet auch die Veröffentlichung von Artikeln vor dem Erscheinungstermin auf heise online bei!

Thomas Balzer



Unter dem Inhaltsverzeichnis von heise+-Artikeln ist zu lesen, aus welchem Heft sie stammen.

wird oder erschien. Dann kann ich mich entscheiden, ob ich den Artikel gleich online lese oder warte, bis das Heft im Briefkasten liegt.

Klaus Musch

Den Verweis gibt es tatsächlich, wenn auch etwas versteckt: Zu jedem längeren Online-Artikel gibt es rechts ein Inhaltsverzeichnis, an dessen Ende ein Hinweis auf das Heft steht, in dem der Artikel auch erscheint (im Screenshot grün hervorgehoben). Nach Erscheinen des Hefts ist dieser Hinweis auch verlinkt, vorher nicht.

Langweilig geworden

Mir geht es genauso wie dem Leserbriefschreiber in der letzten Make. Die Zeitschrift ist langweilig geworden, da man fast alle Artikel vorher schon online gelesen hat und mit einer Lupe nach neuem suchen muss. Ich habe schon überlegt, sie deshalb abzubestellen.

Christian Brock

Am besten zeitgleich

Auf das neue Make-Heft freue ich mich immer sehr. Aber ich bin auch manchmal etwas enttäuscht, wenn ich Artikel bereits von der Online-Plattform kenne. Fazit: Online veröffentlichen – auf jeden Fall! Aber am besten zeitgleich mit der gedruckten Ausgabe.

Iris Conrad

geschrieben, die Vorabveröffentlichungen kritisch sehen. Zu bedenken ist allerdings, bevor man sein Heft-Abo kündigt: Wir veröffentlichen die Inhalte aus dem Heft (vorab) ja hinter der Paywall, sodass man sie ohne Makeoder heise+-Abo gar nicht mehr zu lesen bekommt – weder vorab noch nach Erscheinen des Hefts.

Uns haben noch weitere Leserinnen und Leser





Arduino UNO gibt Gas

Der Arduino UNO ist als einsteigerfreundlicher Mikrocontroller bekannt. Die neuen Modelle wollen daran anknüpfen. Ob das gut gelingt, zeigt ein erstes Hands-on.

von Ákos Fodor

it 13 Jahren zählt der Arduino UNO zu den Urgesteinen unter den Mikrocontrollern. Ein Modell mit modernerer Technik, also mehr Speicher, WLAN und einem besseren Prozessor, ist längst überfällig. Jetzt hat Arduino endlich zwei neue UNOs vorgestellt, den R4 Minima und R4 WiFi und haut bei der Werbung dafür ordentlich auf den Putz. Wir haben uns beide Varianten angeschaut.

Alt und doch neu

Nur auf den ersten Blick sehen die beiden neuen Boards ihrem gemeinsamen Vorgänger

UNO Rev3 sehr ähnlich, doch diese Ähnlichkeit beschränkt sich auf Maße, Form und Anordnung der wichtigsten Buchsen und Kontakte am Rand der Platinen. Schaut man aber auf die Innenfläche der Boards, werden große Unterschiede sichtbar.

Anstatt eines ATMega328-Prozessors, der mit 8 Bit und 16 MHz arbeitet, residiert nun der RA4M1 auf den neuen Platinen, ein 32-Bit-ARM-Cortex-M4-Prozessor mit 48 MHz Taktfrequenz. Im Gegensatz zu anderen Mikrocontrollern mit solch einem ARM-Prozessor arbeitet dieser jedoch mit 5 V Spannung an den I/O-Kontakten. Das macht die neuen UNO-R4-Modelle hardwareseitig kompatibel zu im Markt befindlichen 5-Volt-Shields, mit denen sich diese modular erweitern lassen, sowie anderen bereits fertigen Projekten und Geräten.

Der neue Chip verfügt über 256 kB Flash-Speicher (statt 32 kB), 32 kB RAM (statt 2 kB) sowie 8 kB EEPROM (statt 1 kB) – deutlich mehr als vorher, was erheblich mehr Luft für komplexere Programme und deren Variablen schafft.

Zu den neuen Chip-Features des RA4M1 gehören unter anderem eine integrierte Echtzeituhr, für die man aber noch eine externe

Test



Kurzinfo

- » Ein erster Blick auf die neuen Arduino-UNO-R4-Modelle » Varianten im Vergleich
- » Kompatibilität zu Shields und Bibliotheken



Batterie anschließen muss, damit sie bei einem Stromausfall weiterläuft. Neu ist auch der 12-Bit-Digital-Analog-Wandler und dank des 14-Bit-Analog-Digital-Wandlers kann man Spannungen bis 5 Volt präziser als beim alten UNO messen, der dafür nur 10 Bit aufbietet. Ein eingebauter Operationsverstärkers verstärkt kleine Signale, sodass sich diese ebenfalls in hoher Auflösung messen lassen.

Was der Arduino Leonardo und Micro schon können, beherrscht jetzt auch der Uno R4: Er kann dank der HID-Schnittstelle (Human Interface Device) nun auch als USB-Eingabegerät für andere Computer verwendet werden, etwa als Maus, Tastatur oder ähnliches. Wer mit der Elektronik eines Fahrzeugs kommunizieren oder dort Einstellungen ändern möchte, kann das (auf eigene Gefahr) mit dem integrierten CAN-Bus (Controller Area Network).

Im Datenblatt des R4 Minima und R4 WiFi findet sich außerdem ein Hinweis auf einen

Touch-Sensor, jedoch noch ohne weitere technische Details.

R4 WiFi kann mehr

In der WiFi-Variante kommt im Arduino UNO ein zusätzlicher ESP32-S3-Mini-1 zum Einsatz, der es ihm ermöglicht, sich über WLAN oder Bluetooth mit anderen Geräten (z.B. im Smarthome) oder dem Internet zu verbinden. Dadurch lässt sich der R4 WiFi auch in die Arduino Cloud anbinden. Außerdem übernimmt der ESP32 die serielle Verbindung zum Computer und kann den RA4M1-Chip neustarten, sobald man einen Sketch übertragen hat.

Arduino arbeitet derzeit daran, den leistungsstarken ESP32 noch weiter zu integrieren. So sollen zukünftig auch die kryptografischen Fähigkeiten des ESP32 genutzt werden – etwa um sensible Daten wie Kennwörter zu schützen. Immerhin lässt sich der ESP32 schon jetzt über einen 6-Pin-Header programmieren

Gleicher Umriss, doch beim genaueren Hinsehen erkennt man optisch einige Unterschiede (von links: UNO Rev3, R4 Minima, R4 WiFi).









Über den 6-Pin-Header (rechts) lässt sich der ESP32 programmieren. Neben dem Mikrocontroller sind weitere Pins von außen zugänglich.



Sicher lässt sich auch ein Pong-Spiel auf der LED-Matrix umsetzen – hier nur ein Pixel für Pixel gemaltes Mock-up.

und theoretisch sogar separat betreiben. Arduino hat dafür auch ein paar zusätzliche Pins seitlich aus dem ESP32 hinausgeführt. Wir dürfen gespannt sein, was sich damit künftig noch machen lässt.

Neue Features für Anfänger

Die zahlreichen Pins auf dem Board auseinanderzuhalten, kann für Anfänger eine Herausforderung darstellen. Arduino vereinfacht mit dem WiFi-Modell den Aufbau erster Prototypen erheblich: Ein Stecker nach dem Qwiicbzw. STEMMA-Standard ermöglicht, sorgenfrei auch 3,3-Volt-I²C-Module von SparkFun und Adafruit (und dazu kompatible) anzuschließen. Dazu gehören zahlreiche Sensoren, Aktuatoren, Displays, Boards und andere Komponenten. So kann man schnell etwas ausprobieren, ohne sich aus Versehen Sensoren zu zerschießen, weil man die Pinbelegung verwechselt hat.

Eine weitere Besonderheit ist die LED-Matrix mit 12×8 roten LEDs, wie man sie auch schon im 5×5 -Format vom micro:bit oder Calliope Mini kennt. Auf dieser Matrix kann man Bilder, Animationen oder Messwerte anzeigen und sicher auch ein Pong-Spiel umsetzen. Wenn man den UNO R4 WiFi das erste Mal in Betrieb nimmt, wird man gleich mit einer Tetris-Animation begrüßt, die sofort neugierig macht.

Nach dem Hinzufügen der neuen Arduino UNOs in der Boardverwaltung der Arduino IDE steht unter den Beispiel-Sketches eine eigene Rubrik für die LED-Matrix zur Verfügung, sodass man gleich loslegen kann. Dort findet man sogar eine Mini-Version des Game of Life von John Conway.

Damit man eigene Bilder und Animationen für die Matrix erstellen kann, bietet Arduino den webbasierten LED Matrix Editor an. Seine einfache Benutzeroberfläche erklärt sich auch ohne Anleitung und bietet dazu alle notwendigen Werkzeuge. Hat man ein Bild oder eine Animation erstellt, kann man sie als Code exportieren und in die Datei animation.h des Beispiel-Sketches PlayAnimation einfügen. So findet man in wenigen Minuten einen schnellen Einstieg.

Als Versorgungsspannung verträgt der UNO R4 jetzt bis zu 24V an der Hohlsteckerbuchse, sodass er beispielsweise in Geräten wie 3D-Druckern oder Fräsen ohne zusätzlichen Spannungswandler betrieben werden kann.

Bibliotheken im Umbau

Für viele Projekte benötigt man nicht nur Shields, sondern auch passende Bibliotheken, mit denen sich Funktionen oder Hardware in ein Programm einbinden lassen. Während Arduino daran arbeitete, dass Sketches in Arduino-C auch auf den neuen Modellen laufen, wandte sich das Unternehmen an die Entwickler der zahlreichen Bibliotheken, mit der Bitte, diese für den neuen ARM-Chip anzupassen. Auf GitHub kann man derzeit den aktuellen Stand der Umbauphase einsehen und trifft auf einige alte Bekannte, die bereits mit einem grünen Häkchen signalisieren, dass sie einwandfrei funktionieren.

Aber es gibt auch Ausreißer: FastLED oder Adafruit NeoPixel zum Steuern von LED-Ketten oder Bibliotheken wie SSD1306 und ILI9341 zum Einbinden von Displays lassen sich höchstens kompilieren, die Programme funktionieren aber nicht.

Von den meisten Bibliotheken, auch von bekannteren wie der Adafruit GFX Library, liegen aber überhaupt keine Infos vor. Auch in der Arduino IDE gibt es keine Hinweise darauf, ob eine Bibliothek mit den neuen UNO-





	10703201	Compilation	Test	Notes
1.	Adafruit Neopixel	PASS 🗸	FAIL 🗙	
2.	Adafruit DHTSensor	PASS 🗸	PASS 🔽	
2	IPromote	EAU Y		
	LIBRARY MANAGER adafruit neopixel			
1h	Adafruit NeoPixel by Adafruit Arduino library for controlling singl Arduino library for controlling singl More info	e-wire-based LED pixels e-wire-based LED pixels	and strip. and strip.	

In der Arduino IDE (unten) ist nicht erkennbar, welche Bibliothek mit den neuen UNOs funktioniert. Die Liste auf GitHub (oben) hilft zumindest teilweise. Boards kompatibel ist. Eine Anzeigefunktion wäre an dieser Stelle sicher hilfreich. Daher sollte man sich am besten im Vorfeld auf der GitHub-Seite der Bibliotheks-Entwickler schlaumachen, bevor man in die neue Arduino-Hardware investiert.

ARM von Renesas

Arduino möchte sich auch im industriellen Umfeld etablieren. Dazu rief das Unternehmen im vergangenen Jahr 2022 eine Finanzierungsrunde aus, die insgesamt 32 Millionen US-Dollar und starke Partner einbrachte. Neben Bosch, Anzu und Arm Holdings beteiligte sich auch der Hersteller Renesas, der den ARM-Chip für den UNO R4 liefert, mit 10 Millionen US-Dollar. In einer dazu veröffentlichten Pressemeldung erklärte die japanische Firma, dass sie Arduino mit dieser Unterstützung auch Zugang zu ihrem eigenen Portfolio gewähren würden, um gleichzeitig mithilfe der Arduino-Community auf dem Konsumenten-Markt zu wachsen.

Bisher ist Renesas nämlich vor allem im industriellen Automobil-Sektor vertreten. Gleichzeitig gab das Unternehmen bekannt, dass ihr damaliger Vice President, Chris Alexandre, dem Arduino-Vorstand beitreten werde. Diese Position hält er bis heute und das könnte, neben anderen Kriterien, ein möglicher Grund dafür sein, wieso Arduino den ARM-Chip für den UNO R4 von Renesas bezieht.

Nicht für jeden

Vermutlich tut sich Arduino keinen Gefallen damit, die neuen UNOs mit markigen Werbeslogans wie "Vergessen Sie jegliche Speicherbegrenzung" oder "Beispiellose Rechenleistung" (kein Witz!) zu bewerben. Denn das schürt Erwartungen, denen die UNOs nicht gerecht werden können. Vergleicht man die reinen Leistungsdaten der R4-Modelle mit ähnlichen Boards wie dem Raspberry Pi Pico, dem Teensy oder dem ESP32, kann der RA4M1-Chip kaum mithalten.

Was jedoch die Abwärtskompatibilität zu den 5-Volt-Shields betrifft, sind die neuen Arduino UNOs unschlagbar. Auf dem Markt tummeln sich nämlich einige Boards im UNO-Format, doch wenn diese mit ARM-Prozessoren bestückt sind, wie etwa der Metro M7 von Adafruit, kann man die I/O-Pins nur mit 3,3 Volt betreiben. Insofern bieten die neuen Arduino UNOs einen guten Ersatz für ihren Vorgänger, wenn man bereits vorhandene Shields weiterverwenden will – etwa im Schulumfeld.

Ausblick

Die Arduino-Entwickler und -Community haben die letzten Jahre viel dafür getan, um das entstandene Ökosystem erfolgreich zu machen. Und so darf man, auch wenn die Umstellung vom ATMega328 auf den RA4M1 zurzeit noch ein wenig hakelig verläuft, doch guter Hoffnung sein, dass die Community bereits fleißig an Lösungen arbeitet. Dennoch ist im Moment noch ein wenig Vorsicht geboten, denn manche Projekte lassen sich nicht 1:1 mit der neuen Hardware umsetzen.

Maker, die mit einem UNO liebäugeln, können die Zwischenzeit aber damit überbrücken, die neuen Funktionen kennenzulernen und sollten dafür in jedem Fall zur WiFi-Variante greifen. Diese kostet bei Arduino mit 25 Euro zwar etwas mehr als der R4 Minima (18 Euro), bietet aber coole und sinnvolle Features. —akf

Die Boards stellte uns Watterott für den Test zur Verfügung.





Controllerboards fürs Smarthome

Für die Umrüstung eines schlichten Heims zu einem komfortablen Smarthome gibt es von der Industrie nahezu alles zu kaufen. Doch das hat seinen Preis. Mit Selbstbau kann man da schnell eine vierstellige Summe einsparen. Wir zeigen hier, mit welchen Mikrocontroller-Boards wir dabei die besten Erfahrungen gemacht haben.

von Heinz Behling



Per Autor dieses Artikels betreibt nun seit einigen Jahren bereits selbst ein Smarthome, das mittels eines Home-Assistant-Servers gesteuert wird, und hat etliche Controller ausprobiert. Einige Controller enthalten selbst bereits Sensoren wie Thermometer oder Kameras. Aber auch bei der Größe und dem Stromverbrauch gibt es große Unterschiede, die wichtig werden, sobald ein Smarthomefähiges Selbstbauprojekt per Akku versorgt werden soll oder nur sehr wenig Platz in seinem Gehäuse hat.

Als Firmware für diese Boards wird ESP-Home benutzt, das es nicht nur als Add-on für Home Assistant gibt, sondern auch als Standalone-Version, die unter Python arbeitet. So

Kurzinfo

- » Controllerboards mit ESP8266, ESP32 und RP2040
- » Tabelle mit wichtigen Daten über Anschlüsse und Ports der Controller
- » Tipps für empfehlenswertes Zubehör

Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Smarthome-Firmware für ESP8266/32-Module, Make 4/20, S. 34
- » Heinz Behling: Intelligentes Heim mit Home Assistant, Make 1/21, S. 100
- » Andreas Koritnik: Smarter Gaszähler mit Smarthome-Integration, Make 3/23, S. 20

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xc5w



lassen sich die Boards am PC oder Mac damit programmieren und können beispielsweise dann auch per MQTT mit anderen Smarthome-Server-Systemen zusammenarbeiten. Doch das Programmieren und Flashen der Boards ist hier nicht Thema (mehr dazu siehe Kurzinfo-Link). Hier geht es darum, Ihnen die Auswahl des richtigen Boards zu erleichtern.

ESPHome kennt inzwischen mehr als 200 Controller-Boards. Die meisten davon arbeiten mit ESP32- oder ESP8266-Prozessoren. Ich habe eine ziemlich große Anzahl ausprobiert, bin aber letztendlich bei einigen wenigen davon hängengeblieben, die sich als besonders geeignet erwiesen haben. In der Tabelle dieses Artikels sind meine 15 Favoriten zusammen mit ihren für den Smarthome-Selbstbau wichtigen Daten aufgeführt. Übrigens suchen Sie dort Leistungs-Testwerte etwa zur Rechengeschwindigkeit, Netzwerk-Übertragungsraten etc. vergebens. Grund: Die spielen im Smarthome-Bereich so gut wie keine Rolle. Die erfassten und übertragenen Datenmengen bewegen sich im Bereich von wenigen Byte. Eine komplexe Verarbeitung findet auf den Boards nicht statt. Da reichen die Leistungen der hier vorkommenden Prozessoren auf jeden Fall immer aus.

Nur Spracherkennung würde hier eine Ausnahme machen. Die findet im Moment aber immer noch online in den Großrechnern etwa von Google und Amazon statt. Aber der Bereich ist im Wandel. So ist NabuCasa, die Firma, die hinter Home Assistant steckt, bereits intensiv dabei, eine Offline-Spracherkennung zu entwickeln, die auf einem Raspberry Pi 4 läuft. Mehr dazu in der nächsten Make-Ausgabe.

ESP32 NodeMCU

Dieses Board (Bild 1) ist das Universal-Arbeitspferd unter den Controllern, das meiner Meinung nach das günstigste Preis-/Leistungsverhältnis hat (Stand Juli 23: ab 7 Euro). Mit den zahlreichen IO-Pins ist es gut geeignet, Messwerte aufzunehmen oder Geräte zu steuern. Die Anzahl reicht auch locker aus, um mehrere Aufgaben gleichzeitig auszuführen, etwa am SPI- oder I²C-Bus ein Display anzusteuern oder mithilfe der 14 Analog-Eingänge Messwerte aufzunehmen und sie per drahtlosem Netzwerk weiterzuleiten. Dabei wäre auch eine Menüsteuerung per Sensortasten möglich, denn wie bei den meisten anderen ESP32-Boards gibt es hier zehn Touchsensor-Eingänge. Im Smarthome-Bereich sollte man die aber eher nicht benutzen, denn die Gefahr, dass dadurch irgendetwas unbemerkt ausgelöst wird, ist recht groß.

Sowohl WLAN- als auch Bluetooth-Reichweite sind gut. Daher ist auch der Einsatz als Bluetooth-BLE-Hub mit diesem Bord gut möglich. In einem größeren Haus bzw. einer entsprechenden Wohnung kann man mehrere davon verteilen. Sie stellen dann auf kürzerem Weg eine Verbindung zu den meist recht sendeschwachen Bluetooth-BLE-Geräten (Zimmerthermometer) her und leiten deren Messwerte dann per WLAN an den Server oder andere Controller weiter.

Das Board kann durch seine Sound-Schnittstelle (I²S an Pin 25 und 26) Verstärker mit digi-



Bild 1: Achten Sie bei der ESP32 NodeMCU darauf, dass es ein Board mit 38 Kontaktpins ist. Es gibt auch solche mit weniger Anschlüssen, denen dann GPIOs fehlen.

talem Eingang direkt ansteuern. Die Pins können aber per Software auch als Digital-Analog-Wandler arbeiten und so ein Signal für analoge Verstärker liefern. Damit kann ein einfacher Medienplayer gebaut werden. "Einfach" deshalb, weil die Klangqualität der gängigen Verstärkermodule nicht gerade HiFi-Qualität ist. Für die Sprachausgabe o.ä. reicht es aber.

Wemos D1 mini ESP32



Bild 2: Die Kontakte des Wemos D1 mini ESP32 sind in zwei Doppelreihen angeordnet. Die jeweils innen liegenden Reihen entsprechen denen der ESP8266-Version.

Auch dieses Board (Bild 2) hat eine sehr gute Ausstattung mit IO-Ports und Schnittstellen. Es taugt also ebenfalls als Universal-Board. Durch seine geringe Größe eignet es sich auch gut für den Einbau in Geräte, die nur wenig Platz im Inneren bieten.

Meiner Erfahrung nach ist die Bluetooth-/ WLAN-Reichweite etwas geringer als beim zuvor genannten Board, aber durchaus brauchbar. Leider gibt es keinen Anschluss für eine externe Antenne, um die Reichweite zu optimieren.

Besonderer Vorteil dieses Controllers: Seine Steckerleisten sind kompatibel mit denen des kleineren ESP8266-Boards Wemos D1 mini (siehe Bild im Kasten). Das bedeutet, dass die zahlreichen D1-Shields, die es für das kleinere Board gibt, auch auf dieses ESP32-Board passen. So muss man oft keine zusätzliche Elektronik etwa zur Ansteuerung eines Relais oder Motors mehr zusammenlöten: Einfach das entsprechende Shield aufstecken, fertig.

Die zu diesem Baukasten gehörenden Erweiterungsplatinen mit zwei oder drei Steckplätzen sind aber mit diesem Board nur eingeschränkt nutzbar, denn es ist einen knappen Zentimeter breiter. Daher passt kein Shield unmittelbar neben das Controllerboard. Das kann man aber umgehen, indem man die Kontaktleiste für das Controllerboard unter die Verteilerplatine lötet und die Shields oben aufsteckt.

Lolin32

Auch das Lolin32 (Bild 3) hat eine sehr gute Ausstattung an Ein- und Ausgängen sowie Schnittstellen wie I²C, I²S und SPI. Daher kann es ebenfalls fast überall benutzt werden. Es gehört zwar nicht zu den billigsten Boards (circa 14 Euro), dafür hat es aber seinen preiswerteren Kollegen gegenüber einen Vorteil: Auf dem Board sitzt ein Anschluss für einen Lithium-Akku (3,7V). Ebenfalls onboard befindet sich die Ladeelektronik für die Akkuzelle. Daher ist dieser Controller auch für mobile Geräte fernab einer ständigen Stromversorgung geeignet. Wenn beispielsweise nur stündliche Messungen erforderlich sind, kann man den ESP32 in den Deepsleep-Modus versetzen. Dann braucht der nur etwa 0,005mA Strom.

Allerdings gilt hier wie bei allen anderen Boards, auf denen sich mehr als nur der ESP befindet: Die zusätzliche Elektronik (Spannungsregler/LEDs ...) kann auch im Deepsleep einige mA Strom ziehen. Da hilft im Extremfall nur: Unnötige Teile auslöten und den ESP nicht über USB, sondern über den 3,3V-Pin mit Strom versorgen.

Dann aber gilt: Weckt man den Prozessor nur für den eigentlichen Messvorgang für kurze Zeit, hält er am Akku lang durch. Obwohl die Stromaufnahme beim Sendebetrieb in Spitzen auf mehrere hundert mA ansteigt, hält ein 1000mAh-Akku trotzdem wochenlang.

Im Permanent-Betrieb hingegen bietet dieses Board gegenüber dem ESP32 NodeMCU keine Vorteile. Daher empfehle ich es nur für Geräte fernab von Steckdosen, etwa im Garten usw.



Bild 3: Die kleine weiße Buchse unter dem USB-Anschluss ist für eine 3,7V-Lithium-Akkuzelle gedacht, die über das Board auch mit bis zu 500mA geladen werden kann.

ESP32-CAM

Wie die letzten drei Buchstaben es bereits erahnen lassen, handelt es sich hier um ein Controller-Board mit Kameramodul (Bild 4). Die winzige Aufnahmeeinheit kann Standbilder und Videos aufnehmen und per WLAN weiterleiten. Das macht das Board ideal geeignet als Beobachtungskamera wie etwa als Türspion, zur Überwachung von Maschinen wie 3D-Druckern oder für die Tierbeobachtung. Da das Kameramodul leicht gegen eines mit anderer Brennweite ausgetauscht werden kann,



Bild 4: Das Kameramodul der ESP32-CAM ist nur mit einem Folienkabel befestigt. Damit es nicht zu Schäden kommt, sollte man dessen Gehäuse zusätzlich auf dem SD-Karten-Slot ankleben.

lässt sich der Blickwinkel sehr einfach an die vorhandenen Verhältnisse anpassen.

Die Beobachtung sollte aber in der Nähe einer Steckdose stattfinden, denn die Kamera ist recht stromhungrig. Bis zu 700mA zieht sie sich schon mal rein. Bei Einsatz der extrem hellen LED auf dem Board sind es auch noch deutlich mehr. Wenn dann die Spannung auch nur gering oder kurzzeitig einbricht, nimmt dies der ESP32 in der Regel sofort übel und stürzt ab. Besonders allergisch reagiert das Board auf lange (>1 m) USB-Kabel mit zu dünnen Versorgungsspannungs-Adern, die einen zu großen Spannungsabfall verursachen. Dann findet sich der Prozessor gerne in einer unendlichen Bootschleife wieder. Falls man das Board dann einmal mit dem seriellen Monitor der Arduino IDE überwacht, findet man dort die Meldung "brownout detector", die genau darauf hinweist.

Das Board hat keine USB-Buchse zur Programmierung. Es gibt jedoch eine Aufsteckplatine mit USB-Port, die unter zwei Euro kostet. Damit ist das Flashen dann problemlos. Als Stromversorgung sollte man diese USB-Platine aber nicht benutzen, denn der Spannungsregler darauf kann nur maximal 250mA liefern.

ESP-WROOM-32



Bild 5: Hier sitzt nur ein ESP32 auf dem Board, sonst nichts. Das verringert den Platzbedarf erheblich.

Bei diesem Board (Bild 5) herrscht Minimalismus, denn es enthält nur den ESP-Chip, sonst nichts. Das hat den Vorteil, dass hier wirklich alle Anschlüsse des ESP32 zur Verfügung stehen, allerdings nur in Form von Lötpunkten. Versetzt man dieses Board in den Deepsleep-Modus, begnügt es sich aber infolge des Fehlens weiterer Elektronik mit der geringsten Stromaufnahme. Das macht es für Controller geeignet, die lange ohne Steckdosenanschluss ihre Aufgabe erfüllen müssen. Akku und Ladeelektronik muss man jedoch selbst hinzufügen.

Der größte Vorteil des Moduls ist aber seine Kleinheit: Dadurch passt es auch in Geräte, die kaum noch Platz für zusätzliche Elektronik lassen. Insbesondere, wenn dort bereits die erforderliche Versorgungsspannung (3,3V) vorhanden ist, findet diese Briefmarke immer irgendwo ein Plätzchen. Ich benutze es beispielsweise als Bluetooth-Hub für die Rollos in meinem Schlafzimmer. Dort sitzt das Board in einer ohnehin vorhandenen Steckdose mit USB-Ladeanschluss. Intern wandelt ein kleiner Spannungsregler die 5V der USB-Buchse in 3,3V. Der ESP32 wurde mit etwas Heißkleber innen ans Steckdosengehäuse geklebt. Dort fällt er überhaupt nicht auf und arbeitet prächtig. Auf diese Weise kann man sehr unauffällig auch größere Gebäude mit Hubs ausstatten.

Zum Flashen braucht man eine Programmierplatine (siehe Bild im Kasten). Das Einlegen des Boards in den Programmer ist wegen der dicht stehenden Federkontakte etwas heikel, lässt sich aber bewerkstelligen. Falls dabei Federstifte verbiegen, kann man sie mit einer Pinzette wieder in Form bringen.

M5 Atom Echo



Bild 6: Dieser Winzling namens M5 Atom Echo ist ein kompletter Smart-Lautsprecher.

Auch in dem winzigen Gehäuse des Atom Echo (Bild 6) sitzt ein ESP32. Aber nicht nur das: Auch ein Mikrofon, ein Lautsprecher nebst Verstärker, eine RGB-LED und ein frei programmierbarer Taster haben darin Platz. Auf der Unterseite gibt es sogar noch zwei Kontaktleisten mit 6 IO-Pins und Anschlüssen für die Stromversorgung. Die kann aber auch über die USB-C-Buchse erfolgen.

Diese Ausstattung zielt auf ein ganz spezielles Anwendungsgebiet: Spracherkennung und -ausgabe. In der Tat gibt es da beispielsweise unter Homeassistant bereits Projekte, die aus diesem Winzling einen smarten Lautsprecher ähnlich Amazons Echo machen. Die letzten Updates der Smarthome-Serversoftware enthalten bereits entsprechende Bestandteile. Noch ist das Ganze nicht voll funktionsfähig, zum Ausprobieren reicht es aber und macht Hoffnung. Da dieses Board aber in letzter Zeit schwer erhältlich war und nicht teuer ist (circa 14 Euro), sollte man zugreifen, wenn man ein Angebot findet. Auch wenn man es noch nicht sofort nutzen möchte, später wird es sicher einmal sehr interessant werden. Insofern ist dies eine kleine Investition in die Zukunft. In der nächsten Make bringen wir mehr zum Thema Sprache und Home Assistant und auch zu diesem Modul.

Störend ist allerdings, dass es keinen eingebauten Akku gibt. Aber auch Amazon versorgt seine Echos über ein USB-Netzteil.

ESP32-H2-DevKit M-1



Bild 7: Eine der USB-C-Buchen dient nur der Stromversorgung.

Mit diesem Board (Bild 7) beginnt die Zukunft, denn als erster Controller auf dem Selbstbau-Markt angeboten, beherrscht es den neuen Smarthome-Standard Matter und das Thread-Netzwerk-Protokoll. In ESPHome und Home Assistant sind die dafür erforderlichen Software-Bestandteile bereits vorhanden, sodass man mit dem Board auch bereits etwas anfangen kann. Zumindest zum Sammeln von Erfahrungen reicht es. Denn leider ist die Anzahl an kommerziellen Matter-fähigen Geräten noch gering. Aber was spricht dagegen, den (eventuellen) Zukunftstrend frühzeitig mitzumachen?

Es stehen zahlreiche IO-Pins und Schnittstellen zur Verfügung, die genauso wie bei den anderen ESP-Boards benutzt werden können. Das Board kann man als Matter-Hub aber auch als Client verwenden. Nichts spricht also dagegen.

Sie merken sicher, dass ich etwas vorsichtig formuliere. Es ist noch keineswegs sicher, dass der neue Standard sich durchsetzen wird. Da das Board aber inklusive Zoll und Lieferung aus China nur etwa 20 Euro kostet, empfehle ich es trotzdem. Sie können damit bereits jetzt Erfahrungen sammeln. Wer weiß, vielleicht ist das die Basis, eigene Matter-Projekte zu entwickeln und so in der Zukunft ein Vermögen zu machen oder zumindest einen Artikel in der Make. Berichten Sie uns doch einfach darüber.

TTGO T-Higrow

Dieses Board fällt durch seine ungewöhnliche Form auf. Es handelt sich nämlich um einen Bodenfeuchte-Sensor. Der spitz zulaufende Teil wird einfach in den zu überwachenden Boden gesteckt, etwa im Blumenkasten oder Gewächshaus.

Die Feuchtemessung erfolgt nicht wie bei preiswerten Sensoren über eine Widerstandsmessung, was einen elektrischen Kontakt der Sensorelektroden mit dem Erdboden erfordert. Der Wassergehalt des Bodens wird stattdessen kapazitiv mit elektrisch isolierten Messsonden ermittelt. Das hat den Vorteil, dass die Elektroden nicht korrodieren, was den Widerstand verändert. Aus diesem Grund werden preiswerte Bodenfeuchte-Sensoren schnell unbrauchbar, melden dann meist permanent Trockenheit, was insbesondere bei automatischen Bewässerungssystemen zu Überflutungen führen kann.

Das Board kann aber noch mehr: So ermittelt es mit einem weiteren Elektrodensatz auch die Leitfähigkeit des Bodenwassers, die etwas über den Mineral- und damit den Düngergehalt aussagt. Allerdings gilt hier dann natürlich, dass diese Elektroden der Korrosion ausgesetzt sind. Außerdem ist die Leitfähigkeit auch von anderen Faktoren, etwa dem Kalkgehalt des Wassers, abhängig. Zur Bestimmung des Düngerbedarfs ist das nur sehr eingeschränkt verwendbar.

Zusätzlich ermittelt es die Lufttemperatur und -feuchtigkeit sowie die Beleuchtungsstärke. Alle Messwerte sind für die Pflanzenzucht wichtig, um beispielsweise rechtzeitig zu bewässern oder Nährstofflösung nachzufüllen. Damit dies auch draußen im Garten erfolgen kann, hat das Board einen Akkuanschluss nebst Ladeelektronik. Dann aber sollte man den ESP32 unbedingt in den Tiefschlaf (Deepsleep) legen und nicht öfter als drei bis viermal am Tag für ein bis zwei Minuten aufwecken. Andernfalls ist der Akku zu schnell leer.



Bild 8: Der Bodenfeuchte-Sensor TTGO T-Higrow ist durch zahlreiche Anschlüsse gut erweiterbar.

Ein Manko hat das Higrow-Board jedoch: Es besitzt kein wasserdichtes Gehäuse. Das muss man selbst herstellen. Auf Thingiverse gibt es dafür eine Reihe von Projekten. Wirklich wasser- und damit auch luftdichte Gehäuse verfälschen jedoch die Messwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Eine kleine Öffnung sollte also vorhanden sein.

Das Board selbst arbeitet einwandfrei und auch die WLAN-Reichweite genügt, um zumindest eine größere Terrasse messwerttechnisch erfassen zu können. Es stellt auch noch einen I²C-Bus zum Anschluss weiterer Sensoren sowie 13 IO-Pins bereit. Das reicht auch für größere Umweltprojekte.

NodeMCU



Bild 9: Auf dem NodeMCU-Board sitzen Taster.

Dies (Bild9) ist der kleine Bruder der ESP32 NodeMCU. Der ESP8266-Prozessor hat aber kein Bluetooth und etwas weniger RAM. Ansonsten ist das Board, was Anschlüsse angeht, ebenfalls gut ausgerüstet und kann daher ebenfalls als Universalcontroller in nahezu jedem Projekt eingesetzt werden. Es begnügt sich außerdem mit einer geringeren Stromaufnahme. Aus Erfahrung weiß ich, dass dieses Board auch mit etwas Unterspannung, beispielsweise infolge langer USB-Kabel, besser als ESP32-Boards zurechtkommt. Wenn also die Steckdose weit vom Controller entfernt ist, kann dies die bessere Wahl sein.

Falls Sie einen Bauvorschlag anderer Leute mit diesem Board nachbauen, achten Sie aber unbedingt auf die Kontaktleisten-Belegung im Schaltplan. Hier gibt es sehr viele Board-Varianten und die Anschlüsse liegen nicht immer an derselben Stelle. Das kann schnell zu Verdrahtungsfehlern führen.

Die WLAN-Reichweite ist ähnlich der des ESP32-Boards. Ein externer Antennenanschluss ist nicht vorhanden, aber auch nicht nötig. **Achtung:** Das Board hat zwei Taster. Außer Reset haben die auch eine Funktion beim Flashen der Firmware. Bei manchen Boards müssen Sie die Taster nur beim erstmaligen Flashen drücken, bei anderen bei jedem Flash-Vorgang. Informieren Sie sich darüber auf den Dokumentationsseiten des jeweiligen Herstellers.

ESP-01



Bild 10: Nur etwas größer als ein Daumennagel ist das ESP-01.

Dieses Board (Bild 10) hat nur acht Pins als Verbindung zur Außenwelt. Mehr braucht man aber auch nicht, wenn der Controller lediglich einen Sensor abfragen oder ein Relais schalten soll. Auf dem Port liegen neben den Pins für die Stromversorgung noch zwei digitale IO-Pins sowie eine bidirektionale serielle Schnittstelle. In vielen Fällen kann man sich sogar Lötarbeiten sparen, denn es gibt einige Shields, etwa Relaiskarten, auf die man das Modul direkt aufstecken kann (siehe Kasten). So sind einfache Schaltaufgaben schnell gebaut.

Auch auf den fürs Flashen erforderlichen Programmer wird das Modul nur gesteckt. Das früher notwendige Anschließen eines USB-UART-Wandlers und Kurzschließen von GPIO 0 ist nicht mehr nötig.

Wemos D1 mini



Bild 11: Die Wemos D1 mini sollten Sie mit nicht eingelöteten Kontaktleisten kaufen. Dann können Sie selbst entscheiden, ob es für den jeweiligen Einbauort besser ist, die Leisten nach oben oder unten einzubauen.

Die ESP8266-Version der Wemos-D1-Mini-Serie (Bild 11) passt optimal zu den Erweiterungsplatinen. Auf den Mehrfachsteckplätzen bereitet es keine Platzprobleme, sodass sich mehre Shields gleichzeitig damit verbinden lassen. Sollten dabei aber stromhungrigere Exemplare wie etwa manche Relaiskarten sein, kann es Probleme mit der Stromversorgung geben. Falls die Versorgungsspannung nur an einer Stelle eines Shield-Stapels eingespeist wird, kann es an den weiter entfernten Bausteinen infolge teilweise recht dünner Leiterbahnen zu Spannungsabfällen kommen. Ein bis zwei gleichzeitig benutzte Shields sind aber kein Problem.

Das Board arbeitet aber auch prächtig außerhalb der Wemos-Welt mit selbstgebauten Schaltungen. Die WLAN-Verbindung ist nicht spitzenmäßig, aber durchaus ausreichend. Das Board braucht allerdings auch im Deepsleep-Modus viel Strom. Grund dafür ist eine permanent leuchtende LED auf dem Board. Das ist zwar eine Low-current-Leuchtdiode, aber so kommt das Board im Deepsleep nicht unter 1,2mA. Für Akku-Anwendungen ist es daher nicht gut geeignet.

ESP8266-12F



Bild 12: Kleiner geht es nun wirklich nicht, aber trotzdem stehen 17 IO-Ports zur Verfügung. Nur zitterfrei löten muss man können.

Dies ist das Minimalismus-Board (Bild 12) in der ESP8266-Ausführung. Der Platzbedarf ist hier wirklich minimal. Alle Pins des Prozessors sind von außen auf Lötkontakten zugänglich. Die WLAN-Reichweite ist aber nicht immer gut; da diese Boards von sehr vielen verschiedenen Herstellern angeboten werden, gibt es da eine große Bandbreite. Vereinzelt gibt es auch Ausführungen ohne abschirmendes Blechgehäuse. Von denen rate ich ab, da Funkstörungen der benachbarten Elektronik nicht ausgeschlossen werden können.

Ausführungen mit einer Buchse für eine externe Antenne sind ebenfalls im Handel erhältlich. Um die zu benutzen, muss jedoch ein nahe dem Blechgehäuse liegender und nur sandkorngroßer 0-Ohm-Widerstand umgelötet werden. Das ist ohne Mikroskop kaum machbar und daher nutzlos.

Das Modul ist so klein, dass es oft sogar in Sensoren oder Displays eingebaut werden kann. Zur Programmierung braucht man eine Platine mit entsprechender Fassung (siehe Kasten). Fürs Anschließen und Verlöten ist eine ruhige Hand erforderlich. Ansonsten ist das Platinchen problemlos.

Report

ESP IR TR



Bild 13: Obwohl auf diesem IR-Sender/-Empfänger ein ESP8285 arbeitet, muss er trotzdem mit 5V versorgt werden. Andernfalls strahlt die Leuchtdiode nicht hell genug.

Im Smarthome spielt die Unterhaltungselektronik eine wichtige Rolle. Dieses Board (Bild 13) bindet die in der Regel per Infrarot-Fernbedienung gesteuerten Geräte perfekt ins Smarthome ein. Es enthält neben einem senkrecht stehenden ESP8285-Prozessor (eine etwas schwächere Ausführung des 8266) eine Infrarot-Leuchtdiode und einen entsprechenden Empfängerbaustein.

Selbst, wenn Sie die Fernbedienungscodes Ihrer Geräte nicht kennen, können Sie sie mithilfe des IR-Empfängers und der passenden ESPHome-Firmware leicht ermitteln. Die schickt das Modul dann nämlich als Log-Meldung an den Smarthome-Server zurück, wo sie von ESPHome angezeigt werden können. So ermitteln Sie für jede Taste einer Fernbedienung den jeweiligen Code und können den dann bei der Firmware für den Transmitter einsetzen. In meiner Smarthome-Serie (siehe Kurzinfo) habe ich beschrieben, wie das geht.

Arduino nano RP2040 connect



Bild 14: Klein, aber mit 16MB Speicher und einem Prozessor aus der Raspberry-Familie ist der Arduino nano RP 2040 connect gut ausgestattet.

An der Unterstützung dieses Boards (Bild 14) wird bei ESPHome gerade akut gearbeitet. Grund dafür ist die für Spracherkennung sehr gut geeignete Hardware, denn der RP2040-Prozessor bietet gute Rechenleistung und auf dem Board ist auch ein Mikrofon vorhanden. WLAN und Bluetooth gibt es als Verbindungsmöglichkeiten, und zahlreiche IO-Kontakte lassen auch Mess- und Schaltaufgaben zu. Lediglich Ton- und damit auch Sprachausgabe wird erschwert, da die vorhandene Sound-Schnittstelle I²S vom Mikrofon benutzt wird.

Meine Empfehlung ist daher die gleiche wie beim ESP32-H2-Board: Man sollte es kaufen, wenn man selbst Projekte entwickeln und für die nächste Zukunft Erfahrungen mit solchen Boards im Smarthome-Bereich sammeln möchte. Auch dieses Board wird in der nächsten Make bei der Spracherkennung behandelt.

Raspberry Pi Pico W



Bild 15: Der Raspberry Pico hat eine ähnliche Hardware wie der Arduino, aber kein Mikrofon.

Dieses Board (Bild 15) hat denselben Prozessor wie der zuvor genannte Arduino. Allerdings sind nur 2 MB Flashspeicher vorhanden. Als Ausgleich gibt es aber mehr IO-Pins und eine bereits fertige ESPHome-Unterstützung.

Das Board ist im Smarthome dann anzuraten, wenn rechenintensive Aufgaben zu erledigen sind. Möchten Sie zum Beispiel auf einem Display nicht nur schlichte Zahlen, sondern auch aussagekräftige Grafiken anzeigen lassen, dann kann der RP2040 diese sehr schnell berechnen. Mit einer kleinen Zusatzplatine bekommt der kleine Raspi sogar einen VGA-Anschluss, sodass sich alte Displays und Monitore wiederbeleben lassen.

Hervorzuheben ist, dass der Raspberry Pico sich mit einer Versorgungsspannung begnügt, die zwischen 1,8V und 5,5V liegen darf. Ein auf dem Board vorhandener Step-up-Wandler macht's möglich. Damit wäre sogar ein längerer Betrieb an herkömmlichen Batterien möglich, die er allerdings bis zum letzten Elektron aussaugt.

Damit habe ich Ihnen nun die Boards vorgestellt, mit denen ich am liebsten und häufigsten arbeite. Ich erhebe dabei keinen Anspruch darauf, dass sie die einzig seligmachenden Controller sind. Da hat sicher jeder Maker eigene Vorlieben und ja, auch andere Boards funktionieren. Wie meine Erfahrung lehrt, arbeiten sie aber nicht immer zur Zufriedenheit. Was mich bei manchen, insbesondere sogenannten Klonen von bekannten Controllern, am meisten ärgert, sind unterschiedliche Kontaktbelegungen. Da kann man selbst scheinbar gleich aussehende Boards nicht einfach austauschen. Aber teilen Sie uns Ihre Meinung ruhig mit, per Mail an mail@make-magazin.de. —hqb





Heft + PDF mit 29 % Rabatt

Was muss man technisch über KI wissen? Damit beschäftigt sich dieses iX-Special und hat für jeden Wissensstand etwas im Gepäck. Erfahrene Entwickler finden Tipps zu fertigen KI-Modellen und Quellen von Trainingsdaten; Anfänger und Interessierte holt das Heft bei bei der Architektur von Sprachmodellen und der Funktionsweise von KI-Bildgeneratoren ab.

Für alle dazwischen bietet das Special Informationen, um aktuell wirklich mitreden zu können:

- Was große KI-Modelle können: So funktionieren GPT-4, Bard, Stable Diffusion und Co.
- Mit PyTorch und scikit-learn in die KI-Entwicklung starten
- Mit LangChain KI-Agenten bauen und eigene Daten nutzen
- Neuronale Suche: Finden, was wirklich gemeint ist
- Aktuelle GPUs im Leistungsvergleich
- KI und Recht: Urheberrecht, DSGVO, Data Act und Al Act
- Auch als Angebots-Paket Heft + PDF + Buch "Natural Language Processing mit Transformern" erhältlich!

Heft für 14,90 € • PDF für 14,90 € Bundle Heft + PDF 20,90 €



Generell portofreie Lieferung für Heise Medien- oder Maker Media Zeitschriften-Abonnenten oder ab einem Einkaufswert von 20 € (innerhalb Deutschlands). Nur solange der Vorrat reicht. Preisänderungen vorbehalten.



Controlle	r-Boards f	ürs Smart	home				
Board-Name	ESP32 Node MCU	Wemos D1 mini ESP32	Lolin32	ESP32-CAM	ESP- WROOM-32	M5 Atom Echo	ESP32-H2-DevKit M-1
Prozessor	ESP32 WROOM (240 MHz Dual- Core Tensilica LX6)	ESP32 WROOM (240 MHz Dual- Core Tensilica LX6)	ESP32 WROOM (240 MHz Dual- Core Tensilica LX6)	ESP32-S	ESP32 WROOM (240 MHz Dual- Core Tensilica LX6)	ESP-PICO-D4	ESP32-H2
Speicher	4 MB Flash/ 520 KB SRAM	4 MB Flash/ 520 KB SRAM	4 MB Flash/ 520 KB SRAM	4 MB Flash/ 520 KB SRAM	4 MB Flash/ 520 KB SRAM	4 MB Flash/ 520 KB SRAM	2 MB Flash/ 320 KB SRAM
PIN-Layout	2 × 19	2×2×10	$1 \times 15/1 \times 20$	2×8	2 × 14/1 × 10 Lötkontakte	1 × 4/1 × 5	2×15
Digital-IO/ ADC/PWM- Ports	22/14/2	32/4/3	26/16/2	4/0/0	36/16/16	6/0/0	19/5/0
IO-Pegel	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V
Schnittstellen							
l ² C	1	1	2	nein	2	nein	1
SPI	1	1	1	nein	2	nein	3
l²S	1	nein	1	nein	2	nein	1
USB	Micro-USB	Micro-USB	Micro-USB	Micro-USB	nein	USB-C	2 × USB-C
UART	1	1	2	1	3	nein	2
WLAN	2,4GHz/802.11 b/g/n/e/l	2,4GHz/802.11 b/g/n/e/l	2,4GHz/802.11 b/g/n/e/l	2,4GHz/802.11 b/g/n/e/l	2,4GHz/802.11 b/g/n/e/l	2,4GHz/802.11 b/g/n/e/l	nein
Anschluss für externe Antenne	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein
Bluetooth	4.2 (BR/EDR/ BLE)	4.2 (BR/EDR/ BLE)	4.2 (BR/EDR/ BLE)	4.2 (BR/EDR/ BLE)	4.2 (BR/EDR/ BLE)	4.2 (BR/EDR/ BLE)	5.2 (BR/EDR/BLE/Mesh)
Matter/ Thread-fähig	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	ja/ja
Sensoren							
Mikrofon	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein
Kamera	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein
Externe Temperatur	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Luftfeuchtig- keit	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Helligkeit	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Infrarot-Emp- fänger/-Sender	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
Sonstiges	10 Touch- sensor- Eingänge	kompatibel zum Wemos- D1-Mini- System	10 Touch- sensor- Eingänge/ Laderegler onboard	Micro-SD- Kartenslot, Blitzlicht-LED, USB-Program- mierplatine erhältlich	10 Touch- sensor- Eingänge	Lautsprecher, RGB-LED, Taster, Gehäuse	RGB-LED
Stromversor- gung über	USB/PIN-Leiste	USB/PIN-Leiste	USB/PIN- Leiste/Akku	USB/Pin-Leiste	Lötkontakt	USB/Pin-Leiste	USB-C
Versorgungs- spannung	5V/3,3V	5V/3,3V	5V/3,3V/3,7V	5V/3.3V	3,3V	5V/3,3V	5V
Stromaufnah- me maximal	500mA	500mA	500mA	700mA	420mA	40mA	10mA
Maße $(L \times B \times H)$	56 x 28 x 13mm	39 × 31 × 5mm	49 × 25 × 3mm	40 × 27 × 11mm	25 × 17 × 3mm	24 × 24 × 17mm	48 × 26 × 15mm
Boardbezeich- nung in ESP- Home	Az-delivery- devkit-v4	wemos_d1_ mini32	lolin32	esp32cam	esp32dev	m5stack-atom	esp32-c3-devkitm-1
Preis ab: (Stand Anfang Juli 23)	7 Euro	12 Euro	12 Euro	14 Euro	5 Euro	14 Euro	11 Euro

TTGO T-Higrow							
I I GO I - I IIgIOW	NodeMCU	ESP-01	Wemos D1 mini	ESP8266-12F	ESP IR TR	Arduino nano RP2040 connect	Raspberry Pi Pico W
ESP32	ESP8266	ESP8266	ESP8266	ESP8266	ESP8285	RP2040	RP2040
4 MB Flash/ 520 KB SRAM	1 MB Flash/ 512 KB SRAM	1 MB Flash/ 512 KB SRAM	1 MB Flash/ 512 KB SRAM	1 MB Flash/ 512 KB SRAM	1 MB Flash/ 50 KB SRAM	16 MB Flash/ 264 KB SRAM	2 MB Flash/ 264 KB SRAM
2 × 12	2 × 15	2×4	2×8	2 × 8/1 × 6 Löt- kontakte	1×6	2 × 15	2×20
13/8/0	13/1/13	2/0/0	11/10/1	17/1/3	0/0/0	14/8/20	26/3/16
3,3V	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V	3,3V
1	1	nein	1	1	nein	1	2
nein	2	nein	1	1	nein	1	2
nein	nein	nein	nein	1	nein	1 (von internem Mikrofon be- legt)	1
USB-C	Micro-USB	nein	Micro-USB	nein	nein	Micro-USB	Micro-USB
nein	2	1	1	3	nein	1	2
2,4GHz/802.11 b/g/n/e/l	2,4GHz/802.11 b/g/n	2,4GHz/802.11 b/g/n	2,4GHz/802.11 b/g/n	2,4GHz/802.11 b/g/n	2,4GHz/802.11 b/g/n	2,4GHz/802.11 b/g/n	2,4GHz (802.11n)
nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
4.2 (BR/EDR/ BLE)	nein	nein	nein	nein	nein	4.2 (BR/EDR/ BLE)	5.2 (BR/EDR/ BLE)
nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein	nein/nein
nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	nein
nein	nain						
nem	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
ja	nein	nein	nein nein	nein nein	nein nein	nein	nein
ja ja	nein	nein nein	nein nein	nein nein nein	nein nein	nein nein	nein nein
ja ja	nein nein nein	nein nein nein	nein nein nein	nein nein nein nein	nein nein nein	nein nein nein	nein nein nein
ja ja nein/nein	nein nein nein nein/nein	nein nein nein nein/nein	nein nein nein nein nein/nein	nein nein nein nein nein/nein	nein nein nein ja/ja	nein nein nein nein/nein	nein nein nein nein/nein
ja ja ja nein/nein mit DHT12 oder BME280 als Temp/Feuch- tesensor liefer- bar/ mit Boden- feuchte- und Leitfähigkeits- sensor	nein nein nein nein/nein	nein nein nein nein/nein Analog-Eingang nur bis max. 3,2V	nein nein nein nein/nein diverse Auf- steck-Shields erhältlich	nein nein nein nein/nein UART3 nur zum Empfang	nein nein nein ja/ja IR für gängige Unterhaltungs- elektronik	nein nein nein nein/nein 6-Achsen Beschleuni- gungssensor/ RGB-LED	nein nein nein nein/nein Mit entspre- chenden Pla- tinen Bildaus- gabe auf VGA-Display möglich
ja ja ja nein/nein mit DHT12 oder BME280 als Temp/Feuch- tesensor liefer- bar/ mit Boden- feuchte- und Leitfähigkeits- sensor USB/Pin-Leiste/ Akku	nein nein nein nein/nein	nein nein nein nein/nein Analog-Eingang nur bis max. 3,2V	nein nein nein nein/nein diverse Auf- steck-Shields erhältlich	nein nein nein nein/nein UART3 nur zum Empfang	nein nein nein ja/ja IR für gängige Unterhaltungs- elektronik	nein nein nein nein/nein 6-Achsen Beschleuni- gungssensor/ RGB-LED	nein nein nein nein nein/nein Mit entspre- chenden Pla- tinen Bildaus- gabe auf VGA-Display möglich
ja ja ja nein/nein mit DHT12 oder BME280 als Temp/Feuch- tesensor liefer- bar/ mit Boden- feuchte- und Leitfähigkeits- sensor USB/Pin-Leiste/ Akku 5V/5V/3,7V	nein nein nein nein/nein USB/Pin-Leiste	nein nein nein nein/nein Analog-Eingang nur bis max. 3,2V Pin-Leiste 3,3V	nein nein nein nein nein/nein diverse Auf- steck-Shields erhältlich USB/Pin-Leiste	nein nein nein nein/nein UART3 nur zum Empfang Lötkontakt 3,3V	nein nein nein iain ja/ja IR für gängige Unterhaltungs- elektronik Pin-Leiste	nein nein nein nein/nein 6-Achsen Beschleuni- gungssensor/ RGB-LED USB/Pin-Leiste 5V/5-18V	nein nein nein nein nein/nein Mit entspre- chenden Pla- tinen Bildaus- gabe auf VGA-Display möglich USB/Pin-Leiste 5V/1,8 bis 5,5V
ja ja ja ja nein/nein mit DHT12 oder BME280 als Temp/Feuch- tesensor liefer- bar/ mit Boden- feuchte- und Leitfähigkeits- sensor USB/Pin-Leiste/ Akku 5V/5V/3,7V 400mA	nein nein nein nein/nein USB/Pin-Leiste 5V/3,3V 400mA	nein nein nein nein nein/nein Analog-Eingang nur bis max. 3,2V Pin-Leiste 3,3V 90mA	nein nein nein nein nein/nein diverse Auf- steck-Shields erhältlich USB/Pin-Leiste 5V/3,3V 500mA	nein nein nein nein nein/nein UART3 nur zum Empfang Lötkontakt 3,3V 430mA	nein nein nein iain ja/ja IR für gängige Unterhaltungs- elektronik Pin-Leiste 5V 300mA	nein nein nein nein/nein 6-Achsen Beschleuni- gungssensor/ RGB-LED USB/Pin-Leiste 5V/5-18V 40mA/800mA	nein nein nein nein nein/nein Mit entspre- chenden Pla- tinen Bildaus- gabe auf VGA-Display möglich USB/Pin-Leiste 5V/1,8 bis 5,5V 300mA
ja ja ja ja nein/nein mit DHT12 oder BME280 als Temp/Feuch- tesensor liefer- bar/ mit Boden- feuchte- und Leitfähigkeits- sensor USB/Pin-Leiste/ Akku 5V/5V/3,7V 400mA 155 × 33 × 24mm	nein nein nein nein/nein NEIN/NEIN NEIN/NEIN NEIN/NEIN NEIN/NEIN NEIN/NEIN NEIN/NEIN NEIN/NEIN NEIN/NEIN/	nein nein nein nein nein/nein Analog-Eingang nur bis max. 3,2V Pin-Leiste 3,3V 90mA 24 × 14 × 11mm	nein nein nein nein nein/nein diverse Auf- steck-Shields erhältlich USB/Pin-Leiste 5V/3,3V 500mA 35 × 26 × 12mm	nein nein nein nein nein/nein UART3 nur zum Empfang Lötkontakt 3,3V 430mA 24 × 16 × 3mm	nein nein nein iain ja/ja IR für gängige Unterhaltungs- elektronik Pin-Leiste 5V 300mA 18 × 18 × 3mm	nein nein nein nein nein/nein 6-Achsen Beschleuni- gungssensor/ RGB-LED USB/Pin-Leiste 5V/5-18V 40mA/800mA 45 × 18 × 14mm	nein nein nein nein nein/nein Mit entspre- chenden Pla- tinen Bildaus- gabe auf VGA-Display möglich USB/Pin-Leiste 5V/1,8 bis 5,5V 300mA 51 × 21 × 3mm
ja ja ja ja nein/nein mit DHT12 oder BME280 als remp/Feuch- tesensor liefer- bar/ mit Boden- feuchte- und Leitfähigkeits- sensor USB/Pin-Leiste/ Akku 5V/5V/3,7V 400mA 155 × 33 × 24mm esp32dev	nein nein nein nein/nein nein/nein VSB/Pin-Leiste SV/3,3V 400mA 50 × 26 × 13 mm nodemcuv2	nein nein nein nein nein/nein Analog-Eingang nur bis max. 3,2V Pin-Leiste 3,3V PomA 24 × 14 × 11mm esp01	nein nein nein nein nein/nein diverse Auf- steck-Shields erhältlich SV/3,3V S00mA 5500mA 35 × 26 × 12mm d1_mini	nein nein nein nein nein/nein UART3 nur zum Empfang Lötkontakt 3,3V 430mA 24 × 16 × 3mm esp12e	nein nein nein inein ja/ja IR für gängige Unterhaltungs- elektronik Pin-Leiste 5V 300mA 18 × 18 × 3mm issa sp8285	nein nein nein nein nein/nein	nein nein nein nein nein/nein Mit entspre- chenden Pla- tinen Bildaus- gabe auf VGA-Display möglich USB/Pin-Leiste SV/1,8 bis 5,5V 300mA 51 × 21 × 3mm

Empfehlenswertes Zubehör

Bei einigen der hier vorgestellten Boards ist etwas Zubehör empfehlenswert oder sogar notwendig. Das ESP01-Modul beispielsweise braucht zum Übertragen der Firmware einen Programmer. Den gibt es preiswert (etwa 6 Euro) in Form eines USB-Steckers. Außerdem sind für dieses Modul auch einige Shields lieferbar, beispielsweise Relaiskarten, Breakout-Boards oder Motortreiber.

Auch der ESP8266-12F und der ESP-WROOM 32 brauchen eine Programmierplatine. Empfehlenswert finde ich die beiden im nebenstehenden Bild (Bezugsquellen siehe Kurzinfo-Link). Das Einsetzen insbesondere der ESP32-Platinen in die mit kleinen Federkontakten ausgestatteten Fassungen ist aber nicht einfach.

Auch für die beiden Wemos-D1-mini-Boards gibt es Shields. Das hat sich inzwischen zu einem richtigen Baukastensystem entwickelt. Mithilfe von zwei- und Dreifach-Platinen kann man den Controller sogar mit mehreren Shields gleichzeitig verbinden. Allerdings muss man dabei darauf achten, dass die Stromversorgung nicht überfordert wird, denn die Leiterbahnen dafür sind auf den Platinen recht dünn.

> Links im Bild ist der Programmer für ESP01-Module. Den braucht man auf jeden Fall. Rechts daneben ein Breakout-Board mit Spannungsregler sowie eine LED-Steuerung und eine Relaiskarte.





Links ist der Programmer für den ESP WROOM 32, rechts für den ESP8266-12F. Der kann aber auch für den ESP01 benutzt werden. Beide Platinen dienen auch als Breakout-Board, stellen also alle Anschlüsse des Controller auf Kontaktpins zur Verfügung.





Als Shields für Wemos-Boards gibt es unter anderem auch Displays (oben links) und Mehrfach-Steckplatinen (oben rechts). Darunter ein Stromversorgungs-Board sowie Motortreiber und IR-Sender.



Die neue Oxocard Science ist Raumsensor, Experimentierplatine und pädagogischer Lerncomputer in einem.



Oxocard SCIENCE (Originalgrösse) 55x85 mm Paketinhalt: Computerplatine mit sofort nutzbarem Betriebssystem und vielen Beispielprogrammen, USB-Kabel, Adapter, Kartonständer.

Nicht enthalten: USB-Stromquelle und Computer für individuelle Programmierungen.

Für die Programmierung ist ein PC / Mac / Tablet mit modernem Browser und WiFi erforderlich.

Raumklima überwachen

Mit der Oxocard Science lassen sich zwölf verschiedene Raumwerte ablesen.

- Temperatur
- Luftdruck
- Feuchtigkeit
- flüchtige Kohlenstoffverbindung
- CO, (berechnet)
- Ethanol (berechnet)
- Luftqualität nach IAQ
- Lichtstärke
- Infrarot
- Lautstärke
- Frequenzen
- 3D-Beschleunigung

Programmieren lernen

Dank fertiger Programme kann man auch ohne Programmiererfahrung sofort loslegen und in kurzer Zeit verblüffende Resultate erzielen. Dies steigert die Motivation und erhöht den Lernerfolg.

Experimente mit Sensoren

Führe spannende Experimente mit Umweltsensoren durch (ab 14 Jahren). «Alles ist bereits fertig programmiert und funktioniert. So kann ich es abändern und lerne dabei viel über das Programmieren.»

«Ich habe in kurzer Zeit schon grosse Fortschritte gemacht.» Lena. Oberstufe





JETZT NEU: INFORMATIKMAGIE

Kreative Einführung in die faszinierende Welt des Programmierens.

Dieses Buch ist nicht nur für Anfänger geeignet. Dreizehn ausführlich dokumentierte Beispiele zeigen neben physikalischen Experimenten, wie Feuer, Wasser, Schnee und Bäume simuliert werden können. Mit diesem unterhaltsamen Kurs können Schulkenntnisse in Mathematik, Trigonometrie und Vektorgeometrie aufgefrischt und vertieft werden. (Oxocard Galaxy, Artwork oder Science erforderlich).

Jetzt im Heise-Shop oder im Buchhandel bestellen: shop.heise.de oder thalia.de. In der Schweiz bei Brack, Galaxus, Fust und vielen anderen Online-Shops.



BESUCH UNS AN DER MAKERFAIRE HANNOVER





Die Backup-Station

Die eigenen Daten regelmäßig zu sichern ist wichtig, aber meist zu lästig, um es wirklich gewissenhaft zu tun. Diese portable Backup-Station muss man nur einstecken, dann passiert der Rest automatisch. Und auch wenn sie ausgeschaltet ist, zeigt ein kurzer Blick auf das integrierte ePaper-Display, ob schon wieder Backup-Zeit ist.

von Ralf Stoffels

Kurzinfo

- » Transportable Backup-Station für automatisierte Datensicherung mit rdiff
- » ePaper-Display zeigt dauerhaft Datum der letzten Sicherung an » Einfacher Zugriff auch auf ältere Dateiversionen und
 - versehentlich gelöschte Daten

Checkliste

Zeitaufwand: 3 bis 5 Stunden (zzgl. Druckzeit



Kosten: rund 150 Euro



für Befestigungsteile, je nach Gehäuse







Programmieren:

Rasperry-Pi-Installation, Verzeichnisse anlegen und Skript kopieren/anpassen

Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Das richtige Board für Ihren Zweck, Make 4/19, S. 34
- » Carsten Wartmann, Raspi-Alternativen im Jahr der Chipknappheit, Make 3/22, S. 18
- » Carsten Wartmann, Aufkleber selbst gemacht: Klebebandtransfer, Make 01/23, S. 98

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xj1y



Material

- » Raspberry Pi 2 oder alternatives Computerboard mit Linux als Betriebssystem
- » Steckernetzteil 5V, 3A » Micro-SD-Karte ab 4 GB
- » USB-Festplatte mit genügend Kapazität für die eigenen Daten
- » USB-Kabel möglichst kurz, für die Festplatte Netzwerkkabel zur Verbindung zwischen Raspi und Router
- ePaper-Display hier Waveshare 4.2 inch e-Paper Modul 400×300 Pixel, SKU: 13353, mit SPI-Schnittstelle und Anschlusskabeln
- Kippschalter mit zwei Stellungen, zum Einbau in die Gehäusefront
- » Taster (optional) schließend, zum Einbau in die Gehäusefront
- LED (optional) zum Einbau in die Gehäusefront
- Widerstand 680 Ohm,
- falls die LED eingebaut wird Jumperkabel für die Verbindungen zwischen
- Schalter, Taster, LED und Raspi
- Gehäuse mit Lüftungsöffnungen, Innenmaß ab etwa 20 × 15 × 5 cm; hier ein altes Floppy-Gehäuse aus Metall mit neuer Frontplatte aus Platinenmaterial

Werkzeug

- » Lötkolben und übliches Elektronikwerkzeug für die Verbindungen
- Handwerkzeug, Maschinen und Klebstoff je nach Material des Gehäuses

ber die Jahre sammeln sich selbst in einer durchschnittlichen Familie Terabytes an Daten auf den verschiedenen Rechnern an. Um diese für alle zugänglich zu machen, ist ein NAS (Network Attached Storage) nützlich, was nebenbei auch die zentrale Datensicherung deutlich erleichtert. Hierbei hat sich die 3-2-1-Regel bewährt, nach der jede Datei dreimal vorhanden ist, indem von den Originaldaten zwei Kopien auf unterschiedlichen Medien gemacht werden, von denen eine außer Haus lagern sollte. Ich beschreibe hier einen Ansatz, eine lokale Kopie der Daten auf einer externen Festplatte mit wenig Aufwand zu pflegen.

Backup

Unser NAS wird regelmäßig per LAN auf eine Festplatte kopiert und daneben auch verschlüsselt in der Cloud gespeichert. Da eine automatische Sicherung auf der Festplatte erfordern würde, dass diese auch immer im lokalen Netz hängt, würde sie z. B. bei einer Überspannung durch Blitzeinschlag gemeinsam mit dem NAS das Zeitliche segnen.

Ich fühle mich wohler mit einer externen Platte, die ich nur gelegentlich anschließe. Die ist zwar nicht immer hundertprozentig aktuell, aber ich kann sie irgendwo sicher verstauen. Nachdem ich das einige Zeit lang gemacht und dabei das jeweils letzte Sicherungsdatum auf einem Aufkleber auf der

Dokumente.	New: 2 Del: 0 Chng: 0
/ideos:	New: 0 Del: 0 Chng: 0
Musik: Ralf-Data	New: 0 Del: 0 Chng: 4 New: 34 Del: 0 Chng: 7
Make:	New: 0 Del: 0 Chng: 0
Exchange:	New: 17 Del: 6 Chng: 72

Die Anzeige auf dem ePaper-Display bleibt auch dann erhalten, wenn die Station vom Stromnetz getrennt wird.











Blecharbeiten mit der akkubetriebenen Minitrennscheibe

Verzeichnisse auf dem Backup-Medium

drwxrwxrwx 1 drwxrwxrwx 1 drwxrwxrwx 1 drwxrwxrwx 1 drwxrwxrwx 1 drwxrwxrwx 1	root root root root root	root root root root root root	4096 4096 4096 8192 4096 0	Apr Apr Jan Apr Nov Jun	20 10 4 19 5 1	21:27 10:03 12:24 18:54 2019 2020	'Projekte(CAD)' 'Projekte(Coding)' 'Projekte (Design)' 'Projekte (Elektronik)' 'Projekte (Hacks)' 'Projekte (Jupyter)'
drwxrwxrwx 1	root	root	0	Jun	1	2020	'Projekte (Jupyter)'
drwxrwxrwx 1 drwxrwxrwx 1	root root	root root	8192 16384	Feb May	19 18	15:12 18:59	'Projekte (Modellbau)' rdiff-backup-data

Festplatte vermerkt hatte, musste was Automatisiertes her.

Die eigentliche Idee zu diesem Projekt startete übrigens nicht mit dem oben beschriebenen Problem, sondern mit der Lösung, die nach einem Problem suchte – wie so oft bei meinen Projekten. Auf einer Maker Faire hatte ich im Affekt ein ePaper-Display gekauft, das noch auf einen Einsatzzweck wartete, und ein älterer Raspberry Pi 2 lag auch noch herum. Zusammen mit einem Metallgehäuse aus der Restekiste und einer neu beschafften 4-Terabyte-USB-HDD entstand so die Backup-Station, die das Datum des letzten Backups und ein paar statistische Daten auf dem ePaper festhält und auch nach dem Ausschalten weiter anzeigt, was die bisherige Zettelwirtschaft ersetzt.

Backup kinderleicht

Für die regelmäßigen Datensicherungen beschränkt sich die Bedienung der Backup-



Einbau des Displays



Die Blechkanten werden von einem Rahmen aus PLA verdeckt.

Station darauf, das LAN-Kabel und das Netzteil einzustecken. Die Backup-Station startet dann automatisch, erledigt die Datensicherung, schreibt alles auf das permanente Display und schaltet sich nach getaner Arbeit wieder ab. So einfach wie die Bedienung der Geräte aus Cupertino – zumindest ist das deren Ruf.

Entsprechend minimalistisch ist die Frontplatte gestaltet. Die LED leuchtet, sobald der Backup-Vorgang startet und schaltet sich ab, wenn alles erledigt ist. Es gibt einen Einschalttaster, mit dem man den Raspi nach dem automatischen Herunterfahren wieder starten kann, solange das Netzteil noch eingesteckt ist. Aber eigentlich entspricht das nicht dem Use-Model, denn üblicherweise verschwindet die Box nach getaner Arbeit wieder in einer Schublade und startet beim nächsten Einstecken wieder automatisch. Somit kann man diesen Taster auch weglassen. Unverzichtbar ist hingegen der Schalter Backup/Login, der den Modus der Box steuert. Stellt man ihn

Verzeichnis rdiff-backup-data

```
-rwxrwxrwx 1 root root
                             0 Nov
                                       2022 chars_to_quote
                                    1
                             8 May 18 18:45 current_mirror.2023-05-18T18:45:52+01:00.data
-rwxrwxrwx 1
             root root
-rwxrwxrwx 1
             root root
                          1353 Nov 1
                                      2022 extended_attributes.2022-11-01T12:20:52Z.snapshot.gz
-rwxrwxrwx 1
                        630846 Nov
                                    1
                                        2022 file_statistics.2022-11-01T12:20:52Z.data.gz
             root root
drwxrwxrwx 1
                         24576 May 18 18:55 increments
             root root
-rwxrwxrwx 1 root root
                               Oct 30
                                       2022 increments.2022-11-01T12:20:52Z.dir
                             0
-rwxrwxrwx 1 root root
                         81903 Nov 12
                                       2022 mirror_metadata.2022-11-01T12:20:52Z.diff.gz
```



Für die Kabel habe ich neue Durchführungen geschaffen; zwischen Blech und Kabel sitzen 3D-Druckteile.



Die neue Frontplatte mit minimalen Bedienelementen sitzt dort, wo vorher mal ein Floppy-Laufwerk war.

auf Login, dann startet beim Einstecken kein Backup-Vorgang und es gibt vor allem keinen automatischen Shutdown. Diesen Modus braucht man, wenn man ein Backup zurückkopieren will oder etwas am Setup ändern möchte.

Wahl des Backup-Werkzeugs

Es gibt allerlei Backup-Programme, die die Daten in einem proprietären Datenformat speichern und sich um Versionierung und Historie der Daten kümmern. Das ist sehr praktisch, erzeugt aber eine Abhängigkeit von genau diesem Tool, das vielleicht in der nächsten Version des Betriebssystems nicht mehr läuft oder aus anderen Gründen den Zugang zu den gespeicherten Schätzen verweigert.

Ich bevorzuge den konservativen Ansatz, bei dem die Daten unverändert in der originalen Verzeichnisstruktur als einzelne Dateien gespeichert werden. Auf eine Versionierung der Backups möchte ich dabei aber trotzdem nicht verzichten. Sollte ich versehentlich etwas gelöscht oder überschrieben haben, oder im schlimmsten Fall sich irgendeine Ransomware durch die Daten gefressen haben, möchte ich in der Lage sein, auf eine ältere Version zurückspringen zu können.

Mit rdiff-backup gibt es in jeder Linux-Distribution ein Standardwerkzeug, das beides



Frontplattendesign mit Rubbelbuchstaben

vereint: originale Verzeichnisstruktur mit Einzeldateien und eine Historie der Backups. Die Verzeichnisse auf dem Backup-Medium sehen dann zum Beispiel aus wie im Kasten.

Jedes dieser Verzeichnisse enthält exakte Kopien der Originaldaten. Solange man nur die letzte Version wieder herstellen möchte, reicht ein einfaches Kopieren dieser Verzeichnisse. Zusätzlich erstellt rdiff-backup auf dem Backup-Drive ein Verzeichnis rdiff-backupdata, das alle inkrementellen Änderungen der Daten erfasst. Diese Daten werden gebraucht, wenn eine ältere Version der Datensicherung wieder hergestellt werden soll. Der Inhalt sieht z. B. so aus wie im Kasten.

Für diesen Inhalt braucht man sich allerdings nicht weiter zu interessieren, da zurückliegende Versionen per rdiff-backup wieder daraus hervorgeholt werden. Der Befehl rdiff-backup -l backup-verzeichnis/ unterverzeichnis

listet zum Beispiel alle alten Versionen dieses Unterverzeichnisses auf. Man kann sich dann entscheiden, welche davon wieder hergestellt werden soll. Mehr Details zur Benutzung des Tools bekommt man – so wie bei vielen Linux-Kommandozeilen-Tools – mit

man rdiff-backup

Weitere Informationen findet man auch auf der Projektseite (siehe Link in der Kurzinfo).

Da auch das Raspberry Pi OS eine Linux-Distribution ist, lässt sich rdiff-backup aus der Kommandozeile aus dem Repository installieren:

sudo apt-get install rdiff-backup



Raspi und Display in der Oberschale des Gehäuses



Befestigungsrahmen für das Display

Was ist in der Box?

Der ganze Hardware-Aufbau besteht aus den folgenden vier Hauptkomponenten:

- Raspberry Pi (eine ältere Version reicht aus)
- USB-Festplatte am USB-Port des Raspberrys
- ePaper-Display
- USB-Steckernetzteil, das den Raspi und die Festplatte versorgt.

Die Festplatte sollte großzügig dimensioniert werden. Besonders, wenn viele Dateien oft

geändert werden, legt rdiff-backup zusätzlich viele Versionsdaten an. Es wird also mehr Platz gebraucht, als auf dem NAS an Daten gespeichert ist.

Geduld beim Start

Ich verwende den Ethernet-Anschluss des Raspberry Pis für den Anschluss an mein Netzwerk. WLAN ist auch eine Option, reduziert aber die Datenrate noch einmal deutlich. Selbst bei dem 100-Base-T-LAN – mehr bekommt man nicht bei einem älteren Raspi – dauert der erste Lauf des Backups einige Tage bei einem NAS mit 2 Terabyte. Aber man muss ja nicht daneben sitzen bleiben. Bei den folgenden inkrementellen Sicherungen geht es dann viel schneller, weil ja nur noch neue Daten und Änderungen über das Kabel wandern müssen. Bei mir ist das üblicherweise in weniger als einer halben Stunde erledigt.

Wem das alles zu langsam geht, wählt eine Raspi-Alternative mit Gigabit-Ethernet. Eine Auswahl solcher Alternativen wurden in Make 3/22 vorgestellt (siehe Kurzinfo). Damit sich das lohnt, sollte dann natürlich auch die NAS-Box ebenfalls so schnell sein.

Ran ans Blech

Nach so vielen Vorüberlegungen und Theorie freue ich mich immer über handfeste Arbeit an der Hardware. Mein solides Metallgehäuse hat vor vielen Jahren mal ein 5¼-Zoll-Floppydisk-Laufwerk beherbergt. Mit der Trennscheibe entstand das Fenster für das ePaper-Display. Hier hat sich die Akkutrennscheibe bewährt, der beliebte Dremel hat sich an dem dicken Blech die Scheibe ausgebissen. Bei solchen Arbeiten ist eine Schutzbrille Pflicht.

Es ist keine ultimative Präzision gefordert, weil der Rand hinter einer Blende verschwindet, die ich auf dem 3D-Drucker gefertigt habe. Hier kann man natürlich beliebig kreativ werden – wie wäre es zum Beispiel

ePaper-Vcc Kippschalter Start-/Stopp- Taster	3V3 power2 (SDA o GPIO 2 (SDA) o GPIO 3 (SCL) o GPIO 4 (GPCLKO) o		 5V power 5V power Ground GPIO 14 (TXD) GPIO 15 (DXD) 	GND für Schalter und LED
ePaper-RST	GPIO 17 CONTRACTOR GPIO 27 CONTR		GPIO 15 (RXD) GPIO 18 (PCM_CLK) Ground	LED über 6800hm ePaper-GND
ePaper-Din	GPIO 22 o	() () () ()	• GPIO 23 • GPIO 2	ePaper-BUSY
	GPIO 10 (MOSI) • GPIO 9 (MISO) •	88	• Ground • GPIO 25	ePaper-DC
ePaper-CLK	GPIO 11 (SCLK) • Ground • GPIO0 (ID_SD) •	8 8 8 8 8 8 8	• GPIO 8 (CEO) • GPIO 7 (CE1)	ePaper-CS
	GPIO 5 0	9 0 9 0 9 0	• Ground • GPIO 12 (PWMO)	
	GPIO 13 (PWM1) • GPIO 19 (PCM_FS) •	69 69 69 69		
	GPIO 26 o	9 9 9 9	• GPIO 20 (PCM_DIN) • GPIO 21 (PCM DOUT)	Belegung der Raspberry-Pi-Stiftleiste

mit einer Steampunk-Version im Mahagonigehäuse und Messingrahmen um das Display?

Die originalen Kabeldurchführungen des alten Gehäuses konnte ich nicht verwenden. Auch hier half der 3D-Drucker, die passenden Teile für das LAN-Kabel und das Steckernetzteil herzustellen.

Die übersichtliche Frontplatte enthält nur die eingangs beschriebenen Elemente LED, Taster und Schalter. Den Taster kann man auch weglassen – falls man doch mal direkt nach einem Backup die Station neu starten will, muss man dann eben den Netzstecker einmal ziehen und wieder einstecken. Auch die LED könnte man sich theoretisch sparen, weil man ja am ePaper-Display sieht, ob das Backup fertig ist. Allerdings erlischt die LED erst, wenn der Raspi komplett heruntergefahren ist. Dann kann man den Stecker gefahrlos ziehen.

Für die Beschriftung der Frontplatte kam 80er-Jahre-Technologie zum Einsatz: Transferbuchstaben, die man mit einem Kugelschreiber aufrubbelt. Eine Schicht Klarlack darüber sorgt dafür, dass die Beschriftung abriebfest wird. Wer keine Rubbelbuchstaben mehr hat, kann sich auch selber Aufkleber machen wie in Make 1/23 auf S. 98 beschrieben.

Verdrahtung

Die wesentlichen Schnittstellen für die Daten sind der USB-Port für die Festplatte und die LAN-Verbindung. Ich habe das LAN-Kabel mit einer Zugentlastung zusammen mit dem Steckernetzteil hinten aus der Box heraushängen lassen. Man könnte alternativ den Raspberry Pi auch so platzieren, dass die LAN-Buchse hinten am Gehäuse durch eine Öffnung erreichbar wird.

Damit alles einfach montierbar ist, habe ich Raspi und Display in die Oberschale des Gehäuses montiert. Nur die Festplatte sitzt auf der Unterseite, sodass man beim Öffnen des Gehäuses nur die USB-Stecker ziehen muss. Die Befestigungsrahmen für das Display und den Raspberry Pi entstammen dem 3D-Drucker. Die Druckdaten – wie auch die nötigen Skripte – gibt es über die Kurz-URL in der Kurzinfo zum Download.

Die Rahmen aus PLA und die Frontplatte aus Platinenmaterial habe ich mit 5-Minuten-Epoxy auf das Blech geklebt.

Als Display habe ich das 4.2 Inch ePaper Module der Firma Waveshare verwendet. Da sich der Controller auf dem Modul befindet. kann der Raspberry Pi über SPI mit nur wenigen Leitungen die Anzeige steuern. Das Modul wird mit einem Anschlusskabel geliefert, dessen Adern Maker-freundlich mit Einzelsteckern ausgerüstet sind, die auf die Pfostenleiste des Raspis verteilt werden können. Die Zuordnung zu den SPI-Signalen ist auf das Modul aufgedruckt. Das Bild zeigt die entsprechenden Pins der Stiftleiste des Raspberry Pi, auf die die Kabel gesteckt werden. Hier sind auch die Verbindungen zum Modus-Kippschalter, Taster und der LED gezeiat.

Software

Wenn man den Raspberry Pi bei der Installation so konfiguriert, dass die grafische Oberfläche gestartet wird, dann kann man Monitor und Tastatur anschließen und ihn für die Einrichtung wie einen normalen Computer benutzen. Zum Beispiel lässt sich so ganz komfortabel die Software dieses Projekts (siehe Kurzinfo-Link) per Dateibrowser aus dem Netzwerk oder vom USB-Stick kopieren.

Da später im täglichen Gebrauch natürlich weder Tastatur noch Monitor an die Kiste an-

geschlossen werden sollen, beschreibe ich hier aber auch schon den Installationsvorgang auf der Kommandozeile.

Hierzu startet man den Raspi mit verbundenem LAN-Kabel. So erhält er eine IP-Adresse im Heimnetz, die zum Beispiel 192.168.178.38 lauten könnte und die man etwa über die Konfigurationsseite seines Routers erfährt. Unter dieser Adresse ist er nun per Terminal von einem anderen Computer aus benutzbar. Mit

ssh pi@192.168.178.38

baut dieser eine Terminalverbindung zum Raspberry Pi auf.

Die Frage nach dem Passwort beantwortet man dann mit "raspberry", wenn man bei der Einrichtung nichts anderes gewählt hat. Achtung: Es kann vorkommen, dass der Raspi eine amerikanische Tastatur erwartet. Dann lautet das Passwort "raspberrz".

Nun befinden wir uns im Raspi in einem Terminalfenster.

Nun braucht der Raspi Zugriff auf die Laufwerke, die er sichern soll. Bei uns verteilen





Wer auf Nummer sicher gehen will, ändert natürlich das Passwort.

sich die Daten nach Thema auf verschiedene Netzwerklaufwerke. Damit diese beim Start unserer Backup-Kiste jedes Mal"gemounted" werden, trägt man sie zum Beispiel mit dem Texteditor nano in die Datei /etc/fstab ein. Deren Inhalt kann dann etwa wie im Screenshot aussehen.

In der Datei /etc/samba/credentials gibt man jeweils den Login-Namen und das Passwort für die Netzwerklaufwerke an. Die Zeile

/dev/sda1 /mnt/ext_hdd ntfs rw 0 0

bindet die Backup-Festplatte aus unserer Backup-Box ein. Nun legt man die Verzeichnisse mit genau denselben Namen an, wie wir sie in der fstab definiert haben, also zum Beispiel mittels:

sudo mkdir /mnt/ext_hdd

Nach einem Neustart oder dem Befehl mount -a sollten sich jetzt in diesem Beispiel die vier Netzwerklaufwerke und die USB-Harddisk und ihr Inhalt im Verzeichnis /mnt finden.

Es fehlt noch das eigentliche Python-Skript, dass das Backup ausführt und das ePaper-Display beschreibt. Kopiert man die Zip-Datei aus dem Link zu diesem Artikel auf eins der oben gemounteten Netzwerk-Drives, so kann man sie ganz einfach von dort nach /home/pi auf dem Raspi kopieren und dort auspacken mit

unzip backup-py.zip

Da das Skript über die GPIO-Pins die Schalter abfragt und die LED schaltet, benötigt es die Bibliothek Wiring Pi, die jetzt noch manuell nachinstalliert werden muss:

pip3 install wiringpi

Ein manueller Start sollte jetzt schon funktionieren mit

cd backup-py
./backup_ctrl

Wenn die Verzeichnisse wie oben in /mnt liegen, dann findet das Skript selbst heraus, was es zu sichern gibt und legt einfach los. Es muss nichts mehr konfiguriert werden.

Achtung: Wenn der Schalter auf der Frontplatte jetzt auf Backup und nicht auf Login geschaltet ist, dann fährt der Raspi nach Ausführung des Skripts herunter!

Es fehlt ein letzter Schritt, der dafür sorgt, dass das Backup-Skript bei jedem Start des Raspberry Pis automatisch gestartet wird. Dazu legt man es als Service an:

sudo cp backup-py.service
 /etc/systemd/system/backup-py.
 service
sudo systemctl
 enable backup-py.service

Bitte dabei die eingerückten Zeilen direkt an die Zeile davor anhängen. Auf den Inhalt des Python-Skripts gehe ich hier nicht näher ein, da es ein ziemlich linearer Ablauf ist, der hoffentlich durch die Kommentare im Code so gut dokumentiert ist, dass Nachbauer auf einfache Weise auch eigene Anpassungen und Verbesserungen machen können.

Wer den optionalen Startknopf verwenden will und an die entsprechenden Pins der Raspi-Stiftleiste angeschlossen hat, muss den Knopf noch durch folgenden Eintrag in die Datei /boot/config.txt aktivieren (ohne Leerzeichen in eine Zeile schreiben):

dtoverlay=gpio-shutdown,gpio_pin=3, active_low=1,gpio_pull=up

Ran an die Daten

Mit der Backup-Station wurde bei mir Datensicherung zur Routine. Auf dem ePaper sehe ich jederzeit, wann ich diese das letzte Mal gemacht habe. Nach der Sicherung erhalte ich auch eine grobe Statistik, die zeigt, wie viele Dateien geändert, gelöscht oder neu hinzugenommen wurden. Wenn das sehr viele sind, ist das ein deutliches Zeichen, dass ich die Box öfter anschließen sollte.

Auch wenn die Daten alle in der originalen Struktur auf der Backup-Festplatte liegen, lohnt sich die Simulation des Ernstfalls – das gilt übrigens generell für alle Backup-Strategien. Schaltet dazu den Schalter auf der Frontplatte auf Login und logt Euch per ssh auf dem Raspi in der Station ein und probiert aus, die letzte oder eine ältere Version der Daten auf eine andere Festplatte zurückzukopieren. Alternativ kann man das Gehäuse auch öffnen, die Festplatte abstecken und direkt an die USB-Schnittstelle eines anderen Rechners anschließen, um auf die Sicherungskopien zuzugreifen; es muss nicht unbedingt über das Netzwerk sein. Aber klar, hier ist noch Raum für Verbesserungen der Usability.

Im Umkehrschluss bedeutet das natürlich: Wer die Festplatte aus der Box in der Hand hat, kann auf die Daten zugreifen. Wer das verhindern will, sollte die Backup-Festplatte verschlüsseln. —pek

R •	pi@sura	asto-backup-station: ~	Q = - 0 🕷
GNU nano 5.4	President and Pr	/etc/fstab	
proc /proc pro	c defaults 0	0	
PARTUUID=5f1f5ac2-01 /boot	vfat defaults	0 2	
PARTUUID=5f1f5ac2-02 /	ext4 defaults,noatime	0 1	
/dev/sdal /mnt/ext_hdd ntfs rw 0 0 //ReadyNAS.fritz.box/Documents /mnt //ReadyNAS.fritz.box/Pictures /mnt/ //ReadyNAS.fritz.box/Videos /mnt/ne //ReadyNAS.fritz.box/Ralf-Data /mnt	/network/Documents cifs uid network/Pictures cifs uid=r twork/Videos cifs uid=root, /network/Ralf-Data cifs uid	=root,file_mod oot,file_mode= file_mode=0777 =root,file_mod	e=0777,dir_mode=0777,credentials=/etc/samba/credentials 0777,dir_mode=0777,credentials=/etc/samba/credentials ,dir_mode=0777,credentials=/etc/samba/credentials e=0777,dir_mode=0777,credentials=/etc/samba/credentials
# a swapfile is not a swap partitio # use dphys-swapfile swap[on off	n, no line here] for that		Typischer Inhalt der fstab

WIR SUCHEN KLUGE KÖPFE

Deine Karriere bei einem Marktführer aus der Region Hannover beginnt mit einem Online-Besuch auf ZUKUNFT-INC.de





OpenTX Funkfernsteuer-Firmware

Mit der freien Firmware OpenTX erweitern Sie Ihren RC-Sender um spannende neue Funktionen wie Kanalmischung, Telemetrie und On-the-Fly-Programmierung.

von Ben Eadie

ch benutze Fernsteuerungen, wenn ich Spezialeffekte und Requisiten für Film und Fernsehen mache. Das ist eines der Dinge, für die ich heute bekannt bin. Aber vor fünf Jahren hatte ich kaum eine Ahnung, wie man diese Technik aus Sender und Empfänger zum Laufen bringt! Ein wenig Neugier, gepaart mit viel Kreativität, kann die Möglichkeiten der Funksteuerung und den Wow-Faktor, den man damit erzielen kann, erheblich steigern. Der Schritt vom Anfänger zum Fortgeschrittenen ist bei weitem nicht so schwer, wie man vielleicht denkt. Ich möchte Sie ermutigen, sich darauf einzulassen und einige dieser Dinge auszuprobieren.

Die Sender

Als erstes würde ich empfehlen, sich nach alternativen Funksystemen umzusehen, die

über die Standard-RC-Sender hinausgehen, die man in Hobbyläden findet, wie die von den etablierten Firmen Futaba und Spektrum. Dies sind großartige Sender, und wenn Sie grundlegende Plug-and-Play-Funktionen benötigen, sollten Sie sich für diese entscheiden. Wenn Sie jedoch fortgeschrittene Kanalmischung, Telemetrie und ein System wünschen, das einfach über Ihren Computer programmiert werden kann, sollten Sie sich Sender



Kurzinfo

- » Vielseitiges Betriebssystem für Fernsteuerungen
- » Praktisch unbegrenzte Mischer, Telemetrie und Programmierbarkeit

» Programmierung und Simulation am PC oder im Funksender

Checkliste

Zeitaufwand: 2 Stunden



2 Stunden

ab 200 Euro ohne Roboter/Fahrzeug

Material

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xfcx

- » Fernsteuersender für OpenTX oder EdgeTX geeignet
- » Empfänger passend zum Sender » Roboter, Auto oder Copter und die passenden Servos, Motoren, ESCs

Werkzeug

- » Computer mit Linux oder Windows für die Begleitsoftware
- » **USB-Kabel** oder SD-Kartenleser für die Übertragung der Programmierung an den Sender

Mehr zum Thema

» Peter König, Roboter selber bauen: Der Weg zum eigenen Roboter, Roboter Sonderheft, Make Sonderheft 2019, S. 6

- » Daniel Springwald, Animatronik: Wissenswertes für Maker,
- » Peter König, Roboter: Bewegungsapparate bei Roboterarmen, Fahr- und Laufmaschinen, Make Sonderheft 2019, S. 14



wie die von FrSky, Jumper und RadioMaster ansehen. Diese müssen nicht mehr kosten als Standard-Sender aus dem Fachhandel. Einen anständigen 8-Kanal-Sender wie den Jumper T-Pro gibt es schon für 120 Euro. Oder man geht aufs Ganze und kauft ein Gerät wie den FrSky Horus X12S, der mit allem Schnickschnack 600 Euro und mehr kostet.

Quelloffene Firmware

Alle diese Sender laufen auf FreeRTOS-basierten Open-Source-Betriebssystemen. Die bekanntesten sind OpenTX und EdgeTX, eine Abspaltung von OpenTX, die hauptsächlich für die Entwicklung neuer Funktionen verwendet wird. Beide sind sehr ähnlich und leistungsfähig.

Warum sollte man sich für eines dieser Systeme entscheiden? Lassen Sie uns mit einem Beispiel beginnen, was benötigt wird, um die gewünschten Bewegungen von einer Mecanum-Roboterplattform zu erhalten.

Mecanum-Roboterplattform

Mecanum ist ein Radsystem, mit dem man einzigartige und fließende Bewegungen erzeugen kann, die mit normalen Rädern nicht möglich sind. Es besteht aus mehreren kleinen Rollen, die in einem speziellen Winkel auf dem Rad angeordnet sind. Die bekannten Omni-Wheels verwenden eine ähnliche Technik.

Mit einem Mecanum-Radantrieb können die für ein Auto üblichen Bewegungen wie Vorwärts- und Rückwärtsfahren sowie Lenken ausgeführt werden. Ebenso können die Standardbewegungen einschließlich des Drehens auf der Stelle wie bei einem Raupenkettenfahrzeug ausgeführt werden. Grundsätzlich kann sich ein Mecanum-Radantrieb aber auch gleichzeitig in verschiedene Richtungen bewegen. Dreht man beispielsweise, wie in der Infografik dargestellt, die linken Räder entgegengesetzt zu den Rechten, so kann sich der Roboter seitwärts bewegen. Eine Kombination aus Seitwärts- und Vorwärtsbewegung ergibt eine diagonalen Bewegung. Dies verleiht dem Roboter eine einzigartige Beweglichkeit.

Bewegungsrichtungen der Mecano-Plattform und Zuordnung der Steuerknüppel

Das Vorwärts- und Rückwärtsfahren (linke Spalte) funktioniert wie bei jedem Auto. Auch das Lenken (Mitte) während der Fahrt ist ganz normal. Das Fahrzeug kann sich aber auch wie ein Kettenfahrzeug auf der Stelle drehen. In der rechten Spalte ist die Seitwärtsbewegung dargestellt. Kombiniert ergibt sich eine extreme Wendigkeit.



Es ist möglich, die Kanäle eines Standard-Senders zu mischen, um diese Bewegung zu erreichen – aber ehrlich gesagt ist das viel unnötige Arbeit. Ich gehe gerne den Weg des geringsten Widerstandes und dieser Weg führte mich zur OpenTX- oder EdgeTX-Software, die auf den oben genannten Fernsteuersendern läuft. OpenTX bietet erweiterte Funktionen und Möglichkeiten, um das Beste aus dem Funkgerät herauszuholen.

Im Grunde ist es ein komplettes Betriebssystem einer Funkfernsteuerung, inklusive Skriptsprache, einer anpassbaren GUI und Hilfsprogrammen. Man kann es so programmieren, dass es fast alles macht, was man von einem Fernsteuersender erwartet. Das kann dazu führen, dass man überhaupt keinen Arduino mehr an Bord des Roboters braucht. Man kann die ganze Arbeit in den Sender verlagern und dort programmieren.

Diese Funksysteme werden mit einer Begleitsoftware (Companion) für den Computer geliefert, mit der Sie Ihren Sender an den Computer anschließen und programmieren können. Das allein ist schon ein großer Fortschritt gegenüber normalen Fernsteuerungen. Den Sender mit dem Computer zu programmieren ist fantastisch! Eine weitere tolle Funktion ist, dass man den Companion als Simulator verwenden kann, um die Bewegungen zu testen, bevor man Befehle an den Roboter sendet.

Kanalmischung

Werfen wir einen genaueren Blick auf das von mir bevorzugte OpenTX-System und wie es zum Mischen von Kanälen verwendet wird. Diese Mischer sind das Geheimnis, wie man mehrere Bewegungen mit einer Funktion steuern kann, indem man die Steuereingänge für den Roboter, das Modell oder das Requisit mischt. Diese Mischer gibt es auch bei normalen Modellbaufernsteuerungen, aber meist nur für spezielle Anwendungen (z.B. Heli-Taumelscheibenmischer) und auch nur in begrenzter Anzahl.

Bei unserer Mecanum-Roboterplattform verbinden wir einfach die Motorsteuerungen (ESC, Electronic Speed Controller) mit dem Empfänger, wobei jedes ESC einen Kanal erhält. Ich habe die Kanäle 3, 4, 5 und 6 benutzt. Mehr ist nicht nötig, die Steuerung erfolgt komplett über den Sender.

Der folgende Abschnitt zeigt in groben Zügen, wie das Ganze funktioniert. Die OpenTXund EdgeTX-Communities sind sehr hilfsbereit und es gibt gute Anleitungen auf den Websites oder in den Foren.

Entscheiden Sie zunächst, welche Eingabekanäle (Joystick/Regler/Schalter Ihres Steuerpults) Sie für die Bewegungen des Roboters verwenden möchten. Für die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung habe ich die Auf- und Abwärtsbewegung des rechten Steuerknüppels gewählt (siehe Infografik links).



Die Companion-Software macht das Programmieren einfach und übersichtlich.



Am den Empfänger lassen sich Servos oder Motorcontroller (hier an den Kanälen 3-6) anschließen, aber auch Mikrocontroller per serieller Schnittstelle.

Als Nächstes wähle ich die Drehung der Roboterplattform um die Hochachse: Auch hier wähle ich den rechten Stick, aber die Bewegungen nach links und rechts.

Und schließlich die coole Seitwärtsbewegung, auch Translate genannt: Hier habe ich den linken Stick und seine Links-Rechts-Bewegung benutzt.

Öffnen Sie in der OpenTx-Companion-Software das Modell, an dem Sie gerade arbeiten. In der Registerkarte Input können Sie die gewünschten und benötigten Eingabeelemente definieren und benennen. In diesem Fall FWD für die Vorwärts- und Rückwärtsbewegung des rechten Steuerknüppels, LR für die Linksund Rechtsbewegung des rechten Steuerknüppels und TRA für die Links-Rechts-Translationsbewegung des linken Steuerknüppels.

On the road

Jetzt wird es ernst: Bei langsamen Modellen kann man die nächsten Schritte direkt ausprobieren, bei schnellen oder gar fliegenden Modellen sollte man zuerst simulieren oder die Roboter fixieren, damit nichts kaputtgeht.

Jetzt werden die Eingänge gemischt, um die coolen Bewegungen des Mechano-Roboters zu erzeugen. In der Registerkarte Mixes sehen Sie die Ausgangskanäle, an die Sie Ihre Motoren am Empfänger angeschlossen haben. Hier ordnen Sie die Eingänge des Controllers den Ausgangskanälen zu. Jeder dieser Kanäle kann beliebig viele Komponenten der Eingänge der Steuerung mischen. Jeder Kanal kann einen prozentualen Anteil des Eingangs haben, auf einer vordefinierten Kurve liegen oder sogar mit einem Schalter aktiviert und deaktiviert werden.

Ich habe jeden der Steuerknüppel zugeordnet, indem ich einen bestimmten Anteil ihrer Signale mit dem entsprechenden Ausgangskanal gemischt habe. Man beachte, dass in einigen Fällen das Eingangssignal (Knüppelstellung) subtrahiert statt zum Ausgang addiert wird, um z. B. gegenläufige Motordrehrichtungen zu erhalten. Diese Dinge können ein logisches Rätsel darstellen, und man muss sich genau überlegen, wie ein Knüppel mit dem anderen interagieren soll. Hinter jedem Eingang steht ein positiver oder negativer Prozentsatz, der den Einfluss auf den Ausgangskanal bestimmt, z. B. Motordrehzahl und -richtung oder eine Servoposition. Zum Beispiel wird für Kanal 3, Ausgang CH3, das linke Vorderrad angezeigt: I3:FWD Weight (+33%) [BL] += I2:LR Weight (+40%) [LR] += I4:TRA Weight (+40%) [TR]

Sehen wir uns an, was das bedeutet:

- I3, I4 und I2 sind alle Eingänge. I = Input und die Zahl ist der Steuerknüppel oder Regler
- FWD = Vorwärts-Rückwärts-Bewegung
- LR = Links- und Rechtsdrehung
- TRA = Links-Rechts-Bewegung
- Weight bestimmt den prozentualen Einfluss des Eingangskanals auf den Ausgang des Motors, der dessen Geschwindigkeit und Richtung steuert.

Editing model i	2 Mecanum (Mecanumue	()	and further found for an	ne Telemet	Custom Consum				? ×
Nodel	Mecanum	outputa curves La	gical switches special Punction	is Telemetry	Custom 50'eens				^
Timer 1 Timer 2 Timer 3	00:0	1:00 0 0FF +	Countdown Silent Start Countdown Silent Start Countdown Silent Start	Di	Call Not persistent Call Not persistent Call Not persistent	 00:00:00 00:00:00 00:00:00 			
hrottle Source Trim Step Trims Display	THR. Fine Never		de Trim Idle Only Throttle Wa ded Limits Extended T I Punctions	rning Reverse nes Display C	fhrottle Throttle tran heddist Edit Chedi	switch TrmT 💌			
nternal Radi	SA 58 50 50	(CP# +) -/ 51							
Protoco Registration IC Palsafe Mode	Prsky ACCESS ISRM arobodud Not set		Start OH 1 0 Receiver No. 2 0		01	nnels 16 [2]			
		🧭 Editir	ng model 2: Meca	num (M	ecanum.ot	ĸ)			
xternal Radi	o Module	Setup	Flight Modes	Inputs	Mixes	Outputs	Curves	Logica	Switches
		I1	:Thr	Thr	Weight	(+100%)			
Finne	hokonälo	12	:LR	Ail	Weight	(+100%)	Expo (50%)	[LR]
- runa	nekaliale	13	: FWD	Ele	Weight	(+100%)	Expo (50%)	[FWD]
rden ir	ı der								
erden ir enTX-C	n der Companion-	14	:TRA	Rud	Weight	(+100%)	Expo (50%)	[TRA]

Wilson hat seinen eigenen Kopf

Ben Eadie arbeitete im Fuse33, einem Makerspace in Calgary, Alberta, wo er einige Filmleute kennenlernte und eingeladen wurde, an den Spezialeffekten für Star Trek Beyond zu arbeiten. Dies führte zu FX-Arbeiten an Filmen wie Ghostbusters: Afterlife und zu einer Freundschaft mit einem gewissen Mythbuster. "Anfang des Jahres bekam ich einen Anruf von Adam Savage", erzählt Ben. "Er wollte wissen, ob ich einen Kugelroboter bauen könnte. Natürlich habe ich ja gesagt, obwohl ich wirklich keine Ahnung hatte. Denn niemand enttäuscht gerne einen Freund. Dann sagte er, der Roboter sei für Tom Hanks ... den Tom Hanks! Bevor ich mich besinnen konnte, habe ich Tom angeru-



Der große Tag für meinen Roboter-Wilson

fen und ihm gesagt, dass ich machen kann, was er möchte. Folgen Sie mir auf meiner Reise (Videolink in den Links zum Artikel), um zu sehen, ob alles geklappt hat.



Fertiges Setup und etwas Innenleben auf Bens Werkbank

Setup	Flight Modes	Inputs	Mixes	Outputs	Curves	Logical Switches	s Special Function
CH1	:TEST						
CH2							
СНЗ	+= +=	I3:FV = I2:LF = I4:TF	VD Wei R Weig RA Wei	ght (+339 ht (+40%) ght (+40%	 (BL) (LR) (TR) 	1	
CH4	+=	I3:FV = I2:LF = I4:TF	VD Wei R Weig RA Wei	ght (+339 ht (-40%) ght (-409	b) Off [LR] b) Off	set(-8%) [set(-8%) [BR] TR]
CH5	+=	I3:FV = I2:LF = I4:TF	ND Wei R Weig RA Wei	ght (+339 ht (+40%) ght (-409	 b) Off [LR] b) [TR 	set(-8%) []	FL]
CH6	+=	I3:FV = I2:LF = I4:TF	VD Wei R Weig RA Wei	ght (+339 ht (-40%) ght (+409	 b) Off [LR] b) [TR 	set(-8%) []	FR]
CH7							

Im Mixes-Tab werden die Eingaben gemischt und den Ausgabekanälen zugeordnet.

Umprogrammierung in Fahrt

Sie fragen sich vielleicht: "Warum nicht ein Arduino für diese Aufgabe?" Nun, zum einen finde ich OpenTX viel einfacher. Ich bin kein Programmierer und die grafische Benutzeroberfläche der mitgelieferten Software hilft mir, genau zu verstehen, was welche Bewegung verursacht. Ein weiterer großer Vorteil der Programmierung des Senders anstelle eines Arduinos oder Mikrocontrollers ist. dass man die Funktionen des Modells sofort und in Echtzeit anpassen und fein abstimmen kann, ohne ständig einen Chip an Bord des Roboters neu flashen zu müssen. Dieses Maß an Kontrolle und Flexibilität ist unerlässlich, um das volle Potenzial des Roboters auszuschöpfen – und um Ihre neu entdeckten Fähigkeiten als RC-Guru zu verbessern. Mit der Möglichkeit während der Fahrt umzuprogrammieren, können Sie bei Bedarf schnell und effizient Änderungen vornehmen.

Telemetrie und Rückmeldung

Aber es geht noch weiter! OpenTX und EdgeTX bieten Telemetrie. Dabei handelt es sich um die Möglichkeit, dass Sensoren im Roboter ihre Werte wie Spannung, Temperatur, Lageerkennung, Kurs, Barometer und so weiter an die Steuerung zurücksenden. Auf diese Weise werden Sie über Ereignisse informiert, die das Verhalten des Modells beeinflussen. Sie können auch Daten während eines Rennens aufzeichnen, um herauszufinden, was mit

5/12
Ş
ŔŖ

Die Situation im Display des Senders

	ACCESS	TARANIS Geo
ENU KOE	(NEU)S 4 EThr 100 ELR 100 EFWD 100 ETRA 100 E05 E06 E07	264 4/12 SThr SAil LR SEle FWD SRud TRA
	DIGITAL TELEI	METRY RADIO SYSTEM

Alle Einstellungen sind auch am Sender machbar, wenn auch weniger bequem.

Mischer-Logikrätsel

In einigen Fällen muss beim Mischen der Einfluss des Eingangs subtrahiert und nicht addiert werden, um die richtige Drehrichtung zu erhalten. Mecanum-Räder auf beiden Seiten des Fahrzeugs benötigen eine gegenläufige Drehrichtung. Letztendlich ist es entweder eine Übung in Logik oder man experimentiert so lange, bis man die richtige Einstellung gefunden hat. Wichtig ist, dass man jede Änderung aufschreibt, damit man weiß, was funktioniert und was nicht.



dem Fahrzeug oder der Umgebung passiert, in der es sich befindet (und warum).

Ein Flugzeug kann mit Sensoren für Höhe, Fluggeschwindigkeit, Geschwindigkeit über Grund und GPS ausgestattet sein. Bodenfahrzeuge können z. B. mit Temperatur-, Feuchtigkeits-, Kamera- und Batteriesensoren ausgestattet sein. Viele dieser Sensoren sind Plug-and-Play-fähig, d. h. sie werden an den Empfänger angeschlossen und liefern sofort Informationen an die Steuerung.

Hier ein Beispiel: Für diesen Mecanum-Roboter verwende ich LiPo-Akkus, die empfindlich auf Tiefentladung mit Defekt reagieren. Deshalb habe ich einen Batteriesensor eingebaut, der an die Batterie und an Kanal 8 des Empfängers angeschlossen wird.

- Diese Batterieinformationen werden an die Fernbedienung (Sender) zurückgesendet, welche im Display anzeigt, wie viel Energie noch zur Verfügung steht.
- Mit der entsprechenden Software kann ich dann anhand dieser Information herausfinden, wie viel Betriebszeit mir noch zur Ver-

fügung steht und diese auch auf meiner Fernbedienung anzeigen lassen, während ich den Roboter bediene.

- Eine akustische und haptische Warnung (Vibrationsmotor im Sender) erinnert mich rechtzeitig daran, den Roboter aufzuladen.
- Als letzte Möglichkeit kann ich den Sender so programmieren, dass er den Roboter bei einer bestimmten Spannung abschaltet und nicht mehr bewegt, bis ich den Akku wechsle oder auflade!

Diese einfache Telemetrie kann Ihnen Geld für defekte Batterien und viel Frustration ersparen, wenn Sie wissen, wie lange Sie den Roboter noch sicher betreiben können.

Was ist mit der versprochenen Rückmeldung? Stellen Sie sich vor, Sie könnten Sensordaten in die Bewegung Ihres Roboters einfließen lassen – z. B. eine andere Bewegung ausführen, wenn er Hindernisse oder unebenes Gelände erkennt (Motorpositions- oder Lastfeedback, Beschleunigungsmesser/IMU-Daten), wenn er Lichter, Geräusche oder Hindernisse über Kameras

wahrnimmt oder sogar einen Schubs oder Tipp von einem menschlichen Begleiter? Jetzt wird Ihr Requisit selbst zur Persönlichkeit! Die Möglichkeiten sind buchstäblich unbegrenzt.

Völlig neue Dimensionen

OpenTX und EdgeTX sind leistungsstarke Werkzeuge, die erweiterte Funktionen und Möglichkeiten für die Modellierung von Funksteuerungen bieten. Das Verständnis von Telemetrie, Kanalmischung und Controller-Programmierung ist der Schlüssel, um das volle Potenzial des Modells auszuschöpfen. Meine kleine Mecanum-Roboterplattform, die hier als Beispiel dient, wird Teil eines Zelda-Cosplays von Autumn Desjardins sein (Links siehe Kurzinfo). Mit den richtigen Werkzeugen und dem richtigen Wissen können auch Sie Ihre Erfahrungen im ferngesteuerten Modellbau auf die nächste Stufe bringen. —caw



Who You Gonna Call?

Die Geisterjäger-Gadgets der nächsten Generation aus Ghostbusters: Afterlife (2021) – einschließlich der Protonenpakete, der psychokinetischen Energiemessgeräte (PKE) und des neuen RTV (Remote Trap Vehicle) – sind alle funkgesteuert und wurden von einem Team von Special Effects- und Requisiten-Experten, darunter Ben Eadie, gebaut.







Eiskunstlauf-Plattform

Die funkgesteuerte Eislaufplattform wurde von Ben Eadie für Anna Kendrick im Disney+ Weihnachtsfilm Noelle konstruiert. Die Roboterplattform kann sich auf dem Eis in jede Richtung bewegen, die Drehscheibe an der Oberseite simuliert Drehbewegungen. Die Schienen, die von einem Schlittschuhtrainer mit Gummiband stammen, gleiten hin und her, um die Bewegung eines echten Schlittschuhs zu simulieren.






210

Erfahre mehr auf shapertools.com/trace/

TRACE

VON DER SKIZZE ZUR VEKTORGRAFIK IN SEKUNDEN

Mit Trace benötigst du keinen Scanner und auch keine komplizierte Software mehr, um analoge Zeichnungen schnell in Vektorgrafiken umzuwandeln.

Einfach den Trace-Rahmen über deine Zeichnung legen, mit der Trace App auf dem Smartphone oder Tablet erfassen und schon kannst du die fertige SVG-Datei exportieren. Perfekt für die Arbeit mit vielen digitalen Fertigungswerkzeugen wie Lasercutter, Plotter, CNC-Maschinen und mehr.

shapertools.com/trace

Copyright by Maker Media GmbH



Galagino

Galaga und Co. haben auch nach 40 Jahren nichts von ihrem Charme verloren. Wir erwecken diese und andere Arcade-Klassiker aus den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts auf einem ESP32 und im stilechten Mini-Gehäuse noch einmal zum Leben.

von Till Harbaum

Mini-Retro-Arcades gibt es viele. Unsere Variante auf ESP32-Basis besticht durch alltagstaugliche Robustheit, unkomplizierte Bedienung, geringen Stromverbrauch und macht als unterhaltsames Schreibtisch-Gadget mit Pac-Man, Galaga und Donkey Kong eine gute Figur.

Mini-Arcades als Bastelprojekte basieren in der Regel auf dem Raspberry Pi. Mich haben dabei immer die langen Bootzeiten, der Zwang zum sauberen Herunterfahren und der hohe Stromverbrauch des Raspis etwas gestört. Inzwischen sind auch die enormen Preise für diesen Einplatinen-Computer eher abschreckend. Stattdessen einen ESP32 zu nutzen, sollte diese Probleme lösen. Neben einem handelsüblichen ESP32-Bastelboard werden lediglich ein ILI9341-basiertes Display, sieben Taster, ein Audioverstärker und ein Lautsprecher benötigt. Optional ist ein Abschnitteines gängigen LED-Streifens (WS2812b mit 144 LED/m) für die Marquee-Beleuchtung. Bild 1 zeigt den Schaltplan.

Im nationalen Versandhandel kosten diese Teile ca. 30 Euro, in Fernost gut die Hälfte. Für einen ersten Testaufbau empfehlen wir, alle Komponenten zunächst auf einem Steckbrett zu montieren, wie in Bild 1 dargestellt.

Software

Zur Entstehung der Firmware gibt es einen eigenen Online-Artikel auf heise+. Die Software wird mithilfe der Arduino-IDE auf den ESP32 übertragen. Zuvor muss sie allerdings erst vervollständigt werden, denn der auf dem

38 | Make: 4/2023

Galagino-Repositiory auf Github liegende Sketch enthält aus rechtlichen Gründen nicht die eigentlichen Spiele und den Prozessor-Emulator. Z80-CPU-Emulator und Spiele-ROMs sind jedoch über die Webseite des Autors separat herunterzuladen.

Einige Python-Skripte im romconv-Verzeichnis des Repositories konvertieren die diversen Code-, Grafik- und Audio-ROMs in C-Quellcode, der sich mit dem Sketch übersetzen lässt. Auch die Z80-Emulation benötigt ein paar Patches, die per Python-Skript erledigt werden. Alle nötigen Schritte sind im README des romconv-Verzeichnisses zusammengefasst. Falls es dabei unter Windows zu Problemen kommt, deinstallieren Sie das Python, das eventuell zusammen mit Windows installiert wurde, und installieren Sie von python.org die aktuelle Version.

Sind alle nötigen Dateien erzeugt (bei voller Ausstattung sind es über 70 Dateien im Sketch-Verzeichnis), dann bleibt lediglich, den Sketch mit Hilfe der Arduino-IDE auf den ESP32 zu übertragen. Eventuell bemängelt die IDE noch die fehlende Bibliothek FASTLED. Die kann über Sketch/Bibliothek einbinden/Bibliotheken verwalten gesucht, gefunden und installiert werden.

Nach dem Hochladen auf den ESP32 sollte das Galaga-Auswahlmenü auf dem Display erscheinen und die Softwareinstallation ist abgeschlossen. Falls die Anzeige nun auf

Kurzinfo

» Arcade-Spielekonsole mit selbstgebautem Mini-Joystick
 » Emulation von Z80-Prozessor

» Spielen von Klassikern wie Galaga, Donkey Kong usw. möglich







Bild 2: Beim Löten muss man aufpassen, dass das 3D-Druckteil nicht durch die Wärme beschädigt wird.

dem Kopf steht (oben auf dem Display ist beim Einbau ins Gehäuse die Seite mit den Kontaktpins, auf dem Breadboard ist es umgekehrt), kann das im Sketch in der Datei config.h durch TFT_VFLIP korrigiert werden. Hier kann man auch diverse weitere Anpassungen vornehmen, wenn man zum Beispiel von der vorgegebenen Pin-Zuordnung abweichen möchte.

Die Bedienung der Spiele erfordert keine weitere Erklärung, sie entspricht ihren Vorbildern. Neu ist lediglich, dass ein langer Druck auf den Münzeinwurf-Taster ins Hauptmenü zurückkehrt. Im Hauptmenü verbleibt das Spiel etwa 20 Sekunden, falls man keine Taste drückt, bevor automatisch ein zufällig ausgewähltes Demo-Spiel startet. Wie das Vorbild weckt unser kleiner Automat so im Attract-Modus die Aufmerksamkeit potenzieller Spieler.

Für den Alltagseinsatz und die nötige Retro-Ästhetik verlangt die Hardware aber nach einem stabilen Gehäuse und auch der zunächst lose zusammengesteckten Elektronik mangelt es auf Dauer doch an der für den temperamentvollen Spielbetrieb notwendigen Robustheit. Wir haben uns für eine Kombination aus Laser-Cut und 3D-Druck entschieden. Die laser-geschnittenen Teile aus 3mm-Sperrholz eignen sich gut für die wesentlichen Teile des Gehäuses. Auf 3D-Druck greifen wir für das transparente Marguee-Element oben vorne am Automatengehäuse zurück sowie für die Mechanik des Joysticks bzw. für die Befestigung des Münzeinwurf-Tasters. Falls Sie keinen Lasercutter verfügbar haben, gibt es als Download auch Dateien für ein komplett 3D-gedrucktes Behältnis.

Joystick

Als erstes wird die Joystick-Einheit (im Repository unter galagino/hardware/controlboard) zusammengebaut. Sie besteht aus vier 3D-Druckteilen, sowie den vier 4,3mm-hohen 6x6mm-Tastern für die vier Richtungen und den zwei 9mm-Tastern für Start und Feuer. Die Taster werden zunächst auf das Oberteil gesteckt und dort mit Kabeln versehen. Die Beinchen der Richtungstaster müssen etwas gekürzt oder umgebogen werden. Alle sechs Taster verbindet die gemeinsame Masseverbindung und von jedem Taster geht ein eigenes Steuersignal aus, sodass am Ende sieben Adern aus der Joystick-Einheit ragen (Bild 2).

Der eigentliche Joystick besteht im Kern aus einer 16mm langen M2-Schraube, die zunächst durch das Unterteil gesteckt und dann mit dem Aktuator und einer M2-Unterlegscheibe versehen wird. Nachdem beide Teile zusammensteckt wurden, sollte der Jovstick beweglich sein und alle vier Richtungstaster hörbar klicken. Die gesamte Einheit wird schließlich mit sechs M2x12-Schrauben und passenden Muttern zusammengeschraubt. Zum Abschluss wird der Joystick-Knopf mit einer weiteren Unterlegscheibe aufgeschraubt (Bild 3).

Der Joystick sollte zunächst auch mit dem Steckbrettaufbau verbunden und auf zuverlässige Funktion getestet werden. Durch Nachjustieren z.B. der Aktuatorposition auf der Schraube kann die präzise Funktion justiert werden. Wurden keine selbsthemmenden Muttern verwendet, dann empfiehlt sich jeweils ein Tropfen Kleber, um deren Losrütteln im Betrieb zu verhindern. Mehr Details zum Zusammenbau finden sich auf Github.

Marquee

Den oberen Vorderteil des Gehäuses bildet das sogenannte Marquee, ein bei Arcade-Automaten üblicherweise beleuchteter Teil, der das Spielelogo darstellt. Auch bei unserem Mini-Arcade kann dieser Teil beleuchtet werden. Statt des Holzteiles wird dann ein aus transparentem Filament gedrucktes 3D-Teil



Bild 3: Falls der Joystick nach der Montage schwergängig ist, hilft es, die lange Schraube etwas nach unten herauszudrehen. Ihr Kopf sollte etwas Platz zur Unterseite





Bild 4: Später sitzt die Beleuchtung des Marquees so im Gehäuse. Aber zuvor nicht die Verdrahtung vergessen, da kommt man sonst schlecht dran.

eingesetzt und direkt dahinter der LED-Streifen positioniert (Bild 4). Die Firmware steuert die sieben Leuchtdioden im Spielverlauf dynamisch an und erzeugt zum Spielgeschehen passende Lichteffekte.

Löten

Funktionieren auch Joystick und LEDs am Steckbrett, dann ist es Zeit, die gesamte Elektronik dauerhaft zu verlöten. Der Zusammenbau orientiert sich an der Anordnung der Teile im Gehäuse. Die Joystick-Einheit befindet sich im Gerät direkt neben dem ESP32 und wird deswegen als erstes verlötet. Es folgt das Display, bei dem beachtet werden muss, dass seine Anschlüsse im Gehäuse oben liegen und entsprechend weit vom ESP32 entfernt sind, sodass die Kabel ausreichend lang sein müssen. Zu lang sollten Sie aber auch nicht sein, sonst erschweren Sie später den Zusammenbau. Der Münzeinwurf-Taster liegt wiederum in der Nähe des ESP32 und benötigt nur ein kurzes Kabel.

Sind ESP32, Display, Münz-Taster und Joystick-Einheit verlötet, muss die Hardware nach wie vor funktionieren. Die Kontrollen nach jedem Schritt sind sinnvoll, weil sich später im winzigen Gehäuse Korrekturen kaum noch durchführen lassen.

Der kleine Verstärker wird mit doppelseitigem Klebeband hinten auf das Gehäuse des Lautsprechers geklebt und mit dem Lautsprecher verdrahtet. Der Anschluss des Verstärkers



Bild 5: Die 15 Teile des Gehäuses. Falls Sie kein beleuchtetes Marquee möchten, gibt es für das transparente 3D-Druck-Teil (3. Reihe, 2. von unten) auch ein entsprechendes Holzteil.



Bild 6: Falls die Elektronikteile sich gegen ihre Holzhalter wehren, können kleine(!) Tropfen Heißkleber helfen.





Bild 8: Vor dem Aufsetzen des zweiten Seitenteils sollte alles so im Gehäuse verstaut sein.

und ggf. des kurzen LED-Streifens für den Marquee vervollständigt die Hardware.

Zusammenbau des Gehäuses

Das Gehäuse besteht aus 15 Teilen, die per Lasercut aus 3mm Sperrholz geschnitten wurden (Bild 5).

Der Zusammenbau beginnt mit dem Befestigen der Elektronikteile an den entsprechenden Sperrholzteilen. Der LED-Streifen wird auf sein Trägerstück geklebt, das Display auf seinen oberen Träger gesteckt. Der Münzeinwurf und der Lautsprecher werden mit ihren Holzteilen verschraubt und das ESP32-Board auf sein Trägerstück geschoben (Bild 6).

Der finale Zusammenbau geschieht liegend auf der Seite. Alle Holzteile sowie die Joystick-Einheit und das Marquee-Element werden in das liegende Seitenteil gesteckt. Zur Orientierung dient die Skizze in Bild 7. Boden und Deckel werden mit je einer Schraube und Mutter am ersten Seitenteil befestigt. Das hintere Teil mit dem Lautsprecher kann zunächst weggelassen werden, so bleiben die internen Teile erreichbar und können für das Aufsetzen der zweiten Gehäuseseite in die richtige Position gerückt werden.

Ist die zweite Seite montiert, dann kann vorsichtig der hintere Teil mit dem Lautsprecher eingesetzt werden (Bild 8). Auch die zweite Seite wird nun mit zwei Schrauben an Boden und Deckel befestigt.

Bild 9: Akku, Lade- und Spannungsregler haben Platz im unteren Teil des Gehäuses



Der Galagino-Automat ist fertig. Da der ESP32 nicht wie ein Raspberry Pi unter Linux läuft, sondern nur ein marginales FreeRTOS-Betriebssystem nutzt, bootet er ungleich schneller als ein Pi und zwischen Anlegen der Versorgungsspannung und dem Erscheinen des Bootmenüs vergeht nur eine knappe Sekunde. Auch beim Ausschalten ist nichts zu beachten. Der ESP32 nimmt ein spontanes Ein- und Ausschalten nicht übel. Der geringe Stromverbrauch erlaubt mehrstündigen Betrieb auch an einer kleinen USB-Powerbank. Wer mag, installiert einen kleinen Akku und einen billigen USB-Ladecontroller, wie er üblicherweise in Powerbanks verwendet wird. Selbst mit einem kleinen 550mA-Akku, wie man ihn in manchen E-Zigaretten findet, lässt sich unser Automat über drei Stunden drahtlos betreiben (Bild 9). Mehr dazu gibt es online (siehe Kurzinfo-Link).

Der Code-Speicher des ESP32 ist bisher nur zu einem Bruchteil genutzt und weitere Automaten mit Bildschirm im aufrechten Portrait-Format der frühen 80er wie zum Beispiel Frogger lassen sich problemlos integrieren. Oder wie wäre es mit Centipede? Den dafür nötigen Trackball per 3D-Druck umzusetzen ist sicher eine interessante Herausforderung. — hgb

So entstand der Emulator

In dem Heise+-Artikel "Arcade-Emulation auf dem ESP32" erfahren Sie mehr über die Enstehung dieses Projekt und die Probleme, die dabei gelöst wurden. So konnte der hier benutzte Emulator des Z80-Prozessors nur eine CPU nachbilden. Das Projekt benutzt aber drei im Parallelbetrieb. Daher mußte der Autor den Original-Emulator entsprechend ändern, damit sich die drei Prozessoren nicht ins Gehege kommen. Auch Details zur Speichernutzung und wie es geschafft wurde, die über 2 Millionen Zugriffe der CPUs darauf in den Griff zu bekommen sowie viele weitere interessante technischen Details können Sie dort nachlesen. Der Zugang zu heise+ ist für Make-Abonnenten kostenlos.

> Die Original-Z80-CPU von Zilog wurde in vielen Heimcomputern und Spielekonsolen eingesetzt.





Filamente und Spulen aus recycelten Polymeren.



Einfache Verarbeitung auf unterschiedlichen Druckern.



Ausgiebig getestet für eine hervorragende Qualität.



Hergestellt in der EU aus lokal beschafften Materialien.

PREMIUM RECYCLED MATERIALS

nobufil



Maker Faire Hannover 2023

Sie überlegen noch, auf die diesjährige Maker Faire nach Hannover zu fahren? Das Programm mit über 220 Ständen und Top-Rahmenprogramm, Impulsgebern für Community und Industrie bietet viele Gründe dafür!

von Daniel Rohlfing

enn in Hannover 3D-Drucker in Hochform sind, Cosplayer auf Star-Wars-Fans treffen, überall programmiert und gelötet wird, Roboter Fußball spielen und jede Menge Fachgespräche zu Arduino und Raspberry Pi geführt werden, dann ist Maker-Faire-Zeit. Nicht zu Silvester, sondern im August startet das neue Community-Jahr – so jedenfalls unsere Zeitrechnung: Denn auf der derzeit weltweit zweitgrößten Maker Faire treffen sich nach der Pandemie und dem Neustart im Vorjahr erstmals wieder über 1000 Maker an über 220 Ständen und läuten mit ihren kreativen und innovativen Projektideen das neue Maker-Jahr ein. In Hannover trifft sich die Maker-Community zum persönlichen Austausch und zur Inspiration.

Winzig bis gigantisch

Die weiteste Anreise in diesem Jahr dürfte eine Schülergruppe aus Südkorea haben, die gleich mit fünf spannenden Projekten kommen. Eins davon ist **Fun Coding with Cardboard**, ein Papp-Kit für Arduino & Scratch 1). Die kürzeste Anreise könnten die Macher der **Ventilkappenfantasy** aus Hannover haben. Ihre Upcycling-ldeen fürs individuelle Fahrradtuning dürften zusätzlich auch zu den kleinsten Projekten zählen, die auf der Maker Faire gezeigt werden 2). Die drei größten Projekte in diesem Jahr sind dagegen mit 4,5 m Höhe und 8,5 m Länge das aus Stahl bestehende und bewegliche Iron Horse aus Spanien und die je rund 3 m hohen Projekte Marbles und **Pony-**



trap 3. Letzteres ist ein Schlagzeugroboter, der vom Maker und Musiker Quentin Thomas-Oliver aus Texas entwickelt wurde. Quentin und seine Frau Hilary spielen dazu klassische Instrumente, gemeinsam bietet das Trio ein musikalisches Highlight auf der Maker Faire Hannover. Marbles 4 ist eine Lichtinstallation, die in unserer Dark Gallery zu bestaunen sein wird, vom niederländischen Künstler

© Copyright by Maker Media GmbH.

4

Gertjan Adema konzipiert. Es ist eine illuminierte und in sich langsam drehende Murmelbahn mit einer Gesamtlänge von 60 Metern. Die Theatergruppe um Künstler Jorà Ferré wird mit dem **Iron Horse** (5) eine beeindruckende Show mehrmals am Tag im Außenbereich aufführen. Zu rockigen Live-Klängen laufen die mechanisch gesteuerten Beine des imposanten Pferdes in der Luft zum Galopp, während eine Ballerina auf seinem Rücken tanzt.

Hunderte DIY-Projekte

Diese drei Projekte sind für viele sicherlich die Stars der diesjährigen Maker Faire Hannover, die vom 19. bis zum 20. August auf dem rund 7.000 gm großen Gelände des Hannover Congress Centrums zum neunten Mal stattfindet. Sie sind allerdings bei weitem nicht der einzige Grund zur Maker Faire zu reisen, denn am Ende gibt es hunderte weiterer spannender DIY-Projekte, die auf eine Besichtigung warten. Mit dabei sind in diesem Jahr beispielsweise Benedikt Eberle und sein Projekt Der Treppenstufensteigendestaubsaugerroboter oder auch die Jungs von der Bastelbude, die sich für die 90er Jahre begeistern, was bei einem Blick auf ihre abgefahrenen Projekte nicht abzustreiten ist. Zu bestaunen gibt es auch den 3"-Echtdampftraktor Little Samson von Christoph Beyer 6, der befahrbar ist, oder auch die LED Light Guitar von DeLucaLabs. Am Stand der Hacker School darf der Nachwuchs gerne das Programmieren lernen, gleiches gilt für die Plattform CodeUp des Jugend-forscht-Teilnehmers Ben Siebert, der seine Entwicklung gerne vorstellt.

Als ausstellende Partner sind in diesem Jahr neben alten Weggefährten wie die Autostadt, Cameo Laser oder ELV auch Infineon neu dabei, die eine Palette an Mikrocontrollern, Sensoren und Leistungselektronik-Modulen mitbringen, die speziell für Maker entwickelt wurden 7. Ebenso neu dabei sind der Halbleiterhersteller STMicroelectronics sowie der Chiphersteller Cologne Chip. Neu begrüßen dürfen wir auch HAKKO und OSEQ, die ihre neuste Generation an Safe Sheets für 3D-Drucktische präsentieren werden. Viel zu kaufen wird es u.a. bei den Shops von Brick'R'knowledge und BerryBase geben oder auch im eigenen Heise Shop, der jede Menge Merchandise und unsere Hefte zum Sonderpreis mitbringen wird. Es präsentieren sich auch einige Filamente-Hersteller wie Nobufil, die Recyling Fabrik, Redline Filament oder Aurapol. Wer die passenden Drucker dazu erwerben möchte, schaut sich bei 3DPrima oder Prusa um. Inspiration für Projektideen gibt es an zahlreichen Ständen gratis dazu.

Additiv und innovativ

Wer lieber selbst Drucker baut, besucht am besten die Stände von **THE 100** (Make 3/23,



S. 54) oder der Chaos Crew. Wer aus Niedersachsen kommt und eine tolle Idee hat, bewirbt sich im Anschluss beim 3D-Druck-Wettbewerb von Niedersachsen ADDITIV. Auch präsentiert sich erstmalig die Landeshauptstadt Hannover mit ihrer Strategie Restart: #HANnovativ auf der Maker Faire. Hier geht es um digitale Themen, wie die City ein wenig smarter wird, mit der verbundenen Vision für eine intelligente, klima- und sozialgerechte Stadt in der Zukunft.

Alle Aussteller und die dazugehörigen Hallenpläne





finden Sie ab Ende Juli auf maker-faire.de unter Meet-the-Makers. Dann wird auch das Programm des Vortragsforums veröffentlicht, welches an beiden Tagen im Future Meeting Space des Congress Centrums stattfindet. Es wird auch ein ergänzendes Workshop-Programm geben, erstmalig dabei ist hier die **Raspberry Pi Foundation**. Das Rahmenpro-

Überblick

Öffnungszeiten: Samstag, 19.08. 10-18 Uhr, Sonntag, 20.08. 10-17 Uhr

Ort: Hannover Congress Centrum (HCC), Theodor-Heuss-Platz 1-3, 30175 Hannover, Niedersachsen-, Glas- und Eilenriedehalle sowie Außenbereich

Anreise und Übernachtung: Das HCC liegt zentral in der Stadt. Es gibt ein günstiges Parkhaus direkt auf dem Gelände (3,50 Euro/Tag), aber auch eine eigene Haltestelle der Straßenbahn Linie 11 (Fahrtrichtung Zoo). Vom Hauptbahnhof am besten den Bus nehmen. Die Buslinien 128 und 134 (Fahrtrichtung Peiner Straße) halten auch am HCC. Übernachtungsmöglichkeiten und weitere Tipps für Hannover unter www.hannover.de/Tourismus

Ticketpreise: Einzelticket 19,50 Euro (ab 16 Jahre), ermäßigt 14,50 Euro (Schüler/ Studenten, Senioren ab 65 Jahre, Schwerbehinderte), Familientickets gibt es ab 28 Euo. Kinder unter 10 Jahren haben generell freien Eintritt, Personen unter 16 Jahren nur in Begleitung eines Erziehungsberechtigten. Tickets sind im Onlineshop und an der Tageskasse erhältlich, wobei auch hier nur eine Kartenzahlung akzeptiert wird.

Highlights: Iron Horse, Marbles, Ponytrap, Mad Metal Machines, R2D2, uvm.

Aussteller: Mehr als 1000 teilnehmende Maker an rund 220 Ständen

Vortragsprogramm: An beiden Tagen mit spannenden Speakern ab jeweils 10:30 Uhr

Workshops: u.a. von der Raspberry Pi Foundation und Mitmach-Aktivitäten an fast jedem Stand

Catering: Umfangreiches Cateringangebot von zumeist regionalen Anbietern

Make: Education

Lehrertag: Am 19.08. findet bereits ab 9:45 Uhr eine Lehrer-Fortbildung zum Thema "Frische Ideen für den MINT-Unterricht: Learning by Making" statt. Das Angebot wird durch eine Kooperation zwischen dem Make Magazin, der Region Hannover und dem Niedersächsischen Landesinstitut für schulische Qualitätsentwickung (NLQ) ermöglicht. Es finden spannende Vorträge, zwei Workshops und eine Austauschrunde mit Experten statt. Anschließend werden gemeinsam die vielen Make-Education-Projekte auf der Maker Faire erkundet. Eröffnet wird der Lehrertag von der niedersächsischen Kultusministerin. Eine Vorab-Anmeldung ist zwingend erforderlich, die Teilnehmerplätze sind limitiert. Bei Interesse finden Sie weitere Informationen und eine Anmeldemöglichkeit unter:

maker-faire.de/hannover/lehrertag/

gramm umfasst in diesem Jahr auch wieder ein großes Schaukampfroboter-Turnier, welches in einem separaten Bereich von den **Mad Metal Machines** ausgetragen wird, wie zuletzt in 2019.

Besucher können sich also auf viele spannende Specials freuen. Angesichts der Fülle des Angebots lohnt es sich mehr denn je, den eigenen Besuch so gut wie möglich zu planen und dabei auch die Möglichkeit für manche Überraschung offenzulassen, die es immer wieder auf der Maker Faire Hannover gibt. —*pek*





Zukunftsmobilität aktiv mitgestalten

Programmieren, Schrauben, Designen und Diskutieren am Lernort Autostadt

Wie wollen wir uns in Zukunft bewegen? Die Entwicklung einer elektrischen, autonomen und nachhaltigen Zukunftsmobilität ist in vollem Gange. Dafür braucht es nicht nur technisches, handwerkliches und digitales Know-How, sondern auch kreative Ideen, einen kritischen Blick sowie eine kommunikative Zusammenarbeit. Mit praxisorientierten und kreativen Angeboten fördert die Autostadt in Wolfsburg den Aufbau fachlicher und persönlicher Zukunftskompetenzen und begeistert für die Zukunftsthemen Mobilität, Digitalisierung und Nachhaltigkeit – bereits seit über 20 Jahren.

In den Bildungsformaten der Autostadt werden beim Tüfteln und Gestalten das Anfassen, das Ausprobieren und der Blick "über den Tellerrand hinaus" groß geschrieben. Die vier Themenfelder Medien, Nachhaltigkeit und Verantwortung, MINT sowie Lernen, Kreativität und Gesellschaft bilden die inhaltliche Grundlage für Lernerlebnisse, bei denen nicht nur Upcycling und Ernährung, sondern auch Podcast-Recording oder Fahrzeugdesign eine Rolle spielen.

Kinder, Jugendliche und Erwachsene erhalten im Themenfeld MINT spannende Einblicke in verschiedene Fertigungsverfahren, Antriebstechnologien oder Programmiersprachen und versuchen bei praktischen und kreativen Aufgaben gemeinsam Lösungen zu finden oder Ideen auszuprobieren. Dies bietet nicht nur die Möglichkeit, eigene Talente zu entdecken und Interessen zu vertiefen, sondern auch zu erkennen, welche Faktoren und Themenbereiche bei der Entwicklung der Zukunftsmobilität zusammengedacht werden müssen – von Künstlicher Intelligenz über Design und User Experience bis hin zu nachhaltiger Stadtplanung.

Die Werkstatt im ZeitHaus der Autostadt: der Lernort für MINT-Projekte

"Coding Cars" ist einer der beispielhaften MINT-Workshops, der Jugendliche zum digitalen Ausprobieren und Entdecken anregt. In der Werkstatt im ZeitHaus der Autostadt, dem Lernort für technische und digitale Bildungsangebote, werden dabei elektrische Mini-Autos programmiert, die mit dem kindgerechten Mikrocontroller Calliope Mini ausgestattet sind. So ist es möglich, einen spielerischen Zugang zum Thema "Autonomes Fahren" zu erhalten und das Fahrverhalten der kleinen Roboterautos mit einfachem Coding - oder für Fortgeschrittene textbasiert mit Java oder Python - über PC oder Tablet zu bestimmen. Mithilfe von zwei leistungsstarken Elektrogetriebe-Motoren können die Fahrzeuge dann in verschiedenen Geschwindigkeiten in alle Richtungen fahren - durch eine zusätzliche LED-Matrix, einen Lautsprecher und einen Lagesensor an Bord des Calliope Mini können schließlich Lichtund Tonsignale einprogrammiert werden.

Das macht den Beteiligten richtig Spaß und Lust auf die Auseinandersetzung mit den zahlreichen Facetten der Zukunftsmobilität. Denn: Die Teilnehmenden lernen hier nicht nur ganz praktisch eine Menge über Sensorik, Aktorik und die Funktionsweisen von Fahrassistenzsystemen, sondern merken auch, dass das Autofahren der Zukunft mehr bedeutet als nur einen fahrenden Computer zu entwickeln. In lebhaften Gesprächen entstehen erstaunliche Ideen, wie es in Zukunft auf unseren Straßen und drumherum aussehen sollte.



Abwechslungsreiche Angebote und Projekte für Bildungseinrichtungen, Familien und Berufstätige

Ob im Schulworkshop, im Ferienprogramm oder auch beim Familien- oder Erwachsenenangebot: Die Autostadt bietet Lernerlebnisse und Bildungsprojekte für alle Anlässe und Zielgruppen. Vom täglichen handwerklich-kreativen Gestaltungsangebot an den Werkstationen über anerkannte Bildungsurlaube für Teilzeitkräfte bis hin zum Besuch mit der gesamten Schulgemeinschaft im Rahmen des Formats "Schule auf Achse": Besuchen Sie uns online unter **www.autostadt.de/bildung** und finden Sie heraus, welches Angebot oder Projekt am besten zu Ihnen passt!



Spannende MINT-Angebote in der Werkstatt im ZeitHaus: Vom 3D-Druck über Coding bis hin zu Produktion und Design eigener Fahrzeuge.

Foto: Autostadt GmbH

Schicker Streamer

Raspberry Pi, guter Klang und schickes Design passen nicht zusammen? Doch, dieses Projekt beweist es. Mit edler Elektronik, einem Anlagen-kompatiblen Gehäuse und Breitwand-Infoscreen passt dieser Netzwerkplayer auch in Ihr Wohnzimmer-Orchester.

von Dieter Schaurich



A uf der Suche nach einem Netzwerkplayer, der optisch und technisch zu meinen Bedürfnissen passt, musste ich leider feststellen, dass es kaum Geräte gibt, die beide Kriterien erfüllen. Meist findet man sie nämlich nur noch gebraucht oder mit eingeschränkten Funktionen. Also habe ich mir einen alten Pioneer-Verstärker besorgt, der zu meiner Anlage passt, und ihn zu einem eigenen Streamer umgebaut.

Erster Prototyp

Als Basis für das Projekt dient ei Pi, in diesem Fall das Modell 4B m Zur Audioausgabe entschied i das Khadas Tone 1 Board, das ES9038Q2M-DAC (Digital-Analo ausgestattet ist und höchste Au bietet. Nach meiner Recherche für de Distribution, entschied ich mi mio, da es das Plug-in Peppymeter mit dem man auf einem Bildschir dualisierbares VU-Meter (Lautstär heit) darstellen kann (Bild 1). D würde zwar auch headless, also d funktionieren, doch sollte ja au Auge dabei sein. Um das virtuel zu testen, habe ich einen HDMI-7" und 1024 × 600 Pixel Auflösung berry Pi angeschlossen. Für der suchsaufbau nutzte ich Steckerr einer entsprechenden Leistungs jeweils 3A bei 5V. Wie man Volumio und Peppymeter installiert und für die richtige Bildschirmauflösung konfiguriert, könnt ihr in einem zusätzlichen Online-Artikel nachlesen, der in der Kurzinfo verlinkt ist.

Jetzt wird es ernst

Nach meinen ersten erfolgreichen Tests stöberte ich im Netz nach einem passenden Gehäuse. Mir wurde dabei sehr schnell klar, dass es zwar einige Anbieter mit schönen Gehäusen gibt, keines davon aber optisch zu meinen vorhandenen Pioneer-Geräten passt. Dann kam mir die Idee, ein gebrauchtes Gerät dieser Marke zu kaufen und zu modifizieren. Die anstehenden Arbeiten sind im Wesentlichen



Dieses Projekt zeigt den Nachbau von Netzteilen, die mit 230V-Netzspannung arbeiten und deren Berührung lebensgefährlich ist. Wer keine einschlägigen Kenntnisse im Umgang mit solcher Elektronik hat, soll bitte die Finger davon lassen und jemanden fragen, der sich auskennt.

Kurzinfo

» Altes HiFi-Gehäuse zum Raspi-Netzwerkplayer umbauen
 » Einen Raspberry per Knopfdruck ein- und ausschalten
 » Digitale VU-Meter mit Peppymeter anzeigen

nen Streamer		
	Checkliste	Material
p	Zeitaufwand:	» Raspberry Pi 4B
n Raspberry	ca. 50 Stunden	 » Khadas Ione I Board » 12,6"-Display NV126B5M-N41
it 2 GB RAM.	C Kosten:	» Pioneer A-10 gebraucht
ch mich für	🤁 ca. 850 Euro	» Homematic HmIP-PCBS Smart-Home-
mit einem		Schaltaktor
og-Wandler)	••••••••••••••••••	» MicroSD-Extender
udioqualität		$\sim 2 \times 5V$ -Luiterstederung
r die passen-	Menr zum Thema	» Diverse USB-Kabel
ich für Volu-	» Roman Radtke und Ákos Fodor.	» 2 × 5V-Relais-Module für Arduino
r unterstützt.	HiRes-Audio mit dem Raspberry Pi,	» 5V-Schaltnetzteil mit 2A
m ein indivi-	Make 6/21, S. 10	Bautelle für die audiophilen Netzteile,
ke-Messein-	» Daniel Bachfeld, Ein- und Ausschal-	Stecker, Schrauben, siehe Text und Tabellen
er Streamer	ten per Softswitch, Make 4/21, S. /6	,
hne Display	Trenntrafo, Make-Sonderheft	• • •
ich was fürs	Elektrotechnik, S. 58	· · · · · · ·
lla VI I-Matar	» Ákos Fodor, Mediacenter mit dem	Werkzeug
Monitor mit	Raspberry Pi, Make 1/23, S. 32	» Pagalhara Lötztation
an don Pach		» CNC-Fräse
an uen hasp-		» Digitaldrucker
	Alles zum Artikel	» Schneideplotter
ietztelle mit	im Web unter	» Heißluftföhn für Schrumpfschläuche
sreserve von	make-magazin.de/x12r	» Schraubendreher, Seitenscheider, Zange,
olumio und		ADISOIIErWErKZEUG

nicht anders als bei einem zugekauften Leergehäuse. Ausschlaggebend für die Auswahl des Modells war das Layout der Frontplatte, da hier ein Display eingesetzt werden sollte und die vorhandenen Knöpfe und Drehregler entweder wegfallen würden oder eine neue Funktion erhalten sollten.

Mit den Abmessungen und Bildern, die ich auf der Hersteller-Website von Pioneer fand, versuchte ich festzustellen, welches Gerät für mein Vorhaben geeignet war. Dazu importierte ich die Bilder in das Vektor-Grafikprogramm CorelDRAW und suchte nach einer passenden Lösung. Schließlich entschied ich mich für den Pioneer HiFi-Verstärker A-10 (erste Serie) und ein Display mit 12,6" Bildschirmdiagonale, 1920 \times 515 Pixeln Auflösung und ca. 310 mm Breite für die Frontseite.

Da dieses Display keine Touch-Funktion hat und noch ein paar Millimeter links und rechts überbrückt werden mussten, plante ich noch eine 4 mm dicke Acrylscheibe als Blende ein. Außerdem sollten drei Taster des A-10 eine neue Position erhalten, um die Displayfunk-



Bild 1: Peppymeter (rechts) orientiert sich stark an seinen analogen Vorbildern (links).



Bild 2: Mit dem Plug-in GPIO Buttons kann man über bestimmte Pins Funktionen ausführen.

Ein-Aus-Schaltung		
R1	4,7ΚΩ	
R2	100ΚΩ	
R3	100ΚΩ	
R4	470ΚΩ	
T1	BC547	
T2	BC517	
C1	100µF	
D1, D2, D3	1N4001	

tionen Menu, Up und Down steuern zu können, ohne dafür das Gehäuse öffnen zu müssen.

Zur Planung gehörten noch ein paar Wunsch-Features, damit der Streamer möglichst so aussah, als hätte ihn Pioneer selbst produziert. Der originale Power-Button sollte das System ein- und ausschalten. Ebenso sollten die LEDs wie folgt leuchten: rot im Standby und grün im On-Modus, die drei Tasten im On-Modus rot und der Power-Button im On-Modus blau. Zusätzlich wollte ich das Gerät noch über die Mediola-Neo-App ein- und ausschalten können, mit der man die vorhandene Hausautomation von Homematic inklusive aller fernbedienbaren Geräte bedient. Für spätere Updates von Volumio sollte außerdem die MicroSD-Karte von außen zugänglich sein. Schließlich wollte ich den Raspberry Pi, das Khadas Tone Board sowie das Display nicht mit Schaltnetzteilen, sondern mit audiophilen Netzteilen betreiben, um eine möglichst störungsfreie und klare Audiowiedergabe zu gewährleisten.

Bei eBay-Kleinanzeigen fand sich sehr schnell ein passendes und optisch brauchbares Pioneer-Gerät. Der Preis war mit 65 Euro außerdem wesentlich günstiger als alternative Rohgehäuse, die bei etwa 150 bis 250 Euro lagen.

Die Ein-Aus-Schaltung

Ein Raspberry Pi kann zwar durch einen Befehl softwareseitig heruntergefahren werden, bleibt danach aber in einem Betriebsmodus stehen, der einen Neustart unmöglich macht. Diesen kann man nur initiieren, wenn man die Spannungsversorgung trennt und erneut anlegt. Da ich meinen Streamer über den Power-Button ein- und ausschalten wollte, habe ich hierfür eine Ein-Aus-Schaltung entworfen, die die Stromzufuhr des Raspberry Pi, der Netzteile sowie der frontseitigen LEDs mithilfe von 5V-Relais steuert. Dafür habe ich zwei GPIO-Pins in die Schaltlogik eingebunden.

Für solche Zwecke gibt es in Volumio das Plug-in GPIO Buttons, das man direkt über die Benutzeroberfläche installieren und einstellen kann. Mit ihm lassen sich bestimmte GPIOs abfragen und Funktionen auslösen (Bild 2). So ist es z.B. möglich, Play, Pause oder Next Track über ein High-Signal an einem dieser GPIO-Pins zu steuern. Für die Ein-Aus-Schaltung nutze ich den Shutdown-Befehl, den ich über den GPIO-Pin 5 ausführe.

Jetzt fährt der Raspberry nach einem Tastendruck herunter. Um ihn zusätzlich von der Spannungsversorgung zu trennen, fehlt der Schaltung aber noch ein weiterer Trigger. Dafür nutze ich den GPIO-Pin 14 (UART TX), denn wie eine Recherche im Netz ergab, kann dieser Pin ein High-Signal liefern, solange der Raspberry Pi nicht heruntergefahren wurde. Diese Pin-Funktion muss man aber zuvor aktivieren. Dafür habe ich mit einem FTP-Client die Datei userconfig.txt bearbeitet, die sich auf dem Raspberry Pi in dem Ordner /boot befindet. Dort muss man die Zeile enable_uart=1 ergänzen. Dadurch lässt sich der GPIO-Pin 14 zwar nicht mehr zur Fehleranalyse nutzen, doch bisher lief mein Aufbau problemlos.

Die Ein-Aus-Schaltung besteht aus zwei Transistoren, drei Dioden, vier Widerständen, einem Elko, einem HK19F-Relais mit zwei Umschaltern sowie zwei 5V-Relais (Bild 3). Das 8-Pin-Relais schaltet den Power-Button im Power-Off-Zustand als Ein-Taster und im





Bild 4: Am Computer geplant, anschließend gefräst und bestückt.

Power-On-Zustand den GPIO 5 als Aus-Taster. Der Elko sorgt für die notwendige Haltefunktion, bis der Raspberry Pi auf GPIO 14 ein High-Signal liefert. Gleichzeitig erzeugt er Audiophiles 230V-Netzteil

TR1	Talema Ringkerntrafo 70061K, 2x9V, 25VA		
DR1	Drossel Talema CAF 3,5 – 2,7, 2,7mH		
F1	Feinsicherung 5 × 20 mm, 160mA träge		
R1, R2	100Ω		
D1	1,5 KE440CA, 376V, 1500W bipolare Suppressordiode		
D2, D3, D4, D5	SB560, Schottky-Diode		
D6	LED grün, 5 mm		
C1	150nF, 275V X2 Funkentstör-Kondensator		
C2, C3	100nF, 400V MKS Folienkondensator		
C4, C6	100nF, 100V MKS Folienkondensator		
C5, C7, C8, C9, C10	4700µF, 50V Elko		
C11	2200μF, 25V Elko		
IC1	LM1084 IT-5.0 (5V/5A)		
Kühlkörper			
USB-Einbaubuchse TypA print			

beim Abschalten die benötigte Verzögerung beim Herunterfahren.

Als permanente Spannungsversorgung verwende ich für die Einschalt-Logik und die LEDs ein 5V-Schaltnetzteil mit 2A. Die Platine für die Ein-Aus-Schaltlogik habe ich in Corel-DRAW gezeichnet und mit einer Portalfräse aus einem Leiterplatten-Rohmaterial selbst angefertigt (Bild 4).

Große Netzteile für besten Klang

Die Spannungsversorgung des Raspberry Pi inklusive Khadas Tone Board sowie die des Displays übernehmen zwei audiophile Netzteile. Ihr Aufbau ist bewusst überdimensioniert, damit sie kühl bleiben – eine absolut wichtige Voraussetzung für einen sorgen-





Bild 6: Messen, drucken, verschieben: So entstand das Layout des Innenlebens.



Bild 7: Die Bodenplatte aus Acryl mit Abstandshaltern für die Platinen



Bild 8: Millimeterarbeit: Das Fräs-Layout für die Frontplatte.



Bild 9: Die Frontplatte wird auf die weiße Halterung gelegt (links) und danach mit Klebeband (rechts) vor Kratzern geschützt.

freien Dauerbetrieb. Sie bestehen aus einem primärseitigen Filter-Kondensator, einer Überspannungsschutz-Diode, einer Feinsicherung, einem vergossenen Ringkern-Trafo, Schottky-Dioden zur Gleichrichtung, einer Filterdrossel, diversen Kondensatoren, einem Festspannungsregler, einer Kontroll-LED mit Vorwiderstand und einer USB-Buchse auf einer selbst entworfenen und gefertigten Platine (Bild 5). Diese beiden Netzteile werden mit einem 5V-Relais, als Teil der Ein-Aus-Schaltlogik, mit der Netzspannung verbunden oder von ihr getrennt. Vor diesen Netzteilen sitzt in der Rückwand eine Kaltgeräte-Buchse mit integriertem Schalter, um das Gerät komplett vom Strom trennen zu können. Auf einer kleinen Platine zwischen Buchse und Netzteilen befindet sich eine weitere Feinsicherung. Das Gehäuse ist natürlich mit dem Schutzleiter verbunden, also geerdet.

Schalten per Smarthome-App

Damit das Gerät auch mit der Mediola-NEO-App ferngesteuert werden kann, befindet sich noch ein Homematic-IP-Smart-Home-Schaltaktor (HmIP-PCBS) an Bord. Auch dieser wird durch das kleine 5V-Schaltnetzteil dauerhaft mit Spannung versorgt und sein Schaltausgang ist als Taste mit einer Sekunde Schließzeit programmiert und parallel zum Power-Button in der Frontplatte beschaltet. Zur Fernsteuerung kann alternativ auch jede andere App mit passendem Schaltaktor genommen werden. Der Aktor muss nur einen Tastendruck simulieren können, genau wie der Power-Button.

Komponenten anordnen

Nachdem ich den gebrauchten Pioneer-Verstärker entkernt hatte, ging es an die Planung für die Anordnung der einzelnen Komponenten. Ich übertrug die vorhandenen Befestigungslöcher der Grundplatte auf ein Blatt Papier und



Bild 10: Das ausgefräste Teil macht Platz für das Display. Ein paar der übrig gebliebenen Tasten verwende ich weiter.



Bild 11: Eine einfache Platine verbindet die Tasten an der Frontseite mit der innenliegenden Elektronik.





RASPBERRY PI | DEV. BOARDS | SENSOREN / MODULE | SMART LIVING | BAUELEMENTE | U. V. M.

Von blinkenden LEDs bis hin zu Roboterhunden, wir haben alles, was dein innerer Maker begehrt! Und ob du ein komplettes Smart Home

oder eine Wetterstation bauen willst - wir haben das Zeug dazu!

ENTDECKE MEHR ALS 7.000 PRODUKTE AUF BERRYBASE.DE

MAKE IT!

LET'S



scannte es anschließend ein. Nach ein paar Ausdrucken und kleinen Korrekturen passte schließlich alles. In CoreIDRAW probierte ich anschließend mögliche Anordnungen aus (Bild 6). Dazu vermaß ich alle einzelnen Komponenten und fügte zwischen den Einzelteilen Aussparungen zur Kabeldurchführung ein. Die daraus entstandene Trägerplatte für den Raspberry Pi und die übrigen Komponenten fräste ich aus einer schwarzen Acrylplatte mit 6 mm Stärke. Das hätte man alternativ auch mit einem Laser erledigen können. Um die einzelnen Komponenten und Platinen zu montieren, habe ich an den Schraubpunkten Vertiefungen mit 7 mm Durchmesser und 1 mm Tiefe eingefräst und schwarze Kunststoff-Abstandshülsen eingeklebt (Bild 7). So haben alle Teile den nötigen Abstand zur Trägerplatte.



Bild 12: Die alte und die neue Rückwand im Vergleich

Speicherkarte gut zugänglich

Um nachträglich das System austauschen oder aktualisieren zu können, sollte die MicroSD-Karte von außen zugänglich sein. Hierfür gibt es sogenannte MicroSD-Extender. Mit einer Flachband-Kabellänge von etwa 40 cm wollte der Raspberry jedoch nicht mehr fehlerfrei booten. Also habe ich das Gehäuse des MicroSD-Extenders geöffnet, das Flachbandkabel abgelötet und durch ein entsprechend kurzes Kabel erneuert. Hierfür verwendete ich ein altes Floppy-Laufwerkkabel aus einem PC.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass ein Volumio-Update alle vorherigen Einstellungen überschreibt – auch die Datei



Realize your vision with us.

From concept sketch to customized PCB, we support you on your prototyping journey.



Infineon for Makers

Visit us at Maker Faire[®] Hannover booth 18.







Bild 14: Der Rand der Frontscheibe hält sie im Gehäuse.

userconfig.txt, was den GPIO 14 und somit die Funktion der Ein-Aus-Schaltung deaktiviert.

Frontplatte fräsen

Die Frontplatte zu bearbeiten war sicherlich die spannendste Arbeit, denn ich hatte nur einen Versuch. In CorelDRAW zeichnete ich zuerst die vermessene Frontplatte nach und arbeitete den Ausschnitt für das Displayglas ein. Die drei Buttons für die Display-Steuerung ordnete ich untereinander an und zeichnete auch diese ein (Bild 8). Mithilfe der alten



Platine, an der sich die Knöpfe ursprünglich befunden hatten, maß ich die dafür notwendigen Abstände.

Pioneer

Um die Frontplatte fräsen zu können, fertigte ich noch eine Aufnahmevorrichtung an. Hierzu diente eine 20 mm dicke Kunststoffplatte. Zunächst fräste ich in diese eine Nut ein, die der Außenabmessung der Frontplatte entspricht. Für die Haltelaschen an der Frontplatte, an denen der Gehäusedeckel fixiert wird, kamen noch sogenannte Taschen hinzu (Bild 9). Durch die alten Löcher der Regler konnte ich die Frontplatte auf der Aufnahme-



Bild 16: Der fertige Streamer fügt sich nahtlos in die Anlage ein.

vorrichtung anschrauben und brachte an der Frontplatte Malerklebeband an, um sie beim Fräsen vor Kratzern durch Späne zu schützen. Jetzt kam endlich der spannendste Moment: Der Ausschnitt und die drei Löcher für die Buttons wurden gefräst (Bild 10).

Um die drei Tasten an der Gehäusefront befestigen zu können, war noch ein 6 mm dicker Adapter nötig, den ich aus transparentem Acrvl fräste. Die Platine zur Aufnahme der LEDs und der Taster war der nächste Bauabschnitt. Dafür scannte ich die alte Platine, auf der sich die passenden Befestigungslöcher und der Power-Button befanden und konnte sie so genau nachzeichnen. Die Positionen der neuen Taster musste ich dazu noch exakt vermessen und einzeichnen. Danach fräste ich die Platine mit Leiterbahnen und Bohrungen. Die Taster verdrahtete ich anschließend auf die zugehörige Steuerplatine des Displays - zur besseren Übersicht mit verschiedenfarbigen Litzen in 0,5 mm².

Die LEDs haben je nach Farbe eigene Vorwiderstände, um ein gleichmäßiges Leuchten zu ermöglichen, und werden wiederum über das zweite 5V-Relais gesteuert. Dieses hat als Teil der Ein-Aus-Schaltung eine Wechsler-Funktion, d.h. im Standby leuchtet über den NC-Kontakt (Normally Closed: in Ruhezustand geschlossen) und die Betriebs-LED rot. Die blaue LED im Powerbutton, die grüne Betriebs-LED für Power-On und die drei LEDs der Displaytasten bekommen die Versorgung über den NO-Kontakt (Normally Open: im Ruhezustand offen) und leuchten, sobald das Gerät eingeschaltet ist (Bild 11).

Gute Kühlung

Ebenfalls über den NO-Kontakt eines der 5V-Relais, also im Betriebsmodus, wird eine Lüfterdrehzahl-Steuerung mit 5V-Spannung versorgt, die zwei kleine Lüfter mit 50 mm Durchmesser regelt. Diese hängen parallel an der Lüfter-Steuerung und sind über das Poti so eingestellt, dass man sie von außen nicht hört. Sie kühlen die LM1084-Spannungsregler, die sich auf den Netzteilen befinden. Messungen am Kühlkörper ergaben eine Temperatur von ca. 20–25 °C. Dies wird sicher für eine lange Lebensdauer sorgen, da die meisten Defekte in der Elektronik durch zu viel Hitze entstehen.

Rückwand und Anschlüsse

Die alte Rückwand des A-10 hatte im Vergleich zur umgebauten Version natürlich viel zu viele Aussparungen und eine mittlerweile falsche Beschriftung. Daher habe ich die alte Rückwand ebenfalls gescannt und mit ihren Befestigungspunkten nachgezeichnet. Anschließend vermaß ich die neuen Buchsen (2×USB, 1 × LAN, 1 × Cinch, 1 × MicroSD, 1 × Kaltgeräte mit Schalter) und ordnete sie passend an. Danach fräste ich die neue Rückwand aus Aluminium mit 1,5 mm Stärke. Alle Buchsen konnten geschraubt oder geklemmt werden. Das Gehäuse des MicroSD-Kartenlesers musste ich einkleben. Hierfür eignet sich hervorragend 2K-Speed-PU-Kleber, der in 10 Minuten aushärtet und ganz leicht elastisch bleibt. Vom Pioneer als Teilespender fiel noch eine Stereo-Cinch-Einbaubuchse für die Rückwand ab. Diese habe ich mit einer kleinen Platine und Kontaktstiften versehen, wie man sie aus PCs kennt und mit kurzen, angefertigten Kabeln mit den Cinch-Buchsen der Audio-Karte verbunden. Darüber kann ich den Streamer mit meinem Verstärker verbinden.

Aus dem gescannten und nachbearbeiteten Rückwand-Layout erstellte ich schließlich eine Druckdatei, die ich im Digitaldruck auf eine selbstklebende Folie gedruckt und mit mattem Schutzlaminat versehen habe. Die Ausschnitte für die Anschlüsse wurden gleich mit vorgesehen und direkt ausgeschnitten (Bild 12). Zum Aufkleben der Folie brachte ich zusätzlich noch ein Übertragungspapier auf. So eine Folie kann man beim Werbetechniker um die Ecke anfertigen lassen.

Schrauben, stecken, montieren

Das Gehäuse war jetzt fast fertig. Es fehlte nur noch, die Einzelkomponenten an der Bodenplatte festzuschrauben, die Netzteile mit passend kurzen USB-Kabeln zu verbinden (Bild 13). Um das Display an der Frontseite zu befestigen, fräste ich eine Acrylscheibe aus 4 mm dickem Material passgenau und ließ einen 1 mm dicken und einige Millimeter breiten Rand stehen, damit sie nicht aus dem ausgefrästen Ausschnitt fällt (Bild 14). Die Sichtkante erhielt umlaufend eine Fase mit 0,3 mm. Um den Spalt zwischen Display und Ausschnitt abzudecken, hat die Acrylscheibe vor dem Display rückseitig noch eine Blende

aus schwarzer Klebefolie bekommen (Bild 15). Diese Folie wurde mit einem Schneideplotter angefertigt.

Das Display habe ich dann rückseitig hinter die Acrylscheibe eingesetzt und über kleine, von Hand gesägte und gefeilte Acrylteilchen in Position gebracht und festgeklemmt. Sollte der Streamer transportsicher gemacht werden müssen, empfiehlt es sich, die Halter festzukleben.

Ergebnis

Nachdem alle Tests erfolgreich verlaufen waren, musste nur noch der Gerätedeckel aufgesetzt werden und ich konnte die umfangreichen Funktionen von Volumio ausprobieren und den tollen Klang genießen (Bild 16). Das Klangerlebnis bei Webradio-Stationen ist direkt hörbar, variiert aber je nach Stream-Qualität. Einige Stationen übertragen sogar in dem verlustfreien Codec FLAC (Free Lossless Audio Codec). Das Stöbern der schier endlosen Liste macht richtig Spaß. Hier wird sicher jeder fündig. Und wer kein Radio mit dem Streamer hören will, kann natürlich auch seine eigene Musiksammlung in Volumio einbinden und gemütlich vom Smartphone aus darauf zugreifen. -akf

LANDESHAUPTSTADT HANNOVER

GESTALTE

Auf unserer Karriere-Seite findest du Duale Studiengänge, Ausbildun plätze und Jobangebote aller Art - Hier kleine Inspirationen für Dich: Ausbildung & Studium:

Notfallsanitäter*in

DO

Sc. Wirtschaftsinformatik

Jobangebote

- Sachbearbeiter inne

Archite Profis für die KiTa

- u.v.m

DEINE



"Hallo, ich bin Mila.

Kennst du schon die Smart City Hannover? Restart: #HANnovativ ist eine Geschichte, die absolut erzählenswert ist. Spannende Smart City-Projekte machen Lust auf ein smartes Hannover und vermitteln, unbedingt Teil dieser spannenden Reise sein zu wollen. Ich möchte in ein paar Jahren sagen können: Die Smart City hat das Leben in unserer Stadt besser - angenehmer, einfacher, nachhaltiger und effizienter - gemacht."

Smart City-Strategie

www.hannovativ.com smartcity@hannover-stadt.de instagram.com/hannovativ linkedin.com/company/smart-city-hannovativ



Restart: #HANnovativ ist die Smart City-Initiative der Landeshauptstadt Hannover und soll wichtige Impulse zur digitalen Stadtentwicklung setzen. Sie stellt den Menschen in den Mittelpunkt und zeigt die Vision für die intelligente, klima- und sozialgerechte smarte Stadt.





Projekt

Festivaltotem

Ein Flugzeug mit schlagenden Flügeln. Ein handgeschriebenes Schild "Bitte raven Sie hart!". Von lauten Bässen durchgeschüttelte Hängematten im Birkenwald: All das findet man auf Festivals wie dem Fusion. Nur oft seine Gruppe nicht. Wir zeigen, wie man mit einer guten Portion Making einen unverwechselbaren Wegweiser für seine Crew baut.

von Alexander Alber und Thomas Schmid

A n ungewöhnlichen Eindrücken mangelt es auf dem Fusion-Festival nicht. Unter anderem ist die deutsche Variante des Burning Man auch für die sogenannten Festival-Totems bekannt: Kunstwerke und Basteleien, die mit auf die Tanzfläche (siehe auch Titelbild) genommen werden, damit sich die eigene Crew auch findet. Denn Handyempfang sucht man meist vergeblich.

In diesem Artikel geht es um die Entwicklung unseres eigenen Festivaltotems. Sie beginnt ein paar Wochen vor dem großen Einsatz mit einer zentralen Idee – es soll mit Licht auf Musik reagieren. Am Ende steht ein 3Dgedrucktes Ei, in seinem Inneren befinden sich ein lasergeschnittenes Holzskelett, LED-Ketten und Elektronik. Das Totem blinkt und flackert zum Beat, lässt sich über Bewegungen und Aufstampfen des Stabes steuern und verbreitet gute Laune, wo es hinkommt.



Bild: CC-BY-SA 4.0 timoschindler.de

Mit den Totems finden sich die Gruppen.

Kurzinfo

- » Festivaltotem mit ESP32, Beschleunigungssensor,
- Mikrofon und RGB-LEDs
- » LEDs per FastLED-Bibliothek, Beat-Erkennung per Software
- » 3D-Druck im Normal- und Vasemode mit Holzskelett geschickt vereint

Checkliste

Zeitaufwand:



6 bis 8 Stunden (ohne Druckzeit/Fräsen)



Werkzeug

» 3D-Drucker mit einer Bauhöhe von min. 250mm und 0,8mm Düse ist zu empfehlen

- » Lasercutter oder Laubsäge
- » Lötkolben und Lötzubehör
- » Makerwerkzeug Zangen, Cutter,
- Schraubendreher, Schere, etc. » Holzleim (kein Expressleim!)

Material

- » ESP32 NodeMCU Development Board
- » Mikrofon MAX4466 auf Breakoutboard
- Beschleunigungssensor ADXL345 auf
- Breakoutboard
- WS1812 LED Stripes 1,5m, 144 LEDs pro Meter » Akkupack Intenso XS 10000
- Steckverbinder JST SM 3-Pin
- Wago-Verbindungsklemmen mit Hebel 221-415
- » Litzen gern aus dem Schrott
- » Schrumpfschläuche
- » Alustab Länge nach Wunsch,
- 20mm Durchmesser, 1,5mm Wandstärke
- Schrauben $6 \times M4 \times 20$, $12 \times M4 \times 16$
- » Einpressmuttern M4 × 6 × 6, 18 Stück
- » Sperrholz 3mm
- » PLA Filament hell/durchscheinend und dunkel
- » Kabelbinder dünn

Mehr zum Thema

- » Heinz Behling, Mikrocontroller:
- Programmier-Umgebung PlatformIO
- installieren, kostenloser Online-Artikel
- Daniel Springwald, Der LavaFrame, Make 3/23, S. 36
- Carsten Wartmann, Disco is back Lichtshow mit WLED, Make 2/23, S. 8
- Hermann Mohr und Manuel Mohr, Der Photostick - Malen mit Licht, Make 1/21, S. 52

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xez9



Grundaufbau

Die Hülle des Eies besteht aus drei vertikal gestapelten 3D-Druckteilen. Die mittlere Komponente ist für den schnellen Druck im Spiralvasenmodus ausgelegt - dazu später mehr. Im Inneren des Mittelteils befindet sich zur Stabilisierung ein geklebtes Skelett aus per Laser geschnittenem Holz. Dieses ist formschlüssig mit dem Mittelteil verbunden und mit Boden und Deckel verschraubt. Innerhalb des Holzskeletts ist eine Holzplatte eingespannt, die als Träger der Elektronik dient. Das Gesamtkonzept ist in der Explosionszeichnung dargestellt.

Das Ei wird auf einen gedruckten Sockel geschraubt. Dieser enthält einen kreisrunden Schlitz zur Aufnahme eines handelsüblichen Aluminiumrohres aus dem Baumarkt. Die leichte Spielpassung im Entwurf in Verbindung mit den typischen Druckertoleranzen sorgt hier für einen stabilen Reibkraftschluss.

Im Inneren befinden sich ein ESP32-Mikrocontroller, ein Mikrofon, ein Beschleunigungssensor, eine 10Ah-Powerbank und drei WS2812-LED-Streifen.

Auf dem ESP32 läuft ein in C++ geschriebenes Programm, das zwischen verschiedenen Animationen umschaltet. Die Umschaltung erfolgt über den Beschleunigungssensor - ein zweimaliges Auftippen des Stabes auf den Boden wird hier als Umschaltsignal interpretiert.







Geometrie, wie sie im CAD definiert ist

Vorschau der tatsächlich gedruckten Geometrie im Vasenmode

Auf dem Festival hatten wir zwei verschiedene Animationen implementiert, die wir hier Beat Detection und Torch nennen. Die Beat-Erkennung lässt bei jedem zweiten Beat eine Lichtwelle über das Ei laufen, die Fackel simuliert ein Feuer, das durch hohe Lautstärke angefacht wird. Nach den beiden Animationen geht das Ei in einen Deep-Sleep, ein doppeltes Auftippen des Stabes bringt es zurück zur ersten Animation.

Vasemode einmal anders

In einer idealen Welt würden wir das ganze Ei einfach ganz normal drucken. Leider sagte der Slicer für unseren naiven ersten Entwurf eine Druckzeit von fast einer Woche voraus. Der zweite und endgültige Entwurf verwendet zwei Tricks, um das 32 Zentimeter hohe Ei in etwa einem Tag zu drucken.

Der erste Trick ist der Wechsel zu einer 0,8-mm-Düse. Standardmäßig sind die meis-

ten Drucker mit 0,4 mm Düsen ausgestattet. Die breitere Düse erhöht die Druckgeschwindigkeit um ein Vielfaches, wenn auch etwas auf Kosten der Genauigkeit. Für unser Projekt ist die Genauigkeit aber immer noch ausreichend.

Der zweite Trick ist der kreative Umgang mit dem Vasemode. Auf den ersten Blick scheidet unser Ei für den Vasemode aus, da ein gewisses Innenleben notwendig ist, um die LED-Streifen zu befestigen. Hier nutzen wir daher die Definition einer Vase im Slicer aus: Der Slicer fährt in jeder Schicht stur die Außenkontur des Volumenmodells ab. Diese Außenkontur ist hier rein mathematisch definiert, indem wir also diesen soliden Körper von außen dünn einschneiden, können wir auch im Inneren des Eis einen Tunnel für die LED-Streifen erzeugen und den Vasemode austricksen.

Die Verwendung einer 0,8-mm-Düse ist auch hier sehr vorteilhaft, da das bei Vasemode-Objekten übliche Stabilitätsproblem durch die dickeren Extrudate deutlich reduziert wird.

Für den Boden und den Deckel des Eies ist der Vasemode ungeeignet, da die Überlappung aufeinanderfolgender Schichten hier immer kleiner wird. Daher wird das Ei in drei Teile geteilt, wobei die beiden Enden normal gedruckt werden. Trotz dieser Aufteilung ist das verbleibende Teil recht groß, ein Drucker mit mindestens 250 mm Bauhöhe ist also Voraussetzung. Wir selbst haben für den Mittelteil und die Kralle einen Voron 2 in der 350-mm-Version verwendet, für die restlichen Teile einen Prusa MK 3.

Holzskelett

Um dem Ei trotz der dünnen Schale eine ausreichende Steifigkeit zu verleihen, wird es im Inneren durch ein Holzskelett verstärkt. Dieses ist so konstruiert, dass es in das Innere des Vasenteils eingepasst und verklebt werden



Druck der Deckel



Druck der Kralle

Vasemode

Beim 3D-Druck gibt es eine spezielle Drucktechnik namens Vasemode (auch Spiral Vase oder Spiralvasenmodus genannt, je nach Slicer), die es ermöglicht, hohle Objekte mit einer dünnen Wand zu drucken. Der Modus funktioniert so, dass der Drucker nur die äußere Kontur des zu druckenden Objekts aufbaut. Dabei bewegt sich der Druckkopf in einer Spirale nach oben. Dadurch entsteht eine hohle Form, die oft einem Gefäß oder einer Vase ähnelt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass sie sehr schnell ist, da nur die äußere Schicht des Objekts gedruckt werden muss. Außerdem spart es Material, da das Innere des Objekts leer bleibt. Das macht den Vasemode ideal für den Druck von dekorativen Objekten wie Vasen oder Lampenschirmen. Es gibt jedoch auch Nachteile: Da das Objekt hohl ist, kann es schwierig sein, es stabil genug zu drucken, besonders wenn es groß ist. Außerdem ist das Innere des Objekts eventuell schwer zugänglich, was die Nachbearbeitung und den Einbau von Teilen erschweren kann.

kann und es von innen aussteift. Alle Teile des Holzskeletts können mit einem Lasercutter hergestellt werden.

In der Praxis haben die Eier (es gibt inzwischen zwei Stück davon) dank des Skeletts auch den einen oder anderen rauen Umgang auf dem Festival und Katzenangriffe zu Hause überlebt.

Software

Auf der Softwareseite wurde ein selbst geschriebenes C++ Programm verwendet. Dieses ist in verschiedene, von uns Apps genannte Zustände strukturiert, die jeweils unterschiedliche Animationen und Funktionen auf dem Ei ausführen. Eine übergeordnete Kontrollschleife, die auf den Beschleunigungssensor reagiert, schaltet zwischen den Apps um und initialisiert/deinitialisiert diese. Außerdem implementiert die Kontrollschleife eine kleine Zustandsmaschine, um zwischen einem aktiven Modus und einem Sleep- bzw. Stromsparmodus zu wechseln.

Für die Ansteuerung der LED-Streifen wurde die FastLED-Bibliothek verwendet, für die Kommunikation mit dem Beschleunigungssensor die ADXL345-Bibliothek. Visual Studio Code mit der Erweiterung PlatformIO erwies sich als praktische Entwicklungsplattform. Insgesamt haben wir fünf Apps entwickelt, von denen allerdings nicht mehr alle im produktiven Einsatz sind:

- Eine Fackelanimation, die bei lauten Beats sozusagen "Brennstoff ins Feuer schmeißt".
- Eine Animation mit Beaterkennung, die sich mittelfristig in Frequenz und Phase an die BPM (Beats per Minute) anpasst.
- Ein VU-Meter zum Testen der Aussteuerung des Mikrofons
- Eine FFT-Anzeige für Testzwecke
- Deep-Sleep das Ei hat keinen Ein/Aus-Schalter, aber diese Anwendung ermöglicht es, eine ziemlich lange Zeit im Stand-by-Modus zu verbringen.

Für das Umschalten zwischen den Anwendungen wurden die Interrupts des Beschleunigungssensors verwendet. Die ADXL345-Bibliothek bietet hier bereits die Möglichkeit, die notwendigen Parameter für einen Double Tap einfach einzustellen. Sobald das Ei zweimal mit dem richtigen zeitlichen Abstand und der richtigen Beschleunigung bewegt wird, wird ein Double Tap ausgelöst und die Applikation gewechselt. Weitere Anwendungen können leicht hinzugefügt werden. Es müssen nur jeweils eine init(), eine deinit() und eine loop() Methode definiert werden.

Beat-Erkennung

Die erste der beiden Animationen besteht aus einer Welle, die sich von jedem zweiten Schlag (Beat) bis zum nächsten Schlag von oben nach unten ausbreitet. Dazu muss zu jedem Zeitpunkt sowohl die Frequenz als auch die Phase des Beats bekannt sein, auch



Das Holzskelett im CAD

bei kürzeren Störungen oder komplexeren Rhythmen.

Die Kernidee des Algorithmus besteht darin, schwach dämpfende Bandpassfilter als Phasenschätzer zu verwenden. Dazu werden mehrere Bandpässe mit unterschiedlichen



Schema der Beat-Erkennung



Entwicklung der Fackelanimation



Beat-Erkennung und Reaktion der Fackel



Einschieben der LED-Streifen

Durchlassfrequenzen parallel geschaltet. Diese Durchlassfrequenzen gehören zu unterschiedlichen Taktraten. In unserem Fall von 105 bis 150 BPM, dem typischen Bereich elektronischer Tanzmusik.

Zuerst nehmen wir Samples vom Mikrofon auf. Wir subtrahieren den gleitenden Mittelwert, um ein Signal zu erhalten, das um null schwingt. Über jeweils einen Chunk (also einen Teil des Samples) - hier eine vierzigstel Sekunde - addieren wir quadrierte Samples, um die Signalenergie in diesem Chunk zu erhalten. Alles andere geschieht nun ebenfalls 40-mal pro Sekunde. Wir geben die Signalenergie parallel als Input auf alle Bandpässe - zufällig ebenfalls 40 an der Zahl. Einer der Bandpässe schwingt am stärksten. Wir folgern daher, dass seine Resonanzfrequenz dem tatsächlichen Takt am nächsten liegt. Kleine Abweichungen werden durch die Rückkopplung ständig korrigiert.

Nun haben wir das Problem, dass der Bandpass einmal pro Takt schwingt, unsere gewünschte Animation aber zwei Takte benötigt. Wir müssen also irgendwie die Frequenz halbieren. Dazu verzögern wir das Signal um $\pi/4$ und schätzen die Phase mit der atan2-Funktion. Mit der bekannten Phase und einem einfachen Zustandsautomaten konstruieren wir die Phase eines Systems mit halber Frequenz. Diese Phase skalieren wir linear und erhalten so die Sollposition des Maximums der Lichtwelle. Das Ganze ist in der Abbildung Beat-Erkennung illustriert.

Wir kennen also zu jedem Zeitpunkt die Position des Scheitelpunktes der Lichtwelle. Um diese Position herum wird die Helligkeit langsam reduziert und so die Welle geformt. Die Maxima des roten und blauen Kanals sind dabei gegenläufig verschoben, sodass ein räumlicher Farbverlauf entsteht.

Fackel

Die zweite Animation imitiert eine Fackel bzw. ein Feuer, bei der das Brennmaterial im Takt der Musik nachgelegt wird. Im Takt der Musik steigen die Flammen langsam auf.

Kurzfristige Änderungen in der Musik – z. B. durch Bass-Drops – führen vorübergehend zu größeren Feuerschwaden, was besonders spektakulär aussieht.

Wie in der ersten Animation wird das Mikrofonsignal zunächst auf einen Mittelwert von null normiert und daraus die Signalenergie in Zehn-Millisekunden-Schritten ermittelt. Diese Signalenergie wird nun mit zwei verschiedenen Tiefpässen gefiltert. Ein Tiefpass hat eine kurze Zeitkonstante und dient nur zur Glättung des Signals. Der andere Tiefpass hat eine Zeitkonstante von mehreren Sekunden und liefert Informationen über die mittlere Lautstärke.

Der folgende Programmteil wird alle 45 Millisekunden ausgeführt: Wenn der schnelle Tiefpass mindestens 15 % über dem langsamen Tiefpass liegt, dann gehen wir davon aus, dass aktuell ein Beat vorliegt. Die untersten beiden LEDs werden nun mit der maximalen Helligkeit angesteuert. Alle anderen LEDs ermitteln ihre Helligkeit aus der durchschnittlichen Helligkeit der beiden LEDs darunter im vorhergehenden Zeitschritt, abzüglich einer kleinen Dämpfung. Das führt dazu, dass die Feuerschwaden nach oben hin dunkler, aber auch größer werden. Das Vorgehen ist im Bild Beat-Erkennung und Reaktion der Fackel illustriert.

Die Konstruktion in Kürze

Wer unser Totem nachbauen will, findet hier die nötigen Schritte knapp zusammengefasst, denn an manchen Stellen ist die Reihenfolge wichtig. Über die Kurzlinks findet Ihr alle nötigen Dateien und noch weitere Bilder vom Zusammenbau in unserem GitHub.

 Organisiere in deiner Werkstatt oder in einem lokalen Makerspace die folgenden Fertigungsmittel: Einen 3D-Drucker mit min-



destens 25 cm Bauhöhe. Einen Lasercutter oder eine andere Möglichkeit, 3 mm dickes Sperrholz zu schneiden. Eine Lötstation.

- Montiere eine 0,8-mm-Düse an deinem 3D-Drucker.
- Drucke Boden und Deckel mit normalen Druckeinstellungen aus hellem PLA, eine Stützstruktur (Support) ist nicht nötig. Drucke die Kralle in einer anderen Farbe. Ein Support ist ebenfalls nicht nötig, aber wenn sich das Druckbett schnell bewegt, kann ein Brim helfen, das Druckteil auf dem Druckbett zu halten.
- Drucke das Mittelteil im Vasemode mit hellem PLA. Setze die Anzahl der unteren Schichten auf Null, sodass kein Boden gedruckt wird. Auch hier kann ein Brim helfen.
- Schneide die Holzteile zu. Überprüfe, ob die Holzteile ineinander passen.
- Senke mit einem Lötkolben die neun Einpressmuttern in die neun Mutternhalter (mutter-halter.stl). Sie sollten oben bündig sein oder ein kleines Stück weiter hineingesenkt werden, auf keinen Fall aber herausragen.
- Drücke mit einem Lötkolben die Einpressmuttern in das Bodenteil (boden.stl).
- Stecke die Holzteile in das Vasenteil und verklebe die Holz-Holz-Kontakte mit Holzleim.

Bitte keinen Express-Holzleim, der lässt kaum Zeit die Teile auszurichten.

- Klebe drei der Mutternhalter (mit Heißkleber, er muss nur die Mutternhalter am Platz fixieren) von innen auf das Vasenteil, sodass später die Klaue dagegen geschraubt werden kann.
- Klebe die restlichen sechs Mutternhalter von unten auf den oberen Holzring, sodass später der Deckel dagegen geschraubt werden kann.
- Stecke das LED-Band in einen Kanal und kürze es so an einer der vorgesehenen Stellen, dass es oben noch 10mm herausschaut.
 Ziehe es wieder heraus und schneide LED-Streifen in gleicher Länge für die anderen Kanäle ab.
- Löte am oberen Ende der LED-Streifen die dreipoligen Stecker an. Dabei so ausrichten, dass die aufgedruckten Pfeile (Datenrichtung) später nach unten zeigen.
- Verschraube den Boden mit dem Mittelteil.
- Die LED-Streifen in die Kanäle schieben.
- Spiele die Software auf den ESP, z. B. mit Visual Studio Code und der Erweiterung PlatformIO.
- Verlöte Mikrofon, ESP, Beschleunigungssensor, Spannungsversorgung und die Anschlussleitungen für die LEDs gemäß dem Fritzing-Schaltplan.

- Montiere die gelöteten Teile auf dem gelochten Holzbrett, z. B. mithilfe von d
 ünnen Kabelbindern und Hei
 ßkleber.
- Lade die Powerbank. Wir verwenden ein abgeschnittenes USB-Kabel und Wago-Klemmen, um den Strom zu verteilen.
- Schraube die Kralle an den Boden des Eies.
- Stecke das Holzbrett in die daf
 ür vorgesehene Aussparung im Inneren des Bodens.
- Verbinde die Steckverbinder der LEDs.
- Schließe den Deckel und schraube ihn fest.
- Stecke die Kralle auf den Stab.



WLED, der Sommertrend 2022



Montierte und verkabelte Elektronik



Totem im Einsatz



Totem auf dem Festivalgelände

Praxistest

Nach vielen Nachtschichten waren wir kurz vor dem Festival endlich so weit und hatten zwei funktionierende Festival-Totems. Auch den mehrstündigen, ungepolsterten Transport in Eurokisten haben alle Komponenten problemlos überstanden. Nach einem kurzen Zusammenbau und Funktionscheck kam der erste große Test.

Anfangs war das Laufen mit dem Totem noch sehr ungewohnt. Das lag zum einen am hohen Schwerpunkt, zum anderen an der Aufmerksamkeit, die wir unweigerlich auf uns zogen.

Eine Warnung an dieser Stelle: Das Totem verwandelt eine Festivalnacht zuverlässig in eine Nerd-Veranstaltung. Viele Interessierte kamen auf uns zu und stellten Fragen. "Ist das Ding selbst gebaut?" "Was für einen Mikrocontroller habt ihr dafür genommen?" "Wo im Netz gibt es die Anleitung dafür?" "Kannst du meinem Kumpel noch mal zeigen, wie das mit dem Double-Tap geht?"

Besonders viel Spaß hat uns der Austausch mit den Bastlern der anderen Totems gemacht. So unterschiedlich die Basteleien aussahen, so ähnlich waren oft die Lösungen dahinter. Ein Sommertrend war auch klar erkennbar: WLED.

Am ersten Abend hatten wir zum Debuggen noch ein VU-Meter in die Firmware eines der Eier implementiert, um den Pegel zu messen. Die wenig überraschende Erkenntnis war, dass die Mikrofone wenige Meter vor der Bühne komplett übersteuerten. Glücklicherweise funktionierten die audioreaktiven Animationen trotzdem.

Die Beat-Erkennung überzeugte vor allem bei Musik mit gleichmäßigem Rhythmus, während die Fackelanimation vor allem bei Bass-Drops das Publikum zum Staunen brachte. Der heimliche Star des Abends war jedoch die Double-Tap-Funktion.

Vor dem zweiten Abend stellten wir sicherheitshalber die Empfindlichkeit der Mikrofone mit dem kleinen Potentiometer auf der Platine auf den kleinstmöglichen Wert ein. Bei dieser Gelegenheit haben wir auch die Helligkeit der Animationen reduziert. Weitere Änderungen waren während des Festivals nicht mehr nötig.

Erfreulich war, dass die Akkus nach einer langen Nacht weniger als die Hälfte ihrer Ladung verbraucht hatten. Wir schätzen, dass die Akkulaufzeit etwa einen Tag im Dauerbetrieb und etwa drei Tage im Deep-Sleep-Modus beträgt.

Da alles so gut funktionierte, war es an der Zeit, gedanklich vom Bastelmodus in den Festivalmodus zu wechseln. Wir freuen uns schon auf nächstes Jahr, wenn wir einen Teleskopstab und eine Ladelösung haben werden, bei der das Ei nicht mehr aufgeschraubt werden muss. Außerdem denken wir bereits über weitere Animationen nach. —*caw*

ELV-Modulsystem

ELV Kompetent in Elektronik

Als Grundlage dient bei jeder Lösung immer die Experimentierplattform für LoRaWAN® ELV-LW-Base. In den meisten Fällen wird das Basismodul zunächst mit einem Powermodul für die Spannungsversorgung kombiniert. Die individuelle Funktion steuert das Applikationsmodul bei. So können Sie mit einer Kombination aus bereits drei Modulen sehr einfach komplette LoRaWAN®-Sensorknoten für verschiedenste Anwendungen im Indoor- sowie Outdoorbereich realisieren.

1. Basismodul





2. Powermodul

z. B.

3. Applikationsmodul





Ein Temperatur- und Luftfeuchtesensor für Ihren Garten

Mit dem LoRaWAN®-Temperatur- und -Luftfeuchtesensor lässt sich neben zwei Temperaturen auch die relative Luftfeuchte messen. Beispielsweise kann man damit eine Klimakontrolle von weit entfernt liegenden Räumen durchführen, ihn als Frostwächter für Pools oder als Hitzewächter im Gewächshaus verwenden.

Neugierig geworden? Hier finden Sie alle Produkte, die Sie für den Sensor benötigen:



Wissen, wann die Post da ist - der LoRaWAN®-Briefkastenmelder

Dank eines Reedkontaktes (Magnetschalter) und einer entsprechenden Handy-App wird eine Push-Nachricht generiert, die das Öffnen einer Briefkastenklappe signalisiert. So wird man in der Regel über neue Post informiert, und Sie wissen immer, wann sich der Gang zum Briefkasten lohnt.

Neugierig geworden? Hier finden Sie alle Produkte, die Sie für den Melder benötigen:



Mehr zu den Produkten finden Sie unter:

de.elv.com/maker



Oder vor Ort in der Eilenriedehalle auf der Maker Faire 2023 in Hannover



Bestell-Hotline: +49 (0)491/6008-88 | de.elv.com

IR-Lightgun für den PC

Wer das Arcade-Feeling alter Lightgun-Spiele vermisst, kann sich mit dem SAMCO-Projekt die Plastikkanone für den modernen Monitor bauen.

von Daniel Schwabe



eute sind die Maus oder der Controller das Eingabemittel der Wahl bei Videospielen. Durch Herumschieben der Maus oder Neigen des Joysticks bewegen wir ein virtuelles Fadenkreuz über den Bildschirm und klicken den Pixelgegner tot. Ein anderes Eingabegerät ist heute fast vergessen: die sogenannte Lightgun. Mit gezückter Kanone wartet man vor dem Bildschirm darauf, dass sich die digitalen Enten aus ihren Verstecken wagen, um dann blitzschnell mit der Plastikwaffe zu zielen und abzudrücken.

Bis zur ersten Xbox von Microsoft wurden Lightgun-Spiele und die passenden Lightguns für die Wohnzimmerkonsolen produziert. Mit der Playstation 3 und der Xbox 360 ist dieses Eingabegerät allerdings fast ausgestorben. Zwar gibt es mit der PlayStation Move und dem Wii-Bedienkonzept moderne Nachfolger, aber das Angebot an Spielen dafür ist mittlerweile sehr stark zusammengeschrumpft.

Wieso das? Ist die Spielwelt pazifistischer geworden? Die Antwort ist banaler: Die Bildschirmtechnologie hat sich geändert.

Die Funktionsweise von Lightguns

Klassische Lightguns funktionieren nur auf Röhrenfernsehern. Diese arbeiten nämlich fundamental anders als ihre flachen Nachkommen.

Anstatt auf Pixeln, wie bei modernen Geräten, basiert das Bild eines Röhrenfernsehers auf Zeilen. Ein Kathodenstrahl zeichnet das jeweils aktuelle Fernsehbild von oben nach unten zeilenweise auf den Bildschirm und baut es sukzessive auf. Das passiert so schnell, dass das menschliche Auge das nicht wahrnehmen kann und wir nur die fertigen Bilder sehen.

Dieses System wird von den Lighgun-Spielen folgendermaßen ausgenutzt: Drückt die Person vor der Flimmerkiste den Abzug, wird der Bildschirm einmal komplett schwarz und zeichnet danach überall dort, wo sich ein potenzielles Ziel befindet, ein weißes Quadrat.

Ist die Pistole auf so eine helle Stelle gerichtet, erkennt eine Fotodiode im Lauf der Lightgun den Helligkeitsunterschied und registriert einen Treffer. Anhand der Information, wo gerade auf dem Bildschirm eine Zeile des Quadrates gezeichnet wird, erhält das dazugehörige Videospielziel "Schaden".

Das funktioniert auf modernen Monitoren nicht mehr, da auf diesen Geräten jedes Bild sofort vollständig angezeigt wird.

DIY Lightgun – das SAMCO-Projekt

Zum Glück für alle Retro-Enthusiasten hat Samuel Ballantyne mit dem Projekt Samco DIY Lightgun eine Software plus Leiterplatte entwickelt, mit denen das auch wieder auf modernen TVs funktioniert. Mit dem Kit kann ein alter Namco GunCon Controller für die Playstation 1 zur "IR-Maus" für einen PC mit LC-Bildschirm umgebaut werden. Die alte Funktionsweise per Fotodiode wird ersetzt durch eine Infrarotkamera, die anhand von auf oder um den Monitor angebrachten Infrarot-LEDs das Ziel der Lightgun ermittelt und so die Mausbewegung bestimmt. Wir haben das Projekt nachgebaut.

Das Herzstück des ganzen ist das Mikrocontroller-Board Adafruit ItsyBitsy M0 Express, das auf eine speziell designte Leiterplatte aufgelötet ist. Auf diesem Träger-Board befinden sich vorgegebene Lötstellen, um die Original-Knöpfe der Lightgun anzuschließen und wiederzuverwenden. Dazu muss man sie natürlich von der Original-Platine ablösen. Geschieht das vorsichtig und vorausschauend, kann man diese Modifikation bei Bedarf später wieder zurückbauen.

Ganz ohne invasive Eingriffe am Pistolengehäuse kommt das Projekt leider nicht aus. Am hinteren Teil muss ein kleines Loch für einen zusätzlichen Schalter gebohrt werden. Dazu kann man das kleine Carrier-Board an die betreffende Stelle halten und mithilfe einer dünnen Nadel durch ein Loch in der Leiterplatte stechen, um die richtige Stelle zu markieren. Dort wird danach mit einem richtigen 5 mm Kunststoffbohrer vorsichtig gebohrt. Das kann man auch ohne Maschine mit der Hand machen.

Der ItsyBitsy M0 Express gehört auf die beschriftete Seite der Platine, auf der groß

Kurzinfo

» IR-Maus im authentischen Lightgun-Look
 » Nutzbar ohne spezielle PC-Software
 » Rückbaubar für Original-Funktion



SAMCO 1.1 steht. Die USB-Schnittstelle des Boards muss in die Richtung der Beschriftungen LEFT, CALI und PEDAL ausgerichtet sein. Wichtig hierbei ist: Die hinteren Kontakte (En, RESET, 3 und 4) haben auf der Leiterplatte keine zugehörigen Löcher zum Anlöten der Pins. Deshalb dürfen an diesen Stellen auch keine Pins in den ItsyBitsy M0 Express eingelötet werden (wir haben das für Sie mal getestet und anschließend umständlich wieder ausgelötet).

Die beiden schwarzen Kabel des Abzugstasters müssen an die beiden Lötpunkte G und LEFT gelötet werden. Die roten Kabel des Schafttasters gehören mit RIGHT und G verbunden und die weißen mit G und MID. Für den Kalibrierungsknopf am kleinen Tochter-Board müssen die Board-Anschlüsse G und CALI mit den Lötpads G und CALI auf der Hauptplatine verlötet werden.

Die IR-Kamera hat vier Anschlusskabel. Diese muss man wie folgt anlöten: Gelb an SDA, Grün an SCL, Rot an die nicht beschriftete Lötstelle neben Grün/SCL und Schwarz an G.

Ist alles an den entsprechenden Stellen angelötet, kann man die Platine und alle Träger-Boards in ihre Halterungen einschieben.



Funktionsweise eines Röhrenfernsehers mit Kathodenstrahlröhre: Makey wird zeilenweise abgebildet.

Der Namco GunCon bildet die Basis der modifizierten IR-Lightgun. Nachdem alles zusammengebaut ist, braucht die Lightgun noch Software. Benötigt wird die Arduino IDE (Integrated Development Environment, integrierte Entwicklungsumgebung). Wie man die installiert und konfiguriert, finden Sie unter unseren Links in der Kurzinfo.

Phaser auf

Puls – Software

Beim Einsetzen der IR-Kamera können die

beiden Muttern am Gehäuse so auf- und zugedreht werden, dass das Gerät perfekt an der alten Linsenhalterung klemmt. Hier ist zu beachten, dass die Kamera eine Ober- und eine Unterseite hat. Die Oberseite ist mit dem Vermerk "TOP" versehen und muss nach oben zeigen. Die Unterstützung für das ItsyBitsy-Board zu der IDE wird manuell hinzugefügt. Die Board-URL ist https://adafruit.github.io/ arduino-board-index/package_adafruit_ index.json. Jetzt ist der Code von Samuel Ballantyne an der Reihe. Dieser ist unter https://github.com/samuelballantyne/IR-Light-Gun zu finden.

An diesem Punkt ist eine Entscheidung fällig: Werden für die Lightgun vier IR-Orientierung-LEDs (eine an jeder Seite des Bild-



Die umrandeten Teile müssen mit ihren Kabeln vorsichtig von der Hauptplatine abgelöst werden.



Schweren Herzens muss eine kleine Anpassung am Originalgehäuse vorgenommen werden.

schirms) oder zwei (links und rechts an der oberen Bildschirmkante) verwendet? Im Folgenden wird von zwei LEDs am oberen Bildschirmrand ausgegangen. Bei der Verwendung von zwei LEDs funktioniert die Lightgun mit generischen, batteriebetriebenen Wii-Sensorbars, oder sogar mit zwei Teelichtern, die auf den Bildschirm gestellt werden. Dieses System ist schneller aufgebaut und funktioniert mit einer bereits erwähnten vorgefertigten Sensorbarlösung.

Dieses Projekt nutzt einen GunCon 1, der im Folgenden verwendete Code ist deshalb Samco_2IR/Samco_1.1_2IR/.

Bevor der Code auf die Lightgun übertragen wird, müssen alle notwendigen Libraries (jeweils zu finden im Verzeichnis Samco_2IR bzw. Samco_4IR) in den Bibliotheksordner der Arduino-IDE kopiert werden. Dieser Ordner ist unter Windows standardmäßig das Verzeichnis c:\Users\{Nutzerkonto}\Documents\Arduino.

Alle Dateien, die den gleichen Namen haben (in diesem Fall sind es immer zwei: eine .h- und eine .ccp-Datei), kommen in einen eigenen Ordner, der den gleichen Namen hat wie die Dateien.

Ist das alles vorbereitet, kann man die Datei Samco_1.1_2IR.ino unter Samco_2IR/ Samco_1.1_2IR per Doppelklick öffnen.

In der 2IR-Version des Codes müssen noch zwei Zeilen angepasst werden.

Als letztes ist in der Konfiguration das richtige Board auszuwählen und der Port festzulegen. Dazu die Lightgun per USB mit dem Computer verbinden und in der IDE unter Tools/Board/Adafruit SAMD Boards das "Adafruit itsyBitsy M0 Express (SAMD21)" auswählen. Für den Port unter Tools/Port den Port auswählen, unter dem das Board angezeigt wird.

Und jetzt der letzte Klick auf Übertragen. Während des Kopiervorganges wird das Board einmal getrennt und automatisch neu verbunden.

Wo bin ich? – Kalibrierung

Was bei der ersten Inbetriebnahme auffällt: Der Mauszeiger macht seltsame Dinge. Ursache ist die fehlende Kalibrierung. Dafür muss in der Position, aus der später gespielt werden soll, der Kalibrierungs-Button betätigt werden. Daraufhin hört die Maus auf sich zu bewegen.

Mit einem Druck auf den Abzug beginnt der Kalibrierungsprozess. Der Mauszeiger springt in die linke obere Monitorecke. Auf diesen Zeiger muss nun gezielt und abgedrückt werden. Darauf hin springt der Zeiger in die rechte untere Ecke. Auf diesen Bereich muss wieder geschossen werden. Damit ist die Lightgun kalibriert und funktioniert jetzt als Maus am PC. Der Abzug ist der linke Mausklick, der rechte rote Button dient als rechte Maustaste und der linke Button fungiert als mittlere Maustaste. Den Kalibrierungsvorgang können Sie in unserem Video sehen. Den Link finden Sie in der Kurzinfo.

Absch(l)ießende Gedanken

Nach der Fertigstellung der IR-Gun kam sie bei verschiedenen Spielen auf den Prüfstand. Sowohl mit nativen PC-Spielen, wie House of The Dead, als auch mit emulierten Playstation-1 und -2-Spielen - unter anderem mit Time Crisis.

Generell ist die "IR-Mauspistole" ausreichend genau für ein spaßiges Spielerlebnis. Manchmal muss der Kalibriervorgang mehrfach wiederholt werden, bevor sich die Mausbewegung gut anfühlt.

Neben diesem funktionalen Aspekt ist aber auch der Authentizitäts-Faktor nicht zu vergessen. Als Vergleich diente eine Nintendo Wii-Mote mit spezieller Software. Im Endeffekt funktioniert so eine Wii-Fernbedienung auf ähnliche Weise, allerdings macht Spielen damit einfach keinen Spaß. Ein Spiel braucht das richtige Eingabegerät. Und für ein Lightgun-Spiel muss man eben eine klobige Plastikpistole in der Hand halten. Dann ist der Arcade-Spaß garantiert. —das



Gegen Deutschlands gefährlichstes DIY-Magazin haben auch Zombies keine Chance!



In Zeile 63 und 64 des Codes muss in der 2IR-Version die Auflösung angepasst werden.





Sensorik zur Umgebungserkennung für das autonome Fahren.

R

* AK Industry

DXEDO CO.

HAND I

Parine line Ille

KISTLER

KUKA

N & Broth Stort Node

DREIGEIST

FORVIA

faurecia

////AMG

dSPACE

ĿIJ

TUXEDO Stellaris mit der benötigten Software zum autonomen Fahren.

ADAC

600 V Akku mit 7,72 kWh, die Reichweite erstreckt sich dabei auf ca. 22 km bei Renngeschwindigkeit.

habemus Wir haben die Lös

embotech*

SIEMEI



TUXEDO Stellaris - "Das Herz" des Rennwagens

Seit 2023 ist TUXEDO Hauptsponsor und hat dem Driverless-Team für das autonome Fahren unter anderem ein Stellaris Notebook mit NVIDIA RTX 3070 Ti Grafikkarte und einem AMD Ryzen 9 Prozessor bereit gestellt.

(Verwendungsort: siehe Abbildung)

Als "Herz" des Fahrzeuges ist das Stellaris für die Steuerung zuständig. Dies funktioniert über die Auswertung der Sensorwerte. Dazu benötigt es besonders leistungsstarke und zuverlässige Hardware, eben wie beim TUXEDO Stellaris.

Damit aber noch nicht genug. Zusätzlich finden das InfinityBook S 15 als Workstation und ein leistungsstarker Desktop-PC für Simulationen Verwendung. Der PC verfügt über 128 GB RAM und ist sowohl mit einem AMD Ryzen 9 5950X als auch mit jeweils zwei 2 TB SSDs ausgestattet. Als besonderes Highlight dient eine NVIDIA GeForce RTX 4080. Tim Guttzeit (Team Captain & Technical Director Software) erklärt: "Gerade für die Simulationen von bspw. dem Aerodynamikpaket ist ein leistungsstarker Prozessor und viel Arbeitsspeicher notwendig." Auf dem PC sollen Parameter-Simulationen durchgeführt werden, bei dem die Geometrie eines Bauteils in gewissen Bereichen festgelegt und der PC dann die besten Parameter-Kombinationen von Biegeradien, Längen, usw. ausrechnen soll.

Elektromotor in jeder Radnabe mit zusammengerechnet 140 kW jedoch begrenzt auf 80 kW durch das Reglements.

FOLIENWERK

IAS ALIGSBUR



🛱 tuxedocomputers.com

Alles-Anzeige mit VFD-Retro-Röhren

Dieses coole Gadget kann (fast) alles sein: Uhr, Börsenticker, Wetterstation oder Smart Home Controller. Sechs Vakuum-Fluoreszenz-Röhren (VFD) dienen zur Anzeige von Daten sowie als Benutzerschnittstelle und verleihen dem Gerät einen nostalgischen Look.

von Michael Linsenmeier


FD-Röhren eignen sich hervorragend für originelle DIY-Projekte, auch weil sie im Gegensatz zu Nixie-Röhren mit ungefährlichen Anodenspannungen um 24 Volt arbeiten. Von diesen Röhren aus der ehemaligen Sowjetunion gibt es im Gegensatz zu den Nixies noch große Restbestände, sodass man sie über Ebay oder andere Online-Shops günstig erwerben kann. Mit den sechs Stück, die ich noch in meiner Bastelkiste hatte, habe ich ein universelles Anzeigegerät für beliebige Messwerte und Daten gebaut.

Die Besonderheit besteht darin, dass die anzuzeigenden Daten (Wetter, Börsenkurse usw.) über öffentliche REST-APIs aus dem Internet abgerufen werden. REST steht für Representational State Transfer und API für Application Programming Interface, also eine Schnittstelle, die die Kommunikation zwischen Anwendungen wie Apps oder IoT-Geräten und Webservices ermöglicht. Eine große Auswahl an öffentlichen REST-APIs finden Sie unter den Links zum Artikel. Eine geeignete REST-API wird beispielsweise auch von Openmeteo zur Verfügung gestellt. Diese benötigt GPS-Koordinaten als Input und liefert Wetterdaten zurück.

Ein ESP32 übernimmt sowohl die Kommunikation mit den APIs als auch die Ansteuerung der VFD-Röhren. Für maximale Flexibilität werden die abzufragenden Daten in einer JSON-Datei konfiguriert. Diese kann mit einem beliebigen Texteditor bearbeitet und anschließend über USB oder OTA (Over The Air, also per WLAN) auf das im ESP32-Chip integrierte SPI-Dateisystem übertragen werden. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Software nicht angepasst werden muss, um z. B. eine weitere REST-API hinzuzufügen.

Die Bedienung des Gerätes erfolgt über einen Drehgeber, der die Auswahl des gewünschten Webdienstes (bzw. dessen REST-API) sowie der einzelnen zurückgelieferten Datenpunkte ermöglicht. Die Auswahl eines Webdienstes erfolgt durch Drehen und gleichzeitiges Drücken des Encoders. Durch Drehen ohne zu drücken werden die einzelnen Datenpunkte (z. B. Temperatur, Luftdruck, ...) ausgewählt.

Das Gerät kann aber nicht nur Werte aus dem Internet wiedergeben, sondern auch andere Geräte fernsteuern, sofern diese eine REST-API zur Verfügung stellen. Beispiele hierfür sind intelligente LED-Lampen oder Smart Home-Anwendungen. Natürlich können auch Sensoren aller Art direkt an das ESP32 angeschlossen werden. Somit kann man die Hard- und Software des Gerätes als Basis für beliebige DIY-Projekte verwenden. Alles über mein Projekt finden Sie auf meiner GitHub-Seite; wie es in Aktion aussieht auf meinem YouTube Kanal – alle Links dazu über die folgende URL. —*caw*

make-magazin.de/x3fb



ESP32-Entwicklerboard, Boost Converter für die Anodenspannung und VFD-Treiberschaltung



WS2812b-kompatible LEDs für Farbakzente und die Statusanzeige



Dimmen einer Smart-LED-Leuchte mit Anzeige der Stufe.

Arduino-Glockenspiel

Wer elektronisch Musik auf mechanischen Instrumenten spielen will, braucht dafür kein kompliziertes Equipment. Ein Arduino, Elektro-Hubmagneten und das passende Programm reichen aus – und schon spielen sich die Melodien von selbst.

von Ákos Fodor



n elektronischen Geräten findet man meist eine Schnittstelle, über die man ins System eingreifen kann, um es fernzusteuern, zu automatisieren oder in etwas völlig anderes zu verwandeln. In einem mechanischen Musikinstrument fehlt leider jeglicher elektronische Anschluss, an den man anknüpfen könnte. Diese Lücke lässt sich aber mit elektromechanischen Komponenten schließen, wie dieses umgebaute Kinder-Glockenspiel zeigt.

Um einen oder mehrere der insgesamt 25 Töne abzuspielen, hat Norbert Heinz das Instrument mit ebenso vielen Elektro-Hubmagneten bestückt, die von unten gegen die Glockenspiel-Plättchen schlagen können. Gesteuert werden sie von einem Arduino Mega, der über ausreichend Pins verfügt, um mit 25 LEDs anzuzeigen, welcher Ton gerade gespielt wurde. So kann man mit dem Glockenspiel nicht nur Melodien abspielen, sondern es auch zum Lernen verwenden.

Die Elektro-Hubmagneten hat Heinz selbst konstruiert, die Spulenkörper 3D-gedruckt und gewickelt – aber nicht von Hand. Um jeden Kern 600-mal mit Kupferlackdraht zu umwickeln, hat er einen weiteren 3D-Drucker für diese Aufgabe umgebaut. Nach dem Einspannen geht das mit 150 Sekunden Wickelzeit pro Spule erheblich schneller. Die Schlägel selbst bestehen aus einem Permanentmagneten, der an kurze Gewindestangen-Stücke geklebt wird. Da diese aus unmagnetischem Edelstahl sind, bleiben sie nicht an den Glockenspiel-Plättchen hängen.

Auf ein Plexiglas geklebt werden die Elektro-Hubmagnete von unten am Instrument festgeschraubt. Dadurch lässt sich das Glockenspiel sogar noch manuell spielen. ULN2803-Schaltbausteine verstärken das GPIO-Signal des Arduino und ein Step-Up-Converter sorgt mit bis zu 30V für die nötige Kraft bei einem Anschlag von 15ms. Strom erhält die Elektronik über eine 18650er Akkuzelle. Das macht das Instrument weiterhin mobil.

Zum Speichern der Melodien verwendet der Sketch zwei Arrays: einen, in dem die Tonhöhe festgelegt wird, den anderen für die jeweilige Tonlänge. Diese lassen sich nach Belieben mit Zahlenwerten verschieben und kombinieren. Zum Abspielen gibt es verschiedene Modi, die neben einer mehrstimmigen Wiedergabe auch einen Lernmodus beinhalten, bei dem eine Melodie zum Nachspielen stückchenweise vorgespielt wird. In einer späteren Version soll noch ein Mikrofon hinzukommen, damit der Arduino erkennen kann, ob man die richtigen Töne getroffen hat.

Eine vollständige Anleitung – auch für den 3D-Drucker-Mod – gibt es unter dem folgenden Link. —*akf*

make-magazin.de/x252



Mit einem umgebauten 3D-Drucker sind die Elektro-Hubmagnete schnell gewickelt.



Die Schlägel aus Edelstahl schlagen von unten gegen die Metall-Plättchen, bleiben aber nicht hängen.



Von unten festgeschraubt: Die Elektro-Hubmagnete auf Plexiglas-Platten.

Staumeldung durch KI-Bilder

Natürlich kann man morgens ins Web schauen, um sich ein Bild von der Verkehrslage zu machen. Oder man blickt auf diesen KI-Bilderrahmen neben der Tür: Der Raspberry Pi darin holt sich täglich per TomTom-API-Schnittstelle die aktuelle Fahrzeit ins Büro und lässt diese durch DALL-E in ein künstlerisches Bild verwandeln. Delphine und Düsenjäger auf dem Bild stehen für schnelles Durchkommen; erblickt man Buddha oder Schnecken, muss man mehr Zeit einplanen.

von Dirk Wahl

S pätestens als der Papst in gefakter weißer Balenciaga-Jacke viral ging, konnte man sehen, wozu das von OpenAI entwickelte KI-Bildgenerierungsprogramm DALL-E in der Lage ist: aus einfachen Texteingaben beeindruckende Bilder mit genau dem gewünschten Inhalt erzeugen, die sowohl fotorealistisch aussehen können, aber auf Wunsch auch beispielsweise wie ein Gemälde von Vincent van Gogh.

Statt diese Texteingaben (oder Prompts, wie sie auch heißen) von Hand einzutippen, kann man sie auch von Programmen erzeugen und die Bilder über die Programmierschnittstelle (API) von OpenAI abrufen. Noch einen Schritt weiter geht man, wenn die Bilder-Prompts aus Live-Daten erzeugt werden, die man über Webservices oder andere APIs abruft, so wie in diesem Projekt. Konkret wird im Folgenden gezeigt, wie man mit relativ geringem Aufwand automatisch aus den Daten von TomTom die voraussichtliche Fahrzeit ins Büro ermittelt, daraus DALL-E ein kreatives Bild erzeugen lässt, das auf einem selbstgebauten Display-Rahmen erscheint, in dem auch der Raspberry Pi steckt, auf dem alle nötigen Skripte laufen. Das aktuelle Verkehrslage-Bild wird einmal am Tag passend zur Pendelzeit erzeugt, ein Bewegungsmelder schaltet das Display ab, wenn niemand davor steht. Nachts wird das ganze per Zeitschalt-

uhr herunter- und morgens wieder hochgefahren.

In diesem Artikel tasten wir uns vom ersten API-Testaufruf bis zum fertigen Rahmen in nachvollziehbaren Schritten heran, sodass sich Teile aus meinem Projekt auch für andere



Vorhaben nutzen lassen, in denen KI-Bilder erzeugt werden. Denn das Prinzip lässt sich natürlich auf alle anderen Datenquellen übertragen, seien es Aktienkurse, Feinstaubwerte, der Netzwerk-Traffic im LAN oder die Zahl der

OpenAl-Account

Die ersten API-Zugriffe für DALL-E sind kostenlos. Später muss man pro erzeugtem Bild zahlen – eines in 1024 × 1024 Pixeln Auflösung kostet 2 US-Cent; kleinere sind etwas günstiger.

Möchte man hingegen DALL-E erst einmal per Texteingabe auf der Webseite von OpenAl ausprobieren, geht das leider nicht gratis: Hierfür muss man Credits kaufen, bei 15 US-Dollar für 115 Credits geht es los. Für jede abgesetzte Anfrage wird ein Credit abgezogen, auch wenn man sich dabei mehrere Bilder zum gleichen Prompt auf einmal erzeugen lässt. Solche Credits lassen sich allerdings nicht für API-Zugriffe benutzen (das käme zudem teurer pro Bild). Umgekehrt steht die Texteingabe auf der Webseite nicht zur Verfügung, nur weil man sich einen bezahlten API-Zugang eingerichtet hat.

Jedes Benutzerkonto bei OpenAl muss mit einer Telefonnummer verifiziert werden und pro Telefonnummer lassen sich maximal zwei Konten anlegen. Achtung: Nicht mehr benötigte Konten kann man offenbar nicht löschen! Offensichtlich möchte die Firma so verhindern, dass man sich mittels Wegwerf-Mail-Adressen von einem Gratis-Account zum nächsten hangelt. Und auch wenn man Credits und API-Zugänge einzeln und speziell für DALL-E bezahlen muss, hat man trotzdem einen globalen Benutzer-Account bei OpenAI. Heißt im Klartext: Wer mit seinem Konto schon mal testweise mit der ChatGPT-API rumgespielt hat, bekommt für DALL-E keine Test-Credits mehr, falls das länger als drei Monate her ist oder man die freien Credits im Wert von 5 US-Dollar aufgebraucht hat.

 $\ensuremath{\mathbb O}$ Copyright by Maker Media GmbH.

Likes in Social Media, Dabei kann man mehrere Aspekte durchaus in einem Bild kombinieren: So lässt sich die Verkehrsanzeige mit wenigen Ergänzungen im Code mit der Darstellung der Wetterlage als Hintergrund kombinieren.

Natürlich muss man manchmal etwas

Fantasie entwickeln, um das Bild richtig zu interpretieren – der DALL-E-Staumelder ist ein KI-Kunstprojekt, kein Präzisionsmessinstrument. Aber er ist jeden Tag ein schicker und manchmal überraschender Hingucker.

Start mit DALL-E

Um Bilder mit DALL-E zu generieren - sei es über die Web-Oberfläche oder per API - ist eine Registrierung bei OpenAl notwendig (alle Links in der Kurzinfo). Die Schritte zur Anmeldung hatten wir bei der ChatGPT-Schreibmaschine im vorletzten Heft ausführlich beschrieben, deshalb hier nur ganz kurz: Nach der Registrierung bei OpenAl kann unter "Personal/View API keys" ein API-Schlüssel für die Kommunikation zwischen dem Raspberry Pi und DALL-E erzeugt werden. Bei der ersten Anmeldung bei OpenAI bekommt man initial ein in der Menge und zeitlich begrenztes Budget an Credits, es ist unter "Manage Account" einsehbar. Für den API-Aufruf zum Erstellen der ersten Bilder reicht der Betrag anfangs gut aus. Will man die Visualisierung auf Dauer benutzen, muss man zahlen – mehr dazu steht im Kasten.

Jetzt aber her mit den Bildern: Gibt man DALL-E per API oder übers Eingabefeld der Website zum Beispiel "muppet" als Prompt vor, generiert die KI ein paar nette Bilder nach dieser Vorgabe.

Um aber ein wirklich gutes Bild zu bekommen, sollte man weitere Eingaben hinzufügen, die beispielsweise den Stil, den Hintergrund, Stimmung, Kamerawinkel und ähnliches beschreiben. Das ist inzwischen eine Kunst für sich, nennt sich "prompt design" (manche sagen auch "prompt engineering"). Etliche YouTube-Videos zum Beispiel geben hierfür

Kurzinfo

- » Bilder mit der generativen KI DALL-E per **API-Zugriff mit Python generieren**
- » Fahrzeitprognose per API von TomTom ermitteln » Display-Rahmen mit Bewegungsmelder

und Raspberry Pi bauen

Checkliste



ab 2 Stunden Kosten:



Programmieren: Raspberry Pi OS aufsetzen, Pakete installieren, Python-Code anpassen

Mehr zum Thema



Alles zum Artikel

im Web unter

make-magazin.de/xz9

Material

- » Raspberry Pi 3B mit MicroSD-Karte 32 GB
- » HDMI-Kabel etwa 20 cm Länge
- » Bewegungssensor SR602 oder HC-SR501
- » Widerstand 10k
- » Drucktaster Schließer
- » Display mit möglichst quadratischem Seitenverhältnis, etwa ein altes 4:3-Notebook-Display
- » HDMI VGA Display Controller inklusive Stromversorgung für das Backlight, siehe Links
- » 12V-Netzteil mit genügend Leistung für die Stromversorgung von Display und Raspberry Pi
- » 12V-DC-DC-Step-Down-Converter für die 5-Volt-Spannungsversorgung des Raspberry
- » Bilderrahmen mit ausreichend Tiefe zum Einbau der Elektronik, groß genug für das Display

detaillierte Hinweise. Wir versuchen mal folgendes: "professional photo of a happy muppet character, on a ship deck, high detail, 300mm telephoto lens". Schon besser, oder?

DALL-E per API

In meinem Display-Rahmen, den ich später zur Anzeige der Stau-Visualisierungen verwende, wurde ein Raspberry Pi 3B verbaut. Der Nachbau geht natürlich auch mit anderen Raspberry-Modellen mit WLAN; die im Folgenden gezeigten API-Zugriffe mittels Python funktionieren darüber hinaus von beliebigen anderen Systemen mit Netzzugang.

Ich habe erst einmal mit dem Pi Imager das Raspberry Pi OS (32-Bit) auf die SD-Karte aufgepielt (Links zum Download und Anleitungen siehe URL in der Kurzinfo) und dann anschließend die Karte in den Raspi gesteckt. Nach der initialen Konfiguration und dem Update der Programme sollte bei den "Einstellungen/Pi Konfiguration/Schnittstellen/ VNC" angeschaltet werden. Das hilft sehr, um



Ein-Wort-Prompts wie "muppet" entlocken DALL-E Figuren vor weißem Hintergrund (Bilder links), detaillierte Angaben wie "professional photo of a happy muppet character, on a ship deck, high detail, 300mm telephoto lens" zaubern mehr Realismus (Bilder rechts).

API-Test

```
import openai
openai.api_key = 'Eigener OpenAI-API-Key'
response = openai.Image.create(
    prompt='Style is monet, add a snail under water',
    n=1,
    size="256x256"
)
image_url = response['data'][0]['url']
print(image_url)
```

den digitalen Rahmen später vom PC aus fernsteuern zu können. Rechts unten im Tray ist ein VNC-Icon, dort steht dann auch die IP-Adresse des Raspis. Das VNC-Programm für Windows gibt es zum kostenlosen Download (siehe Kurzinfo-Link).

Im nächsten Schritt wird das Python-Paket openai auf dem Raspi installiert:

pip install openai

Um als ersten Test ein Bild mit Python zu generieren, kopiert man den Python-Code im Kasten in das auf dem Raspberry Pi vorinstallierte Tool Thonny.

n ist hierbei die Anzahl der zu erstellenden Varianten, size gibt die Pixelgröße des Bilds an. Thonny gibt anschließend unten in der Shell den URL-Link zum Ergebnis aus, das man dann über den Browser abrufen kann.

Soll nun das Bild auf dem Desktop gesichert werden, ergänzen wir den Code unten um:

import urllib.request
urllib.request.urlretrieve(
image_url,

"/home/pi/Desktop/Bild.jpg")

Das fertige Programm kann man nun auf dem Desktop etwa unter dem Namen Dalle_generate.py speichern. Um das Programm später automatisch ausführbar zu machen, setzt man per Terminaleingabe die nötigen Rechte:

chmod +x

/home/pi/Desktop/Dalle_generate.py

Anfrage per Zufall gestalten

Damit DALL-E abwechslungsreiche Bilder generiert, können dem Aufruf per Zufall Parameter für das dargestellte Objekt, den Stil oder die Umgebung mitgegeben werden. Das erweiterte Programm Dalle_generate.py sieht dann aus wie im gleichnamigen Kasten. Das Programm gibt es auch über den Link in der Kurzinfo zum Download.

Fahrzeitprognose

Jetzt sollen aber keine zufälligen Bilder erzeugt werden, sondern solche, die die voraussichtliche Fahrzeit auf der morgendlichen Pendelstrecke symbolisieren. Diese Darstellung ist sicher nichts für Menschen, die Wert auf exakte Angaben legen. Zahlen oder Buchstaben kann DALL-E nämlich (noch) nicht sinnvoll ausgeben. Stattdessen sieht mein Programm deshalb Schwellwerte für die Fahrzeit vor (unter 15 Minuten, unter 20 etc.) und hat für jedes Intervall zwischen Schwellwerten eine Liste von Objekten, aus denen es per Zufall eines wählt, das es dann zur Bildgenerierung an DALL-E schickt. Ist beispielsweise die ermittelte Fahrzeit von unter 15 Minuten für den Weg ins Büro morgens recht kurz, dann wählt das Programm aus der Liste z.B. einen



Um die aktuelle Fahrzeit zu ermitteln, werden die GPS-Koordinaten vom Start- und Zielpunktan TomTom geschickt. Für die Kommunikation mit TomTom wird wiederum ein API Key benötigt, den man

kostenlos erstellen kann (Link in der Kurzinfo). Außerdem braucht man noch die genauen GPS-Koordinaten in dezimaler Schreibweise, auch dafür haben wir bei den Links einen Webdienst im Angebot.

Ein einfaches Programm zum Testen des API-Zugriffs zeigt der Kasten TomTom.py.

Jetzt wird die ermittelte Fahrzeit totalTime durch die Schwellwerte ins richtige Intervall sortiert und aus der jeweiligen Liste zufällig ein entsprechendes Objekt ausgewählt. Dann genügt morgens ein Blick auf den digitalen Rahmen, um zu sehen, ob die Fahrt ins Büro heute flott geht oder mal wieder länger dauert. Dabei ist natürlich jedem selbst überlassen, welche und wie viele Objekte man definiert – Hauptsache, man behält sein eigenes System im Kopf.

Den so ergänzten Code von Dalle_generate.py gibt es über den Link in der Kurzinfo zum Download.

In den Rahmen bringen

Die Visualisierung der aktuellen Fahrzeit funktioniert jetzt soweit. Nun muss das ganze noch alltagstauglich verpackt und automatisiert werden.

Aktuell kann DALL-E nur quadratische Bilder mit den Größen "256x256", "512x512" oder "1024x1024" Pixel erzeugen. Das erklärt auch, warum ich in meinem Bilderrahmen ein altes 4:3-Display verbaut habe – bei einem 16:9-Display bliebe zu viel ungenutzte Bild-

Dalle_generate.py

```
import random
pic_style = random.choice(["photo realistic", "superhero comic", "Picasso", "Claude Monet", "Vincent van Gogh",
"Rembrandt"])
pic_object = random.choice(["panda", "elephant", "frog", "buddha", "star wars character"])
pic_location = random.choice(["on a ship deck", "in space", "on times square", "on the beach", "under water"])
import openai
openai.api_key = 'Hier den eigenen OpenAI API Key eintragen'
response = openai.Image.create(
    prompt= 'Style is ' + pic_style + ', add a ' + pic_object + ' ' + pic_location,
    n=1,
    size="1024x1024"
)
image_url = response['data'][0]['url']
print(image_url)
import urllib.request
urlleb.request
urlletrieve(image_url, "/home/pi/Desktop/Bild.jpg")
```

Make: 4/2023 | 79

© Copyright by Maker Media GmbH.



fläche links und rechts am Rand. Und außerdem gibt es bei eBay solche alten Laptop-Displays schon für kleines Geld, falls die Bastelkiste keines mehr zu bieten hat.

Zum Ansteuern des Displays wird dann ein spezifisches HDMI-VGA-Display-Controller-Board für um die 25 Euro benötigt. In der Regel laufen die Display-Controller-Boards mit 12V, die Stromversorgung des Raspi aber nur mit 5V, sodass noch ein DC-DC-Step-Down-Converter zum Einsatz kommt.

Für die Anzeige auf dem Display benötigen wir ein weiteres Skript, das auf dem Desktop unter dem Namen Dalle_display.py gespeichert wird (siehe Kasten). Hier sorgt pygame für die Anpassung der Bildgröße an das Display. Wie zuvor wird dieses Programm mit

chmod +x

/home/pi/Desktop/Dalle_display.py

ausführbar gemacht. Führt man das Skript in Thonny über Run aus, sollte nun das zuvor auf dem Desktop gespeicherte Bild für fünf Sekunden als kleines Fenster mit 300 mal 300 Pixeln auf dem Display angezeigt werden.

Bewegungsmelder und Button

Wenn das soweit funktioniert, wird der Bewegungsmelder eingebaut (Anschluss an GPIO 23), damit das Display nur angeht, wenn jemand am Rahmen vorbeiläuft. Den HDMI-Ausgang am Raspi schaltet man durch

vcgencmd display_power 0

aus und durch

vcgencmd display_power 1

an. Der Befehl funktioniert allerdings erst nach einer Konfigurationsänderung mittels

sudo nano /boot/config.txt

In dieser Datei ersetzt man den Eintrag

dtoverlay=vc4-kms-v3d

durch

dtoverlay=vc4-fkms-v3d

Danach ist ein Reboot fällig.

Ergänzt habe ich auch noch einen Button (Anschluss an GPIO 24) zum manuellen Generieren eines neuen Bilds, falls das automatisch erzeugte mal wirklich gar nicht gefällt. Dazu drückt man während der Bildanzeige auf den Taster und das Programm Dalle_generate.py wird als Unterprozess aufgerufen und damit ein neues Bild erzeugt.

Den vollständigen Code dieses Setups gibt es über den Link in der Kurzinfo zum

Intervalle

```
import random
if totalTime <= 15:
    pic_object = random.choice(["dolphin", "fighter jet"])
if 15 < totalTime <= 20:
    pic_object = random.choice(["dog", "star wars villain"])
if 20 < totalTime <= 25:
    pic_object = random.choice(["panda", "muppet"])
if totalTime > 25:
    pic_object = random.choice(["buddha", "snail"])
```

Dalle_display.py

```
import time
import pygame
from pygame.locals import*
pygame.init()
img = pygame.image.load('/home/pi/Desktop/Bild.jpg')
img = pygame.image.load('/home/pi/Desktop/Bild.jpg')
img = pygame.image.load('/home/pi/Desktop/Bild.jpg')
img = pygame.transform.scale(img, (300, 300))
w = 300
h = 300
screen = pygame.display.set_mode((w, h))
t_end = time.time() + 5
while time.time() < t_end:
    screen.blit(img,(0,0))
    pygame.display.flip()
pygame.display.flip()
```



Die Komponenten meines digitalen Bilderrahmens von hinten gesehen

Download. Es empfiehlt sich, die Anzeigedauer erstmal kürzer als die dort vorgesehenen 60 Sekunden einzustellen, und sich von den 300 Pixeln Kantenlänge sukzessive an die optimale Größe und Position des Bilds auf dem Display ranzutasten (mehr dazu in den Kommentaren im Code).

Autostart

Zum automatischen Starten des Display-Programms wird PM2 genutzt, ein Prozessmanager für Node.js. Dazu sind im Terminal ein paar Installationen fällig (nodejs, npm und schließlich pm2 selbst): sudo apt update
sudo apt install nodejs
sudo apt-get install npm
sudo npm install pm2 -g

Weil ich meinen Rahmen nachts mittels Zeitschaltuhr abschalte, muss dafür gesorgt werden, dass PM2 beim Neustart wieder läuft:

pm2 startup

Zum Schluss muss auch noch ein Pfad gesetzt werden, wie von PM2 vorgegeben (alles in eine Zeile tippen oder vom Terminal kopieren):

sudo env PATH=\\$PATH:/usr/bin
/usr/lib/node_modules/pm2/bin/pm2
startup systemd -u pi --hp /home/pi

Anschließend mit reboot neu starten und das Display-Programm bei PM2 registrieren:

pm2 start

/home/pi/Desktop/Dalle_display.py

Achtung: das Display-Programm wird jetzt gestartet und setzt das Display sofort auf display_power Ø. Damit man wieder etwas sieht, kurz den Bewegungsmelder aktivieren und während der Bildanzeige irgendeine Taste drücken. Damit wird das Programm in PM2 erst einmal gestoppt.

Noch Abspeichern, damit nach einem Boot das Programm wieder automatisch gestartet wird:

pm2 save

Das Display-Programm läuft nun immer im Hintergrund und reagiert auf die Bewegung und den Button.

Mit pm2 list kann man sehen, ob das Programm aktuell läuft, und, falls mehrere Programme in PM2 registriert sind, unter welcher ID (siehe Screenshot). Der aktuelle Status von



Bewegungsmelder gibt es auch kleiner als den allgemein bekannten HC-SR501 (links). Hier noch ein AM312 (Mitte) und der im Rahmen verbaute SR602 (rechts).

				1.0.0	1	-							
10	name	mode	3	status	cpu	memory							
i@ra PM2] PM2]	<pre>spberrypi:~ \$ pm2 s Starting /home/pi/ Done.</pre>	tart /home/p Desktop/Dal	i/Deskt Le_displ	op/Dalle_dis ay.py in for	olay.py k_mode (1	instance)							
id	name	mode	3	status	cpu	memory							
8	Dalle_display	fork	8	online	6%	0% 7.1mb							
i@ra	spberrypi:∼ \$ pm2 l	ist											
		mode	0	status	cpu	memory							
id	name												

Der Prozessmanager PM2 zeigt den Status und die ID der Prozesse – hier hat Dalle_display die ID 0. Diese ist wichtig, falls man es mal unterbrechen oder neu starten muss.

Dalle_display ist dort stopped. Starten geht mittels:

pm2 start 0

Bilder holen mit Crontab

Damit der Raspi jeden Morgen ein neues Bild erzeugt, speichern wir per Terminal einen Eintrag in Crontab:

crontab -e

Ganz unten hinein kommt dann die neue Zeile (in einer Zeile eintippen):

15 8 * * * python

/home/pi/Desktop/Dalle_generate.py

Nach speichern (Ctrl+O) und verlassen (Ctrl+X) läuft nun jeden Tag um 8:15 Uhr das Python-Skript Dalle_generate.py. Das ist für mich genau rechtzeitig, bevor es morgens ins Büro geht.

Und jetzt: Das Wetter

Falls nun im Hintergrund noch die Wettervorhersage auf dem Bild erscheinen soll, kann man diese bei OpenWeatherMap (OWM) per API abrufen (siehe Link in der Kurzinfo). Das



läuft ähnlich wie bei TomTom, also erst registrieren und dann den eigenen API-Key erzeugen.

Von den zurückgelieferten detaillierten Wetterdaten wird für mein DALLE-E Bild nur die Variable descr für die Beschreibung der Wetterlage verwendet; wer möchte, kann aber andere Daten ins Bild einfließen lassen, der Kreativität sind hier kaum Grenzen gesetzt. Der komplette Code von Dalle_generate.py inklusive Wettervorhersage ist ebenfalls bei den Downloads hinterlegt.

Schauen wir mal was der Rahmen heute morgen sagt (siehe Titelbild dieses Artikels): Aha, einiger Stau und leichte Bewölkung. Dann mal los! — pek



A source of the second second



Make Your School

Programm und weitere Infos: www.makeyourschool.de/maker-festival

KI für die Modelleisenbahn, теіl 2

Ein Raspberry Pi überwacht mit einer Kamera Gleise und meldet, wenn Loks auf falschen Schienen fahren oder überfällig sind. In diesem Teil zeigen wir, wie man das Neuronale Netz mit Google Colab modelliert, mit den in Teil 1 bearbeiteten Bildern trainiert und exportiert.

von Detlef Heinze



n diesem Teil trainieren wir unser Neuronales Netz. Dazu setzen wir auf die Online-Entwicklungsumgebung Google Colab. Colab ist eine kostenlos nutzbare Alternative zu einer lokal auf dem PC laufenden Jupyter-Umgebung. In unserer "KI auf dem ESP32"-Artikelstrecke haben wir die Bedienung von Jupyter Notebooks in Artikeln und ergänzenden Videos erklärt (siehe Links in der Kurzinfo).

Das Training basiert auf der ModelMaker-API von Google. Die API erwartet, dass die Trainingsbilder in drei Untermengen aufgeteilt werden: Dies sind die Trainings-, die Validierungs- und die Testdaten. Wir verwenden eine Aufteilung von 80%-10%-10%. Darüber hinaus erwartet das API eine spezielle CSV-Datei als Input.

Im Ordner auf dem PC mit den Trainingsdaten liegt das Python3-Programm VIAjson2-ModelMaker.py, also unter 20_Example_Training/20_Data. Man startet es in der Konsole mit python3 VIAjson2ModelMaker.py. Sofern auf dem PC kein Python verfügbar ist und Sie es nicht nachinstallieren wollen, kopieren Sie am besten das ganze Verzeichnis auf einen USB-Stick, stecken ihn an den Pi und wechseln in einer Shell auf das Verzeichnis auf dem Stick. Das Skript greift auf die Datei VIA_SMRC_json. json im gleichen Ordner und alle Bilder zu und erstellt in ein paar Sekunden die Datei training. csv für das Training. Die Aufteilung der Bilder bestimmt der Zufallsgenerator.

Je nach Ausgangslage können Sie nun auf dem PC oder dem Pi weiterarbeiten. Die restliche Arbeit übernimmt nun nämlich Google.

Training

Das Training erfolgt in der Cloud mit Google Colab. Dort kann man auf per GPU beschleunigten Servern neuronale Netze bis zu einem begrenzten Umfang kostenlos trainieren. Sie benötigen keine lokale Installation. Voraussetzung ist nur ein Google Account. Für das Training verwenden wir ein Jupyter-Notebook, das unter 20_Example_Training/30_Training liegt.

Das Jupyter-Notebook benutzt sogenanntes Transfer-Learning. Dabei wird ein bereits trainiertes Modell auf Loks und Waggons umtrainiert. Das spart erheblich Zeit. Die Trainingszeiten liegen mit den GPUs in der Cloud mit unserem Beispiel bei nur ca. 10-12 Minuten. Als Ergebnis liefert das Jupyter-Notebook mit einem Durchlauf ein fertiges quantifiziertes TensorFlow Lite Model, das auf dem Coral-USB-Accelerator-Stick lauffähig ist.

Damit das Training in der Google Cloud stattfinden kann, müssen die Trainingsdaten in Ihr Google Drive hochgeladen werden. Dazu melden Sie sich auf dem PC oder Pi mit Ihrem Google-Account auf google.de an und wechseln in Ihr Google Drive.

Kurzinfo

- » Google Colab und ModelMaker-API nutzen
- » Tensorflow-Umgebung einrichten
- » Modell trainieren und exportieren
- » Bedienung von SMRC



Dort legen Sie einen neuen Ordner Train-Data direkt unter dem Wurzelverzeichnis an. Wechseln Sie in den Ordner und laden Sie alle Trainingsbilder sowie die Datei training.csv und train.py in den neuen Ordner hoch. Der Ordner darf keine Unterordner haben.

Colab

Nun können wir mit dem Training beginnen. Öffnen Sie einen Browser mit dem Link zum GitHub-Repository (siehe Artikel-Links). Navigieren Sie dort zum Ordner 30_Your_Training/30_Training und klicken Sie im Text unten den Link "Open Colab notebook…" an.

Das Jupyter Notebook öffnet sich und Sie können sich mit Ihrem Google-Account anmelden. Es enthält den Verlauf eines vorherigen Trainings zum Ansehen. Stellen Sie im Menü unter Laufzeit (Runtime) den Laufzeittyp GPU ein. Das Jupyter Notebook hat drei Hauptabschnitte:

- Step 1: "Create runtime environment for Python 3.9 and ModelMaker" (Dauer etwa 5 Minuten). Der Benutzer muss auf Nachfrage zweimal mit "y" (yes) antworten. Die zwei Orte sind gekennzeichnet.
- Step 2: "Training of the model". Hier ruft das Jupyter Notebook die Datei train.py auf. Diese Datei muss im TrainData-Verzeichnis auf dem Google-Drive liegen wie die Datei training.csv.
- Step 3: "Compile tflite-model for the Edge TPU"

Training auf Google Colab durchführen

Vor dem Training müssen alle Trainingsdaten und die Dateien training.csv und train.py in den Ordner "TrainData" auf Ihrem Google Drive ohne Unterordner hochgeladen werden. Das Training findet hier mit einem Jupyter notebook statt: Open Colab notebook trainSMRC.ipynb

Den Link zum Starten des Juypter-Notebooks finden Sie im Repo-Verzeichnis bzw. im Ordner 20_Example_Training/30_Training.



In Google Drive müssen alle Trainingsdaten und -skripte im Ordner TrainData liegen.

ca-certificates	2023.01.10-h06a4308_0
certifi	2022.12.7-py39h06a4308_0
conda	23.3.1-py39h06a4308_0
conda-package-han~	2.0.2-py39h06a4308_0
conda-package-str~	0.7.0-py39h06a4308_0
cryptography	39.0.1-py39h9ce1e76_0
libffi	3.4.2-h6a678d5_6
openssl	1.1.1t-h7f8727e_0
python	3.9.16-h7a1cb2a_2
requests	2.28.1-py39h06a4308_1
sqlite	3.41.1-h5eee18b_0
urllib3	1.26.15-py39h06a4308_0
xz	5.2.10-h5eee18b_1

Bei der Installation und Konfiguration der Laufzeitumgebung fragt das Notebook mehrfach, ob es weitermachen soll. Das bestätigt man mit einem Klick rechts neben dem Dialog. Es öffnet sich ein Eingabefeld, in das man "y" tippt und mit Enter bestätigt.

Nun können Sie jede Codezelle vom Anfang bis zum Ende der Reihenfolge nach einzeln starten (empfohlen). Dazu müssen Sie am Anfang jeder Zelle auf den Play-Button klicken. In unseren Durchläufen kam es hin und wieder mal zu einer Fehlermeldung, wenn das Skript in das Verzeichnis des Google Drives wechselt: "Not found". Dieser Fehler trat meist dann auf, wenn das Jupyter Notebook wegen längerer fehlender Interaktion mit dem Nutzer (mal eben Kaffee holen und dann mit Kollegen in Plauderei versinken) die aktive Verbindung unterbrach. Abhilfe brachte es nur, das komplette Notebook neu zu starten.

Temporarily broken

Während der Veröffentlichung des 1. Teils dieses Artikels hat Google Colab von Python 3.9 auf Python 3.10 geupdatet. Die ModelMaker API läuft aber leider nicht mit Python 3.10. In der Community war ein enormer Aufschrei zu vernehmen und die Fehlermeldungen nahmen zu. Googles Hinweis, den Nachfolger von ModelMaker (MediaPipe ModelMaker) zu verwenden, hat jedoch zwei Nachteile: a) es ist eine Beta-Version, die weitgehend ungetestet ist. Und b) bietet sie momentan nur Unterstützung von kleinen Bildformaten bei der Objekterkennung (256 × 256 Pixel), welche für unsere kleinen Loks schon problematisch sind. Für einige kommerzielle Projekte ist das eine Katastrophe, wie man lesen konnte. Warum Google eine funktionierende Version abkündigt, bevor ein guter Nachfolger vorliegt, bleibt ein Rätsel.

Zum Glück hat ein Entwickler aus der Community auf die Meldung des Autors dieses Artikels reagiert und mit ihm zusammen haben wir eine Laufzeitumgebung für Python 3.9 unter Colab erstellt. Die Installation der Laufzeitumgebung findet in unserem Jupyter Notebook am Anfang statt.



Zum Start der einzelnen Zellen muss man links den Play-Button anklicken. Sobald die Zelle durchgelaufen ist, erscheint ein grüner Haken links neben dem Button.

Modell übernehmen und testen

Das Training ist in unserem Beispiel sehr erfolgreich, wenn im Abschnitt, Evaluate the TF-Lite-Model" der Wert für AP (Average Precision) größer als 0.7 ist. Falls der Wert deutlich kleiner ist, sollten Sie das Training wiederholen.

Das Ergebnis des Trainings ist ein Modell, das in der Datei smrc_model_edgetpu.tflite auf den PC oder Pi heruntergeladen wird. Zusätzlich lädt der Browser die Datei railway-Labels.txt mit den Klassennamen herunter. Diese beiden Dateien kopieren Sie in das Applikationsverzeichnis auf dem Raspberry Pi, wo das Python-Programm SMRC_Main.py liegt. Nun können Sie die Anwendung SMRC_Main.py auf dem Raspberry Pi starten und das neue Modell mit der Eisenbahn testen, dazu gleich mehr.

Nicht immer ist das Ergebnis eines Trainings im Einsatz befriedigend. Modelle kön-

Using an EfficientDet-Lite0 model for training with 320x320 image resolution.	
2023-06-15 06:47:10.223329: W tensorflow/stream executor/platform/default/dso	10
2023-06-15 06:47:10.223373: W tensorflow/stream executor/cuda/cuda driver.cc:	269
2023-06-15 06:47:10.223407: I tensorflow/stream executor/cuda/cuda diagnostic	5.0
2023-06-15 06:47:10.224122: I tensorflow/core/platform/cpu feature muard.cc:1	511
To enable them in other operations, rebuild TensorFlow with the appropriate of	omp
Training starts	
2023-06-15 06:47:31.141879: W tensorflow/core/framework/dataset.cc:768] Input	of
Epoch 1/40	
2023-06-15 06:48:14.188196: W tensorflow/core/framework/cpu_allocator_impl.cc	::82
2023-06-15 06:48:14.433594: W tensorflow/core/framework/cpu allocator impl.cc	::82
2023-06-15 06:48:14.593838: W tensorflow/core/framework/cpu_allocator_impl.cc	:82
2023-06-15 06:48:14.731165: W tensorflow/core/framework/cpu allocator impl.cc	:82
2023-06-15 06:48:14.949333: W tensorflow/core/framework/cpu allocator_impl.cc	::82
46/46 [====================================	15: 1
46/46 [=================================] - 336s 6s/step - det loss: 1.4160 - cl	s 1
Epoch 2/40	
46/46 [is: I
46/46 [=======] - 281s 6s/step - det_loss: 0.6870 - cl	5 1
Epoch 3/40	
46/46 [is: I
46/46 [====================================	5 1
Epoch 4/40	
46/46 [====================================	5:1
46/46 [====================================	s_l
Epoch 5/40	
46/46 [assessmentersentersentersenters] - ETA: 0s - det_loss: 0.3630 - cls_los	(51)
46/46 [===================================] - 313s 7s/step - det_loss: 0.3615 - cl	s le
Epoch 6/40	
46/46 [====================================	5: 1
46/46 [s le
Epoch 7/40	
46/46 [====================================	15: 1
46/46 [det_loss: 0.2934 - cl	s_1
Epoch 8/40	
17/46 [======>>] - ETA: 2:55 - det_loss: 0.2871 - cls_l	055

Work in progress: Tensorflow trainiert das Modell.

nen False-positives hervorbringen. Dies sind erkannte Objekte, die mit einer falschen Klasse identifiziert werden. So kann es z.B. sein, dass ein Waggon als Lok erkannt wird, weil er in Größe und Farbe ähnlich ist.

```
    Estimated count of arithmetic ops: 1.752 G ops, equivalently
    Evaluating tflite-model
Evaluation result:
INFO: Created TensorFlow Lite XMMPACK delegate for CPU.
52/52 [=======================] - 169s 3s/step
    ('AP': 0.a531257,
'AP5': 1.0,
'AP5': 1.0,
'AP5': 1.0,
'AP5': 1.0,
'AP': 0.a531257,
'AP5': 1.0,
'AP': 0.a531257,
'AP5': 1.0,
'AP': 0.a531257,
'AP5': 1.0,
'AP': 0.a531257,
'AP5': 1.0,
'AP': 0.a5784617,
'ARmaxi': 0.a7884617,
'ARmaxi': 0.a788
```

Ein gelungenes Training zeichnet sich durch einen AP größer als 0.7 aus.



Liegt der Objekt-Score (die Prozentzahl am erkannten Objekt) von False-positives regelmäßig mindestens 15% unter dem von richtig erkannten Objekten, können wir sie herausfiltern. In der Datei SMRC_Contr.py

45

können Sie in der Funktion __init__() den Wert minObjectScore 0.6 (60%) erhöhen. Ist dieser Wert aber zu hoch, werden auch die richtig erkannten Objekte herausgefiltert.

```
TFLITE_FILENAME = 'smrc_model.tflite'
O
     LABELS_FILENAME = 'railwayLabels.txt'
     !edgetpu_compiler --min_runtime_version 13 $TFLITE_FILENAME
   Edge TPU Compiler version 16.0.384591198
0
    Started a compilation timeout timer of 180 seconds.
    Model compiled successfully in 4134 ms.
    Input model: smrc_model.tflite
    Input size: 4.24MiB
    Output model: smrc_model_edgetpu.tflite
    Output size: 5.57MiB
    On-chip memory used for caching model parameters: 4.21MiB
    On-chip memory remaining for caching model parameters: 3.29MiB
    Off-chip memory used for streaming uncached model parameters: 0.00B
    Number of Edge TPU subgraphs: 1
    Total number of operations: 267
    Operation log: smrc_model_edgetpu.log
    Model successfully compiled but not all operations are supported by
    Number of operations that will run on Edge TPU: 264
    Number of operations that will run on CPU: 3
    See the operation log file for individual operation details.
    Compilation child process completed within timeout period.
    Compilation succeeded!
```

Nach einem vollständigen Durchlauf des Notebooks lädt der Browser zwei Modell-Dateien herunter.

```
Gleis 3 (2, 257, 318, 263)
```

```
Importing: notAllowedRules.json
Rule ok: Gleis 1 :Dampflok absent allowed for sec: 15
Rule ok: Gleis 2 :Diesellok not allowed: stopped
Rule ok: Gleis 3 :Diesellok stopped allowed for sec: 25
Rule ok: Gleis 3 :Dampflok not allowed: stopped
Rule ok: Gleis 3 :Dampflok not allowed: moving
Starting rule checker process
Initializing video capture...
Configure and warming up PiCamera
RuleChecker: checking rules
Camera resolution: PiResolution(width=320, height=320)
Opening window
Starting camera
RuleChecker: ['Gleis 1', ':Diesellok', <TrainState.absent: 1>]
RuleChecker: ['Gleis 1', ':Dampflok', <TrainState.absent: 1>]
Violation Gleis 1 :Dampflok TrainState.absent
RuleChecker: ['Gleis 2', ':Diesellok', <TrainState.absent: 1>]
RuleChecker: ['Gleis 2', ':Dampflok', <TrainState.absent: 1>]
RuleChecker: ['Gleis 3', ':Diesellok', <TrainState.absent: 1>]
RuleChecker: ['Gleis 3', ':Dampflok', <TrainState.absent: 1>]
```

Die Anwendung zeigt nicht nur in der grafischen Oberfläche Informationen an, im Terminal gibt es alle Ereignisse zusätzlich aus.



Eine zweite Möglichkeit, das Problem zu beheben besteht darin, das Training mit anderen Parametern zu wiederholen. Im Abschnitt "Create and train the model" in unserem Trainingsprogramm können Sie den Wert für epochs z.B. zwischen 30 und 80 variieren. Der Wert gibt an, wie oft Trainingsschritte wiederholt werden. Mehr Trainingsschritte passen das Modell besser an die Trainingsdaten an. Ähnliche Objekte werden dann nicht mehr so gut erkannt. Ist der Wert aber zu hoch, kann der Objekt-Score von richtig erkannten Objekten sinken, da sie nie exakt gleich wie die Trainingsdaten aussehen. Diesen Effekt nennt man Overfitting.

Hilft der letzte Ansatz nicht, kann man eine weitere Klasse für ein False-positive-Objekt zum Training hinzufügen. Dann müssen Sie wieder alle fünf Schritte des KI-Trainings von vorn beginnen. Die einfachste, aber nicht so schöne Lösung ist es, den betroffen Waggon oder die Lok von der Anlage zu nehmen.

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, die Anzahl der Trainingsdaten für alle Objekte gleichmäßig zu erhöhen. Statt wie in unserem Beispiel 240 Bilder pro Objekt, könnten z.B. 360 oder 480 Bilder eine Verbesserung bringen. Die Erstellung und Anwendung von KI-Modellen hat auch immer etwas vom "Trial and Error". Experimentieren Sie mit dem Projekt und haben Sie Spaß; so lernt nicht nur das KI-Model etwas, sondern auch Sie.

Anwendung

Alle für die Anwendung wichtigen Dateien liegen im Verzeichnis 10_SMRC_Application.

Die Hauptanwendung startet man mit python3 SMRC_Main.py. Sie ist konfigurierbar, um Bereiche und Regeln an die eigene Anlage anzupassen. Die Konfiguration von Bereichen (Gleise) erfolgt in der Datei detection-Regions.json. Sie enthält eine Liste von definierten Bereichen. Jeder Bereich hat einen Namen, gefolgt von einer Rechteck-Definition mit linker oberer und rechter unterer Ecke. Ein Bereich muss auf das Kamerabild mit der Auflösung von 320 × 320 Punkten passen. Hier das Beispiel für Gleis 1:

{	"name	e": "Gleis 1",
	"x1":	2,
	"y1":	208,
	"x2":	318,
	"y2":	216
}		

Enthält die Datei mehrere Bereiche (Gleise), so definiert die Reihenfolge eine Priorität. Schneidet eine Lokomotive zwei Bereiche gleichzeitig, so wird sie dem Bereich zugeordnet, der zuerst in der Datei konfiguriert ist.

Nun zu der Konfiguration der Regeln in der Datei notAllowedRules.json (siehe Listing Seite 81). Es zeigt fünf Beispielregeln. Darunter sind auch die drei oben erwähnten Regeln. Jede Regel nimmt Bezug auf einen der konfigurierten Bereiche (Gleise), auf einen der drei Lokzustände sowie auf eine Lokomotive, die das Modell für die Objekterkennung erkennen kann.

Weiterhin muss man bei der Konfiguration einer Regel angeben, ob die Regelverletzung für einen Zeitraum in Sekunden geduldet werden soll. Soll es keinen Duldungszeitraum geben, so gibt man bei "allowedFor": 0 an.

Zusätzlich zu den Regeln kann man in der Datei den Schalter "mailNotification" mit "off" oder "on"belegen. Ist er eingeschaltet, sendet das Programm die jeweilige Regelverletzung an ein E-Mail-Postfach. Bevor Sie die Mail-Benachrichtigung einschalten, müssen Sie in der Python-Datei MailSender.py die Verbindungen zu einem absendenden und einem empfangenden Postfach angeben.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass Mail-Provider erkennen können, wenn Mails von Programmen in zu schneller Folge oder in zu großer Anzahl generiert werden. Sie wollen damit Spam-Nachrichten verhindern. Achten Sie auf Meldungen auf dem LXTerminal, ob Nachrichten abgesendet wurden. Und nun: "Gute Fahrt". — dab

(3D Prima

3D Prima Technologie Deutschland GmbH



Kaufe leistungsfähige 3D-Drucker, Laser-Gravierer, CNC-Fräsen, 3D-Scanner, Filament, Resin und 3D-Druck-Zubehör zu günstigen Preisen bei einem der größten 3D-Druck-Händler Europas.

Besuche uns auf der Maker Faire vom 19.-20.08.2023 in Hannover. An unserem Stand Nummer 63 gibt es spannende Produktneuheiten, besondere Messeangebote und Filament-Proben von deinen Lieblings-Filamenten.









Bist du auf der Suche nach einem interessanten Job bei einem führenden europäischen 3D-Druck-Händler? Dann bewerbe dich jetzt bei uns. Sende deine Initiativ-Bewerbung einfach an info@3dprima.com

https://www.3dprima.com/de/3dprima/stellenangebote

Stromgesteuerter Audio-Verstärker

Es wird viel über sogenannten "Röhrenklang" diskutiert, aber der Begriff "Transistorklang" taucht nicht einmal auf. Dass es einen hervorragenden Transistorklang wirklich geben kann, soll eine ausgetestete Schaltung belegen, die bewusst auf eine Gesamt-Gegenkopplung verzichtet.

von Walter Orlov



er schon mal versucht hat, einen Leistungsverstärker aus diskreten Bauteilen von Grund auf selbst zu entwerfen. der dürfte schnell die Freude daran verloren haben: Man könnte gleich einen Mülleimer für durchgebrannte Leistungstransistoren bereitstellen. Das eigentliche Übel kommt von der Gegenkopplung direkt über alle Stufen, die sich bei Nachlässigkeiten in der Auslegung zur Mitkopplung wandelt und den Verstärker zu hochfrequenten Schwingungen anregt. Aber es geht auch ohne diese Gegenkopplung "über alles". Dafür muss aber ein ganz neues Konzept zum Einsatz kommen.

Transistor-Problematik

Bipolare Transistoren haben bei Spannungssteuerung im Unterschied zu den Elektronenröhren einen ziemlich abrupten Einsatz des Kollektorstroms. Als Folge klangen primitive Transistorverstärker schlechter als ihre Röhrenvorgänger. Deswegen greift die moderne HiFi-Branche gern auf MOSFET-Transistoren zurück: deren Charakteristiken ähneln den von den Röhren, aber aus meiner Sicht sind sie gerade an kritischer Stelle doch deutlich schlechter: Ich meine die Transferkurven. Während sie bei den Röhren fast von Anfang an und bis zur Überlastung einigermaßen linear sind, sind sie bei den MOSFETs gekrümmt.

Es gibt hier zwar eine schmale lineare Zone, aber nur bei Strömen, bei denen die Transistoren schon beinahe sterben. Kurzum: Man kann MOSFETs für einen qualitativ guten Klang nicht ohne Gegenkopplung betreiben. Die Verstärker-Klasse A ist hier keine große Hilfe, und ich habe lange überlegt, wie es anders gehen könnte. Eines erstaunte mich dabei: Wie geschmeidig doch die Stromkurven von bipolaren Transistoren verlaufen, besonders am Anfang!

Hier können sie an Linearität die MOSFETs weit übertreffen. Vielleicht stimmt dann mit dem Schaltungsprinzip irgendetwas nicht? Die ersten Schaltpläne wurden bei der Röhrenelektronik abgeguckt, auch wenn die Transistoren anders als Röhren arbeiten: Sie verstärken den Strom an der Basis, während die Röhren die Spannung am Gitter in einen Strom in die Anode umwandeln. Das letzte ergibt soweit einen Sinn, dass die Audioquellen normalerweise eine Spannung als Ausgangssignal liefern.

Nötig ist also ein gescheiter Spannung-Strom-Wandler vor den Leistungstransistoren. In Frage kommt eine spannungsgesteuerte Stromquelle auf Basis von Operationsverstärkern. Eher weniger bekannt ist die Tatsache, dass ein stromgesteuerter Leistungstransistor schneller auf Änderung des Basisstromes reagiert als ein spannungsgesteuerter auf gleichwertige Änderung der Basisspannung. Das kommt vom Stau der Ladungsträger in

Kurzinfo

- » Analoger Audioverstärker mit Stromsteuerung der Endstufe
- » Stromversorgung mit Notebook-Netzteil
- » Keine Gegenkopplung "über alles", kein Bedarf an Schutzmaßnahmen
- » Softstart ohne Zusatzschaltung

Elektronik:

Mechanik:

eventuell Bohren

Operationsverstärker

Montage auf Kühlkörper,



Material

» Lochrasterplatine » Kühlkörper Rth = 1,2K/W Leistungstransistoren und diverse Kleinbauteile laut Schaltplan Notebook-Netzteil 19V min. 2A Mehr zum Thema » Carsten Meyer, Kleine Helfer mit drei Beinen, c't Hacks 2/14, S. 32 Carsten Meyer, Lautsprecher richtig einsetzen, Make 2/20, S. 104 Grundkenntnisse Transistoren und Make Sonderheft 2022, Operationsverstärker Alles zum Artikel im Web unter

make-maaazin.de/xbc



Arbeitsbereich für guten Klang (aus Datenblatt vom TIP35)



der Basiszone, wodurch eine Spannung aufgebaut wird, die der Steuerspannung entgegenwirkt. Deshalb werden hohe Frequenzen beim stromgesteuerten Transistor besser verstärkt als beim spannungsgesteuerten.

Prototyp

Vielleicht möchte der Leser zuerst einen Vorgeschmack bekommen, ob der Verstärker wirklich so anders oder gar besser klingt als herkömmliche Verstärker. Für kleine Betriebsspannung, zum Beispiel +5V vom Handy-Ladegerät, kann die Schaltung stark vereinfacht werden 1. Diesen Verstärker kann man in der Tat mit minderwertigen Schaltnetzteilen betreiben, weil er sich wegen fehlender Gegenkopplung "über alles" trotz allerlei Störungen äußerst gutmütig verhält. Die Ausgangsleistung beträgt 1/5 Watt. Das ist nicht viel, aber der "Klang" ist da.

Die Schaltung funktioniert folgendermaßen: Das Stereo-Signal wird über C1, R1 und C2, R2 zum Mono-Signal zusammengeführt. U1 erledigt die Spannungsverstärkung und wandelt gleichzeitig zusammen mit T1 und R6* das verstärkte Spannungssignal in einen Steuerstrom um. T4 verstärkt den Audiostrom für das Antreiben des Lautsprechers. T3 dient dabei als interne Last.

Für den Abgleich benötigen Sie einen Hilfswiderstand von 8,2 Ohm/2W. Der T4-Kollektor



2 Aufgebauter Minimal-Prototyp mit der obigen Schaltung. Mit großen Lautsprechern erreicht man schon Zimmerlautstärke.

wird zunächst von der Schaltung temporär getrennt und über den genannten Hilfswiderstand mit +5V verbunden. Nach dem Warmlaufen des Transistors, was schon einige Minuten in Anspruch nehmen kann, stellen Sie die Kollektorspannung mit Hilfe von R6* (alle abzugleichenden Widerstände sind in den Schaltplänen mit einem Stern gekennzeichnet) auf +2,5V ein. Selbstverständlich kann hier ein Poti verwendet werden.

Nach dem Entfernen des Hilfswiderstands verbinden Sie den Kollektor von T3 wieder mit der Schaltung. Danach gleichen Sie mit Hilfe von R8* die gemeinsame Kollektor-Spannung nach dem Warmlaufen der Leistungstransistoren auf +2,5V ab. Diese können Sie zum Beispiel am Pluspol von C5 messen. Die Leistungstransistoren T3 und T4 brauchen zwar keine Kühlkörper, werden jedoch bis 70 °C heiß. Jetzt können Sie einen großen (kein Witz) Lautsprecher anschließen und eine Hörprobe machen (2).

Vollversion

Kommen wir nun zur Vollversion (3): Ich halte nicht viel von den höheren Harmonischen, die den Klang "kratzig" machen. Deshalb habe ich immer angestrebt den Verstärker möglichst linear auszulegen. So kam ich auf eine Parallelschaltung der NPN-Leistungstransistoren, auf Anwendung von verschiedenen Typen mit verschiedenen Ruheströmen und so weiter. Tatsächlich könnte man die Linearität mit weiteren parallel geschalteten Leistungstransistoren noch weiter erhöhen, zwei reichen aber auf jeden Fall (4).

Im Prinzip bekommt man hier zwei steuerbare Stromquellen: U3-T1-R13* und U4-T2-R14*. Das Spannungs-Audiosignal an invertierten Eingängen von U3 und U4 wird in das Strom-Audiosignal an den Kollektoren von T1 und T2 umgewandelt und von T6 und T5 für den Lautsprecher verstärkt. Für eine maximale Ausgangsleistung von rund 5 Watt sind Railto-Rail-Operationsverstärker für U3 und U4 zu empfehlen. Die Dioden D1 und D2 dienen der Symmetrie des Signals, damit positive und negative Halbwellen gleichzeitig in die Übersteuerung gelangen. Im kleinen Prototyp ist dies mit dem Spannungsteiler R3/R4 realisiert. Das hatte aber den Nachteil, dass das Teilerverhältnis bei der Änderung der Betriebsspannung immer neu angepasst werden müsste.

Der PNP-Leistungstransistor T4 erfüllt die Rolle einer Konstantstromquelle als interne Last für T5 und T6; sonst hätte man einen Kollektorwiderstand an seiner Stelle erwartet. Der Wirkungsgrad wäre dann aber kleiner, etwa wie bei den Eintakt-Röhrenverstärkern (*Single Ended*, Klasse A), die wegen der Heizung der Kathoden von vornherein eine geringere Leistungsausbeute haben. Zusammen mit T3, R15* und C3 bildet T4 eine selbstregelnde Stromquelle mit der Arbeitspunktstabilisierung durch die Spannungsgegenkopplung. Faktisch "sieht" T4 wegen der großen Zeitkonstante von R15* und C3 nur den Gleichspannungsanteil der gemeinsamen Kollektoren-Spannung. So bleibt der Kollektorstrom von T4 beinahe konstant, auch wenn das Ausgangssignal hin- und herschwankt.

Findet dagegen eine langsame Drift vom Gleichspannungsanteil statt, zum Beispiel durch das Warmlaufen der Leistungstransistoren, führt dies zur Änderung des Kollektorstroms von T4, die der Drift entgegenwirkt. Auf diese Weise wird der Gleichspannungsanteil der Kollektoren-Spannung immer mittig gehalten. T4 darf im Gegensatz zu T5 und T6 im nicht linearen Bereich betrieben werden, weil er in seinem Arbeitspunkt fixiert ist. Der Wechselstromanteil der Kollektoren-Ströme von T4, T5 und T6 wird über C5 nahezu vollständig an den Lautsprecher übergeben.

Man fragt sich vielleicht, warum es auf einmal um den Strom geht, wenn es vorher von der Spannung die Rede war. Mit Hilfe der Kollektor-Spannung wird lediglich der Arbeitspunkt von T4 stabilisiert. Die bipolaren Transistoren arbeiten aber grundsätzlich als Stromverstärker und liefern die Ströme. Es wird ein Widerstand benötigt, um den Strom in eine Spannung umzuwandeln. T5 und T6 liefern den Audio-Strom, aber deren Last ist kein Widerstand, sondern wiederum ein Leistungstransistor T4, der als Stromquelle arbeitet. Einen "echten" Widerstand bietet erst der Lautsprecher, und dort entsteht die Spannung.

Die Schaltung wird mit Einzelversorgung von +19V betrieben. U1 stellt das Bezugspotential für die Operationsverstärker bereit, das der Hälfte der Betriebsspannung entspricht.



B Material f
ür die 5W-Version: Der gro
ße K
ühlk
örper ist keinesfalls
überdimensioniert.

U2 arbeitet als invertierender Spannungsvorverstärker. Je nach der Audioquelle kann die Verstärkung mit dem Teilerverhältnis R6/R5 angepasst werden.

Der Verstärker besitzt eine durchaus gute Linearität. Der Klirrfaktor liegt weit unter 0,1 % bei einer Ausgangsleistung von 1 Watt und bleibt bis zur Vollaussteuerung unter 1 %, wobei die angenehme zweite Harmonische dominiert. Die maximale Ausgangsleistung beträgt 4,8 Watt (RMS). Berücksichtigt man die Gesamtleistung von 23 Watt, ergibt sich ein Wirkungsgrad von 20 %.

Wärmequelle

Da viel Energie in Wärme umgesetzt wird, brauchen die Leistungstransistoren einen massiven Kühlkörper mit einem Wärmewiderstand von 1,2K/W oder weniger 5. Im schlimmsten Fall führt das Öffnen des Thermo-Schalters S1 wegen der Übertemperatur zum Entladen von C3 und schließlich zum Sperren von T4. Weil T5 und T6 mit T4 in Reihe sind, fließt auch durch sie kein Strom mehr. Die Leistungstransistoren werden abgekühlt.





5 Achten Sie beim Zusammenbau auf eine isolierte Montage der Leistungstransistoren mit Glimmerplättchen und Wärmeleitpaste.

Obwohl es "nur" rund 5 Watt sind, ist der Schallpegel für ein Wohnzimmer eigentlich schon zu hoch. Bei der Betriebsspannung von +12V sinkt die Ausgangsleistung auf 1,7 Watt, die Gesamtleistung beträgt hier 8,5 Watt. Dabei muss lediglich R15* neu angepasst werden. Eine Stereo-Ausführung bietet angenehme Überraschungen: Die Schallquellen lassen sich – möglicherweise durch die interessante Verteilung der Klirrfaktor-Anteile und die schnelle Arbeitsweise – genauer orten, der Raum zwischen den Boxen erweitert sich quasi zu einer imaginären Bühne.

Weil der maximale Ausgangsstrom nicht höher als der Ruhestrom sein kann, ist der Verstärker nicht nur kurzschlussfest, sondern schont durch einen relativ sanften Übergang in die Übersteuerung (was wiederum weniger "zerstörungswillige" hochfrequente Oberwellen nach sich zieht) auch die Lautsprecher. Deshalb erübrigen sich allerlei Schutzschaltungen für schwache oder teure Lautsprecher.

Abgleich

Vielleicht finden Sie das nachfolgende Abgleich-Ritual irgendwie ungewöhnlich und gar zu kompliziert. In diesem Fall kann man für R13* und R14* einfach 680 Ohm nehmen und nur R15* so weit anpassen, bis gemeinsame Kollektoren-Spannung von T4, T5 und T6 genau der Hälfte der Betriebsspannung, also +9,5V, erreicht. Wollen Sie mit der Schaltung jedoch herumexperimentieren, um das Maximum rauszuholen, ist das Verständnis vom gesamten Abgleichsverlauf vonnöten. Der Abgleich geschieht in mehreren Schritten. Zuerst werden die Kollektoren von T5 und T6 vom Schaltkreis getrennt. Zwischen Betriebsspannung und T5-Kollektor wird der Hilfswiderstand gelegt. Seinen Wert bestimmt der Lautsprecherwiderstand mal der Anzahl der NPN-Leistungstransistoren, in unserem Fall soll er also das Doppelte vom Lautsprecherwiderstand betragen: 16 Ohm (Leistung > 6W).

Den Widerstand R14* trimmen Sie so, dass die Kollektorspannung von T5 genau der Hälfte der Betriebsspannung, das heißt +9,5V, gleicht. Der Verstärkungsfaktor des Transistors ist temperaturabhängig. Deswegen muss T5 einige Minuten warmlaufen, bevor Sie R14* endgültig nachjustieren. Der Ruhestrom von T5 ergibt sich aus 9,5V/16 Ohm = 0,6A. Die Prozedur wiederholen Sie für T6, hier wird R13* angepasst. Anschließend verbinden Sie beide Leistungstransistoren mit der Schaltung.

Nach dem Einschalten dauert es einige Sekunden, bis sich C3 so weit auflädt, dass T4 zu leiten beginnt, was im Prinzip einem Softstart entspricht und normalerweise eine zusätzliche Schaltung benötigt. Wegen des langsamen Aufladens von C3 bleibt ein unangenehmes lautes "Ploppen" im Lautsprecher beim Einschalten des Verstärkers aus. Ein Ausgangsrelais mit dem verzögerten Anschalten des Lautsprechers ist daher überflüssig. Durch die Anpassung von R15* wird die Kollektoren-Spannung von T4, T5 und T6 auf +9,5V eingestellt. Auch hier sollen Sie abwarten, bis die Leistungstransistoren warmgelaufen sind. Falls erforderlich, muss für den Wechselbetrieb zwischen +12V und +19V bzw. zwischen 1,7Watt und 4,8 Watt noch R15^{1*} angepasst werden. Bei angelegter Betriebsspannung von +12V und S2-Schalter-Stellung "+12V" ändern Sie R15^{1*} so, dass die Kollektoren-Spannung der Leistungstransistoren nun +6V beträgt.

Ein Trimmerwiderstand ist übrigens nicht wirklich verlässlich. Wegen Feuchte und Alterung korrodiert er und ändert mit der Zeit den eingestellten Wert. Zwar kann er für den Abgleich benutzt werden, danach sollte er aber besser durch einen gleich großen Festwiderstand ersetzt werden. Eine genaue Übereinstimmung mit dem ausgemessenen Poti-Wert erreicht man notfalls durch eine Reihenschaltung mehrerer Widerstände. Jetzt ist der Verstärker einsatzbereit.

Der Verstärker klingt definitiv anders als herkömmliche Audioverstärker, das lässt sich gar nicht überhören. Ihnen wird vielleicht eine Ähnlichkeit mit dem Klang von Röhrenverstärkern auffallen. Das stimmt nur zum Teil: Der Röhrenklang wird oft als "warm" bezeichnet, ich würde aber sagen, er ist im gewissen Sinne verschwommen. Der Transistorklang ist dagegen eher präzise, das heißt quasi "kalt".

Fazit

Was macht den ungewöhnlichen Klang noch aus? Der Lautsprecherwiderstand ist komplex. Wegen der Membranresonanz gibt es einen Buckel bei tiefen Frequenzen und im allgemeinen wächst der Widerstand wegen der Induktivität der Lautsprecherspule mit der Frequenz. Als Folge übernimmt der Lautsprecher bei hohen Frequenzen weniger Leistung, das heißt er wird leiser. Das Ausgangssignal von unserem Verstärker ist aber ein Strom. Nimmt der Widerstand des Lautsprechers zu, steigt die Spannung an den Lautsprecheranschlüssen an. Der Spannungsverlauf des Ausgangssignals weicht deshalb zwar von der Form des Eingangssignals ab, aber die Übereinstimmung zwischen Eingangsspannung und Ausgangsstrom und damit dem erzeugten Schallpegel bleibt bestehen.

Am Ende führt dies dazu, dass sich das Frequenzband des Lautsprechers stark ausdehnt, was zu einer hervorragenden Wiedergabe kleinster Details führt. Von alledem profitieren in erster Linie große Breitbandsysteme; wer den vollen, runden Klang alter Musikboxen liebt, sollte einmal solche Lautsprecher (gern auch offen auf einer angemessen großen Schallwand) probieren. Bei HiFi-Mehrweg-Systemen muss man dagegen oft den Hochtöner zurückregeln, sonst erledigt er seine Arbeit zu gut und es ergibt sich ein eher schriller Klang. —*cm*



Deine Aufgaben

- Verkauf einzelner Komponenten des igus:bike an Zweiradhersteller (B2B)
- Betreuung und Gewinnung von nationalen und internationalen Kunden
- Initiierung und Steuerung von Marketingaktivitäten
- Unterstützung bei Produktentwicklungen und -verbesserungen auf Basis von Kundenwünschen
- Abstimmung zwischen der Konstruktion und Produktion

Dein Profil

- Erfolgreich abgeschlossenes kaufmännisches oder technisches Studium und / oder eine vergleichbare Ausbildung
- 3-5 Jahre Vertriebserfahrung, idealerweise in der Fahrradbranche
- Ausgeprägte Verkaufs- und Verhandlungsstärke
- Hohe Reisebereitschaft
- Verhandlungssichere Englischkenntnisse
- Hohes Interesse an innovativer Technologie und technischen Anwendungen

Was wir Dir bieten

- 13 Gehälter und ein zusätzliches leistungsorientiertes Vergütungssystem
- Umfangreiche Sozialleistungen wie betriebliche Altersvorsorge und vermögenswirksame Leistungen
- Kostenfreie Verpflegung
- Fachliche und persönliche Weiterentwicklung im Rahmen unserer igus[®] Akademie
- Umfangreiches Einarbeitungsprogramm
- Flache Hierarchien sowie eine offene, persönliche Kommunikationskultur in einem familiären Arbeitsumfeld

Über uns

- · Stetig wachsender, innovativer "Hidden Champion"
- Hersteller von technischen Produkten aus Hochleistungskunststoffen, made in Germany, die in über 50 verschiedenen Branchen eingesetzt werden
- Der Hauptsitz ist in Köln, unsere 31 Niederlassungen weltweit
- 4.600 Mitarbeiter:innen kommunizieren unkompliziert und wirklich alle per Du
- Unser Motto ist: Technik verbessern, Kosten senken



Bewirb Dich jetzt bei igus®

Frau Bernadette Näger bnaeger.ext@igus.net +49 (0) 2203 9649-7317 **Know-how**

RISC-V für Maker

Erweiterbar, flexibel, frei: RISC-V verspricht, den Open-Source-Gedanken in die CPU-Welt zu tragen. Was es mit der Technik auf sich hat, wie sie funktioniert und wo Maker damit in Berührung kommen, erzählt der Artikel.

von Daniel Bachfeld

d Byte (U)d Half (U)e Byte e Half e Word ch = =

Half

ad Word

94 | Make: 4/2023

Copyright by Maker Media GmbH

Die offene Befehlssatzarchitektur RISC-V bietet den allgegenwärtigen Anbietern von CPUs wie Intel, AMD und ARM die Stirn und will die Welt des Prozessordesigns nachhaltig verändern. Klingt spannend, aber auch etwas überambitioniert. Damit Sie sich einen eigenen Eindruck verschaffen können, haben wir uns das Ökosystem mal angeschaut. Zuvor aber ein paar Grundlagen zur Einführung oder Erinnerung.

Damals

Wenn man sich mit Mikrocontrollern und Single Board Computern beschäftigt, hatte man es bislang meist mit Prozessorarchitekturen wie ARM, AVR und PIC zu tun. Alles sind sogenannte RISC-Architekturen, also Reduced Instruction Set Computer, die einen kleinen Satz einfacher, dafür aber schneller CPU-Befehle verstehen. Im Unterschied dazu gibt es CPUs mit CISC-Architektur, wobei das erste C für Complex steht und einen großen Satz an Befehlen kennzeichnet, die komplizierte Aufgaben erledigen, dafür aber viele Taktzyklen benötigen. Fun Fact: Auch wenn etwa die PC-CPUs von Intel und AMD meist der CISC-Architektur zugeordnet werden, arbeiten sie auf der untersten Ausführungsschicht ebenfalls einer RISC-Architektur.

Über die Vor- und Nachteile zwischen RISC und CISC gibt es viele Diskussionen. Vereinfacht kann man sagen, dass CISC (auf dem PC) weniger RAM benötigt, weil der Programmcode kürzer ist. Dafür sind CISC-CPUs aber ziemlich stromhungrig. RISC hin-

Instruction Set

Der Aufbau des Instructions Sets bei RISC-V: Jede Instruktion ist 32 Bit lang. Die gelben Felder enthalten den Opcode, die roten Felder das Zielregister einer Operation (rd), die grünen die Quellregister (rs). Die blauen Felder enthalten zu ladende Konstanten (immediates). Die rosa Felder funct3 und funct7 spezifizieren die genaue Funktion eines Befehls.

Kurzinfo

- » RISC-V in a Nutshell
- » Diese Boards gibt es bereits
- » So programmiert man mit RISC-V

Mehr zum Thema

» Christof Windeck, StarFive VisionFive 2RISC-V-Einplatinencomputer, Make 2/23, S. 102





RISC-V Foundation

Das Logo der 2015 in den USA gegründeten RISC-V Foundation. 2019 kehrte sie den USA den Rücken und zog als RISC-V International Association in die Schweiz, weil einige ihrer über 320 Mitglieder Einschränkungen befürchteten. Einige der ersten fertigen Chips mit der offengelegten CPU-Mikroarchitektur kamen aus China, dem Ziel von US-Sanktionen.



gegen benötigt auf einer CPU weniger Transistoren und damit auch weniger Energie sprich Strom. Die Grenzen zwischen beiden Architekturen werden aber immer durchlässiger. In der Praxis findet man CISC eher auf PCs und RISC auf Embedded-Systemen (abgesehen von Apple-PCs und deren CPUs M1 und M2), wobei embedded und mobile Systeme von ARM-Prozessoren dominiert werden.

Die Befehle lassen sich anhand der Opcodes in 6 Bereiche gruppieren:

- » R-Type: Register-zu-Register-Operationen
- » I-Type: Short Immediates und Ladebefehle
- » U-Type: Long/Upper Immediates laden
- » S-Type: Speichern
- » B-Type: Bedingte Verzweigungen
- » J-Type: Bedingte Sprünge

Die weitere Funktion eines Befehls ist anhand der beiden funct-Felder definiert. R-Type-Befehle haben bei RV32 etwa immer den Opcode Øb0110011. Die Bits in funct3/7 legen dann fest, ob es sich um eine Addition, Subtraktion bzw. eine logische oder schiebende Operation handelt. Auf diese Weise lassen sich sehr kompakte Instruktionen bauen.

Format		Bit																													
Format	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	6 5 4 3 2 1 0)
Register/register	funct7 rs2								rs1 funct3						rd					opcode											
Immediate	imm[11:0]								rs1			funct3 rd							opcode												
Upper immediate	imm[31:12]											rd					opcode														
Store	imm[11:5]					rs2 rs1 funct						3	imm[4:0]					opcode													
Branch	[12]		į	imm(10:5]		rs2						rs1			1	unct3			mm[4:1]	Ú.	[11]	opcode				city		
Jump	[20] imm[10:1]]				[11]	imm[19:12]							rd					opcode					ouidine.			

RV32IMAC													
LR.W	SC.W	AMOAND.W	AMOOR.W	AMOXOR.W		C.LW	C.AND						
AMOADD.W	AMOMIN.W	AMOMAX.W	(AMOMINU.W)	AMOMAXU.W	(C.FLW	C.ANDI						
AMOSWAP.W	→ 32 bits →			RV32A		C.FLD	C.OR						
	C.LWSP	C.XOR											
MULH	DIV	MUL	REM	REMU		C.FLWSP	C.LI						
MULHU	DIVU					C.FLDSP	C.LUI						
MULHSU	MULHSU - 32 bits -> RV32M C.SW C.SLLI												
Integer Multiplication and Division ISA Extension													
ADD	ADDI	AND	ANDI	BEQ) (C.FSD	C.SRAI						
SLL	SRL	OR	ORI	BNE	(C.SWSP	C.BEQZ						
SLLI	SRLI	XOR	XORI	BGE		C.FSWSP	C.BNEZ						
SLT	SLTU	SRA	LUI	BGEU	l (C.FSDSP	C.J						
SLTI	SLTIU	SRAI	AUIPC	BLT		C.ADD	C.JR						
LB	LH	LW	SB	BLTU		C.ADDI	C.JAL						
LBU	LHU	sw	SH	JAL	(C.ADDI16SP	C.JALR						
CSRRW	CSRRS	CSRRC	ECALL	JALR		C.ADDI4SPN	C.EBREAK						
CSRRWI	CSRRSI	CSRRCI	EBREAK	SUB		C.SUB	C.MV						
FENCE	FENCE.I	← 32 bits →		RV32I		← 16 bits →	RV320						
			8	lase Integer ISA		Compressed	ISA Extension						

So sieht der Befehlssatz bei einem RISC-V-Core RV32IMAC aus. Dem ESP32-C3 fehlt die A-Extension.

Geschlossen

ARM stellt selbst keine Prozessoren her (außer in Sonderfällen wie Physical IP), sondern definiert nur die sogenannte Instruction Set Architecture (ISA) und designt dazu passende CPUs und Peripherie-Busse. Die ISA legt genau fest, wie die einzelnen Befehle lauten, wie sie arbeiten, etwa welche Register und Flags gelesen oder geschrieben werden, wie adressiert wird und wie Speicherzugriffe ablaufen und so weiter.

Kunden können das Design lizenzieren, auf Wunsch anpassen und daraus physische ICs herstellen. Auf dem Raspberry Pi ist beispielsweise ein ARM-SoC von Broadcom mit vier Cortex-A72 verbaut. Broadcom hat den A72 lizenziert, stellt ihn her und verkauft ihn, unter anderem an die Pi Foundation. Dabei fallen für Broadcom einmalige Grund-

gebühren und zusätzliche Kosten pro verkauftem Chip an.

Vielen Herstellern sind diese Erlös schmälernden Gebühren ein Dorn im Auge. Je mehr Chips sie verkaufen, desto mehr müssen sie an ARM abführen. Auf längere Zeit und bei fallenden Preisen ein Wettbewerbsnachteil. Darüber hinaus ist vielen CPU-Designern die festgelegte ISA von ARM ein Hindernis. Es ist nicht erlaubt, den Befehlssatz um eigene zu erweitern, etwa für KI-Beschleunigung.

Open Source

Einen Ausweg bietet der offene, freie und nicht patentierte Standard RISC-V (das V steht für die römische Ziffer 5 und wird daher "five" ausgesprochen), auf dessen Basis jeder kompatible Mikroprozessoren entwerfen, herstellen und verkaufen darf – ohne Lizenzkosten abführen zu müssen.

Der Ursprung von RISC-V liegt in den 1980er Jahren an der University of California, Berkeley, dem vier RISC-Projekte (RISC-I bis RISC-IV) vorangingen, die eher für Forschung und Lehre gedacht waren. Der Befehlssatz des fünften Projekts ist für tatsächliche Anwendungen geeignet und mit 47 Grundbefehlen minimalistisch gehalten.

Die RISC-V-Entwickler haben bewusst versucht, die Nachteile vorhergehender ISAs und deren Implementierung in Hardware für andere 32-Bit-Systeme wie ARM, x86 und MIPS zu vermeiden. Ein Beispiel: Bei der x86-Architektur kommen immer nur zwei Register in der CPU zum Einsatz, um beispielsweise zwei Werte zu addieren. Das Ergebnis landet in einem der beiden Register. RISC-V legt das Ergebnis hingegen in einem dritten Register ab, sodass beide Operanden eine Operation überleben. RISC-V gibt es für 32, 64 und 128 Bits, wir konzentrieren uns in diesem Artikel aber auf 32 Bit.

Fundament

Mit den Basisbefehlen kann man insgesamt 32 interne Register (je 32 Bit breit) und Speicher beschreiben und lesen, Integer addieren und subtrahieren, logische Operationen (AND, OR, XOR) durchführen, Register schieben (leider nicht rotieren), Werte vergleichen und verzweigen sowie springen und Kontroll-, Counter- und Statusregister auslesen. Klingt erstmal nicht viel, reicht aber im Prinzip für alle möglichen Aufgaben aus. Prozessoren, die nur diese Funktionen implementiert haben, bezeichnet man mit RV32I. Das I steht hier für Base Integer Set.

RV32E ist eine nochmal schlankere Version von RV32I mit nur 16 statt 32 internen Registern. Daneben fehlen noch ein paar Counter und die dazu passenden Befehle, der Rest bleibt gleich. Sie zielt auf kleine Mikrocontroller-Systeme. Neben I gibt es noch diverse Erweiterungen, die das Programmieren einfacher machen, dazu gleich mehr.

CPUs selber machen

RISC-V ist eine Architektur auf dem Papier, wie macht man daraus nun eine CPU? Man programmiert die Funktionen der CPU (ALU, Programmzähler, Takt, Multiplexer, Register) in einer Hochsprache, etwa Python, und exportiert das mit Tools wie MyHDL in Hardwarebeschreibungssprachen wie VHDL. Oder man programmiert gleich in der C-ähnlichen Sprache Verilog. Ein Beispiel, wie Verilog aussieht, ist im Listing Schieberegister zu sehen.

Vereinfacht gesagt wird damit der Signalfluss zwischen den Registern spezifiziert, auch Registertransferebene (Register Transfer Level, RTL) genannt. Damit lassen sich spezielle Chips wie ASICs und FPGAs programmieren,

Schieberegister

```
module shift_register
#(
    parameter N = 8
)
(
    input wire clk, reset,
    input wire [1:0] ctrl.
    input wire [N-1:0] data,
    output wire [N-1:0] q_reg
):
reg [N-1:0] s_reg, s_next;
always @(posedge clk, posedge reset)
begin
    if(reset)
        s_reg <= 0;
    else if (clk == 1'b1)
        s_reg <= s_next;</pre>
end
always @(ctrl, s_reg)
begin
    case (ctrl)
          : s_next = s_reg;
        0
        1 : s_next = {data[N-1], s_reg[N-1:1]};
          : s_next = {s_reg[N-2:0], data[0]};
        3 : s_next = data;
    endcase
end
assign q_reg = s_reg;
endmodule
```

Chipfertiger können nach so einem Protoypen einen Schaltkreis in Silizium gießen. Der Hersteller SiFive, ein Spin-off dreier Forscher der University of California, Berkeley, bietet seine Designs in der Sprache Chisel an.

Weil es anfangs für RISC-V kaum Implementierungen in echter Hardware gab, fand viel der Entwicklung in dem Emulator Qemu unter Linux und in FPGAs statt. Die Unterstützung in Qemu ist so ausgereift, dass man so gut wie alle Features der Architektur darin testen kann.

Mittlerweile gibt es für RV32I viele frei verfügbare Implementierungen diverser Hersteller, Universitäten und Forschungseinrichtungen (siehe Link). Auch wenn die einzelnen Implementierungen im Kern genau das machen, was die ISA vorschreibt, unterscheiden sie sich doch in der konkreten Umsetzung und der resultierenden Performance, dem Energiebedarf, der Größe usw. Wer will, kann sich einen RV32I-Kern herunterladen, anpassen, in Qemu testen, in FPGAs schreiben oder kostenlos von der mit Google kooperierenden Sky-Water Technology Foundry in 130nm-Technik produzieren lassen.

Im Internet sind diverse Anleitungen (siehe Links) zu finden, wie man seinen eigenen RV32I-Kern baut, vielleicht ist das ja mal ein Thema für künftige Make-Ausgaben.

Erweiterungen

Die aufgeführten Erweiterungen sind bereits verfügbar. Daneben gibt es Vorschläge für weitere Erweiterungen, die aber noch nicht standardisiert sind. Wie bei den Kernen gibt es auch bei den Extensions jeweils mehrere Implementierungen. Die Herausforderung der RISC-V International Association, also der Open-Source-Dachgesellschaft zu dem freien Standard, ist, alle Designs kompatibel zueinander zu halten.

Der RISC-V-Standard gibt die exakte Reihenfolge bei der Angabe der Suffixe an: Die Angabe RV32IMAFDQC ist beispielsweise richtig, wohingegen RV32IMAFDCQ falsch ist. Das C kommt immer am Schluss.

Erweiterungen

Wem die Befehle des I-Sets nicht ausreichen. kann seine CPU mit Erweiterungen ausstatten, die Multiplizieren (M), mit Fließkommazahlen

RISC-V Extensions

Name	Funktion
RV32I	Base Integer Set
RV32A	Atomic read-modify-write
RV32B	Bit Manipulation
RV32C	Compressed Instructions
RV32D	Double Precision Floating Point
RV32F	Single Precision Floating Point
RV32H	Hypervisor
RV32M	Multiplication, Division
RV32N	User Interrupts
RV32S	Supervisor Level Instructions
RV32V	Vector Instructions

(F, D) und mit Matrizen/Vektoren (V) rechnen können. Spannend gerade für Mikrocontroller ist die Atomic-Extension, die bitweise OR-, AND- und XOR-Operationen direkt im Speicher respektive Peripherieregistern ermöglicht,





Das VisionFive 2 läuft mit diversen Linux-Distributionen. Allerdings hapert es noch bei vielen Gerätetreibern.

sodass man nicht ganze Bytes lesen, manipulieren und zurückschreiben muss. Konkurrent ARM hat dies in seinen Designs durch sogenanntes Bit Banding gelöst, bei der in einem reservierten Speicherbereich recht aufwändig einzelnen Bits dedizierte 32-Bit-Speicheradressen zugeordnet werden.

Mit der C-Erweiterung (Compressed) kann man nur 16 Bit lange Instruktionen (RVC) verwenden und im Programm mit 32 Bit langen Befehlen mischen. Laut Spezifikation lassen sich bis zu 60% der herkömmlichen Befehle durch kürzere ersetzen und damit bis zu 30% Speicher sparen.

Die Liste einiger Erweiterungen ist im gleichnamigen Kasten zu sehen. Ein Kern mit der Bezeichnung RV32IMC unterstützt somit kürzere Befehle und Integer-Multiplikationen. RV32GC steht für einen Kern, der sämtliche Extensions mitbringt. Im Prinzip gilt für RV64



Im ESP32-C3 ist quasi nur die Xtensa-CPU durch einen RISC-V-Kern ersetzt worden. Der Rest bleibt gleich.

und RV128 das gleiche, nur dass die Befehle entsprechend breiter sind. Ein RV64GC ist aktuell ein Kern, der sich für den Betrieb mit Linux etabliert hat.

In echt!

Auch wenn, under the hood" schon zahlreiche Produkte RISC-V einsetzen, hat es doch einige Zeit gedauert, bis SoCs mit RISC-V verfügbar waren, die es konkret mit ARM-SoCs aufnehmen könnten. Einer ist der StarFive JH7110 der chinesischen Firma StarFive. Sie hat den Einplatinencomputer VisionFive 2 (ca. 100 Euro) damit bestückt, den wir in Heft 2/23, S. 102 vorgestellt haben. Im SoC stecken vier RISC-V-Kerne vom Typ U74-MC, die das US-Unternehmen SiFive entwickelt hat. StarFive wurde von SiFive mitgegründet, um die RISC-V-Technik in China voranzutreiben.

Linux läuft auf dem VisionFive 2, es taugt bisher aber noch nicht für Bastelprojekte oder gar als Desktop-PC-Ersatz. Es hakelt und ruckelt an allen Ecken. Daran ändert auch ein dediziertes Image von Ubuntu nichts, wie Kollege Dirk Knop von heise online im Test herausfand (siehe Link). Hersteller Pine64, bekannt für seine Allwinner- und Rockchip-SBCs, hatte Anfang des Jahres mit dem Star64 ein Konkurrenzboard zum VisionFive 2 auf den Markt gebracht, das den gleichen SoC trägt. Es war nach kurzer Zeit vergriffen. Die Softwareprobleme dürften aber die gleichen sein.

Ankündigungen

Dennoch ist bald mit einem Ruck in der Linux-Landschaft zu rechnen, nämlich wenn Intels RISC-V-SoC Horse Creek auf dem Micro-ATX-Board HiFive Pro P550 für Desktop-PCs den Weg in Entwickler-Büros findet. Der SoC besteht besteht aus vier RV64GBC-Kernen von SiFive mit 2,2 GHz, jeweils 128 KByte Level-2-Cache und 2 MByte Shared L3 Cache sowie DDR5-5600- und PCIe-Gen5-Interface. Gefertigt wird er im Intel-4-Prozess mit 7nm. Auf dem Board finden sich je zwei PCIe-Slots, M.2-USB-Adapter, ein Grafik-IC sowie ein 10GbE-Netzwerkadapter. Das Board ist für diesen Sommer angekündigt und dürfte danke Intel breite Unterstützung bei der Entwicklung von Treibern finden.

Wer erste Schritte mit RISC-V machen will, ohne sich mit Linux und fehlenden Treibern auseinandersetzen zu müssen, kann auf günstigere Mikrocontroller-Boards zurückgreifen. Sparkfuns RED-V Redboard und RED-V Thing Plus enthalten den SoC SiFive RISC-V FE310. Nachteil: Sie werden mit dem Eclipse-Abkömmling Freedom Studio und dem Freedom-e-SDK programmiert, die sich eher an fortgeschrittene Programmierer richten. Immerhin hat das Redboard den Arduino-Formfaktor. Apropos: Arduino hatte 2017 schon einmal das RISC-V-Board Cinque vorgestellt - ebenfalls mit dem FE310. Es ist aber nie zur Marktreife gelangt.

Game Changer

Vor einiger Zeit hat auch der Hersteller Espressif begonnen, sämtliche seiner neu entwickelten Produkte nur noch mit RISC-V auszustatten. In seinen ESPs hat die Chipschmiede bislang recht exotische Xtensa-CPU-Kerne von Tensilica eingesetzt, die einer 32-Bit-RISC-Architektur folgen und von Cadence lizensiert sind. Die ISA ist zwar sogar um eigene Befehle erweiterbar. Allerdings war sie genauso Closed Source wie die Dokumentation und die Toolchain dazu, was Espressif dazu bewog, auf das freie RISC-V zu wechseln.

Mitte 2021 kam als ESP32-C3 der erste SoC mit RISC-V auf den Markt: Im Kern ein RV32IMC-Kern mit 160 MHz plus 400 KB SRAM. Nach Angaben von Espressif eine Eigenentwicklung, Gerüchte behaupten, es sei ein SiFive E Core. Leistungsmäßig ersetzt er den ESP8266, von der Kompatibilität insbesondere aus Softwaresicht orientiert er sich eher am ESP32. Schaut man sich das Blockschaltbild an, so ist der RV32IMC ein Drop-In-Replacement für die alte CPU, die Peripherie-Einheiten sind im Prinzip



Make:markt

BÜCHER/ZEITSCHRIFTEN

S Rheinwerk

Entdecken Sie Lernprodukte für IT-Einsteiger und Profis, für Studierende, Azubis und Berufsanfänger, für Kreative und Wissensdurstige. Von Java über Security bis Maker: Ihre Weiterbildung in IT und Technik beginnt hier. Und geht noch weiter: mit unseren Seminaren, Konferenzen und dem Digitalabo.

www.rheinwerk-verlag.de



Der Verlag für kreative Köpfe!

Informatik und Elektronik können komplex, theoretisch und anstrengend sein. Es geht aber auch einfach, anschaulich und leicht nachvollziehbar – wenn man die Dinge in die eigenen Hände nimmt und zum »Maker« wird: Mit Büchern vom dpunkt.verlag.

www.dpunkt.de



Was Maker schon alles geschaffen haben!

Die Antwort und viele Beispiele finden Leser in unseren Zeitschriften **"Space – das Weltraum Magazin"**, vom "Reißbrett" ins Weltall und dem "Urknall" vieler Computer- und Make-Enthusiasten – dem **"Retro Gamer".**

www.emedia.de

Make:markt

Der **Make:markt**. Nur 150,00 Euro je Ausgabe für eine Basisanzeige.

Weitere Informationen erhalten Sie unter: maos@heise.de



GPIOs satt: Das CH32V307EVT bringt diverse Debugging-Funktionen gleich mit.

fast vollständig erhalten geblieben. Allerdings bringt der C3 nicht so viele GPIO-Ports mit, wie der ESP32: ADC, SPI, UART, I²C, I²S, RMT, TWAI und PWM sind dabei, ein DAC fehlt leider.

Leistungsmäßig rangiert der C3 zwischen ESP8266 und ESP32, ist aber weniger stromhungrig als letzterer.

Das Praktische: Um sein erstes Programm für das RISC-V-Board zu programmieren und hochzuladen, kann man wie gewohnt die Arduino IDE oder die ESP IDF (mit VSCode oder Eclipse) benutzen. Espressif liefert in seinen Board Add-ons für Arduino alle RISC-V-Tools wie Compiler, Linker, Libraries sowie Beispiele mit. Somit genügt es, unter Boards einfach

Gleich mit MicroPython: Das Max Bit Al Board hat Anschlüsse für Kameras und ist KI-Anwendungen optimiert.



ESP32 C3 Devmodule auszuwählen, um sein Programm zu übersetzen.

Das Eval-Board von Espressif hat eine WS2812B-LED dabei, mit der man den Blink-Klassiker aus den Beispielen sofort übersetzen und hochladen kann. Anders als herkömmliche LEDs schaltet hier nicht ein normaler I/O-Pin ein oder aus. Vielmehr ist GPIO8 für das Remote Control Peripheral (RMT) konfiguriert, das die erforderliche Bitfolge für die RGB-LED erzeugt.

Unter der ESP IDF setzt man mit idf.py set-target esp32c3 das richtige Ziel, beim Plug-in für VSCode stellt man ganz einfach über die Breadcrumb-Leiste unten in der IDE per Klick das Ziel um. Espressif nutzt gcc als Compiler, grundsätzlich wird auch Clang/ LLVM RISC-V unterstützt. Ansonsten programmiert man die Funktionen des C3 wie vom herkömmlichen ESP32 bekannt, egal in welcher IDE.

Mit Spannung erwartet wird der im Januar angekündigte Zweikerner ESP32-P4, der mit 400 MHz laufen soll und eine Al Instruction Extension sowie Unterstützung für Kameras und HW-Beschleunigung für H.264 verspricht.

Interpretiert

Wer lieber mit Micro-Python programmieren möchte, hat im Moment keine große Auswahl. Der chinesische Hersteller WCH, sonst eher bekannt für seinen USB-zu-Seriell-IC CH340, hat auch RISC-V im Portfolio, etwa den CH32V307. Zusammen mit dem Evalboard CH32V307EVT (AliExpress, 10 Euro) ist das eine leistungsfähige Bastelplattform, für die es sogar eine MicroPython-Portierung gibt (siehe Link). Allerdings muss man die sich mit der auf Eclipse beruhenden, hauseigenen IDE MounRiver selbst übersetzen (Anleitung siehe Link).

Auf dem Max Bit Al Board (ca. 35 Euro) ist MicroPython bereits vorinstalliert. Konkret ist es eine angepasste Version namens MaixPy für die 64-Bit-RISC-V-CPU Kendryte K210 mit KI-Beschleuniger, die auf Objekterkennung spezialisiert ist.

Ausblick

Übrigens: 2015 gründete sich die RISC-V Foundation und im gleichen Jahr erschien Version 1.0 der Programmiersprache Rust. Wie RISC-V will sie auch vieles besser machen und beide Systeme werden immer populärer. Gut zu wissen, dass beide miteinander gut funktionieren.

RISC-V ebnet das Feld für offene Hardware, nachdem Linux das schon für Software getan hat. Noch hinkt RISC-V sowohl bei der Leistung als auch der Treiberunterstützung an einigen Stellen hinterher, aber am Beispiel des ESP32-C3 zeigt sich, wie schnell und einfach die Architektur plötzlich im Mainstream landen kann. Wir werden dem Gebiet künftig sicherlich noch mehr Artikel widmen. —dab



WIR SEHEN UNS

Maker Faire, Hannover

19.08. - 20.08.2023

FLUX Laser sind echte Könner im Einstiegssegment.



MAL WAS LASERN

ab 3.495,- € zzgl. MwSt.

flux-cameolaser.de

Erster DESKTOP-WASSERSTRAHLSCHNEIDER der Welt.



ab **12.750,- €** zzgl. MwSt.



© Copyright by Maker Media GmbH.

Raspi-CM-Alternative CB1

Vom Hersteller Bigtreetech zunächst nur als günstiger Steuercomputer für schnelle 3D-Drucker gedacht, kann das CB1 mit der jetzt verfügbaren Debian-Distribution auch zum Linux-Computer werden. Wir haben gecheckt, ob es da mit den derzeit kaum erhältlichen Original-Raspberrys mithalten kann.

von Heinz Behling



er chinesische Hersteller Bigtreetech hat einige Platinen für das Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4) im Programm, unter anderem mit den Manta-Boards eine Serie von 3D-Drucker-Mainboards, die vor allem für den Betrieb der Drucker unter Klipper gedacht waren. Da dafür neben der eigentlichen Drucker-Elektronik noch ein leistungsfähigerer Steuercomputer notwendig ist, hat der Hersteller auch gleich einen Steckplatz für das Raspberry Pi Compute Module 4 auf die Boards gesetzt. Vorteile dieser Lösung sind unter anderem die bereits fertige Verbindung zwischen Drucker und Raspi sowie eine leistungsfähige Stromversorgung des Raspi-Moduls übers Druckernetzteil.

Dann aber kam die Versorgungskrise im Bereich Raspberry: Falls überhaupt einmal Module angeboten werden, dann zu Preisen nahe 200 Euro. Bei besserer Ausstattung mit mehr RAM und eMMC auch mal darüber. Das führte wahrscheinlich zu einer gewissen Kaufzurückhaltung bei den CM4-Boards und schließlich bei Bigtreetech zur Entwicklung eines eigenen Moduls, das statt des Original-Raspis eingesetzt werden kann.

Inzwischen ist der CB1 genannte CM4-Ersatz auf dem Markt und es gibt nicht nur fertige Klipper-, sondern auch Linux-Distributionen zum freien Download. Einige Händler verkaufen das Modul daher auch im Set mit der Basisplatine PI4B im Raspberry-Pi-4-Format als Ersatz für Raspis. Die Hardware auf dem kleinen CB1-Platinchen ist jedoch eine ganz andere als im Original: So werkelt darauf statt des Broadcomm 2711 ein H616 von Allwinner. In dessen Innerem sitzen vier A53-CPU-Kerne. die mit 1,5 GHz arbeiten. 1 GB LPDDR3-RAM steht zur Verfügung, es gibt auch eine Version mit 512 MB. Grund genug, den Ersatz-Raspberry einmal auf Leistung und Kompatibilität zu testen.

Bigtreetech selbst bietet auf der Produktseite einen Link zu einer speziell für das CB1 angepassten Debian-Distribution, allerdings nur in der Mini-Ausführung, also ohne grafische Oberfläche. Die Installation erfolgt wie üblich auf eine Micro-SD-Karte. Es gibt aber auch eine Version des CB1 mit einem schnellen eMMC-Modul, auf der sich das Betriebssystem ebenfalls installieren lässt. Im Test jedoch wurde ein Board ohne verwendet.

Nach dem Beschreiben der Karte sollte man noch die WLAN-Daten (nur 2,4 GHZ-Netze) in die Datei system.cfg eintragen, es sei denn, man möchte ein Kabel-Netz benutzen. Der Netzwerkanschluss ist auf dem Basisboard zwar mit 1Gbps beschriftet. Dies gilt aber nur bei Bestückung mit einem Original-Compute Module. Das CB1 erreicht nur 100 MBps.

Nach der Vorbereitung der Speicherkarte kann das CB1 damit booten, vorausgesetzt, man hat die Endmontage bereits erledigt. Die beschränkt sich auf das Einstecken und Fest-

Kurzinfo

- » Installation von Linux-Distributionen
 » Benchmarktest
- » Kompatibilität bei den Anschlüssen

Mehr zum Thema

» Heinz Behling: Raspberry Pi Zero im Test, Make 6/21, S. 8





schrauben (Schrauben mitgeliefert) des CB1 in die Basisplatine sowie dem Aufknipsen des Steckers der mitgelieferten WLAN-Antenne. Auf dem Board selbst ist keine WLAN-Antenne vorhanden.

Ein Netzteil muss man extra besorgen (USB-C mit min. 3A). Der Monitor sollte mittels Micro-HDMI-Adapter mit der Buchse hdmi0 verbunden und eine Tastatur angeschlossen werden. Nach dem Booten kann man sich in einer Textkonsole mit dem Benutzernamen biqu und gleichlautendem Passwort anmelden.

Mit diesem Betriebssystem haben wir die Benchmark-Tests durchgeführt. Die Tabelle zeigt die vom CB1 erreichten Werte im Vergleich zu den Raspberry-Modellen Zero, Zero2, 3 und 4. Die Leistungen lagen nahe der des Raspberry Zero 2. Bei der Datenverschlüsselung war der H616 sogar deutlich schneller, denn er besitzt eine eigene Crypto-Engine. Beim hdparm-Test, also dem Zugriff auf Daten eines externen Datenträgers (alle Test mit demselben USB-3-Stick) waren die Leistungen durchschnittlich, denn das CB1 bietet keine schnelle USB-3-, sondern nur vier langsamere USB-2-Schnittstellen.

Danach wollten wir die Video-Qualitäten checken, wozu zunächst einmal die nachträgliche Installation einer grafischen Oberfläche notwendig wurde. Ein XServer nebst allen dazugehörenden Programme inklusive Video-Spieler steht im Repository der bei Bigtreetech genannten Debian-Distribution zwar zur Verfügung, nach deren Installation jedoch weigerte sich der Xserver zu starten. Offenbar fehlt in der Distri noch die Unterstützung der Grafik-Engine (Mali G31 MP2) des H616.

Doch es fand sich eine Alternative: Armbian bietet nämlich ebenfalls eine speziell fürs CB1 gebaute Linux-Distribution inklusive grafischer Oberfläche an (siehe Kurzinfo-Link). Mit der ließ sich dann der Video-Spieler VLC nachrüsten und der Videotest konnte beginnen.

Als Erstes fiel auf, dass in den Einstellungsmenüs von VLC keinerlei Hardware-Beschleunigung aufgeführt wurde, obwohl in den Datenblättern von Allwinner von Videofähigkeiten bis 6K-Auflösung bei 30 Bildern pro Sekunde die Rede ist und zahlreiche Video-

- Supports multi-formats:
 - H.265 Main10@L5.1 up to 4K@60fps, or 6K@30fps
 - VP9 Profile 2 up to 4K@60fps
 - AVS2 JiZhun 10bit Profile up to 4K@60fps
 - H.264 BP/MP/HP@L4.2 up to 4K@30fps
 - H.263 BP up to 1080p@60fps
 - MPEG-4 SP/ASP@L5 up to 1080p@60fps
 - MPEG-2 MP/HL up to 1080p@60fps
 - MPEG-1 MP/HL up to 1080p@60fps
 - Xvid up to 1080p@60fps
 - Sorenson Spark up to 1080p@60fps
 - VP8 up to 1080p@60fps
 - AVS/AVS+ JiZhun Profile up to 1080p@60fps
 - WMV9/VC1 SP/MP/AP up to 1080p@60fps
 - JPEG HFIF file format up to 45MPPS

Das Datenblatt verspricht einiges an Video-Qualitäten. Das hilft aber nicht, wenn die Software-Unterstützung fehlt.

Codes dekodiert werden sollen. Die entsprechende Software ist jedoch in Armbian (noch) nicht enthalten. Dementsprechend fiel das Seh-Erlebnis enttäuschend aus: Videos in HD-Auflösung liefen oder besser gesagt schritten als eine Art Diashow ab, die zum Teil auch noch stark verpixelt war. Bei 4K-Filmen warf der Player nach einigen Sekunden sogar ganz das Handtuch und beendete das Trauerspiel mit einer Fehlermeldung.

Als Video-Spieler kann das CB1 also (im Moment noch) nicht empfohlen werden. Doch die grafische Oberfläche bietet ja noch mehr Möglichkeiten, unter anderem einen Internet-Browser. Doch der ließ sich noch nicht einmal starten. Auch andere Software wie Office ist nicht zu gebrauchen. So relativierte sich der Begriff Raspberry-Alternative doch recht schnell.

Viele Raspis werden jedoch auch als Steuer-Computer eingesetzt, wobei sie Signale an den GPIO-Ports annehmen bzw. ausgeben. Auch das Basisboard PI4B stellt eine 40polige Kontaktleiste zur Verfügung. Würde auf dem Basisboard ein Original-CM4 sitzen, dann wäre diese Leiste auch völlig kompatibel zu einem Raspberry 4. Bei CB1 liegt die Sache jedoch anders: So muss man zunächst nachsehen, welche Version des CB1-Boards man hat. Erst ab Version 2.2 arbeiten die IO-Pins mit 3,3V

Benchmark-Ergebnisse

Bigtreetech CB1	Raspberry PI 4/ Compute Module4	Raspberry Pi 3B+	Raspberry Pi Zero V1	Raspberry Pi Zero V2								
595 MIPS	1821 MIPS	761 MIPS	314 MIPS	656 MIPS								
936 MIPS	1991 MIPS	1369 MIPS	624 MIPS	1075 MIPS								
1678 MIPS	3307 MIPS	1850 MIPS	314 MIPS	1711 MIPS								
3557 MIPS	7521 MIPS	4613 MIPS	624 MIPS	4168 MIPS								
281814	36145	45361	11678	19928								
1475,8 MB/s	2401,6 MB/s	1077,6 MB/s	417,1 MB/s	1302,2 MB/s								
624 MB/s	749 MB/s	628,7 MB/s	492 MB/s	645 MB/s								
	Bigtreetech CB1 595 MIPS 936 MIPS 936 MIPS 1678 MIPS 3557 MIPS 281814 1475,8 MB/s 624 MB/s	Bigtreetech CB1 Raspberry PI 4/ Compute Module4 595 MIPS 1821 MIPS 936 MIPS 1991 MIPS 936 MIPS 1991 MIPS 1678 MIPS 3307 MIPS 3557 MIPS 7521 MIPS 281814 36145 1475,8 MB/s 2401,6 MB/s 624 MB/s 749 MB/s	Bigtreetech CB1 Raspberry PI 4/ Compute Module4 Raspberry Pi 3B+ 595 MIPS 1821 MIPS 761 MIPS 936 MIPS 1821 MIPS 761 MIPS 936 MIPS 1991 MIPS 1369 MIPS 1678 MIPS 3307 MIPS 1850 MIPS 3557 MIPS 7521 MIPS 4613 MIPS 281814 36145 45361 1475,8 MB/s 2401,6 MB/s 1077,6 MB/s 624 MB/s 749 MB/s 628,7 MB/s	Bigtreetech CB1 Raspberry PI 4/ Compute Module4 Raspberry Pi 3B+ Raspberry Pi Zero V1 K K K K K S95 MIPS 1821 MIPS 761 MIPS 314 MIPS 936 MIPS 1991 MIPS 1369 MIPS 624 MIPS 1678 MIPS 3307 MIPS 1850 MIPS 624 MIPS 1575 MIPS 7521 MIPS 4613 MIPS 624 MIPS 281814 36145 45361 11678 1475,8 MB/s 2401,6 MB/s 1077,6 MB/s 417,1 MB/s 624 MB/s 749 MB/s 628,7 MB/s 492 MB/s								

Spannung. Davor sind es nur 1,8 Volt, was insbesondere bei Eingangspins beachtet werden muss, da sonst die Hardware wegen Überspannung Schaden nimmt.

Außerdem ist die Kontaktbelegung nicht dieselbe. So ist also ein problemloser Ersatz eines Original-Raspis in bereits fertigen Projekten nicht ohne Umbau möglich. Zusätzlich muss die erforderliche Software (zum Beispiel die zur Ansteuerung der Kontaktpins notwendige Bibliothek WiringPi) erst kompiliert werden. Dazu gibt es zwar Quellcode und Anleitungen im Netz, die das einfach machen. Aber die Kontaktbezeichnungen des H616 lauten anders als beim Raspi. Daher muss auch eine schon vorhandene Software angepasst werden (siehe Infografik). Die Kamera-Anschlüsse und der Display-Anschluss (für Folienkabel) sind mit dem CB1 übrigens auch nicht in Funktion. Das Board bietet vier PWM-Ausgänge, die bis zu 100 MHz arbeiten sollen und 16 Bit Auflösung bieten, sowie eine serielle Schnittstelle auf der Kontaktleiste. Es zieht beim Konsolenbetrieb etwa 0,5 A Strom, mit der grafischen Oberfläche werden es schnell fast 0,9 A. Dann wird es dem H616 aber auch richtig heiß: Bis knapp 90 Grad erhitzte er sich bei der versuchten Videowiedergabe. Man sollte also unbedingt einen Lüfter aufs Board setzen.

Zu guter Letzt wurde das CM1 auch noch seinem eigentlichen Verwendungszweck zugeführt, also als Steuercomputer auf dem Drucker-Board der Manta-Serie von Bigtreetech. Verwendet wurde hier das M8P und die aktuelle Klipper-Distribution für das CB1. Hier konnte das Modul punkten, denn alles lief problemlos. Selbst der Resonanzausgleich mithilfe des input shapers überforderte das Modul nicht. Allerdings gilt auch hier: Ein Lüfter sollte unbedingt montiert werden, andernfalls kann man sich am Prozessor die Finger verbrennen und lange wird er das vermutlich auch nicht mitmachen.

Fazit

Einen 1:1-Ersatz für einen Raspberry stellt das CB1 sicher nicht dar. Das ist vor allem in der Inkompatibilität bei den GPIO-Anschlüssen und der dazugehörenden Software begründet sowie in der fehlenden Grafik- und Video-Unterstüzung der Linux-Distributionen. Kommt es nur auf Mess- und Schaltfähigkeiten an, ist die Kombination aus CB1-Modul und Basisplatine durchaus geeignet, aber dafür gibt es mit ESP-Boards deutlich preiswertere Lösungen. —hgb



Tüfteln, Knobeln, Basteln!

Mit unseren Büchern werden Sie zum Alles-Erfinder. Lassen Sie sich von spannenden Projekten für Maker und Tekkies inspirieren: Tomatenzucht mit dem Mikrocontroller, geniale Roboter-Autos und moderne Smart-Home-Technik. Garantierter Tüftelspaß, bis der Lötkolben raucht!



Aktion vom 14.–28. August

20% Rabatt Bereich »Maker und Technik«!

www.rheinwerk-verlag.de/maker



Wir sind auf der Maker Faire Hannover, Besuchen Sie uns an Stand 71.



Tischflipper – mechanisch raffiniert

Ende der 70er Jahre brachte ein kompakter Pinball-Tisch das Arcade-Erlebnis ins Kinderzimmer – mit Sounds, Bumpern und Punkte-Zähler. Wie den Machern dieses Kunststück auch ohne Mikrochips gelang, zeigt ein Blick ins Innere.

von Ákos Fodor



© Copyright by Maker Media GmbH

Die beweglichen Räder haben innenliegend ein weiteres kleines Zahnrad.

Seit der Erfindung von Pinball hat die Funktionsweise dieser Spielgeräte einige Evolutionsstufen durchlebt. Von rein mechanischen Automaten entwickelten sie sich stufenweise zu elektromechanischen Spieltischen mit Bumpern, Flippern, Licht und Sound, deren Relais-Steuerung Mitte der 70er Jahre durch Mikrochips ersetzt wurde. Der technische Fortschritt half aber nicht nur den Pinball-Herstellern, sondern auch der Videospiel-Industrie, sodass Ende der 70er Asteroids, Pac-Man und Co. Einzug in die Spielhallen fanden und die Pinball-Tische zunehmend verdrängten.

Genau zu dieser Zeit, im Jahr 1979, brachte der japanische Hersteller TOMY KOGYO Co., Inc. einen Tischflipper für das Kinderzimmer auf den Markt - den Atomic Pinball oder Pinngg-Ball, wie er in meiner vorliegenden Variante heißt. Dem technischen Trend entgegen und vermutlich aus Kostengründen verwendete das Spielzeug allerdings keine Mikrochips und kam auch sonst mit insgesamt sehr wenig Elektronik aus. Dennoch gelang es den Entwicklerinnen und Entwicklern rund um Yukio Konta, ein beeindruckend authentisches Erlebnis in dieses kleine Format zu zaubern, denn es beinhaltet fünf bewegliche Bumper, einen Klingelsound, einen Blinker sowie einen automatischen Zähler für den Punktestand.

Ausgehend von den großen Vorbildern könnte man meinen, dass die 5 Mono-Batteriezellen, die das Spielgerät benötigt, kleine Elektromagneten befeuern und so die Bumper aktivieren. Aber spätestens, wenn man den Spieltisch einschaltet, hört man deutlich, dass sich im Inneren allerhand bewegt. Entfernt man die Spielfläche und wirft einen Blick, offenbart sich eine feinteilige Mechanik, die selbst auf den zweiten Blick noch komplex aussieht.

Ihren Kern bildet eine lange Welle, die quer liegend mittig im Spielgerät von einem einzelnen Motor angetrieben wird. An der Welle hängen Elemente, die sich fortwährend drehen. Andere werden blockiert – bis der Ball einen Trig-

ger aus schwarzem Kunststoff nach unten drückt und sie freigibt. Dann dreht sich die Rolle, auf dessen Innenseite sich ein weiteres Zahnrad befindet, um die Welle und drückt dabei den orangen Bumper nach unten, indem es in dessen Zähne greift. Bei dieser Bewegung schließt der Bumper einen unter ihm liegenden Kontakt, sodass ein kurzer Sound abgespielt wird. Gleichzeitig gibt diese Bewegung ein weiteres Zahnrad am linken Rand frei, das die Zählerstand-Mechanik aktiviert. Hat das kleine Zahnrad in der Rolle die Zähne des orangen Bumpers passiert, schnellt dieser wieder nach oben und schleudert die Kugel weg - und das alles in einem Bruchteil einer Sekunde. Über den Link am Ende des Artikels könnt ihr euch dazu ein paar Zeitlupenaufnahmen anschauen.

Auch der Punkte-Zähler funktioniert rein mechanisch über drei Zahnräder, deren erstes Rad die anderen beiden beim Hochzählen mitdreht. Interessant ist die Reset-Funktion, die mit zwei Armen realisiert wurde. Diese drücken beim Betätigen von unten auf eine herzförmige Form und setzen so alle Zylinder des Zählers auf null.

Die Anzahl der Spielversuche steuert ein weiterer Mechanismus am unteren Ende des Spielfeldes, indem er die Kugel zum Drehen einer Scheibe benutzt, während sie auf die Abschussrampe geschoben wird (siehe Video).

Weitere Elektronik findet man, abgesehen vom Motor, im Soundboard, das den Ton generiert und den Lautsprecher mit Strom versorgt. Hier wurde möglicherweise noch von Hand bestückt. Die blinkende LED neben dem Punkte-Zähler wird wiederum von einem einfachen Schalter ein- und ausgeschaltet, der über ein Zahnrad aktiviert wird – also richtig Oldschool.

Der Atomic Pinball erschien fast schon zu spät, aber er zaubert beim Spielen bis heute ein Lächeln auf die Lippen. Wer sich für Mechanik begeistern kann, sollte unbedingt selbst einen Blick in dieses kleine Gerät werfen, das man z.B. bei eBay gebraucht findet. Es schreit förmlich danach, auseinandergenommen und studiert zu werden. —*akf*

make-magazin.de/xjma



Ein einzelner Motor steuert über eine Welle fünf Bumper und den Punktestand-Zähler.



Das kleine Zahnrad greift nach den Zähnen eines Bumpers und zieht ihn hinunter.

Keine Mikrochips: Das Soundboard erzeugt den Ton der Bumper mit einfacher Elektronik.



Platinen aus China – bestückt bestellen

Eigene Leiterplatten vom Profi fertigen zu lassen, ist einfach und günstig. Mittlerweile sind sogar bestückte Platinen bezahlbar, selbst in kleinen Stückzahlen. Wir zeigen an dem Beispiel eines kleinen Computerboards, wie man eigene Projekte fertigen lässt.

von Carsten Wartmann


icht jeder Bastler findet es reizvoll, eine Platine selbst zu ätzen oder zu fräsen und dann von Hand zu löten. Durchsteck- und SMD-Bauteile, die nicht zu klein sind, lassen sich mit etwas Geduld und Übung gut von Hand löten. Mikroprozessoren und andere Chips werden jedoch immer kleiner und haben feine Pinabstände, die das Handlöten erschweren. Spätestens bei Kontaktflächen auf der Unterseite (LGA, BGA etc.) ist der Handlötkolben nicht mehr zu gebrauchen. Vieles lässt sich noch mit Lötpaste, Schablone, Ofen oder Heißluft in der heimischen Werkstatt bewerkstelligen, aber schon bei wenigen Platinen mehr wird es zu einer freizeitfüllenden Aufgabe und die notwendigen handwerklichen Fähigkeiten führen mangels Übung oft zu Frust oder defekten Platinen. Zum Glück gibt es mittlerweile Dienstleister, die alle Schritte der Herstellung übernehmen und das zu akzeptablen Preisen.

Wir haben die nötigen Schritte dazu einmal durchgespielt. Achtung, Spoiler: Es hat fast alles funktioniert und bei fünf produzierten Boards nur etwa 25 Euro pro Stück gekostet.

Da in der Redaktion einige Kollegen mit Basic-Computern wie dem C64, Sinclair oder BBC-Micro aufgewachsen sind, bot sich als Testobjekt ein MMBasic-Computer (siehe Kasten) an. Kein Retrocomputer, sondern die moderne Neuinterpretation der Homecomputer, die man direkt nach dem Anschalten in Basic programmieren kann. Als Basis dient dabei ein Raspberry Pico bzw. sein Prozessor RP2040. Das ganze nennt sich dann PicoMiteVGA und ist ein nicht zu teures und überschaubares Projekt, um eine Idee zu bekommen, wie die Bestellung und Bestückung von PCBs in China konkret funktioniert und was in etwa für Kosten entstehen.

Gegenwärtig gibt es zwei große Hersteller in China, die für Maker interessant sind, wenn es um das Bestücken von Platinen geht: JLCPCB und PCBWay. Beide sind als Sponsoren von diversen YouTubern bekannt. Warum diese Firmen solch kleine Projekte annehmen und unterstützen, diskutieren wir später.

Da ich schon ein kleines Projekt (KrystaLED) in EasyEDA designt und die Platinen bei JLBPCB gefertigt habe, lag es nahe, wieder diesen Hersteller zu bemühen. Hinzu kam die Tatsache, dass das PicoMiteVGA-Board ebenfalls in EasyEDA (Pro, siehe Kasten) erstellt wurde und so alle nötigen Daten vorlagen, um eine bestückte Platine zu bestellen.

Los!

Wir beschreiben hier nur den Weg von einer bereits designten Platine und vorhandenen Produktionsdateien zu einem fertigen Projekt. Die Fertigung und das Bestücken funktioniert natürlich auch mit eigenen Platinenentwürfen.

Kurzinfo

- » Professionell gefertigte Platinen und Bestückung auch für Kleinserien
- » Hinweise zu den Anforderungen und Bedingungen der Herstellung
- » Leitfaden durch den Bestellprozess

Checkliste Zeitaufwand:



Im Beispiel 128 Euro für 5 Platinen



Mehr zum Thema

- » Carsten Meyer, Statt Schablone:
- Lötpasten-Dispenser, Make 5/22, S. 102 » Gustav Wostrack, Der Weg zur Platine, Teil 1, Make 6/21, S. 104
- Gustav Wostrack, Der Weg zur Platine, Teil 2: SMD-Löten mit dem Pizza-Ofen, Make 1/22, S. 86
- » Moritz König, Reflow-Löten mit dem Bügeleisen, Make 5/20, S. 116

MMBasic und PicoMiteVGA

Der MMBasic-Interpreter wurde von Geoff Graham für den Maxmite Computer mit PIC32 im Jahr 2011 entwickelt. Von Anfang an als möglichst leicht erweiterbar entworfen, wuchs der Interpreter schnell und wird auch heute noch aktiv entwickelt. 2021 wurde MMBasic dann von Geoff Graham, Peter Mather und Mick Ames zusammen auf den Raspberry Pi Pico portiert. Im Gegensatz zu allen anderen MMBasic-Systemen steht das PicoMite-System seit dem ersten Release unter einer Open-Source-Lizenz.

MMBasic ist ein kompletter BASIC-Interpreter mit breiter Hardwareunterstützung, Grafikbefehlen und integriertem PIO-Assembler. MMBasic läuft dabei, inklusive Editor, direkt auf dem Raspberry Pico. Weiterhin bietet es Fließkommazahlen, 64-Bit-Integerzahlen, Strings, lange Variablennamen, Arrays, Subroutinen, Funktionen und Bibliotheken. Der Interpreter ist weitgehend kompatibel zu Microsoft Basic, allerdings um moderne strukturierte Programmelemente erweitert und folgt dem ANSI-Standard für BASIC (X3.113-1987 und ISO/

IEC 10279:1991). Gerade kam noch die Unterstützung des WLAN-Chips auf dem Pico W dazu, die IoT- und Webserver-Programmierung auf dem Pico W ermöglicht.

Die geringen Kosten, die gute Verfügbarkeit des Pico und Basic als Sprache riefen geradezu nach einer Version, die man wie einen Heimcomputer der 80er Jahre verwenden kann. Dies wurde dann in Form des PicoMiteVGA umgesetzt, wobei der zweite CPU-Kern und seine PIOs die Generierung des VGA-Signals übernehmen. Peter Mater hat die von uns verwendete Platine für die PicoMiteVGA-Firmware entwickelt.



8	UKTailwind Add files via upload		yesterday 🕚 52	
۵	BOM_V1.0.a.xlsx	Add files via upload	yesterday	
Ľ	BOM_V1.1a.xlsx	Add files via upload	yesterday	
۵	CMakeLists.txt	Add files via upload	last month	
Ľ	Gerber_V1.0a.zip	Add files via upload	yesterday	
Ľ	Gerber_V1.1a.zip	Add files via upload	yesterday	
D	Include.h	Add files via upload	5 months ago	
۵	PickAndPlace_V1.0a	Add files via upload	yesterday	
۵	PickAndPlace_V1.1a	Add files via upload	yesterday	
ß	PicoMiteVGA.pio	Add files via upload	last year	
ß	PicoMiteVGAV1.0.eprj	Add files via upload	yesterday	
۵	PicoMiteVGAV1.1.eprj	Add files via upload	yesterday	
C	README.md	Update README.md	last month	

Auf Github zum Download: die für die Produktion nötigen Dateien

EasyEDA

EasyEDA wurde seit 2011 von JLBPCB entwickelt. Es hat sich vor allem bei Gelegenheitsnutzern schnell etabliert, da es weniger kompliziert als andere Platinen-Designer ist und durch die Möglichkeit, es komplett im Browser laufen zu lassen, leicht zugänglich ist. Die Cloud- und Community-Funktionen ermöglichen ein schnelles Teilen und Bearbeiten im Team. Die Schnittstelle zu JLBPCB erlaubt eine nahtlose Bestellung der entworfenen Leiterplatten. Allerdings ist die zugrundeliegende Technologie mit SVG als Basis bei größeren Projekten sehr browserabhängig und skaliert nicht gut. Die nur lose Verbindung zwischen dem Schaltplaneditor mit seinen Symbolen und dem Platinenlayout mit den Footprints (Gehäuseform und Pinanordnung) war immer eine große Fehlerguelle und erforderte viel Aufmerksamkeit.

Der designierte Nachfolger ist nun EasyEDA Pro, das seit 2019 entwickelt wird und die Unzulänglichkeiten von EasyEDA (jetzt Standard genannt) beheben soll. Zum Betrieb benötigt man einen Lizenzschlüssel, den man bei Registrierung auf der Website (mit E-Mail oder Google-Account) kostenlos erhält



und der "forever" frei nutzbar sein soll. Hier muss man natürlich dem Hersteller vertrauen.

Neben der Version, die im Browser läuft und die Cloud des Herstellers nutzt, gibt es auch Versionen für Windows, Mac und Linux, die wahlweise mit Cloud-Zugriff oder komplett lokal genutzt werden können.

Durch die Verknüpfung von EasyEDA, dem Leiterplattenhersteller und -bestücker JLBPCB, LCSC (einer Plattform für elektronische Bauteile) und OSHW Lab (einer Community-Plattform) ist es einfach, Projekte, Dokumentation und eine Community zu finden, um zu eigenen Leiterplatten zu kommen.

Als Erstes benötigt man die Produktionsdateien für das Projekt. In unserem Fall war das kein Problem – Peter Mather stellt ein auf einfache und kostengünstige Fertigung optimiertes Layout zur Verfügung. Es ist immer eine gute Idee, sich bei solch einem Projekt in den entsprechenden Foren umzuschauen, ob die Platine schon einmal erfolgreich gefertigt wurde. Das war hier der Fall; neben dem Entwickler hatte auch schon ein User fertig bestückte und funktionierende Boards bestellt. Die nötigen Dateien findet man über das Forum (Links über die Kurzinfo). Das Paket enthält Anleitungen, die Dateien, um die Platine fertigen zu können, Teilelisten, Dateien für die Platzierung der Bauteile und die Ouelldateien für das Layout-Programm EasyEDA Pro.

Es gibt zwei Versionen, eine mit Soundausgabe über PWM (Pulsweitenmodulation) und die andere mit einem Digital-zu-Analog-Wandlerchip (DAC). Wir haben diese zweite Variante benutzt, erkennbar an der Versionsnummer 1.1. Inzwischen gibt es die Version 1.1a, weil wir im Zuge unseres Artikels einen kleinen Fehler in der Beschriftung der Platine gefunden haben: Wie man sieht, sind die Entwicklung und der Support des Projektes sehr aktiv.

Konto bei JLBPCB

Nun muss ein Konto bei JLCPCB eingerichtet werden. Die Anmeldung erfolgt per E-Mail oder über ein Google-Konto. Per E-Mail werden auch die manchmal sehr wichtigen Mails verschickt, vor allem wenn jemand am anderen Ende eine Frage hat oder ein Prozessschritt auf eine Entscheidung wartet. Natürlich kann man auch auf der Website im News-Tab nachschauen, aber die Erinnerung per Mail ist schon praktisch.



Angebot für kleine Platinen mit max. zwei Layern

Mit dem Account kann man sich dann als Kunde für Leiterplatten, Bestückung, 3D-Druck und die Nutzung von EasyEDA (siehe Kasten) anmelden. Wir zeigen hier im Heft nur die wichtigsten Schritte der Bestellung im Bild, online haben wir noch eine Ergänzung mit ausführlichen Bildstrecken. Den Link finden Sie über die Kurzinfo.

Es wird ernst

Auf der Hauptseite finden Sie unten bereits die wichtigsten Angebote. Da unser Projekt nur aus zwei Kupferlagen besteht, können Sie mit dem Button Quote Now ein 1&2 layers-Angebot auswählen.

Sobald Sie das Zip-File PicoMiteVGAV1.1.zip hochgeladen haben, erscheint das Board als Vorschau. Als Base Material sollte FR-4 angewählt sein, Layer sollten zwei sein und die Dimensionen 75 × 70 mm betragen (für die aktuellste Version 1.1a).

Auf der rechten Seite unter dem Reiter Charge Details kann man sich schon mal einen Überblick über die bisherigen Kosten verschaffen (ohne Versand, Zoll und Steuern). Ab und zu sieht man hier auch Optionen und wie viel diese kosten, z. B. wenn man die Produktion in 24 Stunden erledigt haben möchte und ähnliches.

Optionen

Unter dem Punkt PCB Specifications sollten die Punkte Different Design (man kann verschiedene Designs in einer Produktion bestellen), Delivery Format (getrennte PCBs oder Panels) und PCB Thickness (in mm) schon richtig ausgewählt sein.

Die Farbe der Leiterplatte ist frei wählbar. Es entstehen in der Regel dadurch keine Mehrkosten, allerdings kann die Produktion der Leiterplatten bei weniger gefragten Farben länger dauern. Die Farbe des Silkscreens (Aufdruck auf der Leiterplatte) kann man sich nicht aussuchen, sondern sie schaltet z. B. bei weißen Leiterplatten automatisch auf schwarz um.

Möchte man die Kupferbahnen und Pads bleifrei verzinnt haben, entstehen geringe Mehrkosten; bei EDIG, also erst vernickeln und dann vergolden, natürlich deutlich mehr. Wählt man bei den obigen Parametern eine ungewöhnliche Kombination, so warnt ein Fenster, dass sich der Auftrag dadurch verzögern könnte.



Hier werden die gepackten Gerber-Dateien hochgeladen.

Im Feld High-spec Options sollte man als Anfänger nicht herumspielen. Die Einstellungen werden je nach Gerber-Dateien teilweise automatisch angepasst oder die Entwickler des Projektes geben Hinweise, falls hier etwas eingestellt werden muss. Wenn man sich sicher ist, dass das hochgeladene Design problemlos produzierbar ist, kann man Confirm Production File auf No stehen lassen: Ansonsten bekommt man noch einmal die Meldung, dass man sich die Produktionsdateien ansehen und den Auftrag dann noch einmal bestätigen soll.

Das Feld Advanced Options ist nicht ohne Grund zugeklappt: Hier gibt es unter anderem einige teure Profi-Optionen. Man kann aber auch auswählen, dass die Boards in einer neutralen Verpackung ohne JLCPCB-Logo geliefert werden. Vielleicht um Ärger mit dem Partner zu vermeiden? Das kostet übrigens 71 Cent.



2. Auflage · 2022 · 382 Seiten · 34,90 € ISBN 978-3-86490-866-8



2023 · 282 Seiten · 29,90 € ISBN 978-3-86490-913-9

LEGO-INGENIEURSKUNST

erscheint Ende August



3. Auflage · 2022 · 366 Seiten · 36,90 € ISBN 978-3-86490-867-5



2023 · 346 Seiten · 39,90 € ISBN 978-3-86490-937-5

Noch mehr LEGO®, Make & Elektronik: dpunkt.de



dpunkt.verlag



2023 · 264 Seiten · 29,90 € ISBN 978-3-86490-951-1



2023 · 494 Seiten · 34,90 € © copyz**ISBN 0978~3-86490~93**6-8

Mathematik

mit fischertechnik

verstehen



Vorschau der Platinen und die ersten Zeilen der Konfiguration.



Fast immer gibt es Angebote in Form von Coupons.

Wenn man die Platinen selbst bestücken möchte, oder einen Teil davon, könnte man noch ein Stencil (Schablone) bestellen, mit dem man die Lötpaste in einem Rutsch auftragen kann. Wir brauchen das aber nicht und wählen direkt PCB Assembly aus. Meist gibt es hier noch einen orangen Coupon, der das kostenlos ermöglicht – aber nicht zu früh freuen, das ist nur der eigentliche Service. Die Bauteile kosten natürlich und auch das Bestücken der Platine kostet pro Bauteil.

Nach der Auswahl der Assembly Option erhält man einige weitere Optionen: Economic (voreingestellt) hat einige Einschränkungen, da die Leiterplatten von verschiedenen Kunden auf einer großen Platine zusammengefasst werden, aber diese Einschränkungen sind für uns nicht relevant.

Wichtig ist die Auswahl der zu bestückenden Seite (beide Seiten gleichzeitig sind nicht möglich). Im Allgemeinen sind die Hilfetexte aussagekräftig und die Optionen gut vorausgewählt. Man kann noch etwas sparen, indem man z.B. nur zwei der fünf Platinen bestücken lässt. Je nach Projekt kann das sinnvoll sein, ich habe jedoch fünf bestücken lassen, da genügend Interesse in der Redaktion vorhanden war und einige Bauteile nur

PCB	Bill of Materials	Component Placements	Quote & Order	Automatically saved, last updated on 3 July, 18:02
	±. ∞	PicoMiteVGAV1.1BOM.xisx vacent KL33L5X.C5V View Samula IICM		PicoMileVGAV1.1CPL.stex Ped&Place Fer: Only accept 62.3.01.301.CDV Spec Sense LCS.
Not sure where to start? Oneck our SMT EAQs page.				Process BOM & CPL

Die Liste der Bauteile (BOM) und ihre Platzierung (CPL) sind hochgeladen.

mit speziellem Lötequipment gelötet werden können.

Die Option Confirm Parts Placement hilft Fehlbestückungen durch Fehler in den Daten zu vermeiden und kostet nur 42 Cent. Wenn man sich sicher ist (wenn es sich wie hier um ein erprobtes Design handelt), dass alles stimmt, kann das Überspringen dieses Schrittes die Produktion etwas beschleunigen.

Bestückung planen

Bestätigt man nun die Bedingungen (blaue Schaltfläche), können die BOM- und CPL-Dateien (Bill of Materials und Component Placement File) in der Registerkarte Bill of Materials hochgeladen werden. Da es sich in unserem Fall um Excel-Tabellen handelt, die von den Entwicklern des Projekts mit EasyEDA Pro erstellt wurden, sind hier keine Schwierigkeiten zu erwarten. Falls andere PCB-CAD-Systeme verwendet werden, muss man sich informieren, wie diese Tabellen fehlerfrei erstellt oder exportiert werden können.

Im nächsten Schritt können die zu bestückenden Bauteile aus einer Liste an- und abgewählt werden. Bauteile in Through-Hole-Technik (THT) kosten bei der Bestückung mehr, da sie von Hand bestückt und verlötet werden, aber auch SMD-Bauteile (Extended Parts), die nicht ständig auf den Maschinen geladen sind, sind teurer. Dies sollte man auch bei eigenen Entwürfen beachten.

EasyEDA Pro macht den Bestückungsprozess auch in diesem Bereich noch einfacher, da man leichter sicherstellen kann, dass man nur Teile auswählt, die JLBPCB auch auf Lager hat. Aus EasyEDA Pro heraus kann man natürlich auch direkt bestellen, in EasyEDA und anderen PCB-CADs muss man die BOM und CPL separat exportieren.

Bei der PicoMiteVGA-Platine sparen wir uns bei der Bestückung die Headerleisten, die jeder bei Bedarf von Hand nachlöten kann. Wenn man ein paar alte PC-Motherboards zum Ausschlachten hat, kann man sich auch die PS/2-Buchse und die VGA-Buchse sparen, sollte aber sicher sein, dass die vorhandenen Teile auch passen.

In unserem Fall war die Echtzeituhr plötzlich nicht mehr in ausreichender Menge verfügbar, so dass wir sie aus der Liste entfernt haben. Das Board funktioniert auch ohne problemlos. Der Chip lässt sich übrigens trotz SMD-Technik gut nachträglich einlöten, da die Pins einen großzügigen Abstand haben.

Im nächsten Fenster wählt man den Button Do not place, damit die abgewählten Bauteile nicht wieder auf dem Layout landen.

Kontrolle und Support-Chat

Im nächsten Schritt kann die Platzierung noch einmal überprüft werden, um grobe Fehler zu

B Extended \$13.6890 (a) 5 shortfall se carefully check the packages of selected parts before pro-		2	\$3.2045 💮	Basic	В
se carefully check the packages of selected parts before pro		5 shortfall	\$13.6890 🔘	Extended	в
	ceeding.	arts before proce	kages of selected p	fully check the pac	se care
NEXT		NEXT			

Bei Extended-Parts ist leider die Wiederverfügbarkeit nicht garantiert.

vermeiden. Hier erwartete ich eine Ansicht mit Platine (wie ich sie schon vorher gesehen hatte) und fragte im Chat nach. Innerhalb von Sekunden hat man jemanden im Chat, der einem weiterhilft. Hier war es ein Renderfehler in der Webseite, der in der 2D- und 3D-Ansicht (im Bild die korrekte Ansicht) die Platine nicht gezeichnet hat. Mittlerweile ist dieser Fehler behoben. Nach einem Chat erhält man den Chatverlauf per Mail zur späteren Referenz.

In diesen zoombaren und in der 3D-Ansicht auch drehbaren Ansichten erkennt man schnell,

op Side Total 3	2 parts detected 3	0 Parts	confirmed	2 parts to be cont	irmed	T Upload BOM/CPL
Uploaded BOM Data			Review Matched Part			
Top Designator	Comment	Foot	rce	Lib Type	Total Cost	E Select 💮
SW1,SW2	TS-1187A-B	SV	OPCB	Basic	€0.1335 ()	
DSUB1	D-DMRH15P	r.	CPCB	Extended	€2.7575 ⊘	
CN1	PJ-327A0-SMT	AUD	в	Extended	€0.4591 ◎	2
CARD2	TFPUSH	TF-	°CB	Extended	€0.1962 ()	
H1	PZ254V-11-05P	н	PCB	Extended	€0.00 ⊘	
J1,J2	2.54-1*20P直针	F	OPCB	Extended	€0.00 ⊚	
U1	AMS1117-3.3	SOT	PC B	Basic	€0.5954 ◎	
R6,R29	2.2Ω	R	PCB	Basic	€0.0238 ◎	
U5	RP2040	1	CPCB	Extended	€4.5273 ()	







Haarklein lässt sich der Fortschritt der Fertigung in Echtzeit beobachten..

ob ein Bauteil versehentlich nicht vorhanden, falsch platziert oder verdreht ist.

Mir wurde wegen des Website-Fehlers die Option angeboten, die Platzierung der Bauteile von einem Ingenieur überprüfen zu lassen: Ob es sich dabei um die Option aus dem vorherigen Schritt oder um einen kulanten Extraservice handelt, konnte ich nicht in Erfahrung bringen. Zusätzliche Kosten sind dadurch nicht entstanden. Allerdings muss man dann in einem weiteren Schritt, der mit korrekt gerenderten Bildern der DFM-Analyse (Design for Manufacturing) kommt, nochmals explizit die Produktion freigeben. Diese Nachricht kommt über die Website und als Benachrichtigung per Mail.

Nach der Prüfung habe ich noch eine Rückfrage von einem Mitarbeiter bekommen, weil ein Via (verbindet die beiden Seiten der Leiterplatte) eine andere Leiterbahn berührt hat. Ich habe dann das Design in EasyEDA Pro geladen



Geliefert, ausgepackt und dann ausprobiert



Fehlerbild bei den Audio-Anschlüssen

und überprüft: beide Pads liegen auf VCC (Versorgungsspannung), also ist alles in Ordnung. Warum der Mitarbeiter das nicht gesehen hat, wissen wir nicht. Vielleicht war es eine automatische Geometrieprüfung, die Alarm geschlagen hat, aber besser einmal zu viel als zu wenig.

Danach kann man die Bestellung im Warenkorb abschließen und eine Versandart wählen. Wir haben uns für den etwas teureren, aber schnellen DHL Express entschieden, bei dem DHL auch die Verzollung und die Erhebung der Mehrwertsteuer übernimmt. Der Gesamtpreis für fünf fertige Boards betrug dann etwas mehr als 128 US-Dollar, zum damaligen Kurs fast genau 128 Euro.

Die weiteren Schritte können dann über die JLBPCB-Seite im zeitlichen Ablauf genau verfolgt werden. Hier ist alles detailliert aufgelistet, von den einzelnen Produktionsschritten bis hin zu den Lieferungen zwischen den Werken, der Auslieferung und der Zollabfertigung. Gerade bei den Produktionsschritten gibt es fast immer Videos, die zeigen, was genau passiert: Das ist ganz interessant, zeigt aber natürlich nur ein Beispiel und nicht die eigene Leiterplatte.

Irgendwann wird dann geliefert und wenn alles klappt, ist die Sendung wenige Tage später am Ziel. Bei uns gab es ein paar Pannen und das Tracking zeigte einen Umweg über London an; der Zoll hatte das Paket eine Zeit lang, währenddessen änderte sich der Status mehrmals, aber wir vermuten, dass das alles nur ein Fehler in der Trackinganzeige war, denn die Lieferzeit war einfach zu kurz für einen Umweg von Leipzig über London nach Berlin. Von der Bestellung bis zur Lieferung durch den Paketdienst vergingen hier knapp neun Tage für Produktion und Versand. Darin enthalten ist ein Wochenende zwischen Leiterplattenproduktion und Bestückung.

Auspacken und ausprobieren

Nachdem die Boards angekommen waren, habe ich einen groben Blick auf die Boards geworfen. Alles war recht sauber, auch die Lötstellen gaben auf den ersten Blick keinen Grund zur Beanstandung. Also habe ich ein zufälliges Board mit gedrücktem BOOT-Taster an den Rechner angeschlossen und tatsächlich hat sich ein Dateifenster geöffnet, in das ich dann die PicoMiteVGA Firmware gezogen habe. Wenige Sekunden später bootete das Board und das langsame Blinken der roten LED zeigte an, dass MMBasic lief. Per USB konnte ich mich dann mittels TeraTerm mit dem Board verbinden. Angeschlossen an einen VGA-Monitor zeigte das Board ein scharfes Bild und auch die PS2-Tastatur tat ihren Dienst. So konnte schnell ein kleines Demoprogramm in Basic geschrieben werden.





NEXT GENERATION 3D PRINT SURFACE MADE IN CZECH REPUBLIC

FIND US AT MAKER FAIRE HANNOVER STAND no. 76 / oseq.io



Verschliffene und übersprechende Signale auf Takt- und Datenleitung

Beim Ausprobieren verschiedener Demoprogramme von einer SD-Karte habe ich dann auch einen Aktivlautsprecher angeschlossen, aber der Ton war nicht in Ordnung. Mit der Tonerzeugung in MMBasic wurden dann zwei Töne unterschiedlicher Frequenz auf dem rechten und linken Kanal erzeugt und durch vorsichtiges Wackeln an der 3,5-mm-Buchse stellte ich fest, dass hier wohl ein Lötpad nicht sauber verlötet war.

Bei genauerem Hinsehen wurde dann das Problem sichtbar: Entweder waren die Beinchen der Buchse leicht nach oben gebogen oder der Roboter hatte die Buchsen nicht fest genug auf die Platine gedrückt, sodass das sparsam eingesetzte Lot den Spalt nicht überbrücken konnte. Diesen Fehler fand ich bei allen Platinen und lötete die Kontakte von Hand nach, was mit einer nicht zu großen Lötspitze kein Problem ist. Das vierte Board, das ich ausprobierte, zeigte aber einen noch gravierenderen Fehler: Das Dateifenster öffnete sich zwar, aber wenn man eine Firmware kopiert, wurde der Vorgang verdächtig schnell abgeschlossen und nach dem Reset erscheint wieder das Dateifenster, weil der Upload wohl fehlgeschlagen ist.

Also machte ich mich an die Fehlersuche. Da eine USB-Kommunikation prinzipiell möglich war, konzentrierte ich mich auf den Bereich vom RP2040-Chip zum Flash und überprüfte noch, ob der Boot-Taster funktionierte. Die Lage der Chips und die Verbindungen waren anhand des Schaltplans schnell gefunden und auf der Platine lokalisiert. Hier am Flash-Chip habe ich auf Verdacht alle Pins nachgelötet. Das Forum, der Entwickler von PicoMite und der Platine waren in dieser Phase sehr hilfreich. Während meiner Suche fand ich



Die gleichen Signale nach der erfolgreichen Reparatur

auch den eingangs erwähnten kleinen Fehler in der Beschriftung auf der Platine, der wenige Stunden nach der Entdeckung in den Dateien behoben wurde.

Eine schlechte Lötstelle am Flashspeicher konnte ich nun ausschließen und auch die mit dem Multimeter ausgetesteten Verbindungen von Pad zu Pad waren in Ordnung. Nun habe ich mir die Leitungen beim Flashen mit dem Oszilloskop angeschaut, der Takt war okay, aber die Impulse auf den Data- und Select-Leitungen schienen nicht richtig zu passen und waren für mich nicht mit dem Datenblatt in Einklang zu bringen. Ein Vergleich mit einem funktionierenden Board bestätigte das: Hier waren die Impulse klar zu erkennen und machten Sinn.

Also suchte ich weiter am RP2040-Chip, was bei einem so kleinen Chip nicht ganz einfach ist. Ein Binokular (Stereomikroskop) aus dem Fundus war hier der Retter: An den Pads, mit denen der Flash am RP2040 verbunden ist, war das Lot nicht richtig an die Pins geflossen. Da ich keine spezielle Ausrüstung wie eine Hotplate oder eine Heißluftstation besitze, habe ich diesen Bereich mittels Drag-Soldering unter dem Mikroskop nachgelötet. Dabei verwendet man viel Flussmittel, trägt viel Lötzinn auf und zieht dann mit einer flachen, sauberen Lötspitze über alle Pads. Nach ein paar Wiederholungen, zwischendurch immer wieder die Lötspitze säubern, hat die Lötspitze das überschüssige Lot aufgenommen und die Pads sind sauber verlötet. Das Flussmittel sorgt dafür, dass keine Kurzschlüsse entstehen. Damit war auch die fünfte Platine gerettet.

JLPCB schickte mir einen Gutschein über fünf Euro, nachdem ich diese beiden Fehler gemeldet hatte. Das wäre sicher keine Entschädigung, wenn man solche Reparaturen nicht selbst durchführen könnte. Allerdings wurde mir auch glaubhaft versichert, dass die betroffenen Teile mit einem Vermerk versehen werden und die Qualitätskontrolle bei weiteren Aufträgen mit diesen Teilen ein besonderes Augenmerk auf diese Stellen legen wird. Andererseits ist der Preis von gut 25 Euro pro Board kaum zu unterbieten und man muss vielleicht mit so etwas rechnen. Für größere und wichtigere Produktionen zahlt man sicher mehr und darf dann auch mehr erwarten. Schaut man sich jedoch um, so gibt es nur wenige Firmen, die ein solch günstiges Angebot inklusive Bestückung anbieten können. Will man in Europa bleiben, so betragen die Bestückungskosten schnell das Fünffache, die chinesischen Hersteller können dank billiger Arbeitskräfte solche an sich nicht lukrativen Aufträge zwischen die eigentliche Produktion schieben. Für uns Maker eine tolle Sache, wir sind gespannt, ob sich hier der Wettbewerb ähnlich entwickelt wie bei der reinen Leiterplattenfertigung. -caw



JETZT IM ABO GÜNSTIGER LESEN



2× Make testen mit über 30 % Rabatt

Ihre Vorteile im Plus-Paket:

- 🖌 Als Heft und
- ✓ Digital im Browser, als PDF oder in der App
- Zugriff auf Online-Artikel-Archiv
- ✓ Geschenk, z. B. Make: Tasse

Für nur 19,40 € statt 27 €



Jetzt bestellen: V make-magazin.de/miniabo



FPGA für alle

Einstieg in die FPGA-Programmierung mit VHDL und Max1000



Dass der Einstieg in die spannende Welt der programmierbaren Gatterbausteine nicht von heute auf morgen gelingen kann, zeigt schon der Umfang des Buches von 476 Seiten. Doch der Autor lässt es ruhig angehen und erklärt auf den ersten Seiten die

Grundbegriffe logischer Schaltungen, ohne die man in den folgenden Abschnitten auch nicht auskommt. Der erfahrene Elektroniker darf zwar die ersten 30 Seiten überblättern, aber dann wird es recht schnell interessant: Der Leser lernt den inneren Aufbau der frei verschaltbaren Logikblöcke kennen und erkennt, dass FPGAs auch Aufgaben übernehmen können, die weit über die Fähigkeiten von Mikroprozessoren hinausgehen.

Der Autor wählte als Hardware-Plattform das preiswerte Max1000-Board von Trenz (etwa 40 Euro) in der Größe eines Arduino Nano. Als VHDL-Entwicklungsumgebung kommt das kostenlose VHDPlus zum Einsatz, das wie die Arduino-IDE eine eigentlich hochkomplexe Toolchain unter einer leicht zu beherrschenden Oberfäche versteckt. Eine gute Wahl: Die von den FPGA-Herstellern (in diesem Fall Altera/Intel) bereitgestellten und (im doppelten Wortsinn) mächtigen Tools sind nämlich alles andere als einsteigerfreundlich.

Dank der einfach zu bedienenden IDE kommt der Leser vergleichsweise rasch zu nachvollziehbaren Ergebnissen, angefangen mit einer einfachen LED-Ansteuerung über sequentielle Logik und Statemachines bis hin zu einem I²C-Interface und einem in VHDL nachgebauten Arduino, alles gut im Fritzing-Stil und mit Breadboard-Aufbauten dokumentiert. Ein rundum empfehlenswertes Buch. –cm

Autor	
Verlag	
Umfang	
ISBN	
Preis	

Erik Bartmann **Bombini Verlags GmbH** 476 Seiten 978-3-946496-35-9 39,95 €

Making with Data

Physical Design an Craft in a Data-Driven World

Dies ist ein Prachtband – auf schwerem Kunstdruckpapier im ausgewachsenen A4-Format gedruckt, üppig bebildert und leider nicht gerade billig. Doch die Investition kann sich für alle lohnen, die sich intensiv damit beschäfti-

gen, wie sich abstrakte Daten etwa zu Wasserständen, Kommunikationsnetzen, CO₂-Emissionen oder statistischen Daten durch die Transformation in physische Objekte, Installationen oder auch Performances begreifbar machen lassen – auf inspirierende, originelle und manchmal auch provozierende Weise.

Kling vielleicht abstrakt, aber dieser Sammelband bleibt dabei

durchweg konkret: Nach einer (wirklich) kurzen Einleitung besteht der Rest des Buchs aus ausführlichen Vorstellungen von 24 in den letzten Jahren umgesetzten Projekten verschiedener Designerinnen und Forscher, Künstlerinnen und Maker. Die Projekte bekommen dabei genügend Platz und Bilder in Buch, um sich eine plastische Vorstellung davon zu machen. Gleichzeitig gibt es eine klaren Struktur für

jedes Projekt, mit Abschnitten zu Motivation und Inspiration, Methoden und Prozessen, Material- und Werkzeuglisten und einer abschließenden Reflektion der Macherinnen und Macher, ob sie ihr Ziel erreicht haben und was



hätte anders sein können. Die verwendeten Methoden und Techniken reichen dabei von der traditionellen Töpferei und Möbelbau über 3D-Druck und kinetische Objekte bis hin zur Theater-Performance. Ein Buch voller Inspiration und konkreter Information – Schritt-für-Schritt-Anleitungen zum Nachmachen darf man allerdings nicht erwarten. —pek

Autoren	Huron, S., Nagel, T., Oehlberg, L.,
	Willett, W. (Hrsg.)
Verlag	AK Peters: CRC Press
Umfang	392 Seiten
ISBN	978-1-032182-22-3 (Paperback)
	978-1-032207-22-3 (Hardcover)
Preis	34,39 £ (Paperback oder E-Book)
	88 £ (Hardcover)
Webseite	makingwithdata.org

KI-Sprachassistenten mit Python entwickeln

Datenbewusst, Open Source und modular

Kurz nach dem Wetter fragen, eine Nachricht verschicken oder die Musik regeln: Das ist

per Spracheingabe meist intuitiver, als jedes Mal durch eine grafische Benutzeroberfläche zu navigieren. Handelsübliche Sprachassistenten reagieren aber nur, wenn sie ständig mit dem Internet verbunden sind, lauschen und Daten sammeln dürfen.

Dass solche Systeme auch offline funktionieren könnten, wenn sie nicht gerade Informationen aus dem Internet benötigen, zeigt der Informatiker Jonas Freiknecht in diesem Buch.

Folgt man seinen Anleitungen, kann man sich am Ende über einen selbst programmierten, deutschsprachigen Assistenten freuen, der sich z.B. auch unterwegs nutzen lässt. Dazu gibt Freiknecht einen umfassenden Einblick in die Funktionsweise sprachgesteuerter Systeme. Man lernt dabei, welche besonderen Regeln für die Mensch-Maschine-Kommunikation gelten



und wie man einer Maschine beibringt, gesprochene Sprache zu verstehen oder zu erkennen,

wer da gerade spricht.

Natürlich dürfen praktische Funktionen nicht fehlen: Wie man einen Audio-Streamer, eine Wetterabfrage oder eine Smart-Home-Steuerung programmiert – ohne seine Privatsphäre zu gefährden – wird ebenfalls ausführlich erklärt.

Auch wenn sich das Buch aufgrund der thematischen Komplexität an ein eher anspruchsvolles Publikum richtet, geht Freiknecht mit vielen Grundlagen, zahlreichen an-

schaulichen Beispielen und Hinweisen auch auf KI-Neulinge ein. —akf

Autor Verlag Umfang ISBN Preis

Jonas Freiknecht Carl Hanser Verlag 325 Seiten 978-3-446-47231-0 39,99€

118 | Make: 4/2023

Ausprobiert – von Make:–

Kosmos Maker Series



Baukästen für junge Maker

Kosmos hat eine sogenannte Maker-Serie mit drei Baukästen herausgebracht. Der Light Tower, eine farbwechselnde Lampe, der Line-Follow Robot, ein analoger Linienverfolgungsroboter und die Sound Machine, ein digitaler Synthesizer.

Alle Boxen sind schön aufgemacht und verpackt, an manchen Stellen hätte man sicher ein paar Plastiktüten einsparen oder we-

nigstens wiederverschließbare mit Zip-Loc verwenden können. Bei der Sound Machine dient der Karton gleichzeitig als Gehäuse für den Synthesizer und als Resonanzkörper für den Lautsprecher. Die Anleitungen sind gut gemacht und die Stückliste am Anfang ist praktisch. Für den Linienfolger benötigt man noch zwei AA-Batterien (wir haben NiMH-Akkus verwendet), für die Sound Machine einen 9V-Block und für den Light Tower ein USB-Steckernetzteil mit Micro-USB. Je nach Box sollte man auch ein paar Schraubendreher und einen Seitenschneider bereithalten.

Die Bilder in der Bauanleitung sind gezeichnet, das zeigt unserer Meinung nach besser, worauf es ankommt. Die Anleitungen sind bei allen Bausätzen gut gemacht, nur der Informationsgehalt variiert stark von Kasten zu Kasten.

RGB-Stimmungslampen sind ein beliebtes Thema bei Makern. Der Kasten bietet aber leider nur Standardkost, fummeliges und geduldiges Zusammenbauen, einstecken, fertig. Viel lernen kann man hier nicht.

Die Lichteffekte sind eher unspektakulär, mit dem Programm Kerzenlicht tut der Light Tower als zweites (oder drittes?) Stimmungslicht im Kinderzimmer seinen Dienst. Als Maker juckt es mich in den Fingern, mal zu schauen, welcher Mikroprozessor da drinsteckt. Aber sonst gibt es außer dem Bauen kaum etwas, was das Interesse am Making wecken könnte und gegen eine WLED-Installation, die auch noch auf Musik reagiert, kann das Ganze natürlich nicht ankommen.

Der Roboter muss im Prinzip nur noch fertig montiert und mit Batterien bestückt werden. Nach der etwas schwierigen Kalibrierung wurde eine Strecke mit Klebeband aus dem Bausatz abgeklebt und der Roboter auf den Weg geschickt.

Es wurde noch ausprobiert, was bei einer offenen Strecke passiert und ob man Weichen kleben kann. In der Anleitung lag ein Zettel, der wohl als Ergänzung und Fehlerkorrektur für die wenig geeignete offene Strecke aus der Anleitung gedacht war. Aus der Anleitung erfährt man ein paar Fakten über analoge Roboter, weiteres Experimentieren mit den steckbaren Widerständen und Jumpern ist aber kein Thema, wozu sind die dann? Außer den Experimenten hat man also



"Baue deinen eigenen digitalen Synthesizer" steht auf der Verpackung und ältere Semester erwarten eine Variation der Reiszweckenorgel. Doch dann liest man etwas von Klavier, "Elektronenorgel" (Zitat Handbuch) und Drum-Machine. Und ja, das kann der kleine Mikroprozessor auf der Platine. Und ja, "unendliche" Klangmöglichkeiten ist auch nicht ganz falsch, denn neben den theoretischen 8², also 256 Möglichkeiten eines Steckfeldes sind noch analoge Filter (Klangfarbe) und Lautstärkeregelung pro Instrument möglich.

Der Aufbau erfordert nur ein paar Nylonschrauben zu montieren und Kabel zu klemmen. Schaltet man nun das Gerät ein, kann man schon mit dem Stift Melodien auf der Klaviatur spielen. Auf extra Pads erklingen die "Drehorgel", deren Tonhöhe man per linken Poti einstellt und drei perkussive Sounds.

Dieser Baukasten bietet mit Abstand die meisten Möglichkeiten und auch die Anleitung geht weiter: Hier sieht man tatsächlich Schwingungsformen, Schaltpläne der Filter und des RC-Glieds der Hallfahne. Auf der letzten Seite gibt es noch eine (sehr kurze) Geschichte der Synthesizer.

Die Sound-Maschine hat uns meisten überzeugt. Die vielen Möglichkeiten zum Experimentieren und die Konstruktion mit dem Karton als Gehäuse machen Lust, sie gelegentlich mal wieder in die Hand zu nehmen. —*caw*

Die Kästen stellte der Hersteller für den Test zur Verfügung.

Einen ausführlichen Test lesen Make-Abonnenten online: make-magazin.de/x6jc

Hersteller	Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KC
URL	www.kosmos.de/de
Prois	30.00 €



Fritzing 1.0.0

Das Schaltplantool kommt endlich aus der Betaphase



Mit der Version 1.0.0 verlässt Fritzing endlich die Beta-Phase. Sie bringt einige neue Funktionen und Verbesserungen mit sich. Das Fritzing-Projekt ist eine Open-Hardware-Initiative, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, Elektronik für jedermann zugänglich und verständlich zu machen. Neben Dienstleistungen, einer Community rund um Processing und Arduino ist das Fritzing-Programm zum Erstellen von Schaltplänen, Breadboard-Ansichten und Platinen das Herzstück des Projekts.

Lange Zeit waren die Versionen 0.9.x in Vorbereitung auf das Release aktiv. Zuletzt wurde ein Elektronik-Simulator veröffentlicht. Die neue Version kann für 8 Euro (per Paypal) für Windows, Mac und Linux heruntergeladen werden. Damit unterstützt man das Projekt und ermöglicht die Weiterentwicklung. Wer Zeit hat, kann natürlich auch die freien Quellen herunterladen und Fritzing selbst kompilieren. Käufer von Vorgängerversionen erhalten die neue Version automatisch und ohne zusätzliche Kosten freigeschaltet.

Der SPICE-basierte Schaltungssimulator wird nun offiziell unterstützt. Außerdem wurden einige für die Simulation geeignete Bauteile wie RGB-LEDs und Fotodioden hinzugefügt. Ein neuer Font, OCR-Fritzing, ersetzt OCR-A und erweitert den Zeichensatz um griechische Buchstaben, diakritische Zeichen und andere Symbole. Damit werden nahezu alle europäischen Alphabete unterstützt.

Der Export nach IPC-D-356 ermöglicht es Herstellern und Anwendern, vor der Produktion von Leiterplatten die Korrektheit der Daten zu überprüfen und 3D-Darstellungen zu erzeugen. Die Pick-and-Place-Dateien wurden ebenfalls verbessert. Gleichzeitig wurde der Gerber-Export verbessert. —caw

Hersteller	Fritzing GmbH
URL	fritzing.org
Preis	8€

Wago Creators

Zubehör für Wago-Klemmen aus dem 3D-Drucker

Die Wago-Klemmen sind praktisch für Elektriker, aber auch Maker verwenden sie gerne, weil sie wiederverwendbar und kontaktsicher sind. Und zu den Klemmen entwickeln die Maker dann natürlich auch passende Helferlein mittels

3D-Druck. Hier kommt Wago ins Spiel: Wago Creators ist eine vom Hersteller entwickelte offene Community, in der Ideen für Wago-Zubehör im CAD-Format ausgetauscht und weiterentwickelt werden.

Nach einer Registrie-

rung kann jedes Mitglied der Community Designs hochladen, herunterladen oder direkt von der Wago-Seite aus beim 3D-Druck-Dienstleister i.materialise bestellen. Alle Designs auf der Seite sind für nicht-kommerzielle Zwecke zum Herunterladen, Ausdrucken oder Bestellen gedacht. Wenn Sie etwas anderes vorhaben, können Sie sich natürlich an Wago wenden.

Was die Konstruktion von Zubehör extrem erleichtert, ist der Download von CAD-Modellen für fast alle Wago-Produkte aus dem Katalog. Hierfür ist wiederum ein Account in der PARTcommunity von Wago erforderlich. Neben dem offensichtlichen Nutzen von Designs,

die Klemmen anordnen und halten, finden sich auch einige ungewöhnliche Designs, wie der Drahtverdreher des Users mrehorst oder ein Schlüsselbrett für Wago-Schlüsselringe (Wago-Klemme und etwas Draht, User Andibar).



Alles in allem eine interessante Initiative. Insgesamt sind derzeit 90 Designs online, schaut man sich bei Printables oder Thingiverse um, so findet man dort in etwa die gleiche Größenordnung an Designs,

wenn man die Duplikate und abgeleiteten Entwürfe abzieht. Miele hat vor einiger Zeit ein ähnliches Projekt gestartet, bei Thingiverse sind seitdem keine neuen Designs hinzugekommen, was wohl bedeutet, dass es nicht gelungen ist, eine Fanbase oder Community aufzubauen. Dies scheint bei Wago aufgrund der Zielgruppe eher möglich zu sein. —*caw*

 Hersteller
 WAGO GmbH & Co. KG

 URL
 https://wago-creators.com/

 Preis
 kostenlose nichtkommerzielle Nutzung der Designs

Core3566

Raspberry-CM4-Alternative

Raspberrys sind immer noch Mangelware, in welcher Form auch immer. Als Alternative zum originalen CM4 hat der chinesische Hersteller Luckfox nun das kompatible Modul Core3566 auf Basis des RK3566-Prozessors von Rockchip herausgebracht. Es verfügt über vier Arm-Cortex-A55-Kerne, die mit 1,8 GHz takten. Als Arbeitsspeicher stehen 2 oder 4 GB LPDDR4 zur Verfügung. Das Modul kann auch mit einem 32 GB eMMC-Modul geliefert werden. In diesem Fall kann das Betriebssystem nicht nur von der SD-Karte, sondern auch von diesem gebootet werden. Für die Verbindung nach außen sorgt, wenn das Modul auf einem CM4-kompatiblen Baseboard sitzt, ein Gigabit-Ethernet-Anschluss oder ein Dual-Band-WLAN/ Bluetooth-Chip (IEEE 802.11b/g/n/ac, BT 5.0 BLE). Darüber gibt es eine USB-Schnittstelle sowie ein PCIe-Port. Auf der GPIO-Leiste stehen 28 IO-Ports zur Verfügung.

Die Bildwiedergabe erfolgt über eine HDMI-Schnittstelle oder einen der beiden Folienkabelanschlüsse für LCD-Displays. Ebenso können zwei Kameramodule angeschlossen werden. Videos werden bis zu einer Auflösung von 4K bei 60 fps abgespielt. Das Modul wird einzeln oder im Set mit verschiepa Basisboards. Netzteilen oder auch

denen Basisboards, Netzteilen oder auch Kameras angeboten, allerdings nicht von Luckfox selbst, sondern über den Waveshare-Shop. Bemerkenswert ist die ausführliche Dokumentation von Luckfox zum Betrieb des Core3566 unter Linux. Sie deckt alle Bereiche von der Installation über die Bedienung der grafischen Oberfläche bis hin zum reinen Remote-Betrieb ab. Inwieweit das Modul wirklich CM4-kompatibel ist, müssen Tests noch zeigen. Erfahrungsgemäß führt ein anderer Prozessor als der Original-Raspi immer zu Problemen. —hgb

Hersteller	Luckfox
URL	www.waveshare.com/core3566.htm
Preis	24 bis 145 \in , je nach Ausstattung

Ausprobiert

Akkuschrauber-Blechschere

Schnelle Schnitte mit günstigem Aufsatzwerkzeug

Stahlblech mit einer manuellen Blechschere zuzuschneiden ist ziemlich mühsam. Schneller geht es mit diesem Blechschneide-Vorsatz für den Akkuschrauber. Er wird wie ein gewöhnliches Sechskantbit im Schrauber montiert und mit einem zusätzlichen Arm am Griff des Schraubers gegen Verdrehen gesichert. Das Blech wird von zwei aneinander vorbei laufenden Scheiben geschnitten. Die rechte Seite des Schnittes biegt sich dabei, wie bei einer Blechschere, nach unten.

Das Gerät wirkt einfach und grob verarbeitet, verrichtet aber seinen Dienst: Die Schnitte gehen schnell von der Hand, die Präzision ist ähnlich wie bei einer manuellen Blechschere. Bei Schnitten ab 20 cm Länge wird es schwer, auf Kurs zu bleiben und einen geraden Schnitt zu erhalten. Zu stark sollte das Material nicht sein: Nichteisenmetalle schneidet der Vorsatz bis 1 mm Stärke, bei Stahlblech ist bei 0,5 mm Schluss. Kurven lassen sich nicht schneiden, ein schräg angesetzter Schnitt auch nicht korrigieren. Für den Betrieb reicht ein 12V-Akkuschrauber aus, ich empfehle den ersten Gang.

Die Schnittkanten weisen einen deutlichen Grat auf und brauchen Nachbearbeitung. Auch Kunststoffplatten und Teichfolie lassen sich mit dem Blechschneider auf das passende Maß bringen.

Der Blechschneider ist über Amazon von verschiedenen Anbietern für rund 18 Euro erhältlich, für weitere 5 Euro gibt es eine Version mit zusätzlichem Griff, der sich an der

43 mm-Normaufnahme von Bohrmaschinen befestigen lässt. Ein Inbusschlüssel und zwei Maulschlüssel zur Montage des Verdrehschutz-Armes sind im Lieferumfang, ebenso eine kurze englische Bedienungsanleitung. —iom



Hersteller URL Preis

Vorlestour https://amzn.eu/d/5FdXa6P 18€

Ausprobiert

Anycubic Kobra 2

Preiswerter und schneller 3D-Drucker

Die überarbeitete Version des beliebten und bewährten Kobra druckt deutlich schneller als sein Vorgänger und ist dank automatischem Bed-Leveling einsteigerfreundlich ausgestattet.

Der Drucker bietet einen Bauraum von 220 × 220 × 250 mm - ein typischer Einsteigerdrucker. Dazu kommt eine super Ausstattung: Druckplatte aus PEI-Federstahlblech, Auto-Bed-Leveling und doppelte Z-Achsenführung sind Features, die in der Preisklasse unter 300 Euro nicht selbstverständlich sind. Auch sonst hat sich einiges getan. So hat der Kobra 2 einen überarbeiteten Druckkopf, eine präzisere Laufschienenmechanik und eine automatische Nivellierung, die wirklich ohne Nachjustierung auskommt. Der Hersteller nennt sie Automatic Bed Leveling (ABL) mit Smart Z-Offset Funktion.

Geliefert wird der Kobra 2 gut verpackt in klassischer Modulbauweise. Der Käufer muss den oberen Rahmen mit der unteren Plattform verbinden und dann den Druckkopf montieren. Die weiteren Schritte sind das Anbringen des Touchscreens und des Rollenhalters und schon kann es losgehen.

Die Standarddruckgeschwindigkeit des Kobra 2 liegt bei 150 mm/s, die maximal mögliche bei 250 mm/s. Damit druckt der Kobra 2 ein klassisches Benchy-Schiff, das seit Jahren zum Testen von Druckqualität und-geschwindigkeit verwendet wird, mit

Standardeinstellungen in 31 Minuten.

Das automatische Nivellieren, also das Anpassen des Abstands zwischen Druckkopf und Druckbett, nennt der Hersteller hier Levig 2.0. Konkret tastet ein Näherungssensor das Druckbett an 25 Stellen ab. Die Software erstellt daraus ein Höhenprofil. Beim Drucken passt die Software dann die Höhe des Druckkopfs automatisch an die Unebenheiten des Druckbetts an.

Der starke und dennoch leichte Dual-Extruder konnte in Tests den Durchfluss des Filaments auch bei hohen Geschwindigkeiten sicherstellen. Eine hohe Druckgeschwindigkeit erfordert auch eine stärkere Heizpatrone, hier kommt der Kobra 2 mit einer 60 W Heizpatrone, die auch für diesen



Drucker ausreichend ist. Mit dem leistungsstarken Radialkühler wird dann das Bauteil auf dem Bett schnell abgekühlt.

Wie bei jeder Geschwindigkeitssteigerung profitieren nicht alle Anwendungen gleichermaßen und auch die Qualität kann leiden. Wenn man es nicht übertreibt, schlägt sich der Kobra 2 in beiden Bereichen gut und verdient das Prädikat preiswert. Den ausführlichen Test gibt es bei unseren Kollegen von Techstage (siehe Link in der Tabelle). -caw

Hersteller	Anycubic.com
URL	make-magazin.de/x6j
Preis	289€

IMPRESSUM

Redaktion

Make: Magazin Postfach 61 04 07, 30604 Hannover Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover Telefon: 05 11/53 52-300 Telefax: 05 11/53 52-417 Internet: www.make-magazin.de

Leserbriefe und Fragen zum Heft: info@make-magazin.de

Die E-Mail-Adressen der Redakteure haben die Form xx@make-magazin.de oder xxx@make-magazin.de. Setzen Sie statt "xx" oder "xxx" bitte das Redakteurs-Kürzel ein. Die Kürzel finden Sie am Ende der Artikel und hier im Impressum.

Chefredakteur: Daniel Bachfeld (dab) (verantwortlich für den Textteil)

Stellv. Chefredakteur: Peter König (pek)

Redaktion: Heinz Behling (hgb), Johannes Börnsen (jom), Ákos Fodor (akf), Carsten Meyer (cm), Daniel Schwabe (das), Dunia Selman (dus, Social Media), Carsten Wartmann (caw)

Mitarbeiter dieser Ausgabe: Dr. Alexander Alber, Beetlebum (Comic), Ben Eadie, Dr. Ing Till Harbaum, Detlef Heinze, Michael Linsenmeier, Walter Orlov, Dieter Schaurich, Thomas Schmid, Ralf Stotffels, Leonard Ure, Dirk Wahl

Assistenz: Susanne Cölle (suc), Christopher Tränkmann (cht), Martin Triadan (mat)

Leiterin Produktion: Tine Kreye

DTP-Produktion: Martina Bruns, Martin Kreft (Korrektorat)

Art Direction: Martina Bruns (Junior Art Director)

Layout-Konzept: Martina Bruns

Layout: Nicole Wesche

Fotografie und Titelbild: Andreas Wodrich

Digitale Produktion: Kevin Harte, Thomas Kaltschmidt, Pascal Wissner

Hergestellt und produziert mit Xpublisher: www.xpublisher.com

Verlag

Maker Media GmbH Postfach 61 04 07, 30604 Hannover Karl-Wiechert-Allee 10, 30625 Hannover Telefon: 05 11/53 52-0 Telefax: 05 11/53 52-129 Internet: www.make-magazin.de

Herausgeber: Christian Heise, Ansgar Heise

Geschäftsführung: Ansgar Heise, Beate Gerold

Anzeigenleitung: Daniel Rohlfing (-844) (verantwortlich für den Anzeigenteil), mediadaten.heise.de/produkte/print/ das-magazin-fuer-innovation

Leiter Vertrieb und Marketing: André Lux (-299)

Service Sonderdrucke: Julia Conrades (-156)

Druck: Dierichs Druck + Media GmbH & Co.KG, Frankfurter Str. 168. 34121 Kassel

Vertrieb Einzelverkauf: DMV DER MEDIENVERTRIEB GmbH & Co. KG Meßberg 1 20086 Hamburg Telefon: +49 (0)40 3019 1800 Telefax: +49 (0)40 3019 1815 E-Mail: info@dermedienvertrieb.de Internet: dermedienvertrieb.de

Einzelpreis: 13,50 €; Österreich 14,90 €; Schweiz 26.50 CHF; Benelux 15,90 €

Abonnement-Preise: Das Jahresabo (7 Ausgaben) kostet inkl. Versandkosten: Inland 80,50 €; Österreich 88,90 €; Schweiz 123.90 CHF; Europa: 95,20 €; restl. Ausland 100,80 €

Das Make-Plus-Abonnement (inkl. Zugriff auf die App, Heise Magazine sowie das Make-Artikel-Archiv) kostet pro Jahr 6,30 \in Aufpreis.



Abo-Service:

Bestellungen, Adressänderungen, Lieferprobleme usw.: Maker Media GmbH

Leserservice Postfach 24 69 49014 Osnabrück E-Mail: leserservice@make-magazin.de Telefon: 0541/80009-125 Telefax: 0541/80009-122

Eine Haftung für die Richtigkeit der Veröffentlichungen kann trotz sorgfältiger Prüfung durch die Redaktion vom Herausgeber nicht übernommen werden. Kein Teil dieser Publikation darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Alle beschriebenen Projekte sind ausschließlich für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch. Maker Media GmbH behält sich alle Nutzungsrechte vor, sofern keine andere Lizenz für Software und Hardware explizit genannt ist.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte kann keine Haftung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Bilder an die Redaktion erteilt der Verfasser dem Verlag das Exklusivrecht zur Veröffentlichung. Honorierte Arbeiten gehen in das Verfügungsrecht des Verlages über. Sämtliche Veröffentlichungen in Make erfolgen ohne Berücksichtigung eines eventuellen Patentschutzes.

Warennamen werden ohne Gewährleistung einer freien Verwendung benutzt.

Published and distributed by Maker Media GmbH under license from Make Community LLC, United States of America. The 'Make' trademark is owned by Make Community LLC Content originally partly published in Make: Magazine and/or on www.makezine.com, ©Make Community LLC 2023 and published under license from Make Community LLC. All rights reserved.

Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt auf Recyclingpapier.

© Copyright 2023 by Maker Media GmbH

ISSN 2364-2548





Was **bedeutet** es für **Dich**, als Autor **für die Make** zu schreiben?

Till Harbaum

Karlsruhe, bringt auf S. 38 dem ESP32 das Abspielen alter Arcade-ROMs bei

Ein Projekt in der Make zu veröffentlichen motiviert immer, nicht bei 80% stehenzubleiben, sondern das Projekt wirklich zu beenden. Nachfolgeprojekte und Verbesserungen anderer Maker bilden das Sahnehäubchen. Ralf Stoffels Calw, sichert seine NAS-Dateien auf S. 22 mit

einem leicht zu bedienden Back-up-Gerät Für die Make zu schreiben ist für mich, wie

ben ist fur mich, wie Freunden etwas über meine Projekte zu erzählen. Besonders die breite Themenvielfalt von Holz bis Software macht es mir leicht, immer wieder etwas Passendes zu finden.

Alexander Alber

Regensburg, zeigt auf S. 58 zusammen mit Thomas, wie man ein Rave-Totem baut

Als Autor kann ich der Community etwas zurückgeben, die mich schon so oft unterstützt hat.

Thomas Schmid

Regensburg, zeigt auf S. 58 zusammen mit Alexander, wie man ein Rave-Totem baut

Als Autor für die Make zu schreiben ist für mich die Möglichkeit, meine Begeisterung für Technik und Hacking in kreative Ideen zu verwandeln und diese mit einer Community von Gleichgesinnten zu teilen.

Inserentenverzeichnis

3D Prima Technologie Deutschland GmbH, Norderstedt 87
ALLNET Computersysteme GmbH, Germering 11
Autostadt GmbH, Wolfsburg 47
BayWa r.e. AG, München 2
Cameo Laser Franz Hagemann GmbH, Stuhr 107
dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg 111
ELV Elektronik AG, Leer

igus GmbH, Köln	93, 124
Infineon Technologies AG, Neubiberg	55
isento GmbH, Nürnberg	27
Landeshauptstadt Hannover, Hannover	57
nobufil GmbH, Krems an der Donau	43
OSEQ s.r.o., CZ – Velký Osek	115
OXON AG, CH – Liebefeld	21

Rheinwerk Verlag GmbH, Bonn	105
Sertronics GmbH, Hamburg	53
Shaper Tools GmbH, Leinfelden-Echterdingen	37
TUXEDO Computers GmbH, Augsburg	70, 71
Wissenschaft im Dialog gGmbH, Berlin	81
ZUKUNFTINC. e.V., Hannover	29
Make:markt	99

Hannover Maker Faire[®]

Das Format für Innovation und Macherkultur

19.–20. Aug. Hannover Congress Centrum

maker-faire.de

UNTER DER SCHIRMHERRSCHAFT VON BETTINA STARK-WATZINGER MDB Bundesministerium

Bundesministerium für Bildung und Forschung Förderer

Region Hannover



AN Makey Media GmbH.



Deine Aufgaben

- Weiterentwicklung unseres weltweit ersten Urban Bike aus recyceltem Kunststoff
- Konstruktion neuer Bauteile für unser igus:Bike
- Optimieren nach den Prinzipien: "Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)" / "Design to cost (DTC)" / Erstellen von Wertstromanalysen
- Entwicklung von Berechnungsroutinen zur Auslegung von Gleitlageranwendungen
- Bewertung von etablierten Produkten, Prozessen und Methoden, Entwicklung von Optimierungen und Alternativen
- Durchführung von Verschleiß-, Bauteil- und Werkstoffprüfungen sowie Lastdatenermittlung und -analyse
- Entwicklung kundennaher Lösungen in enger Absprache mit dem Vertrieb

Was wir Dir bieten

- 13 Gehälter und ein zusätzliches leistungsorientiertes Vergütungssystem
- Umfangreiche Sozialleistungen wie betriebliche Altersvorsorge und vermögenswirksame Leistungen
- Kostenfreie Verpflegung
- Fachliche und persönliche Weiterentwicklung im Rahmen unserer igus® Akademie
- Umfangreiches Einarbeitungsprogramm
- Flache Hierarchien sowie eine offene, persönliche Kommunikationskultur in einem familiären Arbeitsumfeld

Dein Profil

- Abgeschlossenes Studium im Bereich Maschinenbau oder eine vergleichbare Ausbildung
- Erfahrung im Bereich der Konstruktion und Produktentwicklung von mechanischen Komponenten, Baugruppen und Gehäusen aus Metall und Kunststoff
- Spezifische Berufserfahrung in der Entwicklung polymerer Gleitwerkstoffe
- Kenntnisse in einem 3D-CAD-System (vorzugsweise Inventor + ProFile)
- Know-how in Fertigungsmethoden und Werkstoffen
- Starke Kommunikationsf\u00e4higkeit und Kreativit\u00e4t sowie eine hohe Kunden- sowie Ergebnisorientierung
- Ausgeprägtes Prozess- und Organisationstalent
- Gute Englischkenntnisse

Über uns

- Stetig wachsender, innovativer "Hidden Champion"
- Hersteller von technischen Produkten aus Hochleistungskunststoffen, made in Germany, die in über 50 verschiedenen Branchen eingesetzt werden
- Der Hauptsitz ist in Köln, unsere 31 Niederlassungen weltweit
- 4.600 Mitarbeiter:innen kommunizieren unkompliziert und wirklich alle per Du
- Unser Motto ist: Technik verbessern, Kosten senken

Bewirb Dich jetzt bei igus®

Frau Bernadette Näger bnaeger.ext@igus.net +49 (0) 2203 9649-7317