



**elektor** DIGITALE **BONUS**  
design > share > earn | AUSGABE

**603B**  
SEIT 1961

# CIRCUIT SPECIAL 2024

Entwicklungsideen, Tipps und Tricks

**7** Bonus-  
schaltungen  
und  
Projekte

Platine für einfache Mikrocontroller-Projekte

Eine winzige Spieldose

PIR-Schalter

Ein Trägheitsschalter für den Warnblinker

Einfaches analoges Thermostat

Abschwächer mit automatischer Bereichseinstellung

Tischmultimeter XDM1141 von Owon

Infografik: Schaltungen und Schaltungsentwurf

Interview: Natasha Baker von SnapMagic

ESP32-C2-Knopfzellenschalter

Arduino Plug-and-Make-Kit

# Treten Sie jetzt der Elektor Community bei!



Jetzt



Mitglied werden!



- ✓ Zugang zum kompletten Online-Archiv (1970-heute)!
- ✓ 8x Elektor Magazin (gedruckt)
- ✓ 8x Elektor Magazin (PDF)
- ✓ 10% Rabatt im Elektor Store und exklusive Angebote
- ✓ Zugriff auf über 5.000 Gerber-Dateien u.v.m. aus der Projektplattform Elektor Labs



## Auch erhältlich

Die digitale  
Mitgliedschaft!



- ✓ Zugang zum kompletten Online-Archiv
- ✓ 8x Elektor Magazin (PDF)
- ✓ 10% Rabatt im Elektor Store und exklusive Angebote
- ✓ Zugriff auf über 5.000 Gerber-Dateien u.v.m. aus der Projektplattform Elektor Labs



[www.elektormagazine.de/abo](http://www.elektormagazine.de/abo)

Bonus-Ausgabe Circuit Special 2024

Das Elektor Magazin wird 8 Mal im Jahr herausgegeben von

**Elektor Verlag GmbH**

Lukasstraße 1, 52070 Aachen (Deutschland)

Tel. +49 (0)241 95509190

www.elektor.de | www.elektormagazine.de

**Für alle Ihre Fragen**

service@elektor.de

**Mitglied werden**

www.elektormagazine.de/abo

**Anzeigen**

Büsrä Kas

Tel. +49 (0)241 95509178

busra.kas@elektor.com

www.elektormagazine.de/mediadaten

**Urheberrecht**

© Elektor International Media b.v. 2024

Die in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge, insbesondere alle Aufsätze und Artikel sowie alle Entwürfe, Pläne, Zeichnungen einschließlich Platinen sind urheberrechtlich geschützt. Ihre auch teilweise Vervielfältigung und Verbreitung ist grundsätzlich nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die veröffentlichten Schaltungen können unter Patent- oder Gebrauchsmusterschutz stehen. Herstellen, Feilhalten, Inverkehrbringen und gewerblicher Gebrauch der Beiträge sind nur mit Zustimmung des Verlages und ggf. des Schutzrechtsinhabers zulässig. Nur der private Gebrauch ist frei. Bei den benutzten Warenbezeichnungen kann es sich um geschützte Warenzeichen handeln, die nur mit Zustimmung ihrer Inhaber warenzeichengemäß benutzt werden dürfen. Die geltenden gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich Bau, Erwerb und Betrieb von Sende- und Empfangseinrichtungen und der elektrischen Sicherheit sind unbedingt zu beachten. Eine Haftung des Herausgebers für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Schaltungen und sonstigen Anordnungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts der veröffentlichten Aufsätze und sonstigen Beiträge ist ausgeschlossen.

**Druck**

Senefelder Misset, Mercuriusstraat 35  
7006 RK Doetinchem (Niederlande)

**Distribution**

IPS Pressevertrieb GmbH, Carl-Zeiss-Straße 5  
53340 Meckenheim (Deutschland)  
Tel. +49 (0)2225 88010



## BONUS: NOCH MEHR SCHALTUNGEN

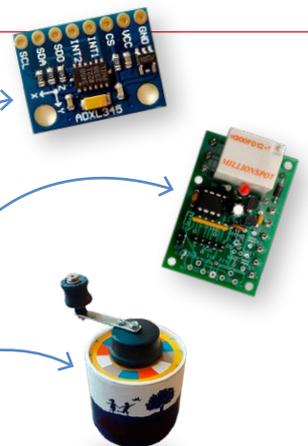
Ich freue mich sehr, Ihnen diese Bonus-Ausgabe des Elektor Circuit Special 2024 präsentieren zu können. Sie ist vollgepackt mit zusätzlichen Projekten und Informationen für alle Elektronikbegeisterte. Egal, ob Sie ein professioneller Ingenieur, ein Wochenend-DIY-Elektroniker oder ein neugieriger Elektrotechnik-Student sind, diese Ausgabe soll Sie für die nächsten Wochen und Monate inspirieren und herausfordern. In der Bonus-Ausgabe finden Sie verschiedene spannende Projekte: ein praktischer PIR-Schalter, ein kreatives analoges Thermostatprojekt, eine ATtiny85-basierte Spieluhr, einen Abschwächer mit automatischer Bereichsanpassung und mehr. Sind Sie bereit?

Aber das ist noch nicht alles! Wir führen auch ein ausführliches Interview mit Natasha Baker von SnapMagic, geben clevere technische Tipps und hilfreiche Produkteinblicke. Unser Ziel ist es, Sie mit praktischem Wissen und kreativen Ideen auszustatten, um Ihre Leidenschaft für den Elektronik-Selbstbau zu entfachen. Also, schnappen Sie sich ihre Werkzeuge, machen Sie Platz auf dem Elektronik-Labortisch und stürzen Sie sich auf diese Bonus-Ausgabe. Und wenn Sie eigene Projekte beginnen, teilen Sie Ihre Fortschritte auf der Plattform Elektor-Labs mit der weltweiten Elektor-Community!

C. J. Abate (Content Director, Elektor)

## INHALT

- 3 Impressum**
- 4 Ein Trägheitsschalter für den Warnblinker**  
Aktiviert den Warnblinker Ihres Autos bei Vollbremsung
- 8 PIR-Schalter**  
Ein infrarotempfindlicher Näherungsschalter
- 12 Platine für einfache Mikrocontroller-Projekte**
- 16 Eine winzige Spieluhr**  
Ein modernes Spielzeug mit Vintage-Charakter
- 20 Plug-and-Make-Kit**  
Ein modulares Konzept für Arduino
- 25 Tischmultimeter XDM1141 von Owon**  
Hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis
- 28 Abschwächer mit automatischer Bereichseinstellung**  
Ein Attenuator für Quereinsteiger
- 30 ESP32-C2-Knopfzellenschalter**  
Hardware-Entwurf und -Optimierung
- 34 Infografik: Schaltungen und Schaltungsentwurf**
- 36 Q&A mit Natasha Baker**  
SnapMagics Entwicklung und Zukunft im KI-gestützten Elektronikdesign
- 40 Einfaches analoges Thermostat**  
Ein kompaktes und zuverlässiges Design auf NTC-Basis



Die gedruckte Elektor-Ausgabe Circuit Special 2024 ist am Kiosk und im Elektor Store unter [elektor.de/circuit-special-2024-de](https://www.elektor.de/circuit-special-2024-de) erhältlich.





# Ein Trägheitsschalter für den Warnblinker

Aktiviert den Warnblinker Ihres Autos bei Vollbremsung

Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Beim Autofahren kann es vorkommen, dass man plötzlich bremsen muss. In diesem Fall ist die Aufmerksamkeit des Fahrers von größter Bedeutung und es bleibt keine Zeit, um im Cockpit nach den Knöpfen zu suchen, die man drücken muss! Dieser mikrocontrollerbasierte Trägheitsschalter löst das Problem auf elegante Weise.

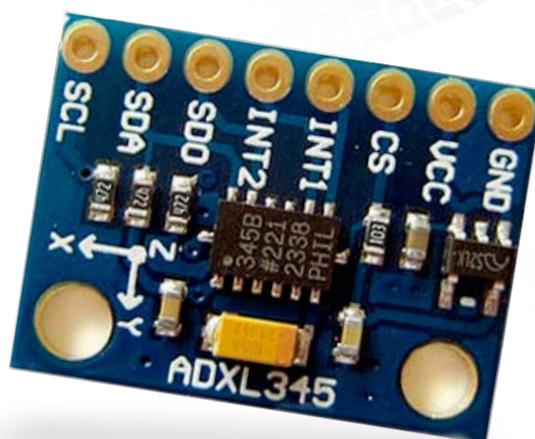


Bild 1. Das kleine GY-291-Modul des Autors, in das der Beschleunigungsmesser ADXL345 von Analog Devices integriert ist.

Mit einem Beschleunigungssensor und einem Mikrocontroller aktiviert dieses Gerät sowohl das linke als auch das rechte Blinklicht, wenn das Auto plötzlich stark bremsst. Es verfügt auch über eine Lernfunktion, mit der der Benutzer die Intensität des Abbremsens einstellen kann, bei der das Gerät auslösen soll. Die Schaltung benötigt eine Verbindung mit dem 12-V-Bordnetz und den beiden Zuleitungen zu den Blinkern.

In den 1980er und 1990er Jahren gab es ähnliche Schaltungen, die den Warnblinker beim scharfen Bremsen des Fahrzeugs einschalteten. Sie basierten auf einem Quecksilber-Schalter, der entsprechend „bergauf“ ausgerichtet war. Heutzutage sind integrierte MEMS-Schaltungen, die in Smartphones häufig als Beschleunigungsmesser und Gyroskop verwendet werden, weit verbreitet und preiswert. Ein solcher 3-Achsen-Beschleunigungssensor ADXL345 von Analog Devices [1] ist nicht nur als blanker

Chip erhältlich, sondern auch in Form einer Breakout-Platine wie in **Bild 1**, die unter der Bezeichnung GY-291 von chinesischem Unternehmen für nur wenige Euro hergestellt und vertrieben wird.

Die Lochreihe an der Seite, die mit einem Header bestückt werden kann, bietet einen Anschluss für eine Betriebsspannung zwischen 3 V und 5,5 V, zwei Datenleitungen SCL/SDA für die I<sup>2</sup>C-Schnittstelle und zwei Interruptausgänge, die Auskunft über den Betriebszustand geben (siehe Datenblatt), aber hier nicht verwendet werden. In der Anwendung wird nur die I<sup>2</sup>C-Schnittstelle benötigt, um die aktuelle Beschleunigungsmessung auf der X-Achse zu erhalten, die als Bewegungsrichtung des Fahrzeugs betrachtet wird.

Die auf diesen Seiten vorgeschlagene Schaltung zwingt alle Blinker (links, rechts, vorne, hinten) zum Blinken, wenn die programmierte Bremsintensität überschritten

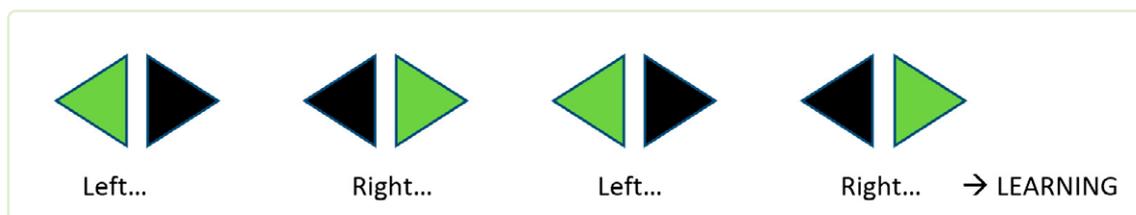


Bild 2. Die für den Eintritt in den Lernmodus erforderliche L-R-Blinksequenz.

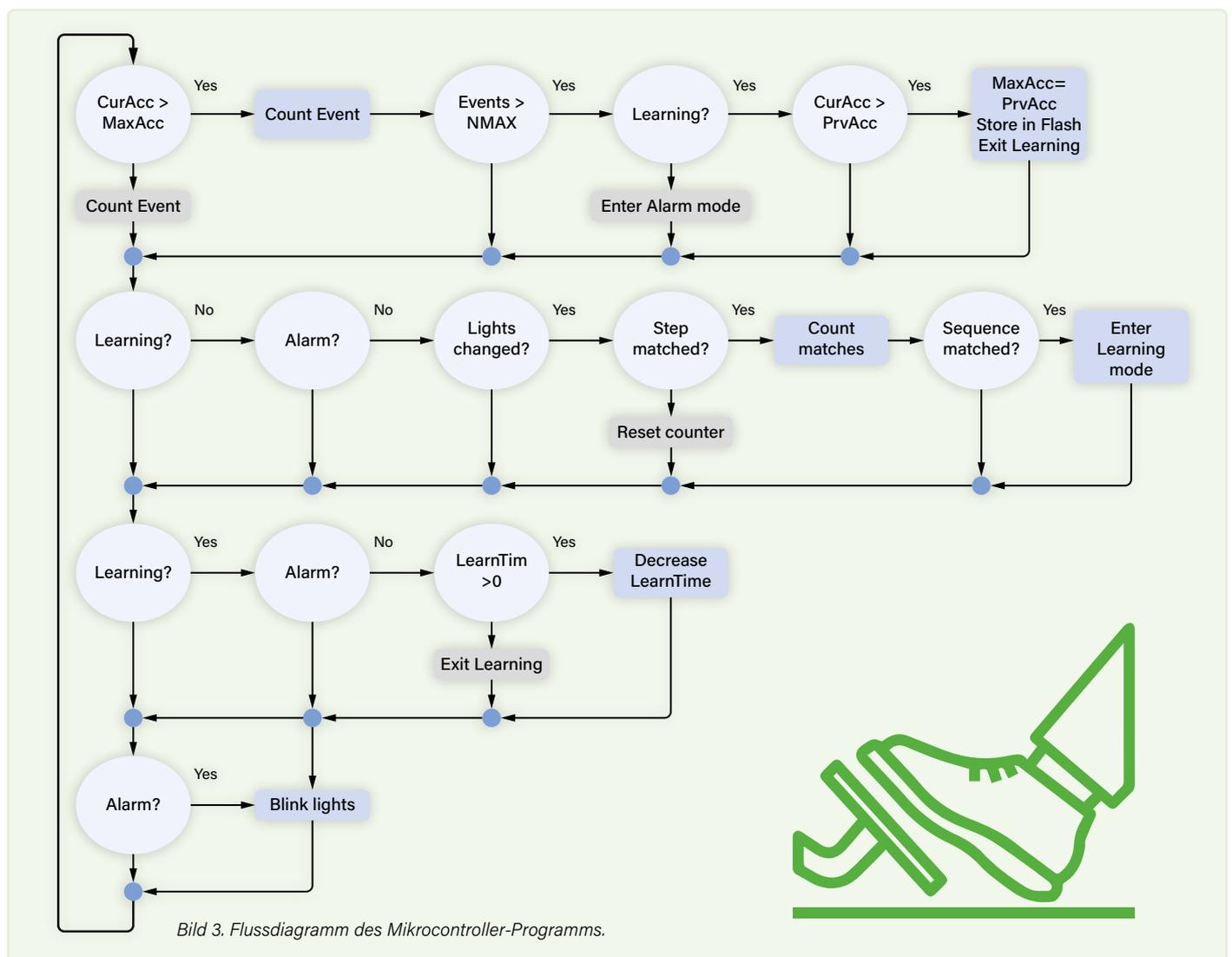
**Tabelle 1: Arbeitsparameter im Code**

Parameter	Preset	Bedeutung
TIC	50 (ms)	Millisekunden zwischen zwei aufeinanderfolgenden Programmzyklen
FLASHMAX	2.000 (ms)	Maximale Zeit für den Eintritt in den Lernmodus
MAXLEARNTIM	10.000 (ms)	Maximale Dauer des Lernmodus
AMIN	4	Minimale Bremsverzögerung, die während der Lernphase erreicht werden muss
NMAX	1	Maximale Anzahl der bestätigten der Grenzwertüberschreitung
TALM	5.000 (ms)	Zusätzliche Dauer des Alarms nach Beendigung der Überschreitung
TALMCYC	200 (ms)	Dauer der Ein- und Ausschaltphasen der Beleuchtung während des Blinkens

wird. Alles wird von der Firmware eines PIC12F1822 von Microchip gesteuert. Um den Schwellenwert zu programmieren, muss man in den Lernmodus gehen, indem man zweimal eine schnelle Sequenz ausführt, in der der linke und der rechte Blinker ein- und ausgeschaltet werden, wie in **Bild 2** gezeigt.

Wenn die Sequenz innerhalb einer bestimmten Zeit (**FLASHMAX**) erkannt und ausgeführt wird, wird die im Ruhezustand gemessene Restbeschleunigung **StdAcc** gespeichert und von den nachfolgenden Messungen als Offset abgezogen, und die Blinker werden kontinuierlich eingeschaltet, bis eine Unterbrechung der Intensität eintritt, die Sie als Grenzwert für **MaxAcc** festlegen möchten. Erfolgt die Abbremsung nicht innerhalb eines Zeitlimits (**MAXLEARNTIM**), verlassen Sie den Lernmodus durch Ausschalten der Blinker, und der bisherige Grenzwert wird beibehalten. Andernfalls wird der neue

Messwert im Flash gespeichert und dazu verwendet, bei jeder Bremsung zu entscheiden, ob die Warnblinker aktiviert werden sollen. In **Tabelle 1** sind die im Code voreingestellten Betriebsparameter angegeben, die im Falle einer Änderung eine Neukompilierung nach sich ziehen müssen. Das Flussdiagramm der Firmware, die alle **TIC** Millisekunden ausgeführt wird, ist in **Bild 3** dargestellt.



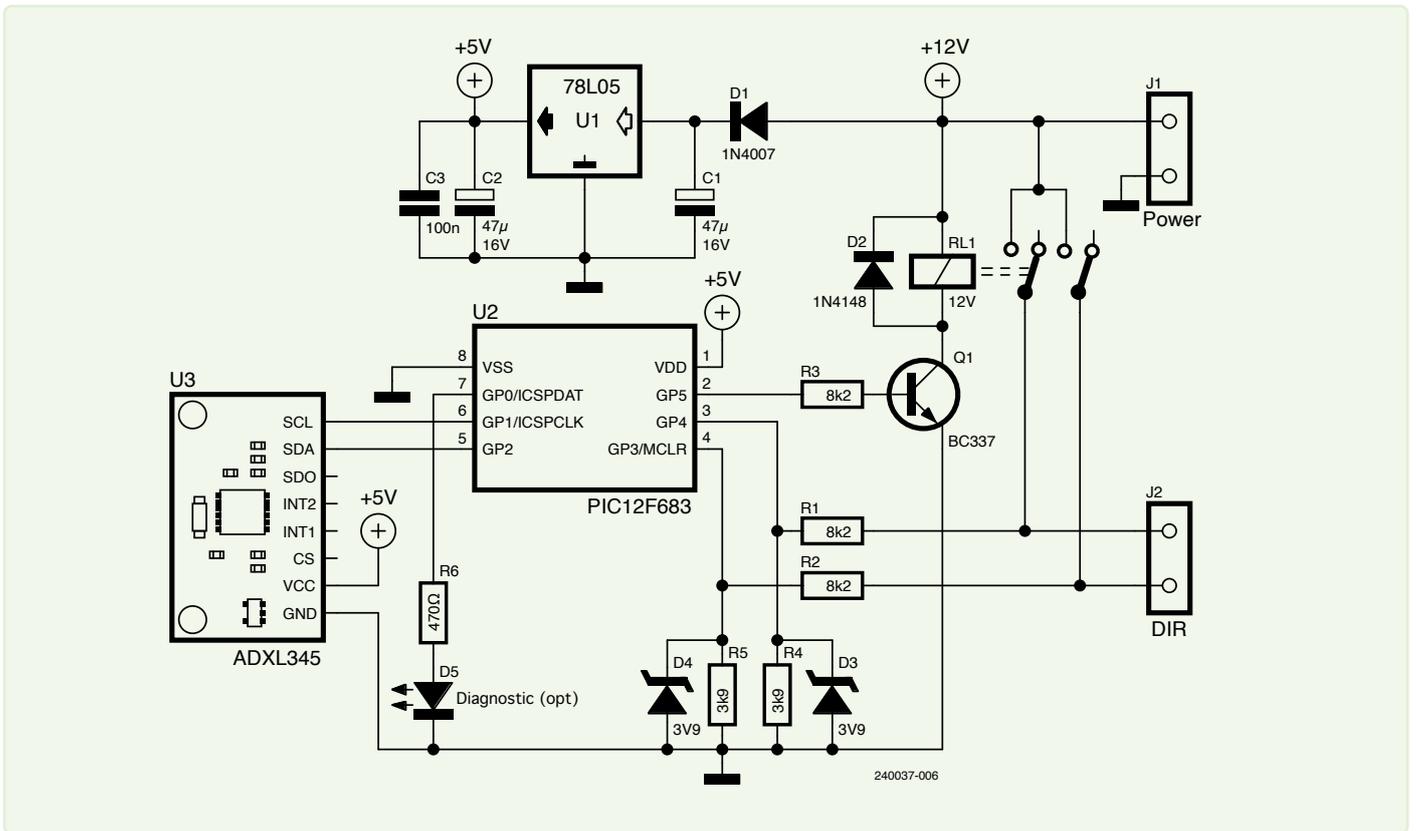


Bild 4. Schaltbild des Trägheitsschalters.

### Das Schaltbild

Das Modul GY-291, das den integrierten Beschleunigungsmesser ADXL345 enthält, wird von einem Mikrocontroller PIC12F1822 von Microchip über seine beiden I<sup>2</sup>C-Anschlüsse (SDA und SCL) gesteuert. Außerdem erkennt der Mikrocontroller das Einschalten der Blinker, deren Spannung über Spannungsteiler auf Controller-Niveau heruntergebrochen und von zusätzlichen Z-Dioden im Zaum gehalten wird. Der Ausgang steuert über einen NPN-Transistor ein Kfz-Relais an. Die Freilaufdiode an der Relaispule schließt durch Selbstinduktion verursachte Spannungsspitzen kurz, die beim Ausschalten der Spule entstehen. D1 verhindert Schäden, die durch eine falsch angeschlossene Batterie entstehen könnten. R6 und D5 sind für den Betrieb der Schaltung nicht wesentlich: Es handelt sich um eine Diagnose-LED, die ich während der Kalibrierungsphasen verwendet habe. Sie fehlt auf der Platine in **Bild 4**.

Die in **Bild 5** (links) gezeigte Zeichnung der Platine muss auf die im Bestückungsaufdruck (rechts) angegebenen Maße skaliert werden. Die Leiterbahnen befinden sich alle auf der Platinenunterseite; es sind noch nicht einmal Drahtbrücken erforderlich.

**Bild 6** und **Bild 7** zeigen den Prototyp in 3D beziehungsweise die Schaltung auf einem Breadboard während der Entwicklungsphase. Man beachte die Tasten und LEDs auf dem Breadboard, die die Blinker und den dazugehörigen Blinkerhebel simulieren. Der erste Prototyp stellte mich nicht zufrieden, da das GY-291-Modul etwas wackelig war, doch als ich das Layout umgestaltete, um zwischen D3 und R4 Platz für einen Montageposten zu schaffen, wurde die Angelegenheit sehr stabil und ich sehr zufrieden. Nach dem Zusammenbau wurde diese mechanisch verbesserte Version (**Bild 8**) in einer kleinen Kunststoffbox untergebracht und die Betriebsparameter in mehreren Fahrversuchen kalibriert.

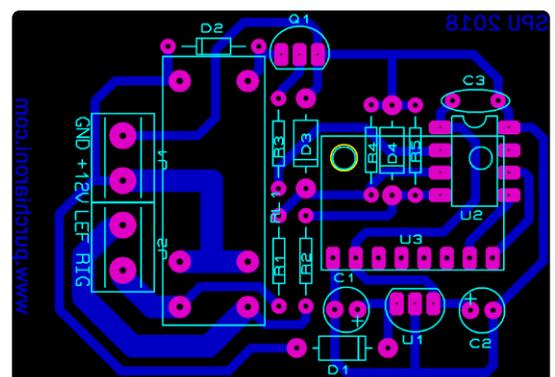
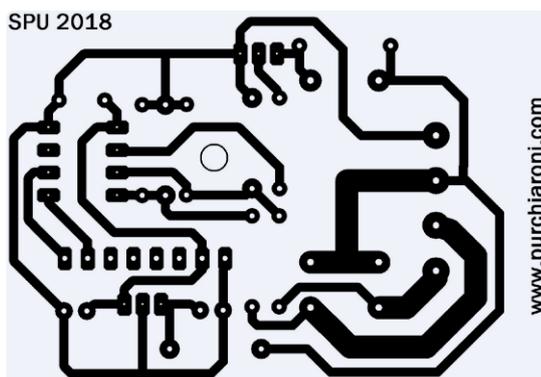


Bild 5. Das einseitige Platinenlayout (links) und der Bestückungsaufdruck auf der Bauteilseite (rechts).



## Einbau

Für den Einbau des Geräts in das Fahrzeug müssen vier Leitungen in der Fahrzeugelektrik gefunden werden: +12 V, Masse, Blinker-L und Blinker-R. Diese werden an den dafür vorgesehenen Klemmen auf der Platine angeschlossen. Führen Sie zunächst einen Test durch, indem Sie +12 V und die Blinker manuell aktivieren, um zu sehen, ob sie aufleuchten. Normalerweise sind die anderen Leitungen (Minus) der Blinker mit Masse verbunden, aber das ist nicht selbstverständlich und eine Überprüfung lohnt sich immer. Es ist am besten, das Gerät mit einer Schicht stoßdämpfendem Polyurethanschäum zu sichern, um falsche Messwerte zu vermeiden. Das Gerät sollte mit der Verbindungs-Seite in Fahrtrichtung montiert werden, damit der Beschleunigungswert korrekt ausgelesen werden kann. ◀

SG – 240037-02



### Achtung!

Jegliche Veränderung an den elektrischen Systemen des Fahrzeugs kann zum Verlust der Betriebserlaubnis des Fahrzeugs führen und ernsthafte rechtliche Konsequenzen nach sich ziehen, die je nach Land unterschiedlich sein können. Daher wird dieses Projekt nur zu didaktischen Zwecken vorgestellt.



## Über den Autor

Stefano Purchiaroni ist ein leidenschaftlicher Elektroniker und Programmierer, der seine Arbeit durch die Veröffentlichung von Projekten mit anderen teilt und außerdem an einer öffentlichen Schule kostenlose Robotikkurse für Jugendliche anbietet. Derzeit ist er beim Raumfahrtunternehmen Telespazio angestellt und arbeitet in einem Satellitenzentrum in der Nähe von Rom.

## Sie haben Fragen und Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schreiben Sie bitte an den Autor unter [info@purchiaroni.com](mailto:info@purchiaroni.com) oder an die Elektor-Redaktion unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de).

## WEBLINKS

- [1] Datenblatt ADXL345 (PDF-Download): <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345s.pdf>
- [2] Elektor-Labs-Webseite für diesen Artikel: <https://www.elektormagazine.de/labs/hazard-lights-inertial-switch>



◀ Bild 6. 3D-Rendering des Projekts.

◀ Bild 7. Die frühe Version des Projekts, verdrahtet auf einem Breadboard.

◀ Bild 8. Der fertige Prototyp, bereit zum Verpacken und Installieren.



## Passendes Produkt

- ▶ **T. Hanna, Mikrocontroller-Basics mit PIC (Elektor 2020)**  
Taschenbuch, deutsch:  
[www.elektor.de/products/mikrocontroller-basics-mit-pic](http://www.elektor.de/products/mikrocontroller-basics-mit-pic)



# PIR-Schalter

Ein Infrarot-empfindlicher Näherungsschalter

Von Giuseppe La Rosa (Italien)

Suchen Sie nach einem DIY-Schalterprojekt? Dieser PIR-Schalter kann nützlich sein, um Lampen oder andere elektrische Geräte in Kellern, Garagen oder an öffentlichen Plätzen einzuschalten, wo es im Allgemeinen unmöglich oder unpraktisch ist, einen Schalter an einer leicht zugänglichen Stelle zu installieren.

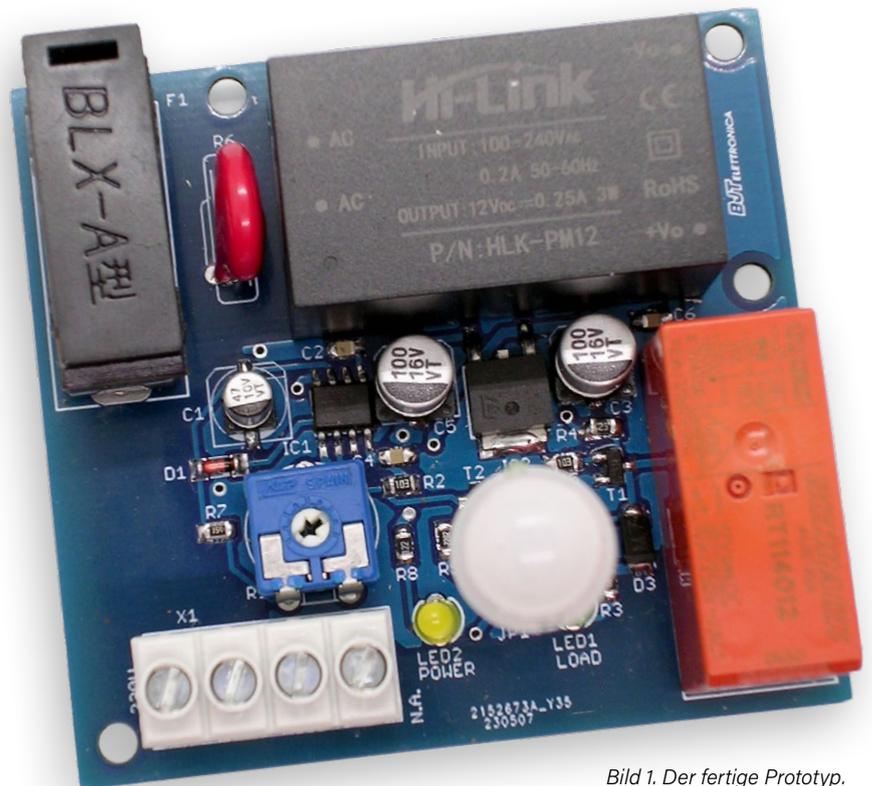


Bild 1. Der fertige Prototyp.

Dieses Projekt eines Passiv-Infrarot-Schalters (PIR), der in **Bild 1** als fertiger Prototyp zu sehen ist, verwendet einen PIR-Sensor, der den unsichtbaren Infrarotanteil der vom menschlichen Körper abgegebenen Wärme erfasst. Der Sensor ist auf einem HC-SR505-Minimodul montiert, das die Steuerelektronik (mit einem Ruhestrom von weniger als 50  $\mu\text{A}$ ) enthält. Der Erfassungswinkel beträgt 100°, die maximale Reichweite 5 m. Das Modul verfügt über eine digitale Ausgangsleitung mit einem High-Pegel von 3,3 V und einem Low-Pegel von 0 V. Der Modulausgang wird im Falle einer Annäherung für 8 s aktiviert ( $\pm 30\%$ ) und ist anschließend für 2,5 s blockiert. Die von mir erdachte Elektronik hat (abgesehen von der Spannungsversorgung) vor allem die Aufgabe, das feste und kurze Signal des Sensors in eine per Trimmer einstellbare Zeitspanne zu verwandeln und einen Relais-Ausgang für die Last zu steuern.

Bei der Aufstellung im Freien wie Gärten oder Höfen reicht es aus, einen Dämmerungsschalter in Reihe mit dem Näherungsschalter zu schalten, damit er sich bei Tageslicht nicht einschaltet. In der Nähe eines Geschäftseingangs installiert, kann die Schaltung auch als Durchgangsmelder oder als Nachalarm fungieren, wobei die Sirenen-Einschaltedauer zu Freude der Nachbarn auf etwa 30 s eingestellt werden sollte.

## Die Schaltung

Wie in **Bild 2** zu sehen ist, befindet sich in der Mitte der Schaltung ein NE555-Timer von Texas Instruments, der als Monoflop geschaltet ist. Sein Zweck ist es, die nicht einstellbare Verzögerung des PIR-Moduls von etwa 8 s zu verlängern. Wenn der Ausgang des HC-SR505 an JP1 high wird, schaltet er den Transistor T2 durch, der an Pin 2 von IC1 angeschlossen ist. Dadurch liegt der TR-Pin des 555 auf Low-Pegel, so dass C1 über D1 entladen bleibt. Der Ausgang an Pin 3, normalerweise logisch low, schaltet sofort auf einen logischen High-Pegel, wodurch T1 durchschaltet und folglich das Relais K1 aktiviert.

Solange das Signal des PIR-Sensors an JP1 auf high bleibt, verharrt auch der Ausgang Pin 3 von IC1 auf high. Wenn allerdings der PIR-Sensor abschaltet, geht sein Ausgang an JP1 zurück auf low. Dann sperrt T2, Pin 2 von IC1 kehrt auf High-Pegel zurück und C1 beginnt sich aufzuladen, bis seine Spannung die Schwellspannung an Pin 6 des IC erreicht. Sobald diese erreicht ist - in einer Zeit, die von der Einstellung des Trimpotentiometers R1 abhängt - geht der Ausgang 3 von IC1 auf Low-Pegel und das Relais fällt in seine Ausgangslage zurück.

Die Zeit, die C1 zum Aufladen benötigt, lässt sich aus den beiden folgenden Formeln ableiten:



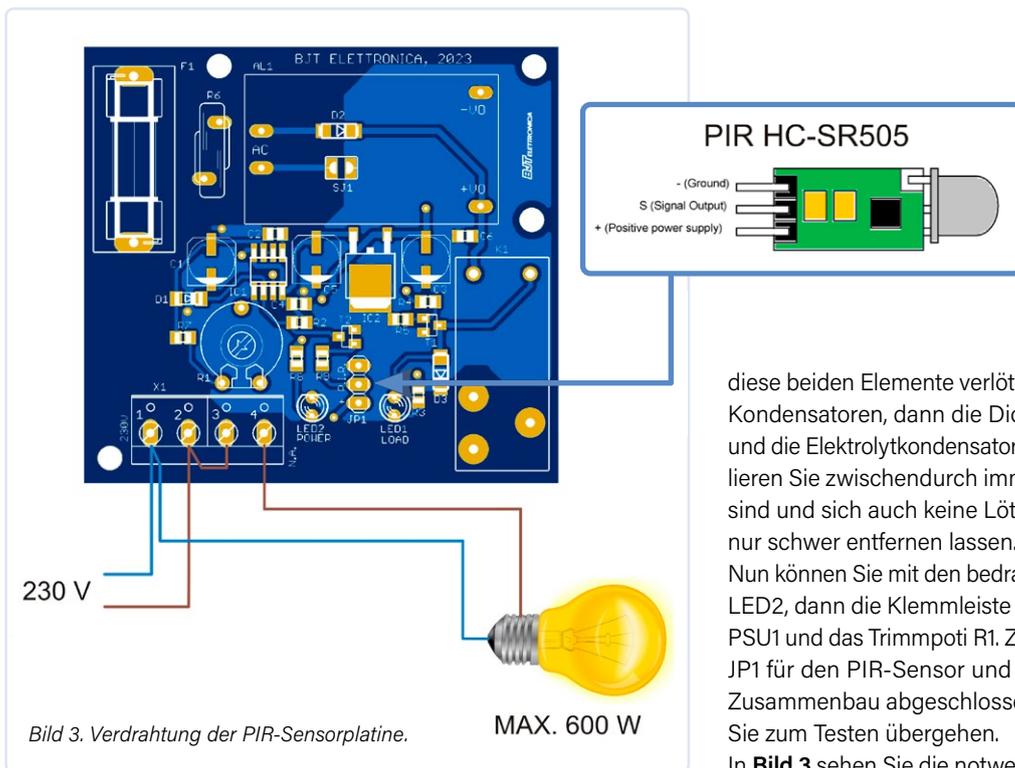


Bild 3. Verdrahtung der PIR-Sensorplatine.

diese beiden Elemente verlötet haben, kommen die Widerstände und Kondensatoren, dann die Dioden, die beiden Transistoren T1 und T2 und die Elektrolytkondensatoren (C1, C3 und C5) an die Reihe. Kontrollieren Sie zwischendurch immer, ob die Lötstellen korrekt ausgeführt sind und sich auch keine Lötbrücken gebildet haben, die sich später nur schwer entfernen lassen.

Nun können Sie mit den bedrahteten Bauteile fortfahren, erst LED1 und LED2, dann die Klemmleiste X1, der Sicherungshalter F1, das Netzteil PSU1 und das Trimpoti R1. Zum Schluss werden der 3-polige Header JP1 für den PIR-Sensor und der Varistor R6 eingesetzt. Sobald der Zusammenbau abgeschlossen und alles sichtkontrolliert ist, können Sie zum Testen übergehen.

In **Bild 3** sehen Sie die notwendige Verdrahtung für einen Testaufbau. Stellen Sie den Trimmer R1 auf seinen Minimalwert ein und schalten Sie die Netzspannung ein: Die gelbe LED2 sollte aufleuchten. Wenn Sie die Hand vor dem Sensor bewegen, hören Sie das Klicken des Relais und die rote LED1 leuchtet auf.

Für den Einbau der Platine in eine Abzweigdose (**Bild 4**) wurde eine Halterung 3D-gedruckt. Auf der Elektor-Webseite zu diesem Artikel [1] kann die entsprechende STL-Datei heruntergeladen werden. Zur Befestigung des Halters mit der Platine an der Anschlussdose sollten zwei selbstschneidende Schrauben, 2,9 x 9,5 mm verwendet werden. Der Dosedendeckel sollte an der Position des PIR-Sensors mit einem 10-mm-Bohrer durchbohrt werden (siehe Bild 4). Beim Schließen der Dose wird die Fresnel-Linse des PIR-Sensors durch das Loch geführt.

Die Bestückung der Platine erfordert einige spezielle Werkzeuge sowie etwas Fingerspitzengefühl. Der Lötkolben muss eine ultradünne Spitze für die Oberflächenmontage besitzen und sollte eine Leistung von nicht mehr als 12 W haben. Eine richtige SMD-Lötstation wäre allerdings noch besser. Der Lötdraht sollte 0,5 mm dick sein, und das manuelle Aufbringen der Bauteile sollte mit geeignetem Werkzeug durch die Linse einer Lupe durchgeführt werden.

Auf der Bauteileseite der Platine können Sie zunächst IC1 und IC2 anbringen, wobei Sie zunächst die korrekte Ausrichtung überprüfen und dann jeweils nur einen Pin pro Reihe anlöten. Lassen Sie sich Zeit, damit die Bauteile zwischendurch abkühlen können. Nachdem Sie



Bild 4. Der gebrauchsfertige PIR-Schalter in seinem endgültigen Zuhause.

Wenn die Anschlüsse des PIR-Sensors zu kurz sind, können Sie sie mit starrem Draht verlängern.

Dieses Projekt kann auch auf einer Lochrasterplatine realisiert werden, indem man die SMDs durch bedrahtete Äquivalente ersetzt und dem Schaltplan in Bild 2 folgt. Ein kurzes Video der funktionierenden Schaltung ist auf YouTube unter [2] verfügbar. Auf Anfrage kann die nackte Platine für dieses Projekt vom Autor zur Verfügung gestellt werden. ◀

SG - 240035-02



### Über den Autor

Giuseppe La Rosa, der sich von klein auf für Elektrizität begeisterte, machte 2002 seinen Abschluss in Elektronik und Telekommunikation am I.T.I.S. „G. Ferraris“ in Acireale, Sizilien. Später begann er, sich mit Mikrocontroller-Systemen zu beschäftigen, insbesondere mit PIC-Mikrocontrollern und der Open-Source-Plattform Arduino UNO. Im Laufe der Jahre hat er verschiedene Prototypen entwickelt, von denen viele in Elektronikzeitschriften veröffentlicht wurden. Derzeit beschäftigt er sich mit Sicherheitssystemen (Videoüberwachung und Einbruchschutz) und Software für die Verwaltung von Verkaufsstellen.

### Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie bitte eine E-Mail an den Autor unter [lrgeletronic@hotmail.com](mailto:lrgeletronic@hotmail.com) oder kontaktieren Sie Elektor unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de).



### Passendes Produkt

> **Ersa i-CON PICO Lötstation (80 W)**  
[www.elektor.de/20186](http://www.elektor.de/20186)



### WEBLINKS

[1] Downloads für diesen Artikel: <https://elektormagazine.de/240035-02>

[2] Kurzes Demovideo auf YouTube: <https://youtu.be/aF8rz2BJr3U>

# Treten Sie unserer Community bei



[www.elektormagazine.de/community](http://www.elektormagazine.de/community)

**elektor**  
design > share > earn



# Platine für einfache Mikrocontroller-Projekte

Von Rob Van Hest (Niederlande)

Fünf Jahre lang habe ich Projekte mit PIC12F-Mikrocontrollern veröffentlicht, wobei viele Platinen übrig geblieben sind. Die Wiederverwertung solcher Platinen erleichtert zwar das schnelle Erstellen von Prototypen, aber die Ergebnisse wirken oft unprofessionell. Da die grundlegenden Schaltungen um einen Mikrocontroller herum immer ähnlich sind, warum nicht eine Platine erstellen, die für viele Anwendungen geeignet ist? Hier stelle ich deshalb eine 37 × 55 mm große Platine für einfache Mikrocontroller-Projekte vor, mit gängigen Bauteilen und Jumpern.

In der Vergangenheit habe ich auf Elektor Labs eine Reihe von Projekten veröffentlicht, die zwei Dinge gemeinsam hatten:

- Sie verwenden ein Mitglied der PIC12F-Mikrocontrollerfamilie
- Es gibt keine eigene Platine, sondern eine wiederverwendete Platine mit zahlreichen Patches

## Es ist Zeit für eine Veränderung!

Ich habe eine kleine (37 × 55 mm) Platine entworfen (**Bild 1**), die für mehrere Projekte verwendet werden kann (derzeit acht, weitere folgen). Zu den gemeinsamen Komponenten (fast) aller Projekte gehören:

- Ein Relais mit einem Treibertransistor
- Eine LED zur Anzeige des aktivierten Relais
- Eine 8-polige Fassung für einen PIC12Fxxx-Mikrocontroller
- Eine Basis-Stromversorgung mit einem 78L05 (optional)



Bild 1. Die bestückte Testplatine.

- Zwei Jumper für Funktionen wie Reset und Setup
- Ein 5-poliger Anschluss zur Programmierung des PICs oder zum Anschluss von Peripheriegeräten

Der Schaltplan in **Bild 2** zeigt alle möglichen Bauteile, aber nicht alle werden, können, sollen oder müssen gleichzeitig auf der Platine platziert werden. IC2, D1 und C1...C3 bilden eine einfache Spannungsversorgung. Die Platine kann mit 8...12 V<sub>DC</sub> versorgt werden. D1 schützt vor Verpolung. Bei einer Versorgung mit 3...5 V, zum Beispiel mit Batterien, werden D1 und IC2 durch Drahtbrücken ersetzt und C1 nicht bestückt. X1 und X3 sind Masseanschlüsse, X5 führt +5 V. An X2 und X4 sind I/O-Pins des Controllers zugänglich. X2 kann an GP2 (R1 bestückt und Jumper SJ3 gebrückt) oder GP4 (R2 bestückt und Jumper SJ2 verbunden) angeschlossen werden, X4 an GP0 (R4 bestückt und Jumper SJ2 verbunden) oder GP1 (R3 bestückt und Jumper SJ1 verbunden). Der Jumper SJ4 wird geschlossen und RN1B platziert, wenn GP1 einen Pull-up-Widerstand benötigt. C4 und/oder C5 unterdrücken Rauschen, wenn X2 und/oder X4 als Eingänge verwendet werden. C6 hat die gleiche Funktion für den



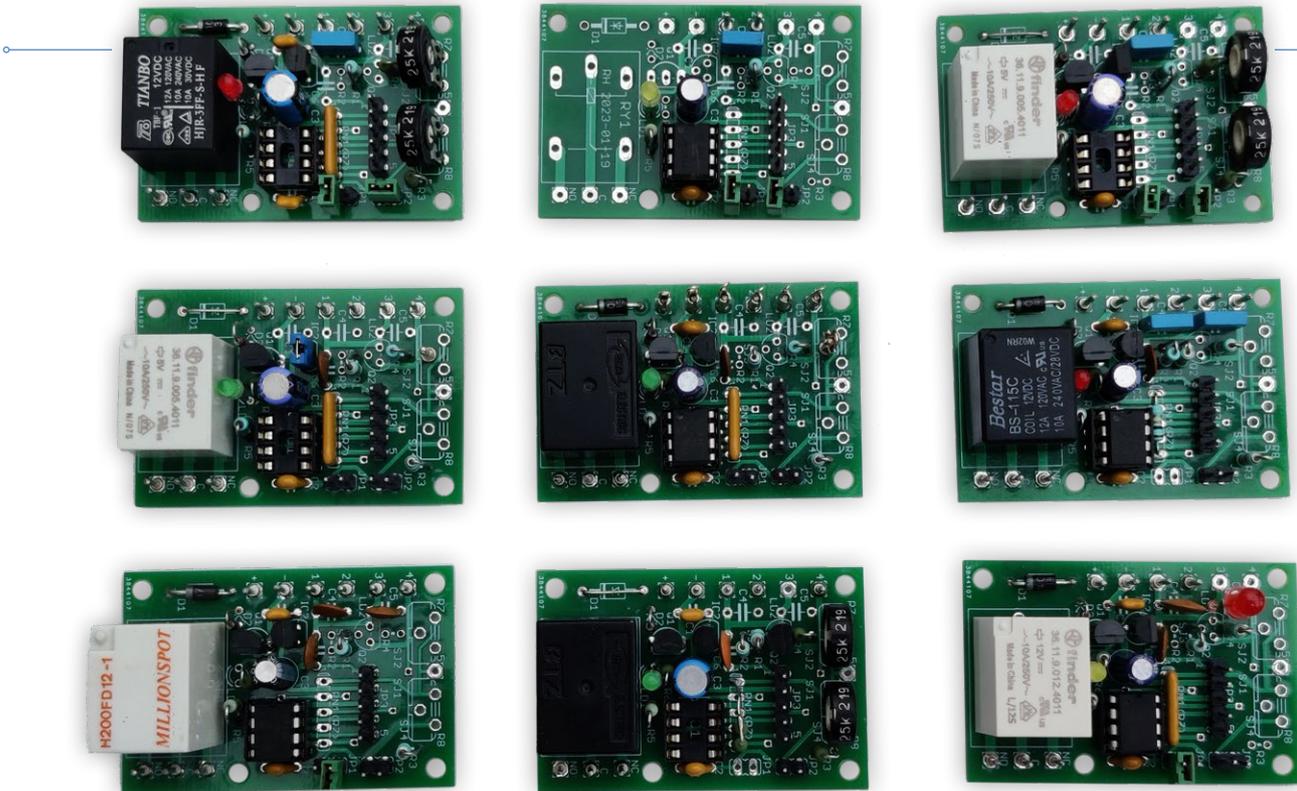


Bild 3. Einige unterschiedlich bestückte Platinen (fast) fertig zum Programmieren und Testen.

finden Sie im Textkasten **Bauteil-Optionen**. Ich passe derzeit die Projekte, die ich bereits auf Elektor-Labs veröffentlicht habe, an das neue Board an. Hier und da erfordert die Software leichte Änderungen aufgrund vertauschter Mikrocontroller-Pins. Sobald ein Projekt angepasst ist und auf dem neuen Board läuft, werde ich die Ergebnisse auf der entsprechenden Labs-Projektseite hinzufügen (einschließlich der Stückliste für das Board).

### Einfaches Testprogramm

Um einige Funktionen des Boards zu überprüfen, habe ich ein einfaches Testprogramm [4] 1) für einen der einfachsten Mikrocontroller der PIC12-Familie, den PIC12F509, erstellt. Selbst dieser kleine Chip kann in C programmiert werden.

Das Programm hat zwei Funktionen: Wenn Jumper JP1 offen ist, wird das Relais durch Verbinden von X3 mit X4 aktiviert und durch Verbinden von X1 mit X2 deaktiviert. Wenn JP1 angeschlossen ist, wird nur X1-X2 zum Aktivieren und Deaktivieren des Relais verwendet. In **Bild 3** sehen Sie einige Platinen, die sich in der Testphase befinden. ◀

SE - 230175-02

### Sie haben Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen zu diesem Artikel haben, wenden Sie sich bitte an den Autor unter [trainer99@ziggo.nl](mailto:trainer99@ziggo.nl) oder an die Elektor-Redaktion unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de).



### Passendes Produkt

- **T. Hanna, Mikrocontroller-Basics mit PIC (Elektor, 2020)**  
Buch, kartoniert, deutsch: [www.elektor.de/18945](http://www.elektor.de/18945)

### Geeignete Elektor-Labs-Projekte für diese Platine

- **Burglar alarm**  
[www.elektormagazine.de/labs/simple-burglar-alarm](http://www.elektormagazine.de/labs/simple-burglar-alarm)
- **Electronic lock** (Original in Elektor [1])  
[www.elektormagazine.de/labs/simple-electronic-lock](http://www.elektormagazine.de/labs/simple-electronic-lock)
- **Digital timer**  
[www.elektormagazine.de/labs/simple-digital-timer](http://www.elektormagazine.de/labs/simple-digital-timer)
- **Morse code generator** (Original in Elektor [2])  
[www.elektormagazine.de/labs/morse-code-generator](http://www.elektormagazine.de/labs/morse-code-generator)
- **Exposure timer** (Original in Elektor [3])  
[www.elektormagazine.de/labs/quasi-analog-exposure-timer-for-the-dark-room](http://www.elektormagazine.de/labs/quasi-analog-exposure-timer-for-the-dark-room)
- **Game assistant**  
[www.elektormagazine.de/labs/little-game-assistant](http://www.elektormagazine.de/labs/little-game-assistant)
- **Bathroom ventilation timer**  
[www.elektormagazine.de/labs/timer-for-bathroom-ventilation](http://www.elektormagazine.de/labs/timer-for-bathroom-ventilation)
- **Universal IR remote switch**  
[www.elektormagazine.de/labs/universal-ir-remote-switch](http://www.elektormagazine.de/labs/universal-ir-remote-switch)

## Bauteil-Optionen

Funktion	Rausch- unterdrückung	verbunden	offen	bestückt	Pull-up-Widerstand
X4 zu GP0 ein	C5	SJ2	SJ1	R4 = (1*)	nicht angebracht
X4 zu GP1 ein	C5	SJ1	SJ2	R3 = (1*)	RN1B + SJ4
X2 zu GP2 ein	C4	SJ3	R2	R1 = (1*)	RN1A
X2 zu GP4 ein	C4		SJ3	R2 = (1*)	RN1C
GP0 zu X4 aus		SJ2	SJ1	R4 = 0	
GP1 zu X4 aus		SJ1	SJ2	R3 = 0	
GP2 zu X2 aus		SJ3	R2	R1 = 0	
GP4 zu X2 aus			SJ3	R2 = 0	
GP2 zu X4 aus		Q2 (7*)	SJ3	R1 = 0	
GP0 zu LED3 aus		SJ2	SJ1	R4 = 1 kΩ	
GP1 zu LED3 aus		SJ1	SJ2	R3 = 1 kΩ	
GP2 zu LED4 aus		SJ3	R2	R1 = 1 kΩ	
GP4 zu LED4 aus			SJ3	R2 = 1 kΩ	
R7 zu GP0 ein			SJ2	R4 = 10 kΩ	
R8 zu GP1 ein			SJ1	R3 = 10 kΩ	
GP2 zu LED2 aus			SJ3	R1 = 1 kΩ	
GP2 zu Q2 aus			SJ3	R1 = (2*)	
JP3, P4 ser aus			R4		
JP3, P5 ser ein		SJ4	R3		RN1B
GP5 zu Relais				R6, Q1, D2, Ry1 (3*)	
GP5 zu LD1				R5, LD1 (4*)	
Versorgungsspannung = 8...12 V				C1, IC2, D1	
Versorgungsspannung = 3...5V		D1 (6*)		(5*)	
Versorgung über JP3, P2				(5*)	

(1\*): Im Prinzip 0, aber höhere Werte bieten einen gewissen Schutz für den Eingang.

(2\*): Abhängig von Q2. BS170 (MOSFET): 1 kΩ, BC547 (Transistor): 4,7 kΩ, BC517 (Darlington): 10 kΩ.

(3\*): Die Nennspannung der Relaispule muss je nach Versorgungsspannung gewählt werden.

(4\*): Relais und LED-Ausgang können zusammen verwendet werden.

(5\*): IC2 durch einen Jumper zwischen Eingangs- und Ausgangspins ersetzen.

(6\*): Ersetzen Sie D1 durch eine Brücke.

(7\*): Ersetzen Sie Q2 durch eine Brücke zwischen den Drain- und Gate-Pins.

Wenn kein externer Pull-up für die Eingänge erforderlich ist, wird RN1 nicht montiert.

Wenn nur ein externer Pull-up für GP3/Reset erforderlich ist, wird R9 montiert.

Die Reihenwiderstände für die LEDs sind mit 1 kΩ spezifiziert, aber für hellere LEDs können auch niedrigere Werte erforderlich sein.

## WEBLINKS

[1] R. van Hest, „Einfaches elektronisches Schloss“, Elektor Circuit Special 2023:

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-309/62071>

[2] R. van Hest, „Morsecode-Generator“, Elektor Circuit Special 2023: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-309/62072>

[3] R. van Hest, „Quasi-analoger Belichtungstimer für die Dunkelkammer“, Elektor Summer Circuits 2022:

<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-262/60722>

[4] Projekt auf Elektor-Labs inklusive Download: <https://www.elektormagazine.de/labs/board-for-simple-microcontroller-project>



# Eine winzige Spieldose

Ein modernes Spielzeug mit Vintage-Charakter

Von Bruno Clerc (Frankreich)

Handbetriebene Spieldosen sind großartige, zeitlose Objekte. Lasst uns eine bauen, aber mit einem Twist, indem wir einen Mikrocontroller ATtiny85 verwenden! Dieser Artikel beschreibt die notwendigen Bauteile, den Zusammenbau und optionale Erweiterungen wie den Dual-Speed-Modus oder fröhliche LEDs.

Kleine Kinder sind immer für Überraschungen gut. Dieses Mal hat sich meine Enkelin Paolina in eine leere Salzpackung aus Pappe verliebt. Aber was soll man damit machen? Ich schlug ihr vor, eine handbetriebene Spieluhr daraus zu machen, aber keine mechanische, sondern eine, die auf einem ATtiny85 basiert. Nach dem kleinen Klavier mit berührungsempfindlichen Tasten [1] vom letzten Jahr wird dies das zweite Spielzeug auf ATtiny-Basis sein. Das Ergebnis können Sie in **Bild 1** sehen. Zunächst einmal die Zutatenliste für dieses Rezept. Man nehme:

- > eine Salzverpackung in Röhrenform oder eine andere Pappröhre
- > einen ATtiny85
- > einen Transistor BC550
- > einen 1-k $\Omega$ -Widerstand
- > einen Piezo-Summer
- > einen Drehgeber mit Taster
- > eine 3,7-V-Lithiumbatterie, in diesem Fall eine 18650-Zelle, die aus einem anderen Gerät gerettet wurde
- > zwei 10-nF-Keramik Kondensatoren
- > einen Elektrolytkondensator von etwa 22  $\mu$ F bis 100  $\mu$ F, mindestens 10 V

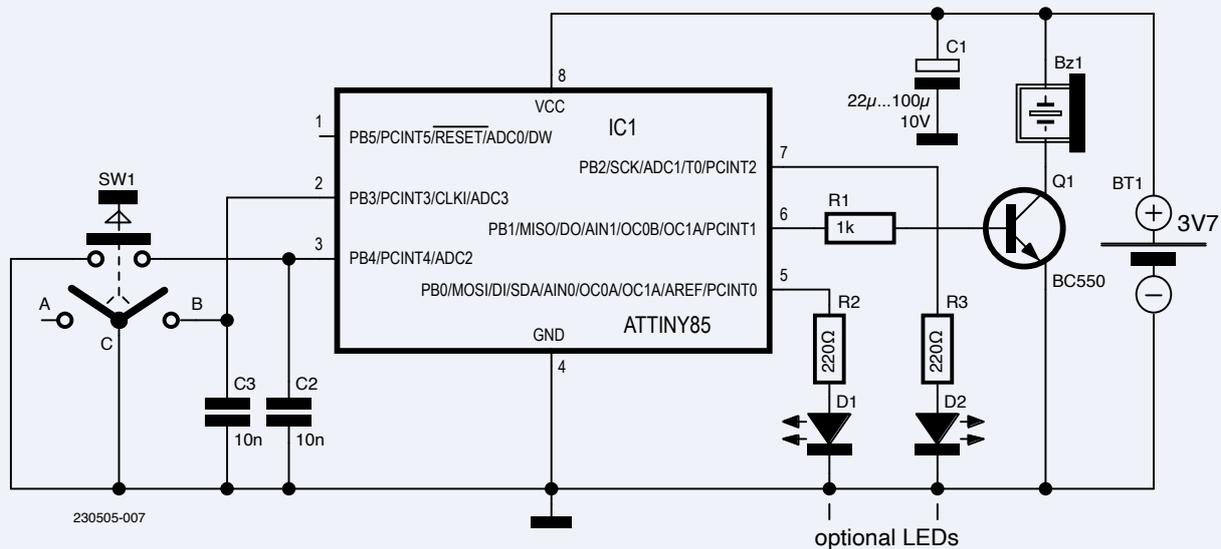
## Prinzip der Spieluhr

Der Zusammenbau ist sehr einfach. Der Schaltplan ist in **Bild 2** zu sehen. Der Drehgeber wird an Pin 2 des ATtiny (PB3) angeschlossen. Ein einziger Pin reicht aus, da wir uns nicht um die Drehrichtung kümmern müssen, sondern nur um die Erfassung der Impulse. Der Summer wird von Transistor Q1 über Pin 6 (PB1) des Mikrocontrollers angesteuert. Der eingebaute Taster des Drehgebers ist mit Pin 3 des ATtiny (PB4) verbunden.

Alles geschieht im Code des Mikrocontrollers. Wenn die Kurbel gedreht wird, erkennt der ATtiny dies und spielt die Melodien ab. In der aktuellen Version stehen vier

Bild 1. Die fertige Spieldose.





Melodien zur Verfügung, aber Sie können weitere hinzufügen, soweit es der Speicher zulässt! Der Taster des Drehgebers hat die Aufgabe, die Melodien zu wechseln. Das Ergebnis ist im Video [2] zu sehen.

### Erweiterungen

Als Option können zwei LEDs an Pin 5 und Pin 7 des ATtiny (PB0 und PB2) angeschlossen werden, die beim Drehen der Kurbel blinken. Es können auch Noten hinzugefügt werden. Der aktuelle Code kennt nur einen Tonumfang von einer Oktave. In der Verwenden Sie die `#define`-Direktive, um die Anzahl der Melodien und das Verhalten der optionalen LEDs anzupassen. Weitere Informationen zur Notengenerierung finden Sie im Elektor-Artikel [1] oder auf der Seite von Elektor Labs [3] zum Tiny Piano.

In der zweiten Version des Programms [4] habe ich einen Modus mit zwei Geschwindigkeiten hinzugefügt. Je nach der Geschwindigkeit, mit der die Kurbel gedreht wird, wird die Musik mehr oder weniger schnell abgespielt. In meiner aktuellen Version gibt es nur zwei Geschwindigkeiten: langsam und schnell. Es liegt an Ihnen, ob Sie einen Modus hinzufügen möchten, bei dem die Geschwindigkeit proportional zur Kurbelgeschwindigkeit ist! Und Sie müssen üben, die Kurbel regelmäßig zu drehen, wenn Sie eine halbwegs anständige Melodie erzeugen wollen.

Programmtechnisch gesehen wird die Geschwindigkeit der Musikwiedergabe durch die Dauer der einzelnen Noten beeinflusst. Dazu wird beim Eintritt in die Interrupt-Routine (ISR) die aktuelle Zeit mit der Funktion `millis()` gespeichert, wenn die Zählervariable `cpt` gleich Null ist. Diese Variable wird dann inkrementiert. Erreicht der Zähler einen vorgewählten Wert, in diesem Fall 20, wird erneut die Funktion `millis()` verwendet, und die verstrichene Zeit wird durch Subtraktion der beiden gespeicherten Werte berechnet. Ist das Ergebnis kleiner als ein empirisch zu ermittelnder Wert (hier 500), bedeutet dies, dass sich die Kurbel schnell dreht. Dann wird die Notendauer durch zwei geteilt. Andernfalls wird

die Notendauer nicht geteilt, und die Melodie wird mit normaler Geschwindigkeit gespielt:

```
if (cpt >= 20) {
  fin = millis();
  cpt = 0;
  temps = fin - debut;
  if (temps <= 500) tempo = 2;
  else tempo = 1;
  temps = 0;
  _delay_ms(2);
}
```

### Stabile Konstruktion

Der Papp-Salzbehälter wurde so zugeschnitten, dass ein 6 cm langes Stück übrig bleibt. Der Durchmesser des Rohrs, etwa 7 cm, ist perfekt für die Aufnahme einer 18650er Lithiumzelle. Als Basis für die Kurbel wird ein alter Potiknopf mit großem Durchmesser verwendet; eine andere Möglichkeit wäre, eine Kurbel 3D zu drucken. Der Summer wird auf die Unterseite eines Metallgitters geklebt, das wiederum an der Öffnung befestigt wird, durch die früher das Salz rieselte (**Bild 3**). Der kleine originale Mechanismus der Salzpackung mit seinem drehbaren Kunststoffteil ermöglicht eine Art analoge Lautstärkeregelung, indem er die Öffnung mehr oder weniger verdeckt.

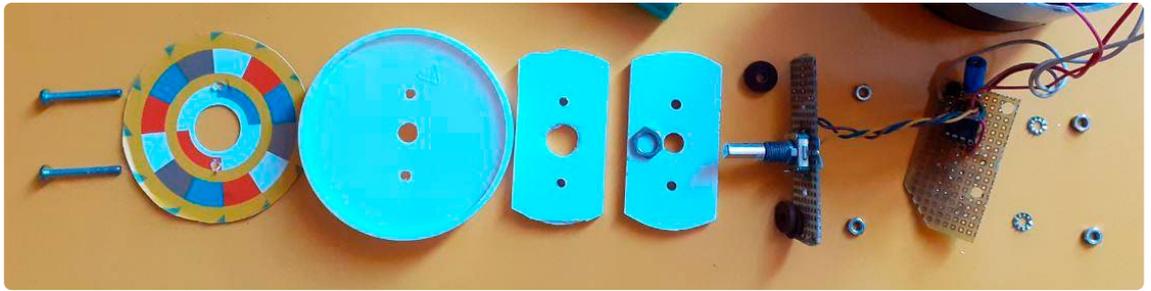


▲  
Bild 2. Der kleine Schaltplan.



◀  
Bild 3. Sehr analoge Lautstärkeeinstellung.

Bild 4. Alle Teile, die für das Oberteil der Spieldose benötigt werden.



Eine Explosionsdarstellung des Aufbaus der Spieldose ist in **Bild 4** zu sehen. Das Oberteil der Spieldose besteht aus dem Kunststoffteil, das vorher das Unterteil der Salzdose war, und umgekehrt.

Achten Sie bei der Montage der Kurbel auf der Welle des Drehgebers auf einen ausreichenden Abstand zwischen Deckel und Kurbelarm, damit Paolina sich nicht die Finger einklemmen kann. Außerdem sollte das Poti nicht bündig mit dem Deckel abschließen, sondern einige Millimeter Spielraum lassen, damit der eingebaute Druckknopf des Encoders gedrückt werden kann.

Ich habe 5 mm dicke Stücke aus weißem Kunststoff als Abstandshalter verwendet, damit die Konstruktion stabiler wird. Ihre Dicke ist nicht kritisch, und sie könnten durch eine einzelne 10 mm dicke Platte oder ähnliches ersetzt werden.

Der Kurbelsockel ist breit genug, um die Köpfe der beiden Maschinenschrauben zu verbergen, mit denen die Abstandshalter, die Oberseite des Gehäusedeckels und die beiden Lagen Lochraster zusammengehalten werden. Eine Platine dient als mechanische Stütze und beherbergt nur die beiden 1-nF-Kondensatoren zur Entprellung der Encoderkontakte, während die zweite Platine den ATtiny in seinem DIP8-Gehäuse in seinem Sockel trägt. Diese Anordnung ist in **Bild 5** und **Bild 6** zu sehen.

Auf der Unterseite der Spieluhr wird der Summer vor die oben erwähnte Öffnung und das Gitter geklebt. Ein kleines Akkulademodul auf Basis eines TP4056 oder ein ähnliches Ladegerät mit einem USB-C-Anschluss wird auf den Boden geklebt, wobei der USB-Anschluss von außen durch eine Öffnung im Kunststoff zugänglich ist. Ein Schiebeschalter vervollständigt die Baugruppe (**Bild 7**). Der Akku sitzt oben auf diesem Stapel und wird mit Klebeband und Schaumstoffstücken fixiert.

Weitere Fotos, das ATtiny-Programm und viele andere Projekte von mir finden Sie auf Elektor Labs [4].

SG - 230505-02

Bild 5. Zusammenbau des Oberteils, ohne Kurbel.

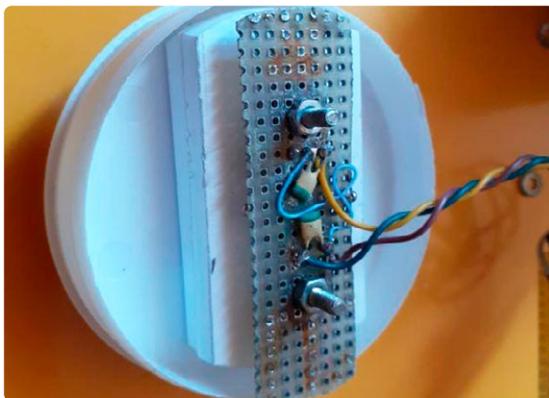


Bild 6. Die Mikrocontroller-Platine wird hinzugefügt.

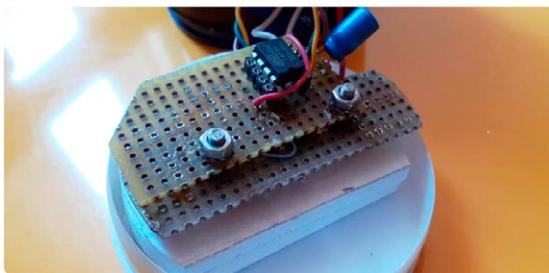


Bild 7. Der Akku, das USB-Ladegerät und der Ein/Aus-Schalter befinden sich im unteren Teil.



### Über den Autor

Bruno Clerc entdeckte dank seines älteren Bruders die Elektronik im Alter von zwölf Jahren. Neugierig auf alles und begierig nach Wissen beschloss er, in Bordeaux Elektronik zu studieren. Er erkundete verschiedene Bereiche und arbeitete in Niederspannungsanlagen, in der Luftfahrt und in anderen Bereichen. Zunächst konzentrierte sich Bruno auf die Wartung alter Hi-Fi-Geräte, was er auch heute noch tut. Doch vor ein paar Jahren änderte sich alles, als sein Bruder ihm einen Arduino UNO schenkte. Diese kleine Geste war der Beginn eines unglaublichen Abenteuers für Bruno, der schnell zu „Arduino47“ wurde. Seitdem hat Bruno einige der unendlichen Möglichkeiten der Mikrocontroller-Programmierung erforscht. Heute entwirft er unter dem Pseudonym „Arduino47“ spielerische Baugruppen, wobei er seine Kreativität hauptsächlich mit recycelten Materialien zum Ausdruck bringt.

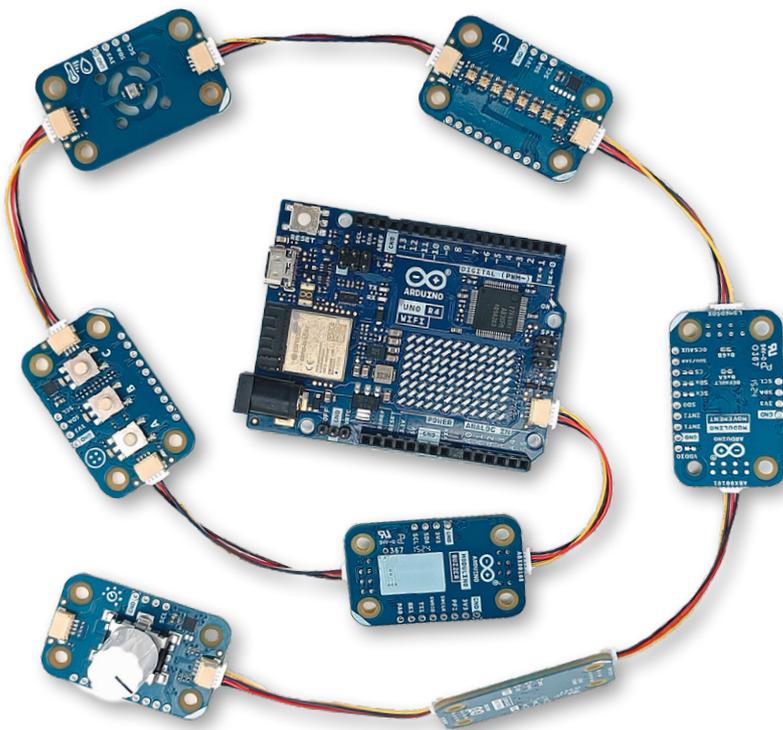


# 05 Plug-and-Make-Kit

Ein modulares Konzept für Arduino

Von Clemens Valens (Elektor)

Das Arduino-Plug-and-Make-Kit ermöglicht es, Erweiterungsmodule auf einem I<sup>2</sup>C-Bus für schnelles Prototyping mit Arduino zu nutzen. Das neue Konzept, das sich an Einsteiger und Maker gleichermaßen richtet, ermöglicht es dem Benutzer, schnell intelligente, Cloud-basierte, vernetzte IoT-Anwendungen zu erstellen.



▲ Bild 1. Modulino sind in Reihe geschaltet und kommunizieren über I<sup>2</sup>C.

Das ursprüngliche Arduino-Konzept wurde vor etwa fünfzehn Jahren entwickelt. Es basierte auf einer Mikrocontrollerplatine mit Erweiterungsplatinen, den so genannten Shields, die auf die Hauptplatine aufgesteckt wurden. Ein Shield fügt Funktionalität in Form eines Sensors, eines Motortreibers, eines Relais oder etwas ganz anderem, zum Beispiel eines Display hinzu. Shields können übereinander gestapelt werden, um ein kompaktes, gestapeltes Mikrocontroller-System zu schaffen. Dadurch wurde und wird Arduino zu einem

praktischen Werkzeug für die schnelle Entwicklung von Prototypen. Im Laufe der Jahre haben Arduino-Benutzer Hunderte - wenn nicht Tausende - von Shields entwickelt.

## Phoenix aus der Asche: der I<sup>2</sup>C-Bus

Die Technik entwickelt sich jedoch ständig weiter, und der altherwürdige I<sup>2</sup>C-Bus, der schon bei der Geburt von Arduino etwas verstaubt wirkte und in Vergessenheit geraten war, hat sich inzwischen zu einem De-facto-Standard für den Anschluss aller möglichen Komponenten an Mikrocontroller entwickelt. Heute gibt es eine Fülle von I<sup>2</sup>C-basierten Erweiterungsmodulen, mit denen Sie schnell Anwendungen erstellen können, indem Sie sie an den I<sup>2</sup>C-Port des Mikrocontrollers anschließen.

## Nur Narren ändern nie ihre Meinung

Der Arduino UNO hatte schon immer einen I<sup>2</sup>C-Anschluss. Ursprünglich war er ein bisschen wie ein Peripheriegerät, das zufällig verfügbar war, bevor es seine eigenen Pins auf der Erweiterungsleiste erhielt. In der neuesten Version, dem UNO R4 WiFi, erhielt der I<sup>2</sup>C-Port einen eigenen Anschluss, der kompatibel mit der Qwiic-Spezifikation von SparkFun ist. Mit dem neuen Plug-and-Make-Kit hat Arduino nun den I<sup>2</sup>C-Bus vollständig für schnelles Prototyping übernommen. Das Stapeln von Shields ist natürlich auch weiterhin möglich.

## Plug-and-Make-Kit

Das Plug-and-Make-Kit basiert auf dem Arduino UNO R4 WiFi und einer Familie von Erweiterungsmodulen namens Modulino (Singular wie Plural). Ein Modulino bietet eine Funktion wie einen Sensor, eine Taste, eine oder mehrere LEDs, und so weiter. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Artikels gibt es sieben davon (von innen nach außen in **Bild 1**) mit den Namen *Buzzer* (Summer), *Buttons* (Tasten), *Thermo* (Temperatur und Feuchte), *Pixels* (LED-Reihe), *Movement* (Bewegung), *Distance* (Abstand) und *Knob* (Drehknopf). Die Modulino werden nicht an die Erweiterungsstecker des Shields angeschlossen, sondern an den Qwiic-I<sup>2</sup>C-Port des UNO R4 WiFi. Modulino können in Reihe geschaltet werden, um komplexere Anwendungen zu erstellen.

## Cloud-Unterstützung und IoT

Ähnliche Systeme gibt es zwar schon seit einigen Jahren, aber das Plug-and-Make-Kit von Arduino geht noch ein Stück weiter. Erstens wird das Plug-and-Make-Kit

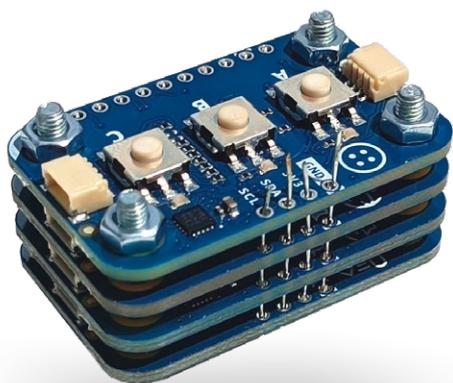


Bild 2. Modulino können auch gestapelt werden.

aufgrund der pädagogischen Wurzeln von Arduino durch eine Cloud-basierte Lernumgebung unterstützt. Diese soll dem Benutzer nicht nur einen schnellen Einstieg ermöglichen, sondern ist auch die Basis für seine IoT-Anwendungen. Es ist offensichtlich, dass viel Aufwand betrieben wurde, um die Nutzung der Cloud so einfach wie möglich zu gestalten.

### Modulino-Funktionen

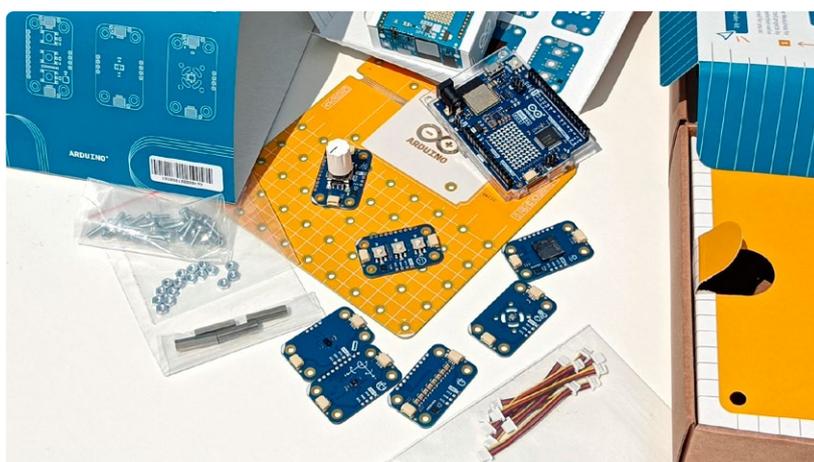
Der zweite Unterschied zu anderen I<sup>2</sup>C-basierten Prototyping-Systemen besteht darin, dass die Modulino-Knoten auch mit anderen Arduino-Boards und Systemen von Drittanbietern verwendet werden können, da der winzige proprietäre Qwiic-Verbinder durch einen gewöhnlichen vierfachen 0,1"-Verbinder umgangen werden kann. Bei Bedarf können Sie sogar einfach ein Modulino mit einem anderen System verbinden, indem Sie Drähte anlöten. Denken Sie aber stets daran, dass Modulino 3,3 V benötigt.

### Momentmal, da ist noch eine andere MCU...

Ein dritter interessanter Unterschied ist, dass Modulino, die mit einem Baustein ohne I<sup>2</sup>C-Anschluss ausgestattet sind, zum Beispiel einem Taster oder einem Summer, mit Arm Cortex-M0-Mikrocontrollern des Typs STM32C011F4 ausgestattet sind, der den I<sup>2</sup>C-Anschluss bereitstellen. Einige der Pins dieser MCU sind über eine Reihe von Kontakten an der Seite des Modulino zugänglich. Daher kann dieser Modulino unabhängig und sogar als Hauptcontroller in einer Modulino-Kette verwendet werden.

### Trotzdem stapeln

Arduino hat das Stacking-Konzept aber nicht ganz aufgegeben, denn auch Modulino kann gestapelt werden. Dies ist möglich, da sie alle die gleiche Grundfläche (oder den gleichen Formfaktor, wenn Sie das bevorzugen) mit dem oben erwähnten lötbaren I<sup>2</sup>C-Port an der gleichen Position haben. Auf diese Weise können Sie ein kleines, gestapeltes Gerät erstellen, das beispiels-



weise aus den Modulino Buttons, Buzzer, Movement und Thermo besteht (**Bild 2**). Das Anwendungsprogramm kann entweder auf der MCU von Buttons oder Buzzer (oder auf beiden) ausgeführt werden.

### Erste Schritte

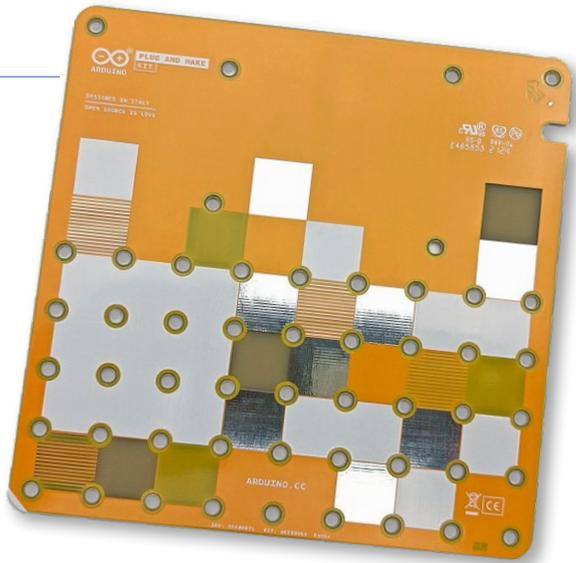
Für den Einstieg in dieses neue Konzept hat Arduino ein Kit zusammengestellt, das einen Arduino UNO R4 WiFi, die sieben oben genannten Modulino und eine Modulino-Basis enthält. Die Basis ist eine 14 cm x 14 cm große Platine, auf die Sie den UNO R4 WiFi und die für Ihre Anwendung benötigten Modulino montieren können. Schrauben, Muttern und vier Abstandshalter sind im Lieferumfang enthalten. Das Kit enthält auch Qwiic-Verbindungskabel und ein USB-C-Kabel (mit einem USB-C-auf-A-Adapter, nicht in **Bild 3** gezeigt).

▲  
Bild 3. Das ausgepackte Plug-and-Make-Kit. Das USB-C-Kabel ist nicht sichtbar.

▼  
Bild 4. Die Verpackung des Kits ermöglicht die Aufbewahrung des zusammengebauten Systems.



Bild 5. Die Rückseite des Basis-Modulino ist ein wahres Kunstwerk.



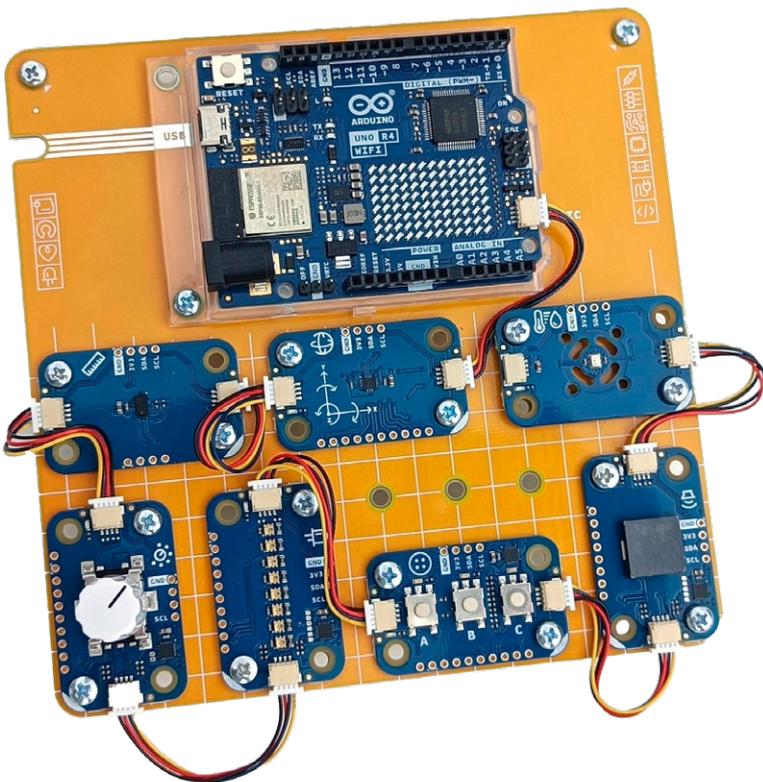
### Qualität zeigt sich im Detail

Arduino neigt stets dazu, viel Zeit und Mühe auf die Qualität des Produkts, das Aussehen und die Details zu verwenden, und das Plug-and-Make-Kit bildet da keine Ausnahme. Das merkt man sofort, wenn man die Schachtel öffnet. Alles sieht großartig aus, passt perfekt, und nichts wirkt billig gemacht. Zum Beispiel ist der Drehknopf auf dem Knob-Modulino gut gestaltet. Der Druck auf den Platinen ist sauber und gut lesbar. Alle Boards haben Orientierungsmarken (eine weiße Ecke). Der Pappträger für die Modulino-Basis ist mit Löchern und Schnittmarkierungen versehen, so dass Sie ihn zur Aufbewahrung Ihres zusammengebauten Projekts in der mitgelieferten Schachtel verwenden können (Bild 4).

Bild 6. Die Montage aller sieben Modulino auf der Basis ist ein Kinderspiel.

### Lob für das PCB-Artwork

Als Ingenieur mit starkem Interesse an Platinendesign konnte ich nicht umhin, das Artwork auf der Rückseite



der Modulino-Basis zu bewundern (Bild 5), ein farbenfrohes geometrisches Muster, das aus Quadraten besteht. Die Farbe eines Quadrats wird durch die (plattierte) Kupferschicht der Platine, die Lötstoppschicht und zwei Siebdruckschichten bestimmt, anstatt einen Vollfarbsiebdruck aufzutragen (was einige Pooling-Dienste inzwischen vorschlagen). Einige Farben werden durch das „Mischen“ von Schichten erzielt. Das gefällt mir sehr gut!

### Die Modulino-Basis ist ein wenig eng

Alle Modulino-Knoten können miteinander verbunden werden, aber keines der vorgeschlagenen Projekte erfordert die gleichzeitige Verwendung aller Knoten. Deshalb könnte die Grundplatte etwas eng werden, wenn man versucht, alle sieben Modulino zu montieren und zu verbinden (Bild 6). Auch gibt es nicht genügend Schrauben (24) und Muttern (20), um alle 36 Befestigungslöcher (einschließlich der vier Abstandhalter) zu sichern. Dies ist jedoch kein Problem, da zwei Schrauben pro Modulino und für den UNO R4 WiFi ausreichen. Denken Sie daran, dass Sie, wenn Sie Ihre eigene Idee mit allen sieben Modulino entwickeln, zwei von ihnen an Abstandhaltern in einer Ecke befestigen müssen. Sobald Sie die Module auf der Basis verschraubt haben, wird das Verbinden der Module untereinander zu einer kleinen Herausforderung, da es sehr knapp zugeht. Es ist machbar, aber Sie können auch nur den Modulino, den Sie benötigen, neu verschrauben, wenn Sie die Konfiguration ändern.

### In der Cloud

Ich habe mein Plug-and-Make-Kit an meinen Computer angeschlossen und dann die Content-Plattform Arduino Plug and Make in meinem Browser aufgerufen. Um darauf zuzugreifen, müssen Sie sich mit Ihrem Arduino-Cloud-Konto anmelden. Wenn Sie noch kein (kostenloses) Konto haben, müssen Sie zunächst eines erstellen.

In der Cloud habe ich einfach auf *Welcome* geklickt (Bild 7). Dies führte mich durch den Prozess der Einrichtung meines Kits, genauer gesagt, des UNO R4 WiFi-Boards. Ich stieß auf keine nennenswerten Schwierigkeiten und fuhr mit dem Importieren meiner ersten Vorlage fort. Auch das ging reibungslos, und ich fand mich mit einem Pixels-Modulino wieder, das einen bunten Regenbogen zeigte. Durch Drehen des Knopfes konnte ich den Regenbogen nach oben und unten bewegen und auch das Streifenmuster, das auf der LED-Matrix des UNO R4 WiFi angezeigt wurde, nach links oder rechts verschieben. Das Einzige, was ich eingeben musste, um so weit zu kommen, waren die Anmeldedaten für mein häusliches WLAN.

Es ist übrigens interessant, warum ich diese Demo und keine andere gewählt habe (habe ich?). Es gibt sechs Kombinationen zur Auswahl (Bild 8). Man wählt eine Demo aus, indem man zwei Modulino aus einer Liste von möglichen Kombinationen verbindet. Da ich aber alle

sieben verbunden hatte, hatte ich alle möglichen Kombinationen ausgewählt, und die Demo, die ich bekam, ist (zufällig?) die letzte in der Liste.

## Einen Fehler entdeckt und behoben

Nun war es an der Zeit, ein Demoprojekt auszuprobieren. Es gibt sieben davon, und ich entschied mich für Sonic Synth. Für jede Demo wird die Zeit geschätzt, die für die Fertigstellung eines Projekts benötigt wird. Sonic Synth dauert etwa 35 Minuten.

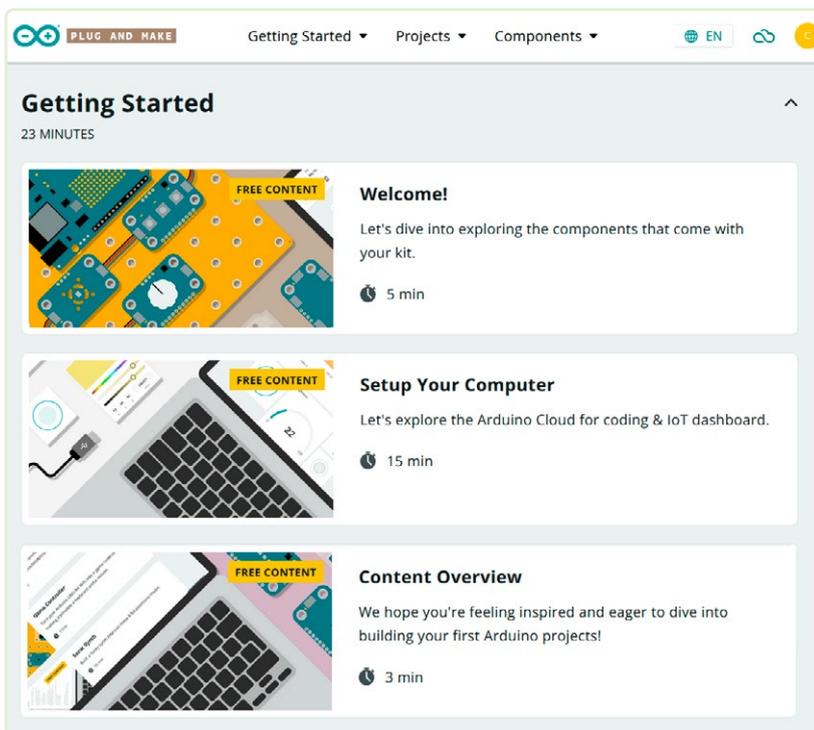
Sonic Synth verwendet nur vier Modulino (Buttons, Buzzer, Knob und Pixels), aber ich habe es mit allen sieben zusammen versucht. Um die Demo zu laden, müssen Sie die entsprechende Vorlage importieren, sich vom aktuellen Projekt lösen und den UNO R4 WiFi mit der neuen Vorlage verbinden. Das bedeutet, dass Sie Ihre Netzwerk-Anmeldeinformationen erneut eingeben müssen. Nachdem ich alle Schritte durchlaufen hatte, passierte nichts. Kein Ton. Und nachdem ich die überflüssigen Modulino entfernt und das Kit neu gestartet hatte, gab es immer noch keinen Ton.

Ein erneuter Versuch, die Vorlage zu laden, war nicht möglich, da ich das Limit meines kostenlosen Cloud-Plans erreicht hatte. Das Löschen der ersten Demo-Vorlage löste dieses Problem. Ein Neueinsteiger würde nicht vor demselben Problem stehen, da er sein kostenloses Arduino-Cloud-Kontingent noch nicht aufgebraucht hat. Nachdem ich die Projektschritte noch einmal durchlaufen hatte, konnte ich endlich einen Ton erzeugen, wenn ich die Drucktasten drückte. Die Frequenz und Dauer des Tons werden über Schieberegler im Cloud-Dashboard gesteuert. Obwohl sie am Anfang des Projekts aufgeführt sind, kommen Knob und Pixels erst im zweiten Schritt des Projekts ins Spiel.

## Benutzererfahrung

Das Herumspielen mit dieser Demo hat mir zwei Dinge gezeigt:

1. Mit Plug and Make Kit geht es darum, in wenigen Minuten ein intelligentes, vernetztes Gadget zu bauen, ohne Vorkenntnisse über IoT und Programmierung. So sehr Arduino die Erfahrung auch vereinfacht hat, wenn etwas schiefgeht, muss man immer noch in die Cloud-Umgebung eintauchen können, um Hinweise und Möglichkeiten zur Problembehebung zu finden.
2. Ich persönlich habe das Gefühl, dass die Modulino-Basis beim Experimentieren und Herumspielen mehr im Weg steht als hilfreich ist. In einem Klassenzimmer kann sie helfen, die Hardware zu schützen, aber die Neukonfiguration des Systems ist ein bisschen mühsam. Kürzere Schrauben würden helfen, aber ideal wäre eine Art von Klemmsystem. Außerdem ist das UNO R4 WiFi für die kurzen Qwiic-Kabel zu weit rechts positioniert. Daher habe ich es vorgezogen, ohne die Grundplatte zu arbeiten.



## Klassischer Arduino

Das Arduino-Plug-and-Make-Kit ist auf IoT-Anwendungen mit Cloud-Anbindung ausgerichtet. Hinter der Arduino-Cloud verbirgt sich die Arduino-Programmierungsumgebung. Sie können den Quellcode Ihrer Anwendungen einsehen und ändern, indem Sie den Tab *Sketch* öffnen. Wenn Sie dies für das Sonic-Synth-Projekt tun, sehen Sie einen recht einfachen Arduino-Sketch, der eine Modulino-Bibliothek importiert (**Bild 9**). Diese Bibliothek ist auch im Bibliotheksmanager der klassischen Offline-Arduino-IDE von verfügbar. Sie sind also nicht gezwungen, mit dem Plug-and-Make-Kit IoT-Anwendungen in und für die Cloud zu entwickeln. Es steht Ihnen frei, damit zu tun, was Sie wollen.

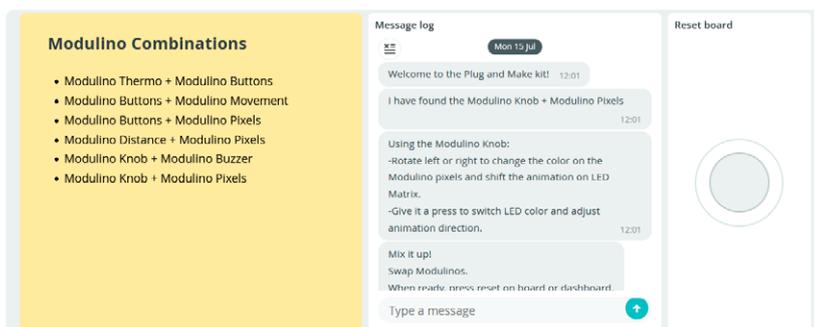
## Wettbewerb

Wie zu Beginn dieses Artikels erwähnt, ist das Konzept des Arduino-Plug-and-Make-Kit nicht neu, aber es fügt ein paar interessante Dinge hinzu. Das wahrscheinlich erste I<sup>2</sup>C-basierte Prototyping-System ist Grove von



Bild 7. Die Plug-and-Make-Kit-Startseite in der Arduino-Cloud.

Bild 8. Die Getting-Started-Demo hängt davon ab, welche Modulino-Kombination Sie gewählt haben.



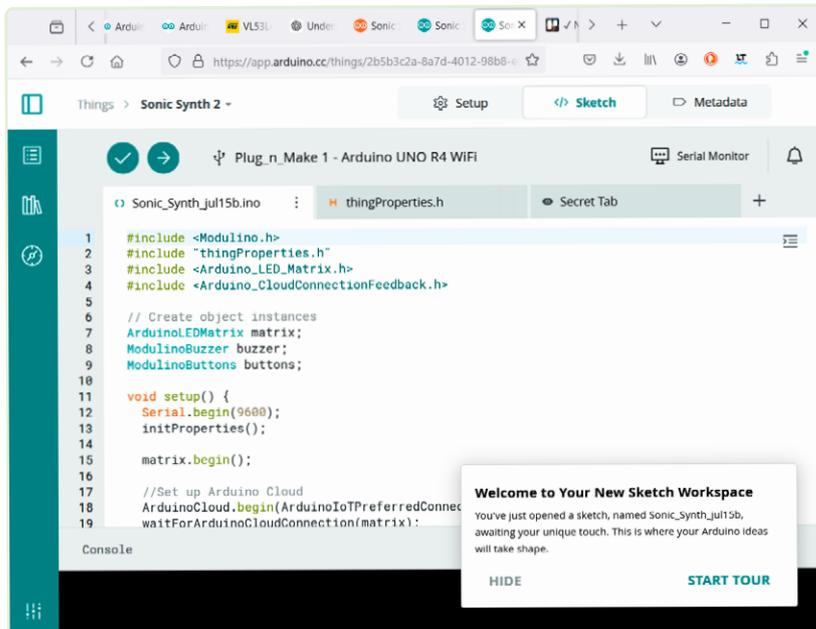


Bild 9. Am Anfang des Sonic-Synth-Sketches ist eine Modolino-Bibliothek eingebunden.

Seed Studio (eigentlich ist es ein bisschen mehr). Das Hauptproblem des Grove-Systems ist der proprietäre Steckverbinder mit einem Raster von 2 mm, den es verwendet. Grove wurde von anderen Herstellern kopiert, die alle den Grove-Stecker durch ihren eigenen, nicht standardisierten oder schwer zu lötenen/zu findenden Stecker ersetzt haben. Beispiele sind der Stemma von Adafruit und der Qwiic von Sparkfun, aber es gibt noch mehr. Arduino hat der Community einen Gefallen getan, indem es die Modolino-Knoten neben einem Qwiic-Anschluss auch mit einem normalen (sprich: für Maker zugänglichen) I<sup>2</sup>C-Anschluss ausgestattet hat.

### BBC micro:bit?

Während ich mit dem Plug-and-Make-Kit herumspielte, musste ich unweigerlich an den BBC micro:bit denken. Dabei handelt es sich um ein kleines Mikrocontroller-Board, das Kinder in die Programmierung und Elektronik einführen soll. Es richtet sich an ein noch jüngeres Publikum (10+) als das Plug-and-Make-Kit (14+). Beide Boards/Systeme haben ähnliche Funktionen: einen Arm Cortex-M4 Mikrocontroller, drahtlose Funktionen, eine LED-Matrix, mehrere Sensoren, die an einen I<sup>2</sup>C-Bus angeschlossen sind, einen Summer, Drucktasten und Cloud-basierte Programmierung und IoT-Anwendungen. Der Hauptunterschied besteht darin, dass der BBC micro:bit all dies auf einer einzigen Platine integriert, während das Plug-and-Make-Kit aus acht Platinen

besteht (die Grundplatte zählt nicht, da sie keine elektrische Funktion hat und nur der Organisation von Projekten dient). Wenn Sie also etwas Kleineres wollen, schauen Sie sich den BBC micro:bit an.

### Eine neue Art, Arduino zu verwenden

Mit dem Arduino-Plug-and-Make-Kit wird eine neue Art der Nutzung von Arduino eingeführt. Anstatt Shields auf einer Grundplatte zu stapeln, werden die Erweiterungs-module (Modulino) über einen I<sup>2</sup>C-Bus verkettet. Dieser Bus wird durch den dem Kit beiliegenden Arduino UNO R4 WiFi bereitgestellt. Ein Basis-Modulino ermöglicht es, die verschiedenen Modulino und den UNO R4 WiFi sicher zu verbinden und ein transportables System zu schaffen. Das Plug-and-Make-Kit verkörpert alles, was wir von Arduino erwarten: Ästhetik und qualitativ hochwertige Hard- und Software (auch wenn sie zum Zeitpunkt des Schreibens noch nicht zu 100 % einsatzbereit war, da ich ein Muster des Produkts vor der Markteinführung erhalten hatte). Das Kit richtet sich an Elektronik-Neulinge, Bastler und Maker und wird durch eine umfangreiche Online-Dokumentation, Beispielprojekte und Tools in der Arduino-Cloud unterstützt.

Die neue Modulino-Produktlinie könnte meiner Meinung nach ein gewisses Potenzial haben, vor allem, wenn Unterstützung für den in einigen von ihnen verwendeten STM32-Mikrocontroller bereitgestellt wird (Schaltpläne, Bibliotheken und Bootloader). Arduino plant, in Zukunft weitere Modulino-Knoten herauszubringen, kann aber im Moment keine weiteren Details bestätigen. Der Wettbewerb in der I<sup>2</sup>C-Arena ist heftig!

RG — 240384-02

### Sie haben Fragen oder Kommentare?

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



### Passende Produkte

- > **Arduino Plug and Make Kit**  
[www.elektor.de/20920](http://www.elektor.de/20920)
- > **Clemens Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino (Elektor)**  
Buch, Paperback, englisch: [www.elektor.de/17967](http://www.elektor.de/17967)  
E-Buch, PDF, englisch: [www.elektor.de/18217](http://www.elektor.de/18217)

### WEBLINKS

[1] Arduino Plug and Make Kit: <https://store.arduino.cc/products/plug-and-make-kit>

[2] Arduino Plug and Make in der Cloud (erfordert Anmeldung beim Arduino-Dienst): <https://courses.arduino.cc/plugandmake>

# 06 Owon XDM1141 Tischmultimeter

## Hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis

Von Harry Baggen (Niederlande)

Jeder Elektronikingenieur mit einem Heimlabor hat wahrscheinlich schon einmal nach einem Tischmultimeter gesucht, um seine Ausstattung zu erweitern. Ein solches Gerät muss viele Funktionen und gute Spezifikationen bieten und zugleich erschwinglich sein. In diesem Fall könnte das Owon XDM1141 eine gute Wahl sein!



Bild 1. Das Owon XDM1141 wird mit Netzkabel, USB-Kabel, Prüfspitzen und Krokodilklemmen geliefert.

Das XDM1141 (**Bild 1**) ist das neueste preisgünstige Tischmultimeter des chinesischen Herstellers Owon. In den letzten Jahren hat sich dieses Unternehmen auf Messgeräte spezialisiert, die vergleichsweise gute Qualität zu einem sehr erschwinglichen Preis bieten. Ein Tischmultimeter ist in einem Heimlabor oft die bessere Wahl als ein Handmultimeter, da das Gerät stationär zwischen den anderen Geräten platziert werden kann. Es ist auch mit einem Netzteil ausgestattet, sodass man es problemlos den ganzen Tag eingeschaltet lassen kann. Das Owon XDM1141 ist der Nachfolger des bekannten XDM1041, das bei Elektronikenthusiasten sehr beliebt ist. Es hat viele Funktionen seines Vorgängers übernommen, ist aber nun in einem (meiner Meinung nach) besseren Gehäuse untergebracht.

### Hardware

Das Kunststoffgehäuse ist sauber verarbeitet und mit den Abmessungen von 20 × 8,8 × 15 cm etwas tiefer als sein Vorgänger XDM1041. Dies hat den Vorteil, dass das Messgerät stabiler auf dem Tisch steht, obwohl man das Gehäuse immer noch festhalten muss, wenn

man eine Taste drückt, um ein Verrutschen zu verhindern. Die Frontplatte und alle Tasten sind identisch mit denen des XDM1041, die Optionen und Einstellungen sind ebenfalls gleich geblieben. Es gibt eine Stütze am Boden, mit der die Vorderseite des Messgeräts leicht angehoben werden kann.

Die Rückseite des Geräts zeigt einen Netzanschluss (einschließlich eines Halters für die Netzsicherung) und einen USB-Anschluss zur Verbindung mit einem PC (**Bild 2**). Mit der Windows-Software, die von der



Bild 2. An der Seite ist Platz für einen Lüfter, der aber bei diesem Messgerät nicht benötigt wird.



Bild 3. Das Display ist hell und auch aus einem Winkel gut ablesbar.

Owon-Webseite heruntergeladen werden kann, können Sie das Messgerät an Ihrem Computer bedienen und ablesen. Neben den üblichen Messfunktionen gibt es auch eine Datenaufzeichnungsfunktion, die es ermöglicht, Messwerte manuell oder automatisch zu speichern. Im Automatikmodus kann der Benutzer die Intervallzeit und die Anzahl der aufzuzeichnenden Messungen (maximal 1000) einstellen.

### Möglichkeiten des Owon XDM1141

Das große und klare Display mit einer Auflösung von 480 320 Pixeln zeigt den Messwert und die Funktionen der rechts vom Display befindlichen Softkeys an (Bild 3). Die Helligkeit ist in vier Stufen einstellbar. Der maximale Messwert beträgt 55.000 (4,5 Stellen). Die Messrate kann auf niedrig, mittel und hoch eingestellt werden. Bei niedrig beträgt sie etwas mehr

Bild 4. Im internen Speicher können bis zu 1000 Messwerte untergebracht werden.

NO	MODE	VALUE
1	DCV	5.2488VDC
2	DCV	5.2489VDC
3	DCV	5.2489VDC
4	DCV	5.2489VDC
5	DCV	5.2488VDC
6	DCV	5.2488VDC
7	DCV	5.2489VDC
8	DCV	5.2489VDC
9	DCV	5.2488VDC

als eine Messung pro Sekunde und bei hoch etwa 2,5 Messungen/s. Die Autoranging-Funktion arbeitet gut, benötigt jedoch einiges an Zeit: Es kann einige Sekunden dauern, bis der richtige Bereich gefunden ist und der Messwert angezeigt wird. Auch bei Kapazitätsmessungen muss man Geduld haben; bei größeren Elektrolytkondensatoren (100  $\mu$ F und mehr) erhöht sich die Messzeit schnell auf mehr als 10 s.

Die Utility-Taste bietet Zugriff auf verschiedene Einstellungen, zum Beispiel Displayhelligkeit, Art des Temperatursensors, den maximalen Widerstand für den Durchgangsprüfer, bei dem dieser reagieren muss, und die maximale Durchlassspannung für den Diodentester. Es gibt auch Einstellungen für eine serielle Schnittstelle, die sich auf den USB-Anschluss bezieht. Der Summer erzeugt einen ziemlich lauten Piepston, kann aber im Menü zum Schweigen gebracht werden. Schade ist, dass alle vorgenommenen Einstellungen beim Ausschalten nicht erhalten bleiben; soweit ich festgestellt habe, wird nur die Displayhelligkeit gespeichert. Schließlich gibt es auch eine Zeiteinstellung für die eingebaute Uhr mit Backup-Batterie.

Mit der Dual-Taste können Sie zusätzlich zur Wechselspannung die Frequenz anzeigen. Durch erneutes Drücken dieser Taste wird die Spannungs- und Frequenzanzeige auf dem Display gewechselt. Die Math-Taste bietet die Möglichkeit, den maximalen, minimalen und durchschnittlichen Wert unter dem Messwert auf dem Display anzuzeigen. Es gibt auch eine dB-Funktion, bei der der Lastwiderstand eingestellt und eine relative Messung durchgeführt werden kann.

### Genauigkeit des XDM1141

Um die Genauigkeit des Owon XDM1141 zu testen, habe ich es mit zwei professionellen Messgeräten mit einem Grundfehler von 0,02 % und 0,03 % verglichen. In allen Bereichen ist die Genauigkeit hervorragend und liegt deutlich innerhalb der Spezifikationen. Besonders die Messung von Gleichspannung ( $V_{DC}$ ) ist ausgezeichnet (besser als der angegebene Grundfehler von 0,05 %). Bei Wechselspannungsmessungen (AC) stellte ich fest, dass das Messgerät im Automatikmodus keinen Wert unter 50 mV im AC-Spannungsbereich anzeigt (Bild 4). Wenn man dagegen manuell auf den mVAC-Bereich umschaltet, werden Werte unter 50 mV bis etwa 5 mV korrekt angezeigt. Bei der Verwendung der Dual-Funktion ( $V_{AC} + \text{Freq.}$ ) beginnt die Frequenzanzeige ab etwa 190 mV zu arbeiten. Der angezeigte Wert bleibt bis etwa 4 kHz genau; er dann nimmt der Fehler langsam zu. Das ist viel besser als der von Owon angegebene Wert (bis zu 1 kHz).

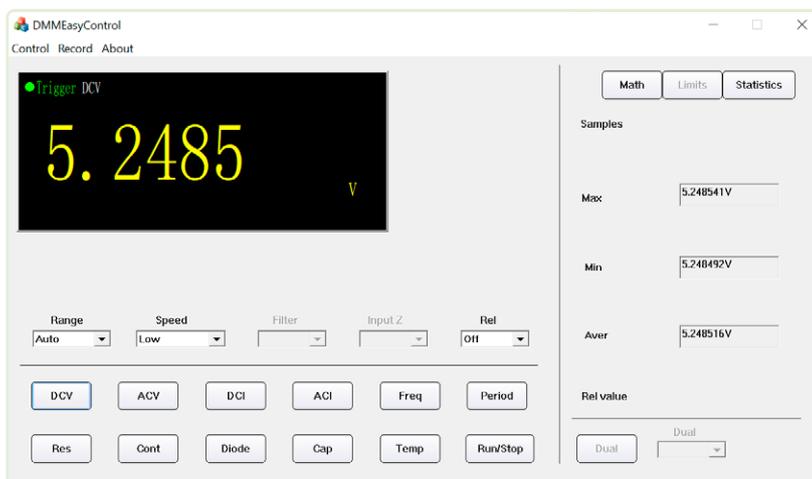
Für die Frequenz-/Periodenzeitmessung ist eine minimale Eingangsspannung von etwa 380 mV<sub>eff</sub>

erforderlich, um einen stabilen Frequenzwert zu erhalten. Bei höheren Frequenzen nimmt die Empfindlichkeit des Eingangs ab, aber mit etwa  $1 V_{\text{eff}}$  kann der versprochene Bereich von 60 MHz noch erreicht werden (solche Frequenzen sind mit zwei Bananenbuchsen als Eingänge nicht einfach zu messen). Gleich- und Wechselstrommessungen bleiben innerhalb der Spezifikationen von Owon (0,15 % beziehungsweise 0,5 %). Sehr schön ist die hohe Auflösung der Strommessung von  $0,01 \mu\text{A}$ . Widerstandsmessungen sind ebenfalls genau, normalerweise innerhalb von 0,1 %. Kapazitätsmessungen zeigen etwas größere Abweichungen, die nahe an den Herstellerspezifikationen liegen (2,5 % und 5 % bei größeren Werten), aber damit haben viele Multimeter zu kämpfen (die einzige Lösung hierfür wäre ein gutes LCR-Meter). Das Messgerät kann Werte unter etwa 600...700 pF nicht messen; es bleibt einfach auf null stehen (aus irgendeinem Grund funktioniert es, wenn man die Rel-Funktion aktiviert). Temperaturmessungen sind ebenfalls möglich. Man kann zwischen einem K-Typ-Thermoelement und einem PT100-Sensor wählen. Ich habe diese Funktion nur kurz mit einem Thermoelement ausprobiert, aber mangels einer geeigneten Referenz die Genauigkeit nicht überprüft. Bei Raumtemperatur zeigte das Display mindestens einige Grad zu wenig an.

## Software

Auf der Owon-Website [1] steht das Windows-Programm *DMMEasyControl* zum Download bereit. Damit kann man das Messgerät bequem vom PC aus steuern und ablesen. Um das Programm zu nutzen, muss zunächst die NI-VISA-Software von National Instruments heruntergeladen und installiert werden, ein Paket, das von mehreren Messgeräteherstellern als Grundlage ihrer Software verwendet wird.

*DMMEasyControl* ist, wie der Name andeutet, ein recht einfaches Programm, mit dem Sie alle Funktionen des Messgeräts steuern können (**Bild 5**). Es gibt eine Datenaufzeichnungsfunktion, um eine Anzahl von Messwerten auf einem Excel-Sheet über den PC zu speichern, und die im XDM1141 gespeicherten Messreihen können auch über *Device data export* in ein Excel-Blatt übertragen werden. Das XDM1141 kann außerdem mit SCPI-Befehlen gesteuert werden. Owon bietet zu diesem Zweck ein umfangreiches Handbuch mit einer Erklärung aller Befehle.



## Exzellente Leistung, geringe Kosten

Das Owon XDM1141 hat viel zu bieten für das Geld, das man dafür bezahlt. In dieser Preisklasse gibt es nur wenige Multimeter, die so viele Optionen und eine so gute Genauigkeit kombinieren. Leider treten auch kleinere Unvollkommenheiten auf, beispielsweise das Nicht-Speichern der Einstellungen und das Fehlen der Anzeige für geringe AC-Eingangsspannungen und Kapazitäten. Mit einem Firmware-Update lassen sich diese Probleme wahrscheinlich lösen. Trotz dieser kleinen Kritikpunkte ist das Tischmultimeter XDM1141 von Owon preislich attraktiv und leistungsstark. ◀

SE – 240268-02



## Passendes Produkt

> **Owon XDM1141 Multimeter**  
[www.elektor.de/20671](http://www.elektor.de/20671)

▲  
 Bild 5.  
 Mit *DMMEasyControl*  
 kann das Messgerät vom  
 Computer aus gesteuert  
 werden.

## WEBLINKS

[1] Produkt-Webseite mit Software-Download: <https://tinyurl.com/4p37mr54>



# Abschwächer mit automatischer Bereichseinstellung

Ein Attenuator für Quereinsteiger

Von Tam Hanna (Ungarn)

Messen ist eine der faszinierendsten Aufgaben im Bereich der Elektronik – zumindest dann, wenn man wie der Autor kein Audiophiler ist. Die folgenden Schritte zeigen einen grundlegenden Abschwächer für ein Voltmeter - und sollen auch zu weiteren Experimenten animieren.

Allgemein gilt, dass Abschwächer oder Attenuatoren, wie sie international heißen, Wesen mit zwei Herzen sind. Herz Nummer eins ist die Generierung eines Signals, das den Bereich des Analog-Digital-Wandlers optimal ausnützt (aber diesen Bereich auch nicht überschreiten darf, um Beschädigungen der Hardware zu vermeiden). Herz Nummer zwei ist der Schutz der Auswerteschaltung. Multimeter-Tester erwarten von Multimetern heute geradezu herkuleische Widerstandskraft (siehe zum Beispiel [1]). Im Allgemeinen lässt sich dieses Ziel dadurch erreichen, dass die in das Bauteil fließenden Ströme eng limitiert sind. Hierzu sei ein Blick auf die in **Bild 1** gezeigte Schaltungstopologie empfohlen.

Aufgabe des Abschwächers wäre in diesem Fall die Beschränkung des in die Schutzdioden fließenden Stroms. Für die Praxis sei an dieser Stelle angemerkt, dass sich der in eventuelle Schutzschaltungen fließende Strom naturgemäß negativ auf die Genauigkeit des Messsystems auswirkt [2]. Manche Schaltungen auf Basis von FETs brillieren an dieser Stelle ebenfalls – Servicehandbücher älterer Multimeter taugen zur Inspiration.

## Mit dem Klackern des Reedrelais

Renesas spezifiziert in der Application Note AN028 zwei Topologien, wobei die praktische Erfahrung des Autors zeigt, dass die in **Bild 2** schematisch gezeigte Topologie A weit verbreitet ist. Für die Dimensionierung von Abschwächern dieses Typs sei auf [3] verwiesen.

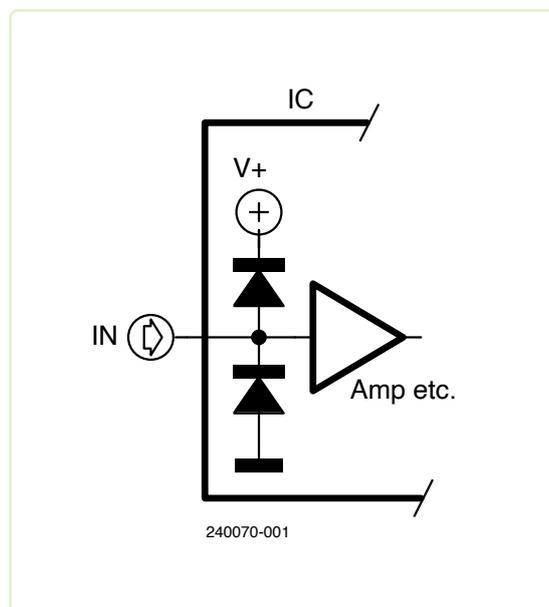


Bild 1. Die beiden (parasitischen) Schutzdioden sind Teil der Strombegrenzung.

Der wichtigste Vorteil dieser Topologie ist der konstante Widerstand gegenüber der Last. „Analogpapst“ Robert Allen Pease beschrieb in seinem Referenzwerk *Troubleshooting Analog Circuits* Probleme, die durch mechanische Bereichswahlschalter und die dadurch verursachten Stromänderungen entstehen. Die Widerstände der Reedrelais dagegen sind in der Praxis weniger lästig, als man es auf den ersten Blick annimmt. Der Grund dafür ist vor allem der sehr geringe durch sie fließende Strom; insbesondere beim Einsatz eines Puffers zwischen Abschwächer und dem ADC. Zu guter Letzt gibt es heutzutage, anders als zu Pease' Zeiten, die Möglichkeit, diese Fehler leicht in der Software zu kompensieren.

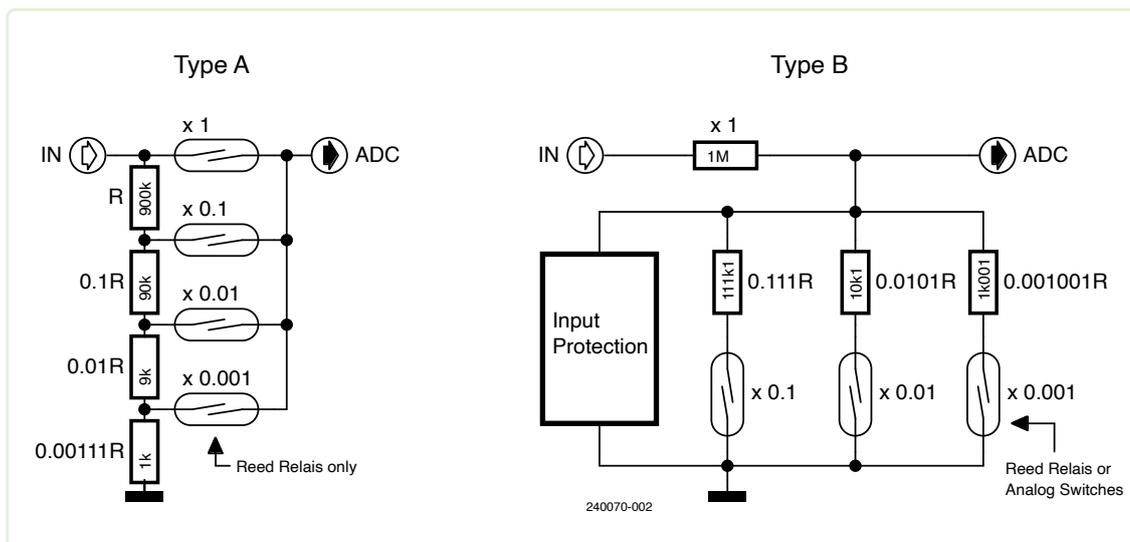


Bild 2. Die gebräuchliche Topologie A setzt die Nutzung hochwertiger Analogschalter voraus. (Bildquelle: Renesas)

### Klackero Forte!

Eine praktische Beispielimplementierung für den ESP32 ist im **Bild 3** gezeigt. Wegen der vergleichsweise geringen Ansprüche setzte der Autor hier auf zwei vergleichsweise preiswerte Relais aus dem Hause Songle Relay. Wichtig ist vor allem, das Prinzip des Break-before-make zu beachten. Dieses Abbauen und Aufbau der Verbindungen in den Relais nimmt allerdings etwas Zeit in Anspruch. Wichtig ist, das komplette Öffnen des einen Kontakts abzuwarten, bevor sich der andere aktiviert. Ein weiterer Vorteil wäre die Verwendung eines Pufferkondensators vor dem Eingang des ADC. Im Idealfall findet sich dann noch ein Verstärker ein, der die Impedanzen sauberer voneinander trennt. Ursache dafür ist, dass verschiedene ADCs mitunter erhebliche Eingangsstromspitzen verursachen.

Obwohl der hier gezeigte Abschwächer viel Anlass zur Verbesserung bietet, zeigt er die grundlegenden Vorgehensweisen beim Schaltungsentwurf. Der Autor wünscht viel Vergnügen bei eigenen Experimenten. ◀

RG — 240070-02

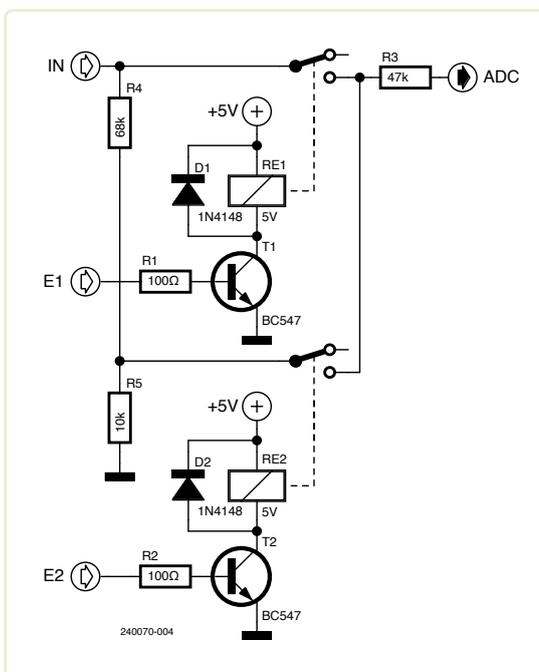


Bild 3. Ein primitiver, aber funktionierender Abschwächer.

### Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Bitte wenden Sie sich per E-Mail an den Autor unter [tamhan@tamoggemon.com](mailto:tamhan@tamoggemon.com) oder die Elektor-Redaktion unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de).

### Mit ruckeliger, aber konstanter Fahrt!

Im Bereich der Messtechnik ist ein konstanter, vergleichsweise hoher Fehler einem variablen, aber geringeren Fehler vorzuziehen. Ursache dafür ist die Möglichkeit, das System durch die Software zu kalibrieren.

### WEBLINKS

- [1] DMM Information And Reviews: <https://lygte-info.dk/info/indexDMMReviews%20UK.html>
- [2] Vom geheimen Leben der Dioden: <https://holzleitner.com/el/picoampere/index-de.html>
- [3] The Design Of Meter (And Oscilloscope) Attenuators: <https://sound-au.com/articles/meter-atten.htm>

# ESP32-C2- Knopfzellenschalter

Hardware-Entwurf und -Optimierung

Von Zhang Wei (Espressif)

Mit der schnellen Entwicklung des Smart-Home-Marktes steigt die Nachfrage nach drahtlosen Schaltern mit geringer Stromaufnahme und hoher Effizienz. Dieser Artikel stellt eine innovative Lösung vor, einen Schalter auf Basis des ESP32-C2 mit Energieversorgung durch eine Knopfzelle, der darauf abzielt, Probleme durch verzögerte Reaktion und die Notwendigkeit zusätzlicher Gateways zu bewältigen, mit denen andere, auf Technologien wie Bluetooth LE und Zigbee beruhende drahtlose Schalterlösungen häufig konfrontiert sind.

Der ESP32-C2 ist ein kostengünstiger Chip mit Wi-Fi 4 und Bluetooth 5 (LE), der mit einem Single-Core-RISC-V-Prozessor (32-bit, 272 KB SRAM und 576 KB ROM) ausgestattet ist. Er wurde für einfache, hochvolumige IoT-Anwendungen mit niedriger Datenrate entwickelt.

Der ESP32-C2-basierte Knopfzellenschalter (**Bild 1**) verwendet ein innovatives Hardware-Design, das auf Einfachheit und lange Batterielebensdauer abzielt. Er eignet sich für Steuerungsanwendungen mit schneller drahtloser Kommunikation (zum Beispiel ESP-NOW). Der Schalter bietet mehrere Vorteile gegenüber alternativen drahtlosen Schaltern:

- Die Größe des mit Knopfzellenbatterien betriebenen Geräts ist gering und unterstützt vielseitige Produktformfaktoren wie Klebeschalter, Mehrstastenschalter, Touch-Schalter und Drehschalter.
- Der ESP32-C2 bleibt komplett ausgeschaltet, wenn er nicht benutzt wird, so dass eine einzige CR2032-Knopfzelle bis zu fünf Jahre halten kann (bei zehn Betätigungen am Tag).

In diesem Artikel gehen wir umfassend auf die Details der Implementierung des ESP-Knopfzellenschalters ein und zeigen, wie gut er die Anforderungen moderner Smart-Home-Technologie erfüllt.

Knopfzellenbatterien wie die häufig verwendete CR2032 dienen als weit verbreitete Energiequelle für IoT-Geräte. Knopfzellenbatterien sind für ihre kompakte Baugröße und ihr geringes Gewicht bekannt und eignen sich gut für kleine und vor allem leichte elektronische Geräte, ohne dass sie deren Gewicht und Volumen stärker beeinflussen würden. Dank ihrer relativ hohen Energiedichte können sie viel Energie in einem kleineren Volumen speichern, was zu einer längeren Nutzungsdauer führt. Außerdem weisen Knopfzellenbatterien eine geringere Selbstentladung auf, das heißt, sie behalten ihre Ladung auch bei längerem Nichtgebrauch. Mit einer relativ stabilen Ausgangsspannung während der Entladung spielen Knopfzellenbatterien eine wichtige Rolle bei der Gewährleistung eines normalen Betriebs von Geräten. Aufgrund ihrer Bauweise bieten sie jedoch in der Regel nur eine geringe Stromabgabe,

so dass sie für Geräte mit hohem Stromverbrauch ungeeignet sind.

So stellen beispielsweise die Eigenschaften von WLAN-Geräten bei der Anwendung in Bereichen mit niedrigem Stromverbrauch zwei große Herausforderungen dar. Einerseits macht es der hohe Empfangsstrom dem Chip schwer, den Dauerbetrieb im Empfangszustand aufrechtzuerhalten. Andererseits kann der hohe Strom, der während der Übertragung von Paketen fließt, die Spannungsstabilität der Chip-Stromversorgung beeinträchtigen, was zu einem Reset des Chips führen kann. In diesem Artikel stellen wir das Design eines auf dem ESP32-C2 basierenden Knopfzellenschalters vor, der diese Herausforderungen durch eine ausgewogene Kombination aus Software und Hardware meistert, was zu einer beeindruckenden Batterielebensdauer führt.

Der Artikel ist in zwei Hauptabschnitte unterteilt. Erstens untersuchen wir das Hardware-Design und geben Hinweise zur Auswahl der Geräte. Zweitens bewerten wir verschiedene Techniken zur Verringerung des Stromverbrauchs und der



Bild 1. Der ESP32-C2-basierte Knopfzellenschalter in seinem Gehäuse.



Boot-Zeit und vergleichen die Leistung mit Messergebnissen.

## Schaltungsentwurf

Das übergeordnete Ziel des Schaltungsdesigns ist es, eine robuste und kostengünstige Lösung zu finden, die die Leistungsanforderungen des ESP32-C2 erfüllt und gleichzeitig die Leistung des Geräts und die Batterielebensdauer optimiert. Die Zusammenarbeit mit erfahrenen Hardware-Ingenieuren und die Verwendung geeigneter Komponenten und Techniken können zu einem erfolgreichen Schaltungsentwurf führen, der die spezifischen Anforderungen des batteriebetriebenen WLAN-Schalters erfüllt. Beim Entwurf der Schaltung müssen sowohl die Produktionskosten als auch die erforderliche Leistung berücksichtigt werden. **Bild 2** zeigt eine vereinfachte Ansicht des Schaltungsentwurfs des Knopfzellenschalters.

Aus Bild 2 ist ersichtlich, dass die Tasten nicht wie üblich mit GPIOs verbunden sind. Stattdessen handelt es sich um Schalter, die die Stromversorgung des Knopfzellenschalters steuern (das bedeutet, dass das Gerät eingeschaltet und Aufgaben entsprechend der Software erst ausgeführt werden, wenn der Schalter gedrückt wird. Wird der Knopf losgelassen, ist die Stromversorgung vollständig unterbrochen. Diese Schaltung unterstützt bis zu fünf Tasten. Durch Auslesen des Spannungspegels am IO-Port kann die Software erkennen, welche Taste gedrückt wird.

## Aufwärtswandler

Der ESP32-C2 benötigt eine Betriebsspannung von 3,3 V, die höher ist als die von der Knopfzelle bereitgestellte Spannung. Daher muss eine Boost-Schaltung (Aufwärtswand-

ler) entwickelt werden, um die Spannung zu erhöhen. Die Stabilität der Stromversorgung wirkt sich direkt auf die Paketübertragungsleistung und die Gesamtstabilität des Geräts aus. Um eine effiziente Leistungsumwandlung mit minimalem Leistungsverlust zu gewährleisten, die Batterielebensdauer des Geräts zu optimieren und zudem gute HF-Eigenschaften zu erzielen, sollte der Aufwärtswandler sehr sorgfältig konzipiert werden.

Die Schaltung sollte eine stabile und zuverlässige Stromversorgung für den ESP32-C2 bereitstellen, damit dieser sowohl im aktiven als auch im Ruhezustand optimal funktioniert. Darüber hinaus sollte das Schaltungsdesign Faktoren wie Stromverbrauch, Wärmeabgabe und Effizienz berücksichtigen, um das richtige Gleichgewicht zwischen Leistung und Stromverbrauch zu finden.

Die Knopfzellenbatterie kann als eine Spannungsquelle betrachtet werden, deren Innenwiderstand beim Entladen schnell zunimmt. Anfänglich beträgt der Innenwiderstand etwa  $10 \Omega$ , kann aber gegen Ende des Entladezyklus auf bis zu mehrere hundert Ohm ansteigen. Der ESP32-C2 als zu versorgendes Gerät benötigt aber eine Stromquelle, die einen Ausgangsstrom von 500 mA oder mehr liefern kann. Zudem kann die Restwelligkeit der Stromversorgung die HF-Sendeleistung erheblich beeinflussen.

Bei der Messung der Restwelligkeit der Stromversorgung ist es wichtig, diese unter normalen Bedingungen während der Paketübertragung zu testen. Die Stromversorgungswelligkeit kann je nach den Änderungen des Leistungsmodus variieren. Eine höhere Paketübertragungsleistung kann zu größerer Welligkeit führen.

Um die Auswirkungen des hohen Innenwiderstands der Knopfzellenbatterie entgegenzuwirken, sollte die Mindestanforderung an die Eingangsspannung des Aufwärtswandlers so niedrig wie möglich sein und gleichzeitig ein hoher Wirkungsgrad beibehalten werden.

Für dieses Design wurde der SGM6603 als Boost-Chip ausgewählt, wie in **Bild 3** dargestellt. Er bietet eine minimale Eingangsspannung von nur 0,9 V und einen maximalen Schaltstrom von 1,1 A. Damit ist er geeignet, die Spannung der Knopfzellenbatterie effizient zu erhöhen, um die Leistungsanforderungen des ESP32-C2 zu erfüllen.

## Kondensator-Auswahl

Es gibt zwei Gruppen von Kondensatoren, die mit der Stromversorgung verbunden sind: die Kondensatoren vor und nach dem Boostregler. Die Kondensatoren nach dem Aufwärtswandler sind normalerweise parallel zum Stromeingang des WLAN-Moduls geschaltet und haben die Aufgabe, die Ausgangsspannung zu stabilisieren und den Spannungsabfall während der Paketübertragung zu reduzieren. Größere Kondensatoren führen zu einer gleichmäßigeren Spannungsänderung in der Stromversorgung des Chips. Andererseits folgt die Spannung an diesen Kondensatoren der Stromversorgungsspannung des Chips. Wenn der WLAN-Chip mit Strom versorgt wird, werden die Kondensatoren aufgeladen, und wenn der Chip ausgeschaltet wird, ist diese Gruppe von Kondensatoren vollständig entladen. Daher kann die Verwendung übermäßig großer Kondensatoren zu einer geringeren Systemeffizienz führen. Es ist daher wichtig, ein Gleichgewicht zwischen der Größe der Kondensatoren und der Effizienz des Systems zu finden.

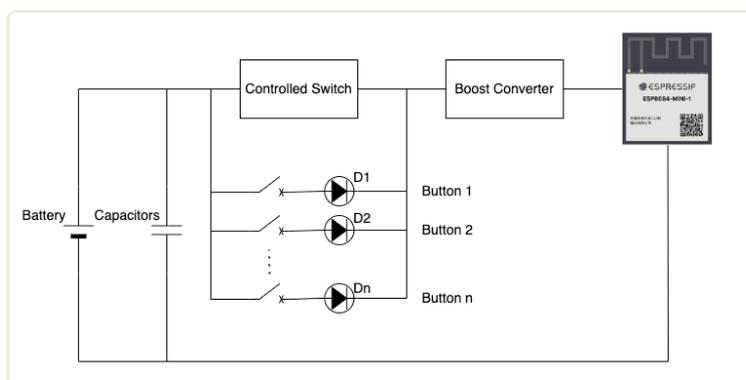


Bild 2. Vereinfachte Schaltung des Knopfzellenschalters.

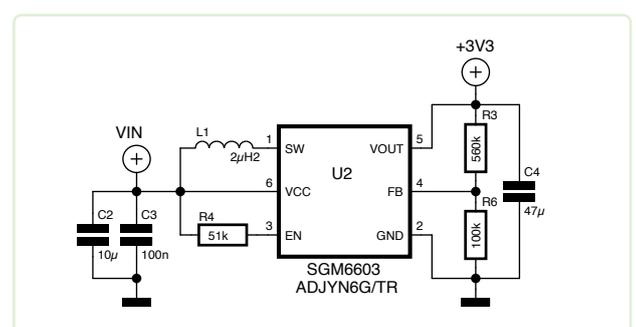


Bild 3. Der Aufwärtswandler SGM6603 begnügt sich mit einer minimalen Eingangsspannung von 0,9 V und bietet einen maximalen Schaltstrom von 1,1 A.

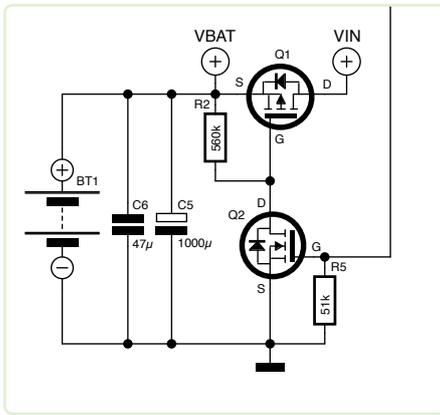


Bild 4. Der Entwurf enthält einen gesteuerten Leistungsschalter, der aus zwei MOSFETs besteht.

Die Kondensatoren vor dem Aufwärtsregler sind parallel zur Batterie geschaltet. Ihre Hauptfunktion besteht darin, den Momentanstrom aus der Batterie zu reduzieren. In Zeiten hohen Stroms fungieren die Kondensatoren als primäre Stromquelle, während in Zeiten niedrigen Stroms die Batterie zur Hauptstromquelle wird und die Kondensatoren lädt. Wenn der Hochsetzsteller nicht in Betrieb ist, ist der Leckstrom des Kondensators der einzige Strom in der Schaltung. In Anbetracht des Volumens und des Leckstroms sind Festkörperelektrolytkondensatoren und Aluminium-Elektrolytkondensatoren die erste Wahl. Ein 1000- $\mu$ F-Elektrolytkondensator hat zum Beispiel einen Leckstrom von nur etwa 1  $\mu$ A bei 3 V Spannung.

### Gesteuerter Leistungsschalter

In Anwendungen, bei denen die Betriebslebensdauer des Geräts in Jahren gemessen wird, wird der Standby-Strom (Leckstrom) im Ruhezustand zu einem kritischen Faktor, der die Gesamtlebensdauer des Geräts beeinflusst. Um diesem Problem zu begegnen, enthält der vorliegende Entwurf einen gesteuerten Leistungsschalter, der aus zwei MOSFETs besteht (Bild 4). Dieser Schalter ermöglicht es dem Chip, die Verbindung zur Batterie aktiv zu schließen oder zu öffnen und so das Stromversorgungsmodul und das HF-Modul effektiv von der Batterie zu trennen, wenn das Gerät nicht in Gebrauch ist. Die beiden MOSFETs sind elektronische Schalter, die hohe Ströme und Spannungen verarbeiten können.

Der vollständige Aufbau der Schaltung ist in Bild 5 dargestellt. Wenn das Gerät eingeschaltet werden muss, wird eine Taste gedrückt, die einen leitenden Pfad für den Chip bereitstellt, um ihn einzuschalten. Gleichzeitig tastet der ADC des Chips die Spannung ab, um festzustellen, welche Taste gedrückt wurde.

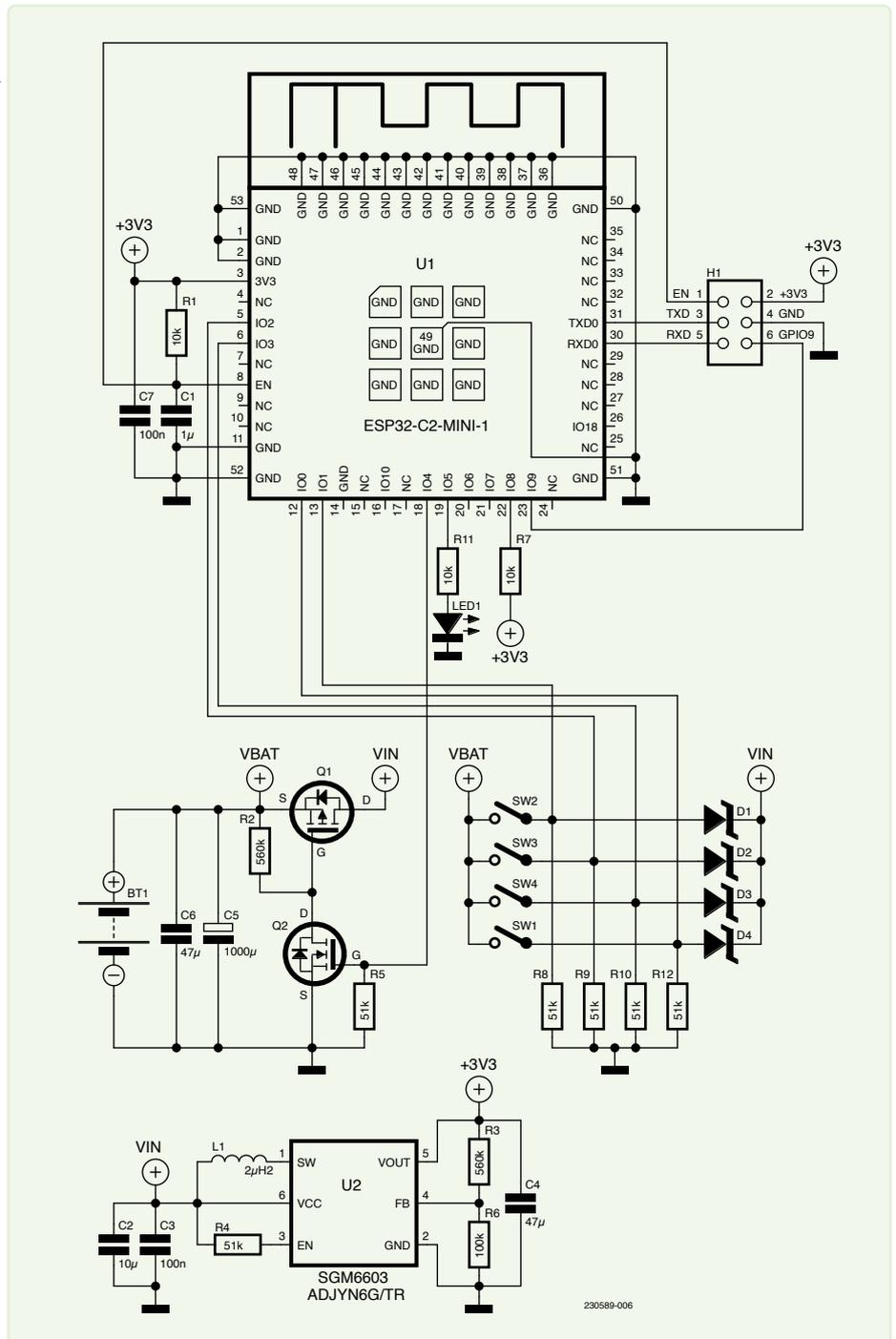


Bild 5. Schaltung des Knopfzellenschalters.

Dieser gesteuerte Stromschalter gewährleistet ein effizientes Energiemanagement, das den unnötigen Energieverbrauch während der Leerlaufzeiten reduziert und die Gesamtlebensdauer der Batterie des Geräts verlängert. Durch die vollständige Abschaltung des Netzteils und der HF-Module bei Nichtgebrauch wird der Standby-Strom des Geräts minimiert, was seine Langlebigkeit und Verwendbarkeit in verschiedenen Anwendungen der Consumer-Elektronik optimiert. Zusätzlich zu den oben genannten Komponenten enthält die Schaltung auch das ESP32-C2-Minimalsystem und eine LED-Anzeigeleuchte.

### Software-Optimierung

Der WiFi-Initialisierungsprozess eines WLAN-Chips umfasst mehrere Phasen, vom Einschalten bis zum Abschluss der Signalübertragung. Wir haben eine gründliche Analyse jeder Phase und ihrer jeweiligen Dauer durchgeführt. Standardmäßig umfasst der Chipstart den Boot-, den Wi-Fi-Initialisierungs- und den Wi-Fi-Startprozess. Davon nimmt die Boot-Initialisierung die längste Zeit in Anspruch, und der Wi-Fi-Start führt zu dem höchsten kurzfristigen Stromverbrauch. Um die Bootzeit und den Stromverbrauch zu reduzieren, können die folgenden Optimierungen durchgeführt werden:

**Tabelle 1. Energieeigenschaften vor Optimierung des Initialisierungsprozesses**

Aktion	Dauer (ms)	Durchschnittliche Leistung (mW)	Energieaufnahme (mJ)
Boot	490,7	50,8	24,9
Wi-Fi Init	162,5	59,6	9,68
Wi-Fi Start	51,3	263,0	13,5

**Tabelle 2. Energieeigenschaften nach Optimierung des Initialisierungsprozesses**

Aktion	Dauer (ms)	Durchschnittliche Leistung (mW)	Energieaufnahme (mJ)
Boot	34,1	42,6	1,45
Wi-Fi Init	3,44	68,1	0,23
Wi-Fi Start	7,93	104,5	0,83

wir, diese Technologie in die Matter-Standards (früher bekannt als Project CHIP) zu integrieren, um eine flexible Steuerung mehrerer Geräte und die Zusammenarbeit mit Geräten mit herkömmlicher Stromversorgung zu ermöglichen.

Die Knopfzellen-Schalterlösung erhöht den Komfort und die Effizienz im Bereich des Smart Home und des Internets der Dinge. Das optimierte Design und die effiziente Energieverwaltung sorgen für eine lange Batterielebensdauer und bieten dem Benutzer eine zuverlässige und dauerhafte Steuerung von intelligenten Geräten. ◀

RG – 240375-02

### 1. Deaktivieren der Protokollierung:

Wir haben die Protokollierungsausgänge deaktiviert, um die Ausführungszeit und die Stromaufnahme während des Bootvorgangs und des normalen Betriebs zu minimieren. Die entsprechenden Konfigurationen sind:

```
CONFIG_BOOT_ROM_LOG_ALWAYS_OFF=y  
CONFIG_BOOTLOADER_LOG_LEVEL_NONE=y  
CONFIG_LOG_DEFAULT_LEVEL_NONE=y
```

### 2. Aktivieren der Kompileroptimierung:

Dazu gehörende Konfigurationen sind:

```
CONFIG_BOOTLOADER_COMPILER_OPTIMIZATION_PERF=y  
CONFIG_COMPILER_OPTIMIZIERUNG_PERF=y
```

**3. Flash-Prüfung:** Wir haben die Flash-Verifikation deaktiviert, da sie für unseren Betrieb nicht notwendig war. Die zugehörige Konfiguration lautet:

```
CONFIG_BOOTLOADER_SKIP_VALIDATE_ALWAYS=y
```

### 4. Informationen zur Wi-Fi-Kalibrierung:

Um eine häufige Wi-Fi-Kalibrierung zu vermeiden, haben wir die Wi-Fi-Kalibrierungsinformationen im nichtflüchtiger Speicher (NVS) gespeichert und die Kalibrierung auf `NONE` gesetzt. Die entsprechende Konfiguration lautet:

```
CONFIG_ESP_PHY_RF_CAL_NONE=y
```

**5. QIO-Flash-Modus aktivieren:** Da der ESP32-C2 diesen Modus unterstützt, sollten wir ihn aktivieren, um die Geschwindigkeit, mit der der Code aus dem Flash geladen oder ausgeführt wird, im Vergleich zum Standard-DIO-Modus fast zu verdoppeln. Es hätte mehr Auswirkungen auf die Bootzeit,

wenn die Firmware größer ist. Die zugehörige Konfiguration ist:

```
CONFIG_ESPTOOLPY_FLASHMODE_QIO=y
```

Werfen Sie einen Blick auf **Tabelle 1** und **Tabelle 2**. Durch die Implementierung dieser Optimierungen in der Anwendung `ESP-NOW coin_cell_demo [1]` konnten wir den Energieverbrauch während des Initialisierungsprozesses von 48,1 mJ auf 2,51 mJ reduzieren. Außerdem verringerte sich die Initialisierungszeit von 704,5 ms auf 45,5 ms. In der Demo des Knopfzellenschalters haben wir zusätzlich zu den Optimierungen der Konfiguration die Anwendung vor jeder Übertragung für 30 ms in einen leichten Schlaf versetzt. Wie bei der Auswahl der Kondensatoren erwähnt, sind die Kondensatoren parallel zur Batterie geschaltet. Während des Ruhezustands wird die Batterie zur Hauptstromquelle und lädt die Kondensatoren auf. Mit einer Ladezeit von 30 ms können die Kondensatoren fast vollständig aufgeladen werden, so dass sie genügend Strom für die nachfolgende Übertragung liefern können. Durch diese Technik wird die Robustheit des Softwarebetriebs weiter verbessert.

### Abschließende Überlegungen

Der ESP32-C2-Knopfzellenschalter bietet eine bequeme und vielseitige Möglichkeit, intelligente Geräte zu steuern. Der Knopfzellenschalter nutzt das flexible Powermanagement des ESP32-C2 in Verbindung mit einem kreativen Hardware-Design. Er basiert auf dem Wi-Fi-Protokoll und ermöglicht eine einfache Kommunikation mit anderen Geräten, die mit Espressif-Chips ausgestattet sind. Für die Zukunft planen

### Über den Autor

Zhang Wei ist derzeit ein leitender Anwendungsingenieur bei Espressif Systems. Als erfahrener Software-Ingenieur mit über zwei Jahrzehnten Erfahrung in den Bereichen eingebetteter Systeme, drahtloser Netzwerke und IoT-Entwicklung findet er gerne einfache und saubere Lösungen für Probleme. Er hat einen Bachelor-Abschluss in Elektro- und Computertechnik und einen Master-Abschluss in Knowledge Engineering von der National University of Singapore. Sein Fachwissen wurde durch Tätigkeiten bei Technologieunternehmen wie STMicroelectronics, Greenwave Systems und dormakaba digital erweitert. Neben der Arbeit mag Zhang Wei Fußball und Reisen.

### Sie haben Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel haben, wenden Sie sich bitte an den Autor [zhang.wei@espressif.com](mailto:zhang.wei@espressif.com) oder an das Elektor-Redaktionsteam unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de).



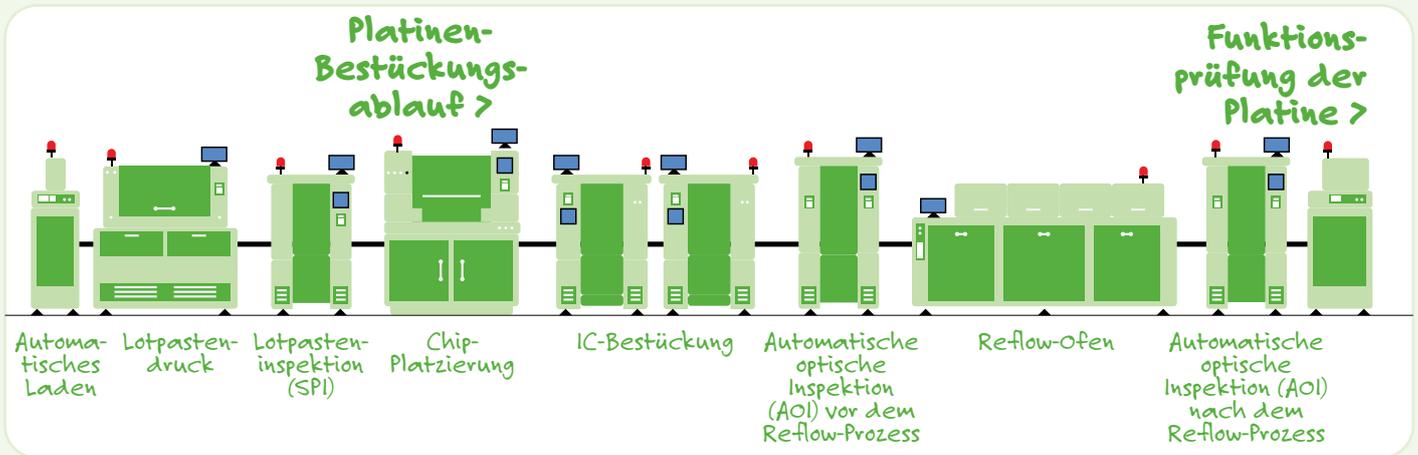
### Passende Produkte

➤ **ESP32-Produktpalette von Espressif**  
[www.elektor.de/espressif](http://www.elektor.de/espressif)

### WEBLINK

[1] Demo Knopfzellenschalter mit ESP-Now: <https://tinyurl.com/esp-now-coin-cell>

### Die Bestückung von SMDs



Die Bestückung in der *Surface Mount Technology* (SMT) ist ein mehrstufiger Prozess, der Präzision, Automatisierung und strenge Qualitätskontrollen erfordert. Der typische SMT-Bestückungsprozess umfasst die folgenden Hauptschritte [1][2]:

### Spannende Trends in der SMT-Industrie

Die Welt der SMT entwickelt sich weiter, angetrieben durch den ständigen Bedarf an immer kleineren, leistungsfähigeren und effizienteren elektronischen Geräten. Es gibt mehrere spannende Trends [1], die die SMT-Industrie prägen werden:

- > **Miniaturisierung und kleinere Gehäuse:** Fortgesetzte Konzentration auf kleinere und kompaktere Designs mit Chip-Scale-Packages (CSPs), Wafer-Level-Packaging (WLP) und neuen Panel-Level-Packaging-Technologien, die eine höhere Bauteildichte ermöglichen.
- > **3D-Gehäuse und Through Silicon Via (TSV):** Erforschung innovativer 3D-Gehäuselösungen wie der Technologie des Through Silicon Via (TSV) für das vertikale Stapeln mehrerer Chips, wodurch der Platzbedarf des Gehäuses verringert und die Signalintegrität verbessert wird.
- > **Neue High-Density-Verbindungstechnologien:** Entwicklung fortschrittlicher Verbindungstechnologien wie eingebettete Leiterbahnsubstrate und Fan-Out-Wafer-Level-Packaging (FO-WLP) zur Unterstützung von Verbindungen mit geringerem Abstand und höherer I/O-Dichte.
- > **Fortschrittliche Materialien und Substrate:** Erforschung neuer Materialien wie verlustarme Substrate und flexible Substrate zur Verbesserung der Signalintegrität und zur Verringerung elektromagnetischer Störungen (EMI) sowie die Erforschung dehnbarer Substrate für tragbare Elektronik.
- > **Industrie 4.0 und intelligente Fertigung:** Einführung von Industrie 4.0-Prinzipien und intelligenten Fertigungstechnologien wie IoT, Big-Data-Analytik und KI für optimierte Prozesse, Qualitätsverbesserung und höhere Effizienz in SMD-Bestückungslinien.



# Die Maker-Bewegung: Innovatoren und Tüftler vereinigen sich (und lassen gelegentlich eine Sicherung durchbrennen)

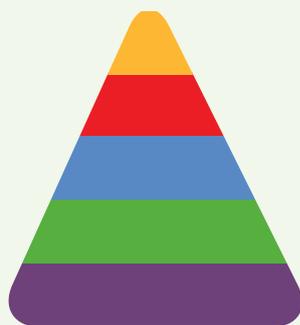
In den letzten Jahren hat sich in der Unternehmenslandschaft die Maker-Bewegung [3] herausgebildet, die durch eine Verlagerung von Elektronikentwicklung hin zu praktischer Kreativität und Zusammenarbeit gekennzeichnet ist. Maker nutzen die Technologien der industriellen Revolution 4.0, um sich von angeheuerten Talenten zu unabhängigen Innovatoren zu entwickeln.

Maker treffen sich oft in gemeinschaftlichen Werkstätten, den so genannten Makerspaces, wo sie auf gemeinsame Werkzeuge zugreifen, voneinander lernen und zusammen an Projekten arbeiten können [4]. Makerspaces gibt es in verschiedenen Formen, darunter:



## Die Maker-Mentalität für zukünftigen Erfolg

- 01 Der Zeit voraus sein
- 02 Eine Kultur des kontinuierlichen Lernens fördern
- 03 Scheitern als Lernchance begreifen



- 04 Förderung von Zusammenarbeit und Ideenvielfalt
- 05 Anpassungsfähig und agil sein

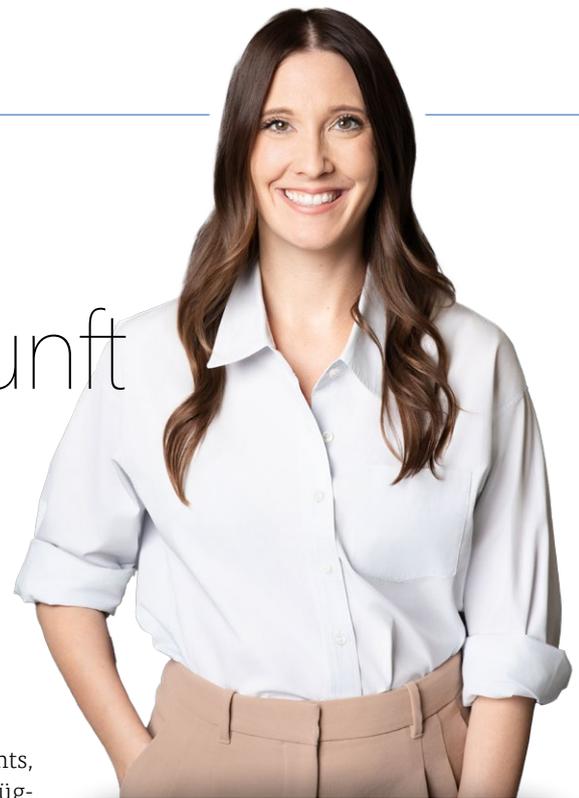
**Die Vorteile?**  
 Diese Bewegung fordert die etablierte Industrie heraus, indem sie Maker in die Lage versetzt, maßgeschneiderte Alternativen zu einem Bruchteil der Kosten von massenproduzierten Produkten herzustellen. Im Bereich der personalisierten Gesundheitsfürsorge beispielsweise entwickeln Maker erschwingliche, tragbare medizinische Geräte, die es jedem Anwender ermöglichen, seine eigene Gesundheit zu überwachen.

### WEBLINKS

- [1] What is SMT Assembly?: <https://www.pcbelec.com/what-is-smt-assembly.html>
- [2] The SMT Assembly Process: <https://www.surfacemountprocess.com/>
- [3] FasterCapital, „The Future of Maker Entrepreneurship: Trends and Opportunities“, 2024: <https://tinyurl.com/Maker-Trends>
- [4] What is a Makerspace?: <https://www.makerspaces.com/what-is-a-makerspace/>
- [5] The Fab Foundation: <https://fabfoundation.org/>
- [6] C-Base, Berlin: <https://www.c-base.org/>
- [7] Liste von Hacker Spaces: [https://wiki.hackerspaces.org/List\\_of\\_Hacker\\_Spaces](https://wiki.hackerspaces.org/List_of_Hacker_Spaces)

## SnapMagics

# Entwicklung und Zukunft im KI-gestützten Elektronikdesign



SnapMagic-Gründerin und CEO Natasha Baker.

### Fragen von Brian Tristam Williams (Elektor)

Im Jahr 2018 hatten wir das Vergnügen, ein Interview mit Natasha Baker zu führen, in dem wir über die Gründung von SnapEDA, dessen innovative Bauteilbibliothek für den Platinenentwurf und die grundsätzlichen Herausforderungen und Erfolge beim Aufbau eines Startups sprachen. Jetzt, sechs Jahre später, freuen wir uns, von den beeindruckenden Fortschritten und Zukunftsplänen von SnapMagic zu hören.

**Brian Tristam Williams:** Es ist schön, Sie nach fast sechs Jahren wieder zu treffen. Der Slogan von SnapMagic lautet „Your AI Copilot for Electronics Design“. KI ist heutzutage ein großes Modewort. War das schon immer Ihr Motto?

**Natasha Baker:** Das ist richtig. Ursprünglich ging es bei unserem Motto darum, etwas zu schaffen, das wir Google für Elektronikentwickler nannten. Ich komme aus der Elektrotechnik, und bei der Entwicklung von Elektronik braucht

man so viele Daten - Symbole, Footprints, 3D-Modelle, Datenblätter, Preise, Verfügbarkeit. Unser ursprüngliches Ziel war es, die erste Suchmaschine für Elektronikentwickler zu schaffen, einen Ort, an dem Ingenieure alle Daten finden können, die sie für jedes Bauteil in ihrem Design benötigen.

**Brian:** Sie haben als SnapEDA angefangen, aber Ihr neuer Name SnapMagic ist viel eingängiger. Was waren Ihre Beweggründe für die Umbenennung? Steht er für eine neue strategische Ausrichtung?

**Natasha:** Auf jeden Fall. Die Namensänderung spiegelt unsere erweiterte Vision wider, unseren neuen KI-Kopiloten für die Elektronikentwicklung ins Leben zu rufen. Unser Ziel war es schon immer, Ingenieure dabei zu unterstützen, Elektronik schneller entwickeln und neue Produkte zum Leben erwecken zu können. Ursprünglich konzentrierten wir uns auf die Entwicklung einer Suchmaschine für Elektronikentwickler, aber im Laufe der Jahre haben wir erkannt, dass wir diese Daten mit KI kombinieren können, um Ingenieure während eines größeren Teils des Entwurfsprozesses zu unterstützen, nicht nur bei der Bauteilerauswahl. Unser neues Produkt, SnapMagic Copilot, verkörpert unsere Kernwerte, die darin bestehen, Dinge für Ingenieure schnell, naht- und mühelos zu machen und eine Erfahrung zu schaffen, die sich tatsächlich fast wie Magie anfühlt.

**Brian:** Sie waren schon führend im Bereich KI-Design, bevor KI ein so großer Trend wurde. Haben Sie Druck verspürt, Ihre KI-gestützten Angebote zu beschleunigen?

**Natasha:** Die Ingenieure sind unglaublich

begeistert von der Verwendung von KI in ihrem Designprozess. Wir haben Hunderte von Gesprächen zu Rückmeldungen und Umfragen durchgeführt, und konnten feststellen, dass das Ausmaß der Hilfe durch KI enorm ist. Wir spüren definitiv den Druck, dies auf den Markt zu bringen. Wir haben uns zunächst auf die Integration mit einigen PCB-Tools konzentriert, insbesondere mit Altium, das etwa 35 % unserer Anwender nutzen. Als nächstes stehen Autodesk Fusion, KiCad und Cadence auf unserer Roadmap.

**Brian:** Wo wir gerade von KiCad sprechen, das in der Elektor-Gemeinschaft eine große Rolle spielt, wie groß ist sein Anteil unter Ihren Benutzern?

**Natasha:** KiCad hat einen bedeutenden Anteil, etwa 20...25 %. Viele Ingenieure fangen mit KiCad an, vor allem in Startups oder kleineren Unternehmen, und wechseln oft zu Altium, wenn sie reifer werden und mehr Unternehmensfunktionen benötigen.

**Brian:** Ich habe einmal ein Board mit Tango PCB entworfen. Sie hatten zwar nicht alle Bauteile, die ich brauchte, aber es hat mir Spaß gemacht, jedes Teil des Silkscreens und des Footprints selbst zu machen. Was hat Sie anfangs zu dieser Art von kreativem Designprozess hingezogen?

**Natasha:** Meine Motivation war, Ideen zum Leben zu erwecken. Ich entwarf

eine Leiterplatte für eine Messdemo bei National Instruments, die eine Nintendo Wii mit einer kundenspezifischen Platine als Lenkrad verbinden sollte. Der Mangel an verfügbaren Symbolen und Footprints hielt mich davon ab. Was eigentlich ein paar Stunden dauern sollte, dauerte am Ende mehrere Tage, weil es so schwierig war, genaue Daten zu finden. Dieser Prozess ist für einen Ingenieur unglaublich frustrierend, und diese Erfahrung hat mir gezeigt, wie wichtig eine umfassende, vertrauenswürdige Quelle für Bauteildaten ist.

**Brian:** Sie bieten eine Menge kostenloser Ressourcen an. Wie verdienen Sie Ihre Brötchen, wenn Sie so viel kostenlos zur Verfügung stellen?

**Natasha:** Wir glauben, dass die Unterstützung der Ingenieure auch den Zulieferern hilft. Unsere Plattform ermöglicht es mehr Ingenieuren, Produkte unserer Zuliefererpartner zu nutzen. Wir sind seit langem profitabel und haben bis vor kurzem mit unseren Einnahmen gearbeitet, als wir Risikokapital aufnahmen, um in das Wachstum zu investieren. Ganz wichtig ist, dass wir keine Daten verkaufen - und da musste ich hart durchgreifen. Stattdessen konzentrieren wir uns darauf, den Ingenieur erfolgreich zu machen, was wiederum den Bauteilanbieter erfolgreich macht.

**Brian:** Eines Ihrer Unterscheidungsmerkmale ist Ihre vertrauenswürdige, verifizierte Bauteilbibliothek. Wie stellen Sie die Datenqualität und -konsistenz sicher, wenn Ihre Bibliothek wächst?

**Natasha:** Datenqualität ist entscheidend für KI-gesteuertes Design. Wir verfügen über ein Component-Engineering-Team und eine Vielzahl von Automatisierungstechniken, um die Genauigkeit zu gewährleisten. Wir halten uns an Normen und haben vom US-Patent- und Handelsamt ein Patent für unsere Verifizierungstechnik erhalten. Unsere Verifizierungsprüfung auf der SnapMagic-Website sorgt dafür, dass die Modelle hohe Standards erfüllen, zum Beispiel die korrekte Platzierung des Siebdrucks und die richtige Zuordnung der Symbole. Wir haben auch Funktionen zur Anpassung von Modellen an die internen Standards der Ingenieure eingeführt.

**Brian:** Seit Ihrem letzten Interview mit Elektor sind sechs Jahre vergangen. Was war die größte Innovation oder das wichtigste

Produkt, an dem Sie seitdem gearbeitet haben?

**Natasha:** Die größte Innovation ist unser neuer KI-Assistent, SnapMagic Copilot. Wir haben in den letzten zehn Jahren eine umfangreiche proprietäre Datenbank mit zuverlässigen Modellen aufgebaut, und jetzt verbinden wir diese Daten mit KI, um den Entwurfsprozess zu optimieren. Das ist eine Erweiterung unserer Vorstellung, Ingenieuren zu helfen, schneller und effizienter zu entwerfen.

**Brian:** Sind Sie immer noch im Silicon Valley ansässig?

**Natasha:** Ja, wir verdoppeln unser Engagement im Silicon Valley und wollen unser Team in diesem Jahr verdoppeln. Wir haben ein globales Team, aber wir konzentrieren uns darauf, unser Softwareentwicklungsteam in der Bay Area zu vergrößern.

**Brian:** Wie war Ihre erste Erfahrung nach dem Umzug ins Silicon Valley?

**Natasha:** Ich habe mich sofort in das Silicon Valley verliebt. Ich kam entweder wegen der DesignCon oder der PCB West hierher, und die technische Raffinesse und die Kultur rund um die Technik waren unglaublich. Als ich das Unternehmen in Toronto gründete, verstand niemand so recht, was ich mir vorstellte oder was EDA oder CAD war. Dann kam ich ins Silicon Valley, ich glaube, zu einem Vorstellungsgespräch bei Y Combinator, und als ich aus dem Flugzeug stieg, sah ich eine riesige Anzeige für Cadence, und ich dachte: „Das sind meine Leute und das ist mein Platz!“

**Brian:** Was war in den letzten sechs Jahren die am wenigsten erwartete Schwierigkeit oder Lernerfahrung bei SnapMagic?

**Natasha:** Die größte Herausforderung bestand darin, in zwei Branchen bei Null anzufangen - dem Aufbau einer umfangreichen Bibliothek mit genauen CAD-Modellen und dem Aufbau von Vertrauen bei Ingenieuren und Zulieferern. Es war schwierig, Ingenieure dazu zu bringen, Bibliotheken von Drittanbietern zu vertrauen, und die Zulieferer über die Rolle der digitalen Technologie bei der Steigerung der Designqualität zu informieren. Es war schmerzhaft, aber lohnend, diesen Prozess zu durchlaufen, und heute haben wir großartige Beziehungen sowohl zu unseren Benutzern als auch zu unseren Zulieferern.

**Brian:** Sie haben einen ganzheitlichen Ansatz gewählt, um Ihr Produkt auf den Markt zu bringen. Ich bin froh, dass wir die Gelegenheit hatten, uns nach sechs Jahren wiederzusehen.

**Natasha:** Vielen Dank für diese Gelegenheit. Ich weiß das wirklich zu schätzen. ◀

RG — 240366-02

## Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Interview? Schicken Sie dem Autor eine E-Mail an [brian.williams@elektor.com](mailto:brian.williams@elektor.com).



Die SnapMagic-Website.

## WEBLINK

[1] SnapMagic: <https://snapmagic.com>

# Der Elektor Store

## Nie teuer, immer überraschend!

Der Elektor Store hat sich vom Community-Store für Elektor-eigene Produkte wie Bücher, Zeitschriften, Bausätze und Module zu einem umfassenden Webshop entwickelt, der einen großen Wert auf überraschende Elektronik legt.

Wir bieten die Produkte an, von denen wir selbst begeistert sind oder die wir einfach ausprobieren wollen. Wenn Sie einen Produktvorschlag haben, sind wir hier erreichbar ([sale@elektor.de](mailto:sale@elektor.de)).



## Aoyue Int 866 (3-in-1) SMD-Heißluft-Rework-Station

Aoyue Int 866 ist eine mikroprozessorgesteuerte 3-in-1 Rework-Station, die alle Ihre Reparatur- und Lötanforderungen erfüllt. Sie vereint Heißluftpistole, LötKolben, Vorwärmer und externen Sensor zusammen mit einem integrierten Heißluftpistolenständer in einem umfassenden Paket.

Preis: ~~199,95 €~~

**Sonderpreis: 159,95 €**

 [www.elektor.de/20783](http://www.elektor.de/20783)

## Pironman 5 Mini-PC-Gehäuse für Raspberry Pi 5



Verbessern Sie Ihren Raspberry Pi 5 mit dem Pironman 5, der aus robustem Aluminium, hervorragender Kühlung, NVMe M.2 SSD-Unterstützung, OLED-Display, RGB-Beleuchtung, Standard-HDMI-Anschlüssen x2 und einem sicheren Netzschalter besteht. Es ist perfekt für NAS, Home Assistant, Medien- und Game Center. Der Pironman 5 ist nicht nur ein Gehäuse, sondern ein Upgrade, das Ihren Raspberry Pi 5 in ein leistungsstarkes, effizientes und elegantes Gerät verwandelt.

Preis: 74,95 €

**Mitgliederpreis: 67,46 €**

 [www.elektor.de/20916](http://www.elektor.de/20916)



## Arduino Plug and Make Kit



Preis: 94,95 €

**Mitgliederpreis: 85,46 €**

[www.elektor.de/20920](http://www.elektor.de/20920)

## The Analog Thing (THAT) Analogcomputer

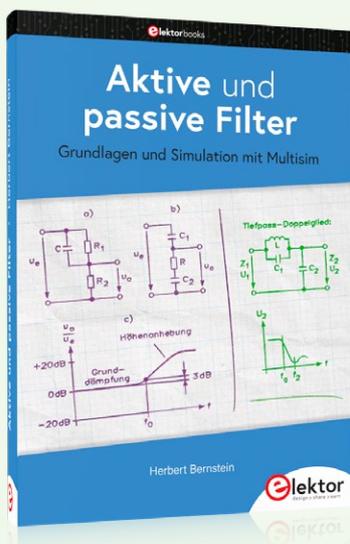


Preis: 499,00 €

**Mitgliederpreis: 449,10 €**

[www.elektor.de/20918](http://www.elektor.de/20918)

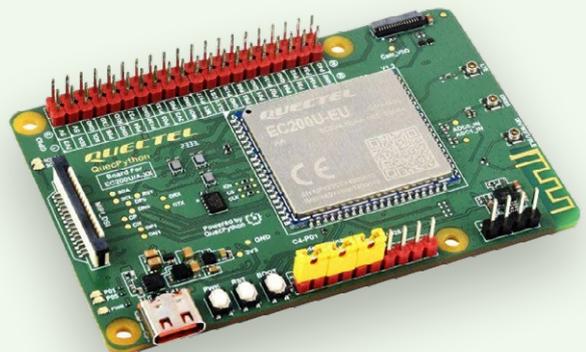
## Aktive und passive Filter



Preis: 39,80 €

[www.elektor.de/20871](http://www.elektor.de/20871)

## QuecPython EC200U-EU C4-P01 Development Board



Preis: 69,95 €

**Mitgliederpreis: 62,96 €**

[www.elektor.de/20894](http://www.elektor.de/20894)



# Einfaches analoges Thermostat

Ein kompaktes und zuverlässiges Design auf NTC-Basis

Von Giuseppe La Rosa (Italien)

Müssen Sie eines Ihrer Geräte präzise temperaturabhängig regeln? Dieses zuverlässige Thermostat basiert auf einem Thermistor und bietet einen Einstellbereich von etwa 0...60 °C, ideal für die Steuerung von Aquarien und Terrarien und noch vieles mehr.

Mit diesem einfachen und kompakten analogen Entwurf ist es möglich, alle Arten von externen Lasten über einen galvanisch isolierten Schließer/Öffner-Kontakt eines Relais zu steuern. Dadurch können Heizgeräte über den Öffner-Anschluss (normally closed) oder, umgekehrt, Kühlgeräte wie Ventilatoren oder Klimaanlage über den Schließer-Anschluss (normally open) gesteuert werden.

## Schaltplan

Die Thermostatschaltung in **Bild 1** besteht aus dem Operationsverstärker IC1, der als Komparator die Spannungsdifferenz zwischen Pin 3 (nicht-invertierender Eingang), bezogen auf den an der Klemme X1 angeschlossenen NTC-Sensor, und Pin 2 (invertierender

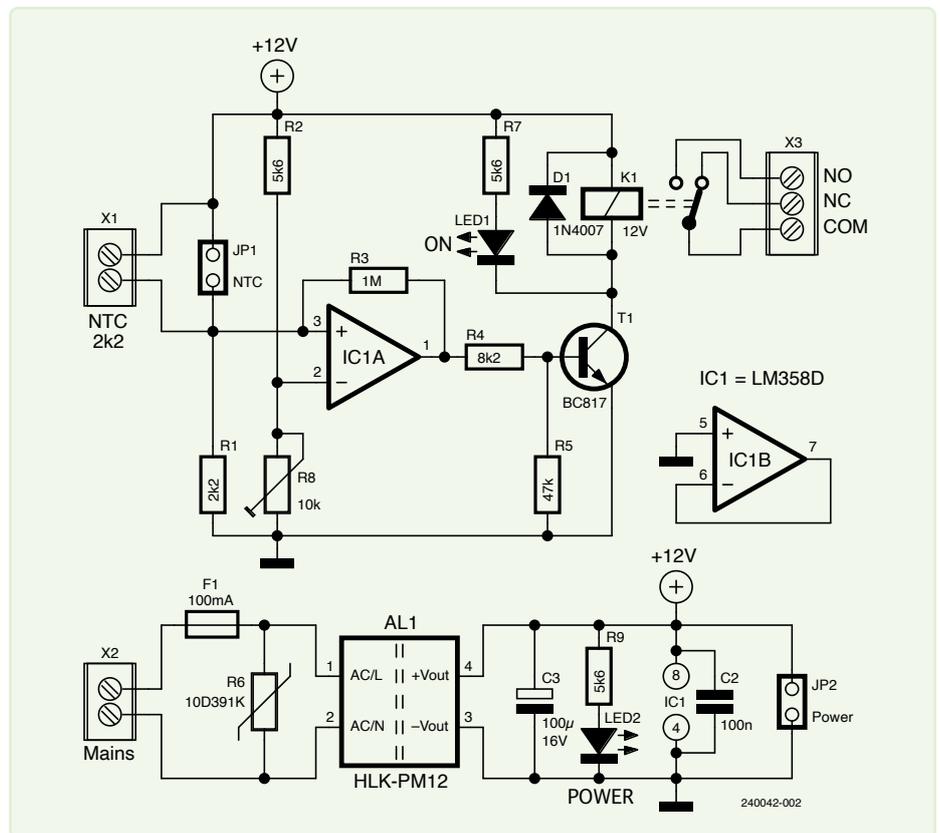


Bild 1. Schaltung des Projekts.

Eingang), der von einem Spannungsteiler aus R2 und R8 gespeist wird, erfasst. Mit Trimpoti R8 kann die Referenzspannung an Pin 2, also die Auslösetemperatur des Thermostats verändert werden.

NTC-Thermistoren haben die Eigenschaft, ihren Widerstand mit steigender Temperatur zu verringern. Sie werden im Temperaturbereich von -100...+450 °C eingesetzt und zeichnen sich durch hohe Sensitivität und kurze

Ansprechzeit aus.

Ihre Übertragungskurve weist einen exponentiellen Verlauf auf, der durch Reihenschaltung eines Vorwiderstands - wie in diesem Projekt geschehen - etwas „pseudo“-linearisiert und durch parallel zum NTC geschaltete Widerstände weiter begradigt werden kann [1].

In diesem Entwurf wurde ein NTC-Thermistor mit einem Nennwert von 2,2 kΩ bei 25 °C verwendet. Um eine pseudo-lineare Reaktion



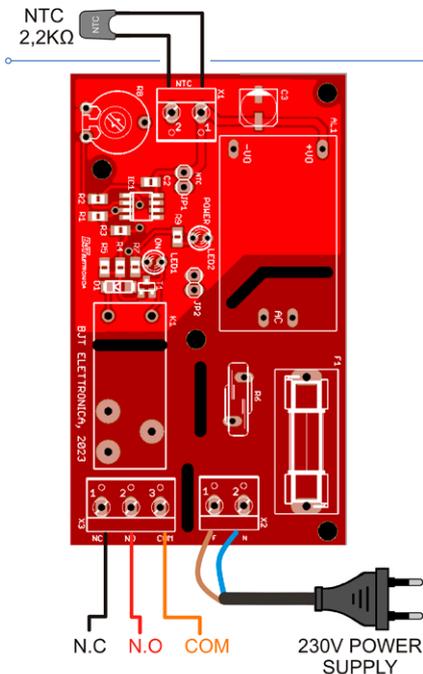


Bild 4. Verdrahtung des Thermostats. Die Klemmen COM und NO werden für die Steuerung einer Heizung verwendet, während COM und NC ein Kühlsystem steuern.

Bitte beachten Sie, dass aufgrund eines Fehlers die Kondensatoren-Nummerierung auf der Platine mit C2 beginnt und C1 nicht vorhanden ist. Suchen Sie nicht danach!

An dieser Stelle können Sie mit der Bestückung der bedrahteten Bauteile fortfahren: die Dioden LED1 und LED2, dann die Schraubklemmen X1, X2 und X3, der Sicherungshalter F1, das Stromversorgungsmodul AL1 und schließlich das Trimpoti R8 und der Varistor R6.

Bitte beachten Sie, dass die NTC-Anschlüsse entweder an die Pads JP1 oder an die Schraubklemme X1 angeschlossen werden können, deren Kontakte auf der Platine parallel geschaltet sind. Außerdem lässt sich einer der beiden Anschlüsse verwenden, um einen Kompensationswiderstand parallel zum NTC anzuschließen, wenn eine bestimmte Linearisierungskurve erforderlich ist.

Nach dem Zusammenbau können Sie die Platine wie in **Bild 4** verdrahten und mit der Prüfung beginnen. Wenn Hochstromlasten an die Leiterbahnen von X3 zum Relais angeschlossen werden, müssen diese mit Zinn verstärkt werden (**Bild 5**).

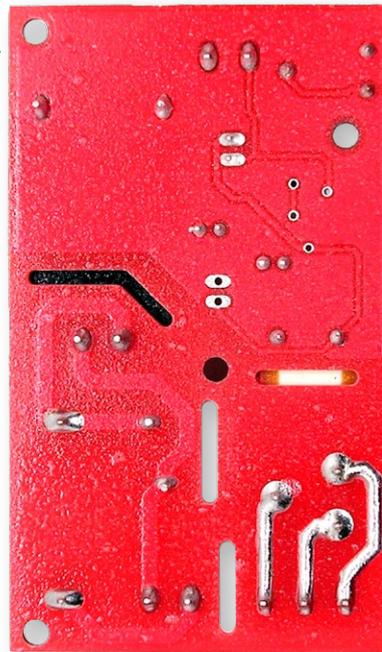


Bild 5. Die Lötseite der Platine zeigt die aufgedruckten Leiterbahnen zwischen den Kontakten des Relais und den Anschlussklemmen. Dies ermöglicht es, größere Lasten zu schalten, ohne die Kupferbahnen über Gebühr zu erwärmen.

Für die Prüfung stellen Sie Trimpoti R8 auf neun Uhr und versorgen die Platine mit Netzspannung. Die grüne LED2 sollte aufleuchten. Durch die Erwärmung des NTC-Thermistors leuchtet LED1 auf und gleichzeitig hören Sie, dass das Relais K1 umschaltet (klack!). Wenn alles wie beschrieben funktioniert, ist die Schaltung betriebsbereit und kann auf die in Ihrer Anwendung gewünschte Schalttemperatur eingestellt werden. ◀

SE - 240042-02

### Sie haben Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel haben, wenden Sie sich bitte an den Autor unter [Irgeletronic@hotmail.com](mailto:Irgeletronic@hotmail.com) oder die Elektor-Redaktion unter [redaktion@elektor.de](mailto:redaktion@elektor.de)



### Über den Autor

Giuseppe La Rosa, der sich von klein auf für Elektrizität begeisterte, machte 2002 seinen Abschluss in Elektronik und Telekommunikation am I.T.I.S. „G. Ferraris“ in Acireale, Sizilien. Später begann er, sich mit Mikrocontroller-Systemen zu beschäftigen, insbesondere mit PIC-Mikrocontrollern und der Open-Source-Plattform Arduino UNO. Im Laufe der Jahre hat er verschiedene Prototypen entwickelt, von denen viele in Elektronikzeitschriften veröffentlicht wurden. Derzeit beschäftigt er sich mit Sicherheitssystemen (Videoüberwachung und Einbruchschutz) und Software für die Verwaltung von Verkaufsstellen.



### Passende Produkte

> **2-in-1 SMD-Heißluft-Lötstation ZD-892Z**

[www.elektor.de/20141](http://www.elektor.de/20141)

> **Andonstar AD210 10,1" Digital-Mikroskop**

[www.elektor.de/20802](http://www.elektor.de/20802)



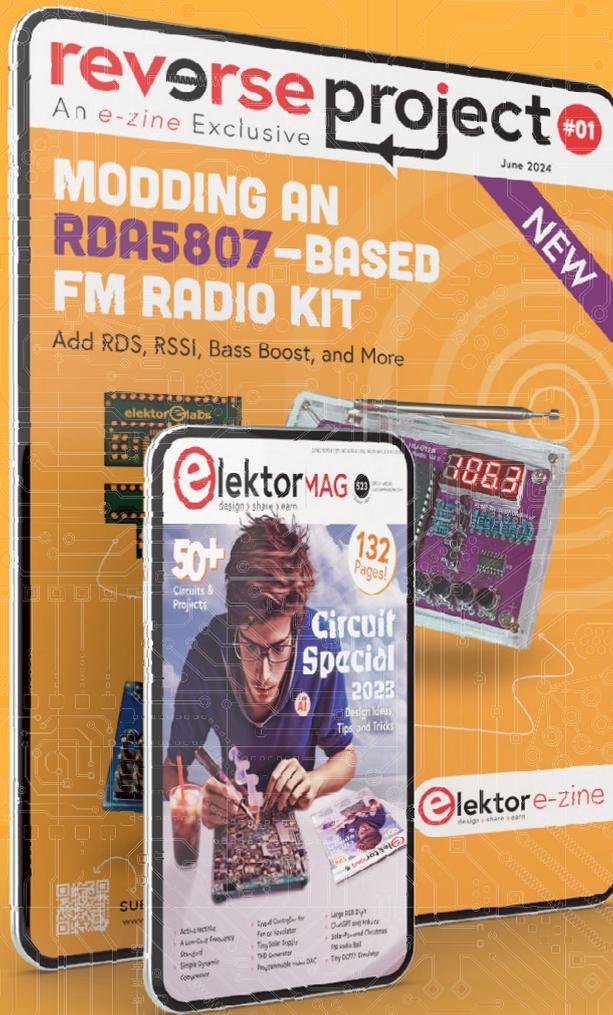
### WEBLINKS

[1] Amphenol Advanced Sensors Whitepaper: <https://tinyurl.com/3sxcyx42>

[2] Elektor-Downloadseite für diesen Artikel: <https://elektormagazine.de/240042-02>

[3] Kurzvideo auf YouTube: <https://youtu.be/RuZSwumMCJY>

# DU GLÜCKSPILZ!



KOSTENLOSER  
DOWNLOAD

Ein Leser des e-zine Newsletters verpasst  
nie das monatliche 'reverse project'

Du bist noch kein Leser? Melde dich für unseren  
Newsletter an, [elektormagazine.de/ezine-24](https://elektormagazine.de/ezine-24)

