

50+

Schaltungen
und Projekte

132 Seiten!

Circuit Special 2023

Entwicklungsideen,
Tipps und Tricks



- > Aktiver Gleichrichter
- > Ein billiges Frequenznormal
- > Dynamik-Kompressor
- > Drehzahlsteller für Lüfter oder Ventilator
- > Winzige Solarversorgung
- > THD-Generator
- > Programmierbarer Video-DAC
- > Große RGB-Ziffer
- > ChatGPT und Arduino
- > Solarbetriebene UKW-Radio-Weihnachtsbaumkugel
- > Winziger DCF77-Simulator



**BONUS-INHALTE
HERUNTERLADEN!**



Heute
0800 Frühschwimmen
0830 Start Aktiver Gleichrichter
1200 Mittags-Picknick
1330 Notizen @ Elektor Labs
1430 Standspaziergang, Muschel sammeln
1600 Schaltung abschließen
1800 Ausruhen

Morgen
Frühschwimmen
Yoga am Strand
Neues Schaltungsprojekt

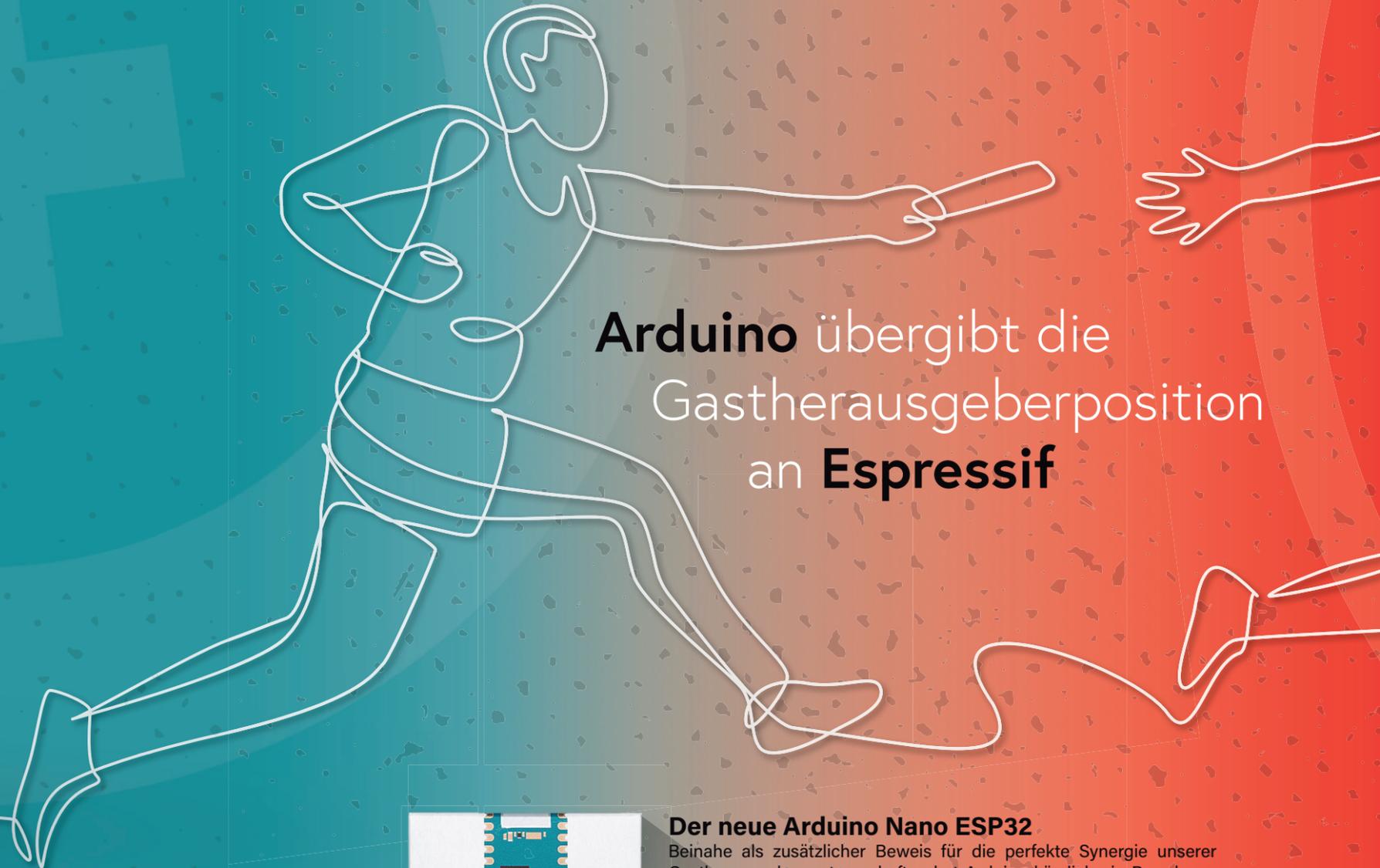


Möchten Sie einen Elektor-Klassiker gewinnen?
Machen Sie mit bei unserem Retro-Schaltungsquiz!

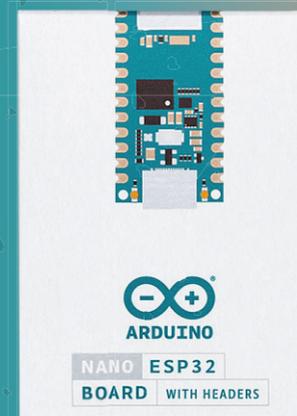
Unser nächster Gast



Im Dezember 2022 war Elektor stolz darauf, Arduino als zweiten Gastherausgeber seiner Zeitschrift bekannt zu geben, nach der Partnerschaft mit SparkFun im Jahr 2021. Wir können zuversichtlich sagen, dass diese Zusammenarbeit zu einer herausragenden Synergie geführt hat und Zehntausende von Verkäufen und Downloads generiert hat. Sie können Ihre Ausgabe noch heute erhalten!



Arduino übergibt die Gastherausgeberposition an **Espressif**



Der neue Arduino Nano ESP32

Beinahe als zusätzlicher Beweis für die perfekte Synergie unserer Gastherausgeberpartnerschaften hat Arduino kürzlich ein Board vorgestellt, das alles vereint: den brandneuen Arduino Nano ESP32.

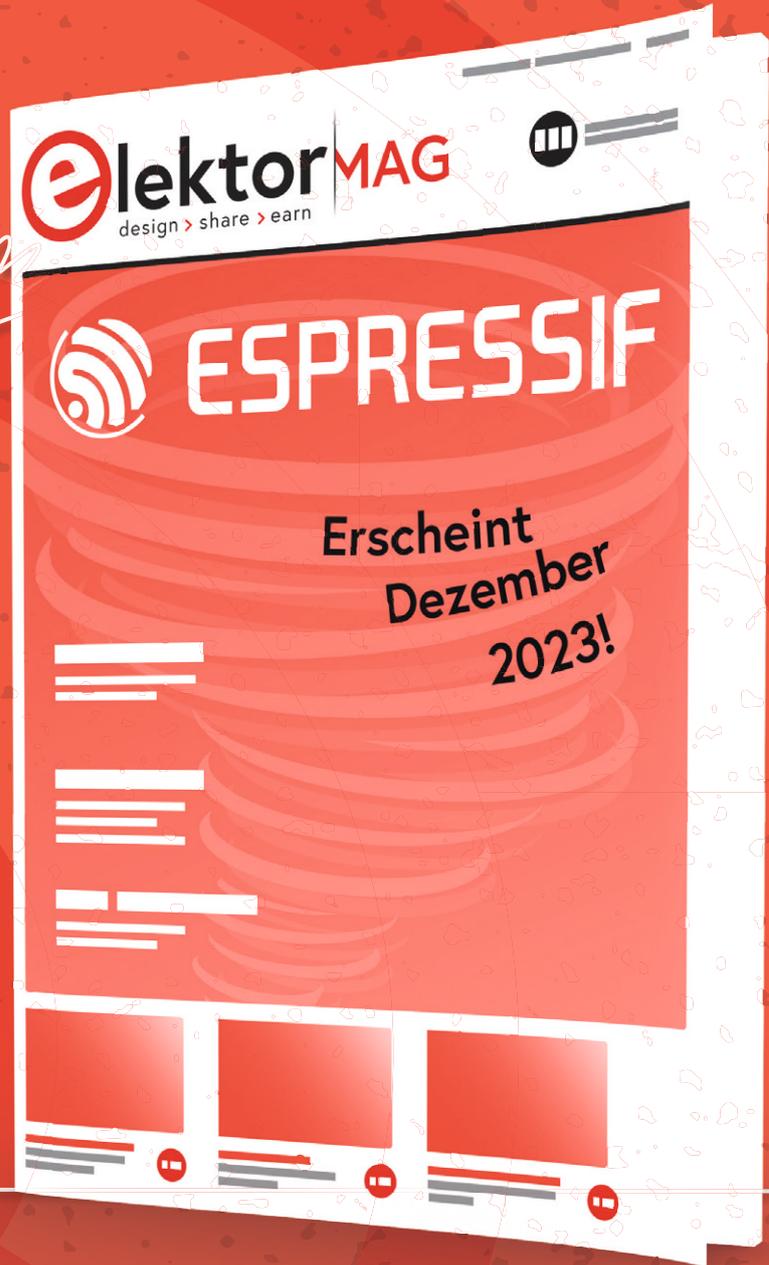
Der Arduino Nano ESP32 kombiniert die Zugänglichkeit und Unterstützung der Arduino-Marke mit den robusten Fähigkeiten des ESP32-S3 und ist im kompakten und praktischen Formfaktor der Nano-Familie verpackt.

- > Unterstützung für Micropython und Arduino-Code.
- > Kleiner und vertrauter Formfaktor mit USB-C-Anschluss.
- > Plug-and-Play-Debugging mit der Arduino IDE 2.



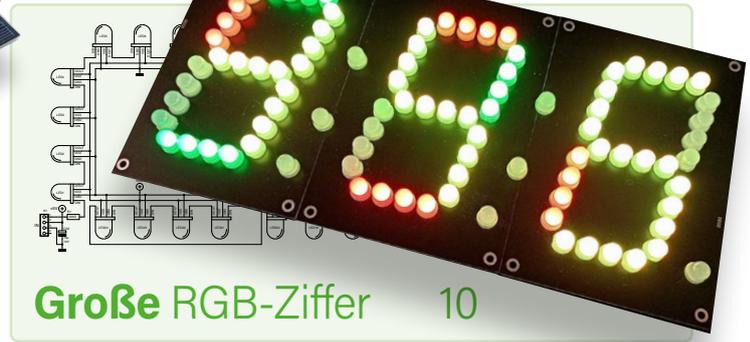
Natürlich können Sie es jetzt in den Elektor Stores kaufen!

ist...



Heute freuen wir uns, einen weiteren führenden Namen unserer Branche als nächsten Gast für die Gastherausgegebene Ausgabe 2023 unseres Magazins ankündigen zu können: **Espressif**. Wir arbeiten bereits intensiv daran, eine verlockende Mischung aus praxisnahen Anwendungen, Tutorials und ausführlichen Artikeln zu präsentieren, die die Technologien von Espressif zeigen. Erhältlich ab Dezember 2023.





Rubriken und Hintergrund

- 4 Impressum
- 28 2023: Odyssee in der KI
- 78 Retronik: Edwin kommt nach Hause!
- 90 ChatGPT und Arduino
- 97 ESP32 Windows-Controller mit Freeware
- 98 Analoge und gemischte Systeme von Microchip
- 101 Schnittstellen-Standards
- 128 Review: T-PicoC3 von LilyGO
- 130 Hexadoku

50+ Projekte

- 6 Winzige Solarversorgung
- 8 Solid-State-Stereo-Audio-Schalter
- 10 Große RGB-Ziffer
- 12 Mikrofonvorverstärker mit 48-V-Phantomversorgung
- 14 Rechteckgeneratoren mit Tastverhältnis- und Frequenzeinstellungsteuerung
- 16 Einfacher Dynamik-Kompressor
- 18 Einfaches elektronisches Schloss
- 20 Aktiver Gleichrichter

- 23 Ein/Aus-Schalter für Aktivboxen
- 26 Unsymmetrisch-Symmetrisch-Wandler
- 30 Drehzahlsteller für Lüfter oder Ventilator
- 34 Das Neuste vom Arduino Project Hub
- 37 Strom-Überlast-Monitor
- 40 Blinken im Dunkeln ohne Transistoren
- 42 Morsecode-Generator
- 44 Programmierbarer Video-DAC
- 47 Ein T(eeny)-Tiny-Piano
- 50 Doppelwürfel ohne Controller
- 53 Elektronische Vogelscheuche
- 54 Schaltungen, die unterhalten, inspirieren und verblüffen
- 59 LC-LP-HA-Thermometer
- 62 THD-Generator
- 64 Übertemperatur-Anzeige mit Thyristor
- 66 Ein PTC-Flipflop
- 68 Komischer Vogel
- 71 Glimmlampe am Mikrocontroller
- 72 Temperaturstabile IC-Stromquelle
- 74 Einstellbare Höhenanhebung zweiter Ordnung
- 81 Einarmiger Bandit
- 84 Einfacher digital gesteuerter variabler Widerstand
- 86 Wasserleck ahoi!

IMPRESSUM

54. Jahrgang, Nr. 595
 August/September 2023
 ISSN 0932-5468

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
 Büsra Kas
 Tel. +49 (0)241 95509178
busra.kas@elektor.com
www.elektormagazine.de/mediadaten

Urheberrecht
 © Elektor International Media b.v. 2023

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
 Senefelders Misset, Mercuriusstraat 35
 7006 RK Doetinchem (Niederlande)

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





Jens Nickel
Chefredakteur ElektorMag

Zum zweiten Mal halten Sie hier die Neuauflage unseres *Circuit Specials* in den Händen, das in der jahrzehntelangen Tradition der „Halbleiterhefte“ steht. Wir haben uns in diesem Jahr entschlossen, auf das „Sommer“ im Titel zu verzichten, denn die mehr als 50 Projekte in diesem Heft sollen Sie ja das ganze Jahr zum Nachbau einladen. Wie immer haben wir darauf geachtet, viele einfache Schaltungen aufzunehmen, die auch Einsteiger verstehen - ausdrücklich auch solche, die ohne Mikrocontroller auskommen.

Unser Ziel ist dabei nicht nur Unterhaltung. Es geht auch darum, dass fundiertes Wissen, wie Bauteile gewinnbringend zusammenspielen, nicht verloren geht. Gerade in Zeiten, wo steckbare Fertigungsmodule für eine Handvoll Euro erhältlich sind und so manches KI-Tool fertige Software ausspuckt, ist es eine Herausforderung, den Wissensschatz - den Sie, liebe Leser, noch besitzen - auch für kommende Generationen zu bewahren. Dabei wollen wir uns den modernen Entwicklungen nicht verschließen. Denn auch das schnelle Prototyping, der möglichst zeitnahe Proof-of-Concept einer wilden Idee hat seine Berechtigung, denn er vermittelt ein erstes Erfolgserlebnis, das für die weitere Ausarbeitung des Projektes motiviert. Mehr darüber, wie clevere, oft kostenlose Tools (mit und ohne KI) hierbei helfen können, finden Sie in den kommenden Ausgaben. Doch schon in diesem Heft startet mein Kollege Brian Tristram Williams seine Reise in die Welt der KI. Ich lade Sie nicht nur ein, ihn auf seinem Weg zu begleiten, sondern auch, ihm Anregungen zu geben (redaktion@elektor.de)!



Veröffentlichen Sie bei Elektor!

Ihr Fachwissen über Elektronik ist willkommen: Schicken Sie uns Ihr Video, Ihren Artikelvorschlag oder Ihre Idee für ein Buch!

Wir haben unseren Leitfaden für Autoren und Ersteller von Inhalten aktualisiert.

Alle Einzelheiten finden Sie unter:

elektormagazine.com/submissions

Ein/Aus-Schalter für Aktivboxen



23

- 88 Öko-Timer mit automatischer Abschaltung
- 92 Z-Dioden-Messgerät
- 94 Servo-Tester
- 104 Li-Ion-Batterie-Monitor
- 106 PS/2-Maus als Drehgeber
- 108 Einfacher Dämmerungsschalter
- 110 Wasserpumpen-Controller
- 112 Solarbetriebene UKW-Radio-Weihnachtsbaumkugel
- 114 Vibrationssensor mit Relais
- 116 Durchgangsprüfer
- 117 Ein-/Ausschalten mit einem Taster
- 118 Drehzahlregler für Mini-Bohrmaschinen reloaded
- 120 Digitaler Vibrationssensor
- 122 Verpolungsschutz mit geringem Spannungsabfall
- 124 Ein billiges Frequenznormal
- 126 Winziger DCF77-Simulator

DIGITALE BONUS-AUSGABE!

In unserer kostenlos downloadbaren Bonus-Ausgabe finden Sie fünf weitere Projekte und noch einiges mehr!



www.elektormagazine.de/circuit-special-2023

Unser Team

Chefredakteur: Jens Nickel (v.i.S.d.P.) | **Redaktion:** Asma Adhimi, Roberto Armani, Eric Bogers, Jan Buiting, Stuart Cording, Rolf Gerstendorf (RG), Ton Giesberts, Hedwig Hennekens, Alina Neacsu, Dr. Thomas Scherer, Clemens Valens, Brian T. Williams | **Regelmäßige Autoren:** David Ashton, Tam Hanna, Priscilla Haring-Kuipers, Ilse Joostens, Prof. Dr. Martin Oßmann, Alfred Rosenkränzer | **Grafik & Layout:** Harmen Heida, Sylvia Sopamena, Patrick Wielders | **Herausgeber:** Erik Jansen | **Technische Fragen:** redaktion@elektor.de

DEUTSCHE

FACHPRESSE

Elektor ist Mitglied des 1929 gegründeten VDZ (Verband Deutscher Zeitschriftenverleger), der „die gemeinsamen Interessen von 500 deutschen Consumer- und B2B-Verlagen vertritt.“

Vorschau

Elektor September/Oktober 2023

Das nächste Heft ist wie immer randvoll gefüllt mit Schaltungsprojekten, Grundlagen sowie Tipps und Tricks für Elektroniker. Schwerpunkt der nächsten Ausgabe ist: Wireless und Kommunikation.

Aus dem Inhalt:

- › Energie-Meter in der Cloud
- › Raspberry Pi Pico als Spektrum-Analysator
- › LoRa: Das drahtlose Schweizer Messer
- › GNSS-RTK-Positionierungssysteme
- › SDR-Hardware für Zeitzeichenempfänger
- › Einstellbare Stromsenke
- › Neue RISC-V MCUs: BL808 & Co.

Und vieles mehr!

Elektor September/Oktober 2023

erscheint am 6. September 2023.
Änderungen vorbehalten!



Einarmiger Bandit 81

Solange das Solarpanel (an K4) beleuchtet wird, wird die Batterie (an K2 angeschlossen) über die Diode D2 aufgeladen. Gleichzeitig wird das Gate von T1 nach High gezogen, so dass der MOSFET leitet und den Shutdown-Pin von IC1 nach Low zieht, wodurch der Step-up-Wandler ausgeschaltet wird. Wenn die Ausgangsspannung des Solarmoduls zu niedrig wird, wird der Ladevorgang der Batterie gestoppt: T1 schaltet ab und IC1 ein. Wenn Sie diese automatische Umschaltung nicht wünschen, lassen Sie T1 einfach weg. Ein Ein/Aus-Schalter oder ein Jumper, der mit K3 verbunden ist, gibt etwas mehr Kontrolle über die Schaltung.

Ich habe eine kleine Platine für die Schaltung entworfen, die gut in mein altes Solarpanel passt. Heute ist dieses (Ikea-) Modell veraltet, aber ich bin sicher, dass es auch in andere Typen passt. Die Design-dateien finden Sie unter [1]. ◀

RG – 220321-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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

Über den Autor

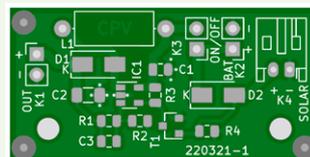
Clemens Valens ist Ingenieur und leitet die Online-Plattform Elektor Labs. Er hat einen BSc in Elektronik und einen MSc in Elektronik und Informationstechnologie. Clemens Valens begann seine Laufbahn bei Elektor im Jahr 2008 als Chefredakteur von Elektor Frankreich und war auch als Redakteur für Elektor UK/US und **ElektorMagazine.com** tätig. Später war Clemens Leiter der Elektor-Entwicklungsabteilung in den Niederlanden, Deutschland und Indien. Heute ist er bei Elektor als Creative Technologist für die Community-Website Elektor Labs verantwortlich, auf der Elektronikbegeisterte ihre Arbeiten veröffentlichen und sich mit Gleichgesinnten aus der ganzen Welt austauschen können. Neben seinen eigenen Projekten und Artikeln für das Magazin produziert er auch regelmäßig Videos für Elektor TV und moderiert Webinare. Seine Hauptinteressen sind Klangerzeugung und Signalverarbeitung.



Passende Produkte

- **Solarmodul für den Außenbereich (3 W) von Seed Studio**
<https://elektor.de/19131>
- **Qoitech Otii Arc - Stromversorgung, Leistungsmesser und Datenerfassung**
<https://elektor.de/19270>

Stückliste



Widerstände:

(alle 0805, 0,125 W)

R1, R4 = 1 M

R2 = 604 k, 1%

R3 = 10 k

Kondensatoren:

C1 = 4,7 μ , 50 V, X7R (0805)

C2 = 22 μ , 10 V, X7R (1206)

C3 = 10 p, 50 V, X7R (0805)

Induktivität:

L1 = 10 μ , 680 mA

Halbleiter:

D1, D2 = SS14 (DO-214AC)

IC1* = AP3015 oder AP3015A

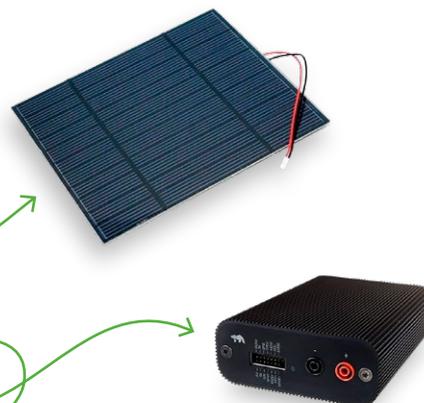
T1 = 2N7002 (SOT-23)

Außerdem:

K1, K2, K3 = 1x2-polige Stiftleiste, gerade, Raster 2,54 mm

K4 = 1x2-polige Stiftleiste, gewinkelt, Raster 2 mm

* = siehe Text



WEBLINK

[1] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/tiny-solar-supply>



Solid-State-Stereo-Audio-Schalter

Frei von Klicks und beweglichen Teilen

Von Thierry Cliquart (Belgien)

Das Umschalten von Audiosignalen aus der Ferne kann mit Relais erfolgen, aber diese sind klobig und stromhungrig. Hier ist eine Lösung, die stattdessen Halbleiterschalter verwendet.

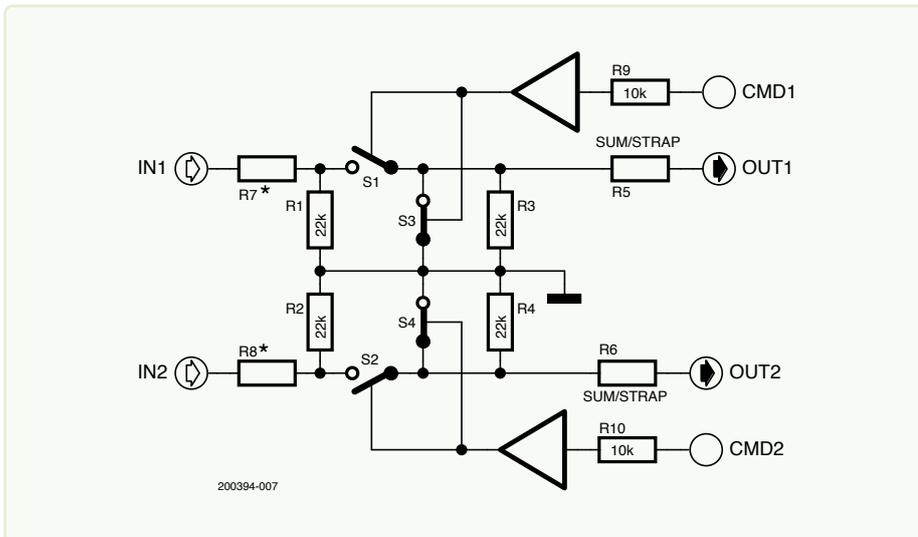


Bild 1. Für den Einsatz des DG403 werden lediglich einige Widerstände benötigt.

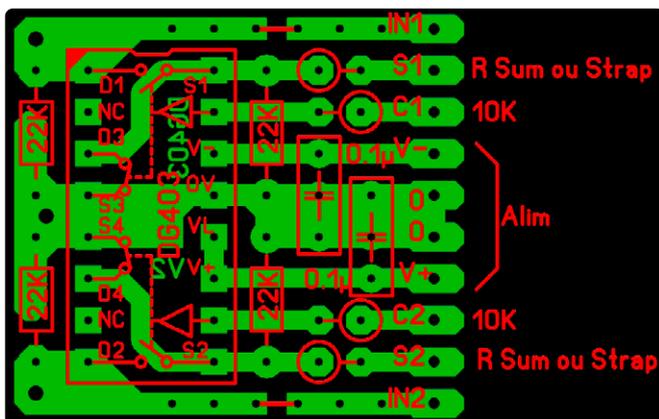


Bild 2. Eine Platine ist praktisch, wenn man mehrere Module benötigt, ansonsten reicht ein Lochrasterabschnitt aus.

Wir alle haben schon klassische mechanische Schalter verwendet, um Audiosignale zu schalten. Solange sie lokal verwendet werden, können sie ausreichend sein; wenn man aber den Ton über Logik oder Mikrocontroller ferngesteuert schalten will, muss man entweder Relais oder analoge Schalter verwenden. Früher gab es die Dual-Audio-Analogschalter SSM2402 von Analog Devices, aber die sind heute veraltet. Deshalb habe ich nach einer Alternative gesucht und die verbesserten Dual-High-Speed-Analogschalter DG403, ebenfalls von Analog Devices, mit Erfolg ausprobiert.

Der DG403 wird wie ein gewöhnlicher Operationsverstärker mit $\pm 15\text{ V}$ versorgt und enthält zwei unabhängige Schalter, die jeweils einen eigenen Steuereingang haben. Diese Eingänge können entweder mit TTL- oder CMOS-Logik angesteuert werden. Tatsächlich steuert jedes Steuersignal zwei Schalter gleichzeitig, einen Schließer (NO) und einen Öffner (NC). Im Vergleich zu älteren ICs wie dem 4066 ist der $R_{DS(ON)}$ -Wert des DG403 und seiner Brüder und Schwestern wesentlich geringer.

Der Schaltplan ist in **Bild 1** dargestellt. Das Eingangssignal wird an R7 (und R8) angeschlossen. Bei meinem Prototyp waren das einfache Drahtbrücken, aber man kann die Widerstände auch zur Eingangsdämpfung verwenden. R1 bis R4 sind Pull-Down-Widerstände, die lästige Knackgeräusche beim Umschalten vermeiden.

Im Ruhezustand sind die Schalter S1 und S2 offen, S3 und S4 sind geschlossen, so dass kein Signal durchgelassen wird. Das Anlegen eines logischen High-Pegels an CMD1 und CMD2 bewirkt, dass S1 und S2 geschlossen und S3 und S4 geöffnet werden.

Die Ausgangsreihenwiderstände R5 und R6 sind nur nötig, wenn Sie Signale summieren wollen, wenn die Signale nur geschaltet werden, können Sie R5 bis R8 durch Drahtbrücken ersetzen.

Die kleine Platine, die ich für die Schaltung entworfen habe [1], ist recht ergonomisch, da sie alle Anschlüsse auf einer einzigen Stiftleiste zusammenfasst. Dadurch kann sie vertikal platziert werden, was Platz spart. Wenn mehrere dieser Platinen in einem System verwendet werden, können sie über einen Bus mit Strom versorgt werden. Für die geschickteren Leser sollte auch eine SMD-Version möglich sein, die die Größe der Platine noch weiter reduziert.

Die Anwendungen der Schaltung sind vielfältig: Umschalten von Signalquellen, Muting, Schaltmatrix, und so weiter. Wenn Sie ein Mikrocontroller- oder anderweitiger Programmierenthusiast sind, können Sie Ihre Schalter grenzenlos steuern und sie gleichzeitig in der Nähe der Eingangsbuchsen anbringen.

Sehen Sie sich auch die anderen Mitglieder der DG-Serie von Analog Devices (ursprünglich Maxim) an. Der DG419 ist eine einkanalige Version des DG403, der mit einem Steuerkanal zwischen zwei Signalen umschalten kann. ◀

SG - 200394-02

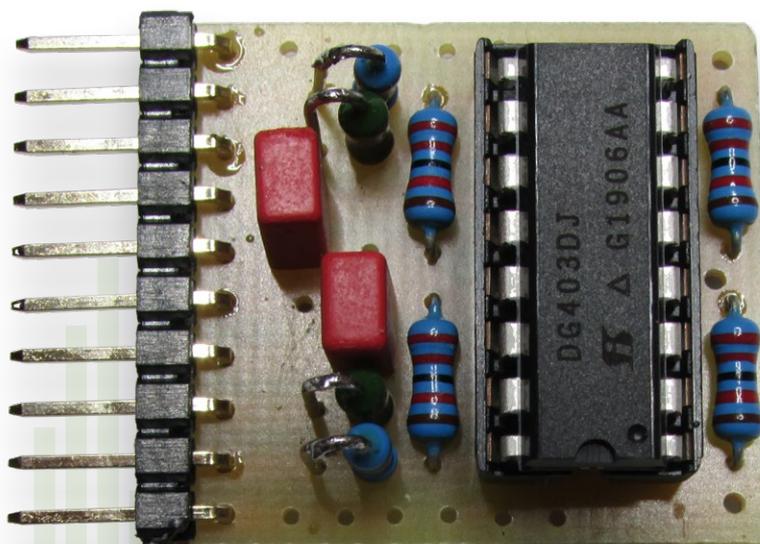


Bild 3. Das Modul kann viel kleiner sein als dieses, wenn Sie SMDs verwenden.



Passende Produkte

- > **Pimoroni Raspberry Pi Pico Audio-Paket**
<https://elektor.de/19765>
- > **Elektor Audio-Kollektion (USB-Stick)**
<https://elektor.de/19892>



Über den Autor

Als gelernter Elektroniker hat Thierry Clinquart seine Leidenschaft auf die Audiotechnik gelenkt. All seine Projekte drehen sich um analoge Audio-Vorverstärkung, Dynamikbearbeitung, Korrekturen, Signalverteilung et cetera. Da man in diesem Bereich mit Prototyping-Boards keine aussagekräftigen Ergebnisse erzielen kann, fertigt er seine eigenen Platinen auf die altmodische Art mit Sprint-Layout von Abacom und sPlan für die Schaltpläne.

WEBLINK

- [1] Projektdateien bei Elektor Labs:
<https://elektormagazine.de/labs/audio-switching-with-dg-403>



Große RGB-Ziffer

Mit verbundenen WS2812-LEDs

Von Clemens Valens (Elektor)

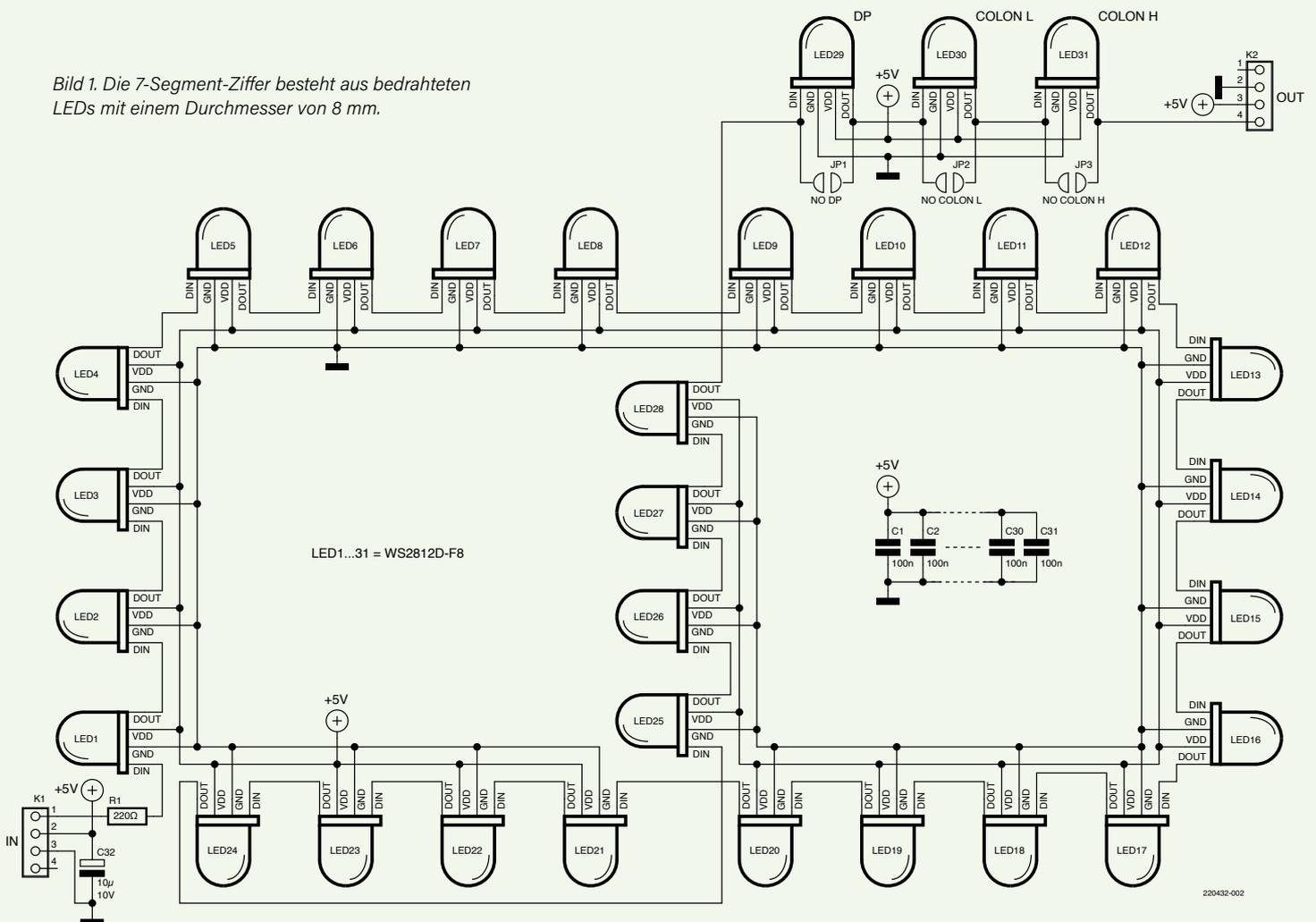
Adressierbare RGB-LEDs sind praktische Bauteile, die sich leicht aneinanderreihen lassen. Hier haben wir eine solche Aneinanderreihung zu einer 7-Segment-Ziffer geformt und auf eine schicke schwarze Platine gesetzt.

Vor ein paar Jahren, als sie noch nicht so populär und weit verbreitet waren wie heute und die Softwareunterstützung begrenzt war, kaufte ich eine Tüte mit 100 Stück adressierbaren RGB-LEDs WS2812D-F8 mit einem Durchmesser von 8 mm. Es handelt sich

um bedrahtete Typen, nicht um SMD-LEDs. Nachdem ich sie erhalten hatte, prüfte ich, ob sie funktionierten, und legte die Tüte in eine Schublade, da ich nicht wirklich wusste, wofür ich sie verwenden sollte. Hundert Stück mögen nach viel klingen, aber es ist nur genug

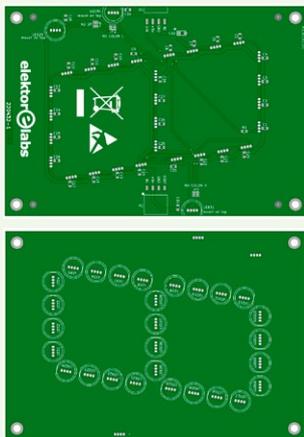
für eine nicht gerade riesige 10x10-Matrix. Daher blieben sie in der Schublade, bis ich vor ein paar Monaten eine große Sieben-Segment-Anzeige benötigte. Das klang endlich nach einer guten Anwendung für meine LEDs. Bei der Entscheidung über die Anzahl der

Bild 1. Die 7-Segment-Ziffer besteht aus bedrahteten LEDs mit einem Durchmesser von 8 mm.



220432-002

Stückliste



R1 = 220 Ω (0805)
 C1...C31 = 100 n (0805)
 C32 = 10 μ, 10 V (1206)
 LED1...LED31 = WS2812D-F8
 K1 = 1×4-polige Buchsenleiste, horizontal, SMD
 K2 = 41×4-polige Stiftleiste, horizontal, SMD

LEDs pro Segment musste ich einen Kompromiss zwischen der Größe der Ziffern und der Zahl der zur Verfügung stehenden LEDs finden. Schließlich entschied ich mich für vier LEDs pro Segment plus einen Dezimalpunkt und einen Doppelpunkt. Das bedeutete 31 LEDs pro Ziffer, also drei Ziffern. Nur sieben LEDs sollten ungenutzt in der Tüte liegen bleiben.

Schaltung und Platine

Der Entwurf der Schaltung war einfach, wie in **Bild 1** zu sehen. Der größte Aufwand bestand darin, das Platinenlayout zu zeichnen.

Das Datenblatt der LEDs empfiehlt zwar, einen kleinen Widerstand in Reihe mit dem DIN-Pin *jeder* LED zu schalten, aber ich habe das nicht getan, sondern nur einen Widerstand (R1) am Eingang der Platine eingefügt. Außerdem habe ich einen Entkopplungskondensator in der Nähe jeder LED und einen großen Kondensator (C32) am Versorgungseingang platziert.

Für nichtbestückte optionale LEDs (Dezimal- und Doppelpunkt) sind Lötbrücken vorgesehen, die die DIN- und DOUT-Pins kurzschließen, damit das Datensignal ungehindert passieren kann.



Bild 2. Drei kaskadierte Ziffern, die zwischen verschiedenen Zahlen überblenden.

Für die Positionierung der LEDs habe ich einige Datenblätter von Siebensegmentanzeigen konsultiert, von denen einige detaillierte mechanische Zeichnungen enthalten. Die LEDs sollten nicht zu weit voneinander entfernt sein, aber auch nicht zu dicht beieinander liegen. Außerdem muss der Neigungswinkel der vertikalen Segmente genau richtig sein. Bei einem modularen Ansatz sollte auch der Abstand zwischen den Ziffern gut gewählt oder besser ausprobiert sein.

Nachdem ich viele LEDs umhergeschoben hatte, kam ich zu dem hier gezeigten Entwurf. Der Doppelpunkt ist zweigeteilt, wobei sich die obere LED auf der linken Seite der Ziffer und die untere LED auf der rechten Seite befindet. Dies ermöglichte eine symmetrische Ziffer mit guten Abständen zwischen den Ziffern. Die Ziffer hat eine Höhe von 10 cm und eine Breite von fast 7 cm (ohne den Dezimalpunkt). Die Platine misst 13×9 cm.

Eine letzte Designvorgabe, die ich mir auferlegt habe, betraf die Vorderseite der Platine, auf der außer den LEDs nichts zu sehen sein soll; keine sichtbaren Leiterbahnen oder Durchkontaktierungen, kein Aufdruck, keine anderen Bauteile. Dies konnte ich durch SMD-Varianten aller Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren und Anschlüsse erreichen. Alle Durchkontaktierungen und Leiterbahnen auf der Oberseite sind unter den LEDs versteckt. Der Bauteildruck der optionalen LEDs (Dezimalpunkt und Doppelpunkt) wurde auf die Unterseite verlegt.

An diesem Punkt kann der PCB-Service, den Sie für die Herstellung der Platine gewählt haben (falls Sie einen solchen in Anspruch

nehmen), die Arbeit zunichtemachen, wenn er eine Produktionsnummer irgendwo auf der Platine an einer zufälligen Stelle anbringen möchte, und zwar höchstwahrscheinlich genau dort, wo Sie sie nicht haben wollten. Glücklicherweise können Sie bei einigen Platinenherstellern (ich habe JLCPCB verwendet) eine Position für diese Nummer angeben. Das Ergebnis ist ein schickes schwarzes Board mit LEDs, die wie Streulicht wirken.

Arduino-Code

Ich habe einen Arduino-Sketch geschrieben, um die drei Ziffern als eine Anzeige zu steuern (**Bild 2**). Die Hauptaufgabe übernimmt die Bibliothek *Adafruit_NeoPixel*. Da meine LEDs ziemlich alt sind, musste die Datenrate auf 400 kHz eingestellt werden. Moderne Versionen dieser LEDs laufen normalerweise mit 800 kHz. Alle Designdateien sind unter [1] erhältlich.

Eine letzte Anmerkung: Verwenden Sie ein gutes 5-V-Netzteil, da diese LEDs 60 mA und mehr pro Stück verbrauchen können. Eine Ziffer mit 31 LEDs (weißes Licht, volle Helligkeit) zieht bis zu etwa 2 A! ◀

RG - 220432-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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

WEBLINK

[1] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/ws2812b-7-segment-digit>



Mikrofonvorverstärker mit 48-V-Phantomversorgung

Ideal für Podcasting und Pro Audio



Von Thierry Clinquart (Belgien)

Ein Mikrofon ist ein empfindliches Gerät, das ein schwaches Ausgangssignal erzeugt, das mit Sorgfalt verarbeitet werden muss. Dieser Vorverstärker erfüllt genau diese Aufgabe. Er ermöglicht sogar den Anschluss einer 48-V-Phantomspannung für Mikrofone, die eine solche benötigen.

Mein Abenteuer mit Mikrofonvorverstärkern begann in den frühen 1980er Jahren mit Transistoren wie dem BC547. Eines Tages entdeckte ich beim Lesen des *Audio/Radio Handbook* von National Semiconductor [1] die LM387, LM381 und LF357. Ein damaliger Trick bestand darin, diese mit einem Impedanzwandler ($150\ \Omega / 10\ \text{k}\Omega$) zu koppeln, um das Rauschen zu reduzieren. Der Wandler sorgt für eine gewisse Verstärkung, so dass die Verstärkung des Operationsverstärkers reduziert werden kann. Shure-Mikrofone wie das PE15 und das 586 verfügten über einen eingebauten Impedanzwandler und eine Schraubbrücke, mit der man zwischen Hi-Z- und Low-Z-Modus wählen konnte.

In den frühen 1990er Jahren brachte PMI den SSM2017 auf den Markt, der eine hervorragende Qualität in Bezug auf Dynamik und Signal-Rausch-Verhältnis bot. Später wurde PMI von Analog Devices übernommen. In der Zwischenzeit brachte Burr Brown (heute im Besitz von Texas Instruments) einen Ersatz heraus, den INA217. Später stieg die DBX THAT Corporation, die nur spannungsgesteuerte Verstärker (VCAs) herstellte, mit dem berühmten THAT1510 in das Spiel ein, den ich ausprobierte, für gut befand und übernahm.

Mein Mikrofonvorverstärker folgt der gleichen Idee, die ich in einem früheren Projekt [2] verwendet habe (siehe **Bild 1**). Er hat dieselben Abmessungen und dasselbe Platine-

nenlayout, so dass MIC und LINE für eine Bus-Stromverteilung nebeneinander angeordnet werden können. Somit ist ein echter Mikrofon-/Line-Vorverstärker entstanden, der schnell zusammengebaut werden kann.

Die Schaltung

Ich habe den THAT1510 schon oft verwendet, aber dieses Mal zwei Stromverteilerwiderstände R1 und R2 hinzugefügt, um ein Mikrofon mit Phantomspannung zu versorgen. Dies ist sehr nützlich für die modernen Kondensator- und Elektret-Podcasting-Mikrofone, die 48 V benötigen. Ein weiterer Grund, die

Phantomspannung auf der Platine zu platzieren, ist der geringere Verdrahtungsaufwand. Außerdem sind externe Phantomspannungen vom Typ P48 nicht immer von guter Qualität. Das Schaltbild des Vorverstärkers ist in **Bild 2** dargestellt. Das Mikrofon wird an eine XLR-Buchse NC3FAH2 von Neutrik angeschlossen. Die Kondensatoren C1, C2 und C3 bilden ein Eingangsfilter gegen HF-Einstreuungen.

Wie ich bereits erwähnt habe, verteilen R1 und R2 die 48-V-Phantomversorgung. Da viele Elektretmikrofone interne Zener-Dioden mit 5,6 V oder 6,2 V zur Stabilisierung der Stromversorgung haben, ist es nicht sinnvoll, sie mit 48 V zu versorgen. 12 V können durchaus ausreichen. Dazu muss der Wert von R1 und R2 von 6,8 k Ω auf 1,8 k Ω oder 2,2 k Ω geändert werden, um einen Strom von etwa 7 mA ($48\ \text{V} / 6,8\ \text{k}\Omega$) zu garantieren. Die meisten tragbaren Audiomixer verwenden auch 12 V für die Phantomspannung und die

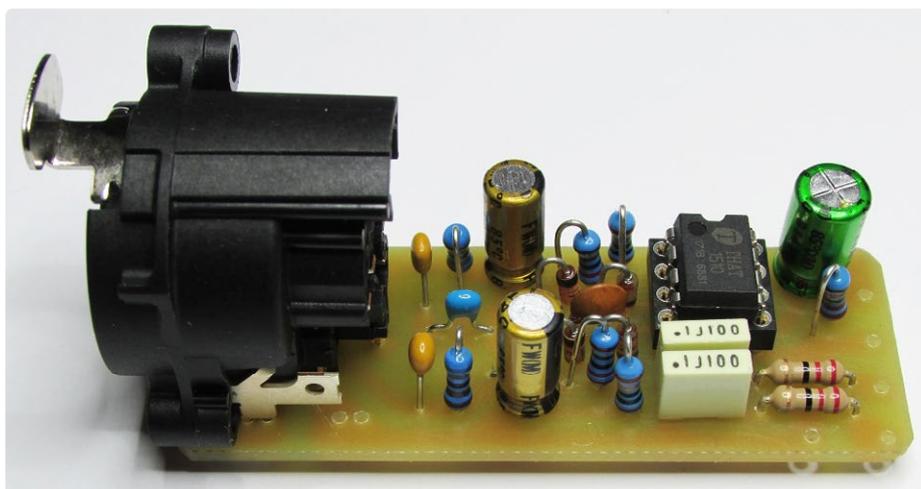


Bild 1. Der Mikrofonvorverstärker passt auf eine sehr kleine Platine. Siehe [4] für Details.

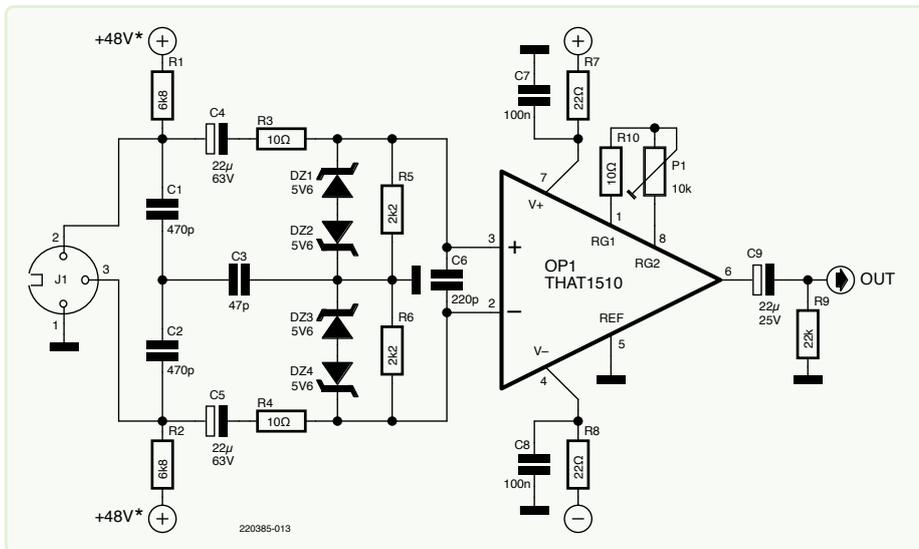


Bild 2. Der Schaltplan für den Mikrofonverstärker.

Audioelektronik. High-End-Mikrofone wie das U87 von Neuman, Schoeps und andere besitzen interne Z-Dioden, die nahe an 30 V liegen, so dass für diese Mikrofone 48 V erforderlich sind.

C4 und C5 schützen den THAT1510 gegen die hohe Spannung der Phantomversorgung. Ich habe Kondensatoren des Typs UFW1J220MDD aus der Nichicon-Audio-Serie verwendet. 63-V-Kondensatoren sind zu bevorzugen, da 50 V zu nahe an 48 V liegt. Sie benötigen wenig Platz auf der Platine.

R3 und R4 werden vom Hersteller zum Schutz vor Einschaltstromstößen empfohlen [3], während DZ1 bis DZ4 die Eingänge des THAT1510 vor Spannungsspitzen schützen. Die Pull-down-Widerstände R5 und R6 sorgen für symmetrische Eingänge und können im Bereich von 1 kΩ bis 10 kΩ liegen. C6 eliminiert jegliche hochfrequente Störung, die es bis zu den Eingängen des Opamps geschafft hat. Die Stromversorgung des Opamps erfolgt über R7 und R8 und wird durch C7 und C8 entkoppelt. C9 ist der Ausgangskoppelkondensator, R9 ein Pull-Down-Ausgangswiderstand.

Die Verstärkung wird wie folgt berechnet:

$$20 \log(1 + 10 \text{ k}\Omega / (R10 + P1))$$

Wenn P1 auf seinen Minimalwert eingestellt ist, beträgt die Verstärkung 60 dB, und wenn er auf den Maximalwert von 10 kΩ eingestellt ist, 6 dB. **Bild 3** zeigt eine Möglichkeit, die Verstärkung in 5-dB-Schritten zu einzustellen. Verschiedene weitere Vorschläge zur Verstärkungseinstellung und Designdateien finden Sie auf der Projektseite von Elektor Labs [4]. ◀

SG - 220385-02

Über den Autor

Als ausgebildeter Elektroniker hat Thierry Clinquart seine Leidenschaft auf den Bereich Audio gelenkt. Alle seine Projekte drehen sich um analoges Audio: Vorverstärkung, Dynamikbearbeitung, Korrekturen, Signalverteilung, et cetera. Da man in diesem Bereich mit Prototyping-Boards keine befriedigende Ergebnisse erzielen kann, fertigt er seine eigenen Platinen auf die altmodische Art mit Sprint-Layout von Abacom und sPlan für die Diagramme.

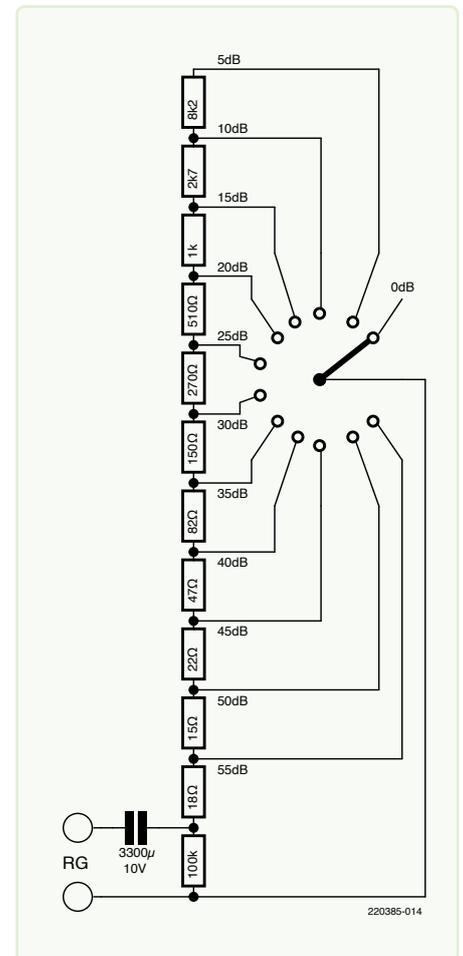


Bild 3. Mit diesem Verstärkungswahlschalter anstelle von P1 kann die Verstärkung in 5-dB-Schritten eingestellt werden.

WEBLINKS

- [1] National Semiconductor, Audio/Radio Handbook, 1980: <https://bit.ly/40VUOjA>
- [2] Balanced-Unbalanced-Konverter: <https://elektormagazine.de/labs/line-receive-with-rfi-and-dc-protect>
- [3] THAT Corp., „THAT 1510, 1512: Low-Noise, High Performance Audio Preamplifier IC“, Dokument 60003, 2017: https://thatcorp.com/wp-content/uploads/2020/10/THAT_1510-1512_Datasheet.pdf
- [4] Projektdateien auf Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/microphone-preamplifier-with-phantom-power>



Passende Produkte

- > **Pimoroni Raspberry Pi Pico Audio Pack**
(Line-Out- und Kopfhörer-Verstärker)
<https://elektor.de/19765>
- > **Elektor Audio Collection (USB-Stick)**
<https://elektor.de/19892>



Einfacher Dynamik-Kompressor

Mit sanfter Steuerung und warmem Klang

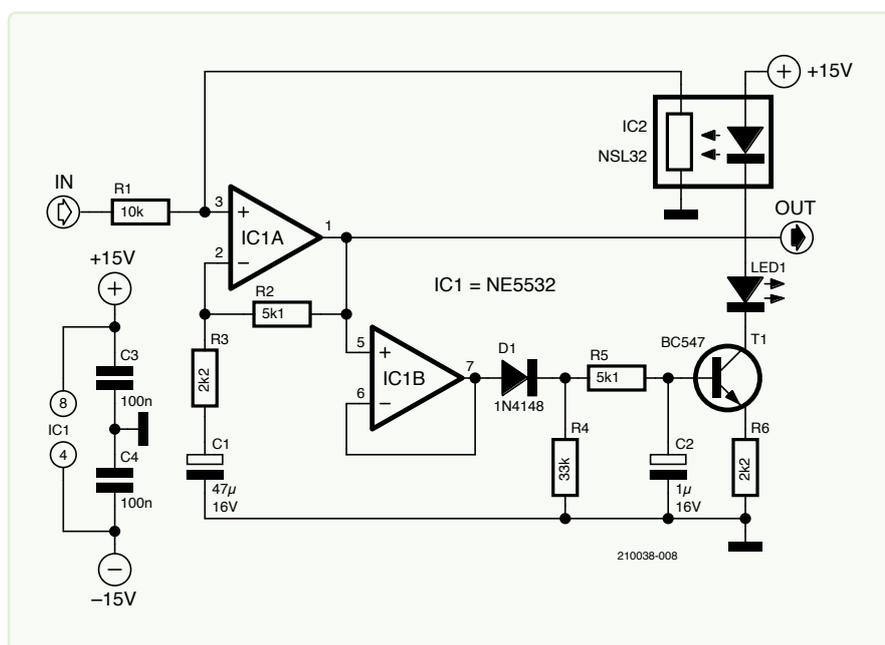


Bild 1. Vactrol IC2 ist das magische Teil in dieser Schaltung, das die dynamische Kompression eines Audiosignals ermöglicht.

Von Thierry Clinquart (Belgien)

Die dynamische Kompression von Audiosignalen ist wichtig, um Signalspitzen zu reduzieren und eine Übersteuerung des Ausgangssignals zu vermeiden. Diese Schaltung verwendet einen lichtabhängigen Widerstand, um eine weiche Kompression zu erreichen.

Das Herzstück der in **Bild 1** dargestellten Kompressorschaltung ist IC2, ein resistiver Optokoppler (ein Vactrol) mit der Bezeichnung NSL-32. Der Wert des Widerstands im Inneren des Geräts hängt von der Lichtmenge ab, die von der eingebauten LED auf den Widerstand leuchtet. Auf diese Weise kann der Widerstandswert von etwa 500 k Ω (aus) bis zu 500 Ω (ein) variiert werden. Sie werden häufig in Audioanwendungen eingesetzt, zum Beispiel in Kompressoren, Filtern und Hüllkurvengeneratoren, wo ihre langsame Reaktionszeit und ihr „weiches“ Verhalten für ihre musikalischen Qualitäten geschätzt werden.

Der Widerstand von IC2 bildet zusammen mit R1 einen lichtabhängigen Spannungsteiler. Wenn das Signal zu stark wird, leuchtet die LED in IC2 auf. Dadurch wird der Wert des Widerstands von IC2 gesenkt und das Eingangssignal abgeschwächt. Je stärker das Eingangssignal ist, desto stärker wird die Dämpfung.

Das dynamisch abgeschwächte Signal wird durch den nicht-invertierenden Verstärker IC1A verstärkt, der das Ausgangssignal des Kompressors liefert.

Das Ausgangssignal wird auch von IC1B gepuffert, um einen Spitzendetektor zu steuern. Wenn die Schwellenwerte von D1 und T1 überschritten werden, beginnt T1 zu leiten und lässt Strom durch die LEDs fließen, wodurch das Dämpfungsglied aktiviert wird.

R4, R5 und C2 bestimmen die Regelhüllkurve. R5 und C2 legen die Einschwingzeit (attack) fest, während die Ausschwingzeit (release) von der Entladezeit von C2 durch R5 + R4 abhängt. R6 begrenzt den LED-Strom. LED1 gibt eine visuelle Rückmeldung über den Betrieb des Kompressors.

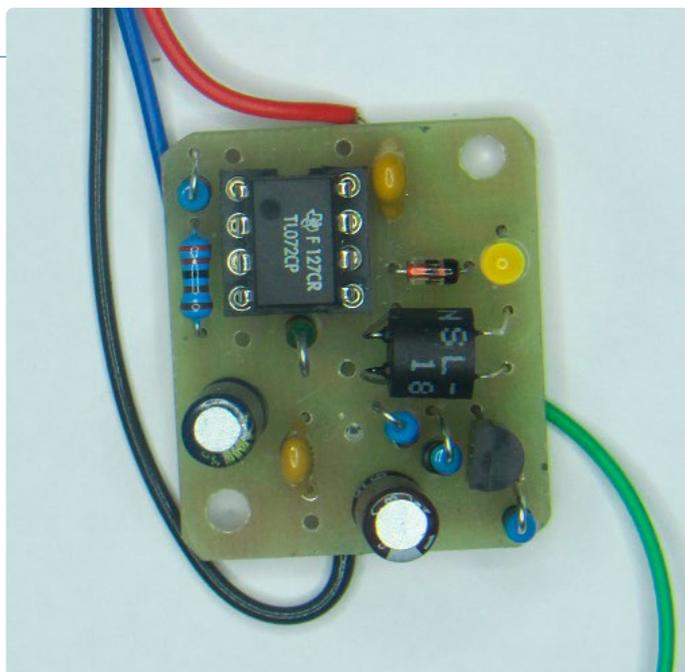


Bild 2. Der Kompressor ist auf einer kleinen Platine aufgebaut. Siehe [1] für die Designdateien.

Wenn Sie die Einsatzschwelle des Spitzendetektors ändern möchten, können Sie statt D1 eine oder mehrere Schottky-Dioden in Reihe schalten. Durch jede dieser Dioden erhält man eine Spannungsstufe von etwa 0,2 V.

C1 sperrt den Rückkopplungspfad R2/R3 des Verstärkers für Gleichstrom, lässt aber Wechselstromsignale durch. Daher ist die DC-Verstärkung gleich eins, die AC-Eingangsverstärkung kann durch $20 \log(1+(R2/R3))$ berechnet werden, was bei den angegebenen Werten etwa 10 dB entspricht. Bei einem Eingangssignal von 250 mV habe ich ein Ausgangssignal von 775 mV gemessen.

Durch Unterbrechung der Optokopplerverbindung kann der Kompressor ausgeschaltet werden.

Hinter einem Mikrofon-, Gitarren- oder Instrumentenvorverstärker platziert, ist der Kompressor ein sehr nützliches Gerät nicht nur zum Schutz der Signalqualität, sondern auch für künstlerische Qualitäten. ◀

SG - 210038-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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



Passende Produkte

- **Elektor Fortissimo-100 High-End-Verstärker-Kit**
<https://elektor.de/20273>
- **Douglas Self, Small Signal Audio Design (2nd Edition)**
<https://elektor.de/18046>

WEBLINK

[1] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/small-dynamic-compressor>

**BE COOLER.
STAY MAPI.**



**WÜRTH
ELEKTRONIK**
MORE THAN
YOU EXPECT

NEU: ■ Bauformen 5020 & 5030
■ Hochtemperatur Version bis zu 150 °C
■ Automotive-Serie WE-MAIA erhältlich mit AEC-Q200 Qualifizierung Grade 0 & 1

Innovative Serie von Leistungsinduktivitäten

Die WE-MAPI ist eine innovative Serie von geformten Leistungsinduktivitäten mit einer breiten Größenauswahl, die bis zu 50% höhere Nennströme bietet als ähnliche runde Drahtleistungsinduktivitäten. Mit bis zu 60% höherem Sättigungsstrom und bis zu 20% niedrigeren Wechselstromverlusten im Vergleich zu flachen Drahtleistungsinduktivitäten ist die WE-MAPI dank AEC-Q-Qualifizierung und ausgezeichnetem EMV-Verhalten die perfekte Wahl für eine Vielzahl von Anwendungen wie Unterhaltungselektronik, Gleichspannungswandler oder den Einsatz in Industrieumgebungen mit hohen Umgebungstemperaturen. Bereit zum Design-In? Nutzen Sie die präziseste Wechselstromverlustberechnung in **REDEXPERT**.

www.we-online.com/STAYMAPI

- Hohe Nennströme von bis zu 15 A
- Geringe Wechselstromverluste aufgrund innovativer Kernmaterialien
- Niedriger Gleichstromwiderstand (RDC) von bis zu 6 mΩ
- Ausgezeichnete Temperaturstabilität von -55 bis +150 °C
- Innovative Gestaltung
- Hervorragendes EMV-Verhalten

© e!SOS



Bild 1. Diese Version des Schlosses verwendet die Zahlen 1 bis 10.



Einfaches elektronisches Schloss



Von Rob van Hest (Niederlande)

Es gibt viele Arten von Schlössern – mechanische, aber auch elektronische. Es wurden verschiedene Mechanismen zum Öffnen elektronischer Schlösser entwickelt, zum Beispiel Tastaturen, Fingerabdrücke, Gesichtsscans und mehr. In dem hier beschriebenen Projekt wird das Schloss durch Drehen eines Potentiometers geöffnet.

Dieses elektronische Schloss benötigt keinen Schlüssel und keine Karte, um es zu öffnen, sondern verwendet stattdessen einen Code. Um den Code einzugeben, dreht man ein Potentiometer nach links und rechts, ähnlich wie bei einem Drehkombinationsschloss. Die Bedienung ist einfach: Drehen Sie das Potentiometer auf das erste

Symbol des Geheimcodes, drücken Sie dann den Knopf, um die Stellung zu bestätigen, gehen Sie zum zweiten Symbol über, und so weiter. Wenn alle Symbole korrekt eingegeben wurden, wird das Relais aktiviert und das Schloss öffnet sich.

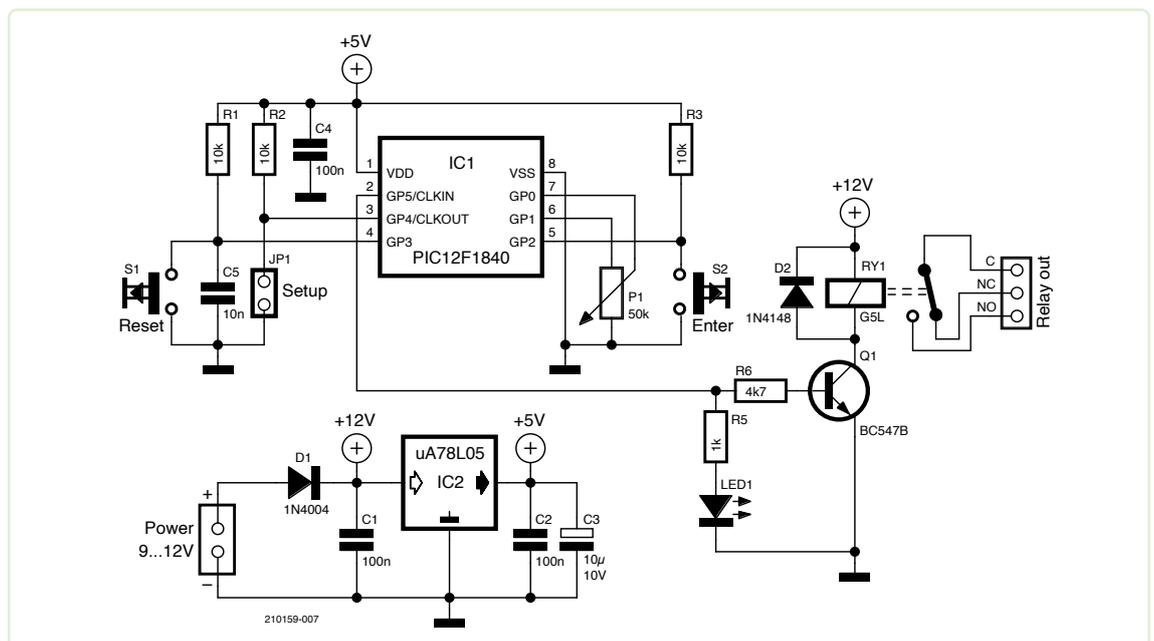


Bild 2. Fast die Hälfte dieser Schaltung kann weggelassen werden, wenn man sich für Batteriebetrieb entscheidet.

Da es sich um eine analoge Eingabe handelt, ist es nicht notwendig, die zehn Ziffern von 0...9 zu verwenden - es können auch Symbole, Farben oder oktale oder hexadezimale Zeichen verwendet werden. Wenn es auf eine Potentiometerskala passt, dann kann es verwendet werden. Mein Prototyp verwendet die Zahlen 1..10 (**Bild 1**).

Schaltplan

Der Schaltplan des Schlosses ist in **Bild 2** dargestellt. Es ist um einen 8-poligen PIC12F1840-Mikrocontroller von Microchip Technology (IC1) herum aufgebaut, der ein Relais zum Schalten eines größeren Stroms steuert. Der kleine Bruder des PIC12F1840, der PIC12F1822, funktioniert ebenfalls in dieser Schaltung.

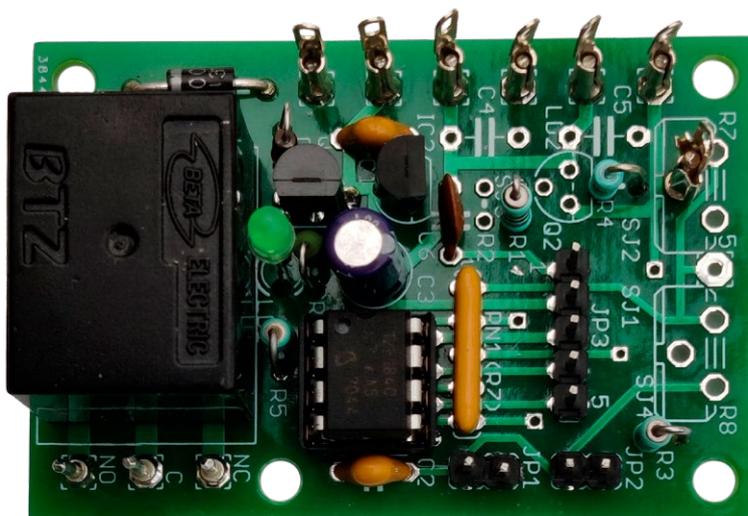
Der Code zum Öffnen des Schlosses wird mit P1 und S2 eingegeben. Das Potentiometer P1 wird nur dann über Pin 6 des Controllers mit Strom versorgt, wenn man S2 drückt. Dadurch wird nicht nur die Potistellung eingegeben, sondern auch die Stromaufnahme der Schaltung im Ruhezustand reduziert.

Die Schaltung um IC2 ist besagte Stromversorgung und akzeptiert eine Eingangsspannung von bis zu 12 V. Ein Batteriebetrieb mit beispielsweise drei AA-Batterien ist aber auch möglich. Verwenden Sie in diesem Fall ein 5-V-Relais für RY1. Die Bauteile IC2, C1, C2 und D1 können auch weggelassen werden. In dem Fall sollten der Eingang und der Ausgang von IC2 mit einer Drahtbrücke verbunden werden.

Sie können einen neuen Code programmieren, indem Sie einen Jumper auf JP1 anbringen. Die Vorgehensweise ist dieselbe wie beim Öffnen des Schlosses. Nachdem Sie den neuen Code eingegeben haben, entfernen Sie den Jumper von JP1 und drücken Sie Reset (S1), um ihn zu aktivieren.

Platine und Software

Das Schloss kann auf einer Universalplatine [1] aufgebaut werden, die ich für alle möglichen Projekte mit verschiedenen 8-poligen PIC-Mikrocontrollern verwende (**Bild 3**). Auf dieser Platine ist Platz für mehr Teile als hier verwendet werden. Da die Schaltung nicht sehr komplex ist, kann man sie auch auf einem Stück Lochrasterplatine aufbauen.



Sowohl der Quellcode als auch die kompilierte HEX-Datei sind auf der Projektseite bei Elektor Labs [2] erhältlich. Ein PICKit-Programmier-Pod von Microchip kann an JP3 angeschlossen werden, um die HEX-Datei in die MCU zu flashen. Wollen Sie den Chip nicht auf dieser Platine programmieren, kann JP3 weggelassen werden. Wenn Sie selbst Änderungen am Programm vornehmen wollen, benötigen Sie den CC5X-Compiler von B. Knudsen [3]. ◀

SG - 210159-02

▲
Bild 3. Das Schloss auf der universellen Projektplatine für achtbeinige PICs des Autors.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie den Autor unter trainer99@ziggo.nl oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- **Bert van Dam, 50 PIC Microcontroller Projects** E-Buch, PDF:
<https://elektor.de/18091>
- **Elektor Ultimatives Sensor-Kit**
<https://elektor.de/19104>



WEBLINKS

- [1] Universelle MCU-Platine: <https://elektormagazine.de/labs/board-for-simple-microcontroller-project>
 [2] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/simple-electronic-lock>
 [3] B. Knudsen Data, CC5X-Compiler: <https://bknd.com/cc5x>



Aktiver Gleichrichter

Für 2...40 V bis 3 A mit Rückstromunterdrückung

Von Holger Nobach (Deutschland)

Aktive Gleichrichter kommen zum Einsatz, wenn die Verlustspannung über der Gleichrichterschaltung kleiner als die Flussspannung von Dioden sein soll. Dadurch bleiben die Spannungsverluste bei kleinen eingangsseitigen Wechsellspannungen gering, und die Verlustleistung bleibt auch bei Strömen von mehreren Ampere klein genug, um Kühlmaßnahmen zu reduzieren.

Die in **Bild 1** dargestellte aktive Gleichrichterschaltung arbeitet bei Eingangsspannungen zwischen 2 V und 40 V (Spitze) und bei Strömen bis 3 A (bis 1,5 A ohne besondere Kühlmaßnahmen). Und das bei einer Verlustspannung über der gesamten Schaltung von etwa 50 mV bei geringer Last (1 mA) und etwa 0,7 V bei 3 A (**Bild 2**).

Fahrraddynamo gleichgerichtet

Die Schaltung ist zum Beispiel für die Gleichrichtung der Spannung aus einem Fahrraddynamo geeignet, welcher einen recht hohen Innenwiderstand hat. Bei Belastung bricht die vom Dynamo gelieferte Spannung deshalb stark ein, sodass im Lastbetrieb geringe Verluste bei der Gleichrichtung benötigt werden und zudem die Elektronik mit einer geringen Betriebsspannung klarkommen

sollte. Eine fertig integrierte Lösung der MOSFET-Ansteuerung (etwa mit einem LT4320) ist durch den spezifizierten Eingangsspannungsbereich von 9...72 V für den Einsatz an einem Fahrraddynamo nicht optimal.

Um eine zusätzliche Stromversorgung der Schaltung zu vermeiden, ist hier die aktive Gleichrichtung durch je zwei P- und zwei N-Channel-MOSFETs in einer Brückenschaltung naheliegend. Der obere Teil der Schaltung steuert die entsprechenden MOSFETs durch, wenn die Spannung an einem der Eingänge ausreichend unterhalb der Spannung am positiven Ausgang liegt, die ihrerseits durch die höhere Spannung der beiden Eingänge bestimmt wird. Diese speziell für die Gleichrichtung der Spannung eines Fahrraddynamos verwendete Schaltung mit kreuzverschalteten Gates ist aus [1] bekannt.

Achtung, niedriger Strom!

Der Ausgang des LT1017 enthält eine Pull-up-Stromquelle, die nur 15...70 μA aus der positiven Versorgungsspannung liefert. In der vorgeschlagenen Schaltung ist dies ausreichend, aber bei anderen Anwendungen sollte diese Einschränkung berücksichtigt werden.

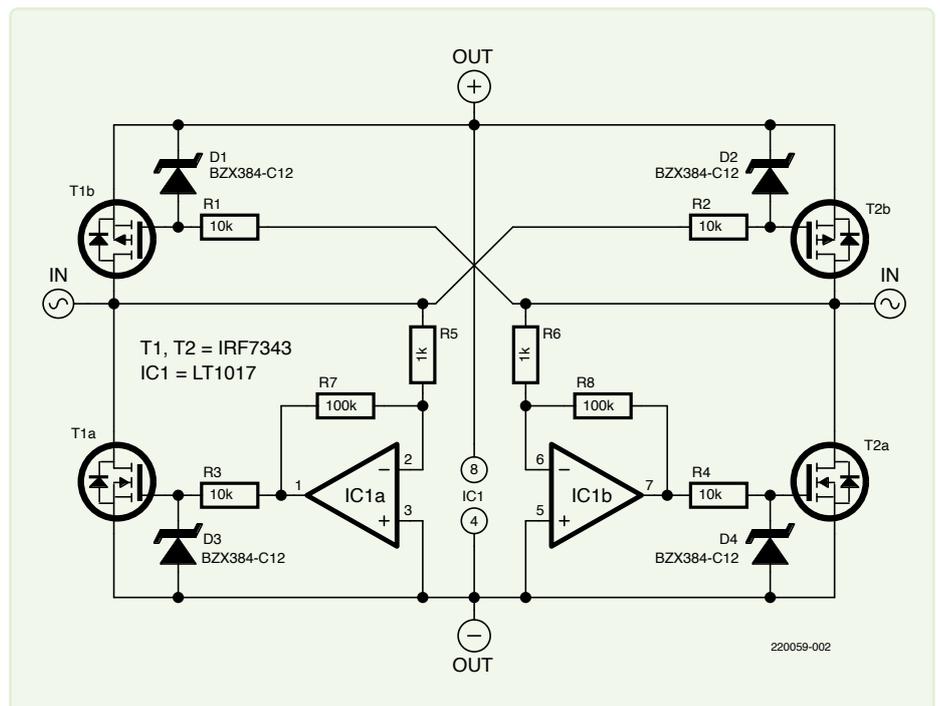


Bild 1. Die Schaltung des aktiven Gleichrichters.

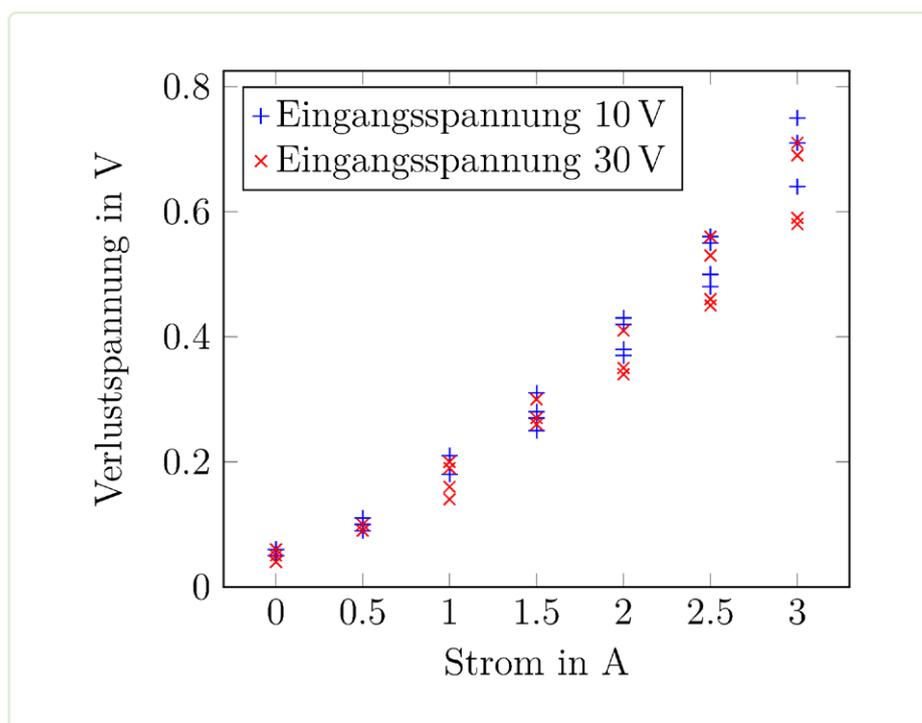


Bild 2. Verlustspannung in Abhängigkeit vom Durchlassstrom für zwei verschiedene Eingangsspannungen, für jeweils zwei Module und je zwei Polarisierungen der Eingangsspannung.

Für einen ohmschen Verbraucher ist dieses Prinzip der Gleichrichtung geeignet, bei Verwendung einer Stützkapazität am Ausgang der Gleichrichterschaltung kommt es aber zu Rückströmen und damit zu erheblichen Blindleistungen.

Um solche Rückströme zu unterbinden, reicht der Vergleich nur der Eingangsspannungen nicht aus. Vielmehr müssen die Eingangsspannungen mit den beiden (Ziel-) Potentialen der gepufferten Ausgangsspannung verglichen werden und daraufhin die MOSFETs geschaltet werden. Eine beliebte Schaltung [2] in unterschiedlichen Varianten verwendet dafür vier Operationsverstärker (zum Beispiel LMV841, LMV842 oder LMV844), die als invertierender Verstärker beschaltet sind und dabei je eine der beiden Eingangsspannungen mit einem der Ausgangspotentiale vergleicht. Da die Operationsverstärker dabei aus der Ausgangsspannung versorgt werden müssen, setzt das voraus, dass sie Eingangsspannungen auch über die beiden Versorgungsspannungen hinaus verarbeiten können. Die LMV84x sind dafür geeignet, haben allerdings eine auf maximal 12 V beschränkte Versorgungsspannung. Der hier verwendete LT1017 hat dagegen einen Versorgungsspannungsbereich von 1,1...40 V. Dafür umfasst der Eingangsspannungsbereich nur

die untere Versorgungsspannung (bis 0,3 V unterhalb der negativen Versorgungsspannung), während die Eingangsspannung nicht über die positive Versorgungsspannung hinausgehen darf. Deshalb wird nur der untere Teil der Schaltung zur Bereitstellung der negativen Ausgangsspannung durch die Operationsverstärker, der obere Teil nur durch den Vergleich der Eingangsspannungen gesteuert, weshalb er auch bei abnehmender Eingangsspannung bis zur Spannungsumkehr leitend bleibt. Entsprechend präzise muss die Sperrung der MOSFETs im unteren Teil der Schaltung erfolgen, um Stromrückflüsse ausreichend sicher zu unterbinden.

Je zwei MOSFETs in leitender Funktion

In der Schaltung wird ein Paar MOSFETs des Typs IRF7343 eingesetzt, alternativ können auch ein IRF7341 (Dual N-Channel MOSFET, für T1a und T2a) und ein IRF7342 (Dual P-Channel MOSFET, für T1b und T2b) verwendet werden. Die beiden oberen P-Channel-MOSFETs beginnen jeweils durchzusteuern, wenn die Gate-Spannung negativ gegenüber der Source-Spannung wird (Threshold-Spannung -1 V). Das ist immer dann der Fall, wenn die Spannungsdifferenz am Eingang 1,5 V übersteigt. Bei

3 V Spannungsdifferenz sind die MOSFETs vollständig durchgesteuert. Die maximale Drain-Source-Spannung von ± 55 V liegt über der hier spezifizierten maximalen Eingangsspannung von ± 40 V. Dagegen müssen die Gates wegen der maximalen Gate-Source-Spannung von ± 20 V zum Beispiel durch eine Kombination eines Widerstandes (R1...R4) und einer Z-Diode (D1...D4) gegen Überspannungen geschützt werden. Bei 10-k Ω -Widerständen fließen durch die Z-Dioden auch bei kleinen Z-Spannungen maximal 4 mA, sodass kleine Bauformen mit geringer Verlustleistung (300 mW) verwendet werden können. Der genaue Typ ist aber in weiten Grenzen unkritisch. Die Z-Spannung kann in einem weiten Bereich oberhalb von 3 V, bei denen die MOSFETs durchgesteuert sind, bis zur maximal erlaubten Gate-Source-Spannung von 20 V gewählt werden. Da die tatsächliche Spannung über den Z-Dioden auch vom Strom abhängt, sollte man weit genug von den Bereichsgrenzen Abstand halten. Mit einer Z-Spannung von 12 V liegt man sicher auf der richtigen Seite. Bei der im **Kasten „Achtung, hohe Spannung!“** vorgeschlagenen Beschränkung des Eingangsspannungsbereichs auf ± 20 V können die Z-Dioden D1...D4 überbrückt werden.

Die verborgenen Body-Dioden innerhalb der MOSFETs (sowohl P-Channel oben als auch N-Channel unten) bewirken, dass auch bei gesperrten MOSFETs die gesamte Schaltung wie ein Dioden-Brückengleichrichter arbeitet. Sobald die Spannungsdifferenz am Eingang der Schaltung rund 2 V übersteigt, werden der Operationsverstärker ausreichend versorgt und alle MOSFETs zur aktiven Gleichrichtung angesteuert.

Die beiden unteren N-Channel-MOSFETs sollen jeweils öffnen, wenn eine der beiden Eingangsspannungen negativer wird als die negative Ausgangsspannung. Die beiden Operationsverstärker sind entsprechend als invertierende Verstärker mit einer Verstärkung von 100 ausgelegt. Mit einer Threshold-Spannung von 1 V beginnen die beiden MOSFETs ab einer Eingangsspannung von 10 mV unterhalb der negativen Ausgangsspannung zu leiten. Bei 3 V Gate-Source-Spannung beziehungsweise 30 mV Eingangsspannung unterhalb der negativen Ausgangsspannung sind die MOSFETs vollständig durchgesteuert. Der LT1017 erlaubt dafür Spannungen an den Eingängen bis 0,3 V unterhalb der negativen Versorgungsspannung.



Achtung, hohe Spannung!

In Foren wird berichtet, dass die Ausgangsspannung eines Fahrraddynamos im Leerlauf durchaus 80 V erreichen kann. Für einen solchen Einsatzfall sollte die Schaltung deshalb an den Eingangsklemmen (~-Symbol) mit zwei antiseriell geschalteten Z-Dioden mit einer Zener-Spannung von beispielsweise 39 V abgesichert werden. Sie tragen nicht zur Gleichrichtung bei und sind deshalb hier im Schaltbild nicht eingezeichnet. Bei Einsatz einer solchen „externen“ Absicherung auf die erlaubte Eingangsspannung der MOSFETs können die Z-Dioden D1...D4 entfallen und die Widerstände R1...R4 überbrückt werden.

Umgekehrt sollen die MOSFETs bei Gleichheit der Spannungen an den Eingängen und den Ausgängen der Schaltung zur Verhinderung von Rückströmen sicher sperren. Bei gleicher Spannung an seinen Eingängen steigt der Ausgang eines invertierenden Verstärkers auf dieselbe Spannung. Dadurch ist im Idealfall die Gate-Spannung des MOSFETs gleich der Source-Spannung und der MOSFET sperrt. Bei einer maximalen Offset-Spannung der Komparatoren von 1 mV verschiebt sich dieser Gleichgewichtszustand zu einer maximalen Gate-Source-Spannung von 100 mV, was ausreichend unterhalb der Threshold-Spannung liegt, so dass die MOSFETs sicher sperren.

Mitunter wird nach der Notwendigkeit der äußeren Beschaltung der Operationsverstärker gefragt. Im Prinzip reicht ja der direkte Vergleich der Eingangsspannung mit der Ausgangsspannung. Allerdings könnte eine ungünstige Offset-Spannung der Operationsverstärker auch bei gleichen Eingangsspannungen dazu führen, dass einer der MOSFETs noch leitet und doch ein unerwünschter Rückstrom vom Ausgang zurück in den Eingang fließt. Erst bei ausreichend großen (Rück-) Strömen wird der Spannungsabfall über dem MOSFET sicher groß genug, um den Ausgang des Operationsverstärkers umzuschalten und damit den MOSFET zu sperren. Um bei gleichen Eingangsspannungen zu garantieren, dass die MOSFETs sicher sperren, müssten die Spannungen

am Eingang des Operationsverstärkers zum Beispiel durch Dioden in Flussrichtung und entsprechende Ableitwiderstände (entweder Dioden mit unterschiedlichen Flussspannungen oder gleiche Dioden mit unterschiedlichen Durchlassströmen) mindestens um die mögliche Offset-Spannung gegeneinander verschoben werden. Der Schaltungsaufwand würde sich gegenüber der hier vorgestellten Lösung dann noch etwas vergrößern. ◀

RG – 220059-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare!

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter holger.nobach@nambis.de, oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.

Über den Autor

Holger Nobach (Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen, Deutschland) studierte und promovierte in Elektrotechnik an der Universität Rostock. Er entwickelte Messverfahren und Signalverarbeitungsmethoden in Kopenhagen, Darmstadt, in den USA und in Göttingen, wo er die Elektronikentwicklung am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation leitet und Vorlesungen an der Universität Göttingen hält. Die experimentelle Arbeit am Institut erfordert von Zeit zu Zeit Steuerungs- und Messtechnik jenseits von Standardprodukten. Im jüngsten Projekt geht es um schnelle und empfindliche Messsonden für turbulente Strömungen.



Passende Produkte

The Elektor Power Supply Collection (USB-Stick)
<https://elektor.de/20451>



WEBLINKS

- [1] Jürgen Heidbreder, Benno Kröck, "Mosfet-Gleichrichter für Fahrradbeleuchtung", Fahrradzukunft Ausgabe 14, 2012: <https://fahradzukunft.de/14/mosfet-gleichrichter>
- [2] mikrocontroller.net, Forum Analoge Elektronik und Schaltungstechnik, MOSFET-Gleichrichter mit OPV: <https://mikrocontroller.net/topic/375657#new>

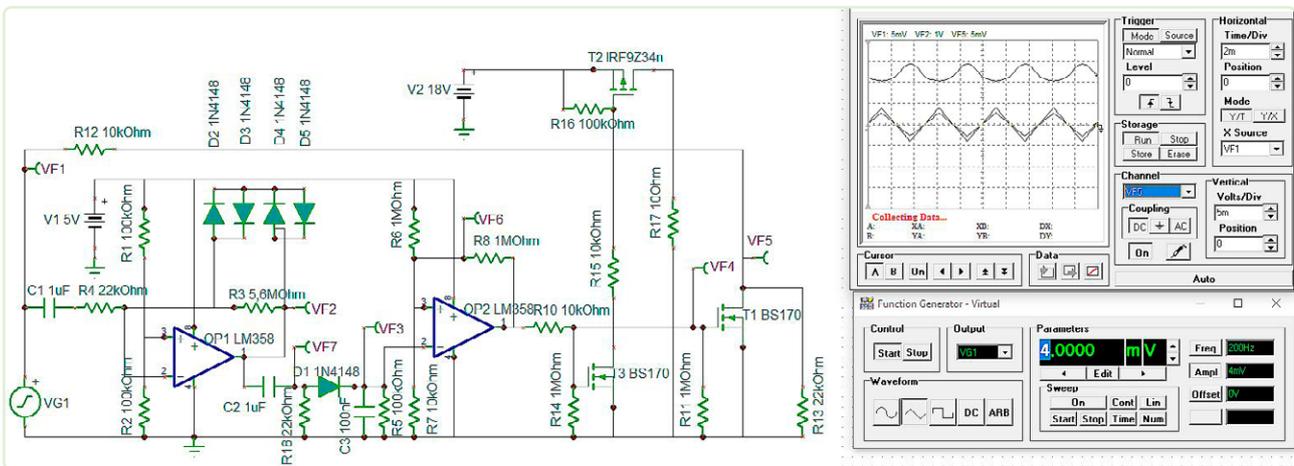


Bild 2. Simulationsschaltung mit Dioden.

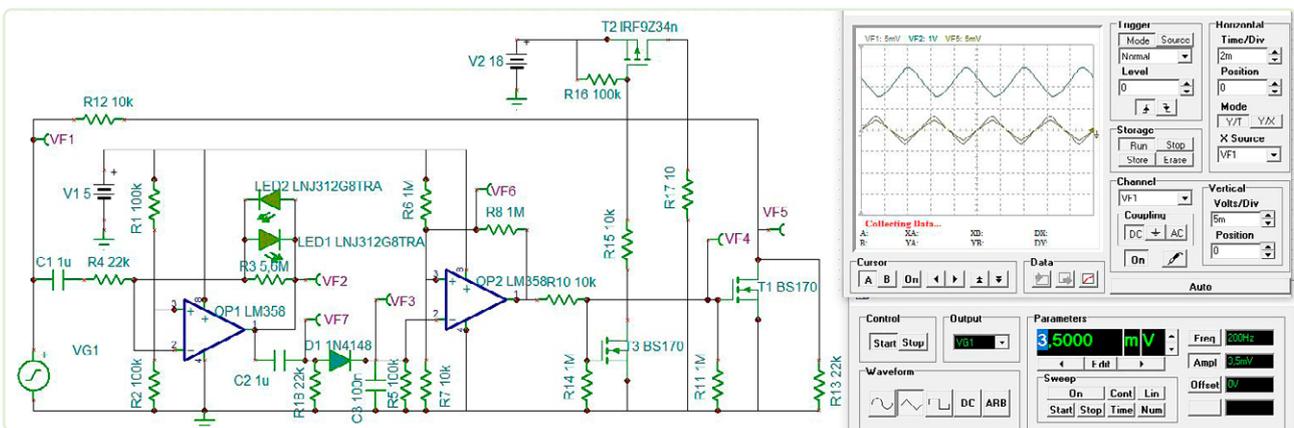


Bild 3. Simulationsschaltung mit LEDs.

Lautsprecherboxen gibt es in allen Formen und Größen. Die „besseren“ Boxen sind in der Regel mit mehreren Lautsprechern ausgestattet, von denen jeder einen über ein Filter getrennten Teil des Klangspektrums wiedergibt. Diese Filter, die die Frequenzen trennen, bestehen in der Regel aus Kondensatoren und Spulen sowie eventuell aus Widerstandsnetzwerken zur Pegelanpassung. Solche Systeme sind schwierig zu konstruieren und eignen sich nur für die Kombination, für die sie ausgelegt sind.

Es ist auch möglich, eine aktive Frequenzweiche zu verwenden und jedem Lautsprecher einen eigenen Verstärker zuzuordnen. Ein solches System lässt sich leicht in eine Lautsprecherbox einbauen, die dann als Aktivbox bezeichnet wird. Es gibt derzeit viele passende Verstärkermodule zu kaufen.

Der hier vorgestellte Entwurf soll die Vorteile der weithin verfügbaren Class-D-Verstärker nutzen, die auf Designs von Texas Instruments basieren und sich durch eine gute Audioqualität auszeichnen. Diese Verstärker können mit einer einzigen (statt einer symmetrischen) Gleichspannung betrieben werden, die üblicherweise zwischen 12 V und 30 V liegen kann.

Dass heutzutage viele Netzteile von ausrangierten Laptops preiswert erhältlich sind, die bei einer Ausgangsspannung von 19 V einen Strom von 3 A liefern können - genug für einen anständigen Verstärker - macht die Angelegenheit nochmal attraktiver.

Ein kniffliger Punkt bei Aktivboxen ist aber das Ein- und Ausschalten. Es ist ärgerlich, wenn man erst zu den Lautsprechern laufen muss, um sie einzuschalten, bevor man die Musik genießen kann. Das sollte auf eine bequemere Weise geschehen!

Schaltung

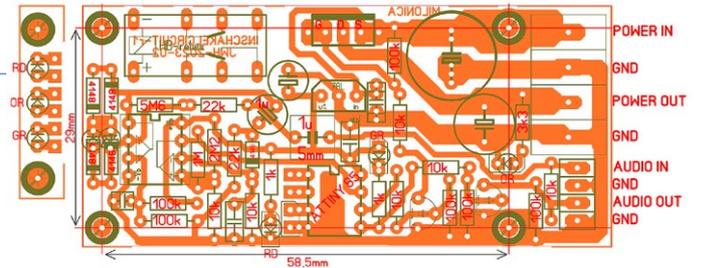
Der vollständige Schaltplan der Schaltung ist in **Bild 1** zu sehen. Die Box schaltet sich ein, sobald ein Audiosignal an J3 anliegt. Dazu wird das Audiosignal verstärkt, und sobald ein gewisser Pegel erreicht ist, schaltet ein Komparator um. Dieser steuert einen Timer, der sofort die Stromversorgung einschaltet und dann erst das Audiosignal mit einer kurzen Verzögerung durchschaltet. Beim Ausschalten geschieht dies in umgekehrter Weise: Zuerst wird das Audiosignal blockiert und dann die Stromversorgung ausgeschaltet. So werden störende Knack- und Kratzgeräusche beim Ein- und Ausschalten vermieden.

Die Abschaltung erfolgt jedoch erst nach einer angemessenen Zeit ohne Audiosignal, so dass Pausen zwischen zwei Titeln eines Albums nicht zu einer Abschaltung führen.

Die Schaltung besteht aus zwei Teilen:

- Audio-Detektionssystem
- Zeitverzögerung

Bild 4. Die Schaltung passt auf eine kompakte Platine.



Das Audio-Detektionssystem

Das Audiosignal wird über J3 mit einem Operationsverstärker (U2A) verstärkt, dann gleichgerichtet und einem Komparator (U2B) zugeführt. Ziel ist es, den Verstärker bei einem sehr kleinen Signal einzuschalten. Die Verstärkung des Operationsverstärkers beträgt

$$5,6 \text{ M}\Omega / 22 \text{ k}\Omega = \text{ca. } 250\times$$

Die maximale Amplitude des Audiosignals kann aber im Normalbetrieb viel größer sein. Daher muss die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers begrenzt werden. Wir können dies mit (Zener-)Dioden oder LEDs erreichen. Die Simulationen zeigen, dass sich Zenerdioden erheblich unterscheiden: Bei der 1N5225B liegt die Schaltschwelle bei circa 3 mV, während sie bei der BZX84A3V6 bei etwa 35 mV liegt. Bei (grünen oder gelben) LEDs liegt die Empfindlichkeit ebenfalls bei etwa 3 mV. Wenn wir die normale 1N4148 verwenden, dann müssen zwei antiparallele Dioden in Reihe geschaltet werden. Auch das ergibt ein gutes Ergebnis, vielleicht das beste.

Das verstärkte Signal wird durch D4 gleichgerichtet und dann mit Hilfe eines Komparators U2B mit einer Schwellspannung verglichen. Der Komparator hat eine kleine Hysterese, um den Schaltmoment zu stabilisieren.

In der Simulation sind dem Komparator direkt MOSFET-Schalter nachgeschaltet, damit wir das Prinzip testen können. In der realen Welt folgt auf den Komparator eine Zeitverzögerung, die wiederum die MOSFET-Schalter ansteuert.

Die Zeitverzögerung

Hierfür wurde ein Mikrocontroller (U3) gewählt, da er das gewünschte Verhalten mit nur wenigen zusätzlichen Bauteilen realisieren kann. Der billige ATtiny85 ist dafür sehr gut geeignet. Der Controller wird vom Komparator gesteuert und steuert seinerseits die FET-Schalter. Nach dem Erkennen des Audiosignals wird sofort der Strom eingeschaltet und das Audiosignal kurz darauf durchgeschaltet. Beim Ausschalten geschieht dies in umgekehrter Reihenfolge. Das Gerät schaltet sich erst dann aus, wenn etwa fünf Minuten lang kein Audiosignal erkannt wird. Diese Zeitspanne kann in der Software leicht geändert werden. Die Software arbeitet wie folgt: Wenn der PB2-Pin des ATtiny85 beim Einschalten auf Low geht, wird der Strom eingeschaltet und ein Timerwert notiert. Ist der Wert größer als der eingestellte Wert, wird das Audiosignal durchgelassen.

Liegt kein Audiosignal vor, geht PB2 auf High und leitet die Abschaltsequenz ein. Der Ton und die Stromversorgung werden nicht sofort abgeschaltet, sondern der Timerwert wird erneut notiert. Sein Stand wird mit dem vorherigen Wert verglichen, und wenn er den voreingestellten Wert überschreitet, wird das Audiosignal abgeschaltet. Überschreitet der Zählerstand den folgenden voreingestellten Wert, wird die Stromversorgung abgeschaltet.

Wie bereits erwähnt, wurde die Schaltung mit einem Simulationsprogramm auf ihre Funktionsfähigkeit getestet. Dazu wurde die Simulationssoftware TINA-TI von Texas Instruments verwendet. Die Simulationsdateien und die Bildschirmabbildungen für die Version mit Dioden und die Version mit LEDs sind in **Bild 2** beziehungsweise **Bild 3** dargestellt.

Einige Hinweise

Die LED D1 zeigt an, dass die Versorgungsspannung vorhanden ist, LED D6, dass die Spannungsversorgung eingeschaltet ist.

Ein High-Pegel an PB0 des ATtiny bewirkt, dass der Steuer-FET T3 leitet, wodurch verhindert wird, dass das Audiosignal den Schaltkreis Richtung J4 durchläuft. Der High-Pegel an PB0 schaltet auch die Anzeige-LED D5 aus.

Im Schaltplan sind Zenerdioden zur Begrenzung der Ausgangsspannung eingezeichnet, die auch durch „normale“ Signaldioden (zum Beispiel 1N4148) oder LEDs ersetzt werden können. In der endgültigen Version wurde ein ATtiny85 anstelle des '45 verwendet.

Für diese Schaltung wurde eine einseitige Platine mit bescheidenen Abmessungen (35 mm × 77 mm) entworfen (**Bild 4**). Die Platine ist auch mit den notwendigen Entkopplungs- und Glättungskondensatoren ausgestattet.

Der Leistungs-FET, mit dem der Strom geschaltet wird, kann eventuell durch ein gewöhnliches Relais ersetzt werden. Für den Leistungs-FET können sowohl TO220- als auch TO3P-Versionen verwendet werden. Der BS170 erlaubt eine unverzerrte Spannung von bis zu etwa 300 mV. ◀

RG – 220164-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Möchten Sie mehr über dieses Projekt wissen? Sie können das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de erreichen.

Über den Autor

Jac Hettemas Liebe zur Elektronik entflammte in seiner Jugend, als er ein Röhrenradio und einen AMROH-Transistorradio-Bausatz erhielt. Obwohl er seine berufliche Laufbahn in der Energietechnik begann, führte Jac Hettemas Weg in die Forschungsabteilung der niederländischen Eisenbahnen, wo er sich auf elektrische Messungen konzentrierte. In seiner frühen Ausbildung beschäftigte er sich auch mit Analogrechnern, ein Beweis für sein anhaltendes Interesse. Auch nach über einem Jahrzehnt im Ruhestand ist Jacobs Leidenschaft für die Elektronik ungebrochen, und er arbeitet an verschiedenen Schaltungsprojekten, darunter einem State-variable-Dreiwegfilter.



Passendes Produkt

> **Elektor Audio-Collection**
450 Audio-Selbstbausaltungen aus Elektor auf einem USB-Stick
<https://elektor.de/19892>

WEBLINK

[1] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/on-and-off-switching-system-for-active-boxes>



Unsymmetrisch-Symmetrisch-Wandler

Mit RFI-Filter und DC-Schutz

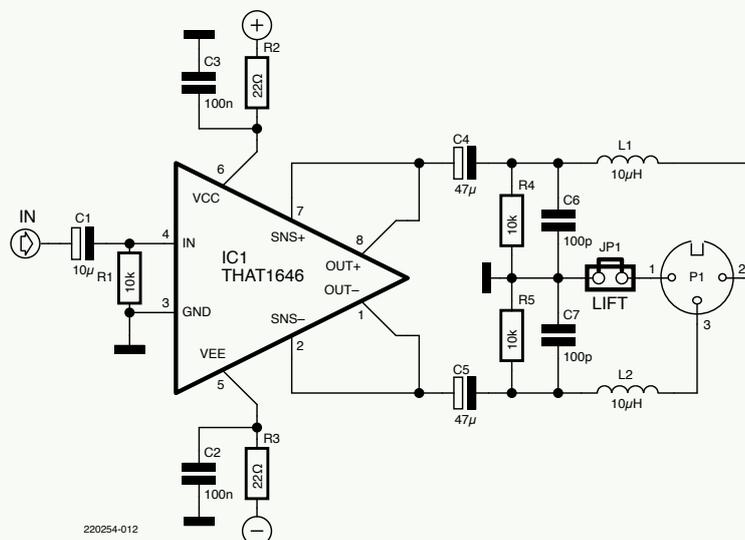
Von Thierry Clinquart (Belgien)

Eine symmetrische Verbindung bietet eine gute Möglichkeit, Audiosignale über größere Entfernungen zu transportieren. Die unten beschriebene Schaltung wandelt ein unsymmetrisches Audiosignal in ein symmetrisches Signal um. Dieses Projekt ergänzt den in [1] veröffentlichten Symmetrisch-Unsymmetrisch-Wandler.

Die hier vorgestellte Schaltung ist ein Unsymmetrisch-Symmetrisch-Wandler, der zur Ansteuerung von Audio-Übertragungsleitungen verwendet werden kann. In der Vergangenheit wurde dazu ein Vorverstärker verwendet, der mit einem $600\ \Omega / 600\ \Omega$ -Übertrager gekoppelt war. Die galvanische Trennung war gut, aber eine gute Abdeckung des Audiospektrums von 20 Hz bis 20 kHz war kompliziert und teuer. Deshalb schlage ich hier eine aktive Version der alten Methode vor, die auf dem THAT1646 basiert, der mit wenigen externen Komponenten als Differenzverstärker funktioniert. Der obsolete SSM2142 von Analog Devices und der DRV134 von Texas Instruments sind mit diesem IC voll kompatibel. Wie bei dem in [1] verwendeten THAT1240 wird das Audiosignal auf zwei gegenphasigen Leitern übertragen.

Bild 1 zeigt das einfache Schaltbild. C1, C4 und C5 sind Koppelkondensatoren, die die Gleichstromkomponenten am Eingang und an den beiden Ausgängen blockieren. R1, R4 und R5 sind Pull-Down-Widerstände, C2 und C3 Entkopplungskondensatoren.

Bild 1. Das Schaltbild des symmetrischen Leitungstreibers. Die symmetrische Spannungsversorgung sollte im Bereich von $\pm 4\text{ V}$ bis $\pm 18\text{ V}$ liegen.



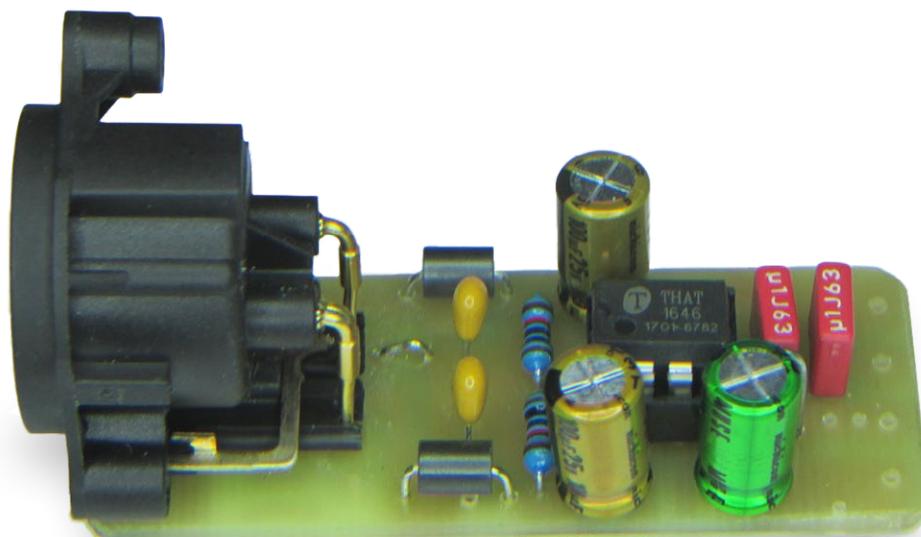


Bild 2. Alles passt auf eine kleine Platine, deren Entwurfsdateien Sie unter [3] finden.

R2 und R3 erleichtern die Fehlersuche im Falle eines Kurzschlusses von IC1. Sie sorgen dafür, dass dann alle anderen Module auf dem Stromversorgungsbus weiterarbeiten können.

L1/C6 und L2/C7 filtern hochfrequente Störungen (RFI-Filter). Die 10- μ H-Festinduktivitäten L1 und L2 können durch Ferritperlen ersetzt werden.

P1, ein XLR-Verbinder - ich habe einen NC3MAH der Serie A von Neutrik [2] verwendet - ist auf einer schmalen kleinen Platine untergebracht (**Bild 2**) [3]. Auch die anderen Komponenten ragen nicht über die Breite und die Höhe des Verbinders hinaus, so dass im Gehäuse mehrere Wandler nebeneinander im Abstand von 23 mm untergebracht werden können, wie es auch Neutrik in seinem Datenblatt vorgeschlägt.

Wie üblich lasse ich immer die Möglichkeit offen, Pin 1 des Neutrik-Verbinders mit einem Jumper oder Drahtbrücke zu entkoppeln, falls es zu Potentialkonflikten zwischen Erde, Masse und dem Chassis kommt. Sie können dort auch einen „Ground-Lift-Schalter“ platzieren.

Anwendungen

Dieses Modul kann bei der Restaurierung von alten Geräten eingesetzt werden, aber auch bei der Entwicklung neuer Geräte wie Signalverteiler und Intercom-Schnittstellen. Zögern Sie nicht, die Website des Herstellers zu besuchen, um alle Eigenschaften des ICs kennenzulernen [4].

Ich persönlich verwende den THAT1646 zusammen mit dem komplementären THAT1240 in einer Signalverteilung, bei der ich mich nicht mit der 48-V-Phantomspannung von Mikrofonvorverstärkern auseinandersetzen muss. Wenn Sie das auch tun, empfiehlt der Hersteller die Verwendung von vier Dioden, die zusätzlich zu den internen Schutzvorrichtungen des Chips Über/Unterspannungen auf den V+ und V- Schienen begrenzen. Bedenken Sie, dass einige kommerzielle Mischpulte 48 V an alle Mikrofoneingänge anlegen. Ich bevorzuge einen Schalter pro Eingang und stelle 48 V nur dann bereit, wenn es notwendig ist. ◀

SG - 220254-02



Passendes Produkt

> **B. Cordell, Designing Audio Power Amplifiers (Second Edition)**
<https://elektor.de/19150>

WEBLINKS

[1] Thierry Clinquart, „Symmetrisch-Unsymmetrisch-Wandler“, Elektor Summer Circuits 2022:
<https://elektormagazine.de/200378-02>

[2] Datenblatt Neutrik NC3MAH: <https://www.neutrik.com/de/product/nc3mah-s.pdf>

[3] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/balanced-audio-line-driver>

[4] Alles über den THAT1646: <https://thatcorp.com/that-1606-1646-balanced-line-driver-ics>

2023: Odyssee in der KI

Wo kommt sie her, wo führt sie hin?

Von Brian Tristam Williams (Elektor)

Jedes Jahr bringt seinen eigenen KI-Hype mit sich, aber das vergangene Jahr hat unsere Aufmerksamkeit wirklich geweckt. Die Dinge sind plötzlich unglaublich schnelllebig, und es ist schwer, den Überblick zu behalten. Jeden Tag gibt es neue Schlagzeilen, und deshalb haben wir beschlossen, diese Serie zu starten, um die Hilfe vom Hype zu trennen.

Die Menschen haben schon lange vor der Elektronik über intelligente Maschinen nachgedacht; man denke nur an Talos (ΤΑΛΩΝ) [1], den riesenhaften Humanoiden aus Erz in der griechischen Mythologie aus der Zeit um 400 v. Chr. (Bild 1).

Von der Mechanik zur Elektronik

Mit dem Aufkommen elektrischer, röhrengesteuerter Computer wie dem ENIAC und später in der Transistorrevolution, die in den 1980er Jahren Mikrocomputer in die Haushalte brachte, wurde das Programmieren für den Normalverbraucher zugänglich, nicht nur für Wissenschaftler oder das Militär.

Als Kind lernte ich beim Programmieren das Konzept der Sprachkonstrukte kennen, die formale Logik implementieren, und ich war von IF-THEN-ELSE überwältigt. „Du meinst, wenn ich eine Sache eingebe, macht der Computer X, und wenn ich eine andere

Sache eingebe, macht er Y?“ Der Computer konnte eine Entscheidung treffen, was ein grundlegendes erstes Prinzip in der Informatik ist. Außerdem könnte ich entscheiden, wie diese Entscheidung und die daraus resultierenden Aufgaben aussehen würden! Es gibt zwar noch viel mehr zu programmieren, aber jede logische Aufgabe kann in eine Reihe solcher Konstrukte zerlegt werden. Mit genügend IF-THEN-ELSEs, so stellte ich mir vor, könnte etwas scheinbar Bewusstes und Intelligentes geschaffen werden (Bild 2). Es wäre sicherlich nicht sehr effizient - es könnte 7,5 Millionen Jahre dauern, bis man eine Antwort erhält, die dann auch noch „42“ lautet.

Im Laufe der Zeit, als immer mehr „Rechenleistung“ zur Verfügung stand, haben Programmierer Maschinen mit künstlichen Mitteln immer intelligenter erscheinen lassen. Von reinen Textabenteuerspielen durch eine alte *Ghost Town* über Clippy, den ersten virtuellen Assistenten für Microsoft Office, bis hin zu Alexa, dem sprachbasierten Assistenten, der Ihre Sprache versteht, Anweisungen ausführt und entsprechend reagiert, ist der wachsende globale Kodex aus Billionen von Codezeilen zwar äußerst nützlich, aber kaum „empfindungsfähig“.

Denken sie, dass sie denken?

Im 20. Jahrhundert war die Empfindungsfähigkeit von Maschinen der Stoff, aus dem Science-Fiction gemacht wurde, vom Maschinenmenschen in *Metropolis* (1927) über HAL (2001: *Odyssee im Weltraum*) bis hin zum *Terminator*. Dann, im Jahr 2022, gab es eine seismische Verschiebung, es wurde plötzlich eine kritische Masse erreicht. DALL E 2 von OpenAI ging im

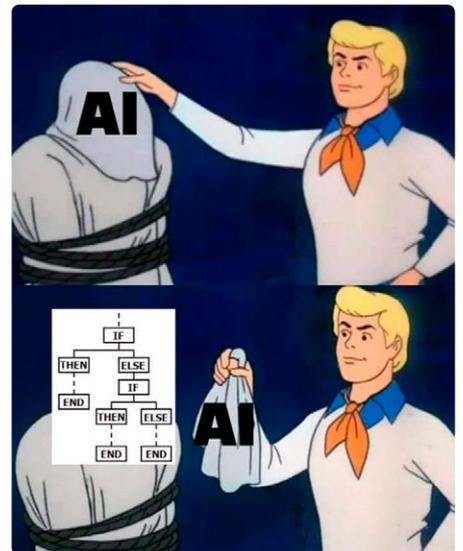


Bild 2. Läuft KI auf das hier hinaus?
Quelle: twitter.com/FullstackDevJS

September für die breite Öffentlichkeit in Betrieb. Plötzlich konnte man einfach ein paar Worte eintippen und erhielt als Antwort die spektakulären halluzinatorischen Vorstellungen einer außerirdischen Intelligenz - haarsträubend, manchmal gruselig und ziemlich erstaunlich.

Obwohl DALL E 2 multimodal ist, ist es Teil einer Entwicklungsgeschichte, die mit der Veröffentlichung von GPT (generative pre-trained transformer) durch OpenAI im Jahr 2018 begann. Im November 2022 wurde OpenAIs rein textbasierter ChatGPT der staunenden Welt vorgestellt.

Es handelt sich um eine künstliche Schöpfung mit scheinbar allen Merkmalen von Intelligenz und vielleicht Empfindungsvermögen. Wie DALL E 2 sorgt ChatGPT für Aufregung und Gesprächsstoff. Er kann Hausaufgaben machen, er kann den Stil



Bild 1. Talos, ein mythischer Automat, auf einer 2.300 Jahre alten Münze.
Quelle: [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/).



Bild 3.
Von ChatGPT erzeugter Tweet.

anderer Autoren kopieren. Aber was ist mit der Ethik? Je mehr Millionen Menschen auf der ganzen Welt mit dem Computer arbeiten, desto mehr Bedenken werden geäußert.

Wie kann es uns helfen?

Bei Elektor haben wir auch getüftelt. Das bedeutet zwar nicht, dass wir Ihnen von nun an KI-generierte Inhalte servieren werden, aber wir sind sicherlich daran interessiert, wie diese Entwicklungen uns - und damit Ihnen - helfen können, noch besser zu werden. Mit dieser Artikelserie möchte ich Sie einladen, uns bei der Erforschung dieser Technik, ihrer Werkzeuge und ihrer Möglichkeiten zu begleiten.

Wir haben zum Beispiel gesehen, dass ChatGPT beim Schreiben in natürlicher Sprache helfen kann. Nehmen wir an, ich möchte alles, was ich oben geschrieben habe, in etwas zusammenfassen, das in einen Tweet passt (Bild 3) [2].

Aber ChatGPT kann nicht nur Gespräche in natürlicher Sprache führen, sondern auch Schaltungen entwerfen und analysieren [3] und sogar Code schreiben. Ja, Computer können Computer auf der Grundlage von Aufforderungen in natürlicher Sprache programmieren. Menschen müssen nicht mehr programmieren können, um Computeraufgaben zu bewältigen. Die Möglichkeiten sind endlos, aber die Anforderungen an den Menschen sind es auch. Von Excel-Formeln über das Scrapen von Webseiten bis hin zu Browser-Erweiterungen und physikalischen Berechnungen...

Ja, ChatGPT kennt auch Hardware und kann Ihnen wie ein menschlicher Tutor helfen. Ich habe es mit einer Hardware auspro-

biert, mit der ich noch nie gespielt habe: ein Pimoroni Blink! [4], der an einen Raspberry Pi Zero angeschlossen ist.

Ich habe mir die offizielle Dokumentation [5] angeschaut, die mehr als ausreichend ist, um zu verstehen, wie man Blink! benutzt, aber ich wollte es kurz machen, um eine bestimmte Sache zu erledigen, sofort: Ein Knight-Rider-artiges Lauflicht bauen. Also versuchte ich es mit ChatGPT. Ich gab keine Farbe an, sondern nur, dass ich ein Lauflicht wie bei dem KI-Pontiac-TransAm aus der erfolgreichen 80er-Jahre-Fernsehserie [6] haben wollte. Der Python-Code wurde ausgegeben, und mir wurde die gewünschte (rote!) Lichtshow präsentiert (Bild 4).

Eine solche Intelligenz könnte zu einer Art Blindsight [7] führen, wo alle Lichter zwar an sind, aber niemand zu Hause ist. Aber wenn ChatGPT Ergebnisse liefert, was schert es mich?

Wohin geht die Reise?

Die Vorhersagen über eine ungewisse Zukunft, in der unsere Schöpfungen intelligenter sind als wir, reichen von einer Science-Fiction-Dystopie bis hin zu einer wissenschaftlichen Utopie. Wie viele Arbeitsplätze werden wie die des Fahrstuhlführers verschwinden - und zwar plötzlich? Was bleibt den Menschen dann noch zu tun? Wenn es keine Arbeit mehr gibt, um die Rechnungen zu bezahlen, was dann? Bedingungsloses Grundeinkommen [8]? KI ist da, und wenn wir den Kopf in den Sand stecken, wird sich das nicht ändern. Wir müssen auf dem Boden der Tatsachen bleiben, wenn wir nicht darunter landen wollen. Mit dieser Artikelreihe über KI möchten wir Sie auf dem Laufenden halten,

indem wir über die Entwicklungen auf diesem sich schnell entwickelnden Feld und die potenziellen Einsatzmöglichkeiten für unsere engagierte Community berichten. Im Film *I Robot* stichelt Del Spooner rhetorisch: „Kann ein Roboter eine Sinfonie schreiben? Kann ein Roboter eine Leinwand in ein Meisterwerk verwandeln?“ Die Antwort lautet ja. Aber was ist mit uns? Welche aufregenden Dinge können wir mit der Hilfe von KI erschaffen? Was sind die Gefahren? Wer hält die Rechte? Was müssen wir offenlegen? Lesen Sie weiter, und lassen Sie es uns gemeinsam herausfinden! ◀

RG - 230181-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie erstaunliche KI-Anwendungen für sich oder ihr Umfeld gefunden? Haben Sie Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Lassen Sie es mich wissen unter brian.williams@elektor.com oder kontaktieren Sie redaktion@elektor.de.

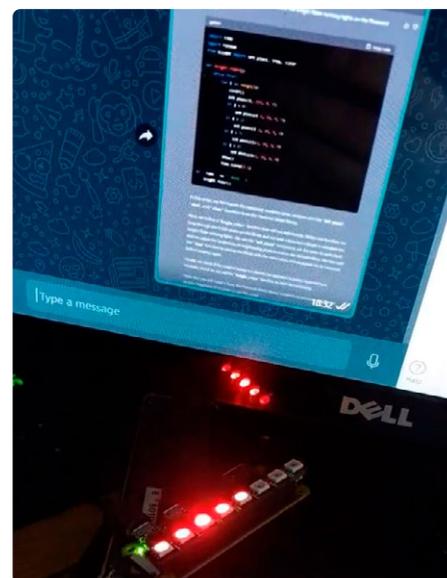


Bild 4. Knight-Rider-Lauflichter, programmiert in Python von ChatGPT.

WEBLINKS

[1] Talos (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/Talos>

[2] ChatGPT, Zusammenfassung dieses Artikels auf Twitter: <https://twitter.com/briantw/status/1672190152238682113>

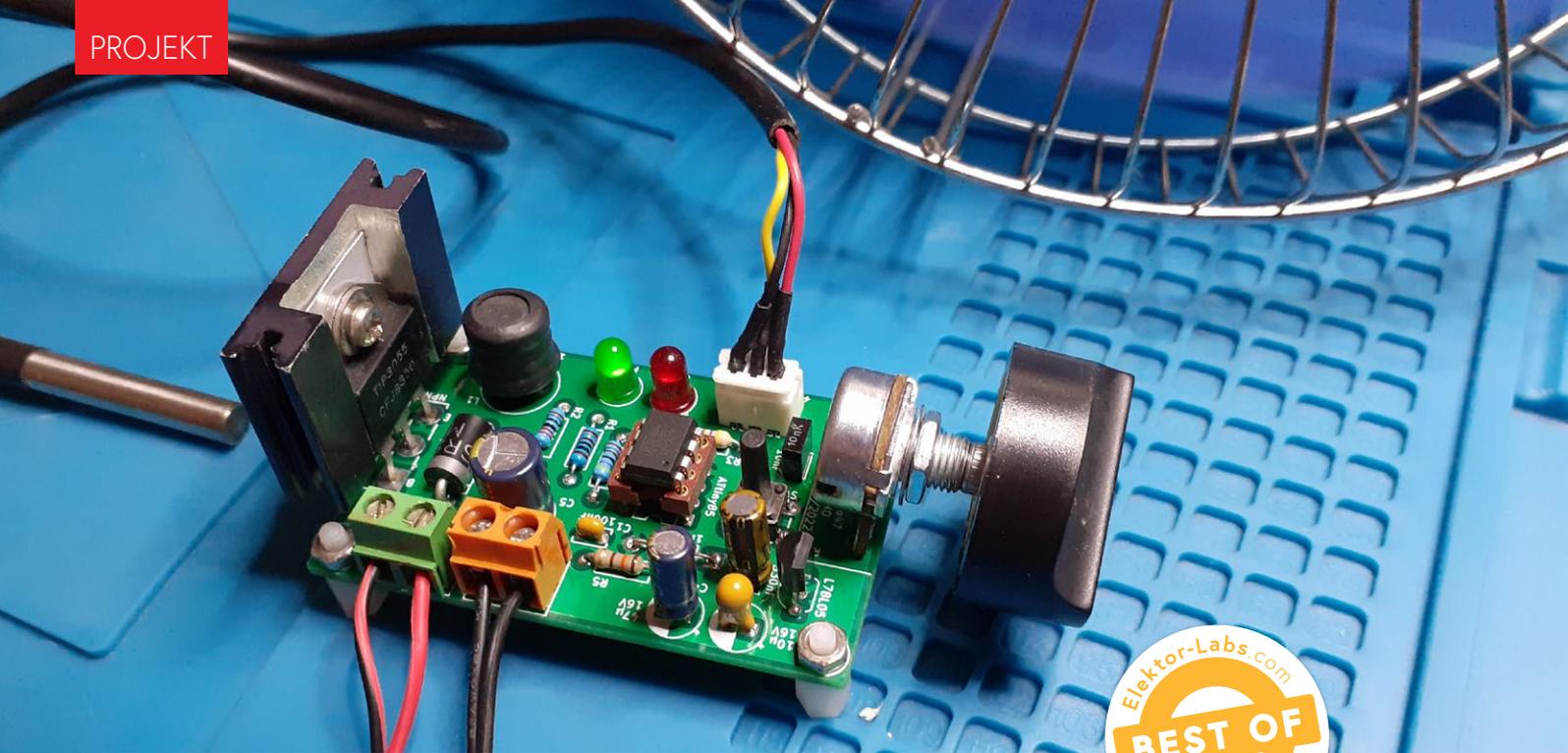
[3] Clemens Valens, „ChatGPT als Embedded Electronics Design Engineer“, Elektor TV: https://youtu.be/pM1n_q7q670

[4] Blink!: <https://shop.pimoroni.com/products/blink?variant=22408658695>

[5] „Knight Rider“ (Fernsehserie 1982): https://de.wikipedia.org/wiki/Knight_Rider

[6] Peter Watts, „Blindsight“ - vollständiger Roman: <https://rifers.com/real/Blindsight.htm>

[7] Was ist das Universelle Grundeinkommen (UBI) und wie funktioniert es?: <https://investopedia.com/terms/b/basic-income.asp>



Drehzahlsteller für Lüfter oder Ventilator

Manuell und mit Thermostat-Modus

Von Bruno Clerc (Frankreich)

Es ist heiß draußen (oder drinnen) und Sie brauchen eine kühle Brise? Mit dieser Lüftersteuerung können Sie den Luftstrom eines Ventilators manuell oder automatisch beeinflussen.

Der Sommer 2022 war besonders heiß, und wie viele habe ich mich nach einer erfrischenden Brise geseht. Ich besitze keine Klimaanlage, weder im Haus noch im Auto, aber ich habe zwei 12-V-Auto-/Wohnwagenlüfter (Bild 1), von denen ich einen an ein Netzteil angeschlossen habe. Diese Lüfter laufen jedoch sofort nach dem Einschalten mit voller Geschwindigkeit, was Lärm und einen für meinen Geschmack etwas zu starken Luftstrom erzeugt. Deshalb habe ich mich entschlossen, diese Lüftersteuerung zu bauen.

Der Artikel „Cool bleiben mit ATtiny“ [1] erwies sich als große Inspirationsquelle, da er mir half, den PWM-Ausgang zur Steuerung eines Lüfters richtig zu verwalten. Meine eigenen PWM-Experimente brachten den Lüfter zum „Singen“, und erst durch die Verwendung von Timer0 im Fast-PWM-Modus, wie in dem Artikel beschrieben, wurde der Lüfter leiser.

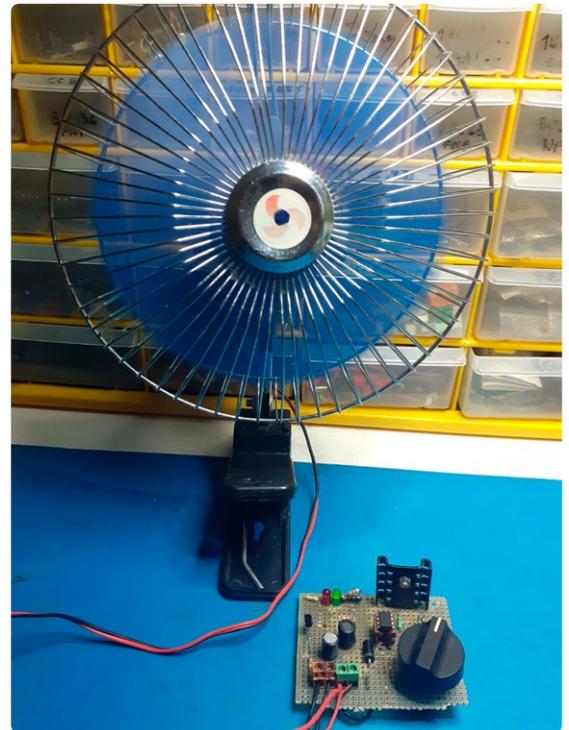


Bild 1. Der Lüfter, der dieses Projekt inspiriert hat, gesteuert von einem Prototyp auf Lochraster.

Die Software, die dem Artikel beiliegt, war nicht für Arduino geschrieben, also portierte ich sie in einen Sketch im Arduino-Stil, der in der Arduino-IDE kompiliert werden kann. Obwohl meine Anwendung keinen Temperatursensor benötigte, behielt ich ihn als Option bei, um den Geist des Originalartikels beizubehalten. Den im Originalprogramm enthaltenen Treiber für den Temperatursensor DS18B20 habe ich durch die OneWire-Bibliothek für Arduino ersetzt.

Die Schaltung

Der Schaltplan der Lüftersteuerung in **Bild 2** basiert also teilweise auf dem oben erwähnten Artikel [1]. Mein erster Prototyp verwendete einen MOSFET zur Ansteuerung des Lüfters, aber dieser verursachte Störungen in den vom DS18B20-Sensor zurückgegebenen Messwerten, wodurch sich die Steuerung unregelmäßig verhielt. Vielleicht hätte die Anwendung der Lektionen aus [2] hier geholfen? Stattdessen zog ich einen Leistungs-transistor einem MOSFET vor, so dass die Platine einen TO-218-Footprint für Q1 aufweist. So konnte ich einen geeigneten NPN-Transistor verwenden, den ich aus einem alten Gerät ausgeschlachtet hatte. Der maximale Ausgangsstrom beträgt 2 A (begrenzt durch die Induktivität), daher sollte der Transistor bei Bedarf auf einem Kühlkörper montiert werden.

Der Widerstand R5, der zwischen der 12-V-Versorgung und dem Eingang des 5-V-Spannungsreglers U2 im TO-92-Gehäuse geschaltet ist, sorgt für einen Spannungsabfall, der den Temperaturanstieg des Reglers verringert. Die Schaltung zieht in ihrer Vollversion etwa 30 mA, so dass R5 in der Lage sein muss, 117 mW zu verheizen.

Der DS18B20-Sensor wird an J3 angeschlossen. Die LED D3 signalisiert, ob ein Sensor gefunden wurde oder nicht. Die Schottky-Diode D4 könnte durch einen anderen Typ ersetzt werden. Die LEDs D2 und D3 sind optional, ebenso wie der Reset-Taster SW1.

Wie kurz erwähnt, kann ein Schalter (active low) angeschlossen werden, um die Potentiometersteuerung zu „übersteuern“. Der MCU-Port PB4 ist als Eingang mit einem Pull-up-Widerstand ausgestattet. Bei Verwendung dieses Override-Schalters sollte der Widerstand R3 und die LED D3 nicht montiert werden.

In meinem Fall ist ein kapazitives Touch-Sensor-Modul (J8) TTP223 der Schalter. Das TTP223-Modul besitzt zwei Lötjumper zur Konfiguration. Schließen Sie Jumper A kurz und lassen Sie Jumper B offen. Im Ruhezustand ist der Ausgang des Moduls High. Bei Berührung der Touchfläche wird der Ausgang auf Low geschaltet, bis die Taste losgelassen wird.

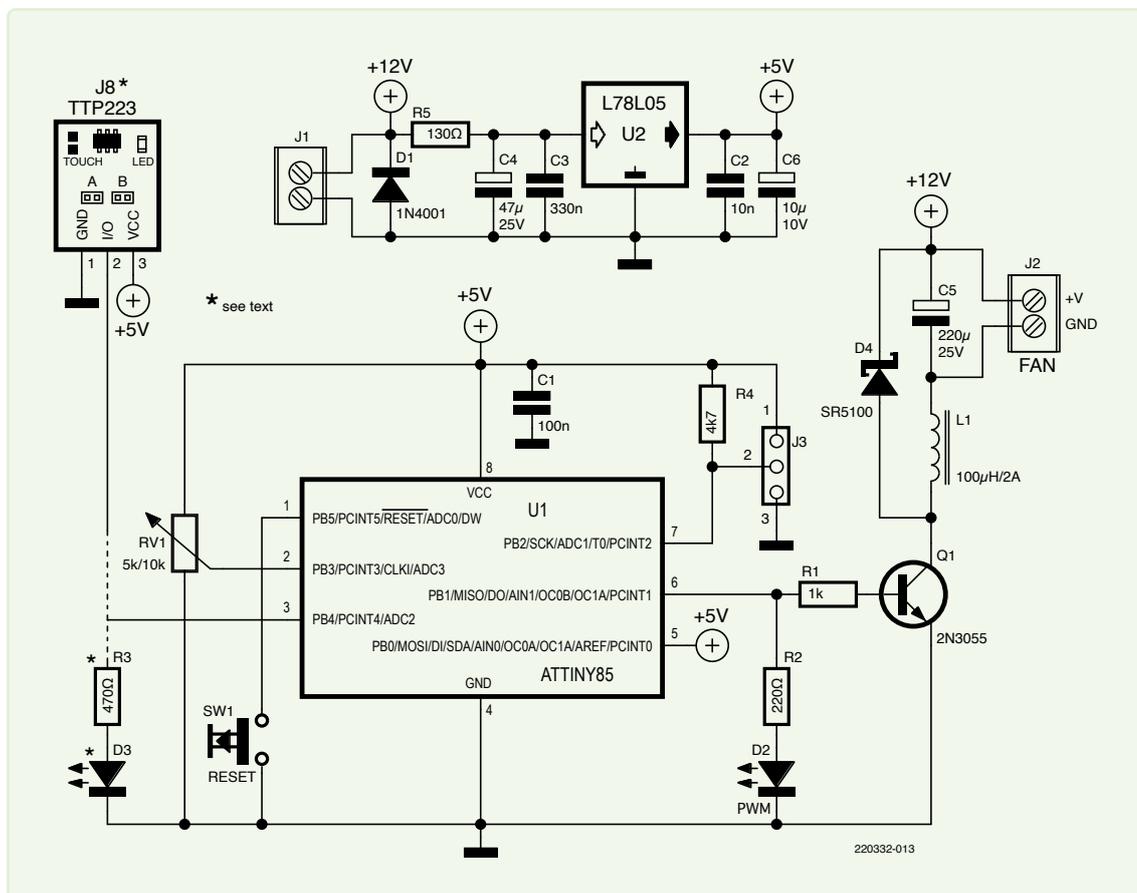
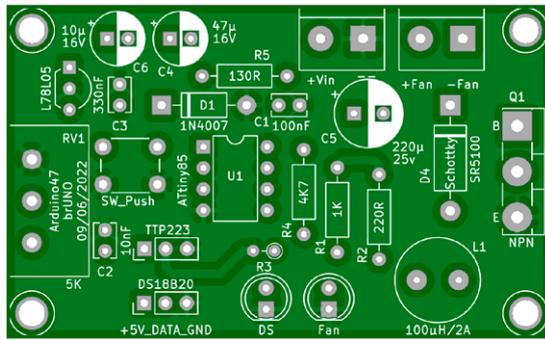


Bild 2. Schaltplan der Drehzahlsteuerung. Um diese Schaltung als Thermostat zu verwenden, schließen Sie einen DS18B20 an J3 an. Montieren Sie außerdem entweder den TTP223 an J8 oder R3/D3, nicht beides.

Bild 3. Der Platinenentwurf ist verfügbar unter [3].



Die Software

Das Programm wird zu Beginn mit ein paar `#define`-Anweisungen konfiguriert:

- Verwenden Sie einen Override-Schalter (TTP223) oder eine DS18B20-Status-LED.
- PWM-Schwellwerte `PWM_MIN` und `PWM_MAX` sowie `PWM_PULSE_UP`, ein Verstärkungswert, der bewirkt, dass der Lüfter sicher anläuft, wenn er es muss.
- Temperaturbereich für den Fall, dass ein DS18B20-Sensor vorhanden ist, zusammen mit einem maximalen Temperaturwert, bei dem die Lüfterdrehzahl immer 100 % betragen sollte. Die Temperaturwerte werden als dreistellige Ganzzahlen angegeben, zum Beispiel 224 für 22,4 °C. In dieser Version der Software werden negative Temperaturwerte nicht verarbeitet. Es ist jedoch möglich, dies hinzuzufügen, da der Sensor auch bei Frost gut funktioniert.

Beim Start prüft der Sketch, ob ein DS18B20-Sensor vorhanden ist oder nicht, um die Betriebsart zu bestimmen: A oder B. Wenn kein DS18B20 erkannt wird, befinden wir uns im Modus A. In diesem Modus ist das Gerät ein einfacher manueller Drehzahlsteller mit einem Potentiometer. Die Drehzahl (0..100%) wird von der `map()`-Funktion erhalten, die den analogen Potentiometer-Spannungswert im Bereich 0..1023 auf einen PWM-Bereich von `PWM_MIN` bis `PWM_MAX` abbildet. Der Wert von `PWM_MIN` hängt vom Lüfter ab und ist der größte Wert, bei dem der Lüfter nicht anläuft. Ich habe bei `PWM_MIN` 30 angegeben und `PWM_MAX` auf 255 gesetzt.

In Modus B ist der DS18B20 vorhanden, während das Potentiometer die gewünschte Zieltemperatur steuert. Das Gerät funktioniert nun als Thermostat und avanciert damit zur Regelung. Der Lüfter schaltet sich ein, wenn die Umgebungstemperatur über den mit dem Potentiometer eingestellten Zielwert steigt. Der Temperaturbereich wird im Programm durch einen Mindest- und einen Höchstwert definiert. Die Funktion `map()` ordnet zunächst den Potentiometerwert einer Zieltemperatur innerhalb des Temperaturbereichs zu. Dann wird der Zieltemperaturwert auf einen Wert innerhalb des PWM-Bereichs abgebildet, wie in Modus A.

Die Software verwendet den Watchdog als Zeitverzögerung für das Ablesen der Temperatur oder das Zurücksetzen der Tasten. Abschließend noch ein paar Hinweise zur Vorbereitung des ATtiny85 für dieses Projekt:

- Programmieren Sie einen Arduino-kompatiblen Bootloader auf den ATtiny85.
- Betreiben Sie den Prozessor mit seinem internen 16-MHz-Oszillator.
- Installieren Sie das ATtiny-Board-Package von David Mellis, um den ATtiny85 mit der Arduino-IDE zu programmieren.

Alle Designdateien einschließlich der Platine (siehe **Bild 3**) können unter [3] heruntergeladen werden. ◀

RG – 220332-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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

Über den Autor

Bruno Clerc entdeckte dank seines älteren Bruders die Elektronik im Alter von zwölf Jahren. Neugierig auf alles und wissensdurstig, beschloss er, in Bordeaux Elektronik zu studieren. Er arbeitete im Bereich der Niederspannungsanlagen des Tertiärbereichs, dann in der Luft- und Raumfahrt und in verschiedenen anderen Berufen. Als die Mikrocontroller aufkamen, konzentrierte er sich, da er nicht programmieren konnte, auf die Wartung von alten Audiogeräten. All dies änderte sich, als ihm sein Bruder vor einigen Jahren einen Arduino UNO schenkte. Bruno fand eine neue Leidenschaft und wurde „Arduino47“. Heute bedankt er sich bei der gesamten Arduino-Community, die ihm geholfen hat, sein Wissen zu erweitern.



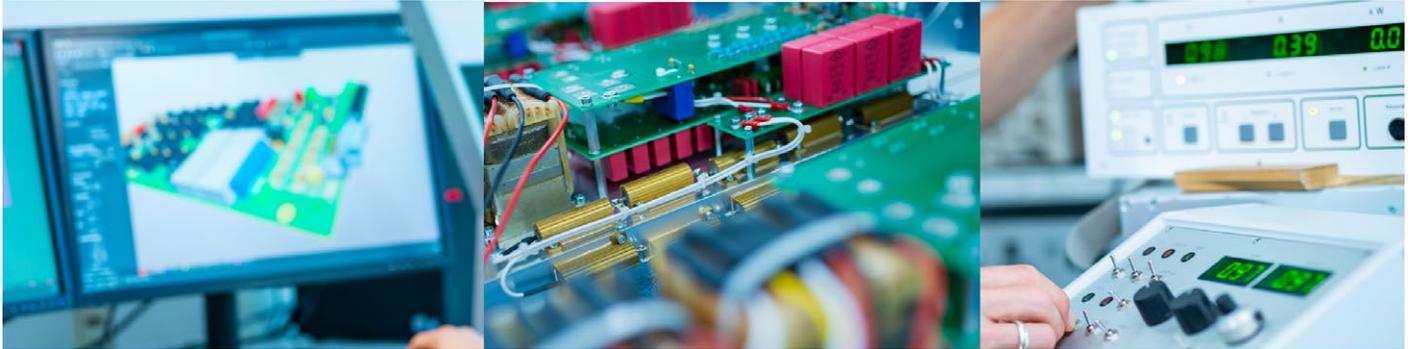
Passende Produkte

W. A. Smith, Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language
 Buch, Paperback: <https://elektor.de/20007>
 E-Buch, PDF: <https://elektor.de/20008>

- **Fan SHIM - Aktive Kühlung für den Raspberry Pi 4**
<https://elektor.de/19039>

WEBLINKS

- [1] Stephan Laage-Witt, „Cool bleiben mit ATtiny“, Elektor 6/2016:
<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-201606/29016>
- [2] Stuart Cording, „Why Do MOSFETs Need Drivers?“, Elektormagazine.com:
<https://elektormagazine.com/articles/why-do-mosfets-need-drivers>
- [3] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/variateur-for-ventilateur-or-fan>



Wir sind ein weltweit führender, expandierender Entwickler und Hersteller von Sputter-Stromversorgungen und Pulsenergiegeneratoren für Dünnfilmbeschichtungen. Über 30 Jahre Know-how in der Elektronik- und Schichtentwicklung bedeuten für die Mitarbeiter eine sichere Anstellung in einem stabilen, inhabergeführten mittelständischen Unternehmen.

Elektronik hat Sie immer schon begeistert, analoge Schaltungen mit Operationsverstärkern und Digitaltechnik mit CMOS-Bausteinen sind Ihnen geläufig. Sie suchen die Herausforderungen, mit echter Elektronik komplexe Funktionen zu beherrschen. Dann sind Sie bei ADL richtig!

WIR SUCHEN

Elektrotechnik-Ingenieure (m/w/d)

- für das Prüffeld
- für Kundenberatung und Service
- für die Elektrokonstruktion



Ihre Aufgaben:

Ausführliche Beschreibungen zu allen drei Stellenausschreibungen finden Sie unter www.adl-gmbh.com/stellenangebote

Wir erwarten:

- ein abgeschlossenes Hochschulstudium der **Elektrotechnik**, idealerweise Dipl.-Ing., mit Tätigkeitsschwerpunkt Hardware-Elektronik
- Sehr fundierte Kenntnisse der Halbleiterschaltungstechnik
- Gute Mathematikkenntnisse zur Berechnung komplexer Schaltungen
- Sicherer Umgang mit Oszilloskop, anderem Messequipment und LötKolben

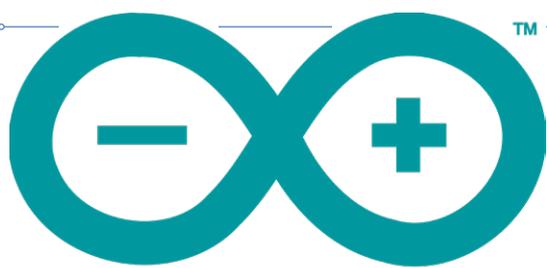
Wir bieten:

... interessante Tätigkeiten in einem Unternehmen mit außergewöhnlicher Expertise, von der Sie profitieren, Ihre guten Grundlagen und Interesse vorausgesetzt. Ein ausbaufähiges Gehalt, das sich nach Ihren Fähigkeiten und Leistungen richtet. Eine angenehme Arbeitsumgebung, arbeitgeberfinanzierte bAV, flexible Arbeitszeit. Homeoffice nach Vereinbarung. Kostenlose Fahrrad- und PKW-Stellplätze. Nach intensiver Einarbeitung arbeiten Sie selbständig und im Team in einem abwechslungsreichen betrieblichen Umfeld, das durch kollegialen und wertschätzenden Umgang geprägt ist.

| in Darmstadt | Festanstellung unbefristet | Teilzeit / Vollzeit |

Wir freuen uns auf Ihre schriftliche Bewerbung mit Lebenslauf, Zeugnissen und Angabe der Gehaltsvorstellung sowie frühestem Eintrittstermin an: Birgit Cordt, b.cordt@adl-gmbh.com.

Bitte beachten Sie unsere Datenschutzerklärung für Stellenausschreibungen unter www.adl-gmbh.com



Das Neuste vom ARDUINO Project Hub

Spannende Projekte aus der Community

Vom Arduino-Team

Arduino ist eine digitale Plattform aus Open-Source-Komponenten, die seit 2005 Ingenieure, Designer und Künstler auf der ganzen Welt unterstützt und inspiriert. Als Plattform bietet Arduino nicht nur Boards, sondern auch IDEs, Online-Tools und einen sehr ansprechenden Cloud-Service für Maker, Pädagogen und Profis. Die folgenden Projekte sind nur einige Beispiele dafür, was Arduino-Mitarbeiter und Community-Mitglieder erstellt und im Project Hub, dem offiziellen offenen Repository für Arduino-Projekte, veröffentlicht haben.



Bakerino-Sauerteigkammer

Bakerino, gebaut von Flavio Ceresi, hat den 2022 Cloudgames Arduino-Wettbewerb gewonnen. Es handelt sich um eine voll funktionsfähige Sauerteig-Gärkammer, die mit dem Oplà-Kit von Arduino gesteuert wird. In dieser Kammer (**Bild 1**) werden Temperatur und Feuchtigkeit über ein Heizkabel, einen Ultraschallverdampfer und einen gewöhnlichen DHT21-Sensor geregelt.

Die Kammer verfügt über ein einfaches Optionsmenü, in dem der Benutzer die Sprache und die Einheit für die Temperaturmessung auswählen kann. Die Daten werden mit Hilfe der Flash-Speicher-Bibliothek in dem Speicherchip des Oplà-Kits untergebracht. In diesem Fall ist das Board Arduino MKR 1010 für die Steuerung des Systems und die Verbindung zur Arduino Cloud zuständig. Sobald das System hochgefahren ist, verbindet es sich zunächst mit der Cloud und fragt dann den Benutzer nach der gewünschten Temperatur und Luftfeuchtigkeit. In **Bild 2** sehen Sie die Verdrahtung des gesamten Systems. Nach dem Start wird der User daran erinnert, dass Wasser im Behälter der Kammer vorhanden sein muss, da sonst die Luftfeuchtigkeit nicht geregelt werden kann. Sobald die Kammer mit dem Gärprozess beginnt, überwacht ein



Bild 1. Die Bakerino-Sauerteigkammer in Aktion.

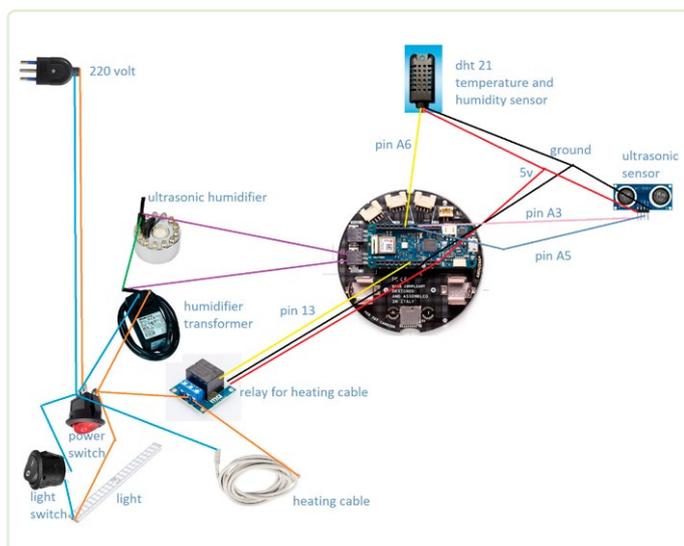


Bild 2. Verdrahtung des Oplà-Bausatzes mit Sensoren und Modulen.



Bild 3. Das Projekt ist an der Vorderradaufhängung eines Fahrrads montiert. Oben: der Servomotor, der die Steifigkeit des Dämpfers reguliert.

Ultraschallsensor den Abstand zwischen der Oberseite der Kammer und dem Teig, was dazu dient, die Größe des Teiges zu ermitteln und damit festzustellen, ob er wie gewünscht gewachsen ist. Das vollständige Projekt finden Sie unter [1].

13 Intelligente Fahrradaufhängung

Community-Mitglied @jalls stellt ein intelligentes System zur Federung (oder besser Dämpfung) eines Fahrrads vor, das auf dem Arduino Nano 33 BLE Sense, einem Servomotor, einem Batterieladegerät und einem mit Edge Impulse implementierten maschinellen Lernprozess basiert. Die Projektseite beschreibt es als „eine automatische Federungsanpassung an einem Fahrrad, die die Beschaffenheit des Geländes und die Aktivitäten des Fahrers verstehen kann“.

Die Maker nutzten die Daten des Bewegungssensors auf dem Arduino Nano 33 BLE Sense, den sie an der Federung eines Fahrrads montierten (Bild 3) und unter verschiedenen Straßenbedingungen verwendeten. Die Daten wurden in 5-Sekunden-Abschnitte geschnitten und entsprechend den Eigenschaften der Fahroberfläche und den ausgeführten Aktivitäten „gelabelt“, um sie später im Edge Impulse Studio durch verschiedene Neural-Network-Blöcke zu verarbeiten. Zurzeit wird die Federung von einem Servomotor gesteuert, der sie auf einen der drei verfügbaren Modi *Lock*, *Medium* und *Open* einstellen kann. Bild 4 zeigt den vollständigen Schaltplan, und wenn Sie das System selber aufbauen möchten, finden Sie auf der Webseite des Projekts [2] Vorlagen für alle 3D-gedruckten Teile.



Bild 5. Recycling: Der Autor hat ein Gehäuse aus einem früheren Projekt verwendet, um das Display und den Sensor unterzubringen.

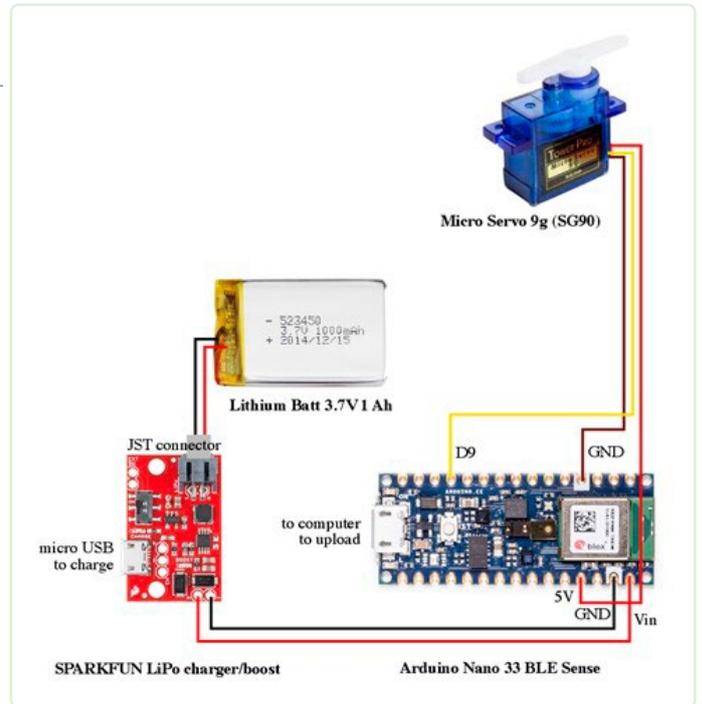


Bild 4. Schaltplan des Projekts.

Der einzige Trick, den @jalls bei diesem Projekt angewandt hat, ist die Datenerfassung mit der *Arduino Science Journal* App. Er hat sie mit dem Nano BLE Sense verbunden, um die Daten zu erfassen, mit denen später die Edge-Impulse-Plattform gefüttert wurde, um damit das neuronale Netz zu trainieren.

14 Drehzahlmesser mit IR-Sensormodul

Dieses Projekt des Community-Mitglieds @mircemk beschreibt, wie man aus einem einfachen Modul, einem Display und einem Arduino Nano einen Drehzahlmesser herstellt. Bild 5 zeigt, wie der Maker ein Display und den Sensor in einem Gehäuse aus einem früheren Projekt untergebracht hat. Die Taste und der Lichtsensor haben beim Drehzahlmesser keine Funktion. Der vollständige Schaltplan für das Projekt ist in Bild 6 dargestellt.

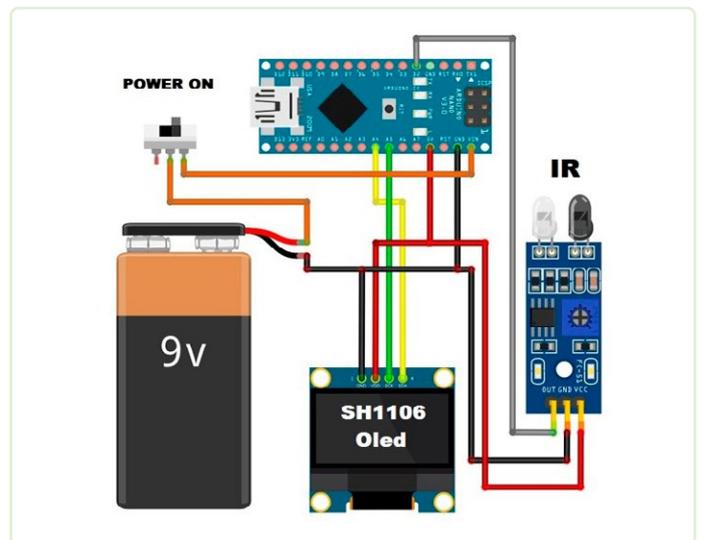


Bild 6. Schaltplan für den Drehzahlmesser.

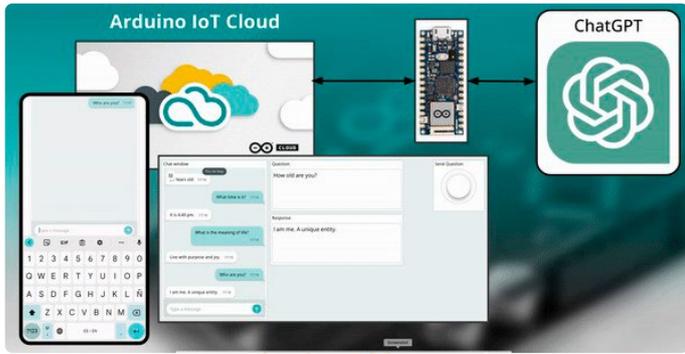


Bild 7. Das Arduino-Board zwischen ChatGPT und der Arduino IoT Cloud.

Das Gerät kann die Drehzahl einer Welle oder Scheibe zum Beispiel an einem Motor oder einer anderen Maschine messen. Es zeigt wie üblich die Umdrehungen pro Minute (RPM) auf einer analogen Skala oder einer digitalen Anzeige an. In diesem Projekt wird die Anzahl der Umdrehungen mit einem IR-Sensormodul ermittelt. Das Sensormodul besteht aus einem IR-Sender/Empfänger-Paar, das für die Drehzahlmessung beliebiger rotierender Objekte verwendet werden kann. Der IR-Sender sendet Licht, das vom rotierenden Objekt reflektiert wird und vom Empfänger erkannt wird. Bei der Messung muss der Sensor daher in einem bestimmten Abstand zum rotierenden Objekt platziert werden, um die bestmögliche Messung zu gewährleisten. Dieser Abstand kann mit dem Trimpotentiometer auf dem IR-Modul eingestellt werden. Unter [3] finden Sie die Webseite zu diesem Projekt.

15 Chat mit ChatGPT über die Arduino-IoT-Cloud

Wer hat in den letzten Monaten nicht von ChatGPT gehört? Die revolutionäre Verwendung von *Large Language Models* hat bereits vielen Ingenieuren bei der Entwicklung komplexer Projekte geholfen. Wir haben gesehen, wie Menschen dieses Tool für maschinelles Lernen nutzen, um Code für sich selbst zu schreiben, aber darum geht es bei diesem Projekt nicht. David Beamonte, Telekommunikationsingenieur und Produktmanager für die Arduino IoT Cloud hilft Ihnen, Ihr Arduino-Board als Vermittler zwischen der ChatGPT-API und der Arduino IoT Cloud einzusetzen, wie in **Bild 7** dargestellt. Das Projekt verwendet ein mit der Arduino IoT Cloud kompatibles Gerät wie ein Arduino Nano RP2040 Connect oder ein ESP32/ESP8266 als Middleware zwischen der IoT Cloud und dem GPT-3.5-Sprachmodell von OpenAI. Das Gerät empfängt Aufforderungen (Fragen) von der IoT Cloud, sendet sie an die OpenAI-API, empfängt und parst die Antworten und sendet sie zurück an die IoT Cloud.

Um damit loszulegen, müssen Sie zunächst ein OpenAI-Konto anlegen, einen API-Schlüssel erstellen (und über ausreichend Guthaben verfügen). Dann können Sie Ihr Gerät auf der IoT Cloud erstellen, es programmieren und das Dashboard einrichten - ebenfalls auf der IoT Cloud. Das Dashboard ermöglicht es Ihnen, Fragen (Prompts) zu schreiben und die Antworten von ChatGPT

WEBLINKS

- [1] Bakerino: <https://bit.ly/3NObBRT>
- [2] Intelligente Fahrradfederung: <https://bit.ly/3JBnhFa>
- [3] Drehzahlmesser mit IR-Sensor: <https://bit.ly/44ocLJq>
- [4] Chat mit GPT über Arduino IoT Cloud: <https://bit.ly/3Nz5lfb>

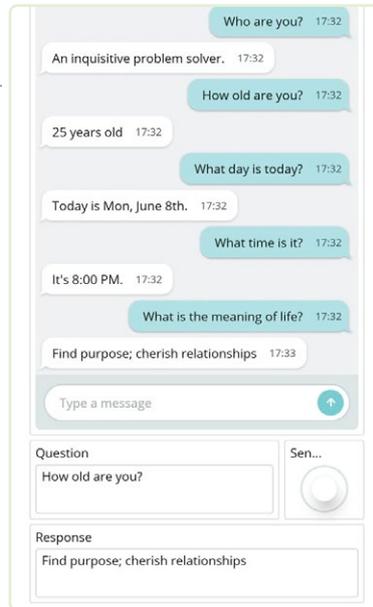


Bild 8. Screenshot der mobilen App IoT Remote.

zu erhalten. Um zu chatten, können Sie auf Ihr Dashboard entweder über Ihren Browser oder die App *IoT Remote Mobile* zugreifen, wie in **Bild 8** dargestellt.

Beim Testen gibt es zwei Möglichkeiten, mit ChatGPT zu interagieren: im Chat-Fenster oder über den Frage-Antwort-Sende-Mechanismus. Wenn ein Fehler auftritt, werden der Fehlercode und eine Beschreibung angezeigt.

Das vollständige Projekt unter [4] bietet einige abschließende Überlegungen wie die Anpassung von Variablen, die Definition der maximalen Anzahl von Token, die ChatGPT bei der Generierung einer Antwort verwendet, und die Berücksichtigung der Grenzen der OpenAI-API-Nutzung. ◀

RG - 230445-02

Über Arduino

Arduino ist ein Open-Source-Unternehmen, das sich der Entwicklung von Hardware, Software und Bildungsressourcen widmet. Arduino wurde 2005 als Open-Source-Projekt gegründet und hat Niederlassungen in Italien, Schweden, der Schweiz und den USA. Arduino unterstützt Maker, Innovatoren, Pädagogen und Unternehmen auf der ganzen Welt bei der Erstellung von Projekten, Kursen, digitalen Produkten und Dienstleistungen.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- > **Arduino MKR IoT-Bundle 1010**
<https://elektor.de/20360>
- > **Arduino Nano 33 BLE Sense Rev2 mit Headern**
<https://elektor.de/20404>
- > **Arduino Oplà IoT Starter Kit**
<https://elektor.de/19942>

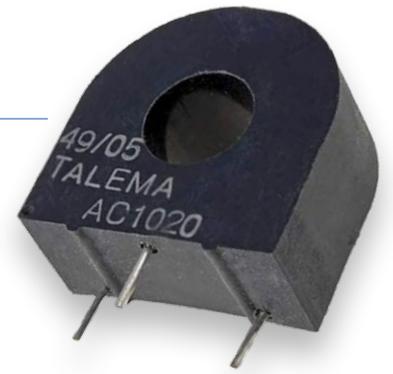


Bild 1. Der Stromsensor AC1020.
Quelle: TALEMA Elektronik GmbH.

16

Strom-Überlast-Monitor

Überwachung von Leitungen auf übermäßigen Strom

Von Giuseppe La Rosa (Italien)

Diese Schaltung misst die Stromaufnahme typischer Lasten wie Lampen, Haushaltsgeräten und Heizungen. Sie verfügt über einen LED-Balken und einen akustischen Alarm, der bei Überschreiten eines einstellbaren Schwellwerts warnt. Es können Lasten von 200 W bis 6 kW überwacht werden.

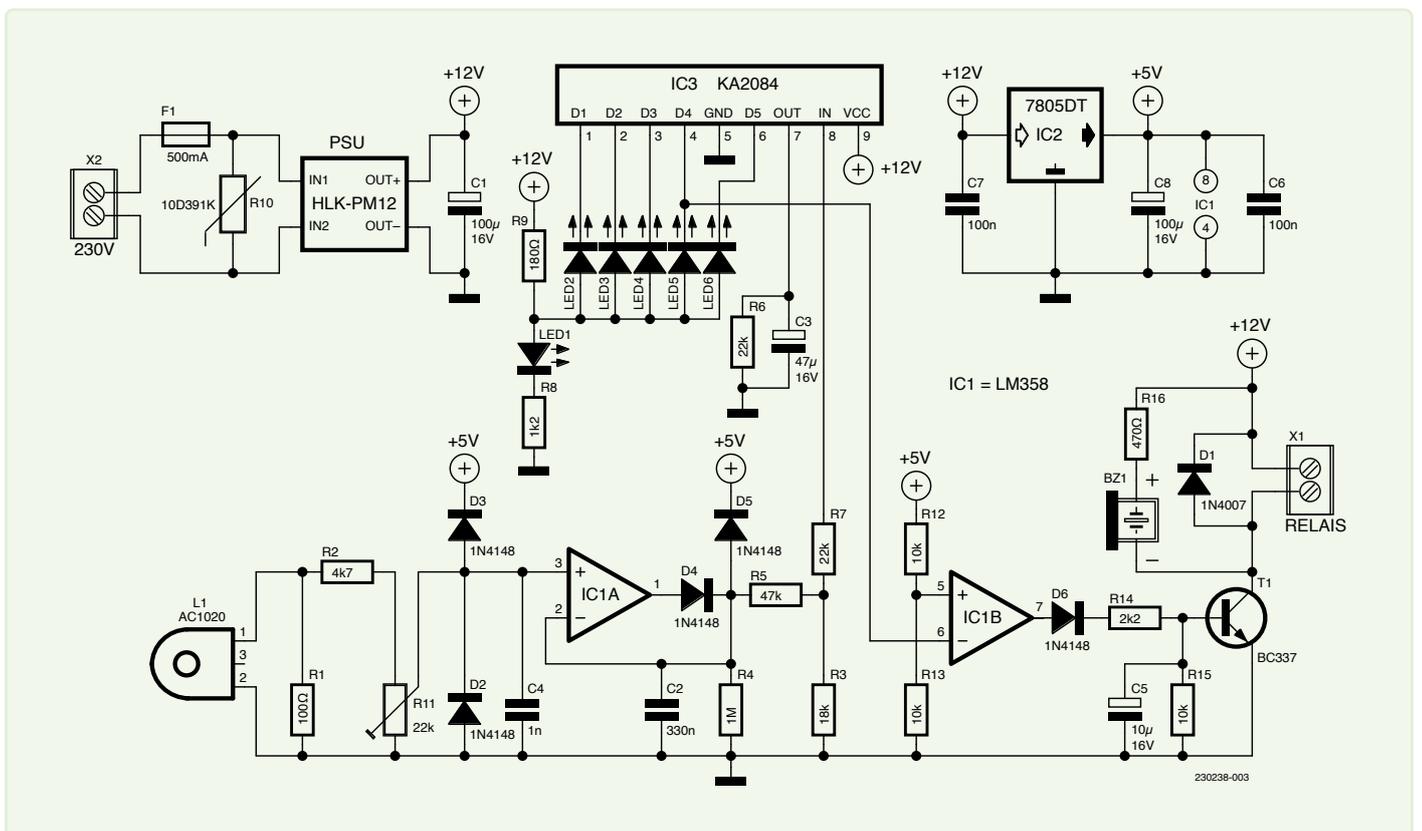


Bild 2. Schaltung des Strom-Überlast-Monitors.

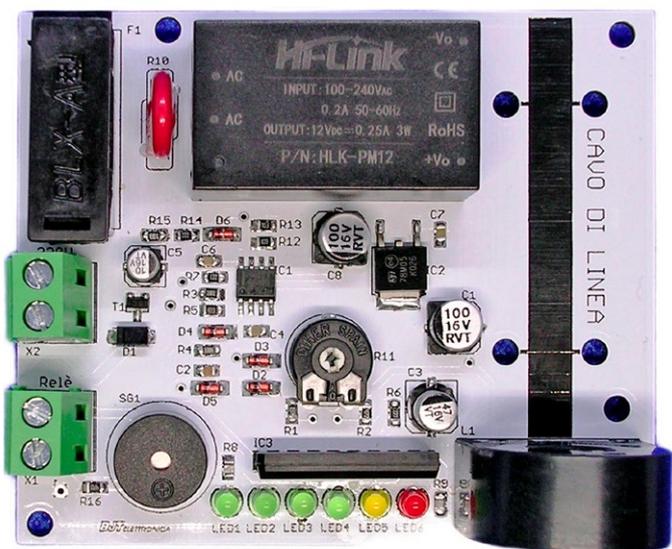


Bild 3. Die vollständig bestückte Platine meines Prototyps.

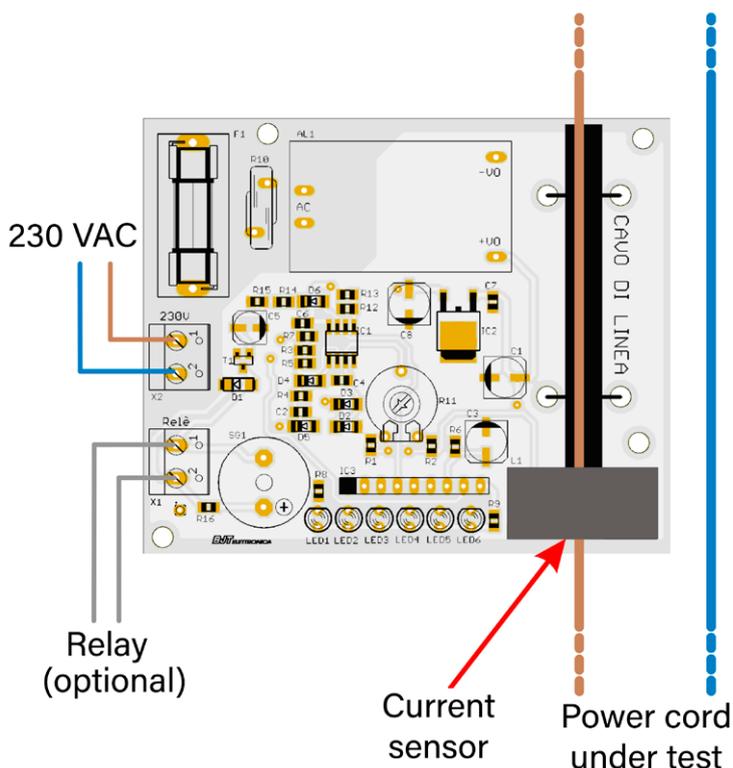


Bild 4. Externe Anschlüsse der Platine.

Wer hat nicht schon einmal die Erfahrung gemacht, abends plötzlich das typische „Klacken“ eines Leitungsschutzschalters zu hören und dann plötzlich im Dunkeln zu stehen? Die Gründe sind immer die gleichen und doch so verschieden: Eine Waschmaschine, ein Backofen oder ein Elektroherd wurde eingeschaltet, so dass es dem Bimetallstreifen im LS-Schalter ein wenig zu warm wurde. Eine typische Überlastsituation. Ein reaktionsschneller Überlastungswächter kann dies verhindern.

Die Schaltung

Zur Überwachung einer wechselstromführenden Leitung wird hier ein sogenannter Stromwandler als Sensor verwendet (Bild 1). Eine Ader des Kabels wird einfach durch die Bohrung des Sensors geschleift und am Ausgang kann dann eine dem fließenden Strom proportionale Spannung abgegriffen werden. In der Schaltung von Bild 2 übernimmt L1 diese Aufgabe.

L1 und der Rest der Schaltung dienen zur Erfassung von Wechselströmen mit einer Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz, wie sie in Stromnetzen üblich sind. Die Spannung am Ausgang des Stromwandlers ist galvanisch vom Leiter getrennt, also potentialfrei und völlig unbedenklich. Mit dem Trimpoti R11 können Sie die Empfindlichkeit und damit die Spannung, die von der restlichen Elektronik verarbeitet wird, einstellen. D2 und D3 schützen die Elektronik vor ungebührlich hohen Spannungsspitzen. IC1A fungiert in Verbindung mit D4 als Gleichrichter. Die an C2 anliegende Gleichspannung ist proportional zum Strom des Leiters, der durch L1 fließt. Diese Spannung, die durch das Netzwerk aus R5, R3 und R7 weiter reduziert wird, erreicht den Eingang von IC3, einen Treiber für eine LED-Balkenanzeige, die aus fünf LEDs besteht.

LED1 leuchtet auf, sobald das Netzteil der Schaltung mit Spannung versorgt wird, und fungiert somit als Einschaltkontrollleuchte. Die eigentliche Balkenanzeige besteht aus drei grünen LEDs (LED2, LED3 und LED4), einer gelben LED5 und einer roten LED6. LED5 leuchtet, wenn der eingestellte Grenzwert des Stroms erreicht ist. Der Pegel an ihrer Kathode wird weiter ausgewertet und erreicht, von IC1B invertiert, die Basis von T1. Wenn LED5 leuchtet, gibt der von T1 eingeschaltete Summer Alarm. Dieses Signal ist gleichzeitig mit den Schraubklemmen an X1 verbunden, an die die Spule eines 12-V-Relais angeschlossen werden kann.

Einige Hinweise

Die 12-V-Versorgung kommt direkt aus dem kleinen 12-V-Netzteil, der Spannungsregler IC2 leitet daraus die 5-V-Versorgung ab.

Um die Alarmschwelle zu kalibrieren, schließen Sie eine ausreichend starke Last an (zum Beispiel einen Toaster oder einen Haartrockner) und führen Sie einen (und nur einen) Leiter der Versorgungsleitung durch L1. Stellen Sie dann R11 so ein, dass die Schwelle, bei der der Summer einschaltet, gerade noch erreicht wird. In diesem Zusammenhang ist es auch nicht unnützlich, sich ein wenig mit dem Verhalten von Leitungsschutzschaltern vertraut zu machen.

Für diese Schaltung habe ich eine Platine entworfen: Bild 3 zeigt den fertigen Prototyp, und in Bild 4 können Sie sehen, wie die externen Verbindungen zur Platine hergestellt werden. Die Layouts in Bild 5 können als Vorlage für die Herstellung Ihrer eigenen Platine dienen; sie stehen unter [1] zum Download bereit. ◀

RG – 230238-02

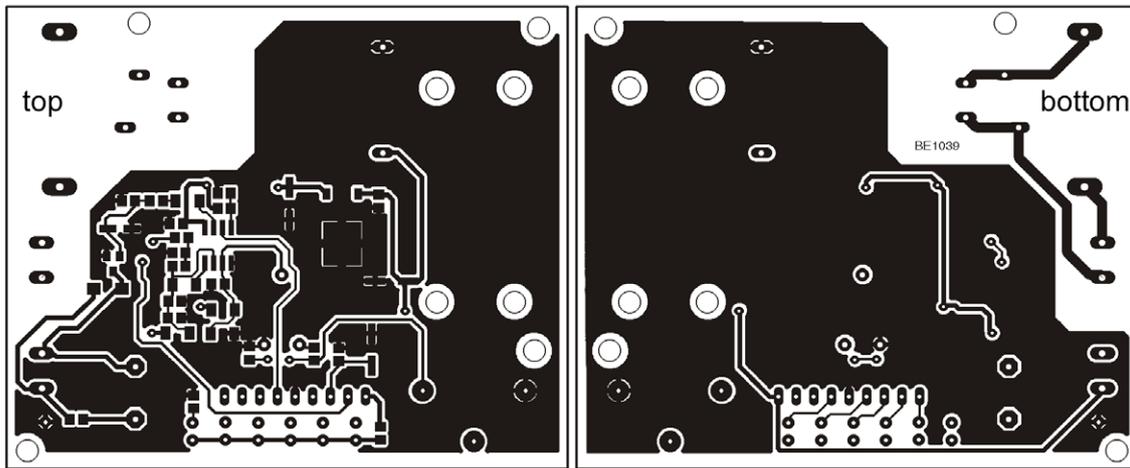


Bild 5. Layout von oben und von unten.



Stückliste

Widerstände:

(SMD 1206, wenn nicht anders angegeben)

- R1 = 100 Ω
- R2 = 4k7
- R3 = 18 k
- R4 = 1 M
- R5 = 47 k
- R6, R7 = 22 k
- R8 = 1k2
- R9 = 180 Ω
- R10 = Varistor 10D391K
- R11 = 22 k Trimpoti
- R12, R13, R15, = 10 k
- R14 = 2k2
- R16 = 470 Ω

Kondensatoren:

(SMD 1206, wenn nicht anders angegeben)

- C1, C8 = 100 μ / 16 V, Elko, \varnothing 5 mm
- C2 = 330 n

- C3 = 47 μ / 16 V, Elko, \varnothing 5 mm
- C4 = 1 n
- C5 = 10 μ / 16 V, Elko, \varnothing 3,5 mm
- C6, C7 = 100 n

Halbleiter:

- D1 = 1N4007 (DO213AB)
- D2...D6 = 1N4148 (Minimelf)
- T1 = BC337 (SOT23)
- LED1...LED4 = LED, grün, 3 mm
- LED5 = LED, gelb, 3 mm
- LED6 = LED, rot, 3 mm
- IC1 = LM358, SO8
- IC2 = 7805DT (TO252, DPAK)
- IC3 = KA2284 (SIP9)

Außerdem:

- BUZ1 = Summer, \varnothing 12 mm
- L1 = Stromwandler Talema AC1020
- X1, X2 = 2-polige Schraubklemme
- F1 = Schmelzsicherung 500 mA
- PSU = PCB-Netzteil HLK-PM12

Über den Autor

Giuseppe La Rosa, der sich von klein auf für Elektrizität begeisterte, machte seinen Abschluss in Elektronik und Telekommunikation am I.T.I.S. in Acireale, Sizilien. Später beschäftigte sich Giuseppe mit Mikrocontroller-Systemen, insbesondere mit der PIC-Serie und der Arduino-UNO-Plattform. Im Laufe der Jahre hat er viele Projekte in Elektronikzeitschriften veröffentlicht. Derzeit arbeitet er an Videoüberwachung, Einbruchschutz und Point-of-Sale-Management-Software.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an Elektor unter redaktion@elektor.de.



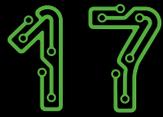
Passendes Produkt

- > **Stromzangenmessgerät PeakTech 4350**
<https://elektor.de/18161>



WEBLINK

- [1] Layout-Download: <https://elektormagazine.de/230238-02>



Blinken im Dunkeln ohne Transistoren

Ein Oszillator nur mit Zweipolen



Von Raymond Schouten (Niederlande)

Gilt es als Betrug, wenn man einen elektronischen Oszillator baut, der Licht braucht, um zu funktionieren? Ist es ein Paradoxon, wenn dieser Oszillator nur im Dunkeln funktioniert? Und ist es Zauberei, wenn man nur fünf Zweipole braucht, um ihn zu bauen? Lesen Sie weiter und finden Sie es heraus!

Diese Schaltung verwendet nur vier passive Bauteile, um im Dunkeln eine LED zum Blinken zu bringen. Dabei wird eine ganz normale LED verwendet, keine Blink-Chip-Version (das wäre ja gemogelt). Die Schaltung funktioniert etwa zwei Jahre lang mit zwei AA-Batterien und könnte als Warnzeichen oder „falscher“ Alarmmelder praktischen Nutzen haben. Die Versorgungsspannung darf zwischen 2,3 V und 6 V liegen.

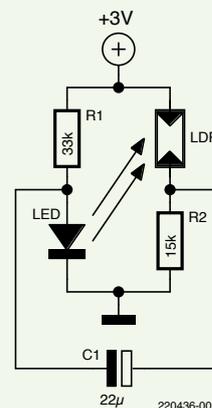
Wie funktioniert es?

Die LED-LDR-Kombination wirkt als eine Art Verstärker. Durch Erhöhen des LED-Stroms (das „Eingangssignal“) wird der LDR-Widerstand verringert, wodurch sich die „Ausgangsspannung“ am rechten Schaltungsknoten erhöht. Der Kondensator C1 erzeugt dann eine positive Rückkopplung vom Ausgang zum Eingang, indem er seinen Ladestrom in die LED fließen lässt, das heißt, solange die Ausgangsspannung steigt. Wenn die Ausgangsspannung einen Höchstwert erreicht, der nahe an der Versorgungsspannung liegt, stoppt das Aufladen des Kondensators und die LED wird dunkler. Dadurch erhöht sich der Widerstand des LDR, wodurch die Ausgangsspannung sinkt. Die LED schaltet sich nun vollständig aus (über C1, der aufgeladen wird). Der Widerstand R1 treibt einen kleinen Strom, der die LED langsam wieder in den positiven Bereich bringt und C1 entlädt. Die Intensität der LED nimmt zu, und der Zyklus wiederholt sich. Diese Art von Oszillator wird als Relaxationsoszillator bezeichnet.

Bei starkem Umgebungslicht bleibt der LDR im niederohmigen Zustand, so dass die Ausgangsspannung hoch bleibt und die LED bei einer sehr niedrigen Vorspannung verharrt, ohne zu blinken.

Um eine ausreichende Verstärkung zum Starten des Oszillators zu erreichen, sollte eine leuchtstarke LED verwendet werden, die nicht mehr als 5 mm vom LDR entfernt angebracht wird. Hier handelt es sich um das „rote“ Modell OVLBR4C7, dessen Intensität mit 3700 mcd bei 20 mA angegeben ist. Beim Blinken im Dunkeln bleibt auch genügend Streulicht übrig, damit man das Blinken der LED deutlich erkennt, wie im Demo-Video auf der Projektseite bei Elektor Labs [1] oder bei Youtube (Scannen Sie den QR-Code!) gezeigt wird. ◀

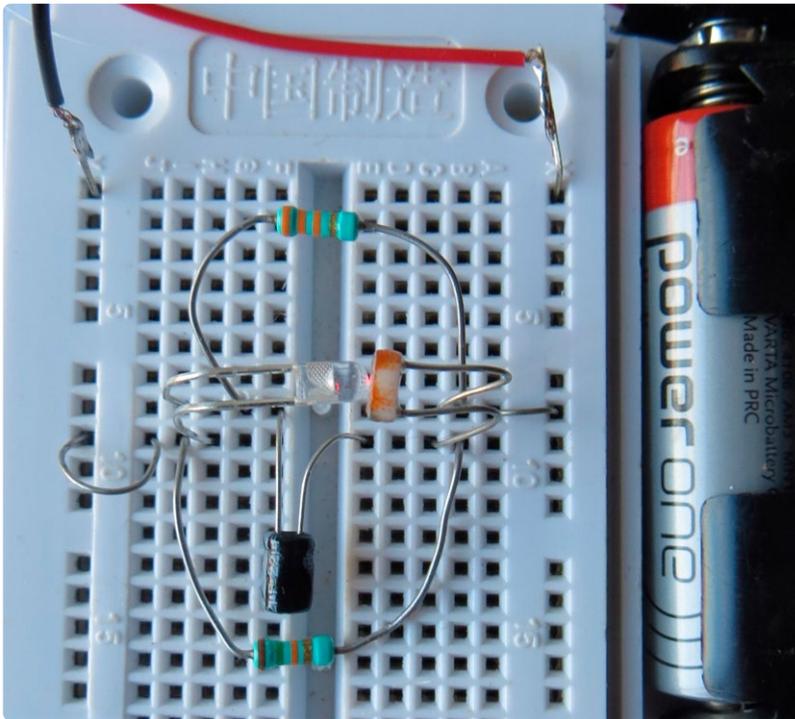
RG - 220436-02



Wie arbeiten diese fünf Zweipole als Oszillator?



Dieses Projekt auf YouTube:
<https://youtu.be/uvrhowWgKKg>



Sehen Sie, wie die LED und der LDR auf dem Breadboard verbunden sind.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter rs.elc.projects@gmail.com oder an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- **Pimoroni Maker Essentials - 50 bunte LEDs mit Widerständen**
<https://elektor.de/18429>
- **P. Scherz und S. Monk: Practical Electronics for Inventors (4. Aufl.)**
 Buch, Paperback: <https://elektor.de/17685>

WEBLINK

[1] Dieses Projekt bei Elektor Labs:
<https://elektormagazine.de/labs/blink-in-the-dark-without-transistors-1>

You CAN get it...

Hardware und Software
für CAN-Bus-Anwendungen...



PCAN-USB FD

CAN-FD-Interface für den USB-Port inkl. Software, APIs und Treiber für Windows und Linux.



PCAN-MicroMod FD

Konfigurierbares Einsteckmodul mit CAN-FD-Interface und I/O-Funktionalität. Erhältlich mit Evaluation-Board oder einsatzbereiten Grundplatten.



PCAN-RS-232

Programmierbarer Umsetzer für RS-232 auf CAN mit Library und Programmierbeispielen.

Irrtümer und technische Änderungen vorbehalten.

www.peak-system.com

PEAK
System

Otto-Röhm-Str. 69
64293 Darmstadt
Germany
Tel.: +49 6151 8173-20
Fax: +49 6151 8173-29
info@peak-system.com

18 Morsecode-Generator

Verwenden Sie ihn als Bake oder zum Lernen!

Von Rob van Hest (Niederlande)

Bauen Sie einen anpassbaren Morsecode-Sender mit einem winzigen Mikrocontroller. Senden Sie vorprogrammierte Nachrichten und passen Sie dabei Geschwindigkeit und Tonhöhe an - perfekt für Bakensender oder eine Fuchsjagd.

Die meisten Leser kennen den Morsecode [1] wahrscheinlich von den Pieptönen, die auf den Kurzwellenbändern oder in Filmen zu hören sind. Einige hatten vielleicht sogar die Möglichkeit, das Morsealphabet zu erlernen, um Nachrichten zu senden und zu empfangen und eine Funklizenz zu erhalten. Aber warum braucht man heutzutage noch Morsezeichen? Es gibt doch viele Alternativen.

In der Tat, die gibt es. Dennoch gibt es Gründe, die für die Verwendung von Morsezeichen sprechen, wie zum Beispiel die einfache Hardware, die benötigt wird. Ein Morsezeichensender besteht im Wesentlichen aus einem HF-Oszillator, der durch Drücken der Taste ein- und ausgeschaltet wird. Dies ist ein sogenannter (unterbrochener) Dauerstrich-Sender (Continuous Wave, CW). Das hier vorgestellte Gerät kann einen solchen Sender betreiben. Man kann es als Bakensender verwenden oder für eine Fuchsjagd, bei der im Gelände versteckte Sender mit Hilfe von Peilempfängern gesucht werden [2]. Mein ursprüngliches Ziel war es jedoch, dass Menschen eine in Morsezeichen kodierte Nachricht entziffern.

Hardware

Der Schaltplan des Geräts ist in **Bild 1** dargestellt. Sein Herzstück ist IC1, ein kleiner PIC12F1840-Mikrocontroller. Pin 2 treibt ein Relais, das zum Beispiel unseren CW-Sender steuern kann. Pin 5 ist der Ausgang für das Morsecode-Audiosignal. Das Tiefpass-

filter R1/C4 wandelt diese modulierte Rechteckwelle in eine sinusähnliche Form um, um einen schöneren Klang zu erzielen. Es ist auch möglich, einen Lautsprecher oder einen Kopfhörer direkt an Pin 5 anzuschließen, aber Sie benötigen eventuell einen Reihenwiderstand, um den Strom zu begrenzen. Der maximale Ausgangsstrom beträgt 25 mA; daher muss die Impedanz mindestens 200 Ω betragen.

Mit dem Potentiometer R8 können Sie die Übertragungsgeschwindigkeit einstellen, während R7 die Tonhöhe steuert.

Das Gerät kann eine vorprogrammierte Nachricht mit bis zu 32 Zeichen in festen Intervallen senden. Im EEPROM der MCU können bis zu drei dieser Meldungen gespeichert werden, die Sie an Ihre eigenen Bedürfnisse anpassen können (siehe unten). Die Jumper JP1 und JP2 bestimmen, welche der drei Meldungen gesendet wird.

Ohne JP1 und JP2 „hört“ der Generator auf seinen seriellen Eingang an Pin 6, an dem Sie das Gerät an einen Computer anschließen können, um die von Ihnen in ein serielles Terminal eingegebenen Nachrichten in Morsecode umzuwandeln (oder zu speichern).

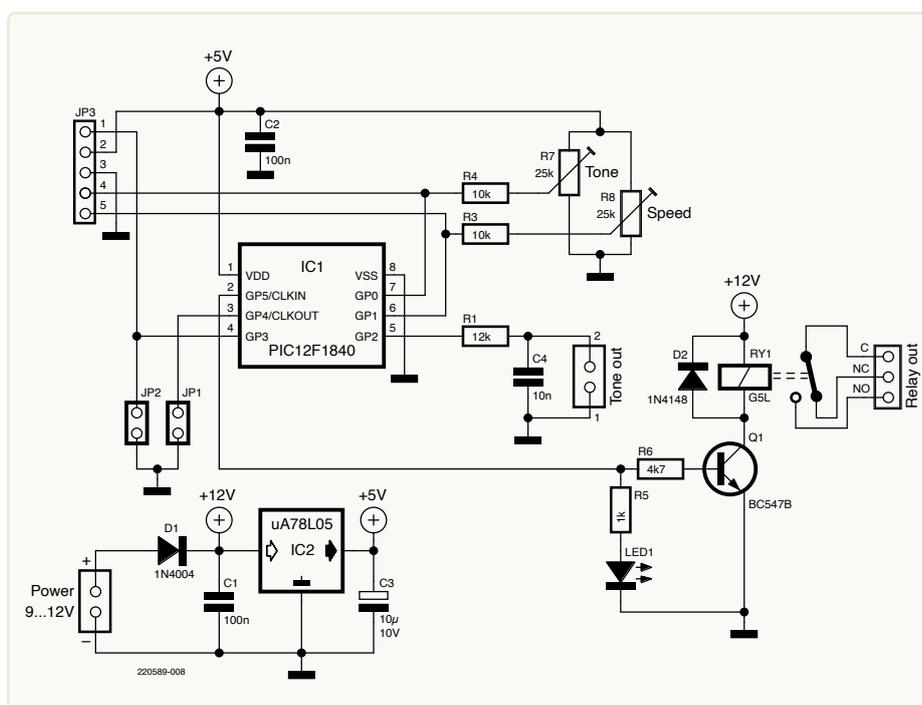


Bild 1. Der vollständige Schaltplan des Morsecodegenerators. Es kann je nach Verwendungszweck vereinfacht werden.

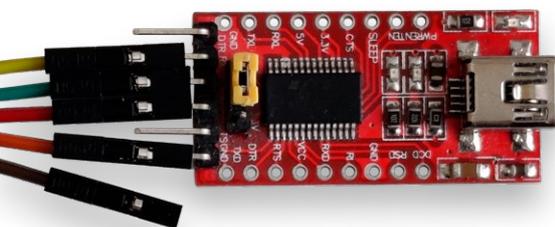


Bild 2. Mit einem USB-Seriell-Adapter können Sie Nachrichten auf einem Computer eingeben und mit dem Morsecode-Generator in Morsecode umwandeln.

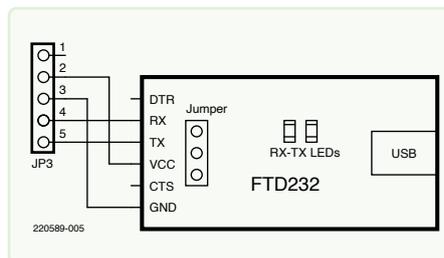


Bild 3. Verdrahtungsschema eines USB-Seriell-Wandlers an JP3.



Bild 4. Der Morsecode-Generator auf der universellen 8-poligen PIC-Projektplatine des Autors.

Software

Das zugehörige Programm kann von der Projektseite auf Elektor Labs [3] heruntergeladen werden. Sowohl der Quelltext als auch die kompilierte HEX-Datei sind dort verfügbar. Wenn Sie das Programm selbst modifizieren wollen, benötigen Sie außerdem den C-Compiler CC5X von B. Knudsen [4].

An JP3 kann ein PICKIT-Programmierinterface von Microchip angeschlossen werden, aber auch ein PC oder ein Terminal über einen geeigneten Konverter. Ich habe für diesen Zweck einen USB-Seriell-Wandler vom Typ FTD232 verwendet (Bild 2). Der Anschlussplan ist in Bild 3 dargestellt. Auf dem PC muss ein Terminalprogramm ausgeführt werden. Ich verwende dazu PuTTY [5], aber es gibt auch andere geeignete Programme. Wählen Sie den virtuellen seriellen Anschluss, den Windows erstellt (bei mir war das COM6), und setzen Sie die Geschwindigkeit auf 9600 Baud.

Dinge wie Tonhöhe, Geschwindigkeit und die voreingestellten Meldungen können auch über die serielle Schnittstelle konfiguriert werden. Geben Sie „H“ oder „?“ in das serielle Terminal ein, um einen Überblick über die verfügbaren Befehle zu erhalten. Eine ausführlichere Beschreibung finden Sie auf der Projektseite [3].

Zusätzliche Hinweise

Obwohl die Übertragungsgeschwindigkeit und die Tonhöhe mit den beiden Potentiometern einstellbar sind, können auch die im EEPROM gespeicherten benutzerkonfigurierbaren Einstellungen für diesen Zweck verwendet werden. Drehen Sie dazu R8 auf Maximum und setzen Sie das Gerät zurück. Die Potentiometer funktionieren übrigens nicht, wenn ein USB-seriell-Wandler an JP3 angeschlossen ist. Der Morsecode-Generator (Bild 4) wurde auf „meiner“ Standardplatine [6] aufgebaut. Ich verwende diese Platine für alle möglichen Projekte mit demselben Typ des 8-poligen PIC-Mikrocontrollers.

R4, R7 und R8 können weggelassen werden, wenn sie nicht benötigt werden. In diesem Fall ist R3 mit +5 V zu verbinden. Wenn die Platine aus [6] verwendet wird, kann R3 auch weggelassen werden und SJ4 auf der Platine (nicht im Schaltplan) wird gebrückt.

Bei Verwendung eines USB-Seriell-Wandlers ist eine separate Stromversorgung nicht erforderlich. In diesem Fall muss das Relais durch eine 5-V-Version ersetzt werden. Überbrücken Sie auch das Ein- und Ausgangspad des Spannungswandlers IC2. Wenn nur der Audioausgang benötigt wird, kann das Relais natürlich auch weggelassen werden. ◀

SG – 220589-02

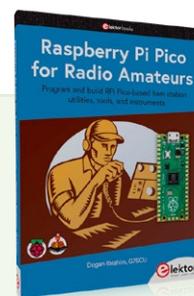
Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie den Autor unter trainer99@ziggo.nl oder das Elektor-Team unter editor@elektor.com.



Passende Produkte

- Bert van Dam, **50 PIC Microcontroller Projects**
E-Buch, PDF: <https://elektor.com/18091>
- Dogan Ibrahim, **Raspberry Pi Pico for Radio Amateurs**
Buch, Paperback: <https://elektor.de/20041>
E-Buch, PDF: <https://elektor.de/raspberry-pi-pico-for-radio-amateurs-e-book>



WEBLINKS

- [1] Morsecode (Wikipedia): <https://de.wikipedia.org/wiki/Morsecode>
- [2] Fuchsjagd: <https://www.darc.de/der-club/distrikte/h/ortsverbaende/02/fuchsjagd/>
- [3] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/morse-code-generator>
- [4] CC5X compiler von B. Knudsen Data : <https://bknd.com/cc5x>
- [5] PuTTY: <https://putty.org>
- [6] Universelle MCU-Platine: <https://elektormagazine.de/labs/board-for-simple-microcontroller-project>

19

Programmierbarer Video-DAC

Verarbeitet jedes Format bis zu RGB888



Von Mathias Claussen (Design) und Clemens Valens (Text)

Wenn Sie mit Mikrocontrollern und Video in VGA-Qualität für Retro-Gaming oder eine andere Anwendung experimentieren, benötigen Sie einen Digital-Analog-Wandler. Mit diesem flexiblen Design können Sie alle möglichen Videoformate ausprobieren, bevor Sie die endgültige Auflösung festlegen.

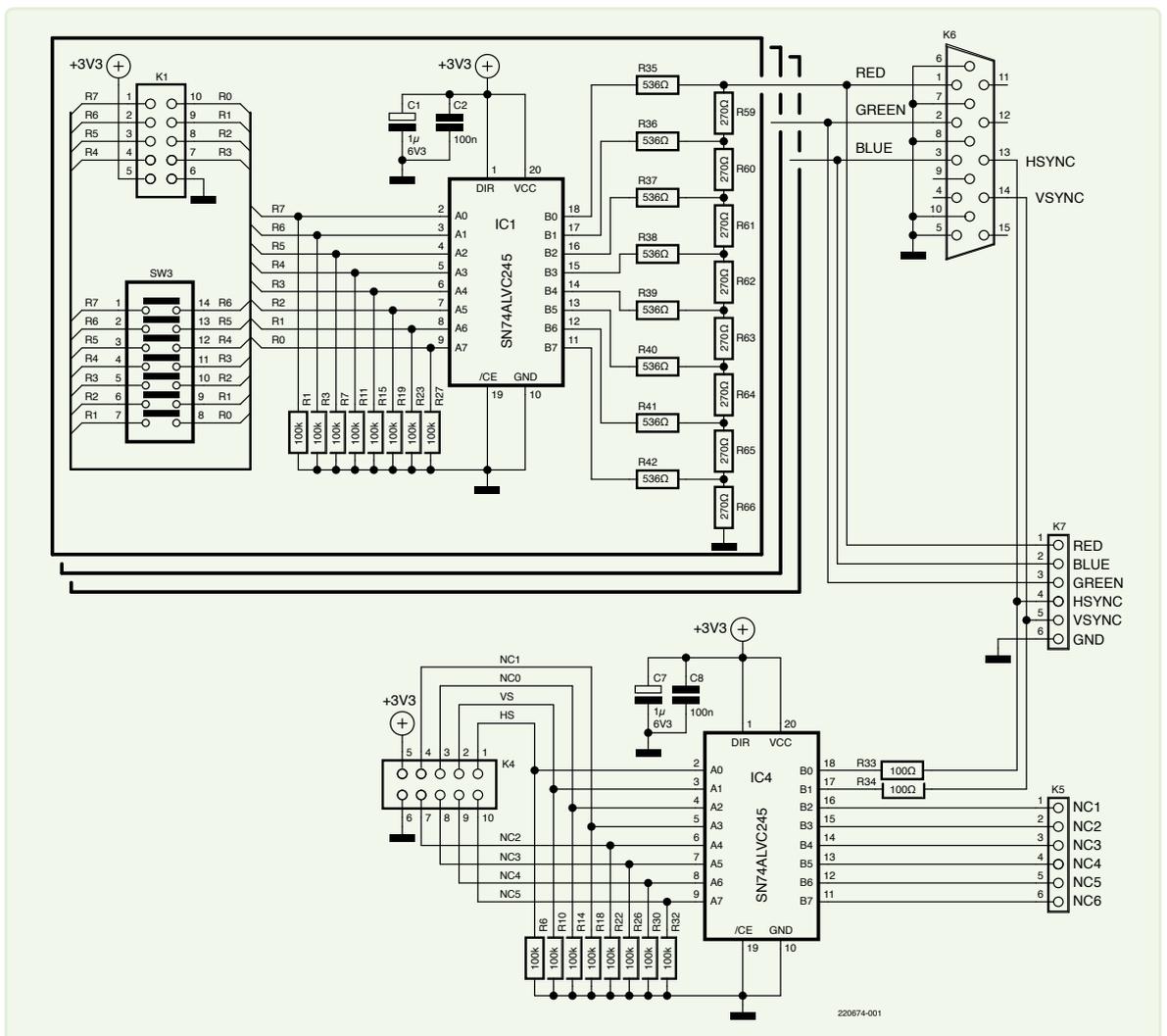


Bild 1. Nur ein Farbkanal ist dargestellt; die beiden anderen sind identisch.

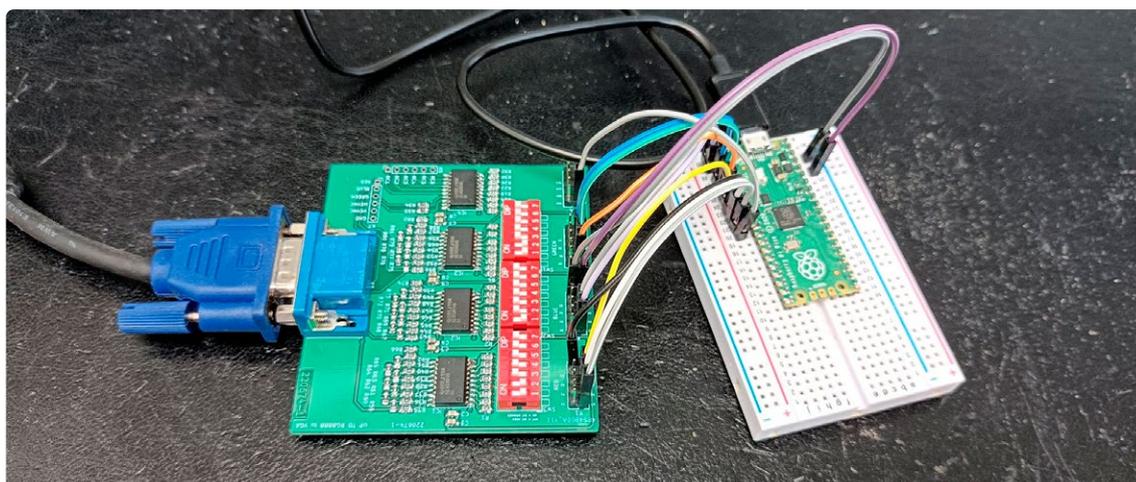


Bild 2. Der Prototyp im RGB332-Modus, angesteuert von einem Raspberry Pi Pico.

In der nicht allzu fernen Vergangenheit brauchte man spezielle Video-ICs, wenn man seinem Computersystem einen Videoausgang spendieren wollte. Heutzutage jedoch kann fast jeder Mikrocontroller ein VGA-Videosignal erzeugen. Die Auflösung und die Farbtiefe hängen von der Größe des verfügbaren Arbeitsspeichers und der Geschwindigkeit der MCU ab. Ein einfacher Digital-Analog-Wandler (DAC) ist alles, was benötigt wird, um die digitalen Bitströme in analoge Spannungen für die drei Kanäle rot, grün und blau des VGA-Monitors umzuwandeln.

Die erforderliche Wortbreite des DACs wird durch die Auflösung und die Farbtiefe des erwünschten Videosignals bestimmt. Diese beiden Parameter hängen wiederum von den verfügbaren Rechenressourcen in der MCU ab, die das Videosignal erzeugt. Zu Beginn eines Projekts ist möglicherweise nicht klar, was Ihr System leisten kann, so dass Sie vielleicht lieber mit einem DAC mit geringer Wortbreite beginnen. Andererseits kann es sein, dass Sie, wenn ein Projekt fast fertig ist, feststellen, dass noch Spielraum zur Verbesserung der Videoqualität besteht. Und in diesem Fall würden Sie einen DAC mit einer größeren Wortbreite benötigen.

Die Schaltung

Die hier vorgestellte Schaltung eignet sich für beide Situationen und für alles, was dazwischen liegt. Es handelt sich um einen 3-Kanal-Video-DAC mit programmierbarer Wortbreite, bei dem jeder Kanal unabhängig von den anderen eingestellt werden kann. Daher kann er für alles von RGB111 bis zu RGB888 (8-Bit-Auflösung für alle Farben) verwendet werden; es sind also solche Videofarbformate wie RGB535 und RGB221 möglich. Die Schaltung ist in **Bild 1** dargestellt. Sie zeigt nur einen Farbkanal (rot), da die Schaltungsteile für die beiden anderen Farben gleich sind. Das digitale Video wird an K1 mit bis zu acht Bits pro Kanal eingegeben. Die Bits werden von IC1 gepuffert, der einen R2R-Widerstandsleiter-DAC ansteuert. Am DAC-Ausgang liegt dann ein

Videosignal im Bereich von 0 V bis 0,7 V. Pull-down-Widerstände an den Eingängen des Puffer-ICs sorgen dafür, dass nicht angeschlossene Bits als Nullen wahrgenommen werden.

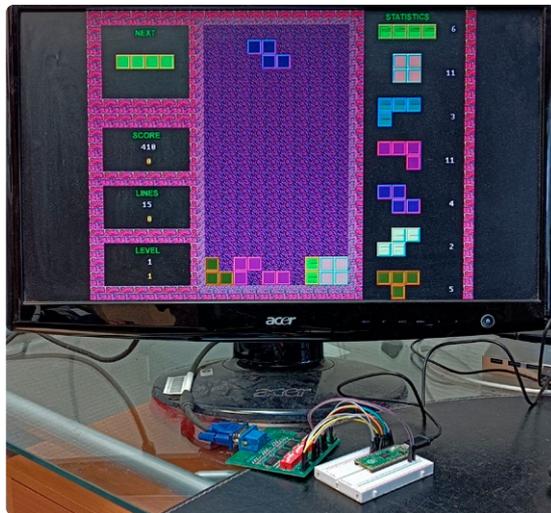
Die Anzahl der Bits pro Farbe wird mit den DIP-Schaltern SW3 eingestellt. Für ein 8-Bit-Signal sollten alle Schalter geöffnet sein. Um die Wortbreite zu verringern, schließen Sie die Schalter, von unten beginnend mit dem, der mit R1 und R0 beschriftet ist. Beispiel: Für eine Wortbreite von 4 Bit schließen Sie die vier unteren Schalter. Schließen Sie die Bits dabei von oben nach unten an, also das höchstwertige Bit an R7, G7 beziehungsweise B7 an und arbeiten Sie sich dann nach unten vor. Auf diese Weise kann der Videoausgang immer seinen Höchstwert (0,7V) erreichen und wird nicht schwächer.

IC4 puffert die horizontalen und vertikalen Synchronisationssignale. Die übrigen sechs Puffer können für etwas anderes verwendet werden. Sie stehen an K5 zur Verfügung.

Tabelle 1: Raspberry Pi Pico Pinbelegung für die RGB332-Video-Demos aus [1]

Raspberry Pi Pico	Signal
GP0	B0
GP1	B1
GP2	G0
GP3	G1
GP4	G2
GP5	R0
GP6	R1
GP7	R2
GP8	HS
3V3	3V3
GND	GND
(GP19)	(Audio)

Bild 3. Schauen Sie zu, wie der Pico Tetris spielt!



Um den Video-DAC schnell und ohne stundenlangen Programmieraufwand auszuprobieren, schließen Sie ihn an ein Raspberry-Pi-Pico-Board und einen VGA-Monitor an (siehe **Bild 2** und **Tabelle 1**). Verwenden Sie HSYNC als Synchronisationssignal. Laden Sie eine Demo von [1] herunter, programmieren Sie sie auf dem Pico und genießen Sie die Grafik (**Bild 3**). Die Demos auf [1] sind im RGB332-Format. Daher müssen Sie die unteren fünf Schalter für Rot und Grün und die unteren sechs Schalter für Blau schließen:

Anzahl der zu schließenden Schalter =
8 - Wortbreite der Farbe

Einige der Demos geben an GPIO19 des Pico ein Audiosignal aus. Wenn Sie es hören möchten, schalten Sie einen 1,5-k Ω -Widerstand in Reihe mit dem Ausgang und fügen Sie einen 10-nF-Kondensator gegen Masse als einfaches Tiefpassfilter für das Audiosignal hinzu. Die Designdateien des Projekts sind unter [2] verfügbar. ◀

RG - 220674-02

Haben Sie Fragen und Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Bitte kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.

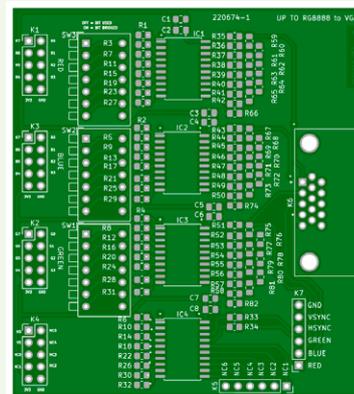
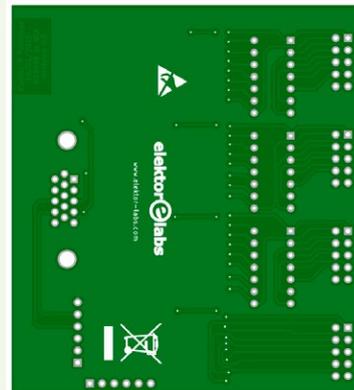


Passende Produkte

- > Joy-IT 10"-Touchscreen für RPi (HDMI/VGA/BNC/AV) inkl. Metallgehäuse und Standfuß
<https://elektor.de/18266>
- > Raspberry Pi Pico RP2040 H
<https://elektor.de/20223>



Stückliste



Widerstände:

(alle 0805)
R1...R32 = 100 k
R33, R34 = 100 Ω
R35...R58, R66, R74, R82 = 536 Ω
R59...R65, R67...R73, R75...R81 = 270 Ω

Kondensatoren:

(alle 0805)
C1, C3, C5, C7 = 1 μ
C2, C4, C6, C8 = 100 n

Halbleiter:

IC1, IC2, IC3, IC4 = SN74ALVC245 (SOIC-20W)

Außerdem:

K1...K4 = 2x5-polige Stiftleiste (Raster 2,54 mm)
K5, K7 = 1x6-polige Buchsenleiste (Raster 2,54 mm)
K6 = DB15-Stecker high density
SW1...SW3 = 1x7-poliger DIP-Schalter (SPST)

WEBLINKS

[1] Beispielprogramme: <https://github.com/Panda381/PicoVGA>

[2] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/up-to-rgb888-to-vga>



Ein T(eeny)-Tiny-Piano

Ohne bewegliche Teile

Von Bruno Clerc (Frankreich)

Es gibt jede Menge winziger Tastaturen, Klaviere und Orgeln, die auf Oszillatoren vom Typ NE555, Arduino-Boards und Mikrocontrollern aus der ATtiny-Reihe basieren. Dieses Modell fügt der Sammlung eine berührungsempfindliche Tastatur hinzu und hält die mechanische Seite so einfach wie möglich.

Nachdem Paolina ihren Vater mit „ein Spielzeug in zwei Tagen!“ herausgefordert hatte, stöberte dieser in seinem Labor herum und fand einen Beutel mit TTP223-Touch-Button-Modulen und einen ATtiny85. Hmm..., dachte er (Sie werden es erraten, ich bin gemeint), eine auf Papier gedruckte Tastatur, die auf jede beliebige Unterlage gelegt werden kann, was bedeutet, dass man nicht bohren und keine mechanischen Tasten bedienen muss.

Ein erster Versuch

Nach dem Prinzip der Widerstandskette habe ich die Ausgänge einiger TTP223-Module in Reihe geschaltet, um eine kapazitive Ein-Draht-Tastatur zu schaffen (**Bild 1**). Nachdem ich im Netz eine Bibliothek zur Erzeugung von Musiknoten mit einem ATtiny gefunden hatte [1], schrieb ich die folgenden Spezifikationen in das Pflichtenheft:

- Das Klavier muss von einer (wiederaufladbaren) Batterie versorgt werden
- Stromversorgung von 3,7 V bis 5 V (was die Verwendung einer

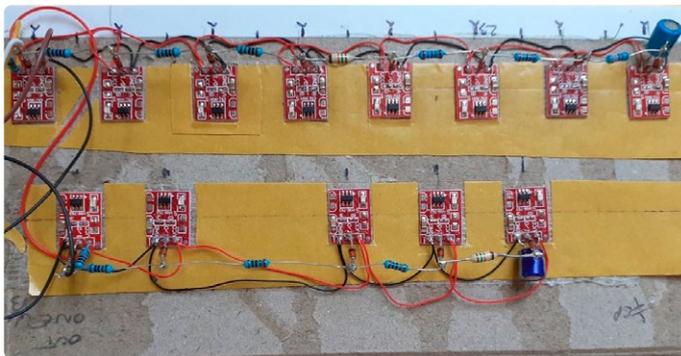


Bild 1. Dank der TTP223-Tastaturmodule sind für den Zusammenbau des Musikinstruments keine fortgeschrittenen mechanischen Fähigkeiten erforderlich.

Zelle des Typs 18650 ermöglicht, die zum Beispiel aus einer PC-Batterie gerettet wurde)

- Acht-Tasten-Keyboard mit kapazitiven Tasten
- Eine Ein-/Ausschalttaste

Die Tastatur sollte über drei Betriebsmodi verfügen:

1. Tastaturmodus: Paolina spielt die Noten.
2. PlayStore-Modus: Paolina kann verschiedene vorgefertigte Melodien spielen, die sie durch Berühren verschiedener Tasten auswählen kann.
3. Metronom-Modus: Der Vater von Paolina kann die Geschwindigkeit einstellen.

Nachdem der Prototyp des Keyboards gebaut war, wurde er schnell getestet und von kleinen Fingern und dem Lächeln eines Kindes für gut befunden. In der Weihnachtszeit habe ich dieses Projekt dann auf Elektor Labs [2] veröffentlicht. Schnell erhielt ich einen Kommentar mit den Worten:

„Nicht schlecht als Türklingel oder einfache Tastatur. Allerdings ergibt die Teilung einer Oktave durch acht keine harmonische Zerlegung der Tonleiter. Eine Teilung durch zwölf und das Hinzufügen der schwarzen Tasten wäre viel besser. Aber mit einem ATtiny geht das nicht... Frohe Festtage!“

Um das Gegenteil zu beweisen, fügte ich dem Prototyp fünf schwarze Tasten hinzu, was zu dem abgebildeten Entwurf MIT einem ATtiny führte.

Die Schaltung

Ein ATtiny85 verfügt über vier analoge Eingangskanäle, von denen in der ursprünglichen Schaltung drei noch an unbenutzten Pins verfügbar waren: ADC0, ADC1 und ADC3. Ich habe daher eine zweite Reihe von fünf Tasten an ADC3 an Pin 2 angeschlossen und eine Taste an ADC1 als Oktavtaste hinzugefügt. Ansonsten blieb alles beim Alten. Der vollständige Schaltplan ist in **Bild 2** dargestellt.

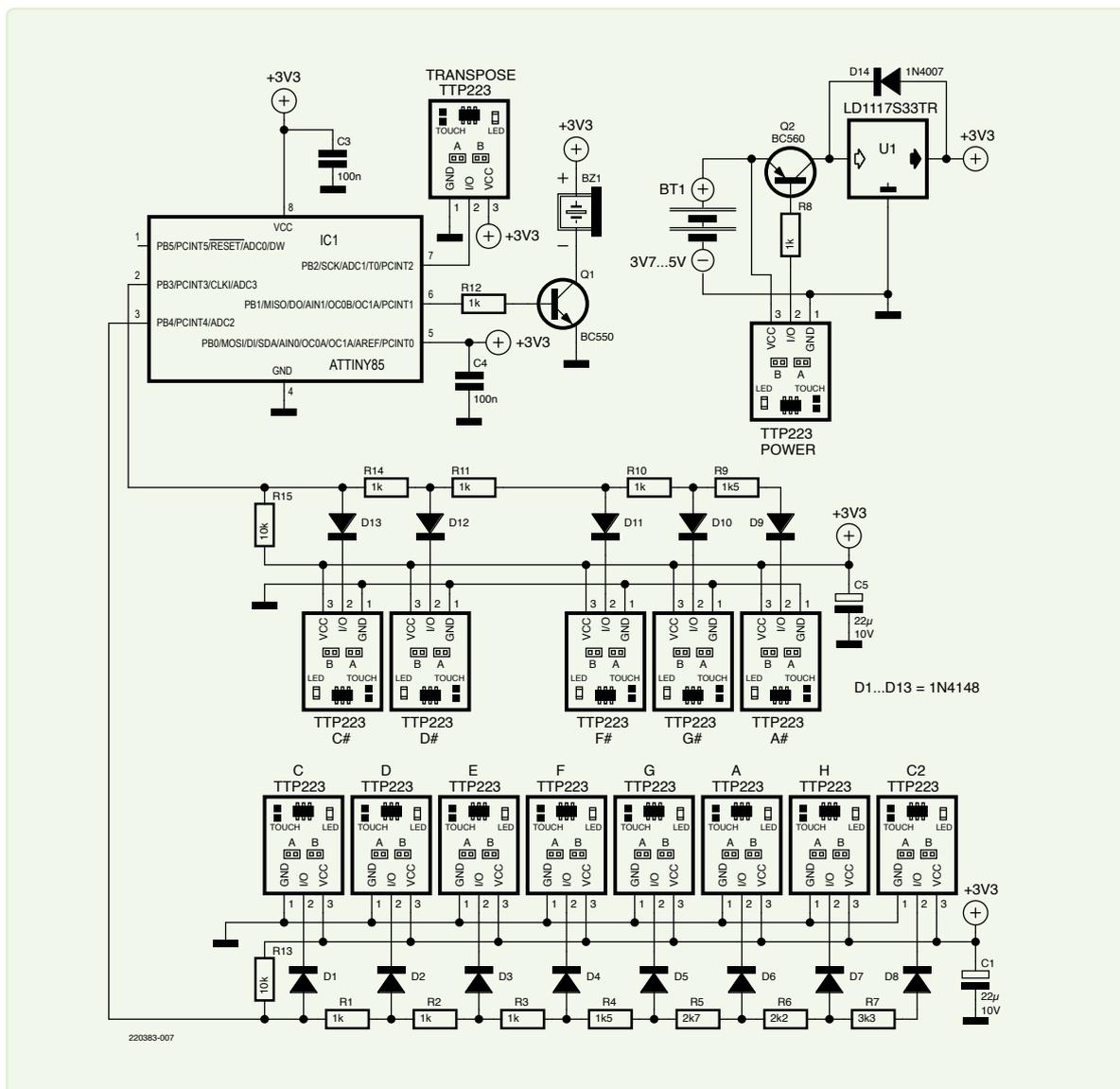


Bild 2. Der Schaltplan der kleinen Tastatur. Beachten Sie, dass der ADC0-Eingang noch frei ist, so dass Sie der Tastatur noch weitere Tasten hinzufügen können.

Die beiden Sammelleitungen der schwarzen und weißen Tasten werden mit den Analog-Digital-Wandlern (ADC) als Spannung gelesen. Als Referenzspannung ADC wird dabei die Versorgungsspannung verwendet. Der Attiny85, das Herzstück der Schaltung, wird von seinem internen 1-MHz-Oszillator getaktet. Pin 6 ist der Audioausgang, der über einen NPN-Transistor (Q1) einen Piezo-Summer ansteuert. Die Ein-/Ausschalttaste ist als Lock-Low-Modus konfiguriert (siehe **Tabelle 1**). Wenn sie berührt wird, geht der Ausgang auf Low und aktiviert über den 1-k Ω -Basiswiderstand R8 den Transistor Q2. Dadurch wird die Versorgungsspannung (abzüglich des Spannungsabfalls über Q2) mit dem Eingang des 3,3-V-Low-drop-Spannungsreglers verbunden. U1 benötigt einer Mindestspannung von 3,7 V, damit er korrekt regelt.

Tabelle 1: Konfiguration der TTP223-Module

Lötbrücke A	Lötbrücke B	Modus	Taste
Offen	Offen	Momentan high	n/a
Offen	Geschlossen	Verriegelt high	Oktave transponieren
Geschlossen	Offen	Momentan low	Noten (schwarz und weiß)
Closed	Closed	Verriegelt low	An/Aus

Die Schaltung wird von einer wiederaufladbaren Batterie gespeist, an die ein Lademodul angeschlossen ist (siehe **Bild 3**).

TTP223-Konfiguration

Zunächst habe ich alle LED-Vorwiderstände von den Modulen entfernt und sie dann konfiguriert. Ein TTP223-Modul besitzt zu diesem Zweck zwei „Lötjumper“ mit den Bezeichnungen „A“ und „B“, die die Schaltfunktion festlegen. **Tabelle 1** zeigt die möglichen Optionen und wie man sie für unsere kleine Tastatur einstellen muss.

Bei jeder Taste ist eine 1N4148-Diode in Reihe mit ihrem Ausgang geschaltet, um sie von der jeweiligen Sammelleitung zu isolieren, wenn sie inaktiv ist. Wenn Sie einen anderen Diodentyp verwenden, achten Sie auf die Durchlassspannung V_f , da diese einen Einfluss auf die Ausgangsspannung der Tastenkette hat.

Die Werte der Widerstände, die die Tasten in den beiden Sammelleitungen trennen, wurden experimentell ermittelt. Die Tests wurden mit 5%igen Widerständen durchgeführt. Die endgültige Version wurde dann mit 1%igen Typen ausgestattet.

Die Oktavtransponiertaste ist direkt an den Eingang der MCU angeschlossen. Wenn die Taste berührt wird, geht der Ausgang auf High und bleibt auf High, bis die Taste erneut berührt wird. Das Programm betrachtet die Oktavtransponierung als inaktiv, wenn der Ausgang der Taste Low ist.

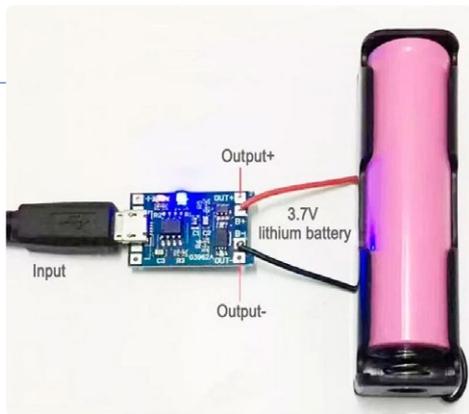


Bild 3. Eine wiederaufladbare Batterie, an der ein kleines Lademodul befestigt ist, versorgt die Tastatur mit Strom.



Bild 4. Die fertige Tastatur. Die Schalter für Stromversorgung und Oktavtransponierung sind an der Seite angebracht.

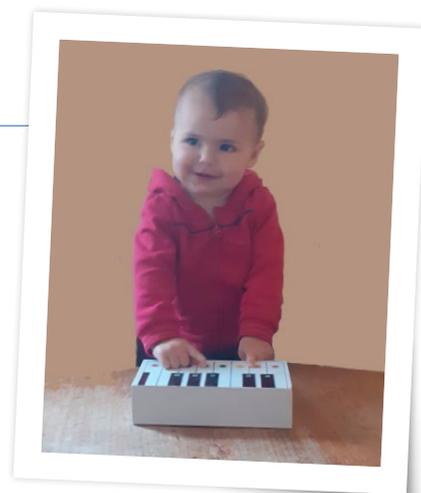


Bild 5. Paolina spielt auf ihrem neuen Klavier.

Bild 4 zeigt das fertige Instrument und Bild 5, wie Paolina es spielen kann.

Spielen auf der Tastatur

Nach dem Einschalten der Tastatur hat der Benutzer zwei Sekunden Zeit (kann in der Software geändert werden), um die Betriebsart zu wählen. Durch Drücken der linken Taste C wird der PlayStore-Modus gewählt; durch Drücken der Taste D der Metronom-Modus. Wenn während der Einschaltverzögerung keine Taste gedrückt wird, schaltet das Keyboard automatisch in den Keyboard-Modus und eine kleine Melodie zeigt an, dass das Gerät spielbereit ist. Die Taste „Octave Transpose“ erhöht die Tonhöhe um eine Oktave.

PlayStore-Modus

Im PlayStore-Modus wählen die weißen Tasten eine von sieben möglichen Melodien aus, die im Programm fest programmiert sind. Derzeit sind nur vier Melodien definiert, drei weitere können Sie selbst hinzufügen (und natürlich auch die vier vordefinierten Melodien verändern oder löschen).

Durch Drücken der rechten Taste C verlassen Sie den PlayStore-Modus und kehren in den Keyboard-Modus zurück. Die Taste zur Oktavtransponierung hat in diesem Modus keine Funktion.

Metronom-Modus

Im Metronom-Modus steuern die schwarzen Tasten das Tempo (in Schlägen pro Minute, bpm):

- > Cis - Start
- > Dis - Pause
- > Fis - Tempo -10 bpm (Minimum ist 20 bpm)
- > Gis - Rückkehr zu den Standardwerten (120 bpm und Standardtonhöhe)
- > Ais - Tempo +10 bpm (Maximum ist 250 bpm)

Mit den weißen Tasten wird die Tonhöhe des Klickgeräuschs ausgewählt. Wenn Sie die rechte Taste C drücken, verlassen Sie den Metronom-Modus und kehren in den Keyboard-Modus zurück. Die Oktavtransponiertaste funktioniert in diesem Modus normal wie im Keyboard-Modus.

Letzte Hinweise

Der ATtiny85 wird mit der Arduino-IDE programmiert. Dazu müssen Sie das Boards-Package von D. A. Mellis [3] und die TinyTone-Bibliothek von [1] installieren. Mit einem Arduino UNO kann der Sketch in die MCU programmiert werden. Alle Designdateien sind unter [4] zu finden.

Viel Spaß! ◀

RG - 220683-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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



Passende Produkte

- > W. A. Smith, *Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language*, Elektor, 2021
Buch, Paperback: <https://elektor.de/20007>
E-Buch, PDF: <https://elektor.de/20008>

Phambili Newt 2,7" IoT-Display (gesteuert durch ESP32-S2)
<https://elektor.de/20230>

WEBLINKS

[1] TinyTone-Bibliothek: <http://technoblogy.com/show?KVO>

[2] Die 8-Tasten-Tastatur bei Elektor Labs:

<https://elektormagazine.de/labs/tiny-piano-8-notes-tow-modes-keyboard-capacitive-keys-one-wire>

[3] ATtiny Boards Package für die Arduino-IDE:

https://raw.githubusercontent.com/damellis/attiny/ide-1.6.x-boards-manager/package_damellis_attiny_index.json

[4] Projektdateien bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/piano-one-octave-with-attiny85>



Doppelwürfel ohne Controller

Zwei Würfel auf einer Platine - plus einige Entwicklungstricks

Von Mathias Claussen (Deutschland)

Dies ist eine erweiterte Version der Schaltung „Elektronischer Würfel - ganz ohne MCU“ aus der letztjährigen Elektor-Sommerausgabe [1]. Die Schaltung wurde nun neu erstellt, verdoppelt und geringfügig, aber wirkungsvoll erweitert. Auch einige Tricks beim Platinenbau sind dabei erwähnenswert.

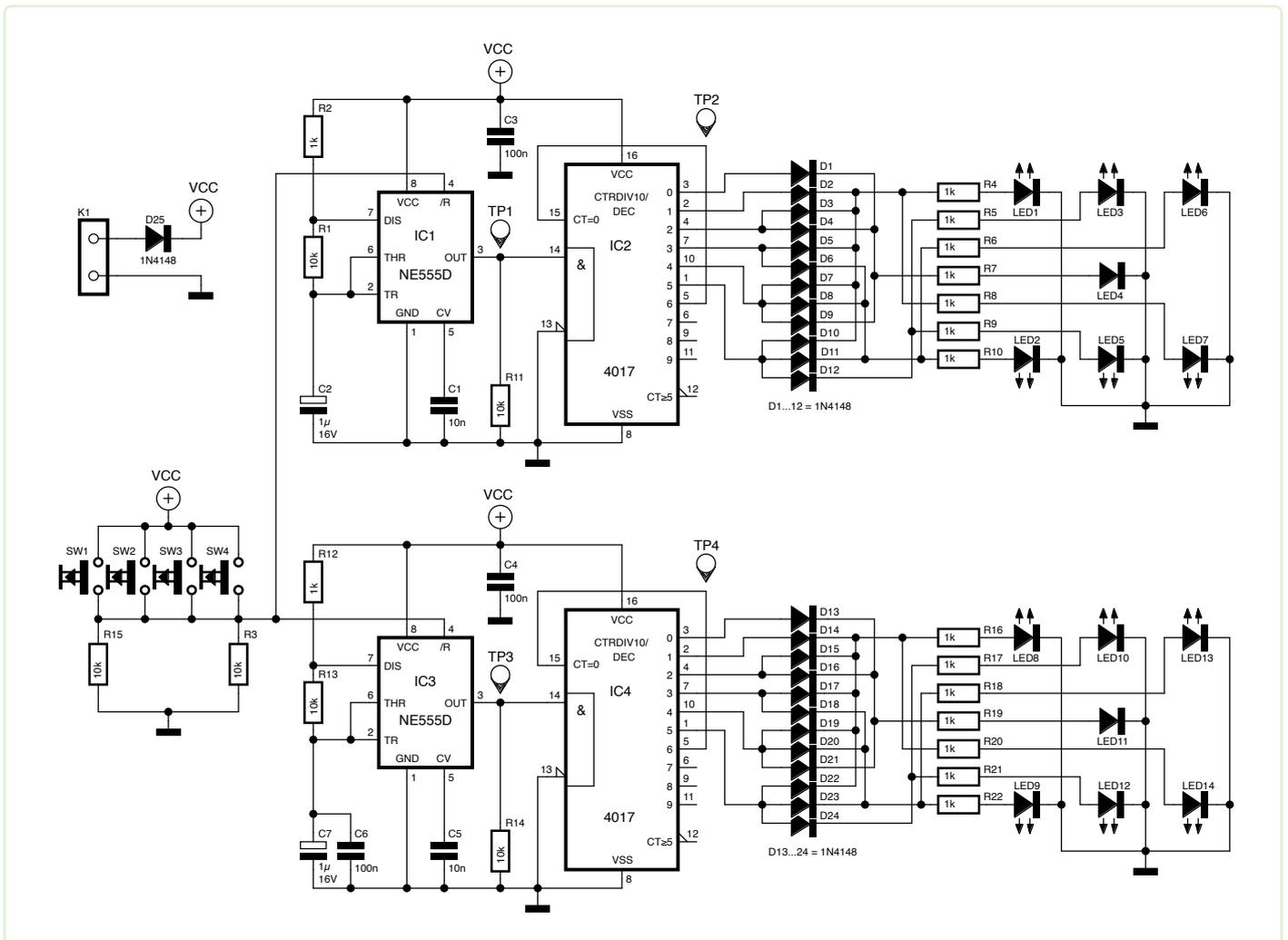


Bild 1. Der Schaltplan des Doppelwürfels.

Dieser Doppelwürfel ist eine Variation einer der sogenannten klassischen Schaltungen, die den guten alten NE555 in Kombination mit dem 4017-Dekadenzähler und einigen LEDs (und anderen Dioden) verwendet.

Die Schaltung

Das Funktionsprinzip ist einfach. Ein Taktgenerator in Form eines NE555 (IC1, IC3) liefert ein Taktsignal pro Würfel an einen 4017-Dekadenzähler (auch Johnson- oder Ringzähler genannt) (IC2, IC4). Solange das Taktsignal anliegt, also ein Taster gedrückt wird, zählt der 4017 aufwärts. Da der Ausgang Q6 mit dem Reset-Pin des 4017 verbunden ist, startet der Zähler jedes Mal neu, wenn Q6 auf High geht. Daher kann der Zähler nur bis sechs zählen, bevor er wieder von vorne beginnt – perfekte Funktion für ein einzelnes IC.

Wenn keine Taste gedrückt wird, werden die beiden 555er (**Bild 1**) mit den 10-k Ω -Pull-down-Widerständen R3 und R15 im Reset-Zustand gehalten. Die parallelen Drucktasten SW1 bis SW4 verbinden den Reset-Eingang von IC1 und IC3 mit VCC, so dass sie ein Taktsignal für die 4017er bereitstellen können.¹

Die Kondensatoren, die die Taktfrequenz bestimmen, sind für die beiden Würfel nicht gleich. Der 100-nF-Kondensator C6 verringert die Ausgangsfrequenz von IC3 um 10 % auf etwa 63 Hz (im Vergleich zu den 70 Hz von IC1). Dadurch wird die Unabhängigkeit der Würfel verbessert. Die Testpunkte TP2 und TP4 ermöglichen die Überprüfung der Ausgangsfrequenz der beiden Timer-ICs.

Die LEDs

Die sieben LEDs auf der Oberseite der Platine stellen die Punkte des Würfels dar. Einige sind parallel verdrahtet, so dass jedes Würfelmuster von 1 bis 6 dargestellt werden kann (**Bild 2**). Der Schaltplan in Bild 1 zeigt, wie die entsprechenden LED-Gruppen für die sechs möglichen Würfelflächen mit Dioden logisch ODER-verknüpft wurden. Im Vergleich zur ursprünglichen Version in [1] wurden die folgenden Änderungen vorgenommen:

- > Es wurden einige Lehren aus der ersten Version des Würfels gezogen. Die Schaltung und das Platinenlayout wurden verbessert.
- > Durch die Verdoppelung der Würfel ist er für viele Familienspiele geeignet
- > Jede LED hat eine 1N4148-Diode in Reihe. Dies war in der vorherigen Version der Schaltung nicht der Fall und führte zu Helligkeitsunterschieden beim Betrieb mit 5 V (nicht so auffällig bei 9 V).
- > Schließlich haben die Reset-Leitungen jetzt einen Pull-Down-Widerstand, um unerwünschtes „Rollen“ zu verhindern.

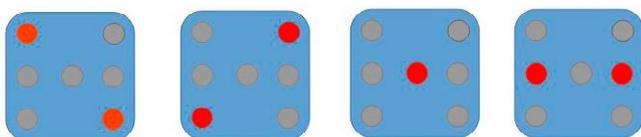
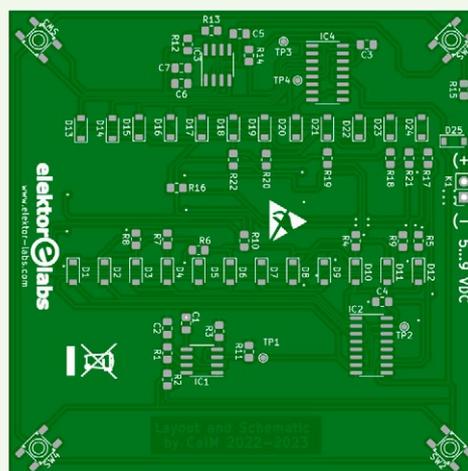
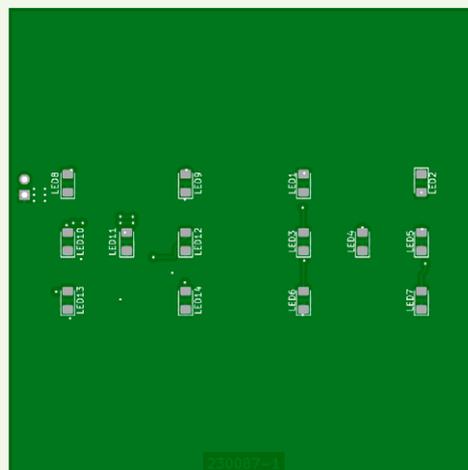


Bild 2. Alle sechs Würfelmuster können mit ein paar LEDs parallel angezeigt werden.

Stückliste



Widerstände:

(0,25 W, 5%, SMD 0805)
 R1,R3,R11,R13...R15 = 10 k
 R2,R4...R10,R12,R16...R22 = 1 k

Kondensatoren:

(SMD 0805)
 C1,C5 = 10 n, 16 V
 C2,C7 = 1 μ , 16 V
 C3,C4,C6 = 100 n, 16 V

Halbleiter:

D1...D25, = 1N4148, SOD-123
 LED1...LED14 = LED, rot, SMD 1206
 IC1,IC3 = NE555D, SOIC8
 IC2,IC4 = CD4017, SOIC16-narrow

Außerdem:

K1 = 9V-Batterie-Clip
 SW1...SW4 = Drucktastenschalter (PTS647SK70SMTR2L)

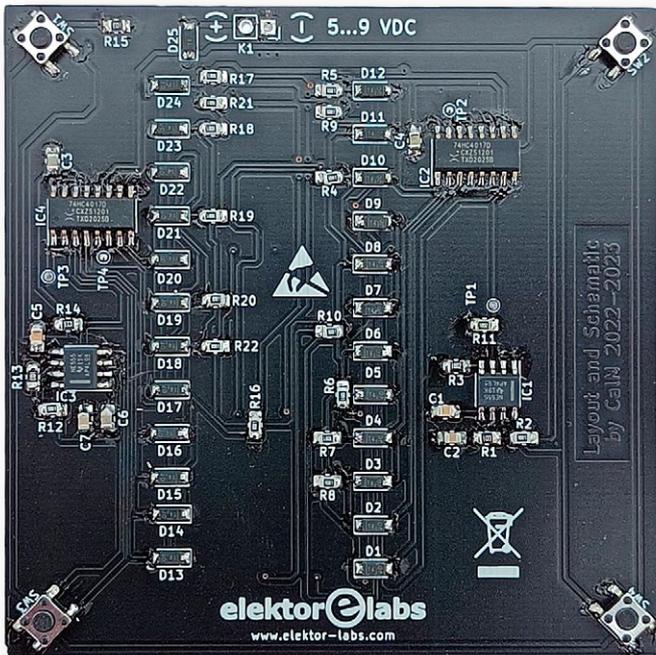


Bild 3. Obwohl alle Bauteile SMDs sind, gibt es genug Platz, um die Würfelplatine bequem zu bestücken.

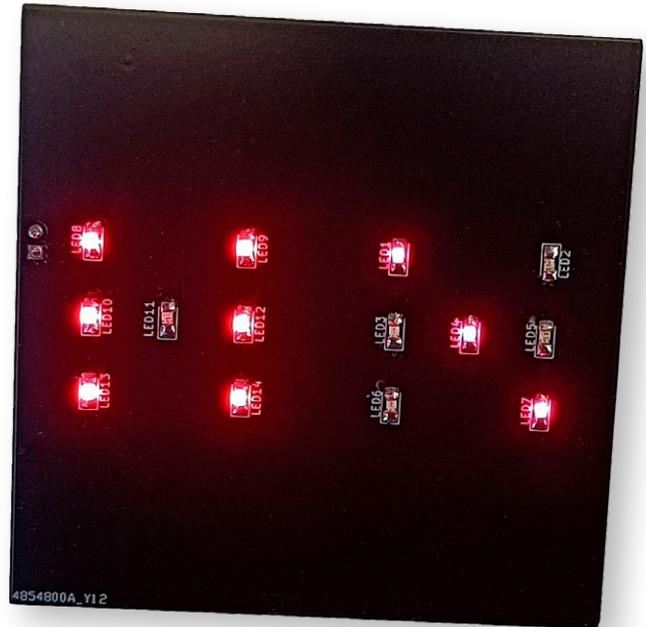


Bild 4. Aleae iactae sunt! (Die Würfel sind geworfen!)

Über die Platine

Auf der Oberseite der Platine sind nur die LEDs angebracht; alle anderen Bauteile sind darunter verborgen. Dies gibt dem Würfel ein sauberes Aussehen von oben und bietet Schutz für die Schaltung selbst. Obwohl es sich bei den Bauteilen um SMD-Typen handelt, ist zwischen ihnen viel Platz. Das erleichtert das Lötens und ermöglicht es SMD-Neulingen, die Platine ohne allzu große Schwierigkeiten zu bestücken (**Bild 3**).

Die Platine kann mit einer Spannung zwischen 5 V und 9 V von einem kleinen Netzteil oder einer Batterie versorgt werden. D25 schützt die Schaltung im Falle einer Verpolung.

Die Designdateien für die Platine (im KiCAD-6-Format) finden Sie auf der Webseite dieses Artikels [2].

Die Würfel rollen

Die vier Drucktasten auf der Platine dienen als Füße für die Würfel. Um zu würfeln, stellt man das Brett einfach auf die Füße und drückt es irgendwo (in einer Ecke oder in der Mitte, ein Druck auf die Seite kann das Brett etwas hochspringen lassen).

Die Schaltung ist einfach und die Bauteile sind billig. Daher kann dieses Projekt als eine - hoffentlich unterhaltsame - SMD-Lötübung dienen. Und wie beim letzten Mal gilt das lateinische Sprichwort, diesmal natürlich im Plural: Aleae iactae sunt (**Bild 4**). ◀

RG - 230087-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schreiben Sie Elektor eine E-Mail an redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- > **2-in-1 SMD-Heißluft-Lötstation ZD-8922**
<https://www.elektor.de/2-in-1-smd-hot-air-rework-station-zd-8922>
- > **PeakTech 3710 R/C-Stiftmessgerät für SMD**
<https://elektor.de/19319>

WEBLINKS

[1] Mathias Claussen, „Elektronischer Würfel - ganz ohne MCU“, Elektor Summer Circuits 2022:
<https://elektormagazine.de/magazine/elektor-262/60747>

[2] Projektdateien: <https://elektormagazine.de/230087-02>



Elektronische Vogelscheuche

Von Burkhard Kainka (Deutschland)

Suchen Sie nach einer freundlichen Möglichkeit, lästige Vögel zu verscheuchen? Hier ist eine einfache elektronische Do-it-yourself-Lösung.

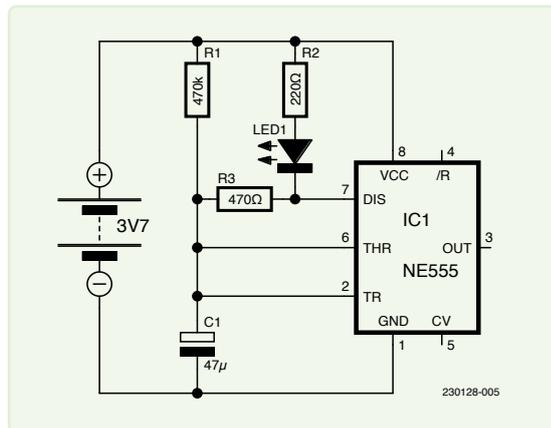
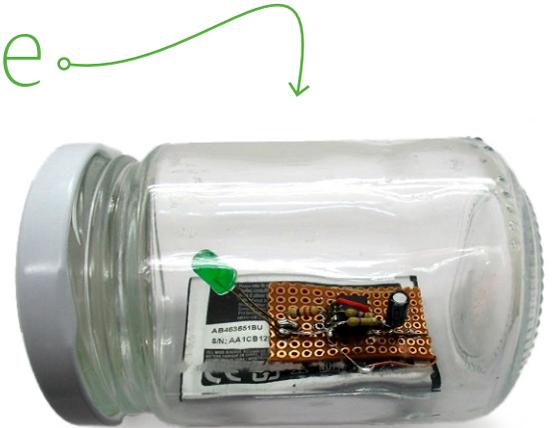


Bild 1. Der Timer-Baustein lässt die LED zwei Mal pro Minute aufblitzen.

Wenn Tauben ganz nah beim Schlafzimmerfenster ein Nest bauen wollen, dann ziehen sie sich den Zorn der besten aller Ehefrauen zu, einfach weil sie zu viel Krach und Dreck machen. Brüten ist erlaubt, aber bitte woanders. NIMBY! Ich bot meine Unterstützung an und wollte es mit einer elektronischen Vogelscheuche versuchen. Eine grüne LED sollte zweimal in der Minute hell aufblitzen.

Die Schaltung mit einem NE555 (Bild 1) habe ich zuerst auf einer Steckplatine aufgebaut (Bild 2) und dann so lange verändert, bis das Ergebnis überzeugend war. Alles wurde dann in bewährtem Stil auf eine Lochrasterplatine gesetzt. Die Rückseite blieb flach und konnte problemlos auf dem Li-Akku aufliegen (Bild 3). Bei einer Stromaufnahme von unter 1 mA sollte der Akku rund 500 Stunden halten, lange genug, dass die Tauben einen neuen Nistplatz suchen und finden. Ein Risiko blieb allerdings noch: Es war unbekannt, ob sich die Tiere von den Lichtblitzen beeindrucken lassen.

Fazit nach wenigen Tagen: Die Tauben haben im Abstand von 15 m in einem höheren Baum ein Nest gebaut. Ob die Lichtblitze wirksam waren, ist weiter unklar. Vielleicht waren es eher die Maßnahmen der besten Ehefrau. Sie hat aus längeren Stöcken ein Konkurrenznest gebaut; aus Sicht der Tauben das Werk eines sehr großen und sehr chaotischen Vogels, da hält man besser Abstand! ◀

RG – 230128-02

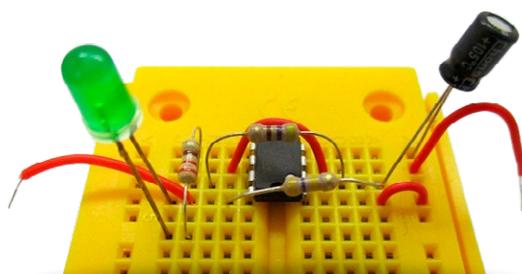
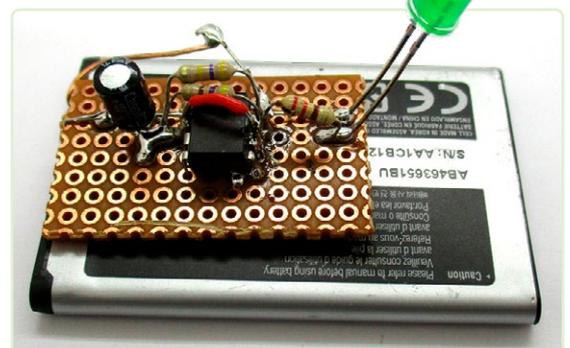


Bild 2. Probeweiser Aufbau.

Bild 3. Lochraster-Platine und Akku.



Schaltungen, die unterhalten, inspirieren und **verblüffen**



Mehr Projekte und Produkte von SparkFun!



Von Rob Reynolds (SparkFun)

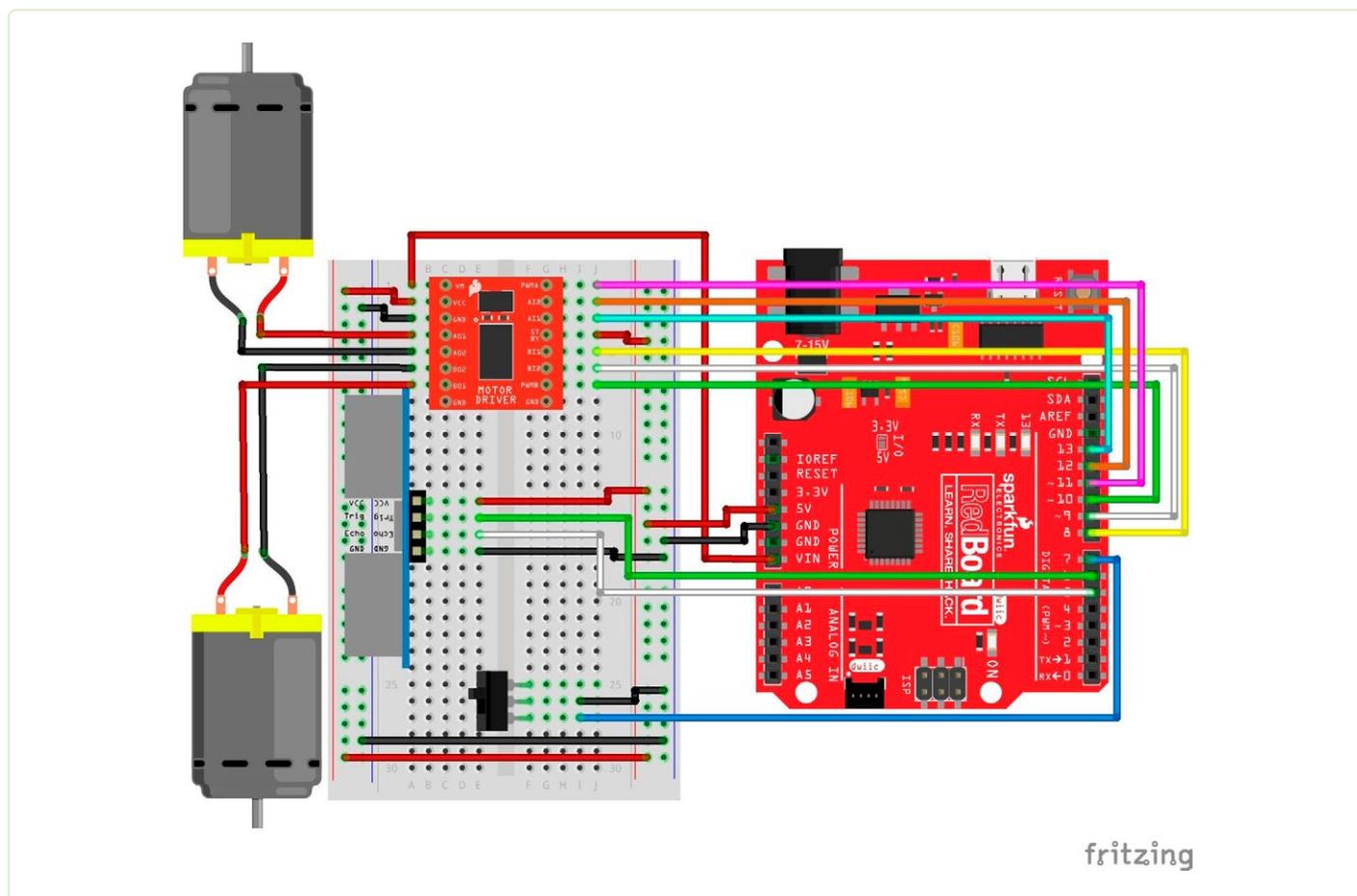
Seit 2003 hilft SparkFun Studenten, Ingenieuren und sogar Raketenwissenschaftlern dabei, ihre Ideen zu verwirklichen - vom Konzept bis zur Fertigstellung. Vom ersten Blinken der ersten LEDs bis zur Entsendung der ersten Drohne zum Mars hat SparkFun dazu beigetragen, dass Tausende von Menschen ihre Projektideen zum Leben erweckt haben. Hier ein Blick auf einige aktuelle Projekte von SparkFun-Benutzern, von ganz einfachen bis hin zu wunderbar lächerlichen.

23 Einen Klassiker neu denken

Wenn man in der Technik anfängt, lernt man am besten, indem man eine bekannte Schaltung nimmt und diese verändert. Seien wir ehrlich, das allererste, was die meisten von uns getan haben, als wir anfangen, mit der Arduino-Plattform zu spielen, war der Blink-Sketch: Durchlesen, bis wir ihn vollständig verstanden hatten, und dann die Frequenz ändern, mit der die LED blinkt. In diesem Beispiel verwendet Instructables-User *jebendiah* das SparkFun Inventor's Kit [1], um den klassischen Balancierroboter (**Bild 1**) neu zu gestalten, allerdings ohne eine Trägheitsmesseinheit (Inertial Measurement Unit, IMU) zu verwenden.



Bild 1. Mit dem SparkFun Inventor's Kit wurde der klassische Balance-Bot neu erfunden. (Quelle: Benjamin Lertwachara [2])



Diese sehr interessante Variante des Standard-Balancierbots verwendet einen Ultraschall-Abstandssensor am Ende seines Arms - okay, eines Stocks -, um einen festgelegten Abstand zum Boden zu messen und einzuhalten [2]. Die Schaltung selbst ist im Wesentlichen identisch mit der Schaltung in *Example 5C* des *SparkFun Inventor's Kit Hookup Guide*. Die einzigen Änderungen bestehen darin, die VIN- und GND-Anschlüsse des Motorcontrollers direkt mit dem Akkupack zu verbinden und eine Möglichkeit zu schaffen, den Abstandssensor entweder durch Löten oder mit Hilfe von Jumper-Drähten zum Breadboard zu verlängern (**Bild 2**).

Der spannende, interessante oder knifflige Teil, je nachdem, wie man es sieht, kommt erst im Sketch, in der eine PID-Schleife implementiert ist. Der PID-Algorithmus (Proportional, Integral, Differenzial) ist ein geschlossener Regelkreis, der kontinuierlich einen Fehlerwert oder eine Abweichung vom Sollwert berechnet und diesen Wert ständig korrigiert. In diesem Fall sorgt er dafür, dass der Ultraschall-Distanzsensor einen konstanten Abstand zum Boden einhält. Werfen Sie einen Blick auf den Sketch - er ist sehr gut geschrieben!

24 Erfassen des Unfassbaren

Manchmal möchte man sich nicht die Zeit nehmen, die Schaltung zu entwerfen, die am besten zu den eigenen Bedürfnissen passt, weil das Hauptziel darin besteht, diese Schaltung oder dieses Projekt zum Sammeln von Daten, zum Verteilen von Informationen oder vielleicht sogar für beides zu verwenden. Mit dem zunehmenden Interesse an Boards und Projekten zur globalen Positionsbestimmung stellte SparkFun fest, dass immer mehr Anwender ein GNSS-Modul wünschten, das einer schlüsselfertigen Lösung so nahe wie möglich kommt. Außerdem wollten und erwarteten sie eine Genauigkeit, die über das hinausging, was bisher auf Maker-Ebene möglich war. Die Antwort kam in Form einer Reihe von GPS-RTK-Modulen, die vom SparkFun GPS-RTK Board NEO-M8P-2 [3], bei dem der User alle Arbeiten (einschließlich des Hinzufügens einer Antenne) durchführen musste, um ein funktionierendes Projekt zu erstellen, bis hin zum SparkFun RTK Facet L-Band [4] reichte, einer vollständig geschlossenen, voll funktionsfähigen globalen Positionierungseinheit, für die der User keinen Code schreiben musste, um sie in Betrieb zu nehmen.

▲
Bild 2. Das Fritzing-Diagramm des BalanceBots.
(Quelle: Benjamin Lertwachara [2])

Bild 3. Kartierung in den Bergen.
(Quelle: SparkFun)



DataLogger IoT 9DoF

SparkFun hat vor kurzem den DataLogger IoT 9DoF veröffentlicht, ein Datenlogging-Board, das automatisch Informationen nicht nur von der integrierten IMU, sondern auch von fast 50 über Qwiic verbundene Sensorboards von SparkFun erkennt, konfiguriert und auswertet. Es basiert auf dem ESP32, was die Protokollierung auf einer Vielzahl von Netzwerk-IoT-Plattformen ermöglicht (derzeit unterstützte Dienste sind MQTT, Amazon AWS IoT, Microsoft Azure, Mathworks ThingSpeak und URL-HTTP), und bietet Protokollausgaben in CSV oder JSON. <https://sparkfun.com/products/20594>

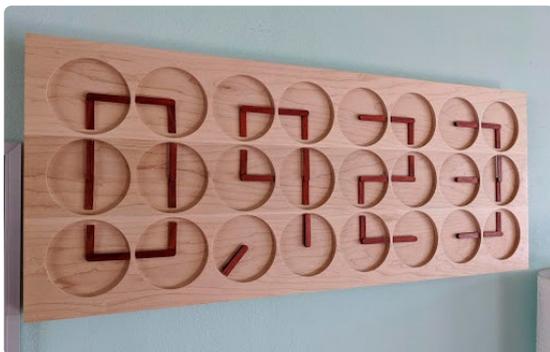


Bild 4. Das ist RTK-Genauigkeit!
(Quelle: SparkFun)

Bei der Suche nach einer GNSS-Lösung wünschen sich die meisten Menschen eine hohe Genauigkeit, niedrige Kosten und Mobilität des Geräts. Die Antwort auf diese Fragen war bisher: „Wähle zwei, aber du kannst nicht alle drei haben.“ Als der französische Höhlenforscher Eric Sibert jedoch nach einer solchen Lösung für die Kartierung von Stadtstraßen bis hin zu Höhlen in Frankreich suchte, wandte er sich an SparkFun, genauer gesagt, das Board GPS-RTK2 von SparkFun mit dem GNSS-Modul ZED-F9P von u-blox (**Bild 3**). Durch die Nutzung aller Funktionen des Boards, insbesondere der Echtzeit-Kinematik, ist Sibert nun in der Lage, seine Position millimetergenau zu erfassen [5].

Die Genauigkeit dieser Karten ergibt sich aus der Tatsache, dass sie nicht nur Positionsdaten von vier verschiedenen Satellitenkonstellationen (GPS, GLONASS, Galileo und BeiDou) empfangen können, sondern auch Satellitenbahn-Korrekturdaten von einer festen Basis oder in einigen Fällen sogar von einem Mobiltelefon (**Bild 4**). Sibert hat sein Leben mit der Kartierung von Höhlen verbracht, nicht nur in Frankreich, sondern auch in Madagaskar, wo er das Team zur Erforschung und Kartierung der längsten bekannten Höhle Afrikas, des Marosakabe-Höhlensystems geleitet hat.

Bild 5. Das ClockClock-Projekt.
(Quelle: SparkFun)



25 Eine Uhr aus lauter Uhren

Manche Projekte sind komplexer als andere. Das nächste Projekt mit dem Namen *The ClockClock* (**Bild 5**) ist nicht nur in seiner Konstruktion komplex, sondern auch in der verwendeten Programmiersprache. Es verwendet das FPGA-Entwicklungsboard Alchitry AU [6]. FPGA steht für Field Programmable Gate Array, und diese Bauteile gehören zu einer Klasse von Bausteinen, die als programmierbare Logik bekannt ist. Im Grunde genommen macht ein FPGA selbst nichts, aber es kann so konfiguriert werden, dass es so ziemlich jede digitale Schaltung darstellt,

die Sie benötigen. Sie laden einfach eine Konfiguration in das FPGA, und schon verhält es sich wie die gewünschte Schaltung. Ok, wenn ich „einfach“ sage, ist das vielleicht ein bisschen irreführend. Die Programmierung von FPGAs erfordert eine ziemlich steile Lernkurve, aber wenn man sie erst einmal beherrscht, eröffnet sich eine Welt von Schaltungsmöglichkeiten, ohne dass man den LötKolben anheizen oder Kabelverbindungen ziehen müsste.

Justin, der Erfinder dieses erstaunlichen Projekts und auch der Schöpfer der Alchitry-FPGA-Platinen, verwendete 48 Schrittmotoren mit den dazugehörigen Schrittmotortreibern, das Alchitry-Au-Board, ein Redboard Turbo von SparkFun [8], eine Echtzeituhrplatine und eine Handvoll Knöpfe und Qwiic-Kabel. Er hat auch einige schöne Holzarbeiten durchgeführt, um ein Projekt zu schaffen, das ebenso ästhetisch wie funktionell beeindruckend ist, zusammen mit einer ganzen Reihe von maßgeschneiderten 3D-Drucken (**Bild 6**).

So schwierig und zeitaufwändig dieses Projekt aussieht, Justin gibt zu, dass es noch mehr Arbeit bereitete, als er ursprünglich erwartet hatte. Er sagt, dass die zeitaufwändigsten Teile der physische Aufbau und die Verkabelung waren, während sich die Codierung als ziemlich einfach herausstellte. Von einem Elektro- und Elektronikingenieur erwarte ich diese Aussage natürlich; andererseits bin ich, der eher aus dem Maschinenbau kommt und nie mit FPGA-Boards gearbeitet hat, ziemlich sicher, dass ich die Erstellung des Codes des Projekts nicht als „ziemlich einfach“ bezeichnen würde. Wie auch immer man es betrachtet, es ist ein wirklich beeindruckendes Projekt.

26 Ein Münztelefon wie kein anderes

Haben Sie sich schon einmal gewünscht, ein Projekt einfach nur aus Spaß an der Freude zu entwickeln? Nicht, weil es einem nützlichen Zweck dient oder weil es sinnvoll ist, sondern einfach, weil es so lächerlich erscheint, dass man nicht anders kann, als zu versuchen, es zu bauen. Das ist es, was SparkFun-Gründer Nathan Seidle mit seinem *HA-JOKES Payphone Project* (**Bild 7**) tun wollte [9]. Er ging gleich aufs Ganze, kaufte ein komplettes öffentliches Münztelefon (mit Ständer) und fand in unserer Heimat Boulder, Colorado, eine Betonplatte, auf der er es montieren konnte.

Es gibt nicht viele von uns, die in der Lage wären, ein solches Projekt zu verwirklichen, aber Nathans elektrotechnische Fähigkeiten, kombiniert mit seinem erstaunlichen Sinn für Humor und gute Laune, machten dies zum perfekten Projekt für ihn.



Bild 6. Die Rückseite der ClockClock. (Quelle: SparkFun)



Bild 7. Das Münzfernsprecher-Projekt von SparkFun. (Quelle: SparkFun)

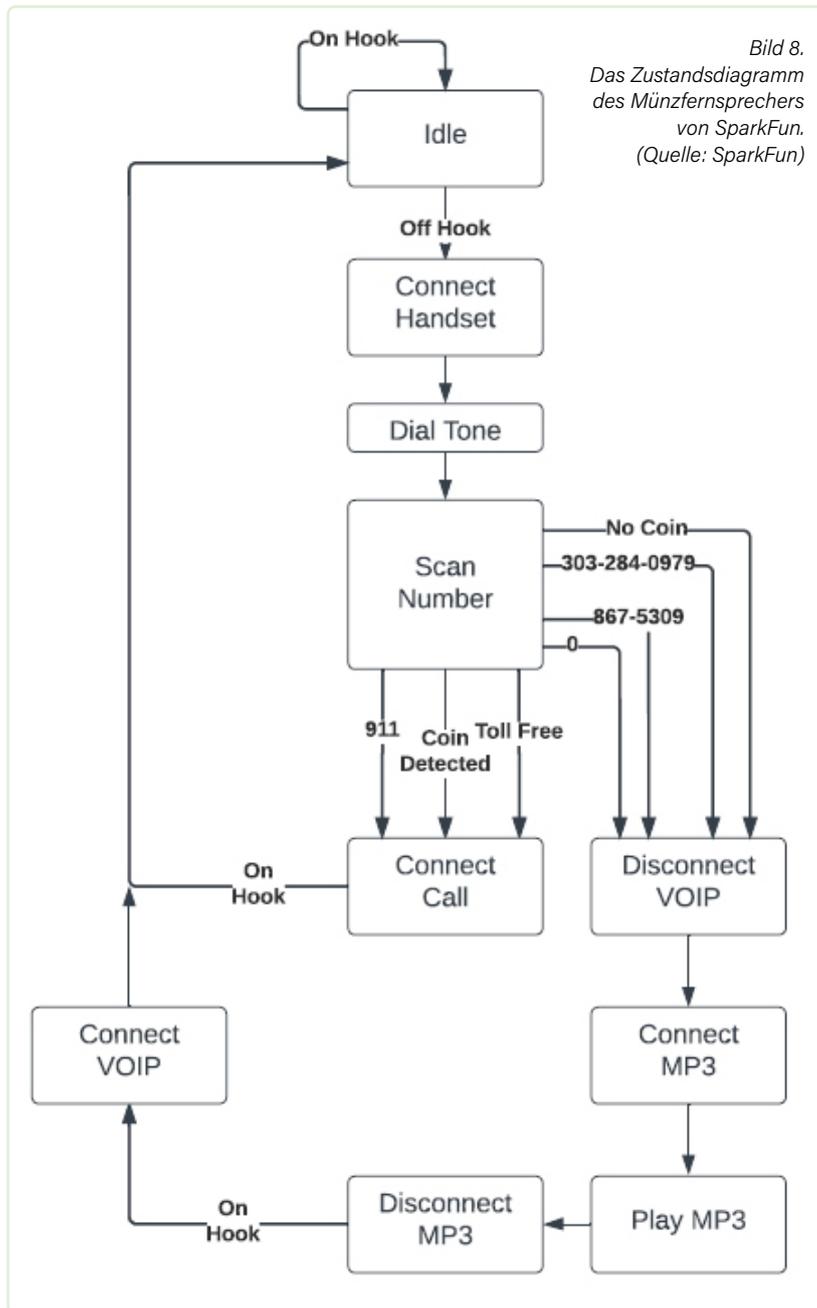


Bild 8.
Das Zustandsdiagramm
des Münzfernsprechers
von SparkFun.
(Quelle: SparkFun)

Er wollte, dass das Telefon tatsächlich wie ein Münztelefon funktioniert, aber er war sehr nachsichtig mit den Gebühren. Für fünf, zehn oder 25 Cent (je nach Wahl) konnte man überall hin telefonieren, sogar ins Ausland. Natürlich gibt es in den Vereinigten Staaten eine Reihe von gebührenfreien Nummern und gebührenfreien Vorwahlen, so dass diese auch ohne Münzen gewählt werden konnten (Bild 8).

Das Payphone-Projekt war ein großer Erfolg und ein großer Spaß. Nathan hat den gesamten Bauprozess in einem ausführlichen Blogbeitrag auf der SparkFun-Website detailliert beschrieben und erklärt. Wenn Sie das nächste Mal ein Münztelefon sehen, sollten Sie vielleicht einen zweiten Blick darauf werfen, ob Sie darauf nicht irgendwo ein SparkFun-Logo entdecken. ◀

RG - 230357-02

Über den Autor

Rob Reynolds (@thingsrobmade) ist seit 2015 bei SparkFun und in den letzten fünf Jahren in der Rolle des Creative Technologist tätig. Mit einem umfangreichen künstlerischen Hintergrund hilft ihm seine Erfahrung, Projekte, Tutorials und Videos zu erstellen, die in der Regel so unterhaltsam und amüsant wie informativ sind.



Passende Produkte

- > **SparkFun Inventor's Kit v4.1**
<https://elektor.de/19618>
- > **SparkFun GPS-RTK-SMA Breakout - ZED-F9P (Qwiic)**
<https://elektor.de/19650>
- > **Alchitry Au FPGA Development Board (Xilinx Artix 7)**
<https://elektor.de/19641>
- > **SparkFun DataLogger IoT (9DoF)**
<https://elektor.de/20487>

WEBLINKS

- [1] SparkFun Inventor's Kit: <https://sparkfun.com/products/15267>
- [2] Benjamin Lertwachara (jebeandiah), „SparkFun Inventor Balancing Robot (No Gyroscope)“, Instructables, 19. April 2023: <https://bit.ly/3MfxHe4>
- [3] SparkFun GPS-RTK-Board - NEO-M8P-2 (Qwiic): <https://sparkfun.com/products/15005>
- [4] SparkFun RTK Facet L-Band: <https://sparkfun.com/products/20000>
- [5] SparkFun, „Caving with RTK“: https://sparkfun.com/caving_with_rtk
- [6] FPGA-Entwicklungsboard Alchitry AU: <https://sparkfun.com/products/16497>
- [7] Alchitry, „The ClockClock Project“: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/the-clockclock-project/all>
- [8] SparkFun Redboard Turbo: <https://sparkfun.com/products/14812>
- [9] N. Seidle, „The 970-HA-JOKES Payphone Project“: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/the-970-ha-jokes-payphone-project>

27 LC-LP-HA- Thermometer

Genauere Messungen und eine binäre Anzeige

Von Walter Ribbert (Italien)

Mit den genauen Messwerten eines 1-Wire-Sensors vom Typ DS18B20 zeigt dieses Projekt nicht nur die exakte Raumtemperatur an, sondern trainiert dank der binär kodierten Anzeige auch das Lesen von Binärwerten.

Das kryptische Akronym LC-LP-HA steht für: **L**ow **C**ost, **L**ow **P**ower, **H**igh **A**ccuracy. Eine sehr anspruchsvolle Ziel! Die jüngste Energiekrise hat uns dazu veranlasst, die Raumtemperatur in unseren Häusern genauer im Auge zu behalten. Dazu müssen wir in der Lage sein, diesen Parameter mit ausreichender Genauigkeit zu erfassen,

aber die Kosten für ein gutes, kalibriertes Thermometer sind nicht unerheblich. Ich selbst habe versucht, Messungen mit nicht weniger als fünf verschiedenen handelsüblichen Thermometern - Quecksilber, Alkohol und elektronisch - vorzunehmen, und ich erhielt fünf Werte, die sich um bis zu zwei Grad voneinander unterschieden. Ich fand eine Lösung, indem ich das Datenblatt des bekannten DS18B20 [1] untersuchte, das derzeit von Analog Devices (früher von Maxim und noch früher von Dallas Semiconductor) hergestellt wird. Dieses IC bietet eine Genauigkeit (oder besser, einen maximalen Fehler) von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (siehe **Bild 1**) im Messbereich von -10°C bis $+85^\circ\text{C}$, was sehr gut ist.

Bild 1. DS18B20: typische Fehlerkurve (Quelle: Analog Devices [1]).

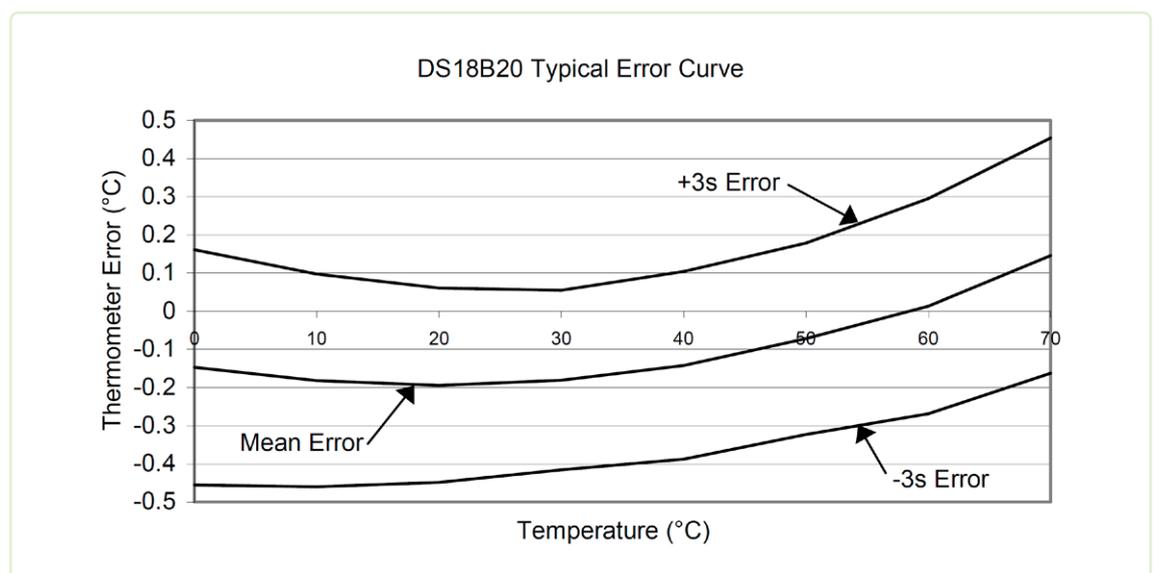


Bild 2. Schaltung des Thermometers mit binärer Anzeige.

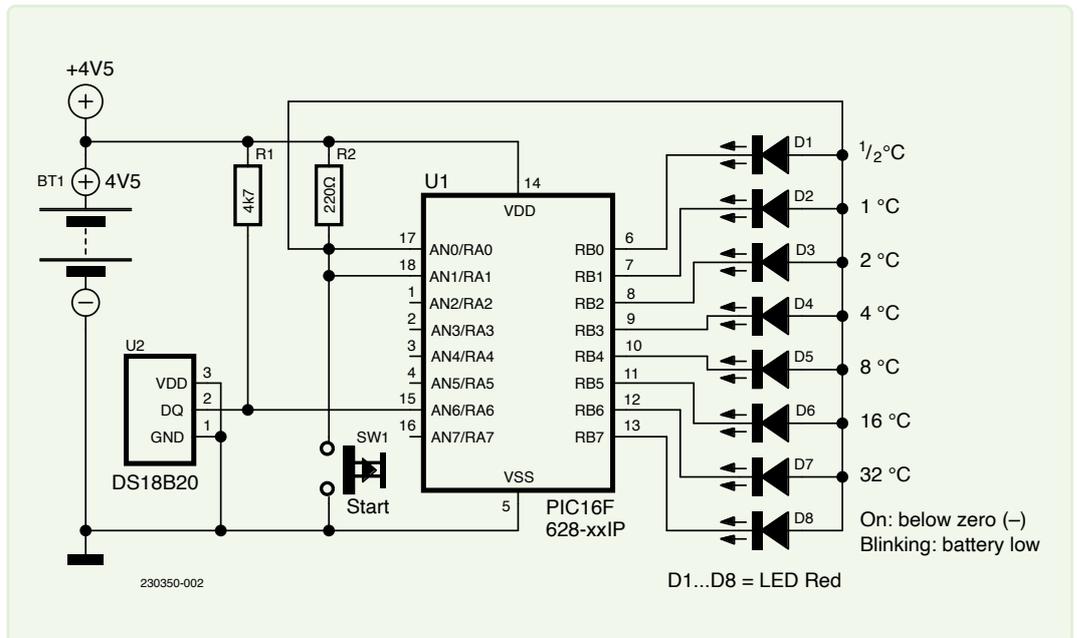
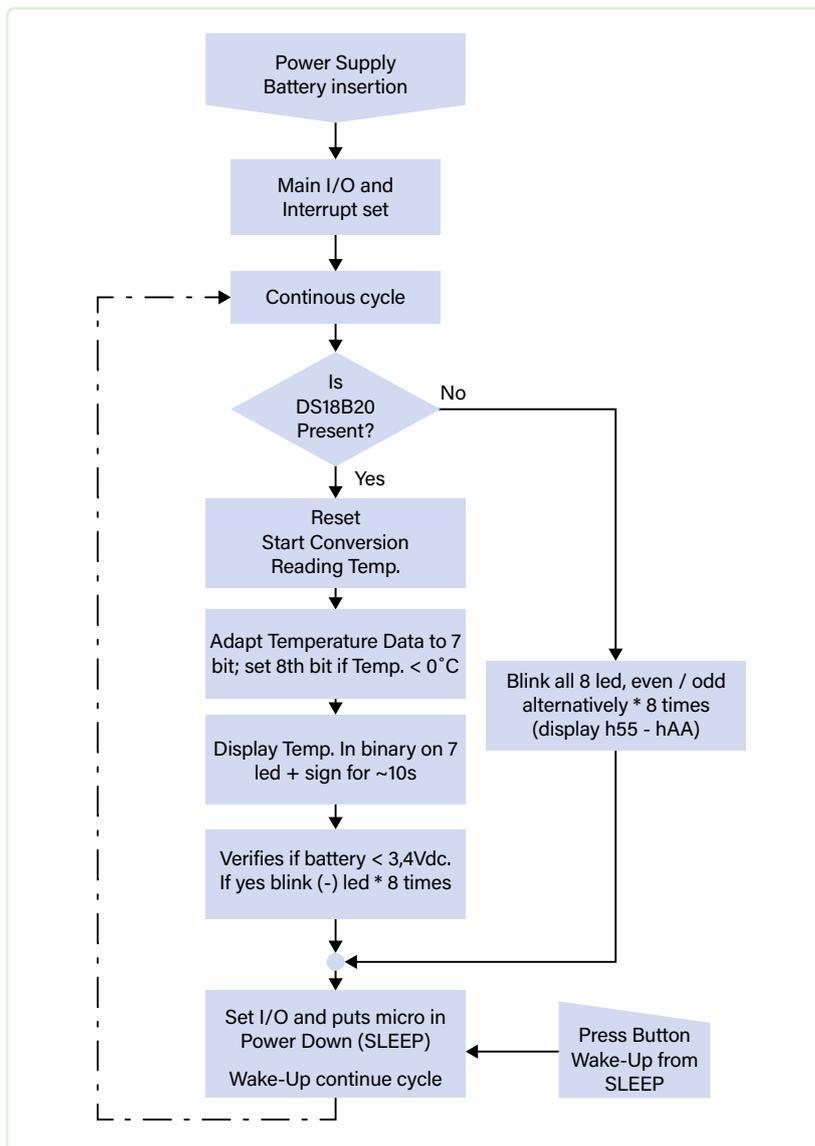


Bild 3. Flussdiagramm der Software.



Interessanterweise ist es sehr schwierig, ein Thermometer mit einer solchen Genauigkeit im Handel zu finden, aber andererseits brauchen wir einen Mikrocontroller, um die vom Sensor gemessene Temperatur zu lesen. Das Ablesen und Anzeigen der Temperatur ist zwar nicht ganz einfach, erfordert aber keine Kalibrierung oder Kompensation, da es vollständig digital erfolgt. Nachdem wir das Bauteil gefunden haben, das den letzten Teil des Akronymes (HA) erfüllt, brauchen wir eine Schaltung, die die beiden anderen Kriterien (LC und LP) erfüllt, wie die Schaltung in **Bild 2** und die dazugehörige Firmware [2].

Schaltung mit wenigen Bauteilen

Die Anzahl der Bauteile ist begrenzt: Neben dem Sensor gibt es einen PIC16LF628 von Microchip Technology, acht rot/orange LEDs, zwei Widerstände und einen Taster. Der DS18B20 ist in einer Konfiguration mit „parasitärer“ Stromversorgung angeschlossen, um die Stromaufnahme zu reduzieren - der 4,7-k Ω -Widerstand R1 fungiert als „Einspeisewiderstand“ für die Phantomspeisung, während ein 220- Ω -Widerstand (R2) als Pull-up-Widerstand dient. Die meiste Zeit seines Daseins verbringt der Mikrocontroller im Schlafmodus (Power Down). Das Aufwachen wird mit Taster SW1 eingeläutet, der ein Interrupt erzeugt, indem er den Zustand der Pins RB4...RB7 ändert. Diese Pins steuern eigentlich die LEDs an, aber im Power-Down-Zustand sind sie als Eingänge konfiguriert. Nach dem Auslesen des Sensors wird die Temperatur für etwa 10 s auf den sieben LEDs D1...D7 im Binärformat mit exponentieller Gewichtung von 0,5°C bis 32°C angezeigt. Der Temperaturwert ergibt sich aus der Summierung der Binärwerte der leuchtenden LEDs. Wenn die Temperatur negativ ist, leuchtet auch die LED D8.

Software

Das Diagramm in **Bild 3** zeigt den Ablauf des Programms (geschrieben in C mit XC8 von Microchip). Wenn der DS18B20-Sensor nicht funktioniert oder nicht angeschlossen ist und während der Verifizierung nicht reagiert, wird keine Temperatur angezeigt, und die acht LEDs blinken abwechselnd.

Nach der Temperaturmessung wird die Batteriespannung überprüft. Die Schaltung arbeitet mit 3 V bis 5 V und die Platine ist so konzipiert, dass auf der Rückseite mit doppelseitigem Klebeband oder Heißkleber ein Batteriehalter für drei AAA-Zellen (à 1,5 V für 4,5 V-Versorgung) angebracht werden kann. Der Schwellenwert für die Batteriekontrolle ist auf etwa 3,4 V eingestellt. Während der Temperaturanzeige lesen die internen Komparatoren des PIC die LED-Kniespannung (circa 1,9 V) über die Pins AN0...AN1 und vergleichen sie mit der Batteriespannung, wobei ein interner Widerstandsteiler zum Einsatz kommt, der normalerweise zur Erzeugung der Referenzspannung V_{ref} aus der VDD-Versorgung verwendet wird. Wenn die Batteriespannung zu niedrig ist, blinkt die LED D8.

Stromaufnahme

Da der interne Oszillator des PICs den Takt liefert, wird kein externer Quarz benötigt. Es gibt auch keinen An/Aus-Schalter, da die Schaltung nur sehr wenig Strom benötigt. Während der Temperaturmessung und -anzeige

beträgt die Stromaufnahme für etwa 10 s etwa 15 mA, im Ruhemodus sinkt sie auf weniger als 300 μ A. Wenn man die LEDs vor dem Umgebungslicht abschirmt, sinkt der Strom sogar auf 30...40 μ A, was ungefähr der Summe der in den Datenblättern von PIC und DS18B20 für den Power-Down-Modus angegebenen Werte entspricht. Dies ist wahrscheinlich auf den photoelektrischen Effekt der LEDs zurückzuführen.

Eine Platine für das Thermometer ist in **Bild 4** dargestellt. Die Dateien (und die Software) finden Sie in der Zip-Datei, die von der Webseite dieses Artikels [2] heruntergeladen werden kann. 

RG - 230350-02

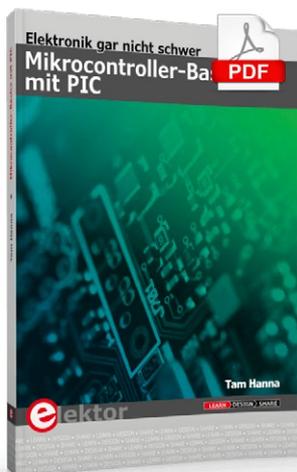
Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Kontaktieren Sie den Autor unter w.riibbert@elettronicaemaker.it oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.



Passendes Produkt

> **Tam Hanna, Mikrocontroller-Basics mit PIC**
E-Buch, PDF: <https://elektor.de/18946>



WEBLINKS

[1] Datenblatt DS18B20: <https://analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/DS18B20.pdf>

[2] Software und Layout-Dateien zum Herunterladen: <https://elektormagazine.de/230350-02>

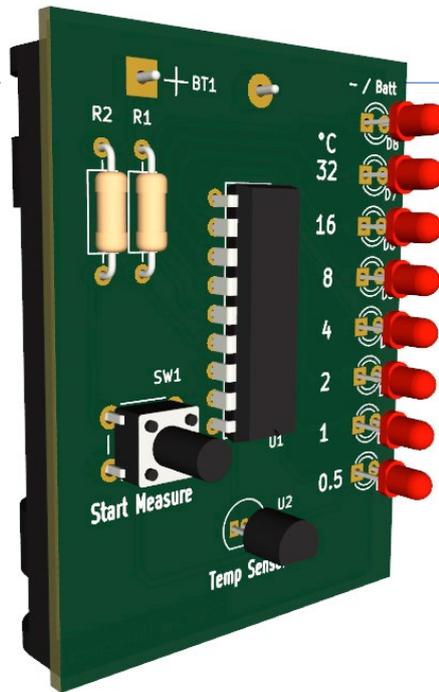


Bild 4. Eine gerenderte 3D-Ansicht der bestückten Platine.

28 THD-Generator

Verzerrungen absichtlich erzeugen

Von Alfred Rosenkränzer (Deutschland)

Bei dieser Schaltung geht es ausnahmsweise nicht darum, Verzerrungen zu vermeiden, sondern sie sogar mit Vorsatz zu generieren. Dies kann bei der Überprüfung eines Messaufbaus sowie für Hörtests sinnvoll sein. Die Schaltung ist rein passiv und ziemlich einfach.

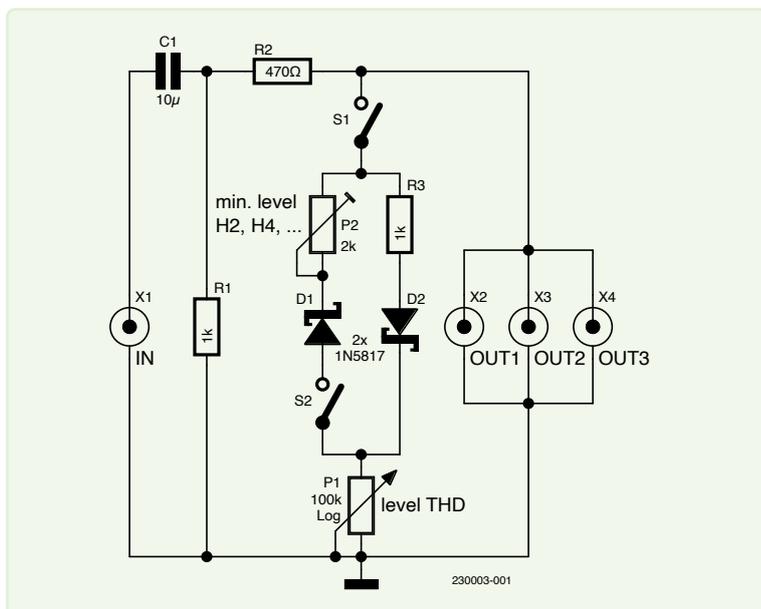


Bild 1. Die Schaltung des THD-Generators ist sehr einfach und fast selbsterklärend.

Bei der Entwicklung analoger Verstärker ist man normalerweise bemüht, Schaltungen mit möglichst wenig Verzerrungen zu bauen (mit Ausnahme von Gitarrenverstärkern). Ein gutes Beispiel ist der neueste in Elektor veröffentlichte Endverstärker Fortissimo-100 [1] mit Gesamtverzerrungen von nur rund -100 dBc bei nahezu Vollast. Im Gegensatz dazu dient die hier vorgestellte Schaltung dazu, harmonische Verzerrungen einstellbar zu erzeugen. Damit kann man zum Beispiel überprüfen, ob eine Messanordnung zur Erfassung von Verzerrungen tatsächlich das tut, was sie soll. Außerdem kann man damit herausbekommen, ab welchem relativen Verzerrungspegel man selbst tatsächlich Klangveränderungen bemerkt.

Vorab: Mein Hörtest war ernüchternd! Je nach Frequenz habe ich Verzerrungen erst bei -40 bis -50 dB hören können. Seien Sie also gewarnt, denn womöglich bin ich nicht der Einzige, der sein Hörvermögen in diesem Punkt überschätzt hat.

Schaltung

Die rein passive Schaltung in **Bild 1** ist schnell erklärt. Das Eingangssignal, bei dem es sich in der Regel um ein möglichst reines Sinussignal handelt, wird an die Buchse X1 angeschlossen. Der Pegel sollte mindestens circa $2 V_{SS}$ betragen. C1 und R1 beseitigen eventuelle Gleichspannungsanteile. Für C1 empfiehlt sich ein guter Folienkondensator.

R2 dient als Längswiderstand eines Spannungsteilers, dessen zweiter Teilwiderstand aus R3, P2, D1, D2 und P1 gebildet wird und mit S1 komplett abgeschaltet werden kann. Die beiden Dioden erzeugen die sogenannten „Harmonischen“, deren Stärke mit P1 eingestellt wird. Benutzt man Schottky-Dioden, arbeitet die Schaltung mit einem kleineren Eingangspegel als mit Silizium-Dioden.

Ist S2 geschlossen, wird das Signal symmetrisch begrenzt, was hauptsächlich ungeradzahlig Harmonische = Oberwellen mit ungeradem Multiplikator erzeugt (H3, H5 et cetera). Mit P2 kann man Unterschiede zwischen den beiden Dioden ausgleichen. Man stellt damit die geradzahlig Harmonischen (H2, H4 und so weiter) auf minimalen Pegel ein. Das klappt natürlich nur gut, wenn der Verzerrungspegel ausreichend groß beziehungsweise P1 auf einen recht niedrigen Widerstand eingestellt ist. Ist S2 offen, werden zusätzlich zu den ungeradzahlig Harmonischen auch geradzahlig Harmonische erzeugt.

Einsatz

An den drei parallelen Ausgängen X2 bis X4 liegt das Ausgangssignal an. Drei Ausgänge sind nützlich, denn so können beispielsweise Verstärker parallel zu einem Spektrum-Analyzer angeschlossen und die am Eingang des Verstärkers anliegenden Verzerrungen erfasst werden.

Ein Hörtest läuft folgendermaßen ab: Mit einem Ausgang wird ein Audio-Spektrumanalyzer zwecks Messung verbunden, die beiden anderen Ausgänge steuern einen (Kopfhörer-)Verstärker (stereo beziehungsweise doppel-mono), entweder mit angeschlossenem Kopfhörer oder Lautsprechern. Für solche Gehörtests sind Kopfhörer aufgrund besserer akustischer Eigenschaften generell vorzuziehen.

S1 wird geschlossen und P1 auf maximale Verzerrungen (kleinster Widerstand) gestellt.

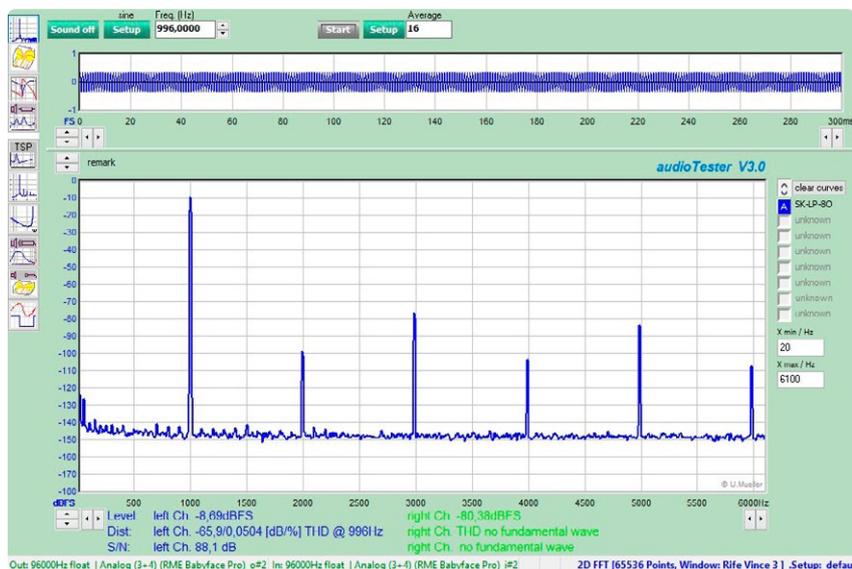


Bild 2. Das Spektrum bei geschlossenem S2 entspricht dem eines begrenzten Sinussignals. Mit P2 werden die geradzahigen Harmonischen auf minimalen Pegel eingestellt.

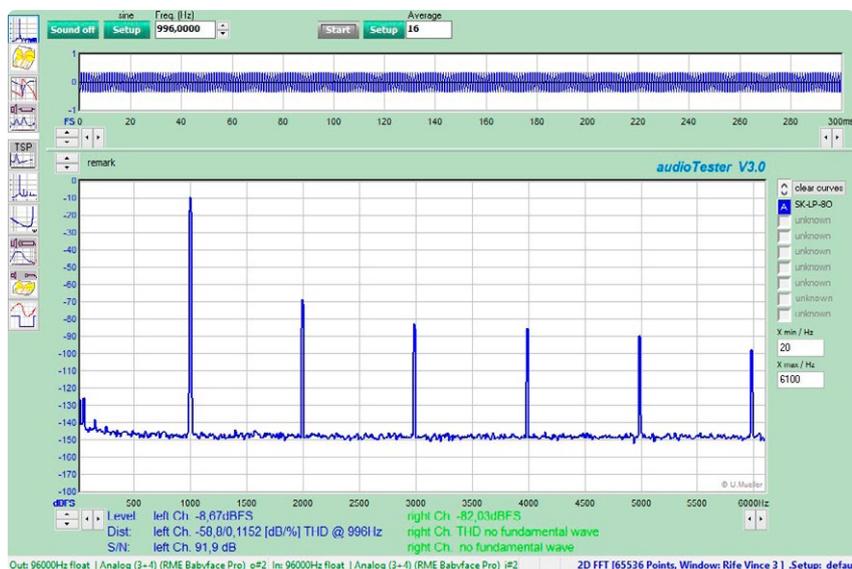


Bild 3. Das Spektrum bei geöffnetem S2 zeigt die stetig fallende Amplitude der Harmonischen.

Zwischen geöffnetem und geschlossenem S1 sollte nach dem zuvor beschriebenen Abgleich ein deutlicher Unterschied zu hören sein. Nun wird P1 so lange vergrößert, bis die Verzerrungen gerade noch (beziehungsweise gerade nicht mehr) zu hören sind. Jetzt werden die THD per Spektrum-Analyser gemessen. Den Hörtest kann man mit verschiedenen Frequenzen und geöffnetem S2 wiederholen und so eine Tabelle erstellen. **Bild 2** und **Bild 3** zeigen die Spektren mit offenem und geschlossenem S2. Selbstverständlich kann man den Test auch mit Musik wiederholen – allerdings nur qualitativ, denn eine Messung mit dem Analyzer hat bei nichtsinusförmigen Signalen wenig Sinn.

Den THD-Generator kann man auch gut dazu nutzen, die Messresultate verschiedener Spektrum-Analyser zu vergleichen.

Aufbau

Da die Schaltung so wenige Bauteile aufweist, wurde sie ohne Platine per „Freiluftverdrahtung“ in einem kleinen Plastikgehäuse aufgebaut. Den Kondensator und den Trimpoti kann man samt der zwei Dioden und den drei Widerständen leicht zwischen die Buchsen und den Poti P1 lösen, wenn man bedrahtete Bauelemente verwendet. **Bild 4** zeigt das Aussehen meines fertigen Prototyps. Den Block mit vier Cinch-Buchsen habe ich aus einem alten Gerät recycelt. ◀

RG – 230003-02

Über den Autor

Alfred Rosenkränzer arbeitete viele Jahre als Entwicklungsingenieur, zu Anfang im Bereich der professionellen Fernsehtechnik. Seit Ende der 1990er Jahre entwickelt er digitale High-Speed- und Anlogschaltungen für IC-Tester. Das Thema Audio ist sein privates Steckenpferd.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter alfred_rosenkraenzer@gmx.de oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- **OWON SDS1102 2-Kanal Oszilloskop (100 MHz)**
SKU 18782: www.elektor.de/18782
- **Elektor Fortissimo-100 High-End-Verstärker-Kit**
SKU 20273: www.elektor.de/20273



Bild 4. So sieht mein Prototyp aus: Oben befinden sich Ein- und Ausgänge sowie zwei Schalter und das Poti zur Einstellung des Verzerrungspegels.

WEBLINKS

[1] Ton Giesberts, „High-End-Verstärker Fortissimo-100“, Elektor 11-12/2022: www.elektormagazine.de/magazine/elektor-281/61094

29

Übertemperatur- Anzeige mit Thyristor

Ein unkonventionell verwendetes elektronisches Bauteil

Von Raymond Schouten (Niederlande)

Diese Schaltung zeigt an, wenn die Temperatur eines Objekts zu hoch geworden ist. Der Thyristor wird an dem zu überwachenden Objekt angebracht. Wenn das Objekt auch nur einmal zu heiß wird, schaltet der Thyristor und eine LED leuchtet dauerhaft auf, bis die Schaltung zurückgesetzt wird.

Diese Schaltung verwendet einen Thyristor, der als kombinierter Sensor, Schalter und Speicher fungiert. Interessanterweise werden außer dem Thyristor nur drei Widerstände und eine LED benötigt. Die Schaltung kann für die unten beschriebenen Anwendungen verwendet werden und zeigt gleichzeitig, dass gängige Bauteile auch in alternativer Funktion verwendet werden können.

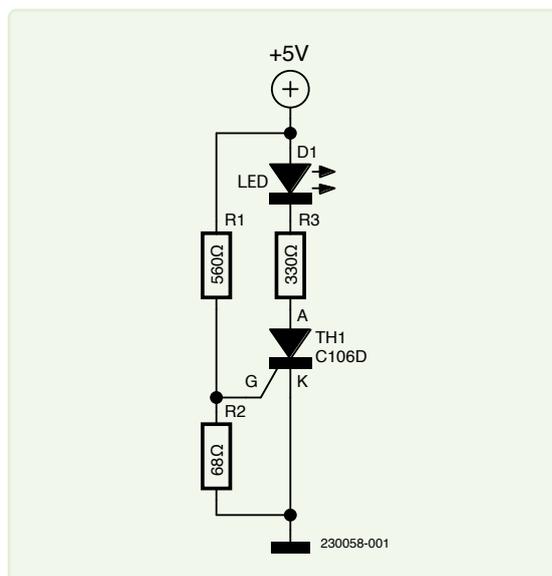


Bild 1. Die einfache Schaltung einer Übertemperaturanzeige auf Thyristorbasis verwendet nur drei Widerstände und eine LED sowie den Thyristor selbst.

Der Thyristor sollte mit direktem thermischen Kontakt zum überwachten Objekt, zum Beispiel einem Kühlkörper, montiert werden, indem man dessen Loch in der Kühlflasche zur Befestigung nutzt. Überschreitet das Objekt die eingestellte Temperatur, schaltet sich der Thyristor ein und lässt eine LED aufleuchten, die bis zu einem Reset leuchtet. Auf diese Weise kann auch später noch festgestellt werden, dass die Objekttemperatur zumindest einmal zu hoch geworden ist.

Der Reset kann durch kurzzeitige Unterbrechung der Versorgungsspannung oder durch Betätigung eines in Reihe mit der LED geschalteten Öffners erfolgen.

Konzept

Das Gate eines Thyristors hat eine diodenähnliche Struktur (p-n-Übergang zwischen Gate und Kathode). Es ist bekannt, dass der Spannungsabfall an einer Diode mit steigender Temperatur abnimmt. Daher sinkt die Schwellspannung eines Thyristors, die das Schalten auslöst, wenn die Temperatur steigt. Legt man nun an das Gate eine feste, konstante Spannung mit einem Pegel an, bei dem der Thyristor bei Raumtemperatur nicht durchschaltet, dann schaltet er erst bei einer entsprechend höheren Temperatur.

Über die Werte der beiden Gate-Widerstände und/oder die an diesen Spannungsteiler angelegte Spannung kann der Schaltwert des Übertemperaturanzeigers eingestellt werden. Natürlich ist diese einfache Schaltung nicht sehr genau; sie kann leicht um 10°C daneben liegen, aber das reicht in vielen Fällen aus, um als thermischer Überlastungsindikator beispielsweise für einen Leistungsverstärker zu fungieren.

Wenn man den Thyristor ein Relais mit einem Öffnungskontakt schalten lässt, könnte die Anordnung sogar als Schutzschaltung fungieren, die eine zu große Last abschaltet. Bei den in **Bild 1** angegebenen Werten schaltet die LED bei etwa 50°C ein.

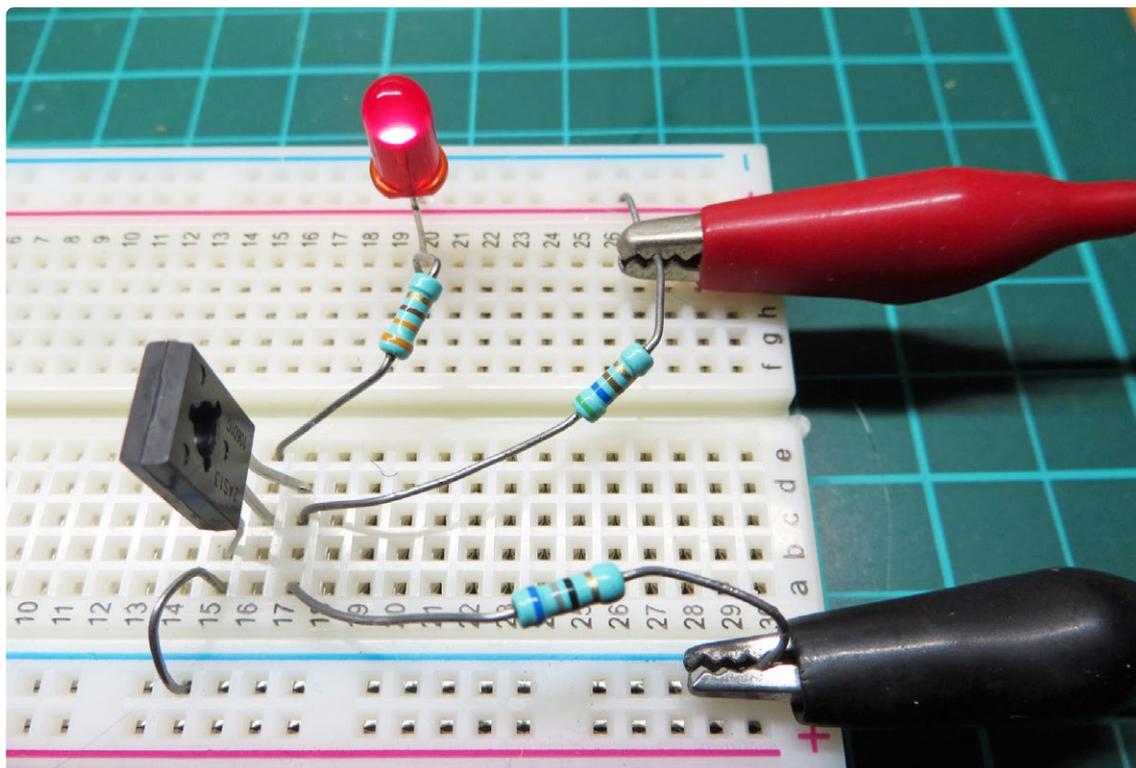


Bild 2. Versuchsaufbau auf einem Experimentierboard.

Diese Schaltung auf YouTube:
<https://youtu.be/aBBPa8t5No>



Einzelheiten

Der verwendete Thyristor, ein C106D, ist ein 400-Volt-4-A-Standardexemplar, das überall für deutlich unter 1 € erhältlich ist. Mit den Widerstandswerten aus Bild 1 und einer 5-V-Versorgung betrug die am Gate anliegende Spannung 545 mV. Bei Raumtemperatur leitet der Thyristor also nicht. In dem Moment, in dem die LED eingeschaltet wird, springt die Gate-Spannung aufgrund des Einrastverhaltens auf 650 mV.

Wenn Sie keinen Thyristor zur Hand und noch nicht einmal in der Resteschublade haben, können Sie stattdessen einen Triac verwenden. Prüfen Sie einfach mit einem Multimeter, ob Pin M1 oder M2 eine Diode mit dem Gate bildet. Ich habe es mit einem TIC206 versucht, und die Schaltung hat auch damit funktioniert. Hier war der Diodenpfad zwischen M1 und dem Gate. Außerdem musste ich den 560-Ω-Widerstand R1 auf 470 Ω ändern.

Bild 2 zeigt den Versuchsaufbau auf einem Experimentierboard. Auf YouTube habe ich ein Video gestellt, das das Verhalten dieser Schaltung zeigt. ◀

RG – 230058-02

Über den Autor

Ray Schouten entwickelt nicht nur beruflich rauscharme Messgeräteelektronik, sondern arbeitet auch an Hobbyprojekten und entwirft winzige Musiksynthesizer und andere kompakte Schaltungen. Die meisten Designs zielen darauf ab, mit einfachster Hardware maximale Ergebnisse zu erzielen.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter rs.elc.projects@gmail.com oder an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passendes Produkt

- ▶ **PeakTech 5615 Wärmebildkamera (160x120) mit USB und Software**
<https://elektor.de/19321>



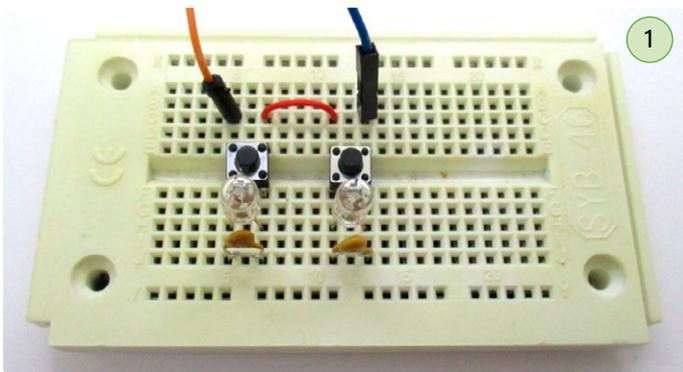
Ein PTC-Flipflop

Von Burkhard Kainka (Deutschland)

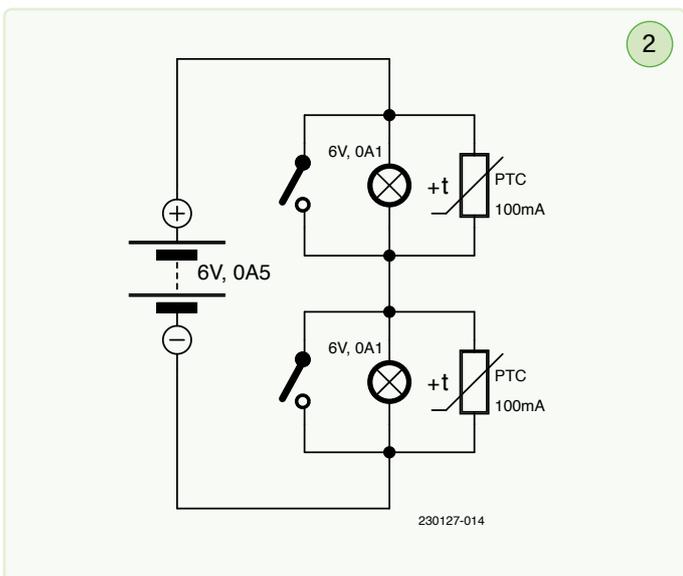
Sind Sie mit PTC-Sicherungen vertraut? Hier ist eine Schaltung mit zwei PTC-Sicherungen, die jeweils für 100 mA ausgelegt sind.

Was passiert, wenn man zwei Sicherungen in Reihe an eine Spannungsquelle legt? Beide brennen durch! Oder auch nur eine, man kann es nicht wissen. Eine von beiden Sicherungen könnte sich etwas schneller erwärmen und dann die andere entlasten, weil sie hochohmiger wird und dabei mehr Energie aufnimmt. Mit selbstrückstellenden PTC-Sicherungen verhält es sich ähnlich. Sie haben einen positiven Temperaturkoeffizienten, der Widerstand steigt also, wenn sie heiß werden.

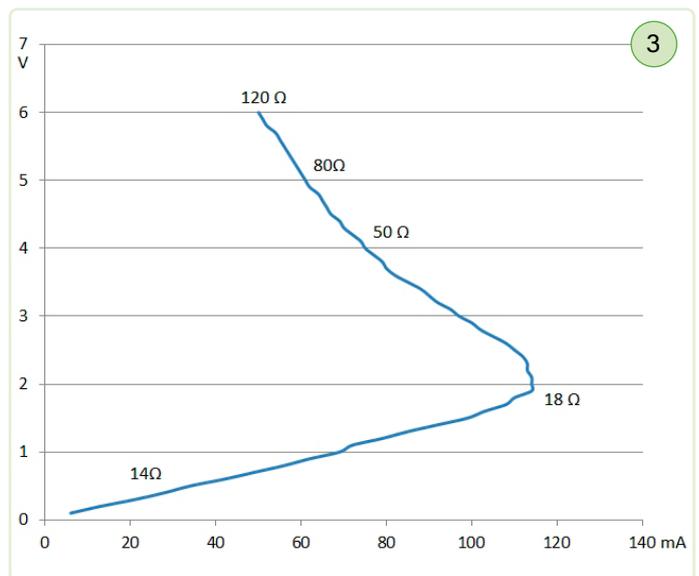
Hier wurde eine Schaltung mit zwei PTC-Sicherungen aufgebaut, die für 100 mA ausgelegt sind. Zusätzlich sind zwei Glühlämpchen mit 6 V / 100 mA und zwei Tastschalter eingebaut (Bild 1 und Bild 2). Um die Wirkung dieser Sicherungen genauer zu verstehen, wurde eine Kennlinie aufgenommen (Bild 3). Man sieht, dass die Sicherung einen Kaltwiderstand von 14 Ω hat, der bei 2 V und ungefähr 110 mA wegen der Erwärmung auf 18 Ω steigt. Bei noch größerer Spannung wird der Widerstand sehr viel größer, sodass der Strom wieder deutlich absinkt. Die Sicherung wird dabei heiß und erreicht rund 60 °C. Wenn man die Schaltung an ein Netzteil mit 6 V / 0,5 A anschließt, sind zuerst beide Lampen halb an (Bild 4). Dann wird ganz langsam



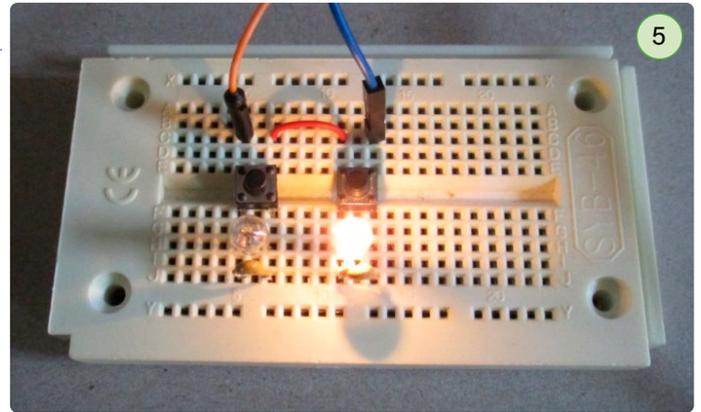
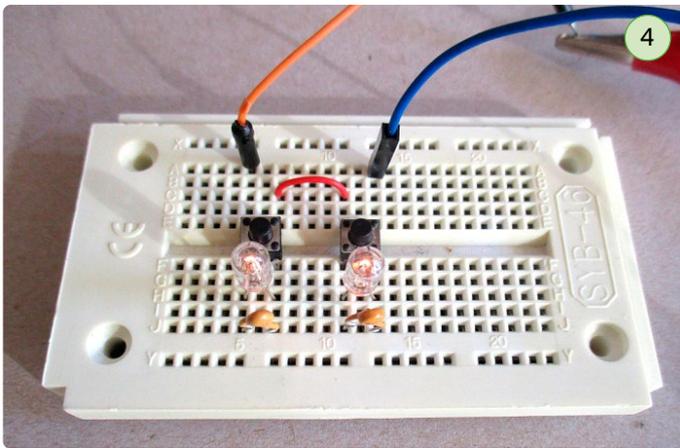
1



2



3

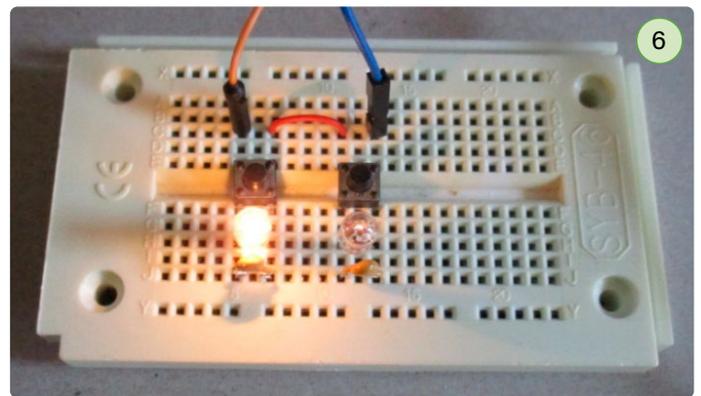


eine von beiden heller und die andere dunkler. Nach einer Minute leuchtet nur noch eine Lampe (**Bild 5**). Der Strom stellt sich auf 150 mA ein. 100 mA fließen durch die Lampe und 50 mA durch die parallel liegende PTC-Sicherung, damit sie schön warm bleibt.

Nun drückt man auf den Taster parallel zu der leuchtenden Lampe. Sie geht bei diesem Kurzschluss aus, die andere geht an (**Bild 6**). Man muss aber trotzdem einige Sekunden lang auf den Taster drücken, bis sich die erste Sicherung abgekühlt hat und die andere ausreichend warm geworden ist. Wenn man nur kurz drückt, kehrt die Schaltung in den letzten Zustand zurück. Die Schaltung ist also ein RS-Flipflop mit Schaltverzögerung.

Wenn man sich die Kennlinie genau ansieht, könnten Zweifel auftauchen, ob das so funktionieren kann. Die PTC-Sicherung lässt ja nur maximal 110 mA durch, aber es fließt ein Strom von 150 mA. Dass es trotzdem funktioniert, liegt am PTC-Verhalten der Glühlampen. Bei 6 V und 100 mA haben sie einen Arbeitswiderstand von 60 Ω . Aber der Kaltwiderstand einer Glühlampe ist zehnfach kleiner, in diesem Fall also 6 Ω . Die gerade kalte Glühlampe und die gerade kalte PTC-Sicherung teilen sich den Strom, und zusammen schaffen sie es, cool zu bleiben. ◀

RG – 230127-02



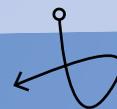
Über den Autor

Burkhard Kainka (b-kainka.de) ist Funkamateurliebhaber und bekannter Elektor-Artikel- und Buchautor. Nach vielen Jahren als Physiklehrer machte er sich 1996 als Entwickler und Autor selbstständig.



Jede Woche, in der Sie den Elektor e-zine Newsletter nicht abonnieren, ist eine Woche mit großartigen Artikeln und Projekten zum Thema Elektronik, die Sie verpassen!

Also, worauf warten Sie noch? Melden Sie sich heute für unseren Elektor e-zine Newsletter unter www.elektor.de/ezine an und erhalten Sie einen **5 € Elektor Gutschein** als kostenloses Willkommensgeschenk.





Komischer Vogel

Ein zwitschernder Elektor-Klassiker



Von Kurt Diedrich (Originalprojekt) und
Ton Giesberts (Platinenlayout und Anpassung)

Obwohl Vögel aller Art von vielen Menschen liebevoll gehalten, gefüttert und gesichtet werden, haben die meisten von ihnen leider noch nicht gelernt, mit uns zu kommunizieren. Dieser vollelektronische Vogel macht einen Schritt in die richtige Richtung: Wenn man ihn anpfeift, zwitschert er zurück!

Wie der „Einarmige Bandit“, der ebenfalls in dieser Ausgabe zu finden ist, stammt der „Komische Vogel“ aus dem Elektor-Halbleiterheft von 1984, das zu den glorreichen Zeiten der CMOS-Logik-ICs der 4000er-Reihe, insbesondere des Typs 4093, erschien! Diese beiden kleinen Projekte wurden technisch überarbeitet, ohne aber die ursprünglichen Bauteile und das Aussehen zu sehr zu ändern. Und siehe da, fast 40 Jahre später sind beide nun Elektor-Klassiker!

Pfeifen und Zwischern

Um den Komischen Vogel zum Pfeifen zu bringen, steckt man die Platine in die Holzhalterung und schaltet die Schaltung ein. Pfeifen Sie nicht allzu weit vom Mikrofon entfernt und staunen Sie über den vogelähnlichen Klang, der aus dem kleinen Lautsprecher ertönt. Falls nötig, können Sie die Trimpotis auf der Platine einstellen, um ein besseres, das beste Ergebnis zu erzielen: „Schau mal, Mama - kein DSP oder KI drin!“

Wie es funktioniert

Werfen wir einen Blick auf den Schaltplan in **Bild 1**, der im großartigen Elektor-Stil, der von keiner konkurrierenden Elektronikzeitschrift je übertroffen wurde, gezeichnet ist. Die Schaltung besteht aus zwei Teilen, der erste aus den Operationsverstärkern IC1A...IC1D und den dazugehörigen Bauteilen. Der vom Elektretmikrofon empfangene Piff wird von IC1A verstärkt, dessen Verstärkungsfaktor mit dem Trimpoti P1 zwischen 20 und 500 eingestellt

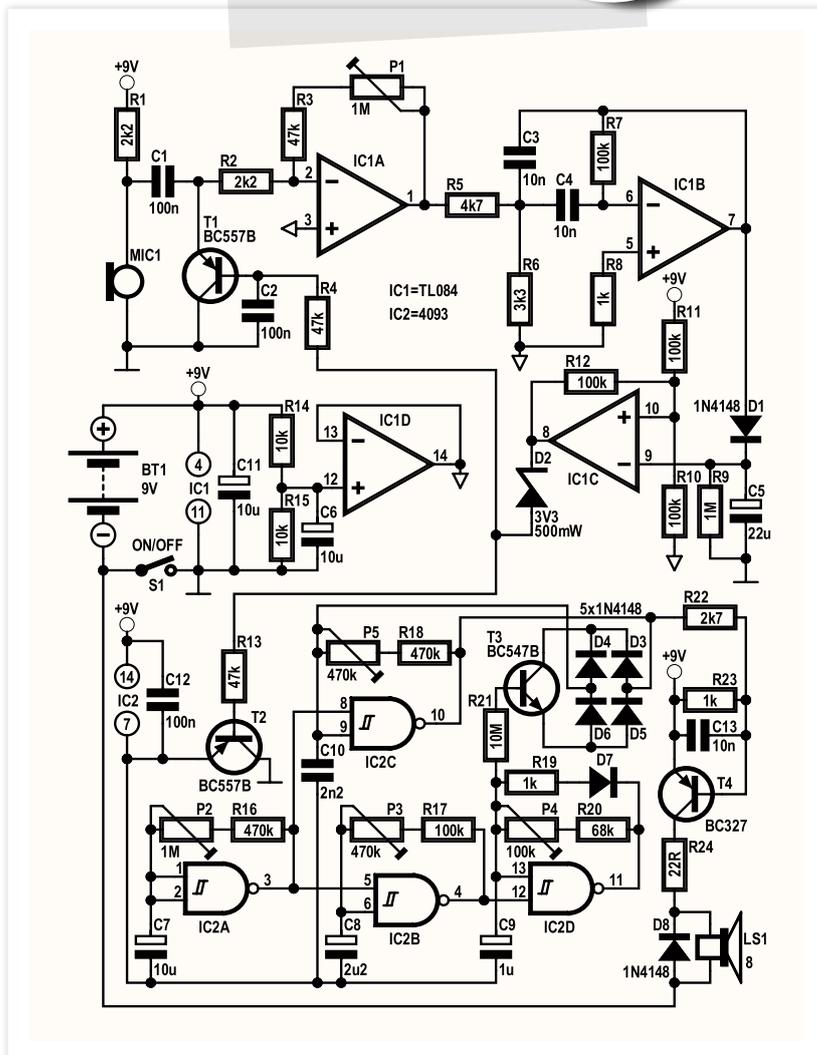


Bild 1. Dieser zwitschernde Vogel ist definitiv nicht von der gefiederten Sorte, sondern ein Strauß gesteuerter Oszillatoren in einer VCO-Konfiguration, die durch Pfeifen in ein Elektretmikrofon ausgelöst werden.



Stückliste

Widerstände:

(alle 5%, 250 mW)

R1,R2 = 2k2

R3,R4,R13 = 47 k

R5 = 4k7

R6 = 3k3

R7,R10,R11,R12,R17 = 100 k

R8, R19, R23 = 1 k

R9 = 1 M

R14,R15 = 10 k

R16,R18 = 470 k

R20 = 68 k

R21 = 10 M

R22 = 2k7

R24 = 22 Ω

P1,P2 = 1 M, 100 mW, Trimpoti, Einstellung von oben

(Piher PT6 Serie)

P3,P5 = 470 k, 100 mW, Trimpoti, Einstellung von oben

(Piher PT6 Serie)

P4 = 100 k, 100 mW, Trimpoti, Einstellung von oben

(Piher PT6-Serie)

Kondensatoren:

C1,C2,C12 = 100 n, 10%, 50 V, Keramik X7R, Raster 5 mm

C3,C4 = 10 n, 10 %, 100 V, PET, Raster 5 mm

C5 = 22 μ, 20%, 16 V, ± 5mm, Raster 2 mm

C6,C7,C11 = 10 μ, 20%, 16 V, ± 5mm, Raster 2 mm

C8 = 2μ2, 20 %, 100 V, ± 5 mm, Raster 2 mm

C9 = 1 μ, 20%, 50 V, ± 5 mm, Raster 2 mm

C10 = 2n2, 10%, 400 V, PET, Raster 5 mm

C13 = 10 n, 10 %, 50 V, Keramik X7R, Raster 5 mm

Halbleiter:

D1,D3...D8 = 1N4148, DO-35

D2 = 3V3-Zenerdiode, 500 mW, DO-35

T1,T2 = BC557B, TO-92

T3 = BC547B, TO-92

T4 = BC327-40, TO-92

IC1 = TL084CN, DIP-14

IC2 = 4093, DIP-14

Außerdem:

BT1 = bedrahtete Batterieklemme für 6LR61/PP3

LS1 = KSSG1708 Miniatur-Lautsprecher, 8 Ω, 0,5 W max, ± 17 mm

S1 = Schiebeshalter, SPDT, 0,1 A/12 V (C&K

OS102011MS2QN1)

MIC1 = Elektretmikrofon, 10 V/0,5 mA,

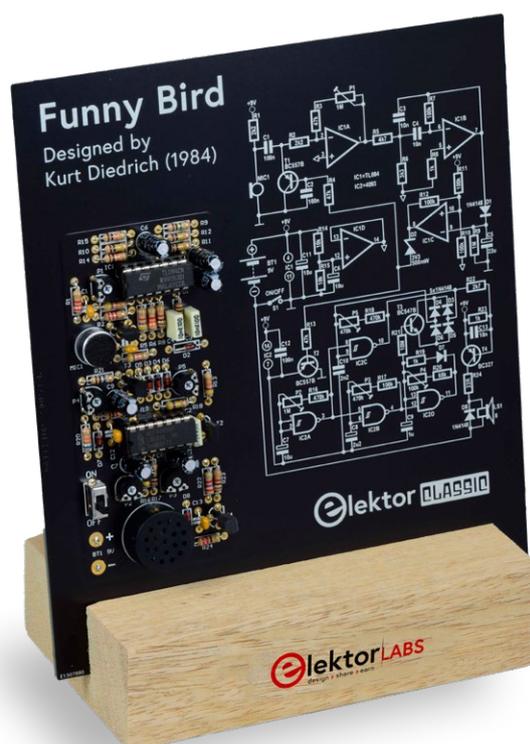
MCKPCM-97H45P-40DB-4808

Platine 230153-1 v1.1

werden kann. Damit der virtuelle Vogel auch wirklich auf einen Pfiff reagiert, wird das Eingangssignal in IC1B gefiltert. Anschließend wird es durch D1 gleichgerichtet und durch C5 entkoppelt. Der Operationsverstärker IC1C, im Wesentlichen ein Trigger mit Hysterese, arbeitet als monostabiler Multivibrator (MMV). Bei einem eingehenden Pfiff bleibt sein Ausgang logisch Low, bis sich C5 über R8 auf einen Spannungspegel unterhalb der Hystereseschwelle von IC1C entladen hat. Solange der Ausgangspin 8 Low ist, leitet der PNP-Transistor T2 und verbindet die Masse der Versorgungsspannung effektiv mit dem zweiten Teil der Schaltung.

Da der Operationsverstärker IC1 eine symmetrische Versorgungsspannung benötigt, wird durch R14 und R15 die Versorgungsspannung geteilt und diese halbe Spannung vom als Puffer geschalteten IC1D als virtuelle Masse an die anderen Operationsverstärker angelegt. Solange der Ausgang von IC1C Low ist, leitet T1 und schließt das Mikrofon kurz, um eine positive Rückkopplung zu vermeiden. Das Verzögerungsnetzwerk C2/R4 sorgt dafür, dass T1 auch nach dem Umschalten von IC1C noch einen Augenblick lang leitet.

Die „Antwort“ des Komischen Vogels auf einen Pfiff kommt aus dem zweiten Teil der Schaltung, einem spannungsgesteuerten Oszillator (Voltage Controlled Oscillator, VCO), der aus IC2C, D3...D6, T3 und zugehörigen Bauteilen besteht. Wenn die Basis von T3 mit einem Sägezahnimpuls von einigen Hertz gespeist wird, entsteht ein Zwitschergeräusch. Das Sägezahnsignal wird von den Schmitt-Trigger-NAND-Gattern IC2A-B-D erzeugt. IC2A liefert ein Rechtecksignal an den Oszillator IC2B.





Although birds of all sorts are lovingly owned and watched by many people, sadly most of them have not yet learnt to communicate with us. This all-electronic bird takes a step in the right direction: when you whistle at it, it chirps back!

The necessary circuit comprises two sections. The first comprises opamps IC1A-IC1D and associated parts. The incoming whistle received by the electret microphone is amplified in IC1A, whose gain factor can be set between 20 and 500 by trimpot P1. To ensure that the virtual bird really reacts to your whistle, the input signal is filtered in IC1B. Next, it's rectified by D1 and decoupled by C5. Opamp IC1C — essentially a trigger with hysteresis — acts as a monostable multivibrator (MMV). With an incoming whistle, its output remains logic Low until C5 has discharged, via R9, to a voltage level below the hysteresis threshold of IC1C. As long as output pin 8 is Low, p-n-p transistor T2 conducts and effectively connects the supply Ground return to the second section of the circuit.

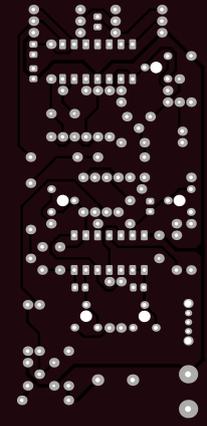
As long as the output of IC1C is Low, T1 conducts, short-circuiting the microphone to avoid positive feedback. Delay network C2/R4 ensures that T1 continues to conduct for an instant after IC1C has toggled.

Funny Bird's "response" emanates from the second section of the circuit, a VCO formed by IC2C, D3-D6, T3, and associated components. If the base of T3 is fed with a sawtooth pulse of a few hertz, a chirping noise is produced. The sawtooth signal is generated by Schmitt trigger NAND gates IC2A-B-D. IC2A provides a square wave signal to oscillator IC2B. When IC2B's output swings High, sawtooth generator IC2D responds by producing a pulse train. As soon IC2B's output drops Low, IC2D stops oscillating and its output voltage starts to rise to the positive supply level. Because IC2B and IC2D oscillate at different frequencies, a quasi-arbitrary sawtooth signal ensues. That signal is then frequency modulated by IC2C to drive LS1 with the help of amplifier T4.

The various oscillator frequencies in the project may be varied with P2-P5 to enable a range of bird sounds to be produced.

The circuit should be switched off when not in use.

elektor CLASSIC
 Elektor Classics are products dear to our hearts. Projects that continue to inspire and hold their merit for learning and sharing — projects that should not be forgotten and now deserve our animated tribute through a fresh rendition on a circuit board, as a Classic from Elektor!



▲ Bild 2. Platinenentwurf für das Komische-Vogel-Projekt. Die Platine ist als Schreibtischschmuck für E-Techies gedacht, mit dem man angeben kann.

Wenn der Ausgang von IC2B auf High kippt, reagiert der Sägezahn-generator IC2D, indem er eine Impulsfolge erzeugt. Sobald der Ausgang von IC2B auf Low fällt, hört IC2D auf zu oszillieren und seine Ausgangsspannung beginnt auf den positiven Versorgungspegel anzusteigen. Da IC2B und IC2D mit unterschiedlichen Frequenzen schwingen, entsteht ein quasi-willkürliches Sägezahn-signal. Dieses Signal wird dann von IC2C frequenzmoduliert, um mit Hilfe des Verstärkers T4 den Lautsprecher LS1 anzusteuern.

Die verschiedenen Oszillatorfrequenzen in diesem Projekt können mit P2...P5 variiert werden, um eine Vielzahl von Vogelzwitscherstimmen zu ermöglichen. Wenn Sie mit allen Potis in Mittelstellung beginnen, werden Sie durch Ausprobieren sicher schnell Ihren Lieblingsvogelsound herausfinden.

Die Standby-Stromaufnahme aus der 9-V-Batterie beträgt etwa 10 mA, wofür hauptsächlich der TL084 verantwortlich ist. Die Schaltung sollte deshalb ausgeschaltet werden, wenn sie nicht benutzt wird.

Bau des Komischen Vogels

Alles, was man über den allgemeinen Aufbau dieser Elektor-Klassiker wissen muss, wird im Grunde genommen im Artikel „Einarmiger Bandit“ beschrieben. Die Platine des Komischen Vogels ist zwar größer als die

beiden anderen bisher erschienenen Elektor-Klassiker Einarmiger Bandit und Sirene im US-Stil [1], aber es ist alles Notwendige in dem Bausatz enthalten, den Sie im Elektor-Store erstehen können. Und keine Sorge, Sie löten nur bedrahtete Bauteile, keine winzigen SMDs, die beim kleinsten Lufthauch wegfliegen und im Staubsauger verschwinden. **Bild 2** zeigt das kunstvoll gestaltete Platinenlayout. ◀

RG - 230153-02

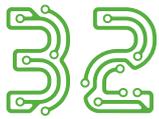
Elektor-Klassiker
 Elektor-Klassiker sind Produkte, die uns am Herzen liegen. Projekte, die nach wie vor inspirieren und zum Lernen und Weitergeben geeignet sind - Projekte, die nicht in Vergessenheit geraten sollten und nun durch eine Neuauflage auf einer besonderen Platine unsere Hommage erfahren, als ein Klassiker von Elektor!

 **Passendes Produkt**
 ▶ **Bausatz Komischer Vogel**
<https://elektor.de/20523>



WEBLINK

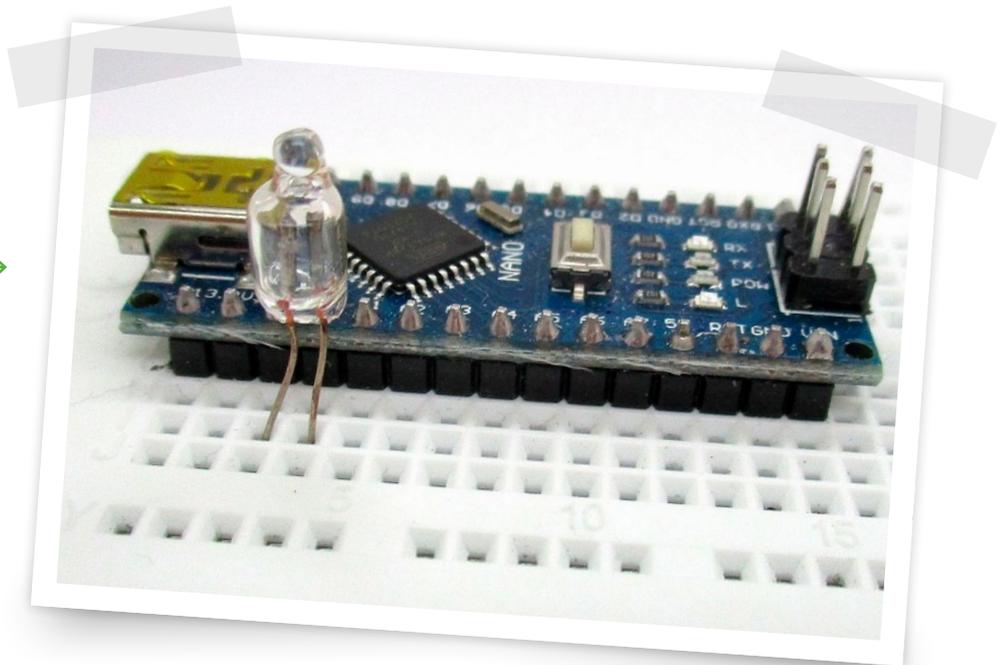
[1] L. Libertin und C. Valens, „Sirene im US-Stil“, Elektor Summer Circuits 2022: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-262/60772>



Glimmlampe am Mikrocontroller

Von Burkhard Kainka
(Deutschland)

Schauen wir uns an,
wie eine Neonlampe
als Fozelle verwendet
werden kann.



Was will denn der Arduino mit einer Glimmlampe, die doch sehr viel höhere Spannungen braucht? Sie ist hier zwischen AREF und A0 angeschlossen und dient als Fozelle. Wenn der AD-Wandler langsam genug betrieben wird, ist der offene Eingang sehr hochohmig und stellt sich nach einiger Zeit auf rund 1 V ein. Der Arduino ist so empfindlich, dass er problemlos den sehr kleinen Fotostrom der Glimmlampe auswerten kann. Eine Beleuchtung zieht die Spannung deutlich nach oben.

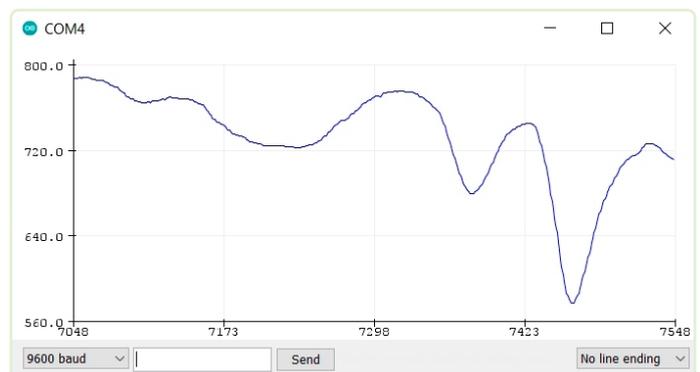
```
//Analogeingang A0, gefiltert
int u;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  u=(u*9+analogRead(A0))/10; //IIR-Filter
  Serial.println(u);
  delay(505); // Abseits von 20 ms
              // und Vielfachen
}
```

Das Programm enthält ein Tiefpassfilter und verwendet eine Abtastrate, die weit genug entfernt von 50 Hz und ganzzahligen Teilen davon liegen sollte. Damit unterdrückt man einstuende 50-Hz-Signale.

Die Messung zeigt wechselnde Lichtverhältnisse, in der linken Hälfte durch Bewölkung und in der rechten Hälfte durch zusätzliche Abschattungen. ◀

RG – 230130-02





Temperaturstabile IC-Stromquelle

Temperaturdrift integrierter Stromquelle neutralisieren

Von Dr. Thomas Scherer (Deutschland)

Die altbewährten integrierten Stromquellen mit drei Pins vereinfachen manche analoge Schaltung und sorgen für geringen Platzbedarf auf der Platine. Leider aber haben diese ICs einen ausgesprochen großen Temperaturgang. Mit einer zusätzlichen Diode plus einem extra Widerstand kann man sie aber weitgehend temperaturstabil machen.

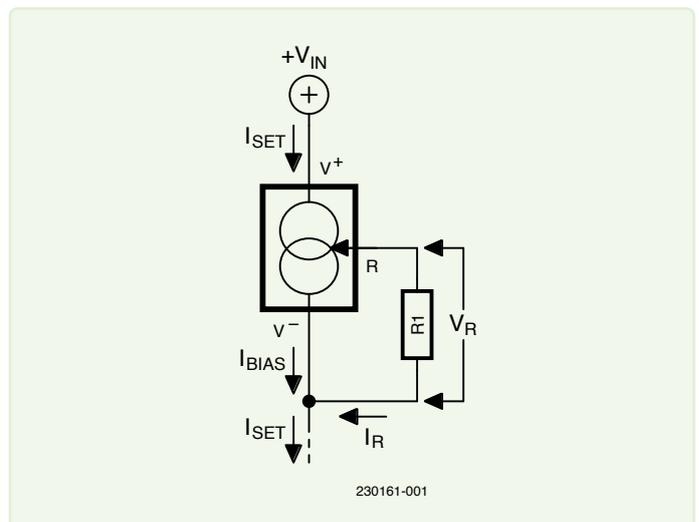


Bild 1. Grundbeschaltung der integrierten Stromquelle LM334.

Welcher Elektroniker kennt sie nicht, die dreibeinigen ICs, deren Strom mit Hilfe eines externen Widerstands auf den gewünschten Wert eingestellt werden kann? Ein Anwendungsbeispiel: Mit nur zwei Bauteilen lässt sich der gemeinsame Emitterstrom eines Transistor-Differenzverstärkers besonders einfach und bequem einstellen. Leider haben diese ICs einen für manche Anwendungen nicht vernachlässigbaren Temperaturgang. Doch mit nur zwei weiteren Bauteilen lässt sich so eine Stromquelle sehr temperaturstabil machen.

LM334

Die Stromquellen der Reihe LM124/LM224/LM334 sind nicht nur typische Vertreter dieser IC-Gattung, sondern auch weit verbreitet. Der mit diesen ICs über einen externen Widerstand einstellbare Strom beträgt 1 μ A bis 10 mA. Bei der preiswerteren Variante LM334 sind die Toleranzen am größten. Nachfolgend wird aufgrund der Verbreitung auf den Typ LM334 Bezug genommen – die Überlegungen gelten aber auch für den LM124 und LM224.

Bild 1 zeigt die typische Beschaltung. Zwischen den Pins R und V- liegt eine Spannung V_R von etwa 64 mV bei 25 °C. Der Gesamtstrom I_{SET} durch das IC setzt sich aus I_R (= dem Strom durch R_{SET}) und dem kleineren I_{BIAS} zusammen. Dabei ist I_R etwa 14...18 mal so groß wie

I_{BIAS} , weshalb I_{BIAS} fast vernachlässigbar ist. Als Faustformel eignet sich daher die Gleichung:

$$I_{SET} = 64 \text{ mV} / R_{SET} \times 1,06$$

Für einen Strom von beispielsweise 1 mA wäre also ein Widerstand von 68 Ω für R_{SET} gut geeignet. Der typische Fehler des so eingestellten Stroms liegt bei etwa 3 %.

Eigentlich wäre damit alles gut, wenn die Spannung V_R nicht so einen heftigen Temperaturgang von 214 μ V/K hätte, der im Bereich von 25 °C immerhin 0,33 %/°C beträgt. Im TO-92-Gehäuse beträgt der thermische Widerstand vom Silizium zur Umgebungsluft immerhin 180 °C/W. Bei einem Strom von 10 mA und einem Spannungsabfall von 10 V hätte man eine Verlustleistung von 100 mW und somit eine Temperaturerhöhung von 18 °C zu verzeichnen. Dies resultiert dann in einer Stromerhöhung um 6 %. In vielen Fällen und bei kleineren Strömen (und entsprechend kleineren Verlustleistungen) kann man prima damit leben, in anderen Fällen aber nicht. Interessanterweise ist der Temperaturgang so ausgeprägt und so linear, dass man mit dem LM334 sogar sehr gut einen Temperatursensor realisieren könnte. Wie das geht, ist im Datenblatt [1] beschrieben.

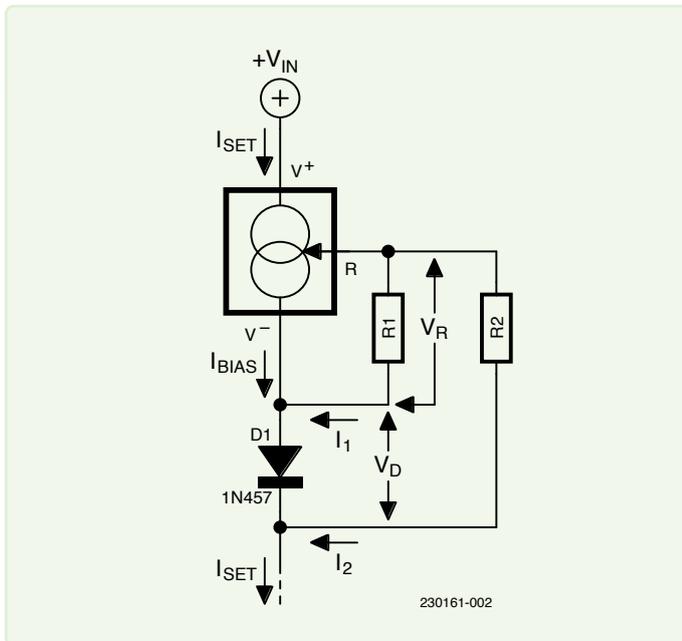


Bild 2. Mit einem zusätzlichen Widerstand und einer Diode wird die Stromquelle temperaturstabil.

Temperaturgang neutralisieren

In diesem Datenblatt ist auch beschrieben, wie man durch einen weiten Widerstand und eine Diode den positiven Temperaturgang des LM334 fast vollständig neutralisieren kann. **Bild 2** zeigt die zugehörige Schaltung.

Das Funktionsprinzip basiert darauf, dass eine Silizium-Diode einen negativen Temperaturgang ihrer Spannung aufweist, mit der man den positiven Temperaturgang des LM334 kompensieren kann. I_{SET} ist hier die Summe aus I_1 , I_2 und I_{BIAS} . Zum „normalen“ Einstellstrom I_1 mit seinem positiven Temperaturgang kommt jetzt noch der Strom I_2 mit seinem negativen Temperaturgang hinzu.

Die Charakteristiken der Temperaturgänge von IC und Diode gleichen sich weitgehend, außer dass die Spannung über der Diode mit etwa 630 mV (bei 1 mA und 25 °C) etwa das Zehnfache gegenüber dem Spannungsabfall V_R beträgt. I_2 ist so zwar nicht nur von der Temperatur der Diode, sondern auch vom durch sie fließenden Strom abhängig. Doch führt dieses Verhältnis zu folgendem: Das Verhältnis der Ströme von I_1 : I_2 sollte etwa bei 1:1 liegen. Damit ergibt sich das Verhältnis der Widerstände $R1$: $R2$ zu 1:10, damit sich die Temperaturgänge aufheben. Die genaue Herleitung kann man im Datenblatt nachlesen. Für praktische Zwecke genau genug lässt sich der temperaturkompensierte Strom vereinfacht wie folgt überschlagen:

$$I_{SET} = 136 \text{ mV} / R1$$

wobei $R2 = 10 \times R1$ ist. Für einen temperaturkompensierten Strom von 2 mA braucht es also einen Widerstand von 68 Ω für $R1$ und 680 Ω für $R2$. Statt einer 1N457 kann man auch die in Europa gebräuchlichere Diode 1N4148 verwenden. Da nicht nur der Temperaturgang der Diode, sondern auch der des ICs LM334 vom fließenden Strom abhängig ist, wird der geringere Spannungsabfall an der Diode bei kleinen Strömen ebenfalls akzeptabel kompensiert. ◀

RG – 230161-02

Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Anmerkungen zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an Elektor an redaktion@elektor.de.

WEBLINK

[1] LM334-Datenblatt von Texas Instruments: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm334.pdf>

Testen Sie Ihr Wissen & Gewinnen Sie Preise!



Haben Sie das Zeug dazu, ein echter Elektronik-Fan zu sein? Stellen Sie Ihr Wissen auf die Probe und nehmen Sie an unserem spannenden Quiz teil! Sie haben die Chance, einen exklusiven Elektor-Classic-Bausatz und weitere spannende Preise zu gewinnen.

Nehmen Sie bis zum 31. August 2023 an dem Quiz teil. Viel Glück und viel Spaß!

So wird gespielt

1. Betrachten Sie die einzelnen Schaltungen aus der Vergangenheit. Sie finden sie auf den Seiten **105**, **113** und **123**.
2. Bestimmen Sie, in welchem Jahr sie in Elektor veröffentlicht wurde.
3. Geben Sie Ihre Antworten ein, um zu gewinnen.

Visit www.elektormagazine.de/quiz-23
um jetzt zu spielen!

34

Einstellbare Höhenanhebung zweiter Ordnung

Eine spezielle Hörhilfe für ältere Menschen

Von Ton Giesberts (Elektor-Labor)

Älter werden bedeutet meist auch, dass man hohe Frequenzen weniger gut hört. Dieser Schaltung soll den Verlust kompensieren, indem eine steilere Korrektur verwendet wird, die bei einer höheren Frequenz einsetzt als eine Standard-Baxandall-Klangregelung [1], die normalerweise um 1 kHz arbeitet. Dies kann die akustische Wahrnehmung verbessern und die Verständlichkeit von Sprache erhöhen.

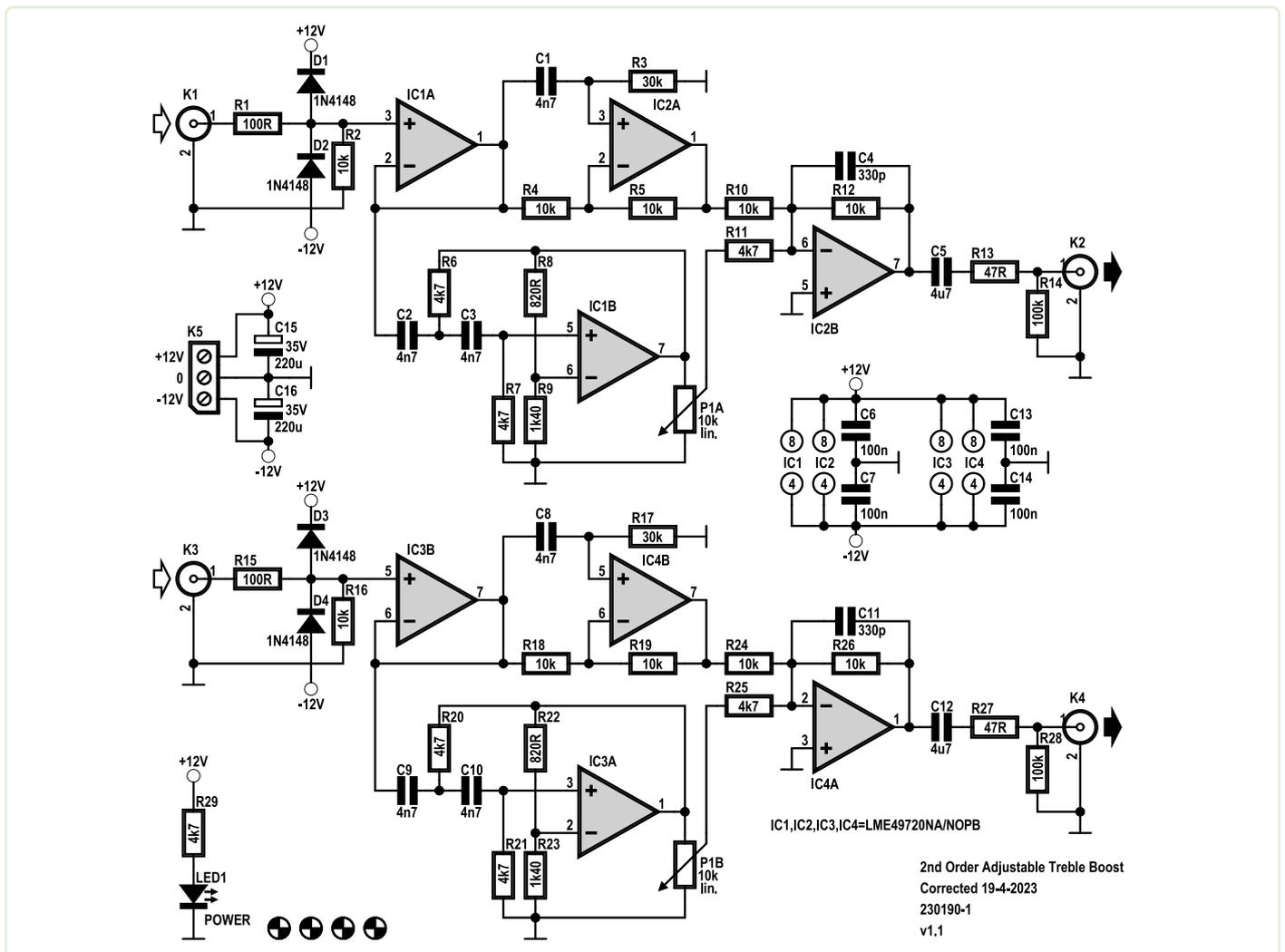


Bild 1. Die Schaltung dieser speziellen Hörhilfe.

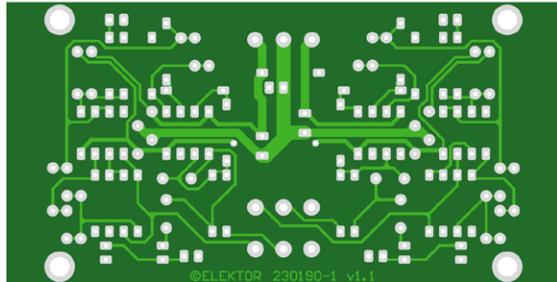
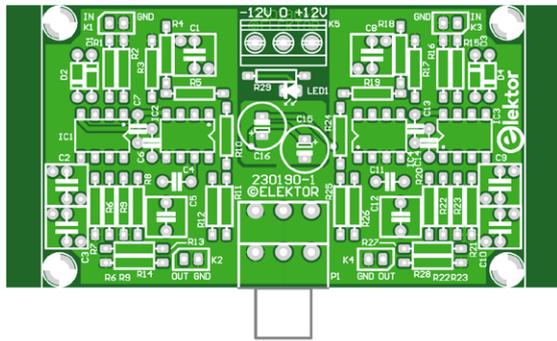


Bild 2. Unter- und Oberseite der Platine.

Bei welcher Frequenz genau eine solche Korrektur ansetzen sollte, ist natürlich sehr individuell verschieden. Bei den hier angegebenen Werten verschiebt sich die Eckfrequenz (Beginn der Verstärkungsanhebung) je nach Stellung des Potentiometers von etwa 6 kHz bis 3 kHz. Je höher die eingestellte Verstärkung ist, desto niedriger ist dieser Arbeitspunkt. Die maximale Verstärkung beträgt 12 dB (Faktor 4) bei 17 kHz (P1 auf Maximum). Die Bandbreite der Endstufe ist auf 48 kHz begrenzt, um die Verstärkung von Frequenzen weit außerhalb des menschlichen Hörbereichs zu verhindern und damit die Anfälligkeit der Schaltung für hochfrequente Störungen zu verringern.

Das Prinzip

Das Prinzip der Schaltung (siehe **Bild 1**) ist einfach: Man addiert den Ausgang eines Hochpassfilters zweiter Ordnung und das ungefilterte Eingangssignal. Die Addition der beiden Signale hat durch die Phasenänderung des Filters aber einen unerwünschten Effekt auf die gewünschte Summierung. Um dies zu korrigieren, durchläuft das Eingangssignal des von IC1A gepufferten Filters das Allpassfilter um IC2A, bevor es mit dem Signal des Hochpassfilters von IC2B summiert wird. Ein kritisch gedämpftes Filter zweiter Ordnung bewirkt die gleiche Phasenänderung über die Frequenz wie ein Allpassfilter. Allerdings ist die Flanke eines solchen Hochpassfilters nicht so steil wie gewünscht. Wird stattdessen ein Butterworth-Filter verwendet, ist die Phasenänderung etwas anders, und daher kann der Allpass dieses steilere Filter nicht vollständig korrigieren. Dies führt dann zu einer kleinen Abweichung der Verstärkung bei niedrigen Frequenzen, aber weniger als +0,2 dB bei 900 Hz und -0,3 dB bei 3 kHz (je nach Arbeitspunkt des Allpassfilters); ein Fehler, der vernachlässigt werden kann.

D1, D2 und R1 schützen den Eingang des ersten Opamps vor möglichen Überspannungen und Spikes. Die Eingangsimpedanz wird hauptsächlich durch R2 (10 kΩ) bestimmt. Das Ausgangssignal des Allpassfilters ist direkt mit dem Summierverstärker verbunden. Die Verstärkung des Eingangssignals wird durch das Verhältnis von R10 und R12 bestimmt (Unity Gain), die des Ausgangssignals des Hochpassfilters durch das Verhältnis von R11 und R12 (Faktor 2 = 6 dB).

Um die Frequenz des Arbeitspunktes leichter ändern zu können, hat das Butterworth-Filter auch eine kleine Verstärkung von etwa Faktor 1,6 (4 dB). Bei der theoretischen Verstärkung von $3 - \sqrt{2}$ ($\approx 1,5858$) haben die frequenzbestimmenden Widerstände und Kondensatoren jeweils die gleichen Werte, also $C2 = C3$ und $R6 = R7$. Wenn eine Änderung

Stückliste

Widerstände:

(alle 1%, 0,25 W)

R1, R15 = 100 Ω

R2, R4, R5, R10, R12, R16, R18, R19, R24, R26 = 10 k

R6, R7, R11, R20, R21, R25, R29 = 4 k7

R3, R17 = 30 k

R8, R22 = 820 Ω

R9, R23 = 1k4

R13, R27 = 47 Ω

R14, R28 = 100 k

P1 = 10 k, Doppelpotentiometer, linear, z. B. Piher

PC16DH-10IP06-103A2020-TA

Kondensatoren:

C1..C3, C8..C10 = 4n7, 1%, 63 V, radial, Polystyrol, 7,5 x 7,5 mm

C4, C11 = 330 p, 1%, 630 V, axial, Polystyrol, 12,9 x 5 mm

C5, C12 = 4μ7, 10%, 50 V, Raster 5 mm

C6, C7, C13, C14 = 100 n, 10%, 50 V, X7R, Raster 5 mm

C15, C16 = 220 μ, 20%, 35 V, elektrolytisch, Raster 3,5 mm, ø 8 mm

Halbleiter:

D1..D4 = 1N4148, DO-35

LED1 = LED, grün, 3 mm

IC1..IC4 = LME49720NA/NOPB, DIP-8

Außerdem:

K1..K4 = 1x2-polige Stiftleiste, Raster 2,54mm

4 Cinch-Audiobuchsen für Gehäusemontage, Anschluss an K1..K4

K5 = 1x3-polige Schraubklemme, Raster 5 mm

4 DIP8- IC-Fassungen für IC1..IC4

Platine 230190-1 v1.1

erforderlich ist, ist die Schaltung einfach genug, um sie zu simulieren, um so herauszufinden, welche Auswirkungen die Änderung der Bauteilwerte auf die Charakteristik der Höhenanhebung hat. Außerdem hat C1 den gleichen Wert wie C2 und C3, so dass sich der Arbeitspunkt leicht ändern lässt. Natürlich ist es auch möglich, R3, R6 und R7 proportional zu verändern. Der Wert von 4,7 nF für C1..C3 wurde gewählt, weil diese Kondensatoren als 1%ige Polystyrol-Typen erhältlich sind und dieses Dielektrikum eine ausgezeichnete Wahl ist, um niedrige Toleranz und geringe Verzerrungen zu gewährleisten. Dies ist auch der Grund, warum C4 ein 1%iger Polystyrolkondensator ist (axial, stehend eingebaut).

All das, was bisher über den einen Kanal gesagt wurde, hat natürlich auch für den zweiten, im Schaltbild darunter abgebildeten Kanal seine Gültigkeit. Eine möglichst geringe Toleranz aller Filterkomponenten minimiert die Phasenverschiebung zwischen den beiden Signalwegen und zwischen den beiden Stereokanälen. Jeder Unterschied in der Phasenänderung könnte die Stereowahrnehmung beeinflussen. Eine billigere, aber qualitativ schlechtere Lösung mit höherer Toleranz ist es, wenn man Standard-5-mm-PET-Kondensatoren für C1..C3 und 5-mm-Keramiktypen für C4 (mindestens NP0/C0G-Dielektrikum) verwendet.

Um eine Gesamtverstärkung von 12 dB bei 17 kHz zu erreichen, müssen neben dem Verhältnis von R12/R11 auch die Verstärkung des Hochpassfilters und die geringe Dämpfung durch den bandbreitenbegrenzenden Kondensator C4 berücksichtigt werden. Ohne C4 würde die maximale Verstärkung bei den höchsten Frequenzen $3,37 = 10,5$ dB betragen:

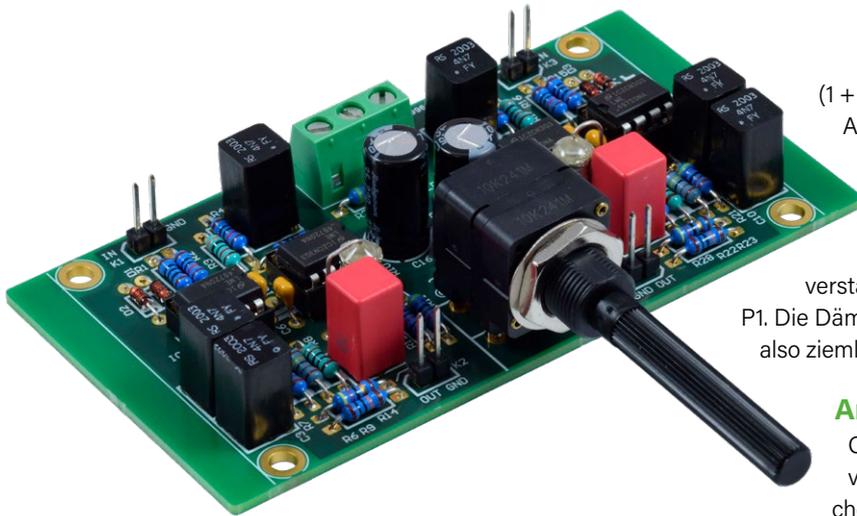


Bild 3. Die bestückte Platine des Labormusters.

$(1 + R8/R9) \times (R12/R11)$. Bei Frequenzen, die weit unter dem Arbeitspunkt liegen, beträgt die Gesamtverstärkung der Schaltung 1 (0 dB). Bei etwa 17 kHz wird das Signal des Allpasses mit seiner Verstärkung von 1 zu dem Signal des Hochtonzweigs mit seiner Verstärkung von 3,37 addiert. Diese Addition führt zu einer Gesamtverstärkung von 4,37 = 12,8 dB bei maximaler Stellung von P1. Die Dämpfung von C4 einschließlich der geplanten 12 dB wird also ziemlich genau erreicht.

Andere Aspekte

Obwohl man für jeden Kanal einen Vierfach-Operationsverstärker hätte verwenden können, haben erschwingliche hochwertige Doppel-Operationsverstärker wesentlich bessere Eigenschaften. Eine ausgezeichnete Wahl ist der LME49720, der auch (noch) in einem 8-poligen DIP-Gehäuse erhältlich ist. Sein hohes Verstärkung-Bandbreiten-Produkt (Gain-Bandwidth Product, GBP) von 55 MHz und seine extrem niedrige Verzerrung von < 0,00007 % bei 20 kHz und einer 2-k Ω -Last (3 V_{eff} bei einer Versorgungsspannung von U_S = \pm 12 V) machen ihn zu einer hervorragenden Wahl für diese Art von Schaltung. Er weist auch eine sehr niedrige Eingangs-

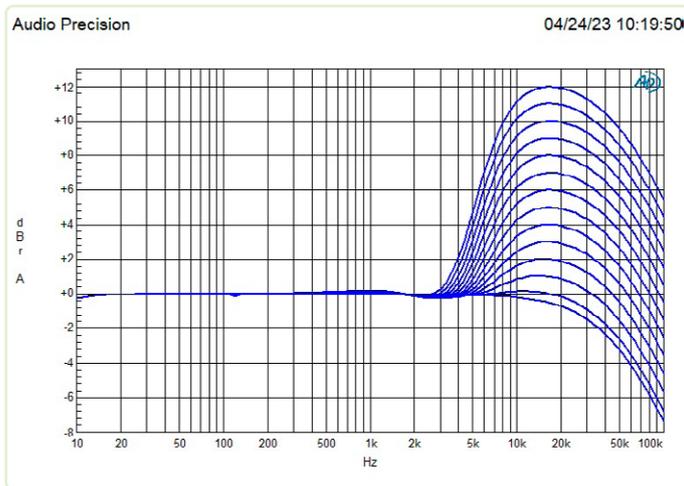


Bild 4. Diagramm A: Die Wirkung der einstellbaren Höhenanhebung von 10 Hz bis 100 kHz.

Messungen am Prototyp

V _{in max} (bei 1 kHz, THD = 0,1 %):	7,9 V _{SS}
Höhenanhebung: beginnend bei	6 kHz bis 3 kHz
Max. Verstärkung bei 17 kHz (P1 max.):	12 dB
Ruhestrom (U _S = \pm 12 V):	+44,7 / -42,6 mA
Bandbreite (Last 10 k Ω , P1 min.):	3,7 Hz...48 kHz
THD+N (1 kHz, 1 V, P1 min.):	0,0008 % (B= 22 kHz)
THD+N (1 kHz, 1 V, P1 max.):	0,0012 % (B= 22 kHz)
THD+N (1 kHz, 1 V, P1 min.):	0,0012 % (B = 80 kHz)
THD+N (1 kHz, 1 V, P1 max.):	0,0016 % (B = 80 kHz)

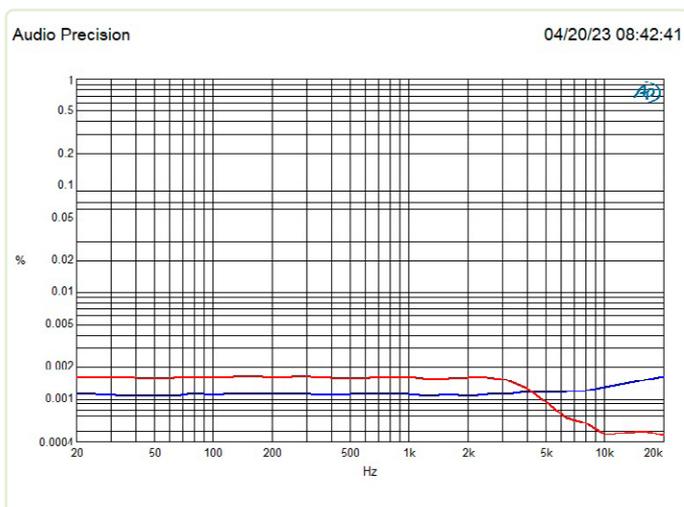


Bild 5. Diagramm B: THD+N von 20 Hz bis 20 kHz bei einem Eingangssignal von 1 V und einer Bandbreite von 80 kHz: Blaue Kurve: P1 auf Minimum, rote Kurve: P1 auf Maximum.

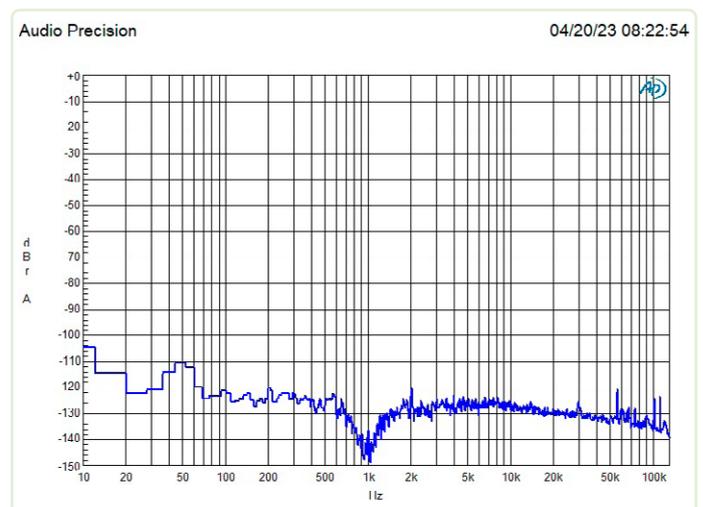


Bild 6. Diagramm C: FFT des Ausgangssignals mit P1 auf Maximum und einem Sinussignal von 1 kHz bei 1 V am Eingang.

offsetspannung auf. Der Offset am Ausgang der Summiervverstärker variiert leicht mit der Stellung von P1, blieb aber beim Prototyp stets unter 1 mV. Sollte ein anderer Operationsverstärker verwendet werden, könnte die Offsetspannung viel höher sein. C5 blockiert jegliche Gleichspannung am Ausgang. Die untere Grenzfrequenz mit einer 10-k Ω -Last beträgt 3,7 Hz.

Der gesamte Ruhestrom des Prototyps beträgt +44,7/-42,6 mA für beide Kanäle zusammen. Der Strom durch LED1 liegt bei 2,1 mA. Der Ruhestrom eines LME49720 beträgt typischerweise 10 mA bei ± 15 V. Möchte man ein Standard-Netzteil zur Stromversorgung verwenden, ist ein Gleichspannungswandler eine gute Möglichkeit, eine symmetrische Stromversorgung für die Höhenanhebung zu schaffen. Die Gesamtleistung der Schaltung erreicht maximal 1,05 W, so dass ein symmetrischer 1-W-Gleichspannungswandler wahrscheinlich ausreichen würde, aber ein Wandler mit einer etwas höheren Ausgangsleistung und geregelten Ausgängen ist empfehlenswerter. Die meisten symmetrischen DC/DC-Wandler haben eine Ausgangsspannung von ± 12 V, weshalb ± 12 V als Versorgungsspannung gewählt wurde, aber der Versorgungsspannungsbereich des LME49720 liegt bei $\pm 2,5 \dots \pm 17$ V. Die Platine (**Bild 2**) wurde beidseitig auf fast 100 mm erweitert, so dass sie in ein Hammond-Gehäuse der Serie 1455 passt, man kann sie bei Bedarf aber bis zu den weißen Linien kürzen. Statt in das Hammond-Gehäuse geschoben zu werden, kann man sie dann an den vier Befestigungslöchern am Gehäuseboden festschrauben. Das Gehäuse 1455N1201 von Hammond wäre eine gute Wahl. Allerdings ist das Potentiometer dafür etwa 1 mm zu hoch, selbst wenn die Platine in den untersten Schlitzen platziert wird. Wenn man aber den breiteren Teil der Potentiometeranschlüsse leicht in Richtung Gehäuse biegt, kann man das Potentiometer niedrig genug halten (was nicht passt, wird passend gemacht!). Eine andere Möglichkeit besteht darin, das Potentiometer mit seinem Gewinde durch die Vorderseite (eines beliebigen Gehäuses) zu führen und es mit kurzen Stückchen Schalllitze an der Leiterplatte anzuschließen. Auf diese Weise kann jedes lineare 10-k Ω -Dual-Potentiometer verwendet werden. **Bild 3** zeigt die bestückte Platine des Prototyps. Die Layout-Dateien können von der Elektor Labs-Webseite [1] heruntergeladen werden.

Messungen

Um zu überprüfen, ob die rein rechnerischen Vorgaben auch in der Praxis erreicht werden, habe ich einige Messungen durchgeführt:

Diagramm A in Bild 4 zeigt die Amplitude von 10 Hz bis 100 kHz und gibt einen guten Eindruck von der Charakteristik dieser einstellbaren Höhenanhebung. P1 ist in 1-dB-Schritten bei 17 kHz eingestellt. In der zweituntersten Kurve ist das Potentiometer bei 17 kHz auf 0 dB Verstärkung gedreht. Je nach Einstellung von P1 verschiebt sich der Arbeitspunkt von etwa 6 kHz auf 3 kHz, wenn P1 von der Minimal- zur Maximaleinstellung verstellt wird.

Diagramm B in Bild 5 zeigt den Klirrfaktor plus Rauschen (Total Harmonic Distortion plus Noise, THD+N) von 20 Hz bis 20 kHz bei einem Eingangssignal von 1 V und einer Bandbreite von 80 kHz. Das blaue Diagramm wurde mit der Einstellung P1 auf Minimum gemessen, wobei

THD+N von 0,0011 % bis 0,0016 % bei 20 kHz variiert. Die rote Kurve wurde gemessen, als P1 auf Maximum eingestellt war. Oberhalb von 3 kHz sinkt THD+N auf 0,00048 % bei 20 kHz. Der relative Rauschpegel ist aufgrund des höheren Ausgangspegels bei 20 kHz niedriger.

Diagramm C in Bild 6 zeigt eine FFT eines 1-kHz-Signals mit 1 V und P1 auf Maximum. Die 2. Harmonische und einige Artefakte oberhalb von 50 kHz sind knapp über dem Grundrauschen sichtbar. THD+N bei einer Bandbreite von 22 kHz beträgt 0,0012 %.

Fazit

Die Messungen zeigen eindrucksvoll, dass die Ziele von Anfang an mehr als erreicht worden sind, nicht wahr? Wenn man die Schaltung baut, bekommt man ein elektronisches Audiogerät mit sehr guten Eigenschaften. Aber wie erreicht man damit einen praktischen Nutzen? Wie bereits zu Beginn dieses Artikels erwähnt, kann dieses Gerät älteren Menschen mit einem Verlust der Fähigkeit, höhere Frequenzen zu hören, helfen, besser zu hören, da dieser Verlust zumindest teilweise kompensiert wird. So könnte man dieses Stück Elektronik einfach zwischen dem Audioausgang eines Fernsehers und einem Verstärker (natürlich mit angeschlossenen Lautsprechern) anschließen. Wenn man dann die Höhenanhebung entsprechend einstellt, hat man, wenn schon keinen höheren Filmgenuss, so doch zumindest eine bessere Sprachverständlichkeit für ältere Menschen. Wenn Sie selbst betroffen sind oder wenn jemand in Ihrem Freundes- oder Familienkreis hohe Töne nicht gut hören kann, probieren Sie es aus!

Achtung! Wie bei allen Höhenreglern kann bei hoher Lautstärke und maximaler Höhenanhebung die Leistungsabgabe einer Endstufe an einen Hochtöner zu hoch sein und diesen beschädigen! Bedenken Sie dies: Eine Erhöhung der Amplitude um den Faktor 4 bedeutet eine Erhöhung der Leistung um den Faktor 16! 

RG - 230190-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- > **B. Cordell, Designing Audio Power Amplifiers Routledge,** New York 2019, 2. Auflage Buch, Paperback: <https://elektor.de/19150>.
- > **D. Self, Small Signal Audio Design Focal Press,** Burlington 2010, 2. Auflage Buch, Paperback: <https://elektor.de/18046>
- > **Leistungsverstärker-Bausatz Elektor Fortissimo-100** <https://elektor.de/20273>

WEBLINKS

[1] Peter Baxandall: https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Baxandall

[2] Projekt bei Elektor Labs: <https://elektormagazine.de/labs/2nd-order-adjustable-treble-boost-230190>



Edwin kommt nach Hause!

Zurück zu den Wurzeln nach 53 Jahren

Von Jan Buiting (Elektor Retronik)

Heutzutage ist der Selbstbau von hochwertigen Audiogeräten nicht annähernd so populär wie vor einem halben Jahrhundert. Damals, in den 1970er Jahren, waren gute Verstärker extrem teuer, so dass man mit ein bisschen Selbstbau eine Menge Geld sparen und möglicherweise bessere Ergebnisse und eine höhere Ausgangsleistung erzielen konnte als mit Geräten von der Stange. Elektor erkannte dies richtig und brachte einen Spitzenverstärker heraus, den Edwin.

Sicher, schon in den 1960-70er Jahren, als *Elektuur* in Holland seine Anfänge machte, gab es populäre Verstärker-Entwürfe, die häufig nachgebaut wurden, aber sie waren ausnahmslos amerikanischen oder englischen Ursprungs und nur unter Kennern verbreitet. Das Problem auf dieser Seite des großen Teichs waren die enormen Kosten und die Schwierigkeit, amerikanische Transistoren zu bekommen, die vor 50 Jahren eine Seltenheit waren. Dies und andere Gründe müssen *Elektuur* dazu veranlassen haben, einen hochwertigen Verstärker für den

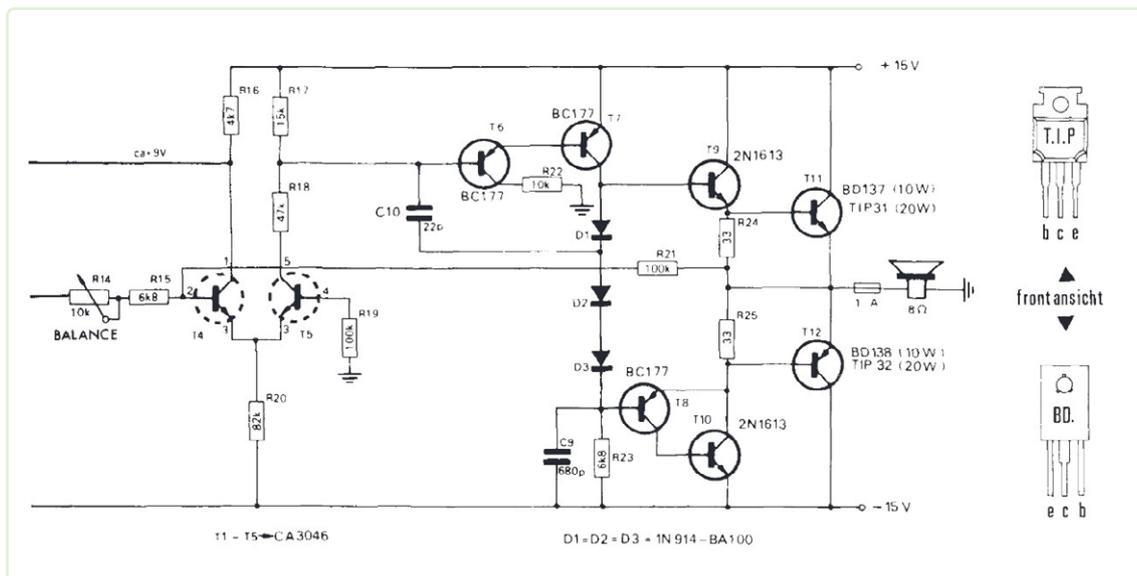
Selbstbau zu entwickeln und zu veröffentlichen, der auf erschwinglichen, hierzulande bekannten und erhältlichen Transistoren basierte. „Edwin“ erblickte im Januar 1970 als 10- oder 20-Watt-Monoverstärker das Licht der elektronischen Welt und tauchte in späteren Jahren als Jugendlicher mit 40 Watt und als Erwachsener mit 100 Watt Leistung wieder auf. Edwin war auch das allererste Projekt in der allerersten deutschen Elektor-Ausgabe, die im Mai 1970 erschien. Die Leser waren begeistert, viele Platinen wurden verkauft und noch mehr wurden zu Hause geätzt, gebohrt und bestückt.

Ein Patent wert?

Der ursprüngliche Edwin wurde als „neuartige Entwicklung im Audiobereich“ bezeichnet, was bedeutet, dass er einige für die damalige Zeit bemerkenswerte Merkmale aufwies, wie

1. keinen Ruhestrom
2. keine Einstellmöglichkeiten
3. sehr geringe Übernahmeverzerrungen
4. nur einen einzigen integrierten Schaltkreis (IC) im Inneren
5. keine gepaarten komplementären Leistungstransistoren

Bild 1. Ausgangsbereich des Edwin-Audio-Endverstärkers, veröffentlicht in der Zeitschrift *Elektuur* im Januar 1970. *Elektuur* meldete ein Patent auf die Treiber- und Vorspannungsschaltung der Endstufe an, die „keine Anpassung erfordert und dennoch eine geringe Übernahmeverzerrung zu moderaten Kosten bietet“.



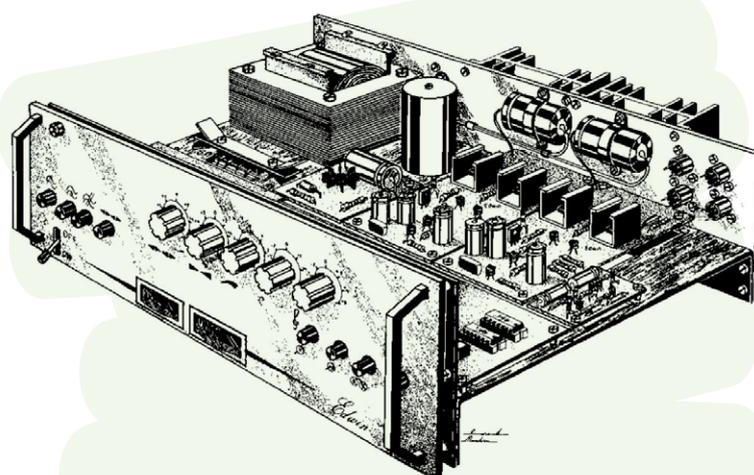
Für diesen Beitrag war ich froh, wenigstens eine abgenutzte Fotokopie des „Edwin Amplifier“-Artikels zu haben. Dieses Exemplar kam mit einer Gerätespende, von der ich weiter unten erzählen werde. Schauen wir uns erst den Leistungsverstärker teil des Schaltplans in **Bild 1** an. Dieser Teil des Schaltplans verdeutlicht eigentlich jeden einzelnen der oben genannten Punkte. Das Konstruktionsprinzip von Edwin ist eine Klasse-B-Endstufe mit einem vorgeschalteten Klasse-A-Verstärker zur Überbrückung des nicht betriebsfähigen Spannungsbereichs der Leistungstransistoren. Dies erfordert allerdings eine ausgezeichnete Temperaturstabilität und eine geringe Drift in der Vorspannungsschaltung und dem Differenzverstärker, die keine diskreten Transistoren erreichen können. Hier kommt das IC CA3046 ins Spiel - fünf eng aneinander angepasste NPN-Transistoren auf einem gemeinsamen Substrat, wobei bei zwei von ihnen (T4...T5) einen gemeinsamen Emitter besitzen. Die CA3046-Transistoranordnung wurde in späteren Jahren zu einem Lieblingsspielzeug des Elektor-Labors. In dem niederländische Artikel von 1970 wurde der Preis von 7,50 HFL (\approx DM) als „sehr akzeptabel“ bezeichnet. Zum Spaß und zum Vergleich: Die Platine für das Edwin-Projekt kostete bei Elektuur 3,50 HFL.

Elektuur meldete ein Patent für die gemischte Klasse-A-/Klasse-B-Ausgangsverstärkeransteuerung und Vorspannungsmethode an. Ich weiß nicht, ob das Patent auch erteilt wurde, aber den damaligen Lesern wäre es egal gewesen, solange sie nur diesen großartig klingenden Verstärker hatten, bei dem (1) keine Einstellungen erforderlich waren und (2) keine Transistoren oder Lautsprecher aufgrund von thermischem Durchgehen durchbrannten!

Es stimmt zwar, dass der 2N1613 im Jahr 1970 ein recht gängiges und nicht allzu teures Bauteil war, aber ich glaube, dass seine „2N“-JEDEC-Typennummer einen US-Entwurf kennzeichnet, ebenso wie der CA3046 und die komplementären Transistoren TIP31/TIP32, die als Alternativen für eine 20-Watt-Version des Edwin angegeben wurden. Die BC- und BD-Transistoren, die Sie im Schaltplan sehen, sind jedoch europäischen Ursprungs und wären dem Elektor-Leser der 1970er Jahre nicht als seltsam oder neuartig aufgefallen.

Da der Eingangsteil des Edwins aufgrund der schlechten Papiervorlagen hier nicht gezeigt wird, genügt es zu sagen, dass R16 den Eingangstransistor (CA3046-T1) mit etwa 9 V versorgt, R14 mit dem verstärkten Eingangssignal (CA3046-T3) nach der Baxandall-Tonregelung kondensatorgekoppelt ist und die -15-V-Leitung etwas abfällt und durch ein RC-Netzwerk (10 k Ω /100 μ F) entkoppelt wird, um den Eingangstransistor von der negativen Seite zu versorgen.

Der Artikel von 1970 enthält auch Informationen über einen Vorschlag für eine Stromversorgung für



Edwin, einen Phonovorverstärker, eine Platine und einen Eingangskanalwähler. In einem zweiten und letzten Teil in der Februar-Ausgabe 1970 veröffentlichte Elektuur die Konstruktionspläne für den Edwin.

Die Heimkehr des Originals

Ich bin kein Audio-Fan und hätte diesen Artikel nicht geschrieben, wenn ich nicht über einen tatsächlichen Aufbau des ursprünglichen Edwin-Projekts von 1970 gestolpert wäre. Ich habe spätere, leistungsstärkere - und sicherlich auch schickere - Versionen des Edwin gesehen, um Beispiel die 40-Watt-Variante [2] (**Bild 2**) und dann den 100-Watt-Verstärker mit 2N3055-Transistoren in der Endstufe. Aber ich habe mich immer über das 10-Watt-Original gewundert.

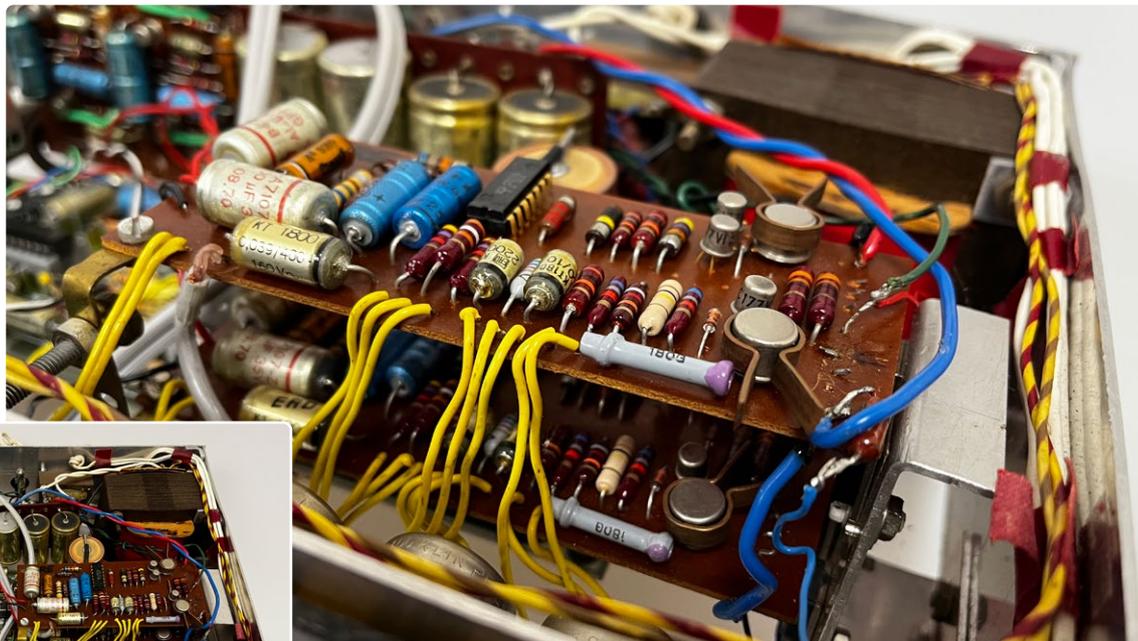
Bei einer seltenen Gelegenheit bekam ich einen selbstgebauten Stereo-FM-Empfänger mit den kleinsten und ältesten Edwin-Verstärkern von der Frau eines verstorbenen Elektor-Lesers geschenkt, der an einer berühmten Forschungseinrichtung in den Niederlanden arbeitete. Der FM-Empfänger befand sich in einer grünen, handbemalten und selbstgebauten Holzkiste mit den Maßen 31x9x20 cm und wird hier „wie vorgefunden“ gezeigt (**Bild 3**). Er kam zusammen mit einer Reihe von Funkgeräten, Testausrüstung und einem riesigen Sortiment von „professionellen“ Bauteilen



▲
Bild 2. Künstlerische Darstellung des 35-W-Edwin-Stereo-Verstärkers, der als Nachfolger der ursprünglichen 10- oder 20-W-Version veröffentlicht wurde. Für viele Leser war der Bau von Audioverstärkern in einem Metallgehäuse eine große Herausforderung, daher diese schöne Illustration von Laurent Martin aus unserer „Tekenkamer“.

◀
Bild 3. Der selbstgebaute und handbemalte Holzkasten, der zwei 20-Watt-Edwin-Verstärkerplatinen und den „Feedback PLL-Empfänger“ aus Elektor 11/74 enthält.

Bild 4. Willkommen zu Hause, ihr alten Edwins!
Es hat ein paar Jahre gedauert, und die beiden haben sich in einen Stereo-FM-Empfänger verkrochen, aber jetzt sind Sie endlich wieder zurück bei Elektor.



aus den 1970er/1980er Jahren, aus dem ich mich gelegentlich

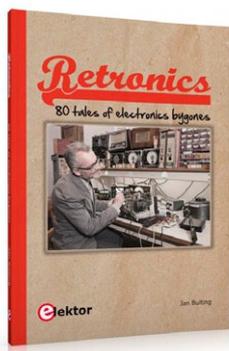
bediene. Die freundliche Wohltäterin, eine Dame in den Achtzigern, die ihr Haus aufräumte, kontaktierte mich bei Elektor per E-Mail und WhatsApp (!) und erwähnte ausdrücklich „dieses Elektur-Radio- und Verstärker-Ding, auf das er immer stolz war...“.

Der UKW-Empfänger war ein Stereogerät mit zwei Edwin-Verstärkerplatten, die durch Abstandshalter voneinander getrennt waren und über einen gemeinsamen Kühlkörper für die TIP31/TIP32-Transistoren verfügten, sowie über Kühlfahnen auf den TO-5-Transistoren des Typs 2N1613 (Bild 4). Es ist offensichtlich, dass dieses Gerät von einem fortgeschrittenen und offensichtlich wohlhabenden Ingenieur und Elektur-Leser gebaut wurde, der seine Projekte bis zur letzten Korrektur dokumentierte.

Play it again!

Diese beiden Edwins müssen mindestens 30 Jahre lang ihrer grünen Schachtel geschlummert haben, also habe ich sie in aller Ruhe an einem Stelltrafo angeschlossen und bei geringer Lautstärke an einem 4-Ω-Lautsprecher getestet, wobei ich einige Line-Level-Audiosignale und später eine Schallplatte „einspeiste“. In beiden Fällen empfand ich den Klang als frisch und hell, aber mit einem Mangel an Dynamik. Bei einem späteren Test in meinem Labor mit Spektrumanalysator, einer Dummy-Last und einem Verzerrungsmesser fand ich heraus, dass die Verzerrung mit weniger als 0,85 % bei 15 W Ausgangsleistung „in den Specs der 70er Jahre“ lag. Dasselbe gilt für Edwins Frequenzgang, Bass- und Höhenanhebung. Die FM-Tuner-Sektion des Empfängers gab übrigens keinen Ton von sich. Bemerkenswerterweise kam nach 50 Jahren kein Rauch aus der Holzkiste, nur ein leiser Geruch von Epoxid, Zigarren, Whiskey ... und Vinyl? ◀

RG - 230194-02



Passendes Produkt

> Jan Buiting, Retronics (Elektor)

Dieses E-Book ist eine Zusammenstellung von rund 80 Retronics-Beiträgen, die zwischen 2004 und 2012 in (der englischen Ausgabe von) Elektor erschienen sind. Die Geschichten behandeln alte Testgeräte, prähistorische Computer, längst vergessene Bauteile und Elektor-Blockbuster-Projekte.
E-Buch, PDF: <https://elektor.de/16885>

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Wenden Sie sich bitte per E-Mail an den Autor unter jan.buiting@elektor.com oder an die Redaktion unter redaktion@elektor.de.

WEBLINKS

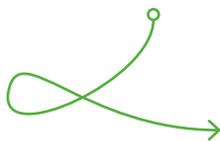
- [1] Edwin-Verstärker: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197005/54572>
- [2] Jan Buiting, „Retronik: Edwin-Verstärker“, Elektor 3/2005: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-200503/2079>

36 Einarmiger Bandit

Ein einfacher, lustiger, nostalgischer und lehrreicher Elektor-Klassiker!

Von H. J. Walter (Originalprojekt)
und Ton Giesberts (Entwurf)

Hier ist ein weiteres Projekt aus der langen Geschichte von Elektors „ideenorientierten“ Mini-Artikeln, die vorzugsweise in den früheren Halbleiterheften zu finden waren. Damals, 1984, war das „LED-Spiel“ nur eine von etwas mehr als 100 Schaltungen im Elektor-Heft, jede mit ein paar erklärenden Worten. Fast 40 Jahre später recyceln wir diese Inhalte nicht nur, sondern werten sie mit einer echten Platine und einem schicken Bausatz aus dem Elektor-Store auf. Wir tun dies in guter Absicht und mit leicht nostalgischen Gefühlen für die glorreichen Tage der 4000er CMOS-Logik!



Wie die „Sirene im US-Style“, die vor genau einem Jahr veröffentlicht wurde [1], erfüllt diese Schaltung die folgenden Kriterien, die für Elektor-Klassik-Projekte aufgestellt wurden:

- erzeugt Lärm, Licht, Bewegung, Action, Geruch, Chaos, „Wow!“-Rufe, Irritation oder Spaß
- verwendet preiswerte bedrahtete Bauteile aus der verstaubten Elektronik-Kiste im Keller
- ist so originalgetreu wie möglich
- spricht Anfänger und Elektronik-Outsider sofort an
- eignet sich für Platinenbestückung und kann auf dem Schreibtisch platziert werden
- ist als kompletter Bausatz für den Selbstbau erhältlich
- ist im unnachahmlichen Elektor-Stil gezeichnet – das heißt stilvoll und e-lehrreich



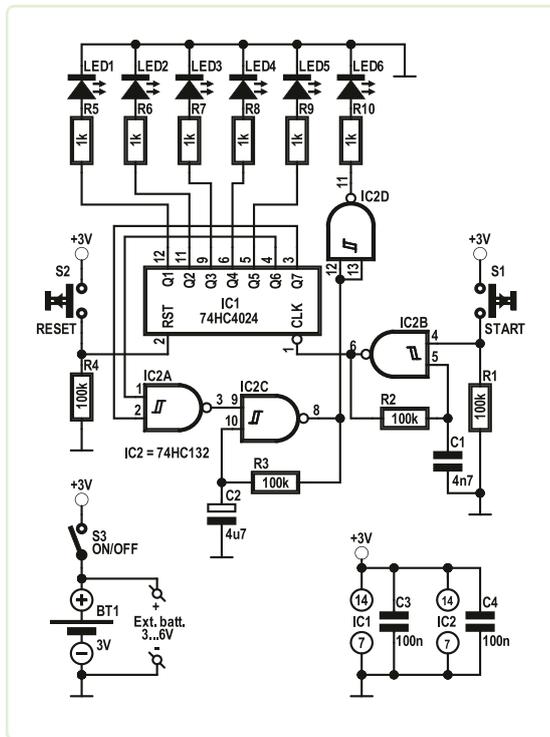
Die bestückte Platine im hölzernen Tischständer.

In diesem Sinne zeigt dieser Elektor-Klassiker eine spielerische Anwendung von (ursprünglich) CMOS-Logik-ICs der Serie 400x in Kombination mit LEDs, einer damals sehr beliebten Kombination [2]. Das Projekt imitiert lediglich den „Kern“ eines Spielautomaten. Es wird also nicht versucht, all die Glocken, Pfeifen, Blitze und Soundeffekte eines echten Spielautomaten zu implementieren - diese erlebt man am besten in einer Spielhalle, auf eigenes Risiko und eigene Kosten! Hier geht es um Elektronik und darum, zu lernen, wie die Dinge funktionieren.

Das Spiel

Um das Spiel zu spielen, müssen Sie sich zunächst auf die Anzahl der Runden einigen. Spieler 1 betätigt einen Taster **START** so lange wie gewünscht und lässt ihn dann los. Die LEDs zeigen dann den Punktestand an, der sich aus der Summe der leuchtenden Ziffern 1-2-5-10-20 ergibt.

Bild 1. Mitte der 1980er Jahre waren CMOS-Logik-ICs der 4000er-Serie und (nicht blaue) LEDs billig und boten Bastlern ein großes Potenzial für die Entwicklung einfacher digitaler Elektronik. Der hier gezeigte Schaltplan für einen „Einarmigen Banditen“ (überarbeitet nach einem Original von 1984) ist ein gutes Beispiel für den damaligen Zeitgeist.



Wenn die LED *Play Again!* leuchtet, hat Spieler 1 eine weitere, „freie“ Runde, wenn nicht, ist Spieler 2 an der Reihe. Die Spieler notieren ihren Punktestand, und der Spieler mit der höchsten Punktzahl gewinnt.

Funktionsweise der Schaltung

Der Schaltplan in **Bild 1** basiert auf IC1, einem 7-stufigen binären Zähler/Teiler vom Typ 74HC4024. Zu Beginn des Spiels wird er durch den *RESET*-Taster S2 zurückgesetzt, wodurch an allen Zählerausgängen Q1...Q7 logische Low-Pegel liegen, die wiederum bewirken, dass LED1...LED5 ausgeschaltet sind. Außerdem ist der Ausgang des NAND-Schmitt-Triggers IC2A logisch High und schaltet

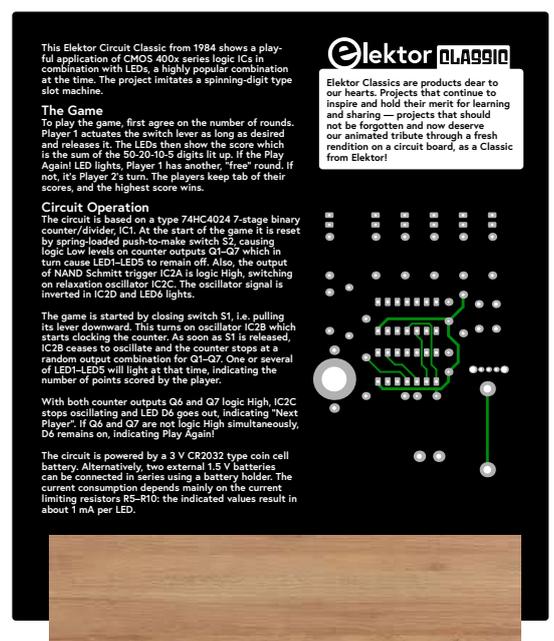
den Kippschwinger oder Relaxationsoszillator IC2C ein. Das Oszillatorsignal wird von IC2D invertiert und LED6 blinkt sehr schnell.

Das Spiel wird gestartet, indem der Schalter S1 geschlossen wird (das heißt, sein Hebel wird nach unten gedrückt). Dadurch wird der Oszillator IC2B eingeschaltet, der den Zähler zu takten beginnt. Sobald S1 losgelassen wird, hört IC2B auf zu schwingen und der Zähler bleibt bei einer mehr oder weniger zufälligen Ausgangskombination für Q1...Q7 stehen. Eine oder mehrere der LEDs (LED1...LED5) leuchten zu diesem Zeitpunkt auf und zeigen die Anzahl der vom Spieler erzielten Punkte an.

Wenn beide Zählerausgänge Q6 und Q7 logisch High sind, stoppt IC2A den Oszillator IC2C; die LED D6 verlichtet und zeigt damit „Next Player“ an. Wenn Q6 und Q7 zufällig nicht gleichzeitig logisch High sind, bleibt LED6 an und zeigt „Play Again!“

Die Schaltung wird von einer 3-Volt-Knopfzelle des Typs CR2032 gespeist. Alternativ können mit Hilfe eines Batteriehalters zwei externe 1,5-Volt-Batterien in Reihe geschaltet werden. Die Stromaufnahme hängt hauptsächlich von den Strombegrenzungswiderständen R5...R10 ab: Die angegebenen Werte ergeben etwa 1 mA pro LED. Dies ist der einzige signifikante Unterschied zwischen H.J. Walters Entwurf von 1984 und der hier gezeigten Version von 2023: Heute haben wir weitaus effizientere LEDs und brauchen keine Puffertransistoren mehr zwischen den CMOS-Zählerausgängen und den „Score Reel“-LEDs, die vor 40 Jahren jeweils 20 mA verbrauchten. Oh, und psst... wir haben HCMOS-ICs anstelle der alten 4000er CMOS verwendet - aber immer noch in DIP-Gehäusen!

Bild 2. Dekorativer Platinenwurf für den Einarmigen Banditen im aufwendigen Elektor-Classics-Stil.



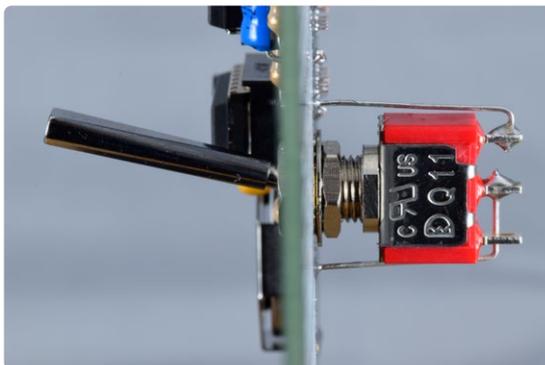
Der Bau des Banditen

Wie bei Elektor-Klassikern üblich, ist die Platine für den Einarmigen Banditen auf der Vorderseite mit dem Schaltplan und auf der Rückseite mit der Schaltungsbeschreibung bedruckt (**Bild 2**). Man beachte die berühmten Elektor-Bauteilsymbole und den axialen Elektrolytkondensator C2 im Bestückungsaufdruck. Okay, er nimmt mehr Platz auf der Platine ein als sein radiales Gegenstück, das man heute meistens sieht (und von SMDs ganz zu schweigen), aber er verleiht dem Projekt einen feinen Hauch von Authentizität der 1980er Jahre.

Der Zusammenbau dieses Projekts ist ein Kinderspiel, da nur bedrahtete Bauteile auf einer großzügig gestalteten Platine mit einem klaren Bestückungsaufdruck verwendet werden. Alle Teile sind in einem ansprechend gestalteten Bausatz enthalten, so dass man nicht in verstaubten Schubladen nach „alten“ Bauteilen kramen muss.

Die zusammengebaute Platine wird in den hölzernen, gravierten Tischständer gestellt, der dem Elektor-Bausatz beiliegt. Der Ständer ist wirklich nur zur Präsentation gedacht, oder zum Angeben, wenn Sie möchten. Drücken Sie den Schalthebel nicht zu zackig nach unten, da die Platine sonst aus dem Ständer fallen könnte. Benutzen Sie zwei Hände, schummeln Sie nicht und beschränken Sie Ihre Spielzeit. Glücksspiel kann süchtig machen! ◀

RG - 230207-02



Empfohlene Durchsteckmontagemethode für den Hebel Schalter S1, der als „Arm“ des Banditen fungiert.



Stückliste

Widerstände:

R1...R4 = 100 k, 5%, 250 mW

R5...R10 = 1 k, 5%, 250 mW

Kondensatoren:

C1 = 4n7, 10%, 50 V, Raster 5 mm

C2 = 4µ7, 10 %, 63 V, axial

C3,C4, = 100 n, 10%, 50 V, Keramik X7R, Raster 5 mm

Halbleiter:

LED1...LED6 = LED, rot, Ø 5 mm

IC1 = 74HC4024, DIP-14

IC2 = 74HC132, DIP-14

Außerdem:

S1 = Kipptaster, Hebel 21 mm, SPDT

S2 = Taster, 24 V, 50 mA, 6x6 mm

S3 = Schiebeschalter, SPDT (C&K OS102011MS2QN1)

IC-Fassung DIP14 für IC1, IC2

BT1* = CR2032 Knopfzellenbatterie

CR2032-Batterieklammer für Platinenmontage

Tischständer, Holz, graviert

Platine 230098-1

* Kann aufgrund von Transportbeschränkungen nicht im Elektor-Lieferumfang enthalten sein.

Klassische Projekte

Elektor-Klassiker sind Produkte, die uns am Herzen liegen. Es sind Projekte, die nach wie vor inspirieren und zum Lernen und Weitergeben geeignet sind - Projekte, die nicht in Vergessenheit geraten sollten und die es verdienen, dass wir sie jetzt in einer neuen Version auf einer Platine als Elektor-Klassiker vorstellen!

WEBLINK

[1] L. Libertin und C. Valens, „Sirene im US-Stil“, Summer Circuits 2022:
<https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-262/60772>



Passendes Produkt

- **Elektor-Bausatz „Einarmiger Bandit“**
 Alle Teile, Platine und graviertes Tischständer aus Holz
www.elektor.de/20516





37 Einfacher digital gesteuerter variabler Widerstand

Von Walter Ribbert (Italien)

Manchmal ist es nützlich, einen variablen Widerstand zu haben, der über einen Mikrocontroller gesteuert werden kann, auch wenn die Auflösung der Einstellung nicht sehr fein ist. Oft genügen schon 16 Schritte (zum Beispiel für einen Lautstärke- oder einen Klangsteller). Findet man in seiner Bauteilekiste noch ein 4016- oder 4066-CMOS-Chip, so braucht man nur noch fünf Widerstände, um einen 16-stufigen variablen Widerstand zu realisieren. In diesen Chips befinden sich nämlich vier analoge Schalter, die mit ebenso vielen Mikrocontroller-Ausgängen gesteuert werden können.

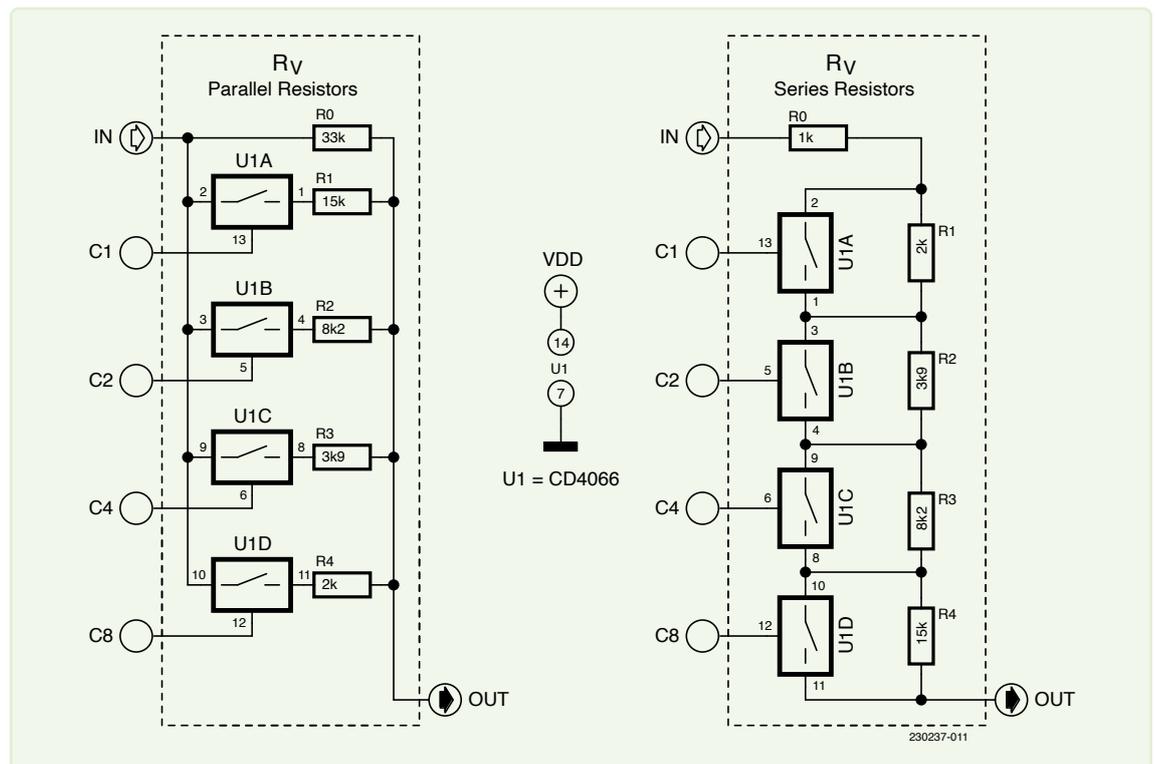


Bild 1. Parallel- und Reihenwiderstandskonfigurationen mit einem CD4066.

Bild 1 zeigt zwei Beispiele für Schaltungen, die Widerstände parallel beziehungsweise in Reihe schalten. Das Ergebnis sind zwei sehr unterschiedliche Typen von veränderlichen Widerständen (R_v).

R_0, R_1, R_2, R_3 und R_4 sind Widerstände mit binären Vielfachen ($\times 1, \times 2, \times 4, \times 8$) von E12-Standardwerten (mit Ausnahme der 2-k Ω -Widerstände, die aber durch je zwei in Reihe geschaltete 1-k Ω -Typen ersetzt werden können). Werden die Steuereingänge der vier Schalter mit einer binären Sequenz (an C1, C2, C4 und C8) angesteuert, so ergeben sich die Widerstandskurven, die in den jeweiligen Diagrammen in **Bild 2** zu sehen sind. Die Schaltung mit den parallel geschalteten Widerständen ergibt eine logarithmische Kurve mit 16 Werten, während die in Reihe geschalteten Widerstände eine lineare Kurve ergeben. Durch Einfügen dieser RV-Blöcke in andere Schaltungen ist es möglich, ein Spannungs- oder Stromsignal zu variieren oder die Verstärkung einer Operationsverstärkerschaltung zu ändern, wie in den Schaltungen und Diagrammen in **Bild 3** gezeigt.

Hinweise

Der Widerstand der Ein- und Ausgangskanäle des 4016 oder 4066 beträgt bei einer V_{DD} -Versorgung des Chips von 5 V etwa 400 Ω , bei einer V_{DD} von 10 V etwa 200 Ω . Die Diagramme berücksichtigen diese Werte nicht, da sie ideal und absichtlich gestuft sind, um die Auflösung der Schaltung hervorzuheben. Angesichts der Widerstandswerte spielen die geringen Übergangswiderstände der CMOS-Chips ohnehin nur eine unwesentliche Rolle. Natürlich kann diese Auflösung durch Hinzufügen weiterer CMOS-Schalter und Widerständen auf 32 Schritte oder 64 Schritte und so weiter erhöht werden, so dass sie sich mit jedem hinzugefügten Element verdoppelt, aber auch die Anzahl der für die Steuerung erforderlichen Ausgänge steigt. Je nachdem, was Sie tun wollen, können Sie dazu auch ein Schieberegister wie den 74HC595 verwenden, aber ab einer gewissen Grenze ist es vielleicht besser, doch ein integriertes seriell einstellbares Digitalpotentiometer zu kaufen. ◀

RG – 230237-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter w.ribbert@elektronicaemaker.it oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passendes Produkt

➤ **LabNation SmartScope USB-Oszilloskop**
<https://elektor.de/17169>

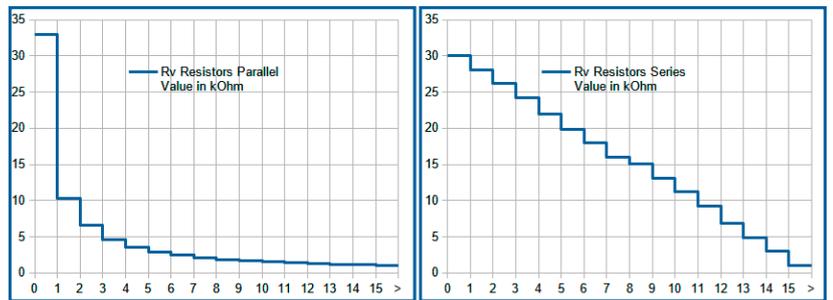


Bild 2. Logarithmische und lineare Kurven aus verschiedenen Konfigurationen.

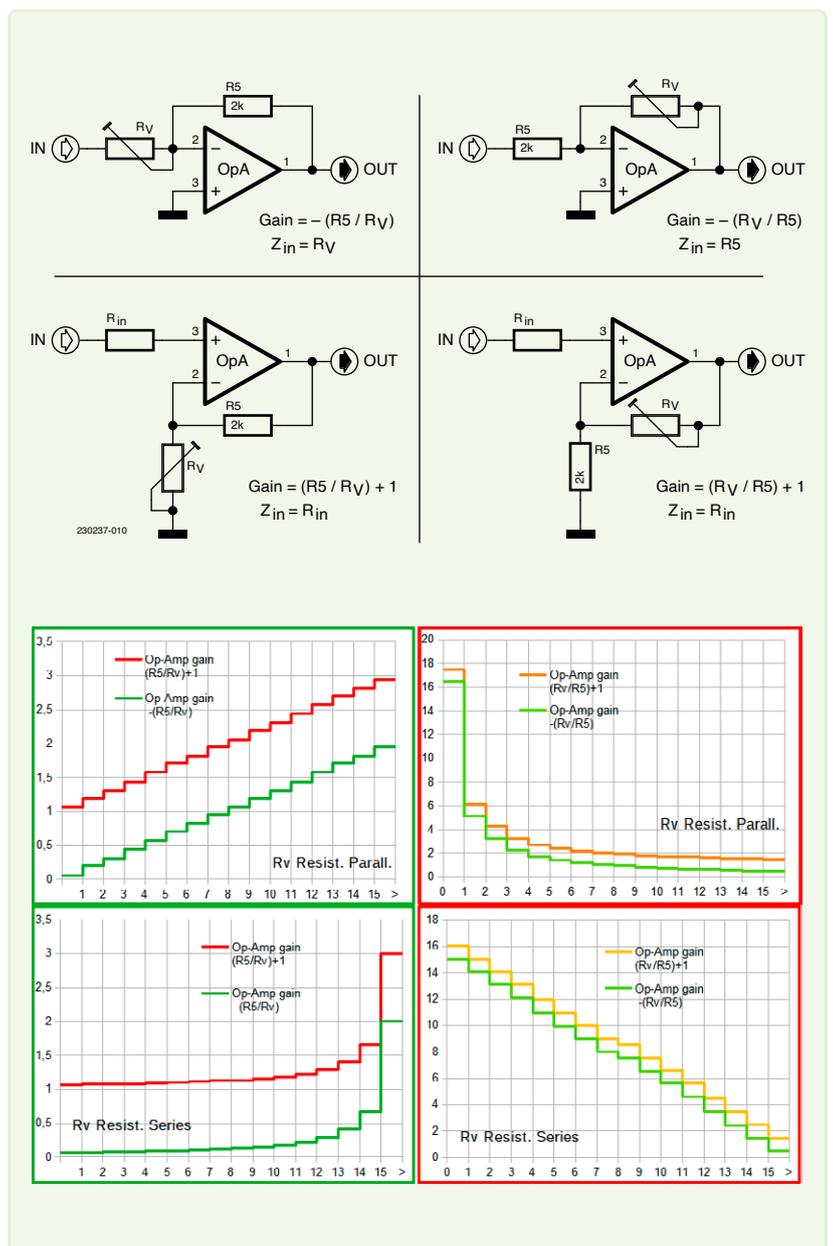


Bild 3. Beispiele für einfache Anwendungsschaltungen und die zugehörigen Diagramme.

38 Wasserleck ahoi!

Schutz und Alarm in einem



Von Giuseppe La Rosa (Italien)

Dieses Gerät wurde hauptsächlich für Haushaltsgeräte entwickelt, die mit Wasser zu tun haben. Im Falle eines Lecks, wenn ein wasserempfindlicher Sensor nass wird, entzieht die Schutzschaltung dem schadhafte Haushaltsgerät sofort die Netzspannung, wodurch (hoffentlich) der Wasserfluss gestoppt und die Gefahr eines Stromschlags verringert wird.

Waschmaschinen, Geschirrspüler und ähnliche Haushaltsgeräte sind potenziell gefährlich, weil sie irgendwie Wasser und Strom zusammenbringen. Es kann zu Leckagen kommen, die nicht nur zu teuren Wasserschäden, sondern auch zu elektrischen Schlägen führen können.

Wasser und Strom passen nicht zusammen! Die hier vorgestellte Schaltung gibt Alarm und kann angeschlossene Geräte abschalten, wenn ein Feuchtigkeitssensor nass wird. Die Überwachungselektronik wird quasi zwischen Steckdose und Netzstecker oder in die Zuleitung des zu überwachenden Gerätes eingeleitet.



Diese Schaltung wird mit 230 V betrieben. Daher muss beim Aufbau und beim Testen mit Wasser vorsichtig vorgegangen werden, um die Gefahr eines Stromschlags zu vermeiden. Wenn Sie nicht über die notwendigen Kenntnisse und Erfahrungen verfügen, um die Schaltung sicher einzurichten und zu betreiben, sollten Sie dieses Projekt nicht durchführen!

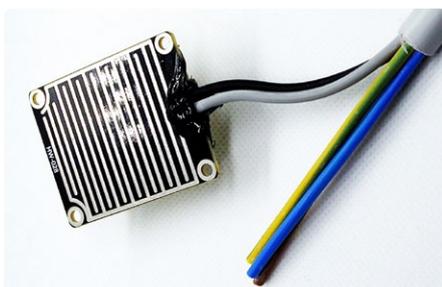


Bild 1. Der in diesem Projekt verwendete MH-RD-Sensor.

schleift. Ein geeigneter Sensor kann auf dem Boden oder bei den genannten Geräten noch besser im Inneren des Gerätes - idealerweise direkt unter den Wasseranschlüssen oder in der Nähe der Wasserpumpe - installiert werden, da dort die Wahrscheinlichkeit einer Leckage am größten ist.

Bild 1 zeigt einen so genannten Regentropfen-sensor, der im Wesentlichen aus einer kleinen Platine mit zwei ineinander verschrankten Leiterbahnen besteht. Im trockenen Zustand hat der Sensor einen hohen Widerstand, im nassen Zustand sinkt der Widerstand durch das Wasser, das die Leiterbahnen verbindet.

Der kleine Schaltplan

Die Schaltung in Bild 2 ist so einfach wie wirkungsvoll. Der Feuchtigkeitssensor wird an X1-1 und X1-2 angeschlossen. Eine Elektrode ist dann mit Masse verbunden und die andere über R2 mit dem Eingang des als Inverter geschalteten NAND-Gatters IC1A. Dieser Eingang wird über R1 auf High gezogen (wenn der Sensor trocken ist). Dadurch wird der Ausgang von IC1A auf Low gesetzt, und

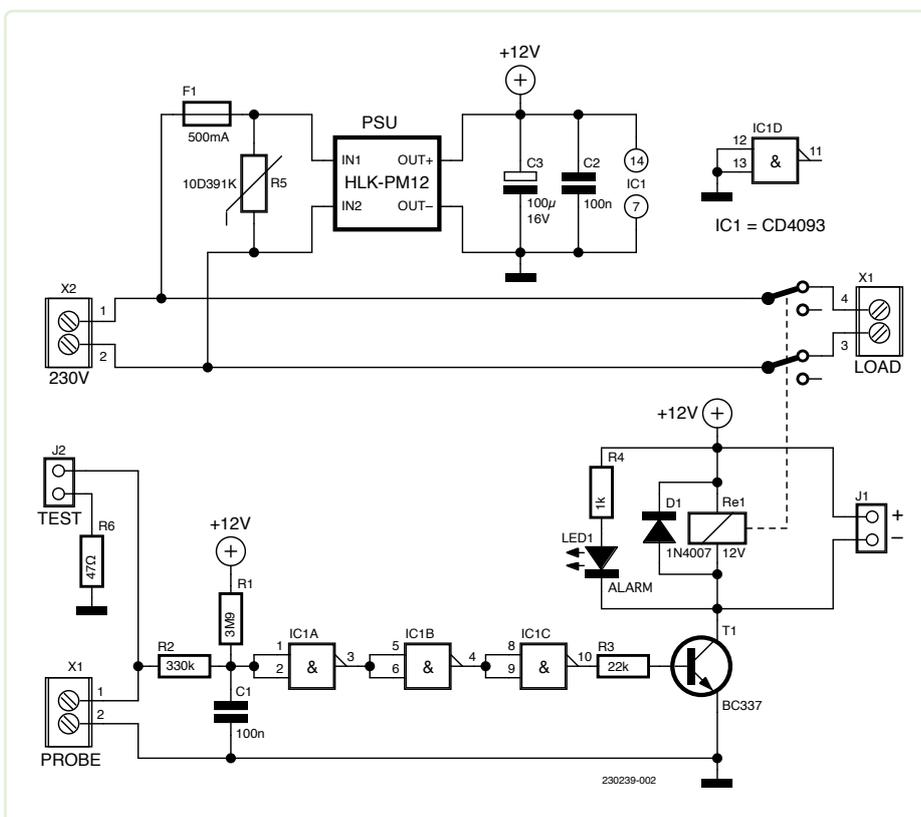


Bild 2. Die relativ einfache Schaltung.

dank der doppelten Invertierung durch IC1B und IC1C liegt an R3 ebenfalls 0 V an. Dadurch bleibt T1 und damit Re1 ausgeschaltet, weshalb die Last weiterhin über X1-3 und X1-4 über die Öffnerkontakte von Re1 mit Strom versorgt wird. Wenn Kondens- oder fließendes Wasser den angeschlossenen Sensor benetzt, kippt der Logikpegel des Eingangs an IC1A, T1 leitet, LED1 leuchtet als Alarmanzeige auf und das Relais zieht an, so dass die an X1 angeschlossene Last abgeschaltet wird.

Die Schaltung wird von einem kleinen stabilisierten Netzteil für Platinenmontage versorgt. Da IC1D nicht verwendet wird, sind seine Eingänge mit Masse verbunden, um undefinierte Zustände zu vermeiden.

Die Funktion der Schaltung kann mit einem Drucktaster (Schließer) an J2 getestet werden. Der Widerstand R6 simuliert den durchschnittlichen Widerstand eines nassen Wassertropfensensors, was eine realistische Simulation bei der Prüfung durch einen gedrückten Taster ermöglicht.

An J1 kann zum Beispiel eine blinkende 12-V-LED angeschlossen werden, um ein Wasserleck aus der Ferne anzuzeigen, oder ein akustischer Alarmgeber mit geringer Leistung, der für 12 V geeignet ist.

Der Varistor R5 schützt die Elektronik vor transienten Überspannungen. Wenn er aktiv wird und sein Widerstand aufgrund der hohen



Stückliste

Widerstände:

(SMD 1206, wenn nicht anders angegeben)

- R1 = 3M9
- R2 = 330 k
- R3 = 22 k
- R4 = 1 k
- R5 = Varistor 10D391K
- R6 = 47 Ω

Kondensatoren:

- C1, C2 = 100 n, SMD 1206
- C3 = 100 μ / 16 V, Elko, SMD, \varnothing 5 mm

Halbleiter:

- D1 = 1N4007 (DO213AB)
- LED1 = LED, rot, 3 mm
- T1 = BC337 (SOT23)
- IC1 = CD4093 (SOP14)

Außerdem:

- Re1 = Relais 12 V, 2x8 A, z. B. RT42412
- PSU = PCB-Netzteil HLK-PM12
- J1, J2 = 1x2-polige Stiftleiste
- X1 = 1x4-polige Schraubklemme, 5 mm
- X2 = 1x2-polige Schraubklemme, 5 mm
- F1 = Schmelzsicherung 500 mA
- Sonde = MH-RD Sensor (siehe Bild 1)

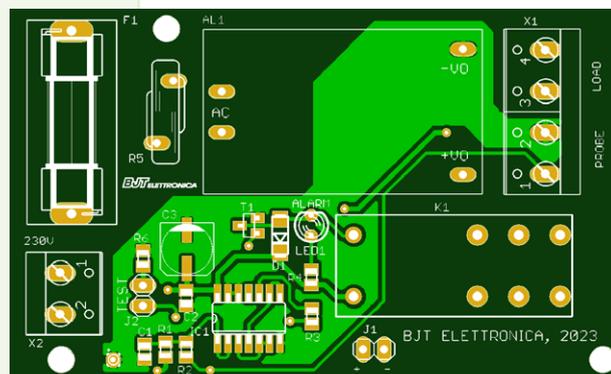


Bild 4. Die Platine des elektronischen Leckschutzes.

Spannung niedrig wird, brennt die Sicherung F1 durch und unterbricht die Stromversorgung.

Bild 3 zeigt meinen fertigen Prototyp. Wenn Sie das Projekt nachbauen und eine Leiterplatte herstellen möchten, können Sie sich ein Beispiel an **Bild 4** nehmen. Die Layouts stehen auf der Webseite dieses Artikels zum Download bereit [1].

RG – 230239-02

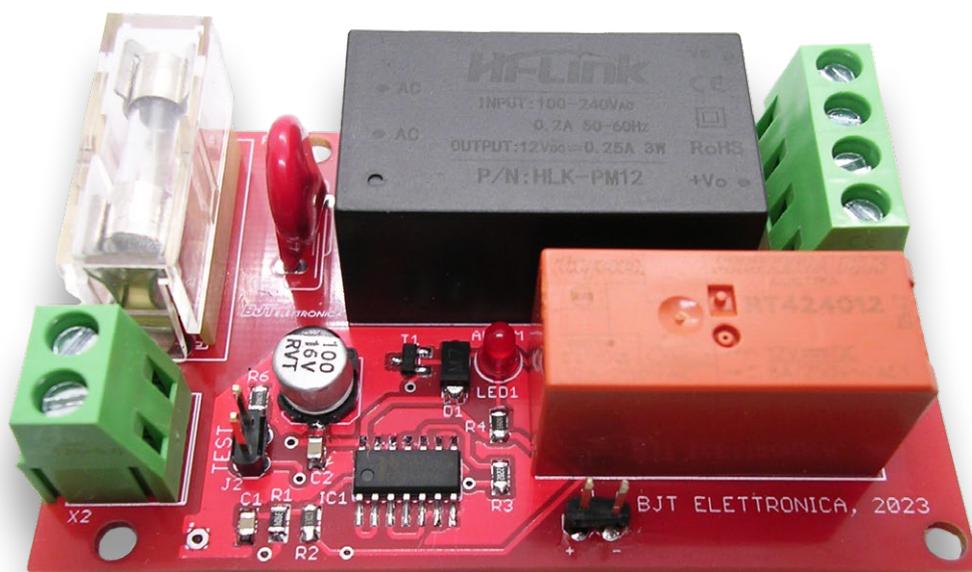


Bild 3. Der fertige Prototyp des Autors.

Haben Sie Fragen oder Kommentare

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an Elektor unter redaktion@elektor.de.

WEBLINK

[1] Layout-Download:
<https://elektormagazine.de/230239-02>



Passende Produkte

- > **Elektor 37-in-1 Sensorkit**
<https://elektor.de/16843>
- > **Dogan Ibrahim, „The Ultimate Compendium of Sensor Projects“**, Elektor 2019 Buch, Paperback:
<https://elektor.de/19103>

Bedienung

Der Taster S1 ist parallel zum Selbsthaltekontakt von Re1 geschaltet. Wird er gedrückt, so erscheint am Ausgang des Transformators nach der Gleichrichtung durch B1 und der Filterung durch C4 ganz kurz eine unstabilierte Spannung von 12 V_{DC}. Da der Timer durch R4 und C3 zurückgesetzt wird, ist der Pegel an allen Ausgängen zunächst Low. Unabhängig von der an J1 eingestellten Periode bleibt T1 zunächst offen, schaltet T2 durch und lässt das Relais anziehen, wobei es sich über den zu S1 parallel geschalteten Kontakt selbst hält. Nach 213 Takten geht Q14 auf High und schaltet das Relais ab, wodurch der gesamte Stromkreis stromlos wird und das Relais zusammen mit der Last ausgeschaltet bleibt. Wenn Sie Q13 an J1 bevorzugen, ist dies nach 212 Takten = 150 s der Fall. Mit Q12 beträgt die Einschaltzeit 75 s.

Ein kleines Manko der Schaltung soll nicht verschwiegen werden: Der schließende Taster S1 muss für die Last ausgelegt sein. Seine Kontakte müssen also die gleiche Strombelastbarkeit haben wie die des Relais. Für meinen Prototyp (**Bild 2**) habe ich ein Relais und einen dicken Taster mit 5-A-Kontakten gewählt.

Natürlich müssen Sie sich nicht an die hier aufgeführten Zeiten halten. Sie brauchen auch nicht das Trimpoti R7 zu verwenden, um die Periode an Q4 mit einem Frequenzzähler auf exakte Zeiten einzustellen. Für die Auswertung an TP1 genügt ein Oszilloskop oder eine einfache Stoppuhr, mit der Sie die Zeit von Q12 aufzeichnen. Wenn Sie andere Zeitspannen haben wollen, können Sie andere Ausgänge verwenden. Mit Q10 erhält man beispielsweise 18,75 s, mit Q9 9,375 s und mit Q8 nur 4,6785 s. Längere Zeiten kann man einstellen, wenn man andere Werten für die Oszillatorbauteile wählt. Die entsprechende Formel lautet:

$$F = 1 / (2,3 \times (R1 + R7) \times C1)$$

wobei der Widerstand von R2 etwa das Zehnfache der Summe von R1+R7 betragen sollte. Mit 100 nF für C1 können also leicht zehn Minuten für Q14 eingestellt werden. ◀

Stückliste

Widerstände:

R1 = 330 k
R2 = 3M9
R3 = 47 k
R4 = 220 k
R5 = 10 k
R6 = 1 k
R7 = 47 k Trimpoti

Kondensatoren:

C1 = 47 n
C2, C3 = 100 n
C4 = 220 µ / 25 V, Elko

Halbleiter:

D1 = 1N4001
D2 = 10 V, Z-Diode
T1, T2 = BC337
IC1 = CD4060B

Außerdem:

Tr1 = Transformator 12 V sek., 1 VA
Re1 = Relais 12 V, DPST 230 V / 5 A
S1 = Drucktaster, 230 V / 5 A
J1 = 2x3-polige Stiftleiste mit Jumper



Passendes Produkt

> Joy-IT JDS6600 Signalgenerator und Frequenzzähler
<https://elektor.de/18714>

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an Elektor unter redaktion@elektor.de.

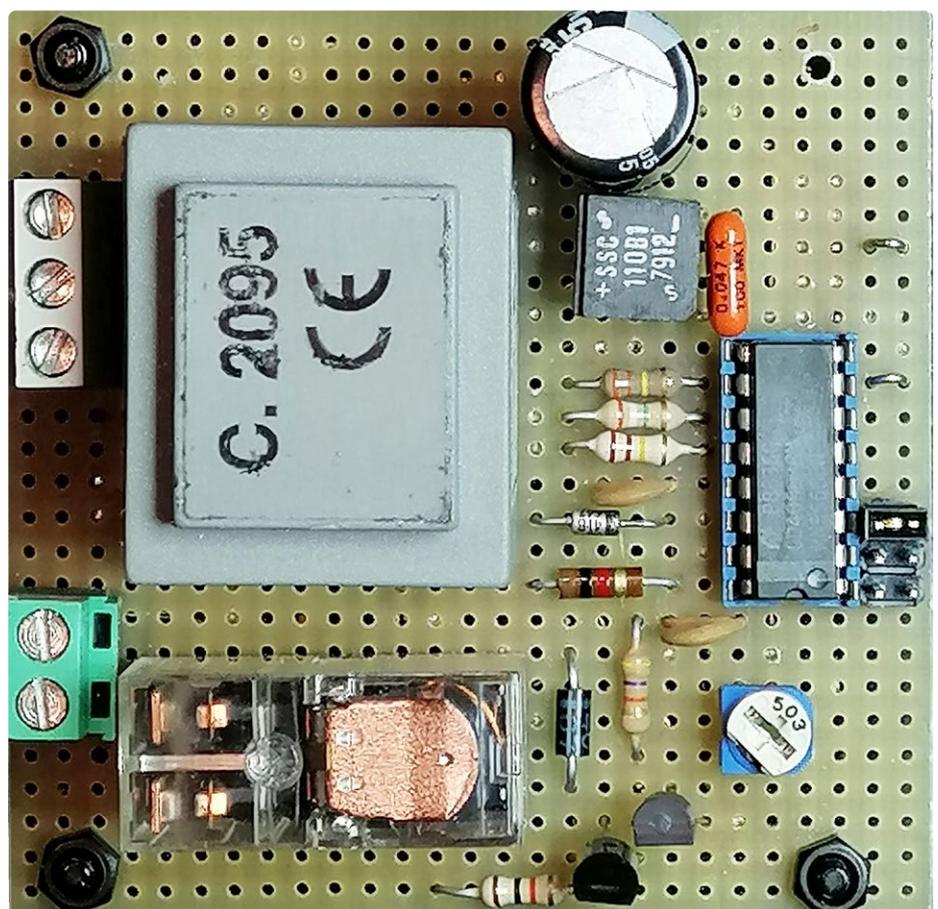


Bild 2. Die Anordnung der Bauteile auf der Platine des Prototyps.

RG - 230243-02

40 ChatGPT und Arduino

Bild 1. Antwort von ChatGPT auf meine Anfrage.



```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define sensorPin A0
#define I2C_ADDR 0x27
#define LCD_ROWS 2
#define LCD_COLS 16

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR, LCD_COLS, LCD_ROWS);

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Misura corrente:");
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float sensorValue = analogRead(sensorPin);
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  float current = (voltage - 2.5) / 0.185;
  Serial.println(current);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(current);
  lcd.print(" mA");
  delay(1000);
}

```

Von Roberto Vallini (Italien)

ChatGPT und Arduino sind zwei der spannendsten Technologien unserer Zeit. Sind Sie neugierig, was passiert, wenn Sie KI zur Programmierung von Arduino verwenden? Werfen wir einen Blick darauf!

ChatGPT ist ein auf künstlicher Intelligenz basierendes natürliches Sprachmodell, das von OpenAI entwickelt wurde, einem Forschungsunternehmen für künstliche Intelligenz, das im Jahr 2015 von Elon Musk, Sam Altman und anderen Investoren gegründet wurde. Das Modell wurde erstmals im Juni 2020 veröffentlicht und hat aufgrund seiner Fähigkeit, hochgradig kohärente und plausible Texte zu generieren, weltweites Aufsehen erregt. Das grundlegende ChatGPT-Modell, bekannt als GPT-1, wurde von OpenAI im Jahr 2018 entwickelt. Es wurde auf eine große Menge englischsprachiger Texte trainiert und bewies, dass es in der Lage ist, qualitativ hochwertige Texte in einer Vielzahl von Kontexten zu erzeugen. Seitdem hat OpenAI das GPT-Modell weiterentwickelt und verschiedene, immer fortgeschrittenere Versionen wie GPT-2 und GPT-3 herausgebracht. Diese Versionen haben die Fähigkeit des Modells, qualitativ hochwertigen Text zu generieren, weiter verbessert - von einfachen Sätzen über ganze Artikel bis hin zur Codegenerierung und qualitativ hochwertigen Antworten zu einer

Vielzahl von Themen. Die Verwendung von ChatGPT und ähnlichen Modellen hat in kürzester Zeit die Art und Weise, wie Menschen mit Technologie interagieren, revolutioniert und bietet neue Möglichkeiten in Bereichen wie virtuelle Assistenz, Inhaltsgenerierung, Übersetzung und mehr. Mit den Fortschritten der künstlichen Intelligenz ist es möglich, dass Modelle wie ChatGPT sich weiter verbessern und in naher Zukunft neue und interessante Anwendungen bieten werden. In meinem Projekt habe ich mich der Herausforderung gestellt, Arduino mit dieser KI zu programmieren, oder besser gesagt, die Fähigkeit eines angehenden Makers zu beurteilen, einen Code oder einen Sketch zu erstellen. Nun, es hat alles gut funktioniert, und ich muss sagen, dass es mich ein wenig beunruhigt. Ich möchte nämlich nicht, dass Maker in spe ChatGPT als Abkürzung für ihre Probleme sehen. Sie sollten sich mit Datenblättern und den allgemeinen Grundsätzen der Elektronik auskennen, und der Lötkolben muss in der Werkstatt immer griffbereit sein, vielleicht mit einer schönen selbstgebauten variablen Stromversorgung. Nur unter diesen Voraussetzungen ist ChatGPT eine schöne Hilfe und eine interessante Herausforderung.

Erste Schritte mit ChatGPT

Im unserem digitalen Zeitalter wenden wir uns zunehmend an virtuelle Assistenten, um Antworten auf all unsere Fragen zu erhalten. Ein solcher Assistent ist ChatGPT, der die Fragen der Benutzer mithilfe fortschrittlicher Techniken zur Verarbeitung natürlicher Sprache verste-

hen und beantworten kann. Um ChatGPT eine Frage zu stellen, muss man zunächst auf die Website (<https://chat.openai.com>) oder eine Plattform zugreifen, auf der diese KI verfügbar ist. In der Regel finden Sie dort eine Chatbox oder eine Schaltfläche mit der Funktion „Ask ChatGPT“. Sobald Sie diese gefunden haben, können Sie Ihre Frage in das Chat-Feld schreiben und sie an ChatGPT senden, um eine Antwort zu erhalten. Es ist wichtig, dass Sie Ihre Frage sorgfältig formulieren, da ChatGPT sich ausschließlich auf den von Ihnen eingegebenen Text verlässt, um eine Antwort zu geben. Es ist daher ratsam, klare und prägnante Fragen zu stellen; eine zu technische oder zu komplexe Sprache ist zu vermeiden. Um eine möglichst genaue und zutreffende Antwort zu erhalten, ist es außerdem ratsam, alle für die Frage relevanten Details anzugeben.

Sobald die Frage abgeschickt wurde, verarbeitet ChatGPT den Text und gibt innerhalb weniger Sekunden eine Antwort. Die Antwort kann je nach Komplexität der Frage und der geforderten Informationen kurz oder länger ausfallen. In jedem Fall ist es wichtig, die Antwort sorgfältig zu lesen und, falls nötig, zusätzliche Fragen zu stellen oder um Klarstellung zu bitten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ChatGPT eine KI ist, die immer schnelle und genaue Antworten auf alle Fragen der Nutzer geben kann. Dank der fortschrittlichen Techniken zur Verarbeitung natürlicher Sprache kann ChatGPT die Bedeutung von Fragen verste-

Listing 1: Die Codeausgabe von ChatGPT

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define sensorPin A0
#define I2C_ADDR 0x27
#define LCD_ROWS 2
#define LCD_COLS 16

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR, LCD_COLS,
LCD_ROWS);

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Misura corrente:");
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  float sensorValue = analogRead(sensorPin);
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  float current = (voltage - 2.5) / 0.185;
  Serial.println(current);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(current);
  lcd.print(" mA");
  delay(1000);
}
```

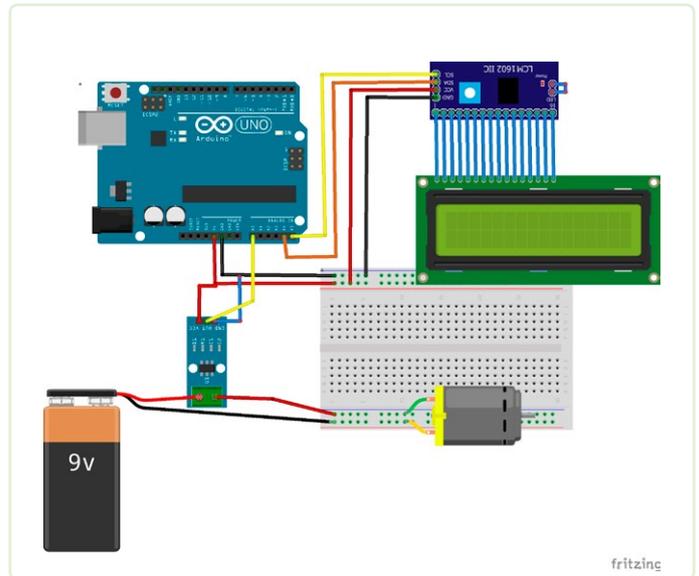


Bild 2. Der Schaltplan des Projekts.

hen und entsprechende Antworten geben. Um die besten Ergebnisse zu erzielen, ist es jedoch wichtig, klare und präzise Fragen zu stellen und alle für die Frage relevanten Details anzugeben.

Frage und Antwort

In **Bild 1** sehen Sie einen Screenshot, der die Antwort auf die Frage nach der Erstellung eines Arduino-Codes für die Strommessung mit AC712 und die Anzeige auf dem AC1602-Display mit I²C-Schnittstelle zeigt. In diesem Sketch wird der Stromsensor AC712 an Pin A0 des Arduino angeschlossen. Der Sensor misst den durch ihn fließenden Strom und wandelt diesen Strom mit dem Skalierungsfaktor 0,185 V/mA in eine Spannung um. Dieser Wert wird dann auf dem I²C-Display CM1602 als Strom in Milliampere (mA) angezeigt. Das Display wird in der Funktion `setup()` initialisiert, während in der Funktion `loop()` die Spannung vom Sensor gelesen und in einen Strom umgerechnet wird, bevor der Wert auf dem Display angezeigt wird. Der Wert wird auch im Seriellen Monitor zur Diagnose ausgegeben. Der aus ChatGPT kopierte und eingefügte Code ist in **Listing 1** dargestellt. ◀

RG – 230253-02

Über den Autor

Roberto Vallini ist ein Elektronikingenieur. Nach dem Abitur arbeitete er fast 20 Jahre lang in einem multinationalen Unternehmen der Prozesselektronik, wo er die Position des Bereichsleiters erreichte. Danach gründete er sein eigenes Unternehmen im elektromechanischen Bereich. Gegenwärtig ist Vallini im Bereich Information und technische Publikationen tätig und schreibt für viele Elektronik-Zeitschriften. Als er die Welt von Arduino entdeckte, war es „Liebe auf den ersten Blick“.



Passende Produkte

- > **Arduino UNO Mini (Limitierte Auflage)**
SKU 20098: www.elektor.de/20098
- > **Arduino UNO Rev3**
SKU 15877: www.elektor.de/15877





Z-Dioden-Messgerät

Messen von Z-Spannungen von Z-Dioden $\leq 100\text{ V}$

Von Giovanni Carrera (Italien)

Jeder Elektroniker sammelt alte Bauelemente in irgendeiner Schublade, weil er sie „irgendwann“ wieder verwenden könnte. Doch mit der Zeit werden die Beschriftungen der Bauteile unleserlich oder unverständlich, und es ist nicht immer klar, was diese Bauteile können. Bei Z-Dioden stellt sich auch die Frage, ob sie überhaupt noch in Ordnung sind. Mit Hilfe dieses Z-Dioden-Meters können solche Unklarheiten beseitigt werden.

Für meine Prototypen beziehe ich viele Bauteile von Platinen, die ich aus alten Geräten gerettet habe. Das hier beschriebene Messgerät verwende ich schon seit Jahren, um die Durchbruchspannung von Z-Dioden zu messen. Es eignet sich auch zum Testen von normalen oder Schottky-Dioden. Es liefert eine Messspannung von bis zu 100 V mit einem schaltbaren Konstantstrom von 5 mA oder 10 mA. Das kleine Gerät kann daher auch zur Prüfung von Glüh- oder Neonröhren verwendet werden. Für die Prüfung von LEDs ist es jedoch nicht zu empfehlen, da deren Sperrspannung meist nur bis 5 V spezifiziert ist und sie daher bei einem Anschluss in Sperrrichtung schnell defekt werden.

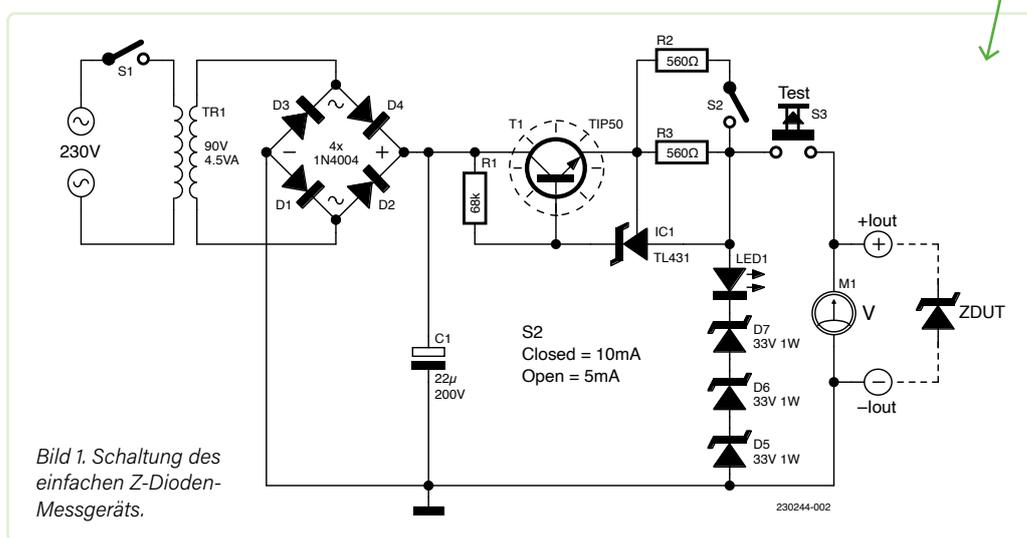
Das Schaltplänen

Bild 1 zeigt das Schaltbild des Z-Dioden-Meters. Basis ist IC1, ein Shunt-Regler TL431, dessen Spannungsbereich mit Hilfe von T1 massiv erweitert wurde. In dieser Schaltung führt diese Kombination zu einer stabilisierten Stromquelle mit einem Spannungsbereich zwischen 0 V und über 200 V. Dieses Verhalten ergibt sich daraus, dass IC1 versucht, die an ihm abfallende Spannung so einzustellen, dass an R3 (und R2) immer eine Spannung von $V_{\text{ref}} = 2,5\text{ V}$ abfällt. Bei $560\ \Omega$ für R3 führt dies zu einem Strom von etwa 4,5 mA. Ist S2 geschlossen, verdoppelt sich der Strom auf 9 mA. Dazu kommt noch der Strom, der durch R1 fließt. Im Datenblatt des TL431 [1] wird dieser Strom als I_{KA} bezeichnet.

Da die Spannung von kleinen Netztransformatoren bei geringer Belastung meist gut 20 % über dem Nennwert liegt, ist an C1 eine Gleichspannung von etwa 150 V vorhanden. Im Ruhezustand, also ohne angeschlossene ZDUT (Z-Diode Under Test) oder bei geöffnetem S3 steigt die Spannung am Ausgang der Stromquelle (beziehungsweise an der Anode von LED1) auf die Summe der Z-Spannungen aller drei Z-Dioden D5...D7 plus der Vorwärtsspannung

von LED1. M1 kann also eine Spannung von etwa 100 V messen, wenn S3 gedrückt wird, ohne dass eine ZDUT angeschlossen ist. Zurück zum I_{KA} : Die Differenz von 150 V und 100 V muss also über R1 abfallen, was zu einem I_{KA} von 0,5 mA führt. Wird der Ausgang kurzgeschlossen und S3 geschlossen, liegen an R1 fast 150 V an, so dass sich dieser Wert auf $I_{\text{KA}} = 1,5\text{ mA}$ erhöht. Der fließende und nur „relativ konstante“ Strom an den Ausgangsklemmen der Schaltung beträgt also je nach Spannung zwischen 5 mA und 6 mA, bei geschlossenem S2 etwa 9,5 mA bis 10,5 mA.

Um zu vermeiden, dass die Ausgangsbuchsen ständig unter Spannung stehen, habe ich einen Drucktaster S3 eingebaut. Wenn S2 geschlossen wird, verdoppelt sich der Strom von 5 mA auf etwa 10 mA. LED1 leuchtet, wenn S3 nicht gedrückt ist oder wenn keine ZDUT angeschlossen ist, während S3 gedrückt ist. Wenn S3 gedrückt wird und zum Beispiel eine 82-V-Z-Diode richtig herum an den Ausgang angeschlossen ist, wird die Spannung an M1 und an der Anode von LED1 auf 82 V begrenzt, so dass kein Strom mehr durch D5 bis D7 fließt und die LED dunkel bleibt. Wird eine Z-Diode oder eine normale Diode in Durchlassrichtung angeschlossen, sinkt die Spannung auf 0,7 V und die LED1 leuchtet ebenfalls nicht. Aber Vorsicht! Nicht alle „normalen“ Dioden vertragen 100 V in Sperrrichtung.



Zener, Z und Avalanche

Die Begrifflichkeiten leiten sich von der Tatsache ab, dass bei dieser Art von Dioden, die zur Erzeugung stabiler Spannungen verwendet werden, zwei Effekte zum Tragen kommen, nämlich der Zenereffekt (Elektronen „tunneln“ durch die Sperrschicht) mit einem negativen Temperaturkoeffizienten und der Avalanche-Effekt (lawinenartiger Ladungsträger-Durchbruch durch Stoßionisation) mit positivem Temperaturkoeffizienten. Die Temperaturkoeffizienten beider Effekte heben sich bei Spannungen zwischen 5 V und 6 V in etwa auf, darunter dominiert der Zenereffekt, darüber der Lawineneffekt. Aus diesem Grund sollten solche Dioden auch allgemein Z-Dioden genannt werden (was keine Elektor-Erfindung ist, sondern schon auf den Erfinder des Zenereffekts, Clarence Melvin Zener, zurückgeht). Streng genommen gibt es sogar noch einen dritten Typ: Dioden mit Spannungen unter 1,8 V. Eine Diode mit 1,5 V ist keine „echte“ Zener-Diode, sondern es handelt sich nur um zwei normale serielle Dioden in einem Gehäuse, die nicht in Sperrrichtung, sondern in Durchlassrichtung geschaltet sind. Dasselbe gilt für typische 0,7-V-Zenerdioden - sie besitzen nur einen p-n-Übergang wie normale Dioden, die auch in Durchlassrichtung verwendet werden.

Einige praktische Hinweise

Am schwierigsten ist es vielleicht, einen kleinen Transformator für Tr1 mit 90 V auf der Sekundärseite zu finden. Aber vielleicht entdecken Sie einen Transformator mit 2×48 V sekundär und schließen die Sekundärwicklungen in Reihe. Dann kommen sie auf 96 V, was kein Problem darstellt. Sie können auch zwei kleinere Transformatoren mit etwa 2,5 VA und einer Sekundärspannung von 48 V verwenden. Ihre Primärwicklungen werden dann parallel und ihre Sekundärwicklungen in Reihe geschaltet - natürlich in der richtigen Phase.

Warum überhaupt diese relativ hohen Spannungen? Nun, Z-Dioden gibt es mit Spannungen von 1,5 bis über 100 V. Mit einer maximalen Prüfspannung von 100 V sollte die große Mehrheit aller Z-Dioden abgedeckt sein. Nebenbei bemerkt: Wenn Sie so weit lesen, haben Sie schon einmal darüber nachgedacht, warum der Begriff „Z-Diode“ verwendet wird und warum nicht Zener-Diode? Der **Kasten Zener, Z und Avalance** erklärt die Terminologie. Für T1 wird ein NPN-Transistor mit hoher Spannung und mittlerer Leistung verwendet. Seine V_{CE} sollte über 200 V liegen. Da 10 mA multipliziert mit 150 V zu einer Leistung von etwa 1,5 W führen, muss T1 mit einem kleinen Kühlkörper ausgestattet sein.

Die Schaltung ist so einfach, dass man sie leicht auf einem Stück Lochraster aufbauen kann. Wegen der Spannungen von 100 V und mehr sollte man jedoch vorsichtig sein und sichere Abstände zwischen den Bauteilen auf der Platine einhalten. Ich habe die Elektronik in ein Kunststoffgehäuse eingebaut und ein dreistelliges DVM-Modul mit einem Spannungsbereich von 0...99 V für M1 verwendet (**Bild 1**). Die rote LED ist eine Einschaltanzeige und die gelbe LED mit der Bezeichnung O.C. ist die LED1. Es versteht sich von selbst, dass nach erfolgreichem Zusammenbau bei der Prüfung von Z-Dioden wegen der „prickelnden“ Spannung Vorsicht geboten ist. ◀

RG - 230244-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Senden Sie eine E-Mail an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Bild 2. Mein Prototyp leistet mir seit vielen Jahren gute Dienste.

Über den Autor

Als Universitätsprofessor an der Fakultät für Schiffstechnik im italienischen Genua unterrichtete Giovanni Carrera in zahlreichen Kursen zum Beispiel über Schiffsautomatisierung und die Simulation von Schiffsantriebssystemen. Carrera beschäftigt er sich mit dem Entwurf und der Entwicklung analoger und digitaler elektronischer Schaltungen, über die er in seinen Blogs (ArduPicLab und GnssRtkLab) und in verschiedenen Zeitschriften geschrieben hat.



Stückliste

Widerstände:

R1 = 68 k, 2 W
R2, R3 = 560 Ω

Kondensator:

C1 = 22 μ / 200 V, Elko

Halbleiter:

D1..D4 = 1N4004
D5..D7 = 33-V-Z-Diode, 1,3 W
LED1 = LED, gelb, 5 mm
T1 = NPN-Transistor, VCE ≥ 200 V, z.B. TIP50
IC1 = TL431

Außerdem:

S1, S2 = 1 A / 230 VAC SP-Schalter
S3 = 1 A / 230 VAC Drucktaste
M1 = DVM-Modul 3- oder 2,5-stellig, Bereich 100 V
Tr1 = 90 V sek. Trafo (siehe Text)
Kühlkörper für T1
2 Buchsen, 4 mm



Passendes Produkt

► Joy-IT VAX-1030 Drahtloses Multifunktionsmessgerät
<https://elektor.de/19199>

WEBLINK

[1] Datenblatt TL431: <https://ti.com/lit/gpn/tl431>



Servo-Tester

Von **Stefano Purchiaroni (Italien)**

Hier kommt eine praktische und preiswerte Schaltung, um jede Art von Servomotor mit bis zu 1 A maximaler Stromaufnahme zu testen.

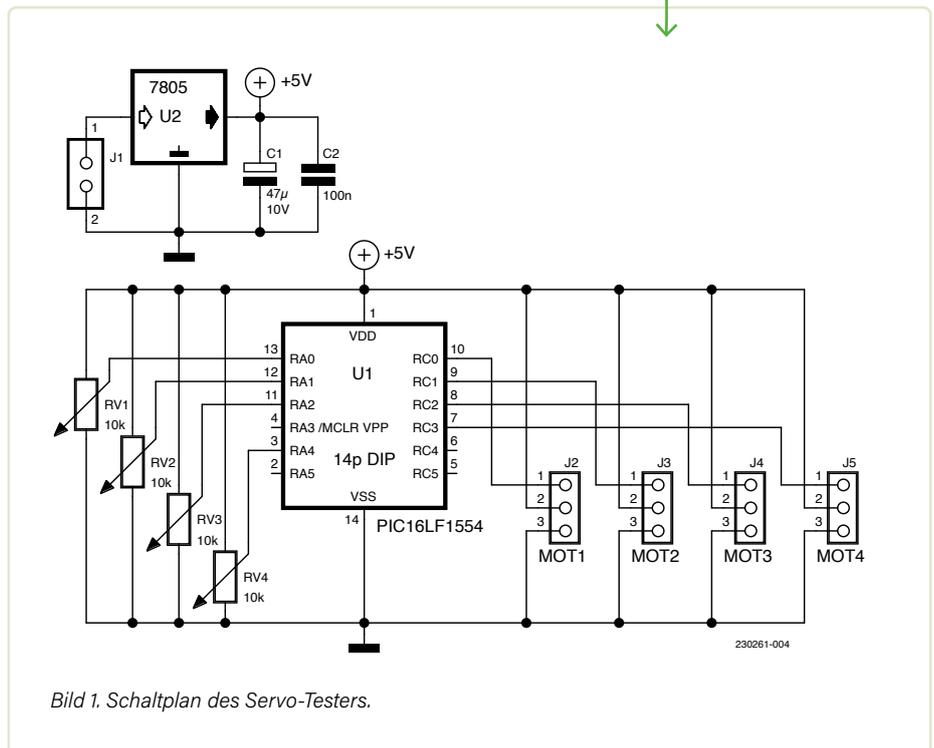
Der Schaltplan dieses Projekts (**Bild 1**) ist minimalistisch, weil der größte Teil der Arbeit von der Software erledigt wird, die in einem mit einem internen Takt von 16 MHz betriebenen Mikrocontroller PIC16LF1554 von Microchip steckt. Die Einstellung der Achsenpositionen von vier Servomotoren an MOT1...MOT4 ist durch die Betätigung von vier 10-k Ω -Potentiometern (RV1...RV4) möglich. Außer dem Controller und den Potis ist nur noch ein 7805-Spannungsregler nebst den üblichen Entkopplungs- und Glättungskondensatoren vorhanden, der verhindert, dass der Controller bei einer zu hohen Versorgungsspannung überhitzt.

Software

Die Steuerlogik wird von einem Programm in mikroC PRO für PIC (Version v5.6 oder höher) abgewickelt. Der Code, der unter [1] auch heruntergeladen werden kann, ist in **Listing 1** zu sehen. Er ist leicht auf andere Compiler übertragbar, aber der Wert, den ich experimentell für die `delay_us()`-Funktion gefunden habe, muss möglicherweise etwas überarbeitet werden.

Die vom ADC gemessenen Potentiometerwerte werden auf die internen Werte 0...99 abgebildet und bestimmen die Servoposition. Das Array `img` enthält die Dauer der Impulse, die an die Servos gesendet werden. Es wird durch eine Kette von 1-Werten gebildet, mit einer Länge von 0...99. Es gibt es vier einzelne Ketten, die an verschiedenen Bitpositionen kodiert sind - jede steht für einen Pin/Kanal/Servo.

Zunächst wird ein fester Impuls von etwa 0,5 ms an den Servo gesendet, dann geht es weiter mit einer variablen Impulslänge



in 100 Schritten, die durch die 1-Werte im `img`-Array bestimmt wird:

```
// Alle Ausgänge auf High setzen
PORTC = 0b11111111;
```

```
// Fester erster Impuls auf High
delay_us(500);
```

```
// Abspielen der vorbereiteten
Sequenz
```

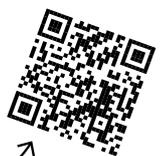
```
for (i = 0; i < 100; i++) {
    PORTC = img[i];
```

```
// Experimentell ermittelter Wert
delay_us(14);
}
```

```
// Nach dem Abspielen alle
Motorimpulse abschalten
PORTC = 0;
```

Die maximale Impulslänge beträgt etwa 2,5 ms. In den Servo-Datenblättern wird zwar ein anderes Intervall angegeben, um alle Servopositionen abzudecken, nämlich 1...2 ms, die Praxis zeigt jedoch, dass die maximale Servoauslenkung erst durch eine Erweiterung dieses Fensters erreicht wird. Es ist jedoch immer möglich, die Potentiometer auch in einem engeren Bereich einzustellen.

Ich habe ein
Demonstrationsvideo
auf YouTube
eingestellt [2]





Einige Hinweise

Der Code ist für andere Mikrocontroller mit mehr Pins anpassbar, um mehr Servomotoren anzusteuern. Für den Schaltplan in Bild 1 habe ich ein Platinenlayout [1] erstellt. Wenn Sie einen anderen Controller oder mehr Kanäle verwenden, müssen Sie das Layout (**Bild 2**) natürlich vor dem Ätzen anpassen. Ich habe ein Demonstrationsvideo auf YouTube [2] eingestellt. ◀

RG - 230261-02



Passendes Produkt

- **Mikroservo FS90 von FeeTech mit Zubehör**
<https://elektor.de/19788>

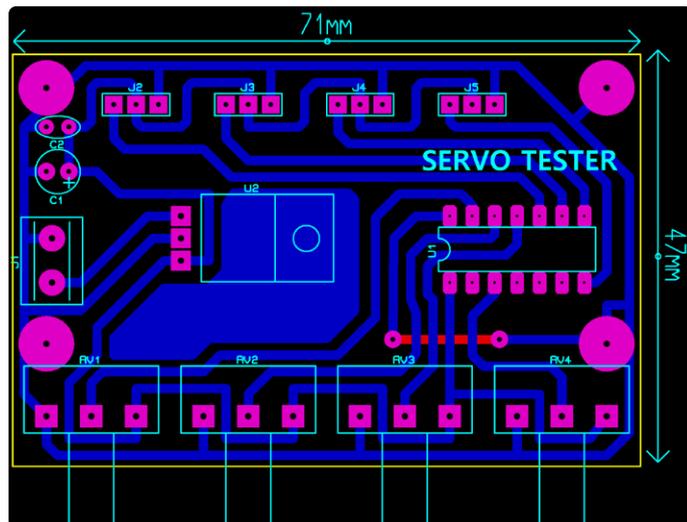


Bild 2. Skalieren Sie das Platinenlayout [1] auf die angegebenen Abmessungen.

WEBLINKS

[1] Downloads zu diesem Artikel: <https://elektormagazine.de/230261-02>

[2] Demonstrationsvideo: <https://youtu.be/LFJw72H-8GI>



Listing 1. Komplette Firmware für den PIC-Controller

```
//=====
//
// Servo Tester: drive up to 4 Servo Motors          SPU 12.2022
//
// It generates a 50 Hz pulse sized 0.5-2.5 ms by manual trimpot
// on four indelends.
//
// By SPU (info@purchiaroni.com) - Rome (IT)
//
// MCU Model:      PIC 16LF1554
// Oscillator:     Internal 20 MHz
// Compiler:       MikroC Pro 5.61 or higer
//
// Email me for schematic and documents: info@purchiaroni.com
// Homepage: www.purchiaroni.com
//
// Changes log
// 14.12.2022 - Code creation
//=====
// Timer1 preload value calculated for interrupt each 20ms (50 Hz pulses)
#define TMR1H_INI  0x63
#define TMR1L_INI  0xC0
// Various
#define OFF        0
#define ON         1
#define FALSE     0
#define TRUE      1
unsigned short img[100]; // Data for channels playback (max 8 channels)
int t1, t2, t3, t4;     // Times for pulses width
```



```
void TrimPots_Read() {
    // Map 0..1023 to 0..100 steps
    // (101, 102 values truncated by "for" cycles during playback)
    t1 = ADC1_Read(0) / 10;
    t2 = ADC1_Read(1) / 10;
    t3 = ADC1_Read(2) / 10;
    t4 = ADC1_Read(10) / 10;
}

//*****
// Interrupt management
//*****
void interrupt() {
    // Interrupt Service Routine. Called on any interrupt
    int i; // Generic local variable
    // ---TMR1---: Manage Timer1 overflow (each 0.1s)
    // to update remaining time
    if (PIR1.TMR1IF == TRUE) {
        // Keep Timer1 running
        TMR1H = TMR1H_INI; // Reload counter high byte
        TMR1L = TMR1L_INI; // Reload counter low byte
        PIR1.TMR1IF = FALSE; // Clear TMR1 Interrupt flag

        PORTC = 0b11111111; // Set all outputs to High
        delay_us(500); // Fixed initial pulse at High level
        for (i = 0; i < 100; i++) { // Play back the prepared sequence
            PORTC = img[i];
            delay_us(14); // Value derived by experimentation...
        }

        PORTC = 0; // Turn off all motor pulses after playback
        TrimPots_Read(); // Update the potentiometers' readings
        // Prepare a new sequence on the basis of last readings
        for (i = 0; i < 100; i++) {
            img[i] = 0;
            if (i <= t1) img[i] |= 0b0001;
            if (i <= t2) img[i] |= 0b0010;
            if (i <= t3) img[i] |= 0b0100;
            if (i <= t4) img[i] |= 0b1000;
        }
    }
}

void StartTimer() {
    // Timer1 Registers: Prescaler=1:2; TMR1 Preset=25536;
    // Freq=50,00Hz; Period=20,00 ms
    T1CON = 0b00010101;
    T1GCON = 0;
    // Settings for interrupt management
    INTCON.GIE = TRUE; // Global Interrupt Enable
    INTCON.PEIE = TRUE; // Peripheral Interrupt Enable
    // Start the Timer1 and then the Countdown
    TMR1L = TMR1L_INI; // preset for timer1 LSB register
    TMR1H = TMR1H_INI; // preset for timer1 MSB register
    PIE1.TMR1IE = TRUE; // Timer1 Interrupt enable
    PIR1.TMR1IF = FALSE; // Clear TMR1 Interrupt flag
}

//*****
// MAIN
//*****
void main() {
    int i; // Generic local variable
    // Oscillator and ports settings
    OSCCON = 0b01111000; // Internal clock 16 MHz
    ANSELA = 0b11111111; // PORTA analog
    TRISA = 0b11111111; // PORTA input
    TRISC = 0b00000000; // PORTC output
    ADC1_Init(); // Initialize ADC #1
    StartTimer(); // Start TMR1
    for (i = 0; i < 100; i++) img[i] = 0; // Clear the data image
    do { delay_ms(1000); } while (1); // Idle. Operations managed by ISR
}
```

43 ESP32-Windows-Controller mit kostenloser Software

Ein Beitrag von Matrix

Wer noch einen ESP32 in der Schublade liegen hat, für den ist hier das perfekte kleine Projekt! Es handelt sich um einen konfigurierbaren Universal-Controller: Motorsteuerung, digitale Eingänge und Ausgänge und Eingangsspannungs-Monitor. Dieses Projekt basiert auf einem ESP32, der über WLAN mit einem PC (und dessen HMI) kommuniziert.

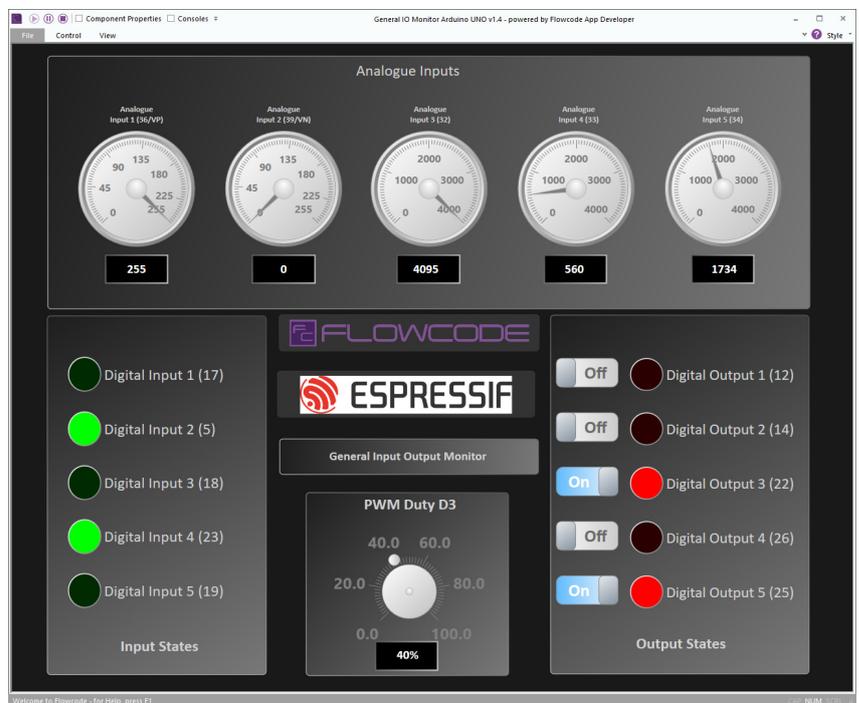
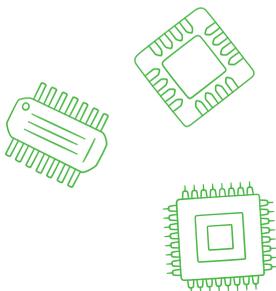


Bild 1. General-IO-Monitor mit Arduino UNO.



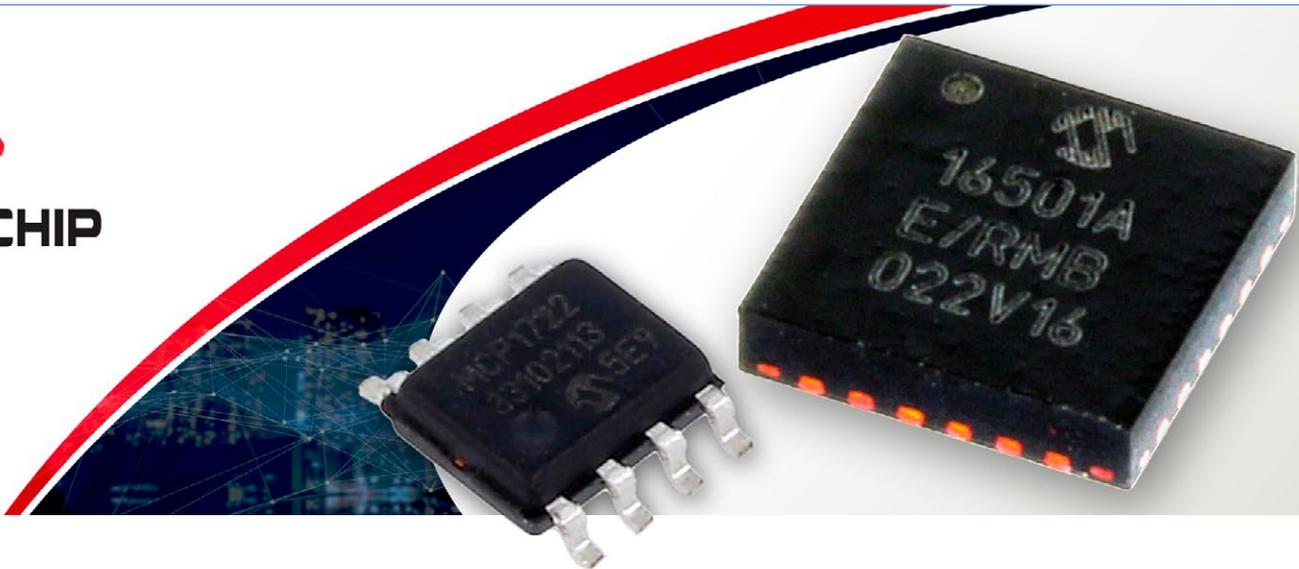
WEBLINK

[1] Flowcode: <https://flowcode.co.uk/>

Flowcode App Developer ist eine kostenlose Software zur Erstellung von HMI (Human Machine Interface) auf verschiedenen Plattformen: Windows-PC, günstige Controller wie dem ESP32, Arduino und Raspberry Pi, aber auch für Mikrocontroller mit USB-Anschluss wie einem PIC. Mit dem Flowcode App Developer werden Windows-HMI über Flussdiagramme, Blockdiagramme oder Pseudo-Code erstellt. Damit ist es auch für Einsteiger gut geeignet, relativ komplexe Systeme zu programmieren. Das hier vorgestellte Beispiel eines ESP32-

I/O Monitors hat die folgenden Eigenschaften: fünf digitale Eingänge, fünf digitale Ausgänge, fünf analoge Ausgänge und ein PWM Ausgang (siehe **Bild 1**). Als Erweiterungen sind möglich: 30 digitale Ein- oder Ausgänge, sechs analoge Eingänge, sieben PWM-Ausgänge, sechs Servo-Controller, 1-Wire-, I²C- oder SPI-Schnittstellen. Wie man dieses Projekt implementiert, ist auf der Flowcode Website nachzulesen [1]. Sowohl der Flowcode App Developer als auch der Sourcecode für dieses Projekt stehen als freie Downloads zur Verfügung. ◀

Übersetzung von Holger Neumann – 230399-02



Analoge und gemischte Systeme von Microchip

Energieeffizientes Versorgungsmanagement und Signalverarbeitung

Von Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.

Die Marke Microchip [1] ist vor allem als Hersteller von Mikrocontrollern und Mikroprozessoren, Speichern und anderen digitalen Schaltungen bekannt. Das Angebot des Herstellers umfasst aber auch hochwertige analoge und gemischte Schaltungen – mit innovativen Lösungen, die an moderne Anwendungen angepasst sind. Diese Produkte sind für Anwendungen in Verbraucher- und Industriegeräten, Mobilgeräten, Computern, Präzisionselektronik und sogar Schaltkreisen aus dem Automotive-Bereich bestimmt.

Nachfolgend präsentieren wir drei Artikelgruppen von Microchip: zur Leistungssteuerung und -management sowie für die analoge Signalverarbeitung. Wir empfehlen auch, die Details dieses Sortiments in unserem Online-Katalog zu erkunden.

PMIC-Lösungen von Microchip

Wir hatten bereits die Gelegenheit, über PMIC-Systeme (*Power Management IC*), das heißt, integrierte Schalt-

kreise zur Leistungssteuerung von Microchip in einem dediziertem Artikel [2] zu schreiben. In diesem Artikel konzentrieren wir uns daher auf allgemeine Informationen zu diesen Produkten. Dabei handelt es sich um DC-DC-Wandler, die sich durch kleine Abmessungen bei sehr breiter Funktionalität auszeichnen. Ihr Haupteinsatzgebiet ist die Stromversorgung von Schaltungen mit Mikrocontrollern und komplexeren Mikroprozessorsystemen. Sie können mit typischen Spannungen betrieben werden, die von Lithium-Ionen- und Lithium-Polymer-Zellen bereitgestellt werden (von 2,7 V bis 5,5 V DC). Ihre Fähigkeiten erfüllen die Herausforderungen, denen sich Spezialisten bei der Entwicklung elektronischer Systeme für die Massenproduktion stellen müssen (**Tabelle 1**).

Die Systeme des Types MCP16502 unterstützen energie-sparende DVS-Technologie (*dynamic voltage scaling*), haben vier unabhängige Kanäle von DC/DC-Stabilisatoren und die Möglichkeit der sequentiellen Umschaltung von Peripheriegeräten. Sie sind in VQFN-ICs mit 32 Pins (5 × 5 mm) untergebracht. In vielen Anwendungen dürfte die Funktionalität dieser ICs ausreichen, um die Stromversorgung aller Schaltungskomponenten zu verwalten. Außerdem kann der Betrieb des MCP16502 extern über den I²C-Bus gesteuert werden.

Tabelle 1:

Bedarf	Herausforderungen
Bereitstellung verschiedener Werte der Versorgungsspannungen und sequentielles Schalten der Leitungen, um einen stabilen Betrieb des Geräts zu gewährleisten.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ erhöhte Anzahl von Komponenten ➤ vergrößerte Leiterplattenfläche, die vom Stromversorgungsabschnitt eingenommen wird ➤ erhöhte Kosten der Schaltung
Berücksichtigung der Stromausbeute unterschiedlicher Speichertypen.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Leistungsteilschaltung abhängig vom verwendeten Speichertyp ➤ Längere Entwicklungszeit einer universellen Lösung
Abhängigkeit der Stromausbeute des Stromversorgungssystems von der Betriebsart des Mikrocontrollers.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ praktisch unmöglich bei Lösungen, die ausschließlich auf diskreten Elementen basieren ➤ keine optimale Energieaufnahme

Microchip bietet auch das Entwicklungs-(Evaluierungs-) Kit DT100105 [3], an, das es ermöglicht, sich mit den Möglichkeiten von PMIC-Lösungen vertraut zu machen und deren Umsetzung in der Prototyp-Phase von Projekten zu erleichtern.

LDO-Linearregler MCP1722

Geräte im Bereich der Unterhaltungselektronik (aber nicht nur dort) nutzen zunehmend Akkustromversorgung. Wiederaufladbare Zellen liefern hohe Ströme und haben eine relativ lange Lebensdauer. Ein Nachteil sind die Spannungsschwankungen, die sie erzeugen – wenn die Batterie entladen wird, nimmt die Klemmenspannung allmählich ab, sogar bis zu 20 %. Natürlich gibt es zahlreiche Schaltungen, DC/DC-Wandler und Bauteile, die die Spannung stabilisieren können, aber ihre Verwendung hat ihre Folgen: Sie können erhebliche Energieverluste verursachen oder Rauschen in die Schaltung eintragen. LDO-Linearspannungsregler (*low-dropout*) lösen das Problem ohne diese Nachteile. Zu den Vorteilen von LDO-Reglern gehören: keine Schaltgeräusche (es wird nicht geschaltet), geringere Größe der Baugruppe (es sind keine Spulen oder Transformatoren erforderlich), einfacher Aufbau und hohe Energieeffizienz. Darüber hinaus ermöglicht die Konstruktion von LDO-Reglern ihre Miniarisierung und Reduzierung der Produktionskosten (und damit auch die Erweiterung ihres Anwendungsbereiches). Die MCP1722-Reihe ist nicht nur im Zusammenarbeit mit anderen Microchip-Produkten interessant, sondern hält den Vergleich mit anderen Low-dropout-Spannungsreglern stand. Sie zeichnen sich durch einen weiten Eingangsspannungsbereich aus: von 4,5 V bis 55 V DC mit UVLO-Abschaltung (*Undervoltage Lock Out*) bei 2,7 V. Die ICs haben zwei Ausgänge: den ersten mit einer Spannung von $3,3 V_{DC}$ (maximaler Strom 50 mA) und den zweiten mit einem Strom von bis zu 100 mA bei 10 V oder $12 V_{DC}$ (je nach Modell). Sie zeichnen sich auch durch einen sehr großen Betriebstemperaturbereich (-40... 150 °C) und sehr kleine Baugrößen aus -



Bild 1. Das Gehäuseformat VQFN32 ermöglicht eine komplexe Schaltung auf einer Basisfläche von $5 \times 5 \text{ mm}$.

sie sind in SMD-Gehäusen vom Typ SO8 und VDFN8 erhältlich. Außerdem sind sie mit Überlast- und Überhitzungsschutz ausgestattet, die das System selbst und die Schaltung schützen, in der sie betrieben werden. Mit den beiden Pins *Power Good*, die im Open-Drain-Modus arbeiten, lässt sich der Betrieb des Reglers und die korrekte Spannung an seinen Ausgängen überwachen. Ein wichtiges Merkmal der MCP1722-Regler, insbeson-



Bild 2. Die Spannungsregler der MCP1722-Reihe sind in den Versionen SO8 und VDFN8 erhältlich.

Bild 3. Alle Verstärker der MCP648X-Familie sind für Oberflächenmontage ausgelegt.



dere im Zusammenhang mit mobilen Geräten, ist ein sehr niedriger Ruhestrom: Im inaktiven Zustand benötigen sie einen Strom von nur 50 μA . Wenn die *Shutdown*-Funktion in der Schaltung verwendet wird (die Schaltungen haben einen dedizierten SHDN-Pin), wird die Stromaufnahme des Reglers im Ruhezustand auf typisch 4 μA reduziert. Ein sehr niedriger Spannungsabfall, ein vernachlässigbarer Welligkeitsfaktor und ein präziser Wert der Ausgangsspannung ($\pm 2\%$) machen die Spannungsregler der MCP1722-Reihe zu einer hervorragenden Lösung für eine Reihe von Anwendungen. Das Einsatzspektrum wird zusätzlich durch die Zertifizierung nach AEC-Q100 erweitert, was bedeutet, dass die Systeme in Bordgeräten im Automobilbereich wie Fensterheber, Multimediasystem und so weiter eingesetzt werden können. Die Regler von Microchip können sich auch in Steuermodulen von kabellosen Werkzeugen beweisen (Akkuschrauber, Kettensägen et cetera), sowie in AV- und Haushaltskleingeräten (elektrische Zahnbürsten, Trockner), und schließlich auch in Drohnen und anderen RC-Modellen, überall dort, wo ein kompakter, leichter Aufbau besonders wichtig ist. Ein einzelner MCP1722-Regler kann gleichzeitig den Mikrocontroller versorgen und die entsprechende Spannung für den Gate-Treiber (*gate driver*) bereitstellen, der bei der Steuerung der H-Brücke und folglich des Elektromotors mitwirkt. Solche Möglichkeiten ermöglichen es, das Gewicht und die Oberfläche der Leiterplatte zu reduzieren.

Operationsverstärker MCP6486/7/9

Eine weitere bemerkenswerte Gruppe analoger Schaltungen aus dem Angebot von Microchip sind Operationsverstärker der Typen MCP6486, MCP6487 und MCP6489 - einfach, doppelt und vierfach. Alle Operationsverstärker arbeiten mit Spannungen von 1,8...5,5 V und Frequenzen bis zu 10 MHz.

Operationsverstärker sind unabdingbar in analogen und Mixed-Signal-Anwendungen. Sie werden am häufigsten in Systemen mit analogen Sensoren (Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Druckkraft und so weiter) eingesetzt, wo sie die Ausgangssignale der Sensoren verarbeiten und an die von Empfängern, Aktoren oder A/D-Wandlern benötigten Parameter anpassen. Eine beliebte Anwendung der Opamps ist auch die Verstärkung der Ausgangssignale einer DAC-Schaltung (D/A-Wandler). Darüber hinaus ermöglichen sie die Durchführung vieler anderer nützlicher Operationen wie das Herausfiltern von Störungen oder das Invertieren der Signalpolarität.

Wünschenswerte Eigenschaften von Operationsverstärkern sind ein möglichst geringer Leckstrom, eine hohe Störfestigkeit und eine geringe Leistungsaufnahme im Normalbetrieb. Das sind die Vorteile der Produktreihe MCP6486/7/9, bei der der Leckstrom 720 μA (pro Verstärker) nicht überschreitet. Die Systeme sind mit EMI-Filtern (*electromagnetic interference*) mit einem Gleichtakterdrückungsverhältnis von 61 dB bei 1,8 GHz ausgestattet. Die Offset-Spannung beträgt maximal $\pm 1,6\text{ mV}$ (was für Signale mit geringstem Pegel wichtig ist). Wichtige Vorteile der Opamps sind außerdem: kurze Startzeit (betriebsbereit innerhalb von 2,3 μs) sowie ein breiter Betriebstemperaturbereich von $-40\text{ }^\circ\text{C}$ bis $125\text{ }^\circ\text{C}$.

Verstärker von Microchip werden in verschiedenen Gehäusen und in verschiedenen Pin-Konfigurationen angeboten: MSOP8, SC70-5, SO8, SO14, SOT23-5, TSSOP14. Wie die oben beschriebenen Regler sind sie nach AEC-Q100 zertifiziert und können so im Automobilbereich, in Kraftstoff- und anderen Flüssigkeitspumpensteuerungen, Beleuchtungen, elektrischen Spiegeln und so weiter verwendet werden. Die Parameter der beschriebenen Komponenten ermöglichen ihre Anwendung auch in industriellen Schaltungen (Netzteile, Drucksensoren, optoelektrische Sensoren, Gas- und Flüssigkeitsdurchflussmesser), im Medizinbereich (Erfassung von Vitalfunktionen, biochemische Sensoren zum Beispiel im Bereich der Blutanalyse) sowie in Consumer-Geräten (Überwachung von Feuchtigkeit und Temperatur, Bewegungsmelder, Gas- und Rauchsensoren, GPS).

230409-02

WEBLINKS

[1] Microchip Technology: https://www.tme.eu/en/linecard/p,microchip-technology_632/

[2] PMIC-Lösungen von Microchip: <https://www.tme.eu/de/news/library-articles/page/43320/PMIC-Loesungen-von-Microchip/>

[3] Entwicklungs-(Evaluierungs-)Kits DT100105:

<https://www.tme.eu/de/details/dt100105/entwicklungsboards-fur-microchip-schalt/microchip-technology/>

Schnittstellen-Standards

Filter und Überspannungsschutz für den I²C-Bus

Von Andreas Nadler (Würth Elektronik)

Die Kommunikation zwischen Mikrocontrollern und ihrer Umgebung findet häufig per I²C-Bus statt. Je länger die Übertragungsstrecke, desto störungsanfälliger wird die Kommunikation. Mit einer geeigneten Filter- und Schutzschaltung lässt sich die Störfestigkeit deutlich erhöhen.

Der I²C-Bus (Inter-Integrated Circuit) ist eine populäre serielle Kommunikationsschnittstelle, die hauptsächlich genutzt wird, um Mikrocontroller mit Peripherie-ICs (z.B. Sensoren oder Speicher) zu verbinden. Der Bus nutzt jeweils eine bidirektionale Datenleitung (SDA) und eine Taktleitung (SCL). Er findet jedoch nicht nur innerhalb von Platinen Einsatz, sondern wird in vielen Applikationen mithilfe von diversen Steckverbindern und Kabeln in andere Bereiche erweitert. Dadurch wird der I²C-Bus potentiell anfälliger für Störungen von außen wie ESD, Burst und eingestrahlte HF-Störsignale. Ziel dieses Artikels ist es, dem Leser eine geeignete Filter- und Schutzschaltung vorzuschlagen, die die Störfestigkeit des I²C-Busses erhöht, ohne dass die Signalqualität der Daten- und Taktleitung leidet. Dazu wurden Simulationsmodelle in LTSpice erstellt und eine reale Applikation vermessen, um die Simulationsergebnisse zu verifizieren.

Topologie I²C-Bus

Der I²C-Bus arbeitet nach dem Prinzip „Master-Slave“, wobei der Master immer den Datentransfer initiiert. Aufgrund seiner geringen Komplexität hat der Bus eine große Verbreitung erzielt. Allerdings ist das Protokoll sehr

einfach konzipiert und die physikalische Topologie nur massebezogen (single-ended). Beides führt in der Praxis dazu, dass der Bus sehr anfällig auf externe Störungen (zum Beispiel bei EMV-Tests) reagieren kann. **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die I²C-Spezifikationen.

Alle ICs, die am I²C-Bus teilnehmen, besitzen Open-Kollektor-Ausgänge (**Bild 1 links**). Diese schalten die Pull-up-Widerstände abwechselnd auf Referenzmasse und generieren somit die logischen Zustände „1“ (V_{CC}) und „0“ (GND). Wie in Tabelle 1 ersichtlich ist, verringern sich die maximal zulässigen Flankenanstiegszeiten mit Zunahme der Datenrate. Der mathematische Zusammenhang der Min./Max.-Werte für die Pull-up-Widerstände ist durch folgenden beiden Gleichungen gegeben:

$$R_{\text{Pullup_min}} = \frac{(V_{\text{CC}} - V_{\text{L}})}{I_{\text{Pullup}}} \quad (1)$$

$$R_{\text{Pullup_max}} = \frac{t_{\text{r}}}{(0,8473 \cdot C_{\text{Bus}})} \quad (2)$$

V_{CC} = Referenz-Spannungspegel des I²C-Bus (Volt)
 V_L = Max. Logik „0“ Schwellwert (z.B. 0,4 V bei V_{CC} > 2 V)
 C_{Bus} = Max. parasitäre Buskapazität der Applikation (Farad)

t_r = Max. zulässige Anstiegszeit, abhängig von der Datenrate, (Sekunden)

I_{Pull-up} = Max. möglicher Strom durch die Open-Kollektor-Pins, (Ampere)

Die Pull-up-Widerstände [1] in Kombination mit der parasitären Buskapazität bilden ein RC-Glied. Das führt zu einer Verzögerung der Flankenanstiegszeit des Rechtecksignals. In vielen Applikationen ist dieses RC-Glied oftmals der limitierende Faktor in Bezug auf die maximal mögliche Datenrate und Kabellänge. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, ergibt sich daher nach der I²C-Spezifikation bei den meistverwendeten Datenraten (100 kbit/s und 400 kbit/s) eine maximale Buskapazität von 400 pF bei 3 mA Strom. Je kleiner die Pull-up-Werte gewählt werden, desto kürzer kann die Flankenanstiegszeit werden. Das untere Limit bestimmt, wie in Gleichung 1 ersichtlich ist,

Table 1. Die Spezifikationen des I²C-Busses im Überblick.

Modus	CLK	Max. Datenrate	Max. Anstiegszeit 0,3 - 0,7 VCC	Max. Buskapazität	Max. Strom
Standard	100 kHz	100 kbit/s	1000 ns	400 pF	3 mA
Fast	400 kHz	400 kbit/s	300 ns	400 pF	3 mA
Fast+	1 MHz	1 Mbit/s	120 ns	550 pF	20 mA
High Speed	3,4 MHz	3.4 Mbit/s	10 ns	100 pF	3 mA

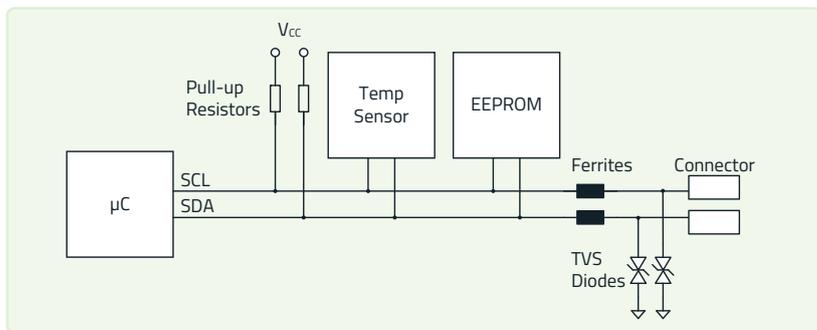


Bild 1. Vereinfachte Blockschaltung eines I²C-Busses mit Pull-up-Widerständen sowie rechts mit Ferriten und TVS-Dioden als Schnittstellenschutz für eine verbesserte Störfestigkeit und verringerte Störausendung.

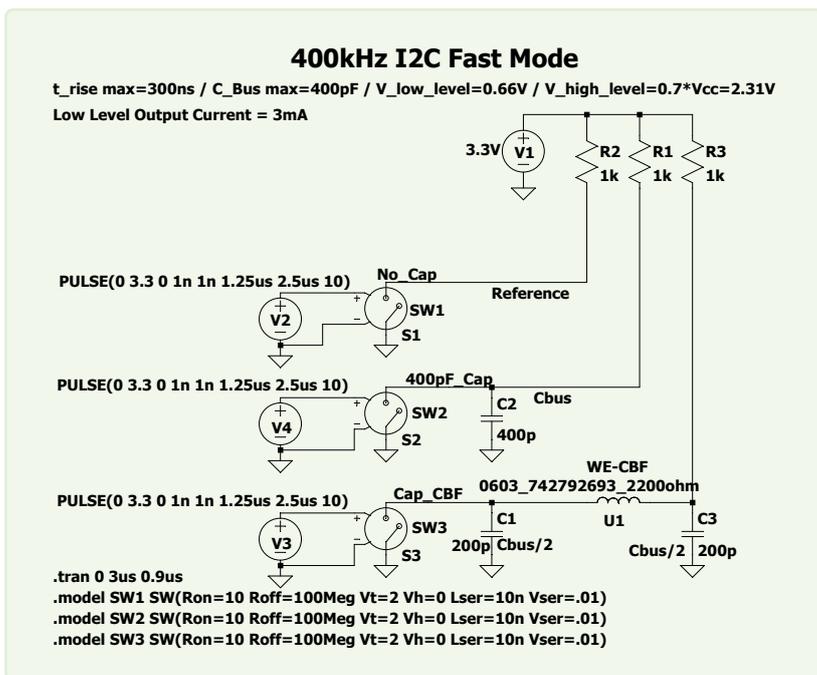


Bild 2. Schaltplan der LTspice-Simulation mit drei Kanälen 0 pF, 400 pF und 400 pF + Multilayer-SMT-Ferrit.

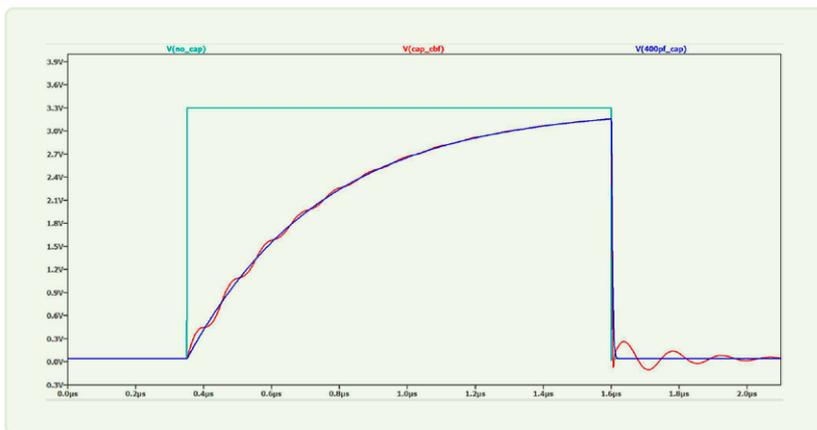


Bild 3. LTspice-Simulationsergebnis Time Domain 0 pF (Türkis), 400 pF (Blau) & 400 pF+ Multilayer-SMT-Ferrit (Rot).

den maximalen Logik-Low-Schwellwert, den Referenzspannungspegel und den maximal möglichen Strom.

- Die parasitäre Buskapazität hängt u.a. ab von:
- Länge und Breite der Leiterbahnen (ca. 0,5 pF/cm)
 - Länge und Art der Kabel & Stecker
 - Lagenaufbau und Dielektrizitätskonstante der Leiterplatten

Auswahl der Filter- & Überspannungsschutzbauteile

Um die Störfestigkeit gegenüber ESD, Burst und eingestrahlenen HF-Signalen zu erhöhen, bietet sich eine Kombination aus SMT-Ferriten plus TVS-Dioden an (Bild 1 rechts). Breitbandig wirkende SMT-Ferrite (wie **742792693**) bauen oberhalb von 10 MHz kontinuierlich Impedanz auf und sind daher in der Lage, den Bus gegenüber den hochfrequenten Störungen zu schützen. Überspannungen können zudem durch die TVS-Dioden wirksam auf Referenzmasse abgeleitet werden.

Da sich die Werte der Pull-up-Widerstände oftmals im Kiloohm-Bereich bewegen, spielen sowohl der R_{DC} als auch die Impedanz von SMT-Ferriten unterhalb von 10 MHz hier nur eine untergeordnete Rolle. Somit ist in einer ersten Überlegung davon auszugehen, dass die Flankenanstiegszeit des Nutzsignals praktisch kaum beeinflusst wird. Werden passende TVS-Dioden mit geringer Kapazität (wie **824012823** mit 0,18 pF) ausgewählt, so hat deren Bauteilkapazität ebenfalls keinen relevanten Einfluss auf die Signalqualität. Bei einem ESD-Test kann beispielsweise kurzzeitig ein Strom von über 10 A fließen, wodurch dann an dieser Diode eine Spannung von etwa 10 V anliegt. Alle weiteren ICs am I²C-Bus müssen diese Spannung dann aushalten. Dies funktioniert nur, wenn man eine niederimpedante Masse, etwa eine große Kupferfläche in einer Innenlage zur Verfügung stellt, um einen weiteren Spannungsabfall zu vermeiden.

LTspice-Simulation mit 400 kHz Taktfrequenz

Mithilfe des kostenlosen Simulationsprogramms LTspice lässt sich relativ leicht untersuchen, welchen Einfluss die parasitäre Buskapazität in Kombination mit den gewählten Pull-up-Widerständen hat. Bei einem spannungsgesteuerten Schalter wählt man die Funktion „Puls“ und legt anhand der gewünschten I²C-Spezifikation die gewünschte Bandbreite fest. Für die weit verbreitete 400-kbit/s-Variante wird eine Periodendauer von 2,5 µs gewählt. Bei einem Tastverhältnis von 50 % wird hierbei die „High“-Zeit auf 1,25 µs gesetzt. Um die maximal zulässige parasitäre Buskapazität von 400 pF ausnutzen zu können, wurden die Pull-ups auf 1 kΩ festgelegt. Es werden drei Kanäle (kann in der Praxis SCL oder SDA darstellen) simuliert (Bild 2):

- Ohne parasitäre Buskapazität
- 400 pF parasitäre Buskapazität
- 400 pF + Breitbandiger Multilayer-SMT-Ferrit (**742792693**)

Das Simulationsergebnis in Bild 3 zeigt, dass von dem Multilayer-SMT-Ferrit praktisch kein Einfluss auf die Anstiegszeit des Signals zu erwarten ist. Dadurch, dass jeder Multilayer-SMT-Ferrit auch einen Induktivitätsanteil hat, sind in Kombination mit der Buskapazität geringfügige Oszillationen sichtbar. Diese sind allerdings unkritisch, da deren Amplituden kleiner als 10 % des eigentlichen Nutzsignals sind.

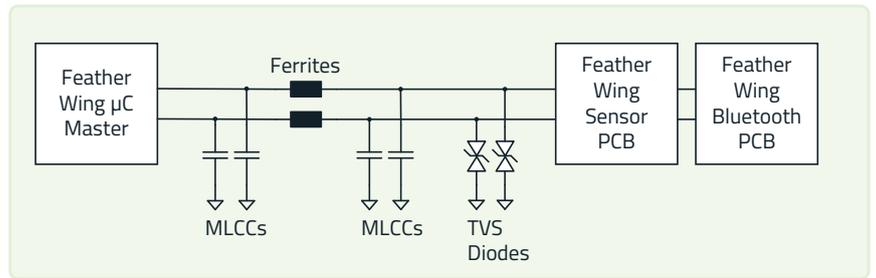
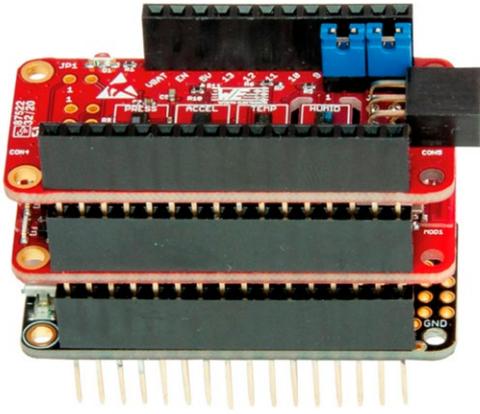


Bild 4. SensorBLE-FeatherWing-Kit von Würth Elektronik, bestehend aus Mikrocontroller-, Bluetooth- und Sensor-Platine.

Bild 5. Blockschaltung des Testaufbaus mit dem SensorBLE-FeatherWing-Kit von Würth Elektronik.

Messung an Applikation mit 400 kHz Taktfrequenz

Zur Verifizierung der relativ simplen LTspice-Simulation wurden zusätzlich Messungen an einem SensorBLE FeatherWing-Kit [2] von Würth Elektronik durchgeführt. Dieses Kit besteht aus einer Masterplatine mit Mikrocontroller, einer Platine mit WE-Bluetooth-Modul sowie einer mit verschiedenen WE-Sensoren (3-Achsen-Beschleunigung, Temperatur, Feuchtigkeit, Druck – Bild 4). Die Masterplatine kommuniziert mit den anderen beiden via I²C-Bus bei einer maximalen Datenrate von 400 kBit/s (Bild 5). Mit einer geeigneten Smartphone-App (zum Beispiel WE-SensorBLE) lassen sich die Sensordaten dann visualisieren. Zur Nachbildung einer parasitären Kapazität von 400 pF gegenüber GND kommen MLCCs zum Einsatz. Es wurde zudem der in der Simulation modellierte Multilayer-SMT-Ferrit (742792693) verbaut, plus ein TVS-Diodenarray (824012823). Kabelkitzen mit einer Länge von 20 cm verbinden die Sensorplatine mit dem restlichen I²C-Bus. Eine derartige Anordnung findet man in der Praxis in vielen Applikationen. Gemessen wurde immer der Spannungsverlauf an der SCL-Leitung. Die Messungen [3] zeigen praktisch ein identisches Ergebnis wie die Simulation (Bild 6). Sowohl die Anstiegszeit als auch die Signalqualität werden von dem Multilayer-SMT-Ferrit in Kombination mit der TVS-Diode nicht relevant negativ beeinflusst. Die als kritisch für das Timing zu bewertende Anstiegszeit des High-Signals hängt nur von der Buskapazität in Kombination mit den gewählten Pull-up-Widerständen ab. Mit der Smartphone-App (WE-SensorBLE) konnte in allen drei getesteten Szenarien eine fehlerfreie Funktion verifiziert werden.

Simulation und Messung im Einklang

Sowohl die Simulation als auch die Messung zeigen, dass SMT-Ferrite in Kombination mit ESD-Schutzdioden das Datensignal (SDA) und das Taktsignal (SCL) des I²C-Bus-

ses praktisch nicht beeinflussen. Die Flankensteilheit der Signale wird größtenteils durch die Pull-up-Widerstände in Kombination mit der parasitären Buskapazität beeinflusst. Im Gegenzug erhöht diese Bauteilkombination aus ESD-Schutzdiode und breitbandig wirkendem SMT-Ferrit die Störfestigkeit des I²C-Busses. In der Praxis bedeutet das insbesondere eine höhere Immunität gegen ESD, Burst als auch eingestrahelter HF-Signale. ◀

230400-02

Über den Autor

Andreas Nadler hat an der Techniker-Schule Kempten einen Abschluss als staatlich-geprüfter Elektrotechniker erworben. Anschließend hat er mehrere Jahre als Hardware Engineer im Bereich der getakteten Stromversorgungen und der Analogen Schaltungstechnik gearbeitet. Seit dem Jahr 2015 ist Nadler Field Application Engineer bei der Würth Elektronik eiSos GmbH in der Business Unit für passive und aktive Bauelemente. Dort ist er spezialisiert auf den Entwurf von EMV-konformen Stromversorgungen und Schnittstellen, sowie die gesamte Entstörung elektronischer Baugruppen.



Bild 6. Referenzmessung mit 1-kΩ-Pull-ups, Multilayer-SMT-Ferrit, TVS-Diodenarray, 20 cm Kabelkitzen und 400-pF-MLCCs (= 344 ns Anstiegszeit).

WEBLINKS

- [1] Arora, R.: „I²C Bus Pullup Resistor Calculation. Application Report SLVA689“ von Texas Instruments: <https://www.ti.com/lit/an/slva689/slva689.pdf>
- [2] SensorBLE-Featherwing-Kit: <https://bit.ly/43RY1C6>
- [3] Nadler, A.: „Filter und Überspannungsschutz für I²C-Bus. Application Note ANP121“: <https://www.we-online.com/ANP121>

44 Li-Ion-Batterie-Monitor

Restladungsanzeige bietet visuelle Rückmeldung

Von Antonello Della Pia (Italien)

Eine Restladungsanzeige bietet eine nützliche visuelle Information über den Ladezustand einer Batterie. Hier können Sie eine solche Anzeige mit einem einfachen Tiny-Mikrocontroller, LEDs und ein paar passiven Bauteilen bauen.

Li-Ionen-Batterien werden von Makern immer häufiger verwendet, aber die Nützlichkeit einer Restladungsanzeige wird nicht immer erkannt. Wenn Sie sich nicht auf kommerzielle Lösungen verlassen wollen, kann dieser einfache Entwurf mit einem ATtiny45-Mikrocontroller von Microchip Technology, sechs LEDs und einer Handvoll anderer Bauteile eine schnell aufgebaute visuelle Anzeige der Batterieladung liefern.

Die Grundvoraussetzung für dieses Projekt ist, dass die verbleibende Kapazität einer einzelnen Li-Ionen-Zelle in guter Näherung proportional zur Batteriespannung ist, und die Batteriespannung in diesem Fall gleich der Versorgungsspannung des Mikrocontrollers ist.

Überwachung mit Software

Ein Blick auf den Schaltplan in **Bild 1** zeigt, dass die ganze Magie in der Software steckt. Sechs LEDs zeigen

die Batteriespannung an. Man sieht, dass R2 und R3 den Strom der LEDs begrenzen, C1 und C2 sind die üblichen Bypass-Kondensatoren, und F1 ist eine rücksetzbare Sicherung, die die Batterie vor eventuellen Fehlern (Verpolung, Kurzschluss) schützt.

Der Quellcode [1] ist recht übersichtlich: Mit einem bekannten Trick misst die Funktion `readVccVoltage()` die Versorgungsspannung durch direkte Registermanipulation, wobei V_{CC} als Referenz am ADC0-Eingang gegen die interne Referenz des Mikrocontrollers von 1,1 V verwendet wird.

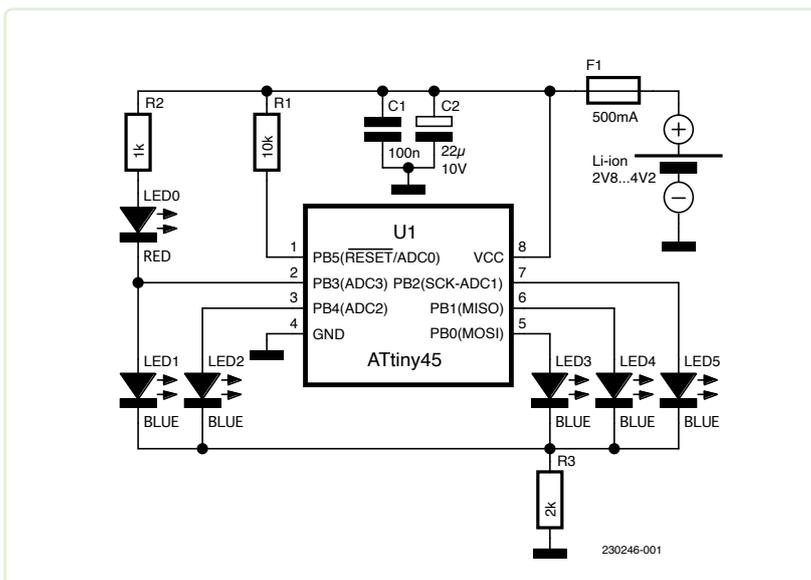
Die Genauigkeit der Messung hängt vom genauen Wert der Referenzspannung ab, der von Chip zu Chip stark variieren kann. Das Datenblatt des ATtiny25/45/85 gibt an, dass die 1,1-V-Referenz zwischen 1,0 V und 1,2 V variieren kann.

Es gibt zwar spezielle Routinen, um den genauen Wert von V_{ref} per Software zu bestimmen, aber ein einfacher Workaround ist, den Wert von V_{ref} experimentell zu verändern, bis man eine Messung erhält, die mit der eines digitalen Multimeters als Referenz vergleichbar ist. Zu diesem Zweck habe ich die Konstante `const float vRef` in den Sketch aufgenommen.

Als Nächstes, immer noch in der Schleife, finden wir einige bedingte Ausdrücke, die sechs kleine Spannungsfenster definieren, die dafür verantwortlich sind, ob eine entsprechende LED ein- oder ausgeschaltet wird. Die rote LED0 leuchtet bei Spannungen unter 3,00 V, LED1 über 3,20 V, LED2 über 3,40 V, LED3 über 3,60 V, LED4 über 3,80 V und LED5 bei über 4,00 V. Außerdem blinken zwischen 3,00 V und 3,20 V abwechselnd LED0 und LED1. Das abwechselnde Blinken von LED0 und LED1 wird dadurch erreicht, dass man den Pegel von Pin PB3 ändert und eine gewisse Verzögerung hinzufügt, genau wie im klassischen Arduino-Blink-Sketch. In unserem Fall steuert PB3, wenn der Pin high ist, LED1, und wenn er low ist, LED0.

Die Spannungsbereiche können natürlich per Code geändert werden. Wenn man bedenkt, dass eine Li-Ionen-Zelle typischerweise bei 3,00 V als vollständig entladen und bei 4,20 V als vollständig geladen gilt, können die Prozentsätze der Restladung leicht definiert werden. Der Quellcode wurde mit der Arduino-IDE 1.8.19 mit installiertem ATtinyCore 1.5.2 von Spence Konde geschrieben und kompiliert. Zum Flashen der MCU habe ich einen

Bild 1. Schaltplan des Li-Ionen-Monitors.

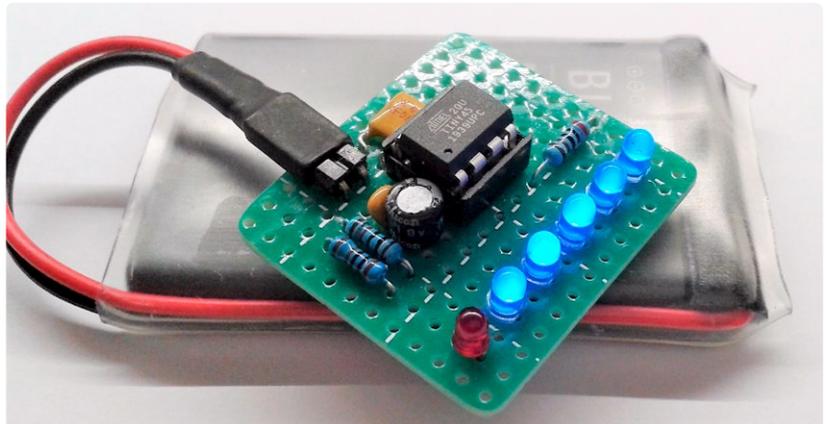


USBasp-Programmierer verwendet. Die Sketch-Datei *Li-ion_Battery_Monitor.ino*, die weitere Kommentare und Informationen enthält, kann leicht geändert und neu kompiliert werden. Eine Hex-Datei ist ebenfalls verfügbar.

Einige Hinweise

Die blauen LEDs müssen sehr hell sein und eine Vorwärtsspannung (V_f) von höchstens 2,70 V aufweisen. Die Gesamtstromaufnahme beträgt etwa 2 mA, wenn die fünf blauen LEDs eingeschaltet sind (V_{CC} höher als 4,00 V). ◀

RG - 230246-02



Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Wenn Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel haben, können Sie den Autor unter a.dellapia@elettronicaemake.it oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de kontaktieren.

WEBLINK

[1] Software auf der Webseite zu diesem Artikel: <https://elektormagazine.de/230246-02>



Passendes Produkt

➤ W. A. Smith, „Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language“, Elektor 2021
 Buch, Paperback: <https://elektor.de/20007>
 E-Buch, PDF: <https://elektor.de/20008>

▲ Bild 2. Aufbau des Lithium-Ionen-Batterie-Monitors auf einer Lochrasterplatine.

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #01

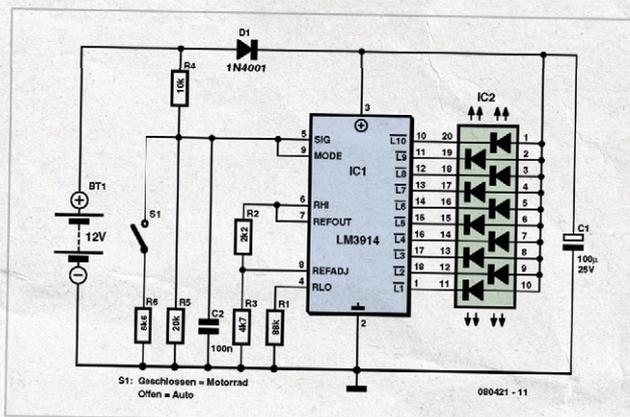
Batterietester für Auto und Motorrad

Von Joseph Zammit

Wer mit Camper oder Wohnwagen in den Urlaub fährt, ist für die mobile Stromversorgung meist mit einer Blei(gel)batterie als Energiequelle und zusätzlich mit einem Spannungswandler ausgerüstet, um auch Netzspannungsgeräte betreiben zu können. Der Urlaub wäre natürlich etwas getrübt, wenn der Akku gerade im unpassendsten Augenblick (man denke nur an die Fußball-EM!) leer werden sollte. Nur wer über den Ladezustand des Akkus informiert ist, kann rechtzeitig für eine Auffrischung am Ladegerät sorgen.

Mit dem Batterietester können nicht nur die 12-V-Akkus eines PKWs/Wohnmobils, sondern auch 6-V-Motorrad-Batterien getestet werden. Obwohl die Schaltung selbst nur wenig eigene Energie benötigt, sollte sie dennoch nicht längere Zeit oder sogar auf Dauer an der Batterie verbleiben.

In der Schaltung ermittelt der bekannte LM3914 (IC1) die Batteriespannung und zeigt sie mittels einer LED-Zeile an. Wenn die obere LED leuchtet, ist die Batterie voll geladen, bei der unteren benötigt



der Akku eine unmittelbare Kapazitätsauffrischung. Statt einer einfarbigen LED-Zeile könnte man auch farbige Einzel-LEDs einsetzen (rot-gelb-grün), um eine sofort ablesbare und eindeutige Anzeige zu erhalten. Mit Schalter S1 wählt man den

Spannungsbereich (12 V oder 6 V). Die in Reihe geschaltete Diode D1 schützt die Elektronik bei falsch gepoltem Anschluss der Akkuspannung.

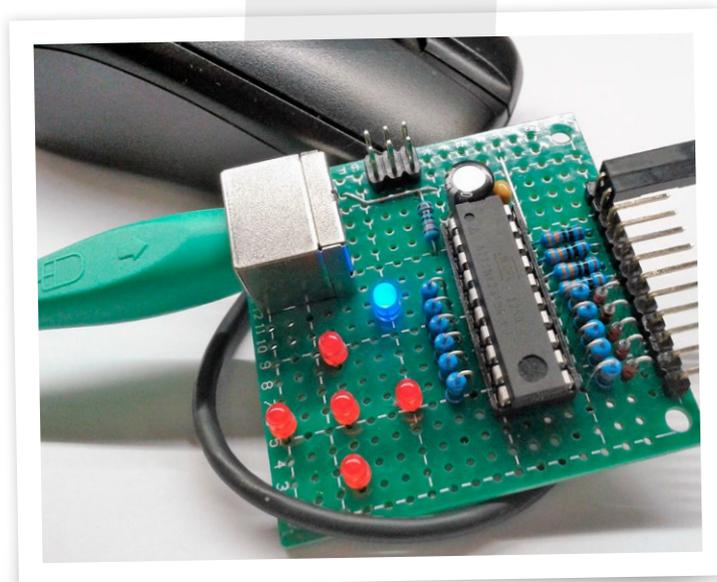
090421-11rg



45 PS/2-Maus als Drehgeber (und andere Kunststücke...)

Von Antonello Della Pia (Italien)

Das Ziel dieses Projekts war es nicht einfach, eine Maus an eine MCU anzuschließen, sondern eine Art generische Schnittstelle zu schaffen, die einen Drehgeber und seinen Schalter direkt ersetzen kann. Eine kleine Adapterschaltung auf der Basis eines ATtiny wandelt die Signale einer PS/2-Maus um, um neun Ausgänge zu steuern; zwei davon, um die Richtung des sich bewegenden Scrollrades zu kodieren.



Die Idee zu diesem Projekt entstand bei der Arbeit an einem anderen Projekt, das die Verwendung eines Drehgebers vorsah. Normalerweise benutze ich eine Maus mit einem Scrollrad, und ich habe mich gefragt, ob ein solches Gerät den normalerweise an einen Mikrocontroller angeschlossenen Quadratur-Encoder ersetzen könnte. Das Ziel war nicht, einfach eine Maus an eine MCU anzuschließen (wie man es oft im Internet sieht), sondern eine Art generische Schnittstelle zu schaffen, die einen Drehgeber und seinen Schalter direkt ersetzen könnte. Also konzentrierte ich mich auf eine alte PS/2-Maus, die ich herumliegen hatte, und nachdem ich im Internet eine gute Bibliothek gefunden hatte, die auch das Scrollrad verarbeiten konnte, begann die Herausforderung. Das Ergebnis, das mit Hilfe eines bescheidenen ATtiny2313A-Mikrocontrollers von Microchip und ein paar leicht erhältlichen Bauteilen erzielt wurde, ist eine alte Maus, die in einen Drehgeber mit Schalter, zwei zusätzliche Tasten und vier „Richtungsausgänge“ (auf, ab, links, rechts) und möglicherweise einen „Leerlaufausgang“ (*IDLE_LED output*) verwandelt wurde.

Der Schaltplan

Aus dem Schaltplan in **Bild 1** geht hervor, dass das PS/2-Protokoll außer der Stromversorgung nur zwei Anschlüsse verwendet: *Data* und *Clock*. Anhand der empfangenen Daten konnten neun Ausgangsinformationen unterschieden werden, von denen jede eine andere Funktion hat und die alle auf die Masse der Schaltung bezogen sind. Die Ausgänge *EN_A* und *EN_B* liefern das Quadratursignal, das die Wirkung der mechanischen Kontakte des Encoders simuliert, der Ausgang *EN_SWITCH*

entspricht dem Encoderschalter, während *L_CLICK* und *R_CLICK* die Kontakte der linken und rechten Maustaste darstellen. Die übrigen vier Ausgänge führen normalerweise Low-Pegel und schalten auf High, wenn die Maus die entsprechenden Bewegungen (links, oben, rechts, unten) ausführt, und verhalten sich damit ähnlich wie ein Joystick. All diese Ausgänge haben einen High-Pegel von 5 V. Die Dioden D1...D5 lassen die jeweiligen Ausgänge als Open-Collector, also als Schließer, erscheinen. Die fünf Ausgänge können auch problemlos an Schaltungen mit einem logischen High-Pegel von 3,3 V angeschlossen werden. Die 330-Ω-Widerstände schützen alle Ausgänge vor Überströmen. Die blaue LED leuchtet, wenn sich die Maus im Leerlauf befindet, während die fünf roten LEDs eine unmittelbare visuelle Rückmeldung über die ausgeführten Aktionen geben. Die Widerstände R2...R7 begrenzen den Strom durch die LEDs. Die Kondensatoren C1 und C2 sind die üblichen Bypässe für die Stromversorgung, während der Anschluss JP1 das Flashen der MCU über einen USBasp-Programmierer ermöglicht. Die Schaltung funktioniert mit einer 5-V-Stromversorgung, aber wenn die Maus es zulässt, klappt es auch perfekt mit 3,3 V.

Software

Der recht einfache Quellcode [1] wurde mit der Arduino-IDE 1.8.19 mit installiertem ATtiny-Core 1.5.2 von Spence Konde geschrieben und kompiliert. Im Sketch habe ich die `#define`-Direktive verwendet, um Makros zu erstellen, die anstelle der üblichen `digitalWrite()`-Funktion den Pin-Status zur Laufzeit setzen. In ähnlicher Weise habe ich die direkte Portmanipulation verwendet, um die Pins als Eingang/

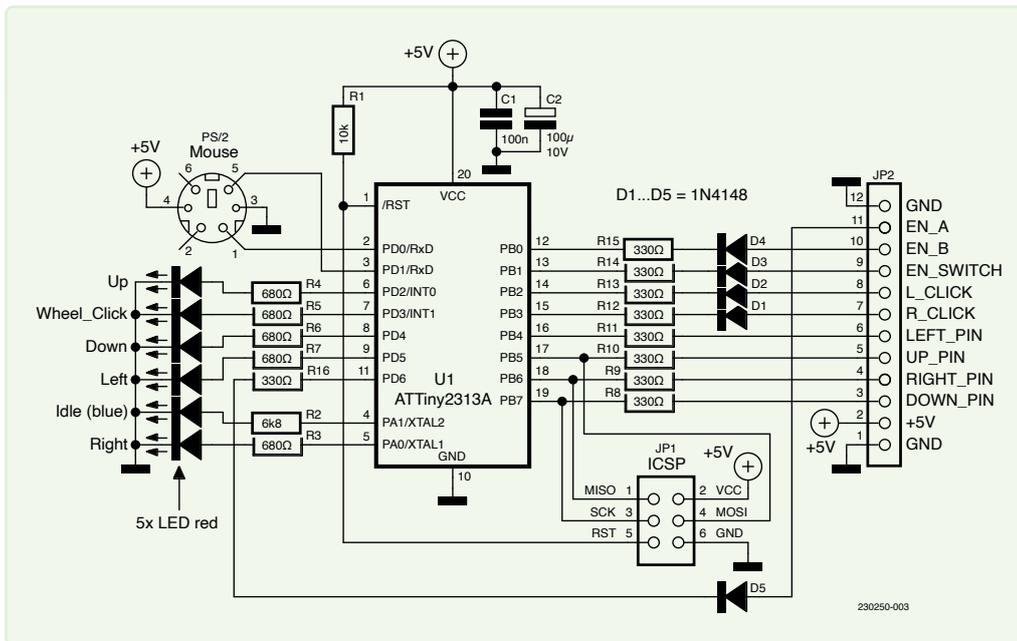


Bild 1. Der Schaltplan auf der Basis eines ATtiny.

Ausgang und ihren Anfangszustand in der `setup()`-Routine zu setzen, für das normalerweise die Funktionen `pinMode()` und `digitalWrite()` verwendet werden. Auf diese Weise beträgt die Größe des kompilierten Sketches nur 1830 Bytes, so dass der Code in den kleinen Flash-Speicher des ATtiny2313A (2048 Bytes) passt. Aus dem gleichen Grund ist es notwendig, im Werkzeug-Menü der IDE LTO (Link Time Optimization) auf „Enabled“ und die Verwendung von `millis()/micros()` auf „Disabled“ zu setzen.

In der Funktion `loop()` werden die von der `arduino-ps2-mouse`-Bibliothek verarbeiteten Daten durch bedingte Ausdrücke ausgewertet, die die drei Main-Funktionen entsprechend aufrufen. So erzeugt die Funktion `generateQuadratureSignal()` das Signal für die Ausgänge `EN_A` und `EN_B`, wenn das Scrollrad betätigt wird (siehe Bild 2). Ich habe das Quadratursignal auf einfache, aber effektive Weise erhalten, indem ich die Pins PD6 und PB0 in festen Intervallen und mit einer 90-Grad-Phasenverschiebung auf High/Low geschaltet habe. Die Funktion `mouseButtonHandling()` verarbeitet die Tasten, indem sie das Signal mit einer Switch-Anweisung an die jeweiligen Ausgänge weiterleitet. Und schließlich erkennt die etwas komplexere Funktion `mouseShiftHandling()` die Mausbewegungen entlang der Hauptachsen (X, Y, -X, -Y) und aktiviert die entsprechenden Ausgänge. Alle diese Funktionen sorgen auch für die entsprechenden LED-Anzeigen. Es kann auch sinnvoll sein, mit verschiedenen Werten für die

`delay()`-Funktionen und die Koordinaten, die die Mausposition definieren, zu experimentieren, um das Verhalten des Programms an verschiedene Mausmodelle anzupassen.

Die erforderlichen Bibliotheksdateien, `PS2Mouse.cpp` und `PS2Mouse.h`, sind bereits im Sketchordner enthalten, so dass sie nicht separat heruntergeladen werden müssen.

Der Sketch `PS2_Mouse_As_Rotary_Encoder.ino`, der weitere Kommentare und Informationen enthält, kann problemlos modifiziert und neu kompiliert werden. Die HEX-Datei ist ebenfalls verfügbar [1].

RG - 230250-02

Über den Autor

Antonello Della Pia interessiert sich seit seiner Kindheit für Elektrizität und elektronische Geräte. Er verfügt über ein Hochschuldiplom als Elektrotechniker. Antonello hat seine Leidenschaft für analoge und digitale Elektronik stets gepflegt und weiterentwickelt. Derzeit beschäftigt er sich mit Mikrocontrollern und Programmierung und versucht, seine Computerkenntnisse zu verbessern. Antonello liebt es, Projekte zu entwickeln und vorzuschlagen, die so originell wie möglich und - wie er hofft - auch interessant sind.

Haben Sie Fragen und Kommentare

Wenn Sie Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel haben, können Sie den Autor unter a.dellapia@elettronicaemake.it oder das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de kontaktieren.

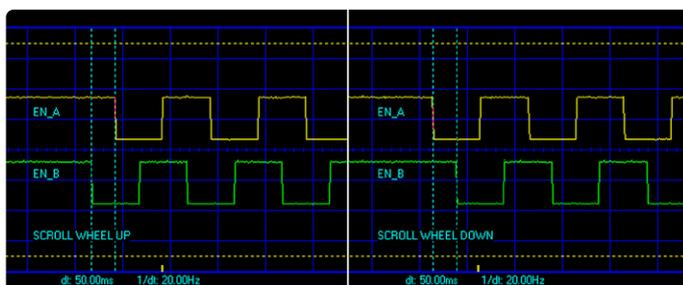


Bild 2. Die Software erzeugt das Signal für die Ausgänge `EN_A` und `EN_B`, wenn das Scrollrad betätigt wird.



Passendes Produkt

- W. A. Smith, „Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language“, Elektor 2021
Buch, Paperback: <https://elektor.de/20007>
E-Buch, PDF: <https://elektor.de/20008>

WEBLINK

[1] Software-Download auf der Webseite zu diesem Artikel: <https://elektormagazine.de/230250-02>

46 Einfacher Dämmerungsschalter

Nachrüstung von Lampen oder Installationen

Von Giuseppe La Rosa (Italien)

Ein Dämmerungsschalter ist eine nützliche Vorrichtung, die eine Lampe in der Abenddämmerung ein- und bei Sonnenaufgang ausschaltet. Einige Lampen haben diesen Schalter bereits eingebaut, aber wenn nicht, können Sie Ihren eigenen Dämmerungsschalter nachrüsten!



Bild 1. Ein einfacher LDR. Fast jeder LDR kann in dieser Schaltung verwendet werden.

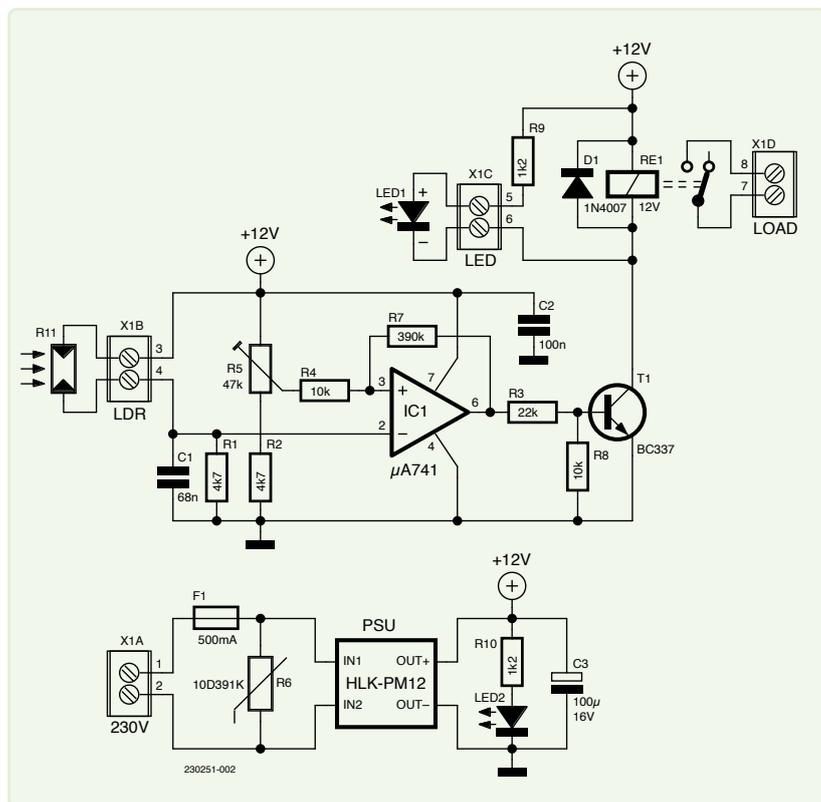
Bild 2. Vollständiger Schaltplan eines Dämmerungsschalters.

Der Dämmerungsschalter war eines der allerersten elektronischen automatischen Systeme, die sich auf dem Markt durchsetzten. Im Laufe seiner technischen Entwicklung hat er die üblichen Verbesserungen erfahren, aber sein Prinzip ist weitgehend erhalten geblieben. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Der Dämmerungsschalter war von Anfang an ein reines Solid-State-System, also elektronisch und ohne bewegliche mechanische Teile,

abgesehen vom Relais, das auch heute noch im Einsatz ist. Das Grundelement des Dämmerungsschalters ist ein noch immer gebräuchlicher Fotowiderstand, auch bekannt als LDR (Light-Dependent Resistor, siehe **Bild 1**). Ein LDR ist ein variabler Widerstand, was bedeutet, dass sein Widerstand variiert und keinen festen Wert besitzt. Die Veränderung ist proportional zur Beleuchtungsstärke: Bei völliger Dunkelheit beträgt der Widerstand zwischen den Anschlüssen eines Standard-LDR in der Regel mehrere Megaohm, während er bei direkter, intensiver Beleuchtung unter $1\text{ k}\Omega$ fallen kann. Mit diesen Eigenschaften ist es einfach, einen automatischen, lichtabhängigen Schalter zu bauen, der eine Lampe in der Abenddämmerung ein- und in der Morgendämmerung wieder ausschalten kann. Dazu müssen Sie lediglich einen Komparator und ein Relais (oder einen Triac) als Leistungsschalter hinzufügen. Auf diese Weise lässt sich leicht eine Schaltung realisieren, die zum Beispiel die Gartenbeleuchtung bei Einbruch der Dunkelheit einschaltet.

Die Schaltung

Bild 2 beweist, dass die Schaltung des Dämmerungsschalters tatsächlich elementar sein kann. Das zentrale Bauteil neben dem LDR ist der Operationsverstärker IC1, der als Komparator geschaltet ist. Er prüft, ob die vom LDR abhängige Spannung an Pin 2 niedriger ist als die Spannung an Pin 3, die mit R5 eingestellt wird und die Helligkeitsschwelle definiert. Wenn sie niedriger ist, geht der Ausgang des Operationsverstärkers auf High und T1 wird über R3 durchgeschaltet, wodurch das Relais anspricht und LED1 aufleuchtet. Mit R7 wird eine Hysterese realisiert, damit der Dämmerungsschalter im Übergangsbereich zwischen Hell und Dunkel nicht chaotisch mit dem Relais klappert.



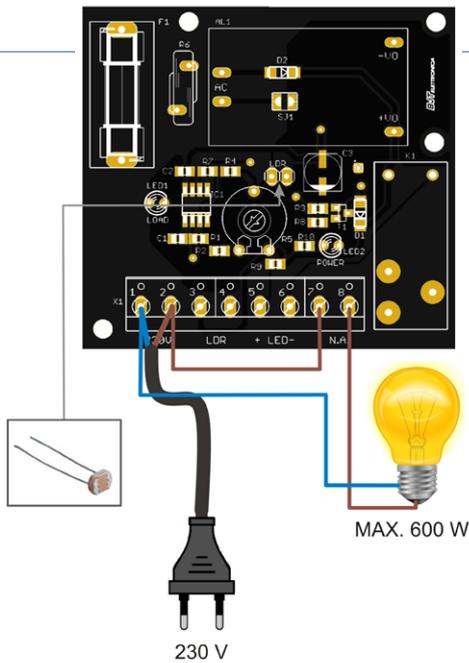


Bild 3. Aufbau der Platine und externe Anschlüsse.

Wenn man ein Relais mit einem Transistor schaltet, ist eine Vorsichtsmaßnahme erforderlich, denn ein Relais hat eine Spule und diese Spule verhält sich induktiv. Die Diode D1 verhindert eine Spannungsspitze, die beim Abschalten einer Induktivität auftreten und möglicherweise den Transistor zerstören würde. Die LED1 dient sozusagen als Kontrollanzeige, ob die Elektronik in der Dämmerung die Ausgangslast tatsächlich eingeschaltet hat.

Einige Hinweise

Die Schaltung wird von einem PSU-Stromversorgungsmodul gespeist, das für Platinenbestückung vorgesehen ist. Sie müssen nicht unbedingt dieses Modul verwenden - jedes andere kleine (stabilisierte) 12-V-Netzteil mit mindestens 100 mA Nennleistung ist ausreichend. Für diese Schaltung habe ich eine kleine Leiterplatte entwickelt, die den Nachbau vereinfacht. **Bild 3** zeigt die Bestückung mit (relativ großen) SMDs und die externe Verdrahtung. In **Bild 4** ist das Layout der Platine (Ober- und Unterseite) zu sehen. Die Entwurfsdateien sind als Download auf der Webseite dieses Artikels [1] verfügbar. ◀

RG - 230251-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an Elektor unter redaktion@elektor.de.



Stückliste

Widerstände: (SMD 1206, wenn nicht anders angegeben)
 R1,R2 = 4k7
 R3 = 22 k
 R4,R8 = 10 k
 R5 = 47 k Trimpoti
 R6 = Varistor 10D391K
 R7 = 390 k
 R9,R10 = 1k2
 R11= LDR

Kondensatoren: (SMD 1206, wenn nicht anders angegeben)
 C1 = 68 n
 C2 = 100 n
 C3 = 100 μ / 16 V, Elko, \varnothing 5 mm

Halbleiter:
 D1 = 1N4007, DO-213AB
 LED1 = LED, rot, 3 mm
 LED2 = LED, grün, 3 mm
 T1 = BC547, SOT23
 IC1 = LM741, SOP8

Außerdem:
 RE1 = Relais 12V / 10 A, Typ 40.515
 X1 = 1x8-polige Schraubklemme, Raster 5 mm
 F1 = Schmelzsicherung 500 mA
 PSU = Platinennetzteil 12 V / 3 W, HLK-PM12

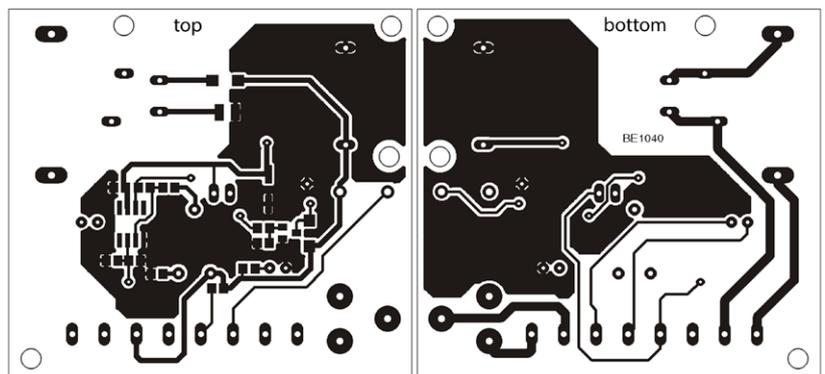


Bild 4. Platinenlayout, Ober- und Unterseite.



Passende Produkte

- > **OWON OW18B Digitales Multimeter mit Bluetooth**
<https://elektor.de/18777>
- > **PeakTech 8200 Messzubehör-Set**
<https://elektor.de/18600>



WEBLINK

[1] Layout-Download: <https://elektormagazine.de/230251-02>

47 Wasserpumpen-Controller

Bereiten Sie sich auf steigende Wasserstände vor

Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Aufgrund des Klimawandels regnet es in manchen Gebieten kräftiger und mehr als man es gewohnt ist, was das Risiko von Überflutungen erhöht. Halten Sie Ihren Keller oder Ihre Garage mit dieser automatischen Wasserpumpen-Steuerung trocken!



Bild 1. So habe ich die Pumpe in meiner Garage installiert.



Bild 2. Im Inneren des Wasserstandensensors befindet sich ein Reed-Relais; der weiße Ring ist ein eingegossener Magnet.

Nach tagelangen sintflutartigen Regenfällen drang in einer dunklen und stürmischen Nacht Wasser aus den übervollen Abflusssystemen in meine Garage ein. Um solche Katastrophen in Zukunft zu vermeiden, habe ich neben baulichen Maßnahmen wie Rückstauklappen und Überlauföffnungen eine Flachboden-Abflusspumpe installiert, die mit einem Filter für Partikel größer als 3 mm und einem Schwimmerschalter zur Aktivierung ausgestattet ist. Ich habe sie in einem 15 cm tiefen Pumpensumpf im Boden platziert, wie in **Bild 1** zu sehen. Der Schwimmerschalter, der mit der Pumpe geliefert wurde, benötigte aber eine Mindestauslenkung von 20...25 cm, um die Pumpe zu aktivieren, was bei der Tiefe des Sumpfes nicht gegeben war. Ich benötigte also eine Schaltung, die die Pumpe aktiviert, sobald 5...6 cm Wasser im Loch festgestellt werden. Das Ergebnis ist die hier vorgestellte Schaltung. Sie erfordert nur wenige Bauteile, die Sie wahrscheinlich in einer der Schubladen Ihres Labors finden dürften.

Ein Sensor schwingt immer, ein Oszillator nie

Eine frühe, naive Version der Schaltung löste ein merkwürdiges Schwingungsphänomen aus - reizvoll zu beobachten, aber schädlich für die Gesundheit des Gerätemotors. Die Pumpe schaltete sich ein, sobald das Wasser bis zur Auslöseschwelle anstieg, und saugte schnell etwa eineinhalb Liter ab. Dadurch sank der Wasserstand, öffnete den Sensorkontakt und schaltete die Pumpe ab. Dieses abrupte Starten und Stoppen der Pumpe verursachte eine Welle, die den Sensor erneut auslöste. Das System schwankte bald mit einer Periodendauer von etwa 1...2 s. Das musste ich verhindern!

Die Lösung

Diese Pumpen können nicht länger als eine halbe Stunde ohne Wasser eingeschaltet bleiben, da die Flüssigkeit auch zur Kühlung des Motors verwendet wird. Ohne Wasser überhitzt die Pumpe. Auch wenn sie über einen Wärmeschutz verfügt, sollte man sie vorsichtshalber nicht den ganzen Tag laufen lassen. Ich brauchte die Pumpe aber nur für ein paar dutzend Sekunden aktivieren, gerade genug Zeit, um den Sumpf trockenzulegen. Der von mir verwendete Wasserstandensensor (**Bild 2**) kann leicht online gefunden und gekauft werden. Er besteht aus einem Reed-Relais, das in ein wasserdichtes Rohr eingegossen ist. Ein in Polyurethanschaum eingegossener Ringmagnet gleitet am Rohr auf und ab. Es ist robuster, als es aussieht, und funktioniert perfekt. Der Schaltplan in **Bild 3** zeigt, dass das Reed-Relais schließt, wenn der Wasserstand über die Aktivierungsposition des Sensors ansteigt. Q1 schaltet sich ein und mit ihm das Relais RL1, und die Pumpe beginnt zu pumpen. Wenn der Wasserstand unter die Aktivierungsposition des Sensors fällt, öffnet sich das Reed-Relais. Die Ladung von C3 hält



Warnung!

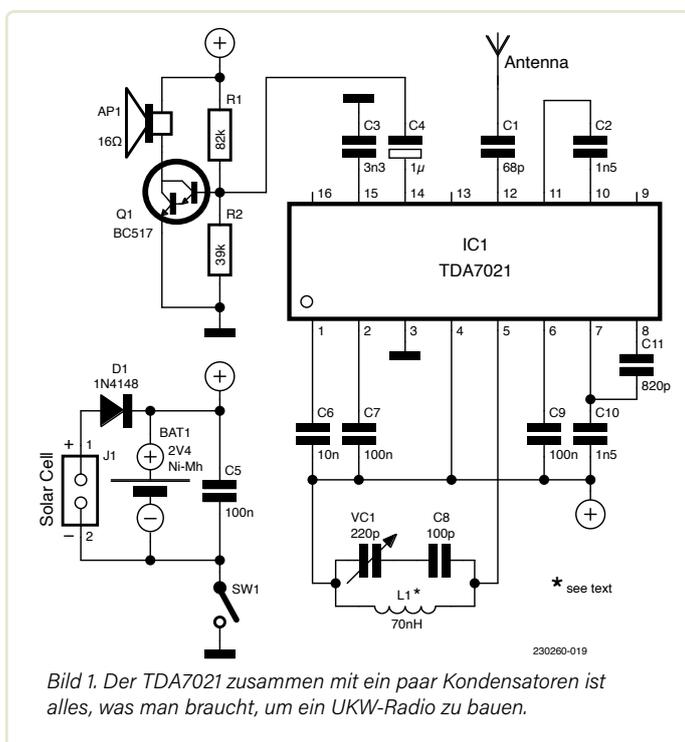
Diese Schaltung wird direkt mit Netzspannung betrieben; es gibt keinen trennenden Transformator. Treffen Sie daher beim Bau, beim Testen und Installieren der Schaltung entsprechende Vorsichtsmaßnahmen. Führen Sie dieses Projekt nur durch, wenn Sie über die erforderlichen Kenntnisse verfügen, um volle Sicherheit zu gewährleisten.

48 Solarbetriebene UKW-Radio- Weihnachtsbaumkugel

Alles, was Sie sich zu Weihnachten wünschen, ist genau dies

Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Sind Sie es leid, an Weihnachten den ganzen Tag Jingle Bells zu hören? Dann bauen Sie diese dekorative UKW-Radiokugel und wählen Sie einen Sender, der auch die Sex Pistols spielt.



Das hier vorgeschlagene niedliche Gadget vereint mehrere interessante Funktionen. Die Idee entstand während der Weihnachtszeit, als wir den Baum schmückten. Wie wäre es, eine Kugel mit einem UKW-Radio darin zu haben? Aber eines, bei dem die Batterien nicht ausgetauscht werden müssen, denn sonst müsste man die Kugel zerlegen... es sei denn, es wäre aufladbar, vielleicht durch Sonnenlicht. So entstand die Idee einer durchsichtigen Kugel mit einem Radio und einem Solarpanel im Inneren.

Der Schaltplan

Wichtigstes Bauteil im Schaltplan (**Bild 1**) ist natürlich der TDA7021 (IC1), ein UKW-Empfänger, der nur ein paar externe Kondensatoren und einen Abstimmkreis benötigt. Hierfür habe ich einen Drehkondensator aus der Schrottkiste und eine Luftspule mit einem Durchmesser von 6 mm verwendet, die aus acht Windungen 0,8 mm durchmessenden Kupferlackdraht besteht. Durch Ausdehnen oder Zusammendrücken der Spule kann das gewünschte Empfangsband eingestellt werden. Der Audioverstärker ist auf Q1, einen einzelnen Darlington-Transistor, beschränkt. Er funktioniert gut, auch wenn die Audioqualität nicht perfekt ist. Ich habe mit einer Schaltung mit drei Transistoren experimentiert, die besser funktioniert, aber ich plane ohnehin, in einer zukünftigen Version einen Stereo-Verstärker-IC zu verwenden (TDA2822D).

Das Radio wird von zwei AAA-NiMH-Akkus mit 700 mAh betrieben. Zwei Solarzellen laden sie auf, wenn das Umgebungslicht es zulässt.

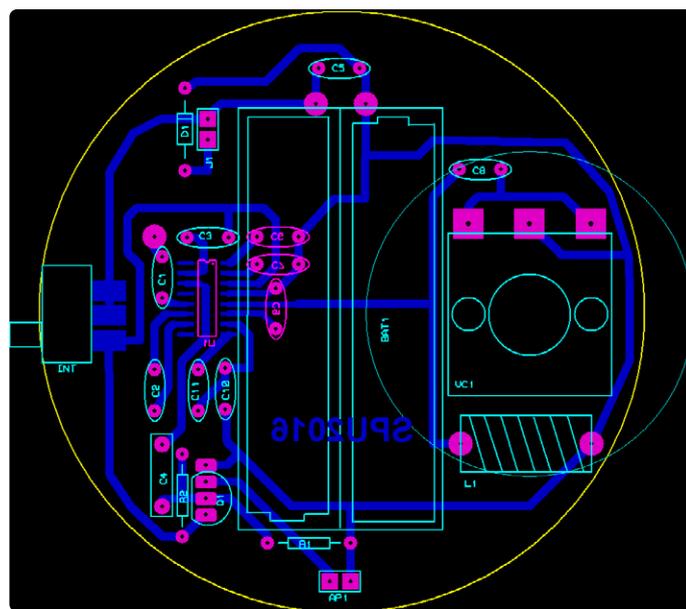


Bild 2. Diese einseitige Platine zeigt Bauteile auf beiden Seiten.

Platine und Montage

Ich habe eine einseitige Platine für die Schaltung entworfen (**Bild 2**), deren Layout unter [1] heruntergeladen werden kann. IC1 ist ein SMD und wird deshalb auf der Kupferseite montiert, zusammen mit einigen anderen Bauteilen, die wegen des Batteriehalters nicht auf die Oberseite passten. Letzterer lässt sich leicht mit doppelseitigem Klebeband befestigen.

Um den Anschluss eines besseren Soundmoduls anstelle von Q1 zu erleichtern, habe ich ein viertes Pad neben dem Footprint des Transistors angebracht. Wenn Sie es verwenden, montieren Sie R1 und R2 nicht. Für den Zusammenbau der Radiokugel (**Bild 3**) müssen Öffnungen in die beiden Schalen gefräst werden, aus denen die 8 cm lange transparente Kugel besteht. Der Schieberegler wird durch die eine Schale gesteckt, das Rad des Drehkondensators durch die andere. Der Lautsprecher wird auf der Seite des Schiebereglers an die Schale geklebt. Die beiden Solarpanels, die von ausgedienten LED-Strahlern aus dem Garten stammen, sind ebenfalls heißgeklebt.

Da es um Weihnachten geht, habe ich eine Weihnachtsgirlande als Antenne verwendet. Diese Girlande besitzt einen Metallkern, den ich mit einem Draht an den Antenneneingang von IC1 angeschlossen habe. ◀

RG - 230260-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter s.purchiaroni@elettronicaemake.it oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.



Bild 3. Die Weihnachtsradiokugel ist fertig montiert und bereit, den Weihnachtsbaum zu schmücken.

WEBLINK

[1] Downloads für diesen Artikel:

<https://elektormagazine.de/230260-02>

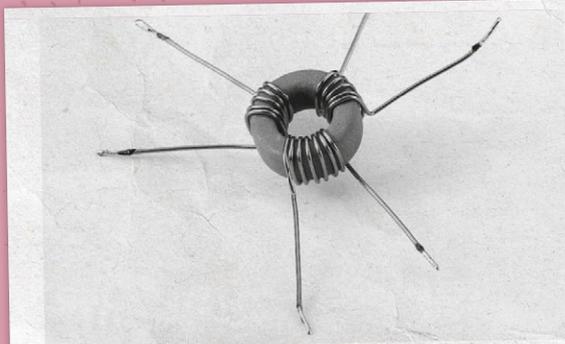


Passende Produkte

➤ Whadda WSPXL100 Weihnachtsbaum XL Löt- und Programmierbausatz inkl. Arduino Nano Every <https://elektor.de/20001>

➤ Whadda WSPXL103 Poly Rentier XL Löt- und Programmierbausatz inkl. Arduino Nano Every <https://elektor.de/20325>

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #02

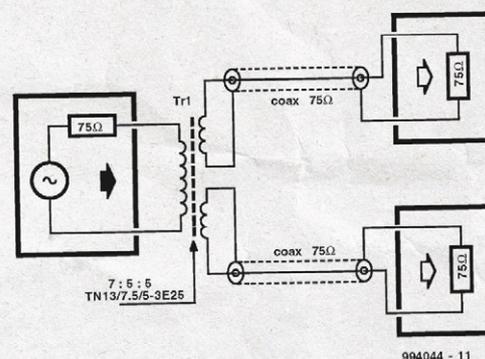


Mit dieser Schaltung kann ein digitales Ausgangssignal, z. B. eines CD-Spielers, auf zwei Eingänge verteilt werden. In der Vergangenheit wurden in Elektor bereits aktive, dem gleichen Zweck dienende Schaltungen beschrieben. Wenn es jedoch um eine möglichst einfache und preiswerte Lösung geht, ist dieser passive Splitter eine recht brauchbare Lösung.

Der Splitter ist nichts anderes als ein kleiner Trafo, den man leicht selbst wickeln kann. Als Wickelkörper wird ein Ringkern des Typs TN13/7,5/5-3E25 von Philips verwendet, als Draht dient Kupferlackdraht mit 0,5 mm Durchmesser. Die Primärwicklung besteht aus 7 Windungen, die beiden Sekundärwicklungen aus jeweils 5 Windungen. Die Bandbreite dieses Trafos reicht von 40 kHz bis

Ein kleiner Schönheitsfehler ist die Tatsache, daß die Ausgangsspannung um 34 % unter ihrem nominellen Wert liegt. Wie die Erfahrung zeigt, führt dies jedoch bei den meisten S/PDIF-Eingängen nicht zu Problemen. Im Zweifel kann man einen Eingang schnell auf Eignung testen, indem man probeweise einen Spannungsteiler 50 Ω/187,5 Ω vorschaltet. Der passive Splitter muß unmittelbar am Ausgang der Signalquelle angeordnet werden, damit die Bedingungen für eine störungsfreie Übertragung erfüllt sind.

(994044grd)



994044 - 11



49

Vibrationssensor mit Relais

Tippen oder Schütteln zum Einschalten

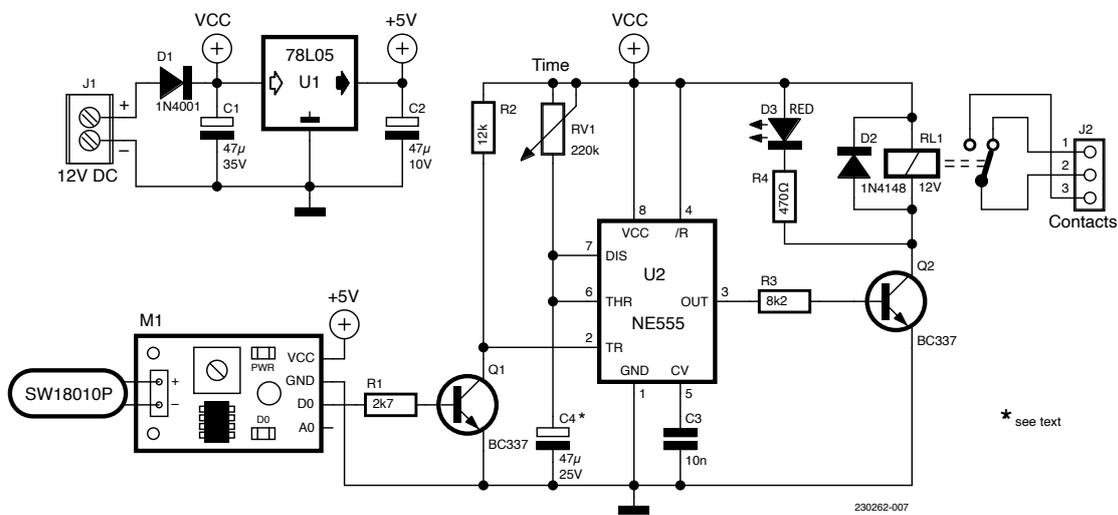


Bild 1. Das gute alte 555-Timer-IC - dieses Mal getriggert durch einen SW-18010-Vibrationssensor.

Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Ein Alarm oder ein Schalter, der durch eine Vibration ausgelöst wird, kann als Diebstahlsicherung für ein Motorrad nützlich sein oder um ein Licht durch Klopfen auf den Tisch einzuschalten. Eigentlich gibt es Tausende von anderen Anwendungen. Die einzige Grenze ist Ihre Phantasie.

Die hier vorgeschlagene Schaltung verwendet einen preiswerten, aber empfindlichen Sensor mit der Bezeichnung SW-18010. Dieser Sensor besteht aus einer flexiblen Metallfeder, die um einen Metallstab gelegt ist. Wenn der Sensor geschüttelt wird oder vibriert, berührt die Feder den Stab und erzeugt einen kurzen Kurzschluss. Der Sensor ist (meist) auf einem kleinen Modul montiert, das unter anderem einen Operationsverstärker und ein Trimpoti zur Einstel-

lung der Empfindlichkeit enthält. Der DO-Ausgang arbeitet binär und ist entweder High oder Low. Der AO-Ausgang wird in diesem Projekt nicht verwendet.

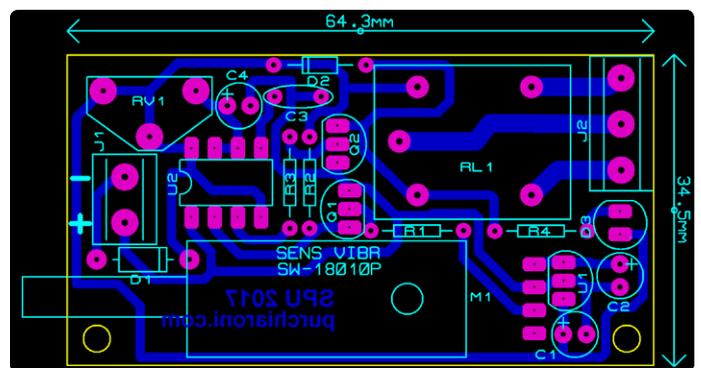


Bild 2. Die Schaltung kann auf dieser Platine aufgebaut werden. Achten Sie darauf, das Layout entsprechend den angegebenen Maßen zu skalieren, bevor Sie die Platine ätzen.

Schaltplan

Der Spannungsregler U1 in der Schaltung (**Bild 1**) versorgt das Sensor-Modul mit 5 V. Das Ausgangssignal an DO wird von Q1 invertiert, um einen 555-Timer anzusteuern, der als monostabiler oder One-Shot-Multivibrator konfiguriert ist. Dessen Ausgang steuert mit Hilfe von Q2 das Relais RL1. Mit dem Poti RV1 kann die Länge des Ausgangsimpulses auf 0,1...10 s eingestellt werden. Die Impulsdauer kann verdoppelt werden, wenn man den Wert von C4 auf 100 μF erhöht.

Die Spule von RL1 ist für 12 V ausgelegt, was die erforderliche Versorgungsspannung bestimmt. Niedrigere Versorgungsspannungen sind möglich, wenn das Relais durch einen 6-V- oder 9-V-Typ ersetzt wird. Ein Platinenlayout (**Bild 2**) für die Schaltung ist unter [1] verfügbar. Der aufgebaute Schwingungsdetektor ist in **Bild 3** zu sehen. 

RG - 230262-02

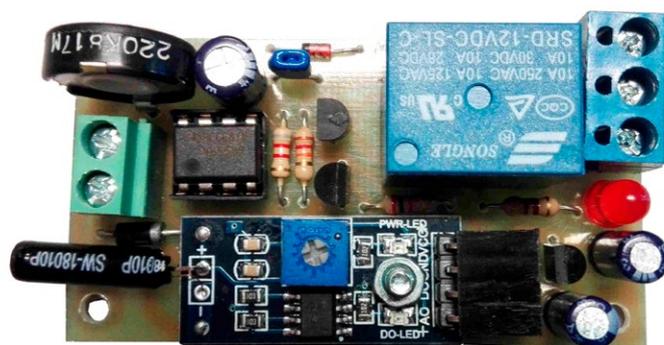


Bild 3. So sieht die Schaltung aus, wenn sie auf der Platine aufgebaut ist.

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Benötigen Sie weitere Informationen zu diesem Projekt? Kontaktieren Sie das Elektor-Team unter redaktion@elektor.de.

WEBLINK

[1] Downloads für diesen Artikel:
<https://elektormagazine.de/230262-02>



Passende Produkte

- > **Elektor 37-in-1-Sensorkit**
<https://elektor.de/16843>
- > **Grove Piezo-Vibrationssensor von Seed Studio**
<https://elektor.de/20029>

Starten Sie Ihre Elektronik-Innovationen mit

ElektorLabs

- Kostenlose Veröffentlichung von Projekten
- Experten-Unterstützung
- Gelegenheiten zur Zusammenarbeit
- Zugang zu exklusiven Ressourcen
- Veröffentlichung im Elektor-Magazin

Teilen Sie Ihre Projekte mit anderen!
www.elektormagazine.de/e-labs



elektor
design > share > earn



Durchgangs- prüfer

Empfindlich und unaufdringlich

Von Giovanni Carrera (Italien)

Dieses einfache, aber empfindliche Prüfgerät hilft Ihnen, unterbrochene Leiterbahnen oder Kurzschlüsse auf Platinen in kürzester Zeit zu lokalisieren!

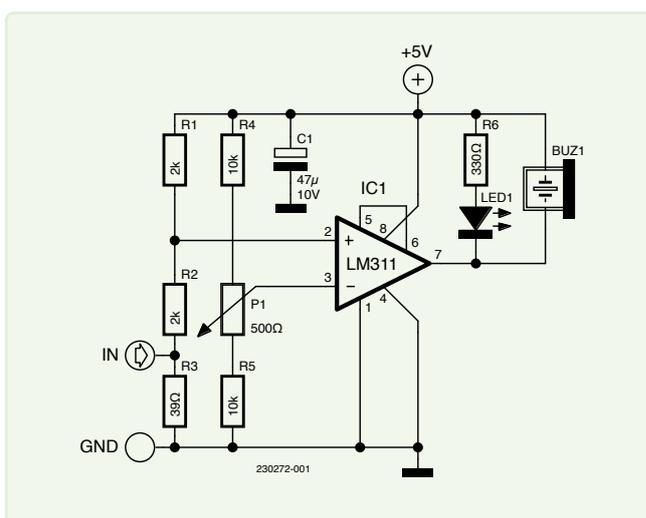


Bild 1. Ein Kurzschluss oder ein sehr kleiner Widerstand parallel zu R3 lässt den Summer ertönen und die LED aufleuchten.

Fast alle Multimeter verfügen über eine Durchgangs- oder Diodentestfunktion mit Signalton. Allerdings haben sie oft Leerlaufspannungen von 2...3 V (und höher!), die mit den Halbleitern in der zu prüfenden Schaltung interagieren oder sie schlimmstenfalls zerstören können. Im Internet finden sich viele unterschiedlich komplexe Entwürfe für Durchgangsprüfer, von denen einige aber auch dauerhafte Schäden an der zu prüfenden Schaltung verursachen können.

Das hier vorgestellte Projekt hat eine Leerlaufspannung von nur etwa 48 mV und einen Kurzschlussstrom von etwa 1,25 mA. Der Piepser ertönt bei niedrigen Widerstandswerten, wobei der Ansprechpunkt mit einem

Mehrgang-Trimpoti eingestellt werden kann. Natürlich misst dieses Prüfgerät keine Halbleiter-Übergangsspannung, da 48 mV zu wenig sind. Das Gerätchen wurde halt ausschließlich für Durchgangsmessungen konzipiert.

Die Versorgungsspannung sollte etwa 5...6 V betragen, zum Beispiel von einem Handy-Ladegerät oder von vier AA- oder AAA-Batterien.

Schaltplan

Im Schaltplan in (Bild 1) vergleicht der Spannungscomparator IC1 die Spannung am Knoten R1/R2 mit der Spannung am Schleifer von P1. R1 und R2 begrenzen den Prüfstrom auf einen sicheren, aber nicht zu kleinen Wert von 1,25 mA.

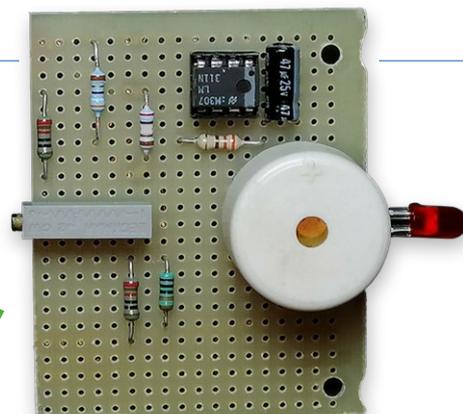


Bild 2. Der Prototyp, montiert auf einem Stück Lochraster, bereit für den Einbau in ein geeignetes Gehäuse.

P1 ist so eingestellt, dass im Ruhezustand des Testers die Spannung am invertierenden Eingang von IC1 niedriger ist als die Spannung am nichtinvertierenden Eingang. Daher ertönt der Summer nicht, und die LED ist aus. Ein Kurzschluss oder ein ausreichend niedriger Widerstand am Eingang zieht die Spannung am nicht-invertierenden Eingang unter die Spannung am invertierenden Eingang. Jetzt geht der Ausgang von IC1 auf Low, wodurch der Summer ertönt und die LED eingeschaltet wird. Der Summer oder Piepser muss ein aktiver Typ, das heißt, mit eingebautem Oszillator (Bild 2), damit er direkt vom Komparatorausgang angesteuert werden kann. ◀

RG - 230272-02



Stückliste

- R1,R2 = 2 k, 1%
- R3 = 39 Ω, 5%
- R4,R5 = 10 k, 1%
- R6 = 330 Ω, 5%
- P1 = 500 Ω, Mehrgang-Trimpoti
- C1 = 47 μ, 16 V
- IC1 = LM311
- LED1 = LED
- BUZ1 = Piezo-Summer mit Oszillator



Passende Produkte

- > **Mini-Digital-Pinzette DT71 von Miniware**
<https://elektor.de/19422>
- > **Echt-Effektivwert-Digitalmultimeter 3442 mit Bluetooth von PeakTech**
<https://elektor.de/18773>



Ein-/Ausschalten mit einem Taster

Von Tam Hanna (Ungarn)

Gegenüber einem Schalter hat ein simpler Taster Vorteile. Schaltungen, die einen solchen in einen Ein-/Aus-Knopf umwandeln, gibt es viele. In diesem Artikel wollen wir ein Beispiel verwenden, das einen NE555 einsetzt.

Ein- und Ausschalter sind teuer - egal, wie man das Problem angeht. Die Kosten liegen dabei nicht nur im Bereich der eigentlichen Bill of Materials. Man muss bedenken, dass in Gehäuse versetzte Platinen und die auf ihnen befindlichen Aktoren oft nur durch aufwendige Konstruktionen von außen ansprechbar sind. Das Übertragen der zur Bewegung notwendigen Kräfte stellt den Mechaniker dann mitunter vor erhebliche Probleme. Wegen ihres eindimensionalen Druckwegs sind Taster hier einfacher integrierbar als Schalter.

Schaltungen, die einen Taster in einen Ein-/Aus-Knopf umwandeln, gibt es viele. In diesem Artikel wollen wir eine Schaltung auf Basis eines NE555 verwenden. Im Interesse der Bequemlichkeit experimentierte der Autor in den folgenden Schritten mit der Original-Variante des ICs. Im praktischen Einsatz ist es, insbesondere wegen des wesentlich geringeren Strombedarfs, empfehlenswerter, stattdessen auf eine der CMOS-Varianten zu setzen. Diese erreichen teilweise Standbyströme von weniger als einem Zehntel Milliampere.

Schaltung

Zum Verständnis der vorliegenden Schaltung (siehe **Bild 1**) beginnen wir mit dem Pin 4 - er ist der Reset-Eingang des Timer-Bausteins. Die hier verwendete RC-Schaltung stellt sicher, dass der NE555 nach dem Anlegen der Spannung einige Zeit aussetzen muss und erst nach einer gewissen Zeit aktiv wird. In Tests des Autors war so sichergestellt, dass sich die Schaltung nicht versehentlich selbst einschaltet.

Nun wenden wir uns dem Spannungsteiler R1/R2 zu. Er hält die Pins 2 und 6 des integrierten Schaltkreises auf - ziemlich genau - $VCC/2$. Auf diese Art und Weise ist sichergestellt, dass sich der Ausgang - normalerweise - im ausgeschalteten Zustand (= low) befindet.

An dieser Stelle bietet sich ein erster Test an. Verbinden Sie das Gesamtsystem mit einer Spannungsversorgung, und setzen Sie Pin 2/Pin 6 entweder auf Masse oder auf VCC. Beachten Sie dabei, dass Sie die Versorgungsspannung erst nach dem Herstellen der Verbindungen anlegen sollten - ein „schwebendes“ Kabel agiert als Antenne und kann mitunter genug Energie einsammeln, um den Eingang des Timer-ICs zum Schalten zu animieren. An dieser Stelle stellen Sie jedenfalls fest, dass ein nach Low ziehen die Schaltung einschaltet, während ein nach High ziehen zu einer Ausschaltung führt.

Nun berücksichtigen wir zusätzlich den Widerstand R4 und den Kondensator C2. Ob der Verbindung mit dem Ausgang der integrierten Schaltung liegt am Kondensator immer die gerade aktive Situation an (Low = ausgeschaltet oder High = eingeschaltet). Wenn man den Taster schließt, dann führt genau das zu einer Zustandsänderung (siehe den vorherigen Absatz).

Im Prinzip sind wir an dieser Stelle fertig - statt der vom Autor zum Testen an Pin 3 angeschlossenen LED können Sie einen mehr oder weniger beliebigen anderen Schaltkreis platzieren. In einem größeren System bietet sich beispielsweise die Nutzung eines Transistors an, um das Ausgangssignal des NE555 in

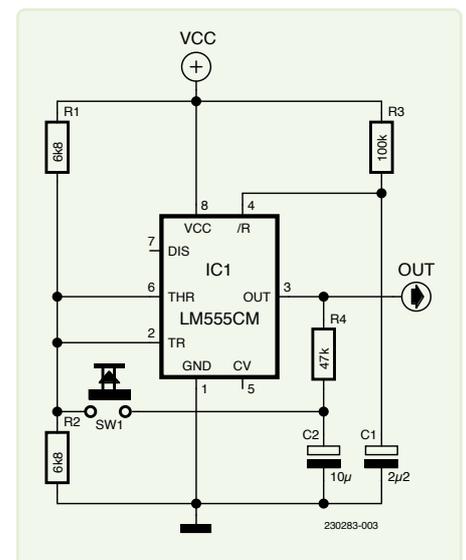


Bild 1. Die Schaltung ist rund um einen Timer-Baustein NE555 aufgebaut.

ein Signal umzuwandeln, dass auch größere Lasten antreiben kann. Der Autor wünscht viel Spaß bei eigenen weitergehenden Experimenten! ◀

RG - 230283-02

Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Dann senden Sie eine E-Mail an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.



Passendes Produkt

> **555SE, der diskrete 555-Timer**
<https://elektor.de/19732>



Drehzahlregler für Mini-Bohrmaschinen **reloaded**

Überarbeitung eines Entwurfs von 1979

Von **Walter Ribbert (Italien)**

Wenn man Platinen selbst herstellt, ist des mit ausgiebigen Bohrungen verbunden. Um die besten Ergebnisse zu erzielen, ist neben scharfen Bohrern auch eine konstante Bohrdrehzahl empfehlenswert. Dieser Regler hilft Ihnen, genau das zu erreichen.

Wie der Titel schon sagt, handelt es sich um eine Überarbeitung einer Schaltung, die in einem Elektor-Artikel von 1979 [1] veröffentlicht wurde. Es handelt sich um eine einstellbare Stromversorgung für Niederspannungs-Minibohrmaschinen, von 12 V bis 18 V, von 1,5 A bis 2 A, bei der die internen resistiven Verluste des Motors kompensiert werden. Das Funktionsprinzip ist praktisch dasselbe wie bei der Vorgängerversion, die Verbesserung besteht darin, dass statt eines obsoleten Linearreglers ein moderner Schaltregler verwendet wird.

Die Vorgängerversion war mit einem einstellbaren negativen linearen Spannungsregler des Typs 79GU (mit vier Anschlüssen) der berühmte Halbleiterschmiede Fairchild ausgestattet. Das IC besaß zusätzlich zu damals üblichen drei Anschlüssen (In, Out, Common) eines Spannungsreglers ein viertes Control-Terminal: Der 79GU sorgte dafür, dass an diesem Control-Ausgang immer eine konstante Spannung von -2,23 V in Bezug auf den Common-Ausgang lag.

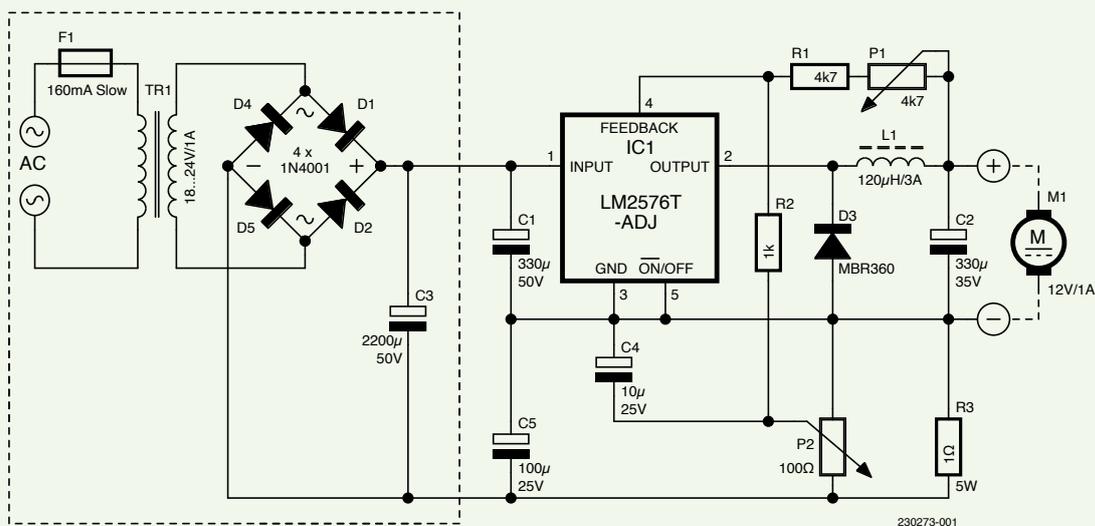


Bild 1. Schaltplan des überarbeiteten Drehzahlreglers auf Basis eines schaltenden Spannungsreglers.



Bild 2. Ein 3D-Rendering des Prototyps. Die Dateien für das Platinenlayout stehen unter [2] zum Download bereit.

Da der 79GU schon seit langem obsolet ist, nutzt die hier vorgestellte neue Version einen LM2576-ADJ, einen Schaltregler mit einer niedrigeren Steuerspannung von 1,25 V, höherem Wirkungsgrad und geringerer Wärmeabgabe (ein kleiner Aluminiumkühlkörper von 60 × 60 × 1,5 mm ist ausreichend). Durch die niedrigere Steuerspannung kann der Wert des Strommesswiderstands auf 1 Ω reduziert werden, wobei eine hervorragende Regelung/Drehzahlkompensation beibehalten wird.

Schaltplan

Aus dem Schaltplan in **Bild 1** ist ersichtlich, dass der Spannungsabfall über R3 aufgrund des im Motor zirkulierenden Stroms negativ gegenüber der Bezugsmasse (GND) von IC1 ist, wodurch die Steuerspannungsrückkopplung am Pin FB sinkt. Diese positive Rückkopplung zwingt IC1, die Ausgangsspannung zu erhöhen, um den Spannungsabfall zu kompensieren.

Die Kalibrierung der Schaltung ist einfach. Beginnen Sie damit, den Schleifer des Trimpmpoptis P2 ganz in Richtung GND zu drehen (Nullkompensation). Stellen Sie mit P1 die Ausgangsspannung auf den Nennwert des Motors ein. Belasten Sie den Motor langsam und stellen Sie P2 ein, um die Ausgangsspannung zu erhöhen. Überwachen Sie die Spannungs- und Stromparameter durch Messung der Ausgangsspannung und des Spannungsabfalls über R3 (1 V ± 1 A). Stellen Sie P2 so ein, dass die an den Motorkontakten gemessene Spannung (bei Nennstrom) den Nennwert um nicht mehr als 25 % überschreitet.

R1 und P1 sind für einen Einstellbereich der Ausgangsspannung von etwa 7...13 V ohne Last berechnet. Meine Minibohrmaschine hat eine Nennspannung von 12 V. Es ist sinnlos, die Ausgangsspannung weiter zu verringern, da der Motor dann an Leistung verliert und leicht stehen bleibt, wenn die Drehzahl unter 60 % sinkt. Außerdem brauchen kleine Bohrer oder Schleifwerkzeuge hohe Drehzahlen, um richtig zu funktionieren.

Die Schaltung setzt einen externen Transformator, einen Diodengleichrichter und einen Filterkondensators voraus (im Schaltplan durch gestrichelten Linien eingerahmt). Die Schaltung kann auch mit einer geglätteten Gleichspannung von bis zu etwa 36 V versorgt werden. Wenn Sie über ein geeignetes Netzteil/gerät verfügen, können Sie diese Bauteile auf der Platine weglassen [2]. **Bild 2** zeigt ein 3D-Rendering der bestückten Platine. ◀

RG – 230273-02

Über den Autor

Walter Ribbert wurde 1957 in Turin geboren, studierte Elektromechanik und Industrieelektronik und begann im Alter von 17 Jahren als Lehrling zu arbeiten. Heute ist er im Ruhestand, nachdem er 43 Jahre lang als Elektro- und Elektronikonstrukteur für ein großes Unternehmen der Industrieautomation und Robotik gearbeitet und dabei nie aufgehört hat, zu lernen. Jetzt, wo er mehr Freizeit hat, studiert er wieder ein wenig Mathematik und Physik (ohne allzu große Anstrengung) und „spielt“ weiter mit elektromechanischen und elektronischen Geräten wie ein Kind. Wahre Leidenschaften sterben nie!

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

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



Passende Produkte:

- > Tisch-CNC-Fräsmaschine 4540 von Anet
<https://elektor.de/20260>
- > Löt-Einsteigerset WTS100 von Whadda
<https://elektor.de/20426>

WEBLINKS

- [1] Drehzahlregler für Mini-Bohrmaschinen, Elektor 12/1979: <https://www.elektormagazine.de/magazine/elektor-197912/56774>
 [2] Platinenlayout: <https://elektormagazine.de/230273-02>



Digitaler Vibrationssensor

Schwingungen in präzise getaktete Impulse umwandeln

Von Stefano Purchiaroni (Italien)

Vibrationen werden oft mit winzigen MEMS-Beschleunigungsmessern erfasst, aber es gibt auch mechanische Sensoren. Auch wenn sie nicht in Ihr Handy passen, können sie doch in anderen Anwendungen nützlich sein.

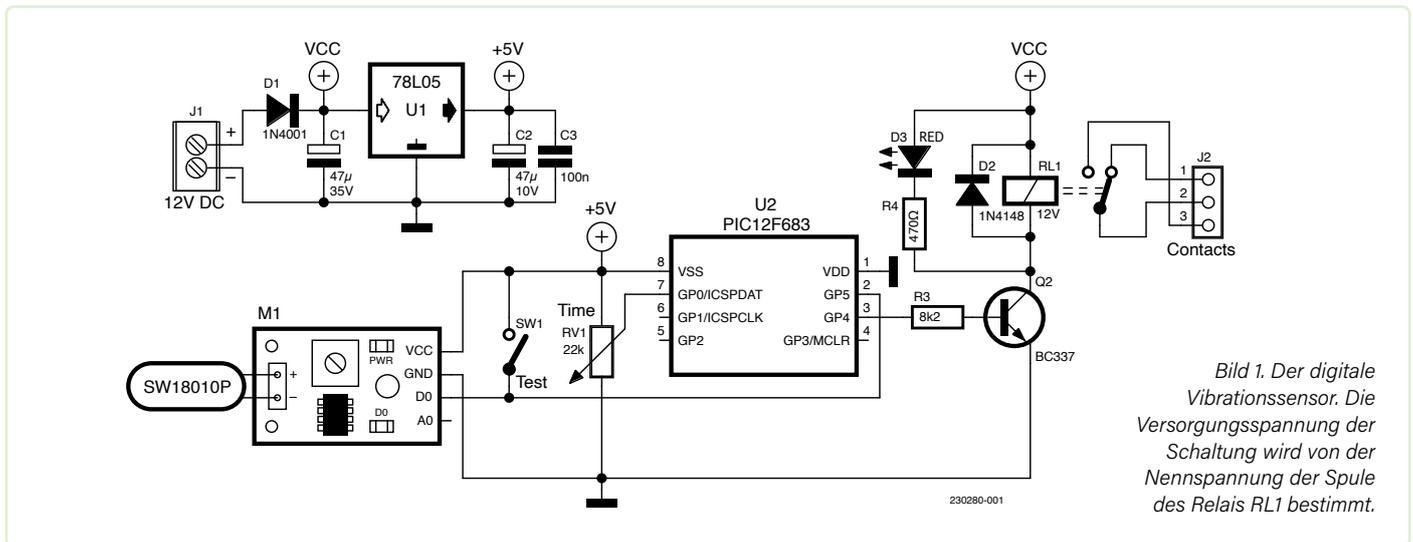


Bild 1. Der digitale Vibrationssensor. Die Versorgungsspannung der Schaltung wird von der Nennspannung der Spule des Relais RL1 bestimmt.

Diese Schaltung ist ein digitaler Vibrationssensor, der auf dem Sensormodul SW-18010(P = luftdicht) basiert. Der Sensor auf diesem Modul besteht aus einer flexiblen Metallfeder, die um einen Metallstab gewickelt ist. Wenn der Sensor vibriert oder erschüttert wird, berührt die Feder den Stab und erzeugt kurze Impulse, die ein Komparator am Ausgang in ein verwertbares High-Low-Signal umwandelt. Der Komparator ist schon mit einigen anderen Bauteilen auf dem meist mitgelieferten Breakout-Board angebracht.

Schaltung

Das Ausgangssignal D0 wird von einem Mikrocontroller PIC12F683 von Microchip gelesen (Bild 1). Wenn ein High-Pegel erkannt wird, schaltet er das Relais für eine bestimmte, mit RV1 einstellbare Zeitspanne ein. Nach Ablauf dieser Zeit wird das Relais ausgeschaltet. Nach der Rückkehr in diesen vermeintlichen Ruhezustand ignoriert die Schaltung aber eine Sekunde lang alle Vibrationen (die zum Beispiel vom Relais erzeugt werden). Dadurch arbeitet die Schaltung erheblich empfindlich, ohne dass es zu Störungen kommt.

Mit dem Trimpoti kann die Einschaltdauer des Relais zwischen einer und sechzig Sekunden eingestellt werden. Die von der Schaltung benötigte Versorgungsspannung wird von der Relaisspule bestimmt. In unserem Fall sind es 12 V, aber es ist möglich, sie durch ein 6-V- oder 9-V-Modell zu ersetzen und die Eingangsspannung entsprech-

end anzupassen.

Das Platinenlayout kann zusammen mit dem Programm und den HEX-Dateien von [1] heruntergeladen werden. Skalieren Sie vor dem Ätzen das Platinenlayout entsprechend der in Bild 2 genannten Abmessungen. Die auf der Platine kompakt aufgebaute Schaltung ist in Bild 3 zu sehen. ◀

RG – 230280-02

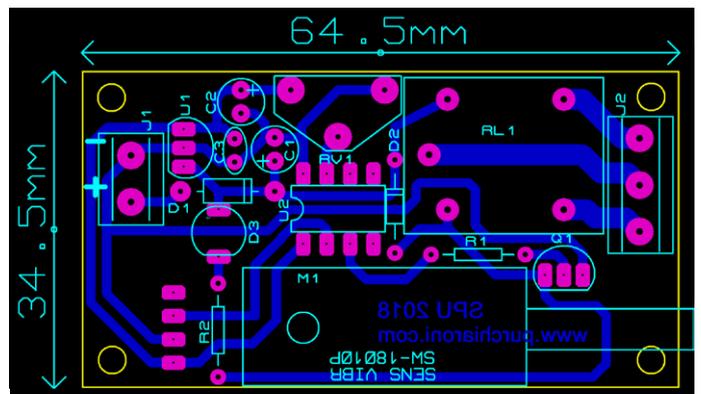


Bild 2. Skalieren Sie das Platinenlayout [1] gemäß der angegebenen Abmessungen.



Listing 1: Vollständiges Programm des digitalen Vibrationssensors

```

/*****
Vibration sensor
Max ON state time (Ton) adjustable via trimmer. Input changes make
output On. Further signals are ignored during a stabilization period
after Turn-Off

MCU:          PIC12F683
Oscillator:   internal, 4.000 MHz
Compiler:     mikroC v8.2.0.0

Author: info@purchiaroni.com

Changelog:
- 19.02.2018 : Creation of the program

*****/

// Constants
#define TonMax 60 // Max ON state time (s)
#define Toff 1 // Post-activation sleep timer prevents relay feedback

// Pin usage
#define OutPin F4 // Output to the transistor base, to drive a relay
#define AdjPin F0 // Trimmer analog input
#define SnsPin F5 // Vibration sensor input

// Variables
int i, t;

void main() {

  ANSEL = 0; // Configure AN pins as digital
  CMCON0 = 7; // Turn off the comparators

  // Configure pins' direction
  TRISIO = 0; // All output
  TRISIO.SnsPin = 1; // Sensor input
  TRISIO.AdjPin = 1; // Trimmer input

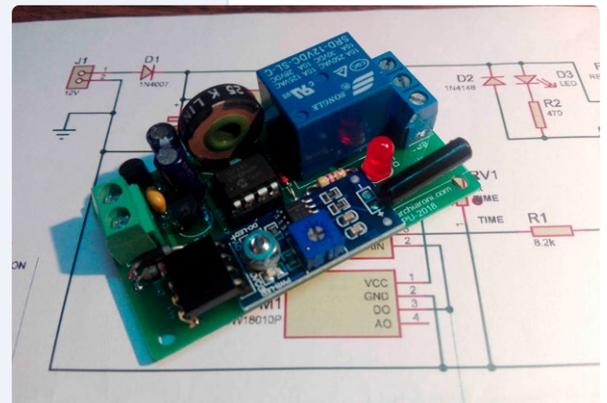
  OPTION_REG.F7 = 1; // Disable pull-up internal resistors

  // Init the output pins value
  GPIO.OutPin = 0;

  // Endless loop
  do {
    if (GPIO.SnsPin == 1) { // If sensor goes on...
      GPIO.OutPin = 1; // turn output on
      // Translate trimmer voltage to t
      t = 1+((long)Adc_Read(0) * TonMax) / 1024;
      // Stay On for t seconds
      for (i = 0; i <= t; i++) Delay_ms(1000);
      // Turn output off
      GPIO.OutPin = 0;
      // Ignore input for Toff seconds
      for (i = 0; i <= Toff; i++) Delay_ms(1000);
    }
  }
  while(1);
}

```

Bild 3. Die Schaltung wird auf dieser kompakten Platine aufgebaut werden.



Passende Produkte

- **Elektor 37-in-1 Sensorkit**
<https://elektor.de/16843>
- **Piezo-Vibrationssensor mit Grove-Anschluss von Seeed Studio**
<https://elektor.de/20029>

WEBLINKS

- [1] Downloads zu diesem Artikel: <https://elektormagazine.de/230280-02>
 [2] Datenblatt SW-18010: <https://tinyurl.com/3wp2ztwt>



Verpolungsschutz mit geringem Spannungsabfall

Von Tam Hanna (Ungarn)

Wer eine (Automotive-)Applikation entwickelt, ist gut beraten, immer einen Verpolungsschutz im Bereich der Versorgungsspannung einzubauen. Die hier gezeigte Schaltung reduziert dessen Energieverlust.

Auch wenn man es als im Labor sitzender Elektroniker nicht glaubt: Mechaniker neigen dazu, die Batterie „verkehrt herum“ anzuschließen. Der Autor kann dies aus praktischer Erfahrung bei einem deutschen Transportunternehmen bestätigen.

Normalerweise kommen Dioden als Verpolungsschutz zum Einsatz. Das mag zwar preiswerter sein als die hier gezeigte Schaltung, aber die Einfachheit muss mit einem konstanten (und gemäß der Formel $U_d \times I$ berechenbaren) Leistungsverlust bezahlt werden. Insbesondere bei automotiven Systemen, die höhere Ströme ziehen, ist diese Vorgehensweise nicht ideal.

MosFETs „umgehen“ fixe Spannungsabfälle

Feldeffekttransistoren sind ihren bipolaren Kollegen überlegen, da sie wegen der Nutzung des Feldeffekts ohne den „Diode Drop“ einer Diode auskommen. Damit ist die Schaltung in **Bild 1** im Prinzip erklärt. Beim „Einschalten“ leitet die im FET verbaute Diode, um Spannung vom Gate zur Source zu treiben. Diese Spannung dient als „Starter“, der über die Z-Diode dafür sorgt, dass die Drain-Source-Strecke des FETs in einen leitenden Zustand gebracht wird. Diese Bedingung ist dann so lange gegeben, wie die Polarität korrekt ist.

Bei umgekehrter Polung kann die Diodenschaltung diese Aufgabe nicht übernehmen, weshalb der FET gesperrt bleibt und die Last nicht von der verpolten Versorgungsspannung belastigt wird. Angemerkt sei, dass die hier gezeigten Dioden- und Widerstandswerte nur Beispiele sind.

Laborexperimente

Der Autor dieser Zeilen nutzt die in Bild 1 gezeigte Schaltung seit längerer Zeit produktiv in einer Automotive-Applikation, einem Schulbus-Tracker. Bisher funktioniert das System problemlos, weshalb sich praktische Experimente anbieten.

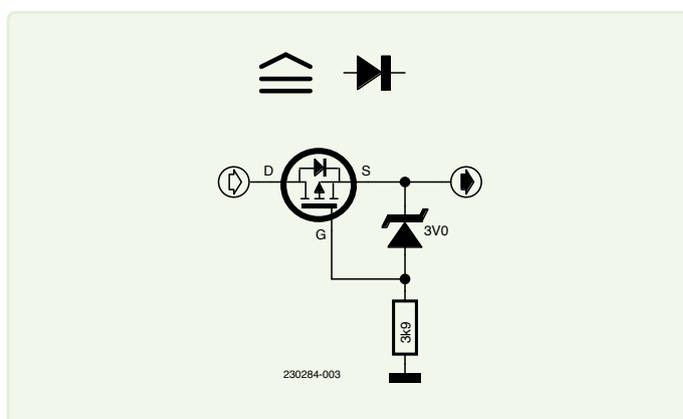


Bild 1. FET-Verpolschutz mit geringem Spannungsabfall.

Neben der Schaltung wurde hier eine ordinäre Diode 1N4007 und eine Schottkydiode 1N5819 ausprobiert. **Tabelle 1** zeigt die bei verschiedenen Strömen anfallenden Spannungsabfälle. Für die Strommessung wurde dabei ein HP 6624A verwendet, als Last diente eine Kikusui PLZ 150 W. Die Spannungsmessung erfolgte mit einem Keithley 177.

Tabelle 1. Spannungsabfall im Vergleich (in Volt)

8 V	1N5819	1N4007	IPD80P03P4L
100 mA	0,3428	0,7964	0,0009
250 mA	0,3744	0,8287	0,0021
500 mA	0,4062	0,8490	0,0043
1000 mA	0,4562	0,8685	0,0086
12 V	1N5819	1N4007	IPD80P03P4L
100 mA	0,3377	0,7970	0,0009
250 mA	0,3690	0,8275	0,0019
500 mA	0,3994	0,8506	0,0041
1000 mA	0,4530	0,8648	0,0079

Weiterführende Überlegungen

Die hier gezeigte Schaltung setzt auf einen P-Kanal-FET: Der Vorteil dieser FET-Topologie ist, dass die Masse nicht vom Spannungsabfall betroffen ist. Dies ist hilfreich, weil das Interfacing mit externen Potenzialen einfacher wird.

In der Praxis sind N-Kanal-MOSFETs aber leistungsfähiger und billiger. Wenn ihr System beispielsweise komplett galvanisch getrennt ist, kann es vernünftig sein, auf einen N-Kanal Version zu setzen.

Fazit

Wer seine Automotive-Applikation mit einem Verpolschutz auf MOSFET-Basis ausstattet, spart Energie und - daraus folgend - Abwärme, die mühsam aus dem Gehäuse befördert werden müsste. In den meisten Fällen sind die vergleichsweise geringen Mehrkosten gegenüber einer Diode akzeptabel. Dies gilt insbesondere unter dem Aspekt, dass der geringere Spannungsabfall in Extremsituationen (Cold Crank) ein wesentlich höheres Spannungsniveau für die Last übrig lässt. ◀

RG — 230284-02

Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Wenden Sie sich bitte per E-Mail an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.

Über den Autor

Ing. Tam Hanna befasst sich seit mehr als 20 Jahren mit Elektronik, Computern und Software; er ist freiberuflicher Entwickler, Buchautor und Journalist (www.instagram.com/tam.hanna). In seiner Freizeit beschäftigt sich Tam unter anderem mit 3D-Druck und dem Vertrieb von Zigarren.



Passendes Produkt

➤ **H. Bernstein, Grundsaltungen der Elektronik, Elektor (SKU 15958)**
<https://elektor.de/15958>

Quiz: Schaltungen aus der Vergangenheit #03



12-V-Stroboskop

Entwurf von Isabelle und Werner Wassermann-Ruch

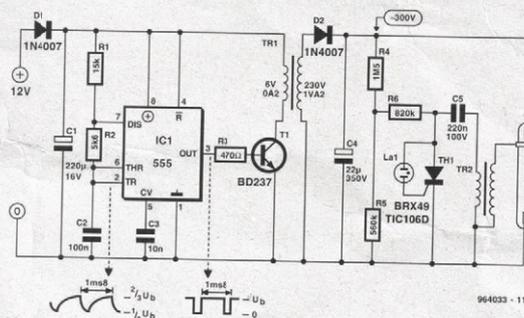
Im Elektronikhandel sind für wenig Geld Stroboskope erhältlich, die direkt in eine E27-Fassung geschraubt werden können (Strobo-Blitzer bei Conrad). Ein solches Gerät verfügt bereits über einen Teil der Elektronik der hier vorgestellten Schaltung rechts vom 230-V-Trafo. Damit das Stroboskop auch mit einer 12-V-Akkuspannung funktioniert, muß ein Wechselrichter vorgeschaltet werden, der leicht in das Gehäuse integriert werden kann.

Die Schaltung dieses Umformers ist verblüffend einfach. D1 ist eine Verpolschutzdiode, die gegebenenfalls auch weggelassen werden kann. Ein als astabiler Multivibrator geschalteter 555 schaltet mit einer Frequenz von ungefähr 0,7 kHz einen Transistor durch. Wenn der Transistor leitet, fließt ein Strom durch die 6-V-Trafowicklung. Wichtig, damit es funktioniert: Die Spannung auf der 230-V-Seite muß zu diesem Zeitpunkt so gepolt sein, daß die Diode D2 nicht leitet. Eine Überprüfung der richtigen Po-

larität kann man mit dem Oszilloskop vornehmen. Ist die Kollektorspannung von T1 nahezu Null, muß die Spannung an der Anode von D2 negativ

An der 230-V-Seite des Trafos können lebensgefährliche Spannungen bis 300 V auftreten! Betreiben Sie den Umformer niemals ohne Last, eventuell ist ein

von C5 durch den Tr2 freimacht. Dieser Zündtrafo produziert eine sekundäre Spannung von einigen Kilovolt. Die Xenon-Röhre zündet und ert-



scin. Geht T1 aus dem leitenden in den sperrenden Zustand über, steigt die Kollektorspannung auf weit über 12 V und die Spannung an der Anode von D2 wird positiv, so daß C4 sich aufladen kann. Kontrollieren Sie dieses Verhalten, aber kontrollieren Sie vorsichtig.

Widerstand 100 k/1 W parallel zu C4 zu schalten.

Der Umformer lädt C4 auf ungefähr 300 V auf. Bei dieser Spannung liegen am Knoten C5/R6 etwa 100 V, so daß das Neonlämpchen zündet, Gatestrom zum Thyristor leitet und den Weg für den Entladestrom

läßt ihrerseits C4. Das Spiel beginnt von neuem. Die Stromaufnahme der Schaltung liegt bei 250 mA und ist abhängig von der Blinkfrequenz und dem Typ der Xenon-Röhre.

(964033)



www.elektormagazine.de/quiz-23-3

i S. 73

Ein billiges Frequenznormal

Von Tam Hanna (Ungarn)

Ein OCXO (Oven Controlled XTAL Oscillator) stellt einen preiswerten Weg zu einem Frequenznormal dar - hier ein kurzer Bericht aus der Praxis.

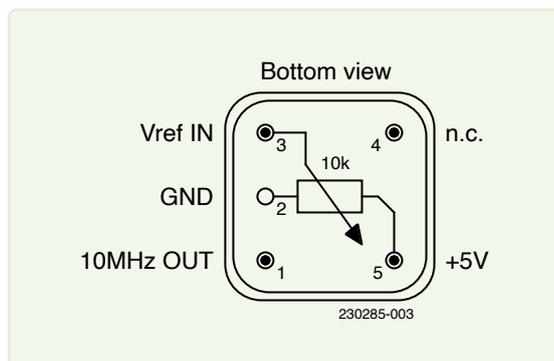


Bild 1. Typische Anschlussbelegung eines OCXOs.
(Quelle: Tony Albus, www.youtube.com/watch?v=pVmBU0xSt78)

Ein 10-MHz-Standardreferenzsignal wird von vielen Messgeräten - egal ob Oszilloskop, Spektralanalysator oder Zähler - bereitwillig angenommen und trägt zur Genauigkeit bei. Angenehmer Nebeneffekt der Abkündigung der 3G-Netze ist, dass preiswerte Referenzen aus dem Hause CTI auf den Markt drängen.

Außer Frage steht, dass ein GPS-abhängiger Oszillator das „Non plus Ultra“ darstellt. In der Praxis gilt allerdings, dass mit diesem Ärger wie der Bedarf einer „Sky Facing Antenna“ einhergehen. Ein OCXO ist um einiges preiswerter und erreicht ebenfalls eine sehr gute Stabilität.

Was ist ein OCXO?

Hinter der Abkürzung OCXO verbirgt sich der Begriff *Oven Controlled XTAL Oscillator* - im Prinzip gilt: Nomen est Omen. Aus der gewöhnlichen Metrologie sollte bekannt sein, dass Temperaturänderungen der Feind der stabilen Werte sind.

Ein OCXO begegnet diesem Problem auf die brachiale Weise - er verpackt das ganze frequenzgebende Element in einen Ofen, der sodann von einer Temperatur-Kontrollschaltung und einer Heizung nach bestem Wissen und Gewissen „stabilisiert“ wird.

Prinzipieller Aufbau eines OXCO-Systems

Die preiswerten und in Mengen verfügbaren OXCOs weisen im Allgemeinen dieselbe Pinbelegung auf, die schematisch wie in **Bild 1** gezeigt ist. Am wichtigsten ist der V_{ref_in} -Pin, an dem sich eine Spannung anlegen lässt, die das vom Oszillator generierte Signal in der Geschwindigkeit variiert. Logischerweise sollten zur Erzeugung dieser Spannung dringend die stabilstmöglichen Komponenten verwendet werden.

Die Versorgungsspannung sollte 5 V betragen. Zum „Aufwärmen“ des OXCOs sind bis zu 600 mA erforderlich, im laufenden Betrieb, der in Tests des Autors in rund 5 min erreicht wird, pendelt sich die Stromaufnahme normalerweise im Bereich von etwa 250 mA ein.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Frage, welche Ausgabesignale ein OCXO liefert. Für den OC5SC25 von CTI findet sich ein Datenblatt, das von einem TTL-Signal spricht (**Bild 2**); ein anderer OXCO namens OSC5A2B02 generiert dagegen ein Sinussignal. Dies lässt sich beispielsweise durch Anschließen eines Oszilloskops überprüfen.

Schlüsselfertige Platinen

Wer sich die Mühen des Schaltungsentwurfs ersparen möchte, kann bei AliExpress oder anderen Anbietern im Netz für etwa 15 € die in **Bild 3** gezeigten Platinen erwerben - der Autor hat sein mit einem OSC5A2B02 bestücktes Muster bei [1] gekauft.

Auf der schlecht verarbeiteten Platine befindet sich ein Linearregler, der die Eingangsspannung von 7..12 V auf



Bild 3. Verkäufer HUNDI500 liefert preiswert und schnell.

	Specification	Value	Test conditions
Frequency stability			
1	Nominal frequency	10.00 MHz	
2	Initial frequency accuracy	≤±200 ppb	Vc = +2.0V; @ +25°C, after working for 15 minutes
working for 15 minutes			
3	Power stability	≤±2 ppb	Vs ±5%
4	Load stability	≤±2 ppb	Load ±5%
5	Ageing	≤±0.5 ppb/day ≤±100 ppb/first year ≤±0.4 ppm/10 years	@25°C after 30 days of power-on work
6	Temperature stability	≤± 10PPB	-0°C~+75°C, ref to +25°C
7	Short-term stability	≤ 0.05 ppb/s	1 hour after power-on
8	Boot time	≤5 min.	≤±100 ppb; power-on for 5 minutes; Vc = center voltage; 25°C vs. 1 hour frequency; Vc = +2.0V; @ +25°C
Supply voltage/current			
9	Voltage	+5.0 V ±5%	
10	Working current	≤600 mA initial ≤250 mA steady state	
Output characteristics			
11	Output waveform	HCMOS	
12	Output load	15 pF	
13	Output level	VOH: ≥4.5 V VOL: ≤0.5 V	
14	Rise/fall time	≤6 ns	
15	Duty cycle	45/55 %	
16	Clutter suppression	-	
Voltage control characteristics			
17	Voltage control range	2.0 ±2.0 V	
18	Frequency range	-2.0~ -1.0 ppm	Vc = 0 V
		-0.2~ +0.2 ppm	Vc = 2.0 V
		+1.0~ +2.0 ppm	Vc = 4.0 V
19	Voltage control slope	Positive slope	
20	Voltage-controlled linearity	<±10%	
21	Input resistance	≥100 kΩ	
22	Modulation bandwidth	>10 kHz	
Phase noise			
23	Phase noise	-80 dBc/Hz @ 1 Hz	
		-120 dBc/Hz @ 10 Hz	
		-140 dBc/Hz @ 100 Hz	
		-145 dBc/Hz @ 1 kHz	
		-150 dBc/Hz @ 10 kHz	
Temperature range			
24	Working	0~75°C	
25	Operating	-40~85°C	
26	Storage	-55~105°C	
Package			
27	Dimensions	25.4 mm × 25.4 mm × 12.5 mm	
28	Lead plating	Nickel plating with tin immersion	
29	ROHS	ROHS network exemption	

Bild 2. Datenblattauszug für OCXOs der OC25-Reihe von CTI. (Quelle: Datenblatt CTI)

5 V reduziert. Außerdem finden sich dort eine (nicht wirklich gelungene) Einstellungsschaltung und ein Phasenschieber, der das Rechtecksignal in einen Sinus umwandelt. Im praktischen Einsatz reicht der Einstellungsbereich des Trimpotis oft nicht aus, weshalb das Anlöten eines Widerstands hilfreich sein kann. Die Qualität des erzeugten Sinussignals lässt sich anhand der Spektrumanalyse in **Bild 4** erahnen.

In Tests des Autors funktionierte das Board im Allgemeinen so, wie man es erwarten würde. Interessant war ein Vergleich der „Stabilität“: **Bild 5** zeigt das am Sinusausgang des Moduls abgegriffene Signal (unten) und das Signal des TTL-Ausgangs, nachdem es einige SMA-Adapter durchlaufen hat. Nennenswerter Jitter ist nicht zu erkennen.

Fazit

Ob Sie nun den OSC5A2B02 „roh“ oder auf einem fertigen Board erwerben: Einen preiswerteren Weg zu einem Frequenznormal dürfte es am Markt zurzeit nicht

geben. Dass man mit OCXOs - insbesondere wenn man derer zwei hat - faszinierende Experimente anstellen kann, prädestinieren die Platinen als Geschenk für die berühmt-berüchtigte Person, die schon alles in ihrem Leben hat. ◀

230285-02

Sie haben Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Dann senden Sie eine E-Mail an die Elektor-Redaktion unter redaktion@elektor.de.



Passendes Produkt

➤ **JOY-iT JDS6600 Signal Generator & Frequency Counter (SKU 18714)**
<https://elektor.de/18714>

Bild 4. Der HP 4195A des Autors analysiert den Sinus.

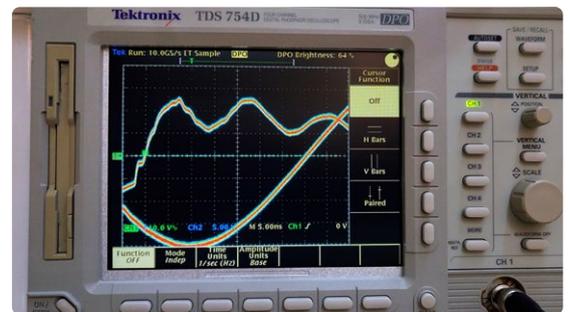
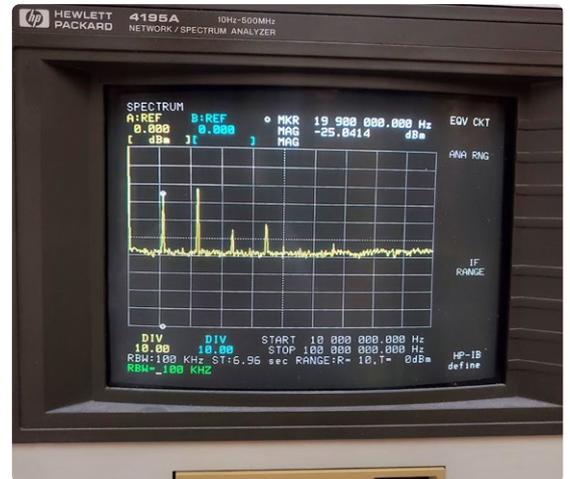


Bild 5 zeigt das am Sinusausgang des Moduls abgegriffene Signal (unten) und das Signal des TTL-Ausgangs, nachdem es einige SMA-Adapter durchlaufen hat. Nennenswerter Jitter ist indes nicht zu erkennen.

WEBLINK

[1] OCXO 10 MHz Frequency Reference Module: <https://aliexpress.com/item/1005004874160549.html>



Winziger DCF77-Simulator

Ein präziser Fake-Time-Standard

Von **Stefano Purchiaroni (Italien)**

Simulatoren und zuverlässige Signalquellen vereinfachen das Testen während der Schaltungs- und Softwareentwicklung. Hier ist ein kleines und einfach zu bauendes Modul, das demodulierte DCF77-Zeitsignalimpulse simuliert.

Der Bau einer Uhr, die das von Mainflingen aus gesendete 77,5-kHz-DCF-Zeitsignal verwendet, ist eine Herausforderung für den Entwickler, der wie ich seinen eigenen Algorithmus zur Dekodierung des Bitstroms von Grund auf neu schreiben möchte. Selbst mit einem kommerziellen Empfängermodul, das für etwa fünfzehn Euro zu haben ist, ist es schwierig, tagsüber einen sauberen Empfang zu erzielen. Wenn man außerdem Nixie-Röhren für die Zeitanzeige verwenden will, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um das Aufpicken von Störsignalen zu vermeiden, die durch den schaltenden Step-up-Konverter für die Stromversorgung der Röhren verursacht werden. Deshalb habe ich beschlossen, vor der DCF-Uhr einen DCF77-Simulator zu bauen.

Spezifikationen und Merkmale

Der hier beschriebene praktische und preiswerte Simulator ersetzt ein DCF77-Empfangsmodul während der Softwareentwicklung. Seine Ausgabe ist eine Bitfolge in Form von Impulsen, die identisch

mit der vom Empfängermodul selbst empfangenen und demodulierten Bitfolge ist. Es sendet eine formal korrekte Zeit an die Uhr, auch wenn sie nicht mit der aktuellen Zeit übereinstimmt. Sie beginnt beim Einschalten immer um 17:43 Uhr und wird dann jede Minute erhöht und gesendet, als ob es sich um einen echten DCF77-Empfänger handeln würde. Ein Schalter ermöglicht es, dem Signal einige Störungen hinzuzufügen, um es realistischer zu machen, aber auch um die Robustheit des Dekodierungsalgorithmus zu überprüfen. Dieser Simulator ermöglichte es mir, das auf dem Mikrocontroller meiner Nixie-Uhr laufende Programm zu validieren.

Der DCF77-Standard

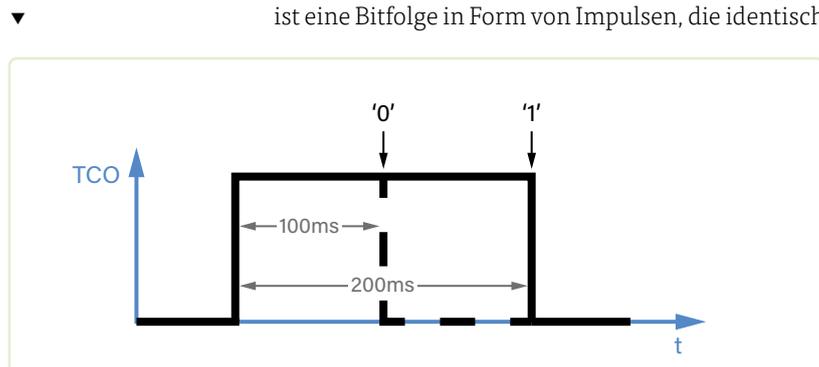
Die DCF77-Zeit wird von einer Cäsium-Atomuhr gewonnen und auf einem 77,5-kHz-Träger vom Standort in Mainflingen in der Nähe von Frankfurt gesendet. Die Reichweite beträgt bis zu 2.000 km. Der Empfang ist nachts besser, da die Reflexion in der Stratosphäre bei fehlender Sonneneinstrahlung stärker wird. Die Amplitude des Trägers wird jede Sekunde entweder für 100 ms oder 200 ms moduliert. Diese Impulse stehen für Bit 0 beziehungsweise Bit 1. Auf das 59. Bit folgt eine volle Sekunde ohne Modulation (das heißt, kein Impuls), was die Synchronisierung mit dem Bitstrom ermöglicht. Neben der aktuellen Stunde und Minute werden auch das Datum und einige andere nützliche Informationen übertragen. Das genaue Format des Bitstroms (und vieles mehr) finden Sie unter [1].

Ausgabe des Simulators

Wie der „richtige“ Empfänger liefert auch der DCF77-Simulator die Daten in Form einer Impulsfolge, die dem demodulierten DCF77-Signal entspricht. Eine Impulsdauer von 100 ms entspricht einer logischen 0, während ein 200-ms-Impuls für eine logische 1 steht (siehe **Bild 1**).

Der Simulator gibt feste Datumsangaben bis Bit 19 aus. Bit 20 bis Bit 35 enthält eine inkrementierende Zeit. Die beiden aus den gesendeten Bits berechneten Prüfsummen werden natürlich auch aktualisiert, da sie für die Validierung der empfangenen Daten unerlässlich sind.

Bild 1. Kodierung eines Bits im DCF77-Zeitsignal.



Als simulierte Störungen können kurze 6-ms-Impulse (Glitches), deren Polarität der erwarteten entgegengesetzt ist, dem Bitstrom hinzugefügt werden, um den Dekodieralgorithmus zu testen und seine Robustheit zu überprüfen.

Die Schaltung

Der DCF77-Simulator ist sehr einfach, da er nur aus wenigen Bauteilen besteht (siehe **Bild 2**). Er lässt sich leicht auf einem Stück Prototyping-Board (Streifenraster) zusammenbauen (**Bild 3**).

Der Mikrocontroller PIC12F683 U1 von Microchip wird im volldigitalen Modus verwendet; all seine Komparatoren und Analogausgänge sind deaktiviert. Die I/O-Pins sind so zugeordnet, dass die Platzierung der Bauteile auf einem Prototyping-Board so einfach wie möglich ist. VDD muss im Bereich von 2 V bis 5,5 V liegen.

Der Anschluss J1 ist genauso verdrahtet wie beim echten Empfänger (**Bild 4**). Der PON-Pin steuert den Datenausgang TCO. Wenn er auf High gesetzt wird (also VDD, Shutdown-Modus), wird der Bitstrom unterbrochen. Die LED D1 imitiert die integrierte LED des Empfängers und blinkt, wenn ein Impuls gesendet wird. Der Schalter SW1 aktiviert beziehungsweise deaktiviert das Hinzufügen von zufälligen Pausen zum Ausgangssignal. Der Quellcode des DCF77-Simulators kann zusammen mit seinem mikroC-Projekt und einer vorkompilierten Hex-Datei von [2] heruntergeladen werden. ◀

RG - 230307-02

Haben Sie Fragen oder Kommentare?

Haben Sie technische Fragen oder Kommentare zu diesem Artikel? Schicken Sie eine E-Mail an den Autor unter s.purchiaroni@elettronicaemake.it oder kontaktieren Sie Elektor unter redaktion@elektor.de.



Passende Produkte

- **LED-Röhrenuhr ESP-Bausatz von Diamex**
SKU 19910; www.elektor.de/19910
- **C. Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino (3. Auflage)**
SKU 17967; www.elektor.de/17967

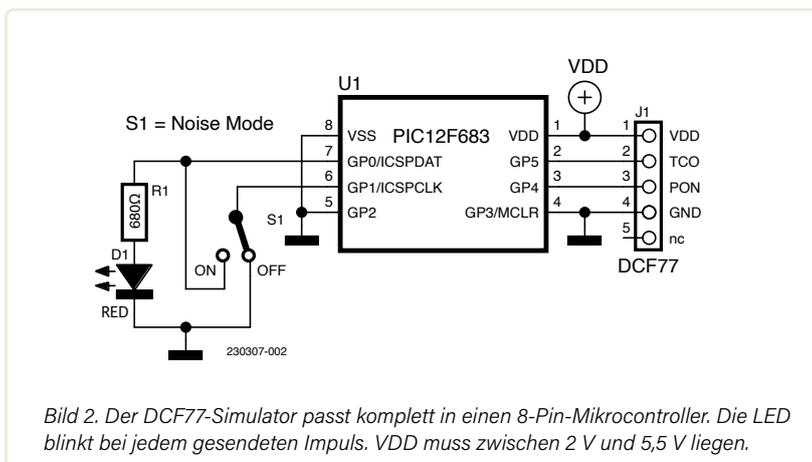


Bild 2. Der DCF77-Simulator passt komplett in einen 8-Pin-Mikrocontroller. Die LED blinkt bei jedem gesendeten Impuls. VDD muss zwischen 2 V und 5,5 V liegen.



Bild 3. Beim Aufbau des Simulators auf Lochstreifenplatine müssen nur vier Leiterbahnen durchtrennt werden.

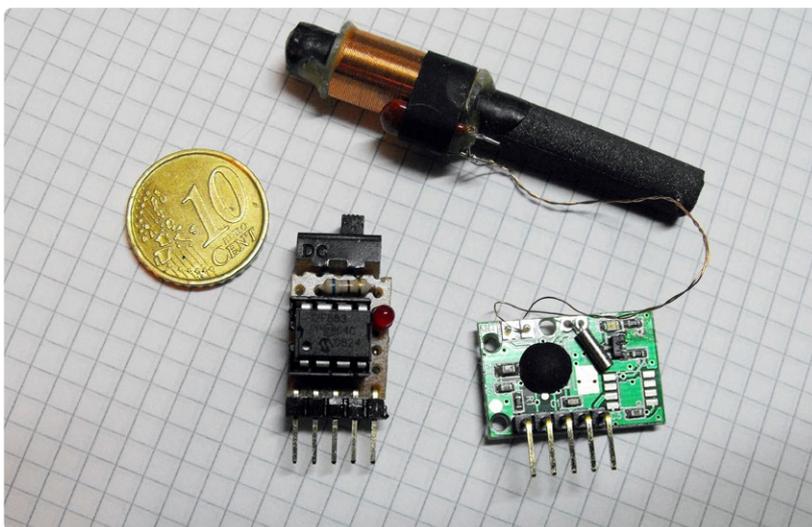


Bild 4. Der DCF77-Simulator und das kommerzielle DCF77-Empfangsmodul nebeneinander. Der Simulator benötigt natürlich keine Antenne. Der Anschluss der Simulatorplatine hat die gleiche Pinbelegung wie der Anschluss auf dem Empfangsmodul.

WEBLINKS

- [1] DCF77-Format und Details: <https://de.wikipedia.org/wiki/DCF77>
 [2] Downloads zu diesem Artikel: <https://elektormagazine.de/230307-02>

57

Review: T-PicoC3 von LilyGO



Kombination von RP2040, ESP32-C3
und Full-Color-TFT-Display

Von Clemens Valens (Elektor)

Das T-PicoC3-Modul ist ein kompaktes Entwicklungsboard von Lilygo, das zusätzlich zu seinem Vollfarb-IPS-TFT-Display, Raspberry Pi RP2040 und ESP32-C3 auch WLAN und Bluetooth bietet. Werfen wir einen genaueren Blick darauf!

Das vollfarbige IPS-TFT-Display des T-PicoC3-Moduls von LilyGO hat eine Diagonale von 1,14" und bietet eine Auflösung von 240x135 Pixeln. Darüber hinaus kombiniert das Modul einen Raspberry Pi RP2040 [1] mit einem ESP32-C3-Mikrocontroller, bietet WLAN und Bluetooth, USB-C, zwei Drucktasten und einen Batterieanschluss mit integrierter Li-Ionen-Ladeschaltung. Das Kit enthält ein kleines Kabel, um eine Batterie an den winzigen Batterieanschluss anzuschließen, sowie Stiftleisten für die Erweiterungsanschlüsse. Der T-PicoC3 ist kompatibel mit dem Raspberry Pi Pico. Obwohl das Modul mit zwei leistungsstarken MCUs ausgestattet ist, sollten Sie es als ein RP2040-Board mit

WLAN- und Bluetooth-Erweiterung betrachten, das zufällig auch ein ESP32-C3 ist. Der RP2040 steuert das SPI-Display, zwei Drucktasten und die meisten Pins der Erweiterungsstecker. Der RP2040 kommuniziert mit dem ESP32-C3 über eine serielle Schnittstelle, wobei der ESP32-C3 als eine Art AT-Modem fungiert.

Auf der Unterseite der Platine ist der RP2040-Mikrocontroller mit seinem Speicher untergebracht, der ESP32-C3 befindet sich mit seinen unterstützenden Komponenten auf der Oberseite unter dem Display. Dadurch sieht das Board ein bisschen wie zwei MCU-Boards in einem aus. Der trickreiche USB-C-Anschluss unterstreicht dies noch.

Ein netter USB-C-Trick

Bei eingestecktem USB-C-Kabel wird das Board (von Windows 10) als USB/JTAG/serielle Debug-Einheit und als serielles USB-Gerät (in meinem Fall COM12) erkannt. Eine grüne LED leuchtet auf der Unterseite. Dies ist der ESP32-C3-Modus.

Steckt man das USB-C-Kabel um 180 Grad gedreht ein, leuchtet die LED an der Unterseite blau. Windows 10 erkennt nun ein serielles

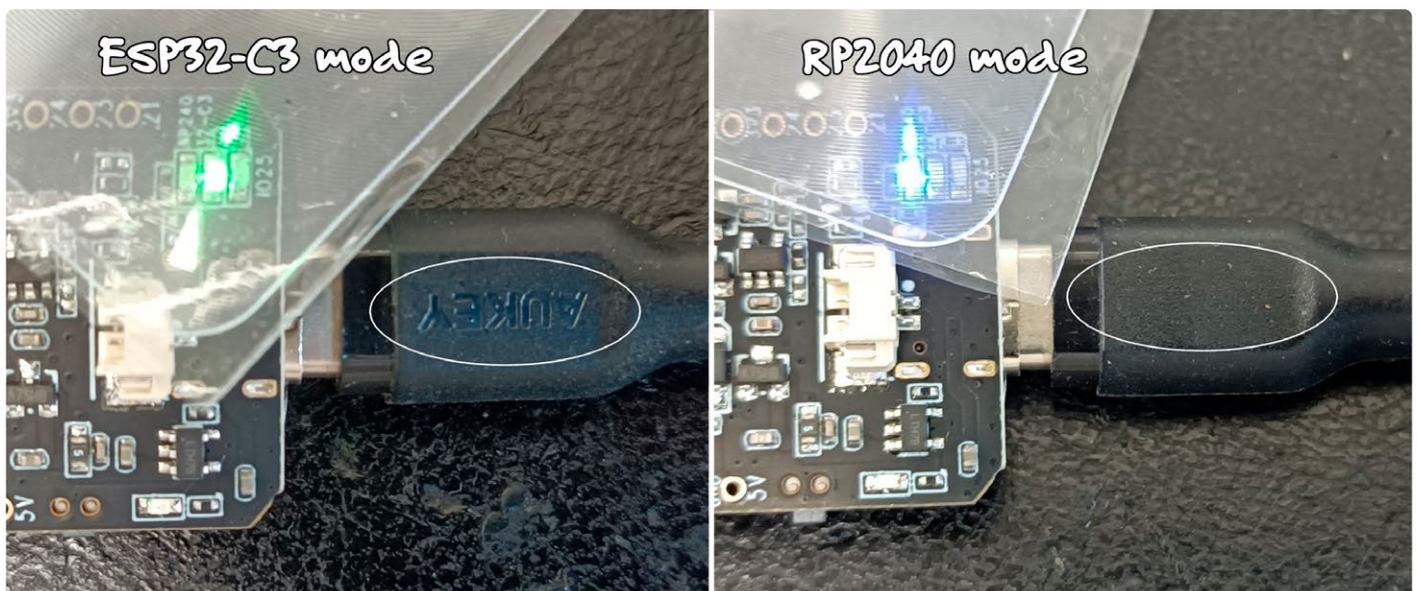
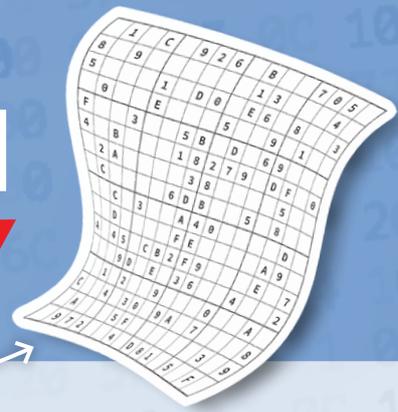


Bild 1. Der Betriebsmodus des T-PicoC3-Boards hängt erstaunlicherweise davon ab, wie Sie das USB-C-Kabel einstecken.

Hexadoku

Sudoku für Elektroniker



Wie in jeder Ausgabe finden Sie auch in diesem Heft unser ganz spezielles Sudoku. PC, Oszilloskop und Lötkolben können sich erholen, während Ihre kleinen grauen Zellen auf Hochtouren arbeiten. Wenn Sie alle Hex-Ziffern in den grauen Kästchen herausgefunden haben, sollten Sie uns diese gleich zumailen – denn hier warten fünf Elektor-Gutscheine!

Die Regeln dieses Rätsels sind ganz einfach zu verstehen: Bei einem Hexadoku werden die Hexadezimalzahlen 0 bis F verwendet, was für Elektroniker und Programmierer ja durchaus passend ist. Füllen Sie das Diagramm mit seinen 16 x 16 Kästchen so aus, dass alle Hexadezimalzahlen von 0 bis F (also 0 bis 9 und A bis F) in jeder Reihe, jeder Spalte und in jedem Fach mit 4 x 4 Kästchen (markiert durch die dickeren schwarzen Linien) **genau einmal** vorkommen. Einige Zahlen sind bereits eingetragen, was die Ausgangssituation des Rätsels bestimmt. Wer das Rätsel löst – sprich die Zahlen in den grauen Kästchen herausfindet – kann einen von fünf Gutscheinen im Wert von 50 Euro gewinnen!



EINSENDEN

Schicken Sie die Lösung (die Zahlen in den grauen Kästchen) per E-Mail oder Post an:

Elektor Redaktion
Lukasstraße 1
52070 Aachen

E-Mail: hexadoku@elektor.de

Als Betreff bitte nur die Ziffern der Lösung angeben!

Einsendeschluss ist der 15. September 2023.

DIE GEWINNER

Die Lösung für dieses Hexadoku und die Gewinner werden Ende September auf elektormagazine.de/hexadoku veröffentlicht!

F	0	2	C	D	1					4	8	E	7	5	A
	3		9	E	4	F			5	C	D	6		8	
4	A	6											3	1	D
8				9			A	6			1				F
		A	E			0	F	B	9			C	D		
0	6	3		1		4	7	D	F		E		5	B	9
	B		F		D		5	C		2		3		7	
		C			3					8			F		
		D			A					6			0		
	C		2		8		E	0		B		1		A	
7	9	B		4		6	3	8	1		2		C	E	5
		0	1			9	D	4	7			8	B		
A				3			2	F			B				7
B	1	4											8	9	C
	E		7	6	B	D			A	9	0	4		2	
D	2	9	0	7	F					E	C	5	A	6	B

Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mitarbeiter der in der Unternehmensgruppe Elektor International Media B.V. zusammengeschlossenen Verlage und deren Angehörige sind von der Teilnahme ausgeschlossen.

Werden Sie Teil der Elektor Community

JETZT MITGLIED WERDEN UND
GRATIS ESPRESSIF ESP32 BOARD
INKL. ELEKTOR E-BOOK SICHERN



- ✓ 8 Elektor-Ausgaben pro Jahr
- ✓ als digitales oder gedrucktes Abo
- ✓ Zugang zum Elektor-Archiv (seit 1970)
- ✓ Über 5.000 Gerber-Dateien
- ✓ 10% Rabatt auf fast alles im Elektor Store
- ✓ Inkl. der Dezember-Ausgabe "guest-edited by Espressif"!



Bis spätestens
25. November
abonnieren, um die
Dezember-Ausgabe
"guest-edited
by Espressif" zu
erhalten!

- ✓ Ihre Prämie zum Abo*:
Das ESP32-C3-DevKitM-1



JETZT ANMELDEN UNTER
elektormagazine.de/circuits

Nur mit Code: **ELEKTORxESPRESSIF**



*Nur gültig für neue Mitglieder und nur für Mitgliedschaften von mindestens 12 Monaten. Nur so lange der Vorrat reicht.



Electronic Components

TRANSFER
MULTISORT
ELEKTRONIK

GLOBAL DISTRIBUTOR OF ELECTRONIC COMPONENTS

650 000+
PRODUKTE



230 000+
KUNDEN WELTWEIT



1 400
LIEFERANTEN



Mehr Freizeit genießen

2					9			
	9		5				6	
8	1	5		7		9		
1				6	7		9	
9			4	5				2
	3							8
	5					8	2	
4							1	6
3			2					7

tme.eu

Schneller bei
tme.eu kaufen.



TME Germany GmbH
Leipzig, tme@tme-germany.de

tme.eu

Schließen Sie sich uns an:

YOU NEED IT, WE HAVE IT!

tme.com